

-----

## SILMÄPELIÄ TIETOKONEEN KANSSA – iDICT, VIERASKIELISTEN DOKUMENTTIEN LUKUYMPÄRISTÖ

**Aulikki Hyrskykari**  
Tampereen yliopisto

In the iEye project we are studying how we could use eye movements for enabling more natural and pleasing interaction between humans and computers. While the technology for tracking eye movements has been available for some time, it has been used mainly as a diagnostic tool in medical and psychological research. We have developed a prototype application, iDict, which is a gaze-assisted environment for reading electronic documents written in a foreign language. The application tracks the reader's gaze pattern and identifies the point where (s)he is having particular difficulties. In such cases, it will automatically propose additional information or take appropriate actions to help with the translation. In this paper I first briefly depict the characteristics of gaze when it is used as a source of input, and then I describe the underlying concepts of the iDict application and its implementation. This work has been funded by the Fifth (EC) Framework Programme – Creating a user-friendly information society (IST).

**Keywords:** eye tracking, eye movements, gaze-aware application, attentive interfaces, translation aid

# 1 JOHDANTO

Ihminen ja kone ovat molemmat tehokkaita tiedonkäsittelijöitä, molemmilla on omat vahvuusalueensa. Tietojen siirto näiden kahden välillä, varsinkin ihmisestä koneeseen, on kuitenkin molempien kapasiteettiin verrattuna onnettoman pieni. Vaikka tietokone varsinkin erilaista laskentaa vaativassa tiedonkäsittelyssä on ylivoimainen, kone on ihmiseen verrattuna heikko havainnoija, vaikka havainnoinnin kohteeksi rajattaisiinkin vain koneen ääressä istuva sovelluksen käyttäjä.

Syöttölaitteet ovat muuttuneet vuosikymmenten kuluessa hämmästyttävän vähän. Jo kirjoituskoneista tuttu näppäimistö on vuorovaikutteisessa tietokoneen käyttötilanteessa edelleen yleisin, ja monissa tapauksissa ainoa, tiedon syöttötapa. Erilaiset hiiren toimintaperiaatteella toimivat osoitinvälineet ovat ainoat yleiseen käyttöön näppäimistön rinnalle nousseet syöttölaitteet. Paineen tunnistusta käytetään esimerkiksi kosketusherkissä näytöissä joillakin rajoitetulla sovellusalueilla. Puheentunnistukseen on ladattu vuosikymmenen ajan paljon odotuksia. Silmänliikkeitä on hyödynnetty jossain määrin vammautuneille suunnattujen laitteistojen ohjauksessa, mutta niiden käyttämisestä tavanomaisessa tietokoneen käyttötilanteessa ei juurikaan ole kokemuksia.

iEye-tutkimusprojektimme (iEye-projekti 2000) tavoitteena on tutkia, miten silmänliikkeistä saatavaa tietoa voitaisiin käyttää parantamaan ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta. Silmänliikkeitä sinänsä on tutkittu paljon, ja tiedetään melko tarkkaan, miten näköhavainto välittyy silmän kautta näköhermostoon (esim. Kowler 1990). Kun kartoitimme sopivaa sovelluskohdetta, jossa silmänliikkeiden seuraaminen toisi sovelluksen toiminnan ohjaamiselle olennaista informaatiota, totesimme, että katseen käyttäytymistä luku-prosessin aikana on tutkittu pitkään ja siitä on käytettävissä paljon perustutkimuksen tuottamia tuloksia (Rayner 1998). Päätimme toteuttaa prototyypin vieraskielisten dokumenttien lukuympäristöksi (Hyrskykari et al. 2000), jossa lukijan katsetta seuraamalla pyrimme löytä-

mään tilanteet, joissa lukijan normaalisti etenevä lukuprosessi keskeytyy tekstin ymmärtämisenvaikeuksista johtuen. Tällöin suunnitteleamme sovellus iDict antaa käyttäjälle taustalle integroitua sanakirjoja apunaan käyttäen automaattisesti apua.

Kun teimme ensimmäisiä testejä silmän käyttäytymisestä vieraskielisiä dokumentteja luettaessa, koehenkilöt kertoivat, että kohdatesaan tekstissä vieraskielisen sanan he saattavat toimia kahdella toisistaan poikkeavalla tavalla.

Jos vieras sana tuntuu lukijoista tarpeeksi olennaiselta tekstin ymmärtämisen kannalta, he lähtevät hakemaan sanalle tai sanonnalle käännoästä joko painetuista sanakirjoista tai taustalle avatuista elektronisista sanakirjoista. Tällöin kuitenkin sujuvasti etenevän lukemisen katkeaminen ja takaisin tekstiyhteyteen palaaminen hidastaa ja heikentää tekstin ymmärtämistä. Tästä johtuen lukijat eivät usein lähde hakemaan käännoästä oudolle sanalle. Näin siitäkin huolimatta, että he ovat tottuneet käyttämään koneelle asennettuja elektronisia sanakirjoja. Usein sanan merkitys joko selvenee lukemista jatkettaessa tai osoittautuu, ettei kyseinen sana ollut lukijan mielestä välttämätön kokonaisuuden ymmärtämiseksi. Tästä saattaa luonnollisesti seurata, että lukija tulkitsee sanan merkityksen väärin tai häneltä jää jotain olennaista ymmärtämättä.

Päätelimme, että lukija kaipaisi lukutilanteessa avustusta, joka ei vaadi lukijalta erillisiä toimenpiteitä ja joka häiritsee lukemisen etenemistä mahdollisimman vähän.

Seuraavassa kerron taustatiedoksi ensin lyhyesti silmänliikkeiden käyttämisestä ihmisen ja tietokoneen välisessä käyttöliittymässä syöttömenetelmänä; mitä tapoja on rekisteröidä silmänliikkeitä ja millaisia ominaispiirteitä tähän syöttölaitteena epätavalliseen 'laitteeseen' ts. katseeseen liittyy. Sen jälkeen kuvaan tarkemmin iDictin toiminta- ja toteutusperiaatteet. Lopuksi annan yleisellä tasolla tietoa koko iEye-projektista ja kerron iDict-sovelluksen toteutuksesta saaduista kokemuksista ja tutkimuksen jatkosuunnitelmista.

## 2 SILMÄNLIIKKEET SYÖTEKANAVANA KÄYTTÖLIITTYMÄSSÄ

Silmiä liikuttavat lihakset ovat ihmisruumiin nopeimpia lihaksia, joten silmien liikkeet ovat potentiaalisesti tehokas, toistaiseksi hyödyntämätön menetelmä tiedon tehokkaaseen välittämiseen käyttäjältä tietokoneelle. Nykyisin tietokonetta näppäimistön ja hiiren avulla käyttävät ammattilaiset kärsivät yhä useammin erilaisista käsien ja ranteiden rasitusvammoista. Sitä vastoin silmien käyttäminen on luonnollista eikä vaadi rasitusta aiheuttavaa ponnistelua.

### 2.1 KATSEENSEURANTAAN LIITTYVÄSTÄ TEKNIIKASTA

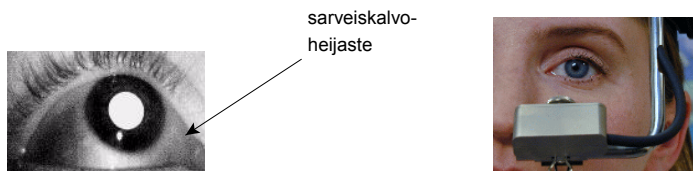
Silmien liikkeitä on tutkittu kauan, mutta 1970-luvulla laitteistot alkoivat kehittyä niin, että ne mahdollistivat silmänliikkeiden tarkan seurannan. Silmänliikkeet nousivatkin tuolloin visuaalisen havainnon välittymistä tutkivassa psykologiassa vilkkaaksi tutkimuskohteeksi. Käytännössä silmän biologinen rakenne rajaa mittaustarkkuuden 0.5–1.5 asteeseen. Tämä johtuu siitä, että tarkan näön alue kattaa noin asteen näkökentässä, joten emme voi varmuudella tietää, mihin kohtaan käyttäjä tämän alueen sisällä kohdistaa huomionsa. Yksi aste näkökentässä vastaa peukalonpään kokoista aluetta ojennetun käsi-varren etäisyydellä.

Katseen kohteen paikallistamiseksi on olemassa useita menetelmiä, joista monet vaativat erilaisten anturoiden kiinnittämistä tai käämien integroimista piilolasimaisiin linssihin. Nämä menetelmät sopivat kliinisen lääketieteen harjoittajien tai psykologien tekemiin kertaluonteisiin testeihin, mutta pysyvälunteiseen vuorovaikutteeseen tietokoneen käyttötilanteeseen ne eivät sovellu.

Meidän käyttämämme katseenseurantalaitteisto, EyeLink® (SR Research Ltd 2002 ja SMI 2002) perustuu nykyisin yleisesti käytettyyn videotekniikkaan. Videotekniikkaan perustuvissa laitteissa lähetetään silmämukaan heikko infrapunasäde, joka valaisee pupil-

lin ja tuottaa lisäksi heijastepisteen verkkokalvon pintaan (vrt. kuva 1a). Näin saadaan aikaan kuvasta selkeästi tunnistettavat kohteet, joiden liikkeitä seuraamalla pystytään laskemaan katseen kohta näyttöruudulla.

Silmänliikkekamerat voidaan kiinnittää joko käyttäjän päähän esimerkiksi pannaan (ks. kuva 1b), silmälasien tai kypärän avulla. Etäoptiikan avulla toteutetussa laitteistossa silmänliikkeitä kuvaavat kamerat sijoitetaan esimerkiksi näyttöruudun viereen pöydälle tai kiinnitetään näyttöön. Tällöin käyttäjä ei joudu katseenseurannan vaatimuksesta 'pukemaan' ylleen mitään ylimääräistä. Näin toimivat laitteet asettavat rajoituksia käyttäjän liikkeille; äkinäisten tai laajojen liikkeiden seurauksena kamerat saattavat kadottaa seuraamansa kohteen.



KUVA 1. (a) Silmänpohjaan lähetetyn infrapunäsäteen aiheuttama sarveiskalvoheijaste.  
(b) Pantaan kiinnitetty silmänliikkekamera.

## 2.2 KATSEOHJAUS VS. LUONNOLLISTEN SILMÄNLIIKKEIDEN HYÖDYNTÄMINEN

Ensimmäiseksi helposti mieleen tuleva silmänliikkeiden hyödyntämiskohde on katseen käyttäminen kursorin ohjaamiseen. Tilanne ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen kuin voisi olettaa. Silmien liike eroaa suuresti esimerkiksi käden suhteellisen hitaasta ja vakaasta liikkeestä. Kun kuvittelemme, että katseemme liukuu tasaisesti esimerkiksi maiseman poikki, tekevät silmät todellisuudessa nopeita hyppyjä, *sakkadeja*, kiinnityskohdasta, *fiksaatiosta*, toiseen. Tiedon siirtyminen näköjärjestelmään tapahtuu vain fiksaatioiden aikana.

Sakkadien aikana näköhavainnon välittyminen on estynyt, joten silmien nykivästä liikkeestä huolimatta näköhavaintomme ei ole yksittäisten kuvien vilinää, vaan elokuvamaisen tasaista.

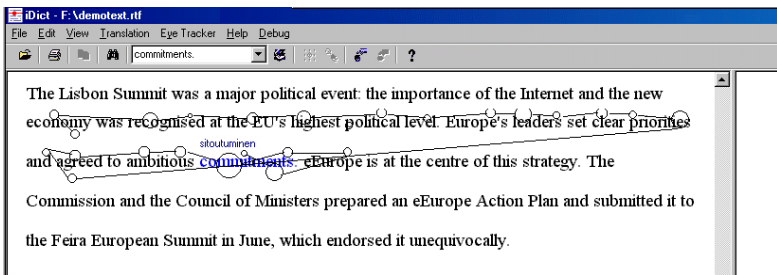
Koska emme ole tottuneet siihen, että pystyisimme operoimaan tai komentamaan katseen avulla, saattaisi huonosti toteutettu katseella ohjaus (tai lyhemmin *katseohjaus*) olla hyvin häiritsevää ja kiusallista. Niin sanotulla Midaksen kosketuksen ongelmalla tarkoitetaan sitä, että kun katsekomentoja ei pystytä erottelemaan normaalista selailevasta katselusta (ts. näytön sisällön havainnoinnista) osa silmien liikkeistä tulkitaan virheellisesti komennoiksi. Katseen käyttäminen tietokoneen ohjaukseen ainoana syöttömenetelmänä voikin mielestämme tulla kysymykseen vain tietyissä erityistilanteissa, kuten vammaisten käyttöliittymissä, tai silloin kun käsiä ei jostain muusta syystä, esim. jonkin työtehtävän suorittamisen yhteydessä, voida käyttää. Toisaalta katseen nopeudesta saattaa olla suurestikin hyötyä yhdessä muiden syötekanavien kanssa käytettynä. Esimerkiksi kun valitsemme näytöltä kohteen käsiteltäväksi, joudumme aina ensin suorittamaan toimenpideparin osoitus – valinta. Osoitukseen sisältyy joka tapauksessa kohteen etsintä katseella.

Katseohjauksessa käyttäjä pyrkii tietoisesti käyttämään katsetaan tietokoneen toiminnan ohjaamiseen. Tästä poikkeava toinen tapa hyödyntää tietoa katseen kohteesta näytöllä on kerätä tietoa käyttäjän katseen luonnollisesta käyttäytymisestä ohjelman suorituksen aikana ja pyrkiä käyttämään tätä tietoa hyväksi ohjelman toiminnan sopeuttamiseen käyttäjän toiminnan mukaisesti. Monissa tilanteissa sovellus voisi hyötyä esimerkiksi tiedosta, että käyttäjä ei ole lainkaan katsonut tiettyä näyttöruudun osaa. Edelleen, jos silmän liikkeitä vertaa muihin syöttömenetelmiin, katseen kohta on syöttömenetelmistä ainoa, joka korreloi voimakkaasti käyttäjän huomion kohteeseen kullakin hetkellä. Esimerkiksi hiiren kursorin ja käyttäjän huomion kohteen välillä ei välttämättä ole mitään tekemistä keskenään. iDict käyttää hyväkseen juuri tätä katsesyötteeseen liittyvää ainutlaatuista ominaisuutta.

### 3 KATSEAVUSTEINEN VIERASKIELISTEN DOKUMENTTIEN LUKUYMPÄRISTÖ iDICT

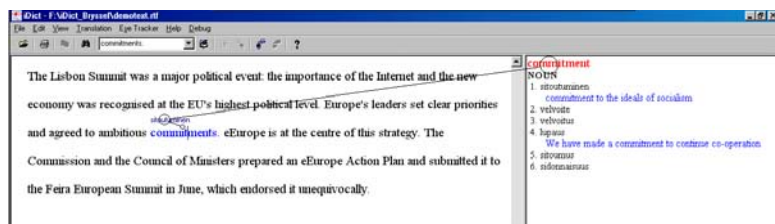
Kuvassa 2 on esimerkkutilanne iDictin toiminnasta silloin, kun järjestelmä olettaa lukijan olevan avun tarpeessa. Kuvaan on piirretty näkyviin yksinkertaistettu lukijan katsepolku avunantokohdan ja sitä välittömästi edeltävän rivin lukemisen ajalta. Katsepolku koostuu fiksaatioista ja sakkadeista. Fiksaatiota kuvataan ympyrällä, jonka halkaisija kuvaa fiksaation kestoa. Fiksaatioita yhdistävät sakkadit on visualisoitu ympyröitä yhdistävillä viivoilla.

Sanalla *economy* alkavan rivin lukeminen on edennyt normaalisti. Lauseen *Europe's leaders set clear priorities and agreed to ambitious commitments* lukemisessa lukijan takeltelu näkyy pidentyneinä fiksaatioina ja paluina tarkistamaan aiemmin luettua. Lukija lähtee jo lukemaan seuraavaa lausetta, mutta palaa kuitenkin takaisin sanaan *commitment*, jossa jo aiemminkin viipyi hiukan normaalia kauemmin. Tässä vaiheessa iDict antaa ongelmalliseksi oletetun sanan yläpuolelleen sen käännöksen, jonka järjestelmä olettaa todennäköisimmin sopivan tilanteeseen.



KUVA 2. Esimerkkutilanne iDict-lukuympäristön toiminnasta silloin, kun lukijan oletetaan kaipaavan apua ongelmallisen sanan kääntämiseksi. Kuvaan piirretystä katsepolusta näkyy, että lukija jää takeltelemaan sanaan *commitments*. Ympäristö tarjoaa käännöksen ongelmalliselle sanalle.

Mikäli lukija ei ole tyytyväinen ympäristön antamaan käännökseen, hän kääntää katseensa oikealla sijaitsevaan käänносkehykseen (ks. kuva 3). Järjestelmä tulkitsee katseen siirtämisen pyynnöksi saada ongelmalliselle sanalle täydellisempi käänнос. iDict noutaa käänносkehykseen järjestelmään integroiduista sanakirjoista löytyvät vaihtoehtoiset käännökset ja sanasta mahdollisesti löytyvän muun käännöstä tukevan informaation. Sanakirjoista saattaa löytyä mm. esimerkkilauseita sanan käytöstä, kuten kuvan esimerkissä.



KUVA 3. Mikäli lukija ei ole tyytyväinen ympäristön tarjoamaan ensisijaiseen käännökseen, hän siirtää katseensa oikealle käänносkehykseen. iDict tulkitsee tämän pyynnöksi hakea taustalle integroidusta sanakirjasta täydellisempi käännosinformaatio ongelmalliselle sanalle.

### 3.1 MILLAISTA KÄYTTÄJÄLLE ANNETTAVAN KÄÄNNÖSAVUN TULISI OLLA?

Jotta annetusta avusta olisi hyötyä käyttäjälle ja jotta se häiritسی lukemisen etenemistä mahdollisimman vähän, avun tulisi olla kyseeseen kohtaan sopiva *oikea käänнос* ja se tulisi antaa *oikeaan aikaan*. Tietyille sanalle on useimmiten sen käyttökontekstista riippuen olemassa useita käänносmahdollisuuksia. Jotta oikea käänнос voitaisiin päätellä mahdollisimman tarkasti, käytämme päättelyn apuna luettavan tekstin kielipiillisestä analyysistä saatavaa tietoa. Annettavan avun oikea-aikaisuus nojaa pelkästään katseen käyttäytymisestä saadun tiedon analysointiin. Kuten edellä todettiin, katseenseurantalaitteet ja silmän biologinen rakenne asettavat rajoituksia katsekohdan mittaamisen tarkkuudelle. Tämän lisäksi olemme havainneet, että lukuprosessin eteneminen on hyvin yksilöllistä, toiset lukijat tekevät



esimerkiksi paluita, *regressioita*, jo luettuun tekstiin huomattavasti enemmän kuin toiset.

Vaikka olemme kehittäneet ratkaisumallit molempiin ongelmiin (vrt. kohdat 3.2 ja 3.3), on selvää, että vääriä tulkintoja lukijan avun tarpeesta on mahdotonta välttää. Esimerkiksi tilanteissa, joissa lukijan katse jää harhailemaan johonkin tekstin osaan, koska hän miettii asiayhteyksiä tai jää ajattelemaan jotain tekstiin liittymätöntäkin asiaa, katseen viipyminen tulkitaan ongelmatilanteeksi. Toisaalta tällainen ’lukijan herättely’ ei välttämättä ole negatiivinen asia. Toivomme, että jos apu annetaan tarpeeksi hienovaraisesti, ei väärin tulkittun avun antaminenkaan häiritse lukuprosessia merkittävästi.

### 3.2 OIKEA KÄÄNNÖS – ÄLYKÄS SANAKIRJA

iDict tekee luettavalle tekstille kieliopillisen analyysin Conexorin kehittämää FDG-jäsennintä (Functional Dependency Parser, Tapanainen & Järvinen 1997) käyttäen. Jäsennin tunnistaa tekstistä sanojen sanaluokat ja palauttaa sanat perusmuotoihinsa. Tämän lisäksi jäsennin tunnistaa lauseista todennäköiset fraseologisesti käytetyt sanasekvenssit. Analyysi suoritetaan tekstille etukäteen, silloin kun teksti avataan luettavaksi. Lukutilanteessa teksti on siis jo annotoitu analyysin tuottamalla sanaan liittyvillä tiedoilla.

Sanojen perusmuotoja tarvitaan haettaessa sanojen käännöksiä taustalle integroiduista sanakirjoista. Sanaluokan tunnistaminen karsii suuren osan tilanteeseen sopivista sanakirjojen antamista selkeästi vääristä käännöksistä. Jos esimerkiksi lauseen *Where can I park my car?* lukemisen yhteydessä havaitaan, että käyttäjällä on ongelmia sanan *park* ymmärtämisessä, iDict ei tarjoa sanalle ensisijaisena käännöksenä käännöstä *puisto* tai *pysäköintialue*, koska sana tunnistetaan verbiksi. Lauseessa *How is the weather in Nice today?* iDict pystyy tunnistamaan, että *Nice* ei ole adjektiivi, vaan erisnimi.

iDictin kannalta tärkeä FDG-jäsentimen ominaisuus on, että se pystyy myös tunnistamaan tekstistä mahdollisia fraaseja. Fraasin lopullinen tunnistaminen riippuu tietysti siitä, löytyykö jäsentimen

ehdottama fraasi käytössä olevista sanakirjoista. Tällä hetkellä iDicitin on integroitu kaksi kaupallisessa levityksessä olevaa sanakirjaa, WSOY:n englanti–suomi-sanakirja ja Sandstone Oy:n sanakirja, josta saadaan käännökset englannista suomeksi, saksaksi ja italiaksi. Näiden lisäksi käyttäjä pystyy itse tallentamaan iDicitin omaan, ns. Custom-sanakirjaan haluamiaan käännöksiä sanoille tai fraaseille.

Esimerkkinä fraasien tunnistamisesta oletetaan, että lukijan katsee lauseessa *Remember to switch to the daylight saving time tomorrow!* takeltelemaan joihinkin sanoista *daylight*, *saving* tai *time*. iDict ei yritä antaa sanoille erillisiä käännöksiä, vaan kertoo, että *daylight saving time* tarkoittaa *kesäaikaa*. Vastaavasti lauseessa *Could you please pitch my piano, it is out of tune again* iDict antaisi sanoille *out of tune* käännöksen *epävireessä*, sen sijasta että sanalle *out* tarjottaisiin käännösavuksi *ulos*, sanan *of* tulkinnan avuksi kerrottaisiin, että se *ilmaisee omistussuhdetta* tai sanalle *tune* annettaisiin käännös *sävelmä*.

Jäsennin tunnistaa tekstistä laajasti ’mahdollisesti fraseologisia’ yksiköitä. Kuten edellä todettiin, yksikön käännöksen löytyminen riippuu käytetyistä sanakirjoista. Mikäli käännöstä ehdotetulle fraseologiselle yksikölle ei löydy, yksikön kokoa pienennetään kunnes käännös löytyy – viimeistään yksittäiselle sanalle.

### 3.3 APU OIKEAAN AIKAAN – KATSEDATAN TULKINTA

Päätös siitä, milloin lukijalle tarjotaan apua, tehdään suurimmaksi osaksi silmänliikkeistä saatavan tiedon perusteella. Katsedatan tulkintaan liittyy kaksi selkeästi erillistä ongelmaa. Toisaalta ongelmia aiheuttavat katseen kohteen määrittelyyn liittyvä epätarkkuus ja toisaalta yksilöllinen vaihtelu lukuprosessissa.

Katseenseurantalaitteiden tarkkuus vaihtelee, mutta periaatteessa useimmat laitteistot lupaavat yhden asteen mittaustarkkuuden. Asteen mittaustarkkuus yhdistettynä tietoon katseen normaalista käyttäytymisestä lukuprosessin aikana riittäisi suhteellisen tarkasti lukemisen

aikana 'osumasanan' määrittelyyn. Kuvassa 4 on oikeasta lukutilanteesta tallennettu ideaalinen lukupolku, josta on melko helppo ohjelmallisesti päätellä, mihin sanoihin kukin fiksaatio kohdistuu.

~~After his morning tasks he walked around the lighthouse to stare at the magnificent mystery of the sea. He loved walking on the beach and hearing the creaking noises of the old redwood planks under his feet, like dancing crickets.~~

KUVA 4. Ideaalinen tilanne. Todellisesta lukutilanteesta tallennettu lukupolku, jossa kustakin fiksaatiosta on suhteellisen helposti pääteltävissä mihin sanaan se kohdistuu.

Käytännössä kuitenkin ainakin meidän käyttämämme EyeLinkin<sup>®</sup> tarkkuus katoaa muutaman minuutin tai ainakin muutaman kymmenen minuutin käytön jälkeen.

Kuvasta 5 nähdään millainen tilanne todellisuudessa useimmiten on. Esimerkiksi ensimmäisen rivin lukemisen jälkeen on vaikea olla varma siitä, onko lukija hypännyt toisen rivin yli ja jatkanut lukemista kolmannelta riviltä. Toisen rivin lukemiseen ei kuitenkaan palata, ja näyttää siltä, että kolmatta riviä luetaan kahteen kertaan. Näin ollen on todennäköistä, että ensimmäisen rivin lukemisen jälkeen on todellisuudessa siirrytty toisen rivin alkuun. Tässä kohdassa katseen-seurantalaitteiston kamerat ovat vain siirtyneet otsapannassa esimerkiksi otsan rypistyksen vuoksi niin, että vertikaalisessa suunnassa saadaan kuvassa näkyvä mittausvirhe.

~~An abnormality which often struck me in the character of my friend Sherlock Holmes was that, although in his methods of thought he was the neatest and most methodical of mankind, he was none the less in his personal habits one of the most untidy men that ever drove a fellow-felice to destruction. Not that any in the least sentimental, in that respect myself.~~

~~Our chambers were always full of chemicals and of criminal relics which had a way of wandering into unlikely positions. But his papers were my great objection. He had a horror of destroying documents, especially those which were connected with his past cases, and yet it was only once in every year or two that he would muster energy to find and destroy them. For, as I have mentioned somewhere in these meandering memoirs, the explosions of passionate energy which he performed the remarkable feats with which his name is associated were followed by reactions of torpor during which he would lie about with his violin and his books, hardly moving from the sofa to the table.~~

KUVA 5. Tyypillinen, hankalampi tilanne. Kahden kappaleen lukemisesta tallennettu lukupolku, jossa näkyy päähän kiinnitettävälle katseen-seurantalaitteelle tyypillinen kalibroinnin häviäminen ja katsepolun ajautuminen epätarkaksi erityisesti vertikaalisessa suunnassa.

Kuten kuvan 5 tilanteessa, fiksaatioiden oikean kohteen pystyy usein päättämään myöhemmän katsepolun perusteella. Lukuympäristön toteutuksessa tämä ei kuitenkaan auta, koska fiksaatioiden kohteet joudutaan päättämään reaaliaikaisesti. Onneksi katseenseurantalaitteiston mittaustarkkuuden katoaminen, ainakin meidän kokemuksemme mukaan, koskee lähinnä katseen kohteen määrittämistä vertikaalisessa suunnassa, horisontaalisessa suunnassa tarkkuus säilyy huomattavasti paremmin. Tästä syystä olemmekin kehittäneet algoritmeja, joiden avulla pyrimme ohjelmallisesti korjaamaan katseenseurantalaitteiston antamaa tietoa siitä, millä rivillä lukeminen kulloinkin etenee, vaikka seurantalaitteistolta saatu tieto olisikin ajautunut epätarkaksi. Tällä hetkellä sovellus kuitenkin vaatii toimiakseen hiukan normaalia suurempaa tekstiä, esimerkiksi 19 tuuman näytöllä resoluutiolla 1024 x 768 suosittelemme käyttämään 14 pisteen kirjainta ja riviväliä 1.5.

Katsedatan tulkintaan liittyvä toinen ongelma on, että ihmisten lukuprosessin eteneminen on hyvin yksilöllisiä. Toisten lukijoiden fiksaatiot ovat luonteenomaisesti pidempiä kuin toisten, jotkut lukevat lauseet usein toistamiseen ja tekevät huomattavasti enemmän regressioita kuin toiset. Tämän vuoksi iDictin tulee pystyä mukautumaan lukijaansa. Toistaiseksi olemme parametroineet käännösavun laukaisemisen siten, että lukija voi itse säätää avun saamisen herkyyttä. Tarkoituksenamme on kuitenkin pyrkiä sovittamaan iDictin avun tarjoaminen automaattisesti lukijan lukutyylisiin sopivaksi. Kerätyistä datasta voimme tallentaa kullekin lukijalle tyypillisen lukijaprofiilin, joka koostuu esimerkiksi fiksaatioiden kestoista ja lukumääristä, regressioiden lukumääristä, näiden keskimääraisistä hajonnoista jne. Lukijaprofiilin kuva lukijan tyypillisestä lukuprosessista tarkentuisi edelleen lukijan käyttäessä ympäristöä pidempään.

Joskus käyttäjän katse ei välttämättä viivykään kauimmin siinä sanassa, joka käyttäjälle aiheuttaa ymmärtämisongelmia, vaan lukija lukee useampaan kertaan ko. sanan sisältämää useamman sanan kokonaisuutta tai koko lausetta. Jotta välttyisimme tällaisissa tilanteissa siltä, että käännösapu laukeaa jollekin hyvinkin yleiselle sanal-

le, josta lukija ei varsinaisesti kaipaa apua, käytämme käänösavun tarvetta määrittellessämme apuna sanojen frekvenssejä, ts. tietoa sanojen esiintymistiheydestä tekstissä.<sup>1</sup>

## 4 iEYE-PROJEKTIN VAIHE

iEye projekti käynnistyi vuoden 2000 alussa (iEye-projekti 2000). iDict-sovelluksen vaatima työläs toteutus on ollut mahdollista EU:n viidenteen puiteohjelmaan kuuluvan IST-tutkimusohjelman tarjoman rahoituksen avulla. Tampereen yliopisto on toiminut projektin koordinaattorina ja Tampereen yliopiston TAUCHI-yksikkö vastaa projektissa iDict-sovelluksen toteuttamisesta. Projektiin kuuluu lisäksi neljä muuta partneria.

Helsinkiläinen kieliteknologiaa kehittävä yritys Conexor Oy on tarjonnut iDictissa tarvittavat kielikomponentit: tekstin analysointiin tarvittavan jäsentimen ja yhteysmoduulit, joiden avulla suoritetaan käännösten haut sanakirjoista. Katseenseurantalaitteistojen valmistaja SensoMotoric Instruments Saksasta kehittää projektissa uutta, erityisesti vuorovaikutteisiin tilanteisiin soveltuvaan laitteistoa. Nottighammin yliopiston psykologian laitos Englannista on tarjonnut projektille tietoa silmän käyttäytymisestä lukuprosessin aikana. Kustannus- ja ohjelmistoalan yritys Giunti Interactive Laboratories Italiasta kehittää projektissa toteutettavaa toista katsesyötettä hyväksikäyttävää sovellusta. Kun iDictin toteutuksessa käytämme lukijan normaaleja silmänliikkeitä, italialaisten iTutor-sovelluksessa keskitytään käyttämään katsetta apuna ohjelmiston toiminnan ohjaukseen. iTutor on tarkoitettu tehdasympäristössä työskentelevän mekaanikon apuvälineeksi. Ohjelmiston avulla mekaanikko saa silmikkönäyttöön tehtävänsä suorittamiseksi tarvitsemiaan tietoja. Tietojen hakeminen

---

<sup>1</sup> Sanojen frekvenssien laskentaan käytämme Oxfordin yliopiston keräämää British National Corpus -sanafrekvenssitietokantaa, joka perustuu 100 miljoonan sanan tekstiaineistoon. Esimerkkitekstit edustavat läpileikkausta sekä puhutusta että kirjoitetusta (brittiläisen) nykyenglannista.

katsekomentojen avulla jättää mekaanikolle kädet vapaiksi varsinaisen työtehtävän suorittamiseen.

Vuoden 2000 alussa teimme joukon lukutestejä, joissa pyrimme saamaan tuntuman siihen, miten silmä käyttäytyy vieraskielistä tekstiä luettaessa. Vaikka silmän käyttäytymisestä lukiessa olikin paljon tutkimustietoa tarjolla, tutkimukset koskivat lähes pelkästään äidinkielen lukemiseen liittyvää tilannetta. Saamiemme kokemusten perusteella suunnitelimme iDict-ohjelmiston rakenteen ja toimintaperiaatteen ja toteutimme ohjelmiston aluksi toimivaksi ilman katsesyötettä. Vuoden 2001 aikana lisäsimme ohjelmistoon katsesyötteen käsittelyn ja myös puhepalautteen antamisen, niin että voimme testata mitä lukijat pitävät siitä, jos käännökset annetaankin tekstin sijasta tai ohella puheena. Käytimme iDictin kehityksessä EyeLink-katseenseurantalaitteistoa, jossa silmänliikkeitä kuvaavat kamerat on kiinnitetty otsapantaan. Nyt, vuoden 2002 vaihteessa, olemme integroimassa ohjelmistoon uutta, etäoptiikan avulla toteutettua laitteistoa.

## 5 IDICTIN TOTEUTTAMISESTA SAATUJA KOKEMUKSIA JA JATKOTUTKIMUSSUUNNITELMAT

Katsepolkujen tulkinta on ollut haasteellisempaa kuin ennalta osasimme odottaa. Ongelmallisinta ohjelmiston toteutuksessa on katsekoordinaattien mittauksen epätarkkuus. Oikeammin kyse on tarkkuuden häipymisestä, kun lukija käyttää ympäristöä pidempään; heti kalibroinnin jälkeen tarkkuus on kyllä hyvinkin riittävä. Tämä ominaisuus tuntuisi kuitenkin liittyvän nimenomaisesti päähän kiinnitettävän optiikan avulla toteutettuihin katseenseurantalaitteistoihin. Vaikka etäoptiikan avulla toteutetut laitteistot ovat jonkin verran epätarkempia kuin päähän pannalla kiinnitettävän optiikan avulla toimivat, niihin ei liity ongelmallista kalibraation valumista käytön aikana. Vuoden 2002 alussa testaamme, riittääkö etäoptiikalla toimi

van silmänliikekameran tarkkuus iDictin vaatimaan mittaustarkkuuteen.

Toinen toteutuksessa paljon työtä teettänyt ongelma liittyi sanakirjoihin. Prototyypissä käytetty WSOY:n sanakirja on alun perin suunniteltu painetuksi sanakirjaksi, joten iDictin tarvitseman tiedon noukkiminen tekstinä esitetystä käännösinformaatiosta oli yllättävän hankala tehtävä. Tuloskaan ei aina ole virheetön. Sandstonen sanakirja taas on alun perin suunniteltukin elektroniseen käyttöön, mutta se on toistaiseksi sisällöltään hiukan yksipuolinen. Se sisältää muun muassa esimerkkejä sanan käytöstä lausekontekstissa vielä niukalti.

Molemmat edellä kuvatuista ongelmista liittyvät kuitenkin teknologiaan, jonka paranemisesta ajan kuluessa on toiveita. Nyt kun ohjelmiston prototyyppi on toteutettu ja se on periaatteessa toimiva, seuraa projektissa mielenkiintoinen vaihe, jossa pääsemme kokeilemaan koko konseptin toimivuutta. Ainakin tällä hetkellä, ennen varsinaista ohjelmiston evaluointivaihetta tuntevamme on, että kohtaamistamme ongelmista huolimatta sovelluksen perusidea on toimiva ja kehityskelpoinen.

Tarkoituksenamme on tehdä ohjelmistolla käyttäjätestejä, joiden perusteella pyrimme virittämään toiminnan lukijan kannalta mahdollisimman miellyttäväksi. Prototyyppi on tällä hetkellä mielenkiintoinen alusta, jonka toiminnan parantamiseksi meillä on paljon ideoita ja suunnitelmia. Käyttäjätestien avulla saamme tietoa siitä, miten käyttäjät todellisuudessa toivoisivat ohjelmiston käyttäytyvän, millainen toiminta lukijaa erityisesti ärsyttää jne. Myös käyttäjän mallintaminen ja lukijaprofiilin muodostaminen on oma mielenkiintoinen tutkimusalueensa.

## LÄHTEET

- iEye-projekti 2000. iEye-projektin verkkosivut. TAUCHI-yksikkö, Tampereen yliopisto. <URL:<http://www.cs.uta.fi/hci/ieye/>> (luettu 1.2.2002).
- Hyrskykari A., P. Majaranta, A. Aaltonen & K.-J. Räihä 2000. Design Issues

- of iDict: A gaze-assisted translation aid. Teoksessa *Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications, Symposium 2000*. New York: ACM, 9–14.
- Kowler E. 1990. *Eye Movements and their Role in Visual and Cognitive Processes*. Amsterdam: Elsevier.
- Rayner K. 1998. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin* 124, 372–422.
- SMI 2002. EyeLink® web pages. <<http://www.smi.de/el/index.html>> (luettu 1.2.2002).
- SR Research Ltd 2002. EyeLinkII® web pages. <<http://www.eyelinkinfo.com/>> (luettu 1.2.2002).
- Tapanainen, P. & T. Järvinen 1997. A non-projective dependency parser. Teoksessa *Proceedings of the 5th Conference on Applied Natural Language Processing*. Washington DC: Association for Computational Linguistics, 64–71.