

Kotiverkon tietoliikenneyhteyksien hallinta

Jari Aaltonen

HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen laitos
Pro gradu –tutkielman suunnitelma
12. maaliskuuta 2007

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto Matemaattis-luonnontieteellinen		Laitos – Institution Tietojenkäsittelytieteen laitos	
Tekijä – Författare Jari Aaltonen			
Työn nimi – Arbetets titel Kotiverkon tietoliikenneyhteyksien hallinta			
Oppiaine – Läroämne Tietojenkäsittelytiede			
Työn laji – Arbetets art Pro gradu -tutkielma		Aika – Datum 12.3.2007	Sivumäärä – Sidoantal 80
Tiivistelmä – Referat <p>Kulutuselektroniikka, matkapuhelin- ja tietotekniikka ovat viime vuosina lähentyneet toisiaan. Perinteisesti näitä tekniikoita vastaavat verkot, päätelaitteet ja sisältö ovat olleet erillisiä. Nykyään Internet-teknologia ja viestinnän digitalisoituminen yhdentää verkkoja. Palveluntarjoajat tuottavat sisältöä kasvavassa määrin digitaalisena. Päätelaitteetkin yhdentyvät. Esimerkiksi kannettava tietokonetta voidaan pitää matkapuhelimenä tai televisiovastaanottimena, kun se on varustettu tarvittavalla laitteistolla ja ohjelmistolla.</p> <p>Sisältöjen, verkkojen ja päätelaitteiden yhdentyminen on saanut yhä useammat kuluttajat rakentamaan kotiverkkoja. Tutkielman tavoitteena on esitellä ja vertailla markkinoilla olevia laitteita ja ohjelmistoja, joiden avulla voidaan rakentaa toimiva kotiverkko. Kotiverkolla tarkoitetaan tässä tutkielmassa kodin sisäpuolista verkkoa, joka on liitetty toimivasti kodin ulkopuolisiin verkkoihin.</p> <p>Tutkielmassa tarkastellaan ensin yleisimpiä lähiverkko- ja lyhyen kantaman verkkotekniikoita, joita käytetään kotiverkkoja rakennettaessa. Tämän jälkeen tarkastellaan joitakin väliohjelmistoratkaisuja, joilla voidaan hallita kotiverkon laitteiden vuorovaikutusta ja turvallisuutta. Lopuksi suunnitellaan konkreettinen kotiverkko. Käyttötilanteiden avulla havainnollistetaan verkkotekniikoiden ja väliohjelmiston yhteistoimintaa tietoliikenteen hallinnassa.</p> <p>CCS-luokitus: C.2.1, C.2.2, C.2.4, H.1.2, H.5.1, I.4.1, I.4.2, I.4.8.</p>			
Avainsanat – Nyckelord Hajautetut järjestelmät, väliohjelmisto, kotiverkko, lähiverkko, radioverkko			
Säilytyspaikka – Förvaringställe Kumpulan tiedekirjasto, sarjanumero C-2007-			
Muuta tietoa – Övriga uppgifter			

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Kotiverkkojärjestelmä markkinoiden kannalta	3
2.1	Markkinoiden päätoimijat	3
2.2	Standardointi	5
3	Kotiverkkojärjestelmä	9
3.1	Yleisarkkitehtuuri	10
3.2	Kotiverkon rakenne	12
3.3	Kotiverkon sovellukset	13
3.4	Päätelaitteet	15
3.5	Lyhyt katsaus Internet-teknoologiaan	17
4	Kotiverkon tietoliikenneyhteydet	19
4.1	Ethernet-tekniikka	20
4.2	FireWire- ja USB-tekniikat	21
4.3	Wi-Fi-tekniikka	23
4.4	Bluetooth-tekniikka	25
4.5	Kehitteillä olevia radiotekniikoita	26
4.6	Yhteenveto	28
5	Väliohjelmisto kotiverkossa	30
5.1	Palvelukeskeinen kotiverkko	30
5.2	UPnP-laittearkkitehtuuri ja -ohjausprotokolla	33
5.3	Yhteenveto	35
6	Multimedian hallinta	37
6.1	DLNA-yhteistoimintamalli	37
6.2	Yhteistoimintamallin multimediaformaattit	38

6.3	Tulostuksen ohjaus	42
6.4	Äänen ja liikkuvan kuvan hallinta.....	44
6.5	Yhteenveto	46
7	Palvelunlaatu ja tietoturva	47
7.1	Palvelunlaatu	47
7.2	Tietoturva	49
7.3	Tekijänoikeuksien valvonta.....	52
7.4	Yhteenveto	55
8	Esimerkkiverkon rakenne ja toiminta	57
8.1	Rakenne ja komponentit.....	57
8.2	Käyttötilanteita	60
9	Johtopäätökset	62
	Lähteet	65
	Liitteet	
1.	Kotiverkon käyttötilanteita	

Kuvat

1	Kuva 1: Kotiverkkojärjestelmä kaaviona.....	10
2	Kuva 2: Kotiverkon rakenne.	12
3	Kuva 3: SOA-perusarkkitehtuurin kaaviokuva.....	31
4	Kuva 4: UPnP–arkkitehtuurin protokollapino.	32
5	Kuva 5: UPnP-ohjausprotokollan vaiheet.....	34
6	Kuva 6: SSDP-etsintäprotokolla.	34
7	Kuva 7: UPnP Printer – toiminnallinen kaavio.....	43
8	Kuva 8: UPnP AV –arkkitehtuurin kaavio.	45
9	Kuva 9: UPnP QoS –arkkitehtuurin kaavio.	48
10	Kuva 10: Tyypillinen kotiverkon DRM-järjestelmäarkkitehtuuri.	53
11	Kuva 11: Lehtisaaren kotiverkon rakenne	58

Taulukot

1	Viralliset standardointijärjestöt.....	6
2	DLNA-multimediaformaattit.....	38
3	DLNA-suunnitteluohjeen toiminnot ja teknologiat.....	62

Lyhenteet

AAC	Advanced Audio Coding.
AC-3	Audio Code 3.
ACL	Access Control List.
ACL	Asynchronous Connectionless Link.
ACM	Association for Computing Machinery.
AP	Access Point.
ATRAC	Adaptive TRansform Acoustic Coding.
AV	Audio-Video.
AVC	Advanced Video Coding.
BT	Bluetooth.
CCNC	Consumer Communications and Networking Conference.
CD	Compact disc.
CD-RW	Compact Disk Re-Writable.
CEA	Consumer Electronics Association.
CEN	Comité Européen de Normalisation.
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique.
CRTC	Canadian Radio-Television and Telecommunications Commission.
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance.
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.
CSS	Cascading Style Sheets.
CTS	Clear To Send.
DCP	Device Control Protocol.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
DLNA	Digital Living Network Alliance.
DMC	Digital Media Controller.
DMCA	Digital Millenium Copyright Act.
DMP	Digital Media Player.
DMPr	Digital Media Printer.
DMR	Digital Media Renderer.
DMS	Digital Media Server.
DoD	Department of Defense.

DPWS	Devices Profile for Web Services.
DRM	Digital Rights Management.
DVB	Digital Video Broadcasting.
DVD	Digital video/versatile disc.
DVD+/-RW	DVD Dash Format/Plus Format Recordable and Re-Writable.
EMMS	Music Management System (by IBM)
EPON	Ethernet Passive Optical Network.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute.
EU	Euroopan unioni.
EUVL	Euroopan unionin virallinen lehti
EY	Euroopan yhteisö.
Flash-OFDM	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
GENA	General Event Notification Architecture.
GIF	Graphic Interchange Format.
HAVi	Home Audio Video interoperability.
HD	High Definition
HDTV	High Definition TV
HE	Hallituksen esitys.
HID	Home Infrastructure Device.
HIIT	Helsinki Institute for Information Technology.
HND	Home Network Device.
HTML	HyperText Markup Language.
HTTP	HyperText Transfer Protocol.
HTTPMU	HTTP Multicast over UDP.
HTTTPU	HTTP over UDP.
IBM	International Business Machines (Corporation)
ICACT	International Conference on Advanced Communication Technology.
IEC	International Electrotechnical Commission.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IEEE-SA	IEEE Standards Association.
IETF	Internet Engineering Task Force.
IP	Internet Protocol

IPv4	Internet Protocol, version 4.
IPv6	Internet Protocol, version 6.
ISO	International Organization for Standardization.
IT	Information Technology.
ITU	International Telecommunication Union.
Jini	Java Intelligent Network Infrastructure.
JPEG	Joint Photographic Experts Group.
JTC1	Joint Technical Committee 1.
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö.
LAN	Local Area Network.
LPCM	Linear PCM.
M-DMC	Mobile Digital Media Controller.
M-DMD	Mobile Digital Media Downloader.
M-DMP	Mobile Digital Media Player.
M-DMS	Mobile Digital Media Server.
M-DMU	Mobile Digital Media Uploader.
MHD	Mobile Handheld Device.
MIU	Media Interoperability Unit.
M-NCF	Mobile Network Connectivity Function.
MP3	MPEG-1 Audio Layer 3.
MPEG	Moving Pictures Experts Group.
NMT	Nordic Mobile Telephone.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
OSI-viitemalli	ISO Reference Model for Open Systems Interconnection.
PC	Personal Computer.
PCF	Point Coordination Function.
PCM	Pulse-code Modulation.
PDA	Personal Digital Assistant.
PKI	Public Key Infrastructure.
PNG	Portable Network Graphics.
QoS	Quality of Service.
RFC	Requests for Comments.
RMI	Remote Method Invocation.

ROM	Read Only Memory.
RTCP	RTP Control Protocol.
RTP	Real-time Transport Protocol.
RTS	Request To Send.
SC	Security Console.
SC	Subcommittee.
SCO	Synchronous Connection Oriented link.
SDSI	Simple Distributed Security Infrastructure.
SESKO	Sähkö- ja elektroniikka-alan standardointijärjestö.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto.
SGML	Standardized Generalized Markup Language.
SIG	Special Interest Group.
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers.
SOA	Service-Oriented Architecture.
SOAP	Simple Object Access Protocol.
SPKI	Simple Public Key Infrastructure.
SSDP	Simple Service Discovery Protocol.
TCP	Transmission Control Protocol.
TDD	Time Division Duplex.
TDM	Time Division Multiplexing.
TekijäL	Tekijänoikeuslaki.
TIFF	Tagged Image File Format.
TV	Televisio
UDP	User Datagram Protocol.
UPnP	Universal Plug and Play.
USA	Amerikan Yhdysvallat.
USB	Universal Serial Bus.
USB-IF	USB Implementers Forum.
UWB	Ultra-wideband.
W3C	World Wide Web Consortium.
VC-1	Video Codec 1.
VCD	Video CD.
vp	valtiopäivät.

WEP	Wired Equivalent Privacy.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access.
WLAN	Wireless local area network.
WMA9	Windows Media Audio, version 9.
WMV9	Windows Media Video, version 9.
WWW	World Wide Web.
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language.
XML	eXtensible Markup Language.
YK	Yhdistyneet kansakunnat.

1 Johdanto

Kulutuselektroniikka, matkapuhelin- ja tietotekniikka ovat viime aikoina lähentyneet toisiaan. Kotiverkot ovat tulleet suosituiksi, koska Internet-teknologia on leviämässä myös matkapuhelimiin ja kodin viihde-elektronisiin laitteisiin. Viihde-elektroniikan ja matkapuhelinten käyttämiä palveluja julkaistaan yhä enenevässä määrin digitaalisessa muodossa. Ihmiset voivat esimerkiksi soittaa Internetin kautta mihin tahansa tai seurata suosikkisarjojaan ajasta ja paikasta riippumatta.

Tämän tutkielman tavoitteena on esitellä ja vertailla markkinoilla olevia laitteita ja ohjelmistoja, joiden avulla voidaan rakentaa toimiva kotiverkkojärjestelmä. Kotiverkkojärjestelmällä tutkielmassa tarkoitetaan kokonaisuutta, joka käsittää sekä kodin sisä- että ulkopuolisen verkon, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Kotiverkolla puolestaan tarkoitetaan pelkästään kodin sisäpuolista verkkoa, joka on toimivasti liitetty kodin ulkopuoliseen verkkoon ja joka voi koostua useaa tekniikkaa edustavista verkkosegmenteistä. Kotiverkkoon perehdytään tarkemmin tutustumalla sekä yleisempiin lähiverkko- ja lyhyen kantaman radioverkkotekniikoihin että joihinkin ohjelmistoratkaisuihin, joilla voidaan hallita laitteiden vuorovaikutusta ja turvallisuutta.

Kotiverkko muodostuu yksinkertaisimmillaan siten, että vähintään kaksi kodin elektronista laitetta, kuten radio ja nauhuri, kytetään toisiinsa. Tämänkaltaisia kotiverkkoja alkoi ilmaantua jo 1950- ja 1960-luvuilla, kun radiot ja nauhurit yleistyivät. Sitten yleistyivät televisiot ja videonauhurit. 1980-luvuilla tulivat henkilökohtaiset tietokoneet eli PC-koneet ja 1990-luvulla Internet-yhteydet. Viime vuosina koteihin on hankittu monenlaisia viihde-elektroniikan laitteita, kuten pelikonsoleita, kotiteattereita, ja digitaalikameroita. Seuraavaksi yleistynevät kiintolevylle tallentava digisovitin ja digi-TV. Uusia laitteita uusien ominaisuuksin ilmaantuu markkinoille yhä nopeampaan tahtiin.

Kuluttaja ei osta kotiverkkoa kerralla, vaan hän ostaa viihde-elektroniikkaa ja tietotekniikkaa vähitellen. Kun hän liittävää näitä laitteita toisiinsa, kotiin muodostuu kasvava tietoliikennejärjestelmä. Kuluttaja odottaa, että laitteet voidaan yhdistää toisiinsa helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi.

Tietoliikenteen hallinnalla tarkoitetaan mekanismeja ja ohjelmistoja, joilla ohjataan siirtotielle eli kanavalle pääsyä. Toisaalta sillä voidaan viitata sääntöihin ja suosituksiin, jotka ohjaavat tietoliikennejärjestelmien suunnittelua, valmistusta ja käyttöä. Tässä tutkielmassa keskitytään liikenneyhteyksien eli -kanavien hallintaan.

Kotiverkon tietoliikennekanavat voidaan jakaa data- ja ohjauskanaviin. Varsinainen mediavirta, kuten videokuva tai radiolähetys, kulkee datakanavaa pitkin. Mediavirtaa säätelee ohjauskanavaa pitkin kulkeva tieto, kuten käyttäjän antamat mediavirran pysäyttämisen- tai keskeytyskomennot. Ohjauskanava hoitaa myös tietoturvan, kuten pääsynvalvonnan ja käyttäjän tunnistamisen.

Matkapuhelimet ja viihde-elektroniset laitteet muistuttavat entistä enemmän tietokoneita. Niissä on käyttöjärjestelmä ja Internet-teknologiaan perustuvat tietoliikenneyhteydet. Lisäksi ne käsittelevät digitaalista multimediavirtaa. Tästä suuntauksesta käytetään termiä konvergenssi. Näin ollen kotiverkkoa voidaan pitää hajautettuna tietokoneympäristönä. Tietoliikenneyhteyksien hallintaan osallistuu väliohjelmisto. Lyhyesti sanottuna väliohjelmisto sijaitsee käyttöjärjestelmän ja sovellusohjelman välissä, ja sitä käytetään ratkaisemaan usein toistuvia tehtäviä, kuten vikasietoisuus, heterogeenisuus ja resurssien jakaminen.

Tutkielman luvussa 2 tarkastellaan kotiverkkojärjestelmiä liiketaloudellisesta ja juridisesta näkökulmasta, jotta saadaan yleiskuva ilmiöistä, säännöistä ja suosituksista, jotka asettavat puitteet kotiverkkojärjestelmien rakentamiselle. Luvussa 3 kuvaillaan kotiverkkojärjestelmän yleisarkkitehtuuria, johon sisältyy sekä kodin sisä- että ulkopuolinen verkko. Kuvaus tarkentuu kodin sisäpuoliseen verkkoon eli kotiverkkoon, kun esitellään joitakin sovellusohjelmia, laitteita ja niiden asettamia vaatimuksia.

Luvussa 4 tarkastellaan ja vertaillaan verkkotekniikoita, jotka soveltuvat kotiverkkoon. Luvussa 5 annetaan ensin yleiskuva siitä, kuinka kotiverkon tietoliikenneyhteyksiä voidaan hallita palvelukeskeisellä väliohjelmistolla. Tämän jälkeen vertaillaan markkinoilla olevia väliohjelmistoja. Näistä valitaan yksi, jota kuvataan yksityiskohtaisemmin.

Luvussa 6 kiinnitetään huomio multimedian hallintaan. Ensimmäinen esitetään joukko tunnettuja kuva-, ääni- ja AV-formaatteja, joita käytetään mediavirran siirtoon. Tämän jälkeen kuvaillaan, kuinka multimediaa ohjataan väliohjelmistolla. Luvussa 7 esitetään

joukko kehittyneempiä hallintamekanismeja, jotka nykyään toteutetaan tyypillisesti väliohjelmistolla. Näitä ovat palvelun laadun ohjaus, tietoturva ja tekijänoikeuksien valvonta. Tekijänoikeuksien valvonnan teknisen tarkastelun yhteydessä arvioidaan myös taustalla olevia yhteiskunnallisia tekijöitä. Luvussa 9 suunnitellaan konkreettinen kotiverkko. Verkkotekniikoiden ja väliohjelmiston yhteistoimintaa havainnollistetaan käyttötilanteilla. Yhteenvedossa esitetään johtopäätösten lisäksi tulevaisuudennäkymiä ja joitakin jatkotutkimusalueita.

2 Kotiverkkojärjestelmä markkinoiden kannalta

Kotiverkkojärjestelmien markkinat ovat maailmanlaajuiset, joten niitä tarkastellaan nykyaikaisen markkinointiajattelun ja tuotesuunnittelun näkökulmasta. Nykyaikainen markkinointiajattelu pyrkii kokonaisvaltaisuuteen siten, että se kattaa kaikki sidosryhmät. Samoin nykyaikainen tuotesuunnittelu on kokonaisvaltaista, kestävän kehityksen mukaista suunnittelua. Tämän luvun tavoitteena on antaa yleiskuva ilmiöistä, säännöistä ja suosituksista, jotka asettavat puitteet kotiverkkojärjestelmien toteuttamiselle.

2.1 Markkinoiden päätoimijat

Maaialmanlaajuiset kotiverkkojärjestelmien markkinat ovat kokonaisvaltaiset siinä mielessä, että markkinointisuunnittelu ottaa huomioon kaikki sidosryhmät. Perinteisten päätoimijoiden, kuten kuluttajien, tuottajien ja jakelijoiden vaikutuksen lisäksi otetaan huomioon myös julkisen vallan, standardointielinten ja julkisen sanan vaikutus. Lisäksi kulutuselektroniikka, televiestintä ja tietotekniikka lähentyvät toisiaan, mikä johtaa uusiin markkinarakenteisiin ja maailmanlaajuisiin yrityskumppanuuksiin.

Kotiverkkojärjestelmiä koskevien markkinoiden päätoimijat ovat kuluttajat, tuottajat ja jakelijat [Ros01]. Tuottajia ovat laitevalmistajat, ohjelmistotalot ja sisällöntuottajat. Jakelijoita ovat järjestelmäsuunnittelijat, myyjät ja asentajat. Tuottajien ja jakelijoiden on otettava huomioon markkinoiden muutokset. Kaikkien päätoimijoiden on otettava huomioon viranomaisten ja standardointielinten asettamat puitteet ja rajoitukset.

Kuluttajien kiinnostusta kotiverkkojärjestelmien rakentamiseen on lisännyt sekä laitteiden ja tekniikan halventuminen että sisällön ja palvelujen helppo saatavuus. Kuluttajat hankkivat kasvavassa määrin edullisia digitaalisia medialaitteita, kuten kulutuselektroniikkaa, matkapuhelimia ja henkilökohtaisia tietokoneita. Lisäksi laajakaistayhteydet yleistyvät, joten kuluttajilla on entistä helpompi ja nopeampi pääsy sisällöntuottajien tarjoamiin palveluihin. Kotiverkkojärjestelmän tavoitteena on laitteiden saumaton toiminta ja käyttäjän helppo pääsy sisältöön kaikkialla kotona.

Kuluttajat haluavat myös, että laitteiden asennus ja peruspiirteiden käyttö on mahdollisimman helppoa. He eivät osta kotiverkkoa vaan sovelluksia. He eivät halua tekniikkaa vaan ratkaisuja, jotta he voisivat parantaa elämänlaatuaan säästämällä aikaa, rahaa ja vaivaa. Heidän on tärkeää saada välitön myönteinen käyttökokemus, koska se kannustaa heitä tutkimaan, mitä muuta he voivat tehdä laitteilla. Se saa heidät mahdollisesti hankkimaan lisää laitteita ja sovelluksia. Luottamus tuottajaan kasvaa, kun järjestelmä tekee sen, mitä luvataan [Ros01].

Tuottajat ja jakelijat näkevät tässä liiketoimintansa kasvun mahdollisuudet. Esimerkiksi markkinatutkimuslaitos Parks Associates [Sch04] arvioi, että vuoden 2003 loppuun mennessä 13 miljoonaan yhdysvaltalaiseen kotitalouteen oli asennettu verkko, johon voidaan liittää useita tietokoneita. Tutkimuslaitos arvioi myös, että vuonna 2004 koteihin toimitettiin 66 miljoonaa päätelaitetta. Luvun arvioidaan nousevan vuoden 2008 loppuun mennessä 138 miljoonaan. Markkinatutkimuslaitos In-Stat/MDR [Jan06] esittää, että Länsi-Euroopassa kotiverkkojen kysyntä kasvaa 60 prosentin vuosivauhdilla. Vuoden 2007 loppuun mennessä alueella olisi noin 15 miljoonaa kotiverkkoa. Näiden verkkojen odotetaan koostuvan henkilökohtaisista tietokoneista, reitittimistä sekä jonkinlaisista laajakaistayhteyksistä. Kodintekniikka-alan tilastoja kokoavan Kotekin [Kot07] vuoden 2006 luvut kertovat, että viihde-elektroniikan, matkapuhelinten ja kodin tietotekniikan myynti on Suomessa kasvanut 28 prosenttia 1 301 miljoonaan euroon vuoteen 2005 verrattuna.

Koska markkinat kasvavat, alalla toimivat tuottajat pyrkivät kasvattamaan liiketoimintaansa joko säilyttämällä nykyisen markkinaosuutensa tai suuntaamalla kasvunsa uusille markkinoille. Koska kilpailu on kovaa, tekniikka vanhenee nopeasti ja monet kuluttajat haluavat uusia laitteita, tuottajat tuovat vakiintuneille markkinoille nykytuotteisiin nähden paranneltuja tai uusia tuotteita. Tällöin markkinointistrategiaan

liittyy tuoteriski. Toisaalta tuottajat suuntaavat kasvuaan uusille markkinoille, esimerkiksi uuteen asiakasryhmään nykyisellä toimialueella tai uudelle maantieteelliselle alueelle, jolloin markkinointistrategiaan liittyy asiakasriski. Tuote- ja asiakasriski kasvavat sen mukaan, mitä kauemmaksi tuottaja etenee nykyisestä liikeideastaan [Ans65, RoV91].

Toteuttaakseen markkinointistrategiaansa laitevalmistajien on tasapainoiltava monien tuotantoa koskevien haasteiden ja tavoitteiden välillä. Nykyaikainen tuotesuunnittelu on kestävä kehityksen mukaista suunnittelua, joka ottaa huomioon perinteisen teknisen ja kuluttajalähtöisen suunnittelun lisäksi ympäristökysymykset ja tuotteen koko elinkaaren. Kestävän kehityksen mukainen elinkaariarviointi on kokonaisvaltainen lähestymistapa tuotteen ympäristövaikutusten selvittämiseksi. Tuotteen elinkaari alkaa raaka-aineiden hankinnasta ja päättyy sen käsittelyyn jätteenä.

Perinteisen teknisen ja kuluttajalähtöisen tuotesuunnittelun tavoitteina ovat alhaiset valmistuskustannukset ja nopea markkinoille pääsy. Haasteena on yhteensopimattomien laitteiden liittäminen toisiinsa ja laitteiden nopea vanheneminen. Edelleen, kuluttaja ei saa kaikkia kotiverkkojärjestelmän osasia samalta valmistajalta. Niinpä tuotteiden pitää olla yhteensopivia muiden valmistajien tuotteiden kanssa. Jakelijoiden on tunnettava edustamiensa laitevalmistajien tuotteet ja niissä käytetty tekniikka, jotta he osaavat auttaa kuluttajia ongelmatilanteissa [Ros01].

Lisähaastetta asettaa ympäristövaikutusten arviointi. Tutkijat ja julkinen valta ovat havahtuneet esimerkiksi kotien elektroniikkalaitteiden lepotilan sähkönkulutukseen [Luk06]. Lepotilakulutus on tutkimusten mukaan jopa 10 prosenttia kotitalouksien käyttämästä sähköstä. Yhdysvalloissa tämä merkitsee noin 64 terawattitunnin vuosittaista kulutusta. Suomessa vastaava luku on 500 gigawattituntia. Niinpä Kalifornian osavaltio on ensimmäisenä maailmassa asettanut voimaan tarkat rajat lepotilakulutukselle. Euroopassa vastaaviin tuloksiin pyritään vapaaehtoisilla ohjelmilla, joista tunnetuin on Energy Star –merkintä.

2.2 Standardointi

Standardointi [SFS06] on yhteisten sääntöjen laatimista helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Sen tavoitteena on lisätä tuotteiden

yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojella kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpottaa kotimaista ja kansainvälistä kauppaa.

Standardit ovat luonteeltaan suosituksia, joiden noudattaminen on länsimaisen käytännön mukaisesti vapaaehtoista, mutta niitä noudatetaan käytännössä. Standardeja käytetään myös lainsäädännön apuvälineenä. Lakeja sinänsä voidaan pitää velvoittavina standardeina. Lait ovat ikään kuin käyttäytymisnormeja, joita laaditaan poliittisen päätöksenteon tasolla. Lainsäädännössä ei nykyään esitetä teknisiä yksityiskohtia, koska ne voivat vanheta nopeasti. Sen sijaan standardien mukaista tuotetta pidetään esimerkkinä hyväksyttävästä ratkaisusta. Tekniset ratkaisut jätetään alan asiantuntijoille standardeissa esitettäväksi. Tällöin myös lainsäädännön uusimistarve vähenee, koska säännöllisin väliajoin uudistettavat standardit kuvaavat kulloistakin tekniikan tasoa.

Viralliset standardointijärjestöt toimivat maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja kansallisesti. Standardointijärjestöt edustavat kolmea linjaa: yleinen, sähkö- ja elektroniikka-ala sekä televiestintä. Taulukko 1 esittää yhteenvedon virallisista standardointijärjestöistä Suomen kannalta [SFS06].

	Yleinen	Sähkö- tekniikka	Televiestintä
Maailma	ISO	IEC	ITU
Eurooppa	CEN	CENELEC	ETSI
Suomi	SFS	SESKO	Viestintä- virasto

Taulukko 1: Viralliset standardointijärjestöt.

Yleistä standardointia hoitaa maailmanlaajuisesti ISO, *International Organization for Standardization* [ISO07]. Järjestön jäseniä ovat kansalliset standardoimisjärjestöt, yksi kustakin maasta. Sen tärkein yhteistyökumppani on sähköalan kansainvälinen standardointijärjestö IEC, *International Electrotechnical Commission* [IEC07]. IEC käsittelee vain sähkötekniikkaan liittyviä standardeja, jotka se julkaise yhdessä ISO-järjestön kanssa ISO/IEC-standardeina. Tietotekniikan alueella IEC ja ISO ovat muodostaneet yhteisen komitean JTC1, Joint Technical Committee 1. Kansainvälinen teleliikenneliitto ITU, *International Telecommunication Union* [ITU07], on YK:n alainen erityisjärjestö, joka hoitaa tele- ja radioalan standardointia. Myös ISO ja ITU tekevät yhteistyötä tuottamiensa standardien harmonisoimiseksi.

Euroopassa alueellisia standardointijärjestöjä ovat yleisjärjestö CEN (*Comité Européen de Normalisation*, engl. *European Committee for Standardization*) [CEN07a], sähköalan järjestö CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*, engl. *European Committee For Electrotechnical Standardization*) [CEN07b] ja telealan järjestö ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [ETS04]. Kansainväliset ja eurooppalaiset standardointijärjestöt ovat sopineet yhteistyöstä.

Suomessa yleistä standardointia hoitaa *Suomen Standardisoimisliitto SFS*, joka on myös suomalaisen standardoinnin keskusjärjestö [SFS07]. SFS edustaa Suomea järjestössä ISO. Järjestöissä IEC ja CENELEC Suomea edustaa SESKO ry (Sähkö- ja elektroniikka-alan standardointijärjestö) [SES07]. SESKO hoitaa sähkö- ja elektroniikka-alan standardointia näiden järjestöjen kanssa suoraan. Televiestinnän standardointia koordinoi Suomessa Viestintävirasto [Viv07].

Kansainvälisten tai kansallisten standardoimisjärjestöjen vahvistamia normeja pidetään virallisena standardina. Näiden rinnalle on muodostunut epävirallisia standardeja, joista voidaan käyttää yleisnimeä teollisuusstandardi tai de facto –standardi. (Ilmaisu ”*de facto*” tulee latinasta ja merkitsee ”*käytännössä*”). De facto –standardista on kyse erityisesti silloin, kun sitä ei ole laadittu standardointijärjestössä, vaan se on vakiintunut yleiseksi käytännöksi. SFS-käsikirjan mukaan ”Windows-käyttöjärjestelmä on tällainen de facto –standardi” [SFS06]. Täsmällisempää olisi puhua, että de facto –standardina esiintyvät monet Windows-käyttöjärjestelmän piirteet, kuten käyttöliittymän perustoiminnot. Niinpä tavallisesti Windows-ohjelmien valikossa (menuussa) ensimmäinen vaihtoehto on File (Tiedosto) ja viimeisenä on Help (Ohje).

Virallisten standardien ja de facto –standardien välimaastossa voidaan erottaa ns. konsortiostandardit. Konsortiostandardit ovat teollisuusstandardeja, jotka koskevat tiettyä teollisuudenalaa tai tehtävää ja jonka jäseninä ovat konsortiot. Konsortiolla tarkoitetaan liikeyritysten tai voittoa tuottamattomien yhteisöjen muodostamaa löyhää ja tilapäistä, useimmiten kansainvälistä yhteisöä [Ros01].

Esimerkkinä konsortiostandardista voidaan mainita W3C, World Wide Web Consortium [WWW07]. W3C kehittää ja ylläpitää webin standardeja ja suunnitteluohjeita. Termit Web, WWW, W3 eli World Wide Web ovat toistensa synonyymejä ja tarkoittavat Internetissä toimivaa hypertekstijärjestelmää. Termejä

WWW ja Internet käytetään usein toistensa synonyymeinä, mutta WWW on vain yksi Internetin palvelumuoto. Organisaatio W3C kutsuu standardejaan suosituksiksi (W3C Recommendations). W3C on avoin jäsenorganisaatioilleen, mutta mikä tahansa organisaatio voi liittyä jäseneksi maksamalla jäsenmaksun.

Tietyllä alalla toimivan standardoimisjärjestön ei tarvitse toimia konsortiomuotoisena. Esimerkkinä tästä on Internetin kehitystä koordinoiva järjestö IETF, *Internet Engineering Task Force* [IET07]. IETF-järjestön julkaisema dokumenttien sarja on nimeltään RFC, Requests for Comments. Osa RFC-dokumenteista on Internet-standardin asemassa. Kirjallisuudessa RFC-dokumenteista käytetään myös sanaa protokolla, kun halutaan korostaa dokumentin sisältöä. RFC-dokumentin sisältö määrittelee, miten tieto siirretään. *Protokolla* eli yhteyskäytäntö on Telesanaston [Tek91] mukaan "säännöstö, jota kahden tai useamman laitteen on noudatettava, jotta niiden välinen yhteys olisi mahdollinen". Organisaationa IETF on avoin kaikille. Kuka tahansa pääsee yksityishenkilönä mukaan toimintaan.

Toinen vaikutusvaltainen teollisuusstandardien johtava kehittäjä on IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers* [IEE07]. IEEE on Yhdysvalloissa sijaitseva kansainvälinen sähkö-, tietokone- ja tietoliikenneinsinöörien tieteelliluonteinen yhteistyöjärjestö. Standardisoinnista vastaa IEEE-SA, IEEE Standards Association.

Konsortiomuotoinen tai muu virallista standardointijärjestöä kevyempi menettely normien laatimiseksi valitaan usein siksi, että se on joustavampi ja nopeampi. Toisaalta viralliset standardointijärjestöt omaksuvat kasvavassa määrin epävirallisemman standardoinnin menettelytapoja. Tätä pidetään tärkeänä erityisesti tietotekniikassa, koska toisaalta standardeja pitää kehittää nopeasti, toisaalta halutaan hyötyä virallisen standardoinnin eduista [Rad00].

Standardoinnin haittapuolista voidaan mainita dokumenteissa käytettävä kieli ja standardien lukumäärä. Standardeissa käytettävä kieli on usein vaikeaselkoista, mikä voi johtaa erilaisiin tulkintoihin. Standardeja on paljon eikä tuottajilla ole riittävästi resursseja standardoinnin seuraamiseen [Mäh00]. Lisäksi EU-komissio toteaa tietoturvaan koskevassa tiedonannossaan [Kom01], että "standardointiponnisteluista ei ole puutetta, mutta kilpailevia standardeja ja eritelmiä on paljon, mikä johtaa markkinoiden hajautumiseen ja yhteentoimimattomiin ratkaisuihin."

Laite- ja ohjelmistovalmistajat sekä jakelijat tarvitsevat neuvojaa standardointia koskevissa asioissa. Yksi neuvoja kotiverkkoja koskevassa standardoinnissa on DLNA, *Digital Living Network Alliance* [DLN07]. Yhteenliittymä perustettiin vuonna 2003 ja siihen kuuluu satakunta johtavaa viihde-elektroniikan, tietokoneiden ja matkapuhelinten valmistajaa. Nämä jakavat yhteisen näkemyksen PC-tietokoneiden, kulutuselektroniikan ja kodin mobiililaitteiden kiinteästä ja langattomasta verkosta. DLNA pyrkii laatimaan alalla toimiville yrityksille suunnitteluohjeita ja rajapintoja avoimien teollisuusstandardien pohjalta. Tavoitteena on saada kuluttajat nauttimaan helposti ja kätevästi kaikkialla läsnä olevasta digitaalisen median sisällöntarjonnasta – kaikkialla kotona, sen kaikissa laitteissa [DLN06].

Tähän asti on tarkasteltu kotiverkkojärjestelmien yhteiskunnallisia ja taloudellista puitteita. Seuraavaksi siirrytään tarkastelemaan teknisiä puitteita.

3 Kotiverkkojärjestelmä

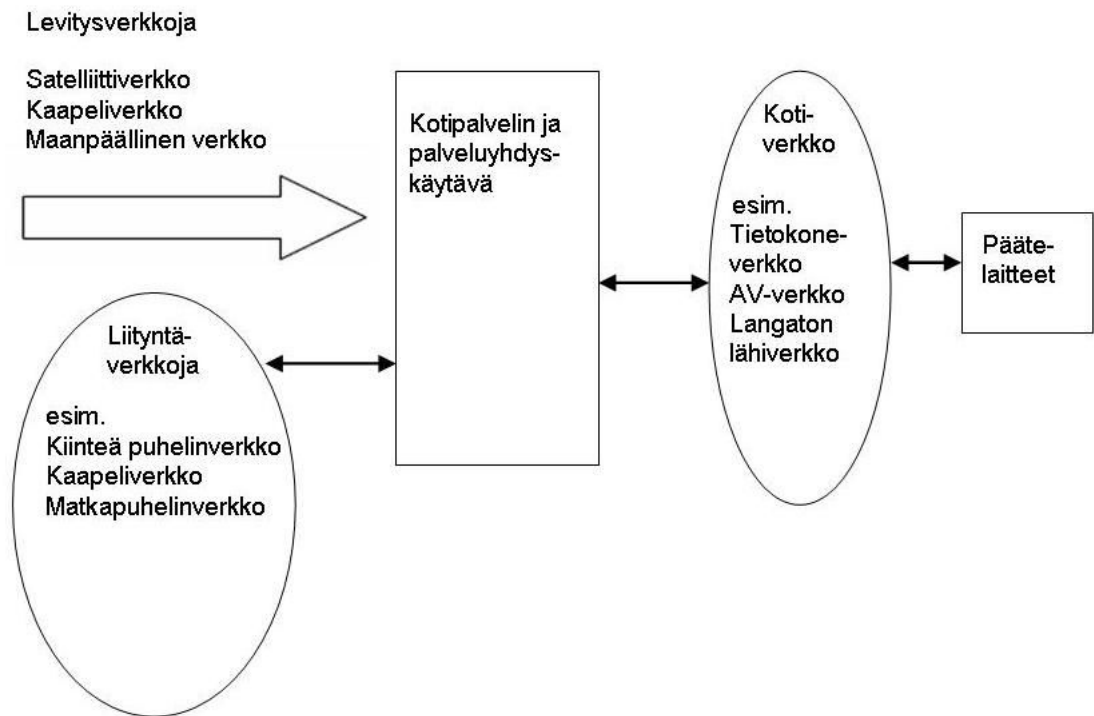
Kotiverkon toimintaympäristö käsittää sekä kodin ulko- että sisäpuoliset verkot. Tässä tutkielmassa tätä kokonaisuutta kutsutaan kotiverkkojärjestelmäksi, kun taas kodin sisäpuolista verkkoa kutsutaan kotiverkoksi. Toisaalta yhdysvaltalainen teollisuusjärjestö Consumer Electronics Association (CEA) on hyväksynyt seuraavan määritelmän [Ros01]: "Kotiverkko yhdistää elektronisia laitteita ja järjestelmiä toisiinsa siten, että niitä ja mitä tahansa saatavilla olevaa sisältöä, kuten musiikkia, videota ja dataa, voidaan hallita ja etäkäsittää." Tämä yleispätevä määritelmä soveltuu sekä koko kotiverkkojärjestelmään että kodin sisäpuoliseen verkkoon. Koska tässä tutkielmassa kuvataan pääasiassa kodin sisäpuolista verkkoa, siitä käytetään termiä 'kotiverkko' esityksen yksinkertaistamiseksi.

Tämän luvun tavoitteena on kuvata kotiverkon toimintaympäristöä ja ominaisuuksia. Toimintaympäristöön sisältyy järjestelmäarkkitehtuuri, jonka osana kotiverkko on. Kotiverkon ominaisuuksiin tutustutaan kuvaamalla kotiverkon sovelluksia ja päätelaitteita. Kotiverkosta pyritään tekemään helposti hallittava kokonaisuus soveltamalla Internet-teknologiaa ja avoimia standardeja. Siksi lyhyt katsaus Internet-teknologian peruskäsitteisiin on tässä yhteydessä paikallaan.

3.1 Yleisarkkitehtuuri

Kotiverkkojärjestelmä on kokonaisuus, johon sisältyy kodin sisä- ja ulkopuolisia verkkoja, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Kodin sisäpuolisesta verkosta on pääsy sisällöntuottajien tarjoamiin palveluihin. Kodin ulkopuolelta voidaan tarvittaessa ohjata kodin laitteita ja järjestelmiä.

Sisällöntuottajat tarjoavat kuluttajille erilaisia palveluja, kuten tilausvideoita, videopelejä, ostopalveluja ja etäopiskelua. Kuluttaja pääsee käyttämään näitä palveluja kotiverkkojärjestelmän avulla. Kuva 1 havainnollistaa kotiverkkojärjestelmän yleisarkkitehtuuria.



Kuva 1: Kotiverkkojärjestelmä kaaviona.

Kuluttaja pääsee palveluntarjoajien palveluihin kodin ulkopuolisten verkkojen avulla. Ulkopuolisia verkkoja ovat liityntäverkot ja levitysverkot. *Liityntäverkkoja* (access network) ovat esimerkiksi kiinteä puhelinverkko, matkapuhelinverkko ja kaapeliverkko. *Levitysverkkoja* (broadcast network) ovat radio- ja televisioverkot, joiden kautta hoidetaan satelliitti-, kaapeli- tai maanpäällinen lähetys. Toisaalta termi 'broadcast network' käännetään myös sanalla 'yleisradioverkko' [Tek91], mutta sana 'levitysverkko' on selkeämpi, koska se ei keskitä huomiota Suomen Yleisradioon.

Kodin ulkopuolisia verkkoja ei tarkastella tässä tutkielmassa tarkemmin. Tutkijat Vaxevanakis, Zahariadis ja Vogiatzis [VZV03] esittävät tiivistelmän yleisimmistä liityntä- ja levitysverkoista. Yksityiskohtaisempaa tietoa kodin ulkopuolisten verkkojen ominaisuuksista lukija voi löytää kirjallisuudesta [Ben02, Gil97, Kaa01].

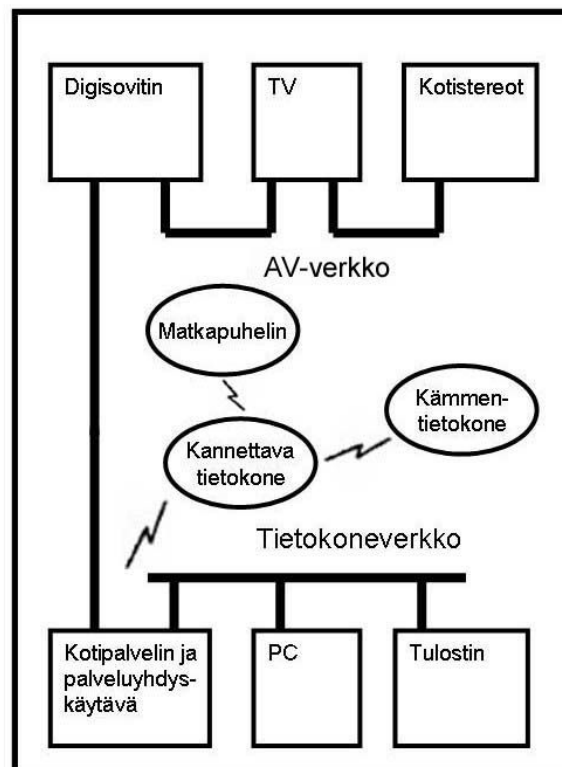
Palveluyhdyskäytävä (residential gateway) on keskeisessä asemassa kotiverkkojärjestelmässä. Palveluyhdyskäytävä edustaa kotiverkkoa mekanismina, joka liittää kotiverkon ja kodin ulkopuolisen verkon toisiinsa. Palveluyhdyskäytävä muodostuu ohjelmistosta ja laitteistosta, jotka ovat tavallisesti integroituna kotipalvelimeen tai siihen liitettyyn sovittimeen. *Palvelin* [Tek06b] on ”tietokone, ohjelmisto tai näiden yhdistelmä, joka hoitaa tiettyjä tehtäviä muiden samaan verkkoon kytkettyjen tietokoneiden pyyntöjen ohjaamana tai niiden puolesta”. Toisaalta palvelintietokoneen ja -ohjelmiston erottamiseksi voidaan koneeseen viitattaessa käyttää termiä palvelinkone ja ohjelmistoon viitattaessa termiä palvelinohjelmisto. Tässä tutkielmassa palvelimella tarkoitetaan laitetta ja siihen integroitua ohjelmistoa, joka hoitaa tiettyä tehtävää muiden samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden ohjaamana.

Laite, joka toimii palveluyhdyskäytävänä, on tavallisesti tietokone, mutta se voi olla myös digisovitin, pelikonsoli, laajakaistamodeemi tai matkapuhelin. Palveluyhdyskäytävän tehtävänä on tarjota päätelaite- ja modeemipalveluja, toimia langattomien verkkojen tukiasemana sekä liittää kodin sisäpuoliset verkot toisiinsa. Lisäksi sen tehtäviin kuuluu yhteyden muodostaminen puhelin-, tietokone- ja viihdepalveluihin. Palveluyhdyskäytävään voidaan integroida myös tietoturva- ja veloitusominaisuuksia sekä mekanismit häiriöttömän sähkösaannin varmistamiseksi. Kotiverkossa voi olla yksi tai useampi palveluyhdyskäytävä, mutta tällöin yhden niistä tulisi kantaa päävastuu kotiverkon liittämistä ulkomaailmaan.

Palveluyhdyskäytävän ominaisuuksia ei tarkastella tässä tutkielmassa tämän tarkemmin. Tutkijat den Hartog kumppaneineen erittelevät palveluyhdyskäytävien toteutustapoja ja arvioivat niiden kehityssuuntausta [Har04]. Lisätietoja palveluyhdyskäytävien toiminnasta, ominaisuuksista ja toteutustavoista lukija voi löytää kirjallisuudesta [AMR01, Alh04, DOV03, PaK05, Sai00]. Tästä eteenpäin keskitytään tarkastelemaan, mitä laitteistoja ja ohjelmistoja kodin sisäpuolinen verkko voi sisältää.

3.2 Kotiverkon rakenne

Kotiverkko voi koostua useista verkkosegmenteistä, jotka edustavat eri verkkotekniikkaa. Yksi segmentti yhdistää tietoteknisiä laitteita, toinen puhelimia ja kolmas audio-video –laitteita. Segmentit voivat olla kiinteitä lankaverkkoja tai langattomia verkkoja [Sai00]. DLNA toteaa, että nykyään kotiverkon laitteet kuuluvat kolmeen saarekkeeseen: tietokoneiden, matkapuhelinten ja viihde-elektronisten ympäristöön [DLN06]. Tavoitteena on saada laitteet kommunikoimaan ja jakamaan tietoa keskenään riippumatta siitä, missä saarekkeessa ne ovat. Lisäksi käyttäjä haluaa usein etähallita kodin laitteita ja järjestelmiä kodin ulkopuolelta [TeW02, Tre00]. Kuva 2 esittää esimerkin kotiverkon rakenteesta.



Kuva 2: Kotiverkon rakenne.

Kuvasta 2 nähdään, kuinka tietokoneverkko yhdistää tietokoneita ja oheislaitteita. Tätä langallista verkkosegmenttiä kutsutaan myös lähiverkoksi (local area network, LAN). Viihde-elektronisia laitteita yhdistää audio- ja videoverkko eli AV-verkko. Langallisessa verkossa laite on yhdistettävä kodin kaapeli-infrastruktuuriin, ennen kuin

se kykenee keskustelemaan toisten verkossa olevien laitteiden kanssa. Niinpä kuvan 2 digisovitin ja kotipalvelin ovat yhteydessä toisiinsa kaapelin avulla.

Matkaviestimet voivat keskustella keskenään lyhyen kantaman radioverkolla. Kuvassa 2 matkapuhelin, kämmentietokone ja kannettava tietokone muodostavat keskenään nk. spontaaniverkon eli ad hoc –verkon. Kuvassa 2 matkaviestimet ovat yhteydessä kotipalvelimeen ja sitä kautta lähiverkkoon. Tällaista verkkorakennetta kutsutaan infrastruktuuriverkoksi.

Matkaviestin liittyy kiinteään verkkoon tukiaseman (Access Point, AP) välityksellä. *Tukiasema* on Telesanaston [Tek91] mukaan ”radioverkon lähetin- ja vastaanotinasema, johon telepäätelaitteet ovat radioyhteydessä”. Suomessa tukiasema voi tarkoittaa myös matkaviestinverkon lähetin-vastaanotinasemaa, johon matkaviestimet ovat radioyhteydessä [Tek01]. Niinpä termi ’Access Point’ voidaan kääntää myös termillä ’liityntäpiste’. Tutkielmassa käytetään kuitenkin sanaa ’tukiasema’, koska kodin sisäpuolisia verkkoja tarkasteltaessa ei sekaannuksen vaaraa ole. Lisäksi termin ’tukiasema’ ensimmäinen määritelmä on sopiva, koska tukiasema on radioverkoissa aina olemassa, riippumatta verkon kantamasta.

3.3 Kotiverkon sovellukset

Samalla tavoin kun kotiverkon laitteet voidaan jakaa kolmeen saarekkeeseen, myös sovellukset voidaan jakaa tietotekniisiin, puhelin- ja AV-sovelluksiin. Kullakin sovellustyypillä on ominaiset piirteet ja laitteistovaatimukset.

Tietotekniisiin sovelluksiin sisältyy sovellukset, joilla voidaan päästä Internetiin ja käyttää sitä [TeW02]. Esimerkkinä voidaan mainita Web-selaimet, sähköposti ja verkkojuttelun mahdollistavat pikaviestintäsovellukset. Lisäksi tietotekniisiin sovelluksiin liittyy tiedon ja oheislaitteiden jaettu käyttö lähiverkossa. Suurin osa näistä sovelluksista toimii tyydyttävästi siirtonopeudella, joka on korkeintaan 5Mbps. Edelleen, nämä sovellukset toimivat tyydyttävästi niin kutsutulla "best effort" -periaatteella, jossa nopeus määräytyy täysin verkko-olosuhteiden mukaan.

Puhelinpalveluihin päästään kotoa kiinteän, johdottoman tai matkapuhelinverkon kautta. Puhelinpalveluihin sisältyy kaikki henkilöiden välinen ääniviestintä.

Tavanomaisten puhelujen lisäksi ääniviestintää on puhelun siirto, telekokousten pito, mutta myös videopuhelut ja multimediaviestintä. Tavanomaisille puhelupalveluille riittää varsin alhainen siirtonopeus 15-64 kbps, mutta videopuhelut vaativat suurempaa nopeutta (128-385 kbps).

Ääni ja liikkuva kuva ovat herkkiä viiveelle ja viiveen vaihtelulle, joten palvelut toimivat parhaiten verkoissa, jotka tukevat palvelunlaatua. *Palvelunlaadulla* (Quality of Service, QoS) tarkoitetaan käyttäjän kokemaa tietyn sovelluksen toimivuutta, johon myös päätelaitteet vaikuttavat [ITU94]. Toisaalta samaa termiä käytetään myös merkitsemään verkkoparametreja, kuten viive ja häviö. Tässä tutkielmassa palvelunlaadulla tarkoitetaan käyttäjän kokemaa sovelluksen toimivuutta.

Kodin AV-verkon sovellukset voidaan jakaa äänisovelluksiin ja AV-sovelluksiin. *Äänisovelluksilla* tarkoitetaan tässä tutkielmassa äänentoistoon tarkoitettuja audiosovelluksia. *AV-sovellukset* puolestaan sisältävät äänentoiston lisäksi liikkuvan kuvan toiston.

Äänisovelluksiin sisältyy digitaalisen äänitiedon jakelu CD:ltä, Internet-radiosta tai kodin mediapalvelimelta äänentoistoelementteihin. Nämä ovat eri puolilla kotia olevia kaiuttimia tai kuulokkeita. Äänisovellukset vaativat siirtonopeudeksi 128 kbps – 1 Mbps. Vaatimus riippuu äänen multimediaformaattista.

AV-sovelluksiin sisältyy videosisällön jakelu laajakaistayhteyden takaa, DVD-soittimesta, digitaalisesta videokamerasta tai kodin mediapalvelimelta eri puolilla kotia oleville videonäytöille. Tavallisen televisiovastaanottimen videoformaatit vaativat, että siirtonopeus kanavaa kohti on 1.5-8 Mbps.

Teräväpiirtotelevisio (High Definition TV, HDTV) on Digi-tv-sanaston [Tek06] mukaan ”televisio, jossa televisiolähetysten kuvan tarkkuus on huomattavasti parempi kuin perinteisissä televisiovastaanottimissa. Teräväpiirtotelevision kuvan tarkkuus eli resoluutio on noin kaksi kertaa tarkempi sekä pysty- että vaakatasossa perinteisiin televisioihin verrattuna. Jotta teräväpiirtotelevision kuvan laatu olisi parempi, myös ohjelman tuotannon ja lähetyksen pitää olla toteutettu teräväpiirtotekniikalla.” Teräväpiirtotelevision kuvan sivusuhte on 16:9, kun taas tavallisissa television sivusuhte on 4:3. Sivusuhte on ”kuva-alan leveyden suhde sen korkeuteen” [Tek88].

Teräväpiirtoformaatit vaativat siirtonopeudeksi 19.39 Mbps. AV-sovellukset toimivat parhaiten verkoissa, jotka on suunniteltu tukemaan palvelunlaatua [TeW02].

Viimeaikainen suuntaus kotiverkkoteknologiassa on digitaalinen konvergenssi. *Konvergenssi* (convergence) on sisältöjen, verkkojen ja päätelaitteiden yhdentymistä. Sisältöjen konvergenssi johtaa siihen, että eri medioiden sisältöjä voidaan tuottaa, muokata, levittää ja varastoida samalla tavalla. Verkkojen konvergenssi johtaa televiestinnän, Internetin ja joukkoviestinnän rajojen hämärtymiseen. Päätelaitteiden konvergoituminen merkitsee sitä, että yhdellä päätelaitteella (esim. matkapuhelin, tietokone tai digi-TV) voidaan käyttää hyvinkin erilaisia palveluita. Digitaalisen konvergenssin päämääränä on, että kaikki tietoliikenne liikkuu samassa tietoverkossa. Käytännössä tämä tapahtuisi Internet-teknologiaa käyttäen [BHP03, Cle06].

3.4 Päätelaitteet

DLNA jakaa kotiverkkojen päätelaitteet kolmeen luokkaan: kiinteät ja kannettavat kotiverkkolaitteet sekä infrastruktuurilaitteet [DLN06]. *Kiinteillä kotiverkkolaitteilla* (Home Network Device, HND) on yhteinen käyttötarkoitus, mediaformaatti ja tietoliikenneyhteysvaatimukset. *Kannettavilla kotiverkkolaitteilla* (Mobile Handheld Device, MHD) on sama käyttötarkoitus kuin vastaavilla kiinteillä kotiverkkolaitteilla, mutta mediaformaatti ja tietoliikenneyhteysvaatimukset ovat erilaiset. Kodin *infrastruktuurilaitteet* (Home Infrastructure Device, HID) liittävät kiinteitä ja kannettavia kotiverkkolaitteita toisiinsa ja mahdollistavat niiden välisen tiedonsiirron.

Kiinteät kotiverkkolaitteet jaetaan edelleen viiteen laiteluokkaan: digitaaliset mediapalvelimet, -soittimet, -toistimet, ohjaimet ja tulostimet. *Digitaalinen mediapalvelin* (Digital Media Server, DMS) sisältää toiminnot digitaalisen median hankintaan, tallennukseen ja sisällön suojauksen käsittelyyn. Useimmiten tuote sisältää myös jäljempänä kuvaillut soitin- ja ohjaintoiminnot. Ohjaintoiminnot voivat sisältää laitteiden ja käyttäjän palvelujen hallinnan, käyttöliittymän sekä toiminnot median hallintaan, koostamiseen ja jakeluun. Esimerkkeinä tuotteista voidaan mainita digisovitin, videonauhuri, tietokone, kotistereot ja -teatterit, digitaalikamera sekä multimediamatkapuhelin.

Digitaalinen mediasoitin (Digital Media Player, DMP) etsii palvelun sisällön mediapalvelimelta ja toistaa sen. Palvelun sisältö voi olla esimerkiksi peli, elokuva tai musiikkikappale. Tuotteita ovat esimerkiksi TV-monitorit, tulostimet, kämmentietokoneet ja pelikonsolit. *Digitaalinen mediatoistin* (Digital Media Renderer, DMR) esittää vastaanottamansa sisällön, kun toinen verkossa oleva laite, kuten DMS, on tehnyt tarvittavat asetukset. Tuotteita ovat esimerkiksi audio- ja videovastaanottimet sekä etäkaiuttimet.

Digitaalinen mediaohjain (Digital Media Controller, DMC) etsii palvelun sisällön mediapalvelimelta ja sovittaa sen mediatoistimen ominaisuuksien mukaan. Älykäs kaukosäädin on yksi esimerkki tuotteesta, mutta myös edellä kuvattu mediapalvelin voi sisältää ohjaintoimintoja. *Digitaalinen mediatulostin* (Digital Media Printer, DMPr) lisää tulostinpalvelun kotiverkkoon. Valokuvan tulostus on etusijalla, mutta myös perinteistä tulostuspalvelua voidaan tukea. Esimerkkinä tulostimista voidaan mainita verkossa oleva valokuva- tai yhdistelmätulostin. Toisaalta tietokone voidaan liittää myös tavalliseen tulostimeen.

Myös kannettavat kotiverkkolaitteet jaetaan viiteen laiteluokkaan: kannettavat digitaaliset mediapalvelimet, soittimet, siirto- ja latauslaitteet sekä ohjaimet. *Kannettava digitaalinen mediapalvelin* (Mobile Digital Media Server, M-DMS) asettaa palvelun sisällön esille ja jakelee sitä. Matkapuhelin ja kannettava musiikkisoitin ovat esimerkkejä tuotteista. *Kannettava digitaalinen mediasoitin* (Mobile Digital Media Player, M-DMP) etsii palvelun sisällön mediapalvelimelta ja esittää sen paikallisesti. Esimerkkinä on kannettava taulumikro, joka on suunniteltu multim mediasisällön toistoon. *Kannettava digitaalinen median siirtolaite* (Mobile Digital Media Uploader, M-DMU) voi siirtää palvelun sisältöä mediapalvelimeen. Digitaalikamera ja matkapuhelimeen yhdistetty kamera ovat esimerkkejä tuotteista.

Kannettava digitaalinen median lataamislaitte (Mobile Digital Media Downloader, M-DMD) etsii ja lataa palvelun sisältöä mediapalvelimelta ja esittää sen paikallisesti latauksen jälkeen. Esimerkkinä on kannettava musiikinsoitin. *Kannettava digitaalinen mediaohjain* (Mobile Digital Media Controller, M-DMC) etsii palvelun sisällön mediapalvelimelta ja sovittaa sen kiinteän mediatoistimen (DMR) ominaisuuksien mukaiseksi asettaen samalla tietoliikenneyhteyden palvelimen ja mediatoistimen välille. Älykäs kaukosäädin ja kämmentietokone ovat esimerkkejä tuotteista.

Lisäksi myös kodin infrastruktuurilaitteet jaetaan kahteen laiteluokkaan: tietoliikenne- ja yhteentoimivuuslaitteisiin. *Langattoman verkon tietoliikennelaite* (Mobile Network Connectivity Function, M-NCF) muodostaa sillan kiinteiden ja kannettavien kotiverkkolaitteiden väliselle tietoliikenneyhteydelle. *Median yhteentoimivuusyksikkö* (Media Interoperability Unit, MIU) muuntaa sisällön mediaformaattista toiseen kiinteiden ja kannettavien kotiverkkolaitteiden välisessä suoratoistossa. Näin langattomassa ja langallisessa lähiverkossa olevat päätelaitteet muodostavat toimivan ja hallittavissa olevan kokonaisuuden.

3.5 Lyhyt katsaus Internet-teknologiaan

Kotiverkko on tietoliikennejärjestelmä, jota voidaan kuvata viitemalleilla. OSI-viitemalli eli ISO Reference Model for Open Systems Interconnection [ISO94a] kuvaa tietoliikennejärjestelmän rakennetta ja protokollia sähköiseltä tasolta käyttäjän tasolle asti. Tämän rinnalle USA:n puolustusministeriö (Department of Defense, DoD) kehitti nk. DoD-viitemallin [CeC83], josta sittemmin muotoutui Internet-protokollaperhe (Internet protocol suite). OSI-viitemallin mukaan toteutetut protokollat eivät ole yhteensopivia Internet-protokollaperheen kanssa. Kummallakin oli aikanaan voimakas kannattajakuntansa. Internet-sovellusten yleistyttyä OSI-viitemalli on jäänyt vähemmälle huomiolle [Rus06]. Koska OSI-viitemallin kerrokset vastaavat melko tarkkaan Internet-protokollaperheen kerroksia verkko- ja kuljetuskerroksella, voidaan OSI-viitemallia käyttää kuvaamaan Internet-protokollaperheen toimintaa.

Internet-protokollaperheessä keskeisessä osassa on TCP/IP-pino. Kuljetuskerroksella TCP [Pos81b] tarjoaa yhteydellisen, luotettavan ja kaksisuuntaisen kuljetuspalvelun eri laitteilla toimivan verkkosovelluksen välille. Verkkokerroksella IP määrittää laitteiden osoitekäytännöt ja datapakettien reitittämisen. Verkkokerroksen alapuolella oleva siirtoyhteyseros kattaa laitteiston ja siirtotien, jotka OSI-viitemallissa ovat kahdessa erillisessä kerroksessa. Verkkosovellusten toteutuksissa käytetään yleisimmin IPv4-protokollaa [Pos81a], jota on tuettu lukuisissa laitteissa yli 20 vuoden ajan. Tulevaisuudessa yleistyneen IPv6-protokolla [DeH98], joka sisältää kehittyneemmät osoitekäytännöt ja tietoturvaominaisuudet.

Sekä Internet-protokollaperheen että OSI-viitemallin ylin taso on sovelluskerros, joka sisältää mekanismit verkkosovellusten väliseen viestintään. Sovelluskerros tarjoaa useita protokollia, joista sovellusohjelma valitsee tarvitsemansa. Sovellusohjelmat voivat näyttää käyttäjälle tekstiä tai binääridataa, mutta ne voivat myös siirtää reaaliaikaista multimediovirtaa.

Esimerkkinä tekstiä ja binääridataa siirtävästä sovellustason protokollasta voidaan mainita hypertekstin siirtoprotokolla HTTP, jota selaimet ja WWW-palvelimet käyttävät tiedonsiirtoon. Siirtoprotokollasta on kaksi eri versiota, HTTP/1.0 [BFF96] ja HTTP/1.1 [FGM99]. *Hyperteksti* on ”tekstissä tai muussa aineistossa oleva määritys, jonka avulla voidaan siirtyä määrättyyn kohteeseen samassa tai toisessa aineistossa” [Tek06b]. HTTP perustuu siihen, että asiakasohjelma, kuten selain, avaa TCP-yhteyden palvelimelle ja lähettää pyynnön. Palvelin vastaa pyyntöön lähettämällä sopivan vastaussanomman. WWW-palvelimet esittävät vastaussanomansa sellaisessa teknisessä muodossa, jonka selaimet osaavat näyttää kuvaruudulla. Tätä vaihetta kutsutaan merkkaukseksi. Merkkaus on asiasisällön siirtämistä merkkaukielten sääntöjen mukaiseen muotoon.

WWW-sivut kirjoitetaan merkkaukielellä HTML (HyperText Markup Language). Se on rakenteellinen merkkaukikieli, josta W3C on vuosien varrella kehittänyt uusia, yhä monipuolisempia versioita. Tuorein standardi on järjestysnumeroltaan 4.01 [RLJ99]. HTML perustuu standardiin SGML (Standardized Generalized Markup Language), jonka on määritellyt ISO. SGML on tapa määritellä kieliä, jotka kuvaavat eri asioiden rakennetta käyttäen hyväksi yhteisiä elementtejä [ISO86].

Toinen, laajalti käytetty merkkaukikieli on XML (eXtensible Markup Language). Se on merkkaukikieli, jolla tiedon sekaan voidaan kuvata sen merkitys [BPS06]. XML-kieli on metakieli eli kieli, jolla voidaan kuvata toisia kieliä. HTML-kielen tapaan XML perustuu SGML-standardiin, ja sen kehitystä ja standardointia kontrolloi W3C.

Esimerkkinä reaaliaikaista multimediovirtaa siirtävästä sovellustason protokollasta voidaan mainita RTP (Real-time Transport Protocol), joka tarjoaa päästä päähän - kuljetuspalvelun reaaliaikaista tietoa vaativille sovelluksille. Protokollaa RTP käytetään yhdessä protokollan RTCP (RTP Control Protocol) kanssa, joka tarjoaa ohjausmekanismin RTP-protokollalle [SCF03]. RTP perustuu UDP-protokollan (User

Datagram Protocol) käyttöön, joka on IP-protokollan päällä toimiva yhteydetön epäluotettava protokolla [Pos80]. Protokolla UDP on suunniteltu palvelemaan tietokoneiden välistä kommunikaatiota mahdollisimman vähäisellä protokollamekanismilla.

Tähän saakka on kuvailtu kotiverkon toimintaympäristöä varsin yleisellä tasolla. Samalla on tutustuttu toimintaympäristön peruskäsitteisiin. Seuraavaksi perehdytään yleisimpiin verkkotekniikoihin, joilla kotiverkon tietoliikenneyhteydet toteutetaan.

4 Kotiverkon tietoliikenneyhteydet

Kotiverkon verkkosegmentit voivat edustaa toisistaan poikkeavaa tekniikkaa. Esimerkiksi kodin viihde-elektronisten laitteiden verkkotekniikka on usein erilainen kuin tietokoneverkoissa käytettävä tekniikka. Segmenttien yhdistämiseen tarvitaan siltoja, reitittämiä ja ohjelmistoja. Toisaalta IP-protokolla piilottaa verkkotekniikan sovellukselta.

Ilmaus 'kotiverkon tietoliikenneyhteydet' voidaan määritellä osuvasti seuraavien englanninkielisen termin *connectivity* määritelmien avulla. Termi voidaan määritellä kyvyksi yhdistää tietokoneita tai tietoliikennejärjestelmiä tiedon vaihtamiseksi tai resurssien jakamiseksi [Her94]. TechWeb TechEncyclopedia [Tec07] mukaan termillä tarkoitetaan "laitteiden liittämistä toisiinsa siten, että tietoa siirretään edestakaisin. Se viittaa usein verkkoyhteyksiin, jotka sisältävät siltoja, reitittämiä, kytkimiä ja yhdyskäytäviä sekä runkoverkkoja. Se voi myös viitata kodin tai toimiston liittämiseen Internetiin tai digitaalikameran liittämiseen tietokoneeseen tai kirjoittimen". Kanadan radio-, televisio- ja telekomission mukaan [Crt06] termillä tarkoitetaan "tiettyjä protokollia, palveluja ja merkinantojärjestelmiä, joita käyttävät sovellukset saavat aikaan analogisen ja digitaalisen tiedon liikenteen fyysisessä tilassa, kuten puhelinverkossa tai Internetissä".

Tämän luvun tavoitteena on luoda yleiskatsaus kotiverkkoihin soveltuviin lähiverkko- ja lyhyen kantaman radioverkkotekniikoihin. Ne toteuttavat pääsääntöisesti ISO-OSI -viitemallin kerrokset 1 ja 2 (fyysinen ja siirtoyhteydskerros). Tästä syystä laitetta, joka mahdollistaa tietoliikenneyhteydet lähiverkossa tai lyhyen kantaman radioverkossa,

kutsutaan myös siirtoyhteyslaitteeksi (Layer 2 Device). Tavallisesti tämä laite on verkkokortti tai tukiasema. Kustakin verkkotekniikasta esitetään pääpiirteittäin standardointitilanne, tarkoitus ja kehityssuunta, yleisimmistä lisäksi topologia ja kanavanvarausmekanismi. Lopuksi arvioidaan kunkin tekniikan etuja ja haittoja.

4.1 Ethernet-tekniikka

Robert Metcalfe ja David Boggs [MeB76] julkaisivat Ethernetin periaatteen alunperin vuonna 1976. (Nimi Ethernet viittaa maailmanlaajuisiin: jaettuun kommunikaatioon käytettävään väylään ja yhteiseen viestiavaruuteen.) Ethernetin tarkoituksena on yhdistää tietokoneita ja oheislaitteita toisiinsa. IEEE on standardoinut Ethernet-tekniikoita 802.3-työryhmässä. Ensimmäinen kattava lähiverkkostandardi IEEE 802.3 julkaistiin vuonna 1983. Tämän jälkeen sitä on laajennettu useaan otteeseen [IEE05d].

Merkittävämpiä Ethernet-laajennuksia ovat vuonna 1990 julkaistu IEEE 802.3i, joka tunnetaan myös nimellä 10Base-T Ethernet, sekä vuonna 1995 julkaistu IEEE 802.3u, josta käytetään myös nimitystä Fast Ethernet. Näiden kanssa yhteensopiva on gigabitin Ethernet, joka on julkaistu standardissa IEEE 802.3-2005. 10Base-T mahdollistaa suojaamattoman 10 Mbps parikaapelin käytön. Fast Ethernetin siirtonopeus on 100 Mbps. Gigabit Ethernet on yleisnimitys kaikille Ethernet-tekniikoille, jotka pystyvät siirtonopeuteen 1000 Mbps.

Ethernetin kanavanvarausmenetelmä CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) perustuu kilpavaraukseen. Laite kuuntelee siirtotietä. Jos siirtotie on vapaa, se lähettää dataa. Jos kaksi laitetta aloittaa lähetyksen samaan aikaan, sattuu törmäys ja lähetetty data menetetään. Lähettäjät toipuvat törmäyksestä lähettämällä saman datan satunnaisen ajan kuluttua uudelleen. Yksi verkkosegmentti muodostaa törmäysalueen, jonka puitteissa laitteet kuuntelevat ja lähettävät. Kanavanvarausmenetelmän tiedonsiirto on yksisuuntaisen (half-duplex) [IEE05d].

Yksisuuntaisessa tiedonsiirrossa topologia on fyysisesti tähti, mutta loogisesti väylä. Tähtitopologiassa kaikki laitteet yhdistetään keskussolmun kautta toisiinsa. Keskussolmu voi olla keskitin tai kytkin. Ethernet-kytkin on käytännössä tehokas silta (bridge), jossa on enemmän portteja kuin tavallisessa sillassa. Kytkintä käyttämällä voidaan eri siirtonopeutta käyttäviä verkkosegmenttejä yhdistää toisiinsa.

Fast Ethernet ja Gigabit Ethernet on tehnyt mahdolliseksi myös kaksisuuntaisen (full-duplex) tiedonsiirron. Kaksisuuntaisessa siirrossa CSMA/CD-varausmenetelmä on pois päältä. Topologian ei tarvitse olla tähti, jossa kaikki liikenne kulkee keskussolmun kautta, vaan tieto voi siirtyä kahden kytkimen ja kytkimen ja työaseman välillä omaa kanavaa pitkin. Linkkitason vuonohjaus estää kytkimiä menettämästä datapaketteja [FrJ99].

Tuorein Ethernet-standardin laajennus on 10 gigabitin Ethernet [IEE06a], jota on alettu käyttää yrityksissä ja siirtoverkoissa. Tällä hetkellä 802.3-työryhmä määrittelee myös 100 gigabitin Ethernetiä [Meg04].

4.2 FireWire- ja USB-tekniikat

Apple Computer kehitteli nopeaa sarjaväyläliitäntää, jonka ensimmäinen versio valmistui vuonna 1986 [Wic97]. IEEE alkoi standardoida sitä vuonna 1990. Päätarkoitus on liittää tietokoneita ja kulutuselektroniikkaa toisiinsa. Ensimmäinen kansainvälinen standardi, IEEE 1394, julkaistiin vuonna 1995 [IEE95]. Sen jälkeen siihen on tehty kaksi laajennusta: IEEE 1394a-2000 ja IEEE 1394b-2002 [IEE00, IEE02a]. Trade Association, joka hallinnoi IEEE 1394 -tiedonsiirtostandardia, otti Applen luoman FireWire-tavaramerkin standardin viralliseksi nimeksi vuonna 2002.

Yksi tärkeimmistä FireWiren ominaisuuksista on sen tarjoama nopeus. Alkuperäinen standardi määrittelee nopeudet 100, 200 ja 400 Mbps. Standardin laajennus 1394b-2002a kattaa myös nopeudet 800, 1600 ja 3200 Mbps. Tällä hetkellä saatavilla on laitteita, jotka hyödyntävät jopa 800 Mbps nopeutta.

FireWire-verkko on topologialtaan puurakenne, jossa voi olla korkeintaan 63 solmua. Kahden solmun välinen kaari voi olla enintään 4,5 metriä pitkä johto. Kahden lehtisolmun välissä voi olla korkeintaan 16 kaarta, joten lehtisolmujen välinen fyysinen etäisyys voi olla enintään 72 metriä. Yksi puun solmuista on juurisolmu, jolla on erilaisia ohjaustehtäviä.

IEEE 1394 tukee sekä asynkronista että isokronista siirtotapaa. Asynkroninen siirto on perinteinen tapa liikennöidä PC:n ja oheislaitteen välillä, ja tietovirtaa voidaan katkoa satunnaisin väliajoin. Isokroninen siirtotapa takaa varatun kaistanleveyden ja viiveen,

mitä tarvitaan reaaliaikaisen datan siirtämiseen. Kanavanvarausmenetelmä perustuu aikajakokanavointiin (Time Division Multiplexing, TDM), jossa sekä solmut että asynkroninen ja isokroninen data kilpailevat keskenään. Juurisolmu ohjaa kanavointia. Kanavointi takaa sen, että vain yksi solmu lähettää dataa kerrallaan ja kaikki solmut pääsevät vuorollaan siirtotielle.

USB (Universal Serial Bus) on sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteen liittämiseksi tietokoneeseen [USB07]. Johtavat laite- ja ohjelmistovalmistajat perustivat USB Implementers Forumin (USB-IF) vuonna 1995 huolehtimaan väyläarkkitehtuurin standardoinnista. USB 1.0 tuli markkinoille vuonna 1996. USB 2.0 julkaistiin vuonna 2000 ja standardoitiin seuraavana vuonna.

USB oli alunperin FireFiren täydentäjä, mutta kun standardi 1394a oli valmistumassa, Apple päätti vaatia lisenssimaksua jokaisesta valmistettavasta portista, joka tukee FireWire-tekniikkaa. USB-valmistajat pitivät sitä kohtuuttomana, joten he päättivät tehdä USB-tekniikasta FireWiren kilpailijan.

USB tukee kolmea nopeusluokkaa. Low Speed –luokassa suurin tiedonsiirtonopeus on 1,5 Mbps, Full Speed –luokassa 12 Mbps ja Hi-Speed –luokassa 480 Mbps. Low Speed soveltuu hiirille, näppäimistöille ja peliohjaimille. Hi-Speed tuli mukaan versiossa 2.0. Jokainen standardin USB 2.0 mukainen laite ei kuitenkaan tue Hi-Speed –nopeusluokkaa. Käytännössä saavutettu suurin siirtonopeus on tällä hetkellä 240 Mbps.

USB-väylän topologia on asymmetrinen. Siihen sisältyy yksi väyläohjain ja useita sarjaankytkettyjä laitteita. USB-keskittimiä käyttämällä voidaan muodostaa puurakenne, jossa ohjaimesta lähtee enimmillään viisi haaraa ja jossa solmuina on enintään 127 laitteita. Käytännössä sarjaan kytketään muutama laite, tavallisesti vain yksi. Väyläohjain jakaa kullekin väylään kytketylle laitteelle kiinteänmittaisia aikaviipaleita kiertovuorotteluperiaatteella. Laite voi lähettää tai vastaanottaa dataa vain saatuaan vuoron.

Vuonna 2005 julkaistiin langaton USB (Wireless USB), joka on USB-väylän laajennus langattomaan radioverkkoon. Langaton USB pohjautuu modulointimenetelmään UWB (Ultra-wideband), jossa tieto siirretään hyvin nopeina pulsseina laajalla taajuusalueella. UWB sisältää taajuudet 3.1 – 10.6 GHz. Kantama on enimmillään 10-20 metriä siirtonopeudella 110 Mbps ja kahdesta neljään metriin nopeudella 480 Mbps [USB07].

Langaton USB soveltuu esimerkiksi teräväpiirtosignaalin siirtoon langattomaan monitoriin.

IEEE koetti standardoida UWB-menetelmää työryhmässä 802.15.3a, mutta ryhmä joutui myöntämään alkuvuodesta 2006, että pattitilanteeseen ei ole ratkaisua. Kaksi kilpailevaa teollisuusryhmää halusi oman ehdotuksensa ainoaksi maailmanlaajuiseksi standardiksi, eikä kumpikaan antanut periksi. Työryhmä päätti antaa markkinoiden ratkaista, kumpi selviytyy voittajana. Nyt markkinoilla on kaksi toistensa kanssa yhteensopimatonta langatonta USB-toteutusta [Jon06].

4.3 Wi-Fi-tekniikka

IEEE alkoi kehittää langattomalle lähiverkolle standardia IEEE 802.11 vuonna 1990. Tavoitteena oli standardoida langaton lähiverkko (Wireless LAN, WLAN), jossa laitteet voidaan kytkeä toisiinsa ja perinteiseen lähiverkkoon nopeasti. Termiä WLAN käytetään yleisesti tarkoittamaan IEEE 802.11-standardia, mutta esimerkiksi Bluetooth-pikoverkko on myös langaton lähiverkko. Sekaannuksen välttämiseksi tässä tutkielmassa 802.11-standardiperheen synonyyminä käytetään termiä Wi-Fi, vaikka kyseessä on tavaramerkki ja logo, jota käytetään tuotteissa, jotka ovat läpäisseet Wi-Fi Alliansin määrittelemät yhteensopivuustestit.

Standardi 802.11 julkaistiin vuonna 1997 [IEE97]. Vuonna 1999 standardi jaettiin kahdeksi laajennukseksi 802.11a ja 802.11b [IEE99a, IEE99b]. Edellinen toimii taajuudella 5.5 GHz siirtonopeudella 54 Mbps, jälkimmäinen taajuudella 2.4 GHz siirtonopeuksilla 5.5 Mbps tai 11 Mbps. Nimelliskantama on noin 100 metriä. Vuonna 2003 IEEE hyväksyi laajennuksen 802.11g [IEE03], joka toimii taajuudella 2.4 GHz siirtonopeudella 54 Mbps.

Yksinkertaisin Wi-Fi-verkon topologia on spontaaniverkko, jossa työasemat ovat suoraan yhteydessä toisiinsa [FeP05]. Topologiana voi olla myös infrastruktuuriverkko, kun työasema on yhteydessä tukiasemaan ja sen kautta lähiverkkoon. Usean tukiaseman avulla voidaan rakentaa solukkorakenteinen verkko, jossa yhden tukiaseman peittoalue muodostaa yhden solun.

IEEE 802.11 -standardin kanavanvarausmenetelmä CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) perustuu kilpavaraukseen. Se on samankaltainen kuin Ethernetin CSMA/CD -protokolla, mutta linjalta vetäydytään ennen törmäyksiä, ei niiden jälkeen. Kun lähettäjä on saanut datapaketin lähetettyä, se odottaa vastaanottajalta vahvistusta. Näin ollen datapaketin lähetys on kaksivaiheinen tapahtuma. Jos pakettia ei tule tietyn ajan kuluessa, se lähetetään uudelleen satunnaisen ajan kuluttua.

IEEE 802.11 -standardi määrittelee kanavanvarausmenetelmään CSMA/CA kättelyn RTS/CTS. Tällöin datapaketin lähetys on nelivaiheinen tapahtuma. Ennen varsinaista datapakettia lähetetään lähetyspyyntö (Request To Send, RTS), johon vastaanottaja vastaa CTS-viestillä (Clear To Send). Jos lähettäjä ei saa vastausta tietyn ajan kuluessa, lähetyspyyntö toistetaan satunnaisen ajan kuluttua. Lähetettävän sanoman pituudesta ja verkon liikenteestä riippuu, käytetäänkö datapaketin lähetyksessä kaksi- vai nelivaiheista tapahtumaa. Jälkimmäinen on parempi, kun lähetettävä sanoma on pitkä tai verkossa on paljon liikennettä. Nelivaiheisen tapahtuman käyttö ratkaisee myös ns. piilossa olevan aseman ongelman, jossa lähettäjä ei kuule kaikkia vastaanottajan kuuluvuusalueella olevia asemia.

IEEE 802.11 -standardi määrittelee myös valinnaisen kanavanvarausmenetelmään, josta käytetään nimitystä keskitetty hallinta (Point Coordination Function, PCF). Keskitetyssä hallinnassa eli PCF-menetelmässä tukiasema ohjaa kilpailusta vapaata lähetystä solussa ja lähetysvaltuus perustuu kiertokyselyyn. PCF-menetelmässä tukiasema voi huolehtia kohtalaisen tasaisesta datavirrasta työasemalle. PCF ei kuitenkaan anna isokronista palvelua tukiasemalle. Jos verkko on varattu silloin, kun pitäisi siirtyä keskitettyyn hallintaan, tukiaseman on odotettava verkon vapautumista. PCF-menetelmää ei ole toteutettu kaupallisissa tuotteissa [FeP05].

IEEE on täydentänyt Wi-Fi-tekniikkaa kahdella tärkeällä lisäominaisuuksien standardilla. IEEE 802.11e parantaa Wi-Fi-verkon soveltuvuutta multimedian siirtoon, koska se lisää palvelunlaadun (QoS) Wi-Fi-verkoon [IEE05a]. IEEE 802.11i parantaa Wi-Fi-verkon tietoturvaominaisuuksia. Standardi määrittelee todennus- ja avaintenhallintakäytännöt sekä tiedonsalausmenetelmät [IEE04a].

Seuraavan sukupolven 802.11-standardia edustaa 802.11n, mutta IEEE ei ole vielä standardoinut sitä. Sen odotetaan valmistuvan viimeistään vuonna 2008. 802.11n perustuu usean antennin ja kanavan samanaikaiseen käyttöön, jolloin saavutetaan korkeintaan siirtonopeus 540 Mbps. Tyypillinen siirtonopeus on kuitenkin noin 200 Mbps, jolloin tukiaseman kantama on noin 250 metriä [Fle07]. Standardointitilanteesta huolimatta tuotteita, jotka tukevat standardia 802.11n (draft), on jo markkinoilla.

4.4 Bluetooth-tekniikka

Ruotsalainen matkapuhelinvalmistaja Ericsson (nykyinen Sony Ericsson) alkoi vuonna 1994 kehittää lyhyen kantaman radiotekniikkaa [Blu07, FeP05], jonka tarkoitus oli korvata matkapuhelinten ja oheislaitteiden välisiä kaapeleita. Radiotekniikalle annettiin nimeksi Bluetooth. (Nimi Bluetooth annettiin 900-luvulla eläneen tanskalaisen viikinkikuninkaan, Harald Blåtandin mukaan). Radiotekniikan tavoitteeksi asetettiin yksinkertaisuus, pieni tehonkulutus, edullisuus ja luotettavuus. Bluetooth toimii 2.4 GHz taajuudella. Pienimmällä lähetysteholla kantama on 10 metriä, lähetystehoa kasvattamalla kantamaa voidaan kasvattaa aina 100 metriin asti.

Vuonna 1998 Ericsson, IBM, INTEL, Nokia ja Toshiba perustivat konsortion nimeltä Bluetooth SIG (Special Interest Group), jonka tavoitteena oli luoda radiotekniikasta avoin teollisuusstandardi. Bluetooth 1.0 julkaistiin vuonna 1999 ja Bluetooth 1.1 vuonna 2001. IEEE omaksui konsortion tekemän työn ja teki Bluetoothista vuonna 2002 standardin IEEE 802.15.1 [IEE02b]. Vuonna 2004 julkaistiin Bluetooth 2.0, jonka siirtonopeus on korkeintaan 3.0 Mbps [IEE05b].

Bluetooth perustuu ns. kaksipisteyhteyteen, jossa kaksi laitetta kommunikoivat keskenään. Toinen laitteista on isäntä ja toinen renki. Laitteena isäntä ei poikkea rengistä, vaan kyseessä on yhden tasavertaisen laitteen itselleen ottama rooli. Pikoverkon muodostaa jo kaksi laitetta, mutta isäntä voi olla yhteydessä enintään seitsemään renkiin. Pikoverkoista muodostuu hajaverkkoja (scatternet), kun jokin laite on yhteydessä ainakin kahteen pikoverkkoon. Laite voi olla toisessa verkossa isäntä ja toisessa renki, mutta keskustella se voi vain yhden laitteen kanssa kerrallaan.

Bluetooth hyödyntää synkronista ja asynkronista tiedonsiirtoa. Synkroninen tiedonsiirto palvelee sovelluksia, jotka tarvitsevat jatkuvan ja tasaisen datavirran, kuten

puheensiirto. Asynkroninen tiedonsiirto soveltuu puolestaan datan ja ohjaussanomien siirtoon. Synkronisen tiedonsiirron avulla tavoitellaan palvelunlaatua.

Yhdellä laitteella voi olla korkeintaan kolme synkronista yhteyttä, jotka käyttävät synkronista kanavaa SCO (Synchronous Connection Oriented link). SCO-yhteys on symmetrinen kaksipisteyhteys, jonka siirtonopeus on 64 kbps. Isäntä käyttää asynkronista kanavaa ACL (Asynchronous Connectionless Link) silloin, kun sen ei tarvitse palvella synkronisia kanavia. Rengin ja isännän välillä voi olla kerrallaan vain yksi ACL-yhteys. ACL-yhteys voi olla symmetrinen tai epäsymmetrinen. Bluetoothin nimelliset siirtonopeudet ovat symmetrisessä siirrossa 432,6 kbps ja asymmetrisessä siirrossa myötäsuuntaan (isännältä rengille) 721 kbps ja paluusuuntaan (rengiltä isännälle) 57,6 kbps.

Radiotiellä kanavanvaraus perustuu kiertokyselyyn ja TDD-tekniikkaan (Time Division Duplex), joka on tapa hoitaa aikajakoisesti kaksisuuntainen liikenne. Isäntä vastaa verkon tahdistuksesta ja lähetysvuorojen jakamisesta. Tietoa siirretään aikaväleissä, joiden pituus on 625 mikrosekuntia. SCO-yhteyden muodostuksessa kullekin kanavalle varataan tietty määrä aikavälejä. Seuraava kanava saa lähetysvuoron, kun edelliselle kanavalle varattu aika on umpeutunut. ACL-yhteydessä datapaketti lähetetään lähetysvuoron aikana, jonka kesto voi olla yksi, kolme tai viisi aikaväliä. Kukin kanava saa vuoron, mutta niille ei varata etukäteen aikavälejä. SCO-datapaketit käsitellään pääsääntöisesti ennen ACL-datapaketteja.

Seuraava versio, Bluetooth 2.1, julkaistaan todennäköisesti vuoden 2007 aikana. Versio parantaa palvelunlaatua ja pienentää tehonkulutusta. Bluetooth 3.0 tarjoaa siirtonopeuden 480 Mbps. Bluetooth 3.0 pohjautuu UWB-modulointimenetelmään [Law05].

4.5 Kehitteillä olevia radiotekniikoita

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on kehityksen alla oleva langaton laajakaistatekniikka. Se perustuu standardiin IEEE 802.16, joka julkaistiin alunperin vuonna 2002. WiMAX Forum [WiM07] edistää IEEE 802.16-standardiperheen kaupallista käyttöä. Tässä tutkielmassa käytetään 802.16-standardiperheen synonyyminä termiä WiMAX, joka todellisuudessa on

sertifiointimerkki, joka myönnetään laitteille, jotka läpäisevät WiMAX Forumin määrittelemät yhdenmukaisuus- ja yhteensopivuustestit.

Alkuperäisen standardin IEEE 802.16 määrittelemä taajuusalue on 10-66 GHz, mikä edellyttää sitä, että lähettimen ja vastaanottimen välillä on suora näköyhteys. Tärkeimmät laajennukset ovat 802.16a ja 802.16b. Laajennus 802.16a ei välttämättä vaadi suoraa näköyhteyttä lähettimen ja vastaanottimen välillä, koska toiminta laajennettiin taajuusalueelle 2-11 GHz. Laajennus 802.16b lisäsi palvelunlaadun (QoS) WiMAX-verkkoon. Tuorein standardi kiinteille päätelaitteille julkaistiin vuonna 2004 [IEE04b]. Vuonna 2005 julkaistiin laajennus 802.16e, joka standardoi verkkoliikenteen liikkuvan päätelaitteen ja tukiaseman välillä. Laajennus 802.16e toimii taajuusalueella 2-6 GHz [IEE05c].

WiMAX-tekniikan tavoitteena on tarjota käyttäjälle nykyisiä laajakaistayhteyksiä vastaava langaton verkkoyhteys, jonka kantama voi suotuisissa olosuhteissa olla jopa 50 kilometriä. Käytännössä kantama on korkeintaan 20-30 kilometriä. Pitkät kantamat edellyttävät suoraa näköyhteyttä lähettimen ja vastaanottimen välillä. Yksi tukiasema voi teoriassa tarjota jopa 75 Mbps siirtonopeuden. Laajennus 802.16e tukee päätelaitteen toimintaa kulkuneuvossa, joka voi liikkua jopa 120 kilometriä tunnissa. [Vau04]. Suomessa WiMAX-ratkaisuihin tullaan käyttämään 3,5 GHz taajuutta.

Toinen kehitystyön alla oleva radioverkkotekniikka perustuu standardiin 802.15.4, joka julkaistiin alunperin vuonna 2003 [Ada06]. Standardi määrittelee radioverkon yhdistämään laitteita, joille on ominaista yksinkertaisuus sekä alhainen tiedonsiirtonopeus, tehonkulutus ja hinta. Standardi määrittelee tiedonsiirtoon kolme taajuusaluetta: 868 MHz, 915 MHz ja 2.4 GHz. Vastaavat tiedonsiirtonopeudet ovat 20 kbps, 40 kbps ja 250 kbps. Standardi ei ota kantaa lähetystehon käyttöön vaan jättää sen paikallisten viranomaisten päätettäväksi. Standardin tuorein versio on vuonna 2006 tehty päivitys [IEE06b].

Standardiin 802.15.4 perustuvien toteutusten suunnittelua koordinoi Zigbee Alliance, joka perustettiin vuonna 2003 [Zig07]. Standardi 802.15.4 määrittelee, kuinka laitteet toimivat OSI-viitemallin kahdella alimmalla kerroksella, kun taas Zigbee Alliance ottaa kantaa myös siihen, kuinka laitteet toimivat viitemallin ylemmillä kerroksilla. Niinpä ZigBee tarkoittaa IEEE 802.15.4-standardin mukaista lyhyen kantaman radioverkkoa,

joka toimii taajuusalueella 2.4 GHz siirtonopeudella 250 kbps. Radioverkon kantama on 10-100 metriä.

ZigBee-tekniikan suurin mahdollinen käyttökohde voisi olla automaatio. Erityisesti kodeissa voidaan valaistus, lämmitys ja ilmastointi automatisoida siten, että säästetään kustannuksissa. Toinen kodin ZigBee-sovellus voi pienentää television äänenvoimakkuutta puhelimen soidessa. ZigBeen tavoitteena on laitteiden äärimmäisen vähäinen virrankulutus, jolloin pariston kesto voi olla useita vuosia. Avainasemassa on myös toteutusten edullisuus ja yksinkertaisuus.

Vielä voidaan mainita @450, Digitan [Dig07] langaton laajakaistaverkko. Verkko @450 käyttää käytöstä poistuneen NMT-450 –verkon taajuusalueetta 450 MHz. Digita ja Siemens [Sie07] aikovat rakentaa verkon koko Suomen kattavaksi vuoteen 2010 mennessä. Verkko avataan huhtikuussa 2007. Digitan mukaan verkon siirtonopeus on myötäsuuntaan 1 Mbps ja paluusuuntaan 450 kbps. Verkko @450 perustuu Flash-OFDM –tekniikkaan (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Tekniikan kehitti Flarion, jonka Qualcomm sittemmin osti [Qua07]. Flash-OFDM on järjestelmä, jonka perustana on OFDM-tekniikka [Dig07, Pen06]. Signaali jaetaan OFDM-tekniikassa useisiin vierekkäisiin apukantoaaltoihin, joiden keskimuovien ovat toisiinsa nähden ortogonaalisia, jonka vuoksi eri apukantoaalloilla kulkevat signaalit eivät häiritse toisiaan [Cha70].

Uusia radioverkkotekniikoita kehitetään koko ajan. Jotkin niistä voivat korvata tällä hetkellä käytössä ja kehitteillä olevat radioverkkotekniikat. Aika näyttää, saako jokin niistä sellaisen aseman, että suurin osa kotitalouksista päätyy käyttämään sitä.

4.6 Yhteenveto

Kullakin tässä luvussa kuvatulla lähiverkko- ja radioverkkotekniikalla on etunsa ja puutteensa. Ethernet-tekniikan etuna on, että se on suhteellisen edullinen ja helposti saatavilla. Puutteena on todettava, että Ethernet toimi tavallisesti ”best effort” –periaatteella eikä näin ollen tue palvelunlaatua (QoS). Toisaalta palvelun laadun lisäämistä Ethernet-verkkoon tutkitaan [CKL06].

USB-väylän etuna on helppokäyttöisyys, laajennettavuus ja nopeus. USB on plug and play –yhteensopiva ja siihen voidaan liittää laitteita tietokoneen ollessa käynnissä. Samat edut liittyvät FireWiren käyttöön. USB-väylän tavoitteena on saavuttaa nämä edut pienemmin kustannuksin. FireWiren puutteena voidaan pitää suhteellisen kallista hintaa ja saatavuutta. Vaikka tekniikka on ollut markkinoilla vuosia, se on edelleen toiminnaltaan varsin epävakaa. FireWire on osoittautunut hankalaksi toteuttaa. Nykyään USB on korvannut sen PC-markkinoilla lähes kokonaan. FireWire on jäänyt pääasiassa ammattikäyttöön, jossa sisällöntuottajat käsittelevät multimediaa [Tei01, Wic97].

Wi-Fi-tekniikan etuna voidaan todeta, että laitteita on helposti saatavilla ja tiedonsiirto on suhteellisen nopeaa. Puutteena voidaan pitää melko suurta tehonkulutusta. Lisäksi Wi-Fi-verkkojen ja yleensä langattomien verkkojen ongelmana mainitaan usein tietoturva. Turvallisuusriski on aina olemassa, jos tietoa siirretään salaamatta tai käytetään salausmenetelmää, joka on helppo murtaa. Yksityiset käyttäjät eivät välttämättä aina osaa salata yhteyttään tai ymmärrä tietoturvan tärkeyttä. Langattomien verkkojen turvallisuutta yritetään jatkuvasti parantaa [FeP05].

Bluetooth-tekniikan etuna voidaan mainita alhainen tehonkulutus ja hinta. Puutteena voidaan todeta, että laajempien tiedonsiirtoverkkojen muodostaminen on monimutkaista. Lisäksi on muistettava, että Bluetooth- ja Wi-Fi-tekniikkaa käyttävät laitteet voivat häiritä toisiaan, jos ne ovat liian lähellä toisiaan, koska kummankin tekniikan toimintataajuus on 2.4 GHz [FeP05].

Kehitteillä olevan WiMAX-tekniikan etuna voidaan mainita langattoman laajakaistayhteyden tarjoaminen erityisesti kulkuneuvoon. WiMAX-tekniikan käyttöönottokustannukset ovat suhteellisen korkeat, jos toimitaan olosuhteissa, jotka vaativat suoraa näköyhteyttä tukiaseman ja päätelaitteen välillä. Tällöin tarvitaan lisääntyneitä [Vau04]. Zigbee-tekniikan etuna on alhainen tehonkulutus ja hinta. Haittana voidaan sanoa, että se toimii samalla taajuusalueella kuin Bluetooth- ja Wi-Fi-tekniikat. Niinpä näitä tekniikoita hyödyntävät laitteet voivat häiritä toisiaan, kun niitä käytetään samanaikaisesti [Ada06, Zig07]. Flash-OFDM -tekniikan ja siis @450-radioverkon etuna ovat lyhyet vasteajat ja kustannustehokkuus, mutta haasteena yhteydet nopeasti liikkuviin kohteisiin. Lisäksi tekniikan harvinaisuus maailmalla herättää kysymyksiä päätelaitteiden saatavuudesta. Qualcomm osti kilpailijan pois, joten Flash-OFDM saattaa jäädä lapsipuolen asemaan. [Dig07, Pen06].

Tässä luvussa on kuvailtu ja vertailtu verkkotekniikoita, joita käyttämällä kotiverkko voidaan rakentaa. Seuraavaksi siirrytään kuvaamaan ohjelmistoratkaisuja, joilla kotiverkon tietoliikenneyhteyksiä tyypillisesti hallitaan.

5 Väliohjelmisto kotiverkossa

Nykyaikaista kotiverkkoa voidaan pitää hajautettuna tietokoneympäristönä, jonka tietoliikenneyhteyksien hallinnan hoitaa väliohjelmisto. *Väliohjelmisto* (middleware) määrittellään Bakkenin [Bak01] mukaan ”ohjelmistokerrokseksi, joka sijoittuu käyttöjärjestelmän yläpuolelle mutta sovellusohjelman alapuolelle siten, että se mahdollistaa yhteisen ohjelmistoabstraktion koko hajautetulle järjestelmälle.”

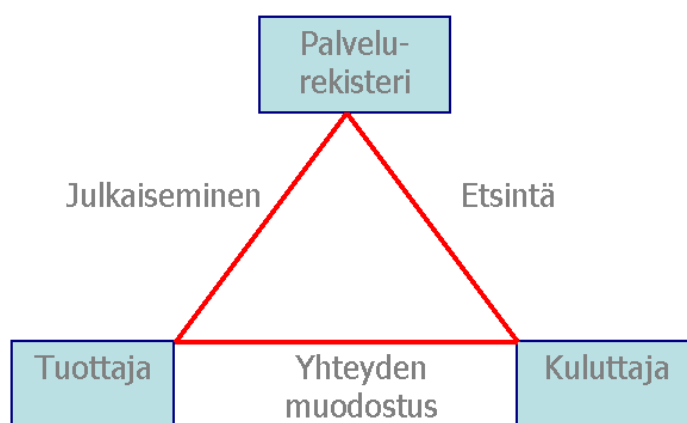
Tämän luvun tavoitteena on esitellä palvelukeskeisen väliohjelmiston käsite ja kuinka sitä sovelletaan kotiverkossa. Esimerkkinä kuvaillaan joitakin kotiverkkoon soveltuvia palvelukeskeisiä väliohjelmistoja. Tarkemmin esitetään Universal Plug and Play (UPnP) [UPN07], josta esitetään arkkitehtuuri ja toiminta.

5.1 Palvelukeskeinen kotiverkko

Väliohjelmistot avustavat sovelluksia palveluiden paikantamisessa, aktivoinnissa ja kommunikoinnissa. Samalla ne pyrkivät piilottamaan sovelluksilta heterogeenisyyden, joka johtuu eri käyttöjärjestelmistä, tietoliikenneprotokollista ja laitteistoista. Väliohjelmistot sisältävät entistä enemmän piirteitä, jotka perinteisesti sisältyvät käyttöjärjestelmään ja sovellukseen. Tällaisia ovat esimerkiksi tiedon siirtoon ja hallintaan liittyvät mekanismit, jotka ovat usein toistuvia ohjelmistoratkaisuja [CCK99].

Internetin käytön yleistymisen ja toisiinsa liitettävien laitteiden heterogeenisuus on johtanut palvelukeskeisen arkkitehtuurin ilmaantumiseen. Papazoglou [Pap03] esittelee *palvelukeskeisen arkkitehtuurin* (Service-Oriented Architecture, SOA), jossa sovellusohjelmat ja laitteisto on järjestetty keskenään viestiviksi palveluiksi. Palvelut ovat alustariippumattomia, helposti konfiguroitavia ja löyhästi toisiinsa kytkettyjä. Palvelut voivat keskustella keskenään sijainnistaan riippumatta. Löyhä kytkentä sallii järjestelmän toiminnan, vaikka jokin sovelluksen tai laitteen versio muuttuu.

SOA-palvelu voi esiintyä tuottajana, kuluttajana tai palvelurekisterinä. Tuottaja tarjoaa ja kuluttaja käyttää palveluja. Palvelurekisteri on hakemisto, johon on tallennettu tietoa saatavilla olevista palveluista. Arkkitehtuuriin kuuluu myös kolme perusoperaatiota: palvelun etsintä, palvelun julkaiseminen ja yhteyden muodostus. Palvelurekisteri on eräänlainen ilmoitustaulu, jolla tuottajat julkaisevat ja jolta kuluttajat etsivät palveluja. Yhteys kuluttajan ja tuottajan välille muodostuu, kun kuluttaja valitsee ja käynnistää löytämänsä palvelun. Kuva 3 havainnollistaa SOA-palvelujen välisiä suhteita.



Kuva 3: SOA-perusarkkitehtuurin kaaviokuva.

SOA soveltuu hyvin kotiverkkoon, joka sisältää useaa tekniikkaa hyödyntäviä laitteita ja verkkosegmenttejä. Tunnettuja palvelukeskisiä ohjelmistoja ovat Jini (Java Intelligent Network Infrastructure) [Jin07], HAVi (Home Audio Video interoperability) [HAV04] ja UPnP.

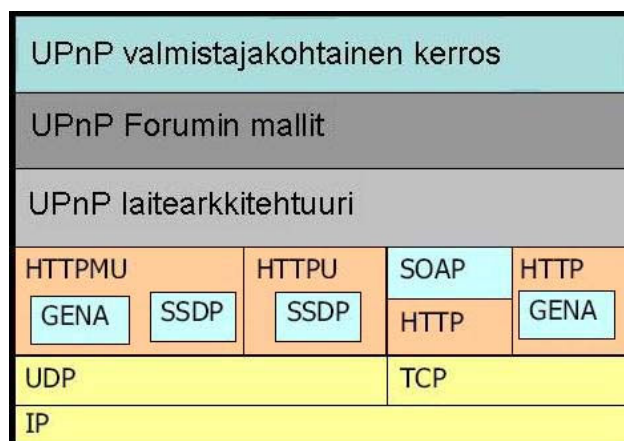
Jini on Sun Microsystemsin [Sun07] julkistama tekniikka, joka perustuu Java-kieleen sekä sen oliomalliin ja RMI-mekanismiin (Remote Method Invocation). Jini-tekniikan keskeinen käsite on palvelu. Jini-palvelu järjestää verkossa olevat resurssit SOA-arkkitehtuurin mukaisesti. Resursseja ovat laitteistot, ohjelmistot tai näiden yhdistelmät. Ohjelmarajapinnat on toteutettu Javan RMI-mekanismilla. RMI mahdollistaa Jini-olioiden metodien kutsumisen verkon yli [Jin07].

HAVi on kahdeksan laitevalmistajan yhteinen määrittely, jonka tarkoituksena on luoda standardi digitaalisten audio- ja videolaitteiden saumattomalle yhteistoiminnalle. HAVi perustuu FireWire-väylään. HAVi määrittelee väliohjelmiston, joka sisältää alustariippumattoman rajapinnan laitteiden väliseen viestintään. Tarvittaessa laitteet voivat hallita toisia laitteita. Samassa verkossa olevat palvelut on järjestetty SOA-

arkkitehtuurin mukaisesti. Sovelluksille HAVi tarjoaa Java-ohjelmointirajapinnan. [HAV04, Tei01].

UPnP on UPnP Forumin kehittämä väliohjelmisto, jonka tarkoituksena on saada erilaiset, eri valmistajien tekemät laitteet toimimaan helposti yhdessä. UPnP Forum on konsortio, joka koostuu johtavista tietotekniikan, kulutuselektronikan ja matkapuhelinteollisuuden laitevalmistajasta. UPnP Forum perustettiin vuonna 1999, jolloin jäseniä oli yli 200. Vuoden 2007 alussa jäseniä oli yli 800. Vaikka UPnP on toteutettu Microsoftin aloitteesta ja on ollut osa Windows-käyttöjärjestelmää Windows 98:sta alkaen, sitä voidaan pitää väliohjelmistona. Valmistajat voivat käyttää UPnP-pohjaisen tuotteen kehittämiseen mitä tahansa käyttöjärjestelmää ja ohjelmointikieltä [UPN07].

Universal Plug and Play –arkkitehtuuri (UPnP Architecture) on avoin, laajennettavissa oleva arkkitehtuuri kotiverkkoympäristöön [UPF00]. Kuvassa 4 on esitetty UPnP–arkkitehtuurin protokollapino.



Kuva 4: UPnP–arkkitehtuurin protokollapino.

Pinon ylimmällä tasolla laitteiden väliset viestit sisältävät pelkästään valmistajien määrittämää tietoa. Pinoa alaspäin tultaessa viesteihin lisätään UPnP Forumin työryhmien määrittelemää tietoa.

UPnP pohjautuu Internet-teknoologiaan. Kaikki laitteiden välinen verkkokerroksen viestintä perustuu IP-protokollaan, tarkemmin sanottuna käytössä on IPv4. Arkkitehtuurin ytimenä on HTTP. Laitteiden viestiessä W3C-standardin mukaisella HTTP-protokollalla [FGM99] kuljetuspalvelu on TCP. Vaihtoehtoisesti laitteet viestivät käyttäen HTTP-muunnelmia, jotka käyttävät UDP-protokollaa kuljetuspalveluna.

HTTPMU (HTTP Multicast over UDP) on monilähetykseen (multicast) sovitettu muunnelma, kun taas HTTPU (HTTP over UDP) on sovitettu täsmälähetykseen (unicast). HTTPMU ja HTTPU ovat Microsoftin kehittämiä HTTP-muunnelmia [Gol99]. HTTP-rajapinnan yli viestit kulkevat XML-muodossa. Näin ollen laitteet viestivät keskenään käyttäen XML-pohjaisia protokollia.

5.2 UPnP-laitearkkitehtuuri ja -ohjausprotokolla

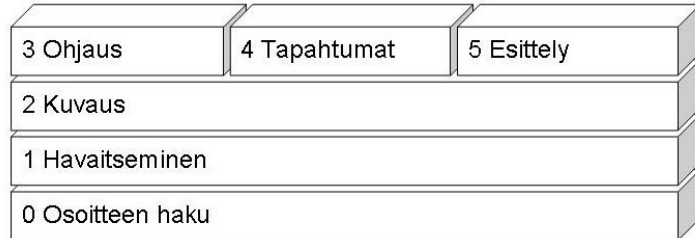
UPnP-laitearkkitehtuurin peruskomponentit ovat ohjauspiste, laite ja palvelu. *Ohjauspiste* (control point) on ohjainlaite, joka sisältää mekanismit, joilla käyttäjä voi ohjata verkon laitteita. *Palvelu* (service) on laitteen toiminto, jota voidaan ohjata ohjauspisteen avulla. *Laite* (device) sisältää mekanismit palvelujen tuottamiseen. Selvytyden vuoksi sitä voidaan kutsua UPnP-laitteeksi, joka sisältää yhden tai useamman palvelun. UPnP-laite voi olla säiliö, joka sisältää palveluja ja toisia UPnP-laitteita palveluineen. Loogisesti UPnP-laite muodosta puurakenteen. Puurakenteen juurielementtinä olevaa UPnP-laitetta kutsutaan *juurilaitteeksi* (root device). Käytännössä UPnP-laite voi olla fyysinen laite, kuten kamera, tai emuloiva laite, kuten tietokone, joka toimii kamerana.

Laite, siis UPnP-laite tai ohjainlaite, voi liittyä dynaamisesti verkkoon ja lähteä jouhevasti verkosta jättämättä jälkeensä ei-toivottua tilaa. Laite liittyy verkkoon UPnP-ohjausprotokollalla DCP (Device Control Protocol).

UPnP-laitearkkitehtuuri perustuu asiakas/palvelin -arkkitehtuuriin, missä palvelinta edustaa ohjauspiste ja asiakasta UPnP-laite. Käyttäjällä voi ohjata laitetta ohjauspisteen käyttöliittymän kautta. Kun ohjauspiste suorittaa etäkutsun laiteella, ohjausvaihe toistuu. Laitteen tilan muuttuessa laitteen palvelu välittää muuttuneet tilatiedot tapahtumina rekisteröityneille ohjauspisteille, jolloin tapahtumien käsittelyvaihe toistuu. Näin ollen vaiheet ohjaus, tapahtumien käsittely ja esittely ovat rinnakkaisia.

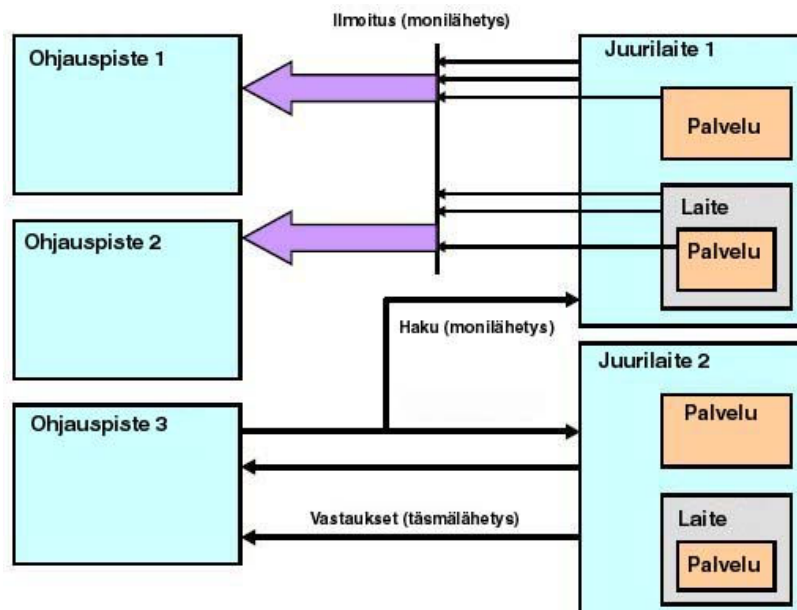
UPnP-ohjausprotokollan aloitusvaihe on IP-osoitteen haku. Kun laite on liittymässä verkkoon, sen on hankittava ensin IP-osoite. DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) on dynaaminen IP-osoitteiden jakamismenettely [Dro93], jonka pitää olla käytössä jokaisella verkon laitteella. Laitteen DHCP-asiakas etsii verkosta DHCP-palvelinta. Jos palvelin löytyy, laitteen on käytettävä DHCP-palvelimen antamaa

osoitetta. Muuten laitteen on käytettävä osoitteen hankkimiseksi Auto IP –toimintoa [CAG05]. Lyhyesti sanottuina Auto IP kuvaa, kuinka laite valitsee älykkäästi IP-osoitteen varattujen osoitteiden joukosta. Kuva 5 havainnollistaa UPnP-ohjausprotokollan vaiheita.



Kuva 5: UPnP-ohjausprotokollan vaiheet.

UPnP-ohjausprotokollan ensimmäinen varsinaisen vaihe on *havaitseminen* (discovery) [UPF00]. Kun laite on saanut IP-osoitteen, se ilmoittaa olemassaolostaan ohjauspisteille UPnP-havaitsemisprosessin avulla. Ohjauspisteen liittyttyä verkkoon se voi etsiä UPnP-laitteita, joista se on kiinnostunut. Kuva 6 havainnollistaa havaitsemisprosessin toimintaa. UPnP-laite ilmoittaa läsnäolonsa ohjauspisteille monilähetysviestein. Ohjauspiste etsii UPnP-laitteita monilähetysviestein, joihin laite vastaa täsmälähetysviestillä. UPnP-havaitsemisprosessi perustuu etsintäprotokollaan SSDP (Simple Service Discovery Protocol). SSDP on Microsoftin ja Hewlett-Packardin kehittämä XML-pohjainen etsintäprotokolla [GCL99].



Kuva 6: SSDP-etsintäprotokolla.

Seuraava vaihe on *kuvaus*. Kun ohjauspiste on löytänyt UPnP-laitteen, se tietää tästä aluksi varsin vähän. Saadakseen lisätietoa laitteesta ja ollakseen vuorovaikutuksessa sen kanssa ohjauspisteen on hankittava tämän kuvaustiedot. Ohjauspiste aloittaa juurilaitteesta ja käy puurakenteen läpi saadakseen kaikkien juurilaitteeseen liittyvien palvelujen ja laitteiden kuvaustiedostot. Kuvaustiedosto on XML-dokumentti, joka sisältää tietoa, jota tarvitaan seuraavissa ohjausprotokollan vaiheissa. Nämä ovat ohjaus, tapahtuma ja esitystapa, ja ne voivat olla rinnakkaisia.

Ohjausprotokollan seuraava vaihe on *ohjaus*. Kun ohjauspiste on saanut kuvaustiedoston, se voi ohjata UPnP-laitetta lähettämällä sopivia ohjaussanomiam laitteeseen liittyvälle palvelulle. Ohjaussanomien perustana on SOAP (Simple Object Access Protocol), joka on pääasiassa Microsoftin kehittämä [Mit03]. SOAP on yksinkertainen, XML-pohjainen menetelmä, joka soveltuu tiedonvaihtoon hajautetussa tietokoneympäristössä.

Seuraava vaihe on tapahtumien käsittely. *Tapahtumalla* tarkoitetaan UPnP-laitteen tilan muutosta, jonka laitteen palvelu ilmaisee sanomalla. Kun ohjauspiste on rekisteröitynyt kuuntelemaan palvelua, tämä voi lähettää ohjauspisteelle tapahtumasanomia, jotka pitävät ohjauspisteen tietoisena laitteen tilasta. GENA (General Event Notification Architecture) [CAG00] määrittelee arkkitehtuurin, joka välittää tapahtumasanomat HTTP-protokollaa tai sen muunnelmia HTTPU ja HTTPMU käyttäen. Tapahtumasanomat ovat XML-muotoisia.

Viimeisenä vaiheena on *esitys*. Jos UPnP-laite sisältää esitystavan kuvaussivun, käyttäjä voi hallita ohjauspisteen selaimella laitetta ja sen palveluja. Esitystavan kuvaussivu määrittelee käyttöliittymän, jonka avulla käyttäjä voi hallita käytännöllisesti katsoen mitä tahansa valmistajan toteuttamia laitekohtaisia toimintoja. UPnP-laitearkkitehtuuri ei rajoita käyttöliittymän toteutusta, vaan kukin laitevalmistaja voi toteuttaa käyttöliittymän haluamallaan tavalla.

5.3 Yhteenveto

Tässä luvussa kuvailuilla palvelukeskeisellä väliohjelmistoratkaisulla on vahvuutensa ja heikkoutensa. HAVi pyrkii nopeaan tiedonsiirtoon FireWire-tekniikalla ja alustariippumattomuuteen Java-ohjelmointikielillä. Heikkoutena on

ohjelmointirajapinnan laajuus ja lukuisia viihde-elektronisia laitteita koskevat mallit, jotka täytyy toteuttaa jokaiseen ohjainlaitteeseen. Lisäksi ohjelmiston pitää tukea lukuisia laitevalmistajien toteuttamia protokollia. Heikkoutena voidaan pitää myös Javan virtuaalikonetta, joka kuluttaa prosessoritehoa [HAV04, Tei01]. Lisäksi USB- ja Ethernet-tekniikat ovat korvanneet FireWire-tekniikan lähes kokonaan.

Jini pyrkii alustariippumattomuuteen ja avoimeen ohjelmistoarkkitehtuuriin Java-ohjelmointikielellä. Tavoitteena on tarjota ohjelmistovalmistajille mahdollisuus toteuttaa joustavia ja laajennettavia verkko-ohjelmistoja [Jin07]. Heikkoutena voidaan pitää Java-virtuaalikonetta ja -kieliriippuvuutta.

UPnP pohjautuu Internet-teknologiaan ja se on riippumaton ohjelmointikielestä, käyttöjärjestelmästä sekä fyysisestä siirtotiestä. UPnP tarjoaa selainpohjaisen käyttöliittymän. Kun laitteita liitetään verkkoon, käyttäjän ei tarvitse konfiguroida niitä eikä asentaa niihin laiteajureita. UPnP on saanut laite- ja ohjelmistovalmistajien laajan tuen [UPN07]. Myös DLNA-suunnitteluohjeet perustuvat UPnP-arkkitehtuurin soveltamiseen [DLN06]. Heikkoutena voidaan pitää sitä, että UPnP perustuu standardoimattomien HTTP-muunnelmien käyttöön. Myös SOAP on standardoimaton. Koska UPnP on riippumaton fyysisestä siirtotiestä ja siirtomekanismeista, käyttäjän on varmistuttava siitä, että ne tukevat sovelluksen vaatimaa siirtonopeutta. Lisäksi virtakatkoksen jälkeen UPnP-havaitsemisprosessi voi tukkia verkon.

Uusia palvelukeskeisiä väliohjelmistoja tulee markkinoille. UPnP-ohjelmiston korvaajana pidetään väliohjelmistoa Devices Profile for Web Services (DPWS). DPWS sisältää samat perustoiminnot kuin UPnP, mutta siihen sisältyy Web Services –tekniikka, joka laajentaa tietoliikenneyhteydet kotiverkon ulkopuolelle [ScT06]. Web Services -tekniikat ovat joukko standardeja, jotka mahdollistavat palveluiden toteuttamisen ja hyödyntämisen alustariippumattomasti [WWW02]. Microsoft julkaisi DPWS-väliohjelmiston osana Microsoft Vista –käyttöjärjestelmää tammikuussa 2007 [Mic07b]. DPWS ei ole yhteensopiva UPnP-ohjelmiston kanssa. Vista tukee kuitenkin UPnP-ohjelmistoa.

Tässä luvussa on esitelty joitakin palvelukeskeisiä kotiverkkoja, joista tarkemmin on kuvailtu UPnP-laitearkkitehtuuri. Seuraavaksi kuvataan UPnP-laitearkkitehtuurin päälle rakennettuja ohjelmistoratkaisuja, joilla voidaan ohjata multimediasisältöä.

6 Multimedian hallinta

Multimedia on tietotekniikkaan perustuva viestinnän muoto, jossa yhdistetään useita tiedon esitystapoja. Multimedia voi sisältää esimerkiksi tekstiä, kiinteää ja liikkuvaa kuvaa (kuten animaatiota tai videota) sekä ääntä (esimerkiksi musiikkia). Silloin kun multimedia on vuorovaikutteista, käyttäjä voi vaikuttaa vastaanotettavaan viestiin [Tek98]. Multimedia-aineisto tallennetaan yleensä digitaaliseen muotoon.

UPnP Forum on laajentanut UPnP-laitearkkitehtuuria lisäämällä tähän multimedialaitteiden hallintaan liittyviä piirteitä. DLNA on liittänyt suunnitteluohjeisiinsa mallin, joka kuvaa multimedialaitteiden ja -formaattien vaatimukset. Suunnitteluohjeisiin sisältyy myös datasiirtomalli, joka soveltuu tilanteeseen, jossa ei ole välitöntä suoratoistoa. Tämän luvun tavoitteena on kuvata multimediaa koskeva DLNA-malli ja UPnP-arkkitehtuuri.

6.1 DLNA-yhteistoimintamalli

DLNA-suunnitteluohjeet sisältävät yhteistoimintamallin, joka voidaan jakaa mediaformaattimalliin ja datasiirtomalliin [DLN06]. Mediaformaattimalli liittyy multimedian välittämiseen, datasiirtomalli liittyy tilanteisiin, jossa multimediatdataa käsitellään ilman välitöntä suoratoistoa.

Yhteistoimintamallia noudattavat laitteet voivat toimia yhdessä, vaikka ne käyttävät sinänsä yhteensopimattomia multimediaformaatteja. Mallin tarkoituksena on saavuttaa yhteistoiminnan peruslinja. Samalla se kannustaa laitevalmistajia innovaatioon.

Mediakoodekit kehittyvät jatkuvasti, mikä johtaa suurempaan siirtonopeuteen ja parempaan suoratoiston laatuun. Koodekki on Telesanaston [Tek98] mukaan ”ohjelma tai laite, jonka avulla voidaan sekä koodata digitaalinen signaali että purkaa koodaus. Koodauksen yhteydessä signaali voidaan myös pakata tai tiivistää koodekin avulla”.

Yhteistoimintamallin datasiirtomalliin mukaan multimedialaitteiden täytyy tukea joitakin tiedonsiirtoprotokollia. Näistä HTTP on pakollinen ja RTP valinnainen. Datasiirtomallia tarvitaan, koska multimedialaitteet voivat prosessoida ja siirtää

multimediatdataa ilman välitöntä suoratoistoa. Esimerkiksi mediapalvelin voi koostaa, järjestää tai arkistoida kotiverkossa siirrettävää multimediatdataa [DLN06].

6.2 Yhteistoimintamallin multimediaformaattit

DLNA-yhteistoimintamallin mediaformaattimalli keskittyy multimediovirran siirtoon mediapalvelimelta (DMS) soittimeen (DMP). Mediaformaattimalli jakaa multimediovirran kolmeen luokkaan: kuva, ääni ja audio-video (AV). Kuva-medialuokkaan sisältyvät kiinteän kuvan formaatit, kun taas audio-video -medialuokkaan sisältyvät liikkuvan kuvan formaatit. Ääniformaateista puhuttaessa olisi täsmällisempää erotella audio- ja puheformaattit toisistaan. Mallissa kuitenkin ääniformaattilla tarkoitetaan audioformaattia, jota käytetään esimerkiksi musiikin suoratoistoon. Tutkielmassa käytetään termiä ääni-medialuokka audio-medialuokan asemasta, jotta se erottuisi selkeämmin audio-video -medialuokasta. On lisäksi huomattava, että monet ääniformaattit, jotka sisältyvät ääni-medialuokkaan, sisältyvät myös audio-video -medialuokkaan.

Kussakin medialuokassa on yksi pakollinen multimediaformaatti ja joukko valinnaisia formaatteja. Taulukkoon 2 on koottu tämänhetkiset pakolliset ja valinnaiset multimediaformaattit [DLN06].

Medialuokka	Pakolliset	Valinnaiset
Kuva	JPEG	PNG, GIF, TIFF
Ääni	LPCM	AAC, AC-3, ATRAC 3plus, MP3, WMA9
AV	MPEG-2	MPEG-1, MPEG-4, AVC, WMV9

Taulukko 2: DLNA-multimediaformaattit.

Mediamallin pakollinen kuvaformaatti JPEG (Joint Photographic Experts Group¹) [ISO94b] on häviöllinen formaatti, joka soveltuu erityisesti valokuvien käsittelyyn. Häviöllisyys kuvaformaattien yhteydessä tarkoittaa sitä, että kuvasta poistetaan

¹ Joint Photographic Experts Group on ISO/CCITT-komitean nimi, joka loi standardin ISO/IEC IS 10918-1. Vastaava ITU-T:n suositus T.81 on samansisältöinen.

informaatiota, joka ei ole ihmissilmin havaittaessa olennaista. WWW-selaimet tukevat JPEG-formaattia sellaisenaan [RaH96].

Mediamallin valinnaiset kuvaformaatit ovat häviöttömiä formaatteja, joissa informaatio säilyy täydellisesti. GIF (Graphic Interchange Format) on yhdysvaltalaisen CompuServe-yhtiön kehittämä formaatti, jota WWW-selaimet tukevat sellaisenaan. GIF-formaatin pakkausalgoritmi on ollut suojattu patenteilla [MiW89, Wel85]. Patentit perustuvat tutkijoiden Jakob Zivin ja Abraham Lempelin työhön [ZiL78].

Koska GIF oli suojattu patenteilla, syntyi tarve kehittää avoin kuvaformaattistandardi. Näin sai alkunsa formaatin PNG (Portable Network Graphics) kehitys. PNG-formaatin versio 2 on W3C-standardi [Duc03]². TIFF (Tagged Image File Format) on alunperin Alduksen taitto-ohjelmistonsa (PageMaker) tarpeisiin kehittämä monipuolinen kuvaformaatti. Sen avulla kuvaan voi liittää tietoa mm. väritasapainosta, värialueesta ja käytetystä kuvanlukijasta. Tämä mahdollistaa kuvan tulostamisen mahdollisimman samanlaisena eri laitteilla [Ald92].

Mallin pakollinen ääniformaatti on lineaarinen pulssikoodimodulaatio, LPCM, joka sisältyy CD- ja DVD-levyissä käytettyyn signaalintallennusjärjestelmään [KFS03]. LPCM on täysin häviötön formaatti. Pulssikoodimodulaatio (pulse-code modulation, PCM) on menetelmä, jolla analoginen signaali voidaan esittää ja siirtää digitaalisessa muodossa sekä myös palauttaa vastaamaan alkuperäistä analogista signaalia [Fre04]. Brittiläisen Alec Reeves keksi PCM-tekniikan, jonka hän patentoi vuonna 1938 [Ree38].

Kun analogista signaalia muunnetaan digitaalseksi PCM-tekniikassa, operaatioina ovat näytteenotto, kvantisointi ja kvantisointitasojen koodaus. Signaalista otetaan näytteitä vakiotaajuudella. Kvantisointi pyöristää signaalinäytteet diskreetteihin tasoihin. Kvantisoidut näytteet koodataan pulssijonoksi siten, että kutakin näytettä vastaa kiinteänmittainen koodisana [Fre04, Ree38]. Puhelintekniikassa koodisanan pituus on 8 bittiä, jolla digitaaliseen signaaliin saadaan aikaan 256 erilaista tasoa, CD-soittimessa koodisanan pituus on 16 bittiä ja tasojen lukumäärä 65 536.

LPCM on pulssikoodimodulaatio, jossa signaalia muokkaa tasavälinen kvantisointi. Äänentoistossa käytettävä PCM eroaa puhelimissa käytettävästä siten, että

² PNG-formaatin versio 2 on julkaistu samansisältöisenä myös standardissa ISO/IEC IS 15948:2003.

puhelintekniikassa signaalia muokataan epätasavälisellä kvantisoinnilla näytteenottotaajuuden ollessa 8 kHz, kun taas äänentoistotekniikassa signaalia muokataan käyttäen tasavälistä (linear) kvantisointia ja tyypillinen näytteenottotaajuus on CD-levyillä 44,1 kHz, DVD-levyillä 48 kHz. Pakkaamaton ääniformaatti antaa erittäin hyvän äänentoiston kiinteissä kotiverkkolaitteissa [KFS03].

Kannettaville kotiverkkolaitteille DLNA suosittelee valinnaisia, häviöllisiä ääniformaatteja. Kannettavat kotiverkkolaitteet käyttävät usein langatonta yhteyttä ja niiden muistikapasiteetti tai virtalähde on rajallinen. Häviöllisyys ääniformaatin yhteydessä tarkoittaa sitä, että bittivirrasta poistetaan osia siten, että ihmiskorva huomaa laadun heikkenemistä mahdollisimman vähän [DLN06, PaS00]. Valinnaiset ääniformaatit ovat pääsääntöisesti häviöllisiä.

MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3) on MPEG-1 -standardiin perustuva häviöllinen äänenpakkausmenetelmä [ISO98]. MP3 on tällä hetkellä maailman suosituin musiikin ääniformaatti. MPEG-komitea julkaisi MP3-standardin³ vuonna 1994. MPEG (Moving Pictures Experts Group) on ISO-komitea, joka kehittää liikkuvan kuvan ja äänen pakkaamisstandardeja. AAC (Advanced Audio Coding) tarkoittaa kahta asiaa: joko MPEG-2 Advanced Audio Coding [ISO04a] tai MPEG-4 Advanced Audio Coding [ISO04b]. Toisin sanoen AAC-formaatin perustana on joko MPEG-2 tai MPEG-4. Tämä korkealaatuinen äänenkoodausteknologia on käytössä esimerkiksi Applen iTunes-mediasoittimessa ja saman valmistajan kannettavassa digitaalisessa soittimessa. WMA9 (Windows Media Audio, versio 9) on Microsoftin vastine formaateille MP3 ja AAC, mutta se on häviötön ääniformaatti [Gee06, GiB03, Moc04].

AC-3, joka tunnetaan paremmin nimellä Dolby Digital, on Dolby Laboratoriesin kehittämä häviöllinen ääniformaatti, jota käytetään yleisesti DVD-levyillä. ATRAC (Adaptive TRAnsform Acoustic Coding) on Sonyn kehittämä häviöllinen formaatti, jota käytetään MiniDisceissä ja muissa Sonyn soittimissa. ATRAC kehitettiin vuonna 1992, tehokkaampi ATRAC3plus julkaistiin vuonna 2002 [Moc04].

AV-bittivirta täytyy pakata häviöllisesti, sillä liikkuva kuva käyttää paljon verkkoyhteyden kaistanleveyttä ja vie paljon levytilaa. Niinpä kaikki mallin AV-formaatit ovat häviöllisiä. Häviöllisyys AV-formaatin yhteydessä tarkoittaa sitä, että

³ Standardin virallinen nimi on ISO/IEC 11172-3 Layer 3.

bittivirrasta poistetaan osia, joita ihminen ei havaitse ollenkaan tai havaitsee mahdollisimman vähän. Vaihtoehtoisesti häviöllisyys on sitä, että bittivirrasta poistetaan mahdollisimman paljon tietoa siten, että alkuperäisen tiedon pääkohdat säilyvät. Kerran koodattua bittivirtasignaalia voi enää palauttaa alkuperäiseksi.

Mediamallin pakollinen AV-formaatti on MPEG-2, joka on 1997 valmistunut standardi⁴ yleisradiotasaisen liikkuvan kuvan pakkaukseen [ISO04a]. Videokuvan häviöllinen pakkaustapa perustuu liikkeen ennustamiseen ja kompensatioon. Yksinkertaisesti sanottuna kuva pakataan siten, että kuvien passiivisia kohtia jätetään pois ja keskitytään niihin kuvajaksoihin, joissa on liikettä. Standardia MPEG-2 käytetään melkein kaikissa DVD-videolevyissä, Super VCD-levyissä, kaapeli- ja satelliittitelevisioissa, Digi-TV - lähetyksissä sekä teräväpiirtotelevisioissa [RaH96].

Mediamalli sisältää useita valinnaisia AV-formaatteja. Standardi MPEG-1 oli ensimmäinen MPEG-komitean tulos [ISO98]. Standardi on tarkoitettu kuvan ja äänen pakkaamiseen digitaaliselle tallennusmedialle, kuten CD-ROM. Standardin MPEG-4 [ISO04b] tavoitteena oli alunperin saavuttaa pakkaustekniikka, joka mahdollistaa videokuvan siirron hitailla siirtonopeuksilla (< 64 kbps). Pakkaustekniikka on oliopohjainen. Esimerkiksi kuvasta pyritään löytämään sen eri osat ja niitä käsitellään erikseen. Standardi MPEG-4 soveltuu käytettäväksi seuraavilla sovellusalueilla: digitaalinen video, interaktiiviset grafiikkasovellukset ja interaktiivinen multimedia [RaH96].

MPEG-4 AVC eli H.264 on vuonna 2003 valmistunut standardi⁵, joka hyödyntää edistyneitä videopakkausalgoritmeja [ISO04b]. Standardin mukainen AV-formaatti sopii käytettäväksi esimerkiksi matkapuhelimessa katsottavan videokuvan pakkaamiseen. Järjestöt ITU, ISO ja IEC määrittivät yhteistyönä standardin H.264. WMV9 (Windows Media Video, versio 9) on Microsoftin kehittämä AV-formaatti [GiB03]. SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) on julkaissut tämän standardina⁶, jonka virallinen nimi on SMPTE 421M.

DLNA-yhteistoimintamalli edellyttää, että kaikkien kiinteiden kotiverkkolaitteiden (DMS, DMP, DMR, DMC ja DMP-laitteet) sekä vastaavien kannettavien

⁴ ISO/IEC 13818 ja ITU-T H.262 ovat samansisältöisiä.

⁵ H.264 on ITU:n antama nimi standardille, ISO/IEC tuntee sen nimellä 14496-10/MPEG-4 AVC.

⁶ Standardi tunnetaan myös epävirallisella nimellä VC-1 (Video Codec 1).

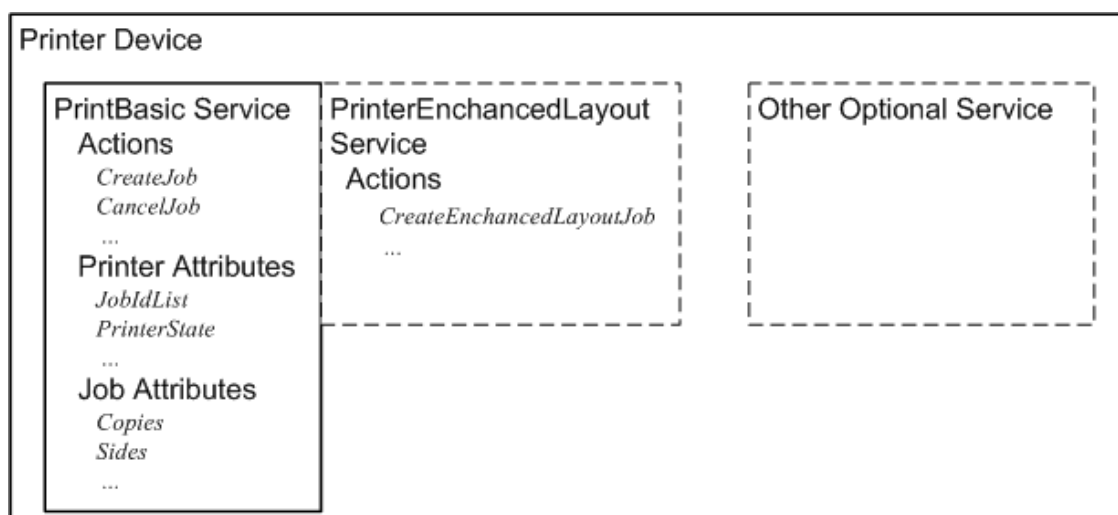
kotiverkkolaitteiden täytyy tukea jokaista taulukossa 2 lueteltua pakollista multimediaformaattia kussakin medialuokassa, jota laite tukee. Jokainen mediapalvelin (DMS) ja mediasoitin (DMP) voi tukea mitä tahansa taulukossa 2 lueteltua valinnaista mediaformaattia kussakin medialuokassa, jota laite tukee.

Lisäksi yhteistoimintamalli edellyttää, että minkä tahansa kiinteän kotiverkon suoratoistolaitteen (DMP, DMR ja DMP_r) sekä vastaavan kannettavan kotiverkkolaitteen on kyettävä vastaanottamaan sisältöä miltä tahansa kotiverkon mediapalvelimelta. Palvelin voi siirtää tietovirtaa natiiviformaatissa, jos suoratoistolaitte tukee sitä. Jos laite ei ymmärrä natiiviformaattia, palvelimen on muunnettava formaatti sellaiseksi, jota se ymmärtää. Niin kauan kuin tästä mallista pidetään kiinni, natiiviformaatti voi olla jokin muukin kuin taulukossa 2 lueteltu.

6.3 Tulostuksen ohjaus

Tulostuksen ohjaukseen UPnP Forum on laatinut standardin Printer Device Template v.1.0, joka on rakennettu UPnP-laitearkkitehtuurin yläpuolelle. Tulostin liittyy verkkoon normaalin UPnP-ohjausprotokollan DCP avulla. Tällöin tulostimen on ilmoitauduttava juurilaitteeksi [AHL02]. DCP mahdollistaa ajurittoman tulostuksen. Tietokoneeseen ei siis tarvitse asentaa valmistajan kirjoitinajuria. Sovelluksessa ei tarvita erillistä ohjelmakoodia kirjoittimen ohjaamiseen, toisin kuin 1980-luvulla [Aal86]. Lisäksi DCP mahdollistaa suoratulostuksen, jossa oheislaite keskustelelee suoraan kirjoittimen kanssa. Niinpä esimerkiksi kamera voidaan liittää suoraan tulostimeen, jolloin paperikuvia voidaan tuottaa ilman erillistä tietokonetta.

Kuva 7 havainnollistaa UPnP Printer –laitteen toimintaa. Kuvan 7 mukaisessa mallissa laite *Printer* sisältää vaadittavan palvelun *PrintBasic* ja valinnaisen palvelun *PrinterEnhancedLayout*. Laitteeseen voi sisältyä muitakin valinnaisia palveluja, jotka voivat olla valmistajakohtaisia.



Kuva 7: UPnP Printer – toiminnallinen kaavio.

Palvelu *PrintBasic* sisältää joukon tulostamiseen ja tulostusjonon tehtäviin liittyviä attribuutteja. Tulostamiseen liittyviä attribuutteja (*Printer Attributes*) ovat esimerkiksi tulostimen tila (*PrinterState*) ja tulostusjonon töiden tunnistelista (*JobIdList*). Tulostusjonossa olevaan tehtävään liittyvistä attribuuteista (*Job Attributes*) voidaan mainita samassa työssä tulostettavien kopioiden määrä (*Copies*). Lisäksi *PrintBasic* sisältää tulostusjonon hallintaan liittyviä toimintoja, kuten työn luonti (*CreateJob*) ja peruminen (*CancelJob*).

Attribuutin *JobIdList* avulla ohjauspiste saa tietää, mitkä tehtävät ovat aktiivisia. Mallissa tulostamiseen ja tulostusjonon tehtäviin liittyvät tapahtumat lähetetään niille ohjauspisteille, jotka ovat rekisteröityneet kuuntelijoiksi. Ohjauspisteen tulee suodattaa tapahtumat siten, että se ottaa vastaan vain omiin tehtäviinsä liittyviä tapahtumia.

Lisäpalvelu *PrinterEnhancedLayout* laajentaa palvelua *PrintBasic* lisätoiminnoilla ja semantiikalla. *PrinterEnhancedLayout* hyödyntää palvelun *PrintBasic* tulostamiseen ja tulostusjonon tehtäviin liittyviä attribuutteja [AHL02]. DLNA-suunnitteluohjeet edellyttävät, että digitaalinen mediatulostin (DMP) käyttää palvelua *PrinterEnhancedLayout* yhdessä merkkauuskielen XHTML-Print kanssa [DLN06].

XHTML-Print on W3C-suositusehdotus, joka määrittelee kevyen XHTML-pohjaisen sivunkuvauskielen [GrB06]. Se perustuu XHTML-kielen ja CSS-tyylisivujen käyttöön. XHTML (Extensible Hypertext Markup Language) on HTML-kielestä kehitetty www-sivujen merkintäkieli, joka täyttää XML-kielen muotovaatimukset [Pem02]. CSS

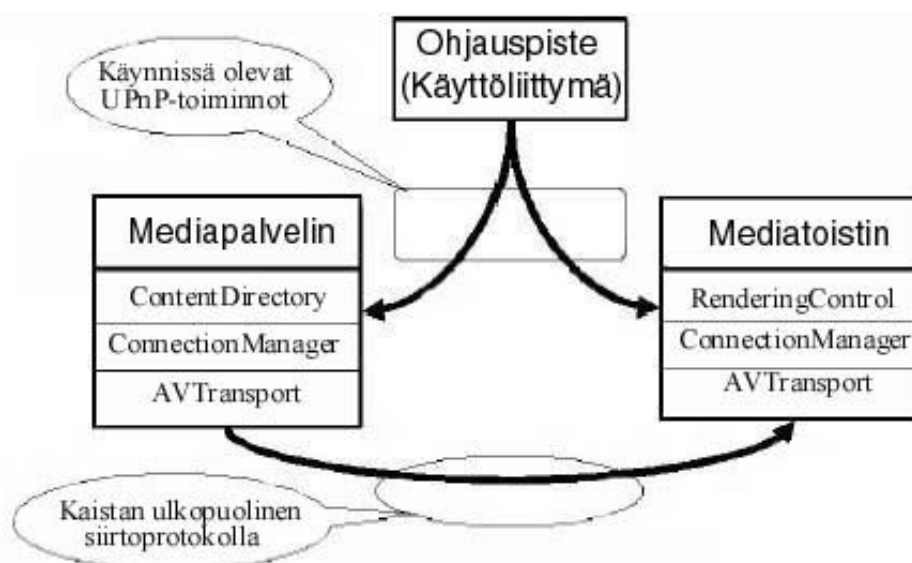
(Cascading Style Sheets) on tekniikka, jolla määritellään ulkoasu sisällölle, joka on kuvattu merkintäkielellä, kuten HTML tai XHTML. Tyyllisivut siis erottavat sisällön ja ulkoasun toisistaan [LiB99].

XHTML-Print soveltuu sekä dokumentin tulostamiseen että sen näyttämiseen kuvaruudulla. XHTML-Print soveltuu parhaiten ympäristöihin, joissa ei tarvitse asentaa tulostinajureita ja joissa sallitaan tulosteen ulkoasussa pieni vaihtelu. XHTML-print ei sisällä tulostimen ohjauskomentoja, joilla voidaan asettaa esimerkiksi dokumentin marginaalit, rivinväli ja kirjasinlaji. XHTML ei hyödynnä kaksisuuntaista viestintää tulostimen kanssa, joten tulostimen ominaisuuksia tai tilaa ei voida tiedustella [GrB06]. Sen sijaan ne saadaan selville käyttämällä UPnP Printer -attribuutteja.

6.4 Äänen ja liikkuvan kuvan hallinta

UPnP AV –arkkitehtuuri [RiK02] on rakennettu UPnP-laitearkkitehtuurin yläpuolelle. Sen tarkoitus on liittää audio- ja videolaitteita (AV-laitteita) toisiinsa sekä ohjata niitä. Arkkitehtuuri on riippumaton laitetyypistä, multimediaformaattista ja tiedonsiirtoprotokollasta. DLNA-suunnitteluohjeet edellyttävät, että kotiverkossa käytetään UPnP AV versiota 1 [DLN06].

UPnP AV –arkkitehtuurin pääkomponentit ovat ohjauspiste, mediapalvelin ja mediatoistin. Tyypillinen arkkitehtuuri on esitetty kuvassa 8. Kullakin komponentilla on selkeästi määritelty rooli. Vaikka arkkitehtuuri kuvaa ne ikään kuin erillisinä laitteina verkossa, niistä kaksi tai ne kaikki kolme voivat fyysisesti sijaita samassa laitteessa.



Kuva 8: UPnP AV –arkkitehtuurin kaavio.

Mediapalvelin (media server) voi sisältää paikallisesti tallennettuja multimediatiedostoja. Tämän lisäksi sillä voi olla pääsy ulkoisella laitteella oleviin mediatiedostoihin. Mediapalvelin voi välittää mediatiedoston sisältöä verkon kautta toiselle laitteelle käyttäen jotain tiedonsiirtoprotokollaa ja sisältöformaattia, jota kumpikin laite ymmärtää. Palvelin voi tukea kutakin mediatiedostoa kohden yhtä tai useampaa tiedonsiirtoprotokollaa ja sisältöformaattia. Palvelin voi myös muuntaa sisältöformaatin toiseksi lennossa, ajoaikana.

Mediatoistin (media renderer) saa mediapalvelimelta palvelun sisällön verkon kautta. Palvelun sisältö voi olla esimerkiksi peli, elokuva tai musiikkikappale. Vastaanotettavan sisällön tyyppi riippuu mediatoistimen tukemasta tiedonsiirtoprotokollasta ja multimediaformaattista.

Ohjauspiste (control point) ohjaa ja koordinoi palvelimen ja mediatoistimen yhteistyötä. Se on ainoa komponentti, joka voi käynnistää yhteistyön. Tähän sisältyy laitteiden konfigurointi siten, että haluttu sisältö alkaa virrata palvelimelta toistimelle. Ohjauspiste ei vaikuta itse sisällön kuljettamiseen. Kun tiedon siirto on alkanut, ohjauspiste väistyy tieltä. Se voidaan jopa sammuttaa ilman vaikutusta tiedon siirtoon.

Jos ohjauspisteessä on käyttöliittymä, laitteiden yhteistoiminta tapahtuu käyttäjän antamien komentojen mukaisesti. UPnP ei ota kantaa käyttöliittymän toteutukseen, vaan kukin laitevalmistaja voi toteuttaa oman käyttöliittymän erottuakseen kilpailijoista.

Kuvan 8 mediapalvelin sisältää UPnP-palvelut *ContentDirectory*, *ConnectionManager* ja *AVTransport*. Mediatoistin sisältää palvelut *RenderingControl*, *ConnectionManager* ja *AVTransport*. Ohjauspiste ohjaa laitteita näiden palvelujen kautta.

Ohjauspiste näyttää käyttäjälle, mitä multim mediasisältöä palvelin voi tarjota. Palvelin välittää tämän tiedon ohjauspisteelle palvelun *ContentDirectory* avulla. Jos käyttäjä valitsee sisällön toistettavaksi, ohjauspiste luo yhteyden palvelimen ja mediatoistimen välille käyttämällä palvelua *ConnectionManager*, joka on hajautettu molemmille laitteille. Tämän palvelun avulla yhteys voidaan myös päättää. Suoratoisto aloitetaan palvelulla *AVTransport*, joka on hajautettu kummallekin laitteelle. Varsinainen multimediaksiirto on UPnP-protokollan ulkopuolella. Käyttäjä voi ohjata siirtoa ohjauspisteen kautta palvelun *AVTransport* avulla. Tällaisia toimintoja ovat mm. ”play”, ”stop”, ”pause” sekä kelaus eteenpäin ja taaksepäin. Palvelun *RenderingControl* avulla käyttäjä voi ohjata sitä, miten mediatoistin käsittelee mediavirtaa. Tähän sisältyy äänen voimakkuus ja väri sekä kuvan kirkkaus ja kontrasti.

6.5 Yhteenveto

Tässä luvussa esitetty DLNA-yhteistoimintamalli määrittää multim edialaitteiden ja -formaattien vaatimukset. Mallin tavoitteena on luoda peruslinja eri laitevalmistajien tuotteiden yhteistoiminnalle. Malli kannustaa laitevalmistajia innovaatioon ja sallii heidän eriyttämään tuotteitaan uhraamatta laitteiden yhteensopivuutta. Valmistajat voivat siis kilpailla keskenään median laadun, tilankäytön ja verkkonopeuden suhteen mallin puitteissa.

DLNA-yhteistoimintamalli sallii, että palvelimelta virtaavan tiedoston formaatti voi olla jokin muu kuin edellä kuvattu. Otetaan esimerkiksi Ogg Vorbis, joka on patentoimaton, lisenssimaksuton sekä häviöllinen äänenpakkausmenetelmä, joka pohjautuu avoimeen lähdekoodiin [Vor04]. Yhteistoimintamallin mukaan jokaisen verkon mediatoistimen ja -soittimen on tällöin kyettävä vastaanottamaan bittivirtaa, joka on Ogg Vorbis -formaattissa. Ellei näin ole, palvelimen on muunnettava formaatti joko LPCM-formaatiksi tai sellaiseksi formaatiksi, jota mediatoistin tai -soitin ymmärtää.

Yhteistoimintamallia voidaan tulevaisuudessa päivittää siten, että siihen lisätään uusia mediaformaatteja. Pakolliseksi formaatiksi kelpaa ainoastaan avoin standardi, siis eri

toimittajatahojen yhteistyönä syntynyt ja standardointijärjestön ratifioima formaatti [DLN06]. Ogg Vorbis –formaatti sopinee vaihtoehdoksi valinnaisten ääniformaattien luetteloon.

Tässä luvussa kuvailtu UPnP AV -arkkitehtuuri on riippumaton laitetyypistä, multimediaformaattista ja tiedonsiirtoprotokollasta. UPnP AV –arkkitehtuurin rajoituksena voidaan pitää sitä, että kaikkien peruskomponenttien on oltava verkossa, jonka siirtoyhteyskerros edustaa samaa tekniikkaa. Jos kotiverkossa on useita eri siirtoyhteyskerroksia edustavia verkkosegmenttejä, kussakin niissä on oltava oma ohjauspiste, mediapalvelin ja mediatoistin. Tällöin UPnP ei tarjoa keskitettyä ohjausmekanismia kaikkien verkon laitteiden hallintaan.

Tämän luvussa on kuvattu DLNA-yhteistoimintamalli ja kaksi UPnP-laitearkkitehtuuria hyödyntävää multimedia-arkkitehtuuria. Seuraavaksi siirrytään esittelemään UPnP-laitearkkitehtuurin päälle rakennettuja ohjelmistoratkaisuja, joilla huolehditaan palvelunlaadusta ja tietoturvasta.

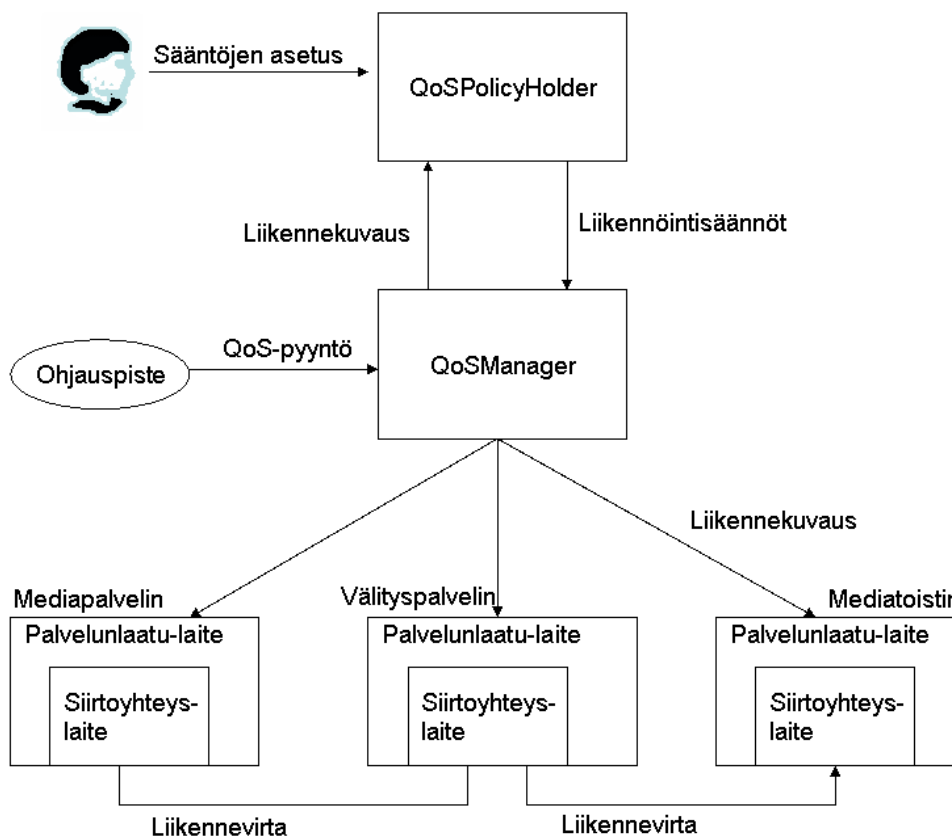
7 Palvelunlaatu ja tietoturva

Kotiverkon hallintaan käytettäviä väliohjelmistoa voidaan laajentaa käsittelemään palvelunlaatua ja tietoturvaa. Tässä luvussa tarkastellaan ensin UPnP Forumin palvelunlaatumekanismia. Tämän jälkeen tarkastellaan UPnP Forumin tietoturva-arkkitehtuuria. Lopuksi paneudutaan tekijänoikeuksien valvontaan liittyviin yhteiskunnallisiin kysymyksiin ja teknisiin ratkaisuihin. Tekijänoikeuksien valvontajärjestelmää voidaan pitää tietoturvamekanismin laajenuksena, koska sen päätavoitteena on estää tiedon oikeudeton käyttö.

7.1 Palvelunlaatu

Palvelunlaatu (QoS) on olennaista, kun kotiverkossa siirretään korkealaatuista mediavirtaa, kuten teräväpiirtodataa. Tämä on tärkeää erityisesti silloin, kun verkossa on myös ”best effort” -liikennettä. UPnP Forum on rakentanut UPnP QoS –arkkitehtuurin laite- ja AV-arkkitehtuurinsa yläpuolelle. Tuorein versio on v2.0

[SBF06]. UPnP QoS-arkkitehtuuri lisää AV-arkkitehtuuriin kolme elementtiä: QoSPolicyHolder, QoSManager ja palvelunlaatu-laitteen palvelun (QoS Device service). Palvelunlaatu-laitteita ovat mediapalvelin, mediatoistin ja välityspalvelin. Välityspalvelimen kautta tietovirta siirretään mediapalvelimelta toistimelle. Kuvassa 9 esitetään UPnP QoS -arkkitehtuurin yleiskuva. Kussakin palvelunlaatu-laitteessa on erikseen näkyvillä siirtoyhteyslaite (Layer 2 Device).



Kuva 9: UPnP QoS -arkkitehtuurin kaavio.

Kuvan 9 ohjauspisteestä oletetaan, että se on havainnut mediapalvelimen ja -toistimen sekä hankkinut tietoa näiden välisen liikennevirran ominaisuuksista. Tämän jälkeen ohjauspiste muodostaa liikennekuvausdokumentin (TrafficDescription structure) ja pyytää verkon QoSManager-palvelua asettamaan palvelunlaadun liikennevirralle. Ohjauspiste voi kertoa, mitä QoSPolicyHolder-palvelua QoSManager-palvelun tulee käyttää. Ohjauspisteenä toimiva QoSManager pyytää QoSPolicyHolder-palvelua tuottamaan liikennevirralle soveltuvat säännöt (policy), jotka on kuvattu liikennekuvausdokumentissa. Sääntöjen perusteella QoS-Manager asettaa palvelunlaatu-laitteet käsittelemään uutta liikennevirtaa.

Palvelu QoSPolicyHolder määrää liikennöintisäännöt verkkoon, jossa se sijaitsee. Toisin sanoen QoSPolicyHolder asettaa kullekin liikennevirralle suhteellisen prioriteetin, jonka QoSManager välittää palvelunlaatu-laitteiden siirtoyhteyslaitteelle. Siirtoyhteyslaite muodostaa suhteellisesta prioriteetista teknologiasta riippuvan prioriteetin, jolla se käsittelee liikennevirran datapaketteja. Jos verkossa ei ole palvelua QoSPolicyHolder, ohjauspiste asettaa oletusliikennöintisäännöt. [SBF06].

7.2 Tietoturva

Tietoturvalla tarkoitetaan tietojen, järjestelmien ja palvelujen suojaamista tietoturvariskeiltä [Sta03]. Tietoturvan päätavoitteet ovat luottamuksellisuus (confidentiality), eheys (integrity), todennus (authentication) ja kiistämättömyys (non-reputiadiation). Tietoturvaan liittyvät myös pääsynvalvonta (access control) ja saatavuus (availability).

Luotettavuus tarkoittaa sitä, että tieto ja järjestelmät ovat vain niiden käyttöön oikeutettujen käytettävissä. *Eheys* tarkoittaa tiedon yhtäpitävyyttä alkuperäisen kanssa. Tavoitteena on varmistaa, ettei tieto ole muuttunut siirron tai säilytyksen aikana. *Todennus* tarkoittaa osapuolten (henkilö, järjestelmä tai järjestelmän osa) luotettavaa tunnistamista. *Kiistämättömyys* ilmentää sitä, että tiedon lähettäjä, vastaanottaja tai tietoon liittyvä tapahtuma voidaan todistaa myös jälkikäteen. *Pääsynvalvonta* on käyttövaltuuksien hallintaan kuuluva toiminto, jolla pyritään rajoittamaan pääsyä tietoihin, järjestelmiin ja palveluihin. *Saatavuus* tarkoittaa sitä, että järjestelmän tiedot ja palvelut ovat niihin oikeutettujen käytössä soveltuvan vasteajan puitteissa.

Tärkeimmät kotiverkkojen turvakeinot ovat palomuuuri ja virustorjunta. Standardissa IEEE 802.11 määritelty WEP (Wired Equivalent Privacy) on edelleen yleisesti käytetty Wi-Fi-verkkojen salausmenetelmä, vaikka se on helposti murrettavissa. Tutkijat ja jälleenmyyjät kehottavatkin kuluttajia käyttämään tehokkaampia suojausmekanismeja, kuten 802.11i [BHL06, FeP05]. Bluetooth-verkon tietoturva perustuu uuden laitteen todennukseen ja siirrettävän tiedon salaukseen [FeP05]. Markkinoilla on kuitenkin vain vähän tuotteita, joilla turvata laaja kotiverkko, jossa on useita verkkosegmenttejä ja palveluyhdyskäytäviä. Useimmat tietoturvajärjestelmät on suunniteltu teollisuuden tarpeita varten [Ell02].

UPnP-tietoturva-arkkitehtuuri (UPnP Security Architecture) laajentaa UPnP-laittearkkitehtuuria siten, että UPnP-laitteiden ja ohjauspisteiden välisessä viestinnässä käytetään julkisen avaimen järjestelmää, johon sisältyy digitaalinen allekirjoitus [Ell03a, Ell03b, Ell03c]. *Digitaalinen allekirjoitus* on koodi, jolla viestin vastaanottaja voi varmistua lähettäjän alkuperästä ja viestin muuttumattomuudesta. *Julkisen avaimen järjestelmä* (Public Key Infrastructure, PKI) on julkisen avaimen menetelmän käytön mahdollistava järjestely, jossa nimetty varmentaja tuottaa käyttäjille avainparit, varmentaa ne digitaalisella allekirjoituksellaan ja jakaa ne käyttäjille. *Julkisen avaimen menetelmä* puolestaan on epäsymmetrinen salausmenetelmä, joka perustuu *julkisen* (public key) ja *yksityisen avaimen* (private key) käyttöön. Avainpari toimii siten, että yksityisellä avaimella salatun viestin voi purkaa vain julkisella avaimella ja päinvastoin [Sta03].

UPnP-tietoturva-arkkitehtuurissa [Ell03a, Ell03b, Ell03c] yksityinen avain pidetään laitteella suojattuna ulkopuolisilta. Julkisen avaimen asemasta käyttäjä käyttää tunnistena julkisen avaimen tiivistettä. *Tiivisteellä* (hash) tarkoitetaan tiedon tiivistämistä pienempään tilaan siten, että alkuperäistä tietoa voidaan vertailla vertailemalla niiden tiivisteitä [Sta03]. Julkisen avaimen tiiviste on yleensä käyttäjän nähtävissä joko kuvaruudulla tai laitteeseen kiinnitetyllä tarralla. Julkisen avaimen tiivistettä kutsutaan *turvatunnisteeksi* (SecureID). Turvatunniste on maailmanlaajuisesti yksilöivä avain eli kullakin laitteella on täsmälleen yksi ainutlaatuinen tunniste.

UPnP-tietoturva-arkkitehtuuri lisää laitearkkitehtuuriin kaksi yksikköä: turvakonsolin ja laiteturvapalvelun [Ell02, Ell03a, Ell03b]. *Turvakonsoli* (Security Console, SC) on laite, joka on UPnP-laitteen ja ohjauspisteen yhdistelmä, joka sisältää turvakonsoli-palvelun. Turvakonsoli sisältää käyttöliittymän, jonka avulla (pää)käyttäjä voi hallita kotiverkkoa. *Laiteturvapalvelu* (DeviceSecurity service) vastaa pääsynvalvonnasta sillä laitteella tai ohjauspisteellä, jolla se sijaitsee. Laiteturvapalvelun suojaama laitetta kutsutaan *varmistetuksi laitteeksi* (secured device). Laiteturvapalvelun suojaama ohjauspiste puolestaan tietää, miten ohjata varmistettua laitetta.

Pääsynvalvonta hoidetaan pääsyylistoja tai varmenteita käyttämällä. *Pääsyylista* (Access Control List, ACL) on resurssiin liittyvä luettelo, jonka merkinnät määrittelevät, mitä oikeuksia kullakin käyttäjällä on mainittuun resurssiin. Merkintää kutsutaan myös ACL-merkinnäksi. ACL-merkinnät koostuvat laitteiden turvatunnisteista tai

turvattunnisteryhmistä ja ne määrittelevät sen, mitä kukin laite saa tehdä. *Turvattunnisteryhmä* on globaalisti yksilöivä nimetty ryhmä, jonka turvakonsoli on varmentanut ja joka koostuu niiden laitteiden turvatunnisteista, joilla on yhtäläiset valtuudet. ACL-merkinnällä on lisäksi voimassaoloaika.

Varmenne (certification) on todistus, jolla luotettu kolmas osapuoli vahvistaa, että digitaalisessa allekirjoituksessa käytettävä tunniste kuuluu tietylle yksikölle ja on edelleen voimassa. Turvakonsoli voi valtuuttaa joitakin ohjauspisteitä myöntämällä niille varmenteen, joka oikeuttaa pääsyyn tietyille UPnP-laitteille. Varmenteita käytetään erityisesti silloin, kun varmistetun laitteen muistikapasiteetti on hyvin rajallinen. Varmenne on käytännössä digitaalisesti allekirjoitettu ACL-merkintä.

Turvakonsoli määrittelee pääsynvalvonnan säännöt (access control policy) joko myöntämällä varmenteita tai muokkaamalla pääsyylistoja. Varmenteiden myöntäminen kuvattiin edellä. UPnP-laitteen pääsyylistaa voi muokata vain laitteen omistaja. Turvakonsoli voi tulla laitteen ensisijaiseksi omistajaksi vain, jos se tuntee laitteen salasanan ja laite ei ole joutunut toisen omaksi. Laite ei ole kenenkään oma, jos sen omistajaluettelo on tyhjä. Laitteen omistaja voi jakaa laitteen toisen kanssa, jolloin puhutaan yhteisomistuksesta. Yhteisomistuksen voi lopettaa vain se omistaja, joka on aikanaan myöntänyt sen. Ensisijaisen omistajan voi poistaa omistajaluettelosta vain tehdasalustuksella. Kaikki omistajat voivat muokata laitteen pääsyylistaa miten tahtovat.

UPnP-tietoturva-arkkitehtuuri laajentaa UPnP-ohjausprotokollaa suojaamalla havaitsemisen, ohjauksen ja tapahtumien käsittelyn [E1102, E1103c]. Tällöin puhutaan protokollan asemasta seremoniasta. Termi *seremonia* (Ceremony) viittaa johonkin, joka on verkkoprotokollan kaltainen, mutta viestintään osallistuvat verkon laitteiden lisäksi myös ihmiset, toisinaan myös muu ympäristö. Ellisonin mukaan pääsynvalvonnan sääntöjä ei voida rakentaa koneellisesti, vaan ihmisen on välitettävä ne verkon laitteille.

Ohjauksen suojaus on keskeisessä asemassa UPnP-seremoniassa. SOAP-sanoma suojataan siten, että vain valtuutetut ohjauspisteet saavat käynnistää varmistettujen laitteiden palvelujen toimintoja. Tämä tehdään käyttämällä edellä kuvatulla julkisen avaimen menetelmällä ja pääsyyvalvonnan säännöillä. Pääsyylistat ja varmenteet ilmentävät XML-pohjaista SPKI/SDSI-syntaksia. SPKI (Simple Public Key Infrastructure) tarkoittaa protokollaa ja määrittämiä, jotka tarjoavat julkisen avaimen

menetelmään perustuvia turvapalveluja Internet-teknologiaa hyödyntäville sovelluksille. SDSI (Simple Distributed Security Infrastructure) lisää SPKI-järjestelmään ryhmien muodostamisen ja nimivarmenteiden käytön. Edellä mainitut ACL-merkintöjen turvatunnisteryhmät muodostetaan SDSI-tyylisesti.

Havaitsemisprotokolla SSDP suojataan siten, että varmistettu laite ilmoittaa läsnäolonsa ns. generisenä laitteena, jonka yksityiskohtia ei kerrota muille kuin valtuutetuille ohjauspisteille. Tapahtuman käsittelyn suojaamiseksi GENA-tapahtuma suojataan julkisen avaimen menetelmällä [EII02].

7.3 Tekijänoikeuksien valvonta

Sisällöntuottajat vaativat, että teoksen sisältävä tallenne pitää suojata kaikelta luvattomalta käytöltä ja kopioinnilta. Sisällöntuottaja ymmärretään yleensä yrityksenä, joka tuottaa tietoliikennepalvelun avulla tarjottavaa aineistoa. Tässä yhteydessä sisällöntuottaja on teoksen alkuperäinen tekijä tai joku muu tekijän luvalla toimiva luonnollinen tai juridinen henkilö, joka saattaa teoksen yleisön saataviin. Sisällöntuottaja voi siis olla tekijä, kuten säveltäjä, sanoittaja tai esittäjä. Sisällöntuottaja voi olla myös tekijää edustava yhteisö, kuten painotuotteen julkaisija, levy-yhtiö tai pelin valmistaja. Tekijällä on oikeus päättää, miten teosta saa käyttää, muunnella tai kopioida.

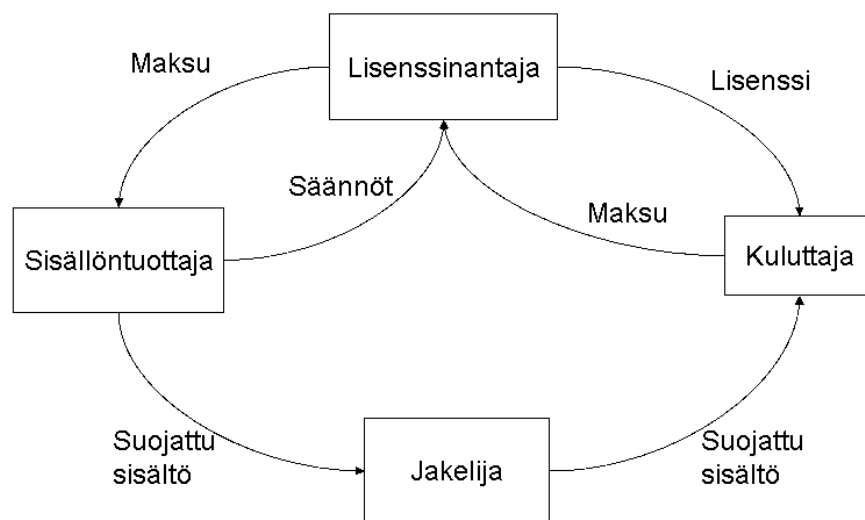
Lainsäädäntö suojaa sisällöntuottajien oikeuksia. Tekijänoikeutta koskeva lainsäädäntö vaihtelee maittain, mutta esimerkiksi EY-direktiivit pyrkivät yhdenmukaistamaan lainsäädäntöä EU-maissa [Dir01]. USA:ssa tekijänoikeuksia koskeva lainsäädäntö on samansuuntainen kuin EU-maissa [USC98]. Yhdenmukaistamisen esimerkiksi voidaan ottaa rajoitukset, jotka koskevat digitaalisessa muodossa olevan teoksen kopiointia yksityiseen käyttöön. Rajoitukset ovat herättäneet laajaa yhteiskunnallista keskustelua. Rajoitusten taustalla nähdään laittoman kopioinnin pelko sekä sisällöntuottajien halu muuttaa kuluttajien tottumuksia [Pit06, Sam03].

Suomessa tekijänoikeuslain [Tek06a] 12 § sallii jokaisen valmistaa julkaistusta teoksesta muutaman kappaleen yksityistä käyttöään varten. Kuitenkin TekijäL 12 §:n 4. momentti kieltää tietokoneohjelmien ja tietokannoista digitaalisesti luettavissa olevien kappaleiden valmistamisen. Niinpä teoksen lataamista Internetistä olevista laittomista

lähteistä pidetään kiellettyinä. Edelleen, TekijäL 50 a § kieltää kopiosuojauksen kiertämisen. Kopiosuojatun äänitteen kopiointi esimerkiksi MP3-soittimelle on rangaistuksen uhalla kiellettyä. Lisäksi TekijäL 50 b § kieltää kopiosuojauksen kiertämisen mahdollistavien tai kiertämistä helpottavien välineiden valmistuksen ja levityksen. Näin ollen kiellettyä olisi paitsi Internet-sivuilla julkaistujen kopiosuojan kierto-ohjelmien levitys, mutta myös kiertoa helpottavien ohjeiden julkaiseminen [Haa05].

Digitaalinen käyttöoikeuksien hallinta (Digital Rights Management, DRM) on kokoelma tekniikoita, joilla valvotaan digitaalisessa muodossa olevan teoksen käyttöä. Siihen voi sisältyä käyttäjän tunnistaminen ja pääsynvalvonta, suojatun tallenteen sisällön käytön seuranta, sisällön oikeellisuuden ja eheyden suojaus sekä sähköinen maksu- ja asiantipalvelu. Sisällön käytön seuranta voi rajoittaa tiedon avaamista, edelleenlähetystä, tallennusta ja kopiointia [KLM04, RBT02].

Tyypillisessä DRM-järjestelmässä on neljä päätoimijaa: sisällöntuottaja, lisenssinantaja, jakelija ja kuluttaja. Kuluttaja edustaa tässä käyttäjää päätelaitteineen. Tämä siksi, että kotiverkon käyttäjä on tyypillisesti yksityishenkilö. Käyttäjä voi tosin olla myös juridista henkilöä, kuten yritystä tai aatteellista yhdistystä edustava henkilö. Tällä on vaikutusta lisenssinantajan tarjoamien sopimusten sisältöön. Tästä huolimatta jatkossa käyttäjään viitataan kuluttujana. Kuva 10 havainnollistaa tyypillistä kotiverkossa käytettävän DRM-järjestelmän arkkitehtuuria [KLM04, ShS06].



Kuva 10: Tyypillinen kotiverkon DRM-järjestelmäarkkitehtuuri.

Sisällöntuottaja pakkaa äänitteen ja siihen liittyvät säännöt, jotka rajoittavat teoksen käyttöä. Näin muodostuu äänitteen suojattu sisältö, joka välitetään kuluttajalle jakelukanavaa pitkin. Jakeluvälit tiedostot talletetaan jakelijan palvelimelle, johon kuluttaja voi ottaa yhteyden.

Lisenssi on tietokoneohjelman, teoksen tai muun immateriaalioikeuden alaisen omaisuuden käyttöön oikeuttava sopimus. Lisenssinhaltijalla on keskitetty lisenssivarasto. Lisenssinhaltija toimii sisällöntuottajan edustajana käyttölisenssiä koskevissa asioissa. Sisällöntuottaja on sopinut lisenssinantajan kanssa kuluttajille tarjottavien lisenssien sisällöstä ja tekijänoikeuspalkkioiden jakamisesta.

Jotta käyttäjä pääsee käsiksi suojattuun tietoon, hänen on hankittava lisenssi lisenssinantajalta. Lisenssin saatuaan käyttäjä ottaa yhteyttä jakelijaan. Lisenssi sisältää tiedon siitä, mikä sisältö ja jakelija on oikea. Lisäksi lisenssi sisältää tiedon siitä, miten äänite saadaan kuultavaksi, nähtäväksi tai muulla tavoin hyödynnettäväksi. Kun käyttäjä on hankkinut lisenssin ja ottanut yhteyden oikeaan jakelijaan, päätelaite tarkistaa, että lisenssi on voimassa ja että kaikki ehdot sisällön avaamiseksi toteutuvat. Sisällön avaamista voidaan rajoittaa sen perusteella, kuinka monta kertaa, minä ajankohtana tai millä maantieteellisellä alueella sisältöä yritetään avata. Jos lisenssi puuttuu tai jokin rajoite estää sisällön avaamisen, päätelaite kieltäytyy suorittamasta pyydettyä toimintaa. Muuten päätelaite etsii avaimen ja avaa sisällön [KLM04, ShS06].

Markkinoilla on joitakin kuvan 10 arkkitehtuurin toteuttavia DRM-järjestelmiä. Näistä voidaan mainita Microsoftin Windows Media Rights Manager [MWM04] ja IBM:n Electronic Music Management System (EMMS) [IBM06]. Käyttäjän pitää olla kytkettyneenä verkkoon ja oltava yhteydessä lisenssinantajaan ja jakelijaan ostaakseen digitaalisessa muodossa olevia äänitteitä. InterTrust [Int06] on laajentanut arkkitehtuuria siten, että kuluttajan päätelaitteella on paikallinen lisenssivarasto. Paikallista lisenssiä käytetään vain, jos päätelaite ei saa yhteyttä lisenssinantajan palvelimeen. Laajennus sallii kuluttajan hankkia musiikkia heti ja maksaa siitä myöhemmin [Kwo02].

7.4 Yhteenveto

Tässä luvussa kuvailtu UPnP QoS –arkkitehtuuri tuo palvelunlaadun hallinnan kotiverkkoon. Tosin UPnP QoS –arkkitehtuurilla on rajoituksensa. Kotiverkossa voi olla laitteita, jotka eroavat toisistaan esimerkiksi suorituskyvyn ja kaistanleveyden suhteen. Jotta kaikille laitteille voitaisiin tarjota sovittu palvelunlaatu, palveluja tuottavien laitteiden on kyettävä havaitsemaan palvelua vastaanottavien laitteiden ominaisuudet ja sovittamaan palvelu tämän mukaisesti. Lisäksi kotiverkossa voi olla useaa siirtoyhteyskerroksen tekniikkaa käyttäviä laitteita, joten palvelunlaatuparametrit pitää sovittaa erikseen kutakin siirtoyhteystekniikkaa vastaaviksi.

UPnP palvelunlaatu –arkkitehtuuria on pyritty soveltamaan ja parantamaan. Tutkijat Choi, Kang ja Lee [CKL06] soveltavat DLNA-suunnitteluohjeita ja UPnP QoS –arkkitehtuuria palvelunlaatua tukevaan Ethernet-verkkoon. Lee ja kumppanit [LMK06] esittävät puolestaan QoS–arkkitehtuurin päälle rakennetun väliohjelmiston, joka tarkkailee verkon tilaa ja sopeutuu muutoksiin verkon olosuhteiden ja käyttäjän asettamien sääntöjen puitteissa. DLNA-suunnitteluohjeet eivät edellytä minkään tietyn palvelunlaatujärjestelmän käyttöä, vaan laitevalmistajien tulee sopia keskenään siitä, miten palvelunlaatu toteutetaan kotiverkossa. Laitteiden tulee toimia yhdessä, vaikka niihin ei olisi toteutettu palvelunlaatumekanismia [DNL06].

Tässä luvussa tarkasteltiin myös UPnP-tietoturva-arkkitehtuuria, jolla käyttäjä voi suojata kotiverkkonsa. Toisaalta laite- ja ohjelmistovalmistajat eivät tunne sitä kovin hyvin, eikä kuluttajien ole helppo hallita sitä. Niinpä tuottajien haasteena on rakentaa UPnP-tietoturvasta käyttäjäystävällinen. DLNA-suunnitteluohjeet eivät edellytä minkään nimenomaisen tietoturvajärjestelmän käyttöä kotiverkossa. Tärkeintä on se, että eri valmistajien turvajärjestelmin suojaamat laitteet ovat yhteensopivia keskenään [DLN06].

UPnP-tietoturvajärjestelmien jälkeen tässä luvussa tarkasteltiin markkinoilla olevia tekijänoikeuksien valvontajärjestelmiä ja taustalla olevia yhteiskunnallisia tekijöitä. DLNA-suunnitteluohjeet eivät edellytä minkään nimenomaisen DRM-tekniikan käyttöä kotiverkossa. Tärkeintä on saada tasapaino turvallisuuden, käytettävyyden ja saatavuuden välille [DLN06].

DRM-järjestelmän etuna on, että se antaa sisällöntuottajalle tarpeelliset työkalut immateriaalioikeuksiensa suojeluun ja taloudelliseen hyödyntämiseen. Järjestelmä pyrkii yksinkertaistamaan ja automatisoimaan lisenssinhallinnan. Kuluttajat voivat hankkia ja käyttää digitaalisia teoksia laillisesti. He voivat maksaa vain tehokkaasta käytöstä, toisin sanoen jokaisesta katselu- tai kuuntelukerrasta erikseen [FeS03, Wes00].

DRM-järjestelmien haittana pidetään sitä, että niistä ole olemassa standardia. Kukin valmistaja toteuttaa niitä omalla tavallaan, mistä seuraa yhteensopivuusongelmia. Yleisen standardin laatimista vaikeuttaa, että tekijänoikeutta koskeva lainsäädäntö vaihtelee maakohtaisesti. Järjestelmät ovat käsitteellisesti yksinkertaisia mutta haastavia toteuttaa. Yksi suurimpia toteutushaasteita on käyttäjäystävällisyys. Järjestelmän pitäisi olla kuluttajalle mahdollisimman huomaamaton [FAG02, Pit06].

Tekijänoikeuslakien ja niitä valvovien DRM-järjestelmien etuna voidaan todeta, että ne auttavat sisällöntuottajia keräämään maksut teosten käytöstä. Toisaalta niiden pelätään rajoittavan innovaatiota, tutkimusta ja sananvapautta. Sisällön täydellinen kopioinninvalvonta voi merkitä myös sitä, että sisällöntuottaja valvoo kuluttajan yksityisyyttä. Sisällöntuottaja voi päättää siitä, kenellä on oikeus päästä sisältöön. Yksityishenkilölle sanellaan, mitä hän saa katsella tai kuunnella.

On myös esitetty, että teoksen luvaton käyttö Internetissä voi edesauttaa tekijää taloudellisesti, koska se tekee teoksen tunnetuksi. Yksityiseen käyttöön kieltävää lakia onkin siksi kritisoitu siitä, että se ajaa suurten mediayhtiöiden etuja, ei niinkään teoksen alkuperäisen tekijän etuja [FAG02, Pit06, Sam03].

Viimeisenä mutta ei vähäisempänä huolenaiheena todettakoon, että omaan käyttöön laillisesti hankitun teoksen kopioinnin kieltäminen sotii monen kuluttajan oikeustajua vastaan. Kuluttajat ovat tottuneet ostamaan musiikkia tai elokuvan, eivät käyttöoikeutta johonkin yksittäiseen CD- tai DVD-levyyn. Heidän mielestään heillä on oikeus kuunnella ja katsella ostamaansa teosta parhaaksi katsomallaan tavalla. He myös odottavat voivansa tallentaa sisältöä ja käyttää sitä millä laitteella tahansa [Sam03].

Loppujen lopuksi teoksen kopiosuojauksen kiertämisen kieltäminen ja laillisen lähteen vaatimuksen osoittautuvat omantunnonkysymyksiksi. Kukaan ei pysty valvomaan, että yksityishenkilöt noudattavat niitä. Kiinnijääminen on sattumankauppaa.

Perustuslakivaliokunnan mukaan laillisen lähteen tunnistaminen Internetissä on kuluttajalle toisinaan mahdotonta. Se pitää oikeutta valmistaa teoksesta muutamia kappaleita yksityiseen käyttöön teoksen laillisesti hankkineen perusoikeuksien näkökulmasta perusteltuna. Viime kädessä kyse on henkilön oikeudesta käyttää teosta sen käyttötarkoitusta vastaavalla tavalla eli oikeudesta katsella ja kuunnella teosta [Per05]. Joku voi olla tunnontarkka ja käyttää hankkimaansa teosta lain kirjaimen mukaan, juuri niin kuin sisällöntuottajat haluavat. Toinen voi puolestaan hankkia työkalun, jolla kiertää kopiosuojaus, ja valmistaa itselleen laillisesti hankkimastaan teoksesta muutamia kopioita. Jokaisen on kuitenkin ratkaistava itse, miten hankkimaansa teosta käyttää.

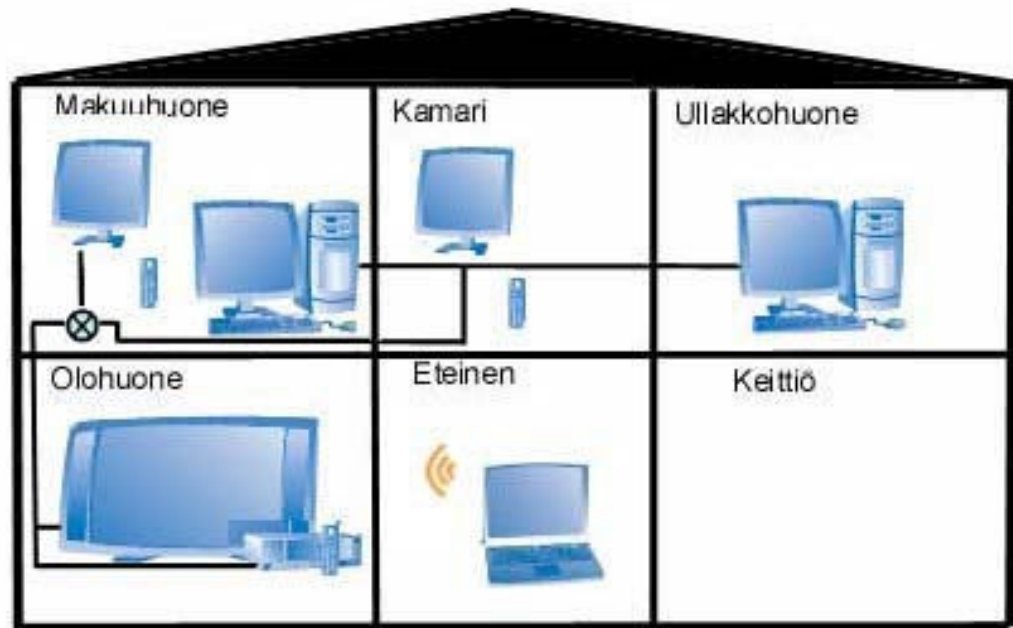
8 Esimerkkiverkon rakenne ja toiminta

Tässä luvussa suunnitellaan kotiverkko ja kuvaillaan sen tärkeimmät komponentit. Kotiverkon toimintaa havainnollistetaan käyttötilanteiden avulla. Lisää käyttötilanteita on kuvailtu liitteessä 1, jossa esitetään seitsemän käyttötilannetta, jotka perustuvat käyttötapauksiin ja skenaarioihin, jotka DLNA on määritellyt [DLN04]. Käyttötilanteet on lokalisoitu Suomeen, mutta henkilöiden ja paikkojen nimet ovat kuvitteellisia. Tässä luvussa esitettävät kaksi käyttötilannetta ovat liitteen 1 käyttötilanteita yksityiskohtaisempia ja ne havainnollistavat verkkotekniikoiden ja väliohjelmiston yhteistoimintaa kotiverkon tietoliikenteen ohjauksessa.

8.1 Rakenne ja komponentit

Lehtisaari on omakotitalo maaseudulla. Talo on kaksikerroksinen. Yläkerrassa on makuuhuone, kamari ja ullakkohuone, kun taas alakerrassa on olohuone, eteinen ja keittiö. Lisäksi Lehtisaareen kuuluu ulkorakennuksina sauna ja verstaas. Lehtisaaren omistavat Helmi ja Samuli, aviopari. Helmin veli Aarre ja tämän poika Sami ovat usein Lehtisaareessa. Leena ja Helmi ovat serkuksia. Leenan perheeseen kuuluu mies Voitto ja kaksi lasta, Kirsi ja Sanna. Leena on tulossa perheineen Lehtisaareen lauantaina.

Lehtisaaren ollaan hankkimassa uusinta tekniikkaa olevia tietokoneita, matkapuhelimia ja viihde-elektroniikkaa. Laitteita yhdistämään suunnitellaan kotiverkko, jonka rakenne esitetään kuvassa 11. Kuvassa ei kuitenkaan ole näytetty verstaasta eikä saunaa, mutta verstaalla on stereolaite ja saunan eteisessä kaksi kaiutinta, jotka kaikki yhdistetään langattomasti ullakkohuoneen multimediapalvelimeen.



Kuva 11: Lehtisaaren kotiverkon rakenne

Kotiverkon tärkeimmät komponentit ovat ullakkohuoneen multimediapalvelin, olohuoneen videotallennin ja taulutelevisio sekä makuuhuoneen tietokone. Laitteet liittyvät kotiverkkoon 1 gigabitin Ethernetin avulla. Lisäksi kotiverkkoon liittyvät kamarin ja makuuhuoneen televisiot mediasovittimen avulla, joka puolestaan liittyy verkkoon Ethernetin avulla. Ethernet-laitteet on kytketty makuuhuoneessa olevaan kytkimeen tähtitopologian mukaisesti.

Kannettavat laitteet liittyvät kotiverkkoon Wi-Fi-tekniikalla (WLAN). Yksi kannettava tietokone on käyttötilanteissa eteisessä. Muita kannettavia laitteita ovat verstaan stereolaite, vierailijan kannettava tietokone sekä matkapuhelin.

Ullakkohuoneen multimediapalvelimelle tallennetaan valokuvia, musiikkia ja liikkuvaa kuvaa. Palvelimelta on laajakaistayhteys Internetiin. Olohuoneen videotallentimeen on integroitu viritin, vahvistin ja muut mekanismit, joita tarvitaan maanpäällisen ja

satelliittilähetyksen vastaanottamiseen ja siirtämiseen radio- ja televisiovastaanottimelle. Taulutelevisioon on integroitu mediatoistin.

Ullakkohuoneen multimediapalvelin on DMS-laite, joka sisältää esimerkiksi 3.2 GHz prosessorin, 500 Gb kovalevyn, 3 Gb käyttömuistia, DVD+/-RW -aseman, HD-näyttöön kykenevän näytönohjaimen sekä liitännät 10/100/1000 Mbps Ethernet, 6xUSB2.0, WLAN b/g/n (draft) ja BT. Palvelimeen liittyy 19 tuuman näyttö. Käyttäjä voi lisätä kovalevyä tarpeen mukaan.

Olohuoneen videotallennin on DMS-laite, joka voi sisältää 200 Gb kiintolevyn, DVD-soittimen, TV-virittimen, HD-tallentimen sekä 100/1000 Mbps Ethernet-, USB-, Scart- ja antenniliitännän. Tallennin tukee esimerkiksi formaatteja MPEG-4, MP3 sekä CD-RW ja DVD+/-RW. Toisaalta videotallennin voi olla samankaltainen tietokone kuin ullakkohuoneen multimediapalvelin, johon on integroitu viritin, vahvistin ja muut mekanismit, jotka tarvitaan televisiolähetyksen vastaanottoa ja taulutelevisiolle siirtämistä varten. Jatkossa puhutaan videotallentimesta, vaikka se käytännössä olisi multimediatietokone.

Olohuoneen taulutelevisio on DMR-laite, joka voi olla 40 tuuman televisio, jonka resoluutio on 1366x768 ja joka on HDTV-yhteensopiva. Televisio sisältää liitännät 100/1000 Mbps Ethernet, WLAN b/g, ja USB. Tämän lisäksi tarvitaan Scart- ja antenniliitäntä. Makuuhuoneen tietokone on DMS-laite, kokoonpanoltaan nykyaikainen PC-tietokone, jossa on 19 tuuman näyttö, 2.2 GHz prosessori, 250 Gb kiintolevy, 1 Gb käyttömuistia sekä DVD+/-RW -asema. Liitäntänä on 10/100/1000 Mbps Ethernet ja 3xUSB2.0. Eteisessä oleva kannettava tietokone on M-DMS-laite, joka voi puolestaan olla kokoonpanoltaan nykyaikainen kannettava, jossa on 15,4 tuuman näyttö, 1.6GHz prosessori, 80 Gb kiintolevy, 1 Gb käyttömuistia, DVD-RW -asema sekä liitäntänä 10/100/1000 Mbps Ethernet, 3xUSB2.0, FireWire, BT ja WLAN b/g,

Ullakkohuoneen tulostin on DMPr-laite, joka liitetään mediapalvelimeen USB-väylällä. Matkapuhelin on M-DMS-laite, nykyaikainen multimediapuhelin, jossa on esimerkiksi 2 megapikselin kamera, FM-stereoradio sekä 8 gigatavun musiikkilaite tallennusta ja soittoa varten (MP3/AAC/MPEG-4). Talon katolla on lautasantenni ja tavallinen TV-antenni.

8.2 Käyttötilanteita

Kotiverkon käyttäytymistä voidaan havainnollistaa tosielämän tilanteilla. Seuraavat kaksi käyttötilannetta kattavat tavallisimmat toiminnot, joihin tietoliikenteen ohjaukseen osallistuva UPnP-väliohjelmisto osallistuu. Ensimmäisessä tilanteessa matkapuhelin liittyy verkkoon ohjauspisteeksi, jolla ohjataan liikkuvan kuvan esittämistä. Toisessa tilanteessa kannettava tietokone liittyy verkkoon UPnP-laitteeksi, jonka sisältämiä valokuvia tulostetaan ja esitetään taulutelevision kuvaruudulla.

Ensimmäisessä käyttötilanteessa Sanna haluaa näyttää olohuoneen taulutelevisiolla kellariorkesterinsa esiintymistä. Lehtisaaren kotiverkossa on käytössä UPnP-tietoturva-arkkitehtuuri. Aarre on valtuuttanut ullakon mediapalvelimen yhteydessä olevalla turvakonsolilla olohuoneen videotallentimen ohjauspisteeksi, joka päästää Sannan matkapuhelimen kotiverkkoon. Lisäksi Aarre on määritellyt, mitä matkapuhelin saa verkossa tehdä. Siihen sisältyy oikeus toimia ohjauspisteenä, joka ohjaa puhelimella olevien tiedostojen näyttämistä olohuoneen taulutelevisiolla.

Kun Sannan matkapuhelin alkaa ottaa WLAN-yhteyttä kotiverkkoon, videotallennin todentaa puhelimen ja päästää sen verkkoon. Puhelin liittyy verkkoon UPnP-ohjausprotokollan avulla ilmoittautuen ohjauspisteeksi. Puhelin etsii taulutelevisiota, joka vastaa puhelimelle. Sittemmin puhelin saa tietää television kuvaustiedot, tilan ja esitystavan kuvaussivun. Näin matkapuhelin on valmis ohjaamaan televisiota. Ohjausta avustaa käyttöliittymä, jonka määrittelee esitystavan kuvaussivu.

Laitteet muodostavat nyt UPnP AV –arkkitehtuurin mukaisen verkon siten, että matkapuhelimessa on ohjauspiste ja mediapalvelin, kun taas taulutelevisiossa on mediatoistin. Sanna valitsee tiedoston puhelimen ContentDirectory-palvelun avulla. Yhteys puhelimen ja taulutelevision välille muodostuu palvelun ConnectionManager avulla. Kun yhteys on muodostunut, Sanna voi käynnistää esityksen, jolloin palvelu AVTransport käynnistää mediavirran puhelimen ja television välille. Puhelimessa tiedosto on formaatissa MPEG-4 AVC, mutta mediatoistin muuntaa sen formaattiin MPEG-2 DLNA-multimediaformaattimallin mukaisesti. Sanna voi muuttaa television RenderingControl-palvelun avulla esimerkiksi äänenvoimakkuutta. Kun Sanna haluaa lopettaa esityksen, hän painaa puhelimen käyttöliittymässä olevaa stop-painiketta, johon AVTransport reagoi pysäyttämällä mediavirran.

Toisessa käyttötilanteessa Leena haluaa näyttää Norjan-matkan valokuvia olohuoneen taulutelevisiolla. Kuvat ovat kannettavalla tietokoneella, jonka Leena on tuonut kotoaan. Aarre on lisännyt turvakonsolilla myös Leenan kannettavan tunnistetiedot ja käyttöoikeudet, jotta tämä pääsee verkkoon. Leenan kannettava voi olla kokoonpanoltaan samankaltainen kuin eteisessä oleva kannettava tietokone.

Kun Leenan kannettava tietokone alkaa ottaa Wi-Fi-yhteyttä olohuoneen taulutelevisioon, videotallennin todentaa kannettavan ja päästää sen verkkoon. Kannettava tietokone liittyy kotiverkkoon UPnP-ohjausprotokollan avulla ilmoittautuen UPnP-laitteeksi, joka etsii verkosta ohjauspisteitä. Videotallennin vastaa. Kannettava tietokone lähettää videotallentimelle kuvaustietonsa, tilansa ja esitystavan kuvaussivunsa. Videotallentimeen liitetyllä kauko-ohjaimella voidaan nyt ohjata taulutelevisiota ja kannettavaa tietokonetta. Taulutelevision kuvaruudulle ilmestyy lista kannettavalla olevista valokuvista, joita voidaan alkaa näyttää.

Kun Helmi näkee valokuvan, jossa Leena perheineen on vuonon rannalla ja jossa Oslo näkyy taustalla, hän haluaa tulostaa sen. Niinpä hän valitsee kauko-ohjaimella tulostuskomennon ja ullakkohuoneessa olevan kirjoittimen. Bittivirta siirtyy ensin Wi-Fi-yhteydellä kannettavalta tietokoneelta taulutelevisioon, josta edelleen Ethernet-yhteydellä ullakon palvelimelle ja siitä edelleen USB-liitännän kautta tulostimelle.

Tulostusta ohjaavat UPnP Printer Device Template –arkkitehtuurin mukaiset palvelut. Palvelu PrintBasic luo tulostusjonon ja lisää tulostustyön siihen. Tulostin alkaa käsitellä työtä, ja PrintBasic ilmoittaa tulostimen tilan muutoksesta kotiverkkoon. Lisäpalvelu PrintEnchancedLayout muotoilee tulostuksen HTML Print –merkkauksielellä. Kun tulostus on valmis, PrintBasic ilmoittaa tulostimen tilan verkkoon.

On selvää, että laitteita voidaan liittää toisiinsa monella tavalla halutun toiminnan aikaansaamiseksi. Esimerkiksi Sannan matkapuhelin voi kommunikoida kotiverkon kanssa Bluetooth-yhteydellä. Hän voi tallentaa multimediatiedoston ullakkohuoneen multimediapalvelimelle. Toisaalta siirto Bluetooth-yhteydellä voi kestää kauan, jos tiedosto on suuri. Niinpä Sanna voi irrottaa puhelimensa muistikortin ja liittää sen taulutelevisioon suoraan, jos televisiossa on sopiva liitin. Tämän jälkeen hän voi ohjata esitystä television kauko-ohjaimella.

9 Johtopäätökset

Internet-tekniikan ansiosta kulutuselektroniikka, matkapuhelin- ja tietotekniikka lähentyvät toisiaan. Viihde-elektroniikan ja matkapuhelinten käyttämiä palveluja julkaistaan digitaalisena yhä enemmän. Tämä on tehnyt kotiverkot suosituiksi.

Tutkielmassa esiteltiin ja vertailtiin markkinoilla olevia laitteita ja ohjelmistoja, joiden avulla kuluttaja voi rakentaa toimivan kotiverkkojärjestelmän. Tutkielmassa kuvailtiin pääasiassa toimintoja ja teknologioita, jotka on valittu DLNA-suunnitteluohjeisiin. Valinta on tehty sillä perusteella, että teknologian tulee perustua virallisiin, konsortio- tai de facto –standardiin ja tuottajien tulee saada teknologian käyttölisenssi järkevin ja tasapuolisin ehdoin. Lisäksi valitut teknologiat kohdistuvat tuotteisiin, jotka ovat markkinoilla vuosina 2006 ja 2007. Taulukko 3 tiivistää DLNA-suunnitteluohjeen toiminnot ja teknologiat.

Toiminnot	Teknologia
Tietoliikenneyhteydet	Ethernet, 802.11, BT
Verkkokerros	IPv4-protokollaperhe
Perusväliohjelmisto	UPnP-laitearkkitehtuuri v1.0
Multimedian hallinta	UPnP AV v1 ja UPnP Printer:1
Mediaformaattit	DLNA-mediaformaattimalli
Mediadatansiirto	HTTP (pakollinen) ja RTP (valinnainen)

Taulukko 3: DLNA-suunnitteluohjeen toiminnot ja teknologiat

Tutkielmassa tarkasteltiin myös muita lähi- ja radioverkkotekniikoita, joilla kotiverkon tietoliikenneyhteydet voidaan toteuttaa. Osa niistä yleistyy tulevana vuosina. Mikäli kotiverkossa käytetään kahta tai useampaa verkkotekniikkaa, tarvitaan sopivia siltoja ja reitittämiä, jotta tieto kulkisi saumattomasti eri laitteiden välillä. Tutkielmassa tarkasteltiin kunkin verkkotekniikan ominaisuuksia, kehityssuuntaa sekä etuja ja puutteita, jotta kotiverkkoa rakentava kuluttaja osaisi valita kuhunkin tilanteeseen sopivimman verkkotekniikan.

Tutkielmassa vertailtiin myös joitakin SOA-pohjaisia perusväliohjelmistoja tarkoituksena ymmärtää, miksi DLNA-suunnitteluohjeisiin on valittu UPnP-laitearkkitehtuuri. Ilmeisesti näin on käynyt siksi, että UPnP pohjautuu Internet-

teknologiaan ja on riippumaton fyysisestä siirtotiestä. Lisäksi UPnP-pohjainen sovelluskehitys ei riipu käyttöjärjestelmästä eikä ohjelmointikielestä.

Tutkielmassa tarkasteltiin myös UPnP-laitearkkitehtuurin yläpuolella käytettäviä väliohjelmistoja, jotka sisältävät palvelunlaatua ja tietoturvaa koskevan mekanismin, mukaan lukien DRM-järjestelmät. Tarkoituksena oli samalla selvittää näiden mekanismien peruskäsitteistöä ja taustatekijöitä. DLNA-suunnitteluohjeet eivät edellytä minkään nimenomaisen tekniikan käyttöä, vaan tärkeintä on saada tasapaino turvallisuuden, käytettävyyden ja saatavuuden välille ja että eri valmistajien laitteet ovat keskenään yhteensopivia. Yhteensopivuuden saavuttaminen näyttää kuitenkin kaukaiselta, sillä kukin valmistaja haluaa pitää tiukasti kiinni omasta tekniikastaan. Niinpä kuluttaja joutuu turvautumaan yhden valmistajan tuotteisiin.

DLNA-konsortio ei liene pitkäikäinen, sillä Microsoft julkaisi Vista-käyttöjärjestelmän yhteydessä DPWS-väliohjelmiston, joka tulee ajan myötä korvaamaan UPnP-väliohjelmiston. DPWS ei ole yhteensopiva tämän kanssa. Toisaalta DLNA voi säilyä ja julkaista uudet suunnitteluohjeet, jotka perustuvat DPWS-väliohjelmiston käyttöön. Toisaalta Microsoft voi jopa korvata DLNA-konsortion kotiverkkoteknologiaa koskevana neuvojana. Mikrosotilla on kumppanuusohjelma ja valmis maailmanlaajuinen verkosto, jonka avulla ohjelmistovalmistajat voivat pätevoityä Microsoft Certified –kumppaniksi [Mic07a]. Tätä varten Microsoft tarjoaa kurseja ja testejä, ja sen tarvitsee vain lisätä tarjontaansa kotiverkkoteknologiaa koskeva kumppanuusohjelma.

Tulevaisuudessa kotiverkot laajenevat käsittämään kodinkoneita ja kodin valvonta- ja ohjausjärjestelmiä yhdistäviä verkkoja. Internet-teknologian soveltaminen voi yhdistää nämä verkot tietokone-, matkapuhelin- ja kulutuselektroniikkaverkkoihin. *Läsnä-äly* (ubiquitous computing) merkitsee sitä, että elinympäristöömme tulee yhä enemmän laitteita, joihin on upotettu tietokoneprosessori, langaton tietoliikenneyhteys ja muuta elektroniikkaa. Läsnä-älyn ennustetaan olevan yksi nopeimmin kasvavista tieto- ja tietoliikennetekniikan sovellusalueista seuraavan kymmenen vuoden aikana.

Vaikka elektroniikan avulla voidaan toteuttaa entistä monipuolisempia toimintoja, laitteet voivat olla entistä halvempia ja pienikokoisempia. Läsnä-älyn tavoitteena on järjestelmien keskinäinen ja järjestelmien ja ihmisten välinen viestintä ajasta ja paikasta

riippumatta. Läsnä-älyn soveltamiseen sisältyy visio siitä, että kuluttajat pääsisivät käsiksi sisällöntarjontaan myös tien päällä. Tällöin tarvitaan mekanismeja, joiden avulla käyttäjä voi olla aina parhaiten yhteydessä tarjottuun palveluun.

Lähteet

- Aal86 Aaltonen, J., *NDP 10 pankkikirjoittimen ohjaus MikroMikko 3:lla*, diplomityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1986.
- Ada06 Adams, J., *An Introduction to IEEE STD 802.15.4*, Aerospace Conference, 4-11 March 2006, IEEE 2006.
- AHL02 Albright, S., Hastings, T., Lewis, H., Zehler, P., *Printer:1 Device Template Version 1.01*, UPnP Forum, 2002. [Myös: www.upnp.org/standardizeddcp/documents/Printer_Definition_v1_020808.pdf, 12.3.2007].
- Ald92 Aldus Corporation authors, *TIFF 6.0 specifications*, Aldus Corporation, 1992. [Myös <http://partners.adobe.com/public/developer/en/tiff/TIFF6.pdf>, 12.3.2007].
- Alh04 Alhoniemi, E., *A Gateway for Wireless Ad-Hoc Networks*, Master's Thesis, Helsinki University of Technology, 2004.
- AMR01 Ala-Laurila, J., Mikkonen, J., Rinnemaa, J., *Wireless LAN Access Network Architecture for Mobile Operators*, IEEE Communications Magazine, November 2001.
- Ans65 Ansoff, I., *Corporate Strategy*, McGraw-Hill, 1965.
- Bak01 Bakken, D. E., *Middleware*, Encyclopedia of Distributed Computing, Kluwer Academic Press, 2001.
- Ben02 Benoit, H., *Digital TV: MPEG-1, MPEG-2 and Principles of the DVB System*, Second edition, Focal Press, Inc. 2002.
- BFF96 Berners-Lee, T., Fielding, R., Frystyk, H., *Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.0*, RFC 1945, IETF, 1996. [Myös: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1945.txt>, 12.3.2007].

- BHL06 Bittau, A., Handley, M., Lackey, J., *The Final Nail in WEP's Coffin*, Proceedings of the 2006 IEEE Symposium on Security and Privacy, pp. 386-400, IEEE 2006.
- BHP03 Berg, M., Harjunpää, N., Pärkkä, T., Sjöman, I., *Tulevaisuuden sisältöliiketoiminnan teknologiset esteet ja mahdollisuudet*, Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja, 14/2003, KTM Teknologiaosasto, 2003.
- BPS06 Bray, T., Poali, J., Sperberg-McQueen, C., Maler, E., Yergeau, F., *Extensible Markup language (XML) 1.0 (Fourth Edition)*, W3C Recommendation, W3C, 2006. [Myös: <http://www.w3.org/TR/REC-xml>, 12.3.2007].
- Blu07 Bluetooth-konsortion kotisivu, 2007, <http://www.bluetooth.org>, 12.3.2007.
- CAG00 Cohen, J., Aggarwal, S., Golland, Y., *General Event Notification Architecture Base: Client to Arbiter*, Internet draft, IETF, vanhentunut, 2000. [Myös: <http://www.upnp.org/draft-cohen-gena-client-01.txt>, 12.3.2007].
- CAG05 Cheshire, S., Aboba, B., Guttman, E., *Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses*, RFC 3927, IETF 2005. [Myös: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3927.txt>, 12.3.2007].
- CCK99 Campbell, A., Coulson, G., Kounavis, M., *Managing Complexity: Middleware Explained*, IEEE IT Professional, October 1999.
- CeC83 Cerf, V., Cain, E., *The DoD Internet Architecture Model*, Computer Networks, 1983.
- CEN07a CEN:in kotisivu, 2007, <http://www.cen.eu/cenorm>, 12.3.2007.
- CEN07b CENELEC:in kotisivu, 2007, <http://www.cenelec.org/Cenelec>, 12.3.2007.
- Cha70 Chang, R., *Orthogonal Frequency Multiplex Data Transmission System*, US Patent 3,488,445, 1970.

- CKL06 Choi, S., Kang, D., Lee, J., *A Media Distribution System supporting Priority-based QoS in a Home Network*, 8th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), 2006.
- Cle06 Cleevly, D., *Convergence in the home*, Communications Engineer, June-July 2006, Volume 4, Issue 3, pp. 10-15.
- Crt06 Canadian Radio-television and Telecommunications Commission (CRTC), *Telecommunications Industry Data Collection*, Government of Canada, 2006. [Myös: <http://www.crtc.gc.ca/dcs/eng/glossary.htm>, 12.3.2007].
- DeH98 Deering, S., Hinden, R., *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*, RFC 2460, IETF, 1998. [Myös: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>, 12.3.2007].
- Dig07 Digitan kotisivu, 2007, <http://www.digita.fi>, 12.3.2007.
- Dir01 Direktiivi 2001/29/EY, *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tekijänoikeuden ja lähioikeuksien tiettyjen piirteiden yhdenmukaistamisessa tietoyhteiskunnassa*, EYVLL 167, 22.6.2001.
- DLN04 Digital Living Network Alliance, *Use Case Scenarios, White Paper*, DLNA, 2004. [Myös: http://www.dlna.org/en/industry/about/DLNA_Use_Cases.pdf, 12.3.2007].
- DLN06 Digital Living Network Alliance, *Overview and Vision Whitepaper*, DLNA, 2006. [Myös: http://www.dlna.org/en/industry/about/dlna_white_paper_2006.pdf, 12.3.2007].
- DLN07 DLNA-konsortion kotisivu, 2007, <http://www.dlna.org/en/industry/home/>, 12.3.2007.
- DOV03 Demestichas, P., Oikonomou, A., Vivier, G., Theologou, M., *Management of Wireless Home Networking Technologies in the Context of Composite Radio Environments*, Mobile Computing and Communications Review, ACM, 2003.
- Dro93 Droms, R., *Dynamic Host Configuration Protocol*, RFC 1531, IETF, 1993. [Myös <http://www.ietf.org/rfc/rfc1531.txt>, 12.3.2007].

- Duc03 Duce, D., (toim), *Portable Network Graphics (PNG) Specification* (Second Edition), W3C, 2003. [Myös: <http://www.w3.org/TR/PNG>, 12.3.2007].
- Ell02 Ellison, M., *Home Network Security*, Intel Technology Journal, Volume 6, Issue 04, November 15, 2002.
- Ell03a Ellison, C., *DeviceSecurity:1 Service Template For UPnP - Device Architecture 1.0*, UPnP Forum, 2003. [Myös: http://www.upnp.org/standardizeddcps/documents/DeviceSecurity_1.0cc_001.pdf, 12.3.2007].
- Ell03b Ellison, C., *SecurityConsole:1 Service Template For UPnP - Device Architecture 1.0*, UPnP Forum, 2003. [Myös: http://www.upnp.org/standardizeddcps/documents/SecurityConsole_1.0cc.pdf, 12.3.2007].
- Ell03c Ellison, C., *UPnP Security Ceremonies Design Document For UPnP Device Architecture 1.0*, UPnP Forum, 2003. [Myös: http://www.upnp.org/download/standardizeddcps/UPnPSecurityCeremonies_1_0secure.pdf, 12.3.2007].
- ETS04 ETSI:n kotisivu, 2004, <http://www.etsi.org>, 12.3.2007.
- FAG02 Foroughi, A., Albin, M., Gillard, S., *Digital rights management: a delicate balance between protection and accessibility*. Journal of Information Science, Vol. 28, No. 5, pp. 389-395, 2002.
- FeP05 Ferro, E., Potorti F., *Bluetooth and Wi-Fi Wireless Protocols: A Survey and a Comparison*, IEEE Wireless Communications, vol. 12, no. 1, pp. 12-26, February 2005.
- FeS03 Fetscherin, M., Schmid, M., *Comparing the Usage of Digital Rights Management Systems in the Music, Film, and Print Industry*, Proceedings of the 5th International Conference on Electronic Commerce, 2003.
- FGM99 Fielding, R., Gettys, J., Mogul, J., Frystyk, H., Masinter, L., Leach, P., Berners-Lee, T., *Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1*, RFC 2616, IETF, 1999. [Myös: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>, 12.3.2007].

- Fle07 Fleishman, G., 802.11n Moves Forward with Draft 2.0 Vote, Wi-Fi Net News, January 19, 2007. [Myös: <http://wifinetnews.com/archives/007328.html>, 12.3.2007].
- Fre04 Freeman, R., *Telecommunications Systems Engineering*, 4 Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2004.
- FrJ99 Frazier, H., Johnson, H., *Gigabit Ethernet: From 100 to 1000 Mbps*, IEEE Internet Computing, January/February 1999.
- GCL99 Goland, Y., Cai, T., Leach, P., Gu, Y., Albright, S., *Simple Service Discovery Protocol/1.0 Operating without an Arbiter*, IETF, Internet draft, 1999. [Myös: <http://quimby.gnus.org/internet-drafts/draft-cai-ssdp-v1-03.txt>, 12.3.2007].
- Gee06 Geer, D., *Digital Music Faces Incompatible Formats*, Computer, IEEE Computer Society, Volume 39, Number 4, pp. 10-12, April 2006.
- GiB03 Gill, T., Birney, B., *Windows Media Resource Kit*, Microsoft Press, 2003.
- Gil97 Gillespie, A., *Access networks: technology and V5 interfacing*, Artech House, 1997.
- Gol99 Goland, Y., *Multicast and Unicast UDP HTTP Messages*, Internet draft, IETF, vanhentunut, 1999. [Myös: <http://ietfreport.isoc.org/idref/draft-goland-http-udp>, 12.3.2007].
- GrB06 Grant, M., Bigelow, J., *XHTML-Print*, W3C Proposed Recommendation, 2006. [Myös <http://www.w3.org/TR/xhtml-print>, 12.3.2007].
- Haa05 Haarmann, P.-L., *Tekijänoikeus ja lähioikeudet*, kolmas, uudistettu painos, Talentum, 2005.
- Har04 den Hartog, F., Balm, M., de Jong, C., Kwaaitaal, J., *Convergence of residential gateway technology*, IEEE Communications Magazine, May 2004.
- HAV04 HAVi-konsortion kotisivu, 2004. <http://www.havi.org>, 12.3.2007.
- Her94 Gary Herman, *Glossary of Internet Terms*, The Labour Telematics Centre, 1994. [Myös: <http://www.christlinks.com/glossary2.html>, 12.3.2007].

- IBM06 IBM's Electronic Music Management System (EMMS), Computer Science Research at Almaden, 2006. [Myös: <http://www.almaden.ibm.com/cs/madison.html>, 12.3.2007].
- IEC07 IEC:n kotisivu, 2007, <http://www.iec.org>, 12.3.2007.
- IEE00 *IEEE Std. 1394a-2000 IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus - Amendment 1*, IEEE Computer Society, 2000.
- IEE02a *IEEE Std.1394b-2002 IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus - Amendment 2*, IEEE Computer Society, 2002.
- IEE02b IEEE Std 802.15.1, *Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, IEEE Computer Society, 2002.
- IEE03 *IEEE Std 802.11g-2003 (Amendment to IEEE Std 802.11, 1999 Edn. (Reaff 2003) as Amended by IEEE Stds 802.11a-1999, 802.11b-1999, 802.11b-1999/Cor 1-2001, and 802.11d-2001)*, IEEE Computer Society, 2003.
- IEE04a *IEEE 802.11i-2004 Amendment to IEEE Std 802.11, 1999 Edition (Reaff 2003). IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between system - Local and metropolitan area networks?Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications - Amendment 6: Medium Access Control (MAC) Security Enhancements*, IEEE Computer Society, 2004.
- IEE04b *IEEE Std 802.16-2004 IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*, IEEE Computer Society, 2004.
- IEE05a *IEEE 802.11e-2005, IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks—Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)*

specifications: Amendment 8: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements, IEEE Computer Society, 2005.

- IEE05b *IEEE Standard 802.15.1 - 2005 IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements. - Part 15.1: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for wireless personal area networks (WPANs)*, IEEE Computer Society, 2005.
- IEE05c *IEEE 802.16e-2005 - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands*, IEEE Computer Society, 2005.
- IEE05d *IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks -Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*, IEEE Computer Society, 2005.
- IEE06a *IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks —Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Amendment 1: Physical Layer and Management Parameters for 10 Gb/s Operation, Type 10GBASE-T*, IEEE Computer Society, 2006.
- IEE06b *IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, IEEE Computer Society, 2006.
- IEE07 IEEE:n kotisivu, 2007, <http://www.ieee.org>, 12.3.2007.

- IEE95 *IEEE Std. 1394-1995, IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus*, IEEE Computer Society, 1995.
- IEE97 ISO/IEC 8802-11; ANSI/IEEE Std 802.11, *Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, IEEE Computer Society, 1999.
- IEE99a ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000(E); IEEE Std 802.11a-1999, *Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band*, IEEE Computer Society, 1999.
- IEE99b IEEE Std 802.11b-1999, Supp. to *Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band*, IEEE Computer Society, 1999.
- IET07 IETF:n kotisivu, 2007, <http://www.ietf.org>, 12.3.2007.
- Int06 InterTrustin kotisivu, 2006, <http://www.intertrust.com>, 12.3.2007.
- ISO04a ISO/IEC, MPEG-2, official title: 13818-1 to 11: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 1 to 11, 1994 to 2004.
- ISO04b ISO/IEC, MPEG-4, official title: 14496-1 to 16: Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 1 to 16, 2000 to 2004.
- ISO07 ISO:n kotisivu, 2007, <http://www.iso.org>, 13.2.2007.
- ISO86 ISO/IEC 8879:1986, *Information processing – Text and office systems – Standard Generalized Markup Language (SGML)*, ISO/JTC 1/SC 18, 1986.

- ISO94a ISO/IEC 7498-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic reference model: The basic model*, ISO/JTC 1/SC 21, 1994.
- ISO94b ISO/IEC 10918-1:1994, *Information Technology – Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines*, ISO/JTC 1/SC 29, 1994.
- ISO98 ISO/IEC, MPEG-1, official title: 11172-1 to 5: *Information technology – Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s – Part 1 to 5*, 1993 to 1998.
- ITU94 ITU-T, ITU-T Recommendation E.800: *Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability*, ITU-T, 1994.
- ITU07 ITU:n kotisivu, 2007, <http://www.itu.int>, 12.3.2007.
- Jan06 In-Stat/MDR, *The Western European Home Networking Market*, 2003. Amigo-projektin sivustolla: Janse, M., *Amigo: Ambient Intelligence for the networked home environment*, Philips Research, 2006. [Myös: <http://www.hitech-projects.com/euprojects/amigo/index.htm>, 12.3.2007]
- JIN07 Jini Network Technology, *Specifications*, Sun Microsystems, 2007. [Myös: <http://www.sun.com/software/jini/specs>, 12.3.2007].
- Jon06 Jones, W., *No strings attached [wireless USB]*, IEEE Spectrum, Volume 43, Issue 4, pp. 16-18, April 2006.
- Kaa01 Kaaranen, H., Naghian, S., Laitinen, L., Ahtiainen, A., Niemi, V., *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services*, John Wiley & Sons, Ltd, 2001.
- KFS03 Kuzuki, B., Fuchigami, N., Stuart, R., *DVD-Audio Specifications*, IEEE Signal Processing, July 2003.
- KLM04 Koenen, R., Lacy, J., MacKay, M., Mitchell, S., *The long march to interoperable digital rights management*, Proceedings of the IEEE, 92: 883-897, 2004.

- Kom01 EU:n komissio, *Verkko- ja tietoturva: Ehdotus eurooppalaiseksi lähestymistavaksi*, tiedonanto 298, lopullinen, 2001.
- Kot07 Kodintekniikka-alan tiedotusfoorumin Kotekin kotisivu, 2007, <http://www.kotek.fi>, 12.3.2007.
- Kwo02 Kwok, S., *Digital Rights Management for the Online Music Business*, ACM SIGecom Exchanges, Vol. 3, No. 3, pp. 17-24, August 2002.
- Law05 Lawson, S., *Bluetooth looks to UWB for bandwidth*, Techworld, May 2005. [Myös: <http://www.techworld.com/mobility/news/index.cfm?NewsID=3595>, 12.3.2007].
- LiB99 Lie, H., Bos, B., (toim.) *Cascading Style Sheets, level 1*, 1999. [Myös: <http://www.w3.org/TR/CSS1>, 12.3.2007].
- LMK06 Lee, H., Moon, S., Kim, J., Joe, D., *UPnP-based QoS Agent for QoS-guaranteed Streaming Service in Home Networks*, Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2006.
- Luk06 Lukkari, J., *Piilosähkö syö pöydässäsi*. Tekniikka & Talous 6.4.2006.
- MeB76 Metcalfe, R., Boggs, D., *Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks*, Communications of the ACM, 19(7): 395-403, July 1976.
- Meg04 Meghelli, M., *A 108 Gbps 4:1 multiplexer in 0.13µm SiGe bipolar technology*, ISSCC Digest, Paper 13.3, Feb. 2004.
- Mic07a Microsoft Learning -kotisivu, 2007, <http://www.microsoft.com/learning/mcp/default.aspx>, 12.3.2007.
- Mic07b Microsoft Vista -kotisivu, 2007, <http://www.microsoft.com/windows/products/windowsvista/default.aspx>, 12.3.2007.
- Mit03 Mitra, N., *SOAP Version 1.2. Part 0: Primer*, W3C Recommendation, W3C, 2003. [Myös: <http://www.w3.org/TR/soap12-part0>, 12.3.2007].
- MiW89 Miller, V., Wegman, M., *Data compression method*, US Patent 4,814,746, 1989.

- Moc04 Mock, T., *Music Everywhere: It's all about the algorithm - but which one will win?* IEEE Spectrum, Vol. 41, No. 9, pp. 42-47, September 2004.
- MWM04 Microsoft Windows Media, *Architecture of Windows Media Rights Manager*, 2004. [Myös: <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/drmarchitecture.aspx>, 12.3.2007].
- Mäh00 Mähönen, P., *The Standardisation Process in IT - Too slow or too fast?*, kirjassa Jakobs, K. (toim.), *IT Standards and Standardization: A Global Perspective*, London: Idea Group Publishing, 2000.
- PaK05 Park, W., Kim D., *Converge of broadcasting and Communication in Home Network using an EPON-Based Home Gateway and Overlay*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 2, pp. 485-493, May 2005.
- Pap03 Papazoglou, M., *Service-Oriented Computing: Concepts, Characteristics, and Directions*, in Proc. Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering, pp. 3–12, December, 2003.
- PaS00 Painter, T., Spanias, A., *Perceptual coding of digital audio*, Proc. of the IEEE, Volume 88, Issue 4, pp. 451-515, April 2000.
- Pem02 Pemberton, S. et al., (toim.), *XHTML 1.0 The Extensible HyperText Markup Language (Second Edition)*, W3C Recommendation, 2002. [Myös: <http://www.w3.org/TR/xhtml1>, 12.3.2007].
- Pen06 Pentikäinen, J., *Suomeen maanlaajuinen langaton laajakaista*, Tietoviikko 9.10.2006. [Myös: http://www.tietoviikko.fi/doc.te?f_id=1040932&s=u&wtm=tivi-09102006, 12.3.2007].
- Per05 Perustuslakivaliokunnan lausunto 7/2005 vp - HE 28/2004 vp, *Hallituksen esitys laeiksi tekijänoikeuslain ja rikoslain 49 luvun muuttamisesta*, Perustuslakivaliokunta, 2005. [Myös: <http://www.ffi.org/tekijanoikeus/perustuslaki-lausunto-7-2005.html>, 12.3.2007].
- Pit06 Pitkänen, O., *Legal Challenges to Future Information Businesses*, HIIT Publications 2006-1, Helsinki Institute for Information Technology HIIT, 2006.

- Pos80 Postel, J., *User Datagram Protocol*, RFC 798, IETF, 1980. [Myös: <http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>, 12.3.2007].
- Pos81a Postel, J., *Internet protocol*. RFC 791, IETF, 1981. [Myös: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc791.txt>, 12.3.2007].
- Pos81b Postel, J., *Transmission Control Protocol*, RFC 793, IETF, 1981. [Myös: <http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>, 12.3.2007].
- Qua07 Qualcomm Flarion Technologies kotisivu, <http://www.qualcomm.com/qft>, 12.3.2007.
- RaH96 Rao K., Hwang, J., *Techniques and Standards for Image Video and Audio Coding*, Prentice-Hall, 1996.
- Rad00 Rada, R., *Concensus Versus Speed*, kirjassa Jakobs, K. (toim.), *IT Standards and Standardization: A Global Perspective*, London: Idea Group Publishing, 2000.
- Ree38 Reeves, A., *Systèmes de signalisation électriques*, French Patent No. 852 183 on Pulse Code Modulation, 1938.
- RiK02 Ritchie, J., Kuehnel, T., *UPnP AV Architecture v0.83*, UPnP Forum, 2002. [Myös <http://www.upnp.org/standardizeddcp/docs/documents/UPnPAvArchitecture0.83.pdf>, 12.3.2007].
- RLJ99 Raggett, D., Le Hors, A., Jacobs, I., *HTML 4.01 Specification*, W3C Recommendation, 1999. [Myös <http://www.w3.org/TR/html401>, 12.3.2007].
- Ros01 Rose, B., *Home Networks, A Standards Perspective*, IEEE Communications Magazine, Volume 39, Issue 12, pp. 78-85, December 2001.
- RoV91 Rope, T., Vahvaselkä, I., *Nykyaikainen markkinointi*, Weilin+Göös, 1991.
- RBT02 Ripley, M., Brendan, C., Traw, S., Balogh, S., Reed, M., *Content Protection in the Digital Home*. Intel Technology Journal, Vol. 6, Issue 4, 2002.

- Rus06 Russell, A., '*Rough Consensus and Running Code*' and the Internet-OSI Standards War, IEEE Annals of the History of Computing, pp. 48-61, Jul-Sep 2006.
- Sai00 Saito, T., Tomoda, I., Takabatake, Y., Ami, J., Teramoto, K., *Home gateway architecture and its implementation*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 46, Issue 4, pp. 1161-1166, November 2000.
- Sam03 Samuelson, P., *DRM {and, or, vs.} THE LAW*, Communications of the ACM, Vol. 46, No. 4, pp. 41-45, April 2003.
- SBF06 Song, A., Bhagwat, A., Fairman, B., Hlasny, D., Frost, G., Manbeck, J., McQueen, J., van Hartskamp, M., Gadiraju, N., Bopardikar, R., Bardini, R., Chen, R., Palm, S., UPnP QoS Architecture v2.0, UPnP Forum, 2006. [Myös: <http://www.upnp.org/specs/qos/UPnP-qos-Architecture-v2-20061016.pdf>, 12.3.2007].
- SCF03 Schulzrinne, H., Casnet, S., Frederick, R., Jacobson, V., *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, RFC 3550, IETF, 2003. [Myös: <http://tools.ietf.org/html/rfc3550>, 12.3.2007].
- Sch04 Multimedia Networks in the Home: Analysis and Forecasts (Fourth Edition), © Parks Associates. Artikkelissa Scherf, K., *The Home Network Market: Data and Multimedia Connectivity*, Parks Associates, 2004. [Myös: http://www.aureside.org.br/eventos/parks_hn.pdf, 12.3.2007].
- ScT06 Schlimmer, J., Thelin, J., (toim), Devices Profile for Web Services, Microsoft Corporation, 2006. [Myös: <http://specs.xmlsoap.org/ws/2006/02/devprof/devicesprofile.pdf>, 12.3.2007].
- SES07 SESKO:n kotisivu, 2007, <http://www.sesko.fi>, 12.3.2007.
- SFS06 SFS-käsikirja 1, *Standardit ja standardisointi*, Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2006.
- SFS07 SFS:n kotisivu, 2007, <http://www.sfs.fi>, 12.3.2007.
- ShS06 Sheppard, N., Safavi-Naini, R., *Sharing Digital Rights with Domain Licensing*, Proceedings of the ACM Workshop on Multimedia Content Protection and Security, October 2006.

- Sie07 Siemensin kotisivu, 2007, <http://www.siemens.com/index.jsp>, 12.3.2007.
- SMP06 SMPTE 421M-2006, *Standard for Television: VC-1 Compressed Video Bitstream Format and Decoding Process*, SMPTE, 2006.
- Sta03 Stallings, W., *Cryptography and Network Security: Principles and practices*, Prentice Hall, 3rd Edition, 2003.
- Sun07 Sun Microsystemsin kotisivu, 2007. [Myös: <http://www.sun.com>, 12.3.2007].
- Tei01 Teirikangas. J., *HAVi: Home Audio Video Interoperability*, Technical report, Helsinki University of Technology, 2001.
- Tek91 Tekniikan sanastokeskus, *Telesanasto (TSK 18)*, Puhelinlaitosten Liitto r.y., (nyk. FINNET-liitto), 1991.
- Tek01 Tekniikan sanastokeskus, *Matkaviestinsanasto (TSK 29)*, Finnet Focus, 2001.
- Tek88 Tekniikan sanastokeskus, *Videosanasto (TSK 10)*, Valtion painatuskeskus (nyk. Oy Edita Ab), 1988.
- Tek98 Tekniikan sanastokeskus, *Multimediasanasto (TSK 28)*, Helsinki Media Erikoislehdet, 1998.
- Tek06a *Tekijänoikeuslaki 404/1961*, viimeksi muutettu 679/2006, 2006.
- Tek06b Tekniikan sanastokeskuksen Tietotekniikan termitalkoot -projekti, 2006. [Myös: <http://www.tsk.fi/termitalkoot>, 12.3.2007].
- Tec07 TechWeb *TechEncyclopedia*, Computer Language Company, 2006. [Myös: <http://www.techweb.com>, 12.3.2007].
- TeW02 Teger, S., Waks, D., *End-User Perspectives on Home Networking*, IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No 4, pp. 114-119, April 2002.
- Tre00 Treese, W., *Putting it together: The home area network*, netWorker, ACM Digital Library, Volume 4, No 1, pp. 11-13, March 2000.
- UPF00 UPnP Forum, *Universal Plug and Play Device Architecture v1.0*, UPnP Forum, 2000. [Myös: http://www.upnp.org/download/upnpda10_20000613.htm, 12.3.2007].

- UPN07 UPnP Forum, *Universal Plug and Play*, 2006. [Myös: <http://www.upnp.org>, 12.3.2007].
- USB07 USB-IF:n kotisivu, 2007, <http://www.usb.org/home>, 12.3.2007.
- USC98 U.S. Congress, *Digital Millenium Copyright Act (DMCA)*, Title 17, U.S.C., 1998.
- Vau04 Vaughan-Nichols, S., *Achieving Wireless Broadband with WiMax*, IEEE Computer, Volume 37, Issue 6, pp. 129-136, June 2004.
- Viv07 Viestintäviraston kotisivu, 2007, <http://www.ficora.fi>, 12.3.2007.
- Vor04 *Vorbis I specification*, Xiph.org Foundation, 2004. [Myös: http://xiph.org/vorbis/doc/Vorbis_I_spec.html, 12.3.2007].
- VZV03 Vaxevanakis, K., Zahariadis, T., Vogiatzis, N., *A Review on Wireless Home Network Technologies*, Mobile Computing and Communications Review, ACM, 7(2): 3-5, April 2003.
- Wel85 Welch, T., *High speed data compression and decompression apparatus and method*, US Patent 4,558,302, 1985.
- Wes00 Wessels, J., *The future of digital content – Free or paid?* VDI/VDE Technologiezentrum Informationstechnik GmbH, 2000.
- Wic97 Wickelgren, I., *The facts about FireWire*. IEEE Spectrum, Volume 34, Issue 4, pp. 19-25, April, 1997.
- WiM07 WiMAX Forumin kotisivu, 2007, <http://www.wimaxforum.org/home>, 12.3.2007.
- WWW02 Web Services on World Wide Web Consortium, 2002, <http://www.w3.org/2002/ws>, 12.3.2007.
- WWW07 World Wide Web Consortiumin kotisivu, 2007, <http://www.w3.org>, 12.3.2007.
- Zig07 Zigbee Alliancen kotisivu, 2007, <http://www.zigbee.org/en/index.asp>, 12.3.2007.

- ZiL78 Ziv, J., Lempel, A., *Compression of Individual Sequences via Variable-Rate Coding*, IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-24, pp. 530-536, 1978.

Liite 1. Kotiverkon käyttötilanteita

Käyttötilanne 1. On torstai-ilta Leenan kotona. Kirsi ottaa mielellään sekä kuvia että videonpätkiä matkapuhelimellaan. Nyt hän tallentaa ottamansa kuvat ja videonpätkät multimediapalvelimelle, johon hän tapaa säilyttää kaikki multimedia-aineistonsa. Kirsi voi liittää puhelimensa kotiverkkoon joko Bluetoothin tai langattoman lähiverkon (Wi-Fi) avulla. Sitten hän etsii matkapuhelimellaan mediapalvelimia. Hän valitsee palvelimen ja tiedostohakemiston, johon hän siirtää tiedostot matkapuhelimestaan. Toisinaan käy niin, että tuo multimediapalvelin ei tue sitä sisältöformaattia, jota kuvissa, äänessä tai liikkuvassa kuvassa on käytetty. Siitä huolimatta multimediapalvelin osaa muuntaa mediaformaatin lennossa, eikä Kirsin tarvitse kiinnittää huomiota koko asiaan. Kun kuvat on tallennettu mediapalvelimelle, Kirsi voi helposti näyttää niitä muille perheenjäsenille olohuoneen digitaalitelevision kautta. Hän voi käyttää matkaviestintään (esimerkiksi matkapuhelintaan) etsiäkseen mediasisältöä mediapalvelimelta. Hän voi käyttää matkaviestintä kaukosäätimenä valitakseen tulostuslaitteen, asettaakseen suoratoiston parametrit jne.

Käyttötilanne 2. Samaan aikaan kun Kirsi katselee valitsemiaan videoita ja nauhoitettuja TV-ohjelmia, Sanna kuuntelee musiikkivedosta, jonka hänen orkesterinsa teki talon kellarissa edellisenä viikonloppuna. Kokoelma on samalla palvelimella kuin video, jota Kirsi parhaillaan katselee. Sanna valitsee kokoelmasta osia ja lataa ne matkapuhelimeen, jotta hän voisi esittää niitä Lehtisaarella seuraavana viikonloppuna. Lehtisaarella hän voi liittää matkapuhelimen kotistereoihin, jotta toiset kuulisivat esityksen. Jotta sisältöä voitaisiin esittää Lehtisaaren stereolaiteella, matkapuhelimen pitää kirjautua hyväksyttävästi kotiverkkoon. Tämän jälkeen matkapuhelinta voidaan käyttää kaukosäätimenä ohjaamaan musiikin esitystä.

Käyttötilanne 3. On lauantai-iltapäivä Lehtisaarella ja väki rentoutuu. Aarre kuuntelee verstaalla stereoita, jotka on liitetty langattomalla yhteydellä ullakkohuoneen multimediapalvelimeen. Hän ohjaa stereoita kaukosäätimellä. Hän on tallentanut vanhaa kotimaista musiikkia ullakkohuoneen tietokoneeseen. Musiikki virtaa langattoman kotiverkon kautta tietokoneelta stereoihin. Samaan aikaan makuuhuoneessa Helmi käpertyy kerälle vuoteessaan ja katselee TV-ohjelmaa, jonka hän on nauhoittanut aikaisemmin olohuoneen videotallentimelle. Hän valitsee ohjelman ja säätää kuvan ja

äänen asetuksia vuoteesta käsin, vaikka ohjelma on tallennettu laitteelle, joka on toisessa huoneessa. Koska videotallennin ja TV-monitori ovat yhteydessä johdoilla, Helmi voi nähdä ohjelman korkealaatuisena. Olohuoneessa Sami katselee telttaretkikuvia kahden kaverinsa kanssa. He katselevat ja hekottavat; he ovat täysin tietämättömiä siitä, että kuvat on tallennettu ullakon multimediapalvelimelle.

Käyttötilanne 4. Helmi on tallentanut tietokoneelle runsaasti valokuvia, joita hän on ottanut digitaalikamerallaan. Kun Leena perheineen tulee käymään, Helmi haluaa näyttää heille uusia valokuvia. Voitto poistuu verstaalle Aarren luokse, kun taas Kirsi ja Sanna jäävät katsomaan kuvia. Helmi poimii infrapunakaukosäätimen, joka toimii olohuoneen taulutelevision kanssa. Ensin hän valitsee TV:n kuvaruudulle ilmestyneestä listasta kiinnostavat kuvat kaukosäätimellä. Sitten hän näyttää ne TV:n kuvaruudulla. Valokuvat sijaitsevat ullakkohuoneen tietokoneella. Keskustelun edetessä Leena puhuu matkustamisesta. Silloin Helmi muistaa, että Samuli kävi äskettäin Kiinassa liikematkalla ja osti sieltä upouuden kamerakännykän. Samuli tallensi matkakuvat kannettavaan tietokoneeseen. Leena haluaa nähdä Kiinan-kuvat. Niinpä Helmi poimii kaukosäätimen uudelleen ja valitsee kuvat kuten edellisellä kerralla. TV:n kuvaruudulle ilmaantuu hakemisto, jonka avulla hän voi löytää kaikki kotiverkon laitteilla olevat valokuvat. Hakemistossa on luettelo kaikista valokuvia sisältävistä alitaltioista kaikilta kotiverkon tietokoneilta, mukaan lukien ullakon tietokone ja Samulin kannettava, joka on eteisessä. Hän valitsee joitakin Kiinan-kuvia, kuten myös kuvia Havaijilta, jossa he olivat käymässä talvilomalla. Helmi valitsee useita kuvia katseltavaksi. Sitten kuvat alkavat näkyä TV:n kuvaruudulla...

Käyttötilanne 5. Kun Helmi ja Leena juttelevat alakerrassa, Samuli kiipeää makuuhuoneeseen lepäilemään. Hän laittaa päälle vuoteen vieressä olevan television, joka on kytketty kotiverkkoon digitaalisen mediasovittimen avulla. Hän valitsee menusta valikon ”*kotipalvelimet*” käyttäen TV:n infrapunakaukosäädintä. Kuvaruudulle ilmaantuu luettelo, jossa näkyy oma ja vaimon tietokone sekä olohuoneen digitaalinen videotallennin. Hän valitsee listasta olohuoneen videotallentimen ja poimii ohjelmalistasta otsikon ”*Hytönen-Stiller –show*”. Sitten hän painaa play-näppäintä. Tämän jälkeen hän menee pitkäkseen vuoteelleen ja kuuntelee ohjelmaa. Myöhemmin illalla Samuli alkaa työskennellä ullakon tietokoneella. Illalla klo 21.00 alkaa tennisottelu, jossa Jarkko Nieminen pelaa Aasiassa. Samuli haluaa seurata ottelun

alkuhetkiä, ja hän huomaa, että tietokoneen kuvaruudulle on ilmaantunut muistilappu. Niinpä hän käynnistää ohjelmaversion nimeltä ”DLNA Viewer”, jonka hän on asentanut tietokoneelleen. Sovelluksen avulla hän valitsee olohuoneen videotallentimen. Sisältölistasta hän valitsee ESPN-urheilukanavan ja ohjaa videotallentimen virittimen hakemaan sopivan aseman. Viritin hakee oikean satelliittikanavan ja kääntää samalla talon katolla olevan satelliittilautasen sopivaan asentoon. Ohjelma alkaa näkyä tietokoneen nurkassa olevassa sovelluksessa samalla kun hän jatkaa työskentelyään.

Käyttötilanne 6. Myöhemmin illalla Leena ja Helmi menevät saunaan. Siellä he kuuntelevat radio-ohjelmaa, joka välittyy ullakon multimediapalvelimen kautta langattomasti saunan eteisessä oleviin kaiuttimiin. Samaan aikaan Kirsi ja Sanna katselevat naisten jalkapallon World Cup –finaalia olohuoneen taulutelevisiosta. Sami tulee sisään kaverinsa Juhan kanssa. He haluavat katsoa TV-ohjelman, jonka Sami tallensi videotallentimelle edellisenä iltana. Sannakin haluaa nähdä sen. Niinpä Kirsi sulkee jalkapallolähetyksen kaukosäätimellä. Hän on oppinut käyttämään Lehtisaaren kotiverkkoa, koska se on lähes samanlainen kuin heillä kotona. Hän löytää poikien elokuvan videoiden luettelosta ja ohjaa videotallentimen näyttämään videon taulutelevisiolla. Sitten hän menee kamariin, jossa hän poimii kaukosäätimen ja laittaa analogisen TV:n ja digisovittimen päälle vastaanottamaan lähetystä. Hetken kuluttua jalkapallopeli jatkuu kamarin televisiossa, kun bittivirta liikkuu kotiverkossa ja digisovitin muuntaa bittivirran analogiseksi. Kirsi mullahtaa kamarin sohvaan ja on tyytyväinen, kun ohjelma voi näin seurata häntä ympäri taloa...

Käyttötilanne 7. Voitto on tullut sisään ja kiipeää yläkertaan Samulin luokse. Samuli kertoo tallentaneensa ullakon tietokoneelle urheilu-uutisia kuluneen viikon aikana. Voitto haluaa katsella urheilu-uutisia makuuhuoneen television avulla. Niinpä Samuli antaa kaukosäätimen Voitolle. Ohjelmassa ei ole sisällysluetteloa, joka kertoisi mitä tapahtumia uutispaketti sisältää. Voitto ei ole kiinnostunut pesäpallosta, joten hän pikakelaa aineistoa eteenpäin etsien osoita, jossa kerrotaan jääkiekon SM-liigan viimeisen pelikierroksen otteluista. Voitto kelaa vahingossa liian pitkälle, joten hän kelaa ohjelmaa taaksepäin, kunnes hän löytää liigakierroksesta kertovan uutisen alkukohdan.