

Roope Raisamo (toim.)

**Pieniä tietojenkäsittely-
tieteellisiä tutkimuksia**

Kevät 2006



TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
TAMPEREEN YLIOPISTO

D-2006-8

TAMPERE 2006

TAMPEREEN YLIOPISTO
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
JULKAISUSARJA D – VERKKOJULKAISUT
D-2006-8, KESÄKUU 2006

Roope Raisamo (toim.)

**Pieniä tietojenkäsittely-
tieteellisiä tutkimuksia**

Kevät 2006

TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
33014 TAMPEREEN YLIOPISTO

ISBN 951-44-6691-8
ISSN 1795-4274

Sisällys

Esipuhe	
Roope Raisamo.....	iii
Graafisen käyttöliittymän suunnittelun apuvälineet	
Henry Aaltonen.....	1
Näkörajoitteisten käyttöliittymät	
Ulla-Kaija Ahola.....	17
Visualizing any XML	
Ivar Ekman.....	32
Näkövammaisen henkilön käyttöliittymä	
Tapio Hänninen.....	47
Käyttöliittymä älykotiin	
Lauri Kainulainen.....	62
XML-tietokantojen kyselykielet	
Hannes Karhumaa.....	75
Vuorovaikutuksen keinot virtuaaliyhteisöissä	
Kyösti Karila.....	87
Tuoteinformaatio päivittäistavaroiden verkkokaupassa	
Pipsa Korte.....	98
Käyttäjän ensivaikutelma Internet-sivulla	
Else-Maria Lagerstam.....	113
Visuaaliset tekijät www-sivujen käytettävyydessä	
Tuuli Laivo.....	128
User text factor in graphical user interfaces	
Wen Lin-Marsalo.....	142
Luottamuksen rakentaminen sähköisessä kaupankäynnissä	
Antti Mattila.....	158
Radiotaajuuksiin perustuva etätunnistusteknologia	
Juha Mattila.....	172
Mobiilioppimisen suunnitteluperiaatteet	
Markku Myllylahti.....	182
Naiivin bayesilaisen suodatuksen käyttö web-ympäristössä	
Teemu Mäki.....	197
Käyttöliittymäsuunnittelu liikerajoitteisille	
Aki Mäkinen.....	212
Näkövammaisten lasten kouluympäristön välineiden sekä tietokoneohjelmien kartoitus ja kehitys	
Maria Paananen.....	223

Tutkimus erikoistavarataloketjun varastohallintajärjestelmän automaattisen tilausosan kehittämisestä <i>Ville Parviainen</i>	237
Avoimen lähdekoodin hyötykäyttö julkisyhteisössä <i>Pekka Peltola</i>	251
Massaräätälöinti ja tietojärjestelmät <i>Henri Rantala</i>	263
Elektronisten tussitaulujen käytön tehostaminen <i>Jussi Rantala</i>	274
Organisaation tietomalli tietovarastointiprosessissa <i>Tommi Rantanen</i>	289
Psykofysiologinen tutkimus emootioiden mallintamisessa <i>Elisa Ryynänen</i>	304
Massiivimoninpeliarkkitehtuurit <i>Sami Saarenpää</i>	316
J2ME-peliohjelmointi ja MIDP 2.0 <i>Jyri Saarikoski</i>	327
Silmänliikkeiden seurannan kehitys 1800-luvulta nykypäivään <i>Jenni Salo</i>	339
Suoravaikutteisuus sisällönhallinnan käyttöliittymissä <i>Olli Savolainen</i>	350
Työryhmäohjelmistot etäopetuksessa <i>Juho-Matti Stenberg</i>	369
Deep Packet Inspection ja salattu vertaisverkkoliikenne <i>Teppo Tomann</i>	379
Tietotekniikan ja sähköisen kaupankäynnin hyödyntäminen Tampereen ydinkeskustan mikroyrityksissä <i>Joona Tuominen</i>	392
Sähköisen äänestämisen toteuttaminen <i>Laura Vuorenoja</i>	405
Pelaamisen ja leikkimisen luokittelut ja niiden hyödyntäminen pelien suunnittelussa <i>Ilkka Vähämöttönen</i>	422
Julkishallinnon sähköisten palvelujen arviointi ja kehittäminen mallien avulla <i>Sirkka Ylander</i>	436

Esipuhe

Tampereen yliopiston Tietojenkäsittelytieteiden laitoksen kevään 2006 tutkimuskurssin suoritti 33 opiskelijaa. Kurssilla opetetaan tutkimuksen tekemiseen ja tutkielman kirjoittamiseen liittyviä tietoja ja taitoja. Tässä raportissa on koottu yhteen kurssilla valmistuneet luonnontieteiden kandidaatin tutkielmat.

Laitoksella on useita maisteriohjelmia, joiden opiskelijat erikoistuvat maisteriopinnoissaan erilaisiin tietojenkäsittelytieteiden ja vuorovaikutteisen teknologian osa-alueisiin. Usein kuitenkin jo kandidaattitutkielman aihetta valittaessa maisteritutkinnon suuntautuminen on nähtävissä, koska monet jatkavat kandidaattitutkielmaansa myöhemmin pro gradu -tutkielmaksi. Osa opiskelijoista myös osallistuu tälle kurssille myöhemmin kuin suositellaan, jotta voisi suoraan jatkaa työtään pro graduksi. Koska tutkimuskurssi on kaikille yhteinen, tämän raportin sisältö on monipuolinen. Tutkielmien jakaantuminen eri osa-alueille on karkealla tarkkuudella seuraava:

- Vuorovaikutteinen teknologia: 13 tutkielmaa.
- Tietojärjestelmät: 8 tutkielmaa.
- Käyttöliittymien ohjelmistokehitys: 6 tutkielmaa.
- Yleinen ohjelmistokehitys: 4 tutkielmaa.
- Tietokannat: 1 tutkielma.
- Algoritmiikka: 1 tutkielma.

Olen ottanut tässä aiheiden jaossa huomioon sekä tutkielmien sisällöt että opiskelijoiden ilmoittamat pääaineet (tietojenkäsittelyoppi tai vuorovaikutteinen teknologia). Tutkimusaiheiden jakautumisesta voidaan havaita, että kahden vuosittaisen kurssin suuntaaminen pääosin tiettyihin maisteriohjelmiin jatkaville opiskelijoille on onnistunut kohtuullisen hyvin. Toinen kurseista on painottunut algoritmiikkaan ja ohjelmistokehitykseen, tässä raportissa esitetty kurssi puolestaan käyttöliittymäaiheisiin. Joiltakin maisteriohjelmilta on vuosia puuttunut "oma" tutkimuskurssi, joten niiden opiskelijat sijoittuvat kummalle kurssille tahansa. Tällä kurssilla tietojärjestelmätieteen opiskelijat olivat sellainen merkittävä ryhmä, jolle ei nykyisin ole omaa tutkimuskurssia.

Tarkoitus on, että tämän kurssin opetusvastuu kiertää eri maisteriohjelmissa, joten jatkossa pitäisi olla tarjolla paremmin kohdennettuja kursseja myös nyt hieman sivuun jääneiden maisteriohjelmien opiskelijoille.

Tampereella 21.12.2006

Roope Raisamo

Graafisen käyttöliittymän suunnittelun apuvälineet

Henry Aaltonen

Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa kartoitetaan, millaisia erilaisia apuvälineitä suunnittelija voi hyödyntää graafisen käyttöliittymän suunnittelussa. Tarkoituksena on antaa lukijalle tietoa käsiteltyjen apuvälineiden olemassaolosta ja niihin syvällisempi tutustuminen on näin ollen jätetty lukijan oman kiinnostuksen ja harkinnan varaan. Käyttöliittymän ominaisuudet, käyttäjät, käyttötarkoitus, käyttöympäristö ja monet muut tekijät ratkaisevat sen mitkä suunnittelun apuvälineet ovat tarpeellisia ja hyödyllisiä käyttöliittymää suunniteltaessa.

Avainsanat ja -sanonnat: Käyttöliittymä, Käytettävyys, Suunnittelumalli, Iterointi

CR-luokat: H.5.2

1. Johdanto

Nykyään suurin osa tietokoneohjelmista sisältää graafisen käyttöliittymän. Muita käyttöliittymätyyppejä ovat esimerkiksi merkkipohjaiset (Dos ja Unix), kosketuskäyttöliittymät ja puhekäyttöliittymät, sekä näiden yhdistelmät, jotka kuuluvat multimodaalisten käyttöliittymien joukkoon. Jokainen sovellus, joka on vuorovaikutuksessa käyttäjän kanssa, tarvitsee siis jonkinlaisen käyttöliittymän. Käyttöliittymä voidaan määritellä ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen rajapinnaksi.

Koska käyttöliittymällä on näin tärkeä rooli sovelluksen osana, niin käyttöliittymien tutkiminen ja kehittäminen ovat myös oleellisessa osassa kohti tehokkaampia ja käyttäjäystävällisempiä sovelluksia. Käyttöliittymien suunnittelun yksi kulmakivi onkin käyttäjäkeskeinen suunnittelu, eli UCD (User Centered Design). Käyttäjäkeskeisen suunnittelun tueksi on myös määritetty ISO-standardi [ISO 13407, 1999] (Human-centred design processes for interactive systems).

Graafisen käyttöliittymän suunnitteluun on olemassa monia erilaisia oppaita, metodeja ja apuvälineitä. Lisäksi nämä jakautuvat vielä erilaisten käyttötarkoitusten kesken. Microsoft Windows [Microsoft, 2006] ympäristöön tehtävät ohjelmien pitäisi ottaa huomioon Windowsin tyyliohjeet ja suositukset ja vastaavasti Apple Mac OS X [Apple, 2006] ympäristöllä on omat vastaavat tyyliohjeet noudatettavina. Verkkosivustoillekin on olemassa monia suunnittelumalleja ja tyylioppaita, jotka edelleen jakautuvat kaupallisten ja yksityisten sivustojen malleihin.

Mallien runsaudesta huolimatta löytyy monia apuvälineitä, joita voi ja on hyväkin käyttää apuna käyttöliittymän suunnittelussa, riippumatta siitä mihin ympäristöön tai tarkoitukseen käyttöliittymä tulee.

Tästä johtuen aiheen tutkiminen on tärkeää, jotta löytyisi tärkeimmät tällä hetkellä olevat apuvälineet, joita käyttää suunnittelun tukena ja valmis runko suunnittelun aloittamisesta sen lopettamiseen. Käytettiinpä mitä suunnittelumallia tahansa, niin on kuitenkin hyvä tietää mitä tulisi ottaa huomioon käyttöliittymää suunniteltaessa, sillä jokin malli saattaa painottaa toista aluetta ja jättää toisen alueen kokonaan huomioimatta.

Käyttöliittymät elävät jatkuvassa muutostilassa, kun tarkastellaan esimerkiksi verkkosivustojen toteutusta. Jatkuvasti tulee uusia navigointi ratkaisuja ja sivurakenteita muotiin.

2. Taustatutkimus

Ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista on suositeltavaa tehdä jonkinlaista taustatutkimusta käyttäjistä ja vaatimuksista, joihin käyttöliittymän on tuotava ratkaisu. Käen [Käki, 2005] luentomateriaaliin perustuen listaan tämän vaiheen apuvälineet kahteen pääryhmään:

2.1. Kontekstianalyysi

Kontekstianalyysin avulla selvitetään keitä ovat käyttäjät, käyttäjien tarpeet, käyttöympäristö ja mitä tehtäviä sovelluksen pitää tukea. Eli sovelluksen käyttökontekstin selvittäminen. Käyttökontekstin selvittämiseen voidaan käyttää *tuoteraporttia* (product report) ja *kontekstianalyysiraporttia* (context analysis report).

Tuoteraportissa määritellään suunniteltavan tuotteen ominaisuudet eräänlaisena taustakartoituksena ja siinä tarkkuudessa, kuin se on projektin alussa mahdollista. Näin saadaan tulevasta tuotteesta yhtenäinen käsitys projektin alussa. Siihen listataan tuotteen nimi, tarkoitus, pääalueet, päätehtävät, tekninen toteutus, syöttö- ja tulostusvälineet, ohjelmistot ja kaikki muu hyödyllinen ja tiedossa oleva tieto tulevasta tuotteesta.

Tuoteraportin perusteella tehdään kontekstianalyysiraportti, johon haastatellaan suunniteltavan tuotteen tai vastaavanlaisten tuotteiden käyttäjiä. Haastateltavien kanssa keskustellaan tuotteen ominaisuuksista ja vaatimuksista ennalta sovittujen kysymysten avulla. Haastatteluista saadun tiedon avulla löydetään erilaisia käyttäjätyyppejä ja tehtäviä näille käyttäjätyypeille. Nämä listataan sitten kontekstianalyysiraporttiin. Käyttäjätyypit voidaan erotella esimerkiksi iän, koulutuksen ja käyttötiheyden perusteella. Käyttäjätyyppien

tehtäviin pyritään listaamaan ainakin ne tehtävät, jotka ovat kyseisen käyttäjätyyppin ominaistehtäviä. Esimerkiksi ylläpitäjän tehtäviin listataan ainakin ne erikoistehtävät, joita vain tämä käyttäjätyyppi käyttää.

2.2. Tilannetutkimus

Tilannetutkimus tehdään tuotteen autenttisessa käyttöympäristössä havainnoimalla käyttäjien toimintaa ja keskustelemalla tutkittavista aihealueista, jolloin tutkijan ymmärrys työskentelytavoista ja työn rakenteesta lisääntyy. Tällöin saadaan arvokasta tietoa nykyisestä tai kilpailijan järjestelmästä ja uuden järjestelmän vaatimuksista. Tilannetutkimus voidaan jakaa neljään vaiheeseen: *suunnittelu, toteutus, analyysi ja yhteisanalyysi*.

Suunnitteludokumentissa määritellään tarkkaillun fokus (keskittyminen), henkilöt ja toiminnot. Tässä dokumentissa suunnitellaan toteutettava tilannetutkimus.

Toteutusdokumentissa kirjataan tarkkailun tapahtumapaikka, aika ja eri henkilöiden roolit. Lisäksi kaikki tärkeä informaatio erilaisista odottamattomista tapahtumista ja asioista mitä ei otettu huomioon. Tämän dokumentin tarkoitus on antaa tärkeää informaatiota seuraavia tarkkailuja ajatellen. Mitä olisi voitu tehdä toisin ja missä onnistuttiin.

Analyysivaiheessa jokaisesta tarkkailtavasta henkilöstä tai tarkkailun kohteena olevasta toiminnosta täytetään oma lomake. Lomakkeeseen listataan tarkkailtavan henkilön/kohteen tiedot ja tapahtumat. Yksi havainto kuvataan yhdellä lauseella, jolloin sitä on helpompi käyttää yhteisanalyysissä.

Yhteisanalyysissä tutkitaan tarkkaillun tuloksia ja pyritään löytämään niistä yhtenäisyyksiä erilaisten menetelmien avulla, joista esitellään seuraavat kaksi:

Samankaltaisuusdiagrammin avulla samanlaiset tilannetutkimuksen havainnot ryhmitellään ja näin saadaan esiin tärkeitä ominaisuuksia, joihin käyttöliittymän on tuotava ratkaisu. Esimerkiksi havainnot: "Ostan sieltä missä saan palvelua" ja "Lähdin pois, koska myyjä oli epäkohtelias", voidaan yhdistää saman kategorian alle: Asiakaspalvelu on tärkeää.

Hierarkinen tehtävänälyysi kuvaa tietyn tapahtuman eri vaiheet siinä järjestyksessä, kuin ne yleensä tapahtuvat ja se tuotetaan kontekstianalyysin ja tilannetutkimuksen perusteella. Tämä tieto voidaan ottaa huomioon tuotteen suunnittelussa.

2.3. Muita metodeja

Käki [2005] listaa vielä muitakin metodeja suunnittelun vaiheita kuvaavassa taulukossa, kuten kilpailija-analyysi, kysely, haastattelu, skenaariot, aivoriihi, käyttäjätarkkailu ja nykyisten järjestelmien arviointi.

Metodeja käyttöliittymän suunnittelun eri vaiheisiin on tarjolla runsaasti ja suunnittelijan täytyykin itse valita mitkä ovat tarpeellisia meneillään olevassa suunnitteluprojektissa.

ISO-standardin [ISO 13407, 1999] yksi pääperiaate on käyttäjien tunteminen ja heille suunnitteleminen. Käyttäjien pitää osallistua suunnitteluun ja heiltä saatua tietoa pitää osata soveltaa. Tärkeiksi tarkastelun kohteiksi määritellään käyttäjä, hänen tehtävä, työvälineet ja työympäristö. Nämä kaikki on selvitettävissä taustatutkimuksen avulla.

3. Määrittely

Taustatutkimuksen jälkeen voidaan siirtyä suunniteltavan sovelluksen määrittämiseen. Käki [2005] esittelee tähän tarkoitukseen vaatimusmäärittelyn.

3.1. Vaatimusmäärittely

Vaatimusmäärittely esittelee sovelluksen asiakkaalle ja sovelluksen tehtävät, ilman tietoa toteutuksesta, sillä toteutustapa määritellään vasta suunnitteluvaiheessa. Vaatimusmäärittelyn tarkkuus ja selkeys ovat tärkeitä, koska se annetaan yleensä kolmannelle osapuolelle, joka jatkaa suunnittelua sen perusteella tai toteuttaa sen.

Dokumentti määrittelee sovelluksen tehtävät, sen rajoitteet, ominaisuudet, käyttäjäluokat ja muut perustiedot sovelluksesta. Tärkeimmistä tehtävistä täytetään omat kortit ja niihin listataan tehtävän tärkeys 1-5 arvoasteikolla arvioiden ja ne käyttäjätapaukset, skenaariot ja hierarkkiset tehtäväanalyysit jotka liittyvät kyseiseen tehtävään. Tämä siksi, jotta niiden avulla tehtävä selkiytyisi lukijalle paremmin. Lisäksi jokaiselle tehtävälle määritellään käytettävyyteen ja toiminnallisuuteen liittyvät tekijät.

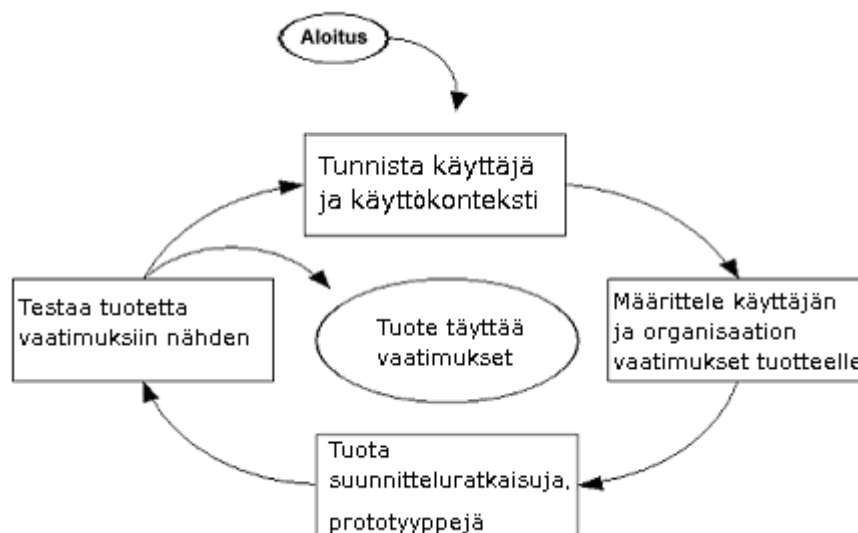
4. Käsitteellinen suunnittelu

4.1. Käytettävyys

ISO-standardi [ISO 9241-11, 1998] määrittelee käytettävyyden tuotteen *tuottavuuden, tehokkuuden ja miellyttävyyden* mukaan.

Nielsen [1993] puolestaan määrittelee käytettävyyden viiden ominaisuuden perusteella: *opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheiden vähyys ja tyytyväisyys*.

ISO-standardi [ISO 13407, 1999] määrittelee käyttäjäkeskeisen suunnitteluprosessin (Human-Centred Design, HCD) neljä vaihetta, joita *iteroidaan* (toistetaan) tarvittaessa (kuva 1).



Kuva 1. Käyttäjakeskeinen suunnitteluprosessi. [ISO 13407, 1999]

Avuksi käytettävän ja käyttäjakeskeisen tuotteen suunnitteluun on kehitetty muutamia käyttöliittymäsuunnittelumenetelmiä mm. Virtual Windows, Scenario-based design, Goal-directed Design ja Contextual Design.

4.2. Esteettömyys

Esteettömyyden käsitteen rinnalla voidaan käyttää myös termejä *saavutettavuus* ja *huomioonottava*. Turkki ja Sinkkonen [2004] kirjoittavat artikkelissaan esteettömyyden ja käytettävyyden suhteesta toisiinsa ja niiden käsitteistä. Usein luullaan näiden käsitteiden olevan jotakin irrallista, joka voidaan lisätä valmiin tuotteen päälle. Sekä esteettömyys ja käytettävyys luodaan käyttöliittymään tuotekehittelyn aikana.

Verkkosivustojen esteettömyyttä voidaan tarkastella W3C:n (World Wide Web Consortium) Web Accessibility Initiative (WAI) - työryhmän julkaiseman listan [W3C, 1999] perusteella. Vaikka tämä lista on verkkosivustoja koskeva, niin se on myös hyödyksi suunniteltaessa käyttöliittymiä muuallekin kuin verkkosivustoon. Siinä määritellään lista erilaisista käyttäjistä, jotka pitää ottaa huomioon suunniteltaessa esteetöntä sivustoa:

- Kyseinen henkilö ei ehkä näe, kuule, kykene liikkumaan tai käsittelemään tietynlaista informaatiota kovinkaan helposti tai lainkaan.
- Tekstin lukeminen tai ymmärtäminen voi tuottaa vaikeuksia.
- Henkilöllä ei ole käytössään näppäimistöä tai hiirtä tai hän ei kykene käyttämään niitä.
- Käytössä on pelkkä tekstinäyttö, hyvin pieni näyttö tai hidas Internet-yhteys.

- Henkilö ei kenties puhu tai ymmärrä sujuvasti dokumentissa käytettyä kieltä.
- Henkilö saattaa olla tilanteessa, jossa näkö, kuulo tai kädet ovat keskittyneet muuhun (esim. henkilö ajaa autoa, työskentelee meluisassa ympäristössä jne.)
- Käytössä on vanhempi selainversio, täysin eri selain, ääniselain tai eri käyttöjärjestelmä.

Lista sisältää ohjeita ja saavuttavan suunnittelun yleisiä periaatteita, joissa on kaikissa tarkistuskohdat joiden avulla voi tarkistaa täyttääkö kyseinen sivusto sen ehdot.

4.3. Käytettävyyden arviointimenetelmät

Sinkkonen listaa artikkelissaan [2004] viisi menetelmää käyttöliittymän tai sen prototyypin käytettävyyden arvioimiseen:

- heuristiset arviot (heuristic evaluation)
- ohjeistojen ja standardien käytön tarkistus (standard reviews)
- tarkistuslistat (check-lists)
- kognitiivinen läpikäynti (cognitive walkthrough)
- yhtenäisyystarkistukset

Arvioijat käyvät tuotteen läpi muutaman kerran ja tarkastavat täyttääkö se käytettävän menetelmän vaatimukset. Löytyneet epäkohdat raportoidaan ja korjataan. Käytettävyydestien suorittamisessa tarvitaan kokeneita tai koulutettuja käytettävyydsasiantuntijoita.

Heuristisen arvioinnin voi tehdä mm. Nielsenin 10 heuristisen säännön [Nielsen and Mack, 1994] perusteella:

1. *Järjestelmän tilan näyttäminen:* Järjestelmän täytyy informoida käyttäjää mitä on tapahtumassa ja antaa palautetta suoritettavista toiminnoista kohtuullisen ajan kuluessa.
2. *Järjestelmän ja tosielämän vastaavuus:* Järjestelmän täytyy erikoistermistön sijaan käyttää sellaista sanastoa ja termistöä, jotka ovat tuttuja tavallisesta elämästä.
3. *Käyttäjän kontrolli ja vapaus:* Käyttäjälle täytyy tarjota mahdollisuus palata takaisin edelliseen tilaan, mikäli hän tekee virheen tai väärän valinnan. Tue toimintoja "peruuta" (undo) ja "toista" (redo).
4. *Yhteneväisyys ja standardit:* Sanojen, tilanteiden ja toimintojen pitäisi tarkoittaa samoja asioita kautta koko järjestelmän. Noudata alustan tapoja ja standardeja.

5. *Virheiden estäminen:* Järjestelmän täytyy tunnistaa mahdolliset virhetilanteet ja estää niiden toistuminen. Ennen virheen tapahtumista informoidaan käyttäjää siitä ja pyydetään vahvistus toiminnon suorittamisesta tai peruuttamisesta. Opastuksen täytyy olla aina saatavilla.
6. *Tunnistaminen ulkoa muistamisen sijaan:* Minimoi käyttäjän muistamisen tarve tekemällä kohteista, toiminnoista ja vaihtoehtoista näkyviä. Opastuksen täytyy olla näkyvillä ja helposti saatavilla tarvittaessa.
7. *Käytön joustavuus ja tehokkuus:* Tue asiantuntijuutta tarjoamalla kokeneemmille käyttäjille mahdollisuus käyttää pikavalintoja ja oikoteitä, sekä mahdollisuus muokata tapoja suorittaa usein valittuja toimintoja.
8. *Esteettinen ja minimaalinen design:* Dialogin ei pitäisi sisältää kuin tarvittava tieto. Jokainen epäoleellinen tieto vähentää tarvittavan tiedon ja toiminnon näkyvyyttä.
9. *Virheiden tunnistaminen, diagnosointi ja palautuminen niistä:* Virheilmoitusten täytyy olla selkokielisiä, täsmällisesti määriteltyjä ja niiden ratkaisemiseen täytyy tarjota ehdotuksia järjestelmän taholta.
10. *Opastus ja dokumentaatio:* Vaikka käytön tulisi onnistua ilman opastusta ja ohjeita, on niiden oltava saatavilla. Näiden pitäisi olla helposti saatavilla, nopeasti etsittävässä, käyttötilanteeseen kohdistuneita, tarjota ratkaisu vaihe vaiheelta ja riittävän lyhyitä.

Yhtenäisyystarkastukset koskevat niiden sääntöjen tarkastamista, jotka on määritelty sisäisessä käyttöliittymästandardissa. Esimerkiksi tuoteperheen, projektin, ohjelman alustan tai talon sisällä määritellyt standardit.

Kognitiivisessa läpikäynnissä etsitään kohtia, josta aloitteleva käyttäjä ei selviytyisi ja löytyneet kohdat raportoidaan.

4.4. Suunnittelumallit

Suunnittelumallit (design pattern) esittävät ratkaisuja erilaisiin ongelmakohtiin, joita käyttöliittymäsuunnittelussa esiintyy. Kokematon suunnittelija kykenee niiden avulla suunnittelemaan laadukkaita ja toimivia käyttöliittymiä, jolloin hänen ei tarvitse miettiä jokaisen suunnitteluratkaisun kohdalla täyttääkö se yleiset suunnitteluperiaatteet. Toki tämä koskee vain tunnettuja ja yleisesti hyväksytyjä suunnittelumalleja.

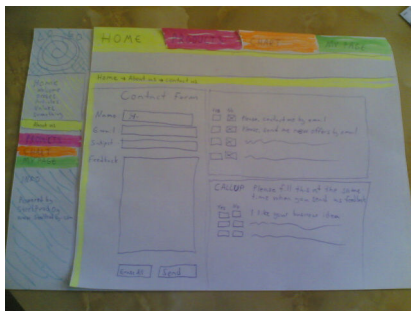
Tunnettuja suunnittelumalleja edustaa Welie [2003] ja Tidwell [2005], joiden kummankin mallikokoelmat löytyvät myös internetistä, mikä osaltaan on edesauttanut niiden tunnettavuutta.

Welie jakaa suunnittelumallinsa mobiili, Web ja graafisiin käyttöliittymiin, jolloin niitä on helpompi hyödyntää ja se osoittaa sen tosiasian, että käyttöliittymän sijainti- ja laiteympäristöllä on merkitystä mietittäessä suunnitteluratkaisuja.

Tidwell puolestaan käsittelee kaikkia suunnittelumalleja kokonaisuutena, jolloin suunnittelijan on vaikeampi etsiä niistä tarvittavaa tietoa. Suunnittelumallit ovat kuitenkin laadultaan hyvää tasoa.

4.5. Prototyypit

Prototyyppien avulla saadaan arvokasta tietoa käyttöliittymän toimivuudesta ja sen käytettävyydestä jo ennen kuin varsinainen versio on toteutettu. Prototyypit voidaan jakaa kahteen eri luokkaan niiden ominaisuuksien perusteella. *Karkea prototyyppi* (low-fidelity) voi sisältää vain sen osan käyttöliittymän toiminnoista joita testataan ja sen visuaalisella toteutuksella ei ole merkitystä. Tästä esimerkkinä kuvan 2 paperiprototyyppi, joka sisältää vain navigointimahdollisuudet ja osan sisällöstä.



Kuva 2. Paperiprototyyppi (low-fidelity)

Täsmäprototyyppi (High fidelity) puolestaan sisältää kaiken saman sisällön, kuin valmis tuotekin mutta se voidaan myös toteuttaa paperiprototyyppinä. Nielsen [2003] kirjoittaa artikkelissaan paperiprototyypin eduista ja yhteenvetona hän tiivistää seuraavalla tavalla: Paperiprototyypin avulla voidaan suorittaa käyttäjätestejä, joissa testataan ensimmäisiä suunnittelu ideoita pienin kustannuksin. Näin tehtäessä voidaan helposti korjata esiintulleet käytettävyysongelmat ilman, että on tuhlatu rahaa oikean tuotteen toteutukseen joka ei toimi. Eli kustannustehokkuuden lisäksi paperiprototyypin avulla säästetään myös aikaa ja tuotteen laatukin paranee.

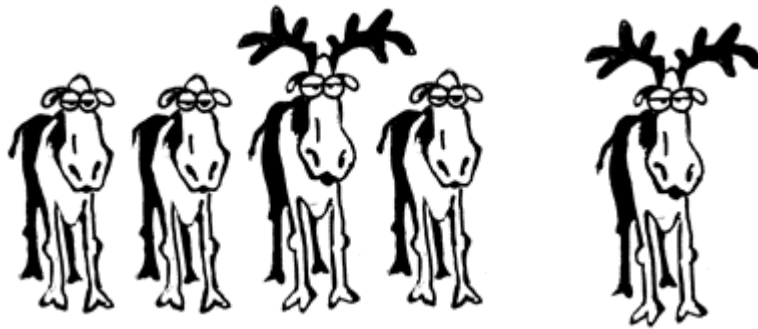
5. Yksityiskohtainen suunnittelu

5.1. Hahmolait

Hahmolait (Gestalt law) kuvaavat sitä, miten ihmisen aivot yhdistävät eri kohteet yhdeksi ryhmäksi tai ryhmästä poissuljetuksi kohteeksi. Hahmolait on

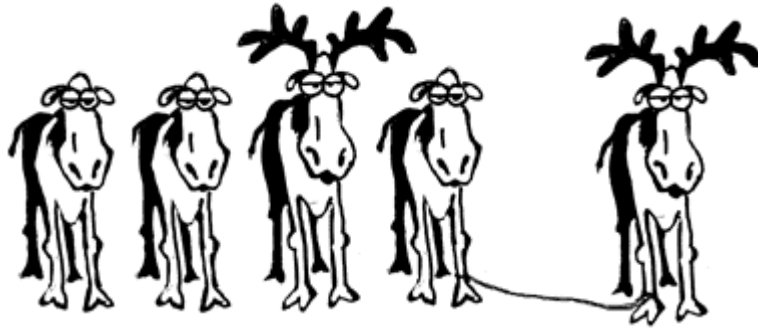
hyvä ottaa huomioon käyttöliittymän suunnittelussa, jotta käyttäjä hahmottaa yhteenkuuluvat asiat ja toiminnot. Hahmolait [Sinkkonen *et al.*, 2002] ovat:

- *Läheisyys* (proximity): Toisiaan lähellä olevat kohteet mielletään ryhmäksi. Kuvassa 3 läheisyyden perusteella, erottuu neljä vasemmalta puolelta laskettua hirveä omaksi ryhmäkseen.
- *Samanlaisuus* (similarity): Samanlaiset kohteet mielletään ryhmäksi. Kuvassa 3 samanlaisia kohteita ovat sarvelliset hirvet ja tietenkin vastaavasti kolme jäljelle jäänyttä sarvetonta hirveä muodostavat oman samanlaisen ryhmän.



Kuva 3. Samanlaisuuden ja läheisyyden lait [Sinkkonen *et al.*, 2002]

- *Jatkuvuus* (continuity): Viivojen leikatessa toisiaan, katsoja jakaa kokonaisuuden selkeästi jatkuviin osiin. Yhtenäinen viiva koetaan kuvioksi. Kuvio ja tausta pyritään näkemään tavalla, joka aiheuttaa kuvan käyriin tai viivoihin vähiten äkkinäisiä muutoksia.
- *Tuttuus* (familiarity): Tutut ja merkitykselliset alueet nähdään kuviona.
- *Valiomuotoisuus* (good shape): Hahmotamme kuviot mahdollisimman yksinkertaisina.
- *Yhteinen liike* (Common fate): Kohteet jotka liikkuvat samaan suuntaan samalla nopeudella kuuluvat yhteen ryhmään tai kohteeseen.
- *Yhteenliittyminen* (connectedness, connectness): kohteet, jotka ovat toisissaan kiinni, kuuluvat yhteen ryhmään. Tämä laki on yleensä vahvempi kuin muut lait, kuten kuvasta 4 voidaan havaita.



Kuva 4. Yhteenliittymisen laki [Sinkkonen *et al.*, 2002]

- *Sulkeutuvuus (closure)*: Suljettu (tai lähes suljettu) viiva muodostaa kuvion. Kuvassa 5 isomman ympyrän alla ymmärretään helpommin olevan ympyrä, kuin kirjain C.

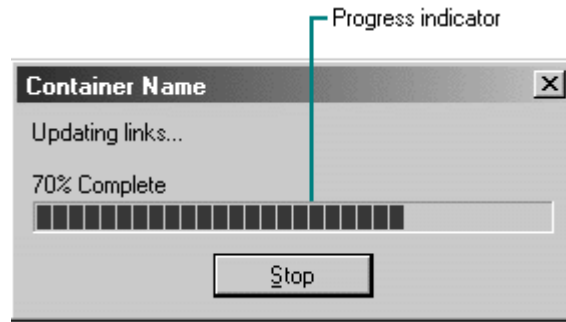


Kuva 5. Sulkeutuvuus

5.2. Yleiset suunnittelun periaatteet

Norman [1990] listaa seuraavat suunnittelun periaatteet, jotka on hyvä ottaa huomioon käyttöliittymää suunniteltaessa:

- *Näkyvyys (visibility)*: Asiat näkyviksi. Ainakin navigointi on toteutettava näkyväksi.
- *Kytkenät (mappings)*: Ohjainten ja toimintojen kytkenät selväksi. Painikkeen toiminto selviää jo sen muodon tai paikan perusteella.
- *Käsitelmä (conceptual model)*: Selkeä käsitelmä muodostuttava ilman erillistä ohjetta. Piirrosohjelmien työkalukuvakkeina kynä ja kumi tarjoavat selkeän käsitelmän.
- *Palautte (feedback)*: Anna palautetta mm. järjestelmän tilasta ja käynnissä olevista prosesseista. Kuvassa 6 on esimerkki palautteen annosta käyttäjälle.



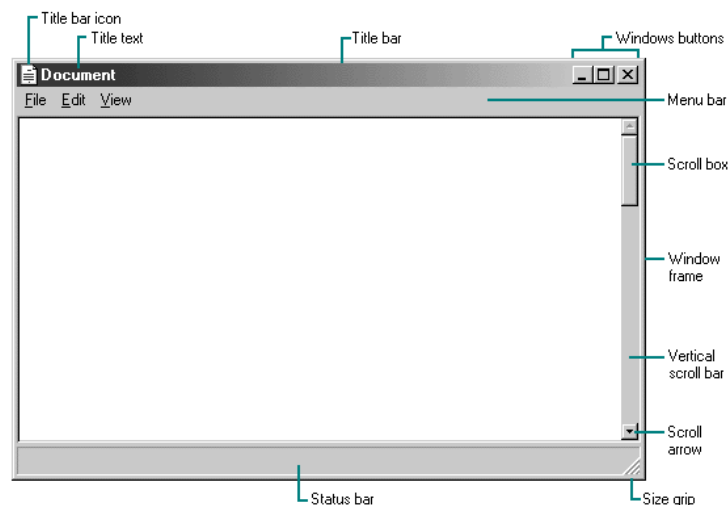
Kuva 6. Windowsin tilanneilmaisim [Microsoft, 2006]

- *Virheiden käsittely* (to err is human): Varaudu virhetilanteisiin suunnittelemalla niihin ratkaisut ja estämällä mahdolliset käyttäjän väärät käsitemallit, jotka johtuvat yleensä suunnitteluvirheistä.

5.3. Tyylioppaat

Tyylioppaita käytetään, jotta tuote olisi tyyliiltään yhteneväinen tulevan käyttökontekstinsa kanssa. Esimerkiksi Windows [Microsoft, 2006] ympäristöön on olemassa oma tyylioppaansa. Sen suosituksia seuraamalla suunnittelija pystyy toteuttamaan käyttöliittymän, joka on yhteneväinen muiden saman ympäristön käyttöliittymien kanssa ja tästä johtuen myös näihin tottuneelle käyttäjälle helpompi ja tehokkaampi käyttää.

Tyylioppaat sisältävät mm. luettelon käytettävistä komponenteista, niiden asetteluohjeet, mittasuhteet, efektien tyyli ja esimerkkejä niin hyvistä, kuin huonoista käyttöliittymistä. Kuvassa 7 näkyy Windows tyylioppaan pääikkunan komponentit ja niiden asettelu.



Kuva 7. Windows tyylioppas: Pääikkunan komponentit [Microsoft, 2006]

Käyttöjärjestelmien tyylioppaiden lisäksi on olemassa lukuisa joukko WWW, yritysten sisäisiä ja sivustokohtaisia tyylioppaita.

5.4. Visuaalinen rakenne

Williams [2003] esittelee kirjassaan 4 periaatetta, joista käytetään myös nimeä *CRAP* (contrast, repetition, alignment and proximity). Niitä soveltamalla visuaalisen suunnittelun aloittelija saa tuotteensa visuaalisen rakenteen selkeämmäksi:

1. *Läheisyys* (proximity): Tämän mukaan toisiinsa liittyvät asiat pitää pistää lähelle toisiaan, jolloin ne muodostavat katsojan mielessä oman ryhmän.
2. *Tasaus* (alignment): Tasaus luo myös yhtenäisyyttä, kuten läheisyys. Mikäli kaikki teksti on keskitetty, niin sitä on vaikea lukea ja rivit ovat eripituisia keskenään. Pelkkä teksti pitäisi aina tasata pystysuoraan.
3. *Toistaminen* (repetition): Toista tiettyjä graafisia elementtejä koko dokumentin ajan saadaksesi viestitettyä lukijalle niiden avulla tärkeät kohdat tai niiden luonteen.
4. *Kontrasti* (contrast): Kontrasti on eräs parhaita tapoja lisätä lukijan visuaalista mielenkiintoa. Se luo hierarkian osioiden kesken ja sillä saadaan tärkeimmät osiot esiin. Kontrastin voi luoda käyttämällä viivoja, laatikoita ja grafiikoita, jotka eroavat paljon toisistaan.

Kuvassa 8 sovelletaan näitä neljää periaatetta seuraavalla tavalla: Vaiheessa 1 on muokkaamaton sivu. Vaiheessa 2 on käytetty läheisyyden periaatetta jakamalla sivun sisältö kolmeen osaan ja sivu on tasattu vasempaan reunaan tasauksen periaatetta soveltaen. Vaiheessa 3 on käytetty toistamisen periaatetta, jolloin katsojan silmä kulkee otsikon ja puhelinnumeron välillä. Vaiheessa 4 on sovellettu kontrastia hyväksi, jolloin sivulta erottuu otsikko, kirjan nimi ja puhelinnumero.



Kuva 8. CRAP suunnittelun periaatteet

6. Tuotteen testaus

Viimeistään silloin kun on saatu tuotteen ensimmäinen versio valmiiksi, suoritetaan sille käytettävyytestaus. Käytettävyyttä on hyvä testata jo prototyypeillä, kuten kappaleessa 4.5 esitettiin. Sen lisäksi, että tutkitaan tuotteen tekninen toimivuus, kuten navigoinnin ja lomakkeiden toiminta, täytyy myös käytettävyys testata. Nielsen [2000] vertailee artikkelissaan testaajien määrän ja löytyneiden käytettävyysvirheiden suhdetta. Jo viidellä testaajalla löytyy noin 85 % kaikista käytettävyysvirheistä ja kaikki käytettävyysvirheet löytyvät mikäli testaajia on 15 henkilöä. Tästä johtuen hän suosittaakin testaamaan vain viidellä käyttäjällä, koska se on edullisempaa ja kaikki merkittävimmät käytettävyysvirheet tulevat kuitenkin esiin. Mikäli käytettävissä olisikin 15 testaajaa, niin hän suosittelee yhden laajan testin sijaan jakamaan testit kolmeen pienempään testiin ja testaamaan niistä jokaisen viidellä käyttäjällä. Lisäksi testeissäkin pitää huomioida iterointi kuten suunnittelussa, mikä tarkoittaa ensitestin perusteella korjatun version uudelleen testausta uudestaan mahdollisuuksien ja resurssien mukaan. Jos kyseessä on tuote, jolla on erilaisia käyttäjäryhmiä, kuten aikuiset ja lapset, niin silloin tarvitaan toki enemmän testaajia ja kummastakin käyttäjäryhmästä.

Käytettävyyden ja teknisen toimivuuden lisäksi voidaan testata ainakin tuotteen visuaalinen ja toiminnallinen miellyttävyys, sekä suorituskyky.

7. Yhteenveto

Käyttöliittymää suunniteltaessa suunnittelijan tarvitsee ensimmäiseksi selvittää tuotteen käyttökonteksti, eli keitä ovat käyttäjät, mihin he tuotetta käyttävät ja mikä on tuotteen käyttöympäristö. Tämä selviää ainoastaan tutkimalla asiaa jonkin metodin avulla. Selvitettyään kyseiset asiat hänen tarvitsee määrittellä suunniteltava tuote sellaiseen muotoon, jonka avulla muutkin osapuolet, kuten tilaaja, projektipäällikkö, toteuttaja ja graafikko voivat ymmärtää tuotteen ominaisuudet.

Tuotteen määrittelyn jälkeen voidaan aloittaa suunnitteluvaihe, joka voidaan jakaa käsitteelliseen ja yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Suunnittelussa on otettava huomioon yleisesti tunnetut ja hyväksi todetut periaatteet, joista osa käsiteltiin luvuissa 4 ja 5. Nämä sisältävät paljon samanlaisia ja päällekkäisiä ohjeita ja niiden perusteella olisi mahdollista tehdä laaja ohjeistus, joka sisältäisi näistä tärkeimmät. Sellaista en yrittämisestä huolimatta löytänyt. Tällaiselle listalle olisi käyttöä ja siitä näkisi helposti huomioonotettavat asiat.

Suunnitteluvaiheen jälkeen tuote tai sen prototyyppi testataan sekä tekniseltä toimivuudeltaan, että käytettävyydeltään. Tosin jo prototyypit on hyvä testata, jolloin ainakin huomattavat virheet saadaan karsittua pois toteutettavasta versiosta.

Tärkeimpänä metodina suunnittelussa ja sen kaikissa vaiheissa on iteratiivisuuden noudattaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki suunnittelua ohjaavat säännöt tarkastetaan aika ajoin ja virheiden löytyessä palataan takaisin suunnitteluvaiheeseen ja korjataan löytyneet virheet. Tätä metodia noudattamalla valmiissa prototyypissä on huomattavasti vähemmän virheitä, kuin silloin jos tuote tarkastetaan vasta koko prototyypin valmistuttua.

Näyttäisi olevan tarvetta suunnittelumallille, joka ohjaisi suunnittelun toteutumista aina taustatutkimuksesta valmiiseen prototyyppiin asti. Sen pitäisi huomioida tärkeimmät suunnittelun apuvälineiden antamat periaatteet ja myös iterointi kautta koko suunnittelun.

Taulukko 1 listaa joukon eri suunnitteluvaiheiden apuvälineitä. Näitä apuvälineitä on olemassa näiden lisäksi monta muutakin mutta tässä listaus muutamista. Osan apuvälineistä voi sijoittaa myös johonkin muuhun ryhmään, näkemyksestä riippuen.

Taustatutkimus	Määrittely	Käsitteellinen suunnittelu	Yksityiskohtainen suunnittelu	Testaus
Haastattelu	Vaatimusmäärittely	Heuristiset arviot	Hahmolait	Heuristinen arviointi
ISO 13407	Skenaariot	Esteettömyys	Yleiset suunnittelun periaatteet	Subjekttiivinen arviointi
Tilannetutkimus	käyttötapaukset	Tarkistuslistat	Tyylioppaat	Tekninen arviointi
Kontekstianalyysi	Tehtäväanalyysi	Standardit	CRAP	Miellyttävyyden arviointi
Aikaisempi versio		Yhtenäisyys tarkistukset	Typografian huomiointi	Suorituskyvyn arviointi
Mitä tilaaja haluaa		Kognitiivinen läpikäynti	Värien huomiointi	
Käyttäjätarkkailu		Suunnittelumallit	Ristikkoperustainen suunnittelumalli	
Aivoriihi		Prototyypit	Sommittelu	
Kilpailija-analyysi			Yhdenmukaisuus	

Taulukko 1. Graafisen käyttöliittymän suunnittelun apuvälineitä

Viiteluettelo

- [Apple, 2006] Apple, *Introduction to Apple Human Interface Guidelines*. Saatavilla <http://developer.apple.com/documentation/UserExperience/Conceptual/OSXHIGuidelines/index.html>
- [Käki, 2005] Mika Käki, *Graafisen käyttöliittymän suunnittelun työkurssi*, Tampereen Yliopisto, Tietojenkäsittelytieteen laitoksen kurssi ja luentomateriaali, (9.2005).
- [Microsoft, 2006] Microsoft, *User Interface Design and Development*. Saatavilla <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnwue/html/welcome.asp>
- [Nielsen, 1993] Jakob Nielsen, *Usability Engineering*, Academic Press, New York, 1993.
- [Nielsen, 2000] Jakob Nielsen, *Why You Only Need to Test With 5 Users*, Alertbox, March 19, 2000. Saatavilla www.useit.com/alertbox/20000319.html

- [Nielsen, 2003] Jakob Nielsen, *Paper Prototyping: Getting User Data Before You Code*, Alertbox, April 14, 2003. Saatavilla <http://www.useit.com/alertbox/20030414.html>
- [Nielsen and Mack, 1994] Jakob Nielsen, Robert L. Mack, *Usability Inspection Methods*, John Wiley & Sons, New York, 1994.
- [Norman, 1990] D.A. Norman, *The Design of Everyday Things*, Doubleday, New York, 1990.
- [Sinkkonen, 2004] Irmeli Sinkkonen, *Käyttöliittymät ja Käytettävyys*, Artikkelit, Adage Oy, 20.2.2004. Saatavilla <http://www.adage.fi/artikkelit/>
- [Sinkkonen et al., 2002] Irmeli Sinkkonen, Hannu Kuoppala, Jarmo Parkkinen ja Raino Vastamäki, *Käytettävyyden Psykologia*, Edita Oyj/IT Press, 2002.
- [Tidwell, 2005] Jenifer Tidwell, *Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design*, O'Reilly Media, November 21, 2005.
- [Turkki ja Sinkkonen, 2004] Laura Turkki, Irmeli Sinkkonen, *Esteetön vai Käytettävä*, Artikkelit, Adage Oy, 20.2.2004. Saatavilla <http://www.adage.fi/artikkelit/>
- [W3C, 1999] World Wide Web Consortium, *Web Content Accessibility Guidelines 1.0*, Recommendation, 5.5.1999. Saatavilla <http://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/>
- [Welie, 2003] Martijn van Welie, *...Patterns in Interaction Design*, available <http://www.welie.com/patterns>
- [Williams, 2003] Robin Williams, *Non-Designer's Design Book*, Second Edition, Peachpit Press, 2003.
- [ISO 9241-11, 1998] International Organization for Standardization, *ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability*. 1998.
- [ISO 13407, 1999] International Organization for Standardization, *ISO 13407: Human-centered design processes for interactive systems*, 1999(E).

Näkörajoitteisten käyttöliittymät

Ulla-Kaija Ahola

Tiivistelmä

Teknologia on tärkeä apu näkörajoitteisille ihmisille. Graafisten käyttöliittymien kehitys on vaikeuttanut näkörajoitteisten sisäisten mallien muodostamista käyttöliittymästä. Käyttöliittymä visualisoidaan näkörajoitteiselle usein näytönlukijan kautta ja tämä asettaa useita vaatimuksia näytönlukijan suunnitteluun. Suuri haaste on myös matematiikan esittäminen, sillä matematiikka on erittäin visuaalista ja sen esittäminen esimerkiksi Brailleen avulla on hankalaa mm. sen ei-lineaarisen luonteen takia.

Avainsanat ja –sanonnat: Näkörajoitteisten käyttöliittymät, sisäinen malli, visualisointi.

CR-luokat: K.4.2, K.3.0

1. Johdanto

”If you believe as we do, that access to information might be the most valuable commodity in the modern world, then it becomes clear that lack of access to it is a seriously disabling condition. The reasons behind inaccessibility span a wide range of issues from physical diasbility to economic status. But, whatever the reason, access (or the lack of it) to the world of information is creating a new divide between rich and poor.” (A.I. Karshmer & M. Blatner – Behaviour & Information Technology, September 1999) [Karshmer, 2005]

Tekniikka valtaa alaa joka päivittäisessä elämässämme. Mahdollisuudet saada tietoa on kasvanut tekniikan kehityksen myötä. Mahdollisuus käyttää tietotekniikkaa katsotaan melkeinpä kansalaisyhteisöksi. Näkörajoitteiset tuotteen kohderyhmänä asettavat haasteita ohjelman suunnitteluun ja sen testaamiseen. Vaikka multimodaalisuus ei ole uusi asia, ohjelmat ja niiden tekijät luottavat pääosin visualisiin viesteihin. Graafisten käyttöliittymien kehitys tuo uusia haasteita mm. näytönlukijoiden kehitykseen.

Graafisten käyttöliittymien kehittyessä, joutuvat vakavasti näkörajoitteiset huonompaan asemaan. Kun käyttöliittymät olivat komentoperusteisia, olivat ne tasa-arvoisempia käyttöliittymiä, sillä syötteet

annettiin näppäimistöllä, jota sekä näkevät että näkörajoitteiset pystyivät tehokkaasti käyttämään. Komentopohjaisessa käyttöliittymässä näytönlukija pystyi lukemaan ymmärrettävästi tulosteita, jotka sisälsivät lähinnä yksinkertaisia merkkejä. [Kamel and Landay, 2000]

Ihminen ilman näkörajoitteita on oppinut jäsentämään maailmaansa visuaalisesti. Suunnittelijan on vaikeaa asettaa maailmaan, jossa visuaalisia vihjeitä ei ole. Tämä ei tarkoita sitä, että ilman näkökykyä ihminen ei voisi rakentaa visuaalisia malleja ajatuksissaan, mutta kuinka visuaaliset mallit esitettäisiin ilman visuaalisia vihjeitä niin, että käyttäjä voisi niiden avulla rakentaa oman visuaalisen kokemuksensa? Tarvitaan selvästi lisää tutkimuksia, jotka käsittelevät käyttöliittymien käytettävyyttä ja tehokkuutta näkörajoitteisen näkökulmasta. Tarvitaan tutkimuksia, joiden koehenkilöinä ovat itse näkörajoitteiset, sillä vaikka näkevillä ja näkörajoitteisilla on hyvin samanlaiset sisäiset mallit kolmiulotteisesta maailmasta [Kurze, 1996], on näkevän ja sokean vuorovaikutus tietokoneen ratkaisevasti erilaista.

Tutkimuksessani käsittelem visualisointia käsitteenä sekä toimintana ja pyrin selvittämään näkörajoitteisille suunnatun käyttöliittymän suunnittelun peruslähtökohtia. Koska käyttöliittymät ovat yhä enemmän grafiikkapainoisia, ohjelmat vaativat monipuolisia näytönlukijoita, jotka auttavat sokeaa rakentamaan oman sisäisen mallin käytettävästä käyttöjärjestelmästä tai sovelluksesta.

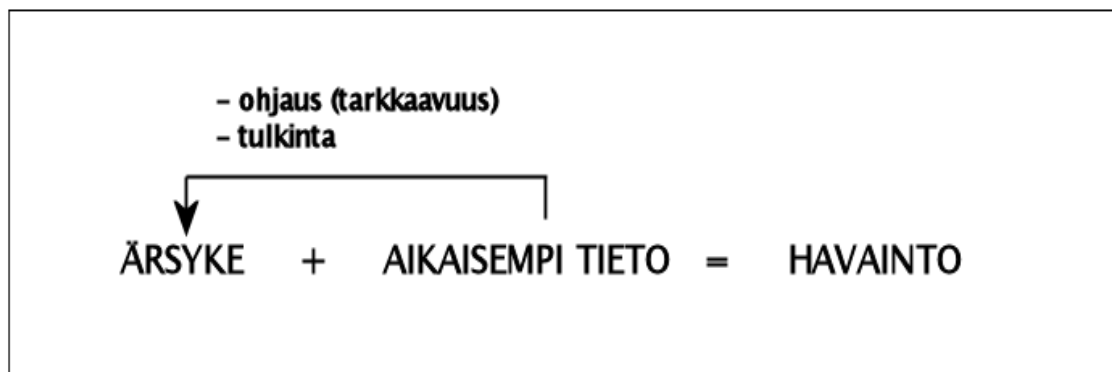
Visualisointi käsitteenä ei ole yksioikoinen. Toisaalta se tarkoittaa jonkin asian havainnollistamista näköaistille kuvallisesti, toisaalta mielen avulla luotua "kuvaa" toiminnasta. Tutkimuksessani käytän visualisointia käsitteenä, joka on kahden edellisen tulkinnan synteesi. Visualisoinnilla haluan kuvata yleisesti (erityisesti vaikeasti näkörajoitteisten) käyttöliittymän suunnittelijan keinoja välittää informaatio vastaanottajalle, jotta vastaanottaja voisi informaation avulla luoda sisäisen mallin toiminnallisesta kokonaisuudesta. Vaikka keskityn kuvaamaan yleisesti näkörajoitteisten tai sokeiden käyttöliittymiä, otan esille yhden vaikeimmista haasteista; matematiikan visualisoinnin. Tarkastelen tarkemmin MathGenietä, ns. matematiikka-selainta, jonka tarkoitus on helpottaa näkörajoitteisten sekä lukihäiriöisten matematiikan opiskelua. MathGenien yhteydessä käsittelem myös Braillea ja sen mahdollisuuksia matematiikan visualisoinnissa.

2. Havainto ja vuorovaikutus

Tässä kappaleessa selvennän havainnon muodostamista sekä pohjustan hieman tietokoneen ja ihmisen välisen vuorovaikutuksen keinoja.

2.1 Havainnon muodostaminen

Yksinkertaistettuna havainnon voisi esittää lyhyenä kaavana: ärsykkeet + aikaisempi tieto = havainto. Asia ei kuitenkaan ole aivan näin yksinkertainen. Jokapäiväisessä elämässämme emme käsittele koko visuaalisten ärsykkeiden kirjoa, vaan kiinnitämme huomion (tarkkaavuus) tiettyihin objekteihin. Objektilla en tässä tarkoita yksittäistä esinettä, vaan yleisempää kohdetta. Kohde voi myös olla tapahtumasarja. Huomion kiinnittäminen ei välttämättä ole tietoinen prosessi. Tietoisuus on usein läsnä, mutta nämä eivät ole synonyymejä tai toisiaan ehdottomasti vaativia. [Sternberg, 2003] Suurin osa tarkkaavuusilmiöistä perustuvat siihen, että sisäiset mallit saavat yksilön suuntamaan automaattisesti huomionsa tiettyihin kohteisiin [Vuorinen *et al.*, 1998].



Kuva 1: Havainnon muodostaminen

Käytämme aikaisempaa tietoa maailmasta, kun keräämme ja tulkitsemme tietoa. [Matlin, 2002] Suodatamme aistiärsykeitä tarkkaavaisuuden avulla keskittämällä havainnointiin käyttämämme resurssit kohteeseen (tai mahdollisesti kohteisiin). Jos kiinnitämme huomiomme useampaan kohteeseen samanaikaisesti suoritus yleensä kärsii verrattaessa tilanteeseen, jossa huomiomme kohdistuu yhteen kohteeseen kerrallaan. Tarkkaavuusmekanismit jakautuvat eri tasoihin. Refleksiivisesti ohjautuva tarkkaavaisuus on alimmaisena ja tahdonalaisesti ohjautuva korkeimmalla tasolla. Sisäiset mallit ulkoisista kohteista (kuten käyttöliittymästä) ohjaavat meidän huomiomme tiettyihin kohteisiin. [Vuorinen *et al.*, 1998]

Vastaanotin- eli reseptorisolut vastaanottavat ärsykeitä ja aistielin muuntaa ärsyke-energian signaaleiksi, jotka se esikäsittelee ja lähettää sitten aistihermo pitkin eteenpäin. [Vuorinen *et al.*, 1998] Havainto ei siis synny aistielimessä vaan aivoissa, jossa myös tulkitaan havainto ja sen merkitys.

2.2 Vuorovaikutus tietokoneen kanssa

Vuorovaikutus tietokoneen ja sen ohjelmien kanssa syntyy lähinnä kolmen käsiteparin kautta: kuva-näkö, ääni-kuulo, kosketus-tunto. Vaikeasti näkörajoitteisten ohjelmissa vuorovaikutuksen keinoiksi jäävät ääni ja kosketus. Vuorovaikutuskeinona ääni voidaan toteuttaa loppukäyttäjälle edullisemmin kuin kosketus, sillä se harvoin vaatii kalliita lisälaitteita (kuten pistenäyttö). Kosketus vuorovaikutuksen keinona jää usein näppäimistön ja hiiren tasolle, joista sokeat käyttävät käyttöjärjestelmässä navigoidessaan lähinnä ensimmäistä, kun taas näkevät käyttävät enemmän hiirtä. Sokea käyttäjä muodostaa kuvan käyttöjärjestelmästä, sovelluksista ja niiden sijainnista näytönlukijan kautta ja näin ääni nousee keskeiseksi elementiksi muodostettaessa sisäistä mallia. [Kurniawan *and* Sutcliffe, 2002]

3. Käyttöliittymän hahmottaminen

Tässä kappaleessa käsittelen sokeiden tai vaikeasti näkörajoitteisten sisäisiä malleja eli kuinka he hahmottavat käyttöjärjestelmiä ja sovelluksia. Kappaleessa käytän pääasiallisesti Kurniawan ja Sutcliffen tutkimusta *Mental Models of Blind Users in the Windows Environment* [2002]. Käsittelen myös sokeiden käyttöstrategioita, kun käyttäjä kohtaa uuden ohjelman. Lopuksi kokoan yhteen seikkoja, jotka tulisi ottaa huomioon ruudunlukijoita suunnitellessa

3.1 Kurniawan ja Sutcliffen tutkimuksen taustaa

Kurniawan ja Sutcliffe [2002] ovat tutkineet Windows-käyttöjärjestelmän sokeiden käyttäjien sisäisiä malleja. Vaikka tutkimuksessa käytettiin tiettyä näytönlukijaa Windows-ympäristössä, uskon että tutkimus voi antaa yleispätevää informaatiota sokeiden sisäisistä malleista uutta ohjelmaa käytettäessä sekä että tutkimuksen perusteella voidaan antaa suunnitteluohjeita, jotka pätevät muissakin graafisissa käyttöjärjestelmissä. Tutkimuksessa koehenkilöinä käytettiin vaikeasti näkörajoitteisia tai sokeita henkilöitä. Usein tutkimuksia tehdään näkevilla. Muun muassa Gillan et al. [2004] tutkivat matemaattisten yhtälöiden lukemista näkevilla kehittäessään MathGenietä. Sokeiden sisäisiä malleja on tutkittu vähän. Kurniawan ja Sutcliffe uskovat, että sokeiden ja näkevien vuorovaikutus tietokoneen kanssa on ratkaisevasti erilaista, joten jotta tutkimus antaisi totuuden mukaisen kuvan sokeiden sisäisistä malleista tulisi tutkimuksen koehenkilöinä olla sokeita tai vaikeasti näkörajoitteisia ihmisiä. Tutkimuksessa tietoa kerättiin haastatteluilla ja observoinnilla eli koehenkilöiden toimintaa seurattiin, kun he käyttivät uutta sovellusta.

3.2 Sisäiset mallit

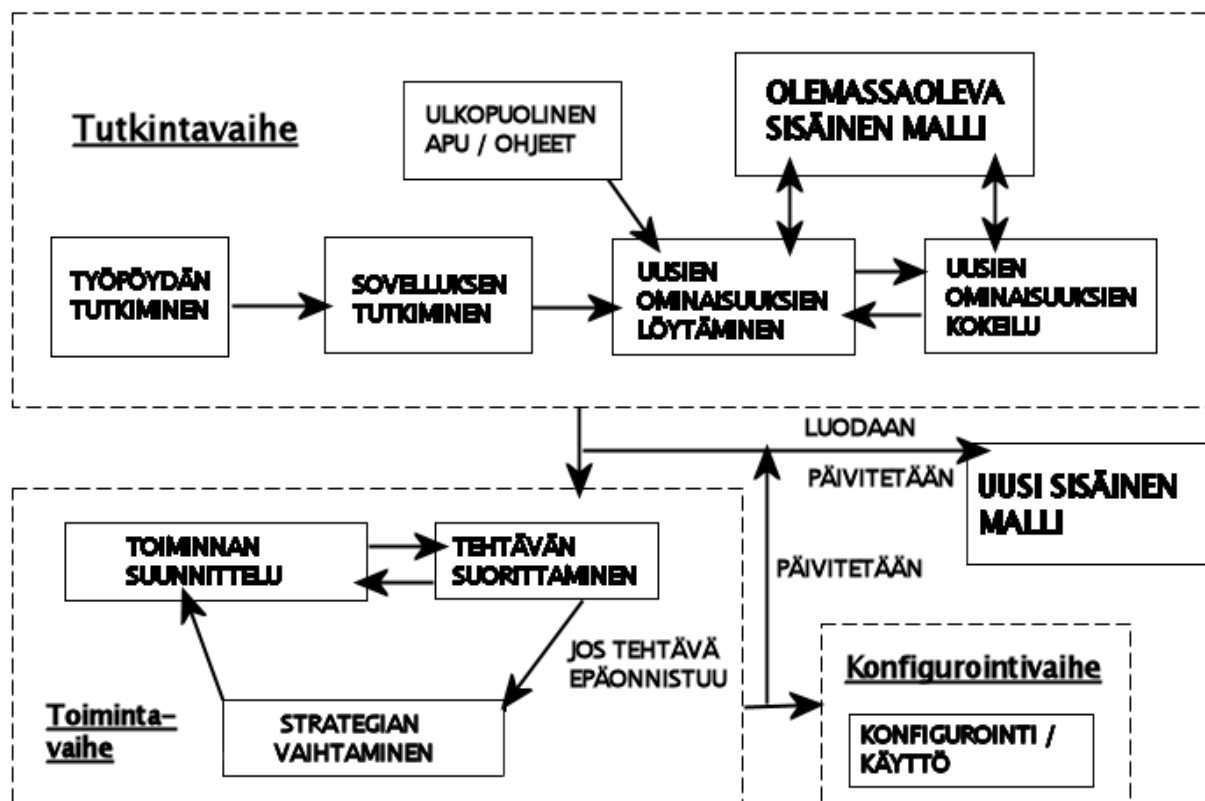
Kurniawan ja Sutcliffen tutkimuksen mukaan on kolme erilaista tapaa hahmottaa Windows-ympäristöä. Rakenteeseen perustavassa mallissa sokea näki järjestetyn kokonaisuuden, joka oli joko yksi- tai kaksiulotteinen. Jokaisella sovelluksella on paikkansa työpöydällä. Jos sovellukset oli järjestelty tavalla, joka ei vastannut sokean omaa sisäistä mallia, se vaikeutti sovelluksien löytämistä. Toinen malli ns. toiminnallinen malli (a functional mental model) perustui toimintoihin ja käskyihin. Käyttäjä yhdisti sovelluksen käyttäjän määrittelemään pikanäppäimeen. Käyttäjä ei näin ole riippuvainen sovellusten oikeasta järjestyksestä työpöydällä, mutta pikanäppäinten merkityksen muuttuminen uudessa sovelluksessa aiheuttaisi ongelmia. [Kurniawan and Sutcliffe, 2002] Tämän takia standardien noudattaminen uusien sovellusten suunnittelussa on erityisen tärkeää. Sisäiset mallit ohjaavat meidän käyttäytymistämme ja jos jokin ei vastaa niitä joudumme ongelman eteen. Voimme muokata sisäisiä mallejamme, mutta standardin rikkomiseen tulisi olla hyvä ja painava syy erityisesti jos suunnitellaan sovellusta näkörajoitteiselle. Kolmas malli Kurniawan ja Sutcliffen mukaan on yhdistelmä malli, jossa kaksi edellistä mallia yhdistyvät. Käyttäjä käyttää pikanäppäimiä, sekä tietoa sovellusten sijainnista navigoidessaan käyttöjärjestelmässä.

4. Uuden toimintaympäristön tai sovelluksen käyttöstrategiat

Tässä kappaleessa tarkastelen Kurniawan ja Sutcliffen kolmea näkörajoitteisen käyttäjän käyttöstrategian tasoa sekä erittelen heidän järjestelmän suunnitteluperiaatteitaan.

4.1 Kolme käyttöstrategian tasoa

Kurniawan ja Sutcliffen mukaan sokeilla on yleensä on kolme käyttöstrategian tasoa, kun heidän täytyy käyttää uutta ympäristöä tai sovellusta. Kuvassa kaksi on kuvattu nämä kolme tasoa ja niiden väliset yhteydet. Aluksi, niin sanotussa tutkintavaiheessa, käyttäjä tutustuu uuteen käyttöliittymään ja luo uuden sisäisen mallin. Tätä mallia päivitetään, kun käyttäjä kokeilee esimerkiksi uusia ominaisuuksia. Toimintavaihe on tehtäväpainotteinen. Tässä vaiheessa käyttäjä ei enää kokeile satunnaisesti ominaisuuksia, vaan suunnitelmallisesti pyrkii suorittamaan tehtäviä. Lopuksi, kun käyttäjä tuntee osaavansa käyttää sovellusta, seuraa konfigurointivaihe, jossa käyttäjä muokkaa ohjelmaa omien tarpeidensa mukaiseksi.



Kuva 2 Vuokaavio sokean henkilön käyttäytymisestä käyttäessään uutta Windows ympäristöä tai sovellusta [Kurniawan and Sutcliffe, 2002]

Tuottaakseen toimivia sisäisiä malleja monimutkaisista ohjelmista, sokea voi joskus tarvita näkevän henkilön apua. [Landau, 1999 Kurniawan *et al.*:in mukaan, 2003] Usein sokea tai näkörajoitteinen saa informaatiota käyttöliittymän rakenteesta vain näytönlukijan kautta ja joskus näytönlukija ei välttämättä pysty kääntämään visuaalisia vihjeitä tarpeeksi selkeästi niin että sokea voisi rakentaa ymmärrettävän kokonaisuuden graafisesta käyttöliittymästä. Tämä ongelma tulee esiin erityisesti monimutkaisissa ohjelmissa.

4.2 Mitä tulisi ottaa huomioon suunnittelussa?

Mielestäni käyttöliittymän suunnittelussa tulisi pyrkiä selvittämään kohderyhmän tarpeet ja niiden pohjalta suunnitella käytettävä sovellus tai käyttöjärjestelmä. Varsinkin kun kyseessä on käyttäjäkunta, jolla on erityistarpeita. Kurniawan ja Sutcliffen antavat kolme ohjetta järjestelmien suunnittelijoille [2002]:

1. Auta käyttäjiä tuottamaan sisäinen malli yleiskuvan kautta.
2. Auta käyttäjiä vahvistamaan sisäisiä mallejaan sisäänrakennetulla järjestelmällä, jonka avulla käyttäjä voi saada tietoa esim. toiminnoista käyttämättä yritys- ja erehdysmenetelmää.

3. Anna käyttäjälle mahdollisuus muokata käyttöliittymää heidän tarpeita ja taitojaan vastaavaksi.

Koska näytönlukija on keskeisessä asemassa käyttöjärjestelmän ja sovellusten rakenteiden ymmärtämisessä, tulee näytönlukijoiden suunnittelussa kiinnittää erityistä huomiota käyttäjäryhmän erityistarpeisiin. Näytönlukijan tulisi informoida käyttäjää työpöydän rakenteesta ja antaa tietoa mahdollisista pikanäppäimistä ilman, että näitä tulisi kokeilla. Pikanäppäinten tulisi myös olla helposti muistettavia ja muokattavia. Käyttöliittymän joustavuus ja luotettavuus on tärkeää, niin kuin näkeville suunnitelluissa käyttöliittymissä. [Kurniawan and Sutcliffe, 2002] Vaikka sokean ja näkevän vuorovaikutus tietokoneen kanssa on erilaista niin mielestäni samat käytettävyyden kultaiset säännöt (esimerkiksi Nielsenin heuristiikat) ovat hyödyllisiä näkörajoitteisten käyttöliittymien suunnittelussa. Mielestäni kohderyhmä kannattaa ottaa mukaan jo suunnittelun alkuvaiheessa, jotta ohjelma olisi mahdollisimman hyödyllinen juuri käyttäjäryhmälleen. Ohjelmia tulisi myös testata omalla kohderyhmällä eli näkörajoitteisilla, jotta käyttöliittymä olisi mahdollisimman vastaisi parhaiten juuri heidän tarpeitaan.

5. Matematiikan visualisointi

Tässä kappaleessa käsittelen matematiikan visualisointia ja sen mahdollisia ongelmia. Aluksi selvitän matematiikan merkitystä ja apuvälineiden merkitystä sokeiden matematiikan opiskelussa. Sen jälkeen tuon esiin Brailleen ongelmia matematiikan yhtälöiden esittämisessä. Lopuksi esittelen tutkimustuloksia, jotka käsittelevät matemaattisten yhtälöiden lukua ja yhtälöiden esittämistä sokeille tarkoitetuissa opetusohjelmissa.

5.1 Miksi matematiikka on tärkeää?

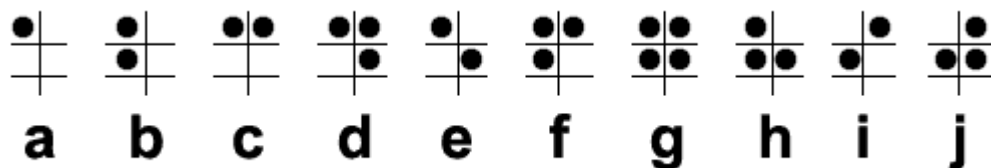
Matematiikka voi olla erityisen vaikeaa sokeille opiskelijoille helpottavien apuvälineiden puuttuessa. Matemaattisten yhtälöiden muuttaminen visuaalisesta muodosta luettuun muotoon ei ole yksinkertaista, sillä on monia tapoja lukea sama yhtälö [Ferreira and Freitas, 2004]. Tarvitaan standardeja, jotta puhutusta matematiikan säännöistä voisi tulla yhtä universaaleja, kuin itse matematiikasta.

Suomessa matematiikka on usein pakollinen aine teknillispainotteisissa koulutusohjelmissa. Esimerkiksi Tampereen yliopistossa pääaineena tietojenkäsittelyä opiskelevien on opiskeltava matematiikkaa ja tilastotiedettä yhteensä 25 op. Ja vuorovaikutteisen teknologian pääaineopiskelijoidenkin on suoritettava vähintään tilastotieteiden peruskurssi [WWW, 2006a]. Jos matematiikan opiskelussa on vaikeuksia jo ala- ja yläasteella, on matematiikan taitoja usein myöhäistä aloittaa korkeakoulussa. Perustan puuttuminen vaikeuttaa myöhempää opiskelua. Kun aikaisempi kehitys jää

saavuttamatta ja matematiikan opiskelussa ei ole rakennettu perustaa, on matematiikan opiskelu ylemmillä asteilla hyvin vaikeaa, jollei mahdotonta. Tätä ilmiötä voisi kutsua Matteus-vaikutukseksi [Vuorinen ja Tuunala, 1997].

5.2 Brailleen ongelmat matematiikan visualisoinnissa

Perinteinen Braille sisältää merkkejä, jotka koostuvat yhdestä, enintään kuudesta kohotetusta pisteestä. Näiden pisteiden järjestys kertoo mikä merkki on kyseessä. Kuvassa 3 on kuvattuna kirjaimet a:sta j:hin braillella.



Kuva 3 Braille kirjoitusta [WWW, 2006b]

Brailleen ongelmat matematiikan visualisoinnissa on sen lineaarisuus sekä merkkien vähyys. Perinteisellä Braillella voidaan luoda 64 eri merkkiä ja näistä aakkoset vievät jo suuren osan. Tilannetta ei helpota, että Braille ei ole universaali kieli kuten matematiikka, vaan erilaisia merkintätapoja on useita mm. Nemeth, Eurobraille jne. [Karshmer, 2005]

Otetaan pieni esimerkki matematiikan muodosta:

$$2 + 3 = x$$

Tämä yhtälö on helppo esittää lineaarisesti, eikä se vaadi erityismerkintöjä. Brailleen ongelmat eivät tulekaan esiin alkeellisemmässä matematiikassa. Otetaan hieman vaikeampi esimerkki:

$$\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{4y + x^3} \pm 5y \div \frac{1}{2} + \sqrt{7}$$

Tämän esittämiseen Braillella vaatii monimutkaisempia merkintöjä kuin perinteisellä 6-pisteisellä Braillella voidaan saavuttaa [Karshmer, 2005]. Suurin ongelma matemaattisissa yhtälöissä on, että ne ovat yleensä kaksiulotteisia, kun taas Braille on yksiulotteinen kieli. Linearisessa muodossa yhtälöistä tulee pidempiä tarvittavien erikoismerkintöjen takia, koska merkkejä tarvitaan enemmän tämä myös nostaa oppimiskynnystä. Sokeille matematiikan opiskelijoille ongelmaksi muodostuu myös Braille-

muodossa olevan materiaalin vähyys, mikä johtuu siitä, että asiantuntijoita, joita tarvitaan kääntämään materiaalia Braille muotoon, on hyvin vähän ja tästä syystä käännöstyö on hidasta. [Moço and Archambault, 2004]

5.3 Synteettinen puhe visualisoinnin apuna

Braille ei rakenteensa vuoksi ole paras mahdollinen tapa esittää matemaattisia yhtälöitä, joten täytyy etsiä vaihtoehtoisia esitystapoja. Kuvallinen esitys olisi yksinkertainen vaihtoehto, mutta tämä ei tule kyseeseen vaikeasti näkörajoitteisten tapauksessa. Suurennuslasin tavoin toimivat ohjelmat, jotka suurentavat tietyn osan näytöstä voivat auttaa niitä, joilla osittainen näkö on tarpeeksi hyvä. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää äänen hyödyntäminen. Asia ei kuitenkaan ole yhtä yksioikoinen miltä se kuulostaa. Saman yhtälön voi lukea monella tavalla. Tarvitaan standardeja eli yhteisiä luonnollisen kielen malleja matematiikan esittämiseen.

Ongelmana synteettisen puheen käytössä on luonnollisen puheen kaltaisuus tai oikeastaan sen puute. Luonnollisessa puheessa on nousuja ja laskuja, taukoja sekä erilaisia painotuksia. Kun puhe poikkeaa suuresti luonnollisesta puheesta, rasittaa se muistia enemmän sekä puhe kuulostaa monotoniselta [Fitzpatrick and Karshmer, 2004]. Fitzpatrickin ja Karshmerin [2004] mielestä tauotukset ovat tärkeitä matemaattisten yhtälöiden lausumisesta. Tauot antavat vihjeitä ryhmyksistä, jotka ovat matemaattisissa yhtälöissä erityisen tärkeitä. Luonnollisen kaltainen puhe estää epäselvyyksiä, joita monotoninen puhe voi aiheuttaa sekä auttaa ymmärtämään materiaalia paremmin.

5.4 Matemaattisten yhtälöiden lukeminen

Tutkimusraportissa "Cognitive Analysis of Equation Reading: Application to the Development of the Math Genie" kerrotaan Gillian et al.:in yhtälönlukuprosessia koskevasta tutkimuksesta. Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää minkälaisia kognitiivisia- ja havaintoon liittyviä-prosesseja näkevä henkilö käyttää lukiessaan matemaattisia yhtälöitä sekä tarjota samat mahdollisuudet äänen avulla, kuin näkeville tarjotaan visuaalisesti. Vaikka mielestäni näkörajoitteisten käyttöliittymiä suunnitellessa tulisi käyttää koehenkilöinä itse kohderyhmää, ei se tässä tapauksessa ole mahdollista, sillä sokeat eivät voi lukea yhtälöitä ilman apuvälineitä ja nämä apuvälineet jaksottavat ja muuntavat yhtälöt esitettävään muotoon. Näin ollen apuväline vaikuttaisi suuresti tulokseen. Tutkimus osoitti, että 1) yhtälöitä luetaan vasemmalta oikealle, yksi elementti kerrallaan, 2) operaattoreita ja numeroita käsitellään enemmän kuin sulkeita, joilla on enemmänkin jaksottava merkitys, sekä 3) sulkeiden sisässä olevat elementit lasketaan yhteen ja lopputulos tallennetaan muistiin. [Gillian et al., 2004]

Tutkimustulosten perusteella tutkimusryhmä ehdotti seuraavia ohjeita ääneen perustuvan matematiikkaselaimen suunnitteluun ja kehittämiseen:

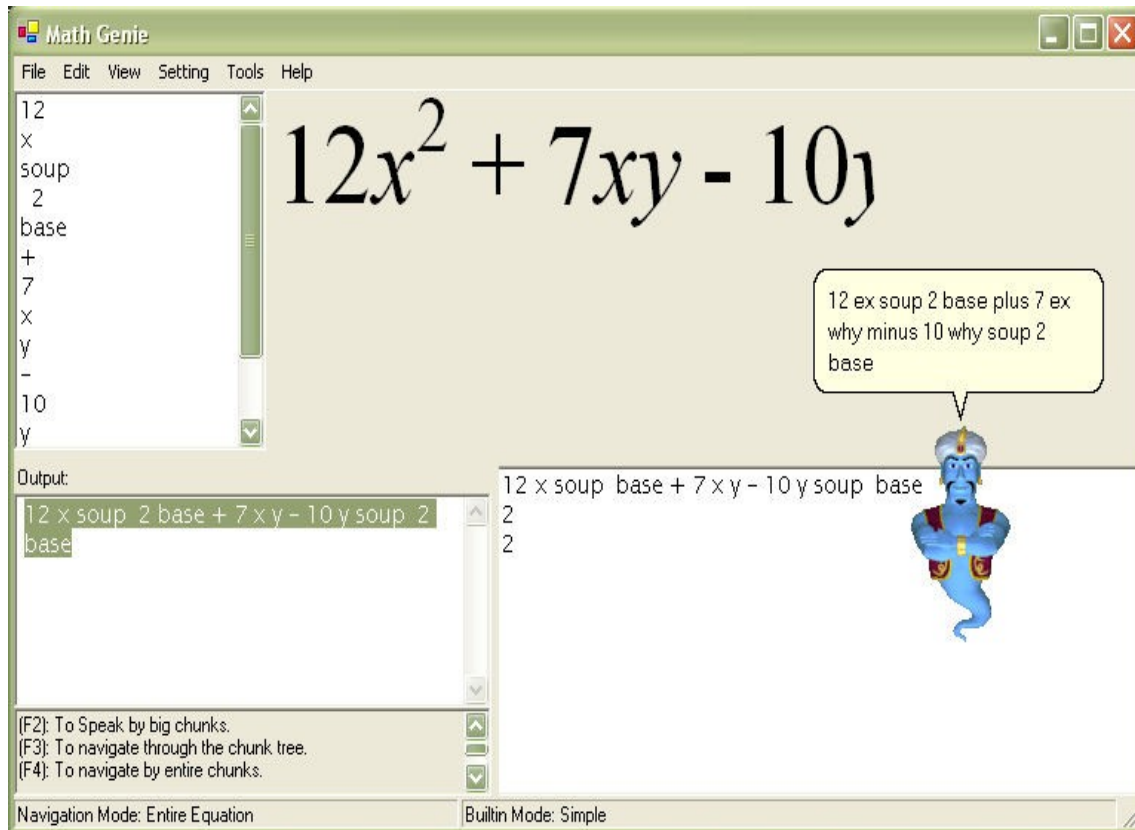
1. Lue elementti kerrallaan vasemmalta oikealle.
2. Anna käyttäjälle tilaisuus palata takaisin haluamaansa kohtaan ja 3. mistä kohdasta yhtälöä tahansa.
4. Anna käyttäjien vaihtaa (mutta ei kokonaan korvata) sulkeiden sisään sen tulos.
5. Anna käyttäjälle mahdollisuus nähdä yhtälön yleiskuva.

Viides kohta ei ollut yhtenäinen tutkimustulosten kanssa, sillä esikatselu ei lyhentänyt matemaattisten yhtälöiden ratkaisemiseen kulunutta aikaa, mutta tutkimusryhmä uskoi, että tämän ominaisuuden tarjoaminen ei haittaisi käyttäjän työskentelyä, vaikka siitä ei olisikaan todistettua hyötyä. [Gillian et al., 2004] Yllämainittuja ohjeita Karshmer tutkimusryhmänsä on käyttänyt kehittäessään MathGenietä.

5.5 MathGenie

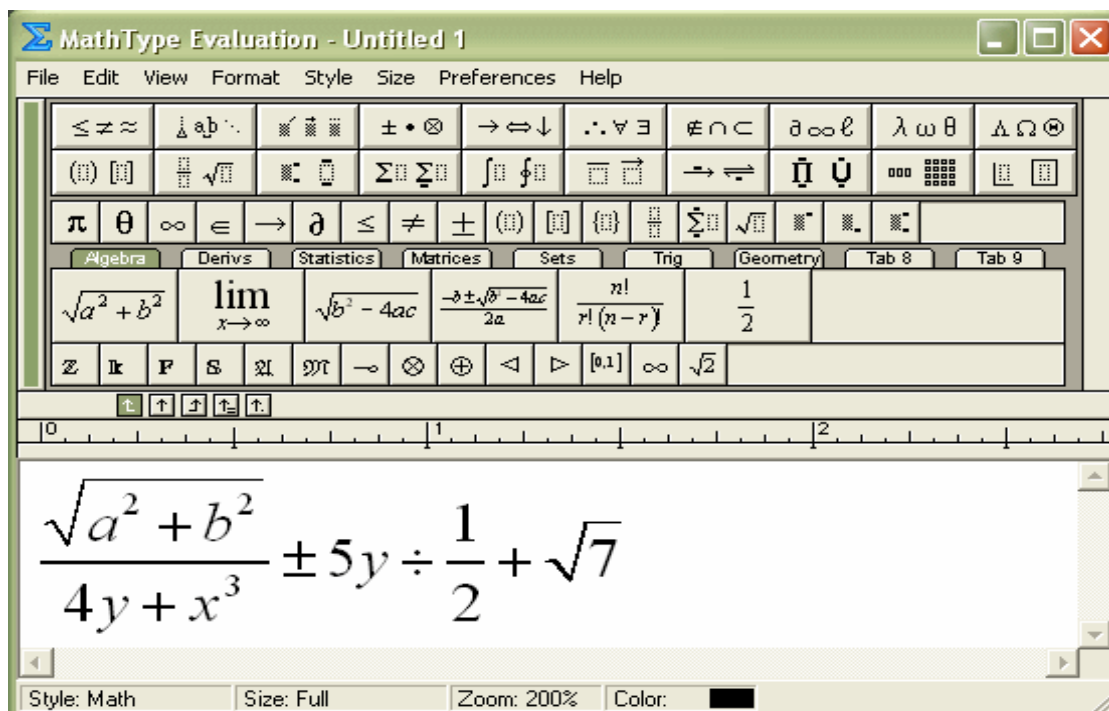
MathGenie on ns. matematiikkaselain eli sen avulla näkörajoitteinen voi tutkia matemaattista lauseketta tai yhtälöä. MathGenie muuttaa MathML-dokumentin monitasoiseksi sanalliseksi lausekkeeksi. MathGenie on kahtiajakautunut sovellu, sillä se on tarkoitettu niin näkeväille kuin näkörajoitteisellekin esim. näkeväille opettajalle, näkörajoitteiselle tai lukihäiriöiselle oppilaalle. Vaikka sovelluksen ns. pääkäyttäjä on näkörajoitteinen lapsi, on ohjelma tehty mahdollisimman helppokäyttöiseksi opettajallekin, jotta MathGenien käyttäminen opetustilanteessa sujuisi mahdollisimman mutkattomasti. Hyvä käyttöliittymä kannustaa opettajiakin käyttämään sovellusta.

MathGenie käyttää hyväkseen jo olemassaolevia elementtejä ja yhdistää ne yhdeksi käyttökokonaisuudeksi. Kuvassa 4 MathGenie "lukee" yhtälön käyttäjälle. Vasemmassa reunassa on yhtälö kuvattu sanallisessa muodossa. Käyttäjä voi itse valita luetaanko yhtälö kokonaan, osissa vai yksi elementti kerrallaan. Valintoja varten on omat pikanäppäimet. Itse Genie on Microsoft Agent sovellus ja puhesyntetisaattori on oma erillinen sovelluksensa. [WWW, 2006c]



Kuva 4 MathGenie versio 1.0

MathGenie-ohjelmassa on oma yhtälökirjasto, mutta omia yhtälöitä MathGenieen voi siirtää esim. MathTypen avulla. MathType on työkalu, jonka avulla voit kirjoittaa monimutkaisempia yhtälöitä ja siirtää ne sitten haluamaasi ohjelmaan esim. Wordiin tai tässä tapauksessa MathGenieen. Kuvassa 5 on MathType, johon kirjoitetun yhtälön voi siirtää MathGeniehin luettavaksi.



Kuva 5 MathTypen avulla esim. opettaja voi luoda yhtälöitä ja siirtää ne MathGenie matematiikka-selaimeen.

MathGeniessä yhtälöstä luodaan hierarkkinen malli, jonka käyttäjä voi lukea ns. suoraan poikkeamatta eri tasoilla, mutta myös tutkimalla eri tasot ja niiden sisällöt. Äänimerkki kertoo, koska käyttäjä tason päätepisteessä ja käyttäjä voi palata takaisin käyttämällä nuolinäppäimiä.

6. Lopuksi

Aloitin aihepiirini lähestymisen sisäisten mallien kautta, koska sisäiset mallit ohjaavat toimintaa oli kyse uuden sovelluksen käyttämisestä kuin pöydän rakentamisesta. Otin esiin Kurniawan ja Sutcliffen tutkimuksen sokeiden sisäisistä malleista ja pyrin heidän tutkimustulostensa avulla valottamaan näkörajoitteisille suunnatun käyttöliittymän perusteita.

Olen pyrkinyt tutkimuksessani kartoittamaan mahdollisimman laaja-alaisesti näkörajoitteisten käyttöliittymien visualisointia. Tutkimusalue on laaja ja sitä ei voi näin lyhyessä työssä kovin laajasti kartoittaa. Aiheesta on tehty ikävän vähän tutkimuksia, vaikka aihe sinänsä ei ole uusi.

Mahdollisuus tietotekniikan käyttöön on mielestäni tasa-arvo kysymys ja toivon, että tutkijat innostuisivat tekemään käyttöliittymä-tutkimusta näkörajoitteisten hyväksi. Mielestäni tutkimuksen tulisi olla myös inkluusiivista eli ottaa myös käyttöliittymien kohderyhmä mukaan suunnitteluun.

Kehitys ei tuo aina helpotusta kaikille. Käyttöliittymien monimutkaistuesssa joutuvat niin näytönlukijat kuin niiden käyttäjät koetukselle. Yksinkertaiset käyttöliittymät olisivat sokeille helpompia

käyttää, sillä monimutkaisista käyttöliittymistä sisäisen mallin muodostaminen voi olla niin vaikeaa, että tarvitaan välttämättä näkevän apua. Näkörajoite ei ole este vain hidaste. Matematiikan maailmaan on mahdollista päästä mukaan vaikka Genien kyydissä.

Viiteluettelo:

[Ferreira and Freitas, 2004] Helder Ferreira and Diamantino Freitas, Enhancing the accessibility of Mathematics for Blind People: the AudioMath Project, *ICCHP 2004*, LNCS 3118, 2004, 678-685]

[Fitzpatrick and Karshmer, 2004] D. Fitzpatrick and A. I. Karshmer, Multi-modal Mathematics: Conveying Math Using Synthetic Speech and Speech Recognition, *Computers Helping People with Special Needs: 9th International Conference*, *ICCHP 2004*, LNCS 3118, 2004, 644-647.

[Gillan et al., 2004] Douglas J. Gillan, Paula Barraza, Arthur I. Karshmer, and Skye Pazuchanics, Cognitive Analysis of Equation Reading: Application to the Development of the Math Genie, *ICCHP 2004*, LNCS 3118, 2004, 630-637.

[Kamel and Landay] Hesham M. Kamel, James A. Landay, A Study of Blind Drawing Practice: Creating Graphical Information Without the Visual Channel, Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies, 2000, 34-41.

[Karshmer, 2005] Arthur I. Karshmer, Teaching Math to the Blind, *Selected Topics in Human-Computer Interaction: lecture Series by Arthur I. Karshmer*, 2005, available at: <http://www.cs.uta.fi/sthci/Karshmer.zip>.

[Kurniawan and Sutcliffe, 2002] Sri Hastuti Kurniawan and Alistair Sutcliffe, Mental Models of Blind Users in the Windows Environment, *ICCHP 2002*, LNCS 2398, 2002, 568-574.

[Kurniawan et al., 2003] Sri Hastuti Kurniawan, Alistair G. Sutcliffe, Paul L. Blenkhorn, How Blind User's Mental Models Affect Their Perceived Usability of an Unfamiliar Screen Reader, *INTERACT'03*, 2003, 631-638.

[Kurze, 1996] Martin Kurze, Tdraw: A computer-based Tactile Drawing Tool for Blind People, *Proceedings of the second annual ACM conference on Assistive technologies*, 1996, 131-138.

[Matlin, 2002] Margaret Matlin, *Cognition*. Wiley, 2002, 32-33.

[Moço and Archambault, 2004] Victor Moço and Dominique Archambault, Automatic Conversions of Mathematical Braille: A Survey of Main Difficulties in Different Languages, *ICCHP 2004*, LNCS 3118, 2004, 638-643]

[Sternberg, 2003] Robert J. Sternberg, *Cognitive Psychology*. Wadsworth, 2003, 66-68.

[WWW, 2006a] Tampereen yliopisto, tietojenkäsittelytieteiden opinto-opas, 2006,
<http://www.uta.fi/opiskelu/o-opas/informaatio/tietojenkäsittelytieteet.pdf> ,
tarkastettu 16.5.2006.

[Vuorinen *et al*, 1998] Risto Vuorinen, Eliisa Tuunala, Valde Mikkonen, *Psykologian perusteet: Ihminen tiedonkäsittelijänä*. Otava, 1998.

[Vuorinen ja Tuunala, 1997] Risto Vuorinen ja Eliisa Tuunala, *Psykologian perusteet: Kehittyvä ihminen*. Otava, 1997.

[WWW, 2006] <http://staff.washington.edu/chudler/gif/braille.gif>, kirjoittajan muokkaama , tarkistettu 16.5.2006.

[WWW, 2006 b] MathGenien käyttöohje Karshmerin internetsivuilla, <http://karshmer.lkln.d.usf.edu/~mathgenie/MathGenieUserGuide.pdf>, tarkistettu 18.5.2006.

Visualizing any XML

Ivar Ekman

Abstract

XML files are widely used but no generic visual editor exists. Most editors only display the content as text with color coding and indentation. As XML files are trees, several visualizations for hierarchies are presented in order to find appropriate ones for presenting the XML file. Improvements for the Hyperbolic Browser, Sunburst, Icicle Plot, Cheop, Treemaps and Cone Trees are presented in order to create visualizations for XML files. These improvements concern visualizing wide and deep trees in general and some XML-specific features, like how to visualize a node and text, attributes and comments within it. Finally further work concerning the domain independent XML editor is discussed.

Keywords: XML, visualizing, tree.

CR-classification: E1, H5.2

1. Introduction

XML files [Bray *et al.* 1998] are used to store almost any data nowadays. Both Microsoft Office and OpenOffice.org are beginning to move towards using, or already use XML file formats. HTML, RSS and many other files used on the Internet are XML files. Even games or programs can be created with XML (MUPE [MUPE 2006] and VoiceXML [McGlashan *et al.* 2004] for example). The reason XML has been so widely adopted is because it allows presenting anything in a human-readable way. The definition of the data and the data itself is stored in a human-readable way using tags, attributes and data inside these tags or attributes. Even if one does not have a specific editor for the file it can be opened, read and edited with a text editor.

The binary format is completely different from XML. Data is stored in a computer-readable way, to be more precise, a computer program -readable way. A binary file can only be opened with a program made for editing it as a binary file format can be such that only the creator knows how it is done and how to handle it. XML files, on the contrary, can always be read and understood as they are basically only text files with tags that have a special meaning.

Even if XML files can be read with any text editor, they can be so large and complex that they are hard to handle in text editors. This means that the XML file format makes it theoretically possible to open and edit a file without the domain specific program. In practice, however, you need the correct program for some files. If no domain specific editor exists the only possible editor is a text editor. This can make

editing files hard, as there are no advanced tools like in domain specific editors and the file is displayed as it is without any abstractions or graphical representations.

Current domain independent XML editors show the code, possibly coloring tags and using indentation to show the structure of the file, oXygen [oXygen 2006] probably being the most advanced one. If the file is long and complex, editing becomes very hard even for advanced users. A user without knowledge on how XML works will probably not be able to edit the file at all.

I argue that it is possible to visualize the structure of XML files and use advanced tools for editing them. It is possible to adopt some tools from domain dependent editors (bound to a specific type of XML) and use them in a domain independent XML editor. These tools can be buttons, sliders, menus, text fields or anything one already is used to in other programs. It is also possible to display the tree-structure of an XML file in another way than by using indentation to show the relation between two nodes. I will deal with visualizing the XML in different abstract ways as a part of creating a domain independent visual XML editor.

First the most important research questions are listed in chapter 2 in order to enable further research based on answering these questions. Chapter 3 covers existing systems for visualizing hierarchies and chapter 4 will discuss how some of these can be improved in order to visualize XML files. Finally chapter 5 concludes this paper and gives directions for further research.

2. Visualization objectives

There are several questions that need to be answered when visualizing any XML file. As the editor is to be domain independent, few assumptions can be made. The XML file can be of any size and structured in any way. Next I will list basic questions to be answered in this research, but more detailed questions are asked and answered later.

The most important question is how to show the tree. An XML file is always a tree, with one root (the starting tag). Everything within the document is within the root tag, usually within several layers of tags. All tags form their own sub-trees. The amount of tags in the document or within another tag is not specified nor is the depth of the tree. A quick review of XML files showed that there are seldom more than 7 levels of tags, but nothing restricts this. It seems that XML trees are usually more wide than deep, one tag has several children and this is what makes an XML file big. This, however, cannot be taken for granted as at least I have not found any research on the common structure of XML files.

XML files consist of tags, attributes, text and comments. A tag (or a node) forms a layer that can have text and other tags inside it. In addition attributes are used to define the tag. Attributes are very similar to tags with the only difference that an attribute cannot have children, only a value describing the attribute. The text is the actual data

but text can be located such, that a node has text, then a node with possible child nodes, and then text again. The XML for this can look like in figure 1. Comments are free text that does not have to follow any rules, except that it cannot contain "--", a double-hyphen ("-->" is used to end comments) [Bray *et al.* 1998]. It can be free text, commented tags, or for example parts of the document but they do not even have to be processed according to specification. An important question is how to display different parts of the document; how to display that a node is a node that can have anything in it, an attribute is an attribute that only has one value, text is text or any data that can be wherever in the document and comments are free text.

The editor has to present the XML file such that it looks editable. When editing a XML in a text editor, one can add a node in the middle of a word. This should be possible with the graphical editor also, and it this should possibly be presented also. How can this be displayed?

Text editors allow any changes and do not validate the document, could this freedom be kept in this graphical editor, or is it better to always keep the document valid? I believe that it is better to keep the document valid at all times, but this is not necessarily the optimal decision.

```
<tag1>Text1<tag2 />Text1 continues</tag1>
```

Figure 1. Example of XML code

To enable editing large documents, parts of the document needs to be hidden. It is important to answer questions like the following: how to hide parts of the document, what should be possible to hide and how to display that there is more information available but it is hidden.

There can be several ways for editing, inserting and removing data. How can this be shown? Are all nodes always displayed in the same way or can two nodes look different? Can one method for editing something change several nodes and their children? Can the user choose between several ways for editing the same node or group of nodes? How is this shown? These are only a few questions that need to be answered when the final application is created.

As mentioned earlier, an XML file is not restricted by its size. An important issue is to find good ways for efficiently using the screen space both to display the whole tree and parts of it. What happens when there is an infinite amount of nodes on one level and what happens if the tree is infinitely deep? What information is prioritized, the first levels or the last nodes? With wide or deep trees information must be hidden or shown in a different way at some point.

3. Related work

There has been much research on presenting hierarchical information. Most systems concentrate on visualizing directory structures, organizational structures or web page links (the last ones are often graphs, not trees). The conventional node link tree diagrams presentation of hierarchical structures is not the optimal visualization for all hierarchies. Next I will present existing ideas for presenting hierarchies.

3.1. Node link diagrams

The problem with the well-known node link tree is that it does not use screen space efficiently. It leaves empty space beside the root node and even moderate trees require much space to be presented completely [Plaisant *et al.* 2002]. It is, however, useful for displaying small trees and this is why it is so widely used. Plaisant *et al.* [2002] present an improved node link diagram, SpaceTree. It allows hiding parts of the tree into triangles with the height presenting the depth, the base presenting the average width and the shading the amount of nodes in the hidden sub-tree.

In order to fit more information on a display one can use fisheye views [Furnas, 1986] to display parts of interest in detail, while showing the contents. Lamping *et al.* [1995] present the Hyperbolic Browser, a program for navigating and manipulating large tree structures. Nodes are presented as a node link diagram on a hyperbolic plane with the selected node in the middle. The further away from the center, the smaller are the nodes. This allows showing details of the selected nodes and nodes close to it, and some information about the context, the nodes further away from it. Nodes far away from the selected node will inevitably not be shown at all in large trees. While this visualization works for trees of up to 1000 nodes, an alternation is needed for larger trees. With very large trees I suspect users can get lost and find it hard to navigate in the Hyperbolic Browser. It also seems to me that this visualization uses a lot of space for displaying the connections between nodes instead of focusing on displaying information within the node. Fisheye view (focus+context), however, seems as something very useful when dealing with large hierarchies.

Koike and Yoshihara [1993] suggest an alternative solution to dealing with large hierarchies. Instead of trying to show all of the information, only a limited set is shown. Nodes are always shown using a fractal approach. This way the amount of displayed nodes is kept almost constant and the visualization is similar from when moving from one level to another one.

3.2. 3D visualizations

Cone tree [Robertson *et al.* 1991] and an improvement of it, fsviz [Carriere and Kazman, 1995], use 3D shapes for presenting the nodes and present the tree in a 3-dimensional space. Parts of the tree can be collapsed into a tetrahedron with the color presenting the amount of hidden nodes. Fsviz could probably provide an overview of

the whole XML structure and enable navigation in large hierarchies. Editing nodes presented as 3D objects, however, seems difficult. What objects should present what data and how can these be edited?

Munzner [1997] extends Cone tree by presenting nodes in a 3D hyperbolic space. The whole tree is presented within a sphere using complex algorithms in a system called H3. This allows showing large hierarchies (over 20 000 nodes) in a functional way. When dealing with XML files this visualization could clearly work on large files but, as Munzner states, other systems are better at dealing with details and this cannot be the only browsing technique. There are also ways for visualizing a hierarchy in cube [Rekimoto and Green 1993] or a sphere [Gross *et al.* 1997].

3.3. Triangular and radial presentations

Cheops [Beaudoin *et al.*, 1996] uses triangles to present layers in a tree. These triangles can be drawn closely together forming a pyramid, where the root is on the top and children are below their parents. This presentation is very space-efficient as nodes overlap each other but this makes it impossible in some cases to select a specific leaf (a node without children), as it might be hidden behind other nodes. One has to expand the tree before navigating down the structure. Cheops seems to me as a good way to get an overview over the whole structure but the fact that nodes overlap each other can probably cause problems. If used together with expanding a selected level, this could probably be a good way for navigating down and up the tree. For navigating sideways, other methods are probably better.

One way for displaying an overview of the tree-structure is by using a radial presentation, such as Sunburst [Stasko and Zhang, 2000] or tree ring [Barlow and Neville 2001]. In these systems the root node is in the middle and generations of child nodes are arranged in circles around it. These systems have, however, one troublesome shortcoming. The more children of a node, the less space is available for displaying a node low in the hierarchy [Stasko and Zhang, 2000]. Icicle plot [Barlow and Neville 2001] displays the tree as an icicle where the parent's width is used to display its children beneath the parent. This cause, like in radial presentations, the limitation that nodes low down in the hierarchy will be drawn using very little space if the tree is wide.

Both tree ring and icicle plot can be improved by maximizing a selected level to a new visualization. This allows browsing deeper and wider trees. Information Slices [Andrews and Heidegger 1998], a system similar to tree ring but only uses half a circle, allows choosing one node as the root node for the next level. The display shows only two trees at the same time but I see no reason for not allowing an infinite amount of trees to be displayed, for example, on top of each other.

Sunburst offers three ways for expanding a sub-tree. The Angular Detail method opens a slice outside of the whole hierarchy with the selected node in the center of the slice. Detail Outside expands the slice of Angular Detail to utilize the whole space

around the hierarchy for the visualization by making the selected node a ring around the hierarchy and showing its children around this ring. The third presentation is Detail Inside where the selected node is shown inside the complete structure with the selected node in the middle and its children around it (see the original paper [Stasko and Zhang, 2000] for details and pictures). Sunburst seems to me to be functional for deep but not wide trees. If a level has too many nodes will all be too small slices and navigating between these become impossible. Navigating sideways from the selected node to its siblings is also something that needs improvement.

3.4. Treemaps

Many papers focus on improving navigating through directory structures with the goal of finding the biggest node. In Sunburst the size of a slice depends on the size of the file or directory it represents. Tree-maps [Johnson and Shneiderman, 1991] and all descendants of it use rectangles for displaying folders or files within folders. Nested Treemaps show the structure, when Treemaps only show the leaf nodes. There can be many attributes that decide the size of the node like size, age or modification time but the most common presentation is showing file size in the size of the rectangle.

Cushion Treemaps [van Wijk and van de Wetering 1999] extends Treemaps by utilizing shading to show the structure clearly without nesting. This can further be extended to use shading in frames for Nested Treemaps [Bruls *et al.* 2000] in order to enhance the structure. There are several algorithms for making the rectangles of a suitable size. Bruls *et al.* [2000] created an algorithm for creating rectangles close to squares, and Bederson *et al.* [2002] extend this to creating ordered rectangles close to squares using several algorithms.

Treemaps can also be changed in various ways, Beamtrees [van Ham and van Wijk 2002] being one interesting visualization. Instead of showing relation with nesting elements, Beamtrees show the relationship with overlapping rectangles. If one overlaps another node is the overlapping a child of the underlying node. This makes it possible to display information in both the parent and its children but without drawing everything within the same rectangle. Leaf nodes are always drawn within their parent. The presentation can be 2- or 3-dimensional. I find this technique interesting and with potential but with large trees the visualization seems confusing and hard to understand.

While Treemaps use the screen space efficiently they cannot be used as such when visualizing XML files. The idea can be used in XML files to use rectangles for visualizing nodes and show the tree structure with rectangles within parent rectangles. This is much similar to subfolders being rectangles within their parent-folder-rectangles. Alternatively the tree-structure could be hidden and only editable fields would be displayed. Rectangular presentation fits well conventional rectangular displays but the node presentation could also be circular or of an irregular form. Rectangular nodes, however, utilize the space optimally.

Boardman [2000] presents Bubble trees, which are similar to Treemap but nodes are presented as circles. One interesting feature also suitable for Treemaps is maximizing a node. In Bubble trees one can select a node and make it utilize more space, shrinking the other nodes. This allows browsing deeper into the tree or focusing on some part of it, while presenting it in context.

4. Suggested visualizations

Next I suggest several interfaces for the domain independent XML editor. I focus on fulfilling the objectives of chapter 2 but acknowledge that there is no optimal visualization. Instead, several different ones are needed as the best visualization is so strongly dependent on the XML file itself. In the end the user will have to be the one choosing the appropriate visualization and possibly use one to edit the node and several other ones to navigate to the wanted nodes. The suggested visualizations are not implemented and based on assumptions that still are to be tested when these visualizations are implemented.

I recognize that searching and highlighting the matching nodes is an important part of the visualization. However, I will not discuss this as it has been carefully examined in the original papers about the visualizations.

4.1. Summary Thumbnails in the Hyperbolic Browser

Node link diagrams work well for small trees but by using some abstractions, like SpaceTree does, large trees can be presented and edited. I believe that an improved version of the Hyperbolic Browser could work with XML files. By limiting the maximum length of links connecting nodes, the visualization can be made to utilize space more efficiently. For visualizing nodes their contents could be presented inside them, allowing the user directly to edit text, attributes and comments within nodes. To enable a node to have much information in it, nodes should be possible to zoom in to. This happens automatically on the hyperbolic plane, but for nodes with much content they should be possible to zoom to different levels. I believe the idea of Summary Thumbnails [Lam and Baudisch 2005] could be useful for this zooming. Instead of zooming text, the text is cropped to fit inside an area. This way text is readable at all times and remains useful. This, of course, has to be clearly presented for example by using three dots in the end of the text.

Changing a node's size by hand could also be a useful feature if one wants to edit several nodes far away from each other simultaneously. This requires a feature to lock the size of a node so that navigating away from it does not change its size.

I have not found any visualizations dealing directly with navigating wide trees using the node link diagram. I am surprised by this, and consider this an interesting research topic. I believe this is what makes XML files big and it is clearly present in other

hierarchies also. Compound fisheye views [Abello *et al.* 2004] provide one way for clustering and expanding clusters in graphs and I believe this is a solution for displaying wide trees.

Navigating deep trees have been solved with abstracting nodes lower down in the tree in SpaceTree but I believe this technique can also be used for abstracting the parents of a node. An alternative solution is to draw the full tree in a minimized version or simply leave the top of the tree outside of the screen.

4.2. Clusters in Sunburst

Sunburst offers an overview of the tree structure. Even if it would be as such suitable for XML files, I believe that large XML files require some changes to the system. The slices can become too small for selecting them if one level has too many nodes (the tree is wide), even if nodes are slices that grow further away from the center. One possibility for allowing choosing a node in this situation is to cluster nodes and allow expanding these clusters. Alternatively the interface could be zoomed to draw a selected node bigger and in detail and use less space and details for nodes far away. Drawing nodes as long slices is not a solution in most cases, as the size increases slowly for thin slices and rapidly for already large nodes.

If the tree is deep, some levels will be outside of the screen area or the visualization becomes so small that it is impossible to navigate. One possibility is to use a scrollable area for the tree and allow the tree to be partly outside of the window. Alternatively zooming or fisheye view could be used to examine the visualization. A third possibility could be to use an abstraction for deep trees, but I believe this would cause the visualization to lose its best feature, the possibility to get an overview of the whole structure.

One option is to use Sunburst only for navigating the XML file and use Treemaps or property windows for editing the content. I believe showing editable fields or even tags within the nodes (slices) can be hard, as slices are not rectangular. Showing rectangular fields within slices also wastes much space.

4.3. Focus+context Icicle plot and Cheops

Icicle plots provide a good overview of the whole tree but suffer even more than radial presentations from space limitations. When the space for a node increases further away from the center in radial presentations (nodes are placed in a circle), the width is always the same in icicle plots. Hence, the further down in the tree, the less space is available for drawing the node, no matter how deep an icicle is. This is a problem especially with deep trees with even few nodes per level or for a sub-tree after one wide layer.

For solving the space-problem selected nodes can be maximized to utilize the whole width. This has to be shown using lines showing the expansion from the parent. As nodes are presented as rectangles, fitting fields for editing the node is possible without

wasting space. When navigating down the tree, parent nodes could be presented using less space providing a focus+context view. This makes nodes far away from the selected node small and nodes close to it large. In this presentation locking a node's size could also be a useful feature.

Due to the size of ordinary screens Cheops could in my opinion fit to start in a corner, for example the upper left corner. This way space is not wasted outside the pyramid. This does not solve the problem of triangular nodes, but if leaf or selected nodes are presented as rectangles they can start from the tree as triangles (the selected node's siblings) also would. Focus+context could be applied to Cheops by making nodes smaller the further away they are from the selected node.

By maximizing the selected node the rest of the screen can be used in a rectangle for displaying the content of the node. This can either be a Treemap of the node and its children or only the selected node's text, attributes and comments. For showing the node's children a small slice of the end of the screen can be used like an Icicle Plot or the unused space around the tree (on the top and/or the right of the rectangle) could be used. Showing children on top of or on the left of the maximized node are, however, breaks the progression of advancing from the top left corner towards the bottom right corner. This technique also requires changing the position of the maximized node's children depending on the maximized node. If the node is on the edge of the pyramid, or close to it, this edge cannot be used for showing children. Figure 2 demonstrates this visualization with the node N2 maximized. Its children are drawn beneath it but the free space above and beside it could also be utilized. If N1 was maximized, it would not have empty space above it but only beside it and N3 similarly would only have empty space above it.

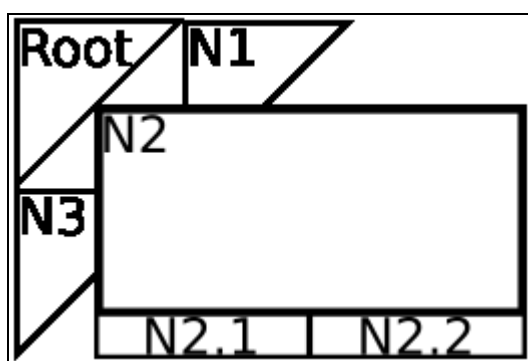


Figure 2. Cheops with the node N2 maximized

Navigating wide trees is a problem in Cheops, unless the tree is expanded and even so, the expanded presentation is in the original paper [Beaudoin *et al.*, 1996] almost a conventional node link diagram which is not suitable for wide trees. In order to navigate wide trees the expanded version of Cheops could use clustering or use a presentation like the Hyperbolic Browser or any other visualization. Thus, it seems that for

navigating any XML file in Cheops, several visualization techniques should be used simultaneously either beside or integrated into each other.

4.4. Tabbed Treemaps

Treemaps have been proven to be able to display very large trees [Fekete and Plaisant 2002] and this encourages using this visualization. As Treemaps show nodes as rectangles within their parent, I believe a possibility for showing attributes, text, and comments in XML files is within the node, as if they were nodes. However, as they are not nodes, this has to be shown in some way. Color could be one possibility, but I believe this visualization method should be used for something different, for example when searching or to color the same type of nodes in the same color. Other possibilities are showing the type of node in the borders, the (possible) topic or the tooltip.

This is the only visualization where the problem demonstrated in Figure 1 can be easily solved. If text fields are presented as nodes, one node can have text, a node, and text again. In all other presentations showing text, attributes or comments in the same way as nodes can be disturbing, but might be compulsory due to this problem. An alternative could be to mix two visualizations together and display some nodes as Treemaps and others in the structure using the other visualization.

The chosen Treemap can either be the one only showing leafs (already existing text and attributes in the XML) or the whole structure (Nested Treemaps). For most XML files the latter one is probably suitable as they can contain information anywhere within the document. Choosing to use Nested Treemaps brings up a new problem. Treemaps originally use a slice-and-dice algorithm to determine the rectangles dimensions but this causes thin rectangles that are hard to select [Bruls *et al.* 2000]. Cluster treemap [Wattenberg 1999] and Squarified Treemaps [Bruls *et al.* 2000] make the leaf nodes close to squares but this causes the nodes to change places when the tree changes. The Pivot Treemap algorithm [Shneiderman and Wattenberg 2001] keeps nodes ordered and Strip Treemaps [Bederson *et al.* 2002] improve this further to keep the nodes ordered and presented as close to squares as possible without wasting space. All of these, however, only deal with making the leaf nodes of square like rectangles and keeping them ordered. In Nested Treemaps all layers of the tree has to be kept of regular form, preferably square-like. This calls for a novel layout algorithm.

In Treemaps information about the node is either displayed inside the leaf or in a tooltip when hovering the node. In XML tags are important and I believe they should always be displayed. For this, I suggest that the visualization of a node is changed to include a topic on the border of the rectangle. The text does not necessarily have to show the entire tag but at least the beginning of it. This resembles tabs used in several applications. For navigating sideways (from a node to its siblings) nodes can be presented as tabs beside the topic. This, however, is necessary only when the siblings

are hidden. An icon or color in the topic could present what type of node it presents. This is especially useful if text attributes and comments are displayed as nodes.

For enabling editing parts of a large XML file, nodes must be maximized or enlarged in some way. Bubble Trees make the selected node bigger, while still showing the siblings and this is one possibility. If one wants to maximize the use of space the enlarged node could use the whole space of its parent (or at least almost all). In this mode tabs can be used for navigating sideways.

Treemaps usually use size to show the size (on the disk) of a file but for XML files alternative information could be used. Surely the amount of text in the sub-tree can determine the size of the node – this resembles ordinary Treemaps but the size of the sub-tree could also be used. A third possibility could be to use the tag to determine the size of the node. All nodes of a particular type could be equally sized. This would allow color to be used for showing something else, such as contents, but would require a sophisticated algorithm for drawing the nodes.

If the tree or a node's sub-tree is too large to be displayed the sub-tree has to be hidden or abstracted to another form. Like SpaceTree, nodes can be shown in an alternative way, like cones for example but in a Treemap, where nodes are squares, a square is probably a suitable presentation. Here color or shading of the node or its borders could be used for showing hidden sub-trees. For example darker nodes could demonstrate that there is a large tree hidden. This resembles the way SpaceTree presents abstract visualizations of hidden nodes.

If a tree is wide, one has to decide what to show. Is it more important to show the first levels of a tree or show only a few nodes but with their complete sub-trees within them. I believe that what is needed in XML files is at least the tag or a beginning of it – nodes could shrink only to show the topic or a part of it if necessary. If even the topic is not important the node could shrink into a dot. On the other hand, if the sub-trees are of more importance the nodes can be presented normally as Nested Treemaps without topics and this allows showing large trees. Fekete and Plaisant [2002] used non-nesting Treemaps to visualize over a million nodes but in a Nested Treemap this number will be much smaller.

At some point space limitations will occur and at this point something has to be hidden. In this case an algorithm or the user could determine a composite of hiding nodes at a specified level or presenting selected nodes in detail. One could for example show the first levels of all nodes and then hide sub-trees of specific types of nodes.

Figure 3 shows how Tabbed Treemaps can look like. Node 1 is selected in both visualizations. Node 2 has several nodes within it and all are shrunk to only show the topic. A scrollbar shows that there are additional nodes. Notice the possibility to move sideways in the second visualization. This is useful when the selected node has several siblings.

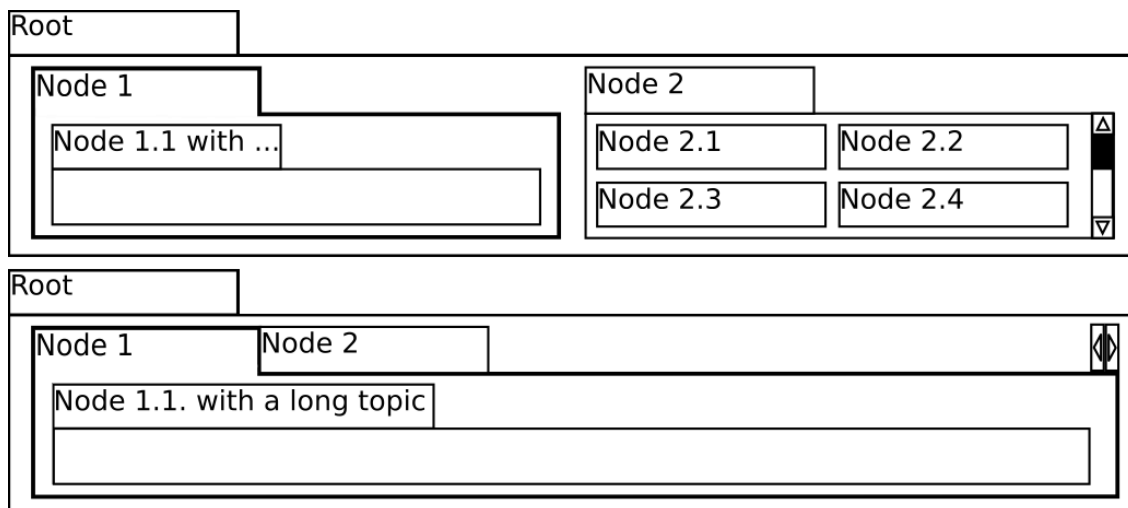


Figure 3. Suggested Tabbed Treemap visualization

4.5. 3D

Most (if not all) 3D visualizations can work well with XML files as they are already designed for large hierarchies. I would add clustering to H3 in order to simplify large trees. The main issue is to generate 3D visualizations for nodes in order to utilize the third dimension. Differently formed 3D shapes could be more informative than 2D shapes but without additional information, one cannot present nodes as meaningful 3D shapes. Of course 2D visualizations like rectangles with Summary Thumbnails could work in the 3D space also.

Maximizing a node (or several at the same time) could be done by bringing it (them) to the front and transparency could be used to show other nodes behind the selected one. The more complex the structure the bigger the risk that the user gets lost and I believe 3D visualizations should mainly be used for navigating large hierarchies. For smaller hierarchies other visualizations are probably clearer.

5. Conclusion and future work

I have presented existing visualizations for hierarchies and suggested several visualizations for a domain independent XML editor. Tabbed Treemaps seem a very promising visualization for editing and navigating XML files. However, for large trees where the user wants to edit two nodes far away from each other Summary Thumbnails in the Hyperbolic Browser will probably work better.

Sunburst and Icicle plot allows the user to get an overview of the tree and navigating it, while editing the contents of nodes in these visualizations, especially Sunburst, seems hard. Cheops enables showing the context upwards well but it is not ideal for navigating and editing nodes. While 3D visualizations work well with large hierarchies, I suspect that users might get lost while using them.

There are several issues to resolve concerning presenting trees in general. A working visualization for dealing with wide trees especially in the node link diagram is still to be found and Nested Treemaps lacks of an algorithm for making all levels close to squares. The visualizations presented here are still to be implemented and tested. Only after testing them, they can be proven more usable than colored and indented text. There are also several tree visualizations left to be researched with XML files in mind, Collapsible Cylindrical Trees, PhylloTrees and Voronoi Treemaps to mention a few.

Acknowledgements

I would like to thank Ivan Tugoy for the idea for this paper and helping throughout the writing process, Roope Raisamo and Hannes Karhumaa for proofreading and commenting on this paper and Ahmer Iqbal for some ideas for these visualizations.

References

- [Abello *et al.* 2004] James Abello, Stephen G. Kobourov, and Roman Yusufov, Visualizing large graphs with compound-fisheye views and Treemaps. In: *12th Symposium on Graph Drawing*, 431-442.
- [Andrews and Heidegger 1998] Keith Andrews, and Helmut Heidegger, Information slices: Visualising and exploring large hierarchies using cascading, semi-circular discs. In: *Proc. of the IEEE Information Visualization Symposium, Late Breaking Hot Topics*, 9-12.
- [Barlow and Neville 2001] Todd Barlow, and Padraic Neville, A comparison of 2-D visualizations of hierarchies. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 131-138.
- [Beaudoin *et al.* 1996] Luc Beaudoin, Marc-Antoine Parent, and Louis C. Vroomen, Cheops, a compact explorer for complex hierarchies. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 87-92, 471.
- [Bederson *et al.* 2002] Benjamin B. Bederson, Ben Shneiderman, and Martin Wattenberg, Ordered and Quantum treemaps: Making effective use of 2d space to display hierarchies. *ACM Transactions on Graphics archive*, **21**, 4 (October 2002), 833-854.
- [Boardman 2000] Richard Boardman, Bubble trees: The visualization of hierarchical information structures. In: *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 315-316.
- [Bray *et al.* 1998] Tim Bray, Jean Paoli, and C. M. Sperberg-McQueen, Extensible markup language (XML) 1.0 (3rd Edition). Technical report REC-xml-20040204, World Wide Web Consortium, 2004. Available as <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204/>.

- [Bruls *et al.* 2000] Mark Bruls, Kees Huizing, and Jarke J. van Wijk, Squarified treemaps. In: *Proc. of the joint Eurographics and IEEE TVCG Symposium on Visualization*, 33-42.
- [Carriere and Kazman, 1995] Jeromy Carriere, and Rick Kazman, Interacting with huge hierarchies: Beyond cone trees. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 74-81.
- [Fekete and Plaisant 2002] Jean-Daniel Fekete, and Catherine Plaisant, Interactive information visualization of a million items. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 117-124.
- [Furnas 1986] George W. Furnas, Generalized fisheye views. In: *Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 16-23.
- [Gross *et al.* 1997] M. H. Gross, T. C. Sprenger, and J. Finger, Visualizing information on a sphere. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 11-16.
- [van Ham and van Wijk 2002] Frank van Ham, and Jarke J. van Wijk, Beamtrees: Compact visualization of large hierarchies. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*. 93-100.
- [Johnson and Shneiderman, 1991] Brian Johnson, and Ben Shneiderman, Tree-Maps: A space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 284-291.
- [Koike and Yoshihara 1993] Hideki Koike, and Hirotaka Yoshihara, Fractal approaches for visualizing huge hierarchies. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Visual Languages*, 55-60.
- [Lam and Baudisch 2005] Heidi Lam, and Patrick Baudisch, Summary thumbnails: Readable overviews for small screen web browsers. In: *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 681-690.
- [Lamping *et al.* 1995] John Lamping, Ramana Rao, and Peter Pirolli, A focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies. In: *Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 401-408.
- [McGlashan *et al.* 2004] Scott McGlashan, Daniel C. Burnett, Jerry Carter, Peter Danielsen, Jim Ferrans, Andrew Hunt, Bruce Lucas, Brad Porter, Ken Rehor, and Steph Tryphonas, Voice extensible markup language (VoiceXML) Version 2.0. Technical report REC-voicexml20-20040316, World Wide Web Consortium, 2004. Available as <http://www.w3.org/TR/2004/REC-voicexml20-20040316/>.
- [MUPE 2006] Web page of the Multi-user publishing environment (MUPE). <http://www.mupe.net/> (17.4.2006)

- [Munzner 1997] Tamara Munzner, H3: Laying out large directed graphs in 3D hyperbolic space. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 2–10.
- [oXygen 2006] Web page of oXygen, an XML editor. <http://www.oxygenxml.com/> (17.4.2006)
- [Plaisant *et al.* 2002] Catherine Plaisant, Jesse Grosjean, and Benjamin B. Bederson, SpaceTree: Supporting exploration in large node link tree, design evolution and empirical evaluation. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 57-64.
- [Rekimoto and Green 1993] Jun Rekimoto, and Mark Green, The information cube: Using transparency in 3D information visualization. In: *Proc. of the 3rd Annual Workshop on Information Technologies & Systems*, 125-132.
- [Robertson *et al.* 1991] George G. Robertson, Jock D. Mackinlay, and Stuart K. Card, Cone trees: Animated 3D visualizations of hierarchical information. In: *Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology*, 189-194.
- [Shneiderman and Wattenberg 2001] Ben Shneiderman, and Martin Wattenberg, Ordered Treemap layouts. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 73–78.
- [Stasko and Zhang, 2000] John Stasko, and Eugene Zhang, Focus+context display and navigation techniques for enhancing radial, space-filling hierarchy visualizations. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 57-68.
- [Wattenberg 1999] Martin Wattenberg, Visualizing the stock market. In: *Proc. of Extended Abstracts of Human Factors in Computing Systems*, 188–189.
- [van Wijk and van de Wetering 1999] Jarke J. van Wijk, and Huub van de Wetering, Cushion treemaps: Visualization of hierarchical information. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, 73-78.

Näkövammaisen henkilön käyttöliittymä

Tapio Hänninen

Tiivistelmä

Ikääntyneen tietokoneen käyttäjän näkökyvyn nopea heikkeneminen aiheuttaa muutoksia hänen toimintatapoihinsa. Teknisten apuvälineiden avulla ja lähiympäristön tuella näön heikkeneminen voidaan korvata niin, ettei kirjoitustyö katkea. Ikäihmisen oma ideointi ja työympäristön aktiivinen omaehtoinen kehitys pitävät yllä ennen näkövammaa omaksuttuja rutiineita. Lähipiirin tuki on oleellisen tärkeä kehitysideoiden toteutuksessa. Käyttöliittymän säätö vastaamaan näkövammaa aiheuttaa haasteita sekä ohjelmistoille että näkövammaista henkilöä tukevalle lähipiirille. Ruudunsuurenus, ruudunluku ja varsinainen kirjoitussovellus toimivat yksin tarkasteltuna kohtuullisesti, mutta yhdessä aiheuttavat ongelmia näkeväälle avustajallekin. Kirjoitustyö *multimodaalisen*, montaa yhtäaikaista vuorovaikutuskanavaa hyödyntävän käyttöliittymän avulla edellyttää varsinaisen kirjoitusohjelman yksinkertaistamista. Kun näkövammaisen aste pahentuu ajan myötä, on näppäimistön ja ruudunlukuohjelmiston yhteistoiminta oleellisen tärkeää. Pitkähkö käyttötauko vie ikääntyneen näkövammaisen käyttäjän näppäimistömuistin. Muistiavuksi aikaisemmin kehitetyt taktiillielementit eivät ikäihmisellä välttämättä palaa helposti mieleen. Oikein järjestetty äänipalaute voi korvata kadotetun tuntuman.

Avainsanat ja –sanonnat: Ikääntyminen, näkövammaisuus, esteettömyys, accessibility, multimodal user interface.

CR-luokat: K.4.2, H.1.2, H.5.2

1. Johdanto

Käsittelen tässä työssä näkövammaisuutta, ikääntymistä ja näkövammaisen henkilön käyttöliittymää yleisestä näkökulmasta. Havaintoaineiston olen kerännyt usean vuoden aikana osallistumalla ikääntyneen aktiivisen kirjoittajan, Aimo A. Tuomen tietoteknisten ongelmien ratkomiseen ennen hänen näkönsä heikkenemistä vuonna 2000 ja erityisesti näkövammaisen jälkeen. Otan Internet- ja verkkokäytön tutkimuksesta käytettävyyteen ja esteettömyyteen liittyviä tulok-

sia esille, ja käytän niitä oman aineistoni tukena näkövammaiselle tarjotun tietotekniikan esteettömyyttä ja käytettävyyttä koskevalle kysymyksenasettelulle. Oma aineistoni liittyy Aimo A. Tuomen mikrotietokoneen perushallintaan ja tekstien kirjoittamiseen sekä käyttöliittymäkokeiluihin.

Henkilökohtainen oppimistavoitteeni on perehtyä käyttöliittymiin ja esteettömyyteen (accessible computing). Tutkimuskohteekseni valitsin näkövammaiset ja heille tarjolla olevat käyttöliittymävaihtoehdot. Aiheen valintaperuste oli ennestään tuntemani vanhenevan aktiivisen kirjoittajan, Aimo A. Tuomen näön äkillinen heikentyminen viisi vuotta sitten ja heikentymisen seurausvaikutukset hänen toimintaympäristössään.

Kiinnostukseni vanhenemisen tutkimukseen ja ikäihmisten oppimiseen lisäsi motivaatitani tämän raportin laadintaan. Käyttäjien vanheneminen tuo mukanaan vaatimuksia käyttöliittymälle ja näkökyvyn heikkeneminen lisää vaatimuksia. Ikääntymiseen liittyvä muistitoimintojen muutos yhdistettynä näön katoamiseen tai vahvaan heikkenemiseen pakottaa tietokoneen käyttäjän kehittämään omia selviämistrategioita. Haastattelussa kirjasin joitakin omaperäisiä ratkaisuja [Tuomi, 2006].

Tähänastinen suppea havaintoni on, että näkövammaisen oma ideointi ja aloitteellisuus vievät asioita eteenpäin, mutta ideoiden toteutus vaatii näkevän henkilön apua. Aimo A. Tuomi ja hänen puolisonsa Marja Tuomi ovat esimerkiksi tilanteesta, jossa suuren osan näkökykyä kadottanut vanha kirjoittaja joutuu ratkomaan käyttöliittymäongelmia näkevän puolisonsa kanssa. Näkövammaisen käyttöliittymä on myös hänen lähipiirinsä käyttöliittymä. Aimo A. Tuomen tapauksessa tietokoneen käyttöön liittyy vahva sosiaalinen vuorovaikutus ja vastavuoroisuus. Robert D. Putnamin [Social capital] ja häntä edeltäneiden tutkijoiden käyttämä käsite *sosiaalinen pääoma* näyttää sopivan yhteen omien havaintojeni kanssa. Näkövammaisen henkilön käyttöliittymä rakentuu vaiheittain, ja tässä kehityksessä lähiympäristön henkilöillä on tärkeä asema.

Haastateltavani ovat antaneet luvan käyttää heidän oikeita nimiään tässä työssä.

2. Peruskäsitteitä

Määrittelen seuraavassa kaksi tässä työssä usein esiintyvää käsitettä: näkövammaisuus ja esteettömyys. Tarkastelen kumpaakin käsitettä tutkielman käytölliittymäteknisestä luonteesta huolimatta myös yhteiskunnallisen merkityksen kannalta.

2.1. Näkövammaisuus

Näkövammaisuus on hyvin monitahoinen käsite. Sokeuden ja normaalina pidettävän näkökyvyn välille sijoittuu useista eri syistä aiheutuvia ja eri tavoin ilmeneviä näkökyvyn heikkenemisen asteita. Ääripäänä on valon tunnistuskyvyn puuttuminen kokonaan eli täydellinen sokeus. Näkövammaisten Keskusliitto ry:n sivustolla määritellään näkövammaiseksi *"... henkilö, jonka paremman silmän laseilla korjattu näöntarkkuus on heikompi kuin 0,3, ja sokeaksi jos paremman silmän laseilla korjattu näöntarkkuus on alle 0.05 tai näkökenttä supistunut halkaisijaltaan alle 20 asteeseen, tai jos toiminnallinen näkö on jostain muusta syystä vastaavalla tavalla heikentynyt."* [Näkövammaisuuden määrittely, NKL]

Näkövammaisten Keskusliiton mukaan suuri osa näkövammaisista näkee jonkin verran. Useimmille on jäänyt "jäännösnäköä" jompaankumpaan silmään niin, että he pystyvät liikkumaan ilman avustajaa ja lukemaan normaalia tekstiä suurentavien apuvälineiden avulla.

Näkövammaisuuteen liittyvä yhteiskunnan tuki tekee käsitteestä myös vahvasti oikeudellisen. Näkövammaiselle henkilölle järjestetään harkinnan mukaan apuvälineitä. Tietokone liitetään usein mukaan. KELA myöntää tietokoneet työkäisille ja opiskelijoille ja keskussairaalat eläkeikäisille. Näkövammaisten keskusliiton tietokonelainaamon hoitajan, Jorma Laitisen antaman tiedon mukaan heillä on tätä kirjoitettaessa noin 1200 tietokonetta vuokrattuna näkövammaisille. Tietokonelaitteisto ja mukana tuleva ohjelmisto ovat kohtuuhintaisia, pistenäyttö (braille-näppäimistö) sen sijaan on arvokkaampi, hinta vaihtelee mallista riippuen 6000 euron ja 14000 euron välillä. Näkövammaisten Keskusliiton apuvälinemyymälä Aviris kertoo suomalaiset hinnat Internetissä. Hinnaston tuoteluettelo antaa myös käsityksen apuvälinetarjonnan laajuudesta. [Apuvälinehinnasto, NKL]

Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus, Stakes, seuraa Suomessa näkövammaisuuden esiintymistä. Stakes ja Näkövammaisten keskusliitto ylläpitävät näkövammarekisteriä, jonne kertyy suomalaisen terveydenhuollon näkövammaisia koskeva tilasto. Näkövammarekisterin sivustolta löytyy hyvin kattava näkövammaisuuden määrittely ja selvitys näkövammaan johtaneista syistä. Näkövammarekisterin vuosikirja 2004 kertoo, että Suomessa näkövammaisia on noin 1,5 % väestöstä eli noin 80 000 ihmistä kärsii jonkinasteisesta näön heikkenemisestä. Näistä noin 70 000 on ikääntyneitä, noin 10 000 työikäisiä ja alle 18-vuotiaita on joukossa noin 1000 – 1500. [Ojamo, 2004]

Myös kansainvälisiä lukuja näkövammaisuudesta on saatavilla. Microsoft on vuonna 2003 ja 2004 teettänyt itsenäisellä tutkimuslaitoksella (Forrester Research, Inc.) laite- ja ohjelmistokehittäjiä motivoivan selvityksen amerikkalaisten esteettömyystilanteesta. Forrester tutki ensimmäisessä vaiheessa vain Yhdysvaltojen väestön, mutta tutkimusaluetta on tarkoitus laajentaa. Näköesteisiä tietokoneen käyttäjiä tutkimus löysi seuraavasti: *“17% (21.9 million) of computer users have a mild visual difficulty or impairment, and 9% (11.1 million) of computer users have a severe visual difficulty or impairment.”* Tutkimuksessa todettiin ikääntymisen kasvattavan näkövammasta kärsivien määrää ja näkövammaisten suhteellista osuutta tietotekniikan käyttäjissä tulevana vuosina voimakkaasti. [Accessible technology, 2004]

2.2. Esteettömyys

Esteettömyyden käsitettä tietotekniikassa voidaan tarkastella ainakin tekniseltä, kaupalliselta ja oikeudelliselta kannalta. Monien IT-alan yritysten tapaan IBM ylläpitää laajaa *“Accessibility Center”* sivustoa, jolta lainaan esteettömyydelle perusmääritelmän: *“Accessibility at IBM means enabling IT hardware, software and Web application products so they can be used by more people, either directly, or in combination with assistive technology products.”* [Accessibility at IBM, 2006]

Tietojenkäsittelyn esteettömyyttä on tutkittu runsaasti viimeisen viiden vuoden aikana. Se on ollut tärkeänä osana mukana sekä kotimaisissa että eurooppalaisissa tietotekniikkastrategioissa ja sähköisen asioinnin kehitysprojekteissa. Esteettömyys ja saavutettavuus yhdistetään myös *kestävään kehitykseen* verkkopalveluista puhuttaessa. Suomalaiset ovat mukana mm. eurooppalais-

sa DfA –verkostossa (Design for All), jonka yhtenä tavoitteena on kehittää tietotekniikan sovellusten esteettömyyttä erityisesti vammaisille [DfA, Design for All]. Yhdysvallat on ottanut julkisten palvelujen esteettömyyden lainsäädäntöön jo 1990-luvulla. Paitsi liittovaltion toimipisteet, myös yleinen yritystoiminta ja kolmannen sektorin palvelut on järjestettävä niin, että palvelut ovat vammaisten saatavilla. Internetin käytön yleistyttyä tilanne on monimutkaistunut, mutta ongelmia ei pidetä vakavina. Oikeuskäytäntöä on koko ajan muotoutumassa. [Loiacono, McCoy, Chin, 2005] Sosiaalinen tasa-arvo ja itsenäinen selviytyminen ovat myös Suomessa perustuslain (731/1999, 2. luku) ihmisille – ei ainoastaan kansalaisille, vaan kaikille ihmisille – takaamia oikeuksia. Perustuslain 6 § sanoo selkeästi, että vammaisuuden vuoksi ketään ei saa asettaa eriarvoiseen asemaan. Samaan tavoitteeseen tähtää myös yhdenvertaisuuslaki (21/2004), joka soveltuu mm. työhönottoon, uralla etenemiseen ja koulutuksen saantiin.

Sosiaalinen tasa-arvo ja itsenäinen selviytyminen liitetään usein ikääntymiseen, vammaisuuteen tai maahanmuuttajuuteen. Syrjäytymiskehityksen estämistä pidetään tärkeänä. Digitaalisen epätasa-arvon käsite ja yhteiskunnan digitaalinen kahtiajako (digital divide) näkyvät varsinkin ikäihmisiä ja ikääntymistä koskevassa keskustelussa [Mäensivu, 2002, 146–147].

Esteettömyys tietotekniikan näkökulmasta – “accessibility, accessible computing” – määritellään WAI:n (Web Accessibility Initiative, W3C Recommendation) kotisivulla seuraavasti: *“Web accessibility means that people with disabilities can use the Web. More specifically, Web accessibility means that people with disabilities can perceive, understand, navigate, and interact with the Web, and that they can contribute to the Web. Web accessibility also benefits others, including older people with changing abilities due to aging”*. [WAI, 2006]

WAI on laatinut verkkosivujen laatijoille ohjeen sivustojen esteettömyyden parantamiseksi (WAI Guidelines). Ohje on suomennettuna sisäasiainministeriön Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan verkkosivuilla [JUHTA, 2006]. Tietoyhteiskunnan Kehittämiskeskus ry TIEKE on myös teettänyt yrityksille esteettömyysoppaan tietoteknisiä ratkaisuja varten [Korpela, 2003].

Verkkosivujen esteettömyys on selkeästi tutkimuksen painopisteessä. Yleiskäyttöisten sovellusohjelmien, kuten tekstinkäsittely, esteettömyystarkastelu ei

poikkea verkkosivuista kovin paljoa. Yleisemmät *käytettävyystarkastelukriteerit* [Barnum, 2002, 35–41; Nielsen, 1994, 30] soveltuvat sekä verkkoympäristöön että paikalliskäyttöön. Verkkokäytön tutkimuksen löydökset palvelevat suoraan myös ei-verkkokäyttäjää.

3. Tutkimusmenetelmä ja tutkimusaineisto

Tutkimusmenetelmäni ja tutkimustilanteeni muistuttavat joltain osin antropologin havainnointia. Menetelmällisesti tässä on oma vaaransa. Tutussa ympäristössä tutkija ei havaitse kaikkea olennaista, markkinoi omat ratkaisunsa haastateltaville ja tuo nämä sitten tuloksina julki. Tutkimusta varten haastattelemani aviopari on minulle tuttu yli kahdenkymmenen vuoden ajalta. Nauhoitin keskustelujamme minidisk-levyille ja tein kirjallisia muistiinpanoja. Aimo A. Tuomen laitteistokokoonpanon ja joitakin käyttötilanteita valokuvasin. Laitteistokokoonpanoista ja näppäimistön nykyisistä ja poistetuista *taktiilielementeistä* minulla on vanhempaa kuvamateriaalia. Tutkimusmateriaaliksi lasken myös 1990-luvun alusta lähtien ottamani varmistuskopiot haastateltavani tiedostoista. Varmistuskopioista näkyy tietyllä tavalla muutos tiedon käsittelyn strategiassa: tiedostokoko kasvoi ja käytettyjen tiedostojen määrä väheni Wordin *”viimeksi avattujen tiedostojen luettelon”* (MRU, most recently used files) maksimimäärään, yhdeksään.

Haastattelin Aimo A. Tuomen ja Marja Tuomen yhdessä. Tutkija Kirsi Lumme-Sandt toteaa vanhojen ihmisten haastattelusta, että korkea ikä saattaa hankaloittaa haastattelua, mutta että toisaalta liika iän korostaminen saattaa jättää haastattelusta pois ihmisiä, joilla on oma mielipide asioista. Kirsi Lumme-Sandt varoittaa myös ottamasta omaisia mukaan ikäihmisen haastatteluun. Omaisilla on taipumus kertoa, mitä mieltä haastateltava on. [Lumme-Sandt, 2005, 127–133] Aimo A. Tuomi on syntynyt vuonna 1923 ja Marja Tuomi on noin kymmenen vuotta puolisoaan nuorempi. Lumme-Sandin ennakoimia ongelmia ei ollut havaittavissa.

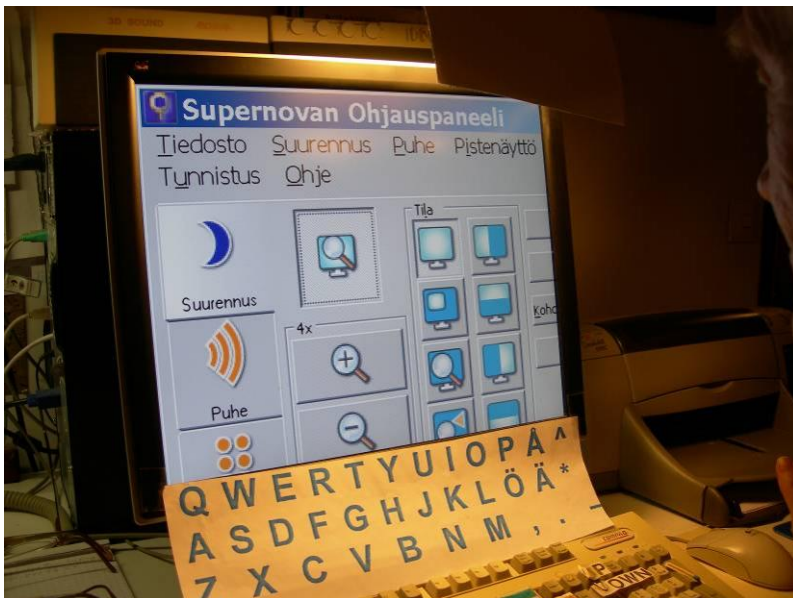
4. Aimo A. Tuomen tietotekninen ympäristö

Esteettömyyttä ja käytettävyyttä pohtiessaan Tatiana Evreinova [Evreinova, 2005, 40] toteaa: " ... *residual visual, tactile or hearing sense cannot always be considered as a separate and unique modality to be used for whole information imaging.*

The key concern of the scientists should be to find the optimal combination and coordination of residual modalities... " Seuraavissa neljässä alaluvussa kuvaan olosuhteita, tilanteita ja kehityskokeiluja, joissa määrätietoinen näkövammaisen käyttäjä yhdessä puolisonsa kanssa tutkii mahdollisuuksia parantaa ympäristöään ja säilyttää toimintakykynsä. Laitteiston ja ohjelmiston kuvauksen lisäksi käyn läpi näppäimistökokeiluja ja äänen tallennuksen käyttöä, tekstinkäsittelyohjelmaan liittyviä kehitystoiveita ja ruudunsuurennyksen liittyviä piirteitä. asiat on sijoitettu erillisiin lukuihin, mutta kyse on Evreinovan alussa mainitsemasta optimaalisen yhdistelmän hausta.

4.1. Laitteisto ja ohjelmistot

Haastateltavani Aimo A. Tuomi menetti vuonna 2000 näön kokonaan toisesta silmästä ja myös toisesta niin pahoin, että hänet luokiteltiin näkövammaiseksi. Hän pystyi kuitenkin lukulaitteen avulla jollakin tapaa lukemaan hyvin suurta tekstiä ja erottamaan lähietäisyydeltä näyttöruudulla olevaa suurennettua tekstiä. Näkövammaisten Keskusliiton kautta hän sai mikrotietokone-laitteiston ja Lapin keskussairaalan kautta ruudunsuurennysohjelmiston (Dolphin Lunar), ruudunlukuohjelman (HAL) ja Suomea hyvin ääntävän puhesyntetisaattorin (Mikropuhe). Aimo A. Tuomi hankki itse lukutelevision. Tekstiskanneria ei laitteistoon kuulunut, mutta puhetulostuksen vaatimat kaiuttimet ja kirjoitin tulivat mukana. Vuonna 2005 vaihdettiin jo vanhaksi käynyt laitteisto uuteen. Käyttöjärjestelmäksi tuli Windows XP ja ruudunlukuohjelmaksi Supernova (6.03), jossa on mukana sekä ruudunsuurennyksen että ruudunluku. Ohjelman asennus on yksinkertainen, mutta se ei näkövammaiselta onnistu helposti. Asennuksen jälkeen ohjelmiston toimintakontrollit ovat Aimo A. Tuomen mielestä selkeitä ja nopeasti opittavissa.



Kuva 1 Aimo A. Tuomen työpiste

Supernovan puhesyntetisaattorin ääntäminen ei Aimo A. Tuomea miellyttänyt. Vanha Mikropuhe puhuu selvästi parempaa suomea. Mikropuheen vanha CD löytyi vanhan koneen arkistoista, ja sen pystyi asentamaan Supernovan syntetisaattoriksi – Näkövammaisten Keskusliiton puhelintuen opastuksella. Ennestään tuttu Microsoft Word säilytettiin tekstinkäsittelyohjelmana. Laitteistoon kuului myös verkkokortti, mutta laajakaistayhteyttä ei otettu käyttöön. Kuva 1 kertoo, paljonko 19 tuuman TFT-näytölle jää tyhjää Supernovan maksimisuurennoksella. Kuvaan mahtuu myös Aimon ideoima näppäimistökartta.

4.2. Taktiillielementit ja ääni

Aimo A. Tuomi kokeili muistin ja oppimisen tueksi normaalin tietokonenäppäimistön muuntelua. Puolisonsa Marjan avustuksella hän lisäsi näppäimistöön erilaisia *taktiillielementtejä* ja värikoodeja. Harvoin tarvittavat näppäimet (Q ja W) suljettiin pois suojuksella. (Kuva 2.) Tekninen toteutus ja materiaalivalinnat ovat lähes kaikki Marja Tuomen tekemiä. Muutamia metallisia elementtejä Aimo A. Tuomi teetti kultasepällä.



Kuva 2 Aimo A. Tuomen näppäimistöä

Äänen ja ääntä tallentavien laitteiden mukaanotto käyttöliittymään oli yksi tutkimukseni havainnoinnin kohde. Aimo A. Tuomi on erittäin tottunut sane-

limen käyttäjä. Vanha kokemus sanelimen hyväksikäytöstä auttoi ja auttaa edelleen muistin heikkenemiseen liittyvissä ongelmissa. Esimerkiksi puhelinnumeron vaikea muistaminen ratkeaa sanelimella ja lukulaitteella seuraavasti: ensin otetaan suurella tekstillä kirjoitettu puhelinnumeroluettelo suurentavalle lukulaitteelle, siitä luetaan taukoja käyttäen puhelinnumero numero kerrallaan sanelimeen ja tauoilla hidastetusta sanelusta numero näppäillään puhelimeen.

Vuoden 2006 alussa Aimo A. Tuomi joutui yli kuukaudeksi sairaalaan. Sairaudesta vaikutti hänen näkönsä heikentävästi ja myös muisti heikkeni. Tekstin tuottaminen käyttäen kuvan 2 näppäimistöä ja kuvassa 1 näkyvää näppäimistöapua ei enää onnistunut entisellä tavalla, ja hän joutui turvautumaan vain hiireen ja puhesyntetisaattoriin. Jokainen kirjainmerkki piti kokeilla ensin näppäilemällä, kuunnella syntetisaattorin vastaus ja sitten korjata mahdollinen virhe ruudulta. Tämä kokeileva syöttötapa ei toiminut. Keskustelussa tuli toiveena esille tekstin äänisyöttö. Toinen ajatus oli saada näppäimistöön toiminto, jonka avulla näppäintä voisi testata ilman, että merkki pääsisi ruudulle asti. Näppäimistön tilaa tulisi voida muuttaa niin, että puhesyntetisaattori kertoisi mitä näppäintä painetaan ilman, että merkki tulostuu näyttöruudulle.

4.3. Microsoft Word

Aimo A. Tuomi kirjoitti vuoden 2000 näön menetyksen jälkeenkin säännöllisesti Lapin Kansa -sanomalehteen. Työtahtina oli pidempi pakina kerran kuukaudessa ja aforismi ainakin kahdesti kuussa. Kirjoittaminen onnistui ruudunsuurentajan ja puhesyntetisaattorin avulla kohtuullisesti. Menestyksekkäs Wordin käyttö perustui mielestäni ennen näön menetystä hankittuun rutiiniin.

Näkövammaan jälkeen Aimo A. Tuomi siirtyi tallentamaan työnsä erillisten tiedostojen asemesta muutama suunnitellusti aiheen mukaan nimettyyn tiedostoon. Etsi-toiminto oli hänen siirtymistyökalunsa tiedostojen sisällä. Tiedostojen lukumäärä oli taktisesti yhdeksän eli sama määrä, jonka Word näyttää Tiedosto-valikon viimeksi avattujen tiedostojen listalla. Tähän viimeksi avattujen listaan Aimo A. Tuomi esitti lisätoiveita. Tiedostojen lukumäärä voisi olla hieman suurempi ja listan hallintaan olisi hyvä olla työkalu. Listan järjestystä on hankala muuttaa ja varsinaiselta Tiedosto-valikon viimeksi avattujen listalta ei pysty listan keskeltä poistamaan tiedostonimiä.

Tiedostojen sulkeminen ja työn lopetus tuottavat Wordissa joskus ei-toivottuja seurauksia. Aimo A. Tuomen tekstinkäsittelystrategiaan kuului useiden tiedostojen samanaikainen avoinna pito ja tekstikappaleiden kopiointi tiedostosta toiseen. Usein myös mielenkiinnon siirtyminen toiseen asiaan johti toisen tiedoston avaamiseen. Neljän tai viiden tiedoston samanaikainen avoinna olo yhden työrupeaman aikana oli lähes sääntö. Muutoksien tallentaminen unohtui aika-ajoin, ja Wordin tallennuspyyntö ei mahtunut suurennetulle ruudulle lopetettaessa. Kun Aimon tapana oli vastata Enter-näppäimellä Wordin pyyntöihin, johti tämä siihen, että Word nimesi tiedostot uudelleen lisäämällä kasvavan versionumeron alkuperäiseen nimeen. Nämä tiedostoversiot aiheuttivat sekaannusta tiedostoja avattaessa seuraavalla kerralla ja usein ne sotkivat viimeksi avattujen listan järjestyksen.

Tekstin tuotannon kannalta suuri osa Wordin valikoista ja näkyvistä painikkeista jää käyttämättä. Keskusteluissa tuli selkeästi esille Aimo A. Tuomen toive yksinkertaisemmasta rakenteesta. Erityismaininnan saivat Wordin ikkunan vasemman alakulman näkymäpainikkeet. Aimo A. Tuomi käyttää työssään normaalinäkymää – tai haluaa käyttää. Hiiren kursori kuitenkin jostain syystä useasti vierailee näytön laidoilla ja tämän seurauksena Wordin tila joskus muuttuu ei-toivotuksi.

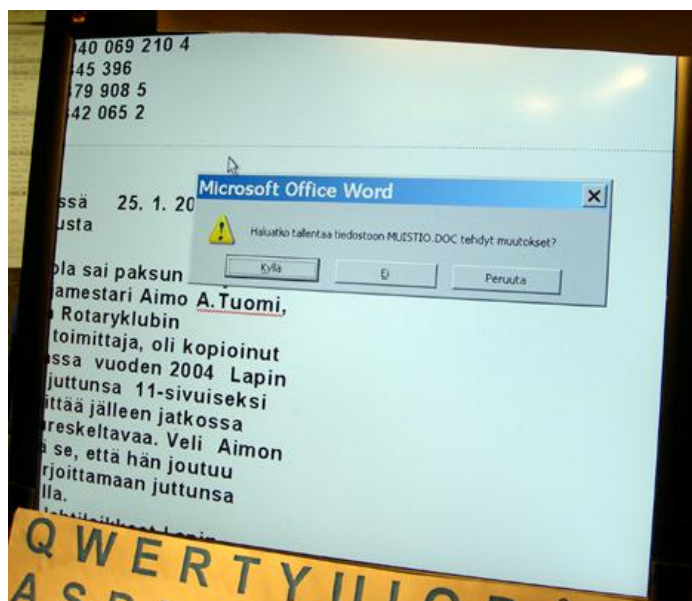
Koen olevani itse kokenut tietotekniikan ja erilaisten ohjelmistojen käyttäjä. Aimo A. Tuomen näkövammaan jälkeen olen kuitenkin joutunut häntä avustaesani lukemaan Wordin ohjeita minulle uusista kohdista ja vierailemaan Microsoftin tuotetukisivustoilla ratkaisuja etsimässä. Barnum [2002, 135] listaa kuusi kevyttä testiä ohjeiden ja tuoteasiakirjojen käytettävyyden parantamiseen. Kuudes testi on nimeltään "Rose in the Thorns Tests". Testissä kokenut käyttäjä käy läpi ohjeistusta ja dokumentteja, kunnes löytää toiminnon tai piirteen, josta ei ole tiennyt. Jos käyttäjän mielestä löydetty piirre on hyöyllinen, sen julkituomista ohjeissa parannetaan. Itse tunsin olevani mukana tällaisessa testissä. Joitakin asioita löysin, mutta aikaa hakuun kului runsaasti. Olen varma, että joitakin Wordin piirteitä voisi muokata Aimo A. Tuomen työtapaan sopivammaksi, mutta Barnumin "ruusua ohdakkeista" en jaksanut aina etsiä.

Microsoft Word ei kaikin ajoin ole esteetön vanhalle näkövammaiselle käyttäjälle eikä näkövammaista avustavalle lähipiirille. Yksin Wordin käyttöliittymä

ei ole tähän syynä. Wordin liittymän toimivuudesta Aimo A. Tuomen käytössä on suuri määrä dokumentoituja havaintoja ennen näkövammaisen syntymistä. Saatavilla on varmistuskopiot tiedostoista vuodesta 1993 lähtien. Suurin ongelman aiheuttaja näyttää olevan näkövammaisen henkilön käyttöliittymän monikerroksisuus. Ruudunsuurennus, ruudunluku ja tekstinkäsittely toimivat nykyisen Windows XP Home –käyttöjärjestelmän päällä oman havaintoni mukaan luotettavasti. Ruudunsuurentaja aiheuttaa väistämättä käytettävyysongelman koska aktiivisesta ikkunasta vain osa näkyy. Ruudunlukuohjelmiston toimivuus taas riippuu ruudulta luettavasta materiaalista. Valikkojen ja Wordin pitkien oletushakemistopolkujen käsittelyssä on parannettavaa.

4.4. Ruudunsuurennus

Ruudunsuurennus on hyvä ratkaisu tekstinkäsittelyyn, kun näkövammaisella on osa näkökykyä tallella. Jos näyttöruudulle tuodaan suuri joukko kohteita, ruudunsuurennus aiheuttaa huomattavaa hankaluutta. Aimo A. Tuomen tapauksessa ilmeni joitakin ongelmia varsinkin ponnahdusvalikoiden kohdalla. Hyvin usein valikko, joka normaalinäytöllä olisi avautunut selkeästi näkyviin, avautui nyt näytön näkymättömissä olevaan osaan.



Kuva 3 Aimo A. Tuomen näyttö - työn lopetusvaihe

Tekstinkäsittelyyn ruudunsuurennus toi vielä oman piirteensä. Näkövammaisen ilmettyä säädimme yhdessä Aimo A. Tuomen kanssa ensin Microsoft Wordin fontin, fonttikoon ja kirjainten välisen etäisyyden niin, että ruudunsuurennuksen pienimmällä asetuksella teksti erottui lähietäisyydeltä silmälaseja

käyttäen. Arial ja jotkut muut Sans serif –fontit, esimerkiksi Helvetica, olivat Aimo A. Tuomen mieleen. Times New Roman (seriffit mukana) sen sijaan ei kelvannut. Wordin näyttöasetuksista Aimo valitsi normaalinäyttö –tilan. Tekstinkäsittelyn marginaalit säädettiin niin, että tekstirivistä ei jäänyt piiloon kovin paljoa. Oheinen kuva (Kuva 3.) kertoo, mitä Word tuo 19 tuuman ruudulle näillä asetuksilla työtä lopetettaessa.

Ennen näön menettämistä Aimo A. Tuomi käytti hyvin rutinoitusti Etsi-toimintoa. Hän keräsi mm. kaskuja, jotka hän tallensi aluksi yhteen tiedostoon omaa systematiikkaansa noudattaen. Samoin paikalliseen lehteen kirjoittamansa pakinat hän tallensi ”pinomuotoon” – viimeksi kirjoitettu päällimmäiseksi. Pitkien tekstitiedostojen käsittelyssä muodostunut rutiini auttoi huomattavasti näkövamman tultua.

Toteutetut muotoilut vaikuttivat asiakirjojen mittaan. Lehtijutut, aforismi- ja kaskukokoelmat kasvoivat lähes 150-sivuisiksi. Kun mukaan tuli ruudunsuurennyksen vaikutus, liikkuminen asiakirjoissa tuli aikaa vieväksi. Etsi-toiminnon hallinta ja itse kehitetty otsikoiden systematisointi auttoivat useimmissa tapauksissa löytämään halutun kohdan.

Käyttöjärjestelmävaihdon (Windows WP Home) yhteydessä saatu uusi integroitu ruudunsuurennyksen ja ruudunlukuohjelmisto Supernova (6.03) on hyvin monipuolinen ja käytettävyydeltään Aimo A. Tuomen mielestä entistä parempi. Helppo suurennyksen säätö käytön aikana (apunäppäimistön plus/miinus) miellytti erityisesti. Sen sijaan Supernovan monipuoliset kursorivaihtoehdot ja värien ja ristikoiden käyttö kursorin ohjauksessa eivät lyhyen kokeilun jälkeen jääneet käyttöön. Ohjelmiston ominaisuuksista jäi varmaan paljon käyttämättä, ehkä hyvinkin hyödyllisiä osia. Aimo A. Tuomella oli kiire päästä kirjoittamaan.

5. Vertaistuki

Totesin johdantokappaleessa, että näkövammaisen käyttäjä tarvitsee tietoa käsitellessään usein toisen ihmisen tuekseen. Nuorempi sukupolvi tuntuu selviävän yksinkin ongelmallisista tilanteista, mutta vanhempi näyttää haluavan ihmisen avukseen. Väite perustuu omiin kokemuksiini sokean nuoren henkilön atk-opettajana ja usean vanhan henkilön atk-tukena.

Marja Tuomi oli koko 1990-luvun - hyvän näkökyvyn aikana - puolisonsa muistiapuna ja teknisenä tukena. Näkövammaisuuden jälkeen puoliset toimivat tiiminä suuremmista atk-ongelmista koko 2000-luvun alun Aimo A. Tuomen toiseen sairastumiseen asti vuonna 2006. Marja Tuomella ei ole atk-pohjakoulutusta, ja hän totesi, että jotkut tietotekniset ongelmat olisi ollut helppo ratkaista, jos olisi ymmärtänyt enemmän järjestelmän toiminnasta [Tuomi, 2006]. Halua auttaa kyllä on, mutta pelko siitä, että työtä ja tekstejä vahingossa katoaa, estää yrittämästä. Mielestäni tämä on vertaistuen – tässä tapauksessa ei-asiantuntijan tuen yleinen ongelma. Liian monipuolinen käyttöliittymä tekee oppimisesta hankalaa ja virhepelko estää avunannon.

6. Lopuksi

Katsaus 2000-luvun konferenssipapereihin osoittaa, että esteettömyystutkimuksen painopiste on viimeiset vuodet olleet Internet-selauksen helpottamisessa ja tähän liittyen grafiikan aiheuttamien ongelmien ratkaisussa. Tämä kehityssuunta on helppo ymmärtää.

Näkövammaisen henkilön käyttöliittymän kaikki ongelmat eivät liity yhteydenpitoon ja Internetiin. Oma kokemukseni on, että suurennusohjelman ja puhesyntetisaattorin käyttö tavallisessa tekstin käsittelyssä Microsoft Word –ohjelmalla tuo sekä näkövammaiselle että häntä avustavalle henkilölle koko joukon ratkaisemattomia ongelmia. Avustamisen helpottaminen on mielestäni avainkysymys ikääntyneen näkövammaisen ollessa kyseessä. Ikääntyneen näkövammaisen ikääntynyt puoliso toimii mahdollisesti perheen silminä ja ideoiden ja kokeilujen toteuttajana. Joissakin tapauksissa kehityspyynnön toteutus vaatii pitkälistä ohjeisiin perehtymistä ja niiden ymmärtämistä. Tällainen tilanne ei yleensä ratkea ilman ulkopuolisen asiantuntija-avun kutsumista, joskus ei sittenkään. Esitän yhdeksi ratkaisuksi käyttöliittymän – tässä tapauksessa Microsoft Word –ohjelman käyttöliittymän ”köyhdyttämistä”. Wordin yksinkertaistamiseen tarvittavat työkalut ovat jo osittain valmiina Wordiin sisään rakennettuna. Kaipaankin kuitenkin suoraviivaista yksinkertaistustyökalua. Niin selkeätä työkalua, että iäkäs atk-kouluttamaton näkövammaisen avustaja saa sen avulla Wordin muuttumaan multimodaaliseen käyttöliittymään sopivaksi kirjoitustyökaluksi. Dan Hawthorn [2003] pohtii ikääntyneiden käyttäjien usein

vaatiman käyttöliittymän köyhdyttämisen vaikutusta nuorempien ja ”tehokäyttäjien” käyttäjien palveluihin ja mahdollisuutta ”skaalata” ohjelmistoja vastamaan ikäihmisten tarpeita. Hawthorn suhtautuu edellä esittämäni työkalutoiveeseen epäilevästi [2003, 44–45].

Peter Gregor, Alan Newell ja Mary Zajicek [2002] lähestyvät käyttöliittymää ja vanhenemista toisesta suunnasta kuin Hawthorne. Kirjoittajat ovat sitä mieltä, että vanhat ovat yksilöitä. ”Keskimääräistä vanhaa ihmistä” ei pidä käyttää käyttöliittymän suunnittelun lähtökohtana. Tämä tukee Microsoft Word – luvussa esitettyä ajatusta yksinkertaisten mukauttamistyökalujen kehittämisestä. Myös ikääntymisen näkeminen sarjana elämäntilanteiden muutoksia, eikä staattisena tilana, vastaa omia havaintojani.

Ikääntyminen vaikuttaa jokaisen henkilön elämäntilanteeseen ja usein näkökyvyn huononeminen tehostaa tätä vaikutusta. Yhteiskunnan tavoite on pitää kaikki jäsenensä mahdollisimman kauan mukana aktiivisessa toiminnassa. Tietotekniikka antaa tähän entistä paremmat mahdollisuudet. Oman havaintoni mukaan tietotekniikan käytöllä on hyvin myönteinen vaikutus vanhojen henkilöiden sosiaalisille suhteille. En tässä tarkoita perheiden ja tuttavien sähköpostilla ja kotisivuilla tapahtuvaa yhteydenpitoa, vaan erityisesti tietotekniikan avulla tapahtuvaa sisällön tuotantoa. Työelämän jälkeinen statuksen katoaminen – yhdistyneenä esimerkiksi näön heikkenemiseen – on monesti syynä ikäihmisen irrottautumiseen muusta yhteisöstä. Tietotekniikka ja oikea asenne vievät näkövammaisinkin ikääntyneen oikeaan vuorovaikutukseen yhteisön kanssa –kunhan käyttöliittymä säädetään ensin toimivaksi.

Viiteluettelo

[Accessibility at IBM, 2006] Saatavilla:<[http://www-](http://www-306.ibm.com/able/access_ibm/overview.html)

[306.ibm.com/able/access_ibm/overview.html](http://www-306.ibm.com/able/access_ibm/overview.html)>. Viitattu 10.5.2006.

[Accessible technology, 2004] Accessible technology in computing –examining awareness, use and future potential. Study commissioned by Microsoft Corporation and conducted by Forrester Research, Inc., in 2004. Available as <<http://www.microsoft.com/enable/research/default.aspx>>. Viitattu 10.5.2006.

[Apuvälinehinnasto, NKL] Saatavilla:

<<http://www.aviris.fi/kuvasto/hinnasto.html>>. Viitattu 10.5.2006.

- [Barnum, 2002] Carol M. Barnum, *Usability testing and research*. New York: Longman, 2002.
- [DfA, Design for All] Design for All –verkosto. Saatavilla: <<http://www.stakes.fi/dfa-suomi/tieto/index.html>>. Viitattu 20.4.2006.
- [Evreinova, 2005] Tatiana G. Evreinova, Alternative visualization of textual information for people with sensory impairment. *Acta Electronica Universitatis Tamperensis* 478. Tampere University Press, 2005. Also available as <<http://acta.uta.fi/pdf/951-44-6443-5.pdf>>. Viitattu 17.5.2006.
- [Gregor, Newell and Zajicek, 2002] Peter Gregor, Alan F. Newell and Mary Zajicek, Designing for dynamic diversity: interfaces for old people, *Proceedings of the fifth international ACM conference on assistive technologies*, ACM Press, 2002, 151-156. Tulostettu 16.4.2006.
- [Hawthorn, 2003] Dan Hawthorn, How universal is good design for older users? *Proceedings of the 2003 conference on universal usability*, ACM Press, 2003, 38-45. Tulostettu 16.4.2006.
- [JUHTA, 2006] Verkkosisällön saavutettavuusohjeet. Saatavilla suomennettuna: <<http://www.intermin.fi/intermin/hankkeet/juhta/home.nsf/pages/06D2E977451D62FFC2256C1300392172?Opendocument>>. Viitattu 20.4.2006.
- [Korpela, 2003] Jukka K. Korpela, WWW-sivut jokaiselle sopiviksi. TIEKE Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskus ry. Sähköinen opas osoitteessa: <http://www.tieke.fi/julkaisut/oppaat_yrityksille/esteettomyysopas/>. Viitattu 20.4.2006.
- [Loiacono, McCoy, Chin, 2005] Eleanor T. Loiacono, Scott McCoy & William Chin, Federal Web Site for People with Disabilities. *IEEE IT Professional*. Volume 7, Issue 1 (January 2005), 27-31. Tulostettu 16.4.2006.
- [Lumme-Sandt, 2005] Kirsi Lumme-Sandt, Vanhan ihmisen kohtaaminen haastattelutilanteessa. Teoksessa Johanna Ruusuvuori & Liisa Tiittula (toim.), *Haastattelu. Tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus*. Vastapaino 2005.
- [Mäensivu, 2002] Vesa Mäensivu, *Ikääntyvien viestintävalmiudet ja digitaalinen epätasa-arvo*. Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 71. Helsinki 2002.
- [Nielsen, 1994] Jakob Nielsen, *Heuristic Evaluation*. Teoksessa *Usability Inspection Methods* (Edited by Nielsen, J. & Mack, R. L.). Wiley & Sons., New York, 1994, p. 25–62.
- [Näkövammaisuuden määrittely, NKL] Saatavilla: <<http://www.nkl.fi/tietoa/maarittely.htm>>. Viitattu 20.4.2006.
- [Ojamo, 2004] Matti Ojamo, Näkövammarekisterin vuosikirja 2004. Saatavilla <<http://www.nkl.fi/julkaisu/nvrek/index.htm>>. Viitattu 10.5.2006.
- [Social capital] Available: <http://www.infed.org/biblio/social_capital.htm>. Viitattu 10.5.2006.
- [Tuomi, 2006] Aimo A. Tuomi ja Marja Tuomi, haastattelunauhoite 26.1.2006.
- [WAI, 2006] Saatavilla: <<http://www.w3.org/WAI/intro/accessibility.php>>. Viitattu 20.4.2006.

Käyttöliittymä älykotiin

Lauri Kainulainen

Tiivistelmä

Tutkimuksessani yritän selvittää millainen älykodin käyttöliittymän täytyisi olla, jotta se täyttäisi kaikki älykodeille osoitetut vaatimukset. Käyn läpi löydettyjä käyttäjävaatimuksia ja kotiympäristön erityispiirteitä. Yhden universaalien käyttöliittymän suunnittelu on mahdotonta, mutta luokittelen kuitenkin erilaiset käyttöliittymätyypit neljään ja tuon esille ideoita siitä kuinka tämä jaottelu kannattaa ottaa huomioon suunniteltaessa itse älykotia.

Avainsanat ja -sanonnat: älykoti, käyttöliittymät, multimodaalisuus, proaktiivisuus, käyttäjä tutkimus

CR-luokat: H.5.2, J.7, D.2.2

1. Johdanto

Älykkäiden kotien tutkimus pyrkii kehittämään uusia innovaatioita helpottamaan asukkaiden elämää. Erilaisten ratkaisujen kirjo on laaja: osa pyrkii vain parantamaan tiettyä osa-aluetta, kuten automaattiset robotti-imurit, kun taas osa pyrkii tarjoamaan kokonaisratkaisun, joka integroi suuren osan kodin laitteista yhteen.

Älykoteja on yritetty tyrkyttää kuluttajille jo yli kymmenen vuotta. Esimerkiksi firma nimeltä Smarthome on kaupannut älykotirihkamaa jo vuodesta 1995. Useat muutkin yritykset, kuten Pluto, MySmartHome ja Home Automation Inc., kamppailevat kuluttajien huomiosta. Akateemisia tutkimuksia aihepiiristä on kirjoitettu vielä pidempään.

Laajasta yrityksestä huolimatta älykoteja nähdään lähinnä scifi-kertomuksien osana tai teknologisina kokeina. Tie fiksumpien kotien saapumiseen massamarkkinoille on edelleen kuoppainen. Osasyynä tähän on itse kehittäjien asenne: teknologiaa tuputetaan asiakkaalle, joka ei ole koskaan nähnyt kyseistä laitetta tarpeelliseksi [Mäyrä et al., 2005; Meyer ja Rakotonirainy, 2003]. Alan tutkimus on kirjavaa, mutta ei tarjoa hirveästi apua tähän ongelmaan: suurin osa papereista ei kohdistu itse asukkaiden tarpeisiin vaan on tehty muista aiheista, kuten älykotien arkkitehtuureista tai kohdatuista tekoälyongelmista. Monet kokonaisratkaisuihin pyrkivät tutkimukset kuten UMASS Intelligent Home [Lesser et al., 1999] ja MavHome [Cook et al., 2003] rakentavat kokonaisvaltaisen älykotiratkaisun, mutta eivät vaivaudu selvittämään täyttääkö se asukkaiden tarpeita.

Käsittelen paperissani älykodeille asetettuja vaatimuksia ja arvioin kuinka lähelle tähän mennessä tehdyillä käyttöliittymäratkaisuilla on päästy. Lopuksi pyrin esittämään suuntauksia, jotka kannattaa ottaa huomioon suunnitellessa älykodille käyttöliittymää.

2. Asukkaiden toiveet ja tarpeet älykotien suhteen

Yksi laajimmista älykotiodotusten ja -tarpeiden kartoituksista on AMIGO-projektin (www.amigo-project.org) osana tehty kansainvälinen tutkimus [Röcker et al., 2004]. Tutkimus suoritettiin kuudella eri paikalla viidessä eri Euroopan maassa. Käyttäjien toiveita kartoitettiin kolmen vaiheen aikana: ensimmäisessä osuudessa osallistujille esitettiin fiktiivisiä skenaarioita ja heiltä kerättiin kvantitatiivista palautetta, toisessa osuudessa osallistujat keskustelivat eri skenaarioista ja kolmannessa osuudessa käytiin avointa keskustelua älykodeista.

Tutkimuksessa luotiin kuusi erilaista tasoa vaatimuksia, jotka pohjautuvat havaittuihin käyttäjien tarpeisiin. Jokainen taso sisältää useampia käyttäjävaatimuksia ja tasot on priorisoitu niiden tärkeyden mukaan. Siis ensimmäinen taso sisältää kaikkein tärkeimmät vaatimukset. Käyn nyt läpi AMIGO-tutkimuksessa havaitut kuusi tasoa ja esitän vastaavuuksia muihin samankaltaisiin tutkimuksiin.

2.1. Ensimmäinen taso: kontrollin säilyminen

Tärkeimpänä vaatimuksena tutkimuksessa nousi esille kontrollin säilyminen asukkaalla. Vaikka tietynlainen proaktiivisuus nähtiin hyväksi eri skenaarioissa, oli kuitenkin tärkeämpää, että asukas sai kotinsa täysin omaan haltuunsa näin halutessaan. Battarbee ja Kuusela [2005] huomasivat myös saman omassa tutkimuksessaan Tampereen yliopiston Hypermedialaboratoriolla: asukkaiden täytyy kontrolloida elämäänsä, ei tietokoneiden. Toisessa tutkimuksessa älykotiskenaarioiden kautta havaittiin, että automaatio on halutuin vuorovaikutustapa älykodin kanssa, mutta samalla pelättiin, että koti ei oikeasti ymmärrä mitä asukkaat haluavat [Koskela ja Väänänen-Vainio-Mattila, 2004].

Kontrollin menettäminen on yksi älykoteihin liittyvistä vahvimista peloista. Tämä pelko on kuitenkin mahdollista voittaa, ja Koskelan ja Väänänen-Vainio-Mattilan [2004] tutkimuksen mukaan pelko väheneekin samalla kun asukkaat tottuvat käyttämään uutta järjestelmäänsä.

Samalle tasolle priorisoitiin AMIGO-tutkimuksessa myös yksityisyyden säilyminen ja turvallisuus, kodin mukavuuden tukeminen, lisäarvon tuominen asumiseen ja ihmisten välisen kontaktin säilyminen. Kuten jo ensimmäisen tason vaatimuksista huomaa, ei älykotien suunnitteleminen ole ollenkaan yksinkertaista. Järjestelmä eroaa suuresti perinteisten tietojärjestelmistä. Yhtenä

erona täytyy nähdä se, että älykodissa käyttäjä elää järjestelmän sisällä ja pyrkii kontrolloimaan sitä sieltä käsin.

2.2. Toinen taso: informaatiotaakan pienentäminen

Toiseksi tärkeimpinä ominaisuuksina nähtiin älykotiratkaisun tarjoama apu päivittäiseen informaatiotulvaan. Aivan selvää kuvaa siitä kuinka järjestelmän täytyisi konkreettisesti auttaa asukasta ei saatu, mutta yhteisiä piirteitä löytyi: osallistujat näkivät tarpeelliseksi ajasta, paikasta ja henkilöstä riippuvan oikean informaation esittämisen ja tämän informaation saatavuuden myös tulevaisuudessa.

Järjestelmän kannalta nähdään vaatimus henkilökohtaisesta kontekstiriippuvaisesta tiedosta, joka muistetaan myös myöhempää käsittelyä varten.

2.3. Kolmas taso: arkipäivän askareet ja onnettomuudet

Melko tärkeään rooliin nousi tavallisten arkipäivän askareiden nopeuttaminen ja automatisoiminen. Samalla nähtiin tarpeelliseksi, että järjestelmä osaa yhdistää erilaisten kodinkoneiden toiminnallisuuden ja koordinoida niiden toimintaa viisaasti. Koordinoinnin lisäksi tärkeänä nähtiin turvallisuuden lisääminen. Esimerkiksi pesukoneen kyky varoittaa vaarallisista esineistä ennen pesuohjelman aloittamista nähtiin tarpeelliseksi.

Kolmas taso sisälsi myös vaatimuksia kustannuksista: älykodin tulisi vähentää kuluja ja säästää energiaa.

2.4. Neljäs taso: arkielämän organisointi

Usein älykotien yhteydessä mainittu mukana seuraava sisältö tuli vastaan tasolla neljä. Tälle tasolle sijoitettiin siis vaatimuksia, jotka helpottavat arkielämää mahdollistamalla uutisten, musiikin ja muiden sisältöjen liikuttamisen mukana työn ja kodin välillä. Meyer ja Rakotonirainy [2003] katsoivat myös omassa tutkimuksessaan tämän olevan yksi yleisistä kaivatuista ominaisuuksista. Mukana seuraavalla sisällöllä on kaksi erillistä tarkoitusta. Ensinnäkin sillä tarkoitetaan talon sisällä seuraavaa sisältöä, eli esimerkiksi musiikin siirtymistä huoneesta toiseen sitä kuuntelevan asukkaan liikkua ja puhelimen soimista vain niissä huoneissa joiden läheisyydessä joku asukas on. Toiseksi sillä tarkoitetaan myös mahdollisuutta siirtää esimerkiksi henkilökohtaisia uutisia, soittolistoja tai sähköpostiviestejä siirrettävälle mediumille, joka on sitten helppo ottaa mukaan kodin ulkopuolelle.

Sisällön lisäksi organisointiapu nähtiin tarpeelliseksi aikataulujen suhteen. Samalle tasolle sijoittuivat vaatimukset järjestelmän suojasta vihamielisiä

hakkereita ja tietojen katoamista vastaan, sekä yksilöllisten asetusten ja käyttäjäoikeuksien säilyttäminen.

2.5. Viides taso: apu kodin järjestelmissä

Toiseksi viimeiselle tasolle sijoitettiin vaatimuksia kodin organisoinnin helpottamisesta. Esimerkiksi valojen ja verhojen automaattinen säätäminen perheen alkaessa pelaamaan lautapeliä tai katsomaan elokuvaa nähtiin hyödylliseksi. Samoin ihmisten tunnistaminen etuovella nähtiin kiinnostavaksi ominaisuudeksi.

Meyerin ja Rakotonirainyn [2003] tutkimuksessa havaittiin myös, että tämänkaltaisen kodin automaattinen adaptoituminen asukkaiden eri tilanteisiin on yleinen älykoteihin assosioitu ominaisuus.

2.6. Kuudes taso: käyttäytymisen ymmärtäminen ja yksityisyys

Viimeisellä tasolla kertaantuu jälleen tarve yksityisyydelle. Osallistujat näkivät tarpeelliseksi, että järjestelmä osaa ymmärtää asukkaiden käyttäytymistä ja toimia sen mukaan samalla kunnioittaen heidän yksityisyyttään.

Viimeisellä tasolla siis törmätään jälleen vahvaan kontekstinymmärtämisen tarpeeseen. Sama on tullut esille muissakin tutkimuksissa. Luonnollisen ja merkityksellisen vuorovaikutuksen takaamiseksi älykodin täytyy olla tietoinen asukkaiden tarpeista ja ympäristöstä [Meyer ja Rakotonirainy, 2003].

3. Älykotien piirteitä

Täysin yhteistä pohjaa eri tutkimusprojektien yhteydessä kehitetyille älykotiratkaisuille ei ole olemassa. Projektit lähtevät useimmiten täyttämään vain oman tutkimusongelmansa aihepiiriin liittyvät vaatimukset (kuten esimerkiksi [Spinellis, 2003; Cook et al., 2003]). Useille prototyypeille ja erilaisille konsepteille on kuitenkin nähtävissä samankaltaisia suuntauksia. Eri projektit joutuvat vastaamaan suunnitteluvaiheessa tuleviin melko samoihin ongelmiin.

Älykotijärjestelmissä voidaan nähdä muutamia trendejä, jotka ohjaavat arkkitehtuuria ja sitä kautta koko järjestelmää – mukaan lukien käyttöliittymää – vahvasti johonkin suuntaan. Nämä trendit voidaan nähdä epäsuorina vaatimuksina siitä millainen älykotijärjestelmän täytyy vähintään olla, jotta se tarjoaa tarpeeksi lisäarvoa tavanomaiseen ”analogiseen” kotiin nähden. Samalla suuntauksia ovat selvästi perusteltavissa ja tuovat selvän edun järjestelmälle. Käyn seuraavaksi läpi näitä piirteitä, jotka näen tutkimuksien valossa tarpeelliseksi älykodeille.

3.1. Hajota ja hallitse

Yksi vahva trendi älykotijärjestelmissä on keskitetty hallinta. Jotkut tutkimukset, kuten MavHome [Cook et al., 2003] ja UMASS Intelligent Home Project [Lesser et al., 1999] suuntautuvat vahvasti keskitetyn hallinnan kehittämiseen. Eriäviä näkemyksiäkin esiintyy: Samsungin johtamassa Smart Home Projectissa on kokonaisen kontrolloivan ja integroidun järjestelmän luomisen sijaan innovoitu useita pienempiä kodinkoneita ja muunneltuja arkipäivän esineitä [Park et al., 2003].

Vaatus keskitetylle hallinnalle voidaan selvästi oikeuttaa, kun katsotaan AMIGO-projektin yhteydessä tulleita vaatimuksia energian säästöstä, kodinkoneiden integraatiosta ja kustannustehokkuudesta (3.taso). UMASS projektin yhteydessä kehitetty resurssienhallintajärjestelmä on lupaava alku näiden vaatimuksien tavoittamiseen. Järjestelmässä älykkäät agentit vastaavat eri älykodin alueista, kuten kodinkoneista ja resursseista. Kun esimerkiksi tiskikoneagentti haluaa aloittaa työskentelynsä, täytyy sen ensin pyytää vedenjakelusta vastuussa olevalta agentilta kuumaa vettä. Mikäli kyseistä resurssia ei ole saatavilla sillä hetkellä, agentti voi jäädä odottamaan parempaa hetkeä tai esimerkiksi käyttää kylmää vettä tiskaamiseen. Hyvä oivallus UMASS-projektissa oli myös melun esittäminen resurssina. Tällöin voidaan helposti kontrolloida milloin ja paljonko kodinkoneet meluavat säätelemällä vain meluresurssin saatavuutta eri aikoina.

UMASS-tyylinen resurssienhallinta mahdollistaa myös kustannustehokkaamman toiminnan esimerkiksi sallimalla sähköresurssin vahvan käytön vain halvemmän yösähkön aikana. Agenttien älykkyydestä ja toimintamalleista riippuen myös energiansäästö voi olla mahdollista: esimerkiksi lämmityksestä vastaava agentti voi antaa talon lämpötilan laskea mikäli saa tiedon, että kukaan asukkaista ei tule olemaan paikalla vielä pitkään aikaan.

On tärkeää huomata, että keskitetty hallinta ei välttämättä tarkoita sitä, että yksi kone kontrolloi kaikkia kodin laitteita vaan sitä, että kodin koneet toimivat yhdessä joidenkin säätelevien tahojen mukaan. UMASS projektissa näitä sääteleviä tahoja olivat resurssien hallitsijat.

3.2. Multimodaalisuus

Yksi vahva kiinnostusalue ja motivaatio älykotien kehityksessä on vanhusten ja fyysisesti rajoittuneiden ihmisten tukeminen ja heidän arkielämänsä helpottaminen. Älykotitekнологia voi helpottaa tuntuvasti arkiaskareista selviämistä ja lisätä turvallisuutta esimerkiksi automaattisesti ilmoittamalla terveydenhuoltohenkilökunnalle, jos asukkaan elintoiminnot ovat heikenneet.

Useiden modaaliteettien käyttäminen on monissa tapauksissa ainut vaihtoehto, jolla saadaan aikaan järjestelmä, jota mahdollisimman monet

asukkaat voivat käyttää. Esimerkiksi kuoron henkilön on mahdotonta käyttää pelkästään audioon pohjautuvaa järjestelmää. Sama ongelma tulee näkövammaisten ja liikuntarajoitteisten käyttäjien kohdalla, jos käytettävä järjestelmä tukee vain visuaalista representaatiota tai kosketuspalautetta.

Multimodaalisuus tekee siis käyttöliittymästä saavutettavamman (eng. "accessible"), mutta tämän lisäksi tutkimuksissa on havaittu, että useiden modaliteettien käyttäminen tarjoaa luonnollisemman käyttökokemuksen. Liverpoolin John Mooren yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään näitä multimodaliteetin hyviä puolia ja suunnittelemaan älykoteihin käyttöliittymä, joka olisi mahdollisimman laajan yleisön käytettävissä [Sainz de Salces et al., 2005]. Tutkimuksessa vertailtiin visuaalisen, audiopohjautuvan ja multimodaalisen käyttöliittymän eroja ja tehokkuutta. Visuaalinen käyttöliittymä osoittautui tehokkaimmaksi, mutta multimodaalinen tuli hyvänä kakkosena. Mikäli otetaan lisäksi huomioon multimodaalisuuden tarjoamat edut voidaan sitä pitää järkevänä vaatimuksena älykoteihin.

3.3. Mobiilisuus

Koskela ja Väänänen-Vainio-Mattila vertailivat kolmen erilaisen käyttöliittymän herättämiä kokemuksia Tampereen Teknillisellä yliopistolla [Koskela ja Väänänen-Vainio-Mattila, 2004]. Tutkimuksessa käytetyt käyttöliittymät oli sijoitettu tavallisiin, miltei joka kodista löytyviin laitteisiin: mediaterminaaliin, jota ohjataan television ja kaukosäätimen avulla, tavalliseen tietokoneeseen ja matkapuhelimeen. Testaus suoritettiin autenttiossa kotiympäristössä 6 kuukauden ajanjaksossa.

Teknillisen yliopiston tutkimuksessa havaittiin, että ihmisten toiminnot keskittyvät kodin sisällä erillisten *toimintakeskusten* ympärille. Nämä toimintakeskukset sijaitsevat eri puolilla asuntoa ja tekevät näin ollen ihmisten joka päiväisistä askareista mobiileja.

Tutkimuksessa huomattiin lisäksi, että asukkaat halusivat käyttää laitteita sekä yhdessä muiden kanssa, että yksinään. Tällöin yhdessä käyttäminen on helppoa suorittaa esimerkiksi mediaterminaalin ja television avulla, ja yksityiseen käyttöön sopii parhaiten mukana kulkeva, henkilökohtainen matkapuhelin. Matkapuhelimen käyttö tarjosi myös huomattavan edun mahdollistamalla kodin etäkontrollon.

Tutkimuksessa havaittiin, että puhelimen käyttö oli mielekkäintä joka päiväisessä vuorovaikutuksessa ja tietokoneelta käytettävä graafinen käyttöliittymä oli mielekkäin kun haluttiin tehdä tarkempia operaatioita, kuten ajastaa valojen syttyminen tiettyyn ajankohtaan. Television, kaukosäätimen ja mediaterminaalin yhdistelmä nähtiin liian hitaaksi ja se häiritsi myös television katselua.

3.4. Heikko proaktiivisuus

Tulevaisuuden kodin varsinainen älykkyys on ehkä kiistanalaisin aihe tutkimuksissa. Esimerkiksi MavHome-hankkeessa Texasissa pyrittiin luomaan agenttijärjestelmään pohjautuva älykoti, joka kykenee oppimaan käyttäjän arkipäivän rutiineista ja toimimaan niiden pohjalta automatisoidusti. Agentin yksi algoritmi pyrkii löytämään käyttäjän toimista toistuvia kuvioita ja toinen algoritmi pyrkii toistamaan näitä rutiineja jälkeinpäin [Cook et al., 2003]. Missään vaiheessa tätä tutkimusta ei mahdollisilta käyttäjiltä kysytty onko kyseinen toimintamalli haluttu ja jo kuvauksesta näkee, että se on ristiriidassa AMIGO-projektin ensimmäisen tason vaatimuksien kanssa.

Tampereen yliopiston Hypermedialaboratorion Morphome-tutkimuksessa päädyttiin suosittamaan lievempää ratkaisua: vahvan proaktiivisuuden sijasta älykodeissa tulisi käyttää *heikkoa proaktiivisuutta* [Mäyrä et al., 2005]. Tällöin järjestelmä pyrkii ymmärtämään mitä asukas tekee päivittäin ja huomattuaan jonkun säännönmukaisuuden se ehdottaa käyttäjälle toimintaa etukäteen. Jos asukas esimerkiksi sulkee aina olohuoneen verhot mennessään nukkumaan, voi järjestelmä muutaman yön jälkeen ehdottaa verhojen sulkemista huomattuaan saman käyttäytymiskuvion taas toistuvan. Näin käyttäjä saa suljettua verhot vastaamalla ehdotukseen myöntävästi. Mikäli käyttäjä haluaa automatisoida verhojen sulkemisen kokonaan voi hän asettaa ajastimen tai järjestelmä voi kysyä häneltä myönteisen vastauksen jälkeen mikäli hän haluaa näin tehtävän aina.

Morphome-tutkimuksessa todettiin tämän mahdollisuuden hyväksyä tai kieltää ehdotetut toiminnot olevan yksi tärkeimmistä älykodin ominaisuuksista, jotka luovat käyttäjälle kontrollin tunteen.

3.5. Muunneltavuus vastaan tunnistettavuus

Jokainen koti on yksilöllinen ja kodin personalisointi on erittäin tärkeä viihtyvyyteen vaikuttava tekijä. Tämä synnyttää pulman laitteiden ja käyttöliittymien suunnittelussa: symbolien ja muotoilun täytyisi olla johdon- ja yhdenmukaista, jotta niiden ymmärtäminen olisi nopeaa ja mahdollista myös ulkopuolisille, mutta toisaalta asukkaat haluavat myös personalisoida oman kotinsa [Mäyrä et al., 2005].

Käyttöliittymän on siis tarjottava johdonmukainen toimintamalli ja yhdenmukainen ulkonäkö, mutta mahdollistettava muunneltavuus. Yhtenä vaihtoehtona on tukea erilaisia asukkaiden luomia teemoja ja sallia esimerkiksi värien ja äänien vaihtaminen. AMIGO:n toisella tasolla vastaan tulleet eksplisiittiset vaatimukset henkilökohtaisista asetuksista ja toiminnallisuudesta tulevat esiin. Käyttöliittymän täytyy siis myös olla henkilökohtainen, mutta mikäli käyttäjänä on joku talouden ulkopuolinen henkilö, kuten satunnainen vieras, voidaan hänelle esittää perusasetuksilla varustettu näkymä.

4. Käyttöliittymähahmotelma

Edellisessä kappaleessa käsitellyistä piirteistä on pääteltävissä, että älykodin käyttöliittymän suunnittelu ei ole yhtä yksinkertaista kuin perinteinen graafisen käyttöliittymän suunnittelu. Itse asiassa eri käyttökontekstit vaativat erilaisia laitteita ja erilaisia käyttöliittymiä, ja täten tekevät yhden universaalien käyttöliittymän suunnittelusta mahdotonta.

Jonkinlaisen keskitetyn hallinnan tarve kuitenkin herättää sen johtopäätöksen, että yhden universaalien käyttöliittymän sijaan älykodin tietojärjestelmään tarvitaan yksi kommunikointikanava, jonka kautta useat erilaiset käyttöliittymät voivat kommunikoida. Tietojärjestelmä voidaan nähdä eräänlaisena mustana laatikkona johon saadaan yhteys käyttöliittymien kautta. Tällainen lähestymistapa voi tuoda myös etuja kehittämiseen: käyttöliittymien luominen voidaan pitää kokonaan erillään itse älykodin ytimeistä kunhan kommunikointikanavasta ja -tavoista on sovittu.

4.1. Kategorisointi laitteiden perusteella

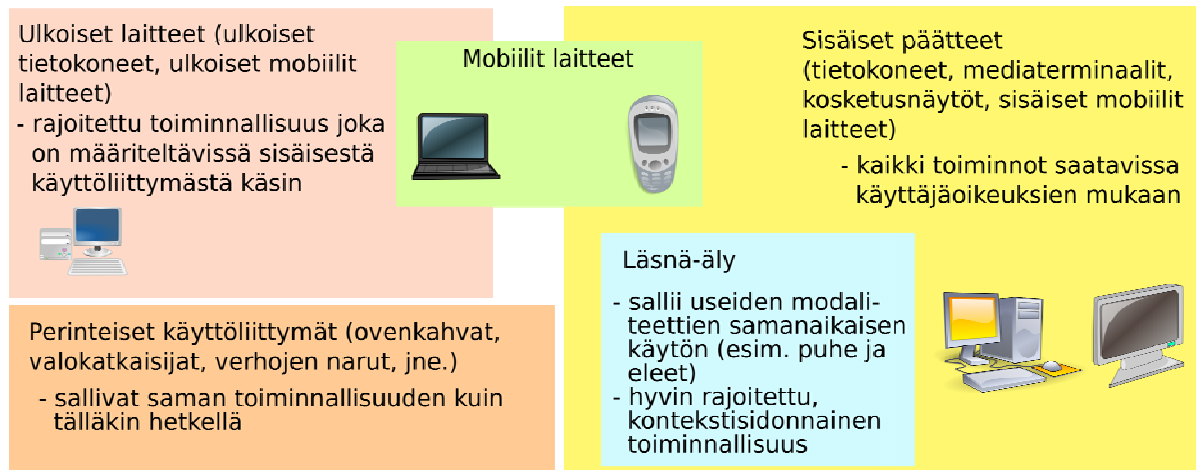
Erilaiset käyttöliittymän sisältävät laitteet voidaan kuitenkin helposti kategorisoida. Esimerkiksi matkapuhelin ja PDA ovat molemmat mobiileja laitteita kun taas pöytätietokone ja mediaterminaali ovat käytettävissä vain kodin sisältä. Useat mobiileista laitteista, kuten kannettava tietokone, voivat esiintyä myös staattisina laitteina joita käytetään kodin sisältä. Kodin ulkoiset pöytätietokoneet ovat taas laitteita, jotka pysyvät kodin ulkopuolella. Kodin kontrollointi näiden kautta voisi tapahtua esimerkiksi verkkopohjaisen käyttöliittymän kautta.

Turvallisuus ja yksityisyyden suoja olivat korkeasti arvostettuja vaatimuksia älykodilta. On helppo huomata, että mahdollistamalla talon kontrollointi sen ulkopuolella olevista käyttöliittymistä, luodaan melko suuri turvallisuusriski. Toisaalta etäkäyttö havaittiin Tampereen Teknillisen yliopiston tutkimuksessa erittäin mielekkääksi ominaisuudeksi [Koskela ja Väänänen-Vainio-Mattila, 2004]. Yksinkertainen ratkaisu on rajoittaa ulkoisten käyttöliittymien toiminnallisuutta. Tällöin jos vihamielinen krakkeri saa käsiinsä kaikki tarvittavat salasanat ja pääsee käsiksi ulkoiseen käyttöliittymään, ei hän pysty tekemään mitään todellista vauriota.

Luokittelemalla laitteet on helppo kuvailla ja perustella niiden käyttötarkoitukset ja -mahdollisuudet. Tämä taas helpottaa käyttöliittymien suunnittelua. Kuvan yksi osoittama jaottelu on tehty ulkoisten ja sisäisten laitteiden välille. Talon sisäiset laitteet, kuten kosketusnäytöt ja tietokoneet vaativat fyysisen pääsyn niiden äärelle ja tämän vuoksi niiden käyttöliittymä voi jo tarjota melko laajasti erilaisia kontrolleja ilman käyttäjän tunnistamista. Talon ulkoiset käyttöliittymät ovat puolestaan rajoitetumpia eivätkä oletuksena salli ollenkaan suurempia operaatioita. Pienempien operaatioiden, kuten

kahvinkeitin virtatilan tarkistus tai nauhoituksen ajastus onnistuu, mutta tätäkin varten vaaditaan jo jonkinasteinen salasana.

Käytännössä rajana on siis fyysinen sijainti talon sisällä. Ehto tuntuu järkevältä, koska se on jo tällä hetkellä käytössä kodeissamme: valokatkaisijat, lämmityslaite, pesukone ja DVD-soitin vaativat kaikki fyysisen pääsyn itse laitteeseen. Mikäli vihamielinen krakkeri on jo päässyt taloon sisälle ei käyttäjän ensimmäisenä huolena ole tietojärjestelmä, vaan oma turvallisuus.



Kuva 1: Erilaisten laitteiden ja käyttöliittymien jaottelu

4.1.1. Ulkoiset käyttöliittymät

Ulkoiset käyttöliittymät tarjoavat vain perustoiminnot ja vaativat jokaisen yhteydenoton alussa sisäänkirjautumisen. Sisäänkirjautumisen tyyppi riippuu itse käyttöliittymästä: matkapuhelimen kautta on luontevaa antaa numeroihin perustuva tunnistus kun taas PDA-laitteen kynäkäyttöliittymän kautta tunnistamisessa voidaan käyttää vaikka digitaalista signeerausta.

Ulkoiset käyttöliittymät ovat eräänlaisia toisen luokan kansalaisia käyttöliittymien keskuudessa: niiden oikeudet riippuvat täysin sisäisistä käyttöliittymistä käsin määritellyistä ominaisuuksista.

4.1.2. Sisäiset käyttöliittymät

Sisäiset käyttöliittymät voidaan edelleen jakaa kahteen osaan. Pääteinä toimivat laitteet, kuten tietokoneet, kodin sisällä olevat puhelimet tai PDA:t voivat toimia joko perustilassa tai sisäänkirjautuneessa, personoidussa tilassa.

Perustilassa käyttäjää ei ole tunnistettu ja hänelle tarjotaan vain turvallisia toimintoja, kuten kyseisen huoneen valojen hallinta, tai verhojen sulkeminen. Tämä perustila antaa esimerkiksi vierailijoille mahdollisuuden hallita yksinkertaisia asioita. Samalla talon asukkaat saavat nopeasti pääsyn normaaleihin toimintoihin.

Sisäänkirjautuneet käyttäjät saavat käsiinsä suuremman määrän toimintoja käyttäjäoikeuksistaan riippuen. Esimerkiksi lämmityksen säätäminen, saunan päälle kytkeminen ja etuoven lukon etäavaaminen ovat toimintoja joiden kontrolli on viisasta pitää vain tunnistettujen käyttäjien käsissä.

Koska älykoti on dynaaminen ympäristö ja sen elinkaaren aikana käyttäjät todennäköisesti lisäävät ja poistavat käyttöliittymiä, täytyy järjestelmän mahdollistaa niiden helppo hallinta. Yhtenä vaihtoehtona on mahdollistaa käyttöliittymien hallinta sisäisten käyttöliittymien kautta. Tuntematon laite, kuten uusi matkapuhelin voi liittyä talon sisäiseen verkkoon, jonka jälkeen sisäisen - jo hyväksytyt - käyttöliittymän kautta voidaan kysyä halutaanko uutta puhelinta käyttää kodin hallitsemiseen. Tämäkin toiminto vaatii luonnollisesti sisäänkirjautumisen ja tarvittavat oikeudet. Kuvio synnyttää tietynlaisen muna-kana-paradoksin, joka on ratkaistava määrittämällä älykodin asennuksen yhteydessä ensimmäinen pääkäyttöliittymä, kuten kodin pöytätietokone. Tämän pöytätietokoneen kautta on sitten mahdollista hallita muita käyttöliittymiä ja niille sallittuja asetuksia. Pääkäyttöliittymäkin on luonnollisesti mahdollista vaihtaa.

4.1.3. Läsä oleva käyttöliittymä

Kaikkialla läsnä oleva käyttöliittymä (eng. *Ubiquitous*) on sisäisen käyttöliittymän erityistapaus. Tällä tarkoitetaan käyttöliittymää, jota voidaan kontrolloida talon sisällä puheen ja mahdollisesti eleiden avulla. Tällainen käyttöliittymä toteuttaa osaltaan Weiserin maalaamaa mielikuvaa luonnollisesta interaktiosta kaikkialla läsnä olevien näkymättömien tietokoneiden kanssa [Weiser et al., 1999]. Vaikka perinteiset GUI-käyttöliittymät mahdollistavat kenties nopeamman ja tarkemman toiminnan, antaa koko kodin kattava multimodaalinen käyttöliittymä todellisen lisäarvon kodin hallintaan.

Läsä oleva käyttöliittymä on myös aina päällä ja täten loistava kanava asukkaan kanssa kommunikointiin mikäli hän ei ole minkään muun käyttöliittymän äärellä. Jos esimerkiksi järjestelmä huomaa, että Ville on saanut uutta postia, josta hän haluaa tulla ilmoitetuksi ja tietää, että Ville on talon keittiössä, mutta ei minkään muun käyttöliittymän saavutettavissa, voi se turvautua käyttämään läsnä olevaa käyttöliittymää, joka ilmoittaa Villelle uudesta postista esimerkiksi äänen avulla tai himmentämällä valoja hetkeksi.

Käyttäjän luotettava tunnistaminen äänen tai videokuvan perusteella on kuitenkin liian riskialtis prosessi. Siksi läsnä olevan käyttöliittymän kautta kannattaa sallia vain samankaltaisia toimintoja kuin talon peruskäyttöliittymästä.

Syötteen tulkitsemisessa voi myös tulla ongelmia. Virhetulkintojen määrää voidaan vähentää mikäli järjestelmä on tietoinen erilaisista syötevaihtoehdoista

etukäteen. Jos valot ovat jo päällä olohuoneessa ei yksikään komento voi koskea valojen sytyttämistä. Käyttöliittymän täytyy siis ottaa konteksti huomioon tulkitessaan syötettä. Samoin useiden modaliteettien yhdistäminen voi vähentää virheiden määrää ja parantaa käyttökokemusta. Tällainen lähestymistapa on otettu mm. Open Agent Architecture -projektissa, jossa Modality Coordination agentti on vastuussa eri lähteistä tulleiden syötteiden yhdistämisestä ja yhden johdonmukaisen tarkoituksen löytämisestä [Moran et al., 1997].

4.1.4. Perinteiset käyttöliittymät

Älykotijärjestelmän tavoitteena on helpottaa asukkaiden elämää tuomalla heidän elinympäristönsä uusia vuorovaikutustapoja ja ominaisuuksia. Samalla täytyy kuitenkin säilyttää yhteensopivuus entiseen elämäntapaan, eli laitteiden omat, fyysiset käyttöliittymät on säilytettävä ennallaan. Vaikka etuovi voitaisiinkin avata sisäisen käyttöliittymän kautta mistä päin asuntoa tahansa, täytyy sen avaamisen edelleen onnistua myös kääntämällä kahvaa.

Samalla kun pidetään yllä vanhoja tapoja vuorovaikuttaa kotiympäristössä, lisätään myös asukkaiden turvallisuuden tunnetta: vaikka älykotijärjestelmään tulisikin jokin ongelma, voi asukas toimia ”perinteisin” keinoin kodissaan. Tämä täytyy ottaa huomioon myös tietojärjestelmää suunniteltaessa.

4.2. Mobiilit laitteet

Oman erikoisryhmänsä muodostavat laitteet, joiden sijainti voi vaihdella talon sisä- ja ulkopuolen välillä. Helpoin ratkaisu olisi kohdella näitä laitteita jatkuvasti ulkopuolisina, jolloin maksimoitaisiin turvallisuus ja helpotettaisiin suunnittelua. Tämä tekee kuitenkin niistä paljon rajoittuneempia, eikä palvele käyttäjän etua.

Mikäli voidaan varmistua, että laite on fyysisesti talon sisällä voidaan sille sallia oikeudet toimia sisäisenä käyttöliittymänä älykotiin. Tämän ehdon varmistaminen riippuu paljon laitteesta.

Useissa kodeissa on nykyään lähiverkko, jonka muodostaa esimerkiksi jossain päin taloa oleva langaton tukiasema tai ADSL-modeemi. Kaikki talouden tietokoneet voidaan sitten kytkeä tähän reitittimeen, jonka kautta ne saavat pääsyn Internetiin. Lähiverkossa olevilla koneilla on oma IP-osoitevaruutensa, jonka jakelusta vastaa reititin. Tällainen kodin sisällä oleva lähiverkko voi olla yksi tapa tunnistaa mobiilin laitteen sijainti. Mikäli esimerkiksi perheen kannettava kytketään salattuun langattomaan verkkoon on melko turvallista olettaa, että kannettava on talon sisällä tai ainakin lähialueella. Tällöin älykotijärjestelmä voi tarjota monipuolisemman käyttöliittymän.

Useiden uudehkojen matkapuhelinten käyttäminen talon sisällä onnistuu ilman matkapuhelinverkon käyttöä. Tällöin matkapuhelin voi ottaa yhteyden kodin sisällä olevaan langattomaan verkkoon tai langattomaan Bluetooth-vastaanottimeen. Samalla verkon nopeus kasvaa, käyttäjä saa tehokkaamman käyttöliittymän ja säästää puhelinmaksuissa. Matkapuhelimen yhteys kodin lähiverkkoon mahdollistaa myös muiden suosittujen ominaisuuksien, kuten internetpuhelujen, ohjaamisen suoraan puhelimeen.

4.3. Kritiikkiä

Koska sisäänkirjautuminen on käyttöliittymäriippuvainen toiminto, täytyy käyttäjän autentikointi sijoittaa itse käyttöliittymään. Tämä ei ole turvallisuuden kannalta kovin hyvä lähestymistapa, koska se tarjoaa krakkereille useita erilaisia teitä sisälle järjestelmään. Toisaalta se on helppo tapa mahdollistaa erilaiset tavat kirjautua sisälle. Turvallisuutta onneksi nostaa mahdollisuus rajoittaa ulkoisten käyttöliittymien toiminnallisuutta sisäisistä käyttöliittymistä käsin.

Toisena lähestymistapana olisi sijoittaa älykotijärjestelmän ytimeen useita erilaisia tapoja kirjautua sisään. Tämä monimutkaistaisi ydintä, mutta pitäisi ainakin kaikki autentikointitiedot samassa paikassa.

5. Yhteenveto

Yhden käyttöliittymän löytäminen älykotiin on mahdotonta mikäli halutaan noudattaa käyttäjien toiveita. Erilaisten käyttökontekstien määrä ja kotiympäristön tuomat erikoiset haasteet pakottavat erilaiseen lähestymistapaan.

Kävin läpi erilaisia vaatimuksia joiden pohjalta löysin älykodilta vaadittavia piirteitä. Näiden pohjalta luokittelin älykodin kontrolloinnin mahdollistavat käyttöliittymät neljään tyyppiin. Kaikki käyttöliittymät tarjoavat oman, tiettyyn kontekstiin ja tehtävään sopivan välineen kodin hallintaan. Olen tarjonnut yhden lukuisista erilaisista lähestymistavoista älykotien suunnitteluun. Uskon, että tällainen käyttäjien vaatimuksista aloittaminen on ainut oikea tapa luoda toimiva ja haluttu älykotiratkaistu.

Älykoti-idean saaminen massamarkkinoille ei ole helppo tehtävä, mutta joku sen tulee tekemään luultavasti jo seuraavan vuosikymmenen aikana.

Viiteluettelo

[Battarbee ja Kuusela, 2005] – Katja Battarbee ja Kristo Kuusela, Interacting with Proactive Technology, Teoksessa *The Metamorphosis of Home*, Frans Mäyrä ja Ilpo Koskinen (toim.), Tampereen yliopisto, 2005, 71-85

- [Cook et al., 2003] – D.J. Cook, M. Huber, K. Gopalratnam ja M. Youngblood, *Learning to Control a Smart Home Environment, Innovative Applications of Artificial Intelligence*, 2003, <http://ranger.uta.edu/~holder/courses/cse6362/pubs/Cook03.pdf>
- [Koskela ja Väänänen-Vainio-Mattila, 2004] - Tiiu Koskela ja Kaisa Väänänen-Vainio-Mattila, Evolution towards smart home environments: empirical evaluation of three user interfaces, *Personal and Ubiquitous Computing*, **8** (3-4), Springer-Verlag, 2004, 234 – 240
- [Lesser et al., 1999] - Victor Lesser, Michael Atighetchi, Brett Benyo, Bryan Horling, Anita Raja, Régis Vincent, Thomas Wagner, Ping Xuan ja Shelley XQ. Zhang, The UMASS Intelligent Home Project, *Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents*, ACM Press, 1999, 291 – 298
- [Meyer ja Rakotonirainy, 2003] - Sven Meyer ja Andry Rakotonirainy, A survey of research on context-aware homes, *Proceedings of the Australasian information security workshop conference on ACSW frontiers*, **21**, Australian Computer Society, Inc., 2003, 159 – 168
- [Moran et al., 1997] - Douglas B. Moran, Adam J. Cheyer, Luc E. Julia, David L. Martin ja Sangkyu Park, Multimodal user interfaces in the Open Agent Architecture, *Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces*, 1997, 61-68
- [Mäyrä et al., 2005] – Frans Mäyrä, Tere Vadén ja Ilpo Koskinen, Introduction: Living in Metamorphosis – the Whys and Hows of Proactive Home Design Research, Teoksessa *The Metamorphosis of Home*, Frans Mäyrä ja Ilpo Koskinen (toim.), Tampereen yliopisto, 2005, 7-27
- [Park et al., 2003] - Sang Hyun Park, So Hee Won, Jong Bong Lee ja Sung Woo Kim, Smart home – digitally engineered domestic life, *Personal and Ubiquitous Computing*, **7** (3-4), Springer, 2003, 189 – 196
- [Röcker et al., 2004] - Carsten Röcker, Maddy D. Janse, Nathalie Portolan ja Norbert Streitz, User Requirements for Intelligent Home Environments: A Scenario-Driven Approach and Empirical Cross-Cultural Study, *Joint sOc-EUSAI conference*, 2004, 111-116
- [Sainz de Salces et al., 2005] - Fausto J. Sainz de Salces, David England, David Llewellyn-Jones, Designing for all in the house, *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction*, 2005, 283 – 288
- [Spinellis, 2003] - Diomidis D. Spinellis, The information furnace: consolidated home control, *Personal and Ubiquitous Computing*, **7** (1), 2003, 53 – 69
- [Weiser et al., 1999] – Mark Weiser, Rich Gold, ja John Seely Brown, The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s, *IBM Systems Journal*, **38** (4), 1999, saatavilla myös <http://www.research.ibm.com/journal/sj/384/weiser.html> (tarkistettu 11.5.2006)

XML-tietokantojen kyselykielet

Hannes Karhumaa

Tiivistelmä

Tämä tutkielma on kirjallisuuskatsaus XML-tietokannoista ja niiden kanssa käytettävistä XML-kyselykielistä. Tutkielma sisältää perustietoa XML-tietokantojen kyselykielistä, niiden toteutuksista ja käyttötarkoituksista todellisissa sovelluksissa. Lisäksi mukana on esimerkkejä XML-dokumenteista, XML-tietokannoista ja XML-kyselyistä.

Avainsanat ja -sanonnat: XML, XML-tietokannat, XML-kyselykielet, XQuery, XPath

CR-luokat: H3, H2.8

1. Johdanto

Tämän tutkielman aiheena ovat XML-tietokantojen kyselykielet. Tämän tapaisen tutkimuksen laajempuna kokonaisuutena ovat sellaiset tiedonhallinnan alan tutkimukset kuten yleisemmällä tasolla tietokantojen ja niiden kyselykielten tutkimus.

Aihe kuuluu aihepiiriltään tietojenkäsittelyn alan sisällä tiedonhallinnan aihepiiriin, tarkemmin sanottuna tietokantoihin ja niiden kyselykieliin. Kyseinen aihepiiri on tällä hetkellä nopeasti muuttuva ja mielenkiintoinen, joten siitäkin syystä aiheen kartoittamista voidaan pitää tärkeänä.

Tämän tutkimuksen tyyppi on survey-tyyppinen selvitys aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta. Lisäksi mukana on itse tehtyjä empiirisiä kokeita ja niistä raportointia. Tutkimusote tässä tutkielmassa on reaailmailmaa tarkasteleva ja käsitteellis-teoreettinen, sillä se esittelee kyseisen aihepiirin käsitteitä ja kertoo myös siihen liittyvistä tietokantateorioista.

Tämän tutkimuksen aiheita ovat sellaiset kysymykset kuten mitä ovat XML-dokumentit, mitä ovat XML-tietokannat, ja miten ne eroavat perinteisistä relaatiotietokannoista tai liittyvät niihin. XML-dokumenteista kerrotaan luvussa 1 ja niiden kyselykielistä luvussa 2. Tarkastellaan sitä, mitä kyselykieliä XML-tietokantojen kanssa voidaan käyttää, tarkempaan kysymykseen se, mitä XPath ja XQuery ovat ja miten ne eroavat toisistaan, mutta myös muita kyselykieliä mainitaan. XML-tietokannoista kerrotaan luvussa 4 ja XQueryn ja XPathin käyttämisestä niiden kanssa luvussa 5. XQuery-kielen ja XML-ominaisuuksien toteutuksista relaatiotietokantatuotteissa on asiaa luvussa 6.

Tässä tutkimuksessa kartoitetaan myös sitä, miten XML-kyselykieliä voidaan käyttää todellisissa sovelluksissa. Tällaisista käyttötavoista mainitaan

tiedon louhinta ja WWW-palvelut. XQueryn käyttämisestä tiedon louhinnassa kerrotaan luvussa 7 ja saman kielen käyttämisestä WWW-palveluissa luvussa 8.

2. XML-dokumentit

Tietokoneohjelmia kehitettäessä ohjelman käsittelemät tiedot täytyy yleensä tallentaa jollakin tavalla pysyvään tai väliaikaiseen varastoon, josta ne voidaan myöhemmin hakea uudelleen käytettäviksi. Tällaisia tallennustapoja ovat perinteisesti olleet tekstitiedostot, datatiedostot tai relaatiotietokannat (esimerkiksi SQL-kyselykieltä käyttävät tietokannat). Samaa tallentamistarkoitusta varten on 1990-luvulla kehitetty Extensible Markup Language -formaatti, jolla voidaan sekä kuvata dokumentin rakenne että varastoida tallennettavat tiedot. XML-formaatin tärkein ominaisuus on se, että suuria tietomassoja käsiteltäessä tiedon hakeminen XML-tiedostosta on helpompaa kuin esimerkiksi perinteisistä tekstitiedostoista, joiden käsittelytapa saattaa periaatteessa olla jokaisella eri ohjelmoijalla erilainen ja aiheuttaa varsin työläitä ja mekaanisia hakuoperaatioita.

XML-muotoisen tiedon perusrakenne on elementti, joka eroaa pieniltä osin muiden merkintäkielten, kuten esimerkiksi HTML:n, vastaavista rakenteista. Elementti sisältää kaksi tunnistetta: alkutunnisteen (start tag) ja lopputunnisteen (end tag). Sekä alkutunniste että lopputunniste alkavat pienempi kuin- merkillä (<) ja loppuvat suurempi kuin -merkkiin (>). Lopputunnisteen tunnistaa siitä, että siinä pienempi kuin -merkin jälkeen tulee kauttaviiva (/). Alkutunniste ja lopputunniste sisältävät aina saman nimen [Kumpulainen, 2003]. Kuvassa 1 nähdään esimerkki XML-tiedostosta. Tämä esimerkki, samoin kuten XML-kyselykielten kyselyesimerkit, ovat oXygen-editorista, joka sisältää myös työkalut XQuery-kyselyiden suorittamiseen [oXygen, 2006].

```

<library>
  <publisher name="Amazon">
    <book>
      <title>Dune</title>
      <author>Frank Herbert</author>
      <price>25</price>
    </book>
    <book>
      <title>Dune Messiah</title>
      <author>Frank Herbert</author>
      <price>12</price>
    </book>
  </publisher>
</library>

```

Kuva 1. Esimerkki XML-tiedostosta.

Kumpulainen [2003] vertaa alkutunnisteiden sisällä olevia attribuutteja avain-arvopareihin, joissa annetaan attribuutin nimi ja sen arvo tietyllä vakionotaatiolla. Näitä attribuutteja voi tunnisteiden sisällä olla useampia. Attribuuteilla voidaan ilmaista informaatiota, joka liittyy elementin sisältöön, mutta varsinainen sisältö tulee alkutunnisteen ja lopputunnisteen väliin. Tärkeä ominaisuus XML- dokumenteissa on se, että elementit voivat olla toistensa sisältöinä. XML-dokumentista käytetään nimitystä validi, kun se on sillä tavalla rakennettu, että jokaista alkutunnistetta seuraa samanniminen lopputunniste, eikä dokumentti sisällä syntaksiin liittyviä kirjoitusvirheitä [Kumpulainen, 2003].

3. XML-dokumenttien kyselykielet

Edellä kuvattuja XML-dokumentteja täytyy jollakin tavalla käydä läpi, jotta niistä voitaisiin löytää se tieto, jota ollaan hakemassa. Tätä varten on moniin ohjelmointikieliin toteutettu järjestelmiä (esimerkiksi Javassa SAX ja DOM), jotka kuitenkin vaativat kuitenkin ohjelmoijalta paljon mekaanista työntekoa jokaista eri tavalla järjestettyä XML-dokumenttia varten. Tästä syystä on kehitetty XML-dokumenttien kyselykieliä, joilla tietoa saadaan haettua ehokkaamin ja helpommin. Tällaisista kyselykielistä tärkeimmät ovat XQuery:n ja XPath:in.

Tärkeä ominaisuus kyselykielissä on myös tiedon lisääminen, päivittäminen ja poistaminen. Tällaiset toiminnot ovat relaatiotietokantojen kanssa käytettävässä SQL-kielessä (Structured Query Language) vakio-ominaisuuksia. XQuery-kieleen ei vielä ole standardoitu päivittämisominaisuuksia, mutta sen sijaan voidaan käyttää XUpdate-kieltä. XUpdate käyttää XPath-kieltä tiedon hakemiseen [Gabillon, 2004].

XPath on suhteellisen yksinkertainen kieli, jota World Wide Web Consortium (W3C) suosittelee käytettäväksi [WWW, 2006]. XPath järjestää XML-dokumentin ajonaikaisessa tietorakenteessaan puurakenteeksi, jossa XML-elementit ovat solmuina. Elementteihin voidaan viitata polkumäärittelyillä, joihin on mahdollista liittää identifioivia predikaatteja. Elementteihin viitataan XPath-ilmaisuilla, joihin tulee elementtien ja niiden alielementtien nimet kauttaviivalla erotettuina [Kumpulainen, 2003]. Lisäksi Kumpulainen [2003] toteaa, että elementtien sijaintiin joko absoluuttisena tai suhteellisenä voidaan viitata sijoittamalla elementin järjestysnumero hakasulkeiden väliin polkumäärittelyn jälkeen.

```
/library/publisher/book/price
```

Kuva 2. XPath-kysely

Edellisessä yksinkertaisessa XPath-kyselyssä haetaan kuvan 1 XML-dokumentista kaikkien kirjojen kaikki hinnat esittämällä polkuilmaisu, joka käy kaikki XML-dokumentin puurakenteessa sijaitsevat XML-tagit järjestyksessä läpi. Tämä on XPath-kyselyn yksinkertaisin muoto, lisäksi voidaan käyttää esimerkiksi tagin attribuutin nimeä hakasulkeissa, käyttää totuusarvoja (boolean), tehdä laskutoimituksia luvuilla ja käyttää merkkijonofunktioita [WWW, 2006].

XQuery, jota World Wide Web Consortium (W3C) edelleen kehittää, on monimutkaisempi kieli kuin XPath [Tatarinov *et al.*, 2002]. Hänen mukaansa XQueryn versio 1.0 on laajennus XPathin versioon 2.0. XQuery lisää uusia funktioita ja operaattoreita kyselykieleen. Tällaisista laajennuksista Kumpulainen [2003] esittää esimerkkinä päivämäärien ja vastaavien tietotyyprien lisäämisen. Kumpulaisen [2003] mielestä Xquerya on väitetty helppokäyttöiseksi kyselykieleksi, mutta hänen mukaansa vaadittavat edellytykset XQueryn hallintaan ovat sitä luokkaa, mitä yleensä rajapintojen avulla ohjelmoitaessa tarvitaan. XQuery-kysely koostuu kahdesta osasta, prologista ja kyselyn vartalo-osasta. Ensimmäisessä voidaan esimerkiksi alustaa muuttujia, funktioita ja nimiavaruuksia ja jälkimmäisessä osassa tehdään varsinainen kysely [Eisenberg and Melton, 2002]. XQuerysta on kehitetty myös XML-muotoinen versio nimeltä XqueryX, jolla voidaan samat asiat kuin XQuerylla, mutta sillä syntaksi esitetään XML-muodossa [Eisenberg and Melton, 2005].

Näistä kielistä kerrotaan enemmän luvussa 5. Tässä tutkielmassa on keskitytty W3C:n kehittämiin XML-kyselykieliin. Myös muita XML-kyselykieliä on olemassa, näistä mainittakoon esimerkkeinä XQL, XML-QL ja Quilt [Bourret, 2006].

```

<author_list>
{
  let $library := doc("books.xml")
  let $seq := $library//author
  let $distinct := distinct-values($seq)

  for $a in $distinct
  return
    <author>
      <name> {$a} </name>
      {
        for $book in $library/library/publisher/book
        where (compare($book/author, $a) eq 0)
        return $book/title
      }
    </author>
}
</author_list>

```

Kuva 3. Esimerkki XQuery-kielisestä kyselystä

Tässä kyselyssä nähdään tärkeimmät erot XPath-kyselyyn. Ensinnäkin XQuery:ssä voidaan esitellä muuttujia ja kutsua funktioita kuten yleensä ohjelmointikielissä. Lisäksi on huomionarvoista, kuinka voidaan käyttää for-lausetta kyselytuloksen läpikäymiseen ja XML-tageja palautettavan tiedon muotoilemiseen. Samaa XPathin kanssa on se, että käytetään polkuilmaisuja tiedon hakemiseen XML-dokumenteista.

Edellä esiteltyt kyselykielet eivät kuitenkaan ole ainoa tapa tiedon hakemiseen XML-dokumenteista. On kehitetty tapoja tallentaa XML-dokumentteja relaatiotietokantoihin, ja myös tapoja muuttaa edellä kuvattujen kyselykielten kyselyjä SQL-kyselykielelle. [Tatarinov *et al.*, 2002]. XML-tiedostojen käyttämisen lisääntyessä myös erilaisten hakujärjestelmien tarve kasvaa, mistä syystä myös tämän tiedonhallinnan alueen tutkiminen ja uusien järjestelmien kehittäminen tulee olemaan tärkeää tulevaisuudessa.

4. XML-tietokannat

XML-dokumenttia sinänsä voidaan jo pitää tietokantana sen alkeellisimmassa muodossa, koska sekin on kokoelma dataa. Toisaalta XML-dokumentti ei juurikaan eroa mistä tahansa tiedostosta (esimerkiksi tekstitiedosto tai MS Word-dokumentti), joka sisältää tietoa. Tietokantaominaisuutena XML-dokumentissa on kuitenkin se, että sen sisältämä data on puumuodossa ja se on itsensä kuvaileva eli sisältö kuvaa samalla myös sisällön rakenteen. XML-dokumenteista voidaan myös hakea tietoa XML-kyselykielillä, mikä tekee niistä tietokannan tapaisia [Bourret, 2006].

Varsinaisia XML-tietokantoja on kahdenlaisia, relaatiotietokantoja, joihin voidaan tallentaa XML-tietoa ja "natiiveja" XML-tietokantoja. Jälkimmäinen tarkoittaa sitä, että XML-tietoa ei muuteta tavallisiin tietokantatauluihin sopivaksi, vaan se tallennetaan vain XML:ää varten tarkoitettulla tietotyypillä [Nicola and Linden, 2005]. XML-tietoa tallennetaan natiiveihin XML-tietokantoihin sen takia, että relaatiokantaan tallennettaessa moneen tietokantasarakkeeseen tulisi tyhjiä arvoja ja eri tietokantatauluja tulisi myös paljon, mikä ei ole tehokasta. Toinen syy on se, että XML-tiedon hakeminen natiivista on nopeampaa. Tämä johtuu siitä, että jotkin natiivit XML-tietokannat tallentavat tiedon fyysisesti nopeammin käytettävään muotoon tai käyttävät fyysisiä osoittimia dokumentin eri osien välillä [Bourret, 2006]. Natiivista XML-tietokannasta voidaan mainita esimerkkinä TIMBER, jota kehitetään Michiganin yliopistossa [Jagadish *et al.*, 2002].

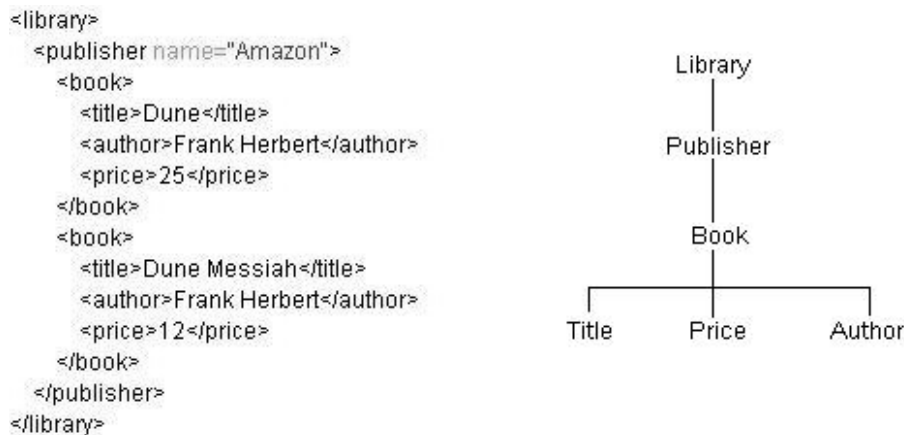
Jotta XML-kyselykieliä voitaisiin käyttää myös tietokantojen kanssa, täytyy tietokannan pystyä esittämään XML-tieto virtuaalisena XML-dokumenttina. Tämä tarkoittaa sitä, että XML-tietokannassa oleva tieto mallinnetaan sillä tavalla, että koko tietokanta vaikuttaa olevan XML-muodossa [Bourret, 2006].

XML-tietokannoissa käytetään kahta erilaista tallennustapaa XML-tiedolle: tauluperustaista tallentamista (table-based mapping) ja oliorelationalista tallennustapaa (object-relational mapping). Ensimmäistä tapaa käytetään yleisesti relaatiotietokannoissa siirtämään tietoa XML-dokumenttien ja relaatiotietokannan välillä. Siinä mallinnetaan XML-dokumentti yksittäiseksi tauluksi tai moniksi tauluiksi. [Bourret, 2006]. Kuvassa 4 on esitetty kuvan 1 esimerkkidokumentti mallinnettuna relaatiotietokannan taulujen muotoon.

<pre> <library> <publisher name="Amazon"> <book> <title>Dune</title> <author>Frank Herbert</author> <price>25</price> </book> <book> <title>Dune Messiah</title> <author>Frank Herbert</author> <price>12</price> </book> </publisher> </library> </pre>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Book</th> </tr> <tr> <th>Title</th> <th>Author</th> <th>Price</th> <th>Publisher</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dune</td> <td>Frank Herbert</td> <td>25</td> <td>Amazon</td> </tr> <tr> <td>Dune Messiah</td> <td>Frank Herbert</td> <td>12</td> <td>Amazon</td> </tr> </tbody> </table>	Book				Title	Author	Price	Publisher	Dune	Frank Herbert	25	Amazon	Dune Messiah	Frank Herbert	12	Amazon
Book																	
Title	Author	Price	Publisher														
Dune	Frank Herbert	25	Amazon														
Dune Messiah	Frank Herbert	12	Amazon														

Kuva 4. XML-dokumentti muunnettuna relaatiotietokannan muotoon.

Toinen mallintamistapa on oliorelationalinen lähestymistapa. Kaikki natiivit XML-tietokannat käyttävät sitä. Siinä tieto tallennetaan puumuotoon. Jokainen XML-dokumenttihan on puumuotoinen sillä tavalla, että ensimmäinen tagi on juurisolmuna ja solmut alisolmuineen muodostavat puun.



Kuva 5. XML-dokumentti esitettynä olioperustaisena relaatiarakenteena.

Tätä tapaa käyttävät Bourretin [2006] mukaan kaikki XML:n käyttämistä varten muunnellut relaatiotietokannat. On huomattava, että tässä käytetty oliomalli ei ole sama kuin Document Object Model -mallissa (DOM). DOM mallintaa vain XML-rakenteen itsensä ja on samanlainen kaikille XML-dokumenteille, kun taas tässä mallinnustavassa käytettävä malli mallintaa dokumentista löytyvän datan ja on jokaiselle dokumentille erilainen ja on yhdenmukainen dokumentin XML-skeeman kanssa [Bourret, 2006].

5. XQuery ja XPath XML-tietokannoissa

Kun haetaan tietoa XML-tietokannoista, on tilanne varsin samanlainen kuin yksittäisestä XML-dokumentista haettaessa. Erona on se, että tietokantajärjestelmä hoitaa suuren XML-tietomäärän tallentamisen ja järjestämisen. Samaa on se, että järjestelmä muuntaa sisäisessä systeemissään XML-tiedot virtuaaliseksi XML-dokumentiksi, jota voidaan hakea samoilla polkuperustaisilla XML-kyselykielillä kuin yksittäisiä XML-dokumenttejakin.

Käytettäessä XPathia XML-tietokantojen kanssa käytetään oliorelaationaalista lähestymistapaa silloin, kun haetaan tietoa useammasta taulusta. Tämä johtuu siitä, että XPath ei tue liitoksien (joins) tekemistä useammasta eri dokumentista. Tauluperustaista hakemistakin voidaan käyttää, mutta tällöin voidaan hakea tietoa vain yhdestä taulusta kerrallaan [Bourret, 2006].

Vastaavasti XQueryn tapauksessa voidaan käyttää joko tauluihin perustuvaa hakemista tai oliorelaationaalista lähestymistapaa. Ensimmäisessä tapauksessa tapauksessa taulujen hierarkoita kohdellaan kuten yksittäisiä XML-dokumentteja yleensä ja liitokset taulujen välillä voidaan toteuttaa kyselyssä, kuten SQL-kielessä. Tätä tapaa käytetäänkin useammin relaatiotietokantoihin perustuvissa XML-tietokannoissa. Syyksi tähän Bourret

[2006] mainitsee sen, että tällainen järjestelmä on helpompi toteuttaa ja tutumpi SQL:ään tottuneille tietokantakehittäjille.

6. Natiivit XML-toteutukset relaatiotietokannoissa ja XQuery

Relaatiotietokantoihin, kuten IBM DB2 ja Microsoft XML Server, on kehitetty tapoja tallentaa XML-tietoa natiivisti. Microsoft SQL Server 2005 tallentaa XML-tiedon puumuodossa binäärisenä XML:nä [Pal *et al.*, 2005]. IBM:n DB2-tietokantatuotteessa on valittu toisenlainen lähestymistapa XML:n tallentamiseen. Siinä XML tallennetaan niin sanotussa natiivissa muodossa, mikä tarkoittaa sitä, että XML-dokumentit tallennetaan levyille puurakenteisiin XML-datamallia vastaavasti [Nicola and Linden, 2005]. Nicolan ja Lindenin [2005] mukaan esimerkiksi Microsoft SQL Serverissä käytettävä binäärimuotoinen tallennus on tehokasta kokonaisten dokumenttien lisäämisessä ja hakemisessa, mutta kärsii huonosta suorituskyvystä silloin, kun halutaan XML-kyselyjä suoritusaikana. Natiivia tallennustapaa he perustelevat myös sillä, että XQuery-kyselyjen muuntaminen SQL-kyselyiksi voi olla joissakin tapauksissa jopa mahdotonta.

Microsoft SQL Server -tietokantatuotteessa käytetään XML-kyselykielenä Xquerya, jossa käytetään navigointikielenä XPathin versiota 2.0. XQuery-kyselyt mallinnetaan algebrapuuksi (algebra tree) käyttäen erinäisiä optimointitekniikoita [Pal *et al.*, 2005]. XML-data järjestetään yleensä järjestetyksi puurakenteeksi, jossa jokainen solmu vastaa XML-elementtiä ja jokainen reuna vastaa liitosrelaatiota. Tällaisia tietorakenteiden kokoelmia käsitellään kyselyalgebralla, jolloin saadaan aikaan algebrapuu [Al-Khalifa *et al.*, 2003]. XQueryn käsittelyssä tehdään kyselypuu, jossa käytetään SQL-kielen operaattoreita kuten SELECT ja JOIN XML-indeksien käsittelyyn. Järjestelmä tukee suurta määrä XQuery-funktioita- ja operaattoreita, ja aina kun mahdollista, ne käännetään vastaaviksi SQL-funktioiksi- ja operaattoreiksi [Pal *et al.*, 2005]. DB2:n toteutuksessa taas ei ole toteutettu XQuery-kyselyiden muuntamista SQL-kielille. Järjestelmässä käytetään erillisiä käsittelijöitä SQL- ja XQuery-kyselyille, mutta sama kääntäjä hoitaa molemmat kielet. Koska sovelluksissa kuitenkin täytyy monesti käyttää sekä relaatiotietokantojen dataa että XML-dataa samanaikaisesti, DB2:ssa voidaan upottaa SQL-kielisiä kyselylauseita XQuery-lauseiden sisään. Myös toisin päin voidaan tehdä, eli upottaa XQuery-lauseita SQL-lauseiden sisälle [Nicola and Linden, 2005].

Microsoft SQL Server-tietokantatuotteen XQuery-syntaksi ei tue useampien XML-dokumenttien kyselyä, mutta arkkitehtuurin puolesta se on mahdollista. XML-algebrapuun muuntaminen relaatiopuuksi tässä tuotteessa tapahtuu kolmessa osassa. Näitä ovat järjestyksessä XPath-polkukyselyn

käsittely, XQuery-kyselyn käsittely ja XQuery-funktioiden suorittaminen [Pal *et al.*, 2005]. Tämän tutkielman suppeuden takia ei ole tarpeen selostaa tarkemmin tätä prosessia, mutta yhteenvetona voidaan sanoa, että kyseisten kahden tietokantatuotteen sisäinen toteutus ja XQuery-kielen toteutus eroaa selvästi toisistaan, vaikka selviä yhtäläisyyksiäkin voidaan löytää.

7. XQueryn käyttäminen tiedon louhinnassa

XML-muotoisen tiedon kaiken aikaa lisääntyessä Internetissä, tulee siitä tapahtuva tiedon louhinta myös tärkeämmäksi tutkimusaiheeksi. Wan ja Dobbie [2004] esittävät tavan käyttää XQuery-kieltä tällaiseen toimintaan. Yleensä XML-muotoisen tiedon louhinta on tapahtunut muuntamalla se ensin relaatiotietokantaan siirrettävään muotoon. XML-tietoa voidaan kuitenkin käsittää myös suoraan XQuery-kielillä ja Wan ja Dobbie [2004] esittävät, että jos tietoa voidaan käsittää suoraan XML-datasta, sama käsittelytapa voidaan integroida myös XML-tietokannoissa käytettäväksi.

Wan ja Dobbie [2004] käyttävät yhteyssääntöihin perustuvaa tiedon louhintatapaa (mining association rules). Tyypillinen esimerkki yhteyssääntöjen louhinnasta on kaupan alalta. Jos asiakas ostaa tuotteita A ja B, hän 90 prosentin todennäköisyydellä ostaa myös tuotetta C [Takahashi *et al.*, 2005]. Tässä tapauksessa 90 prosenttia on säännön luotettavuus (confidence). Toinen mitattava suure tällaisessa louhinnassa on kannatus (support). Kannatus säännölle saadaan kuvan 6 kaavasta [Wan and Dobbie, 2004].

$$X \Rightarrow Y$$

on s, jos s % tapahtumista
tapahtumajoukossa D
sisältää
 $X \cup Y$:n

Kuva 6. Kannatuksen laskeminen yhteyssääntöihin perustuvassa tiedon louhinnassa

Tällaisessa louhinnassa tulee löytää sellaiset säännöt, jotka toteuttavat määrin vähimmäisluotettavuuden ja vähimmäiskannatuksen. Ongelmat tässä ovat seuraavat; pitää etsiä usein toistuvat tapahtumaerät, joilla on minimikannatus ja generoida niistä luotettavat yhteyssäännöt [Takahashi *et al.*, 2005].

Wan ja Dobbie [2004] ovat kehittäneet XQuery-kyselyn, jolla voidaan laskea yhteyssäännöt. He käyttävät a priori -funktiota, jonka he ovat itse kehitelleet XQuery-kielillä. A priori -funktion ideana on se, että sitä kutsutaan jokaisella

hakutasolla ja se generoi suuremman kandidaattijoukon C yhdistämällä suuret kandidaattijoukot alemmilta tasoilta. Lopuksi se poistaa epäolennaiset oliot joukosta C ja laskee sitten kannatuksen s [Wan and Dobbie, 2005]. Mielestäni tämän funktion yhteydessä nähdään hyvin, miten XQuery-kieli voi olla kätevä monimutkaisissa kyselytehtävissä, kun tarvitaan muuttujia ja niiden alustamista sekä funktioiden kutsumista.

8. XQueryn käyttäminen WWW-palveluissa

XML-muotoinen viestinvälitys on noussut yhä tärkeämpään asemaan Internet-palveluissa. Tähän on syynä XML:n käyttämisen, muokkaamisen ja ylläpidon joustavuus. XML:ää käytetään Internet-palveluissa kuvaamaan palveluja ja sovelluksia ja tietoa, jota ne välittävät toisilleen [Onose and Simeon, 2004]. Tällä hetkellä näitä palveluja toteutetaan esimerkiksi Java-ohjelmointikielen API-kutsujen avulla, mutta Onosen ja Simeonin [2004] mukaan olisi parempi, jos XML-tietoon päästäisiin käsiksi suoraan. Tällaiseksi käsittelytavaksi he ehdottavat XQueryn käyttöä.

Internet-palvelujen ohjelmointi XML:n avulla on perinteisesti perustunut XML-tiedon muuttamiseen olioperustaiseksi tiedoksi ja päinvastoin. Tässä tavassa on Onosen ja Simeonin [2004] mukaan seuraavat haitat. Olioperustaiset luokat eivät ole luonnollisia representaatioita alkuperäisestä XML-tiedosta, luokat täytyy generoida ja kääntää viestinnän rakenteen muuttuessa ja XML-viestit täytyy validoida ajon aikana. Lisäksi nykyinen toteutustapa on taipuvainen virheisiin, joita on vaikea löytää [Onose and Simeon, 2004].

Näihin ongelmiin ratkaisuksi tarjotaan XQuery-kieltä, jolla saadaan suora yhteys XML-dataan ja sen semanttiseen rakenteeseen esimerkiksi XPath-ilmaisuja käyttäen [Onose and Simeon, 2004]. Onosen ja Simeonin [2004] toteutuksessa Internet-palveluissa käytetään WDSL (Web Services Description Language)- ja SOAP-tekniikoita (Simple Object Access Protocol) yhdessä XQueryn kanssa. He ovat kehittäneet `xquery2soap`-nimisen ohjelman, jolla voidaan muuttaa XQuery-kyselyitä SOAP-viestintäprotokollan mukaisiksi.

Yhteenvetona voitaisiin sanoa, että tällainen natiivi XML-tiedon suora käsittely antaa WWW-palvelujen kehittämisessä tehokkuusetua ja helppoutta. Tulevaisuudessa tällaista yhteyskäytäntöä voitaisiin käyttää vaikkapa hajautetun XQuery-prosessoinnin sovellusrunkona [Onose and Simeon, 2004].

9. Yhteenveto

Tässä tutkielmassa on tutkittu XML-dokumentteja, XML-tietokantoja ja niiden kyselykieliä. XML-tiedon käyttäminen näyttäisi olevan nousussa ja monia tapoja sen käsittelyyn on kehitetty. Kaupallisten tietokantatuotteiden

valmistajat ovat ottaneet XML-ominaisuudet ja XML-kyselykielet käyttöön tuotteissaan ja monissa sovelluksissa on havaittu XML-kyselykielien käyttö tarpeelliseksi.

XQuery ja XPath näyttävät olevan tällä hetkellä suosituimmat XML-kyselykielet ja W3C kehittää niistä edelleen uusia versioita ja suosituksia. Myös uusia XML-tietokantoja kehitellään kaiken aikaa sekä kaupallisina että avoimen lähdekoodin tuotteina. Tämä tutkimusalue tulee varmasti olemaan aktiivinen ja kiinnostava myös tulevaisuudessa.

Viiteluettelo

- [Al-Khalifa et al., 2003] Shurug Al-Khalifa, Cong Yu and H. V. Jagadish, Querying structured text in an xml database, *SIGMOD 9-12* (June 2003), 6.
- [Bourret, 2006] Ronald Bourret, XML database products, capturing the current state of the market for XML database products, <http://www.rpbourret.com/xml/XMLDatabaseProds.htm> (7.3. 2006).
- [Eisenberg and Melton, 2002] Andrew Eisenberg and Jim Melton, An early look at XQuery, *SIGMOD Record Vol. 31, No. 4* (Dec. 2002), 115-116.
- [Eisenberg and Melton, 2005] Andrew Eisenberg and Jim Melton, XQuery 1.0 is nearing completion. *SIGMOD Record Vol 34, No. 4* (2005), 84.
- [Gabillon, 2004] Alban Gabillon, An authorization model for XML databases, *ACM Workshop on Secure Web Services October 29* (2004), 1-13.
- [Jagadish et al., 2002] H. V. Jagadish, Shurug Al-Khalifa, Adriane Chapman, Laks V. S. Lakshmanan, Andrew Nierman, Stelios Paparizos, Jignesh M. Patel, Divesh Srivastava, Nuwee Wiwatwattana, Yuqing Wu and Cong Yu, TIMBER: A native XML database. *The VLBD Journal 11* (2002), 274-291, 1-3.
- [Kumpulainen, 2003] Teemu Kumpulainen, XML-dokumenttien deklaratiiivinen kyselykieli. *Pro gradu*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos, 2003, 3-15, 1-16.
- [Nicola and Linden, 2005] Matthias Nicola and Bert van der Linden, Native XML support in DB2 universal database, *VLBD Conference 31* (2005), 1165-1174.
- [Onose and Simeon, 2004] Nicola Onose and Jerome Simeon, XQuery in your web service, *WWW2004 May 17-22* (2004), 1-9.
- [oxygen, 2006] oxygen-XML-editorin kotisivu, <http://www.oxygenxml.com/> (18.5. 2006).
- [Pal et al., 2005] Shankar Pal, Istvan Cseri, Oliver Seeliger, Michael Rys, Gideon Schaller, Wei Yu, Dragan Tomic, Adrian Baras, Brandon Berg, Denis

Churin and Eugene Kogan, XQuery implementation in a relational database system, *VLBD Conference* **31** (2005), 1175-1186.

[Takahashi et al., 2005] Katsumi Takahashi, Iko Pramudiono and Masaru Kitsuregawa, Geo-Word Centric Association Rule Mining, *International Conference On Mobile Data Management*, (2005), 1-8.

[Tatarinov et al., 2002] Igor Tatarinov, Kevin Beyer, Jayavel Shanmugasundaram, Stratis D. Viglas, Eugene Shekita and Chun Zhang, Storing and Querying Ordered XML Using a Relational Database System, *ACM SIGMOD* **4-6**, (June 2002), 205.

[Wan and Dobbie, 2004] Jacky W. W. Wan and Gillian Dobbie, Mining association rules from XML data using XQuery, *DMWI* (2004), 1-6.

[WWW, 2006] World Wide Web -konsortion kotisivu, <http://www.w3.org/> (7.3. 2006).

Vuorovaikutuksen keinot virtuaaliyhteisöissä

Kyösti Karila

Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa tarkastellaan erilaisia vuorovaikutuskeinoja virtuaaliyhteisöjen sisällä. Tällaiset yhteisöt yleistyvät kehittyvien viestintämahdollisuuksien myötä ja näiden jäsenenä toimiminen on varsinkin nuorten ihmisten keskuudessa muodostunut jo melko arkipäiväiseksi. Tutkielmassa käsitellään hieman aiheesta tehtyä tutkimusta sekä luodaan katsaus muutamaan virtuaaliyhteisöön ja näiden sisältämiin ominaisuuksiin ja toimintoihin. Tarkoituksena on paikallistaa mahdollisia yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia tutkittujen yhteisöjen väliltä, sekä tarkastella näiden vaikutusta yhteisön jäsenenä toimimiseen. Tämän lisäksi yhteisöjen tarkastelusta saatuja tuloksia verrataan aiheesta käsittelevään aiempaan tutkimukseen.

Avainsanat ja -sanonnat: Vuorovaikutus, virtuaaliyhteisö, virtuaaliyhteisöllisyyden tunne.

CR-luokat: K4.0

1. Johdanto

Erilaiset tietoverkkojen avulla toteutetut yhteisöt ovat kasvattaneet suosiotaan huikkea vauhtia viimeisen vuosikymmenen aikana. Sähköposti, keskustelupalstat ja erilaiset pikaviestimet ovat varsin suosittuja, ja uusia toteutustapoja kehitellään nopealla tahdilla. Erilaiset viihde-elektronikkaan ja tietotekniikkaan liittyvät tekniset kehitysaskleet ovat omalta osaltaan edesauttaneet tämän ilmiön kehityksessä, nykyään hyvin suurella osalla esimerkiksi suomalaisista on mahdollisuus toimia erilaisten *virtuaaliyhteisöjen* jäsenenä kotoa käsin. Ihmisten on mahdollista käydä läpi vaikkapa päivän uutisaiheet tai tärkeimmät henkilökohtaiset asiat oman virtuaalisen keskusteluseuransa kanssa. Tällainen keskustelu voidaan toteuttaa paikasta tai ajasta riippumatta, käyttäjä tarvitsee osallistumiseen ainoastaan internet-yhteyden sekä sitä hyödyntävän laitteen, oli se sitten tietokone tai matkapuhelin.

Tämän tutkielman puitteissa virtuaaliyhteisöjä käsitellään hieman yleisemmällä tasolla, sivuten niihin liittyvää käsitteistöä ja tutkimusta. Tutkielman pääasiallinen aihe on kuitenkin erilaisten yhteisön jäsenten välistä vuorovaikutusta tukevien ja synnyttävien elementtien etsiminen virtuaaliyhteisöjen sisältä. Päämääränä on kartoittaa erilaisia yhteneväisyyksiä

tutkittavien virtuaaliyhteisöjen väliltä, ja näiden kautta paikallistaa mahdollisia laadullisia eroja eri ominaisuuksien ja toteutustapojen väliltä. Tulosten tarkastelussa käytetään apuna myös aiempaa aiheesta tehtyä tutkimusta.

2. Yleistä virtuaaliyhteisöistä

Pyrittäessä selvittämään mitä virtuaaliyhteisöllä tarkoitetaan, on ensiksi syytä tarkastella käsitettä *yhteisö*. Tämä käsite on määritelty aikojen saatossa eri yhteyksissä usealla eri tavalla. Internet-sanakirja Wikipedian yleismääritelmän mukaan yhteisö koostuu ihmisistä, joilla on jossakin suhteessa yhteinen ja sama päämäärä [Wikipedia, 2006]. Tämän voidaan katsoa pätevän myös virtuaalisten yhteisöjen kohdalla.

Käsitteen *virtuaaliyhteisö* (virtual community) määritteli yhdysvaltalainen informaatio- ja kommunikaatiotutkija Howard Rheingold vuonna 1993 ilmestyneessä kirjassaan "The Virtual Community". Rheingold käsittää virtuaaliyhteisön joukoksi ihmisiä, joka käy dialogia teknologian välityksellä, useimmiten internetissä [2000]. Virtuaaliyhteisön käsitteen määrittelyä ovat Rheingoldin jälkeen tarkentaneet yhdysvaltalaiset tutkijat Anita L. Blanchard sekä M. Lynne Markus. Heidän tutkimuksensa mukaan tietyn ihmisjoukon määrittäminen virtuaaliyhteisöksi vaatii lisäksi sen, että joukon sisällä toteutuu *virtuaaliyhteisöllisyyden tunne* [Blanchard and Lynne, 2002].

Tavallisten, reaali maailmaan sijoittuvien yhteisöjen tutkiminen on ollut monien tieteiden aiheena jo pitkään, kun taas virtuaaliyhteisöjen tutkimus on tähän verrattuna vasta ikään kuin alkutekijöissään. Lyhyen historiansa aikana virtuaaliyhteisöjä on erilaisissa tutkimuksissa usein verrattu tavallisiin yhteisöihin. Kysymyksiä on herättänyt muun muassa se, voidaanko tällaisien aikaan ja paikkaan sitoutumattomien yhteisöjen kautta luoda yhtä voimakkaita tai sitovia ihmissuhteita kuin reaali maailman yhteisöissä. Tehtyjen tutkimusten tulokset ovat kuitenkin usein olleet hieman epämääräisiä ja etsittyjen vastausten sijasta onkin saatu aikaiseksi joukko uusia kysymyksiä [Gulia and Wellman, 1997]. Tämä kaiketi voidaan osaksi selittää informaatioteknologian nopealla kehityksellä, jonka ansiosta virtuaaliyhteisöjen rakenne ja mahdollisuudet ovat jatkuvan muutoksen alaisena. Toisaalta on ollut havaittavissa vaikeuksia vetää rajaa virtuaaliyhteisön ja yksinkertaisen tietokonetta hyödyntävän vuorovaikutuksen välille.

3. Tutkitut virtuaaliyhteisöt

Tutkielman puitteissa tarkempaan käsittelyyn on otettu kuusi erilaista virtuaaliyhteisöä. Tätä valintaa tehtäessä pyrittiin saavuttamaan mahdollisimman heterogeeninen vertailuryhmä siten, että tutkimuskohteiksi

valittiin hyvin erilaisia yhteisöjä. Tutkittavassa joukossa on yhteisöjä sekä Suomesta, muualta Euroopasta, että Pohjois-Amerikasta. Tutkittavien yhteisöjen sisällöistä ja aihepiireistä löytyy myös paljon eroavaisuuksia. Mukana on sekä aihepiiriltään erittäin tarkasti rajattuja, esimerkiksi johonkin tiettyyn harrastukseen tai mielenkiinnon kohteeseen keskittyneitä yhteisöjä että hieman monipuolisempia, suuremmalle käyttäjäryhmälle suunnattuja yhteisöjä. Tutkittavista kohteista on pyritty löytämään ja raportoimaan olennaisimmat vuorovaikutusmahdollisuudet, sekä yhteisön sisäistä toimintaa rakentavat ja ylläpitävät toiminnot ja ominaisuudet.

3.1. Suomi24

Suomi24 on *portaali*, joka kokoaa yhteen laajan joukon erilaisia palveluja. Yleishyödyllisten verkkolinkkien lisäksi Suomi24 tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuksia olla vuorovaikutuksessa muiden käyttäjien kanssa useilla eri tavoilla [2006]. Suomi24:n vuorovaikutteisuutta sisältävien palveluiden hyödyntäminen onnistuu *rekisteröitymällä* palvelun käyttäjäksi. Käyttäjää pyydetään luomaan *profiili*, joka sitten lisätään Suomi24:n *Galleriaan*, joka sisältää kaikkien rekisteröityneiden käyttäjien profiilit. Käyttäjä voi tallentaa profiiliinsa tietoja itsestään, esimerkiksi oman kuvansa tai tietoja harrastuksistaan. Profiilinsa avulla käyttäjä voi sitten toimia palvelun eri vuorovaikutteisissa osioissa.

Perinteisiä keskusteluryhmiä Suomi24:stä löytyy varsin paljon ja nämä ovat aiheiltaan hyvin monipuolisia. Keskusteluryhmien lisäksi Suomi24 tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden osallistua reaaliaikaiseen *chat*-keskusteluun, joka keskusteluryhmien tavoin sisältää hyvin monipuolisen aihejoukon. Suomi24:n palvelut käsittävät myös seuranhakuosion, sekä mahdollisuuden jättää yleisiä ilmoituksia toisten käyttäjien luettavaksi. Sekä keskustelualueilla, chat-keskusteluissa, että ilmoituspalstoilla käyttäjien on mahdollista nähdä kommentin kirjoittajan nimimerkki sekä muuta tietoa kirjoittajasta. Muiden käyttäjien profiileista on myös mahdollista seurata, millaisiin keskusteluihin he osallistuvat ja kuinka usein heidän kommenttejaan on luettu.

3.2. Habbo Hotel

Habbo Hotel on hieman erilainen esimerkki melko suurelle joukolle suunnatusta virtuaaliyhteisöstä. Habbo Hotel-konsepti on saavuttanut hyvin suurta suosiota, ja toimintamalli onkin levinnyt jo 16 maahan [Habbo, 2006].

Habbo Hotel poikkeaa useimmista virtuaaliyhteisöistä sarjakuvamaisen toteutuksensa ansiosta. Erilaiset vuorovaikutteiset toiminnot vaativat Suomi24:n tapaan käyttäjältä rekisteröitymistä, ja oman *hahmon* luomista. Luotu hahmo liittyy uudeksi jäseneksi *virtuaal hotelliin*, jonka sisälle kaikki Habbo

Hotelin toiminta sijoittuu. Omalla hahmolla voi liikkua hotellissa sijaitsevien *huoneiden* välillä ja keskustella muiden näissä huoneissa olevien käyttäjien kanssa. Käyttäjien on myös mahdollista luoda oma persoonallinen huoneensa, jossa muut käyttäjät voivat vierailla.

Habbo Hotelin jotkut toiminnot, esimerkiksi oman huoneen luominen, ovat poikkeuksellisesti maksullisia. Käyttäjien on myös mahdollista ostaa hahmolleen tai huoneelleen lisäominaisuuksia. Tällainen kaupallinen suuntautuminen ilmenee myös hotellin sisälle sijoitettujen mainosten muodossa.

3.3. Mikseri.net

Mikseri.net on suomalainen musiikin jakeluun keskittynyt virtuaaliyhteisö. Yhteisön käyttäjät voivat asettaa itse tekemänsä mp3 -muotoisen musiikin muiden käyttäjien kuultavaksi ja arvosteltavaksi. Palvelun suosio on ollut tasaisessa nousussa siitä asti, kun käyttöönotto vuonna 2001 tapahtui. Useat palvelua hyödyntäneet artistit ovatkin onnistuneet hankkimaan kaupallisen levytys- ja jakelusopimuksen musiikilleen. [Mikseri, 2006]

Palvelua on mahdollista käyttää rekisteröitymättä, mutta tarjolla olevat toiminnot ovat tässä tapauksessa rajoitettu musiikkikappaleiden kuuntelemiseen. Rekisteröityneille käyttäjille tarjotaan muun muassa keskustelualueita, joiden aiheet liittyvät eri musiikin osa-alueisiin. Palvelusta löytyy myös eräänlainen *pikaviestintä*-toiminto käyttäjien väliseen henkilökohtaiseen kommunikointiin sekä ehkäpä kaikkein olennaisimpana ominaisuutena mahdollisuus arvostella tarjolla olevaa musiikkia.

Rekisteröitymisen yhteydessä käyttäjältä kerätään muutamia henkilökohtaisia tietoja jotka asetetaan muiden yhteisön jäsenien nähtäville. Käyttäjä voi liittää profiiliinsa vaikkapa omia kuviaan tai pitää eräänlaista päiväkirjaa, jota muut käyttäjät voivat selata ja kommentoida. Käyttäjien toimintaa seurataan siten, että kaikki arvostelut, sekä kommentit tallennetaan palvelun tietokantaan. Myös nämä tallennetut tiedot ovat kaikille käyttäjille avoimia.

3.4. Spinchat

Spinchat on saksalainen chat-yhteisö, jonka kuukausittainen sisäänkirjautumisten määrä on noin 4 miljoona [2006]. Tämä yhteisö edustaa eräänlaista oman lajinsa prototyyppiä, ja toimii tutkielmani puitteissa ikään kuin kansainvälisenä vertailukohtana lajityyppinsä suomalaisille vastineille.

Spinchatin käyttäminen ei vaadi rekisteröitymistä, sillä keskustelijan on mahdollista luoda tilapäinen nimimerkki itselleen. Rekisteröitymällä käyttäjän on kuitenkin mahdollisuus luoda itselleen henkilökohtainen profiili, joka

sisältää perustietoa käyttäjästä ja tämän mielenkiinnon kohteista. Spinchat tarjoaa hyvin laajan valikoiman erilaisia keskusteluaiheita. Tämän lisäksi käyttäjät voivat selata toisten käyttäjien profiileja, ja pelata erilaisia pelejä sekä yksin, että toisten yhteisön jäsenten kanssa. Myös Spinchat tukee mahdollisuutta asettaa omia kuviaan muiden käyttäjien nähtäville.

3.5. Fantasy Premier League

Englannin jalkapallosarjojen korkeimman tason *Valioliigan* (Premier League) ylläpitämä *virtuaalimanageri* -sivusto [FPL, 2006] on esimerkki rajatun sisällön omaavasta yhteisöstä. Teemansa vuoksi palvelu ei käsitä omien joukkueiden ylläpitämisen lisäksi juurikaan muita toiminnallisuuksia, ja vuorovaikutus ilmeneekin pääasiallisesti erilaisten vertailuiden kautta.

Päinvastoin kuin aiemmin käsitellyt yhteisöt, tämä palvelu ei anna käyttäjälle mahdollisuutta muokata profiiliaan kovin persoonalliseksi. Joukkueille annettava nimi, ja näiden peliasujen suunnittelu ovat ainoita elementtejä, joita käyttäjä voi muokata haluamansa kaltaisiksi. Näiden lisäksi käyttäjiä pyydetään ilmoittamaan kansallisuutensa ja suosikkijoukkueensa.

Käyttäjä voi asettaa oman joukkueensa erityiseen *liigaan*, jonne on mahdollista kutsua tuttaviaan, joiden kanssa kilpailla. Liigan sisällä on mahdollista vertailla omaa suoritustaan muiden käyttäjien vastaavaan viikko-, kuukausi- sekä kausikohtaisesti. Tämän lisäksi käyttäjä voi verrata omia joukkueitaan saman kansalaisuuden tai suosikkijoukkueen omaaviin, sekä parhaiten menestyviin käyttäjiin. Oman liigan sisällä on myös mahdollista käydä keskustelua muiden käyttäjien kanssa.

3.6. Sporting News Fantasy Games

Yhdysvaltalaisen *The Sporting News*-lehden ylläpitämä virtuaalimanageripalvelu [TSN, 2006] noudattaa hyvin pitkälti samanlaista toimintamallia, kuin yllä mainittu *Valioliigan* vastaava. Merkittävimpiä erottavana tekijänä toimii kuitenkin hallinnoitavien lajien suurempi joukko. *Sporting Newsin* palvelun avulla käyttäjä voi luoda oman joukkueensa lähes kaikista Pohjois-Amerikassa ammattimaisesti harrastettavista urheilulajeista, ulottuen yleisimmistä palloilulajeista aina golfiin sekä kilpa-autoiluun.

Rekisteröidyttyäessä käyttäjä voi antaa muutamia tietoja itsestään muiden nähtäväksi, tosin näiden sisältö on kohtalaisen rajoittunut. Kansallisuutensa, harrastuksiensa ja työpaikkansa lisäksi käyttäjän on kuitenkin mahdollista antaa mielipiteensä useista eri lajeista, sekä pitää yllä päiväkirjaa. Nämä tallennetut tiedot ja ominaisuudet ovat muille käyttäjille avoimia.

Vuorovaikutus tapahtuu tässäkin palvelussa erilaisten vertailujen kautta. Oman liigan, ja tuttaviansa sinne kutsumisen lisäksi käyttäjä voi verrata

saavutuksiaan kaikkien käyttäjien keskiarvoihin, sekä parhaiden käyttäjien suorituksiin. On kuitenkin todettava, että johtuen esimerkiksi jääkiekkosarjojen kiivaasta pelirytmistä omien liigojen sisällä saattaa tapahtua muutoksia hyvinkin nopealla tahdilla.

3.7. Yhteenveto tutkituista virtuaaliyhteisöistä

Edellä käsiteltyjen virtuaaliyhteisöjen ominaisuuksista ja toiminnoista voidaan koostaa seuraavanlainen taulukko:

	Suomi24	Habbo	Mikseri	Spinchat	FPL	TSN
Rekisteröityminen	X	X	X	-	X	X
Profiili	X	X	X	X	X	X
Kuvat	X	-	X	X	-	-
Keskusteluryhmät	X	-	X	X	X	X
Chat	X	X	X	X	-	-
Pelit	-	-	-	X	X	X
Muu	Ilmoitukset	Oma huone	Musiikki, päiväkirja	-	-	-

Taulukko 1. Yhteenveto tutkituista virtuaaliyhteisöistä

4. Havaintoja tutkituista virtuaaliyhteisöistä

Tutkituista virtuaaliyhteisöistä löytyi muutamia yhdistäviä tekijöitä, joiden voidaan olettaa olevan merkittäviä toimivan virtuaaliyhteisön luomisessa ja ylläpitämisessä. Kaikissa tutkituissa kohteissa käyttäjien oli mahdollista keskustella toisten käyttäjien kanssa, joko keskusteluryhmissä tai chat-muotoisesti. Kommunikointimahdollisuutta voidaan kuitenkin pitää eräänlaisena itseisarvona, ilman tällaista Rheingoldin mainitsemaa dialogia ei ole mahdollista muodostaa toimivaa yhteisöä [2000]. Tärkeimpänä havaintona huomattiin kaikkien tutkittujen yhteisöjen antavan käyttäjiensä luoda itselleen profiilin. Tällainen profiili antaa käyttäjille mahdollisuuden vaikuttaa siihen, millaisena muut yhteisön jäsenet näkevät heidät.

Profiilien monipuolisuudessa esiintyi kuitenkin suuria eroja. Keskusteluun ja muuhun kommunikaatioon painottuneet virtuaaliyhteisöt, kuten Suomi24

sekä Spinchat antavat käyttäjilleen selkeästi enemmän vaihtoehtoja profiilien muokkaamiseen. Omien kuvien lisääminen on luonnollisesti erittäin voimakas keino oman persoonallisuuden esille tuomiseen, joka taasen edesauttaa uusien kontaktien ja verkostojen muodostamista. Mikseri.net yhdistää tällaisen monipuolisen profiilin käyttäjille tarjottuun oman musiikin levittämismahdollisuuteen. Eräs mahdollinen käyttötapa voikin olla mielenkiintoisen näköisen käyttäjän tekemän musiikin kuuntelu. Tällaisissa tapauksissa uusien kontaktien luominen on mahdollista varsin nopeasti, eivätkä käyttäjät tarvitse musiikkimaun lisäksi muita yhdistäviä tekijöitä.

Urheiluun keskittyvissä yhteisöissä ei välttämättä esiinny yhtä suurta mahdollisuutta uusien kontaktien luomiseen. On pikemminkin todennäköistä, että oman liigan jäsenet ovat jo ennestään toisilleen tuttuja, eikä kysymys näin ollen ole aivan täysin uudesta yhteisöstä. On kuitenkin huomattava, että esimerkiksi urheiluaiheisissa yhteisöissä jäsenet määrittyvät voimakkaasti omien suoritustensa kautta. Tällaisissa yhteisöissä jäsenen ulkoinen olemus ei ole tunnu olevan yhtä olennaista kuin jäsenen asiantuntemus jonkin tietyn urheilulajin suhteen. Tämä voi hankaloittaa uusien kontaktien luomista, käyttäjä voi arvottaa toisen käyttäjän tämän suoritusten perusteella, olivat ne sitten hyviä tai huonoja. Urheiluaiheiset yhteisöt sisältävätkin hyvin usein jonkinasteista kilpailua jäsentensä välillä, mikä taas ei ole yleistä muissa tässä yhteydessä käsitellyissä yhteisöissä. Tällainen kilpailu on tosin ymmärrettävää, sillä siitähän myös itse yhteisön mielenkiinnon kohteena olevassa urheilulajissa on useimmiten kysymys.

Aihepiireissä esiintyvien suurien erojen vuoksi tutkittujen yhteisöjen kattava vertailu on melko hankalaa. Palveluiden sisällöt ovat suunniteltu ja rakennettu sen mukaisesti, miten suurimman osan käyttäjistä on ajateltu niitä käyttävän. Urheiluaiheisia yhteisöjä ei liene perusteltua kritisoida siitä, ettei niiden käyttäjien ole mahdollista asettaa omia kuviaan muiden nähtäville. Tällainen ominaisuus ei kuitenkaan todennäköisesti toisi palveluun merkittävää lisäarvoa kuvitellun keskivertokäyttäjän näkökulmasta ajateltuna. Samaten voidaan todeta, ettei erilaisten kilpailujen järjestäminen keskusteluun painottuvissa yhteisöissä ole välttämätöntä, vaikkakin tällaisia pelimahdollisuuksia löytyy esimerkiksi Spinchatista. Onkin ehkä mielekkäämpää analysoida tutkittuja yhteisöjä arvioiden toteutuuko niissä Blanchardin ja Lynnin esittelemä virtuaaliyhteisöllisyyden tunne [2002].

5. Virtuaaliyhteisöllisyyden tunne

5.1. Virtuaaliyhteisöllisyyden tunteen määrittely

Blanchard ja Lynne suorittivat tutkimuksensa [2002] hyödyntämällä eräänlaista kuvitteellista uutisryhmää, jonka pääasiallisena aiheena toimi urheilu. Tämän ryhmän jäsenillä suoritettujen haastattelujen perusteella tutkijat määrittelivät muutamia ominaisuuksia, joita käyttäjät pitivät olennaisina virtuaaliyhteisön tunteen luomisessa ja ylläpitämisessä:

- Tunnistettavuus (recognition). Uutisryhmän jäsenet käsittivät ryhmänsä yhteisöksi sen vuoksi, että he pystyivät tunnistamaan toisia käyttäjiä.
- Tunnistaminen (identification). Jäsenet saattoivat tunnistaa jonkun käyttäjän jo tietyn kommentin tai kirjoituksen tyylin perusteella. Tämän huomattiin johtavan myös eräänlaiseen ymmärrykseen siitä, millainen toisen käyttäjän luonne todellisuudessa oli.
- Tukeminen (support). Muilta yhteisön jäseniltä saatu tuki katsottiin myös varsin olennaiseksi osaksi virtuaaliyhteisöllisyyden tunteen saavuttamista. Suurimman arvostuksen havaittiin kohdistuvan nimenomaan informatiiviseen tukeen, eli suoriin vastauksiin sekä avunantoihin, joita esitettyihin kysymyksiin oli saatu.
- Ihmissuhteet (relationship). Tutkittu uutisryhmä nähtiin yhteisönä myös sen vuoksi, että sen kautta oli syntynyt uusia ihmissuhteita. Uusien tuttavien kanssa oli mahdollista keskustella yksityisesti, sekä mahdollisesti jopa tavata reaali maailmassa. Tämän ominaisuuden arvostukseen vaikutti kuitenkin huomattavasti se, kuinka aktiivisesti käyttäjät osallistuivat uutisryhmän toimintaan.
- Tunteellinen sitoutuminen (emotional attachment). Käyttäjät katsoivat luoneensa voimakkaan siteen myös koko yhteisöön, ei pelkästään sen yksittäisiin jäseniin. Pidettiin tärkeänä voida osallistua yhteisön sisäisiin tapahtumiin huolimatta siitä, käytiinkö keskustelua tuttujen tai tuntemattomien jäsenten kanssa.
- Velvollisuus (obligation). Useat käyttäjät kokivat saaneensa yhteisöltä niin paljon positiivista, että katsoivat velvollisuudekseen antaa myös takaisin. Tämä saattoi ilmentyä vaikkapa johonkin tiettyyn kysymykseen vastaamisena.

Blanchardin ja Lynnin tutkimuksen mukaan on huomattavissa suuria eroja eri käyttäjien välillä liittyen näiden aktiivisuuteen yhteisön jäsenenä toimimisessa [2002]. Osa käyttäjistä voi osallistua varsin monipuolisesti

kaikkiin yhteisön tarjoamiin mahdollisuuksiin, kun taas toiset voivat tyytyä vaikkapa lukemaan muiden käyttäjien kommentteja kirjoittamatta itse ainoatakaan. Blanchardin ja Lynnen esimerkkiyhteisöön liittyvissä havainnoissa yhteisön 17000 jäsenestä ainoastaan alle 300 osallistui aktiivisesti keskusteluihin [2002]. Näiden aktiivisuuteen liittyvien erojen huomattiin vaikuttavan myös voimakkaasti käyttäjien mielipiteeseen siitä, mikä itse asiassa luo tunteen virtuaaliyhteisön jäsenenä olemisesta. Toisten mielestä tietty aktiivisuuden taso katsottiin välttämättömäksi, kun taas toiset pitivät itseään yhteisön jäseninä, vaikka eivät itse keskusteluihin osallistuneetkaan [Blanchard and Lynne, 2002].

5.2. Virtuaaliyhteisöllisyyden tunne tutkituissa virtuaaliyhteisöissä

Blanchardin ja Lynnen tutkimuksessa esiteltyjen ominaisuuksien pätevyyttä tutkittujen virtuaaliyhteisöjen kohdalla on vaikea todeta ilman mittavaa käyttäjien haastattelua. Voidaan kuitenkin olettaa näiden toteutuvan ainakin osittain myös tutkittujen yhteisöjen kohdalla. Mikserin ylläpitäjien järjestämät laivaristeilyt käyvät hyvästä esimerkistä uusien ihmissuhteiden syntymisestä. Habbo Hotelissa käyttäjät harjoittavat itse sensuuria siten, että häiriöt aiheuttavat jäsenet ilmoitetaan ylläpidolle, joka poistaa nämä yhteisöstä. Tällainen käyttäytyminen voidaan kaikesti katsoa eräänlaiseksi velvollisuuden tunteeksi omaa yhteisöä kohtaan. Esimerkkinä tukemisesta voidaan mainita Suomi24:n ilmoitus- ja kysymyspalstat, joiden avulla on mahdollista saada apua hyvin moniin erilaisiin ongelmiin. Myös muista tutkijoiden määrittelemistä ominaisuuksista voidaan löytää esimerkkejä tutkittujen virtuaaliyhteisöjen sisältä.

Mutta kuten Blanchard ja Lynne huomasivat, virtuaaliyhteisöllisyyden tunteen muodostuminen ja hahmottaminen on hyvin voimakkaasti itse tuntijasta riippuvainen [2002]. Yhteisön jäsenenä toimiminen voidaan nähdä monin eri tavoin, eikä näitä erilaisia näkökulmia liene syytä arvottaa. Tutkijoiden määrittelemien ominaisuuksien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että voimakas virtuaaliyhteisöllisyyden tunne on helpompi saavuttaa, mikäli käyttäjä toimii aktiivisena yhteisön jäsenenä. Tällainen aktiivisuus lisää erilaisten kontaktien määrää, sekä antaa käyttäjälle monipuolisemman käsityksen yhteisön muista jäsenistä. Käyttäjän on myös mahdollista saada itselleen suurempi hyöty yhteisön jäsenenä toimimisesta, ilmeni se sitten uusien ihmissuhteiden tai vaikkapa laajentuneen musiikkimaun muodossa.

6. Yhteenveto

Virtuaaliyhteisöjen suosion jatkuvan kasvun myötä niiden tutkiminen tuntuu varsin olennaiselta. On tärkeää pyrkiä selvittämään syitä siihen, miksi tällaiset yhteisöt ovat saavuttaneet niin laajan käyttäjä- ja kannattajajoukon. Asiasta tehty tutkimus on kuitenkin altis käsittelemänsä ajankohdan tilanteelle, ja voidaankin olettaa tutkimuksen kehittyvän samaa tahtia virtuaaliyhteisöjen mahdollisuuksien kanssa.

Tässä tutkielmassa käsiteltyjen virtuaaliyhteisöjen tarkempi analysointi vaatisi laajamittaisen kyselyihin ja haastatteluihin pohjautuvan käsittelyn ollakseen täysin relevanttia. Tutkituista yhteisöistä voitiin kuitenkin jo tällä tavalla käsiteltyinä löytää virtuaaliyhteisöllisyyden tunteen muodostavia ominaisuuksia. Tällaisen tunteen muodostumista voidaan pitää varsin olennaisena, sillä sen voidaan katsoa luovan ikään kuin pohjan yhteisön jäsenten väliselle vuorovaikutukselle. On kuitenkin todettava, että olennaisin yksittäinen muuttuja virtuaaliyhteisöllisyyden tunteen saavuttamisessa on ihmisen oma käsitys kyseisestä tunteesta, sillä tällainen tunne voidaan kokea hyvin monella eri tavalla.

Viiteluettelo

- [Blanchard and Lynne, 2002] Anita L. Blanchard and M. Lynne Markus, The experienced sense of virtual community: characteristics and process. ACM SIGMIS Database 35, 1 (2004), 64-79. Also available as [http://web.bentley.edu/empl/m/lmarkus/Markus_Web_Documents_\(pdf\)/Experience_Sense_of_Virtual_Community.pdf](http://web.bentley.edu/empl/m/lmarkus/Markus_Web_Documents_(pdf)/Experience_Sense_of_Virtual_Community.pdf) (19.5.2006).
- [FPL, 2006] Englannin valioliigan "virtuaalimanageri" - kotisivu. <http://fantasy.premierleague.com/> (19.5.2006).
- [Gulia and Wellman, 1997] Milena Gulia and Barry Wellman, Net surfers don't ride alone: Virtual communities as communities. In: Barry Wellman (ed.), Networks in the Global Village. Westview Press, 1999, 331-367. Also available as <http://www.chass.utoronto.ca/~wellman/publications/netsurfers/netsurfers.pdf> (19.5.2006).
- [Habbo, 2006] Habbo Hotel - virtuaalihanke. <http://www.habbohotel.fi/habbo/fi/> (19.5.2006).
- [Mikseri, 2006] Musiikin jakeluun erikoistuneen Mikseri - yhteisön kotisivu. <http://www.mikseri.net/> (19.5.2006).
- [Rheingold, 2000] Howard Rheingold, The Virtual Community. The Revised Edition. The MIT Press, 2000. Also available as <http://www.rheingold.com/vc/book/> (19.5.2006).
- [TSN, 2006] The Sporting News - lehden virtuaalipalveluiden kotisivu. <http://fantasygames.sportingnews.com/> (19.5.2006).

[Spinchat, 2006] Spinchat - virtuaaliyhteisön kotisivu.
<http://www.spinchat.com/> (19.5.2006).

[Suomi24, 2006] Suomi24 - palvelun kotisivu. <http://www.suomi24.fi/>
(21.4.2006).

[Wikipedia, 2006] Wikipedia-sanakirjan kotisivu. <http://fi.wikipedia.org/>
(19.5.2006).

Tuoteinformaatio päivittäistavaroiden verkkokaupassa

Pipsa Korte

Tiivistelmä

Sähköinen kaupankäynti on kasvanut voimakkaasti. Myös sähköisen päivittäistavarakaupan ennustetaan kasvavan, vaikka sitä pidetään haastavana alana mm. hankalan logistiikan ja perinteisestä verkkokaupasta poikkeavien tuotteiden vuoksi. Tässä tutkielmassa on selvitetty tuoteinformaation merkitystä sähköisessä päivittäistavarakaupassa. Useiden tutkimusten mukaan kuluttajat pitävät puutteellista tai kokonaan puuttuvaa tuoteinformaatiota yhtenä suurimmista ongelmista ostaessaan päivittäistavaroita verkkokaupoista. Tutkielmassa on myös selvitetty tapoja esittää tuoteinformaatiota paremmin. Katsaus kahteen suomalaiseen verkkokauppaan osoittaa, että tuoteinformaatio on usein vähäistä eikä internetin tarjoamia keinoja tai teknologisia mahdollisuuksia ole käytetty juuri lainkaan hyödyksi.

Avainsanat ja -sanonnat: Sähköinen kaupankäynti, päivittäistavarakauppa, internet, tietoverkot, verkkokauppa, päivittäistavarat, elintarvikekauppa.

CR-luokat: K.4.4, J.1

1. Johdanto

Sähköinen kaupankäynti on kasvanut globaalin talouden ja uuden tietoteknologian myötä nopeasti. Internetin 1990-luvulla alkaneen voimakkaan leviämisen myötä myös sähköinen kauppa lähti voimakkaaseen kasvuun. Se yleistyy jatkuvasti uusilla toimialoilla monien rutiinitoimintojenkin (esim. teollisuuden ostot) siirtyessä tietoverkkoihin [Riihimaa ja Ruohonen, 2002].

Myös päivittäistavaroiden verkkokaupan ennustetaan kasvavan voimakkaasti tulevaisuudessa [Hyvönen, 2003], joskin myös vastakkaisia ja epäileviä mielipiteitä löytyy [Anckar *et al.*, 2002]. Päivittäistavaroiden verkkokaupalla tarkoitetaan tässä tutkielmassa elintarvikkeita myyviä verkkokauppoja, joilla on samankaltainen tuotevalikoima kuin tavallisella lähikaupalla. Valikoimaan kuuluu siten myös pieni määrä non-food-tuotteita (tuotteita, jotka eivät kuulu varsinaisesti elintarvikkeisiin, esim. hygienia- ja pesuaineita).

Käsittelen tässä tutkielmassa päivittäistavaroiden verkkokaupoissa annettavaa tuoteinformaatiota. Tutkimusten mukaan puuttuva tai epätäydellinen tuoteinformaatio on monen asiakkaan mielestä yksi suurimpia epäkohtia päivittäistavaroiden verkkokaupassa [Hyvönen, 2003]. Muut isot

ongelmat liittyvät lähinnä teknisiin ongelmiin ja logistiikkaan (kuljettamiseen ja varastointiin), mutta en käsittele niitä tässä tutkielmassa.

Sähköinen päivittäistavarakauppa on kiinnostava tutkimuskohde monen alan kannalta, eikä sitä voida rajata vain esimerkiksi kauppatieteisiin kuuluvana. Verkkokauppa on myös tietojenkäsittelytieteissä, erityisesti tietojärjestelmien alalla, merkittävä tutkimuskohde. Selvitän sähköiseen päivittäistavarakauppaan liittyviä käsitteitä tekemällä kirjallisuuskartoituksen aiheesta. Kartoituksen perusteella tuoteinformaatio nousi kiinnostavaksi tutkielman aiheeksi. Internet tarjoaa lukemattomia mahdollisuuksia tuoteinformaation tarjoamiseen tavalliseen kauppaan verrattuna. Tämän tutkielman tulosten perusteella on lopultakin yllättävää kuinka heikosti näitä mahdollisuuksia käytetään hyväksi suomalaisissa sähköisissä päivittäistavarakaupoissa. Kahdessa tarkastellussa suomalaisessa verkkokaupassa ei reseptejä ja satunnaista lisäinformaatiota lukuun ottamatta ole hyödynnetty internetin ja uusien teknologioiden mahdollisuuksia.

Toisessa luvussa esittelen tutkimusongelman ja tutkielman tavoitteet. Kolmannessa luvussa käyn läpi sähköiseen kaupankäyntiin liittyviä käsitteitä sekä päivittäistavaroiden verkkokauppaan liittyviä ongelmia. Lisäksi tarkastelen mahdollisuuksia tuoteinformaation välittämiseen verkkokaupoissa. Neljännessä luvussa käsittelen esimerkkinä kahta suomalaista päivittäistavaroiden verkkokauppaa, *Ruokanettiä* ja *Ruokatoria*, sekä tarkastelen millaista tuoteinformaatiota ja miten niissä tarjotaan asiakkaille.

2. Tutkimusongelma ja tutkielman tavoitteet

Vaikka verkkokauppa on yleistynyt räjähdysmäisesti, ei elintarvikekauppa ole kasvanut samaa tahtia muiden tuoteryhmien kanssa. Koska potentiaalisia asiakasryhmiä kuitenkin on useita, on mielenkiintoista tutkia kauppaa hankaloittavia asioita. Keskityn näistä asioista tuoteinformaatioon, koska tutkimusten mukaan kuluttajat pitävät sen puutetta tai vähäisyyttä yhtenä suurimmista verkkokaupan ongelmista.

Selvitän tutkielmassani informaation merkitystä kuluttajalle verkkokaupassa. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä on selvittää mikä on tuoteinformaation merkitys verkkokaupassa yleensä ja erityisesti päivittäistavaroiden verkkokaupassa. Tutkin alan kirjallisuutta kartoittamalla mitä tietoa päivittäistavarakaupan pitäisi vähintään kertoa tuotteista ja mitä informaation tarjoaminen sähköisessä kaupankäynnissä voi tarkoittaa – millä eri tavoin tietoa voidaan tarjota kuluttajan saataville. Edellisten tulosten perusteella tutkin kahta kotimaista päivittäistavaroiden verkkokauppaa case-tapauksina. Selvitän minkälaista tietoa eri tuotteista on saatavilla ja kuinka tieto

on verkkosivustoilla kuluttajan käytettävissä. Mielenkiintoista olisi myös selvittää, kuka verkkokaupan mahdollisen informaation pääosin antaa - onko tieto linkitetty valmistajien sivustoihin vai vastaavatko kaupat pääasiallisesti itse tiedon välittämisestä? Kuinka päivittäistavaroiden verkkokaupoissa olisi mahdollista parantaa asiakkaille tarjottavaa informaatiota?

Työni on konstruktivistista, soveltavaa tutkimusta, joka pyrkii löytämään ratkaisun siihen kuinka olemassa olevaa tilannetta voitaisiin parantaa. Teen kirjallisuuskartoituksen päivittäistavaroiden verkkokaupasta keskittyen kaupan esteisiin ja mahdollisuuksiin tuoteinformaation näkökulmasta. Käsittelen aineistoa laadullisesti - kuvaan kirjallisuuskartoituksen perusteella suomalaisen sähköisen päivittäistavarakaupan tilannetta tuoteinformaation osalta ja pyrin esittämään kuinka kauppa voisi parantaa asiakkaille tarjoamaansa tietoa.

3. Sähköinen kaupankäynti ja päivittäistavarat

Teen tässä luvussa katsauksen sähköiseen päivittäistavarakauppaan. Ensin esittelen alan käsitteitä. Seuraavaksi kartoitan sähköisten päivittäistavarakauppojen potentiaalisia asiakasryhmiä ja lopuksi esitän millaisia ongelmia sähköiseen päivittäistavarakauppaan liittyy.

3.1. Käsitteitä

Selvitän sähköiseen kaupankäyntiin liittyviä käsitteitä, ja mitä erityispiirteitä sähköisellä päivittäistavarakaupalla on verrattuna perinteisempään sähköiseen kaupankäyntiin.

3.1.1. Sähköinen kaupankäynti

Alan käsitteet eivät vielä ole täysin vakiintuneet. Tavallisimmin tehdään jaottelu sähköiseen (tai elektroniseen) kaupankäyntiin (e-commerce) ja sähköiseen (tai elektroniseen) liiketoimintaan (e-business). Sähköinen kaupankäynti käsitetään tietoverkkojen kautta tapahtuvana tuotteiden ostamisena tai myyntinä. Sähköinen liiketoiminta kattaa laajemmin kaikenlaisen uusien teknologioiden käyttöön perustuvan liiketoiminnan mukaan lukien sähköinen kaupankäynti. Sähköinen liiketoiminta voidaan jaotella asiakasryhmien mukaan kahteen pääalueeseen, yrityksiltä kuluttajille suunnattu kauppa (Business to Consumer, B2C) ja liikeyritysten välinen kauppa (Business to Business, B2B) [TT, 2000]. Tämä tutkielma keskittyy lähinnä B2C-kauppaan, koska tarkasteltavana on kuluttajille kohdistuva päivittäistavaroiden verkkokauppa.

Sähköisen kaupankäynnin ennustetaan edelleen kasvavan. Yritysten välisen kaupan odotetaan kasvavan nopeimmin, kun taas kuluttajakauppaan suhtaudutaan hieman pessimistisemmin [TEKES].

Tässä tutkielmassa verkkokaupalla tarkoitetaan kauppaa, jossa tuotteiden tilaaminen ja pääosa kommunikaatiosta kauppiaan kanssa tapahtuu internetin välityksellä. Tuotteet voidaan joko kuljettaa kotiin tai ne voidaan käydä hakemassa lähikaupasta. Samoin maksu voi tapahtua muuten kuin verkkopankin kautta, esim. laskulla tai käteisellä [Grunert and Ramus, 2005].

3.1.2. Sähköinen päivittäistavarakauppa

Päivittäistavaroiden sähköinen kauppa poikkeaa monien muiden tuotteiden myynnistä. Sitä voidaan pitää erikoiskäsittelyä vaativien tuotteiden (mm. kylmäsäilytys, säilyvyysajat, tuoretuotteet) suuren määrän vuoksi yhtenä hankalimmista verkkokaupan kohteista. Toisaalta toisin kuin vaikka kirjat tai levyt, ostoskorin sisältö on usein melko samanlainen ja tuotteita ostetaan säännöllisesti, kunhan asiakkaat ovat tottuneet käyttämään palvelua. Päivittäistavarakauppa on kuitenkin vähittäiskaupan suurin yksittäinen ryhmä, joten siinä on paljon potentiaalia [Raijas, 2002]. Suurin osa tuotteista on elintarvikkeita, loput tavallisessa lähikaupassakin myytäviä non-food tuotteita, esim. pesuaineita. Elintarvikkeiden tuoreus on tärkeää, joten kuljetustapa on erityisen tärkeä asia kaupankäynnissä. Kylmäsäilytystä vaativien tuotteiden kylmäketju on säilytettävä. Lisäksi elintarvikkeet ovat tuotteita, joiden laatua kuluttajat haluavat itse kontrolloida aistinvaraisesti toisin kun vaikka levyjä tai kirjoja [Kempiak and Fox, 2002].

Verkkokaupassa kuluttaja valitsee mieluiten tunnetun myyjän ja merkin, koska verkossa puuttuu mahdollisuus itse nähdä ja koskea tuotetta [Chu *et al.*, 2005]. Näin tapahtuu todennäköisimmin jos tuotetiedot ovat puutteelliset (puuttuu esimerkiksi kuva ja aineosaluettelo). Internetissä yleistyneet hintavertailusivustot mahdollistavat verkossa myytävien tuotteiden ja palveluiden vertailun, mutta ainakaan suomalaisella *www.vertaa.fi* -sivustolla ei vertailla päivittäistavaroita. Toisin kuin monissa muissa verkkokaupoissa (esim. levyt tai kirjat), päivittäistavarakaupassa tuoteinformaation välittäminen on siten selvästi kauppiaan vastuulla.

Vuosituhanen vaihteessa nähtiin laaja innostus elintarvikkeiden verkkokauppaan. Moni yrittäjästä kuitenkin epäonnistui nopeasti. Sen jälkeen sähköiset elintarvikemarkkinat ovat alkaneet enemmän kiinnostaa jo vakiintuneita elintarvikeliikkeitä, jotka ovat alkaneet laajentaa toimintaansa myös tietoverkkoihin. Suomessa keskusliikkeet eivät tosin ole vielä lähteneet mukaan päivittäistavaroiden verkkokauppaan. Kannattavuudeltaan päivittäistavaroiden myynti internetissä on heikompaa kuin tavallisissa

kaupoissa, mutta toisaalta se lisää myynnin määrää ja tuo liikkeille sellaisia asiakkaita, jotka eivät fyysisesti pääsisi tulemaan liikkeisiin. Lisäksi internetkauppa tuo yritykselle näkyvyyttä ja on siten hyvä markkinointikeino [Turban *et al.*, 2002].

Päivittäistavaroiden verkkokaupassa on monista epäonnistujista huolimatta muodostunut myös hyvin menestyviä yrityksiä. Esimerkkeinä voidaan mainita Tesco Iso-Britanniassa (www.tesco.com) ja Woolworths Australiassa (<http://woolworths.com.au/>). Iso-Britanniassa päivittäistavaroiden verkkokaupan osuus kaikesta päivittäistavarakaupasta oli 10 prosenttia vuonna 2002 [Hyvönen, 2003]. Suomessa elintarvikkeiden ja juomien osuus kaikesta verkkokaupasta oli keväällä 2004 vain 2,6 prosenttia ja tutkimusten mukaan elintarvikkeiden ostaminen verkkokaupasta on edelleen satunnaista [Sirkiä *et al.*, 2004]. Vaikka päivittäistavaroiden ostaminen verkkokaupoista on vähäistä, on kasvu kuitenkin huomattavaa – syksyllä 2003 elintarvikkeiden ja juomien osuus kaikesta verkkokaupasta oli vielä 0 prosenttia [Nurmela ja Sirkiä, 2004].

Ne harvat päivittäistavaroiden verkkokaupat, joita Suomessa toimii, ovat sijoittuneet suuriin kaupunkeihin ja niiden ympärille. Niiden rakenteet ja toimintamallit ovat hyvin samankaltaisia kuin perinteisissä kaupoissakin [Hyvönen, 2003]. Tämä lienee yksi syistä, miksi verkkokaupat eivät ole yleistyneet ennustettua tahtia. Muina syinä voidaan pitää mm. sitä, että verkkokaupat eivät ole osanneet hyödyntää kilpailuetuaan verrattuna perinteisiin kauppoihin ja ne ovat yliarvioineet asiakkaiden määrän [Anckar *et al.*, 2002].

3.2. Potentiaalisia asiakasryhmiä

Päivittäistavaroiden verkkokaupalle voidaan löytää monta potentiaalista asiakasryhmää [Turban *et al.*, 2000]:

- ihmiset jotka inhoavat ostoksilla käyntiä,
- ihmiset joiden pääsy kauppaan on vaikeaa (esim. vammaiset),
- nuoret teknologiasta kiinnostuneet, jotka haluavat kokeilla uusia asioita eivätkä pidä netistä ostamista vaikeana,
- välttämättömyysostajat – ne joiden täytyy tehdä ostoksia päivittäin mutta haluavat minimoida siihen käytetyn ajan (esim. lapsiperheet),
- ihmiset jotka ikään kuin toteuttavat itseään tekemällä ostoksia sekä
- vanhemmat ihmiset jotka pitävät ostoksilla käynnistä.

Suomalaisessa tutkimuksessa löydettiin lisäksi seuraavia potentiaalisia ryhmiä [Raijas, 2002]:

- suurten kaupunkien esikaupunkilaiset lapsiperheet, jotka käyttävät julkista liikennettä,
- kaupunkilaiset, jotka etsivät hyviä tarjouksia,

- varakkaat aikuiset, jotka etsivät korkealaatuisia palveluita,
- business-to-business -asiakkaat ja
- maalla asuvat ihmiset, joille verkkokauppa merkitsee parempia valikoimia ja ostospaikan helppoa saavutettavuutta.

Ryhmiä tarkasteltaessa näkyy nykyinen trendi selvästi: päivittäistavaroiden verkkokaupat ovat keskittyneet isoihin kaupunkeihin ja niiden lähiympäristöön, eikä potentiaalisia asiakasryhmiä juuri edes yritetä etsiä kaupunkien ulkopuolelta. Maaseudullakin löytyisi toisaalta asiakkaita, mutta tuotteiden luonteen vuoksi pitkät kuljetusmatkat ovat hankalia kaupan kannalta.

Päivittäistavaroiden verkkokauppojen asiakkaat ovat useimmiten uskollisia asiakkaita, joiden ostokset toistuvat säännöllisesti viikoittain. Asiakkaiden vuorovaikutus kaupan kanssa on toistuvien tilausten ja tilauksen tuotteiden suuren lukumäärän vuoksi tiivistä. Jotta asiakkaat saadaan toistuvasti käyttämään verkkokauppaa, on myös palvelun ja verkkosivuston toimittava asiakasta tyydyttävästi. Tämä puoltaa myös sitä, että tuoteinformaation tulisi olla riittävää ja käsittää vähintään perustiedot tuotteesta. Edelliseen listaan voisi lisätä erikoistuotteita (esim. erikoisruokavaliot) etsivät kuluttajat - potentiaalisinta asiakaskuntaa ovat todennäköisimmin erikoistuotteita etsivät, mukavuudenhaluiset ja tottuneet internetin käyttäjät [Grunert and Ramus, 2005]. Sähköisissä päivittäistavarakaupoissa suurin osa asiakkaista on naisia, joiden perheessä on lapsia, kuten tavallisissakin kaupoissa. Huolimatta kaupan siirtymisestä verkkoihin ei perinteisessä perheiden välisessä työnjaossa ole tapahtunut juuri muutoksia, eli pääasiassa äiti vastaa ostoksista perheissä [Raijas, 2002; Järvelä ja Tinnilä, 2000].

3.3. Sähköisen päivittäistavarakaupan ongelmia

Tutkittaessa kuluttajien suhtautumista päivittäistavaroiden verkkokauppaan on havaittu monia ongelmia. Verkkokaupan käyttäjät saattavat olla hyvinkin kriittisiä asiakkaita, jotka antavat herkästi palautetta huonosta palvelusta. Yhtenä suurimmista ongelmista kuluttajat ovat maininneet puuttuvan tai liian vähäisen tuoteinformaation tai sen, että tuotteita on vaikea löytää. Muita mainittuja asioita ovat olleet mm. korkeat hinnat, vaikeus vertailla tuotteiden laatua, tuotevalikoiman suppeus sekä tuotteiden toimittamiseen liittyvät ongelmat [Hyvönen, 2003]. Raijas [2002] toteaa, että kun päivittäistavaroiden verkkokaupat ovat vasta alkuvaiheessaan, tämä kritiikki pitäisi ottaa vakavasti.

Vertaillaessa verkkokauppoja käyttävien ja käyttämättömien ihmisten näkemyksiä siitä, mikä verkko-ostamisessa on ongelmallista, löytyi merkittäviä eroja. Niiden ihmisten mielestä, jotka eivät olleet käyttäneet verkkokauppoja, suurin ongelma käyttämättömyydelle olivat korkeammat hinnat. Niiden

mielestä, jotka käyttävät paljon verkkokauppoja, kaikista ärsyttävien yksittäinen asia oli tuotteisiin liittyvän tiedon puuttuminen [Raijas and Tuunainen, 2001]. Kuten edellä jo todettiin, vakiintuneet verkkokauppojen asiakkaat ovat joskus korostetun kriittisiä. Kritiikkiä voidaan kuitenkin pitää aiheellisena. Päivittäistavarakaupan tapauksessa tuoteinformaation merkitys on korostettua, koska pääosa tuotteista on elintarvikkeita. Asiakkaan on monesti hyvin tärkeää tietää tuotteen sisältö täydellisesti (esim. allergiset, diabeetikot, ns. eettisesti tiedostavat kuluttajat tai laihduttajat) ja verkkokauppojen asiakkaat usein ovat juuri niitä, jotka myös etsivät erikoistuotteita ja joille tuotesisältö ei ole yhdentekevä. Raijas ja Tuunainen [2001] pitävät osittaisena syynä puuttuvalle tuoteinformaatiolle tuottajien ja kauppioiden välistä puuttuvaa yhteistyötä.

Fang ja Salvendy [2003] päätyivät samantyyppisiin tuloksiin tutkittuaan, mitkä asiat miellyttivät asiakkaita verkkokaupassa ja mistä he eivät pitäneet. Tutkimus käsitti useiden eri tuotteiden ostotapahtumia, mukaan lukien elintarvikkeet. Tulosten mukaan asiakkaat arvostivat selkeää ja yksityiskohtaista tuoteinformaatiota, hyviä kuvia tuotteesta, tarkkoja ja vertailukelpoisia mittoja ja helppoa vertailtavuutta muihin tuotteisiin. Tutkimusten mukaan menestyksekkäimpiä sivustoja ovat sellaiset, jotka ovat käytettävyydeltään hyviä ja joissa tuoteinformaatioon on panostettu.

Selkeästi esitetty tuoteinformaatio tarkoittaa myös sitä, että asiakkaalle ei saisi esittää liikaa tietoa, vaan hän voisi halutessaan tutustua tuotetta koskevaan lisätietoon. Tämä ei tarkoita sitä, että tietoa ei pitäisi löytyä - sitä vain ei pidä esittää kaikkea yhdellä sivulla. Liika tieto tekee sivuston helposti käytettävyydeltään sekavaksi. Verkkokaupasta valitun tuotteen yhteydessä tulisi selkeästi näkyä sitä koskevat perustiedot [Vrechopoulos, 2003]. Kurnia, Leimstoll ja Schubert [2005] tutkivat päivittäistavaroiden verkko-ostamista Sveitsissä ja Australiassa edelleen samankaltaisin tuloksin - hyvä verkkoruokakauppa on selkeä ja helppokäyttöinen eikä se saa sisältää liikaa informaatiota ilman käyttäjän toimia sen saavuttamiseksi.

4. Tuoteinformaatio

Selvitän tässä kappaleessa tuoteinformaation käsitettä. Park ja Stoel [2005] ovat jakaneet informaation sisäiseen ja ulkoiseen. Esittelen mitä näillä käsitteillä tarkoitetaan ja miten ne liittyvät päivittäistavaroiden verkkokauppaan. Seuraavaksi esittelen millaista tietoa tuotteisiin liittyy sekä muuta tietoa, jota verkkokaupan sivuilla voidaan asiakkaille tarjota.

Luvussa pohditaan lisäksi, kuinka tietoa voidaan esittää ja etsiä verkkokaupan sivuilla älykkäiden agenttien, linkkien ja muiden teknologisten mahdollisuuksien avulla.

4.1. Sisäinen ja ulkoinen informaatio

Informaatio voidaan jakaa kahteen osaan: sisäiseen ja ulkoiseen. Sisäinen informaatio käsittää kuluttajan oman muistinvaraisen tiedon tuotteesta eli esimerkiksi tuotteen brändin tuttuuden, aikaisemman kokemuksen ostotapahtumasta (verkkokauppa vs. tavallinen kauppa) sekä aikaisemman altistumisen mainonnalle. Ulkoinen tieto välittyy viiteryhmiltä (vertaisryhmät, ystävät, sukulaiset) tai paikasta josta ostaminen tapahtuu [Park and Stoel, 2005]. Keskityn tässä tutkielmassa pääosin ostopaikassa tarjottavaan ulkoiseen informaatioon. Sisäistä informaatiota ei voida silti yksiselitteisesti erottaa ulkoisesta, koska ulkoista tietoa käsitellään sisäisen informaation ja kokemusten kautta.

Park ja Stoel [2005] käsitelivät tutkimuksessaan sähköistä vaatekauppaa, mutta ulkoisen informaation tarjoamisen keinoja voidaan hyvin soveltaa myös päivittäistavarakauppaan vaikka tuotteet ovat luonteeltaan hyvin erilaisia. Heidän mukaansa informaatiota etsitään tukemaan ostopäätöstä. Vaatekauppa on siinä mielessä verrattavissa päivittäistavarakauppaan (ja varsinkin ruokaan), että kuluttaja haluaa kummassakin tapauksessa tutustua tuotteeseen aistinvaraisesti. Vaatteessa erityisesti materiaalia on tärkeää kokeilla itse. Jos tämä ei ole mahdollista, tukeudutaan ostopäätöstä tehdessä voimakkaasti tarjolla olevaan tuoteinformaatioon. Päivittäistavarakaupassa erityisesti tuoretuotteiden ostaminen netistä voi olla hankalaa – onko hedelmä varmasti tuore ja näyttääkö liha vielä punaiselta?

Park ja Stoel [2005] päätyivät tutkimuksessaan johtopäätökseen, että tuoteinformaation suuri määrä ei välttämättä ole kuluttajan kannalta välttämätöntä vaan tärkeämpää on, että informaatio on selkeää, helposti luettavaa ja kuvaavaa. Grunertin ja Ramuksen [2005] mukaan internetistä ostamiseen vaikuttavat tekijät voivat olla tuotteeseen liittyviä tai mukavuustekijöitä. Tuotteisiin liittyvät tekijät ovat sisäiseen informaatioon liittyviä – jos tuote on hyvin esitetty, asiakas saa siitä tarvitsemansa tiedon ja ostopäätös on helposti tehty. Mukavuus voi toisaalta olla tuotteeseen liittyvää informaatiota (tieto on esitetty niin, että tuote on helppo löytää tai vertailla) tai fyysistä (ostoskori on helppo kerätä ja vaiva ostoksille lähtemisestä ja kuljettamisesta jää väliin kun ostoskassi toimitetaan kotiovelle).

4.2. Tuotteeseen liittyvä tieto ja muu erikoistieto

Skaugerud [2001] toteaa, että tuoteinformaation mahdollisuuksia ei ole oikein osattu ottaa huomioon elintarvikkeiden verkkokaupassa. Informaation voi jakaa tuotteeseen liittyvään tietoon sekä muuhun sivustolla olevaan tietoon. Tuotteeseen liittyvän tiedon pitäisi käsittää vähintään tuotteen nimen, hinnan,

kuvan, tuoteselosteen ja tuotekuvauksen. Tutkittuaan pohjoismaisia päivittäistavaroiden verkkokauppoja Skaugerud lukee muuhun kuin tuotteeseen liittyväksi informaatioksi reseptit, tiedot ja ohjeet ostotapahtumasta, yleisen ruokatiedon sekä kaupan sijaintiin ja paikkakuntaan liittyvää tietoa. Tuoteinformaation pitäisi joka tapauksessa olla riittävän selkeää ja tehokasta, että asiakas voi sen perusteella helposti tehdä ostopäätöksen [Hansen, 2005]. Tuoteinformaatiota etsii tyypillisesti eniten sellainen ihminen, joka on tottunut internetin käyttäjä ja siten potentiaalista asiakaskuntaa verkkokaupoille – tottuneet käyttäjät ostavat usein tuotteita ja palveluita verkosta [Bellman *et al.*, 1999].

Verkkokauppojen asiakkaat ovat valittaneet myös tuotteiden vertailun olevan vaikeaa. Kertomalla tuotteesta myös lisätietoa, esimerkiksi ravintosisällön kaloritietoineen, kauppa helpottaa tuotteiden vertailua ja ostopäätöksen tekoa. [Raijas, 2002]

Nimitän tässä tutkielmassa *erikoistiedoksi* sellaista tietoa, jota on helppo jakaa internetin kautta, ja jota olisi vaikea muuten hankkia yhdestä paikasta samanaikaisesti. Päivittäistavarakaupassa tällaista tietoa voisi olla vaikka selvitys siitä mistä eri raaka-aineet on hankittu. Erikoistietoa on käytännössä kaikki mahdollinen lisätieto, joita tuotteista voidaan esittää, esimerkiksi hintavertailuita tai reseptejä. Yleisesti sähköisessä kaupankäynnistä puhuttaessa tähän kategoriaan lasketaan kuuluvaksi myös tuotteisiin liittyvät palvelut, kuten huolto- tai varaosapalvelu [Turban *et al.*, 2002].

4.3. Tapoja esittää tai etsiä tietoa

Tapoja tarjota tuotetietoa ovat mm. innovatiivinen linkkien käyttö, älykkäiden agenttien käyttö hankkimaan lisätietoa asiakkaalle sekä sellaisen tiedon tarjoaminen, mikä olisi vaikea hankkia ilman internetiä. Innovatiivista linkkien ja hakusanojen käyttöä pidetään internetsivujen suunnittelussa niin tärkeänä, että sitä voitaisiin pitää suunnittelunormina. [Turban *et al.*, 2002]

4.3.1. Älykkäät agentit

Tiedon määrän lisääntyessä *älykkäät agentit* ovat käytännöllinen ratkaisu tiedon käsittelyyn. Niillä tarkoitetaan yleensä tietokoneohjelmia, joiden tarkoitus on jollain lailla avustaa käyttäjäänsä sen sijaan että sitä käytettäisiin pelkästään työvälineenä. Usein puhutaan agenteista tai älykkäistä agenteista tarkoitettaessa kuitenkin samaa asiaa. Agenteille ja älykkäille agenteille löytyy alan kirjallisuudesta varmasti yhtä paljon määrittelyitä kuin on tutkimuksiakin. Tässä tutkielmassa ei ole tarkoitus syvällisesti perehtyä älykkäiden agenttien määrittelmään, vaan osoittaa yleisesti niiden merkitys tuotetiedon haussa.

Wang [1999] pitää älykkäitä agenteja erityisen tärkeinä sähköisessä kaupankäynnissä – ollakseen tehokasta kaupankäynnin tulisi olla tietämysperustaista (knowledge-based) eikä pelkästään informaatio- ja kommunikaatiokeskeistä. Agentit ovat hänen mielestään askel eteenpäin kohti parempaa uutta sähköistä taloutta. Älykkäät agentit mm. etsivät ja käsittelevät autonomisesti käyttäjälle tietoa, suorittavat rutiinitoimia tai ovat apuna päätöksenteossa. Wang esittelee erilaisia älykkäitä agenteja, joita verkkokaupoissa voidaan käyttää. Sääntöagentti antaa ohjeita liittyen kauppapaikan sääntöihin, hakuagentti hakee kuluttajan haluamia etsimiä tuotteita ja neuvotteluagentti edustaa ostajaa myyjän suuntaan jos ostajan täytyy neuvotella myyjän kanssa. Lopullisen kaupankäynnin hoitaa kassa-agentti. Sähköisessä kaupassa useiden agenttien käytöllä voidaan parantaa kaupankäyntiä prosessin kaikissa vaiheissa.

Hakukoneita voidaan pitää ohjelmistoagenteina, jotka etsivät tietoa hakusanan perusteella. Älykkäillä agenteilla on enemmän ominaisuuksia - ne voivat esimerkiksi seurata käyttäjän liikkeitä sivustolla ja avustaa häntä, jos käyttäjä tuntuu olevan eksyksissä tai hän ajautuu alueille joka ei sovi omaan profiiliin [Turban *et al.*, 2002].

Park ja Stoel [2005] jakoivat informaation ulkoiseen ja sisäiseen. Kun verkkosivustoilla yleensä tarjotaan ulkoista tietoa – tietoa, joka välitetään ostopaikassa, voidaan agenttien välittämää tietoa pitää sisäiseen tietoon kuuluvana. Agentit pystyvät käsittelemään tietoa, jota myyjä ei muuten osaisi asiakkaalle tarjota – tarkkailemalla asiakkaan käyttäytymistä ne voivat puuttua asioihin, joista hänellä on vain sisäistä tietoa (esimerkiksi tuotemerkin tuttuuteen). Sähköisessä päivittäistavarakaupassa älykkäät agentit voivat esimerkiksi tarkkailla, mitä merkkejä tai valmistajia käyttäjä suosii ja ehdottaa samankaltaisia tuotteita. Jos kuluttaja näyttää suosivan reilun kaupan tuotteita, voi agentti ehdottaa hänelle eri tuotekategorioihin kuuluvia reilun kaupan tuotteita. Allergisille ihmisille agentti voisi etsiä erikoistuotteita joilla on tietynlainen tuotesisältö, vaikka pelkästään maidottomia tuotteita, jos asiakas näyttää etsivän senkaltaisia tuotteita.

4.3.2. Linkit ja teknologiset mahdollisuudet

Innovatiivisella linkkien käytöllä voidaan saada paljon uutta tietoa kuluttajan käyttöön. Informatiiviset linkit voivat päivittäistavarakaupassa sisältää ainakin linkkejä valmistajan tuotesivuille, ruokaohjesivustoihin tai linkkejä liittyen raaka-aineisiin. Ohjaamalla asiakkaita valmistajien kotisivuille linkkien kautta voidaan parantaa tiedonvälitystä ja luottamusta tuotteen laatuun [Järvelä ja Tinnilä, 2000]. Sveitsiläisistä verkkokaupoissa tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että hyperlinkkien mahdollisuutta ei ollut hyödynnetty juuri lainkaan, vaan

usein tuotteeseen liittyvä lisätieto oli kopioitu lähinnä tuotteen paperilla olevasta tuoteselosteesta [Kurnia *et al.*, 2005]. Sama näyttää olevan tapana myös suomalaisissa verkkokaupoissa.

Verkkokaupassa varsin vähän hyödynnetty teknologinen kilpailuetu olisi mahdollista toteuttaa jo kaupan aloitussivusta. Nykyisillä web-teknologioilla olisi mahdollista tarjota kuluttajille räätälöityjä kauppoja. Esimerkiksi diabeetikoille voitaisiin jo kaupan standardoitujen tuotekooditusten perusteella räätälöidä oma erikoiskauppansa, jossa myytäviksi tuotteiksi haettaisiin vain niitä, jotka sopivat hänen ruokavalioonsa. Monesti hyödyntämättömät mahdollisuudet ovat kauppiaille kuitenkin resurssikysymyksiä. Esimerkiksi *Nettmarket* on yksityinen yritys, jonka kauppialla ei ole ollut mahdollisuuksia kehittää sivustoaan asiakkaille riittävän informatiiviseksi. [Anckar *et al.*, 2002] Tämä tulee todennäköisesti olemaan isojen ketjujen etu, kun ja jos ne päättävät lähteä Suomessakin mukaan päivittäistavaroiden sähköiseen verkkokauppaan. Ketjujen resurssit tehdä laajoja verkkosivustoja ovat toisenlaiset kuin pienillä yrityksillä.

5. Case: Ruokatori ja Ruokanet

Suomessa toimii vain muutamia sähköisiä elintarvikekauppoja. Harvoja esimerkkejä ovat Tampereellakin toimiva Ruokatori (www.ruokatori.fi) ja Ruokanet (www.ruoka.net). Huomattavaa on, että kyseiset kaupat eivät ole minkään suuren kauppaaketjun omistamia, vaan yksityisiä.

5.1. Tuotteisiin liittyvä tieto Ruokatorilla ja Ruokanetissä

Tuotteisiin liittyvän tiedon pitäisi sisältää vähintään tuotteen nimen, hinnan, kuvan, tuoteselosteen ja tuotekuvauksen. *Ruokatorilla* tuotteesta näytettävä tieto sisältää tuotteen nimen, painon, hinnan, kilo-/yksikköhinnan ja valmistajan (kuva 1).

The screenshot shows the Ruokatori website interface. At the top, there is a navigation bar with links: Etusivu, Tuotehaku, Omat tiedot, Kirjautu, Rekisteröidy, Palaute, Ohjeet. A shopping cart icon shows 'Ostoskorisi on tyhjä' and '0,00 EUR'. Below the navigation bar is a banner with oranges. The main content area is titled 'TUOTTEET' and lists products under the category 'Leivät, pullat, kakut / Tummat leivät / Tummat palaleivät'. The products listed are:

Kategoria	Tuote	Hinta	Yksikköhinta	Määrä	Toiminto
» Liha, kana	Yhteensä 10 tuotetta.				
	» Kala				
» Makkarat	► ISO REISSUMIES 470G OULULAINEN Fazer Leipomot Oy	2,36 EUR	5,02 EUR/kg	1	Lisää ostoskoriin
» Muu lihavalmiste	► ISO RUISVUOKA 1070G FAZER Fazer Leipomot Oy	3,85 EUR	3,60 EUR/kg	1	Lisää ostoskoriin
» Einekset					
» Maitotaloustuotteet	► KULONPÄÄN WALTERI 450G RUISVUOKA SIIV Kulonpää Oy	2,25 EUR	5,00 EUR/kg	1	Lisää ostoskoriin
» Rasvat, öljyt, munat					
» Hedelmät, vihannekset	► REISSUMIES 235G OULULAINEN Fazer Leipomot Oy	1,14 EUR	4,75 EUR/kg	1	Lisää ostoskoriin
» Leivät, pullat, kakut					

Kuva 1. Esimerkki Ruokatorin tuotevalikoimasta

Mitään muuta tietoa, esimerkiksi kuvia ei näytetä muista kuin etusivun tarjoustuotteista. Kaikki tuotteeseen liittyvä informaatio on tarjolla tällä sivulla, eikä linkkejä lisätietoon ole. Koska tuoteinformaatio sisältää vain minimaalisen määrän tietoa, on kuluttajalla käytännössä oltava vahva tuotemerkkien tuntemus, jotta hän pystyy tilaamaan oikeita tuotteita. palvelun käyttö ilman kuvia vaatii luonnollisesti myös hyvän kielitaidon – Suomessa asuvien ulkomaalaisten olisi hyvin vaikea käyttää palvelua.

Ruokanetissä perustiedot sisältävät tuotteen nimen, painon, hinnan, kilo-/yksikköhinnan, valmistajan sekä myyntiyksikön (esim. pss tai kpl). Esimerkki valikoimasta on näytetty kuvassa 2. Jokaisesta tuotteesta on info-linkki, josta pääsee tarkastelemaan tuotteeseen liittyvää lisäinformaatiota. Lisäinformaatio on hyvin sattumanvaraista, sitä joko on vähän, paljon tai ei ollenkaan. Parhaimmillaan lisätietona löytyy tuotteen kuva, valmistusaineet, selventävät tiedot, säilytysohjeet, valmistajan yhteystiedot, käyttöohje ja kotisivun osoite (ei kuitenkaan hyperlinkkinä), valmistusmaa sekä joitain reseptejä. Hyvin harvasta tuotteesta löytyy näitä kaikkia lisätietoja ja suurimmasta osasta vain pelkkä selventävä tieto eli tuotteen tyyppi (esim. pizza). Lisäinformaatiota on enimmäkseen suurten valmistajien tuotteissa.

Tuotteen nimi	Info	Sis. määrä	Hinta €	Yks. hinta €	Til. määrä	Lisää
PERHELEIPOMO Luomu Ruislimppu viipaloitu 450 g	i	450 kpl	2.04	4.53	<input type="text"/>	kpl ▶ 🛒
VAASAN Ruis - Auringonkukansiemenleipä 400 g	i	400 kpl	1.46	3.65	<input type="text"/>	pss ▶ 🛒
VAASAN Ruisjyvä 400 g	i	400 kpl	1.46	3.65	<input type="text"/>	pss ▶ 🛒
AITO Pälkäneen perunalimppu 450 g	i	450 kpl	2.60	5.78	<input type="text"/>	kpl ▶ 🛒
AITO Pälkäneen maalaisruislimppu 400 g	i	400 kpl	2.07	5.17	<input type="text"/>	kpl ▶ 🛒
OULULAINEN Pietarinlimppu 585 g	i	585 kpl	2.16	3.69	<input type="text"/>	kpl ▶ 🛒

Tuotteen nimi	Sis. määrä	Hinta	Til. määrä	Väli-summa	Toivomukset	Poista	Päivitä
Toimitusmaksu		TOIMITUSMAKSU	1	TOIMITUSMAKSU			

Kuva 2. Esimerkki Ruokanetin tuotevalikoimasta

5.2. Hakutoiminnot

Kummassakin kaupassa on käytössä tuotteiden hakutoiminto. Etsittäessä erityisruokavaliot tuotteita, on tieto tuotteen soveltavuudesta pääteltävä lähinnä tuotteen nimestä (esim. *Ruokatori*: "VALIO RTON PIIMÄ 1L HYLÄ"). Hakutoiminnoilla voi molemmista kaupoista löytää erikoistuotteen vain siinä tapauksessa, että tieto siitä sisältyy tuotteen nimeen. Esimerkiksi *Ruokanet* käyttää lyhenteitä, kuten "LGTON" tai "LUON.GLUT", joista on itse pääteltävä

sen merkitys. Kyseiset tuotteet tarkoittivat gluteenitonta, mutta haulla se ei tullut näkyviin lyhenteen vuoksi.

Hakutoiminnot toimivat hyvin, jos tietää mitä etsii. Erikoistuotteita haettaessa niiden tehokkuus on kyseenalainen. Vaikka kauppa myisikin erikoistuotteita, saattaa näyttää siltä että niitä ei ole tuotevalikoimassa.

5.3. Tiedon esittämistavat

Tapoja esittää tietoa ovat mm. innovatiivinen linkkien käyttö ja älykkäiden agenttien käyttö. *Ruokanetissä* ja *Ruokatorilla* ei käytännössä ole kummassakaan käytössä mitään kappaleessa 4 esitetyistä tavoista hyödyntää web-teknologioita tai muita internetin tarjoamia mahdollisuuksia tuoteinformaation tarjoamiseen. *Ruokanet* antaa joillekin tuotteille lisätietona linkin valmistajan kotisivuille, mutta ne eivät toimi hyperlinkkeinä vaan ovat pelkästään tekstimuotoisia.

Ruokanetin sivuilta löytyy sähköinen reseptikirja, joka lisää haluttaessa tuotteet automaattisesti ostoskärriin (*Ruokanet* käyttää tätä nimitystä ostoslistasta) ja laskee niiden tarpeen sen mukaan kuinka monelle ruokaa tehdään. Lisäksi ateriatyyppinä mainitaan mihin ruokavalioon se sopii (esim. gluteeniton). *Ruokanet* tarjoaa myös valmiita perusostoskoreja, esim. joulukori tai vihannesten perusostoskori. *Ruokatorin* sivuilla ei ole tarjolla mitään vastaavaa erikoistietoa.

6. Lopuksi

Lyhyt katsaus kahteen suomalaiseen päivittäistavaroiden verkkokauppaan osoittaa, että niillä on vielä pitkä matka kehittyä todellisiksi lähikaupan tai marketin vaihtoehdoiksi kuluttajille. Kuten monessa tutkimuksessa on todettu, päivittäistavaroiden verkkokaupoissa on tuoteinformaatiota tarjolla melko niukasti ja sama pätee myös tässä tutkielmassa tarkasteltuihin kahteen kauppaan. Perustietoja lukuun ottamatta ne ovat jättäneet hyödyntämättä lähes kaikki mahdollisuudet, joita niillä verkkokauppoina olisi mahdollisuus käyttää tuoteinformaation tarjoamiseen verrattuna tavalliseen kauppaan. Mitään pitemmälle meneviä johtopäätöksiä ei voida vain kahden suomalaisen verkkokaupan tarkastelulla kuitenkaan tehdä, vaan aihetta pitäisi tutkia laajemmin.

Tulevaisuudessa tutkimusta voisi enemmän suunnata siihen, kuinka jo vakiintuneet päivittäistavaroiden verkkokauppojen asiakkaat saadaan pidettyä asiakkaina ja mitä he pitävät tärkeänä. Tutkimusten mukaan asiakkaat pitävät tuoteinformaation puutetta ärsyttävänä, eikä tätä mielipidettä kannata jättää huomioimatta loputtomiin.

7. Lähteet

- [Anckar, Walden and Jelassi, 2002] Bill Anckar, Pirkko Walden and Tawfik Jelassi, Creating customer value in online grocery shopping. *International Journal of Retail & Distribution Management* Vol. **30** No. 4 (2002), 211-220.
- [Bellman, Lohse and Johnson, 1999] Bellman, S., Lohse, G.L. and Johnson, E.J. (1999), Predictors of online buying behaviour, *Communications of the ACM*, Vol. **42** No. 12 (1999), 32-8.
- [Chu, Choi and Song, 2005] Wujin Chu, Boemjoon Choi and Mee Ryoung Song, The Role of On-line Retailer Brand and Infomediary Reputation in Increasing Consumer Purchase Intention, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. **9** No. 3 (2005), 115-127.
- [Fang and Salvendy, 2003] Xiaowei Fang and Gavriel Salvendy, Customer-Centered Rules for Design of E-Commerce Web Sites, *Communications of the ACM*, Vol. **46** No. 12ve (2003), 332-336.
- [Grunert and Ramus, 2005] Klaus G. Grunert and Kim Ramus, Consumers' willingness to buy food through the internet. A review of the literature and a model for future research. *British Food Journal* Vol. **107** No.6 (2005), 381-403.
- [Hansen, 2005] Torben Hansen, Consumer adoption of online grocery buying: a discriminant analysis. *International Journal of Retail & Distribution Management* Vol. **33** No. 2 (2005), 101-121.
- [Hyvönen, 2003] Kaarina Hyvönen, *Ruokaa netistä. Sähköinen päivittäistavara-kauppa kuluttajien arjessa*. Kuluttajatutkimuskeskus, Julkaisuja 2003:10, Helsinki, 2003.
- [Järvelä ja Tinnilä, 2000] Pirjo Järvelä ja Markku Tinnilä (toim.), *Elektronisesta kaupasta eLiiketoimintaan*. Digitaalisen median raportti 1/00. TEKES, Helsinki, 2000.
- [Kempiak and Fox, 2002] Mike Kempiak and Mark A. Fox, Online Grocery Shopping: Consumer Motives, Concerns and Business Models. *First Monday* 7, 9 (Sept. 2002).
Available as http://www.firstmonday.org/issues/issue7_9/kempiak/.
- [Kurnia, Leimstoll and Schubert, 2005] Sherah Kurnia, Uwe Leimstoll and Petra Schubert, An Evaluation of Australian and Swiss E-Shops in the Grocery Sector. In: *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2005.
- [Nurmela ja Sirkiä, 2003] Juha Nurmela ja Timo Sirkiä, Nyt mennään laajakaistalla, *Tietoaika*, Tilastokeskus, nro 1 (2004).

- [Park and Stoel, 2005] Jihye Park and Leslie Stoel, Effect of brand familiarity, experience and information on online apparel purchase, *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 33 No. 2 (2005), 148-160.
- [Raijas, 2002] Anu Raijas, The consumer benefits and problems in the electronic grocery store, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 9, Number 2 (March 2002), 107-113.
- [Raijas and Tuunainen, 2001] Anu Raijas and Virpi Kristiina Tuunainen, Critical factors in electronic grocery shopping, *International review of retail, distribution and consumer research*, Vol. 11, Issue 3 (July 2001), 255-265.
- [Riihimaa ja Ruohonen, 2002] Jaakko Riihimaa ja Mikko Ruohonen, *Sähköisestä kaupasta osaamisliiketoimintaan – metalli- ja elektroniikkateollisuuden sähköisen liiketoiminnan strateginen suunta..* Metalliteollisuuden keskusliitto, MET, Helsinki, 2002.
- [Sirkiä, Nurmela ja Mustonen, 2004] Timo Sirkiä, Juha Nurmela ja Laura Mustonen, Verkkokauppa saanut vakioasiakkaita, *Tietoaika*, Tilastokeskus, nro 8 (2004).
- [Skaugerud, 2001] Tor Skaugerud, *Dagligvarener over Internett i Norden.* TemaNord 2001:558, Nordisk Mininsterråd, København, 2001.
- [TEKES, 2001] *Uuden tietotekniikan vaikutukset liiketoimintaan.* VTT Automaatio/Teollisuusautomaatio ETLA. TEKES Teknologiakatsaus 111/2001. Helsinki, 2001.
- [TT, 2000] Tehoa tietoverkoista. Elektroninen liiketoiminta pkt-yrityksissä ja koko teollisuudessa. Teollisuuden ja Työnantajien Keskusliiton julkaisu, Helsinki, 2000.
- [Turban et al., 2002] Efraim Turban, David King, Jae Lee, Merrill Warkentin and H. Michael Chung, *Electronic Commerce. A Managerial Perspective 2002.* Prentice Hall, 2002.
- [Vrechopoulos, 2003] Adam P. Vrechopoulos, An Emerging Store Layout for Internet Grocery Retailing. 3rd International ECR Research Symposium, Athens, Greece, 2003.
Available as: <http://www.eltrun.aueb.gr/ecr/symposium/vrechopoulos-ecr-paper.pdf> (7.3.2006).
- [Wang, 1999] Wang Shouhong, Analyzing agents for electronic commerce. *Information Systems Management* Vol. 16 Issue 1 (Winter 1999), 40-47.

Käyttäjän ensivaikutelma Internet -sivulla

Else-Maria Lagerstam

Tiivistelmä

Tämä tutkimus käsittelee käyttäjän ensivaikutelmaa Internet -sivulla. Kyseessä on pienimuotoinen katseenseurantakoe, jonka tarkoituksena on kartoittaa käyttäjän silmänliikkeitä Internet -sivulla viiden ensimmäisen sekunnin aikana. Koe tehtiin Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen katseenseurantalaboratoriossa. Koe suoritettiin ClearView™ -ohjelmalla, joka toimii Tobii 1750 -katseenseurantalaitteessa. Siinä seurattiin koehenkilön silmänliikkeitä www.cogain.org -sivulla. Tutkimuksessa analysointiin ainoastaan data, joka kertyi viiden ensimmäisen sekunnin aikana, vaikka itse koe kesti huomattavasti kauemmin. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimuksen raportoinnissa käsitellään ainoastaan www -sivuston etusivua. Kokeen lopuksi koehenkilöiltä kysyttiin heidän omaa näkemystään siitä, mihin he kiinnittivät aivan ensimmäiseksi huomionsa.

Tämän tutkimuksen varsinaisena tarkoituksena on selvittää, missä www -sivujen osissa käyttäjän katse liikkuu ensimmäisten sekuntien aikana. Toisin sanoen, minkälainen on ensivaikutelma? Lisäksi selvitetään, ovatko saadut testitulokset yhteneviä aikaisempien tutkimustulosten kanssa. Tutkimuksessa pyritään analysoimaan myös koehenkilöiden omaa näkemystä ensivaikutelmasta suhteessa tutkimustuloksiin. Kyseessä on hyvin pienimuotoinen tutkimus, joten koehenkilöiden määrä on rajattu kolmeen henkilöön. Otoksen ollessa näin suppea, saadut tutkimustulokset lienevät lähinnä suuntaa-antavia.

Avainsanat ja -sanonnat: Ensivaikutelma, katseenseuranta, silmänliike

CR-luokat: D.2.2, H.1.2 ja H.5.2

1. Johdanto

Silmänliikkeiden tutkimus (*eye tracking*) on jatkunut eri menetelmin jo yli sata vuotta. Lehtinen [2005] kirjoittaa, että 1900-luvun alussa silmän kiinnittymistä kohteisiin tutkittiin valokuvaustekniikoita hyödyntävillä menetelmillä. Lisäksi vähitellen kehittymässä ollut elokuvausteknologia avasi silmänliikkeiden tutkimiselle uusia mahdollisuuksia, kun katseen ajallista kestoa voitiin tallentaa. Tutkimustuloksia on hyödynnetty jo kauan

esimerkiksi lentämisen ja autolla ajamisen tutkimisessa. Siksi kyseessä ei ole varsinaisesti uusi aihe. Ensimmäisenä käytettävyystudkimuksena, jossa hyödynnettiin silmänliikerekisteröintiä, voidaan pitää Fittsin, Jonesin ja Miltonin tutkimusta vuodelta 1950. He hyödynsivät Lehtisen [2005] mukaan elokuvakameroita tutkiessaan ilmavoimien lentäjien silmänliikkeitä laskeutumistilanteessa. Lisäksi silmänliikkeitä rekisteröimällä on tutkittu esimerkiksi röntgenkuvien arviointia. Tutkimustuloksia on myös hyödynnetty mainonnan vaikutusten tutkimisessa [Jacob and Karn, 2003; Laarni, 2004].

Katseenseurannan historia on verrattain pitkä, mutta käytettävyystudkimuksessa sen hyödyntäminen on vasta vähitellen yleistymässä. Jacob ja Karn [Jacob and Karn, 2003] luonnehtivat 1970-lukua katseenseurannan kulta-ajaksi. Silloin katseenseurantalaitteet kehittyivät nopeasti ja psykologiset teoriat yhdistivät katseenseurantatutkimuksen kognitiivisiin prosesseihin [Lehtinen, 2005]. Tietokoneiden ja videokuvaustekniikoiden kehittyminen 1980-luvulla siivitti katseenseurannan hyödyntämistä käytettävyystudkimuksessa. Lehtinen [2005] toteaa, että silloin tutkijoiden kiinnostus suuntautui vuorovaikutteiseen teknologiaan. Hän lisää, että kiinnostavia kysymyksiä olivat tuolloin muun muassa, kuinka katsetta voidaan hyödyntää käyttöliittymien ohjauksessa ja minkälaista tietoa käyttöliittymästä saadaan katsetta seuraamalla.

Nykyään katseenseurannan avulla kerätään tietoa käyttäjän silmänliikkeistä. Niistä voidaan päätellä, mihin käyttöliittymän komponentteihin käyttäjän tarkkaavaisuus kulloinkin kohdistuu. Karnin *et al.* [1999] mukaan katseenseurannalla voidaan havaita tilanteet, joissa käyttäjä katsoo esimerkiksi tiettyä *www* -sivua tai näytönkuvaa odotettua pitempään. Tämä voi kieltä siitä, että etsitty kohde, vaikkapa painike, on vaikeaa löytää. Katseenseuranta voi paljastaa käyttäjän tietoisia ja tiedostamattomia prosesseja erilaisissa vuorovaikutustilanteissa [Jacob and Karn, 2003]. Silmänliikkeiden ja kognitiivisten prosessien välillä ei ole kuitenkaan todettu olevan varmaa yhteyttä [Lehtinen, 2005].

Silmänliikkeitä seuraamalla on mahdollista saada arvokasta tietoa, jota ei ole saatavissa muilla menetelmillä. Laarnin [2004] mukaan katsetta seuraamalla on mahdollista jäljittää katsepolkuja. On myös mahdollista selvittää, kuinka kauan näytön eri osiin katsotaan ja mihin katse siirtyy. Katseenseurannan hyviä puolia on muun muassa se, että on mahdollista saada objektiivista, kvantitatiivista dataa, joka saattaa tuntua käytettävyystudkimuksen tilaajasta luotettavimmalta tiedonmuodolta. Tuloksia voidaan silti analysoida myös kvalitatiivisesti. Katseen seuranta voidaan yhdistää muihin menetelmiin, mutta se toimii myös ainoana menetelmänä. Ovaskan *et al.* [2005] mukaan on kuitenkin otettava huomioon, että katseenseurantalaitteita on usein hankalaa käyttää

muualla kuin laboratorio-olosuhteissa. Luonnollisissa tilanteissa stressi- ja katseen kohdistumiseen liittyvät tekijät saattavat olla hyvin erilaisia kuin laboratorio-olosuhteissa. Käytettäessä katseenseurantaa ainoana menetelmänä on syytä pohtia, kuinka hyvin koeasetelma vastaa luonnollista tilannetta. Katseenseurantatutkimus ei välttämättä yksinään kerro, onko käyttöliittymä helppokäyttöinen vai ei. Dataa on kuitenkin mahdollista saada nopeasti, vaikka analysointi saattaa olla hidasta. Lisäksi katseenseurantaa voidaan käyttää tilanteissa, joissa haastattelu ei ole hyvä vaihtoehto (esim. autolla ajaminen).

Menetelmänä katseenseuranta voi antaa tietoa käyttäjän henkisestä tilasta. Silmänliikkeiden ja kognitiivisten prosessien yhteyttä ei ole kuitenkaan todistettu aukottomasti. Menetelmä ei myöskään kerro, miksi käyttäjä toimii jollakin tietyllä tavalla. Osa koehenkilöistä saatetaan joutua hylkäämään, mikä vaikuttaa otoksen kattavuuteen. Silmänliikkeiden tutkiminen käyttäjän luonnollisessa ympäristössä on vaikeaa, koska testilaitteistoa saattaa olla hankalaa liikutella [Lehtinen, 2005; Dix *et al.*, 1993].

Käytettävyystudkimuksissa katseenseurannalla on mahdollisuus saada tietoa käyttäjän visuaalisen haun tehokkuudesta ja siitä, miten tarkkaavaisuus kiinnittyy [Bojko, 2005]. Schiessel *et al.* [2003] ovat raportoineet katseenseurannan käytöstä www -sivujen käytettävyystudkimuksessa. Katseenseurantaa hyödyntämällä voidaan tutkia, kuinka käyttäjät havaitsevat eri elementit www -sivuilta. Näiden havaintojen pohjalta voidaan suunnitella helppokäyttöisempiä sivuja. Silmänliiketutkimusta voidaan hyödyntää esimerkiksi tilanteissa, joissa käyttäjä on valitsemassa tietyn painikkeen näytöltä. Katseenseurannalla on käytettävyystudkimuksessa pystytty saavuttamaan tuloksia, joiden avulla voidaan antaa ohjeistuksia helppokäyttöisempien www -sivujen suunnitteluun [Schiessel *et al.*, 2003].

Tutkimuksessani pyrin kartoittamaan käyttäjän silmän liikkeitä www -sivulla viiden ensimmäisen sekunnin kuluessa sivun avaamisesta. Valitsin katseenseurantatutkimuksen aiheekseni, koska se kiinnostaa minua ja on toisaalta tärkeä osa käytettävyystudkimusta. Tämä tutkimus ei kuitenkaan ole käytettävyystudkimus. Kyseessä on pikemminkin empiirinen tutkimus, jonka dataa voisi hyödyntää osana käytettävyystudkimusta. Se edellyttäisi kuitenkin laajempaa koehenkilöotosta. Tulevaisuudessa haluaisin toimia käytettävyyssiantuntijana ja siksi katseenseurantatutkimuksen metodeihin perehtyminen on mielestäni hyödyllistä. Toisaalta katseenseurannan metodeja hyödynnetään myös muilla tieteenaloilla, kuten psykologiassa. Silmänliikkeiden tutkimuksesta ja sen metodien tuntemisesta voi siksi olla laaja-alaisempaakin hyötyä.

Varsinainen tutkimusongelma on: Missä www -sivujen osissa käyttäjän katse liikkuu ensimmäisten sekuntien aikana? Toisin sanoen minkälainen on käyttäjän www -sivusta saama ensivaikutelma? Toinen tutkimusongelma kuuluu: Ovatko saamani testitulokset yhteneviä aikaisempien tutkimustulosten kanssa? Lisäksi tein pienimuotoisen haastattelun käyttäjän omista tuntemuksista huomion kiinnittymisen suhteen kyseisellä www -sivulla. Haastattelu tehtiin varsinaisen silmänliiketutkimuksen jälkeen. Datan analysointivaiheessa verrattiin testin tuloksia aikaisemmin tehtyihin vastaavanlaisiin tutkimuksiin. Koska kyseessä on hyvin pienimuotoinen tutkimus, koehenkilöiden määrä rajattiin kolmeen henkilöön. Otos on niin suppea, että saamani tutkimustulokset lienevät lähinnä suuntaa-antavia. Ennen katseenseurantakokeen tekemistä hypoteesi oli, että saadut testitulokset noudattelevat aikaisemmin julkaistujen samantyyppisten, huomattavasti laajempien tutkimusten tuloksia. Tällaisia tutkimuksia ovat julkaisseet muun muassa Granka *et al.* [2004] ja Russell [2005].

2. Tutkimuksen vaiheet

2.1. Tutkimusmenetelmät

Tässä tutkimuksessa on käytetty silmänliikemittauksiin perustuvia mittareita. Visuaalista hakua mallintavien mittareiden avulla voidaan selvittää esimerkiksi katsepolun pituus ja kesto. Nämä puolestaan kertovat yleisellä tasolla visuaalisen haun tehokkuudesta [Goldberg and Kotval, 1999; Goldberg and Wichansky, 2003]. Simolan [2003] mukaan katsepolkujen graafisista esityksistä saadaan paljon tietoa siitä, missä järjestyksessä käyttäjä prosessoi käyttöliittymässä olevaa tietoa. Ensivaikutelma eli se, mihin katse aivan ensimmäisten sekuntien aikana osuu, näyttäisi puolestaan kertovan siitä, mitkä www -sivun elementit käyttäjä rekisteröi ensimmäiseksi. Käytettävyyden kannalta tämä merkitsee puolestaan sitä, että www -sivun olennaiset otsikot ja painikkeet kannattaa sijoittaa sellaisille paikoille, jonne käyttäjän katse hakeutuu mahdollisimman nopeasti ja vaivattomasti. Simola [2003] alleviivaa, että käyttöliittymien suunnittelussa pitäisi pyrkiä siihen, että olennainen informaatio löytyisi välittömästi mahdollisimman vähillä fiksaatioilla eli katseen kiinnittymisillä.

Tämä koe suoritettiin ClearView™ -ohjelmalla, joka toimii Tobii 1750 -katseenseurantalaitteessa. Näytön koko kyseisessä katseenseurantalaitteessa on 1280x1024 pikseliä. Tutkimusmenetelmä on varsin yleinen ja samaa kaavaa noudattelevia katseenseurantatutkimuksia on tehty paljon. Toisaalta kyseistä menetelmää käytet-

tiin yksinkertaisesti siksi, että sen käyttäminen on mahdollista Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksella. Oma tutkimukseni noudattelee muun muassa Grankan *et al.* [2004] ja Russellin [2005] hyödyntämiä metodeja. Koe tehtiin Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen katseenseurantalaboratoriossa. Koetta ei videoitu, koska se olisi kasvattanut analysoitavan datan määrää liian suureksi. Lisäksi videodata palvelee ehkä paremmin nimenomaan käytettävyystudkimusta, josta ei varsinaisesti ole tässä tutkimuksessa kysymys.

Pyrin täydentämään katseenseurantakokeesta saamaani dataa haastattelulla. Varsinaisen kokeen lisäksi koehenkilöt täyttivät kyselylomakkeen ja vastasivat suullisesti muutamaa kysymykseen. Haastattelun (*interview*) avulla on mahdollista kerätä tietoa joustavasti sekä kirjallisesti, että suullisesti [Vuorela, 2005]. Kyselylomakkeen tarkoituksena oli tässä tutkimuksessa kartoittaa sellaisia taustatietoja koehenkilöstä, jotka olisivat saattaneet vaikuttaa kokeen lopputulokseen. Koehenkilöt täyttivät kyselylomakkeen katseenseurantakokeen jälkeen. Suullisella haastattelulla puolestaan kysyttiin muun muassa koehenkilön näkemystä saamastaan ensivaikutelmasta. Haastattelu tehtiin aivan viimeiseksi varsinaisen kokeen ja kyselylomakkeen täytön jälkeen. Sen tarkoituksena oli lähinnä täydentää silmänliikekokeesta saatua dataa ja helpottaa analyysia. Tämän tutkimuksen pääasiallinen ja huomionarvoisin data kerättiin kuitenkin katseenseurantalaitteella. Siksi haastattelun analysointiin on kiinnitetty tarkoituksellisesti vähemmän huomiota.

2.2. Tutkimuskohteen ja koehenkilöiden valinta

Tämän tutkimuksen kannalta kokeessa käytetyn www.cogain.org -sivuston valitseminen ei ollut olennainen tekijä. Kokeessa olisi voitu käyttää oikeastaan mitä tahansa www -sivua, jota koehenkilöt eivät ole aikaisemmin nähneet, sillä tutkimuksessa tarkastelun alla on käyttäjän katseen kulku, eikä jonkin tietyn www -sivun käytettävyys. Tutkimuksessa käytetyn sivuston valinta perustui oikeastaan siihen, että se käsittelee katseenseurantaa ja on yhteydessä Tampereen yliopistoon.

Varsinaiseen kokeeseen osallistui kolmen asemesta viisi koehenkilöä, koska kaksi ensimmäistä koetta epäonnistuivat ja niistä saatu data jouduttiin hylkäämään. Kaikki koehenkilöt olivat nuoria naisia, joilla ei ollut silmälaseja. Yhdellä heistä oli piilolinssit, mutta koe vaikutti tästä huolimatta onnistuneelta. Kaikki koehenkilöt puhuivat äidinkielenään suomea, mutta osasivat englantia oman arvionsa mukaan vähintään sujuvasti. Tämä on tärkeää ja huomionarvoista, koska www.cogain.org on englanninkielinen si-

vusto. Jos koehenkilön englanninkielentaito olisi ollut heikko, se olisi saattanut vaikuttaa katseen kiinnittymiseen ja testitehtävien suorittamiseen. Koehenkilöt saatiin testiin mukaan tutkimuksen tekijän tuttavapiiristä. Osallistujien valintakriteerinä oli kuitenkin, että kukaan heistä ei tiennyt kokeen varsinaista tarkoitusta etukäteen. Kukaan heistä ei myöskään ollut nähnyt kokeessa käytettyä www -sivustoa aikaisemmin. Lisäksi tärkeää on, että koehenkilöt edustivat www -sivuston mahdollisia todellisia käyttäjiä [Anttonen, 2005].

2.3. Kokeen kulku

Kokeen ensimmäinen askel oli tutkimuksen tekijän tutustuminen koelaitteistoon, joka tapahtui Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen tutkija Päivi Majarannan opastuksella. Tämän jälkeen kokeeseen laadittiin tehtävät, kyselylomake ja suulliset haastattelukysymykset. Tehtävät liittyivät eri tietojen hakemiseen kyseiseltä sivustolta. En kuitenkaan käsittele niitä tässä tarkemmin, koska niiden laadulla ei ole tämän tutkimuksen kannalta merkitystä. En myöskään käsittele kovin seikkaperäisesti kyselylomaketta tai suullista haastattelua, koska niiden tarkoituksena oli lähinnä täydentää silmäliikekokeella kerättyä dataa. Seuraavaksi suoritettiin ensimmäinen testi. Kahdessa ensimmäisessä kokeessa tehtäviä oli kolme ja ne annettiin koehenkilölle yksitellen erillisillä papereilla. Kokeen vetäjä ei puuttunut varsinaiseen kokeeseen millään tavalla, vaan kertoi etukäteen kokeen suorittamiseen tarvittavat tiedot. Koehenkilölle kerrottiin muun muassa etukäteen, että www -sivusto on englanninkielinen. Kokeen jälkeen testihenkilö täytti kyselylomakkeen ja vastasi suullisesti haastattelukysymyksiin.

Ensimmäisen kokeen jälkeen kuitenkin huomattiin, että katseenseurantalaitteella kerätty data ei ollut jostakin syystä tallentunut lainkaan. Koe tehtiin samalla koehenkilöllä uudelleen, jolloin data tallentui. Kyseessä ei kuitenkaan enää ollut ensivaikutelma, joten data oli jätettävä pois analyysivaiheesta. Datan hylkäämisestä ei kuitenkaan kerrottu koehenkilölle, jotta hänelle ei olisi tullut tunnetta epäonnistumisesta. Koe ei ollut lainkaan turha, koska siitä saatiin arvokasta tietoa tulevia kokeita silmällä pitäen. Lisäksi todettiin, että tehtävien antaminen koehenkilön itsensä luettavaksi ei ollut hyvä idea, koska lukiessaan tehtävää koehenkilö käänsi katseensa pois katseenseurantalaitteen näytöstä. Jatkossa tehtävät luettiin koehenkilöille suullisesti, kun sivun avautumisesta oli kulunut kolme sekuntia. Tehtävien määrää myös vähennettiin kolmesta kahteen, koska tarkastelun kohteena olivat viisi ensimmäistä sekuntia.

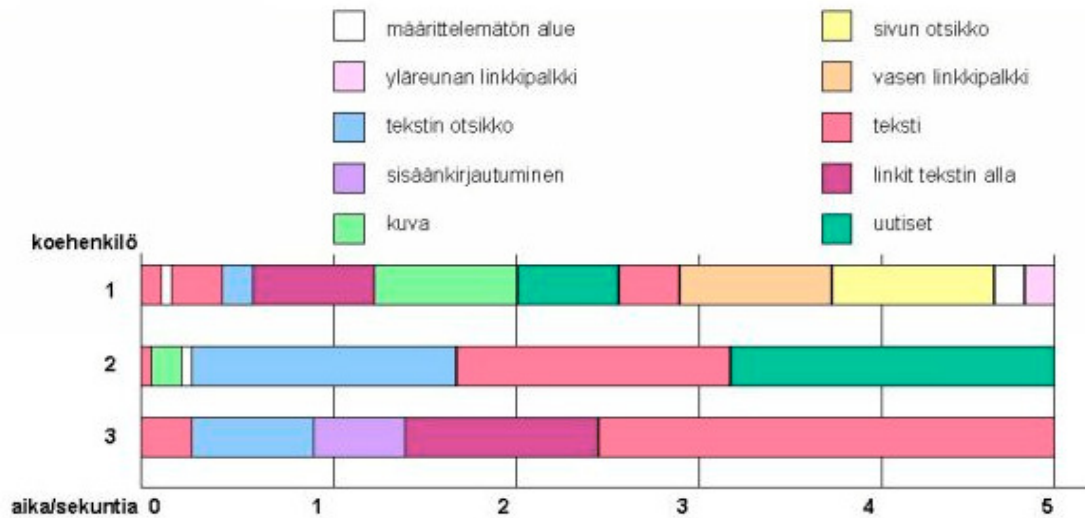
Toinen koe ei varsinaisesti epäonnistunut, mutta tutkimuksen tekijä päätti hylätä datan, koska kyseinen koehenkilö oli aikaisemmin vierailututkimuksessa käytetyllä www -sivustolla. Kolme seuraavaa koetta sujuivat suunnitelmien mukaisesti ja käyttökelpoista materiaalia kertyi riittävästi analysointia varten, vaikka tehtävien määrä supistettiin kahteen. Yleisesti ottaen koehenkilöt eivät pitäneet koetta ongelmallisena tai mitenkään epämiellyttävänä. Ainoastaan yksi koehenkilö mainitsi kokeneensa jonkinlaisia suorituspaineita tehdessään tehtäviä. Kokeita ei tehty samana päivänä, vaan pikemminkin silloin, kun koehenkilöille sopi parhaiten. Yksittäiseen kokeeseen kului kokonaisuudessaan aikaa noin 15 minuuttia. Kokeen jälkeen aiheesta kiinnostuneille koehenkilöille kerrottiin mistä kokeessa oli kysymys.

2.4. Koetulosten analysointi

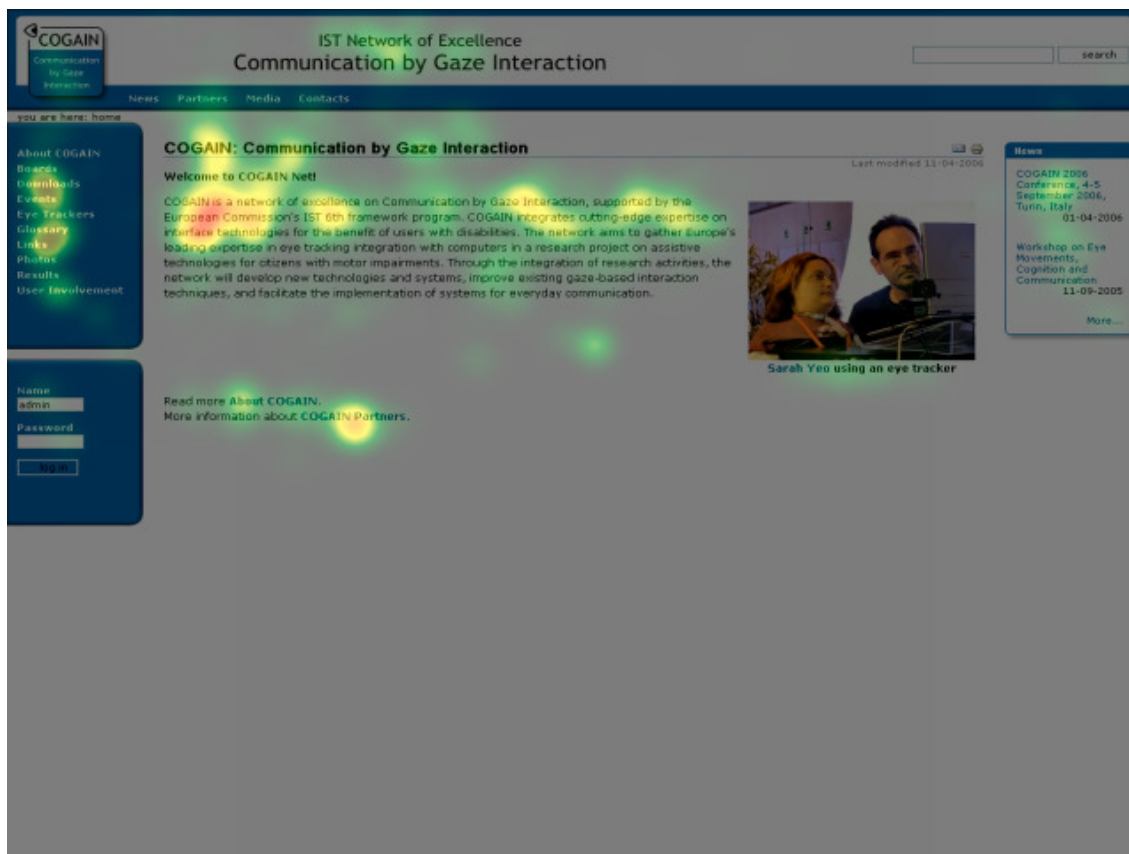
Lehtisen [2005] mukaan eräs tapa, jonka avulla katsedataa voidaan analysoida on määrittellä näytöltä tarkkailualueita (*Areas of Interest, AOI*) (Kuva 1). Kyseinen tapa valittiin tässä tutkimuksessa analysointikeinoksi, koska sen avulla on helppoa hahmottaa missä testihenkilön katse on liikkunut kokeen eri vaiheissa. Määrittelemällä tarkkailualueet voitiin rajata kokonaan pois viiden sekunnin jälkeen kertynyt materiaali. Tarkkailualueiden määrittelyä havainnollistaa kuva 1. Kuvassa 1 värikoodit noudattavat kuvan 2 värikoodeja siten, että esimerkiksi vaaleankeltaisella rajattu alue on sivun otsikko eli sama kuin vaaleankeltainen väri kuvassa 2. Kuvalla 2 on puolestaan pyritty havainnollistamaan tutkimuksessa kertynyttä dataa. Siinä kuvataan, missä eri tarkkailualueilla kunkin koehenkilön katse on liikkunut viiden ensimmäisen sekunnin aikana. Kuvassa 2 tarkkuus ei kuitenkaan noudata sekunnin tuhannesosia, kuten katseenseurantalaitteella kerätty data, vaan pikemminkin sekunnin kymmenesosia. Kuva antaa kuitenkin osviittaa siitä, minkälaista dataa tässä tutkimuksessa on hyödynnetty. Lisäksi kuvassa 3 on määriteltä kaikki koehenkilöiden katseiden kiinnittymispisteet tutkitulla sivulla. Kuvassa 3 data on kertynyt yli viiden sekunnin ajalta, mutta se havainnollistaa mielenkiintoisella tavalla koehenkilöiden katseiden kiinnittymistä.



Kuva 1. Tarkkailualueet.



Kuva 2. Kuvaaja tutkimuksen datasta.



Kuva 3. Koehenkilöiden katseiden kiinnittyminen. Kuvassa näkyvät katseiden kuumat pisteet (*hot spots*).

Analyysissa otettiin huomioon katseen kiinnittymispaikkojen lisäksi myös kiinnittymisaika. Näin tekivät myös Cowen *et al.* [2002] omassa tutkimuksessaan. Heidän mukaansa ei ole olemassa minkäänlaisia leimallisia silmänliikkeitä, joita erityisen hyvä tai huono käyttöliittymä tuottaa. Samankaltaisia havaintoja ovat tehneet myös Goldberg ja Kotval [Goldberg and Kotval, 1999] omassa tutkimuksissaan. Voidaankin siis ajatella, että katseen kiinnittymisessä on suuriakin eroja eri henkilöiden välillä. Katseenseurannalla saatua dataa on syytä analysoida huolellisesti ja turhia johtopäätöksiä lienee syytä välttää. Vaikka tässä tutkimuksessa on otettu huomioon vain kolme koehenkilöä, voidaan datan perusteella todeta, että katseen kiinnittyminen vaihtelee paljon eri koehenkilöiden välillä (kuva 2). Ei siis voida määrittää mitään tarkkaa sääntöä, jonka mukaan katse liikkuu tai mistä katseen liike johtuu.

Tutkimuksen hypoteesi oli, että saadut testitulokset noudattelevat aikaisemmin julkaistujen samantyyppisten, huomattavasti laajempien tutkimusten tuloksia. Jos joitakin

suuria eroavaisuuksia olisi ilmennyt, se olisi johtunut luultavasti kokeessa tapahtuneesta virheestä, koska tutkimuksen koehenkilöotos oli niin suppea. Katseenseurantakokeen tulokset noudattivat kuitenkin suurin piirtein aikaisemmin muissa samankaltaisissa tutkimuksissa, kuten esimerkiksi Grankan *et al.* [2004] ja Russellin [2005] tutkimuksissa, saatuja tuloksia. Kaikilla koehenkilöillä katse osui aivan ensimmäiseksi määrittelemättömälle alueelle, mutta testin jatkuttua 3-4 sekunnin sadasosaa jokaisen koehenkilön katse siirtyi sivun keskellä olevaan tekstiosioon. Luultavasti katseen osuminen datan mukaan ensimmäiseksi määrittelemättömälle alueelle viittaa sivun ilmestymisen viiveeseen. Sivun ei ilmestynyt koehenkilön näkyville välittömästi datan nauhoituksen alkaessa. Tämän vuoksi datan analyysistä on jätetty kokonaan pois ensimmäinen osuma määrittelemättömälle alueelle ja vasta toinen osuma, joka kaikilla osui määritellylle alueelle noteerattiin ensimmäisenä varsinaisena katseen kiinnittymisenä.

Russellin [2005] tutkimuksessa koehenkilöiden katse osui ensimmäiseksi kuvaan, mutta toisaalta hänen käsittelemässään tutkimuksessa kuva sijaitsee samassa kohdassa *www* -sivua kuin teksti tässä tutkimuksessa. Toisaalta eräässä toisessa Russellin [2005] tutkimuksessa, jossa teksti on suurin piirtein samassa kohdassa kuin www.cogain.org -sivulla, kuva katseen kiinnittymisestä näyttää hyvin saman suuntaiselta kuin kuva 3 tässä tutkimuksessa. Oma oletukseni oli, että koehenkilön katse hakeutuu aivan ensimmäiseksi sivulla olevan kuvan kohdalle, mutta oletus osoittautui vääräksi. Koehenkilö 2 katsoi kuvaa heti tekstin jälkeen (kuva 2). Koehenkilö 1 puolestaan vähän myöhemmin (kuva 2). Koehenkilö 3 ei noteerannut kuvaa lainkaan ensimmäisen viiden sekunnin kuluessa. Tämä johtunee siitä, että kuva on kyseisellä *www* -sivulla hieman yllättävässä paikassa eli oikeassa reunassa. Teksti on puolestaan keskellä sivua, johon käyttäjä katsoonee usein luonnostaan tietokoneen näytön ollessa sopivalla korkeudella.

Ylivoimaisesti eniten huomiota keräsi teksti ja sen otsikko (kuva 2 ja kuva 3), kuten myös Russellin [2005] tutkimuksessa. Vasemman reunan tai yläreunan painikevalikko ei ehtinyt viiden sekunnin kuluessa kerätä lainkaan huomiota. Tämä johtunee siitä, että tehtävien suorittaminen ei ehtinyt yhdessäkään tapauksessa alkaa ennen viidettä sekuntia. Yhdessäkään tapauksessa katse ei osunut viiden ensimmäisen sekunnin kuluessa sivun pääotsikkoon. Vaikuttaisi siis siltä, että käyttäjän katse suuntautuu *www* -sivulla aivan ensimmäiseksi sinne, mihin se ergonomisesti näytöllä suuntautuu eli keskelle. Vasta hieman myöhemmin katse liikkuu muille alueille. Toisaalta näytön yläreuna näyttää jäävän alussa huomiotta. Katse suunnataan yläreunaan ja yläreunan painikevalikkoon vasta tiedonhaun käynnistyessä. Mielenkiintoista on se, että katse kohdistui kaikilla

koehenkilöillä ensin tekstiin ja pian sen jälkeen vasta tekstin otsikkoon (Kuva 2). Toisin sanoen voidaan ehkä pohtia, täyttääkö otsikko tehtävänsä. Ainoastaan koehenkilö 1 no-teerasi viiden ensimmäisen sekunnin aikana koko sivun otsikon, joten voidaan myös ehkä pohtia, täyttääkö koko sivun otsikko tehtävänsä riittävän hyvin. Koska tässä ei kuitenkaan ole kyseessä käytettävyystudkimus, otsikoiden muodon tai tarpeellisuuden pohdiskelu tekisi tästä tutkimuksesta liian laaja-alaisen.

Jokaisen koehenkilön täyttämästä kyselylomakkeesta kävi ilmi, että kyseessä on 20-25 -vuotias nainen, joka puhuu äidinkielenään suomea. Kaikki arvioivat englanninkielentaitonsa vähintään sujuvaksi. Voidaankin siis olettaa, että englanninkielinen sivu ei tuottanut kenellekään koehenkilöistä ongelmia testitehtävien suorittamisessa. Suullisen haastattelun perusteella kaikki koehenkilöt olivat niin ikään sitä mieltä, että tehtävien ratkaisu sujui ongelmitta. Mielenkiintoista on, että ainoastaan koehenkilön 1 kohdalla oma arvio siitä, mihin katse ensimmäiseksi kiinnittyi, täsmäsi koetuloksen kanssa. Koehenkilö 2 arvioi katseensa kiinnittyneen ensimmäiseksi sivun pääotsikkoon, vaikka todellisuudessa katse kiinnittyi ensimmäiseksi tekstiin. Sivun pääotsikkoon koehenkilön 2 katse ei kiinnittynyt lainkaan viiden ensimmäisen sekunnin aikana. Koehenkilö 3 puolestaan arvioi katseensa kiinnittyneen ensimmäiseksi kuvaan, vaikka hänenkin katseensa kiinnittyi kahden edellisen koehenkilön tapaan ensimmäiseksi tekstiin. Itse asiassa koehenkilön 3 katse ei kiinnittynyt koko viiden tutkittavan sekunnin aikana kuvaan. Sen voi havainnollisesti todeta kuvasta 2. Tästä voidaan ehkä päätellä, että silmänliikkeillä ja kognitiivisilla prosesseilla ei ole ainakaan jatkuvasti yhteyttä. Vaikka koehenkilön katse liikkuu eri paikoissa, näitä kohtia ei välttämättä huomioida ainakaan tietoisesti. Suullisessa haastattelussa kävi ilmi, että kaikki koehenkilöt pitivät sivua ensivaikutelmaltaan virallisena ja asiapitoisena. Tämä puolestaan näyttäisi täsmäävän tuloksen kanssa, jonka mukaan kaikkien koehenkilöiden katse osui aivan ensimmäiseksi tekstiin.

3. Yhteenveto

Katseenseuranta (*eye tracking*) on jatkunut eri menetelmin jo yli sata vuotta. Tietokoneiden ja videokuvaustekniikoiden kehittyminen 1980-luvulla lisäsi katseenseurannan hyödyntämistä käytettävyystudkimuksessa. Silloin tutkijoiden kiinnostus suuntautui vuorovaikutteiseen teknologiaan. Kiinnostaviksi kysymyksiksi nousivat tuolloin muun muassa, kuinka katsetta voidaan hyödyntää käyttöliittymien ohjauksessa ja minkälaista tietoa käyttöliittymästä saadaan katsetta seuraamalla [Lehtinen, 2005]. Nämä kysymykset ovat tekniikan kehittyessä ja lisääntyessä näkemykseni mukaan edelleen ajankohtai-

sia. Silmänliikkeiden tutkimuksesta on merkittävää hyötyä näitä asioita tutkittaessa. Tekemääni tutkimukseen ei ole liitetty käytettävyystudkimusta, mutta sen tärkeää antia oli tutustuminen katseenseurantaan tutkimusmenetelmänä. Tulevaisuudessa tarkoitukseni on perehtyä käytettävyystudkimukseen. Siinä katseenseurannan metodien tuntemisesta on todennäköisesti hyötyä.

Tutkimuksessani oli alun perin tarkoituksena kartoittaa käyttäjän silmänliikkeitä viiden ensimmäisen sekunnin kuluessa. Näkemykseni mukaan onnistuin tutkimuksessani kahden epäonnistuneen testin jälkeen hyvin. Epäonnistuneet testit olivat varsin hyödyllisiä seuraavia testejä ajatellen ja koetta muutettiin jonkin verran alkuperäisestä asetelmasta. Näin jälkeenpäin ajatellen kokeen olisi voinut suorittaa monellakin tapaa paremmin. Esimerkiksi koehenkilöiden valinnassa olisi voinut olla enemmän variaatiota siten, että kokeeseen olisi osallistunut naisten lisäksi miehiä. Myös koehenkilöiden ikäjakauma olisi voinut olla suurempi kuin 20-25 vuotta. Toisaalta koehenkilöiden testituloksissa ei ollut mitään kovin suuria yhteneväisyyksiä, joten on vaikeaa arvioida, olisiko koehenkilöiden suuremmasta variaatiosta ollut merkittävää hyötyä näin pienimuotoisen tutkimuksen näkökulmasta. Jos tätä tutkimusta haluaisi jotenkin laajentaa, olisi koehenkilöiden suurempi määrä ja variaatio hyvin tärkeää.

Olen myös pohtinut sitä, olisiko testin tehtäviä pitänyt muotoilla jotenkin toisin, esimerkiksi siten, että ratkaisu olisi löytynyt suoraan etusivulta. Ensivaikutelman tutkimisessa ei oikeastaan voida hyödyntää Internet -sivuston muilta sivuilta saatua dataa, ellei sitten tutkita kunkin sivun ensivaikutelmaa erikseen. Kahdessa kokeessa kävi ilmi, että koehenkilö luuli testinvetäjän puutteellisen informaation vuoksi tehtävien ratkaisun löytyvän nimenomaan etusivulta. Tämä viive ei kuitenkaan ilmeisesti vaikuttanut viiden ensimmäisen sekunnin aikana. Vaikka kaikki koehenkilöt ymmärsivätkin haastattelukysymykseni toivomallani tavalla, huomasin, että ensivaikutelmaan liittyvissä haastattelukysymyksissä on tulkinnanvaraa. Ehkä kysymys ”Mihin kiinnitit etusivulla ensimmäiseksi huomiota?” olisi ollut parempi muodossa ”Mihin arvelet katseesi osuneen aivan ensimmäiseksi tällä www -sivulla?”, koska huomion kiinnittyminen viittaa ehkä enemmän tiedostettuihin kognitiivisiin prosesseihin ja katseen osuminen puolestaan tiedostamattomiin prosesseihin. Edellisillä ei Lehtisen [2005] mukaan ole välttämättä yhteyttä kognitiivisten prosessien aikana.

Mielestäni sain tutkimuksen datasta vastaukset asettamiini tutkimusongelmiin. Tarkoituksena oli saada selville, missä www -sivujen osissa käyttäjän katse liikkuu ensimmäisten sekuntien aikana. Toisena tutkimusongelmana oli, ovatko saamani testitulokset

yhteneviä aikaisempien tutkimustulosten kanssa. Lisäksi tarkoitukseni oli vertailla tutkimuksen dataa ja koehenkilöiden näkemystä siitä, mihin heidän katseensa ensimmäiseksi kiinnittyi. Näihin kaikkiin tutkimusongelmiin sain mielestäni vastauksen. Kävi ilmi, että kaikkien koehenkilöiden katseet osuivat ensimmäiseksi tekstiin. Lisäksi selvisi, että tutkimukseni data noudattelee suurin piirtein aikaisemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia. Oikeastaan mielestäni mielenkiintoisin anti tässä tutkimuksessa oli tutkimuksen datan ja koehenkilöiden omien näkemysten vertailu. Ainakin tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaisi siltä, että suurimmassa osassa tapauksista koehenkilö ei tiedä, mihin hänen katseensa on ensimmäiseksi osunut. Tämä puolestaan puoltaisi sitä käsitystä, että katseella ei välttämättä ole yhteyttä kognitiivisiin prosesseihin.

Kokeen tekeminen ja tulosten analysointi vaikutti varsin mielenkiintoiselta, mutta se pääsisi paremmin oikeuksiinsa, jos koehenkilöitä olisi ollut enemmän. Erityisesti jatkotutkimuksen kannalta kiinnostavaa olisi ensivaikutelman tutkiminen tarkemmin siten, että koehenkilöt arvioisivat tarkemmin omaa ensivaikutelmaansa www -sivusta. Sen jälkeen varsinaisessa katseenseurantatestissä ja kyselyssä saatua dataa voitaisiin verrata keskenään. Tällainen tutkimus olisi mielestäni mielenkiintoista toteuttaa osana käytettävyystudkimusta ja vaikka useammalla eri sivulla. Tutkimuksellani näyttäisi siis olevan hyvät jatkotutkimusmahdollisuudet.

Viiteluettelo

- [Anttonen, 2005] Jenni Anttonen, Osallistujien valinta. *Saila Ovaska, Anne Aula ja Päivi Majaranta (toim.), Käytettävyystutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 2005, 283-298.
- [Bojko, 2005] Agnieszka Bojko, Eye Tracking in User Experience Testing: How to Make the Most of It. User Centric, Inc. *Usability Professionals' Association: Bringing Cultures (UPA 2005)*. http://www.usercentric.com/UC/upa/UPA2005_Bojko_paper.pdf , 2005. 7.3.2006 12:05.
- [Cowen *et al.*, 2002] Laura Cowen, Linden J. Ball and Judy Delin, An Eye Movement Analysis of Webpage Usability. *People and Computers XIV – Memorable Yet Invisible: Proc. Of Human-Computer Interaction (HCI 2002)*. London: Springer-Verlag Ltd., 317-335. <http://www.psych.lancs.ac.uk/people/uploads/LindenBall20031001T094007.pdf> , 2002. 7.3.2006 11:55.

- [Dix *et al.*, 1993] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd and Russell Beale, Human-Computer Interaction. Pearson Education Limited, 2004, 353-354.
- [Goldberg and Kotval, 1999] Joseph H. Goldberg and Xerxes P. Kotval, Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 1999, 631-645.
- [Goldberg and Wichansky, 2003] Joseph H. Goldberg and Anna M. Wichansky, Eye Tracking in Usability Evaluation: A Practitioner's Guide. *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam: Elsevier Science, 2003, 493-516.
- [Granka *et al.*, 2004] Laura A. Granka, Thorsten Joachims and Geri Gay, Eye-Tracking Analysis of User Behavior in WWW Search.
<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/30913/http:zSzzSzwww.hci.cornell.edu/zSzeyetrackingzSzsiger04.pdf/granka04eyetracking.pdf> , 2004. 7.3.2006 12:55.
- [Jacob and Karn, 2003] Robert J. K. Jacob and Keith S. Karn, Commentary on Section 4. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, Amsterdam: Elsevier Science, The Netherlands: North-Holland, 2003, 573-605. <http://www.eecs.tufts.edu/~jacob/papers/ecem.pdf> , 2003. 7.3.2006 11:40.
- [Karn *et al.*, 1999] Keith S. Karn, Steve Ellis and Cornell Juliano, Workshop: The hunt for usability: Tracking eye movements. *CHI'99 Extended Abstracts*, ACM Press, 1999, 173.
- [Laarni, 2004] Jari Laarni, Silmänliikkeiden rekisteröinti käyttöliittymien tutkimuksessa. *Psykologia*, 2, 2004, 134-142.
- [Lehtinen, 2005] Merja Lehtinen, Katseenseuranta. *Saila Ovaska, Anne Aula ja Päivi Majaranta (toim.), Käytettävyystutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 2005, 223-236.
- [Ovaska *et al.*, 2005] Saila Ovaska, Anne Aula ja Päivi Majaranta, Johdatus käytettävyystutkimukseen. *Saila Ovaska, Anne Aula ja Päivi Majaranta (toim.), Käytettävyystutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 2005, 1-16.
- [Russell, 2005] Mark Russell, Using Eye-Tracking Data to Understand First Impressions of a Website. *Usability News* 7.1, 2005.

http://psychology.wichita.edu/surl/usabilitynews/71/eye_tracking.html , 2005.
7.3.2006 12:15.

[Schiessl *et al.*, 2003] Michael Schiessl, Sabrina Duda, Andreas Thölke and Rico Fischer, Eye tracking and its application in usability and media research. *Sonderheft: Blickbewegung in MMI-interaktiv Journal*, Online Zeitschrift zu Fragen der Mensch-Maschine-Interaction. Ausgabe Nr. 6. www.eyesquare.com/documents/EyeTracking-ResearchApplications.pdf , 2003. 7.3.2006 10:36.

[Simola, 2003] Jaana Simola, Silmänliikkeiden mittaus käytettävyyystutkimuksessa. *Adage Oy*, 2003.
http://www.adage.fi/artikkelit/silmanliikkeiden_mittaus_kaytettavyystutkimuksessa.html , 2003. 7.3.2006 12:45.

[Vanhala, 2005] Toni Vanhala, Kyselylomakkeet käytettävyyystutkimuksessa. *Saila Ovaska, Anne Aula ja Päivi Majaranta (toim.), Käytettävyyystutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 2005, 17-35.

[Vuorela, 2005] Suvi Vuorela, Haastattelumenetelmät. *Saila Ovaska, Anne Aula ja Päivi Majaranta (toim.), Käytettävyyystutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 2005, 37-52.

Visuaaliset tekijät www-sivujen käytettävyydessä

Tuuli Laivo

Tiivistelmä

Tutkimuksessa esitellään visuaalisia elementtejä ja arvioidaan niiden vaikutusta www-sivujen käytettävyyteen. Pääaihealueiksi on rajattu värit, kuvat, teksti ja sommittelu, koska kaikkien visuaalisten elementtien ja ominaisuuksien käsittely ei ole mahdollista. Esimerkiksi värivalinnoilla on suuri merkitys siihen, millaisen vaikutelman käyttäjä saa sivusta, koska väri pitää valita kaikille pinnoille, myös taustalle, joka on suuri ja vaikuttava elementti www-sivun kokonaisuutta ajatellen. Lisäksi muun muassa sommittelu vaikuttaa paljon sivun ulkoasuun ja selkeyteen sekä näin väistämättä sivun käytettävyyteen.

Avainsanat ja -sanonnat: käytettävyys, visuaalinen suunnittelu, www-sivujen käytettävyys.

CR-luokat: H.5.2

1. Johdanto

Www-sivujen käytettävyyttä arvioitaessa yksi suurista tekijöistä on visuaaliset ratkaisut. Se, miten miellyttävät värit sivulla on, miten linkit ja painikkeet on aseteltu ja miten muita visuaalisia ärsykeitä on käytetty, vaikuttaa paljon siihen, miten hyvä sivu on käytettävyydeltään. Esimerkiksi liian monta tasauslinjaa voi tehdä sivusta sekavan ja näin heikentää käyttäjälle suunnattujen ärsykkeiden vaikutusta. Tämä taas heikentää sivun käytettävyyttä, koska kuten kaikkien käyttöliittymien kohdalla, myös www-sivujen käytettävyyden mittarina on se, miten käyttäjä ymmärtää hänelle suunnatut ärsykkeet ja miten hyvin hän toimii toivotulla tavalla. Tutkielmani tutkimuskysymyksenä onkin: Miten visuaaliset ratkaisut vaikuttavat www-sivujen käytettävyyteen?

Selvitän tutkimuksessani, mitä visuaalisia elementtejä www-sivuilla on sekä miten erilaiset visuaaliset ratkaisut vaikuttavat www-sivujen käytettävyyteen. Tutkimukseni kohteeksi olen rajannut suomenkieliset hakukoneet. Esitellessäni erilaisia käytettävyyteen vaikuttavia visuaalisia ominaisuuksia annan esimerkkejä kyseisen ominaisuuden käytöstä hakukonesivuilla. Tutkimukseni tyyppi on siis ilmiöitä kuvaileva ja erittelevä eli deskriptiivis-analyttinen.

2. Käytettävyys

Tietojenkäsittelytieteen osa-alueessa ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus (engl. Human Computer Interaction, HCI) tutkitaan yhtenä kohteena käyttöliit-

tymien käytettävyyttä ja sen arviointia. Tässä käyttöliittymällä tarkoitetaan erityisesti ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen välineenä toimivaa rajapintaa, vaikka käyttöliittymällä yleisesti voidaan viitata mihin tahansa esineeseen tai palveluun myös tietotekniikan ulkopuolella.

2.1. Mitä on käytettävyys?

Käytettävyys tarkoittaa sitä, miten hyvin tietyt käyttäjät voivat tietyssä tilanteessa käyttää tiettyä tuotetta tiettyyn tarkoitukseen. Se on osa ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta, mutta käytettävyys edelleen koostuu monesta eri osaluueesta. Tarkasteltaessa tuotteen hyväksyttävyyttä käytettävyyden eri tekijöinä ovat opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheettömyys ja miellyttävyys [Höysniemi, 2005]. Miellyttävyyteen www-sivuilla vaikuttavat erityisesti visuaaliset ratkaisut.

2.2. Käytettävyys osaksi käyttöliittymäsuunnittelua

Ensimmäisenä varsinaisena henkilökohtaisena tietokoneena tunnetun IBM PC:n lanseeraus vuonna 1981 käynnisti yhä kiihtyvän kehityksen tietokonemarkkinoilla. Kehitys monimutkaisista, tavallisten ihmisten saavuttamattomissa olevista suوركoneista yhä henkilökohtaisemmiksi, helppokäyttöisemmiksi ja jokaisen saavutettavissa oleviksi kotikoneiksi on pakottanut suunnittelijat panostamaan käytettävyyteen. Käyttöliittymät, kuten tekstinkäsittelyohjelmat ja Internet-pohjaiset palvelut, ovat yleistyneet voimakkaasti ja tulleet toiminnoiltaan monipuolisemmiksi ja laajemmiksi. Tämän vuoksi kehittäjien on pitänyt tuottaa helppokäyttöisempiä ja selkeämpiä käyttöliittymäratkaisuja. Myös muun tietokoneohjatun tekniikan kehittyminen ja sitä kautta välttämätön monimutkaisuuden vaatinut kiinnittämään erityistä huomiota hallintalaitteiden käyttöliittymien käytettävyyteen jopa katastrofeihin johtavien käyttövirheiden estämiseksi. Käyttöliittymien suunnittelu on siis muuttunut käyttäjakeskeisemmäksi. Käyttäjakeskeisen suunnittelun yksi tunnetuimmista vaikuttajista on Donald A. Norman.

Sitä, onko jokin käyttöliittymä hyvä käytettävyydeltään, voidaan testata usein eri menetelmin. Yleisimmin ilman käyttäjää tapahtuva arviointi suoritetaan heuristisena arviointina, jossa arvioitavaa käyttöliittymää käydään läpi tiettyihin ohjelauseisiin verraten – usein heuristisessa arvioinnissa käytetään Jakob Nielsenin 10 heuristiikkaa [Nielsen, 1994].

3. Värien käyttö www-sivuilla

Värien käytöllä voi olla todella merkittävä vaikutus käytettävyyteen. Käyttöliittymä, jonka värivalinnat ovat huonoja, voi olla jopa käyttökelvoton – varsinkin erityisryhmille, joilla on näköaistin haittoja. Värivalintoihin pitääkin kiinnittää

erityistä huomiota joka puolella sivua, kaikissa osissa ja komponenteissa. Musta ja valkoinen muodostavat selkeän ja kontrastiltaan tarpeeksi suuren väriyhdistelmän, mutta pelkästään näiden värien käyttö www-sivulla tuskin houkuttelee kävijöitä. Osuvilla värivalinnoilla voi saada aikaan onnistuneita korostuksia ja miellyttäviä kokonaisuuksia. Www-sivuston eri sivuilla kannattaa noudattaa yhtenäistä värilinjaa, jotta käyttäjä tietää sivulta toiselle siirtyessään olevansa edelleen samalla sivustolla.

3.1. Värien symboliikkaa

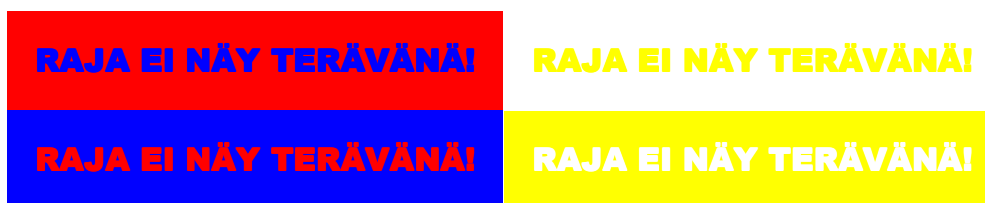
Värien herättämät tuntemukset riippuvat osittain muun muassa kulttuurisista eroista. Punainen koetaan usein kuitenkin vaarallisena tai kiellettyinä ja vihreä puolestaan turvallisena [Rouhiainen, 1997]. Tähän voi olla yhtenä selityksenä liikennevalot: punainen – seis; vihreä – mene.

Ihmisten tuntemukset on hyvä huomioida www-sivujen suunnittelussa. Jos käyttäjälle tarjotaan esimerkiksi kaksi painiketta, joista toinen on punainen ja toinen vihreä, hän todennäköisesti valitsee vihreän, koska kokee sen turvallisempaan vaihtoehtona [Rouhiainen, 1997, Taulukko 4]. Tällä tavoin voidaan tietysti myös ohjata käyttäjän toimia haluttuun suuntaan, mutta jos käyttäjän halutaan valitsevan myös toinen vaihtoehto, ei punaisen ja vihreän rinnastaminen ole suositeltavaa. Tällaisessa tapauksessa käyttäjä ei ole reagoinut annettuihin ärsykkeisiin toivotulla tavalla, joten kyseisen toiminnallisuuden käytettävyys ei ole kovin hyvä.

3.2. Erilaiset väriyhdistelmät

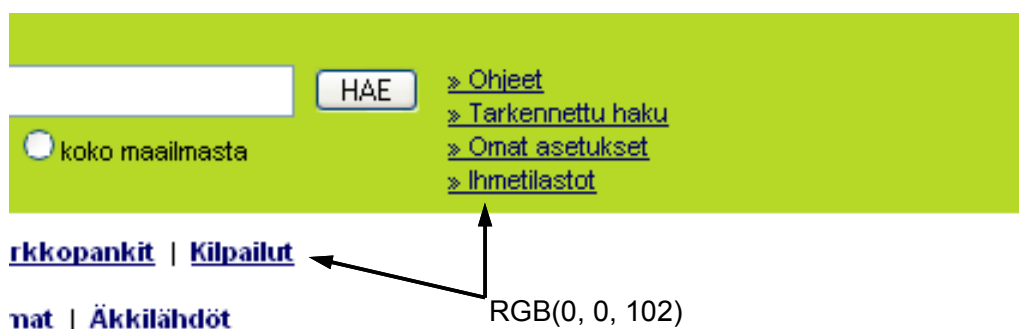
Värien yhdistelemisessä pitää olla huolellinen ja ottaa huomioon monia eri tekijöitä. Kun tehdään julkista sivua Internetiin, ei värivalintoja ja -yhdistelmiä voida tehdä vain oman mielen mukaan. Suunnittelijan pitää huomioida erilaiset ihmiset ja heidän tarpeensa.

Aallonpituuden mukaan värien järjestys on punainen, oranssi, keltainen, vihreä, sininen ja violetti. Jos kaksi väriä on kaukana toisistaan aallonpituuden suhteen, niitä on vaikea havaita terävänä yhtä aikaa, koska ne eivät taitu samalla tavalla silmässä [Näsänen, 2005]. Tämän vuoksi esimerkiksi punaisen ja sinisen raja ei näy terävänä, kuten kuva 1 osoittaa. Myös liian pieni värien kontrasti aiheuttaa epäterävyyttä ja yksityiskohtien havaitseminen on vaikeaa, kuten kuva 1 osoittaa myös valkoisen ja keltaisen yhdistelmästä. Tällaisia väriyhdistelmiä tulee välttää www-sivujen suunnittelussa.



Kuva 1. Punaisen ja sinisen raja ei näy terävänä sekä valkoisen ja keltaisen raja ei näy terävänä.

Värejä yhdistellessä pitää huomioida, että väri voi korostua tai vääristyä toisen värin rinnalla. Esimerkiksi tummansininen teksti vaaleanvihreällä taustalla voi näyttää mustalta, vaikka suunnittelija ei sitä tavoittelisikaan: kuvassa 2 sekä vihreän että valkoisen alueen linkkien väri on Red-Green-Blue -arvoltaan sama, mutta valkoisella pohjalla teksti näyttää tummansiniseltä ja vihreällä pohjalla lähes mustalta. Lisäksi eriväriset elementit vaikuttavat toisiinsa ja voivat vääristää tosiasioita: valkoinen neliö mustalla taustalla näyttää suuremmalta kuin samankokoinen musta neliö valkoisella taustalla [Silius ja Tervakari, 2005].



Kuva 2. Tummansininen näyttää vaaleanvihreällä taustalla lähes mustalta. [Ihmemaa]

Tärkeän tiedon esittäminen ei saa koskaan perustua vain väreihin, sillä esimerkiksi värisokeat eivät erota värejä toisistaan vaan näkevät kaiken mustavalkoisena tai harmaasävyisenä. Kokonaan värisokeita ihmisiä on melko vähän, mutta esimerkiksi puna-viher-värisokeus on yleisempää, joten pelkästään värin – erityisesti punaisen ja vihreän – yhdistämiseen perustuva korostus ei ole suositeltavaa.

3.3. Linkkien väritys

Käyttäjät ovat tottuneet siihen, että avaamattomat linkit ovat useimmiten sinisiä ja linkit, joita on jo seurattu, ovat sinipunaisia. Ihmisen silmässä on vähemmän sinistä havaitsevia reseptoreita, joten sinistä tekstiä on vaikeampi lukea kuin esimerkiksi mustaa taustan ollessa valkoinen [Nielsen, 2000, s. 64]. Käytettävyyden kannalta on kuitenkin tärkeää, että linkkien värityksessä noudatetaan

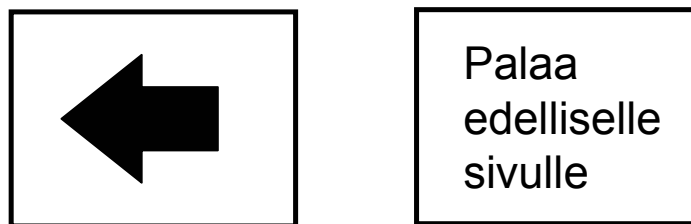
sitä linjaa, johon käyttäjät ovat tottuneet. Käyttäjän tullessa oudollekin sivulle hän löytää helposti valittavat linkit, jos ne ovat sinisiä. Nielsen [2000, s. 62] korostaa myös, että on erityisen tärkeää osoittaa käyttäjälle, mitä linkkejä hän on jo seurannut. Jos valitut linkit eivät vaihda väriään, käyttäjä ei varsinkaan laajoilla sivustoilla tiedä, mitkä osiot hän on jo käynyt läpi. Tämä tosin on hieman ristiriidassa siihen, ettei informaatio saisi olla pelkän värin varassa: avaamattomien linkkien teksti voisikin lisäksi olla lihavoitua ja avattujen linkkien teksti lihavoimatonta, normaalia.

4. Kuvat ja teksti www-sivuilla

4.1. Kuvat ja graafinen informaatio

Kuvien käyttö www-sivulla on tehokas tapa antaa käyttäjälle informaatiota tietystä asiasta. Monia yksityiskohtia sisältäviä, suuria kuvia on kuitenkin harvoin mahdollista laittaa sivuston ylimmän tason sivuille. Tällaisessa tapauksessa kuva on hyvä esittää kyseisellä sivulla pienennettynä ja rajattuna. Käyttäjän ollessa kiinnostunut kuvasta ja sen tarjoamasta informaatiosta hän voi siirtyä sivulle, jossa kuva esitetään alkuperäisessä koossaan [Nielsen, 2000, ss. 135-143]. Koska Internet-yhteydet ovat nykyään nopeampia, ei kuvia ole tarpeellista pienentää aivan pieniksi latausajan takia. Niin sanotuille pääsivuille ei kuitenkaan ole mielekästä laittaa suuria ja yksityiskohtaisia kuvia, koska ne heikentävät sivun luettavuutta. Käytettäessä kuvia on myös tärkeää huomioida, etteivät kaikki käyttäjät näe niitä. Tämän vuoksi kuvien sisällöstä ja niiden olemassaolosta on kerrottava myös tekstinä ALT-määritteellä, jolloin käyttäjät näkevät tekstin tai kuulevat sen puhesyntetisaattorilta ruudunlukijan kautta [Nielsen, 2000, ss. 303-305].

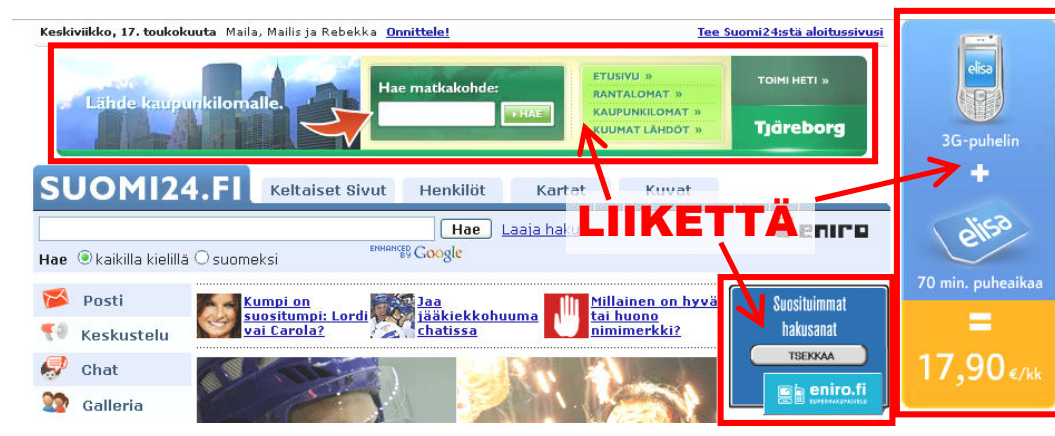
Käyttämällä graafisia merkkejä tai merkintöjä voidaan säästää tilaa ja pienentää lukemiseen käytettävää aikaa. Jos tieto on esitetty graafisesti, käyttäjä voi saada yhdellä silmäyksellä paljon informaatiota. Saman tiedon vastaanottaminen tekstinä esitettynä voi vaatia paljon enemmän aikaa [Näsänen, 2005]. Yksi kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, kuten kuvasta 3 nähdään. Grafiikka kannattaa kuitenkin säilyttää yksinkertaisena ja pelkistettynä, jotta kuvan 3 kaltainen hyötysuhde saavutetaan.



Kuva 3. Esimerkki edelliselle www-sivulle palaamisesta: vasemmanpuoleinen graafinen symboli antaa yhdellä silmäyksellä saman informaation kuin oikeanpuoleinen teksti usealla silmäyksellä.

4.2. Liikkuva kuva

Ihminen havaitsee liikkuvan objektin ennen paikalla olevaa, mikä on vaistoihin perustuva toiminto. Tämän vuoksi animaatioiden käyttö www-sivuilla tulisi minimoida – erityisesti tärkeän tiedon lähistöllä. Ihmisen on vaikea keskittyä tekstin lukemiseen, jos näkökentän sivualueella on animaatiota. Animaatio ei myöskään saa sisältää tärkeää informaatiota esimerkiksi liikkuvan tekstin muodossa, sillä sen lukeminen on hankalaa ja näin animaatio heikentää sivun käytettävyyttä. Liikkuva kuva voi olla kuitenkin myös tehokeino, mutta animaation pitää tällöin olla harkittua ja hillittyä. Hyvin suunniteltu animaatio esimerkiksi liikkuu vain hetken. On tärkeää huomioida, että useimmat käyttäjät pitävät animaatioita ärsyttävinä. Kuvassa 4 on esimerkki animaatioista tärkeän elementin eli hakuominaisuuden ympärillä. [Nielsen, 2000, ss. 143-145]



Kuva 4. Suomi24.fi-hakukoneen hakualuetta ympäröi kolme animoitua mainosta, joiden liike ei lakkaa. [Suomi24]

4.3. Fontit ja fonttikoko

Www-sivuilla kannattaa käyttää vain peruskirjasimia, koska jos käyttäjällä ei ole määriteltyä fonttia, osa tekstistä voi näkyä väärin [Nielsen, 2000, s. 26]. Jos fonttikoko on hyvin pieni, esimerkiksi alle 9 pistettä, on syytä käyttää päätevi-

vatonta fonttia [Nielsen, 2000, s. 129]. Www-sivuilla ei kuitenkaan tulisi käyttää näin pientä fonttikokoa.

Jos teksti on mustaa ja tausta valkoinen, kirjaimen korkeuden tulisi olla 57 senttimetrin katseluetäisyydeltä 0,4 senttimetriä ja esimerkiksi metrin katseluetäisyydeltä 0,7 senttimetriä, jotta lukunopeus olisi hyvä. Nämä ovat kuitenkin vain keskimääräisiä arvoja mustalle tekstille valkoisella taustalla, mutta www-sivujen suunnittelussa tulee huomioida myös näköhaitoista kärsivät ihmiset. Jos tekstin ja taustan kontrasti on pienempi kuin mustan ja valkoisen tapauksessa, on fonttikoon oltava vieläkin suurempi. Tekstin luettavuuden voi tarkistaa kolminkertaistamalla normaalin katseluetäisyyden: jos teksti on luettavissa tältä etäisyydeltä, se on tarpeeksi suurta normaalilta katseluetäisyydeltä. [Näsänen, 2005]

Tompurin [2002] mukaan www-sivuilla on suositeltavaa käyttää 12 pisteen kirjasinkokoa, mutta kirjasinkoon tulee olla muutettavissa käyttäjän tarpeiden mukaiseksi. Nielsenin [2004c] pahimpien www-suunnitteluvirheiden listalla valmiiksi määritely, ei-muutettava fonttikoko on kuitenkin viidentenä. Jos www-sivu suunnitellaan käytettävyydeltään hyväksi ja käyttäjät todella voivat muuttaa kirjasinkokoa selaimen asetuksista, sivun toimivuus on syytä tarkistaa myös 10, 14, 18 ja 24 pisteen oletuskirjasimilla [Nielsen, 2000, s. 303]. Sivuja toteutettaessa fonttikoko tulee määrittellä suhteellisena selaimen oletusfonttikokoon nähden eikä varsinaisina pisteinä [Nielsen, 2004c].

4.4. Tekstin korostus

Käyttäjät usein vain silmäilevät www-sivun sisältöä lukematta tekstiä rivi riviltä [Tervakari *et al.*, 2002, s. 19]. Tämän vuoksi tekstin jaottelu ja korostaminen on tärkeää. Lisäksi pitkää tekstiä on puuduttavaa lukea, jos sen merkittävimpiä lauseita tai sanoja ei ole mitenkään korostettu, vaikka kyseessä siis olisikin kiinnostava teksti.

Tekstin korostamiseen kannattaa käyttää ensisijaisesti lihavoitinta. Sen sijaan kursivoinnin käyttö korostamisessa ei ole suositeltavaa, sillä kursivoitu teksti ei aina näytä selkeältä näytöllä [Tompuri, 2002]. Myöskään suuraakkosten käyttö useammassa perättäisessä sanassa ei ole kannattavaa, koska sanojen ja merkkien muotoja on vaikeampi hahmottaa ja näin lukunopeus hidastuu [Nielsen, 2000, s. 129]. Alleviivaus on kuitenkin käytettävyyden kannalta kriittisin korostuskeino: käyttäjät mieltävät alleviivatun tekstin vaistomaisesti linkiksi. Alleviivausta tai sinistä väriä ei tule www-sivuilla käyttää muussa tekstissä kuin linkeissä [Nielsen, 2004a].

Kuten mainittu edellä, tärkeän tiedon korostaminen ei saisi koskaan perustua pelkästään väreihin. Värejä voi kuitenkin käyttää esimerkiksi lihavoinnin tukena. Tällaisia lihavoituja ja väriltään muusta runkotekstistä poikkeavia korostuksia ei ole kuitenkaan mielekästä sijoittaa keskelle tekstiä, koska ne hei-

kentävät lukunopeutta erottuessaan voimakkaasti muusta tekstistä. Sen sijaan esimerkiksi listoissa lihavoitu ja poikkeavan värinen teksti voi saavuttaa juuri toivotun huomion. Varsinaisen runkotekstin ulkopuolella myös suurempaa fonttikokoa voi käyttää korostuskeinona: otsikoissa suuremman fonttikoon käyttäminen on suositeltavaa.

4.5. Tekstin asettelu

Teksti kannattaa tasata vasemmalle kielissä, joissa lukusuunta on vasemmalta oikealle. Tällöin käyttäjä voi aina aloittaa rivien silmäilyn samasta kohdasta ja näin lukunopeus paranee [Nielsen, 2000, s. 126]. Myös sanoja sisältävät listat on hyvä tasata vasemmalle, mutta desimaalittomat lukulistat tasataan usein oikealle ja desimaalilukulistat pilkun mukaan [Näsänen, 2005]. Tehokeinona pienen osan tekstistä voi tasata esimerkiksi oikealle [Nielsen, 2000, s. 126]. Tällöin tekstiosuuden pitää kuitenkin olla selkeästi eroava muusta tekstistä, jotta asettelu- jen eroavaisuudet eivät näytä vain sekavalta virheeltä.

Www-sivun silmäiltävyyden tukemiseksi lyhyiden kappaleiden, väliotsikoiden, luetteloiden ja taulukoiden käyttö on suositeltavaa. Rivin pituudeksi suositellaan noin 50-60 merkkiä [Tervakari *et al.*, 2002, s. 20], jotta käyttäjä lukunopeus ei heikkene liian pitkien rivien vuoksi. Myös liian suuret merkki- ja rivivälit voivat katkaista tekstin ja näin heikentää luettavuutta.

5. Www-sivun sommittelu

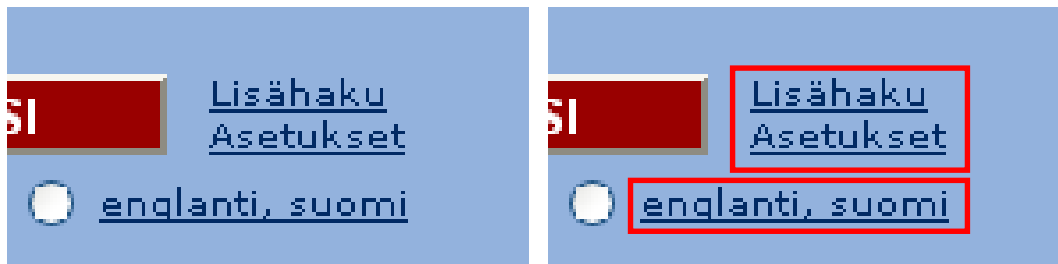
Jotta saavutettaisiin mahdollisimman miellyttävä ja tehokas www-sivu, sivun sommittelu on syytä suunnitella huolella. Eri elementtien sijainnit sivulla ja niiden suhde toisiinsa vaikuttavat siihen, miten käyttäjä havaitsee sivun kokonaisuuden ja toisaalta eri osat. Näin elementtien sijoittelu eli sommittelu vaikuttaa käytettävyyteen väistämättä. Jos tietty sivun elementti on sijoitettu huonoon paikkaan tai huonosti muihin elementteihin nähden, käyttäjä ei välttämättä havaitse sitä halutulla tavalla. Jos taas jokin vähemmän tärkeä elementti on sijoitettu paikkaan, johon käyttäjän huomio suuntautuu vaistomaisesti, voi tämä elementti kaapata huomion joltakin tärkeämmältä elementiltä. Myös tyhjän tilan käyttö pitää suunnitella tarkasti: liian täyteen ahdettu sivu näyttää sekavalta eikä käyttäjä löydä etsimäänsä kohdetta helposti. Kohteen hakemiseen käytettävä aika onkin useimmiten suoraan verrannollinen kokonaistiedon määrään [Näsänen, 2005].

5.1. Hahmolakien huomioiminen sommittelussa

Hahmolait (engl. Gestalt laws) ovat 1920-luvulta alkaen vaikuttaneita psykologisia teorioita [Chang *et al.*, 2002] siitä, miten aivot käsittelevät ja yhdistelevät havaintokokonaisuuksia ja toisaalta niiden yksityiskohtia [Laine, 2004]. Hahmo-

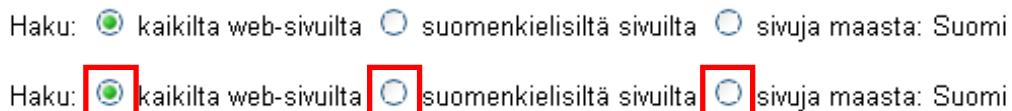
laeilla on näin suuri merkitys myös visuaalisessa suunnittelussa. Koska www-sivuilla käyttäjän huomio pyritään usein kohdistamaan juuri tiettyyn elementtiin tai asiaan, hahmolakien huomiointi www-suunnittelussa on erityisen tärkeää. Seuraavassa esitellään joitakin hahmolakeja.

Läheisyyden lain (engl. law of proximity) mukaan lähellä toisiaan olevat objektit kuuluvat yhteen ja muodostavat ryhmän, kun taas kauempana olevat objektit eivät liity näihin [Chang *et al.*, 2002]. Kuten kuvasta 5 nähdään, läheisyyden lakia hyödyntämällä voi elementtejä ryhmitellä helposti.



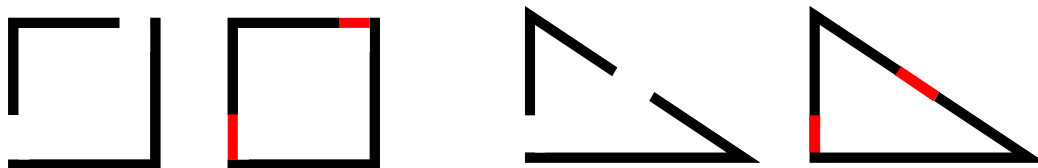
Kuva 5. *Lisähaku* ja *Asetukset* kuuluvat selvästi yhteen, mutta *englanti, suomi* ei kuulu samaan ryhmään. [AltaVista]

Samanlaisuuden lain (engl. law of similarity) mukaan samanlaiset objektit mielletään yhteenkuuluviksi [Chang *et al.*, 2002]. Samanlaisuus voi perustua esimerkiksi kokoon, muotoon tai väriin [Laine, 2004]. Kuten kuvasta 6 ilmenee, samankaltaiset objektit mielletään kokonaisuudesta yhteenkuuluviksi.



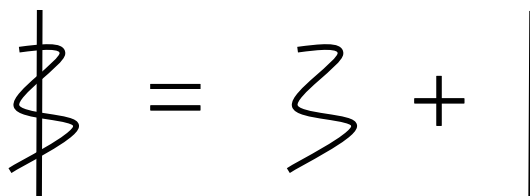
Kuva 6. Valintapainikkeet muodostavat samanlaisuutensa vuoksi ryhmän, ja näin käyttäjä ymmärtää, että hän voi tehdä valintansa tähän ryhmään kuuluvista vaihtoehdoista. [Google]

Sulkeutuvuuden lain (engl. law of closure) mukaan aivot pyrkivät täyttämään tai sulkemaan kuvion, joka on epätäydellinen tai jossa on esimerkiksi aukkoja [Chang *et al.*, 2002]. Kuvasta 7 nähdään, miten täydennämme vajaan kuvion. Sulkeutuvuuden lain myötä www-sivuilla voi hyödyntää persoonallisempaa ja kiinnostavampaa grafiikkaa. Elementtejä ei kuitenkaan saa jättää liian epätäydelliseksi, jotta käyttäjä ei joudu käyttämään paljon aivokapasiteettia kuvion "selvittämiseen" – erityisesti, jos kyseessä on vain sivun ulkonäköä parantava elementti eikä sisällöllisesti tärkeä kohde.



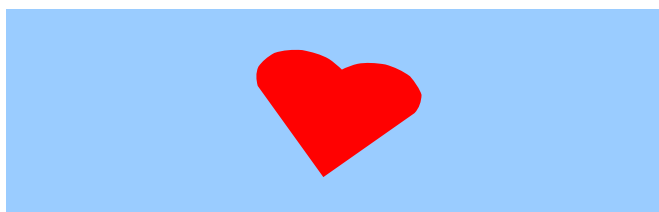
Kuva 7. Aivomme täydentävät epätäydelliset neliöt ja kolmiot kokonaisiksi.

Jatkuvuuden lain (engl. law of continuation) mukaan katse seuraa jotakin visuaalista ärsykettä, kuten viivaa [Chang *et al.*, 2002]. Tällöin yhteneväinen viiva mielletään kuviona ja esimerkiksi toisiaan leikkaavat viivat koetaan erillisinä elementteinä [Laine, 2004], kuten kuvasta 8 nähdään. Jatkuvuuden lain vuoksi esimerkiksi viivoilla voidaan ohjata käyttäjän katse www-sivulla haluttuun kohteeseen.



Kuva 8. Toisiaan leikkaavat viivat mielletään jatkuviksi, erillisiksi kuvioiksi.

Alueen (engl. area) **lain** mukaan aivot havaitsevat suuremman alueen taustana ja tämän alueen sisällä olevan, pienemmän alueen tai elementin erillisenä kohteena [Laine, 2004]. Tämän vuoksi emme kiinnitä taustaan paljon huomiota – varsinkin, jos tausta on kuvioton – vaan huomiomme kiinnittyy pienempiin kohteisiin, kuten värialueisiin, tekstiin tai kuviin. Kuvassa 9 katse kohdistuu sydämeen eikä tausta saa paljon huomiota.



Kuva 9. Aivot tulkitsevat sinisen alueen taustaksi eikä se saa paljon huomiota. Sen sijaan sydän mielletään kohteeksi ja se saa huomion.

Hahmolakeja käytetään käyttöliittymäsuunnittelussa, jotta saavutettaisiin mahdollisimman tehokkaita visuaalisia vaikutteita [Chang *et al.*, 2002] ja näin pystyttäisiin ohjaamaan käyttäjää haluttuun toimintaan. Tunnettuja hahmolakeja ovat edellä mainittujen lisäksi muun muassa **tuttuus** (engl. familiarity), **valiomuotoisuus** (engl. good shape) ja **yhteinen liike** (engl. sommon fate) [Silius ja Tervakari, 2005, s. 122].

5.2. CRAP – kontrasti, toisto, tasaus, lähekkäisyys

CRAP (Contrast, Repetition, Alignment, Proximity) on neljästä peruseriaatteesta koostuva ohjeisto, jota voidaan käyttää sommittelun ja suunnittelun apuna [Höysniemi ja Käki, 2004]. Seuraavassa esitellään nämä periaatteet.

Kontrasti (engl. contrast) on hyvä keino ohjata käyttäjän katsetta. Kohteet, jotka muodostavat taustan kanssa suuren kontrastin, kiinnittävät käyttäjän huomion tehokkaasti. Kontrastin avulla voi ryhmitellä yhteenkuuluvia elementtejä, mutta tällöin eri ryhmien tai alueiden pitää erota toisistaan selkeästi. Jos erot ovat vain pieniä ja käyttäjä joutuu tulkitsemaan, sivu ei ole hyvä käytettävyydeltään. [Höysniemi ja Käki, 2004]

Toistolla (engl. repetition) tarkoitetaan sitä, että tiettyjen elementtien ominaisuuksia toistetaan samalla tavalla joka puolella sivustoa tai ainakin sivua. Näin kokonaisuus on yhtenevä ja käyttäjä havaitsee helposti olevansa edelleen samalla sivustolla. Lisäksi hänen ei tarvitse totutella uusiin ominaisuuksiin jatkuvasti, vaan hän voi keskittyä sivujen informaatioisälttöön. Toistettavia asioita ovat kaikki www-sivujen visuaaliset elementit ja ominaisuudet, kuten värit, tasaukset, fontit, linkit ja grafiikka. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että vain kyseisten elementtien tyyliä tulee toistaa kautta sivuston tai sivun, ei siis itse elementtejä. Näin myös samojen korostuskeinojen käyttö on tärkeää: jos teksti on toisessa kohdassa lihavoitu ja toisessa kohdassa kursivoitu, käyttäjä luulee, että eri korostuskeinoilla on eri merkitys. Jos kaikkia ominaisuuksia toistetaan säännöllisesti, sivu näyttää viimeistellyltä. [Höysniemi ja Käki, 2004]

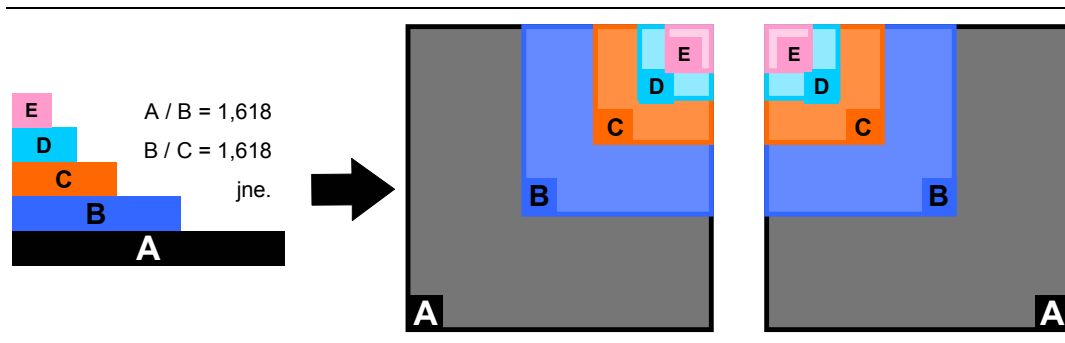
Tasaus (engl. alignment) tarkoittaa sitä, että elementti sijoitetaan sivulle suhteessa johonkin toiseen elementtiin. Jokaisen elementin sijainti sivulla pitäisi pystyä perustelemaan jotenkin eikä elementtejä tulisi vain lisätä sivulle sattumanvaraisesti. Kaikilta elementeiltaan huolellisesti tasattu sivu antaa huolitellun ja selkeän vaikutelman. Useita tasauslinjoja käytettäessä on syytä huolehtia siitä, että linjojen välillä on tarpeeksi eroa. Yleisesti kannattaa kuitenkin pyrkiä minimoimaan tasauslinjojen määrä: liian monta tasauslinjaa tekee sivusta sekavan ja tällöin eri elementtien välisiä suhteita on vaikea havaita. [Höysniemi ja Käki, 2004]

Lähekkäisyyden (engl. proximity) avulla voi helposti ryhmitellä elementtejä. Kuten aiemmin on mainittu ihmiset mieltävät lähellä toisiaan olevat objektit yhteen kuuluviksi. Luonnollisesti lähekkäisyyttä voi hyödyntää myös päinvas- taisesti: objektit, jotka eivät liity toisiinsa, kannattaa erottaa toisistaan tyhjällä tilalla tai esimerkiksi viivalla. [Höysniemi ja Käki, 2004]

5.3. Muita sommittelusääntöjä

Sommittelussa voidaan käyttää apuna myös monia muita ohjeistoja ja apukeinoja edellä mainittujen hahmolakien ja CRAP-periaatteiden lisäksi. Sommitte-

lun voi aloittaa esimerkiksi suunnittelemalla ruudukon, jossa huomioidaan elementit, tasauslinjat sekä tyhjä tila. Ruudukon suunnittelun apuna voi edelleen käyttää erilaisia harmonisia kuvasuhteita, kuten kultaista leikkausta. Kultaisen leikkauksen hyödyntäminen ruudukkopohjassa sekä eri osien suhteet toisiinsa näkyvät kuvassa 10. [Höysniemi ja Käki, 2004]



Kuva 10. Kultaisen leikkauksen hyödyntäminen ruudukkosuunnittelussa.

6. Yhteenveto

Www-sivun visuaalinen suunnittelu ja toteutus vaikuttavat paljon siihen, miten käyttäjä suhtautuu sivuun ja havaitsee hänelle suunnatut ärsykkeet. Useimmiten käyttäjä vastaanottaa www-sivun informaation näköaistin kautta. Jos sivun suunnittelussa ei ole mitenkään huomioitu värien, tasauslinjojen, fonttikoon ja hahmolakien vaikutusta sivun ulkoasuun ja luettavuuteen, on todennäköistä, että sivusta tulee erittäin sekava. Www-sivut voivat olla myös tarkasti suunniteltuja, mutta ilman oikeaa tietoa visuaaliset valinnat voidaan tehdä väärin perustein. Jonkun mielestä esimerkiksi punainen ja vihreä voivat muodostaa kauliin väriparin. Tällöin hän voi suunnitella sivut omien mieltymystensä mukaisiksi huomioimatta näköhaitoista kärsiviä käyttäjiä. Näiden sivujen käyttöarvo voi olla joillekin käyttäjille mitätön. Vaikka tutkimuksessa ei suoritettu varsinaista käytettävyyssarviointia kohteeksi rajatuille sivuille, on kuitenkin selvää, että visuaalisilla ratkaisuilla on suuri merkitys sille, miten hyvä www-sivu on käytettävyydeltään.

Koska erilaisia visuaalisia elementtejä ja tekijöitä on paljon, tässä tutkimuksessa ei pystytty käsittelemään niitä kaikkia. Jatkossa olisikin mielenkiintoista laajentaa tutkimusta esimerkiksi lomakkeisiin, joissa käyttäjä joutuu tekemään valintoja ja antamaan syötetietoa. Näkisin mahdollisena myös käytettävyyssuorituksen, jossa testattaisiin erilaisin visuaalisin ratkaisuin toteutettuja www-sivuja tai muita käyttöliittymiä. Tällöin visuaalisten ratkaisujen todellinen merkitys pystyttäisiin määrittelemään tarkemmin.

Viiteluettelo

- [AltaVista] AltaVista-hakukone, <http://fi.altavista.com/>. Viitattu 18.5.2006.
- [Chang *et al.*, 2002] Dempsey Chang, Laurence Dooley and Juhani E. Tuovinen, Gestalt theory in visual screen design: a new look at an old subject. In: *Proc. of the 7th world conference on computers in education conference on Computers in education: Australian topics*, 8, *International Conference Proc. Series*, 26, ACM, 5-12.
- [Google] Google-hakukone, <http://www.google.fi/>. Viitattu 19.5.2006.
- [Höysniemi, 2005] Johanna Höysniemi, Käytettävyyden arvioinnin menetelmät –kurssin materiaali, kevät 2005. *Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos*.
- [Höysniemi ja Käki, 2004] Johanna Höysniemi ja Mika Käki, Visuaalinen suunnittelu. Vierailuluento kurssilla Käyttöliittymien perusteet, 29.11.2004. *Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos*.
- [Ihmemaa] Ihmemaa haku, <http://www.fi>. Viitattu 21.4.2006.
- [Laine, 2004] Anne Laine, Hahmolait käytettävyyden parantajina. *Jyväskylän yliopisto, Tietotekniikan laitos*. Saatavilla osoitteessa <http://www.mit.jyu.fi/luk/toteutettuja/Hahmolait/>. Viitattu 4.3.2006.
- [Nielsen, 1994] Jakob Nielsen, Ten Usability Heuristics. Available as [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html](http://www.useit.com/papers/ heuristic/heuristic_list.html). Checked 4 March 2006.
- [Nielsen, 2000] Jakob Nielsen, *WWW-suunnittelu*. IT Press, 2000.
- [Nielsen, 2004a] Jakob Nielsen, Guidelines for Visualizing Links. *Jakob Nielsen's Alertbox*, May 10, 2004, <http://www.useit.com/alertbox/20040510.html>. Checked 4 March 2006.
- [Nielsen, 2004c] Jakob Nielsen, Top Ten Mistakes in Web Design. *Jakob Nielsen's Alertbox*, <http://www.useit.com/alertbox/9605.html>. Checked 4 March 2006.
- [Näsänen, 2005] Risto Näsänen, Visuaalisen käytettävyyden opas. Saatavilla osoitteessa http://trip2.ttl.fi/tietotyotietopankki/Digijulk/oppaat/a_visuaalisen_kaytettavyden_opas02052005.htm. Viitattu 4.3.2006.
- [Rouhiainen, 1997] Eeva-Kaisa Rouhiainen, Käyttöliittymän visuaalinen suunnittelu. *Jyväskylän yliopisto, Tietotekniikan laitos*. Saatavilla osoitteessa <http://www.mit.jyu.fi/opiskelu/seminaarit/ohjelmistotekniikka/kayttoliittyma/>. Viitattu 4.3.2006.
- [Silius ja Tervakari, 2005] Kirsi Silius ja Anne-Maritta Tervakari, Verkkopalvelun sisällöntuotanto –kurssin materiaali; 8. luento – Visuaalinen suunnittelu. *Tampereen teknillinen yliopisto, Digitaalisen median instituutti, Hypermedialaboratorio*. Saatavilla osoitteessa

http://matwww.ee.tut.fi/hmopetus/vpsist/2005/luennot2005/liitteet/vpst8luento_141205kalvot.pdf. Viitattu 4.3.2006.

[Suomi24] Suomi24.fi-hakukone, <http://www.suomi24.fi>. Viitattu 17.5.2006.

[Tervakari *et al.*, 2002] Anne-Maritta Tervakari, Kirsi Silius, Pekka Ranta, Teemu Mäkelä ja Heidi Kaartokallio, Tietoverkkoavusteisen opetuksen käyttökelpoisuus - Käytettävyys ja pedagoginen käytettävyys opetuksen organisoinnin näkökulmasta. *Tampereen teknillinen yliopisto, Digitaalisen median instituutti, Hypermedialaboratorio*. Saatavilla osoitteessa http://matwww.ee.tut.fi/arvo/liitteet/TVT_usefulness_TUT.pdf. Viitattu 5.3.2006.

[Tompuri, 2002] Janne Tompuri, Verkkosivun luettavuus. Saatavilla osoitteessa http://www.adage.fi/artikkelit/verkkosivun_luettavuus.html. Viitattu 5.3.2006.

User text factor in graphical user interfaces

Wen Lin-Marsalo

Abstract

This paper examines the role that user text plays in the usability of graphical user interface. Literature surveys and expert evaluations are conducted to explore the usability of user text and the function user text operates in the communication between humans and GUIs. Preliminary design guidelines for user text are discussed and suggested.

Key words: Graphical user interface, user text, usability, human centered design and design guidelines.

ACM classification: H. 1. 2, H. 5 .2 and I. 7. 1

1. Introduction

Graphical User Interfaces (hereinafter abbreviated as GUIs) dominate the user interface world of software applications today and will continue to play important roles in the future. Thus, it is meaningful to study how to improve the usability of graphical user interfaces so that users at large could be satisfied when doing work with software applications.

Indeed the study of GUIs usability has become more necessary and practical than ever before when the development of information society is resulting in more and more requirements from ordinary people of different backgrounds to access GUIs in order to handle issues of routine. E-government, e-bank, e-post, e-learning, e-business, e-shopping and e-library have been becoming part of our everyday life. Ordinary people both of low literacy and the highly educated, young and old with different cultural heritages, novice as well as experienced computer users are exposed more and more to GUIs.

Certainly, there have been in-depth studies on how to improve the usability of GUIs. Many of them have focused on the designs of icons, colors, screen layouts, window structures, buttons, tabs, pointing devices and object manipulating techniques in order to support users' cognitive activities when working with GUIs [Yamato *et. al.* 2000; Chang *et. al.* 2002].

However, few efforts have been made to study how linguistic texts in GUIs influence users' cognitive activities when they are working with GUI applications. For many researchers, user text in GUIs is trivial. A complete range of guidelines for designing GUI user texts particularly in terms of their linguistic contents and correct choices of wording can hardly be found. In addition, little research has been done on how to create graphics that best

describe the meaning of both images and concepts denoted by natural languages. All these are worth researching further in order to bring up new points to improve the usability of GUIs.

This paper will focus on the usability of user text in GUIs. Firstly, we will explain some background information regarding the study. Then, we will explore the functions that graphics and languages operate in human to human communications inferring roles that graphics and languages play in aiding humans to understand GUI applications. Following this, we will present some examples of poorly designed texts in GUI software applications in order to analyze how they might mislead users and discourage them from using the applications. We will also study specific cases where the saying "one picture is worth a hundred words" does not hold true. In addition, we will suggest guidelines for designing human centered user texts. After that, we will discuss a most optimized way in achieving an effective communication between humans and GUIs. We will also discuss the metrics of user text usability in general. Finally, we will conclude that the usability of user text is integral with that of GUI as a whole. The conclusion will motivate us to continue the study from different aspects for in order to contribute more to the further development of human centered user texts in GUIs.

2. Background

First of all, I would like to clarify some concepts used in this paper. Then, I would like to present a brief overview of the previous studies on the usability of GUIs.

2.1. Definitions

2.1.1 Graphical user interface

Typical examples of graphical user interfaces can be found among others from applications of Microsoft Windows and Macintosh operating environments. Generally speaking, a GUI features the basic components of pointer, pointing device, icons, desktops, windows and menus [Webopedia, 2006].

2.1.2 User Text

In this paper, we define the user text to be the natural linguistic texts appeared at the GUI. To be more specific, we refer to user text as being one of the 'output' representations of information on, e.g., computer screens [Bernsen, 1994]. Texts used as text labels of icons and menus, words used in window dialogues and forms and language implemented in systems help documentations are all addressed generally as user text in this paper.

2.1.3 Usability

According to Bevan [2001] International Standards for HCI and usability, usability is defined as “The **effectiveness**, **efficiency**, and **satisfaction** with which specified users achieve specified goals in particular environments.” [Bevan, 2001, p. 536]

As defined, the “specified goal” indicates what the product is meant for, the product’s functionalities. In addition, usability metrics are categorized into three categories of usability: effectiveness, efficiency and satisfaction [Dix, 2002] Effectiveness means how much of the goal is achieved accurately while efficiency indicates how fast a task can be achieved by using the product. Satisfaction refers if the user is happy with the product while using it. As NASA Glenn Research Center Usability Engineering Team put it, “The primary focus is on *how* people work with a product. If the product is loaded with features but users cannot figure out how to use it, or it takes them longer to get a job done, then the product will not be useful [NASA, 2006b]. ”

2.2 Previous studies on GUI usability

During the last two decades, extensive studies have been carried out under the theme of GUI usability. Researchers have been interested in how to make efficient use of user interface space structure, how to deploy colors effectively on the screen to direct users’ attention and how to provide links to navigate users accurately. Many studies have been carried out on how to group information in order to ease users’ in learning, how to structure menus so that users do not miss menu contents, how to present window dialogues so that users and computers can communicate correctly and how to design window widgets so that users are easy to operate them. Myriads of research results have been applied to the design of GUIs in order to improve their usability. [Yamato *et. al.*, 2000; Chang *et. al.* 2002; Lok, 2004]

At the same time, the usability of user text in GUI environment has been studied and emphasized from the textual graphic point of views as well. As a result, many studies and guidelines concerning texts have focused on font, alignment, layout on the screen and textual calligraphic [Visual design; Design guidelines]. However, little research is available on the linguistic content of user texts on the screen. Few efforts have been tried to understand how user texts influence users in perceiving and operating GUIs. This is ironic considering that textual settings are the major content of any GUI. Iconic labels, menus, dialogues, forms button label, user help documents are constructed by texts in GUIs. Empirical phenomena lead me to think if and how user text linguistic contents can affect the usability of GUIs. Is the user text a trivial issue

or not in GUI environment in regard to GUI usability? How do we measure the usability of user texts? What should be considered in designing user text? What is the most effective way for humans to communicate with GUIs?

3. Graphics and languages as communication media

Before we focus at the usability of user text, it is interesting for us to study how graphics and language texts play their roles in human-human as well as human-computer communications.

3.1 Graphics and language texts

According to Shu [1986, p. 12] Studies have suggested that implementations of computer graphics such as icons on computer screens are stimulated and generated by the following premises:

“ Pictures are preferred to linguistic words in human communication; more meanings are able to be conveyed with pictures concisely in a unit of expression; no barriers exist in pictorial communications. People of different language backgrounds understand pictures in the same way. “

Nevertheless, some Stanford university user behavior observations indicate that internet web page readers tend to read text first instead of looking at pictures on the screen [Stanford-Poynter project]. This suggests that human beings tend to seek information more from texts than from pictures. Coincidentally, Perfetti and Porter [2002] revealed in an interview with Gerry McGovern, a world-renowned content-management expert, that natural linguistic words are important in governing users' correct understanding of computer applications so that users can take the correct action to accomplish to their target in operating the user interface.

In addition, Korfhage and Korfhage [1986, p. 214] analyzed that present iconographies in computer graphics systems focus “more on the actions that can be applied to objects”. Iconographies are the graphical symbols used to present icons, as shown in Figure 1. We may question then how concepts other than actions in computer interfaces could be presented clearly and economically. Furthermore, the iconographies are limited in a way that there is no agreed standard in this field yet, “making cross-culture or cross-linguistic use of them a major problem” as Korfhage and Korfhage [1986, p. 214] expressed. Kohfhages' idea is further elaborated by Pollack [2006] in his article, “Happy in the East (^_^) Or Smiling :-)) in the West”. In this article, good examples of different symbols conveying the same meaning in different cultures are vividly listed. Conversely, it is understandable that same symbols

might undertake different meanings in different cultural contexts. Figure 2 presents an overview of these examples.

Certainly graphics, signs and pictures seem to have cultural properties which might hinder communications between people of different cultures. Computer iconographies embedding cultural factors naturally matter in the users' understanding of GUIs. Cultural notations are interesting and important aspects to be considered in GUI design. However, the topic of cultural issues is beyond the scope of this paper. It should be addressed separately in our future researches.



Figure 1. Examples of iconography. [Microsoft, 2003]

Same Meaning, Different Symbols

Japanese Internet users have developed a set of symbols that more closely mirrors their own culture.

U.S. AND EUROPEAN NETWORKS		JAPANESE NETWORKS	
:-)	Regular smile	(^_^)	Regular smile
:-)	Sad	(^o^:>)	Excuse me!
:~)	Wink	(^~:)	Cold sweat!
:-))	Very happy	(^o^)	Happy!
:-o	Wow	(*^o^*)	Exciting!
:-	Grim	(_o_)	I'm Sorry!
:-	Anger	(^.^)	Woman's smile
8-)	Smile/Glasses	(*^o^:)	Sorry!
:^)	Happy	(:~:)	Weeping!
:^)	Unhappy	\(^_^)/	Bonzai smiley

Figure 2. Symbol meaning in different cultures. [Pollack, 2006]

3.2 Natural linguistic text as communication media

Natural linguistic text has been one of the most classical, economical and powerful communication media in human-human communications ever since the ancient history of civilizations. Linguistic texts can convey messages of one, two or even three dimensional meanings. They can deliver meanings of complex layers. It is possible to render anything into linguistic text precisely so long as the right words in right context are applied. However, texts are often lengthy in comparison with graphics.

In GUI software development, although designers tend to leave out as much text as possible, the fact is that many concepts are not possible to represent without natural linguistic text. The well-known proverb, "A picture is worth a thousand words," is true in some ways whereas it does not reflect the reality in some other cases. This is further illustrated by the following screenshots from the software of YWorks [2006].

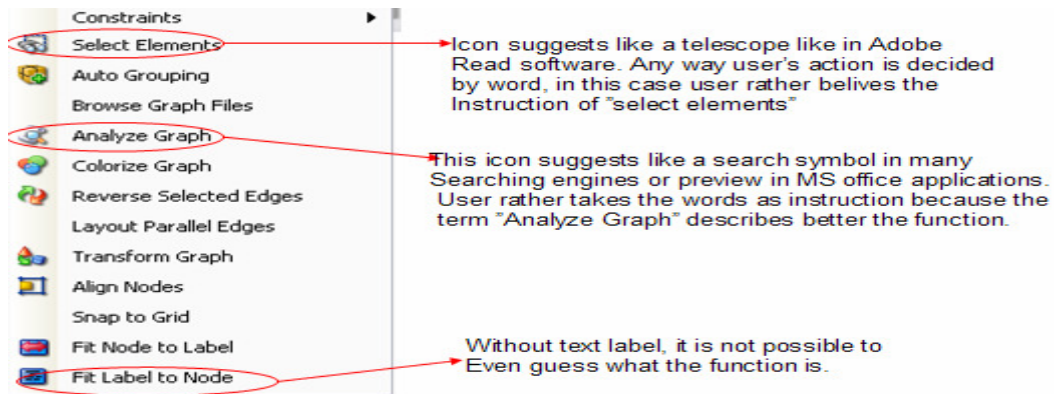


Figure 3. Iconic text labels and users' understanding. [YWorks, 2006]

The image displayed in Figure 3 shows that icons of "Select Elements", "Analyze Graph" and "Fit Label to Node" are not possible to be figured out without aids of the identical label texts.

So far, it looks as if that user text is as important in the communication of human-GUIs as normal natural languages in the communication of human-human. However, does it mean that any kind of user text in GUIs could help instruct and guide users effectively and efficiently to achieve their tasks? Is there any quality or usability question existing with user texts?

4. GUI user text usability

As mentioned earlier in this paper, there are numerous studies and guidelines on GUI usability. Nielsen [1994] has invented and revised his heuristic evaluation principles in order to throw lights to designers so that they could avoid mistakes in building up human friendly GUI applications. Norman [2002] has also proposed a set of good design principles in order to remind designers to create human centered interactive computer software. However, we have found little study on user text usability in terms of natural linguistics and rhetoric. Neither could we get much design guidelines of handbook style on how to design human friendly user texts in particular regarding their textual contents or choices of wording.

Hereinafter, I would like to apply the heuristic evaluation principles of Nielsen [1994], design principles of Norman [2002], cognitive science on human memory, perception and decision making [Eysenck and Keane, 2000] as well as my personal knowledge in the field of linguistics and interpersonal communications into the evaluation and analysis of some examples of poorly designed user text in GUIs in order to explore and bring forward practical guidelines of user text design.

4.1 Examples of poorly designed user text

4.1.1 Inconsistency in text and concept

In GUI user text contents, the same words are often used in different occasions to denote the same concepts whereas in some other cases, the same concepts are expressed with different words or synonyms. It is therefore not surprising, if users are naturally confused in these kinds of situations [Johnson, 2000]. They are forced to guess what does the software really mean by certain words instead of go ahead to concentrate on their own work. Thus, the efficiency and effectiveness in users' operation with software are hindered.

In evaluating customers' software, Johnson [2000, p. 190] found that the following list of words tends to be used interchangeably:

- 1) Properties, attributes, parameters, settings, resources
- 2) Welcome Window, Introduction Window
- 3) Version, revision
- 4) FAQ (Frequently Asked Questions), QNA (Questions and Answers)
- 5) Find, search, query, inquiry
- 6) Back to results, Back to search results
- 7) Arguments, args
- 8) Server, service
- 9) Exit, Quit
- 10) Order Size, Order Quantity, Qty
- 11) Stock Symbol, Instrument ID, Instrument, Instr Id.

When the same concept in an interface is expressed with any of these synonyms in different context, users might tend to think that concepts are different as well. Here is one more example as shown in Figure 4.

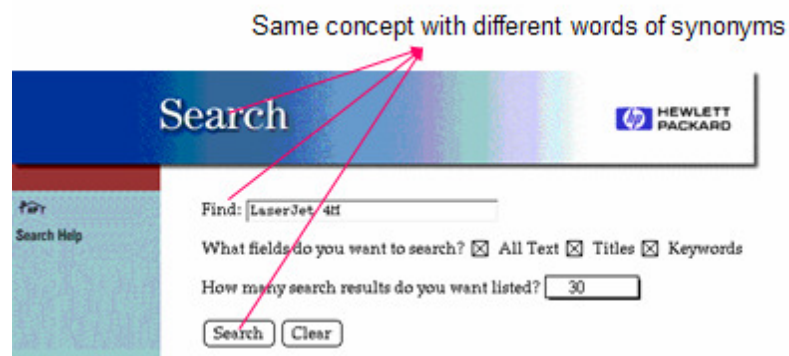


Figure 4. One concept in different words. [Hewlett Packard, 2005]

Figure 4 shows that 'search' and 'find' are used for the same concept as looking for information in the software context. However, two different words

are applied here confusing users in understanding the correct message the software conveys.

Another case is using the same term for different ideas. In my expert evaluations on some software, I came across more of such problems. The following screenshots in Figure 5 and Figure 6 are two examples among them. They are from the email system of Tampere University, on which I made an expert evaluation for this research purpose.

When "options" clicked from here, they are meant for message related settings.

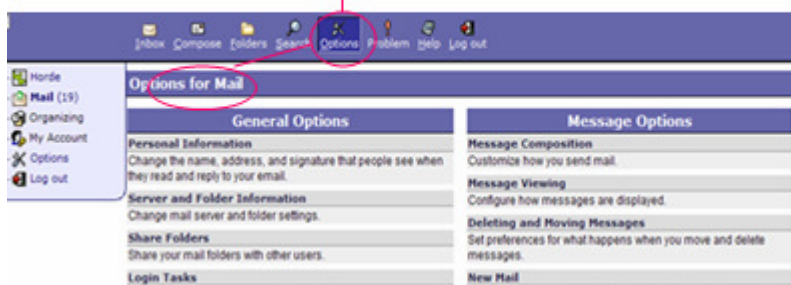


Figure 5. Tampere University's email system: 'Options' function.

"Options" in this context means personal settings such as display and time.

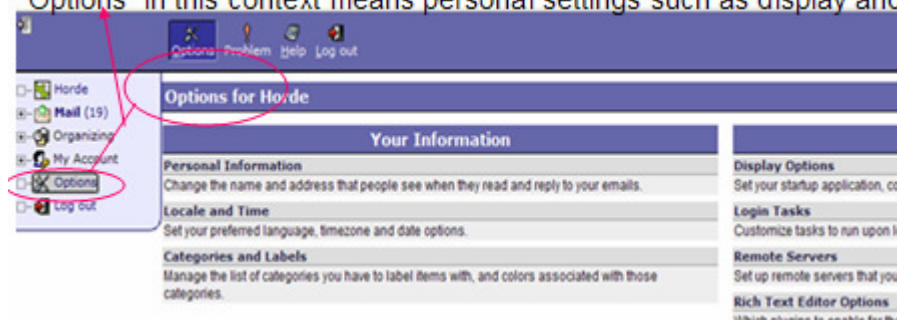


Figure 6. Tampere University's email system: another 'Options' function.

Figure 5 shows the function labeled as "options" accessed from the email system interface upper side selection buttons while Figure 6 shows a different function also labeled as "options" accessed from the left side selections in the same interface. In Figure 5, the "options" button is meant for users to customize their personal mailing arrangements such as message composition, viewing, deleting and displaying. However, in Figure 6, the "options" button is meant to access in making settings such as local time and editors. When the two different sets of concepts are labeled with the same word, it may be difficult for users to find the right operations effectively.

According to Johnson [2000, p. 190], inconsistencies are generally speaking generated by the "results from name changes during development". It may also be the case that inconsistency is caused by the failure in setting strict definitions for different functions in the software development project. Some words have

multiple meanings. When they are not defined carefully, the phenomenon of the same word for different concept occurs. On the other hand, in software development, when some functions are further developed on the basis of the original design while identical parts of documentation or texts are neglected to be updated accordingly, the problem of different words for the same concepts appears. All in all, as Johnson said, the most common cause is that there is no textual design implementation principle during the “conceptual design phase of development” [2000, p. 191].

4.1.2 Ambiguities

In some software, even words and concepts are designed consistently; it is still very difficult for users to understand. The followings are different occasions when this type of mistakes occurs.

Some texts applied in the same software in order to *convey different functions* have *similar meanings* making users difficult to distinguish their concepts. When Johnson [2000] was evaluating a web site for home seekers, he found that “Personal Planner” and “Personal Journal” were designed to have different concepts denoting two kinds of facilities. “Personal Planner” is for keeping personal information of site seekers while “Personal Journal” is for putting personal notes about homes they found from the site. No wonder the user test indicated that users were often confused by these two terms and their functions. [Johnson, 2000]

In some conditions, the ambiguities are caused because some concepts are defined to be too close to each other. Johnson [2000, p. 199] encountered in his previously mentioned home seeking web site evaluation test that “By location” and “by map” were meant to be “to name the state...one wanted to find a home” and “to point a location on a map” respectively. Test result showed that “Many participants did not distinguish between finding a home ‘by map’ vs. ‘by location’. This is not surprising at all as “by location” and “by map” do not differ more than how the location is defined in the Web site context.

Moreover, when the same iconic graph and concept are labeled in different texts, the ambiguities arise as well. In the following screenshot, the concept of making a new document is expressed in two different user texts even though there is only one icon. In this case, users might wonder if the concepts relating to the same icon are the same at all.

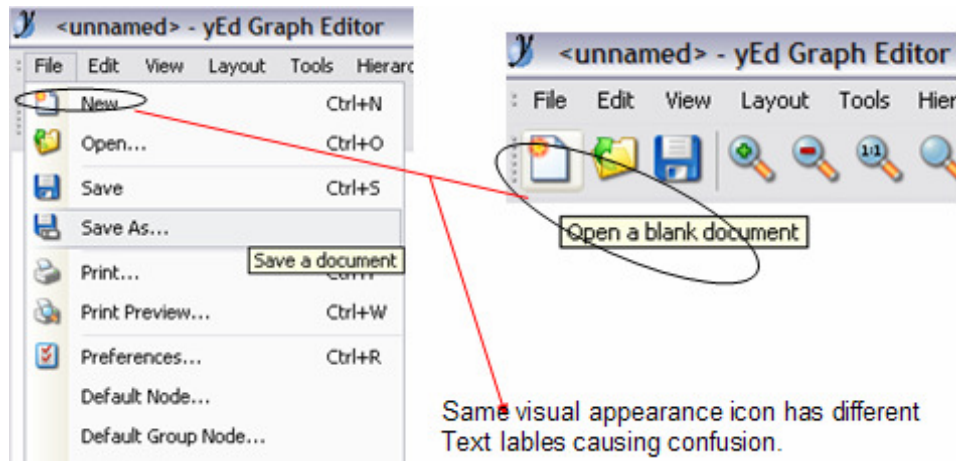


Figure 7. Different texts for same icon and concept. [YWorks, 2006]

Regarding Figure 7, when I was conducting an expert evaluation on the graph drawing application yEd Graph, I found that the graph icon representing the function of creating a new document is labeled as “New” while the tooltip of the same graph icon is labeled as “open a blank document”. It is difficult to flatter that the design is user friendly.

4.1.3 Jargon

What is jargon? According to Hirst [2003, p. 209], jargons are “the words and phrases invented and appropriated by science and technology do not constitute a separate language, nor can ‘scientific language’ in any sense, broad or narrow, legitimately stand aloof from the rules of good style that govern other kinds of discourse.” It is “very insulting indeed” to use jargons in non-scientific writings because they concentrate the energy of the reader’s mind on understanding the text itself rather than ease readers in obtaining the key message of communication with least efforts.

Incomprehensible jargons are often found to be used as user text in GUIs resulting that users are difficult to understand the functions denoted by them. The following screenshot from Microsoft Word is one of the examples of abusing jargon in GUIs.

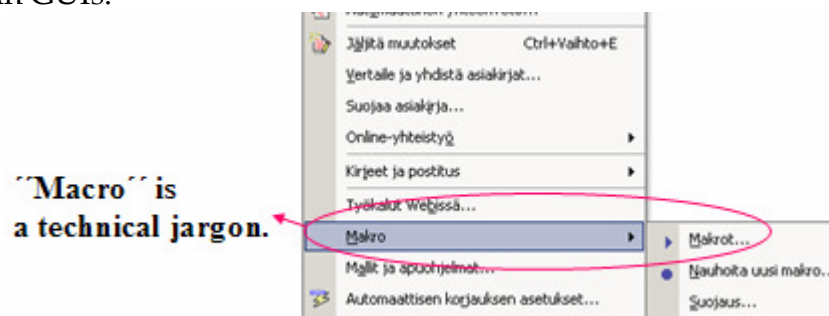


Figure 8. Jargon used in general purpose GUI. [Microsoft, 2003]

The text “macro” shown in Figure 8 is originally a technical term in the field of computer programming. When it is used in general purpose software such as Microsoft Word, normal word processing (which is the key function of Microsoft Word) normal users of no computer science background simply could not figure out what the function refers to. In my expert evaluation on the software, I was discouraged to explore the features of this function as I could not associate “macro” with any terms relating word processing. As a result, the “macro” feature in the Microsoft Word might not even be tried at all by many users.

4.2 Needs for guidelines

Examples of bad usability user text elaborated in Chapter 4.1 indicate that the poor usability of user text is a big problem in achieving user friendliness of GUIs. The problem should be analyzed, studied and improved in order to help obtain the goal of designing human centered GUI to benefit users at large.

We will start with looking at specific reasons causing poor examples mentioned in Chapter 4.1. Text inconsistency is accounted mostly by “name changes” during software development which were not updated in documentation or interface glossary. Sometimes it is seen that no product related vocabulary data is developed nor designed during the “conceptual design phase of development. [Johnson, 2000, p. 204] This is simply an issue of development project management as well as a careless attitude towards user text. Ambiguities are reflections of the failures in defining clearly distinguished concepts in the development processes and inability to express them in correct and neat language. Jargon in GUI user text seems to be the child of no knowledge in writing as a communication tool. In general, it looks as if the development user text for GUIs is neglected because many tend to think that user text is a trivial issue in GUIs.

We will then discuss guidelines for developing user text with good usability in GUIs in order to improve the situation.

4.3 User text design guidelines

On the basis of chapter 4.1, we further discuss important points to be aware of in designing user texts. We explore what kind of user text is user friendly. We search for texts that are best at describing the intentions of GUIs while giving the least trouble to users.

4.3.1 Use concise text

According to Eysenck and Keane [2000], the theory of cognitive science says that the human being’s perception of information and outside world is built up

on the structure of human memory. There are three types of human memory, namely sensory memory, working memory and long term memory in regard to the human information processing. Working memory's function is to interpret the data received by sensory memory. The interpreting process is vital for humans to perceive knowledge successfully. And memory is the infrastructure for humans' interpretation about knowledge. However, the working memory capacity is limited. This indicates that it is difficult for humans to remember and understand instructions if they are explained in complicated languages. In the case of GUI user texts, it suggests that rarely used words of many syllables might not be very helpful getting users to understand the GUIs. Conversely, simple short and familiar words are preferred to be used as user texts in alphabetical languages such as English in order to ease the cognitive load of users in their interpretations of the functions indicated [Hirst, 2003].

4.3.2 Use consistent text

Norman [2002, p. 13] advocated that "designers must ensure that everything about the product is consistent with and exemplifies the operation of proper conceptual model." Consistency provides the coherent content for users. This applies to user text design as well.

One of the key measures to ensure user text consistency is to develop, confine and document GUI product concepts of operation and functionalities at the very beginning of software development project. User text documentation should be updated in line with changes made into the software in time.

4.3.3 Avoid ambiguities

One of the "seven principles in transforming difficult tasks into simple ones" recommended by Norman [2002] reminds a designer to "get the mappings right" in designing products. In designing user text, this is a good principle to obey in order to avoid ambiguities. A good mapping in user text indicates that one concept is expressed in one set of text only. Constraints should be formed in creating concepts and user text identically in order to avoid overlapping concepts expressed in similar texts as seen from the previous example of "personal journal" and "personal planner".

In addition, the association between the meaning of user text in a certain GUI and the text meaning beyond the content of a certain GUI should be of one-to-one natural mapping. "Cut" "paste" and "delete" are good examples of natural mappings between the user text and the original meaning of the texts themselves in English language. Above all, in order to avoid effectively ambiguities of user text in GUIs, it is important to draw clear constraints for

products and assign precisely specified terms to respective concepts from the beginning of the software development.

4.3.4 Avoid jargon

As discussed earlier, jargon text requires a lot of mental energy from the users and discourages them from using the product. It is similar to mental persecution factor torturing the users. One effective way of avoiding using jargon in user text is to employ a professional usability specialist who has also a good command of the language that is required in GUIs. Programmers tend to be engaged too deeply into programming terminologies neglecting human natures in the communication between humans and GUIs.

4.3.5 Conduct user test

Moreover, it is of utmost importance to test our design of user texts with users from target groups. The user test on the user text can be conducted long before the software is released or even designed. The test result will tell if a specific GUI intended text glossary matches target users' vocabulary. If not, the text scheme should be modified because users' acceptance and understanding of the text design is vital for software to be successful.

The user test can be carried out in various economic ways. Test participants can be shown text and asked to explain what each text means to them. The developers should then compare the participants' understanding with the intended meanings designed for the GUI. Johnson [2000] suggested that participants can also be invited to play matching games of text and descriptions by arranging 3 x 5 cards or by connecting lines between user text and description on paper or in computer. In addition, the user text usability can be assessed during the GUI final usability test, or prototype usability test. User tests provide us with first hand data in evaluating the usability of user text. What is more, user tests help designer's mental model to be tuned more closely to that of the users. As a result, user texts which are tested with users are more users friendly contributing positively in achieving more human-centered GUI system.

5. Discussion

According to cognitive science, natural language expressions and graphics are external representations. Bernsen [1994] mentioned that the interpretations of external representations are parts of internal human cognitive process. In the process, natural language expressions are "non-arbitrary and non-analogue" data while graphics are "arbitrary and analogue". In addition, natural language is more focused while graphics are more specific in regard to representations

presented. This seems to suggest that **natural language and graphics are complementary** in expressing output information of GUIs. Therefore, the communication between users and GUIs will reach to a more satisfactory level when natural language medium such as user text works well hand in hand with graphics such as icons in GUIs.

Referring back to Chapter 2 about usability definitions, we interpret user text usability to be “**effectiveness, efficiency and satisfaction**” when users use the user text as a tool and media to perceive instructions and concepts denoted by GUI so that they can learn and operate GUI with satisfaction towards both their own achievements as well as the cooperative and obedient assistant, GUI

In connection with the definition, the metrics of user text usability are suggested to cover effectiveness, efficiency and satisfaction. The effectiveness of user text means the text carries the correct instructional meaning to the users so that they are able to operate GUI without mistake. The efficiency of user text indicates that the readability and understandability of the text is high. Users do not need to conserve mental effort in searching for internal representations of the text before an identical image is seen in the mind’s eye. Finally, the metric of satisfaction requires that the user text in GUI should create a positive emotional mood without stress to users and encourage users in learning and exploring the GUI system. After all, cognition and emotion are in constant interaction in everyday life [Routledge, 2000]. Therefore, we need to remember a human being’s positive emotion is very important in human’s actively learning new subjects and solving problems. User texts should be designed to help users engaging efficient interacting with GUIs in a positive emotional status.

In designing user texts for GUIs, we suggest to take into well account the metrics of user text usability. However, we should not forget that iconographies should definitely be considered as well in order to produce effective communication between humans and GUIs.

6. Conclusion

To sum up, user text plays an important role in the GUIs. It should be assumed to be an integral component of GUIs just as other components such as icons, menus, dialogues and windows. No GUI can achieve good usability without well designed user text. User texts and graphical contents are complementary for effective communications between humans and machines. And the design of user text requires professional expertise in usability studies and language proficiencies.

The design guidelines proposed in this paper help user text designing to be more logical and professional. However, they are preliminary. They need to be developed further in order to cover more various perspectives of user text usability so that more practical guidance of handbook style is available to user text designers. For the sake of improving these guidelines, we would continue to collect and analyze more cases of usability problems. Future work includes GUI iconographies design, cultural constraints of GUI localizations, and user text for different special groups such as senior citizens, young children and people with reading problems or low literacy in order to make more contribution to the world of user centered design.

Acknowledgement

I would like to thank Ms. Jenni Altonen and Mr. Robert Hollingsworth who have given me suggestions in the study of this topic.

References

- [Bernsen, 1994] Niels Ole Bernsen: Why are analogue graphics and natural language both needed in HCI? In: R. Paterno (Ed.): *Design, Specification and Verification of Interactive Systems*. Proceedings of the Eurographics Workshop, 8-10 June 1994, 165-179.
- [Bevan, 2001] Nigel Bevan, International standards for HCI and Usability. In: *Int. J. Human-Computer Studies*. Academic Press, **55**, 2001, 533-552. Available at <http://www.idealibrary.com>.
- [Chang *et al.*, 2002] Dempsey Chang, Laurence Dooley and Juhani E. Tuovinen. Gestalt theory in visual screen design: a new look at an old subject. In: *Proceedings of the Seventh world conference on computers in education conference on Computers in education: Australian topics 8* (2002), ACM, 5 - 12.
- [Dix, 2002] Alan Dix, Chapter 6 HCI in the software process. In: *Human-Computer Interaction, 3rd ed.* Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd and Russell Beale (eds.), Prentice Hall, 2002, 240.
- [Eysenck and Keane, 2000] Michael W. Eysenck and Mark T. Keane, *Cognitive Psychology: A Student's Handbook, 4th Ed.* Hove Taylor & Francis Routledge, 2000.
- [Hewlett Packard, 2005] Hewlett Packard Search engine, 1997. Accessed on December 10, 2005. Available as <http://search.hp.com/>
- [Hirst, 2003] Russel Hirst, Scientific Jargon, Good and Bad. In: *Journal of Technical Writing and Communication*. **33**, 3 (2003), 201-229.
- [Johnson, 2000] Jeff Johnson, Don'ts and Do's for software developers and Web designers. In: *GUI Bloopers*. Morgan Kaufmann, 2000. Available as http://www.acm.org/ubiquity/book/j_johnson_1.html.

- [Korfhage and Korfhage, 1986] Robert R. Korfhage and Margaret Korfhage, Criteria for iconic languages. In: *Visual Languages*. Shi-Kuo Chang, Tadao Ichikawa and Panos A. Ligomenides (Eds.), Plenum Press, 1986.
- [Lok, 2004] Simon Lok, Steven Feiner and Gary Ngai. Evaluation of visual balance for automated layout. In: *Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interface*. ACM.
- [Microsoft, 2003] Microsoft office word, Version 2003
Available as <http://office.microsoft.com/en-us/FX010857991033.aspx>
- [NASA, 2006a] Text, fonts and readability. Available as <http://www.grc.nasa.gov/WWW/usability/textfontcss.html>.
- [NASA, 2006b] What is Usability? Accessed on May 1, 2006. Available as <http://www.grc.nasa.gov/WWW/usability/usabilitycss.html>.
- [Norman, 2002] Donald A. Norman, *The Design of Everyday Things*, Basics Books, 2002.
- [Nielsen, 1994a] Jacob Nielsen, Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In: *Proc. ACM CHI'94 Conf.*, ACM, 1994, 152-158.
- [Shu, 1986] Nan C. Shu, Visual programming languages. In: *Visual Languages*. Shi-Kuo Chang, Tadao Ichikawa and Panos A. Ligomenides (Eds.), Plenum Press, 1986.
- [Stanford, 2006] Stanford-Poynter project, Eye Tracking Online news. Accessed on March 27, 2006.
Available as <http://www.poynterextra.org/et/i.htm>.
- [Microsoft, 2006] Visual Design. In: Design Specifications and Guidelines. Microsoft Cooperation, 2004. Available as <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnwue/html/ch14b.asp>.
- [Pollack, 2006] Andrew Pollack, Happy in the East (^_^) or Smiling :-) in the West. Available at <http://www.nytimes.com/library/cyber/week/0812smile.html>
- [Webopedia, 2006] Graphical user interface. Accessed on May 1, 2006. Available as http://www.webopedia.com/TERM/G/Graphical_User_Interface_GUI.html.
- [Yamato *et al.*, 2000] Masateke Yamato, Katurō Inoue, Akito Monden, Koji Torii and Ken-Ichi Matsumoto. Button selection for general GUIs using eye and hand together. In: *Proceedings of the working conference on advanced visual interfaces*, ACM, 270 – 273.
- [YWorks, 2006] yEd Graph Editor software version 2.2. Available as http://www.yworks.com/en/products_yed_about.htm.

Luottamuksen rakentaminen sähköisessä kaupankäynnissä

Antti Mattila

Tiivistelmä

Verkkokaupat ovat alati suurempi tekijä kaupankäynnissä. Kriittinen tekijä verkkokaupan menestykselle on sen luotettavuus. Tässä tutkielmassa on kartoitettu syitä sille, miksi jotakin kauppaa ei pidetä luotettavana ja mitä keinoja kaupalla on vakuuttaa asiakas luottamaan itseensä. Lisäksi esitellään kaksi luottamuksenrakentamismallia.

Avainsanat ja -sanonnat: Luottamus, luottamuksenrakentamismalli, sähköinen kaupankäynti.

CR-luokat: H.5.2

1. Johdanto

Nykypäivänä, kun tietoverkot ovat luonnollinen osa arkipäiväämme, on internetistä tullut suosittu alusta rahaliikenteelle niin kaupankäynti- kuin pankkiasiamielessäkin. Sähköiseen kaupankäyntiin keskittyneitä yrityksiä syntyi ennen vuosituhannen vaihdetta runsaasti vain mennäkseen konkurssiin muutaman vuoden jälkeen kuplan puhjetessa. Yksi suurimmista syistä siihen, miksi internetissä toimiva kaupankäynti ei synnyttänyt odotettua shoppailubuumia ihmisten keskuudessa oli se, että ihmiset eivät luottaneet nettikauppoihin. Ihmiset eivät uskaltaneet laittaa henkilökohtaisia tietojaan, kuten luottokortin numeroa kaupan internetsivuille koska luottamus joko yritystä tai käytettävää tekniikkaa kohtaan ei ollut tarpeeksi suuri.

Nykyään internetin kautta hoidetaan niin ostoksia kuin pankkiasioitakin. Näissä asiakkaan luottamus palveluntarjoajaan ja tekniikkaan täytyy olla kohdallaan, etenkin omia pankkiasioita käsiteltäessä. Palveluntarjoajan pitää saada rakennettua itsestään ja palveluistaan luotettava ja tehokas kuva, sillä ihmiset eivät käytä edes täysin turvallista ja luotettavaa järjestelmää, mikäli se käyttäjästä vaikuttaa millään lailla epäilyttävältä.

Syy siihen, miksi etenkin nyt luottamuksen rakentamisen keinoja tarvitsee kehittää, on palvelujen ja niiden käyttäjien kasvanut määrä. Kun ihmiset alkavat ostaa hyödykkeitä internetin kautta, käy helposti niin, että epärehelliset henkilöt saattavat nähdä mahdollisuutensa helppoon rahantekoon ilmaantuneen. Ihmiset lankeavat huijareiden hyvin naamioituihin ansoihin, he tilaavat ja maksavat tavaroita mitä kuitenkään eivät koskaan saa. Tällaiset lieveilmiöt yleistyvät aina helpommin, mitä enemmän mahdollisia uhreja on. Näiden huijausyritysten sekä suosituimmista ohjelmistoista ja

käyttäjärjestelmistä löytyneiden tietoturva-aukkojen alati kasvavan määrän johdosta sähköisten kauppojen toimintaa on yhä enemmän kyseenalaistettu muun muassa median toimesta.

Tässä tutkimuksessa on kartoitettu syyt luottamuksen menettämiseen sekä keinot sen ansaitsemiseen. Tutkimuksessa on myös esitelty kaksi erilaista luottamuksenrakentamismallia.

2. Luottamus

Tässä tutkimuksessani rajoitun tutkimaan luottamusta sähköisessä kaupankäynnissä B2C-näkökulmasta (*business to consumer*, liiketoiminnan harjoittajalta kuluttajalle). Konkreettisia esimerkkejä toimivista järjestelmistä ovat esimerkiksi pankkien internetpalvelut ja sähköisesti toimivat kirjakaupat.

Ilman kuluttajien luottamusta myyjään sähköinen kaupankäynti ei voi saavuttaa täyttä potentiaaliaan. Konkreettisesti, "oikeassa" maailmassa liiketoiminta voi kaatua toimipaikan ulkoiseen kuvaan. Yritys, joka saa kaupungin parhaalla paikalla olevan kiinteistön harjoittaakseen liiketoimintaansa, omaa selvän edun toiseen, joka joutuu tyytymään laitapaikkaan. Sähköisessä maailmassa erot tasoittuvat, kun saman mielikuvan luomiseen tarvitaan vähemmän resursseja. Oikea kuva on tärkeä, mutta se mitä sähköinen kauppa tarvitsee menestyäkseen, on kuluttajien luottamus. [Barnard and Wesson, 2003.]

Luottamus on termi, joka herkästi jätetään sen tarkemmin määrittelemättä eri tutkimuksissa, sen ymmärtäminen ikään kuin ajatellaan kuuluvan yleissivistykseen. Luottamus voidaan kuitenkin määritellä lukuisilla eri tavoilla. Luottamus on tahon halukkuutta altistua toisen tahon toiminnalle ja sen seurauksille [Mayer et al., 1995]. Luottamus voi olla myös odotus sille, että asiat, joihin toinen taho on sitoutunut, tulevat täytetyiksi [Rotter, 1971]. Edellinen määrittely on oleellinen etenkin niissä tapauksissa, missä luottavalla taholla ei ole kontrollia luotettavaan tahoon, mutta kuitenkin luottava taho on riippuvainen luotettavasta [Gefen, 2002]. Vaihtohtoisen määritelmän esittävät Lanford ja Hübscher [2004]. Heidän mielestään tahoon luottaminen tarkoittaa sitä olettamusta, että luotettava taho käyttäytyy asianmukaisesti, ottaa luottavan osapuolen näkökulman huomioon ja ei vahingoita luottavaa osapuolta. Tämä lähestymistapa luottamukseen on se, joka sopii parhaiten sähköiseen kaupankäyntiin: on saatava asiakkaat ajattelemaan, että he ovat kaupalle tärkeämpiä kuin itse myynti.

2.1. Luottamus sähköisen kaupankäynnin kontekstissa

Lanford ja Hübscher [2004] muodostavat luottamuksen kuudesta eri osasta: aikeista ja pätevyydestä, kontekstista, yhteistyöstä, epävarmuudesta, suhteen pituudesta ja maineesta.

Aikeilla ja pätevyydellä he tarkoittavat esimerkiksi sitä, että internetkaupan sivusto näyttää siistiltä, ei sisällä rikkinäisiä linkkejä ja maksamisprosessi on selkeä. Harvoin taho luottaa toiseen kaikissa asioissa, esimerkiksi ihminen saattaa luottaa terveysasioissa lääkäriinsä, mutta raha-asiansa hän uskoo pankin haltuun. Tätä Lanford ja Hübscher tarkoittavat kontekstilla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kuluttaja ei ajattele voivansa luottaa internetkauppaan ostaakseen tuotteita, vaan voivansa luottaa internetkauppaan ostaakseen tiettyjä tuotteita.

Yhteistyö voidaan ajatella luottamuksen perustana. Kuitenkin taho voi tehdä yhteistyötä toisen tahon kanssa luottamatta siihen, vain vaihtoehtojen puutteesta johtuen [Lanford ja Hübscher 2004]. Tästä esimerkkinä antiikkitarvikkeet ja internethuutokaupat, joissa harvoin voi varmistua myyjän aikeista. Epävarmuus liittyy luottamukseen Lanfordin ja Hübscherin mukaan siten, että luottamuksesta muodostuu merkittävä tekijä vain silloin, kun epävarmuutta on havaittavissa.

Liikesuhteen pituus on myös luonnollisesti osa luottamusta. Mitä pidempi suhde on, sitä suuremmaksi luottamus tahojen välillä kasvaa, koska mikäli luottamus olisi pienentynyt ajan kuluessa, olisi suhdekin väistämättä loppunut. Lisäksi pitkä suhde on ennuste siitä, että suhde jatkuu myös pitkälle tulevaisuuteen. Viimeinen Lanfordin ja Hübscherin mainitsema osa luottamusta on maine. Maine käsitetään havaittuna luotettavuutena [Hardin, 2001]. Uusia suhteita luotaessa käytetään usein hyväksi muiden tahojen suosituksia. Muut luotetut tahot voivat olla esimerkiksi henkilön lähipiiristä tai tiettyjä luotettavuussertifikaatteja, kuten esimerkiksi VeriSign tai TRUSTe.

3. Epävarmuuden aiheuttajat sähköisessä kaupankäynnissä

Luottamuksen ja riskien suhde on läheinen. Voidaan jopa sanoa, että luottamus voi olla olemassa ainoastaan silloin, kun epävarmuutta ja riskejä on havaittavissa ympäristössä [Zeng et al., 2005]. Seuraavassa käsitellään riskejä kuluttajan näkökulmasta.

Selatessaan internetkaupan sivuja, asiakas voi törmätä moneen seikkaan, jotka aiheuttavat hänessä epävarmuuden tunteen. Nämä riskit voidaan jakaa pääpiirteittäin kahteen ryhmään, ennen ostoa kohdattavat ja ostotapahtuman jälkeen kohdattavat riskit. Epävarmuutta ennen ostamista aiheuttaa esimerkiksi se, että asiakkaat eivät ole kasvotusten myyjän kanssa, toisin kuin

konkreettisessa maailmassa olevassa liikkeessä. Tuotteista on nähtävillä kuvia ja mahdollisesti myös tarkempaa tietoa, mutta itse tuote ei ole käsin kosketeltavissa. Tästä johtuen myös myyntiartikkeleiden vertailu on hankalaa. Lukuisista tukimuodoista, kuten sähköpostituesta ja usein kysytyjen kysymysten listasta huolimatta oikean myyjän kanssa ei ole mahdollista olla kanssakäynnissä. [Araujo and Araujo, 2003.]

Asiakas saattaa myös olla epävarma siitä, mitä ostotapahtuman jälkeen tulee tapahtumaan. Näihin kuuluu epätietoisuus siitä, tuleeko tilattuja tuotteita saamaan ja missä ajassa sekä epävarmuus luovuttaa henkilökohtaisia tietojaan (kuten luottokortin numero). Asiakkaalla ei ole mitään takeita siitä, mihin tietoja käytetään, sillä kun hän on ne kerran lähettänyt myyjälle, ei edes tilauksen peruminen poista tietoja myyjän asiakasrekisteristä. Asiakas saattaa myös epäillä, miten myyjä suhtautuu mikäli asiakas haluaakin palauttaa viallisen tuotteen takaisin myyjälle. Lisäksi asiakas ei voi millään tavalla olla varma siitä, että myyjä tulee veloittamaan hänen luottokorttiltaan juuri oikean summan. [Araujo and Araujo, 2003.]

4. Kuluttajan luottamuksen lähteet

Chenin ja Dillonin [2003] mukaan kuluttajan luottamuksen lähteet voidaan jakaa neljään osaan: kuluttajaan, myyjään, kaupan internetsivustoon ja vuorovaikutukseen perustuvat tekijät.

4.1.1. Kuluttajalähtöiset luottamukseen vaikuttavat tekijät

Jokaisen ihmisen ollessa yksilö, luottamus rakentuu varsin yksilökohtaisesti. Chen ja Dillon [2003] ehdottavat mallia, jonka mukaan luottamus sähköisen kaupan kontekstissa muodostuu neljästä tekijästä: yksilön taipumuksesta luottaa mihinkään, yksilön asenteesta internetkauppaan, yksilön aiemmista ostoskokemuksista sekä yksilön henkilökohtaisista ominaisuuksista.

Ensimmäisenä yksilön taipumus luottaa ylipäänsä mihinkään muodostuu jo lapsuuden aikana. Tällöin pääasiallisina vaikuttajina luottamuskuvan muodostumiseen toimivat lapsen huoltajat [Bowlby, 1973].

Seuraavana tekijänä Chen ja Dillon mainitsevat yksilön asenteen internetkauppaa kohtaan. Asenne muodostuu siitä, miten yksilö on hyväksynyt internetin kauppa-alustana ja kuinka hyödylliseksi hän näkee sen [Shim et al., 2001].

Kolmantena tekijänä mainitaan yksilön aiemmat ostoskokemukset. Shim ja Drake [1990] havaitsivat, että henkilöt, joilla oli vahva aikomus suorittaa ostoksensa internetissä, olivat myös sellaisia, joilla oli kokemusta muun muotoisesta etämyynnistä, kuten postimyynnistä. Näillä henkilöillä oli myös

aiempaa kokemusta tietokoneiden käytöstä. Lisäksi Miyazaki ja Fernandez [2001] havaitsivat, että henkilöillä, joilla oli kokemusta sekä internetin että etämyynnin käytöstä, oli korkeampi luottamus internetkauppoja kohtaan.

Viimeisenä kuluttajaan liittyvänä tekijänä Chen ja Dillon [2003] mainitsevat yksilön henkilökohtaiset arvot, sukupuolen, iän ja koulutuksen. Yksilön kohdatessa uusia asioita, he siirtävät havaitsemansa arvot omaan arvojärjestelmäänsä ja arvioivat niitä suhteessa niiden tärkeyteen [Rokeach, 1973]. Jos yksilö arvostaa esimerkiksi lojaalisuutta ja rehellisyyttä, hän etsii niitä samoja asioita suhteissaan muiden kanssa. Myös muiden henkilökohtaisten ominaisuuksien, kuten sukupuolen, on havaittu vaikuttavan luottamuksen syntymiseen. Johnson-George ja Swap [1982] havaitsivat, että mies- ja naispuoliset henkilöt etsivät eri ominaisuuksia toisesta osapuolesta arvioidessaan toisen tahon luotettavuutta. Ikä ja koulutus ovat myös tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat luottamuksen syntyyn.

4.1.2. Myyjälähtöiset luottamukseen vaikuttavat tekijät

Yrityksen koko vaikuttaa sen luotettavuuteen kuluttajan silmissä. Suuri koko ja markkinaosuus kertoo yrityksen omaavan suuren asiakaskannan. Kuluttajat luonnollisesti päättelevät, että koska suuret yritykset voisivat aiheuttaa itselleen merkittäviä kustannuksia epäluotettavan käyttäytymisen takia, on järkeä luottaa suuriin yrityksiin [Chen and Dillon, 2003]. Myös se, kauanko yritys on toiminut tuo osansa yrityksen luotettavuuteen. Mitä kauemmin yritys on voinut olla mukana liiketoiminnassa, sitä luotettavampi sen täytyy olla [Chen and Dillon, 2003].

Yrityksen maine on sen luottamuksen mittari. Mikäli yritys käyttäytyy jotain asiakastaan kohtaan toisin kuin sen maine edellyttäisi, kyseinen asiakas laittaa sanan herkästi kiertämään. Kun sana kiirii yhä edemmäs, saa yhä useampi ihminen tietää yrityksen huonosta käyttäytymisestä.

4.1.3. Internetsivustolähtöiset luottamukseen vaikuttavat tekijät

Perinteisessä kaupankäynnissä myyjän myyntiartikkelin tuntemus, myyntitaidot, kokemus sekä muut henkilökohtaiset taidot kuten rehellisyys, karisma ja asiakaspalvelualltius vaikuttavat myynnin onnistumiseen ja luottamuskuvan rakentamiseen. Sähköisessä kaupankäynnissä internetsivuston on tämä sama myyjä. Koska inhimillisiä piirteitä on hankala siirtää sähköiseen muotoon, Chen ja Dillon pitävät merkittävänä sitä, että sivuston ulkoasu ja rakenne ovat kunnossa. Onnistuakseen myyjän roolissa sivuston on oltava toimiva, käytettävä, esteettinen, luettava sekä helppokäyttöinen.

Kirjallisuudessa on lanseerattu käsite instituutioperustainen luottamus (engl. *institution-based trust*) [Chen and Dillon, 2003]. Tällä tarkoitetaan sitä, että

sivusto voi pitää sisällään takeita siitä, että asiointi kyseisen yrityksen kanssa johtaa toivottuun lopputulokseen. Tällaisia vihjeitä voivat käytännössä olla esimerkiksi rahat takaisin –palautusoikeus, toimitusehdot, oikeiden yhteystietojen saatavuus tai kolmansien osapuolien vakuutuksia tai sertifikaatteja.

4.1.4. Vuorovaikutuslähtöiset luottamukseen vaikuttavat tekijät

Luottamukseen vaikuttaa myös kauppiaan ja kuluttajan välillä käyty vuorovaikutus. Tässä suhteessa asiakas saa tietoa yrityksen pätevyydestä ja kyvyistä, joiden perusteella luottamus kyseistä yritystä kohtaan kasvaa tai laskee.

Sähköisessä kaupankäynnissä Chen ja Dillon [2003] erottelevat neljä keskeistä tekijää, jotka vaikuttavat luottamuksen syntymiseen vuorovaikutuksen aikana. Näitä ovat saadun palvelun laatu, kuluttajan tyytyväisyys, suhteen pituus sekä niin kutsuttu seurustelu-aika (engl. *courtship*), jolla tarkoitetaan kaupan kuluttajalle kohdistamia markkinointitoimenpiteitä.

5. Luottamus ja käytettävyys

Käytettävyys mielletään helposti merkittäväksi tekijäksi luottamuksen aikaansaamisessa. Internetkaupan käytettävyttä voidaan analysoida tiettyjen ominaisuuksien valossa. Alan yleisimmin käytetyt heuristiikat on kehittänyt Jacob Nielsen [1994], joista Lanford ja Hübscher [2004] ovat nostaneet esiin kuusi tärkeintä. Näitä ovat opittavuus, tehokkuus nopeusmielessä, tehokkuus hyötymielessä, muistettavuus, tyytyväisyys sekä virhealttius.

Opittavuudella (engl. *learnability*) tarkoitetaan sitä, kuinka helppoa sivuston käyttö on oppia. Tehokkuus nopeusmielessä (engl. *efficiency*) tarkoittaa esimerkiksi sitä, kuinka nopeasti käyttäjä kykenee ostamaan tietyn tuotteen, mukaan lukien maksuprosessi. Tehokkuus hyötymielessä (engl. *effectiveness*) puolestaan merkitsee sitä, kuinka helppoa on suorittaa tiettyjä asiakokonaisuuksia, esimerkiksi yhteensopivien tietokoneenosien ostaminen. Muistettavuutta (engl. *memorability*) mitattaessa tutkitaan, miten helppoa käyttäjän on muistaa kuinka sivustoa käytetään sekä tarvetta opiskella käyttöä uudestaan myöhemmillä vierailukerroilla. Tyytyväisyys (engl. *subjective satisfaction*) viittaa käyttäjän yleiseen tyytyväisyyteen sivuston suhteen ja siihen, pitääkö käyttäjä sivuston käyttämisestä vai ei. Viimeiseksi virhealttiudella tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin internetkauppa auttaa käyttäjää palautumaan mahdollisesti tekemistään virheistä, esimerkiksi väärän tuotteen poistamista ostoskorista. [Lanford and Hübscher, 2004.]

5.1. Luottamuksen aikaansaaminen valokuvien avulla

Perinteisestä kaupankäynnistä poiketen, sähköisissä kauppapaikoissa käyttäjällä ei ole mahdollisuutta saada henkilökohtaista palvelua oikealta ihmiseltä kasvotusten. Tähän inhimillisen vuorovaikutuksen puutteeseen on Nielsen [1999] ehdottanut valokuvien ja yrityksen taustatietojen lisäämistä sivustolle. Aihetta on tutkittu jonkin verran, mutta ristiriitaisin tuloksin.

Steinbrück et al. [2002] loivat internetissä toimivasta pankkipalvelusta kolme erilaista versiota tutkimustaan varten. Ensimmäisessä etusivulla oli valokuva henkilöstä, ja kuvan alla luki hänen olevan asiakaspalvelusta vastaava. Toisessa versiossa etusivulla oli sama kuva, mutta ilman kuvatekstiä. Kolmannessa versiossa ei ollut kuvaa eikä tekstiä laisinkaan. Tutkimuksessaan he testasivat sivustoa 45:llä testihenkilöllä. Tuloksena oli, ehkä odotetusti, että luotettavimmaksi arvioitiin ensimmäinen vaihtoehto, toiseksi luotettavimmaksi toinen vaihtoehto ja epäluotettavimmaksi kolmas vaihtoehto.

Kuitenkin mielenkiintoista on, että Riegelsberger ja Sasse [2002] tutkivat samaa asiaa samaan aikaan, saaden hieman erilaisia tuloksia. He tekivät tutkimustansa varten saksalaisesta internetkaupasta (Amazon.de) version, johon he lisäsivät kuvia usealle eri sivulle: viimeiselle ostosten maksusivulle kuvan asiakkaasta vastaanottamassa tilaustaan, tuotekuvaussivulle kuvan, nimen ja sähköpostiosoitteen kyseisestä tuoteryhmästä vastaavasta henkilöstä, ensimmäiselle ostosten maksusivulle kuvan, nimen, sähköpostiosoitteen ja puhelinnumeron asiakaspalveluvastaavasta, sekä erilliselle sivulle valokuvia sekä taustatietoa yrityksestä itsestään.

Tulosten perusteella Riegelsberger ja Sasse kykenivät jakamaan testaamansa käyttäjät kahteen ryhmään, ostoksia tekeviin ja ostoksia tekemättömiin. Edelleen nämä kaksi ryhmää olivat jaettavissa kahteen ryhmään. Ostoksia tekevät jaettiin suhteita hakeviin ja toiminnallisuutta hakeviin, ja ostoksia tekemättömät jaettiin hyötyä havaitsemattomien sekä luottamuksen puutteesta potevien ryhmiin.

Näistä ryhmistä valokuviin suhtautui positiivisesti suhteita hakevat sekä hyötyä havaitsemattomat. Suhteita hakevat eivät kokeneet valokuvien kasvattavan luottamustaan kauppaa kohden, mutta ne auttoivat luomaan syvemmällisen suhteen kaupan kanssa. Hyötyä havaitsemattomat puolestaan suhtautuivat ryhmistä positiivisimmin valokuviin, mutta heidän mielestään internetistä ostamisen hyödyt eivät ole suuremmat kuin tavallisista kaupoista ostamisen, ja näin ollen ostokset internetin kautta jäävät tekemättä.

Negatiivisesti valokuviin suhtautuivat toiminnallisuutta hakevien ja luottamuksen puutetta potevien ryhmät. Toiminnallisuutta hakevat kokevat, että valokuvat ainoastaan häiritsevät heidän ostoskokemustaan. Luottamuksen

puutetta potevat taas näkevät valokuvat vain asiakkaiden manipulointina. [Riegelsberger and Sasse, 2002.]

Valokuvien käyttö luottamusta lisäävänä tekijänä on siis näiden tutkimusten valossa kaksiteräinen miekka. Kuitenkin huonot puolet voidaan nähdä hyviä puolia pienempänä asiana, joten valokuvien asianmukaisella käytöllä on pikemminkin luottamusta kasvattava kuin sitä heikentävä vaikutus sähköisessä kaupankäynnissä.

5.2. Brändäys

Merkki tai brändi voidaan käsittää uskomuksena siitä, että tietty tuote tai liike tuottaa asiakkaalleen tietyn tyydytyksen. Kuluttajalle se voi merkitä jotain, mikä erottaa tietyn tuotteen tai liikkeen kaikista muista vaihtoehdoista, kun taas kauppiaille se tarkoittaa tiettyä tuotemerkkiä, johon kuuluviin tuotteisiin kuluttajat liittävät laadukkaan mielikuvan. [Araujo and Araujo, 2003]

Kun reaali maailman liike on luonut tietyn laadukkaan maineen joko itselleen tai tuotemerkilleen, se voi internetkauppaa perustaessaan harkita brändin siirtoa sähköisesti kaupattavaksi. Kun kuluttaja yhdistää tuotemerkin, siihen liittyvän maineen ja internetkaupan, hän saattaa luottaa siihen yhtä lailla kuin reaali maailman versioon tunnistaessaan brändin. Saadakseen siirrettyä tuotemerkin internetiin, Araujo ja Araujo [2003] ehdottavat yrityksille seuraavia keinoja:

- Mikäli yrityksellä on tunnistettavissa olevia logoja, värejä, kirjasimia tai muuta vastaavaa, näitä tulisi käyttää myös internetsivustolla.
- Sivuston täytyy näyttää ammattimaiselta ja asianmukaiselta.
- Yrityksestä tulisi antaa yhteys- ja taustatiedot asiakkaille.
- Hintojen tulisi olla järkeviä ja tuotteiden laadukkaita.
- Kuluttajien odotukset sivustosta tulisi täyttää tai jopa ylittää.

Mikäli asiakas tunnistaa tuotteen tai tuotemerkin, hän saattaa luottaa sitä myyvään internetkauppaan, vaikka ei kyseistä kauppaa sen tarkemmin tuntisikaan. Kuitenkin, kuten Araujo ja Araujo esittävät, jos asiakas ei tunne tuotteeseen liittyvää tuotemerkkiä, vaikka sitä myyvä internetkauppa olisikin tuttu ja luotettavaksi tiedetty, asiakas saattaa kieltäytyä ostamasta tuotetta. Tästä johtuen tuotteiden brändäys auttaa hävittämään riskien ottamisen tunnetta antamalla asiakkaalle luotettavuuden tunteen tuotetta kohtaan [Araujo and Araujo, 2003].

Yrityksillä, joilla ei ole mainetta konkreettisesti maailmassa, voivat käyttää kolmansia osapuolia apuna vakuuttaakseen asiakkaalle olevansa laadukkaan palvelun tarjoajia. Tähän Araujo ja Araujo tarjoavat seuraavia toimenpiteitä:

- Sivustolle voidaan kerätä asiakkailta saatuja positiivisia palautteita. Näiden todenmukaisuutta voidaan painottaa esimerkiksi palautteen antajan koko nimellä, valokuvalla tai kotikaupungilla.
- Mikäli yritys on saanut palkintoja tai tunnustuksia, ne voidaan esittää sivustolla.
- Jos yritys jollain tapaa liittyy toisiin, tunnetumpiin yrityksiin (esimerkiksi maahantuojaan roolissa), tieto tästä voidaan mainita sivustolla.
- Yritys voi vertailla kilpailijoiden kanssa itseään, tuotteitaan tai palveluitaan. Mikäli vertailun tulos on positiivinen yrityksen kannalta, voidaan näitä tuloksia käyttää sivustolla.
- Mikäli yritys on hankkinut itselleen sertifikaatteja, vaikkapa VeriSign tai TRUSTe, näistä on hyvä laittaa maininta sivustolle.

6. Luottamuksenrakentamismalleja

Seuraavassa käydään läpi kaksi erilaista luottamuksenrakentamismallia, joita noudattamalla verkkokauppa voi saavuttaa kuluttajan luottamuksen.

6.1. Lanfordin ja Hübscherin malli

Vaikka käytettävyys on edellytys internetkaupan menestymiselle [Nielsen, 2001], käytettävyys ei kuitenkaan ole ainoa tekijä luottamuksen aikaansaamiseksi. Sivusto täytyy siis suunnitella helposti käytettäväksi, mutta myös luotettavaksi. Tätä varten Lanford ja Hübscher [2004] ovat esittäneet omat varsin kattavat suuntaviivansa, jotka käydään seuraavassa läpi.

Ensimmäisenä asiakkaan odotusten täyttäminen. Tuotekuvausten tulee olla tarkkoja ja oikeudenmukaisia, jotta asiakas välttyy yllätyksiltä saadessaan tilaamansa tuotteen. Teknisen kompetenssin osoittaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että sivuston tulee toimia täydellisesti. Esimerkiksi rikkiiniset linkit ja oikeinkirjoitus tulee tarkistaa ja korjata. Sähköisen kaupan tulee asettaa asiakkaan tarpeet omien tarpeiden edelle. Asiakkaalle tulee tarjota hänen etujaan palvelevia palveluita, kuten palautusoikeus ja tuotearvosteluita. Lisäksi asiakkaalle tulee antaa mahdollisuus antaa palautetta ostotapahtuman jälkeen.

Tiettyjä tuotteita on hankalampi myydä verkossa kuin oikeassa, konkreettisessa liikkeessä. Internetkauppaa perustettaessa tulee ottaa huomioon lähestymistavan erilaisuus verrattuna perinteiseen kaupankäyntiin. Esimerkiksi autojen myyminen internetin kautta saattaa osoittautua hankalammaksi kuin perinteisesti kasvotusten. Asiakkaan ottama riski tulee minimoida, asiakkaalle tulee tarjota helposti saataville toimitusehdot ja rahan siirtämisessä käytettävät transaktiot tulee olla suojattu ulkopuolisilta.

Asiakkaan pitää voida tuntea olonsa turvalliseksi kirjoittaessaan luottokortin numeroaan ja muita henkilökohtaisia tietojaan myyjälle.

Kaupan tulee pyrkiä pienentämään asiakkaan mahdollista epäröintiä päätöstenteossa ostoksiensa suhteen. Kuten Nielsenin ja Mackin [1994] käytettävyyssopit kertovat, järjestelmästä pitää olla helposti tulkittavissa mitä seurauksia ja mahdollisia sivuvaikutuksia toiminnolla on. Kun nämä ovat havaittavissa, epäröinti sivustoa käytettäessä pienenee. Asiakkaan tulee antaa hallita ostostapahtumaa. Asiakkaan pitää saada vapaasti esimerkiksi painaa selaimen back-nappulaa ilman että se vaikuttaa vaikkapa ostoskorin toimintaan.

Kun tarpeettomien päätösten teettäminen asiakkaalla poistetaan, sivustosta saadaan käytettävämpi, se nopeuttaa sivuston käyttöä ja vähentää potentiaalisia virhetilanteita. Henkilökohtaisia ja luottokorttitietoja tulee kysyä käyttäjältä vasta kun siihen ilmenee oikea tarve, eli ostotoimenpiteen lopussa. Asiakkaita ei tule pakottaa luomaan käyttäjätunnusta sivustolle voidakseen suorittaa ostoksia tai selataksaan tuotteita.

Alentaakseen kynnystä ostosten maksamiseen, kauppa voi harkita riskialttiiden toimenpiteiden siirtoa kolmansille osapuolille. Maksuliikenteen hoitaminen voidaan ulkoistaa asiakkaalle valmiiksi tutulle ja luotetuksi tiedetylle yritykselle, kuten vaikkapa PayPalille.

Kaupan tulee pyrkiä rakentamaan mahdollisimman pitkäaikainen suhde asiakkaan kanssa; asiakkaalle tulee antaa niin hyvä ostoskokemus, että hän palaa vielä uudestaan. Etenkin internetissä toimivan kaupan kohdalla asiakkaan on erityisen helppo lähteä ja olla palaamatta koskaan takaisin. Pitkän suhteen rakentamisessa voi käyttää apuna esimerkiksi etuja vanhoille asiakkaille hinnanalennusten muodossa.

Lopuksi Lanford ja Hübscher [2004] mainitsevat hyvän maineen luomisen ja ylläpidon. Tämä tapahtuu käytännössä eri mainoskanavien, kuten lehtien ja television kautta. Jos asiakas on kuullut internetkaupan nimen tai lukenut siitä, hänen on todennäköisempää koittaa sitä.

6.2. Barnardin ja Wessonin malli

Barnard ja Wesson [2004] ovat kehittäneet omat ohjesääntönsä sille, miten sähköisestä kauppasivustosta saadaan luottamusta herättävä. Malli on jaettu kuuteen osaan, tuotetyyppisivuihin, tuotesivuihin, luottamukseen, asiakastukeen, ostoskoriin ja tilaukseen sekä myyntistrategioihin. Seuraavassa käydään tämä malli lävitse.

Tuotetyyppisivuilla Barnard ja Wesson tarkoittavat sivurakenteessa ylempänä olevia sivuja, jotka jakavat koko kauppasivustoa lohkoihin. Tähän kategoriaan he ehdottavat kuutta ohjesääntöä. Sivuston ensimmäisen sivun

tulisi selkeästi kuvata, mitä kauppa myy ja etusivulta tulisi olla linkit kaikkiin tärkeitä tietoa sisältäviin sivuihin. Myytävien artikkeleiden luokittelu ja ristiviitteet pitäisivät olla kunnossa; esimerkiksi tulostinsivulta pitäisi helposti päästä värikasettisivulle. Tuotteita listaavilta sivuilta pitäisi saada mahdollisimman hyvä käsitys siitä, mitä kaikkia tuotteita on saatavilla sekä tieto siitä, onko tuotteita varastossa. Kategoriasivuille tulisi myös lisätä kuvia kertomaan, minkä tyyppisistä tuotteista on kysymys. Lisäksi asiakkaalle tulisi antaa mahdollisuus vertailla eri tuotteita, esimerkiksi taulukkojen tai vaikkapa jonkinlaisen vertailusovelluksen avulla.

Toinen osa Barnardin ja Wessonin mallissa on tuotesivut. Tuotesivuilla tulisi luonnollisesti olla tarkat, ymmärrettävissä olevat tiedot myytävistä tuotteista. Tuotteesta pitäisi olla selkeä kuva, josta asiakas voi tarkistaa vaikkapa tietokoneen USB-porttien lukumäärän. Kaikki kulut, joita tuotteen tilaamisesta koituu, tulisi ilmaista selkeästi asiakkaalle. Takuuehdot tulisivat olla saatavilla. Mikäli tuotteeseen liittyy joitain valinnaisuuksia, kuten esimerkiksi eri väri vaihtoehtoja, nämä pitäisi luetella tuotesivulla. Asiakkaan tulisi ensin joutua valitsemaan nämä vaihtoehdot ennen tuotteen lisäämistä ostoskoriin.

Luottamus esitetään kolmantena osana Barnardin ja Wessonin mallia. Yrityksen tulisi tarjota sivuillaan tietoa omasta toiminnastaan sekä konkreettiset yhteystiedot, tarkoittaen siis muutakin kuin vain sähköpostiosoitteen. Kaupan pitäisi ilmaista kuluttajalle sivuillaan kaikki mahdolliset kulut, joita kaupassa asiointissa saattaa koitua. Tämä sisältää siis esimerkiksi verot ja toimituskulut. Tuoteinformaation tulisi olla riittävää ja oikeellista. Koska internetsivut ovat ainoa asia, mitä asiakas yrityksestä näkee, tulisi niiden olla ammattimaisen näköiset ja toimivat. Kaikki takuisiin ja yksityisyyden suojaan liittyvät selvitykset pitäisivät olla selkokielellisiä ja helposti saatavilla olevia. Asiakkaille tulisi tehdä selväksi, mitä heihin liittyvää tietoa milloinkin tarvitaan, miksi sitä tarvitaan ja mihin sitä käytetään. Palvelun tietoturva pitäisi olla luonnollisesti kunnossa, ja tilaamiselle tulisi olla vaihtoehtoisia tapoja, kuten esimerkiksi faksin tai sähköpostin kautta tilaaminen.

Neljäntenä tekijänä Barnardin ja Wessonin mallissa on asiakastuki. Asiakkaiden odotusten täyttäminen on tärkeä osa asiakastukea. Asiakasta tulisi palvella ostotapahtuman joka vaiheessa; ennen sitä, sen aikana sekä vielä jälkeenkin. Asiakkaan tulisi kyetä ajattelemaan, että missä tahansa vaiheessa hän voisi ottaa yhteyttä yrityksen asiantunteviin asiakaspalvelijoihin.

Ostoskoritoiminnallisuus ja tilauksen tekeminen ovat viides osa Barnardin ja Wessonin mallia. Kun internetkaupoissa ostoskoritoiminnallisuus alkaa olla

jo enemmän sääntö kuin poikkeus, tulisi kaupan tarjota asiakkaalle tuki tähän toimintoon. Asiakkaalle tulisi ilmoittaa, kun ostoskoriin on tullut lisättyä tuotteita. Asiakkaiden pitäisi pystyä tarkastelemaan ja muokkaamaan ostoskorin sisältöä. Lisäksi varsinaisen tilauksen jälkeen asiakkaalle tulisi esittää vahvistus tilauksen vastaanottamisesta vähintään kahdella eri tavalla, esimerkiksi ilmoituksena internetsivuilla heti tilauksen teon jälkeen, ja vahvistus vielä sähköpostitse jälkikäteen.

Viimeisenä kohtana mallissaan Bernard ja Wesson mainitsevat myyntistrategiat. Näillä he tarkoittavat kaikkea, mitä asiakkaita saadaan houkuteltua sekä tekemään ostoksia, että palaamaan uudestaan sivustolle. Näihin voidaan lukea esimerkiksi kanta-asiakasalennukset.

7. Yhteenveto

Menestyäkseen internetkaupan täytyy voittaa kuluttajien luottamus toimintaansa kohtaan. Kun luottamus on pitkäjänteisellä työllä saavutettu, sitä täytyy myös osata ylläpitää, sillä vaikka sen aikaansaamiseen tarvitaan suuri työ, sen tuhoamiseen riittää vain pieni virhe. Keinot luottamuksen rakentamiseen eivät loppujen lopuksi ole kovin monimutkaisia – ensin täytyy saada asiakas uskomaan, että kaupankäynti on turvallista, ja tämän jälkeen luottamus rakentuu sitä mukaa kun asiakas saa odottamansalaista palvelua.

Tässä tutkimuksessa käytiin läpi, mitä luottamus sähköisen kaupan kontekstissa on, kartoitettiin keinoja luottamuksen rakentamiseen käytettävyyden avulla sekä käytiin läpi kaksi erilaista luottamuksenrakentamismallia.

Jatkossa olisi mielenkiintoista tutkia esimerkiksi brändien vaikutusta luottamuksen rakentamiseen hieman syvällisemmin. Esimerkiksi jos jokin suomalainen tunnettu tavarataloketju avaisi aivan samanlaisen verkkokaupan tuntemattoman yrittäjän kanssa, olisi mielenkiintoista vertailla ihmisten itselleen muodostamia käsityksiä internetkauppojen luotettavuudesta.

Viiteluettelo

[Araujo and Araujo, 2003] Ildemaro Araujo and Iván Araujo, Developing trust in Internet commerce. In: *Proc. of the 2003 conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research*, 1-15.

[Barnard and Wesson, 2003] Lynette Barnard and Janet L. Wesson, Usability issues for e-commerce in South Africa: an empirical investigation. In: *Proc. of the 2003 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists*, 258-267.

- [Bowlby, 1973] J. Bowlby, Attachment and loss. In: *Separation: Anxiety and Anger*. Hogarth Press, 1973.
- [Chen and Dhillon, 2003] Sandy C. Chen and Gurpreet S. Dhillon, Interpreting dimensions of consumer trust in e-commerce. *Information Technology and Management* 4, 2-3 (Apr. 2003), 303-318.
- [Gefen, 2002] David Gefen, Reflections on the dimensions of trust and trustworthiness among online consumers. *ACM SIGMIS Database* 33, 3 (Summer 2002), 38-53.
- [Govier, 1998] T. Govier, *Dilemmas of Trust*. McGill-Queen's University Press, 1998.
- [Hardin, 2001] R. Hardin, Conceptions and explanations of trust. In: Cook, K. (ed.) *Trust in Society*. Russell Sage Foundation, 2001.
- [Johnson-George and Swap, 1982] C. Johnson-George and W.C. Swap, Measurement of specific interpersonal trust: Construction and validation of a scale to assess trust in a specific other. *Journal of Personality and Social Psychology* 43, 6 (1982), 1306-1317.
- [Lanford and Hübscher, 2004] Patricia Lanford and Roland Hübscher, Trustworthiness in e-commerce. In: *Proc. of the 42th annual Southeast regional conference*, ACM Press, 315-319.
- [Mayer et al., 1995] R.C. Mayer, J.H. Davis and F.D. Schoorman, An integration model of organizational trust. *Academy of Management Review* 20, 3 (1995), 709-734.
- [Miyazaki and Fernandez, 2001] A.D. Miyazaki and A. Fernandez, Consumer perceptions of privacy and security risks for online shopping. *The Journal of Consumer Affairs* 35, 1 (2001), 27-44.
- [Nielsen and Mack, 1994] Jacob Nielsen and Robert Mack, *Usability inspection methods*. John Wiley & Sons, 1994.
- [Nielsen, 1994] Jacob Nielsen, *Usability Engineering*. Morgan Kaufman, 1994.
- [Nielsen, 1999] Jacob Nielsen, Top ten new mistakes of web design. www.useit.com/alertbox/990530.html, tarkistettu 13.05.2006.
- [Nielsen, 2001] Jacob Nielsen, Did poor usability kill e-commerce? www.useit.com/alertbox/20010819.html, tarkistettu 17.04.2006.
- [Riegelsberger and Sasse, 2002] Jens Riegelsberger and M. Angela Sasse, Face it – photos don't make a web site trustworthy. In: *CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM Press, 742-743.
- [Rokeach, 1973] M. Rokeach, *The Nature of Human Values*. Free Press, 1973.
- [Rotter, 1971] J.B. Rotter, Generalized expectations for interpersonal trust. *American Psychologist* 26 (1971), 443-452.

- [Shim and Drake, 1990] S. Shim, M.F. Drake, Consumer intention to utilize electronic shopping. *Journal of Direct Marketing* 4 (Summer 1990), 22-23.
- [Shim et al., 2001] S. Shim, M.A. Eastlick, S.L. Lotz and P. Warrington, An online prepurchase intentions model: The role of intention to search. *Journal of Retailing* 77 (2001), 397-416.
- [Steinbrück et al., 2002] Ulrike Steinbrück, Heike Schaumburg, Sabrina Duda and Thomas Krüger, A picture says more than a thousand words: photographs as trust builders in e-commerce websites. In: *CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 748-749.
- [Zeng et al., 2005] Xiaochun Zeng, Jiaoyan Zeng and Qiang Guo, Research of trust on B2C electronic commerce. In: *Proc. of the 7th international conference on Electronic commerce*, ACM Press, 221-225.

Radiotaajuuksiin perustuva etätunnistusteknologia

Juha Mattila

Tiivistelmä

Tutkielmassa esitellään radiotaajuuksiin perustuva etätunnistusteknologia. Sitä käytetään varsin monella eri alalla, pääpainon ollessa logistiikassa. Kyseisellä teknologialla toteutetut järjestelmät ovat perusrakenteeltaan kohtalaisen yhteneväisiä, mutta varsinkin sovellustasolla eroja on valtavasti. Teknologia skaalautuu varsin hyvin ja sitä voidaankin käyttää yksittäisten tuotteiden tai isompien lavojen tunnistamiseen, riippuen kohteeseen asennetusta tunnisteesta. Turvallisuuskysymykset ovat nousseet varsin merkittäväksi haasteeksi teknologian laajemmalle käyttöönnotolle ja niitä käsitelläänkin tutkielmassa lyhyesti.

Avainsanat ja -sanonnat: RFID, RFID -järjestelmä, turvallisuus, taajuudet.

CR-luokat: C. 2.1, H. 4.2

1. Johdanto

Radiotaajuuksiin perustuvaa etätunnistusteknologiaa kutsutaan varsin laajasti lyhenteellä RFID, joka tulee englannin kielen sanoista *Radio Frequency Identification*. Se on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville etätunnistustekniikoille. RFID on tullut tutuksi monelle osana toimitusketjuja, mutta sen käyttökohteet ovat huomattavan laajat. RFID -järjestelmien eräänä merkittävänä etuna viivakooditeknoologiaan verrattuna on se, että lukijalaitteella ei tarvitse olla välitöntä näköyhteyttä luettavaan kohteeseen. Erilaisia RFID -tuotteita on satoja. Esimerkiksi suomalainen UPM Raflatac valmistaa tarralaminaattien ohessa ”älytarroja”, tarroja jotka sisältävät etätunnisteen. Tunnisteet ovat osa RFID -järjestelmää. Valmistajia on maailmanlaajuisesti varsin paljon. Alalla ei ole olemassa tällä hetkellä vahvoja standardeja, joten ei ole myöskään olemassa kaikenkattavaa teknologista ratkaisua.

Tutkielman aluksi esitellään RFID:n kehitysvaiheita ja tämänhetkinen tilanne. Lopuksi luodaan lyhyt katsaus tulevaisuuden kehitysnäkymiin. Tyypillinen etätunnistusjärjestelmä esitellään ja käsitellään esimerkkejä erilaisista käyttökohteista. Etätunnistuksessa käytettävistä radiotaajuuksista on

oma lukunsa. Turvallisuuskysymyksiä käsitellään ja RFID:n tulevaisuutta hahmotellaan.

2. Historiaa

Toisen maailmansodan aikainen salassa tehty tutka- ja radioteknologian nopea kehitys avasi uusia mahdollisuuksia sovellusalueiden tutkimiseen sodan jälkeen. Eräänä keskeisenä tutkimuksena tältä ajalta pidetään Harry Stockmanin vuonna 1948 julkaisemaa ”Communication by Means of Reflected Power” [Roberts, 2005; Landt, 2001]. Tutkimuksessaan Stockman toteaa vaadittavan vielä suuren määrän tutkimusta ja kehitystä, jotta edes teknologian perusongelmat saadaan ratkaistua ja hyödyllisiä sovelluksia kehitettyä. Hänen näkemyksensä tulevaisuuden kehityksestä etätunnistusteknologian saralla osoittautui varsin realistiseksi.

Etätunnistusteknologian teoreettinen pohja luotiin siis jo 1940- ja 1950 - lukujen aikana. Kesti kuitenkin vuosikymmeniä ennen kuin etätunnistuksen vaatimat teknologiset sovellukset saatiin kehitettyä tasolle, jolla teknologiaa voitiin käyttää kaupallisesti järkevästi.

3. RFID -järjestelmän koostumus

RFID -järjestelmä koostuu tyypillisesti tunnisteesta eli tagista, lukijalaitteesta ja taustajärjestelmästä [RFID Lab Finland, 2006]. Nykyään RFID on geneerinen termi, jota käytetään teknologioista jotka hyödyntävät radioaaltoja automaattiseen tunnistamiseen [Roberts, 2005]. Yleisin käyttötapa on sisällyttää kohteessa kiinni olevaan tunnisteeseen yksilöivä koodi.

Tagin vastaanottaessa lukijalaitteen antaman käskyn signaalin, se saa siitä energiaa ja pystyy lähettämään tällä energialla käskyn mukaisen vastauksen. Yksinkertaisimmillaan vastaus on tagin uniikki tunnistenumero.



Kuva 1. Tyypillinen RFID -Järjestelmän koostumus.

3.1. Tunnisteet

Tunnisteita eli tageja on kahdenlaisia; omalla voimanlähteellä varustettuja aktiivisia tageja ja ilman omaa voimanlähdettä toimivia passiivisia tageja. Aktiivisten tagien mikropiireihin pystyy usein myös tallentamaan uutta tietoa käytön aikana. Passiiviset tagit ovat pääsääntöisesti ainoastaan luettavia, jotka ottavat käyttötehonsa vastaanottamastaan lukijalaitteen signaalista.

Aktiiviset tagit ovat isompia ja valmistuskustannuksiltaan korkeampia kuin passiiviset. Niiden käyttöä rajoittaa myös tagin oman virtalähteen tuottaman virran rajallisuus. Passiivisten tagien hyviä puolia aktiivisiin verrattuna ovat niiden lähes loputon käyttöikä, keveys, pieni koko ja halvemmat valmistuskustannukset. Heikompina ominaisuuksina aktiivisiin tunnisteisiin verrattuna niihin mahtuu vähemmän tietoa ja niiden lukuetaisyys on lyhyt.

On myös olemassa niin sanottuja semi-passiivisia tageja, joissa tagi käyttää omaa energianlähdettä, mutta kommunikointi tapahtuu samoin kuin passiivisissa tageissa.

Ulkonäöllisesti tagien kirjo on valtava. Tagi voi olla liimattava niin sanottu älytarra tai kova tunniste eli tagi, jotka yleensä kestävät hyvin vaativiakin ympäristöolosuhteita. Koko ja rakenne vaihtelevat suuresti. Esimerkkinä mainittakoon pienimmän kaupallisessa myynnissä olevan tagin koko: 0.4mm x 0.4mm [Roberts, 2005].

3.2. Lukijat

Lukijalaitteet lähettävät radiosignaalia käskyjä luettaville tageille, joista lähtee takaisin käskyn vaatima vastaus. Useimmiten vastaus on pelkkä tagin uniikki tunniste. Lukijalaitteella voidaan myös luettavasta kohteesta ja lukijalaitteesta itsestään riippuen muuttaa tunnisteiden tietoa. Lukijalaite on yhteydessä taustajärjestelmään. Se voi olla liitetty myös suoraan organisaation muuhun tietojärjestelmään [Roberts, 2005].

Lukijalaite voi olla käsipäätte, jossa antenni ja lukijalaite on yhdistetty tai antennin ja lukijalaitteen muodostama kokonaisuus [Hentula *et al.*, 2005]. Lukijalaite pystyy lukemaan tageja ilman suoraa näköyhteyttä luettavaan kohteeseen. Tätä pidetään RFID -teknologian suurimpana parannuksena viivakooditeknologiaan nähden [Sarma, 2004]. Tämä aiheuttaa kuitenkin lukijalaitteelle tiettyjä teknisiä vaatimuksia.

Kun näköyhteyttä luettavaan tagiin ei ole, on oltava jokin keino varmistaa että kaikki tagit tulevat luetuiksi. Tämän hetken RFID -järjestelmissä pienehkö osa tageista jää kuitenkin aina lukematta. [Sarma, 2004]. Lukijoiden

antennin suuntaus on eräs keskeinen tekijä, joka aiheuttaa ongelmia. Tätä on pyritty korjaamaan asentamalla useampia antenneja, jotka tarkkailevat luettavaa kohdealuetta useasta eri kulmasta.

3.3. Taustajärjestelmät

RFID -järjestelmä tuottaa varsin nopealla tahdilla runsaasti dataa. Taustajärjestelmän eli tiedonhallintajärjestelmän on kyettävä käsittelemään vastaanottamansa data järkevästi ja nopeasti. Taustajärjestelmästä käytetään RFID:n yhteydessä usein englanninkielistä termiä *Middleware*.

Dataa on pystyttävä suodattamaan ja lajittelemaan käyttäjän tarpeiden mukaisesti. Siksi integrointiin tarvitaan usein kustomoitu taustajärjestelmä [Bose and Pal, 2005], joka on yhteydessä yrityksen tai organisaation muuhun tietojärjestelmään.

RFID:n laaja käyttöönotto ja täysimääräinen hyödyntäminen edellyttävät edullisten tunnisteen ja lukijoiden lisäksi myös soveltuvaa taustainfrastruktuuria [Floerkemeier and Lampe, 2005], jonka pystyy kokonaisvaltaisesti integroimaan yritysten tietojärjestelmiin [Hentula *et al.*, 2005].

4. Taajuudet

Pääsääntöisesti radiotaajuudet määrätään maiden omissa laeissa ja asetuksissa. Tämän vuoksi RFID:lle osoitetuissa taajuuksissa on merkittävän paljon eroja. Esimerkiksi UHF (Ultra High Frequency) -taajuus RFID:lle on euroopassa 868MHz ja Yhdysvalloissa 915MHz [Roberts, 2005]. Saman useassa maassa vapaana olevan taajuuden löytäminen RFID:lle on vaikeaa. Varsinkin UHF -taajuuksista iso osa on jaettu matkapuhelinoperaattoreiden käyttöön [Wu *et al.*, 2005].

Eri taajuuksien käyttö monimutkaistaa RFID -teknologian käyttämistä käytännössä. Varsin monet RFID:tä hyödyntävät järjestelmät ovat laajoja logistisia järjestelmiä ja näin ollen vaikeuksia on erityisesti valtioiden rajat ylittävillä globaaleilla järjestelmillä. Käytännössä siis RFID -tunniste, joka pystyy kommunikoimaan vain tietyllä taajuudella, voi jäädä lukematta toisessa maassa, koska sama taajuus ei ole käytössä tai on varattu muuhun käyttöön [Wu *et al.*, 2005].

Standardeja alalle on luonut ISO (International Organization for Standardization) ja EPC (EPCglobal inc.), joka luotiin Massachusetts Institute of Technologyn Auto-ID Centerissä. Sitä tukee muun muassa Wal-Mart ja Yhdysvaltain puolustusministeriö.

Yleisesti ottaen taajuudet jaetaan kolmeen luokkaan [Roberts, 2005]:

- matala (low) 100-500 kHz
- keskitaso (intermediate) 10-15MHz
- erittäin korkea (ultra high) 850-950 MHz ja 2.4-5.8 GHz

Matalataajuuksisilla passiivisilla tunnisteteilla käyttöetäisyys on noin 30 cm, keskitason tunnisteteilla noin 1 metri ja erittäin korkeataajuuksisilla tunnisteteilla 3 - 5 metriä. Aktiivisilla tunnisteteilla voidaan saada signaali jopa 100 metrin päästä.

5. RFID:n käyttökohteista

Vaikka RFID:n katsotaan olevan vielä elinkaarensa alkutaipaleella, käytetään sitä kuitenkin jo lukuisissa eri sovelluksissa ja ympäristöissä. Kuten edellä on todettu, varsin usein RFID:tä käytetään logistisissa järjestelmissä. Kyseisissä järjestelmissä RFID -tunniste on harvoin yksittäisessä tuotteessa. Pääsääntöisesti sitä käytetään isompien kokonaisuuksien, eli konttien ja lavojen tunnistamiseen.

5.1. Esimerkkejä

Seuraavat esimerkit on listattu silmälläpitäen sitä, että lukijalle havainnollistuisi kuva RFID:n erittäin laajasta sovelluskentästä. Eräissä sovelluksissa RFID toimii luonnollisesti paremmin kuin toisissa.

Ensimmäiset RFID:tä hyödyntäneet järjestelmät olivat EAS (Electronic Article Surveillance) -järjestelmiä. Ideana on havaita poistuuko tuote määritellystä tilasta ennen kuin siihen liitetty tunniste on deaktivoitu. EAS -järjestelmiä käytetään maailmalla usean eri alan kaupoissa, esimerkiksi vaatekaupoissa ja kirjakaupoissa.

Yhdysvaltain armeija aloitti RFID:n käyttämisen 1990 -luvun alussa. Iso-Britannian armeija otti RFID:n käyttöön vuonna 2003. RFID:tä käytetään armeijoiden logistiikkasovelluksissa, useimmiten lavatasolla. Tämä tarkoittaa että lavallinen tavaraa identifioidaan RFID:n avulla.

Wal-Mart ja Yhdysvaltain puolustusministeriö saivat huomattavan paljon julkisuutta vaatiessaan pääasiallisilta tavarantoimittajiltaan RFID:n implementoimista toimitusketjuihinsa vuoden 2005 tammikuun alusta alkaen. Roberts [2005] uskoo että kahden näin suuren toimijan vaatimus kannustaa laajempaan RFID -teknologian käyttöönottamiseen Yhdysvalloissa. Valitettavasti tästä ei ole olemassa tutkimustietoa, josta voisi nähdä vaikuttivatko vaatimukset RFID:n käyttöönoton lisääntymiseen, ja jos vaikuttivat, niin kuinka merkittävästi RFID:n käyttö lisääntyi.

Suurin osa nykyisistä kalleimmista automalleista on varustettu avaimilla, joissa on RFID -tunniste.

Eläinten tunnistamiseen karjalaumoissa RFID -tunnisteita on käytetty jo useita vuosikymmeniä. Tämä oli yksi ensimmäisistä käytännön sovelluksista.

Tietullit olivat myös eräitä ensimmäisiä kohteita, joissa RFID:tä käytettiin käytännön sovelluksissa. Käytännössä järjestelmä toimii siten että RFID -tunnisteella varustetun auton ohittaessa tullauspisteen tapahtuma rekisteröityy järjestelmään eikä auton tarvitse pysähtyä tullauspisteeseen. Samankaltaisia järjestelmiä käytetään nykyään myös metroissa ja busseissa.

Exxon Mobil tarjoaa Yhdysvalloissa asiakkailleen *Speedpass* -järjestelmää. Asiakas pystyy tankkaamaan ja tekemään ostoksia näyttämällä omaa RFID -tunnustaan lukijalaitteelle Exxon ja Mobil -huoltamoilla. Maksu veloitetaan myöhemmin hänen tililtään [Roberts, 2005; Speedpass, 2006].

Etätunnistusteknologiaa on käytetty usean vuoden ajan eri maiden kirjastoissa. Kirjaston toiminnan luonteen vuoksi RFID on varsin sopiva ratkaisu parantamaan kirjojen liikkeen hallintaa. Yleensä RFID -tunniste menee myytävän tuotteen mukana ja harvoin palaa yritykseen takaisin. Asia on tietenkin toisin kirjastoissa, koska lainatut kirjat palautetaan. Kirjastot käyttävät siis samaa tunnistetta useaan kertaan ja näin ollen tunnisteita tarvitaan vähemmän, mikä on tietysti halvempaa [Coyle, 2005].

Suomessa Kauhajoen kirjastolla on käytössä Tietoenatorin toteuttama RFID-tekniikkaa hyödyntävä kirjastojärjestelmä [Tietoenator, 2004]. RFID -tekniikan toiminnalliseen kokonaisuuteen kirjastojärjestelmässä sisältyvät RFID -tarrat, kirjastokortit, ohjelmat ja laitteet. Erityisen huomionarvoista on se, että sekä uudella että vanhalla tekniikalla varustettua kirjastoaineistoa voidaan käsitellä kirjaston järjestelmällä rinnakkain.

Paperinkeräys -yhtiöihin kuuluva Prosec Tietoturvapalvelu otti vuonna 2004 käyttöön RFID:tä hyödyntävän tuhottavia papereita sisältävien säiliöiden seuranta järjestelmän. Kyseinen järjestelmä on Suomen laajin radiotaajuustunnistuksella toimiva järjestelmä logistiikan ja fyysisen tietoturvan alalla. Hyötyinä kyseisessä järjestelmässä nähdään turvasäiliöiden seurannan huomattava tarkentuminen, asiakkaalle raportoinnin tehostuminen ja paperityön väheneminen [Prosec Tietoturvapalvelu, 2004]. Huomionarvoista on Prosec Tietoturvapalveluiden yhteistyökumppaneiden määrä kyseisen järjestelmän toteuttamisessa. Yhteistyökumppaneita oli kymmenen. Näinkin suuri määrä toimijoita asettaa jo itsessään vaatimuksia projektin onnistumiselle. Tämä näyttäisi kuitenkin olevan varsin tyypillistä RFID -järjestelmien rakentamisessa.

5.2. Johtopäätöksiä

Useimmiten RFID:tä käytetään logistisissa järjestelmissä tai logistiikkaa sisällään pitävissä järjestelmissä. RFID:n edut nykyisiin ratkaisuihin, jotka ovat lähes poikkeuksetta viivakoodipohjaisia, eivät välttämättä ole prosentuaalisesti kovinkaan suuret. On kuitenkin huomioitava että käyttökohteiden volyymit maailmanlaajuisesti ovat todella valtavia ja näin ollen pienikin tehokkuuden parannus tai hinnan säästö vaikuttavat varsin paljon. Esimerkiksi Wal-Mart odottaa ratkaisultaan vaatia keskeisimpien tavarantoimittajien varustamaan lavansa RFID -tunnisteilla, 6-7 prosentin pudotusta toimitusketjusta aiheutuviin kustannuksiin. Käytännössä tämä tarkoittaisi vuositasolla 1.3 miljardin dollarin säästöä Wal-Martille [Shim, 2003].

6. Turvallisuuskysymyksiä

Etätunnistusteknologian levitessä yhä laajemmalle, on herännyt myös runsaasti kysymyksiä loppukäyttäjien, jotka ovat usein yksityisiä kuluttajia, yksityisyydensuojasta ja järjestelmien turvallisuudesta yleisesti. Kuluttajien huolet voivat luoda esteen RFID:n kaupallisen käytön laajentamiselle [Knospe and Pohl, 2004]. Etätunnistusteknologiaan tällä hetkellä liittyvistä turvallisuusriskeistä on kirjoitettu runsaasti artikkeleita.

Merkittävimpänä ongelmana pidetään sitä, että tunnisteiden lähettämät signaalit ovat suojaamattomia. Tämä tarkoittaa, että lähistöllä oleva asiaankuulumaton lukijalaite pystyy sieppaamaan signaalin [Knospe and Pohl, 2004; Potter, 2005]. Useimmiten tunnisteiden lähettämä signaali sisältää kuitenkin ainoastaan tunnisteiden uniikin tunnistenumeron. Signaalin sieppanut taho tarvitsee näin ollen pääsyn myös järjestelmän tietokantaan, jotta saataisiin varsinainen tieto tuotteesta. Lukijalaitteita pystytään myös häiritsemään signaaleita blokkamalla. Tunnisteita, joiden tieto on muutettavissa, voidaan käsitellä ulkopuolisen tahon toimesta kohtalaisen helposti.

On mahdollista että yksittäinen henkilö ei tiedä että ostamassaan tuotteessa on RFID -tunniste, joka lähettää tietoa tuotteesta eteenpäin. Ratkaisuksi on ehdotettu kuluttajalla olevaa henkilökohtaista lukijalaitetta, jolla tunnisteet pystyisi "löytämään" omistamistaan tuotteista [Knospe and Pohl, 2004]. Tämä tuskin kuitenkaan on ainakaan tällä hetkellä mahdollista, koska lukuisista standardeista johtuen tunnisteet toimivat todella monella eri taajuudella, joita kaikkia yksittäinen lukijalaite ei pysty käsittelemään.

Lähes kaikkiin tunnettuihin turvallisuusongelmiin on olemassa periaatteessa jo nyt ratkaisut. Näiden ratkaisuiden ongelmana kuitenkin on se, että ne vievät runsaasti tilaa tunnisteiden rajoitetusta muistista ja aiheuttavat

lisäkustannuksia. RFID:n käyttämisen pääasiallisena motiivina on lähes aina toteuttaa tunnistamista automatisoidusti ja mahdollisimman alhaisin kustannuksin. Ehdotetuilla turvallisuusratkaisuilla tämä ei ainakaan nykyisellään toteutuisi.

7. RFID:n tulevaisuus

Huolimatta RFID:n kohtalaisen pitkästä historiasta, ei teknologian varsinaista läpimurtoa ole ainakaan vielä tapahtunut. Monet odottivat, että Wal-Martin ja Yhdysvaltain puolustusministeriön vaatimukset suurimmilta tavarantoimittajiltaan RFID:n käyttöön otosta vuoden 2005 alusta alkaen vauhdittaisivat alan kehitystä ja lisäksiivät etätunnistusteknologian käyttöä radikaalisti. Näin ei kuitenkaan tapahtunut.

7.1. Haasteita

Radiotaajuuksiin perustuvan etätunnistusteknologian varsinaisen läpimurron tiellä on vielä runsaasti haasteita. Huomionarvoista on se, että haasteita on monella eri sektorilla. On mahdollista että varsinaista suurta RFID:n läpimurtoa, eli nopeaa teknologian globaalia implementoimista, ei koskaan tapahdu.

Wu *et al.* [2005] listaa RFID:n haasteita seuraavasti:

- teknologiaan liittyvät
- standardointiongelmat
- patenttiongelmät
- kustannukset
- infrastruktuuri
- ROI (Return On Investment) sijoitetun pääoman tuotto
- Siirtymisprosessi viivakoodeista RFID:hen

7.2. Mahdollisuuksia

Etätunnistusteknologia on vuosien kehityksestä huolimatta vielä kypsyysvaiheessa. Myöskin alan teollisuus on vielä nuorta [Wu *et al.*, 2005]. Tunnisteiden saralla suuntana on ollut yksittäisten tunnisteiden valmistuskustannusten raju lasku. Tämä luo uusia käyttömahdollisuuksia nimenomaan yksittäisten tuotteiden merkitsemisestä RFID -tunnisteilla. Lukijalaitteiden lukuvarmuudessa on myös tapahtunut parannuksia. Tulevaisuutta on vaikea hahmottaa mutta todennäköistä on, että RFID:n täyden potentiaalin hyödyntäminen tulee viemään vielä paljon aikaa.

8. Yhteenveto

Radiotaajuuksiin perustuva etätunnistusteknologia on ollut olemassa jo vuosikymmeniä. Tänä aikana se on todettu käytännössä toimivaksi ratkaisuksi. RFID:tä käytetään monenlaisissa järjestelmissä, mutta pääasiassa sitä käytetään logistisissa järjestelmissä. Tunnisteita voidaan käyttää konteissa, laivoissa tai yksittäisissä tuotteissakin. Tyypilliseksi RFID -järjestelmäksi on vakiintunut tunnisteesta, lukijalaitteesta ja taustajärjestelmästä koostuva kokonaisuus. Vuosien saatossa yksittäisen tunnisteiden hinta on onnistuttu laskemaan melko alhaiselle tasolle. Tämä on avannut uusia käyttömahdollisuuksia. Useimmiten RFID:tä käytetään korvaamaan viivakoodi. Merkittävänä haasteena RFID:n käytön laajenemisessa on turvallisuuskäsitteiden huomioiminen. Tähän kuuluu yritysten suojautuminen yritysvakoilulta ja kuluttajan yksityisyyden suojaaminen. Nämä menevät osittain päällekkäin. Turvallisuuskäsitteissä on vielä monta avointa kysymystä ratkaistavana. Tämä on toinen merkittävin tekijä RFID:n laajemman käyttöönoton tiellä. Toinen tekijä on yksittäisen tunnisteiden hinnan korkeus huolimatta oikeansuuntaisesta hinnan kehityksestä. On selvää, että RFID on tullut jäädäkseen, mutta kuinka laajalle sen käyttö ja soveltaminen laajenee, on vielä aikalailta avoinna.

Viiteluettelo

- [Bose and Pal, 2005] Indranil Bose and Raktim Pal, Auto-ID: Managing Anything, Anywhere, Anytime in the Supply Chain. *Communications of the ACM*. Vol. **48** No. 8, 2005.
- [Coyle, 2005] Karen Coyle, Management of RFID in Libraries. *The Journal of Academic Librarianship*. Volume **31**, No. 5, 2005, 486-489.
- [Floerkemeier and Lampe 2005] Christian Floerkemeier and Matthias Lampe, RFID middleware design - addressing application requirements and RFID constraints. *Joint sOc-EUSAI Conference*. Grenoble, lokakuu 2005.
- [Hentula *et al.*, 2005] Markku Hentula, Hannele Tonteri, Pekka Pursula ja Jari Montonen, Etätunnistinteknologian (RFID) käyttö sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kierrätystiedon hallinnassa. *Tutkimusraportti*. VTT Tuotteet ja Tuotanto, VTT Tietotekniikka, 2005.
- [Knospe and Pohl, 2004] Heiko Knospe and Hartmut Pohl, RFID Security. *Information Security Technical Report*. Vol. **9**, No. 4, 2004.
- [Potter, 2005] Bruce Potter, RFID: misunderstood or untrustworthy? *Network Security*, 2005.
- [Prosec Tietoturvapalvelu, 2004] *Prosec Tietoturvapalvelun lehdistötiedote*

- <http://www.pressi.com/fi/julkaisu/88633.html>, 2004. Tarkastettu 19.5.2006.
- [RFID Lab Finland, 2006] *RFID Lab Finland* <http://www.rfidlab.fi>, 2006. Tarkastettu 19.5.2006.
- [Roberts, 2005] Chris Roberts, Radio Frequency Identification (RFID). *Computer Law & Security Report*, 2005, 1-9.
- [Sarma, 2004] Sanjay Sarma, Integrating RFID. *Queue*, Lokakuu, 2004.
- [Shim, 2003] Richard Shim, Wal-Mart to throw its weight behind RFID. *CNET News.com*, 5.6.2003.
- [Speedpass, 2006] *Exxon Mobilin Speedpass -järjestelmä* www.speedpass.com, 2006. Tarkastettu 19.5.2006.
- [Tietoenator, 2004] *Tietoenatorin Kauhajoen kirjaston tilaaman järjestelmän esittely* <http://www.tietoenator.fi/default.asp?path=408,410,16095,1132,10795,18328>, 2004. Tarkastettu 19.5.2006.
- [Wu *et al.*, 2005] Nien-Chu Wu, Michael Nystrom, Tyng-Ruu Lin ja Hsiao-Cheng Yu. Challenges to global RFID adoption. *Technovation*, 2005.

Mobiilioppimisen suunnitteluperiaatteet

Markku Myllylahti

Tiivistelmä

Mobiilioppiminen on oppijakeskeistä oppimista, jossa tutkimalla oppiminen on tärkeää. Se on oppimista teknisten laitteiden, tarkemmin mobiililaitteiden, tukemana. Mobiilioppimista ei ole vielä tutkittu paljon, ja myös itse oppimistapahtuman suunnittelusta on hyvin vähän tutkimuksia. Varmaa on kuitenkin se, että mobiililaitteiden kapasiteetti mahdollistaa tehokkaan oppimisen tukemisen. Tämä tutkimus käsittelee sitä, kuinka mobiilia oppimistapahtumaa tulisi suunnitella ja millaisia asioita tulee ottaa huomioon.

Avainsanat ja -sanonnat: mobiilioppiminen, m-oppiminen, suunnitteluperiaatteet, mobiililaitteet, PDA.

CR-luokat: K.3.1

1. Johdanto

Muutokset yhteiskunnassa ovat johtaneet uudenlaiseen tapaan oppia. Erityisesti digitaalisen teknologian jatkuva kehitys on edesauttanut tietokoneavusteisen opetuksen yleistymistä perinteisten opetusmetodien rinnalla tarjoamalla opetusmateriaaleja ja oppimistapahtumia perinteisten oppimisympäristöjen ulkopuolelle. Mobiililaitteiden nopea teknologinen kehitys – etenkin tiedonsiirron ja näyttötekniikan saralla – on johtanut siihen, että myös mobiililaitteita valjastetaan opetuskäyttöön. Mobiililaitteisiin voidaan lukea sellaisia laitteita, kuten kämmentietokoneet (engl. handheld computers), matkapuhelimet (etenkin uudet älypuhelimet), audio- ja videosoittimet, tablet PC:t ja päälle puettavat laitteet [MLearnopedia, 2006].

Mobiililaitteiden suomat mahdollisuudet ovatkin herättäneet tutkijoissa mielenkiintoa, koska ne mahdollistavat oppimistapahtumien siirtymisen luokkahuoneiden ulkopuolelle, toisin sanoen oppiminen ei ole enää paikka- eikä aikasidonnaista. Mobiililaitteiden hyötynä voidaan nähdä niiden pieni fyysinen koko, joka mahdollistaa niiden kannettavuuden. Myös kommunikaatioyhteydet ovat parantuneet siten, että tiedonsiirtokin toimii mobiililaitteissa huomattavan tehokkaasti. Etenkin nuoret oppijat ovat taitavia käyttämään teknisiä apuvälineitä. Huomionarvoisia ovat kuitenkin teknologian asettamat rajat, jotka

tulee ottaa huomioon suunniteltaessa sovelluksia oppimistapahtumien tukemiseen.

Tämä tutkielma perehtyy siihen, millaisia asioita on otettava huomioon m-oppimissovelluksia suunniteltaessa. Ensin esittelen mitä kaikkea mobiilius ja mobiilioppiminen pitää sisällään. Esittelen myös kolme tärkeää oppijakeskeistä suunnittelumallia, joiden perusteella vedän johtopäätökset oleellisimmista ominaisuuksista ja tutkin niiden huomioon ottamista jo olemassa olevissa m-oppimisprojekteissa, joissa nuoret oppijat käyttävät hyväkseen digitaalisia laitteita oppimistapahtuman tukena.

2. Mobiilioppimisen teoria

Mobiilioppiminen eli m-oppiminen on muuttanut oppimista enemmän tutkivaan ja oppijakeskeiseen suuntaan. M-oppiminen on digitaalisen oppimisen muoto, jossa oppimista tuetaan teknologian suomin mahdollisuuksin. Tässä osassa perehdytään siihen, mitä mobiilius on ja mitä m-oppiminen on. Kiinnitän huomiota etenkin vertailuun toisen digitaalisen oppimisen muodon, e-oppimisen kanssa, sekä mainitsen muutamia perusteellisia eroja m-oppimisen ja perinteisen oppimisen välillä. Sen lisäksi kerron vielä, miten m-oppimistapahtumia tulisi suunnitella, jotta oppija olisi kaiken keskiössä.

2.1 M-oppimisen määritelmä

Perinteinen oppimistapahtuma on sidottu kiinteään paikkaan, yleensä luokkahuoneeseen tai muuhun fyysiseen ympäristöön. World Wide Webin (myöh. WWW) julkistamisen myötä opetustapahtumia on alettu siirtää vauhdilla myös luokkahuoneen ulkopuolelle mahdollistaen etäoppimistapahtumat. Keegan [2002] esittää, että m-oppiminen on kehittynyt ensin etäoppimisen (engl. distant learning) ja sen jälkeen e-oppimisen kautta nykyiseen muotoonsa. Keeganin mukaan m-oppiminen sai alkunsa 2000-luvun taitteessa, kun langattomat yhteydet alkoivat korvata tavallisia verkkoyhteyksiä. Nykyinen oppimistapahtuma ei täten ole enää paikka- eikä aikasidonnaista.

Mobiililaitteiden avulla tapahtuvaa oppimista kutsutaan termillä m-oppiminen (engl. m-learning). Mobiilipuhelimien ja kämmentietokoneiden yhdistyminen tarjoaa mahdollisuuden sellaisen teknologian kehittämiseksi, joka mahdollistaa oppimisen paikasta tai ajasta riippumatta [Sharples *et al.*, 2002]. Luokkahuoneen ulkopuolella tapahtuva oppimistapahtuma voidaan tällöin liittää tarkemmin kontekstiinsa erilaisten mobiililaitteiden tukena jo

tapahtumapaikalla. Kuten Taylor [2004] huomauttaa, emme voi kuitenkaan irrottaa oppimistapahtumaa sen omasta luonnollisesta kontekstista kokonaan ja siten muuttaa sen olemusta, vaan meidän tulisi tutkia, mitä lisäarvoa mobiilius meille suo. Tätä tutkimalla voimme löytää sellaisia toimintatapoja, jotka ovat hyödyllisiä, mutta kuitenkin perinteisillä tavoilla mahdottomia toteuttaa.

2.1.1 Mitä on mobiilius?

Kakahara ja Sørensen [2001] sanovat mobiiliuden olevan osa nykyistä elämänmuotoa tarkoittaen sen myös pitävän sisällään vuorovaikutustavat, ei pelkästään liikkuvuutta. He luokittelevat mobiiliuden kolmeen eri luokkaan: tilaa koskevaan (engl. spatial), ajalliseen (engl. temporal) ja kontekstista riippumattomaan (engl. contextual) mobiiliuteen.

Tilaa koskeva mobiilius voidaan nähdä ihmisten, esineiden, median ja tilan itsensä mobiiliutena. Tämän ajatusmallin mukaan tilaa koskeva mobiilius herättää siten myös ihmisten kommunikoinnin ja vuorovaikutuksen mitä erilaisimmissa muodoissaan. [Kakahara and Sørensen, 2001]

Ajallinen mobiilius liittyy ihmisten sosiaalisiin aktiviteetteihin tarkoituksenaan esimerkiksi työn nopeuttaminen ja ajan säästäminen. Mobiilius on myös muokannut aikakäsitystämme, koska melkein kaikki yritykset ja yhteisöt toimivat kansainvälisillä markkinoilla erilaisia kommunikaatiomuotoja käyttämällä. Aikaa ei enää jaeta tiettyihin osiin, vaan ihminen pystyy suorittamaan useita tehtäviä samanaikaisesti. Ihmisen maailma on muuttunut yhä suuremmilta osin ajasta riippumattomaksi. [Kakahara and Sørensen, 2001]

Asiahytystä riippumattomalla mobiiliudella tarkoitetaan vuorovaikutuksen vapauttamista rajoituksistaan – erilaiset kommunikaatiomuodot mahdollistavat sekä synkronisen että asynkronisen vuorovaikutuksen maantieteellisistä ja ajallisista eroista riippumatta. Nämä fyysiset esteet voidaan nykyisillä vuorovaikutustavoilla ohittaa, ja ihminen ei ole enää välttämättä sidottu siihen ympäristöön, johon hän on syntynyt ja jossa hän elää. [Kakahara and Sørensen, 2001]

Mobiilius ei ole siis pelkästään ihmisen liikkumiseen liittyvää, vaan pikemminkin vuorovaikutukseen liittyvää. Tämän takia on hyvin tärkeää huomata mahdollisuudet, jotka mobiilius suo erilaisiin oppimistapahtumiin liitettynä.

2.1.2 M-oppimisen erot perinteiseen oppimiseen ja e-oppimiseen

Keegan [2002] erottaa perinteisen oppimisen ja etäoppimisen toisistaan. M-oppiminen on siten yksi osa etäoppimisen kehityslinjaa. Keegan lähtee liikkeelle teollisesta vallankumouksesta 1700-luvun ja 1800-luvun vaihteesta ja huomauttaa, että ilman riittävää teollistumisen tasoa etäoppiminen ei olisi vielääkään mahdollista. Myöskään ilman kattavaa liikenneverkostoa ja postin toimintaa tieto ei yksinkertaisesti olisi liikkunut paikasta toiseen. Etäoppimisen aikakautena 1900-luvun jälkipuoliskolla tapahtunut elektroninen vallankumous toi tehokkaamman tavan siirtää tietoa entisen manuaalisen tiedonsiirron rinnalle. Eri valtiot ja niiden asevoimat kehittivät mahdollisia tapoja siirtää tietoa tehokkaammin eri välineiden avulla. 1960-luvulta alkanut tietokoneistuminen ja 1980-luvun lopulla tapahtunut viestimien digitalisoituminen on parantanut tiedonsiirtonopeutta ja kapasiteettia johtaen oppimisen tehokkuuden mahdollistumiseen. [Keegan, 2002]

Keegan [2002] erittelee etäoppimisen saralla kolme eri kehityksen osa-aluetta: manuaalisen etäoppimisen, elektronisen etäoppimisen (e-oppimisen) sekä mobiilioppimisen. Kaikille edellisille on tunnusomaista oppimistapahtuman siirtäminen pois luokkahuoneesta tapahtumaan oppijan omalla ajalla ja hänen itsensä valitsemassa paikassa. Tämän myötä oppimistapahtuma on muuttunut perinteisestä oppimisesta erilliseksi, luonteenaan enemmän tutkiva oppiminen, jossa opettajan rooli muuttunut opettamisesta ohjaamisen suuntaan.

M-oppimisen ja e-oppimisen suurimmat erot liittyvät mobiiliuteen. Mobiilius mahdollistaa tehokkaan ajankäytön, mikä on nykyisen kulttuurin ominaispiirteitä. M-oppiminen ei ole sidottu niin tarkasti aikaan ja paikkaan, koska langattomat yhteydet muodostavat mahdollisuuden päästä oppimismateriaalien pariin käytännössä mistä tahansa. E-oppiminen taas on pitkälti ollut sidottuna tiettyihin paikkoihin, koska oppimistapahtuma on ollut riippuvainen kiinteistä tiedonsiirtoyhteyksistä. Tiedonsiirtoyhteydet ovat tärkeässä osassa myös siksi, että oppimistapahtuma on sidoksissa yhtä paljon kommunikointiin kuin sisältöönkin [Taylor, 2004].

Myös laitteistoerot erottavat e-oppimisen ja m-oppimisen toisistaan. E-oppimisen sisällöt ja sovellukset voivat olla huomattavasti raskaampia kuin m-oppimisen johtuen pöytäkoneiden tehokkuudesta kannettaviin laitteisiin verrattuna. Kannettavien laitteiden kapasiteettia opetuskäytössä on epäilty muun muassa näytön pienuuden ja syöttökapasiteetin (pienet näppäimistöt)

takia. Avellis *et al.* [2004] sanovatkin, että m-oppimisen sisällöt ovat alkuvaiheessa olleet vielä samanlaisia kuin e-oppimisessa, mutta vain pienemmältä näytöltä katsottuna. Tämä johtuu siitä, että usein mobiililaitteet on mielletty pieniksi tietokoneiksi. Avellis *et al.* [2004] ehdottavatkin, että esimerkiksi mobiililaitteiden tiedonsiirtokyky yhdistettynä niiden mobiiliuteen ja hyvä audion sekä videon toistokyky ovat ratkaisevassa osassa, kun m-oppimissovelluksia kehitetään edelleen.

2.2. M-oppimisen suunnittelumalli

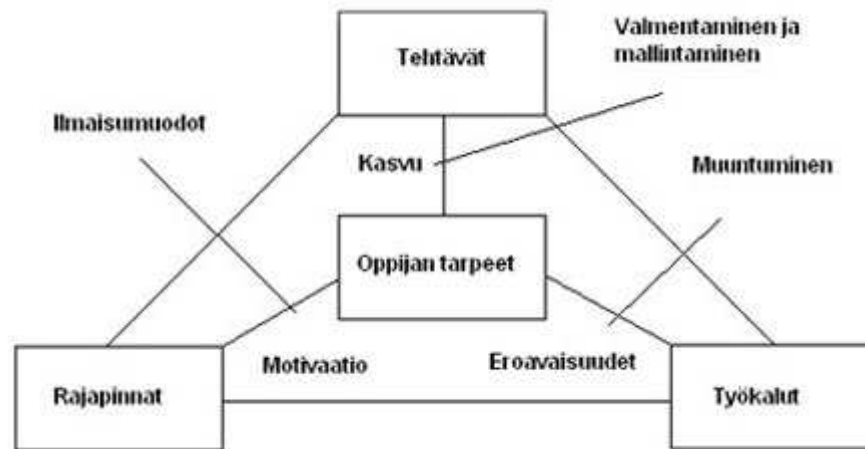
Oppimistapahtumien suunnittelussa tulee käyttää jotakin tiettyä suunnittelumallia, koska hyvin suunniteltu oppimisympäristö on muutakin kuin pelkkä kokoelma työkaluja [Hietala and Niemirepo, 1997]. Tällaisesta suunnittelumallista Hietala ja Niemirepo mainitsevat esimerkkinä oppijakeskeisen suunnittelumallin, LCD:n, joka keskittyy oppimistapahtuman sosiaalisiin puoliin ja yhteistyön tekemiseen. Hietala ja Niemirepo huomauttavatkin, että ammattioppimisen lisäksi myös elinikäistä oppimista (engl. lifelong learning) tulisi tukea.

Elinikäinen oppiminen liitetään tiukasti myös m-oppimisen määritelmään, koska mobiilius on yksi nykyelämän tunnuspiirteistä jatkuvan kouluttamistarpeen ja kiireisen työn ohella. Oppimistapahtuman luonne on muuttunut opettajakeskeisestä oppimisesta konstruktiviseen malliin, jossa oppija on oppimistapahtuman keskipisteessä [Taylor, 2004]. Tämän vuoksi tarvitaan sellaisia suunnittelumalleja, jotka huomioivat oppijan tarpeet. Seuraavassa esittelen muutamia perusmalleja, jotka ottavat suunnittelussa oppijan huomioon.

2.2.1 Oppijakeskeinen suunnittelumalli

Oppijaa tukevan ohjelmiston kehittäminen on ongelmallinen tehtävä, koska ohjelmiston tulisi ottaa huomioon oppijan tarpeet oppijana, ei pelkästään käyttäjänä. Oppimistapahtuma on aktiivinen, konstruktivinen ja kehittävä prosessi [Hietala and Niemirepo, 1997]. Tämän vuoksi oppijan tukeminen oppimistapahtumassa on tärkein asia suunniteltaessa m-oppimisen oppimistapahtumia.. Soloway *et al.* [1996] ovat määritelleet seuraavat kolme asiaa keskeisimmiksi oppijakeskeisessä suunnittelumallissa: tekemällä oppiminen, oppijoiden erilaisuutta tukevat työkalut (kehitykselliset, kulttuuriset sekä sukupuoliset erot) sekä motivaation tarjoaminen.

Oppijan ja asiantuntijan eroina voidaan nähdä oppimisvälineen käytön eroavaisuudet. Asiantuntijalle oppimisväline voi olla vain työkalu, jonka avulla tietty tehtävä suoritetaan, oppijalle välineen tulee taata tukea ja opastusta tehtävän tekoon liittyen. [Soloway *et al.*, 1996]. Oppimistapahtuma ei siis siten saisi olla vain tämän välineen mahdollistamaa suorittamista, vaan tutkivaa oppimista. Tämän takia myöskään laitteista ja ohjelmistoista ei saa yksinkertaisesti tulla keskeisiä, vaan oppijan oma tekeminen, esimerkkien avulla ja tutkimalla oppiminen, tulisi olla kaiken keskiössä (kuva 1).



Kuva 1. Oppijakeskeinen suunnittelumalli [Hietala and Niemirepo, 1997], kaavio on kirjoittajan suomentama.

Toisin sanoen oppijan tarpeet huomioidaan teknologian mahdollistamin tavoin, esimerkiksi tukemalla monimuotoisia vuorovaikutus- tai ilmaisutapoja rajapintojen avulla tai mahdollistamalla eri näkökulmista tai vaikutteista johtuvat erilaiset työskentelytavat ja tarjoamalla tutkimisen kautta opettavia tehtäviä. Oppijakeskeistä suunnittelumallia käytettäessä suunnittelijoiden tulee aina ottaa huomioon asiayhteys, käyttäjäkunta, tuettavat tehtävät, työkalut sekä käytössä olevat rajapinnat [Soloway *et al.*, 1996].

Oppijakeskeinen suunnittelumalli perustuu käyttäjäkeskeiseen suunnittelumalliin ja ottaa siten huomioon myös käytettävyyšnäkökulman. Hietala ja Niemirepo [1997] ovat maininneet oppijakeskeisen suunnittelumallin olevan tärkeä verkko-oppimisen suunnittelussa, mutta mielestäni samaa metodia voidaan soveltaa tehokkaasti myös m-oppimiseen, koska luonteeltaan se on

hyvin samankaltaista. Verkko-oppimisen tai e-oppimisen erona m-oppimiseen on vain alustan liikuteltavuus ja tämän mukanaan tuomat mahdollisuudet sitoa luokkahuoneen ulkopuolella olevat tapahtumat laitteen tarjoamiin mahdollisuuksiin.

2.2.2 Muita suunnittelumalleja

M-oppimisessa voidaan käyttää erilaisia alustoja ja erilaisiin tilanteisiin tarkoitettuja sovelluksia. Kuitenkin on tärkeää, että tietyt asiat otetaan suunnittelussa huomioon. Bloomin [1976] luokittelun pohjalta Stone [2004] on kehittänyt seuraavanlaisen mallin e-oppimisen ja m-oppimisen suunnittelun tueksi (Taulu 1). Stonen [2004] mallissa on myös lähdetty liikkeelle siitä, että oppija on keskeisessä asemassa teknologian sijaan ja teknologian tulee tarjota oppijalle mahdollisimman tehokkaat välineet oppimistapahtuman avustamiseen ja tavoitteen saavuttamiseksi.

Tarjoo toistoa opituista aiheista.	Taso 1, tieto
Tarjoo testejä tai kokeita opituista aiheista.	Taso 2, ymmärrys
Tarjoo tässä hetkessä tapahtuvia opetustapahtumia, jotka tukevat käytännöllistä oppimista.	Taso 3, sovellukset
Tarjoo taustatietoa, jotta oppija voisi verrata saamaansa tietoa tiettyihin tilanteisiin.	Taso 4, analyysi
Tarjoo työkaluja, joiden avulla oppija voi luoda materiaalia oppimiseensa liittyen.	Taso 5, tuottaminen
Tarjoo käyttäjälle vaihtoehtoista tietoa samasta aiheesta, jotta tämä voisi arvioida ja päättää millainen tieto on oleellista aiheen kannalta.	Taso 6, arviointi

Taulu 1. Malli m-oppimisen suunnitteluun. [Stone, 2004], taulu on kirjoittajan suomentama ja muokkaama.

Stonen [2004] mukaan suunnittelussa on otettava huomioon laitteistojen erilaisuudet, esimerkiksi tiedonsiirtokapasiteetin ja näytön koon osalta. Hän vertaakin tilannetta WWW:n alkuaikoihin, jolloin erilaisilla selaimilla oli yhteensopivuusongelmia. Tärkeimpänä Stone [2004] pitää kuitenkin sitä seikkaa, miten oppimisaihioita voitaisiin käyttää tehokkaasti hyödyksi eli miten niitä

voitaisiin käyttää uudelleen. Uudelleenkäytön mahdollistamiseksi oppimisaihioiden tulisi noudattaa tiettyjä standardeja sekä metadatan käyttöä, jolloin niiden uudelleenkäyttö olisi mahdollista esimerkiksi tietämuskannan (engl. knowledge base) avulla.

M-oppimissovelluksien arvioinnin sanotaan olevan hankalaa, koska ne koostuvat kahdesta osasta: sovelluksesta ja resursseista (oppimismateriaaleista). Tämän takia arviointi on vaikeampaa kuin tavallisen oppimissisällön arviointi – ohjelmiston ja oppimissisällön rajat ovat hämärtyneet. [Avellis *et al.*, 2004]. Avellis *et al.* [2004] ehdottavatkin, että m-oppimissovelluksen sisältö voitaisiin jakaa neljään eri kategoriaan (taulu 2), jonka perusteella arviointi voitaisiin suorittaa hieman helpommin.

Opetukselliset ominaisuudet	Tekniset ominaisuudet
Sisällölliset asiat	Käytettävyys

Taulu 2. M-oppimissovellukset arviointikategoriat. [Avellis *et al.*, 2004], taulu on kirjoittajan suomentama ja muokkaama.

2.2.3 Keskeisimmät arviointiperiaatteet

Olen nyt esittänyt muutamia keskeisimpiä arviointimalleja, joita pidän tärkeänä, koska kaikki niistä ottavat käytettävyyden tai käyttäjän huomioon. Pidän käytettävyyttä tärkeimpänä ominaisuutena m-oppimissovelluksissa, koska ilman käyttötaitoa teknisten apuvälineiden tarjoama apu on pelkkää illuusiota tai teknologiahakuisuutta. Ilman käyttäjän huomioimista ei ole mahdollista tehdä sovelluksia tavallisten ihmisten tarpeisiin ilman, että käyttäjät tarvitsisivat teknistä tukea. Tekninen tuki ei kuitenkaan ole sellainen asia, josta opetussektori voisi arvella ottavansa lisäkustannuksia. Laitteiden ja sovelluksien tulee siis olla mahdollisimman helppokäyttöisiä ja tarjota selvästi jotakin lisäarvoa opetukseen.

Esittelemäni arviointimallit tukevat lisäksi toisiaan, koska Hietalan ja Niemirevon [1997] tarjoama oppijakeskeinen suunnittelumalli ei ota kantaa

tarkemmin sisältöihin eikä rakenteisiin, vaan on kattava yleistason malli siitä, miten esimerkiksi m-oppimistapahtuma tulisi suunnitella. Stonen [2004] tarjoama malli täydentää tätä mallia tarjoamalla tarkemman selityksen sisältöjen osalta, ja Avellis *et al.* [2004] esittävät mallin, joka taas kertoo, miten sovelluksen rakenne voidaan jakaa arvioitaviin osiin.

3. M-oppimisen käytäntö, esimerkkejä kokeiluista

Tässä kappaleessa esittelen kaksi hyvin samankaltaista tutkimusta, jotka molemmat tapahtuvat luokkahuoneen ulkopuolella oppimisen parissa apuvälineinään mobiililaitteet. Vertailen myös näiden tutkimusten tuloksia toisiinsa ja käsittelen niiden onnistumista myös edellä esittelemieni m-oppimisen suunnittelumallien perusteella.

3.1 Case: Ambient wood, digitaalinen oppiminen ulkoilmassa

Ambient wood keskittyi tutkimaan miten 11–12-vuotiaiden lasten luokkahuoneen ulkopuolella tapahtuvaan oppimistapahtumaan voisi saada tukea PDA-laitteilla. Tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa siitä, miten fyysistä ympäristöä tutkittaessa tulisi esittää digitaalista tietoa asiasta oppimisen tueksi. Suurimpia kysymyksiä olivat, millaisessa muodossa, paljonko ja milloin tietoa tulisi tarjota. Kuinka paljon oppijoille tulisi antaa kontrollia ja vuorovaikutusmahdollisuuksia tiedon kanssa? Kuinka tieto saataisiin parhaiten vastaamaan fyysisen ympäristön tarjoamia kokemuksia? Lasten tuli pareittain vaeltaa metsässä ja tutkia PDA:n avulla kokemuksiaan. Heitä kannustettiin vuorovaikutukseen PDA:n välityksellä saadakseen lisätietoa toisilta ja ohjaajaltaan. [Rogers *et al.*, 2004]

Oppijoille tarjotut tiedot olivat ennalta käsin tallennettuja kuvia, videoita ja ääniä sekä tavallista tekstiä. PDA:t sisälsivät työkalun, joka ympäristöä tarkkailemalla käynnisti prosesseja, jotka tarjosivat oppijoille tarkempaa tietoa ympäristössä tapahtuneista asioista. Joten oppijoille oli tarjolla kahdenlaista tietoa: tietoa, jonka ympäristö käynnisti ja tietoa, johon oppijalla oli halutessaan suora pääsy. Tutkijat varoivat myös antamasta liikaa tietoa, jolloin oppijat harhautuisivat oppimistapahtumasta – vain tarpeellisia tietoja ympäristön käyttäytymisestä ja siihen liittyvistä biologisista asioista tarjottiin. [Rogers *et al.*, 2004]

Tutkimus tehtiin kahdessa osassa, ja ensimmäinen osa keskittyi tutkimaan, kumpi metodi on parempi oppijan kannalta tiedon tarjoamiseen: oppija ottaa

asioista itse selvää tai sovellus reagoi ympäristön tapahtumiin ja tarjoaa oppijoille sillä hetkellä tarpeellista tietoa. Tuloksena oli, että oppijan itse hakema tieto oli tärkeämpää yhteistyön tekemisen, palautteen antamisen ja hypoteesien tekemisen kannalta. Tutkimus osoitti, että tällaisessa ympäristössä on hyötyä digitaalisista tiedoista, jotka voivat tukea ympäristössä nähtyjä asioita. Useat ryhmät oppivat asioita yhdistelemällä heille tarjottua tietoa ja omia kokemuksiaan ympäristön seuraamisesta. Useat ryhmät myös jakoivat tietoa keskenään ja ehdottivat kokeiluja toisilleen. [Rogers *et al.*, 2004]

Ympäristöönsä reagoiva sovellus taas koettiin huonoksi vaihtoehdoksi. Useat oppijat yllättyivät aidoista äänistä tai kuvista, jotka ilmestyivät heidän kulkiessaan metsässä. Suurin osa oppilaista ei edes kiinnittänyt niihin huomiota, koska ne kuulostivat liian aidoilta ja siten hukkuivat metsän muutenkin vilkkaaseen äänimaailmaan. [Rogers *et al.*, 2004]

Tutkimuksen toisessa osassa oppijoille lähetettiin tietoa metsän kasveista, ja he keskustelivat niistä ohjaajan kanssa PDA:n välityksellä. Oppijat kuvailivat ohjaajalle kasveja, ja ohjaaja lähetti kyseisestä kasvista lisää tietoa oppijoille. Oppijat tallensivat PDA:lle myös kokoelman kasveista, joita he olivat metsässä nähneet. Tämänlaisen tutkimisen huomattiin olevan tehokkaampaa kuin ensimmäisessä tutkimuksessa olleen tutkimisen, koska oppijat joutuivat huomioimaan pienempiä yksityiskohtia asioista saadakseen niistä lisää tietoa. Oppijat käyttivät myös tallentamiaan kasvien kuvia vertailuihin toisien kasvien kanssa. Myös äänien toimittamista tutkittiin eri tavalla. Äänet toimitettiin nyt torven kautta eikä PDA:n kaiuttimista. Oppijat saivat myös hälytyksen PDA:hansa, milloin ääniä olisi kuultavissa, ja he reagoivat sen vuoksi paremmin ääniin kuin ensimmäisessä osassa. [Rogers *et al.*, 2004]

3.2 Case: Mystery in the Museum, digitaalinen oppiminen museossa

Tutkimuksen tavoite oli kehittää peli, joka stimuloi nuorten oppijoiden mielikuvituksen käyttöä oppimistapahtuman yhteydessä. Tutkimuksessa käytettiin PDA-laitteita, joiden avulla pyrittiin ratkaisemaan peliä, joka muodostui tietyistä museon näyttelyssä olleista teoksista. Eri palat oli jaettu ryhmien eri PDA-laitteisiin, ja oppijoiden tuli vuorovaikutuksen kautta saada koottua niistä muodostuva kuva. Iso luokka voitiin jakaa pienempiin ryhmiin, jotta oppimistapahtumasta tulisi kilpailun luonteinen. Oppijoille tarjottiin

kahdenlaisia tehtäviä: kuva-arvoituksia ja tekstiarvoituksia, kuten nuorille hyvin tuttuja runoja. [Cabrera *et al.*, 2005]

Ennen museokäyntiä oppijoiden kanssa käytiin läpi museossa olevia asioita, jotta heillä olisi hieman taustatietoa aiheesta. Molemmat arvoitustehtävät oli jaettu palasiin, jotka laitettiin ryhmän jäsenten PDA-laitteisiin. Tehtävän ratkaistakseen oppilaiden tuli tehdä yhteistyötä ja vaihtaa palasia keskenään sekä tarkkailla museossa olevia teoksia saadakseen ongelma ratkaistua. Oppijat saivat kysyä apua ja vihjeitä ohjaajiltaan tai museon henkilökunnalta. [Cabrera *et al.*, 2005]

Kaikilla ryhmillä oli hyvin samankaltainen tapa ratkaista tehtäviä: käydä läpi näyttelyn asioita ja etsiä vihjeitä tehtäviin ympäristöstä. Tekstiarvoitukset osoittautuivat huomattavasti vaikeammiksi kuin kuva-arvoitukset, ja useat oppijat eivät saaneet tekstiarvoituksia ratkaistuksi. Useat oppijat halusivat saada ratkaisut PDA-laitteisiinsa ratkaisemattomista tehtävistä, mutta tätä asiaa ei oltu otettu huomioon. Kuva-arvoitukset saatiin kaikkien osalta ratkaistua, ja vaikka näin ei olisi ollutkaan, niin oikeat ratkaisut olisivat löytyneet museosta. [Cabrera *et al.*, 2005]

Tutkimuksessa huomattiin, että vaikeudet peleissä johtivat niiden keskeyttämiseen. Vaikka vaikeusaste oli säädettävissä, niin se tulisi säätää kohdalleen jo ennen pelin aloittamista. Toinen huomattu asia oli se, että PDA-laitteet veivät huomiota näyttelystä, mikä sinällään ei ole hyvä asia. Tämän takia tutkijat ajattelivatkin muokata ohjelmasta enemmän museokierrosta tukevan. [Cabrera *et al.*, 2005]

3.3 Havaintoja

Molemmat esittelemäni tutkimukset oli suunnattu nuorille oppijoille ja tapahtumille luokkahuoneen ulkopuolella. M-oppimisen ydin on tosiaankin tiedon, laitteiden ja vuorovaikutustapahtumien liikkuvuudessa, ja tällaisenaan nämä tutkimukset on onnistuttu järjestämään oikein m-oppimisen suunnittelun kannalta. Mutta mieleeni herää muutama seikka näistä tutkimuksista ja m-oppimisesta yleensä: Paljonko on kulutettu resursseja ja aikaa laitteiden käytön kouluttamiseen? En tarkoita pelkästään nuorten oppijoiden kohdalla, vaan ohjaajien kohdalla. Onko näissä tapahtumissa saatu hyöty sen vaivan arvoista? Uskon sen olevan, koska jopa näissä ensimmäisissä tutkimuksissa on todettu oikealla tavalla käytetyn digitaalisen materiaalin ja vuorovaikutuksen tukevan

oppimista. Molempien tutkimusten oppijat paneutuivat tehtäviinsä sellaisella innokkuudella, jota tuskin näkisimme millään perinteisillä tavoin tehdyillä kouluretkillä – aina on joku jota ei kiinnosta.

Tutkimuksissa oli otettu kohtuullisen hyvin huomioon Stonen [2004] mallin mukaiset vaatimukset sisällön osalta. Kumpikaan ei kuitenkaan onnistunut tarjoamaan vaativaa toistoa opituista asioista, mutta molemmat mahdollistivat toiston olemassaolon ulkoisten puitteiden perusteella. Kumpikaan tutkimus ei tarjonnut tietouden testaamista testien avulla, vaan testit palvelivat enemmänkin käytännöllistä oppimista. Kumpikin tutkimus tarjosi taustatietoa asioista, jotta oppijat saisivat tutkimalla tehtävänsä suoritettua. Kumpikaan projekti ei suosinut materiaalien tallentamista myöhempää käyttöä varten, mutta Ambient wood kuitenkin mahdollisti kyseisen toiminnon. Kumpikin tutkimus tarjosi mahdollisuuden tietojen vertailuun, etenkin Mystery in the Museum. Myös Ambient Wood teki mahdolliseksi vertailevan oppimisen, mutta sitä ei kuitenkaan ollut oppimisen kannalta pakollista suorittaa. Arveluttavaa on kuitenkin se, onko esimerkiksi tiedonsiirtokapasiteettia ja tallennusmahdollisuutta käytetty täysin onnistuneesti hyväksi kummassakaan projektissa.

Sisällölliset seikat olivat mielestäni kohtuullisen onnistuneita, Ambient Woodin tapauksessa hyvin onnistuneita. Riittävää on mielestäni lisämateriaalin nopea saatavuus ja Ambient Woodin tapauksessa sitä sai monista eri lähteistä. Käytettävyysasiat oli molemmissa hyvin hoidettu, tosin Mystery in the Museumissa oli tarpeellista kouluttaa oppijoita etukäteen laitteen käyttöön ja siltikin he joutuivat keskittymään laitteen käyttöön tutkimuksen aikana kohtuuttoman paljon. Opetuksellisia ominaisuuksia molemmat sisälsivät kohtuudella, mutta kaipaisin kuitenkin vaihtoehtoisia tapoja, jos kyseessä on jonkinlaisen pelin tai leikin puhdas suorittaminen, kuten Mystery in the Museum tapauksessa. Teknisten ominaisuuksien huomioonottaminen oli molemmissa onnistunut hyvin, mitä on kuitenkin vaikea sanoa tarkalleen, koska laitteiden teknisistä ominaisuuksista ei ollut paljon tietoa tarjolla. Tekniset ominaisuudet kuitenkin onnistuivat hyvin opetuksen tukemisessa.

4. Yhteenveto

Mobiilioppimisella on kiistämättä suuri potentiaali onnistua ottamaan paikkansa perinteisen oppimisen rinnalla. Etenkin edistyneempi oppiminen voisi olla tutkivan luonteensa perusteella sopivaa mobiililaitteiden avulla suoritettavaksi. Mobiililaitteilla on suuret ominaisuudet, joiden hyödyntäminen vaatii vielä tarkempia tutkimuksia ja kartoituksia. Tällä hetkellä oppimissovellukset onnistuvat vain perusominaisuuksien käytössä. Etenkin vuorovaikutteisuus ja yhteistyö ovat sellaisia asioita, joiden edistämiseksi mobiililaitteilla on valtavan suuret mahdollisuudet.

Tekniikan mahdollisuudet kiinnostavat selvästi nuoria, koska niiden avulla on mahdollista päästä nopeasti ja tehokkaasti käsiksi esimerkiksi Internetin valtavaan tietomäärään. Lisäksi se palvelee tutkivaa oppimista, joka on omiaan juuri mobiililaitteiden avulla toteutettavaksi, koska niitä voi kuljettaa mukanaan. Lisäksi opetuksen suunnan muuttuminen tutkivaksi on muuttanut opettajan osan tietyillä alueilla ohjaajaksi. Ohjauksen tarve on hoidettavissa myös mobiililaitteiden avulla, koska kommunikaatioyhteydet ovat tarjolla melkein missä tahansa. Tämä palvelee myös yhteistyön tekemistä, sillä yhteistyö on suuressa osassa nykyisessä opiskelussa.

Viiteluettelo

- [Avellis *et al.*, 2004] Gianna Avellis, Antonio Scaramuzzi and Anthony Finkelstein, Evaluating non-functional requirements in mobile learning contents and multimedia educational software. In Attewell, J. and Savill-Smith, C. (eds.), *Learning with Mobile Devices, Research and Development*, Learning and Skills Development Agency, 2004, 13-20.
- [Bloom, 1976] Bloom Benjamin, *Human Characteristics and School Learning*. New York: McGraw-Hill, 1976.
- [Cabrera *et al.*, 2005] Jorge Simarro Cabrera, Henar Muñoz Frutos, Adrian G. Stoica, Nikolaos Avouris, Yannis Dimitriadis, Georgios Fiotakis and Katerina Demeti Liveri, Mystery in the museum: collaborative learning activities using handheld devices. *Proceedings of the MobileHCI'05 Conference*, ACM Press, 2005, 315- 318.
- [Hietala and Niemirepo, 1997] Pentti Hietala and Timo Niemirepo, Software for Learning: implications of the learner-centered design paradigm. In Väliharju, T and MLE-Group (eds.), *Digital Media as a Learning Environment*. University of Tampere, Computer Centre/Hypermedia Laboratory, 1997, 1-16.
- [Kakihara and Sørensen, 2001] Masao Kakihara and Carsten Sørensen, Expanding the 'mobility' concept, *SIGGROUP Bulletin, December 2001/Vol. 22, No. 3*, ACM Press, 2001, 33-37.
- [Keegan, 2002] Desmond Keegan, The future of learning: from e-learning to m-learning, a part of The Leonardo Da Vinci program of the European Union, Fern University, Hagen, Germany.
- [MLearnopedia, 2006], verkkoviite, tarkastettu viimeksi 19.5. 2006 <http://www.mlearnopedia.com/index.html>
- [Rogers *et al.*, 2004] Rogers, Y., Price, S., Fitzpatrick, G., Fleck, R., Harris, E., Smith, H., Randell, C., Muller, H., O'Malley, C., Stanton, D., Thompson, M. and Weal, M., Ambient wood: designing new forms of digital augmentation for learning outdoors. *IDC 2004*, June 1-3, 2004. ACM Press, 2004.
- [Sharpley *et al.*, 2002] Mike Sharpley, Dan Corlett and Oliver Westmancott, The design and implementation of a mobile learning resource. *Personal and Ubiquitous Computing (2002) 6*: 220-234.

- [Soloway et al., 1996] Elliot Soloway, Shari L. Jackson, Jonathan Klein, Chris Quintana, James Reed, Jeff Spitulnik, Steven J. Stratford, Scott Studer, Jim Eng and Nancy Scala, Learning theory in practice: case studies of learner-centered design. Proceedings of the CHI 96 Vancouver, ACM Press, 1996, 189-196.
- [Stone, 2004] Andy Stone, Designing scalable, effective mobile learning for multiple technologies. In Attewell, J. and Savill-Smith, C. (eds.), *Learning with Mobile Devices, Research and Development*, Learning and Skills Development Agency, 2004, 145-153.
- [Taylor, 2004] Josie Taylor, A task-centred approach to evaluating a mobile learning environment for pedagogical soundness. In Attewell, J. and Savill-Smith, C. (eds.), *Learning with Mobile Devices, Research and Development*, Learning and Skills Development Agency, 2004, 167-171.

Naiivin bayesilaisen suodatuksen käyttö web-ympäristössä

Teemu Mäki

Tiivistelmä

WWW-sivujen tahallinen manipulointi hyödyntävoittelumielessä (ns. *spamdexing*) on noussut samankaltaiseksi ongelmaksi kuin roskaposti sähköpostin käyttäjille. Manipuloinnilla tavoiteltava hyöty perustuu useimmiten korkeaan sijoituksen hakukonetuloksissa. Erityisesti vapaasti muokattaviin ja ilmaiseksi tarjottavien verkkopalveluiden, kuten blogien kautta toteutettu *spamdexing* on lisääntymässä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan lyhyesti eri *spamdexing*-tapoja, esitellään naiivia bayesilaista suodatusalgoritmia hyödyntävä verkkosivun linkkien tarkistussovellus sekä arvioidaan sen soveltuvuutta manipuloitujen verkkosivujen tunnistukseen.

Avainsanat: WWW, *spamdexing*, naiivi bayesilainen suodatus.

CR-luokat: H.3.3 Information filtering

1. Johdanto

Viime aikoina paitsi sähköposti, myös WWW on täyttynyt erilaisesta ei-toivotusta materiaalista, jonka avulla tavoitellaan jonkinlaista hyötyä, tyypillisesti taloudellista hyötyä tai suosituimmuutta omalle verkkosivulle. Tällaisesta toiminnasta käytetään usein nimitystä *spamdexing*. *Spamdexing* on yhdistelmäsana sanoista spam (roskaposti) ja indexing (luettelointi). Siinä päämääränä on saada www-sivu esiintymään mahdollisimman ylhäällä hakukoneen tulostamalla manipuloimalla sivun sisältöä tarkoituksellisesti ja epärehellisesti (erotuksena hakukoneoptimointiin). *Spamdexing* tulee erottaa luvallisesta *hakukoneoptimoinnista* (search engine optimisation, *SEO*). Koska hakukoneet huomioivat sivujen sisällön lisäksi linkit, kumpiakin manipuloidaan. Toinen syy manipuloida linkkejä on se, että mainostajat saattavat maksaa sivun ylläpitäjälle (oletetun) kävijämäärän mukaisesti. Manipuloidut sähköpostiviestit ja www-sivut eroavat paradigmana sekä laajuuden ja manipulointitavan suhteen. Perimmäinen tarkoitusperä kummasakin on kuitenkin sama: ohjata loppukäyttäjä vierailemaan määrättyllä verkkosivulla. Www-sivujen manipuloinnille tyypillistä on, että manipuloinnilla pyritään vaikuttamaan hakukoneiden luettelointiin.

WWW:n sisällön manipulointi on ollut ongelma lähes niin kauan kuin WWW on ollut suuren yleisön käytössä. WWW:n todellisen läpimurron voidaan katsoa

alkaneen vuonna 1993 NCSA Mosaic-selaimen julkaisemisen myötä, ja vain neljä vuotta myöhemmin hakukonetulosten manipulointi on jo ollut huomattava ongelma [Marchiori, 1997, s. 4][Weise, 1997]. Tilanne on sittemmin parantunut, sillä hakukoneiden ylläpitäjät ovat tulleet tietoisiksi ongelmasta ja tehneet pisteytysalgoritmeistaan vaikeammin harhautettavia sekä alkaneet ylläpitää erilaisia sulku listoja. Tämän johdosta linkkimanipuloinnin eräs sivuvaikutus on ollut se, että mahdollisuudet parantaa asiallisesti sivun löydettävyyttä käyttämällä metadatumia ovat huonontuneet. Jotkin hakukoneet jättävät manipuloinnin takia meta-tagit ja kuvien alt-attribuutit jopa täysin huomiotta.

Yksi syy ongelman vaikeuteen saattaa olla se, että hakukonetulosten manipulointi ei yleensä ole suorastaan lainvastaista. Joitakin ennakkotapauksia on tapauksista, joissa käyttäjiä on harhautettu sivulle käyttämällä tunnettua tuotemerkkiä väärässä yhteydessä, jolloin kyseeseen tulee tuotemerkin luvaton käyttö [Nathenson, 1998, s. 24]. Useimmat spamdexingin torjuntaratkaisut ovat keskittyneet parantamaan hakukoneiden pisteytysalgoritmeja sekä vaikeuttamaan hakutulosten manipulointia.

Sähköpostin roskapostiongelma on vielä vanhempi ilmiö, ja sitä vastaan on kehitetty useita torjuntakeinoja, joista *bayesilainen suodatus* on noussut yhdeksi suosituimmista tavoista suodattaa sähköposteja [Anttila, 2004, s. 137-139]. Bayesilaisen suodatuksen vahvuutena on hyvä tehokkuus ja sopeutumiskyky asiakaspään suodatuksessa. Bayesilaisista suodatusta on hyödynnetty sekä asiakaspään (esim. Mozilla Thunderbird-sähköpostiohjelma) että palveluntarjoajataso suodatuksessa (esim. SpamAssassin). WWW-kontekstissa bayesilaisia luokittelijoita on edelleen käytetty erilaisten yhteisöllisyyteen perustuvien verkkosivujen luokitteluun hyviin ja huonoihin (myös esim. musiikkia, kirjoja jne.). Bayesilaisista suodatusta käsitellään tarkemmin tämän tutkielman luvussa .

Tässä tutkimuksessa esitellään Mozilla Firefox-selaimen integroitava, Bayesin teoreemaan pohjautuva linkkien suodatusohjelmisto, jonka tehtävänä on varoittaa selaimen käyttäjää ennalta todennäköisistä roskasivuista, sekä esitellään lyhyesti muunlaisia tapoja lajitella www-sivuja. Lyhyen tutkimuksen perusteella vaikuttaisi, että tämänkaltaisia sovelluksia ei vielä ole tarjolla. Useimmat verkkosivujen suodatuksen asiakaspäässä käytettävät ohjelmistot pyrkivät piilottamaan käyttäjältä määrättyyn aihepiiriin liittyviä sivuja (esim. seksisivuja ja äärimielipiteisiin liittyviä sivuja). Nämä suodatusohjelmistot ovat yleensä perusajatukseltaan sikäläkin erilaisia, että ne perustuvat ohjelmiston tekijän luomiin avainsanalyyttisiin. Bayesilaisessa suodatuksessa sen sijaan suodatuskriteerit muodostuvat yksilöllisesti käyttäjän selaaman materiaalin perusteella.

Lopuksi raportoidaan valmiin ohjelmiston koekäytön tulokset ja tehdään päätelmiä siitä, missä määrin se toteuttaa tarkoituksensa. Arvioimme myös työkalun soveltuvuutta erityyppisesti manipuloitujen sivujen tunnistamiseen. Näitä manipulointitekniikoita esitellään seuraavassa luvussa. Tutkimuksen lopputu-

Termi / lyhenne	Kuvaus
DBI	DataBase Interface, Perl-ohjelmointikielessä yleisimmin käytetty tietokantatarajapinta.
Diskretisointi	Jatkuvien mallien tai kuvaajien muuttaminen niiden epäjatkuviksi (diskreeteiksi) vastineikseen.
DOM	Document Object Model, kuvaus HTML- tai XML-asiakirjan esittämisestä olioperusteisesti. DOM tarjoaa ohjelmointirajapinnan, jolla voidaan tarkastella tai muuttaa asiakirjan sisältöä, rakennetta ja tyyliä.
Javascript	Netscapen toteutus ECMAScriptistä, joka on yleisesti verkkosivulla ja muissa sulautetuissa olioissa käytettävä skriptikieli.
SQLite	ACID-standardin mukainen relaatiotietokantajärjestelmä, joka sisältyy pienen C-kirjastoon.
Tokenisointi	Merkkijonon pilkkominen avaimiin (<i>tokens</i>).
XPI	XPIInstall (Cross-Platform Install), Mozillassa, Firefoxissa, Mozilla Thunderbirdissä ja muissa XUL-pohjaisissa sovelluksissa käytetty tekniikka, jolla voidaan lisätä laajennusosia pääsovelluksen päälle.
XUL	XUL (XML User Interface Language), käyttöliittymän kuvauskieli, joka on kehitetty Mozilla-sovellusten ylläpitoon.

Taulukko 1: Termit ja lyhenteet

loksen pohjalta voidaan arvioida, onko tämäntyyppinen suodatin jatkokehityksen arvoinen tai voidaanko se mahdollisesti yhdistää muihin suodatustekniikoihin. Taulukossa 1 esitellään joitakin toteutukseen liittyviä keskeisiä termejä ja lyhenteitä.

2. Verkkosivujen manipulointitavoista

Verkkosivujen manipuloinnin perustana on se, että hakukoneiden indeksointibotit ja selaimet käsittelevät HTML-koodia eri tavalla. Kaikki nykyaikaiset selaimet pyrkivät sietämään epävalidia HTML:ää sekä sivuuttamaan kaikki tuntemattomat tagit. Marchiori nimittää HTML-elementtejä, jotka eivät näy käyttäjälle, *haamukomponenteiksi* (ghost components). Suurin osa manipulointitekniikoista perustuu nimenomaan näiden haamukomponenttien käyttöön. [Marchiori, 1997, s. 6-8]

Joitakin yleisiä tapoja manipuloida sivuja ovat:

- *Näkymätön tai piilotettu teksti*: Sivulle lisätään haluttuja avainsanoja samalla tai lähes samalla värillä kuin taustaväri tai piilottamalla ne tiettyjen HTML-elementtien sisään (esim. noscript-tagit). Tällöin hakukoneen indeksointibotille avainsanat vaikuttavat relevanteilta, mutta verkon käyttäjä ei niitä näe. [Gyöngyi and Garcia-Molina, 2005, s. 8-9]

- *Avainsanojen ahtaminen* (keyword stuffing): Sivulle lisätään näkymättömiä osioita, jotka sisältävät avainsanoja toistettuna lukemattomia kertoja. Tämä tekniikka toimi paremmin aikaisemmin, kun hakukoneet laskivat vain sanojen esiintymistiheyksiä. Nykyään lähes kaikki hakukoneet sisältävät algoritmin, jolla ne pyrkivät päättelemään, onko sanan esiintymistiheys normaalin rajoissa.
- *Meta-tagien ahtaminen* (Meta tag stuffing): Samantapainen tekniikka kuin edellä, mutta avainsanat ahdetaan HTML-sivun otsikon metatietoelementteihin.
- *Lomittaminen* (Weaving): Roskatermit sijoitetaan muualta verkosta kopioidun materiaalin sisälle. Tarkoituksena on hämätä yksinkertaisen toiston tunnistavia algoritmeja.
- *Virkkeiden yhdistäminen* (Phrase stitching): Roskasivu koostetaan käyttäen muualta verkosta kopioituja kokonaisia virkkeitä. Tarkoituksena on saada roskasivu löytymään hakutermeillä, jotka liittyvät alkuperäisten virkkeiden aihepiiriin. [Gyöngyi and Garcia-Molina, 2005, s. 4]
- *Porttisivut* (Gateway pages): Porttisivu sisältää vain vähän informaatiota, mutta paljon houkuttelevia avainsanoja. Sivun keskellä tai muuten näkyvällä paikalla on linkki, josta päästään siirtymään sivulle, jolle käyttäjä haluaa harhauttaa. Kohdesivu voidaan myös ladata automaattisesti esim. meta refresh-tagien avulla. Useimmat hakukoneet osaavat kuitenkin tunnistaa meta-pohjaiset uudelleenohjaukset, josta syystä roskaajat käyttävät yleensä mieluummin joko manuaalisesti klikattavaa linkkiä tai suorittavat uudelleenohjauksen JavaScriptin avulla, jota hakukoneiden on vaikeampi tunnistaa. [Gyöngyi and Garcia-Molina, 2005, s. 7]
- *Linkkifarmit* (link farms): Joukko sivustoja, jotka sisältävät ainoastaan suuren määrän linkkejä, jotka viittaavat toinen toisiinsa.
- *Piilolinkit*: Linkkien piilottaminen haamukomponentteihin.
- *Splogit*: Valeverkkopäiväkirja, joka on luotu vain houkuttelemaan kävijöitä muille sivuille. Tämän lisäksi spammaajat lisäävät usein omia linkkejään oikeisiin blogeihin. Eräiden lausuntojen mukaan jopa 8% kaikista ilmaisilla blogisivustoilla luoduista blogeista on tehty pelkästään hakukonehyödyn tavoittelemiseksi [Pollitt, 2005]. Monet blogihakemistot pitävät nykyään kirjaa luoduista splogeista. Huhtikuussa 2006 Blogwise-hakemiston tilastossa tiettyjen blogisivustojen splogien määrä kaikista blogeista ylitti jopa 15% [Blogwise, 2006].

Perusteellisempi lista eri hämäysmenetelmistä löytyy John Graham-Cummingin ylläpitämältä sivulta "The Spammer's Compendium" [Graham-Cumming, 2006]. Sivua myös päivitetään sitä mukaa kuin uusia menetelmiä havaitaan.

Näkymätön teksti sekä avainsanojen ahtaminen ovat vanhempia tekniikoita. Juuri näiden tehokkuuden vähentämiseksi useimmat hakukoneet ovat myöhemmin kehittäneet linkkeihin perustuvia pisteytysalgoritmeja, kuten PageRank [Brin and Page, 1998] ja HITS [Chakrabarti, 2003]. Linkkifarmit, piilolinkit ja splogit on keksitty nimenomaan hyödyntämään linkkeihin perustuvia pisteytysalgoritmeja.

Nykyisissä hakukoneissa on lukuisia algoritmeja, jotka yrittävät tunnistaa tämäkältaisia hämäysyrityksiä (esim. avainsanojen esiintymistiheyksiä normalisoimalla ja linkityskaavoja analysoimalla). Verkon käyttäjä voi kuitenkin törmätä linkkeihin muuallakin kuin hakukoneessa, esim. blogiin spammattynä. Blogispammistä on tullut huomattava ongelma, sillä blogit nauttivat yleensä hakukoneiden suosiota, mutta niihin on helppo lisätä asiaankuulumatonta materiaalia, mukaan lukien ulospäin viittaavia linkkejä [Mishne et al., 2005].

3. Bayesin teoreemasta ja bayesilaisesta suodatuksesta

Bayesin teoreema on tilastotieteen teoria, jonka avulla voidaan ennustaa tietyn tapahtuman tai oletuksen (A) todennäköisyyttä, joka riippuu ehdollisesti toisesta tapahtumasta tai oletuksesta (B). Yleisessä ja yksinkertaisimmassa muodossa Bayesin teoreema voidaan esittää kaavalla:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)} = \frac{L(A|B) P(A)}{P(B)}$$

jossa: $P(A)$ on oletuksen *A priori-todennäköisyys* (A :n todennäköisyys yleisesti ilman tietoa B :n todennäköisyydestä), $P(A|B)$ on oletuksen *A posteriori-todennäköisyys* (A :n todennäköisyys olettaen, että B on tosi), $P(B|A)$ on oletuksen B posteriori-todennäköisyys, sekä $P(B)$ on B :n prioritodennäköisyys, joka toimii normalisoivana vakiona.

Bayesin teoreemaa on sovellettu erilaisissa suodattimissa, jotka lajittelevat erilaisia dokumentteja eri kategorioiden käyttäen tiettyjen sanojen tai muiden rakenne-elementtien esiintymistiheyksiä prioritodennäköisyytenä. Tällaisia kategorisoijia nimitetään myös naiiveiksi bayesilaisiksi klassifikaattoreiksi, sillä ne olettavat suoran riippuvuussuhteen kahden asian välillä, jotka todellisuudessa ovat vain ehdollisesti riippuvaisia. Kompleksisissa reaali maailman tilanteissa tämä naiivi luokittelutapa toimii paremmin kuin intuitiivisesti voisi olettaa.

Erityisesti bayesilaista suodatusta on käytetty luokittelemaan sähköposteja automaattisesti roskapostien ja luvallisten sähköpostien joukkoihin. Tässä tapauksessa siis A tarkoittaa "sähköposti on roskapostia" ja B tarkoittaa "Viesti sisältää

määrätyt sanat”. Tässä yhteydessä sanoilla tarkoitetaan mitä tahansa rakenne-elementtejä, joiden esiintymistä voidaan laskea viestistä. Täten yllämainittu kaava voidaan kirjoittaa muodossa:

$$P(\textit{roska}|\textit{sanat}) = \frac{P(\textit{sanat}|\textit{roska})P(\textit{roska})}{P(\textit{sanat})}$$

jossa: $P(\textit{roska}|\textit{sanat})$ on todennäköisyys, että tietyt sanat sisältävä sähköposti on roskapostia, $P(\textit{sanat}|\textit{roska})$ on todennäköisyys sille, että sanat esiintyvät missä tahansa roskapostissa, $P(\textit{roska})$ todennäköisyys sille, että mikä tahansa viesti on roskapostia sekä $P(\textit{sanat})$ todennäköisyys sille, että sanat esiintyvät missä tahansa sähköpostista. Todennäköisyydet lasketaan tilastoimalla niistä sähköpostiviesteistä, jotka käyttäjä on merkinnyt roskapostiksi tai ei-roskapostiksi. Suodatuksen tehostamiseksi voidaan samalla tavalla laskea todennäköisyys vahvistetuista ei-roskapostiviesteistä, ja vertailla näitä arvoja. Roskapostikäyttöpauksessa bayesilaisen suodattimen on todettu varsin nopeasti ja lyhyen koulutuksen jälkeen mukautuvan käyttäjän sähköpostien (sekä roskapostien että luvallisen postin) erityisominaisuuksiin ja pystyvän hyvin suurella onnistumisprosentilla tunnistamaan suurimman osan roskaposteista oikein. [Androustopoulos et al., 2000, s. 2-3]

Zhang *et al.* [2004] ovat myös todenneet bayesilaisen suodatuksen tehokkaaksi, joskin eräät muut tilastolliset suodatusmenetelmät pärjäsivät testissä vieläkin paremmin. Menetelmän perustoteutuksen oppimiskyvyn on havaittu pysähtyvän 99,9% tasolle [Yerazunis, 2004]. Meyer [2003] arvioi Netscape 7.1:n bayesilaisen suodattimen saavuttaneen 99% tunnistustarkkuuden vain viikon aktiivikäytön ja väärin positiivisten osoittamisen jälkeen. Bayesilaisen roskapostisuodatuksen ominaisuuksiin kuuluu myös se, että menetelmä toimii paremmin loppukäyttäjän päässä kuin palveluntarjoajan tasolla. Lisäksi on havaittu, että useimmat bayesilaisen suodattimen väärin tunnistamat viestit ovat lyhyitä.

[Garcia et al., 2004, s. 15]

4. Muita suodatustapoja

Seuraavassa käydään lyhyesti läpi aiempaa tutkimusta liittyen verkkosivujen manipuloinnin tunnistamiseen. Bayesin teoreemaan perustuvan suodatuksen vertailu näihin menetelmiin olisi hedelmällistä, mutta ei sisälly tämän tutkimuksen laajuuteen. Osa menetelmistä voitaisiin mahdollisesti myös käyttää tehostamaan bayesilaisen suodatuksen tulosta.

Fetterly *et al.* [2004] esittävät, että roskasivuja voidaan tunnistaa tiettyjen tilastollisten ominaisuuksien perusteella. Näitä ovat mm. sivun URL-osoitteen palvelinosan ominaisuudet, samaan IP-osoitteeseen viittaavien symbolisten palvelinimien lukumäärä, verkkosivuista ja niiden linkeistä muodostuvien graafien

sisä- ja ulkoasteiden vieraat havainnot, määrätyn sivun evoluution nopeus sekä ylenmääräinen sisällön replikointi. Tutkimuksen mukaan verkkospammin tehokkuuden edellytyksenä on se, että sivuja luodaan automaattisesti valtava määrä. Tämä automatisointi näkyy määrättyä ”konemaisuutena” luoduissa sivuissa, mikä voidaan havaita tilastollisen analyysin menetelmin esim. tutkimalla sanamäärän ja sisällön varianssia.

Mishne *et al.* [2005] ovat kehittäneet kielimalliin perustuvaa tapaa torjua kommenttispammiä blogeissa. Mallissa ehdotetaan, että blogista voitaisiin poistaa kommentit, tai kommentteissa linkitetyt sivut, joiden kieli poikkeaa merkittävästi tekstistä, jota kommentoidaan.

Wu ja Davison [2005] ovat tutkineet linkkifarmien tunnistamista linkkianalyysin menetelmin. Algoritmissa luodaan ensin siemensarja tutkimalla sivujen lähteviä ja tulevia linkityksiä sekä laajentamalla tämän jälkeen sarjaa.

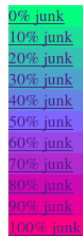
Kolari *et al.* [2005] ovat tutkineet splogien tunnistamista SVM-tekniikan avulla.

Monet näistä suodatustavoista vaativat paljon laskentatehoa, ja sopivat paremmin palveluntarjoajan tai hakukoneen päässä toteutettavaksi. Keveä bayesilainen suodatusalgoritmi voinee puolustaa paikkaansa käyttäjän päässä tapahtuvassa suodattamisessa.

5. FoxBAT-ohjelmisto

Tutkimusta varten luotiin naiivin bayesilaisen suodatuksen käyttäjäpäässä toteuttava sovellus. Sovelluksen päämääränä on testata, soveltuuko bayesilainen suodatus myös WWW:n sisällön suodattamiseen. Oletuksena on, että algoritmi oppii riittävän kouluksen jälkeen tunnistamaan manipuloidut verkkosivut määrättyjen termien sekä haamukomponenttien avulla. Sovellus huomioi ainoastaan avainten esiintymisen sivulla huomioimatta rakenteellisia seikkoja, joten sen ei sinällään oletettu todennäköisesti tunnistavan tehokkaasti rakenteeseen perustuvia manipulointimenetelmiä.

Sovelluksen arkkitehtuuriksi valittiin kolmitasoinen asiakas-palvelin-tietokanta-arkkitehtuuri. Asiakkaana toimii Mozilla Firefox-selaimeen tehty laajennus, joka käyttää XPI-tekniikkaa ja on toteutettu XUL- ja JavaScript-skriptikielillä. Asiakasohjelma on hyvin pienikokoinen, sillä se hyödyntää Firefoxin DOM-parseria sellaisenaan. Asiakkaan tehtävänä on tarjota käyttäjälle käyttöliittymä (Firefoxin työkalupalkki), etsiä asiakirjasta linkit sekä välittää linkkien osoitteet palvelimelle analysoitavaksi. Käyttöliittymä on hyvin yksinkertainen. Käyttäjällä on vain kolme päätoimintoa käytettävissään: merkitse sivu roskaksi, merkitse sivu ei-roskaksi sekä analysoi sivun linkit. Kaikki toiminnot kohdistuvat automaattisesti käyttäjän sillä hetkellä tarkastelemaan sivuun. Sovellus värjää linkkien taustan niiden roskaennusteen mukaisesti. Väri määräytyy jatkuvalla asteikolla vihreäs-



Kuva 1: Linkkien väriskaala roskatodennäköisyyden mukaan

tä sinisen kautta punaiseen. Täten linkit, jotka todennäköisesti eivät ole roskaa (roskatodennäköisyys lähellä 0 %), ovat väriltään vihreitä, epävarmat tunnistukset (lähellä 50%) ovat sinisiä ja todennäköiset roskasivut (lähellä 100%) ovat punaisia. Esimerkkejä väreistä on kuvassa 1.

Palvelin hakee www-sivut verkosta, tokenisoi ja diskretisoi sivuilla esiintyvät sanat sekä HTML- ja JavaScript-lausekkeet sekä pitää tietokannassa kirjaa näiden esiintymistiheyksistä roska- ja ei-roska-sivuilla. Diskretisointi tapahtuu jakamalla avaimet esiintymistiheyden mukaan logaritmisesti luokkiin, joiden raja-arvot ovat 2^n jokaiselle luokalle n . Tällöin avainten hajaesiintymät ja usein toistetut avaimet käsitellään eri tapauksina. Diskretisointialgoritmi on muunnelma ns. *ta-salevyisestä diskretisoinnista* (equal-width discretization) [Yang, 2003, s. 19] ja se on valittu toteutuksen yksinkertaisuuden vuoksi. Palvelin myös laskee Bayesin teoreeman mukaisen posteriori-todennäköisyyden sille, että kysytty sivu on roskaa ja palauttaa tämän arvon asiakkaalle. Palvelin huomioi laskennassa ainoastaan sivut, jotka käyttäjä on tunnistanut joko roskaksi tai ei-roskaksi. Roskatodennäköisyys joukolle avaimia, jossa on n avainta, lasketaan Bayesin teoreemasta johdetulla kaavalla:

$$P(\text{avaimet}) = \frac{\sum_{i=0}^n \left(\frac{P_i/N_s}{(P_i+R_i)} \right) * \frac{N_s}{N}}{n}$$

jossa P_i on niiden roskasivujen lukumäärä, joilla esiintyy avain i , R_i on ei-roskasivujen lukumäärä, joilla esiintyy avain i , N_s on roskasivujen kokonaismäärä ja N on kaikkien tunnettujen sivujen lukumäärä.

Palvelinohjelma on toteutettu Perl-kielellä, ja testikokoonpanossa se toimii Apache-palvelimen välityksellä. Tietokantana tutkimuksen ohjelmistossa käytettiin yksinkertaisuuden vuoksi SQLite-tietokantajärjestelmän DBI-toteutusta, joka toimi samalla palvelinkoneella. SQLite ei ole tehokkuudeltaan samaa luokkaa erillisen SQL-palvelimen kanssa. Toteutus on kuitenkin hyvin helposti muutettavissa käyttämään erillistä relaatiotietokantaa. Tietokannan käytön lisäetuna tutkimuksen kannalta on se, että tietojen kerääminen on erittäin yksinkertaista.

6. Tutkimustapa

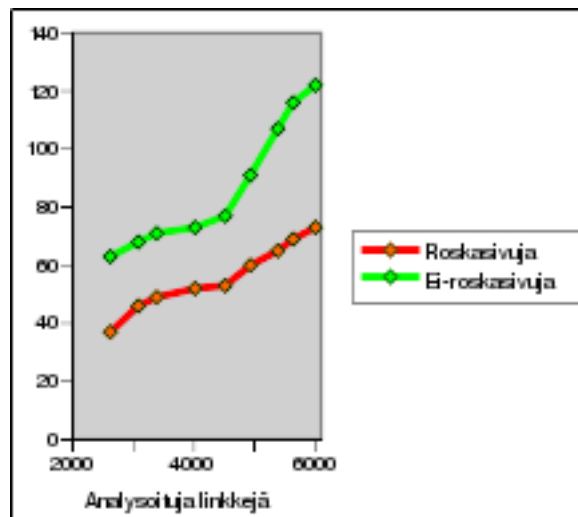
Tutkimus suoritettiin kevään 2006 aikana siten, että aluksi koodattiin palvelinsovellus ja prototyyppi selainlaajennuksesta. Kun oli varmistettu, että sovellus toimii luotettavasti, aloitettiin tietokannan populoiminen roska- ja ei-roskasivuista koostuvalla aineistolla. Koska aineiston keräämiseen oli vain vähän aikaa, suoritettiin aineiston kerääminen jäljittelemällä selailukäyttäytymistä, joka todennäköisesti toisi esiin paljon roskasivuja. Tehtiin englanninkielisiä hakuja, jotka todennäköisesti esiintyvät houkuttelemaan tarkoitetuissa teksteissä, kuten "free music". Hakukoneina käytettiin Googlea [Google Inc., 2006] ja suomalaista Webinfo-palvelua [Webinfo]. Muutaman hakukokeilun perusteella Google vaikuttaisi olevan varsin hyvin varustautunut manipuloitujen sivustojen tunnistamiseen, kun taas Webinfoa käytettäessä ilmiselviä spamdexing-sivuja löytyi ensimmäisten hakutulosten joukosta useita, etenkin tehtäessä englanninkielisiä hakuja.

Blogispammin tunnistamisen arvioimiseksi selailtiin summittaisesti blogeja ilmaisilla blogisivustoilla, kuten Blogger ja LiveJournal. Blogisivuilla tehtiin hakuja mm. hakusanalla "medication" jäljitelläksemme tilannetta, jossa käyttäjä hakee blogeista kertomuksia lääkityksestä, mutta haluaa välttää loputtomat potenssilääkemainokset. Oletuksena on, että käyttäjä on tietoinen suodattimen toimintatavasta ja koulutuksen tarpeesta, joten käytön alkuvaiheessa hän tarkastaa useammin sivun sisällön ja korjaa tunnistuksen tulosta. Kun luottamus suodattimeen lisääntyy, käyttäjä toimii enemmän suodattimen tulosten ohjaamana. Kriteerit roskalle ovat varsin löyhät. Pääsääntönä on, että jos sivu sisältää esim. paljon linkkejä mutta vähän asiallista tekstiä, se merkitään roskaksi. Samoin roskaksi merkitään muut ei-toivotut sivut, kuten www-palvelimen virheilmoitukset ja ilmoitukset sivun poistosta.

Käyttäjän käyttäessä suodatinta tietokantaan kirjautuvat seuraavat muuttujat: Analysoitujen sivujen määrä, roskaksi tunnistettujen sivujen määrä sekä ei-roskaksi tunnistettujen sivujen määrä. Positiivisten ja negatiivisten tunnistuksien määrän oletetaan korreloivan suodattimen väärin tunnistusten kanssa. Täten suodatustulosten parantuessa tulisi positiivisten ja negatiivisten tunnistuksien määrä kääntyä laskuun. Edellä mainittujen metriikoiden lisäksi pyrittiin subjektiivisesti arvioimaan sitä, toimiiko suodatus toivottavalla tavalla.

Lisäksi tutkittiin, mitkä avaimet sijoittuivat kärkipäähän niin roska- kuin ei-roskasivuilla.

Tulosten kirjaaminen aloitettiin sen jälkeen, kun tietokantaan oli kertynyt 100 sivun koulutusaineisto. Tämän jälkeen otettiin säännöllisesti otos *wordcount*-taulun kaikista arvoista sekä kirjattiin tämä erilliseen taulukkoon.



Kuva 2: Tunnistettujen sivujen lukumäärä suhteessa analysoidujen linkkien määrään

7. Tulosten analysointia

Aluksi aineistoa kerätessä yllätti se, miten vähän roskasivuihin törmää normaalikäytössä. Hakukoneilla etsimällä varsinaisia roskasivuja ei juurikaan tule vastaan. Tämä on varsinkin totta Googlen kohdalla. Webinfo löysi englanninkielisillä hauilla kuten "free mp3s" joitakin paikanpitäjäsivuja poistetuille domaineille, mutta ei paljon varsinaista spamdexingia. Tämä johtunee siitä, että hakukoneet torjuvat nykyään manipulointiyrityksiä varsin tehokkaasti. Blogien suhteen tilanne oli tutkimuksen kannalta parempi. Varsinkin tblog.com-sivustolla tuli vastaan useita automaattisesti luotuja splogeja. Tblog.comin splogeille ominaista oli, että ne käyttivät oletusasetuksia, kun taas käyttäjien omat blogit on tyypillisesti yksilöity omilla ulkonäköasetuksilla. Tästä johtuen suodatin näytti oppivan tunnistamaan ainakin määrätyn joukon splogeja tehokkaasti. Blogger ja LiveJournal näyttivät sisältävän hyvin vähän splogeja.

Yleisesti vaikuttaa siltä, että suodatin tunnistaa paremmin selkeästi ei-roskasivut, kun taas aidosti roskasivut saavat 50% luokkaa olevia ennusteita. Osittain tämä selittyy sillä, että aineistoa on tietokannassa vielä varsin vähän ja ei-roskasivuja on paljon enemmän.

Kuvassa 2 oleva kuvaaja esittää tunnistettujen sivujen lukumäärän kehitystä suhteessa analysoidujen sivujen lukumäärään. Odotettua taittumista ei voida havaita kuvaajasta. Alun näennäisen taittumisen jälkeen etenkin ei-roskasivujen virheelliset tunnistukset ovat nousseet jyrkkään nousuun myöhemmillä käyttökerroilla. Dataa on kuitenkin niin vähän, että ei voida tietää, olisiko taittuminen odotettavissa myöhemmässä vaiheessa suuremmalla kerätyllä aineistolla.

Taulukossa 2 on lista avaimista, jotka aineiston perusteella näyttäisivät olevan tyypillisimpiä roskasivustoille. Taulukossa 3 on vastaava lista ei-roskasivuille. Huippuosumista voi lähinnä päätellä, että roskaksi merkittyjen sivujen joukos-

Avain	Roska	Ei-roska	Roska %
0-<=	10	0	100.00%
0-</noembed	8	0	100.00%
1-type="text/css">@import	8	0	100.00%
1-target="_NEW"	7	0	100.00%
2-Google	12	1	92.31%
0-Affiliate	11	1	91.67%
0-Dating</a	11	1	91.67%
1-cellpadding="10"	11	1	91.67%
0-0}	10	1	90.91%
0-bust=date_ob.getSeconds()	10	1	90.91%
0-Chat</a	10	1	90.91%
0-class="middle">	10	1	90.91%
0-class="top">	10	1	90.91%
0-class="username"	10	1	90.91%
0-content="INDEX,FOLLOW"	10	1	90.91%
0-date_ob=new	10	1	90.91%
0-date_ob.setTime(date_ob.getTime()+4320000)	10	1	90.91%
0-date_ob.toGMTString()	10	1	90.91%
0-dc.cookie='h2=o	10	1	90.91%
0-dc.cookie='he=llo	10	1	90.91%
0-dc.cookie.indexOf('2=o')	10	1	90.91%
0-dc=document	10	1	90.91%
0-dc.write('<scr'+'jpt	10	1	90.91%
0-dc.write('/w/pop.cgi?sid=16137&m=2&tp=2&v=1.8&c='+bust+'"	10	1	90.91%
0-expires='+	10	1	90.91%
1-POP-UNDER	10	1	90.91%

Taulukko 2: Roskasivuille tyypilliset avaimet

Avain	Roska	Ei-roska	Ei-roska %
0-color:	0	12	100.00%
0-content="noindex,	0	12	100.00%
0-content="nosnippet"	0	12	100.00%
0-name="googlebot"	0	12	100.00%
0-noarchive"	0	12	100.00%
0-nofollow,	0	12	100.00%
0-style="margin-left:	0	12	100.00%
5-<li	0	12	100.00%
5-	0	12	100.00%
0-href="#"	0	11	100.00%
0-watch	0	11	100.00%
2-got	0	11	100.00%
0-margin-right:	0	10	100.00%
6-<tr	0	10	100.00%
0-align="right">[<b	0	9	100.00%
0-class="shadowed"	0	9	100.00%
0-entries]<a	0	9	100.00%
0-entries</td>	0	9	100.00%
0-friends]<a	0	9	100.00%
0-morning	0	9	100.00%
0-navigation</td>	0	9	100.00%
0-userinfo</a	0	9	100.00%
0-userinfo</b	0	9	100.00%
0-viewing</b	0	9	100.00%
2-me	0	9	100.00%
4-cellpadding="5"	0	9	100.00%

Taulukko 3: Ei-roskasivuille tyypilliset avaimet

sa on paljon tblog.com-blogeja sekä lääkemainossivuja. Vastaavasti voidaan päätellä, että ei-roskasivuissa on muutama LiveJournal-blogi. Mielenkiintoisena voidaan huomana robots-metatagit *content="INDEX,FOLLOW"* roskasivuilla ja ei-roskasivuilla *noindex*, *nofollow* sekä Googlen hakurobotille kohdistettu metatagi *name="googlebot"* *content="nosnippet"* (jota tosin nykyinen robotin versio ei enää huomioi). Verkkosivun manipuloija haluaa varmistaa sivun päätyksen hakukoneen luetteloihin ao. metatageilla, kun taas luetteloinnin kieltävät tagit ovat varma merkki siitä, että sivu on asiallinen. Vaikuttaisi muutenkin siltä, että suodatimen vahvuutena on nimenomaan ei-roskasivujen tunnistaminen. Osittain tämä saattaa johtua siitäkin, että nykyisessä aineistossa ei-roskasivuja on merkittävästi enemmän. Myös sivut, jotka sisältävät useita uuteen ikkunaan avautuvaa linkkiä (tunnistettavissa avaimesta *1-target="_NEW"*;) ovat päätyneet roskasivujen joukkoon.

8. Lopuksi

Tutkimus antoi joitakin viitteitä siitä, että naiivi bayesilainen suodatus saattaa olla avuksi ainakin määrätynlaisten roskasivujen tunnistamisessa. Erityisen lupaa-valta suodatin vaikuttaa blogispammin tunnistuksessa. Tutkimuksen tässä vaiheessa kuitenkin tunnistustulokset ovat enimmäkseen varsin epävarmoja. Suodattimen oppimiskäyrä vaikuttaisi loivemmalta kuin roskapostisuodatinkäytössä (vrt. esim. [Meyer, 2003]), mikä selittyy luultavimmin WWW-sisällön laajuudella ja heterogeenisyydellä verrattuna käyttäjän vastaanottamaan roskasähköpostiin. Lisäksi normaaliselailukäyttäytymisessä oppiminen on luultavasti vielä hitaampaa kuin tämän tutkimuksen kapea-alaisessa kokeilussa.

Tutkimustulokset ovat lisäksi varsin subjektiivisia, sillä tutkija on käyttänyt itse itseään koekäyttäjänä, jolloin selailukäyttäytyminen ei ole lainkaan autenttista. Paremmen tuloksen saamiseksi ohjelma tulisi antaa normaalikäyttöön joukolle aktiivisia WWW:n käyttäjiä (betatestaus). Tutkimus tulisi myös toistaa siten, että vertailtaisiin eri suodatusmenetelmiä ja eri diskretisointialgoritmejä. Myös koulutus- ja vertailuaineisto oli varsin heterogeenistä ja sattumanvaraista, ja dataa ehti kertyä kohtuullisen vähän. Lisäksi toteutustavasta johtuen palvelimen hakema versio sivusta ei välttämättä vastaa täysin tai lainkaan käyttäjän näkemää sivua, josta voi aiheutua pientä vinoumaa tuloksiin. Paremmen lopputuloksen saamiseksi tulisi testata sovellusta tunnetuista roska- ja ei-roska-aineistosta kootulla korpuksella.

Viitteet

- [Androustopoulos et al., 2000] Ion Androustopoulos, John Koutsias, Konstantinos V. Chandrinos, George Paliouras and Constantine D. Spyropoulos, An Evaluation of Naive Bayesian Anti-Spam Filtering. In G. Potamias, V. Moustakis and M. van Someren (eds.): *Proceedings of the workshop on Machine Learning in the New Information Age*, 2000, 9-17.
- [Anttila, 2004] Susanne Anttila, Roskaposti ja sen torjunta. Julkaisussa Marko Helenius ja Juhani Paavilainen (toim.), *Tietoturvallisuuden erityiskysymyksiä*, 2004, 126-144.
- [Blogwise, 2006] Blogwise, Spammiest Blog Domains, verkossa <http://www.blogwise.com/stats/spammiest>

- [Brin and Page, 1998] Sergey Brin and Lawrence Page, The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. In *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7):107-117, 1998.
- [Chakrabarti, 2003] Soumen Chakrabarti, Mining the Web: Discovering Knowledge from Hypertext Data. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 2003.
- [Fetterly et al., 2004] Dennis Fetterly, Mark Manasse, and Marc Najork. Spam, damn spam, and statistics: Using statistical analysis to locate spam Web pages. In *Proceedings of the seventh workshop on the Web and databases (WebDB)*, Paris, France, 2004
- [Garcia et al., 2004] Flavio D. Garcia, Jaap-Henk Hoepman, Jeroen van Nieuwenhuizen, Spam filter analysis. In *Proceedings of 19th IFIP International Information Security Conference, WCC2004-SEC*, 2004.
- [Graham-Cumming, 2006] John Graham-Cumming, The Spammer's Compendium. Saatavilla verkossa: <http://www.jgc.org/tsc/> (haettu 5.3.2006)
- [Google Inc., 2006] Google homepage. Verkossa <http://www.google.com>
- [Gyöngyi and Garcia-Molina, 2005] Zoltán Gyöngyi, Hector Garcia-Molina, Web Spam Taxonomy. In *First International Workshop on Adversarial Information Retrieval on the Web*, 2005.
- [Kolari et al., 2006] Pranam Kolari, Tim Finin, Anupam Joshi, SVMs for the Blogosphere: Blog Identification and Splog Detection. In *Proceedings, AAAI Spring Symposium on Computational Approaches to Analyzing Weblogs*, March 2006
- [Langley et al., 1992] Pat Langley, Wayne Iba, Kevin Thompson, An analysis of Bayesian classifiers. In *AAAI-92*, 1992

- [Marchiori, 1997] Massimo Marchiori, Security of World Wide Web Search Engines. In *Proceedings of the Third International Conference on Reliability, Quality and Safety of Software-Intensive Systems (ENCRESS'97)*, 1997, 161-174.
- [Meyer, 2003] Eric Meyer, Fighting Junk Mail with Netscape 7.1. Internetissä http://developer.mozilla.org/en/docs/Fighting_Junk_Mail_with_Netscape_7.1 . Julkaistu 30.7.2003.
- [Mishne et al., 2005] Gilad Mishne, David Carmel, Ronny Lempel, Blocking Blog Spam with Language Model Disagreement. In *Proceedings of 1st International Workshop on Adversarial Information Retrieval on the Web (AIRWeb)*, 2005
- [Nathenson, 1998] Ira S. Nathenson, Internet infoglut and invisible ink: Spamdexing search engines with meta tags. In: *Harvard Journal of Law & Technology*, Volume 12, Number 1 Fall 1998.
- [Pollitt, 2005] Michael Pollitt, Cashing in on fake blogs, The Guardian 17.11.2005. Saatavilla verkossa <http://technology.guardian.co.uk/weekly/story/0,16376,1643774,00.html>
- [Webinfo] Webinfo.fi. Verkossa <http://www.webinfo.fi>
- [Weise, 1997] Elisabeth Weise, Some Web Pages Take Search Engines for a Ride, USA Today, Sept 29, 1997, at 4D.
- [Wu and Davison, 2005] Baoning Wu and Brian D. Davison. Identifying link farm spam pages. In *Proceedings of the 14th International World Wide Web Conference*, Industrial Track, May 2005.
- [Yang, 2003] Ying Yang, Discretization for Naive-Bayes learning: managing discretization bias and variance. PhD thesis, School of Computer Science and Software Engineering, Monash University, Melbourne, Australia, 2003.

[Yerazunis, 2004]

William S. Yerazunis, The Spam Filtering Accuracy Plateau at 99.9 Percent Accuracy and How to Get Past It, *MIT Spam Conference, January 2004*

[Zhang, Zhu and Yao, 2004]

Le Zhang, Jingbo Zhu, Tianshun Yao, An evaluation of statistical spam filtering techniques. In *ACM Transactions on Asian Language Information Processing (TALIP), Volume 3, Issue 4, 2004, 243-269.*

Käyttöliittymäsuunnittelu liikerajoitteisille

Aki Mäkinen

Tiivistelmä

Tietokoneiden käyttöliittymät ovat yleensä suunniteltu ihmisille, joilla ei ole vammoja. Sairauden, vamman tai iän aiheuttamia liikerajoitteisia ihmisiä on kuitenkin paljon ja lukumäärä on koko ajan kasvamassa keskimääräisen eliniän noustessa, sillä suurin osa ihmisistä, joilla on vaikeuksia keuhonhallinnassa, on vanhuksia. Liikerajoitteisia ihmisiä ei voi jättää tietotekniikan ulkopuolelle, vaan heillekin on annettava mahdollisuus hyödyntää nykyistä teknologiaa. Heille onkin suunniteltu vaihtoehtoisia tapoja käyttää tietokoneita, jotka ovat kuitenkin perinteisesti vaatineen ylimääräisten laitteiden hankintaa. Nykyään pyritään suunnittelemaan käyttöliittymiä, jotka pyrkivät käyttämään ylimääräisiä aisteja, parantamaan tuttuja syöttötapoja ja käyttämään havainnoivia käyttöliittymiä.

Avainsanat ja -sanonnat: käyttöliittymäsuunnittelu, liikerajoitteiset ihmiset

CR-luokat: H.5.2, D.2.2

1. Johdanto

Tutkimuksen aiheena ovat liikerajoitteisille suunnatut käyttöliittymät. Tämä on vaikea alue, sillä liikerajoitteiset eivät normaalisti pysty käyttämään tavallisia käyttöliittymiä, jotka ovat yleensä kehitetty hyödyntämään kädentaitoja. Hiiren käyttö edellyttää tarkkaa koordinaatiokykyä. Kursori ja ikonit sekä painikkeet ovat niin pieniä, että kontrollointi valikoissa tai pelkästään työpöydällä on hyvin hankalaa, jos ei pysty tekemään tarkkoja liikkeitä.

Tietotekniikka pitäisi saada myös liikerajoitteisten ihmisten käyttöön. Heillä ei välttämättä ole älyllisiä ongelmia, vaikka raajojen hallinnassa onkin vaikeuksia. Liikerajoitteiset ihmiset työskentelevät kuitenkin niin kuin pystyvät ja monet heistäkin joutuvat jopa päivittäin tekemisiin tietokoneiden kanssa. Lisäksi tietotekniikka mahdollistaa apuvälineiden paremman käytön. Fyysikko Stephen Hawking on ainakin yksi kaikkien tuntema henkilö, jolle tietokone on erittäin tärkeä apuväline jo pelkästään kommunikoinninsa kannalta. Liikerajoitteisia ihmisiä ei pitäisi jättää nykyisen kehityksen ja maailman ulkopuolelle, vaikka heillä onkin vaikeuksia käyttää normaaleja laitteita, jotka on suunniteltu vammattomien ihmisten käyttöön. Tietokoneet ovat kuitenkin nykyään niin keskeisessä asemassa ihmisten elämässä, että liikerajoitteistenkin ihmisten tietokoneiden käyttäminen pitää ottaa huomioon.

Liikerajoitteisuutta on monia eritasoisia. Joillakin henkilöillä voi olla pelkästään pieniä hankaluuksia käsiensä kontrolloinnissa. Äärimmäisessä tapauksessa ovat

neliraajahalvaantuneet, jotka pystyvät liikuttamaan ainoastaan päätään ja samalla tietenkin silmiään. Tämän takia liikerajoitteisten käyttöliittymien suunnittelu on melko vaikeaa, sillä perussyöttötavat eivät toimi. Näppäimistö, hiiri ja muut kädellä käytettävät ohjaimet ovat yleensä joko erittäin vaikeasti hallittavissa tai todella hitaita. Siksi liikerajoitteisille on kehitetty omia tapoja ohjata käyttöliittymää. Perinteinen tapa on neliraajahalvaantuneilla esimerkiksi ollut ohjaustikku, jota ollaan hallittu suulla, mikä ei ole kuitenkaan yksinkertainen tai nopea tapa ohjata konetta.

Silmien avulla kontrollointi tulee tietenkin muista vaihtoehdoista ensimmäisenä mieleen, sillä silmät toimivat yleensä, vaikka raajat eivät olisi hallinnassa. Muita vaihtoehtoja ovat käsien eleisiin, pään liikkeisiin tai näiden yhdistelmien kautta tehdyt käyttöliittymät. Tietenkin näihin kaikkiin liittyy ongelmia. Jo pelkästään silmien avulla käytettävät koneet ovat melko hankalia, sillä pelkän katseen avulla navigointi tuottaa vaikeuksia. Multimodaalisuudella voidaan saada parempia tuloksia kuin pelkästään yhtä tiettyä systeemiä käyttämällä. Katseiden ja eleiden pohjalta voidaan myös saada lisää tarkkuutta toimintoihin.

Ongelmia löytyy kaikista käyttötavoista. Osalla liikerajoitteisista on myös hankaluuksia kontrolloida silmiensä liikkeitä. Katse saattaa harhailta omasta tahdostaan huolimatta melko paljon ja sen kohdistaminen haluttuun paikkaan voi olla lähes mahdotonta. Tämä tuo lisävaatimuksia katseenseurantalaitteiden tarkkuudelle. Eleiden perusteella toimiva käyttöliittymää eivät voi kaikki käyttää, sillä neliraajahalvaantuneilla kädet eivät toimi. Näin heillä ei ole keinoja hyödyntää elekieltä käyttöliittymässä. Heillä vaihtoehtoinen kontrollointitapa liittyykin pään liikkeisiin ja esimerkiksi silmien räpytykseen. Lisäksi äänenkäyttö on yksi mahdollinen keino tietokoneiden hallintaan.

Palautemuotoja pitää myös miettiä tässä yhteydessä. Vaikka normaali monitoripalautekin toimii useimmiten, niin multimodaalisten käyttöliittymät saattavat hyötyä, jos käytetään jotain muuta palautetapaa. Tästä syystä esimerkiksi tuntupalautteen käyttöä kannattaa tutkia.

Tämän aiheen tutkimus on tulevaisuuden kannalta todella hyödyllistä, sillä esimerkiksi länsimaissa ihmisten ikärakenne ei ole enää pyramidimuotoisen vaan enemmän pallomainen. Iäkkäiden ihmisten määrä kasvaa jatkuvasti. Fyysiset kyvyt heikkenevät iän karttuessa. Nykyiset ihmiset ovat tottuneet jo tietotekniikkaan. Parinkymmenen vuoden päästä nykyään päivittäin tietokoneita käyttävät ihmiset saattavat olla tilanteessa, jossa heidän fyysiset taitonsa ovat selvästi heikentyneet. Normaalit tiedonsyöttötavat ovat liian vaikeita niiden tarkkuuden takia. Siksi olisi hyvä kehittää tulevaisuuttakin varten uusia ja edelleen parempia tapoja käyttää tietokoneita.

Paperissa käsitellään liikerajoitteisten käyttöliittymäsuunnittelua ja sen taustoja. Ensimmäiseksi tarkastelen liikerajoitteisuuden taustatekijöitä ja niiden yleisyyttä. Annan mielenkiinnosta ja taustatietojen takia muutaman esimerkin sairauksista, jotka aiheuttavat liikerajoitteisuutta. Seuraavaksi esittelen ongelmat, joita liikerajoitteiset ihmiset joutuvat kohtaamaan tietokoneen käytössä. Käyn lävitse sekä näppäimistö- että hiiriongelmat. Lisäksi puhun vanhusten ongelmista ja siitä, miten ne eroavat muiden

liikerajoitteisten ihmisten vaikeuksista. Neljännessä luvussa käsitellään ratkaisuvaihtoehtoja, joita on esitetty helpottamaan vammaisten tietokoneen käyttöä. Lisäksi pyrin antamaan ohjeita, joita käyttöliittymäsuunnittelussa tulisi käyttää, jotta saavutettaisiin tietokoneita, jotka olisivat kaikkien käytettävissä ilman ylimääräisiä apuvälineitä. Lopuksi on yhteenveto ja pientä keskustelua aiheesta.

2. Liikerajoitteisuus

Liikerajoitteiset eivät ole yhtenäinen ryhmä, jolla olisi samat piirteet. Usein myös tauti etenee, joten taidot rappeutuvat entisestään ajan myötä. Molemmat tekijät asettavat käyttöliittymäsuunnittelulle omat hankaluutensa. Yksi ratkaisu ei välttämättä toimikaan toisella henkilöllä, eikä edes välttämättä yhdellä ja samalla henkilöllä muutaman vuoden päästä. Näistä syistä käyttöliittymäsuunnittelu on todella haastavaa. Jokaiselle liikerajoitteiselle henkilölle ei voi tehdä omaa ratkaisuaan.

2.1. Aiheuttajia

Liikekyvyn heikkeneminen voi johtua muutamastakin eri asiasta. Osa kärsii sairaudesta ja osalla on vamma. Vamma voi olla synnynnäinen tai myöhemmässä iässä onnettomuudessa saatu. Jos onnettomuudessa vaurioituu ylin niskanikama, niin seurauksena on vakava vamma, josta voi aiheutua nelirajahalvaus tai tietenkin jopa kuolema. Myös aivohalvaus voi aiheuttaa motoristen kykyjen huononemista. Lisäksi vanhuus tuo mukanaan lihaksiston ja sorminäppäryyden heikentymistä.

COGAINin (Communication by Gaze Interaction, Euroopan Komission tukema hanke katsekäyttöliittymien hyödyntämisestä vammaisille) [COGAIN, 2005] raportissa esitellään muutama tekijä, joka aiheuttaa liikekyvyn alenemista. Seuraavassa luetellaan joitakin tekijöitä:

- **Motoneuronitauteihin** (MND) luetaan sairauksia, jotka vaikuttavat aivojen motoneuroneihin ja selkäyttimeen. MND-taudin seurauksena käsienkäyttäminen voi olla todella vaikeata ja väsyttävää.
- **MS-tauti** vaikuttaa keskushermostoon tuhoamalla myeleenituppeja, jotka suojaavat ja edistävät hermosolujen toimintaa. Tämä aiheuttaa mm. lihasjäykkyyttä ja -kouristuksia. Lihasten väsyminen on kuitenkin keskeisin toimintaa haittaava tekijä.
- **CP-vamma** on aivovaurio, joka haittaa lihasten hallintaa ja koordinaatiokykyä.
- **Selkärankavamma** aiheutuu esimerkiksi voimakkaasta iskusta rangan alueella. Yleensä selkäyttimeen vaurion alapuolelta liittyvät hermot ovat aivojen käskyjen ulottumattomista. Tästä johtuvat sekä neli- että kaksirajahalvaus.
- **Aivohalvaus** johtuu joko verenhukasta tai -vuodosta aivoissa. Tällainen vaurio saattaa aiheuttaa henkilön liikekyvyn heikkenemisen, jos halvaus tapahtuu kyseisestä toiminnasta vastaavalla aivojen alueella.

Listassa ei tietenkään ole kaikkia mahdollisia sairauksia, vaan siihen on otettu joitakin yleisempiä esittelemään muutamia tekijöitä. Lisäksi on useita muita neurologisia sairauksia, kuten Parkinsonin tauti, jotka aiheuttavat eri asteisia

liikevaikeuksia. Yllä olevan listan sairauksista MND on ainoa tasaisesti kehittyvä vaiva muiden ollessa pysyviä tiloja [COGAIN, 2005].

2.2. Yleisyydestä

Liikerajoitteisia ihmisiä on miljoonia ympäri maailmaa. COGAINin [2005] raportissa annetaan mielenkiintoisia arvioita liikerajoitteisten ihmisten lukumäärästä. Euroopan väestöstä 10-15 % on vaikeuksia liikkeidensä hallinnassa tai niiden suorituksessa, joten pelkästään Euroopassa voidaan arvioida olevan jopa yli 55 miljoonaa liikerajoitteista ihmistä. Näistä kuitenkin melko harvalla on joku vamma, sillä 70 % liikerajoitteisista ihmisistä on vanhuksia.

Jo nyt Euroopassa on jopa 55 miljoonaa liikerajoitteista ihmistä. Tulevaisuudessa tuo luku tulee varmasti kasvamaan reilustikin. Länsimaissa ikäjakauma alkaa korostua yläpäästä. Vanhojen ihmisten määrä kasvaa jatkuvasti. Tästäkin syystä vaihtoehtoisten käyttöliittymien suunnittelu on tärkeää.

3. Ongelmia tietokoneen käytössä

Liikerajoitteisten ongelmia tietokoneen hallinnassa ei voi niputtaa yhteen, sillä heidän vaivansa ovat usein moninaisia. Neliraajahalvaantuneilla on suurimmat ongelmat sillä käsien käyttäminen ei ole mahdollista. Kädet ovat todella keskeisessä asemassa tietokoneen käytössä. Näppäimistö ja hiiri vaativat molemmat melko tarkkaa motoriikkaa, mikä tuottaa useille liikerajoitteiselle ongelmia joko syöttövälineiden hallinnassa tai niiden käytössä. Toisaalta näppäimistö ja hiiri eivät ole muutenkaan erityisen ergonomisia, minkä seurauksena normaalikäyttökin saattaa aiheuttaa väliaikaisia tai jopa kroonisia vammoja. Onneksi tässä suhteessa ollaan menty viime aikoina eteenpäin ja saatu markkinoille myös ergonomisempia ratkaisuja, jotta säästytään monilta käsivammoilta, jotka aiheutuvat huonosti suunnitelluista laitteista. Liikerajoitteisilla ihmisillä on monia ongelmia sekä näppäimistön että hiiren kanssa. Seuraavaksi tässä luvussa käsitellään niitä ongelmia sekä verrataan vanhusten tilannetta sairaisiin tai vammaisiin ihmisiin.

3.1. Ongelmat näppäimistön kanssa

Liikerajoitteisten ongelmia näppäimistön käytössä ei ole tutkittu läheskään yhtä tarkasti kuin hiiriongelmia. Tämä johtunee siitä, että näppäimistön käyttö ei vaadi aivan yhtä tarkkaa käsien motoriikkaa kuin hiiren hallinta. Tietenkin kirjoitusnopeus ja -mukavuus kärsivät, jos on suuria vaikeuksia käsiensä kontrolloinnissa.

Tutkimuksissa havaitut näppäimistövirheet voidaan jakaa seitsemään eri kategoriaan [Pain and Trewin, 1999]:

- tuplamerkkejä aiheuttavat liian pitkät painallukset,
- sormen tai jonkun muun ruumiinosan aiheuttamat ylimääräiset merkit halutun näppäimen vieressä,
- halutun merkin epäonnistunut painaminen (liian kevyt painaminen tai väärä näppäin),

- epäonnistuminen kahden tai useamman näppäimen samanaikaisessa painamisessa,
- tahattomat tuplapainallukset,
- tahattomasti sormella tai jollain muulla ruumiinosalla painetut ylimääräiset merkit kauempana tarkoitusta näppäimestä ja
- näppäinten painaminen väärässä järjestyksessä.

Nämä mainitut ongelmakohdat esiintyvät jossain määrin myös henkilöillä, joilla ei ole vaikeuksia liikkeidensä kanssa, tosin ei läheskään samassa mittakaavassa kuin liikerajoitteisilla. Normaalivartaloiset ihmiset käyttävät ajastaan noin 1,7 % virheiden korjaamiseen, kun liikerajoitteisilla siihen meni peräti noin 7,3 % [Pain and Trewin, 1999]. Ero on merkittävä ja se hidastaa sekä vaikeuttaa selvästi vammaisten ihmisten tietokoneen käyttöä. Esimerkiksi tunnin kirjoitusurakan aikana terveet ihmiset käyttäisivät noin minuutin ja liikerajoitteiset lähes neljä ja puoli minuuttia virheidensä korjaamiseen. Kun muistetaan, että liikekyvyltään rajoittuneiden ihmisten kirjoitusnopeus on muutenkin hitaampi, tällainen ero ei voi olla vaikuttamatta yleiseen kirjoitusnopeuteen.

3.2. Ongelmat hiiren kanssa

Hiiri vaatii melko tarkkaa tarkkutta kädeltä. Usein käyttöliittymien elementit ovat suhteellisen pieniä, joten pienikin lipsahdus valintahetkellä saa aikaan väärän valinnan. Tämä on jopa ongelma ihmisillä, joilla ei ole vaikeuksia motoristen kykyjensä kanssa. Ikonit ja muut vastaavat valintapainikkeet sekä valikkojenrakenteet ovat pienikokoisia. Kaksoisnapautuksessa on vaikeata pitää hiiri paikoillaan.

Hiiren käyttämisessä helpointa on siirtää kursori lähtöpaikasta lähelle kohdetta. Tätä osoittavat myös Hwangin [2002] tutkimukset, jossa käy ilmi, että etenkin vaikeimmassa tilassa olevilla on paljon ylimääräistä liikettä lähellä kohdetta. Yli 100 pikselin päässä kohteesta erot normaalikäyttäjiin ovat huomattavasti pienemmät. Myös Pain ja Trewin [1999] ovat tehneet saman huomion.

Hiiren käyttöä tutkittaessa voidaan ottaa useita mitattavia arvoja, joita voidaan sitten vertailla verrokkiryhmän kanssa. Cambridgen yliopiston tutkijaryhmältä on ainakin tullut kaksi tutkimusta, jossa on tutkittu hiiren kursorin liikettä. Näissä tutkimuksissa on havaittu liikerajoitteisilla, että he pysähtyvät useimmin ja pidempikestoisesti liikkeen aikana, heidän painallusaika on huomattavasti suurempi, kursorin liike muodostuu useammasta osasta ja niiden nopeus ja tarkkuus ovat selvästi heikommat kuin normaaleilla käyttäjillä [Clarkson et al, 2004]. Toisessa heidän tutkimuksessa havaittiin, että liikerajoitteisilla mm. kursorinrata seuraa harvoin suoraa linjaa, kouristukset aiheuttivat erittäin nopeaa liikettä ja kursori saattoi liikkua pitkäänkin vastakkaiseen suuntaan [Clarkson et al, 2002].

Tutkimustiedot ovat tietenkin hyödyllisiä, mutta käyttäjäkeskeinen lähestyminen on myös tärkeää. Tästä syystä mielenkiintoinen huomio on se, että liikerajoitteisten käyttäjien mielestä hiiren käyttäminen on vaikeata ja he yrittävät välttää toimintoja, jotka tarvitsevat hiirtä [Pain and Trewin, 1999, s. 32]. Tämä tieto antaa hyvää johdatusta

käyttöliittymäsuunnitteluun. Liikerajoitteiset ihmiset kokevat normaalin hiiren käyttämisen hankalaksi, joten tähän on pakko saada parannusta.

3.3. Vanhusten ongelmat

Kun puhutaan liikerajoitteisista ihmisistä, ajatellaan yleensä henkilöitä, joilla on sairauksia tai vammoja. Paljon suurempi ryhmä, joilla on heikentynyt lihasvoima ja -tarkkuus on vanhukset.

Ikäihmisten liikkeet hidastuvat ja reaktionopeus kasvaa. Ketcham ja Stelmach [2004] ovat kirjoittaneet näistä muutoksista. Heidän mukaansa iäkkäillä aikuisilla reaktio-, suoritus-, ja liikkeen hidastusaika kasvaa, liikkeen huippunopeus pienenee, liike koostuu useammasta osaliikkeestä, tarkkuus heikenee ja monen asian samanaikainen hallitseminen vaikeutuu. Näihin vaikeuksiin on useita fysiologisia syitä: mm. lihasten hallinta on heikentynyt lihasten ja nivelten reseptoreiden suorituskyvyn huonontumisen takia ja lihasmassa on pienentynyt. Nämä ongelmat ovat samanlaisia kuin ihmisten, joilla on liikkeidensä kanssa ongelmia sairauden tai vamman takia. Hiiren käyttö vaikeutuu ja hidastuu kaikkien yllämainittujen syiden takia.

Keates ja Trewin [2005] tutkivat yli 70-vuotiaiden hiiren käyttöä ja keräsivät näistä tilastoja. Lisäksi he vertasivat tietoja kolmeen verrokkiryhmän (nuoret aikuiset, aikuiset ja Parkinsonin tautia sairastavat). Tilastot osoittavat, että vanhat aikuiset käyttivät tehtävän suorittamiseen enemmän aikaa, pitivät taukoja useammin sekä kesken liikkeen että varmistukseen, että kursori on kohteessa, ja heidän korkein nopeutensa oli selvästi matalampi kuin nuoremmilla, mutta korkeampi kuin Parkinsonin tautia sairastavilla.

Tutkimus ei kuitenkaan ole aivan vertailukelpoinen, sillä vanhukset olivat selvästi kokemattomia tietokoneen käyttäjiä kuin henkilöt, joilla oli Parkinsonin tauti. Keates ja Trewin [2005] epäilevätkin, että vanhusten heikko menestys johtuu osittain kokemattomuudesta ja heikosta näöstä. Tutkimus osoitti kuitenkin selvästi, että vanhuksilla on samantapaisia ongelmia kuin sairailta tai vammaisilla ihmisillä tietokoneen kanssa, tosin osa vaikeuksista saattaa johtua myös esimerkiksi heikentyneestä näöstä, mikä ei yleensä ole ongelmana muilla liikerajoitteisilla ihmisillä. Toisaalta nykyiset ikäihmiset ovat melko kokemattomia tietokoneen käyttäjiä, mikä aiheuttaa jo osan ongelmista, joita he joutuvat kohtaamaan tietotekniikan kanssa. Tämä kuitenkin muuttuu tulevaisuudessa, kun nykyiset aikuiset, jotka ovat olleet kosketuksissa tietotekniikkaan pitkään, ikääntyvät.

4. Käyttöliittymäsuunnittelun ratkaisuvaihtoehtoja

Perinteisesti ihmisillä, joilla on ongelmia liikkeidensä kanssa, on kehitetty vaihtoehtoisia syöttölaitteita tietokoneen käyttämiseksi, kuten kytkimiä, silmäseurantaan perustuvia ja äänellä ohjattavia laitteita sekä vaihtoehtoisia näppäimistöjä. Nämä saattavat olla kalliita, hitaita tai eivät ole yhteensopivia pääkäyttöliittymien kanssa [Pain and Trewin, 1999]. Siksi olisi myös hyvä suunnitella keinoja, joilla liikerajoitteiset ihmiset voisivat hallita tietokoneita ilman ylimääräisiä ja kalliita lisälaitteita, jotka rajoittavat näiden ihmisten tietokoneen käyttämisen vain

niihin koneisiin, joihin on mahdollisuus kytkeä nämä ylimääräiset apuvälineet. Lopes [2001] on antanut kuusi ratkaisua, joilla käyttöliittymät saadaan kaikkien saavutettavaksi. Käyttöliittymien pitäisi

- tukea käyttäjien monimuotoisuutta, eli niiden pitäisi tarjota mahdollisuus muokata monitorilla näkyvien kohteiden kokoa, väriä ja muita ominaisuuksia,
- tukea useita eri syöttölaitteita,
- tukea useita eri tulostosmuotoja,
- tarjota mahdollisimman minimalistisen mallin, mikä ei kuitenkaan saisi estää monimutkaisemmankin näkymän käyttämistä,
- tukea vuorovaikutusta ja pitää yllä mielenkiintoa sekä
- antaa selvät palautemuodot, jotka painottavat käyttöliittämän tuloksia ja muutoksia.

Vuorovaikutuksen parantamiseksi käyttäjän ja graafisen käyttöliittymän välillä on löydetty kolme eri mahdollisuutta. Ensimmäisenä tapana on multimodaalisuuden hyödyntäminen, eli uuden tai uusien kanavien lisääminen vuorovaikutukseen. Toinen mahdollisuus on nykyisten syöte- ja palautekeinojen parantaminen esimerkiksi lisäämällä tuntopalautetta. Kolmantena tapana on havainnoivan käyttöliittymän kehittäminen. Tämä käyttäisi hyväkseen kaikkea informaatiota, jota se saisi käyttäjän syötteistä [Clarkson et al, 2001]. Näitä kaikkia on tutkittu ja seuraavassa esittelen tarkemmin jokaista kolmea vaihtoehtoa.

4.1 Multimodaaliset käyttöliittymät ja eleet

Multimodaaliset käyttöliittymät ovat yksi tapa pyrkiä helpottamaan liikerajoitteisten ihmisten tietokoneen käyttöä. Tällaiset käyttöliittymät ovat nostamassa suosiotaan niiden joustavuuden, muokattavuuden ja eleiden luonnollisuuden takia [Keates and Robinson, 1999].

Multimodaalisista käyttöliittymistä ollaan tutkittu etenkin pään eleiden ja joysticken yhdistelmää. Tällaisista käyttöliittymistä ei ole kuitenkaan saatu käytännön hyötyä, sillä kahden syöttötavan yhteiskäyttö oli hitaampaa kuin pelkästään yhtä syöttökeinoa käytettäessä. Suurin syy tähän on huomattavasti suurempi kognitiivinen kuorma, jonka ylimääräinen hallintakeino aiheutti [Clarkson et al, 2001]. Tästä syystä tällaiset järjestelmät pitäisi suunnitella huomattavan tarkasti ja mahdollisesti myös räätälöidä yksilön tarpeiden mukaan [Keates and Robinson, 1999].

Pään käyttäminen syöttömenetelmänä on muutenkin ongelmallista, sillä liikerajoitteisilla ihmisillä saattaa myös olla vaikeuksia pään liikkeiden kontrolloinnissa tai rajoittunut liikerata. Tämän vahvistaa myös tutkimus, jossa testihenkilöt käyttivät tietokonetta pään liikkeillä [Angelo et al, 2000].

Tällainen eleitten ja käsiohjauksen yhdistelmä on vain yksi tapa hyödyntää multimodaalisuutta, mutta tutkimustuloksia liikerajoitteisista ihmisistä ja muista multimodaalisista käyttöliittymistä ei löydy. Näissä olisi huikeasti eri vaihtoehtoja, joita voisi hyödyntää.

4.2 Force feedback ja tuntopalaute

Yksi ratkaisu helpottamaan liikerajoitteisten ihmisten tietokoneen hallintaa on parantaa hiiren käyttömukavuutta tai lisätä siihen ominaisuuksia, jotka avustavat käyttöliittymässä toimintaa. Tuntopalautteen antaminen force feedbackin avulla on yksi tapa antaa hiirelle uusi ominaisuus, joka saattaa helpottaa liikekyvyltään rajoittuneiden ihmisten tietokoneen käyttömukavuutta. Tämä on toimiessaan melko yksinkertainen ja halpa tapa helpottaa liikerajoitteisten ihmisten hiiren käyttöä. Markkinoilla on jo useita hiirimalleja, joissa on force feedback -efektit. Lisäksi pitäisi ohjelmoida käyttöliittymät hyödyntämään tätä ominaisuutta.

Tutkimuksissa ollaan käytetty etenkin tekniikkaa, jossa kohteen ympärillä on ns. painovoimakaivo (*gravity well*), joka vetää automaattisesti kursorin kohteen keskustaan. Tutkimukset ovat osoittaneet, että liikerajoitteisilla ihmisillä painovoimakaivo pienensi aikaa, joka meni kohteeseen saapumiseen [Clarkson et al, 2001], ja vähensi virheellisten painallusten ja ylimääräisen liikkeen määrää lähellä kohdetta. [Clarkson et al, 2002].

Tässä on se ongelma, että tutkimuksissa ollaan käytetty vain yhtä painovoimakaivoa. Normaalissa käyttöliittymässä on kuitenkin useita mahdollisia kohteita, johon käyttäjä saattaa haluta. Tilanne olisi helppo, jos näytöllä olisi vain yksi painovoimakaivo, mutta näin ei ole. Kahdenkin painovoimakaivon tapauksessa tekniikasta on hyötyä [Clarkson et al, 2003] ja liikerajoitteiset ihmiset suoriutuvat tehtävistä huomattavasti nopeammin, vaikka mukana oli myös häiritseviä painovoimakaivoja. Vaikeimmissa tapauksissa häiritsevä kaivo oli kohteen ja aloituspisteen välissä. Käyttöliittymissä on kuitenkin usein enemmän kuin kaksi elementtiä, joten painovoimakaivon hyödyt ovat vielä reaalityönteessä testaamatta.

4.3 Havainnoivat käyttöliittymät

Käyttöliittymälle asetetaan suuria vaatimuksia liikerajoitteisten ihmisten kohdalla. Sitä voitaisiin viedä vielä askeleen eteenpäin kehittämällä siihen havainnoivia ominaisuuksia. Nämä tekisivät havainnoita käyttäjän toiminnasta ja näiden tulosten perusteella käyttöliittymä osaisi soveltaa tarvittavalla tavalla helpottaakseen käyttäjää tämän ongelmissa. Havainnoivat käyttöliittymät olisivat ratkaisu ongelmaan, joka syntyy siitä, että liikerajoitteiset ihmiset ovat laaja ryhmä [Clarkson et al, 2001]. Näin vältettäisiin tilanne, jossa jokaiselle yksilölle pitäisi suunnitella oma käyttöliittymänsä. Havainnoiva käyttöliittymä osaisi korjata useita virheitä tuntemalla käyttäjänsä, kuten liian pitkistä näppäimen painalluksesta johtuvat ylimääräiset kirjaimet, ja osaisi olla huomioimatta kursorin nopeuden, jos se ylittäisi tutkimuksissa saadun huippunopeuden kaksi pikseli millisekunnissa, mikä johtuu yleensä lihaskouristuksesta [Clarkson et al, 2001].

Havainnoivan käyttöliittymän suunnittelun keskeisin kysymys on etsiä sopiva käyttäjämalli, joka osaisi tulkita oikein käyttäjän ja systeemin välistä vuorovaikutusta. Käyttäjämallit ovat suunniteltu vammattomille ihmisille, mutta tutkimusten mukaan jo yksinkertainen *Model Human Processor* (MHP) -malli, joka perustuu kolmeen yksinkertaiseen aikamääreeseen (tapahtuman havainnoiminen, tapahtumaan

reagoimisen päättäminen, vastauksen suorittaminen), antoi jo hyödyllistä tietoa liikerajoitteisten ihmisten toiminnasta [Clarkson et al, 2000].

Clarkson et al [2001] tulivat siihen tulokseen, että tuntopalautteen ja havainnoivan käyttöliittymän yhdistelmä olisi yksi todella varteenotettava vaihtoehto tulevaisuuden käyttöliittymäksi liikuntarajoitteisille ihmisille. Näiden kahden teknologian hyödyntäminen onkin varmasti mielenkiintoinen vaihtoehto, jotta tietokoneisiin saataisiin käyttöliittymät, jotka voisivat olla kaikkien saavutettavissa ilman ylimääräisiä apuvälineitä.

5. Yhteenveto

Liikerajoitteisten ihmisten määrä kasvaa jatkuvasti ihmisen keski-ikä ja odotettavissa olevan eliniän noustessa. Ikääntyminen aiheuttaa jo pelkästään fysiologisia vaivoja, jotka vaikeuttavat tietokoneen käyttöä. Lisäksi maailmassa on miljoonia ihmisiä, jotka kärsivät sairauksista, jotka aiheuttavat liikerajoitteisuutta, tai ovat onnettomuuden takia vammautuneen pysyvästi tai väliaikaisesti. Uusien käyttöliittymien suunnittelu on siksi keskeisessä asemassa, jotta vammautuneet ihmiset saisivat paremmat mahdollisuuden käyttää tietokoneita. Tulevaisuuden ikäihmiset ovat henkilöitä, jotka ovat käyttäneet tietotekniikkaa koko ikänsä, joten he ovat varmasti kiinnostuneet tietotekniikasta myös vanhemmallakin iällä, vaikka heidän fyysiset taitonsa ovatkin heikentyneet.

Keskityin tässä tutkimuksessa lähinnä käyttöliittymäsuunnittelun vaihtoehtoihin ja jätin monet innovatiiviset uudet syöttölaitteet huomioimatta ja keskityin enemmän näin itse käyttöliittymän ja nykyisten syöttölaitteiden parantamiseen. Lisäksi jätin huomioimatta neliraajahalvaantuneet, jotka ovat ryhmänä vielä vaikeammassa asemassa kuin muut liikerajoitteiset, sillä heille tarvitaan jo erikoistuneita laitteita, jotta he pystyvät olemaan vuorovaikutuksessa tietokoneiden kanssa. Tämä olisi jo pelkästään oman tutkimuksensa aihe.

Käyttöliittymäsuunnittelussa on kolme tapaa edistää liikerajoitteisten ihmisten toimintaa: multimodaalisuuden hyödyntäminen, nykyisten syöttölaitteiden kehittäminen ja havainnoivat käyttöliittymät. Näistä force feedback -hiiriä hyödyntävät tuntopalautesovellukset (mm. painovoimakaivot) ovat osoittautuneet verrattain hyödyllisiksi. Tällaiset ratkaisut ovat hyviä myös siksi, että markkinoilla on jo sopivia hiiriä, jotka osaavat antaa tarvittavaa vastusta. Näin vältetään ylimääräisten ja usein todella kalliiden lisälaitteiden hankinnalta. Havainnoivat käyttöliittymät ovat toinen merkittävä tapa, jolla liikerajoitteisten ihmisten vuorovaikutus tietokoneen kanssa saadaan helpommaksi. Havainnointiin käytetään malleja, jotka osaavat tulkita ihmisen toimintaa, ja tämän jälkeen käyttöliittymä osaa sopeutua käyttäjän tekemisiin. Tämä poistaisi mm. hiiren harha-askelia ja lihaskouristuksesta johtuvia kursorinopuden hetkellistä kasvua sekä näppäimistön virheellisiä painalluksia. Tällainen sovellus olisi tarvittava, jotta saataisiin kaikki tietokoneet vammaisten ihmisten ulottuville.

Tulevaisuuden haasteena on tutkia tarkemmin monia eri alueita, joita tarvitaan käyttöliittymäsuunnittelussa liikerajoitteisille, kuten tilannetta, jossa on useita painovoimakaivoja. Tämän hetken tutkimustulokset osoittavat, että painovoimakaivot

auttavat vammaisia ihmisiä, jos näytöllä on kaksi kohdetta. Tällainen tilanne on kuitenkin hyvin harvinainen, sillä käyttöliittymässä on useita eri elementtejä. Tämän tutkimuksen voisi lisäksi yhdistää havainnoiviin käyttöliittymiin. Kursorin suunnasta ja nopeudesta pystyy jo päättämään, mitkä elementit eivät ainakaan ole haluttuja, joten osaan elementeistä ei tarvisi aktivoitua tässä vaiheessa painovoimakaivoa. Lisäksi multimodaalisia käyttöliittymiä olisi kannattavaa tutkia tarkemmin myös vammaisten ihmisten osalta. Haasteita on siis vielä jäljellä, mutta kehitys on menossa parempaan suuntaan. Tulevaisuudessa varmasti saadaan tietokoneita, joita pystyvät käyttämään sekä normaalivartaloiset että liikerajoitteiset ihmiset.

Viiteluettelo

- [Angelo et al, 2000] Jennifer Angelo, David M. Brienza, Lars Gilbertson, Edmund LoPresti, and Jonathan Sakai, Neck range of motion and use of computer head controls. In: *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies* (2000), ACM Press, 121-128.
- [Clarkson et al, 2000] John Clarkson, Simeon Keates and Peter Robinson, Investigating the applicability of user models for motion-impaired users. In: *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies* (2000), ACM Press, 129-136.
- [Clarkson et al, 2001] P. John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, Patrick Langdon, and Peter Robinson, Perception and haptics: towards more accessible computers for motion-impaired users. In: *Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces* (2001), ACM Press, 1-9.
- [Clarkson et al, 2002] P. John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, Patrick Langdon, and Peter Robinson, Cursor measures for motion-impaired computer users. In: *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies* (2002), ACM Press, 135-142.
- [Clarkson et al, 2003] P. John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, and Patrick Langdon, Multiple haptic targets for motion-impaired computer users. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (2003), ACM Press, 41-48.
- [Clarkson et al, 2004] John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, and Patrick Langdon, Mouse movements of motion-impaired users: a submovement analysis. In: *Proceedings of the 6th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (2004), ACM Press, 102-109.
- [COGAIN, 2005] Communication by Gaze Interaction (COGAIN), Report on a market study and demographics of user population. Available at: <http://www.cogain.org/results/reports/COGAIN-D7.2.pdf>.
- [Davis et al, 2003] Adriane B. Davis, Melody M. Moore and Veda C. Storey, Context-aware communication for severely disabled users. In: *Proceedings of the 2003 conference on Universal usability* (2002), ACM Press, 106-111.

- [Hwang, 2002] Faustina Hwang, A study of cursor trajectories of motion-impaired users. In: *Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems (2002)*, ACM Press, 842-843.
- [Keates and Robinson, 1999] Simeon Keates and Peter Robinson, Gestures and multimodal input. *Behaviour & Information Technology* **18**, 1 (Jan. 1999), 36-44.
- [Keates and Trewin, 2005] Simeon Keates and Shari Trewin, Effect of age and Parkinson's disease on cursor positioning using a mouse. In: *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (2005)*, ACM Press, 68-75.
- [Ketcham and Stelmach, 2004] Caroline J. Ketcham and George E. Stelmach, Movement control in the older adult. In: Richard W. Pew and Susan B. Van Hemel (eds.), *Technology for Adaptive Aging*. The National Academies Press, 2004, 64-92.
- [Lopes, 2001] João Brisson Lopes, Designing user interfaces for severely handicapped persons. In: *Proceedings of the 2001 EC/NSF workshop on Universal accessibility of ubiquitous computing: providing for the elderly (2001)*, ACM Press, 100-106.
- [Pain and Trewin, 1999] Helen Pain and Shari Trewin, Keyboard and mouse errors due to motor disabilities. *International Journal of Human-Computer Studies* **50**, 2 (Feb. 1999), 109-144.

Näkövammaisten lasten kouluympäristön välineiden sekä tietokoneohjelmien kartoitus ja kehitys

Maria Paananen

Tiivistelmä

Erilaisia rajoitteita oppimiseen eivät luo pelkästään oppimisvaikeudet kuten keskittymishäiriö tai lukihäiriöt, vaan myös suuremmat rajoitteet kuten kuulovamma tai näkövamma. Tässä tutkimuksessa keskitytään näkövammaisiin lapsiin, heidän oppiympäristönsä kartoittamiseen sekä kehittämiseen. Kartoitus tapahtuu strukturoidun haastattelun menetelmällä ja se kattaa haastateltaviksi Tampereen seudun näkövammaisten lasten opettajia sekä kouluavustajia. Alkuperäinen tarkoitus rajata haastateltavat erityisesti alkuopetuksen 1-2 luokkalaisten opettajiin ei onnistunut kohderyhmän vähäisen määrän takia. Kehitystyötä pohditaan enemmän tuloksissa kysymyksillä, mitä yhtenäisiä kehityspiirteitä kouluihin kaivataan juuri näkövammaisten lasten opettamista ajatellen ja miten näitä parannuksia voitaisiin toteuttaa välineissä tai tietokoneohjelmissa tehtyjen haastatteluiden perusteella. Haastatteluista saadut vastaukset kertovat teknologian käytön vähyydestä alakoulujen opetuksessa. Näkövammaisen oppilaan välineisiin ja niiden käyttöön vaikuttaa merkittävästi näkövammaisen asteen ja ohjelmien käyttöön koulujen omat opetussuunnitelmat. Ohjelmien näkövammaisille suunnattujen ääni- ja tuntopalaute käyttöliittymien käyttö on vierasta ja kallista, mutta tulevaisuuden visioissa läsnä.

Avainsanat ja -sanonnat: näkövammaisuus, integroitu opetus, oppimistyyli, teknologia

CR-luokat: K 3.1., H 5.2

1. Johdanto

Suomen peruskoululain mukaan jokaiselle lapselle on suotava koulutusmahdollisuus hänen omien valmiuksiensa mukaisesti, joka esimerkiksi tukee lapsen persoonallisuuden kasvua sekä monipuolista kehittymistä. [peruskoululaki, 1983; Ikonen, 2000, s. 12] Kuten näkeväilläkin oppilaille, on myös näkövammaisilla omat tapansa oppia. Erilaiset oppimistyyli vaikuttavat, kuten myös persoonallisuus. Muun muassa näiden seikkojen takia on vaikea löytää yhtä täydellistä opetustapaa kaikille näkövammaisille oppilaille.

Ensimmäisessä osiossa käsitellään juuri näitä oppimistyyliä ja näkövammaisuuteen liittyviä seikkoja. Toinen osio keskittyy tutkimukseen ja haastatteluihin. Kolmannessa osiossa käsitellään tuloksia ja tulevaisuuden toiveita.

1.1 Oppimistyyli

Anna-Liisa Leino mainitsee kirjansa *Oppimistyyli: teoriaa ja käytäntöä* johdannossa, että oppimistyyli on eräs oppimaan oppimisen keskeisempiä komponentteja [Leino, 1990, s. 7]. Tämän ovat huomanneet myös muut tutkijat, minkä ansiosta asia on noussut enemmän ja enemmän kasvattajien, tutkijoiden sekä muiden kiinnostuneiden tietouteen. Oppimisen kannalta on tärkeää kiinnittää huomiota siihen, miten oppija lähestyy tehtävää, eli mitä tehtävä merkitse oppijalle ja miten hän pyrkii suorittamaan sen, jolloin on kyse juuri oppimistyylistä [Leino, 1990, s.42]. Koska nämä seikat vaikuttavat kaikilla oppijoilla, niin näkevillä kuin näkövammaisillakin, on niiden pintapuolinen läpikäyminen nähty tarpeelliseksi myös tässä tutkimuksessa.

Kuten Leino [1990] toteaa kirjassaan, voidaan oppimistyylien tarkastelussa käyttää useitakin eri tarkastelutapoja, esimerkiksi koulutusastetta. Niin Leino [1990] kuin Oiva Ikosenkin [2000] kirjassa *oppimisvalmiudet ja opetus*, esitellään Rita ja Kenneth Dunnin [1978; 1983] dimensiot oppimistyylielle: opiskeluolosuhteet, sekä emotionaaliset, sosiologiset, fyysiset ja psykologiset tekijät. Ensimmäinen, eli opiskeluolosuhteet tarkoittavat oppimisympäristön huomioimista. Esimerkiksi näkövammaisille lapsille tärkeitä tekijöitä ovat melutaso, valo ja oppimisasento. Toinen, emotionaaliset tekijät, käsittää ajan mittaan syntyvät kokemukseen perustuvat tunteet. Näistä tärkein on motivaatio, jonka on Ikosen mukaan huomattu olevan erityisoppilailla heikko [Ikonen, 2000, s.68-70]. Motivaatiota voidaan tukea esimerkiksi opetustyyllillä, oikeanlaisella opetusmateriaalilla ja tuottamalla onnistumisen mahdollisuuksia. Sosiologisilla tekijöillä tarkoitetaan myös henkilöitä joiden kanssa oppilas on tekemisissä. Jos oppilaan oppimistyyli ei sovi yhteen opettajan opetustyylin kanssa, ilmenee oppilaassa helposti motivaation laskua ja jopa vastenmielisyyttä koulua kohtaan. Fyysisiin tekijöihin Dunn [1983] lukee aisteihin liittyvät neljä eri oppimistyyliä, jotka usein mainitaan myös erilaisten opetuksellisten materiaalien tuottamisessa, kuten esimerkiksi verkkosivujen, oppimisympäristöjen ja ohjelmien suunnittelussa (kts. esimerkiksi <http://www.cs.uta.fi/ipopp/www/ipopp2001/syov/>) [Ikonen, 2000, s.68-70]. Auditiiiviset, visuaaliset, taktiiliset ja kinesteettiset oppilaat oppivat eri tyyliillä, minkä lisäksi oppimiseen vaikuttavat mm. vuorokauden aika sekä liikunta. Auditiiiviset oppijat oppivat paremmin kuulemalla, visuaaliset oppijat muistavat näkemänsä, taktiiliset oppijat oppivat helpommin kirjoittamalla ja

piirtämällä, ja kinesteettiset oppijat oppivat parhaiten tekemällä ja kokemalla, yhdistämällä taktiliset ja kinesteettiset kokemukset. Viimeinen eli psykologiset tekijät kattavat alleen mm. globaalisen ja analyttisen oppijan. Analyttinen oppija yhdistää pienemmät asiat kokonaisuudeksi, kun taas globaalinen oppija tarvitsee ensin kokonaiskuvan jonka sitten eriyttää yksityiskohdiksi. Tähän dimensioon Dunn [1983] on erotellut myös oppilaat, joiden oikea aivopuolisko on hallitseva, sekä impulsiiviset että refleksiiviset oppilaat [Ikonen, 2000, s.68-70]. Oikea aivopuolisko hallitsevana aiheuttaa oppilaassa mm. tiettyjä ympäristövaatimuksia, jotta he olisivat motivoituneita. He eivät myöskään ole yhtä tarkkaavaisia kuin oppilaat, joita hallitsee vasen aivopuolisko. Impulsiiviselle oppilaalle tunnusomaista on, että hän toimii ennen kuin ajattelee, kun taas refleksiivinen oppilas käyttäytyy kontrolloidusti ja rauhallisesti. [Ikonen, 2000, s. 68-70]

R. ja K. Dunnin [1983; 1978] jaottelu oppimistyyleistä on vain yksi tapa, josta löytyy erilaisia aukkoja. Esimerkiksi Leinon kirjassa mainittu Davidmanin [1983] kritiikki tuo yhden ongelmista esille: oppijan, joka oppii parhaiten kuulemalla tai näkemällä yksin viileässä huoneessa musiikin soidessa taustalla ja terveystuokien ollessa saatavilla pöydällä, voi olla hankala toteuttaa oppimistyyliään kouluympäristössä [Leino, 1990, s. 43]. Kuitenkin Dunnien oppimistyylien esittely on laaja ja nostaa esille sen, kuinka paljon asioita on otettava huomioon, kun halutaan tehdä jokaiselle oppijalle paras mahdollinen ympäristö sekä tilanne oppia. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat oppimiseen ja ovat oppimisen kannalta hyödyllisiä, kun niitä osataan käyttää hyödyksi oikeaan aikaan ja oikealla tavalla, niin opetuksessa yleensä kuin siihen suunnatuissa ohjelmissa ja välineissäkin.

1.2 Näkövammaisen lapsen oppiminen

Tiedon saaminen ympäristöstä ja siihen orientoituminen on näkövammaiselle lapselle erityisen vaikeaa, koska ympäristöstämme tuleva informaatio on suurelta osin visuaalista, eikä lapsi pysty ottamaan sitä vastaan tai vastaanottamaan sen virheellisesti [Ikonen, 2000, s. 176]. Kehittymiseen vaikuttaa näkövammaisuuden aste. Esimerkiksi syntymästään sokeiden lapsien kehittyminen on hitaampaa juuri visuaalisen kanavan puuttumisen vuoksi. Myös kielen kehitys perustuu paljolti ilmeiden ja eleiden matkimiselle. Kielellisten käsitteiden opettamisen pitää tapahtua konkreettisten kokemusten kautta, jolla on tärkeä merkitys myös koulutuksen suunnittelun suhteen.

Näkövammaisuus vaikuttaa lapsen motoriseen kehitykseen ja sen kautta myös käsityskyvyn kehittymiseen, mikä myös otetaan huomioon koulutuksessa. Erityisopetuksen tarkoituksena on kompensoida näkövammasta aiheutuvia haittoja, minkä takia sitä järjestetään kouluissa [Poussu-Olli ja Keto, 1999, s. 8].

Erityisopetuksen tunnit keskittyvät usein motoristen ja kognitiivisten taitojen kehittämiseen. Motoristen harjoitusten tavoitteena on mm. aistien harjaannuttaminen, käsien toiminnan ja koordinaation kehittäminen, sekä kehon hahmottaminen [Ikonen, 2000, s. 177-178]. Koulutuksen ja kuntoutuksen tavoitteena on ohjata näkövammaista selviytymään mahdollisimman itsenäisesti elämässään. [Poussu-Olli ja Keto, 1999, s. 8]

1.3 Teknologia ja näkövammaisuus

Suomessa, kuten muuallakin maailmassa, on tehty erinäisiä tutkimuksia juuri lasten ja nuorten näkövammaisuuden avustamisesta teknologian avulla. Patomäki ja kumppanit toteavat tutkimuksensa alussa, että välineitä ja ohjelmia on näkövammaisille lapsille kehitetty, mutta monissa niissä laitteisto ja ohjelmat eivät mene yksiin [Patomäki et al., 2004]. Kuten jo oppimistyyleistä ja oppimiseen vaikuttavien tekijöiden määrästä voidaan päätellä, on myös teknologiaratkaisut tarkoin mietittävä ja suunniteltava. Stögerin, Patomäen ja Saarisen tutkimusryhmät kaikki painottivat suunnittelun tärkeyttä kehitettäessä mitä tahansa näkövammaisille lapsille tarkoitettua tukimateriaalia, välineistöä yms. [Saarinen et al, 2005; Patomäki et al., 2004; Stöger et al, 2004].

Yksi tärkeimmistä teknologian tavoitteista aistivammaista käyttäjää ajatellen, on korvata tämän puuttuvan aistin käyttö jollain muulla aistilla. Näistä hyödyllisimpiä tutkimusten mukaan ovat kuulo- sekä tuntoaistin käyttö. Esimerkiksi Saarisen ja kumppaneiden tutkimuksessa [Saarinen et al, 2005] tutkivan oppimisen teorian pohjalle kehitelty oppimisympäristö aurinkokunnan ilmiöistä, antoi käyttäjälle tunto-, ääni- sekä näköpalautteen. Näköpalaute oli suunniteltu tueksi heikkonäköisille käyttäjille muiden kahden ohella. Näkövammaisten lasten testaama oppimisympäristö antoi arvokasta palautetta esimerkiksi navigoinnin suunnittelun tärkeydestä, sekä ääni- ja tuntopalautteen toimivuudesta tällaisissa ohjelmissa. Yhtenä tärkeänä elementtinä oli myös erityisen PANTHOM laitteiston toimivuus yli seitsemänvuotiailla lapsilla. PANTHOM on laitteisto, johon kuuluu prosessori, näyttö sekä erityinen motoroitu käsi, joka antaa tuntopalautteen kynäsyötteen avulla. Lisänä molemmissa tutkimuksissa oli käytetty SpaceMouse -hiirtä, jossa on eri toimintoja sisältäviä nappeja, sekä joystic-tyylinen vipu keskellä. [Saarinen et al, 2005] Tärkeä huomio tähän liittyen oli Patomäen ja kumppaneiden tutkimuksessa, jossa kehiteltiin nuoremmille, n. 3.5-6.5-vuotiaille lapsille teknologiaan tutustuttavia ohjelmia. Käytössä oli sama PANTHOM-laitteisto, ja testituloksista todettiin, että suunnittelemalla huolellisesti oikeanlaisia tehtäviä tähän laitteistoon, voitaisiin tuottaa toimiva käyttöliittymä myös alle kouluikäisille näkövammaisille lapsille. [Patomäki et al., 2004]

Teknologian tuomasta avusta esimerkiksi aistivammaisille käyttäjille on maalailtu paljon unelmia ja tulevaisuuden toiveita. Onko näitä esimerkiksi edellä mainittuja ääni- ja tuntopalautteeseen perustuvia käyttöliittymiä hyödynnetty kouluissa? Muun muassa tätä kysymystä yritettiin kartoittaa haastatteluiden kautta.

2. Tutkimus

2.1 Esittely

Tutkimus toteutettiin strukturoidun haastattelun avulla. Kysymykset laadittiin tutkimusongelman pohjalta, ja haastateltavat henkilöt olivat Tampereen seudun normaalikouluihin integroitujen näkövammaisten lasten opettajia sekä koulunkäyntiavustajia.

Tutkimuksen haastattelut tapahtuivat haastateltavien henkilöiden työpaikoilla eli kouluilla. Näin haastatteluissa pystyttiin hyödyntämään myös apuvälineiden konkreettista läsnäoloa. Haastateltaviksi pyrittiin keräämään opettajia jotka toimivat alakoulussa opettajina luokassa, johon on integroitu näkövammaisen oppilas. Haastatteluihin osallistuivat myös kouluavustajat. Jokaiselle haastateltavalle esitettiin samat kysymykset (Kuva 1.), joskin jokainen haastattelu oli tehty mahdollisimman luontevaksi keskustelutilaisuudeksi. Haastattelut oli tarkoitus myös nauhoittaa kasetille, mutta lopulta ainoana tallennusvälineenä toimi kannettava tietokone.

Haastatteluihin suunniteltujen kysymysten oli tarkoitus kartoittaa näkövammaisten oppilaiden käyttämiä apuvälineitä ja ohjelmia alakouluissa, mutta myös hahmottaa sitä, millaiset valmiudet opettajilla on toimia integroidussa luokassa opettajina. Kysymyksissä otettiin huomioon myös näkövammaisen oppijan ja näkevien oppilaiden yhteistyö luokassa.

Taulukko 1. Haastattelukysymykset

1	sukupuoli
2	ikä
3	Montako oppilasta luokalla on yhteensä? Mikä on luokka-aste? Montako näkövammaista oppilasta luokassa on?
4	Näkövammaisten oppilaiden näkövammaisuusaste
5	Kauanko opettanut: kokonaisuudessa ja näkövammaista?
6	Minkälaisia apuvälineitä käytetään, esim. suurentava näyttö, pistekirjoitus jne.?
7	Onko näkövammaisilla oppilailta erityisopettaja luokassa?
8	Käytetäänkö välineitä joka tunti, vai erityisesti jossain aineessa?
9	Mitä ohjelmia käytetään ja missä aineissa?
10	Onko ohjelmissa käytetty hyväksi äänipalautetta? Minkälaista?
11	Onko ohjelmissa käytetty hyväksi tuntopalautetta? Minkälaista?
12	Onko ohjelmissa käytetty hyväksi erityisiä visuaalisia apuvälineitä? Minkälaisia?
13	Käytetäänkö välineitä tai ohjelmia yhdessä näkevien oppilaiden kanssa?
14	Mitä ohjelmia ja missä aineissa?
15	Miten yhteistyö sujuu käytännössä?
16	Voitaisiinko sitä mielestänne parantaa jollain tapaa?
17	Helpottavatko välineet ja ohjelmat opettajan työtä? Miten?
18	Onko mielestänne jokin osa-alue, joka vaatisi tietynlaista uutta ohjelmaa tai välinettä, jotta näkövammaisen oppilas oppisi paremmin tai voisi olla yhteistyössä muiden oppilaiden kanssa paremmin?
19	Onko jokin jo olemassa oleva ohjelma mielestänne erityisen hyvä? Miksi?
20	Tuleeko mieleen vielä jotain joka vaatisi kehitystä juuri opetusta ajatellen?
21	Onko teillä erityiskoulutusta näkövammaisten tai yleisesti erityisoppilaiden opettamiseen? Minkälaista?

2.2 Tutkimuksen osanottajat

Tutkimukseen osallistui viisi opettajaa ja kolme kouluavustajaa. Kaikki haastateltavat olivat 23-60-vuotiaita naisia. Haastatteluvastaukset koskivat kuutta näkövammaista oppilasta, joista kaksi oli erityisluokalla. Kolmella kuudesta oppilaasta oli näkövammaisuuden lisäksi muita rajoitteita tai vammoja, jotka vaikuttivat myös tulosten tulkintaan. Viisi kuudesta oppilaasta oli 1-4 luokka-asteelta. Kolme kuudesta oppilaasta oli täysin sokeita, yksi oli vaikeasti heikkonäköinen, yksi heikkonäköinen ja yhdellä oppilaasta oli toinen silmä sokea ja toisessa huono näkö. Yksi opettajista oli erityisluokan opettaja, mihin

hänellä oli vastaavat opinnot. Neljästä integroidun luokan opettajasta kahdella ei ollut minkäänlaista perehdytystä näkövammaisen oppilaan opettamiseen. Kuitenkin toisella heistä oli kokemusta kuurosokean oppilaan kouluavustajan työstä. Kahdella muulla opettajalla oli takanaan viikon perehdytysjaksot Jyväskylän näkövammaisten koulussa. Koulunkäyntiavustajista yksi oli toiminut kuusi vuotta sokean lapsen avustajana aina päiväkodista lähtien, toinen vuoden ja kolmas erityisluokassa vuodesta 1997 lähtien. Kuudesta oppilaasta viidellä oli henkilökohtainen koulunkäyntiavustaja.

Näkövammaisten oppilaiden käyttämät välineet vaihtelivat oppilaan ja tämän vammojen mukaan. Taulukossa 2 on esitelty haastatteluissa mainittuja välineitä, jotka näkövammaisilla oppilailla on luokassa käytössä tällä hetkellä. Taulukkoon on merkitty jokainen haastatteluissa esille tullut oppilas ja hänen näkövammansa aste. Tämän esille tuonti on välttämätöntä sen välineiden tarpeeseen tuoman vaikutuksen takia. Kuten Patomäen ja kumppaneiden tutkimuksessa huomattiin, on näköaistin käyttö otettava huomioon heikkonäköisillä käyttäjillä, koska sen kautta vastaanotettava tieto vaikuttaa merkittävästi. Tämä näkyy myös koulumaailmassa perusvälineiden, kuten pulpetin muodossa. Näkövammaisilla oppilailla, joilla kuitenkin on jonkin asteinen näkökyky, on luokassa kohopulpetit. Tämä helpottaa tekstin ym. kuvainformaation lähemmäksi saantia, sekä kirjoittamista. Yhdellä tutkimuksen oppilaista oli käytössä taulukamera ja lukutelevisio, joita hän käytti joka tunti luokassa eikä siis tarvinnut kohopulpettiaan luokassa. Toinen oppilas oli käyttänyt myös lukutelevisiota näkökyvyn heikkenemisen aikana, mutta näön kadotessa kokonaan tämä mahdollisuus oli jäänyt. Dunnin mainitsemat oppimiseen vaikuttavat opiskeluolosuhteet näkyvät välineissä pulpetin ja tuolin lisäksi valaisimina. Esimerkiksi juuri vaikeasti heikkonäköisillä tämä on otettu huomioon.

2.3 Välineet

Yleisimpiä välineitä näkövammaisilla oppilailla olivat lukukivet, lukuviivaimet, äänikirjat ja nauhurit. Erityisesti sokeilla oppilailla äänen merkitys kasvaa, jolloin nauhurin käyttö on tärkeää. Esimerkiksi eräs opettaja sanoi nauhoittavansa nauhurille oppilaan kotiläksyt, jolloin oppilas pystyy kotona kuuntelemaan käytävän tekstin ym. tehtävät. Erityisten äänikirjojen käyttö oli yleistä pääosin sokeilla oppilailla. Erityinen näkövammaisten oppilaiden materiaalikirjasto CELIA (<http://www.celialib.fi/>) tuottaa tätä materiaalia, mutta kritiikkinä tälle eräs kouluavustajista kertoi itse kääntävänsä kirjoja pistekirjoitukselle niiden virheellisyyden ja erilaisen kääntötavan takia. Kuitenkin tällä hetkellä esimerkiksi kielissä on kaikilla oppilailla käytössä CD-

levyt, joita kuunnellaan kotona ja harjoitellaan ääntämistä. Joten kaikilla oppilailla on käytössä jonkinlaista äänikirjamateriaalia.

Kun vertaamme heikkonäköisten oppilaiden välineitä sokeiden oppilaiden välineisiin, tulee esille näkökyvyn tukeminen. Erilaiset lukukivet ym. suurentavat välineet toimivat heillä arkikäytössä. Kahdella heikkonäköisistä oppilaista oli käytössä kiikari, jonka toinen opettajista lukikin tärkeimmäksi oppimisvälineeksi. Kolmannella heikkonäköisellä oli käytössään taulukamera ja lukutelevisio, jotka suurensivat tarvittavat tekstit näytölle.

Erityisesti näkövammaisille oppilaille tarkoitettuja tietokoneita tai ohjelmia ei ollut aktiivisessa käytössä vielä kellään oppilaista. Kuitenkin kymmensormijärjestelmän harjoittelu oli käynnissä kahdella oppilaista ja yksi oli opetellut taitoa jo kotona. Tietokonetta käytettiin yleensä silloin kun muukin luokka eli pääosin Opit - ympäristön (http://opit.wsoy.fi/LMS_newlogin.asp) yhteydessä. Tässä ympäristössä ei ole erityisiä näkövammaisille suunnattuja tehtäviä, mutta alkuopetuksen tehtävissä on mukana ääni. Yksi sokeista oppilaista tulee saamaan ensi vuonna kannettavan tietokoneen, jossa on mukana pistenäyttö ja puhesyntetisaattori.

Tärkeimpänä apuna melkein jokainen opettaja koki koulunkäyntiavustajan. Ainoastaan yhdellä tutkimuksen oppilaista ei ollut avustajaa, mihin vaikutti oppilaan melko hyvä näkö. Esimerkiksi pistekirjoituksen opettelu tapahtui täysin koulunkäyntiavustajan avulla. Tutkimuksen oppilaista vain yksi käytti pistekirjoitusta. Kahdella muulla sokealla oppilaalla pistekirjoituksen luku ja opettelu ei ollut mahdollista motoristen rajoitteiden takia.

Taulukko 2. Välineiden kartoitus (Oppilaat 3 ja 6 ovat erityisluokalla)

Oppilaat	1	2	3	4	5	6
	heikko näkö	vaikeasti heikko näkö	sokea	sokea	vas. sokea, oik. huono näkö	sokea
kymmensormi		x		itse	x	
äänikirjat			x	x		x
nauhuri		x	x	x		x
lukukivi	x				x	
pöytä	x	x			x	
valaisin		x			x	
tuoli		x				x
pistekirjoitus				x		
tietokone		x				
kiikari	x				x	
opitti	x			x	x	
lukutelevisio		x				
taulukamera		x				
abacus-laskin				x		
keppi			x			
kohokuvat			x	x		
kohonoppa				x		
liimanauha/vaha				x	x	
iso teksti	x				x	
kävelyteline						x
avustaja		x	x	x	x	x
häikäsy lasit	x					

2.4 Yhteistyö

Tutkimuksessa tutkittua integroidun oppilaan ja muun luokan yhteistyötä kuvattiin joka haastattelussa sujuvaksi. Jokaisella luokalla oli tutustuttu integroidun oppilaan välineisiin ja jollain tavalla tuotu esille näkövammaisen oppilaan maailmankuvaa muille oppilaille. Esimerkiksi eräs luokka oli tutustunut sokean arkeen huivien ja perusasioiden kautta. Näistä hyvä esimerkki oli lasin täyttäminen: miten kaadetaan mehua lasiin niin, ettei se tule yli? Koska tutkimukseen osallistuneilla luokilla ei käytetty opetuksessa erityisiä ohjelmia tai tietokoneita näkövammaisilla, ei niitä ollut myöskään yhteistyön tukemisessa.

2.5 Tulokset

Välineiden vaihtelevuus eri oppilailla tukee oppimistyylien teoriaa: jokaisella oppijalla on oma tapansa oppia. Tähän voidaan kuitenkin välineiden kohdalla vetää jonkinlaista yhteenvetoa. Esimerkiksi näkövammojen asteella on suuri merkitys niin välineiden kuin ohjelmienkin käytössä. Oppilaat, joilla vielä on jonkinasteinen näkökyky, käyttävät sitä hyödykseen. Kuten Patomäen ja kumppaneiden tutkimuksessa [Patomäki et al, 2004] todettiin, sitä kannattaa käyttää apuna, jos siihen vain on mahdollisuus. Jos taas oppilas on sokea, tuo se eteen erilaisia vaikeuksia ja sitä kautta erilaisia tarpeita, joiden mukaan

välineetkin määräytyvät. Vaikka tuotettu tutkimus ei kata alleen monta oppilasta, on välineiden kirjo silti suuri. Melkein jokaisella oppilaalla on omanlaisensa väline käytössä oppimisen parantamiseksi. Esimerkiksi vain yhdellä oppilaalla oli taulukamera (Kuva 1) ja lukutelevisio (Kuva 2.), jotka hänellä oli käytössä päivittäin jokaisella reaaliaineen tunnilla. Yksi oppilaista, joka oli täysin sokea, käytti apunaan pistekirjoitusta päivittäin, kun taas kahdella heikkonäköisellä kiikari toimi tärkeänä apuvälineenä. Yksittäistä ”parasta” välinettä ei voida siis nostaa tämän tutkimuksen perusteella esille.



Kuva 1. Taulukamera



Kuva 2. Lukutelevisio

Tässä tutkimuksessa huomioon täytyy ottaa myös muiden vammojen ja sairauksien tuomat rajoitteet sekä tarpeet. Kahdella sokeista erityisluokalla opiskelevsta oppilaista ei ole mahdollisuutta opetella sokeainkirjoitusta motoristen rajoitteiden takia. Heidän lisäksi yhdellä integroiduista oppilaista on autismia, jolloin näkövammaisuus ei ole pääroolissa mietittäessä oppimisen ongelmia.

Tutkimukselle tärkeä ohjelmien ja niihin liittyvien käyttötapojen kartoitus ei saanut kovinkaan kattavaa kuvaa. Haastatteluista selvisi, ettei alakoulussa varsinkaan alkuopetuksessa käytetä tietokoneita oppimisen apuna. Lukemaan ja kirjoittamaan oppiminen on ensimmäisen luokan tärkein asia, ja toisella luokalla mukaan tulee kaunokirjoituksen harjoittelu. Kymmensormijärjestelmän oppiminen tuli myös esille haastatteluissa. Täysin sokea oppilas oli opetellut tietokoneen näppäimistöä jo kotona, mutta varsinainen opettelu alkaisi seuraavana vuonna pistekirjoituksen oppimisen jälkeen. Hänelle oli tulossa seuraavana vuonna oma henkilökohtainen kannettava tietokone pistenäytöllä ja puhesyntetisaattorilla, joten sen opettelu oli myös edessä.

Joissain aineissa, kuten kielissä ja matematiikassa käytettiin tietokoneohjelmia, mutta niissä ei ollut erityisiä tehtäviä näkövammaisia oppilaita ajatellen. Kolme opettajista mainitsi Opit -ympäristön

(<http://opit.wsoy.fi/>) käytön, joka on siis internetissä toimiva oppimisympäristö koululaisille. Opit - ympäristössä ei ole erikseen tehtäviä näkövammaisille oppilaille, mutta esimerkiksi esiopetuksen tehtävissä on lisänä äänipalaute. Yksi kouluavustajista kertoi lukevansa sokealle oppilaalle kysytyn tehtävän ja annetut vastausvaihtoehdot, jolloin sokea oppilas saa tehdä tehtäviä hänen kauttaan.

Näkövammaisten Opinto-opas jaottelee näkövammaisten opiskelutaidot neljään eri luokkaan: perustaitojen hallinta, johon kuuluvat esimerkiksi apuvälineiden hallinta ja omatoimisuus, opiskelutekniikoiden hallinta, johon kuuluvat esimerkiksi sokeain/heikkonäköisten opiskelu- ja muistiinpanotekniikat, tietotekniset taidot, esimerkiksi kymmensormijärjestelmä sekä vuorovaikutus- ja kommunikointitaidot, kuten ihmissuhdetaidot [Opinto-opas, 2000]. Nämä neljä osa-aluetta tulivat esille myös haastatteluissa. Vaikka jokaisella oppilaalla oli jollain tavalla erilaiset apuvälineet kuin toisella, oli jokainen harjoitellut omien apuvälineidensä käyttöä. Riippuen näkövammaisen asteesta, opeteltiin joko muiden oppilaiden kanssa samanlaisia opiskelutekniikoita tai omaa oppimista paremmin tukevaa tekniikkaa, kuten sokeainkirjoitusta. Tietoteknisten taitojen oppiminen tapahtui samalla tavalla kuin opiskelutekniikoiden: näkövammaisen asteen mukaan joko mukailtiin muiden oppilaiden opettelemista, tai opeteltiin itselle tärkeitä taitoja kuten kymmensormijärjestelmää. Vuorovaikutus- ja kommunikointitaidot tulivat esille jokapäiväisessä kommunikoinnissa muiden kanssa, niin luokassa kuin välitunneillakin, mutta erityisesti myös erityisopettajan tunneilla.

3. Yhteenveto ja loppupäätelmät

3.1 Yhteenveto

Tutkielman tarkoitus kartoittaa alakouluihin integroitujen näkövammaisten oppilaiden välineitä ja ohjelmistoja onnistui kohtalaisesti. Vaikka osanottajamäärä ei ollut korkea, eikä halutun kohderyhmän opettajia osallistunut kuin kolme, saatiin laaja valikoima arkiopetuksessa käytettävistä välineistä. Haastateltavien kirjavuudesta voimme myös huomata, että erityisluokalla opiskeleva näkövammaisen on huomioitava samalla tavalla esimerkiksi pulpetin, tuolin ja valaistuksen suhteen, kuin tavalliseen luokkaan integroitu näkövammaisen oppilas. Myös heidän välineensä ovat usein samoja: viidellä kuudesta haastatteluissa huomioiduilla oppilailla oli oma henkilökohtainen avustaja, joka osoittautui haastattelujen mukaan tärkeimmäksi avuksi luokassa - nauhurin lisäksi. Välineiden tarpeellisuus haastatteluiden mukaan vaihteli kouluittain. Yhdessä koulussa opettaja visioi laitteesta, joka tuottaisi kohokuvia. Toinen visioi äänisyötteellä toimivasta nauhurista, jolla voisi myös etsiä esimerkiksi kappaleita äänitunnisteen avulla.

Kolmas ei halunnut ainakaan kasvattaa välineiden määrää, ettei opiskelu menisi ”välineurheiluksi”. Hyville, yksinkertaisille ja käytännöllisille välineille olisi kysyntää, jos ne voitaisiin tuottaa halvalla.

Vaikka tietokoneohjelmien käyttö ei alakouluissa ole aktiivista, oli moni haastateltava niiden tuoman hyödyllisyyden kannalla. Tärkeimmiksi seikoiksi tulevaisuuden toiveista juuri näkövammaisten oppilaiden kohdalla nousivat tehtävien ja materiaalien yksinkertaisuus ja sopivuus, sekä niiden hinnat. Monet tällä hetkellä saatavat materiaalit ja ohjelmat eivät ole toimivia kaikissa tilanteissa, tai ne ovat liian kalliita. Yksinkertaisten käytännön sekä abstraktien asioiden kerrottiin olevan hankalia opettaa. Esimerkiksi eräs opettajista kertoi törmänneensä tilanteeseen, jossa näkövammaisen oppilas ei tiennyt millainen eläin on hirvi. Vaikka hirvestä oli puhuttu tunnilla ja käytetty myös kohokuvia apuna, oli oppilaan vaikea hahmottaa käytännössä, minkä kokoinen tai näköinen eläin on. Tunnille olisi kaivattu konkreettista hirveä tunnusteltavaksi. Toinen opettaja kertoi, että olisi tarpeellista saada tavallisten asioiden äänimateriaalia. Esimerkiksi ympäristötiedossa on olemassa linnunääni kasetteja sekä CD-ROM-levyjä, mutta esimerkiksi eri eläinten ääntelyitä kaivattiin, samoin kuin ihan tavallisia juoksun, naurun ym. tekemisen ääniä.

Tutkimuksessa sivuttu opettajien koulutusta koskeva puoli oli mielenkiintoinen: vain yhdellä haastatelluista opettajista oli erityisopettajan koulutus ja hän toimi erityisluokan opettajana. Tavalliseen koululuokkaan integroitujen näkövammaisten opettajista kaksi viidestä oli käynyt viikon perehdytysjakson Jyväskylän näkövammaisten koululla ja kaksi oli menossa seuraavana vuonna kyseiseen perehdytykseen. Oikea taito on siis opittu käytännössä.

3.2 Loppupäätelmät

Tutkimuksen kriittisyys kohdistuu sen haastateltavien määrän vähäisyyteen. Tampereen seudulla alakoulun luokkiin integroituja näkövammaisia lapsia ei ole kovin monta, joten olisi mielekästä tutkia asiaa laajemmin. Kattavampi vertailu sokeiden ja heikkonäköisten oppilaiden erilaisuudesta kouluympäristöä ajatellen olisi myös mielenkiintoinen tämän tutkimuksen tulosten perusteella. Hankaluus tutkimusryhmää ajatellen, on löytää oppilaita, joilla on vain näkövamma, sillä usein näkövammaisuus liittyy johonkin sairauteen tai on lisänä muiden vammojen ohella. Oma vaikeutensa liittyy myös sairauksien havaitsemiseen, sillä esimerkiksi asberger tai autismi ovat sairauksia, joita ei heti välttämättä huomata, tai niiden oireet saattavat olla niin vähäiset, ettei niitä huomata koskaan, mutta kuitenkin ne vaikuttavat osaltansa oppimiseen.

Toinen kritiikin kohde on tutkijan kokemattomuus. Myös opettajien huomaama ”kokemus tulee käytännöstä” -ilmiö koskee muitakin aloja. Strukturoidun haastattelun tuottaminen ja tekeminen eivät ole yksinkertaista puuhaa. Ensin pitäisi hahmottaa koko tutkimus, jotta voitaisiin tuottaa mielekkäitä ja tärkeitä kysymyksiä, ja haastatteluissa pitäisi ottaa huomioon säilyvyys, jolloin nauhuri olisi oiva apuväline. Näiden lisäksi mukaan tarvitaan myös sosiaaliset taidot, tieto millaisesta tutkimuksesta on kyse ja asioiden käsittelytaidot.

Tulevaisuudessa aikomuksena onkin soveltaa opettajan työn tuomaa kokemusta teknologiataitoihin ja tuottaa tutkimus, joka perustuu pedagogiseen taustaan ja vuorovaikutteiseen teknologiaan. Se, suuntautuuko tämäkin tutkimus näkövammaisiin oppilaisiin vai onko kohteena laajempi joukko erityisoppilaita, jää nähtäväksi.

Viiteluettelo

- [Dunn, 1983] Rita Dunn, Learning Style and its Relation to Exceptionality at Both Ends of the Spectrum, *Exceptional children*, vol.49 (6), 1983
- [Dunn R. and Dunn K., 1978] Rita Dunn and Kenneth Dunn, *Teaching Students Through Their Individual Learning Style*, 1978
- [Dunn, 1983] Rita Dunn, Learning Style and its Relation to Exceptionality at Both Ends of the Spectrum, *Exceptional children*, vol.49 (6), 1983
- [Dunn R. and Dunn K., 1978] Rita Dunn and Kenneth Dunn, *Teaching Students Through Their Individual Learning Style*, 1978
- [Ikonen, 2000] Oiva Ikonen, *Oppimisvalmiudet ja Opetus*. PS-Kustannus, 2000
- [Leino, 1990] Anna-Liisa Leino, *Oppimistyyli: Teoriaa ja Käytäntöä*, Jyväskylä 1990
- [Malinen, 1997] Lea Malinen, *Näkövammaisen Oppilas ja Koulunkäynti*. Jyväskylän näkövammaisten koulu, 1997
- [Opinto-opas, 2000] *Näkövammaisen opinto-opas*. Näkövammaisten Keskusliiton Julkaisusarja 3/2000
- [Patomäki et al., 2004] Saija Patomäki, Roope Raisamo, Jouni Salo, Virpi Pasto and Arto Hippula, Experiences on haptic Interfaces for visually impaired young children. *ICMI Conference*, ACM Press, 2004
- [peruskoululaki, 1983] Peruskoululaki 27.5.1983/476, 2§
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1983/19830476?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=peruskoulu>
- [Poussu-Olli ja Keto, 1999] Hanna-Sofia Poussu-Olli ja Leena Keto, *Perustietoa Näkövammaisuudesta, Näkövammaisten Opetuksesta ja Koulutuksesta*, Painosalama OY, 1999

- [Saarinen et al, 2005] Rami Saarinen, Janne Järvi, Roope Raisamo and Jouni Salo, Agent-based architecture for implementing multimodal learning environments for visually impaired children. ICMI, Proceedings of the 7th international conference on Multimodal interfaces, ACM Press, 2005
- [Stöger et al, 2004] B. Stöger, K. Miesenberger and M. Batušić, Mathematical Working Environment for the Blind Motivation and Basic Ideas, *9th International Conference ICCHP 2004 Paris*, Springer Berlin, 2004

Tutkimus erikoistavarataloketjun varastohallintajärjestelmän automaattisen tilausosan kehittämisestä

Ville Parviainen

Tiivistelmä.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään erikoistavarataloketjun toiminnanohjausjärjestelmän tilausosan parantamista. Käytännössä pyritään etsimään parempia toimintatapoja tuotteiden tilauksissa käytettyjen raja-arvojen laskemiseksi, käyttäen apuna tutkimusta varten kehitettyä simulointiohjelmää.

Avainsanat ja -sanonnat: Tilausjärjestelmä, varastohallinta.

CR-luokat: A.1, H.3 ja (K.0)

1. Johdanto

Tämän tutkimuksen aiheena on erikoistavarataloketjun täydennystilausautomaatiikkasovelluksen laskentasääntöjen tutkiminen ja kehittäminen nykypäivän tarpeita vastaaviksi. Tarkoituksena on siis selvittää olemassa olevan täydennysautomaatiikkasovelluksen nykyinen toiminta ja tutkia kuinka kyseisen sovelluksen toimintaa voitaisiin parantaa. Tarkoituksena on löytää automaattiseen tilausjärjestelmään uusia laskentamalleja, joiden perusteella voitaisiin automaattisesti ottaa huomioon esimerkiksi sesonkien vaihtelut kaupanalalla.

Alun perin tutkimuksen kohteena olevassa erikoistavarakaupanketjussa varsinaista automaattista tilausjärjestelmää ei ole ollut laisinkaan, vaan tilaukset on tehty käsin. Henkilökunta on siis kiertänyt myymälässä ja tehnyt tilauksen huomattuaan tavaran olevan vähissä. Nykyisellään käytössä on järjestelmä, joka ylläpitää jokaiselle tuotteelle niin sanottua varastosaldoa. Järjestelmä siis tietää montako kappaletta mitäkin tuotetta on milläkin hetkellä myymälässä. Tätä varastosaldoarvoa käytetään nykyisessä tilausjärjestelmässä hyväksi. Tilausjärjestelmässä varastosaldolle voidaan määrittää tiettyjä minimi- ja maksimiarvoja, joiden mukaan tilauksia muodostetaan. Kun esimerkiksi saldoarvo myynnin vuoksi putoaa minimiarvon alle, muodostetaan automaattisesti tilaus, jolla täytetään varaston saldoa maksimiarvoon, jotta tuote ei pääse loppumaan.

Nykyisessä sovelluksessa näitä minimi- ja maksimiarvoja eri tuotteille voidaan muuttaa manuaalisesti tai ne voidaan laskea automaattisesti. Automaattisessa laskennassa käytetään hyväksi tuotteen historiamyyntiä, jolla pyritään varmistamaan tuotteen hyvä saatavuus myymälässä. Tutkimukseni

tarkoituksena onkin keskittyä juuri tämän automaattisen laskennan kehittämiseen. Toisin sanoen pyrkii etsimään keinoja, joilla voitaisiin parantaa automaattisen laskennan toimintaa.

Automatiikan kehittämisellä tavarataloketju pyrkii vähentämään tilaustoiminnasta aiheutuvia kustannuksia. Tilaustoimintaa pyritään automatisoimaan mahdollisimman pitkälle, jotta varsinaisilla myyjillä liikkeessä jäisi aikaa palvella asiakkaita, eikä heidän tarvitsisi kierrellä hyllyjen välissä katsomassa miten tavaraa riittää. Automatiikan kehittämisellä pyritään siis kustannussäästöihin, mutta lisäksi parantamaan asiakaspalvelua. Kun saadaan luotettava automatiikka hoitamaan tuhansien eri tuotteiden tilausta, saavutetaan myös parempi tarjottavuus tuotteille. Jokaista tuotetta voidaan pitää hyllyssä juuri sen verran kuin sitä menee, mutta kuitenkin niin ettei mikään pääse loppumaan jolloin asiakas joutuu pettymään.

Tilausautomatiikka kuuluu siis laajempaan toiminnanohjausjärjestelmään. Sovellus on pieni osa tätä kokonaisjärjestelmää, jolla hoidetaan ketjun tavaravirtoja tilauksista varastokirjanpitoon. Tutkimuksessa keskitynkin ensin selvittämään, kuinka nykyinen järjestelmä(lähinnä tilausautomatiikka) toimii. Tässä vaiheessa kuvataan sovelluksen nykyinen toiminta, jolloin on helpompi lähteä selvittämään kuinka nykyistä toteutusta voitaisiin parantamaan.

Nykyiseen järjestelmään tutustumisen jälkeen simuloidaan tutkimukseen valittujen tuotteiden myyntilukujen avulla, kuinka automaattilaskenta toimisi uudella laskentasäännöllä. Tätä varten kirjoitetaan pieni Java-sovellus, jonka avulla voidaan helpottaa useiden tuotteiden myyntilukujen analysointia.

Selvitettäessä parannusehdotuksia automaattiseen tilausjärjestelmään, tutkimuksessa olisi tarkoituksena käyttää, kuten jo aiemmin mainitsin, olemassa olevia tavarataloketjun myyntihistoriatietoja aineistona. Tavarataloketju kirjaa jokaiselle tuotteelleen myyntitilastoja, joista käy ilmi tuotteen menekki jokaiselta vuoden päivältä. Vertaamalla näitä lukuja tilaushistoriaan ja nykyisien laskentamallien antamiin tuloksiin voidaan selvittää kuinka järjestelmää saataisiin parannettua. Apuna voidaan myös käyttää erinäisiä tavarataloissa työskentelevien myyjien haastatteluja, joiden perusteella löydetään ehkä niitä tuotteita tai tuoteryhmiä, jotka nykyisessä järjestelmässä eivät toimi niin kuin pitäisi. Lisäksi voitaisiin etsiä muita vastaavanlaisia järjestelmiä ja julkaisuja niistä. Tutkimalla näitä voitaisiin löytää parannusehdotuksia myös omaan järjestelmään. Lisäksi kyseinen ketju on lupautunut tarjoamaan käyttööni kaiken sovelluksen toiminnasta löytyvän materiaalin, joka sisältää lähinnä toteutusdokumentaatiota. Myös sovelluksen toimintaympäristöä ylläpitäviin tuotteisiin saattaa olla syytä tutustua. Nykyinen sovellus toimii IBM I-series 810 - alustalla käyttäen IBM DB2 -

tietokantajärjestelmää. Varsinainen ohjelmointi on tehty RPG-ohjelmointikielellä [RPG, 1996].

Tämä tutkimus on konstruktivinen tutkimus, jossa pyritään selvittämään pystytäänkö nykyiseen sovellukseen ja sitä kautta myös nykyiseen tietojärjestelmään toteuttamaan parannuksia luotettavamman toiminnan takaamiseksi. Tutkimuksessa käytetään hyväksi kvantitatiivista aineistoa (myyntitilastot), jonka avulla pyritään kehittämään kuvauksia paremmin toimivalle järjestelmälle. Lisäksi voidaan saada kvalitatiivista aineistoa, lähinnä haastatteluista, mutta tähän aineistoon joudutaan suhtautumaan varsin kriittisesti, koska haastateltavat ovat yleisesti ottaen vain oman tuoteryhmänsä tuntijoita. Tällöin heidän vastauksensa ei välttämättä palvele yleisen tilausjärjestelmän kehittämistä.

Tässä paperissa käsittelen ensin nykyisen järjestelmän toimintaa ja pyrin kuvaamaan kuinka automaattitilauksessa minimi- ja maksimiarvot tällä hetkellä lasketaan. Tämän jälkeen esittelen simulointisovelluksen toimintaa ja kuinka sillä analysoidaan myyntilukuja. Sovelluksen toiminnan esittelyn jälkeen analysoin saatuja tuloksia ja lopuksi pyrin luomaan yhteenvedon tutkimuksesta.

2. Nykyinen järjestelmä

Erikoistavarataloketjun nykyinen täydennystilausjärjestelmä on osa suurempaa varastohallintajärjestelmää. Nykyinen täydennystilausjärjestelmä koostuu karkeasti kahdesta osasta, niin sanottujen minimi- ja maksimiarvojen laskennasta, sekä varsinaisten täydennystilauksen muodostamisesta. Tässä keskityn kuvaamaan varsinaisesti vain näiden minimi- ja maksimiarvojen laskennan nykyistä toimintaa. Tämä siksi koska varsinainen tutkimukseni keskittyy nimenomaisesti löytämään parempia menetelmiä kyseisten arvojen laskemiseen.

Koko varastohallintajärjestelmä, johon siis täydennystilausautomaatiikka kuuluu, toimii Ruuskasen [2006] mukaan, IBM:n I-Series 810 - alustalla. Tietokantana järjestelmässä käytetään IBM:n DB2 tietokantajärjestelmää. Sovelluksen ohjelmointi on toteutettu niin ikään IBM:n kehittämällä RPG (Report Program Generator) ohjelmointikielellä. Kyseisestä ohjelmointikielestä on olemassa tällä hetkellä neljä versiota, joista tämän hetkisessä varastohallintajärjestelmässä hyödynnetään pääasiallisesti versiota kolme, mutta osittain on käytössä jo neljäs [Smith et al., 2000], uusin versio [Lager & Äikäs, 2006; RPG, 1996].

Varastohallintajärjestelmään on jokaiselle tuotteelle, jota sillä ylläpidetään, määritelty niin sanottu varastosaldoarvo. Koska sama järjestelmä palvelee

useita varsinaisia erikoistavaraliikkeitä (myöhemmin viitataan näihin liikkeisiin pelkästään sanalla talo), on tämä varastosaldoarvo aina talokohtainen. Toisin sanoen esimerkiksi Helsingin liikkeellä ja Tampereen liikkeellä on molemmilla omat varastosaldoarvonsa samalle tuotteelle. Näitä varastosaldoarvoja seuraamalla muodostetaan täydennystilauksia tarpeen mukaan.

Hiltusen [1999] mukaan, jokaiselle tuotteelle voidaan talokohtaisesti määrittää niin sanotut minimi- ja maksimiarvot. Kyseisiä arvoja käytetään täydennystilauksen muodostuksessa. Nykyisellään arvot voidaan asettaa tuotteelle manuaalisesti, jolloin niitä ei muuteta automatiikan toimesta, vaan ne pysyvät samoina. Toinen vaihtoehto on asettaa tuote niin sanottuun varastoarvojen automaattilaskentaan, jolloin joka viikko tuotteelle lasketaan uusi minimi- ja maksimiarvo. Tuotteelle asetettuja minimi- ja maksimiarvoja verrataan tämän jälkeen tuotteen varastosaldoarvoon. Yleisesti ottaen tuotteen varsinaisen varastosaldon eli myymälässä olevien tuotteiden määrän laskiessa myynnin seurauksena minimiarvon alle, kerrotaan järjestelmälle, että täydennystilaus tulisi muodostaa [Hiltunen, 2006]. Täydennystilaus muodostetaan sen suuruisena, että maksimiarvo varastosaldolle täyttyy. Tuotetta tilataan siis niin paljon, että maksimiarvo saavutetaan. Useimpia tuotteita ei voida kuitenkaan tilata yksittäisiä kappaleita, joten joudutaan tilaamaan myyntierän kerrannaisia [Lager & Aikas, 2006]. Myyntierän koko määräytyy toimittajan mukaan. Järjestelmä pyöristää tilauksen siten, että maksimiarvoa ei jouduta koskaan ylittämään, vaan pyöristys tapahtuu alaspäin.

Minimi- ja maksimiarvoja voidaan ylläpitää käsin, tai vaihtoehtoisesti voidaan antaa niin sanotun automatiikan päivittää näitä arvoja joka viikko [Hiltunen *et al.*, 1999]. Nykyinen automatiikka laskee uudet minimi- ja maksimiarvot jokaiselle tuotteelle, joka on asetettu käyttämään automatiikkaa. Jos tuote on asetettu niin sanottuun käsisäätöön minimi- ja maksimiarvojen osalta, automatiikka ei koske tällaisen tuotteen arvoihin. Automaattisessa minimi- ja maksimiarvojen laskennassa käytetään hyväksi tuotteen historiamyyntiä viimeiseltä neljältä viikolta. Lisäksi huomioon otetaan myös viimeisen vuoden myyntihistoria, jolla pyritään tasoittamaan suuria yhtäkkisiä muutoksia, jotka saattavat johtua esimerkiksi vuodenaikojen vaihtelusta tuotteen myynnissä.

2.1. Minimiarvon laskenta

Minimiarvoa tilausjärjestelmässä käytetään ilmaisemaan milloin tuotetta tulisi tilata lisää. Tuotteen varastosaldoa verrataan kyseiseen minimiarvoon ja varastosaldoarvon alittaessa minimiarvon, muodostetaan tuotteelle täydennystilaus.

Automaattisessa laskennassa minimiarvo määritetään Hiltusen [2006] mukaan seuraavasti. Otetaan ensin suurin tuotteen myyntimäärä viimeisen neljän viikon ajalta. Valitaan siis sen viikon tuotteen menekki (kappalemäärä jota tuotetta on kyseisellä viikolla myyty), jolla se on näistä neljästä viikosta ollut kaikkein suurin. Kyseisen viikon myynti täytyy olla myös normaalia myyntiä, eikä ns. kampanjamyyntiä (jolloin tuotetta myydään halvemmalla tietyn ajanjakson ajan). Jos suurimman viikon viikkomyynti koostuu kampanjamyynnistä, otetaan minimiarvon laskentaan käyttöön toiseksi suurin viikkomyynti. Kun on löydetty normaalimyyntiä sisältävä viikko, kerrotaan saatu menekki toimittajan tietoihin määritetyllä minimikertoimella. Lopuksi tarkistetaan, ettei saatu uusi minimiarvo voi olla pienempi kuin 1 eikä suurempi kuin maksimiarvo (arvot voivat olla yhtä suuret).

Hiltunen [1999] esittää myös kolme ehtoa, jolloin minimiarvoksi asetetaan pienin mahdollinen arvo (käytännössä siis yksi).

- ✚ keskiarvomyynti (viimeisen vuoden ajalta) on nolla
- ✚ toimittajan täydennystilaustiedoissa kertoimet ovat nollia
- ✚ 4 edellisen viikon myyntihistoriassa ei ole lainkaan myyntiä (toisin sanoen kaikkien viikkojen menekki on nolla).

2.2. Maksimiarvon laskenta

Maksimiarvoa käytetään määrittämään tuotteelle sellainen varasto, jotta tuotetta olisi myymälässä myyntiin nähden sopiva määrä. Pyritään siis luomaan tuotteelle paras mahdollinen kierto (vanha myytäisiin ensin pois ja uutta saataisiin tilalle), jolloin saavutetaan myös se, että myymälässä on aina mahdollisimman tuoretta tavaraa.

Hiltusen [1999] mukaan tuotteen maksimiarvo lasketaan nykyisellään seuraavasti. Etsitään samaan tapaan kuin minimiarvon kohdalla neljän edellisen viikon normaalimyynteistä (normaalilla hinnalla tapahtuneesta myynnistä) sen viikon menekki, joka on ollut suurin. Samaan tapaan kuin minimiarvon kohdalla, tehdään myös maksimiarvon kanssa tarkistus, ettei suurin viikkomyynti ole kampanjamyyntiä. Kun suurin normaalimyyntistä koostuva viikkomyynti on löydetty, kerrotaan se toimittajan tietoihin määritetyllä maksimikertoimella.

Saadusta uudesta maksimiarvosta tarkistetaan, ettei se voi olla suurempi kuin arvo, joka Hiltusen [1999] mukaan saadaan kertomalla laskentahetkestä 52 viikontakainen keskiarvomyynti (mukaan keskiarvon laskentaan otetaan siis myynti 52 edelliseltä viikolta) toimittajan tietoihin tallennetulla keskiarvokertoimella. Tällä pyritään varmistumaan siitä, ettei maksimiarvo

nouse nopeasti erinäisistä syistä johtuvista myyntipiikeistä. 52 viikon keskiarvomyyntiä laskettaessa jätetään myös huomiotta kolme perättäistä viikkoa pidemmät ajanjaksot jolloin kyseistä tuotetta ei ole myyty. Esimerkiksi talvivaatteita ei välttämättä myydä kesän aikana yhtään kappaletta usean viikon aikana. Tällöin 52 viikon keskiarvomyyntiin otetaan huomioon vain kolme viikkoa jolloin myynti on ollut nolla. Tällä pyritään estämään maksimiarvon laskeminen esimerkiksi kausivaihtelun seurauksena.

Tuotteen toimittajalle asetetaan myös arvo, jonka mukaan tuotteen saldo joko saa tai ei saa päästä nolnaan ennen tilausta. Tilanteessa, jossa tuotteen saldo saa päästä nolnaan ennen tilausta, tarkistetaan maksimiarvoa laskettaessa, ettei uusi maksimi ole pienempi kuin tuotteen myyntierä lisättynä yhdellä. Toisaalta jos tuotteen saldo taas saa päästä nolnaan, tarkistetaan vain, ettei maksimi voi olla pienempi kuin tuotteen myyntierä.[Hiltunen et al., 1999]

3. Simulointisovellus laskentakaavojen testaamiseen

Erikoistavarataloketjun tuotevalikoimaan kuuluu useita tuhansia eri tuotteita ja tuotevalikoima muuttuu jatkuvasti. Koska tässä tutkimuksessa käytetään hyväksi oikeiden tuotteiden myyntilukuja, olen Azadivarin [1984] tapaan katsonut parhaimmaksi tavaksi käsitellä dataa kehittämällä sovelluksen simuloimaan järjestelmän toimintaa. Tätä tutkimusta varten olen kehitellyt pienen Java-sovelluksen [Java, 2006], jonka avulla voin helposti simuloida nykyistä järjestelmää, sekä pienillä muutoksilla kehittää uusia laskentasääntöjä ja sitä kautta simuloida mahdollista uutta kehitettyä järjestelmää.

3.1. Sovelluksen rakenne

Sovellus on varsin yksinkertainen pieni Java-ohjelma. Se on jaettu kolmeen eri osioon. Jokainen osio sisältää Java-luokkia, jotka ovat esitelty seuraavassa listassa.

Jarjestelma

- Jarjestelma
- Tuote
- Toimittaja
- Muuttujat

UI

- AllokointiGui

IO

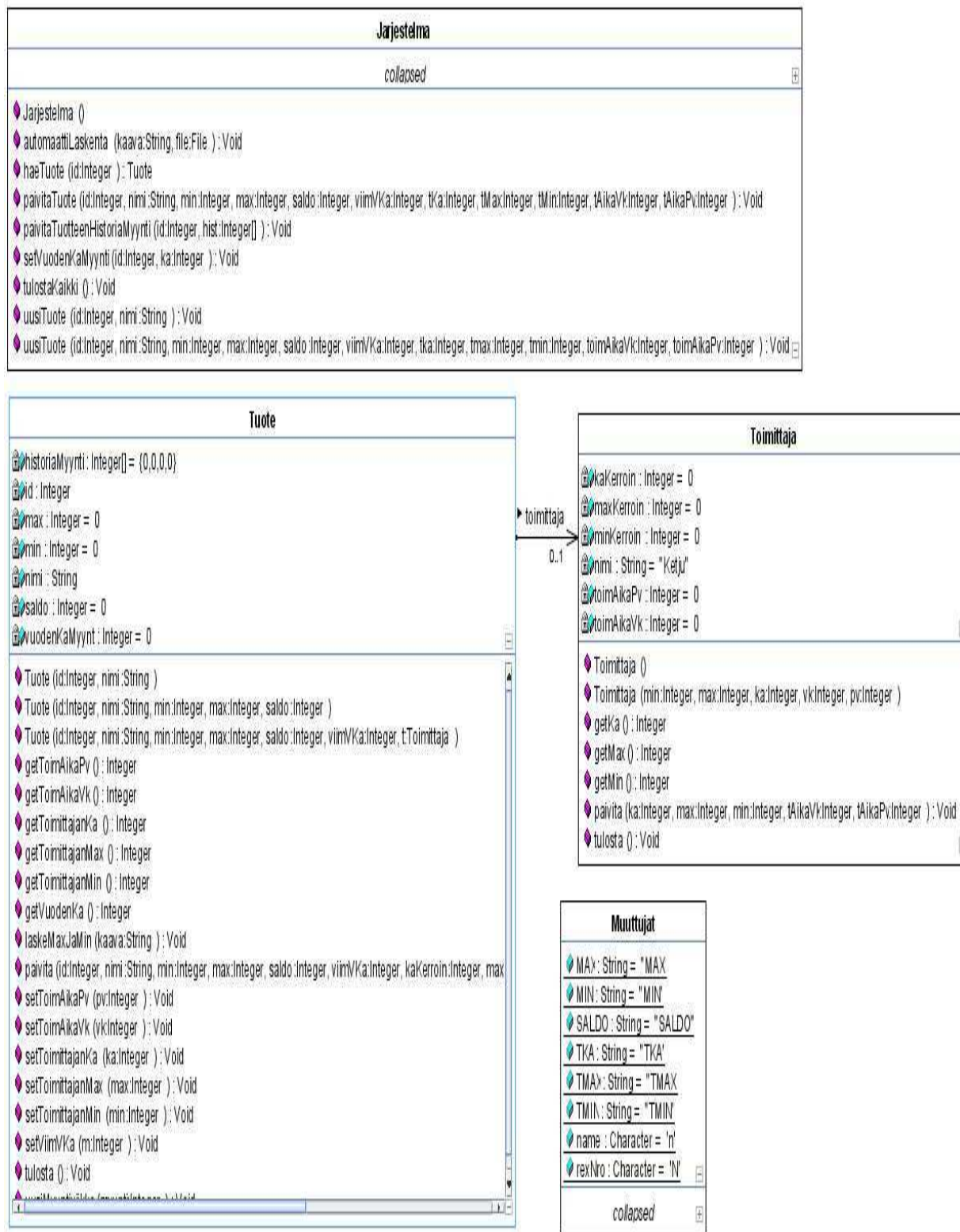
- o LueMyyntihistoria
- o KirjoitaTuoteTiedostoon

Järjestelmä-osio on sovelluksen toiminnan ydin. Se sisältää neljä luokkaa, joiden avulla varsinainen simulointi tapahtuu. Järjestelmä-luokka toimii tietorakenteena, jonne tallennetaan Tuotteita ominaisuuksineen. Itse tietorakenne, jonne Tuotteet tallennetaan on yksinkertainen taulukoin toteutettu lista (käytössä on Javan oma ArrayList-luokka [Java,2006]). Tietorakenne on tällöin dynaaminen eli sen vaatima tila kasvaa ja supistuu sen mukaan kuinka monta tuotetta rakenteeseen on kulloinkin tallennettu.

Tuote, joita Järjestelmä-luokan tietorakenteeseen tallennetaan, sisältää tiedon yksittäisen tuotteen ominaisuuksista. Jokaisella tuotteella on yksiselitteinen numero, jolla se voidaan identifioida. Tämän numeron lisäksi jokaisella tuotteella on nimi, minimiarvo, maksimiarvo ja saldo. Tuotteisiin liitetään myös tieto viimeisen vuoden keskiarvomyynnistä, sekä tieto viimeisen neljän viikon myynneistä, eriteltynä erikseen jokaiselle viikolle. Tuotteisiin liitetään myös tieto sen toimittajasta.

Toimittaja-luokka sisältää, samaan tapaan kuin Tuotteetkin, tiedot toimittajan ominaisuuksista. Toimittajalle määritellään niin ikään nimi, mutta lisäksi toimittajan minimi, maksimi sekä keskiarvokertoimet, kuten nykyisessä varsinaisessa järjestelmässäkin on tehty. Lisäksi toimittajalle määritellään toimitusaika sekä viikkoina että päivinä. Toimitusajan ollessa esimerkiksi yksi viikko, kolme päivää, on viikkoarvo tällöin yksi ja päiväärvo kolme. Toimitusajan jakaminen viikkoihin ja päiviin erikseen johtuu nykyisen järjestelmän rakenteesta. Nykyisessä järjestelmässä on Hiltusen [Hiltunen, 2006] mukaan kaksi muuttujaa toimitusajalle, toimitusaika viikkoina ja toimitusaika päivinä. Kokonaistoimitusaika päivinä saadaan siis kertomalla viikkoaika seitsemällä ja lisäämällä siihen aika päivinä.

Järjestelmä-osio sisältää lisäksi Muuttujat-luokan, johon on tallennettu muutamia staattisia [Java, 2006] muuttujia, joita voidaan käyttää hyväksi sovelluksen muissa luokissa. Kaksi muuta osiota UI, sekä IO sisältävät sovelluksen käyttöliittymän, sekä input/output-työkaluja, joiden avulla voitaisiin varsinaisesta nykyisestä järjestelmästä ladata tietoa suoraan simulointijärjestelmään. Lisäksi voidaan koostaa erinäisiä raportteja esimerkiksi tekstitiedostoon. UI-osio, joka sisältää käyttöliittymän, voidaan helposti korvata uudella, jos esimerkiksi halutaan luoda erityyppinen käyttöliittymä. Kuvassa 1 on esitetty Järjestelmä-osion luokkakaavio. Jokaisesta luokasta on kuvattu sekä sen sisältämät luokkamuuttujat [Java, 2006] että kaikki metodit [Java, 2006], joita luokka sisältää.



Kuva 1. Simulointi sovelluksen luokkakaavio

3.2. Sovelluksen käyttäminen tutkimukseen

Sovelluksen toiminta on varsin yksinkertainen. Ensin syötetään halutut tuotteet sovellukseen. Tuotteille määritellään tarvittavat tunnusluvut sekä syötetään myös historiamyyntiarvot. Tämän jälkeen voidaan sovellus käskä laskemaan uudet minimi- ja maksimi-arvot. Tällöin sovellus luo tekstitiedoston, johon se kirjoittaa kaikkien tuotteiden vanhat sekä uudet lasketut minimi- ja maksimi-arvot.

Simulointi tapahtuu graafisen käyttöliittymän avulla, jolla voidaan myös helposti syöttää tutkittavat tuotteet sovelluksen muistiin. Lisäksi, jos sovellus joudutaan sammuttamaan, voidaan sen senhetkinen tila tallentaa tiedostoon ja jatkaa samasta kohtaa myöhemmin.

Kuva 2. Simulointi sovelluksen käyttöliittymä

Varsinainen sovelluksen hyödyntäminen tutkimukseen tapahtuu laskemalla tuotteille uudet minimi- ja maksimi-arvot syötettyjen myyntilukujen perusteella. Sovellus laskee jokaiselle tuotteelle uudet minimi- ja maksimi-arvot siihen ohjelmoidulla kaavalla, joka käytännössä ottaa huomioon tuotteen

toimittajan tiedoista löytyvän toimitusajan. Tätä aikaa hyväksikäyttäen lasketaan sellaiset minimi- ja maksimiarvot, jotka myyntihistorian mukaan riittävät tuotteen varastoksi. Toisin sanoen pyritään löytämään sellainen minimiarvo, jottei tuote pääse loppumaan myymälästä tilauksen toimitusaikana. Lisäksi pyritään tietenkin määrittämään maksimiarvo siten, ettei tuotetta ole myymälässä turhaan suurina määrinä, jolloin tuotteen kierto(tuote ei vanhene myymälässä) parane.

Uudet minimi- ja maksimiarvot lasketaan määrittämällä ensin viimeisen neljän viikon takainen keskiarvomyynti. Lasketaan siis kuinka monta kappaletta tuotetta on keskimäärin myyty viimeisen neljän viikon aikana. Tässä tarvitsee ottaa huomioon, että puhuttaessa myynnistä, tarkoitetaan vain normaalimyyntiä. Toisin sanoen myyntiä laskettaessa otetaan aina huomioon vain normaalimyynti, ei kampanjamyntiä. Tämän jälkeen lasketaan kyseinen neljän viikon keskiarvo yhteen viimeisimmän vuoden, eli 52 viikon takaisen keskiarvomyynnin kanssa ja jaetaan tulos kahdella. Otetaan siis toisin sanoen aikaisemmin mainittuun neljän viikon keskiarvoon mukaan myös viimeisen vuoden historia. Tällä pyritään ehkäisemään esimerkiksi satunnaisista myyntipiikeistä johtuvaa minimi- ja maksimiarvojen liian nopeaa nousua tai laskua. Nyt olemme saaneet luvun, joka kuvaa yhden viikon oletettavaa menekkiä. Tätä lukua käsittelemme vielä jakamalla sen kuudella. Tällä tavoin saadaan arvioitu päivämyynti tuotteelle. Jako tehdään kuudella eikä seitsemällä, koska toistaiseksi kauppa ei ole auki seitsemää päivää viikossa. Seuraava vaihe arvojen laskemisessa on selvittää toimittajan arvoista kuinka kauan uuden tavaran toimittaminen kestää. Nykyisessä järjestelmässä on tallennettu jokaisen tuotteen toimittajalle toimitusaika viikkoina ja päivinä [Hiltunen et. al.,1999]. Viikkojen määrä kerrotaan seitsemällä ja lisätään siihen päivien määrä, jotta saadaan arvo pelkästään päivinä. Viimeisenä lasketaan kuinka monta kappaletta tuotetta tarvitaan, jotta se ei pääse loppumaan toimitusaikana. Lasketaan siis minimiarvo. Tiedämme kuinka monta kappaletta keskiarvoisesti päivässä myydään, joten voimme siis kertoa tämän luvun toimitusajalla ja saamme uuden minimiarvon. Uusi maksimiarvo saadaan kertomalla minimiarvo kahdella, koska tilauksen saapuessa myymälään tuotteen saldo on lähellä nollaa. Tilaus on kuitenkin lähtenyt saldon ollessa hieman alle minimiarvon, jolloin tilattava määrä on ollut vain puolet maksimiarvosta. Toisin sanoen tilauksen saapuessa myymälään se täydentää saldoa vain hieman minimiarvoa suuremmaksi. Tällöin tuotetta ei varastoida turhaan myymälässä.

4. Tulosten analysointi

Aineistona tässä tutkimuksena on käytetty pääasiallisesti yhteen tuoteryhmään kuuluvien tuotteiden myyntilukuja. Olen kerännyt kvantitatiivista aineistoa nykyisestä järjestelmästä koostamalla myyntitilastoja kyseisen tuoteryhmän(tupakkatuotteita) tuotteista (erilaisia tuotteita ryhmässä on ollut noin kaksikymmentä). Näiden tilastojen avulla olen simuloinut(käyttäen apuna aikaisemmin esiteltyä sovellusta) sitä, kuinka järjestelmä toimisi uudella erilaisella laskentasäännöllä. Myyntilukuja olen kerännyt noin kymmenen viikon ajalta.

Vanhassa järjestelmässä joudutaan erilaisin kertoimin ja lisätiedoin hallinnoimaan automaattilaskennan oikein-toimivuutta. Käytännössä ainut keino vaikuttaa automaattiseen laskentaan on muuttaa toimittajan arvoihin määriteltyjä toimittajan kertoimia. Lisäksi vanha järjestelmä ottaa minimiarvon laskennassa huomioon ainoastaan suurimman myynnin edellisen neljän viikon jaksolta. Tällöin kyseinen minimiarvo pääsee kasvamaan kohtalaisen voimakkaasti esimerkiksi myyntipiikkien vaikutuksesta ja tietenkin myös laskemaan jos tuotetta ei esimerkiksi kesän aikana myydä yhtään kappaletta. Maksimiarvon kohdalla on vanhassa järjestelmässä pyritty rajoittamaan arvon nopeaa nousua vertaamalla sitä koko vuoden myyntiin ja kieltämällä arvot, jotka ylittävät viimeisimmän 52 viikon keskiarvon[Lager&Äikas, 2006]. Tällöin arvo saattaa kuitenkin nousta liian hitaasti eikä se pysy enää sopivassa suhteessa minimiarvoon nähden.

Simuloinnissa olen havainnut, että mitä paremmin minimi- ja maksimiarvot pidetään sopivassa suhteessa toisiinsa nähden, sitä paremmin tavara ainakin tutkittavassa tuoteryhmässä riitti. Käytännössä syötin simulointisovellukseen noin parikymmentä tuotetta(kaikki tuotteet olivat samantyyppisiä tupakkatuotteita) ja lisäsin jokaiselle tuotteelle todelliset historiamyyntiluvut, jotka sain hankittua nykyisestä erikoistavarataloketjun järjestelmästä. Tämän jälkeen seurasin myyntilukuja yhteensä noin viiden viikon ajan lisäämällä jokaisen viikon myynnit simulointisovellukseen. Joka viikko laskin myös sovelluksella uudet minimi- ja maksimiarvot. Lopuksi siirsin saadun datan yksinkertaiseen Excel-taulukkoon, jossa pytyin helposti vertaamaan, kuinka uudet arvot riittävät seuraavan viikon myynnissä.

Koska uusi laskentatapa käyttää hyväkseen toimitusaikaa arvojen laskemiseen, kokeilin myös muuttaa toimitusaikaa suuremmaksi ja katsoa kasvaisivatko uudet lasketut minimi- ja maksimiarvot suhteessa pienempään toimitusaikaan. Näin selvästi kävi ja kuten myös pienemmällä toimitusajalla tehdyissä laskelmissa myös suuremmalla toimitusajalla uudet minimi- ja maksimiarvot riittivät takaamaan jokaiselle tuotteelle tutkimuksessa

käyttämieni myyntilukujen perusteella riittävän varaston, jotta tuotteet eivät päässeet loppumaan myymälästä.

Uudella järjestelmällä päästäisiin näin ollen eroon ylimääräisistä tunnusluvuista ja kertoimista, joita nykyisellään tarvitaan. Tämä yksinkertaistaisi ylläpitoa, koska toimitusaikaa käytetään muissakin nykyisen järjestelmän osissa kuten automaattisessa tilauksien muodostamisessa [Ruuskanen, 2006]. Lisäksi koska minimi- ja maksimi-arvot sidotaan niin sanotusti toisiinsa, ei myymälään synny turhaa varastoa vaan tilataan vain se määrä mitä seuraavalla viikolla (riippuen toimitusajasta) oletettavasti myydään. Lisäksi koska molemmat arvot, sekä minimi että maksimi, sidotaan pitkäaikaiseen myyntihistoriaan, vältetään paremmin tilanteilta, jolloin varasto täydentyy joko liikaa tai liian vähän.

5. Yhteenveto

Tutkimusta varten kehitetty simulointisovellus osoittautui varsin hyväksi tutkimuskeinoksi. Nykyisellään tutkittu (tupakka)tavararyhmä on niin sanotussa käsisäädössä. Tällöin automaattilaskenta ei muuta minimi- ja maksimi-arvoja vaan arvot pitää säätää manuaalisesti kohdalleen. Simulointisovelluksen avulla sain arvokasta tietoa siitä, millaisilla arvoilla pärjättäisiin kyseisessä toimipisteessä, koska tällä hetkellä varasto on varsin suuri. Simulointisovellusta on myös helppo muuttaa jos halutaan tutkia hieman toisenlaisia laskentasäätöjä. Kaavaa voitaisiin esimerkiksi haluta painottaa ottamaan huomioon paremmin pitkäaikainen myyntihistoria. Esimerkiksi keskiarvoja myyntiluvuille laskettaessa voitaisiin laskea ennemmin painotettu keskiarvo viimeisen 52 viikon myynnin mukaan, jolloin minimi- ja maksimi-arvojen heilahteluja saataisiin stabiloitua. Painotus voitaisiin myös tehdä lyhytaikaiselle myynnille, jolloin arvot vastaavasti reagoisivat voimakkaammin myynnin kasvuun tai laskuun.

Varsinainen muutos simulointisovellukseen onnistuu helposti lisäämällä uusi laskentasäätö Tuote-luokkaan, joka löytyy sovelluksen Engine-osiosta. Lisäksi voitaisiin luoda erinäisiä apuluokkia, joiden avulla voitaisiin esimerkiksi lukea myyntitietoja suoraan nykyisen järjestelmän tuottamista raporteista. Tällöin välttyttäisiin turhalta tietojen käsinsyötöltä, varsinkin jos tutkitaan useita eri tuotteita. Lisäksi voitaisiin Ruiz-Torreksen ja Nakatanin [1998] esittämään tapaan simuloida myös toimitusaikoja tarkemmin. Toisin sanoen pyrittäisiin simuloimaan logistiikkareittejä, sekä kehittämään informaation kulkua toimittajan ja tilaajan välillä. Nykyisessäkään järjestelmässä ei välttämättä haluttaisi pitää yllä toimitusaikoja, vaan arvot

voitaisiin saada suoraan toimittajalta, esimerkiksi integroimalla toimittajan järjestelmä ja nykyinen varastonhallintajärjestelmä. Tällöin pystyttäisiin saavuttamaan tehokkaampi (sekä luotettavampi) ja automaattisempi tilausjärjestelmä.

Tutkimuksen suppeuden laajuuden vuoksi päätin rajata tutkittavat tuotteet vain yhteen tavararyhmään. Jatkokehityksen kannalta on kuitenkin välttämätöntä, että simulointia laajennettaisiin myös muihin nykyisen tilaushallintajärjestelmän hallinnoimiin tuotteisiin. Erikoistavarataloketjun tuotevalikoima on hyvin laaja, joten yksittäisen tuoteryhmän tutkiminen ei riitä takaamaan riittävää varmuutta uuden laskentamenetelmän toimivuudesta. Lisäksi olisi syytä muokata varsinaista laskukaavaa ja testata erityyppisiä tai erilailla painotettuja kaavoja useilla tuotteilla. Kuitenkin tämän tutkimuksen pääasiallisena tuloksena on ollut toimivan simulointimenetelmän kehittäminen ja sitä myötä uuden laskentasäännön luominen ja sen testaaminen. Tässä tavoitteessa olen mielestäni onnistunut varsin hyvin.

Viiteluettelo

- [Azadivar, 1984] Farhad Azadivar, A Simulation Optimisation Approach to Optimum Storage and Retrieval Policies in an Automated Warehousing System. In *Proceedings of the 1984 Winter Simulation Conference*. Department of Industrial and Systems Engineering University of Illinois at Chicago. IEEE Press 1984.
- [Grant, ???] David M. Grant, Simulation of an Aircraft Container System, BOAC, Operational Research Branch London, England.
- [Hiltunen, 2006] Pirjo Hiltunen, Jatkuvien tuotteiden täydennystilaus, *Tietoenator Oyj*, 2006.
- [Hiltunen *et al.*, 1999] Pirjo Hiltunen, Riitta Kontia, Minna Jokinen, Täydennystilaaminen varastoarvojen automaattinen laskenta, *Tietoenator Oyj*, 1999.
- [Java, 2006] The Source for Java Developers -kotisivu. <http://sun.java.com> (7.3.2006)
- [Lager & Äikas, 2006] Kaisa Lager ja Sari Äikas, haastattelu 6.3.2006.
- [RPG, 1996] ILE RPG/400 Programmer's Guide version 3, Document Number SC09-2074-01, IBM Corporation, 1996
- [Ruiz-Torres & Nakatani, 1998] Alex J. Ruiz-Torres and Kazuo Nakatani, Application of Real-time Simulation to Assign Due Dates on Logistic-Manufacturing Networks. In *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*. Computer Information Systems and Decision Sciences College

of Business Florida Gulf Coast University. IEEE Computer Society Press 1998.

[Ruuskanen, 2006] Laura Ruuskanen, haastattelu 9.2.2006.

[Smith et al., 2000] Brian R. Smith, Martin Barbeau, Susan Gantner, Jon Paris, Zdravko Vincetic, Vladimir Zupka, *Who Knew You Could Do That with RPG IV? A Sorcerer's Guide to System Access and More*, IBM Corporation, International Technical Support Organization, 2000.

[Äikäs, 2004] Sari Äikäs, Valikoimahallinnan tiedostokuvaukset, *Tietoenator Oyj*, 2004

Avoimen lähdekoodin hyötykäyttö julkisyhteisössä

Pekka Peltola

Tiivistelmä

Viimeisten viidentoista vuoden aikana on tietojärjestelmätiede elänyt voimakasta kasvun aikaa. Erilaisten sovellusten käyttötarkoitukset ovat suhteessa julkishallinnon käyttäjiin laajentuneet sekä vertikaalisessa, että horisontaalisessa suunnassa. Yhtenä viime vuosien merkittävänä muutoksena ohjelmistotuotantoon ovat olleet erilaiset avoimeen ja vapaaseen lähdekoodiin perustuvat ohjelmistot. Avoimeen lähdekoodin käyttöön perustuu paljon toiveita ja odotuksia, mutta myös pelkoja ja riskejä.

Tutkimuksen kohteena on julkishallinnon tietotekniikka. Aihepiiri käsittelee avoimen lähdekoodin käyttöä julkisyhteisössä. Tutkimuksen pääpaino on Linux-käyttöjärjestelmien hyötykäytössä ja sen ympärille rakennetuissa varusohjelmissa. Pyrin tässä tutkimuksessa selvittämään niitä erityispiireiteitä mitä avoimen lähdekoodin käyttö tai käyttöönotto tuo organisaation näkökulmasta.

Avainsanat: Avoin lähdekoodi ja Linux

1. Johdanto

Tietojärjestelmätiede pyrkii ratkaisemaan ja auttamaan tietohallintoa niissä päätöksissä, jotka koskevat strategisia linjanvetoja tietojärjestelmien hankinnan kokonaissuunnittelussa. Viime vuosituhannen loppupuolelta alkaen on yleistynyt avoimen lähdekoodiin perustuvien ohjelmien käyttö erilaisissa yrityksissä ja yhteisöissä. Tämä kehityssuunta on tuonut tietohallinnon uusien kysymysten ja vaihtoehtojen äärelle.

Julkishallinto on lähestymässä taloudellisilta tavoitteiltaan yritysmaailmaa. Sen on pystyttävä tarjoamaan palveluita kansalaisilleen entistä tehokkaammin. Myös julkishallinnon tausta- ja tukiprosessien on kyettävä vastaamaan näihin haasteisiin. Tietohallinto on ollut yksi perinteinen julkishallinnon taustaprosessi, joka on tarjonnut palveluita hallinnon eri aloille. Myös sen on kyettävä selviytymään entistä paremmin hyödyntäen kustannustehokasta ajattelumallia. Viime vuosina on apua haettu ulkoistamisesta, joilla tiettyjä tietohallinnon osa-alueita on myyty toimintaa tarjoaville yrityksille. Suomessa julkishallinnon ohjelmistotuotanto on siirtynyt keskitetysti muutaman suuren ohjelmistotalon haltuun. Harvalla kunnalla, sairaanhoitopiirillä tai valtionyksiköllä on varaa pitää omaa ohjelmistotuotantoyksikköä. Niille tulee edullisemmaksi ostaa ohjelmistot valmiina tai osittain räätälöityinä omiin käyttötarkoituksiin.

Tutkittavan aiheen tärkeys on noussut esiin viime aikoina tietotekniikka-alan lehdissä käydyissä keskusteluissa ja tutkimuksissa [Välimäki *et al.*, 2005;

Microsoft, 2001; Microsoft, 2002]. Näissä keskusteluissa suuret julkisyhteisöt ovat arvioineet ja kehittäneet uudelleen IT-infrastruktuuriaan. Vastakkainasettelu on fokusoitunut Linuxin ja Microsoft Windowsin välille. Nämä järjestelmät kamppailevat paremmuudesta ja markkinaosuuksista. Kamppailua on laajentunut myös käytettävyyden ja tietoturvan rintamille. Tärkeä osa näiden järjestelmien kilpailua on myös kokonaiskustannusten keskinäinen vertailu. Myös mobiilijärjestelmien puolella käydään valtataistelua ohjelmistojen herruudesta. Symbian on saanut Linuxin haastajakseen.

Avoimen lähdekoodin kenttä on laaja ja sitä voidaan tutkia monesta eri näkökulmasta. Tutkittavan aiheen ensimmäinen rajausta tehdään ohjelmia käyttävän organisaation näkökulmasta. Tutkimuskohteeksi on valittu julkishallinnon mahdollisuudet hyödyntää avointa lähdekoodia. Aihepiiri tulee nimensä mukaisesti käsittämään avoimen lähdekoodin käyttöä julkisyhteisössä.

Toisessa luvussa esitellään avointa lähdekoodia ja sen käyttömahdollisuuksia yleisellä tasolla. Kolmannessa luvussa on kuvattu avoimen ja suljetun lähdekoodin eroavaisuuksia. Neljännessä luvussa käsitellään avoimen lähdekoodin tietoturvaa ja verrataan sitä suljettuun koodiin. Viides luku kuvaa avoimen lähdekoodin moninaisia lisenssimuotoja ja niihin liittyviä määritteitä. Kuudennessa luvussa on kuvattu avoimen lähdekoodin käyttömahdollisuuksia julkishallinnossa, sekä esitetään tutkimustuloksia avoimen lähdekoodin kustannuksista.

2. Avoin lähdekoodi

Vapaa ohjelmisto tarkoittaa kirjaimellisesti vapautta, ei maksuttomuutta tai ilmaisuutta. Patentoituja ohjelmistoja valmistavat yritykset voivat käyttää termiä 'free software', jolla viitataan ohjelmiston hintaan. Toinen tunnettu termi on 'open source', joka useimmiten tarkoittaa samaa kuin 'free software'.

Ensimmäinen avoimen lähdekoodin projekti perustettiin jo vuonna 1984 [www.gnu.org]. Sen tarkoituksena oli kehittää Unixin kaltainen ohjelmisto, joka olisi vapaaohjelmisto. Silloin syntyi käsite GNU-järjestelmä. GNU on rekursiivinen lyhenne sanoista GNU is Not Unix [www.gnu.org].

Free Software Foundation (FSF) on GNU projektin tärkein tukijajärjestö ja se julkaisee ohjelmia GPL-lisenssin (General Public License) alla. FSF toimii vapaaehtoisten avustusten turvin ja sen tärkeimpänä tehtävänä on säilyttää, suojella, edistää vapautta käyttää, tutkia, kopioida, muokata ja levittää tietokoneohjelmia, ja suojella vapaaohjelmistojen käyttäjien oikeuksia [www.gnu.org].

Open Source Initiative (OSI) julkaisee avoimen lähdekoodin ohjelmistoja (open source software). Avoimen lähdekoodin ohjelmisto (open source) hyväksyy lisensseihin pohjautuvia rajoituksia, joita vapaata ohjelmistoa (free softwa-

re) ajava yhteisö ei kannata. OSI-yhteisö on kiinnostunut avoimen lähdekoodin mahdollisuuksista ja käytöstä kaupallisissa tarkoituksissa [www.opensource.org].

2.1. Linux osana avointa lähdekoodia

Tunnetuin avoimen lähdekoodin tuote on Linux-käyttöjärjestelmä. Sen ympärille on rakentunut joukko varusohjelmia, joita julkaistaan erilaisissa distributioissa (levitysversioneissa). Tunnetuimpia näistä ovat RedHat ja nykyisin Novellin omistama SUSE. Tätä kokonaisuutta voidaan kutsua myös GNU/Linux-järjestelmäksi [www.gnu.org].

Esimerkki avoimen lähdekoodin yleisimmästä käytöstä ovat ns. LAMP-alustat (Linux, Apache, MySQL ja PHP). LAMP-alusta on Linux käyttöjärjestelmällä varustettu palvelin, jonka päällä on Apachen www-palvelin, MySQL-tietokanta ja PHP-scriptikieli. LAMP-alustoilla voidaan tehdä nopeasti pieniä verkossa julkaistavia tietokantapohjaisia sovelluksia. Jokainen näistä neljästä osasesta on oma kokonaisuutensa ja jokaisella on oma kehittäjäympäristönsä. Loppukäyttäjälle tämä kokonaisuus on helposti toimintavalmiina jonkin Linux-jakeluversion yhteydessä.

2.2. Avoimen lähdekoodin käyttö

Sulautetuissa järjestelmissä käytetään usein pohjana Linux-käyttöjärjestelmän ydintä (kernel). Projektit ovat haarautumia (fork) alkuperäisestä kehitystyöstä. Vapaasti muokattava ja käännettävä lähdekoodi luo mahdollisuuksia kehittää omia ohjelmistoversioita. Näiden versioiden haarautuminen alkuperäisestä avoimen lähdekoodin ohjelmasta tuo mukanaan ylläpito-ongelmia. Omaan ohjelmistotuotantoon siirtyminen vaatii runsaasti suunnittelu- ja ohjelmointiresursseja. Omien ohjelmistoversioiden alkuperäisessä lähdekoodissa havaitut haavoittuvuus ja tietoturvaongelmat voivat olla vaikeasti korjattavissa. Oma kehitystyö koodille on saattanut muuttaa sen aivan omaksi kokonaisuudekseen, jolla on hyvin vähän yhtenäisyyttä alkuperäisen lähdekoodin kanssa. Alkuperäiseen koodiin tehdyt korjaukset eivät toimi omien versioiden kanssa.

3. Avoimen ja suljetun koodin erot

Suurin ero avoimen koodin ja perinteisen suljetun koodin välillä on ohjelmien kaupallisuus ja lisensointiehdot. Kaupalliset ohjelmat ovat maksullisia ja niihin sidotut lisenssiehdot ovat tarkasti rajaamassa käyttöä, käyttötarkoitusta ja käyttäjämääriä. Avoimet ja vapaat ohjelmat pyrkivät päinvastaiseen menettelyyn. Niiden lisenssiehdot pakottavat julkaisemaan lähdekoodin ohjelman mukana. Kuka tahansa voi kopioida ja muokata avointa koodia, jos koodin omistaja niin haluaa [Rosen, 2005, s. 14]. Avoimen lähdekoodin ohjelmat ovat usein ilmaisia,

mutta kaupallisessa käytössä niihin saattaa liittyä lisenssimaksuja ja maksullisia tukisopimuksia.

Toinen merkittävä ero avoimen ja suljetun lähdekoodin välillä on se, kuka koodin tekee. Suljetun koodin tekijät ovat ohjelmointiyrityksen palkattuja tekijöitä ja siten juridisessa vastuussa tuotoksistaan. Avoimen lähdekoodin kehittäjät ovat yksittäisiä ohjelmoijia, jotka mielekkäällä tavalla ovat osana suurempaa kokonaisuutta [Dempsey *et al.*, 2002, s. 69].

4. Avoimen lähdekoodin tietoturva

Avoin lähdekoodi ei ole oletusarvoisesti turvallisempaa kuin suljettu koodi [linux.sange.fi]. Sekä avointa että suljettua kehitystyötä koskevat samat periaatteet. Suosituissa avoimen lähdekoodin projekteissa on tietoturvallisuus huomioitu. Kun ihmisiä osallistuu paljon kehitystyöhön ja antaa siitä palautetta, niin ohjelma testataan paremmin myös tietoturvan kannalta. Pieniin projekteihin kannattaa suhtautua varovaisemmin, kuin isojen projektien tekemisiin ohjelmistoihin. Avoimen lähdekoodin suuriin projekteihin osallistuu sellainen määrä ihmisiä, ettei yksittäinen yrityksen kannata palkata vastaavaa määrää avustajia [linux.sange.fi]. Asia voidaan kääntää myös uhkana toisinpäin. Suuressa projektissa on enemmän koodirivejä, joten virheiden mahdollisuus koodissa on todennäköisempää, kuin pienemmässä ohjelmassa.

4.1. Avoimen ja suljetun koodin turvallisuuserot

Toiminnaltaan ja lähdekoodiltaan avoin ja suljettu ohjelmisto ovat samanlaisia. Myös tietoturvaan liittyvät ongelmat voivat olla teknisesti toistensa kaltaisia. Erilaiset taustaorganisaatiot ohjelmistoissa vaikuttavat reagointiin tietoturvasioissa.

Avoimen ohjelman lähdekoodi on yleisesti saatavilla, joten kaikilla on mahdollista tutustua siihen. Loppukäyttäjälle on tästä harvemmin hyötyä, koska hän ei mahdollisesti osaa tulkita koodia ja siinä olevia virheitä. Avoimen lähdekoodin ohjelmien kehityksestä ja niihin liittyvistä ongelmista tiedotetaan avoimesti [linux.sange.fi]. Testattavat ja ns. vakaat versiot ovat erotettu versio-numeroilla toisistaan. Vapaan ohjelmiston kehittäjillä ei ole intressiä pakottaa ottamaan ohjelman testiversioita tuotantokäyttöön liian varhaisessa vaiheessa [linux.sange.fi].

Suljetussa ohjelmassa koodi on yleensä jonkin yhtiön omistuksessa ja koodin toimivuus on tuottajayrityksen työntekijöiden pätevyyden varassa. Yrityksellä saattaa olla tuotanto- ja markkinatavoitteiden vuoksi kiire julkaista vielä testaamaton ohjelma, jolloin loppukäyttäjät joutuvat ohjelman testaajiksi tahtomattaan.

Avoimen lähdekoodin kehittäjäyhteisöllä ei ole tarvetta peitellä ongelmia [linux.sange.fi]. Kuka tahansa voi julkaista parannuksia. Tämä on myös ongelma, koska loppukäyttäjiltä puuttuu usein tieto siitä, voiko hän luottaa turvallisesti saatavilla oleviin päivityksiin. Avoimen lähdekoodin yhteisö reagoi nopeasti havaittuihin ongelmiin ja mahdollisiin vääriin korjauksiin. Päivittäjän täytyy tuntea ohjelman luotettava kehitysyhteisö ja olla siihen yhteydessä aktiivisesti, tämä vaatii ylläpidolta tai loppukäyttäjältä aikaa ja osaamisresursseja.

Kaupallisten ohjelmien tietoturvapäivitykset pyritään pitämään salassa. Ohjelman kehittäjäryityksellä saattaa olla resurssipula ja sillä ei ole mahdollisuutta tehdä korjauksia ohjelmaan. Pahimmassa tapauksessa yritys on jo poistunut markkinoilta, joten korjauksia ei ole saatavilla. Sama ongelma on myös avoimessa koodissa, projekti on saattanut päättyä, koska vastuuhenkilöt ovat siirtyneet muihin tehtäviin. On myös mahdollista että tuki tiettyyn ohjelmanversioon lopetettu [linux.sange.fi]. Korjaus saattaa tulla vasta ohjelman seuraavaan versioon, joten käyttäjä on pakotettu hankkimaan ohjelmiston seuraava versio.

Linux itsessään ei ole turvallisempi kuin muutkaan käyttöjärjestelmät. Virheellisesti asennettuna tai päivittämättömänä se voi aiheuttaa suuria tietoturvaongelmia. Avoimen lähdekoodin tietoturvaongelmat tulevat nopeasti julkisuuteen ja korjauspaketit valmistuvat yleensä nopeasti.

4.2. Vertailu

Web-palvelinalustojen tietoturvallisuutta kartoittavassa vertailussa tutkittiin kahden eri palvelinalustan eroja [Ford *et al.*, 2005, s. 2]. Palvelimena oli Microsoft Windows Server 2003 jossa ajetaan Microsoft Internet Information Services 6.0 (IIS 6.0), sekä Microsoft SQL Server 2000 tietokantapalvelin ja ASP.NET sovelluskehitin. Vertailtavana Palvelinalustana oli Red Hat Enterprise Linux 3.0 (RHEL 3.0), jossa oli Apachen Web-palvelin, sekä MySQL tietokantapalvelin ja PHP sovellusalusta. Tutkimuksessa todettiin, että suljettuun koodiin perustuvasta Microsoftin tuotteesta löytyi vähemmän haavoittuvuuksia, kuin RedHatin julkaisemasta avoimeen lähdekoodiin perustuvasta Linux distributiosta [Ford *et al.*, 2005, s. 34]. Myös korjauspaketit tulivat keskimääräisesti nopeammin Microsoftin tuotteisiin, joten hyökkäysuhan alaisia päiviä oli tutkimuksessa vähemmän [Ford *et al.*, 2005, s. 34].

4.3. Virukset

Linux-viruksia tai matoja on olemassa vähän suhteessa Windowsiin. Virusten vähäisyys johtuu osittain Linux-yhteisön lojaalisuudesta toisilleen, sekä Linuxin vähäisestä käyttäjämäärästä verrattuna Windowsiin. Linuxin yleistymisen

luo lisää pohjaa myös näille ei-toivotuille ilmiöille. Tietoturvaongelmat eivät liity ohjelmiston levinneisyyteen, vaan myös sen laatuun [linux.sange.fi].

5. Avoimen lähdekoodin lisensointi

Avoimen lähdekoodin ohjelmien lisensointi on loppukäyttäjälle sekava joukkio erilaisia akronyymejä. Lisenssejä on paljon ja niiden keskinäiset suhteet voivat olla ristiriitaisia. Kokonaisuutta sekoittaa vielä erilaiset ohjelmistopatentit. Tekijänoikeus suojaa oletusarvoisesti tietokoneohjelmaa kirjallisenä teoksena (lähdekoodi). Alkuperäisen teoksen kopiointi, levitys ja muokkaaminen on oletusarvoisesti kiellettyä [Rosen, 2005, s. 17]. Ohjelmistopatenteilla suojataan ohjelman toimintoperiaatteita [Rosen, 2005, s. 18]. Ohjelman tekijänoikeuksien omistaja tai patentin haltija voi antaa lisenssin ohjelman käyttöön [Rosen, 2005, s. 19]. Omistusoikeuksista käytetään termiä IPR, joka on lyhennys englanninkielisistä sanoista Intellectual Property Rights [Rosen, 2005, s. 14]. Suomen kielessä puhutaan aineettomista oikeuksista tai immateriaalioikeuksista.

5.1. Lisenssit

Linux-käyttöjärjestelmä on lähdekoodeineen vapaasti kopioitavissa, mutta sovellustasolla lisenssiehdot voivat olla toiset. Jokaisessa tapauksessa on tutustuttava lisenssiehtoihin, jotta tiedetään onko kyseessä maksuton ohjelmisto. Joissakin tapauksissa voi ohjelman käyttötarkoitus rajata lisenssi- ja levitysehtoja, tai tehdä ohjelmasta maksullisen. Copyleft-lisenssien lähdekoodia ei saa sulkea ja siitä ei saa periä lisenssimaksuja tekijänoikeuksista tai patenteista [Välimäki, 2006]. Akateemisella tai yliopistolisenssillä voi tehdä lähes mitä tahansa, jopa sulkea lähdekoodin. Ainoastaan tekijänoikeusmerkintää ja tekijöiden nimeä ei saa poistaa [Välimäki, 2006]. Ohessa on kuvattu tärkeimmät (suosituimmat) avoimen lähdekoodin lisenssit.

5.1.1. GNU General Public License GPL

GPL on yksi Free Software Foundation (FSF) lisensseistä. Se käytetyin avoimen lähdekoodin lisenssi. GPL-lisenssin tarkoitus on antaa käyttäjälle oikeus kopioida, jakaa ja muuttaa ohjelmia ja niiden lähdekoodia. [St. Laurent, 2004, s. 35]. GPL-lisenssin sisältävän ohjelman lähdekoodi on annettava eteenpäin GPL-lisenssillä. Siihen ei saa laittaa lisärajoituksia, eikä jakelua ja myyntiä ole rajoitettu [St. Laurent, 2004, s. 36].

5.1.2. GNU Lesser General Public License LGPL

LGPL tunnettiin aiemmin nimellä GNU Library General Public License. Se on GNU-projektin lisenssi. LGPL-ohjelmistot voidaan linkittää yhteen ei-GPL-lisenssöidyn ohjelman osan kanssa. Se on tarkoitettu ohjelmakirjastoja varten,

mutta joitakin ohjelmia on sen lisensoinnin piirissä. LGPL-ohjelmaa voidaan levittää GPL-lisenssin alla [St. Laurent, 2004, s. 49].

5.1.3. BSD Berkeley Software Distribution

Alkuperäinen BSD-lisenssi oli ensimmäinen avoimen lähdekoodin lisenssi [Rosen, 2005, s. 73]. BSD-lisenssit ovat kehittyneet Berkeley Standard Distribution Unixin lisenssistä Californian yliopistossa. BSD-lisenssi sallii lähdekoodin muokkauksen ja levityksen. BSD-lisenssi edellyttää, että itse lisenssi ja sen vaatima tekijänoikeusilmoitus löytyy dokumentaatiosta [St. Laurent, 2004, s. 16]. Alkuperäisessä Berkeleyyn BSD-lisenssissä oli myös vaatimus siitä, että tuotetta mainostavissa teksteissä täytyy olla myös tuo tekijänoikeusilmoitus. Tämä vaatimus poistettiin lisenssiehdoista vuonna 1999 [St. Laurent, 2004, s. 16].

5.1.4. MIT Massachusetts Institute of Technology

MIT-lisenssi syntyi, kun Massachusetts Institute of Technologyn lakimiehet tekivät oman version BSD lisenssistä [Rosen, 2005, s. 85]. Se pohjautuu samoihin ehtoihin kuin BSD-lisenssi, mutta on yksinkertaisemmin tajuttavissa [Rosen, 2005, s. 85]. MIT-lisenssin ainoa vaatimus on, että tekijänoikeus tekstit on säilytettävä tuotteen jakelussa [Rosen, 2005, s. 86].

5.2. Lisensoinnin ongelmia

Mahdolliset syytökset patenttiloukkauksista tai lähdekoodin varastamisesta saattavat toteutuessaan haitata myös loppukäyttäjiä. Tarvittavan tiedon ylläpitäminen lisenssisopimuksissa vaatii lainopillisia resursseja, joista aiheutuvat kulut tulee huomioida avoimen lähdeoodin kokonaiskustannuksia arvioitaessa. Eräs tällainen draama lisensseistä käytiin SCO:n (Santa Cruz Operation) ja IBM:n (International Business Machines) välillä [Rosen, 2005, s. 290]. Siinä SCO syytti IBM:ää patenttien varastamisesta. Haasteen samasta asiasta saivat myös Novell ja RedHat.

Lisenssien ominaisuuksia

Kriteeri	Vapaa levitys	Vapaa käyttö	Avoin koodi	Pysyvä	Tarttuva	Verkkokäyttö
Shareware	X	-	-	-	-	-
Freeware	X	X	-	-	-	-
BSD	X	X	X	-	-	-
LGPL	X	X	X	X	-	-
GPL	X	X	X	X	X	-
OSL	X	X	X	X	X	X

Taulukko 1. Lisenssien ominaisuuksia [Välimäki, 2006].

6. Avoimen lähdekoodin ohjelmien käyttömahdollisuudet julkishallinnossa

Edellä on selvitetty millaista avoin lähdekoodi on turvallisuudeltaan ja kuka sitä tekee. Lisäksi on selvitetty avoimen lähdekoodin lisensointiin liittyviä ongelmia. Tässä luvussa tutkitaan avoimen lähdekoodin käytön mahdollisuuksia julkishallinnossa, sekä pohditaan mahdollisia esteitä käyttöönotolle ja laajentumiselle.

6.1. Käyttökohteet

Ensimmäiset käyttökohteet avoimelle lähdekoodille julkishallinnossa olivat Web-palvelimet. Käyttöjärjestelmänä oli Linux ja WWW-palvelimena oli Apache. Internetin yleistyessä 1990-luvulla alkoivat kunnat ylläpitää aktiivista tiedottamista myös verkossa. Seuraava askel käytössä oli erilaiset lomakkeet, jotka vielä kehittyessään muuttuivat interaktiivisiksi. Luonnollinen kehitys johti verkossa toimiviin sovelluksiin, joilla kuntalaisten on mahdollista verkon välityksellä hoitaa asioitansa ja täyttää hakemuksia.

Kuntien yleinen IT-kehitys on ollut yksilöllistä. Isommilla tai rikkaimmilla kunnilla on ollut paremmat mahdollisuudet hyödyntää informaatioteknologian kehitystä.

Loppuvuodesta 2004 tehtiin sähköpostitse tutkimus, jonka kohteena oli suomalaisten kuntien johtavat IT-henkilöt ja heidän mielipiteensä avoimen lähdekoodin käyttöön [Välimäki et al., 2005]. Tutkimuksessa selvisi, että kunnat eivät tieneet mistä voisivat hankkia avoimen lähdekoodin ohjelmia ja tukipalveluita [Välimäki et al., 2005, s. 518]. Lisäksi havaittiin, että suomalaisilta kunnilta puuttui säännöllinen yhteistyö IT-sektorilla. Suurempien kuntien välillä on syntynyt tietohallinnon välisiä muodollisia yhteyksiä. [Välimäki et al., 2005, s. 517].

FUD (Fear, Uncertainty and Doubt) kuvaa niitä epävarmuustekijöitä, mitä avoimen lähdekoodin käyttöön liittyy [Puhakka, 2006]. Epäilykset avoimen lähdekoodin käytöstä liittyvät usein toimittajien mahdollisuuksiin saada toiminta kannattavaksi. Suuret ja konservatiiviset ostajat haluavat turvata myös jatkossa ohjelmiston toimittajaan ja saada jatkuvuutta tietotekniikkainfrastruktuurin ylläpidolle [Puhakka, 2006]. Huonona esimerkkinä tämän jatkuvuuden loppumisesta voidaan mainita Linux-yhtiö SOT:in joutuminen selvitystilaan.

6.2. Avoimen lähdekoodin hinta julkishallinnossa

Luvussa kolme todettiin, että vapaa ei välttämättä tarkoita samaa, kuin ilmainen. Vaikka ohjelma olisi vapaasti käytettävissä lisenssinsä kautta, niin siihen kohdistuu muita kustannuksia. Tässä kappaleessa luvussa tarkastellaan ja vertaillaan avoimen lähdekoodin käytöstä syntyviä kustannuksia.

Yleisimmin avoimelle lähdekoodille laskettu hinta on erilaisten TCO-analyysien kautta saatu vertailukustannus [Microsoft, 2001; Microsoft, 2002]. Näissä laskelmissa verrataan olemassa olevan tietotekniikka infrastruktuurin muuttamista avoimen lähdekoodin järjestelmiin, joka työasemissa on useimmiten Linux. Gartner TCO-tutkimus (Total Cost of Ownership) on työkalu yritysten IT-hankintojen kustannusten ja palvelutason kokonaisvaltaiseen arvioimiseen. TCO-analyysi mittaa sekä suoria että epäsuoria investointikustannuksia ottaen huomioon laitteiden hinnan lisäksi myös vaikutukset henkilöstön työmäärään. TCO:n tietokannat mahdollistavat eri ratkaisuvaihtoehtojen vertailun.

Vaasan kaupungille tehdyssä TCO-analyysissä todetaan [Microsoft, 2001, s. 5], että on merkityksetöntä säästää 1,8 miljoonaa markkaa (302 738 €), jos saman ympäristön vuosittaiset kustannukset kasvavat 28 miljoonalla markalla (4 709 262 €). Vastaava tutkimus tehtiin myös Lappeenrannan kaupungille [Microsoft, 2002]. Tutkimuksessa oli työasemaympäristönä NT 4.0 ja Office 97. Arvioidut kustannukset Lappeenrannassa olivat [Microsoft, 2002]:

- Nykyinen ympäristö + 14,2 mmk (2 388 268 €) /vuodessa
- Siirtyminen: W2000 ja Office 2000 - 5,7 mmk (958 671 €) /vuodessa

- Siirtyminen Linux ja OpenOffice + 20,4 mmk (3 431 033 €) /vuodessa

Näissä laskelmissa oletetaan, että keskitetyllä hallinnalla saadaan aikaan merkittäviä kustannussäästöjä vuositasolla. Samoin oletetaan, että avoimen lähdekoodin tuotteilla ympäristön rakentaminen maksaisi enemmän ja tuottaisi korkeammat hallintakulut vuosittain. Hallintakulujen syntyä ei Microsoftin tutkimuksissa selvennetä [Seppä-Lassila, 2002, s. 54].

Varsin erilaisen tuloksen antaa pienen Lemminkäisen kunnan siirtyminen käyttämään avoimen lähdekoodin tuotteita [Pitkänen, 2006]. Kunnassa oli käytössä Corel WP- suite 8 ja tarkoituksena oli siirtyä käyttämään Linuxia ja OpenOfficea. Muunnettavia asiakirjoja oli 3900 tekstitiedostoa ja 2500 taulukkoa. Oppikirjat ja koulutus maksoivat yhteensä 2250 €. Muista kustannuksista mainitaan että, koulutukseen ja asennukseen käytetty aika oletettiin samaksi riippumatta valittavasta ohjelmasta [Pitkänen, 2006].

Avoimen lähdekoodin tuotteilla on vapaa kopiointi, levitys ja muokkausoikeus, eli tavanomaiset käyttörajoituslisenssit eivät ole voimassa. Sen hintaa ei voi sitoa kopioihin, käyttäjämääriin tai laitteistoon. Maksua voidaan edelleen periä projekteista, palveluista ja verkon yli käytettävistä sovelluksista [Välimäki, 2006].

7. Keskustelu

Miten avoimen lähdekoodin ohjelmat ja yhteisö voivat muuttaa vallitsevaa tilannetta Suomessa. Onko muutos tarpeellinen, vai onko se välttämätön. Todellinen IT-yhteistyön puute julkisensektoreiden välillä ei tuo muutosta vallitsevaan tilanteeseen. Horisontaalisessa suunnassa puuttuu kuntien keskinäinen yhteistyö. Vertikaalisessa suunnassa puuttuu valtion ja kuntien välinen yhteistyö.

Avoimien ohjelmien käytön vastuu on loppukäyttäjien harteilla, jollei käyttäjä ole tehnyt erillistä palvelusopimusta jonkin kehittäjäyhteisön tukipalvelun kanssa. Sopimus saattaa tässäkin tapauksessa rajata vastuun käyttäjälle. Kaupallisessa ohjelmassa toimittaja sanoutuu usein vastuusta eroon erillisissä lisenssiehdoissa, joten loppukäyttäjän on mahdotonta hakea hyvitystä kärsimästään tietoturvaan tai muuhun ongelmaan liittyvästä vahingosta. Kummassakaan tapauksessa käyttäjäorganisaatio ei voi saada täydellistä turvaa hankkimalleen ohjelmalle. Lähdekoodin julkaiseminen avoimien ohjelmien mukana estää koodin häviämisen, vaikka sen parissa työskentelevä yhteisö lopettaisi kehitystyön. Suljettu koodi saattaa kadota firman konkurssin yhteydessä.

Avoimen lähdekoodin kehitystyötä pidetään vielä harrastajamaisena ja kehittäjäryhmät ovat suljettuja sisäpiirejä. Tästä huolimatta projekteista on runsaasti tietoa tarjolla ja sitä jaetaan avoimesti.

Tietoteknisessä kehityksessä tulevaisuuden ennustukset ovat olleet vaikeita ja usein arvioinnit ovat menneet pahasti pieleen. Myös avoimen lähdekoodin kohdalla ennustaminen on vaikeaa.

Tulevaisuus näyttää, mitä muutoksia uusi kehitys tuo tullessaan. Kaikki muutokset eivät aina liity teknologian kehitykseen tai talouskasvuun. Avoimen lähdekoodin toiminta on tuonut tullessaan myös sosiaalisia muutoksia. Yhteistyö on globaalia, joka helposti ylittää valtiolliset, rodulliset ja uskonnolliset rajat.

Lähteet:

- [Dempsey *et al.*, 2002] Who is an open source software developer? Bert J. Dempsey, Debra Weiss, Paul Jones, Jane Greenberg, Communications of the ACM, Volume 45 Issue 2, ACM Press, February 2002.
- [Ford *et al.*, 2005] Richard Ford, Herbert H. Thompson, Fabien Casteran, Role Comparison Report – Web Server Role. Security Innovation, Inc, 2005.
http://www.sisecure.com/pdf/windows_linux_final_study.pdf viitattu 11.2.2006.
- [linux.sange.fi] Osuuskunta Sange, Turvallisuus ja avoin lähdekoodi.
<http://linux.sange.fi/turvallisuus> viitattu 24.2.2006.
- [Microsoft, 2001] Microsoftin tekemä TCO-laskelma Vaasan kaupungin tietotekniikkakuluista, marraskuu 2001.
<http://www.microsoft.com/finland/business/tco/vaasa.pdf> viitattu 24.2.2006.
- [Microsoft, 2002] Tiivistelmä Microsoftin tekemästä TCO-laskelmasta Lappeenrannan kaupungin tietotekniikkakuluista, tammikuu 2002.
<http://www.microsoft.com/finland/business/tco/lpr.pdf> viitattu 28.2.2006.
- [Pitkänen, 2006] Pentti Pitkänen, Avoin lähdekoodi työpöydälle, Seminaariesitys. OPEN SOURCE 2006 seminaari, Kunnankamreeri Pentti Pitkänen, Lemin kunta, 1.2.2006 Wanha Satama.
- [Puhakka, 2006] Mikko Puhakka, Avoimen Lähdekoodin Riskit ja Mahdollisuudet - näkökulmia avoimen lähdekoodin käyttäjiltä ja hyödyntäjiltä Suomesta ja maailmalta, Seminaariesitys. OPEN SOURCE 2006 seminaari, Tutkija Mikko Puhakka, SoberIT, 1.2.2006 Wanha Satama.
- [Rosen, 2005] Lawrence Rosen, Open Source Licensing, Software Freedom and Intellectual Property Law. Prentice Hall PTR, 2005.

- [Seppä-Lassila, 2002] Tapio Seppä-Lassila, Open Source -tuotteiden vaikutus tietojärjestelmän kokonaiskustannuksiin. Pro gradu -tutkielma, Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos, Huhtikuu 2002.
- [St. Laurent, 2004] Andrew M. St. Laurent, Understanding Open Source & Free Software Licensing. O'Reilly Media, 2004.
- [Välimäki *et al.*, 2005] Mikko Välimäki, Ville Oksanen, Juha Laine, An Empirical Look at the Problems of Open Source Adoption in Finnish Municipalities. Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce ICEC '05, ACM Press 2005.
- [Välimäki, 2006] Mikko Välimäki, Avoimen lähdekoodin juridiikka, seminaarisesitys, OSS- juridisia ja sopimusteknisiä kysymyksiä, Tietotekniikan liiton yhteisöjäsentapahtuma, Mikko Välimäki, Turre Legal Oy, 3.4.2006 Stella Business Park Espoo
- [www.gnu.org] GNU projektin kotisivut, The GNU Operating System.
<http://www.gnu.org> viitattu 31.1.2006.
- [www.opensource.org] Open Source Initiative (OSI)
<http://www.opensource.org>, viitattu 31.1.2006.

Massaräätälöinti ja tietojärjestelmät

Henri Rantala

Tiivistelmä

Tutkielmassa käsitellään tietojärjestelmien yhteyttä erilaisiin massaräätälöintimenetelmiin. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan joitakin massaräätälöintijärjestelmiä sekä asiakkaan että yrityksen näkökulmasta.

Avainsanat ja -sanonnat: Massaräätälöinti, tietojärjestelmät, suosittelijajärjestelmät.

CR-luokat: H.1.2, H.4.0

1. Johdanto

Eräs viime vuosikymmenten lupaavimmista mutta samalla varsin tuntemattomana pysytelleistä innovaatioista on nimeltään massaräätälöinti. Massaräätälöinti on tuotantomenetelmä, joka oikein toteutettuna saa aikaan merkittävää tuotteiden arvonnäkökulmaa ja laajentaa asiakaskuntaa. Massaräätälöinnin avulla on mahdollista myös kerätä tietoa asiakaskunnasta ja näin kehittää yrityksen palveluita paremmin vastaamaan asiakkaiden toiveita.

Massaräätälöinnin toimivuus perustuu tehokkaisiin tietojenkäsittelyjärjestelmiin sekä yleensä internetin välityksellä toteutettaviin tietoliikenneyhteyksiin eri järjestelmien välillä.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on tutustuttaa lukija massaräätälöinnin perusajatuksiin sekä erilaisiin massaräätälöinnin toteutustapoihin. Lisäksi tarkoituksena on antaa yleiskuva eri menetelmien vaatimista tietojärjestelmistä, sekä antaa yleisen tason ohjeita niiden toteuttamiseen.

Massaräätälöinnin ja tietojärjestelmien välisiä yhteyksiä käsitellään alan aiempiin tutkimuksiin nojaten survey-tyyppisesti ensin asiakkaalle näkyvällä tasolla, sitten yrityksen sisäisellä tasolla ja lopuksi tarkastellaan hieman tietojärjestelmien liittymistä tuotantolinjan laitteistoihin.

1.1. Massaräätälöinnistä

Frank Piller *et al.* [2005] määrittelee massaräätälöinnin asiakkaan kanssa yhteistyössä tehtäväksi suunnitteluprosessiksi, jolla varmistetaan että tuotteet tai palvelut vastaavat mahdollisimman hyvin asiakkaan yksilöllisiä toiveita ja vaatimuksia. Ominaista massaräätälöinnille on Pillerin mukaan erilaisten valintamahdollisuuksien rajattu määrä, jolla varmistetaan massaräätälöidyn tuotteen alhaiset tuotantokustannukset. Näin ollen

tuotteita on mahdollista tarjota laajalle asiakaskunnalle siten, että tuote kuitenkin tuntuu asiakkaasta juuri häntä varten valmistetulta.

Ensimmäiset ajatukset massaräätälöinnistä syntyivät 80-luvulla kehittyvän tietotekniikan luvattessa uusia mahdollisuuksia tuotteiden suunnitteluun. Nykyisin massaräätälöinnillä on kiinteä yhteys sähköiseen kaupankäyntiin [Schafer *et al.*, 1999].

1.2. Tietojärjestelmistä

Massaräätälöinnin pääasiallisena mahdollistajana toimivat 1970-luvulla kehitetyt tietojenkäsittelyjärjestelmät, jotka pyrkivät minimoimaan tietojärjestelmien käytössä vaadittavia inhimillisiä toimia. Erityisesti Internetin kehitys on vauhdittanut massaräätälöintijärjestelmien kehitystä.

Pirkko Nykänen [2003] määrittelee tietojärjestelmän käsitteen seuraavalla tavalla:

”Ihmisistä, laitteista ja ohjelmistoista muodostuva kokonaisuus, jonka avulla pyritään kehittämään tai tehostamaan toimintaa.”

Lisäksi tietojärjestelmän käyttö mahdollistaa Nykäsen mukaan tiedon tallennuksen, tiedonhallinnan, -haun, muokkauksen, jalostamisen, tulkinnan, tulostuksen sekä laskennan, jakelun ja välityksen. Lisäksi Nykänen toteaa että “Tietojärjestelmä on jollakin perusteella muodostettu hallinnollinen kokonaisuus, joka muodostuu tietosisällöstä ja siihen perustuvista palveluista sekä palvelujen aikaansaamiseen tarvittavasta ohjelmistosta ja laitteistosta.”

2. Massaräätälöintijärjestelmät asiakkaan näkökulmasta

Tässä luvussa käsitellään massaräätälöintijärjestelmiä jotka ovat joko asiakkaiden käytettävissä tai näille näkyviä. Massaräätälöintijärjestelmät esiintyvät nykyaikana lähinnä erilaisten web-sivuille rakennettujen valintalomakkeiden muodossa [Piller *et al.*, 2005]. Nykyään ehkäpä yleisimmät, tai ainakin näkyvimmat massaräätälöintijärjestelmät lienevät erilaiset *suosittelijajärjestelmät* (eng. recommender systems).

2.1. Suosittelijajärjestelmät

Suositusjärjestelmien tehtävänä on tarjota sähköisellä kauppasivulla vierailevalle käyttäjälle tietoja juuri häntä kiinnostavista tuotteista. Yleensä suosittelijajärjestelmät on integroitu www-sivuun, jolloin sivun joka latauskerralla sivun sisältö päivitetään tietokannasta saaduilla tiedoilla. Tarkoituksena on siis muuttaa myyntipalvelu asiakkaan mieltymysten mukaiseksi. Näin ollen suosittelijajärjestelmät eivät yleensä vaikuta yksittäisen ostettavan tuotteen ominaisuuksiin, mutta suosittelijajärjestelmä voidaan integroida myös yksittäisen tuotteen suunnitteluun tarkoitettuun käyttöliittymään.

Schafer *et al.* [1999] tutkivat useita case-tapauksia sähköisen kaupan massaräätlöintikäyttöliittymistä ja päätyivät luokittelemaan suosittelijajärjestelmät seitsemään eri alalajiin. Alalajeista kolme ensimmäistä eivät niinkään perustu asiakkaan omiin mieltymyksiin, vaan niissä luotetaan koko asiakaskunnan tai sivuston ylläpitäjien mielipiteisiin. Kolme viimeistä taas vaativat tietojärjestelmiltä huolellista suunnittelua, jatkuvaa ylläpitoa sekä varmaa toimintaa. Seuraavaksi luodaan tarkempi silmäys näihin suosittelijajärjestelmätyyppeihin.

2.1.1. Selailu

Selailukäyttöliittymässä asiakkaalle esitetään suosituksia perustuen sivuston ylläpitäjien arvosteluihin. Suositeltavat tuotteet markkinoidaan kaikille käyttäjille samanlaisina ja jokainen asiakas näkee samanlaisen parhaat arvostukset saaneiden tuotteiden listan. Ongelmana tässä menetelmässä on se, että asiakasta ei kohdata yksilöllisesti ja hänen omia mieltymyksiään ei oteta lainkaan huomioon. Lisäksi hän joutuu turvautumaan vain tuotteen myyjän antamaan arvosteluun.

Palvelun yksinkertaisuudesta johtuen tietojärjestelmille ei aiheudu kovinkaan suuria vaatimuksia, eikä sitä välttämättä tarvita ollenkaan, mikäli suosikkilistat on kirjoitettu suoraan www-sivuun.

2.1.2. Tekstikommentointi

Tekstikommentointi esittää asiakkaalle tuotteen tietojen yhteydessä muiden asiakkaiden kommentteja tuotteista. Puolueettomasta lähteestä saadut kommentit herättävät asiakkaassa luottamusta ja mielenkiintoa. Ongelmallista tässä käyttöliittymässä on se, että asiakas joutuu yhä itse etsimään kiinnostavia tuotteita, ennen kuin voi lukea niistä arvostelun. Lisäksi tuotteita ei voi järjestää paremmuusjärjestykseen.

Tietojärjestelmän on oltava sellainen, että asiakkaan kommentit voidaan tallettaa ja yhdistää tuotteen tietoihin.

2.1.3. Keskiarvosana

Keskiarvosanajärjestelmä on tekstikommentoinnin yksinkertaisempi versio. Keskiarvosana muodostuu käyttäjien numeerisista arvosteluista ja on nopeampi ja helpompi lukea kuin arvostelut. Tuotteet on myös mahdollista näyttää erilaisina listoina arvosanojen mukaan, mikä poistaa osan kommentointiin liittyvistä ongelmista. Ongelmaksi voi muodostua se, että pelkkä arvosana ei ole kovinkaan syvälinen arvostelu, eikä näin välitä kuvaa tuotteen ominaisuuksista.

Tämän järjestelmän tietojärjestelmälle asettamat vaatimukset ovat pitkälti samanlaiset kuin luvussa 2.1.2 on esitetty.

2.1.4. Samankaltainen tuote

Samankaltainen tuote esitellään asiakkaalle tämän jo valittujen ostosten perusteella. Tuotteet voidaan valita joko tietojärjestelmään ennalta asetettujen yhteyksien

perusteella, tai uusia yhteyksiä voidaan luoda muiden asiakkaiden ostamista tuotteista. Näin käyttäjälle voidaan ostoksien teon yhteydessä tarjota muita häntä potentiaalisesti kiinnostavia tuotteita. Ongelmana on se, että asiakkaan täytyy valita ainakin yksi tuote, ennen kuin hän saa ostosuosituksia.

Tämä menetelmä asettaa tietojärjestelmälle selkeästi suuremmat vaatimukset kuin kolme edellistä. Jos samankaltaisuus on ennalta määritetty tietokantaan, on järjestelmä helppo toteuttaa, mutta mikäli asiakkaat voivat vaikuttaa suosituksiin, pitää tietokantaa päivittää joka ostoksen yhteydessä ja suositeltavat tuotteet hakea esimerkiksi kategoria- ja suosituimmuustietojen perusteella.

2.1.5. Järjestetyt hakutulokset

Järjestetyt hakutulokset tuotetaan asiakkaalle listan muodossa. Toimintaperiaatteeltaan järjestelmä perustuu erilaisiin valintoihin, joita asiakas voi tehdä joko hakukoneen käytön yhteydessä tai kaupan tietokantaan tehdyn tilinsä asetuksiin. Hakupohjaisena toiminto voidaan integroida tuotenimihakuun tai se voi toimia omana kokonaisuutenaan. Vaikkakin järjestelmä pystyy tarjoamaan asiakkaalle tämän toiveita vastaavia tuotteita, on tilijärjestelmä paitsi joissakin tapauksissa hankala toteuttaa, myös asiakkaan sitoutumista vaativa. Tämä saattaa karkottaa satunnaisia asiakkaita.

Tietojärjestelmän tulee pystyä käsittelemään useita yhtäaikaista hakuja, sekä mahdollisesti oltava niin turvallinen että käyttäjätilien luominen on mahdollista. Lisäksi tietokantaan tulee olla asetettu riittävästi tietoa tuotteista, jotta hakujen tekeminen on asiakkaasta mielekästä. Lisäksi tiedon oikeellisuus ja ajantasaisuus tulee varmistaa.

2.1.6. Suosikkilista

Suosikkilista toimii samalla tavalla kuin järjestetyt hakutulokset, mutta lista tuotetaan asiakkaalle automaattisesti tämän edellisten ostosten tai henkilökohtaisten asetusten perusteella. Tämänkaltaista järjestelmää on mahdoton toteuttaa ilman asiakkaiden henkilökohtaisten tietojen tallentamista. Järjestelmän toimintaperiaatteita on mahdollista soveltaa esimerkiksi asiakasta kiinnostavien uutisten valintaan [Lai *et al.*, 2003].

Tärkein vaatimus jonka tämänkaltaiset järjestelmät asettavat tietojärjestelmälle on ehdottomasti turvallisuus. Tämä korostuu entisestään, mikäli tietokantaan talletetaan kaikki tiedot asiakkaan ostoista.

2.1.7. Sähköposti

Sähköpostia hyödyntämällä voidaan palvelun räätälöinti viedä suosikkilistaakin henkilökohtaisemmalle tasolle. Asiakkaalle sähköpostiin toimitetut mainokset perustuvat suosikkilistan tavoin häneltä kerättyihin tietoihin, mutta sähköpostiin toimitettujen mainosten etu on se, että ne ovat riippumattomia asiakkaan omasta aktiivisuudesta.

Tietojärjestelmältä vaaditaan kykyä analysoida asiakkaan ostokäyttäytymistä ja asetuksia sekä näiden perusteella kykyä valita asiakasta mahdollisesti kiinnostavat tuotteet. Menestyksellä toteutus vaatii paljon tietokannan rakenteelta sekä suosittelijajärjestelmältä.

2.2. Tuotteiden räätälöintijärjestelmät

Tuotteiden räätälöintijärjestelmien yleisin toimintamalli on web-pohjainen lomake, josta valintoja tekemällä asiakas kokoaa haluamansa tuotteen. Valikon ulkoasu voi vaihdella aina taulukkomaisesta tekstiesityksestä graafiseen suunnitteluohjelmaan, jossa halutunlaisia osia siirretään tuotteen runkoon.

Piller *et al.* [2005] mukaan massaräätälöintijärjestelmien suuri valinnanvapaus, paitsi tarjoaa asiakkaalle mahdollisuuden suunnitella itseään miellyttävä tuote, myös aiheuttaa asiakkaalle monimutkaisuuden ja riskin (oli se sitten todellinen tai koettu) tunteen. Näistä tunteista käytetään termiä massahämmennys (eng. mass confusion).

Massahämmennystä on mahdollista lieventää jakamalla vastuu tuotteen räätälöinnistä useammalle käyttäjälle (eng. co-design). Tuotteen suunnittelu asiakkaan henkilökohtaisiin mieltymyksiin ei siis aina tarkoita tuotteen suunnittelua henkilökohtaisesti. [Piller *et al.*, 2005]

Eräänä mahdollisuutena vastuun jakamiseen esitetäänkin erityisten asiakasfoorumien perustaminen ja tukeminen. Foorumeilla asiakkaat voivat vertailla kokemuksiaan ja vaihtaa tietoja liittyen yrityksen tarjoamiin tuotteisiin ja niiden räätälöintivaihtoehtoihin. Piller ehdottaa jopa, että käyttäjien vertaistukeen osallistumisesta olisi mahdollista tehdä massaräätälöitävän tuotteen eräs ominaisuus. Asiakkaalle houkuttelevaksi yhteistyö olisi mahdollista tehdä julkaisemalla foorumilla parhaita suunnitelmia, sekä rohkaisemalla käyttäjiä vaihtamaan keskenään tuotteiden prototyypppejä.

3. Massaräätälöintijärjestelmät yrityksen näkökulmasta

Nykyisellään massaräätälöinnin hyödyntämisaste yrityksissä on varsin matala ja Piller *et al.* [2005] onkin todennut, että massaräätälöintiä käsitteleviä tutkimuksia on huomattavasti enemmän kuin sitä käytäviä yrityksiä. Suurin osa massaräätälöinnin käyttöönottavista yrityksistä on vastaperustettuja, mutta massaräätälöinnin ennustetaan nousevan yritykselle välttämättömäksi välineeksi kilpailukyvyn ylläpitämisessä [Piller *et al.*, 2000]. Seuraavaksi käsitellään massaräätälöinnin tuomia etuja yrityksen näkökulmasta.

3.1. Lisäarvon tuottajina

Aiemmin todettiin että eräs massaräätälöinnin mukanaan tuoma etu on tuotantokustannusten alhaisuus ja tuotannon nopeus. Tämä asettaa varsin merkittäviä vaatimuksia tiedonkululle asiakkaalta yritykselle ja yritykseltä tuotantolinjalle sekä

mahdollisille alihankkijoille. Jiao & Helander [2006] painottavat tutkimuksessaan eritoten internetin merkitystä yrityksen sisäisen infrastruktuurin välisessä kommunikaatiossa. Erityisesti suunnittelu, logistiikka ja valmistus on saatava saman järjestelmän piiriin. Jiaon ja Helanderin mukaan on tärkeää, että vaikka tuotteen valmistuksen eri vaiheiden parissa työskentelevät työntekijät tarvitsevat hyvin erilaisia ohjelmistoja, tietojärjestelmä liittää nämä ohjelmistot saumattomasti yhteen.

Tiedon virheetön ja nopea kulku on avainasemassa, mikäli massaräätälöinnistä halutaan saada lisäarvoa tavalliseen massatuotantoon verrattuna. Mikäli tieto kulkee huonosti, saapuu perille virheellisenä tai muuttuu väärinymmärrysten perusteella, on tuloksena tuote, joka ei vastaa asiakkaan odotuksia. Tällöin tuote joudutaan valmistamaan uudelleen ja massatuotannolle ominainen tuotantonopeus häiriintyy. [Piller *et al.*, 2000]

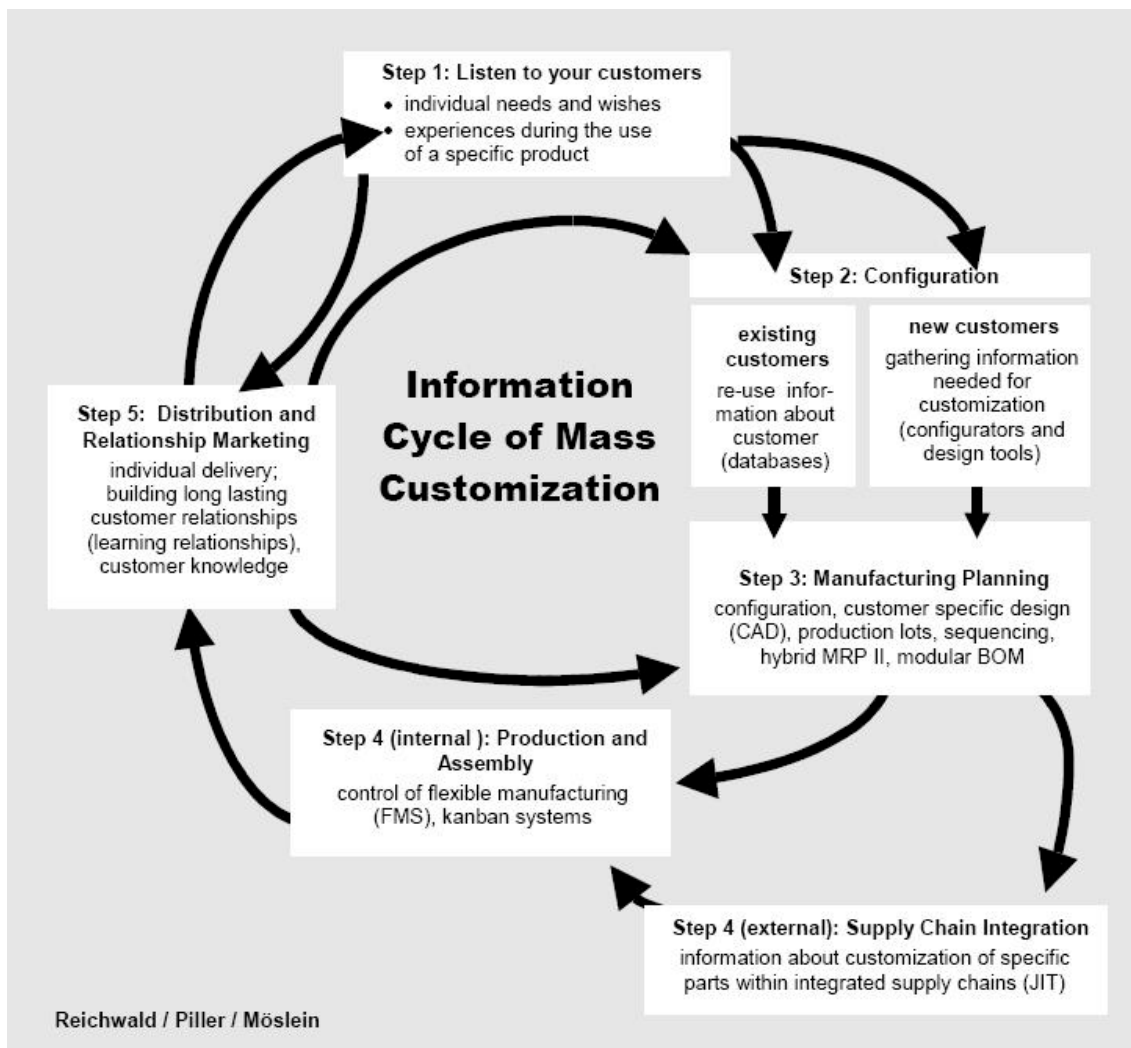
Chung *et al.* [2005] tutkivat informaatioteknologian vaikutuksia massaräätälöintiin ja massaräätälöinnin vaikutuksia liiketoimintaan. Tutkimuksessa todettiin että investoinnit erityisesti modulaariseen ja joustavaan informaatioteknologiaan edesauttavat massaräätälöinnin menestyksestä toteuttamista. Tietojärjestelmiin sovellettuna tämä tarkoittanee järjestelmää, johon on helppo tehdä muutoksia, ja johon on helppo liittää niin asiakkaille, tuotantolinjoille kuin alihankkijoillekin tärkeitä järjestelmiä.

Massaräätälöinti voi tuottaa lisäarvoa myös siten, että esimerkiksi suosittelijajärjestelmien avulla asiakkailta kerätään tietoa, jonka perusteella kehitetään tuotteita ja palveluita asiakkaille mieluisiksi. Riihimaa *et al.* [2004] näkevätkin massaräätälöinnin ainoana kustannustehokkaana vaihtoehtona tuoteinnovaatioiden ja prosessien kehittämiseen asiakaspalautelähtöisesti.

3.2. Tiedonkerääjinä

Piller *et al.* [2000] mukaan tiedon merkityksen korostaminen on kriittistä massaräätälöintiä toteuttavan yrityksen menestykselle. Vaikkakin massaräätälöinnin toteuttamiselle on lähes lukemattomia tapoja eri teollisuudenaloilla, yhdistävänä tekijänä sen käyttöönotossa toimii kuitenkin asiakkaista kerättävän tiedon määrän vahva lisääntyminen. Valtaosa massaräätälöinnin asiakkaalle tuomasta lisäarvosta tapahtuukin tiedonkeräyksen kautta. Informaatioteknologian voidaan nähdä vaikuttavan myös tiedonkeräyksen kustannuksiin laskevasti, ja eräänä tiedonkeruun tärkeänä välineenä toimivat e-kaupan suositusjärjestelmät [Schafer *et al.*, 1999].

Piller *et al.* [2000] esittää syklisen mallin tiedon kulusta massaräätälöintiprosessissa. Kaavio on esitetty kuvassa 1 ja siitä voidaan erottaa viisi tärkeää vaihetta, joita käsitellään seuraavaksi.



Kuva 1. Syklinen tiedonkulkumalli.

3.2.1. Asiakkaiden kuuntelu

Massaräätälöinnin tärkein tapahtuma on tiedon hankkiminen asiakkaalta. On kuitenkin muistettava, että massaräätelöinti ei voi koskaan vastata kaikkia asiakkaan toiveita, sillä muuten olisi kyseessä tavallinen räätälöity tuote, ja massatuotannon mukanaan tuomat edut menetettäisiin.

Tietojärjestelmän tehtävänä on muuttaa asiakkaan toiveet järjestelmän ymmärtämään standardimuotoon [Jiao & Helander, 2006].

3.2.2. Konfiguraatio

Kun asiakkaalta on kerätty tietoja, muodostetaan näiden tietojen pohjalta tuotteen spesifikaatiot. Tuotespesifikaatio voidaan joko tehdä täysin asiakkaan toiveiden mukaan, tai ehdottaa asiakkaalle jotain mallia, johon hän voi tehdä muutoksia.

Tietojärjestelmä voi myös hakea tietokannasta asiakkaan jo olemassa olevaa informaatiota, ja tehdä spesifikaatiot osin siihen perustuen. Lisäksi suosittelijajärjestelmien toiminnallisuus voidaan integroida tähän vaiheeseen.

3.2.3. Valmistuksen suunnittelu

Tässä vaiheessa tuotespesifikaation pohjalta suunnitellaan tuotteen valmistusprosessi. Suositellaan, että tässä vaiheessa spesifikaatioihin ei voi enää tehdä muutoksia, sillä jatkuva muuttaminen kuluttaisi aikaa ja rahaa.

3.2.4. Tuotanto ja jakeluketjuintegraatio

Tähän vaiheeseen asti tuote on ollut olemassa vain tietona. Tässä vaiheessa tieto muutetaan valmistusprosessin kautta tuotteeksi.

Tietojärjestelmän tehtävä on antaa oikean tuotteen tiedot eri valmistusprosessin osille, jotta oikeanlainen tuote on mahdollista koota. Myös ulkopuoliset valmistukseen vaadittavat resurssiketjut on mahdollista integroida valmistusprosessin tietojärjestelmään.

3.2.5. Suhdetoiminta

Tuotteen toimittamisen jälkeenkin asiakkaalta täytyy kerätä tietoa. Näin esimerkiksi modulaaristen komponenttien valmistus varastoon voidaan järjestää menekkiraportteihin perustuen.

Suhdetoiminnalla on lisäksi asiakasta sitouttava vaikutus. Parhaassa tapauksessa asiakas saadaan yrityksen puolestapuhujaksi, mikä tarkoittaa ilmaista mainostusta yrityksen kohdesektorissa.

4. Massaräätälöintijärjestelmät ja tuotantolaitteisto

Eräs massaräätälöinnin suurimmista haasteista on tietojärjestelmien integroiminen tuotantolaitteistoon. Qiao *et al.* [2002] ovat tutkineet tuotantojärjestelmien suunnittelua virtuaalimallien avulla. Tutkimus keskittyy Petri net-nimiseen järjestelmään jolla tuotantolaitteistoa voidaan simuloida niin jaettujen resurssien kuin yllättävien tilanteiden (laiterikot) kannalta. Petri netin kaltainen järjestelmä on laajempaa massaräätälöintiä suunnitellessa sillä useista laitteista koostuva tuotantolinja on varsin monimutkainen kokonaisuus. Lisäksi ohjelman avulla suunniteltu tuotantolinja toteuttaa erittäin suurella todennäköisyydellä massaräätälöinnin vaatimaa tehokkuutta ja varmuutta.

Tuotantolinjalla tietojärjestelmien tärkein tehtävä on välittää asiakkaan tilaaman tuotteen spesifikaatiot tuotantolinjan laitteisiin. Tämä vaatii hyvää samanaikaisuuden hallintaa, sillä tuotanto tapahtuu varsin nopeasti. Järjestelmän on siis kyettävä lähettämään oikeille tuotantolaitteille oikeanlaista informaatiota oikea-aikaisesti suhteutettuna muihin laitteisiin. Vain näin voidaan ylläpitää massaräätälöinnin vaatimaa tuotannon nopeutta ja virheettömyyttä.

Toisaalta tietojärjestelmien osuus tuotantolinjalla on hallita yksittäisten komponenttien päätyminen oikeaan tuotteeseen. Näin asiakas saa juuri sellaisen tuotteen kuin on tilannut. Tämä vaatii jonkinlaista tuotekomponentin yksilöintiä.

Yksilöinti voitaisiin saavuttaa esimerkiksi passiivisilla RFID-tunnisteilla (radiotaajuustunniste) [Mattila, 2006] tai viivakoodeilla. Tietojärjestelmän vastuulle jäisi varmistaa että oikeat komponentit päätyvät samaan tuotteeseen.

5. Ongelmia ja riskejä

Tietojärjestelmien menetyksellinen käyttöönotto on ratkaisevassa asemassa yrityksen massaräätälöinnin onnistumisessa, mutta siihen sisältyy useita ongelmia ja joitakin suoranaisia riskejä.

Piller *et al.* [2000] mukaan todennäköisiä uhkakuvia massaräätälöinnin menestykselle toteuttamiselle ovat tiedonkulkumallin (luku 3.2.) vaiheiden yli hypyminen sekä liian suuren vaihtoehtomäärän tarjoaminen. Liikatarjonta kostahtuu nopeasti varastoitavien raaka-aineiden suurena määränä. Ratkaisuksi tiedonkulun ongelmiin Piller *et al.* [2000] tarjoavat vahvasti modulaarista tuotetta sekä hyvin valmistusprosessin joka vaiheeseen integroitua tietojärjestelmää.

Samankaltaisiin päätelmiin ovat päätyneet myös Svensson & Bradford [2002], mutta jo mainittujen haasteiden lisäksi he kehottavat yrityksiä kehittämään juuri omaan toimialaansa sopivan massaräätälöintistrategian sekä sitouttamaan tuotannon kaikki tasot vahvasti massaräätälöintiin.

Peters & Saidin [2000] kuvaavat erääksi massaräätälöinnin haasteeksi tietoverkon välityksellä tapahtuvan johtamisen. Yritykseltä vaaditaan tehokkaan järjestelmän lisäksi kykyä käyttää järjestelmää mahdollisimman tehokkaasti. Uuden järjestelmän käyttöönotto on siis myös koulutusellinen haaste.

Eastwoodin [1996] mukaan tärkeä edellytys massaräätälöinnin onnistumiselle on valmius reagoida havaittuihin puutteisiin ja muutostarpeisiin. Tämä luonnollisesti asettaa tietojärjestelmille muunneltavuusvaatimuksia. Mikäli modulaarisuutta ei ole ennakkoon otettu huomioon, saattaa vaatimusten muuttuessa vanha tietokanta ilmetä täysin yhteensopimattomaksi, josta voi seurata pitkäkestoinen ja kallis muutostyö uuteen tietokantamuotoon. Pahimmassa tapauksessa tietokantaa ei voida enää hyödyntää ollenkaan.

6. Yhteenveto

Massaräätälöinnin suurin etu on se, että se ei ole pelkkä tuotannon menetelmä, vaan oikeastaan ajattelutapa, jota voidaan hyödyntää varsinaisen tuotteen lisäksi jo itse myyntitapahtuman muokkaamisessa asiakkaalle mieluisaksi. Lisäksi massaräätälöinnillä voidaan kerätä tietoa asiakaskunnasta ja täten entuudestaan kehittää asiakkaan suhdetta yritykseen. Lisäksi asiakas voidaan sitouttaa yritykseen esimerkiksi käyttäjätilin avulla ja saada jopa toimimaan yrityksen asiamiehenä.

Massaräätälöinti voidaan periaatteessa ottaa käyttöön missä hyvänsä massatuotannossa, joka tuottaa useista komponenteista koostuvia tuotteita, joiden räätälöinti on edes etäisesti mielekästä. Esimerkiksi soitinteollisuudessa sillä voitaisiin

saavuttaa todella merkittävää lisäarvoa. Piller et al [2000] ovat havainneet massaräätälöinnin kannattavaksi jo 5 euron arvoisilla tuotteilla.

Ongelmana massaräätälöinnin voidaan havaita vaativan merkittäviä investointeja niin rahallisesti kuin ajallisestikin. Käytettävät tietojärjestelmät on suunniteltava tapauskohtaisesti yrityksen toimintaan sopivaksi. Lisäksi tuotantolaitteisto on suunniteltava palvelemaan massaräätälöintiä. Myös yrityksen henkilöstöltä vaaditaan ponnistuksia massaräätälöinnin omaksumiseksi. Mittavista uudistusvaatimuksista johtuen massaräätälöinnin käyttöönotto on varsin riskialtista eikä houkuttele yrityksiä investoimaan mahdollisesti tappiolliseen ja turhaan toimintaan.

Haasteista ja riskeistään huolimatta massaräätälöinti on kiistatta eräs tulevaisuuden nousevista trendeistä. Vaikka Piller *et al.* [2005] mukaan massaräätälöintiä ei käytetä läheskään niin paljon kuin Piller *et al.* [2000] ennustaa (luku 3), eikä se näin ollen vaikuta kovinkaan kriittiseltä menestystekijältä, uskon silti että mikäli massaräätälöinnin käyttöönottoon liittyvät vaikeudet voitetaan, saavutetaan merkittäviä etuja kilpailijoihin verrattuna ja ennen kaikkea lisätään asiakkaiden tyytyväisyyttä tuotteisiin.

Viiteluettelo

- [Chung *et al.*, 2005] Sock H. Chung, Terry Anthony Byrd, Bruce R. Lewis, F. Nelson Ford, *An empirical study of the relationships between IT infrastructure flexibility, mass customization, and business performance ACM SIGMIS Database*, Volume 36 Issue 3 August 2005.
- [Eastwood, 1996] Margaret A. Eastwood, *Implementing mass customization, Computers in Industry*, Volume 30, Issue 3, 15 October 1996, Pages 171-174.
- [Jiao & Helander, 2006] Jianxin (Roger) Jiao and Martin G. Helander, *Development of an electronic configure-to-order platform for customized product development, Computers in Industry*, Volume 57, Issue 3, April 2006, Pages 231-244.
- [Lai *et al.*, 2003] Hung-Jen Lai, Ting-Peng Liang, Y. C. Ku, *Customized Internet news services based on customer profiles, Proceedings of the 5th international conference on Electronic commerce ICEC '03* September 2003.
- [Mattila, 2006] Juha Mattila, *Radiotaajuuksiin perustuva etätunnistusteknologia, Tampereen yliopiston tutkimuskurssimateriaali*, 2006.
- [Nykänen, 2003] Pirkko Nykänen, *Tietojärjestelmien perusteet; Luentokalvot*, 2003.
- [Peters & Saidin, 2000] Linda Peters and Hasannudin Saidin, *IT and the mass customization of services: the challenge of implementation, International Journal of Information Management*, Volume 20, Issue 2, April 2000, Pages 103-119.
- [Piller *et al.*, 2000] Frank Piller, Ralf Reichwald, Kathrin Möslein, *Information as a Critical Success Factor for Mass Customization, Or: Why Even a Customized Shoe Not Always Fits, Proceedings of the ASAC-IFSAM 2000 Conference, Montreal, Quebec, Canada*, July 2000.

- [Piller *et al.*, 2005] Frank Piller, Petra Schubert, Michael Koch and Kathrin Möslin, *Overcoming mass confusion: Collaborative customer co-design in online communities*, *Journal of Computer-Mediated Communication* **10**, 10th Anniversary Issue of the Journal, (2005) 4.
- [Qiao *et al.*, 2002] Guixiu Qiao, Charles McLean, Frank Riddick, *General applications and methodology: General applications 2: simulation system modeling for mass customization manufacturing*, *Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers*, December 2002.
- [Riihimaa *et al.*, 2004] Jaakko Riihimaa, Mikko Ruohonen, Marko Mäkipää, *Transitions in Mass Customization Strategies – Requirements for Information Systems*, *Frontiers of e-business research 2004* **373**, 2004.
- [Schafer *et al.*, 1999] J. Ben Schafer, Joseph Konstan, John Riedi, *Recommender systems in e-commerce*, *Proceedings of the 1st ACM conference on Electronic commerce*, November 1999.
- [Svensson & Barfod, 2002] Carsten Svensson and Ari Barfod, *Limits and opportunities in mass customization for "build to order" SMEs*, *Computers in Industry*, Volume **49**, Issue **1**, September 2002, Pages 77-89.

Elektronisten tussitaulujen käytön tehostaminen

Jussi Rantala

Tiivistelmä.

Elektroniset tussitaulut ovat nykyteknologian vastaus perinteisille tauluille, joita käytetään liidun tai tussin avulla. Elektronisissa tussitauluissa yhdistyvät suuri fyysinen piirtoala ja tietokoneen avulla tapahtuva tiedonkäsittely. Suurten elektronisten taulujen käyttö eroaa monessa suhteessa merkittävästi perinteisestä, henkilökohtaisen päätteen ääressä tapahtuvasta työskentelystä. Vaikka näitä eroavaisuuksia on tutkittu paljon, elektronisten tussitaulujen käytettävyys ja tehokkuus eivät ole vielä odotetulla tasolla. Tässä tutkielmassa kartoitan, mitkä ominaispiirteet ja toteutustavat tukevat suoran vuorovaikutustekniikan mukaisten elektronisten tussitaulujen käyttöä.

Avainsanat ja -sanonnat: Elektroniset tussitaulut, interaktiiviset tussitaulut, käyttöliittymä, suora vuorovaikutus

CR-luokat: B.4.2, C.0

1. Johdanto

Elektroniset tussitaulut (electronic whiteboards) ovat laitteita, joiden avulla pystytään yhdistämään taulun tarjoama suuri fyysinen tila, sekä suoran vuorovaikutustekniikan mukaiset syötteet. Perinteinen tapa käyttää elektronisia tussitauluja on antaa syötteet koskettamalla. Tämä ei kuitenkaan ole ainoa tapa, sillä esimerkiksi PDA-laitteita ja ääni ohjausta voidaan myös käyttää. Useimmiten kuva projisoidaan kosketusherkälle taululle, josta annetut syötteet ohjataan tietokoneelle käsiteltäviksi. Kehitystyö elektronisten tussitaulujen parissa käynnistyi 1990-luvun alkupuolella. Liveboard [Elrod *et al.*, 1992] oli ensimmäinen yleisesti tunnettu elektroninen tussitaulu. Se suunniteltiin ryhmätapaamisiin, esitysten pitämiseen ja etäyhteistyöhön. Liveboardin parissa tehty tutkimus oli merkittävä ensiaskelel elektronisten tussitaulujen kehityksessä.

Elektronisten tussitaulujen käyttömahdollisuudet ovat moninaiset. Yleisimpiä käyttöskenaarioita ovat ryhmämuotoiset tapaamiset. Taulua käytetään aiheena olevan asian esittelyyn tai jäsentämiseen. Lisäksi elektronisia tussitauluja voidaan hyödyntää muun muassa opetuksessa [Chong and Sakauchi, 2000; Ovaska *et al.*, 2003], suunnittelutyössä [Damm *et al.*, 2000] tai henkilökohtaisessa tietojenkäsittelyssä [Mynatt *et al.*, 1999]. Tyypillistä näille kaikille käyttötavoille on se, että elektronisten tussitaulujen ominaispiirteet ovat niissä hyödyllisimmillään. Taulun suuri koko tarjoaa mahdollisuuden

useammankin kuin yhden henkilön samanaikaiseen työskentelyyn. Näiden *CSCW-tyyppisten* (Computer Supported Cooperative Work) laitteiden tarkoituksena on tukea yhteistoiminnallisuutta ihmisten kesken tietokoneympäristöissä. Lisäksi suora vuorovaikutustekniikka on elektronisten tussitaulujen käytössä keskeinen aspekti. Syötteet voidaan antaa suoraan koskettamalla, eikä erillisiä syötelaitteita välttämättä tarvita.

Ominaispiirteidensä vuoksi elektroniset tussitaulut vaativat perinteisiin pöytä tietokoneisiin verrattuna täysin erilaista näkökulmaa niin fyysiseen, kuin ohjelmalliseenkin toteutukseen. Tivoli [Pedersen *et al.*, 1993] on Liveboardille suunniteltu ohjelma, jonka tarkoituksena on tukea ryhmäkokousten pitoa tussitaulua käyttäen. Ensimmäisten versioiden yhteydessä tuli ilmi perustavia kysymyksiä elektronisten tussitaulujen luonteesta. Perinteisen graafisen käyttöliittymän suora siirtäminen suurelle näytölle ei osoittautunut onnistuneeksi ideaksi, sillä esimerkiksi painikkeiden käyttäminen vaati kurottelua kohti taulun kulmia. Flatland [Mynatt *et al.*, 1999] on Tivolia kevyempi sovellus, joka on tarkoitettu pitkäaikaiseen ja epämuodolliseen käyttöön esimerkiksi yksittäisessä toimistohuoneessa. Se ei sisällä erillisiä painikkeita komennoille, vaan syötteet annetaan piirtojen avulla.

Tutkin tässä työssä, millä keinoilla elektronisten tussitaulujen käytettävyyttä ja tehokkuutta on pyritty parantamaan. Tutkimusta esimerkiksi syötteiden antamisen [Igarashi *et al.*, 2000], tiedon hallinnan [Moran *et al.*, 1997] ja tussitaulujen käyttötapojen [Mynatt, 1999] parissa on tehty paljon. Kuitenkaan elektroniset taulut eivät kaikilta osin ole vastanneet niille asetettuihin odotuksiin. Laitteiden hinnat ovat laskeneet järkevälle tasolle, mutta niiden käyttö on vielä melko rajattua. Kartoitan, mitkä vuorovaikutustavat ja käyttöliittymäratkaisut tukevat elektronisten tussitaulujen tehokasta käyttöä. Keskityn erityisesti suoran vuorovaikutustekniikan mukaisiin sovelluksiin, joissa syötteet välitetään taulua koskettamalla. Käyn läpi aikaisemmissa tutkimuksissa ehdotettuja ratkaisuja ja jäsenän niiden perusteella näkemyksen elektronisten tussitaulujen suositeltavista ominaisuuksista.

2. Uuden teknologian taulut ja tutkimuksen suunnat

Perinteisten liitu- ja tussikäyttöisten taulujen korvaajiksi on olemassa monia eri laitteita. Kosketusnäytöt toimivat samalla periaatteella useiden elektronisten tussitaulujen kanssa, sillä syötteet annetaan suoraan näyttöä koskettamalla. Kosketusnäytöt perustuvat kuitenkin eri tekniikkaan, sillä muutoin normaalin näytön pinnassa on kosketuksen tunnistava kerros. Elektronisista tussitauluista valtaosa taas käyttää projisointia kuvan välittämiseksi. Elektronisille

tussitauluille ei löydy yhtä ainoaa määritelmää, sillä raja esimerkiksi kosketusnäyttöihin verrattaessa voi olla melko häilyvä.

Ensimmäisistä elektronisista tussitauluista Liveboard [Elrod *et al.*, 1992] perustuu läpinäkyvälle LCD-taululle takaa projisoitavaan kuvaan. Kynälaitteen paikannus tapahtuu optisen säteilyn avulla. SMARTBoard [Smarttech, 2006] on 1990-luvun lopulla kehitetty kaupallinen tussitaululaite, johon kuva pääsääntöisesti välitetään projisoimalla. Syötteet tunnistetaan kosketusherkän taulupinnan avulla. SMARTBoard-malleista löytyy myös versio, joka voidaan kytkeä litteän näytön päälle tussitaulutoiminnallisuuden mahdollistamiseksi. Liveboard ja SMARTBoard vaativat erillisen taulupinnan, jolle kuva projisoidaan. Perinteisin vaihtoehto on projisointi videotykin avulla taulun etupuolelta. Tämä tapa on usein halvin, mutta sen haittapuolena ovat varjot, jotka syntyvät käyttäjän liikkua taulun edessä. Ongelman ratkaisuksi on esitetty sivuilta tapahtuvaa projisointia [Summet *et al.*, 2005].

eBeam [eBeam, 2006] tarvitsee projektorin lisäksi ainoastaan tasaisen pinnan, jolle kuva heijastetaan. Seinälle kiinnitettävän eBeam-vastaanottimen avulla stylus-kynä paikannetaan ja syötteet lähetetään käsiteltäviksi tietokoneelle. Tämän ratkaisun etuna on luonnollisesti helppo asennettavuus erilaisiin ympäristöihin. Interactive Mural [Guimbretièrre *et al.*, 2001] on korkearesoluutioinen interaktiivinen seinä, jonka kokonaiskuva koostuu useiden projektorien heijastamista kuvan osista. Interactive Mural on osa laajempaa järjestelmää, johon kuuluu muun muassa useita suuria näyttöjä, PDA-laitteita ja kannettavia tietokoneita. Suurempien järjestelmien yhteydessä tulee esiin uusia käytettävyyden näkökohtia, kuten tiedon siirtäminen eri näyttöjen välillä. PDA-laitteita voidaan käyttää myös yksittäisen taulun hallinnassa [Rekimoto, 1998].

Suurempien kokous- tai työhuoneiden yhteydessä käytetään monesti useita elektronisia tussitauluja. Tämän tutkielman puitteissa keskityn yksittäisiin tussitauluihin, jotka eivät ole yhteydessä muihin tauluihin. En vertaile edellä esiteltyä tarkemmin erilaisten tussitaulujen teknisiä puolia, vaan tutkin ohjelmallisten toteutusten vaikutusta käyttöön.

3. Syötteiden antaminen

Elektronisia tussitauluja käytettäessä saatavilla ei (yleensä) ole perinteisiä syöttölaitteita, kuten hiirtä tai näppäimistöä. Tussitaulut ovat tyyppiesimerkkejä suoran vuorovaikutustekniikan mahdollisuuksista, missä syötteet annetaan suoraan kohdetta manipuloimalla. Liveboardia testattaessa huomattiin suuri eroavaisuus hiiren ja kynän käytön välillä [Elrod *et al.*, 1992]. Ihmiset käyttivät mielellään kynää piirtämiseen, mutta pitivät siihen

sijoitettuja, hiirestä tuttuja painikkeita epäkäytännöllisinä. Lisäksi huomattiin, että hiirellä heikosti toimivat luonnolliset syötteen, kuten pyyhkäisy, saattaisivat olla kynää käytettäessä hyödyllisiä. Vertailen seuraavaksi erilaisia lähestymistapoja syötteiden ja komentojen antamiseksi elektronisille tussitauluille.

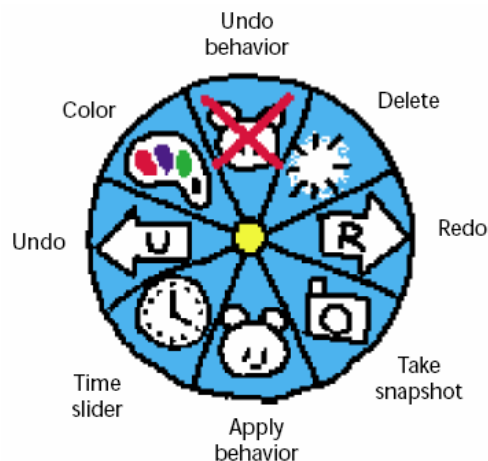
3.1. Painikkeet ja eleet

Tivolissa [Pedersen *et al.*, 1993] käytetään komentojen antamiseen perinteisen GUI-käyttöliittymän ja *eleiden* (gestures) yhdistelmää. Eleillä tarkoitetaan kynällä tehtäviä piirtoja, jotka tulkitaan komennoiksi. Tivolista on kehitetty monta eri versiota, joista ensimmäisessä (versio 1.0) eleitä ei ollut käytössä. Esimerkkitapauksessa Tivolin käyttäjä siirtyy taululle ja kirjoittaa haluamansa tekstin vapaasti omaa käsialaansa käyttäen. Tämän jälkeen hän huomaa tehneensä kirjoitusvirheen tai haluaa muuten korjata tekstiä. Käyttäjä napauttaa taulun alareunasta pyyhi-painiketta, jonka jälkeen kursori muuttuu pyyhekumiksi. Pyyhittyään haluamansa osan tekstistä pois, napauttaa käyttäjä piirrä-painiketta ja jatkaa kirjoittamista.

Ensimmäisten testien perusteella havaittiin tarve eleille. Tussitaulu on fyysiseltä kooltaan suuri, jolloin sen reunoille sijoitettujen painikkeiden toistuva käyttäminen on hankalaa. Mahdollisimman suuri osa toiminnallisuudesta pitäisi olla käytettävissä suoraan kynällä, eli ilman erillistä kurottelua komentojen suorittamiseksi. Tivolin parannellussa versiossa on toteutettu joitakin eleitä. Poistaminen tapahtuu piirtämällä ympyrä tai muu suljettu kuvio objektin ympärille, painamalla valitse-painiketta ja piirtämällä poistoa vastaava ele. Heikkoutena tässäkin Tivolin versiossa on se, että painikkeita tulee yhä käyttää eleiden tukena.

3.2. Eleet ja piirakkavalikko

Flatland [Mynatt *et al.*, 1999; Igarashi *et al.*, 1999] on tarkoitettu epämuodollisempaan ja yksinkertaisempaan työskentelyyn kuin Tivoli. Flatland pyrkii toteuttamaan perinteisen tussitaulumetaforan, jossa näkyvillä on ainoastaan valkoinen taulu. Tähän käyttötarkoitukseen sopii Flatlandin valitsema tapa syötteiden ja komentojen antamiseen, sillä kaikki tapahtuu vapaalla kädellä tehtävien piirtojen avulla. Jatkuvasti näkyvillä olevia käyttöliittymäelementtejä, kuten esimerkiksi valikoita tai painikkeita, ei ole käytössä. Komentojen antaminen Flatlandissa tapahtuu eleiden ja erityisen piirakkavalikon avulla (kuva 1).



Kuva 1. Flatlandissa käytettävä piirakkavalikko. [Mynatt *et al.*, 2000]

Flatlandia käytetään kynällä, jossa on kaksi tilaa. Ensimmäisen ollessa päällä syötteet tulkitaan piirroiksi. Toista tilaa käytetään painamalla kynään sijoitettu painike pohjaan, jolloin piirrot tulkitaan eleiksi. Taululla olevaa materiaalia voidaan esimerkiksi siirtää pitämällä painiketta pohjassa, valitsemalla haluttu objekti, ja liikuttamalla kynää uuteen paikkaan. Pitämällä painiketta pohjassa ja napauttamalla kerran taulua kynällä, ponnahtaa esiin ympyrän muotoinen piirakkavalikko. Valikosta löytyvät toiminnot muun muassa komennon kumoamiselle ja värin vaihdolle. Lisäksi kun käyttäjä on opetellut piirakkavalikon komentojen sijainnit, voi hän suorittaa niitä ilman valikon näyttämistä pitämällä painiketta pohjassa ja liikuttamalla kynää kuviteltua piirakan sektoria kohti. Tämä tehostaa käyttöä huomattavasti.

Mielestäni Flatlandin vahvuutena syötteiden ja komentojen antamisessa on eleiden tehokas käyttö. Kaikki toiminnot voidaan suorittaa pelkkiä kynän piirtoja käyttäen. Eleiden käyttöä kohtaan on kuitenkin osoitettu myös kritiikkiä. Väärä tunnistus tai eleen unohtaminen voivat aiheuttaa keskeytyksiä käytössä ja lisätä pelkoa eleiden käyttöä kohtaan [Nakagawa *et al.*, 1999].

3.3. Eleet ilman kynää

Barehands [Ringel *et al.*, 2001] on vuorovaikutustekniikka, jonka avulla käyttäjä pystyy käden asentoa muuttamalla antamaan erilaisia komentoja elektroniselle tussitaululle. SMARTBoardiin yhdistetyn, infrapunatunnistuksella toimivan kameran avulla voidaan rekisteröidä käden asento. Jokainen asento vastaa tiettyä käyttäjän määrittelemää toimintoa. Barehands pystyy tunnistamaan yhden tai kaksi sormeaa, pysty- tai vaaka-asentoisen käden, tai kämmenen. Toimintojen määrittelemiseksi on erillinen ohjelma, jonka avulla eri asennot voidaan kiinnittää haluttuihin komentoihin. Valittavissa olevat komennot ovat

hiiren painikkeet, SMARTBoardin omien ohjelmien toiminnot ja Windowsin standardit oikotiekomennot.

Barehands ei tunnista rajatonta määrää käden asentoja, mutta idealtaan pidän tekniikkaa varsin mielenkiintoisena. Käyttäjän ei tarvitse kurotella tai kävellä taulun reunaan painaakseen painiketta. Lisäksi erillistä fyysistä osoitinlaitetta ei tarvita, vaan pelkän käden avulla voidaan suorittaa useita komentoja. Tämä on hyvä kehityssuunta, sillä mitä luonnollisemmin keinoin vuorovaikutus elektronisten taulujen kanssa tapahtuu, sitä helpompaa ja tehokkaampaa se on käyttäjälle. Vastaavien tunnistustekniikoiden kehittyessä olisi mahdollista määritellä intuitiivisempia käden asentoja komennoille. Käyttäjä voisi esimerkiksi siirtää haluttua kohdetta taululla yhdistämällä peukalon sekä etusormen ja näin ikään kuin ”poimia” sen sormiensa väliin.

4. Syötteiden käsittely ja tunnistaminen

Syötteiden antaminen elektroniselle tussitaululle on helppoa. Pieni lapsikin voi piirrellä haluamiaan kuvioita taululle. Vapaan käden avulla piirrettäessä tai kirjoitettaessa annettujen syötteiden jälki taululla ei kuitenkaan aina vastaa käyttäjän toiveita. Kirjaimet voivat näyttää suttuisilta tai piirretystä ympyrästä ei tulekaan pyöreää. Nämä ovat elektronisille tussitauluille kovin ominaisia piirteitä, joiden ratkaisemiseksi on olemassa lukuisia ehdotuksia. Syötteiden käsittelyyn on kehitetty ohjelmia, joiden avulla annettu tieto pyritään tunnistamaan. Tunnistusta käyttäen syötettä voidaan täydentää tai sen visuaalista esitystä parantaa. Lisäksi tunnistettua tietoa voidaan käsitellä bittimuodossa esimerkiksi laskutoimituksissa.

4.1. Tekstintunnistus

Tekstintunnistusta on käytetty useissa elektronisten tussitaulujen ohjelmistoissa. Calligrapher-tekstintunnistusohjelma [PhatWare, 2006] on sovellus, jota on hyödynnetty esimerkiksi Interactive Muralissa [Guimbretière *et al.*, 2001]. Aina kun käyttäjä lopettaa kirjoittamisen nostamalla sormen tai kynän taulun pinnalta, teksti lähetetään ohjelmalle tunnistettavaksi. Vapaalla kädellä kirjoitettua tekstiä ei automaattisesti korvata tunnistetulla versiolla, vaan se näytetään erikseen taulun alareunassa. Tämän jälkeen käyttäjä voi valita, hyödynnetäänkö tunnistettua tekstiä. Calligrapherissa käytetään ei-tekstimuotoisten syötteiden ohittamiseksi heuristiikoita, jotka asettavat tunnistuksen pois päältä, mikäli piirron muoto ei vastaa mitään kirjainta tai numeroa. Näin vältetään turhien tunnistuspyyntöjen lähettäminen ja käsittely. Tekstintunnistuksen haittapuolena ovat väistämättömät virheet [Mynatt *et al.*,

1999]. Kun tunnistus toimii virheellisesti, vaaditaan käyttäjältä toimenpiteitä tilanteen korjaamiseksi.

4.2. Tunnistus geometrinen kuvioiden piirrossa

Kun käyttäjä piirtää vapaalla kädellä elektroniselle tussitaululle, suorasta viivasta harvoin todella tulee suora. Pegasus [Igarashi *et al.*, 1997] on piirto-ohjelma, joka on tarkoitettu geometrinen kuvioiden helppoon piirtämiseen. *Interaktiivinen kaunistaminen* (interactive beautification) on menetelmä, jonka avulla vapaalla kädellä piirretystä suorasta saadaan todella luotua suora. Pegasus laskee annetun syötteen perusteella suunnan, johon tarkka suora ohjelmallisesti piirretään. Lisäksi Pegasus ottaa huomioon mahdolliset edeltävät tai viereiset suorat, jolloin se voi ehdottaa esimerkiksi suoran kulman muodostavan suoran piirtämistä. Ohjelma antaa useita suoravaihtoehtoja, joista käyttäjä voi valita haluamansa. Suorien esitysmuodon tarkentamisen ohella Pegasus pyrkii ennustamaan käyttäjän piirroksia. Jos edellisissä syötteissä on jokin symmetrinen piirre, annetaan sen perusteella laskettuja ehdotuksia uuden suoran piirtämiseksi.

4.3. Tunnistus CASE-työkaluissa

Syötteiden tunnistusta voidaan hyödyntää myös jossain tietyssä aihepiirissä. Tällöin tunnistettavien kuvioiden määrä on mahdollisesti rajattu, jolloin tunnistus toimii tehokkaammin ja varmemmin. CASE-työkalut Knight [Damm *et al.*, 2000] ja SUMLOW [Chen *et al.*, 2003] on tarkoitettu UML-kaavioiden piirtämiseen elektronisen tussitaulun avustuksella. Molemmat hyödyntävät syötteiden tunnistusta. Knight tunnistaa annetun syötteen heti, kun käyttäjä nostaa kynän taulun pinnasta. Esimerkiksi nelikulmion hahmottelu tulkitaan ohjelmallisesti luokaksi, ja se piirretään näkyviin käyttäjän syötteen tilalle. SUMLOW käyttää kahta erillistä näkymää, joista toinen on hahmotelluille ja toinen formalisoiduille kaavioille. Käyttäjän piirtäessä esimerkiksi sekvenssikaaviota vapaalla kädellä, annetut syötteet tunnistetaan ja muutetaan tarkempaan muotoon taustaprosessina. Käyttäjä voi vapaasti vaihdella kahden näkymän välillä. Tehty muutos heijastuu välittömästi toiseenkin näkymään. Knight ja SUMLOW molemmat tukevat valmiiden kaavioiden esitystä XML-muodossa. Kaaviot voidaan tallentaa ja siirtää käsiteltäviksi muihin ympäristöihin. Tunnistuksen hyödyllisyys tulee esiin juuri tässä, sillä vapaalla kädellä piirrettyjen kaavioiden yhteensovittaminen muiden ohjelmien kanssa olisi liki mahdotonta.

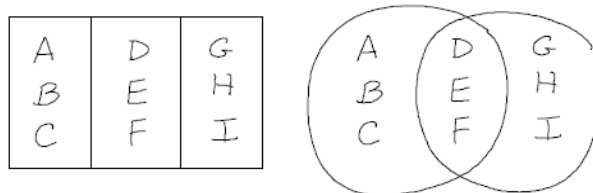
5. Tiedon järjestäminen

Elektroniset tussitaulut mahdollistavat perinteisiin tauluihin verrattuna tehokkaan tavan järjestää ja hallita tietoa. Liitutaululla tiedon siirtäminen täytyy suorittaa pyyhkimällä edellinen kirjoitus tai piirros pois, ja kirjoittamalla se uudelleen haluttuun paikkaan. Elektronisten taulujen avulla tietoa voidaan käsitellä joustavammin. Materiaalin siirtämiseksi ei tarvita erillisiä poisto-operaatioita, vaan halutut objektit voidaan vain raahata toiseen kohtaan. Toisaalta elektronisten tussitaulujen tulee osata tulkita käyttäjien luonnollisten piirtojen tarkoitus. Ympyrän piirtäminen taululla olevan materiaalin ympärille tarkoittaa materiaalin kuulumista samaan ryhmään. Intuiitiivinen ja tehokas tekniikka tiedon järjestämiseen on tussitaulun käytettävyyden kannalta olennainen asia. Käyn seuraavaksi läpi kaksi tapaa hallita tietoa taululla.

5.1. Käyttäjän määrittelemät rajat

Tivolin periaatteena on jakaa tussitaulun ala visuaalisesti määriteltäviin alueisiin, joihin voidaan tämän jälkeen kohdistaa haluttuja operaatioita [Moran *et al.*, 1997]. Tivolissa ei ole erillistä elettä tai komentoa rajojen määrittelyyn. Käyttäjän normaalisti tekemät piirrot, esimerkiksi suorat, nelikulmiot tai ympyrät, määrittelevät alueen. Näiden tavallisten työkalujen avulla piirrettävät rajat voidaan jakaa kahteen kategoriaan; pysty- tai vaakasuoriin viivoihin ja sulkeuman määritteleviin piirtoihin, kuten neliöt tai ympyrät.

Koko taulun levyiset tai korkuiset viivat ovat tehokas keino jakaa materiaalia. Taulun vasempaan reunaan voidaan esimerkiksi rajata pystysuora kaistale, johon on kirjoitettu listamuotoisesti tekstiä. Koska tämä alue on nyt rajattu, voidaan siihen kohdistaa lajitteluoperaatio, joka järjestää tekstit aakkosjärjestykseen. Sulkeumien käyttö on viivojen piirtämiseen verrattuna helpompaa, sillä käyttäjä voi vapaalla kädellä rajata juuri sen kokoisen alueen kuin tarvitsee. Kuvan 2 esimerkissä on nelikulmioin ja ympyröin rajattu objekteja. Käyttäjän valitessa objektin E, on aktiivinen alue silloin sitä ympäröivä nelikulmio tai ovaali. Annettava operaatio kohdistuu nyt tämän alueen sisällä oleviin objekteihin.



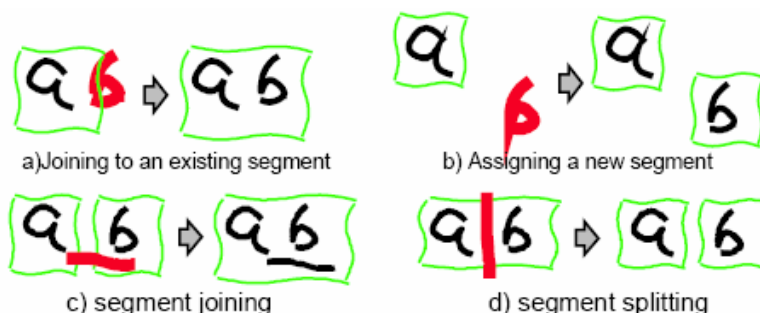
Kuva 2. Tivolissa ryhmittelyyn käytettäviä alueita. [Moran *et al.*, 1997]

Tivoli sisältää lukuisia eri operaatioita rajattujen alueiden ryhmittelyyn ja muokkaamiseen. Viivoin rajatulle alueelle voidaan raahata uutta materiaalia, jolloin alueen koko suhteutetaan uuden materiaalin vaatiman tilan mukaan. Ympyrän muotoinen alue voidaan taas esimerkiksi jakaa kahdeksi erilliseksi alueeksi piirtämällä edestakainen viiva alueen lävitse. Samoin kaksi aluetta voidaan yhdistää yhdeksi piirtämällä niiden välille sulkeuma, joka koskettaa kumpaakin aikaisempaa aluetta.

Tivolissa tiedon hallinnan keskeisenä osana ovat siis käyttäjän rajaamat alueet, joihin järjestämis- tai muokkausoperaatiot voidaan kohdistaa. Itse pidän tätä tapaa käyttäjäystävällisenä, sillä se mahdollistaa joustavan keinon määrittellä juuri halutun kokoisen alueen.

5.2. Automaattiset lohkot

Flatland käyttää materiaalin järjestämiseen automaattisesti luotavia *lohkoja* (segments) [Mynatt *et al.*, 1999]. Monet elektronisten tussitaulujen käyttäjät jakavat taulun tilan eri tehtäville. Yläreunassa voi esimerkiksi olla tehtävälästä viikolle, toisessa reunassa sekalaisia muistiinpanoja, ja keskellä osio suunnitelmien tekemiselle. Flatlandissa pyritään tukemaan tätä luonnollista jakoa. Käyttäjän ei tarvitse etukäteen suunnitella organisointia, vaan se tapahtuu automaattisesti käytön yhteydessä. Kun käyttäjä antaa uuden syötteä, tutkitaan ohjelmallisesti, mihin lohkoon syöte tulisi sijoittaa. Lohkot ilmaistaan käsin piirretyn näköisillä nelikulmioilla. Mikäli syötettä ei anneta jo olemassa olevan lohkon sisään, tai tarpeeksi lähelle sitä (kuva 3a), luodaan uusi lohko (kuva 3b). Flatlandissa on lisäksi eleitä, joiden avulla lohkoja voidaan käsitellä. Yhdistäminen tapahtuu piirtämällä kahden olemassa olevan lohkon välille viiva (kuva 3c), ja erottaminen taas piirtämällä lohkon halki pystyviiva (kuva 3d).



Kuva 3. Lohkoille suoritettavia operaatioita. [Igarashi *et al.*, 2000]

Flatlandissa viimeksi käsitelty lohko on aktiivinen. Jotta käyttäjä erottaisi tämän muista, on aktiivisen lohkon koko muita suurempi, ja sen reunojen väri on kirkkaampi. Lohkoja ei voi sijoittaa toistensa päälle. Raahattaessa jotain

lohkoa toista kohti, eteen jäävää lohkoa siirretään alta pois. Flatlandin käytön yhteydessä kokeiltiin vaihtoehtoa, jossa lohkojen reunoja ei näytetty lainkaan. Koska lohkojen reunat kuitenkin antavat tietoa taulun tilasta ja ohjaavat annettavia syötteitä, päätettiin reunat pitää jatkuvasti näkyvissä.

Flatlandin vahvuutena, ja toisaalta myös mahdollisena heikkoutena, näkisin materiaalin dynaamisen järjestämisen. Mikäli käyttäjä kokee automaattisesti luotavat lohkot hyödyllisiksi, ovat ne mitä mainioin tapa järjestää materiaalia. Toisaalta jotkut käyttäjät haluaisivat varmasti mieluummin määritellä itse lohkoihin järjestettävät syötteet. Tällöin automaattinen lohkojen käyttö voi tuntua ahdistavalta ja työskentelyä rajoittavalta.

6. Virtuaalisen tilan hallinta

Elektroniset tussitaulut mahdollistavat käytännössä äärettömän työskentelytilan. Kun näkyvä tila täyttyy, voidaan sen hetkinen materiaali tallentaa tai siirtää sivuun, ja jatkaa työskentelyä tyhjällä taululla. Perinteisiin tauluihin verrattuna kolmiulotteisuus tuo uusia mahdollisuuksia tilan käyttöön. On mahdollista käsitellä päällekkäin olevaa tietoa. Vaikka mahdollisuudet ovat suuret, tilanne ei kuitenkaan ole kovin yksinkertainen. Helppokäyttöisiä, mutta silti tehokkaita tapoja virtuaalisen tilan hallintaan on olemassa rajoitetusti. Seuraavaksi vertailen ehdotettuja vaihtoehtoja piirtotilan hallintaan.

6.1. Zoomaaminen

Pad++ [Bederson and Hollan, 1994] on varsinaisesti visualisointiohjelma, mutta idea sen käytöstä elektronisten tussitaulujen hallinnassa on tullut ilmi useasti. Pad++ on luotu vaihtoehdoksi perinteisille ikkunoille ja ikoneille. Se perustuu periaatteessa äärettömään zoomausmahdollisuuteen, jonka avulla käyttäjä pystyy valitsemaan haluamansa työskentelykohdan. Vaihtaakseen tyhjään työskentelyalueeseen, tarvitsee käyttäjän vain muuttaa käsiteltävää aluetta joko siirtymällä samalla tasolla eri kohtaan, tai zoomaamalla eri tarkkuustasolle. Nopean yleissilmäyksen sisällöstä saa zoomaamalla kauemmas.

Näkisin Pad++:n esittelemän toiminnallisuuden käyttämisen elektronisen tussitaulun kanssa olevan hyvinkin mahdollista. Tarkkuustason muuttaminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi eleiden avulla. Käyttäjän kannalta zoomaamiseen perustuva hallintatekniikka saattaisi aluksi tuntua oudolta, mutta käytön yhteydessä tehokkuus varmasti paranisi. Yksi ongelma zoomattavien tilojen hallinnassa olisi monen käyttäjän työskentely, sillä navigointi usealla tasolla samanaikaisesti olisi haastavaa [Moran *et al.*, 1997]. Lisäksi vapaasti zoomattavassa tilassa kokonaisuuksien hallinta ei olisi

helppoa. Käyttäjälle saattaisi olla vaikeaa esimerkiksi luoda yhteyksiä asioiden välille tai siirtää materiaalia halutuille paikoille.

6.2. Kerroksisuus

Elektronisten tussitaulujen tilan hallintaan on ehdotettu läpikuultavia kerroksia, ikään kuin ohuita papereita päällekkäin aseteltuina [Kramer, 1994]. Alimpana oleva materiaali häipyä lopulta näkyvistä, kun päälle asetetaan tarpeeksi monta uutta kerrosta. Tätä ideaa on hyödynnetty käytännössä arkkitehtien työssä, missä pöydälle asetellaan useita läpinäkyviä papereita. Ohjelmalliseen kerrosten hallintaan Kramer esittelee useita keinoja. Uuden kerroksen ei esimerkiksi tarvitse kattaa koko alaa, vaan yksittäiseen kohtaan voidaan sijoittaa useita kerroksia. Kerrosten järjestystä voidaan lisäksi muuttaa tarpeen tullen nopeasti. Kerroksisuuteen perustuvissa järjestelmissä on usein haastavaa tiedon tarkka paikantaminen. Kerrosten määrän kasvaessa ei välttämättä ole selvää, millä tasolla näkyvä materiaali sijaitsee.

Elektronisiin tussitauluihin sovellettuna kerroksinen työala olisi hyödyllisimmillään juuri suunnittelytyössä. Perinteisten arkkitehtuurisovellusten lisäksi esimerkiksi UML-kaavioiden piirtämiseen se toisi lisämahdollisuuksia, sillä luokkakaavion päälle voitaisiin hahmotella erilaisia, tarkennuksia sisältäviä vaihtoehtoja. Kerroksisen tilanhallinnan käytettävyys muissa käyttötarkoituksissa, kuten yksinkertaisen tiedon jäsentämisessä tai muistiinpanojen teossa, tuskin olisi kovin hyvää tasoa.

6.3. Käännettävä taulu -metafora

Flatland [Mynatt *et al.*, 1999] käyttää virtuaalisen tilan hallintaan käännettävä taulu -metaforaa. Monissa perinteisissä tussi- ja liitutauluissa on kaksi puolta, joille voidaan kirjoittaa. Flatlandin yhteydessä kaksipuolisuus on viety elektronisesti pidemmälle, sillä käyttäjä voi "kääntää" taulua loputtomasti uutta tilaa saadakseen. Tutkimuksessa [Mynatt, 1999] potentiaaliset elektronisten tussitaulujen käyttäjät ilmaisivat pelkonsa siitä, että tilan kasvaessa he hukkaavat materiaalinsa, eivätkä enää saa paikannettua sitä taululta. Flatlandin suunnittelussa päädyttiin taulun kääntämiseen, missä materiaali on aina löydettävissä kääntämällä taulu tarpeeksi useasti takaisin päin.

Flatlandin käännettävä taulu -metafora on intuitiivinen ja näin käyttäjille helposti omaksuttava. Käytännössä kääntäminen tapahtuu tekemällä taulun vasempaan tai oikeaan reunaan kohdistuva raahaamiseksi. Mittakaavaa ei pysty muuttamaan esimerkiksi zoomaamalla, joka saattaisi aiheuttaa vaikeuksia tiedon etsinnässä. Lisäksi puhtaan taulutilan saaminen on nopeaa, sillä yksi ele riittää.

7. Yhteenveto

Elektroninen tussitaulu on mainio apuväline monenlaisessa työskentelyssä. Opetus, kokousten pito ja suunnittelutyö ovat hyviä esimerkkejä elektronisten tussitaulujen sovellusalueista. Jotta näissä tilanteissa taulun käytöstä saataisiin kaikki mahdollinen hyöty irti, tulee paitsi taulun fyysisen, myös sen ohjelmallisen toteutuksen olla hyvällä tasolla. Käytettävyydeltään huono tai vaikeaselkoinen ympäristö ei mahdollista tehokasta työskentelyä elektronisen tussitaulun avulla.

Olen tässä työssä käynyt läpi erilaisia näkökulmia suoran vuorovaikutustekniikan mukaisten elektronisten tussitaulujen käyttöön liittyen. Tuloksena olen todennut, että syötteiden antamisen sujuvuus on ensisijaisen tärkeä elementti taulujen miellyttävässä käytössä. Eleet ovat perinteiseen GUI-käyttöliittymään verrattuna luonnollisempi ja nopeampi tapa antaa syötteitä. Erillisten kynälaitteiden avulla mahdollistetaan niihin sijoitettujen painikkeiden hyödyntäminen, mutta pelkän käden käyttö olisi monissa tilanteissa tavoiteltavin syötteidenantotapa. Tunnistus syötteiden antamisen yhteydessä tuo lisämahdollisuuksia tiedon visualisointiin ja hyödyntämiseen muissa ympäristöissä. Tunnistuksen tulee kuitenkin olla käyttäjän hyväksymää ja ohjaamaa. Elektronisella tussitaululla tapahtuvaan materiaalin järjestämiseen on oltava olemassa sujuva tekniikka. Alueiden käyttö on perinteisiltä tauluilta hyväksi todettu käytäntö, ja sen soveltaminen elektronisesti takaa käyttäjille tutun toimintaympäristön. Virtuaalisen tilan hallinnassa on myös pidettävä huoli siitä, ettei käyttäjä tunne eksyvänsä tai olevansa kykenemätön hallitsemaan materiaalia taululla. Monimutkaisemmat tekniikat takaavat enemmän mahdollisuuksia tilan hyödyntämiseen, mutta ovat alttiimpia käyttäjien virheille ja sekaannuksille.

Tämän tutkimuksen puitteissa en ole käsitellyt suoran vuorovaikutustekniikan lisäksi muita tapoja kommunikoida elektronisten tussitaulujen kanssa. Yhä useammin hyödynnetään samanaikaisesti montaa tussitaulua, ja tällöin toiminnan ohjaamisessa voidaan käyttää kädessä pidettävää PDA-laitetta. Tämä on tulevaisuudessa varmasti yksi kehityssuunta elektronisten tussitaulujen tutkimuksessa. Vaikka suoran vuorovaikutuksen käyttö on yleisin ja tutkituin tapa ohjata elektronisia tussitauluja, on työtä tämänkin tekniikan kehittämisessä edelleen jäljellä. Elektronisen tussitaulun käyttö kynän avulla ei ole ainakaan vielä yhtä intuitiivista ja helppoa, kuin perinteisen tussikäyttöisen taulun.

Viiteluettelo

- [Bederson and Hollan, 1994] Benjamin B. Pederson and James D. Hollan, Pad++: a zooming graphical interface for exploring alternate interface physics. *Proceedings of the 7th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 1994, ACM Press, 17-26.
- [Chen *et al.*, 2003] Qi Chen, John Grundy, and John Hosking, An e-whiteboard application to support early design-stage sketching of UML diagrams. *Proceedings of 2003 IEEE Human-Centric Computing Conference*, 2003, IEEE Computer Society Press, 219-226.
- [Chong and Sakauchi, 2000] Ng S. T. Chong and Masao Sakauchi, Back to the basics: a first class chalkboard and more. *Proceedings of the 2000 ACM symposium on Applied computing*, 1, 2000, ACM Press, 131-136.
- [Damm *et al.*, 2000] Christian H. Damm, Klaus M. Hansen, Michael Thomsen, and Michael Tyrsted, Creative object-oriented modelling: support for intuition, flexibility, and collaboration in CASE tools. *Proceedings of the 14th European Conference on Object-Oriented Programming*, 2000, Springer-Verlag, 27-43.
- [eBeam, 2006] eBeam-laitteen kotisivut. <http://www.e-beam.com/> (29.3.2006).
- [Elrod *et al.*, 1992] Scott Elrod, Richard Bruce, Rich Gold, David Goldberg, Frank Halasz, William Janssen, David Lee, Kim McCall, Elin Pedersen, Ken Pier, John Tang, and Brent Welch, Liveboard: a large interactive display supporting group meetings, presentations, and remote collaboration. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1992, ACM Press, 599-607.
- [Guimbretière *et al.*, 2001] François Guimbretière, Maureen Stone, and Terry Winograd, Fluid interaction with high-resolution wall-size displays. *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 2001, ACM Press, 21-30.
- [Igarashi *et al.*, 1997] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Sachiko Kawachiya, and Hidehiko Tanaka, Interactive beautification: a technique for rapid geometric design. *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 1997, ACM Press, 105-114.
- [Igarashi *et al.*, 1999] Takeo Igarashi, Elizabeth D. Mynatt, W. Keith Edwards, and Anthony LaMarca, Demonstrating flatland user interfaces. *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 1999, ACM Press, 27-28.
- [Igarashi *et al.*, 2000] Takeo Igarashi, W. Keith Edwards, Anthony LaMarca, and Elizabeth D. Mynatt, An architecture for pen-based interaction on

- electronic whiteboards. *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, 2000, ACM Press, 68-75.
- [Kramer, 1994] Axel Kramer, Translucent patches—dissolving windows. *Proceedings of the 7th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 1994, ACM Press, 121-130.
- [Moran *et al.*, 1997] Thomas P. Moran, Patrick Chiu, and William van Melle, Pen-based interaction techniques for organizing material on an electronic whiteboard. *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 1997, ACM Press, 45-54.
- [Mynatt, 1999] Elizabeth D. Mynatt, "The Writing on the Wall". *Proceedings of INTERACT '99*, 1999, IOS Press, 196-204.
- [Mynatt *et al.*, 1999] Elizabeth D. Mynatt, Takeo Igarashi, W. Keith Edwards, and Anthony LaMarca, Flatland: new dimensions in office whiteboards. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, 1999, ACM Press, 346-353.
- [Mynatt *et al.*, 2000] Elizabeth D. Mynatt, Takeo Igarashi, W. Keith Edwards, and Anthony LaMarca, Designing an augmented writing surface. *IEEE Computer Graphics and Applications*, **20** (4), 2000, IEEE Computer Society Press, 55-61.
- [Nakagawa *et al.*, 1999] Masaki Nakagawa, Koichiro Hotta, Hirokazu Bandou, Tsuyoshi Oguni, Naoki Kato, and Shin-ichi Sawada, A revised human interface and educational applications on ideaboard. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1999, ACM Press, 15-16.
- [Ovaska *et al.*, 2003] Saira Ovaska, Pentti Hietala, and Marjatta Kangassalo, Electronic whiteboard in kindergarten: opportunities and requirements. *Proceeding of the 2003 conference on Interaction design and children*, 2003, ACM Press, 15-22.
- [Pedersen *et al.*, 1993] Elin Rønby Pedersen, Kim McCall, Thomas P. Moran, and Frank G. Halasz, Tivoli: an electronic whiteboard for informal workgroup meetings. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1993, ACM Press, 391-398.
- [PhatWare, 2006] Calligrapher-tekstintunnistusohjelma kotisivut. <http://www.phatware.com/calligrapher/index.html> (30.3.2006).
- [Rekimoto, 1998] Jun Rekimoto, A multiple device approach for supporting whiteboard-based interactions. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1998, ACM Press / Addison-Wesley Publishing Co., 344-351.
- [Ringel *et al.*, 2001] Meredith Ringel, Henry Berg, Yuhui Jin, and Terry Winograd, Barehands: implement-free interaction with a wall-mounted

display. *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 2001, ACM Press, 367-368.

[Smarttech, 2006] Smart Technologiesin SMARTBoard-laitteiden kotisivut. <http://www.smarttech.com/> (29.3.2006).

[Summet *et al*, 2005] Jay Summet, Gregory D. Abowd, Gregory M. Corso, and James M. Rehg, Virtual rear projection: do shadows matter? *CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 2005, ACM Press, 1997-2000.

Organisaation tietomalli tietovarastointiprosessissa

Tommi Rantanen

Tiivistelmä

Tietovaraston avulla yritysmaailmassa tehdään liiketoimintapäätöksiä, jotka perustuvat yrityksen tietojärjestelmien sisältämään informaatioon. Tutkielma yrittää selvittää erästä tietovarastoihin liittyvää ongelmaa: organisaation laajuisten tietomallien merkitystä tietovarastoinnille. Tietovarastoinnissa prosessit ja mallit ovat merkittävässä roolissa, jotta suuria projekteja voidaan hallita. Tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että yrityksissä ei toistaiseksi ole oivallettu tietovaraston keskeistä asemaa yrityksen tietoarkkitehtuurissa.

Avainsanat ja -sanonnat: Tietovarastointi, tietomallit, yrityksen tietomalli.

CR-luokat: H.2.1, D.2.10, I.6.5

1. Johdanto

Tietovarastoinnin idean juuret ulottuvat kauas tietotekniseen historiaan. Liiketoiminnan päätöksenteon tueksi on käytetty tietotekniikkaa jo hyvin varhain, kun ymmärrettiin, että tekniset laitteet voitiin valjastaa liiketoiminnan avuksi. 1970-luvun alussa rakennettiin ensimmäiset järjestelmät päätöksenteon tueksi (Decision Support Systems, DSS) [Turban, 1993, s. 12]. Tämä on myös alkuperäinen nimitys tietovarastoinnille. Muita nimityksiä järjestelmille on ollut useita sisältäen vivahde-eroja, jotka johtuvat erilaisista näkökulmista. Ensimmäisten päätöksenteon tukijärjestelmien jälkeen syntyivät johtajille tarkoitettut informaation hallintajärjestelmät (Executive Information Systems, EIS) [Turban, 1993, s. 394].

1990-luvun alkupuolella Bill Inmon ja Ralph Kimball loivat ideologian reaali-tietokantojen päälle muodostetusta päätöksenteontukijärjestelmästä. Tähän asti vallalla olivat olleet erilaiset suurkaneympäristöt. Tietokantoihin lisättiin dimensionaalinen kehys (On-line analytical processing, OLAP-tuki), jotta niistä saatiin sopivampia liiketoiminnan mallintamiseen ja tiedon keruuseen. Tästä eteenpäin kehitys on ollut vauhdikasta. Merkittävin muutos tietovarastoinnin kehityksessä on tapahtunut teknisestä suuntautumisesta liiketoimintaprosessien tukemiseen. Tätä kuvaa hyvin nykyinen termi *liiketoimintatiedon hallinta* (Business Intelligence, BI). Se on geneerinen termi, joka kuvaa organisaation sisäisen ja ulkoisen informaation vaikutusta ja etua parempiin liiketoimintapäätöksiin [Hannula and Pirttimäki, 2004]. Tämän sateenvarjotermin alle sijoittuu tällä hetkellä monen eri alueen tietoteknistä kehitystä. Skaala ulottuu tie-

don ja prosessien integroinnista tietovarastoinnin kautta raportointiin ja mittaristoihin.

Tällä hetkellä kaikki suuret ohjelmistotalot tarjoavat omia konsepteja ja ratkaisuja päätöksenteon tueksi. Liiketoimintatiedon hallinta on tärkeä liiketoiminnan tukialue ja jokainen yritys, joka haluaa pärjätä liiketoiminnassaan on rakentanut tähän tarkoitukseen omanlaisen ratkaisun. Liiketoimintatiedon hallinta on tällä hetkellä yksi nopeimmin kasvavia tietotekniikan liiketoimintalueita tietoteknisen uutisoinnin ja tutkimusyhtiöiden tutkimusten mukaan.

Tietovarastointi on yksi keskeinen osa-alue liiketoimintatiedon hallintaa. Vaikka tietovarastointi onkin tietoteknisessä mielessä vanha ja tutkittu aihe, sen kehitys on jatkuvaa ja sen pitää vastata jatkuvasti liiketoiminnan uusimpiin ongelma-kohtiin. Omalta kohdaltani kiinnostus tähän aiheeseen on syntynyt työn puolesta, koska olen havainnut, että tietovarastointitoteutusten taustalla prosessit ja suunnittelumallit ovat oleellinen osa onnistunutta tietovarastointiprojektia. Paremmat menetelmät ja mallit auttavat mielestäni luomaan tehokkaamman ja pitkäkestoisemman sekä paremmin liiketoimintaa tukevan ratkaisun.

2. Tutkimuksen tavoite ja tausta

2.1. Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on organisaation liiketoimintatiedon hallinnan parantaminen *yrityksen tietomalliin* (Enterprise Data Model, EDM) perustuvan tietovarastointiratkaisun avulla. Perusolettamukseni on, että yhteinen tietomalli tietovarastointiratkaisun toteuttamisessa ja -prosessin osana sekä ratkaisun integroinnissa muihin osajärjestelmiin ja tietoa soveltaviin järjestelmiin auttaa saavuttamaan paremman lopputuloksen: ymmärrettävämmän, ylläpidettävämmän ja skaalautuvamman tietovaraston.

Määritettäessä tutkimusongelmaa voidaan luoda myös hypoteesi: yrityksen tietomallia käyttämällä tietovaraston luontiprosessi paranee. Tarkoitukseni on selvittää pitääkö tämä paikkansa?

Arvioitavana on tietovarastointitoteutusten mielestäni tärkein osa-alue, suunnittelu. Sitä voidaan lähestyä esimerkiksi kysymällä, kauanko kuluu aikaa uuden vaatimuksen lisäämiseen järjestelmään? Mikä mallissa on parempaa kuin perinteisessä tietovarastototeutuksessa ja mikä mahdollisesti huonompaa? Miten luontiprosessia ja toteutusta voisi parantaa vielä edelleen?

Tutkimuskurssin tutkielmaa varten riittää suppeampi tutkimusongelma. Sen olen kiteyttänyt kysymykseen: *mitkä ovat yrityksen laajuisen tietomallin hyödyt tietovaraston luontiprosessissa?*

2.2. Tutkimusmenetelmät ja -materiaali

Tutkimuksen voisi sijoittaa moneen eri tutkimusmenetelmän kategoriaan. Mitattavia asioita tutkimuksen lähtökohta ei kuitenkaan tarjoa juuri lainkaan, josta syystä tutkimus on luonteeltaan kvalitatiivinen. Tyypiltään tutkimus sijoittuu kehittämistöidenkategoriaan. Tutkimusmenetelmä perustuu käytettävissä olevan materiaalin ja kirjallisuuden tarkasteluun, jonka avulla selvitän, mikä on soveltuvin ja paras ratkaisu tietovarastointiprosessin tietomalliksi. Tätä tutkielmaa voikin pitää konstruktivistisena kartoitustutkimuksena. Muita mahdollisia tilanteeseen soveltuvia tutkimusotteita on esimerkiksi innovaation arviointi.

Tässä tutkimuksessa keskitynkin konstruktiivisesti tutkimaan yrityksen tietomallia prosessin osana ja näiden selvitysten perusteella teen pienen tapaus-tutkimuksen mallin hyödyntämisestä ja hyödyntämättömyydestä. Sen tutkimusote on konstruktiiivinen tapaus-tutkimus keskittyen vertailevaan analyysiin. Siinä käyn läpi tietomallin toteutumisen jo olemassa olevan, mutta aktiivisessa tietovaraston kehitysprojektissa.

Materiaalina käytän kehitysprojektin dokumentaatiota ja dokumentoimattomia, mutta vallitsevia käytäntöjä ja tapoja toimia. Myös käytettävissä olevat työkalut ja niiden käyttötapa prosessin osana sisältyy arviointiini.

2.3. Tutkimuksen tausta

Tietovarastointiratkaisun toteuttaminen on samanlainen ohjelmistoprojekti kuin mikä tahansa muukin järjestelmä- tai ohjelmointiprojekti. Jotta lopputuloksena on onnistunut toteutus, kunnossa pitää olla samat osa-alueet kuin muissakin tietotekniikkaa hyväksikäyttävissä ratkaisuisissa: projektinhallinta, resursointi, prosessit, määrittely, loppukäyttäjien kuuleminen, jne. [Adelman and Moss, 2000, s. 96]. Adelman ja Moss [2000, s. 12] toteavat, että tietovarastointiprojektin projektinhallinta eroaa kuitenkin perinteisistä projektinhallintatekniikoista. Mitä suurempi ratkaisu ja toteutus, sitä merkittävämmässä roolissa ovat prosessit, joilla projektia hallitaan.

Yksi prosessin osa-alue on käsitteiden ja mallien määrittely. Näiden merkitys on suuri, jotta kaikki projektin osapuolet ymmärtävät millaisesta maailmasta on kyse ja jotta on olemassa yhteinen kieli ja toimintatapa. Liiketoimintatiedon hallinnassa ja erityisesti tietovarastoinnissa on pyrittävä yhdenmukaiseen ja universaaliin toimintatapaan, jotta saavutetaan suurimmat hyödyt. Samaa mallia ja käsitettä voidaan hyödyntää tietokantaobjektin ja EAI- tai liiketoimintaprosessin määrittämisessä. Sama malli on voitava jakaa teknisen järjestelmän kehittäjän ja liiketoimintaa tuntevan analyytikon kesken. Tällöin yhteinen näkökulma on helpommin määritettävissä.

Valmiita malleja on olemassa useita, vaikka suurimmalla osalla niistä ei välttämättä ole muuta eroa kuin nimi. Suurilla tietotekniikkataloilla on omia kaupallisia tai avoimia malleja ja lisäksi on tietotekniikan tutkijoiden luomat mallit. Näitä ovat mm. Microsoftin Unified Dimensional Model, UDM [Sanders, 2005] ja Oraclen data hub:t [Oracle, 2006]. Mallien laajuudessa ja soveltuvuudessa on kuitenkin eroja. Malli voi olla hyvinkin dynaaminen tai sitten se on valmis ratkaisu esimerkiksi suuryrityksen tarpeita silmällä pitäen. Tässä tutkimuksessa keskityn tietyn tyyppisen mallin hyödyntämiseen. Yrityksen tietomalli on organisaation tietomalli, jota voidaan hyödyntää koko yhtiön toimialueella. Tutkielmassani keskityn liittämään yrityksen tietomallin tietovarastointihankkeen suunnitteluprosessin osaksi. Mallien käytössä prosessien osana on useita mahdollisuuksia kuten esimerkiksi ylhäältä-alas ("top-down") ja alhaalta-ylös ("bottom-up"). On myös huomioitava, että prosessit ja malli kulkevat käsi kädessä koko hankkeen ajan.

Aikaisempia julkisia tutkimustuloksia yrityksen tietomalleista, tietomallien käytöstä tai soveltamisesta en löytänyt. Tietovarastoinnin näkökulmasta aihetta ei ole sivuttu lainkaan muutoin kuin loogisen mallintamisen osalta. Tästä päätelen, että yrityksen tietomalli on kaupallisten toimijoiden luoma malli, joka ei tutkijoita tällä tasolla kiinnosta. Toinen vaihtoehto on, että tutkijat ovat käyttäneet aiheesta eri termejä kuin niitä, joita minä aihetta tutkiessani havaitsin.

3. Tietovarastointi

Harding ja Yu [1999] esittelevät tietovarastoinnin periaatteena, jonka avulla käyttäjille tarjotaan integroitu ja keskitetty informaatiokanava, jota voidaan hyödyntää analyyttisesti tai informaation kannalta tuottamaan johdolle raportteja heidän päätöksenteon tueksi. Teknisessä mielessä ja yksinkertaistettuna tietovarastointi perustuu tietokantoihin ja raportteihin niiden sisältämästä informaatiosta.

3.1. Mitä tietovarastointi on?

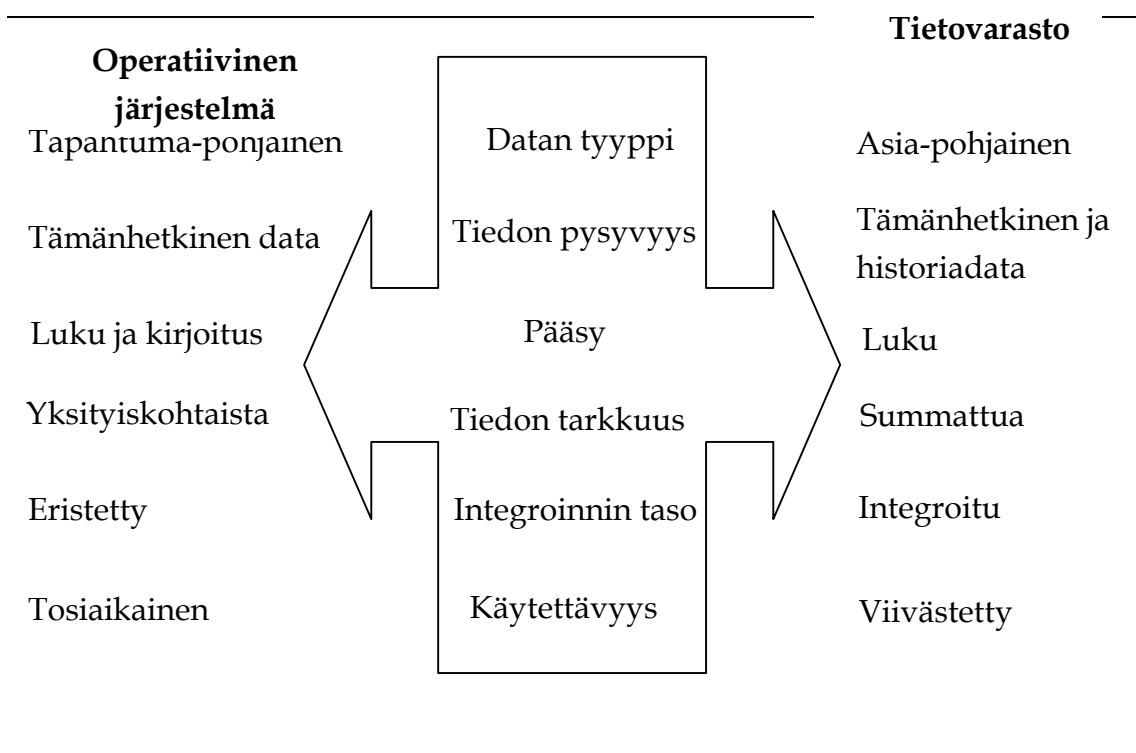
Tietovarastoinnin voi määritellä monin eri tavoin näkökulmasta riippuen. Liiketoiminnallinen näkökulma muodostuu esimerkiksi Gartnerin [1998] määrittelyssä:

"Tietovarastointi on prosessi - ei tuote - datan kokoamiseen ja hallintoihin erilaisista lähteistä, jotta saavutetaan yksi, yksityiskohtainen näkymä osaan tai kaikkeen liiketoimintaan."

Tietovarastoinnin peruskomponentti on luonnollisesti tietovarasto (data warehouse). Tietovarasto on liiketoimintatiedon hallinnan keskeisin osa-alue. Inmon [2002, s. 389] määrittelee tietovaraston teknisesti seuraavasti:

Tietovarasto on kokoelma integroituja, asiapainotteisia tietokantoja, jotka ovat suunniteltu tukemaan päätöksentekoa, ja joiden jokainen tietoyksikkö on suhteessa johonkin ajan hetkeen. Tietovarasto sisältää atomi-tason dataa ja kevyesti summattua tietoa.

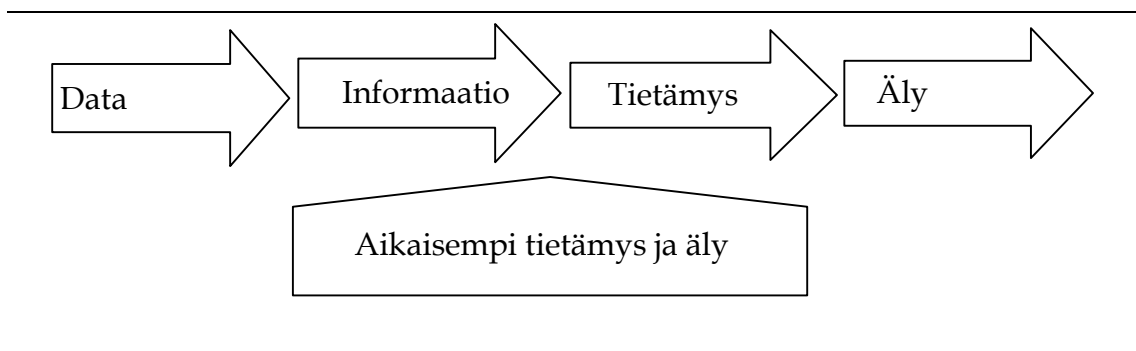
Kimball ja Ross [2002, s. 397] puolestaan korostavat, että tietovarasto on operatiivisten järjestelmien (liiketoiminnan kannalta kriittinen järjestelmä) dataa, joka on erityisesti muotoiltu kyselyjä ja analysoinnin tehokkuutta ja helppokäyttöisyyttä silmälläpitäen. Tietovarastot eroavat operatiivisista järjestelmistä monessa suhteessa. Winter [2001] esittelee näitä eroja tietokannan datan näkökulmasta kuvassa 1.



Kuva 1. Operatiivisen järjestelmän ja tietovaraston merkittävimmät erot.

3.2. Vaikutus ja arvo

Yrityksen tietovaraston avulla voidaan Gartnerin [1998] mukaan analysoida mitä liiketoiminnalle on tapahtumassa ja kuinka, sekä miksi näin tapahtuu. Liiketoiminnasta kertyy paljon dataa, mutta vain vähän tietoa, kuvaa Gartner ongelmaa. Operatiivisissa järjestelmissä ja arkistoituna on valtavasti tietoa, mutta tämä tieto ei ole Gartnerin mielestä hyödyllistä, ellei sitä pystytä muuntamaan informaatioksi. Gartner toteaa, että tietovaraston yksi tehtävä on tarjota pääsy tähän yksityiskohtaiseen tietoon. Tietovarasto on osa tiedonjalostusketjua, joka muuntaa dataa tietämykseksi ja älykkyydeksi. Tiedonjalostusketjun voikin liiketoimintatiedon hallinnan näkökulmasta kuvata abstraktisti Hannulan ja Pirttimäen esittelemänä [2004] seuraavasti:



Kuva 2. Tiedonjalostusketju liiketoimintatiedonhallinnan näkökulmasta.

4. Tietomallit

4.1. Tietomallit

Tietomalli on tämän tutkimuksen oleellisin käsite. Oxfordin [2004] tietotekninen sanakirja määrittelee tietomallin näin:

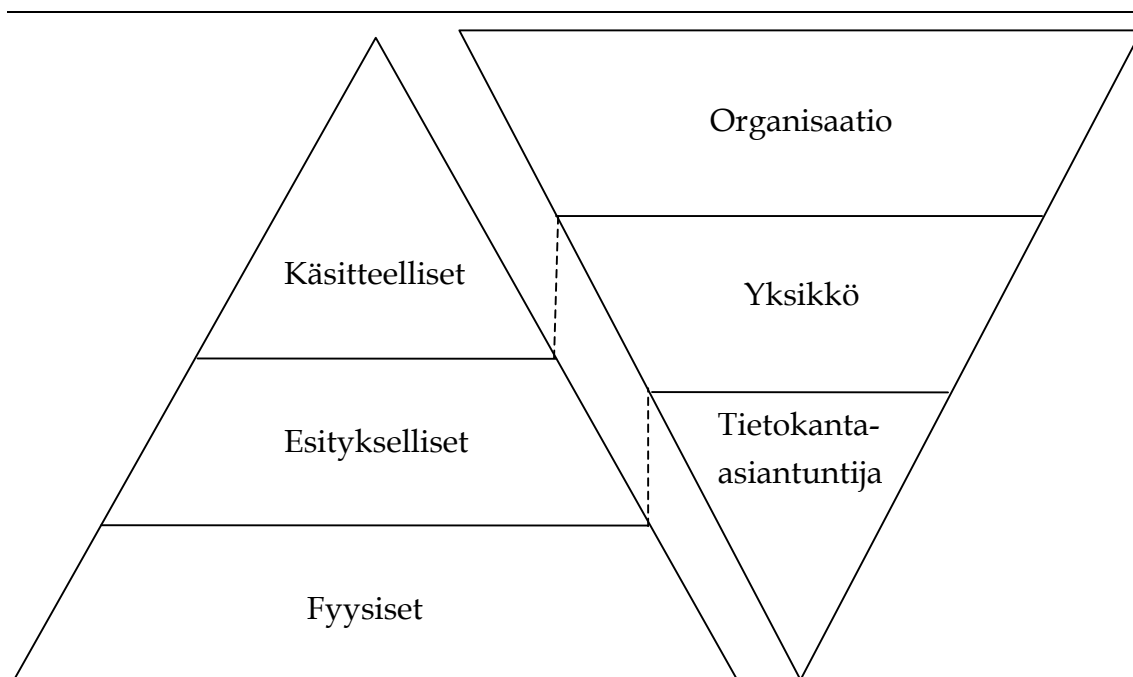
”Abstrakti malli jostain todellisen maailman tilanteesta tai intressin arvoalueesta, jonka informaatio säilytetään tietokannassa ja jonka looginen malli koodaa tietokantaan. Termiä tietomalli voidaan myös käyttää joukosta loogisia abstrakteja käsitteitä, joilla muodostetaan sellainen malli.”

Elmasrin ja Navathen mukaan tietomallia käytetään nostamaan käsitetasoa piilottamalla käyttäjiltä teknisiä yksityiskohtia. He kuvaavat tietomallin joukoksi käsitteitä, joita voidaan käyttää kuvaamaan tietokannan rakenne. Tietokannan rakenteella he tarkoittavat tietotyyppejä, suhteita ja rajoitteita, joiden pitää vastata tietokannan sisältämää tietoa. [2000, s. 24]

Tietomalleja voidaan kategorisoida monin tavoin. Yksi tapa on jaotella ne sisältämänsä informaation määrän mukaan. Elmasri ja Navathe jakavat ne kolmeen tasoon (kuva 3):

- 1.) käsitteellisiin tietomalleihin,
- 2.) esityksellisiin sekä
- 3.) fyysisiin tietomalleihin.

Eritasoiset tietomallit ovat yhteydessä toisiinsa ja niiden avulla voidaan myös kuvata tietomallin sisältämän tiedon laajuutta. Inmon [Inmon *et al.* 1997, s. 67] yhdistää tietomallien informaatiotasot organisaation hallinnoimiin osalualueisiin. Käsitteellinen tietomalli koskee koko organisaatiota ja fyysinen tietomalli saattaa koskea vain yksittäistä asiantuntijaa.



Kuva 3. Tietomallien jaottelu informaation määrän ja laajuuden mukaan.

Calvanese et al. [1999] esittelevät yhtenä mallintamisvaihtoehtona DWQ-kehiksen tavan mallintaa tietovaraston tietoa ja informaatiota. DWQ-kehiksen malli on samalla tavalla kolmeen tasoon jaettu kuin edellä esitelty luokittelu. Se ottaa kantaa jokaiseen tasoon. Käsitteellinen taso sisältää Calvanesen [Calvanese et al., 1999] mallissa käsitteellisen esityksen yrityksen datasta. Mallin looginen taso puolestaan sisältää lähteistä sekä konkreettisesta datasta koostetun loogisen tietomallin kuvauksen. Alin taso mallissa on fyysinen taso; se mallintaa tiedon lataukseen, ja lähteen päälle muodostuvaan kääreeseen sekä tiedon säilytykseen liittyvät asiat.

Tässä tutkimuksessa keskityn kahteen ylimpään tasoon: käsitteelliseen ja esitykselliseen ja siihen miten yrityksen tietomalli vaikuttaa näihin tasoihin ja päinvastoin.

4.2. Tietovaraston tietomalli

Tietovaraston luominen, kehittäminen ja ylläpitäminen vaativat yhtenäisen käsitteistön ja tavan toimia: tietomallin. Inmon [Inmon et al. 1997, s. 65] toteaa, että tietovaraston tietomalli koostuu samoista peruskomponenteista kuin operatiivinen tietomalli. Näitä ovat mm. entiteetit, suhteet, määritelmät, avaimet, attribuutit, vierasavainsuhteet, arvojen määrittelyjoukot ja datan aliryhmittelyt.

Operatiivisista järjestelmistä peräisin oleva aineisto on muunnettava tietovarastoon soveltuvaksi. Yritystietomallin on Inmonin [Inmon et al. 1997, s. 66] mukaan täytettävä laaja-alaiset informaatiotarpeet. Yleensä tämä laajempi tarve

syntyy yhtiön tai sen osan tasolla. Tästä on seurauksena, että yritystietomalli on muodostettu yleisellä tasolla. Inmon esittelee joitakin tarpeellisia toimenpiteitä johdettaessa yritystietomallista tietovarastomalli:

- yritystietomallista poistetaan operatiivinen data
Tietomallista poistetaan tieto, jota ei tarvita tietovarastossa. Esimerkiksi lisäkuvauskentät, joilla suoritetaan järjestelmän parametrisointia, ovat tietovaraston kannalta tarpeettomia.
- tiedot kytketään aikaan
Jokaiseen tietueeseen liitetään aikatieto: esimerkiksi päivätieto aikaleimana tai tieto voidaan summata kuukausitasolle. Aikatieto mallinnetaan dimensiona.
- johdettu data lisätään tietovaraston tietomalliin
Tiedot yhdenmukaistetaan ja muutetaan yhteismitallisiksi. Esimerkiksi tuotteen pituus muutetaan tuumista senttimetreiksi ja samoin toisen tuotteen pituus metreistä senttimetreiksi. Lisäksi alkuperäisestä tiedosta ja merkityksestä voidaan johtaa uusia merkityksiä sekä uutta tietoa.
- tietovaraston tietomallille suoritetaan pysyvyysanalyysi
Selvitetään tiedon säilyvyysaika tietovarastossa: onko se esimerkiksi vuosi vai kymmenen vuotta.
- tietojen suhteet konkretisoidaan
Tiedot kytketään toisiinsa siten, että suhde vastaa reaali maailman toimintaa sekä määritetään olioiden välisten viittausten lukumäärät. Suhteella on lisäksi omat rajoitteet ja vaatimukset.

4.3. Käsitteellinen mallintaminen

Käsitteellinen malli on Calvanesen [Calvanese et al., 1999] näkemyksen mukaan käsitteellinen esitys yrityksen hallinnoimasta datasta; mukaan lukien lähdedatan käsitteellisen mallin sekä yleiset konseptit ja asioiden väliset suhteet. Käsitteellistä mallia voidaan kuvata esimerkiksi laajennetun ER-mallin (Entity-Relationship-model) avulla [Calvanese et al., 1999]. ER-malli koostuu Calvanesen näkemyksen mukaan monitahoisista olioista ja suhteista joiden keskinäiset riippuvuudet voidaan muodostaa ja kuvata mallin avulla. Lisäksi Calvanesen määritelmässä käsitteellinen kuvaus hyödyntää arvoalueita (eng. domain), jotka edustavat olioiden attribuutteja ja suhteita.

4.3.1. Looginen tietomalli

Yhtenä loogisen tietomallin tarkoituksena Adelman ja Moss [2000, s. 231] pitävät organisaation liiketoiminnan dokumentoimista tietoarkkitehtuuriksi, esimerkiksi tietovaraston rakentamista varten. Yksi looginen tietomalli on nimeltään relaatiomalli. Relaatiomalli kuuluu informaatiojaottelulla esitykselliseen tasoon. Kimball ja Ross [2002] esittelevät dimensionaalisen mallinnuksen, joka on myös yksi tapa mallintaa tietovaraston asioita.

5. Tietovaraston luomisprosessi

5.1. Menestystekijät tietovaraston luomiseen

Tietovarastoteutuksen onnistuminen on monesta seikasta riippuvainen. Lisäksi on arvioitava itse tietovaraston onnistumista. Auttoiko se ratkaisemaan liiketoiminnan haasteita?

Tietovaraston luominen on koko organisaation asia. Erityisesti ylimmän johdon tuki on tärkeä, jotta tietovarastoa voidaan hyödyntää tehokkaasti [Kimball and Ross, 2002, p. 368].

Tietovaraston rakentamisessa on tärkeitä, että kehittäjät ovat läheisessä yhteistyössä liiketoimintayksiköiden kanssa [Kimball and Ross, 2002, p. 367]. Kimball ja Ross toteavat liiketoimintaihminen olevan aina oikeassa. Liiketoimintaihminen, toisin sanoen tiedon loppukäyttäjät, määrittelevätkin tiedon käytettävyyden: vastaako se tiedon tarpeeseen ja soveltuuko se ratkaisemaan liiketoimintaongelman.

Kimball ja Ross [2002, p. 367] toteavat operatiivisten järjestelmien olevan merkittävässä roolissa tietovaraston tiedon keruussa ja puhdistamisessa. He korostavat tätä erityisesti organisaation näkökulmasta, koska tietovaraston keskeinen rooli on ymmärrettävä.

5.2. Tietovaraston kehitysmetodit

Tietovarastoprojektit eroavat perinteisistä ohjelmistokehitysprojekteista. Merkittävin ero on projektin laajuus: Adelman ja Moss [2000, s. 16] toteavat, että perinteiset projektit palvelevat vain tiettyä liiketoimintayksikköä, kun taas tietovarastoprojektit palvelevat koko organisaatiota. Adelman ja Moss [2000, s. 16] tarkentavat, että tietovarastoprojektien kehitys tapahtuu yli organisaatorajojen; tällöin toimintatapojen on muututtava ja totuttuihin kehitysmetodologioihin on tultava muutoksia.

Tietovaraston kehitysmetodin on oltava Kimball:n ja Ross:n [2002, p. 368] iteratiivinen (työvaiheiden toistaminen välillä arvioiden). He toteavat, että tietovaraston elinkaari on paljon pidempi kuin liiketoiminnan kulloisetkin toimin-

tatavat. Lisäksi he pitävät organisaation tietopääomaa yleensä liian laajana ja monimutkaisena, jotta se voitaisiin määritellä etukäteen, ennen tietovaraston luomista.

Kimball ja Ross [2002, p. 368] jakavat tietovaraston kehittämisen kolmeen merkittävään osaan: liiketoimintavaatimusten keruuseen, toteutusvaiheeseen ja tietovaraston julkaisuun. He kuvaavat kehittäjien ja liiketoimintaihmissen vuorovaikutusta seuraavin tavoin: ensimmäisessä vaiheessa on liiketoimintaihmissen ehdotuksia kuunneltava tarkoin. Toisessa vaiheessa tapahtuvat muutokset aiheuttavat aikataulun venymisen. Kolmas vaihe jäädyttää toteutuksen. Kimball ja Ross [2002, p. 368] löytävät toiselle ja kolmannelle vaiheen muutoksille yhteisen piirteen: muutosten aiheuttama tietovaraston tarkoituksen hämärtyminen. Uusien toimintojen myötä työ laajenee ja alkuperäiset tavoitteet saattavat unohtua.

Iteratiivista toteutustapaa käytettäessä on tietovaraston rakentamisen onnistuminen todennäköisempää, mikäli aluksi keskitytään Kimball:n ja Ross:n [2002, p. 368, 396] ehdotuksesta yhteen liiketoimintaprosessiin, yksinkertaisempaan ja itsenäisiin tietovaraston osiin: paikallisvarastoihin (datamart) ja mahdollisesti jopa vain yhteen lähteeseen.

Tietovaraston luontiprosessin lisäksi myös tiedon integrointi on inkrementaalinen prosessi [Trisolini *et al.*, 1999]. Inkrementaalista tapaa Trisolini perustelee organisaatiotason näkemyksellä ja, koska kaikkia lähteitä ei ole mahdollista saada yhdistettyä kerralla. Trisolini korostaa, että inkrementaalisen luonteen takia on suunniteltava metodologiat ja työkalut, jotka tukevat tätä prosessia.

Datan analysointi on yksi oleellinen osa tietovaraston luomisprosessia. Analysoinnin avulla saadaan data integroitua, kuvaavat Adelman ja Moss [2000, s. 234] analysoinnin merkitystä.

6. Yrityksen tietomalli

Tietomallin ja yhteisen käsitteistön merkitystä voi selventää esittämällä ihmisen tapa omaksua tietoa. Andrighetto ja Assogna [2004] pohtivat tietämispohjan merkitystä yhteiselle kommunikoinnille. Tietämispohja koostuu heidän mukaan ohjaavasta ontologiasta sekä järjestetystä ja järjestämättömästä tiedosta, jota hallitaan organisaatiossa. Andrighetto ja Assogna korostavat, että tietämys ei koostu pelkästään viesteistä vaan myös niiden vastaanottamisesta ja yhdistämisestä. He toteavat, että henkilö ei voi kopioida jonkun toisen mallia – havaintoa vaan, kun henkilö saa tietoa johonkin asiaan liittyen hänen täytyy muodostaa malli tästä asiasta mielessään. Jokainen meistä muodostaa oman tietämyksen maailmasta ja tämä tieto esitetään sanoina. Koska jokainen meistä ihmisistä on myös yksilö, ei Andrighetton ja Assognan mukaan voi olla ole-

massa kahta samanlaista tietämysjoukkoa, kahta samanlaista maailmaa. Heidän mukaan ongelmaksi muodostuu teksteihin ja kuviin liittyvän tietämyksen siirtäminen eteenpäin, jotta tietämys saadaan siirtymään vastaanottajaan mieleen. Kulttuurin ja sosiaalisen kontekstin siirtäminen on haastavaa, joten on kehitettävä metodeja ja tekniikoita kontekstin siirtämiseen ihmiseltä toiselle. Tietovarastointiprojektissa tämä vuorovaikutus on mielestäni erityisen tärkeätä, koska esimerkiksi keskustelukumppanit yleensä edustavat erilaisia toiminta- ja käsitemaailmoja: tietotekniikkaa ja liiketoimintaa.

Tietovaraston on heijastettava organisaation informaatiotarpeita ja siksi tietovarasto on määriteltävä yleisen, yrityksen tietonäkymän ehdoin, varsinkin mikäli yrityksellä ei ole olemassa yleistä, integroitua näkymää dataan perustellee Calvanese [Calvanese et al., 1999] yrityksen tietomallin tärkeyttä. Yhteinen käsite- ja tietomalli on täten yrityksen tietomallin peruskivi. Noreen Kendle [2005] kuvaa yrityksen tietomallia integroituna näkymänä koko organisaation tuottamaan ja kuluttamaan tietoon. Tietomallin esittämä data on Kendlen mukaan riippumaton yrityksen järjestelmistä ja se esittää, yhdistää sekä formalisoi yritykselle tärkeät asiat ja niiden säännöt.

6.1. Tietomallin hyödyt

Yrityksen tietomalli auttaa Longin mukaan [1998] kohtaamaan nykyiset ja tulevat haasteet tietoarkkitehtuurin luonnissa. Hän esittelee hyötyinä:

- yritystason perspektiivin. Tällöin johdolla on kokonaisnäkemys yrityksen tietoteknisestä tasosta ja kuinka se tukee liiketoimintaa. Samoin tietojärjestelmien kanssa toimivat työntekijät hahmottavat paremmin kokonaisuuden.
- strategisen informaatiotarpeen määrittäminen. Yrityksen liiketoiminnasta poimitaan kriittiset informaatio-osat, joiden avulla dataa voidaan jatkojalostaa tiedoksi.
- atomisen tietovaraston perustan muodostaminen. Tietovarasto on muista järjestelmistä riippumaton järjestelmä. Se on itsenäinen sisältämänsä datan suhteen.
- tietovaraston julkaisustrategian tukeminen. Malli auttaa valitsemaan tärkeimmät liiketoiminnan osa-alueet toteutettaviksi.
- liiketoimintatiedon johtamisen käynnistäminen. Mallin avulla tietoalueet ja näihin liittyvät liiketoiminta-alueet voidaan jaotella ja niille voidaan osoittaa vastuuhenkilöt sekä avainhenkilöt, jotka ymmärtävät järjestelmän merkityksen liiketoiminnalle.

Tietomallin merkittävänä hyötynä Kendle [2005] näkee tiedon laadun paraneminen, koska se paljastaa tiedon eroavaisuudet toistuvasta datasta. Kendlen mukaan mallia käytetään myös selvittämään jaetun tiedon omistajuus yli organisaatio- ja liiketoimintarajojen. Hän jatkaa, että järjestelmä on laajennettava, koska yrityksen tietomalli on riippumaton teknologiasta ja malli perustuu strategiseen liiketoimintanäkymään. Tietomalli sisältää ulkoisen näkymän, joka lisää yrityksen kykyä teollisuuden tietointegraatioon jakamalla yhteisiä käsitteitä.

Tietomallin avulla voidaan tukea paketoitujen ohjelmien integrointia ja elinkaarta: ostoja, suunnittelua ja toteutusta, koska tietomalli näyttää yrityksen tietovirratt ja integrointikohdat. Riippumaton tietomalli mahdollistaa lisäksi strategisen järjestelmäsuunnittelun, koska kaikki järjestelmät ovat kytkettynä yrityksen tietomalliin. [Kendle, 2005]

7. Tulokset ja havainnot

Tämän tutkielman osana suoritin pienimuotoisen tapaustutkimuksen erään yrityksen tietovarastosta. Tarkoituksena oli selvittää kuinka yrityksen nykyisessä tietovarastossa ja tietovaraston rakennusmetodeissa on hyödynnetty yrityksen tietomallia.

Yritys Y toimii valmistavan teollisuuden alalla ja on yrityskooltaan mitattuna suuri. Yrityksen liiketoiminta on kansainvälistä ja omaan tuotekehitykseen perustuvaa. Yrityksessä nojaututaan vahvasti tietotekniikkaan ja yrityksen liiketoiminnan sydän on toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning, ERP), jolla yritys ohjaa esimerkiksi tuotteidensa valmistusprosessia. Lisäksi muita tietojärjestelmiä on useita. Yrityksellä on verkkopalvelu kaupankäyntiä varten ja lisäksi yritys on verkostoitunut: integroitunut tietotekniikan avulla toisiin saman alan toimijoihin sekä asiakkaisiin. Yrityksen hallinnassa olevaa tietovarastoa hyödynnetään moneen tarkoitukseen: valmistukseen, päätöksentekoon, ennustamiseen jne.

Mittareina käytän soveltaen kappaleessa 6 esiteltyjä yrityksen tietomallin piirteitä.

Yrityksellä ei ole käytössään yrityksenlaajuista tietoarkkitehtuuria. Looginen tietomalli ja sen kuvaus puuttuu. Tästä on seurauksena se, että koko organisaation näkemys tiedosta puuttuu. Tällä hetkellä Yritys Y:ssä käytetään vain yhdestä lähdejärjestelmästä peräisin olevaa tietoa. Tämä järjestelmä on toiminnanohjausjärjestelmä. Tietoa on mallinnettu organisaatioittain; mallinnus on tehty ikään kuin paikallisvarastoja olisi tietovaraston sisällä. Tästä mallinnustavasta on seurausta myös päällekkäisiä asioita. Konsernitason mallinnus korjaisi nämä suunnitteluvirheet.

Tietovaraston mallin suunnittelussa ei hyödynnetä liiketoimintaihmisistä juuri lainkaan. Vain korkean tason vaatimukset tulevat liiketoimintaihmisiltä. Suunnittelussa keskitytään suoraan detaljitasolle ja tulevaisuutta; liiketoiminnan muuttumista ei arvioida riittävästi. Liiketoiminnan muuttuessa on epäselvää, mitä toiminnallisuutta tai tietorakenteita tarvitsee muuttaa tietovarastoon.

Käsitteet eivät ole yksiselitteisiä ja niitä ei kuvattu ja dokumentoitu lainkaan. Suunnittelijat eivät myöskään hyväksyttyä termejä ja käsitteitä liiketoimintaihmisillä.

Nimeäminen on ollut epäyhtenäistä ja epäselvää. Nimeämisessä ei mietitä yrityksen laajuisia nimiä vaan käytetään suoraan pääasiassa yhden lähdejärjestelmän (toiminnanohjausjärjestelmä) nimiä.

Konsolidointi puuttuu osittain. Käytössä on esimerkiksi eri mitta- ja rahayksiköitä tietovaraston sisällä.

Dimensioiden hyödyntäminen tietovarastossa on minimaalista. Olioiden attribuutteja toistetaan tietomallissa: sama attribuutti voi olla monella oliolla.

Integraatiossa operationaalista tietovarastoa (Operational Data Storage, ODS) ei hyödynnetä juuri lainkaan, vaan sen lisäksi on olemassa rinnakkainen järjestelmä, joka on tehty käytännössä yhtä käyttötarkoitusta varten: tilauksien käsittelyä, mutta jota hyödynnetään myös muussa tarkoituksessa. Operationaalista tietovarastoa ei myöskään käytetä hyväksi yksityiskohtaisemmassa tai tosiaikaisemmassa raportoinnissa. Se toimii tällä hetkellä vain osittain normalisoituna tiedon latausväylänä tietovarastoon.

Tietovaraston kehitystyö hoidetaan yrityksen ulkopuolisin voimin. Päätävältä on organisaation ulkopuolisella integraatio- ja tietovarastotoimittajalla. Tästä seuraa, että näkemys tulevaisuudesta puuttuu ja tiedolta puuttuu omistajuus ja sen mukana tuleva vastuu hämärtyy.

Positiivisena puolena havaitsin, että liiketoimintatiedon johtaminen on käynnistynyt budjetoinnin ja ennustamisen osalta. Nämä tietovarastoon läheisesti sekä liiketoimintatiedonhallintaan liittyvät järjestelmät ja tietalueet ovat saaneet korkean tason liiketoimintatukijan ja suunnitelman tiedon hyödyntämisestä koko yrityksessä.

8. Keskustelu

Tutkimuksen kohteena olleen yrityksen toiminnan perusteella voin todeta, että yritykset eivät ole täysin oivaltaneet tietovaraston monipuolisia mahdollisuuksia. Kriittistä liiketoimintaa ohjaavat toiminnanohjausjärjestelmät vievät päättäjien pääasiallisen huomion ja tietovaraston merkitys voi hämärtyä. Yleensä kuitenkin tilanne on korjattavissa, jos yrityksessä tiedostetaan tietovaraston merkitys liiketoiminnalle. Tietovaraston avulla voidaan jopa löytää uusia mahdolli-

suuksia liiketoiminnalle mikäli yrityksen tietoarkkitehtuurille löydetään vastuuhenkilöt ja tukijat.

Viiteluettelo

- [Adelman and Moss, 2000] Sid Adelman and Larissa T. Moss, *Data Warehouse Project Management*. Addison-Wesley Professional, 2000.
- [Andrighetto and Assogna, 2004] G. Andrighetto, Pierluigi Assogna, Why we understand each other: the role of the context. In *Proc. 3rd CAiSE Workshops, 2004*, 293-296.
- [Elmasri and Navathe, 2000] Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe, *Fundamentals of Database Systems*. 3rd edition. Addison-Wesley, Reading MA, 2000.
- [Calvanese *et al.*, 1999] Diego Calvanese, Giuseppe De Giacomo, Maurizio Lenzerini, Daniele Nardi, Riccardo Rosati, A principled approach to data integration and reconciliation in data warehousing. In: *Proc. of the Intl. Workshop on Design and Management of Data Warehouses, CEUR Workshop Proceedings 16 (1999)*, Technical University of Aachen.
- [Gardner, 1998] Stephen R. Gardner, Building the Data Warehouse. *Commun. ACM* **41**, 9 (Sep. 1998), 52-60.
- [Hannula and Pirttimäki, 2004] Mika Hannula and Virpi Pirttimäki, A Cube of Business Information. SCIP04 International Conference & Exhibit, March 22-25, 2004, Boston, Massachusetts, USA.
- [Harding and Yu, 1999] J.A. Harding and B. Yu, Information-centred enterprise design supported by a factory data model and data warehousing. *Comput. Ind.*, **40**, 1, (September 1999), 23 - 36. Elsevier Science Publishers B. V., 1999.
- [Inmon *et al.*, 1997] W. H. Inmon, J. D. Welch and Katherine L. Glassey, *Managing the Data Warehouse*. Wiley, New York, 1997.
- [Inmon, 2002] William H. Inmon, *Building the Data Warehouse*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, 2002.
- [Kendle, 2005] Noreen Kendle, THE ENTERPRISE DATA MODEL. The Data Administration Newsletter (TDAN.com), Robert S. Seiner, Jul 2005. Available online at <http://www.tdan.com/i033hy04.htm> (7.3.2006).
- [Kimball and Ross, 2002] Ralph Kimball and Margy Ross, *The Data Warehouse Toolkit*, 2nd edition. Wiley, New York, 2002.
- [Long, 1998] Kathy Long, THE ENTERPRISE DATA MODEL: A KEY INGREDIENT FOR SUCCESSFUL DATA WAREHOUSING. The Data Administration Newsletter (TDAN.com), Robert S. Seiner, Jun 1998. Available online at <http://www.tdan.com/i005fe12.htm> (7.3.2006).

- [Oracle, 2006] Oracle Data Hubs, Oracle Corporation.
http://www.oracle.com/data_hub/index.html. (7.5.2006)
- [Oxford, 2004] A Dictionary of Computing. Oxford University Press, 2004.
Oxford Reference Online. Oxford University Press. Available
<http://www.oxfordreference.com> (17.4.2006).
- [Sanders, 2005] Paul Sanders, Introduction to the Unified Dimensional Model (UDM). Microsoft Corporation, 2005.
<http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnsq190/html/IntrotoUDM.asp>. (7.5.2006)
- [Trisolini *et al.*, 1999] Stefano M. Trisolini, Maurizio Lenzerini, Daniele Nardi, Data integration and warehousing in Telecom Italia. In: *SIGMOD 1999, Proc. ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 538-539, ACM Press, 1999.
- [Winter, 2001] Robert Winter, The current and future role of data warehousing in corporate application architecture. In: *Proc. of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, 2001.

Psykofysiologinen tutkimus emootioiden mallintamisessa

Elisa Ryyänen

Tiivistelmä

Ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa sekä tiedonkäsittelyssä emootioilla on suuri merkitys. Psykofysiologisilla tutkimuksilla pyritään löytämään käytettäviä menetelmiä, joilla emootioita voitaisiin hyödyntää myös ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa. Menetelmissä tärkeimmässä asemassa ovat tähän mennessä olleet kasvojen lihakset, *zygomaticus major* (vaikuttaa hymyn ilmenemiseen) sekä *corrugator supercilii* (vaikuttaa kulmien kurtistamiseen). EMG eli elektromyogrammi mittaa lihaksen sähköistä toimintaa. EMG-menetelmällä kasvonlihasten ja emootioiden yhteydestä on saatu lupaavia tuloksia. Sydämen sykkeen sekä pupillien muutosten kautta on pystytty erottamaan negatiivisen ja positiivisen emootion kokemista. Ihon sähkönjohtokyvyn muutokset viittaavat autonomisen hermoston aktivoitumiseen ja näin myös emootion havaitsemiseen. Menetelmien yhdistäminen tuo monipuolisempaa sekä luotettavampaa tietoa käyttäjän kokemista tunnetiloista. Emootioita hyödyntävät käyttöliittymät tulevat muuttamaan ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen luonnollisemmaksi sekä intuitiivisemmaksi.

Avainsanat ja -sanonnat: emootio, tunteisiin reagoiva tietotekniikka, psykofysiologinen tutkimus, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus.

CR-luokat: H.5.2

1. Johdanto

Emootiot eli tunnereaktiot ovat mukana kaikessa mitä teemme. Ne vaikuttavat ja ovat ohjaamassa päätöksiämme, havaintojamme ja muita kognitiivisia toimintojamme. Emootiot vaikuttavat toimintakykyymme sekä myös terveyteemme. Myönteiset emootiot parantavat luovuutta sekä sosiaalista kanssakäymistä. Vastakohtaisesti kielteiset emootiot, kuten ahdistuneisuus tai toivottomuus, voivat heikentää oppimista, työkykyä sekä sosiaalista vuorovaikutusta [Juujärvi ja Nummenmaa, 2004].

Emootioiden tulkintaan liittyy kolme komponenttia: fysiologinen, kognitiivinen sekä sosiaalinen komponentti [Viikko- Riihelä, 1999]. Ihmisen fysiologinen tila liittyy kiinteästi kokijan emootioiden kokemiseen. Vihan, pelon tai välttämisreaktion aikana ihmisen autonominen hermosto aktivoituu, mikä vaikuttaa koetun tunnetilan voimakkuuteen huomattavasti. Autonomisen

hermoston muutokset näkyvät sydämen sykkeessä, hengitystoiminnassa, lihasjännityksen muutoksissa (EMG- mittaukset) sekä pupillien koon muutoksessa. Psykofysiologinen tutkimus käyttää metodeja, jotka perustuvat autonomisen hermoston muutoksien havaitsemiseen. Kasvolihasten aktivaation, sydämen sykkeen, ihon sähköisyyden sekä silmien pupillien reagoinnin avulla on pystytty tutkitusti mallintamaan ihmisen emootiota skaaloilla positiivinen - negatiivinen, rauhallisuus - kiihtyneisyys.

Tämä tutkimus keskittyy tunteiden mallintamiseen, tunnistamiseen sekä analysoimiseen psykofysiologisten mittausten avulla sekä niiden vaikutuksiin kognitiivisiin toimintoihin, kuten päätöksentekoon. Teknologian kehittyessä ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimiseen on otettu käyttöön itsearviointin lisäksi myös psykofysiologiset mittaukset. Teknologian avulla pyritään mittaamaan ihmisen tuntemuksia ja tunnetiloja, mutta myös kognitiivisia toimintoja kuten tarkkaavaisuutta sekä havaitsemista. Esittelen erilaisia fysiologisten toimintojen mittaamenetelmiä, joissa pääpaino on tunteiden tutkimisessa ja mallintamisessa.

Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta tutkitaan eri menetelmin, psykofysiologiset mittaukset ovat vain osa sitä. Kaikille tutkimuksille yhteinen tavoite on vuorovaikutuksen parantaminen lähemmäksi ihmisille luonnollisia vuorovaikutustapoja. Psykofysiologisten tutkimusten avulla pyritään löytämään menetelmiä tunnistaa käyttäjän tunnetiloja ja tukemaan käyttäjän kognitiivisten toimintoja emotionaalisesti. Tunnetilojen tunnistaminen sekä niihin vastaaminen toisi vuorovaikutukseen lisää ulottuvuutta ja ihmismäisyyttä. Tavoite olisi, että interaktiiviset tietokoneet reagoisivat käyttäjän turhautumiseen ja muihin negatiivisiin emootioihin emotionaalisesti kannustavalla vuorovaikutuksella, aktiivisella kuuntelemisella, empatialla ja sympatialla [Picard and Klein, 2002]. Tunnetilaan vaikuttavilla väliintuloilla (interventioilla) on mahdollista vaikuttaa käyttäjän testisuoritukseen joko parantavasti tai heikentävästi. Partalan ja Surakan [2004] mukaan positiivisella interventiolla on parantava vaikutus käyttäjän päätöksentekoon.

Emootioiden ilmeneminen, tunteminen sekä tunnistaminen ovat olennainen osa psykofysiologisessa tutkimuksessa. On oltava pohjatietoa ihmisten emootioiden tarkoituksista ja merkityksistä, jotta menetelmä mittaa juuri sitä mitä sen on tarkoitettukin mittaavan (validiteetti). Emootioihin ja kognitiivisiin toimintoihin liittyvä psykologinen tutkimus on merkittävässä asemassa tutkittaessa ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta.

2. Tunteet ja niiden merkitys

Tunteiden vaikutus ihmisen toimintaan on ilmeinen. Tunteet vaikuttavat kognitiivisiin eli tiedollisiin prosesseihin, kuten havaitsemiseen,

tarkkaavaisuuteen, muistiin ja oppimiseen. Huonolla tuulella tarkkaavaisuus kohdistuu erilaisiin asioihin kuin hyvällä tuulella ollessa. Subjektiiivinen tunnekokemus vaihtelee negatiivisesta positiiviseen. Tunteen intensiteetti eli sen voimakkuus koetaan fysiologisesti, mikä näkyy esim. punastumisena tai käsien hikoiluna. Ihmisen fysiologia on kiinteästi mukana tunteiden ilmenemisessä sekä näkyvästi, kuten kasvonilmeissä, että elimistön sisäisissä toiminnoissa, kuten sydämen sykkeessä. Fysiologisia reaktioita voimme peittää sosiaalisissa tilanteissa, mutta pienetkin muutokset esim. kasvonlihaksissa ovat havaittavissa mittauksien avulla [Partala and Surakka, 2003; Partala *et al*, 2006].

Emootioiden kokemiseen vaikuttavat kokijan tarkkaavaisuus, muistot, ajattelu, motivaatio, havaitseminen, eli kognitiiviset toiminnot. Se miten käsitämme ja tulkitsemme tilanteen vaikuttaa tunteen sävyyn. Aiemmat kokemukset antavat pohjan tulkinnalle sekä näin tunnekokemuksen synnylle. Tietokoneen interventiolla eli tilanteeseen puuttumisella pyritään mm. vaikuttamaan tiedon kautta tunnetilaan sekä tehtävästä suoriutumiseen [Partala and Surakka, 2003]. Sosiaalinen ympäristö muokkaa myös tunteita. Outo ja uusi ympäristö luo epävarmuuden ja useimmiten otamme muista ihmisistä mallia ja tukea omaan käyttäytymiseemme. Vuorovaikutuksessa tunteilla on suuri rooli viestien lähettämisessä sekä vastaanottamisessa. Empatia eli tunteen tarttuminen on eräs keskeinen tapa viestiä; hymyilevät kasvot saavat meidätkin hymyilemään. Surakka ja Hietanen [1998] vertasivat kasvonlihaksien EMG-mittaukseen perustuvassa tutkimuksessa aitoa, koettua hymyä (Duchenne-smile) epäaitoon, teeskenneltyyn hymyyn (non-Duchenne). Tutkimus osoitti, että tutkittavat reagoivat aitoon hymyyn, mutta eivät teeskenneltyyn tai neutraaliin ilmeeseen.

Emootioita voidaan kategorisoida joko luokittelemalla tai ulottuvuuksiin (dimensioihin) perustuvalla tavalla. Paul Ekman [1999] on jakanut tunteiden kirjon kuuteen universaaliin perustunteeseen: ilo, suru, inho, hämmästys, viha ja pelko. Perustunteilla on biologinen perusta sekä niillä on ollut merkittävä rooli ihmislajin säilymisen kannalta. Toinen paljon käytetty emootioiden vertailutapa on sijoittaa ne jatkuva- asteikollisille dimensioille esimerkiksi 2-suuntaiselle asteikolle [Bradley and Lang, 2000]. Yleisimmin käytetyt dimensiot ovat: *valenssi* (valence), joka ulottuu epämiellyttävästä miellyttävään tai negatiivisesta positiiviseen, ja *kiihtyneisyys tai vireystila* (arousal), joka ulottuu kiihtyneisyydestä rauhallisuuteen.

Tunteita on psykologian piirissä selitetty monin eri tavoin. Täysin pitävää tai yleisesti hyväksyttyä määritelmää emootioista ei ole, mutta eri lähestymistapoja kylläkin. Tärkein erotteleva tekijä teorioiden välillä koskee sitä onko emootio kognition vai fysiologisen reaktion seurausta [Vilkko- Riihelä, 1999]. Kognitiiviset tunneteoriat painottavat fysiologisen tilan pohjalta tehtyä

tulkintaa, jonka seurauksena tunne syntyy. James- Langen teorian mukaan taas ärsyke aiheuttaa fysiologisen reaktion, joka sitten koetaan subjektiivisesti emotiona [Vilkko- Riihelä, 1999]. Jälkimmäinen edustaa fysiologis- biologisia tunneteorioita.

2.1. Tunteisiin reagoiva tietotekniikka

Emotion fysiologinen tila voidaan havaita myös ulkoisesti, varsinkin voimakkaiden tunteiden yhteydessä. Jotta tietokone tunnistaisi tunteita, on tunnettava ne muodot, joilla sisäiset tunnetilat näkyvät fysiologisesti. Tunteet koetaan yksilöllisinä kokemuksina, jotka näkyvät muille ilmeinä ja eleinä joko tahattomasti tai tietoisesti. Reagoiminen emotioneihin on tarkkaa sekä nopeaa. Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus perustuu tällä hetkellä ihmisen tietoisesti tekemiin toimintoihin ja valintoihin. Vuorovaikutteisuus on yksipuolista eikä ihmiselle luontaisia vuorovaikutustapoja hyödynnetä lainkaan. Multimodaaliset eli moniaistiset käyttöliittymät hyödyntävät käyttäjän aisteja, kuten katsetta tai tuntoaistia. Ihmisen ja koneen välille pyritään luomaan luonnollisia vuorovaikutustapoja, joista luonnollinen sosiaalisen signaalin lähettämistapa on tunteet.

Ihmisellä on taipumus reagoida tunteilla myös esineisiin ja asioihin, kuten myös tietokoneisiin. Käyttäjä voi tiuskia tai jopa kiroilla turhautuneena tietokoneelle toivoen jopa vastausta takaisin. Tähän mennessä tietokone ei kuitenkaan ole vielä reagoinut käyttäjän tunteisiin. *Affective computing* tarkoittaa tietotekniikkaa, joka tunnistaa käyttäjän emotiona ja reagoi niihin mukauttamalla systeemin toimintaa [Picard, 1995]. Tietokoneen ei Picard: n mukaan [2003] tarvitse tunnistaa kaikkia käyttäjien tunteita, vaan riittää, että se tunnistaa tietokoneen käyttöön liittyvät tunteet; tietokoneen käytössä ei ole ongelmia vs. käytettävyyso ongelmia ilmenee. Varsinkin ongelmien yhteydessä emotioneihin reagoiminen parantaisi käyttäjän suoritusta sekä tilanteen hallintaa [Partala ja Surakka, 2004]. Vaikka tietokone ei "ymmärtäisikään" ongelmaa, eikä kokisi emotiona, siihen reagoiminen johdonmukaisella tavalla rakentaa emotionaalista vuorovaikutusta. Tavoite on tehdä tietokoneista tehokkaampia sekä paremmin käyttäjien tarpeita vastaaviksi, ei tunteviksi koneiksi [Picard, 2003].

3. Emootioiden tutkiminen eri menetelmin sekä käytettävyys

Tässä osioissa esitellään yleisimmät psykofysiologiset tutkimusmenetelmät esimerkkitutkimusten avulla. Yleisin käytetty mittausmenetelmä on ollut itsearviointi, jossa tunnetiloja kuvataan arkikielen tunnesanojen avulla. Eräs heikkous liittyy itsearviointiin; kuinka tarkasti kokija pystyy erottelemaan omia tunnereaktioita? Tunteet ovat monisäikeisiä sekä nopeita tapahtumia, joiden

tulkinta on vaikeaa jopa itse tunteen kokijalta. Psykofysiologisissa tutkimuksissa on löydetty lupaavia menetelmiä, joilla on saatu rekisteröityä sekä tulkittua käyttäjän kokema tunnetila [Anttonen and Surakka, 2005; Partala *et al*, 2000; Partala and Surakka, 2003]. Emootioiden tutkiminen fysiologisesti antaa mahdollisuuden saavuttaa objektiivisempaa tietoa. Menetelmät eroavat pääasiassa niiden kontaktin luonteesta tutkittavaan. Kasvonlihaksiin sijoitettavat pinta-elektrodit ovat käyttäjän havaittavissa, kun taas toisten menetelmien kautta saatu tieto on epäsuorasti hankittu, kuten sydämen sykettä mittaavan tuolin kautta rekisteröity tieto [Anttonen and Surakka, 2005]. Tutkimuksissa on käytetty erilaisia stimuleita, ärsykeitä, kuten ääntä, visuaalisia- tai teksti ärsykeitä.

Kasvonlihaksien aktiivisuutta on mitattu pinta-elektrodeilla, jotka ovat sijoitettu tutkittavan kasvonlihaksiin [Partala and Surakka, 2003]. Menetelmän avulla voidaan havaita pieniäkin kasvonlihasten muutoksia, jotka häivähtävät kasvoilla. Kasvojen ilmeet voivat vaihtua monta kertaa sekunnin sisällä. Pupillien koon mittaukseen perustuva tutkimus on antanut myös hyviä tuloksia käyttäjän emootioiden tunnistamiseen [Partala *et al*, 2000]. Esittelen seuraavaksi erilaisten menetelmien tutkimustuloksia.

3.1. Emotion tunnistaminen sydämen sykkeestä

Sydämen sykkeen muuttuminen liittyy mm. autonomisen hermoston aktivoitumiseen. Psykofysiologisissa tutkimuksissa sydämen sykettä on tutkittu paljon, esimerkiksi juuri emootioihin liittyvissä tutkimuksissa. Epämiellyttävän kuuloärsyksen on todettu aiheuttavan laajemman säikähähdysrefleksin (startle reflex), sekä fysiologisesti hidastuvamman sydämen sykkeen kuin miellyttävä ärsyke [Bradley and Lang, 2000]. Tutkimuksessa todettiin myös, että korkean viireystilan (psykykinen valppaustila) aiheuttaneet ärsykkeet muistettiin paremmin, oli ne sitten miellyttäviä tai epämiellyttäviä. Fysiologisen reaktion voimakkuus vaikuttaa emotionin välityksellä myös muistiin. Kyseisessä tutkimuksessa sydämen syke mitattiin elektrodien avulla. Johdolliset mittausvälineet aiheuttavat epämukavuutta tutkittavalle sekä myös voivat vaikuttaa testin tulokseen. Käyttäjältä saataisiin luotettavampaa tietoa, jos menetelmä ei olisi niin häiritsevää tai jopa havaittavissa ollenkaan. Anttonen ja Surakka [2005] käyttivät tavallista toimistotuolia mittaamaan käyttäjän sydämen sykettä. Tuolin istuin-, selkäosaan sekä käsinojiin oli sijoitettu EMFi-sensoreita (Electro Mechanical Film), jotka mittasivat sydämen sykettä. Tutkimustulokset olivat samansuuntaisia kuin edellä mainitut tulokset: tuolin kautta mitattu sydämen syke hidastui eniten negatiivisen ärsyksen jälkeen verrattuna positiiviseen tai neutraaliin. Tuoli toimi normaalina objektina

koetilanteessa, eikä se häirinnyt koehenkilöä. Koehenkilö ei myöskään tiennyt testin aikana tuolin mittaavasta ominaisuudesta.

3.2. Kasvonlihaksien sähköisen aktiivisuuden mittaaminen

FACS (Facial Action Coding System) on yleisesti käytetty teoriapohja kasvonilmeiden tutkimisessa [Ekman and Friesen, 1978; Donato et al, 1999]. Ekman ja Friesen [1978] määrittelivät 45 toimintayksikköä (Action Unit) vastaamaan eri kasvon osien toimintoja. Kasvonlihaksien sähköistä aktiivisuutta mitataan yleisesti pintaelektrodeilla, joiden kautta saadaan elektromyogrammisignaali. EMG signaalin avulla saadaan tarkasti lihaksien aktiivisuus mitattua.

Partala ja Surakka [2004] tutkivat käyttäjien psykofysiologista tilaa positiivisen sekä negatiivisen intervention vaikutuksesta. Emootiot mitattiin sekä intervention aikana että sen jälkeen. Testihiiri oli ohjelmoitu toimimaan viivästyneesti tietokoneella tehtävässä interaktiivisessa ongelman ratkaisutehtävässä. Viivästyksen jälkeen käyttäjän toimintaan vaikutettiin kahdella eri puhesyntetisaattorilla suoritetuilla interventioilla: positiivinen ja negatiivinen. Vertailun mahdollistamiseksi interventio jätettiin myös suorittamatta osassa testejä. Emootiot mitattiin kiinnittämällä elektrodit *zomaticus major* -sekä *corrugator supercilii* lihakseen. *Zomaticus major* lihaksen aktivoituminen on yhteydessä hymyilemiseen; suupieliä nostamiseen, kun taas *corrugator supercilii* on mukana kulmien kurtistamisessa. Tulosten perusteella myönteinen interventio paransi testihenkilön esitystä ongelman ratkaisutehtävässä.

Edellä mainittu tutkimus antaa arvokasta tietoa positiivisen palautteen vaikutuksesta käyttäjän toimintaan ongelmatilanteissa. Ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa emootiot huomataan sekä aistitaan nopeasti ja tarkasti. Emootiot voivat muuttua nopeasti tilanteen muuttuessa, tai käyttäjä voi kokea jopa innostuneisuutta sekä ärtyneisyyttä samanaikaisesti. Tilannetieto reaaliajassa tuo emootioiden hyödyntämisen konkreettisemmaksi sekä samantarvoisemmaksi ihmisille normaaliin kanssakäymiseen verrattuna. Partalan, Surakan ja Vanhalan [2005] tutkimuksessa tietokoneen luomaa mallia sovitettiin reaaliaikaisesti käyttäjän kasvonilmeisiin. Luotettavin malli arvioi koetun tunnetilan yli 70 % todennäköisyydellä käyttäjän tekemiin arviointiin verrattuna sekä 80 % varmuudella kuviin sekä videoihin verrattuna. Toimivin korrelaatio mallin ja käyttäjän arvioinnin välillä oli yli 0,9, mikä on vastaavuuden indikaattorina korkea.

Kasvonlihaksien mittaaminen perustuu tällä hetkellä pintaelektrodeihin, mikä ei ole käyttäjän näkökulmasta kovin miellyttävää. Menetelmä ei ole näkymätön ja sen läsnäolon havaitsee kokoajan. Mittaustavan häiritsevyys voi

näkyä myös koetuloksissa. Jotta tätä menetelmää voitaisiin hyödyntää tulevissa fysiologisissa käyttöliittymissä, tulisi sen kehittyä siten, että käyttäjän kehoon ei tarvitse liittää sensoreita.

3.3. Pupillien koon muuttuminen emotionaalista ärsykkeistä

Silmän pupillien mittauksissa on löydetty tuloksia, joiden mukaan pupillien reagoimisesta voidaan luotettavasti havaita käyttäjän tunnereaktioita [Partala et al, 2000]. Pupilleihin perustuvalla menetelmällä on monia etuja, joista merkittävin koskee sen käytettävyyttä. Menetelmä ei vaadi elektrodien asentamista käyttäjään. Toiseksi pupillien toiminta perustuu puhtaasti fysiologiaan (autonomiseen hermojärjestelmään) ja näin niiden vaihtelut ovat spontaaneja, tahdosta riippumattomia. Vaadittava teknologia on suhteellisen yksinkertaista sekä integroitavissa tavalliseen pöytäkoneeseen.

Partala tutkimusryhmineen [2000] tutki pupillien reagoimista emootiopitoisiin kuuloärsykkeisiin. Ärsykkeet vaihtelivat valenssin sekä kiihtyneisyyden dimensioilla. Tutkimus osoitti, että korkean kiihtyneisyyden aiheuttaman negatiivisen ja positiivisen ärsykkeen jälkeen pupillit olivat laajemmat kuin neutraalin ärsykkeen jälkeen. Negatiivisen ärsykkeen aikana taas pupillien koko oli suurempi verrattuna positiiviseen ärsykkeeseen. Kognitiivinen prosessointi on merkittävämmässä roolissa ärsykkeen jälkeen mitatussa tilanteessa, koska ääniärsykettä on jo mahdollisesti tunnistettu sekä käsitelty. Tulkinta ärsykkeestä vaikuttaa väistämättä kokijan emotionin laatuun sekä voimakkuuteen.

3.4. Fysiologiset mittaukset mukana käytettävyyden arvioimisessa

Käytettävyyden arviointi perustuu tällä hetkellä käyttäjän tekemiin valintoihin sekä niiden analysoimiseen. Fysiologisten mittausten avulla voitaisiin saada luotettavampaa tietoa myöskin käytettävyydestä [Ward and Marsden, 2002]. Ward ja Marsden [2002] tutkivat verenpaineen, ihon sähkönjohtokyvyn sekä sydämensykkeen toimintaa käytettävyyteen liittyvään aineistoon. Tutkimuksessa käytettiin sekä käytettävyyden kannalta hyvin suunniteltuja internet sivuja sekä vastakohtaisesti huonosti suunniteltuja internet sivuja. Tutkimuksen hypoteesin mukaan huonosti suunnitellun internet sivun käytössä ilmenee käytettävyydsongelmia, jotka taas heijastuvat käyttäjän fysiologiseen tilaan. Tutkimuksessa huomattiin, että käyttäessä hyvin suunniteltua internet sivua ihon johtokyky sekä sydämen syke hidastuivat minuutin käytön jälkeen. Käytettävyydsongelmat taas nostattivat molempien arvoja. Arvojen laskeminen indikoi tutkijoiden mielestä käyttäjän rentoutumista sekä uppoutumista tehtävään. Verenpaineen arvot sormesta mitattuna indikoivat myöskin korkeampia kiihtyneisyyden arvoja huonosti suunniteltua

versiota käytettäessä. Yksilölliset erot olivat tutkimuksessa suuria, mikä vaikeuttaa osaltaan menetelmien käyttöä sekä tulosten soveltamista laboratorion ulkopuolelle. Tietokoneen tulisi pystyä personoitumaan käyttäjän (aloittelija vs. kokenut) mukaisesti. Kuitenkin tulokset ovat lupaavia ja antavat aihetta lisätutkimuksiin. Eri menetelmien yhdistäminen tuo luotettavampia sekä vertailukelpoisempia tuloksia käyttäjän fysiologisesta tilasta eri ärsykkeiden yhteydessä.

4. Pohdintaa

Emootiot näkyvät meissä kasvinilmeinä, eleinä, vartalon liikkeinä sekä myös fysiologisina muutoksina. Kanssaihmiset huomaavat, jos punastumme tai kasvonilmeemme muuttuvat. Emootiot ovat osana kaikessa mitä teemme, sekä mielensisäisesti että ihmisten välisesti. Arvio tilanteesta sekä muiden ihmisten käyttäytyminen (reagoiminen) vaikuttavat emotionin laatuun sekä voimakkuuteen. Juuri tähän tilanteeseen pyritään vaikuttamaan ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen kehittämisessä. Teknologian avulla vuorovaikutuksesta pyritään tekemään intuitiivisempaa.

Psykofysiologiset menetelmät perustuvat pääosin autonomisen hermoston viriämiseen emootioiden yhteydessä. Kasvonlihasten toimintaa voidaan kontrolloida tietoisesti, mutta sydämen syke, ihon sähkönjohtokyky tai pupillien koon muuttuminen on tahdostariippumatonta. Menetelmien yhdistämien tuo lisää ulottuvuutta sekä validiteettiä tutkimustuloksille. Itsearviointi antaa pohjan mittaustuloksien vertailemiseen, mutta eri menetelmien kautta saadun tiedon yhdistäminen voi vähentää yksilöllisten erojen vaikutusta.

Kritiikkinä emootioiden mittaamisessa on ollut yksityisyyden loukkaaminen [Picard, 2003]. Pelko siitä, että tietokone näkisi meistä asioita, jotka eivät ole meidän kontrolloitavissa. Eettiset asiat saattavat monimutkaistaa psykofysiologisten käyttöliittymien käyttöönottoa sekä soveltamista. Tunteet koetaan hyvin yksilöllisinä sekä herkkinä, jolloin niihin kajoaminen saattaa ärsyttää käyttäjää. Emootioihin mukautuvat käyttöliittymät tulee suunnitella yksityisyyttä kunnioittaen sekä yksilöllisten valintojen huomioon ottaen. On tutkittu, että käyttöliittymä agenttien avulla on voitu vähentää käyttäjän turhautumista [Hone, 2006]. Ihmisenkaltaisilla (embodied) agenteilla todettiin olevan suurempi vaikutus turhautumisen vähenemiseen kuin ei- ihmismäisillä agenteilla. Agentit voisivat mukautua käyttäjän toimintatapoihin sekä ominaisuuksiin. Yksilöllisten reagoimistapojen tunnistaminen luo vuorovaikutuksen, joka on tilanteeseen sopiva sekä käyttäjän kannalta toimivaa sekä johdonmukaista.

Emootioihin liittyy olennaisesti ennalta-arvaamattomuus sekä tilannesidonaisuus. Ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa emootioihin reagoidaan nopeasti sekä tarkasti, sekä myös jaetaan paljon ei verbaalista tietoa. Tietokoneen tulisi pystyä kohtaamaan käyttäjän emootiot reaaliajassa. Myöhässä reagoiminen tai reagoiminen väärällä tavalla voi vain entisestään turhauttaa käyttäjää. Emootioiden vaikuttaminen voi pahimmassa tapauksessa tuntua häiritsevältä sekä yksityisyyttä loukkaavana. Picard [2003] huomauttaa, että ihmiset rutiininomaisesti havaitsevat, tunnistavat sekä reagoivat toisten emootioihin tai jopa manipuloivat tunteita tavoilla, jotka ovat täysin eettisiä jopa toivottuja. Toisen mielialan piristäminen esimerkiksi musiikilla, sanoilla on normaalia sekä rikasta vuorovaikutusta. Väärinkäytön mahdollisuuksiin on toki varauduttava, mutta sen ei tulisi antaa estää kehityksen kulkua.

Emootioiden tunnistaminen toisi ulottuvuutta myös käytettävyyden tutkimukseen [Ward and Marsden, 2002]. Käyttäjän turhautumisen tunnistaminen sekä siihen hienovaraisesti, mutta kannustavasti vastaaminen auttaisi käyttäjää selviytymään tehtävistään paremmin. Järjestelmien monimutkaistuessa emootioiden mittaaminen toisi lisäarvoa käytettävyyden arvioinnille. Reaaliaikaisesti saadun tunnetason yhdistäminen tietokoneen tai käyttöliittymän käyttöön antaisi objektiivista tietoa käytettävyysongelmista, kuin myös onnistuineista ratkaisuksista.

Tulevaisuudessa tietokone tulee tunnistamaan käyttäjän turhautumisen ja vastaamaan siihen tilanteeseen sopivalla tavalla auttaen käyttäjää eteenpäin. Emootioiden tunnistaminen ei välttämättä olisi käyttäjälle havaittavaa toimintaa, vaan tietokone tunnistaisi varsinkin ongelmatilanteet käyttäjän huomaamatta. Ainoastaan interventio eli tukevat toiminnot olisivat käyttäjän havaittavissa.

5. Lopuksi

Emootioiden tunnistamisen sekä niihin vastaamisen on oltava hienotunteista sekä tarkkaa. Emootiot ovat hyvin yksityisiä, spontaaneja sekä nopeasti muuttuvia. Psykofysiologiset menetelmien käyttö tuo ihmisen ja koneen vuorovaikutusta yhä enemmän lähemmäksi sekä luonnollisemmaksi. Emootioiden mahdollistama hyöty toisi vuorovaikutukseen nopeutta sekä joustavuutta, sekä auttaisi käyttäjää selviytymään tehtävistään paremmin. Eri psykofysiologisten menetelmien yhdistäminen toisi kokonaisvaltaisempaa sekä näin sovellettavampaa tietoa. Havaitsemismenetelmiltä vaaditaan kuitenkin tarkkuutta, reaaliaikaisuutta sekä johdonmukaisuutta, jotta käyttäjät hyväksyisivät ne osaksi jokapäiväistä tietokoneen käyttöä.

Viiteluettelo

- [Andreassi, 2000] John L. Andreassi, *Psychophysiology : human behavior and physiological response, Mahwah (N.J.) : Lawrence Erlbaum Associates, 2000.*
- [Anttonen and Surakka, 2005] Jenni Anttonen and Veikko Surakka, *Affect and intimacy: Emotions and heart rate while sitting on a chair, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, ACM Press, 2005, 491 – 499.*
- [Bradley and Lang, 2000] Bradley, M. M. and Lang, P. J., *Affective reactions to acoustic stimuli, Psychophysiology, 37, 2000, 204- 215.*
- [Codispoti *et al*, 2001] Maurizio Codispoti, Margaret M. Bradley, and Peter J. Lang, *Affective reactions to briefly presented pictures, Psychophysiology, 38, 2001, 474- 478.*
- [Cohn *et al*, 2002] Jeffrey F. Cohn, Karen Schmidt, Ralph Gross, and Paul Ekman, *Individual Differences in Facial Expression: Stability over Time, Relation to Self-Reported Emotion, and Ability to Inform Person Identification, International Conference on Multimodal User Interfaces, 2002, 491-496.*
- [Costantini *et al*, 2005] Erica Costantini, Fabio Pianesi, and Michela Prete, *Recognising Emotions in Human and Synthetic Faces: The Role of the Upper and Lower Parts of the Face, Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces, ACM Press, 2005.*
- [Donato *et al*, 1999] Gianluca Donato, Marian Stewart Bartlett, Joseph C. Hager, Paul Ekman, and Terrence J. Sejnowski, *Classifying Facial Actions, IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence, 21 (10), 1999.*
- [Ekman, 1999] Paul Ekman, *Basic emotions, Handbook of Cognition and Emotion, Wiley, New York, 1999.*
- [Ekman and Friesen, 1978] Ekman, P. and Friesen, W. *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. Consulting Psychologists Press, 1978.*
- [Feldman Barrett, 1998] Lisa Feldman Barrett, *Discrete Emotions or Dimensions? The Role of Valence Focus and Arousal Focus, Cognition and Emotion, 12, 1998, 579-599.*
- [Fragopanagos and Taylor, 2005] N. Fragopanagos and J.G. Taylor, *Emotion recognition in human-computer interaction, Neural Networks, 18 (4), 2005, 389-405.*
- [Hazlett, 2003] Richard L. Hazlett, *Measurement of User Frustration: A Biologic Approach, Proceedings of CHI 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, 2003, 734-735.*
- [Hone, 2006] Kate Hone, *Empathic agents to reduce user frustration: The*

- effects of varying agent characteristics, *Interacting with Computers*, **18** (2), 2006, 227-245.
- [Juujärvi ja Nummenmaa, 2004] Petri Juujärvi ja Lauri Nummenmaa, Emootiot, emootioiden säätely ja hyvinvointi, *Psykologia*, 1, 2004, 59- 66, Saatavilla: http://users.utu.fi/latanu/PDFs/juujarvi_nummenmaa_saately_04.pdf (07.03.2006)
- [Järvilehto, 2006] Timo Järvilehto, Oulun yliopisto, WWW, Saatavilla: <http://cc oulu.fi/~tjarvile/luku10.htm> (07.03.2006).
- [Kaiser, 2006] Susanne Kaiser & Thomas Wehrle, Emotion research and AI: Some theoretical and technical issues, WWW, Saatavilla: <http://www.unige.ch/fapse/emotion/members/kaiser/rai4.htm> (07.03.2006)
- [Kapoor *et al*, 2003] Ashish Kapoor, Yuan Qi, and Rosalind W. Picard, Fully Automatic Upper Facial Action Recognition, *M.I.T Media Laboratory Affective Computing Technical Report No. 571*, 2003.
- [Larsen *et al*, 2003] Jeff T. Larsen, Catherine J. Norris, and John T. Cacioppo, Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over *zygomaticus major* and *corrugator supercilii*, *Psychophysiology*, **40**, 2003, 776-785.
- [Lisetti and Schiano, 2000] Christine L. Lisetti and Diane J. Schiano, Automatic Facial Expression Interpretation: Where Human-Computer Interaction, Artificial Intelligence and Cognitive Science Intersect, *Pragmatics and Cognition (Special Issue on Facial Information Processing: A Multidisciplinary Perspective)*, **8**, 2000, 185-235.
- [Martínez-Miranda and Aldea] Juan Martínez-Miranda and Arantza Aldea, Emotions in human and artificial intelligence, *Computers in Human Behavior*, **21** (2), 2005, 323-341.
- [Niemenlehto, 2004] Pekka- Henrik Niemenlehto, Tahdonalaisen lihasaktiiviteetin havaitseminen EMG- signaalista neuroverkon avulla, Pro Gradu- tutkielma, *Tampereen Yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos*, 2004.
- [Partala *et al*, 2000] Timo Partala, Maria Jokiniemi, and Veikko Surakka, Pupillary Responses To Emotionally Provocative Stimuli, *Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium*, 2000, 123- 129.
- [Partala *et al*, 2006] Timo Partala, Veikko Surakka, and Toni Vanhala, Real- time estimation of emotional experiences from facial expressions, *Interacting with Computers*, **18** (2), 2006, 208-226.
- [Partala and Surakka, 2003] Timo Partala and Veikko Surakka, The effects of affective interventions in human- computer interaction, *Interacting with Computers*, **16** (2), 2004, 295-309.

- [Picard, 1995] Rosalind W. Picard, *Affective Computing*, M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report No. 321, 1995.
- [Picard, 2003] Rosalind W. Picard, *Affective computing: Challenges*, *International Journal of Human- Computer Studies*, **59**, 2003, 55-64.
- [Picard and Klein, 2002] Rosalind W. Picard and Jonathan Klein, *Computers that recognise and respond to user emotion: theoretical and practical implications*, *Interacting with Computers*, **14** (2), 2002, 141-169.
- [Reynolds and Picard, 2001] Carson Reynolds and Rosalind W. Picard, *Designing for Affective Interactions*, *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Computer Interaction*, 2001.
- [Schupp et al, 2004] Harald T. Schupp, Markus Junghöfer, Almut I. Weike, and Alfons O.Hamm, *The selective processing of briefly presented affective pictures: An ERP analysis*, *Psychophysiology*, **41**, 2004, 441-449.
- [Stern et al, 2001] Robert M. Stern, Karen S. Quigley, and William J. Ray, *Psychophysiological Recording*, *New York: Oxford University Press*, 2001.
- [Surakka and Hietanen, 1998] Veikko Surakka and Jari K. Hietanen, *Facial and emotional reactions to Duchenne and non- Duchenne smiles*, *International Journal of Psychophysiology*, **29** (1), 1998, 23-33.
- [Vilkko- Riihelä, 1999] Anneli Vilkko- Riihelä, *Psykyke- Psykologian käsikirja*, 1999.
- [Ward and Marsden, 2002] Robert D. Ward and Philip H. Marsden, *Physiological responses to different WEB page designs*, *International Journal of Human-Computer Studies*, **59** (1-2), 2003, 199-212.
- [Zimmermann et al, 2003] Philippe Zimmermann, Sissel Guttormsen, Brigitta Danuser, and Patrick Gomez, *Affective Computing- A Rationale for Measuring Mood with Mouse and Keyboard*, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2003.
- [Zhang and Li, 2005] Ping Zhang and Na Li, *The importance of affective quality*, *Communications of the ACM*, **48** (9), 2005, 105 - 108.
- [Zhao et al, 2003] W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, and A. Rosenfeld, *Face recognition: A literature survey*, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, **35** (4), 2003.

Massiivimoninpeliarkkitehtuurit

Sami Saarenpää

Tiivistelmä

Tutkielmassa käsitellään laajakaistojen yleistymisen ja verkkopelikulttuurin kehittymisen seurauksena syntyneen *massiivimoninpelaamisen* (Massively Multiplayer Online Gaming, MMOG) mahdollistavia verkkoarkkitehtuuriratkaisuja. Tämän kaltaisia laajempia arkkitehtuuriratkaisuja tarvitaan, koska massiivimoninpelaamisen verkolle asettamat vaatimukset ovat täysin toista luokkaa pienemmän mittakaavan tiedonvälityksen vaatimuksiin verrattuna. Tutkielmassa käsitellään pääosin kolmea eri arkkitehtuurimallia, joita yleisesti nimitetään *asiakas-palvelin* (client-server) -arkkitehtuuriksi, *vertaisverkkoiksi* (peer-to-peer, P2P) ja näiden *hybrideiksi*. Tutkielman lopussa käydään myös kahden lyhyen esimerkin avulla läpi kaksi eri tyyppistä arkkitehtuuriratkaisua.

Avainsanat ja -sanonnat: massiivimoninpelaaminen(MMOG), asiakas-palvelin -malli(client-server), vertaisverkko(peer-to-peer), hybridi, kaista(bandwith).

CR-Luokat: C.0, D.2.10

1. Johdanto

Internet-yhteydet ovat 1990-luvun puolivälin jälkeen yleistyneet koteihin. Tämä on suurelta osin edesauttanut sitä, että moninpelaaminen on päässyt kehittymään pienimuotoisesta muutaman kymmenen pelaajan yhteistoiminnasta, nykyisen *massiivimoninpelaamisen* (Massively Multiplayer Online Gaming, MMOG) kaltaiseen kymmenien tuhansien samanaikaisten pelaajien kanssakäymiseen.

Massiivimoninpeli voidaan siis määritellä tietokonepelinä, joka mahdollistaa tuhansien tai jopa kymmenien tuhansien pelaajien samanaikaisen vuorovaikutuksen pelimaailmassa, johon he ovat yhteydessä internetin välityksellä. Edessä on ollut kuitenkin ongelmia arkkitehtuuripuolella suurista pelaajamääristä johtuvista, pelimaailman ja pelaajien välisessä vuorovaikutuksessa liikkuvien suurten tietomäärien käsittelyssä.

MMOG-pelien saavuttaman suosion vuoksi on niissä käytettävien arkkitehtuurimahdollisuuksien tutkimiseen vuosi vuodelta käytetty enemmän rahaa lukuisten alalla vaikuttavien tahojen osalta. Pääkohteena tutkimuksella on ollut lukuisista samanaikaisista ohjelman käyttäjistä aiheutuvan suunnattoman verkon kuormituksen vähentämisen mahdollistavat teknologiat ja tekniikat. Tavoitteena on ollut myös luoda sellainen infrastruktuuri, joka olisi

tukevasti rakennettu ja helposti päivitettävä, kaistaa säästävä, sekä viivettä sietävä [Smed *et al.*,2003] ja ennen kaikkea sen tulisi olla toteutettavissa mahdollisimman pienin kustannuksin.

2. Haasteet massiivimoninpeliarkkitehtuurien suunnittelussa

Massiivimoninpeliarkkitehtuurin kehittäminen toimivaksi kokonaisuudeksi on erittäin suuri haaste [Bosser, 2004]. Massiivimoninpelin kaltainen sovellus vaatii suunnattomia määriä prosessointitehoja pelimaailmassa tapahtuvien interaktioiden laskemiseksi, kuin myös valtavan kaistanleveyden kaiken sen datan siirtämiseen, mitä pelaajien ja pelimaailman välillä tarvitaan. Pahin pullonkaula on massiivimoninpelaamisessa juuri valtavista tiedonsiirtomääristä johtuva viive. Viiveellä tarkoitetaan sitä aikaa mikä kuluu, kun paketteina siirtyvä tieto siirtyy yhdestä sijainnista toiseen. Tässä tapauksessa esimerkiksi asiakaskoneelta palvelimelle. Viive, pahimmillaan useisiin satoihin millisekunteihin noustessaan, saattaa useissa tapauksissa estää pelaamisen kokonaan.

Bosserin [2004] mukaan massiivimoninpeliarkkitehtuurin suunnittelussa suurin kysymys on se, kuinka suhteutetaan pelimaailman interaktioiden laatu käytettävissä olevaan kaistanleveyteen. Toisin sanoen, kuinka tehdä interaktioista tarpeeksi laadukkaita kuitenkin siten, että äärimmäisessä rasituksessa pelimaailma pysyy yhtenäisenä? Suurin ongelma onkin siinä, että tämän tasapainon löytäminen ei ole lainkaan helppoa. Ongelmaa nimittäin pahentaa se, että tämänkaltainen arkkitehtuurillinen ongelma tulee esiin yleisesti vasta viimeisissä *betatesteissä*, kun sovellusta ensimmäisen kerran päästään vasta testaamaan äärimmilleen rasitettuna.

Betatestillä tarkoitetaan testausta, jossa pelille tarkoitetut oikeanlaiset pelaajamäärät testaavat tuotteen yleistä toimivuutta hieman ennen lopullisen tuotteen julkaisua. Testejä suoritetaan pääosin viimeisten bugien ja pelimekaniikkaan liittyvien ongelmien paikantamiseksi. Betatestausten jälkeen on hyvin vaikea puuttua enää suurempiin sovellusarkkitehtuurillisiin seikkoihin ja niinpä suurempia parannuksia ei voida näin myöhäisessä vaiheessa enää tehdä. Niinpä useasti lopputuotteissakin nähdään useasti juuri edellä kuvattuja ongelmia.

Bosser [2004] onkin esittänyt omassa työssään eräänlaisen korkean tason runkorakennemallin, jonka tarkoituksena on helpottaa yhtenäisen ja kilpailukykyisen massiivimoninpeliarkkitehtuurin kehittämistä. Rakenne perustuu itsenäisiin moduuleihin, joita voidaan käyttää hyödyksi arkkitehtuurin suunnittelussa.

Massiivimoninpelin toteutuksen avuksi suunniteltuja runkorakenteita ja apuvälineitä on suunniteltu lukuisia erilaisia. Esimerkkinä voidaan ottaa ohjelmistoagentteihin pohjautuva järjestelmä, jolla voidaan tietyissä mittakaavassa simuloida esimerkiksi viimeisen vaiheen betatestauksen kuormitustestejä luomalla agentti vastaamaan kutakin käyttäjää. Tällöin saatettaisiin esimerkiksi huomata ajoissa jo aiemminkin mainitut arkkitehtuurissa mahdollisesti piilevät ongelmat ja korjata ne, kun siihen on vielä mahdollisuus. Kuten kaikissa ohjelmistoprojekteissa, myös arkkitehtuurien kohdalla on jo suunnitteluvaiheissa tärkeä tietää tarkalleen, mitä ongelmia saattaa tulla vastaan ja suunnitella näiden ehkäisy jo ennen varsinaisen toteutuksen aloittamista.

3. Huomioitavia seikkoja arkkitehtuurin suunnittelussa

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan lyhyesti seikoista, joita on otettava huomioon määriteltäessä vaatimuksia massiivimoninpeliarkkitehtuurille.

3.1. Pelaajan ja pelimaailman välinen vuorovaikutus

Pelimaailman ja pelaajan vuorovaikutukselle ei varsinaisesti ole määritelty mitään yleistä vaatimusta viiveen suhteen, sillä viiveen vaikutus pelattavuuteen on täysin pelin tyypistä riippuvainen. Esimerkiksi nopeatempoisessa ensimmäisen persoonan räiskintäpelissä (first person shooter) pelattavuus kärsii jo huomattavasti, mikäli viive nousee yli 150 millisekunnin. Sitä vastoin nykyään suosituissa *massiiviroolipelejen* (Massively Multiplayer Online Role-Playing Game, MMORPG) genressä, jota hyvin monet massiivimoninpelit tätä nykyä edustavat, ei välttämättä suurta haittaa pelattavuudelle ole edes 500 millisekunnin viiveestä. Tämä lienee sinällään eräs seikka, minkä johdosta massiivimoninpelit nykyisellään edustavatkin peligenrejä, joissa viiveellä ei niin suurta merkitystä ole.

3.2. Kaistan säästäminen

Kaistan säästämiseksi on esitetty kolme peruskeinoa massiivimoninpeliarkkitehtuurien suunnittelussa. Ensimmäisenä tulee minimoida niiden pelaajien määrä, joiden katsotaan liittyvän pelimaailmassa tapahtuvaan interaktioon niin läheisesti, että näiden tulee saada päivitys pelitapahtumasta välittömästi interaktion tapahtuessa [Bossler, 2004]. Tällöin vältetään käyttämästä kaistaa siihen, että välitetään tieto pelaajalle, jolle tiedolla ei sillä hetkellä ole merkitystä.

Toisena kaistaasäästävänä seikkana Bossler mainitsee lähetettävien viestien määrän vähentämisen. Toisin sanoen, pyritään lähettämään mahdollisimman

paljon dataa yhdessä päivitysviestissä sen sijaan, että lähetettäisiin useita viestejä, jotka sisältävät yksittäisiä interaktioon liittyviä päivityksiä.

Kaistansäästämisen maksimoimiseksi näitä viestejä voidaan vielä pakata tapaukseen soveltuvin pakkausmenetelmin, jotta saavutetaan maksimi tiedonsiirto minimaalisella bittimäärällä.

Yleisesti näillä kaikilla strategioilla on kuitenkin jonkinlainen vaikutus pelattavuuteen ja pelimaailman kanssa vuorovaikuttamisen sujuvuuteen ja Bosser kehottaaakin käyttämään näitä strategioita harkiten.

3.3. Viiveen peittäminen

Viive on toistaiseksi väistämätön paha, mutta siitä ei massiivimoninpelaamisessa toisaalta ole haittaa kuin pelaajalle, eikä niinkään järjestelmän toiminnalle. Tämän vuoksi on kehitetty keinoja, joilla pyritään piilottamaan viive loppukäyttäjältä, jolloin pelaaminen voisi vaikuttaa yhtä sujuvalta, kuin että viivettä ei olisi lainkaan. Nämä tekniikat voidaan karkeasti ottaen jakaa kolmeen eri ryhmään: *asiakaspuolen ekstrapolointi-* (client-side extrapolation), *asiakkaanpuoleiset interpolointi-* (client-side interpolation) ja *palvelinpuoleiset viiveenkompensointi* (server side latency compensating)–tekniikat [Bosser, 2004].

Asiakkaanpuoleiset ekstrapolointitekniikat perustuvat siihen, että siinä käyttäjän pääteohjelma (client) pyrkii ennustamaan pelimaailman seuraavaa tilaa, perustuen pelimaailmassa olevan, käyttäjän kontrolleista riippumattoman kappaleen edelliseen tilaan ja näyttää käyttäjälle tämän ennustetun tilan huolimatta siitä, pitääkö tila täsmälleen paikkaansa. Yleisimmin esitys on tarpeeksi tarkka, mutta välillä saattaa esiintyä esimerkiksi kappaleiden 'loikkimista'.

Toisin kuin ekstrapolointitekniikoissa, interpoloinnissa perustetaan tilan näyttäminen menneeseen tilaan. Käyttäjälle näytetään se tila, jossa kappale oli arvioidun viiveen verran aikaisemmin. Toisin sanoen, jos viive pelimaailmassa on 100 millisekuntia, käyttäjälle näytetään se tila, jossa järjestelmä oli 100ms sitten.

Palvelinpuolen viiveen kompensoinnilla tarkoitetaan sitä, että kukin pelaajan suorittama toiminto pyritään laskemaan täsmälleen siinä yhteydessä, missä se pelimaailmassa tapahtui. Tähän pyritään pääsemään sillä, että käytetään laskennassa apuna tapahtumahetkellä tallennettua pelimaailman tilaa ja mahdollisimman tarkkaa arviota pelaajan viiveestä. Pääasiallisesti palvelinpuolen viiveen kompensointi vastaa asiakaspuolella interpolointia, mutta viiveen arviointi suoritetaan palvelimen puolella.

3.4. Arkkitehtuurityyppi vs. arkkitehtuurin suunnittelu

Edellä esitellyt tekniikat eivät suinkaan päde kaikkiin eri massiivimoninpeleissä käytettyihin arkkitehtuurityyppeihin. Esimerkiksi seuraavassa luvussa esitelyihin arkkitehtuurityyppeihin joutuisi kuhunkin soveltamaan erilaisia viiveenpeittämistekniikoita. Päämäärät pysyvät samoina, mutta toteutustavoissa tulisi eroavaisuuksia. Nämä arkkitehtuurin suunnitteluun liittyvät seikat antavatkin Bosserin mukaan ainoastaan ohjenuoran siihen, mihin massiivimoninpeliarkkitehtuurin suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota.

4. Arkkitehtuurityypit

4.1. Asiakas-palvelin -arkkitehtuurit

Yleisimmät massiivimoninpeleissä käytetyt arkkitehtuureratkaisut voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään. Tyypillisin näistä on *asiakas-palvelin*-arkkitehtuuri (client-server) [El Rhalibi and Merabti, 2005], jossa kullekin pelaajalle on kotikoneellaan asennettuna yleisimmin *fat-client*-tyyppinen asiakasohjelma, joka sisältää peliohjelman sovelluslogiikan eli toiminnallisuuden.

Käyttäjä käynnistää asiakasohjelman ja ottaa yhteyden palvelimeen, joka tyypillisimmissä asiakas-palvelin -mallissa on serveriryppäs eli klusteri, joka koostuu useasta serverikoneesta. Yksittäinen serverikone riittäisi, jos samanaikaisten pelaajien määrä pysyy El Rhalibin mukaan alle 64 pelaajana, näin ei massiivimoninpelien kohdalla ole. Nykypäivän arkkitehtuureissa esiintyvissä palvelinklustereissa on yleisimmin useita kymmeniä palvelinkoneita. Tällaisessa klusterissa yleisimmin on jokaisella yksittäisellä palvelinkoneella yksilöity tehtävä, vaikka toki tehtävät voivat olla myös jaoteltu siten, että jokainen järjestelmän tehtävä on tasaisesti jaettu kunkin palvelinkoneen vastuulle. Eräitä esimerkkejä erilaisista nykyajan massiivimoninpeliin liittyvistä tehtävistä ovat mm. sisäänkirjautumisten käsittely ja versionhallinta. Mikäli kyseessä olisi arkkitehtuuri, jossa tehtävät on jaoteltu eri koneiden välille, voisi sisäänkirjautuminen olla yhden palvelinkoneen huolehdittavana, jonka jälkeen taas toisen palvelimen huolehdittavana on se, että käyttäjän versio pelistä on ajan tasalla.

Yhtenä vahvuutena asiakas-palvelin -arkkitehtuurille voitaisiinkin pitää sitä, että juuri tämänkaltainen mahdollisuus hajauttaa toimintoja eri serverikoneiden välille on mahdollista. Arkkitehtuurin heikkoutena sen sijaan voidaan pitää sitä, että ylläpitokustannukset kohoavat hyvin korkealle suurien palvelinryppäiden osalta. Lisäksi heikkoutena on skaalautuvuus, eli mukautuminen suureen pelaajamäärien vaihteluun, joka juuri

massiivimoninpeleissä on tärkeää. Hiljaisina aikoina pelaajia saattaa olla vain muutamia satoja, kun taas pahimpaan ruuhka-aikaan yli kymmenentuhatta.

Etenkin ylläpitokustannuksiin liittyvät seikat ovat olleet innoittajana uusien arkkitehtuuriratkaisujen kehittämiseksi, sillä palvelimien ylläpitokustannukset näkyvät verrattaen suurina kuukausimaksuina, jotka kaikkein tehokkaimmin karsivat pois potentiaalisia pelaajia.

4.2. Vertaisverkkoarkkitehtuurit

Asiakas-palvelin-mallille vaihtoehtoinen arkkitehtuuriratkaisu, *P2P-arkkitehtuuri* eli vertaisverkkoihin perustuva arkkitehtuuri, on yleistynyt eri tiedostonjako-ohjelmistojen mukana. Näissä tiedostoja jaetaan käyttäjien välille muodostuvan verkon kautta suoraan käyttäjän koneelta toiselle, välittämättä dataa varsinaisen palvelimen kautta käyttäjän koneen toimiessa itsessään palvelimena. Massiivimoninpeleissä käytettynä P2P-mallilla on useita etuja verrattuna tyypillisesti käytettyyn client-server-arkkitehtuuriin. Otetaan esimerkiksi hintaongelma, joka asiakas-palvelin-mallissa syntyy suurten serveriklusterien ylläpidosta ei ole P2P-arkkitehtuurissa ongelma lainkaan, sillä suurin osa laskennasta ja muista operaatioista suoritetaan tasaisesti verkossa olevien tietokoneiden välillä. Täten ei vaadita mitään keskitettyä serveriä verkon ylläpitoon. P2P-verkon teoreettinen hyöty massiivimoninpeleissä tulisi esiin muunmuassa siinä, että kahden pelaajan välinen interaktio voisi tapahtua pelkästään näiden kahden tietokoneiden välisenä dataliikenteenä, eikä täten tietoa tarvitsisi välittää palvelimen kautta. Näin välttyttäisiin rasittamasta palvelinta ja siten heikentämästä muiden tapauksesta riippumattomien pelaajien toimintaa, eli välttytään niin kutsutulta pullonkaula-efektiltä.

Kuitenkin vertaisverkoissa on myös haittansa. Suurin syy minkä vuoksi vertaisverkkoja ei edelleenkään käytetä massiivimoninpeleissä selkärangan samassa mittakaavassa, kuin perinteistä asiakas-palvelin-mallia, on se, että vertaisverkkoarkkitehtuuri on huomattavasti vaikeampi toteuttaa [Pellegrino and Dovrolis, 2003]. Lisäksi vertaisverkot eivät pysty pitämään toistaiseksi yllä lähellekään yhtä yhtenäistä, tasapainoista ja turvallista verkkoa massiivimoninpeleiden pohjana johtuen siitä, että käyttäjien välistä tiedonsiirtoa ei suoriteta minkään välityspalvelimen läpi.

Vielä yhtenä haittana vertaisverkkoarkkitehtuurissa on se, että se asettaa käyttäjien internet-nopeudelle suuremmat vaatimukset, kuin asiakas-palvelin-arkkitehtuuri, vaikka nykyään tämä kuitenkin ei laajakaistojen yleisyyden vuoksi enää niin suuri ongelma olekaan, kuin muutama vuosi sitten.

4.3. Hybridit

Kolmas vartenotettava arkkitehtuuriratkaisu on yleisimmin edellämainittujen kahden arkkitehtuuriratkaisun yhdistelmä, ja näistä yhdistelmistä on kehitetty lukuisia erilaisia variaatioita. Tämän kaltaisia yhdistelmiä kutsutaan yleisesti *hybrideiksi* [El Rhalibi and Merabti, 2005] ja suurimmassa osassa nykyisiä massiivimoninpelejä käytetään huomattavasti yleisemmin jonkinasteista vertaisverkko- ja asiakas-palvelin-mallien yhdistelmää, kuin jompaa kumpaa ääripäätä yksinään. Näissä arkkitehtuureissa pyritään ottamaan molemmista pääarkkitehtuureista sovelluksen kannalta parhaiten sopivat puolet, ja yhdistämään ne toimivaksi kokonaisuudeksi.

Koska hybridiarkkitehtuureja on melkein yhtä monta erilaista, kuin on sovelluksia, joita varten hybridiratkaisuja on suunniteltu, on niiden tarkempi käsittely tässä kappaleessa mahdotonta, joten hybridiarkkitehtuurin idea on ehkä helpompaa esittää esimerkin avulla.

Esimerkkinä tällaisesta hybridiarkkitehtuurimallista on ns. *P2P-välimiesmalli* (Peer-to-peer with Central Arbiter, P2P-CA) [Pellegrino and Dovrolis, 2003]. Tässä mallissa pelihahmojen välillä tapahtuva dataliikenne toteutetaan P2P-tyyliin, mutta pelimaailman yhtenäisyystarkastus siirretään tavallisesta asiakas-palvelin-mallista poiketen asiakaskoneen vastuulta välimiehelle. Välimies saa jokaiselta pelaajalta jokaisen pelimaailmaa koskevan päivityksen, mutta lähettää päivityksiä pelaajalle ainoastaan mikäli se on tarpeen. Eli käytännössä silloin, kun välimies huomaa epäyhteneväisyyden. P2P-välimiesmallilla on selvästi perinteistä asiakas-palvelin-arkkitehtuuria pienempi vaatimus yhteysnopeudelle [Pellegrino and Dovrolis, 2003]. Tätä arkkitehtuuriratkaisua käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.2.

5. Esimerkkejä massiivimoninpeliarkkitehtuureista

Seuraavassa kahdessa luvussa käsitellään lyhyesti kahta erilaista arkkitehtuurityyppiä kuvailemalla niitä lyhyesti ja esittämällä niiden pääideat korkeammalla tasolla.

5.1. CASE 1: Dynamic Microcell Assignment

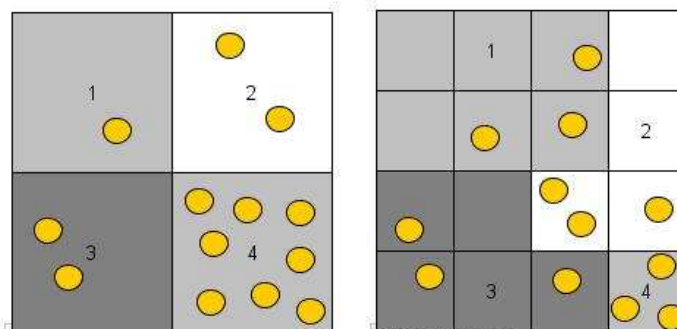
5.1.1. Lähtökohdat

Tavallisesti asiakas-palvelin-arkkitehtuurissa jaetaan massiivimoninpelien kohdalla pelialue eri palvelimien välillä samankokoisiin alueisiin. Tämä tarkoittaa siis sitä, että yhden pelialueen tapahtumista vastaa yksi tietty palvelinryppäeseen kuuluva palvelinkone. Tämä on hyvinkin toimiva ratkaisu yleisellä tasolla, mutta esimerkiksi useasti massiivimoninpelejen sosiaaliin

kuvioihin kuuluu järjestää toisinaan *tapahtumia* (event), joissa useat pelaajat kokoontuvat samalle alueelle esimerkiksi kohtaamaan jonkun tietyn pelimaailman luoman vastuksen, jolloin kuormitetaan yhtä pelialuepalvelinta normaalia enemmän. Ongelma voidaan yleistää siis siten, että jostain syystä tasaisesti jaetulla pelialueella tietylle alueelle kohdistuu tavallista suurempia määriä laskettavia tapahtumia. Tämä puolestaan ääritapauksissa voi johtaa siihen, että kyseistä pelialuetta ylläpitävä palvelin ei pystykään tästä dataliikennekuormasta suoriutumaan ja pelissä esiintyy jopa pelaamiseen kriittisesti vaikuttavaa hidastumista. Pahimmillaan tämä johtaa pelaajien yhteyden menetystä palvelimeen ja tapahtuman epäonnistumiseen.

5.1.2. Arkkitehtuurin kuvaus

Tässä hybridi-ratkaisussa on otettu pääasialliseksi tavoitteeksi luoda arkkitehtuuri, jossa on poistettu yllä kuvatun kaltainen skaalautumattomuudesta johtuva ongelma. Vleeschauwer *et al.* (2005) esittelevät paperissaan hieman syvemmällä tasolla hybridiratkaisun massiivimoninpeliarkkitehtuurille, jossa hyödynnetään dynaamisia mikrosoluja. *Dynaamisilla mikrosoluilla* (dynamic microcell) tarkoitetaan arkkitehtuurissa sitä, että pelialue jaetaan perinteisestä tasapuolisesta jaosta poiketen siten, että jako tehdään useampiin pienempiin osiin eli soluihin. Nämä solut voidaan dynaamisesti jakaa eri palvelimien välillä siten, että siirretään solujen ylläpitovastuuta pois siltä palvelimelta, jolla on vastuu kuormitetun solun ylläpidosta. Näin ollen tasapainotetaan vastuuta palvelimien välillä ja vältytään ongelmalta, jossa palvelimen resurssit eivät riitä tilanteen hallintaan. Alla olevasta kuvasta (kuva 1) nähdään hyvin, kuinka vasemmanpuoleisessa kuvassa palvelin nro 4:llä on huomattavasti suurempi kuorma, kuin muilla palvelimilla. Oikean puoleinen kuva taas näyttää tilanteen, jossa on dynaamisesti jaettu vastuu pienemmistä pelialueista eri palvelimien välillä ja näin ollen kunkin palvelimen kuorma on suunnilleen samalla tasolla.



Kuva 1. Staattinen aluejako ja dynaaminen aluejako palvelimien välillä.

De Vleeschauwer *et al.* (2005) mainitsevat työssään, että tämän kaltainen solujen määrän kasvattaminen on huomattavasti kevyempää palvelimille, kuin eräissä muissa tapauksissa käytetty alueiden dynaaminen koon muutto. Haittapuolena solujen runsaasta määrästä on se, että solujen välillä tarvitaan kommunikaatiota vanhaa ratkaisua enemmän ja keskimääräinen palvelimen kuormitus on yleisesti suurempi. Silti dynaamisten mikrosolujen käyttö on heidän tutkimuksensa perusteella raskaimmallakin kuormituksella olevalle palvelinkoneelle järkevä ratkaisu.

5.2. CASE 2: Vertaisverkko-välimies-malli

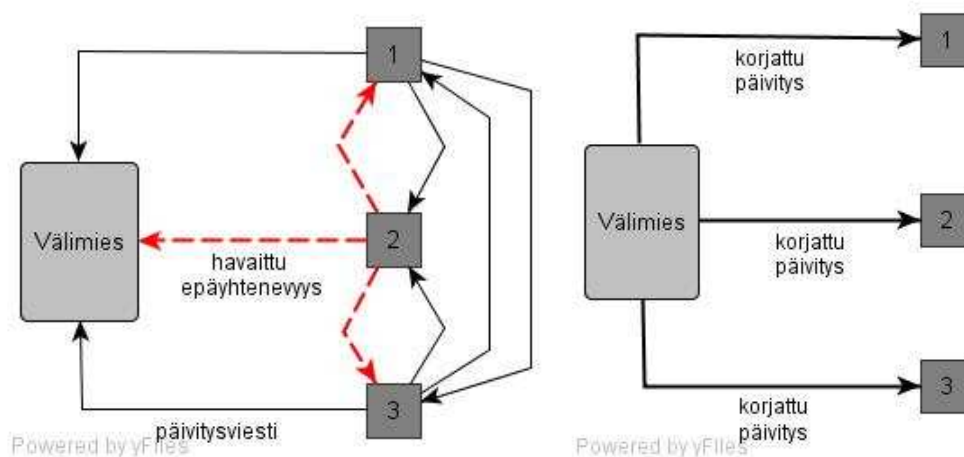
5.2.1. Taustaa

Pellegrino ja Dovrolis (2003) ottivat massiivimoninpeliarkkitehtuurinsa kehittämiseen lähtökohdaksi tutkimalla kaistavaatimuksia sekä pelaajapuolella, että palvelinpuolella. Näitä kaistavaatimuksia tutkittiin myös molempien pääarkkitehtuurityyppien, eli asiakas-palvelin – ja vertaisverkkoarkkitehtuurin näkökulmista. Tutkimuksissa ennalta odotetusti nähtiin, että asiakas-palvelin-arkkitehtuuri on todella heikosti skaalautuva, joten se sietää enimmillään yllättävänkin tarkkaan kaistanleveydestä riippuvaa määrää pelaajia ennen näkyviä haittoja. Vertaisverkkoarkkitehtuurin taas puolestaan todettiin olevan hyvinkin skaalautuva, mutta pelimaailman tilojen yhtenäisyyksien ylläpitäminen on vertaisverkkojen kohdalla todella hankalaa. Vertaisverkkoarkkitehtuurit ovat myös hyvin raskaita prosessoinnin ja kaistan kannalta sillä, pelaajat joutuvat tekemään huomattavasti asiakas-palvelin-mallia enemmän tilatarkastuksia muiden tapahtumassa vaikuttavien pelaajien välillä.

5.2.2. Arkkitehtuurin kuvaus

Nämä ongelmat mielessä pitäen, Pellegrino ja Dovrolis (2003) kehittivät hybridiarkkitehtuurin, joka pyrkii yhdistämään vertaisverkkoarkkitehtuurin skaalautuvuuden asiakas-palvelin-arkkitehtuurin tilojen yhtenevyyden käsittelyyn. Tuloksena syntyneitä arkkitehtuuria he kutsuvat *vertaisverkko-välimies* (Peer-to-Peer with Central Arbiter, PP-CA)-malliksi. Arkkitehtuurin pääideana on se, että välimies toimii ikäänkuin palvelimena, joka suorittaa yhteneväisyystarkastuksia pelaajien välillä, aivan kuten tavallisessa asiakas-palvelin-arkkitehtuurissa. Pääerona on se, että välimies ei ota yhteyttä pelaajaan muulloin kuin niissä tapauksissa, joissa se huomaa epäyhtenäisyyden joka tulee korjata. Tästä seuraa se etu, että informaatiota ei liiku niin paljoa pelaajien välillä, minimoiden näiden välisen kommunikaatioviiveen, eikä välimiehellekään kohdistuva kuorma ole missään vaiheessa kriittinen.

Välimies monitoroi tilannetta kaikkien pelaajien välillä siten, että kunkin pelaajan päivitysviestit lähetetään sekä muille pelaajille, että välimiehelle. Välimies ei puutu tapahtumiin muutoin, kuin silloin jos se havaitsee epäyhtenevyyden ja tällöin sen tehtävä on muodostaa edellinen yhtenevä tila ja palauttaa jokainen pelaaja tähän tilaan. Tämä selittyy parhaiten katsomalla alla olevaa kuvaa 2.



Kuva 2: Epäyhtenäisyyden havaitseminen ja korjaus

Välimies pyrkii siis yhdistämään vertaisverkko- ja asiakas-palvelin-arkkitehtuurien hyvät puolet yhteen ja tulokset puhuvatkin puolestaan sillä, että kun vaatimus kaistanleveydelle asiakas-palvelin mallissa kasvaa eksponentiaalisesti, on vastaava kasvu vertaisverkko-välimies-mallia käyttäen vain lineaarista [Pellegrino and Dovrolis, 2003]. Välimiehelle lankeaa tässäkin arkkitehtuurissa sama tehtävä kuin perinteisessä asiakas-palvelin-arkkitehtuurissa, eli pelimaailman ylläpito. Tämä tarkoittaa kuitenkin myös sitä, että mikäli moninpelin pullonkaula johtuu siitä, että suuria pelaajamääriä käsiteltäessä prosessointiteho ei riitä, on tämä sama ongelma vastassa myös vertaisverkko-välimies-arkkitehtuurissa.

6. Yhteenveto

Massiivimoninpelikulttuurin nousujohteisuus synnyttää koko ajan uusia yrittäjiä massiivimoninpelibisneksen saralle. Jokainen pelibisneksessä vaikuttava taho on omalta osaltaan kiinnostunut saamaan oman siivunsa tästä jo todistetusti huiman markkinapotentiaalin omaavasta ilmiöstä. Uusien innovaatioiden keksiminen markkinoille pääsemiseksi on muodostunut tässä vaiheessa jo miltei pakollisuudeksi, joten moninpeliarkkitehtuureilta vaaditaan yhä enemmän skaalautuvuutta suuriin pelaajamääriin, viiveensietoa ja entistä parempaa toiminnallisuutta ja pelattavuutta.

Perinteiset asiakas-palvelin –arkkitehtuurilla toimivat massiivimoninpelit aiheuttavat suunnattomia kustannuksia, jotka on saatava jollain keinolla korvattua. Monesti pelkkä pelin hinnan kertamaksu ei riitä vaan, korkeat ylläpitokustannukset näkyvät kuukausittain perittävinä maksuina loppukäyttäjiltä. Tämän kaltainen ratkaisu toimii joissain tapauksissa, mutta suurimmassa osassa pelin suosio ei riitä kattamaan ylläpitokustannuksia.

Ylläpitokustannuksien suuruus ja pelimaailmaa koskevien rajojen vastaantulo on poikanut uusia erilaisia arkkitehtuuriratkaisuja, joista varsinkin vertaisverkkoihin sisältyvä potentiaali kiinnostaa monia yrittäjiä. Kuitenkin ongelmia vertaisverkkoihin pohjautuvissa toteutuksissa on vielä niin paljon, ettei se ole vielä yltänyt asiakas-palvelin –mallin suosioon. Näitä ongelmia pyritään koko ajan ratkomaan mm. erilaisten hybridiarkkitehtuurien avulla, joissa pyritään yhdistämään tunnettujen arkkitehtuuriratkaisujen hyviä puolia yhdeksi kokonaisuudeksi. Vaikka mitään lähellekään täydellisiä ratkaisuja ei ole löydetty, lienee silti todennäköistä, että vastauksia tullaan tulevaisuudessa löytämään yhä enemmän ja enemmän vertaisverkkojen puolelta.

Viiteluettelo

- [Bossler, 2004] Anne-Gwenn Bossler, Massively Multi-Player games: Matching Game Design with Technical Design, In: *Proc. of 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, International Conference Proceeding Series 74* (2004), 263-268.
- [De Vleeschauwer et al., 2005] Bart De Vleeschauwer, Bruno Van Den Bossche, Tom Verdickt, Filip De Turck, Bart Dhoedt, and Piet Demeester, Dynamic microcell assignment for massively multiplayer online gaming, In: *Proc of 4th ACM SIGCOMM Workshop on Network and System support for games, multiplayer game architectures*, 1-7.
- [El Rhalibi and Merabti, 2005] Abdenmour El Rhalibi and Madjid Merabti, Agent-Based Modeling for a Peer-to-Peer MMOG Architecture. *Computers in Entertainment* 3 (Apr. 2005), 3-5.
- [Pellegrino and Dovrolis, 2003] Joseph D. Pellegrino and Constantinos Dovrolis, Bandwidth requirement and state consistency in three multiplayer game architectures. In: *Proc. of 2nd NetGames '03 Workshop on Network and system support for games*, 52-59.
- [Smed et al.,2001] Jouni Smed, Timo Kaukoranta, and Harri Hakonen, Aspects of Networking in Multiplayer Computer Games, In: *Proc.of International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century*, November 2001.

J2ME-peliohjelmointi ja MIDP 2.0

Jyri Saarikoski

Tiivistelmä

Erilaiset tietokone- ja konsolipelit ovat kahdessa vuosikymmenessä levinneet suureksi maailmanlaajuiseksi ilmiöksi. Samaan aikaan teknologinen kehitys on käynnistänyt ilmiön, jossa erilaiset laitteet ovat lähentyneet toisiaan ja laitteiden väliset rajat ovat hämärtyneet. Hyvä esimerkki tästä ilmiöstä on tietokoneen ja puhelimen konvergenssi, jonka seurauksena varsin tavallisetkin mobiilipuhelimet pystyvät nykyään suoriutumaan samoista tehtävistä kuin tietokoneet valtakautensa alkupuolella. Tässä tutkielmassa tutkitaan mobiilipuhelimien peliohjelmointia Javan mobiililaitteille tarkoitetulla J2ME-versiolla ja sen MIDP-kokoonpanolla, joka on tarkoitettu heikkotehoisten päätelaitteiden, kuten perusmobiilipuhelimien sovellusohjelmointiin. J2ME-peliohjelmointia tutkitaan tässä tutkielmassa toteuttamalla melko yksinkertainen pelisovellus MIDP 1.0 -profiililla sekä uudemmalla MIDP 2.0 -profiililla ja vertailemalla näiden profiilien välisiä eroja käytännön ohjelmointityössä. Tämän tutkimuksen pohjalta on selvää, että uusi 2.0-profiili on parempi kuin vanha 1.0-profiili. Kuitenkin myös vanhemmalla profiililla ohjelmoitaessa on mahdollista saavuttaa käytännössä sama lopputuote, mutta tämä vaatii kuitenkin merkittävästi suuremman työpanoksen ohjelmoijalta.

Avainsanat ja -sanonnat: Java, J2ME, mobiilipelit, ohjelmointi, peliohjelmointi.

CR-luokat: D.2, D.3, K.8

1. Johdanto

Kotitietokoneiden yleistymisen 80-luvulla aloitti myös erilaisten tietokonepelien leviämisen laajalle. Tietokoneiden kehityksen, hintojen laskemisen ja erilaisten pelikonsolien kehittymisen seurauksena pelit ovat nousseet noin kahdessakymmenessä vuodessa erittäin suureksi ilmiöksi. Nykyään kuulee melko usein shokeeraavan väitteen, jonka mukaan peliteollisuus on jo maailmanlaajuisesti suurempi ala taloudellisesti kuin elokuvateollisuus. Myös päinvastaisia mielipiteitä aiheesta löytyy vähintään yhtä paljon, mutta on erittäin vaikeaa, jos ei jopa mahdotonta, löytää kunnollista perusteltua selvitystä aiheesta. Ei ole kuitenkaan lopulta edes kovin oleellista, onko peliteollisuus rahassa mitattuna suurempi kuin elokuvateollisuus, sillä joka tapauksessa voidaan peliteollisuutta pitää erittäin merkittävänä teollisuuden alana, jos sitä voidaan kuitenkin ilmeisen realistisin perustein verrata tuottoisaan elokuvateollisuuteen.

Samaan aikaan teknologisen kehityksen seurauksena on syntynyt ilmiö, jota kutsutaan *konvergenssiksi* [Herkman, 2002]. Lyhyesti kuvailtuna konvergenssi on ilmiö, jossa erilaiset teknologiat ja laitteet lähentyvät toisiaan niin, että niiden rajat saattavat lopulta kadota lähes kokonaan. Yksi parhaista esimerkeistä on pääosin 90-luvulta lähtien tapahtunut tietokoneen ja puhelimen konvergenssi, joka jatkuu edelleen. Puhelin muuttui ensin mobiiliksi laitteeksi ja sen jälkeen se sai perinteisiä tietokoneen ominaisuuksia siinä määrin, että nykyään perusmobiilipuhelimekin pystyvät samaan kuin kotitietokoneet oman valtakautensa alkupuolella. Itse asiassa mobiilipuhelimet voittavat vanhat kotikoneet vertailussa helposti, koska mobiilipuhelinta voi käyttää nykyään myös esimerkiksi www-selaimena sekä sähköpostin lukemiseen ja radion kuuntelemiseen. Mobiilipuhelimet ovatkin jo käytännössä pienikokoisia tietokoneita, joilla voi myös soittaa puheluita. Vastaavasti tietokoneet ovat ensin pienentyneet pöytäkoneiksi ja lopulta kannettaviksi, eli käytännössä jopa jossain määrin mobiileiksi laitteiksi. Mielenkiintoisena lisänä tässä ilmiössä on se, että viime vuosina tietokoneet ovat yllättäen liukuneet yhä enemmän kohti puhelinta, koska niillä voi nyt myös soittaa puheluita.

Java-tekniikat [Sun Microsystems, 2006a] löivät itsensä läpi niin ikään 90-luvulla, joten ei ole lainkaan yllättävää, että ne ovat merkittävässä osassa puhuttaessa mobiilipuhelinten sovellusohjelmoinnista. Kuten tietokonepuolellakin on Javan vahvuus *mobiiliohjelmoinnissa* sen toimivuus lähes kaikissa ympäristöissä. Javasta onkin tullut lähes standardiominaisuus mobiilipuhelimeissa, mikä on tehnyt Java-peleistä suuren ja merkittävän taloudellisen ilmiön.

Tässä tutkielmassa tutkitaan *Java 2 Micro Editionia* (J2ME) [Sun Microsystems, 2006b], joka on Javan mobiililaitteille tarkoitettu versio. Erityisesti käytetään J2ME:n MIDP-kokoonpanoa, joka on tarkoitettu heikkotehoisten päätelaitteiden, kuten perusmobiilipuhelimien, sovellusohjelmointiin. Tarkoituksena on tutkia, miten MIDP 2.0 -profiili muuttaa käytännön peliohjelmointia verrattuna vanhempaan 1.0-profiiliin. Tätä tutkitaan suunnittelemalla melko yksinkertainen pelisovellus, joka toteutetaan ensin 1.0-profiililla ja sitten käyttäen hyväksi MIDP 2.0:n ominaisuuksia.

Aluksi esitellään lyhyesti mobiiliohjelmoinnin erityispiirteitä sekä Javan J2ME-versio, minkä jälkeen kuvaillaan toteutettu pelisovellus. Tutkielman loppuosassa vertaillaan pelin ohjelmoinnin aikana esille tulleita profiilien välisiä eroja lyhyesti sekä arvioidaan uuden version hyödyllisyyttä tästä näkökulmasta.

2. Mobiiliohjelmoinnin erityispiirteistä

Mobiiliohjelmointi eroaa monella tavoin perinteisestä ohjelmoinnista. Tämä ero johtuu mobiililaitteiden ominaisuuksista, jotka rajoittavat ohjelmoijan käytettävissä olevia resursseja sekä mahdollisuuksia. Kuten Mikkonen [2004] toteaa on mobiililaitteen käsitteen määrittelyminen kuitenkin erittäin vaikeaa, joten tässäkin työssä ei pyritä siihen. Sen sijaan jatkossa oletetaan, että mobiililaitteiksi voidaan ilman sen tarkempaa määrittelyä laskea kaikki jonkinlaisen tietokoneen tai tietojärjestelmän sisältävät laitteet, joita käyttäjä voi suhteellisen vaivattomasti kuljettaa mukanaan. Näiden laitteiden ohjelmointia kutsutaan mobiiliohjelmoinniksi. Voidaan siis ajatella, että rajatapauksena jopa kannettava tietokone on mobiililaitteeksi ja vastaavasti toisessa ääripäässä tunnusmerkit täyttää esimerkiksi rannekello, joka sisältää jonkinlaisen minimaalisen tietokoneen sisällään. Tämän tutkimuksen kannalta ei kuitenkaan ole lainkaan oleellista puuttua määritelmään tarkkaan muotoon, sillä tässä tutkimuksen kohteena ovat perusmobiilipuhelimet, jotka kuuluvat ilmiselvästi mobiililaitteiden luokkaan.

Seuraavaksi pohditaan mobiililaitteen tärkeimpiä erityispiirteitä ja niiden vaikutusta mobiiliohjelmointiin. Käsitellään ensin Mikkosen [2004] mielestä neljä tärkeintä ominaispiirrettä keskittyen lähinnä tarkastelemaan näitä juuri tavallisimpien mobiilipuhelinten kannalta. Lopuksi käsitellään lyhyesti mobiiliympäristössä yleisesti käytettävää tapahtumapohjaista ohjelmointimallia, joka ohjaa mobiililaitteiden ohjelmointia merkittävästi, sekä esitellään lyhyesti muita mobiilien laitteiden ohjelmoimiseen liittyviä erityispiirteitä.

2.1. Laitteen pieni koko

Mobiililaitteen on luonnollisesti usein oltava suhteellisen pienikokoinen, jotta se olisi käyttäjälleen mahdollisimman helppo kuljettaa mukana paikasta toiseen. Tämä on sen merkittävin rajoite, joka pohjimmiltaan selittää kaikki muut (kappaleet 2.2 – 2.4) sen rajoittavat ominaispiirteet. Juuri pienen kokonsa takia esimerkiksi matkapuhelimet eivät voi sisältää kotitietokoneen tasoista prosessoria, suurta määrää muistia sekä erittäin pitkäkestoista virtalähdettä. Tietenkin tämä on myös kustannuskysymys, sillä näiden kaikkien lisääminen tekisi matkapuhelimista huomattavasti kalliimpia, mutta ennen kaikkea näitä ominaisuuksia ei vain pysytä toteuttamaan niin, että laitteen mobiilius ei kärsi kohtuuttomasti.

Toisaalta laitteen pieni koko aiheuttaa myös muunlaisia ongelmia, kuten näytön merkittävästi pienempi koko verrattuna esimerkiksi tietokoneisiin, mistä johtuen käyttöliittymien ja grafiikan esittäminen poikkeaa suurempien

näyttöjen tilanteesta. Samoin näppäimistö on usein suhteellisen minimaalinen, mistä johtuen esimerkiksi käyttäjän toimesta tapahtuva tekstinsyöttö on hankalampaa kuin tietokoneiden tapauksessa, mikä saattaa joskus olla syytä ottaa huomioon.

2.2. Energian kulutuksen merkitys

Mobiililaitteen on yleensä tultava toimeen omalla akullaan, joka on usein pieni ja mahdollisimman kevyt ja siten melko lyhytkestoinen. Energiakulutuksen minimoiminen saattaa joskus tulla eteen, jopa sovelluskehittäjälle. Mikkonen [2004] mainitsee esimerkkinä tilanteen, jossa raskas animointitehtävä saattaa osoittautua energiansäästämisen takia mahdottomaksi. Energiankulutuksen ongelmat eivät kuitenkaan ole sovelluskehittäjälle läheskään niin merkittävä käytännönongelma kuin kolme muuta tässä esitettävää rajoittavaa ominaispiirrettä.

2.3. Muistin rajoitettu määrä

Yksi merkittävimmistä rajoitteista on ehdottomasti muistin erittäin pieni määrä verrattuna työasemaohjelmointiin. Mobiilipuhelimessa saattaa olla muistia vain muutamia megatavuja, parhaimmillaankin vain joitain kymmeniä megatavuja. Kun verrataan niitä tässä suhteessa nykyaikaisiin tietokoneisiin, joissa muistia on yleensä 512 tai jopa 1024 megatavua on tilanne ymmärrettävästi otettava huomioon. Lisäksi tietokoneet sisältävät vielä yleensä jopa kymmenten gigatavujen kokoisen massamuistin, kun mobiilipuhelimet joutuvat pärjäämään pelkällä keskusmuistilla, koska nykyiset levymuistit eivät sovellu mobiililaitteisiin, niihin kohdistuvan suuren fyysisen rasituksen takia [Mikkonen, 2004].

On selvää, että tällainen ero muistimäärässä aiheuttaa eroja myös sovelluskehittäjän mahdollisuuksissa. Muistin tuhlaamiseen ei yksinkertaisesti ole varaa. Yhdessä pienikokoisen näytön kanssa muistin vähyys aiheuttaa myös sen, että sovelluksista on täysin mahdotonta tehdä yhtä näyttäviä kuin työasemasovelluksista. Tavallaan mobiiliohjelmoinnissa ollaankin nyt muistiresurssien suhteen samassa vaiheessa kuin työasemapuolella vuosia sitten, kun keskusmuisti ja massamuisti olivat huomattavasti kalliimpia ja niiden puute rajoitti ohjelmointia merkittävästi. Muistia on mobiililaitteissa todellakin niin vähän käytettävissä, että sovelluksen suunnittelu ja tiedon tallentaminen täytyy tehdä järkevästi. On myös huomattava, että mitä enemmän muistia jokin yksittäinen sovellus sitoo sitä vähemmän sovelluksia voidaan laitteeseen asentaa, siksi jokainen sovellus on syytä pitää suunnitella muistinkulutusta ajatellen. Tämä ongelma tulee melko harvoin vastaan enää

nykyään työasemapuolella, mutta oli täysin arkipäivää vielä muutamia vuosia sitten.

2.4. Prosessoritehon puute

Myös prosessorin suorituskyky on mobiiliohjelmoinnissa ongelma. Pienikokoisessa mobiililaitteessa ei luonnollisestikaan voi olla yhtä tehokasta prosessoria kuin normaalissa tietokoneessa, mikä rajoittaa laitteen suorituskykyä ja on otettava huomioon sovellusohjelmoinnissa.

2.5. Tapahtumapohjainen ohjelmointimalli

Mobiiliohjelmointia vahvasti leimaava ominaispiirre on se, että ohjelmat eivät ole samanlaisia kuin perinteisessä ohjelmoinnissa yleensä, vaan ne ikään kuin reagoivat saamiinsa ärsykkeisiin. Tällöin käytetään yleensä niin sanottua tapahtumapohjaista ohjelmointimallia. Mikkonen [2004] tiivistää mallin perusideaksi sen, että järjestelmä odottaa syötteitä ympäristöltään ja suorittaa sitten syötteeseen liittyvän toiminnon.

Sovellusohjelmoinnin kannalta tapahtumapohjaisuus tarkoittaa yleensä käytännössä sitä, että ohjelmat rakennetaan reagoimaan käyttöliittymäkomponenttien ja syöttölaitteiden näppäinten aiheuttamiin herätteisiin siten, että annettu heräte saa yleensä aikaan jonkin tapahtumien ketjun tai uusia heräitteitä niin, että jokin haluttu toiminto toteutuu ja sovelluksen tila muuttuu toivotulla tavalla. Tapahtumapohjainen ohjelmointimalli kuuluu toki myös työasemaohjelmointiin, mutta se on erityisen merkittävä ominaispiirre juuri mobiiliohjelmoinnissa.

2.6. Mobiilisovellusten suunnittelusta

Mobiiliohjelmistojen suunnittelusta tekee haasteellista se, että edellä esiteltyt ongelmat on osattava ottaa huomioon jo varhaisessa vaiheessa. Sovelluskehittäjää varten on onneksi olemassa monia valmiita *suunnittelumalleja*, joiden avulla sovellusten suunnittelussa voidaan ottaa tehokkaasti huomioon juuri nämä kriittisimmät ongelmat. Mikkonen [2004] esittelee esimerkiksi rajapintarajaus-suunnittelumallin (small interfaces), jonka avulla voidaan tehostaa sovelluksen muistinkäyttöä, kun rajapintojen sopivalla suunnittelulla annetaan asiakkaalle mahdollisuus hallita tiedon siirtämistä, esimerkiksi ylimääräistä kopiointia. Tarkemmin tehokkaaseen muistinkäyttöön soveltuvia suunnittelumalleja käsittelevät esimerkiksi Noble ja Weir [Noble and Weir, 2001].

On kuitenkin muistettava, että pelkkä suunnittelumallien käyttäminen ei riitä, vaan myös ohjelmoijan on tiedostettava potentiaaliset ongelmakohdat. Voidaan hyvällä syyllä sanoa, että mobiiliohjelmoinnissa hyvä suunnittelu on

jopa paljon tärkeämpää kuin työasemaohjelmistojen tapauksessa, sillä huonosti suunniteltu sovellus saattaa haaskata arvokkaita resursseja turhaan, mikä mobiilisovelluksen tapauksessa voi olla erittäin suuri ongelma.

3. Java 2 Micro Edition

Java [Sun Microsystems, 2006a] on niin sanottu tulkattava ohjelmointikieli. Se julkaistiin 90-luvun alussa ja on sittemmin onnistunut vakiinnuttamaan paikkansa esimerkiksi verkko-ohjelmoinnissa, sulautettujen järjestelmien toteuttamisessa ja myöhemmin myös mobiiliympäristöissä. Yksi Javan perusominaisuuksista on sen toimivuus useissa eri ympäristöissä. Java-ohjelma toimii periaatteessa kaikissa ympäristöissä, joissa sen tulkki, virtuaalikone (virtual machine, VM), on toteutettu. Tällä tavoin esimerkiksi sama Javalla kirjoitettu työasemasovellus voidaan ajaa sekä Windows- että Linux-ympäristöissä, mikäli Javan virtuaalikone on asennettu molempiin. Sama idea toimii myös mobiiliympäristössä, mikä on auttanut merkittävästi esimerkiksi matkapuhelimiin ladattavien Java-pelien menestyksessä.

Tarkemmin Javan perusominaisuuksia esittelee esimerkiksi [Vesterholm ja Kyppö, 2001]. Tässä emme kuitenkaan Javaa yleisesti käsittele tarkemmin vaan tarkastelemme seuraavaksi sen mobiiliohjelmointiin tarkoitettua versiota eli Java Micro Editionia (J2ME) [Sun Microsystems, 2006b] ja siihen liittyviä ominaisuuksia.

3.1. J2ME lyhyesti

Peltomäen [2004] mukaan J2ME:n päätavoitteena on toimia Java-alustana erilaisille sulatetuille järjestelmille, kuten televisio, matkapuhelin, kahviautomaatti. Itse asiassa J2ME jakautuu vielä kahtia siten, että on olemassa kaksi eri kokoonpanoa, joista monipuolisempi on Personal Java, jonka suorituskyky on lähellä normaalin työasemissa käytettävän J2SE:n tasoa. Yksinkertaisempi kokoonpano on Kilo-virtuaalikonetta (KVM Kilo virtual machine) käyttävä toteutus, joka soveltuu yksinkertaisimpiinkin mobiililaitteisiin siinä missä Personal Javan pääkohderyhmään kuuluvat lähinnä PDA-laitteet ja muut tehokkaammat laitteet.

Tässä työssä tutkitaan tätä kevyempää versiota eikä perehdytä Personal Javan ominaisuuksiin mitenkään, koska tarkoitus on tutkia mobiilipeli-ohjelmointia nimenomaan perusmobiilipuhelimiin liittyen.

3.2. CLDC

Kilo-virtuaalikone toimii mobiililaitteen käyttöjärjestelmän päällä toteuttaen Java-koodin tulkkauksen laitteen ymmärtämään muotoon. Sen päällä toimiva Connected limited device configuration (CLDC) [Sun Microsystems, 2006c] on

puolestaan konfiguraatio, jossa mobiililaitteen ominaispiirteet on huomioitu. Mikkonen [2004] kuvailee CLDC:tä eräänlaiseksi sopimukseksi J2ME-suoritusympäristön tekijän ja laitevalmistajan välillä. Sopimus määrittelee tietyn laiteryhmän vähimmäisvaatimukset. CLDC ei varsinaisesti näy suoraan sovellusohjelmoijalle.

CLDC:tä tukevat virtuaalikoneet eivät toteuta kaikkia samoja ominaisuuksia kuin standardin Javan eli J2SE:n virtuaalikone. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että mobiililaitteen resurssit ovat rajoitetummat ja tietoturvakysymykset erilaisia. Peltomäki [2004] listaa CLDC:n ja standardi-Javan erot seuraavasti:

- CLDC ei toteuta `Object.finalize()` -metodia
- Ajonaikaiset virheet jaetaan CLDC:ssä vain kolmeen luokkaan ja muut virheet käsitellään laitteesta riippuen
- CLDC ei tue Javan natiivirajapintaa (Java Native Interface, JNI)
- CLDC ei tue käyttäjän määrittelemää luokkalataajaa
- CLDC ei tue säieryhmiä
- CLDC ei tue reflektointia

Lisäksi vanha CLDC 1.0 ei tukenut resurssisysteistä johtuen lainkaan liukulukuja, mutta 1.1-versiossa liukuluvut ovat jo käytössä.

3.3. MIDP

Mobile information device profile (MIDP) [Sun Microsystems, 2006d] on CLDC-konfiguraation päälle suunniteltu ohjelmointirajapinta. Mikkonen [2004] havainnollistaa, että MIDP on tavallaan sopimus ohjelmoijan ja Java-ympäristön toimittajan välillä. MIDP:stä on olemassa kaksi eri versiota. MIDP 1.0 on vanhempi versio, joka perustuu CLDC 1.0-konfiguraatioon, eli esimerkiksi ei tue liukulukuja lainkaan. Vastaavasti uudempi MIDP 2.0 perustuu CLDC:n 1.1-versioon ja toteuttaa liukuluvut sekä useita uudistuksia, kuten esimerkiksi erityisen peliohjelmointiin tarkoitetun rajapinnan. Tarkemmin MIDP 2.0 -version uudistuksista löytyy tietoa Sun Microsystemsin verkkosivuilta [Sun Microsystems, 2006e]. Myös Peltomäki [2004] käsittelee uusia ominaisuuksia havainnollisesti.

3.4. Midlet

MIDP-ohjelmoinnissa yksittäinen sovellus on nimeltään midlet. Midlet muistuttaa suuresti J2SE-ohjelmoinnista tuttua applettia eli sovelmaa, joka on tietyn perusrakenteen mukaan ohjelmoitu sovellus, joka on esimerkiksi mahdollista upottaa verkkosivulle. Mikkonen [2004] ehdottaakin midletin suomennokseksi puhelinsovelmaa. Midlet on erityisesti mobiiliohjelmointiin suunniteltu sovellustyyppi, joka tukee esimerkiksi JAR-pakkaamista. Tässä

tutkielmassa emme syvenny midletin ominaispiirteisiin tämän enempää. Tarkemmin midleteistä kertoo esimerkiksi Peltomäki [2004].

4. Pelisovellus: Goalie Game

Jotta päästäisiin tutkimaan MIDP-versioiden vaikutusta peliohjelmointiin käytännössä suunnitellaan yksinkertainen pelimidlet, joka toteutetaan ensin 1.0-versiolla ja sitten käyttäen 2.0-version ominaisuuksia. Lopuksi vertaillaan versioiden vaikutusta toteutukseen.

Tässä tutkielmassa ei esitellä tarkemmin toteutettavan pelin suunnittelua tai yksityiskohtaista toteutusta, vaan tarkoituksena on keskittyä tutkimaan sitä, missä kohtaa 2.0-profiili mahdollisesti muuttaa, helpottaa tai vaikeuttaa, toteutusta ja ohjelmoijan työtä. Varsinaista lähdekoodia ja toteutuksen arkkitehtuuria tarkastellaan vain hyvin yleisesti siltä osin kuin se valottaa versioiden eroja jollain tavoin. Pelin toteuttamisessa käytettiin tunnettua *MVC-suunnittelumallia* [Gamma et al., 2001]. Seuraavaksi sovelluskohteen luonteen valottamiseksi lyhyehkö kuvaus pelin ideasta.

Tutkimusta varten toteutettiin Goalie Game –peli, jossa pelaajan tehtävänä on ohjata jääkiekkomaalivahtia maalinsa edessä ja yrittää torjua häntä kohti tulevia kiekkoja. Maalivahti voi joko liikkua sivuttain tai pudottautua polvilleen jäähän. Maalivahti toteutettiin yksinkertaisesti kahdella kuvalla niin, että toisessa kuvassa maalivahti on seisaallaan ja toisessa polvillaan, kuten kuvassa 1. Pelaaja voi pelata useita pelejä ja peli laskee maalivahdille tilastot ja antaa arvosanan tämän torjuntataidoista. Pelistä poistuttaessa peli tallentaa pelaajan uratilastot, joista pelaaja voi jatkaa seuraavalla kerralla.



Kuva 1. Pelissä liikutetaan maalivahtia ja yritetään torjua kiekkoa.

Peli on melko yksinkertainen eikä käytä lainkaan esimerkiksi ääniä ja verkkoyhteyksiä. Näiden ominaisuuksien pois jättäminen johtui siitä, ettei tämän tutkimuksen puitteissa ollut mahdollista toteuttaa, niin laajaa peliä. Näihin ominaisuuksiin liittyen pyritään versioiden eroa arvioimaan mahdollisuuksien mukaan pelkästään teoreettisella tasolla.

Seuraavaksi esitellään pelin toteutus tarkemmin, mutta menemättä kuitenkaan toteutuksen yksityiskohtiin, jotka eivät ole oleellisia tämän tutkimuksen kannalta.

4.1. Pelin toteutus

Kuten edellä todettiin peli toteutettiin soveltaen MVC-suunnittelumallia, jossa ohjelma jaetaan perinteisesti kolmeen erilliseen osaan: model, view ja controller. Model-osa vastaa ohjelman tietorakenteista ja niiden hallinnasta. Se tallentaa siis ohjelman tilan muuttujina ja olioina sekä muuttaa tilaa tarvittaessa. View puolestaan vastaa käyttöliittymästä eli esittää ohjelman tilan graafisesti näytöllä ja ottaa samalla vastaan käyttäjän aiheuttamia käyttöliittymätapahtumia. Controller toimii näiden kahden muun osan välissä eräänlaisena ohjaimena, joka esimerkiksi päivittää view-osaa modelin tilan mukaan.

Toteutuksessa modelina toimii luokka `GoalieGameModel`, joka sisältää tiedot esimerkiksi peliobjektien, kuten maalivahdin, kiekon ja maalin, sijainneista sekä tiedon pelin tilasta, joka kertoo esimerkiksi, onko peli käynnissä vai ei. Luokka käyttää apunaan luokkia `GoalieGameObject`, `GoalieGameEngine` ja `GoalieGameUser`, jotka toteuttavat peliobjektin, pelimoottorin ja käyttäjätiedot.

View-osana toimii luokka `GoalieGameView`. Se toteuttaa käyttöliittymän ja vastaa esimerkiksi käyttäjän nappien painamisen aiheuttamien tapahtumien rekisteröinnistä sekä näytölle piirtämisestä.

Controller-toiminnot toteuttaa puolestaan pelisovelluksen pääluokka `GoalieGameMIDlet`, joka ohjaa koko pelin toimintaa käyttäen hyväkseen sekä model-, että view-osia ohjaten niiden toimintaa. Lisäksi tämä luokka toteuttaa kaikki midleteiltä vaaditut perusominaisuudet.

Nämä toteutuksen yleiset piirteet suunniteltiin suoraan MVC-mallin pohjalta. Seuraavaksi tarkastellaan melko yleisellä ja korkealla tasolla sitä, miten tämä suunniteltu pelisovellus toteutettiin MIDP:n 1.0- ja 2.0-profiileilla keskittyen lähinnä ilmenneisiin eroihin toteutuksessa.

5. Profiilien vertailu

Peli toteutettiin ensin MIDP 1.0 -profiilia hyödyntäen. Toteutuksessa pyrittiin käyttämään kaikkia sen ominaisuuksia hyväksi niin, että sovelluksen toteuttaminen olisi mahdollisimman tehokasta. Tämän jälkeen siirryttiin MIDP 2.0 -versioon ja yritettiin toteuttaa täysin vastaava sovellus sen kaikkia ominaisuuksia käyttäen. Seuraavassa pohdintaa 2.0-version toteutukseen aiheuttamista muutoksista. Erojen tarkastelu ja MIDP 2.0:aan perustuvan toteutuksen rakentaminen tukeutuu Javan verkkosivuilla esitelyihin MIDP 2.0:n uudistuksiin [Sun Microsystems, 2006e] sekä Peltomäen [2004] esiin tuomiin 2.0-version uusiin ominaisuuksiin.

5.1. Game API

Nopeasti MIDP 2.0:n uusia ominaisuuksia tarkasteltaessa kävi selväksi, että tämän sovelluksen kannalta oleellisin uudistus on Game API eli J2ME:n uusi peliohjelmointirajapinta. Sen sisältämistä palveluista osoittautuivat erityisen hyödyllisiksi sprite-tekniikka sekä GameCanvas-luokka.

Sprite-grafiikka on tuttua jo 1980-luvun kotitietokoneista, mutta toimii erittäin hyvin myös nykypäivän mobiilipeleissä. Sprite-oliona toteutettaessa erityisesti peliohjeiden käyttäminen helpottui huomattavasti, sillä niiden siirtämistä ja törmäystarkasteluja varten on Game API:ssa olemassa valmiit operaatiot. MIDP 1.0 -toteutuksessa kaikki piti tehdä itse oikeastaan alusta loppuun asti käsin. Lisäksi sprite-olioiden animoiminen on helppoa, mikä antaisi mahdollisuuksia parantaa toteutuksen näyttävyyttä helposti.

Kuten Peltomäki [2004] mainitsee on GameCanvas-luokan ansiosta 2.0-version näppäimistösyötteen käsittely nopeampaa ja grafiikan piirtäminen sujuvampaa, kun voidaan käyttää 1.0-version takaisin kutsuttavien näppäimistösyötemetodien sijaan 2.0-version yksinkertaisempaa vastinetta ja luoda grafiikka taustalla grafiikkapuskuroinnin ansiosta. Vaikka nämä asiat eivät tässä sovelluksessa olekaan kovin kriittisessä asemassa voitiin näillä keinoilla kuitenkin tehostaa toteutusta vanhaan profiiliin verrattuna.

Game API sisältää lisäksi muutamia muitakin ominaisuuksia, joiden avulla olisi helppo lisätä sovellukseen lisäarvoa, mutta tässä se ei ollut tarpeen. Esimerkiksi TiledLayer-luokan avulla olisi pelin taustan ulkoasua voitu helposti parannella. Onkin perusteltua todeta, että 2.0-versio mahdollistaisi parantelun selvästi helpommin kuin 1.0-versio.

5.2. Muut uudistukset

Peliohjelmointirajapinnan lisäksi MIDP 2.0 esittelee paljon muitakin uudistuksia, mutta tässä sovelluksessa suurin osa niistä ei noussut lainkaan merkittäviksi. Esimerkiksi käyttöliittymäkomponentteja on paranneltu hieman ja uusia operaatioita niiden hallintaan on lisätty. Nämä uudistukset toivat toki pientä lisämukavuutta ohjelmointiin, mutta eivät nousseet lähellekään Game API:n hyödyllisyyden tasolle.

Erittäin hyödylliseksi osoittautui kuitenkin se, että MIDP 2.0 tukee liukulukujen käyttöä, kun 1.0 -versiossa ohjelmoija joutui selviämään kokonaisluvulla. Tässäkin sovelluksessa oli kätevää laskea tilastot suoraan valmiina liukulukuina ilman, että tarvitsi toteuttaa tätä kokonaan itse hankalasti kokonaislukujen avulla.

Loput uudistukset MIDP 2.0 -profiilissa liittyivät lähinnä J2ME:n tietoliikenne- ja tietoturvaominaisuuksiin, joten niiden arvioiminen ei tämän

sovelluksen pohjalta ole mahdollista, mutta yleisen pintapuolisen tarkastelun pohjalta voitaneen sanoa, että nuo ominaisuudet lisäävät varmasti J2ME:n käyttömahdollisuuksia verrattuna MIDP 1.0 -toteutuksiin.

6. Yhteenveto

Pelisovelluksen toteuttaminen MIDP 1.0 - ja MIDP 2.0 -versioilla sekä sen jälkeen tehty vertailu osoitti, että uusi 2.0-versio on parempi ja toimivampi kuin 1.0-versio. Kuitenkin voidaan sanoa, että samanlainen sovellus voidaan kyllä rakentaa myös vanhemmalla versiolla, mutta tällöin ohjelmointityössä vaaditaan huomattavasti enemmän niin sanottua käsityötä eli perusasioiden ohjelmoimista alusta alkaen itse. Lisäksi uusi versio toteuttaa joitain palveluita, kuten grafiikan piirtämisen ja näppäinkomentojen lukemisen, tehokkaammin. Toisaalta voidaan uuden version eduksi lukea myös se, että joidenkin uusien ominaisuuksien ansiosta sen avulla voidaan helposti lisätä sovellukseen näyttävyyttä.

Lisäarvoa uudelle profiilille tuo myös se, että uusia palveluita on koottu erillisen peliohjelmointirajapinnan alla, mikä helpottaa niiden käyttöönottamista, kun ne löytyvät kootusti järkevän nimen alta. Muutenkin J2ME:n luokkia on profiilissa järkeistetty ja useissa kohtaa operaatioiden muotoa muutettu parempaa suuntaan.

Tutkimuksen pohjalta on siis täysin selvää, että MIDP 2.0 on edeltäjänsä parempi. Vaikka tämä olikin melko odotettu tulos, on tämän tutkimuksen kautta saatu kuitenkin mielenkiintoista tietoa siitä, millä tavoin uusi versio on parempi ja miten tämä ero vanhaan profiiliin käytännössä muuttaa J2ME-peliohjelmointia. Yhteenvetona tästä voidaan tiivistää, että MIDP 2.0 -version säästää ohjelmoijan aikaa ja vaivaa, kun tarpeelliset perusasiat on valmiiksi toteutettu, sekä usein helpottaa näyttävän lopputuloksen saavuttamista, koska tätä varten on valmiita sopivia palveluita.

Tämä tutkimus rajoittui vain osaan MIDP 2.0:n uusista ominaisuuksista. Jatkossa olisikin varmasti mielenkiintoista tutkia MIDP 2.0:n mahdollisuuksia myös tietoliikenne- ja tietoturvaominaisuuksien suhteen.

Viiteluettelo

[Gamma et al., 2001] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, *Olio-ohjelmointi - Suunnittelumallit*. IT-Press, 2001.

[Herkman, 2002] Juha Herkman, Konvergenssi. *Mediumi 1.3*. Saatavana verkossa:

<http://www.m-cult.net/mediumi/article.html?articleId=65&print=1&lang=fi>
(viitattu 1.3.2006).

- [Mikkonen, 2004] Tommi Mikkonen, *Mobiiliohjelmointi*. Talentum Media Oy, Helsinki 2004.
- [Noble and Weir, 2001] J. Noble and C. Weir, *Small Memory Software, Patterns for systems with limited memory*. Addison Wesley, 2001.
- [Peltomäki, 2004] Juha Peltomäki, *J2ME-ohjelmointi*. Docendo Finland Oy, Porvoo, 2004.
- [Sun Microsystems, 2006a] Sun Microsystems, Java Technology. Saatavana verkossa: <http://java.sun.com/> (viitattu 1.3.2006).
- [Sun Microsystems, 2006b] Sun Microsystems, Java 2 Platform Micro Edition. Saatavana verkossa: <http://java.sun.com/j2me/> (viitattu 1.3.2006).
- [Sun Microsystems, 2006c] Sun Microsystems, Connected Limited Device Configuration. Saatavana verkossa: <http://java.sun.com/products/cldc/> (viitattu 1.3.2006).
- [Sun Microsystems, 2006d] Sun Microsystems, Mobile Information Device Profile. Saatavana verkossa: <http://java.sun.com/products/midp/> (viitattu 1.3.2006).
- [Sun Microsystems, 2006e] Sun Microsystems, What's New in MIPD 2.0. Saatavana verkossa: <http://java.sun.com/products/midp/whatsnew.html> (viitattu 1.3.2006).
- [Vesterholm ja Kyppö, 2001] Mika Vesterholm ja Jorma Kyppö, *Java-ohjelmointi*. Talentum Media Oy, Pieksämäki 2001.

Silmänliikkeiden seurannan kehitys 1800-luvulta nykypäivään

Jenni Salo

Tiivistelmä

Tutkielma käsittelee silmänliikkeiden seurannan kehitystä 1800-luvulta nykypäivään. Siinä perehdytään muun muassa seuraavanlaisiin kysymyksiin: mistä silmänliikkeiden seuranta on lähtöisin, kuinka aiheen tutkimus on muuttunut, kuinka laitteet ovat muuttuneet. Tutkielmasta selviää, että muutoksia on ollut sekä menetelmien, sovellusalueiden, että laitteiden kohdalla.

Avainsanat ja -sanonnat: Silmänliikkeiden seuranta, katseenseurantalaitteet, vuorovaikutteinen teknologia.

CR-luokat: B.4.2 H1.2 K.2

1. Johdanto

Silmänliikkeiden seuranta (eye-tracking) on tutkittu ja kehitelty jo pitkään.

Jo 1800-luvulla kehiteltiin keinoja ja laitteita silmänliikkeiden tutkimiseen. Varhaiset laitteet olivat erilaisia, kuin nykyään katseenseurantaan käytettävät laitteet. Myös silmänliikkeiden seurannan käyttöalueet ovat muuttuneet.

Silmänliikkeiden seurannan tutkimus on muuttunut vuosien kuluessa. Tässä tutkielmassa selvitetään, mistä silmänliikkeiden seuranta on lähtöisin, kuinka aiheen tutkimus on muuttunut, kuinka tutkimukseen käytettävät laitteet ovat parantuneet ja millaisia nämä laitteet ovat olleet ja millaisia ne ovat nykyään.

Tutkielmassa perehdytään myös siihen, kuinka silmänliikkeiden seurannan sovellusalue on laajentunut. Tutkielmassa siis selvitetään, mihin silmänliikkeiden seuranta on ennen käytetty ja mihin sitä käytetään nykyään.

Pitkästä historiastaan huolimatta silmänliikkeiden seuranta hyödyntävät laitteet ja sovellukset eivät ole kovinkaan laajalti saatavilla, ainakaan vielä. On kuitenkin pohdittu keinoja, joiden avulla katseenseuranta saataisiin yleistymään.

Silmänliikkeiden seurannan historian tunteminen on tärkeää, jotta voitaisiin ymmärtää ratkaisuja, joita katseenseurannassa on aiemmin tehty. Näiden perusteella voidaan kehittää yhä parempia laitteita ja menetelmiä silmänliikkeiden seurannan avuksi.

Aluksi tutustutaan silmänliikkeiden seurantaan yleisellä tasolla. Seuraavassa luvussa kerrotaan katseenseurannan historiasta, aiemmista laitteista, sekä niiden ongelmista. Viimeisessä luvussa käsitellään

silmänliikkeiden seuranta nykyään ja esitellään hieman tarkemmin katseenseurannan käyttöä käytettävyytutkimuksessa.

2. Yleistä silmänliikkeiden seurannasta

Tässä kappaleessa tutustutaan siihen, mitä silmänliikkeiden seuranta on. Katseenseuranta perustuu useimmiten fiksaatioihin ja sakkadeihin, jotka esitellään lyhyesti. Kappaleessa perehdytään myös siihen, miksi silmänliikkeiden seuranta on tärkeää.

Silmänliikkeiden seuranta hyödynnetään usealla osa-alueella. Sitä voidaan muun muassa käyttää tilanteissa, joissa mikään muu menetelmä ei olisi toimiva. On kuitenkin olemassa tapauksia, joissa katseenseuranta ei ole mahdollista. Tässä kappaleessa tarkastellaan myös näitä tilanteita.

2.1. Mitä silmänliikkeiden seuranta on

Silmänliikkeiden seurannassa tutkitaan sitä, mihin ihmisen katse kohdistuu erilaisten toimintojen aikana. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi lukeminen, autolla ajaminen tai www-sivujen katseleminen.

Kun tutkitaan silmänliikkeitä, keskitytään yleensä *fiksaatioihin* (fixations) ja *sakkadeihin* (saccades). Fiksaatioilla tarkoitetaan katseen pysähtymistä kohteeseen. Sakkadit ovat nopeita silmänliikkeitä katseen siirtyessä fiksaatiosta toiseen [Salvucci ja Goldberg, 2000]. Penzon [2005] mukaan sakkadien aikana ihminen ei havaitse mitään visuaalisesti. Ainoastaan fiksaatioiden aikana aivoille välittyy visuaalista informaatiota.

Räihä [2005] sanoo, että noin 90 prosenttia siitä ajasta, jona ihminen käyttää katsettaan, tapahtuu fiksaatioita. Hänen mukaansa fiksaatiot kestävät kerrallaan 150 - 600 millisekuntia, kun taas sakkadi kestää 10 - 100 millisekuntia.

Sakkadien ja fiksaatioiden avulla voidaan kuvata katsepolkua, katseen pysähtymistä eri kohteisiin ja katseen palaamista jo nähtyihin kohteisiin. Näiden avulla voidaan esimerkiksi päätellä, mitkä kohteet huomataan helposti, mikä kiinnostaa käyttäjää ja mikä jää huomaamatta, tai vähemmälle huomiolle.

2.2. Miksi silmänliikkeiden seuranta on tärkeää

Katse on näkeväälle ihmiselle luonnollinen asia. Katseen avulla ihminen hankkii tietoa, reagoi ympäristön tapahtumiin ja on vuorovaikutuksessa toisten kanssa.

Koska katse ja silmien liike tulevat ihmiselle luonnostaan, tietoista ponnistusta vaaditaan hyvin vähän. Katseen kohdistaminen ja siirtäminen tapahtuu todella nopeasti.

Vaikka katse on automaattinen toiminto, ihminen voi silti halutessaan myös kontrolloida katseensa suuntaa [Marjaranta ja Räihä, 2002]. Penzon [2005] mukaan se on lisäksi ekologista.

On myös olemassa ihmisiä, joille katse on ainoa tai helpoin keino toimia, kuten olla vuorovaikutuksessa tietokoneen kanssa. Myös tilanteissa, joissa kädet eivät ole käytettävissä, katse on varteenotettava vuorovaikutustapa.

Katsetta voidaan käyttää syötteenantotapana. Tämä tapa on varteenotettava erityisesti edellä mainitussa tapauksessa, eli sellaisten ihmisten kohdalla, jotka eivät voi käyttää käsiään antaessaan syötettä tietokoneelle. Tällöin ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua niin sanottu *Midaksen kosketus* (Midas touch) [Marjaranta ja Räihä, 2002]. Midaksen kosketuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa käyttäjä katseensa avulla esimerkiksi valitsee kohteita näytöltä tahtomattaan. Katsetta voidaan kuitenkin käyttää syötteenantovälineenä esimerkiksi hiiren ja näppäimistön rinnalla [Jacob ja Karn, 2003].

2.3. Mihin silmänliikkeiden seuranta käytetään

Silmänliikkeiden seuranta hyödynnetään muun muassa ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimisessa, helpottamisessa ja parantamisessa, mainonnassa, liikenteen tutkimisessa, lentokoneiden ohjauksen parantamisessa, kognitiivisten prosessien tutkimisessa, virtuaalitodellisuudessa [WWW, 2006] ja www-sivujen ja käyttöliittymien käytettävyyden parantamisessa ja tutkimisessa.

Kun pystytään selvittämään, mihin kohtaan näyttöä käyttäjä katsoo käyttäessään tietokonetta, on mahdollista kehittää katsetta hyödyntäviä laitteita. Tällaisia laitteita käyttämällä voidaan silmänliikkeiden avulla esimerkiksi antaa syötettä tietokoneelle.

Silmänliikkeiden seuranta käytetään käytettävyytutkimuksessa. Esimerkiksi www-sivujen ja hakukoneiden käytettävyyttä voidaan tutkia silmänliikkeiden seurannan avulla. Penzon [2005] mukaan silmänliikkeiden seuranta on yksinkertainen ja tehokas tapa arvioida www-sivuja ja käyttöliittymiä. Tutkittavia kohteita voivat olla esimerkiksi www-sivujen ulkonäkö ja navigoinnin helppous. Kun saadaan selville, mihin käyttäjän katse useimmin kiinnittyy ja mitä reittejä se kulkee, huomataan, kiinnittääkö käyttäjä huomionsa olennaisiin asioihin ja onko sivuilta helposti löydettävissä kaikki tarpeellinen.

Liikenteessä silmänliikkeiden seuranta voidaan hyödyntää niin tutkimuksessa, kuin kuljettajan apuna. Katseenseurantalaite voi seurata ja analysoida kuljettajan tarkkaavaisuuden tasoa ajon aikana [Penzo, 2005]. Jos tarkkaavaisuuden taso laskee, laite voi varoittaa kuljettajaa ja näin estää onnettomuuksia.

Mainonnan tutkimisessa katseenseuranta on myös hyödyksi. Sen avulla saa tietoa esimerkiksi mainosten näkyvyydestä ja olennaisten seikkojen huomaamisesta. Toisin sanoen mainosten tehokkuudesta voi paljastua paljon silmänliikkeiden seurannan avulla.

2.4. Milloin silmänliikkeiden seuranta ei ole mahdollista

On myös tilanteita, jolloin katseenseurantaa ei voida käyttää. Tällaiset tilanteet voivat johtua erilaisista tekijöistä. Niin ympäristö- ja tilannetekijät kuin biologiset tekijät voivat haitata katseenseurantaa.

Syitä katseenseurannan epäonnistumiselle voi olla esimerkiksi se, että pupilli ei heijasta tarpeeksi valoa, iiris on liian vaalea, kasvot heijastavat liikaa valoa, pupilli on liian suuri, tai osaksi peitossa silmäluomen tai -ripsien takana, tai silmät kuivuvat liikaa [Schnipke ja Todd, 2000]. Myös silmälasit saattavat haitata silmänliikkeiden mittausta.

3. Silmänliikkeiden seurannan historiaa

Katseenseurannalla on pitkä historia. Silmänliikkeitä mitattiin jo 1800-luvun lopulla. Keinot ja laitteet katseen tutkimiseen olivat kuitenkin toisenlaisia kuin nykyään. Silmänliikkeiden tutkimus ja sen sovellusalueet ovat muuttuneet paljon vuosien kuluessa. Laitteista on tullut muun muassa tarkempia ja käyttäjälle mukavampia.

Silmänliikkeiden seurantaa on vuosien kuluessa hyödynnetty eri alueilla. Sitä on käytetty niin lukemisen tutkimisessa ja psykologiassa, kuin käytettävyytutkimuksessa.

Silmänliikkeiden seuranta ei kuitenkaan aina ollut ongelmaton. Laitteissa oli puutteita ja ne olivat käyttäjää rajoittavia, eivätkä mittaustulokset aina olleet tarpeeksi tarkkoja.

3.1. Aikaisempia tutkimuksia silmänliikkeiden seurannassa

Aluksi silmänliikkeitä tutkittiin ainoastaan tarkkailemalla katsetta visuaalisesti. Laitteita ei oltu vielä kehitelty.

Räihän [2005] mukaan ensimmäisiä silmänliikkeitä mittaavia kokeita, jossa katseenseurantaan käytettiin tallentavia laitteita, oli Javalin vuonna 1879 tekemä koe. Hän käytti silmänliikkeiden mittaamiseen ja tallentamiseen mikrofoneja.

Vuonna 1898 kehitettiin uusi laite katseen seurantaan. Laitteen käyttö vaati suoraa kosketusta käyttäjän silmän kanssa [Jacob ja Karn, 2003]. Käyttäjän sarveiskalvolle asetettiin muovinen kuppi, johon oli kiinnitetty piirturi. Kun koehenkilön katse siirtyi, piirturi piirsi silmän liikeradan. Tätä laitetta käytettiin esimerkiksi silmänliikkeiden tallentamiseen luettaessa [Räihä, 2005].

Ensimmäisen laitteen, joka ei vaatinut kosketusta käyttäjän silmän kanssa, kehittivät Dodge ja Cline vuonna 1901 [Jacob ja Karn, 2003]. Laitteen avulla käyttäjän sarveiskalvon kautta heijastettiin valoa, jonka avulla silmänliikkeitä voitiin mitata.

Jacobin ja Karnin [2003] mukaan pian tämän jälkeen liikkuvan kuvan nauhoittamista alettiin soveltaa katseenseurannassa. Seuraavien vuosikymmenten aikana sarveiskalvon heijastuksia ja liikkuvan kuvan nauhoittamista yhdisteltiin eri tavoin. Esimerkiksi vuonna 1947 liikkuvan kuvan nauhoittamisen ja sarveiskalvon heijastusten avulla tutkittiin lentäjien silmänliikkeitä, kun he laskeutuivat lentokoneella [Jacob ja Karn, 2003]. Tätä voidaan pitää ensimmäisenä käytettävyystudkimuksena, johon katseenseurantaa on käytetty.

Vuonna 1948 valmistettiin ensimmäinen päähän asetettava katseenseurantalaite. Seuraavien kahden vuosikymmenen aikana tällaisia laitteita kehiteltiin käyttäjälle miellyttävämmiksi. Pähän asetettavan katseenseurantalaitteen huomattava etu oli, että se ei rajoittanut käyttäjän liikkumista niin paljoa, kuin aiemmin kehitetyt laitteet [Jacob ja Karn, 2003].

1970-luvulla katseenseurannan käyttö käytettävyystudkimuksessa väheni ja sitä alettiin hyödyntää psykologiassa. Silmänliikkeiden seurantaan käytettävien laitteiden kehittäminen jatkui edelleen. Jacob ja Karn [2003] mainitsevat Yhdysvaltojen ilmavoimien ja Honeywell Corporationin yhdessä kehittämän laitteen, johon käyttäjän ei tarvinnut olla kosketuksissa. Tämä vähensi suuresti rajoituksia, joita aiemmat katseenseurantaan käytettävät laitteet olivat asettaneet käyttäjälle. Laite kuvasi käyttäjän silmänliikkeitä ja samanaikaisesti tietokone prosessoisi silmänliikkeet [WWW, 2005]. Tämä laite myötävaikutti reaaliajassa tapahtuvan katseenseurannan mahdollistumiseen.

Silmänliikkeiden seuranta alettiin hyödyntää ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa vasta 1980-luvulla. Tällöin mietittiin keinoja siihen, kuinka ihminen voi olla vuorovaikutuksessa tietokoneen kanssa. Teknologian avulla myös etsittiin muun muassa tietoa siitä, kuinka käyttäjät löytävät eri kohteita tietokoneen valikoista [Jacob ja Karn, 2003].

3.2. Ongelmia

Silmänliikkeiden seurannassa, tallennuksessa ja siihen käytetyissä laitteissa oli myös ongelmia ja puutteita. Suurimmat ongelmat muodostuivat mittausten epätarkkuudesta ja työläydestä, sekä laitteiden epämukavuudesta ja rajoittavuudesta.

Ainoastaan visuaaliseen tarkkailuun perustuvat kokeet olivat epätarkkoja. Paljon informaatiota jäi saamatta. Myöskään varhaiset laitteet eivät aina olleet kovin tarkkoja.

Laitteet, jotka vaativat suoraa kosketusta sarveiskalvon kanssa, olivat epä mukavia ja hankalia. Monet päähän asetettavat silmänliikkeiden seurantaan käytettävät laitteet olivat suuria ja painavia ja näin ollen haittasivat käyttäjän luonnollista toimintaa.

Jotkin laitteet, kuten Dodgen ja Clinen laite, vaativat käyttäjältä ehdotonta liikkumattomuutta. Jos käyttäjän pää liikkui, mittaus epäonnistui. Käyttäjän toiminta ei ole luonnollista, jos hänen normaalia liikkumistaan rajoitetaan. Jacobin ja Karnin [2003] mukaan Dodgen ja Clinen laite mittasi ainoastaan vaakasuorat silmänliikkeet, joten sen käyttöalue ei ollut kovin laaja.

Useiden laitteiden avulla saatava informaatio piti purkaa ja analysoida vasta silmänliikkeiden mittauksen jälkeen. Tämä vei paljon aikaa, eikä dataa voitu heti hyödyntää. Reaaliajassa tapahtuva vuorovaikutus tietokoneen kanssa oli siis mahdotonta. Tällaista vuorovaikutusta on esimerkiksi syötteen antaminen tietokoneelle.

4. Silmänliikkeiden seuranta nykyään

Nykyään katseenseurantalaitteita on monenlaisia. Useimmat nykyiset laitteet seuraavat ja tallentavat silmänliikkeitä videokameroiden avulla. Näissäkin laitteissa on kuitenkin ongelmia.

Kappaleessa kerrotaan myös ehdotuksesta, jonka tarkoituksena on tuoda katseenseuranta yhä useamman ihmisen saataville. Tämän ehdotuksen avulla silmänliikkeiden seurannan käyttö voisi yleistyä ja käyttäjäkunta kasvaa.

Tässä kappaleessa esitellään lisäksi katseenseurannan käyttöä yhdessä sen sovellusalueessa, eli käytettävyytutkimuksessa. Lisäksi kuvataan tällaisten tutkimusten tuloksia.

4.1. Silmänliikkeiden seurantaan käytettäviä laitteita nykyään

Ohnon ja Mukawan [2004] asettamia vaatimuksia hyvälle katseenseurantalaitteelle ovat laitteen käyttöönoton helppous, käyttäjän ei tarvitse pukea laitetta päähänsä ja käyttäjän päänliikkeitä ei rajoiteta. Heidän mukaansa tällainen laite huomaa, kun käyttäjä lähestyy kohdetta, esimerkiksi tietokonetta. Kun käyttäjä on sopivalla etäisyydellä, laite aloittaa automaattisesti katseenseurannan.

Laite, jonka Ohno ja Mukawa [2004] kehittivät, koostuu kahdesta yksiköstä: katseenseurantalaitteesta ja käyttäjän silmät paikallistavasta laitteesta. Käyttäjän silmät paikallistava laite mahdollistaa pidempiaikaisen käytön, sillä sen avulla käyttäjän päänliikkeisiin kohdistuvat rajoitukset poistuvat.

Ruddarraju *et al.* [2003] Esittelevät hieman erilaisen katseenseurantalaitteen. Se perustuu useisiin kameroihin, joiden avulla laite voi määrittellä pään

asennon ja aseman. Useiden kameroiden samanaikainen käyttö mahdollistaa katseenseurannan laajemmalla alueella, kuin vain yhden kameran käyttö. Laite mittaa silmänliikkeitä reaaliajassa myös vaihtelevissa valaistuksissa. Laite käyttää silmänliikkeiden seurantaan infrapunavaloa.

Hansen *et al.* [2004] ehdottavat katseenseurantaan käytettäväksi ladattavia ohjelmia, joita voisi käyttää tavallisten tietokoneeseen kytkettävien kameroiden avulla. Tällaisen tavan hyviä puolia olisivat muun muassa käytön helppous, käyttöönoton helppous, laaja käyttäjäkunta, edullisuus ja sovellettavuus moneen käyttötarkoitukseen. Yhä useammalla ihmisellä olisi tällaisten ohjelmien vuoksi mahdollisuus käyttää katseenseurantaa. Tästä syystä tällaiset ohjelmat auttaisivat katseenseurannan käytön yleistymistä.

4.1.1. Ongelmia

Myöskään nykyiset laitteet eivät ole ongelmattomia. Vieläkin useiden laitteiden tarkkuudessa on parantamisen varaa. Lisäksi käyttäjän liikkuminen saattaa edelleen tuottaa ongelmia.

Ohnon ja Mukawan [2004] kehittämän laitteen kanssa tuli ongelmia, kun käyttäjän silmien asema muuttui. Katseenseurannan tarkkuus väheni tällaisissa tilanteissa. Lisäksi laite toimi hyvin ruudulla olevien suurien objektien kohdalla, mutta pienempien kohteiden kanssa suurempi tarkkuus olisi tarpeen. Lisäksi laite ei aina löydä katsetta.

Hansenin *et al.* ehdottamassa tavassa ongelmaksi muodostuu se, että aivan minkäläinen kamera tahansa ei sovellu silmänliikkeiden seurantaan. Tällä tavalla toteutettu silmänliikkeiden seuranta rajoittaa tuloksien tarkkuutta. Jos käyttäjä tarvitsee kovin tarkkoja tuloksia, voi kameran hinta nousta korkeaksi.

4.2. Katseenseuranta WWW-sivujen käytettävyyystutkimuksessa

Katseenseurantaa käytetään käytettävyyystutkimuksissa, erityisesti WWW-sivujen käytettävyyystutkimuksessa se on tehokas väline [Penzo, 2005]. Sitä käytetään sekä ainoana tutkimustapana, että muiden menetelmien rinnalla. Käytettävyyystutkimusten tulokset auttavat ymmärtämään sitä, mitä katseenseuranta voi WWW-sivuista paljastaa ja mitä tällaisesta tiedosta on hyötyä.

4.2.1. Yleistä www-sivujen käytettävyyystutkimuksesta

Katseenseuranta on nykyään jo yleinen väline käytettävyyystutkimuksen apuna. Kuitenkin vielä muutama vuosi sitten muiden muassa Schnipke ja Todd [2000] olivat sitä mieltä, että katseenseurantaa ei kannattaisi käyttää apuna käytettävyyystutkimuksessa, ellei se olisi ainoa mahdollinen keino. Heidän mielestään silmänliikkeiden seuranta oli kallista ja aikaa vievää, sekä

mittausten onnistumisprosentti oli liian pieni. He kuitenkin myönsivät, että tulevaisuudessa silmänliikkeiden seurannalla olisi todennäköisesti hyvät mahdollisuudet olla merkittävä keino käytettävyytutkimuksissa.

Silmänliikkeiden seurantaan perustuva käytettävyytutkimus on hyvä keino tutkia WWW-sivun käytettävyyttä. Tällaisessa tutkimuksessa voidaan koittaa selvittää esimerkiksi sitä, onko sivun asettelu onnistunut [Outing ja Ruel, 2006], tai ovatko WWW-sivun lomakkeet helppokäyttöisiä [Penzo, 2006].

Katseenseurantaa voidaan käyttää ainoana käytettävyyden tutkimustapana. Penzon [2005] mukaan käytettävyytutkimus on kuitenkin tehokkaimmillaan silloin, kun katseenseurannan ohella käytetään myös muita arviointitapoja, kuten ääneenajattelua. Muita hyviä tapoja katseenseurannasta saadun informaation täydentämiseen ovat esimerkiksi käyttäjän haastattelu, tai erilaiset kyselylomakkeet.

4.2.2. Katseenseurantaa hyödyntävän käytettävyytutkimuksen tuloksia

Seuraavaksi tarkastellaan lyhyesti esimerkkejä siitä, millaisia tuloksia katseenseurannan avulla voi saada ja mitä hyötyä niistä on.

Outingin ja Ruelin [2006] saamien tulosten mukaan pääotsikot usein kiinnittävät käyttäjän huomion ensimmäiseksi, kun käyttäjä avaa sivun. Näin tapahtuu varsinkin silloin, kun otsikko on vasemmassa yläreunassa. Sivulla olevat kuvat taas eivät olen ensimmäiseksi käyttäjän huomion kohteena. Tutkittuaan käyttäjien silmänliikkeitä eri sivuilla, Outing ja Ruel [2006] huomasivat, että sivun vasen yläkulma on aluetta, jonka tarkasteluun käyttäjä käyttää eniten aikaa. Vasemmasta yläreunasta huomio siirtyi kohti oikeata alareunaa, kuitenkin jättäen alareunan ja oikean sivun hyvin vähälle huomiolle.

Katseenseurannan avulla voidaan siis selvittää, mihin käyttäjä katsoo ensimmäiseksi tullessaan sivulle ja mitkä kohdat sivusta ovat sellaisia, joiden tarkasteluun käyttäjä käyttää paljon aikaa. Tämän tiedon avulla voidaan sivujen asettelua muokata tehokkaammaksi. Edellä mainittujen tutkimustulosten mukaan käyttäjän mielenkiinnon herättävät ja tärkeimmät objektit kannattaa sijoittaa WWW-sivulla vasempaan yläreunaan.

5. Yhteenveto

Silmänliikkeiden seurannalla on pitkä historia, alkaen jo 1800-luvulta. Katseenseuranta on muuttunut historiansa aikana monella tavalla. Sitä on alettu käyttää yhä uusilla sovellusalueilla. Myös seurantaan käytettävät laitteet ovat muuttuneet.

Alussa silmänliikkeiden seurantaa käytettiin esimerkiksi lukemisen tutkimisessa. Nykyään käyttöalueet ovat laajentuneet niin

käytettävyydestä tutkimukseen kuin liikenteen tutkimiseen ja helpottamiseen. Katseenseurantaan käytettävät laitteet ovat tulleet tarkemmiksi ja käyttäjälle miellyttävämmiksi.

Jotta silmänliikkeiden seurannan käyttö yleistyisi, on ehdotettu kehiteltäväksi katseenseurantaohjelmia, joita voisi käyttää esimerkiksi tietokoneeseen liitettävän web-kameran avulla. Ideassa on kuitenkin vielä huonotkin puolensa. Kameran tarkkuus vaikuttaa tuloksiin ja tarkkojen kameroiden hinta saattaa nousta korkeaksi.

Tutkimus on aika pienimuotoinen, joten käsiteltäviä aiheita ei ole esitelty kovin laajasti. Tutkielma tarjoaa kuitenkin katsauksen silmänliikkeiden seurannan kehityksen perusasioihin.

Tutkielman tuloksien perusteella voi pohtia, millaisia laitteita ja menetelmiä olisi hyvä kehittää tulevaisuudessa ja mitkä menetelmät eivät ole toimivia. Lähtökohdat jatkotutkimukseen ovat hyvät. Voisi perehtyä esimerkiksi siihen, millaiset näkymät katseenseurannalla on tulevaisuudessa.

Tulosten sovellettavuus muilla aloilla on hyvä, sillä katseenseurantaa on hyödyllinen väline monella osa-alueella. Tällaisia aloja on esimerkiksi psykologia ja kognitiotiede.

6. Viiteluettelo

- [Jacob and Karn, 2003] Robert J.K. Jacob and Keith S. Karn, Commentary on section 4. eye tracking in human-computer interaction and usability research: ready to deliver the promises. In: J. Hyona, R. Radach, and H. Deubel (eds.), *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam, Elsevier Science, 2003, 573-605.
- [Hansen, MacKay, Hansen and Nielsen, 2004] Dan Witzner Hansen, David MacKay, John Paulin Hansen and Mads Nielsen, Eye tracking off the shelf. In: *Proc. of the 2004 symposium on Eye tracking research & applications*, 58.
- [Schnipke and Todd, 2000] Susan K. Schnipke and Marc W. Todd, Trials and tribulations of using an eye-tracking system. In: *Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '00 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 273-274.
- [Ohno and Mukawa, 2004] Takehiko Ohno and Naoki Mukawa, A free-head, simple calibration, gaze tracking system that enables gaze-based interaction. In: *Proc. of the 2004 symposium on Eye tracking research & applications*, 115-122.
- [Ruddaraju, Haro, Nagel, Tran, Essa, Abowd and Mynatt, 2003] Ravikrishna Ruddaraju, Antonio Haro, Kris Nagel, Quan T. Tran, Irfan A. Essa, Gregory Abowd and Elizabeth D. Mynatt, perceptual user interfaces using vision-based eye tracking. In: *Proc. of the 5th international conference on Multimodal interfaces*, 227-233.
- [Outing and Ruel, 2006] *The Best of Eyetrack III: What We Saw When We Looked Through Their Eyes*, By Steve Outing and Laura Ruel.
<http://poynterextra.org/eyetrack2004/main.htm> (6.3.2006)
- [WWW, 2006] Wikipedia, the free encyclopedia.
http://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking (6.3.2006)
- [Penzo, 2005] Matteo Penzo, Introduction to eyetracking: seeing through your users' eyes. *Uxmatters web magazine*. (December 2005). Available as <http://www.uxmatters.com/MT/archives/000040.php>
- [Penzo, 2006] Matteo Penzo, Evaluating the usability of search forms using eyetracking: a practical approach. *Uxmatters web magazine*. (January 2006). Available as <http://www.uxmatters.com/MT/archives/000068.php>
- [Räihä, 2005] Kari-Jouko Räihä, Kurssin "New interaction techniques" luentokalvot, 2005.
- [Salvucci and Goldberg, 2000] Dario D. Salvucci, Joseph H. Goldberg,

Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: Proc. of the symposium on Eye tracking research & applications, 71-78.

[Marjaranta and Rähä, 2002] Päivi Marjaranta and Kari-Jouko Rähä, Twenty years of eye typing. In: Proc. of the symposium on Eye tracking research & applications, 15-22.

Suoravaikutteisuus sisällönhallinnan käyttöliittymissä

Olli Savolainen

Tiivistelmä

Tämä tutkielma käsittelee sisällönhallintajärjestelmien sisällön organisointiin ja muokkaamiseen liittyviä käyttöliittymiä ja käsitteistöä, keskittyen pienehköjen yksityishenkilöiden, yhdistysten ja pienyritysten sivustojen hallintaan. Vertailen sisällönhallintajärjestelmiä Joomla! ja Google Page Creator, ja kokoan osittain niiden pohjalta käsitteistön WWW-sivuston rakenteen ja sisällön hallintatoiminnoille. Esitän suoravaikutteisen käyttöliittymän WWW-sivuston hallintaan.

Avainsanat ja -sanonnat: käyttöliittymä, käsitteistö, sisällönhallinta, WWW
CR-luokat: H.5.2, H.5.4, I.7.1

1. Johdanto

WWW:n käyttäminen ihmisen luovuuden ja kommunikoinnin välineenä on usein kaukana luonnollisesta. Varsinkin WWW-sivujen tekemisestä kuulee puhuttavan ohjelmointina, joka viestii sitä, että ihmiset kokevat kysymyksessä olevan ammattitaitoa vaativan työn. Toisaalta käytettävyyden ja saavutettavuuden näkökulmat jäävät helposti unohduksiin vaikkapa työntekijälle, jolle WWW-sivujen ylläpito on usein annettu palkattomaksi tehtäväksi "muun ohella". Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää suoravaikutteisten käyttöliittymien lupaus tehdä WWW-sivustojen hallinnasta helpommin opittavaa.

Ennen sisällönhallinnan käyttöliittymän suunnittelemista on tunnettava informaation, jota halutaan hallita, rakenne. Usein sisällönhallintajärjestelmät (myöhemmin *järjestelmät*) antavat käyttäjän hallittavaksi ikioman käsitteistön ja käyttöliittymänsä. Ihmisellä, jolla on kokemusta WWW:n selailusta, kuitenkin on jo kieli - käsitteistö - sitä koskien, mistä WWW-sivuissa on kyse. Käsitteet kuten sivu, sivusto, osoite, artikkeli/juttu, kuva, valikko/menu ja linkki ovat tuttuja monille. Sisällönhallintajärjestelmiin liittyen olisi kuitenkin tärkeää tutkia laajemmin, mitkä käsitteet todella tunnetaan eritasoisten WWW-sivujen tekijöiden keskuudessa. Toki sisällönhallintaan liittyy myös abstrakteja käsitteitä, kuten sivupohja (engl. template), jotka eivät ole ilmeisiä tavalliselle internetin samoilijalle. Kyse ei siis ole pelkästään sanoista, vaan riittävän ilmaisuvoimaisen käsitteistön löytämisestä ja kehittämisestä siten, että järjestelmä on mahdollisimman joustava käyttäjän tarpeisiin nähden.

Järjestelmien pitäisi mielestäni keskittyä enemmän työn kohteeseen, sivustoon, kuin omaan toiminnallisuuteensa ja käsitteistöönsä. Tämä oli lähtökohtanani lähtiessäni selvittämään sisällönhallintajärjestelmien käyttökynnyksen alentamismahdollisuuksia: Työpöytäsovelluksissa *raahaaminen* (engl. drag and drop) sekä suoravaikutteiset (engl. direct manipulation) käyttöliittymät ovat olleet tuttuja suurellekin massalle jo pidemmän aikaa. Schneidermanin [1997, 1] mukaan suoravaikutteisilla käyttöliittymillä on monia positiivisia ominaisuuksia, kuten: Aloittelijat voivat oppia perustoiminnallisuutta nopeasti, ja käyttäjät myös hermostuvat ohjelmille vähemmän, koska pystyvät välittömästi näkemään tekojensa tulokset ja ymmärtävät järjestelmän toimintaa paremmin. Suoravaikutteisuus on erittäin modaalista, vaikka vaikuttaakin modaalittomalta [Jacob, 1986, ss. 287-288]: se tekee moodeista helppoja tekemällä ne ilmeisiksi ja helpoiksi vaihtaa.

Huolimatta siitä, että esittämäni sisällönhallintakäyttöliittymä ei jaa sisältöä, toimintalogiikkaa ja ulkoasua erilleen, on ajatuksena, että järjestelmän sisäisesti nämä kaikki ovat selkeästi eroteltuina. Tarkoitus on myös, että samaan tietoon tarjotaan muitakin näkymiä kuin pelkästään esittämäni käyttöliittymä. Esimerkiksi valikoiden suoravaikutteisen muokkaamisen kautta pystytään luomaan sivustolle yksinkertainen rakenne, mutta käyttäjän halutessa luokitella sisältöä monipuolisemmin eri kategorioihin tarvitaan jo erillinen rakennenäkö. Joka tapauksessa esittämäni käyttöliittymä lienee suoravaikutteisuuksensa vuoksi aloitteleville käyttäjille ensisijainen tapa lähteä sivustoa rakentamaan, ja olettaen että järjestelmä sisäisesti säilyttää sisällön, ulkoasun ja logiikan erottelun, ei kokeneemmankaan käyttäjän pitäisi tarvita kajota "konepellin alle".

Käyttöliittymän rakentaminen suoravaikutteiseksi tekee sisällön hallinnan helpommaksi tehokäyttäjillekin; kohdattavana ei ole ensisijaisesti uutta sisällönhallintakäyttöliittymää vaan oma, muokattava sivusto. Toki käyttäjän on myös sallittava tarvittaessa muokata suoraan myös kaikkea HTML:ää ja CSS:ää, jota järjestelmä tuottaa – kuitenkin mahdollisuuksien rajoissa säilyttäen erottelun sisällön, esitystavan ja toimintalogiikan välillä.

2. Rajaukset

Tarpeet, joita sisällönhallintajärjestelmien odotetaan täyttävän, ovat erittäin moninaisia. Tarkastelussa ovat sisällönhallintajärjestelmät yksityishenkilöiden, pienyritysten ja yhdistysten käyttöön – toisin sanoen niiden, joilla usein ei ole varaa palkata omaa WWW-ohjelmoijaa. Keskityn pääasiassa avoimen lähdekoodin suhteellisen pienimuotoisiin sisällönhallintajärjestelmiin ja niiden sisällön hallinnan ominaisuuksiin. Projektin tarpeet on joka tapauksessa

kutakin yksittäistä sivustoa toteuttaessa arvioitava erikseen. En käsittele kaikkea toiminnallisuutta, jota sisällönhallintajärjestelmässä voidaan odottaa olevan, kuten käyttäjähallintaa tai työnkulunohjausta (engl. workflow). [Robertson, 2002]

Tässä tutkielmassa tarkoitetaan *käyttäjällä* sivuston muokkaajaa. Erotuksena käyttäjästä, WWW-sivuston *kävijä* ei yleensä pysty muokkaamaan sivustoa, tai saattaa pystyä tekemään niin ainoastaan rajoitetusti. Kävijän ja käyttäjän ero hämärtyy edelleen Wiki-ohjelmistoa käyttävissä sivustoissa ja muissa verkkosovelluksissa, joita ei kuitenkaan tässä tutkielmassa käsitellä.

Tutkielman vertailuosassa etsin erilaisia lähestymistapoja kysymykseen siitä, minkälaisia käyttöliittymillä ja käsitteistöillä sivuston sisältöä ja rakennetta voi hallita. Olen jättänyt monia järjestelmiä, jotka tarjoavat käsiteltyjen ohjelmistojen kanssa samankaltaisia ratkaisuja, vertailun ulkopuolelle. Vertailemistani järjestelmistä Joomla! on avoimen lähdekoodin ratkaisu ja Google Page Creator ilmainen WWW-palvelu. Omat mahdollisuuteni päästä käsiksi kaupallisiin järjestelmiin ovat tutkielmaa tehdessä olleet rajoittuneet, samoin kuin kohdekäyttäjryhmillä usein. Aiheeseen pidemmälle syventyessä olisi hyvä saada mukaan suljettujakin järjestelmiä.

Huomion kohteena on pääasiassa HTML-/CSS-pohjaisen sisällön tuottaminen ja hallinta, joskaan mikään esitetty ei poissulje muiden esitysteknologioiden käyttöä. Ainakin sitä osaa sivuston CSS:stä, joka ei määrää sivuston asettelua vaan yksittäisten elementtien muotoilua, on käyttäjän pystyttävä muokkaamaan tuntematta CSS:ää, samoin kuin jonkin yksittäisen sivun sivupohjasta erillään olevia CSS-sääntöjä. CSS:n muokkaaminen suoravaikutteisesti on nähdäkseni vielä ratkaisematon haaste, enkä käsittele sitä tässä tutkielmassa. Myöskään *rakennenäkymäksi* kutsumaani käyttöliittymää, eli sisällön luokitteluun ja metadatan hallintaan tarkoitettua käyttöliittymiä en esitä tässä vaiheessa.

WWW-sivujen varsinaisen ulkoasun ja sivupohjien (engl. template) toteutus on edelleen mielestäni ammattilaisten tehtävä, eikä suunnittelemani käyttöliittymä ole tarkoitettu siihen. Markkinoilla on kyllä WYSIWYG-työkaluja joilla voi tehdä sivupohjan HTML:ää ja CSS:ää tuntematta, mutta näiden käyttämisessä on yleensä vakavia rajoituksia tuloksen laadussa. Toisaalta pienyritys- ja yhdistyskäytössä tämän ei tarvitse välttämättä tarkoittaa sitä, että sivupohjasta on maksettava: esim. tarkastelemani Google Page Creator tarjoaa käyttäjilleen suuren määrän valmiita pohjia.

3. Haasteet

Lähtiessä tarkemmin hahmottamaan pohjaa, jolle suoravaikutteinen sisällönhallintakäyttöliittymä pitäisi suunnitella, päädyin seuraaviin vaatimuksiin:

1. Käyttäjän pitäisi pystyä WWW-sivustoa rakentaessaan käyttämään mielikuvitustaan vapaasti.
2. Järjestelmän pitäisi pystyä ohjeistamaan käyttäjää tilanteissa, joissa hän toteuttaa mielikuvitustaan olemassa olevien WWW-käytäntöjen tai käytettävyyssuosittelujen ohi. Toisaalta järjestelmän pitäisi antaa useimpiin tilanteisiin järkevät oletusarvot siten, että käyttäjän ei tarvitsisi kiinnittää huomiota yksityiskohtiin, jotka eivät suoraan liity hänen tavoitteisiinsa.
3. Käyttäjän pitäisi pystyä toteuttamaan visionsa pitkälti suoravaikutteista käyttöliittymää käyttäen, joutumatta ensin opettelemaan ennestään tuntematonta sisällönhallintakäsitteistöä.

Ei vielä riitä, että käyttäjä pystyy rajattomasti käyttämään mielikuvitustaan sivustoaan tehdessä. Mikäli sivustolla on kaupallisia tai muita tavoitteita, halutaan yleensä muun muassa, että tieto löytyy helposti, ja että sivustolle on pääsy mahdollisimman monenlaisilla selaimilla. Sivuston käytettävyydestä ja saavutettavuudesta on huolehdittava myös silloin, kun sivuston tekijällä ei ole käytettävyysskoulutusta.

Kysymys kuuluu siis: Kuinka paljon suosituksia voitaisiin pienten ohjeiden muodossa tai muina käyttöliittymäelementteinä sisällyttää sivuston ylläpitokäyttöliittymään itseensä? W3C toteaa työvedoksessaan *Techniques For Accessibility Evaluation And Repair Tools*: "On välttämätöntä, että millä tahansa työkalulla on ominaisuuksia, jotka tukevat muistuttamalla nalkuttamatta; auttamalla alentumatta; ehdottamalla esittämättä vaatimuksia" [W3C, 2000b, lainaus käännetty]. Sloan et al. [2000, 2], kuten myös Mankoff et al. [2005, 42], toteavat, ettei pelkkien suositusten seuraaminen (esim. WGAC [W3C, 1999] ja AERT [W3C, 2000a]) riitä - tarvitaan heuristista arviointia ja jopa testausta. W3C:n tarjoamien resurssien lisäksi W4A - International CrossDisciplinary Workshop on Web Accessibility (www.w4a.info), ja varsinkin vuoden 2005 työpajareportti [Harper et al., 2005] tarjoavat hyviä resursseja lähdeittäessä rakentamaan sisällönhallintaohjelmistoa, joka tukee käyttäjää käytettävien sivustojen rakentamisessa. Tämän tutkielman puitteissa en kuitenkaan käsittele automaattista käytettävyyden arviointia tarkemmin.

Se, mitä WWW-sivuilta yleensä odotetaan, ilmaistaan usein vapaamuotoisesti, vaikkapa seuraavaan tapaan:

- "Haluaisin sivustolle sellaisen *uutispalstan*,

- ja tuossa (osoittaa kohtaa sivulla) voisi olla käyttäjän huomiota herättämään se *kuva*, joka saatiin messuilta ja se *juttu*, jonka Jaska kirjoitti,
- ja laitetaan tuohon oikeaan reunaan *kysely*, että messuilla käyneet voivat äänestää ja kommentoida, oliko tämän vuoden messuedustus hyvä.”

Tarkoituksena on, että jo tällaisesta tarpeiden kuvauksesta olisi helppoa siirtyä tekemään sivustoa, raahaten paikalleen haluttuja elementtejä (esimerkissä uutispalsta, kuva, juttu, kysely). Tavoitteena on käyttöliittymä, jonka avulla voidaan paitsi määritellä sivusto, myös tehdä helpoksi koota muiden, erikoistuneiden sisällönhallintaohjelmistojen tai -komponenttien paremmin tuottama sisältö saman sivuston alle. Suoravaikutteisuuden käyttöliittymään sisään rakentaminen näyttäisi suovan tähän mahdollisuuden.

4. Semantiikka ja suoravaikutteinen muokkaus

4.1. Sisällön järjestelemisestä suoravaikutteisesti

Sivuston sisältö kuvataan lopulta HTML:n avulla, joka on semanttinen kieli – eikä siis tarkoitettu ulkoasun määrittelyyn). Esitän tässä tutkielmassa käyttöliittymän sivuston muokkaamiseen suoravaikutteisesti, toisin sanoen olennaisesti visuaalisella tavalla, ja tämä näyttää olevan ristiriidassa HTML:n semanttisuuden kanssa. Herää kysymys: jos jotain muokataan visuaalisesti, eikö pitäisi muokata mieluummin CSS:ää kuin HTML:ää? Vastaus kuuluu: kyllä ja ei.

Ongelma HTML:n muokkaamisessa visuaalisesti on se, että HTML on pohjimmiltaan yksiulotteinen esitystapa, kun taas WWW-sivu esitetään (pääasiassa) kaksiulotteisena. HTML-puussa ensin esiintyvä sisältö voi CSS:n määrittelemässä ulkoasussa olla vierekkäin myöhemmin sisältyvän sisällön kanssa. Pelkkää elementtien horisontaalista sijaintia katsomalla ei ole mahdollista päätellä varmasti elementtien järjestystä HTML-puussa.

Sisällönhallinta on toisaalta enemmän suurempien kokonaisuuksien, hallintaa. Kuvailtu ongelma ilmenee ainoastaan yksittäisten sivujen tasolla, ei sivuston tasolla sisältöä organisoidessa.

4.1.1. Esimerkki

Yksinkertaisen esimerkkisivustomme suunnittelija on oikeaoppisesti suunnitellut sivupohjan HTML:n mieltien rakennetta ja semantiikkaa, ja asettanut dokumentin tärkeimmän – varsinaisen sisältöalueen – sivupohjaan alkuun. HTML-dokumentissa elementit ilmenevät siis järjestyksessä: sisältö,

valikko, mainokset. Graafikko, joka ideaalitulanteessa on tekemisissä ainoastaan CSS:n ja visuaalisten elementtien kanssa, on suunnitellut sivustolle kolmipalstaisen ulkoasun: Hän laittaa valikon aivan vasemmalle, sisällön keskimmäiseen palstaan ja mainokset oikeaan palstaan. Sivupohja toimitetaan sisällönhallintajärjestelmään, jossa toimittaja voi sitten ylläpitää sivustoa.

Eräänä päivänä toimittaja saa johtajalta määräyksen, että oikein näkyville, sivuston oikeaan palstaan tuleekin nyt kävijöiden mieltymyksiä mittaava kysely. Toimittaja siirtää mainokset oikeasta palstasta vasempaan, valikon alle vähemmän näkyville, ja laittaa kyselymoduulin oikean palstan huipulle. Tulos: HTML:ssä elementtien järjestys on nyt: sisältö, valikko, mainokset, kysely. Mobiililaitteiden tai ääniselainten käyttäjät harvemmin löytävät tärkeäksi tarkoitettua, mutta heille nyt sivun pohjalla näkyvää, kyselyä.

4.1.2. Lähestymistapoja

Ongelmatilanteita varten järjestelmän on vähintään tarjottava mistä tahansa sivusta näkymä ilman CSS:ää – myöntäen tosin, että tämä ratkaisu lähinnä kiertää ongelman. Esimerkkimme toimittaja pystyisi nyt näkemään elementtien todellisen järjestyksen, ja vaikka siirtämään mainokset vasemman palstan pohjalta oikean palstan pohjalle, jolloin mainittu järjestys olisi: sisältö, valikko, kysely, mainokset.

On huomattava, että kyse on toisaalta myös CSS:n itsensä asettamista rajoituksista: ulkoasun, jossa yhdessä palstassa olevien elementtien välissä olisi HTML-puussa toisen palstan elementtejä, määrittäminen on CSS-kielellä hyvin monimutkaista, ellei mahdotonta.

Ongelma ei kuitenkaan tule aina esille, vaan usein visuaalinen esitysjärjestys vastaa yksi yhteen HTML-puun järjestystä: Suurin osa WWW-sivun sisällöstä on mielletävissä jonkinlaisiksi listoiksi. Tämä pätee ainakin valikoihin ja sisältökatkelmien listauksiin: siirrettäessä listan elementtiä WYSIWYG-käyttöliittymässä, voidaan sitä siirtää vastaavasti myös HTML:ssä.

4.2. Tyylien suoramuokkaus

WYSIWYG-käyttöliittymissä (Mitä näet on, mitä saat) ongelmaksi muodostuu usein myös "What You See Is All You Get" – mitä näet on **kaikki**, mitä saat. Tekstisisällön muotoiluun liitettynä tämä ongelma ilmenee siinä, että vaikka yksittäistä tekstiä onkin helppo muotoilla, niin varsinaisten CSS-tyylien käsittely – vaikkapa kaikkien dokumentin tai sivuston otsikkojen muotoilu kerralla – on suoravaikutteisesti vaikeaa. Suuri osa tätä ongelmaa on se, että ennen kuin käyttäjä voi oppia käyttämään tyylejä, hänen täytyy tuntea niiden toiminta-ajatus. Yksi suoravaikutteisuutta lähestyvä tapa määrittellä tyylejä on

esimerkin kautta [Myers, 1991]. Yksinkertaistettuna idea on seuraava: Ensimmäisellä muotoilulla jokin teksti halutunlaiseksi, ja sitten painetaan "luo uusi tyyli" -painiketta, jolloin kyseinen muotoilu - tyyli - on käytettävissä minkä tahansa muun tekstin muotoiluun. Tämä ominaisuus on sekä Microsoft Word 2003:ssa että OpenOffice 2 Writer:ssä, ja toivoisin, että tulevaisuudessa tämä ominaisuus saataisiin myös selainpohjaisiin WYSIWYG-muokkaimiin.

5. Vertailu

Seuraavassa tarkastelen kahden sisällönhallintajärjestelmän, Joomla!:n ja Google Page Creatorin käyttöliittymiä ja käsitteistöä, saavuttaen näkemyksen siitä, minkälaisia käyttöliittymäratkaisuja sivuston sisällön ja rakenteen hallinnassa tänä päivänä on käytössä.

Vertailluissa järjestelmissä on kiinnitetty huomiota käytettyyn käsitteistöön ja siihen, kuinka vapaasti ja kuinka suoravaikutteisesti käyttäjä voi muokata sivuston rakennetta ja sisältöä.

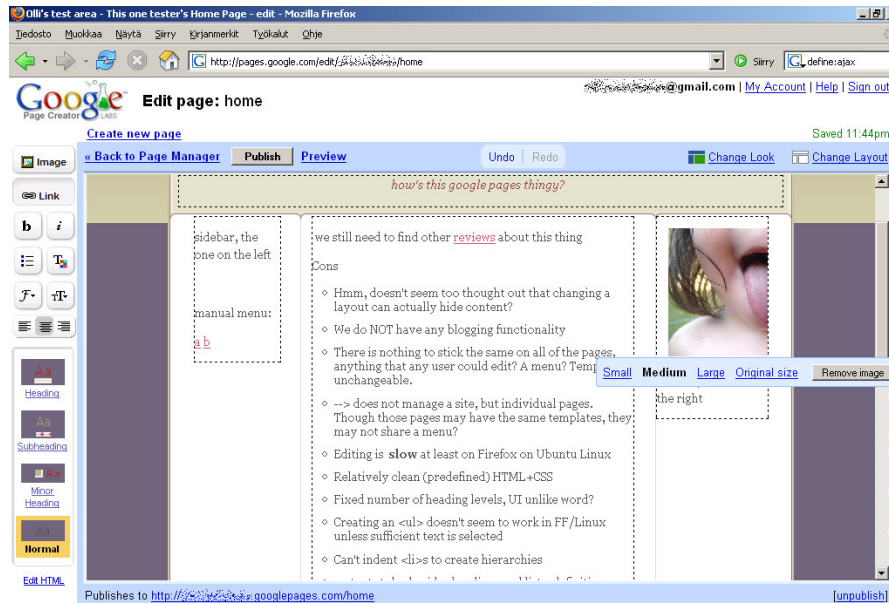
5.1. Google Page Creator

5.1.1. Käyttöliittymä

Googlen keväällä 2006 julkaisema työkalu on merkittävä askel suoravaikutteisuuden tuomisessa WWW-sisällönhallintaan. Vahvasti AJAX-tekniikkaan (engl. Asynchronous JavaScript and XML) nojaava Google Page Creator (myöhemmin GPC) tuo etualalle sivun, jonka sisältöä käyttäjä voi WYSIWYG-tyylisesti muokata.

Erona useimpiin muihin järjestelmiin on se, ettei käyttäjälle anneta WYSIWYG-näkymää ainoastaan rajoitettuun tekstikentässä näkyvään sisältöön, vaan koko sivun muokkaukseen. GPC:n lähestymistavassa sivu on jaettu kenttiin, joista jokaisen sisältöä käyttäjä voi muokata. Suurin etu tästä on se, että sisältöä (kuvia, tekstiä) voi siirrellä sivun sisällä kentästä toiseen raahaamalla. Klikkaamalla kuvaa tai linkkiä aukeaa niille pieni ponnahdusvalikko, josta kuvaa käsiteltäessä voi muuttaa sen kokoa tai poistaa sen ja linkkiä käsiteltäessä voi vaihtaa linkin kohdetta. Myös kuvien asemointi vasemmalle, oikealle tai keskelle onnistuu vetäessä niitä hiirellä. Suoravaikutteisuuden puolesta tärkeitä, WWW-pohjaisissa sovelluksissa aiemmin harvinaisia ominaisuuksia ovat myös automaattinen tallennus sekä tehtyjen toimintojen kumoaminen ja toistaminen (engl. undo, redo).

Yksittäisen sivun yleisulkoasua käyttäjä voi muokata valitsemalla valikoimasta *lookeja* (vastaa käyttämäni käsitteistön sivupohjaa) sekä *layouteja* (kenttien sijainnit *lookissa*).



Kuva 1. Google Page Creatorin suoravaikutteinen muokkauskäyttöliittymä ja oikealla kuvan ponnahdusvalikko kuvan ominaisuuksien muokkaamiseen

5.1.2. Sivuston rakenteen hallinta

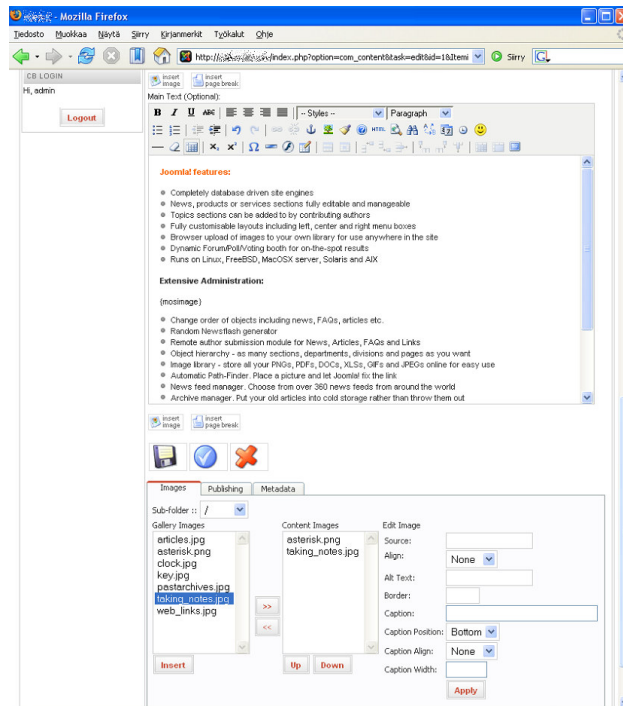
Kuten nimikin kertoo, GPC ei kuitenkaan ole tarkoitettu sivuston, vaan pääasiassa yksittäisten sivujen hallintaan – tässä mielessä se muistuttaa enemmän Wikiä kuin sisällönhallintajärjestelmää. Lookeja ja layouteja lukuun ottamatta ei eri sivuilla ole mitään yhteisiä elementtejä. Edes valikkoa, joka mahdollistaisi sivujen välisen navigoinnin, ei ole mahdollista rakentaa.

5.2. Joomla! 1.08

Joomla!, entinen Mambo Open Source, on yksi suosituimmista open source -sisällönhallintajärjestelmistä. Olen valinnut sen tarkasteluun sen monipuolisuuden ansiosta nimenomaan kokonaisen sivuston hallinnassa.

5.2.1. Käyttöliittymä

Joomla!:n hallintakäyttöliittymä ei ole suoravaikutteinen, vaan eri sivuston sisällön ja rakenteen hallinnan työkalut on jaettu hallintakäyttöliittymässä ikkunointijärjestelmistä tutuihin alasvetovalikoin. Hallintapaneelin lisäksi tarjotaan kuitenkin mahdollisuus kirjautua sisään myös sivustolla itsellään ja muokata jo valmiiksi sivuilla olevia sisältöjä. Kaikki muut varsinaisen sivuston ylläpitoon liittyvät toiminnot on hoidettava erillisen hallintapaneelin kautta, joskin erillisiä komponentteja kuten keskustelupalstaa voi käyttää sisäänkirjautuneena.



Kuva 2. Sisällönmuokkauskäyttöliittymä Joomla!ssa: teksti on muokattavissa WYSIWYG-tyylisesti, mutta kuvien lisäämiseen käytetään erityistä syntaksia ja kuvat valitaan erillisen, valikkokäyttöliittymän avulla (kuvan alaosa).

5.2.2. Sisällön rakenteen hallinta

Joomla! sisältää erilliset komponentit uutissisällön ja staattisen sisällön muokkaamiseen. Uutissisältö organisoidaan sektioihin ja kategorioihin [Open Source Matters, 2006]: kaiken uutissisällön on oltava tarkalleen yhdessä kategoriassa joka on tarkalleen yhdessä sektiossa. Tämän lisäksi voidaan käyttää staattista sisältöä, joka on uutissisällöstä erillään eikä sitä voi järjestää hierarkiaksi. Joomla!:n valikkomuokkain määrää sivuston käyttäjälle näkyvän hierarkian: valikon mistä tahansa kohdasta voi tehdä linkin uutissisältöön, staattiseen sisältöön, dynaamisen komponentin generoimaan sisältöön tai sivuston ulkopuolelle.

Uutissisällön kategorisoinnin hyötynä on se, että Joomla! osaa tuottaa erilaisia listauksia, esimerkiksi verkkopäiväkirjan tyyppisiä, niiden perusteella. Staattisen sisällön käyttö on yksinkertaisempaa, mutta samalla sen rajoitteena on se, että sitä ei voi luokitella, eikä Joomla! osaa automaattisesti listata staattista sisältöä.

Joomla!:n sivupohja käsittävät myös sivustolle yhteisen CSS:n. Sivupohjaan asetetaan eri moduuleja. Joomla!ssa sivupohjan positiioihin asetettavat moduulit ovat jokaisella kyseistä sivupohjaa käyttävällä sivulla samat, vaikkakin moduuleille voi määrätä erikseen, millä sivuilla ne näkyvät.

Joomla!:ssa on dynaamisesti toimiville, periaatteessa itsenäisille ja myös kolmannen osapuolen lisäosina asennettaville yksiköille kolme eri käsitettä: *komponentti*, *mambot* ja *moduuli*. Toisinaan tietyn toiminnallisuuden tarjoava paketti voi vaatia moniakin näistä:

Komponentteja (engl. component) ovat yleensä lisäosat, jotka tuottavat sisältöä sisältöalueelle, kuten vieraskirja, kuvagalleria tai Joomla!:ssa jopa etusivu.

Moduuli (engl. module) on sivun osaan sijoitettava "laatikko", jota käytetään sisällön esittämiseen. Moduuleja ovat muun muassa valikot, breadcrumb, kyselyt (engl. *poll*) tai rekisteröityneiden käyttäjien sisäänkirjautumislomake.

Mambot on pieni ohjelma, joka ajetaan välittömästi ennen minkään sisällön näyttämistä WWW-sivulla. Kyseinen ohjelma voi muokata lopullista sivua, ja usein se korvaa erityisiä merkkijonoja tai "tageja" jonkinlaisella toiminnallisuudella tai muotoilulla. Esimerkiksi kuvien näyttämiseen sisällössä käytetään useimmiten {mosimage}-syntaksia, jonka käsittelee tätä varten tehty mambot.

Erottelu moduulien ja komponenttien välillä on nähdäkseni lähinnä toteutustekninen, eikä vaikkapa vieraskirjalla (komponentti) ja valikolla (moduuli) ole sen kannalta, miten käyttäjä niitä sivuston hallintakäyttöliittymässä käsittelee, perustavanlaatuista eroa. Olenkin käsitteistöehdotuksessani yhdistänyt moduulin ja komponentin käsitteet yhdeksi. Toteutuksessa on toki otettava huomioon, miten moduulin käyttäytyminen ohjelmakoodin tasolla vaihtelee moduulin position vaihtuessa.

Mambotin käsite voidaan nähdäkseni useimmissa tapauksissa tehdä tarpeettomaksi suunnittelemalla käyttöliittymä suoravaikutteiseksi. Edellä mainitun esimerkin {mosimage}-syntaksia ei tarvita, mikäli kuvia voi yksinkertaisesti raahata sisältöön ja ne näkyvät välittömästi.

5.3. Vertailun johtopäätös

Google Page Creator on tämänhetkisistä WWW-pohjaisista järjestelmistä selvästi suoramuookkausta eniten hyväksi käytävä. Kuitenkaan siihen ei kuulu sivuston rakenteen hallintaan liittyviä ominaisuuksia. Suoravaikutteisuuden lisäksi ehdotuksellani on yhteistä GPG:n kanssa käsite layout, joka mahdollistaa yksittäisten sivujen sisältöalueiden jaottelun siten, että eri alueita voidaan käsitellä erikseen.

Joomla! sisältää laajan valikoiman sivuston rakenteen ja sisällön hallinnan työkaluja. Sen ympärille on kuitenkin luotu käsitteistö, joka osittain nousee järjestelmän teknisestä rakenteesta käyttäjän tarpeiden sijaan, ja tämä nostaa

oppimiskynnystä. Joomla!:n käyttöliittymä on valikkopohjainen eikä käytä suoravaikutteisuutta hyväkseen. Ehdotuksessani oleva moduulin käsite on pitkälti yhdistelmä Joomla!:n komponentin ja moduulin käsitteistä. Käsitteistö- ja käyttöliittymäehdotuksessani kehitän Joomla!:n lähestymistapaa sivupohjiin, moduuleihin ja niiden väliseen suhteeseen *Designin* käsitteen muodossa.

6. Ehdotus sisällönhallinnan käyttöliittymäksi ja käsitteistöksi

6.1. Taustaa

Suoravaikutteisuudesta huolimatta eri elementeillä on oltava nimet, joiden kautta käyttäjä voi hahmottaa niiden toimintaa. Ehdotan tässä käsitteistöä, joka tarvitaan WWW-sivuston rakennusaineiksi. Pidän kuitenkin itse käsitteitä sanojen takana tärkeämpinä kuin niiden nykyisiä nimiä. Eri sanojen soveltuvuutta ja ymmärrettävyyttä laajemmalle yleisölle pitäisi tulevassa tutkimuksessa selvittää tarkemmin. Esimerkiksi käyttämäni termiä "sisältökatkelma" vastaa arkikielessä usein sana "juttu" tai "artikkeli".

Vaikka käyttöliittymä käyttää melko laajaa käsitteistöä, ovat useimmat käsitteet jo muissa järjestelmissä ja WWW-suunnittelijoiden keskuudessa käytössä. Osan käsitteistä, esim. moduuli, merkitys tarkennetaan käsittämään juuri esittelemääni järjestelmään sopivaksi.

6.2. Käyttöliittymän yleiskuvaus

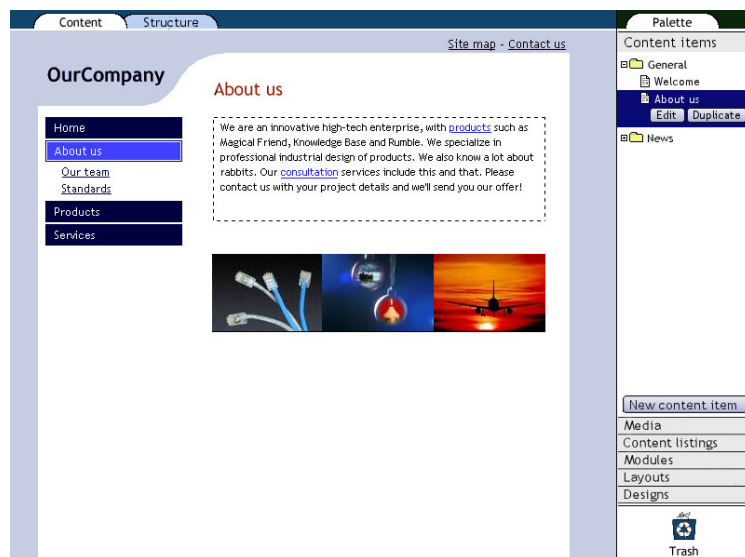
Käyttöliittymä jakautuu muokkausalueeseen, roskakoriin sekä palettiin, jonka avulla sisältöä ja sivuston rakennetta hallitaan, ja josta elementtejä voi raahata muokkausalueelle. Muokkausalueen ensisijainen näkymä, jonka esittelen tämän tutkielman puitteissa, on sivusto kävijälle näkyvässä muodossaan. Perusajatuksena tässä näkymässä on se, että käyttäjä voi raahata minkä tahansa sisältöelementin joko valikkoon (luoden uuden kohdan menuun ja uuden sivun, jolla on raahattu elementti sisältönä), sisältöalueelle tai roskakoriin. Lisäksi käyttäjä voi muokata näkyviä sisältöelementtejä WYSIWYG-tyyliin kuten vertailussa esiteltyssä Google Page Creator:ssa. Järjestelmä tukee käyttäjää semanttisen työskentelytavan omaksumisessa: tekstityylit, joita käytetään, olisivat ihannetapauksessa kaikki määriteltyinä CSS-tiedostossa, ja käyttäjä yksinkertaisesti käyttäisi WYSIWYG-editorissa näitä määriteltyjä tyylejä.

Koska paletin eri osiot on jaoteltu määrittelemieni sisällönhallinnan peruskäsitteiden mukaisesti, ei käyttäjän tarvitse opiskella koko käsitteistöä heti pystyäkseen hoitamaan perustehtäviä: Pelkän tekstisisällön hallintaan riittää paletin sisältökatkelmia koskevassa osiossa pysyttelemisen. Käyttäjän

halutessa lisätä sisällön sekaan kuvia, voi hän siirtyä Media-osioon, joka käyttöliittymältään on lähes identtinen sisältökatkelmaosion kanssa. Käytön opettelu on sikälikin helppoa, että vaikka käsitteistö on osin abstraktia, on tärkeimmät käsitteet järjestetty ikään kuin sanakirjaksi: paletin osioksi. Niitä opetellessa käyttäjän on helppo nähdä, kuinka suuren osan järjestelmän toiminnallisuudesta hän jo hallitsee. Käyttöliittymä on suoravaikutteinen: sivusto rakennetaan raahaamalla elementtejä yleensä paletista sisältöalueelle ja menuun. Elementtejä voi myös siirrellä positiosta toiseen samaan tapaan.

Tulevaisuudessa, kun käyttöliittymä on osana järjestelmää, jossa on ACL (engl. Access Control Lists) eli oikeuksienhallinta, voidaan eritasoisille käyttäjille rajata käyttöoikeudet eri paletin osioihin.

6.3. Käyttöliittymän pääelementit



Kuva 3. Ehdotetun käyttöliittymän perusnäköy. Valittuna paletissa 'About us' -tekstikatkelma

6.3.1. Paletti (engl. Palette)

Alue käyttöliittymässä, josta löytyvät kaikki sivuston rakentamiseen käytettävissä olevat elementit ja josta käsin elementtejä voi myös hallita. Paletin päätarkoitus on se, että käyttäjä voi raahata siitä eri elementtejä sivupohjaan tai sivulle. Paletin osiot (eli elementit):

- Sisältökatkelmat (engl. Content items)
- Media
- Sisältölistaukset (engl. Content listings)
- Moduulit (engl. Modules)
- Designit

- Asettelut (engl. Layouts)

Kaikissa näissä paletin osioissa on mahdollista valita listasta tietty elementti, jolloin sen alle tulee näkyviin painike, joka avaa kyseisen elementin ominaisuuksien muokkauksen mahdollistavan modaalisen dialogin. Valitun elementin alla voidaan näyttää lisätietoja kyseisestä sisältöelementistä. Tämän lisäksi vieressä on toinen painike, jonka avulla kyseisestä elementistä voi tehdä kopion, jota voi sitten muokata erikseen.

Paletin jokaisen osion alareunassa on myös uuden elementin lisäämisen kyseiseen osioon mahdollistava painike. Tämän lisäksi paletin Designs-osiossa on sivupohjien hallintapaneelin avaava *hallitse sivupohjia* (engl. manage templates) -painike, joka avaa modaalisen dialogin kyseiseen tarkoitukseen.

6.3.2. Roskakori (engl. Trash)

Roskakoriin voi raahata elementtejä mistä tahansa. Paletista roskakoriin raahattuna mikä tahansa elementti poistuu paletista, ja siis koko järjestelmästä, jääden ainoastaan roskakoriin. Muokkausalueelta roskakoriin raahattuna elementti ainoastaan häviää kyseisestä kohtaa sivua, oli kyse minkälaisesta elementistä tahansa, mutta jää vielä palettiin. Valikon kohtaa muokkausalueella olevasta valikosta raahattuna poistuu sivustolta koko kyseinen sivu, eli asettelun ja siihen asetettujen sisältöelementtien yhdistelmä – näitä vastaavat elementit jäävät kuitenkin edelleen palettiin.

Roskakoria klikkaamalla tulee näkyviin modaalisena dialogina roskakorin sisältö, josta minkä tahansa sisällön voi palauttaa. **Avoim kysymys:** epäselvänä tapauksena tilanne, jossa paikassa, jossa roskakorista palautettava sisältö oli alun perin, on jo jotain muuta.

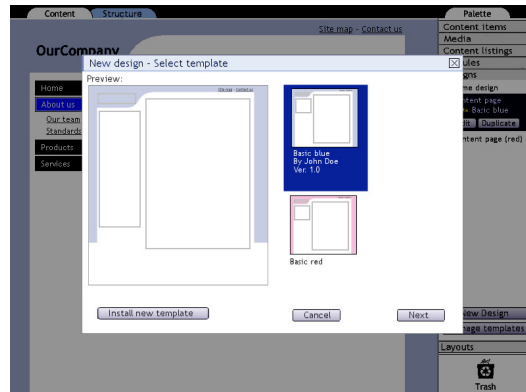
6.4. Organisointielementit ja -käsitteet

Sivustolla ei ole muuta sisältöä, kuin sisältöelementit, jotka paletti tarjoaa. Kun käyttäjä raahaa saman sisältöelementin kahdelle eri sivulle tai ehkä jopa kahteen eri positioon samalla sivulla, on kyseessä silti vain yksi sisältö, ja yhtä sen näkyvää ilmentymää sivustolla muokattaessa muuttuu myös toinen. Sisältöelementtien lisäksi elementtejä ovat organisaatioelementeistä asettelut ja designit, jotka ottavat kantaa sivujen rakenteeseen (HTML) ja ulkoasuun (CSS).

6.4.1. Positio (engl. Position)

Jokainen sivuston sivu jakaantuu positioihin. Positiot voidaan jakaa useampiin positioihin asettelujen avulla. Sisältöalue on erityinen positio: siinä näkyy kunkin sivun pääsisältö, jonka mukaan muun muassa kyseisen sivun <title> -elementti ja metadata määräytyy.

Teknisesti positio on paikka HTML-dokumentin XML-puussa, johon sisältöelementtejä voidaan raahata. Positiot määrätään erityisen sivupohjakielen avulla sivupohjassa tai asetteluissa.



Kuva 4. Esimerkki modaalisesta dialogista ehdotetussa käyttöliittymässä: käynnissä uuden Designin rakentaminen, sivupohjan valinta uuteen designiin

6.4.2. Asettelu (osio paletissa; engl. Layout)

Asetteluja voi käyttää sivun sisältöalueen tai muun sivupohjassa määritellyn position jakamiseen osiin tai palstoihin, joihin voidaan raahata eri sisältöjä. Se on siis työkalu, jolla käyttäjä voi määrätä yksittäisten sivujen asettelua vielä designia hienojakoisemmin ja toisaalta haluttaessa eri sivujen kesken yhtenäisesti. Eri asettelut voivat olla joko sivupohjakohtaisia tai käytössä sivupohjasta riippumatta. Oletuksena positioita ei ole jaoteltu asetteluun, vaan kaikki positioon raahatut elementit menevät positioihin peräkkäin ja allekkain.

Sisäisesti asettelut määrittelevät HTML-katkelman ja CSS-koodin, ja kyseisen HTML-katkelman XML-puuhun positioita sivupohjakiellellä. Asettelyn voi siis ajatella pienimuotoisena sivupohjana.

Mikäli jokin asettelu raahataan jo olemassa olevan sivun päälle, muuttuu kyseisen sivun sisältöalue tämän asettelyn mukaiseksi, ja sivulla jo olleet sisällöt sijoitetaan uuden asettelyn positioihin. Mikäli sivulle, jolla on monipalstainen asettelu ja kaikissa palstoissa sisältöä, raahataan asettelu, jossa on vähemmän palstoja kuin alkuperäisessä, on osa palstojen sisällöstä sijoitettava peräkkäin (allekkain) uuden asettelyn palstoihin.

6.4.3. Design (osio paletissa)

Design on se osa jokaista sivua, joka on koko sivustolle yhteistä. Jokaisella designilla on yksi sivupohja. Sivupohjan lisäksi design määrittää, mitkä moduulit ovat sivupohjan positioissa: sama sivupohja voi sisältyä moneen designiin, joissa moduulit tai niiden järjestys sivupohjan positioissa vaihtelevat.

Design on mahdollista raahata paletista sivun muokkausnäkyssä sivun päälle, jolloin sivu muuttuu kyseisen designin mukaiseksi. Tarkoituksena on kuitenkin, että designejä asetettaisiin suuremmalle joukolle sivuja kerralla vielä puuttuvassa sivuston rakennenäkyssä.

6.4.4. Sivupohja (engl. Template)

Sivupohja käsittää CSS-tiedoston, sekä HTML-pohjan, johon on jonkin sivupohjien tekoon suunnitellun kielen (engl. template language) avulla määritelty positiot (engl. positions), joihin sisällönhallintajärjestelmä voi syöttää sisältöä. Se osa CSS:stä, joka ei käsittele niinkään eri elementtien asemointia kuin niiden ulkoasua, voidaan tehdä käyttäjälle muokattavaksi helppokäyttöisen lomakekäyttöliittymän kautta.

Sivupohja ei ole oma elementtinsä käyttöliittymässä, vaan se on aina jonkin *designin* osana. Kuten mainittua, moni design saattaa käyttää samaa sivupohjaa.

6.5. Sisältöelementit ja -käsitteet

Sisältöelementit ovat elementtejä, joita voi pudottaa sisältöalueen tai sivupohjan positiioihin: sisältökatkelma, moduuli, mediasisältö ja sisältölista.

6.5.1. Sisältölista (osio paletissa; engl. Content listing)

Sisältölista on erityinen dynaaminen elementti, jota nimensä mukaisesti käytetään sisältöelementtien listaukseen. Lista on dynaaminen: listauksessa ovat sisältöelementit, joille käyttäjä on antanut tietyn luokituksen, järjesteltynä käyttäjän valitseman kriteerin, esimerkiksi päivämäärän, mukaan. Uutissivun tai verkkopäiväkirjan (engl. blog) voi tuottaa sisältölistausta käyttäen. Sisältölista voi listata mitä tahansa (muita) sisältöelementtejä.

Sisältölistaukset ovat pohjimmiltaan suotimia: sisältöelementin tai sen metatiedon perusteella voidaan määrittää hakukriteerit ja kentät, joiden perusteella sisältölistaukseen tulevat sisältöelementit järjestetään. Käyttäjälle olisi hyvä tarjota eri mekanismeja sisältölistauksen määrittelemiseen riippuen siitä, kuinka osaava käyttäjä on kyseessä: Yksinkertaisimmillaan sisältölistausta luodessa voidaan kysyä käyttäjältä, mistä sisältökategoriasta sisältö valitaan ja minkä määrään (päivämäärä, aakkosjärjestys jne.) mukaan se järjestetään. Osaavan käyttäjän pitäisi kuitenkin pystyä käyttämään mielikuvitustaan, äärimmäistapauksessa käyttäjän pitäisi siis pystyä käyttämään jonkin ohjelmointikielen suomaan ilmaisuvoimaa. Wolber, Su ja Chiang ehdottavat WYSIWYG-lähestymistapaa tietokantahakujen tekoon, jota voisi ehkä soveltaa sisältölistauksen luontiin [Wolber et al., 2002].

Avoin kysymys: Sekä se, miltä yksittäiset sisältöelementit näyttävät sisältölistauksessa, että se, miltä sisältölistauksesta linkitetyt näiden

sisältöelementtien sivut näyttävät, pitäisi käyttäjän pystyä määrittämään jonkinlaisella mekanismilla, esimerkiksi näitä tarkoituksia varten erityisesti tarkoitettussa sivupohjassa.

6.5.2. Sisältökatkkelma (osio paletissa; engl. Content item)

Sisältökatkkelma on sisällön perusyksikkö, käyttäjän muokattavissa oleva staattinen katkelma sisältöä. Sisältökatkkelma on käytännössä HTML:ää, vaikka itse sisällönhallintajärjestelmän on hyvä pystyä tuottamaan sama sisältö muissakin formaateissa. Sisältökatkkelmilla voi olla eri kenttiä, kuten ingressi, pääsisältö tai avainsanat, ja eri kenttiä voi asettaa joko näkyviksi tai näkymättömiin, esim. vain hakutoimintojen ja luokittelun käytettävissä olevaksi metadataksi.

Sisältökatkkelman sisälle voidaan raahata muita sisältöelementtejä, ja määrätä ovatko ne sisältökatkkelman sisällä tasattuina vasemmalle, keskelle vai oikealle. Toisin sanoen, käyttäjän ei tarvitse osata käyttää esiteltäviä asetteluja pystyäkseen sekoittamaan samalla sivulla eri sisältöelementtejä - asettelujen avulla positiota voi vain jakaa joustavammin ja toisaalta eri sivujen kesken yhtenäisesti

6.5.3. Mediasisältö (osio paletissa; engl. Media)

Mediasisältö esittää kuvat, Flash-animaatiot, videosisällön ja muut erilliset, WWW-sivulle upotettavissa tai linkitettävissä olevat tiedostomuodot. Järjestelmä tuottaa mediasisältöä sivulle raahatessa tarvittavan HTML:n, tai tiedostomuodosta riippuen vaihtoehtoisesti linkin väyläsivulle, joka linkittää kyseiseen mediaelementin tiedostoon.

Mikäli esimerkiksi käyttäjä haluaa laittaa PDF-tiedoston WWW-sivulle, Jacob Nielsenin suosituksen mukaisesti [Nielsen, 2003] tällaista väyläsivua käytetään, jotta käyttäjä tietää etukäteen, että on avaamassa PDF-tiedoston. Ominaisuus on pystyttävä myös kytkemään pois tarvittaessa, sallien tehdä suoran linkin PDF-tiedostoon käyttäjän harkinnan mukaisesti.

Nielsen tosin myös suosittelee, että PDF-tiedostojen käyttöä WWW:ssä vältettäisiin kaikin keinoin - ne sopivat kyllä tulostuskäyttöön, mutta niiden käytettävyys näytöltä katseltuina on heikko. Jää avoimeksi, millä tavalla järjestelmä voisi suositella käyttäjälle PDF-tiedoston WWW-muotoon muuttamista (mikäli mahdollista) ärsyttämättä käyttäjää. Nämä ovat esimerkkejä käyttäjää avustavista toiminnoista, johon viitataan Haasteet -luvun tavoitteessa 2.

6.5.4. Moduuli (osio paletissa; engl. module)

Moduulien tarkoitus on tehdä helpoksi muiden, tiettyihin erityisiin sisältötyyppeihin erikoistuneiden sisällönhallintaohjelmistojen tai -komponenttien saaminen saman sivuston saumattomiksi osiksi.

Moduuli (engl. module) on itsenäinen, jonkin sisällön (yleensä HTML-katkelman) tuottava ohjelmisto tai ohjelmakoodikatkelma. Tämä tutkielma kuvaa käyttöliittymän, eikä ota kantaa siihen, tuottaako järjestelmässä moduulin sisältönä näkyvän koodin esim. tietty luokka vai kokonainen, erillinen ohjelmisto. Moduuleja voi kirjoittaa myös laajennuksina sisällönhallintajärjestelmään. Moduulien yleisiä käyttötarkoituksia ovat esim. sivuston valikot, sivuston hakumoottori, kysely (engl. quiz, poll) tai vieraskirja. Moduuli käyttäytyy ehdotetussa käyttöliittymässä hyvin samankaltaisesti kuin mikä tahansa sisältökappale: moduulin raahaaminen valikkoon saa aikaan sivun, jossa kyseinen moduuli on pääsisältönä. Ero sisältökappaleisiin on se, että sisältökappaleen tuottama sisältö on staattista ja täysin käyttäjän muokattavissa, kun taas moduuli tuottaa sisältöä dynaamisesti ja se, miten käyttäjä voi moduulin tuottamaan sisältöön vaikuttaa, on moduulikohtaista.

Myös navigointiapuvälineet, kuten valikot ja sivustokartta ovat moduuleita, samoin kuin ns. *breadcrumb* (käyttäjän sijainti sivustolla yhdellä rivillä ilmaistuna, esimerkiksi: Maalariliike Oy -> Esittely -> Materiaalit). Sivustolla on yleensä yksi tai useampia valikoita, jotka näkyvät kaikilla sivuilla. Päävalikon rakenne määrää rakenteen sivuston käyttäjän näkökulmasta: kaikkien sivuston rakennetta kommunikoivien elementtien (*breadcrumb*, URL, ym.) pitäisi yleensä ottaa rakennetta samaa rakennetta kuin valikko. Tähän on voitava tehdä poikkeuksia – yleinen esimerkki on se, että kaikkein tärkeimmät kohteet sivustolla sijoitetaan usein erilliseen valikkoon – ne ovat kuitenkin osa samaa hierarkiaa kuin päävalikon kohteet.

Valikko näkyy luonnollisesti myös järjestelmän muokkausnäkyvässä ja sitä käyttäen sivustoa voi selaila. Tämän lisäksi valikkoon voi raahata paletista minkä tahansa elementin, joka luo uuden sivun tämä elementti pääsisältönä sisältöalueella.

6.6. Sivuston rakentaminen

Käyttäjän alettaessa rakentamaan uutta sivustoa häntä pyydetään valitsemaan sivustolleen jokin design (jonka voi tarvittaessa vaihtaa myöhemmin). Tämän jälkeen käyttäjä saa eteensä valitsemansa designin, tyhjän sivun jossa on valmiina valikko. Käyttäjä voi sitten raahata tälle tyhjälle, oletusarvoiselle etusivulle eri elementtejä. Uusi sivu luodaan raahaamalla paletista jokin elementti valikkoon, jolloin syntyy sivu ja vastaava kohta

valikkoon. Eri elementit, raahattaessa valikkoon käyttäytyvät hieman eri tavoin:

- Sisältöelementti: Luo sivun, jolla on vain kyseinen sisältö.
- Mediasisältö: Sivun, jolla näkyy kyseinen mediasisältö, (kuva, Flash-animaatio, video, tms.)
- Asettelu: syntyy sivu, jossa on tyhjiä tiloja sisällölle, kyseisen asettelun mukaisesti.
- Design: Syntyy kyseistä designia käyttävä sivu oletusasettelulla (ei jakoa, yksi positio).

7. Yhteenveto

Olen tässä tutkielmassa käsitellyt pienehköjen sivustojen sisällönhallinnan keskeisiä kysymyksiä, vertailut kahta erilaista käyttöliittymä- ja käsitteistölähestymistapaa sekä esiteltyt mallikäyttöliittymän, joka nähdäkseni vastaa moniin tämän päivän sisällönhallinnan opittavuuden ongelmiin.

Käyttöliittymän kokoamisessa olen pyrkinyt mahdollisuuksien mukaan sekä sisäiseen yhtenäisyyteen, että käyttämään eri käyttöliittymäelementtejä tuntemieni konventioiden mukaisesti. Kuitenkin lähestyessä todellisia käyttäjiä pitäisi tarkemmin ottaa selville, mitä tarpeita käyttäjillä todella on, ja johtaa sitten näistä käyttötapauksia. Esitettyä alkua käyttöliittymälle on vielä myöskin testattava todellisilla käyttäjillä, samoin kuin esitettyä käsitteistöä, joka näyttää kuitenkin alustavasti auttavan hallitsemaan eri puolia WWW-sivuston dynaamisuudesta melko kattavasti.

Tähän asti käyttöliittymä on suunniteltu esitellyn vertailun, kirjallisuuden ja henkilökohtaisen kokemuksen perusteella siitä, millä käsitteillä sisältöä pitäisi hallita: vastaava toiminnallisuus on käytössä ainakin osittain monissa jo olemassa olevissa järjestelmissä, mutta nähdäkseni ehdottamani käyttöliittymä on yksinkertaisempi ja suoravaikutteisuuksensa ansiosta helpommin opittavissa. Lopullisen sovelluksen käytettävyys jää toki suurelta osalta riippumaan vähintäänkin vielä suunnittelematta olevista modaalisisistä dialogeista sekä rakenne- ja CSS-näkyistä. Myös W3C:n Authoring Tool Accessibility Guidelinesin [W3C, 2000a] noudattaminen ja käyttäjän tukeminen saavutettavien ja käytettävien sivustojen rakentamisessa on tärkeää tulevassa sisällönhallintajärjestelmän suunnittelutyössä.

8. Lähteet

- [Mankoff et al., 2005] Jennifer Mankoff, Holly Fait, Tu Tran, Is your web page accessible?: a comparative study of methods for assessing web page accessibility for the blind, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI '05. ACM Press, 41-50. Also available at <http://doi.acm.org/10.1145/1054972.1054979>
- [Myers, 1991] Brad A. Myers 1991. Text formatting by demonstration, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Reaching Through Technology. CHI '91. ACM Press, 251-256. Also available at <http://doi.acm.org/10.1145/108844.108904>
- [Nielsen, 2003] Jacob Nielsen, Gateway Pages Prevent PDF Shock. Available at <http://www.useit.com/alertbox/20030728.html> (19.5.2006)
- [Open Source Matters, 2006] Open Source Matters, Joomla! Administrator 1.0x Help. Available at <http://help.joomla.org/content/section/16/153/> (19.5.2006)
- [Robertson, 2002] James Robertson, How to evaluate a content management system. Available at http://www.steptwo.com.au/papers/kmc_evaluate/ (3.11.2006)
- [Schneiderman, 1997] Ben Shneiderman, Direct manipulation for comprehensible, predictable and controllable user interfaces. Proceedings of the 2nd international Conference on intelligent User interfaces. IUI '97. ACM Press, 33-39. Also available at <http://doi.acm.org/10.1145/238218.238281>
- [Sloan et al., 2000] David Sloan, Peter Gregor, Murray Rowan, Paul Booth, Accessible accessibility, Proceedings on the 2000 Conference on Universal Usability. CUU '00. ACM Press, 96-101. Also available at <http://doi.acm.org/10.1145/355460.355480>
- [W3C, 1999] W3C, Web Content Accessibility Guidelines 1.0. Available at: <http://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/> (2006-03-11)
- [W3C, 2000a] W3C, Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0. Available at: <http://www.w3.org/TR/WAI-AUTOOLS/> (2006-03-11)
- [W3C, 2000b] W3C, Techniques For Accessibility Evaluation And Repair Tools. Available at: <http://www.w3.org/TR/AERT> (2006-03-11)
- [Wolber et al., 2002] David Wolber, Yingfeng Su, Yih Tsung Chiang, Designing dynamic web pages and persistence in the WYSIWYG interface. Proceedings of the 7th international Conference on intelligent User interfaces. IUI '02. ACM Press, 228-229. Also available at <http://doi.acm.org/10.1145/502716.502770>

Työryhmäohjelmistot etäopetuksessa

Juho-Matti Stenberg

Tiivistelmä

Työryhmäohjelmistot kehitettiin alkujaan työelämän projektien apuvälineiksi, mutta niiden käyttöä opetuksessa on tutkittu jo pitkään. Tutkimusten tuloksena on julkaistu useita nimenomaan opetuskäyttöön suunniteltuja työryhmäohjelmistoja. Tässä tutkielmassa esittelen ja vertailen joitakin tällaisia työryhmäohjelmistoja.

Avainsanat ja -sanonnat: Työryhmäohjelmisto, verkko-opetus, tietokoneavusteinen opetus.

CR-luokat: K.3.1

1. Johdanto

Tässä tutkielmassa esittelen joitakin etäopetuksessa käytettyjä työryhmäohjelmistoja (englanninkielinen termi groupware). Käsitteen groupware esittelivät Peter ja Trudy Johnson-Lentz jo vuonna 1982 [Johnson-Lentz and Johnson-Lentz, 1982, Ellis et al., 1991 mukaan], mutta Johansen [1988] tarkensi termin koskemaan nimenomaan tietoteknisiä järjestelmiä. Tämän tutkielmani yhteydessä täsmennän käsitettä siten, että työryhmäohjelmistolla tarkoitetaan järjestelmää, sovellusta tai ohjelmistoa, joka mahdollistaa yhteisen ryhmätyön toteuttamisen työryhmän jäsenten fyysisestä sijainnista riippumatta. Myös muita termejä käytetään, esimerkiksi ryhmätyöohjelmisto tai -järjestelmä.

Niin työryhmäohjelmistot kuin tietokoneavusteinen opetuskin ovat tietojenkäsittelytieteiden alan historiaan nähden varsin paljon ja pitkään tutkittuja alueita. Myös näiden yhdistelmää, työryhmäohjelmistojen opetuskäyttöä, on tutkittu jo 1990-luvun alkupuolelta asti. Alun perin työryhmäohjelmistot kehitettiin työelämän projektien toteuttamisen apuvälineiksi, mutta sittemmin niiden käyttötapojen kirjo on laajentunut, esimerkiksi juuri opetustarkoituksiin. Työryhmäohjelmistojen opetuskäytön tutkimus on viime painottunut erityisesti opetuskäyttöön suunniteltuihin työryhmäohjelmistoihin.

Tutkielmassani pyrin erittelemään ja vertailemaan valmiiden, opetuskäyttöön suunniteltujen työryhmäohjelmistojen ominaisuuksia eräiden esimerkkijärjestelmien perusteella. Tutkielman toisessa luvussa esittelen opetuskäyttöön suunniteltuja ryhmätyöohjelmistoja ja niiden ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ja järjestelmien suunnittelulähtökohtia vertailen laajemmin tutkielman kolmannessa luvussa.

2. Esimerkkejä opetuskäyttöön suunnitelluista työryhmäohjelmistoista

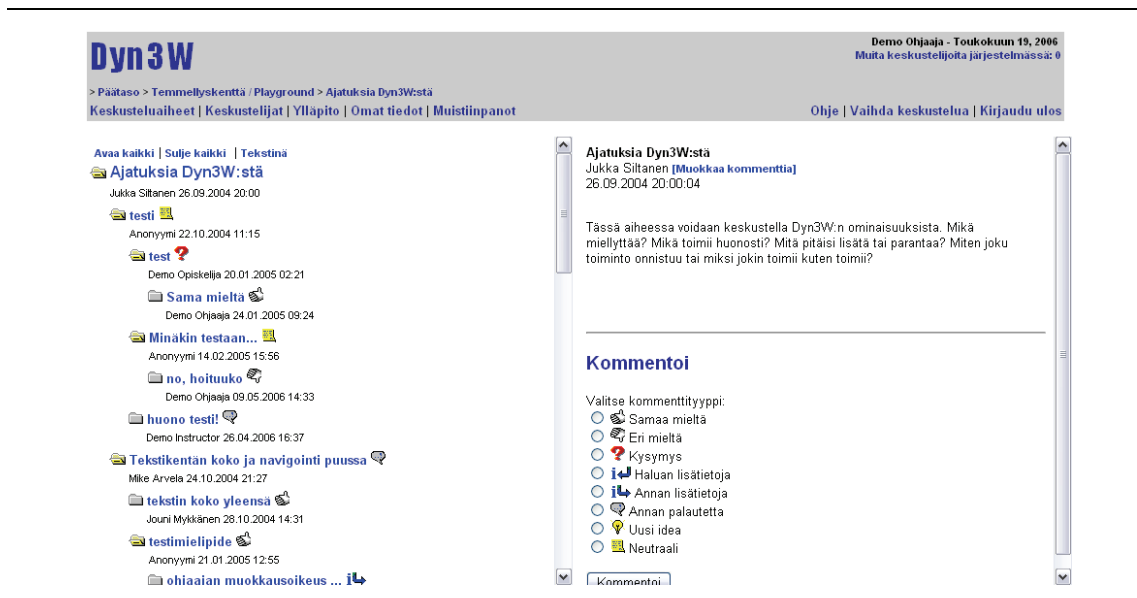
Tässä luvussa esittelen joitakin opetuskäyttöön suunniteltuja työryhmäohjelmistoja. Esiteltävät ohjelmistot on pyritty valitsemaan siten, että otoksessa olisi edustettuna mahdollisimman erityyppisiä järjestelmiä. Näin esiin nousevat paitsi järjestelmien, myös niiden suunnittelu- ja toteutuslähtökohtien erot ja erojen vaikutukset.

2.1. Dyn3W

Tampereen yliopiston Tietojenkäsittelytieteiden laitoksella kehitetty Dyn3W (Dynamic Group Commenting in WWW) on erityisesti verkko-opiskeluun suunniteltu keskustelujärjestelmä [Hietala et al., 2005]. Dyn3W-järjestelmää kehitettäessä ensisijainen tavoite on ollut lisätä yliopisto-opiskelijoiden kurssien yhteydessä käymän argumentoivan keskustelun määrää ja laatua. Kuvassa 1 on esimerkki Dyn3W:n keskustelunäkymästä.

Dyn3W:n suunnittelun tärkeä lähtökohta on ollut muokattavuus: opettajan tulee voida muokata järjestelmää kunkin kurssin tarpeiden mukaiseksi mahdollisimman vähällä vaivalla. Suunnittelun toisena pääperiaatteena on ollut yhteistoiminnan tukeminen, sekä opiskelijoiden että opettajan osalta. Dyn3W on toteutettu siten, että käyttäjän tietokoneella tarvitaan vain WWW-selain - mitään erikseen asennettavia ohjelmia tai liitännäisiä ei vaadita. Itse järjestelmä on toteutettu PHP-kielellä.

Dyn3W-järjestelmän pääpaino on verkkokeskustelussa. Järjestelmään on toteutettu toimintoja, jotka tukevat keskustelua ja rohkaisevat opiskelijoita keskustelemaan enemmän ja paremmin. Näistä esimerkkeinä mainittakoon ryhmätietoisuutta tukevat toiminnot [Koivunen, 2002] ja mahdollisuus estää muiden tuotosten tarkastelu ilman aiheeseen liittyvää omaa panosta. Vaikka järjestelmää ei olekaan suunniteltu täydelliseksi verkko-opetusympäristöksi eikä siihen ole toteutettu laajoja tiedonhallintavälineitä, on siinä yksinkertainen ryhmätyöskentelyä tukeva toiminto: lähetettyihin viesteihin voi yhdistää liitetiedostoja, minkä avulla ryhmän jäsenet voivat välittää tuotoksiaan toisilleen.



Kuva 1. Dyn3W-järjestelmän keskustelunäkymä [WWW, 2004].

2.2. Kuoma

Tampereen teknillisen korkeakoulun Etäopetus multimedieverkoissa -projektin (ETÄKAMU) yhteydessä toteutettiin internet-pohjainen oppimisympäristö Kuoma [Leinonen and Ruokamo, 1998]. Kuoma-järjestelmän tekninen toteutus perustuu WWW-selaimen käyttöön. Osa toiminnoista vaatii, että selaimen on asennettu Java-sovelmien käyttämiseen tarvittava liitännäinen. Palvelimella ajetaan Perl-kielistä CGI-järjestelmää.

Peruskoulujen ja lukioiden käyttöön suunniteltu Kuoma-oppimisympäristö on jaettu neljään toiminnalliseen osaan, jotka on nimetty koulurakennuksen tiloja mukaillen. Julkisesti internetiin näkyvät Mediakeskus, johon on koottu kaikki oppimateriaali sekä Galleria, johon opiskelijoiden valmiit tuotokset sijoitetaan. Intranettiin on sijoitettu Studio, jossa opiskelijoiden ryhmätyöskentely tapahtuu ja Kokoushuone, jossa opettajat ja asiantuntijat voivat keskustella ja luoda uutta oppimateriaalia Mediakeskuksessa näytettäväksi. Studioon on käyttöoikeus rekisteröityneillä opiskelijoilla, Kokoushuoneeseen pääsevät vain opettajat ja asiantuntijat. Kokoushuoneen alkunäkymä on esitetty kuvassa 2.

Studiassa opiskelijat voivat keskustella keskenään joko keskustelufoorumien tapaan tai reaaliaikaisena chat-keskusteluna, luoda kyselyjä tai vastata toisten luomiin kyselyihin. Lisäksi Studioon on sijoitettu yksinkertainen WWW-sivueditori sekä Java-sovelmana toteutettu käsittekarttasovellus. Kokoushuoneessa on vastaavat keskustelutyökalut opettajille ja asiantuntijoille sekä oppimateriaaliarkisto. Opettajien ja asiantuntijoiden koostama oppimateriaali on sijoitettu Mediakeskukseen. Opiskelijoiden tuottamat valmiit ryhmätyöt tulevat näkyviin Galleriaan.



Kuva 2. Kuoma-järjestelmän kokoushuoneen etusivu [WWW, 1998].

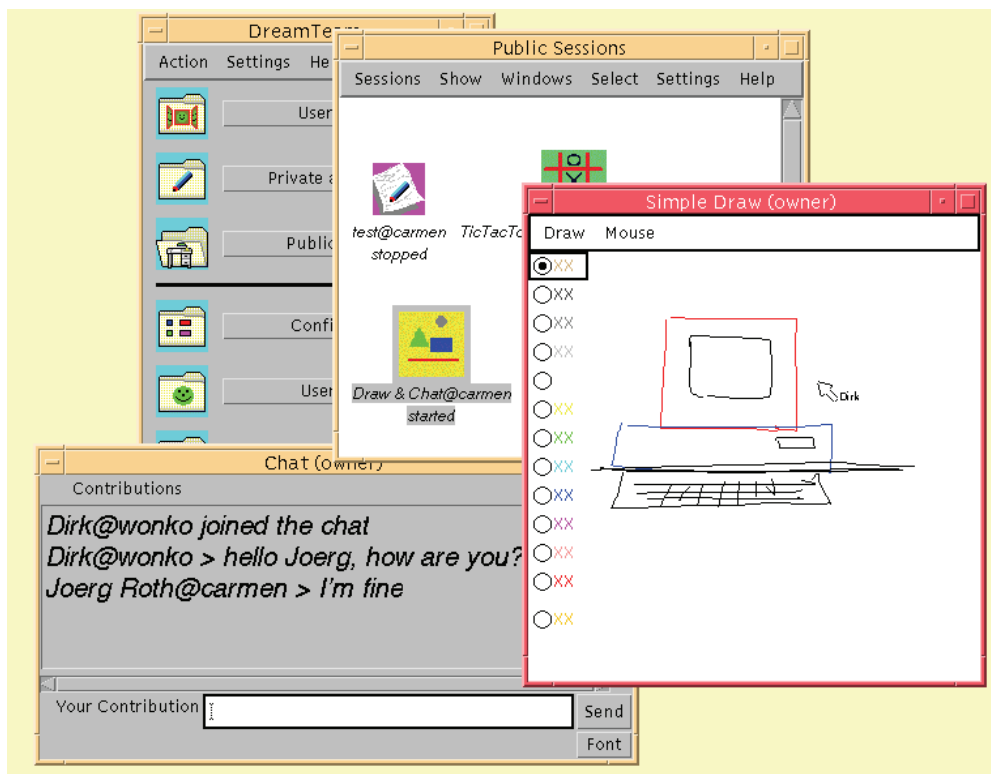
2.3. DreamTeam

DreamTeam-järjestelmä on paitsi ryhmätyöohjelmisto, myös työkalu, jolla voi toteuttaa kullakin kurssilla erityisesti tarvittavat ryhmätyötoiminnot [Roth and Unger, 1998]. Järjestelmää on kehitetty Hagenin yliopistossa 1990-luvun lopulla. DreamTeamin asiakassovellukset ja itse DreamTeam-kokonaisuuden runko ovat Java-kielisiä ohjelmia. Prototyypin on toteutettu siten, että keskittettyä palvelintä ei tarvita: kaikkien käyttäjien asiakasohjelmat keskustelevat suoraan toistensa kanssa, olivatpa ne käytössä kuinka monella tietokoneella tahansa.

DreamTeam on kehitetty nimenomaan opiskelijoiden samanaikaiseen yhteistoimintaan. Monien muiden tämän tutkielman puitteissa esiteltyjen työryhmäohjelmistojen ryhmätyötoiminnot on suunniteltu siten, että kukin opiskelija lähettää omat tuotoksensa toisten tutkittavaksi ja käsiteltäviksi, ja opiskelijat toimivat kukin erikseen, vaikkakin saman aiheen tai tehtävän parissa. DreamTeamissa taas pyritään siihen, että opiskelijaryhmä kokoontuu yhteen ja työskentelee aktiivisesti yhtäaikaan saman tehtävän parissa [WWW, 2003].

Koska DreamTeamiin voidaan siihen liitettyjen työkalujen avulla luoda uusia toimintoja, sen käyttömahdollisuuksia rajoittavat periaatteessa vain opettajan ohjelmointitaidot. Järjestelmään on toteutettu valmiiksi joitakin

toimintoja, kuten yksinkertainen yhteistoiminnallinen piirto-ohjelma. Kuvassa 3 on esitetty yhteistoiminnallisen piirto-ohjelman käyttöliittymä. Esimerkkinä DreamTeam-pohjalle toteutetuista työkaluista Roth ja Unger esittelevät tarkemmin DreamWeb-verkkoselaimen, joka sekin on suunniteltu yhteistyötä ja yhteistoiminnallisuutta tukevaksi.



Kuva 3. DreamTeamin piirto-ohjelma [WWW, 2003].

2.4. FLE

FLE (Future Learning Environment) on Taideteollisen korkeakoulun medialaboratoriossa kehitetty oppimisympäristö. FLE:tä on kehitetty jo kymmenkunta vuotta, tätä kirjoitettaessa järjestelmän tuorein laitos on versio 3 [WWW, 2005]. Dyn3W:n tapaan opiskelijat ja opettajat käyttävät FLE:tä tavallisella verkkoselaimella [Muukkonen et al., 1999]. FLE3:n palvelinsovellus pohjautuu Zope-sovelluspalvelimeen ja on toteutettu Python-kielillä. Kuvassa 4 on kurssikohtainen etusivu esimerkkinä FLE3-järjestelmästä.

Vuoden 1999 FLE-Tools koostuu neljästä päämoduulista, englanninkielisiltä nimiltään Virtual WebTop, The Knowledge Building Module, The Jam Session ja The Library. Virtual WebTop on käyttäjän mieltymysten mukaan muokattava ikkuna, jossa esitetään tietoa käytävästä kurssista ja johon voi tallentaa järjestelmän ulkopuolella tuotettuja asiakirjoja. Virtual WebTopiin kuuluu myös hakukone, jolla voi hakea tietoa Library-moduuliin tallennetuista kurssimateriaaleista tai omista, toisilla kursseilla tallentamistaan asiakirjoista.

Käyttäjät voivat tutkia toisten kurssilaisten WebTopeja, minkä avulla myös tuotosten jakaminen on mahdollista.

Knowledge Building -moduuli on keskustelupalsta annettujen tehtävien ja tutkimusongelmien ratkaisemista varten. Knowledge Building -keskusteluihin voivat ottaa osaa vain kullekin kurssille rekisteröidyt käyttäjät. Tämän formaalimman keskusteluympäristön vastapainoksi FLE:ssä on Jam Session -moduuli, jossa keskustelu on vapaampaa ja jossa erikoisempiakin ideoita on tarkoitus arvioida ja kehittää. Jam Session -moduulissa kehitetyistä tuotoksista säilytetään kaikki versiot, jotta käyttäjät voivat lukea ja muokata toistensa tuotoksia. Kirjastomodulissa (The Library) säilytetään käyttäjien julkaisemia tuotoksia, olivatpa ne tekstiä, grafiikkaa tai vaikkapa multimediaa. Kirjastoon sijoitetaan myös opettajan valmiiksi kokoama oppimateriaali ja aikaisempien kurssien myötä syntyneet tuotokset.

Kuva 4. FLE3, kurssin etusivu [WWW, 2005].

2.5. Moodle

Moodle on yhtiömuotoisesti kehitetty, vapaasti käytettävä verkko-oppimisympäristö [WWW, 2006]. Moodlen palvelinohjelmisto on toteutettu PHP-kielellä, ja sitä käytetään normaalilla WWW-selaimella. Kuvassa 5 on esimerkkinäkymä Moodlella toteutetun kurssin etusivusta.

Monien edellä esitettyjen järjestelmien tapaan myös Moodle koostuu useista moduuleista. Tehtävämoduulissa (Assignments) opiskelijoille voi antaa tehtäväksi minkälaisia tehtäviä tahansa. Opettaja voi arvostella palautetut tehtävät ja antaa niistä palautetta erikseen kullekin opiskelijalle. Työpajamoduuliin (Workshop) palautetaan tehtävät, joista toisten opiskelijoiden toivotaan tekevän vertaisarvioita.

Resurssimoduuliin (Resources) on koottu kurssilla käytettävä oppimateriaali. Materiaali voi olla missä muodossa tahansa; järjestelmä pyrkii näyttämään mahdollisimman suuren osan materiaalista sivustolle upotettuna. Oppimista voidaan arvioida paitsi tehtävä- ja työpajamoduuleilla toteutettavien laajempien harjoitustehtävien avulla, myös koetyyppisellä arvoitimenetelmällä (Quiz module). Kokeeseen voi liittää useita erityyppisiä tehtäviä, ja tulokset tarkistetaan automaattisesti. Moodlessa on myös chat- ja keskustelufoorumimoduulit, joista jälkimmäisten näkyvyyttä voi rajoittaa tarvittaessa käyttäjäkohtaisesti. Lisäksi opettaja voi luoda kyselyjä (Choice module) ja tutkia järjestelmän käyttöä yleisellä tasolla (Survey module).

Kaupallisen tutkimus- ja kehitystyön ohella Moodlea on tutkittu myös tieteellisessä mielessä. Alkuperäinen kehittäjä ja Moodle-yhtiön johtaja Martin Dougiamas valmistele MoodlESTA väitöskirjaansa.

The screenshot displays the Moodle interface for a 'Moodle Features Demo' course. At the top, it indicates the user is logged in as 'Teacher Demo' and provides options to 'Turn editing on' or 'Turn student view on'. The main content area is titled 'Topic outline' and includes a welcome message, a 'News forum' link, and a 'Download This Course (Optional)' section with a link to 'How to install the Features Demo'. The page also features a 'Latest News' section, an 'Upcoming Events' section, and a 'Recent Activity' section. The user is logged in as 'Teacher Demo'.

Kuva 5. Moodle, kurssin etusivu [WWW, 2006].

2.6. Muita työryhmäohjelmistoja

Edellä mainittujen lisäksi on olemassa lukuisia muitakin etäopetukseen suunniteltuja ryhmätyöohjelmistoja, joista esimerkkinä mainittakoon Singaporen kansallisessa yliopistossa kehitetty C-VISions [Wang and Chee, 2001]. Tarkoituksella en tässä käsitellyt sellaisia laajempia verkko-oppimisympäristöjä, joiden suunnittelusta ei juuri ole julkaistu tieteellisiä artikkeleja. Tähän ryhmään lukeutuu esimerkiksi WebCT-oppimisympäristö. Kuten johdannossa totesin, päätin jättää tämän tutkielman puitteissa käsittelemättä myös sellaiset työryhmäohjelmistot, jotka on alkujaan suunniteltu muuta kuin opetuskäyttöä varten. Tällaisesta valmiiden työryhmäohjelmistojen soveltamisesta opetuskäyttöön on julkaistu tutkimuksellista tietoa varsin vähän, jos lainkaan.

3. Järjestelmien vertailua

Tässä esiteltyjen työryhmäohjelmistojen suunnittelulähtökohdat ovat yhteisestä perusajatuksista huolimatta varsin erilaiset sekä teknisesti että tavoitteellisesti tarkastellen.

Teknisen toteutuksen monimutkaisuus ja toimintojen monipuolisuus ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa. DreamTeamin sovellusmahdollisuudet ovat miltei rajattomat, jos opettajalla on voimavaroja uusien toimintojen toteuttamiseen valmiiden työkalujen avulla tai ohjelmoiden. Toisaalta Dyn3W:n, Moodlen ja FLE:n käyttöönotto on nopeaa niin palvelin- kuin asiakasohjelmienkin osalta: kaikki kolme pohjautuvat valmiisiin palvelinohjelmistoihin ja pelkän WWW-selaimen käyttöön. Tässä ratkaisumallissa - mahdollisimman helposti laajennettavaksi suunniteltua Moodlea lukuun ottamatta - ei kuitenkaan voida toteuttaa kovin monipuolisia yhteistoiminnan muotoja. Kuoma asettuu sekä järjestelmävaatimustensa että monipuolisuutensa osalta näiden ääripäiden välille.

Järjestelmien suunnittelun tavoiteasettelu eroaa myös varsin merkittävästi. Dyn3W on ensisijaisesti hyvä keskustelujärjestelmä, jossa ryhmätyömahdollisuudet ovat ikään kuin oheistoiminto. FLE, Kuoma ja Moodle taas ovat laajempia oppimisympäristöjä, joista viimeksi mainitun suunnittelussa on pyritty ottamaan huomioon eri käyttäjäryhmien tarpeet ja tehty järjestelmästä muita helpommin laajennettava. DreamTeam on perusmuodossaan vain laajennettavaksi tarkoitettu runko, jonka ympärille voi toteuttaa miltei mitä tahansa toimintoja.

Järjestelmien kesken on eroa myös yhteistoiminnan ajallisessa jakautumisessa. DreamTeamissa kaikki toiminta kohdistuu lähtökohtaisesti saman käsiteltävän tehtävän yhtäaikaiseen suorittamiseen. Dyn3W:ssä taas opiskelijat eivät voi suoraan muokata mitään toisten opiskelijoiden lähettämiä viestejä tai tiedostoja. Muissa esitellyissä järjestelmissä opiskelijoiden yhteistoiminnan ajallinen jakautuminen vaihtelee osioittain. Esimerkiksi chat-keskustelu on luonnostaan yhtäaikaista, foorumikeskustelu taas soveltuu paremmin eriaikaiseen keskusteluun. Tapa, jolla ryhmän yhteisesti koostamat työt kootaan, vaihtelee myös järjestelmästä toiseen. Osassa käsitellään samoja dokumentteja, toisissa taas dokumenttien muutokset tai päivitettyt versiot lähetetään vanhojen versioiden rinnalle omina tiedostoinaan.

Näiden ominaisuuksien perusteella järjestelmiä ei kannata asettaa yleiseen paremmuusjärjestykseen, jo erilaisten suunnittelulähtökohtien vuoksi. Laajennettavuus, käyttöönoton helppous ja järjestelmän toimintojen monipuolisuus ovat useissa tilanteissa ainakin osin toisensa poissulkevia ominaisuuksia. Jokainen järjestelmä on jo suunnitteluvaiheessa edellä mainituista syistä jonkinasteinen kompromissi. Täydellisen, jokaiselle kurssille

tai kaikille opettajille ja opiskelijoille aina soveltuvan työryhmäohjelmiston toteuttaminen lienee siten mahdotonta.

4. Yhteenveto

Tässä tutkielmassa esittelin viisi erilaista erityisesti opetuskäyttöön suunniteltua ryhmätyöohjelmistoa. Kuten edellisessä luvussa ja johdannossa todettiin, muiden kuin erityisesti opetukseen suunniteltujen työryhmäohjelmistojen opetuskäytöstä on kirjoitettu hyvin vähän tieteellisiä artikkeleja. Toisaalta nimenomaan opetuskäyttöä silmälläpitäen suunniteltuja ryhmätyöohjelmistoja ja verkko-oppimisympäristöjä on suunniteltu ja toteutettu useita, niin tieteellisissä kuin kaupallisistakin lähtökohdista.

Tutkielman puitteissa esiteltyt työryhmäohjelmistot eroavat toisistaan muutoinkin kuin ne toteuttaneen organisaation osalta. Erot ovat merkittäviä niin teknisessä toteutuksessa kuin ominaisuuksissakin. Mikään esitellyistä järjestelmistä ei ole täydellinen eikä sovi joka tilanteeseen, eikä täydellisen järjestelmän toteuttaminen liene edes mahdollista. Kuitenkin jokainen esitelty työryhmäohjelmisto sopii varmasti jollekin kurssille ja joidenkin opiskelijoiden ja opettajien käyttöön.

Viiteluettelo

- [Ellis et al., 1991] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. L. Rein, Groupware: some issues and experiences. *Communication of the ACM*, **34**, 1 (Jan. 1991), 38-58.
- [Hietala et al., 2005] Pentti Hietala, Kimmo Koivunen, Jukka Siltanen, and Antti Kaakinen, Dyn3W - A pedagogical tool for online collaboration. In: *Proc. of ED-MEDIA 2005: World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*.
- [Johansen, 1988] Robert Johansen, *Groupware: Computer Support for Business Teams*. The Free Press, 1988.
- [Johnson-Lentz and Johnson-Lentz, 1982] Peter Johnson-Lentz and Trudy Johnson-Lentz, Groupware: The process and impacts of design choices. In: *Elaine B. Kerr and Starr Roxanne Hiltz, Computer-Mediated Communication Systems: Status and Evaluation*. Academic Press, 1982.
- [Leinonen and Ruokamo, 1998] Teemu Leinonen and Heli Ruokamo, KUOMA - Learning environment - An implementation and evaluation of collaborative project learning in the World Wide Web. In: *Proc. of the IASTED International Conference*.
- [Koivunen, 2002] Kimmo Koivunen, Knowing who we are - supporting companion awareness in discussion forums. In: *Proc. of ED-MEDIA 2002: the 14th World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, AACE, 1013-1018.

- [Muukkonen et al., 1999] H. Muukkonen, K. Hakkarainen, and M. Lakkala, Collaborative technology for facilitating progressive inquiry: Future Learning Environment Tools. In: *Proc. of the CSCL '99*, 406-415.
- [Roth and Unger, 1998] Jörg Roth and Claus Unger, DreamTeam - A synchronous CSCW environment for distance education. In: *Proc. of the ED-MEDIA / ED-TELECOM 98*.
- [Wang and Chee, 2001] Hua Wang and Yam San Chee, Supporting workspace awareness in distance learning environments: Issues and experiences in the development of a collaborative learning system. In: *Proceedings of ICCE/SchoolNet 2001 – Ninth International Conference on Computers in Education*, 1109-1116.
- [WWW, 1998] Kuoma-oppimisympäristön kotisivu.
<http://matwww.ee.tut.fi/kamu/kuoma/> (17.5.2006).
- [WWW, 2003] DreamTeam-järjestelmän kotisivu.
http://www.wireless-earth.de/dreamteam_eng.html (17.5.2006).
- [WWW, 2004] Dyn3W-keskustelujärjestelmän kotisivu.
<http://www.cs.uta.fi/dyn3w/esittely/> (17.5.2006).
- [WWW, 2005] FLE3-oppimisympäristön kotisivu. <http://fle3.uiah.fi/>
(21.3.2006).
- [WWW, 2006] Moodle-oppimisympäristön kotisivu. <http://moodle.org/>
(17.5.2006).

Deep Packet Inspection ja salattu vertaisverkkoliikenne

Teppo Tomann

Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa esitetään syitä miksi salattu verkkoliikenne tulee yleistymään kuluttajien käytössä lähitulevaisuudessa, miksi nykyiset kaistanhallintalaitteet eivät tulevaisuudessa toimi kunnolla liikenteen hallinnoimiseksi ja mitä ominaisuuksia kaistanhallintalaitteella tulisi olla uusien palveluiden toteuttamiseksi.

Avainsanat ja -sanonnat: Deep Packet Inspection, kaistanhallinta, Quality of Service (QoS), laajakaista, vertaisverkko, peer-to-peer, P2P

CR-luokat: C.2.3, C.2.0

1. Johdanto

Internetissä liikennöinti on alunperin tapahtunut ns. "Best Effort" -periaatteella. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen käyttäjä on päässyt vastaanottamaan ja lähettämään liikennettä verkkoon samanarvoisesti. Eri sovelluksia ei ole mitenkään eroteltu toisistaan ja kaikki liikenne on verkon pullonkaulakohdissa joutunut kilpailemaan vähäisestä verkkokaistasta [Niittyalahti, 2004, s. 2]. Käytännössä aggressiiviset sovellukset ja protokollat ovat päässeet häiritsemään muita liikennelajeja ja tästä on voinut syntyä ongelmia. Esimerkiksi ftp -siirto on voinut hetkellisesti tukkia verkkolinkin muilta liikennelajeilta kokonaan.

Laajakaistan yleistyessä operaattoreiden verkkoliikenne kasvaa tasaisesti kuukaudesta toiseen. Koska operaattorin omasta verkosta ulos menevän kaistan määrä on rajallinen ja maksullinen, syntyy tähän kohtaan operaattoriverkkoa pullonkaula, jossa liikenne ruuhkautuu. Suurin osa liikenteestä on vertaisverkkoliikennettä, jonka rajoittamiseksi käytetään pullonkaulakohdassa kaistanhallintalaitteita.

Lähes kaikki käytössä olevat kaistanhallintalaitteet toimivat niin sanotun Deep Packet Inspection -mekanismin avulla. Deep Packet Inspection -mekanismissa tilallinen [Wikipedia, 2006d] kaistanhallintalaite seuraa linkin läpi kulkevia verkkoyhteyksiä ja

katsoo jokaisen verkkopaketin sisälle selvittääkseen mihin laatuluokkaan kyseinen paketti kuuluu. Verkon ylläpitäjän laatiman luokittelun mukaan kaistanhallintalaite voi taata kaistaa tärkeälle liikenteelle ja hidastaa tai pudottaa ei haluttua liikennettä kokonaan pois. Deep Packet Inspection -mekanismin ongelmana on, että jos tarkasteltava liikenne on salattua, sitä ei pystytä tunnistamaan oikein luokittelua varten.

Kesällä 2005 Yhdysvaltain korkein oikeus antoi päätöksen niin sanotussa MGM vs. Grokster -oikeudenkäynnissä, jonka seurauksena vertaisverkkosovelluksia toteuttavat yritykset voidaan saattaa vastuuseen käyttäjien yllyttämisestä tekijänoikeusrikkomuksiin. Tämän johdosta osa sovellusten kehittäjistä on lopettanut toimintansa. Osa yrityksistä on puolestaan alkanut tehdä yhteistyötä musiikki- ja elokuvateollisuuden kanssa välttyäkseen syytteiltä. Vertaisverkkosovellusten käyttäjiä on puolestaan haastettu oikeuteen tekijänoikeusrikkomusten takia.

Vanhoja vertaisverkkosovelluksia ei enää välttämättä ylläpidetä. Verkkojen käyttäjät haluavat toisaalta yhä paremmin suojata identiteettinsä syytteiden pelossa. Tämän takia erityisesti vapaan lähdekoodin vertaisverkkosovellukset, joissa käytetään salausta ja käyttäjän identiteetti piilotetaan, ovat alkaneet pikkuhiljaa yleistyä. Myös kaupallisia salattua vertaisverkkotekniikkaa hyödyntäviä sovelluksia on jo olemassa ja tulossa lisää markkinoille.

Tässä tutkielmassa kerrotaan lyhyesti operaattoriverkkojen rakenteesta, mistä suurin osa kuluttajien laajakaistaliikenteestä syntyy, miksi salatut vertaisverkkotekniikat tulevat mielestäni yleistymään ja miksi Deep Packet Inspection -mekanismilla toimivien laitteiden käyttöä tulisi välttää. Lisäksi kerrotaan lyhyesti olemassa olevista vaihtoehdoista verkkojen kaistanhallintaan.

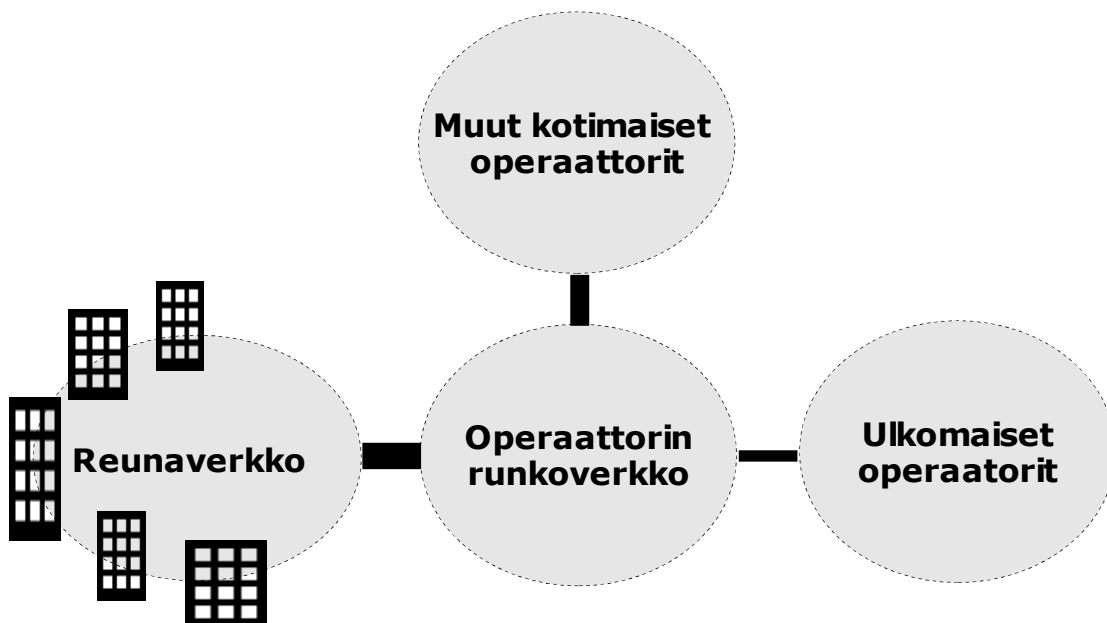
2. Operaattoriverkkojen rakenteista yleisesti

Suomessa on toteutettuna teknisesti hyvin erilaisia operaattoriverkkoja laajakaistatuotteita varten. Yleisesti ottaen verkkojen rakenne voidaan jakaa kolmeen eri osaan:

1. *Reunaverkkoihin*, joilla kootaan asiakkaiden liittymien liikenne yhteen pisteeseen. Tämä piste voi sijaita esimerkiksi puhelinkeskuksessa, jonne asiakkaiden puhelinjohdot saapuvat. Kokoomispisteitä voi olla kaupunginosittain.

Kokoamispuolesta eteenpäin on olemassa yhteys isompaan ja nopeampaan verkkoon, joka yleensä on runkoverkko. Verkon kapasiteetti on normaalisti mitoitettu siten, että liikenne siirtyy reunaverkolta runkoverkkoon ilman rajoituksia. Asiakkaan liikennöintiä rajoitetaan lähinnä keinotekoisesti myydyin yhteistyypin mukaan.

2. *Runkoverkkoon*, jota kautta reunaverkkojen liikennettä välitetään kohti käytettäviä palveluita. Runkoverkossa kuljetetaan luonnollisesti myös palveluiden tietoa takaisin asiakkaiden tietokoneille palvelupyynnön mukaisesti. Eri operaattoreiden runkoverkot on järjestään toteutettu valokuitutekniikan avulla. Valokuitutekniikka mahdollistaa nopeimmat siirtoyhteydet, lyhyimmät viiveet ja pisimmät välimatkat verkon eri pisteiden välillä.
3. *Liittymät* muiden operaattoreiden *verkkoihin*. Operaattoreiden verkot ovat yhteydessä toisiinsa muodostaen verkkojen verkon, Internetin. Operaattoreiden välisten liikennöintiyhteyksien kapasiteetti on rajallinen. Operaattorit ovat tehneet toistensa kanssa sopimuksia, joiden ansiosta liikennöinti toimii osoittain vaihtoperiaatteella. Verkkojen välisestä liikenteen vaihdosta muodostuu kuitenkin kustannuksia enemmän liikennöivälle. Tämän takia operaattorin oman verkon ulkoliikennettä pyritään rajoittamaan ja hallinnoimaan.



Kuva 1. Verkon rakenne yksinkertaistettuna.

2.1 Reunaverkon tekniikoista

Asiakkaat liittyvät operaattoriverkkoon erilaisten tekniikoiden avulla. Yleisimmin käytössä on ADSL -tekniikka. Muita tekniikoita ovat langaton wlan -tekniikka, kaapelitv:tä hyväksi käyttävä kaapelimodeemitekniikka, mobiiliverkkoja siirtotienä käyttävä 3G -tekniikka. HomePNA -tekniikka on väistymässä, mutta sen avulla on toteutettu paljon niin sanotuja kiinteistöliittymiä.

Tekniikoiden avulla kuluttajille pystytään tarjoamaan nopeudeltaan maksimissaan 24 Mbit/s nopeuksisia liittymiä verkosta asiakkaalle. Nopeus asiakkaalta verkkoon on maksimissaan luokkaa 1 Mbit/s. Palvelun laadun kannalta paras vasteaika saavutetaan ADSL -tekniikalla.

2.2. Runkoverkko

Runkoverkoissa saavutettava liikennöintikapasiteetti on valokuitutekniikkaa käyttäen periaatteessa ääretön. Ottamalla käyttöön samasta kuidusta lisää valokuitukaapelilinjoja voidaan kapasiteettia nostaa päivittämällä verkon päätelaitteita. Valokuidulla toteutettujen runkoverkkojen nopeudet ovat tällä hetkellä luokkaa 1 Gbit/s - 10 Gbit/s.

Operaattoreilla on runkoverkoissa käyttämätöntä kapasiteettia, jota yritetään ottaa paremmin käyttöön nopeuksien noston ja hinnanalennusten kautta. Normaalisti operaattorin reunaverkkojen liikenne pääsee liikennöimään omassa verkossa maksiminopeudella. Suositut palvelut toki voivat aina välillä ruuhkautua, mutta tällöin ongelma on palvelun kapasiteetin mitoituksessa.

2.3 Liittymät verkoista

Laajakaistakuluttajien liikenne siirtyy yleensä jossain vaiheessa operaattorin omasta verkosta muihin verkkoihin. Asiakkaat käyttävät eri palveluita ympäri maailmaa. Pelkästään kotimaiset palvelut voivat sijaita eri operaattoreiden verkoissa, eli jo näiden palveluiden käyttämiseksi syntyy operaattorille oman verkon ulkopuolista liikennettä.

Suomessa on operaattoreilla käytössä hyvät yhteydet toistensa verkkoihin. Esimerkiksi Ficixin kautta kuka tahansa operaattori liittyä edullisesti muiden operaattoreiden verkkoihin. Lisäksi isommat operaattorit ovat toteuttaneet suoria yhteyksiä toistensa verkkoihin liikenteen nopeuttamiseksi. Kotimaan liikenne on

operaattoreille varsin halpaa. Ulkomaille suuntautuva liikenne muodostaa suurimman osan kaistakustannuksista, joten tätä halutaan kontrolloida. Mitä enemmän asiakkaita saadaan samaan verkkoon käyttämään samaa kaistaa ja olemaan tyytyväisiä, sen paremmat voitot operaattori saa investoinnilleen.

3. Laajakaistaliikenteen sisällöistä

Cachelogicin tekemän tutkimuksen mukaan noin 60% Internetin liikenteestä on niin sanottujen vertaisverkkosovellusten (peer-to-peer, P2P) tuottamaa liikennettä [Parker, 2005]. On myös arveltu, että koko Internetin liikenteestä kolmasosa on BitTorrent-sovelluksen avulla tuotettua. Siirretyt tiedostot ovat usein isoja multimediatiedostoja, ääntä ja videoita. Myös suuri osa niin sanotuista vapaan lähdekoodin sovelluksista käyttävät vertaisverkkosovelluksia jakelukanavina tietoliikennekustannusten minimoimiseksi. Vertaisverkkoliikenteen luonteeseen kuuluu, että tiedostosiirrot jatkuvat pitkään. Laajakaistakuluttajien tietokoneet voivat olla päällä periaatteessa vuorokauden ympäri tiedostoja siirrettäessä, eikä käyttäjän tarvitse olla koneen luona ohjelman siirtäessä dataa. Samalla kun käyttäjä hakee tiedostoja itselleen, jakaa hän samoja tiedostoja muille verkon käyttäjille. Näin käytännössä suuri osa verkkojen liikenteestä muodostuu asiakkailta lähtevästä liikenteestä. Operaattoreiden verkkoliikenne ja verkon käyttöprofiilit ovat muuttuneet hyvin pitkälti asymmetrisistä symmetrisiksi vertaisverkkojen yleistymisen takia. Enää ei siis riitä, että verkosta lataamisnopeus (downstream) mitoitetaan suuremmaksi kuin mikä verkkoon datan lähettämisenopeus on (upstream).

Viime vuoden lopussa operaattorit alkoivat julkaista uusia IPTV palveluita. Palvelun avulla voidaan laajakaistakuluttajille tarjota TV-ohjelmia reaaliaikaisesti milloin asiakas haluaa ohjelmaa katsoa. Hyvälaatuinen TV-kuva vaatii mielellään 11 Mbit/s nopeuksisen yhteyden lähetyksen katsomista varten. Yhtä aikaisia katsojia ohjelmalla voi verkossa olla samanaikaisesti tuhansia. Tämän vuoksi IPTV tulee osaltaan lisäämään operaattoreiden verkkojen liikennemääriä huomattavasti.

Kuluttajien rooli on muuttunut yhä suuremmassa määrin liikenteen vastaanottajista liikenteen tuottajiksi. Yksi asia on varma: liikenteen määrä ei tule helposti pienenemään, vaan jatkaa tasaista nousuaan.

4. Syitä salatun verkkoliikenteen kasvulle

Vertaisverkkotekniikka on ylivertainen tapa siirtää liikennettä paikasta toiseen nopeasti ja varmasti. Koska jokainen vertaisverkon käyttäjä voi toimia tiedon vastaanottajana, varastoijana ja tarjoajana jakautuvat tiedostojen siirtokustannukset verkon kaikkien jäsenten kesken. Perinteisesti suuret kaistakustannukset putoavat minimiin vertaisverkkojen kautta palveluitaan tarjovilta yrityksiltä. Tällaisen liiketoimintamallin pohjalle on USA:ssa perustettu esimerkiksi nettiradioita, televisioasemia ja musiikinvaihtopalveluita. Tarkoituksena on ohittaa perinteiset median jakelukanavat ja näin pudottaa lopputuotteen kokonaiskustannuksia.

Suosituimpia vertaisverkkosovelluksia ovat Cachelogicin mukaan Bittorrent ja Edonkey2000 [Parker, 2005]. Bittorrentin avulla jaetaan monen suosituksen ja laillisen verkkopelin päivitykset pelin käyttäjille. Tällaisia ovat muun muassa World of Warcraft ja Counterstrike -pelit. Bittorrentin kautta jaetaan myös monia avoimen lähdekoodin ohjelmistoja, kuten eri valmistajainen Linux -jakeluita. Myös suomalainen Star Wreck -elokuva keräsi paljon huomiota tarjotessaan koko illan pitkän uuden elokuvan ilmaiseksi kaikille halukkaille muun muassa Bittorrent -tiedostona.

Suosituin Bittorrent -tekniikkaa hyödyntävä vertaisverkko-ohjelmisto on Azureus. Azureus ilmoitti alkuvuodesta 2006, että ohjelmistossa otetaan käyttöön yksinkertainen liikenteen salausrakenne nimenomaan nykyisten kaistanhallintasovellusten liikennöintirajoitusten kiertämiseksi [TorrentFreak, 2006]. Kun Azureuksen käyttäjät päivittävät ohjelmistonsa uudempaan versioon muuttuu heidän vertaisverkkoliikenteensä salatuksi. Tämä riittää estämään Deep Packet Inspection -mekanismin avulla toimivien kaistanhallintalaitteiden tunnistusmekanismin toimimisen.

Ehkä tunnetuin salattu vertaisverkkosovellus [Wikipedia, 2006b] on Ian Clarcken kehittämä Freenet. Freenetin tarkoitus on turvata verkon käyttäjien anonymisuus, ja turvata erilaisen aineiston ja mielipiteiden esittäminen verkossa ilman kenenkään sensuuria. Verkko muodostaa jäsenten välillä vahvasti salatun verkon, jossa edes sen jäsenet eivät osaa sanoa kuka on kuka. Liikenne pyritään reitittämään mahdollisimman satunnaisesti paikasta toiseen. Käytännössä kukaan ei tiedä minne tieto oikeasti menee ja mitä siirrettävä tieto sisältää [Clarke and Sandberg, 2005].

Skype on vertaisverkkotekniikalla toteutettu ilmainen Internetissä toimiva puhelinjärjestelmä. Skypen liikenne on tietoturvasyistä salattu vahvalla 256-bitin AES-salausmenetelmällä [Baset and Schulzrinne, 2004]. Näin pyritään varmistamaan, ettei kukaan pysty verkossa salakuuntelemaan toisten puheluita ja että palvelu pysyy luotettavana.

Vuoden 2007 alussa julkaistava Microsoftin MS Office Enterprise 2007 -ohjelmaan on integroitu Groove -projektiryhmän tiedonhallintajärjestelmä [Groove, 2005]. Groove on alunperin Lotus Notesin -kehittäjän Ray Ozzien tekemä vertaisverkkotekniikkaa hyödyntävä järjestelmä, jonka avulla voidaan projektin tiedot pitää helposti ajan tasalla ryhmän eri jäsenten kanssa. Liikenne on salattua ja sovellus on suunnattu erityisesti yritysten työntekijöiden käyttöön [Wikipedia, 2006a]. Käytännössä integrointi MS Office Enterprise 2007 -ohjelmistoon tarkoittaa sitä, että suurin osa ainakin isoimmista yrityksistä ottaa tekniikan jossain muodossa käyttöönsä lähitulevaisuudessa [Biddle et al, 2002].

5. Deep Packet Inspection -mekanismi

Deep Packet Inspection -mekanismin avulla kaistanhallintalaite seuraa linkin yli kulkevaa liikennettä ja erottelee eri liikennevuot toisistaan. Liikennevuohon kuuluvia paketteja kerätään yhteyksien mukaan laitteen puskurimuistiin. Tästä keräämisestä aiheutuu liikenteelle pieni lisäviive. Verkon käyttäjä ei juurikaan kiinnitä asiaan huomiota, koska pakettien läpikäynti tapahtuu varsin nopeasti. Kun paketteja on kertynyt tarpeeksi tietyn yhteyden liikenteen tarkastelemiseksi, avaa Deep Packet Inspection -mekanismi liikennevuon paketit ja katsoo mistä liikenteestä on kyse. Yleensä tarkastellaan pelkästään yhteyksien aloituksia ja tutkitaan mistä sovelluksista on kyse. Kaistanhallintalaite vertaa liikenteen tuottajasovelluksen niin sanottua allekirjoitusta ennalta määritettyyn sovelluslistaan ja käsittelee liikennevuota tämän mukaan.

Laitevalmistajia, jotka käyttävät kaistanhallinnassa Deep Packet Inspection -mekanismeja ovat muun muassa Packeteer, Ellacoya, Cachelogic ja Allot. Laitteiden avulla tunnistetaan tietyt sovellukset ja näiden liikenne joko rajoitetaan tiettyyn kokonaismäärään tai sitten pudotetaan kokonaan pois [Packeteer, 2006]. Jotta laite tunnistaisi käsiteltävät sovellukset tulee laitteen tunnistustietokannan allekirjoituksia päivittää jatkuvasti. Kun jonkin sovelluksen liikennöintitapa tai allekirjoitus muuttuu,

pitää kaistanhallintalaitteen tunnisteet päivittää. Lisäksi verkon ylläpitäjän tulee olla ajan tasalla eri sovelluksista ja määrittää miten haluaa näiden pystyvän liikennöimään verkossaan. Periaatteessa tunnisteiden päivitysprosessi on samanlainen, kuin ohjelmistopalomuurien päivittäminen verkon uhkien tunnistamiseksi [Hall and Wiley, 2002].

Deep Packet Inspection -mekanismi on aikanaan ollut erittäin tehokas tapa säädellä operaattorin verkkoliikennettä. Kun salattu verkkoliikenne yleistyy, ei mekanismin teho ole enää yhtä hyvä liikenteen hallinnoimiseksi [Wikipedia, 2006c]. Kaistanhallinnassa käytetyt tekniikat mahdollistavat myös laajakaistatuotteiden suunnittelun uudelta pohjalta. Näistä syistä johtuen operaattoreiden tulisikin tutustua muihin tapoihin hallinnoida verkkoliikennettä omien verkkojensa pullonkaulakohtissa. Seuraavassa on lyhyesti käsitelty eri kaistanhallinnan vaihtoehtoja.

6. Vaihtoehtoja kaistanhallintaan operaattoriverkoissa

Perinteinen tapa liikenteen hallinnoimiseksi on TCP -liikenteen omien liikenteen lähetyksen hallintamekanismien käyttö [Rantala, 2005]. Reitittimien avulla voidaan verkossa ottaa käyttöön esimerkiksi Random Early Detection -tekniikka liikenteen ruuhkan hallinnoimiseksi [Hubert et al, 2004]. Perinteisten mekanismien avulla liikennettä käsitellään yleensä massana ja tämä rajoittaa tekniikoiden hyödyntämistä. Esimerkiksi uusien palveluiden tarjoaminen, kuten taatun kaistan tarjoaminen, peliliikenteen priorisointi tai VoIP -liikenteen laadun takaaminen, asiakaskohtaisesti on käytännössä hankalaa ja työlästä [Mäki-Säntti, 2003].

Sandwine on laitevalmistaja, jonka kaistanhallintalaitteet seuraavat vertaisverkkoliikenteen yhteyksien aloituksia ja ohjaavat liikennettä hakemaan halutut tiedostot operaattorin kannalta edullisimmasta verkosta. Näin voidaan päättää, että vertaisverkkosovellukset hakevat ensin kyseessä olevaa tiedostoa operaattorin omasta verkosta. Tämän jälkeen tietoa haetaan muiden suomalaisten operaattoreiden verkosta. Vasta tämän jälkeen tietoa etsitään muista, lähinnä ulkomailta sijaitsevista, osoitteista. Seurauksena on varsin älykästä liikenteen ohjausta, joka pyrkii minimoimaan operaattorin kaistakustannukset. Ratkaisu on varsin mielenkiintoinen ja kuulemma myös toimiva. Järjestelmän käytössä on kuitenkin sama ongelma, kuin Deep Packet Inspection

-mekanismeissa, eli jos järjestelmän käsittelemä tieto on salattua, ei järjestelmä toimi tehokkaasti. Tekniikka on myös varsin monimutkainen, joten se ei välttämättä toimi hyvin kaiken tyyllisissä operaattoriverkoissa.

CacheLogic tekee niin sanottua vertaisverkkoproxyjä [CacheLogic, 2006]. Tuotteen ideana on hakea haluttu vertaisverkon tiedosto välityspalvelimelle, joka sijaitsee operaattorin omassa verkossa. Kun tiedosto on kerran haettu ulkoverkosta operaattorin sisäverkkoon, ei sitä haeta enää uudestaan muualta verkkoon. Näin CacheLogic saa aikaiseksi säästää kaistan kustannuksissa varastoimalla suosituimmat vertaisverkkotiedostot operaattorin sisäverkkoon nopeiden yhteyksien päähän. Välityspalvelinten kapasiteetti on rajallinen, eikä kaikkea haettua tietoa voida tämän vuoksi säilöä palvelimelle. Jo pelkkä yleisimpien haettujen tietojen säilöminen auttaa huomattavasti kaistan käytön rajoittamisessa ja kustannusten minimoinnissa. Järjestelmä kuulostaa varsin selkeältä ja uskoisin sen toimivan hyvin nykyisten vertaisverkkosovellusten kanssa. Ainoa ongelma ilmenee, kun liikenne salataan, eikä liikenteen sisältö ole enää helposti nähtävissä.

Ciscon reitittimillä pystytään verkkoliikenteelle tekemään melkein mitä vain [Cisco, 956467]. Cisco esimerkiksi osti P-Cube nimisen kaistanhallintalaittevalmistajan, jonka tuotteet toimivat Deep Packet Inspection -mekanismin avulla [P-Cube, 2004]. Näin on oletettavissa, että Ciscon reitittimet tulevat lähitulevaisuudessa tukemaan tekniikkaa. Ciscon tuotteissa on ongelmana lähinnä se, että koko operaattoriverkon tulisi olla yhteensopiva käytettyjen Ciscon tekniikoiden kanssa, joten tämä ei aina ole kovin edullinen ratkaisu toteuttaa. Lisäksi olisi hyvä, jos reitittimet tekisivät sitä mihin ne on tarkoitettu. Normaalisti hankkimalla lisäominaisuuksia Ciscon laitteisiin niiden liikenteen käsittelyteho yms. ominaisuudet kärsivät tämän seurauksena. Näin ollen tulisi operaattorilla olla hyvin tiedossa mitä vaikutuksia laitteiden päivityksestä voi aiheutua.

Ellacoya IP Service Control System on kaistanhallintajärjestelmä, jonka avulla operaattori voi nähdä oman verkkonsa liikenneprofiilin ja muokata tätä haluamukseen [Ellacoya, 2005]. Järjestelmä koostuu Ellacoyan toteuttamista nopeista kytkimistä ja näiden hallinnointiin tarkoitettusta hallintajärjestelmästä. Kytkimet tarkkailevat niiden läpikulkevaa liikennettä Deep Packet Inspection -mekanismin avulla ja kertovat hallintajärjestelmälle miltä liikenneprofiili näissä verkon kohdissa näyttää. Jos liikenne salataan pystyy Ellacoyan laitteilla käsittelemään liikennettä vielä verkkoliikenteen tasoilla

kolme ja neljä. Käytännössä siis nähdään mistä verkkoliikennettä tulee ja minne menee, mutta liikenteen sisällöstä ei ole sen tarkempaa tietoa. Järjestelmän liikenteen hallintakyky kadotetaan tällöin varsin tehokkaasti.

Staselog Network Equalizer on toteutettu siten, ettei liikennettä tarkastella ollenkaan sovellustasolla. Näin sillä onko käsiteltävä liikenne salattua vai ei, ei ole merkitystä [Niittyalahti, 2004]. Käytännössä operaattoriverkko mallinnetaan laitteelle ja kerrotaan miten kaista verkon pullonkaulakohdassa jaetaan eri käyttäjien kesken. Yksittäinen käyttäjä voi tehdä omalla osuudellaan kaistasta mitä haluaa. Kuluttaja voi omaa liikenteen käyttöprofiilia muuttamalla saada verkosta erilaista vasteaikaa ja palvelun laatua. Staselog Network Equalizerin avulla verkon käyttäjiä voidaan ryhmitellä esimerkiksi heidän maksaman kaistamäärän mukaisesti. Tuotteen avulla voidaan helposti toteuttaa lisäpalveluita verkon käyttäjille. Eri verkkoihin ja palveluihin voidaan määritellä asiakaskohtaisesti erilaiset liikennöintiparametri, kuten maksimi ja minimikaista. Myös vasteaika voidaan säätää palvelun vaatimalle tasolle kaistanhallintalaitteen avulla [Kinnunen, 2005]. Staselog Network Equalizerin aiheuttama viive verkkoliikenteeseen on alle yhden millisekunnin luokkaa.

7. Yhteenveto

Laajakaista on yleistynyt Suomessa kuluttajien ja yritysten parissa huimaa vauhtia parin viime vuoden aikana. Tämän seurauksena operaattoriverkkojen liikennemäärät ovat kasvaneet moninkertaisiksi. Tärkeimpiä kriteereitä laajakaistaliittymien yleistymiselle kuluttajien parissa ovat olleet kiinteä hinta, vertaisverkkojen kautta saatavat mediatiedostot ja muut verkossa olevat palvelut.

Operaattorit ovat tuotteistaneet laajakaistan kilotavaraksi, jossa hinta määräytyy liittymän nopeuden mukaan. Kilpailu asiakkaista tapahtuu suhteellisen pienillä liiketoiminnan katteilla ja markkinaosuuksien kasvattamisella. Kuluttajille ei enää haluta myydä verkkokaistaa kilotavarana ja pelkällä hinnalla kilpailusta halutaan päästä eroon. Kaistanhallinta mahdollistaa kuluttajien liittymien räätälöimisen käyttötarkoitukseen sopivaksi. Tämä on yksi tapa päästä eroon hintakilpailusta. Jokainen operaattori voi profiloida omat liittymätyypinsä kuluttajille ja kilpailla laadulla ja tarjotuilla palveluilla pelkän yhteysnopeuden sijaan. Kaistanhallinnan avulla voidaan priorisoida asiakkaita sen

mukaan, mitä palveluita he käyttävät ja kuinka paljon he maksavat verkon käytöstä. Samalla kaikille asiakkaille voidaan tarjota teknisesti samanlaisia maksiminopeuksisia Full rate -liittymiä.

Operaattoreille syntyy kustannuksia kaistanhallintalaitteiden ostoista. Laitteiden odotetaan maksavan itsensä takaisin tietyn ajan kuluessa säästyneen kaistanmäärän ja kuluttajien verkon laadun paranemisen kautta. Jos kuluttajien verkkoliikenneprofiili muuttuu oleellisesti ja salatut sovellukset yleistyvät, saattaa operaattoreille syntyä uusi menoerä kun vanhat kaistanhallintalaitteet muuttuvat tehottomiksi. Tämän vuoksi tulisi uusien kaistanhallintalaitteiden täyttää mielestäni seuraavat kriteerit:

- toimii salattuun verkkoliikenteeseen tai pystyy elämään sen kanssa
- eri sovellusten tunnistaminen ei ole välttämätöntä
- laite ei vaadi koko verkon uudistamista tai liian mittavaa yhteensopivuutta
- vaikutukset voidaan helposti testata ja todeta
- helppokäyttöinen ja mahdollisimman automaattisesti toimiva järjestelmä
- tarjoaa ylläpitäjälle lisätietoa verkon käytöstä ja käyttäjistä
- mahdollistaa eri palvelutasot liittymätyypin mukaisesti
- mahdollistaa uusien palveluiden toteuttamisen asiakkaalle

Tutkielmassa esitettiin syitä miksi salattu verkkoliikenne tulee yleistymään kuluttajien käytössä. Tämän vuoksi operaattoreiden tulisi tarkkaan miettiä oma strategiansa verkkojen kaistanhallinnan osalta. Deep Packet Inspection -mekanismia käyttäviä kaistanhallintalaitteita tulisi välttää tai ainakin niiden käytön rajoitukset liikenteen hallitsemiseksi tulisi olla tiedossa.

Tulevaisuudessa lisätutkimuksen kohteita ovat kaistanhallinnan avulla toteutettujen palveluiden helppokäyttöisyys, palveluiden laadun seuranta, mitä palveluita tekniikoiden avulla pystytään toteuttamaan ja mitä ominaisuuksia operaattoriverkot vaativat hyvältä kaistanhallintalaitteelta.

8. Lähteet

[Baset and Schulzrinne, 2004] Salman A. Baset and Henning Schulzrinne, 2004, An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol.

- [Biddle et al, 2002] Peter Biddle, Paul England, Marcus Peinado, and Bryan Willman, Microsoft Corporation, 2002, The Darknet and the Future of Content Distribution, 28.2.2006 online. http://www.bearcave.com/misl/misl_tech/msdrm/darknet.htm
- [CacheLogic, 2006] CacheLogic, Understanding peer-to-peer, 1.3.2006 online. <http://www.cachelogic.com/p2p/p2poverview.php>
- [Cisco, 956467] Cisco Communications julkaisu nro 956467, Why is Quality of Service required for AVVID.
- [Clarke and Sandberg, 2005] Ian Clarke and Oskar Sandberg, Routing in the Dark - Scalable Searches in Dark Peer to Peer Networks, Defcon13 -messut Las Vegas, heinäkuu 2005.
- [Ellacoya, 2005] Ellacoya Networks, 2005, IP Service Control System, 6.3.2006 online. <http://www.ellacoya.com/products/IPServiceControlSystem.pdf>
- [Groove, 2005] Groove Networks Inc, 2005, Groove Virtual Office - Product backrounder, 5.3.2006 online. <http://www.groove.net/pdf/backrounder/GVO-Backrounder.pdf>
- [Hall and Wiley, 2002] Mike Hall and Kevin Wiley, Cisco Systems, 2002, Capacity Verification for High Speed Network Intrusion Detection Systems. Lecture Notes in Computer Science. Julkaisija: Springer Berlin / Heidelberg. Volume 2516 / 2002. Otsikko: Recent Advances in Intrusion Detection : 5th International Symposium, RAID 2002, Zürich, Switzerland, October 16-18, 2002, 239 - 251.
- [Hubert et al, 2004] Bert Hubert, Thomas Graf, Greg Maxwell, Remco van Mook (Virtu Secure Webservices) Martijn van Oosterhout, Paul B Schroeder, Jasper Spaans, Pedro Larroy, Linux Advanced Routing & Traffic Control (LARTC). 28.2.2006, <http://lartc.org/>
- [Kinnunen, 2005] Mika Kinnunen, 2005, Tekmanni Tuki Ry:n tietoverkon kaistanhallinta, insinööriyö.
- [Mäki-Säntti, 2003] Merja Mäki-Säntti, 2003, Intra- and interdomain QoS in the differentiated services architecture, Masters Thesis, Tampere University of Technology.
- [Niittylahti, 2004] Jarkko Niittylahti, 2004, Peer-To-Peer and bandwidth management, 20.12.2005 online. <http://www.staselog.com/files/Staselog-whitepaper-p2p.pdf>
- [P-Cube, 2004] P-Cube (Cisco Communications), 2004, Service Engine 1000, 6.3.2006

online. http://www.p-cube.com/doc_root/products/Service_Engine/DS_SE1000_52103.pdf

[Packeteer, 2006] Packeteer Inc, 2006, Controlling WAN Bandwidth and Application Traffic, 6.3.2006 online. <http://www.packeteer.com/resources/prod-sol/ControlDrillDown.pdf>

[Parker, 2005] Andrew Parker, online esitysmateriaali, 28.2.2006. http://www.cachelogic.com/research/2005_slide01.php

[Rantala, 2005] Pekka Rantala, 2005, TCP-protokolla (Transmission Control Protocol), 5.6.2006 online. http://www.tekniikka.oamk.fi/~pekkar/tietokoneverkot/oppimateriaali/syksy2005/TCP_ja_UDP.doc

[RFC 1349] RFC 1349, Type of Service in the Internet Protocol Suite, 25.2.2005 online. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1349.html>

[TorrentFreak, 2006] TorrentFreak www-julkaisu, Encrypting Bittorrent to take out traffic shapers, 28.2.2006 online. <http://torrentfreak.com/encrypting-bittorrent-to-take-out-traffic-shapers/>

[Wikipedia, 2006a] Darknet, 28.2.2006 online. <http://en.wikipedia.org/wiki/Darknet>

[Wikipedia, 2006b] Anonymous P2P, 28.2.2006 online. http://en.wikipedia.org/wiki/Anonymous_P2P

[Wikipedia, 2006c] Message Stream Encryption, 28.2.2006 online. http://azureus.aelitis.com/wiki/index.php/Message_Stream_Encryption

[Wikipedia, 2006d] Stateful firewall, 5.3.2006 online. http://en.wikipedia.org/wiki/Stateful_Packet_Inspection

Tietotekniikan ja sähköisen kaupankäynnin hyödyntäminen Tampereen ydinkeskustan mikroyrityksissä

Joona Tuominen

Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa on pohdittu tietotekniikan hyödyntämisen mahdollisuuksia yrityksissä ja tutkielmaan liittyvän kyselytutkimuksen avulla on selvitetty minkälainen tietotekniikan hyödyntämisen tila Tampereen ydinkeskustan mikroyrityksissä on tällä hetkellä. Vastaavia tutkimuksia on tehty isommista yrityksistä monella eri maantieteellisellä alueella, mutta mikroyrityksistä en ole löytänyt vastaavaa tutkimusta. Tämän tutkimuksen tuloksista käy ilmi, että tietotekniikan hyödyntäminen on jo yllättävänkin pitkällä mikroyrityksissä ja kehittyä kaiken aikaa.

1. Johdanto

Koska tietotekniikka on suhteellisen uusi asia, sen hyödyntäminen yrityksissä on yhä kehittyvä ja ajankohtainen asia. Vaikuttaa siltä, että viimeaikaisten innovaatioiden suurin uutuudenviehätys on jo kadonnut, ja nykyisin harkitaan yhä tarkemmin investointeja tietotekniikkaan. Kova kilpailu ja suuri tarjonta alan tuotteissa voivat myöskin saada yritykset miettimään hankintojaan enemmän ja tekemään laajempaa vertailua ennen ostopäätöstä. Lisäksi tietotekniikkaan sisältyvät riskit, sekä henkilöstön huono tietotekninen osaaminen tai muutosvastarinta mahdollisesti osaltaan hidastavat tietoteknistä kehitystä yritysten piirissä. Yrittäjien voi olla myös vaikeata hahmottaa tietotekniikasta saatavia hyötyjä. Tietokoneiden laskenta- ja tiedonvarastointikapasiteetti, erilaiset tietokantajärjestelmät, markkinointi ja myynti internetin kautta sekä muut tietotekniikan mukanaan tuomat mahdollisuudet voitaisiin kuitenkin oikein hyödynnettynä saada tehostamaan yrityksen toimintaa huomattavasti.

Mielestäni tietotekniikan mukaan ottamista yritystoimintaan voisi verrata 1700-1800-luvuilla Euroopassa tapahtuneeseen teolliseen vallankumoukseen. Yritystoiminta on muuttunut ja muuttuu yhä ratkaisevasti tietotekniikan innovaatioiden myötä. Kehitys ei välttämättä kuitenkaan ole niin nopeaa, kuin voisi kuvitella.

Yritysten asennoituminen tietotekniikkaan vaihtelee runsaasti. Perimmäinen vaikutin asennoitumisen muodostumiseen on yrityksen henkilöstön oma asennoituminen tietotekniikkaan. Uusien käytäntöjen ja tekniikan hallitseminen voi tuntua vaikealta ja ihmisillä on tapana suhtautua

uusiin asioihin useammin varovaisesti kuin innostuneesti. Tietotekniikasta saatavaa hyötyä ei ehkä pidetä sen opettelemisen vaivan arvoisena. Uskoisin, että tietotekniikan ja internetin käyttö yleistyy yhä, mutta lisäksi luulen, että Tampereella on paljon pieniä yrityksiä, joissa tietotekniikkaa käytetään hyvin vähän tai ei lainkaan.

Tietotekniikan hyväksikäytöstä on varmasti löydettävissä myös alakohtaisia eroja. Joillekin aloille tietotekniikka ei tunnu soveltuvan yhtä hyvin kuin toisille. Tässäkin voi kuitenkin usein olla kyse vain innovaatioiden kehittämisen hitaudesta. Ei ole osattu valjastaa tietotekniikan mukanaan tuomia mahdollisuuksia oikealla tavalla.

Olen kartoittanut tietotekniikan hyödyntämistä mikroyrityksissä kyselytutkimuksen, kirjallisten lähteiden sekä internetlähteiden avulla. Mikroyrityksen määrittelen tässä yritykseksi, jossa työskentelee alle 10 henkilöä. Yritän muodostaa kuvan siitä, millä tavalla tietotekniikkaa ja internettiä hyödynnetään yritystoiminnassa. Yritän myös selvittää syitä siihen, miksi yritykset hyödyntävät vähäisesti tai eivät lainkaan tietotekniikkaa liiketoiminnassaan. Painopiste tässä tutkimuksessa on kyselytutkimuksesta saaduilla tuloksilla.

Lähteitä etsiessäni ja tutkiessani kävi ilmi, että aihetta on tutkittu melko paljon muutamien viime vuosien aikana, mutta en löytänyt nimenomaan mikroyrityksiin suunnattuja tutkimuksia. Lisäksi maantieteellinen rajausta tässä tutkimuksessa on erilainen kuin löytämissäni aikaisemmissa tutkimuksissa.

Luvussa 2 tulen esittelemään lyhyesti tietotekniikan ja sähköisen liiketoiminnan hyödyntämistapoja sekä -alueita ja luvussa 3 esittelen kyselytutkimuksen sekä analysoin sen avulla kerättyjä tietoja. Luvussa 4 yritän koota yhteen kyselytutkimuksen keskeisimmät tulokset.

2. Tietotekniikan ja sähköisen liiketoiminnan hyödyntäminen yrityksen toiminnassa

Tietotekniikan kehitys on ollut nopeatempoista sen ensimmäisistä sovellutuksista lähtien. Kehitys on edelleen nopeaa, ja tietotekniikka tarjoaa kaiken aikaa uusia innovaatioita hyödynnettäväksi yritystoiminnassa. Suureksi haasteeksi nykypäivänä nouseekin se, miten tietotekniikkaa tulisi hyödyntää, eikä niinkään se, voidaanko jokin asia toteuttaa tietotekniikan avulla.

Yrityksen toimintojen sähköistämiseksi voidaan löytää monia sitä tukevia syitä. Uudet teknologiat ja niiden tuomat mahdollisuudet on hyvä ottaa huomioon kehitettäessä yrityksen liiketoimintaa, jotta yritys pysyisi kehityksen mukana ja säilyttäisi kilpailukykyänsä. Kilpailuedun saavuttaminen vaatii

kuitenkin kykyä siirtää oma ydinosaaminen uuteen, sähköisesti toteutettuun malliin. [Lonka, 2004]

Yrityksen sidosryhmät aiheuttavat usein muutospainetta toimintojen sähköistämiseen ja kehittämiseen liittyen. Tällaisen paineen aiheuttajina voivat toimia mm. tiukentuva kilpailu, vaativat asiakkaat, uudet innovaatiot, vanhentunut tekniikka, informaation suuri määrä, henkilöstön tarpeet, sekä kanssakäyminen viranomaisten kanssa. [Lonka, 2004]

Tietotekniikkaa voidaan hyödyntää kaikilla yrityksen toiminnan osalueilla ja sen avulla voidaan tehostaa toimintaa, lisätä tuottavuutta tai laajentaa markkinointia. Tietotekniikan käyttöönoton lisäksi on tärkeää uudistaa myös toimintatapoja ja liiketoimintaprosesseja tulosten saavuttamiseksi. [Kalliala et al., 2004]

Lähdettäessä harkitsemaan yrityksen toimintojen sähköistämistä on hyvä muistaa, että tietotekniikka ei ole itse tarkoitus vaan apuväline. Kehitysstrategia pitäisi muodostaa jo olemassaolevat liiketoimintaprosessit huomioiden yrityksen omista lähtökohdista. Lonka [2004] käsittelee tutkimuksessaan joitakin yleisiä malleja yrityksen liiketoiminnan sähköistämiseen liittyen, mutta toteaa lisäksi, että kaikille yrityksille sopivaa kehitysmallia on lähes mahdotonta löytää.

Useasta lähteestä on löydettävissä samankaltainen jako tietojärjestelmiin, joiden muodostamisessa ja toiminnassa voidaan hyödyntää tietotekniikkaa. Useimmiten esille otetut tietojärjestelmät tietotekniikan hyödyntämiseen liittyen ovat CRM- (Customer Relationship Management) eli asiakkuudenhallintajärjestelmä, SCM- (Supply Chain Management) eli toimitusketjun hallintajärjestelmä, sekä ERP- (Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmä.

Asiakkuuksien hallinta on yrityksen tuotteiden ja palveluiden myynnin edistämiseen liittyvää toimintaa, toimitusketjun hallinta liittyy tuotteiden elinkaaren eri vaiheisiin, ja toiminnanohjaus käsittää yrityksen sisäiset hallinnolliset prosessit ja rutiinit. [Kalliala et al., 2004]

Varsinainen asiakkuuksien hallinta, eli asiakastietojen kerääminen, säilyttäminen ja hyödyntäminen on nykyisten tietojärjestelmien avulla tehty suhteellisen helpoksi, eivätkä tähän soveltuvien valmistuotteiden hinnoitukseen ole päätähuimaavia. Valmisohjelmaa edullisemmän ratkaisun saa toteutettua, jos yritykseltä löytyy hieman tietotaitoa ja resursseja, ja tietyllä tasolla asiakkuuksien hallinnassa voi auttaa jo yksinkertaisilla toimisto-ohjelmistoilla tehdyt toteutukset.

Asiakkuuksien hallintaan liittyvistä tietotekniikan hyödyntämiskeinoista yhä tärkeämmäksi nousee kotisivujen merkitys yrityskuvan parantamisessa ja

yrityksen markkinoinnissa. Internet-liittymiä on vuonna 2004 ollut Suomessa 366 kpl tuhatta asukasta kohti [Tilastokeskus, 2005] ja liittymämäärän kasvu vuoteen 2003 verrattuna on ollut yli 55 %. Jo näiden lukemien valossa yrityksen kotisivut tuntuvat hyvin perustellulta markkinointikanavalta.

Yhteydenpito asiakkaiden kanssa sekä sähköinen kaupankäynti onnistuu yhä tehokkaammin, kun sähköpostin käyttö myös kuluttajien keskuudessa on yleistynyt. Yrityksen uutisointi, tuote-esittelyt sekä tuotetuki tavoittavat asiakkaan sähköpostin avulla. Lisäksi yritys voi myydä tuotteitaan kotisivujensa tai verkkokauppasovelluksen kautta suoraan asiakkaiden koteihin. Tilastokeskuksen [2004] mukaan 61 prosentilla 15-74-vuotiaista suomalaisista on ollut vuonna 2004 oma sähköpostiosoite ja samana vuonna tehdyn tutkimuksen mukaan 20 % 15-74-vuotiaista suomalaisista on tehnyt hankintoja verkon kautta.

Erityisesti verkkokaupan hyödyntämisen yhteydessä tietoturvakysymykset nousevat keskeiseen asemaan palveluja suunniteltaessa. Esimerkiksi luottokorttitietoihin liittyvät tietomurrot ovat suomessa vielä harvinaisia, mutta varsinkin pienempien verkkokauppojen kohdalla riski on selvästi olemassa. Digitoday [2006] julkaisi maaliskuussa 2006 uutisen verkkokauppamurrosta, jossa erään pienehköjä verkkokauppoja isännöivän palveluntarjoajan palvelimen kautta saatiin haltuun sadan luottokortin tiedot. Helsingin rikospoliisin tutkinnanjohtaja piti uutisen mukaan tapausta ainutlaatuisena, mutta se ei muuta sitä tosiseikkaa, että tietoturvakysymyksiin tulee panostaa erityisesti luottokorttiliikenteessä.

Tietotekniikan hyödyntäminen toiminnanohjauksen prosesseissa tuo usein tehokkuutta yrityksen toimintaan helpottamalla toimintoja joiden toteuttaminen ilman tietotekniikkaa kuluttaisi enemmän yrityksen resursseja, pääasiassa aikaa ja rahaa. Alkuvaiheessa näihin toimintoihin voi kulua yhtä paljon – tai jopa enemmän – aikaa tietotekniikkaa hyödyntäen, sillä henkilökunta joutuu opettelemaan uusia toimintatapoja ja rutiineja. Investointien tuomat kustannussäästöt eivät myöskään yleensä näy heti vaan pidemmällä aikavälillä.

Toiminnanohjausta tehostavia tietotekniikan elementtejä ovat mm. yrityksessä käytettävät ohjelmistot kuten toimisto-, kirjanpito-, reskontra- ja palkanlaskentaohjelmat, internetissä hoidettavat käytännön asiat, kuten erilaiset ilmoitukset viranomaisille, henkilöstöhallinta uusien työntekijöiden sähköisestä rekrytoinnista työntekijöiden ajankäytön seurantaan, sekä yhteisten resurssien kuten kalenterien ja tiedostojen jakaminen. Kaikenlainen viestintä sähköpostilla työntekijöiden kesken, intranetin ja ekstranetin käyttö sekä

internetin hyödyntäminen tiedonhaussa voidaan laskea myös toiminnanohjausta tehostaviin toimintoihin. [Kalliala et al., 2004]

Toimitusketjun hallintaa voidaan tehostaa tietotekniikan avulla tuotteiden tilaamisesta siihen hetkeen kun tuote luovutetaan asiakkaalle. Yksi oleellisimmista toimitusketjun hallintaan liittyvistä tietotekniikan hyödyntämismahdollisuuksista on varaston hallinta. Tietojärjestelmä pitää kaiken aikaa kirjaa varastosta löytyvistä tuotteista, ja voi ilmoittaa tai jopa tilata automaattisesti lisää tuotetta kun jokin tietty lukumääräraja alitetaan. Lähetyksen etenemistä voidaan seurata esimerkiksi järjestelmästä tulostettavien kollitunnisteiden avulla. [Kalliala et al., 2004]

3. Kyselytutkimus yrityksille

Luvussa 3.1. kerron kyselyn toteutuksesta, luvussa 3.2. esitän joitakin ennakkoodotuksiani kyselyn tuloksista, ja luvussa 3.3. analysoin kyselystä saatuja tuloksia.

3.1. Kyselyn toteutuksesta

Tähän tutkielmaan liittyvässä kyselytutkimuksessa tarkoitukseni on ollut selvittää tietotekniikan ja sähköisen kaupankäynnin hyödyntämisen tilaa mikroyrityksissä Tampereen ydinkeskustassa. Kysely pohjautuu Tietotekniikan Tutkimusinstituutin toteuttaman Mylly-projektin kyselytutkimukseen [Lewandowski ja Pohjola, 2005] sekä Tuomas Lonkan [Lonka, 2004] diplomityöhönsä liittämään kyselytutkimukseen. Ensisijaisena tarkoituksena on siis selvittää minkälaisia tietoteknisiä ratkaisuja mikroyritykset käyttävät, ja miten ne hyödyntävät sähköistä kaupankäyntiä. Näiden seikkojen lisäksi pyrin kartoittamaan mikroyritysten tulevaisuudennäkymiä sekä investointihalukkuutta.

Koska minulla ei ollut tämän tutkielman puitteissa resursseja tehdä laajaa postikyselyä, eikä suurella osalla otosta ollut ennako-oletukseni mukaan mahdollisuutta osallistua www-kyselyyn, toteutin kyselyn toimituksen kiertämällä henkilökohtaisesti Tampereen ydinkeskustan yrityksissä. Tutkittavan alue oli Satakunnankadun, Hämeenpuiston, Rautatienkadun sekä Satamakadun ja Suvantokadun rajoittama alue josta Koskikeskus rajattiin tutkittavan alueen ulkopuolelle. Suurin osa kyselyistä jaettiin Tammerkosken länsipuolelle, mutta muuten yritykset valittiin satunnaisesti eri puolilta em. aluetta pyrkien kuitenkin siihen, että kaikki valitut yritykset sopisivat edellä antamaani mikroyrityksen määritelmään henkilömäärän osalta.

Kysely jaettiin 30 yritykselle paperimuodossa ja yhdelle erikseen pyydettyinä sähköisesti. Kyselyyn vastasi 20 yritystä, joista 16 Tammerkosken länsipuolelta. Vastausprosentiksi kyselyyn saadaan näin ollen n. 65%.

Kyselyssä pyrittiin selvittämään oleellisimpia asioita siitä kuinka yrityksissä hyödynnetään tietotekniikkaa ja sähköistä kaupankäyntiä. Kyselyn kysymykset on jaettu seitsemän eri otsikon alle: yrityksen tiedot, tietotekniikka, investoinnit, sähköinen kaupankäynti, kehityksen syyt ja esteet, tiedonhankinta sekä yhteenveto.

3.2. Odotukset kyselyn tuloksista

Ennen kyselyn tulosten keräämistä oletukseni tietotekniikan hyödyntämisen tasosta on pääpiirteittäin se, että mitä pienempi yritys on, sitä vähemmän tietotekniikkaa hyödynnetään. Luultavasti pientä yksilöllistä vaihtelua tässäkin syntyy johtuen yritysten työntekijöiden erilaisesta tietoteknisestä valveutuneisuudesta.

Uskon myös, että alakohtaisia eroja löytyy. Luulen, että mitä enemmän toiminta keskittyy tekniikkaan tai elektroniikkaan, sitä enemmän tietoteknisiä apuvälineitä käytetään. Toisena ääripäänä tässä ovat paljon käsityötä sisältävät alat. Jonkin verran tietotekniikkaa käytettäneen myös vähittäismyynnissä.

Uskoisin, että useissa mikroyrityksissä tietotekniikkaa käytetään hyvin vähän tai ei lainkaan.

Investointihalukkuutta tietotekniikkaan uskon löytyvän joidenkin yritysten kohdalta. Monella mikroyrityksellä voi kuitenkin olla sellainen asenne tietotekniikkaa kohtaan, että sitä ei tarvita eikä tulla tarvitsemaankaan. Osa yrityksistä on uskoakseni myös hyvin haluttomia investoimaan tietotekniikkaan. Lisäksi mikroyritysten resurssit investointeihin ovat usein paljon rajallisemmat kuin suuremmilla yrityksillä.

Yleisesti uskoisin, että tietotekniikasta ei koeta olevan riittävästi hyötyä jotta sen suhteen tehtäisiin hankintoja tai kehitettäisiin sähköisen liiketoiminnan strategioita.

3.3. Kyselyn analysointi

Kyselyn analysointiin olen käyttänyt tietokantaa sekä itse tekemääni sovellusta, jolla sain numeromuotoisista vastauksista tärkeimmät jakaumat ja keskiarvot. Lisäksi olen tulkinnut sanallisia vastauksia niiden yleisen luonteen ja sisällön mukaan.

Tutkittujen yritysten työntekijämäärät osoittautuivat vielä hieman ennakoitua pienemmiksi tulosten tarkistusvaiheessa verrattuna edellä annettuun 10 työntekijän maksimiarvoon. 12 tutkitussa yrityksessä on yksi tai kaksi työntekijää, neljässä yrityksessä on kolme tai neljä työntekijää, ja niin

ikään neljässä yrityksessä on viisi tai kuusi työntekijää. Keskimäärin tutkituissa yrityksissä on 2,65 työntekijää.

Puolella tutkituista yrityksistä on käytössään yksi tietokone. Myös täysin tietokoneettomia yrityksiä otoksessa on kolme kappaletta, eli 15 %. 35 prosentissa yrityksistä tietokoneita oli 2-6 kappaletta, ja muutamaa poikkeusta lukuunottamatta tietokoneiden määrä on suoraan verrannollinen työntekijämäärään. Keskimäärin yrityksissä oli 1,6 tietokonetta yritystä kohti ja 0,6 tietokonetta työntekijää kohti.

Yrityksessä käytettävien palvelinkoneiden lukumäärästä minulla ei ole täyttä varmuutta, sillä kävi ilmi, että jotkut tutkimukseen osallistuneista eivät tieneet, mikä palvelinkone on. Voidaan kuitenkin todeta, että joillakin tutkimukseen osallistuneista yrityksistä on yksi palvelinkone ja niiden kokonaismäärä kaikissa tutkituissa yrityksissä on arviolta 4-5 kappaletta, eli 20-25% yrityksistä. En usko määrän olevan ainakaan suurempi, mutta kyselyä täyttäneiden henkilöiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella kävi ilmi myös se, että palvelinkoneita kuitenkin on tutkittavien yritysten käytössä.

Lähiverkkojen määrää on myös hieman vaikea arvioida, koska kysymystä ei käytyjen keskustelujen perusteella ole kaikissa tapauksissa ymmärretty oikein. Kyselyiden sekä keskustelujen perusteella päästäneen kuitenkin suurin piirtein samaan lukemaan kuin edellä palvelinkoneiden kanssa, eli n. 4-5 yrityksen koneita on kytketty lähiverkkoon.

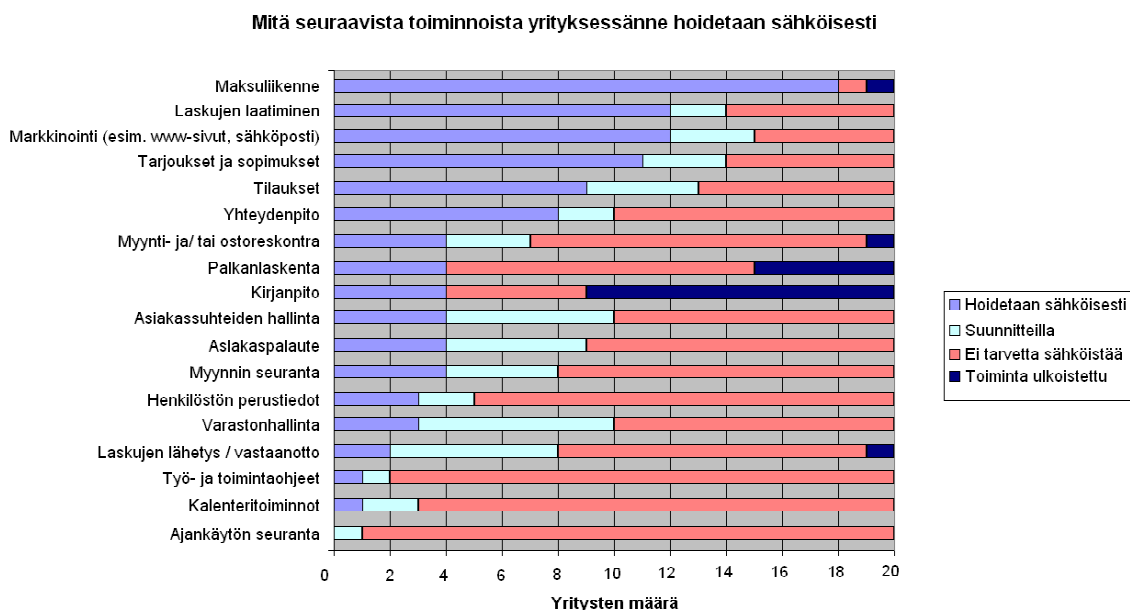
Yrityksen pienen koon huomioon ottaen sekä palvelinten että lähiverkkojen käytön määrä oli ennakkokäsityksestäni poikkeava. Suuremman yllätyksen minulle tuotti kuitenkin internetin ja kotisivujen yleisyys. Tutkimukseen vastanneista 20 yrityksestä 18:ssa on internet-yhteys ja 15:llä on kotisivut. Lisäksi kahdella yrityksellä kotisivut ovat suunnitteluasteella. Ne yritykset, joissa internet-yhteyttä tai kotisivuja ei ole, ovat kaikki 1-2 hengen yrityksiä ja myyvät tuotteenaan sellaista palvelua, jossa tietotekniikan hyödyntämisen tavat eivät ole itsestäänselviä.

Yritysten investointihalukkuus on myös hieman korkeampi kuin olin odottanut. Sen sijaan investointikohteet vastasivat melko hyvin odotuksiani. Selvästi suosituimmat investointikohteet ovat laitteisto sekä kotisivut ja verkkopalvelut ja niiden yritysten, jotka ovat valmiita investoimaan tietotekniikkaan seuraavan 12kk aikana, kokonaisinvestoinnin määrä vaihteli välillä 250-2500 €. Tutkituista yrityksistä 45 %:lla ei ollut minkäänlaista investointihalukkuutta tietotekniikkaan seuraavien 12kk:n aikana.

Keskimääräinen investointihalukkuus yritystä kohti on 662,50 €, josta laitteiston osuus 260 € ja kotisivujen sekä verkkopalvelujen osuus 227,50 €. Tutkittaessa suhdetta yritysten henkilömäärän ja investointihalukkuuden

välillä selvää verrannollisuutta ei ole löydettävissä. Niitä yrityksiä, jotka eivät ole halukkaita sijoittamaan lainkaan tietotekniikkaan, löytyy tasaisesti jokaisesta työntekijämäärän mukaan jaetusta luokasta, ja jopa yhden hengen yrityksistä löytyi yllättävän paljon investointihalukkuutta.

Omat arvioni eniten sähköisesti hoidettavista asioista osuivat melko hyvin oikeaan, joskaan en odottanut yleisen hyödyntämistason olevan niin korkealla kuin se on. Kuvasta 1 nähdään, että *maksuliikenne* on selvästi eniten sähköisesti hoidettu toiminto 18 yrityksen hoitaessa maksuliikenteen sähköisesti. Yli puolet yrityksistä hoitaa sähköisesti myös *laskujen laatimisen, markkinoinnin, sekä tarjoukset ja sopimukset*. Osa niistä yrityksistä, joilla on kotisivut, ei ole vastannut hoitavansa markkinointia sähköisesti. Tässä kyselyn osassa uskonkin sen, että en erikseen maininnut osittaisenkin sähköisen hyödyntämisen riittävän, aiheuttaneen pientä tilastollista virhettä. Jotkin niistä yrityksistä, jotka suorittavat osan tietyistä toiminnoista sähköisesti ja osan perinteisellä tavalla, eivät ole välttämättä merkinneet kyseistä toimintoa hoidettavaksi sähköisesti.



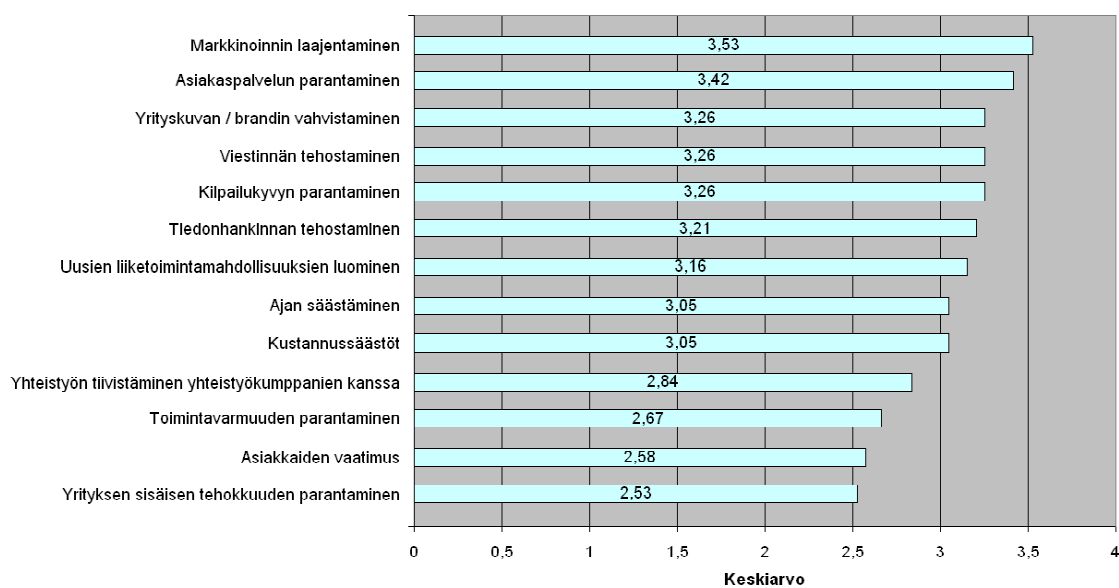
Kuva 1. Yrityksissä sähköisesti hoidettavat toiminnot.

Myös *tilaukset* sekä *yhteydenpito* hoidetaan melkein joka toisessa yrityksessä sähköisesti, sen sijaan kaikkia loppuja toimintoja sähköisesti suorittaa vain 0-4 yritystä. Kehitystä on kuitenkin nähtävissä osassa näitä vähemmän sähköisesti hoidettavia toimintoja, erityisesti *asiakassuhteiden hallinta, varastonhallinta, asiakaspalaute, myyntin seuranta* sekä *laskujen lähetys ja vastaanotto* olivat monella yrityksellä suunnitteilla sähköistää.

Tarkasteltaessa edellä käsiteltyjä tuloksia yrityksen tietojärjestelmien suhteen, voidaan todeta, että kehittämistä löytyy jokaiselta osa-alueelta. Kehityspaine näyttäisi kuitenkin keskittyvän CRM:n ja SCM:n kehittämiseen.

Tutkittaessa tärkeimpiä syitä kehittää sähköistä liiketoimintaa, markkinointi ja asiakaspalvelu nousivat yrityksen sisäisiä toimintoja tärkeämmiksi. Minut yllätti erityisesti se, että kuten kuvasta 2 nähdään, *yrityksen sisäisen tehokkuuden parantaminen* on arvoitettu vähiten tärkeäksi. Yritykset antoivat eri sille arvosanan 1-5 sen mukaan kuinka tärkeänä pitivät kyseistä syytä liiketoiminnan sähköistämässä. Tärkeimmäksi arvioitiin *markkinoinnin laajentaminen* keskiarvolla 3,53, joka näkyy uskoakseni erityisesti kotisivujen tekemisen suosiona. Seuraavaksi tärkeimpänä syynä pidettiin *asiakaspalvelun parantamista* (keskiarvo 3,42), jonka jälkeen seuraavat kolme tärkeintä, *yrityskuvan / brandin vahvistaminen*, *viestinnän tehostaminen*, sekä *kilpailukyöyn parantaminen* saivat keskiarvokseen 3,26.

Tärkeimmät syyt kehittää sähköistä liiketoimintaa yrityksissä

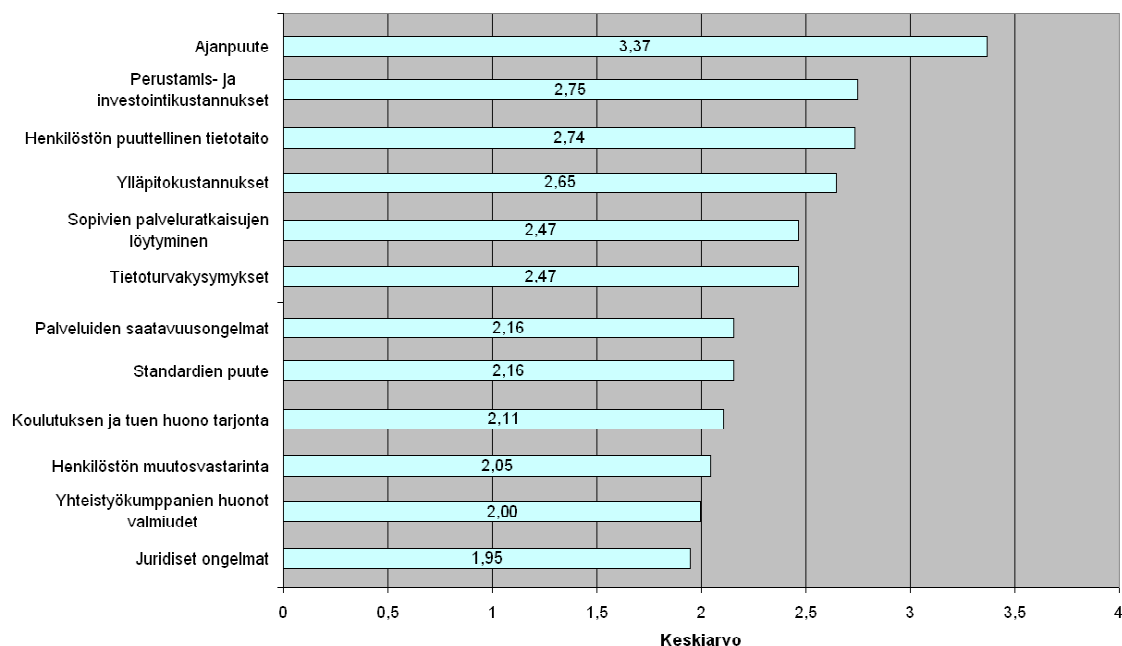


Kuva 2. Tärkeimmät syyt kehittää sähköistä liiketoimintaa.

Samaan tapaan asteikolla 1-5 arvioitiin merkittävimpiä esteitä sähköisen liiketoiminnan hyödyntämiselle (kuva 3). Tähän saadut yleisimmät vastaukset olivat melko odotettavissa, tosin olisin ennakkoon kuvitellut kustannusten kohoavan suuremmaksi esteeksi kuin *ajanpuutteen*, joka tutkimuksen mukaan erottui selkeästi muista keskiarvolla 3,37. Tämän jälkeen tulevat *perustamis- ja investointikustannukset* (2,75), *henkilöstön puuttellinen tietotaito* (2,74), sekä *ylläpitokustannukset* (2,65). Yllättävää oli mielestäni myös se, että *henkilöstön*

muutosvastarinta oli kyselyyn vastanneiden mielestä kolmanneksi vähiten merkittävä este keskiarvolla 2,05. Tämän taakse jäivät vain *yhteistyökumppaneiden huonot valmiudet* (2,00), sekä *juridiset ongelmat* (1,95). Edellä kuvattu tulos antaa ymmärtää, että halukkuutta sähköisen liiketoiminnan hyödyntämiseen löytyisi, mutta ennen kaikkea ajanpuute ja tämän lisäksi tietotaidon puute sekä kustannukset hidastavat sähköisen liiketoiminnan kehittymistä.

Arvio merkittävimmistä esteistä sähköisen liiketoiminnan hyödyntämiselle



Kuva 3. Merkittävimmät esteet sähköisen liiketoiminnan hyödyntämiselle.

Parhaita lähteitä tiedonhankintaan selvitettiin myös samalla yhdestä viiteen asteikolla kuin edellä. Etukäteen uskoin, että *konsultoinnin* tehokkuutta tiedonhankinnassa pidettäisiin selkeästi merkittävimpänä. *Konsultointi* sijoittui kuitenkin vasta neljänneksi keskiarvolla 3,11. Kolmen kärki tässä kysymyksessä oli hyvin tiukka: *messut ja asiakastilaisuudet* sai keskiarvokseen 3,22, *koulutustilaisuudet* keskiarvon 3,18 ja *internet* keskiarvon 3,16. Näyttäisi siltä, että tähänkin kysymykseen saatujen vastausten perusteella internet on otettu hyvin vastaan yrityksissä ja sitä käytetään paljon tiedonhankintaan. Tätä tukevat myös avoimiin kysymyksiin saadut kommentit, joiden mukaan "Internet-palveluita ja yhteistyökumppaneiden verkkosivuja käytetään päivittäin myyntityön tukena." ja "Keskimääräinen internetin käyttöaika on n. 10 % työajasta." Valmiiksi annettujen vaihtoehtojen lisäksi yksittäiset henkilöt,

kuten osaavat sukulaiset ja ammattitaitoiset työntekijät, mainittiin keinoina hankkia lisätietoa tietotekniikasta ja sähköisestä liiketoiminnasta.

Avoimissa kysymyksissä kyselyn yhteenveto-osuudessa kysyttiin tietotekniikan roolia yrityksessä, oman yrityksen sekä toimialan tulevaisuutta tietotekniikan hyödyntämisessä, sekä arviota tietotekniikan hyödyntämisen määrästä kilpailijoihin nähden.

Kuusi yritystä, eli 30 % kyselyyn osallistuneista, näki tietotekniikan roolin yrityksessään vähäisenä tai merkityksettömänä, ja yleissävyltään positiivinen kannanotto tietotekniikan rooliin omassa yritystoiminnassa tuli viideltä (25%) yritykseltä. Kolme yritystä (15%) korosti sitä, että tietotekniikan merkitys yritystoiminnassa on kasvusuuntainen. Loput kuusi yritystä olivat jättäneet vastauksen tyhjäksi tai suhtautuivat asiaan jokseenkin neutraalisti. Sähköpostin käyttö ja laskujen maksaminen otettiin erikseen esille useissa vastauksissa, lisäksi joissakin vastauksissa painotettiin tietotekniikan välttämättömyyttä. En ole varma, pitäisikö tämä välttämättömyys tulkita positiivisena vai negatiivisena ilmiönä, mutta tietotekniikan rooli joidenkin vastaajien mukaan kiteytyy mielestäni yhteen neljän työntekijän yrityksestä saamaani vastaukseen, jossa tietotekniikan roolia kuvataan ilmaisulla ”välttämätön ’viides’ työntekijä”.

Kysyttäessä yrityksen tulevaisuudesta, yli puolella vastaajista (60%) oli suunnitteilla jonkinlaista kehitystä tietotekniikan hyödyntämisen suhteen yritystoiminnassa, tai ainakin vahva usko siihen, että jotenkin tietotekniikkaa voidaan vielä jatkossa hyödyntää tehokkaammin. Erityisesti verkon kautta tapahtuvan myynnin lisäämiseen oltiin panostamassa. Kolme yritystä (15%) joko suunnitteli tai harkitsi verkkokaupan avaamista ja toiset kolme yritystä pyrki tehostamaan myyntiään kotisivujen tai sähköpostin avulla. Saatujen vastausten perusteella yhdellä yrityksistä on jo käytössään verkkokauppa ja useat ottavat vastaan tilauksia kotisivujen tai sähköpostin välityksellä. Myös muunlaisia suunnitelmia tietotekniikan hyödyntämiseen liittyen oli asiakasrekisterin ja sähköisen varaston rakentamisesta alakohtaisiin erikoissovelluksiin. 30% yrityksistä uskoi tietotekniikan hyödyntämisen jatkuvan jokseenkin samalla tasolla kuin tähänkin asti ja 10% oli jättänyt vastaamatta.

Toimialan tulevaisuudesta kysyttäessä niin ikään 60% oli positiivisella kannalla, eli he uskoivat tietotekniikan olevan tärkeässä roolissa tai tuovan uusia mahdollisuuksia yrittämiseen. Vain 10% vastaajista pitää tietotekniikan roolia jokseenkin merkityksettömänä omalla alallaan. 30% on jättänyt vastaamatta.

Arvioitaessa yrityksen sähköisten menetelmien käyttöä kilpailijoihin nähden, 20% vastaajista arvioi yrityksensä käyttävän sähköisiä menetelmiä

kilpailijoitaan enemmän, 30% yhtä paljon, 15% vähemmän, 15% paljon vähemmän ja 20% vastaajista oli jättänyt vastauksen tyhjäksi tai piti arvioimista liian vaikeana tehtävänä.

4. Yhteenveto

Toteutetun kyselytutkimuksen tuloksista käy ilmi, että tietotekniikan ja sähköisen kaupankäynnin perustoimintoja osataan hyödyntää pienissäkin yrityksissä jo suhteellisen tehokkaasti. Edelleen löytyy niitäkin yrityksiä, joissa kaikki toiminnot hoidetaan täysin manuaalisesti, mutta ne ovat yleensä sellaisia palveluyrityksiä, joissa tietotekniikan hyödyntämisen tavat eivät ole selkeästi nähtävissä.

Internetin käytön ja yritysten kotisivujen, sekä sähköisen kaupankäynnin tiettyjen mahdollisuuksien hyödyntämisen yleisyys oli mielestäni yllättävää. Lisäksi useissa vastauksissa kävi kuitenkin ilmi, että voimakasta kehitystä tapahtuu yhä -erityisesti asiakkuuksien hallinnan ja toimitusketjun hallinnan osalta- ja tietotekniselle osaamiselle on vieläkin kysyntää.

Yrittäjistä löytyy niitäkin, jotka pitävät tietotekniikan hyödyntämistä sopimattomana omaan liiketoimintaansa, mutta useimmiten haluttomuus tietotekniikan lisäämiseen johtuu ennen kaikkea ajan ja tietotaidon puutteesta sekä lisäksi siitä syntyvistä kustannuksista.

Viiteluettelo

- [Digitoday, 2006] *Verkkokauppojen murtaja peitteli jälkiään taitavasti*. Digitoday, 2006.
http://www.digitoday.fi/showPage.php?page_id=14&news_id=54040
(8.5.2006)
- [Kalliala et al., 2004] Anu Kalliala, Päivi Maunuksela-Malinen ja Maarit Saloniemi, *Kuusi ensiaskelta tietotekniikan hyödyntämisessä –opas tietotekniikan käyttöönottoon pk-yrityksessä*. Tietotekniikan kehittämiskeskus ry., 2004.
Saatavilla myös
http://www.tieke.fi/mp/db/file_library/x/IMG/12423/file/Kuusiensiaskelta-opas.pdf (8.5.2006)
- [Lewandowski ja Pohjola, 2005] Milla Lewandowski ja Pasi Pohjola, *Tietotekniikan hyödyntäminen pohjoisen Keski-Suomen pienyrityksissä*, Tietotekniikan tutkimusinstituutti. Saatavilla myös
http://www.titu.jyu.fi/mylly/Raportti_mylly_yritysselvitys_050331.pdf
(8.5.2006)
- [Lonka, 2004] Tuomas Lonka, *Sähköinen liiketoiminta Kymenlaakson Pk-yrityksissä 2003*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2004. Saatavilla myös

<http://www.eliiketoiminta.com/raportit/S%C3%A4hk%C3%B6inen%20liiketoiminta%20Kymenlaakson%20pk-yrityksiss%C3%A4.pdf> (8.5.2006)

[Tilastokeskus, 2004] *Suomalaisten viestintätekniiikan käyttö kasvussa.*
Tilastokeskus, 2004.

http://www.stat.fi/ajk/poimintoja/n_2004-08-18_a.html (8.5.2006)

[Tilastokeskus, 2005] *Suomi lukuina – Tiede, teknologia ja tietoyhteiskunta.*
Tilastokeskus, 2005.

http://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_tiede.html (8.5.2006)

Sähköisen äänestämisen toteuttaminen

Laura Vuorenoja

Tiivistelmä

Tämä tutkielma käsittelee sähköisen äänestämisen toteuttamista. Sähköisen äänestämisen tulee täyttää vaatimukset, jotka sille on asetettu oikeellisuuden ja turvallisuuden säilyttämiseksi. Ohjelmistot voivat täyttää nämä vaatimukset eri tavoin. Tutkielmassa käsitellään näitä vaatimuksia ja toteutustapoja kirjallisuuden avulla sekä tarkastellaan olemassa olevan järjestelmän toteutuksen onnistumista Virossa.

Avainsanat ja -sanonnat: Sähköinen äänestäminen, sähköinen äänestysjärjestelmä, internetäänestys.

CR-luokat: C.5.0, K.4.0

1. Johdanto

Suomessa järjestetään neljänlaisia virallisia vaaleja: presidentin vaalit, eduskuntavaalit, kunnallisvaalit sekä europarlamenttivaalit. Näistä käytetään myös nimitystä yleiset vaalit, koska em. vaaleissa ei äänestys-oikeutta ole rajattu tietylle ryhmälle. Yleisissä vaaleissa äänioikeutetut pääsevät valitsemaan edustajansa eri edustuksellisiin elimiin. Tähän asti yleisissä vaaleissa äänioikeutetun on ollut mahdollista äänestää ennakkoäänestyspaikalla tai varsinaisena vaalipäivänä äänestyspaikalla.

Tietotekniikkaa on hyödynnetty Suomessa vaalijärjestelmän kehittämisessä 1980-luvulta lähtien. Vaalien tulosten laskennassa on käytössä tulostenlaskentaohjelmisto, jolla kunnat voivat siirtää tulokset suoraan keskitettyyn laskentaohjelmaan. Täten vaalien tuloslaskenta valmistuu erittäin nopeasti. Myös äänioikeusrekisterin ja valtakunnallisen ehdokasrekisterin käyttöönotto on vähentänyt vaalilautakuntien työtä ja tehostanut mm. äänioikeuden käyttämisen valvontaa. Itse äänestystapahtumassa tietotekniikkaa ei ole kuitenkaan vielä hyödynnetty. [Oikeusministeriö, 2000.]

Siirtyminen sähköiseen äänestämiseen on koettu pulmalliseksi. Sähköisen äänestystapahtuman tulisi täyttää ne ehdot, joita yleisten vaalien toimittamiselle on asetettu. On väitetty, ettei näiden ehtojen täyttymisestä sähköisessä äänestyksessä voida olla varmoja. Sähköisen äänestämisen etuja ei kuitenkaan voida kiistää. Mahdollisia hyötyjä ovat kustannusten laskeminen, äänestämisen ja ääntenlaskennan tarkkuus, helppous ja nopeus. Lisäksi äänestämisen helpottaminen saattaa lisätä sen houkuttelevuutta, jolloin olisi mahdollisuus kasvattaa äänestysprosenttia. On keskusteltu siitä, että varsinkin

nuorten keskuudessa äänestysinnostus saattaisi kasvaa, jos äänestäminen olisi mahdollista esimerkiksi kotoa käsin. [Oikeusministeriö, 2003.]

Tutkielmassani pyrin osoittamaan, että ohjelmistojen on mahdollista täyttää äänestystapahtumalle asetetut vaatimukset. Ensin tarkastelen tutkielmani toisessa luvussa vaatimuksia, jotka sähköisten äänestysjärjestelmien tulee täyttää. Kolmannessa luvussa selvitän miten nämä vaatimukset voidaan ohjelmistotasolla täyttää. Neljäs luku käsittelee jo toteutetusta järjestelmästä saatuja kokemuksia Virossa. Viides luku on yhteenvetoa aiemmin mainituista asioista.

2. Vaatimukset sähköisille äänestysjärjestelmille

Vaatimukset, joita sähköisille äänestysjärjestelmille asetetaan, voidaan Cranorin ja Cytronin [1997] mukaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen: perinteisiin vaatimuksiin ja sähköisille äänestysjärjestelmille ominaisiin vaatimuksiin. Perinteiset vaatimukset liittyvät vaalien järjestämisen yleisiin vaatimuksiin ja ovat luonteeltaan sellaisia, että minkä tahansa äänestysjärjestelmän tulisi täyttää ne. Sen sijaan sähköisille äänestysjärjestelmille ominaiset vaatimukset liittyvät järjestelmän sähköisiin erityisominaisuuksiin, ja ne sisältävät lähinnä järjestelmän joustavuuteen ja käytettävyyteen liittyviä seikkoja. Järjestelmille voidaan tässä mainittujen seikkojen lisäksi asettaa myös muita yksityiskohtaisempia vaatimuksia, mutta tässä käsittelyssä keskitytään vain keskeisiin vaatimuksiin.

2.1. Äänestysjärjestelmien perinteiset vaatimukset

Suomessa vaalien järjestämiselle on perinteisesti asetettu vaatimukset vaalien välittömyydestä, suhteellisuudesta, salaisuudesta ja siitä, että vaaleissa vallitsee yleinen ja yhtäläinen äänioikeus (esimerkiksi säännös perustuslaissa eduskuntavaalien toimittamisesta [PL, 1999]). Näistä vaatimukset salaisuudesta ja yleisestä ja yhtäläisestä äänioikeudesta ovat äänestystilanteeseen vaikuttavia vaatimuksia ja siten siis myös sähköiseltä äänestystapahtumalta vaadittavia ominaisuuksia. Salaisuus tarkoittaa sitä, ettei kenelläkään ole mahdollisuutta saada selville, ketä äänestäjä on äänestänyt. Yleinen ja yhtäläinen äänioikeus takaa, että jokaisella äänioikeutetulla on yhtäläinen äänimäärä ja että äänioikeus on taattu kaikille kansalaisille, joilla on tietty ominaisuus (esimerkiksi riittävä ikä).

Euroopan komission tukeman CyberVote-ohjelman [2001b] mukaan sähköisen äänestysjärjestelmän tulee noudattaa kahta peruseriaatetta: tasavertaisuuden ja demokraattisten vaalien periaatteita. Tasavertaisuuden periaate tarkoittaa tässä yhteydessä lähinnä sitä, etteivät

äänestysmahdollisuudet ja -paikat aseta äänestäjiä eriarvoiseen asemaan. Esimerkiksi, jos äänestäminen olisi mahdollista vain omalta tietokoneelta, äänestäjät, jotka eivät omista tietokonetta, eivät voisi äänestää lainkaan.

Demokraattisten vaalien periaate pitää sisällään vaatimukset vaalien vapaudesta, salaisuudesta, yhtäläisestä äänioikeudesta, luotettavuudesta, turvallisuudesta sekä varmistettavuudesta. Vaalien vapaudella tarkoitetaan sitä, että äänestäjän tulee voida antaa äänensä vapaasti kenelle hän haluaa ja että hänen tulee tehdä valintansa vapaasti ilman väkivallan tai muun kaltaista uhkaa. Vaalit ovat luotettavat, jos tulos vastaa annettuja ääniä ja siten myös kansan tahtoa. Turvallisuudella sen sijaan tarkoitetaan järjestelmän toimivuutta ja sitä, että se on suojattu ulkopuolisilta uhkilta (jotka vaikuttaisivat vaalitulokseen), kun taas varmistettavuus pyrkii takaamaan, että koko äänestysprosessin oikeellisuus on varmistettavissa. [CyberVote, 2001b.]

Cranor ja Cytron [1997] puolestaan määrittelevät vaalien järjestämiselle asetettaviksi perinteisiksi vaatimuksiksi tarkkuuden, demokraattisuuden, yksityisyyden suojan sekä varmistettavuuden:

1. Järjestelmän tulee olla tarkka siten, että hyväksytysti annettuja ääniä ei voi muuttaa eikä poistaa ja että väärin annettuja ääniä ei lasketa mukaan lopulliseen tulokseen.
2. Järjestelmän tulee toteuttaa demokraattiset vaatimukset siten, että äänestämään pääsevät vain äänioikeutetut äänestäjät ja jokainen äänioikeutettu voi äänestää vain kerran.
3. Järjestelmän tulee toteuttaa yksityisyyden suoja siten, että kukaan ei voi yhdistää tiettyä annettua ääntä tiettyyn äänestäjään eikä äänestäjä voi todistaa äänestäneensä tietyllä tavalla.
4. Järjestelmän tulee toteuttaa varmistettavuuden vaatimus siten, että voidaan varmistua siitä, että kaikki äänet on laskettu oikein.

Nämä neljä mainittua vaatimusta tiivistävät sähköisille järjestelmille ominaiset perinteiset vaatimukset, jos tarkkuuteen sisällytetään myös CyberVote-ohjelman ajatus järjestelmän turvallisuudesta. Näiden neljän vaatimuksen täyttäminen on mahdollista ohjelmistotasolla. Sen sijaan muiden vaaleille asetettujen vaatimusten täyttäminen ei riipu niinkään ohjelmistotason ratkaisuista, vaan siitä, miten itse koko järjestelmä on asetettu kansalaisten käytettäväksi. Esimerkiksi tasavertaisuus säilytetään järjestämällä useita erilaisia äänestysmahdollisuuksia [esim. CE, 2004] ja vapauden vaatimus täyttyy, jos äänestystapahtuma on viranomaisen valvonnassa, vaikka järjestelmä olisikin sähköinen.

2.2. Sähköisille äänestysjärjestelmille ominaiset vaatimukset

Sähköisille järjestelmille ominaiset vaatimukset vaihtelevat järjestelmän käyttötarkoituksen mukaan. Luonnollisesti äänestyspaikasta riippumattomassa äänestyksessä vaatimuksia on useampia kuin äänestyspaikalla tapahtuvassa äänestyksessä.

Käyttötarkoituksesta riippumatta järjestelmien yhteisiä ominaisuuksia ovat käytettävyys, joustavuus ja vakaus. Cranorin ja Cytronin [1997] mukaan järjestelmä on helppokäyttöinen, jos äänestys on nopeaa ja hoituu ilman erityislaitteita ja -taitoja, kun taas joustavaksi järjestelmän tekee se, jos sillä pystyy suorittamaan erilaiset äänestykset vaihtoehtoäänestyksistä avoimia kysymyksiä sisältäviin äänestyksiin. Joustavuuteen voidaan lukea myös se, että järjestelmää voidaan käyttää tavanomaisilla, jo olemassa olevilla atk-laitteistoilla [Oikeusministeriö, 2004] ja kaikilla käyttöjärjestelmillä [CyberVote, 2001c]. Järjestelmä on vakaa, jos se on suojattu ulkopuolisilta hyökkäyksiltä ja toimintahäiriöiden yhteydessä pystyy toipumaan siten, että yhtään annettua ääntä ei menetetä [Council of Europe 2004; CyberVote 2001c].

Cranor ja Cytron [1997] lisäävät sähköisten äänestysjärjestelmien ominaispiirteisiin vielä yhden vaatimuksen: äänestyspaikasta riippumattomuuden. Tämä tarkoittaisi sitä, että äänestäjä voisi äänestää mistä tahansa paikasta. Myös CyberVote-ohjelma [2001c] määrittelee vaatimuksissaan, että äänestämisen tulisi olla mahdollista paikasta riippumatta ja että ainoat käyttäjältä äänestämiseen vaadittavat asiat olisivat IP-yhteys ja selainohjelmisto.

Järjestelmän riippumattomuus äänestyspaikasta toisi mukanaan kaikki edut, jotka äänestysjärjestelmän sähköistämiseen liittyy. Kyse ei olisi enää pelkästä laskennan nopeudesta ja tarkkuudesta, vaan sekä vaalitoimitsijoiden tarpeen vähenemisestä että äänestäjän vapauden lisääntymisestä. Vasta äänestyspaikoista riippumattomilla järjestelmillä voitaisiin tähdätä äänestysinnostuksen lisääntymiseen olettaen, että äänestämisen helppous lisäisi äänestysinnostusta. Nämä järjestelmät luovat kuitenkin toteuttajalle eniten haasteita, ja perinteisistä vaatimuksista esimerkiksi vaalialaisuus olisi uhattuna [Laine, 2002]. Suomessa on katsottu, että etä-äänestys ei vielä voi täyttää vaalien järjestämisen peruseriaatteita [Oikeusministeriö, 2004]. Maita, jotka ovat kokeilleet tai joissa on mahdollista äänestää äänestyspaikasta riippumatta, on kuitenkin useita. Euroopassa etä-äänestysprojekteja on esimerkiksi Alankomaissa, Espanjassa, Iso-Britanniassa, Itävallassa, Ranskassa, Saksassa, Sveitsissä ja Virossa [ACE, 2006].

3. Sähköisen äänestysjärjestelmän toteuttaminen

Äänestäminen voidaan tiivistetysti jakaa kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa henkilö tunnistetaan äänioikeutetuksi äänestäjäksi. Toinen vaihe on itse äänestysvaihe, jossa äänestäjä merkitsee valintansa äänestyslippuun. Kolmannessa vaiheessa äänestyslippu suljetaan vaaliurnaun, josta se siirtyy anonyymisti ääntenlaskentaan. Äänioikeusrekisteriin merkitään tieto äänestämisestä, jotta äänestäjä ei voisi äänestää toiseen kertaan. Tämä tehdään siinä vaiheessa, kun äänestäjä on tunnistettu tai vaihtoehtoisesti kun hän on äänestänyt. [Oikeusministeriö, 2004.]

Luvussa kaksi käsitellyt vaatimukset liittyvät näihin eri äänestämisen vaiheisiin. Seuraavissa alaluvuissa käsitellään miten nämä vaatimukset voidaan täyttää äänestämisen eri vaiheissa toteutettaessa sähköistä äänestysjärjestelmää. Luvun lopuksi käsitellään äänestämisen kaikkia vaiheita koskevia vaatimuksia, jotka äänestysjärjestelmän tulee täyttää.

3.1. Äänestäjän tunnistaminen

Äänestämisen ensimmäinen vaihe on henkilön tunnistaminen äänioikeutetuksi. Tähän vaiheeseen liittyy suoraan vaatimus sähköisen äänestysjärjestelmän demokraattisuudesta. Edellä määriteltiin, että äänestysjärjestelmä täyttää demokraattisuuden vaatimuksen, jos vain äänioikeutetut henkilöt pääsevät äänestämään ja he voivat antaa äänensä vain kerran. Nykyisessä äänestysjärjestelmässä demokraattisuuden vaatimus täytetään siten, että vaalivirkailija tunnistaa henkilön äänioikeutetuksi henkilöllisyystodistuksesta ja merkitsee äänioikeusrekisteriin tiedon henkilön äänestämisestä. Hän myös valvoo, että äänestäjä täyttää ja palauttaa vain yhden äänestyslipun.

Myös sähköisessä järjestelmässä henkilö tulisi todennetusti tunnistaa äänioikeutetuksi. Henkilöllä tulee siis olla jokin hänet muista henkilöistä erottava ominaisuus, jonka mukaan hänet voidaan tunnistaa äänioikeusrekisterissä olevaksi henkilöksi. Koskisen [2005] mukaan tämä ominaisuus voi olla henkilön fyysinen ominaisuus (esim. sormenjälki tai silmän verkkokalvo), henkilön hallinnassa oleva fyysinen esine (esim. avain tai toimikortti) tai tieto, jonka henkilö omaa (esim. salasana). Henkilö voidaan tunnistaa tätä ominaisuutta hyväksikäyttäen esimerkiksi yleisesti käytetyllä julkisen avaimen menetelmällä (PKI, public key infrastructure). Menetelmässä henkilöllä on käytettävissään julkisesta ja yksityisestä puolesta muodostuva avainpari, jonka puoliskot ovat matemaattisesti riippuvaisia toisistaan [VRK, 2006].

Suomessa Väestörekisterikeskus [2006] myöntää kansalaisvarmenteita, joiden avulla kansalaiset voidaan tunnistaa sähköisesti. Yksityinen avain on

vain kansalaisen hallussa, esimerkiksi sähköisen henkilökortin sirussa, ja se voidaan aktivoida toimimaan PIN-koodin avulla. Julkisia avaimia säilytetään kaikkien saatavilla. Suomessa aiotaan todennäköisesti hyödyntää kansalaisvarmenteita mahdollisen sähköisen äänestysjärjestelmän tunnistautumisessa [HE, 2006]. Hallituksen esityksen [2006] mukaisessa järjestelmässä äänestettäisiin kuitenkin äänestyspaikalla, ja äänestäjän tunnistaminen olisi mahdollista myös vaalivirkailijan toimesta. Suunnitellussa järjestelmässä äänestäjän on tarkoitus tunnistautua kahteen kertaan. Ensimmäisessä vaiheessa tunnistautuminen tapahtuisi vaalivirkailijan kanssa, mikä antaisi äänestäjälle oikeuden äänestää järjestelmässä. Toisessa vaiheessa äänestäjä tunnistautuisi äänestyskopissa. Kaksinkertaisen tunnistautumisen tarkoituksena on se, että järjestelmä osaisi tarjota äänestäjälle hänen vaalipiirinsä ehdokkaita. Lisäksi se sulkisi pois mahdollisuuden äänestää kopissa useaan kertaan esimerkiksi muiden henkilökorteilla, koska vaalivirkailija olisi antanut vain tunnistetulle äänestäjälle oikeuden äänestää.

Äänestyspaikasta riippumattomassa äänestyksessä ei ole vaalivirkailijaa tunnistamassa tai valvomassa äänestäjää. Ainoat keinot tunnistaa äänestäjä ovat siis edellä mainitut sähköisen tunnistautumisen menetelmät. Avoimessa verkossa turvallisin tapa tunnistautumiseen lienee vahva todentaminen, jossa ”hyökkääjän tehtävä on oleellisesti vaikeampi kuin salasanojen arvaaminen tai aiemmin kaapatun käyttäminen uudelleen” ja jossa edellytetään kryptografista laskentaa [Saarinen, 2005]. Tällainen menetelmä olisi esimerkiksi sähköisen henkilökortin käyttäminen. Kortin ongelmana olisi kuitenkin se, että kortin käyttäminen vaatii lisälaitteen, mikä rikkoo käytettävyyden vaatimusta.

Äänioikeusrekisteri olisi myös sähköisessä äänestysjärjestelmässä olennainen osa äänestäjien valvontaa. Sekä äänestyspaikassa tapahtuvassa että äänestyspaikasta riippumattomassa äänestyksessä rekisteriin kirjattaisiin automaattisesti henkilön kohdalle tieto äänestyksestä. Täten äänestäjä ei voisi äänestää toista kertaa, koska hänen tunnistautuessa uudelleen järjestelmään se ilmoittaisi äänestäjän jo äänestäneen. Äänestyspaikasta riippumattomasta järjestelmässä on kuitenkin mahdotonta valvoa, äänestävätkö ihmiset vain omilla tunnuksillaan. Demokraattisuuden vaatimusta on siis mahdotonta täysin täyttää äänestyspaikasta riippumattomassa järjestelmässä.

3.2. Äänestys

Itse äänestysvaiheessa käyttäjä merkitsee valintansa äänestyslippuun. Sähköisessä äänestysjärjestelmässä käyttäjä antaisi syötteen valinnastaan esimerkiksi hiirellä tai näppäimistöllä. Äänestysvaiheeseen liittyy siis suoraan vaatimus järjestelmän käytettävyydestä.

Sähköinen äänestysjärjestelmä on käytettävä, jos äänestys hoituu sillä nopeasti, ilman erityislaitteita tai -taitoja. Kuten jo edellä huomattiin, on vaatimus erityislaitteista vaikeasti täytettävissä, jos halutaan pitää kiinni käyttäjän vahvasta todentamisesta.

Jotta äänestys hoituisi nopeasti ja ilman erityistaitoja, tulee järjestelmän käyttöliittymän olla helppokäyttöinen. Käyttöliittymän tulee siis olla suunniteltu siten, että äänestäjä ei tee sen käytössä virheitä, vaikka hänellä ei olisi mitään aiempaa kokemusta tietokoneen käytöstä. Eri äänestysvaihtoehdot tulee olla selkeästi eroteltuina ja äänestäjän tulee vahvistaa jollakin tavalla valintansa. Valinnan vahvistusvaiheessa äänestäjällä tulee olla mahdollisuus myös muuttaa valintaansa. Äänen siirryttyä oikein laskentaan, järjestelmän tulee antaa palaute siitä käyttäjälle. [CE 2004; CyberVote 2001c.]

Käytettävyyden tavoitteisiin päästään em. periaatteita noudattamalla ja käyttämällä lisäksi suunnittelun apuna eri käytettävyyden standardeja ja käyttöliittymien suunnitteluohjeita. Lisäksi ohjelma tulee testata oikeilla käyttäjillä ennen sen käyttöönottoa hyväksyttävien tuloksin. Tulos on hyväksyttävä, jos 95 % koehenkilöistä suoriutuu järjestelmän käytöstä ilman vaikeuksia. [CyberVote, 2001c.]

3.3. Ääntenlaskenta

Ääntenlaskennassa lasketaan äänestäjien antamat äänet. Tässä vaiheessa tärkeät vaatimukset ovat yksityisyyden suoja, tarkkuus ja turvallisuus sekä varmistettavuus. Ääntenlaskentaan on kehitetty useitakin erilaisia kryptografisia protokollia, joita käyttämällä nämä vaatimukset voidaan täyttää. Protokollat hyödyntävät erityisesti em. julkisen avaimen menetelmää, digitaalisia allekirjoituksia ja nollatietotodistusta. Digitaalisilla allekirjoituksilla voidaan varmistaa tiedon eheys ja hyväksyä allekirjoittaja. Allekirjoitus on laadittu salaisella avaimella ja voidaan purkaa käyttäjän julkisella avaimella [Järvinen, 2002]. Nollatietotodistusta voidaan käyttää todentamiseen, eli sitä hyväksikäyttäen kyselijä voi vakuuttua todistuksen pätevyydestä, vaikka todistaja ei itse kyselyn aikana luovuta mitään informaatiota [Paavilainen ja Helenius, 2002].

Esittelen seuraavaksi yleisimmät protokollat, minkä jälkeen tarkastelen, miten eri protokollat täyttävät ääntenlaskentaa koskevat vaatimukset. On kuitenkin huomioitava, että käytännön toteutuksissa näitä protokollia ja tekniikoita yhdistellään [esim. CyberVote, 2001d].

David Chaum [1981] esitteli yhtenä ensimmäisistä kryptografisen protokollan, sekoitusverkkoprotokollan (mix nets), joka oli suunniteltu nimenomaan äänestysjärjestelmien toteuttamiseen. Mm. Wikström [2002] on kehittänyt protokollan ideaa eteenpäin ja määrittelee sen seuraavalla tavalla:

Jokaisella ehdokkaalla on salainen avain, ja hän on julkistanut julkisen avaimensa. Näistä julkisista avaimista on laskettu yhdistetty julkinen avain, joka vastaa yhdistettyä salaista avainta, jota ehdokkaat eivät tiedä. Äänestääkseen äänestäjän tulee salata äänensä käyttämällä yhdistettyä julkista avainta ja lähettää ääni ehdokkaille. Sen jälkeen ehdokkaat suorittavat toiminnon, jossa he peräkkäin sekoittavat salatut äänet. Jokainen ehdokas saa listan salatuista äänistä syötteenä ja tuottaa listan, joka sisältää samat salatut äänet erilaisessa satunnaisessa järjestyksessä. Kun tämä on tehty, listat puretaan yhteisellä salaisella avaimella.

Homomorfinen salaus (homomorphic encryption) tarkoittaa sitä, että salattujen viestien tulo on sama kuin viestien summan salaus [CyberVote, 2001d]. Esim. Cramerin, Gennaron ja Schoenmakersin [1997] kehittämä malli hyödyntää homomorfista salausta. Mallissa äänestäjän tulee lähettää salattu äänestyslippu, jossa on mukana todistus siitä, että viesti sisältää hyväksyttävän äänen. Äänestyslippu lähetetään ilmoitustaululle, johon kaikilla osapuolilla on pääsy (äänestäjillä ja laskijoilla). Ilmoitustaulussa olevia ääniä ei voi muuttaa eikä poistaa, eikä niistä voi havaita muuta kuin sen, että ne sisältävät hyväksytyt äänen. Lopullinen tulos (kaikkien äänien summa) saadaan ja voidaan varmistaa kaikkien äänestyslippujen tuloa vastaan.

Niin sanottuja sokeita allekirjoituksia (blind signatures) hyödyntävä protokolla koostuu kolmesta osasta: lähettäjistä (pollster), hyväksyjistä (validator) ja laskijasta (tallier). Lähettäjä lähettää ensin "sokeutetun" äänestyslippunsa hyväksyjälle. Äänestyslippu on kryptattu äänestäjän salaisella avaimella. Hyväksyjä varmistaa, että allekirjoitus kuuluu äänestäjälle, joka ei ole vielä äänestänyt. Jos näin on, hyväksyjä allekirjoittaa lipun ja lähettää sen takaisin lähettäjälle. Lähettäjä poistaa sokeutuksen ja lähettää hyväksyjän allekirjoittaman lipun laskijalle. Jos laskija hyväksyy lipun, se lähettää kiittauksen siitä lähettäjälle, joka lähettää kiittausta vastaan lipun salauksen avaimen. Laskija purkaa salauksen ja lisää äänen laskentaan. [Cranor and Cytron, 1997.]

3.3.1. Yksityisyyden suoja

Yksityisyyden suoja turvaa sen, että tiettyä ääntä ei voi yhdistää tiettyyn äänestäjään millään tavalla. Sähköisessä äänestysjärjestelmässä vaatimus yksityisyyden suojasta saattaa muodostua ongelmaksi, koska äänestäjän tulee kuitenkin tunnistautua järjestelmään. Aivan kuten perinteisessäkin järjestelmässä itse äänestyslippu ei saa pitää sisällään tietoa siitä, kuka sen on antanut.

Sekoitusverkkoprotokollassa tehdään listat äänistä, jotka sekoitetaan satunnaiseen järjestykseen. Äänten salaus puretaan vasta listan sekoittamisen

jälkeen, jolloin yhteys äänestäjään on katkennut [Wikström, 2002], ja näin äänestäjän anonymiteetti säilyy. Homomorfisen salauksen yhteydessä on mahdollista säilyttää äänestäjän yksityisyys kuten em. ilmoitustaulumallissa. Äänestäjät ovat tunnistettuja äänestäessään, mutta heidän äänensä säilyy koko äänestyksen ajan salattuna [Schoenmakers, 2000]. Sokeiden allekirjoitusten protokollassa yksityisyyden suoja pysyy, koska äänestäjän hyväksyjä näkee vain sokeutetun äänestyslipun. Ääntenlaskija ei taas näe, kuka äänen on lähettänyt, koska se näkee vain hyväksyjän allekirjoituksen.

Toinen yksityisyyden suojan vaatimuksista on äänestäjän mahdottomuus todistaa äänestäneensä tietyllä tavalla. Jos äänestäjä pystyisi todistamaan, että hän on äänestänyt tiettyä henkilöä, äänten myyminen ja ostaminen olisi mahdollista. Tätä vaatimusta protokollien on mahdoton täyttää, jollei äänestystä suoriteta äänestyspaikalla [Cranor and Cytron, 1997]. Protokollia on myös kritisoitu puutteellisesta suojautumisesta ohjelmilla tehtyjä hyökkäyksiä vastaan, jotka pakottavat äänestäjän äänestämään tietyllä tavalla, ja on pyritty kehittämään ns. pakottamisen estäviä protokollia [esim. Juels et al., 2005].

3.3.2. Tarkkuus, turvallisuus ja varmistettavuus

Järjestelmä täyttää tarkkuuden ja turvallisuuden vaatimuksen, jos hyväksytysti annettuja ääniä ei voi muuttaa eikä poistaa ja väärin annettuja ääniä ei lasketa mukaan lopputulokseen. Järjestelmän tulee siis suojautua ulkopuolisilta ääniä muuttamaan pyrkiviltä hyökkäyksiltä ja laskea tulos äänien mukaan oikein. Varmistettavuuden vaatimus täyttyy, jos kuka tahansa ulkopuolinen tarkkailija pystyy varmistumaan, että vaalitulos on laskettu oikein. Nämä vaatimukset liittyvät useimmissa protokollissa tiukasti toisiinsa.

Wikströmin [2002] mukaan sekoitusverkkoprotokollalla voidaan saavuttaa vaatimus tarkkuudesta ja turvallisuudesta, jos äänestäjät allekirjoittavat salatun äänensä ja ehdokkaat varmistavat, että allekirjoitus kuuluu hyväksytylle äänestäjälle. Täten vain hyväksytyjen äänestäjien antamat äänet laskettaisiin tulokseen. Wikström kuitenkin lisää, että protokolla ei pysty täysin tyydyttämään varmistettavuuden vaatimusta, koska sekoitusvaiheessa tehdyn listan syötettä ei pystytä varmistamaan.

Ilmoitustaulumalli täyttää tarkkuuden vaatimuksen, koska ilmoitustaululta ei voi poistaa tietoa [Cramer et al., 1997], ja tulokseen lasketaan vain ne ilmoitustaulun äänet, joissa on hyväksyttävän äänen todiste. Vaalien tulos voidaan myös kaikilta osin varmistaa mm. äänen ja salauksen purkamisen todistettavuuden perusteella [CyberVote, 2001d].

Cranorin ja Cytronin [1997] sokeisiin allekirjoituksiin perustuvassa Sensus-järjestelmässä vaatimus tarkkuudesta ja varmistettavuudesta täytetään laskijan tuloksen laskennan jälkeen julkaiseman listan perusteella. Listassa on lueteltu

salatut äänestysliput, purkuavaimet ja puretut äänestysliput. Äänestäjä, joka huomaa, että ääniä on muuteltu, voi tehdä järjestelmälle valituksen nimettömänä lähettämällä äänestyslippunsa ja purkuavaimensa uudelleen, minkä jälkeen järjestelmä korjaa tuloksen. Tuloksen varmistaminen ei ole mahdollista kuitenkaan muille kuin äänestäjille.

3.4. Äänestyksen kaikkia vaiheita koskevien vaatimusten täyttäminen

Äänestyksen kaikkia vaiheita koskevia vaatimuksia ovat joustavuus, vakaus ja äänestyspaikasta riippumattomuus. Joustavaksi järjestelmän tekee se, että sillä pystyy suorittamaan erilaisia äänestyksiä ja että sitä pystytään käyttämään kaikilla käyttöjärjestelmillä ja laitteistoilla. Järjestelmä on vakaa, jos se on suojattu ulkopuolisilta hyökkäyksiltä ja toimintahäiriöiden yhteydessä toipuu siten, että ääniä ei menetetä. Äänestyspaikasta riippumattomuus pystytään toteuttamaan lähinnä siten, että järjestelmä toteutetaan Internet-teknologioita hyväksikäyttäen. Äänestäjä siis antaisi äänensä esim. Internetiin yhdistetyltä tietokoneelta tai matkapuhelimelta, ja annetun äänen käsittelisi palvelin tai useammat palvelimet, joilla laskentaohjelmisto sijaitsisi.

Joustavuuden vaatimus tulee ottaa huomioon äänestysjärjestelmän suunnitteluvaiheessa. Käyttöliittymä tulee suunnitella siten, että otetaan huomioon sekä kyseessä oleva äänestys että mahdolliset tulevaisuuden tarpeet. Suunnitteluvaiheessa tulee myös valita toteutustapa sen mukaan, että se toimii mahdollisimman monessa käyttöjärjestelmässä ja laitteistossa. Järjestelmän toimivuutta tulee lisäksi testata riittävästi olemassa olevissa laitteistoissa. Joustavuuden vaatimusta ei mielestäni tule kuitenkaan noudattaa orjallisesti. Esimerkiksi yleisissä vaaleissa on luultavasti tiedossa, minkälaisissa laitteistoissa ja käyttöjärjestelmissä järjestelmä tulee toimimaan, ja silloin se tulee suunnitella niiden vaatimuksia silmällä pitäen.

Äänestysjärjestelmän vakauten vaikuttavat monet asiat. Turvallisuusuuhkia voi tulla usealta suunnalta, varsinkin jos äänestysjärjestelmä on äänestyspaikasta riippumaton. Verkon yli viestimiseen sekä tiedon varastointiin ja hakuun saattaa kohdistua monenlaisia hyökkäyksiä [CyberVote, 2001d]. Järjestelmän vakauden ylläpitoon onkin kehitetty useita menetelmiä, ja äänestysjärjestelmien vakauden säilyttämistä on pohdittu monissa yhteyksissä [esim. CyberVote 2001d, Rubin 2002].

4. Äänestysjärjestelmä käytössä

Kuten jo aiemmin todettiin, muualla Euroopassa on ollut käynnissä useita etääänestysprojekteja. Yksi merkittävimmistä projekteista on ollut Viron äänestysjärjestelmän kehittäminen. Siellä sähköinen äänestäminen on otettu jo

osaksi kansallista äänestysjärjestelmää. Viron kunnallisvaaleissa syksyllä 2005 kaikkien kansalaisten oli mahdollista äänestää Internetin kautta. Näin laajamittainen sähköinen äänestäminen ei ole ollut juuri missään muualla mahdollista. Seuraavaksi tarkastelen Virossa käytössä ollutta järjestelmää ja miten sen toteuttamisessa on onnistuttu.

4.1. Taustaa

Virossa on viime vuosina panostettu paljon tietoyhteiskunnan kehittämiseen ja varsinkin julkishallinnon sähköisen asioinnin laajentamiseen. Nykyään suurimmalla osalla virolaisista on helposti pääsy Internetiin, ja sähköisten palvelujen saatavuutta parannetaan kokoajan. Viron kansallisen vaalikomitean [2006] mukaan viime aikojen rajujen yhteiskuntajärjestelmän muutoksien vuoksi virolaiset ovat tottuneet innovaatioihin ja siksi sähköisen äänestysjärjestelmän kehittäminen oli heille luonnollista.

Viron sähköinen äänestysjärjestelmä perustuu sähköisen henkilökortin käyttöön. Vuodesta 2002 sähköisen henkilökortin omistaminen on ollut pakollista Virossa. Viron asukasluku on pieni (n. 1,4 miljoonaa), joten sähköisen henkilökortin yleistyminen on ollut nopeaa. Nykyään Viro on ainoa maa maailmassa, jossa kortin omistaminen on pakollista ja jossa sen omistaa yli puolet kansalaisista. Kortilla on mahdollista aiemmin mainittu käyttäjän etätunnistaminen ja digitaalinen allekirjoittaminen. [ENEC, 2006.]

Myös muut puitteet sähköisen äänestysjärjestelmän luomiseksi olivat Virossa kunnossa, kun sähköistä äänestysjärjestelmää ryhdyttiin tekemään. Viron äänioikeusrekisteri on ollut sähköisessä muodossa jo vuosia. Vuodesta 1999 Virossa on ollut käytössä Internet-pohjainen vaalitietojärjestelmä, johon eri vaalilautakunnat ovat voineet kirjautua sisään ja lisätä oman alueensa tulokset. Järjestelmä pitää yllä tietokantaa vaalialueista, vaalilautakunnista, äänestyspaikoista, ehdokkaista, puolueista, vaaliliitoista, äänistä ja tuloksista. Tulevaisuudessa on suunniteltu, että vaalitietojärjestelmästä olisi suora yhteys väestörekisteriin, jolloin tiedot äänioikeutetuista kirjautuisivat automaattisesti vaalitietojärjestelmään. [ENEC, 2006.]

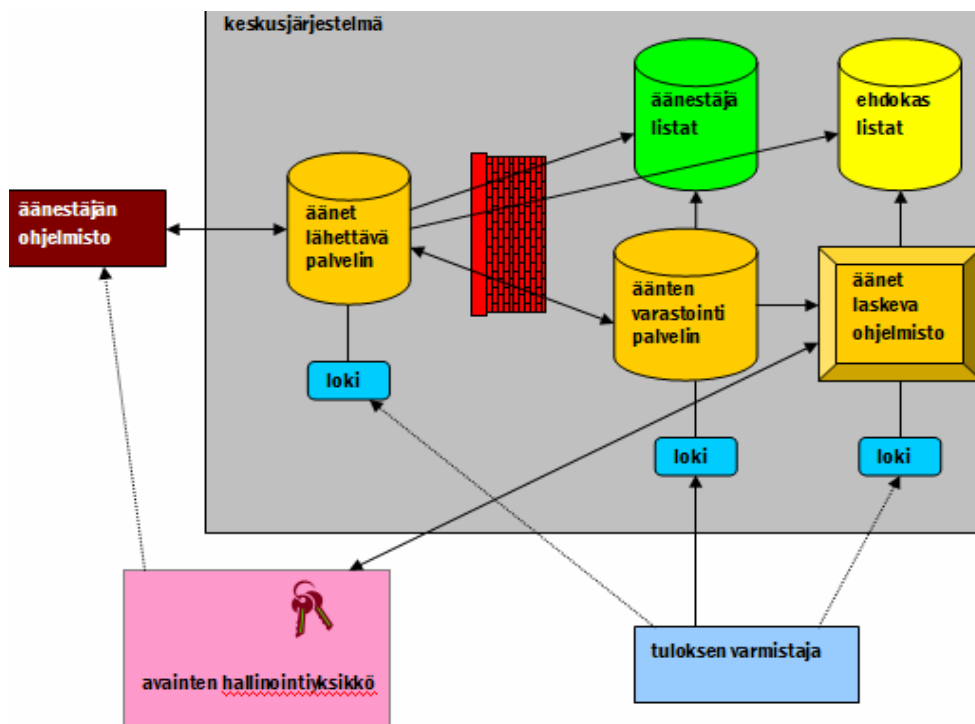
4.2. Viron äänestysjärjestelmä

Äänioikeutetun virolaisen oli mahdollista äänestää Internetin kautta Viron kunnallisvaaleissa vuonna 2005. Internetissä äänestäminen oli mahdollista vain ennakkoon 4-6 päivää ennen vaaleja. Äänestäjien tuli kirjautua järjestelmään sähköisen henkilökortin avulla, ja heillä oli mahdollisuus muuttaa antamaansa ääntä kuinka monta kertaa tahansa rajattuna äänestysaikana. [ENEC, 2006.]

Äänestysjärjestelmässä hyödynnettiin ns. kirjakuori-äänestysmenetelmää, joka puolestaan hyödyntää julkisen avaimen menetelmää. Siinä äänestäjä salaa

äänensä järjestelmän julkisella avaimella ja allekirjoittaa salatun äänen omalla allekirjoituksellaan. Järjestelmä kerää ja lajittelee äänet, varmistaa äänestäjien oikeuden äänestää ja poistaa hylätyt äänet. Sen jälkeen "kirjekuorista" erotetaan niiden sisällöt ja ulkokuoret. Ulkokuorista, jotka ovat siis äänestäjien allekirjoituksia, muodostetaan lista äänestäjistä. Kuorien sisällöt, jotka sisältävät salatut äänet, lähetetään ääntenlaskijalle, jolla on järjestelmän salainen avain. Ääntenlaskija purkaa äänet salaisella avaimella ja laskee vaalien tuloksen. [ENEC, 2005.]

Järjestelmässä on neljä toimijaa: äänestäjä pääteohjelmistoineen, avainparien hallinnointiyksikkö, tuloksen varmistaja ja keskusjärjestelmä. Äänestäjän pääteohjelmiston tehtävänä on siis salata ääni, allekirjoittaa se digitaalisesti ja lähettää keskusjärjestelmään. Avainparien hallinnointiyksikkö on yhteydessä sekä äänestäjän ohjelmistoon että keskusjärjestelmän ääntenlaskentayksikköön. Tuloksen varmistajalla on pääsy keskusjärjestelmän lokitiedostoihin, joita hyväksikäyttäen voidaan selvittää äänestyksessä tapahtuneet virheet ja ongelmat. [ENEC, 2005.]



Kuva 1. Viron äänestysjärjestelmä [ENEC, 2005]

Keskusjärjestelmä on kansallisen vaalikomitean vastuulla ja se vastaanottaa ja käsittelee lähetetyt äänet. Järjestelmä hyväksikäyttää äänestäjälistoja, eli äänioikeusrekisteriä sekä ehdokaslistoja. Lisäksi keskusjärjestelmään kuuluu äänet lähettävä palvelin, äänet varastoiva palvelin sekä äänet laskeva ohjelmisto. Äänet lähettävän palvelimen tehtävänä on tunnistaa äänestäjä, tarjota äänestäjälle oikean vaalialueen ehdokkaita äänestettäväksi ja lähettää

salattu ääni äänet varastoivalle palvelimelle. Kun äänet lähettävä palvelin saa vahvistuksen äänen vastaanotosta varastoivalta palvelimelta, se lähettää vahvistuksen myös äänestäjälle. Varastoiva palvelin puolestaan varastoi saamansa äänet äänestyksen ajaksi. Kun äänestys on päättynyt, varastoiva palvelin poistaa kaksinkertaiset äänet ja hylätyt äänet ja erottelee kuorien sisällöt laskentaa varten. Laskentaohjelmisto purkaa saamiensa äänten salauksen salaisella avaimellaan ja laskee vaalin tuloksen. [ENEC, 2005.]

4.3. Viron järjestelmän arviointia

Viron kunnallisvaaleissa 2005 n. 2 % kaikista äänestäjistä antoi äänensä Internetin kautta [ENEC, 2006]. Luku ei ole suuri, mutta sitä voidaan pitää hyvänä tuloksena, sillä kyseessä oli ensimmäinen kerta, kun Internet-äänestys oli maassa mahdollista. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että äänestystä varten äänestäjä tarvitsi henkilökortin lukijan, jotka eivät vielä olleet kovin yleisiä äänestyksen aikaan.

Demokraattisuuden vaatimuksen järjestelmä täyttää kohtuullisesti. Äänestäjän tunnistaminen tehdään vahvaa todentamista hyväksikäyttäen, sillä järjestelmässä ei tunnistautumiseen riitä pelkkä henkilökortti, vaan äänestäjällä tulee kortin käyttöä varten olla tiedossa kortin PIN-koodi. Koska äänestäminen tapahtuu valvomattomassa tilassa, ei kuitenkaan voida olla täysin varmoja siitä, onko äänestäjä äänestänyt itse. Äänestäjät voivat äänestää useita kertoja, mutta järjestelmässä äänet eteenpäin välittävä palvelin poistaa yhden äänestäjän useammat äänet, joten käytännössä vain yksi ääni lasketaan äänestäjää kohden.

Kortinlukijan pakollisuus rikkoo käytettävyyden vaatimusta, mutta kuten edellä todettiin, demokraattisuuden ja käytettävyyden vaatimuksia ei voida yhtäaikaaisesti täysin täyttää. Käytettävyyden puute näyttäisi kuitenkin olevan suurin este virolaisten äänestämiseksi Internetissä. Viron kansallisen vaalikomitean [2006] mukaan suurin osa niistä, jotka eivät äänestäneet Internetissä, ilmoitti syykseen teknologiset vaikeudet.

Viron äänestysjärjestelmä ei suoranaisesti noudattanut mitään edellä esitellyistä kryptografisista protokollista, mutta vaikutteita eri protokollista Viron järjestelmässäänkin on löydettävissä. Yksityisyyden suojan järjestelmä säilyttää, koska äänen salauksen purkaa vasta äänten laskentaohjelmisto ja koska tieto äänestäjän henkilöllisyydestä lähetetään eri paikkaan. Puretut äänet ja digitaaliset allekirjoitukset eivät sijaitse missään vaiheessa samassa paikassa, eli ääntä ei voi siis yhdistää äänestäjään sen jälkeen kun ääni on annettu. Sen sijaan äänestystilalla äänestäjä voi todistaa äänestäneensä tietyllä tavalla, koska äänestystilanne on valvoton.

Järjestelmä täyttää varmistettavuuden vaatimuksen, koska tuloksen varmistajalla on pääsy keskusjärjestelmän lokitiedostoihin. Jos vaalien tulos kyseenalaistetaan, äänen kirjaamis- ja laskuprosessia voidaan tarkastella lokitiedostojen kautta. Turvallisuuden, tarkkuuden ja vakauden vaatimukset järjestelmä täytti ainakin tässä kyseisessä äänestyksessä. Äänestyksen aikana järjestelmä toimi moitteettomasti, eikä järjestelmän toiminnan vaarantavia hyökkäyksiä havaittu. Lisäksi keskusjärjestelmän palvelimet oli sijoitettu tiukkojen turvallisuusmääräysten mukaisesti [ENEC, 2005].

Arvioni mukaan Viron äänestysjärjestelmä täyttää siis kohtuullisen hyvin sähköisille äänestysjärjestelmille asetetut vaatimukset. Etä-äänestyksessä näyttäisi kuitenkin muodostuvan ongelmaksi demokraattisuuden ja yksityisyyden suojan vaatimukset. Molempien vaatimusten täyttämisen vaikeudet liittyvät etä-äänestystilanteen valvomattomuuteen.

5. Yhteenveto

Sähköiselle äänestykselle asetetaan monia vaatimuksia, jotka sen tulee täyttää äänestyksen oikeellisuuden turvaamiseksi. Vaatimukset voidaan jakaa perinteisiin vaatimuksiin ja sähköisille äänestysjärjestelmille ominaisiin vaatimuksiin. Perinteiset vaatimukset ovat perinteiseltäkin äänestysjärjestelmältä vaadittavia ominaisuuksia. Niitä ovat tarkkuus, demokraattisuus, yksityisyyden suoja ja varmistettavuus. Sähköisille äänestysjärjestelmille ominaisia vaatimuksia ovat käytettävyys, joustavuus ja vakaus. Vaatimukset voidaan täyttää eri tavoin ja varsinkin yksityisyyden suojaamisen, tarkkuuden ja varmistettavuuden turvaamiseksi on kehitetty useita kryptografisia protokollia, joissa nämä vaatimukset täytetään eri tavoin. Haasteena protokollien kehityksessä on ollut se, miten äänestäjän yksityisyys säilytetään vaarantamatta vaalituloksen oikeellisuutta ja varmistettavuutta.

Sähköinen äänestäminen toisi suurimmat hyödyt vasta kun etä-äänestys olisi mahdollista. Etä-äänestys tuo kuitenkin äänestysjärjestelmien toteuttajalle paljon lisähaasteita, koska tietoturvariskit kasvavat, kun tieto liikkuu avoimessa tietoverkossa. Virossa Internet-äänestys oli mahdollista vuoden 2005 kunnallisvaaleissa, ja analyysini mukaan järjestelmä täytti kohtuullisesti sähköisille äänestysjärjestelmille asetetut vaatimukset. Suurimmat puutteet olivat kuitenkin demokraattisuuden ja yksityisyyden suojan vaatimusten täyttämässä. Nämä puutteet aiheutuvat pitkälti äänestystilanteen valvomattomuudesta. Mielestäni etä-äänestysjärjestelmässä ei koskaan voida täyttää näitä vaatimuksia yhtä tehokkaasti kuin perinteisessä järjestelmässä.

Sähköisen äänestysjärjestelmän suunnittelu ja toteuttaminen on monimutkainen prosessi, jossa tulee ottaa lukuisia seikkoja huomioon.

Sähköinen äänestysjärjestelmä pystyy kuitenkin täyttämään äänestysjärjestelmälle asetetut vaatimukset siinä missä perinteinenkin järjestelmä, jos järjestelmän toteuttaminen tehdään huolella.

Viiteluettelo

- [ACE, 2006] ACE Project, Countries with e-voting projects, ACE-projektin kotisivu. <http://focus.aceproject.org/e-voting/countries> (1.3.2006).
- [CE, 2004] Council of Europe, Legal, operational and technical standards for e-voting, Recommendation Rec(2004)11, 30 September 2004. Also available as http://www.coe.int/t/e/integrated_projects/democracy/02_Activities/02_e-voting/01_Recommendation/Rec%282004%2911_Eng_Evoting_and_Expl_Memo.pdf (2.3.2006).
- [Chaum, 1981] David Chaum, Untraceable electronic mail, return addresses and digital pseudonyms. *Communications of the ACM*, **24**, 2 (February 1981), 84-90.
- [Cramer et al., 1997] Ronald Cramer, Rosario Gennaro and Berry Schoenmakers, A secure and optimally efficient multi-authority election scheme. In: *Advances in Cryptology – EUROCRYPT '97*, Lecture Notes in Computer Science, **1233**, Springer-Verlag, 1997, 103-118.
- [Cranor and Cytron, 1997] Lorrie Faith Cranor and Ron K. Cytron, Sensus: a security-conscious electronic polling system for the internet, In: *Proc. of the Hawai'i International Conference on System Sciences*, January 1997. Also available as <http://lorrie.cranor.org/pubs/hicss/hicss.html> (28.2.2006).
- [CyberVote, 2001b] Report on electronic democracy projects, legal issues of Internet voting and users (i.e. voters and authorities representatives) requirements analysis, D4 volume **2**. Also available as <http://www.eucybervote.org/Reports/KUL-WP2-D4V2-v1.0.htm> (6.3.2006).
- [CyberVote, 2001c] Report on electronic democracy projects, legal issues of Internet voting and users (i.e. voters and authorities representatives) requirements analysis, D4 volume **3**. Also available as <http://www.eucybervote.org/Reports/KISTA-WP2-D4V3-v1.0.htm> (6.3.2006).
- [CyberVote, 2001d] Report on the review and selection of authentication and security techniques, applicable internet technologies, hardware platforms, mobile phones and internet terminals, D6 volume **1**. Also available as <http://www.eucybervote.org/TUE-WP2-D6V1v1.0.pdf> (6.3.2006).

- [ENEC, 2005] Estonian National Electoral Committee, Estonian e-voting system - general description, 2005. Also available as <http://www.vvk.ee/elektr/docs/Yldkirjeldus-eng.pdf> (1.3.2006).
- [ENEC, 2006] Estonian National Electoral Committee, Report on internet voting at the elections of local government councils on 16 October 2005, 2006. Also available as <http://www.vvk.ee/english/report2006.pdf> (2.5.2006).
- [HE, 2006] Hallituksen esitys eduskunnalle vaalilain muuttamisesta, HE 14/2006. Saatavilla <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2006/20060014> (25.3.2006).
- [Juels et al., 2005] Ari Juels, Dario Catalano and Markus Jakobsson, Privacy issues in practice: Coercion-resistant electronic elections. In: *Proc. of the WPES '05*, 61-70.
- [Järvinen, 2002] Petteri Järvinen, *Tietoturva & yksityisyys*. Docendo Finland Oy, 2002.
- [Koskinen, 2005] Jukka Koskinen, Tietoturvallisuuden perus- ja jatkokurssin verkkomateriaali, Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavana <http://maso.atm.tut.fi/valinta.php> (6.3.2006).
- [Laine, 2002] Pasi Laine, Vaalit verkossa, Yleisten vaalien toimittamiselle asetetut vaatimukset ja niiden toteuttaminen verkkovaaleissa. Tampereen yliopisto, kunnallistieteiden laitos, kunnallispolitiikan Pro gradu - tutkielma, tammikuu 2002.
- [Oikeusministeriö, 2000] Oikeusministeriö, Vaalijärjestelmän tekninen kehittäminen, luku 5, Oikeusministeriön muistio 24.3.2000, saatavilla <http://www.vaalit.fi/uploads/m035ycoixzw0.pdf> (28.2.2006).
- [Oikeusministeriö, 2003] Oikeusministeriö, Vaalitietojärjestelmän kehittäminen, Oikeusministeriön muistio 19.5.2003, saatavilla <http://www.vaalit.fi/uploads/792g4ml3d.pdf> (2.3.2006).
- [Oikeusministeriö, 2004] Oikeusministeriö, Vaalitietojärjestelmän kehittäminen/II, Oikeusministeriön muistio 12.1.2004, saatavilla <http://www.vaalit.fi/uploads/wtethk6kup41.pdf> (2.3.2006).
- [Paavilainen ja Helenius, 2002] Juhani Paavilainen ja Marko Helenius, Tietoturvallisuuden perusteet, Tampereen yliopisto, tietojenkäsittelytieteiden laitos, luentomoniste 2002.
- [PL, 1999] Suomen perustuslaki 11.6.1999/731.
- [Rubin, 2002] Aviel D. Rubin, Security considerations for remote electronic voting. *Communications of the ACM*, **45**, 12 (Dec. 2002), 39-44.
- [Schoenmakers, 2000] Berry Schoenmakers, Fully auditable electronic secret-ballot elections, *Xootic* (July 2000).

[Wikström, 2002] Douglas Wikström, eVote: practical electronic large scale elections, *ERCIM News*, **48**, (January 2002). Also available as http://www.ercim.org/publication/Ercim_News/enw48/wikstroem.html (3.4.2006).

[VRK, 2006] Väestökisterikeskuksen varmennepalvelun sähköinen henkilökortti -kotisivut. <http://www.sahkoinenhenkilokortti.fi> (6.3.2006).

Pelaamisen ja leikkimisen luokittelut ja niiden hyödyntäminen pelien suunnittelussa

Ilkka Vähämöttönen

Tiivistelmä

Pelaaminen ja leikkiminen ovat tärkeässä osassa kulttuuriamme. Tämä tutkielma luo katsauksen tapoihin, joilla pelaamisen ja leikkimisen ilmiöitä voidaan tutkia ja luokitella, sekä tietokonepelien erikoisominaisuuksia näiden luokittelujen suhteen. Tutkielmassa esitellään tapoja analysoida tietokonepelejä kriittisesti sekä mahdollisuuksia käyttää analyysiä hyväksi pelien suunnittelussa.

Avainsanat ja -sanonnat: Ludologia, pelikategoriat, pelianalyysi

CR-luokat: J.4, K.8.0

1. Johdanto

Tutkimukseni aiheena ovat pelaamisen ja leikkimisen teoria ja määritelmät ja pelien luokittelu sekä yritys löytää tapoja, joilla peliluokitteluja ja kriittistä pelianalyysiä voidaan hyödyntää pelisuunnittelussa. Samalla etsin perustavia syitä siihen, että pelit ja pelaaminen sekä yleensä leikkiminen ovat merkittävä osa elämäämme ja yhteiskuntaamme vahvasti määrittävä tekijä. Meille on tärkeää, että viihdymme arkenakin ja haemme elämyksiä ja kokemuksia. Vaikka yhteiskunnan ja yksittäisten ihmisten tarpeet ovat muuttuneet vuosien saatossa, ovat pelit kuitenkin kuuluneet kulttuuriin erottamattomasti jo vuosituhansien ajan. Pelien tekniikka, ulkomuoto, säännöt ja sisältö ovat kehittyneet, mutta niiden merkitys niin taloudellisesti kuin henkisesti ei ole ainakaan vähentynyt vaan päinvastoin luultavasti kasvanut.

Pelaamisen ja leikin teorialla tässä yhteydessä tarkoitan sellaista teoriaa, joka antaa taustan näille pelaamisen ilmiöille ja perimmäisille syille, miksi ne ovat niin suosittu viihteen muoto. Pelitutkimus on nuori tieteenala, jonka käsitteistö ei ole vakiintunut, mutta viime aikoina pelitutkimusta on ryhdytty nimittämään ludologiaksi (eng. ludology) ja tämä nimitys on jäänyt ilmeisen pysyväksi nimitykseksi pelitutkimukselle. Tämä olkoon siis erotuksena peliteoriasta (eng. game theory), jonka sovellusalueina ovat esimerkiksi matematiikka ja taloustiede.

Ihmiset ovat pelanneet pelejä siitä asti, kun esi-isiamme ensimmäiset maanviljelyskulttuurit syntyivät. Pelien muoto, tarkoitus ja etiikka ovat vaihdelleet vuosien varrella ja eroavat myöskin eri kulttuurien välillä. Jotkut pelit elävät oman aikansa kulutusyöklissä ja siirtyvät sitten muiden

unohdettujen kulutustuotteiden joukkoon, mutta toisaalta tunnemme myös tuhansia vuosia vanhoja kestopuosukkeja, kuten shakki ja tammi, jotka kiehtovat pelaajia yli kulttuurirajojen ja sukupolvikuilujen. Pelien kirjo on myös valtava, sillä peleillähän voidaan periaatteessa tarkoittaa kaikkea lasten pihapeleistä, tietokonepeleihin ja urheiluedonlyöntiin.

Pelien kehityksessä tietynlaista roolia varmasti näyttelee pelialustojen ja tekniikan kehitys, kun ennen käytettiin pikkukiviä pelinappuloina, nykyään iso-osa pelien kehityksestä ja pelimaailmasta liittyy tietokonepelaamiseen ja sen tarjoamiin mahdollisuuksiin. Tekniikan kehitys on mahdollistanut yhdenlaisen pelien kehityssuunnan, mutta ei täysin kuitenkaan syrjäyttänyt vanhoja muotoja, joten ehkä ne omaavat jonkinlaisia ominaisuuksia, jotka ovat niin vetovoimaisia, että niistä on tullut ajattomia viihtymisen muotoja.

Tässä tutkielmassa pyrin selvittämään kuinka pelejä ja pelaamiseen liittyviä ilmiöitä voidaan kategorisoida ja voidaanko tuota luokittelua käyttää mahdollisesti pohjana pelien suunnittelulle.

Seuraavassa luvussa käsittelen leikin ja pelaamisen määritelmiä, niiden merkitystä kulttuurissa ja tavoista kategorisoida pelejä, sekä tietokonepelien erityispiirteitä tuon luokittelun suhteen. Luvussa kolme pohditaan tarvetta luoda tietokonepelien tutkimukselle ja kriittiselle analyysille kattava käsitteistö, sekä pohditaan pelaajien kokemuksia pelitilanteissa. Neljännessä luvussa käsitellään mahdollisuuksia ja keinoja hyödyntää pelianalyysia pelisuunnittelussa.

2. Leikin ja pelaamisen määritelmät ja pelikategoriat

Tässä luvussa tarkastelen leikin ja pelaamisen yleistä merkitystä kulttuurissa ja pelien kategorisointia, sekä pelin ja leikin käsitteiden eroavaisuuksia. Viimeisessä kohdassa pohditaan tietokonepelien suhdetta tähän luokitteluun.

2.1. Leikkivä ihminen – leikin ja pelaamisen merkitys kulttuurissa

Kulttuurissamme vallitsee kilpailuhenkisyys, jonka voisi nähdä kahdenlaisille motiiveille pohjautuvaksi. Toisaalta voimme ajatella kilpailuyhteiskunnan taustalla vaikuttavan alkukantaiset selviytymisvaistot, jotka postmodernissa yhteiskunnassa kanavoituvat kilpailuna melkein jokaisella elämän osa-alueella. Tällainen kilpailu ilmenee nyt imagon, statuksen ja hyväksynnän tavoitteluna. Toisaalta tuon kilpailuhenkisyyden rinnalla on samalla huomattavissa ihmisten tapa käyttää kilpailua ajanvietteenä ja viihteen muotona.

Kulttuurifilosofi Johan Huizinga määrittelee teoksessaan *Homo Ludens* (suom. leikkivä ihminen) kulttuurin määritteleväksi ominaisuudeksi leikin (eng. play), tai itse asiassa hän määrittelee leikin kulttuurin esiasteeksi.

Kulttuurin voidaan katsoa aina, määrittelystä huolimatta sisältävän oletuksen yhteiskunnasta, vaikka eläimienkin voidaan havaita leikkivän. Yksinkertaisimmissakin muodoissa eläimienkin leikeissä voidaan nähdä viitteitä syvemmistä vaikutteista kuin pelkästä fysiologiasta ja psykologisista reflekseistä [Huizinga, 1971].

Leikin voidaan kuitenkin myös katsoa olevan kulttuurin jälkeinen tai ulkopuolella oleva tekijä, joka antaa mahdollisuuden irtautua vakavasta arjesta ja laskeutua vakavuuden alapuolelle lapsenomaisesti eläytyen, tai jopa arjen yläpuolelle, eläytymällä.

Leikin Huizinga määrittelee seuraavasti:

“Leikin tärkein ominaisuus on ajallinen ja tilallinen eroavaisuus tavallisesta elämästä. Sillä on oma erillinen fyysinen tai ideaalinen tilansa, jonka sisällä vallitsevat sen omat säännöt.”

Leikin ja pelin käsitteet ja niiden merkitykset vaihtelevat hieman eri kulttuurien ja kielten välillä, on kuitenkin huomattavaa, että useimmissa kielissä niiden sisältämien käsitteiden välillä tehdään selkeä ero, kuten kreikan *paidid* (lasten leikit, huvittelu) – *agon* (kilpailu, urheilu) näin siis myös skandinaavisissa ja germaanisissa kielissä. Latina sen sijaan tuntee vain yhden sanan *ludus*, joka käsittää koko pelien ja leikkien skaalan [Järvinen ja Sotamaa, 2002].

Jos leikki määritellään vapaaehtoiseksi toiminnaksi, jolla on omat sääntönsä ja ympäristönsä, joka eroaa voimakkaasti tavallisesta elämästä ja jonka pääasiallisena tarkoituksena on mielihyvän, ilon tai jännityksen tunne, voidaan huomata määritelmän sopivan pitkälti myös peleihin. [Huizinga, 1971].

Pelin voidaan katsoa eroavan leikistä esimerkiksi niiden suhtautumisessa sääntöihin. Pelissä on asetettu säännöin tietyt tiukat rajat, joiden sisällä pelaaja toteuttaa itseään ja yrittää menestyä pelissä paremmin, kun taas monet leikit eivät sisällä sääntöjä tai niiden säännöt muotoutuvat leikin edetessä [Caillois, 2001]. Pelien säännöt ovat siis etukäteen selvät ja ne säätelevät pelin etenemistä ja määräävät lopputuloksen, siis pelin voittajan ja häviäjän. Lisäksi pelin tapahtumat voidaan eritellä ”oikeasta maailmasta”. Pelin sääntöjä voidaan käyttää uudelleen, pelien lopputulosta ei tiedetä etukäteen ja alkuasetelmana pyritään tasapuolisuuteen. On myös olemassa pelejä, joita ei voi voittaa, mutta joissa saavutuksia silti voidaan mitata. Huomattavaa on myös se, että vaikka pelin tapahtumat sinällään ovat erillisiä ulkomaailmasta voi pelillä toki olla seuraamuksia pelitilan ulkopuolellakin, esimerkiksi vedonlyöjien tai urheilijoiden vaurastuminen [Järvinen ja Sotamaa, 2002].

Pelien maailma on kehittynyt kulttuurin rinnalla ja samalla ulottanut lonkeronsa syvälle yhteiskuntarakenteisiin ja elämäntapoihimme. Niille ovat muotoutuneet omat perinteensä ja muotonsa monilla elämänaloilla, kuten

taloudessa, hallinnossa, oikeudessa, politiikassa, diplomatiassa, sodankäynnissä, riitojen sovittelussa, opetuksessa, kasvatuksessa ja viihteessä [Seppänen, 1999].

Pelit nousivat 90-luvun puolivälissä taloudellisessa merkityksessä jopa elokuvateollisuutta suuremmaksi ja tietokonepelit vastasivat jo tuolloin suuresta osasta ajanvieteohjelmien myynnistä [Kasvi, 1999]. 2000-luvulla peliteollisuus on jo kasvanut pelkästään Yhdysvalloissa kymmenien miljardien arvoiseksi, kun mukaan lasketaan kaikki osa-alueet laitteistosta ja ohjelmistosta oheislaitteistoon [Oliver, 2003].

2.2. Pelien kategorisointi

Pelejä voidaan luokitella välineen, paikan tai pelaajan asennoitumisen avulla [Järvinen ja Sotamaa, 2002]. Välineen ja paikan suhteen luokittelu on selkeästi fyysisiin yksityiskohtiin perustuvaa, eikä niin mielenkiintoista tämän tutkielman puitteissa, johon riittää toteamus, että pelejä pelataan erilaisissa paikoissa erilaisilla välineillä.

Pelaajien asennoitumisen vaikutus pelattaviin peleihin on paljon mielenkiintoisempi, sillä se selvästi paljastaa enemmän pelaamisen syistä, pelaajien tarpeista ja motiiveista. Pelaajien asennoituminen voi vaihdella passiivisesta tuloksen odottelusta, kuten onnenpeleissä ja vedonlyönnissä, aktiiviseen voiton tavoitteluun, kuten urheilussa ja videopeleissä [Järvinen ja Sotamaa, 2002]. Passiivinen ja aktiivinen osallistuminen eroavat toisistaan ja pelit voidaan siis lajitella tämän ominaisuuden suhteen onnenpeleihin ja kilpailupeleihin [Caillois, 2001].

Edelleen pelit ja leikit voidaan jakaa neljään kategoriaan niissä vallitsevan dominoivan tekijän perusteella. Kategoriat ovat kilpailu (*agon*), sattuma (*alea*), jäljittely (*mimiikka*), ja huimaus (*ilinx*) [Caillois, 2001].

Caillois [2001] perustelee jakoaan näin:

”Kaikki neljä kuuluvat leikkien ja pelien alueelle. Ihmiset pelaavat jalkapalloa, biljardia tai sakkia (*agon*), rulettia tai lottoa (*alea*); leikkivät merirosvoa, Neroa tai Hamletia (*mimiikka*); tai ihmiset tuottavat itselleen nopealla pyörimisellä tai tippumisella huimaavan tunteen(*ilinx*)”

Agon perustuu yksilöiden tai joukkueiden vastakkainasetteluun, ja keskinäiseen mittelöön. *Agonin* henkeen kuuluu, että lähtötilanne on mahdollisimman tasapainoinen ja ottelijoille reilu, tällöin kilpailuissa ratkaisevat taidot, jotka osanottajat ovat hankkineet pitkäjännitteisellä harjoittelulla [Järvinen ja Sotamaa, 2002; Caillois, 2001].

Alea on Rooman valtakunnan historiastakin tutuksi tullut sana, joka tarkoittaa latinaksi noppapeliä. *Alea* on lähtökohtaisesti *agonin* vastakohta, siinä pelaaja luottaa tuuriin, eikä pysty vaikuttamaan lopputulokseen käyttämällä älyään, taitojaan tai voimiaan [Järvinen ja Sotamaa, 2002; Caillois, 2001]. *Alean* viehätysmän perustuu siihen, että panostamalla omiin varoihinsa nähden mitättömän summan, voi mahdollisesti voittaa (esimerkiksi lotto, vedonlyönti) summia, joita ei muuten olisi ikinä mahdollista saada.

Mimiikkaa voi kuvata jäljittelyksi, siinä leikkijä tai pelaaja ottaa itselleen tietyn roolin ja eläytyy siihen voimakkaasti. *Mimiikkaa*, kuten muitakin pelin ja leikin muotoja kuvaa hyvin se, että sen luoma tila on voimakkaasti erillään todellisesta ja tuon tilan sisällä vallitsevat omat sääntönsä ja odotuksensa. *Mimiikan* ulkoisia tunnusmerkkejä, rooliasuja ja seremonioita, voidaan nähdä muissakin pelien muodoissa [Järvinen ja Sotamaa, 2002; Caillois, 2001].

Huimaus (ilinx), puolestaan kuvaa voimakkaasti fyysistä tunnetta (eng. vertigo), jonka tavoittelu on leikkien tai pelien pääasia. Oikeastaan tällä tarkoitetaan kaikkia fyysisiä tuntemuksia, joita ihmiset voivat tavoitella rituaalien, leikkien, akrobatian tai hyppäämisen kautta [Järvinen ja Sotamaa, 2002; Caillois, 2001].

Taulukossa 1 on esitetty Cailloisin luokittelun yhteenveto.

	AGON, Kilpailu	ALEA, Sattuma, onni	MIMICRY, Simulaatio	ILINX, Huimaus
PAIDIA	Juoksukilpailu, paini	Laskemisrii- mit, kruuna ja klaava	Lasten leikit, Maskit, valepuvut	Lasten telmiminen
LUDUS	Tammi, shakki, Kilpaurheilu	Vedonlyönti, ruletti, Arvonnat (lotto)	Teatteri, spektaakkeli	Huvipuistot, Laskettelu Vuorikiipeily

Taulukko 1. Cailloisin peliluokittelu [Caillois, 2001]

2.3. Tietokonepelien luokittelu ja erikoisominaisuudet

Tietokonepeleistä useimmat pohjautuvat kilpailun (agon) ja mimiikan yhteyteen [Järvinen ja Sotamaa]. Peleissä kilpaillaan, joko tietokonehahmoa, virtuaalimaailmaa (kenttä) tai muita pelaajia vastaan ja menestystä ja mitataan pisteinä tai selviytymisenä. Pelimaailma antaa mahdollisuuden pelihahmon rooliin eläytymiselle ja pelaaja on mahdollista sijoittaa, mitä

mielikuvituksellisimpiin ympäristöihin. Toisaalta peleissä kiehtoo myös satunnaisuus, joka tekee useista yksinkertaisistakin peleistä niin mielenkiintoisia ja tuo vaihtelua toistuviin tilanteisiin, joita esimerkiksi seikkailupeleissä pelaaja kohtaa. Huimauksen tunteita tietokonepelit aiheuttavat harvemmin, mutta tekniikan muuttuessa yhä paremmaksi, voi tämäkin puoli yleistyä. Luultavasti ainakin isot simulaattorit, kuten lentäjien koulutuksessa käytetyt lentosimulaattorit aiheuttavat huimaavia tunteita ainakin osalle käyttäjistään.

Yhdeksi hyvän pelin ominaisuudeksi voidaan mielestäni nostaa sen kyky temmata pelaaja mukaansa. Peli on onnistunut, kun sitä pelatessa pelaaja keskittyy täysin vain pelin hänelle avaamaan maailmaan ja unohtaa muut asiat mielestään. Pelien, jotka uskottavasti yrittävät sijoittaa pelaajan fantasia- tai simulaatiomaailmaan tulisi olla grafiikaltaan ja äänimaailmaltaan nykyaikaista ja näyttävää, jotta pelaaja voi uskottavasti eläytyä pelin tilanteisiin [Järvinen ja Sotamaa, 2002]. Toisaalta tämä ei välttämättä kuitenkaan tarkoita mahdollisimman realistista ja todellisen maailman kaltaista grafiikkaa, kuten monista suosituista seikkailu- ja fantasiapelien antamista esimerkistä voidaan päätellä. On myös huomioitava, että pienimuotoisille ja vähemmän näyttävälle peleillekin on olemassa omat markkinansa, jotka ovat esimerkiksi kännykkäpelien suosion kasvun myötä kasvaneet omaksi peligenrekseen. Tällaiset pelit, ovat erittäin suosittuja myös internetin nettipeli-sivustoilla. Tuolloin pelaamisessa on vahvasti mukana sosiaalinen aspekti, jota korostaa mahdollisuus kilpailla isoa, periaatteessa rajoittamatonta, yhteisöä vastaan, eikä aina sitä samaa tuttua kaveria, jonka pieksämiseen on jo kauan sitten tylsistynyt. Poliittisten taidepelien (art games) tekijät tahallaan valitsevat vähemmän näyttävän ulkoasun peleilleen, kiinnittääkseen huomion pelien sisältöön, jotka usein kritisoivat yhteiskunnan valtavirran ilmiöitä, kuten kulutushysteriaa [Holmes, 2003].

3. Tietokonepelien tutkimuksen erityispiirteet

Tässä luvussa käsitellään tarvetta luoda tietokonepelien tutkimukselle oma vakiintunut käsitteistö, pohditaan tapoja analysoida pelejä kriittisesti ja motivaatioita, pelityylejä ja tunteita, jotka pelaamisen aikana vaikuttavat.

3.1. Ludologia - pelitutkimus tarvitsee omat tutkimustapansa ja termistönsä

Pelitutkimus on tutkimusalueena vielä nuorta ja alan termistö vakiintumatonta. Gonzalo Frasca lanseeraama ludologia-termi on yleistynyt kuvaamaan pelitutkimusta, "paremman puutteessa" [Saarikoski, 2002], ja assosioituu voimakkaasti nimenomaan tietokonepelien tutkimukseksi [Wikipedia, 2006].

Pelitutkimus tarvitsee oman termistönsä ja tutkimusmenetelmänsä pystyäkseen riittävän tarkkoihin tutkimustuloksiin [Saarikoski, 2002], sen sijaan että pelitutkimukseen käytettäisiin muiden tieteenalojen vakiintuneita termistöjä ja hajanaisia tutkimusmenetelmiä. Tietokonepelejä tutkittiin kauan ja tutkitaan yhä psykologian, antropologian, taloustieteen ja sosiologian keinoin [Frasca, 1999]. Toisaalta tietokonepelit on rinnastettu suoraan perinteisiin peleihin ja tarvetta uusille tutkimuskeinoille tämän takia vähätelty [Aarseth, 2003]. Näilläkin klassisien tieteenalojen vakiintuneilla ja pitkän tutkimuskaaren omaavilla tutkimustavoilla on varmasti paljon annettavaa, mutta niiden avulla saatujen tutkimustulosten voidaan katsoa olevan samaan aikaan liian kapea-alaisia tietokonepelien ja niihin liittyvien ilmiöiden kuvaamiseen ja toisaalta liian syväluotaavia yhden pelien ominaisuuksia kuvaavan tekijän suhteen. Toisaalta peleillä on ominaisuuksia, jotka mahdollistavat oikeastaan minkä tahansa tieteenalan tutkimuksen [Aarseth, 2003].

Frasca [1999] esitti ludologian kirjallisuusteoriaan pohjautuvan ja narratiivisen tutkimuksen vastapainoksi, jonka tapa lähestyä pelejä kertomuksina ei hänen mielestään ollut riittävä tietokonepelien kattavaan tutkimukseen. Narratiivinen tutkimustapa näkee pelit perinteisen tarinankerronnan ja draaman jatkumona ja seuraavana askeleena. Tähän tutkimustapaaan perustuvia tutkimuksia on tehty paljon, ja niiden voidaan katsoa olevan lähtökohtaisesti hakoteillä [Aarseth, 2003]. Frasca [1999] mukaan tietokonepelit ovat kuitenkin lähtökohtaisesti erilaisia kuin esimerkiksi klassiset kirjallisuuden teokset. Sen sijaan ludologia keskittyy tietokonepeleihin peleinä ja korostaa pelaajan aktiivisuutta.

“Ehdotamme termiä ludologia vielä olemattoman tieteenalan nimeksi, joka tutkii peli- ja leikkiaktiviteetteja”. [Frasca, 1999]. On huomattava, että edellä esitetty ludologian määrittely ei sivuuta aikaisempia peliin ja leikkimiseen liittyviä tutkimuksia ja teorioita ja väitä syntyneensä tyhjästä. Tämä on huomattavissa myös teorian nimessä, jossa elää vahva viittaus edellisessä luvussa esiteltyihin Cailloisin esittämiin teorioihin peleistä ja leikeistä (vrt. ludus – ludologia).

Leikin ja pelien luonteiden eroavaisuudet ja määritelmät ovat taustalla myös ludologian määrittelyssä suhteessa narratiiviseen lähestymistapaan. Pelin eteneminen ja tapahtumat ennalta sovittujen ehtojen ja sääntöjen määräämällä tavalla voidaan katsoa johtavan tietynlaiseen tarinaan, jolla on alku, välitapahtumat ja loppu. Erityisesti seikkailupelien voidaan helposti tulkita noudattavan narratiivista rakennetta, sillä niissähän pelaaja ratkoo ongelmia ja etenee pikkuhiljaa kohti loppuhuipennusta. Ulkopuolinen tarkkailija voi katsella seikkailupeliä, kuin elokuvaa ja todeta siinä olevan juonen ja draaman,

mutta pelikokemus on pelaajalle kuitenkin paljon enemmän kuin pelkkää tarinan katselemista. Pelaajien valinnat vaikuttavat tarinan etenemiseen ja onkin syytä kyseenalaistaa kuuluvatko näistä valinnoista muodostuvat sekvenssit enää tarinan kerronnan piiriin. Pelissä, toisin kuin tarinassa, tapahtumat vaihtelevat ja tapahtumien kulku ja järjestys eivät ole välttämättä ennalta määrättyjä [Frasca, 1999]. On myös huomattava, että vaikka monista peleistä, jalkapallosta seikkailupeleihin, voidaan kirjoittaa pelin kulun tarina (otteluselostus), on myös paljon pelejä joiden kohdalla on vaikea nähdä minkäänlaisia viitteitä tarinan kerrontaan. Matopelin ”sankarin” pyrkimyksestä kasvattaa massaansa ja samalla vältellä ruudun reunoja ei kovin helposti sankaritarinoita kirjoiteta. Samalla lailla monet viimeaikoina yleistyneet pelimuodot, kuten internetissä tapahtuva verkkopelaaminen, kännyköiden matopelit, ja habbohotellit sopivat narratiiviseen ajattelutapaan huonosti. Niissä usein pelaamisen viehätys on nimenomaan lineaarisen tarinan puutteessa ja arvaamattomuudessa, jonka muut verkkopelaajat tuovat mukanaan.

Tietokonepelejä voidaan kuvata interaktiivisiksi fiktioiksi, jotka eroavat perinteisistä kerronnallisista fiktioista [Tavinor, 2005]. Pelien säännöt on sisällytetty peliympäristöön, jonka ominaisuudet rajoittavat henkilöiden toimintoja, mutta pelin moraalisisänsäätö ja toimintatavat luovat nettipeleiden yhteisö, joka kehittää pelien ympärille aivan oman kulttuurinsa arvojärjestyksineen, sääntöineen ja sanontoineen. Useat tietokonepelit on ohjelmoitu siten, että pelaajien kohtaamien vastuksien ja tilanteiden määrä ja ajoitus ovat satunnaisia, joten jokainen pelikerta on oikeasti erilainen. Nämä pelit kuuluvat enemmän leikin (*paidia*), kuin pelien (*ludus*) alueeseen. On siis selvää, että pelien tutkimukseen tarvitaan välineitä, jotka mahdollisimman kattavasti kuvaavat niiden ominaisuuksia ja merkityksiä pelaajille. Seuraavassa luvussa esitellään tapoja pelien analyttiseen arvioimiseen.

3.2. Tietokonepelien analyysimetodit

Konzack [2002] esitti mallin tietokonepelien kriittiseen arvioimiseen ja niiden toimintatapojen parempaan ymmärtämiseen. Hänen mallissaan tietokonepelejä arvioidaan seitsemän tason eli osa-alueen kautta (*Laitteisto, Ohjelmakoodi, Toiminnallisuus, Peliominaisuudet, Tarkoitus, Viitekehys ja Sosiaalikulttuuri*). Ennen pelin analysointia näiden tasojen kautta Konzack ehdottaa yleisen pelikuvauksen tekoa, kokonaisperspektiivin säilyttämiseksi eri osia analysoitaessa. Tämä analyysi tulisi tehdä kahdesta näkökulmasta, virtuaalitalan (*virtual space*) kannalta ja toisaalta pelitalan (*playground*) kannalta. Virtuaalitalalla tarkoitetaan sitä mitä peli itsessään sisältää, minkälainen peliympäristö ”koneen sisällä” on. Pelitala on puolestaan pelin ulkopuolinen

ympäristö, joihin kuuluvat laitteisto, pelaaja ja pelivälineet. Analyysiin voidaan lisätä myös tyypillisen pelitilanteen kuvaus [Konzack, 2002].

Laitteisto, kuvaa paitsi nimensä mukaisesti peliin tarvittavan laitteiston, myös sen minkälaisessa roolissa tietokone on suhteessa pelitilaan.

Ohjelmakoodi, jokaisella tietokonepelillä on ohjelmoitu koodinsa, joka saa sen toimimaan. Tämän tason analyysi on usein vaikeaa, koska lähdekoodi ei ole käytettävissä, mutta tietoa siitä miten tietokoneen logiikka toimii, saadaan muiden tasojen avulla.

Toiminnallisuus, tason analysoitavana on tietokoneohjelman näkyvä toiminta ja reagointi käyttäjän toimiin. Toiminnallisuus taso voidaan jakaa moniin eri alatasoihin, ja analyysiä syventää esimerkiksi dynaamisuuden tai käyttäjätoimintojen suhteen.

Peliominaisuudet, ovat niitä ominaisuuksia, joiden takia kyseinen tietokoneohjelma voidaan luokitella peliksi. Peliominaisuuksia voidaan analysoida osanottajien positioiden (osanottajat, katsojat, tuomarit), pelaajilla käytettävissä olevien resurssien (pelivälineet, toimintamahdollisuudet), edellisessä kappaleessa esiteltyjen *virtuaalitalan* ja *pelitalan*, sekä *ajan* (rajoitettu, rajaamaton), päämäärän (pelin voittotilanne, välitavoitteet), *haasteiden ja esteiden*, pelaajan tietämyksen (avointa, salattua tai satunnaista) ja palkintojen/rangaistusten suhteen.

Tarkoitus- tasolla analysoidaan pelin tarkoituksellisuutta, jota voidaan parhaiten tutkia semiotiikan, pelin merkkien tutkimuksen avulla. Pelit jakautuvat peleihin, joissa pelaamisen tarkoitus ja päämäärät ovat selkeästi havaittavissa ja toisaalta peleihin, joissa ne ovat epämääräisiä tai jopa puuttuvat kokonaan. Peleillä voi olla samat peliominaisuudet, mutta erilaiset ulkonaiset ominaisuudet, jolloin ne muuttuvat merkitykseltään täysin.

Viitekehys – tasolla peli asetetaan pelien viitekehukseen, käyttäen Cailloisin neljää pelikategoriaa: kilpailu, sattuma, huimaus ja mimiikka (kts. kohta 2.2). Viitekehys tarjoaa myös historiallisen perspektiivin analysoitaviin peleihin ja auttaa löytämään niiden suhteen perinteisiin peleihin ja muuhun mediaan. Suurin osa tietokonepelistä perustuu kilpailuun, mutta myös roolipelaaminen (mimiikka) on tärkeässä osassa useimmissa peleissä. Strategia-, simulaatio- ja toimintapelit ovat kilpailuhenkisiä, mutta esimerkiksi seikkailupelit roolipelaamista.

Sosiaalikulttuuri – taso kuvaa kulttuuria, joka on kehittynyt tietokonepelien ympärille. Tämän tason tutkimuksia on tehty paljon esimerkiksi tietokonepelien pelaamisen vaikutuksesta pelaajiin ja lapsiin sekä pelien väkivaltaisuuden vaikutuksista. Pelien ja pelaamisen ympärillä on kehittynyt oma kulttuurinsa ja jokaisen pelin ominaisuuksia voidaan tämän tason

analyysin avulla pohtia laajemmassa sosiaalisessa kontekstissa. [Konzack, 2002].

Näiden tasojen avulla voidaan yksittäinen peli analysoida ja kriittisesti arvioida viimeistä komponenttiaan myöten, samalla ne antavat hyvän perusmallin pelien eri tasoista ja todistavat osuvasti käytännön esimerkkien kautta pelien monitahoisuuden.

On kuitenkin huomattava, että tämä malli, jossa eri tasot nähdään jotakuinkin tasa-arvoisina, saattaa johtaa tutkimusta keskittymään liian laajalle alueelle. Tämän analyysitavan vahvuus voidaankin nähdä nimenomaan sen tarjoamassa käsitelmissä, käytännöllisen analyysioppaan sijaan [Aarseth, 2003]. Aarseth [2003] ehdottaa, että Konzackin luokittelusta käytettäisiin vain kahdesta neljään pääosa-alueita, joihin keskittymällä saadaan parempia analyysijä tutkittavista peleistä.

Pelejä voidaan tutkia suunnittelutasolla, tarkkailemalla muiden pelaajien peliä, tai pelaamalla peliä itse. Pelitutkijan tulisi itse pelata tutkimuksen kohteena olevaa peliä, sillä muuten väärinymmärrysten riski kasvaa [Aarseth, 2003]. Pelin ulkoiset ominaisuudet eivät välttämättä kerro pelin "ideaa" ulkopuoliselle tarkkailijalle. Pelin säännöt ja pelituntuma esimerkiksi simulaatiopeleissä ei välity pelkän tarkkailun avulla. Tutkijan on kuitenkin samalla pohdittava omaa rooliaan objektiivisena tutkijana, sillä tasapainoilu objektiivisuuden ja toisaalta pelin syvällisen ymmärtämisen vaativan omakohtaisen kokemuspohjan välillä voi olla hankalaa.

Pelin tutkimus voidaan ulottaa myös alueille, jotka eivät vaadi pelaamista. Peligenren tuntemus ja sitä myötä samantyyppisten pelien tarjoama tietämys auttavat hahmottamaan peliä. Peleistä on useimmissa tapauksissa saatavilla paljon oheismateriaalia, kuten peliarvosteluja, keskusteluja, pelidokumentaatiota ja tekijöiden haastatteluita. Pelin ulkopuolisia ominaisuuksia tutkittaessa tulisi aina ottaa huomioon pelin pelaajakollektiivi ja sosiaalinen interaktio [Aarseth, 2003].

3.3. Pelaajien motivaatiot ja pelityylit

Pelaajien motivaatio pelaamiseen ja heidän tapansa käyttäytyä pelin aikana on mielenkiintoinen seikka ja antaa perspektiiviä pelaamisen syihin. Pelaamisen motivaatiot voivat vaihdella pelikriitikon työtehtävästä, ja sosiaalisen tai jopa taloudellisen hyödyn tavoittelusta siihen yleisimpään eli ajanvietteeseen ja viihtymiseen

Pelaajat voidaan luokitella pelaajatyyppeihin heidän pelityyliensä mukaan. Jotkut pelaajat tavoittelevat voittoa ja haluavat suorittaa tiettyjä päämääriä pelin sisällä. Toiset taas haluavat etsiä peliympäristön rajoja tai löytää pelistä uusia ulottuvuuksia ja salattuja ominaisuuksia. Sosiaaliset pelaajat pelaavat,

koska nauttivat muiden pelaajien seurasta tai joukkuepelaamisesta. Varsinkin moninpeliympäristöissä ja verkkopeleissä on olemassa myös paljon sellaisia pelaajia, joiden päämotivaatio on aiheuttaa vaikeuksia muiden pelaajien hahmoja tai suoranaisesti tappaa niitä [Bartle, 1996]. Osa pelaajista huijaa itsensä vaikeiden kohtien ja ongelmatilanteiden yli, käyttämällä huijauskoodia tai hyödyntämällä peliin jäänyttä ohjelmointivirhettä [Aarseth, 2003].

Pelaajille yhteistä on heidän eläytymisensä fiktiiviseen pelimaailmaan ja sen maailman ymmärtämiseen. Tämä on tärkeä pelaamisen motivaation lähde, pelaajien yrittäessä käsittää heille tarjotun fiktiivisen maailman sisältöä. Pelimaailma hahmottuu pelaajille usein erehdysten ja onnistumisien avulla muodostettujen yleistyksien perusteella [Tavinor, 2005].

Pelaajia motivoivat tunteet, joita pelimaailmaan eläytyminen ja uppoutuminen eli *immersio* aiheuttaa. Pelaajat voivat hiipiä pelätessään tulevansa vihollisen yllättämiksi. He voivat käyttää niukan tappion aiheuttamaa turhautuneisuutta motivaation lähteenä pinnistelläkseen parempaan tulokseen [Tavinor, 2005]. Turhautuneisuutta ja siitä seuraavia tietynlaisia hermostumisen signaaleja (esimerkiksi nappien painallustiheys, päämäärätön vaeltelu) voidaan käyttää myös hyväksi pelisuunnittelussa, mukauttamalla pelin vaikeustasoa tai tarjoamalla pelaajalle apua ongelmakohdissa [Gilleade and Dix, 2004]. Monet pelit ovat rakentaneet suuren suosionsa yhteisöllisyyden ja siihen liittyvien tunteiden ympärille, tietokonepelien voidaan väittää kasvaneen varteenotettavaksi teollisuudenalaksi pelaajien sosiaalisten verkostojen takia. Hittipelejä ei juuri tarvinnut markkinoida, kun hyvät pelit löysivät kuluttajansa, ja kaikki halusivat pelata niitä. Sosiaaliset aspektit vaikuttavat edelleen pelikulttuurissa, verkkopelit tarjoavat oivan areenan, missä pelaajat voivat mitellä toisiaan vastaan. Suosittujen verkkopelien ympärille on kehittynyt jopa ammattilaisuutta ja pelitalleja.

4. Analyysimetodien käyttö tietokonepelien suunnittelussa

Edellisessä esitetyt luvut tarjoavat hyvän pohjan tavoille, joilla tietokonepelejä voidaan analysoida ja samalla osoittavat jokaiseen peliin liittyvän monia erilaisia ominaisuuksia. Yllä olevat kategorisoinnit eivät varmasti ole täydellisiä, mutta niiden perusteella saa hyvän kuvan siitä, mitä kysymyksiä hyvän pelisuunnittelun tulisi pohtia. Pelisuunnittelussa auttavat varmasti yleinen tietoisuus pelien ja leikkien suhteesta. Pelien suunnittelu ja pelitutkimus ovat yliopistoissa vielä melko näkymättömissä ja pelisuunnittelijat suurelta osin itseoppineita. Mielestäni pelisuunnittelu ja pelitutkimus tulisi

ottaa yleisesti tietojenkäsittelytieteiden opetusohjelmaan, ja tieteenalaa kehittää edelleen.

Tietokonepelien monialaisuus tulee hyvin esille eräästä ehdotuksesta yliopistojen pelikoulutusohjelmien kurssien perusaiheiksi: Pelikritiikki, pelianalyysi ja -historia, pelit ja yhteiskunta, pelisysteemit ja – suunnittelu, tekniset taidot, ohjelmointi ja algoritmit, visuaalinen suunnittelu, äänisuunnittelu, interaktiivinen tarinankerronta, pelaamisen talous ja ihmis- ja prosessisuunnittelu [Aarseth, 2003].

Näiden monitahoisten määrittelyjen avulla voivat pelisuunnittelijat tehdä omista peli-ideoistaan analyyttisen kritiikin ja sen pohjalta löytää mahdollisia puutteita jo ideointi- ja suunnitteluvaiheessa. Analyyttisen kritiikin avulla pelisuunnittelija voi analysoida hyvien pelien ominaisuuksia ja mahdollisesti päätellä, mikä niistä tekee toimivia [Järvinen *et al.*, 2003].

Pelaajien motivaatioiden ja pelityylien eroavaisuuksien huomioonottaminen on myös mielestäni tärkeää jo suunnitteluvaiheessa, sillä pelaajat näkevät usein peleihin jääneet suunnitteluvirheet ja madonreiät kiehtovana mahdollisuutena, kun taas pelisuunnittelijat yrittävät tietenkin kaikin mahdollisin keinoin välttää tuollaisia virheitä [Aarseth, 2003]. Peleihin on kuitenkin varsinaisten bugien lisäksi jo pitkään sisällytetty piilotettuja kenttiä, vaihtoehtoisia reittejä ja oikopolkuja. Uusien hittipelien, kuten Grand Theft Auto, myötä näennäisesti avoimien pelimaailmojen käyttäminen virtuaalitulana on yleistynyt. Pelaajan ei välttämättä tarvitse suorittaa mitään tehtäviä, tai hän saa käyttää niiden suorittamiseen niin paljon aikaa kuin haluaa. Tehtäviä tarjotaan paljon ja niitä ei ole pakko suorittaa tietyssä järjestyksessä. Moni pelaaja tyytyy vaeltelemaan pelimaailmassa uusia ominaisuuksia etsien tai taistellen satunnaisesti vastaan tulevia vastuksia vastaan. Nykypeleistä moni tarjoaa myös käyttäjilleen mahdollisuuden tehdä peliin omia modifikaatioita, ”modeja”. Modien avulla pelaajat voivat suunnitella omia kenttiään, lisätä pelissä saatavilla olevia tarvikkeita, suunnitella omia lisäosia tai parantaa käytettävien objektien ominaisuuksia. Modeilla on myös taloudellista merkitystä, sillä niiden käytön voidaan nähdä pidentävän pelialustan elinaikaa, tästä hyvänä esimerkkinä ovat kolmiulotteiset pelimoottorit, joiden pohjalle on tehty monia visuaaliselta ilmeeltään täysin erilaista peliä [Oliver, 2003].

Pelaajien motivaatioita ja pelityylejä vastaavien ominaisuuksien suunnittelu ja sisällyttäminen peleihin on mielestäni ensiarvoisen tärkeää yritettäessä tehdä peliä, josta mahdollisimman moni innostuu. Hyvä pelikokemus syntyy tarpeeksi motivoivan kilpailutilanteen (*agon*), pelimaailmaan eläytymisen (*mimiikka*), ja arvaamattomuuden (*alea*) yhdistyessä oikeassa suhteessa.

5. Yhteenveto

Pelit ja leikki ovat erottamaton osa kulttuuriamme. Pelaaminen ja leikkiminen eroavat toisistaan jonkin verran, mutta ovat toisiinsa voimakkaasti sidoksissa. Pelit voidaan jakaa neljään kategoriaan niiden hallitsevien ominaisuuksien perusteella. Tämä luokittelu paljastaa myös tietokonepelien ominaisuuksista paljon, ja on hyödyllinen yksittäisen pelin sijoittumista pelikartalla pohdittaessa.

Tietokonepelien tutkimus on tieteenalana vakiintumatonta ja on olemassa tarve yhtenäisen teoreettisen pohjan luomiselle. Tietokonepelien kriittiselle analyysille on olemassa malleja, joiden avulla pelisuunnittelu voi kehittyä vastaamaan paremmin pelaajien tarpeita. Nämä mallit ovat kuitenkin vielä hiomattomia ja niiden lopullisesta merkityksestä ei vielä ole tietoa. Tulevaisuudessa näistä malleista voisi olla mahdollista kehittää selkeä suunnitteluopas, joka poistaisi tarpeen analyysille kehitysvaiheessa ja jonka pohjalta pelisuunnittelu voisi tapahtua.

Viiteluettelo

- [Aarseth, 2003] Espen Aarseth, Playing research: methodological approach to game analysis. In: Proceedings of MelbourneDAC, the 5th International Digital Arts and Culture Conference, 1-7. Also available as <http://hypertext.rmit.edu.au/dac/papers/Aarseth.pdf> (7.3.2006).
- [Bartle, 1996] Richard Bartle, Hearts, clubs, diamonds and spades: players who suit muds. Also available as <http://www.mud.co.uk/richard/hclds.htm> (18.5.2006).
- [Caillois, 2001] Roger Caillois, Man, Play and Games. University of Illinois Press; Reprint edition, 2001, alkuperäinen teos 1958.
- [Frasca, 1999] Gonzalo Frasca, Ludology meets narratology: similitude and difference between (video)games and narrative. Also available as <http://www.ludology.org/articles/ludology.htm> (17.4.2006).
- [Gilleade and Dix, 2004] Kiel M. Gilleade and Alan Dix, Using frustration in the design of adaptive videogames. In: *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 74* (2004), 228-232
- [Holmes, 2003] Tiffany Holmes, Arcade classics spawn art? current trends in the art game genre. In: Proceedings of MelbourneDAC, the 5th International Digital Arts and Culture Conference, 46-52. Also available as <http://hypertext.rmit.edu.au/dac/papers/Holmes.pdf> (7.3.2006).

- [Huizinga, 1971] Johan Huizinga, *Homo Ludens, a study of the play element in culture*. Beacon Press, 1971, alkuperäinen teos 1950.
- [Järvinen *et al.*, 2003] Aki Järvinen, Satu Heliö ja Frans Mäyrä, *Communication and community in digital entertainment services, prestudy research report*. Tampere University Press, Hypermedialaboratorion verkkojulkaisuja - Hypermedia Laboratory Net Series; 2, 2002. Myös <http://tampub.uta.fi/tup/951-44-5432-4.pdf> (7.3.2006).
- [Järvinen ja Sotamaa, 2002] Aki Järvinen ja Olli Sotamaa, *PENA, rahapelaamisenhaasteet digitaalisessa mediassa*. Tampere University Press, Hypermedialaboratorion verkkojulkaisuja - Hypermedia Laboratory Net Series; 1, 2002. Myös <http://tampub.uta.fi/tup/951-44-5411-1.pdf> (7.3.2006).
- [Kasvi, 1999] Jyrki J.J. Kasvi, *Pelit, pelaaja ja yhteiskunta*. Teoksessa: Timo Honkela(toim.), *Pelit, Tietokone ja Ihminen*. Suomen Tekoälyseura ry, 1999, 135-142.
- [Konzack, 2002] Lars Konzack, *Computer Game Criticism: A Method for Computer Game Analysis*. In: *CGDC Conference Proceedings, Frans Mayra (ed.)*, Tampere University Press, 2002, 89-100. Also available as <http://www.vrmedialab.dk/~konzack/tampere2002.pdf> (7.3.2006).
- [Oliver, 2003] Julian Oliver, *Developers in exile: why independent game development needs an island*. In: *Proceedings of MelbourneDAC, the 5th International Digital Arts and Culture Conference*, 155-159, Also available as <http://hypertext.rmit.edu.au/dac/papers/Oliver.pdf> (7.3.2006).
- [Rieber, 1996] Lloyd P. Rieberin kotisivu, *Seriously Considering Play*, Also available as <http://it.coe.uga.edu/~lrieber/play.html> (7.3.2006).
- [Saarikoski, 2002] Petri Saarikoski, *Kansainvälisen pelitutkimuksen merkkitapauksia Wider Screen*, nro 1/2002, Myös http://www.widerscreen.fi/2002/1/kansainvalisen_pelitutkimuksen_merkkitapauksia.html (17.4.2006).
- [Seppänen, 1999] Jouko Seppänen, *Pelit, peliteoria ja tietokonepelit, keksintö-, kulttuuri- ja oppihistoriaa*. Teoksessa: Timo Honkela(toim.), *Pelit, Tietokone ja Ihminen*. Suomen Tekoälyseura ry, 1999, 13-69.
- [Tavinor, 2005] Grant Tavinor, *Video games, fiction, and emotion*. In: *ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 123(2005)*, 201-207
- [Wikipedia, 2006] *Ludology*, <http://www.wikipedia.com> (17.4.2006).

Julkishallinnon sähköisten palvelujen arviointi ja kehittäminen mallien avulla

Sirkka Ylander

Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa luodaan katsaus erilaisiin sähköisen hallinnon luokittelumalleihin ja pohditaan niiden käyttöä arvioinnin ja kehittämistyön apuvälineinä. Tutkimukseen on liitetty myös muutamia asiaa selventäviä esimerkkejä. Aihetta on kartoitettu käymällä läpi lähiaikoina tehtyjä tutkimuksia ja selvityksiä sekä julkishallinnon verkkopalveluita.

CR-luokat: J.1, C.4

1. Johdanto

Julkishallinnon sähköisiä verkkopalveluita alettiin toteuttaa Suomessa 1990-luvun puolivälissä. Nyt kaikki Suomen kunnat palvelevat verkossa omilla www-sivuillaan. Ensimmäiset kuntasivut julkisti Oulun kaupunki vuonna 1994, ja vuonna 2004 viimeisetkin Suomen 444 kunnasta palvelivat asukkaitaan Internetissä [Kuntaliiton tiedote, 2006]. Verkkopalvelut kehittyvät iän myötä: ensimmäisenä palveluna näkyy tyypillisesti informaation tarjoaminen www-sivuilla. Kehittyessään palvelut muuttuvat interaktiivisiksi, eri osapuolia laajasti hyödyttäviksi palvelukokonaisuuksiksi.

Sähköinen hallinto (*eGovernment*) on tärkeässä kehitysvaiheessa. Julkishallinnon organisaatiot ovat ajan myötä kypsyneet online-palveluja tarjoaviksi palveluorganisaatioiksi. Nyt julkishallintoa kannustetaan sähköisen hallinnon kehittämiseen mm. hallituksen tietoyhteiskuntaohjelman kautta sekä antamalla suosituksia palvelujen sisällöistä.

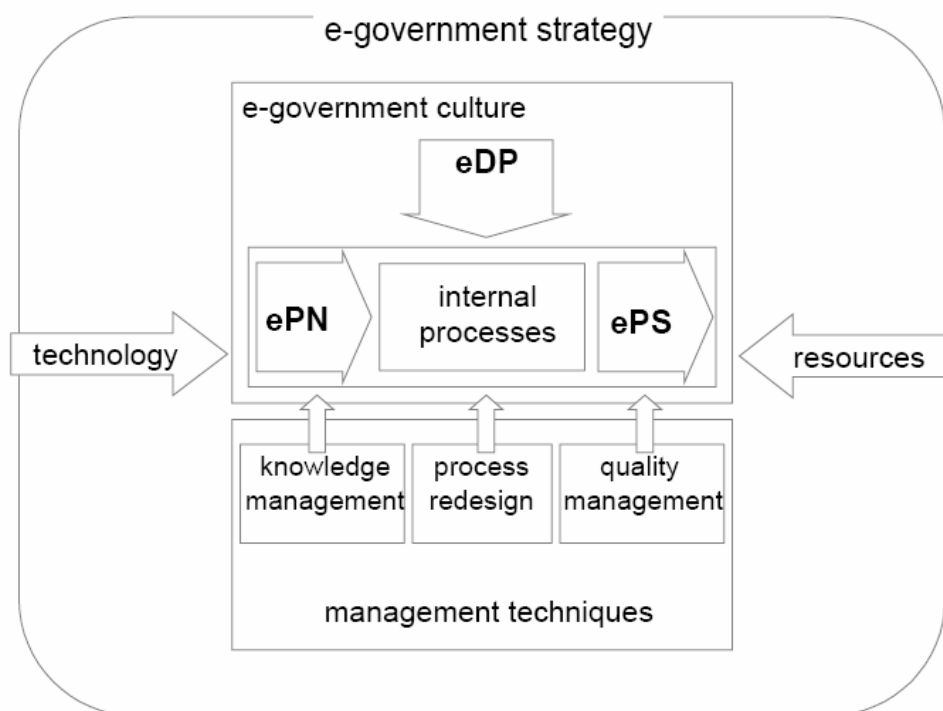
Sähköisen hallinnon tutkimukseen ei ole vielä kehittynyt teoreettista viitekehystä, mutta joitakin malleja ja kriteerejä on mahdollista tarkastella arvioinnin ja kehittämistyön yhteydessä. Tässä tutkimuksessa on kartoitettu näitä malleja sekä pohdittu niiden merkitystä kehittämistyön apuvälineinä.

Luvussa kaksi tutustutaan sähköisen hallinnon käsitteeseen, luvussa kolme esitellään muutamia luokittelumalleja ja luvussa neljä tarkastellaan näitä malleja arviointi- ja kehittämistyön näkökulmasta. Yhteenvedossa kootaan yhteen tutkimuksessa käsitellyt asiat.

2. Sähköinen hallinto - eGovernment

Sähköinen hallinto on tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämistä julkishallinnon toimintojen ja hallinnon prosessien parantamisessa, julkisen tiedon ja palvelujen jakamisessa ja kansalaisten osallistumisessa [Curtin et al., 2003]. Sähköisen hallinnon tavoitteena on tehostaa julkishallinnon sisäisiä ja ulkoisia toimintoja [Schedler and Scharf, 2001].

Schedlerin ja Scharfin [2001] esittämässä e-Government -viitekehysmallissa (kuva 1) erotetaan toisistaan neljä kulttuurin aluetta: Sähköinen demokratia (*eDemocracy*) ja osallistuminen (kuvassa 1 eDP) viittaa poliittisen päätöksentekoprosessin sähköistämiseen, josta esimerkkinä mainittakoon sähköinen äänestys (*eVoting*) tai sähköiset vaikuttamisfoorumit. Sähköiset tuotantoverkostot -termi (kuvassa 1 ePN) viittaa yksityisen ja julkisen sektorin tuotannolliseen yhteistyöhön, esimerkiksi ekstranet-verkkoihin tai elektroniseen hankintaprosessiin (*eProcurement*). Sähköiset julkiset palvelut (kuvassa 1 ePS) viittaa julkisten palvelujen sähköiseen tarjontaan, johon sisältyy suurin osa sähköisistä asiointipalveluista. Viitekehysmallin keskiössä ovat organisaation sisäiset prosessit, joissa sähköisiä palveluja hyödynnetään. Kuvan alimmassa osassa kuvataan johtamismenetelmät, jotka vaikuttavat sähköisen hallinnon kehittämisen taustalla. [Schedler and Scharf, 2001]



Kuva 1. eGovernment-viitekehys [Schedler and Scharf, 2001].

Viitekehukseen on otettu mukaan organisaation sisäiset tietojärjestelmät (*Back-office*), jotka vaikuttavat asiointiratkaisujen taustalla sekä ulkoiset, asiakkaalle näkyvät tietojärjestelmät ja asiointiratkaisut (*Front-office*). Muut sidosryhmät ja organisaatiot liittyvät kuviossa esitettyihin nuoliin kyseisten osa-alueiden käyttäjinä.

Erittäin tärkeä tekijä sähköisen hallinnon tulevaisuuden kannalta on mielestäni kulttuuri (*e-government culture*), sikäli kun sillä viitataan koko organisaation valmiuteen olla mukana kehityksessä ja tukea palvelujen kehittämistä ja käyttöönottoa.

3. Sähköisen hallinnon luokitteluja

Sähköisen hallinnon ratkaisuja voi luokitella monin eri tavoin: kypsyys-tai kehitystason perusteella, kohderyhmän perusteella tai vaikkapa laatukriteereillä. Tasomalleja, joiden avulla erilaisia ratkaisuja voitaisiin luokitella löytyi useita ja tässä tarkastelen niistä muutamaa, joista löytyy hivenen eroavaisuuksia. Useimmat tasomallit ovat lähes toistensa kopioita, eroja on usein vain termien valinnassa. Lisäksi esittelen tässä luvussa kohderyhmien mukaisen luokittelun. Laadun tarkastelu ja mittaaminen on yksi tapa luokitella palveluja ja siihen löytyy monia apuvälineitä verkosta: laatukriteeristöjä, ohjeistoja ja tarkistuslistoja. Niitä en kuitenkaan sisällytä tähän tutkimukseen.

3.1. Tasoluokitteluja

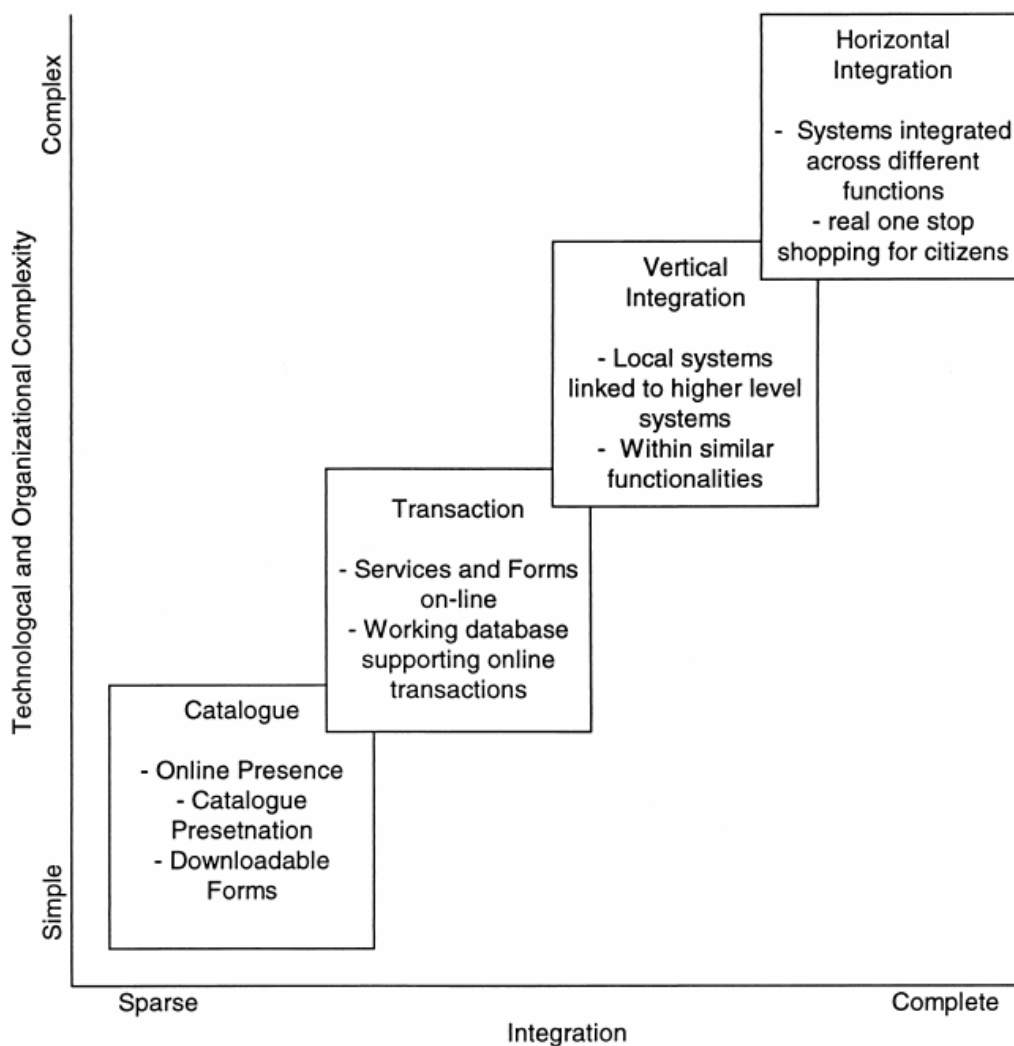
Sähköisen hallinnon ratkaisujen yksi luokittelutapa on tasomallit. Tässä yhteydessä on esitelty kolme mallia: Laynen ja Leen malli, Singaporen malli ja YK:n malli. Mallien erot ovat näkökulmassa: onko palvelun luokittelussa painotettu käyttäjän näkökulmaa vai organisaation prosesseja. Tasomallit ovat käyttökelpoisia palvelujen arvioinnissa ja kehittämissuunnitelmia laadittaessa.

3.1.1. Laynen ja Leen neljän kehitystason malli

Karen Layne ja Jungwoo Lee [2005] ovat kehittäneet sähköisen hallinnon kehitystä kuvaavan tasomallin havainnoimalla ja tutkimalla yhdysvaltalaisia sähköisen hallinnon ratkaisuja. Mallia voi soveltaa sähköisen hallinnon ratkaisujen luokitteluun myös muissa valtioissa ja kaikilla eri hallinnon tasoilla: paikallisella, alueellisella ja valtion tasoilla. Luokittelussa on arvioitu ratkaisujen teknistä, organisationaalista ja liikkeenjohdollista käyttökelpoisuutta. [Layne and Lee, 2005]

Mallista puuttuu käyttäjän näkökulma, joka on mielestäni erittäin tärkeä aspekti sähköisen hallinnon, kuten minkä tahansa tietojärjestelmän kehittämisessä.

Eri kehityksen tasoja Laynen ja Leen mallissa (kuva 2) on neljä: Luettelo (*Catalogue*), Transaktio (*Transaction*), Vertikaalinen integraatio (*Vertical Integration*) ja Horisontaalinen integraatio (*Horizontal Integration*). Siirryttäessä tasoissa alhaalta ylöspäin kasvavat sekä integraation tarve että teknologinen ja organisaationaalinen monimutkaisuus.



Kuva 2. Sähköisen hallinnon kehitystasot ja ulottuvuudet [Layne and Lee, 2005].

Luetteloinnilla tarkoitetaan läsnäoloa ja informaation tarjoamista verkossa. Tämän tason ratkaisuissa voi sivuilla olla staattisen informaation lisäksi tulostettavia lomakkeita. Transaktio-tasoiselta palvelulta edellytetään, että kansalaiset voivat ottaa yhteyden palvelun kautta julkishallinnon tietojärjestelmiin ja jättää esimerkiksi hakemuksen järjestelmään. [Layne and Lee, 2005]

Transaktio-tasolla palvelua tarjoavan organisaation henkilökunnan ei tarvitse olla tietojen syöttämisvaiheessa prosessissa mukana millään tavalla,

koska kommunikointi tapahtuu käyttäjän ja palvelun tarjoajan tietoteknisten järjestelmien välillä.

Vertikaalisella ja horisontaalisella integraatiolla viitataan integraatioon organisaatioiden välillä. Tavoitteena on, että hallinnon erilliset osastot ja hallinnon eri tasot voisivat kommunikoida keskenään järjestelmätasolla, voitaisiin esimerkiksi tehdä tietojen tarkistuksia järjestelmien välillä. Vertikaalinen integraatio viittaa eri hallinnon tasojen – paikallisen, alueellisen ja valtion - väliseen integraatioon. Horisontaalinen integraatio puolestaan tarkoittaa integraatiota hallinnon erillisten toimialojen tai osastojen välillä. [Layne and Lee, 2005]

Esimerkkinä jälkimmäisestä voisi olla vaikkapa veroviranomaisen ja työvoimaviranomaisen kesken tapahtuva tiedonvälitys.

Vertikaalinen integraatio on mallissa kuvattu ennen horisontaalista, koska se on helpompi toteuttaa kuin horisontaalinen ja näin ollen myös toteutuu ennen horisontaalista integraatiota [Layne and Lee, 2005]. Kumpaankaan integraatiotasoon ei ole Laynen ja Leen [2005] mukaan vielä päästy. Suomessa on kuitenkin yritetty päästä integraatioiden tasolle jo pitkään. Esimerkiksi Hämeessä pohdittiin matkailuun liittyvää vertikaalista integraatiota jo vuonna 2000 seutukunnan, maakunnan ja valtion tietojärjestelmien välillä jopa EU:n tasolle asti. Toteutukseen asti ei koskaan päästy. Tällaiset hankkeet voivat kariutua järjestelmien yhteensopimattomuuteen, rahoituksen jyvittämiskiistoihin tai näennäisesti erilaisiin tarpeisiin eri organisaatioissa. Jälkimmäisellä viitataan siihen, että toisessa organisaatiossa voidaan arvottaa jotkin järjestelmän ominaisuudet hyvin eri tavoin kuin toisessa ja näistä asioista ei välttämättä päästä yksimielisyyteen.

Suomessa on kuitenkin jo olemassa integroituja ratkaisuja. Esimerkiksi monilla seuduilla Suomessa on toteutettu kirjastojen yhteisjärjestelmiä (mm. <http://www.lounakirjastot.fi>, <http://loisto.kirjas.to>, <http://kirjasto.tampere.fi/piki/>), joihin on keskitetty usean kunnankirjaston aineistot. Kyseessä ovat siis samat hallinnonalat eli kirjastot ja myös sama hallinnon taso eli paikallistaso. Onko kyseessä vertikaalinen vai horisontaalinen integraatio? Integraatio on horisontaalinen siinä mielessä, että se on toteutunut rinnakkaisten osastojen välillä. Ratkaisu ei kuitenkaan ole horisontaalinen siksi, että horisontaalisen integraation tunnusmerkkinä on eri hallinnon toimialojen yhdistäminen, tässä on kyse saman alan, kirjaston, järjestelmien integraatiosta. Ehkä voisi ajatella, että integraation myötä on syntynyt uusi hallinnon taso kirjastoihin, seudullinen kirjasto. Integraatio on siis vertikaalista, mutta eri hallinnon tasot ovat syntyneet vasta integraation myötä.

Kuvassa 1 esitetyn viitekehysmallin osa-alueista Laynen ja Leen tasomalli kattaa vain seuraavat osa-alueet: sähköiset julkiset palvelut (ePS) ja sisäiset prosessit.

3.1.2. Singaporen kehitystasomalli

Singaporessa laadittiin vuonna 2000 toimenpideohjelma, joka toimii sähköisen hallinnon strategiapaperina [Siew Siew and Leng, 2003]. Samalla kehitettiin neljän tason kehitystasomalli julkishallinnon organisaatioiden kehitystyötä ohjaamaan.

Singaporen mallin tasot ovat 1. julkaiseminen (*publish*), 2. vuorovaikutus (*interact*), 3. transaktio (*transact*) ja 4. integraatio (*integrate*). Julkaiseminen on yksisuuntaista: käyttäjä vastaanottaa informaatiota online-palvelusta, mutta ei voi vaikuttaa tai toimia palvelussa mitenkään itse. Interaktio ja transaktio ovat kaksisuuntaisia malleja, joiden ero on siinä, että vain transaktio-tasoisien palvelun kautta voidaan prosessi (esimerkiksi hakemusprosessi) saattaa myös päätökseen sähköisesti. Interaktiossa prosessin voi käynnistää, mutta osa prosessista tapahtuu perinteisin menetelmin toimistossa. Integraatiolla kyseisessä mallissa tarkoitetaan kaksisuuntaista toimintaa, jossa käyttäjä voi toimittaa useita transaktioita yhdellä kirjautumisella, yhden käyttöliittymän kautta. [Siew Siew and Leng, 2003]

Singaporen malli on hyvin samankaltainen kuin Laynen ja Leen malli. Singaporen mallissa ei kuitenkaan oteta kantaa organisaation sisäisiin prosesseihin siten kuin Laynen ja Leen mallissa on otettu, kuten integraation tarpeeseen. Mallissa pyritäänkin luokittelemaan käyttäjälle näkyvät osat asiointipalveluista. Jos mallia vertaa kuvan 1 viitekehysmalliin, näyttäisi se kattavan viitekehuksesta vain osa-alueen sähköiset julkiset palvelut (ePS).

3.1.3. YK:n laatimat sähköisen hallinnon viisi kehityksen tasoa

Yhdistyneet kansakunnat on julkaissut viimeksi vuonna 2005 arviointiraportin jäsenvaltioidensa sähköisen hallinnon tilasta ja tietoyhteiskunnallisista valmiuksista. Arviointimittariksi on laadittu viisitasoinen sähköisen hallinnon kehitysvaiheita kuvaava malli. Tässä mallissa tasot ovat seuraavat [UN, 2005]:

I. Lisääntyvä läsnäolo (*Emerging presence*)

Ensimmäisen tason ratkaisuisissa julkaistaan informaatiota online-sivustolla. Informaatio on rajoittunutta, staattista perusinformaatiota.

II. Parantunut läsnäolo (*Enhanced presence*)

Toisen tason ratkaisussa julkishallinnon organisaatio tarjoaa edellistä monipuolisempaa sisältöä verkossa. Tarjolla on päätöksiä, lakeja ja säädöksiä sekä selailtavia tietokantoja. Palvelussa on myös hakua helpottavia toimintoja ja opasteita.

III. Vuorovaikutteinen läsnäolo (*Interactive presence*)

Palveluun on toteutettu vuorovaikutteisuutta kuten ladattavia lomakkeita ja esimerkiksi videoesityksiä. Viranhaltijoiden sähköpostiosoitteet on julkaistu sivuilla ja sitä kautta voi olla yhteydessä viranomaisiin. Palvelun päivitys on säännöllistä.

IV. Transaktiot mahdollistava läsnäolo (*Transactional presence*)

Palvelu on aidosti kaksisuuntainen: kuntalaiset voivat tunnistautua ja esimerkiksi maksaa palveluita verkossa.

V. Verkostoitunut läsnäolo (*Networked presence*)

Viidennelle tasolle yltävät kehittyneimmät ratkaisut. Julkishallinto tarjoaa online-palvelussaan kaikille sidosryhmilleen esimerkiksi vaikuttamisfoorumeita, verkkoneuvontaa ja -konsultaatiota ja tukee täten avointa keskustelua ja demokratiaa.

YK:n mallissa on otettu paremmin huomioon sähköisen hallinnon palvelujen taustalla vaikuttavat prosessit ja käytettävyys kuin kahdessa aiemmin esitetystä tasomallissa. Tämän mallin avulla olemassa olevien palvelujen arviointi ja luokittelu on helpompaa, kun eri tasojen yhteyteen on liitetty konkreettisia esimerkkejä kyseisen tasoisen palvelun sisällöistä. Myös kuvassa 1 esitetyn viitekehysmallin osa-alueet ovat paremmin tunnistettavissa tästä mallista kuin kahdesta aiemmin esitetystä.

3.2. Kohderymän mukainen luokittelu

Sähköisen hallinnon ratkaisuja voidaan luokitella muillakin kuin edellä mainituilla kehitystasokriteereillä. Tosiasiallisesti luokittelua voi tehdä hyvinkin monin tavoin. Tässä olen kuitenkin tarkastellut tasomallien lisäksi vain kohderyhmäluokittelua, johon on myös viitattu monissa lähteissä.

Sähköisen hallinnon palvelujen kohderymän mukaan voidaan erottaa kolme eri luokkaa: Kahden hallinnon organisaation välinen palvelu (*A to A, G2G, Administrator/Government to Administrator/Government*), hallinnon ja kansalaisen välinen palvelu (*A to C, G2C, Administrator/Government to Citizen*) sekä hallinnon ja liike-elämän välinen palvelu (*A to B, G2B, Administrator/Government to Business*). [Holmes, 2003; Hung et al., 2006; Lee et al., 2005]

Kahden hallinnon organisaation välinen palvelu (*A to A*) voi olla esimerkiksi intranet- tai ekstranet-tyyppinen palvelukokonaisuus. Palvelussa voi olla toimintoja erilaisiin tarkoituksiin: kommunikointiin, tiedon jakamiseen ja yhteistoiminnallisuuteen sekä yhden hallinnon organisaation sisällä että eri organisaatioiden välillä [Holmes, 2003, s 6]. Yksi tärkeä kehityskohde tällä alueella Suomessa on luottamushenkilöille tarjolla olevat verkkopalvelut. Kuntien sisäisiä intranet-palveluita on toteutettu jonkin verran, mutta

organisaation ulkopuolelle ulottuvia ekstranet-palveluita ei juurikaan julkishallinnolla Suomessa vielä ole käytössä.

Hallinnon ja kansalaisen välisten palvelujen (*A to C*) kehittäminen vaikuttaa olevan erittäin tärkeä kehityskohde sähköisen hallinnon alalla tällä hetkellä. Näissä palveluissa on kyse julkishallinnon vuorovaikutteisista palveluista ja asiointiprosesseista. Kansalaiselle tarjottavissa palveluissa korostuvat erityisesti käyttäjän käsitykset palvelun hyödyllisyydestä, helppokäyttöisyydestä, käytön riskeistä ja luottamuksesta sekä ulkoiset seikat (esim. tietokoneen käyttömahdollisuus) ja käyttäjän tietotekniset taidot [Hung et al., 2006].

Hallinnon ja liike-elämän väliset sähköiset palvelut (*A to B*) voivat Holmesin [2003, s 6] mukaan parantaa yhteistoimintatapoja liike-elämän kanssa. Hallinnossa voitaisiin esimerkiksi hankinnat tehdä sähköisesti (*eProcurement*). Esimerkkejä liike-elämälle toteutetuista sähköisen hallinnon palveluista Suomessa ovat yrityksen verotietojen ilmoittaminen sähköisesti (<http://www.vero.fi/>) sekä hankintojen toteuttaminen verkkopalvelua hyödyntämällä (http://www.nurmijarvi.fi/ajankohtaista/fi_FI/tarjouspyynnnot/).

Edellä mainittujen kolmen kohderyhmän lisäksi tässä yhteydessä voidaan tarkastella kahta muuta ulottuvuutta: Organisaation järjestelmien sisäistä tehokkuutta ja vaikuttavuutta sekä infrastruktuurin kattavuutta. Sisäisellä tehokkuudella viitataan työntekijöille tarjottaviin organisaation sisäisiin palveluihin sekä sisäisten järjestelmien yhteentoimivuuteen. Infrastruktuurin kattavuudella puolestaan viitataan prosesseja helpottaviin asioihin kuten tunnistamisratkaisuihin. [Lee et al., 2005]

Kuvan 1 viitekehysmalliin verrattuna kohderyhmäluokittelussa tulee hyvin huomioitua kaikki kuvassa esitetyt osa-alueet. Leen, Tanin ja Trimmin [2005] mainitsevat sisäinen tehokkuus ja infrastruktuurin kattavuus tuovat kuvan 1 viitekehysmallista mukaan myös johtamismenetelmät.

Kaikki tässä kappaleessa tarkastelemani viisi ulottuvuutta on koottu yhteen Leen, Tanin ja Trimmin [2005] artikkelissa olevaan taulukkoon, joka on johdettu eEurope Action Plan 2002 -asiakirjasta. Taulukko on mielenkiintoinen esitys sähköisen hallinnon kategorioista, joiden rinnalla on tarkasteltu liike-elämässä käytettyjä järjestelmiä kuten asiakkuuksien hallintajärjestelmä (CRM) ja tuotannon järjestelmät (SCM ja ERP) (kuva 3).

E-government category	Business metaphor	Description	Sub-category	Example practice
Government to citizens (G2C)	Customer Relationship Management (CRM)	Providing opportunities for greater citizen access to and interaction with the government	Managerial interaction	Government's informational Web sites
			Consultative interaction	E-voting, instant opinion polling
Government to businesses (G2B)		Seeking to more effectively work with businesses	Businesses as suppliers of goods or services	Government's e-procurement
			Businesses as regulated economic sectors	Electronic filing with various government agencies
Government to government (G2G)	Supply Chain Management (SCM)	Enabling government agencies at different levels to work more easily together	Vertical integration	Sharing a database among agencies within the similar functional walls but across different levels of government
			Horizontal integration	Sharing a database among agencies at the similar levels of government but across different functions
Government internal efficiency and effectiveness (IEE)	Enterprise Resource Planning (ERP)	Focusing on internal efficiency and effectiveness	Government to employee	Web-based payroll/health benefits system
			Integrating internal systems	Implementing ERP-like systems to integrate different functions within a single agency
Overarching Infrastructure (Cross-cutting)	Enterprise Application Integration (EAI)	Facilitating the interoperability across different practices	Hardware and software interoperability	Public-key Infrastructure Interoperability
			Authentication	e-Authentication across different e-government initiatives

Kuva 3. Sähköisen hallinnon kategoriat [Lee et al., 2005].

Kuvan 3 taulukossa kansalaiselle ja liike-elämälle kohdennetut sähköisen hallinnon palvelut on rinnastettu asiakkuuksien hallintajärjestelmiin (CRM). Käytännön ratkaisuina ovat esimerkiksi organisaation www-sivut tai sähköisesti toteutettu hankintaprosessi. Kahden hallinnon organisaation välinen palvelu rinnastetaan toimitusketjun hallintajärjestelmiin (SCM) ja käytännön sovellutuksia ovat mm. integraatoratkaisut esimerkiksi tietokantojen välillä (vrt. Laynen ja Leen malli). Sisäiseen tehokkuuteen rinnastetaan toiminnanohjausjärjestelmät (ERP) ja esimerkkeinä tästä mainitaan web-pohjaiset henkilökuntaetuisuuksien jakelutavat sekä yhden toimiston sisällä toteutetut toiminnan ohjaukseen liittyvät integrointiratkaisut. Infrastruktuurin kattavuus rinnastetaan yrityksen sovellusintegraatioon. Esimerkkinä mainitaan tunnistamisratkaisut kuten PKI.

4. Luokittelujen käyttö arvioinnissa ja kehittämistyössä

Edellä esitetyt mallit ovat hyviä apuvälineitä sähköisen hallinnon palvelujen arvioinnissa ja kehittämisessä. Tasomallien avulla voidaan luokitella palveluja ja arvioida niiden kehitystasoa. Kehittämissuunnitelmaan voidaan kirjata toimenpiteet ylempien tasojen saavuttamiseksi, kun ensin on luokiteltu palvelu tietyllä tasolle. Kohderyhmäluokittelu auttaa puolestaan laatimaan palvelut

juuri kohderyhmälle sopiviksi. Kohderyhmäluokittelun avulla voidaan myös arvioida palvelujen kehitystasoa ja tarkoituksenmukaisuutta aivan kuten tasomallienkin avulla.

4.1. Arviointi tasomallien avulla

Tasomalleja hyödynnetään palvelujen arvioinnissa ja vertailussa. Palvelu tyypillisesti käydään läpi eri näkökulmista ja se voidaan sijoittaa jollekin tasolle valitussa tasomallissa. Kehittämissuunnitelmaan kirjataan, millä aikataululla ja miten saavutetaan ylemmät tasot. Sähköistä hallintoa kehitetään siis tasomallin mukaisesti alhaalta ylöspäin. Yleensä organisaatiot aloittavat sähköisten palvelujen kehittämisen tarjoamalla verkossa asiakkaalle hyödyllistä informaatiota. Tästä edetään askel askeleelta kohti täydellistä vuorovaikutusta verkossa.

Nykyiset sähköisen hallinnon palvelut maailmalla ovat enimmäkseen alimpien tasojen ratkaisuja, esimerkkinä voi mainita kuntien informatiiviset verkkosivut ja tulostettavat lomakepohjat. Keskitason ratkaisut vaativat käyttäjän tunnistamisen ja tällöin tietoturvaratkaisujen tulee olla kehittyneitä. Käyttäjätunnistukseen perustuvia palveluita on Suomessa muutamia – lähinnä valtionhallinnossa – kuten opintorahan olosuhdemuutosilmoitus (<http://www.kela.fi/in/internet/suomi.nsf/NET/160104104919IL?OpenDocument>) ja verohallinnon tarjoamat Tyvi-palvelut yrittäjille (<http://www.vero.fi/>).

Ylimpien tasojen ratkaisut ovat integroituja ja kehittyneitä. Luonnollisesti nämä ratkaisut täyttävät myös alempien tasojen kriteerit. Tällaisia ratkaisuja ovat Suomessa edellä mainitut kirjastopalvelut ja sähköinen muuttoilmoitus (<http://www.posti.fi/muuttoilmoitus/>). Muuttoilmoituksessa annetut tiedot päivittyvät automaattisesti useiden organisaatioiden järjestelmiin. Kyseinen ratkaisu täyttää siinä mielessä Laynen ja Leen [2005] horisontaalisen integraatioratkaisun kriteerit.

Eräs kehittyneimpien ratkaisujen perusta voi olla portaali. Se on verkkopalvelukokonaisuus, johon on koottu esimerkiksi seudullisesti julkishallinnon palvelut yhteen osoitteeseen (<http://www.loimaanseutu.fi/>, <http://www.ekarjala.fi/>). Tavoitteena on luoda käyttäjälle yksi näkymä, jonka kautta on käytettävissä monta eri organisaation tai eri kehitystason palvelua. Suomessa portaalit ovat useimmiten vielä alemmilla kehitystasoilla, mutta nykyiselläänkin nämä ratkaisut luovat hyvän pohjan jatkokehitykselle.

Tässäkin tutkimuksessa esiteltyjä tasomalleja käytetään usein apuna sähköisen hallinnon palvelujen arvioinnissa ja keskinäisessä vertailussa. Esimerkiksi YK [UN, 2005] on arvioinut jäsenvaltioidensa kypsyytensä laatimansa tasomallin perusteella sekä tilastotietoja laskemalla. Kuvassa 4 on

listattu viimeisimmässä arvioinnissa kymmenen parhaiten menestynyttä valtioita. Parhaimmalla kehitystasolla ovat Pohjois-Amerikan ja Euroopan valtiot. Heikoimmin menestyneitä ovat Afrikan valtiot, joiden indeksiluvut ovat jopa nolla tai ylittävät sen vain muutamalla sadasosalla.

	<i>Country</i>	<i>Index</i>
1	United States	0.9062
2	Denmark	0.9058
3	Sweden	0.8983
4	United Kingdom	0.8777
5	Republic of Korea	0.8727
6	Australia	0.8679
7	Singapore	0.8503
8	Canada	0.8425
9	Finland	0.8231
10	Norway	0.8228

Kuva 4. YK:n edistyneimmät jäsenvaltiot kehitystasomittarin mukaan [UN, 2005]

4.2. Kohderyhmäperustainen kehittäminen

Kohderyhmä on tärkeää tunnistaa palvelua suunniteltaessa ja kehitettäessä. Tunnistamisen lisäksi vaaditaan kohderyhmätutkimusta: Esimerkiksi Taiwanissa on tehty kohderyhmälle suunnattu kysely, ja siitä tehty analyysi on tuottanut arvokasta tietoa kansalaisille suunnattujen palvelujen (G2C) kehittämistarpeista [Hung et al., 2006]. Suomessa kansalaisten tarpeiden tieteellistä tutkimusta sähköisen hallinnon palvelujen kehittämisen tueksi ei liene olemassa. Muutamia julkishallinnon omia kyselytutkimuksia kylläkin löytyy, kuten iTEST Oy:llä teetetyt asiakastyytyväisyyskyselyt (www.itest.fi/). Lisäksi verkkopalveluista kerätään jatkuvasti palautetta esimerkiksi palautelomakkeilla.

Kahden muun kohderyhmän (G2G ja G2B) tutkimusta en ole toistaiseksi löytänyt. Todennäköisesti ne vähäiset tutkimukset, joita aiheesta on tehty, ovat kohdistuneet kansalasiin.

Kohderyhmäajattelussa korostuvat siis käyttäjien tarpeet. Erilaisten käytettävyydetutkimusten tulokset, joita on olemassa runsaasti, ovatkin erittäin käyttökelpoisia kehittäjien työn apuvälineinä. Myös erilaiset laatukriteeristöt, esimerkiksi Laatu Verkko -hankkeessa (www.laatuverkko.fi) kehitetty kriteeristö, ovat hyviä apuvälineitä.

Sähköisen hallinnon kategorioissa (kuva 3) mainittu sisäinen tehokkuus ja myös infrastruktuuri ovat tärkeitä näkökulmia palvelujen laadun kehittämisessä tulevaisuudessa. Kehittämistarpeita on vielä paljon mm. seuraavilla alueilla: tiedon laatu, työntekijöiden sitouttaminen, hallinnolliset prosessit ja johtaminen [Lee et al., 2005]. Sisäasiainministeriön [2004] teettämässä raportissa esitellään verkkoasioinnin SWOT-analyysi, johon haasteiksi on kirjattu mm. juuri edelläkin mainitut johtaminen ja prosessit sekä infrastruktuurin liittyen vanhentuneet perustietojärjestelmät. Kehittämistyön pohjana tulee olla hyvin valmisteltu strategia. Liikanen [2003] toteaa artikkelissaan, että esiehtoja onnistuneelle työlle sähköisen hallinnon kehittämisessä ovat hallinnon uudelleenorganisointi, alustojen standardointityö, tiedon jakaminen ja jakelukanavien integraatio. Onnistunut uudelleenorganisointi tarkoittaa, että henkilöstö voidaan sijoittaa mielekkäämpiin tehtäviin ja he voivat käyttää enemmän aikaa asiakkaiden palvelemiseen [Liikanen, 2003].

5. Yhteenveto

Tarkastelemani sähköisen hallinnon palvelujen luokittelut edustavat eri näkökulmia sähköiseen hallintoon. Luokitteluja voidaan käyttää apuna palvelujen arvioinnissa ja kehittämisessä sekä eri palvelujen vertailussa. Laynen ja Leen sekä Singaporen mallit edustavat hyvin samankaltaista näkökulmaa sähköisen hallinnon palveluihin: luokittelu tehdään palvelun integraatiotason tai vuorovaikutteisuustason mukaan. YK:n mallissa nähdään palvelu enemmän käyttäjän silmin: tasot määräytyvät palvelun sisällön ja puhtaasti käyttäjää hyödyttävien ominaisuuksien perusteella. Tasomalleissa tasot määräytyvät teknisen ja sisällöllisen kehitystason mukaan.

Palveluja voidaan tarkastella myös kohderyhmäperustaisesti. Tärkein tarkastelukohde on tällöin se, minkälaiselle kohderyhmälle palvelu on tehty. Kohderyhmäksi voidaan määritellä joko kansalainen, liike-elämä tai toinen hallinnon organisaatio. Lisäksi kehittämisen kohteena voivat olla sisäiset toiminnot tai infrastruktuuri. Kohderyhmäperustaisessa kehittämisessä voidaan hyödyntää monia alan tutkimuksia, kuten käytettävyystudkimuksia.

Myös palvelun laatua voidaan arvioida ja asettaa palvelut sen perusteella paremmuusjärjestykseen. Laatuarviointiin löytyy paljon erilaisia mittareita, joita tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan ole tarkasteltu.

Kehittämistyön suurimpia haasteita ovat tällä hetkellä organisaatioiden sisäisen tehokkuuden parantaminen ja järjestelmien integraatio sekä standardointi. Kehittämisen tueksi on myös tehtävä laajapohjaista strategiatyötä.

Suomessa on tehty erittäin vähän sähköisen hallinnon tieteellistä tutkimusta. Jatkotutkimuksen aiheita aiheesta löytyykin sen vuoksi useita: Jokaisen kohderyhmän osalta voisi tutkia palvelujen vaikuttavuutta ja kehityskaarta. Sähköisen liiketoiminnan käytäntöjen (CRM, ERP, jne) testaaminen käytännössä sähköisen hallinnon kehittämisessä olisi myös kiinnostava aihepiiri.

Viiteluettelo

- [Curtin et al., 2003] Gregory G. Curtin, Michael H. Sommer, Veronika Vis-Sommer, The world of e-government (Introduction). In: Gregory G. Curtin, Michael H. Sommer, Veronika Vis-Sommer (eds.), *The world of e-government*. Haworth Press, New York, 2003, 1-16.
- [Holmes, 2003] Douglas Holmes, *eGov : eBusiness strategies for government*. Nicholas Brealey Publishing, London, 2003.
- [Hung et al., 2006] Shin-Yuan Hung, Chia-Ming Chang, and Ting-Jing Yu, Determinants of user acceptance of the e-Government services: The case of online tax filing and payment system. *Government Information Quarterly*. Article in Press.
- [Kuntaliiton tiedote, 2006] Kuntaliiton www-sivut.
http://www.kunnat.net/k_perussivu.asp?path=1;29;60;498;55963;66658;66768 (19.4.2006).
- [Layne and Lee, 2005] Karen Layne, Jungwoo Lee, Developing fully functional E-government: A four stage model. *Government Information Quarterly*. **18** (2001), 122-136.
- [Lee et al., 2005] By Sang M. Lee, Xin Tan, and Silvana Trimi, Current practices of leading e-government countries. *Communications of the ACM* **48** (2005), 10, 99-104.
- [Liikanen, 2003] Erkki Liikanen, E-government: an EU perspective. In: Gregory G. Curtin, Michael H. Sommer, Veronika Vis-Sommer (eds.), *The world of e-government*. Haworth Press, New York, 2003, 65-86.
- [Schedler and Scharf, 2001] Kuno Schedler and Maria Christina Scharf, Exploring the interrelations between electronic government and the new public management. In: *Proceedings of the 1st IFIP Conference on E-Commerce, E-Business, and E-Government (IFIP I3E-conference), Zurich (Switzerland), October 2001, 775-788*. Available as <http://www.mariascharf.com/SchedlerScharf2001.pdf>.
- [Siew Siew and Leng, 2003] Lim Siew Siew and Low Yin Leng, E-government in action: Singapore case study. In: Gregory G. Curtin, Michael H.

Sommer, Veronika Vis-Sommer (eds.), *The world of e-government*. Haworth Press, New York, 2003, 19-30.

[Sisäasiainministeriö, 2004] Verkkoasioinnin strategiset linjaukset 2004-2008 sisäasiainministeriön hallinnonalalla. Sisäasiainministeriön julkaisuja 26/2004. Also available as [http://www.intermin.fi/intermin/biblio.nsf/0EE0218C37759FECC2256E99004C1C3E/\\$file/262004.pdf](http://www.intermin.fi/intermin/biblio.nsf/0EE0218C37759FECC2256E99004C1C3E/$file/262004.pdf).

[UN, 2005] UN: UN Global E-governmentReadiness Report 2005 - From E-government to E-inclusion. Also available as <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan021888.pdf>.