

**LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO**

Teknistaloudellinen tiedekunta

Tietotekniikan osasto

Tietoliikennetekniikan koulutusohjelma

## **Tietoliikenteen tulevaisuuden näkymiä – Etelä- Karjala 2018**

Diplomityö

Diplomityön aihe on hyväksytty Tietotekniikan osaston osastoneuvostossa 24.4.2008.

Työn 1. tarkastaja: Dosentti Jouni Ikonen

Työn 2. tarkastaja: Filosofian maisteri Ossi Korhonen

Mika Mänttari

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Teknitaloudellinen tiedekunta  
Tietoliikennetekniikka

Mika Mänttari

### **Tietoliikenteen tulevaisuuden näkymiä – Etelä-Karjala 2018**

Diplomityö

2008

65 sivua, 7 kuvaa, 5 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastajat: Dosentti Jouni Ikonen  
Filosofian maisteri Ossi Korhonen

Hakusanat: Open Access, palvelut, tulevaisuuden kaistankäyttötarpeet, triple-play, verkkojen yhdistyminen, jaettu kaista, langattomat verkkoratkaisut, valokuitu

Tekniikan kehitys menee vauhdilla eteenpäin ja uusi verkkotekniikoita syntyy koko ajan. Haasteita tuottavat sopivien verkkotekniikoiden löytäminen käyttöön tietyille alueille ja joissakin tapauksissa joudutaan tyytymään kompromissiratkaisuihin. Lyhyen kantaman langattomat kommunikaatioteknologiat soveltuvat esimerkiksi haja-asutusalueille ja saaristoon, mikäli perinteisen kuidun vetäminen niille alueille ei ole mahdollista.

Tässä työssä tuodaan esille niitä langallisia ja langattomia tekniikoita, jotka ovat tällä hetkellä tai tulevaisuudessa merkityksellisiä Etelä-Karjalan kannalta. Osa tekniikoista voi jäädä kokonaan pois käytöstä kymmenen vuoden sisällä tai ne voivat yhdistyä ja muuttaa muotoaan.

Työn tuloksena syntyneen kartoituksen perusteella saadaan visio siitä, miltä Etelä-Karjalan tilanne näyttää vuonna 2018. Nyt on jo tiedossa Soneran puhelinlankaverkon alasajo lähivuosina ja kuidun vetäminen viemäriin viemärointitöiden yhteydessä. Tulevaisuuden kaistankäyttötarpeet ja erilaisten palvelujen lisääntyminen edesauttavat viihdepalveluiden tarjonnan monipuolistumista. Open Access ja triple-play ovat tulevaisuuden termejä. Viihteen lisäksi myös muilla eri osa-alueilla kuten työelämässä, sairaaloissa ja kouluissa on tarvetta laajakaistaisille monipalveluille.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
Department of Information Technology  
Communications Engineering

Mika Mänttari

### **The future aspects of telecommunications – South-Karelia 2018**

Thesis for the Degree of Master of Science in Technology

2008

65 pages, 7 pictures, 5 tables and 2 appendices

Examiners: Adjunct Professor Jouni Ikonen  
Master of Science Ossi Korhonen

Keywords: Open Access, services, usage of the bandwidth in the future, triple-play, convergence of the networks, divided bandwidth, wireless network solutions, optical fibre

Technologies are going fast ahead and new network technologies are coming into existence. Challenges are to find most suitable network technology to certain area and in some cases there is a need to make a compromise solution. A short range wireless communication technologies are suitable for instance scattered settlement and skerries, if pulling a fibre to those areas is not possible.

In this thesis there will be brought out those wired and wireless technologies which are at the moment or in the future significant for South-Karelia. Some of the technologies may not be in used after ten years from now or they can be combined and turned into something else.

As a result of this thesis is a survey which shows us a vision, what might the situation be in South-Karelia in a year 2018. We know already that Sonera is bringing down the whole phone-network system in a next few years and fibre can be used while working with the sewer system. Usage of the bandwidth in the future and increasing amount of several services connive entertainment services to be a more versatile. Open Access and triple-play are the terms of the future. In addition to entertainment also other different kind of areas as a working life, hospitals and schools need broadband multiservices.

## **ALKUSANAT**

Tämä diplomityö on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston tietoliikennetekniikan laitokselle sekä Tietomaakunta eKarjala Oy:lle. Esitän kiitokset työni tarkastajina toimineille dosentti Jouni Ikoselle ja filosofian maisteri Ossi Korhoselle heidän opastuksesta ja neuvoista tätä työtä tehdessäni. Tahdon kiittää myös äitiäni ja siskoani Ninaa kaikesta tuesta ja kannustuksesta koko opiskelujeni aikana. Lopuksi haluan kiittää vielä kaikkia kavereitani rohkaisevista kommentteista tämän työn edetessä. Te kaikki autoitte osaltanne minua pääsemään tähän jo kauan sitten asettamaani tavoitteeseen, joten suuri kiitos Teille!

Lahdessa, 24. syyskuuta 2008

Mika Mänttari

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>LYHENNELUETTELO</b> .....	<b>2</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>2 LANGALLISET VERKKOTEKNIIKAT</b> .....	<b>8</b>
2.1 Valokuitu.....	8
2.2 Datasähkö.....	11
2.3 Home Phonenumber Networking Alliance.....	11
2.4 Ethernet.....	12
2.5 Modeemi.....	14
2.6 Piirikytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä.....	14
2.7 Digitaalinen tilaajayhteys.....	15
2.8 Kaapelimodeemi.....	18
2.9 Langallisten verkkotekniikoiden ominaisuuksia.....	20
<b>3 LANGATTOMAT VERKKOTEKNIIKAT</b> .....	<b>21</b>
3.1 Radiolinkki.....	21
3.2 Matkapuhelinverkot.....	22
3.3 Wireless Local Area Network.....	25
3.4 Worldwide Interoperability for Microwave Access.....	27
3.5 Satelliittijärjestelmät.....	28
3.6 @450-laajakaista.....	29
3.7 Langattomat digitaaliset televisioverkot.....	30
3.8 Langattomien verkkotekniikoiden ominaisuuksia.....	31
<b>4 NYKYTILANNE ETELÄ-KARJALASSA</b> .....	<b>33</b>
4.1 eKarjala Tietoverkko 2.....	34
4.2 Etelä-Karjalan kylien laajakaistayhteydet.....	36
4.3 eKarjala Nettipointtiverkosto.....	36
4.4 Kotitalouksien verkkoratkaisuiden toteutuksia.....	37
4.4.1 Henkilökohtainen liittymä.....	37
4.4.2 Kiinteistökohtainen liittymä.....	38
<b>5 TULEVAISUUDEN KEHITYSSUUNTIA</b> .....	<b>39</b>
5.1 Uusien verkkoratkaisuiden ominaisuuksia.....	39
5.2 Verkot fyysisen toteutuksen kannalta.....	41
5.3 Tulevat vaatimukset hallinnon ja käyttäjäpuolen kannalta.....	43
5.4 Yleinen Open Access- periaate.....	44
5.5 Uudet käyttömuodot mobiiliverkkopalveluille.....	47
5.6 Tulevaisuuden sovelluksia.....	48
5.6.1 Tulevaisuuden koti.....	48
5.6.2 Tietokoneistettu terveydenhuolto.....	50
<b>6 ETELÄ-KARJALA 2018</b> .....	<b>51</b>
6.1 Tulevaisuuden käyttötarpeet ja palvelut.....	51
6.2 Tulevaisuuden näkymiä Etelä-Karjalassa.....	57
<b>7 YHTEENVETO</b> .....	<b>59</b>
<b>LÄHDELUETTELO</b> .....	
<b>LIITTEET</b> .....	

## LYHENNELUETTELO

1,2,3G	Ensimmäisen, toisen ja kolmannen sukupolven matkapuhelinverkot.
3G RAN	Third Generation Radio Access Network. Tekniikka, joka käyttää aikajakoista multipleksointia.
4G	Yleisnimitys matkapuhelintekniikoille, jotka tulevat kolmannen sukupolven (3G) jälkeen.
8-PSK	8 Phase Shift Keying. 8-vaiheavainnus on PSK:n muoto, jossa symbolissa on käytössä 8 vaihetta ja siten voidaan ilmaista 8 numeroarvoa 0 - 7 eli kolme bittiä (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111).
ADSL	Asynchronous Digital Subscriber Line.
ADSL2+	Asynchronous Digital Subscriber Line2+. Uudempi ADSL-tekniikka.
ASP	Application Service Provider. Operaattori, joka tarjoaa ohjelmistopalveluita palvelukeskuksesta käsin palveluveloitusta vastaan.
ATM	Asynchronous Transfer Mode. Asynkroninen tiedonsiirtotapa.
BSS	Base Station Sub- system. Tukiasemajärjestelmä.
CMTS	Cable Modem Termination System. Kaapeliverkon päävahvistimessa sijaitseva järjestelmä.
CN	Core Network. Runkoverkko.
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. Tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä, jolla useat lähettävät tietokoneet jakavat samaa siirtotietä.
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing. Teknologia, jolla saavutetaan jopa kymmenien gigabittien sekuntinopeus.
DNS	Domain Name System. Internetin nimipalvelujärjestelmä, jossa verkkotunnukset muutetaan IP-numeroiksi.
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification. Yhdysvaltalainen kaapelitelevisioverkkoja koskeva standardi.
DVB-H	Digital Video Broadcasting- Handheld. Digitaalisten televisiolähetysten standardi matkapuhelintyyppisille päätelaitteille.
DWDM	Dense Wave Division Multiplexing. Teknologia, jonka avulla voidaan kasvattaa valokaapelin siirtokapasiteettia.
ECSD	Enhanced Circuit Switched Data. EDGE- standardin piirikytkentäinen versio.
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution. Matkapuhelinten pakettipohjaiseen tiedonsiirtoon suunniteltu tekniikka.
EFM	Ethernet in the First Mile. Tekniikka, jonka avulla kupariparien yli voidaan tarjota todella nopeita Ethernet- ja muita datayhteyksiä.
EGPRS	Enhanced General Packet Radio Service. GPRS:n evoluutioversio.
EPON	Ethernet Passive Optical Networking. IEEE:n kehittämä ja standardoima passiivinen optinen verkkokonsepti, joka perustuu Ethernet-protokollaan.
EuroDOCSIS	Euro Data Over Cable Service Interface Specification. Eurooppalainen kaapelitelevisioverkkoja koskeva standardi.
FICIX	Finnish Communication and Internet Exchange. Suomen Internet-palveluntarjoajien yhdysliikennepiste.

Flash OFDM	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing. OFDM:stä kehitetty modulaatiotekniikka, jota käytetään mm. Digitan @450 langattomassa laajakaistaverkossa.
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.
FTTN	Fiber To The Node. Kuituyhteyden rakentaminen liityntäsolmuun.
G.652-G.656	ITU-T-suositusten G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 mukaiset kuidut
Gbits	Gigabits per second. Gigabittiä sekunnissa.
GEO	Geostationary Earth Orbit. Satelliittilentoranta 35 848 km:n korkeudessa maanpinnasta.
GHz	Gigahertsi (1000 MHz).
GPRS	General Packet Radio Service. GSM:n ja UMTS:n pakettikytkentäinen datansiirtomenetelmä.
GSM	Global System for Mobile communications. Eurooppalainen digitaalinen standardi matkapuhelinverkkoja varten.
HDSL	High-bit-rate Digital Subscriber Line. ADSL-tekniikan edeltäjä.
HomePNA	Home Phoneline Networking Alliance. Ethernet-tekniikkaan pohjautuva mukaelma.
HFC	Hybrid Fiber Coaxial. Kuitu-koaksiaaliverkko.
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access. 3G-matkapuhelinverkkoihin kehitetty tekniikka nopeuttamaan tiedon siirtoa.
HSOPA	High-Speed OFDM Packet Access. HSOPA on tällä hetkellä kehitteillä oleva standardi.
HSPA Evolved	High-Speed Packet Access Evolved. 3G matkapuhelinten pakettidatan siirtoprotokolla ja verkkoarkkitehtuuri.
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access. UMTS:n paluusuunnan kehitysversio, jolla voidaan paluusuunnassa yltää megabitin nopeuksiin.
ICT	Information and Communications Technology, suomeksi tieto- ja viestintäteknologia.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1963 perustettu kansainvälinen järjestö, jonka tehtävänä on kehittää standardeja tieto- ja sähkötekniikan alalla.
IETF	Internet Engineering Task Force. Internet-standardointiorganisaatio.
IM	Instant Messaging.
IMS	Internet Protocol Multimedia Subsystem. IP- pohjainen GSM:n ja UMTS:n multimedia-alijärjestelmä.
IP	Internet Protocol. TCP/IP-protokollan verkkokerros. Yhdistämätön pakettienvälitys-protokolla.
IPTV	Internet Protocol Television. Suurikapasiteettisen laajakaistaverkon välittämä Internet-protokollaan perustuva televisio.
ITU-T	International Telecommunication Union Standardization Sector. Kansainvälinen televiestintäliitto, joka suosittelee ja ratifioi tietoliikennetekniikan standardeja.
ISDN	Integrated Services Digital Network. Piirikytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä äänen ja datan siirtämiseksi puhelinverkoja pitkin.
ISM	Industrial Scientific and Medical. Maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista.
ISP	Internet Service Provider. Internet-palveluntarjoaja tai -yhteydentarjoaja.

kbps	kilobits per second. Kilobittiä sekunnissa.
kHz	kilohertsi.
L0, L1, L2, L3	Layer 0, Layer1, Layer2, Layer3. Kerrokset 0-3.
LAN	Local Area Network. Lähiverkko.
LEO	Low Earth Orbit. Matala satelliittilentorata.
LRE	Long- Reach Ethernet. Tekniikka, joka mahdollistaa siirtoetäisyyden kasvattamisen 1.5 kilometriin.
LTE	Long Term Evolution. 3G-tekniikka, jonka tarkoitus on kasvattaa datan siirtonopeuksia, parantaa palveluita ja vähentää kuluja.
Mbps	Megabits per second. Megabittiä sekunnissa.
MEO	Medium Earth Orbit. Keskitason lentorata.
MHz	Megahertsi.
MIMO	Multiple Input Multiple Output. Useiden lähetin- ja vastaanottimien käyttäminen.
MPLS	Multiprotocol Label Switching. Menetelmä, jolla kuljetetaan esimerkiksi IP-paketteja ennalta määriteltyjen yhteyksien ylitse nopean runkoverkon solmujen kautta ilman reititystä.
NGN	Next Generation Networks. Seuraavan sukupolven verkot.
NMT	Nordic Mobile Telephone. Ensimmäisen sukupolven pohjoismainen matkapuhelinjärjestelmä.
NSS	Network and Switching Sub- system. Kytkeväosa, verkon puhelua kytkevästä osasta käytetty lyhenne.
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing. DMT-Modulointi: perustuu datan lähettämiseen yhtä aikaa toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla.
Open Access	Open Access-käsite tarkoittaa avokäyttöä/avoimaa pääsyä verkkoon. Avoimen verkon käyttö on ”vapaata”, mutta ei kuitenkaan välttämättä ilmaista.
OSI	Open System Interconnection. Malli, joka kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmää seitsemässä kerroksessa.
OSS	Operations Sub- System. Verkon hallintaosajärjestelmä.
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy. Sellaisissa televerkoissa käytetty siirtotekniikka, jotka eivät ole keskenään synkronoituja verkkoja.
PoC	Push- to- talk Over Cellular.
PON	Passive Optical Networking. Passiivinen optinen verkko.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation. Modulointimenetelmä.
QoS	Quality of Service. Palvelutason luokitus.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying. Modulointimentelmä.
RNS	Radio Network System. Radiojärjestelmä.
SC- FDMA	Single Carrier- Frequency Division Multiple Access. Tekniikka, jota käytetään siirrettäessä dataa päätelaitteesta tukiasemaan.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy. Aikajakoisuuteen perustuva tiedonsiirtotekniikka.
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line. Yhden tilaajajohdon muunnelmä HDSL:stä.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol. TCP-pohjainen protokolla, jota käytetään sähköpostiviestien välittämiseen.
SPIT	Spam Over IP Telephony. Nimitys roskapostista.
TETRA	TERrestrial Trunked Radio. Kansainvälinen viranomaisverkko.



triple-play	ns. kolmipeli on äänen, kuvan sekä muun dataliikenteen välittämistä saman yhteyden kautta. Käytännössä tämä tarkoittaa puheliikenteen, radion, television ja internetliikenteen välittämistä samalla laajakaistayhteydellä.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System. 3G-toteutus.
UWB	Ultra Wide Band. Tiedonsiirtotekniikka.
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line. Tekniikka, joka mahdollistaa laajakaistaisen symmetrisen tiedonsiirtoyhteyden toteuttamisen loppukäyttäjälle asti kupariparikaapeleilla.
VDSL2	VDSL:n seuraaja. Tiedonsiirtotekniikka, joka mahdollistaa yli 100Mbit/s-tiedonsiirtonopeudet.
VLAN	Virtual Local Area Networks. Virtuaalinen lähiverkko jonka avulla voidaan esimerkiksi hallita käyttäjien oikeuksia.
VOD	Video On Demand. Ladattava bittimuotoinen videotiedosto.
VOIP	Voice over Internet Protocol. Äänen välittäminen IP:n ylitse.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access. Suomessa 3,5 Ghz taajuusalueella toimiva langaton laajakaistatekniikka.
Wi-Fi	Wireless Fidelity. Langattoman lähiverkon toteutus.
WLAN	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko.
xDSL	Digital Subscriber Line. Laajakaistapalveluiden tarjoamiseen käytettävät puhelinlinjoja hyväksikäyttävät tekniikat.

# 1 JOHDANTO

Tietoliikenteen tulevaisuus rakentuu hyvin pitkälti jo käytössä olevien verkkoteknologioiden varaan ja niiden kehittämiseen entistä tehokkaammiksi [Tek05]. Uusia verkkotekniikoita kehitellään kuitenkin koko ajan ja tulevaisuus näyttää onko niistä perinteisten verkkotekniikoiden korvaajiksi. Matkapuhelintekniikoiden merkitys korostuu helppokäyttöisyytensä takia ja uudet päätelaitteet mahdollistavat käyttäjän tunnistamisen digitaalisen identiteetin avulla. Langaton laajakaista vapauttaa irti verkon kahleista ja yhdistää nettiin myös ne alueet, joihin kiinteitä verkkoja ei kannata vetää.

Verkkojen konvergenssia eli yhdistymistä tapahtuu koko ajan [Tek05] ja tulevaisuuden suunta tulee olemaan useasta erillisestä runkoverkosta ja palvelualustasta kohti entistä yhtenäisempiä järjestelmiä. Piirikytkentäisyys poistuu verkoista vähitellen ja valokuidun merkitys ”viimeisellä maililla” lisääntyy entisestään. Uudet langattomat tietoliikennejärjestelmät ovat tuloksia vuosia kestäneistä tutkimuksista. Nyt keskitytään niihin ratkaisumahdollisuuksiin jotka ovat käytettävissä noin 10 - 15 vuoden päästä. Osa teleoperaattoreista tulee sen aikana poistumaan kokonaan markkinoilta tai ne fuusioituvat toistensa kanssa. Mobiliteetti koetaan niin tärkeäksi, että sen merkitys tulee entisestään kasvamaan.

Tulevaisuudessa tietoliikenteen ja viestinnän perinteiset toimialarajat ylittyvät entisestään eikä rajan vetäminen ole enää itsestään selvää. Television ja tietokoneen suhde tulee muuttumaan entistä kiinteämmäksi [Kar07], enää ei olla ohjelmapäälliköiden laatimien ohjelma-aikataulujen varassa vaan tv-ohjelmat voidaan ladata suoraan tietoverkosta ja katsoa ne silloin kun itse parhaaksi näkee. Näin päästään eroon kiinteistä ohjelma-ajoista sekä lähetystä katkovista mainoksista. Netti-tv:stä onkin tullut jo kova kilpailija perinteisille tv-lähetyksille.

Tiedonsiirtokapasiteetin kasvun myötä entistä monipuolisempia sovelluksia on käytössä ja ne mahdollistavat interaktiivisen vuoropuhelun eri käyttäjäryhmien välillä missä tahansa ja milloin tahansa [Spi01]. Videokonferenssit ja videoneuvottelut ovat jo nyt arkipäivää. Vanhuksille ja pitkäaikaispotilaille pystytään tarjoamaan hoitoa eri muodoissa sairaanhoitajan olematta itse fyysisesti läsnä paikalla. Älykotiratkaisut eivät ole enää pelkästään rikkaiden ylellisyys ja massatuotantoa ollaankin vähitellen käynnistämässä [Leh07].

Tämän diplomityön tarkoituksena on käsitellä tietoliikenteen nykytilannetta sekä tulevaisuuden näkymiä kymmenen vuoden aikajänteellä. Diplomityön pääpaino on keskittynyt enemmän niihin langallisiin ja langattomiin verkkotekniikoihin, joilla on merkitystä tänä päivänä ja mahdollisesti myös tulevaisuudessa. Tekniikoista ei ole tarkoitus käsitelläkään kaikkia mahdollisia langallisia sekä langattomia tekniikoita.

Diplomityössä pohditaan myös nykyisten verkkotekniikoiden kehittymistä ja uusien tekniikoiden tuloa markkinoille. Otetaan kantaa siihen mitä verkkotekniikoita on käytössä vuonna 2018 ja kuinka ne mullistavat tietoliikenteen nykyisen tilanteen. Arvioidaan myös tulevaisuuden kaistan käyttötarpeita eri näkökulmista ja tarkastellaan mitä palveluja eri käyttäjäryhmät vaativat. Tarkoituksena on antaa yleiskuvaus tietoliikenteen tulevaisuuden näkymistä ottaen huomioon Etelä-Karjalan tilanne.

Johdantoa seuraavassa toisessa luvussa käsitellään langalliset verkkotekniikat yleisesti. Kolmannessa luvussa käsitellään langattomat verkkotekniikat. Neljäs luku sisältää Etelä-Karjalan verkkojen nykytilanteen, siinä käsitellään tarkemmin eKarjala Tietoverkko 2, Etelä-Karjalan kylien laajakaistayhteydet sekä nettipointtiverkosto ja tarkastellaan kotitalouksien verkkoratkaisuiden toteutuksia. Viidennessä luvussa kartoitetaan tulevaisuuden näkymiä, kuten tulevia verkkoratkaisuita, niiden ominaispiirteitä, tulevia vaatimuksia hallinnon sekä käyttäjäpuolen kannalta, tulevaisuuden sovelluksia sekä uusia käyttömuotoja mobiiliverkkopalveluille. Kuudennessa luvussa käydään läpi Etelä-Karjalan tilannetta vuonna 2018. Viimeisessä luvussa esitetään yhteenveto diplomityöstä.

## 2 LANGALLISET VERKKOTEKNIIKAT

Tässä kappaleessa esitellään nykyisiä jo käytössä olevia langallisia verkkotekniikoita ja tarkastellaan niiden kehittymistä kymmenen vuoden aikajänteellä. Osa tekniikoista on poistunut jo käytöstä vuoteen 2018 mennessä tai niiden käyttö on silloin erittäin vähäistä, myös uusia tekniikoita on otettu käyttöön.

Langallisista verkkotekniikoista on lähinnä keskitytty niihin tekniikoihin, joilla on tällä hetkellä tai tulevaisuudessa eniten merkitystä poikkeuksena piirikytkentäinen puhelinverkko eli ISDN (Integrated Services Digital Network) ja modeemi, jotka käsitellään hyvin pintapuolisesti. Tulevaisuuden kannalta merkityksellisiä tekniikoita ovat lähinnä digitaalinen tilaajayhteys eli xDSL (Digital Subscriber Line), kaapelimodeemit sekä valokuitu. Muista langallisista tekniikoista käsitellään datasähkö, HomePNA (Home Phonetline Networking Alliance) sekä Ethernet. Tekniikoiden ominaisuuksista on tehty kappaleen lopussa erillinen vertailu.

### 2.1 Valokuitu

Valokaapeliverkossa siirtotienä käytetään valokuitua ja se tarjoaa lähes rajattoman tiedonsiirtonopeuden, useimmiten vähintään gigabittejä sekunnissa [Vie06]. Kuidut jaetaan yksi- ja monimuotokuituihin. Yksimuotokuiduilla toteutetaan televerkot (liityntäverkot ja runkoverkot) ja monimuotokuidut sopivat lyhyille matkoille kiinteistöverkkosovelluksiin. Yksimuotokuituja ovat kansainvälisen televiestintäliiton ITU-T:n (International Telecommunication Union Standardization Sector) suositusten G.652, G.653, G.654, G.655 ja G.656 mukaiset kuidut.

Tekniikka kehittyy koko ajan ja päätelaitteita vaihtamalla samassa kuidussa saadaan kulkemaan data entistä nopeammin [Kää00]. Nopeuden puolesta valokuitu näyttää olevan ainoa tekniikka, joka pystyy vastaamaan tulevaisuuden tarpeisiin. Valokuitua voidaan vetää kymmeniä kilometrejä ilman välivahvistimia. Valokuidun ominaisuuksiin kuuluvat mm. suuri kaistanleveys sekä pieni vaimennus. Valokuitu on häiriötön eli se ei aiheuta häiriöitä eikä vastaanota muualta tulevia häiriöitä. Valokuituyhteyden käyttö ei ole kuitenkaan yleistynyt taloyhtiöissä vaan sitä käytetään lähinnä kaapeli-tv- ja teleoperaattoreiden omissa alueverkoissa sekä yritysten lähiverkoissa. Tiedonsiirtojärjestelmistä ATM (Asynchronous Transfer Mode), Ethernet sekä SDH (Synchronous Digital Hierarchy) hyödyntävät valokaapeliverkkoa.

Tällä hetkellä kustannustekijät hidastavat valokuidun käytön yleistymistä [Laa08]. Valokuituyhteyksiä varten joudutaan asentamaan uudet kaapelit ja tämä lisää kustannuksia. Käytössä olevia kuparikaapeleita ei voida myöskään hyödyntää. Valokuidun käyttö on kuitenkin lisääntymässä etenkin peruskorjattavissa kohteissa sekä uusilla asuinalueilla, jolloin kuidun vetäminen onnistuu muiden kaapelointitöiden yhteydessä. Tällä hetkellä valokuituyhteydet tarjoavat jopa 100 megabitin nettiyhteyksiä.

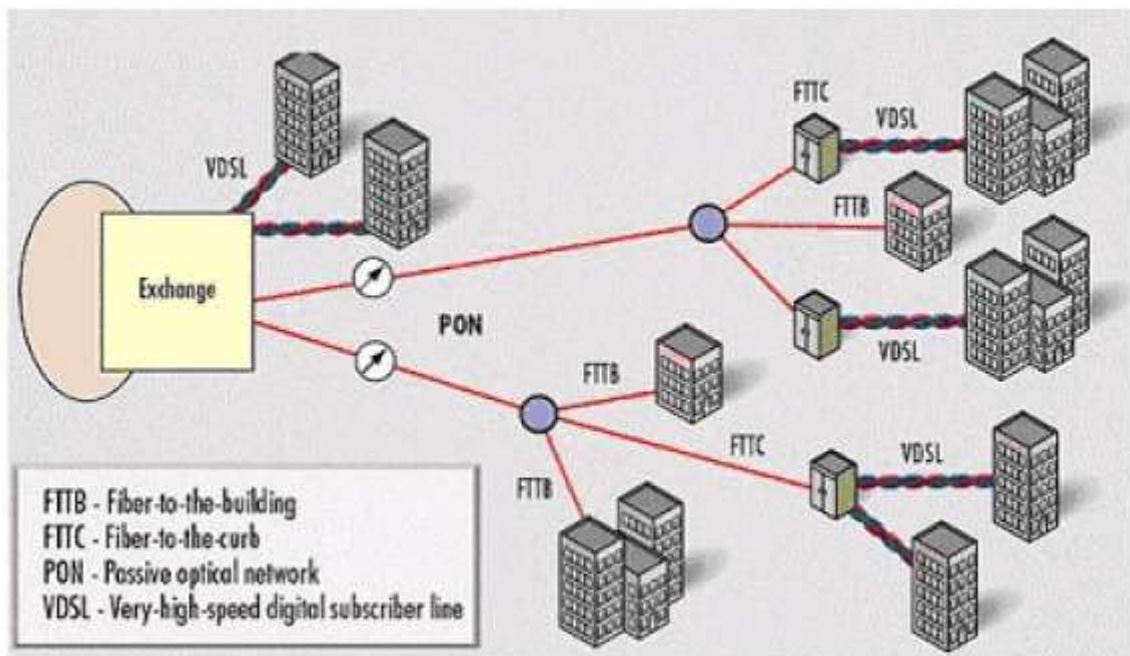
Valokaapeli ulottuu jo lähes kaikkiin puhelinkeskuksiin ja keskittimiin, sitä käytetään myös paljon liityntäverkoissa [Äyv05]. Valokaapeliratkaisua soveltaessa käytössä on kolme perusvaihtoehtoa, lopullisen valinnan määrittelevät kapasiteettitarve ja nykyinen kyseisellä alueella oleva kaapeliverkko. Valokaapeli voidaan viedä katujakamoon ja sieltä yhteyttä jatketaan perinteisessä puhelinkaapelissa suurikapasiteettisella DSL-tekniikalla (esim. ADSL2+, VSDL). Valokaapeli voidaan myös viedä kuhunkin kiinteistöön ja kiinteistön sisällä jakelu hoidetaan joko DSL-tekniikalla tai 100 Mbit/s-lähiverkolla. Kolmas vaihtoehto on viedä valokaapeli kuhunkin kotitalouteen asti sekä pientaloissa että kerrostaloissa.

Verkkoyhtiö Nortel ja teleoperaattori Comcast ovat onnistuneet tekemään 100 gigabitin valokuidulla verkon usean eri laitetoimittajan ympäristössä [Leh08]. Kyseinen 100 gigabitin valokuituverkko oli käytössä IETF:n (Internet Engineering Task Force) standardisointikokouksessa Philadelphiassa maaliskuun alkupuolella 2008 ja sen odotetaan mahdollistavan lisää kaistaa etenkin tulevaisuuden Internet-runkoverkkoihin. Comcastin mukaan kyseessä on ensimmäinen 100 gigabitin verkkoympäristö, jossa toimivat myös nykyiset 10 ja 40 gigabitin runkoverkkojen yhteydet. Siinä siis yhdistettiin 10, 40 ja 100 gigan verkot eri aallonpituuksilla. Tulevaisuudessa operaattoreiden tiedonsiirtokapasiteetin tarve tulee kasvamaan voimakkaasti aina runkoverkkoja myöten, sillä esimerkiksi teräväpiirtotasoinen videokuva vaatii nykyistä suurempaa kaistaa. Lisäksi kehittyvien maiden kuten Intian ja Kiinan markkinoiden Internet-yhteyksien yleistyminen lisää kaistan tarvetta.

FTTH (Fiber To The Home) eli kuitu kotiin on yksi merkittävimmistä tulevaisuuden verkkotekniikoista [Äyv05], sillä tarkoitetaan optisen valokuituverkon ulottamista kiinteistöihin asti. Pyrkimyksenä on tarjota asiakkaalle laajakaistainen kaksisuuntainen kuituyhteys koko matkalle palveluntarjoajalta päätelaitteelle asti. Tieto siirretään kuitua pitkin palvelimelta asiakkaan kodin lähistölle. Omakotitalojen kohdalla tämä toteutetaan käytännössä kadun tai korttelin laitaan ja kerrostaloihin/rivitaloihin tämä tapahtuu taloon tai taloyhtiöön. FTTH käyttää hyvin suuria

tiedonsiirtonopeuksia häiriöiden/hävikkien ollessa pieniä. Kuitu tulee koko ajan lähemmäksi tilaajaa televerkkojen kehittyessä. Asiakasta lähestytään tilaajakeskuksista esimerkiksi jakokaappiin asti eli kuitu kortteliin (FTTC eli Fiber To The Curb). Lopullisena yhdistäjänä tulee vielä pitkään olemaan parikaapeli puhelinverkossa ja TV-verkossa puolestaan koaksiaalikaapeli. Muut kuituteknologiat ovat FTTB (Fiber To The Building) eli kuitu kiinteistöön ja FTTN (Fiber To The Node) eli kuitu liittytösolmuun.

PON eli passiivinen optinen verkko (Passive Optical Networking) tukee muiden kuituratkaisuiden käyttöä kuvan 1 mukaisesti [Oja04], se ei siis ole erillinen vaihtoehto. Keskukselta lähtevä yksittäinen kuitu jaetaan passiivisilla jakajilla yksittäisiksi kiinteistöille tai korttelijakamoille johdettaviksi kuiduiksi. Tämän teknologian vahvuuksiin kuuluu se, että kuituverkossa ei tarvitse olla aktiivisia komponentteja. Verkon rakennus- ja ylläpitokustannukset alenevat merkittävästi käyttämällä passiivisia komponentteja. PON-mallissa voidaan hyödyntää ATM- tai Ethernet-teknikoita, Ethernet-PON (EPON) tarjoaa jaetun 1 Gbit/s kapasiteetin ja se ylittää 20 kilometrin etäisyyksille. Kapasiteetti pystytään jakamaan sadan käyttäjän kesken 10 Mbit/s-datanopeuden takaamiseksi.



**KUVA 1. PON-periaatekuva [Oja04]**

## 2.2 Datasähkö

Laajakaistainen tiedonsiirto pienjänniteverkossa eli datasähkö hyödyntää tiedonsiirrossa yleistä sähköverkkoa [Oja04]. Verkkoyhteyden kapasiteetti jaetaan samalla keskitinalueella olevien tilaajien kesken. Loppukäyttäjät tarvitsevat sähköverkkomodeemin ja se kytketään tavalliseen pistorasiaan erillisellä kytkimellä. Sähköyhtiön päässä sijaitsee kytkin ja tukiasema sähköverkon sekä dataliikenteen runkoverkon välissä. Nykyiset datasähköliittymät mahdollistavat 4,5 Mbit/s jaetun yhteyden, mutta käytännössä eri käyttäjille tarjotaan 0,5 – 1 Mbit/s-liittymiä. Datasähkön kehitys on hiipunut Suomessa, sillä siitä ei muodostunut kannattavaa liiketoimintaa. Suurimmat hidasteet sen kehitykselle ovat olleet mm. kansainvälisten standardien puute sekä käytännön toteutuksissa havaitut häiriöongelmat. Päätelaitteet ovat hyvin kalliita verrattuna esimerkiksi ADSL- ja kaapelimodeemeihin. Datasähkön pitäisi pystyä tarjoamaan selvästi nykyistä parempi hinta-laatusuhde, jotta se kykenisi syrjäyttämään kilpailevia tekniikoita. Datasähköllä voi kuitenkin olla keskeinen rooli paikallisilla laajakaistamarkkinoilla kilpailun ja vaihtoehtojen lisääjänä suurimmissa kaupungeissa. Datasähkö tarjoaa jatkossa vaihtoehdon kiinteälle puhepalvelulle VoIP-sovellusten avulla.

## 2.3 Home Phonenumber Networking Alliance

HomePNA eli Home Phonenumber Networking Alliance on tiedonsiirtotekniikka, joka hyödyntää perinteisiä puhelinlinjoja häiritsemättä kuitenkaan puhelinliikennettä [Laa04]. Sitä käytetään lähinnä liityntäverkoissa. HomePNA toimii lähes missä tahansa nykyisessä puhelinkaapelissa ja sitä voidaan käyttää yhdistämään kokonainen kerrostalo Internetiin jaetulla yhteydellä esimerkiksi ADSL:n avulla. HomePNA:lla on mahdollista rakentaa myös talon tai useamman kiinteistön sisäinen verkko, jonka toiminta on Ethernetiin verrattavissa. Kiinteistön talojakamoon tarvitaan erillinen ohjausyksikkö ja siihen liitetään taloyhtiön jaettu Internet-yhteys. Loppukäyttäjä tarvitsee vielä HomePNA-sovittimen, johon tietokone liitetään.

Tyypillinen HomePNA mahdollistaa n. 1 Mbit/s luokkaa olevan yhteyden ja siinä kaapelin maksimipituus on standardin mukaan 150 metriä [Hom08]. HomePNA käyttää kuparikaapelin yläpään taajuuksia, 5,5 MHz:stä 9,5 MHz asti. HomePNA:lla on kolme eri versiota käytössä, eli HomePNA 1.0/1.1, 2.0 ja 3.0/3.1. Viimeisin HomePNA-versio 3.1 mahdollistaa yli 300 Mbit/s-siirtonopeuden. HomePNA 3.1-verkossa ei ole siis samanlaista 1 Mbit/s rajoitusta kuin HomePNA

1.1-verkoissa. HomePNA 3.1-verkon maksiminopeus on 320 Mbit/s. Tekniikan kanssa on vielä joitain ylikuuluvuusongelmia taloyhtiöiden verkoissa. Nykyään HomePNA-liittymien myynti on käytännössä lähes kokonaan lopetettu, sillä Suomessa toimivia päätelaitteita on hankala löytää ja tästä johtuen uusia liittymiä on miltei mahdotonta ottaa käyttöön. Suomessa on enää muutamia yrityksiä, joista päätelaitteita vielä voi hankkia.

## 2.4 Ethernet

Ethernet ei varsinaisesti ole kilpaileva fyysinen teknologia muiden langallisten teknologioiden kanssa, vaan paikallisverkkojen tiedonsiirtostandardi [IEEE 802.3]. Ensimmäinen kattava lähiverkkostandardi julkaistiin vuonna 1983. Tämän jälkeen sitä on laajennettu useaan otteeseen. Ethernet on pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu, joka on ensimmäinen laajasti hyväksytty lähiverkkotekniikka. Nimitys Ethernet tulee jaetusta kommunikaatioon käytetystä väylästä, yhteisestä viestiavaruudesta [Odo05]. Kaikki verkossa olevat koneet ovat kiinni samassa kaapelissa ja jokainen näistä koneista näkee toistensa liikenteen. Ethernet mahdollisti 10 Mbit/s-siirtonopeuden. Viimeisin 10 Mbit/s Ethernetin kehitysvaihe oli kytketty Ethernet ja siinä keskitin toimi toistimen eli hubin sijasta kytkimenä.

Esimerkiksi xDSL- ja kaapelimodeemia käytettäessä loppukäyttäjällä on Ethernet-yhteys tietokoneestaan xDSL- tai kaapelimodeemiin ja modeemin avulla yhteyden tarjoajan kautta Internetiin. Jos Ethernet kuitenkin tuodaan suoraan loppukäyttäjälle, hän voi kytkeä tietokoneensa suoraan paikallisverkkoon ilman kaapeli- tai xDSL-modeemia. Tämä on Suomessa yleistä esimerkiksi toimistoissa ja opiskelija-asuntoloissa.

Ethernet käyttää kaistanvarausmenetelmänä CSMA/CD:tä (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) [Odo05], joka on kilpavarausmenetelmä. Jokaisella laitteella on siis oikeus aloittaa lähetys (Multiple Access), mikäli mikään toinen laite ei lähetä (Carrier Sense) sillä hetkellä. Jos useampi kuin yksi laite lähettää samanaikaisesti havaitaan törmäys ja lähetys keskeytetään. Lähetystä jatketaan satunnaisen ajan jälkeen.

EFM (Ethernet in the First Mile) eli tunnetaan myös nimellä LRE (Long-Reach Ethernet) on tekniikka [Odo05], jolla yritetään parantaa Ethernetin soveltuvuutta liityntäverkkoihin. Tekniikka hyödyntää vanhoja kuparisia puhelinkaapeleita. Nopeudet vaihtelevat 5 - 15 Mbit/s välillä ja



kantama on n. 2 kilometriä. FastEthernet saavutti 100 Mbit/s-siirtonopeuden ja siihen siirryttäessä vaadittiin usein uusi kaapelointi, joka mahdollisti myös kaksisuuntaisen (full-duplex) tiedonsiirron perinteisen yksisuuntaisen (half-duplex) lisäksi. FastEthernet:iä seuraava versio GigabitEthernet saavutti 1 Gbit/s-nopeuden ja siinä pyrittiin säilyttämään sekä vanha Ethernet-tekniikka että FastEthernet-tekniikka. Näin pystyttiin saavuttamaan yhteensopivuus vanhoihin 10 Mbit/s ja 100 Mbit/s-verkkoihin. Lähetys tapahtuu myös edelleen kilpavaraustekniikalla. GigabitEthernet on yleisnimitys kaikille Ethernet-tekniikoille, jotka pystyvät siirtonopeuteen 1000 Mbit/s.

Tällä hetkellä on käytössä jo 10 Gbit/s Ethernet [IEEE 802.3-ae] ja se toimii pelkästään valokuituyhteyksillä. Siinä ohjataan datavirta varsinaiselle siirtomediakohtaiselle alikerrokselle ja loogisesti on erotettu siirtomediakohtainen elektroniikka kaikille toteutuksille yhteisestä siirtokerroksen elektroniikasta. Tällä hetkellä 802.3-työryhmä [IEEE 802.3] määrittelee myös 100 gigabitin Ethernetiä [Meg04]. Tulevaisuudessa Ethernetin kaapelointi voidaan korvata langattomilla ratkaisuilla. Nykyinen langaton tekniikka ei ole vielä tiedonsiirtonopeudeltaan riittävän nopea toimimaan suoraan kenttäväylien korvaajana.

## 2.5 Modeemi

Modeemit ovat laitteita, jotka toimivat kiinteässä puhelinverkossa ja maksiminopeudet ovat 56 kbit/s verkosta käyttäjän suuntaan ja 33 kbit/s käyttäjältä verkkoon [Gra03s.314-328]. Modeemin nimitys tulee yhdistelmänä sanoista modulaatio ja demodulaatio. Ne moduloivat digitaalisen signaalin analogiselle siirtotielle ja palauttavat eli demoduloivat analogisesta signaalista digitaalisen signaalin. Yhteys joudutaan muodostamaan verkkoon joka käyttökerralla uudestaan, sillä yhteys ei ole jatkuvasti päällä. Modeemeja ei käytetä pelkästään siirrettäessä tietoa puhelinlinjoja pitkin vaan myös radiotekniikassa. Modeemeita on kahta eri päätyyppiä, ulkoinen modeemi liitetään mikroon erillisellä kaapelilla, kun taas korttimodeemi asennetaan koneen sisälle sopivaan lisälaitekorttipaikkaan. Perinteiset modeemit ovat kuitenkin jääneet laajakaistaisten yhteyksien kuten xDSL:n jalkoihin ja niillä ei käytännössä ole enää mitään suurempaa käyttöä kotitalouksissa eikä muuallakaan. Ne ovat korvattu mm. ADSL- ja kaapelimodeemeilla.

## 2.6 Piirikytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä

ISDN (Integrated Services Digital Network) on piirikytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä [Gra03s.328-338]. Tekniikka hyödyntää perinteisiä puhelinlinjoja ja siihen kuuluu kaksi 64 kbit/s-linjaa. Mikäli toinen linja on varattu puhelinkäytölle, yhteyden nopeus on 64 kbit/s, muussa tapauksessa 128 kbit/s. Se on alun perin suunniteltu digitaaliseen puheen ja datan siirtoon tavallisissa puhelinlinjoissa. Tavoitteena oli saavuttaa parempi laatu ja suurempi nopeus vastaaviin analogisiin järjestelmiin verrattuna. ISDN:n huonoihin puoliin lukeutuivat hitaus sekä veloitusperusteet, jotka perustuivat yhteysaikaan. Nykyisin ISDN on joutunut nopeampien ratkaisuiden syrjäyttämäksi. Käytännössä ISDN-yhteydet on korvattu huomattavasti nopeammilla laajakaistaisilla yhteyksillä kuten esimerkiksi ADSL:llä. ISDN-yhteyksillä ei ole enää mitään suurempaa käyttöä kotitalouksissa eikä muuallakaan.

## 2.7 Digitaalinen tilaajayhteys

xDSL tarkoittaa digitaalista tilaajayhteyttä ja sen edessä oleva x viittaa lyhenneperheeseen [Hei05]. xDSL-liittymät käyttävät kiinteitä kuparikaapeleilla toteutettuja puhelinverkkoja ja se on nykyisin yleisin laajakaistatekniikka. Yleisin xDSL-liittymätyyppi on puolestaan ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) [ITU G.992.1]. Tekniikan etuihin kuuluu nopea tiedonsiirtokapasiteetti verrattuna esimerkiksi modeemi- ja ISDN-tekniikoihin. xDSL-tekniikoiden nopeutta rajoittaa suurien taajuuksien vaimentuminen etäisyyden kasvaessa. Keskittimen pitääkin olla sitä lähempänä, mitä suurempi nopeusvaatimus on. Yhteys muodostetaan xDSL-modeemilla, joka kytketään joko loppukäyttäjän tietokoneeseen tai reitittimeen/kytkimeen. xDSL-keskitin sijaitsee puhelinkeskuksessa. xDSL-tekniikalla toteutetussa yhteydessä, yhteys on kiinteä palveluntarjoajan verkkoon ja on jatkuvasti auki.

ADSL on laajakaistatekniikka, jolla on mahdollista siirtää 8 Mbit/s tavallista puhelinlinjaa käyttäen [Äyv05]. Sen nopeus perustuu korkeiden taajuuksien käyttöön. Tekniikan ominaispiirteisiin kuuluu tiedonsiirron epäsymmetrisyys, tiedonsiirtonopeus on eri verkosta tilaajalle päin (256 kbit/s - 8Mbit/s) kuin tilaajalta verkkoon päin, jolloin yhteys on hitaampi. Maksimiyhteyspituus on n. 6 kilometriä. Tilaajajohdon pituus vaikuttaa suoraan yhteyden nopeuteen. Kansainvälinen tietoliikennealan standardointijärjestö ITU-T hyväksyi ADSL2-standardin G.992.3 heinäkuussa 2002 [ITU G.992.3]. ADSL2 käyttää alkuperäistä ADSL-taajuutta (1,1 Mhz), jonka häiriöilmiöt tunnetaan hyvin. Standardin mukaista tekniikkaa on ollut saatavilla vuodesta 2003 alkaen.

Uusinta ADSL-tekniikkaa edustaa ADSL2+, jonka teoreettinen vastaanotonopeus on 24 Mbit/s [Hei05]. ADSL2+ on ITU-T:n toukokuussa 2003 hyväksymä standardi [ITU G.992.5]. ADSL2+-verkossa taajuusalueen yläraja nousee 1,1 Mhz:stä 2,2 Mhz:iin. Korkeamman taajuuden ansiosta ADSL2+ on ADSL/ADSL2-teknologiaa tehokkaampi ja nopeampi. ADSL2+-tekniikan lähetysnopeus 1 – 3 Mbit/s. Siirtonopeuteen vaikuttaa mm. televerkon ja kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon kunto.

HDSL-tekniikka on ADSL-tekniikan edeltäjä ja siinä tiedonsiirtonopeus on sama molempiin suuntiin [ITU G.991.1]. Tekniikan suurin puute on siinä, että samanaikainen puhelimen käyttö ei ole mahdollista [Oja04]. HDSL-tekniikan tiedonsiirtonopeus on noin 1,5 - 2 Mbit/s. HDSL-yhteyden tilaajajohdon pituus on lyhyempi kuin ADSL-yhteyden. Seuraava kehitysaskel HDSL-

tekniikasta eteenpäin oli SDSL-tekniikka [ITU G.991.2] ja myös siinä tiedonsiirtonopeus on sama molempiin suuntiin. Se erottuu HDSL-tekniikasta kahdella eri tavalla, se käyttää vain yhtä johdinparia ja toimintaetäisyys eli tilaajayhteyden maksimietäisyys puhelinkeskuksesta on rajattu, ollen noin 3 kilometriä. Enimmäisnopeus on siinä 2,3 Mbit/s. SDSL tukee digitaalisia äänilähetyksiä ja pystyy kantamaan ääntä sekä dataa samanaikaisesti, joten se soveltuu mainiosti esimerkiksi videoneuvotteluihin. Liittymän yleistymistä on haitannut suuret asennuskustannukset, johtuen tilaajapähän ostettavasta modeemista.

VDSL-tekniikka on nopeimpia xDSL-järjestelmän tekniikoita [ITU G.993.1]. Siinä kuitu tuodaan mahdollisimman lähelle tilaajaa ja loppuosa toteutetaan parikaapelilla [Oja04]. Tekniikka hyödyntää olemassa olevaa puhelinkaapelointia. Vastaanottajalle voidaan tarjota yhdellä johdinparilla 55 Mbit/s siirtonopeus, mikä mahdollistaa televisiokuvankin lähettämisen. Käyttäjältä verkkoon nopeus on n. 1 - 10 Mbit/s. VDSL toimii sekä asymmetrisenä että symmetrisenä. Toimintaetäisyys ei ole kuin n. 0,3 – 1,5 kilometriä johtuen suuresta siirtonopeudesta. Tilaajien lähelle tarvitaan jakamoita, joihin vedetään kuitukaapelit ja varsinainen VDSL-yhteys alkaa jakamosta.

VDSL2 [ITU G.993.2.] on nopeinta puhelinkaapelissa tapahtuvaa tiedonsiirtotekniikkaa, joka mahdollistaa yli 100Mbit/s-tiedonsiirtonopeudet. VDSL2-tekniikka soveltuu erinomaisesti kiinteistöjen taloverkkoratkaisuihin (taloyhtiöt, hotellit, asuntolat), IP-turvakameraverkkoihin sekä lähiverkkojen yhdistämisiin. HomePNA-tekniikkaan verrattuna VDSL2 tarjoaa satakertaiset tiedonsiirtonopeudet. xDSL-tekniikat edellyttävät kuitenkin yhä lyhyempiä yhteyspituuksia, esimerkiksi VDSL2 tuo hyötyä vain alle 1 kilometrin yhteyspituuksilla.

Taulukossa 1 on vertailtu eri xDSL-liittymätyyppäjä keskenään. Taulukko on tehty perustuen tässä kappaleessa aikaisemmin käsitelyihin tietoihin ja käytettyihin lähteisiin. Tekniikka menee nykyisin sen verran nopeaa vauhtia eteenpäin, että tätä kirjoitettaessa (17.9.2008) nopeampia yhteyksiä on mahdollisesti jo saatavilla. Taulukon arvojen on tarkoitus olla suuntaa-antavia eri xDSL-liittymien kesken. Tekniikoiden ominaisuuksista on tarkasteltu maksiminopeutta verkosta ja verkkoon sekä pisintä kantamaa. Huomion arvoista taulukon arvoissa on se, kuinka suuresti siirtonopeudet vaihtelevat eri xDSL-liittymätyyppien kesken. ADSL-liittymissä maksiminopeus verkosta on lähes aina suurempi kuin maksiminopeus verkkoon. Taulukossa olevien xDSL-liittymätyyppien maksiminopeudet ovat kuitenkin yleensä teoreettisia ja niihin ei yllätä. Tyypillinen nopeus verkosta/verkkoon on huomattavasti pienempi kuin vastaavat maksiminopeudet. Huomioitavaa on myös se, että xDSL-tekniikat edellyttävät yhä lyhyempiä yhteyspituuksia suurempiin nopeuksiin pääsemiseksi.

**Taulukko 1. xDSL-liittymien vertailu**

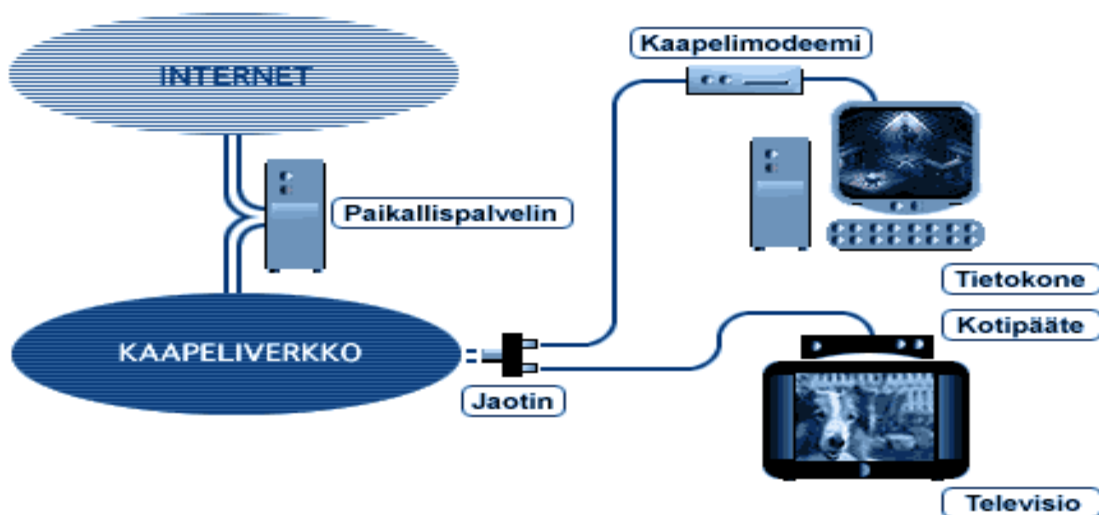
<b>xDSL-liittymä</b>	<b>Maksiminopeus verkosta</b>	<b>Maksiminopeus verkkoon</b>	<b>Maksimikantama</b>
<b>ADSL</b>	<b>8 Mbit/s</b>	<b>1 Mbit/s</b>	<b>n. 6 km</b>
<b>ADSL2</b>	<b>12 Mbit/s</b>	<b>1 Mbit/s</b>	<b>3,2 km</b>
<b>ADSL2+</b>	<b>24 Mbit/s</b>	<b>3 Mbit/s</b>	<b>3,2 km</b>
<b>HDSL</b>	<b>1,5 Mbit/s</b>	<b>1,5 Mbit/s</b>	<b>3,6 km</b>
<b>SDSL</b>	<b>2,3 Mbit/s</b>	<b>2,3 Mbit/s</b>	<b>n. 3 km</b>
<b>VDSL</b>	<b>55 Mbit/s</b>	<b>30 Mbit/s</b>	<b>n. 1,5 km</b>
<b>VDSL2</b>	<b>100 Mbits/s</b>	<b>100 Mbit/s</b>	<b>n. 1 km</b>

ADSL- tekniikka on kehittynyt voimakkaasti kapasiteettikysynnän kasvaessa. ADSL2+ liittymätyyppin huippunopeus siirrettäessä dataa tilaajalle päin on 24 megatavua sekunnissa eli vauhti on kolminkertainen esimerkiksi tavalliseen ADSL-yhteyteen verrattuna. VDSL tarjoaa myös kilpailukykyisen nopeuden ADSL2+ -tekniikkaan nähden. Taajuuksien ansiosta VDSL:n nopeus on moninkertainen ADSL:ään verrattuna [Oja04], mutta samalla linkkejä pitää sijoittaa matkan varrelle selvästi tiuhempaan. VDSL2 pystyy puolestaan tarjoamaan yli 100 Mbit/s-yhteysnopeuksia.

## 2.8 Kaapelimodeemi

Nykyiset kaapelitelevisioverkot ovat kuitukoaksiaaliverkkoja eli HFC-verkkoja (Hybrid Fiber-Coaxial) [Oja04]. Verkko on jaettu useisiin soluihin, joihin kuuluu muutamasta sadasta kahteentuhanteen tilaajaan. Maantieteellinen säde vaihtelee maksimissaan 700 - 1000 metrin välillä. Päävahvistinasemalta viedään valokuitu jokaiseen verkon soluun ja solujen sisäiset yhteydet rakennetaan perinteiseen tapaan koaksiaalikaapeleilla. Keskitinlaitteisto CMTS (Cable Modem Termination System) eli kaapelireititin sijoitetaan päävahvistinasemalle ja käyttäjän tiloihin kaapelimodeemi.

Kaapelimodeemitekniikka hyödyntää datan siirrossa kaksisuuntaista kaapelitelevisioverkkoa kuvan 2 mukaisesti [Gra03s.339-350]. Teoriassa kaapelimodeemiyhteydellä voidaan saavuttaa yli 100 Mbit/s tiedonsiirtonopeuksia käyttäjän suuntaan ja Welho, Elisa sekä Sonera [Puh08] lupailevat jo standardin 3.0 mukaisia 100 megabitin liittymiä vuoden 2008 aikana. Yhteys jaetaan taloyhtiöissä usean eri käyttäjän kesken [Gra03s.339-350], joten yksittäiselle käyttäjälle ei pystytä takaamaan vakionopeuksia. Taajuusaluejaosta johtuen kaapelimodeemipalvelut ovat aina epäsymmetrisiä, paluusuuntaan nopeus on selvästi pienempi kuin myötäsuntaan. Ainakin lähivuosien ajan tämä asia tulee pysymään muuttumattomana.



KUVA 2. Kaapeliverkon periaatekuva [Gra03]

Kaapelimodeemipalvelun datanopeutta pystytään lisäämään verkon solukokoa pienentämällä. Mitä pienemmäksi pystytään solu jakamaan tilaajamääriltään, sitä nopeammaksi käyttäjäkohtaiset datanopeudet kasvavat. Tämä johtuu siitä, että järjestelmän mahdollistama kapasiteetti voidaan allokoida yhä pienemmälle käyttäjämäärälle.

Kaapelitelevisioverkot eivät ole lähellekään yhtä kattavia kuin puhelintilaajaverkot kuntatasolla, sillä verkot keskittyvät yleensä keskustoihin sekä taajamiin [Laa07]. Kaapelimodeemipalvelun kattavuus on usein vieläkin heikompi, palvelua ei välttämättä edes tarjota kaikille verkkoon kytketyille kotitalouksille. Viimeisten vuosien aikana suurien nopeuksien tarjonta on selvästi kasvanut. Tulevaisuudessa kaapelimodeemipalvelu ei tule kilpailemaan saatavuudessa DSL-palvelun kanssa, alueellisesti sen kilpailuasema tulee kuitenkin säilymään hyvänä. Tärkein kaapelitelevisioverkkoja koskeva standardi on yhdysvaltalainen DOCSIS ja sen eurooppalainen versio EuroDOCSIS.

Suomen suurimman kaapelitelevisio-operaattori Welhon päätös ryhtyä myymään 100 megabitin kaapelimodeemiliittymää on ensimmäinen suuntaus siihen, että kaapelimodeemien vauhti tulee kiihtymään tulevaisuudessa [Oja08]. Uusi DOCSIS 3.0 -standardi mahdollistaa myös nopeammat nettiyhteydet. Welho ei ole ainoa kaapelioperaattori, joka tarjoaa yli sadan megabitin yhteyksiä. Eri puolilla maailmaa operaattorit ovat nostaneet nopeuksiaan alkuvuodesta 2008 lähtien, vaikka DOCSIS 3.0 -standardi oli vielä keskeneräinen. DOCSIS 3.0:n maksiminopeus käyttäjälle on reilut 170 megabittiä sekunnissa neljällä kanavalla ja yli 340 megabittiä linkitettäessä kahdeksan kanavaa yhteen. Mikäli samaa periaatetta hyödynnetään Euroopassa ja kanavan leveys kasvatetaan kuudesta kahdeksaan megahertsiin, nousee maksiminopeus neljällä kanavalla yli 220 megabittiin sekunnissa ja kahdeksalla jo lähes 450 megabittiin sekunnissa. Käyttäjältä verkkoon päin yhteys toimii yli 120 megabitin nopeudella.

## 2.9 Langallisten verkkotekniikoiden ominaisuuksia

Langallisten verkkotekniikoiden ominaisuuksia on vertailtu taulukossa 2. Vertailuun otettiin mukaan vain keskeisimmät langalliset verkkotekniikat kuten valokuitu, datasähkö, HomePNA sekä kaapelimodeemi. HomePNA:sta mukana on versio 3.1. Digitaalinen tilaajayhteys on käsitelty jo aikaisemmin omana vertailunaan ja se löytyy taulukosta 1. Taulukko on tehty perustuen tässä kappaleessa aikaisemmin käsiteltyihin tietoihin ja käytettyihin lähteisiin. Tekniikka menee nykyisin sen verran nopeaa vauhtia eteenpäin, että tätä kirjoitettaessa (17.9.2008) nopeampia yhteyksiä on mahdollisesti jo saatavilla. Taulukon arvojen on tarkoitus olla suuntaa-antavia eri langallisten verkkotekniikoiden kesken. Maksiminopeudeksi verkosta/verkkoon otettiin tällä hetkellä Suomessa tarjottuja nopeuksia.

**Taulukko 2. Langallisten verkkotekniikoiden vertailu**

Langalliset verkkotekniikat	Käyttötarkoitus	Maksiminopeus verkosta	Maksiminopeus verkkoon	Maksimikantama
Valokuitu	Laajakaista	lähes rajaton	lähes rajaton	lähes rajaton
Datasähkö	Sähköverkko	4,5 Mbit/s	1 Mbit/s	300 m
HomePNA (versio 3.1)	Sähköverkko	128 Mbit/s	alle 100 Mbit/s	250 m
xDSL	Laajakaista	ks. taulukko 1	ks. taulukko 1	ks. taulukko 1
Kaapelimodeemi	Kaapeliverkko	100 Mbit/s	alle 100 Mbit/s	1000 m

Tekniikoiden ominaisuuksista on tarkasteltu käyttötarkoitusta, maksiminopeutta verkosta ja verkkoon sekä pisintä kantamaa. Erityistä huomiota taulukon arvoissa herättää se, kuinka suuresti nopeudet vaihtelevat eri langallisten verkkotekniikoiden kesken. Myös kantamissa on suuria eroja, erot johtuvat mm. erilaisista käyttötarkoituksista. Kuten taulukon arvoista nähdään, valokuitu on tekniikoista omaa luokkaansa, sillä se on yliverlainen sekä nopeudeltaan että kantamaltaan muihin tekniikoihin verrattuna. Valokuidun mahdollisuudet ovatkin lähes rajattomat. Muista langallisista tekniikoista xDSL:n sekä kaapelimodeemin tarjoamat nopeudet riittävät myös tehokäyttäjille. HomePNA:n sekä datasähkön saatavuus on Suomessa heikko [Vie08a].



### 3 LANGATTOMAT VERKKOTEKNIIKAT

Tässä kappaleessa esitellään nykyisiä jo käytössä olevia langattomia verkkotekniikoita ja tarkastellaan niiden kehittymistä kymmenen vuoden aikajänteellä. Langattomista verkkotekniikoista on lähinnä keskitytty niihin tekniikoihin, joilla on tällä hetkellä tai tulevaisuudessa eniten merkitystä. Langattomista tekniikoista käsitellään radiolinkki, matkapuhelinverkot, WLAN, WiMAX, satelliittijärjestelmät ja @450-laajakaista sekä sivutaan myös langattomia digitaalisia televisioverkkoja. Tekniikoiden ominaisuuksista on tehty kappaleen lopussa vertailu.

Langattomat verkkotekniikat ovat yleistyneet liittytaverkkojen toteutustekniikoina [Oja03]. Liittytaverkolla tarkoitetaan tilaajan ja alueverkon välistä yhteyttä sisältäen myös kiinteistön sisäverkon. Langattomia tekniikoita käytetään liittynän toteuttamiseen pienellä alueella, kuten esimerkiksi toimistorakennuksessa tai kotona. Myös laajempien alueiden verkkoja voidaan rakentaa langattomasti kuten kunnan tai kaupungin keskusta-alueiden laajuisia verkkoja. Koulun opiskelijoille sekä työntekijöille pystytään tarjoamaan rajoitettu pääsy langattomaan verkkoon, mikäli palvelu on ennalta rajattu tietylle käyttäjäryhmälle. Palvelu voi olla myös avoin kaikille käyttäjille. Langattomia tekniikoita käytetään myös kaupallisesti kiinteiden Internet-yhteyksien toteuttamiseen.

#### 3.1 Radiolinkki

Radiolinkki on tekniikka, jossa yhteys muodostetaan eri paikkojen välille radioteitä hyväksikäyttäen [Gra03s.54-56]. Linkki voidaan muodostaa kiinteiden mastojen välille tai vaihtoehtoisesti se voidaan myös rakentaa väliaikaista käyttöä varten esimerkiksi maastoon (Puolustusvoimien viestiliikenne, television ulkolähettykset). Radiolinkit ovat hyvä vaihtoehto tiheästi asutuilla alueilla, jossa kaapeliverkon kapasiteetti ei ole riittävä nopean verkonrakentamisen tarpeisiin.

Eri tekniikoita ja monia taajuuksia voidaan käyttää radiolinkin yhteydessä [Pen06a s.212-213]. Käytettävä taajuus määrittelee paikkojen välisen maksimietäisyyden toisistaan. Etäisyys on suuri pienillä taajuuksilla ja vastaavasti taajuuden kasvaessa etäisyys lyhenee. Esimerkiksi alle 10 GHz-taajuudella operoitaessa etäisyys voi olla jopa 60 kilometriä ja vastaavasti 59 GHz-taajuudella maksimietäisyys on ainoastaan 500 metriä. Nämä korkeat taajuudet antavat mahdollisuuden toteuttaa kuituverkon kaltaisia nopeuksia myös radiolinkeillä. Kytkemällä useita radiolinkki-jänteitä

peräkkäin voidaan muodostaa pidempiä yhteyksiä. Radiolinkkien etuihin lukeutuvat nopea käyttöönotto, matalat investointi- ja käyttökustannukset sekä helppo siirrettävyys. Haittapuolia ovat mahdolliset vaimennukset taajuusalueesta riippuen, joskus vaimennusta saattaa esiintyä esimerkiksi sateen takia. Häiriöitä voi tulla myös muista lähteistä.

### 3.2 Matkapuhelinverkot

Mobiili- eli matkapuhelinverkoilla tarkoitetaan operaattorien (GSM, GPRS, UMTS) tai viranomaisten omistamia (TETRA) matkaviestinverkoja [Gra01s.90-163]. Ne toimivat radiotaajuuksilla ja ne palvelevat useita eri liikkuvia matkapuhelimia. Ne koostuvat soluista, joissa jokaisessa on yksi kiinteä tukiasema. Matkapuhelinverkot on tarkoitettu ensisijaisesti puheen ja datan välittämiseen, niitä pystytään esimerkiksi käyttämään paikkatietojen välittämiseen yksittäiselle puhelimelle. Nykyisin verkkojen siirtonopeuksien kasvun myötä pystytään näissä verkoissa lähettämään myös liikkuvaa kuvaa. Matkapuhelinverkkojen etuna on toimivuus myös sellaisissa paikoissa, joihin ei ole kannattavaa vetää kiinteää kaapelia.

GSM (Global System for Mobile communications) on maailman yleisin matkapuhelinstandardi ja sen nopeimmat versiot ovat GPRS (2.5G), EDGE (2.5G) ja UMTS (3G) [Gra01s.164-227]. Se on ns. toisen sukupolven matkapuhelinverkko eli se on tekniikaltaan täysin digitalisoitu. GSM- verkko koostuu keskusjärjestelmästä NSS (Network and Switching Sub-system), tukiasema- eli radiojärjestelmästä BSS (Base Station Sub-system) sekä niitä ohjaavasta käytönhallintajärjestelmästä OSS (Operations Sub-System). Samassa GSM-verkossa voidaan käyttää eri laitevalmistajien elementtejä, sillä alijärjestelmien väliset rajapinnat on pyritty standardoimaan yksiselitteisesti.

GSM-verkot käyttivät aluksi 900 MHz:n radiotaajuusaluetta, mutta myöhemmin verkkojen ja käyttäjien kasvun myötä otettiin käyttöön myös 1800 MHz:n taajuudet [Pen06a s.121-157]. Eri puolilla maailmaa on myös muitakin taajuusalueita käytössä. Nykyisin kaikissa merkittävässä GSM-verkoissa toimivat nelitaajuuspuhelimet (850, 900, 1800, 1900) ovat yleistyneet. Kaikki GSM-puhelimet eivät kuitenkaan tue jokaista taajuutta. GSM-verkko tulee säilymään vielä pitkään maailman suosituimpien matkaviestimien joukossa, sillä verkon palveluntarjonta sekä peittoalueet uusine maineen näyttävät vain lisääntyvän.

GPRS (General Packet Radio Service) on datansiirtomenetelmä, jonka kautta GSM-verkossa saadaan luotua aidosti pakettikytkentäiset yhteydet Internet-tyyppisiin palveluihin [Pen06a s.158-177]. Sitä käytetään langattoman Internet-yhteyden muodostamiseen joko matkapuhelimen tai erillisen GPRS-adapterin avulla. GPRS on siis tietynlainen Internetin laajennus GSM-järjestelmään, koska ulkopuoliset Internet-verkot näkevät GPRS:n vain yhdeksi aliverkokseen. GPRS käyttää radioaaltoja datan siirtämiseen. GPRS:n toimintaperiaatteisiin kuuluu se, että tiedonsiirtokapasiteetti varataan fyysisesti vain silloin, kun yhteydellä liikutetaan dataa. Yhteys voi olla siis jatkuvasti päällä sen kuitenkaan kuormittamatta verkkoa. GPRS on varsin monipuolinen kokonaisuus ja se tuo uusia ajatuksia perinteiseen GSM-datansiirtoon. GSM- ja GPRS-käyttäjät jakavat samat radiopinnan resurssit, mutta GPRS väistyy oletusarvoisesti GSM- käyttäjien tieltä. GPRS tuo parhaimmillaan monikertaisen datansiirtonopeuden verrattuna GSM:llä saavutettaviin tiedonsiirtonopeuksiin. GPRS tarjoaa kohtuullisia datanopeuksia, teoriassa yli 100 kbit/s, käytännössä kuitenkin n. 20 - 30 kbit/s. Perus-GSM-verkkojen kautta GPRS voi tulevaisuudessa kehittyä entistäkin soveliaammaksi multimedia-aikakauteen.

EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) on matkapuhelinten pakettipohjaiseen tiedonsiirtoon suunniteltu teknologia, joka perustuu GPRS-tekniikkaan. ja käyttää uutta modulointimenetelmää nimeltään 8-PSK (8 Phase Shift Keying) [Pen06a s.178-189]. Siinä yhdellä moduloidulla pulssilla voidaan kuvata kolme bittiä ja tämä mahdollistaa entistä suuremmat tiedonsiirtonopeudet. EDGE mahdollistaa periaatteessa 473,8 kbit/s vastaanotto- ja lähetysnopeudet, mutta käytännössä loppukäyttäjät saavuttavat nopeuden luokkaa 160 - 200 kbit/s ja parhaimmillaankin 296 kbit/s vastaanottosuunnassa. Lähetysuunnassa saavutetut nopeudet ovat n. 80 - 160 kbit/s ja parhaimmillaan 236,8 kbit/s. GSM ja GPRS-laitteisiin verrattuna tämä on noin kolmin- tai nelinkertainen. Ensimmäinen kaupallinen EDGE-järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2003.

EDGE-standardi sisältää myös piirikytkentäisen version ECSD (Enhanced Circuit Switched Data), joka on paranneltu versio piirikytkentäisestä dataratkaisusta [Pen06a s.178-189]. Se ei ole kuitenkaan kaupallisessa käytössä. EDGE:n nopeudet tulevat kasvamaan kaksinkertaiseksi uuden 3GPP versio 7:n myötä. Sen sisältämät uudet ominaisuudet mahdollistavat nopeat multimediatyhteydet ja parantavat reaaliaikaisten palveluiden kuten IP- puheen (VoIP) ja pikapuhelun (PoC) laatua merkittävästi. Ensimmäiset versio7- tuotteet tulevat markkinoille vuoden 2008 aikana.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) on puolestaan GSM:n seuraajaksi suunniteltu kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologia [Pen06b s.64-82]. UMTS-verkko koostuu radiojärjestelmästä RNS (Radio Network System), runkoverkosta CN (Core Network) ja niiden välissä olevasta Iu-rajapinnasta. Verkon käyttäjien päätelaitteet ovat yhteydessä radiojärjestelmään radiorajapinnan Uu kautta. 2.5G-verkkoihin verrattuna, UMTS:llä on n. 50 % nopeampi datansiirto molempiin suuntiin ja se myös sallii videokuvan lähettämisen sekä mahdollistaa paremman äänenlaadun puheluita varten. Latenssi eli se aika, mikä paketilta kuluu matkaan lähettäjältä vastaanottajalle, on myös edeltäjiään pienempi.

Vuoden 2005 alkupuolella UMTS-verkot tulivat yleiseen käyttöön [Vie08a]. Suomessa toimiluvat UMTS-verkkojen rakentamiseen on TeliaSoneralla, Elisalla sekä DNA:n omistavalla Finnetillä. TeliaSoneran verkko toimi noin 20 paikkakunnalla ja Elisan puolestaan suurimmissa kaupungeissa vuoden 2005 loppupuolella. DNA:n 3G-verkko toimii nykyisin kaikissa Suomen suurimmissa kaupungeissa sekä hiihtokeskuksissa, yhteensä yli 20 paikkakunnalla. UMTS-verkon ongelmana on ollut se, että verkon kattavuus jää hyvin pieneksi harvaan asutuilla alueilla.

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) tarkoittaa matkaviestinten yhteyskäytäntöä, joka nopeuttaa UMTS-pohjaisia kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkoja [Oja04]. Käytetyt nopeudet ovat yleensä 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s ja 14,4 Mbit/s, mutta käytännössä näitä tiedonsiirtonopeuksia ei kuitenkaan saavuteta. Käytetyt päätelaitteet sekä yhteyden laatu vaikuttavat saavutettavaan nopeuteen. HSDPA vaatii toimiakseen myös sitä tukevan päätelaitteen. Nykyistä standardia ollaan päivittämässä HSPA Evolved-versioon ja se tulee tukemaan nopeutta 42 Mbit/s ja myöhemmin vielä sitäkin suurempia nopeuksia. Muita vastaavia tekniikoita ovat HSUPA ja HSOPA. HSUPA on HSDPA:ta vastaava tekniikka, jossa datansiirtoa nopeutetaan päätelaitteesta verkkoon ja HSOPA on HSDPA:n sekä HSUPA:n seuraaja. HSOPA:ssa tiedonsiirtoa korotetaan 100 Mbit/s saakka.

HSDPA:n käyttö on mahdollista vain rajoitetulla kuuluvuusalueella ja palvelua tukevia päätelaitteita on alkanut olemaankin markkinoilla yleisesti vasta vuonna 2007 [Vie08a]. TeliaSonera avasi Suomessa oman HSDPA-verkkonsa vasta huhtikuussa 2007 ja se toimii nykyisin maksiminopeudella 3,6 Mbit/s. Elisa päivitti oman kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkonsa tukemaan HSDPA:ta huhtikuussa 2006. DNA avasi oman HSDPA-verkkonsa helmikuussa 2007.

LTE (Long Term Evolution) on 3G-tekniikka, jonka on tarkoitus kasvattaa tiedonsiirtonopeuksia, parantaa jo olemassa olevia palveluita sekä vähentää kustannuksia [3GPP06]. LTE:ssä data kulkee tukiasemasta päätelaitteeseen useita radioteitä pitkin ja se on ensimmäinen 3G-tekniikka, jossa radioliikenne on toteutettu erilaisella radiotekniikalla tukiasemasta päätelaitteeseen kuin liikenne vastakkaiseen suuntaan. Tiedonsiirto tukiasemasta päätelaitteeseen tapahtuu OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)- tekniikalla ja toiseen suuntaan SC-FDMA-tekniikalla. Periaatteessa tiedonsiirron nopeudeksi tukiasemasta päätelaitteeseen on asetettu 100 Mbit/s ja päätelaitteesta tukiasemaan 50 Mbit/s, mutta käytännössä näitä nopeuksia ei tulla saavuttamaan etenäkään tukiaseman sijaitessa kaukana päätelaitteelta. LTE:n suosio tulevaisuudessa tulee perustumaan pitkälti tekniikan yhteensopivuuteen nykyisten 3G-verkkojen kanssa sekä tiedonsiirtonopeuksiin, jotka tulevat olemaan huomattavasti nykyisiä kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkojen tekniikoita nopeampia.

4G:n uskotaan yhdistävän erilliset verkot [Hus06]. Kolmannen sukupolven 3G-matkapuhelinverkot ovat jäämässä auttamattomasti vanhanaikaisiksi, sillä niiden tarjoama kapasiteetti ei riitä tuleville mobiilisovelluksille. Tällä hetkellä 3G näyttää vain kehittyvän osaksi monien rinnakkaisten nopeiden langattomien verkkojen kudosta, jota kutsutaan yleisesti termillä 4G. 4G on todennäköisesti yhdistelmä erilaisia verkkoja, jossa 3G, GSM, WLAN ja muut järjestelmät yhdistetään yhdeksi virtuaaliseksi verkoksi, jonka kautta tarjotaan IP-pohjaisia palveluja.

### **3.3 Wireless Local Area Network**

WLAN on langaton lähiverkkotekniikka ja sen ratkaisut perustuvat IEEE (Institute of Electronic & Electrical Engineers) 802.11 standardiperheeseen [IEEE 802.11a]. Yleisimmin käytetyt standardit ovat 802.11b, joka toimii 2,4 GHz:n taajuudella sekä 802.11g, joka puolestaan operoi 5,4 GHz:n taajuudella. Langattomien lähiverkkojen pääasiallisina käyttökohteina ovat kodit, toimistot sekä kaupungit [Oja04].

WLAN- tekniikka perustuu käyttäjän radioantennin ja operaattorin tarjoaman tukiaseman väliseen radioliikenteeseen [Hei05] [IEEE 802.11.a]. 802.11b-standardi pystyy 11 Mbit/s teoreettiseen siirtonopeuteen, käytännössä saavutetaan kuitenkin vain n. 5 - 6 Mbit/s tehollinen siirtonopeus. WLAN-tekniikassa taajuuskaista jaetaan tietyllä alueella kaikkien kyseistä tekniikkaa hyödyntävien käyttäjien kesken. Samanaikaisten käyttäjien määrä sekä mahdolliset radiotiellä esiintyvät häiriöt määrittelevät lopullisen saavutettavissa olevan yhteysnopeuden. WLAN-tukiasemilla saavutettava

kantama on maksimissaan 1,5 - 2 kilometriä, johtuen alhaisesta sallitusta maksimilähetystehosta sekä radiotiellä esiintyvistä ongelmista. Tämäkin edellyttää näköyhteyttä käyttäjän antennin ja tukiaseman välillä. Kantama jääkin usein pienemmäksi, sillä maasto, rakennukset ja puusto häiritsevät signaalin etenemistä.

Nykyisin tavallisin käytössä oleva versio on 802.11g, jonka radiopinnan suurin teoreettinen siirtonopeus on 54 Mbit/s [Hei05]. Suurimmat nopeudet toimivat kuitenkin vain muutamien kymmenien kilometrien päähän tukiasemasta. Vuonna 2003 valmistui 802.11h-standardi ja siinä on mm. dynaaminen kanavanvaihto ja automaattinen tehonsäätö [IEEE 802.11a] [IEEE 802.11.b]. Tämä standardi ei kuitenkaan ole saanut laajaa tukea eri laitevalmistajilta. Vuonna 2004 valmistui 802.11e-standardi, joka toi mukanaan palveluluokat ja laatuparametrit. Laatuso (Quality of Service, QoS) määritteli video-, audio- ja reaaliaikaisenpuheen (VoIP) sekä multim mediasovellusten tuen. Uusin versio standardista on 802.11n, sitä ei ole kuitenkaan vielä ratifioitu. Siinä on 100 Mbit/s yhteysnopeus ja se toimii 2,4 sekä 5 - 6 GHz:n taajuusalueella. Vuoteen 2010 mennessä 802.11n-standardi syrjäyttänee aikaisemmat WLAN-versiot. Sen kantamasta ei kuitenkaan ole vielä tällä hetkellä tietoa saatavilla.

WLAN-palvelun saatavuus kehittynee hitaasti tulevina vuosina nykyisten palveluntarjoajien laajentaessa verkkojaan ja mahdollisesti uusien toimijoiden tullessa markkinoille [Oja04]. Perinteiset operaattorit eivät kuitenkaan lähde rakentamaan laajoja WLAN-verkkoja, sillä niillä on jo valmis verkkoinfrastruktuuri toiminta-alueellaan. WLAN-tukiasemien lyhyt kantama tulee jatkossakin rajoittamaan WLAN-verkon peittoaluetta ja se on jäänyt ADSL:n jalkoihin. WiMAX-järjestelmien tultua markkinoille myös WLAN:in merkitys langattomana laajakaistaratkaisuna ”viimeiselle mailille” vähenee. Tulevaisuutta ajatellen WLAN ei kuitenkaan kilpaile kiinteiden laajakaistaratkaisuiden kanssa, vaan pikemminkin täydentää niitä. Eri palveluntarjoajat voivat tarjota sellaista ratkaisua asiakkaille, että kotona on kiinteä laajakaistaliittymä ja WLAN-verkkoalueella langaton laajakaistayhteys käytössä.

### 3.4 Worldwide Interoperability for Microwave Access

Worldwide Interoperability for Microwave Access eli WiMAX on langaton, radioyhteyteen perustuva laajakaistatekniikka. WiMAX-tekniikka toimii Suomessa pääsääntöisesti 3,5 gigahertsin taajuusalueella ja se noudattaa 802.16d-standardia, joka tunnetaan myös nimellä 802.16-2004 [IEEE 802.16]. Verkon teoreettinen kantama on n. 50 kilometriä [Pen06b s.119-126], mutta käytännössä suoralla näköyhteydellä päästään enintään 30 kilometriin ja maastossa pariinkymmeneen. Puusto ja muut näköesteet heikentävät kuuluvuutta nopeasti, sillä signaali ei paljoa kierrä maastoesteitä. WiMAX yleistyy samoissa paikoissa WLAN- verkkojen kanssa eli kodeissa, toimistoissa sekä kaupungeissa. Tekniikkaa käytetään myös liityntäverkkojen runkoyhteyksissä sekä pitkien tilaajajohtojen toteutustapana.

Tukiaseman ilmarajapinta voi teoriassa nousta 75 Mbit/s [Pen06b s.119-126], mutta käytännössä 10 Mbit/s myötä- ja 8 Mbit/s vastasuuntaan on tavallisin lukema. Yleisimmin tarjotut käyttäjän datanopeudet ovat 0,5 – 2 Mbit/s. Nopeus riippuu mm. käytössä olevasta kaistanleveydestä ja valittavasta modulaatiosta. Tämä on solun yhteistä kapasiteettia ja kaikki sillä solun alueella toimivat päätelaitteet jakavat sen keskenään. Modulaatiomenetelminä ovat QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)- ja QAM (Quadrature Amplitude Modulation)-menetelmät [IEEE 802.16]. WiMAX käyttää eri kuuluvuusolosuhteissa erilaisia modulointitekniikoita ja se puolestaan parantaa kantamaa. Bittinopeudet laskevat kuitenkin etäisyyden kasvaessa.

WiMAX-tekniikka on hyvä vaihtoehto, mikäli alueella ei vielä ole lankaverkkoa tai se ei ole vuokrattavissa kohtuullisilla kustannuksilla sekä teknisesti myös harvaan asutuille alueille laajakaistayhteyksiä rakennettaessa [Pen06b s.119-126]. Suurimpana ongelmana sen leviämislle laajemmalti ovat radiotaajuuksien asettamat rajoitukset. Tulevaisuudessa WiMAX-tekniikan kilpailukyky paranee, kun päätelaitteiden hinnat laskevat, mutta siitä ei kuitenkaan ole haastajaksi valtateknologialle eli xDSL- tekniikalle.

### 3.5 Satelliittijärjestelmät

Satelliittijärjestelmät muodostavat tärkeän elementin langattomassa tietoliikenteessä ja niitä on rakennettu myös perinteistä Internet- käyttöä ajatellen. Viestintäjärjestelmät voivat perustua joko ns. GEO-radalla (Geostationary Earth Orbit) [Gra01s.41-49] oleviin satelliitteihin tai alemmilla radoilla oleviin LEO- (Low Earth Orbit) ja MEO- (Medium Earth Orbit) satelliitteihin. Puhelinliikennettä välittävät satelliitit sijoitetaan GEO-radalle. Tällä radalla satelliitin kiertonopeus on sama kuin maapallon pyörimisnopeus ja se pysyy paikallaan maan pinnalta katsottuna.

LEO-satelliitit [Gra01 s.50-55] sijaitsevat alle 1500 kilometrin korkeudessa. Matala korkeus vaikuttaa antennien suuntaamiseen sekä tarvittaviin lähetystehoihin. Hyvissä olosuhteissa riittää pelkkä käsipuhelimen ympärisäteilevä antenni eikä lisäantennia välttämättä tarvita. Järjestelmä poistaa myös nykyisten yhteyksien siirtoviiveet sekä pitkien yhteyksien vaatimat suuret lähetystehot. Satelliitti vastaanottaa dataa ylävirtaan tulevalla linkkiyhteydellä (uplink) ja lähettää viestin vastaanottavalle asemalle toista alavirtaan kulkevaa yhteyttä pitkin (downlink).

Satelliittijärjestelmien käytöstä on useita etuja verrattuna maanpäällisiin lähettämiin [Gra03 s.56-58], esimerkiksi satelliittiyhteyden kustannukset ovat etäisyydestä ja paikasta riippumattomia. Satelliittiyhteys voidaan luoda myös harvaan asutuille seuduille. Suuri siirtokapasiteetti saadaan suurella kaistanleveydellä ja sitä tarvitaan äänen ja liikkuvan kuvan siirrossa. Viestit voidaan vastaanottaa useassa paikassa samanaikaisesti, sillä satelliitit lähettävät yleislähetysperiaatteella.

Satelliittiyhteys voidaan myös muodostaa tarpeen vaatiessa suunnattuna suoraan loppukäyttäjälle ja paikalliset puhelinjärjestelmät pystytään ohittamaan. Tähän mennessä [Gra03 s.56-58] monet hankkeet ovat kariutuneet kuitenkin suuriin kustannuksiin ja pieniin tilaajamääriin. Tulevaisuus ei ole sen valoisampi uusien hankkeiden kannalta. Satelliittipohjaiset järjestelmät eivät pysty palvelemaan asiakkaita siellä missä markkinat ovat ja näin ollen mahdollinen uusi tuleminen jää kehitysmaiden taloudellisen vaurastumisen varaan.



### 3.6 @450-laajakaista

@450-laajakaista on nimensä mukaisesti Suomen NMT-käytöstä vapautunut 450 megahertsin taajuusalueen langaton laajakaistaverkko. Se on Digita Oy:n lanseeraama ADSL- luokkaa oleva langaton yhteys, jonka kantavuusmatkat ovat pitkät verkon toimiessa liikkuvassa käytössä. Digitan verkkosivujen mukaan verkko avattiin käyttöön 1.4.2007 [Dig08a]. Verkon rakentamisen myötä suomalaisilla on käytettävissään mobiili, langaton laajakaistaverkko, joka tarjoaa hyvälaatuiset datayhteydet paikasta riippumatta. Antenniin kytketty langaton modeemi toimii vastaanottimena, joten erillistä lankapuhelinliittymää ei tarvita tässä yhteydessä. Taajuusalue on jaettu kahteen eri lohkokoon, joista toista käytetään lähetykseen ja toista vastaanottoon. Teoreettinen kaista on 5,3 megabittia sekunnissa, mutta käytännössä @450- laajakaistapalvelussa saavutettavat datanopeudet ovat 1 Mbit/s ja 512 kbit/s.

@450 ei edellytä näköyhteyttä tukiasemaan [Dig08a]. Matala aallonpituus läpäisee puiden lehvästön ja kiertää maastoesteet useimpia muita langattomia tekniikoita paremmin. Tukiasemia tarvitaan Digitan mukaan ainoastaan 20 - 30 kilometrin välein. @450-verkko toipuu lyhyistä katkoksista erittäin hyvin, joten yhteys esimerkiksi kaupungista liikkuvasta ajoneuvosta on varsin toimiva. Verkko kattaa nykyisin suurimman osan Lappia sekä ruuhka-Suomen.

Digita rakentaa Flash-OFDM-tekniikkaan perustuvan @450-verkon vaiheittain siten, että vuoden 2009 loppuun mennessä se kattaa koko Suomen [Dig08a]. Tavoitteena on, että Suomi on maailman ensimmäinen maa, jossa on koko maan kattava langaton laajakaistaverkko. Laajakaistaliittymiä tarjosivat Digitan verkossa alkuvaiheista lähtien mm. Oy M & P Systems Ltd sekä Fujitsu Services. Joulukuun 2007 alusta lähtien joukkoon liittyi myös TeliaSonera [Vie08a].

### 3.7 Langattomat digitaaliset televisioverkot

Kaikki televisiolähetykset muuttuivat Suomessa digitaalisiksi 31.8.2007 [Dig08b]. Kaapeliverkossa analogiset tv-lähetykset jatkuivat aina helmikuun 2008 loppuun asti. Digi-TV:n ohjelmat lähetetään viidessä valtakunnallisessa kanavanipussa ja niiden peittoalueet vaihtelevat [Sai04] [Dig08b]. D-kanavanippu on varattu ensisijassa DVB-H eli mobiili-tv-käyttöön. DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handheld) on digitaalisten televisiolähetyksen standardi liikkuvia matkapuhelimen tyyppisiä päätelaitteita varten. Digitaalisen televisioverkon ohjelmistoluvan haltijat voivat lähettää ohjelmia DVB-H-verkossa ilman erillistä ohjelmistolupaa.

Nykyinen digitaalinen televisioverkko tavoittaaakin käytännössä koko väestön [Sai04] [Dig08b]. Näkyvyyttä pyritään kuitenkin vielä vuoden 2008 aikana parantamaan joillakin katvealueilla erillisillä täytelähdettimillä. Digi-tv paransi kuvan- ja äänenlaatua verrattuna analogisiin lähetyksiin sekä lisäsi kanavatarjontaa. Digitaalinen lähetys ei ole yhtä altis ulkoisille häiriöille kuten edeltäjänsä ja se käyttää radioaaltoja tehokkaammin hyväkseen. Tekniikka on poistanut heijastusten aiheuttamat haamukuvat tv- ruudusta ja digi-tv on myös lisännyt laajakuvalähetyksen määrää.

Langattomat digitaaliset televisioverkot ovat monipuolisuutensa ja edullisuutensa takia merkittävässä roolissa tiedon jakelukanavana [Sai04]. Digitaalista tv-verkkoa voidaan hyödyntää perinteisten tv-ohjelmien ja muiden palvelujen lisäksi erityisen suurta kapasiteettia vaativissa multimediapalveluissa. Se soveltuu parhaiten tiedonsiirtoihin, joissa jaetaan suuria tietomääriä pienelle vastaanottajajoukolle tai tietoa suurelle vastaanottajamäärälle. Tietokantapäivitykset, karttakuvat ja suuret multimediatiedostot pystytään jakamaan nopeasti useille vastaanottajille. Yhdessä digitaalisessa televisioverkossa voi toimia useita eri palveluoperaattoreita ja liittymän tilaajat voivat siten valita useasta eri palveluntarjoajasta.

Digitaalinen lähetysjärjestelmä siirtää tekstiä, kuvaa, dataa ja multimediaa [Dig06]. Digi-tv-tekniikka on mahdollistanut myös langattoman sisäverkkoratkaisun, mikä on hyvä vaihtoehto vanhan yhteisantenniverkon kunnostukselle. Se saattaa tuoda merkittäviäkin säästöjä vaikeasti saneerattavissa olevien kiinteistöjen ja taloyhtiöiden verkoissa. Lähetinvastaanotin asennetaan kiinteistön yhteisantennijärjestelmän vahvistinkeskukseen. Lähetysantenni puolestaan sijoitetaan rakennuksen sisäpuolelle kuten esimerkiksi rappukäytävän seinustalle. Asunnoissa käytetään vastaanotinkohtaisia kaupallisia sisäantenneja. Kehitystyö on kuitenkin tällä hetkellä vielä kesken,

langatonta sisäverkkoratkaisua kehitetään edelleen ja sitä kokeillaan noin kymmenessä asuinkiinteistössä eri puolilla ruuhka-Suomea.

### 3.8 Langattomien verkkotekniikoiden ominaisuuksia

Langattomien verkkotekniikoiden ominaisuuksia on vertailtu taulukossa 3. Vertailun ulkopuolelle jätettiin kokonaan satelliittijärjestelmät sekä digitaaliset televisioverkot. Vertailuun otettiin mukaan vain keskeisimmät langattomat verkkotekniikat kuten radiolinkki, matkapuhelinverkot, WLAN, WiMAX sekä @450-laajakaista. Radiolinkistä on mukana UWB eli Ultra Wide Band- lähetystapa, matkapuhelinverkoista HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) ja WLAN:ista 802.11n-standardi. Tekniikoiden ominaisuuksista on tarkasteltu käyttötarkoitusta, maksiminopeutta verkosta ja verkkoon sekä pisintä kantamaa.

**Taulukko 3. Langattomien verkkotekniikoiden vertailu**

Langattomat verkkotekniikat	Käyttötarkoitus	Maksiminopeus verkosta	Maksiminopeus verkkoon	Maksimikantama
Radiolinkki (UWB)	Lisälaitteet	1300 Mbit/s	1300 Mbit/s	10 m
Matkapuhelinverkot (HSDPA)	Mobiiliverkko	14,4 Mbit/s	0,384 Mbit/s	Soluverkko
WLAN 802.11n	Lähiverkko	540 Mbit/s	540 Mbit/s	40 m
WiMAX	Laajakaista	70 Mbit/s	70 Mbit/s	50 km
@450-laajakaista	Laajakaista	5,3 Mbit/s	1 Mbit/s	30 km

Taulukko on tehty perustuen tässä kappaleessa aikaisemmin käsiteltyihin tietoihin ja käytettyihin lähteisiin. Tekniikka menee nykyisin sen verran nopeaa vauhtia eteenpäin, että tätä kirjoitettaessa (17.9.2008) nopeampia yhteyksiä on mahdollisesti jo saatavilla.

Huomion arvoista taulukon arvoissa on se, kuinka suuresti nopeudet vaihtelevat eri langattomien verkkotekniikoiden kesken. Tyypillinen nopeus verkosta on lähes aina paljon pienempi kuin mitä itse maksiminopeus verkosta on. Maksiminopeudet ovatkin yleensä suuntaa-antavia ja hyvin teoreettisia, eikä niihin yllätä lähes koskaan. Kantamissa on myös suuria eroja ja se johtuu pitkälti erilaisista käyttötarkoituksista. Esimerkiksi WiMAX:in teoreettinen maksimikantama viisikymmentä kilometriä edellyttää optimaalisia olosuhteita, mutta käytännössä jo kolmenkymmenen kilometrin ylittäminen on epävarmaa ja yhteydet yli 20 kilometrin etäisyyksiltä vaativat toimiakseen suoran näköyhteyden tukiasemaan.

## 4 NYKYTILANNE ETELÄ-KARJALASSA

Etelä-Karjala käsittää 12 kuntaa, jotka ovat Imatra, Joutseno, Lappeenranta, Lemi, Luumäki, Parikkala, Rautjärvi, Ruokolahti, Savitaipale, Suomenniemi, Taipalsaari sekä Ylämaa [Eka07a]. Kaikilla näillä kunnilla on käytössä Suomen nopein kuntia yhdistävä seutuverkko eKarjala Tietoverkko 2 ja siitä on nopeat yhteydet myös maakunnan ulkopuolelle. Seutuverkko on seutukuntien hallinnoima ja operaattorin ylläpitämä verkko, jonka hankinta- ja rakennuskustannuksiin kunnat ovat itse osallistuneet. Seutuverkko kattaa seutukunnan alueen verkko-infrastruktuurin sisältäen alueen runkoverkon ja sitä täydentävät kyläverkot. Kaikki tietoliikenne kulkee tämän seutuverkon kautta kuntien välillä sekä maakunnan ulkopuolelle yhteisen Internet-yhteyden kautta.

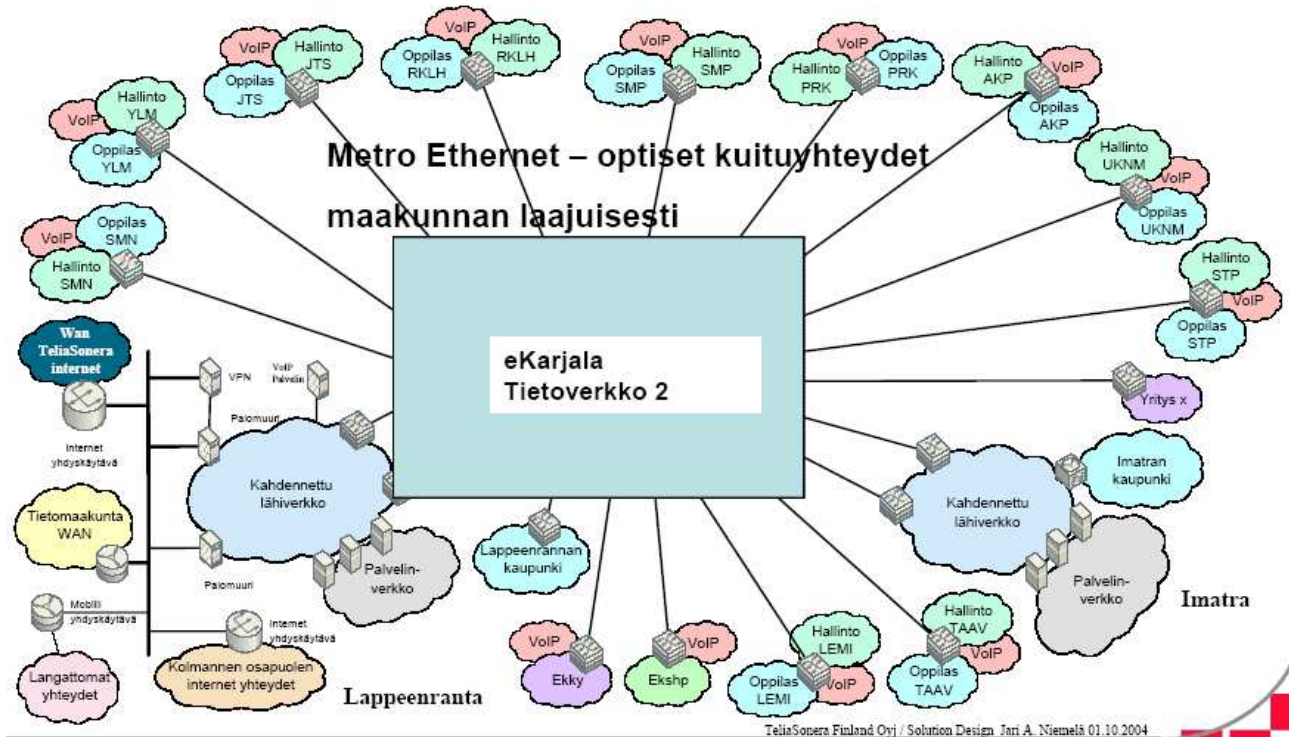
Kaikki Etelä- Karjalan kunnat on saatu laajakaistayhteyksien piiriin poikkeuksena muutamat katvealueet [Eka07a]. Etelä-Karjalassa on tällä hetkellä kattava sekä kapasiteetiltaan riittävä runkoverkko eli kaupunkeja ja kuntia yhdistävä siirtoverkko. Runkoverkko on toteutettu valokaapeilla sekä radiolinkeillä riippuen kapasiteettitarpeesta ja paikallisista olosuhteista. Nykyisin Etelä-Karjalan tietoverkkoinfrastruktuuri käsittää siis seutuverkon eli eKarjala Tietoverkko 2:n, Etelä-Karjalan kylien laajakaistayhteydet sekä eKarjala Nettipointtiverkoston. Operaattoreilla on omat verkkonsa, mutta tässä yhteydessä ei niitä käsitellä. Tietomaakunta eKarjala Oy ja TeliaSonera Finland Oyj allekirjoittivat 4.10.2004 sopimuksen Etelä-Karjalan maakunnan kattavan eKarjala Tietoverkko 2:n toimittamisesta [Eka07b]. Sopimuksen mukaisesti Sonera toimitti Tietomaakunta eKarjalalle Soneran Seutuverkko-ratkaisuun pohjautuvan nopean tietoverkon. Nykyisin Etelä-Karjalan kaikki kunnat ovat 10 Gbit/s-runkoyhteyden piirissä.

## 4.1 eKarjala Tietoverkko 2

Tietomaakunta eKarjala Oy kilpailutti verkon ja toimittajaksi valittiin TeliaSonera [Eka07b] [Kor07]. Tietomaakunta eKarjala (jatkossa eKarjala) myy verkkopalvelut Etelä-Karjalan kunnille kuntien ja kuntayhtymien perussopimuksen mukaisesti. eKarjala vastaa verkosta kunnille. eKarjala ostaa palvelun TeliaSoneralta, joka hoitaa verkon ylläpidon ja vastaa verkon toimivuudesta eKarjalalle. eKarjala toimittaa siten Etelä-Karjalan kunnille ja kuntayhtymille tietoverkkopalveluita ostamalla niitä alihankkijoilta. eKarjala omistaa verkossa olevia eKarjalan konesaliin sijoitettuja laitteita ja reitittämiä, joilla tuotetaan Etelä-Karjalan kunnille niiden ostamia palveluita.

eKarjala Tietoverkko 2 toteuttaa kaikille Etelä-Karjalan kunnille sekä kuntayhtymille nopean, käyttövarman ja tietoturvallisen kuntien hallinnon seutuverkon [Eka07b]. Kuten kuvasta 3 näkyy, eKarjala Tietoverkko 2 muodostuu asiakasliittymistä, alueellisesta verkosta ja yhteisestä nopeasta Internet-runkoyhteydestä. Palomuurin kautta on mahdollista liittää verkkoon myös kolmansien osapuolten verkkojen rajapinnat. Kahdennettu palomuuripalvelu mahdollistaa turvalliset etäyhteydet Internetistä ja erilaisen liikennöinnin priorisoinnin. Jokaisella organisaatiolla on oma virtuaalipalomuri. Palomuuripalveluun sisältyy käyttöönotto, valvonta sekä ylläpito ja se myös mahdollistaa organisaatiokohtaisen hallinnan ja palomuuripalvelun mukaisen raportoinnin. Perinteisen datan lisäksi verkossa voidaan siirtää myös puhetta sekä videokuvaa.

Verkon rakenteeseen kuuluu, että yhteydet keskuskytkimeltä ovat pääsääntöisesti kuituyhteyksiä ja nopeudet ovat luokkaa 1 Gbit/s, tarvittaessa jopa luokkaa 10 Gbit/s [Eka07b]. Kuntaliittymät ovat nopeudeltaan 10 Mbit/s, 100 Mbit/s ja 1 Gbit/s. Verkon topologia eli perusrakenne on rengas- ja tähtimäinen. Verkon solmukohtat ovat kahdennettu vikasietoisin kytkintekniikoin Lappeenrannassa sekä Imatralla. Liikenteen looginen erottelu on tehty palveluryhmien ja organisaatioiden mukaisesti (VLAN). Verkon yleisrakenne perustuu Metro Ethernet-tekniikkaan, joka otettiin ensimmäisenä Suomessa käyttöön Helsingissä. Metro Ethernet-tekniikka liittää maantieteellisesti erossa olevat yritysverkot sekä yhdistää laajojen alueiden palveluntarjoajien lähiverkot yhdeksi kokonaisuudeksi optisen kuidun avulla.



**KUVA 3. eKarjala Tietoverkko 2 periaatekuva [Eka07b]**

eKarjala Tietoverkko 2:ssa Internet-yhteys on jaettu, kuntien hallintoyhteydet ovat nopeudeltaan 50 Mbit/s ja kouluyhteydet 30 Mbit/s [Eka07a]. eKarjala solmu voi toimia myös palvelimena ulospäin. Seutuverkko-ratkaisu sisältää lisäksi Mobile Gate-palvelun, joka mahdollistaa liittymisen seutuverkkoon nykyisten yhteystapojen kuten modeemin, ISDN:n, GSM:n, GPRS:n ja EDGE:n lisäksi myös UMTS-yhteystavalla. Muita palveluita ovat DNS, SMTP ja Internet Cache. Tietoverkko 2 on kunnille kustannustehokas ja säästää Etelä-Karjalan kunnilta paljon tietoverkkokustannuksia.

## 4.2 Etelä-Karjalan kylien laajakaistayhteydet

Kaikissa Etelä-Karjalan kylissä on ADSL-laajakaistavalmius ja tällä hetkellä 98,5 %:lla Etelä-Karjalan väestöstä on mahdollisuus laajakaistayhteyteen [Eka07a]. Etelä-Karjalan haja-asutusalueen talouksista 42 %:lla on laajakaistayhteys. Länsi- Saimaan kunnissa on vielä joitakin katvealueita, mutta nekin on tarkoitus saada laajakaistayhteyden piiriin lähivuosina. ASDL- yhteyksiä on täydennetty vielä langattomalla WiMAX- tekniikalla. Kuusi WiMAX-tukiasemaa on rakennettu Etelä-Karjalan pohjois-osiin, Suomenniemelle, Parikkalaan, Rautjärvelle ja Ruokolahdelle.

Tulevien vuosien tavoitteena on laajentaa nykyisiä valokaapeliyhteyksiä kattamaan mahdollisimman suuri osa Etelä-Karjalasta sekä kehittää edelleen jo käytössä olevia langattomia verkkoyhteyksiä [Eka06]. Langattomia verkkoja tarvitaan Etelä-Karjalassa haja-asutusalueilla ja kaupunkikeskustoissa. Langattomien verkkojen rakentamista on tarkoitus laajentaa kattamaan koko maakunta, jolloin voidaan taata hyvät verkkoyhteydet kaikille maakunnan asukkaille, myös syrjäisimpien alueiden vapaa-ajan asukkaille ja esimerkiksi matkailuyrittäjille. Lähivuosina kaikki Etelä-Karjalan kotitaloudet viimeisiä katvealueita myöten on saatu laajakaistayhteyden piiriin Digitan @450 laajakaistaverkon valmistuttua.

## 4.3 eKarjala Nettipointtiverkosto

Nettipointit ovat avoimia sekä maksuttomia laajakaistayhteyksin varustettuja tietoverkkopalvelupisteitä Etelä-Karjalan alueella [Eka07a]. Ne ovat syntyneet yhteistyön tuloksena, jossa kunnat tai yrittäjät ovat usein mukana tilan tarjoajina ja TeliaSonera on lahjoittanut tietoliikenneyhteydet. Nykyisin eKarjala Nettipointtiverkosto kattaa koko maakunnan 57:llä eri kohteellaan ja uusia perustetaan koko ajan lisää. Yhdessätoista niistä on tarjolla lisäksi langaton yleisöverkko eli Internetiin pääsee myös omalla kannettavalla koneella. Nettipointit sijaitsevat kirjastoissa, kahviloissa, kioskeissa, kyläkaupoissa, monitoimitaloissa sekä vastaavissa muissa julkisissa tiloissa.



## 4.4 Kotitalouksien verkkoratkaisuiden toteutuksia

Laajakaistayhteys voidaan toteuttaa kotitalouksissa usealla eri tavalla, hyödyntämällä esimerkiksi talon sähkö- tai kaapeliverkkoa [Tos08]. Laajakaistan uuden sukupolven muodostavat edelleen kehittyvät xDSL-tekniikat, jotka lisäävät kupariverkkojen elinkaarta. Langattomat ratkaisut ovat myös yleistymässä, mutta koko kiinteistön kattavan WLAN-verkon rakentaminen on teknisesti haastavaa eikä sen suorituskyky vastaa uusimpien palvelujen vaatimuksia. Optinen kuitu kasvattaa suosiotaan koko ajan, sillä se on siirtonopeudeltaan ylivoimainen muihin tekniikoihin verrattuna.

Taloyhtiön Internet-yhteys voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla [Tos08]. Asukas voi hankkia henkilökohtaisen liittymän, joka on tyypillisesti ADSL- tai muu vastaava liittäminen. Toinen vaihtoehto on kiinteistökohtainen liittäminen, jossa operaattori tuo runkoyhteyden talojakamoon. Huoneistot liittyvät sitten talon omaan lähiverkkoon.

### 4.4.1 Henkilökohtainen liittäminen

Kotitalouksien yleisin Internet- liittymätyyppi on henkilökohtainen liittäminen, joka perustuu operaattorin tarjoamaan liittymäpalveluun [Hei05]. Liittäminen voi olla esimerkiksi ADSL- tai kaapelimodeemiliittäminen, WLAN-, GPRS/UMTS- liittäminen tai datasähköliittäminen. Henkilökohtainen liittäminen on useimmiten ns. avaimet käteen-liittäminen ja sen toimitusraja on loppukäyttäjän huoneistossa joko pistorasiassa tai päätelaitteessa.

Suosituin henkilökohtainen liittäminen on ADSL-liittäminen [Hei05]. Se toteutetaan suoraan loppukäyttäjälle operaattorin lähimmästä keskuksista tai DSL-keskittimestä. Uusinta ADSL-tekniikkaa edustaa ADSL2+ ja sen teoreettinen maksiminopeus on jopa 24 Mbit/s. Lopullinen siirtonopeus määräytyy kuitenkin puhelinverkon ja kiinteistön puhelinsisäjohtoverkon kunnosta. Asiakas tekee operaattorin kanssa sopimuksen liittymästä ja se sisältää yhteyden Internetiin halutulla nopeudella sekä mahdollisesti lisäpalvelut, kuten asennuspalvelun, virustorjunnan sekä palomuuriohjelman ja ylläpitotuen. Palveluoperaattori vastaa kaikista kytkemiseen liittyvistä toimenpiteistä sekä vuokraa tai myy yhteyden muodostamiseen tarvittavat päätelaitteet kuten verkkokortin tai modeemin.

#### 4.4.2 Kiinteistökohtainen liittymä

Taloyhtiöissä laajakaista voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, mutta sen lopulliseen toteuttamistapaan vaikuttaa ratkaisevasti kiinteistön sisäkaapelointi sekä paikallinen operaattorin tarjonta [Hei05]. Kiinteistökohtaisessa eli jaetussa liittymässä operaattori tuo runkoyhteyden kiinteistön talojakamoon joko valokaapelilla tai perinteisellä puhelinkaapelilla. Talojakamossa oleva reititin tai keskitin jakaa yhteyden kiinteistön sisäisen verkon välityksellä eri huoneistoihin. Asukkaat sopivat operaattorin kanssa kiinteistöliittymään liittyvien huoneistoliittymien hankinnasta. DSL-keskittimellä pystytään käyttämään parhaiten puhelinsisäjohtoverkon kapasiteetti hyödyksi etenkin vanhempien kiinteistöjen kohdalla. Mikäli taloyhtiössä on perinteinen puhelinsisäjohtoverkko, käytetään toteutuksessa HomePNA-tekniikkaa ja silloin huoneistokohtainen siirtokapasiteetti on yleensä n. 1 Mbit/s.

Ethernet-tekniikkaa käytetään yleiskaapeloiduissa kiinteistöissä [Hei05]. Runkoyhteyden nopeus mitoitetaan sen mukaan, että kiinteistön jokaiselle huoneistolle riittää tietty määritelty nopeus. Valokaapelilla saavutetaan helposti 100 Mbit/s tai jopa 1 Gbit/s-nopeus. Kehittyneillä DSL-tekniikoilla kuten VDSL-tekniikalla ja tarvittaessa usean johdinparin samanaikaisella rinnakkaisella käytöllä saavutetaan puhelinkaapelilla runkoyhteys, jonka nopeus on useita kymmeniä megabittejä sekunnissa. Taloyhtiön lähiverkon ylläpito ostetaan palveluna ulkopuoliselta yritykseltä, jonka tehtävänä on verkon ylläpito- ja huoltotoiminnot sopimuksen mukaisesti. Lähiverkko laitteineen voidaan myös vuokrata, jolloin ylläpito, huolto- sekä hallintatoiminnot hankitaan yleensä palveluna. Operaattori voi myös rajoittaa liittymänopeuksia yksittäisen käyttäjän kohdalla, mikäli yhteydestä on aiheutunut haittaa muille kiinteistöliittymän tai Internet-verkon käyttäjille.

## 5 TULEVAISUUDEN KEHITYSSUUNTIA

Tässä kappaleessa käsitellään tulevia verkkoratkaisuja, niiden ominaisuuksia ja vaatimuksia. Tarkastellaan myös verkon fyysistä toteutusta ja yleisellä tasolla sivutaan tietoturva-asioita sekä tulevaisuuden sovelluksia. Lopussa käsitellään vielä Open Access-periaate ja uudet käyttömuodot mobiiliverkkopalveluille, joista tarkastelun alla ovat hotspot-alueet.

Viimeisten kymmenen vuoden aikana siirtonopeudet käyttäjää kohti ovat kasvaneet ISDN-nopeuksista (64, 128 kbit/s) noin 20-kertaisiksi (2 Mbit/s) [Tje04]. Tämän kehityskäyrän jatkuessa samalla lailla seuraavan kymmenen vuoden aikana, voidaan seuraavan sukupolven tilaajaverkoissa varautua lähes 1 Gbit/s-nopeuteen käyttäjää kohti. Kuidun merkitys tulee olemaan suuri seuraavan sukupolven verkoissa, siihen perustuvat yhteydet ovat siirtonopeudeltaan ylivoimaisia muihin tekniikoihin verrattuna.

### 5.1 Uusien verkkoratkaisuiden ominaisuuksia

Tieto- ja tietoliikennetekniikan asiantuntija Arto Karilan [Kar05] mukaan uusien verkkoratkaisuiden ominaisuuksia tulevat olemaan optiset DWDM (Dense Wave Division Multiplexing)-runkoverkot. Näissä verkoissa on Karilan mukaan riittävä kapasiteetti sekä edulliset langalliset ja langattomat liityntäverkot. Tämä optisiin kuituihin perustuva DWDM-menetelmä tarkoittaa aallonpituusjaksoista kanavointia ja siinä dataa siirretään samanaikaisesti monilla eri aallonpituuksilla yhtä optista kuitua pitkin. Jokaisella aallonpituudella voi siirtonopeutena olla enimmillään 40 Gbit/s. Päätelaitteilla pystytään siirtymään verkosta toiseen ja käyttämään verkkoriippumattomia palveluita. Varateiden avulla pystytään toteuttamaan korkea käytettävyys verkoissa ja salauksella sekä julkisilla avaimilla varmistetaan tietoturva. Tietoliikenneverkon kustannuksista vain noin kuudesosa on runkoverkossa, johon saadaan edellä mainitulla DWDM-tekniikalla helposti riittävä kapasiteetti. Todellinen haaste tulevat olemaan kuitenkin liityntäverkot. Kiinteä laajakaista etenee sekä kuparissa että kuiduissa ja luo samalla edellytyksiä langattomalle laajakaistalle.

Tietotekniikkayhtiö JärviNet Oy:n toimitusjohtaja Matti Honkakosken [Hon08] mukaan tulevaisuudessa operaattorit tulevat panostamaan entistä enemmän langattomiin verkkoihin paremman kaupallisuuden uskossaan. Hän esittää kuitenkin, että painopiste tulee olemaan

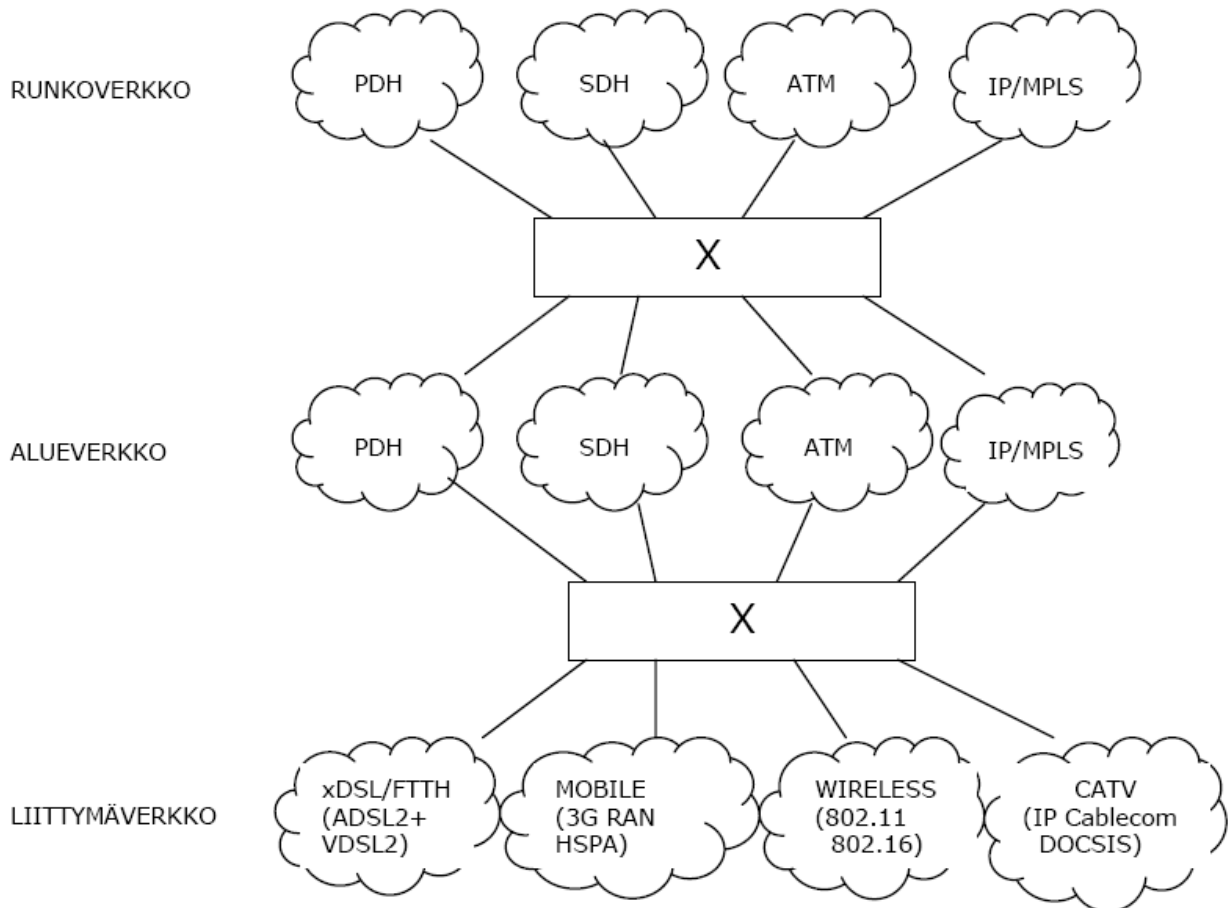
valokaapeliverkkojen kehittämisessä johtuen verkkoliikenteen voimakkaasta kasvusta sekä uusien palveluiden vaatiman kaistan vuoksi. Verkot tulevat olemaan Honkakosken mukaan symmetrisiä eli niissä on siirtokapasiteetti sama molempiin suuntiin. Verkkojen yhdistymisestä hän toteaa, että verkkojen suurempi integraatio tulee olemaan lopulta se tulevaisuuden trendi, jota vielä käytännön tarpeet vahvistavat.

Viestintävirasto Ficoran viestintäverkkoasiantuntija Klaus Niemisen [Nie08] mukaan lähivuosina merkittävä kehitys tulee olemaan matkaviestinverkoissa, sillä langatonta laajakaistaa rakennetaan nyt vauhdilla. GSM-verkko korvautuu vähitellen UMTS900-verkolla ja suurempia nopeuksia tarjotaan HSPA- ja LTE-tekniikoilla. Tekniikat käsiteltiin tarkemmin kappaleessa 3.2. Niemisen esittää, että 450 MHz-verkon peittoalue kasvaa edelleen ja kuvioihin tulee jatkossa myös mobiili-WiMAX. Kiinteän verkon puolella mennään kuitenkin xDSL:n ehdoilla, vaikka kaapelimodeemeilla ja kuiduilla on jo toteutettu 100 Mbit/s-liittymiä. Niemisen mukaan prosentuaalisesti etenkin kuidun osuus on vielä hyvin pieni ja kasvuvauhti tulee olemaan hidas, suurimmat nopeudet eivät ole vielä yleistyneet. Peruskäyttäjälle 1 Mbit/s saattaa hyvin riittää, mutta monet käyttötarkoitukset vaativat enemmän kaistaa.

Verkot tulevat Niemisen [Nie08] näkemyksen mukaan olemaan vielä pääsääntöisesti epäsymmetrisiä myös lähitulevaisuudessa. Kuituliittymät (FTTH ja FTTB) ja matkapuhelinverkon liittymät tietyin rajoituksin ovat tässä asiassa merkittävimmät poikkeukset. Suunta on kuitenkin kohti yhä symmetrisempiä liittymiä. Broadcast-verkoissa (kaapelimodeemi, matkaviestinverkot) kaista on aina jaettava. Lisäksi muissakin verkoissa metroverkon, runkoverkon ja verkon ulkopuolisten yhteyksien kaista on tietyllä tavalla jaettava. Näiden lisäksi markkinoilla on ja tulee varmasti olemaan myös lähitulevaisuudessa kiinteistöliittymätyyppisiä ratkaisuita. Tärkein ajatus kaistan jakamisesta on kuitenkin kustannusten säästäminen ja tämä tarve tuskin tulee poistumaan kokonaan. Konvergenssia tapahtuu koko ajan ja suunta on edelleen useasta erillisestä runkoverkosta ja palvelualustasta kohti yhtenäisempiä järjestelmiä, esimerkiksi piirikytkentäisyys poistuu verkoista vähitellen.

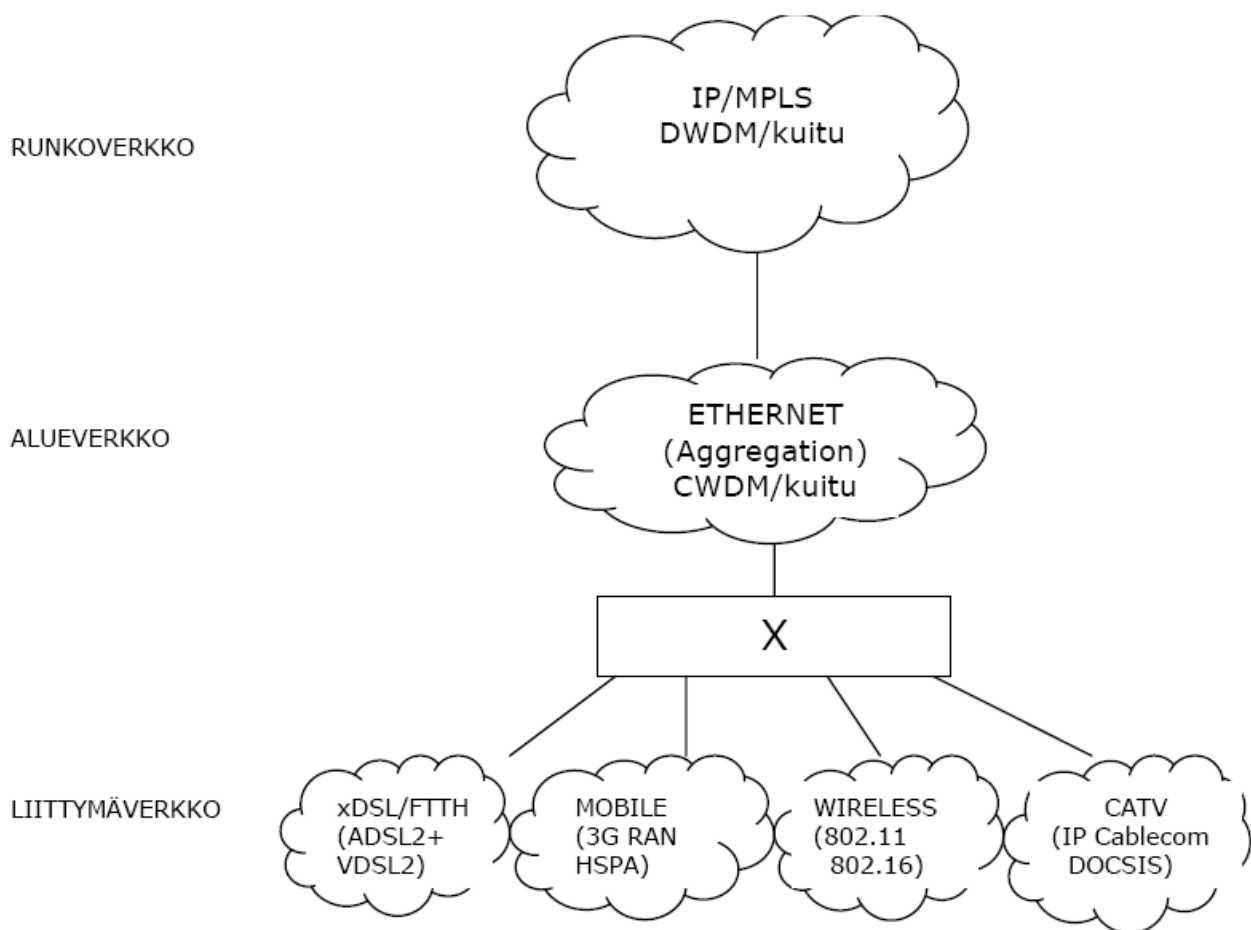
## 5.2 Verkot fyysisen toteutuksen kannalta

Liittymäverkkotasolla yleistyvät uudet siirtotekniikat kuten 3G RAN eli kolmannen sukupolven radioliityntäverkko (Third Generation Radio Access Network), xDSL, kuitu sekä DOCSIS kuvan 4 mukaisesti [Vie08b]. 3G RAN on tekniikka, joka käyttää aikajakoista multipleksointia ja DOCSIS on kaapelitelevisioverkkoja koskeva standardi. Uusia järjestelmiä otetaan käyttöön ja näin ollen myös liityntänopeudet tulevat kasvamaan entisestään. Kaikista liittymäverkkotekniikoista päästään yhteiseen palvelunohjausalustaan, joka ennusteiden mukaan tulisi olemaan IMS:n (IP Multimedia Subsystem) muodostama. Alueellisissa verkoissa sekä runkoverkoissa on nykyisin käytössä useita tekniikoita kuten esimerkiksi PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), ATM (Asynchronous Transfer Mode) ja IP (Internet Protocol).



**KUVA 4. Siirtotekniikat liittymä-, alue- sekä runkoverkoissa [Vie08b]**

Ethernet on asteittain yleistymässä liittymäverkosta liikennettä kokoavaksi tekniikaksi alueellisissa verkoissa [Vie08b]. Sen etuihin kuuluvat yleisyys, taloudellisuus sekä joustavuus uusiin käyttötarpeisiin kuten esimerkiksi monikanavaisesti lähettämiseen (multicasting). Uudet alueverkot koostuvat kuvan 5 mukaisesti suurikapasiteettisista Ethernet/CWDM/kuitu-renkaista, joihin ohjataan tuleva liikenne liittymäverkoista. Aallonpituuskanavointi ja kuituoptiset siirtojärjestelmät yhdessä IP/MPLS-tekniikan kanssa tarjoavat suurikapasiteettiset runkoverkkoyhteydet siten, että laatu- ja näkökohdat voidaan ottaa huomioon. IP/MPLS-tekniikan ohella uusissa runkoverkoissa käytetään myös MPLS/Ethernet-tekniikkaa.



**KUVA 5. Verkkojen fyysinen toteutus tulevaisuudessa [Vie08b]**

Useat langattomat ja langalliset siirtotekniikat tulevat säilymään liittymäverkkotasolla [Vie08b]. NGN (Next Generation Networks) eli seuraavan sukupolven verkot mahdollistavat liittymisen yhtenäiseen palvelunohjaukseen sekä alue- ja runkoverkkoon. Laajakaistaisia xDSL-järjestelmiä hyödynnetään myös uudempien laajakaistapalveluiden siirrossa. Optista kuitua käytetään entistä

enemmän liittymäverkoissa ulottuen joko tilaajaverkon jakamoihin tai tilaajien kiinteistöihin saakka.

### **5.3 Tulevat vaatimukset hallinnon ja käyttäjäpuolen kannalta**

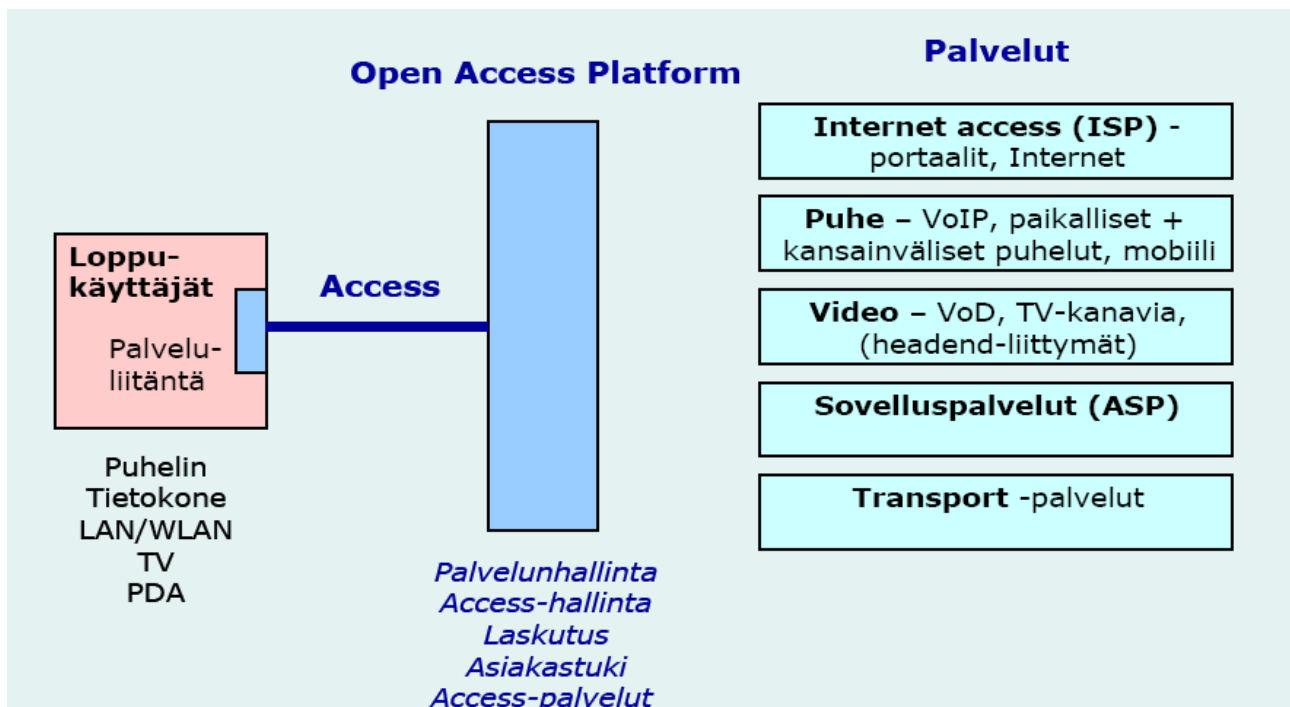
Lukuisien eri verkkotekniikoiden olemassaolo samoilla alueilla on varsinkin tavallisille käyttäjille erityisen ongelmallista, sillä toiset verkot toimivat vain tiheästi asutuilla alueilla ja jossain ei toimi kuin yksi verkko [Tje04]. Laitteiden ja niihin laitettavien sovellusten valitseminen on hankalaa, varsinkin jos käyttäjä liikkuu paljon erilaisten alueiden välillä. Nykyään useimmat laitteet tukevat montaa eri tiedonsiirtotekniikkaa ja pystyvät hyödyntämään sitä, joka on sillä hetkellä paras vaihtoehto.

Erityisiä haasteita tulevaisuuden tietoverkoissa tulevat olemaan liian nopea jatkuva kehitys, jolloin hallinnollisiin sekä ylläpitoon liittyviin asioihin ei ehditä kiinnittämään riittävästi huomiota [Hus08]. Myös roskaposti, virukset, palvelunestohyökkäykset ja SPIT eli Spam Over IP Telephony yms. aiheuttavat omat ongelmansa. Yksityisyyden vaatimus nousee yhä voimakkaammin esille. Monet haluavat nykyisin liikkua verkossa nimettömänä, mutta uuteen teknologiaan liittyy aina riskejä. Riskeiksi voidaan jaotella henkilökohtaiset, tekniset ja ekologiset riskit. Suurimpaan osaan niistä voidaan varautua etukäteissuunnittelulla ja varajärjestelmällä.

Tietoturvan huomioon ottaminen on välttämätöntä niin verkon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa kuin sitä ylläpidettäessäkin [Bra06]. Mikäli tietoturva-asiat eivät ole kunnossa saattaa aiheutua ongelmatilanteita, joissa koko järjestelmän toiminta pysähtyy, tärkeitä tietoja tuhoutuu tai luottamuksellisia tietoja joutuu ulkopuolisten käsiin. Kustannuksissa pystytään säästämään hoitamalla tietoturva-asiat kuntoon hyvissä ajoin eikä ryhdytä valmiita turvattomia järjestelyjä muokkaamaan turvallisiksi. Tietoturvaan liittyy useita näkökohtia verkon eri osissa. Yksi tärkeimmistä perusvaatimuksista on se, että pystytään luotettavasti tunnistamaan ja todentamaan käyttäjä. Samalla varmistetaan kyseisen käyttäjän oikeudet palvelun käyttöön. Useat erilaiset tunnistusmenetelmät, kuten salasana-tunnistus, äänitunnistus sekä sormenjälkitunnistus takaavat käyttäjän varmentamisen erittäin tarkasti. Tietoturvallisuus mahdollistetaan käyttämällä salausta sekä julkisia avaimia.

## 5.4 Yleinen Open Access- periaate

Open Access-käsite tarkoittaa avokäyttöä/avointa pääsyä verkkoon [Ker05]. Avoimen verkon käyttö on ”vapaata”, mutta ei kuitenkaan välttämättä ilmaista. Open Access-verkoissa palveluntarjoajat voivat vapaasti ja samoilla ehdoilla liittyä haluamaansa siirtoverkkoon ja tavoitella omia asiakkaitaan. Käyttäjät voivat myös vapaasti valita oman palveluntarjoajansa. Open Access-operaattorit eivät itse tarjoa palveluita vaan niistä vastaavat erilliset palveluntarjoajat. Open Access on looginen verkkokonsepti ja siinä voidaan käyttää useita erilaisia teknologioita sekä liittäntä (access) että muillakin tasoilla. Nykyisin Open Access käsittää kuvan 6 mukaisesti ISP-palvelujen lisäksi VoIP-palvelut, videopalvelut (esim. IPTV ja VoD) sekä sovelluspalvelujen (ASP) tarjonnan.



KUVA 6. Yleinen Open Access- periaate [Ker05]

Tilaaajat ja näiden valitsemat palveluntarjoajat yhdistetään toisiinsa läpinäkyvästi siirtoverkon avulla [Ker05]. Tilaaajat voivat liittyä mihin tahansa valitsemaansa palveluntarjoajaan. Esimerkiksi ISP- ja ASP- palveluntarjoajat on yksinkertaista liittää siirtoverkkoon. Tilaaajien tunnistaminen, laskutus sekä IP-osoitteiden allokointi tapahtuu palveluntarjoajien toimesta. Tilaaajien liikenne on täysin eristettyä toisistaan. Jokaisella palveluntarjoajalla voi olla oma peering-sopimus paikallisen liikenteen välityspisteen kanssa kuten Suomessa FICIX ja L2-reitys.

Open Access on mahdollista toteuttaa teknisesti useassakin eri OSI-kerroksessa taulukon 4 kuvaamalla tavalla. Taulukko on tehty mukaillen Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa



”Verkkojen avoin käyttö” [Ker05] ollutta Open Access:iä eri tasoilla kuvaavaa taulukkoa. Taulukosta nähdään mitä ylemmäksi kerroksissa (0-3) nousee, sitä enemmän toimintojen sekä laitteistojen määrä monipuolistuu ja tarjottava tuote alkaa muistuttaa entistä enemmän yleistä verkkopalvelua.

**Taulukko 4. Open Access eri tasoilla [Ker05]**

<b>Taso</b>	<b>Toiminta</b>	<b>Open Access- yhtiö tarjoaa</b>
<b>0</b>	<b>Oja/kouru/kaapeliputki/laitetila</b>	<b>Putkituksen ja/tai kuidun aurauksen maahan, laitetilat</b>
<b>1</b>	<b>Fyysinen kerros (kyseiset toiminnot tarjotaan erillisinä komponentteina irrallaan muusta palvelusta)</b>	<b>Pimeään kuidun vuokrausta, tai joissakin tapauksissa PON-verkon optisen tason (kyseiset toiminnot tarjotaan erillisinä komponentteina irrallaan muusta palvelusta), CWDM- tai DWDM-tekniikka</b>
<b>2</b>	<b>Siirtoyhteyskerros (data link, kyseiset toiminnot tarjotaan erillisinä komponentteina irrallaan muusta palvelusta)</b>	<b>Pimeää kuitua ja siirtoyhteyden (data link) elektroniikan molemmissa päissä, esim. Ethernet-pohjainen VLAN, tai ATM- pohjaiset PVC:t</b>
<b>3</b>	<b>Verkkokerros (kyseiset toiminnot tarjotaan erillisinä komponentteina irrallaan muusta palvelusta)</b>	<b>Perusverkkopalvelut, esim. IP-kerroksen 3 palvelua kaapeliverkossa MPLS-pohjaisen VPN:n tarjoamiseksi</b>

Tasolla 0 (L0) on Open Access yksinkertaisimmillaan, se käsittää vain pelkät kaapeliputket, kourun tai valmiiksi kaivetun ojan, johon kilpailevat yhtiöt voivat vetää omat kuitunsa tai laitetilat, johon kilpailijat voivat asentaa omat laitteensa. Tasolla 1 (L1) Open Access-konseptia tarjoava yritys omistaa kuidut ja PON-verkon ollessa kyseessä sen optiset osat. Palveluntarjoajan vastuulla on sitten laitteet sekä ohjelmistot. Tämä malli antaa palveluntarjoajalle enemmän joustavuutta laajakaistan verkkoarkkitehtuurin sekä tarjottavien palvelujen suhteen.

Taso 2 (L2) on siirtoyhteystason eli linkkitason malli ja se on yleisin käytössä olevista Open Access-konsepteista. Kuidun ja linkkitason elektroniikan toimittamisesta molempiin päihin vastaa infrastruktuurin tarjoaja. Perustason verkkopalvelu tarjotaan palveluntarjoajille ja ne voivat käyttää sitä edelleen myytäviin palveluihin sisältyvänä alustana. Taso 3 (L3) eli verkkokerros voidaan

toteuttaa usealla eri tavalla. Esimerkiksi HFC (Hybrid Fiber Coax)-verkoissa kaapelimodeemin terminointijärjestelmä sekä kaapelimodeemi tukevat IP-kuljetusprotokollaa. Liikenne jaotellaan kilpaileviin ISP-verkkoihin käyttämällä reitittämiä tai MPLS (MultiProtocol Label Switching)-pohjaisia VPN-yhteyksiä.

Ficoran viestintäverkkoasiantuntija Klaus Niemisen mukaan [Nie08] ”Open Access- verkkojen ongelmana tekniikan lisäksi on löytää sopivat liiketoimintamallit”. Hän kertoo, että Viestintävirasto on tällä hetkellä määrittelemässä Open Access–toteutuksia työn ollessa vielä keskeneräinen. Heillä on myös suunnitteilla Open Access–pilottihanke. Nieminen sanoo kannattavansa Open Access-ideaa, sillä se tarjoaa käyttäjille enemmän valinnanvaraa. Tämä kaikki tapahtuu kuitenkin hallitummin kuin muita palveluita käytettäisiin vain Internet-yhteyden yli. Toteutusvaihtoehtoja on siis useita mahdollisia, joten hän ei halua lähteä spekulimaan asialla pidemmälle. TeliaSonera Oyj:n aluejohtajan Tuomo Puhakaisen [Puh08] mukaan tulevaisuudessa käyttäjät kehittävät Open Access:iä ja se tulee jossain muodossa maksamaan operaattorin hoitaessa rahastuspuolen.

## 5.5 Uudet käyttömuodot mobiiliverkkopalveluille

Langattomuus tuo mukanaan lisäarvoa verkkojen käyttäjille ja uusia käyttömuotoja syntyy matkapuhelin- eli mobiiliverkkopalveluille [Hus08]. Liikkuvalla käyttäjällä langattomuus mahdollistaa pääsyn Internetiin missä tahansa ja milloin tahansa. Eräät palvelut ovat mahdollisia tai mielekkäitä vain mobiilisti kuten esimerkiksi paikannus- ja paikasta riippuvat palvelut. Paikannuspalveluita käyttävät yritykset paikantamaan jotakin henkilöä tai ajoneuvoa sekä työtehtävien ja erilaisten ohjeiden välittämiseen. Useat operaattorit [Vie08a] tarjoavat palveluita sekä uusia tuotteita tätä tarkoitusta varten. Langattomat ratkaisut toimivat langallisen tietoliikenneverkon jatkeena ja mahdollistavat verkon tuomisen myös niille alueille, joihin olisi mahdotonta rakentaa perinteistä langallista verkkoa.

Wi-Fi- ja WLAN-hotspotit eli yhteyspisteet ovat paikkoja tai alueita, joissa tarjotaan langattomaan lähiverkkoon perustuvaa nopeaa yhteyttä Internetiin [Som06]. Nämä Wi-Fi-verkot täydentävät hyvin peittoalueeltaan kattavampien ja maksullisten 3G- ja GSM-mobiiliverkkojen tarjontaa. Hotspotin kaltaisten paikallisten latauspisteiden varaan voidaan rakentaa suurikokoisia palvelukokonaisuuksia myös mobiililaitteita varten. Nopeissa WLAN-hotspoteissa voidaan puhua nettipuheluita, ladata isojakin valokuvatiedostoja, liikkuvaa kuvaa sekä myös sähköpostiliitteitä.

Verkkoyhteyden tarjoava hotspot-piste on itse löydettävä, sillä palvelut ja peittoalueet kehittyvät jatkuvasti [Som06]. Nykyisin tarjonta on melko hajanaista, yhteyksien tarjoajia on monenlaisia ja käytännöt vaihtelevat suuresti. Käytössä olevat hotspot-mallit jaetaan täysin ilmaisiin, maksullisiin ja osuustoiminnallisiin. Tulevaisuuden WLAN-verkkojen käytön laskuttaminen ei ole yksinkertaista, sillä mikäli latauspisteitä on useita tuhansia, on hankala määritellä millä tavoin asiakas saa oikeuden käyttää mitään latauspistettä milloinkin. Yksi vaihtoehto on, että esimerkiksi yksityinen kahvilanpitäjä toimisi WLAN-verkon operaattorina. Tässäkin tapauksessa voi laskuttamisen kanssa tulla ongelmia. Todennäköisin ratkaisumalli on useiden isojen operaattoreiden muodostama järjestelmä, joilla on tuhansia hotspotteja tarjottavanaan ja niissä sitten käytetään paikallista palvelua. Kun on kerran kirjautunut jonkin operaattorin käyttäjäksi, niin siellä missä on ko. operaattorin WLAN-verkko, niin pääsee käyttämään siinä verkossa olevia palveluita laskutuksen tapahtuessa sitten operaattorin muiden laskutusjärjestelmien kautta. Hotspot-pisteen pystyttäjä ja palveluntarjoaja ovat tehneet keskenään laskutussopimuksen.

## 5.6 Tulevaisuuden sovelluksia

Tulevaisuudessa interaktiiviset sovellukset tulevat olemaan laajasti käytössä yhteiskunnan eri osa-alueilla kuten esimerkiksi lääketieteen saralla, jossa kehitellään koko ajan uusia entistä paremmin pitkäaikaispotilaita ja vanhuksia palvelevia sovelluksia. Tulevaisuuden visioihin lukeutuu ns. älykoti [Spi05], joka kykenee oppimaan käyttäjän omista arkipäivän rutiineista ja toimimaan niiden pohjalta täysin automatisoidusti. Tiedonsiirtokapasiteetin kasvun myötä entistä monipuolisempia sovelluksia on jo nyt käytössä ja esimerkiksi television sekä tietokoneen suhde tulee muuttumaan entistä kiinteämmäksi [Kar07].

### 5.6.1 Tulevaisuuden koti

Tulevaisuuden koti on ns. älykoti ja sillä usein ymmärretään keskuslämmityksen, valaistuksen tai ilmastoinnin ohjausta sekä kulunvalvontaa [Spi05]. Toiminnot ovat hyvin pitkälle automatisoituja ja niitä voidaan hallita yhdellä kaukosäätimellä. Hälytinjärjestelmät kytkeytyvät päälle automaattisesti silloin, kun ei itse olla paikalla ja esimerkiksi saunan lämmitystä voidaan hallinnoida etäluonteisesti. Älykkäät ohjausjärjestelmät ovat kehittyneet viime vuosina, mutta siitä huolimatta erilaiset elektroniset järjestelmät integroiva rakennus on vielä harvinaisuus.

Tulevaisuudessa myös kulutuselektroniikan lisääntyvä toiminnallisuus tulee muuttamaan laitteiden toiminnallisuutta enemmän vuorovaikutteisemmaksi ja samalla helpotetaan jokapäiväiseen elämään kytkeytyvää toimintaa [Spi01]. Tämä kaikki tapahtuu käytännössä käyttöliittymän välityksellä langattoman sekä osittain kiinteän tiedonsiirron avulla. Eri laitteita voidaan hallita joko yksittäisesti tai ne voivat olla vuorovaikutteisessa yhteydessä toisiinsa ja muodostaa samalla toiminnallisia kokonaisuuksia, jota käyttäjä operoi sitten käyttöliittymän välityksellä.

Kodin älykkyys tulee sen kustannustehokkaasta ja ympäristöystävällisestä toiminnasta. Tietokone säätelee keskuslämmitystä ulkoilman lämpötilaan reagoimalla ja valot menevät automaattisesti pois päältä huoneessa, mikäli kukaan ei ole siellä paikalla [Leh07]. Älykodin keskusjärjestelmään kuuluvat kodinkoneet toimivat myös fiksusti, jääkaappi lähettää hälytysäänen lämpötilan noustessa liian korkeaksi ja pesukone säätelee pesuaineen sekä veden määrää likaisuusasteen mukaisesti. Ilmastointilaitte havaitsee ihmisten läsnäolon huoneessa ja lämpöä varaavat ikkunat säätelevät koko asunnon lämpötilaa.

Älykoti pystyy myös muuttumaan sen asukkaiden mielialojen mukaisesti [Spi05]. Useita asioita voidaan vaihtaa, kuten seinien väriä, huoneen valaistusta, taustamusiikkia sekä laajakuvatelevisioon heijastettua taustakuvaa. Näiden hallinnoiminen tapahtuu erilaisilla äänikomennoilla ja esivalinnoista löytyy jokaisella omat asetuksensa. Huoneen ”tunnelmaa” voidaan muuttaa yhdessä hetkessä ääripäästä toiseen. Tulevaisuuteen liittyvissä visioissa myös tekoäly mielletään osaksi älykotia. Käytännössä tämä merkitsisi sitä, että älykoti pystyy oppimaan asukkaan arkirutiineista eli se muistaisi ruokailutottumuksesi, lempiohjelmiasi tv:stä ja kotiintuloaikasi töistä. Se pystyisi tilaamaan omin päin kaupasta peruselintarvikkeet ja lähettäisi äänimerkin tv-ohjelmiasi alkaessa. Tietoverkkoon kytkeytyvä laajakaistayhteys lisää omalta osaltaan erilaisten valintojen määrää sekä yleistä joustavuutta. Lempielokuva tai oman suosikkitelevisiosarjan uusin jakso voidaan katsoa itselle parhaiten sopivaan aikaan ohjelma-aikatauluista välittämättä. Tulevaisuuden älykodista löytyy luonnollisesti myös televisiovastaanotin jokaisesta huoneesta, joten perheenjäsenien väliset keskinäiset kiistat katsottavasta ohjelmasta ovat historiaa. Tämä skenaario ei ole pelkkää science-fictionia, sillä älykäs talotekniikka on uusien edullisempien sovellusten ansiosta tulossa pian tavallisten omakotitalorakentajienkin ulottuville [Leh07]. Kuka tahansa, joka pystyy hoitamaan älykodin tekniikasta, laitteista ym. aiheutuvat kustannukset voi ryhtyä toteuttamaan tätä systeemiä ja viemään sitä entistä pidemmälle, loppujen lopuksi vain oma mielikuvitus ja tarpeet voivat olla rajana.

## 5.6.2 Tietokoneistettu terveydenhuolto

Tietokoneistettu terveydenhuolto mahdollistaa etälääketieteen, erityisiä sovellusalueita tulevat olemaan etähoito ja kroonisten sairauksien seuranta. Sairaanhoidaja tai lääkäri voi tarkistaa potilaan kunnan olematta itse fyysisesti läsnä paikalla ja määrittellä sen jälkeen tarvittavat jatkotoimenpiteet, kuten esimerkiksi sen tarvitseeko lähettää ambulanssia paikalle.

Hyvänä esimerkkinä tästä on ”Haimuumaa-projekti: Uudet viestintäteknikat avuksi hoivatyöhön” [Lah05]. Projektin tarkoituksena oli miettiä kuvapuhelimen käyttömahdollisuuksia hoivatyössä ja kokeilla sitä myös käytännössä. Hankkeessa olivat mukana sekä Saarenkartanon palvelukoti Hailuodossa, että Oulussa sijaitseva Päivärinteen kuntoutussairaala, jonka kanssa Hailuodolla on palvelusopimus. Hailuodossa sijaitsevan Saarenkartanon palvelukodin johtavan hoitajan Tuula Vuotikan mukaan ”Kuvapuhelin on niin monipuolinen väline, että sen käytölle vain mielikuvitus asettaa rajat”. Hän mainitsee esimerkkeinä lääkärin, joka tekee kotikäynnin potilaan luokse olematta itse fyysisesti paikalla sekä fysioterapeutin, joka lähettää ohjeet kuvan välityksellä kuntoutettavan luokse samanaikaisesti tarkistaen kuntoutuksen sujumisen kuvapuhelimen välityksellä. Lopuksi Vuotikka kertoo vielä miespotilaista, jotka vähättelevät vaivojaan, mutta puhelimen välittämä kuva paljastaa lopulta todellisen tilanteen. Kuva kertoo siis enemmän kuin tuhat sanaa.

Tietotekniikan käyttö terveydenhuollossa tulee olemaan merkittävässä asemassa etenkin vanhuksille [Lah05], jotta he pystyisivät selviytymään yksin kotona mahdollisimman pitkään. Vaarana on kuitenkin se, että tekniikasta tulee itsetarkoitus eikä pelkkä apuväline sairaanhoidajan ja potilaan välillä. Uusi tekniikka mahdollistaa hoitohenkilökunnan paremman ajankäytön ja myös henkilökohtaiselle kontaktille potilaan kanssa jää huomattavasti enemmän aikaa. Vanhusten kohdalla saattaa uuden tekniikan käyttöä kohtaan esiintyä etenkin alkuvaiheessa ennakkoluuloja, mutta tietotekniikan käyttö terveydenhuollossa tulee tulevaisuudessa joka tapauksessa lisääntymään. Tulevat sukupolvet ovat jo tottuneet toimimaan uuden tekniikan kanssa eikä sen käytön oppimiselle ole isoa kynnystä ylitettävänä. Tekniikan kanssa on kuitenkin syytä varautua siihen, että teknisten laitteiden käyttö ei ole koskaan täysin ongelmaton ja häiriöitä saattaa silloin tällöin esiintyä.

## 6 ETELÄ-KARJALA 2018

Tässä kappaleessa käsitellään Etelä-Karjalan tilannetta vuonna 2018 tulevaisuuden kaistan käyttötarpeet huomioiden. Tarkastellaan palveluja eri käyttäjäryhmien kohdalla, sillä kaistan käyttötarpeet vaihtelevat eri käyttäjäryhmien kuten peruskäyttäjien ja tehokäyttäjien kesken. Kappaleessa käsitellään myös Soneran lankaverkon alasajoa, joka merkitsee sitä, että Soneran lankaverkko sulkeutuu vuonna 2010 ja lankaverkon tilalle korvaavaksi yhteydeksi tarjotaan langattomia yhteyksiä [Vaa08]. Asia koskettaa myös Etelä-Karjalaa [Puh08]. Tulevaisuudessa valokuidun käyttö lisääntyy entisestään ja yhteyksiä ruvetaan vetämään viemäriin samanaikaisesti viemäritöiden yhteydessä [Lin08].

### 6.1 Tulevaisuuden käyttötarpeet ja palvelut

Tällä hetkellä Etelä-Karjalassa laajakaistayhteydet ovat itsestään selvä asia. Tietomaakunta eKarjala Oy:n toimitusjohtaja Ossi Korhosen [Kor07] mukaan ”Kehitys saatavuuden toteutuksesta on siirtynyt nykyisten yhteyksien nopeuksien parantamiseen. Toistaiseksi verkon tämän hetkisiin palveluihin riittää nopeudet 1-8 Mbit/s. Videokuvan yleistyessä nopeuksia tarvitaan lisää ja tähän pitää nyt alkaa varautua. Laajamittaisempi tarve on arviolta n. 3-5 vuoden päästä. ADSL tarjoaa jo nyt mahdollisuuksia 24 Mbit/s asti. Laajan puhelinkekusverkoston, jossa jo nyt on valokaapeli, avulla voidaan jatkaa kuituyhteyksiä eteenpäin suuremman nopeuden saavuttamiseksi. Tähän tarvitaan tilaajien osoittama tarve ja halu hankkia nopeita liittymiä.”

Tällä hetkellä [Kor07] Etelä-Karjalassa useissa kylissä on ADSL:n hankkineiden osuus yli 60 % kotitalouksista, joilla on puhelinlankayhteys talouteen. Tämä osoittaa sen, että etelä-karjalaiset käyttäjät seuraavat aikaansa ja haluavat jatkossakin olla kehityksessä mukana sekä käyttää verkon uusia palveluja. Käyttäjät tarvitsevat erilaisia verkon palveluita ja kaistan käyttötarpeet ovat verkon palveluista riippuvaisia myös tulevaisuudessa. Voidaan kuitenkin sanoa, että nykyään tekniikka kehittyy nopeammin kuin peruskansalaisen käyttötarpeet.

Etelä-Karjalan maakuntaohjelmassa 2007–2010 [Eka06] määritellään, että kuntien palvelutuotannon laadun ja kustannustehokkuuden ylläpitämiseksi palvelutuotannossa tarvitaan uusia työkaluja, jotka perustuvat tieto- ja viestintätekniikan suomiin mahdollisuuksiin. Kuntien ja

kuntalaisten käyttöön tulisi ohjelman mukaan kehittää kuntien yhteistyönä uusia sähköisiä asiointipalveluita ja tietojärjestelmiä, kuten esimerkiksi videokuvaa välittäviä valvontajärjestelmiä. Tietomaakunta eKarjala Oy on kuntien ICT (tieto- ja viestintäteknologia)- yhteistyöorganisaationa kehittänyt verkkopalveluita, jotka ovat käytettävissä kuntasivustojen ja maakuntaportaalin [Eka07a] kautta. Maakunnan elinkelpoisuuden kannalta on oleellisen tärkeää, että Etelä-Karjalassa ollaan verkkopalveluiden hyväksikäytössä vastaavalla tasolla kuin muut Suomen maakunnat [Eka06]. Sähköisten palveluiden kehityksessä tulee huomioida myös mobiilipalveluiden tuomat mahdollisuudet ja kehittää maakunnan kuntapalveluita mobiilipäätelaitteille. Tietomaakunta eKarjala Oy on tehnyt hankkeena vuoden 2006 loppuun mennessä yhteistyönä kaikkien Etelä-Karjalan kuntien kanssa sähköisten asiointipalveluiden kehityssuunnitelman. Sen pohjalta Tietomaakunta eKarjala Oy jatkaa sähköisten palveluiden toteutus- ja käyttöönottoja maakunnan kuntien yhteisenä kehitys- ja tuotanto-organisaationa.

TeliaSonera Oyj:n aluejohtajan Tuomo Puhakaisen [Puh08] mukaan kymmenen vuoden sisällä 100 megabitin nettiliittymät ovat yleisessä käytössä Etelä-Karjalassa. Hän uskoo kehityksen menevän vahvasti siihen suuntaan, että laajakaistaliittymät ilmestyvät television yhteyteen muodostaen ns. ”kodin viihdekeskuksen”. Käyttäjien kiinnostuksen kohteina tulevat olemaan erityisesti viihde- ja ajanvietekäyttöön tarkoitettut palvelut, kuten tilausvideot eli ”video on demand” IP-verkossa. Muita suosiotaan kasvattavia viihdepalveluita tulevat olemaan verkkopelit, digiradio, kuvapuhelin/videoneuvottelu.

Viihde tulee ohjaamaan myös puhe- ja internetpalveluita [Puh08]. Televerkot ovat muuttumassa asteittain kokonaan IP-pohjaisiksi. Laajakaistaverkkojen strateginen merkitys kasvaa teleyrityksen palvelutarjonnassa. Laajakaistaverkoista on kehittymässä täysin uudenlainen ja ylivoimainen vaihtoehto TV-toimintaympäristöille ja monille muille sähköisille palveluille [Kle08]. Ensimmäisen kerran koko teletoiminnan historiassa on mahdollista tarjota yhden ympäristön eli laajakaista-TV-palveluympäristön kautta kaikki sähköinen palvelutarjonta. Puhakaisen [Puh08] mukaan tallentaville digibokseille käy kymmenen vuoden päästä samalla tavalla kuin nyt on käynyt puhelinvastaajille eli ne jäävät vähitellen pois käytöstä. TV-ohjelmat tulevat suoraan operaattorilta ja ne voidaan katsoa silloin kun itselle parhaiten sopii. IP-TV, joka on internet-protokollan käyttöön perustuva teknologia niin televisio-ohjelmien jakelussa kuin paluukanavassakin, edellyttää kuitenkin tulevaisuudessa kuituyhteyksiä kotitalouksissa tai 100 megabitin yhteyksiä kaapelitv-verkoissa. Tämä tekniikka antaa mahdollisuuden mm. videoneuvotteluihin ja vuorovaikutteisten tv-ohjelmien jakeluun. Siirtonopeuksien kasvaessa IPTV-verkosta on tulossa myös



teräväpiirtotelevision jakelukanava [Kle08]. IPTV-palvelun avulla käyttäjä voi katsella jopa satoja eri televisiokanavia laajakaistan välityksellä. Puhakaisen mukaan [Puh08] tulevaisuuden kaistavaatimukset Etelä-Karjalassa riippuvat käyttäjästä, sillä peruspalveluihin riittävät esimerkiksi nykyiset 3G-verkot ja @450-laajakaista. Miten kaistaa jaetaan, se tulee olemaan ratkaisevaa. Kiinteän verkon puolella esimerkiksi verkossa pelattavat tietokonepelit vaativat enemmän kaistaa myös tulevaisuudessa.

Kuvassa 7 on kuvattu liittymänopeuksien kehittymistä viimeisten 20 vuoden aikana [Tje04]. Siirtonopeudet käyttäjää kohden ovat kasvaneet kuvan esittämällä tavalla tasaisesti ja 20-kertaistuneet viimeisten 10 vuoden aikana. Mikäli tämä kehitys jatkuu samanlaisena seuraavan kymmenen vuoden aikana, vuodesta 2008 vuoteen 2018, voidaan seuraavan sukupolven tilaajaverkoissa varautua lähes 1 Gbit/s-nopeuteen käyttäjää kohti. Tämä tarkoittaa sitä, että kuidun merkitys tulee olemaan suuri seuraavan sukupolven verkoissa, koska siihen perustuvat yhteydet ovat siirtonopeudeltaan ylivoimaisia muihin tekniikoihin verrattuna.



**KUVA 7. Tulevaisuuden palveluvaatimukset [Ker05]**

Tulevaisuuden tarpeita on esimerkiksi monipuolisempi sosiaalinen kanssakäyminen, Etelä-Karjalassa maaseudulla ja kaupungeissa asuva väestö erkanee toisistaan sosiaalisten yhteyksien katketessa kokonaan tai rajoituessa satunnaisiin vierailuihin [Eka06]. Entistä nopeampien tietoverkkojen avulla voidaan taata mahdollisuus ylläpitää sosiaalisia kontakteja huolimatta vastapuolen asuinpaikasta syrjäseudulla. Nopeimmat tietoverkot takaavat yhteydenpidon esimerkiksi suuren videonäytön välityksellä, jossa vastapuoli näkyy reaaliajassa luonnollisessa koossa. Etävierailut tarjoavat vaihtoehdoisen tavan kanssakäymiseen. Tulevaisuuden tarpeisiin kuuluu myös lisääntyvä etätyöskentely. Useissa ammateissa osa työstä on mahdollista tehdä etätyönä ajasta ja paikasta riippumattomasti esimerkiksi kotoa käsin. Nopeat tietoverkot mahdollistavat etätöiden tekemisen joustavasti, työmatkaan kuluva ajassa sekä kustannuksissa pystytään säästämään. Nopeiden tietoverkkojen avulla pystytään myös pitämään yhteyttä työtovereihin ja osallistumaan kokouksiin.

Tietoverkkoja voidaan hyödyntää myös tehokkaammin etäopetuksen järjestämisessä. Syrjäseutujen kyläkouluissa ei välttämättä pystytä järjestämään eri alojen huippuopetusta eikä laajoja valikoimia erityiskursseja. Etäopetuksen avulla voidaan esimerkiksi paikallisessa kyläkoulussa Etelä-Karjalan alueella seurata Helsingissä pidettävää koulukurssia. Tämä mahdollistaa sen, ettei eriarvoistumista pääse tapahtumaan koulujen opetuksen tasossa. Terveystieteidenhoidossa on useita erilaisia tarpeita, joissa tietoverkot helpottavat työtä ja tehostavat toimintaa [Lah05]. Tulevaisuudessa terveystieteidenhoidossa käytetyt ohjelmistot vaativat yhä enemmän kapasiteettia verkoilta, esimerkiksi röntgen-kuvien siirtäminen digitaalisten tietoverkkojen avulla erikoislääkärin tarkasteltavaksi. Etäterveystieteidenhoidossa olisi tarve kokonaiselle järjestelmälle, joka ylläpitäisi tietotekniikan avustamana etäterveystieteidenhoitojärjestelmää.

Taulukossa 5 on kuvattu laajakaistatarpeita nyt ja tulevaisuudessa. Taulukko on tehty mukailien Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa ”Verkkojen avoin käyttö” [Ker05] ollutta laajakaistatarpeiden esittämää taulukkoa. Peruspalveluihin kuten esimerkiksi sähköpostiin ja nettiselaamiseen riittää hyvin alhaisemmat nopeudet kuten 256 - 512 kbit/s. Nykyisin 1 Mbit/s-yhteys alkaa kuitenkin olla minimivaatimus. Todellinen laajakaista alkaa kahdesta megabitistä ja siitä ylöspäin. Perusliittymä 1-4 Mbit/s soveltuu esimerkiksi musiikin kuunteluun sekä myös nettivideoiden lataamiseen.

**Taulukko 5. Laajakaistatarpeita**

Nopeus	Tyypillisiä palveluita
256 - 512 kbit/s	Interaktiiviset Internet-sovellukset (http, e-mail, ftp, pelit, puhe)
1 – 4 Mbit/s	Musiikki, Broadcast-laatuinen MPEG 2-video
4 - 8 Mbit/s	Verkkopelaaminen, video
10 Mbit/s	Yksi HDTV-kanava ja kaksi peruskanavaa (web, tv,...)
50 Mbit/s →	Täysi HDTV-tuki, triple-play

Ns. nopeat liittymät 4-8 Mbit/s (ADSL2, ADSL+,...) sopivat käyttäjälle, joka lataa liikkuvaa kuvaa internetistä. Nopeudet riittävät erinomaisesti myös verkkopelaamiseen ja etätyöskentelyyn. Perusliittymää nopeampia yhteyksiä tarjotaan satunnaisesti Etelä-Karjalassa [Vie08a]. Aluekehitysstrategian [Eka06] kannalta on keskeistä se, että on aloja, joiden kehittyminen oleellisesti riippuu jo tänä päivänä laajakaistayhteyksistä, joiden nopeus on yli 4Mb/s. Tähän kuuluvat esimerkiksi opetusala, mediateollisuus ja yleensä tietointensiiviset alat. Mikäli halutaan edistää opetusohjelmien käyttöä suoraan oppilaiden kotoa, on varmistettava, että nopeita yhteyksiä on saatavana muuallakin kuin koulussa. Maaseudun elinkeinojen kehityksen kannalta on oleellista, että nopeita laajakaistapalveluja on saatavilla yleisesti.

10 Mbit/s ja sitä nopeammat yhteydet on tarkoitettu tehokäyttäjälle, joka lataa internetistä paljon videomateriaalia ja katsoo televisiokanavia internetin välityksellä. Se soveltuu myös koteihin, joissa on useita tietokoneita, joita käytetään samanaikaisesti. Juuri nyt ajankohtainen käsite on triple-play, jonka uskotaan muokkaavan merkittävästi alaa ja eri toimijoiden rooleja [Kle08]. Triple play eli ns. kolmipeli on äänen, kuvan sekä muun dataliikenteen välittämistä saman yhteyden kautta. Käytännössä tämä tarkoittaa puheliikenteen, radion, television ja internetliikenteen välittämistä samalla laajakaistayhteydellä. Kokonaisuuteen kuuluu useimmiten myös videoiden vuokraaminen internetissä. Valokuidulla on riittävästi kapasiteettia näihin tulevaisuuden tarpeisiin, toisin kuin kuparissa [Åke08]. Esimerkiksi Keski-Euroopassa on kaistankäyttötarpeeksi lähivuosina ennustettu

vähintään 40 Mbit/s. Tämä tarve koostuu kahdesta HDTV-kanavasta, 8 Mbit/s-internetyhteydestä, puhelimesta ja videopuhelimesta. Voidaan ennustaa, että Etelä-Karjalan tulevaisuuden kaistankäyttötarve tulee lähivuosina olemaan vähintään Keski-Euroopan luokkaa. Kuparilla ei tuota tarvetta voida tyydyttää edes lyhyillä etäisyyksillä.

Nopeilla valokuituyhteyksillä netistä voi ladata esimerkiksi teräväpiirtoelokuvia [Kle08]. Käyttäjä ei huomaa eroa perinteisen kupariverkossa kulkevan ADSL-yhteyden ja valokuituyhteyden välillä, jos kyse on hitaimmista nopeuksista. Vaativille käyttäjille valokuitu tarjoaa luotettavamman internet-yhteyden. Vaikka hitaat yhteydet ovat katoamassa, niille on edelleen kysyntää Etelä-Karjalassa haja-asutusalueilla [Puh08]. Etelä-Karjalasta löytyy vain muutamia haja-asutusalueita, joihin ei teknisistä syistä voida toimittaa muita kuin hitaita laajakaistayhteyksiä. Kun erilaiset videopalvelut yleistyvät, kaistavaatimukset kasvavat [Kle08]. Mikäli videoita ladataan kodissa usealla eri tietokoneella samanaikaisesti, yhteys voi hidastua, ellei käytössä ole riittävästi kaistaa. Nopeimpien yhteyksien tilaajat haluavat katsella televisiokanavia internetin kautta. Nopeiden yhteyksien tarvetta on lisännyt myös kasvava etätöiden määrä sekä verkkopelaaminen. Pelaajat ovat yleensä vaativaa porukkaa eivätkä tyydy hitaisiin yhteyksiin.

## 6.2 Tulevaisuuden näkymiä Etelä-Karjalassa

Soneran puhelinlankaverkko sulkeutuu vuodesta 2010 lähtien [Vaa08]. Lankaverkon sulkeminen johtuu siitä, että sen ylläpitäminen ei ole enää kannattavaa asiakkaiden luopuessa lankapuhelimista ja tästä johtuen verkosta on nykyisin puolet tyhjänä. TeliaSonera Oyj:n aluejohtajan Tuomo Puhakaisen [Puh08] mukaan Etelä-Karjalassa tämä alasajo tapahtuu vuonna 2011. Lankaverkon tilalle Sonera tarjoaa langattomia yhteyksiä, yhteyksiin Sonera käyttää Digitan 450-verkkoa tai omaa 3G-verkkoaan. Lankaverkon sulkeminen koskee yli 50000 Soneran asiakasta Suomessa, Etelä-Karjalassa noin tuhatta asiakasta ja 2300 liittymää, joista 1100 on laajakaistayhteyksiä ja 1200 lankapuhelinyhteyksiä. Sonera lupaa myös, että maaseudulla kaikilla on käytössä vähintään yhden megabitin nopeus. Puhakaisen mukaan lankaverkon alasajo ei tule olemaan mitenkään dramaattista Etelä-Karjalassa, sillä useimmille riittävät nykyiset langattomat yhteydet. Etelä-Karjalassa ei ole siis enää vuonna 2018 käytössä Soneran puhelinlankaverkkoa.

Liikenne- ja viestintäministeriö [Lin08] linjaa, että tulevaisuudessa valokuituun perustuvat laajakaistaverkot kannattaisi rakentaa haja-asutusalueilla samanaikaisesti uusien viemäriverkkojen kanssa. Tämä merkitsee sitä, että valokuituyhteys olisi mahdollista saada edullisesti tai ainakin valmius siihen vuosittain kymmeneen tuhansiin kiinteistöihin. Ministeriön mukaan useissa vesiosuuskunnissa suunnitellaan kylä- tai aluekohtaisia viemäriverkostoja, jotta vuoden 2013 loppuun mennessä alueiden jätevesihuolto olisi jätevesiasetuksen edellyttämässä kunnossa. Samassa yhteydessä olisi näin ollen mahdollista yhdistää kaapelointityö viemäriverkon kaivamisen yhteyteen ja valokuituverkko olisi mahdollista rakentaa edullisesti. Tuomo Puhakaisen [Puh08] mukaan näin on mahdollista menetellä tulevaisuudessa myös Etelä-Karjalassa. Hän muistuttaa kuitenkin, että mikäli kaapelointi vedetään huolimattomasti viemäriputken sisäpinnalle, se saattaa aiheuttaa joitakin ongelmia, kuten esimerkiksi paperi tai muu roina voi tarrautua kiinni kaapeliin ja muodostaa kulkuesteen. Kuitu pitääkin sitoa kiinni putken ulkopinnalle ja vesijohto olisi parempi tähän tarkoitukseen. Haasteita tulevat olemaan myös vanhemmat putket.

Lopputuloksena perustuen muutamien asiantuntijoiden [Puh08] [Hon08] [Nie08] kanssa käytyihin keskusteluihin ja edellä käsitellyissä kappaleissa esitettyihin tulevaisuuden tietoliikennenäkyymiin voidaan esittää seuraavanlainen visio Etelä-Karjalasta vuonna 2018:

### **Visio Etelä-Karjala 2018:**

- **yrityksissä ja kotitalouksissa käytetään yleisesti vähintään 100 Mbit/s- nopeuksia**
- **Soneran puhelinlankaverkko on ajettu kokonaan alas Etelä-Karjalassa**
- **valokaapelirakentaminen jatkuu voimakkaana Etelä-Karjalassa. Tähän osallistuvat operaattorit, kunnat ja kiinteistöjen omistajat.**
- **nopeita yhteyksiä (1 Gbit/s) saatavilla kaikissa kouluissa, kirjastoissa terveyskeskuksissa sekä muissa julkisen sektorin toimi/työpisteissä**
- **GSM-verkko korvautunut UMTS900-verkolla, suurempia nopeuksia tarjotaan HSPA- ja LTE-tekniikoilla**
- **langattomia yhteyksiä on saatavilla koko maakunnassa**

## 7 YHTEENVETO

Tekniikan kehittyessä huimaa vauhtia on tulevaisuuden ennustaminen kymmenen vuoden päähän vaikeaa, miltei mahdotonta. Yleensä ennustaminen on järkevää vain varsin lyhyen aikavälin tähtäimellä eli ainoastaan muutaman vuoden päähän. Osmo A. Wiion laki [Wii05] sanoo tulevaisuuden ennustamisesta, että ”Lähitulevaisuus yliarvioidaan ja kaukainen tulevaisuus aliarvioidaan.” Tiettyjä suuntaviivoja voidaan kuitenkin kartoittaa perustuen tieteellisiin tosiseikkoihin ja muutamien asiantuntijoiden kanssa käytyihin keskusteluihin. Tässä kappaleessa tehdään yhteenveto edellisissä kappaleissa käsitellyistä asioista.

Kansallinen tietoyhteiskuntastrategia määrittelee [STT07], että Suomessa tulisi olla kattavasti käytössä 100 megabitin nettiyhteys vuoteen 2015 mennessä. Tietoliikenteen ja tietotekniikan keskusliiton Ficomin toimitusjohtaja Reijo Svenno toteaa muun muassa seuraavaa: ”Kuidun käyttö yleistyy, langattomat yhteydet nopeutuvat ja samanaikaisesti tapahtuu pakkausteknologian kehittymistä. Nämä kaikki mahdollistavat entistä suurempien datamäärien siirtämisen yhä nopeammin”. Siirtonopeuksien kasvaessa entisestään kaapeloinnissa siirrytään valokuituun. Kapasiteettitarpeen kasvaessa valokaapelia tuodaan entistä lähemmäksi kotitalouksia ja lisäksi otetaan käyttöön suuremman kapasiteetin omaavia kuparikaapelien järjestelmiä kuten VDSL. Se syrjäyttää vähitellen ADSL-tekniikan suosituimpana xDSL-tekniikkana.

Tietoliikenneverkko on Etelä-Karjalan alueella jo nykyään varsin kattava ja kansainvälisestikin vertailtuna nopea. Yrityksissä ja kotitalouksissa käytetään vuonna 2018 yleisesti vähintään 100 Mbit/s-yhteysnopeuksia. Peruskorjatut rakennukset ja uudisrakennukset on varustettu valokaapeliyhteyksin, joka mahdollistaa Gbit/s ulottuvat yhteysnopeudet. Lisäksi Suomessa on käytettävissä koko maan kattava langaton tietoliikenneverkko [Oja04].

Laajakaistamarkkinoilla on painetta siirtyä kohti täysin yhteensopivia palveluja, mutta tämä saattaa kestää pitkän aikaa etenkin markkinoiden alku- ja kehitysvaiheessa. Myös teknisiä yhteensopivuus-ongelmia syntyy yleensä silloin, kun käyttöön otetaan uusia ja kehittyneitä järjestelmiä [Hus08]. Uudet verkot, palvelut ja tekniikat eivät välttämättä heti ole täysin yhteensopivia kaikkien verkkojen kanssa.

Eri verkkotekniikat tulevat yhdistymään tulevaisuudessa, sillä ei ole järkevää rakentaa ja ylläpitää useita päällekkäisiä verkkoja [Hus08]. Tämä mahdollistaa sen, että pystytään tarjoamaan mahdollisimman usealle käyttäjälle edullinen sekä kattava verkkoympäristö asuinpaikasta riippumatta. Verkkojen konvergenssin jatkuessa tietoliikennepalvelut kuten puhelut tulevat osaksi tietotekniikkaa. Viestintäteknologioiden konvergenssilla tarkoitetaan erilaisten viestintäteknologioiden lähentymistä toisiaan. Konvergenssikehitys johtaa lopulta televiestinnän, joukkoviestinnän sekä Internetin rajojen hämärtymiseen ja ne tulevat sulautumaan yhdeksi kokonaisuudeksi.

Eri teknologioiden yhdistyessä voidaan yhdellä päätelaitteella kuten matkapuhelimella käyttää hyvinkin monimuotoisia palveluita. Tulevaisuuden matkapuhelimeissa voivat yhdistyneenä olla televisio, puhelin sekä Internet-pääte. Palveluiden käyttäjän ei tulevaisuudessa tarvitse välittää millaista tekniikkaa erilaisten toimintojen käyttäminen lopulta vaatii, vaan niiden yhdistäminen tapahtuu automatisoidusti. Langattomien päätelaitteiden yleistyminen ja niiden palvelutarjonnan monipuolistuminen aiheuttavat lopulta sen, että myös joukkoviestintä erikoistuu erilaisille kohderyhmille tapahtuvaksi viestinnäksi.

Operaattorit panostavat langattomiin verkkoihin ja valokaapeliverkkoja kehitetään edelleen. Symmetrisyys ja verkkojen suurempi integraatio tulevat olemaan vallitsevia tulevaisuuden trendejä. Tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan useita erilaisia liityntäverkkoja. Langattomissa verkoissa liikkuvuus yhdistyy varsin rajalliseen kapasiteettiin, kun taas kiinteät verkot omaavat käytännössä rajattoman kapasiteetin. GSM- sekä GPRS-verkot ovat peittoalueeltaan loistavia, mutta kapasiteetiltaan rajoitettuja. WLAN omaa suuren kapasiteetin pienellä alueella. Matkapuhelinverkoissa GSM korvautuu siis UMTS900-verkolla sekä HSPA- ja LTE-tekniikat valtaavat alaa. Myös WiMAX ja @450laajakaista kasvattavat peittoalueitaan.

Monikanavaisuudella pystytään yhdistämään verkkojen parhaat ominaisuudet, esimerkiksi WLAN-hotspoteissa on käytössä korkeaa luokkaa oleva tiedonsiirtonopeus ja GSM sekä GPRS mahdollistavat jatkuvan kytketymisen verkkoon. Tulevaisuuden päätelaitteet pystyvät vaihtamaan automaattisesti eri verkkoliitännöiden välillä ongelmitta. Laajakaistainen monipalveluverkko yleistyy käytössä ja se edellyttää verkolta sekä joustavuutta että ominaisuuksia soveltua erityyppisiin palveluvaatimuksiin. Näitä ovat kyky erilaisen multimedian kuten tekstin, puheen, datan ja videokuvan käsittelyyn, siirtonopeuteen, reaaliaikaisuuteen, suorituskykyyn, koodaukseen, kahdenkeskisyyteen sekä monikeskisyyteen.



## LÄHDELUETTELO

[3GPP06] 3rd Generation Partnership Projectin määritelmä: "Long Term Evolution of the 3GPP radio technology". Saatavilla:<http://www.3gpp.org/Highlights/LTE/lte.htm>. Viitattu: 18.6.2007.

[Bra06] Christina Braz, Jean-Marc Robert: "Security and Usability: The case of user authentication methods". Proceedings of the 18<sup>th</sup> international conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine IHM '06, Montreal, Canada, s.199-203, huhtikuu 2008. ISBN:1-59593-350-6.

[Dig06] Digita/Viestintä. Digi-tv-tekniikka mahdollistaa langattoman sisäverkon, 2006  
Saatavilla: [http://www.digita.fi/digita\\_dokumentti.asp?path=1840;3793;1973;9850;8397](http://www.digita.fi/digita_dokumentti.asp?path=1840;3793;1973;9850;8397)  
Viitattu: 5.1.2008

[Dig08a] Digita Oy:n ylläpitämän @450 langattoman laajakaistaverkon kotisivut. Saatavilla:  
<http://www.450laajakaista.fi/>. Viitattu: 1.2.2008

[Dig08b] Digita Oy:n ylläpitämä digitv.fi- kotisivusto. Saatavilla: <http://www.digitv.fi/>.  
Viitattu: 1.2.2008

[Eka06] Etelä-Karjalan maakuntaohjelma 2007-2010. Saatavilla: <http://kanava.etela-karjala.fi/LiiteTiedostoNayta.asb?DokumenttiID=5377&TauluNimi=TiedoteKappale&NakymaID=62&KappaleID=8087>. Viitattu: 14.9.2008

[Eka07a] Etelä-Karjalan maakuntaportaalin kotisivut. 2008. Saatavilla: <http://www.ekarjala.fi/>.  
Viitattu: 21.6.2007

[Eka07b] Laajakaistaverkot Etelä-Karjalassa, Etelä-Karjalan tietoverkkoinfra. 2007. Saatavilla:  
[http://www.kainuu.fi/UserFiles/File/laajakaistapaiva/OKorhonen\\_eKarjala.pdf](http://www.kainuu.fi/UserFiles/File/laajakaistapaiva/OKorhonen_eKarjala.pdf).  
Viitattu: 11.8.2007

[Gra01] Kaj Granlund: "Langaton tiedonsiirto". Kustantaja: WS Bookwell, 2001, Porvoo. ISBN: 951-846-091-4

[Gra03] Kaj Granlund: "Tietoliikenne". Kustantaja: WS Bookwell, 2003, Porvoo. ISBN: 951-846-133-3

[Hei05] Arsi Heinonen: "Laajakaistaratkaisut taloyhtiöissä". Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, Julkaisija: Painokurki Oy, 2005, Helsinki. ISBN: 952-5382-84-2.

[Hom08] HomePNA-Alliancen ylläpitämä HomePNA-sivusto. Saatavilla: <http://www.homepna.org>  
Viitattu: 14.6.2007

[Hon08] JärviNet Oy:n toimitusjohtaja Matti Honkakosken kanssa tehty sähköpostihaastattelu 22.4.08

[Hus08] Sadia Hussain, Zara Hamid and Naveed S. Khattak: "Mobility Management Challenges and Issues in 4G Heterogeneous Networks". ACM Proceedings of the First International Conference on Integrated Internet Ad Hoc and Sensor Networks (May 30 - 31, 2006)

[IEEE 802.3] Institute of Electrical and Electronics Engineersin 802.3-standardi: "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications". Joulukuu 2005, julkaisija: IEEE

[IEEE 802.3-ae] 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, 2006, julkaisija: IEEE

[IEEE 802.11a] Institute of Electrical and Electronics Engineersin 802.11-standardi: "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications". Maaliskuu 1999, julkaisija: IEEE

[IEEE 802.11.b] Institute of Electrical and Electronics Engineersin virallinen IEEE 802.11-työryhmien projektiaikataulujen taulukko. Verkkosivu. Saatavilla: [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm). Viitattu: 20.5.2008

[IEEE 802.16] Institute of Electrical and Electronics Engineersin standardi paikallisille- ja kauapunkiverkoille osa 16: "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems". Kesäkuu 2004. Julkaisija: IEEE. ISBN:0-7381-4070-8

[ITU G.991.1] "High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers" International Telecommunication Union Recommendation G.991.1, lokakuu 1998. Saatavilla: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.991.1-199810-I/en>. Viitattu: 17.9.2008

[ITU G.991.2] "Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (SHDSL) transceivers" International Telecommunication Union Recommendation G.991.2, helmikuu 2001. Saatavilla: <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/aap/sg15aap/history/g9912/g9912s.html>. Viitattu: 17.9.2008

[ITU G.992.1] "Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers" International Telecommunication Union Recommendation G.992.1, kesäkuu 1999. Saatavilla: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.1-199907-I/en>. Viitattu: 14.6.2008

[ITU G.992.3] "Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2)" International Telecommunication Union Recommendation G.992.3, heinäkuu 2002. Saatavilla: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.3/en>. Viitattu: 14.6.2008

[ITU G.992.5] "Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+)" International Telecommunication Union Recommendation G.992.5, toukokuu 2003. Saatavilla: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200305-S/en>. Viitattu: 14.6.2008

[ITU G.993.1] "Very high speed digital subscriber line foundation" International Telecommunication Union Recommendation G.993.1, marraskuu 2001. Saatavilla: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.1-200111-S/en>. Viitattu: 17.9.2008

[ITU G.993.2.] "Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)" International Telecommunication Union Recommendation G.993.2, helmikuu 2006. Saatavilla: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/en>. Viitattu: 17.9.2008

- [Kar05] Arto Karila: ”IP-puhelut- vaikutuksia ja visioita, 17.5. 2005. Saatavilla: <http://www.etelapohjanmaa.fi/seminaari175/arto.pdf>. Viitattu: 31.3.2008
- [Kar07] Ari Karkimo: ”Viiden vuoden päästä nyky-tv:lle nauretaan”. Tietokone-lehden verkkoartikkeli 29.1.2007. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=29496&tyyppi=1](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=29496&tyyppi=1). Viitattu: 7.8.2007
- [Ker05] Esa Kerttula: ”Verkkojen avoin käyttö”. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 76/2005, Edita Publishing Oy, Helsinki 2005. Saatavilla: [http://www.mintc.fi/oliver/upl930-Julkaisuja\\_76\\_2005.pdf](http://www.mintc.fi/oliver/upl930-Julkaisuja_76_2005.pdf). ISBN: 952-201-451-6  
Viitattu: 19.4.2008
- [Kes07] Keski-Pohjanmaan laajakaistastrategia. 2007. Saatavilla: [http://www.keski-pohjanmaa.fi/tiedostot/Laajakaistastrategia\(1\).pdf](http://www.keski-pohjanmaa.fi/tiedostot/Laajakaistastrategia(1).pdf). Viitattu: 24.10.2007
- [Kle08] Kristiina Klemetti: ”Triple Play hyödyntää laajakaistaverkkoa”. Ficom Ry:n viestintäpäällikön Kristiina Klemetin verkkoartikkeli. Saatavilla: [http://www.ficom.fi/tietoa/tietoa\\_4\\_1.html?Id=1140700945.html](http://www.ficom.fi/tietoa/tietoa_4_1.html?Id=1140700945.html)  
Viitattu 14.9.2008
- [Kor07] Tietomaakunta eKarjala Oy:n toimitusjohtaja Ossi Korhosen kanssa käyty keskustelu 15.6.2007.
- [Kää00] Markku Kääriäinen: ”Laajakaista kaikille: Tekniset ja taloudelliset edellytykset Suomessa”. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 41/00, Oy Edita Ab, Helsinki 2000
- [Laa04] Laajakaistatiedote: HomePNA- Taloyhtiön edulliset laajakaistayhteydet, 2004. Saatavilla: <ftp://ftp.vdsl-tekniikka.fi/docs/laajakaista/laajakaistatiedote.pdf>.  
Viitattu: 7.9.2007
- [Laa07] Kansallinen laajakaistastrategia 2004-2007, Laajakaista.fi, Liikenne- ja viestintäministeriö, 2007. Saatavilla: [http://www.laajakaistainfo.fi/toimeenpano/loppuraportti1\\_2.php](http://www.laajakaistainfo.fi/toimeenpano/loppuraportti1_2.php)  
Viitattu: 12.11.2007
- [Laa08] Eri teknologiat, Laajakaista.fi, Liikenne- ja viestintäministeriö, 2008. Saatavilla: <http://www.laajakaistainfo.fi/teknologiat/index.php>. Viitattu: 2.1.2008
- [Lah05] Hilikka Lahti: ”Haimuumaa-projekti: Uudet viestintäteknikat avuksi hoivatyöhön”. Työelämän tutkimuksen ja kehittämisen erikoislehden Tiedon sillan verkkoartikkeli 2/2007. Saatavilla: [http://www.tsr.fi/files/Uutistori/tiedonsilta/2005\\_2/16.htm](http://www.tsr.fi/files/Uutistori/tiedonsilta/2005_2/16.htm). Viitattu: 20.4.2008
- [Leh07] Matti Lehtonen: “ IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen”. Helsingin teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikan julkaisuja, 2007. Saatavilla: [http://powersystems.tkk.fi/julkaisut/Climbus-IT\\_978-951-22-8835-9.pdf](http://powersystems.tkk.fi/julkaisut/Climbus-IT_978-951-22-8835-9.pdf).  
ISBN: 978-951-22-8835-9
- [Leh08] Tero Lehto: ”Comcastin ja Nortelin usean laitevalmistajan verkko”. Tietokone-lehden verkkoartikkeli 17.3.2008. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=33166&tyyppi=1](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=33166&tyyppi=1). Viitattu: 17.3.2008

- [Lin08] Tuomas Linnake: ”Valokuitu kelpaa hyvin viemäriin”. IT-viikko-lehden verkkoartikkeli 7.5.2008. Saatavilla:  
<http://www.itviikko.fi/talous/2008/05/07/valokuitu-kelpaa-hyvin-viemariin/200812583/7>.  
Viitattu 5.9.2008
- [Meg04] Meghelli, M., A I08 Gbps 4:1 multiplexer in 0.130m SiGe bipolar technology, ISSCC Digest, Paper 13.3, Feb. 2004.
- [Nie08] Ficoran viestintäverkkoasiantuntija Klaus Niemisen kanssa tehty sähköpostihaastattelu 23.4.08.
- [Odo05] Wendell Odom: ”Tietoverkot”. Kustantaja: Edita Prima Oy, 2005, Helsinki.
- [Oja03] Kari T. Ojala. ”Ruotsin ja Suomen laajakaistayhteyksien kattavuus”. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 21/03, Epstar Oy, Helsinki 2003. Saatavilla:  
[https://www.mintc.fi/files/21\\_2003.pdf](https://www.mintc.fi/files/21_2003.pdf). Viitattu. 11.7.2008
- [Oja04] Ari Ojaniemi. ”Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995 – 2010”. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 53/04, Edita Publishing Oy, Helsinki 2004. Saatavilla:  
[http://www.mintc.fi/oliver/upl899-53\\_2004.pdf](http://www.mintc.fi/oliver/upl899-53_2004.pdf). ISBN: 951-723-739-1  
Viitattu: 15.9.2007
- [Oja08] Veijo Ojanperä: ”Kaapelimodeemi kiihtyy 170 megabittiin sekunnissa”. Tietokone-lehden verkkoartikkeli 8.8.2008. Saatavilla:  
[http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=34480&tyyppi=1](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=34480&tyyppi=1). Viitattu: 16.9.2008
- [Pen06a] Jyrki Penttinen: ”Tietoliikennetekniikka: Perusverkot ja GSM”. Kustantaja: WSOY, 2006, Porvoo. ISBN: 951-0-29605-8
- [Pen06b] Jyrki Penttinen: ”Tietoliikennetekniikka: 3G ja erityisverkot”. Kustantaja: WSOY, 2006, Porvoo. ISBN: 951-0-31255-X
- [Puh08] TeliaSonera Finland Oy:n aluejohtaja Tuomo Puhakaisen kanssa tehty puhelinhaastattelu 5.9.08.
- [Sai04] Saikanmäki A. Digitelevision edellytykset Internetin jakeluverkoksi. Mater-projekti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 5/2004. Edita Prima Oy, s 22. Helsinki 2004
- [Som06] Markku Somerkivi: ”Helia –HotSpot- projekti”. Raportti 30.3.2006. Saatavilla:  
<http://myy.helia.fi/~karte/hotspot/materiaali/somerkivi-2006-03-29/Ciwilan.pdf>  
Viitattu: 15.2.2008
- [Spi01] L. Spiegel: ”Media Homes. Then and Now”. International Journal of Cultural Studies, Volume 4, Issue 4, s. 385-411, 2001
- [Spi05] L. Spiegel: ”Designing the Smart House”. European Journal of Cultural Studies, Volume 8, Issue 4, s.403-426, 2005
- [STT07] Suomen tietotoimiston verkkouutinen ”Pakkaustekniikan merkitys korostuu nettiyhteyksissä”. Kouvolan Sanomien verkkolehti, 4.3.2007, Julkaisija: Kouvolan Sanomat

[Tek05] Tekesin julkaisema NETS- teknologiaohjelman loppuraportti: ”NETS- Networks of the Future 2001-2005”, Libris Oy , Helsinki 2005. Saatavilla:  
[http://www.tekes.fi/julkaisut/NETS\\_final.pdf](http://www.tekes.fi/julkaisut/NETS_final.pdf). ISBN: 952-457-172-2. Viitattu: 2.6.2008

[Tje04] Tjelta, T, Bråten, L-E., Howson, C., Montalant.T., Development in broadband wireless access, Broadband Europe, Brugge, Belgium, 8-10 Dec 2004. Viitattu 19.4.2008

[Tos08] Timo Tossavainen: ”Internet-yhteys taloyhtiöön”, 2008. Saatavilla:  
<http://www.taloyhtio.net/ajassa/laajakaista/>. Viitattu: 1.3.2008

[Tuo03] Tatu Tuominen: ”Kansallinen laajakaistastrategia: Ehdotus”. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 50/2003. Edita Prima Oy, Helsinki 2003. Saatavilla:  
<http://www.mintc.fi/www/sivut/dokumentit/julkaisu/julkaisusarja/2003/a502003.pdf>. ISBN: 951-723-863-0. Viitattu: 4.1.2007

[Vie07] Viestintäviraston kuvaus viestinnän tulevaisuudesta. 2007. Saatavilla:  
[http://www.itviikko.fi/tiedostot/22\\_11\\_07\\_ca\\_viestinta.pdf](http://www.itviikko.fi/tiedostot/22_11_07_ca_viestinta.pdf). Viitattu: 15.12.2007

[Vaa08] Heidi Vaalisto: ”Sonera käärii lankaverkon rullalle”. Taloussanomien lehden verkkoartikkeli 14.3.2008. Saatavilla:  
<http://omasana.fi/omatalous/2008/03/14/sonera-kaarii-lankaverkon-rullalle/20087628/139>. Viitattu 7.7.2008

[Vie06] Viestintäviraston työryhmäraportti: Optiset liityntäverkot. 23.2.2006. Saatavilla:  
[http://www.ficora.fi/attachments/suomi\\_R\\_Y/1156442801386/Files/CurrentFile/TRaportti012006.pdf](http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/1156442801386/Files/CurrentFile/TRaportti012006.pdf). Viitattu 5.6.2008

[Vie08a] Viestintäviraston markkinakatsaus 2007. 31.3.2008  
Viitattu: 15.4.2008

[Vie08b] Viestintäviraston työryhmäraportti: NGN-standardointi ja – kehitystilanne. 8.4.2008. Saatavilla:  
[http://www.ficora.fi/attachments/suomi\\_R\\_Y/5wVjxLL02/Files/CurrentFile/TRaportti012008.pdf](http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/5wVjxLL02/Files/CurrentFile/TRaportti012008.pdf). Viitattu: 25.4.2008

[Wii05] Wiio, Osmo A.: ”Huominen on tänään: 50 vuotta tietotekniikan ennusteita”. Helsinki. Sanoma Magazines Finland, 2002.

[Åke08] Esa-Matti Åkerberg: ”Open Access – kun loppukäyttäjä päättää”. Kaistaa: Suomen Seutuverkot Ry:n tiedotuslehti nro 1/ 2008. Saatavilla:  
<http://www.seutuverkot.fi/30uut/zzMuu/Arkisto/KAISTAA2008.pdf>. Viitattu 16.9.2008

[Äyv05] Heikki Äyväri. ”Valokaapeli kotiin”. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 33/05, Edita Publishing Oy,. Helsinki 2005. Saatavilla:  
[http://www.mintc.fi/oliver/upl505-Julkaisu%2033\\_2005.pdf](http://www.mintc.fi/oliver/upl505-Julkaisu%2033_2005.pdf). ISBN: 952-201-365-8. Viitattu: 1.10.2007

## LIITTEET

### Liite 1. Diplomityötä varten haastatellut asiantuntijat

Nimi	Asema	Yritys
Matti Honkakoski	Toimitusjohtaja	JärviNet Oy
Klaus Nieminen	Viestintäverkkoasiantuntija	Viestintävirasto Ficora
Tuomo Puhakainen	Aluejohtaja	TeliaSonera Finland Oyj

### Liite 2. Haastattelurunko

1. Missä verkkotekniikoissa tulee teidän mielestänne olemaan pääpaino lähitulevaisuudessa? Miksi?
2. Ovatko tulevaisuuden verkot symmetrisiä?
3. Minkälaiset tulevat kaistavaatimukset olemaan? Tuleeko jaettu kaista kyseeseen puhuttaessa tulevaisuuden verkoista?
4. Mitä mieltä olette Open Accessista ja kuinka se tulisi toteuttaa?
5. Entä verkkojen yhdistyminen, tuleeko se olemaan tulevaisuuden trendi mielestänne?

Lisäksi esitettiin joukko täydentäviä kysymyksiä haastateltavasta ja hänen asemastaan riippuen.