



LTE TUKIASEMAN KÄYTTÖ TIE- TOLIIKENNELABORATORIOSSA

Mikko Miettinen

Pilvi Perälä

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2015
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka ja tie-
toverkot

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka ja tietoverkot

MIKKO MIETTINEN & PILVI PERÄLÄ:
LTE tukiaseman käyttö tietoliikennelaboratoriossa

Opinnäytetyö 60 sivua, joista liitteitä 22 sivua
Maaliskuu 2015

Tämä opinnäytetyö kertoo LTE tukiaseman käytöstä laboratorioympäristössä. Työssä esitellään matkapuhelinverkkojen historiaa aloittaen 2G- verkosta ja päättyen 4G-verkkoon. Käytännön osuus sisältää Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa olevan LTE-tukiaseman käyttöohjeiden laadinnan.

LTE kantaa juurensa Helsinki Workshop tapahtumaan vuonna 2001, jolloin saatiin ensimmäisiä ajatuksia, siitä voisiko kolmannen sukupolven mobiiliverkkoa kasvattaa. Vuonna 2005 Nokia esiteli OFDM-tekniikan. Release 8 esitteli LTE:n ensimmäistä kertaa vuonna 2009, jolloin otettiin käyttöön OFDM-tekniikka ja täysin IP-pohjainen verkko. Se toimi täysin uudella radiorajapinnalla ja runkoverkolla, verrattuna 3G-verkkoon, mahdollistaen suuremman dataliikenteen.

Tampereen ammattikorkeakoulu sai Nokialta LTE tukiaseman opetuskäyttöön. Tämän opinnäytetyön avulla käyttäjä pystyy ottamaan yhteyden tukiasemaan matkapuhelimella, jossa on Nokialle rekisteröity SIM-kortti.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in ICT Engineering
Telecommunication and Networks

MIKKO MIETTINEN & PILVI PERÄLÄ

Usage of LTE base station in telecommunication laboratory

Bachelor's thesis 60 pages, appendices 22 pages

March 2015

This Bachelor's thesis is about usage of LTE base station in laboratory environment. First part of this thesis tells about the history of mobile networks, starting from 2G and ending to 4G. Practical part includes a manual to the LTE base station located in Tampere University of Applied Sciences laboratory.

LTE has its roots in Helsinki Workshop event that took place in 2001, when the first ideas of expanding the third generation mobile network came. In 2005 Nokia introduced the OFDM-technology. Release 8 introduced LTE for the first time in 2009, when OFDM and fully IP-based network was put to service. It operated with completely new radio interface and core network, compared to third generation network, enabling extended data traffic.

Tampere University of Applied Science received an LTE base station from Nokia for educational usage. With this thesis user can connect to the base station with mobile phone, where is SIM-card registered to Nokia.

Key words: lte, base station, mobile network, nokia

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
2	4G HISTORIA	5
2.1	GSM.....	5
2.2	3G.....	8
3	VERKON JA ARKKITEHTUURIN MUUTOKSET.....	12
4	TUKIASEMAN TOIMINTA MATKAPUHELINVERKOISSA.....	16
5	4G	17
5.1	ARKKITEHTUURI.....	17
5.1.1	UE	18
5.1.2	E-UTRAN	18
5.1.3	EPC	18
5.2	QOS rajapinta arkkitehtuuri.....	19
5.3	Verkko	19
5.4	Julkaisut	20
6	TUKIASEMAN KÄYTTÖÖNOTTO.....	23
6.1	YHTEYDEN MUODOSTAMINEN TESTIPUHELIMEEN JA MOKKULAAN	24
6.2	PUHELUN MUODOSTAMINEN	30
6.3	IMS	31
7	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET	35
	Liite 1. LTE tukiaseman käyttöohje (Liite poistettu tietoturvasyistä).....	35

LYHENTEET JA TERMIT

APN	Access Point Name
AUS	Application Server
AuC	Authentication Center
APN	Access Point Name
BS	Base Station
BTS	Base Tranceiver Station
BSS	Base Station Subsystem
BSC	Base Station Controller
CEPT	Conference Europeenne des Postes et Telecommunications
CSCF	Call Session Control Function
CN	Core Network
EIR	Equipment Identity Register
EPC	Evolved Packet Core
EPS	Evolved Packet System
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
E-UTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GSM	Groupe Special Mobile
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
I-CSCF	Interrogating Call Session Control Function
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMS	IP Multimedia Subsystem
ME	Mobile Equipment
MME	Mobility Management Entity
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Service Switching Center
MT	Mobile Termination
NSS	Network Switching Subsystem
OSS	Operation Sub System
PCEF	Policy Control Enforcement Function

PCRF	Policy Control and Charging Rules Function
P-CSCF	Proxy Call Session Control Function
PDN	Packet Data Network
P-GW	Packet Data Network Gateway
PLMN	Public Land Mobile Network
RASE	Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Service
SAE	System Architecture Evolution
S-CSCF	Serving Call Session Control Function
SGSN	Serving GPRS Support Node
S-GW	Serving Gateway
TE	Terminal Equipment
TC	Trans Coder
UE	User Equipment
UICC	Universal Integrated Circuit Card
USIM	Universal Subscriber Identity Module
VLR	Visitor Location Register

1 JOHDANTO

Matkapuhelinverkot ovat kehittyneet aikojen saatossa valtavasti eteenpäin. 2G oli ensimmäinen matkapuhelinverkko ja siitä seuraavaksi kehitettiin 3G verkko. Nykyään on valtaosin käytössä 4G verkko. Se kattaa pääosin koko Suomen pohjoista lukuun ottamatta. Pohjois-Suomessa löytyy 4G yhteys suurimmista kaupungeista, mutta syrjäisimmillä seuduilla sitä ei ole saatavilla.

Tässä työssä tutustutaan matkapuhelinverkkoihin ja niiden toimintaan. Käytännön työnä on Tampereen ammattikorkeakoulun tukiaseman käyttöönotto ja käyttöohjeiden laatiminen. Aluksi työssä käydään läpi matkapuhelinverkkojen historiaa GSM- ja 3G-verkkojen osalta. Lisäksi läpi käydään verkon ja arkkitehtuurin muutokset siirryttäessä GSM-verkosta 3G-verkkoon. 4G-verkosta kerrotaan oman luvullisen verran ja tutustutaan sen verkon ja arkkitehtuurin toimintaan, sekä kerrotaan mikä QOS rajapinta on. Nopeana katsauksena on myös 4G julkaisut, jotka ovat olleet pohjana nykyiselle 4G-verkolle.

Tukiaseman käyttöönotosta kerrotaan luvussa viisi, miten se sujui ja mitä ongelmia sen kanssa oli, sekä miten ne ratkaistiin. Lisäksi selitetään kuinka testipuhelimella saadaan datayhteys tukiasemaan, millaisia asetuksia se puhelimelta ja asemalta vaatii. Luvussa käsitellään myös puhelun muodostamista tukiaseman kautta, ja kerrotaan miksi se ei ole mahdollista. Lopuksi pohditaan antennin lähetystehon vaikutusta, IMS puuttumista aseman verkosta, sekä matkapuhelinverkkojen kehitystä. Liitteenä löytyy LTE-tukiaseman käyttöohje.

2 4G HISTORIA

2.1 GSM

GSM tulee sanoista Groupe Special Mobile. Se syntyi vuonna 1982 CEPT:n sisällä ja sen tarkoituksena oli kehittää 900 MHz: alueella toimiva puhelinjärjestelmä. Työ siirtyi lopulta CEPT:n alaisuudesta ETSI:lle. Vuonna 1990 valmistuivat ensimmäiset GSM-verkkoa koskevat suositukset. Siitä syntyi uusi digitaalinen matkajärjestelmä, jonka kaikki laitteet ja palvelut toimivat jokaisessa jäsenmaassa sekä olivat samalla tasolla kiinteän verkon palvelujen kanssa. Puheen salaus oli uusi piirre GSM-verkoissa. Suomessa GSM-verkko toimii taajuuksilla 880–915 MHz ja 925–960 MHz, lisäksi myös taajuuksilla 1710–1785 MHz ja 1805–1880 MHz (Granlund, 2007, 396).

Dataliikennettä GSM-verkoissa oli 1990 luvun loppupuolella vain 1-2 %, eniten sitä käytettiin silloin puhelinverkkona. Nykyään GSM-verkkoa käytetään samalla tavalla kuin Internet yhteyttä (Granlund, 2007, 396).

Ennen 3G verkon julkaisemista, GSM verkosta tehtiin neljä eri julkaisua. Release 96 (taulukko 1), Release 97 (taulukko 2) ja Release 98 (taulukko 3). Jokainen julkaisu sisältää uusia ominaisuuksia, jotka ovat parantaneet GSM verkkoa. Release 98 oli viimeinen julkaisu GSM verkossa, jonka jälkeen siirryttiin 3G verkkoon (3GPP. Functionality in early GSM releases).

TAULUKKO 1. Release 96 (3GPP. Functionality in early GSM releases)

Release 96
14,4 kbit/s User Data Rate
ASCI Phase 1 - Enhanced Multi Level Precedence and Pre-emption Service phase 1
ASCI Phase 1 - Voice Broadcast Service (VBS) - phase 1
ASCI Phase 1 - Voice Group Call Service (VGCS) - phase 1
Barred Dialling Numbers
CAMEL phase 1
Compression of User Data
Concurrent SMS/CB and data transfer in 07.05
Explicit Call Transfer (ECT)
Extensions to the SMS alphabet
Fast Moving Mobile - Hierarchical Cell structure, GSM 05.22

Handsfree MS
High Speed Circuit Switched Data
Improved Transcoder Handling (First Alternative)
Inclusion of deferred tracing capabilities in GSM 12.08
ME Personalisation
Network Identity and Time Zone (NITZ)
Packet Data on Signalling Channels
Radio Local Loop (RLL) using GSM
Second SMS broadcast channel
Service Dialling Numbers
SIM Application Toolkit
SIM I/F data Transfer Speed Enhancement
SMS - Special SMS Message indication
SMS Interworking Extensions
Support of additional call set-up MMI procedures
Support of Optimal Routeing (SOR)
Support of Restricted Digital Information and V.120 rate adaptation in GSM

TAULUKKO 2. Release 97 (3GPP. Functionality in early GSM releases)

Release 97
A-bis Management of Alarms/faults on the BTS site
A-bis Management of Measure on the BTS site
A-bis Management of reconfiguration of BTS site
ASCI Phase 2
Calling Name Presentation - US (CNAP-US)
CAMEL phase 2
Characteristics and test methods for handsfree mobile station
Completion of Calls to Busy Subscriber (CCBS)
Enhancement of MAP Extensibility Mechanisms
Enhancements of Fault Management Services
General Packet Radio Service Phase 1 (GPRS) - network part
General Packet Radio Service Phase 1 (GPRS) - radio part
Mobile Assisted Frequency Allocation (MAFA)
Modeling of Fault Management Services
Network Indication of Alerting in the MS
New Multiplexing Protocol on the ME-TE Interface
North American Equal Access
SIM - Security mechanisms for the SIM Application Toolkit
SMS enhancements phase 1
SMS Mobile Busy
Support of Private Numbering Plan (SPNP)
Support of Shared Interworking Function (SIWF)

TAULUKKO 3. Release 98 (3GPP. Functionality in early GSM releases)

Release 98
BTS performance requirements for very small cell scenarios (Picocells)
Access to auxiliary devices, integrated into the ME platform, through the use of the SIM
Application Toolkit
Access to ISPs and Intranets in GPRS Phase 2 – Separation of GPRS Bearer Establishment and ISP Service Environment Setup
Adaptive Multi-Rate (AMR)
Call Deflection
Call Forwarding Enhancements (CFE)
Calling line identification enhancements (CLiE)
Connecting an octet stream to a port on an Internet host (R98)
Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) - BSS Part
Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) - NSS Part
Enhanced QoS Support in GPRS
Follow Me
Fraud Information Gathering System(FIGS)
General Packet Radio Service Phase 2 (GPRS) - network part1
General Packet Radio Service Phase 2 (GPRS) - radio part1
GPRS for PCS1900
GPRS Mobile IP Interworking
GSM - Cordless Telephony System (CTS)
GSM Mobile Number Portability (EURO) MNP
GSM-API for SIM-Toolkit
Harmonization of the PCS1900 Standards with the GSM Base Specification
Immediate Service Termination (IST)
LAPDm performance enhancement
Lawful Interception (LI)
Location Services (LCS)
Mobile Station Execution Environment (MExE)
Modem and ISDN interworking for GPRS
MS Antenna Test Method
Multiple Subscriber Profile (MSP)
Service Provider Number Portability (USA)
Support of Localized Service Area (SoLSA)
Tandem Free Operation of speech codecs in Mobile-to-Mobile Calls (MMCs)
Unstructured octet stream GPRS PDP Type (R98)
User-to-User Signalling (UUS)
USSD Enhancements
1 Comprises sub-work items in the same table having "GPRS" in their title.

2.2 3G

Vuonna 1987 Euroopan Unioni rahoitti tutkimus ohjelman nimeltä RACE. Sen tarkoituksena oli keskittyä Euroopan näkemykseen informaation valtatiestä, joka sisältäisi valokuitu yhteyden joka kotiin ja toimistoon Euroopassa. Melkein kuin jälkiviisautena Rolan Huber, projektin johtaja suostui rahoittamaan projektin joka tutkisi kolmannen sukupolven matkapuhelin tietoliikenne teknologioita. Kyseinen projekti tunnettiin yksinkertaisesti nimellä RACE 1043, joka muuttui kuitenkin nopeasti nimeksi Universal Mobile Telecommunication System tai lyhyesti UMTS. Termi ”universal” viittasi siihen että tämän järjestelmän tulisi toimia kaikkialla, sekä sisällä että ulkona, sekä olisi langaton lisäosa valokuitu visioon (History of GSM Birth of the Mobile Revolution. UMTS/3G. 2015.).

Saatiin aikaan päätös, että UMTS, toimisi 2 GHz kaistalla. Valittiin 250 MHz kaistanleveys osana maailman laajuista jakoa. Tämä päätös avasi toisen selityksen sanalle ”universal” ja se oli linkki japanin ja muun maailman välillä jotka olivat adoptoineet GSM-tekniikan (History of GSM Birth of the Mobile Revolution. UMTS/3G. 2015.).

Tekninen visio, oli että tiedonsiirto nopeus riippuisi erityisesti käynnissä olevasta sovelluksesta. Ideana oli muuttuva tiedonsiirto yhteys puhelimeen ja tariffi ottaisi tiedonsiirtonopeuden muistiin. Laajakaista palvelut toimisivat 2 Mb/s nopeudella, mutta laajan alueen sovelluksissa nopeus tippuisi 144 Kb/s. GSM nähtiin ylitettävänä merkkipaaluna ja se oli juuri ottanut dramaattisen harppauksen eteenpäin tiedonsiirtonopeuksissa (History of GSM Birth of the Mobile Revolution. UMTS/3G. 2015.).

Ennen 4G verkon tulemistä, kehitettiin 3G verkkoa viiden julkaisun verran. Release 99 (taulukko 4), Release 4 (taulukko 5), Release 5 (taulukko 6), Release 6 (taulukko 7) ja Release 7 (Africa. What exactly is 3.75G?).

TAULUKKO 5. Release 4 (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet)

Release 4

Kovergenssi CS ja PS-maailmojen välillä
Perinteinen MSC jaettu MCS-serveriin ja Media Gateway:hin (CS-MGW)
ATM tai IP-pohjainen siirto runkoverkossa
Ohjausliikenteen siirto MTP:n, ATM:n tai IP:n päällä
Transcoder Free Operation
Jatkuva pakettilähetys (packet streaming)
Verkkokanavanvaihto pakettikytkentäisille reaaliaikaisille palveluille
GERAN- ja UTRAN-sanomien otsikkokompressointi, eli pienentäminen
Pakettipalvelupohjaiset paikannuspalvelut
Ipssec-suojaus pakettirunkoverkkoon
MSC-palvelin, joka korvaa "perinteisen" matkapuhelinkeskuksen
Uudet rajapinnat: Nb, Nc ja Mc
Uudet prptokollat BISS ja H.248 (MeGaCo)
Älyverkkotoiminteen edelleen CAMEL

Release 99 sisältää kaikki ne ominaisuudet joita UMTS-runkoverkon on pidettävä sisälleen. Yhdellä päätelaitteella pitää pystyä luomaan useita rinnakkaisia yhteyksiä ja ottaa samalla huomioon käytön rajoitukset (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet).

TAULUKKO 4. Release 99 (3GPP. Functionality in early GSM releases)

Release 99
Access to ISPs and Intranets in GPRS Phase 2 – Wireless/Remote Access to LANs (R99)
Advanced Addressing
Architecture of the GSM-UMTS Platform
Architecture overview of the GSM-UMTS System
Automatic Establishment of Roaming Relations
CAMEL Phase 3
Charging and Billing for GPRS – Advice of Charge
Charging and Billing for GPRS – Hot Billing
Charging and Billing for GPRS – Pre-Paid
End to End UMTS QoS Management
Fraud Information Gathering System applied to GPRS
BSS co-ordination of Core Network Resource allocation for class A GPRS services - GSM - UMTS Core Network (R99)
BSS co-ordination of Radio Resource allocation for class A GPRS services -* GSM Radio Access (R99)
GPRS - Point-To-Multipoint Services
IP-in-IP tunneling in GPRS backbone for UMTS, phase 1
Low Voltage SIM/ME Specification
MExE Release 99
New Access Network to Core Network (BSS-NSS) interface

Noise Suppression for AMR speech codec
Provision of text telephony service in GSM and UMTS
Service Continuity and Provision of VHE via GSM/UMTS
Study on Combined GSM and Mobile IP Mobility Handling in UMTS IP CN
UMTS Charging & Billing
UMTS Core based on ATM Transport
UMTS Numbering, Addressing and Identities
UMTS Open Service Architecture
Virtual Home Environment

Release 5 verkon vaatimuksiin tuli IP-pohjainen tiedonsiirto koko verkon yli, sekä verkosta erillään oleva IMS-palvelu. Tarkoituksena oli lisätä ilmarajapinnan kapasiteettiä ja yhdistää avoin rajapinta Multi Access- ja runkoverkon välillä. Näillä muutoksilla saatiin nopeat yhteydet päätelaitteisiin. Lisäksi HSDPA tekniikka mahdollisti tietojen lataamisen Internetissä jopa yli 10 Mbit/s nopeudella (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet).

TAULUKKO 6. Release 5 (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet)

Release 5
IMS on toteutettu tukemaan IP-pohjaisia reaaliaikaisia multicast-palveluita
IP-pohjainen liikenne UTRAN:ssa
Kotiverkon liikkuvat palvelut HSS, esimerkiksi PoC ja paikannuspalvelut.
HSDPA
Iu-rajapinta GERAN:n
Gb-rajapinta IP:n päälle

Release 6 saatiin lisää nopeutta, sekä verkon kapasiteetti kehittyi ja toi uusia sovelluksia (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet).

TAULUKKO 7. Release 6 (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet)

Release 6
MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service), joka mahdollistaa tehokkaammat lähetykset ja monilähetyspalvelut
BM-SC (Broadcast Multimedia-service Center), joka ohjaa MBMS:ää

FDD kehittynyt yläkaista, joka tunnetaan premmin HSUPA:na. Se mahdollistaa yläkaistan nopeudeksi jopa 5,76 Mbit/s
Wlan-umts interworking
UMTS-verkon 900 MHz taajuusalue. Uplink taajuusalue: 870,4 - 876 MHz ja downlink taajuusalue: 915,4 - 921 MHz

Release 7 tulee lähinnä korjauksia, tarkennuksia, parannuksia, sekä muutama uusi paikallinen palvelu. Näistä esimerkkeinä IMS, I-WLAN, LCS ja MBMS, näihin tulee lisäämäärietyksiä, mutta ei uutta teknologiaa (Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet).

3 VERKON JA ARKKITEHTUURIN MUUTOKSET

PLMN-soluverkko (Public Land Mobile Network) on GSM-verkko. Sen kattavuuteen ja kanavien lukumäärään vaikuttaa radiosolujen suunnittelu. Soluverkossa rajataan tukiaseman palvelema alue, siten että huomioidaan maaston vaikutukset sekä radioaaltojen eteneminen ja alueen käyttäjien lukumäärä. Lähetysteho solussa pidetään niin pienenä, ettei se häiritse muiden samalla maantieteellisellä alueella taajuutta käyttävien solujen kuuluvuutta. Taajuusalueiden uudelleenkäytöllä (frequency reuse) tarkoitetaan samaa taajuusaluetta käyttäviä soluja joiden etäisyys toisistaan on riittävän suuri (Granlund, 2007, 396).

Paikoissa joissa verkon käyttäjiä on paljon, pyritään lähetystehoja, antennien sijaintia ja suuntausta hyväksi käyttäen rajaamaan solun koko riittävän pieneksi, jotta puhekanavien määrää pystytään kasvattamaan. Tämä täytyy tehdä aika ajoin, koska kanavien määrä yhden solun sisällä on rajoitettu (Granlund, 2007, 396).

Pienessä solukoossa on myös huonot puolensa. Verkon täytyy pystyä seuraamaan puhelua solusta toiseen ja siirtämään sitä tukiasemasta toiseen ilman että puhelu katkeaa tässä välissä. Verkon täytyy pystyä seuraamaan puhelinta myös silloin kun puhelu ei ole päällä, jotta se pystyy paikallistamaan puhelun tietylle solulle ilman että siitä lähetetään ilmoitus kaikkien operaattoreiden soluihin (Granlund, 2007, 397).

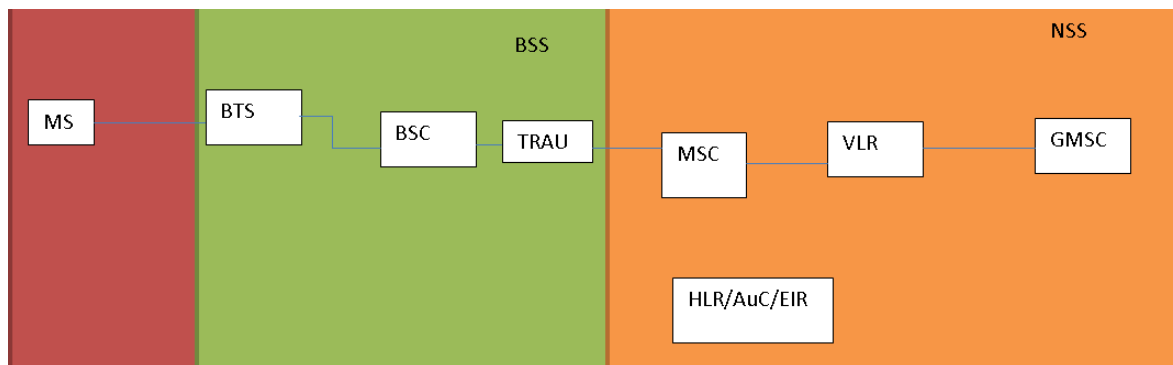
Puhelun siirtyessä solusta toiseen, tutkitaan siinä samalla vaihtuuko myös alue ja operaattori. Sen perusteella voidaan tiedottaa oikealle tasolle verkon hierarkiassa. Puhelun saapuessa lähetetään siitä tieto kaikkien alueen sisällä oleviin soluihin, jossa vastaanotettavan puhelimen tietojen järjestelmän mukaan pitäisi olla (Granlund, 2007, 397).

Puhelun seuraamisen vaikeustaso riippuu siitä, onko laitteelle menossa puhelu vai ei. Solun vaihtaminen puhelun aikana vaatii uuden puhekanavan käyttöönottamista uudessa solussa ja puhelun kytkeytymisen siihen toisen järjestelmäkomponentin kautta. Maantieteellisellä alueella tämä toimii siten, että alue peitetään useilla soluilla. Tällöin puhelun vaihtaminen solusta toiseen tapahtuu sen mukaan onko lähellä soluja joissa on vapaita puhekanavia ja joka sopii kuuluvuudeltaan muuttuvaan tilanteeseen. Kaikkien so-

lujen ollessa käytössä, verkko katkaisee puhelun. Handover nimitystä käytetään puhelun siirtymisestä solusta toiseen (Granlund, 2007, 397).

Matkapuhelinyhteyden muodostamiseen kuuluu monta osatekijää. Puhelinlaite muodostuu päätelaitteesta (TE), liikkuvasta verkkopäätteestä (MT), joka sitten kommunikoi tukiaseman kanssa (BS). Puhelun ollessa saman verkko-operaattorin alueella, puhelu siirtää verkon kiinteän osan kautta oikeaan soluun, eikä se mene verkon kiinteän osan ulkopuolelle (Granlund, 2007, 397).

2G verkon arkkitehtuuri (kuva 1) koostuu neljästä kokonaisuudesta. MS eli puhelinlaite tai liikkuva asema edustaa käyttäjää. Käyttäjän soittaessa puhelimella puhelu kytkeytyy tukiasemaan (BTS). Tukiasema itsessään toimii tukiaseman alijärjestelmässä BSS. Näitä alijärjestelmiä ohjaa yksi tukiasemaohjain BSC. Ohjaimet kytkeytyvät taas kytkentäalijärjestelmään NSS. Verkko-operaattorit voivat valvoa GSM-järjestelmän toimintaa hallintajärjestelmällä OSS (Granlund, 2007, 400).



KUVA 1. 2G arkkitehtuuri

Puhelimen ja tukiaseman välistä yhteyttä kutsutaan nimellä Um. Tukiasemaohjaimen ja tukiaseman rajapintaa kutsutaan nimellä Abis. Kytkentäjärjestelmän ja tukiasemaohjaimen välistä rajapintaa kutsutaan nimellä A (Granlund, 2007, 401).

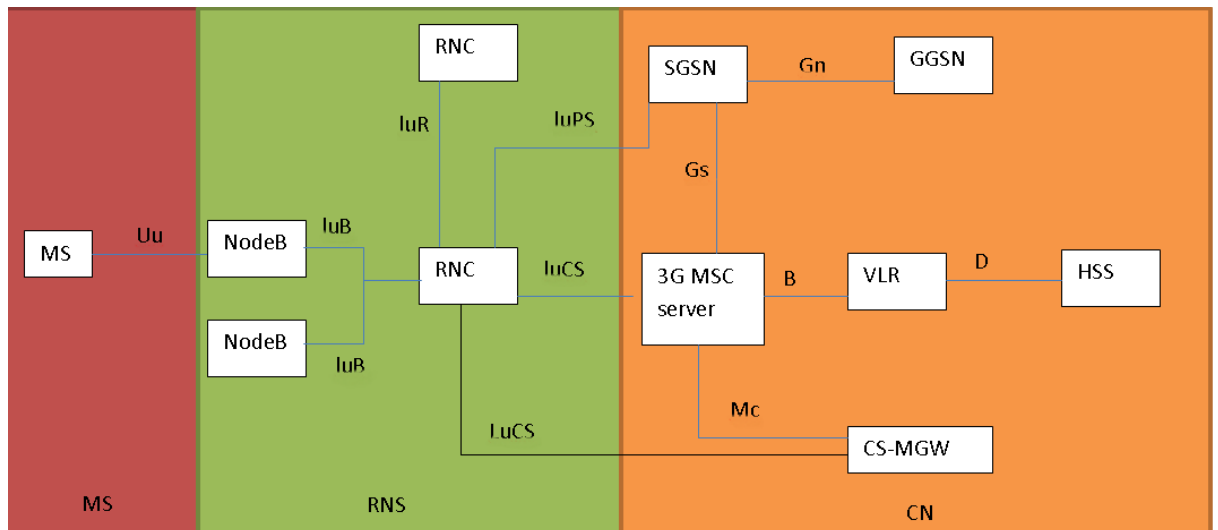
Tukiaseman alijärjestelmän (BSS) tehtävänä on ryhmitellä kaikki radioliikenteen laitteet yhdeksi kokonaisuudeksi, jotta se olisi helpompi yhdistää liikkuviin asemiin. Tähän järjestelmään kuuluvat radioliikenteen tukiasemat (BST) ja tukiasemaohjaimet (BSC). Kaikki GSM-verkon tehtävät on laitettu verkon kytkentäalijärjestelmään NSS. Sen tehtävänä on pitää huoli liikenteen kytkennästä GSM-verkon ja kiinteän verkon välillä. MSC eli matkapuhelinkeskus on BSS-järjestelmän tärkein osa, mutta siihen kuuluu

myös lyhytsanomien välityspalvelut, sekä HLR, VLR, AuC ja EIR (Granlund, 2007, 401).

Verkko-operaattori voi valvoa ja hallita GSM-verkkoa OSS hallinta-alijärjestelmällä.

EIR pitää sisällään tietoja puhelinlaitteista. Laitte tunnistetaan tässä rekisterissä sen IMEI-koodin avulla. IMEI-koodit on jaettu kolmeen eri listaan. Valkoinen lista sisältää tiedot kaikista IMEI-koodeista, harmaalla listalla on ne joita täytyy tarkkailla ja mustalla listalla ovat käyttökiellossa olevat laitteet (Granlund, 2007, 401).

3G verkon arkkitehtuuriin (kuva 2) kuuluu käyttäjälaite (mobile station), tukiasema (Radio Network Service) ja runkoverkko (Core Network). Runkoverkkoon kuuluu pääasiassa HSS, VLR, MSC, SGSN ja GGSN (Evolution from GSM to UMTS, 2003).



KUVA 2. Yksinkertaistettu 3G-verkon arkkitehtuuri

2G verkko käyttää HLR rekisteröintiä. Se sisältää kaikki tilaajaliittymää koskevat tiedot, sekä tiedot siitä minkä matkapuhelinkeskuksen (MSC) alla nämä laitteet ovat. HLR pitää huolen, että tieto laitteen siirtymisestä menee kaikille alueen järjestelmille (Granlund, 2007, 401).

3G verkkoon tultaessa GSM verkon HLR rekisteri on vaihtunut HSS rekisteriin. Siellä on operaattorin tilaajien tietokannat ja sen tehtävänä on ylläpitää rekisteriä käyttäjien ominaisuuksista, palveluista, tilaajan paikasta ja keinoista joilla kyseinen käyttäjä on sillä hetkellä tavoitettavissa. Henkilön hankkiessa liittymän tämä kyseinen liittymä rekisteröidään operaattorin HSS rekisteriin (Evolution from GSM to UMTS, 2003).

Molemmista arkkitehtuureista, sekä 2G, että 3G löytyy VLR eli vierailija rekisteri. Se on tietokanta, joka sisältää kaikki tilaajat, sekä tiedot niistä tilaajista, jotka ovat verkko-vierailulla ja kuuluvat toiselle operaattorille (Evolution from GSM to UMTS, 2003).

VLR pitää sisällään tietoja liikkuvista tukiasemista, jotka ovat kyseisen vierailijarekisterin vastuualueella. Kaikkien tällä alueella olevien aktiivisten puhelinten tiedot siirretään sinne. Puhelun siirtyessä toiseen vierailijarekisteriin, kopioituvat kaikki liittymää koskevat tiedot kotirekisteristä kyseisen alueen vierailijarekisteriin. AuC tutkii GSM-verkon suojaukseen ja tietoturvaan liittyviä tietoja. Käyttäjän todentaminen tapahtuu aina uuden puhelun alkaessa (Granlund, 2007, 401).

MSC eli mobiilikeskus on yksi 3G-verkon tärkeimmistä osista. Sen tehtäviin kuuluu esimerkiksi puheluiden ohjaaminen muista puhelin- sekä datajärjestelmistä. Se huolehtii myös laskutuksesta, verkkorajapinnoista sekä yhteiskanavanmerkinannosta. MSC hoitaa myös puheluiden, sekä tekstiviestien reitittämisen ja huolehtii konferenssi puheluista ja faxeista (Evolution from GSM to UMTS, 2003).

SGSN välittää dataa runkoverkon sekä radioverkon välillä. GGSN on toiminnaltaan reititin, joka välittää dataa mobiiliverkon ja internetin tai yksityisen verkon välillä. 3G-verkon tukiasematasolle (radio network service) kuuluu RNC sekä Node B. RNC eli radioverkko-ohjain on hallitseva elementti UMTS-verkossa, sen tehtävänä on hallita kaikkia tukiasemia jotka ovat siinä kiinni. RNC on paikka missä salaus tehdään ennen kuin data tulee ja lähtee päätelaitteesta (Evolution from GSM to UMTS, 2003).

Node B on termi jota käytetään UMTS-verkossa tukiasemasta. Node B käyttää WCDMA ja TD-SCDMA teknologioita. Solukkojärjestelmissä kuten UMTS ja GSM, Node B sisältää radiotaajuuslähettäjiä ja vastaanottimia, jotka kommunikoivat suoraan mobiililaitteiden kanssa. Tämän kaltaisissa solukko verkoissa laitteet eivät pysty kommunikoimaan suoraan toistensa kanssa vaan niiden tulee kommunikoida Node B:n kanssa. Käytännössä Node B:llä on hyvin vähän toimintoja ja niitä ohjaa RNC (Evolution from GSM to UMTS, 2003).

Radioverkko-ohjaimien sekä tukiasemien kokonaisuutta kutsutaan UTRAN:ksi (Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Matkapuhelinverkot. 2007).

4 TUKIASEMAN TOIMINTA MATKAPUHELINVERKOISSA

Tukiasema liitetään GSM-verkkoon kiinteällä yhteydellä tai sitten erillisen radiolinkin avulla. Se kattaa vähintään yhden radiosolun. Suunnatuilla antennilla voidaan sijoittaa useampia radiosoluja yhden tukiaseman alaisuuteen. Tukiaseman tehtäviä ovat muun muassa digitaalisen tiedon modulointi radiotietä varten, siirtyvän tiedon koodaus ja purku sekä puheen salaus ja sen purku (Granlund, 2001, 121).

BSC eli tukiasemaohjaimen tehtäviin kuuluu siirtotien käytön vahtiminen ja tiedonsiirto-kanavien varaaminen radiotieltä. Se huolehtii liikkuvan aseman siirtymistä solusta toiseen, sekä valvoo radiosignaalin laatua ja lähetystehoja. Päätehtäviin kuuluu myös BSS- ja NSS-järjestelmien välillä olevasta rajapinnasta (Granlund, 2001, 122).

TC eli nopeudensovittimen tehtävänä on siirtoteiden sovittaminen kiinteän verkon ja langattoman verkon välillä. Se voidaan sijoittaa BSS-järjestelmien eri osiin, joten se ei ole riippuvainen sen sijainnista. Siirtonopeuksia sovitetaan A-lain mukaisiksi (Granlund, 2001, 122).

5 4G

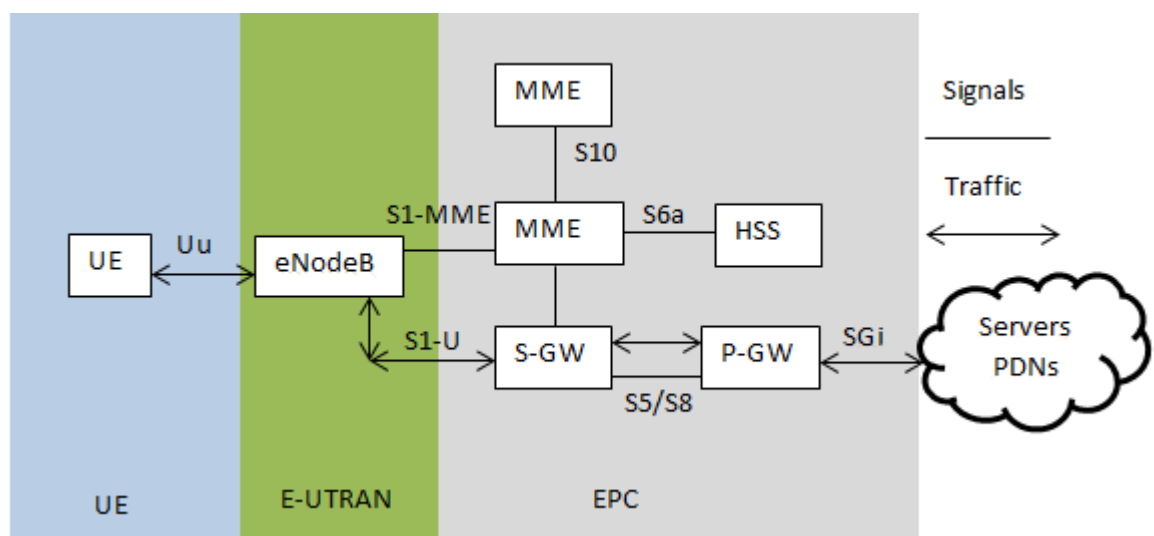
LTE:n historia kantaa juurensa Helsinki Workshop tapahtumaan vuonna 2001. Silloin ryhdyttiin miettimään voisiko kolmen sukupolven mobiiliverkko vielä kasvaa. Vuonna 2002 New Orleansin Workshopissa Mr Hiroshi Nakamura rohkaisti ihmisiä tähän ajateluun. Hashem Madadi ehdotti uutta radiotekniikkaa, joka saattaisi kuljettaa dataa jopa 100 Mb/s nopeudella. Paul Simons halusi nähdä suuremman irtaantumisen datan siirrossa ja tarjottavissa ohjelmissa. Tämä johti pikkuhiljaa 4G vallankumoukseen. Vuonna 2005 Tokiossa Nokia ehdotti, että LTE:n pitäisi pystyä muuttamaan kaistanleveyttä 20 MHz:iin. He esittelivät OFDM tekniikan päättäjille Tokion Workshopissa (LTE/4G).

5.1 ARKKITEHTUURI

4G verkon arkkitehtuuri muodostuu kolmesta pääkomponentista:

- UE
- E-UTRAN
- EPC

EPC kommunikoi yksityisten verkkojen, Internetin ja IP-laitteiden kanssa. Eri osien rajapinnat on kuvattu verkon arkkitehtuuri kuvassa (kuva 3) (LTE Network Architecture: Evolution & Protocols).



KUVA 3. LTE-arkkitehtuuri

5.1.1 UE

UE:n arkkitehtuuri on identtinen UMTS ja GSM verkkojen kanssa. Tätä kutsutaan ME:ksi, joka sisältää seuraavat tärkeät moduulit:

- MT
- TE
- UICC

MT käsittelee kaikki kommunikointia vaativat toiminnot. TE valvoo datan kulkemista. UICC tunnetaan myös LTE puhelinten SIM-korttina, se pyörittää USIM ohjelmia. USIM varastoi käyttäjätietoja samalla tavalla kuin 3G SIM-kortti. Se pitää sisällään käyttäjän puhelinnumerot, kotiverkon tiedot ja tietoturva-avaimet (LTE Network Architecture).

5.1.2 E-UTRAN

E-UTRAN tehtävänä on käsitellä radioviestintää käyttäjän puhelimen ja EPC:n välillä. Sillä on vain yksi komponentti jota kutsutaan nimellä eNodeB tai eNB. eNB on tukiasema, joka ohjaa puhelimen puhelut yhteen tai useampaan soluun. Tukiasemaa, joka kommunikoi puhelimen kanssa, tunnetaan paremmin sen palvelevana eNB:nä (LTE Network Architecture).

eNB lähettää ja vastaanottaa radioliikennettä kaikille puhelimille, jotka käyttävät analogista ja digitaalista signaalinkäsittelyä LTE verkossa. Se ohjaa myös low-level operaatiota kaikille puhelimille lähettämällä niille signaaliviestejä (LTE Network Architecture).

5.1.3 EPC

EPC arkkitehtuuriin kuuluu HSS, PDN, S-GW, MME ja PCRF (LTE Network Architecture).

P-GW kommunikoi ulkomaailman kanssa. Jokainen PDN tunnistetaan APN avulla. Sillä on sama rooli kuin GPRS ja sen SGSN kanssa (LTE Network Architecture).

S-GW toimii reitittimenä ja kuljettaa dataa tukiaseman ja PDN:än välillä (LTE Network Architecture).

MME ohjaa high-level operaatiota yhdessä HSS kanssa (LTE Network Architecture).

PCRF tekee päätöksiä ja yhtäläillä ohjaa toimintoja PCEF:ssä , joka taas tarvitsee P-GW:tä (LTE Network Architecture).

5.2 QOS rajapinta arkkitehtuuri

Datavirroilla, joita kulkee päätelaitteen ja yhdyskäytävän välillä, on erilaisia laatukriteereitä QoS. Esimerkiksi VoIP, Internetin selaaminen, videopuhelut ja videostreamaus vaativat erilaisia laatukriteereitä. Tämän takia on hyvä, että kaikilla netissä kulkevilla paketeilla on QoS varustus. EPS muurit muodostetaan UE:n ja P-GW:n väliin. Radio-pinta kuljettaa EPS pintaa näiden kahden välillä. Jokainen IP liittoutuu eri EPS rajapinnan kanssa ja netti pystyy priorisoimaan liikenteen sen mukaisesti. Kun se vastaanottaa IP-paketteja Internetistä, P-GW suorittaa pakettitunnistuksen, joka perustuu tiettyihin parametreihin ja lähettää ne sopivalle EPS:lle. EPS-rajapintaan perustuen, eNB kartoittaa paketit sopivalle QoS-pinnalle (Summanen M. 2013. LTE-verkon mittaus).

5.3 Verkko

Verkon rakenne muodostuu radioverkko-osasta E-UTRAN ja runkoverkosta eli SAE. Ne muodostavat yhdessä käsitteen EPS, jonka päätehtävänä on siirtää pakettidataa verkon yhdyskäytävästä päätelaitteeseen. Data kulkee päätelaitteen, yhdyskäytävien ja tukiaseman kautta haluttuun verkkoon tai palveluun. S-GW välittää datapaketin tukiaseman ja P-GW:n välillä. Se huolehtii myös käyttäjän lähettämästä datasta, joka kulkee tukiaseman vaihtojen välillä, sekä toimii välittäjänä käyttäjän vaihdettaessa 3G/2G –verkon välillä. P-GW välittää yhteyden muihin pakettidataverkkoihin, esimerkiksi Internetiin. MME vastaa verkon ohjaustason liikenteestä ja toimii yhteistyössä HSS, sekä 2G/3G verkon ohjaimien kanssa. Se seuraa myös käyttäjän sijaintia sen liikkuesssa eri tukiasemien välillä (Summanen M. 2013. LTE-verkon mittaus).

5.4 Julkaisut

4G ensimmäinen julkaisu oli Release 8. OFDM tekniikka ja täysin IP-pohjainen verkko otettiin silloin käyttöön ja HSDPA- ja HSUPA-tekniikoita paranneltiin. Kuitenkaan Release 8 radorajapinta ei ole yhteensopiva aikaisempien versioiden kanssa (Vartiamäki V. 2012. 3GPP Long Term Evolution.). Release 8 esitteli LTE:n ensimmäistä kertaa täysin uudella radorajapinnalla ja runkoverkolla mahdollistaen merkittävästi suuremman dataliikenteen verrattaessa edellisiin järjestelmiin (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.). Release 8 kohokohdat on esitelty taulukossa 8 (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Release 8 (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.)

Release 8
Up to 300 Mbit/s downlink and 75 Mbit/s uplink
Latency down to 10ms
Implementation in bandwidths of 1.4, 3, 5, 10, 15 or 20 MHz, to allow for different deployment scenarios
Orthogonal frequency domain multiple access (OFDMA) downlink
Single-carrier frequency domain multiple access (SC-FDMA) uplink
Multiple input multiple output (MIMO) antennas
Flat radio network architecture, with no equivalent to the GSM BSC or UMTS RNC and functionality distributed among the base stations (eNodeBs)
All IP core network, the system Architecture Evolution (SAE)

Release 9 julkaisu oli 2009 vuoden loppupuolella ja siinä parannettiin LTE:n ja WiMAX:n yhteensopivuutta, sekä MIMON ja HSDPA:n ominaisuuksia (Vartiamäki V. 2012. 3GPP Long Term Evolution.). Se sisälsi ominaisuuksia, jotka eivät olleet joko valmiita Release 8 tai ne tarjosivat pientä optimointia tai parannusta (Rohde&Schwarz. LTE Release 9 Technology Introduction White paper. 2011). Release 9 toi monia tarkennuksia ominaisuuksiin, jotka esiteltiin edellisessä julkaisussa. Lisäksi se toi uusia kehityksiä verkon arkkitehtuuriin, sekä uusia palveluominaisuuksia (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.). Muutamia edellä mainittuja asioita on esitelty taulukossa 9 (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Release 9 (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.)

Release 9
Multimedia Broadcast Multicast Services for LTE
LTE MIMO: dual-layer beamforming
LTE positioning
PWS (public Warning System)
RF requirements for multi-carrier and multi-RAT base stations
Home eNodeB specification (femto-cell)
Self-Organizing Networks (son)

Release 10 sisälsi ensimmäisen LTE-A-julkaisun, joka on yhteensopiva Release 8 kanssa (Vartiamäki V. 2012. 3GPP Long Term Evolution.). Se tarjosi huomattavan parannuksen LTE-järjestelmän kapasiteettiin ja suoritustehoon. Se paransi myös järjestelmän toimivuutta laitteissa, jotka sijaitsivat kaukana tukiasemasta (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.). Release 10 ominaisuuksia on esitelty taulukossa 10 (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Release 10 (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.)

Release 10
Up to 3 Gbit/s downlink and 1.5 Gbit/s uplink
Carrier aggregation, allowing the combination of up to five separate carriers to enable bandwidths up to 100 MHz
Higher order MIMO antenna configurations up to 8x8 downlink and 4x4 uplink
Relay nodes to support heterogeneous networks ("HetNets") containing a wide variety of cell sizes
Enhanced inter-cell interference coordination to improve performance towards the edge of cells

Versiossa Release 11 julkaistiin monta parannusta jo valmiisiin teknologioihin. Se kehitti solun sisäisten häiriöiden koordinoitua, tarkoituksena välttää niiden tapahtuminen. Joitain Release 11 ominaisuuksia on esitelty taulukossa 11 (taulukko 11) (Rohde&Schwarz. LTE-Advanced (3GPP Rel.11) Technology Introduction White Paper).

TAULUKKO 11. Release 11 (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.)

Release 11
Enhancements to carrier aggregation, MIMO, relay nodes and eICIC
Introduction of new frequency bands
Coordinated multipoint transmission and reception to enable simultaneous communication with multiple cells
Advanced receivers

TAULUKKO 12. Release 12 (Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012.)

Release 12
Enhanced small cells for LTE, introducing a number of features to improve the support of Het-Nets
Inter-site carrier aggregation, to mix and match the capabilities and backhaul of adjacent cells
New antenna techniques and advanced receivers to maximise the potential of large cells
Interworking between LTE and WiFi or HSPDA
Further developments of previous technologies

6 TUKIASEMAN KÄYTTÖÖNOTTO

Nokia lahjoitti 4G tukiaseman Tampereen ammattikorkeakoulun käyttöön kesällä 2014. Opiskelijoiden tehtävänä oli ottaa se käyttöön koulun laboratorioympäristöön, sekä tehdä sen käyttämiseen käyttöohje (LIITE 1). Tukiasemaa on tarkoitus käyttää jatkossa opetusvälineenä.

Kesällä Nokialta tuli kaksi henkilöä opastamaan opiskelijoita tukiaseman käytössä. Koulutuksen yhteydessä huomattiin että aseman RF-moduuli ei toiminut ja osa piti vaihtaa. Osan vaihtamisen jälkeen yhteyttä tukiasemalla Nokian päähän ei kuitenkaan saatu.

Syksyllä saatiin käyttöön Nokia Lumia 635 testipuhelin (kuva 4). Opiskelijat alkoivat testailemaan sen käyttöä, olisiko se yhdistänyt asemaan automaattisesti. Näin ei kuitenkaan käynyt.



KUVA 4. Testipuhelin

Asiaa tutkittiin laboratoriossa muiden opiskelijoiden kanssa. Wireshark ohjelman monitorointia käytettiin apuna tutkimuksessa. Huomattiin ettei SIM-kortilla saanut yhteyttä puhelimen kautta asemaan. Asiaa täytyi mennä selvittämään Nokian konttorille Hatanpään valtatielle.

Nokian konttorilla asiaa tutkittiin yhden heidän tietoliikenneasiantuntijansa kanssa. Hän teki erinäisiä testauksia SIM-korteille ja huomasi, etteivät ne saa yhteyttä edes siellä heidän päässään oleviin keskuksiin. SIM-kortit oli unohdettu rekisteröidä Nokian HSS-palvelimiin, jolloin TAMKin päässä oleva tukiasema ei antanut luoda yhteyttä Internetiin. Asia korjattiin lisäämällä SIM-kortit HSS palvelimille.

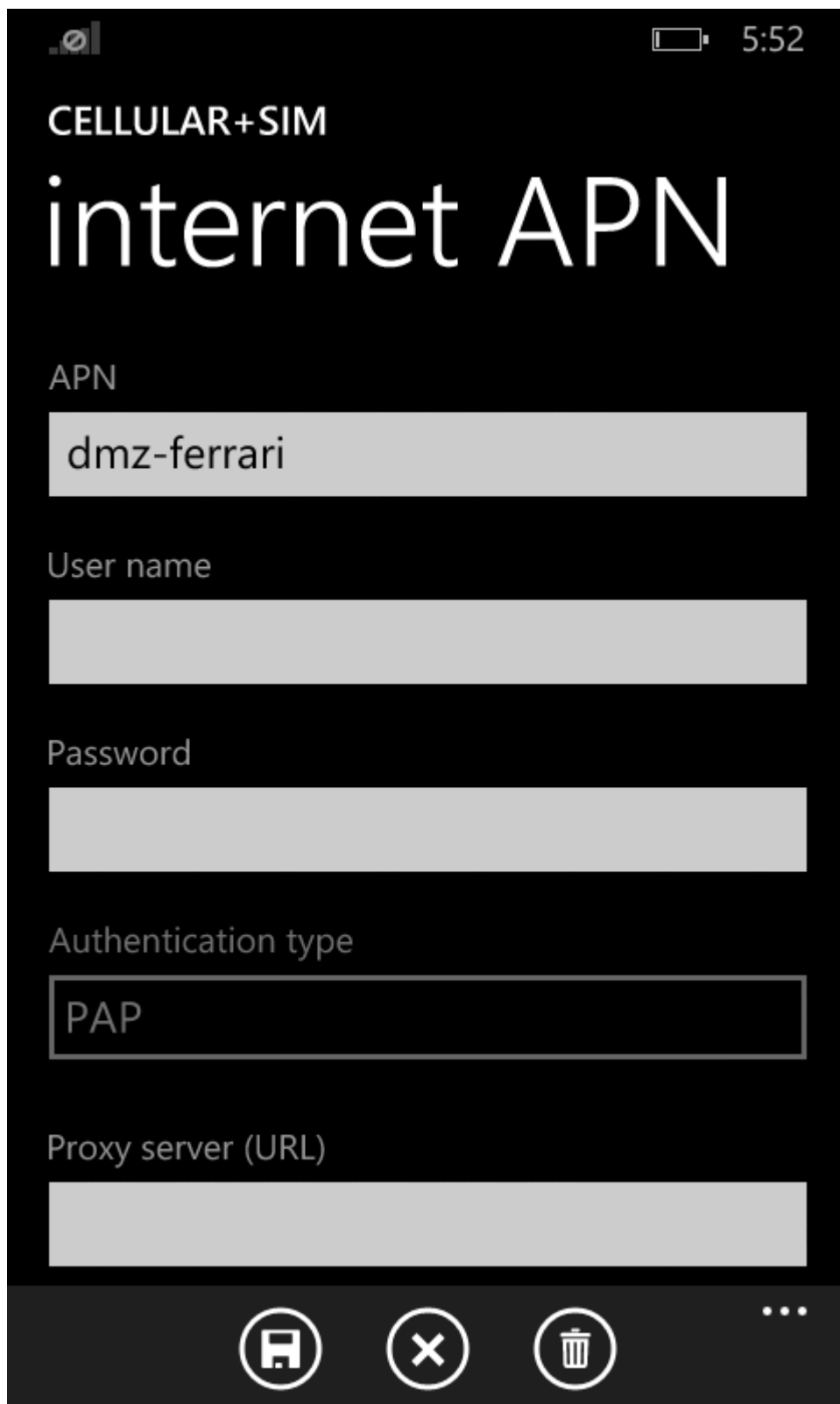
Koululla testattiin yhteyttä jälleen ja se saatiin toimimaan. Mobiilidata saatiin puhelimeen ja sillä pystyi selailemaan Internetiä. Nokialta saatiin myös mukkula (kuva 5), jolla pystyy muodostamaan yhteyden myös tietokoneeseen.



KUVA 5. ”Mukkula”

6.1 YHTEYDEN MUODOSTAMINEN TESTIPUHELIMEEN JA MOKKULAAN

Puhelimeen verkon muodostaminen lähtee alkuun APN-asetusten (kuva 6) määrittämisestä. Ne asetetaan vastaamaan Nokian palvelimen tietoja. Tämän jälkeen puhelin ottaa yhteyden tukiasemaan automaattisesti (kuva 9). Samat tiedot määritetään mukkulan 1KR Manager ohjelman asetuksiin (kuva 7). Tietojen määrittämisen jälkeen tietokoneella pystyy yhdistämään myös tukiasemaan ja sitä kautta Internetiin (kuva 8)



CELLULAR+SIM

internet APN

APN

dmz-ferrari

User name

Password

Authentication type

PAP

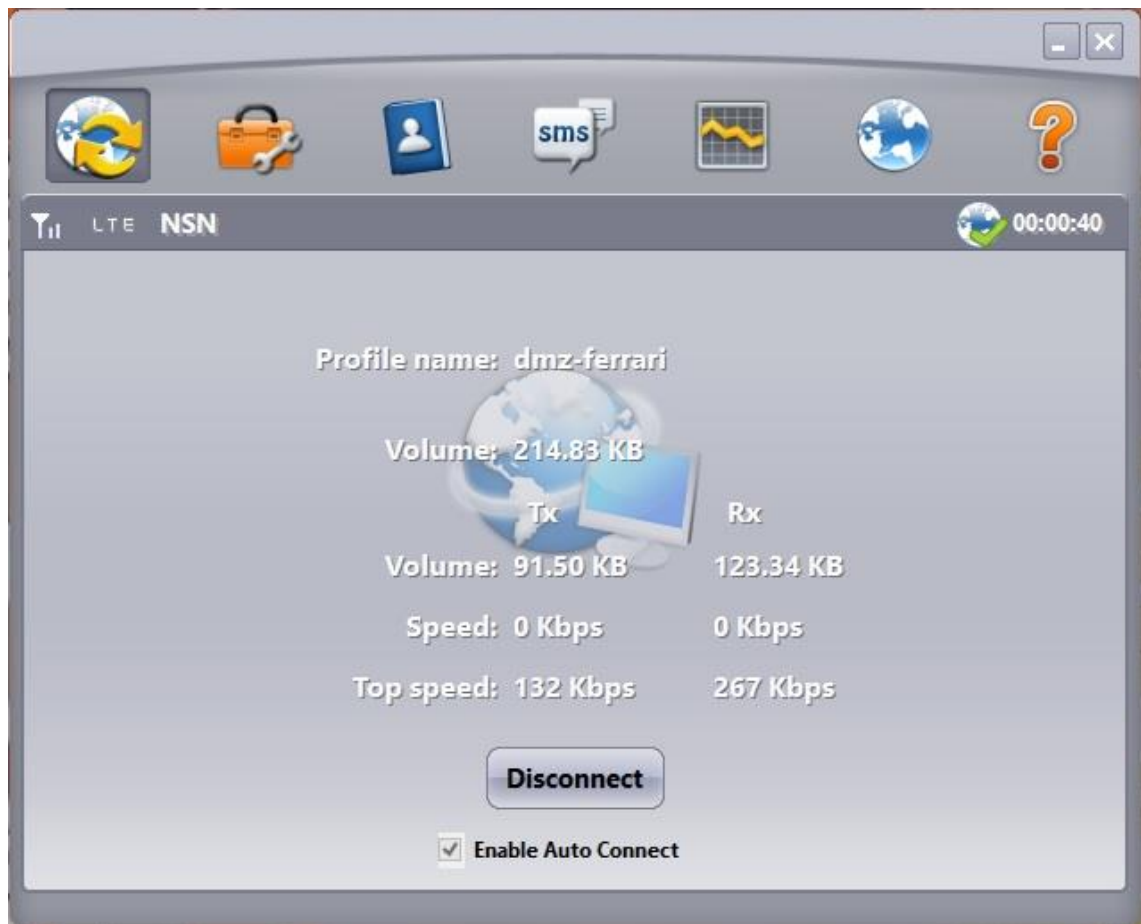
Proxy server (URL)

⏏ × 🗑️ ⋮

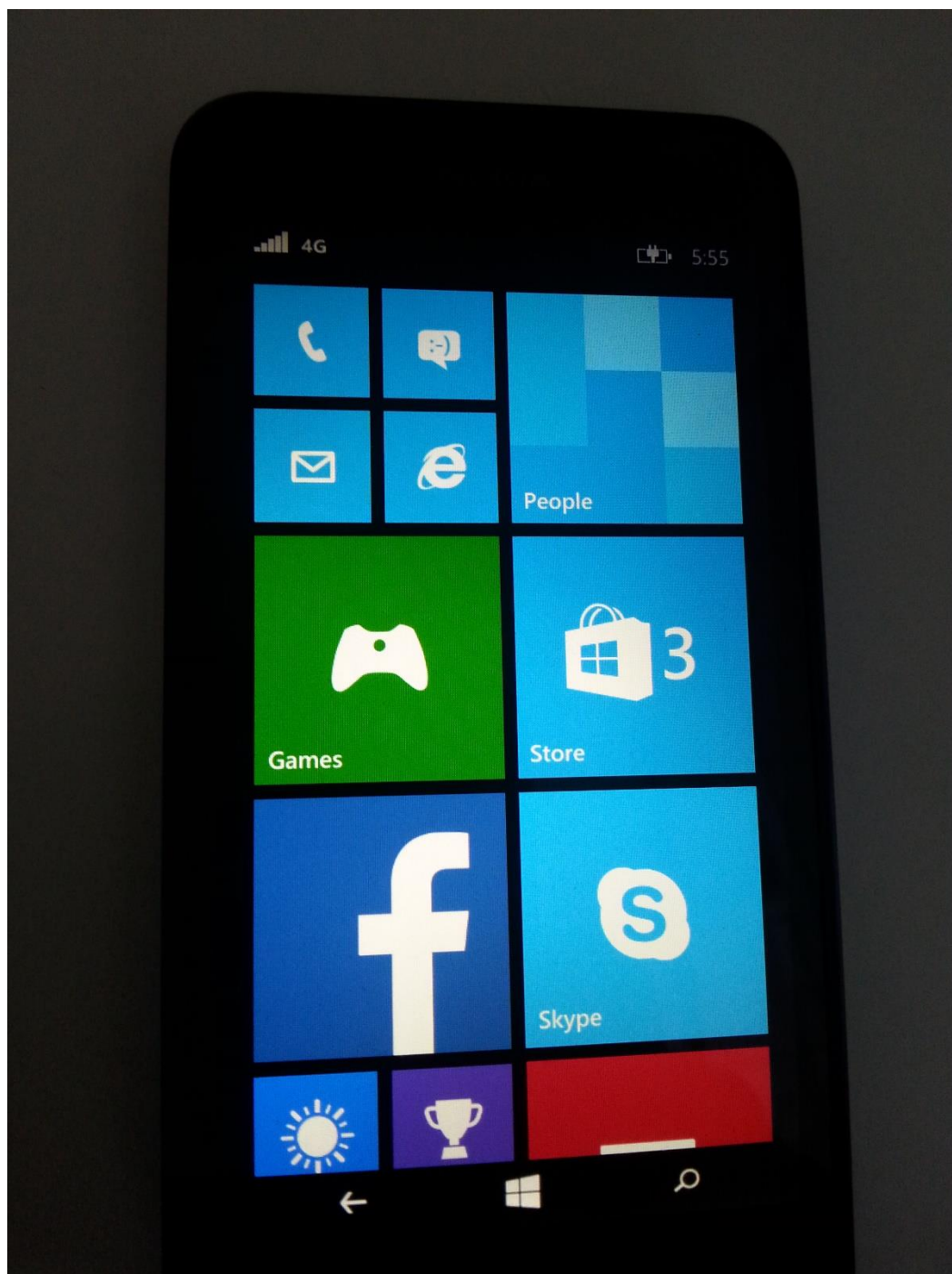
KUVA 6. Puhelimen APN asetukset



KUVA 7. 1KR Manager asetukset

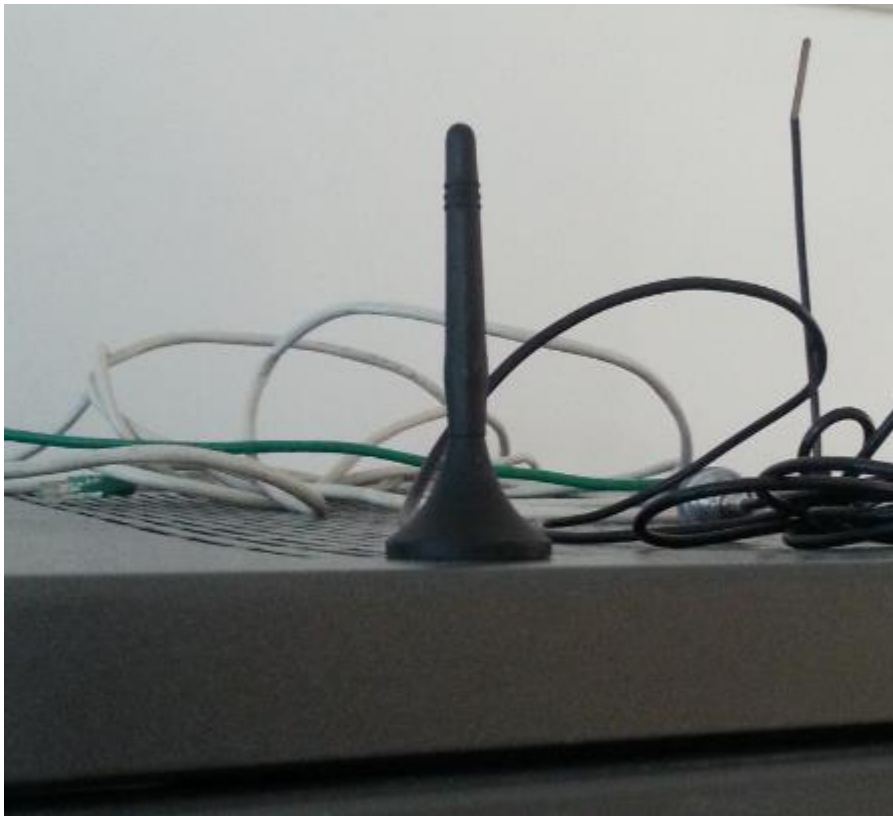


KUVA 8. Yhdistetty mikkula



KUVA 9. Yhdistynyt puhelin

Nokialta saatiin antenni (kuva 10), jonka kantama oli pienempi kuin laboratorion omalla antennilla (kuva 11). Nokian antennilla verkko kuuluu koko laboratorialuokkaan, mutta heikosti. Verkon kuuluvuus putoaa yhteen palkkiin noin 20 m kohdalla. Laboratorion antennilla pystytään helposti kattamaan koko laboratorio sekä hieman sen ulkopuolta-kin. Sillä antennilla on hyvä kuuluvuus koko laboratoriossa.



KUVA 10. Nokialta saatu antenni



KUVA 11. Labran antenni

6.2 PUHELUN MUODOSTAMINEN

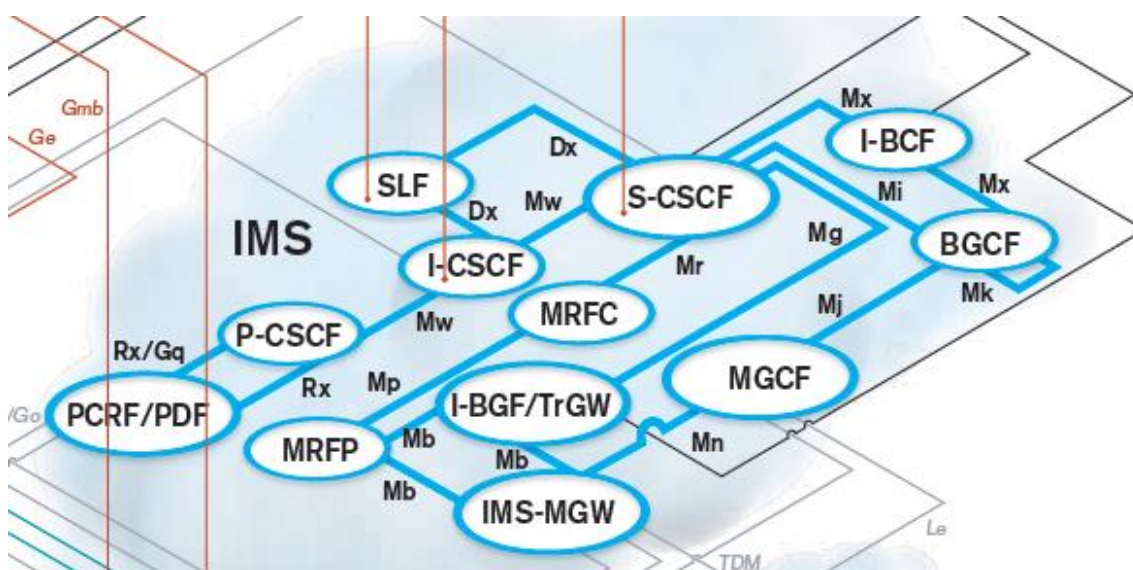
Puhelun muodostaminen tukiaseman kautta ei onnistu, koska luultavasti IMS:ää ei ole määritelty Nokian päässä TAMKin sopimukseen. TAMKille on annettu vain datapalvelut ja puhelun muodostamiseen tarvittaisiin lisäksi myös IMS.

Puhelua muodostaessa puhelin yrittää saada yhteyttä toiseen testipuhelimeen, kun tämä ei onnistu puhelin tiputtaa palvelunsa 4G:stä 3G:hen. Puhelin ei kuitenkaan voi muodostaa puhelua tätä kautta, sillä tukiasemaan ei ole määritelty 3G ominaisuutta. Puhelin ilmoittaa ”no service”.

6.3 IMS

IP-multimedia-alijärjestelmä on IP-pohjainen arkkitehtuurimalli, jonka ovat määrittäneet 3GPP ja 3GPP2 organisaatiot. Se mahdollistaa SIP-pohjaisten palveluiden tarjoamisen asiakkaille verkkoon kuin verkkoon. Se tukee vanhoja piirikytkentäisiä puhelinverkkoja ja nykyisiä IP-pohjaisia pakettiverkkoja (Tukia E. 2009. IP-multimedia-alijärjestelmän suorituskyvyn mittaust ja arviointi. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Espoon teknillinen korkeakoulu Diplomityö.).

IMS arkkitehtuurin (kuva 10) ytimen muodostavat istunnonhallinnan CSCF-palvelimet, sekä sovelluspalvelin AS. AS on palvelin, joka tarjoaa käyttäjälle lisäarvopalveluita, kuten tilatietoa ja offline-viestejä. CSCF-palvelimet sisältävät istuntopalvelimen (P-CSCF), tuloistuntopalvelin (I-CSCF) ja työpalvelin (S-CSCF) (Tukia E. 2009. IP-multimedia-alijärjestelmän suorituskyvyn mittaust ja arviointi. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Espoon teknillinen korkeakoulu Diplomityö.).



KUVA 10. IMS arkkitehtuuri (Nethawk. Wireless Converging Networks.)

Istuntopalvelin toimii käyttäjän yhteyspisteenä ja välityspalvelimenä IMS-verkkoon. Tuloistuntopalvelin toimii yhteyspisteenä verkkojen välillä, sekä käsittelee käyttäjien rekisteröitymisviestejä. Työpalvelin suorittaa käyttäjän istunnonhallintapalveluita ja toimii verkon sekä palveluiden yhteyspisteenä (Tukia E. 2009. IP-multimedia-alijärjestelmän suorituskyvyn mittaust ja arviointi. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Espoon teknillinen korkeakoulu Diplomityö.).

7 POHDINTA

4G verkko on tällä hetkellä uusin matkapuhelinverkko. Vuonna 2014 Suomessa on ollut 4G-verkon nopeutena 40/20 Mbit/s. Koko maan kattavaa hyvää 4G verkkoa ei vielä ole saatavilla. Kysymys kuuluukin, pitäisikö operaattoreiden keskittyä nopeuksien kehittämiseen vai koko maan kattavaan hyvään 4G-verkkoon? Tämä riippuu paljolti siitä mitä kansa haluaa. Toisaalta kannattaa miettiä tarvitaanko 4G-verkkoa kaikilla Suomen syrjäseuduilla. Kehitys kuitenkin keskittyy suurkaupunkeihin, ja nuoret tuskin haluavat jäädä syrjäseuduille asumaan. Nykyiset käyttäjät ovat valtaosin nuoria ja vanhemmat ihmiset eivät välttämättä koe tarpeelliseksi saada nopeita yhteyksiä syrjäseuduille. Keskittettäisiin tarve siis isoimmille paikkakunnille, joissa varmimmin tulee olemaan eniten asukkaita. Toisaalta kehitys voi kääntyä toiseen suuntaakin, että kaupunkilaiset haluavatkin maalle asumaan. Tämä tulee olemaan operaattoreille hankala valinnan paikka, kun pitää päättää mihin paikkoihin Suomessa keskittyä.

Onko laboratorion antennin vaimennin tarpeeksi suuri? Liian pienellä vaimentimella tukiasema saattaisi häiritä muiden operaattoreiden verkkoja. Tällä hetkellä ilman erillistä vaimenninta Nokialta saatu antenni kattaa koko laboratoriotilan. Isommalla antennilla saadaan hyvä kuuluvuus koko laboratorioon. Mutta häiritseekö antenni muita operaattoreita ja tarvitseeko se erillisen vaimentimen. Näihin kysymyksiin saadaan vastaus vasta pidemmän käytön jälkeen.

IMS puuttuminen pienentää tukiaseman käyttöä opetustehtävissä. Tällä hetkellä asemalla ei voi tehdä kunnollisia mittauksia, sillä saatavilla on vain datapalvelut. Puhelun muodostaminen lisäisi käyttömahdollisuuksia ja mittauksia laboratoriossa.

LÄHTEET

Africa. What exactly is 3.75G?, 2012. Luettu 15.2.2015.

<http://www.oafrica.com/mobile/what-exactly-is-3-75g/>

Evolution from GSM to UMTS, 2003. Luettu; 21.11.2014.

<http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture2.pdf>

Granlund, K. 2007. Tietoliikenne. 1. painos. Jyväskylä: WSOY.

Granlund, K. 2001. Langaton Tiedonsiirto. 1. painos. Jyväskylä: Docendo Finland Oy.

History of GSM Birth of the Mobile Revolution. UMTS/3G. 2015. Luettu 19.2.2015.

<http://www.gsmhistory.com/umts/>

Karaksela L. 2009. 3G Mobiiliverkkoyhteydet. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opin-
näytetyö. Luettu 19.2.2015.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3007/Karaksela_Lauri.pdf?sequence=1

Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Matkapuhelinverkot. 2007. Luettu 19.2.2015.

<http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/luentokalvot/luento07-08.pdf>

LTE Network Architecture. Luettu: 21.11.2014.

http://www.tutorialspoint.com/lte/lte_network_architecture.htm

LTE Network Architecture: Evolution & Protocols. Luettu 21.11.2014. <http://telecom-knowledge.blogspot.fi/2014/03/lte-network-architecture-evolution.html>

LTE/4G. Luettu 21.11.2014. <http://www.gsmhistory.com/lte4g/>

Nethawk. Wireless Converging Networks. Luettu 19.9.2014.

https://www.nethawk.fi/services/image_bank/playground_pictures/EXFO-NetHawk-Reference-Poster.pdf

Rohde&Schwarz. LTE Release 9 Technology Introduction White paper. 2011. Luettu 19.2.2015.

http://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma191/1MA191_0LTE_release_9_technology.pdf

Rohde&Schwarz. LTE-Advanced (3GPP Rel.11) Technology Introduction White Paper. Luettu 11.3.2012

http://cdn.rohdeschwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma232/1MA232_1_LTE_Rel11.pdf

Summanen M. 2013. LTE-verkon mittaus. Tietotekniikan koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö. Luettu 25.11.2014.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67475/Summanen_Mika.pdf?sequence=1

Tukia E. 2009. IP-multimedia-alijärjestelmän suorituskyvyn mittaus ja arviointi.

Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Espoon teknillinen korkeakoulu Diplomityö. Luettu 17.2.2015. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2009/urn100118.pdf>

UMTS/3G. Luettu: 21.11.2014. <http://www.gsmhistory.com/umts/>

Unwired Insight. Summary of 3GPP Standards Releases for LTE. 2012. Luettu 19.2.2015. <http://www.unwiredinsight.com/2012/3gpp-lte-releases>

Vartiamäki V. 2012. 3GPP Long Term Evolution. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Luettu 19.2.2015.
http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43296/Vartiamaki_Ville.pdf?sequence=1

3GPP. Functionality in early GSM releases. Luettu 7.2.2015.
<http://www.3gpp.org/specifications/releases/78-functionality-in-early-gsm>

LIITTEET

Liite 1. LTE tukiaseman käyttöohje (Liite poistettu tietoturvasyistä)