

4G – Historia, nykytilanne ja tulevaisuus

Jouko Väänänen



Tekijä Jouko Väänänen (ohjaaja: Heikki Hietala)	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma	
Opinnäytetyön otsikko 4G – Historia, nykytilanne ja tulevaisuus	Sivu- ja liitesivumäärä 30
<p>Langaton tiedonsiirto on kehittynyt vuosien myötä viidakkorummuista sähköisiin lennättiin ja edelleen tiiliskiven kokoisista radiopuhelimista multimediatekstejä tukeviin nykyaikaisiin matkapuhelimiin. Erityisesti 1990-luvulta nykypäivään langaton tiedonsiirto on kehittynyt kovaa vauhtia.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia 4G-tekniikan historiaa, nykytilannetta ja tulevaisuutta.</p> <p>4G:tä edeltäviä langattoman tiedonsiirron tekniikoita olivat muun muassa WLAN, WiMAX, Flash-OFDM, 3G ja LTE. 4G on yleisnimitys matkapuhelintekniikoille, jotka tulevat kolmannen sukupolven jälkeen. Nykytilanteen osalta tarkastelen 4G:n käyttöönottoa sekä Suomessa että muualla maailmassa.</p> <p>Tällä hetkellä 4G-tekniikka on jo käytössä ympäri maailman. Suomessa operaattorien velvoitteiden ansiosta jokainen suomalainen asuu 4G-verkon kattavuusalueella seuraavien parin vuoden aikana.</p> <p>LTE näyttää nousevan vahvimmaksi 4G-tekniikaksi WiMAXin hiipuesssa.</p> <p>4G:n tulevaisuus määrittyy käyttötarpeiden mukaan. Seuraavan sukupolven langaton tiedonsiirto (5G) tulee koostumaan useista eri tekniikoista, koska tiedonsiirron tarpeet tulevat olemaan moninaiset. Datamäärät moninkertaistuvat ja kaikki mikä on mahdollista liittyy verkkoon tullaan liittämään verkkoon.</p> <p>5G on nyt samassa tilanteessa missä 4G oli kymmenen vuotta sitten, mutta nyt langattoman tiedonsiirron alalla tuntuu vallitsevan yhteisymmärrys siitä, että 5G:tä varten tarvitaan yksi yhteinen standardi. Tämä jäi puuttumaan 4G:tä suunniteltaessa.</p>	
Asiasanat Langaton tiedonsiirto, 3G, 4G, 5G, WiMAX, LTE	

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Langattoman tiedonsiirron historia.....	2
2.1	Nykyaikainen tiedonsiirto	2
2.2	Kolmannen sukupolven tiedonsiirtotekniikat.....	3
2.2.1	WiMAX.....	3
2.2.2	Flash-OFDM	5
2.2.3	3G.....	6
2.2.4	WLAN	7
2.2.5	LTE	7
2.3	4G ennen kuin standardit valmistuivat.....	8
2.4	4G:n tavoitteet ennen kuin standardit valmistuivat	8
2.5	4G:n tutkimustyö	9
3	4G:n Nykytilanne.....	10
3.1	LTE-A	10
3.2	Suomi	10
3.2.1	Sonera	11
3.2.2	Elisa.....	12
3.2.3	DNA	13
3.2.4	LTE-A Suomessa.....	14
3.3	Muu maailma	15
3.3.1	Iso-Britannia.....	16
3.3.2	Kiina.....	16
3.3.3	Venäjä.....	16
3.3.4	Uusi-Seelanti.....	17
4	4G:n tulevaisuus	18
4.1	Langattomien mobiiliverkkojen tulevaisuus	18
4.2	Neljännestä sukupolvesta viidenteen	18
4.3	5G:n vaatimukset ja haasteet.....	19
4.4	5G-kehitystyö.....	20
4.4.1	Suomi.....	21
4.4.2	Muu maailma	21
5	Loppusanat	23
	Lähteet	24

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on koota yksiin kansiin 4G-tekniologian historia, nykytilanne ja tulevaisuus.

4G-tekniologiasta on vain vähän kirjallisuutta, joten käytän materiaalina pääasiassa ajankohtaisia internetissä julkaistuja artikkeleita ja kokoan mahdollisimman selkeän kuvan siitä, miten 4G:tä hyödynnetään niin Suomessa kuin muualla maailmassa.

Nopeaa vauhtia kehittyvässä tietoyhteiskunnassa tiedonsiirto on merkittävässä osassa useilla eri aloilla. Tiedon määrän kasvaessa käyttäjät vaativat yhteysnopeuksiensa kehitystä vähintään samassa tahdissa. Kannettavien tietokoneiden ja pienten päätelaitteiden, kuten älypuhelimien ja kannettavien Internet-päätteiden, määrän kasvaessa vaaditaan langattomalta tiedonsiirrolta enenemässä määrin pian samanlaista suorituskykyä kuin langalliseltakin yhteydeltä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on antaa kuva eri sukupolvien langattomista tiedonsiirtotekniikoista.

Kerron työssäni aluksi neljästä kolmannen sukupolven langattomasta tiedonsiirtotekniikasta. Nämä tekniikat ovat WiMAX, Flash-OFDM, 3G, WLAN ja LTE. Olen valinnut nämä tekniikat tutkimuskohteiksi, sillä ne olivat aikansa vahvimpia kandidaatteja silloin suunnitella olevan 4G:n perustan muodostajiksi. Toisessa osiossa tarkastelen 4G:n nykytilannetta Suomessa ja muualla maailmassa. Lopuksi esittelen langattoman tiedonsiirron lähitulevaisuuden näkymän.

2 Langattoman tiedonsiirron historia

4G-tekniikan historiaan kuuluvat aikaisempien sukupolvien teknologiat, kuten NMT, GSM ja 3G. Tässä osiossa käsittelemme langatonta tiedonsiirtoa aivan sen aikaisimmista muodoista 4G:n alkuun.

Tiedon siirtäminen langattomasti on vanha tiedonsiirron muoto, jonka ovat hallinneet niin muinaiset foinikalaiset suurine merkinantotulineen kuin Afrikan alkuasukkaat rummutuksin. Langaton tiedonsiirto oli aikojen alussa viestintää kahden tai useamman ”päätelaitteen” välillä. Viestit kulkivat ilmojen halki joko ihmiskorvin kuultavina ääniaaltoina tai silmin nähtävinä visuaalisina havaintoina. Molemmissa tapauksissa ihmisen rooli oli suuri viestin välityksessä lähettäjänä, vastaanottajana tai edelleen lähettäjänä. (Keinänen 2002, 7.)

2.1 Nykyaikainen tiedonsiirto

Nykyajan ensimmäiset sähköiset menetelmät keksittiin jo 1800-luvulla. Uran uurtajina toimivat Michael Faraday (1791 - 1867) ja James Clerk Maxwell (1831–1879), joiden tutkimuskohteena olivat sähkömagneettiset kentät. Heinrich Hertz (1857–1894) onnistui lopulta saamaan aikaan Maxwellin aaltoja, saamatta kuitenkaan muuta kunniaa, kuin nimensä mukaisen värähtelyn mittayksikön hertsi, Hz. Hertzin työtä jatkoi venäläinen tutkija Aleksander Popov (1859 - 1905) ja hän onnistui luomaan radioyhteyden kahden pisteen välille Kotkassa. Kunnian maailman ensimmäisestä radioyhteydestä sai kuitenkin italialainen Guglielmo Marconi (1874–1937), joka sai ensimmäisen sähköistä lennätintä koskevan patentin. (Keinänen 2002, 7.)

Ensimmäinen autopuhelin oli kokeilussa jo 1900-luvun alussa ja Yhdysvaltain armeijan käyttöön tarkoitettu radiopuhelin esiteltiin 1940-luvulla. Suomen ensimmäinen autoradioverkko (ARP) avattiin 1970-luvulla. Autopuhelimien puolella siirryttiin 1980-luvun alussa NMT-aikaan (Nordic Mobile Telephone) ja 1980-luvun loppupuolella Nokia esitteli maailman ensimmäisen NMT-käsi puhelimen. (Keinänen 2002, 7.) NMT-tekniikka kuului ensimmäisen sukupolven langattomaan tiedonsiirtoon.

Langaton tiedonsiirto kehittyi valtavasti ennen vuosituhannen vaihdetta. GSM-verkot (Global Service for Mobile Communications) avattiin 1990-luvun alkupuolella ja 1997 langaton lähiverkkostandardi 802.11 hyväksyttiin. Vuosikymmenen lopulla kehitettiin WAP-standardi (Wireless Application Protocol) ja iMode-palvelut lanseerattiin Japanissa. 1990-luvun lopussa esiteltiin muun muassa uusi mobiilitekniikka GPRS ja NMT-900 -verkko

suljettiin. (Keinänen 2002, 7.) GSM-tekniikka oli osa toisen sukupolven langatonta tiedonsiirtoa.

GPRS (General Packet Radio Service) lasketaan kuuluvaksi yleisesti käsitteeseen 2,5G eli sen ajatellaan kuuluvan toisen ja kolmannen sukupolven tekniikoiden välille. Vuonna 2000 ensimmäiset 2,5G-puhelimet tulivat Suomessa myyntiin ja GPRS on edelleen perusominaisuus kaikissa uusissakin puhelimissa. (Keinänen 2002, 7.)

EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) on GPRS:n kehittyneempi muoto ja sen lasketaan kuuluvan myös 2,5G-markkinointinimeen. Se tunnetaan myös nimellä EGPRS (Enhanced GPRS). EDGE tuli Suomeen 2003 ja se pystyy kolmin-nelinkertaiseen tiedonsiirtonopeuteen verrattuna GPRS:ään. Myös EDGE kuuluu tämän hetken matkapuhelinten tukemiin mobiiliteknologioihin.

Vuonna 2002 tuli Suomen markkinoille erilaisten päätelaitteisiin kuten kannettaviin tietokoneisiin ja matkapuhelimiin langaton tekniikka nimeltään Bluetooth. Bluetooth toimii samalla taajuudella kuin langaton lähiverkko ja se on tarkoitettu käytännössä vain erittäin lyhyitä etäisyyksiä varten.

Kolmannen sukupolven UMTS-verkon (Universal Mobile Telecommunication System) kokeilut aloitettiin Suomessa vuonna 2002 ja Nokian ensimmäinen 3G-puhelin esiteltiin saman vuoden loppupuolella. Pian tämän jälkeen tulivat kamerapuhelimet ja multimedia-viestejä tukevat puhelimet Suomen markkinoille. (Keinänen 2002, 7.)

2.2 Kolmannen sukupolven tiedonsiirtotekniikat

Tässä osiossa keskitytään vertailemaan neljää langatonta tiedonsiirtotekniikkaa, jotka nähtiin vahvimpina kandidaatteina 4G:n perustaksi vuonna 2007. Tekniikat olivat WiMAX, Flash-OFDM, 3G ja WLAN.

2.2.1 WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on edelleen kehityksen alla oleva langaton laajakaistatekniikka. IEEE 802-sarjan avoin 802.16 standardi on WiMAXin perustana. 802.16 standardi valmistui syksyllä 2001 ja se julkaistiin 8.4.2002. WiMAX Forum vastaa kyseisen standardin kehityksestä. WiMAX-verkkoja on tällä hetkellä käytössä yli 580 kappaletta 149 maassa. (WiMAX Forum 2015.)

WiMAXin etuja ovat sen joustavuus ja edullinen hinta. Laajakaistaverkkoihin on mahdollista liittää laajoja toimintoja, kuten nopea internetyhteys, puhelinpalvelut, äänen ja datan siirto ja erilaisia videosovelluksia niin harvaan kuin tiheäänkin asutuilla alueilla. (WiMAX Forum 2015.)

WiMAX-tekniikan tarkoituksena on tarjota käyttäjille liikennöintinopeuksiltaan nykyisiä kaapelimodeemi- ja DSL-yhteyksiä vastaava langaton verkkoyhteys, jonka käyttö ei ole sidoksissa esimerkiksi rakennuskohtaisiin rajoihin. WiMAXin toimintaa voidaan verrata valtavaan WLAN-verkkoon sen toiminta-alueen ollessa kuitenkin huomattavasti suurempi. 30 kilometrin ylittäminen on kuitenkin erittäin epävarmaa sillä yhteydet yli 20 kilometrin etäisyyksiltä vaativat toimiakseen suoran näköyhteyden tukiasemaan. (Poole 2010.)

WiMAX sopii kantoalueensa ja langattomuutensa takia hyvin laajakaistayhteyksien tarjoamiseen harvaan asutuille seuduille, joille muiden laajakaistayhteyksien muodostaminen olisi kallista ja hankalaa. Samaa tekniikkaa voidaan hyödyntää myös kaupunkialueita kattavien verkkojen toteutuksessa. Tällaisen verkon alueella käyttäjä voisi liikkua solusta toiseen yhteyden katkeamatta. Kattavan WiMAX-verkon rakentaminen vaatii myös erittäin paljon resursseja operaattoreilta. (Poole 2010.)

Taajuusalueet 10 - 66 GHz on sisällytetty ensimmäiseen 802.16-standardiin. Tammikuussa 2003 julkaistussa 802.16a-standardissa lisättiin taajuusalueet 2 - 11 GHz. Näiden taajuuksien mukana tuli toiminnallisuus ilman esteetöntä yhteyttä. 802.16e toimii taajuusalueella 2 - 6 GHz. 802.16-standardi käyttää dynaamista modulaatiota, jossa tarpeen tullen voidaan vaihtaa käytettävää modulointitekniikkaa. Taajuutta voidaan myös pudottaa, jotta kantamaa saataisiin paremmaksi. (Poole 2010.)

EU:n, kuntien ja puhelinyhtiöiden rahoilla rakennettu kallis WiMAX-verkko Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan alueilla ajettiin alas tekniikan vanhenemisen takia. Verkon huoltaminen tuli mahdottomaksi, sillä lähes 200 tukiaseman verkkoa varten ei saatu enää varaosia. Haja-asutusalueen laajakaistaratkaisuksi rakennettu verkko oli kallis ylläpitää ja päätelaitteiden hinta jäi korkeaksi asiakkaille. WiMAX-verkon tilalle tullaan rakentamaan todennäköisesti LTE-verkko. (Vironen 2013.)

Yhdysvaltalainen operaattori Sprint lopettaa WiMAX-verkkonsa vuoden 2015 lopussa ja laajentaa LTE-verkkoaan. Sprintin WiMAX-verkko oli pettymys. Tukiasemien vähäisyys ja verkon rajoitettu nopeus sekä kilpailevien tekniikoiden parempi suorituskyky olivat lopulta syynä verkon alasajoon. (Mick 2014.)

Näiden esimerkkien takia näen WiMAXin hiipuvan myös muualla maailmassa vaikka verkkoja vielä käytössä onkin. Laitetoimittajien määrä vähenee ja samoin käyttäjien kiinnostus laskee.

2.2.2 Flash-OFDM

Flash-OFDM (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) on teknologia, joka perustuu OFDM-modulointiin ja on suunniteltu laajakaistakäyttöön. Tekniikan kehittäjänä toimi yritys nimeltä Flarion, joka on tällä hetkellä Qualcommin omistuksessa. Flash-OFDM-verkko oli 3G-verkkojen mahdollinen kilpailija. Tekniikan etuja ovat lyhyet vasteajat ja kustannustehokkuus. Flash-OFDM sopii myös haja-asutusalueille tarjoten mahdollisuuden laajakaistanopeudella toimivaan yhteyteen. (Telecom ABC 2005.)

Flash-OFDM:iä käytetään 450 MHz:n taajuusalueella. Slovakiaan perustettiin syksyllä 2005 ensimmäinen laaja Flash-OFDM -verkko. Verkko mahdollistaa 1 Mb / 256 kb -tasoiset langattomat yhteydet. (Global Telecoms Insight 2006.)

Suomessa Digita, joka vastaa Suomen lähetys- ja siirtoverkoista, aikoo yhdessä Siemensin kanssa rakentaa Flash-OFDM-teknologialla 450 megahertsin taajuudella toimivan matkaviestinverkon. Verkosta käytetään nimitystä @450. Verkko toimii NMT450 verkon taajuudella. Verkon keskimääräiseksi tiedonsiirtonopeudeksi on testeissä saatu myötäsuntaan 1 Mbit/s ja vastasuuntaan 520 kbit/s. (Syrmä 2008.)

@450-Verkko kattoi huhtikuussa 2007 osan Lappia, osan etelärannikkoa sekä Tampereen ja Oulun seudut. Lopullisen verkon on tarkoitus kattaa lähes koko Suomi. Verkon oletetaan valmistuvan vuoden 2009 joulukuussa. (Syrmä 2008.)

Fujitsun kehityspäällikkö Juha Korsimaan mukaan Digitan @450-verkko (Flash-OFDM) kiinnostaa yritysasiakkaita, koska se pystyy tarjoamaan normaalia laajakaistaa vastaavan yhteyden ja huomattavasti laajemman peittoalueen kuin suomalaisten teleoperaattoreiden 3G-kännykkäverkot (Lehto 2007).

Verkon haasteena on edelleen Flash-OFDM -päätelaitteiden vähäinen lukumäärä. Laitteita on vain muutamia eivätkä hinnat laske ilman kilpailua. (Lehto 2007.)

Suomalaistaustainen Exoteq kehittää Linux-pohjaista Flash-OFDM -kännykkää. Laitteen oletetaan ilmestyvän syksyn 2007 aikana. (Lehto 2007.)

2.2.3 3G

3G (englanniksi third generation) on lyhenne kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologioille. Ensimmäistä sukupolvea (1G) edustavat analogiset standardit (NMT) ja toista sukupolvea digitaaliset standardit (GSM).

Kansainvälinen viestintäliitto ITU-T on luonut määritelmän 3G:lle. 3G-matkapuhelinjärjestelmän vaatimuksia ovat joustavuus, edullisuus, yhteensopivuus ja muokattavuus. Järjestelmän on oltava erittäin joustava ja tuettava isoa määrää palveluita ja applikaatioita. Standardin on tuettava viittä mahdollista radorajapintaa, jotka perustuvat kolmeen eri teknologiaan (FDMA, TDMA ja CDMA). Alan teollisuuden toimijoiden keskuudessa oli yhteisymmärrys, että 3G-järjestelmien olisi oltava edullisia hankkia. Tämä rohkaisi sekä käyttäjiä että operaattoreita järjestelmän käyttöönotossa. Uusien järjestelmien olisi oltava yhteensopivia aikaisempien matkapuhelinstandardien kanssa, esimerkkinä GSM. Järjestelmien olisi oltava helposti laajennettavissa minimipanostuksella tukeakseen suurenevia käyttäjämääriä, alueiden kattavuutta ja uusi palveluita. (International Telecommunication Union 2003a.)

3G tarjoaisi mahdollisuuden tarjota arvoa tuottavia palveluita ja sovelluksia yhden standardin avulla. Järjestelmän tulisi tarjota saumatonta liikkuvuutta eri verkkojen ja maiden välillä. Se tarjoaisi alustan, jolla voisi jakaa kiinteitä, mobiili-, ääni-, data-, internet- ja multimedialpalveluita. 3G:n ennustettiin kykenevän aikaisempia nopeampien yhteyksien tukemiseen. Miniminopeuden pitäisi olla paikallaan olevaan kohteeseen 2 Mbit/s ja liikkuvaan kohteeseen 348 bit/s. (International Telecommunication Union 2003a.)

ITU-T:n lisäksi 3G-tekniikkaa standardoivat 3GPP (3G Partnership Project), joka on usean standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio sekä 3GPP2, joka on telekommunikaatioyhteisöjen yhteistyöprojekti. (International Telecommunication Union 2003a.)

3G-standardeiksi lasketaan yleensä UMTS (Euroopan yleisin 3G-standardi ja käyttää W-CDMA -tekniikkaa), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution, nykyään laajimmin käytössä oleva 2.5G-standardi), CDMA 2000 (UMTS:n pohjois-amerikkalainen kova kilpailija, myös käytössä Aasiassa ja Afrikassa) (International Telecommunication Union 2003b), FOMA (japanilaisen teleoperaattori NTT DoCoMon kehittämä W-CDMA-pohjainen järjestelmä, joka oli ensimmäinen kaupallinen 3G-verkko) (Global Telecoms Insight 2004) ja HSDPA (UMTS:n päivitetty versio, joka tarjoaa huomattavasti nopeammat yhteydet datan siirtoa varten) (Poole 2011).

2.2.4 WLAN

WLAN on lyhenne sanoista Wireless Local Area Network eli paikallinen langaton lähiverkko. Tämä tarkoittaa, että verkkolaitteet pystytään liittämään ilman kaapeleita. Terminä WLAN tarkoittaa usein 802.11-standardia, jonka IEEE on määritellyt. Tavallisin versio standardista on 802.11g, jonka siirtonopeus on parhaimmillaan 54 Mb/s. (Web-opas 2012)

WLAN tunnetaan myös kaupallisella nimellä Wi-Fi, joka ei tarkoita mitään. Wi-Fi on pääasiallisesti käytössä kotitalouksissa ja rakennuksissa, mutta myös yhä useammin yleisessä käytössä olevaan langattomaan lähiverkkoon voi törmätä yleisillä vilkkailla paikoilla kaupungeissa ja jopa yleisissä liikennevälineissä. (Web-opas 2012)

WLANin yksi heikkous on sen lyhyt kantama, joka on enimmillään 100 - 200 metriä ilman esteitä (Säteilyturvakeskus 2015). Granlund (2001, 367) puolestaan pitää langattoman lähiverkon suurimpana heikkoutena sitä, etteivät ne kestä suurta kuormitusta tai interferenssiä.

WLANin suosituimmat standardit ovat 802.11b ja 802.11g. Molemmat standardit toimivat 2,4 GHz taajuudella. Uusimman 802.11n-standardin teoreettinen siirtonopeus on jopa 600 Mbit/s. (Poole 2014.)

Granlund (2001, 367) uskoo langattomien lähiverkkojen kasvuun myös tulevaisuudessa niin yritysmaailmassa kuin kotitalouksissakin, sillä langattomien lähiverkkojen suorituskyky riittää suurimmalle osalle käyttäjistä. Granlund pitää kuitenkin todennäköisenä, että kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmät ja langattomat lähiverkot tulevat integroitumaan jollain tasolla tulevaisuudessa.

Langattomien lähiverkkojen tuoma suurin muutos markkinoille on palvelun laatu, joka tulee olemaan sidottu rahaan. Olemme tottuneet siihen, että maksamme vain liittymästä, jonka kautta kaikki saavat saman palvelutason. Langattomien lähiverkkojen myötä on sopeuduttava siihen, että niin kiinteiden kuin langattomienkin verkkojen osalta myös palvelun laadusta on maksettava. (Granlund 2001, 367)

2.2.5 LTE

LTE (Long-Term Evolution) on 3GPP:n uusi mobiiliverkkostandardi. Se tunnetaan myös nimellä 4G LTE ja se on GSM-, EDGE-, UMTS- ja HSPA-standardien seuraaja ja selkeä kehitysaskel eteenpäin kohti neljännen sukupolvien mobiiliverkkoja. Se on yhteensopiva nykyisten 3G-verkkojen kanssa. LTE määriteltiin 3,5G:ksi tai 3,9G:ksi sillä se ei aluksi

kuulunut ITU-T:n 4G-määritelmään mutta myöhemmin operaattorien painostuksesta se otettiin mukaan. (Khan 2011.)

LTE:n muodollisempi nimi on E-UTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access). LTE on kokonaan uusi standardi pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta. LTE:n päätavoitteita ovat 3G-tekniikoihin verrattuna nopeammat datayhteydet, taajuuksien skaalautuvuus, olla kokonaan IP-pohjainen verkko, lisääntynyt spektraalitehokkuus ja toimia rajapintana, joka tukee useita käyttäjätyyppejä. (Khan 2011.)

LTE:ssa dataliikenne tukiasemasta päätelaitteeseen perustuu monikanavaiseen taajuusjakokanavointiin (OFDM, Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) päätelaitteesta tukiasemaan yhden kanavan taajuusjakokanavointiin (SC-FDMA, Single Carrier Frequency-Division Multiple Access) (Khan 2011).

2.3 4G ennen kuin standardit valmistuivat

4G on yleisnimitys 3G:tä seuraavalle vaiheelle langattoman tiedonsiirron kehityksessä.

Kubetz ja Brown (2003, 1) ovat sitä mieltä, että 4G:n tärkeimmät komponentit ovat end-to-end -Internetprotokolla (IP) sekä vertaisverkot. IP-verkko on tärkeä, sillä käyttäjät haluavat käyttää samoja sovelluksia joita he ovat tottuneet käyttämään lankaverkoissakin. Vertaisverkot, joissa jokainen laite on sekä lähetin-vastaanotin että reititin-toistaja muille verkossa oleville laitteille, poistavat matkapuhelinrakenteiden ”spoke-and-hub”-heikkouden, sillä yhden alkion eliminointi ei lamauta verkkoa. 4G:n lopullinen määritelmä tulee Kubetzin ja Brownin (2003, 1) mukaan sisältämään seuraavan kaltaisen viestin: ”Jos kuluttaja voi tehdä asian kotona tai toimistolla ollessaan liitettynä Internetiin, tulee hänen pystyä tekemään sama asia langattomasti täysin liikkuvassa ympäristössä.”

2.4 4G:n tavoitteet ennen kuin standardit valmistuivat

Odotukset ennen 4G:n käyttöönottoa olivat sellaiset, että sen uskottiin mahdollistavan täydellisen tiedonsiirron, jossa samanaikaiset yhteydet useisiin nopeisiin verkkoihin tarjoaisivat saumattoman tiedonsiirron kaikkialle maailmassa. Verkko-operaattorit voisivat käyttää erilaisia teknologioita kuten langattomia solmuverkkoja varmistaakseen verkkojen liitettävyyden ja jakaakseen tehokkaasti verkon koko liikenteen ja kirjon. (Nigam, Siljerud 2006.)

4G:n tavoitteena on edelleen 100Mbit/s-yhteys langattomasti kahden pisteen välille missä tahansa maapallolla. 4G:n tulisi toimia nykyisten langattomien verkkojen kanssa ja siirty-

misen erilaisten verkkojen välillä tulee tapahtua saumattomasti. Tietoturvan täytyy olla vahva kokonaan IP-pohjaisessa 4G-teknologiassa. 4G:n tarkoitus on tarjota korkeatasoinen ja tehokas media seuraavan sukupolven multim mediasovelluksia varten, kuten reaaliaikainen audio, nopeat laajakaistayhteydet, HDTV-lähettykset ja mobiili-tv.

Nigam ja Siljerud (2006) uskoivat, että 4G:n tarjoamat tiedonsiirtonopeudet tulisivat luomaan uusia markkinoita ja mahdollisuuksia niin perinteisille kuin aloittavillekin telekommunikaatioalan yrityksille.

2.5 4G:n tutkimustyö

2000-luvun alussa 4G-teknologiatutkimuksia oli aloitettu jo ympäri maailman. Japanissa vuonna 2001 aloitettuun tutkimukseen osallistuvat virkamiehet painottivat, että 4G:tä ei pitäisi nähdä 3G:n evoluutiona vaan kokonaan uutena teknologiana. Tämä ajatusmalli herätti kiivasta keskustelua muualla maailmassa: alan yritykset kokivat, että heidän tulisi saada hyötyä 3G-teknologiasta ennen kuin maailman huomio kääntyy jo seuraavaan teknologiaan. (Karlson, Bria, Lönnqvist, Norlin, Lind 2003, 162.)

Useat yritykset päättivät myös itse määritellä 4G-termin ja jopa markkinoivat käyttävänsä 4G-teknologiaa jo vuonna 2006. Yhdysvalloissa Sprint Nextel ilmoitti elokuussa 2006 ai-keistaan kehittää ja ottaa käyttöön 4G-mobiililaajakaistaverkon WiMAXia käyttäen. Yrityk- sen pyrkimys olikin tehdä kehitetystä WiMAXista 4G:n synonyymi. (O'Shea 2006.)

3 4G:n Nykytilanne

Tässä osiossa käsitellään 4G:n nykytilanne ja välittömään lähitulevaisuuteen liittyvät käyttötarkoitukset.

Vuonna 2010 tiukimman määritelmän mukaan vain LTE-A- ja WirelessMAN-Advanced (IEEE P802.16m) -tekniikat laskettiin 4G:ksi, mutta kansainvälinen televiestintäliitto ITU joutui teleoperaattorien painostamana muuttamaan alkuperäistä määritelmäänsä. Muutoksen jälkeen myös LTE, 3G-tekniikkaa oleva Dual Carrier UMTS ja WiMAX luettiin 4G:ksi. (Web-opas 2013.)

Euroopassa ensimmäiset 4G-verkot otettiin käyttöön Ruotsissa ja Norjassa vuoden 2009 lopussa. Suomi seurasi perässä seuraavana vuonna. Verkkoja toimittivat useat eri valmistajat, esimerkiksi Oslossa toimittajaksi valittiin kiinalainen Huawei tunnetumpien Ericssonin ja Nokian sijaan. Yhteensä jo yli 300 operaattoria on rakennuttanut 4G-verkkoja ympäri maailman. (Lukkari 2014.)

4G:n etuna on erityisesti nopeus: suuretkin tiedostot on mahdollista ladata nopeasti ja videokuvan siirto sekä raskaiden sovellusten käyttö onnistuu sujuvasti lähes missä tahansa. Käyttökokemus mobiiliverkossa on vastaava kuin kiinteässä laajakaistayhteydessä. (Sonera.fi 2013.)

3.1 LTE-A

LTE-A (LTE Advanced) on 3GPP:n jalostama versio LTE:stä ja sen tarkoitus on suurentaa LTE:n kapasiteettia ja nostaa verkon nopeutta kustannustehokkaasti ja samalla täyttää ITU:n 4G-vaatimukset. LTE:hen verrattuna LTE-A nostaa datanopeuksia (tiedoston latausnopeus: 3 Gbps, tiedoston lähetys: 1,5 Gbps), lisää samanaikaisten käyttäjien määrää ja parantaa verkon toimivuutta sen laitamilla. Suurin tapa nostaa kapasiteettia on taajuuden lisäys. LTE-A:n uusi ominaisuus onkin yhdistämällä kanavia. (Wannstrom 2013.)

Suomessa LTE-A tarkoittaa kahden 20 MHz -taajuusalueen samanaikaista käyttöä mutta tekniikka mahdollistaa erikokoisten taajuusalueiden yhdistelyä.

3.2 Suomi

Suomessa 1800 ja 2600 megahertsien taajuuksien oikeudet myytiin vuonna 2009. Vuonna 2013 myytävien 800 megahertsin taajuuksien myyntiehtona oli, että lähes koko Suomen väestön tulee olla 4G-verkon alueella vuonna 2017 (Lehto 2014a). Tarjouskilpailun

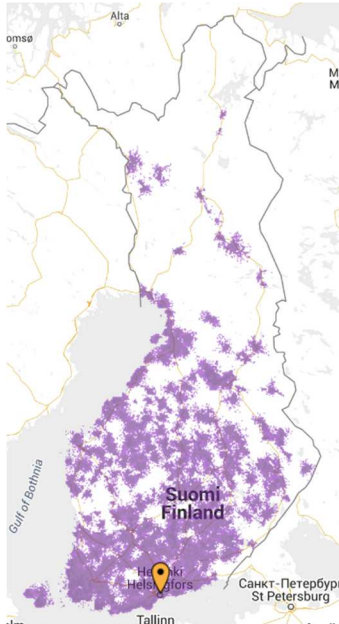
voittivat teleoperaattorit DNA Oy, TeliaSonera Finland Oyj ja Elisa Oyj (Viestintävirasto 2013).

VR on yhdessä teleoperaattorien kanssa ottamassa 4G:tä käyttöön junissaan. Osassa junista on jo 1800 megahertsin 4G-verkkojen toistimia, mutta nyt uusiin vaunuihin ollaan asentamassa 800 megahertsin LTE-verkkojen toistimia. Päätöstä kaikista asennuksista ei ole vielä tehty. Hanke tulee maksamaan miljoonia euroja. Aikaisemmin lähes kaikkiin vaunuihin on jo asennettu 2G- ja 3G-verkkojen toistimet. 4G:hen siirtyminen tulee kuitenkin parantamaan merkittävästi internet-yhteyksiä junissa, kunhan 4G-verkkojen peittoalueet vielä kasvavat. (Lehto 2015.)

3.2.1 Sonera

Yksi Suomessa toimivista 4G-verkoista on Soneran LTE-tekniikkaa hyödyntävä 4G-verkko. Yrityksellä on käytössä myös DC-HSPA-tekniikkaa, mutta se ei käytä siitä nimitystä 4G. Soneran 4G-palvelut otettiin käyttöön vuoden 2010 lopulla ensimmäisenä Suomessa ja 4G-verkko toimii 50 paikkakunnalla (kuvio 1) pääasiassa 1800 MHz:n taajuudella, osittain myös 2600 MHz:n taajuudella. Verkon maksiminopeus on 100 megabittiä sekunnissa käyttäjän suuntaan ja 50 megabittiä käyttäjältä verkkoon. Soneran verkossa vain tiedonsiirto tapahtuu 4G:llä. (Sonera.fi 2013.)

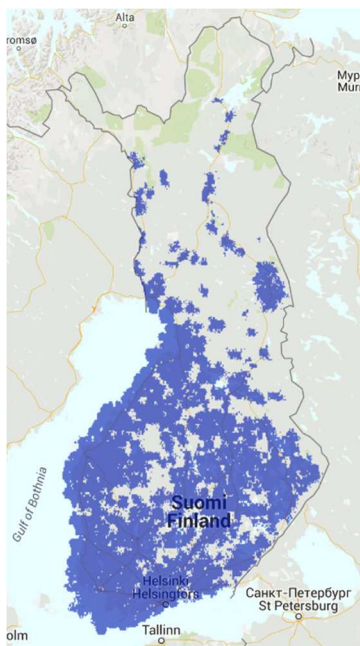
Soneran 4G-verkko teki ennätyksen saavuttamalla maailman korkeimman yhteysnopeuden kesällä 2014. Tutkimuksen, jossa ennätys saavutettiin, tekivät Aalto yliopisto ja Joi-kuSpeed-sovellus. Tutkimuksessa oli mukana yli 700 operaattoria ja palveluntarjoajaa ympäri maailman. Nopeusennätys tuli yksittäisellä mittaustuloksella 137,8 Mb/s. (Sonera.fi 2014.)



Kuvio 1. Soneran 4G-verkon kuuluvuusalue 28.5.2015 (Sonera.fi 2015).

3.2.2 Elisa

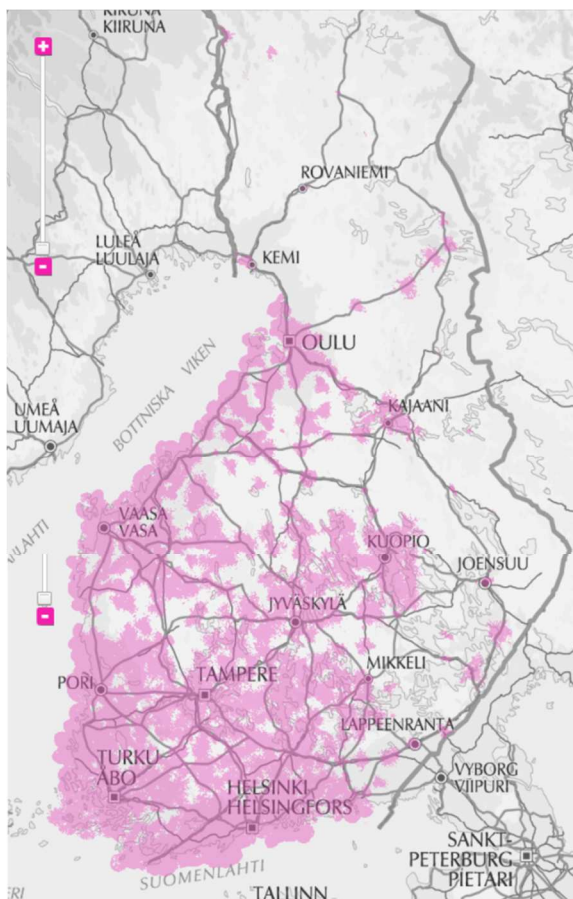
Elisan 4G-verkko – samoin kuin Sonerankin – käyttää LTE-tekniikkaa, mutta myös DC-HSPA:ta (dual carrier high speed packet access). Heidän verkossaan on mahdollista saavuttaa tiedonsiirtonopeudeksi jopa 300 megabittiä sekunnissa, kun käytetään uutta kaksi tukiasemaa hyödyntävää LTE Carrier Aggregation -tekniikkaa. Elisan verkko laajenee nopeasti ja se on käytössä jo yli 280 paikkakunnalla (kuvio 2). Elisa on hyödyntänyt laajenemisessa viime vuoden alkupuolella vapautunutta 800 MHz:n taajuutta. (Elisa.fi 2015.)



Kuvio 2. Elisan 4G-verkon kuuluvuusalue 31.5.2015 (Elisa.fi 2015).

3.2.3 DNA

DNA on Soneran ja Elisan lisäksi kolmas iso teleoperaattori, joka on ostanut oikeudet tarvittaviin taajuuksiin 4G-verkon rakentamiseen Suomessa (Yle Uutiset 2009). DNA:n 4G käyttää samoja tekniikoita kuin Elisa (LTE ja DC-HSPA) ja DNA:n 4G-verkko kattaa lähes 80 % suomalaisista (kuvio 3) (DNA.fi 2015).



Kuvio 3. DNA:n 4G-verkon kuuluvalualue 15.5.2015 (DNA.fi 2015).

Suomessa verkkojen rakentaminen on haastavaa, sillä 50 % pinta-alalla asuu vain 15 % koko Suomen asukkaista. Tästä syystä operaattorit ovatkin yhdistäneet voimansa ja esimerkiksi DNA ja TeliaSonera ovat vuonna 2014 aloittaneet yhteistyön Itä- ja Pohjois-Suomen kattavan 4G-verkon rakentamisessa. Suomen Yhteisverkko Oy:n toimitusjohtaja Antti Jokisen mukaan koko Suomi tulee olemaan 4G:n piirissä vuoden 2016 loppuun mennessä. (DNA.fi 2014.)

3.2.4 LTE-A Suomessa

Suomessa 4G-yhteyden nopeudelle ei ole asetettu vähimmäisvaatimuksia eli erot nopeuksissa voivat vaihdella alueittain huomattavasti. Käyttäjämäärät ja erilaiset esteet maastossa vaikuttavat yhteyden nopeuteen. (Tolvanen 2014.)

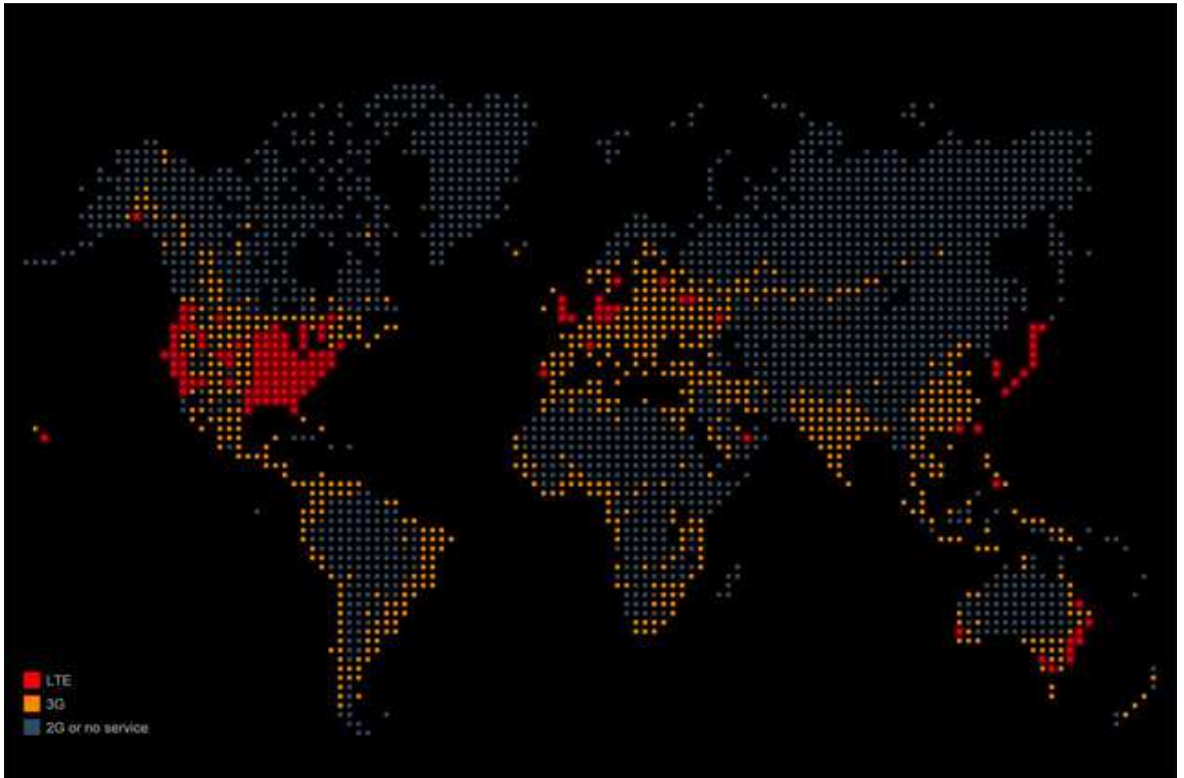
Kaikilla kolmella suurella teleoperaattorilla on myös LTE-A -teknologia jo käytössä tai tulossa käyttöön. Tämä mahdollistaa teoriassa 300 megabitin enimmäisnopeuden sekunnissa. Nopeus toteutetaan yhdistämällä kaksi kahdenkymmenen megabitin taajuusaluetta.

DNA:lla ei ole virallista nimeä sen LTE-A-verkolle eikä sitä ole vielä tarjolla heidän palveluvalikoimassaan, mutta se toimii jo tällä hetkellä erittäin rajatuilla alueilla Helsingissä (Talouselämä 2014a).

Soneran 300-megabittiset 4G-nopeudet tulevat käyttöön tämän vuoden aikana suurimpiin kaupunkeihin. Palvelu on saatavissa jo nyt rajatusti muutamissa yrityskäyttöön tarkoitetuissa liittymissä. (Lehto 2014b.)

Elisan LTE-A -tekniikkaan perustuva 4G+ -niminen palvelu on käytössä rajatuilla alueilla suurimmissa kaupungeissa (Elisa 2015).

3.3 Muu maailma



Kuvio 4. 4G:n (LTE) käyttö maailmalla (Robertson 2013).

Maat, joissa 4G:llä (LTE) on eniten käyttäjiä ovat, ennuste vuonna 2013 (kuvio 4):

1. Etelä-Korea, 62 % asukkaista (30,3 miljoonaa).
Etelä-Koreassa oli 52,5 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
2. Japani, 21,3 % asukkaista (26,9 miljoonaa).
Japanissa oli 132,8 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
3. Australia, 21,1 % asukkaista (4,9 miljoonaa).
Australiassa oli 24,5 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
4. Yhdysvallat, 19 % asukkaista (58,6 miljoonaa).
Yhdysvalloissa oli 290,3 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
5. Ruotsi, 14 % asukkaista (1,4 miljoonaa).
Ruotsissa oli 11,2 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
6. Kanada, 8 % asukkaista (2,9 miljoonaa).
Kanadassa oli 27,4 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
7. Iso-Britannia, 5 % asukkaista (3,3 miljoonaa).
Iso-Britannia oli 81,6 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.

8. Saksa, 3 % asukkaista (2,4 miljoonaa).
Saksassa oli 108,7 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
9. Venäjä, 2 % asukkaista (2,7 miljoonaa).
Venäjällä oli 236,7 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.
10. Filippiinit, 1 % asukkaista (1,1 miljoonaa).
Filippiineillä oli 94,2 miljoonaa matkapuhelinliittymän tilaajaa vuonna 2011.

Matkapuhelinliittymien tilaajamäärätiedot on otettu CIA World Factbook -tietokannasta. (Robertson 2013.)

3.3.1 Iso-Britannia

Iso-Britanniassa useat eri operaattorit ovat ottaneet LTE-A -verkot – eli 4,5G- tai 4G+-verkot - käyttöön suurkaupungeissa, esimerkiksi Vodafone Lontoossa, Manchesterissa ja Birminghamissa ja EE Lontoon Tech Cityssä ja tietyillä muilla Suur-Lontoon alueilla. Kummankaan 4G-verkot eivät kuitenkaan kata vielä koko maata. Muut suuret operaattorit kuten O2, Three, Giffgaff, Tesco Mobile ja Virgin Mobile eivät ole vielä ilmoittaneet 4G+ - verkoistaan, mutta seurannevat pian perässä. (Thomas 2014.)

3.3.2 Kiina

Kiinassa 4G-verkkojen rakentaminen etenee nopeasti. Nokian verkkoyksikkö Nokia Networks rakentaa 4G-verkkoa yhdessä Kiinan suurimman operaattorin China Mobilen kanssa. Nokia Networks arvioi olevansa jo suurin ei-kiinalainen 4G-operaattori. Suurimman osan verkoista rakentaa kiinalainen Huawei. (Lehto 2014c.)

Nopeimmin verkkoja valmistuu Kiinan suurkaupungeissa. China Mobilella on tällä hetkellä noin 14 miljoonaa 4G:n käyttäjää ja valtiollisilla operaattoreilla on noin 7 miljoonaa käyttäjää eli määrät ovat vielä pienet verrattuna koko Kiinan asiakasmäärään. Käyttäjämäärät kasvavat kuitenkin vauhdilla ja Kiinassa odotetaan, että 4G-käyttäjien määrä tulee olemaan 440 miljoonaa vuonna 2017. (Lehto 2014c.)

3.3.3 Venäjä

Kiinan lisäksi Nokia päivittää myös MegaFonin - venäläisen operaattorin - Moskovan, Keski-Venäjän ja Kaukasuksen alueiden verkkotarjonnan 4G-tekniikkaan seuraavan seitsemän vuoden aikana (Talouselämä 2015).

3.3.4 Uusi-Seelanti

4G-verkkoja otetaan nopeasti käyttöön myös Uudessa-Seelannissa. Paikalliset operaattorit 2degrees, Vodafone ja Telecom käynnistivät verkkonsa lähes samanaikaisesti useissa kaupungeissa ja tukiasemia rakennetaan jatkuvasti lisää. (Lynch 2014.)

Operaattorit raportoivat uusi-seelantilaisten ottaneen 4G:n jopa odotettua nopeammin omakseen ja asiakkaat olivat innokkaasti odottaneet nopeamman mobiiliverkon käyttöön-ottoa. (Lynch 2014.)

Nopeampi mobiiliverkko muutti operaattorien mukaan asiakkaiden mobiilikäyttöä.

Telecom kertoi, että heidän asiakkaistaan 60 prosenttia käyttää älypuhelinta ja datan käyttö oli lisääntynyt keskimäärin 52 prosenttia käyttäjää kohden viimeisen vuoden aikana muun muassa sosiaalisen median käytön lisääntyessä. Varsinkin verkkoon lataaminen oli lisääntynyt huomasti kun taas Vodaphonelta kerrottiin datan suoratoiston eli striimauksen lisääntyneen nelinkertaisesti 3G-verkon käyttäjiin verrattuna ja asiakkaat tekivät myös aikaisempaa enemmän ostoksia verkossa. (Lynch 2014.)

4G-verkkojen runsas käyttö on aiheuttanut kilpailun kovenemista myös operaattorien välillä ja uusia liittymätyppejä ollaan luomassa. Prepaid-liittymien runsaslukuisuus lisää kilpailua, koska käyttäjät eivät ole riippuvaisia operaattorista. Operaattorit houkuttelevat asiakkaita kuukausihintaan sisältyvillä musiikkistriimauspalveluilla ja mahdollisuudella liittyä kansalliseen langattomaan verkkoon 4G:n lisäksi sekä rajattomilla puhelu- ja tekstiviestimäärillä. (Lynch 2014.)

Uuden-Seelannin valtio myi 700 MHz -taajuusalueelta siivuja yllämainituille operaattoreille taajuusalueen vapauduttua analogisen television siirryttyä digiaikaan. Operaattoreilla on vastaavia vaatimuksia kuin Suomessa lisätä 4G-verkko kattamaan lähes koko maa seuraavien viiden vuoden aikana. (Lynch 2014.)

4 4G:n tulevaisuus

4G:n yleistyessä - kattavuusalueen kasvaessa ja käyttömahdollisuuksien laajetessa - 4G-teknologia jatkaa kehitystään vielä useiden vuosien ajan. Samaan aikaan 5G:hen liittyvä kehitystyö on kuitenkin jo aloitettu. 5G tulee hyödyntämään 4G:n teknologiaa ja siksi käsitelenkin tässä 4G:n tulevaisuutta koskevassa osiossa pääasiassa viidennen sukupolven teknologian tulevaisuuden visioita.

4.1 Langattomien mobiiliverkkojen tulevaisuus

4G-järjestelmien yleistyessä joka puolella maailmaa, viidennen sukupolven (5G) teknologian suunnittelu on jo aloitettu. 5G:n perustutkimuksen odotetaan olevan valmis vuoden 2016 aikana, jotta standardien rakentaminen voidaan aloittaa. 5G:n kaupallisten järjestelmien käyttöönoton odotetaan alkavan vuonna 2020. (Poole 2015.) On arvioitu, että maailman mobiili liikenne on kasvanut tuolloin kahdeksankertaiseksi nykyiseen verrattuna. (Luotola 2014a.)

LTE on vakiinnuttanut itsensä 4G:n yleisimpänä tekniikkana yhdessä WiMAXin kanssa. LTE jatkaa kehittymistään ja lähitulevaisuudessa on odotettavissa muun muassa seuraavia sovelluksia: LTE-M (teollisen internetin antureiden viestintä), LTE-D (lyhyen matkan laitteiden välinen viestintä) ja LTE-U (lisensoimattomien taajuuksien tekniikka) (Lehto 2014d.). LTE-A lienee jatkossakin mukana mahdollisena tekniikkana 5G-standardeja laadittaessa.

4.2 Neljännestä sukupolvesta viidenteen

Tällä hetkellä 5G-matkapuhelinteknologian kehitystyö on vielä lapsen kengissä, mutta useat yritykset ja yliopistot suorittavat jo alustavaa tutkimustyötä sitä varten perustetuissa tutkimusyksiköissä. Jotta viidennen sukupolven langattomat verkot saadaan otettua onnistuneesti käyttöön, on standardointi saatava valmiiksi ajoissa. Tässä tulee huomioida, että 5G sisältää todennäköisesti useita teknologioita ja standardointi tulee vaatimaan useiden kansainvälisten tekniikan alan järjestöjen osallistumista. (Poole 2015.) Päävastuu standardoinnista on mobiilialan etujärjestöjen yhteistoimielimellä 3GPP:llä sekä kansainvälisellä televiestintäliitto ITU:lla. (Laitila 2015.)

5G:n oletetaan olevan käytössä ainakin vuoteen 2040 saakka. 4G:n kehitystyö jatkuu koko ajan ja jotkin neljännen sukupolven tekniikat saatetaan ottaa osaksi 5G:tä. Uusien tekniikoiden on tuotava huomattavaa hyötyä edellisen sukupolven järjestelmiin verrattuna, jotta palveluntarjoajat lähtevät investoimaan uusiin järjestelmiin. (Poole 2015.)

4.3 5G:n vaatimukset ja haasteet

5G:n standardeja ei ole vielä määritelty, mutta yleisesti hyväksytyjä ehdotuksia on esitetty (taulukko 1).

Määre	Arvo
Verkon kapasiteetti	10 000 x nykyinen verkko
Yhteyden huippunopeus	10 gigabittiä sekunnissa
Yhteyden nopeus solun reunoilla	100 megabittiä sekunnissa
Latenssi	Alle 1 millisekunti

Taulukko 1. 5G:n langattomalle toiminnalle esitettyjä yleisiä määriä (Poole 2015).

Ehkä suurin 5G:n haaste on sen teknologian vaatimusten moninaisuus: Erittäin nopeat yhteydet kumpaankin suuntaan (lähetys ja vastaanotto), erittäin lyhyet vasteajat, saumaton verkosta toiseen siirtyminen, yhteyden ehdoton luotettavuus ja energiatehokas viestintä. Aikaisempien sukupolvien teknologioiden puutteet, kuten huono kattavuus ja epävarma toimivuus kantoalueen reunoilla, on huomioitava kehitystyössä. (Poole 2015.)

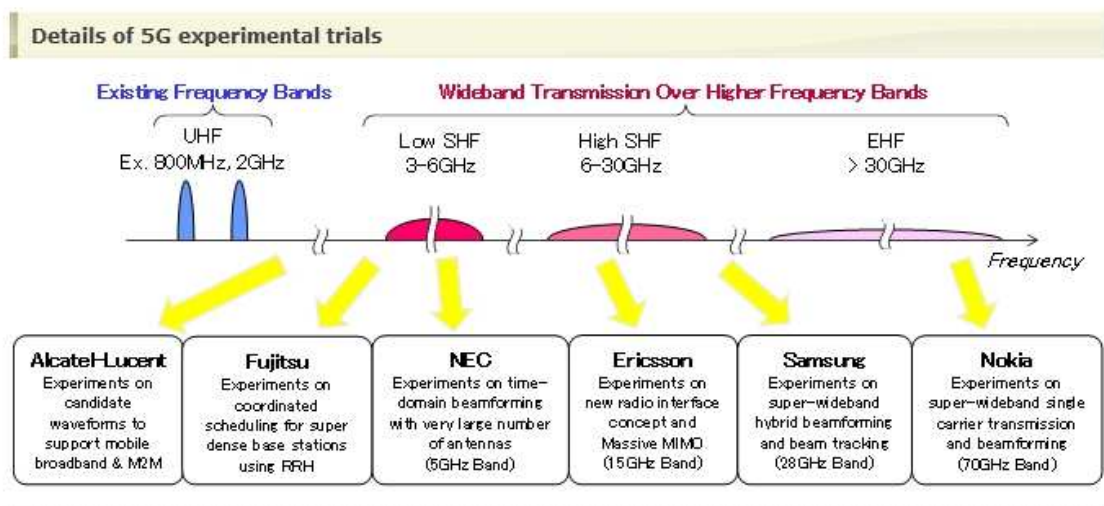
Lauri Oksanen Nokiasta uskoo, että 5G-verkot muodostuvat useista erilaisista verkkoyhteyksistä, sillä oletettujen 5G:n käyttötarkoitusten ominaisuudet ja vaatimukset vaihtelevat paljon. Hän korostaa kuitenkin yhden yhteisen standardin tärkeyttä ja nostaa esimerkiksi sen, ettei edes Kiinan kokoisessa maassa ollut tarpeeksi suurta markkina-aluetta maan omalle 3G-standardille. (Lehto 2014d.)

Haasteita tulee olemaan myös laitteiden akkujen keston pidentämisessä ja akkujen ympäristöystävällisyydessä. Nykyisissä mobiililaitteissa käytettävät litiumakut eivät tule riittämään tulevaisuudessa. Yhtenä vaihtoehtona saattaa Janne Luotolan mukaan olla natriumakku, sillä maapallon natriumvarat ovat suuret ja materiaali on halpaa ja myrkytöntä. Kehitteillä olevien akkujen suorituskyky ja kapasiteetti tulee olemaan tuhatkertainen tai suurempi nykyisiin verrattuna. (Luotola 2015a.) Joukko tiedemiehiä on ottanut askeleen kohti valonnopeudella toimivaa tietokoneteknologiaa kehittämällä silikoni-fotonisirun, joka on mikroskooppisen pieni säteenjakaja. Siruilla saattaa olla mahdollista korvata transistorit. Koska sirut kuljettaisivat fotoneja elektronien sijaan, tulisi tietokoneista todella nopeita, sähkönkulutus pieneneisi huomattavasti ja samalla akkujen kesto pitenisi merkittävästi. (Reid 2015.)

4.4 5G-kehitystyö

Yksi suurista 5G-kehitystyön haasteista on tällä hetkellä käytössä olevien taajuusalueiden rajallisuus: muun muassa osa televisiokanavien taajuusalueista haluttaisiin langattomien yhteyksien käyttöön.

Myös muiden taajuusalueiden käyttöä tutkitaan. Esimerkiksi japanilainen telekommunikaatiojätti NTT Docomo on aloittanut tutkimustyön kuuden muun yrityksen kanssa ja on jakanut tutkittavat taajuudet näille (kuvio 5). (Taloussanomat 2014b)



Kuvio 5. NTT Docomon yhteistyökumppanit ja niille tutkittavaksi jaetut taajuudet. (Taloussanomat 2014b)

Esimerkkinä NTT Docomon ja yhteistyöyritysten keskinäisestä kehitystyöstä Olli Vänskä (2015) kertoo Nokia Networksin testanneen mmWave-tekniikkaa ja sai laboratorioissaan latausnopeudeksi yli kaksi gigabittia sekunnissa hyödyntämällä 70 gigahertsin taajuutta. Ericsson puolestaan saavutti 15 gigahertsin taajuusalueella viiden gigabitin tiedonsiirtonopeuden sekunnissa omalla 5G-tekniikallaan (Luotola 2014b). MmWave-tekniikalla tarkoitetaan teknologiaa, jossa käytetään datan siirtoon korkeampia radioaaltojen taajuusalueita kuin nykyään ja se on yksi avainalueista 5G-kehitystyössä (Poole 2015).

Ericssonin tutkimusjohtaja Sara Mazur uskoo, että kaikki mikä pystytään yhdistämään internetiin, tullaan yhdistämään 5G:llä, jolloin datan ja päätelaitteiden määrä tulee olemaan tuhatkertainen nykyiseen verrattuna. 5G saattaa tulevaisuudessa mahdollistaa esimerkiksi itse ajavat autot ja julkisen liikenteen ja älyverkkojen ohjauksen. (Laitila 2015.) 5G-tekniikkaa tullaan todennäköisesti hyödyntämään myös nopeissa videoyhteyksissä, peleissä, matkapuhelinviestinnässä ja teollisessa internetissä (Poole 2015).

Yksi 5G:n kehittäjästä on kiinalainen matkapuhelin- ja verkkovalmistaja Huawei, joka on noussut maailmanlaajuisesti matkapuhelinverkkovalmistajien markkinoilla kakkoseksi, ohi Nokian ja heti Ericssonin perään (Lehto 2014e). Huawei on vankasti mukana 5G-verkkojen kehityksessä, se on sijoittanut jo 600 miljoonaa dollaria niiden tutkimukseen (Puolakka 2014).

Huawei uskoo, että Suomi on ideaali yhteistyökumppani täällä tehtävän tutkimus- ja tuotekehityksen ansiosta, jos yritykset, korkeakoulut ja tutkimuslaitokset tarttuisivat yhdessä hankkeeseen. Huaweiin tavoitteena onkin aloittaa yhteistyö Nokian verkkoyksikön, Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy:n ja Aalto-yliopiston kanssa. EU rahoittaa tutkimus- ja keksintöhankkeita lähes 80 miljardilla eurolla seuraavien viiden vuoden aikana ja Huawei toivoo olevansa mukana Euroopan Unionin Horisontti 2020 -ohjelmassa. (Lehto 2014e.)

Nokian ja Ericssonin hallussa on suuri osa aikaisempien sukupolvien verkko- ja mobiililaiteteknologioiden patenteista ja juurikin tästä syystä Huawei on päättänyt olla mukana 5G-kehitystyön eturintamassa alusta lähtien. Huawei aloitti 5G-kehitystyön jo kuusi vuotta sitten. (Thomas 2015.)

4.4.1 Suomi

Myös Suomessa 5G-tekniikan kehitys on jo aloitettu. Testikäyttöön tarkoitettu mobiili-verkko on rakenteilla ja sen tekee Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy yhteistyössä Oulun yliopiston kanssa. (Luotola 2015b.)

Nokia on ennättänyt kehittää 5G-tekniikkaa jo viiden vuoden ajan. (Luotola 20.8.2014.) ja Huawei on aloittamassa 5g-päätelaitteiden suunnittelun Suomessa ja hakee paraikaa verkkoasiantuntijoita 5G-kehitystyöhön. (Lehto 2014e.)

4.4.2 Muu maailma

IBM on myös mukana kehitystyössä – se on aloittanut yhteistyön Ericssonin kanssa tavoitteenaan kehittää uudenlainen vaiheohjattu antenni, joka mahdollistaisi nykyistä kiinteää laajakaistayhteyttä nopeamman tiedonsiirron. Uusi elektronisesti ohjattu pieni ja ketterä antennijärjestelmä mahdollistaisi kasvavan mobiililiikenteen ahtaissa kaupunkien keskuksissa ja se sopisi hyvin muun muassa älypuheliin ja laitteiden väliseen kommunikointiin. (Luotola 2014a.)

Myös Euroopan Unioni ja Etelä-Korea ovat aloittaneet yhteistyön 5G:n kehittämiseksi. EU ilmoitti joulukuussa 2013, että se osallistuu 5G-verkkojen kehittämiseen yhteensä 700 miljoonalla eurolla vuoteen 2020 mennessä. (Virtanen 2014.)

5 Loppusanat

Tämän työn tarkoitus on ollut koota pääasiassa internetissä olevista asiantuntija-artikkeleista, standardointiorganisaatioiden ja tekniikan alan toimijoiden kotisivuilta sekä uutis- ja operaattoreiden sivuilla hajallaan olevaa ja vaikeastikin yhdisteltävää tietoa siten, että 4G:n historiasta, nykytilanteesta ja tulevaisuudesta syntyisi mahdollisimman selkeä kokonaiskuva.

Langattomien mobiilitekniikoiden alkutaipaleella standardien ja toimijoiden määrä oli pieni. Määrät kasvoivat kolmanteen sukupolveen mennessä aivan liian suuriksi ja 4G:hen mennessä nähtiin järkevämmäksi kehittää vain muutamaa standardia. Tekemäni yhteenvedon myötä minulle on muodostunut sellainen kuva, että alan toimijat näkevät järkevänä kehittää yhdessä 5G:n standardia.

Kun 4G:tä lähdettiin kehittämään, oli tutkittavia tekniikoita lukuisia ja mielestäni onkin yllättävää, että näistä periaatteessa ainoastaan LTE- ja WiMAX-tekniikat otettiin käyttöön teknologian pohjaksi. Oma ennustukseni on, että WiMAX-verkkojen suosio hiipuu tulevaisuudessa ja niiden tilalle rakennetaan LTE-/LTE-A -verkkoja. Tämä on nähtävissä jo käytännössä ja tästä syystä päädyinkin tarkastelemaan lähes pelkästään LTE-tekniikkaa 4G:n nykytilannetta käsittelevässä osiossa.

Olen oppinut tämän työn aikana järjestelmällistä tiedon etsintää, jäsentämistä ja kokoaamista eri lähteistä. Osaamiseni langattoman tiedonsiirron osalta on syventynyt huomattavasti.

Olisi mielenkiintoista tutkia tarkemmin 5G:n kehitystyötä ja standardin valmistumista lähivuosina. Siinä olisi kiinnostava jatkotutkimuskohde.

Lähteet

DNA.fi. 2015. Usein kysytyt kysymykset liikkuvasta laajakaistasta. Luettavissa: <https://www.dna.fi/fi/verkko>. Luettu: 10.5.2015

DNA.fi. 23.12.2014. Yhteisverkolla nopea 4G myös syrjäkylille. Luettavissa: <https://www.dna.fi/yrityksille/artikkelit/yhteisverkolla-nopea-4g-myos-syrjakylille>. Luettu: 10.5.2015

Elisa.fi. 2015. Aina nopeat yhteydet Elisan verkossa: 4G. Luettavissa: <https://elisa.fi/vertaaverkkoja/verkkotekniikat/>. Luettu: 10.5.2015

Global Telecoms Insight. 2006. T-Mobile FLASH-OFDM, Slovakia. Luettavissa: <http://www.mobilecomms-technology.com/projects/t-mobile/>. Luettu: 3.6.2015

Global Telecoms Insight. 2004. NTT DoCoMo FOMA 3G Mobile Phone Service, Japan. Luettavissa: <http://www.mobilecomms-technology.com/projects/foma/>. Luettu: 3.6.2015

Granlund K. 2001. Langaton tiedonsiirto. WS Bookwell. Porvoo.

International Telecommunication Union. 14.5.2003a. All about the Technology. Luettavissa: <http://www.itu.int/osg/spuold/ni/3G/technology/index.html#Cellular> Standards for the Third Generation. Luettu: 3.6.2015

International Telecommunication Union. 29.7.2003b. The Evolution To 3g Mobile — Status Report. Luettavissa: <https://www.itu.int/itunews/issue/2003/06/thirdgeneration.html>. Luettu: 3.6.2015

Karlson, B., Bria A., Lönnqvist P., Norlin C., Lind J. 2003. Wireless foresight – Scenarios of the mobile world in 2015. John Wiley & Sons Ltd. Chichester

Khan, A. 8.2.2011. LTE Encyclopedia. Luettavissa: <https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/home>. Luettu: 2.6.2015

Keinänen, J. 2002, Langattoman tiedonsiirron tarjoamat mahdollisuudet. Opinnäytetyö HELIA

Kupetz A., Brown K. 2003. 4G – A Look Into the Future of Wireless Communications. Rollins Business Journal. Luettavissa:
http://www.crummer.rollins.edu/journal/articles/2004_1_4G.pdf. Luettu: 17.7.2008

Laitila, T. 24.2.2015. 5g on verkottuneen yhteiskunnan perusta. Tivi. Luettavissa:
http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/2015-02-24/5g-on-verkottuneen-yhteiskunnan-perusta-3216288.html. Luettu: 3.5.2015

Lehto, T. 14.3.2015. Jäähyväiset nettiongelmille - juniin tulee 4g. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/jaahyvaiset+nettiongelmille++juniin+tulee+4g/a1053297>.
Luettu: 11.5.2015

Lehto, T. 2.1.2014a. 4g-verkot leviävät nopeasti Suomessa – peittotavoite jopa 3g-verkkoja laajempi. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/4gverkot+leviavat+nopeasti+suomessa+ndash+peittotavoite+jopa+3gverkkoja+laajempi/a957112>. Luettu: 10.5.2015

Lehto, T. 15.12.2014b. Sonera nostaa 4g-nopeuksia 300 megabittiin – suurimpien kaupunkien herkkua. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/sonera+nostaa+4gnopeuksia+300+megabittiin+ndash+suurimpien+kaupunkien+herkkua/a1036725>. Luettu: 20.5.2015

Lehto, T. 30.6.2014c. Nopeat 4g-verkot leviävät vauhdilla Kiinassa - NSN iloitsee menestystään. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/nopeat+4gverkot+leviavat+vauhdilla+kiinassa++nsn+iloitsee+menestystaan/a996020>. Luettu: 11.5.2015

Lehto, T. 16.12.2014d. 4g-verkot levivävät aivan uusille alueille – lentokoneiden netistä teollisen internetin laitteisiin. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/4gverkot+levivavat+aivan+uusille+alueille+ndash+lentokoneiden+netista+teollisen+internetin+laitteisiin/a1037138>. Luettu: 3.5.2015

Lehto, T. 22.10.2014e. Huawei: Suomesta 5g-tekniikanhuippumaa - suuri urakka edessä. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/huawei+suomesta+5gtekniikan+huippumaa++suuri+urakka+edessa/a1021744>. Luettu: 3.5.2015

Lehto, T. 2007. @450-laajakaista kisa 3g-verkkojen kanssa. Tietokone. Luettavissa:
http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=31297&tyyppi=1. Luettu: 11.9.2007

Lukkari, J. 12.12.2014. 4g täyttää viisi vuotta. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/2014-12-12/4g-t%C3%A4ytt%C3%A4%C3%A4-viisi-vuotta-3257791.html>. Luettu: 10.5.2015

Luotola, J. 4.3.2015a. 160 mAh/g, 1000-kertainen kapasiteetti - Natriumioniakut korvaavat litiumioniakut vielä mobiililaitteissakin. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/160+mahg+1000kertainen+kapasiteetti++natriumioniakut+korvaavat+litiumioniakut+viela+mobiililaitteissakin/a1051736>. Luettu: 23.5.2015

Luotola, J. 12.2.2015b. 5G-testiverkko Suomeen - Yle: Mahdollistaa koneiden välisen viestinnän. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/5gtestiverkko+suomeen++yle+mahdollistaa+koneiden+valisen+viestinnan/a1048414>. Luettu: 2.5.2015

Luotola, J. 5.12.2014a. Vaiheohjattu 5G-antenni päihittää kiinteän laajakaistan datasiirron nopeudessa. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/vaiheohjattu+5gantenni+paihittaa+kiintean+laajakaistan+d atasiirron+nopeudessa/a1034434>. Luettu: 2.5.2015

Luotola, J. 20.8.2014b. Nokia aikoo päihittää Ericssonin 5g-tekniikassa. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/nokia+aikoo+paihittaa+ericssonin+5gtekniikassa/a1005151>. Luettu: 2.5.2015

Lynch, D. 8.7.2014. NZ's big 4G mobile rollout - progress report. The New Zealand Herald. Luettavissa:
http://www.nzherald.co.nz/business/news/article.cfm?c_id=3&objectid=11285361 Luettu: 12.5.2015

Mick, J. 9.10.2014. Sprint Will Turn off WiMAX 4G in Nov. 2015, Downgrading Older Devices to 3G. DailyTech LLC. Luettavissa:
<http://www.dailytech.com/Sprint+Will+Turn+off+WiMAX+4G+in+Nov+2015+Downgrading+Older+Devices+to+3G/article36697.htm>. Luettu: 2.6.2015

Nigam, S., Siljerud, P. 2006. 4G. TechTarget. Luettavissa:
http://searchmobilecomputing.techtarget.com/sDefinition/0,,sid40_gci749934,00.html.
Luettu: 17.7.2008

O'Shea, D. 2006. What is 4G? Telephony Online. Luettavissa:
http://telephonyonline.com/wimax/commentary/what_4g_081006/. Luettu: 17.7.2008

Poole, I. 14.3.2015. 5G technology tutorial. Radio-Electronics.com. Luettavissa:
<http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/5g-mobile-cellular/technology-basics.php>. Luettu: 3.5.2015

Poole, I. 2014. IEEE 802.11 Wi-Fi Standards. Radio-Electronics.com. Luettavissa:
<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11-standards-tutorial.php>.
Luettu: 3.5.2015

Poole, I. 2011. HSPA - High Speed Packet Access Tutorial. Radio-Electronics.com. Luettavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/3g-hspa/hsdpa-high-speed-downlink-packet-access.php>. Luettu: 3.6.2015

Poole, I. 2010. WiMAX IEEE 802.16 technology tutorial. Radio-Electronics.com. Luettavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wimax/wimax.php>). Luettu: 3.6.2015

Puolakka, M. 24.11.2014. Huawei panostaa robottiautoteknologiaan – Kehitteillä supernopea 5g-verkkoyhteys. Tekniikka & Talous. Luettavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/huawei+panostaa+robottiautoteknologiaan+ndash+kehitteilla+supernopea+5gverkkoyhteys/a1031433>. Luettu: 3.5.2015

Reid, C. 18.5.2015. Revolutionary Silicon Chip Brings Us Closer To Light-Speed Computer Technology. IFLScience.com. Luettavissa:
<http://www.iflscience.com/technology/revolutionary-silicon-chip-makes-light-work>. Luettu: 18.5.2015

Robertson, J. 19.9.2013. Countries With the Most 4G Mobile Users. BloombergBusiness. Luettavissa: <http://www.bloomberg.com/slideshow/2013-09-19/countries-with-the-most-4g-mobile-users.html#slide1>. Luettu: 11.5.2015

Sonera.fi. 28.5.2015. Kuuluvuus. Luettavissa:
<http://www.sonera.fi/etsi+apua+ja+tukea/verkkokartat/peittoaluekartta>. Luettu: 31.5.2015

Sonera.fi. 10.7.2014. Tutkimus: Soneran 4G-verkossa mitattiin maailmanennätys. Luettavissa: <http://uutishuone.sonera.fi/media/2014/10/07/tutkimus-soneran-4g-verkossa-mitattiin-maailmanenentys/d20d0b27-8953-474c-a874-7071837c0395>. Luettu: 10.5.2015

Sonera.fi. Helmikuu 2013. 4G-yhteydellä suurtenkin tiedostojen lataaminen onnistuu nopeasti – elokuvat ja musiikki ovat käytettävissä niin kotona kuin liikkeelläkin. Luettavissa: <http://uutishuone.sonera.fi/fokuksessa/showTagView.html?tag=fc26f535-eb1e-4596-a8f1-76c7effd31e8>. Luettu: 10.5.2015

Syrmä, T. 2008. Insinööriä mittalaite Flash-OFDM -tekniikalle. Metropolia. Luettavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1286/Mittalaite%20Flash-OFDM-tekniikalle.pdf?sequence=1>. Luettu: 3.6.2015

Säteilyturvakeskus. 2015. Langaton lähiverkko. Luettavissa: http://www.stuk.fi/sateilyn-hyodyntaminen/kodin_laitteet/fi_FI/wlan/_print/. Luettu: 2.6.2015

Talouselämä. 11.3.2015. Nokialle suuri 4G-verkkotilaus Venäjältä.

Luettavissa:

<http://www.talouselama.fi/uutiset/nokialle+suuri+4gverkkotilaus+venajalta/a2296376>

Luettu: 12.5.2015

Talouselämä. 28.10.2014a. Tällä ei ole oikein nimeä, mutta sitä käyttämällä saa 4g-nopeuksiin 100% lisää. Luettavissa:

<http://www.talouselama.fi/uutiset/talla+ei+ole+oikein+nimea+mutta+sitä+kayttamalla+saa+4gnopeuksiin+100+lisaa/a2273665>. Luettu: 20.5.2015

Taloussanomien 9.5.2014b. Docomon 5G ei rajoitu Nokiaan: Mukana viisi muutakin valmistajaa. Luettavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2014/05/09/docomon-5g-ei-rajoitu-nokiaan-mukana-viisi-muutakin-valmistajaa/20146563/66>. Luettu: 3.5.2015

Telecom ABC. 2005. Flash-OFDM. Luettavissa: <http://www.telecomabc.com/f/flash.html>. Luettu: 3.6.2015

Thomas, D. 8.3.2015. Huawei aims to be at forefront of 5G technology. Financial Times.

Luettavissa: <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/a0e7e836-c412-11e4-a02e-00144feab7de.html#axzz3Zksi9aEY>

Luettu: 3.5.2015

Thomas, K. 4.11.2014. 4G LTE Advanced – How much progress are the networks making? 4G.co.uk. Luettavissa: http://www.4g.co.uk/4g-news/news-features/4g-lte-advanced-much-progress-networks-making_300111339.html. Luettu: 10.5.2015

Tolvanen, P. 10.1.2014. 4G ei takaa nopeaa nettiä. Yle Uutiset. Luettavissa: http://yle.fi/uutiset/4g_ei_takaa_nopeaa_netitia/7023655. Luettu: 11.5.2015

Viestintävirasto. 31.10.2013. Taajuusalueen 791-821 MHz/832-862 MHz huutokauppa. Luettavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/taajuudet/radiotaajuuksienkaytto/taajuushuutokauppa.html>. Luettu: 10.5.2015

Vironen, P. 11.3.2013. Kuusi vuotta vanha laajakaista sai purkutuomion: "Tästä ei tullut ekosysteemiä. Varaosia mahdoton saada." Yle Uutiset. Luettavissa: http://yle.fi/uutiset/kuusi_vuotta_vanha_laajakaista_sai_purkutuomion_tasta_ei_tullut_ekosysteemia_varaosia_mahdoton_saada/6531999. Luettu: 2.6.2015

Virtanen, S. 17.6.2014. EU kimppaan Etelä-Korean kanssa 5g-verkkojen rakentamiseksi – yhteydestä 60 kertaa nopeampi. Tekniikka & Talous. Luettavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/ict/eu+kimppaan+etelakorean+kanssa+5gverkkojen+rakentamiseksi+ndash+yhteydesta+60+kertaa+nopeampi/a994233>. Luettu: 2.5.2015

Vänskä, O. 2.3.2015. Nokia testaa jo 5G-yhteyttä – piiskasi tekniikasta ulos ennätysnopeuden. Tivi. Luettavissa: http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/2015-03-02/Nokia-testaa-jo-5G-yhteytt%C3%A4-%E2%80%93-piiskasi-tekniikasta-ulos-enn%C3%A4tysnopeuden-3216532.html. Luettu: 3.5.2015

Wannstrom, J. Kesäkuu 2013. LTE-Advanced. 3GPP. Luettavissa: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>. Luettu: 2.6.2015
Web-opas. 19.3.2013. Mikä on 4G? Luettavissa: <http://www.webopas.net/4g.html>. Luettu: 2.6.2015

Web-opas. 15.12.2012. Mikä on WiFi? Luettavissa: <http://www.webopas.net/wifi.html>. Luettu: 2.6.2015

WiMAX Forum. 2015. Luettavissa: <http://www.wimaxforum.org>. Luettu: 30.5.2015

Yle Uutiset. 23.11.2009. 4G-huutokaupan tuotto 4 miljoonaa euroa. Luettavissa:

http://yle.fi/uutiset/4g-huutokaupan_tuotto_4_miljoonaa_euroa/5924895. Luettu: 10.5.2015

Writer Jouko Väänänen (Instructor: Heikki Hietala)	
Degree programme Business Information Technology	
The title of thesis 4G – Past, present and future	Number of pages 30
<p>Wireless communication has evolved from jungle drums to electrical telegraphs and further from brick-sized walkie-talkies to modern mobile phones that can send and receive multimedia messages. The development of wireless communication technologies has been particularly rapid since the 1990s.</p> <p>The target of the study was to explore the past, present and future of the 4th generation wireless mobile technology.</p> <p>Technologies preceding the 4G were among others WLAN, WiMAX, Flash-OFDM, 3G and LTE. These technologies represent the mobile phone technologies of the third generation. On the other hand, 4G is a general title for mobile phone technologies that will succeed the technologies of the third generation. I will examine the deployment of 4G both worldwide and in Finland.</p> <p>At the moment 4G is available around the world. In Finland the telecommunication operators have obligations to cover all of Finland with 4G networks in the next couple of years.</p> <p>LTE seems to become the dominant 4G technology over WiMAX.</p> <p>The future of 4G will be determined by the needs of consumers and industries. The wireless communication of the next generation (5G) will comprise several technologies as the demands are so diverse. The amounts of data will multiply and all that can be connected to networks will be connected.</p> <p>5G is now in the same situation as 4G was a decade ago. The difference now is that the wireless network industry seems to understand the need of one common standard.</p>	
Key words Wireless communication, 3G, 4G, 5G, WiMAX, LTE	