

Opinnäytetyö(AMK)

Tietotekniikankoulutusohjelma

2011

AriPitkäranta

Yritystientietoliikenneyhteydet, mobiilidatansoveltuvuusyrityksienyhteyksiksi



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ(AMK)TIIVISTELMÄ

TURUNAMMATTIKORKEAKOULU

Insinööri|Tietoliikennetekniikka

28.4.2011|31

Ohjaajat:ins.OlliOjala,TkLJuhaNikkinen

AriPitkäranta

Yritystietoliikenneyhteudet, mobiilidatansoveltuvuusyrityksienyhteyksiksi

Työssäniolitarjoituskäydäläpiyritystentarpeet datayhteyksillejatarkastella,mitenradioteitse toteutettavat yhteydet nyt ja tulevaisuudessa voisi vat palvella yritysten tarpeita. Vertailua suoritettiin yhteystekniikoiden, nopeuksien, viiveiden ja muiden yrityksille määritettyjen tarpeidenmukaan.

Puhesovelluksissa muutos mobiiliverkkoon on jo tapa htunut, ja datapuolella eletään murroskautta,jossaselvästiosayhteyksistäönmah dollistasiirtäämobiiliverkkoon.

Tavoitteenaoliteoreettisessaosuudessaikäydäläpi tekniikat,niidenhistoriaajakäyttöä.Lisäksi käytiin läpi nykyään käytetyt tekniikat, niiden hei kkoudet, hyödyt ja tulevaisuus sekä tulevaisuudentekniikoita.

Työssä käytiin muutaman esimerkin kautta läpi, mite n yritykset tällä hetkellä käyttävät mobiilidataajamitensenkäyttöönmuuttumassa.Tu levaisuudessaamyösyritystenetyhteyksiä tullaan rakentamaan mobiilidatatekniikoilla ja näis sä sovelluksissa mobiiliverkon tulee integroituatietoturvallisestisaumattomaksiosaksi yrityksenverkkoa.

Työssä käsiteltiinperinteisen lankaverkon tekniikk aayleisimmin käytettyjen tekniikoiden osalta ja mobiilidataa GSM-tekniikan osalta. Työn ulkopuol elle on tarkoituksella jätetty muut käytetyt mobiilitekniikat,kuten @450,koskaniilläeivoida saavuttaayritystentarvitsemianopeuksiaeikä mitalaadullisiavaatimuksiaainakaannykyäänkäyt ettävissäolevillalaitteilla.

ASIASANAT:

datayhteydet, yritysten tietoliikenneyhteudet, data siirto, 3G, 4G, DSL, Ethernet, mobiilit tietoliikenneyhteudet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information technology | Data Communications

28.4.2011 | 31

Olli Ojala, B. Eng., Juha Nikkinen, Lic. Tech., Principal Lecturer

Ari Pitkäranta

Data connections for companies, applicability of mobile data for companies

The purpose of this thesis was to go through the needs of companies for data connections and to find out how connections through radiowaves now and in the future could serve company needs. A comparison was made between different techniques, speeds, delays and other needs that companies might have.

In telephone applications, the change towards mobile networks has already taken place and in data connections, there is a period of transition, in which it is possible clearly to move some of the connections to GSM mobile networks.

The goal in the theoretical part was to critically go through the techniques, histories and usage. In addition, modern techniques, their weaknesses, benefits and future, as well as some new oncoming future techniques are discussed.

There are a few examples how companies use mobile data at the moment and how the usage is changing. In the future, companies' access to remote offices will be built by mobile data, and in these applications the mobile network must integrate safely as a seamless part of the corporate data network.

In the thesis the traditional, most used network techniques were covered and mobile networks from the GSM technique's point of view. There is not much coverage of the other mobile techniques such as the @450 network on purpose, because they do not achieve the needed speeds, and do not meet other demands, at least with the equipment and techniques used today.

KEYWORDS:

data connections, company connections, data transfer, DSL, Ethernet, 2G, 3G, 4G, mobile data connections

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 TAUSTAA	3
2.1 Kiinteät datayhteydet	3
2.2 Mobiilidatajaverkkojen kehittyminen	4
3 NYKYÄÄNKÄYTETTYRITYSTEN YHTEYSTEKNIIKAT	8
3.1 ADSL	8
3.2 ADSL2 ja ADSL2+	8
3.3 SHDSL	9
3.4 VDSL	10
3.5 Kuitu-jakuparitoteutukset Ethernet-tekniikalla	10
3.6 2G, ja 3G	12
3.7 WLAN-jäsenstandardit	15
4 TULEVAISUUDENTEKNIIKAT	17
4.1 4G	17
4.2 LTE	18
4.3 Kilpailevat tekniikat	19
5 YRITYSENTARPEET YHTEYKSILLE	21
5.1 Nopeus	21
5.2 Viive	21
5.3 Käytettävyys	21
5.4 Tietoturva	22
6 TULEVAISUUDENTEKNIIKAT JA NIIDEN SOVELTUVUUS YRITYSTEN KÄYTTÖÖN	23
6.1 Radioverkkotekniikat	23
6.2 Kiinteän verkkojen tekniikat	23
6.3 Riskit	24
7 ESIMERKKIYRITYKSET	26
7.1 Mobiilidata käytännössä yrityskäytössä, esimerkki yritys 1	26
7.2 Mobiilidata käytännössä yrityskäytössä, esimerkki yritys 2	27
8 YHTEENVETO	29
8.1 Tämän hetkinen tilanne	29
8.2 Tulevaisuus	30
LÄHTEET	32

KUVAT

Kuva1.ADSLtaajuudet.

9

TAULUKOT

Taulukko1,1Gja2Gverkkojenteoreettisetnopeudet

13

Taulukko2.3Gverkkojenteoreettisetnopeudet.

14

LIITTEET

1 Johdanto

Työn lähtökohtana oli tietoliikenneoperaattoreiden toimintatapojen muutokset, joissa on selkeästi painotus siirtymässä kiinteän verkoston käytöstä mobiiliverkkoon ja tiedonsiirtoon radioverkoissa. Puhesovelluksissa muutos on jo tapahtunut ja datapuolella eletään murroskautta, jossa osa yhteyksistä on selvästi mahdollista siirtää mobiiliverkkoon, mikäli käytettävä sovellus ei vaadi yhteydeltä laadun tai nopeuden osalta enempää, kuin mihin mobiiliyhteys kykenee.

Teoreettisessa osuudessa tavoitteena on tutkia eri tiedonsiirtotekniikoita, niiden historiaa ja käyttöä, nykyisin käytössä olevat yleisimmät tiedonsiirtotekniikat, niiden tulevaisuus ja tällä hetkellä näköpiirissä olevia tulevaisuuden tietoliikennetekniikoita.

Työssä käydään esimerkkien kautta läpi, miten yritykset tällä hetkellä käyttävät mobiilia dataa ja miten sen käyttö on muuttumassa. Esimerkkitapauksissa tutkittiin soveltuuko 3G yritysten tiedonsiirtoyhteydeksi, ja miten sitä voidaan hyödyntää datayhteytenä. Esimerkkiyrityksissä erilisten yhteydelle asetettujen tarpeiden avulla voitiin tutkia 3G yhteydenriittäviä erisovelluksia.

Mobiilidataa käytetään jonyterillisissä yhteyksissä, joista ei ole suoraan pääsyä yrityksen sisäverkkoon. Tulevaisuudessa myös yritysten etäyhteyksiä tullaan rakentamaan mobiilidatatekniikoilla ja näissä sovelluksissa mobiiliverkon datayhteyksien tulee integroitua tietoturvallisesti saumattomaksi osaksi yrityksen verkkojaerisovelluksia.

Datayhteyden tulee lisäksi olla helppo ottaa käyttöön ja ylläpitää. Myös sen nopeuden ja teknisten ominaisuuksien tulee olla yrityksen käyttöön soveltuvia. Tässä työssä käydään läpi, miten nykyiset tekniikat ja tulevaisuuden tekniikat soveltuvat yritysten kriittiseen datasiirtoon.

Työssä käsitellään perinteisen lankaverkon tekniikkaa yleisimmin käytettyjen tekniikoiden osalta ja mobiilidataa GSM-tekniikan osalta. Työn ulkopuolelle on

tarkoituksella jätetty muut käytetyt mobiilitekniikat, kuten @450, koska niillä ei voida saavuttaa yritysten tarvitsemia nopeuksia eikä muita laadullisia vaatimuksia ainakaan nykyään käytettävissä olevilla laitteilla. Tekniikkaa valmistava Qualcomm on myös ilmoittanut, ettei enää kehitä sitä. Lisäksi Digita, joka on verkkoalustaa tarjonnut operaattoreiden käyttöön, on myynyt verkon Digime Oy:lle, joka jatkaa sen toimintaa kaukopallisesti. Digita ei saanut verkon toiminnasta kannattavaa, asiakasmäärät eivät siihen riittäneet. Myös muiden tekniikoiden osalta keskitytään yleisimminkäytössä oleviin tekniikoihin.

2 Taustaa

2.1 Kiinteät datayhteydet

Kiinteitä datayhteyksiä hyödyntäen kupariverkkoa on toimitettu jo vuosikymmeniä. Kupariverkko on rakennettu kattamaan lähes joka kolman ympäri maailmaa, joten sen hyödyntäminen datan siirtämiseen on ollut varsin luonnollinentapa. (Barry J. Elliott 2000, 91-93)

Vuonna 1962 J.C.R Licklider selvitti teoksessaan Galactic Network pääpiirteittäin nykyisenkaltaisen Internet-verkon syntymisen ja toiminnan. Samana vuonna esiteltiin ensimmäinen pakettiverkko eli verkko, jossa ei ole varsinaista fyysistä yhteyttä. Tällainen systeemi kehitettiin vuosien 1961 ja 1964 välissä, jolloin kolmessa samankaltaisessa tutkimuksessa suunniteltiin samanlaista pakettiverkkoa, joka on nykyisen Internetin ja dataverkon siirtotavan perusta. Vuonna 1965 yhdistettiin ensimmäisen kerran tietokoneet toisiinsa puhelinlinjaapitkin. (Abbate 2000, 43-44)

Vuonna 1967 julkaistiin ensimmäinen suunnitelma "AR PANET" (Advanced Research Projects Agency Network), Yhdysvaltojen puolustusvoimien projekti, joka on nykyisen Internetin perusta. Silloin haettiin mallia, jolla estetäisiin koko tietoverkon tuhoutuminen, jos yksi sen soluista tuhoutuisi. Malli oli pakettiverkkoratkaisu, jossa kaikki koneet toimivat tasavertaisina. Monet yliopistot liittyivät tähän verkkoon ja sen suosio kasvoi. Kuitenkin vasta vuonna 1969 kytkettiin ensimmäisen kerran 4 tietokonetta yhteen tällä tavalla. (Lambert ym. 2005, 156-161)

Alussa dataverkkojen siirtotoina olivat perinteiset piirikytkentäiset puhelinverkot. Tämä siirtotapa on edelleen yleisesti käytössä uusien tekniikoiden mahdollistaessa yhä suurempien tietomäärien siirtämisen nopeasti niiden avulla. Näiden kuparikaapelilla toteutettujen verkkojen rinnalle ovat tulleet valokuidulla toteutetut verkot ja niiden myötä yhä kasvavat ja suuremmat tiedonsiirtonopeudet.

Nykyään on nopeusvaatimusten ja toimitusmäärien kasvattua tullut ongelmia saadalaadullisesti riittävän hyviä yhteyksiä niiden avulla. Kupariverkkojen ikä ja laadun vaihtelu tuo ongelmia yhteyksien rakentamisessa. Yleisin datakäytön sovellutus näissä verkoissa on tietokoneiden ja muiden laitteiden liittäminen Internetiin.

Puhelinlinjoja ei alun perin ole edes suunniteltu data siirron tarvitsemien korkeataajuisien signaalien välittämiseen, vaan puheen siirtoon rajatulla taajuudella. Tästä syystä ADSL (josta tarkemmin käsitellään myöhemmin) toimii täydellä kapasiteetillaan vain verrattain lyhyillä etäisyyksillä. Pidemmillä (yli 2 000 m) etäisyyksillä korkeammataajuiset alkaen heikentyvät ja vaimenevat niin paljon, etteivät voi enää käyttää datansiirtoon. (Elliott 2000, 91-93)

Yksi nopeuteen ja signaalien vaimenemiseen vaikuttava tekijä on myös yleinen puhelinverkon laatu. Yleisimmin käytetty kaapeli on ollut perinteisesti 0,5 mm kupariytimellä varustettu kaapeli, mutta esim. Turussa on eri alueilla, kuten Jäkärlässä, käytetty myös ohuempaa 0,4 mm kuparia. Näissä kupareissa signaali vaimenee vielä nopeammin, jolloin saatavat nopeudet samoilla etäisyyksillä eivät ole samalla tasolla kuin muualla, laadukkaamman verkon alueella. Lisäksi ohuella ytimestä varustetuissa kupariverkoissa rakennetuissa yhteyksissä tulee herkemmin signaalien vaimenemisesta johtuvia virheitä. Heikompaatuisen kupariverkon alueilla ei siis voida taata yhtä laadukkaita ja nopeita yhteyksiä kuin normaalisti. (Elliott 2000, 91-93)

2.2 Mobiilidatajaverkkojen kehittyminen

Ensimmäisen sukupolven (1G, First generation) puhelimissa käytettiin radioverkkoa siirtotienä analogisesti, niitä voitiin käyttää pelkästään puheen siirtoon ja niiden siirtotapa perustui taajuusmodulaatioon. Yleensä käytössä oli 25 MHz taajuuskaistalähetykseen jäsamanlainen vastausaika. Nämä kaistat jaettiin tiedonsiirtokanaviksi, joita kutakin käytti yksi puhuja kerrallaan. (Smith & Collins 2002, 26-33)

Varsinaiseksi 1G (First generation) -matkapuhelimiksi voidaan laskea pohjoismainen NMT (Nordic Mobile Telephone), joka otettiin käyttöön 1981 sekä Japanin NTT:n vuonna 1979 lanseeraama verkko. NMT-järjestelmä otettiin samanaikaisesti käyttöön Tanskassa, Suomessa, Norjassa ja Ruotsissa. Tätä ennenkin oli käytössä ollut kannettavia matkapuhelimiä, mutta vasta näiden verkkojen voidaan laskea olevan varsinaisia matkapuhelinverkkoja, koska niissä voitiin puhelusiirtää eri antennien eli tukiasemien välillä, eli puheluiden roaming. Se mahdollisti oikean mobiilin toiminnan. Ensimmäiset NMT ja AMPS (Advanced Mobile Phone System, Yhdysvalloissa käytössä ollut matkapuhelinjärjestelmä) -asennukset perustuivat Ericssonin digitaalisiin AXE-puhelinkeskukseen. (Tachikawa 2002, 1–3; Smith & Collins 2002, 29)

Nämä matkapuhelinjärjestelmät ja niiden käyttöönotto vaativat useita loikkauksia eteenpäin teknologiassa. Merkittävimpänä näistä muutoksista on edellä mainittu tukiasemien välinen roaming, puhelun siirto antennilta eli eri tukiasemalta toiselle. Tämä vaati sekä tukiasemalta että puhelimelta mahdollisuutta vaihdella lähetystehoja, jonka avulla sekä kantama että solukoko saattoivat vaihdella. Jos jonkin solun maksimivälityskapasiteetti alkoi täyttyä, mahdollisuus vähentää lähetysteho mahdollisti uuden solun lisäämisen, jolloin solujen määrää ja siten välityskapasiteettia voitiin alueella kasvattaa. Myös taajuuksien uudelleenkäyttö oli tärkeää, sillä sen avulla käytössä olleet radiotaajuudet voitiin vapauttaa uusien yhteyksien käyttöön. (Tachikawa 2002, 1–3; Smith & Collins 2002, 26)

1990 ilmestyivät ensimmäiset mobiilit 2G-puhelinjärjestelmät (Second generation, ns. toisen sukupolven järjestelmät). Niissä käytettiin ensimmäisen sukupolven (1G) sijaan digitaalista siirtoa myös radiotiellä. Sen avulla myös viestintä puhelimen ja verkon välillä parani. Tämä mahdollisti esimerkiksi prepaid- eli latauspuhelinkorttien käytön, jossa puhelinkortille oli ladattu jo etukäteen puhe-aikaa. 2G-verkko oli myös kansainvälisesti standardoitu, mikä mahdollisti puhelinten maailmanlaajuisen käytön samaa standardia käyttävissä maissa. 2G-verkko tulikin nopeasti suosituksi näiden uusien innovaatioiden ansiosta. (Narang & Kasera 2007, 3–5)

Vuonna 1991 avasi Radiolinja ensimmäisen GSM-verkon Suomessa. Toki myös muutteleoperaattorit olivat testanneet jo GSM-tekniikkaa ja se otettiin nopeasti käyttöön yleisenä verkkoratkaisuna. Euroopassa käytettiin verkossa korkeampia taajuuksia kuin Atlantin toisella puolella, vaikka ne osittain menivätkin päällekkäin. Esimerkiksi Euroopassa 900 Mhz:n taajuusalueita käytettiin sekä 2G-että 1G-verkoissa ja sen johdosta 1G-verkot ajettiin nopeasti alas, jotta saataisiin lisää taajuuksia 2G-verkon käyttöön. 1G-tekniikoiden avulla ei myöskään saatu käytettyä tarpeeksi tehokkaasti verkkoon taajuuksia kasvavan mobiilin puheen edellä. Suomessa NMT-standardin mukaiset matkapuhelinverkot lopetettiin vuoden 2002 lopussa. Yhdysvalloissa IS-54 -standardi otettiin samalle taajuusalueelle käyttöön kuin AMPS ja se syrjäytti joitain olemassa olevia analogisia kanavia ja verkkoja.

2G-verkon julkaisemisen kanssa samaan aikaan siirryttiin päätelaitteissa isokokoisista puhelimista kohti pieniä 100-200g:n painoisia päätelaitteita, joista pian tulikin standardi. Koon pienentymisen mahdollistivat tekniset innovaatiot elektroniikassa ja akkutekniikassa, mutta samalla myös itseään ruokkivat trendit, jossatiheämmät tukiasemaverkot mahdollistivat pienempien lähetystaajuuksien käytön sekä päätelaitteissa että tukiasemissa, mikä taas pienensi laitteiden kokoa ja akkutehon tarvetta. Myös virrankulutus päätelaitteissa pieneni lähetystehon pienenemisen kautta, ja jälleenvoittamisen ansiosta akkukokoaja elektroniikkaapientääjä käytettävissä viiltoiksi aiotuun hintaan. (Ling 2004, 6–11)

Toisen sukupolven verkko toi uuden viestintämuodon kaikkien saataville, kun SMS-viestien (Small Message Service, tekstiviesti) lähetys mahdollistui. SMS viestissä GSM-verkon kontrollikanavalla lähetetään yhden paketin mittainen viesti puhelimelle. Paketin koko rajoittaa myös käytettävien merkkien määrän Euroopassa 160 kappaleeseen/viesti (Kiinassa 70, josta puolet kirjoitusmerkin koosta paketissa). Ensimmäinen koneiden luoma viesti lähetettiin Englannissa 1991. Ensimmäinen henkilöltä henkilölle lähetetty viesti lähetettiin Suomessa 1993. Pian tekstiviestistä tuli nuorisosuosimainen viestintämuoto. Nykyään monet lähettävät lyhyissä asioissa mieluummin tekstiviestin kuin soittavatään puheluun. Tekstiviestien määrä onkin jatkuvassa kasvussa. (Televiestintä 2008, Tilastokeskus)

2G mahdollisti myös mediasisällöt matkapuhelimiin. Suomalainen operaattori Radiolinja toi markkinoille ladattavat soittoäänit, joka oli ensimmäinen kaupallinen sovellus 2G-verkossa. Suomi oli myös edelläkävijä, kun täällä kehitettiin mainosrahoitteinen päivittäisuuksien palvelu lukänyköille vuonna 2000.

3G-verkon idea kehittyi vuonna 2000. 3G tarkoittaa 3rd Generation- eli kolmannen sukupolven matkaviestinverkkoa. Sen tarkoitus oli tuoda langaton data ja multimediateknologiat radioverkon välityksellä käyttäjille. Aluksi käyttöön otettavaksi suunniteltiin 2 Mb/s.

3G-verkot ovat joko TD-CDMA (Time Division-Code Division Multiple Access) -verkoja tai W-CDMA (Wide-Code Division Multiple Access) -verkoja. Time Division-CDMA saatiin ensin markkinoille. Se oli suunniteltu ensisijaisesti datan siirtoon. TD-CDMA salli myös puheen siirron, mutta Wide-CDMA käyttää kehittyneempiä äänitoimintoja datan rinnalla, mistä johtuen W-CDMA on suosittu tekniikka 3G-verkoissa. Siemens soitti ensimmäisen puhelun 3G-laitteilla maaliskuun 29. päivänä vuonna 2000 käyttäen TD-CDMA -verkkoa. Japanilainen yritys NTT DoCoMo oli ensimmäinen yritys, joka julkisti 3G W-CDMA -verkon, kun se otti testiverkkonsa käyttöön kesäkuussa 2001. Lokakuussa 2001 NTT DoCoMo julkisti ensimmäisen kaupallisen 3G W-CDMA -verkon Japanissa. Ensimmäinen kansainvälinen 3G-puhelu soitettiin Tokion ja Madridin välillä joulukuun 19. päivänä vuonna 2001. Suomessa otettiin W-CDMA -tekniikkaa käyttävä 3G-verkko käyttöön vuonna 2004. Ensimmäisenä 3G-verkon otti käyttöön suomalaisista operaattoreista Sonera. (Berndt 2008, 23-25)

Seuraavana askeleena on 4G (4th Generation, neljäs sukupolvi) joka on yleisnimitys seuraavalle matkaviestinnän käyttöön suunnitellulle verkolle. Siinä voidaan pitkälti hyödyntää jo olemassa olevaa infrastruktuuria.

3 Nykyäänkäytetytyritystenyhteystekniikat

3.1 ADSL

Lyhenne ADSL tulee sanoista Asymmetric Digital Subscriber Line. Suomennettuna termi tarkoittaa asymmetristä digitaalista tilaajayhteyttä, joka kuvaavarsinhvinkyseistäyhteystapaa. Yhteysnopeus asiakkaansuuntaan nopeampi kuin asiakkaalta poispäin, joten tämä yhteystapa soveltuu erinomaisesti Internet-käyttöön, jossa siirrettävä tietomäärä on suurempi verkosta asiakkaalle kuin toisinpäin. Perinteisen ADSL-yhteyden nopeus on 8 Mb/s paluukanavalla (downlink) ja 1 Mb/s lähetyskanavalla (uplink).

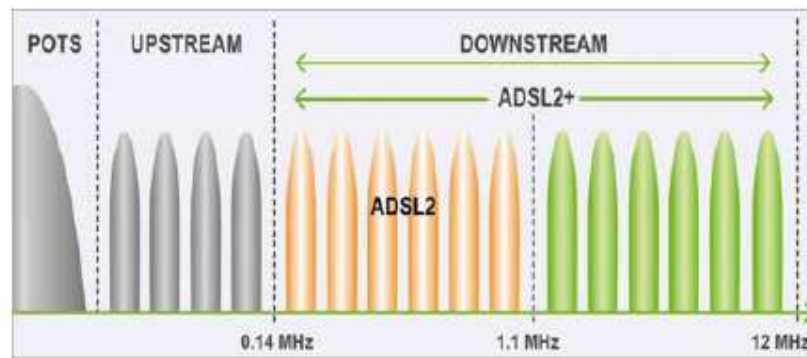
ADSL-tekniikat käyttävät modulaationa DMT:tä (Discrete Multi-Tone Modulation, signaalintapa ADSL-yhteyksissä), OFDM:n (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) kantataajuista muunnelmaa. DMT:n täysi 8 Mb/s -kapasiteetti toimii vain noin 2700 m tailyhyemmillä puhelinlinjoilla; noin 4800 m saakka se toimii vielä noin 2 Mb/s nopeudella.

ADSL- ja ADSL2 -tekniikoissa DMT-signaloinnissa sisääntulevan kaistan käytössä on laskevaan suuntaan (downlink) 255 neljän kilohertsin levyisiin kanaviin jaettu 1,1 MHz:n taajuusalue. Kanavien tiedonsiirtonopeutta ja häiriönsietokykyä voidaan säätää erikseen. Nousevaan suuntaan (uplink) käytetään taajuusalueena 23–138 kHz:ä, joka on jaettu 32 kanavaan. Tämä uplinktaajuusalueen kapeusrajoittaa sen nopeuden, josta syystä tiedonsiirtoon asymmetristä. (Dedieu ym. 2006, 120–141)

3.2 ADSL2 ja ADSL2+

ADSL-tekniikkaa on kehitetty eteenpäin yhteysnopeuksien kasvattamiseksi. ADSL2 ja ADSL2+ nostavat nopeuden teoreettiseen 24 Mb/s paluukanavaan (ADSL 2+) ja 1,4 Mb/s lähetyskanavaan, joka saadaan ADSL2-tekniikoilla nopeutettua jopa 3,5 Mb/s saakka. Tämä nopeus on teoreettinen maksimi, ja

nopeuteen alkaakin vaikuttaa hyvin rajusti korkeataajuaisen signaalin vaimeneminen puhelinverkossa. Käytännössä tuota teoreettista maksiminopeutta ei nykyisillä päätelaitteilla ole saavutettu edes laboratoriooloissa.



Kuva1.ADSL- tekniikankäyttämättäajuudet.

(http://en.wikipedia.org/wiki/File:ADSL2_frequencies.png)

ADSL2 ja 2+ parantavat lisäksi etäisyyksiä, joilla erinopeuksia on mahdollista saavuttaa. Sen avulla voidaan käyttää kuparinyliin saavutettavaa kaistaakin perinteisellä ADSL- tekniikalla. (Dedieu ym. 2006, 120–141)

3.3 SHDSL

SHDSL-lyhennetään lähteistä riippuen Symmetric High-Bitrate Digital Subscriber Loop /Line tai Single-Pair High-speed Digital Subscriber Line. Molemmista sanayhdistelmistä tulee sama SHDSL. Nykyisin käytössä oleva tekniikka kutsutaan yleisesti nimellä G.SHDSL (yhteystapa tunnetaan myös nimellä G.991.2, kuten se virallisessa ITU-T standardissa on nimetty), joka määrittelee tarkemmin, mitkä kaikkein jaksollisimmat ja nopeimmat palvelut se tukee. G.SHDSL:ssä voi käyttää kättelyprotokollana T1-, E1-, ISDN-, ATM- tai IP-kehys yksin linjan tasosta riippuen. Se kehitettiin useiden eri tekniikoiden käyttämisen helpottamiseksi, niputtamalla ne samaan standardiin.

SHDSL on symmetrinen tiedonsiirtotapa eli molempiin suuntiin saadaan samayhteysnopeus. Standardin perusmuodon mahdollista enimmäisnopeus yhtä kupariparia käyttäen on noin 2,3 Mb/s molempiin suuntiin (2304 kb/s). Standardin G.SHDSL.bis määrittelyllä voidaan nopeus moninkertaistaa kupariparien määrää kasvattamalla. Kahdella kupariparilla tuo nopeus voidaan kahdentaa, jolloin saadaan noin 4,6 Mb/s nopeus. Neljällä parilla saadaan noin 9,6 Mb/s nopeus, ja standardin lisämäärittelyiden avulla (appendix F) lyhyillä etäisyyksillä voidaan saavuttaa vieläkin korkeampia nopeuksia. Esimerkiksi neljällä parilla 5696 kb/s. SHDSL soveltuu hyvin yhteyksiin, joissa siirretään dataa asymmetrisesti, etäisyydet ovat kuitenkin pitkiä käytössä on pelkkä kupariyhteys. (Dedieu ym. 2006, 120–141)

3.4 VDSL

VDSL (Very high rate Digital Subscriber Line) on tekniikka, jonka avulla saadaan olemassa olevia, analogiseen puhelinkäyttöön aikanaan rakennettuja kupariparikaapeleita tai muita tiedonsiirtoon tarkoitettuja kuparikaapeleita käyttäen, rakennettua nopeita yhteyksiä. Matkat, joiden avulla VDSL:n avulla data siirto on vielä nopeaa, ovat lyhyitä, koska tämän tekniikan käyttämät korkeataajuiset signaalit vaimenevat nopeammin kuin esimerkiksi ADSL tekniikassa käytettävät signaalit. (Dedieu ym. 2006, 120–141)

Käytännössä tämä tarkoittaa kuparikaapeliyhteyden käyttöä mahdollisimman lyhyellä matkalla, esimerkiksi lähimpään puhelinkeskukseen tai talojakamoon VDSL-keskittimeen, josta eteenpäin data siirretään nopeaa kuituyhteyttä, tai muutasoveltuva tiedonsiirtoväyläpitkin. (Dedieu ym. 2006, 120–141)

3.5 Kuitu-jakuparitoteutukset Ethernet-tekniikalla

Nykyään rakennetaan uusille asuinalueille ja kerrostaloihin kuituyhteys, joka on kytketty runkoverkkoon. Tällöin vältytään miltei kokonaan häviöiltä ja asiakkaille voidaan tarjota mitä nopeuksia ja palveluja tahansa. Toki kuidullakin on maksimietäisyytensä ja nopeutensa, mutta periaatteessa nopeutta voidaan

kasvattaa tekniikan salliessa lähes rajattomasti ei vätkä etäisyydet keskittimiin tuleongelmaksi, koskapa hutaankuitenkin kilometri enmatkoistalikihäviötä.

Kuitua voidaan myös hyödyntää tehokkaammin. Kuidussa voidaan ajaa eri aallonpituuksilla eri yhteyksiä samanaikaisesti (WDM, Wavelength Division Multiplexing), jolloin yhden kuidun hyötykuormaa voidaan kasvattaa. Yleisesti alalla käytetään termiä erivärien ajamisesta kuidussa. Valon eri aallonpituudet näkyvät erivärisenä valona. Tämä mahdollistaa yhdessä kuidussa ajettavan datan määrän moninkertaistamisen, jolloin lisärakentamisen tarve saadaan minimoitua ja olemassa olevat kuidut tehokkaamminkäyttöön. (Alwayn 2004, 93–96)

Kerrostaloissa yleinen tapa toteuttaa yhteydet on tehdä yleiskaapelointi talon sisällä ja tehdä asuntoihin pienjakamo, josta asukkaas voi kytkeä datayhteyden tarvittaville rasioille asunnossaan tai kytkimen avulla kaikkiin rasioihin. Yleiskaapeloinnilla tarkoitetaan kierretyllä parikaapelilla toteutettua CAT-5e, CAT-6 (lyhenne sanasta category, kaapelin laadun perusteella TIA, Telecommunications Industry Association, standardin mukaan määritelty maksimi taajuus, jota kaapelista voidaan välittää ilman signaalin vääristymistä tai heikkenemistä) tai parempaa kaapelointia. Tällöinkin datayhteys tuodaan jokokuidulla talon yleiseen telejakamoon tai asukkaas saati laatyhteydensuoraan asuntoonsa jollain perinteisellä DSL-tekniikalla. (Dedieu ym. 2006, 120–141)

Harvinaisempi tapa on, että valokuidulla vietään yhteys perille asuntoihin saakka. Tämä johtuu siitä, että kuitupäätelaitteiden saatavuus kuluttajamarkkinoilla on tällä hetkellä vielä heikompaa kuin laajasti käytössä olevan kuparitekniikan päätelaitteiden. Kuidulla asuntoon saakka perille viety yhteys vietään asiakaspäätteille sitten joka tapauksessa joko langattomasti tai sisäisellä dataverkolla muulla tavoin. Kuituyhteyttä voidaan hyödyntää myös muun kuin pelkän IP-datan siirtoon. Sen kautta voidaan kuljettaa myös televisiosignaalia.

3.6 2G, ja 3G

Tällä hetkellä mobiilidatayhteyksiä on asiakkaille tarjolla 2G- ja 3G-tekniikoilla. 3G:n yleistyessä ja operaattoritrakentavastiä kokomaankattavaa verkkoa. Nämä tekniikat ovat jo käytössä hioutuneita ja niiden avulla päästään kohtuullisiin siirtonopeuksiin. Ongelmana näissä verkkoissa on niiden epästabiilius. Sekä 2G-että 3G-verkkojen tiedonsiirtonopeudet ovat riippuvaisia verkon sen hetkisestä kuormituksesta ja siitä, millälainen signaalin voimakkuus on saatavilla eri aluella tai sillä liikuttaessa. Jos verkossa on puhekuormaa, ajase automaattisesti ohidatasiirrostajadatan verkostasaama kaistanleveys pienenee. Lisäksi nopeuteen vaikuttavat päätelaitteen ominaisuudet, Internet-palveluita käytettäessä myös esim. www-palvelimien ruuhkaisuusjakäytössä olevaverkkoteknologia (2G/ 3G).

Vaikka 3G-verkossa päästäänkin teoreettisesti nopeuksiin, joita voidaan käyttää jopa yritysten tiedonsiirrossa, aiheuttavat viive, viiveen vaihtelu ja nopeuden muutokset sen, että kriittisen datan siirrossa sitä ei voida vielä käyttää. Viiveen vaihtelu estää kaikki datasiirrossa aikakriittistä protokollaa käyttävät sovellukset, kuten VoIP-puheen ja reaaliaikaiset videot. Lisäksi yhteyksien alempi prioriteetti verkossa puheen rinnalla saattaa aiheuttaa yhteyshäiriöitä, joita ei välttämättä voida sietää erisovelluksilla.

2G-verkon nopeus ei tässä yleisesti riitä uusimpien suuridatamääriä siirtävien sovelluksien datasiirtoalustaksi. Yksinkertaisia tiedonsiirtoja senkin avulla voidaan tehdä, mutta varsinaiseksi yleispäteväksi tietokoneiden verkkoyhteydeksi sillä toteutetuilla tekniikoilla ei vielä päästä. Nopeus on nykyisten raskaiden sovellusten käyttöön liian hidas ja epävakaa. Sen avulla voidaan toki siirtää yksinkertaista tietoa esimerkiksi erilaisten laitteiden tiloista taimuutadataa, joka ei ole nopeus-taiviivekriittistä.

Teknologia	Download (kbit/s)	Upload (kbit/s)	TDMA aikavälejä
CSD	9,6	9,6	1+1
HSCSD	14,4	14,4	2+1
HSCSD	43,2	14,4	3+1
GPRS	80,0	20,0	4+1
GPRS	60,0	40,0	3+2
EGPRS(EDGE)	236,8	59,2	4+1
EGPRS(EDGE)	177,6	118,4	3+2

Taulukko 1.1G- ja 2G-verkkojen teoreettisia nopeuksia (Garg 2007, 390-393; Sauter 2009, 113)

1G ja 2G verkoissa käytetyt teknologialyhyenteet: CSD (Circuit switched data), HSCSD (High speed CSD), GPRS (General packet radio service), EGPRS (Enhanced GPRS) eli EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution). Näillä lyhenteillä erotellaan eri datayhteyksien sukupolvet ja niiden mahdollistamat siirtonopeudet.

Ongelmaksi muodostuu myös yhteyksien asymmetrisyys. Nopeus ei ole sama molempiin suuntiin, joten myös setuorajoituksiä erityskäyttöön. Usein yritysten tarve on päästä liikennöimään molempiin suuntiin ja myös saada avattua yhteyksiä molempiin suuntiin. Ainakin Suomessa käytettävillä 2G- ja 3G-tekniikoilla, joita teleoperaattorit käyttävät, tuonkaltaisten sovellutusten rakentaminen on hankalaa, ellei jopa mahdotonta. Tämä yhteystapojen toimintatapa selviää kaikkien operaattoreiden palvelukuvauksista, jotka on löydettävissä operaattoreiden kotisivuilta.

Nykyään käytettävillä 3G HSPA (High Speed Packet Access) -tekniikoilla päästään jo teoreettiseen 21Mbit/s nopeuteen. Tulevaisuudessa jopa vielä suuremmat nopeudet ovat mahdollisia. Tällöin aletaan jo lähestyä tekniikassa 4G (4th Generation) -tekniikoita. Kuitenkin on huomattava, että edelleen nopeudet koskevat vain paluukaistaa. Lähtevän suunnan nopeuksia on rajoitettu, ja yleisinkäytössä oleva nopeus Suomessa on 384kbit/s, joka rajaa käytettäviä sovelluksia.

Kategoria	Modulaatio	Max. Nopeus	MIMO - Dual Carrier
		[Mbit/s]	
1	QPSK ja 16-QAM	1,2	
2	QPSK ja 16-QAM	1,2	
3	QPSK ja 16-QAM	1,8	
4	QPSK ja 16-QAM	1,8	
5	QPSK ja 16-QAM	3,6	
6	QPSK ja 16-QAM	3,6	
7	QPSK ja 16-QAM	7,2	
8	QPSK ja 16-QAM	7,2	
9	QPSK ja 16-QAM	10,1	
10	QPSK ja 16-QAM	14,0	
11	Vain QPSK	0,9	
12	Vain QPSK	1,8	
13	QPSK, 16-QAM ja 64-QAM	17,6	
14	QPSK, 16-QAM ja 64-QAM	21,1	
15	QPSK, 16-QAM	23,4	MIMO
16	QPSK, 16-QAM	28,0	MIMO
19	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	35,3	MIMO
20	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	42,2	MIMO
21	QPSK, 16-QAM	23,4	Dual-Cell HSDPA
22	QPSK, 16-QAM	28,0	Dual-Cell HSDPA
23	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	35,3	Dual-Cell HSDPA
24	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	42,2	Dual-Cell HSDPA
25	QPSK, 16-QAM	46,7	Dual-Cell HSDPA + MIMO
26	QPSK, 16-QAM	55,9	Dual-Cell HSDPA + MIMO
27	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	70,6	Dual-Cell HSDPA + MIMO
28	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	84,4	Dual-Cell HSDPA + MIMO

Taulukko 2.3G-verkoteoreettiset nopeudet. (Sauter 2009, 113, 126, 129-133)

Maksiminopeudet taulukossa ovat fyysisen kerroksen datanopeuksia. Sovelluskerroksen datanopeudet ovat noin 85% tästä, johtuen IP-otsikkotiedoistajamuustaei-hyötykuormasta. (Ross 2008, 30)

Pakettimuotoinen tiedonsiirto käyttää hyväkseen GSM verkossa puheelta vapaaksi jäävää kapasiteettia, joten ruuhkaisilla alueilla datanopeus voi olla normaaliapienempi. Datansiirtoonluonteeltaan verkossaväistyvä liikennettä, jotenkin muille palveluille tarvitaan enemmän verkko kapasiteettia, tiedonsiirto voi hidastua tai jopakeskeytyä.

3.7 WLAN-jäsenstandardit

Langattomilla Wireless LAN -verkoilla päästään yrityskäytössä riittäviin siirtonopeuksiin ja moni yritys käyttääkin langattomia verkkoja sisäverkon jatkeena. Ongelmatonta tämänkään käyttöä ei ole, vaan verkon nopeuteen vaikuttaa saatava signaali, ja verkon solukoot ovat varsin pieniä, joten operaattoritason ratkaisusta ei voida puhua.

Kustannustehokkaasti ei voida tällä hetkellä WLAN-tekniikalla rakentaa laajoja verkkokokonaisuuksia. Lisäksi tekniikan laajajärjestämättömän käyttö aiheuttaa haasteita verkkojen rakentamiselle, koska ne häiritsevät helposti toisiaan. WLAN-verkkoja voidaankin käyttää lähinnä paikallisesti lähiverkkojen laajenuksena ja erilaisissa kohteissa, joissa kaapelointi on hankala toteuttaa tai tarvitaan liikkuvuutta, kuten varastohallit ja niiden liikkuvat tiedonkeruulaitteet.

Langattomia verkkoja toteutetaan eri nopeuksilla. Nimitettyjä nopeuksia ja niiden toteutustapoja on standardoitu IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers, voittoa tavoittelematon yhdistys) 802.11 standardiperheessä lisäämällä kirjain 802.11 standardin numeron perään. 802.11 oli ensimmäinen, mutta se oli jo valmistuessaan liian hidaskokäytössä toimien vain 1-2 Mb/s nopeuksilla.

802.11b oli ensimmäinen joka levisi markkinoille tehokkaana langattomana standardina vuoden 1999 tietämillä. Standardissa määriteltiin toimintataajuudeksi 2,4 GHz vapaalta taajuuskaistalta. Se tuki edellisen standardin nopeuksien lisäksi nopeuksia 5,5 Mb/s ja 11 Mb/s, joka oli joriittävää senhetkisessä verkkoinfrastruktuureissa.

802.11a -standardin määrittely nosti liikennöintinopeuden 54 Mb/s:iin. Se on taajuusalueella 5.150–5.350 ja 5.475–5.725.0 GHz (taulukot taajuusrajat eri maissa ovat erilaiset) toimiva verkkotekniikka, jonka nimellismaksiminopeus on 54 megabittiä sekunnissa. Korkeammasta taajuusalueesta johtuen solukoot jäivät pienemmiksi.

802.11g-standardi on nykyään syrjäyttänyt b-standardin yleisessä käytössä. Sen mukaisesti voidaan liikennöidä nopeuksilla 54 Mb/s ja 11 Mb/s, ja se käyttää samaa 2,4 GHz:n taajuutta kuin aiempi standardi, ja siksi tämän uudemman standardin mukaiset laitteet ovat täysin yhteensopivia vanhemman 802.11b-standardin laitteiden kanssa. (Cast2005,12-28)

802.11n on uusi nopeusluokka. Se standardoitiin vuoden 2009 lopulla. Tarkoituksena on parantaa suorituskykyä aiempiin standardeihin verrattuna. 802.11n standardin laitteilla todellisuudessa luvatetaan noin 100-200 Mbit/s nopeutta, jolloin nopeus on suunnilleen sama kuin perinteisellä 100 Mbit/s Ethernet-kaapelilla. 802.11n standardin laitteissa voidaan myös käyttää MiMo (Multipleinput, Multipleoutput)-ratkaisua, jossa useammalla antennilla pyritään saamaan virheettömämpi vastaanotto ja sitä kautta tehokkaampi tiedonsiirto. (Cast2005,12-28)

Myös muita 802.11 -standardeja on olemassa, ja niillä tuodaan lähinnä lisäominaisuuksia kuten QoS (Quality of Service, laatuokittelu liikenteelle) mukaan verkkoliikenteeseen, mutta tässä ei käydä näitä lisäyksiä tarkemmin läpi. Niihin voi tutustua tarkemmin standardin kotisivuilla, <http://www.ieee802.org>. (Cast2005,12-28)

4 Tulevaisuudentekniikat

4.1 4G

4G (4th Generation, sukupolvi) on yleisnimitys seuraavalle matkaviestinnän käyttöönsuunnitellulle verkolle. 3G:n seuraajaksi kaavailtu verkkoon vielä tällä hetkellä suunnittelu- ja testausasteella ja sen käyttöön tulevat arvioidut nopeudet ovat 100 Mbit/s ylöspäin.

4G-verkkoonniinsanottu ”All-IP”-verkko, eli kokoliikenneverkko, jossa kulkee IP-pohjaisena pakettiliikenteenä, eikä siellä teoriassa erotella liikennettä pakettien sisällön mukaan. Toki yksi 4G-verkon ominaisuuksista tulee mahdollisesti olemaan QoS (Quality of Service, palvelulaatuluokittelu), jolla voidaan esimerkiksi asiakaskohtaisissa yhteyksissä luokitella siirrettävän datan prioriteettia. (Berndt 2008, 32)

4G-verkkoa ja sen kehitystä leimaa vielä vahvasti keskeneneräisyys ja standardoimattomuus. 4G:stä on puhuttu jo pitkään ja sen suunnittelusta ja testauksesta ovat olleet jo liki kymmenen vuotta kaikkien huulilla. Toistaiseksi vielä sen käyttöönotto ei ole lähellä, koska mitään varsinaista standardia puheensiirrossa ei ole vielä tylyttynyt. Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa ollaan jälleen menossa eri suuntaan kehitystyön kanssa. Yhdysvalloissa ilmestyi WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) näyttää vahvemmalta ja Euroopassa taas LTE (Long Term Evolution) ja sen seuraaja LTE-Advanced ovat muotoutumassa standardiksi. (Wisely 2009, 12-14)

Tekniikoiden arvioitu liikkuvannoin 10 vuoden sisällä. 2G:n tulimarkkinoille 1995, 3G vuonna 2004 ja 4G:n arvioidaan olevan täysin valmis markkinoille vasta vuonna 2015. Suurinta osaa markkinoille tulo sa viivyyttä kohtuullisen hintaisten päätelaitteiden puuttuminen. Lisäksi tarvitaan yleensä muutama verkon ominaisuuksia hyödyntävä sovellus, joiden vetovoima riittää houkuttelemaan asiakkaita uuden tekniikan käyttöön, niin että operaattoreiden ”break even” -taso ylittyy, verkon käytöstä ja rakentamisesta saadaan kannattavaa ja hintataso laskee. Toinen vaihtoehto on operaattoreiden

subventio uuden verkon käyttöön tarjoamalla päätelaitteet edullisemmin, jolloin uudentekniikan käyttöönotosta tulee houkuttelevampaa.

4.2 LTE

4G-verkoista puhuttaessa käytetään Euroopassa myös usein termiä LTE, joka tulee sanoista Long Term Evolution. LTE on siis vaihtoehtoinen 4G-verkkoihin suunniteltu laajennus, toimintatapa, jonka avulla saadaan suuremmat tiedonsiirtonopeudet.

LTE on ensimmäinen 4G-tekniikka, jossa radioliikenne tukiasemasta päätelaitteeseen on toteutettu erilaisella radiotekniikalla kuin radioliikenne päätelaitteesta tukiasemaan. Datansiirto tukiasemasta päätelaitteeseen tapahtuu OFDM-tekniikalla (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ja päätelaitteesta tukiasemaan SC-FDMA-tekniikalla (Single-Carrier Frequency-Division Multiple Access.) (Holma & Toskala 2009, 5; Wisely 2009, 151-153)

Luonnoksissa datansiirron tavoitteeksi on asetettu tukiasemasta päätelaitteeseen 100 Mb/s ja päätelaitteesta tukiasemaan 50 Mb/s. Käytännössä nopeudet eivät tule olemaan näin suuria, varsinkaan tukiaseman ollessa kaukana. (Holma & Toskala 2009, 4-5)

LTE:tä kehittää Third Generation Partnership Project (3GPP) jäsennon kerrottua tukevan jo testiverkoissa nopeudesta 45 Mb/s aina 100 Mb/s saakka. Sen vahvuutena on tukeutuminen ja yhteensopivuus nykyisten 3G-verkkojen kanssa. Tällöin operaattoreiden olisi helppo siirtyä uudentekniikan käyttöön ja investoinnit jäisivät kohtuullisiksi. Tätä siirtymää varten täytyy tietenkin tiedonsiirtoa tukevan infrastruktuurin olla kunnossa, eli kuituverkon ja tukiasemien yhteyden sekä runkoverkon tukevat siirrettävää datamäärää. (Wisely 2009, 151-153)

LTE ei vielä ole varsinainen 4G-määrittelyjen mukainen tekniikka, koska siitä puuttuu vielä 4G-määrittelyn mukainen nopeus. Vasta LTE Advanced tuo määrittelyn mukaiset nopeudet ja ominaisuudet käyttöön. Siksi LTE onkin ns. 3,9G-verkkoperusmuodossaan. (Holma & Toskala 2009, 11)

4.3 Kilpailevattekniikat

LTE:n kanssa kilpailevia tai sitä tukevia tekniikoita on useita. Suoraan ei voida edes sanoa eri tekniikoiden kilpailevan keskenään, vaan ne ovat toisiaan tukevia tai rinnakkaisia kuten 3G-verkoissakin. LTE -tekniikan kanssa eniten kilpailevassa asemassa on WiMAX-tekniikka, joka on saamassa jalansijaa erityisesti Yhdysvalloissa. Myös Suomessa on tehty muutamia WiMAX-toteutuksia, mutta ne eivät ole ainakaan vielä saaneet merkittävää markkinaosuutta 3G "mökkula" (markkinointinimi 3G data päätelaitteelle) yhteyksiin tai normaaleilla kiinteillä datayhteyksillä toteutettuihin ratkaisuihin verrattuna. (Wisely2009,12-14)

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) ja OFD Multiple Access (OFDMA), jota käytetään mobiilissa WiMAX:ssa, tuottaa signaalia, joka ei ole herkkä ulkoisille häiriöille ja jona avullasaadaa ns. suuria siirtonopeuksia. Sen on kerrottu olevan energiatehokkaampi kuin 3G, eli samalla tehollisena siirtosaadana aikaan pienemmällä vahvistuksella ja antenneilla. Sitä seuraisi pienemmät kokonaiskulut langattomalle siirtotielelle. OFDM siirtää dataa jakamalla siirron samanaikaisesti usealle eritaajuudelle. (Prasad2004,11-16)

Mobiili WiMAX (toiselta nimeltään 802.16e) on IEEE:n standardoima, ja se on suunniteltu tukemaan jopa 12 Mb/s tiedonsiirtonopeuksia. Se käyttää OFDMA:ta ja on valittu Yhdysvalloissa käyttöön useissa yhtiöissä (esim. Sprint Nextel ja Clearwire Communications.) WiMAX on lähinnä ainoa suoraan LTE:n kanssa kilpaileva tekniikka. (Wisely2009,12-14)

CDMA2000 EV-DO (Evolution-Data Optimized) on käyttökelpoisin ja helpoin kehityspolku CDMA-verkoille 4G:hen. Sitä käyttäen saadaan helppo kehityspolku toisen sukupolven IS-95 -järjestelmiin. Se on IP-pohjainen teknologia, jonka pitäisi tukea jopa 100 Mb/s – 1 Gb/s nopeuksia. Yrityskäyttäjien näkökulmasta mielenkiintoista on, että sen kerrotaan tukevan myös QoS:ia, joka taason yritysten käytössä yleisesti, kun halutaan priorisoida jotain liikennettä. (Mishra2010,111-114)

Multiple-input multiple-output (MIMO) -langaton tekniikka tukee kahta tai useampaa radiosignaalia yhdellä radiokanavalla parantamalla siten virheensietoisuutta ja nopeuksia. MIMO tekehtämällä multipleksoimalla. MIMO:n kehitti Airgo, jonka nykyään omistaa Qualcomm. MIMO:n avulla toteutetun tekniikan 4G-verkossa odotetaan tukevan nopeuksia 30-150 Mb/s saakka. (Rumney 2009, 44-46)

5 Yritystentarpeetyhteyksille

5.1 Nopeus

Yrityksien tarpeet yhteyksille ovat kasvaneet koko ajan, kuten myös yritysten tarve nopeammille yhteyksille. Yritysten sovellusten ja palveluiden siirtyminen yhä enemmän verkkoon, verkkokeskeisiksi palveluiksi, asettaa yritysten datayhteyksille kovempiatarpeita nopeuksien ja luotettavuudensuhteen.

Myös verkossa siirrettävän materiaalin määrän kasvaminen ovat kasvaneet koko ajan. ”Kaiken aikaa, kaikkialla” -ajattelutapa vie väkisin kaistaa, koska siirrettävää materiaalia ei optimoida mitenkään, vaan kaikki siirretään verkkoon ja ladattavaksi sellaisenaan jättäen mahdollisimman hyvänälaatuisena.

5.2 Viive

Yrityksien yhteydet ovat myös nykyään yhä enemmän viivekriittisiä. Sovellusten toiminta on nopeuden lisäksi usein riippuvainen yhteyksien viiveistä. Yritykset ovat siirtäneet usein myös monia toimintojaan verkkoon yli suoritettavaksi, jolloin viiveet vaikuttavat suoraan näiden toimintojen käytettävyyteen. Myös ulkoiset tahot saattavat käyttää sovelluksia tai ekstranettiä yrityksen verkon ulkopuolelta jolloin yrityksen yhteydelle tulee toiminnallisia paineita myös sieltä suunnasta. Jos tämäntyyppiset sovellukset toimivat hitaasti viiveestä johtuen, saattaa niiden käyttö tuntua hankalalta.

5.3 Käytettävyys

Datayhteyksien vikasietoisuus ja käytettävyys on jollekin yhteyksille erittäin kriittistä. Toimialasta riippuen jopa koko yrityksen toiminta voi olla verkossa ja yhteyden toiminnalle on näissä tapauksissa asetettu erittäin korkeat kriteerit. Esimerkiksi kauppajen toiminta on nykyään erittäin paljon riippuvainen datayhteyden toiminnasta. Jos yrityksen yhteys ei toimi, ei nykyään saada maksukortilta veloitetua mitään. Tällöin yrityksen toiminta voi lamautua, ja datayhteyksivaikutta suoraan yrityksen tuottavuuteen.

Jo lyhyet katkot ja häiriöt datayhteyksissä vaikeuttavat yrityksen toimintaa ja saattavat häiritä verkkokeskeisten palveluiden käyttöä. Myös alihankkijoiden ja asiakasyritysten toiminta on usein riippuvaista toisten yritysten datayhteyksistä. Logistiikka perustuu monesti tietoon varastotilanteista ja niiden reaaliaikaiseen saatavuuteen.

Käytettävyyttä voidaan mitata esimerkiksi katkojen määrällä tai niiden pituudella. Tosin katkon pituus tai kokonaiskäytettävyys ei välttämättä ole oleellista, koska jo lyhytkin katko voi olla jollekin järjestelmälle kriittinen, kun taas jokutoinenvoisietääpitkiäkinkatkojajatoimiasiltisilleasetettujenehtojen mukaisesti.

Myös yhteyden luotettavuutta voidaan monitoroida ja mitata. Viive ja sen vaihtelu sekä hylättyjen pakettien määrä ovat mitattavia komponentteja, jotka vaikuttavat yhteyden käytettävyyteen. Viive voi olla esimerkiksi verkon ylimittainen levyjärjestelmissä suoraan toiminnan estäjä jos se kasvaa liian isoksi. Samoin viivejäsenvaihtelu voi estää puheenkuljettamisen dataverkon yli.

5.4 Tietoturva

Yhteydelleasetetaan tietoturvasuhteentoimialastariippuenerilaisiakriteerejä. Joillakin toimialoilla riittää, että yhteys on suojattu tarpeeksi hyvin verkosta tulevia hyökkäyksiä vastaan. Aikaisemmin useassa yrityksessä ei kiinnitetty paljontaanhuomiot tietoturvaan, kun taas nykyään useimmat yritykset osaavat ottaa tietoturvan vakavasti.

Yrityksillä voi olla tämän lisäksi vielä tiukemmat kriteerit tietoturvan suhteen. Näitä kriteereitä voivat asettaa yrityksen omat tarpeet, ja yritysten ulkopuolelta saatetaan vaatia yrityksen tietoturvalta tiettyä tasoa. Yleensä yritys joutuukin sitoutumaan tiettyihin tietoturvasoihinerityyppiin sissäsopimuksissa.

6 Tulevaisuuden tekniikat ja niiden soveltuvuus yritystenkäyttöön

6.1 Radioverkkotekniikat

Radioverkkotekniikoiden ongelma on nopeuksien kasvessa verkon kattavuus. Mitä nopeampi yhteys, sitä korkeampia taajuuksia käytetään ja samalla solukoko pienenee. Lähetystehoille on määrätty raja, ja jo nyt kaupungeissa pyritään pikemminkin vähentämään säteilynlähteitä kuin lisäämään niitä. Rakennusviranomaiset järkevät nykyään enää annalupia antennien pystytykseen myöskään maisemallisista ja arkkitehtonisista syistä. Antennit pitääkin usein rakentaa siten, että rakennusten julkisivu ei muutu.

Jokataapauksessa verkko toteutetaan pienempien solukokojen vuoksi pakottavat operaattorit käyttämään kuitua. Kuitu on ainoa tapa saada solmupisteisiin ja tukiasemiin tarpeeksi tehokkaat yhteydet, joilla voidaan rakentaa kattava radiotaajuuksiin perustuva dataverkko.

Jotta dataverkko saadaan toimitettua yrityksille käyttäen radiotekniikoita, tulee sen laatu ja nopeudet saada vähintään samalle tasolle kuin perinteisillä tekniikoilla. Ennen sitä yritysten kannattaa rakentaa nopeiden yhteyksien tarpeeseen kuitutekniikoilla yhteydet, koska kuituyhteyksiä voidaan joka tapauksessa myöhemmin hyödyntää muussakin verkon rakennuksessa.

6.2 Kiinteänverkkotekniikat

Kiinteässä verkossa on saavutettu tietyn tyyppinen standardi, jolloin olemassa olevilla tekniikoilla voidaan toteuttaa yritysten yhteystarpeet riittävästi nopeuksilla ja investoinneilla. Yhteystarpeiden kasvaessa investoidaan kuituverkon rakentamiseen, joka samalla tukee myös radioverkkojen kehittämistä, jos se toteutetaan järkevästi ja suunnitelmallisesti ottaen huomioon yhteyksien kokonaisvaltaisen hyödyntämisen.

Yritysten nopeustarpeiden kasvaessa on operaattoreiden rakennettava kuituverkkoa ja avattava myös omaa kuituverkkoaan muiden operaattoreiden saataville. Jos hallintoviranomainen (Viestintävirasto) määrää myös kuidun vuokraamisen pakolliseksi HMV-alueilla (huomattava markkinavoima, operaattoreiden alueet, joissa niillä on merkittävästi muita suurempi markkinaosuus kiinteässä verkossa ja omistus kupari- ja kuituyhteyksissä), avaa se täysin uusia mahdollisuuksia laajentaa olemassa olevaa verkkoinfrastruktuuria muilla kuin operaattoreiden perinteisillä omilla alueilla, mikä helpottaa samalla infrastruktuurin rakentamista statuleviakustannuksia.

6.3 Riskit

Radioverkkotekniikoiden käyttönotossa on riskinä kuuluvuus. Jos kuuluvuutta ei ole esimerkiksi sisätiloissa, vaatii se joko operaattorilta tai tilaajalta kalliin toistin- tai tukiasemainvestoinnin. Kuuluvuuteen vaikuttaa nykyään häiritsevästi selektiivilasien ja metallin käyttö rakennuksissa, mikä estää usein kuuluvuuden jop kokonaan.

Uutena ongelmana on noussut esiin radioverkon tukiasemien rakentamisen kieltäminen kaupunkialueilla. Ihmisten vastustus tukiasemia kohtaan on kasvanut. Moni ei halua lähelleen voimakkaasti säteileviä tukiasemia terveyshaittojen pelossa. Pitkäaikaisesta altistuksesta korkeille radiotaajuuksille ei ole vielä paljon tutkimustietoa. Eläimille säteily on todettu aiheuttavan ongelmia esimerkiksi suunnistuksessa.

Myös verkon häirintä on riski, joka kriittisissä yhteyksissä rakennettaessa tulee ottaa huomioon. Häirintään myydään jo nyt edullisia laitteita, joiden avulla voidaan koko 3G-verkon käyttö estää paikallisesti lähettämällä vahvempaa signaalia siinä käytetyillä taajuuksilla, jotka estävät normaalin radioverkon käytön.

Kiinteän verkon yhteyksissä on ongelmaksi tullut kupariverkolla toteutettaessa kupariverkon laatu ja sen vaihtelu. Lisäksi kupariverkko vikaantuu herkästi säiden ja luonnonvoimien vaikutuksesta. Verkkoa on rakennettu jo yli sadan vuoden ajan, joten suuriala adullisia eroja on alueittain.

Routavauriot ovat liki jokavuotinen ongelma kuparivierkoissa. Sama ongelma tosintuleemyöskuituverkossa, joskaapelijoutuu pahoinroutivalla alueella alttiiksi. Nykyään tähän osataan kuitenkin varautua paremmin uusien kuitutoteutuksien rakennettaessa.

Fyysisen kaapelin ongelmat vaikuttavat siis myös radioverkkojen toimintaan, koska ilman toimivia kiinteitä yhteyksiä ei pelkillä radiolinkeillä saada tarvittavia laadukkaita datayhteyksiä nopeuksien rakennettua järkevästi.

7 Esimerkkiyritykset

Esimerkkiyrityksistä kumpikaan ei halunnut nimeään tähän lopputyöhön esille, johtuen alojen tiukasta kilpailutilanteesta. Tässä siis viitataan yrityksiin nimillä esimerkkiyritys 1 ja 2. Molempien toiminta on datayhteyksistä riippuvainen, ja niiden toiminta on kriittistä. Molemmat myös hakevat aktiivisesti uusia tapoja toimiajauusiatoteutustapoja.

7.1 Mobiilidatakäytännössä yrityskäytössä, esimerkkiyritys 1

Yritys toimii turvallisuusalalla ja tavoitteena oli saada siirrettyä mobiilidatan yli liikkuva kuvaa. Tämä tapahtuisi liittämällä asiakkaan 3G-liittymä APN-palvelun (Access Point Name, IP-pakettien tunnistustapa verkossa) kautta suoraan asiakkaansisäverkkoon. Tällöin dataliikenne kulkisi suoraan asiakasverkkossa ja 3G-verkossa siihen määriteltyjen liittymien kautta kulkematta julkisessa Internetissä. Tietoturvasyistä datasiirron tarkkarajaus oli ensiarvoisen tärkeää.

Kiinteä datayhteys ei aina ole paras vaihtoehto asiakkaan yhteyden toteuttamiseen, koska kohteesta otettavalla laadulla ei ole paikoissa joissa ei ollut toteutettavissa yhteyttä kupari- tai kuituverkkoa käyttäen. Joko kohde oli niin uusi, tai sijaitti paikassa johon ei yhteyttä kannata rakentaa. Lisäksi kiinteiden yhteyksien, joilla muut datayhteydet asiakkaalla rakennetaan, toimitusajat olivat liian pitkiä kohteiden nopean vaihtuvuuden vuoksi.

Haasteeksi testeissä tuli heti yhteyden laadun epäusaisuus. Kuvan siirrossa kriittistä olisi tasainen laatu ja se, että kuva on aina tarvittaessa saatavilla. Ensimmäisen version testilaitteilla tähän ei päästy. Yhteys ei aina palautunut itsekseen katkoksen jälkeen, vaan laitteet vaativat paikan päällä tapahtuvan resetoinnin tai virtojen katkaisemisen laitteistolta. Yhteyden datanopeuden vaihtelu ja hitaus aiheutti ongelmia laadukkaan kuvan siirrossa. Kuva nyki ja pikselöityi välillä tunnistamattomaan muotoon, jolloin se ei vastannut sitä tarkoitusta, joka sille oli asetettu. Jos kuva vähänkin pikselöityi tunnistamattomaan muotoon, tai yhteys katkesi, aiheuttisehälytyksen ja vartija joutui lähtemään kohteeseen. Käytännössä yhteys katkesi päivittäin joten

säästöä, jota tällä ratkaisulla haettiin, eisaatu vartijakäynneistä tulleiden kulujen vuoksi.

Testien ajaminen 3G-verkossa on vielä tällä hetkellä kesken, mutta ongelmana on edelleen tarpeeksi tasaisen yhteyden aikaansaaminen ja katkenneen yhteyden palauttaminen tarpeeksi nopeasti, jotta kuvansiirtoa voidaan hyödyntää. Tekniikka kehittyy ja tiedonsiirtonopeudet sekä niiden luotettavuus paranevat kuitenkin koko ajan. Uusilla laitteilla saadaan parannettua yhteyden palautuvuutta vikatilanteista, jolloin vartijankäynnejä voidaan vähentää. Lisäksi harkinnassa on testata erityyppistä laitteistoa, joka pakkaa kuvaa tehokkaammin ja osaa ottaa huomioon yhteyden nopeuden muutokset.

7.2 Mobiilidata käytännössä yrityskäytössä, esimerkiksi yritys2

Tavoitteena olisi saada liikuteltavajanopeasti käytettävää datayhteys, jonka avulla saataisiin siirrettyä dataa ja otettua yhteyttä yrityksen käyttämiin järjestelmiin. Hyötynä olisi juuri liikuteltavuus ja yhteyden nopea käyttöönotto missä vain, kunhan 3G-verkkoonsaatavilla.

Käytännön toteutus tapahtui liittämällä asiakkaalle avattu ja päätelaitteeseen liitetty 3G-liittymä APN-palvelun (Access Point Name, IP-pakettientunnistustapa verkossa) kautta asiakkaansisäverkkoon. Yrityksen toiminta on datakriittistä, eli jos yhteys yrityksen toimipisteestä sen tietojärjestelmään ja ulkoisiin järjestelmiin estyy, toimintaa ei voida jatkaa. Toiminta sallii kuitenkin lyhyet katkokset ja yhteyden hidastumisen. Niistä aiheutuu vain viivästystä yrityksen toimintaan. Tästä syystä mobiilidatasovellusliikuvientailapäisten yksiköiden toimintaan joilla on tarve datasiirrolle, mutta sen laadulla ei ole vielä suuria vaatimuksia. Pysyviin yksiköihin, joissa yhtäaikaista datayhteyksiä avataan enemmän, ei yhteys vielä tällä hetkellä sovellu.

Asiakkaantesteissä datayhteysjäsennopeus olivat riittäviä yksittäisen kohteen datasiirtoon. Asiakas on ottanut tämän tyyppisiä ratkaisuita käyttöön jo useita. Kohteet ovat joko liikuteltavia asemia, tainne ovat vuokra kohteita ja niissä ei ole jatkuva toimintaa, jolloin laitteet voidaan ottaa käytön jälkeen mukaan ja ottaa

taas käyttöön nopeasti. Aluerajotteena on edelleen 3G toiminta-alue, mutta asiakkaan toimintaa on kohteissa, joissa 3G kuuluu us on, tai se saadaan aikaanerillisillä antenniratkaisuilla parannettuna .

8 Yhteenveto

8.1 Tämänhetkinen tilanne

Tällä hetkellä radiotekniikalla toteutettujen verkkojen nopeus- ja yhteyksien laatu ei vielä vastaa yritysten niille asettamia vaatimuksia. 3G-verkossa siirtonopeudet eivät ole vielä riittäviä kattamaan yritysten tarpeita kokonaisratkaisuisissa. Yksittäisiin ja tilapäisiin yhteyksiin 3G-verkosta saadaan jokuitenkin likimain riittävän nopeus.

Esimerkki yrityksistä toisessa saatiin 3G dataverkon yliriittävän laadun kasaaminen, joka riitti asiakkaan senhetkiseen tarpeeseen, kun taas toisessa datayhteyden käytettävyyden vaihtelu ei välttämättä riittänyt siihen tarkoitukseen, mihin sitä haluttiin käyttää.

3G-yhteyksien suurin ongelma on yhteyden epätasaisuus. Verkkoa kuormittaa datan lisäksi puhe, jonka prioriteetti verkossa on korkeampi eli puhekanavat vievät tilan datalta, jolloin datan nopeus heikkenee ja viiveet kasvavat. Myös verkon kapasiteetissa on usein puutteita, mistä johtuen datan saama osuus ei ole riittävä laadukkaalle tasaiselle ja viiveettömälle yhteydelle.

Kuitu- ja kupariyhteyksillä toteutetaan edelleen lähes 100% kaikista yritysten datayhteyksistä toimipaikkoihin. Liikkuville työntekijöille, etäkäyttöön ja mobiilikäyttöön sen sijaan nykyään käytetään jo nopeita 3G-yhteyksiä niiden vaivattoman hallinnan ja helpon siirrettävyyden vuoksi.

Mobiilidata soveltuu myös monille käyttäjille, jotka joutuvat matkustamaan paljon ja joilla on tarve saada datayhteyksiä matkustamisen aikana, kuten nykyään on yleistä. Matkalla Turusta Helsinkiin voi työskennellä verkko-yhteyden kautta jo lähes koko matkan esimerkiksi junassa. Samoin autossa on mahdollista säilyttää verkkoyhteys mobiililaitteissa koko matkan ajan. Sähköpostin jono on monilla käyttäjillä koko ajan matkapuhelimesta saatavana ja uudet viestit tulevat reaaliajassa älypuhelimiin. Lisäksi pikaviestimet ovat koko ajan käytettävissä ja mobiililaitteet tukevat ineri järjestelmiä laajasti.

8.2 Tulevaisuus

Uudet tekniikat saattavat tuoda kevyeen yrityskäyttöön soveltuvia datayhteyksiä. Kriittisenä tekijänä on muun radioverkkojen tarvitseman verkkoinfrastruktuurin kehittyminen tarpeeksi nopeasti palvelumaantehokkaasti uusia suurempia nopeuksia ja muita asiakkaiden verkkojen kriittisiksi luokittelemia tarpeita. Myös itse radioverkkotekniikan luotettavuuden tulee parantua, ja siihen täytyy saada samoja ominaisuuksia, mitä nykyisillä kiinteän verkon yhteyksillä on toteutettavissa, jotta yritysten kiinnostus niiden käyttöön kasvaisi.

Kuituverkkojen laajentaminen ja niiden rakentaminen kattamaan kaikki tukiasemat avaa uusia nopeusluokkia ja mahdollistaa uusien 4G-verkkojen rakentamisen ja täysimittaisen käyttöönoton. Koska 4G-standardit ovat vasta osittain kehitteillä, on 4G-verkon mittavampi käyttöönotto ja sitä tukevien laitteiden laajempi markkinoille saapuminen ajankohdasta vasta (varovaisten arvioiden mukaan) vuoden 2015 aikana. Kun standardi saadaan luotua ja markkinoille tulee sitä tukevia päätelaitteita, voidaan varmasti sanoa, miten hyvinuusitekniikka soveltuu yritysten ensisijaiseksi yhteydeksi.

3G, eli LTE-verkkoja otetaan käyttöön Suomessakin, ja operaattoreilla on jo suunnitelmat, tai on jo otettu käyttöön, tuota tekniikkaa. Päätelaitteiden saatavuus aiheuttaa kuitenkin omat rajoitteensa laajemmalle käyttöönotolle.

3G-verkon käyttöönoton yhteydessä tukiasemia verkotetaan ja on joverkotettu kuiduilla, mikä sallii suurempien nopeuksien käyttöönoton myös kiinteillä yhteyksillä samassa tahdissa kun radioverkot niitä tukevat. Myös runkoverkkojen tulee tukea yhä kasvavia nopeustarpeita ja siirrettävän datan kasvamista.

Operaattoreilla ei ole velvollisuutta vuokrata pelkkää valokuitua ilman palveluja toisilleen, joten omankuituverkon rakentaminen kasvattaa verkon luotettavuutta ja helpottaa sen laajentamista. Pelkkä kapasiteetin osto toisen operaattorin kuituyhteydestä hankaloittaa yhteyksien hallintaa ja kasvattaa kuluja. Jos sääntelevä viranomaisena, eli Suomen tapauksessa Viestintävirasto, puuttuu

kuitujen vuokraamisvelvollisuuteen kuten kuparitekniikassa, voisivat kaikki operaattorit saavuttaa sen avulla lähes 100% peiton verkoissa ja tällöin myös pienemmänsolukoon korkeampitaajuuksisetekniikat olisivat helpompia toteuttaa.

LÄHTEET

- Barry J. Elliott 2000. Cable engineering for local area networks, Woodhead publishing Ltd., Englanti
- Janet Abbate, 2000. Inventing the internet, MIT Press, USA
- Laura Lambert, Hilary W. Poole, Chris Woodford, Christos J. P. Moschovitis 2005. The Internet: A Historical Encyclopedia, Nide 2. ABC-Clilo Inc., USA
- Clint Smith, Daniel Collins 2002. 3G wireless networks, McGraw-Hill Companies, USA
- Keiji Tachikawa 2002. W-CDMA: mobile communications system, John Wiley & Sons LTD, Englanti
- Nishit Narang, Sumit Kasera 2007. 2G Mobile networks: GSM and HSCSD, Tata McGraw-Hill Publishing company, Intia
- Richard Seyler Ling 2004. The mobile connection: the cellphone's impact on society, Elsevier, Englanti
- Televiestintä 2008, Tilastokeskus
- Hendrick Berndt 2008. Towards 4G technologies: services with initiative, John Wiley & Sons LTD, Englanti
- Philip Golden, Hervé Dedieu, Krista Jacobsen 2006. Fundamentals of DSL technology, Auerbach Publications, USA
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:ADSL2_frequencies.png, 22.5.2010
- Vivek Alwayn 2004. Optical network design and implementation, Cisco Press, USA
- Vijay K. Garg 2007. Wireless Network Evolution: 2G to 3G, Dorling Indersley LTD, Intia
- Martin Sauter 2009. Beyond 3G: bringing networks, terminals and the Web together, John Wiley & Sons LTD, Englanti
- John Ross 2008. The Book of Wireless: A Painless Guide to Wi-Fi and Broadband Wireless, No Starch Press, Inc, USA
- Matthew S. Cast 2005. 802.11 wireless networks: the definitive guide. O'Reilly Media, Inc, USA
- Wisely Dave 2009. IP for 4G, John Wiley & Sons LTD, Englanti
- Harri Holma, Antti Toskala 2009. LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA based radio access, John Wiley & Sons LTD, Englanti
- Ramjee Prasad 2004. OFDM for Wireless Communications Systems. Artech House, Inc., Artech House Publishers, Englanti
- Ajay R. Mishra 2010. Cellular Technologies for Emerging Markets: 2G, 3G and Beyond, John Wiley & Sons LTD, Englanti
- Moran Rumney, 2009. LTE and the Evolution to 4G Wireless: Design and Measurement Challenges, John Wiley & Sons LTD, Englanti