

Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995–2010



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Oy Omnitele Ab		Julkaisun laji Tutkimus	
Ari Ojaniemi, Jyri Puumalainen, Risto Janhonen		Toimeksiantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	
Päivi Keskinen-Redford		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995–2010			
Tiivistelmä <p>Selvityksessä luodaan katsaus laajakaistatekniikoiden ja -palveluiden historiaan ja tulevaisuuteen. Selvityksen aikajänne ulottuu vuodesta 1995 vuoteen 2010, mutta pääpaino on lähimenneisyydessä, nykyisyydessä ja lähitulevaisuudessa. Selvitys koskee vain Suomen kuluttajamarkkinoita ja keskittyy yhteystekniikoihin ja -palveluihin.</p> <p>Liityntäteknikoista ovat tarkastelussa mukana xDSL, kaapelimodeemi ja datasähkö sekä langattomista tekniikoista WLAN ja FWA/WiMAX. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti kuituteknikoita ja UMTS-tekniikkaa. Suurimman huomion saavat xDSL ja kaapelimodeemi, jotka hallitsevat ylivoimaisesti markkinoita sekä Suomessa että maailmanlaajuisesti. Selvityksen keskeinen tavoite on arvioida erilaisten liityntäpalvelujen teknisiä perusteita ja teknis-kaupallisia mahdollisuuksia tulevaisuudessa: säilyttävätkö nykyiset valtatekniikat asemansa vai voivatko uudet kehityksessä olevat tekniikat vallata markkinat.</p> <p>Selvityksen perusteella ADSL ja kaapelimodeemi tulevat säilyttämään valta-asemansa vielä useita vuosia. Tämä koskee erityisesti valtakunnallisia massamarkkinoita, koska näiden tekniikoiden vaatimat jakeluverkot ovat kattavia eikä perusjakeluverkko siten edellytä massiivisia investointeja.</p> <p>Datasähkötökniiikan standardointi on vielä pahasti kesken, mikä hidastaa sen kehitystä. Tekniikka saanee kuitenkin paikallista merkitystä suurimmissa kaupungeissa – maaseudun laajakaistaratkaisua siitä ei tule. Kuitutekniiikat yleistynevät hitaasti ja nekin lähinnä kaupungeissa ja muissa asutuskeskittymissä. Kuituyhteyksien rakentaminen on kallista eikä toisaalta näköpiirissä ole sellaisia palveluja, joita ei voitaisi toteuttaa olemassa oleviin liityntäverkkoihin perustuvilla tekniikoilla.</p> <p>WiMAX ja WLAN sopisivat hyvin alueille, joissa kiinteää liityntäverkkoa ei ole. Suomessa tällaisia alueita ei juuri ole eivätkä ne tarjoa hyviä liiketoimintamahdollisuuksia, joten nämä tekniikat tuskin tulevat haastamaan nykyisiä valtateknikoita. UMTS jäänee ainakin lähivuosina vain kaupunkien ja keskustojen palveluksi.</p>			
Avainsanat (asiasanat) Laajakaistatekniiikka, DSL, kaapelimodeemi, kehitys			
Muut tiedot Yhteyshenkilö/LVM Kari T. Ojala			
Sarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 53/2004		ISSN 1457-7488	ISBN 951-723-739-1
Kokonaissivumäärä 46	Kieli suomi	Hinta 10 €	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Edita Publishing Oy		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare) Oy Omnitele Ab		Typ av publikation Undersökning	
Ari Ojaniemi, Jyri Puumalainen, Risto Janhonen		Uppdragsgivare Kommunikationsministeriet	
Päivi Keskinen-Redford		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation (även den finska titeln) Bredbandsteknikens utveckling 1995–2010 (Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995–2010)			
Referat Undersökningen ger en inblick i bredbandsteknologins och -tjänsternas historia och framtid. Tidsramen för undersökningen är från 1995 till 2010, med tyngdpunkt i det närförflutna, nutiden och i nära framtiden. Utredningen gäller enbart den finska konsumentmarknaden och koncentrerar sig främst på kommunikationsteknik och -tjänster. Inom anslutningsteknik har man i utredningen beaktat xDSL, kabelmodem och elnätskommunikation (PLC-teknik) samt av trådlös teknik WLAN och FWA/WiMAX. Dessutom har fiber- och UMTS-teknik granskats ytligt. Mest uppmärksamhet i utredningen ges åt xDSL och kabelmodem, som båda behärskar marknaden både i Finland och globalt. Utredningens centrala mål är att beräkna anslutningsteknikens tekniska grunder och teknoekonomiska möjligheter i framtiden: kommer den nuvarande tekniken att behålla sin position eller är det möjligt att ny teknik som fortfarande utvecklas tar över marknaden. På basen av utredningen ser ADSL och kabelmodem ut att hålla sin ledande position ännu flera år framåt. Det gäller särskilt de riksomfattande massmarknaderna eftersom distributionsnäten är heltäckande och basnäten inte kräver några massiva investeringar. Standardiseringen av elnätskommunikation är fortfarande inte slutförd, vilket bromsar utvecklingen. Tekniken kommer dock antagligen att få lokal betydelse i stora städer, men kommer inte att bli en bredbandslösning på landsorten. Fiberteknik kommer också småningom att bli vanligare, men främst i städer och andra bosättningscentrum. Byggandet av fiberanslutningar är dyrt och det finns inte heller inom synhåll tjänster som inte kunde förverkligas med teknik baserad på nuvarande anslutningsnät. WiMAX och WLAN skulle passa bra på områden där det inte finns ett fast anslutningsnät. I Finland är dessa områden få och erbjuder inga goda affärsmöjligheter, vilket innebär att denna teknik knappast kommer att utmana den nuvarande tekniken. UMTS förblir åtminstone de närmaste åren enbart en tjänst för städer och bostadscentra.			
Nyckelord Bredbandsteknologi, DSL, kabelmodem, utveckling			
Övriga uppgifter Kontaktperson vid ministeriet: Kari T. Ojala			
Seriens namn och nummer Kommunikationsministeriets publikationer 53/2004		ISSN 1457-7488	ISBN 951-723-739-1
Sidoantal 46	Språk finska	Pris € 10	Sekretessgrad offentlig
Distribution Edita Publishing Ab		Förlag Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Omnitele Ltd.	Type of publication Report		
Ari Ojaniemi, Jyri Puumalainen, Risto Janhonen	Assigned by Ministry of Transport and Communications		
Päivi Keskinen-Redford	Date when body appointed		
Name of the publication Development of broadband access technologies 1995 - 2010			
Abstract <p>This study provides an insight into the history and future of broadband access technologies. The time span for the study has been set to 1995 - 2010, however, the main stress lies in the near past, the present and the near future. The study focuses on access technologies in the Finnish consumer markets.</p> <p>This study embraces fixed access technologies xDSL, cable modem and power line communications as well as wireless technologies WLAN and FWA/WiMAX. In addition, fibre technologies and UMTS-technology have been examined shortly. Most attention has been given to xDSL and cable modem as they dominate the access markets in Finland and worldwide. The key objective of this study is to evaluate technical capabilities of different access technologies and their techno-economic feasibility in the future: will the current dominant technologies maintain their position or will the emerging technologies take over the market.</p> <p>The study concludes that ADSL and cable modem will dominate the markets for years to come. This concerns especially national mass markets since the required distribution networks (i.e. telephone and cable TV networks) for these technologies have very good coverage.</p> <p>Standardisation of power line communications technology is still in its infancy which slows down its development. Therefore we believe that the technology will gain relevance only in large cities. Fibre technologies will advance slowly but only in cities and other populated areas. This opinion is based on two factors: first, fibre connections require heavy investments and second, content services are unlikely to require data speeds that could not be provided by the current dominant access technologies.</p> <p>WiMAX and WLAN would suit well in areas where there are no fixed access networks. In Finland these areas are rare and they do not offer good business opportunities, meaning that these technologies are not likely to take over from the current technologies. UMTS services will, at least in the coming years, cover only cities and downtown centres.</p>			
Keywords Broadband technology, DSL, cable modem, development			
Miscellaneous Contact person at the Ministry: Kari T. Ojala			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 53/2004		ISSN 1457-7488	ISBN 951-723-739-1
Pages, total 46	Language Finnish	Price € 10	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

Esipuhe

Liikenne- ja viestintäministeriö on viime vuosina tutkinut laajakaistapalveluja niin tekniikan, markkinatilanteen kuin saatavuudenkin osalta. Lisäyksen laajakaistapalvelujen tutkimuksiin tuo nyt kässillä oleva selvitys eri laajakaistatekniikoiden ja -palveluiden historiasta sekä katsaus tulevaisuuteen. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään eri tekniikoiden hintakehitystä viimeisten vuosien aikana. Tutkimusajanjakso on 1995–2010.

Suomessa laajakaistapalvelujen infrastruktuuri on hyvä. XDSL- ja kaapelimodeemiyhteyksillä on selvä ylivoima markkinoilla niin Suomessa kuin maailmanlaajuisesti. Tutkimus osoittaa, että 1990-luvun lopulla laajakaistapalvelut ovat Suomessa kehittyneet massamarkkinoiksi. Erityisesti massamarkkinat ovat vaikuttaneet laajakaistapalvelujen hintoihin laskevasti viime vuosina. Kehitys näkyy myös liittymien rajussa kasvussa kotitalouksissa.

Tässä tutkimuksissa esitetyt näkökannat ja päätelmät ovat tekijän. Tutkimuksen tekijänä on Omnitel Oy liikenne- ja viestintäministeriön viestintäverkkoyksikön toimeksiannosta.

Helsingissä syyskuussa 2004

Kari T. Ojala

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	LAAJAKAISTATEKNIKOIDEN TEKNINEN KEHITYS 1995 - 2004	6
2.1	Kiinteän verkon teknologiat.....	6
2.1.1	xDSL.....	6
2.1.2	Kaapelimodeemi.....	6
2.1.3	Datasähkö.....	7
2.2	Langattoman verkon teknologiat.....	8
2.2.1	WLAN.....	9
2.2.2	FWA/WLL/BWA/WiMAX.....	9
3	LAAJAKAISTATEKNIKOIDEN TULEVAN KEHITYKSEN ARVIOINTIA	11
3.1	Kiinteän verkon teknologiat.....	11
3.1.1	ADSL.....	11
3.1.2	Kaapelimodeemi.....	13
3.1.3	Datasähkö.....	14
3.1.4	Kuituteknologiat.....	15
3.2	Langattoman verkon teknologiat.....	16
3.2.1	WLAN.....	16
3.2.2	Broadband wireless access/Fixed wireless access (BWA/FWA).....	17
3.2.3	UMTS.....	17
4	LAAJAKAISTAPALVELUJEN SAATAVUUS JA HINTAKEHITYS 1995 – 2004	19
4.1	Kiinteän verkon teknologiat.....	19
4.1.1	xDSL.....	19
4.1.2	Kaapelimodeemi.....	20
4.1.3	Datasähkö.....	22
4.2	Langattoman verkon teknologiat.....	24
4.2.1	WLAN.....	24
4.2.2	BWA.....	26
5	LAAJAKAISTAPALVELUJEN TULEVAN SAATAVUUDEN JA HINTAKEHITYKSEN ARVIOINTI	27
5.1	Palvelujen saatavuuden kehitys	27
5.1.1	DSL-palvelu.....	27
5.1.2	Kaapelimodeemipalvelu.....	27
5.1.3	Datasähkö.....	28
5.1.4	WLAN.....	28
5.1.5	BWA/WiMAX.....	29
5.1.6	Muut teknologiat.....	29
5.2	Yhteysnopeuksien kehitys.....	31
5.3	Palvelujen hintakehitys.....	32
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
7	LÄHTEET	36

KÄYTETYT LYHENTEET

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line. Asymmetrinen digitaalinen tilaajajohto.
BWA	Broadband Wireless Access.
CMTS	Cable Modem Termination System. Kaapelireititin.
DS	Datasähkö.
DSL	Digital Subscriber Line. Yleisnimitys digitaalisen tilaajajohdon tekniikoille. Vrt. ADSL ja xDSL.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer. Puhelinkeskuksessa oleva usean digitaalisen tilaajajohdon yhteinen päätelaite.
EFM	Ethernet in the First Mile. Ethernetiä koko liityntäyhteydellä hyödynnävä liityntäteknikka. Liityntäyhteys voidaan toteuttaa joko kuparilla tai kuidulla.
FTTB	Fiber to the Building. Kuituyhteyden rakentaminen kohdekiinteistöön asti.
FTTC	Fiber to the Curb. Kuituyhteyden rakentaminen kortteliin asti.
FTTH	Fiber to the Home. Kuituyhteyden rakentaminen kotiin asti.
FWA	Fixed Wireless Access. Langaton mikroaaltotaajuuksilla laajakaistainen liityntäteknikka.
GHz	Gigahertz (1000 MHz).
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying. Modulaatiomenetelmä.
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial. Kuitu-koaksiaaliverkko. Kaapelitelevisioverkotopologia, jossa verkko jaetaan valokuiduilla soluiksi ja solujen sisällä käytetään koaksiaalikaapeleita. Tällaista verkkoa kutsutaan myös hybridiverkoksi ja soluverkoksi.
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access. UMTS:n kehitteillä oleva kehitysversio datanopeuksien kasvattamiseksi.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IP	Internet Protocol. Protokolla, joka luo perustan pakettikytkentäiselle tiedonsiirrolle Internetissä.
ISDN	Integrated Services Digital Network. Kapeakaistainen digitaalinen tilaajajohto.
ISP	Internet Service Provider. Internet-palveluntarjoaja.
ITU	International Telecommunications Union. Kansainvälinen tietoliikennealan standardointijärjestö.

kbit/s	Kilobittia sekunnissa.
kHz	Kilohertz (1000 Hz).
KTV/ktv	Kaapelitelevisioverkko.
Mbit/s	Megabittia sekunnissa.
MHP	Multimedia Home Platform. Suomeen valittu kansainvälinen digi-tv:n vuorovaikutteisten palveluiden standardi.
MHz	Megahertz (1000 KHz).
mW	Milliwatti, 1/1000 wattia.
PLC	Power Line Communications. Datasähkö.
PON	Passive Optical Network. Kuituverkkotekniikka, jossa hyödynnetään passiivisia verkkokomponentteja.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation. Modulaatiomenetelmä.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying. Modulaatiomenetelmä.
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line. Symmetrinen digitaalinen tilaaja-johto.
SHDSL	Single pair high bit rate DSL.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System. Kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä.
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line. Erittäin suurikapasiteettinen digitaalinen tilaaja-johto.
Wi-Fi	Wireless Fidelity. Yleisnimitys IEEE 802.11-tekniikoille, vrt. WLAN.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access. Langaton laajakaistainen liityntäteknologia, IEEE-standardiperhe 802.16.
WLAN	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko, IEEE-standardiperhe 802.11.
WLL	Wireless Local Loop. Lähinnä lankapuhelimen korvaajaksi suunniteltu langaton tekniikka.
VoIP	Voice over Internet Protocol. IP-pohjainen puheen siirtotapa.
xDSL	Digital Subscriber Line. Yleisnimitys digitaaliselle tilaajajohdolle, vrt. ADSL.

1 Johdanto

Liikenne- ja viestintäministeriö on tutkinut laajakaistapalvelujen tekniikkaa, ominaisuuksia, markkinatilannetta ja saatavuutta useissa eri tutkimuksissa viime vuosien aikana. Ministeriön aikaisemmista julkaisuista mainittakoon esimerkiksi Kotitalouksien telepalveluiden alueellinen saatavuus (5/2002), Laajakaistapalvelujen alueellinen saatavuus (39/2002), Datasiirtopalveluiden hinnat 2003 (6/2004), Suomen telemaksujen hintataso (21/2004), Laajakais- tapalvelut käyttäjän näkökulmasta (37/2004) ja Datasähkö Suomessa 2004 (46/2004).

Tämä selvitys luo katsauksen laajakaistatekniikoiden ja -palveluiden historiaan ja tulevaisuuteen. Selvityksen aikajänne ulottuu vuodesta 1995 vuoteen 2010, mutta pääpaino on toki lähimenneisyydessä, nykyisyydessä ja lähitulevaisuudessa. Selvitys koskee vain Suomen kuluttajamarkkinoita ja keskittyy nimenomaisesti yhteystekniikoihin ja -palveluihin, Internet- yms. sisältöpal- velut rajataan selvityksen ulkopuolelle.

Tutkimukseen valittiin yhdessä ministeriön kanssa seuraavat laajakaistaiset Internet-yhteyspalvelut: kiinteistä liityntäteknikoista xDSL, kaapelimodeemi ja datasähkö sekä langattomista tekniikoista WLAN ja FWA/WiMAX. Näi- den lisäksi tarkastellaan lyhyesti kuituteknikoita (FTTH/FTTC) ja UMTS- tekniikkaa. Näin mm. satelliitti- ja digi-tv-tekniikat jäävät tarkastelun ulko- puolelle. Suurimman huomion saavat xDSL ja kaapelimodeemi, jotka hallit- sevat ylivoimaisesti markkinoita sekä Suomessa että maailmanlaajuisesti.

Selvityksen keskeinen tavoite on arvioida erilaisten liityntäpalvelujen teknisiä perusteita ja teknis-kaupallisia mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Tällöin arvi- oidaan, kuinka paljon eri tekniikoissa on kehityspotentiaalia ja millä edelly- tyksillä tiettyyn tekniikkaan perustuva yhteyspalvelu voi joko voittaa tai hävi- tää markkinaosuuksia. Suomessa yhteyspalvelujen infrastruktuuri on jo nyt hy- vä, joten uusien tekniikoiden olisi tarjottava olemassa olevia ratkaisuja hal- vempi toteutustapa saadakseen jalansijaa. Raportissa arvioidaan sekä nykyisin hallitsevien tekniikoiden että vaihtoehtoisten tekniikoiden tulevaa asemaa markkinoilla.

Tulevan palvelujen saatavuuden ja hinnoittelun arviointi perustuu palvelujen teknisten edellytysten arviointiin. Tällöin pohditaan hintaan ja tarjontaan vai- kuttavia tekijöitä ja niiden kehitystä tulevaisuudessa – tehokkain tekniikka määrää markkinoiden reunaehdot, joihin muiden tekniikoiden on sopeudutta- va.

2 Laajakaistatekniikoiden tekninen kehitys 1995 - 2004

Tässä luvussa tarkastellaan laajakaistatekniikoiden kehitystä vuodesta 1995 nykyhetkeen asti. Käytännössä nykyisiä laajakaistatekniikoita on hyödynnetty vasta 1990-luvun lopulta lähtien, joten tarkastelujakso on tosiasiaa selvästi lyhyempi. Lisäksi tarkastelun pääpaino on tekniikoiden nykyisissä ominaisuuksissa.

2.1 Kiinteän verkon teknologiat

Ylivoimaisesti tärkeimmät kiinteän verkon liityntäteknikat ovat DSL ja kaapelimodeemi, joten ne saavat tarkastelussa päähuomion. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti datasähkötekniikkaa. Kuitutekniikoita käsitellään vasta seuraavassa luvussa.

2.1.1 xDSL

DSL-tekniikoista tällä hetkellä ylivoimaisesti tärkein on ADSL. Sen toiminta on määritelty ITU:n standardissa G.992.1 vuodelta 1999. ADSL hyödyntää puhelintilaajaverkon normaaleja parikaapeleita, mutta käyttää puhelinliikennettä korkeampia taajuuksia. ADSL-tekniikan paluusuunnassa hyödyntämä taajuusalue ulottuu 0,14 MHz:iin ja tämän yläpuolella oleva selvästi suurempi myötäsuunnan taajuusalue ulottuu 1,1 MHz:iin.

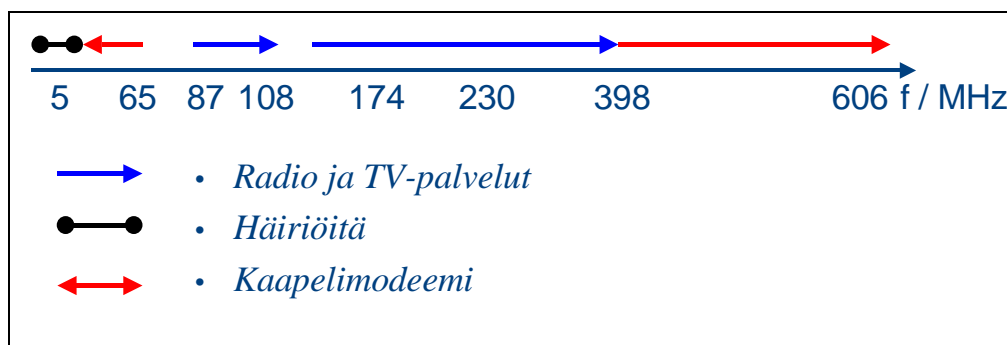
Koska ADSL-järjestelmä varaa paluusuunnalle huomattavasti pienemmän taajuusalueen kuin myötäsuunnalle, ADSL-palvelut ovat epäsymmetrisiä: tiedonsiirtonopeus operaattorilta käyttäjälle (myötäsuunta) on selvästi korkeampi kuin nopeus käyttäjältä operaattorille (paluusuunta). ADSL-järjestelmä mahdollistaa myötäsuuntaan 1,5 – 8,5 Mbit/s datanopeuden ja paluusuuntaan 64 – 640 Kbit/s datanopeuden. Kulloinkin maksiminopeus riippuu tilaajayhteyden pituudesta ja johtimen laadusta: maksimietäisyys ADSL-keskittimeltä tilaajalle on noin 5,5 kilometriä.

Koska ADSL-järjestelmä hyödyntää tilaajajohtoja, jokainen käyttäjä saa taatun kapasiteetin päätelaitteen ja keskittimen väliselle osuudelle; kapasiteettia ei tarvitse jakaa muiden kanssa. Käytännön Internet-yhteyksien kannalta on kuitenkin huomattava, että operaattorin runkoverkossa ja erityisesti ulkomaan Internet-yhteyksissä ADSL-käyttäjänkin joutuu sopeutumaan liikenneuuhkiin.

2.1.2 Kaapelimodeemi

Nykyaikaiset kaapelitelevisioverkot ovat ns. HFC- eli kuitukoaksiaaliverkkoja. Verkko jaetaan soluihin, joihin kuuluu tyypillisesti muutamasta sadasta kahteentuhanteen tilaajaa ja joiden maantieteellinen säde on maksimissaan 700 – 1000 metriä. Päävahvistinasemalta viedään valokuitu jokaiseen verkon soluun, mutta solun sisäiset yhteydet rakennetaan perinteiseen tapaan koaksiaalikaapeleilla. Kaapelimodeemijärjestelmässä päävahvistinasemalle sijoitetaan keskitinlaitteisto CMTS ja käyttäjän tiloihin kaapelimodeemi.

Nykyisin Suomessa yleisimmin käytössä oleva standardi on Docsis-standardin eurooppalainen versio EuroDocsis 1.1. EuroDocsis 1.1-standardi määrittelee myötäsunnan taajuusalueeksi 88 – 862 MHz ja paluusuunnan taajuusalueeksi 5 – 65 MHz; kanavanleveys myötäsunnassa on 8 MHz, paluusuunnassa selvästi kapeampi, 0,2 – 3,2 MHz. Käytännössä verkon taajuusalue on yleensä kapeampi ja tyypilliset taajuusalueet kaapelimodeemipalvelulle ovat 398 – 606 MHz myötäsunnassa ja 30 – 65 MHz paluusuunnassa oheisen kuvan (Kuva 1) mukaisesti.



Kuva 1. Kaapelitelevisioverkon taajuusaluejako.

Kaapelimodeemijärjestelmien käyttäjille tarjoama kapasiteetti on ns. jaettua kapasiteettia: operaattorin kuhunkin verkon soluun rakentama kapasiteetti jaetaan kaikkien kyseisessä solussa olevien käyttäjien kesken. Yhdellä 8 MHz:n kanavalla voidaan käytettävästä modulaatiosta (64QAM tai 256QAM) riippuen saavuttaa 38 – 51 Mbit/s datakapasiteetti, joka siis jaetaan kaikkien solussa olevien yhtäaikaisten käyttäjien kesken. Vastaavasti paluusuunnan kapasiteetti ylittää kanavanleveydestä ja modulaatiosta (QPSK tai 16QAM) riippuen 0,32 – 10,24 MHz:iin.

Tyypillisesti käytössä olevat modulaatiot ovat 64QAM myötäsunnassa ja QPSK paluusuunnassa, jolloin solukohtaiseksi kapasiteetiksi saadaan 38/5 Mbit/s. Taajuusaluejaosta johtuen kaapelimodeemipalvelut ovat aina vahvasti epäsymmetrisiä: nopeus myötäsuntaan on selvästi korkeampi kuin paluusuuntaan.

2.1.3 Datasähkö

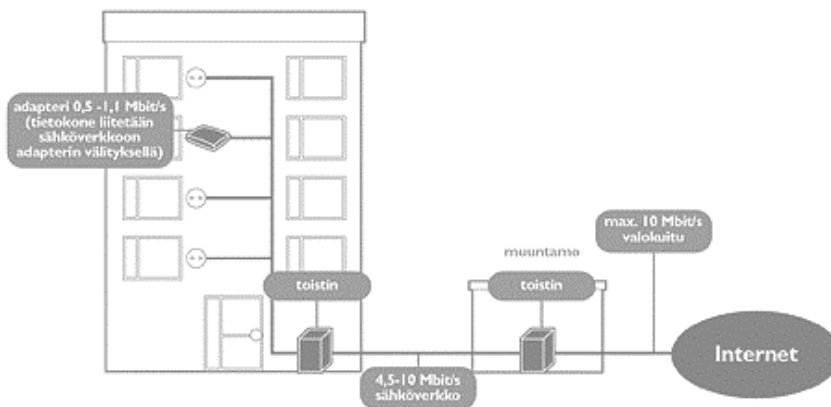
Sähköverkkoja on hyödynnetty tiedonsiirtoon jo 1900-luvun alusta lähtien, mutta aina 1990-luvulle asti tiedonsiirto tarkoitti lähinnä ohjaus- ja mittaustietoja, jolloin tiedonsiirtonopeudet olivat alhaisia. Laajakaistainen tiedonsiirto pienjänniteverkossa eli datasähkö (Power Line Communications, PLC) on vielä uusi ilmiö. Siten myöskään standardeja ei vielä ole, vaan toteutukset ovat laitevalmistajakohtaisia. Tässä tarkastellaan lyhyesti israelilaisen Mainnetin ja sveitsiläisen Ascomin tekniikkaa.

Mainnetin PLC-järjestelmässä taajuusalue on 4 – 25 MHz. Järjestelmässä käytetään DSSS-modulointia, jolla tiedonsiirtonopeudeksi saadaan 2,4 Mbit/s. Tällä tarkoitetaan muuntamokohtaista kapasiteettia, joka jaetaan kaikkien kyseisen muuntopiirin alueella olevien tilaajien kesken. Sähköverkossa ei yleen-

sä ole tilaajakohtaisia johtimia muuntamolta suoraan tilaajalle, joten taattua kapasiteettia ei voida sähköverkossa tarjota ilman liikenteen laatuluokkia.

Ascomin ratkaisussa taajuusalue on 1 – 30 MHz, joka jaetaan ulkootaajuusalueeseen 1 – 13 MHz ja sisätaajuusalueeseen 15 – 30 MHz. Järjestelmä käyttää siten eri taajuuksia muuntamon ja rakennuksen välisellä osuudella kuin rakennuksen sisäisessä verkossa. Molemmilla taajuusalueilla on käytössä kolme 2 MHz:n kanavaa ja GMSK-modulaatiolla maksimitiedonsiirtonopeudeksi kanavaa kohti saadaan 1,5 Mbit/s. Siten muuntamokohtaiseksi maksimikapasiteetiksi saadaan 4,5 Mbit/s.

Maksimi siirtoetäisyys ulkootaajuusalueella on noin 300 metriä ja sisätaajuusalueella noin 100 metriä. Oheinen kuva (Kuva 2) esittää periaatekuvan Turku Energian datasähköratkaisusta, joka on toteutettu Ascomin tekniikalla.



Kuva 2. Datasähköratkaisun periaatekuva (Turku Energia).

Kuten kuvastakin huomataan, datasähköpalvelussa sähköverkoja hyödynnetään vain huoneiston sähköpistorasian ja jakelumuuntamon välisellä osuudella. Tästä eteenpäin järjestelmä hyödyntää tavanomaisia tiedonsiirtoyhteyksiä ja sähköyhtiöt vuokraavat nämä yhteydet tietoliikenneoperaattoreilta.

Sähkökaapeleiden suojaus on selvästi heikompi kuin telekaapeleissa ja tämän takia datasähköjärjestelmät häiritsevät helposti muita samalla taajuusalueella toimivia järjestelmiä. Samalla 1 - 30 MHz taajuusalueella toimii mm. kaapelimodeemipalvelun paluukanava. Lisäksi kyseistä taajuusaluetta käytetään meri-, ja ilmailuradioliikenteessä samoin kuin yleisradioliikenteessä ja radioamatööritoiminnassa. Datasähköpalvelun häiriösäteilylle ei ole toistaiseksi olemassa kansainvälisiä standardeja; Suomessa noudatetaan saksalaista NB30-normistoa.

2.2 Langattoman verkon teknologiat

Langattoman verkon tekniikoista tarkastellaan WLAN- ja FWA-/WLL-tekniikoita. UMTS-tekniikkaa käsitellään lyhyesti vasta seuraavassa tulevaa kehitystä luotaavassa luvussa.

2.2.1 WLAN

WLAN on määritelty IEEE:n (Institute of Electronic and Electrical Engineers) 802.11 standardiperheessä. 802.11-standardin kehitys alkoi vuonna 1990 ja se saatiin julkaistua vuonna 1997. Varsinainen läpimurto tapahtui vuonna 1999 standardin perusversiosta kehitetyn 802.11b-spesifikaation myötä ja kyseinen tekniikka on tällä hetkellä laajimmin sovellettu WLAN-tekniikka langattomissa laajakaistaratkaisuisissa.

WLAN –langaton laajakaistaliittymä perustuu asiakkaan radioantennin ja operaattorin tarjoaman tukiaseman väliseen radioliikenteeseen. 802.11b-standardi käyttää hyväkseen lisenssivapaata 2,4 - 2,483 gigahertsin taajuus- aluetta ja kykenee 11 Mbit/s teoreettiseen siirtonopeuteen. Käytännön laajakaistasovelluksissa on kuitenkin saavutettavissa vain noin 5 – 6 Mbit/s tehollinen siirtonopeus ylikuorman takia. WLAN-tekniikassa taajuuskaista jaetaan tietyllä alueella kaikkien kyseistä tekniikkaa hyödyntävien kesken, joten lopullinen saavutettavissa oleva yhteysnopeus riippuu samanaikaisten käyttäjien määrästä sekä mahdollisista radiotiellä esiintyvistä häiriöistä.

802.11b-standardin käyttämällä 2,4 GHz:n taajuuskaistalla suurin sallittu lähetysteho on Euroopassa ainoastaan 100mW. Alhaisen sallitun maksimilähetystehon ja radiotien ongelmien takia WLAN-tukiasemilla saavutettava kantama on korkeintaan 1500 – 2000 metriä. Tämä tosin edellyttää näköyhteyttä tukiaseman ja asiakkaan antennin välillä ja käytännössä kantama jää usein pienemmäksi, koska mm. maasto, talot ja puusto häiritsevät signaalin etene- mistä.

802.11b-standardista on olemassa myös versio 802.11b+, joka eroaa b-versiosta siirtonopeutensa puolesta. 802.11b-laitteiden kanssa yhteensopiva standardi kaksinkertaistaa siirtonopeuden tasolle 22 Mbit/s. 802.11b+-standardi on jäänyt täysin b-version varjoon, joskin laitteita on Suomessakin myynnissä.

2.2.2 FWA/WLL/BWA/WiMAX

Viime vuosikymmenen puolessavälissä maailmalla esiintyi lukuisiin eri teknologioihin perustuvia tuotekehityshankkeita, joiden tavoitteena oli korvata lankapuhelimen kuparinen tilaajajohto langattomalla versiolla. Kyseiset hankkeet saivat teknologiasta riippumattomia nimiä, kuten Wireless Local Loop (WLL) tai Fixed Wireless Access (FWA). Nämä hankkeet ja niistä syntyneet tuotteet tähtäsivät puhepalvelun ja kapeakaistaisen datapalvelun tarjoamiseen. Tuotteita käytettiin jonkin verran maissa, joista lankaverkot puutuivat lähes tyystin tai olivat kehittymättömiä. Näitä hankkeita ja tuotteita voidaan kuitenkin pitää perustellusti edeltävänä sukupolvena tällä hetkellä meneillään oleville langattomille laajakaistaisille tilaajaverkon hankkeille, kuten BWA/WiMAX-kehitykselle.

Vuosituhanen vaihteessa markkinoille tulivat ensimmäiset valmistajakohtaiset langattomat laajakaistavaihtoehdot tilaajaverkoille. Tällöin alan toimijat näkivät standardoinnin välttämättömäksi, jotta langattomasta vaihtoehdosta

tulisi edullinen ja vakavasti otettava teknologiavaihtoehto. Tästä alkaen voidaan puhua WiMAX-standardeista ja WiMAX-tekniikasta¹.

Ensimmäinen IEEE 802.16-perheen standardi ratifioitiin vuonna 2001. Se määritteli ilmarajapinnan taajuuksille 10-66 GHz. Seuraava tärkeämpi standardiversio 802.16a seurasi vuonna 2003. Se määritteli uuden alikanaviin perustuvan kanavarakenteen ilmarajapintaan taajuusalueelle 2-11 GHz. Kesällä 2004 hyväksyttiin seuraava standardiperheen versio IEEE 802.16d, jossa yhdistettiin kaikki valmiit standardien osat edellisistä perheen standardeista. Tärkein ominaisuus tässä standardissa on, että kyseisen standardin mukaiset laitteet (tukiasemat ja päätelaitteet) eri valmistajilta toimivat ilmarajapinnan osalta keskenään.

WiMAX-tekniikka tarjoaa teoreettisesti jopa noin 75 Mbit/s nopeuden yhden solun alueella; nopeus riippuu mm. käytössä olevasta kaistanleveydestä ja välittävasta modulaatiosta. Tämä on solun yhteistä kapasiteettia, jonka kaikki kyseisen solun alueella toimivat päätelaitteet jakavat keskenään. Tällä hetkellä käytännön toteutuksissa nopeudet ovat noin 10 Mbit/s solun alueella kumpaankin suuntaan. Modulaatiomenetelminä ovat QPSK- ja QAM-menetelmät. WiMAX-tekniikalla on kokeiltu jopa 50 kilometrin yhteyksiä, mutta tyypilliset etäisyydet tulevat kuitenkin olemaan 5-10 km. Langaton laajakaistatekniikka on varteenotettava vaihtoehto, jos alueella ei vielä ole lankaverkkoa tai se ei ole vuokrattavissa järkevillä hinnoilla sekä teknisesti myös haja-asutusalueiden laajakaistayhteyksiä rakennettaessa.

¹ WiMAX Forum (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on vuonna 2003 alan teollisuuden ja OFDM Forumin perustama voittoa tavoittelematon järjestö, jonka tarkoituksena on edistää IEEE 802.16-standardeihin pohjautuvan teknologian markkinoita. Edellä olevasta johtuen puhutaan monesti WiMAX standardeista, kun tarkoitetaan 802.16-sarjan standardeja.

3 Laajakaistatekniikoiden tulevan kehityksen arviointia

Tässä luvussa arvioidaan laajakaistatekniikoiden tulevaa kehitystä: tekniikoiden standardointia ja saavutettavia datanopeuksia.

3.1 Kiinteän verkon teknologiat

ADSL- ja kaapelimodeemitekniikoiden uskotaan säilyttävän johtoaseman myös lähivuosina, joten ne saavat tämänkin luvun tarkasteluissa suurimman huomion. Lisäksi tarkastellaan datasähkö- ja kuitutekniikoiden tulevaa kehitystä.

3.1.1 ADSL

ADSL-standardointi on edennyt nopeasti vuodesta 1999 lähtien. Tällä hetkellä standardoinnissa on keskeisintä ADSL2-standardiperhe: ADSL2, ADSL2+ ja Reach Extended ADSL2.

ADSL2

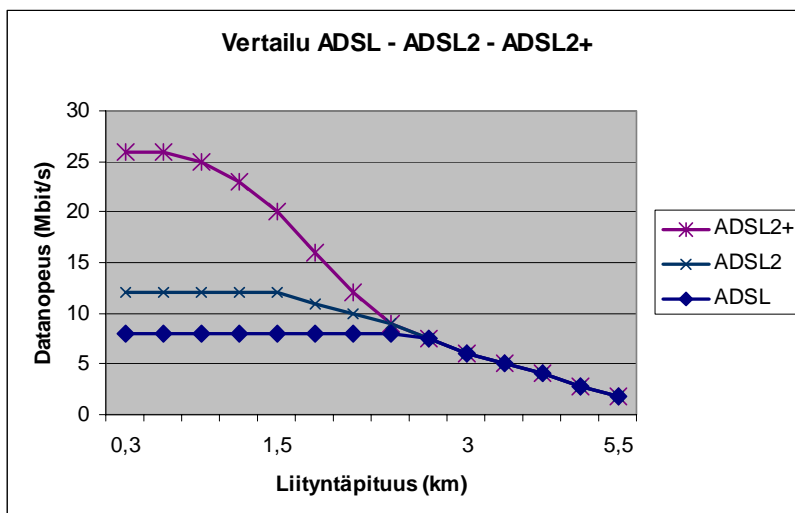
ADSL2-standardi valmistui heinäkuussa 2002 (ITU 992.3/992.4). Verrattuna alkuperäiseen ADSL-standardiin, ADSL2-standardi tehostaa mm. modulaa-tiota ja kanavakoodausta. Näiden tekijöiden ansiosta datanopeudet nousevat.

ADSL2-järjestelmä yltää myötäsunnassa maksimissaan 12 Mbit/s-datanopeuteen, kun paluusuunnassa maksiminopeus on noin 3 Mbit/s. ADSL2-standardin mukaisia keskitin- (DSLAM-) ja päätelaitteita on jo nyt saatavilla useilta valmistajilta.

ADSL2+

ADSL2+ on ITU:n toukokuussa 2003 hyväksymä standardi (G.992.5). ADSL2+-ratkaisussa myötäsunnan taajuusalue käytännössä kaksinkertaisu- tuu: ylärajataajuus nousee 1,1 MHz:stä 2,2 MHz:iin.

Ylärajataajuuden noston myötä myös myötäsunnan datanopeudet lyhyillä yhteyksillä kasvavat merkittävästi. ADSL2+-standardin mukaisilla järjestelmillä voidaan saavuttaa jopa 24 Mbit/s myötäsunnan datanopeus noin 900 metrin yhteyspituuteen asti ja 20 Mbit/s nopeus 1 500 metrin yhteyspituuksiin asti. Korkeat taajuudet vaimenevat nopeasti, joten pitkillä yhteyksillä lisätaajuuk-sien tuoma hyöty katoaa (Kuva 3).



Kuva 3. ADSL2+ kasvattaa datanopeuksia lyhyillä yhteyksillä (DSL Forum).

ADSL2+-tekniikalla voidaan merkittävästi nostaa datanopeutta erityisesti keskusta- ja taajama-alueilla, joilla yhteyspituudet ovat lyhyitä. Haja-asutusalueen palveluja voidaan puolestaan kehittää Reach Extended ADSL2-standardin mukaisilla järjestelmillä.

Reach Extended ADSL2

Uusin ADSL2-standardiperheen tulokas on Reach Extended ADSL2, joka hyväksyttiin lokakuussa 2003 (G. 992.3, ADSL2 Annex L). Se kasvattaa ADSL-palvelun ulottuvuutta häiriöolosuhteista ja datanopeudesta riippuen lähes kilometrillä. Siten palvelun peittoalue kasvaa noin kolmanneksella perinteiseen ADSL:ään verrattuna.

VDSL

ITU hyväksyi VDSL-standardin huhtikuussa 2004 (G.993.1). VDSL pystyy tarjoamaan hyvin korkeita datanopeuksia, mutta vain lyhyillä kupariyhteyksillä. Datanopeus-etäisyys -yhdistelmät on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. VDSL-tekniikalla saavutettavat datanopeudet eri yhteyspituuksilla.

Tilaajajohdon pituus	Datanopeus myötä-/paluusuuntaan
300 metriä	50/30 Mbit/s
1000 metriä	36/12 Mbit/s
1 500 metriä	15/3 Mbit/s

Koska VDSL toimii vain lyhyillä etäisyyksillä, se edellyttää yleensä fyysisen tilaajaverkon kehitystä: verkko on pilkottava pienempiin osiin uusia keskittimiä lisäämällä, jotta tilaajayhteydet lyhenisivät.

IP ADSL

IP ADSL-termillä viitataan lähinnä IP-tekniikan ominaisuuksia hyödyntäviin DSLAM-laitteisiin. Tällöin yhteys DSLAM:in ja operaattorin välillä on toteutettu Ethernet-tekniikalla ja DSLAM tukee Multicast-toimintoa, joka broadcast-tyyppisissä palveluissa säästää merkittävästi runkoyhteyden kapasiteettia.

Multicast-toiminto on käytännössä välttämätön esimerkiksi televisio-ohjelmien välittämiseksi Internet-yhteyksien kautta, koska muuten runkoyhteydet tukkeutuisivat monista saman sisältöisistä datavirroista. Uudet DSLAM-laitteet, kuten Nokian D500 ja Ericssonin EDA, tukevat Multicast-toimintoa jo tällä hetkellä. Operaattoreiden tuotantokapasiteetti perustuu kuitenkin vielä pitkälti vanhempaan laitekantaan, joten Multicast-toimintoa vaativien palvelujen tarjonta edellyttää lähes aina uusia investointeja.

IP ADSL-tekniikalla varsinainen liityntäyhteys DSLAM:in ja asiakkaan välillä säilyy ennallaan ja voi siten olla ADSL- tai ADSL2/ADSL2+-yhteys.

EFM

EFM tulee sanoista Ethernet in the first mile ja se tarkoittaa Ethernet-tekniikan käyttöä liityntäyhteydellä. Ethernetiä voidaan käyttää liityntätekniikkana sekä kupari- että kuituliityntöissä; kuituliityntöjä tarkastellaan lähemmin muiden teknologioiden yhteydessä jäljempänä, tässä kommentoidaan kupariliityntöjen Ethernetiä.

EFM-kehitystä on koordinoitunut Ethernet in the First Mile Alliance – alan teollisuuden yhteenliittymä. Kuparipohjainen Ethernet-liityntä hyödyntää DSL-tekniikkaa, jonka avulla Ethernet saadaan ulottumaan huomattavasti totuttuja etäisyyksiä pidemmälle. Ryhmän tavoitteena on ollut 10 Mbit/s symmetriset yhteydet 750 metriin asti VDSL-tekniikalla ja 2 Mbit/s yhteydet 2 700 metriin asti SHDSL-tekniikalla. Laitevalmistajakohtaisesti saavutettavat nopeusetäisyys –yhdistelmät voivat kuitenkin olla parempiakin: esimerkiksi Ciscon VDSL-ratkaisu (Cisco LRE) mahdollistaa 10 Mbit/s nopeuden 1,5 kilometriin asti. Ciscon toteutti ratkaisunsa jo ennen standardin valmistumista; Ethernetin kupariyhteydellä (VDSL/SHDSL) määrittää nyt standardi IEEE 802.3ah.

3.1.2 Kaapelimodeemi

EuroDocsis-standardin uusin versio on 2.0, joka julkaistiin kuluvan vuoden huhtikuussa. Taajuusalueet sekä myötä- että paluusuunnassa ovat käytännössä samat kuin EuroDocsis 1.1 –standardissakin: myötäsuunnan taajuusalue on 112 – 858 MHz ja paluusuunnan 5 – 65 MHz. Myös kanavanleveys on edelleen 8 MHz. Myötäsuunnassa käytetään samoja modulaatiomenetelmiä kuin standardin versiossa 1.1, joten myös kanavakohtainen datakapasiteetti myötäsuunnassa pysyy muuttumattomana: 38 Mbit/s QAM64-modulaatiolla ja 51 Mbit/s QAM256-modulaatiolla. Sen sijaan paluusuuntaan uusi standardi tuo enemmän vaihtoehtoja.

Paluusuunnan kaistanleveydelle on nyt kuusi eri vaihtoehtoa 0,2 – 6,4 MHz:n välillä, kun aikaisemmin suurin paluukaistan leveys oli 3,2 MHz. Lisäksi versio 2.0 tuo uusia mahdollisuuksia paluukaistan modulaatioon: QPSK, 8QAM, 16 QAM, 32QAM, 64QAM ja 128QAM, joista aikaisemmin oli käytössä vain QPSK ja 16QAM. Siten standardin EuroDocsis 2.0 mukaan maksimaalinen paluukanavan kapasiteetti 6,4 MHz:n kaistanleveydellä ja 128QAM-modulaatiolla on 35,84 Mbit/s.

Käytännössä myötäsuunnassa tultaneen jatkossakin käyttämään 64QAM-modulaatiota (8 MHz:n kanavat), mutta paluusuunnassa siirryttäen 16QAM-modulaatioon (3,2 MHz:n kanavat). Tällöin tyypillinen solukohtainen datakapasiteetti tulee olemaan 38/10 MHz. Siten kaapelimodeemipalvelut tulevat pysymään vahvasti epäsymmetrisinä järjestelminä ainakin lähivuosien ajan.

Järjestelmätekniiikan kehitystä tärkeämpi kaapelimodeemipalvelun datanopeutta lisäävä tekijä on verkon solukoon pienentäminen. Jakamalla verkko tilaajamääriltään yhä pienempiin soluihin järjestelmän mahdollistama kapasiteetti (esim. 38 Mbit/s) voidaan allokoida yhä pienemmälle käyttäjämäärälle, jolloin käyttäjäkohtaiset datanopeudet kasvavat.

3.1.3 Datasähkö

Tällä hetkellä suurin mielenkiinto datasähkötekniikan kehityksessä kohdistuu espanjalaisen piirivalmistajan DS2:n uuteen piirisarjaan. Nyt testivaiheessa olevat DS2:n piirejä hyödyntävät toteutukset tarjoavat 16 Mbit/s symmetrisen datanopeuden, joten nykyiseen tilanteeseen verrattuna selvä parannus on jo näköpiirissä. Kapasiteetin kasvu perustuu tehokkaampaan modulaatioon: tulevassa järjestelmässä käytetään OFDM-modulaatiota nykyisten DSSS- ja GMSK-modulaatioiden sijaan. Koska taajuusalue jaetaan tasan myötä- ja paluusuunnan kesken, tarjottavat palvelut ovat symmetrisiä.

Seuraavan sukupolven DS-tekniikkaa odotetaan markkinoille ensi vuoden aikana ja sen odotetaan mahdollistavan jopa 50 – 100 Mbit/s muuntopiirikohdaisen kapasiteetin. Vaikka kapasiteetti onkin jaettava, tyypillisesti 300 kotitalouden kokoisessa muuntopiirissä tällä tekniikalla voitaisiin tarjota useiden megabittien tasoisia yhteysnopeuksia, koska laajakaistan penetraatio on kuitenkin melko alhainen ja lisäksi yhteyksien tilastollinen multipleksointi vähentää kokonaiskapasiteetin tarvetta.

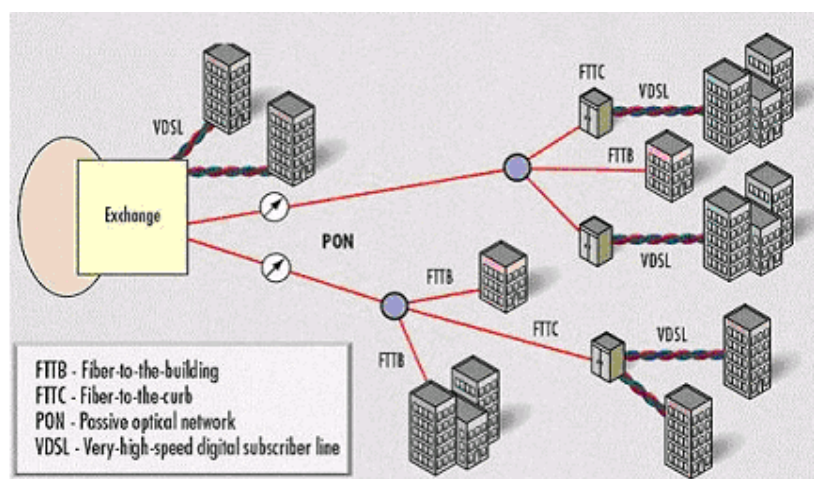
Datasähkötekniikan standardointi ei toteutune vielä lähivuosina, mikä on omiaan hidastamaan tekniikan kehitystä ja käyttöönottoa. Lisäksi näköpiirissä olevan teknisen kehityksen perusteella datasähkö on todellinen vaihtoehto vain tiiviisti rakennetuissa kaupungeissa: yhteyspituus muuntamolta tilaajalle saa olla korkeintaan 300 metriä.

3.1.4 Kuituteknologiat

Tärkeimpiä kuituperusteisia yhteysratkaisuja ovat:

- FTTH (Fibre to the home, kuitu kotiin)
- FTTC (kuitu kortteliin, Fiber to the curb)
- FTTB (kuitu kiinteistöön, Fiber to the building), ja
- PON (Passive optical networking)

Näistä PON ei oikeastaan ole erillinen vaihtoehto, vaan se tukee muiden ratkaisujen käyttöönottoa oheisen kuvan (Kuva 4) mukaisesti. PON-ratkaisun vahvuus on siinä, että kuituverkossa ei tarvita aktiivisia komponentteja: keskukselta lähtevä yksittäinen kuitu voidaan jakaa passiivisilla jakajilla yksittäisiksi kiinteistöille tai korttelijakamoille johdettaviksi kuiduiksi. Passiivisten komponenttien käyttö alentaa verkon rakennus- ja ylläpitokustannuksia merkittävästi.



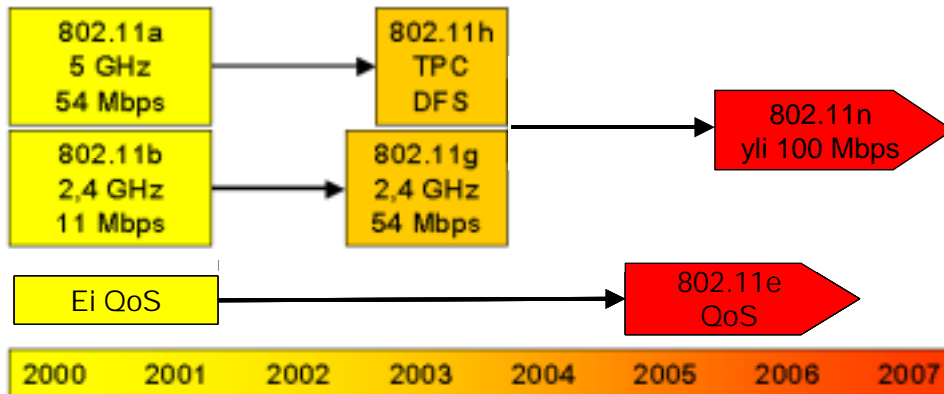
Kuva 4. PON-toteutuksen periaatekuva. (The Passive Optical Networks Forum).

PON-toteutuksessa voidaan hyödyntää joko ATM- tai Ethernet-tekniikkaa. Ethernet-PON (EPON) tarjoaa jaetun 1 Gbit/s kapasiteetin ja yltää 20 kilometrin etäisyyksille. Siten esimerkiksi 10 Mbit/s datanopeuden takaamiseksi kapasiteetti voitaisiin jakaa sadan käyttäjän kesken.

3.2 Langattoman verkon teknologiat

3.2.1 WLAN

Kuva 5 esittää IEEE:n 802.11-standardiperheen kehitystyön aikataulua.



Kuva 5. IEEE 802.11 standardoinnin aikataulu

802.11g:n standardointi käynnistyi vuonna 2000 ja valmistui kesällä 2003. 802.11g toimii 2,4 GHz taajuusalueella ja kykenee samaan kantamaan kuin b-standardi. 802.11g mahdollistaa teoreettisen 54 Mbit/s siirtonopeuden (käytännössä noin 25-30 Mbit/s), mikä ei kuitenkaan tuo lisäarvoa WLAN:in laajakaistasovellukselle pidemmillä etäisyyksillä, sillä suurimmat nopeudet toimivat vain muutamien kymmenien metrien päähän tukiasemasta. WLAN-palveluntarjoajat ovat lisäämässä joka tapauksessa investointeja 802.11g-standardin mukaisiin verkkolaitteisiin, sillä ne ovat yhteensopivia 802.11b-standardin laitteiden kanssa ja jo laajasti saatavilla edulliseen hintaan.

802.11a:n standardointi käynnistyi IEEE:ssä vuonna 1997 ja valmistui 1999. 802.11a-standardi toimii 5 GHz:n taajuusalueella ja mahdollistaa teoreettisen 54 Mbit/s siirtonopeuden (käytännössä noin 25-30 Mbit/s). 2003 valmistunut 802.11h-standardi on a-standardista parannettu versio, johon on kehitetty mm. dynaaminen kanavanvaihto ja automaattinen tehonsäätö. Toistaiseksi h-standardi ei ole saavuttanut kovin laajaa tukea laitevalmistajilta.

Kuten g-standardin kohdalla 802.11a:n suurin siirtonopeus on saavutettavissa lähellä tukiasemaa. A-standardin kantama on joka tapauksessa parempi verrattuna g- ja b-standardeihin korkeamman sallitun lähetystehonsa ansiosta ja tekniikalla on saavutettavissa noin 10 Mbit/s siirtonopeus 5-6 kilometrin päässä tukiasemasta. A-standardin soveltamista kuluttajien laajakaistasovelluksiin tulee kuitenkin rajoittamaan standardia tukevien asiakaslaitteiden korkeat tämänhetkiset hinnat. Toisaalta kuluttajat tuskin ovat valmiita ostamaan vuosittain uuden standardin mukaisia asiakaslaitteita. Näin b/g-standardia tukevat laitteet tullevat olemaan valta-asemassa kuluttajien käytössä aina vuoteen 2007 asti.

Kun WLAN -sovellukset ovat yleistyneet, on alettu vaatia uusia ja vaativampia laajakaistasovelluksia. Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista, joka

WLAN:sta on puuttunut, on ollut tuki sovelluksille, jotka tarvitsevat taattua laatutasoa (Quality of Service, QoS) eli käytännössä video-, audio-, reaaliaikaisen puheen (VoIP) ja multimediasovellusten tuki. Jotta WLAN teknologiana voisi menestyä näissä segmenteissä, IEEE käynnisti vuonna 2000 802.11e-standardin määrittelyn. Standardin tarkoituksena on tuoda palveluluokat ja laatuparametrit mukaan 802.11-standardeihin. 802.11e:n odotetaan valmistuvan vuoden 2004 aikana.

Uuden nopean 802.11n-standardin määrittely on vasta aluillaan, mutta IEEE:n tavoitteena on saada standardi valmiiksi vuoden 2005 loppuun mennessä. Ensimmäiset standardia tukevat laitteet tullevat markkinoille vuoden päästä standardin valmistumisesta 2006 aikana. Standardin tavoitteena on vähintään 100 Mbit/s yhteysnopeus ja se toimisi sekä 2,4 että 5-6 GHz taajuusalueella. Vuosikymmenen lopulla 802.11n syrjäyttäne aiemmat WLAN-versiot. Toisaalta tekniikalle määriteltävästä kantamasta ei ole vielä tietoa saatavilla, joten sen mahdollista soveltamista laajakaistaratkaisuna ei voida arvioida.

3.2.2 Broadband wireless access/Fixed wireless access (BWA/FWA)

WiMAX-teknologian todennäköinen kehityspolku on seuraava: Vuosina 2004 ja 2005 tuotteet perustuvat pääosin valmistajakohtaisiin ratkaisuihin, mutta ensimmäiset 802.16a:n mukaiset tuotteet tullevat myyntiin kuitenkin jo 2004. Keskeisenä palveluna on ”langaton DSL”-palvelu.

Toisessa vaiheessa 2006 alusta alkaen markkinoilla on jo muutamien laite-toimittajien 802.16d-standardin mukaisia ratkaisuja, jotka toimivat keskenään. Käyttömuotojen joukkoon tulee lisäksi Hot Zone-palvelu ja päätelaitteella voi ottaa yhteyksiä eri paikoista. Tässä vaiheessa esimerkiksi kannettavaan tietokoneeseen saa kortin, jonka avulla voi muodostaa yhteyden verkon palveluihin.

Standardi 802.16e ratifioidaan mahdollisesti vuonna 2005 ja se tuo mukanaan täyden liikkuvuuden ajoneuvonopeuksilla. Tämän standardin mukaisia ratkaisuja voidaan odottaa markkinoille vuosina 2007 ja 2008. Tällöin päätelaitteina voi olla tietokoneita ja kämmentietokoneita, joissa on jo sisäänrakennettuna WiMAX-valmius.

3.2.3 UMTS

Tämän selvityksen ainut matkapuhelinverkkoihin perustuva laajakaistateknologia on UMTS. UMTS siis voi tarjota laajakaistapalveluja myös liikkuvalla käyttäjälle, mutta tällöin ei yllätä samoihin nopeuksiin kuin paikallaan olevalla päätelaitteella.

UMTS-toteutus ei nojaa olemassa oleviin GSM-verkkoihin, vaan vaatii kokonaan uudet investoinnit radioverkkoon ja osin myös keskus- ja runkoverkkoon. UMTS toimii taajuusalueella 1,9 – 2,2 GHz ja käytettävä taajuuskaista on 5 MHz. Käytettävä modulaation QPSK ja datanopeusarviot ulkotiloissa ovat 144 - 384 kbit/s ja sisätiloissa maksimissaan 2 Mbit/s. Käytännössä yli 384 kbit/s nopeudet eivät toteutune nykyisellä tekniikalla.

UMTS-verkkoihin on jo kehitteillä uusi radiorajapinnan ratkaisu HSDPA (High Speed Downlink Packet Access). Tehokkaamman modulaation ansiosta datanopeudet nousevat nykyisestä 384 kbit/s-tasosta ehkä 1 – 1,5 Mbit/s-tasolle. UMTS-HSDPA-kehitys on verrannollinen GSM-EDGE-kehitykseen: HSDPA-päivitys vaatii olemassa oleviin UMTS-tukiasemiin vähintään ohjelmistopäivityksen, mutta mahdollisesti myös laitepäivityksen. Lisäksi käyttäjien on hankittava uudet päätelaitteet. Laitetoimittajat saavuttavat HSDPA-valmiuden aikaisintaan vuonna 2005, mutta käyttöönoton aikataulua on vielä vaikea arvioida, koska jo perus-UMTS-ratkaisun käyttöönotto on kangerrellut pahasti.

4 Laajakaistapalvelujen saatavuus ja hintakehitys 1995 – 2004

Suomen laajakaistamarkkinoiden voidaan sanoa syntyneen 1990-luvun lopulla, mutta olennaista merkitystä laajakaistayhteydet ovat saaneet vasta 2000-luvun alusta lähtien. Siten tarkastelun päähuomio tässä luvussa kohdistetaan muutamaa menneeseen vuoteen ja nykyhetkeen.

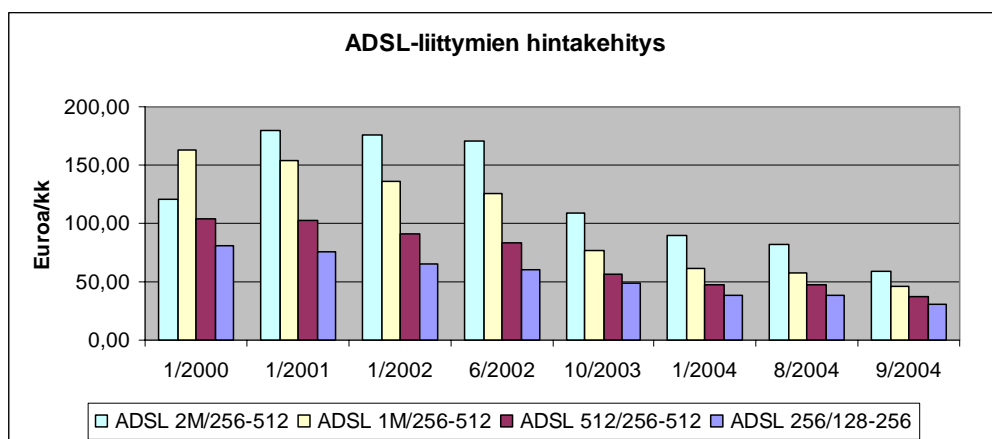
4.1 Kiinteän verkon teknologiat

Kiinteän verkon liittytöpalveluista tarkastelussa ovat mukana ADSL, kaapelimodeemi ja datasähköpalvelut.

4.1.1 xDSL

DSL-tekniikan eräs vahvuus on siirtotien eli puhelintilaajaverkon erinomainen kattavuus: puhelintilaajajohto ylittää noin 95% kotitalouksista. Tälle perustalle on myös rakennettu aktiivisesti ja ADSL-palvelun saatavuus on parantunut viime vuosina merkittävästi: kun vuoden 2001 lopussa ADSL-palvelun saatavuus ylsi noin puoleen kotitalouksista, nyt palvelu ylittää 85 prosenttiin kotitalouksista.

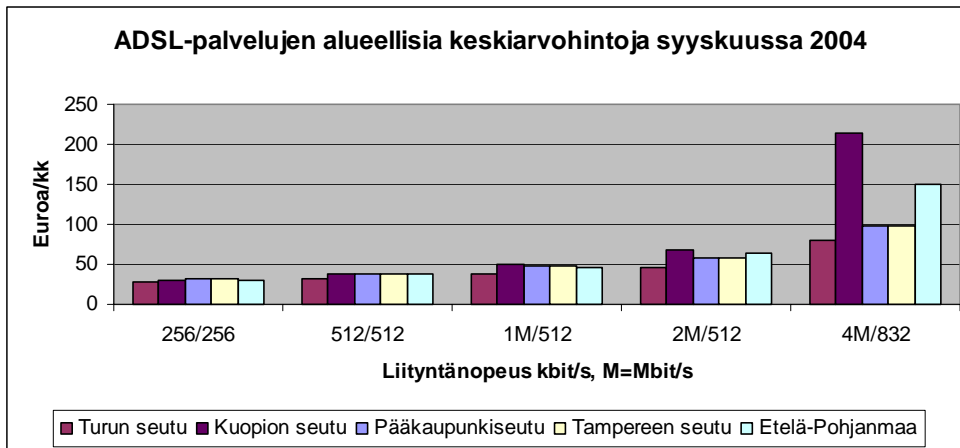
ADSL-palvelujen hintahaitari on viime vuosina kaventunut ja samalla rahalla on tarjottu yhä suurempia nopeuksia oheisen kuvan (Kuva 6) mukaisesti². Kuvasta näkee hyvin viime vuosina vallinneen tyypillisen hinnoittelumekanismin: kilpailuedun saavuttamiseksi nopeutta on nostettu, mutta hinta on pidetty samana: vuoden alussa 512 kbit/s-yhteys maksoi saman kuin 1Mbit/s-yhteys nyt. Esimerkiksi nyt tyypillisen 1 Mbit/s-yhteyden hintakehitys on ollut huima: se maksaa nyt alle 50 euroa kuukaudessa, kun se vielä pari vuotta sitten maksoi noin 125 euroa kuukaudessa.



Kuva 6. ADSL-palvelut ovat halventuneet vuosi vuodelta ja samalla hintahaitari on kaventunut.

² Keskiarvohintojen laskentaperusteet vaihtelevat mm. operaattoreiden lukumäärän ja painotusten suhteen, mutta trenditarkastelun kannalta tarkkuus on kuitenkin riittävä.

Nykyisin ADSL-markkinoilla on ainakin paikallisesti kova kilpailu, mikä näkyy palvelujen hinnoittelussa. Pari vuotta sitten valtakunnalliset operaattorit tarjosivat palvelujaan samalla hinnalla kaikkialla, mutta nyt valtakunnallislakin operaattoreilla on paikalliset hinnat. Hinnoissa on selviäkkin eroja eri alueiden välillä, kuten oheisesta kuvasta (Kuva 7) voidaan havaita³. Kaikissa nopeusluokissa hinta on halvin Turun seudulla; hintaerot suurilla yhteysnopeuksilla ovat hyvin merkittäviä. Päätelaitteen listahinta on tyypillisesti noin 80 euroa tai 5 – 6 euroa kuukaudessa, mutta usein päätelaite annetaan asiakkaalle ilmaiseksi.



Kuva 7. ADSL-palveluissa on jonkin verran alueellisia hintaeroja.

ADSL-palvelun hinta vaihtelee maan eri alueiden kesken, mutta ero ei varsinaisesti perustu alueen asukastiheyteen tai keskusta-haja-asutusalue -jakoon. Sama hinta koskee tyypillisesti kaupunkiseutua, maakuntaa, seutukuntaa tai alueellisen operaattorin perinteistä toimialuetta. Erityisesti ADSL-yhteyksien vuokrausvelvoite yhdistettynä paikallisten yhtiöiden hyvään ADSL-peittoon antaa monille operaattoreille hyvät mahdollisuudet laajaan palvelualueeseen paikallisesti vallitsevalla hintatasolla.

4.1.2 Kaapelimodeemi

Kaapelitelevisio-operaattoreita on yhteensä kolmisenkymmentä ja operaattoreiden verkkoihin oli vuoden 2004 alussa kytketty noin 1,1 miljoonaa kotitaloutta. Suurimpia operaattoreita ovat Helsinki Televisio, TeliaSonera ja Tampereen Tietoverkko, joiden osuus kokonaismarkkinasta on yhteensä lähes puolet.

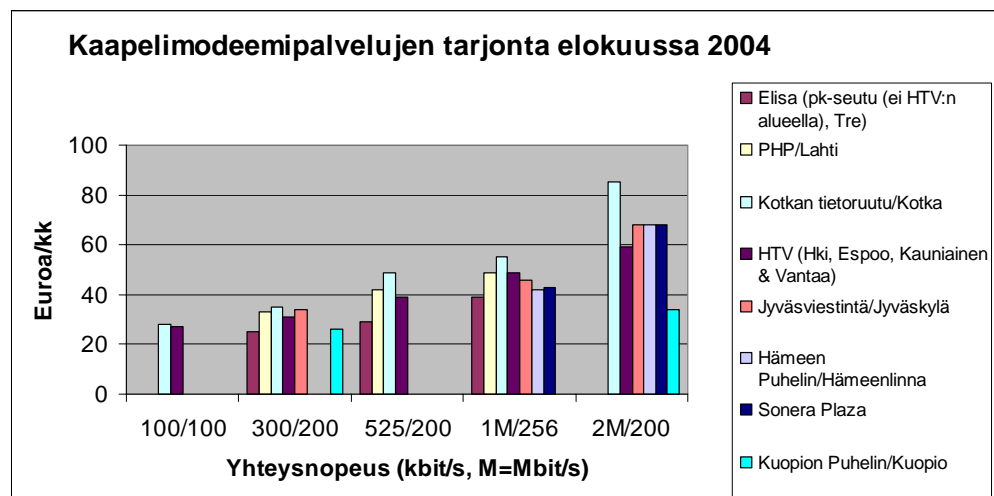
Kaapelimodeemipalvelun Suomessa aloittivat Sonera ja HTV 1990-luvun loppupuolella. Tällä hetkellä kaapelimodeemipalvelua tarjoaa 12 operaattoria 51 kunnan alueella, joten maantieteellisesti palvelun saatavuus on edelleen heikko. Saatavuus on kuitenkin parantunut, sillä vielä pari vuotta sitten palvelu oli saatavilla vain noin kolmenkymmenen kunnan alueella. Näilläkin lu-

³ Alueelliset keskiarvohinnat perustuvat aritmeettiseen keskiarvoon eri operaattoreiden hinnoista ilman markkinaosuuksien mukaista painotusta.

vuilla kaapelimodeemipalvelun saatavuus on toiseksi paras ADSL-palvelun jälkeen.

Kaapelitelevisioverkot eivät ole kuntatasolla läheskään yhtä kattavia kuin puhelintilaajaverkot. Ktv-verkot painottuvat keskustoihin ja taajamiin ja usein kaapelimodeemipalvelun kattavuus on tätäkin heikompi: palvelua ei tarjota kaikille verkkoon kytketyille talouksille. Tällä hetkellä kaapelimodeemipalvelua tarjottaneen noin 70 prosentille ktv-talouksista.

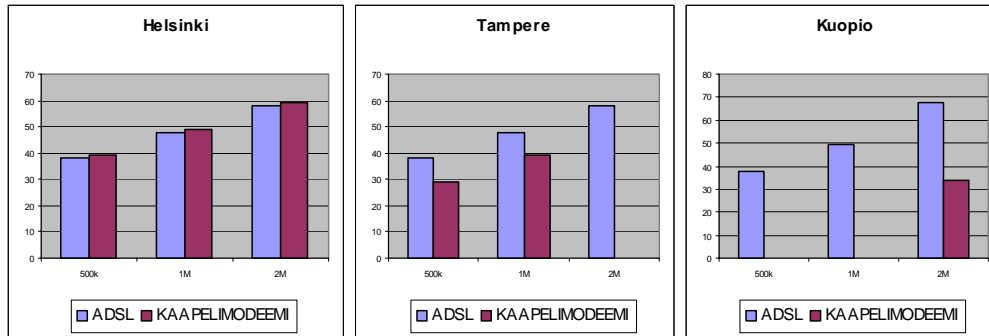
Palvelutasolla kuluttajille tarjotaan nyt enemmän vaihtoehtoja kuin aikaisemmin. Aikaisemmin oli tyypillistä, että liityntänopeuksia oli vain yksi tai nopeus ei ollut kovin tarkasti edes määritelty: nopeudeksi saatettiin ilmoittaa 0,5 – 1,0 Mbit/s tai nopeus perustui puhtaasti liikenteen määrään ja kulloinkin vapaana olevaan kapasiteettiin. Lisäksi jotkin operaattorit rajasivat maksiminopeudeksi esimerkiksi 512 kbit/s. Nyt operaattorit tarjoavat useita eri liityntänopeuksia alkaen nopeudesta 100/100 kbit/s aina nopeuteen 3M/512 kbit/s asti. Suurien nopeuksien tarjonta on selvästi lisääntynyt viime vuosien aikana: yli puolet kaapelimodeemipalvelua tarjoavista operaattoreista tarjoaa 1 – 2 Mbit/s-yhteysnopeuksia. Oheinen kuva (Kuva 8) havainnollistaa suurimpien operaattoreiden nykyistä kaapelimodeemitarjontaa⁴. Yhteyden lisäksi asiakkaan on hankittava päätelaite eli kaapelimodeemi: sen listahinta on tyypillisesti 50 - 80 euroa tai 5 – 8 euroa kuukaudessa, mutta usein päätelaite annetaan asiakkaalle ilmaiseksi.



Kuva 8. Esimerkkejä kaapelimodeemipalvelun tarjonnasta elo-syyskuussa 2004.

⁴ Nopeudet vaihtelevat eivätkä täysin vastaa kuvan luokitusta. Esimerkiksi HTV:n suurin nopeus 3M/512k on esitetty luokassa 2M/200k.

Kaapelimodeemioperaattorit ovat paikallisia operaattoreita⁵ ja siten ne kohtaavat hintakilpailussa lähinnä samalla alueella toimivat ADSL-operaattorit. Koska tällä hetkellä kaapelimodeemipalvelussa ei ole päällekkäisyyksiä, hintoja kannattaakin verrata samalla alueella tarjottaviin ADSL-palveluihin (ks. Kuva 9).



Kuva 9. Helsingissä vaihtoehtoisten palvelujen hinnat ovat samat, muualla on vielä eroja (elo-syyskuu 2004).

Suurimmalla markkina-alueella Helsingissä hintaeroja ei käytännössä ole. Erytisesti viime aikoina operaattorit ovat tarkasti seuranneet muiden hintoja ja seuranneet perässä. Sen sijaan Tampereella kaapelimodeemipalvelu on hie-man vastaavaa ADSL-palvelua halvempi ja Kuopiossa 2 Mbit/s kaapelimodeemipalvelu maksaa vain puolet vastaavasta ADSL-palvelusta. Kuopiossa kaapelimodeemipalvelu onkin alueen markkinajohtaja.

Kaapelimodeemipalvelujen yhteysnopeuksien kasvu on perustunut verkon topologian kehitykseen: pienentämällä verkon solujen kokoja operaattorit pystyvät luotettavammin tarjoamaan myös korkeita nopeuksia. Nopeuksien kasvu näkyy kuitenkin vain myötäsunnassa: paluusuunnan nopeudet ovat selvästi alhaisempia.

4.1.3 Datasähkö

Kokeiluluonteinen datasähkötoiminta alkoi Suomessa vuonna 2000, kun Sähköenergialiitto ry Sener yhdessä Adato Energian ja 24 jäsenyrityksen kanssa aloitti datasähköprojektin. Projekti päättyi keväällä 2002 ja tämän jälkeen muutama sähköyhtiö on jo aloittanut palvelun tarjonnan.

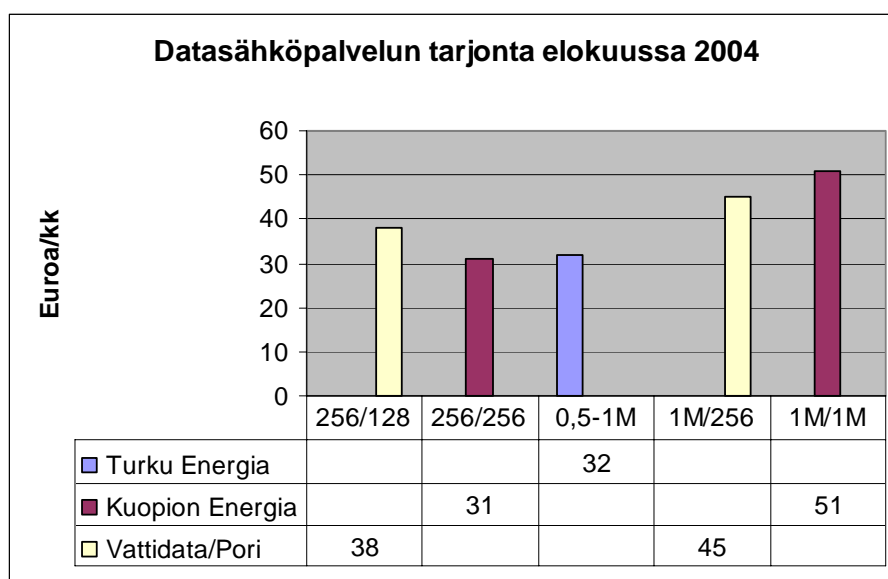
Testivaiheen jälkeen ensimmäisenä kaupallisen datasähköpalvelun aloitti Turku Energia alkuvuodesta 2003. Tällä hetkellä Turku Energia tarjoaa datasähköpalvelua 150 taloyhtiölle. Peruspalvelu, joka sisältää vain yhteyden ilman sähköposti- tms. palveluja, maksaa 32 euroa kuukaudessa. Palvelun nopeudeksi ilmoitetaan 0,5 – 1 Mbit/s.

⁵ Elisa Oyj:n ja MTV Oy:n välisen aiesopimuksen mukaan MTV rupeaa syksyllä 2004 tarjoamaan kaapelimodeemipalveluja Elisan ktv-verkossa pääkaupunkiseudulla, Tampereella ja Riihimäellä.

Kuopion Energia tarjoaa datasähköpalvelua Kuopion keskustassa ja kolmen muun kaupunginosan alueella. Sen tarjonta koostuu kahdesta vaihtoehtoisesta symmetrisestä liittymästä: 256/256 kbit/s ja 1/1 Mbit/s. Palvelun kuukausimaksut ilman lisäpalveluita ovat nopeudesta riippuen 31 tai 51 euroa.

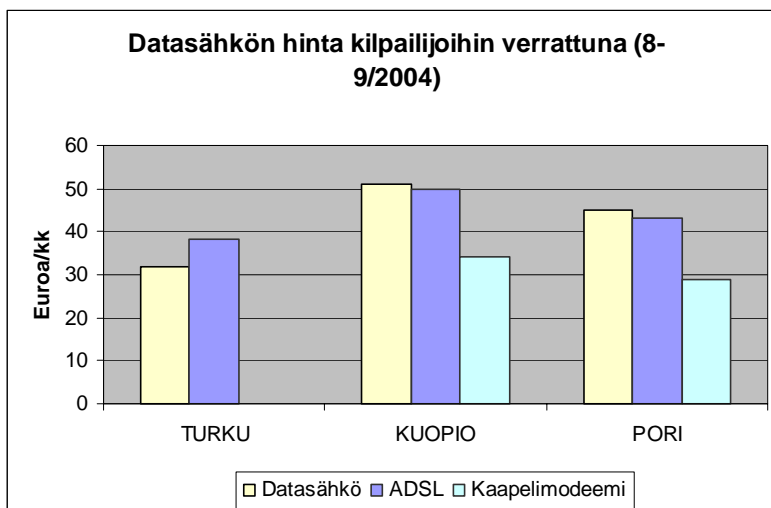
Kolmas datasähköpalvelua tarjoava yritys on porilainen Vattidata Oy. Se tarjoamat yhteyspalvelut ovat 256/128 kbit/s ja 1 M/256 kbit/s; palvelun kuukausimaksut ovat 38 tai 45 euroa nopeudesta riippuen.

Oheinen kuva (Kuva 10) havainnollistaa tämän hetkistä datasähköpalvelun tarjontaa Suomessa. Tarjonta on siis toistaiseksi hyvin vähäistä ja paikallista.



Kuva 10. Datasähköpalvelun tarjonta on vielä vaatimatonta.

Datasähköoperaattorit toimivat paikallisesti, joten datasähkön hintoja kannattaa verrata paikallisesti kilpaileviin palveluihin, kuten kaapelimodeemi- ja ADSL-palveluihin. Vertailu noin 1 Mbit/s-yhteysnopeuksilla on tehty oheisessa kuvassa (Kuva 11): datasähkön ja ADSL-palvelun hinnat ovat lähellä toisiaan. Kaapelimodeemipalvelussa ei näillä alueilla ole vastaavaa 1 Mbit/s-yhteystarjontaa; Kuopiossa nopeus on 2 Mbit/s, mutta Porissa vain 256 kbit/s.



Kuva 11. Datasähkön ja ADSL:n hinnat ovat lähellä toisiaan (1 Mbit/s tai lähin vastaava nopeus).

Yhteyspalvelun lisäksi datasähköpalvelun käyttäjän on hankittava sähköyhtiöltä datasähköadapteri, joka liitetään tietokoneen Ethernet-korttiin tai USB-väylään. Tyypillinen vuokra on kohtuullinen ja kilpailijoiden tasoa oleva 8 euroa kuukaudessa, mutta tyypillinen ostohinta on peräti 250 euroa, mikä on moninkertainen ADSL- tai kaapelimodeemien hintoihin nähden. Tyypillinen datasähköpalvelun kytkentämaksu on 50 euroa.

4.2 Langattoman verkon teknologiat

Langattomista liityntäpalveluista tarkastellaan WLAN- ja BWA-palveluja. UMTS-palveluja ei ole toistaiseksi saatavilla, joten tältä osin käsitellään vain mahdollista tulevaa saatavuutta seuraavassa luvussa.

4.2.1 WLAN

WLAN-laajakaistaliittymän tarjonta kuluttajille on aloitettu Suomessa vuoden 2000 aikana muutaman (3-4) palveluntarjoajan toimesta. Näiden tarjoajien WLAN-verkot perustuivat lähinnä muutamiin tukiasemiin ja olivat enemmän kokeiluluontoisia ratkaisuja ennen laajempia alueverkkoja. Mäntsälän Sähkön vuonna 2001 käyttöönottama WLAN-verkko oli Suomen ensimmäinen laajempi alueverkko, joka kattoi tuolloin Mäntsälän koko kuntakeskuksen. Vuosien 2002 ja 2003 aikana tarjoajien määrä kasvoi reiluun kymmeneen.

Tällä hetkellä WLAN-laajakaistaliittymää tarjoaa lähes 20 palveluntarjoajaa yli 30 kunnan alueella. Näissäkin kunnissa WLAN-verkkoja on rakennettu lähinnä keskeisimmille ja tiheimmin asutuille taajama-alueille, joten WLAN-palvelun saatavuus on edelleen heikko. Suomen laajin WLAN-verkko on Vantaan Energialla, jonka verkon peittoalueella on 45 000 kotitaloutta. Vuoden 2004 aikana Vantaan Energian tavoitteena on laajentaa verkon peittoalue kattamaan 80 prosenttia Vantaan kotitalouksista.

WLAN-palveluntarjonta on kehittynyt monipuolisemmaksi vuodesta 2000. Aiemmin tarjolla oli pääasiassa 1 Mbit/s-liittymä ja sen hinta vaihteli 40-50

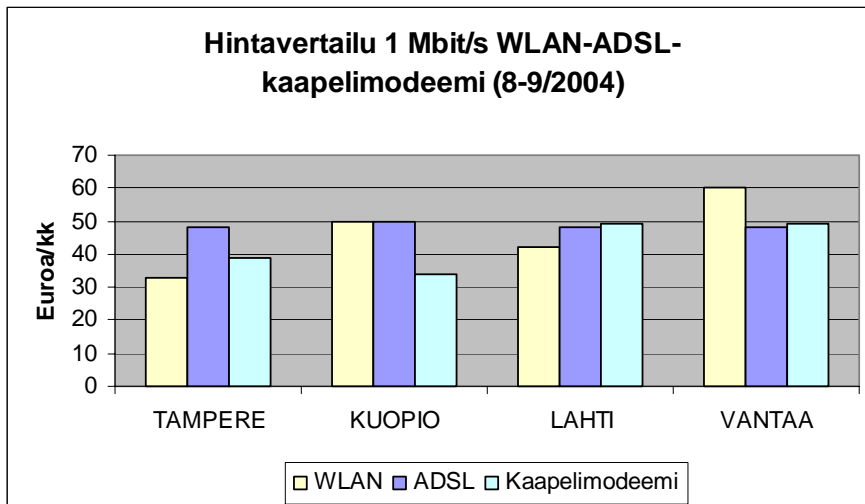
euron välillä. Nykyisin tarjontaan on tuotu lisää erihintaisia nopeusvaihtoehtoja, joita on tarjolla väliltä 64 kbit/s – 1 Mbit/s. Osa tarjoaa myös kalliimpaa liittymää priorisoidulla liikenteellä ja osa on laajentanut liittymätarjontaansa muihin laajakaistapalveluihin, kuten ADSL-palveluun ja kiinteistöliittymiin HomePNA-tekniikalla.

Taulukko 2 esittää tämän hetken WLAN-palveluntarjoajia (ei tyhjentyvä listaus), niiden 1 Mbit/s -liittymän kuukausimaksuja ja kunnat, joissa palvelu on saatavilla (vain osassa kunnan aluetta). 1 Mbit/s WLAN-laajakaistaliittymän kuukausimaksu vaihtelee maan eri alueiden kesken huomattavasti: Porissa ja Tampereella liittymän saa 33 eurolla, kun taas Vantaalla joutuu maksamaan lähes 60 euroa kuukaudessa.

Taulukko 2. WLAN-palveluntarjoajia, 1 Mbit/s yhteyden kuukausimaksu ja palvelun saatavuusalueita.

Palveluntarjoaja	€/kk	Saatavuus
Vattidata / Pori Energia	33	Pori
WLANnet	33	Tampere
Wireless Connections Finland Oy	38	Huittinen, Kokemäki
Kase / Kaustisen seutukunta	38,68	Halsua, Kaustinen, Perho, Toholampi, Lestijärvi, Veteli
Suomen 4G Oy / Lahti Energia	42	Lahti
Päijät Hämeen Puhelin	42,05	Lahti
MSOYNET / Mäntsälän sähkö	43,5	Mäntsälä (kokonaan), Pornainen, Järvenpää, Tuusula, Hyvinkää, Hausjärvi, Pukkila
PBEzone / Porvoon Energia	45	Porvoo
NetPlaza	45	Oulu
Netsor	45	Rautalampi
Haminetti / Haminan Energia	49	Hamina
Sonkajarvi.net	49	Sonkajärvi, Saarimäki, Särkivirta, Aittokoski
Netsafir	49,78	Vaasa, Espoo
Image World	50	Kuopio
SuperStrada / Rauman Energia	52	Rauma
Ivalon Foto Kone	59,9	Inari
Wivanet/Vantaan Energia	59,9	Vantaa, Espoo
Tikka Kyläkaista / Macoline Oy ja Elisa	?	Savitaival, Taipalsaari

WLAN-palvelun hinta näyttäisi vaihtelevan myös suhteessa kilpailijoihin: joillakin alueilla WLAN on halvin vaihtoehto, mutta joillakin alueilla se on kallein vaihtoehto (Kuva 12).



Kuva 12. WLAN-palvelun hintakilpailukyky vaihtelee alueittain⁶.

Kuukausimaksujen lisäksi WLAN-käyttäjä joutuu myös maksamaan tyypillisesti noin 50 euron avausmaksun. Suurin kynnys WLAN-liittymän käyttöön otossa muodostuu asiakaslaitteista, joita ovat mm. WLAN-kortti/USB-liitäntäinen sovitin ja kaapeli, antenni ja antennikaapeli. Tyypillisesti näistä käyttäjälle aiheutuvat kustannukset ovat noin 140-200 euroa. Osa palvelutarjoajista myös vuokraa tarvittavat asiakaslaitteet noin 10-15 euron kuukausihintaan.

Haminetti, Suomen 4G, MSOYNET, PBEzone, Wivanet, Superstrada ja Netsafir Oy ovat toteuttamassa yhteistä roaming-järjestelmää, joka mahdollistaa verkkovierailun mukana olevien yhtiöiden WLAN-verkoissa. Tulevaisuudessa näillä toimijoilla lienee tavoitteena saada suurin osa Suomen WLAN-palvelutarjoajista verkkovierailusopimukseen mukaan.

4.2.2 BWA

Muutaman vuoden ajan on ollut saatavilla BWA-laitteita pieniltä laitetoimittajilta. Hinnat ovat tällä hetkellä vielä suhteellisen korkeita. Korkeisiin hintoihin vaikuttavia tekijöitä ovat mm. pienet valmistussarjat, standardikomponenttien puute ja toimittajakohtaiset laitteet. Päätelaitteen hinnat kuluttajakäyttöön ovat halvimmillaan sadoista euroista tuhanteen euroon.

Palvelun tarjonta BWA-tekniikalla on parhaillaan käynnistymässä. Esimerkkinä voidaan mainita Rantasalmen, Juvan, Puumalan ja Sulkavan kuntien (ns. RaJuPuSu-seutu) laajakaistahanke. Nykyinen tarjonta perustuu valmistajakohdittaiseen tekniikkaan ja sisältää liittynät 512/512 kbit/s ja 1M/512 kbit/s, joiden hinnat ovat vastaavasti 48 ja 62 euroa kuukaudessa. Päätelaitteen hinta on 199 euroa. Palvelun käyttäjiä lienee Suomessa joitakin satoja.

⁶ Kuopiossa kaapelimodeemipalvelun nopeus on 2M/512.

5 Laajakaistapalvelujen tulevan saatavuuden ja hintakehityksen arviointi

Tässä luvussa arvioidaan eri tekniikoihin perustuvien Internet-liityntäpalvelujen tulevaa saatavuutta ja hintakehitystä sekä liityntäpalvelujen yhteysnopeuksien kehitystä. Tarkempi tulevaisuuden ennustaminen ei ole tämän selvityksen puitteissa mahdollista, joten seuraavien kappaleiden tarkastelu perustuukin lähinnä tekniikan kehityksen arviointiin. Tavoitteena on tuoda esiin ja arvioida niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat eri yhteysmuotojen saatavuuteen ja datanopeuksiin. Eri tekniikoilla toteutettujen palvelujen tulee ainakin paikallisesti vastata toisiaan, koska muuten vahvempi palvelu valtaisi markkinat. Siten kehitystä ei ole aina tarpeen arvioida tekniikkakohtaisesti.

5.1 Palvelujen saatavuuden kehitys

Palvelujen saatavuuden kehitystä arvioidaan tekniikkakohtaisesti, koska saatavuusalueiden ei tarvitse jatkossakaan olla yhteneviä.

5.1.1 DSL-palvelu

ADSL-palvelun saatavuus on Suomessa jo nyt erinomainen: kotitalouksista 85 prosentilla on mahdollisuus kiinteään laajakaistaiseen Internet-yhteyteen ja tästä ADSL selittää ylivoimaisen valtaosan. Suurista operaattoreista Finnet ja Elisa ovat rakentaneet 90 - 100% ADSL-tarjonnan perinteisillä toimialueillaan.

Aivan kaikkialle DSL-palvelu ei kuitenkaan tule yltämään. Erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa saatavuus on vielä huono eikä tulevasta kehityksestä ole mitään takeita. Joillakin alueilla heikkokuntoisista kupariliitynnöistä on jopa luovuttu ja korvattu ne matkapuhelinliitymillä. Siten nykyisestä korkeasta tasostaan ADSL:n saatavuus paranee vain hitaasti.

DSL:n asema on kansainvälisestikin hyvin vahva: sen maailmanlaajuinen osuus laajakaistamarkkinoista on lähes kaksi kolmasosaa. Tämä tukee tekniikan asemaa pitkälle tulevaisuuteen, koska suuri asiakaskunta motivoi sekä laitetoimittajia että operaattoreita panostamaan tekniikan ja palveluiden kehitykseen.

5.1.2 Kaapelimodeemipalvelu

Kaapelitelevisioverkkoihin on nyt kytketty noin 1,13 miljoonaa taloutta ja talouksien lukumäärä on kasvanut viime vuosina 5 - 10% vuosivauhtia. Suurin kasvun lähde ovat nykyiset ktv-alueet, joissa ktv-yhtiöt ovat saaneet uusia taloyhtiöitä asiakkaikseen erityisesti asunto-osakeyhtiölain muutoksen jälkeen. Kaapelimodeemipalvelun suurin kasvupotentiaali on kuitenkin olemassa olevien verkkojen kaksisuuntaistamisessa.

Ktv-verkoista on kaksisuuntaistettuna tällä hetkellä noin 55 prosenttia. Suurista operaattoreista mm. Turun Kaapelitelevisio (84 000 tilaajaa) ja Oulu-TV

(63 000 tilaajaa) ja Vaasan Läänin Puhelin (53 000 tilaajaa) eivät toistaiseksi tarjoa kaapelimodeemipalvelua. Turun Kaapelitelevisio tulee aloittamaan palvelun lähiaikoina, mutta Oulu-TV ja Vaasan Läänin Puhelin tuskin aloittavatkaan nykyisen kaltaista laajakaistapalvelua kaapeliverkossa. Siten näillä näkymin kaapelimodeemipalvelu ei tule kilpailemaan saatavuudessa DSL-palvelun kanssa, mutta alueellisesti sen kilpailuasema tulee säilymään hyvänä.

Osa ktv-operaattoreista tulee panostamaan kaapelimodeemipalvelun sijaan digi-tv:n vuorovaikutteisiin palveluihin. Tällöin keskeisiä ovat nimenomaan television kautta välitettävät palvelut ja paluusuunnassa tärkeitä ovat lähinnä ohjaus- yms. viestit käyttäjältä operaattorille. Lisäksi palveluvalikoima saattaa perustua operaattorin ja pankkien tai vastaavien palveluntarjoajien välisiin sopimuksiin, jolloin avointa Internet-yhteyttä ei ehkä tarjota lainkaan. Paluuyhteys voidaan toteuttaa kaapelimodeemin sijaan esimerkiksi MHP-digisovittimeen integroidulla ADSL-modeemilla.

5.1.3 Datasähkö

Datasähkön tekninen ja kaupallinen kehitys on vasta alkuvaiheessaan, joten se tuskin tulee saamaan merkittävää asemaa laajakaistamarkkinoilla ainakaan vuoteen 2010 mennessä. Kehitystä hidastavat mm. kansainvälisien standardien puute ja käytännön toteutuksissa havaitut häiriöongelmat. Myös päätelaitteet ovat vielä hyvin kalliita ADSL- ja kaapelimodeemiin verrattuna: tuotantomäärät ovat pieniä ja tämäkin tuotanto jakaantuu vaihtoehtoisten ratkaisujen kesken, joten mittakaavaetuja ei tuotannossa synny.

Laitevalmistajat usein painottavat sähköverkon ylivoimaista kattavuutta muihin verkkoihin nähden, mutta Suomessa verkon kattavuus ei kuitenkaan ole riittävä kilpailukeino ainakaan puhelinverkkoon verrattuna. Joissakin infrastruktuuriltaan vähemmän kehittyneissä maissa sähköverkon ulottuvuus voi tosin olla vahva kilpailutekijä, mikä edesauttaa tekniikan käyttöä ja kehitystä.

Suomessa datasähköä kypsemät teknologiat ehtinevät jakaa markkinat ennen datasähkön aseman mahdollista vakiintumista, joten datasähkön pitäisi kyetä tarjoamaan selvästi parempi hinta-laatusuhde pystyäkseen syrjäyttämään kilpailevia palveluja. Datasähköllä voi kuitenkin olla keskeinen rooli paikallisilla laajakaistamarkkinoilla vaihtoehtojen ja kilpailun lisääjänä suurimmissa kaupungeissa. Laajakaistapalvelun ohella datasähkö tarjonnee jatkossa vaihtoehdon myös kiinteälle puhepalvelulle VoIP-sovellusten avulla.

5.1.4 WLAN

Tällä hetkellä WLAN-palvelun saatavuus on heikko. Palvelua on saatavilla reilussa 30 kunnassa, mutta näissäkin vain osassa kunnan aluetta. WLAN-palvelun saatavuus kehittynee hitaasti tulevina vuosina, kun nykyiset palveluntarjoajat laajentavat verkkojaan ja kun mahdolliset uudet toimijat tulevat markkinoille. Perinteiset operaattorit tuskin lähtevät rakentamaan laajoja WLAN-verkkoja, koska niillä on yleensä valmis verkkoinfrastruktuuri (esim. lankaverkko) toiminta-alueellaan.

WLAN-palvelun saatavuus laajakaistaratkaisuna tulee jäämään heikoksi verrattaessa esimerkiksi ADSL:ään, koska WLAN-tukiasemien lyhyt kantama rajoittaa jatkossakin WLAN-verkon peittoaluetta. WiMAX-järjestelmien kehittymisen myötä WLAN:in merkitys langattomana laajakaistaratkaisuna ”viimeiselle mailille” todennäköisesti vähenee.

Toisaalta tulevaisuudessa WLAN ei niinkään kilpaile kiinteiden tai muiden langattomien laajakaistaratkaisujen kanssa, vaan täydentää niitä. Palveluntarjoajat voisivat esimerkiksi tarjota palvelua, johon kuuluisi kiinteä liittymä kotona ja langaton laajakaistayhteys WLAN-verkkoalueella.

5.1.5 BWA/WiMAX

Ensimmäiset IEEE 802.16a-standardin mukaiset päätelaitteet ovat tulossa markkinoille vuoden 2004 loppupuolella. Eri valmistajien laitteet eivät ole täysin yhteensopivia ilmarajapinnan osalta. Niissä ei ole vielä riittävästi standardoituja piirejä eikä hinta siten laske juurikaan verrattuna nykyisiin päätelaitteisiin.

Vasta ensi vuosi tuo ensimmäiset IEEE 802.16d-standardin mukaiset päätelaitteet ja tukiasemat. Tämä standardiversio on tärkein WiMAX-standardi. Johtavien toimittajien päätelaitteiden hintojen ensi vuonna arvioidaan olevan noin 300 – 500 euroa. Eräs johtavista toimittajista uskoo päätelaitteiden hintojen laskevan jopa 30 % vuoteen 2007 mennessä kilpailun ja piiritoimittajilta saatavien halvempien piirisettien ansiosta. Suuret perinteiset telecom-laitetoimittajat tulevat markkinoille vasta standardoitujen tuotteiden (d-versiot ja myöhemmin e-versiot) myötä. Loppukäyttäjän palveluina laitetoimittajat ovat luvanneet WiMAX-verkosta laajakaistaisen datan, VoIPin, priorisointia eri palveluiden kesken, E1-palvelun ja LAN-liitännän.

Ensimmäiset liikkuvuusominaisuuden mukaiset päätelaitteet tulevat markkinoille vuosina 2006-2007. Niiden hinnoista ei ole vielä mitään indikaatiota. Sekä 802.16d, että e-version mukaisten päätelaitteiden suurempi osuus markkinoilla toteutuu luonnollisesti vasta pari vuotta niiden markkinoille tulon jälkeen.

Tulevaisuudessa BWA/WiMAX-ratkaisun kilpailukyky hieman paranee, kun päätelaitteiden hinnat laskevat. Ratkaisusta ei kuitenkaan tule haastajaa valtateknologialle eli xDSL:lle. BWA/WiMAX sopii parhaiten tilanteisiin, joissa kelvollista lankaverkkoa ei ole saatavissa kohtuullisin kustannuksin. Se mahdollistaa myös kilpailun lisääntymisen.

5.1.6 Muut teknologiat

Muista tekniikoista käsitellään lyhyesti kuitu- ja UMTS-tekniikoiden tulevaa asemaa markkinoilla.

5.1.6.1 Kuitutekniikat

Kuitu kotiin asti (Fiber to the home, FTTH) esiintyy usein vaatimuksena tai ennusteena tulevasta laajakaistayhteyksien kehityksestä puhuttaessa. Toisi-

naan kuituyhteyttä pidetään tulevana perusratkaisuna ja sen uskotaan voittavan esimerkiksi DSL-ratkaisut. Seuraavan viiden vuoden aikana FTTH-ratkaisut saavuttanevat kuitenkin lähinnä paikallista merkitystä. Perusteluna voidaan pitää seuraavia tekijöitä:

- FTTH edellyttää uuden kiinteän yhteyden rakentamista tilaajakohtaisesti, mikä on merkittävä investointi.
- Olemassa olevien kupariyhteyksien tarjoama potentiaali ei ole vielä läheskään täydessä käytössä.
- Näköpiirissä ei ole sellaisia massapalveluja, jotka vaatisivat vain kuituyhteydellä toteutettavissa olevia datanopeuksia.

FTTH-ratkaisua todennäköisempää on rakentaa kuitu kortteli- tai kerrostalo-kohtaisesti. Tästä käytetään nimitystä FTTC (Fiber to the curb), jonka suomenkielinen vastine voisi olla kuitu kortteliin. Olennaista on, että kuitu rakennetaan lähelle tilaajaa, mutta ei tilaajalle asti. Näiden kahden väliin sijoituu FTTB (Fiber to the building), jossa kuitu rakennetaan esimerkiksi kerrostalon jakamoon asti, mutta jakamon ja tilaajan välillä hyödynnetään kiinteistön kuparista sisäverkkoa. FTTC ja FTTB tukevat erityisesti ADSL2+- ja VDSL-toteutuksia ja tällaista verkon kehitystä tehdään jo nyt. Jos datanopeuksien kasvu jatkuu viime vuosien kaltaisena (ks. kappale 5.2), kuituyhteyksille syntyy todellista kysyntää vuosikymmenen vaihtumisen jälkeen.

5.1.6.2 UMTS

UMTS-palvelujen tarjonta alkanee Suomessa tämän vuoden lopulla. Elisa on ilmoittanut avaavansa UMTS-verkkonsa asiakkaille marraskuussa ja TeliaSonera ennen vuoden vaihdetta. Elisan verkko tulee aluksi kattamaan suurimmat asutuskeskukset eli pääkaupunkiseudun, Tampereen, Turun ja Oulun, jolloin väestöpeitto ylittää 25 prosenttiin. TeliaSoneran verkon väestöpeitto lienee jonkin verran parempi.

UMTS-verkon palvelutaso yltäne alusta lähtien 384 kbit/s-tasolle ainakin verkon solujen keskiosissa; solujen reunoilla nopeus laskee. Elisa tulee alussa keskittymään mobiilidatan tarjontaan, joten kohderyhmä on tällöin ensisijaisesti yritykset.

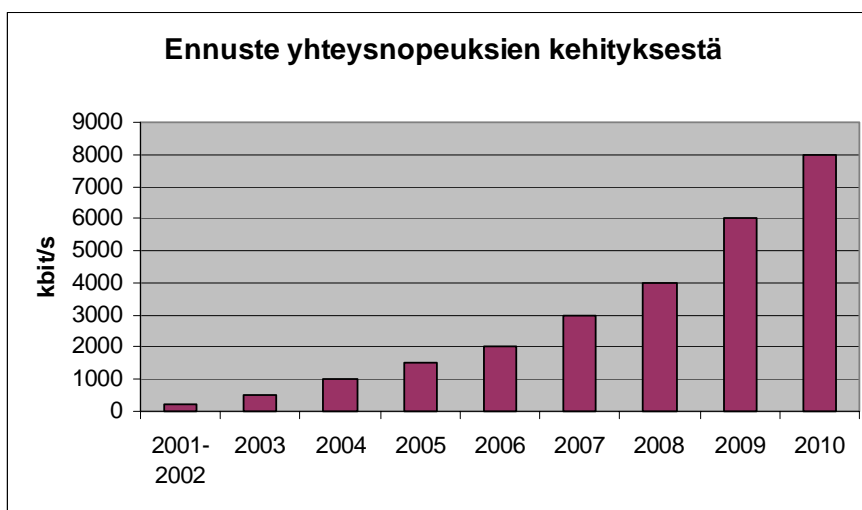
Toistaiseksi UMTS ei ole osoittautunut kaupalliseksi menestykseksi muissaakaan Euroopan maissa, joten todennäköistä kehityspolkua Suomessa on vaikea arvioida. Lienee kuitenkin selvää, että ainakin lähivuodet UMTS tulee palvelemaan lähinnä suurimpien kaupunkien ja asutuskeskusten yrityksiä ja kuluttajia. Lisäksi UMTS kilpailee muiden tarkasteltuihin liittyntäteknikoihin verrattuna eri tekijöillä: UMTS häviää nopeudessa, mutta voittaa liikkuvan käyttäjän palvelemisessa.

5.2 Yhteysnopeuksien kehitys

Kun laajakaistapalvelut alkoivat yleistyä vuonna 2001, vallitseva nopeus myötäsuntaan oli 128 – 256 kbit/s. Vuoteen 2003 mennessä tyypillinen nopeus nousi tasolle 256 – 512 kbit/s ja tänä vuonna vallitseva nopeus on 512 – 1024 kbit/s. Nopeus on siten ensin kaksinkertaistunut kahdessa vuodessa ja tämän jälkeen kaksinkertaistunut uudelleen vuodessa. Tämä vastaa tietotekniikasta tuttua Mooren lakia, jonka mukaan mikroprosessorien suorituskyky kaksinkertaistuu 18 – 24 kuukauden välein. Mooren lain voi olettaakin pätevän myös laajakaistatekniikassa, mutta vain siltä osin, kun on kyse piiritekniikasta. Laajakaistapalvelujen tarjontaan liittyy paljon muutakin, mikä ei varmastikaan noudata Mooren lakia.

Laajakaistapalvelujen tarjonnan aloittaminen ja tämän jälkeen palvelutason nosto edellyttää lähes aina siirtotienä toimivan fyysisen verkon uudistamista. Erityisesti tämä koskee kaapelimodeemipalvelua, mutta myös DSL-tekniikalla suurin nopeuden kasvu saavutetaan lyhyillä yhteyksillä. Siten palvelujen nopeuksien kehitys saattaa jatkossa olla hieman hitaampaa.

Jos oletetaan, että Suomessa yhteysnopeudet jatkossa kaksinkertaistuvat kahden vuoden välein eli hieman hitaammin kuin ihan viime aikoina, päädytään Suomessa 8 Mbit/s tasolle vuonna 2010 oheisen kuvan (Kuva 13) mukaisesti. Tämäkin nopeus on vielä toteutettavissa nykyisillä valttatekniikoilla, joten erityisesti keskusta-alueilla tällainen kehitys on täysin realistinen. Tätä käsitystä tukee myös kansainvälinen kehitys: esimerkiksi Etelä-Koreassa 10 Mbit/s nopeudet ovat hyvin tavallisia jo nyt.



Kuva 13. Jos yhteysnopeudet kaksinkertaistuvat kahden vuoden välein, vuonna 2010 tyypillinen nopeus on 8 Mbit/s.

Jatkossa saattaa käydä niin, että kehitys eriytyy maan eri osissa ja erilaisissa ympäristöissä: keskustoissa on varaa optimoida verkkoja uusien tekniikoiden edellyttämälle tasolle, mutta reuna-alueilla käytetäänkin vanhaa tekniikkaa. Keskustoissa tullaan hyödyntämään esimerkiksi ADSL2/2+-, VDSL- ja kuitutekniikoita ja kilpailluilla alueilla muita tekniikoita hyödyntävien operaatto-

reiden on seurattava perässä. Sen sijaan vähemmän kilpailluilla ja liiketoimintojen kannalta epäedullisemmilla alueilla nopeudet tuskin kasvavat yhtä suureksi.

On huomattava, että laajakaistayhteyksien todellinen tarve on tällä hetkellä kotitalouksissa vielä melko vähäistä. Esimerkiksi Digitaalisen median instituutin ministeriölle tekemän selvityksen mukaan laajakaistayhteyksiä käytetään paljolti samanlaisiin sovelluksiin kuin kapeakaistaisiakin yhteyksiä. Myös viimevuotisen telepalvelututkimuksen mukaan tärkeimpiä Internet-yhteyden käyttötapoja ovat tiedonhaku, sähköposti ja pankkipalvelut, jotka eivät tyypillisesti edellytä megabititason yhteysnopeuksia. Tulevaisuudessa kuitenkin ainakin Internet-yhteyden kautta jaettavat televisio-/videopalvelut tulevat aidosti kasvattamaan laajakaistaisten yhteyksien tarvetta. Myös kuluttajien keskenään lähettämät digitaaliset sisällöt, kuten valokuvat ja videot, lisäävät laajakaistan kysyntää. Tällöin yhteyden on lisäksi oltava laajakaistainen sekä myötä- että paluusuunnassa.

5.3 Palvelujen hintakehitys

Tulevaa hintakehitystä voidaan arvioida lähinnä tuotantokustannusten ja kilpailutilanteen kehityksen perusteella. Jos oletetaan, että laajakaistamarkkinat lähestyvät täydellistä kilpailutilannetta, kuluttajahinnat perustuvat tuotantokustannuksiin. Tällöin tulevaa hintakehitystä voidaan arvioida teknologisen kehityksen avulla ja kaikkien liityntämuotojen on sopeuduttava halvimman tekniikan asettamiin ehtoihin, koska montaa eri markkinahintaa ei voi olla. Edellä todettiin, että tietotekniikasta tuttu Mooren laki on hyvä lähtökohta puhtaasti tekniikan osalta, mutta muut asiaan vaikuttavat tekijät vaikeuttavat tulevan kehityksen arviointia.

Hinnan alentumista puoltavat tekniikan halpeneminen ja tuotannon mittakaavaedut. Esimerkiksi ADSL-porttihinnat ovat noin puolittuneet viimeisten 2 – 3 vuoden aikana ja käyttäjämäärien kasvaessa investointien käyttöaste nousee. Kaapelimodeemilaitteissa kehitys on ollut samansuuntaista, mutta maltillisempaa. Tekniikan halpeneminen ei kuitenkaan ratkaisevasti vaikuta kuluttajahintoihin, koska laiteinvestointien osuus kokonaiskustannuksista on melko pieni.

Suurin kustannuskomponentti on fyysisen verkon topologiaan vaadittavat muutokset. Uusien kaapeleiden asentaminen osin uusille kaapelireiteille tarkoittaa kaivuutyötä, mikä ei muutu nykyistä halvemmaksi. Hintojen alennusvara riippuu siten verkon nykytilasta: jos suuria muutoksia ei vaadita, teknologian halpenemisesta ja mittakaavaeduista hyötyvällä operaattorilla on varaa laskea hintoja.

Nyt 2 Mbit/s-liityntä maksaa saman kuin 1 Mbit/s-liityntä vuoden alussa ja vastaavasti 1 Mbit/s-liityntä maksaa saman kuin 512 kbit/s-liityntä vuoden alussa eli kapasiteetin hinta (euroa/Mbit/s) on laskenut. Hintaaeroosion vaikutusten minimoimiseksi operaattorit ovat pyrkineet nostamaan nopeuksia valitsevilla hinnoilla. Tämän kehityksen voi uskoa jatkuvan vielä ainakin lähivuosien ajan, sillä nopeuden nosto ei välttämättä edellytä uusia suoria inves-

tointeja – järjestelmien kapasiteetti vain otetaan tehokkaampaan käyttöön. Lähivuosien jälkeen nopeuden nosto ei kuitenkaan enää onnistu ilman lisäinvestointeja, jolloin operaattoreiden on mietittävä investointiensa tehokkuutta. Keskusta- ja kaupunkialueilla uusia tekniikoita voi hyödyntää vähemmällä verkkoinvestoinneilla, joten näillä alueilla hinta-kapasiteetti-suhde paranee jatkossakin, mutta reuna-alueilla kehitys tulee hidastumaan.

Näillä näkymin DSL- ja kaapelimodeemipalvelut tulevat säilyttämään hintakilpailukyynsä. Niiden vahvin valtti on se, että fyysiset perusverkot ovat jo olemassa ja niillä pystytään tarjoamaan kysyntää vastaavat datanopeudet. Lisäksi päätelaitteet ovat massatuotannon ja kilpailun ansiosta halventuneet ja nykyään ADSL- ja kaapelimodeemit ovatkin usein kuluttajille ilmaisia. Kuitu- ja BWA/WiMAX-ratkaisut tuskin pystyvät haastamaan perinteisiä yhteystapoja hintakilpailuun sellaisilla alueilla, missä perusverkot ovat jo olemassa.

6 Johtopäätökset

Tässä selvityksessä kartoitettiin laajakaistaisten Internet-liityntäteknikoiden ja eri tekniikoihin perustuvien liityntäpalvelujen mennyttä ja tulevaa kehitystä Suomen kuluttajamarkkinoilla ajanjaksolla 1995 – 2010. Tarkastelujakso oli siten hyvin pitkä, mutta päähuomio kiinnitettiin kuitenkin lähimenneisyyteen, nykyisyyteen ja lähitulevaisuuteen. Tulevaisuuden kehitystä arvioitiin lähinnä teknikoiden kehittymisen tuomien mahdollisuuksien avulla; tällöin tavoitteena oli arvioida eri teknikoiden roolia tulevaisuudessa ja erityisesti uusien teknikoiden suomia mahdollisuuksia suhteessa olemassa oleviin tekniikoihin.

Laajakaistapalvelujen kuluttajamarkkinat käynnistyivät Suomessa vasta 1990-luvun lopulla ja oikeastaan vasta viime vuosien aikana markkinat ovat kehittyneet massamarkkinoiksi: laajakaistaisten liittymien lukumäärä kotitalouksissa on tällä hetkellä 550 000 – 650 000 ja penetraatio kotitalouksissa ylittää siten noin 25 prosenttiin. Massamarkkinoiden kehityksen alusta asti markkinoita ovat hallinneet suvereenisti kaksi tekniikkaa: ADSL ja kaapelimodeemi. Niiden osuus on tällä hetkellä lähes 100%, josta ADSL:n osuus on noin 80% ja kaapelimodeemin 20%. Yhteysnopeudet ovat kasvaneet kummallakin tekniikalla erityisesti parin viime vuoden aikana: kun vielä pari vuotta sitten nopeus 256 kbit/s myötäsuuntaan oli tavallinen, nyt lähes oletusarvoinen nopeus on 1 Mbit/s. Nopeuden oston yhteydessä hinta on tyypillisesti pysynyt samana tai hieman laskenut ja nyt noin 50 euron kuukausimaksu koskee 1 Mbit/s-liityntää – aikaisemmin sama hinta piti maksaa 256 – 512 kbit/s-liitynnöistä.

Selvityksen perusteella uskomme, että ADSL (tai yleisemmin xDSL) ja kaapelimodeemi tulevat säilyttämään valta-asemansa vielä useita vuosia. Tämä koskee erityisesti valtakunnallisia massamarkkinoita, koska näiden teknikoiden vaatimat jakeluverkot ovat kattavia eikä perusjakeluverkko siten edellytä massiivisia investointeja. Sähköjakeluverkko on toki vähintään yhtä kattava kuin puhelinverkkokin, mutta datasähkötekniikan kehitys on vasta alkuvaiheessaan ja erityisesti standardien puute tulee hidastamaan kehitystä vielä ainakin muutamia vuosia. Siten tarkastelun aikavälillä datasähkön osaksi jäänee sparraajan rooli paikallisilla markkinoilla suurimmissa kaupungeissa.

Kuitutekniikat tulevat saamaan merkitystä keskustuissa ainakin paikallisesti, mutta verkon rakentamisen kalleuden takia kuitutekniikat tuskin tulevat syrjäyttämään nykyisiä valtatekniikoita. Näin erityisesti siksi, että ADSL- ja kaapelimodeemipalveluissa on vielä paljon potentiaalia eikä näköpiirissä ole sellaisia massapalveluja, joita ei näiden teknikoiden mahdollistamalla nopeuksilla voisi toteuttaa. Jos tyypilliset yhteysnopeudet kaksinkertaistuvat nykyisestä aina kahden vuoden välein, päädytään vuonna 2010 nopeuteen 8 Mbit/s, joka on toteutettavissa mm. ADSL- ja kaapelimodeemitekniikoilla. Tämän jälkeen kuitutekniikoiden rooli voi kuitenkin merkittävästi kasvaa.

BWA/WiMAX tuskin kykenee haastamaan nykyisiä valtatekniikoita sellaisilla alueilla, missä puhelin- ja/tai ktv-verkot ovat kattavia ja hyvätasoisia. BWA/WiMAX tarjonnee liikkuvuuden vuosista 2006 – 2007 alkaen ja tällöin tekniikan kilpailuasema luonnollisesti paranee. WLAN-palvelun saatavuus on

viime vuosina parantunut, mutta valtakunnallisesti saatavuus jäänee heikoksi ja sen merkitys heikkenee WiMAX-tekniikan kehityksen myötä.

UMTS:n kilpailuvaltteja ovat riippumattomuus paikasta verkon peittoalueen sisällä ja mobiliteetti. Suurimmat datanopeudet (max 2 Mbit/s) saavutettaneen kuitenkin vain kiinteistöjen sisätiloissa paikallaan olevalla päätelaitteella, joten muihin tarkasteltuihin tekniikoihin nähden UMTS kilpailee eri tekijöillä: sen tarjoamat yhteydet ovat hitaampia, mutta toisaalta riippumattomia paikasta. UMTS-palvelut lanseerattaneen Suomessakin vuoden lopulla, mutta tarkastelun aikavälillä UMTS jäänee keskustojen ratkaisuksi ainakin laajakaistaliittymistä puhuttaessa.

Laajakaistapalvelujen hinnat erityisesti nopeuteen suhteutettuna ovat olleet laskussa viime vuosina ja palveluille näyttäisi muodostuvan paikalliset markkinahinnat: samalla alueella eri tekniikoihin perustuvat vastaavat palvelut ovat samanhintaisia, mutta alueiden välillä saattaa olla hintaeroja. Alueiden väliset hintaerot selittyvät tällä hetkellä enemmän kilpailutilanteella kuin tuotantokustannuksilla. Jatkossa ainakin nopeuteen suhteutettu hinta tulee edelleen laskemaan, mutta kulloinkin vallitsevan käytännön mukaisen tyyppillisen yhteyspalvelun hinta tulee laskemaan vain maltillisesti.

7 Lähteet

Ahola, Mikko & Leino, Ville & Niemi, Erkki & Jäppinen, Antero 2004. *Datasähkö Suomessa 2004*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 46/2004.

Cable Television Laboratories, Inc.

DSL Forum

Elisa Communications Oyj

EPStar Oy & Finnet Focus Oy & Telecom Kangas Consulting 2002. *Kotitalouksien telepalveluiden alueellinen saatavuus*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 5/2002.

Finnet-operaattorit

Heikkineniemi, Ville 2003. PLC-laitteiden asennustavat. Insinööriyö. Turun ammattikorkeakoulu.

Helsinki Televisio Oy

Kangas, Pertti 2004. *Suomen telemaksujen hintataso 2003*. Telecom Consulting Kangas. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 21/2004.

Koivumäki, Marika & Soronen, Hannu 2004. *Laajakaistapalvelut käyttäjän näkökulmasta. Vuonna 2002 toteutetun tutkimuksen päivitys*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 37/2004.

Kuopion Energia

Liikenne- ja viestintäministeriö

Marttila, Juha 2003. *Telepalvelututkimus 2003*. Otantatutkimus Oy. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 53/2003.

Nupponen, Jouni 2003. *EU-maiden ADSL- ja kaapelimodeemiyhteyksien kulluttajahinnat. Lokakuu 2003*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 49/2003.

Ojaniemi, Ari & Puumalainen, Jyri 2002. *Laajakaistapalvelujen alueellinen saatavuus*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 39/2002.

PLC Forum

Radionet Oy, Ltd.

Saunalahti Oyj

Smura, Timo 2004. *Techno-Economic analysis of IEEE 802.16a-based fixed wireless access networks*. Diplomityö. Helsingin teknillinen korkeakoulu.

Suomen kaapelitelevisioliitto ry

Suomi Communications Oy

Tefke, Joni 2004. *Datasiirtopalveluiden hinnat 2003*. Epstar Oy. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 6/2004.

TeliaSonera Oyj

The Passive Optical Networks Forum

Turku Energia Oy

Vattidata Oy

Viestintävirasto