
MATKAPUHELINVERKKOJEN DATARATKAISUT JA NIIDEN ONGELMATILANTEITA

**Jussi Pietiläinen
Savonia-ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma**

Opinnäytetyö

Koulutusala Luonnontiede	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittely	
Työn tekijä(t) Pietiläinen Jussi	
Työn nimi Matkapuhelinverkon dataratkaisut ja niiden ongelmatilanteita	
Päiväys	16.8.2011
Sivumäärä/Liitteet	30 (0)
Ohjaaja(t) Granroth, Pekka	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) TeliaSonera Finland Oyj	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on perehdyttää lukija matkapuhelinverkon datasiirron toimintaan. Työssä käsitellään datasiirron kehitystä matkapuhelinverkkojen sukupolvesta toiseen.</p> <p>Matkapuhelindata mahdollistaa käyttäjälle pääsyn Internetiin missä tahansa matkapuhelinverkon palvelualueella. Työssä pyritään käsittelemään matkapuhelinverkon toimintaa tasolla, minkä tulisi antaa asiaan vähemmän perehtyneelle lukijalle selkeä kuva matkapuhelinverkon toiminnasta. Lisäksi perehdytään tarkemmin matkapuhelinverkon eri elementtejen toimintaan.</p> <p>Matkapuhelinverkon sukupolvien väliset eroavaisuudet esitellään sukupolvesta toiseen siirryttäessä. Koska eri sukupolvien tekniikat pohjautuvat useimmiten edellisiin sukupolviin, pyritään nämä lisäykset tekniikoihin tuomaan selkeästi esille.</p> <p>GPRS-tekniikkaa voidaan pitää matkapuhelindatasiirron merkittävimpinä edistysaskeleena, joten työssä keskitytään erityisesti saamaan lukijalle ymmärrys GPRS-tekniikan toiminnasta, jolloin tulevien tekniikoiden ymmärtäminen on helpompaa.</p> <p>Matkapuhelinverkon vikatilanteet käsitellään lyhyesti ja pyritään tuomaan suurimmat ongelmatilanteet kattavasti esille.</p> <p>Aiheen valintaa tuki oma kiinnostukseni matkapuhelinverkkoihin ja halu laajentaa tietämystäni käytettävistä tekniikoista. Työn pohjalta laaditaan TeliaSonera Finland Oyj:lle uusien työntekijöiden perehtymistä varten koulutusmateriaali.</p>	
Avainsanat GSM, 3G-tekniikka, GPRS, UMTS	

Field of Study Natural Sciences			
Degree Programme Degree Programme in Computer Science			
Author(s) Pietiläinen Jussi			
Title of Thesis Data solutions for cellular data networks and their problem situations			
Date	16.8.2011	Pages/Appendices	30 (0)
Supervisor(s) Granroth, Pekka			
Project/Partners TeliaSonera Finland Oyj			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis is to introduce the operation of mobile network data transfer. The work deals with the development of mobile data transmission networks from generation to generation.</p> <p>Mobile data allows a user to access the Internet anywhere in the mobile network service area. The work aims to discuss the cellular network in a way which gives even a less experienced reader clear picture of cellular network activity. In addition the activities of the different elements of mobile phone networks are described in more detail.</p> <p>The differences between mobile network generations are presented from generation by generation. As different generations of technologies are usually based on previous ones, additions to the technology are presented.</p> <p>GPRS technology can be regarded as one of the most significant steps in cellular data transfer, so the work focuses in particular on GPRS operations, which makes it easier for the reader to understand future technologies.</p> <p>Mobile network failure situations are briefly discussed, and the work aims to present the biggest problem situations comprehensively.</p> <p>The topic selection arose from the author's interest in mobile networks and his desire to expand knowledge of applied technologies. Based on the thesis training material is created for new employees at TeliaSonera Finland Oyj.</p>			
<p>Keywords</p> <p>GSM, 3G technology, GPRS, UMTS</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	ENSIMMÄISEN JA TOISEN SUKUPOLVEN TEKNIIKAT.....	7
2.1	NMT	7
2.2	GSM.....	8
2.2.1	Perusteet.....	8
2.2.2	Rakenne.....	9
2.2.3	CSD ja HSCSD	12
3	GPRS.....	13
3.1	Perusteet.....	13
3.2	Rakenne.....	15
3.3	Edge.....	16
4	KOLMAS SUKUPOLVI	17
4.1	Perusteet.....	17
4.2	WCDMA	18
4.3	HSPA	18
4.4	UMTS-verkkoarkkitehtuuri	19
5	NELJÄS SUKUPOLVI	21
5.1	Perusteet.....	21
5.2	Rakenne.....	22
6	PÄÄTELAITTEET	24
7	ONGELMATILANTEET	26
8	POHDINTA.....	27

1 JOHDANTO

Matkapuhelinverkon kautta tapahtuva datakäyttö on kasvanut huomattavasti viimeisen vuosikymmenen aikana. Nykyisin lähtökohtana alkaa olla se, että tietoverkkoihin pääsyn tulee olla ajasta ja paikasta riippumatonta. Teknologian kehittyessä käyttäjien vaatimukset kasvavat samassa tahdissa. Tie nykytilanteeseen mukana kulkevina datayhteyksineen on ollut pitkä ja tulevaisuuden mahdollisuuksia on vaikea edes arvailla.

Ensimmäisten NMT-laitteiden aikoihin oli mukana kulkeva matkapuhelin jo itsessään kummastusta aiheuttava laite. Ihminen ei enää ollut sidottu tiettyyn paikkaan, josta kommunikoida. GSM-verkko toi mukanaan paremman palvelutason käyttäjille ja aiheutti kännykkäbuumin.

Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkojen tullessa markkinoille oli jo useimmilla suomalaisilla matkapuhelin. 3G-verkko toi suuren yleisön tietoisuuteen palveluita, joista ei oltu aiemmin uneksittukaan. Tiedonsiirto matkapuhelinverkossa kännykkää tai usb-modeemia hyväksi käyttäen oli tullut jäädäkseen. Se, että ihmiset tavoitettiin soittamalla tai tekstiviestitse, oli saanut rinnalleen myös mukana kulkevan internetin ja sen sosiaaliset palvelut.

3G:n ja sen laajennusten mukanaan tuomat mahdollisuudet työelämässä ja vapaa-ajalla ovat loppumattomat. Teknologian kehitys ei kuitenkaan pysähdy, joten 3G-verkotkin saavat jossain vaiheessa väistyä uudemman LTE-teknologian tieltä.

Tässä opinnäytetyössä on perehdytty matkapuhelinverkkojen datapalveluiden kehittymiseen ja niiden rakenteeseen. Työssä käydään läpi verkkojen kehitys ensimmäisen sukupolven matkapuhelinverkosta aina vastikään käyttöön otettuun neljännen sukupolven verkkoon. Työssä selvitetään mitä muutoksia ja parannuksia eri verkkotekniikat ovat tuoneet mukanaan. Päätelaitteissa on vuosien aikana koettu huikea parannus, joten työssä kuvataan myös tätä kehitystä. Kuten mitkään tietoverkot, eivät myöskään matkapuhelinverkot toimi ongelmitta ja työn lopussa käydään läpi tyypillisimmät verkon ongelmatilanteet. Opinnäytetyön pohjalta on tehty TeliaSonera Finland Oy:lle uusien työntekijöiden perehdyttämistä varten koulutusmateriaali, joka jää tämän opinnäytetyön taustamateriaaliksi.

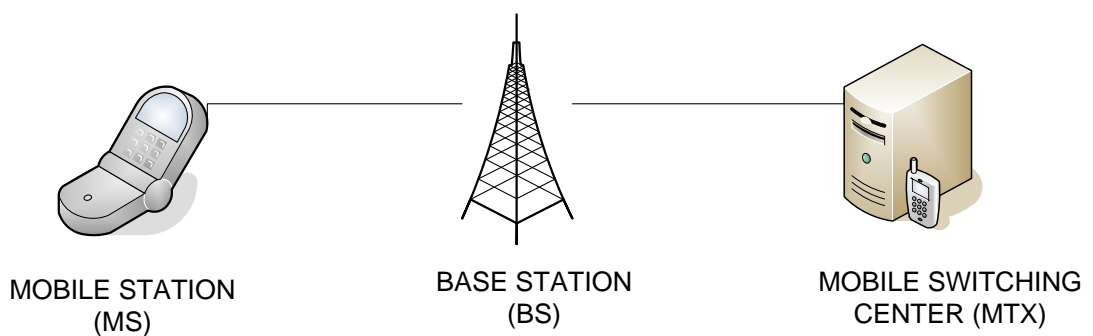
2 ENSIMMÄISEN JA TOISEN SUKUPOLVEN TEKNIIKAT

2.1 NMT

Ennen NMT-verkkoa (Nordisk Mobiltelefon) Suomessa oli käytössä ARP-verkko (Auto Radio Puhelin), joka avattiin liikenteelle vuonna 1971. ARP-verkko oli 90-luvun alkuun asti käsivälitteinen eli puhelut autoihin, joihin laitteet oli asennettu, ohjattiin käsivälitteisen keskuksen kautta. Tämä aiheutti hankaluuksia verkon käyttäjille, koska käyttäjän oli tiedettävä minkä keskuksen alueella sekä soittaja, että vastaanottaja sijaitsivat. ARP-verkossa ei myöskään ollut mitään datan siirtoon käytettäviä tekniikoita. Varsinaisesti kannettavien puhelimien menestyksen aloitti NMT-verkko. (Granlund, 2001, 66.)

NMT-verkon kehittäminen aloitettiin 1970-luvun alussa. NMT-verkon käyttöönotto vuosina 1981–1982 toi matkapuhelinverkot laajemmin kuluttajien tietouteen. Alussa 450 MHz-taajudella (myöhemmin käyttöön tuli myös 900 MHz-taajuus) toiminut NMT-verkko oli tavoitettavuuden kannalta suuri askel matkapuhelinverkkojen kehityksessä. NMT oli ensimmäinen täysautomaattinen matkapuhelinverkko ja tarjosi näin mahdollisuuden soittaa kannettavaan vastaanottimeen tietämättä vastaanottajan sijaintia. NMT toi mukanaan myös verkkovierailun mahdollisuuden. (Granlund, 2001, 67-68.)

NMT-verkko koostuu kolmesta komponentista (kuva 1). NMT-verkossa puhelin (MS) on yhteydessä palvelemaan tukiasemaansa (BS), josta liikenne kulkee tukiaseman matkapuhelinkeskukseen (MTX). Matkapuhelinkeskus ohjaa liikenteen eteenpäin kiinteään verkkoon tai toiseen matkapuhelimeen (Granlund, 2001, 68).



Kuva 1. NMT-verkon rakenne pelkistettynä (Granlund, 2001, 68).

NMT-verkko mahdollisti solunvaihtomekanismin ansiosta käyttäjän siirtymisen tukiaseman vaikutusalueelta toiselle ilman puhelun katkeamista. NMT:n kohdalla on muistettava, ettei se tarjonnut suoraan matkapuhelimen kautta datapalveluita, mutta oli ensimmäinen laajemmassa mittakaavassa toiminut matkapuhelinverkko. Datansiirto ei ollut NMT-verkkoa suunniteltaessa normaalin viestinnän kannalta tärkeää. NMT-verkossa pystyttiin kuitenkin siirtämään dataa erilisillä kiinteän verkon modeemeilla, mutta siirtonopeus jäi verkon radioteiden häiriöiden takia vaatimattomaksi. (Granlund, 2001, 69.)

NMT-verkko oli laajasti käytössä ollut tehokas ensimmäisen sukupolven matkapuhelinverkko, mutta siinä oli kuitenkin selkeitä puutteita. Analogisena verkkona NMT-verkossa ei pystytty käyttämään samalle puhelulle useampaa radiokaistaa ja näin ollen NMT-verkossa ei ollut mahdollista käyttää radioteitä tehokkaasti. NMT-verkossa ei myöskään datan käyttöä ollut mahdollista toteuttaa tehokkaasti (Granlund, 2001, 68–69). Näiden syiden takia NMT sai väistyä tulevien tekniikoiden tieltä ja se suljettiin Suomessa vuonna 2002 (Wikipedia, NMT, verkkodokumentti).

2.2 GSM

2.2.1 Perusteet

GSM (Global System for Mobile Communications) on toisen sukupolven matkapuhelinverkko, ollen samalla myös ensimmäinen täysin digitaalinen matkapuhelinverkko. GSM-verkkoa alettiin suunnitella vuonna 1982 eli samoihin kun ensimmäisen sukupolven matkapuhelinverkko alkoi saavuttaa suosiota. GSM-verkko otettiin ensimmäisenä maailmassa käyttöön Suomessa vuonna 1991 (ensimmäinen toimilupa myönnettiin Radiolinjalle lokakuussa 1990) ja verkkojen kaupallinen käyttö yleistyi seuraavana vuonna. (Penttinen, 2001, 8.)

Toisen sukupolven matkapuhelinverkot ovat edelleen laajasti käytössä. Suomessa 2G-verkko toimii rinnakkain 3G-verkon kanssa. Toisen sukupolven matkapuhelinverkot suunniteltiin alusta asti myös datakäyttöön ja Suomessa onkin vuodesta 1994 ollut mahdollisuus suoraan datansiirtoon GSM-verkossa ilman mitään sovittimia. (Penttinen, 2001, 8.)

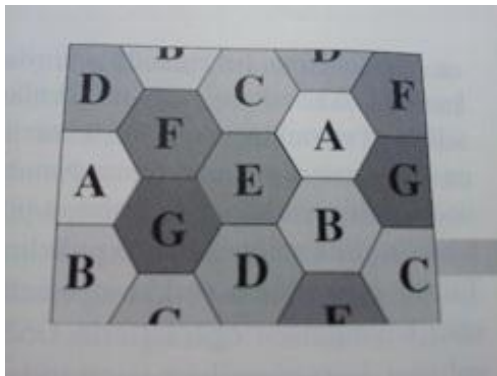
GSM-verkko saavutti suuren suosion ja käyttäjämäärät verkossa kasvoivat tasaisesti. Tästä johtuen GSM-verkon alkuperäinen 900 MHz-taajuus ruuhkautui ja rinnalle

otettiin käyttöön lyhyemmän kantaman GSM 1800 MHz-taajuus. GSM on käytetyin toisen sukupolven tekniikka ja on käytössä ympäri maailman. Maailmalla on käytössä muitakin toisen sukupolven matkapuhelintekniikoita, joista merkittävimpana CDMA-tekniikka. (Penttinen, 2001,9.)

Toisen sukupolven matkapuhelinverkko tullaan sulkemaan siinä vaiheessa, kun 3G-verkon peitto ja toimintavarmuus saadaan 2G-verkkojen tasolle. Tällä hetkellä Suomessa ei rakenneta enää uusia 2G-tukiasemia vaan ne on korvattu kolmannen sukupolven ratkaisulla, joilla saavutetaan suurempi palvelutaso.

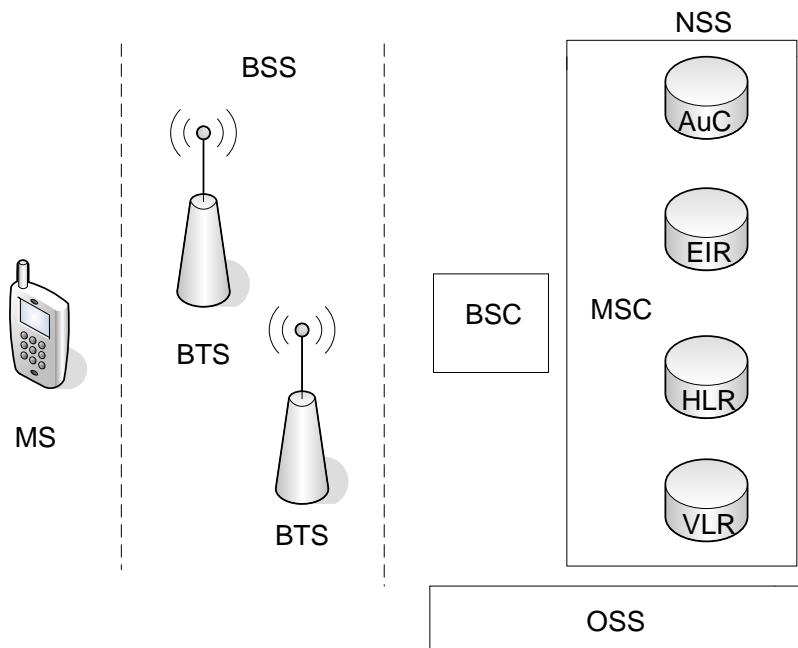
2.2.2 Rakenne

GSM-verkko on soluihin perustava matkapuhelinverkko. Tukiasemat sisältävät soluja, jotka on suunnattu eri suuntiin parhaan mahdollisen peittoalueen takaamiseksi. Solujen suuntaukset ja lähetystehot on suunniteltu niin, etteivät samaa taajuutta käyttävät solut toimi samalla maantieteellisellä alueella (Granlund, 2001, 114–115). Tällä tavalla pystytään palvelemaan suurempaa määrää asiakkaita ilman verkon toiminnassa ilmeneviä ongelmia (kuva 2).



Kuva 2. GSM-solujen taajuuskäyttö (Granlund, 2001, 115).

Tukiasemaan asennetut solut palvelevat oman alueensa asiakkaita. Soluista koostuva tukiasema on yhteydessä tukiasemaohjaimen, joka hallitsee oman määritellyn alueensa tukiasemia. Yhdessä nämä komponentit muodostavat tukiaseman alijärjestelmän. Tämä alijärjestelmä puolestaan on yhteydessä verkon alijärjestelmään (kuva 3).



Kuva 3. GSM-verkon rakenne pelkistettynä (Hämeen-Anttila, 2002, 29).

Kuvassa 3 on kuvattu GSM-verkon keskeisimmät elementit. Näiden verkon osien toiminta on selitetty tarkemmin taulukossa 1.

Taulukko 1. Matkapuhelinverkon keskeiset elementit (Hämeen-Anttila, 2002, 29-30).

Lyhenne	Selitys
MS	Mobile Station. Päätelaitte matkapuhelinverkossa.
BTS	Base Tranceiver Station (Base Station). Tukiasema, eli linkki johon päätelaitteet ensimmäisenä ottavat yhteyden.
BSC	Base Station Controller. Tukiasemaohjain kontrolloi oman alueensa tukiasemia. Tehtävinä esimerkiksi matkaviestimien solusta toiseen siirtymisen havaitseminen.
BSS	Base Station Subsystem. Tukiasemaliijärjestelmä on päätelaitteista, tukiasemista ja tukiasemaohjaimista koostuva kokonaisuus.
NSS	Network Switched Subsystem. KytKentäalijärjestelmä hoitaa kytkennät

	verkkojen välillä ja siellä sijaitsevat matkapuhelinverkon ydintoiminnot, joita on lueteltu alla.
AuC	Authentication Center. Tunnistekeskus huolehtii tietoturvasta ja suojaukseen liittyvistä toiminnoista. Esimerkkinä käyttäjän todentaminen GSM-verkossa.
EIR	Equipment Identity Register. Laitetunnusrekisterin tehtävänä on tunnistaa käyttäjän IMEI-koodi (International Mobile Equipment Identity), jonka perusteella verkkoon liittyminen hyväksytään tai hylätään (esimerkkinä varastetun laitteen käyttö).
HLR	Home Location Register. Kotirekisteri ylläpitää tietoja siitä, minkä matkapuhelinkeskuksen alueella päätelaite on.
VLR	Visitor Location Register. Vierailijarekisteri ylläpitää tietoa kotirekisterin ulkopuolella liikkuvista käyttäjistä, ja välittää käyttäjän liikkuessa vierailijarekisteristä toiseen tiedot myös kotirekisterille.
MSC	Mobile Switching Centre. Matkapuhelinkeskus hoitaa puheluiden yhdistämisen, ylläpitää puheluita ja huolehtii niiden päättämisestä. Matkapuhelinkeskus huolehtii yhteyksistä toisten matkapuhelinkeskusten ja kiinteän verkon välillä.
OSS	Operation Subsystem. Operaattori hallitsee hallinta-alijärjestelmän avulla GSM-verkkoa.

2.2.3 CSD ja HSCSD

Toisen sukupolven matkapuhelinverkossa pystyttiin muodostamaan piirikytkentäistä tiedonsiirtomenetelmää (CSD, engl. Circuit Switched Data) käyttävä datapuhelu, jolla saavutettiin suurimmillaan 9,6 kbit/s nopeus. Toisin kuin myöhemmissä ratkaisuisissa, GSM-datapuhelulle varataan tiedonsiirtokaista (kuten normaalille GSM-puhelulle) koko puhelun ajaksi, riippumatta siitä siirtyykö dataa vai ei. CSD-tekniikassa käytettiin FDMA taajuusjakokanavointia (Frequency Division Multiple Access). FDMA on yksinkertainen radiotien kanavanvaraustekniikka. Sen toteutuksessa käytettävä taajuusalue jaetaan osa-alueisiin, joista käyttäjälle annetaan yksi alue yhteyden ajaksi. Tiedonsiirtonopeus on sama molempiin suuntiin eli kyseessä on symmetrinen tiedonsiirto. GSM-datan nopeus ei ollut riittävä monellekaan nettipalvelulle vaan sen käyttö rajoittui lähinnä sähköpostiin. Tarvetta nopeammille ratkaisuille oli ja niiden ensimmäisenä tekniikkana esiteltiin HSCSD. (Hämeen-Anttila, 2002, 32.)

HSCSD eli High Speed Circuit Switched Data otettiin käyttöön vuonna 1998. HSCSD mahdollisti parhaimmillaan jopa neljä kertaa CSD-tekniikkaa nopeamman liikennöinnin. CSD-tekniikassa käytetään vain yhtä kanavaa kun taas HSCSD:ssa voidaan yhdistää neljä kanavaa. Käyttämällä neljää kanavaa voidaan päästä teoriassa 57,6 kbit/s nopeuteen. (Imran's Everything Cellular, 2007, What is HSCSD, verkkodokumentti)

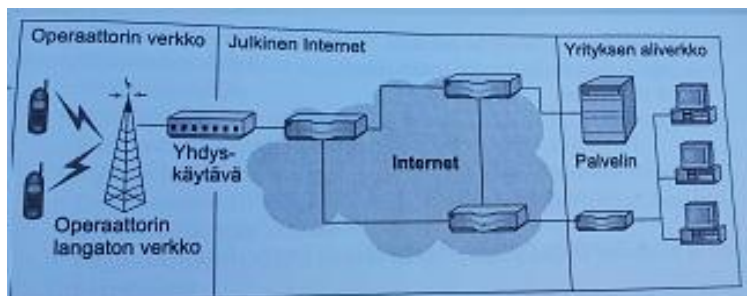
HSCSD-tekniikassa on myös paranneltu tiedonsiirron virheenkorjaus. Alkuperäisestä GSM:n tiedonsiirtokapasiteetista suurin osa on varattu korjausdatalle, kun taas HSCSD kykenee melko heikoissa olosuhteissakin useampaa kanavaa ja virheenkorjausta käyttämällä 38,4 kbit/s nopeuteen. Kaikkia neljää kanavaa ei ole aina mahdollista käyttää johtuen siitä, että matkapuhelinverkossa äänipuhelut priorisoidaan dataliikenteen edelle. (WiseGeek, 2011, What Is HSCSD, verkkodokumentti)

GSM-tekniikan lyötyä läpi, joutuivat operaattorit panostamaan merkittäviä summia GSM-verkkoon. Tästä johtuen HSCSD-tekniikka oli operaattoreille mieluisa, koska siinä GSM-verkon arkkitehtuuriin ei tule suurempia muutoksia. Matkapuhelinkeskus (MSC) tarvitsee IWF-yksikön (Interworking Functionality) ja matkapuhelintuen TAF-yksikölle (Terminal Adaption Functionality). Kuten GSM-datan myös HSCSD-datapuhelun veloitus on minuuttipohjaista ja kallista. (Hämeen-Anttila, 2002, 32.)

3 GPRS

3.1 Perusteet

GPRS (General Packet Radio Service) on pakettikytkentäinen dataaajennus GSM-verkkoihin. Tekniikkaa käytetään pääasiallisesti langattoman yhteyden muodostamiseksi päätelaitteelta (matkapuhelin tai GPRS-sovitin) internetiin (kuva 4). GPRS tekniikkana toimii kuten internet-verkko, päätelaitteen ja verkkoelementin saadessa omat ip-osoitteet. Suomessa GPRS otettiin käyttöön suunnilleen vuosituhaten vaihteessa (Hämeen-Anttila, 2002, 33).



Kuva 4. GPRS-tekniikan yhteys muihin verkkoihin (Granlund, 2001, 35).

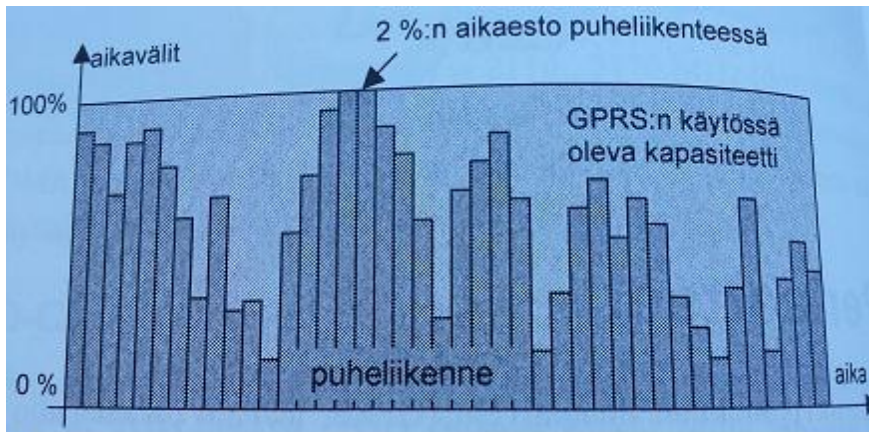
GPRS:n etuna sitä edeltäneisiin piirikytkentäisiin tekniikoihin on se, että käyttäjällä on pääsy IP-pohjaisiin verkkoihin heti käyttäjän avattua yhteyden. Käyttäjän päätelaite on siis internet-verkossa oleva langaton päätelaite. GPRS-verkossa matkapuhelin toimii kuten normaali tietokonepuolen internet-selain, eli lähettää pyynnön palvelimelle, joka palauttaa vastauksen takaisin. Pakettikytkentäisessä verkossa käyttäjä maksaa siirtämästään datasta (nykyään harvinaisempaa), kun taas piirikytkentäisen datan käyttö perustuu minuuttihinnoitteluun. (Hämeen-Anttila, 2002, 34.)

GPRS-verkossa verkon kapasiteetti jakautuu käyttäjien kesken ja yhteyksiä varataan vain niin kauan kun datan lähettämiseen tarvitaan. GPRS-yhteys voi siis olla päällä koko ajan ilman verkon kuormittamista silloin kun tietoa ei siirretä. Tämä on selkeä parannus piirikytkentäiseen ratkaisuun. Tarkempi vertailu piiri- ja pakettikytkentäisen verkon välillä on nähtävissä taulukossa 2. GPRS-yhteydet käyttävät piirikytkentäisiltä GSM-yhteyksiltä jääviä vapaita aikavälejä (kuva 5). Tässäkin tapauksessa siis puheluliikenne priorisoidaan dataliikenteen edelle. (Penttinen, 2001, 49.)

Taulukko 2. HSCSD:n ja GPRS:n vertailu (Hämeen-Anttila, 2002, 38).

Ominaisuus	HSCSD	GPRS
Kytkeä	Piirikytkeä	Pakettikytkentä
Koodaus	GSM:ään perustuva	Oma
Muutokset verkkoon	Vähäiset muutokset	GGSN, SGSN
Päätelaitteet	Vaatii uudet	Vaatii uudet
Laskituksen perusta	Yhteyden kesto / kanavien määrä	Siirretty data ja QoS (Quality of Service eli tietoliikenteen luokittelua ja priorisointi)
Uhkatekijät	Rajallinen kapasiteetti	Lisäinvestoinnit ja uudemmat tekniikat

GPRS-yhteyksien nopeudet eivät ole oleellisesti GSM-datasiirtoa nopeampia, nopeuksien jäädessä käytännössä 40–60 kbit/s tasolle. Teoreettinen maksiminopeus GPRS-yhteydelle verkosta päätelaitteelle on 170 kbit/s. Viive (round-trip time) GPRS-yhteydellä on usein jopa 600–700 ms.



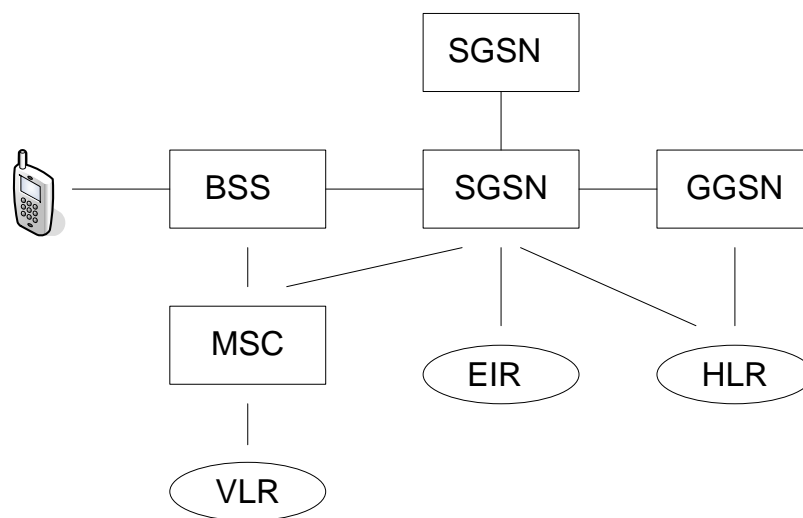
Kuva 5. Kapasiteetin jakautuminen GPRS:n ja puheliikenteen välillä (Penttinen, 2001, 49).

GPRS on laajennus GSM-verkkoon ja vaikei se itsessään vaikuta GSM-verkon toimintaan, tuo se mukanaan useita lisäyksiä GSM-spesifikaatioihin ja GSM-verkkoelementteihin. GPRS:n voidaan sanoa tuoneen mukanaan sen, että matkapuhelinverkon päätelaitteen internet-yhteyttä, eli GPRS-yhteyttä voidaan

internetin näkökulmasta sanoa yhdeksi internetin aliverkoista (Hämeen-Anttila, 2002, 35).

3.2 Rakenne

GPRS on siis laajennus GSM-arkkitehtuuriin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että käytettyyn perusrakenteeseen lisätään kaksi uutta elementtiä ja olemassa olevat GSM-elementit päivitetään uusilla ominaisuuksilla. Yksinkertaistetun GPRS-verkon rakenne ei olennaisesti poikkea GSM-verkon rakenteesta, kuten kuvasta 6 voi huomata.



Kuva 6. GPRS-verkon yksinkertaistettu rakenne (Hämeen-Anttila, 2002, 37).

GPRS-arkkitehtuurissa on siis kaksi GSM-arkkitehtuurista poikkeavaa elementtiä, eli SGSN ja GGSN. Näiden lisäksi tarvittavia uusia elementtejä on PCU (Packet Control Unit) eli paketihojausyksikkö, joka huolehtii GPRS-runkoverkon ja GSM-järjestelmän tukiasemajärjestelmän välisestä yhteydestä, sekä GR (GPRS Register) eli GPRS-rekisteri, joka sisältää kotirekisterissä tilaajatiedot GPRS:n osalta. (Penttinen, 2001, 53.)

SGSN (Serving GPRS Support Node) eli GPRS-tukisolmun vastuulla on tietää palvelualueella olevien päätelaitteiden sijainti. SGSN toimii siis kuten MSC GSM-verkossa. SGSN välittää pakettiliikennettä matkaviestimen ja GGSN:n (Gateway GPRS Support Node) välillä. Tämän lisäksi SGSN pitää huolta oman maantieteellisen alueensa päätelaitteiden kirjautumisesta, niiden liikkuvuuden hallinnasta, laskutustiedoista ja kerää näistä статистиikkaa. GGSN huolehtii pakettien muunnoksen niin, että toiset pakettiprotokollat ymmärtävät ne ja lähettää ne toisiin

verkkoihin. SGSN-elementit muodostavat yhdessä GGSN-elementin kanssa GPRS-runkoverkon, joka on GGSN:n kautta yhteydessä muuhun internetiin. (Penttinen, 2001, 52–55.)

3.3 Edge

Enhanced Data GSM Evolution, eli EDGE, on digitaalinen matkapuhelinteknologia, joka on lisäys GPRS-tekniikkaan. Tästä lisäyksestä käytetään myös nimeä EGPRS (Enhanced GPRS). EDGE on GPRS:n laajennus ja se voi toimia missä tahansa verkossa missä on GPRS käytössä, kunhan operaattori toteuttaa verkkoon tarvittavat päivitykset. Vaikkei EDGE itsessään tuo mitään muutoksia GSM-runkoverkkoon, tarvitsee tukiasemat kuitenkin päivittää tukemaan EDGE:ä. Tukiasema tarvitsee EDGE yhteensopivan lähetinyksikön. Tämän lisäksi tukiasema-alijärjestelmä on päivitettävä yhteensopivaksi EDGE:n kanssa. Myös päätelaitteesta täytyy löytyä tuki tekniikalle, jotta nopeammasta tiedonsiirrosta päästään hyötymään. (Granlund, 2001, 198.)

EDGE:n tiedonsiirtonopeus on teoriassa jopa 473,6 kbit/s kahdeksalla aikavälillä ja puolet (236,8 kbit/s) tästä neljällä aikavälillä. Käytännössä loppukäyttäjien nopeudet jäävät selkeästi pienemmiksi, ollen keskimäärin noin 160 – 200 kbit/s. Tämäkin nopeus on parhaimmillaan noin nelinkertainen GPRS-tekniikkaan verrattuna. EDGE-tekniikkaa voidaan kuvailla 2.5G-tekniikaksi, koska se toi merkittävää parannusta toisen sukupolven tiedonsiirtonopeuksiin, muttei ole kuitenkaan nopeudeltaan vielä kolmannen sukupolven spesifikaatioiden mukainen. EDGE on yhä käytössä oleva tekniikka, mutta nykyisin korvautumassa uudemmilla tekniikoilla. (Penttinen, 2001, 180.)

4 KOLMAS SUKUPOLVI

4.1 Perusteet

Suomessa käytössä olevasta kolmannen sukupolven matkapuhelintekniikasta käytetään nimeä UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Arkikielessä käytössä on useimmiten 3G-nimike. UMTS:n kiistaton etu on siinä, että se tarjoaa selkeästi nopeammat tiedonsiirtoyhteydet ja pienemmät vasteajat. Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkojen kehityksessä on alusta asti tiedostettu nopean tiedonsiirron merkitys. Se on verkkojen menestyksen ja kehityksen kannalta huomattavasti aiempaa tärkeämpää. GSM-verkko tarjoaa puhepalveluiden kannalta täysin riittävän verkon, mutta UMTS tekee eroa hyväkseen nimenomaan tiedonsiirron puolella. (Imran's Everything Cellural, 2007, What is UMTS, verkkodokumentti.)

UMTS-tekniikkaa alettiin suunnitella jo 90-luvulla kun kansainvälinen 3GPP (3rd Generation Partnership Project) aloitti määrittelemään kolmannen sukupolven standardeja (3GPP, Release 1999, 2000). UMTS-verkko otettiin käyttöön Suomessa vuonna 2002 kun Sonera avasi ensimmäisen vaiheen UMTS-verkon (Kaleva, artikkeli, 2002). Elisa avasi oman verkkonsa kuukautta myöhemmin ja DNA seuraavana vuonna. UMTS-verkkojen kehittyessä käyttäjämäärät kasvoivat tasaisesti. UMTS on verkkotekniikkana toisen sukupolven matkapuhelinverkkoja huomattavasti kehittyneempi. Suuremmat tiedonsiirto-nopeudet, monipuolistuneet palvelut sekä parempi häiriönsietokyky tekevät siitä myös operaattorin kannalta kannattavan. Oman hankaluutensa UMTS-verkon yleistymiseen tuo tarve toimia rinnan GSM-verkon kanssa. Tämä hidastaa verkon rakentamista ja suunnittelua. (UMTS World, UMTS Overview, 2002.)

UMTS-verkot toimivat Suomessa aluksi 2100 MHz-taajuudella, keskittyen aluksi lähinnä suuremmille asutusalueille. Myöhemmin verkon peittoaluetta kasvatettaessa otettiin käyttöön jo GSM-verkkoa rakennettaessa käyttöönotettu 900 MHz-taajuusalue. 900 MHz-taajuusalueen etuna on sen matalampi taajuus, joka mahdollistaa signaalin kantamisen pidemmälle. 900 MHz-taajuutta käytetään erityisesti haja-asutusalueiden 3G-verkon toteutuksissa. Tukiasemasta riippuen voidaan 900 MHz-taajuudella saavuttaa tukiasemalla 10–25 km kantama. Pisimmät kantamat ovat mahdollisia vain uusimmalla tekniikalla varusteilla tukiasemilla. (UMTS 900MHz Overview, 2006, verkkodokumentti.)

4.2 WCDMA

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) on UMTS-verkon radorajapinta. UMTS-verkko hyödyntää WCDMA:n ohella myös aiempia tekniikoita, kuten GSM- ja EDGE-tekniikkaa. WCDMA mahdollistaa paremman taajuuskäytön, suuremmat tiedonsiirtonopeudet ja paremman tiedonsiirtokapasiteetin. WCDMA vastaa päätelaitteen kommunikoinnista tukiaseman kanssa sekä päätelaitteen ja tukiaseman välisen signaalin moduloimisesta. WCDMA käyttää kahta perustekniikkaa, FDD (Frequency Division Duplex) ja TDD (Time Division Duplex). TDD on aikajakoinen tekniikka, jossa samaa taajuuskaistaa käytetään kahteen suuntaan. Jaksoihin jaetut datapaketit lähetetään vuorotellen molempiin suuntiin. FDD on taajuusjakoinen tekniikka, jossa myötäsuurtaiselle ja paluusuurtaiselle datalle on oma taajuuskaista. (Tech Faq, 2010, WCDMA, verkkodokumentti.)

4.3 HSPA

HSPA (High Speed Packet Access) on kokoelma matkaviestinprotokollia. HSPA:han kuuluvia tekniikoita ovat HSDPA, HSUPA, HSPA+. Samaan tapaan kuin EDGE-laajennukselle GSM-verkossa, näidenkin laajennusten tarkoitus on lisätä pakettimuotoisen dataliikenteen nopeutta. (Imran's Everything Cellural, 2007, What is HSDPA, verkkodokumentti.)

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) on laajennus, joka nopeuttaa merkittävästi tiedonsiirtoa verkosta päätelaitteelle. HSDPA mahdollistaa teoriassa jopa 14,4 MB/s nopeuden (tietyillä laajennuksilla vieläkin nopeamman yhteyden). Käytännön vaihteluväli asettuu kuitenkin vajaan 1 MB/s:stä aina 10 MB/s:ssa. Kuten muissakin tekniikoissa, on toteutuva nopeus verkon muuttujien summa, joten selkeää keskinopeutta tekniikalle on vaikea ilmoittaa. 3GPP määritteli HSDPA:n ominaisuudet Release 5:ssä. (Imran's Everything Cellural, 2007, What is HSDPA, verkkodokumentti.)

HSUPA:n (High Speed Uplink Packet Access) tavoitteena on parantaa tiedonsiirron nopeutta päätelaitteelta verkkoon päin. Teoreettinen up-link-nopeus on 5,7 MB/s. Käytännön nopeudetkin mahdollistavat useiden korkeampaa tiedonsiirtoa ulospäin vaativien sovellusten käytön päätelaitteella. HSUPA on alunperin määritelty 3GPP:n Release 6:ssa. (Imran's Everything Cellural, 2007, What is HSUPA, verkkodokumentti.)

HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) on 3GPP:n Release 7:ssä määritelty verkkoarkkitehtuuri ja siirtoprotokolla. Se määrittelee HSPA:ta nopeamman tiedonsiirron sekä yksinkertaistaa HSPA:n verkkoarkkitehtuuria. HSPA+ kasvattaa tiedonsiirron nopeutta ylä- ja alasuunnassa teoriassa jopa 42 MB/s (downlink) ja 11 MB/s (uplink). HSPA+ kehittää verkkoelementtejä LTE-verkkojen suuntaan. RNC:ltä (Radioverkko-ohjain) siirretään toimintoja suoraan tukiasemaan. Lisäksi runkoverkkoa yksinkertaistetaan Direct Tunnel-arkkitehtuuria (suoratunnelointi-arkkitehtuuri) käyttämällä. Kaiken kaikkiaan HSPA+ on laajennus, jolla lähestytään merkittävästi LTE-tekniikan siirtonopeuksia ja verkkotekniikkaa. (Qualcom, HSPA+, 2009.)

4.4 UMTS-verkkoarkkitehtuuri

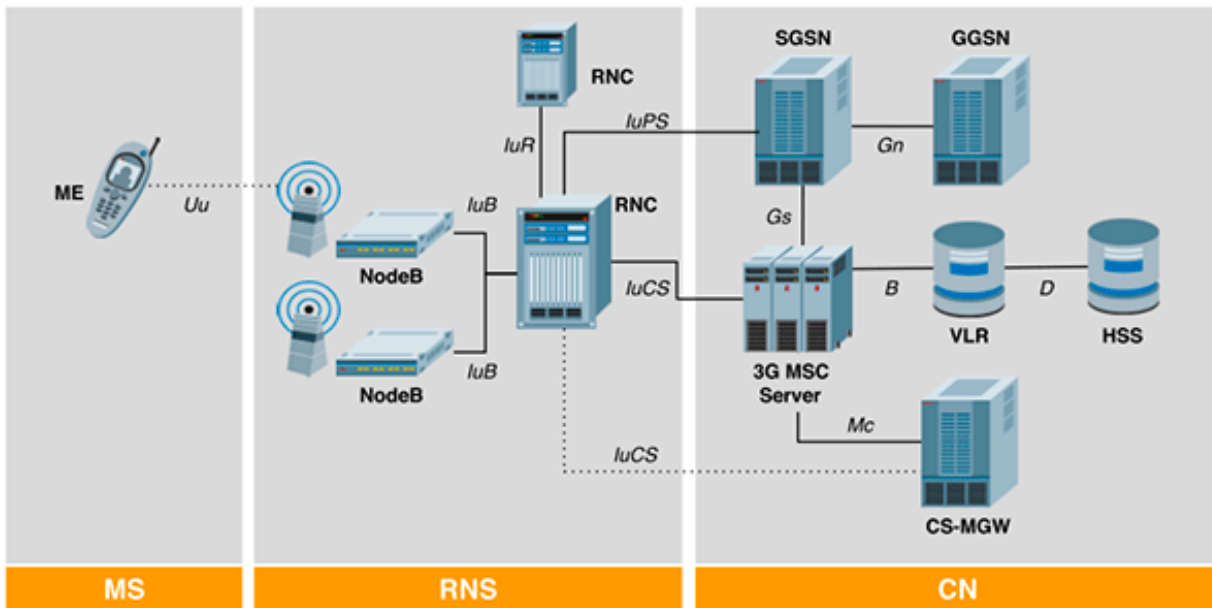
UMTS-verkko poikkeaa GSM-verkosta oleellisesti sillä, että se on ns. moniympäristöjärjestelmä. Sen tasot pienimmästä suurimpaan:

- Kotisolu
- Pikosolu
- Mikrosolu
- Makrosolu
- Globaali satelliittijärjestelmä

Kotisolu on pienin GSM- ja UMTS-verkon solu, yleensä halkaisijaltaan korkeintaan joitakin noin kymmenen metriä. Pikosolu on myös pienikokoinen solu, jonka läpimitta on hieman kotisolua suurempi, mutta vain joitakin kymmeniä metrejä. Pikosoluja käytetäänkin lähinnä sisätiloissa sekä myös vilkasliikenteisillä alueilla kuten kaupunkien keskustoissa. Makrosolu on suurikokoinen solu, jonka läpimitta vaihtelee sadoista metreistä useisiin kilometreihin. Globaalissa satelliittijärjestelmässä hyödynnetään satelliittejä, jolloin saadaan yhteys missä vaan satelliittejen vaikutusalueella. (Matkaviestinsanasto, 2001)

UMTS- ja GSM-verkoissa on paljon samoja elementtejä, mutta koska UMTS-verkko on kehittyneempi, sisältää se joitakin uusia verkkoelementtejä. 3G-verkon arkkitehtuuri sisältää samat kolme tasoa (MS, RNS ja CN) kuin GSM-verkko, johtuen siitä, että 3G-verkko on rakennettu GSM-verkon päälle. UMTS-verkon radio-osaa kutsutaan nimellä UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Tukiasemaa

kutsutaan NodeB:ksi, tosin BS-nimi on edelleen yleisessä käytössä. Kuvassa 7 on esitelty pelkistetty UMTS-verkon rakenne. (UMTS World, UMTS Overview, 2002.)



Kuva 7. Pelkistetty UMTS-verkon rakenne (Network Communication, 2009).

Tukiasema (NodeB) on yhteydessä RNC:hen (Radio Network Controller), eli radioverkko-ohjaimen. Radioverkko-ohjain ja tukiasema yhdessä muodostavat UMTS:n radioverkon eli UTRAN:n (UMTS Terrestrial Radio Access Network). RNC:n päätehtävänä on hoitaa radioresurssien ohjaus ja huolehtia tukiaseman ja runkoverkon välisestä yhteydestä. Eri radioverkko-ohjaimet ovat yhteydessä toisiinsa. (Wikipedia, 2011, UMTS Terrestrial Radio Access Network, verkkodokumentti.)

Runkoverkon elementeistä HSS (sama tehtävä kuin GSM-verkon HLR:llä), VLR ja MSC ovat toimintoiltaan vastaavia kuin GSM-verkossa. RNC:n ja MSC/VLR:n välisestä yhteydestä huolehtii MGW (Media GateWay). GGSN ja SGSN toimivat samalla periaatteella kuin GSM-verkossa.

5 NELJÄS SUKUPOLVI

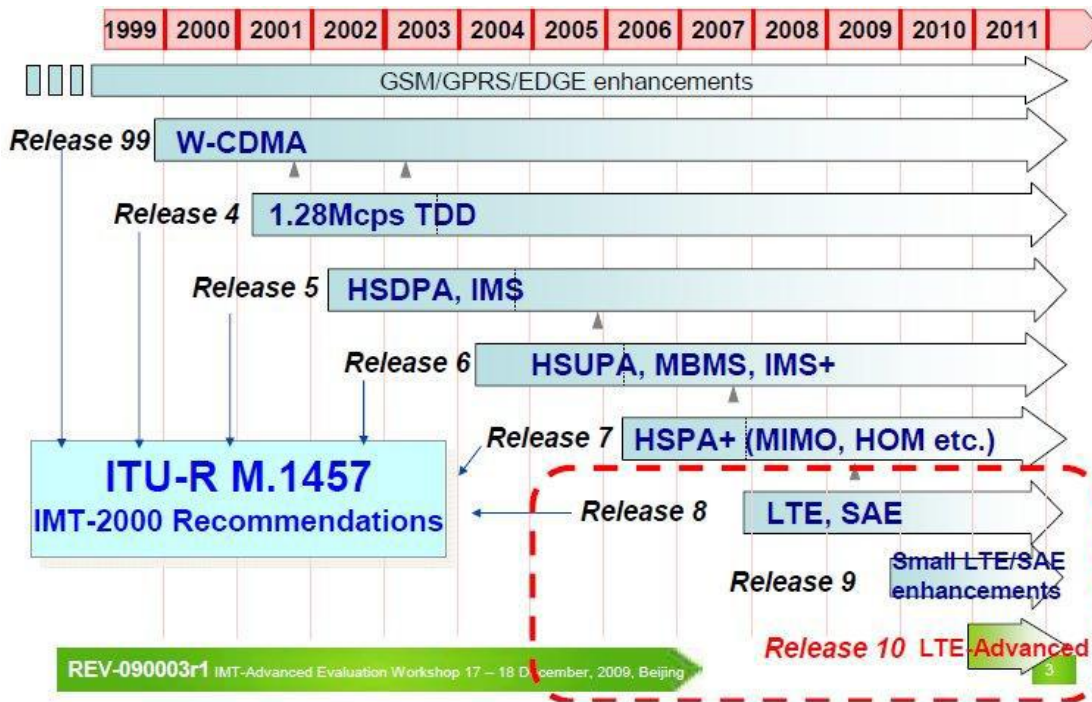
5.1 Perusteet

Neljännän sukupolven (4G) matkapuhelinteknologiasta käytetään nimeä LTE (Long Term Evolution). Samoin tavoin kuin siirryttäessä 2G:stä 3G:hen, tavoitteena ovat yhä suuremmat tiedonsiirtonopeudet ja parempi kapasiteetti. Palveluiden parantaminen ja kustannussäästöt operaattoreille ovat myös LTE:n tavoitteita. Analoginen puheluliikenne pyritään myös verkkojen kehittyessä siirtämään 4G-verkkoon.

LTE:n kehittäminen aloitettiin vuonna 2004. Tällöin aloitettiin 2010-luvun matkapuhelinteknologioiden määrittely. Maaliskuussa 2009 saatiin valmiiksi 3GPP Release 8-standardi, joka määrittelee maksimi tiedonsiirtonopeudet jopa useisiin satoihin megabiteihin. Käytännössä nopeudet jäivät noin 20–80 Mbit/s (3GPP, Release 8, 2009). Sonera avasi ensimmäisen 4G-verkon Suomessa aivan marraskuun lopussa 2010. LTE-verkko toimii Suomessa tällä hetkellä 2600 MHz-taajuudella ja myöhemmin myös 1800 MHz-taajuudella. (Digitoday, verkkodokumentti, 2010.)

Alkuvaiheessa 4G-verkkoa on mahdollista käyttää vain datansiirtoon. Puhepalvelua ei 4G-verkossa alussa ole, vaan vasta päätelaitteiden yleistyttyä tullaan se mahdollisesti liittämään LTE-verkkoon. Monet mieltävät tällä hetkellä käytössä olevan LTE-verkon 3.9G-verkoksi, koska se ei sisällä kaikki LTE-tekniikalle määritellyjä vaatimuksia (PCMag.com, 2010, verkkoartikkeli). Nämä vaatimukset sisältyvät julkaisuun 3GPP Release 10, jolloin kyseiset standardit täyttävää tekniikkaa kutsutaan nimellä LTE-Advanced (kuva 8) (3GPP, 2011, Releases, verkkodokumentti).

ITU (International Telecommunication Union) kuitenkin määritteli uudestaan 4G-standardia, joten LTE voidaan lukea 4G-standardiksi (PCMag.com, 2010, verkkoartikkeli). LTE-Advanced mahdollistaa teoriassa jopa 1 GB/s tiedonsiirron. LTE-tekniikka on Suomessa merkittävässä osassa, kun mietitään Suomen laajakaistaohjelmaa, jonka tavoitteena on 100 MB/s tiedonsiirtonopeus kaikille vuoteen 2015 mennessä (Vikabitti, Sadan Megan Suomi, 2010).

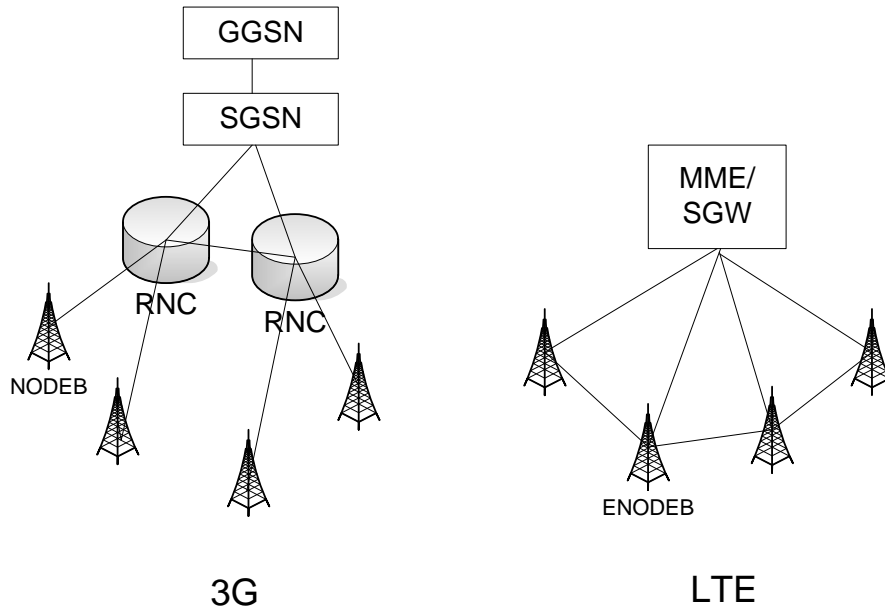


Kuva 8. 3GPP:n julkaisu-aikataulu, jossa esitellään verkkoteknologiat kolmännestä sukupolvesta neljännteen sukupolveen (3GPP, 2011, Releases, verkkodokumentti).

5.2 Rakenne

LTE-tekniikalla tavoitellaan suurempia siirtonopeuksia, parempaa palvelutasoa, joustavampaa käyttöä ja yksinkertaisempaa verkon arkkitehtuuria. LTE-tekniikka vaatii uudenlaisen radiotekniikan ja verkkoarkkitehtuurin, jotta näiden tavoitteiden toteuttaminen on mahdollista. Yksinkertaistetusti LTE-radioverkon ainut verkkoelementti on tukiasema eli eNodeB. Tämän lisäksi käyttäjän liikkuvuutta kontrolloi MME (Mobility Management Entity) ja yhteyttä runkoverkkoon ylläpitää SAE-yhdyskäytävä (System Architecture Evolution gateway). LTE:n kaikki palvelut perustuvat pakettikytkentäiseen tekniikkaan, mukaan lukien puhepalvelut esim. VoIP. (Salo 2011, verkkodokumentti.)

LTE käyttää LTE:ssä käytetään vain minimimäärä verkkoelementtejä. Tällä pyritään verkkoarkkitehtuurin yksinkertaistamiseen ja verkkoelementtejen toimintojen keskittämiseen. Tukiasemat pystytään yhdistämään langattomasti tai kaapelilla, jolloin niiden välille ei tarvita mitään erityistä yhdistävää elementtiä. LTE:ssä tarvitaan aiempaa vähemmän laitteita, joka erityisesti operaattoreiden näkökulmasta suotuisaa. Kuvassa 9 tuodaan esiin eroavaisuudet 3G- ja LTE-verkon välillä. (Salo 2011, verkkodokumentti.)



Kuva 9. 3G- ja LTE-verkon erot verkkoelementeissä (Salo 2011, verkkodokumentti).

LTE:stä tulee tulevaisuudessa hallitseva langaton teknologia, mutta siirtymäaika rinnakkain nykyisten langattomien teknologioiden kanssa voi olla pitkä. Operaattorit joutuvat suunnittelemaan LTE:n käyttöönottoa ja sen vaikutuksia tarkasti, koska siirtymäajan ekosysteemi koostuu 2G, 3G ja tulevaisuudessa 4G langattomista teknologioista. Kuluu useita vuosia ennen kuin LTE:n kattavuus saavuttaa edes nykyisen UMTS kantavuuden, GSM:stä puhumattakaan.

6 PÄÄTELAITTEET

Ensimmäiset NMT-verkkoon suunnitellut matkapuhelimet olivat suurikokoisia laitteita, jotka sisälsivät puhumiseen tarkoitetun luuriosan lisäksi vastaanottimesta ja akusta koostuvan osan, jota voi kuvailla pieneksi salkuksi. Myöhemmin myös NMT-puhelimista voitiin alkaa puhumaan kannettavina vastaanottimina. Viimeiset NMT-verkkoa tukevat laitteet olivat kooltaan jo nykyaikaisiin matkapuhelimiin verrattavia. (Kännykät viestintävälineenä, verkkodokumentti.)

GSM-verkon yleistyessä alkoi laitevalmistajia tulla koko ajan lisää ja valmistajien mallistot kasvoivat. Kännykästä tuli hiljalleen lähes jokaiselta löytyvä esine. Kännyköiden näyttöjen koko ja tarkkuus kasvoi, akkujen kapasiteetit kasvoivat ja ominaisuudet yleisestikin paranivat. Markkinoilla alkoivat yleistyä myös erilaiset tietokoneisiin liitettävät GPRS-modeemikortit, jotka yleistyivät varsinkin yritysmaailmassa. (Kännykät viestintävälineenä, verkkodokumentti.)

3G-verkon yleistyminen ei sinällään tuonut mitään merkittävää matkapuhelimien saralle. Uusi verkko mahdollisti paljon uusia datapalveluita ja niiden sujuvaa käyttöä edistääkseen valmistajat suurensivat näyttöjen kokoa. Varsinainen 3G-verkon mukanaan tuoma mullistus oli nettitikut eli USB 3G-modeemit (kuva 10) ja kannettavien tietokoneiden sisäiset 3G-modeemit. Edullisuus kiinteisiin laajakaistoihin verrattuna ja 3G-tekniikan laajennusten mukanaan tuoma tiedonsiirtonopeuden kasvu sai monet hankkimaan uutta 3G-tekniikkaa. Nettitikku (tai sisäinen 3G-modeemi) mahdollistaa kohtuullisen nopean nettiyhteyden mukana kuljettamisen lähes missä vain. (Tietotekniikkaopas Manuaali, Mikä on makkula eli nettitikku, 2010.)



Kuva 10. Huawei USB-modeemi (Huawei, 2011).

Matkapuhelinten puolella vuosina 2006–2007 esiteltiin ensimmäiset kunnolla internetin selaukseen suunnitellut isommat kosketusnäytölliset älypuhelimet. Suuren näytön ansiosta internetin selaukseen on käytössä enemmän näyttöpinta-alaa, koska laitteissa ei ole näppäimistöä vievässä tilaa. Älypuhelimien, eli puhelinten joihin pystyy asentamaan haluamia ohjelmia, datakulutus normaaliin matkapuhelimeen

verrattuna on usein moninkertainen. (Yhteishyvä 2010, Älypuhelin – ota siitä kaikki irti, verkkoartikkeli.)

Älypuhelimet ovat viimeisen parin vuoden ajan saaneet ajoittain joitain uusia innovaatioita, mutta mitään mullistavaa ei oikeastaan kosketusnäytön jälkeen ole tullut. Älypuhelinvalmistajien huippumallien tehot kasvavat tasaisesti koko ajan ja ne ovatkin nykyään lähes pienoistietokoneita ja pystyvät mm. ohjelmien moniajioon. Älypuheliin voidaan nykyään asentaa lähes kaikkia mahdollisia ohjelmistoja mm. navigointi-, sähköposti- tai yhteisöpalvelusovelluksia (kuva 11.) (Yhteishyvä 2010, Älypuhelin – ota siitä kaikki irti, verkkoartikkeli.)



Kuva 11. Samsung Galaxy S2 älypuhelin (Geeky Gadgets, 2011).

4G ei itsessään ole tuonut laitemarkkinoille mitään uutta vaan ainoastaan muutamia laitteita, jotka tukevat verkkoa. Matkapuhelimiin kehitellään jo erilaisia tunnistaumisjärjestelmiä, joiden avulla voisi tulevaisuudessa hoitaa esimerkiksi kaupan kassalla maksamisen.

7 ONGELMATILANTEET

3G-verkon yleistymisen myötä nettitikkujen myynti kuluttajille lisääntyi huomattavasti ja toi mukanaan matkapuhelinverkon perusongelman, mutta aiempaa selkeämpänä. Matkapuhelinverkossa on aina törmätty ongelmaan jolloin tukiasemasta loppuu kapasiteetti. Tukiaseman solut pystyvät kapasiteettinsa puitteissa palvelemaan tiettyä määrää käyttäjiä yhtäaikaisesti. Aiemmin verkkojen ollessa nykyistä tehottomampia ja tukiasemien määrä vähäisempi, näkyi tämä esimerkiksi puheluiden epäonnistumisena.

Nykyisin yhä suurempi määrä verkossa tapahtuvasta liikenteestä on dataliikennettä. Useat ovat korvanneet aiemmat kiinteät laajakaistansa esim. nettitikuilla. Käyttäjämäärät ovat kasvaneet sellaisella vauhdilla, etteivät operaattorit ole pystyneet kaikilla alueilla vastaamaan kasvaneeseen tarpeeseen. Tukiasema laajennukset ovat kaikine suunnittelu- ja rakennustöineen verrattain pitkiä prosesseja.

Tukiaseman kapasiteetin loppuessa näkyy tämä asiakkaille yhteysvirheinä ja pienentyneenä siirtonopeutena. Tukiaseman kokonaiskapasiteetti jaetaan tukiaseman vaikutuspiirissä olevien käyttäjien kesken ja ruuhkaisilla alueilla tämä näkyy nopeuksien hidastumisena varsinkin iltaisin, jolloin verkon rasitus on suurimmillaan. Puhelu liikenteen sujuvuus on pyritty turvaamaan priorisoimalla se dataliikenteen edelle. (UMTS World, Coverage Planning, 2002.)

Eri verkkoelementteihin tulevat toimintahäiriöt ovat myös mahdollisia. Tukiaseman vikaantuessa, esimerkiksi sähkönjakelussa tapahtuvan häiriön seurauksena, joutuvat ympärillä olevat tukiasemat palvelemaan myös häiriöalueella olevia käyttäjiä kapasiteettinsa rajoissa. Kaikkialla tukiasemaverkosto ei kuitenkaan ole tarpeeksi tiheä, jolloin vikaantunut tukiasema voi aiheuttaa selkeän häiriöalueen, jossa ei väliaikaisesti ole lainkaan palvelua. Tukiasemien eri osat (esimerkiksi GPRS-puoli) voivat alkaa oireilla, vaikka tukiasema muuten toimisi normaalisti.

Jokainen verkon elementti voi vikaantua ja seuraukset vaihtelevat elementin tehtävän mukaan. Yleisimmät viat matkapuhelinverkossa ovat kuitenkin aluekohtaisia eli tietystä tukiasemasta tai tietyn alueen tukiasemista johtuvia. Suuremmat verkkoviat, kuten yhteyksien vikaantuminen eri operaattoreiden verkkojen välillä ovat harvinaisempia.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön päätavoitteena oli tutustua matkapuhelinverkon dataratkaisuiden kehitykseen ja rakenteeseen. Aihealueen rajaaminen osoittautui jo alkuvaiheessa vaikeaksi johtuen saatavilla olevan tiedon suuresta määrästä. GPRS-tekniikka itsessäänkin olisi ollut riittävä aihealue, jos tekniikan kuvailemisessa olisi otettu yksityiskohtaisempi lähestymistapa. Mielestäni pääsin kuitenkin päätavoitteeseen, eli selkeän kuvan välittämisestä lukijalle matkapuhelinverkon kehityksestä. Työtä lukiessa tulee edellinen aihe sisäistää hyvin ennen siirtymistä seuraavaan, koska tekniikat pohjaavat aina edellisiin tekniikoihin.

Neljännän sukupolven tekniikoiden kohdalla haastavuutta lisäsi se, että tekniikka on uusi ja vielä harvojen ulottuvilla. Teknistä tietoa aiheesta löytyi paljon, mutta syvälle teknisiin ominaisuuksiin menevät aiheet eivät sopineet yhteen työn muiden osa-alueiden kanssa. Kolmannen sukupolven tekniikoihin tehdään koko ajan uusia lisäyksiä ja parannuksia, eikä näistä useinkaan tietoa yleisessä jaossa.

Vikatilanteita käsittelevässä kappaleessa tuli vahvimmin esille ongelma, joka oli mukana myös työn muissa aiheissa. Kirjoitin suuren osan tekstistä työssä saamieni tietojen ja kokemusten pohjalta, ja näihin oli vaikeaa löytää lähteitä tukemaan kirjoittamaani. Vikatilanteiden osalta päädyin käsittelemään ongelmat hyvin yleisesti ja tässä olisi selkeä mahdollisuus jatkaa tutkimusaihetta. Myös neljännän sukupolven tekniikoiden osalta työtä pystyisi jatkamaan, jos aiheesta julkastaisiin yleiseen käyttöön sopivia oppaita tai artikkeleja. Tällä hetkellä lähes kaikki aiheeseen liittyvät kattavat oppaat ovat laitevalmistajien luottamuksellisia oppaita.

Opinnäytetyön tekemisessä vaikeimmaksi osa-alueeksi osoittautui ajan käyttö. En ottanut tarpeeksi vakavasti useita huomautuksia siitä, että kokopäivätyö ja opinnäytetyön tekeminen on hankala yhtälö. Tämän ansiosta työn aloittaminen venyi ja aiheutti kiireen, mikä näkyy varsinkin työn loppupuolella. Kokonaisuutena kuitenkin opinnäytetyön tekeminen syvensi tietämystäni aiheesta ja antoi teoriapohjaa käytännön työelämässä vastaan tulleisiin asioihin.

LÄHTEET

3GPP 2011

Releases, dokumenttikokoelma

Luettu 25.7.2011

<http://www.3gpp.org/releases>

Digitoday 2010

Sonera avaa tänään 4G-verkkonsa, artikkeli.

Luettu 24.7.2011.

<http://www.digitoday.fi/data/2010/11/30/sonera-avaa-tanaan-4g-verkkonsa/201016666/66>

Geeky Gadgets 2011

http://www.geeky-gadgets.com/wp-content/uploads/2011/05/Samsung-Galaxy-S2_6.jpg

Granlund, K. 2001

Langaton tiedonsiirto.

Docendo.

Huawei 2011

www.huawei.com/en

Hämeen-Anttila, T. 2002

Mobiilipalveluiden tuottaminen.

Docendo.

Imran's Everything Cellural 2007

What is HSCSD, verkkodokumentti.

Luettu 21.6.2011.

<http://www.mobileisgood.com/WhatIsHSCSD.php>

Imran's Everything Cellural 2007, What is UMTS,

What is UMTS, verkkodokumentti.

Luettu 20.7.2011.

<http://www.mobileisgood.com/WhatIsUMTS.php>

Imran's Everything Cellular 2007

What is HSDPA, verkkodokumentti.

Luettu 21.7.2011.

<http://www.mobileisgood.com/WhatIsHSDPA.php>

Imran's Everything Cellular 2007

What is HSUPA, verkkodokumentti.

Luettu 21.7.2011.

<http://www.mobileisgood.com/WhatIsHSUPA.php>

Kaleva 2002

Sonera avasi UMTS-verkkonsa, artikkeli

Luettu 11.7.2011

<http://www.kaleva.fi/uutiset/sonera-avasi-umts-verkkonsa/224638>

Matkaviestinsanasto 2001

Tekniikan sanastokeskus

Finnet Focus Oy

Network Communication 2009

3G/UMTS, verkkodokumentti

<http://network-communication-capsule.blogspot.com/>

PCMag.com 2010

ITU Redefines 4G. Again. Artikkelii

Luettu 25.7.2011

<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2374564,00.asp>

Penttinen, J. 2001

GPRS-tekniikka. Verkon rakenne, toiminta ja mitoitus.

WSOY.

Qualcom 2009

HSPA+ for Enhanced Mobile Broadband, verkkodokumentti

http://www.qualcomm.com/common/documents/white_papers/HSPAPlus_H_MobileBroadband_021309.pdf

Salo, P. 2011

LTE tulee, verkkodokumentti

<http://Itemobiiliverkko.blogspot.com/>

Tech Faq 2010

WCDMA, verkkodokumentti.

Luettu 12.7.2011.

<http://www.tech-faq.com/wcdma.html>.

Tietotekniikkaopas Manuaali 2010

Mikä on mokuksela eli nettitikku, verkkoartikkeli

Luettu 29.7.2011.

Tietotekniikkaopas Manuaali

UMTS 900MHz Overview 2006

UMTS 900MHz Overview, verkkodokumentti

Luettu 12.7.2011

<http://www.slideshare.net/Garry54/umts-900mhz-overview>

UMTS World 2002

UMTS Overview

<http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm#a1>

UMTS World 2002

Coverage Planing, verkkodokumentti

<http://www.umtsworld.com/technology/coverage.htm>

Vikabitti 2010

Sadan Megan Suomi, verkkoartikkeli

Luettu 25.7.2011

<http://anettom.blogspot.com/search/label/laajakaistaohjelma>

Wikipedia 2010

NMT. Verkkodokumentti.

Luettu 13.6.2011

<http://fi.wikipedia.org/wiki/NMT>

Wikipedia 2011

UMTS Terrestrial Radio Access Network, verkkodokumentti

Luettu 21.7.2011

http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System
em

WiseGeek 2011

What is HSCSD, verkkodokumentti

Luettu 21.6.2011

<http://www.wisegeek.com/what-is-hscsd.htm>

Yhteishyvä 2010

Älypuhelin – ota siitä kaikki irti, verkkoartikkeli

Luettu 1.8.2011.

http://www.yhteishyva.fi/viihde/viihde_elektroniikka/alypuhelin_ota_siita_k kaikki_irti/fi_FI/alypuhelin_ota_siita_k kaikki_irti/