

Jukka Valkama

**LANGATTOMIEN TIEDONSIIRTOVERKKOJEN ANALYYSI
KENTTÄTYÖSSÄ**

LANGATTOMIEN TIEDONSIIRTOVERKKOJEN ANALYYSI KENTTÄTYÖSSÄ

Jukka Valkama
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma, langaton tietoliikenne

Tekijä: Jukka Valkama

Opinnäytetyön nimi: Langattomien tiedonsiirtoverkkojen analyysi kenttätyössä

Työn ohjaaja: Riitta Rontu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014

Sivumäärä: 62 + 0 liitettä

Työn aiheena oli IMSS Oy:n toimeksiannosta suorittaa 2G- ja 3G-verkkojen kenttämittauksia Oulun Taksipalvelut Oy:n taksin kyydissä sekä Nablabs Oy:n mukana turvesoiden alueilla. Matkapuhelinverkon mittauksia suoritettiin, sillä oli havaittu, että verkkoyhteydessä oli ajoittain ollut ongelmia. Työn tavoitteena oli testata, analysoida ja ratkaista matkapuhelinverkkojen katkosten ja katveiden aiheuttamia ongelmakohtia mobiililaitteiden ja tietokantapalvelimien välisessä tiedonsiirrossa työnhjousjärjestelmissä. Tuloksena pyrittiin saamaan laite- tai asennussuunnittelupohjainen ratkaisu ongelmien minimoimiseksi tai kokonaan poistamiseksi. IMSS on toimittanut mobiiliin työnhjaukseen tarvittavat ratkaisut OTP:lle ja Nablabsille. Mobiiliin työnhjaukseen pohjautuvat työntehostamisratkaisut helpottavat huomattavasti niin työnjohtoa kuin työntekijääkin, sillä sen avulla kaikki tiedot ovat sähköisessä muodossa ja tiedonkulku on reaaliaikaista.

OTP:n kyydissä tapahtuneet kenttämittaukset toteutettiin Oulun alueella ja asiakkaiden kyyditystarpeiden mukaisesti liikuttiin niin kaupunki- kuin taajama-alueillakin. Nablabsin työntekijän mukana turvesoilla tapahtuneet kenttämittaukset suoritettiin Simojoen turvesoilla, jossa maasto koostui soista ja metsistä. Kenttämittauksia tehtiin kolmena eri päivänä marraskuun 2013 aikana.

Kaikki kenttämittaukset suoritettiin Android-pohjaisella RF Signal Tracker -ohjelmalla, joka asennettiin Sony Xperia Z -matkapuhelimeen. Ohjelmalla mitattiin matkapuhelinverkon signaalivoimakkuuksia eli RSSI-arvoja. Tämän lisäksi mittaajalla oli käytössä työntekijän päätelaitteistoa vastaava demo-ohjelmalla varustettu kokoonpano, josta seurattiin matkapuhelinverkkoyhteyden ja yleisen toimivuuden tilaa.

Saatujen mittaustulosten ja käyttökokemusten perusteella saatiin käsitys verkon ja laitteiston hyvästä, mutta välillä ailahtelevasta toimivuudesta. Tämän pohjalta annettiin parannusehdotuksia IMSS:lle. Matkapuhelinverkkoyhteyden vakaamman ja paremman toiminnan takaamiseksi ehdotettiin päätelaite-, USB-modeemi- ja lisäantennipäivityksiä sekä ohjelmistopäivitystä taksiohjelmistoon.

Asiasanat: 2G, 3G, signaalivoimakkuus, kenttämittaukset, RF Signal Tracker, mobiili työnhjous

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Information Technology and Telecommunications
Option of Wireless Telecommunications

Author: Jukka Valkama

Title of thesis: Analysis of measuring wireless telecommunications at field

Supervisor: Riitta Rontu

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014

Pages: 62 + 0 appendices

Subject of the thesis was to perform signal strength measurements of cellular networks by IMSS Oy. Measurements were taken in moving taxis and at the peat bog areas. It was noticed that there have been occasionally problems in network connection. Perception of well-working mobile-based work controlling system was found out due to measurement results and usage experiences. Suggestions were given to make network connection more stable and perform less problems.

Nowadays mobile-based work controlling is quite popular and it is going to get even popular in future. Main advantages of using these kind of mobile solutions are to get all the data in electronic form and to allow data in realtime. This is significantly helping management and working.

Network measurements in taxi were performed along with Oulun Taksipalvelut Oy at Oulu area depending on customer's travel needs. Network measurements at peat bog areas were performed along with Nablabs Oy at Simo-river areas. IMSS has delivered solutions for mobile-based work controlling to the partner companies as Oulun Taksipalvelut and Nablabs.

Android-based RF Signal Tracker program was used to make cellular networks signal strength measurements. The app was installed in Sony Xperia Z cellphone. In addition demo version-based hardware was used also which was exactly the same as the workers hardware. Cellular networks status and general functionality were easy to follow from the hardware.

Perceptions were collected of network and hardware functionality based on received results and usage experiences. Suggestions were given to improve and to stabilize networks performing by updating hardware.

Keywords: 2G, 3G, signal strength, measurements at field, RF Signal Tracker, mobilized supervision of work

ALKULAUSE

Opinnäytetyö koostui syksyn 2013 ja kevään 2014 aikana tehdyistä ja analysoiduista kenttämittauksista taksiliikenne- ja turvesuooympäristöissä. Mittaustulosten ja mobiilisti tapahtuvan työnohjauksen käyttökokemusten perusteella selvitettiin matkapuhelinverkon toimintaa ja tämän pohjalta tehtiin parannusehdotuksia ongelmien minimoimiseksi tai poistamiseksi kokonaan.

Haluan kiittää IMSS:n Antti-Pekka Aaltosta, joka kiireiltään ehti järjestämään kenttämittauskeikkoja sekä tapaamisia ja mahdollisti tämän opinnäytetyön tekemisen. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja yhteistyö sujui erittäin hyvin.

Haluan kiittää myös ohjaavaa opettajaa Riitta Rontua opinnäytetyön ohjauksesta sekä Tuula Hopeavuorta tekstinohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää IMSS:n kanssa yhteistyötä tekeviä yrityksiä, OTP:ta ja Nablabsia siitä, että pääsin heidän mukaansa suorittamaan kenttämittauksia ja sain arvokasta tietoa mobiilisti tapahtuvan työnohjauksen toimivuudesta.

Oulussa 14.3.2014

Jukka Valkama

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	12
2 MATKAPUHELINVERKOT	14
2.1 Toisen sukupolven matkapuhelinverkot	14
2.1.1 GSM-verkon osat	14
2.1.2 GSM-verkkokomponentit	15
2.1.3 GPRS	15
2.1.4 EDGE	18
2.2 Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkot	20
2.2.1 WCDMA	21
2.2.2 UMTS	21
2.2.3 UMTS-verkon osat	21
2.2.4 UMTS-verkkokomponentit	22
2.2.5 HSPA	23
2.2.6 HSPA+	24
2.3 Muita tiedonsiirtotekniikoita	24
2.3.1 DC-HSPA+	24
2.3.2 LTE	24
3 KENTTÄMITTAUSTEN SUORITTAMINEN	26
3.1 RF Signal Tracker 2.5.10 -Android-sovellus	27
3.2 Kenttämittaukset OTP:lla	29
3.2.1 Mittalaitteisto OTP:n taksimittauksissa	30
3.2.2 OTP taxi -ohjelma	34
3.3 Kenttämittaukset Nablabsilla	35
3.3.1 Mittalaitteisto Nablabsin kenttämittauksissa	36
3.3.2 Nablabs Laboratories -ohjelma	37
4 MITTAUSTULOKSET	39

4.1 OTP Aamupäivä 11.11.2013	39
4.2 OTP Iltapäivä 14.11.2013	44
4.3 Simon turvesuoalueet 26.11.2013	48
5 PARANNUSEHDOTUKSET	52
5.1 OTP taksiympäristössä	52
5.2 Nablabs turvesuooympäristössä	56
6 YHTEENVETO	58
LÄHTEET	59

SANASTO

0,3GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying, Gaussian-suodattimella varustettu modulointitekniikka
16QAM	16 Quadrature Amplitude Modulation, vaihe- ja amplitudimodulaatiot yhdistävä modulointitekniikka
8PSK	8 Phase Shift Keying, kahdeksanvaiheinen vaihemodulointitekniikka
AuC	Authentication Centre, tunnistuskeskus
BPSK	Binary Phase Shift Keying, kaksivaiheinen vaihemodulointitekniikka
BSC	Base Station Controller, tukiasemaohjain
BSS	Base Station Sub-system, tukiasemajärjestelmä
BTS	Base Transceiver Station, tukiasema
CDMA	Code Division Multiple Access, koodijakoinen monipääsytekniikka
CID	Cell ID, tukiaseman tunnus
CIR	Carrier-to-Interference Ratio, signaali-häiriösuhde
CN	Core Network, runkoverkko
CS	Channel coding Scheme, GPRS-kanavakoodaus
DC-HSPA+	Dual Carrier HSPA+, tiedonsiirron kaksinkertaistava HSPA+
EIR	Equipment register, laiterekisteri
FDMA	Frequency Division Multiple Access, taajuusjakoinen monipääsytekniikka
GCR	Group Call Register, ryhmäpuhelurekisteri

GGSN	Gateway GPRS Support Node, GPRS-yhdyskäytäväsolmu
GPRS	General Packet Radio Service, GSM-verkon pakettidatapalvelu
GSM	Global System for Mobile Communications, toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä
E-UTRAN	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, LTE-verkon radorajapinta
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution, tehostetut tiedonsiirtonopeudet GSM-tekniikkaan
EGPRS	Evolved GPRS, kehittynyt GPRS
EIR	Equipment Register, laiterekisteri
EPC	Evolved Packet Core, LTE:n runkoverkko
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network, EDGE:n radorajapinta
HLR	Home Location Register, kotirekisteri
HSPA	High-Speed Packet Access, korkeanopeuksinen pakettikytkentäinen yhteys
HSDPA	High-Speed Download Packet Access, lataussuunnan HSPA-tekniikka
HSUPA	High-Speed Upload Packet Access, lähetyssuunnan HSPA-tekniikka
HSPA+	Evolved HSPA, kehittynyt HSPA
LAC	Location Area Code, matkapuhelinverkon lähialuetunnus
LTE	Long Term Evolution, neljännen sukupolven matkapuhelinteknologia
MCC	Mobile Country Code, matkapuhelinverkon maakohtainen tunnus

MCS	Modulation & Coding Scheme, modulointi- ja koodauskäytäntö
MGW	Media Gateway, verkkoelementti, jolla pakettikytkentäinen data kytetään
MNC	Mobile Network Code, mobiiliverkon verkkotunnus
MS	Mobile Station, matkapuhelin
MSC	Mobile Switching Center, matkapuhelinkeskus
NMS	Network Management Subsystem, käytöhallintajärjestelmä
NSS	Network Sub-system, keskusjärjestelmä
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access, ortogonaalinen taajuusjakoinen monipääsytekniikka
OSS	Operations Sub-system, käytöhallintajärjestelmä
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying, nelivaiheinen vaihemodulointitekniikka
RSSI	Received Signal Strength Indicator, vastaanotetun signaalin voimakkuuden mittari
SDDCH	Stand Alone Dedicated Control Channel, merkinantokanava
SGSN	Serving GPRS Support Node, GPRS-operointisolmu
TC	Transcoder, transkooderi
TDMA	Time Division Multiple Access, aikajakoinen monipääsytekniikka
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System, kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network, UMTSin radorajapinta
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access, leveäkaistainen koodijakoinen kanavointi

VLR Visitor Location Register, vierailijarekisteri

1 JOHDANTO

Matkapuhelinverkkojen kautta tapahtuva dataliikenne on ollut jatkuvassa kasvussa varsinkin viimeisen kymmenen vuoden ajan. Nykyään sujuvan verkkoyhteyden paikkaan ja aikaan katsomatta voidaan laskea kuuluvan normaaliin arkeen. Yksi merkittävimmistä mobiilidatan kasvuun vaikuttaneista tekijöistä olivat vuoden 2006 aikoihin markkinoille tulleet USB-modeemit eli USB-porttiin liitetyt muistitikun kaltaiset mokkuloina ja nettitikkuna markkinoidut matkapuhelinverkkoyhteyttä käyttävät modeemit. Nettitikkujen edullinen hinta ja täydellinen liikkuvuus kiinnostivat kuluttajia ja haastoivat perinteiset kodin laajakaistat.

Nykyään nopea matkapuhelinverkon nettiyhteys alkaa olla poikkeuksetta saatavilla lähes jokaisessa taajamassa. Taajamien ulkopuolelle nopean matkapuhelinverkkoyhteyden tarjontaan ei ole vielä panostettu yhtä tehokkaasti kuin kasvukeskuksiin, mutta siihenkin tulee muutos seuraavien vuosien ja vuosikymmenien aikana, kun verkko-operaattorit alkavat rakentaa laajalle ulottuvaa nykyistä matalammalla 800 MHz:n taajuudella toimivaa nopeaa 4G-verkkoa. Viesintäviraston tavoitteena on vuoden 2015 loppuun mennessä saada 100 megabitin nopeudella toimiva internetyhteys koko maahan kaikkien ulottuville, ja helpoiten tuohon tavoitteeseen päästään tarjoamalla juurikin 800 MHz:n 4G-verkkoa. (1; 2.)

Mobiilidataa hyödynnetään tehokkaasti myös yrityspuolella, varsinkin liikkuvassa työssä. Matkapuhelinverkkoyhteyden välityksellä voidaan hoitaa sähköpostin lisäksi myös esimerkiksi työn seurantaan, ohjaukseen ja hallintaan liittyviä työtehtäviä. Mobiilisti tapahtuva työnohjaus yrityksissä alkaa olla arkipäivää. Se helpottaa huomattavasti niin työntekijän kuin työnjohdonkin työtä. Sen lisäksi myös ylimääräiseltä paperityöltä säästyään, sillä tiedot ovat sähköisessä muodossa. Kaikesta mobiilisti tapahtuvasta työstä saadaan haluttaessa työtapahtumatiedot talteen, jolloin dataa on helppo säilyttää ja tarvittaessa tarkastella. Nykyään yritys, joka ei hyödynnä mobiilisti työntekoon pohjautuvia ratkaisuja, alkaa ollakin jo harvinaisempaa yritysmaailmassa. Varjopuoli liian tehokkaassa mobiilisti tapahtuvassa työssä on se, että saatetaan alkaa karsia työntekijöitä,

kun huomataan, että mobiilisti tapahtuvasta työnohjauksesta saatavat apukeinot helpottavat työntekoa suuressakin määrin.

Opinnäytetyö tehtiin IMSS Oy:lle (Industrial Mobile Services & Solutions Oy) ja kenttämittaukset suoritettiin IMSS:n kanssa yhteistyötä tekevien yritysten Oulun Taksipalvelut Oy:n ja Nablabs Oy:n kanssa.

IMSS Oy on Kemissä 2008 perustettu yksityisomistuksessa oleva IT-alan yritys, joka tarjoaa asiakkailleen työnohjausratkaisuja, tietokantaohjelmointia ja www-sivustoja. Yrityksen palveluihin kuuluu ohjelmistosuunnittelua, toteutusta, projektin hallintaa, integrointia ja testausta, joiden avulla asiakkaille luodaan liiketaloudellisesti tuottavia ohjelmistoratkaisuja. IMSS:n ydinosaminen koostuu vaativista ja älykkäistä selainpohjaisista tietojärjestelmistä ja niihin yhdistetyistä mobiilisovelluksista. Yrityksen vahvuudet tulevat erityisesti esille tietokantojen, mobiilisovellusten, karttasovellusten ja rajapintojen toteuttamisessa. (3.)

Mobiilin työnohjauksen yhteydessä oli havaittu ongelmia matkapuhelinverkko-yhteydessä. Työn tavoitteena oli testata, analysoida ja ratkaista matkapuhelinverkkojen katkosten ja katveiden aiheuttamia mahdollisia ongelmakohtia mobiililaitteiden ja tietokantapalvelimien välisessä tiedonsiirrossa työnohjausjärjestelmissä. Tuloksena pyrittiin saamaan laite- tai asennussuunnittelupohjainen ratkaisu ongelmien minimoimiseksi tai kokonaan poistamiseksi.

2 MATKAPUHELINVERKOT

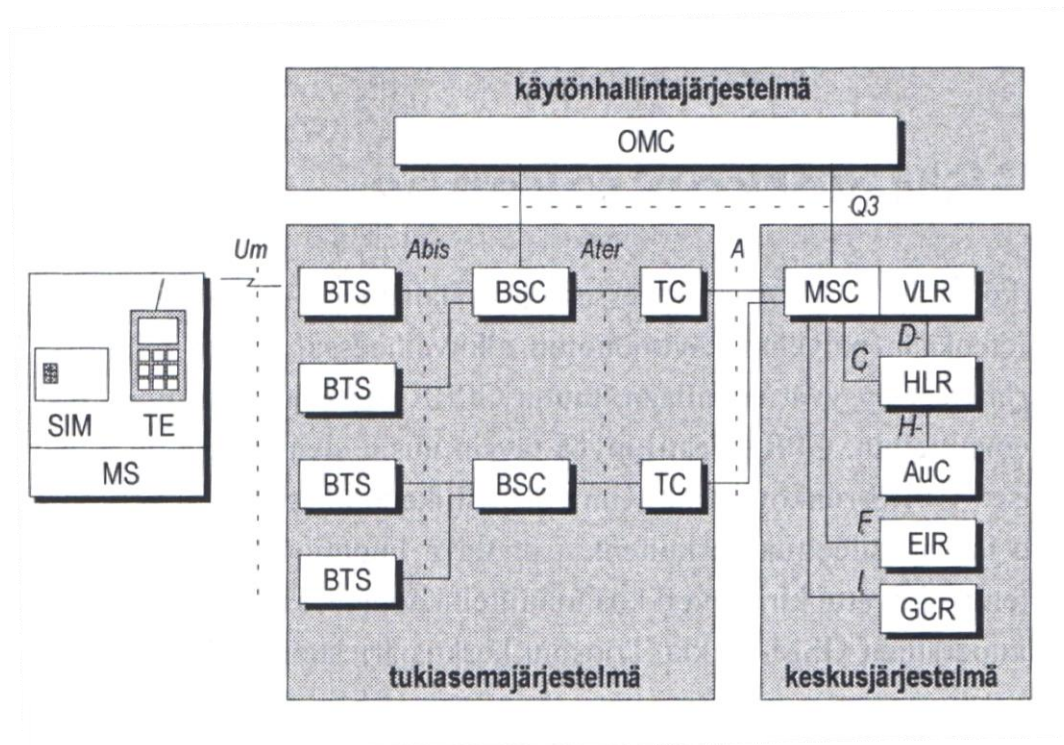
2.1 Toisen sukupolven matkapuhelinverkot

GSM-verkko on ensimmäinen täysin digitaalinen matkapuhelinverkko, joka on soluihin perustuva radioverkko. Sen suunnittelu aloitettiin 1982. Ensimmäinen GSM-verkko avattiin 1991 Suomessa Radiolinjan toimesta ja ensimmäinen GSM-puhelu soitettiin 1.7.1991. GSM-verkon pakettikytkentäiset tiedonsiirtotekniikat ovat GPRS (General Packet Radio Service) ja EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution). (4.)

Suomessa GSM-verkkoja käytetään 900 MHz:n ja 1800 MHz:n taajuuksilla. GSM900-taajuusalue on mitoitettu 880 MHz:n ja 960 MHz:n väliselle alueelle, josta UL (Uplink) eli lähetykskaista on taajuusalueella 880–915 MHz sekä DL (Downlink) eli latauskaista on taajuusalueella 925–960 MHz. GSM1800-taajuusalueet taas on mitoitettu 1710 MHz:n ja 1880 MHz:n väliselle alueelle, josta UL on taajuusalueella 1710–1785 MHz ja DL 1805–1880 MHz. (5, s. 100–101, s. 112–113.)

2.1.1 GSM-verkon osat

GSM-verkko koostuu kuvan 1 mukaisesti kolmesta alijärjestelmästä, jotka ovat keskusjärjestelmä eli NSS (Network and Switching Sub-system), tukiasemajärjestelmä eli BSS (Base Station Sub-system) ja käytöhallintajärjestelmä eli OSS (Operations Sub-system). Um eli radiorajapinta yhdistää tukiasemajärjestelmän ja MS:n (Mobile Station) eli matkapuhelimen. Abis-rajapinta on tukiaseman eli BTS:n (Base Transceiver Station) ja tukiasemaohjaimen eli BSC:n (Base Station Controller) välillä sekä A-rajapinta on keskusjärjestelmän ja tukiasemajärjestelmän välillä. (6, s. 17.)



KUVA 1. GSM-verkon osat (6, s. 18)

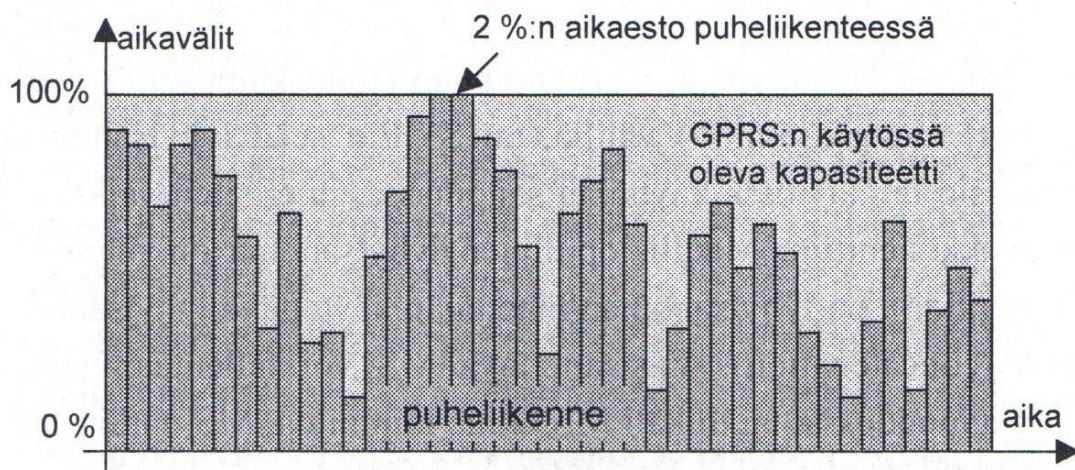
2.1.2 GSM-verkkokomponentit

GSM-verkon verkkokomponentit ovat VLR (Visitor Location Register) eli vierailijarekisteri, HLR (Home Location Register) eli kotirekisteri, AuC (Authentication Centre) eli tunnistuskeskus, EIR (Equipment Register) eli laiterekisteri, GCR (Group Call Register) eli ryhmäpuhelurekisteri, MSC (Mobile services Switching Center) eli matkapuhelinkeskus, TC (Transcoder) eli transkooderi, BSC ja BTS. (6, s. 17–29.)

2.1.3 GPRS

GPRS on ensimmäinen pakettikytkentäinen tiedonsiirtotekniikka, joka loi uuden käsityksen liikkuvasta verkkoyhteydestä. GSM-verkon radiorajapinnassa käytetään FDMA:sta (Frequency Division Multiple Access) eli taajuusjakoisesta pääsytekniikasta ja TDMA:sta (Time Division Multiple Access) eli aikajakoisesta pääsytekniikasta koostuvaa yhdistelmää, jota myös GPRS-tekniikka käyttää. Jokaisella kanavalla on oma kanavanumero ja sitä vastaava taajuus. GSM:n taajuuskaista on jaettu kanaviin, jotka kukin ovat 200 kHz:n kokoisia. Kahdek-

saan aikaväliin jaettua radiokanavaa käytetään käyttäjien toimesta vuorotellen. GSM-verkossa samoja taajuuksia toistetaan mahdollisimman usein, mutta häiriöitä välttämällä. Viereisissä soluissa ei voida käyttää samaa taajuutta. GPRS käyttää 0,3GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) -modulaatiomenetelmää. Kuvan 2 mukaisesti GPRS käyttää vapaita aikavälejä, jotka jäävät piirikytkentäyksiltä GSM-yhteyksiltä jäljelle. Aikavälit vapautetaan heti, kun data on saatu siirrettyä. (6, s. 33, s. 50.)



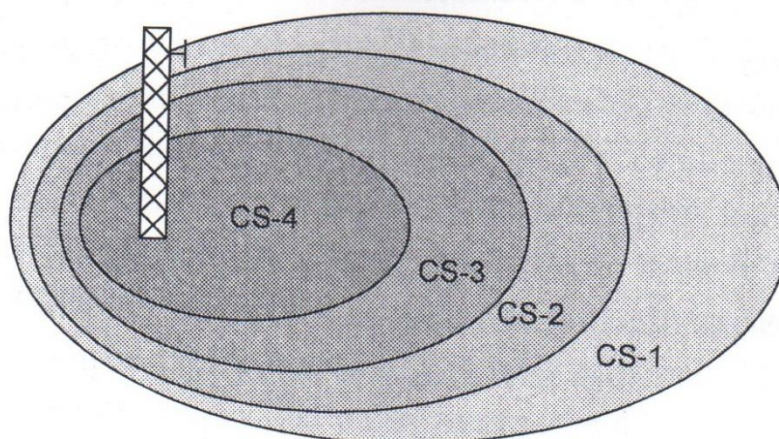
KUVA 2. GPRS käyttää vapaita aikavälejä (7, s. 158)

GPRS-pakettidatapalvelulle on määritelty neljä kanavakoodausluokkaa, jotka on esitetty kuvassa 3. CS-1 (Channel coding Scheme) -luokassa käytetään tehokainta kanavakoodausmenetelmää, joka perustuu samaan menetelmään kuin GSM-järjestelmän SDCCH (Stand alone Dedicated Control Channel) -kanavilla eli merkinantokanavilla käytetään. CS-3- ja CS-2-luokat käyttävät kevyempiä kanavakoodausmenetelmäversioita kuin CS-1-luokka. CS-4-luokassa ei käytetä kanavakoodausta ollenkaan. Tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat välillä 9,05 kbit/s ja 21,4 kbit/s kanavakoodausluokan mukaan. (7, s. 160.)

luokka	koodinopeus	hyötykuorma	datanopeus (kb/s)
CS-1	1/2	181	9,05
CS-2	~2/3	268	13,4
CS-3	~3/4	312	15,6
CS-4	1	428	21,4

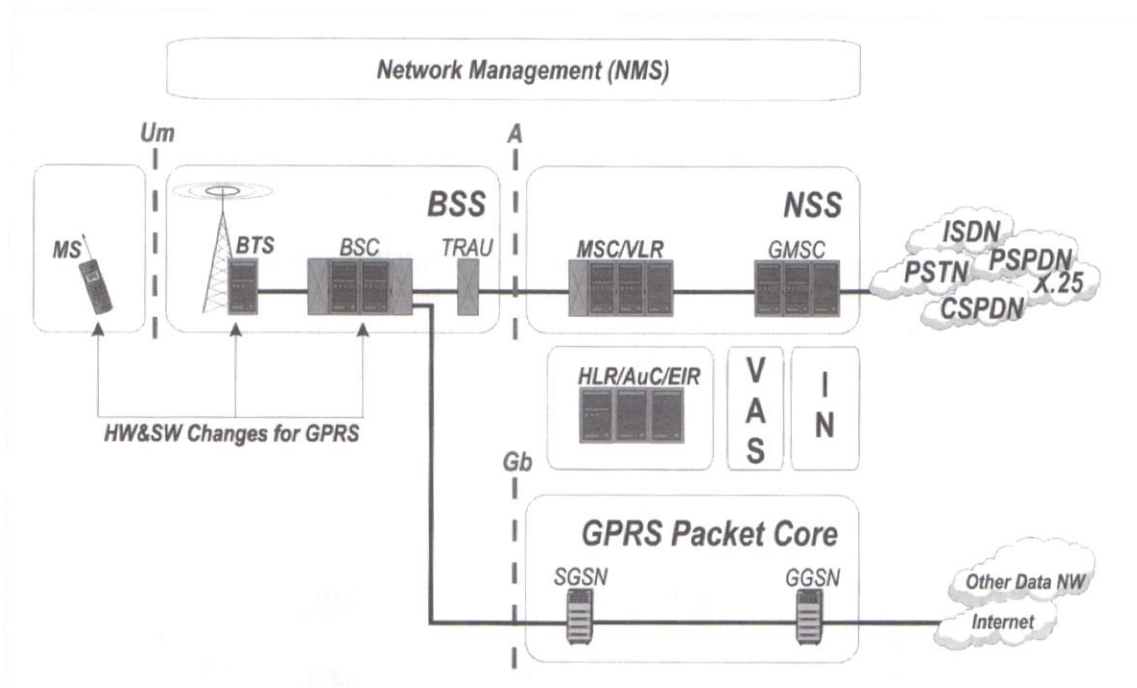
KUVA 3. GPRS-kanavakoodausluokat (7, s. 160)

CS-1-luokan peittoalue vastaa GSM-verkon peittoaluetta. Tämä perustuu siihen, että CS-1 vastaa SDCCH-kanavan suorituskykyä CIR:n (Carrier-to-Interference Ratio) eli signaali-häiriösuhteen osalta. Signaali-häiriösuhte tarkoittaa hyötysignaalin tasoa verrattuna häiriösignaalien tasoon. CS-1-luokassa käytetään vahvinta kanavakoodausmenetelmää, koska sen alue sijaitsee kauimpana tukiasemasta, jolloin häiriösignaalien taso on korkeampi suhteessa hyötysignaalin tasoon. CS-2- ja CS-3-luokissa käytetään lävistys-menetelmää. Esimerkiksi CS-2-luokassa se tarkoittaa menetelmää, jossa 1/2-tasoisien konvoluutiokoodauksen jälkeen muodostuneista 588 bitistä poistetaan ylimääräiset 132 bittiä, jonka tuloksena saadaan aina 456-bittinen lohko, joka vastaa perus-GSM-verkon lohkon kokoa. Kuvassa 4 on esitetty GPRS-kanavakoodausluokkien peittoalueet. (7, s. 160–161, s. 250.)



KUVA 4. GPRS-kanavakoodausluokkien peittoalueet (7, s. 161)

GPRS edellyttää uusia verkkoelementtejä GSM-järjestelmään. Näitä ovat SGSN (Serving GPRS Support Node) eli GPRS-operointisolmu ja GGSN (Gateway GPRS Support Node) eli GPRS-yhdyskäytäväsolmu, jotka sijaitsevat GPRS-runkoverkossa. Lisäksi tukiasemaan ja tukiasemaohjaimen tarvitaan ohjelmisto- ja laitteistopäivityksiä. SGSN huolehtii käyttäjän tunnistamiseen, suojaukseen ja sijaintiin liittyvistä toiminnoista. GGSN taas puolestaan hoitaa datansiirron GPRS-verkon ja ulkopuolisten dataverkkojen välillä. GPRS-pakettidatapalvelun verkkoarkkitehtuuri on esitetty kuvassa 5. (6, s. 53–55.)

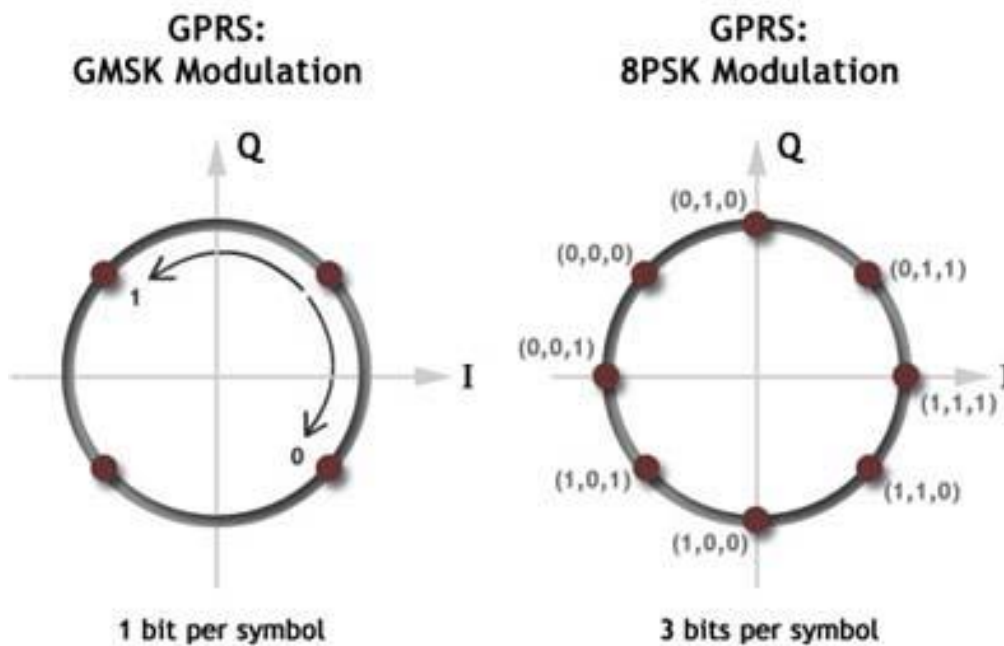


KUVA 5. GPRS-arkkitehtuuri (8, s. 20)

2.1.4 EDGE

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) on seuraava askel GPRS-tekniikasta ja sitä kutsutaankin 2,75G-tekniikaksi. EDGE-tekniikassa datan määrää on saatu kasvatettua muuttamalla kanavakoodausta sekä modulointimenetelmää 8PSK (8-Phase Shift Keying) -muotoiseksi järjestelmän alkuperäisen 0,3GSMK:n pysyessä myös ennallaan. 8PSK:ta voidaan käyttää, kun signaali-häiriösuhde on tarpeeksi hyvä. 0,3GSMK-modulointimenetelmään verrattuna 8PSK antaa tehokkaampaa datanopeutta, mutta toisaalta se on heikommin

virheitä kestävä menetelmä. 0,3GSMK:n 8PSK:n konstellaatiokuvat tulevat esille kuvassa 6. (6, s. 223.)



KUVA 6. 0,3GSMK:n ja 8PSK:n konstellaatiokuvat (9)

EDGEä käytetään esimerkiksi GPRS:n kanssa, jonka seurauksena sitä kutsutaan EGPRS:ksi (Enhanced GPRS). EDGEssä käytetään samaa 200 kHz:n taajuuskanavajaottelua ja TDMA-monipääsytekniikkaa kuin GSM-verkossakin. Teoreettinen maksimitiedonsiirtonopeus täyttää 384 kbit/s:n nopeudella UMTS-verkon määrittämisen. EGPRS:n kanavakoodausluokkia on yhdeksän ja niitä kutsutaan MCS:ksi (Modulation and Coding Scheme). MCS-luokat 1–4 käyttävät 0,3GSMK-modulointia, kun taas MCS-luokat 5–9 käyttävät 8PSK-modulointimenetelmää. EGPRS määrittää myös moniaikavälitekniikan (multi-slot), jonka johdosta tiedonsiirtonopeuksia saadaan kasvatettua entisestään. Kuvassa 7 on esitetty EGPRS:n kanavakoodausluokat MCS-1–MCS-9. (6, s. 228–229.)

luokka	koodinopeus	otsikon koodinopeus	modulaatio	datanopeus (kb/s)
MCS-1	0,53	0,53	0,3 GMSK	8,8
MCS-2	0,66	0,53	0,3 GMSK	11,2
MCS-3	0,80	0,53	0,3 GMSK	14,8
MCS-4	1,00	0,53	0,3 GMSK	17,6
MCS-5	0,37	1/3	8-PSK	22,4
MCS-6	0,49	1/3	8-PSK	29,6
MCS-7	0,76	0,36	8-PSK	44,8
MCS-8	0,92	0,36	8-PSK	54,4
MCS-9	1,00	0,36	8-PSK	59,2

KUVA 7. EGPRS-kanavakoodauksiin liittyviä parametrejä. (6, s. 229)

GERAN (GSM EDGE Radio Access Network) eli EDGE:n radorajapinta on yhteydessä GSM:n ja UMTS:n runkoverkkoon Gb- ja A-rajapintojen kautta sekä matkapuhelimeen Um-rajapinnan kautta. GERAN koostuu tukiasemajärjestelmästä ja sen rajapinnoista. Lisäksi tukiasemaan ja tukiasemaohjaimen tarvitaan ohjelmistopäivityksiä. (8, s. 20.)

2.2 Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkot

Suomessa ensimmäinen 3G-verkko avattiin 2004. UMTS-verkko suunniteltiin niin, että se toimisi sujuvasti GSM-verkon rinnalla. UMTS-järjestelmän ensimmäinen versio oli nimeltään release 99. Release 99 -verkkomäärittysten mukaan pakettikytkentäisen tiedonsiirron tuli olla vähintään 2 Mbit/s. Kehitystä on vuosien varrella tapahtunut hurjasti, sillä nykyään 3G-verkon tiedonsiirtonopeudet ovat parhaillaan DC-HSPA+-tekniikkaa käyttäen jo 42 Mbit/s luokkaa. (10.)

Suomessa 3G-verkkoja käytetään 900 MHz:n ja 2100 MHz:n taajuuksilla. UMTS900-taajuusalue on mitoitettu 880 MHz:n ja 960 MHz:n väliselle alueelle eli se toimii tismalleen samoilla taajuuksilla kuin GSM900-verkkokin UL- ja DL-kaistoja myöten. UMTS2100-taajuusalueet taas on mitoitettu 1920 MHz:n ja 2170 MHz:n väliselle alueelle, josta UL on taajuusalueella 1920–1980 MHz ja DL 2110–2170 MHz. (5, s. 100–101, s. 114–115.)

2.2.1 WCDMA

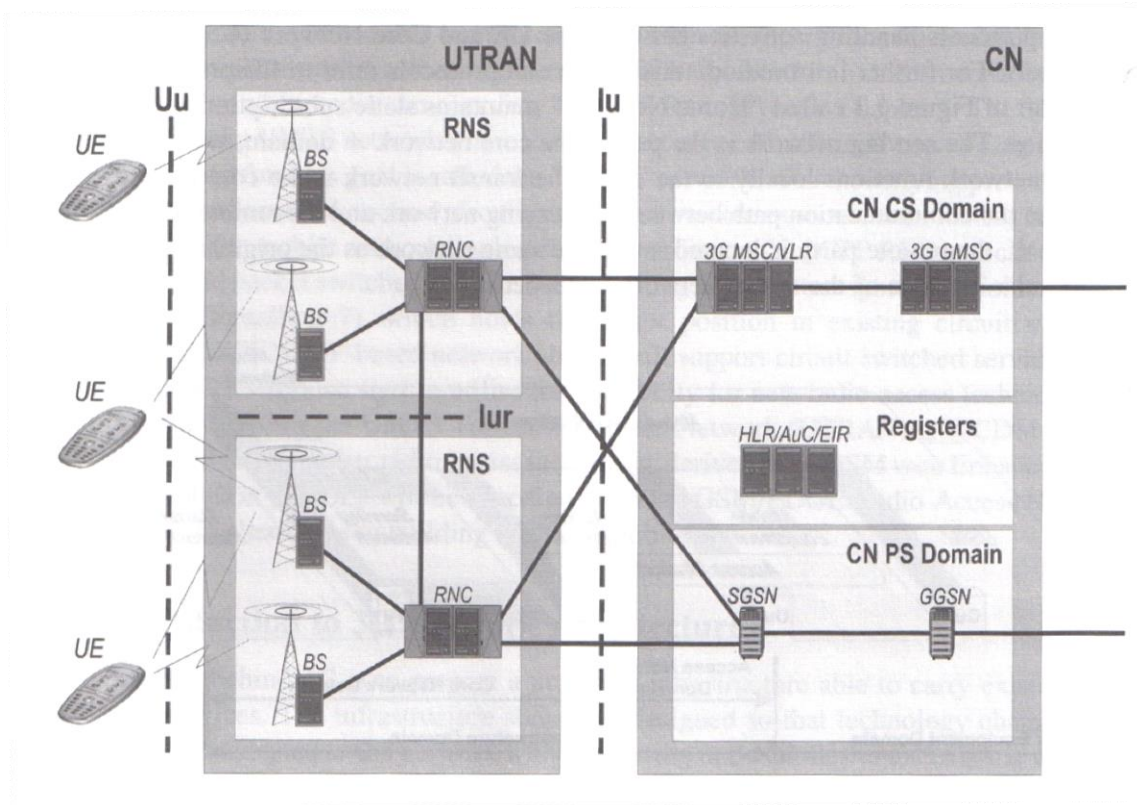
Kolmannen sukupolven radioverkon rajapintana käytetään laajakaistaista, koodijakoista hajaspektriradorajapintaa WCDMA:ta (Wideband Code Division Multiple Access). WCDMA:ssa varataan leveydeltään lataussuuntaan 5 MHz taajuuskaistaa ja yhtä paljon myös lähetyssuuntaan. Järjestelmälle on ominaista, että verkon käyttäjät ja solut on eroteltu toisistaan erilaisten koodien avulla, jonka johdosta verkon soluissa voidaan käyttää samaa taajuutta. Toisistaan eroteltavien verkkojen ja käyttäjien hallintaan on olemassa sotkemiskoodi (scrambling code), levityskoodi (spreading code) sekä kanavointikoodi (channelisation code). (8, s. 43, s. 48.)

2.2.2 UMTS

UMTS-tekniikan ensimmäistä versiota kutsuttiin Release 99:ksi. Nimitys perustuu siihen, että versio julkaistiin 1999. UMTS-verkkoja alettiin ottaa käyttöön vuoden 2005 aikana ja tuolloin päätelaitteita oli vain kourallinen. Release R99 mahdollisti 384 kbit/s latausnopeuden sekä 128 kbit/s lähetyksenopeuden. UMTS-verkko on täysin yhteensopiva GSM-verkon kanssa. (11.)

2.2.3 UMTS-verkon osat

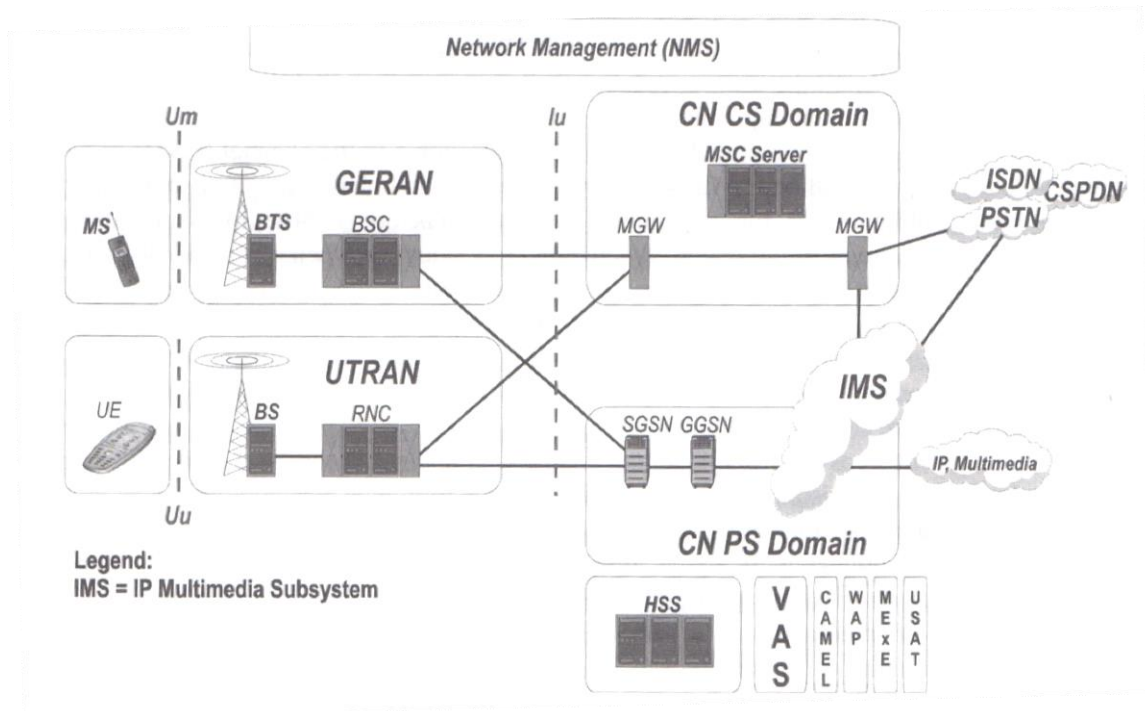
UMTS-verkko koostuu kuvan 8 mukaisesti kolmesta alijärjestelmästä, jotka ovat runkoverkko eli CN (Core Network), UMTS:n radioverkko eli UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) ja käytönhallintajärjestelmä eli NMS (Network Management Subsystem). Um eli radiorajapinta yhdistää tukiasemajärjestelmän ja MS:n (Mobile Station) eli matkapuhelimen. Abis-rajapinta on tukiaseman eli BTS:n (Base Transceiver Station) ja tukiasemaohjaimen eli BSC:n (Base Station Controller) välillä sekä A-rajapinta on keskusjärjestelmän ja tukiasemajärjestelmän välillä. (8, s. 7–9.)



KUVA 8. UMTS-verkon arkkitehtuuri (8, s. 8.)

2.2.4 UMTS-verkkokomponentit

Release 4 toi mukanaan suurimmat muutokset runkoverkon puolelle MGW (Media Gateway) -verkkoelementin muodossa ja sen mukana UMTS-verkon painopiste kohdistuu enemmän pakettikytkentäiseen tiedonsiirtoon. MGW-verkkoelementin avulla käyttäjän pakettikytkentäinen data kytketään. Itse radio-rajapintaan ei tuotu päivityksiä kuvassa 9 esitetyn Release 4:n myötä. (8, s. 23–24.)



KUVA 9. 3G R4 -infrastruktuuri (8, s. 24.)

2.2.5 HSPA

HSPA koostuu lataussuunnan tiedonsiirtotekniikasta HSDPA ja lähetyssuunnan tiedonsiirtotekniikasta HSUPA. Release 5 toi mukanaan suurimmat päivitykset juurikin HSDPA-tekniikkaan, jossa saatiin kasvatettua tiedonsiirtonopeutta radiorajapinnalle lisättyjen kanavien ansiosta. Teoriassa saatiin lataussuunnan nopeudeksi 14,4 Mbit/s ja lähetyssuunnan nopeudeksi 384 kbit/s. Myös verkon viivettä onnistuttiin vähentämään huomattavasti. QPSK-modulaatiomenetelmän lisäksi otettiin käyttöön 16QAM-modulaatiotekniikka, joka on vaiheen kulman ja amplitudin pituuden yhdistävä modulointitekniikka. 16QAM-moduloinnin avulla onnistutaan saavuttamaan lataussuunnan maksimitiedonsiirtonopeus. (10.)

Release 6:n myötä lataussuunnan tiedonsiirtonopeus ei muuttunut, vaan suurimmat parannukset tulivat lähetyssuunnan tiedonsiirtonopeuden kasvattamiseksi. Release 5:n mukana tuomat lataussuunnan parannukset tuotiin nyt myös Release 6:n ominaisuutena lähetyssuunnan tiedonsiirtoon. Tätä kutsuttiin HSUPA-ominaisuudeksi. QPSK-modulointimenetelmää käytettiin edelleen lähetyssuunnan tiedonsiirtoon, mutta lisäkanavien ansiosta parannettu lähetyssuunnan nopeus saatiin nostettua 5,76 Mbit/s:iin. (10.)

2.2.6 HSPA+

HSPA+ (Evolved HSPA) perustuu Release 7 -standardimäärittäisiin, jotka sisälsivät muun muassa MIMO:n (Multiple In Multiple Out) eli mahdollisuuden hyödyntää useampaa antennia. MIMO:lla maksimoidaan tiedonsiirron nopeus ja parannetaan tiedonsiirron luotettavuutta. Release 7 toi myös mahdollisuuden käyttää lataussuunnan modulointitekniikkana 64QAM-tekniikkaa ja lähetysuunnan modulointitekniikkana 16QAM-tekniikkaa. HSPA+ pystyy tuottamaan DL-suuntaan parhaillaan 28 Mbit/s:n tiedonsiirtonopeuden ja UL-suuntaan 11 Mbit/s:n nopeuden. (12.)

2.3 Muita tiedonsiirtotekniikoita

Uusia tiedonsiirtostandardeja kehitellään jatkuvasti ja tiedonsiirtonopeuksia saadaan kasvattamalla lähinnä kanavien määrää lisäämällä ja kantoaallon leveyttä lisäämällä. LTE (Long Term Evolution) -tekniikka tuo varsinkin 800 MHz:n taajuudella toimiessaan nopean laajakaistaisen tiedonsiirtoverkon lähitulevaisuudessa lähes kaikkien saataville.

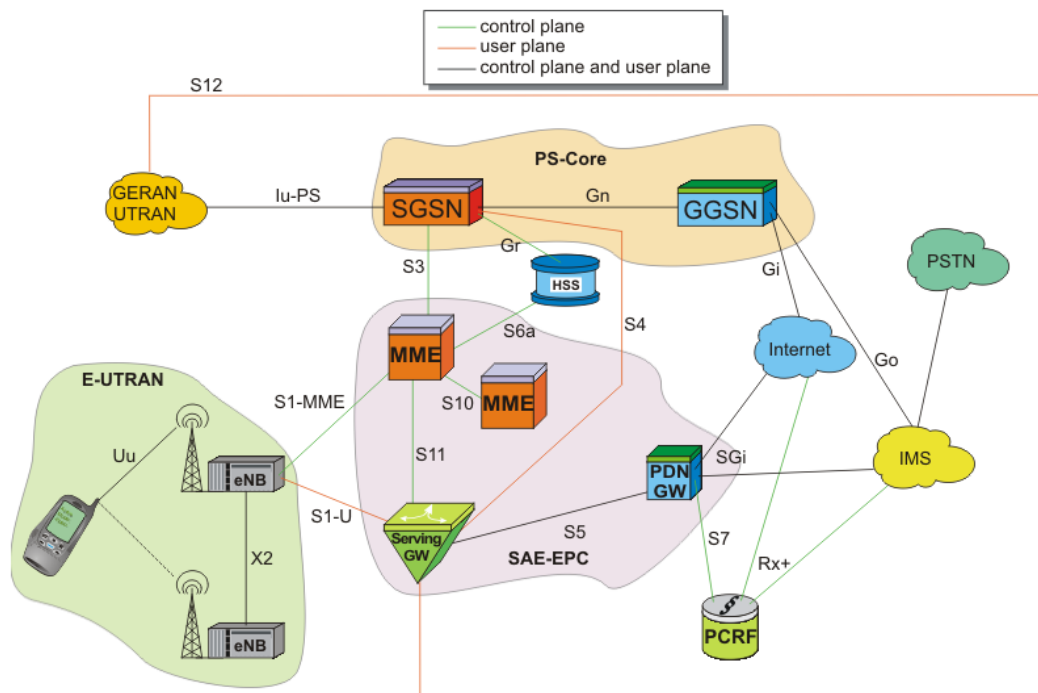
2.3.1 DC-HSPA+

Release 8 -päivitys toi mukanaan kaksinkertaisen nopeuden HSPA+-tekniikkaan verrattuna, sillä siinä käytetään kaksinkertaista kantoaaltoa. 5+5 MHz:n levyisiä kantoaaltoja käytettäessä tekniikasta käytettiin nimitystä DC-HSPA+ (Dual Carrier HSPA+). Tekniikka toimii Suomessa 2100 MHz:n taajuudella ja on näin keskitetty kasvukeskuksiin kohtuullisen rajallisen peittoalueen vuoksi. R8-standardimääritysten myötä DL-suuntaan tapahtuva tiedonsiirtonopeus ylittää teoriassa 42 Mbit/s:iin, kun se UL-suuntaan on 5,76 Mbit/s. (10.)

2.3.2 LTE

LTE-verkko tuo mukanaan DL-suuntaan jopa 100 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden ja UL-suuntaankin 50 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden. LTE-verkon monipääsytekniikkana käytetään OFDMA:ta (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) eli ortogonaalista taajuusjakoista monipääsytekniikkaa. LTE-verkon pääperiaate oli, että se toimii kokonaan IP-pohjaisena järjestelmänä ja ainoastaan paketti-

kytkentäisenä verkkona. LTE-verkko on yksinkertaistettu, pakettidatalle optimoitu verkko. LTE-verkko perustuu neljästä osa-alueesta, jotka ovat E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) eli LTE:n radorajapinta, EPC (Evolved Packet Core) eli LTE:n runkoverkko, UE (User Equipment) eli käyttäjän laite sekä Services eli palvelut. Eri verkkotekniikoiden yhteensopivuuden takaamiseksi LTE-verkko yhdistyy muiden pääsyverkkojen kanssa sujuvasti. Kuvassa 10 tulee esille LTE:n verkkoarkkitehtuuri, sen verkkokomponentit sekä rajapinnat. (13.)



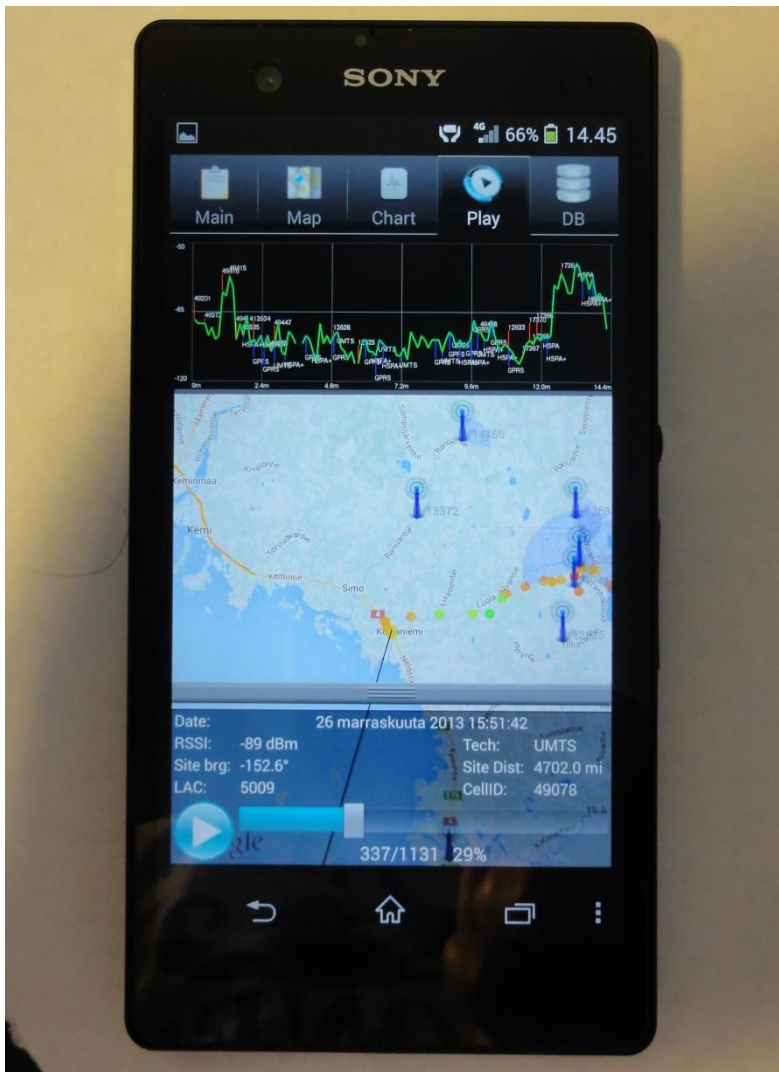
KUVA 10. 4G-verkon arkkitehtuuri (14)

4G-verkko toimii Suomessa 1800 MHz:n ja 2600 MHz:n taajuuksilla. Näiden lisäksi vuoden 2014 aikana operaattorit tarjoavat myös 800 MHz:n taajuudella toimivaa 4G-verkkoa. Tällä hetkellä käytössä oleva LTE-verkko mielletään 3,9G-tekniikaksi ja vasta seuraavaksi tulossa oleva LTE Advanced voidaan laskea aidoksi neljännen sukupolven laajakaistaiseksi matkapuhelinverkoksi. (5, s. 94–95, s. 112–113, s. 119.)

3 KENTTÄMITTAUSTEN SUORITTAMINEN

Työn aiheena oli IMSS Oy:n toimeksiannosta suorittaa 2G- ja 3G-verkkojen kenttämittauksia OTP:n taksin kyydissä sekä Nablabsin mukana turvesoiden alueilla. Kenttämittauksia tehtiin kolmena eri päivänä marraskuun 2013 aikana. Matkapuhelinverkon signaalinvoimakkuusmittauksia suoritettiin, sillä oli havaittu, että yhteydessä oli ajoittain ollut ongelmia. Mittaustulosten perusteella saatiin käsitys siitä, kuinka hyvin verkkoyhteys toimii ja missä esiintyy ongelmia.

Kenttämittauksia suoritettiin OTP:n taksin kyydissä Oulun seudun alueella ja Nablabsin mukana Simojoen alueen turvesoilla. Mittauksissa käytettiin toisen ja kolmannen sukupolven mobiileista tiedonsiirtoverkkotekniikoista GPRS:ää, EDGEä, UMTS:ää, HSDPA:ta, HSPA:ta sekä HSPA+:aa. DC-HSPA+- ja LTE-tiedonsiirtotekniikoilla mittaamista ei suoritettu, sillä taksiympäristössä tiedon liikkuminen keikkatietojen saamiseksi keskuksesta taksiin päin ja keikkojen kuitausilmoitusten lähettämiseksi taksista keskukseen päin eivät tarvitse paljoakaan kaistaa. Sama pätee myös turvesoilla tapahtuvaan datansiirtoon päätelaitteen ja palvelimen välillä. Lisäksi yhteyden tulisi olla vakaa ja toimia saumattomasti laajoilla alueilla, eivätkä DC-HSPA+- ja LTE-verkkotekniikat pysty vielä tällä hetkellä tarjoamaan kovinkaan kattavaa peittoa, varsinkaan keskustan ja taajamien ulkopuolella. Matkapuhelinverkon signaalinvoimakkuusmittauksiin käytettiin kuvassa 11 esitettyä Sony Xperia Z -matkapuhelinta. Puhelin soveltui erinomaisesti varsinkin Nablabsin mukana erämaa- ja turvesuoalueilla suoritettuihin kenttämittauksiin veden- ja iskunkestävyytensä ansiosta.

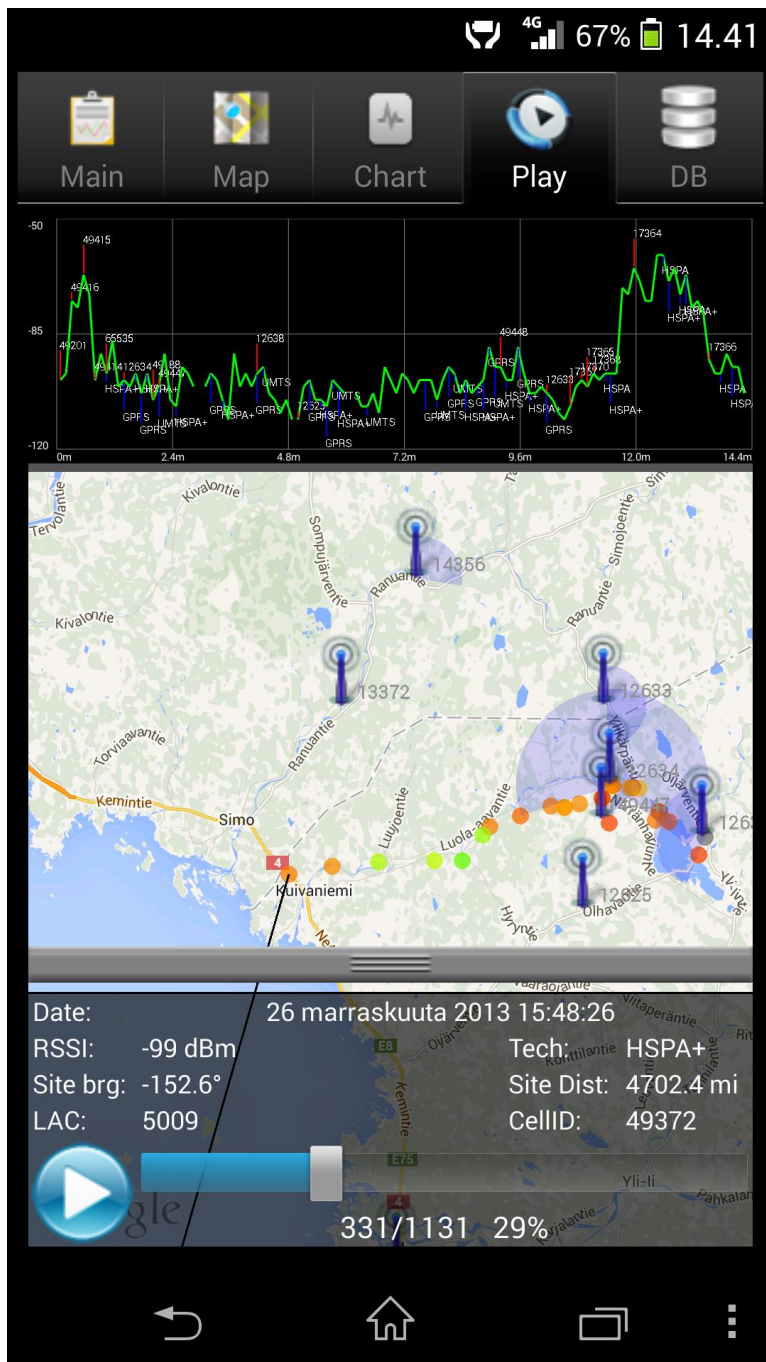


KUVA 11. Mittauksissa käytetty Sony Xperia Z (kuva: Jukka Valkama)

3.1 RF Signal Tracker 2.5.10 -Android-sovellus

Itse signaalinvoimakkuusmittauksiin käytettiin Sony Xperia Z -matkapuhelimeen asennettua, kuvassa 12 esitettyä Android-pohjaista RF Signal Tracker -signaalinvoimakkuuden mittausohjelmaa. Ennen ohjelman lopullista valitsemista mittauksen suorittamisen työkaluksi testattiin sitä ja muutamaa vastaavanlaisia Android-pohjaista ohjelmaa. Ohjelma valikoitui loppujen lopuksi muiden joukosta monipuolisimpana ja vakaimpana kokonaisuutena. Ohjelmalla mitattu data saatiin kätevästi talteen myös myöhempää tarkastelua varten esimerkiksi CSV-tiedostomuotoon, josta se oli helppo muuntaa Excel-tiedostoksi. Mitattuja signaalinvoimakkuustasoja pystyttiin seuraamaan kuljetussa järjestyksessä käyttäen karttapohjana Google Mapsin karttaa. Ohjelma esittää signaalinvoi-

makkuustasoa vastaavan värin pisteenä kartalle. Lisäksi mittauksista saadaan selville tarkka aika, GPS-koordinaatit, tukiaseman tunnuksset, käytetty verkko-tekniikka sekä lähetykseen ja vastaanottoon käytetty datan määrä. (15.)



KUVA 12. RF Signal Tracker -sovelluksen kuvakaappaus

3.2 Kenttämittaukset OTP:lla

OTP:n taksissa suoritetuissa signaalinvoimakkuuden mittauksissa käytettiin ainoastaan matkapuhelimeen asennettua RF Signal Tracker -signaalinvoimakkuusohjelmaa. Kuljettajan päätelaitetta vastaavasta mittaajan käytössä olleesta OTP taxi -demo-ohjelma-versiolla varustetusta päätelaitteesta seurattiin vain verkkoyhteyden tilaa, jota verrattiin puhelimeen asennetun RF Signal Tracker -ohjelman verkkoyhteyden tilaan ja signaalinvoimakkuuteen. Mittaajan käytössä ollut OTP taxi -demo-ohjelma oli käytännössä täysin sama kuin kuljettajallakin, mutta demo-versiolla ei vahinkojen välttämiseksi pystynyt ottamaan oikeita ajo-tapahtumia vastaan.

Ensimmäisissä OTP:n taksin kyydissä suoritetuissa kenttämittauksissa käytössä oli 2G/3G-hyppely ja jälkimmäisissä OTP:n taksin kyydissä suoritetuissa kenttämittauksissa käytössä oli pelkästään 2G-verkot. Kummallakin kerralla demokäytössä olleeseen Waveon M7 -pätelaitteeseen liitetyn USB-modeemin verkkotila oli 2G/3G-hyppelyllä. Itse USB-modeemi vaihdettiin toiseen, uudempaan ja nopeampaa verkkotekniikkaa hyödyntävään, mutta muuten ominaisuuksiltaan vastaavanlaiseen Huaweiin jälkimmäiselle mittausmatkalle. Vaihdon tarkoituksena oli selvittää, muuttuuko verkon toiminta oleellisesti parempaan suuntaan. Kuljettajan Waveon M7 -pätelaitteella käytettiin pelkästään USB-modeemin 2G-verkkoa, joka oli pakotettu toimimaan pelkästään GPRS:ää ja EDGEä hyödyntäen.

Verkkotilan vaihtuessa 2G:stä 3G:n puolelle tai vastaavasti toisin päin oli havaittu päätelaitteessa ja ohjelmistossa verkon uudelleenmuodostamisongelmia. Päätelaitteen ohjelma oli silloin tällöin saanut verkkovirheilmoituksen ja muutamia kertoja jumiutunut täysin. Tällöin Waveon M7 -pätelaitteella tuli käynnistää uudestaan, jotta se toimi taas normaalisti. Usein verkkovirheen tai verkon kadottamisen ilmettyä virhe oli kuitenkin korjautunut itsestään ja verkko toimi normaalisti hetken mietinnän jälkeen. Sekä Sony Xperia Z -puhelimella, Waveon M7 -demopäätelaitteeseen liitetyllä USB-modeemilla että taksin Waveon M7 -pätelaitteeseen liitetyllä USB-modeemilla käytettiin Soneran verkkoa. Näin verkkoyhteyden tila ja kentänvoimakkuus olivat helposti vertailtavissa keskenään. Vaikka taksin ajoreitillä ei hetkellisesti olisikaan kenttää ja keikkaan liittyviä tieto-

ja ja raportointeja ei pystyisi heti lähettämään, heti kentän löydyttyä ohjelma yhdistää verkkoon sujuvasti ja lähettää raportin automaattisesti palvelimelle.

3.2.1 Mittalaitteisto OTP:n taksimittauksissa

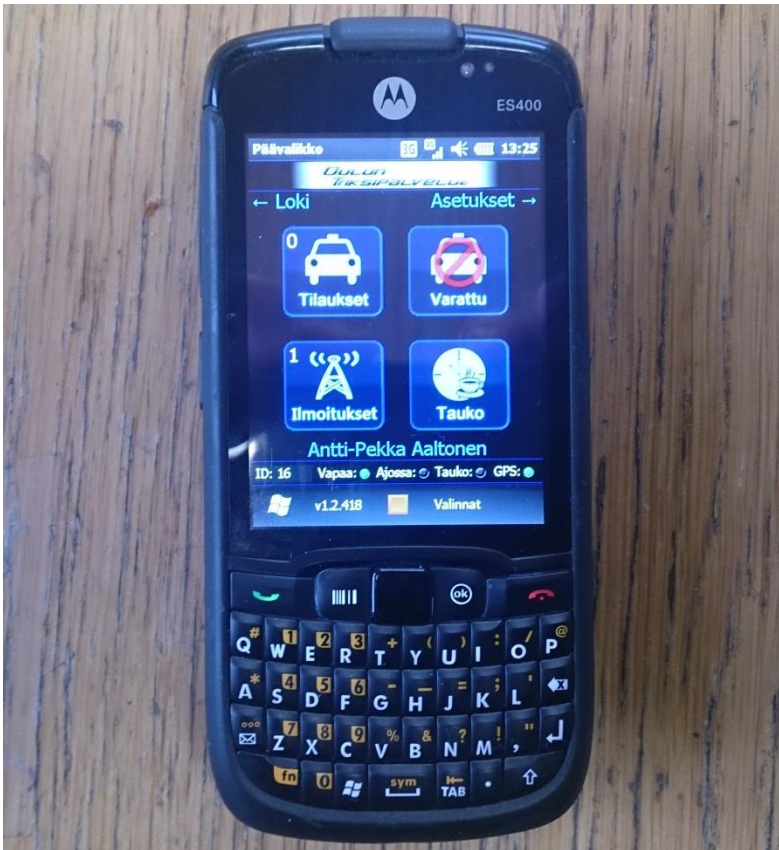
Kenttämittauksiin käytettiin Android-pohjaista RF Signal Tracker -ohjelmaa, joka asennettiin Sony Xperia Z -matkapuhelimeen. Tämän lisäksi käytössä oli kuljetajan päätelaitteistoa vastaava kokoonpano demo-ohjelmalla varustettuna, josta seurattiin matkapuhelinverkkoyhteyden ja yleisen toimivuuden tilaa. Matkapuhelinverkkoyhteyden tilaa seurattiin Waveon Embedded Mobile Terminal M7 -taksipäätteeltä, johon oli asennettu OTP taxi demo -ohjelma. Laitteistoon kuului M7-päätelaitteen lisäksi Mobidata MBD-500HU -USB-modeemi sekä ulkoisesti päätelaitteeseen liitettävä GPS-dongle. Lisäksi mittauskalustoon kuuluivat 12–230 V muuntava invertteri sekä verkkovirtalaturit Waveon M7-päätelaitteelle ja matkapuhelimelle.

Kuvassa 13 esitetty Waveon M7 -taksipäätelaite on Windows CE 6.0 -käyttöjärjestelmällä, ARM 11 -sarjan suorittimella ja 7 tuuman kokoisella näytöllä varustettu tabletti. Pääte soveltuu sopivan koonsa ja käytettävyytensä ansiosta hyvin taksikäyttöön. (16.)



KUVA 13. Waveon M7 -taksipääte, jossa OTP taxi -ohjelman pääikkuna (kuva: Jukka Valkama)

Taksipäätteenä voidaan käyttää Waveon M7 -päätteen tilalla myös vaihtoehtoisesti kuvassa 14 esitettyä Motorola ES400 -päätelaitetta, joka on kooltaan M7-päätettä pienempi. Waveon M7 -päätettä käytetään pääosin isompikokoisissa tilataksissa ja Motorolan ES400-päätettä käytetään vastaavasti pienemmissä takseissa. Molemmat päätelaitteet ovat Windows-pohjaisia ja sisältävät saman OTP taxi -ohjelman kaikkia toimintoja myöten. ES400:ssa on sisäänrakennettu 2G/3G ja GPS, joten siihen ei tarvitse liittää enää ylimääräisiä laitteita Waveon M7 -päätteen tapaan.



KUVA 14. Vaihtoehtoinen Motorola ES400 -pöytälaite (kuva: Jukka Valkama)

Mobidatan MBD-500HU-USB-modeemi tuki Suomessa käytettävistä 2G- ja 3G-verkoista 900 MHz:n ja 1800 MHz:n GSM-taajuuksia sekä 2100 MHz:n 3G-taajuutta. Huippunopeus laitteesta verkkoon päin oli kategorian 4 mukaisesti 5,76 Mbit/s ja verkosta laitteeseen päin 7,2 Mbit/s. USB-modeemissa oli WinCE 5.0- ja 6.0 -versioille tuki, mutta siihen ei ollut mahdollisuutta liittää ulkoista lisäantennia. Taksissa päätelaitteeseen liitetty Mobidatan USB-modeemi on esitetty kuvassa 15. (17.)



KUVA 15. Taksipäätteeseen yhdistettävä USB-modeemi (kuva: Jukka Valkama)

Koska Waveon M7 -päälaitteessa ei ollut sisäistä GPS:ää, siihen liitettiin ulkoinen GPS-moduuli (kuva 16).



KUVA 16. Taksipäätteeseen yhdistettävä GPS-moduuli (kuva: Jukka Valkama)

3.2.2 OTP taxi -ohjelma

Kuljettajan päätyökalu eli OTP taxi -ohjelma toimi sujuvasti taksikäytössä kahden päivän kokemuksen perusteella. Ainoat heikkoudet siinä nousivat esille verkkoyhteyden katkeamisesta johtuvan verkkoyhteyden uudelleenmuodostamisen yhteydessä. Ohjelma vastaanotti keskukselta lähetetyn keikkapyynnön ja keikkaan liittyvät haku- ja osoitetiedot. Tämän jälkeen keikka kuitattiin. Kun asiakas nousi kyytiin, ajo aloitettiin aktivoimalla keikka päätelaitteesta. Asiakkaan päästyä perille päätteen kautta hoidettiin kaikki maksuihin liittyvät asiat. Kuvassa 13 esitetyn päätelaitteen ohjelman pääikkunan kautta voidaan tarkastella tilauksia, lokia ja ilmoituksia sekä muuttaa asetuksia. Pääikkunan alareunassa on tiedot matkapuhelinverkkoyhteyden ja GPS-yhteyden tilasta. Samalla rivillä on tieto myös siitä, onko auto parhaillaan ajossa, vapaana vai tauolla. OTP taxi -ohjelma on kokonaan IMSS:n suunnittelema ja toteuttama.

Mittauksien rinnalla käytetty kuljettajan päätelaitteistoa vastaavan Waveon M7 -päänteen demo-ohjelma oli käytännössä täysin sama kuin kuljettajallakin, mutta demo-versiolla ei pystynyt ottamaan oikeita ajotapahtumia vastaan. Samalla saatiin käsitys laitteiston ja ohjelmiston toimivuudesta ja soveltuvuudesta taksiympäristön mobiiliin työnohjaukseen perustuen.

3.3 Kenttämittaukset Nablabsilla

Nablabsin turvesoilla suoritetuissa mittauksissa käytettiin ainoastaan matkapuhelimeen asennettua RF Signal Tracker -signaalinvoimakkuusohjelmaa. Nablabsin työntekijän vastaavasta mittaajan käytössä olleesta Nablabs laboratories -demo-versiolla varustetusta päätelaitteesta seurattiin vain verkkoyhteyden tilaa, jota verrattiin puhelimen verkkoyhteyden tilaan ja signaalinvoimakkuuteen. Suoritetuissa kenttämittauksissa matkapuhelimessa oli 2G/3G-hyppely päällä. Signaalinvoimakkuusmittauksia suoritettiin niin turvesoiden ja metsien näytteenottokohteissa kuin myös meno- ja paluumatkoilla Oulusta Simoon.

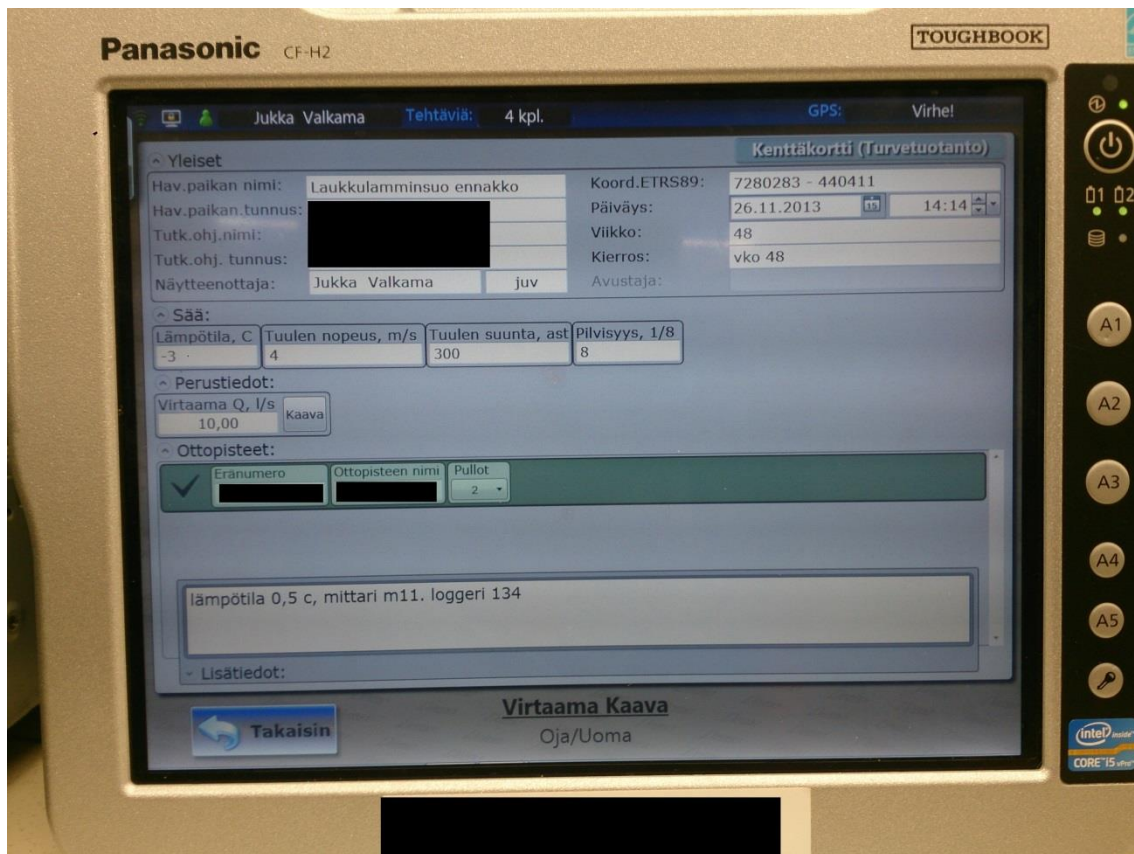
Nablabsin työntekijä otti turvesuoalueilta pohjavesinäytteitä ja raportoi tiedot Panasonicin Toughbook-tablet-PC:ltä palvelimelle 2G- ja 3G-verkkojen välityksellä. Mukana mittauksissa oli työntekijän päätelaitteistoa vastaava kokoonpano sekä demokäyttöön tarkoitettu Nablabs laboratories -ohjelma, jolla tehtiin samat raportoinnit kuin Nablabsin työntekijäkin. Samalla saatiin käsitys laitteiston ja ohjelmiston toimivuudesta ja soveltuvuudesta kyseisten näytteenottoanalyysien raportointiin. Mittausten aikana seurattiin PC:n verkon toimintaa ja verrattiin päätelaitteen verkkotilaa ja kentänvoimakkuutta puhelimen signaalinvoimakkuusohjelman antamiin arvoihin. Verkon peiton katvealueita oli suhteellisen paljon harvaanasutuilla turvesuoalueilla ja siitä johtuen verkkoyhteys katkesi muutamia kertoja kokonaan heikon signaalin vuoksi. Signaalinvoimakkuutta mittaava ohjelma tulkitsi tällöin signaalin arvoksi -200 dBm. Vaikka pohjavesinäytteen otto paikalla ei olisikaan kenttää ja raporttia ei pystyisi heti lähettämään, niin heti kentän löydyttyä ohjelma yhdistää verkkoon sujuvasti ja lähettää raportin automaattisesti palvelimelle. Turvesuomittauksissa käytettiin Soneran verkkoa niin puhelimella kuin myös Panasonicin Toughbook -päänteilläkin. Näin ollen verkkoyhteyden tila ja kentänvoimakkuus olivat helposti vertailtavissa keskenään.

3.3.1 Mittalaitteisto Nablabsin kenttämittauksissa

Mittalaitteistona Nablabsin turvesuomittauksissa käytettiin Sony Xperia Z -puhelinta, johon oli asennettu RF Signal Tracker -ohjelma. Tämän lisäksi käytössä oli työntekijän päätelaitteistoa vastaava kokoonpano demo-ohjelmalla varustettuna, josta seurattiin matkapuhelinverkkoyhteyden ja yleisen toimivuuden tilaa. Päätelaitteisto koostui Panasonic Toughbook CF-H2 -pätelaitteesta ja siihen asennetusta Nablabs laboratories -ohjelmasta. Lisäksi lisävarusteina autossa oli mukana 12–230 V muuntava invertteri sekä verkkovirtalaturit Toughbook-päätteelle sekä puhelimelle.

Kuvassa 17 esitetty Panasonic Toughbook CF-H2 -pätelaite on Windows 7 -käyttöjärjestelmällä ja Intel i5 -suorittimella toimiva erittäin kovaan käyttöön tarkoitettu kannettava pätelaite. Pitkä, jopa 7 tunnin akkukesto nousee korkeaan arvoon liikkuvaa työtä tehdessä, mutta autossa on hyvä pitää aina mukana telakkalaturia. Kestävät kaksi akkua voidaan myös vaihtaa ilman pätteen käynnistämistä uudelleen. (18.)

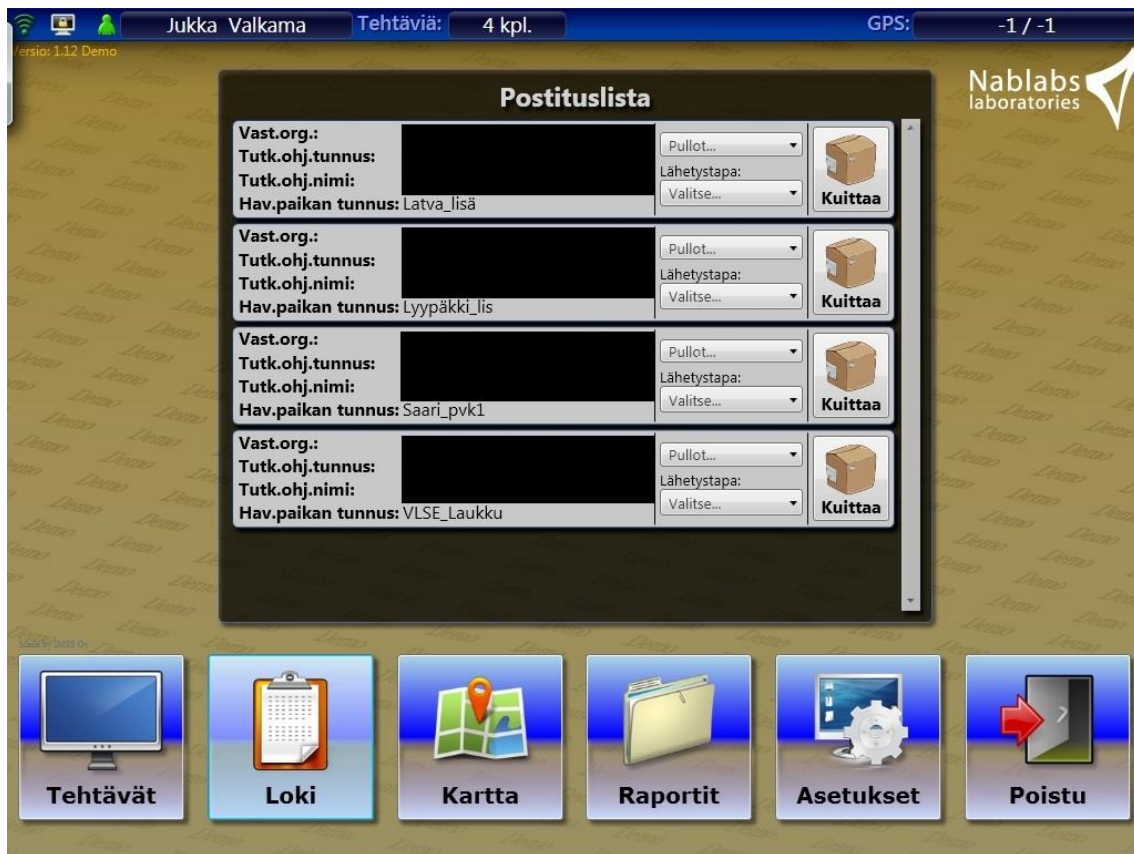
Panasonicin pätelaite sisältää vaikuttavat standardit tärinän- ja tärähdyksenkestävyydestä (MIL-STD 810G) sekä veden- ja pölynkestävyydestä (IP65, MIL-STD 810G). Kestävyydestä kertoo jotain myös sekin, että Suomen armeija korvasi legendaariset Nokian kehittämät SanLat eli Sanomalaitteet juurikin mittauksissa käytetyn pätteen kaltaisilla saman valmistajan korkean suojaus- ja kestävyysluokan kannettavilla pätelaitteilla. (19, s. 18.)



KUVA 17. Panasonic Toughbook -päätelaitte, jossa Nablabs laboratories -ohjelman kenttäkortti-välilehti (kuva: Jukka Valkama)

3.3.2 Nablabs Laboratories -ohjelma

IMSS:n kehittämä Nablabs Laboratories -ohjelma (kuva 18) toimi moitteettomasti ja oli kaikin puolin selkeä. Windows-pohjaisesta ohjelmasta selvisi tarkasti, mistä seuraava analysoitava näyte tuli ottaa, sillä mittauskohdat oli merkitty GPS-koordinaatein maastokarttapohjaan, josta selvisivät pienimmätkin ojanuomat. Näytteenoton yhteydessä ohjelman kenttäkorttiin kirjattiin perustiedot muun muassa säästä, näytteen lämpötilasta sekä käytettävistä mittausvälineistä. Kirjatut mittauksiedot lähetettiin tämän jälkeen matkapuhelinverkon välityksellä Nablabsin laboratorioon analysoitavaksi. Päätelaitteen sisäinen 2G/3G-modeemi hoiti tietojen lähetyksen. Mikäli kenttää ei ollut heti lähetyshetkellä saatavilla, tallensi ohjelma kenttäkortin tiedot fiksusti muistiin ja lähetti tiedot heti kun kenttää oli saatavilla. Nablabs Laboratories -ohjelma on kokonaan IMSS:n suunnittelema ja toteuttama.



KUVA 18. Nablabs laboratories -ohjelman pääikkuna (kuva: Jukka Valkama)

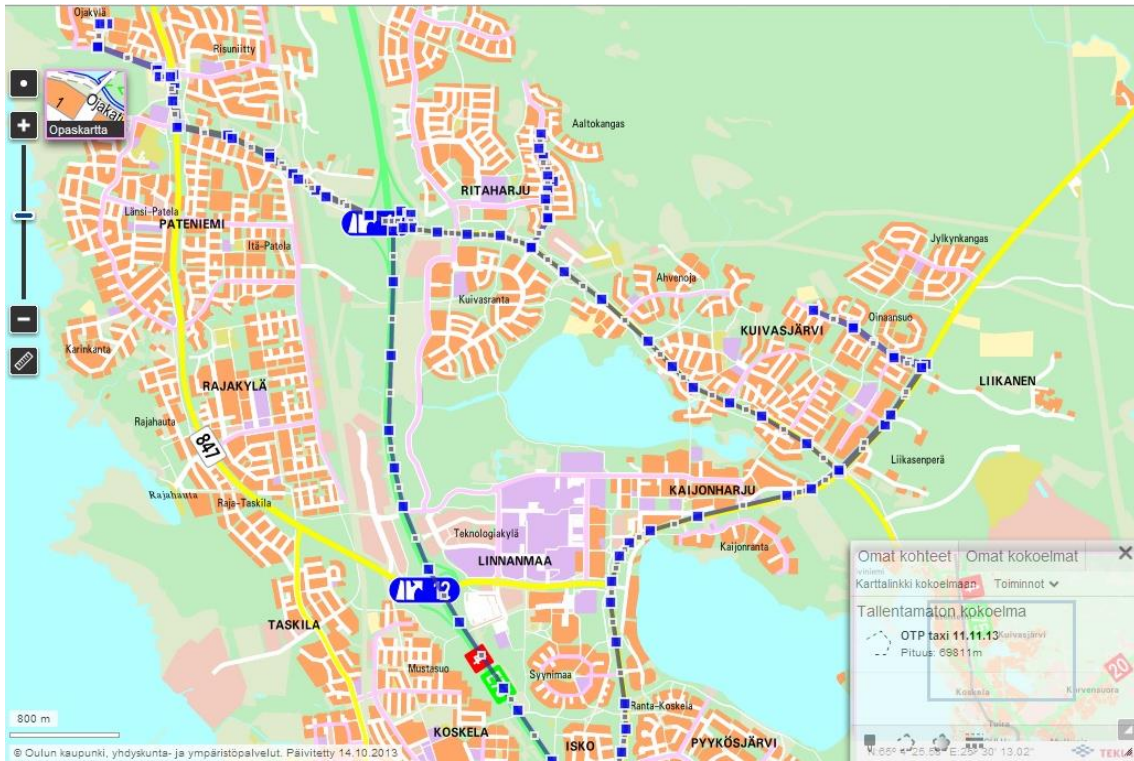
4 MITTAUSTULOKSET

4.1 OTP Aamupäivä 11.11.2013

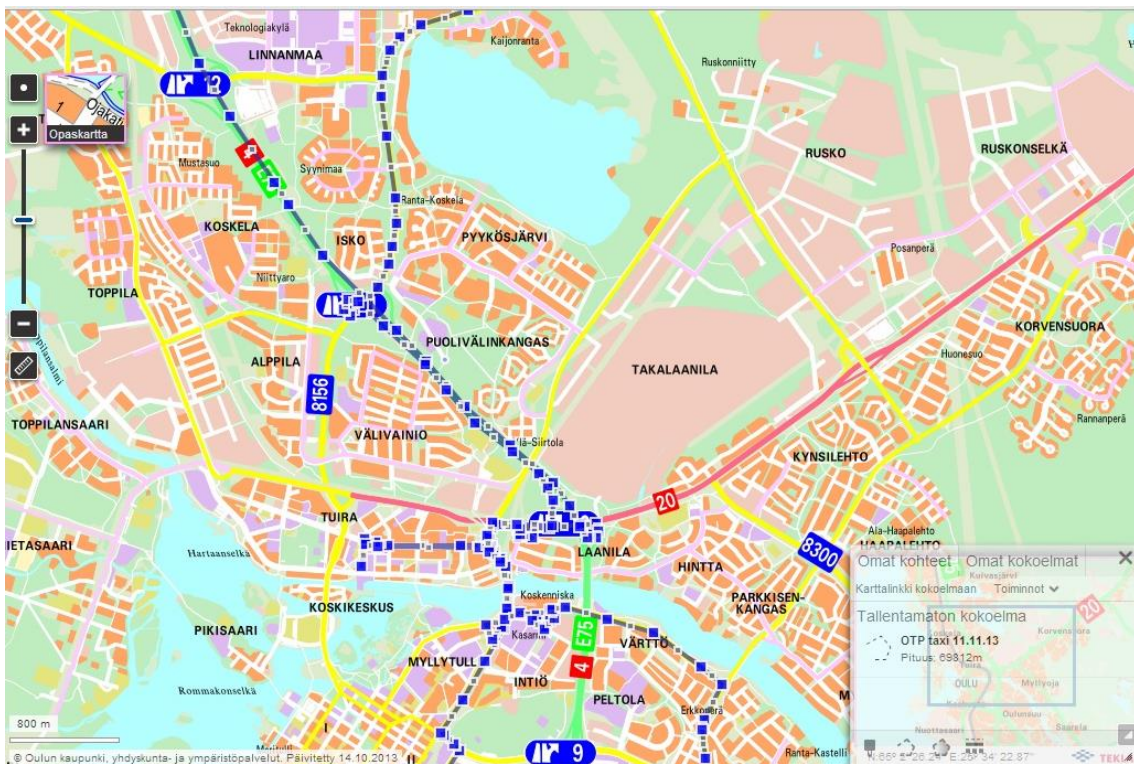
Kenttämittaukset suoritettiin matkapuhelimeen asennetulla RF Signal Tracker -ohjelmalla matkapuhelimen verkkotilan ollessa ensisijaisesti 3G-tilassa ja sallissa myös 2G-tilan. Kuljettajan päätelaitteistoa vastaava demopäätte toimi myös 2G/3G-verkkoja hyödyntäen. Kuljettajan päätelaite oli pakotettu toimimaan pelkästään 2G-verkossa GPRS- ja EDGE-tekniikoita käyttäen.

Taksin kyydissä suoritettujen mittausreitit on merkitty kuvissa 19–22 esitettyihin karttapohjiin sinisin viivoin. Taksimittaukset ovat hankalasti toistettavia, sillä ajoreitit muodostuvat yksinomaan asiakkaiden tarpeista. Ainoastaan ensimmäisenä aamulla ajettavat kyydit olivat aina arkipäivisin ajettuja toistuvia ajoja.

Taksin kulkureitti koostui seuraavista alueista ja siirtymistä kuljetussa järjestyksessä: Maikkula, Kaakkuri, siirtymä 6-liittymästä moottoritietä 5-liittymään, Metsokangas, siirtymä 5-liittymästä moottoritietä 7-liittymään, Hiironen, Kaukovainio, Lintula, Nokela, Höyhtyä, Karjasilta, Raksila, Myllytulli, Itä-Tuira, Laanila, siirtymä 10-liittymästä moottoritietä 13-liittymään, Pateniemi, Ritaharju, Kuivasjärvi, Oinaansuo, Kaijonharju, Linnanmaa, Isko, siirtymä 11-liittymästä moottoritietä 10-liittymään, Laanila, Intiö, Värttö, Erkkoperä, Kastelli, Knuutilankangas, Maikkula.



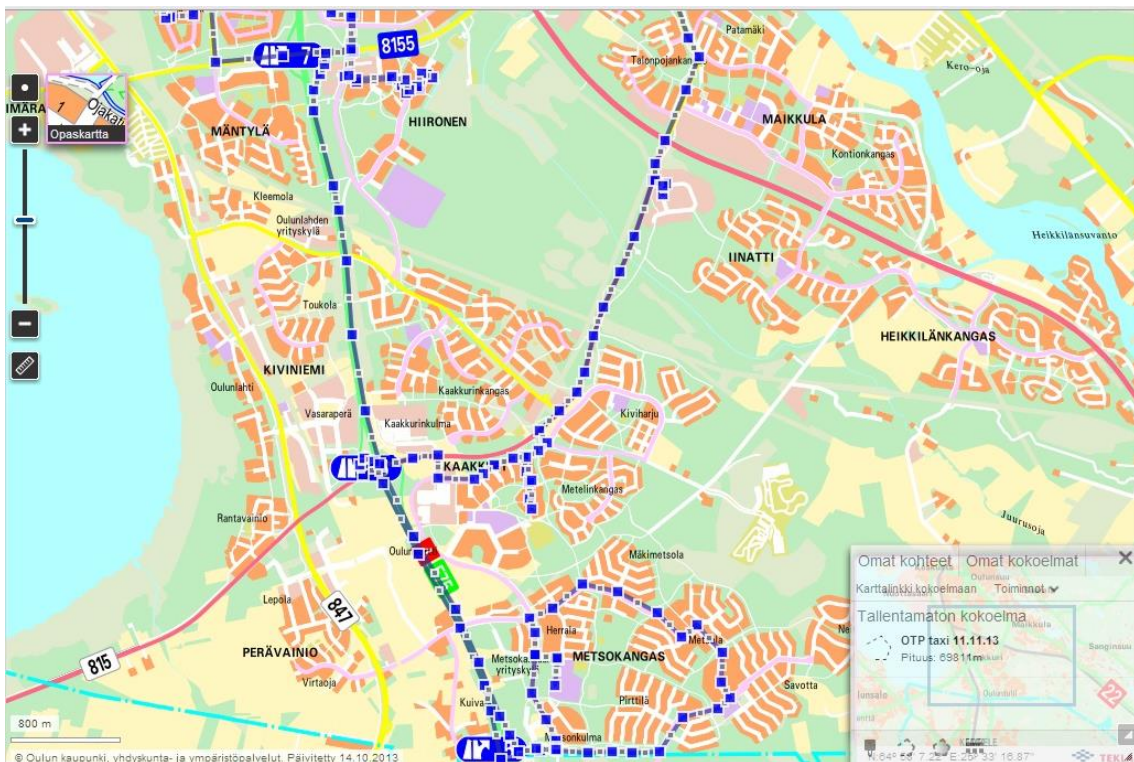
KUVA 19. Taksimittausreitti Oulun pohjois-alueella 11.11.2013 (20)



KUVA 20. Taksimittausreitti Oulujoen pohjoispuolella 11.11.2013 (20)



KUVA 21. Taksimittausreitti Oulun eteläpuolella 11.11.2013 (20)



KUVA 22. Taksimittausreitti Oulun etelä-alueella 11.11.2013 (20)

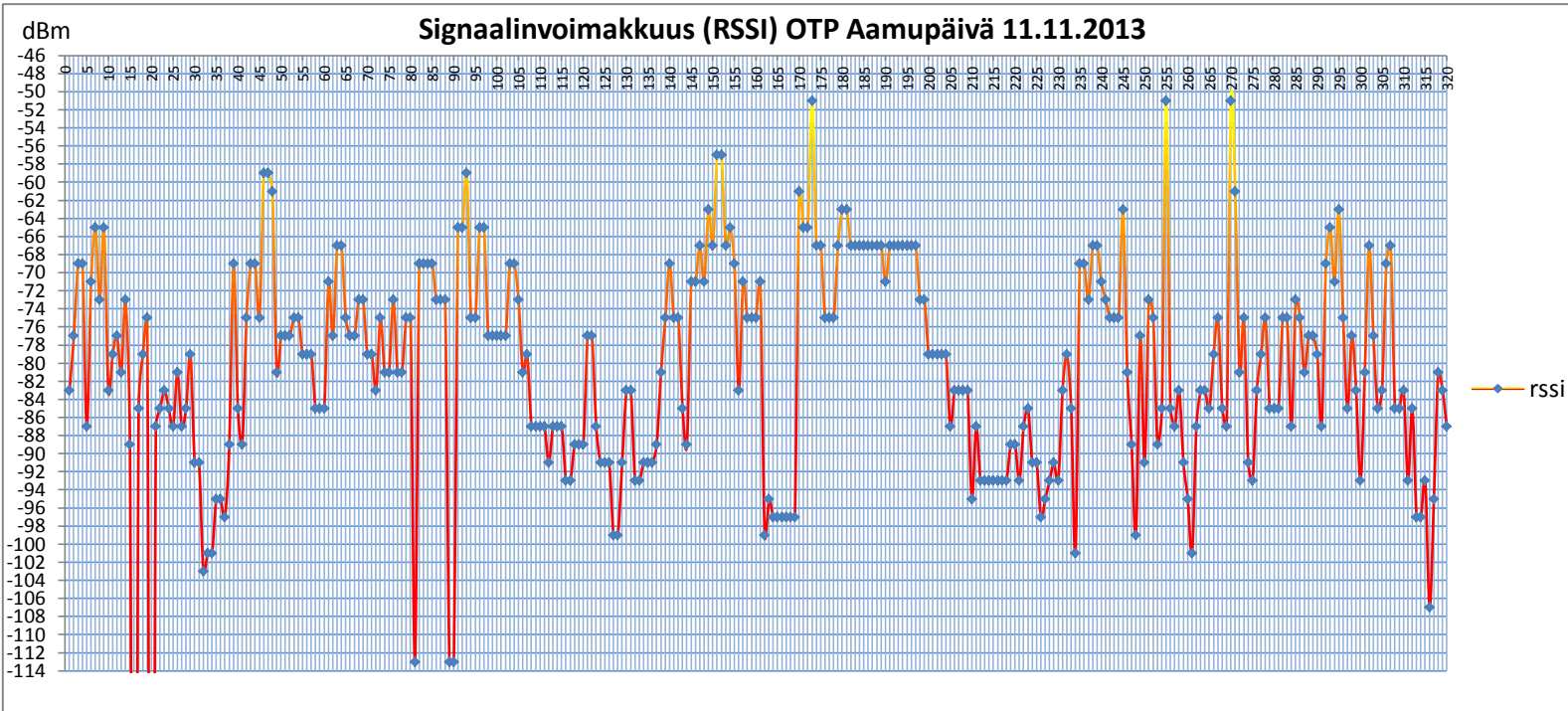
Taksin kydyssä mitatuista signaalivoimakkuustuloksista luotiin kuvassa 23 esitetty Excel-kaavio, jota on huomattavan paljon helpompi tarkastella kuin raakaa mittausdataa. Pystyakseli kuvaa signaalivoimakkuuden (RSSI) määrää dBm-voimakkuudella sekä vaaka-akseli kuvaa mittauspisteiden numerointia. Signaalivoimakkuuden arvot vaihtelivat parhaan mahdollisen RSSI-arvon -51 dBm:n ja huonoimman mahdollisen RSSI-arvon -113 dBm:n välillä.

Kaikista huonoimmat signaalivoimakkuuden mittaustulokset saatiin Oulun Metsokankaan alueelta. Kuvasta 23 voidaan havaita mittauspisteet 5–143, joiden aikana mittauksia suoritettiin Metsokankaalla. Tuloksista erottuu selvästi kaksi aallonpohjaa, joista ensimmäisessä (mittauspisteet 16 ja 20) verkkoyhteys kadotettiin kokonaan. Soneran matkapuhelinverkon peittoaluekartan mukaan juuri Metsokankaan alueella on huono 3G-peittoalue (21). Alueella on kuitenkin peittoaluekartan mukaan hyvä normaali 2G-verkon kuuluvuus. Ilmeisesti laitteessa tai verkossa oli ongelmia, sillä puhelin piti väkisin verkkotilana 3G:tä, vaikka sen olisi ollut mahdollista vaihtaa käyttämään 2G-verkkoa. Kuljettajan päätelaite oli pakotettu toimimaan pelkästään 2G-verkossa ja se toimi koko ajan moitteettomasti.

RF Signal Tracker -ohjelma oli määrittänyt vahvaksi signaaliksi -59 dBm:n tason, kohtalaiseksi signaaliksi -84 dBm:n tason ja ei signaalia -tasoksi kaikki alle -113 dBm olevat arvot. Kuvassa 23 huomataan, että mittauspisteet 16 ja 20 ovat kuvan alalaidan ulkopuolella kaavion järkevä esityksen kannalta. Tämä johtuu siitä, että kyseiset mittauspisteet saivat signaalivoimakkuuden arvoksi -200 dBm eli verkkoyhteyttä ei ollut saatavilla.

Signaalivoimakkuuden keskiarvoksi saatiin -80 dBm, kun huomioitiin kaikki 11.11.2013 suoritettut mittauspisteet. Keskiarvoon ei laskettu mukaan mittauspisteitä 16 ja 20, jotka antoivat signaalivoimakkuudeksi arvon -200 dBm.

RF Signal Tracker -ohjelma oli määrittänyt vahvaksi signaaliksi -59 dBm:n tason, kohtalaiseksi signaaliksi -84 dBm:n tason ja ei signaalia -tasoksi kaikki alle -113 dBm olevat arvot.



KUVA 23. Kenttämittaustulokset 11.11.2013 taksisympäristöstä

Taksimittaustulokset vaihtelivat eri alueilla huomattavasti. Metsokankaan alueen heikot signaalit eivät kuitenkaan vaikuttaneet kuljettajan päätelaitteiston toimintaan, vaan suurimmat ongelmat ilmenivät Hirosen alueella. Tuolloin taksin päätelaite kadotti verkkoyhteyden eikä saanut uudelleenhaettua yhteyttä. Tuolla hetkellä ajo oli ennaltasovittua ajoa, johon ei verkkoyhteyttä ja dataliikennettä taksin ja keskuksen välille välttämättä tarvittu, sillä tiedettiin reitti ja asiakkaiden osoitteet ilman verkkoyhteyttäkin, joten katsottiin rauhassa, pystyykö ohjelma muodostamaan yhteyden automaattisesti. Ohjelmisto ja päätelaitteisto ei ollut vielä onnistunut uudelleenmuodostamaan yhteyttä verkkoon saavuttaessa asiakkaiden päätepisteeseen Tuiraan, joten päätelaite käynnistettiin uudelleen. Uudelleenkäynnistyksen jälkeen verkkoyhteys toimi taas moitteettomasti. Kuvassa 24 on esitetty mittauspisteet 124–129, joiden aikana Hirosen alueella esiintyi verkko-ongelmia taksin päätelaitteen verkkoyhteydessä. Puhelimen signaalivoimakkuusohjelmalla mitatut signaalivoimakkuusarvot pysyivät kuitenkin vielä kohtuullisen välttävällä tasolla eikä mittausten kannalta verkkoyhteydessä tapahtunut katkoksia. Luultavasti verkkoyhteyden katkoksen taustalla ovat pelkästään laitekohtaiset erot.

id	latitude	longitude	rsi	logdate	mcc	mnc	lac	cellid	tech	datastate	dataactivity
124	64944724	25556099	-91	11 marraskuuta 2013 07:53:38	244	91	5009	31452	HSPA+	CONNECTED	NONE
125	64943925	25558971	-91	11 marraskuuta 2013 07:53:38	244	91	5009	31452	HSPA+	CONNECTED	NONE
126	64944797	25556027	-91	11 marraskuuta 2013 07:53:46	244	91	5009	31452	HSPA+	CONNECTED	NONE
127	64943931	25559053	-99	11 marraskuuta 2013 07:53:49	244	91	5009	58239	HSPA+	CONNECTED	INOUT
128	64944796	25556220	-99	11 marraskuuta 2013 07:53:49	244	91	5009	58239	HSPA+	CONNECTED	INOUT
129	64944766	25556622	-91	11 marraskuuta 2013 07:53:52	244	91	5009	58239	HSPA+	CONNECTED	NONE

KUVA 24. Otanta taksiympäristön mittaustuloksista

4.2 OTP Iltapäivä 14.11.2013

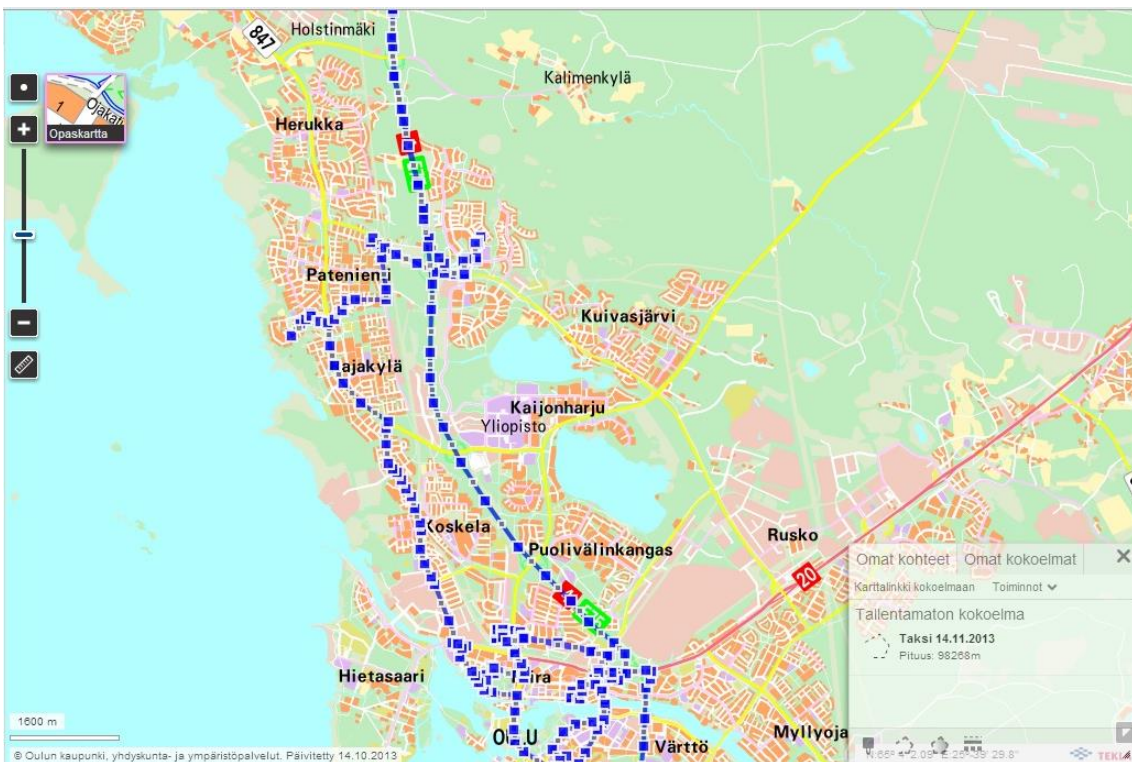
Jälkimmäisen mittauspäivän kenttämittaukset suoritettiin matkapuhelimen ollessa pakotettuna 2G-verkkotilassa. Demopäätte toimi hyödyntäen niin 2G- kuin 3G-verkkojakin. Tällä kertaa demo-päätelaitteeseen liitetty USB-modeemi oli uudempi, nopeampaa verkkotekniikkaa hyödyntävä, mutta muuten ensimmäisissä mittauksissa käytettyä USB-modeemia vastaava Huaweiin laite. Kuljettajan päätelaite oli pakotettu toimimaan pelkästään 2G-verkossa.

Taksin kyydissä suoritettujen mittausreitit on merkitty kuvissa 25–28 esitettyihin karttapohjiin sinisin viivoin.

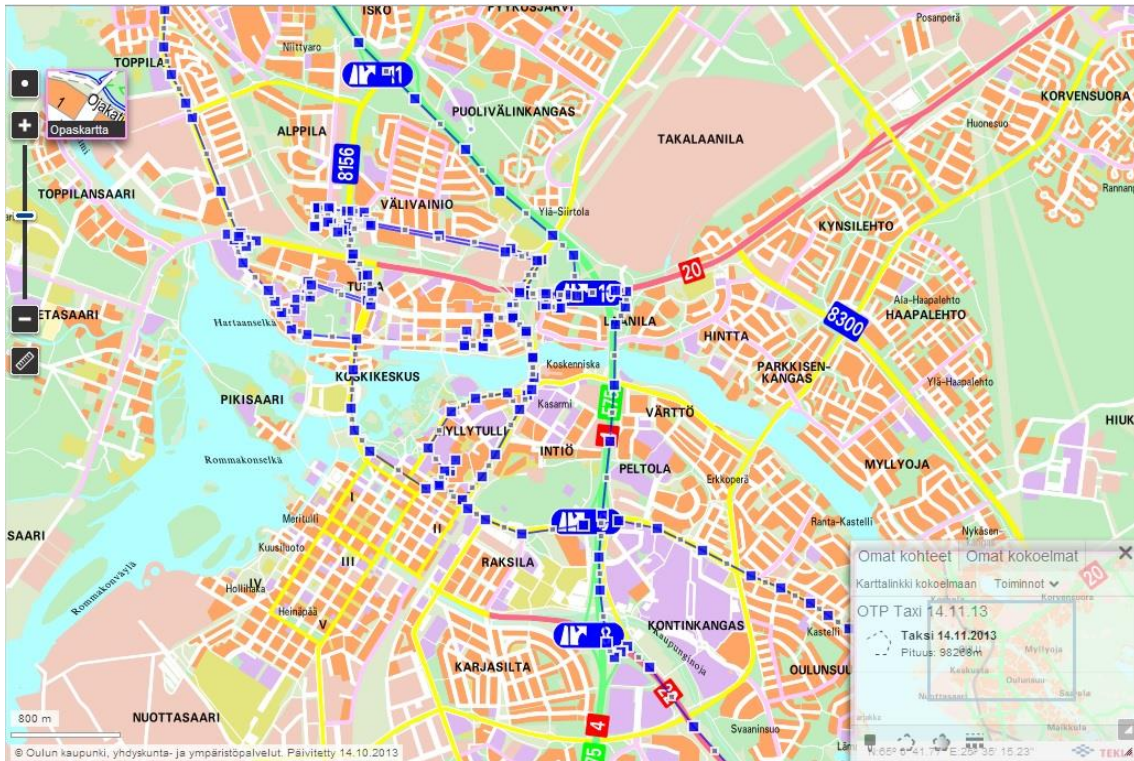
Taksin kulkureitti koostui seuraavista alueista ja siirtymistä kuljetussa järjestyksessä: Maikkula, Kaukovainio, Kontinkangas, siirtymä 8-liittymästä moottoritietä 10-liittymään, Laanila, Välivainio, Alppila, Länsi-Tuira, Alppila, Välivainio, Laanila, Myllytulli, Keskusta, Koskikeskus, Länsi-Tuira, Toppila, Taskila, Rajakylä, Karinkanta, Pateniemi, Itä-Patela, Ritaharju, 13-liittymästä 4-tietä Haukiputaalle 16-liittymään, Sumeninmäki, 16-liittymästä 4-tietä 10-liittymään, Laanila, Itä-Tuira, Myllytulli, Raksila, Peltola, Kastelli, Knuutila, Maikkula, linatti, Heikkilänkangas, Madekoski, Heikkilänkangas, Maikkula.



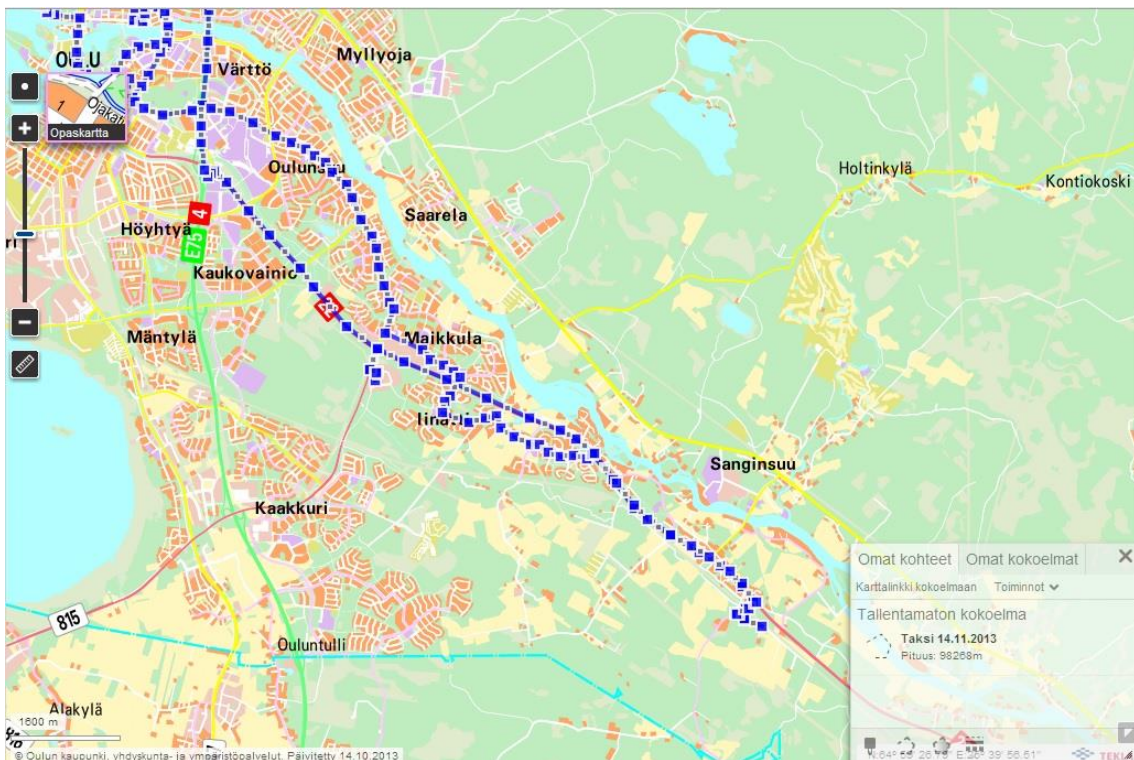
KUVA 25. Taksimittausreitti Haukiputaan alueella 14.11.2013 (20)



KUVA 26. Taksimittausreitti Oulun pohjoisalueella 14.11.2013 (20)



KUVA 27. Taksimittausreitti Oulun keskusta-alueella 14.11.2013 (20)

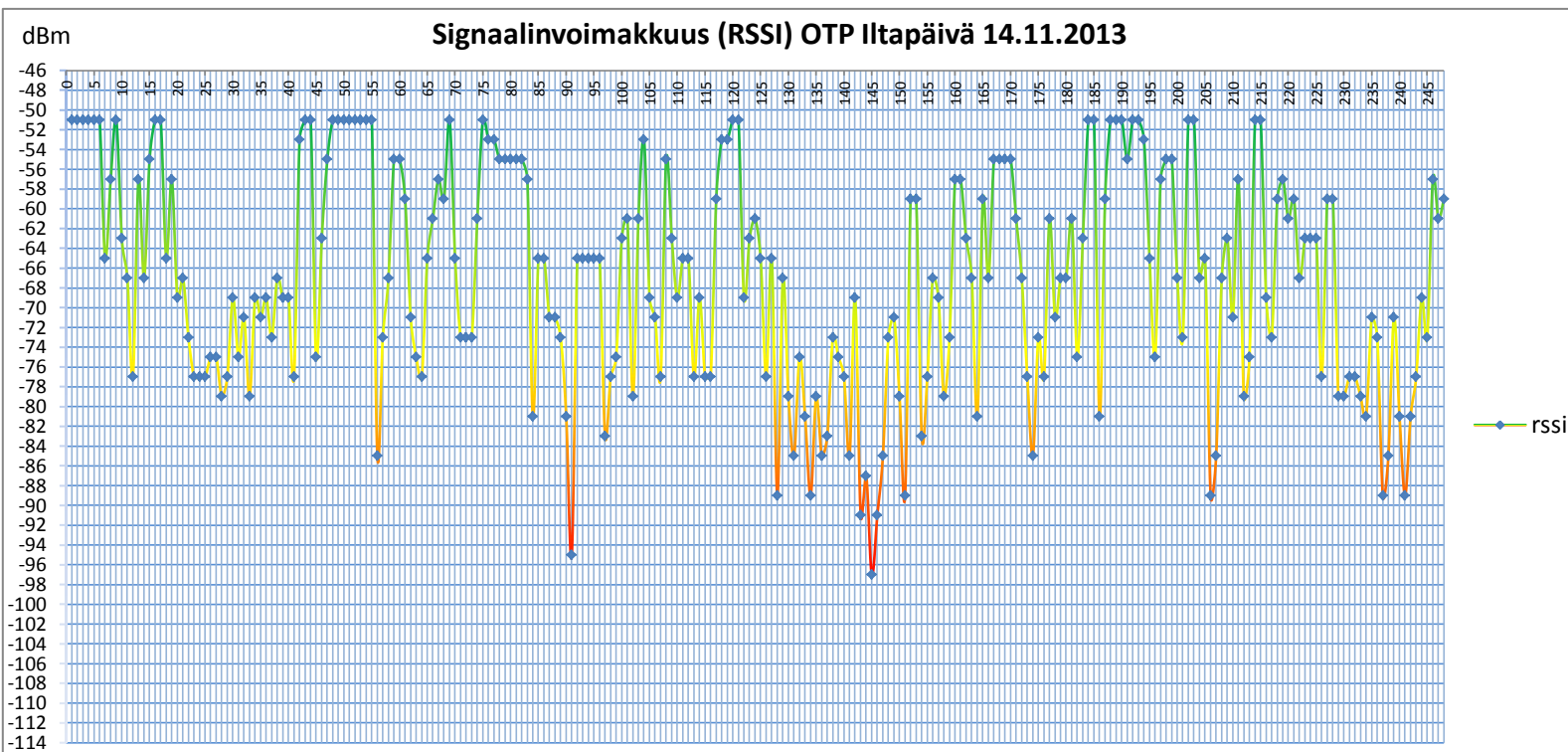


KUVA 28. Taksimittausreitti Oulun itä-alueella 14.11.2013 (20)

Taksin kyydissä mitatuista signaalivoimakkuustuloksista luotiin kuvassa 29 esitetty Excel-kaavio, jota on huomattavan paljon helpompi tarkastella kuin raakaa mittausdataa. Pystyakseli kuvaa signaalivoimakkuuden (RSSI) määrää dBm-voimakkuudella sekä vaaka-akseli kuvaa mittauspisteiden numerointia. Signaalivoimakkuuden arvot vaihtelivat parhaan mahdollisen RSSI-arvon -51 dBm:n ja huonoimman mahdollisen RSSI-arvon -113 dBm:n välillä. RF Signal Tracker -ohjelma oli määrittänyt vahvaksi signaaliksi -59 dBm:n tason, kohtalaiseksi signaaliksi -84 dBm:n tason ja ei signaalia -tasoksi kaikki alle -113 dBm olevat arvot.

Signaalivoimakkuuden keskiarvoksi saatiin -67 dBm, kun huomioitiin kaikki 14.11.2013 suoritettut mittauspisteet.

RF Signal Tracker -ohjelma oli määrittänyt vahvaksi signaaliksi -59 dBm:n tason, kohtalaiseksi signaaliksi -84 dBm:n tason ja ei signaalia -tasoksi kaikki alle -113 dBm olevat arvot.



KUVA 29. Kenttämittaustulokset 14.11.2013 taksipympäristöstä

Taksimittaustulokset olivat erittäin hyvää luokkaa eikä suurta, ensimmäisen taksimittauspäivän kaltaista hajontaa ja haitariliikettä esiintynyt juuri ollenkaan. Verkkoysteiden laatu oli suurimmaksi osaa erittäin hyvällä tasolla ja huonoimmillaankin kohtalaisella tasolla. Kuvassa 30 on esitetty mittauspisteitä 143–148 tulkiten signaalinvoimakkuuden tasot Haukiputaan alueella.

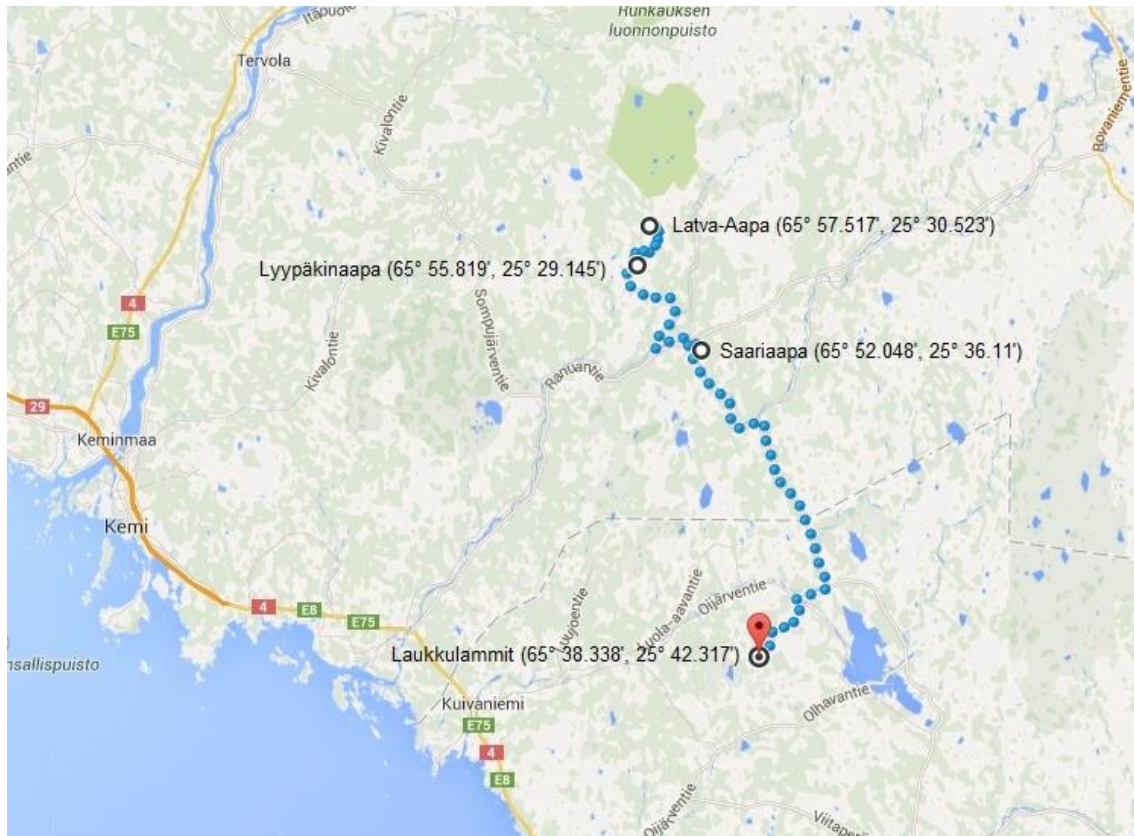
id	latitude	longitude	rsi	logdate	mcc	mnc	lac	cellid	tech	datastate	dataactivity
143	65182295	25427232	-91	14 marraskuuta 2013 15:00:34	244	91	1120	12650	GPRS	CONNECTED	NONE
144	65173723	25434838	-87	14 marraskuuta 2013 15:01:15	244	91	1120	12629	GPRS	CONNECTED	NONE
145	65169957	25431753	-97	14 marraskuuta 2013 15:01:35	244	91	1120	12616	EDGE	CONNECTED	NONE
146	65151453	25400183	-91	14 marraskuuta 2013 15:01:55	244	91	1120	14713	EDGE	CONNECTED	NONE
147	65158661	25422498	-85	14 marraskuuta 2013 15:02:35	244	91	1120	12616	EDGE	CONNECTED	NONE
148	65151043	25427159	-73	14 marraskuuta 2013 15:02:55	244	91	1120	12607	GPRS	CONNECTED	NONE

KUVA 30. Otanta taksiympäristön mittaustuloksista

4.3 Simon turvesuoalueet 26.11.2013

Simojoen varren turvesuoalueilla suoritettiin kenttämittaukset matkapuhelimen ollessa ensisijaisesti 3G-tilassa ja sallien myös 2G-tilan. Sekä työntekijän päteettä demopäte toimivat 2G/3G-verkkoja käyttäen.

Nablabsin työntekijä otti pohjavesinäytteitä neljästä ennaltamäärätystä paikasta, jotka olivat Latva-Aapa, Lyypäkinaapa, Saariaapa sekä Laukkulammit. Kahden ensiksi mainitun näytteenottoaikan välittömään läheisyyteen pääsi autolla ja kahden viimeksi mainitun näytteenottoaikan luo täytyi kävellä metsää ja soita pitkin useita satoja metrejä. Näytteenottoaikat sekä autolla ajetut siirtymäreitit on merkitty kuvaan 31.



KUVA 31. Turvesuolla tapahtuneiden mittauksen reitti (22)

Mittausdataa kerättiin koko matkan ajalta, johon kuului niin Simojoen varrella tapahtuneet siirtymät ja pohjavesinäytteiden keräyspaikat, kuin myös siirtymät 4-, 924- ja 8520-teitä pitkin Oulun Limingantullista Simoon ja takaisin päin tullessa Simosta Oulun Välivainiolle. Pohjavesinäytealueen mittauspisteet osuvat kuvassa 32 välille 150–320. Mittauspisteet välillä 1–149 kuvaavat menomatkaa ja mittauspisteet välillä 321–438 paluumatkaa.

Turvesoilla mitatuista signaalivoimakkuustuloksista luotiin kuvassa 32 esitetty Excel-kaavio, jota on huomattavan paljon helpompi tarkastella kuin raakaa mittausdataa. Pystyakseli kuvaa signaalivoimakkuuden (RSSI) määrää dBm-voimakkuudella sekä vaaka-akseli kuvaa mittauspisteiden numerointia.

Signaalivoimakkuuden arvot vaihtelivat parhaan mahdollisen RSSI-arvon –51 dBm:n ja huonoimman mahdollisen RSSI-arvon –113 dBm:n välillä. Kuvassa 32 huomataan, että mittauspisteet 281, 282, 291, 307 ja 308 ovat kuvan alalaidan ulkopuolella kaavion järkevän esityksen kannalta. Tämä johtuu siitä, että nämä

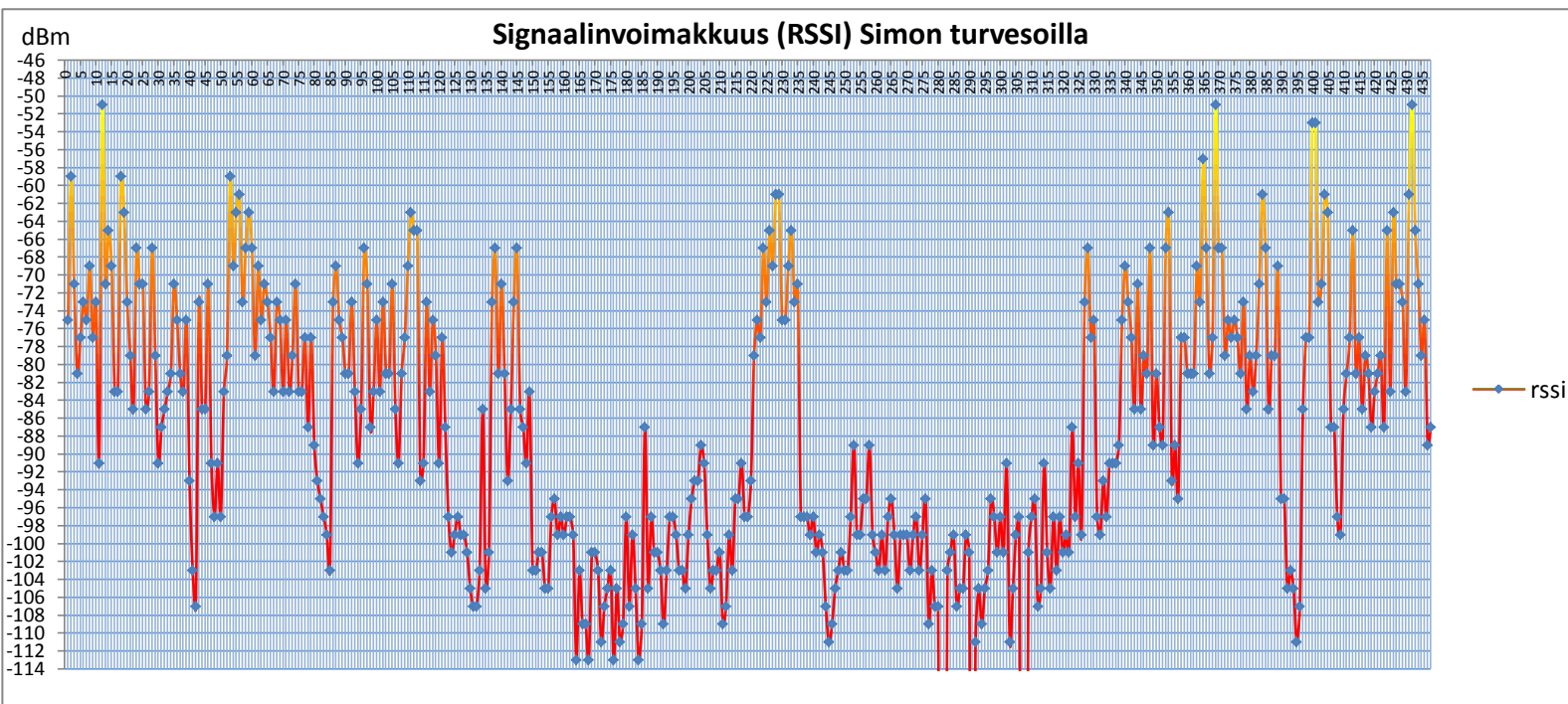
mittauspisteet saivat signaalinvoimakkuuden arvoksi -200 dBm eli verkkoyhteyttä ei ollut saatavilla.

Signaalinvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin -81 dBm, kun huomioitiin mittauspisteet ajomatkan lähtöpisteestä Oulun Limingantullista ensimmäiselle näytteenotto paikalle.

Signaalinvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin -98 dBm, kun huomioitiin mittauspisteet ensimmäisen (Latva-Aapa) ja viimeisen (Laukkulammit) näytteenotto paikan välillä. Keskiarvoon ei laskettu mukaan mittauspisteitä 281, 282, 291, 307 ja 308, jotka antoivat signaalinvoimakkuudeksi arvon -200 dBm.

Signaalinvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin -80 dBm, kun huomioitiin ajomatka viimeiseltä näytteenotto paikalta päätepisteeseen Oulun Välivainiolle.

RF Signal Tracker -ohjelma oli määrittänyt vahvaksi signaaliksi -59 dBm:n tason, kohtalaiseksi signaaliksi -84 dBm:n tason ja ei signaalia -tasoksi kaikki alle -113 dBm olevat arvot.



KUVA 32. Kenttämittaustulokset Simojoen varren alueen turvesoilta

Kuvassa 33 on esitetty 6 mittauspistettä, jotka sijoituivat viimeisen näytteenottopaikan, Laukkulammit alueelle. Näytteenottopaikka sijaitsee lammen reunalla soisella alueella. Mittauspisteet 305, 306, 309 ja 310 antavat signaalivoimakkuuden arvoiksi vielä erämaisiiin olosuhteisiin verrattuna kohtuullisia RSSI-arvoja. Mittauspisteet 307 ja 308 on mitattu tiheähkön metsän reunalla, jolloin RSSI-arvoiksi saatiin -200 dBm eli verkkoyhteyttä ei ollut tarjolla. Pienikin siirtymä aavemmalta alueelta puuston katveeseen riitti heikossa kentässä pudottamaan matkapuhelinverkkoyhteyden pois saatavilta.

id	latitude	longitude	rss	logdate	mcc	mnc	lac	cellid	tech	datastate	dataactivity
305	65660207	25868250	-99	26 marraskuuta 2013 15:18:45	244	91	1122	12634	GPRS	CONNECTED	INOUT
306	65687824	25785309	-97	26 marraskuuta 2013 15:22:38	244	91	1122	12634	GPRS	CONNECTED	NONE
307	65667143	25875026	-200	26 marraskuuta 2013 15:23:03	-1	-1	-1	65535	GPRS	CONNECTED	NONE
308	65646461	25964743	-200	26 marraskuuta 2013 15:23:19	-1	-1	-1	65535	GPRS	CONNECTED	NONE
309	65667143	25875026	-101	26 marraskuuta 2013 15:23:39	244	91	1122	12634	GPRS	CONNECTED	NONE
310	65687824	25785309	-97	26 marraskuuta 2013 15:23:59	244	91	1122	12634	GPRS	CONNECTED	NONE

KUVA 33. Otanta turvesuooympäristön mittaustuloksista

5 PARANNUSEHDOTUKSET

5.1 OTP taksiympäristössä

Laitteiden päivitysten yhteydessä tulisi USB-modeemit uusia sellaisiin malleihin, joissa on ulkoisen antennin liitäntä sekä tuki Windows CE 6.0 -käyttöjärjestelmälle. Ulkoinen antenni vahvistaa signaalia ja näin saadaan vaakaampi yhteys. Antennin valinnassa on huomioitava antennin malli, koko, hinta, vahvistuksen voimakkuuden määrän tarve ja se, asennetaanko antenni taksin katolle vai nykyisen asennuspaikan läheisyyteen eli kuljettajan puolelle tuulilasin ja ratin väliselle alueelle. Jos asennuspaikka valitaan katolle, tulee huomioida antennin säänkestävyys sekä asennuskustannukset. Katon tasainen metallipinta luo hyvän maaton, josta signaali säteilee ympärille tasaisesti ja huomattavasti vahvemmin kuin sisälle asennettava lisäantenni.

Sekä USB-modeemin että ulkoisen antennin tulee tukea GSM-verkkojen 900 MHz:n ja 1800 MHz:n taajuuksia sekä UMTS-verkkojen 900 MHz:n ja 2100 MHz:n taajuuksia. Kuvassa 34 esitetty Huawei E3131 tukee haluttuja taajuuksia ja sisältää myös ulkoisen antennin liitännän, mutta ei ole Windows CE 6.0 -yhteensopiva, joten Huawei USB-modeemin hankinnan lisäksi tulisi päätelaitteet päivittää uusiin vähintään Windows XP -järjestelmän tasoa vastaaviin päätelaitteisiin. Huawei E3131 -USB-modeemin tiedonsiirtonopeusluokat tukevat HSPA+-tekniikan 21,6 Mbit/s:n latausnopeutta ja HSUPA-tekniikan 5,76 Mbit/s:n lähetysnopeutta. USB-modeemin antenniliitäntä on CRC9 ja siihen voidaan liittää lähes mikä tahansa haluttu lisäantenni. Mikäli lisäantennissa on valmiina SMA-liitäntä tai jokin muu antenniliitäntä, voidaan hankkia antenniadapteri. Liikaa antennijohdon pituutta tulee kuitenkin välttää, sillä liika pituus alkaa vaimentamaan lisäantennin tuoman signaalinvahvistuksen hyötyä. (23.)



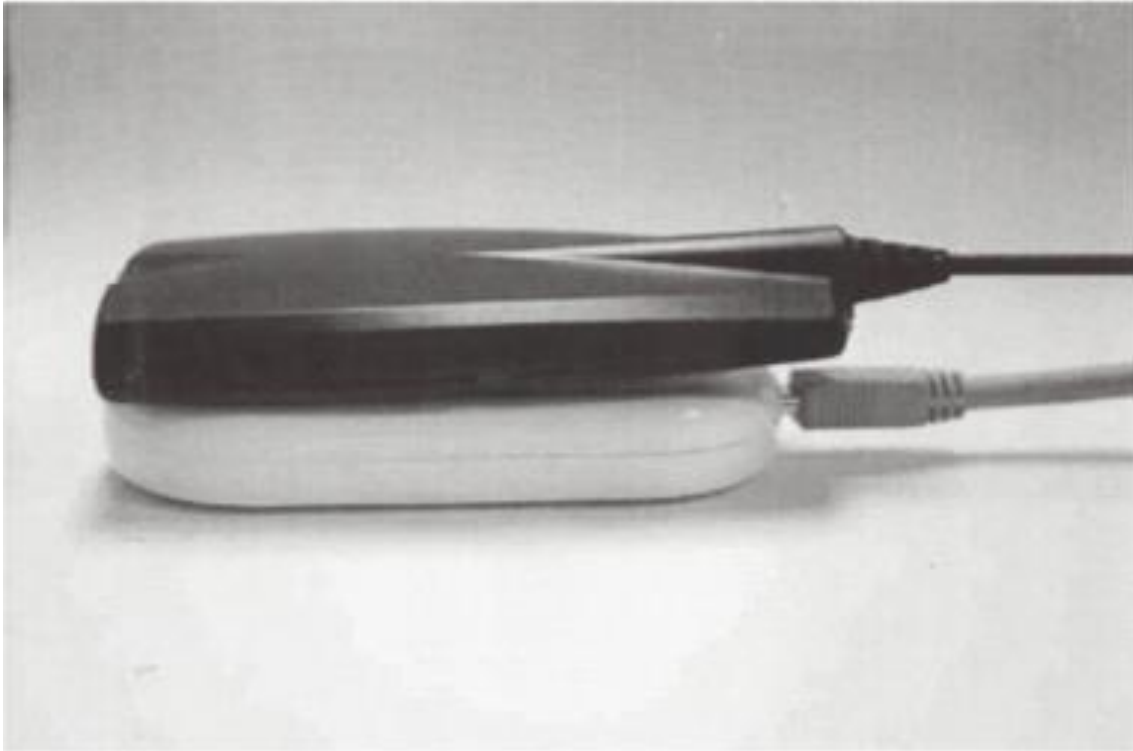
KUVA 34. Huawei E3131 -USB-modeemi (24)

Windows CE 6.0 -tuella olevia USB-modeemeja ei juurikaan löydy Suomesta. Nykyisten Mobidata MBD-500HU -USB-modeemien seuraajiksi voidaan valita kuvan 35 mukainen saman valmistajan Mobidata 240HU-HSPA+ -3G-modeemi. Se tukee Suomessa käytössä olevia 2G- ja 3G-verkkotaajuuksia ja on Windows CE 6.0 -yhteensopiva. Lisäksi sen mukana tulee ulkoinen lisäantenni, joka liitetään 3G-modeemiin SMA-liitännällä. Se tukee 21,6 Mbit/s latausnopeutta ja 5,76 Mbit/s lähetyksenopeutta. (25.)



KUVA 35. Mobidata 240HU-HSPA+ -3G-modeemi (25)

Markkinoilla on myös saatavilla induktioadaptoreita, johon liitetään lisäantenni. Induktioadapteri kiinnitetään tarralla halutun laitteen, tässä tapauksessa USB-modeemin pintaan. Adapteri indusoi radiotaajuuden lisäantennista laitteeseen ja lisää näin antennivahvistusta. Laitteen hankintahinta vastaa lähes uutta ulkoisen antenniliitännän sisältävää 2G/3G-USB-modeemia. Itse USB-modeemi tai mikä tahansa valmistajasta riippumaton muu antennivahvistusta kaipaava laite voidaan liittää induktioadapteriin, mutta ainakin Telewell TW -induktioadapteri vaatii lisäksi juuri Telewellin valmistaman ulkoisen antennin. Käyttökokemuksia kyseisten induktioadaptoreiden toimintavarmuudesta ei juurikaan löytynyt. Kuvassa 36 esitetty induktioadapteri on harkinnanarvoinen vaihtoehto. (26.)



KUVA 36. Tarralla USB-modeemiin kiinnitettävä induktioadapteri (27)

Myös 3G-modeemin ja reitittimen yhdistelmä on yksi vaihtoehto. Kuvassa 37 esitetty Huawei E5756 -3G-modeemireititin on yhteensopiva kaikkien WLAN-tuen omaavien laitteiden kanssa. Suomessa tuettujen verkkotaajuuksien ja ulkoisen antenniliitännän lisäksi se on myös langaton reititin, joka jakaa matkapuhelinverkkoyhteyden eteenpäin WLAN-laitteille. (28.)



KUVA 37. Huawei E5756 -3G-modeemi-reititin (28)

OTP taxi -ohjelman toimintaan tarvittaisiin verkon uudelleenyhdistämistä varten ohjelmistopäivitystä. Mittausten aikana kerran jumiin mennyt ja OTP:n kuljettajan mukaan myös aiemmin verkkoyhteyden kadottamisen jälkeen kangerrellut tai jumiutunut ohjelma ei palautunut normaalisti eikä yhdistänyt automaattisesti verkkoyhteyttä päälle, vaan päätelaite jouduttiin käynnistämään uudelleen. Matkapuhelinverkon signaalin kadottua ohjelma ei aina kyennyt hakemaan verkkoja uudestaan tai siihen meni huomattavasti aikaa. Tiedonkulun tulisi olla varsin reaaliaikaista taksikuljetusympäristössä eikä varsinkaan pitkiin verkkoyhteyden katkoksiin ole varaa. Päätelaitteisto pyritään vaihtamaan uuteen noin 3 vuoden välein.

5.2 Nablabs turvesuooympäristössä

Simojoen turvesuoalueilla matkapuhelinverkot toimivat syrjäisestä sijainnista huolimatta yllättävän hyvin. Heikkoja peittoalueita ja katvealueita tuli vastaan alueella liikuttaessa, mutta yhteys pysyi päällä lähes koko ajan. Ainoastaan viisi mittauspistettä (282, 283, 291, 307 ja 308) tuottivat tulokseksi -200 dBm, mikä tarkoittaa, ettei signaalia löytynyt tai se oli liian heikko. Muutamista verkkoyhteyden epäonnistumisista huolimatta selkeästi toteutettu Nablabs laboratories -ohjelma lähetti raportit palvelimelle heti, kun verkkoyhteys oli seuraavan kerran

käytössä. Päivitystarpeita ohjelman toimintaan ja käytettävyyteen ei löytynyt yhden päivän käytön perusteella. Myös itse Panasonic Toughbook CF-H2 -pöytälaite toimi erittäin vakuuttavasti eikä mittausten ja analyysinäytteenottojen aikaan ilmennyt minkäänlaisia ongelmia. Pöytälaitteen sisäänrakennettujen 2G/3G- ja GPS -yhteyksien, vesitiiviyyden, iskunkestävyyden, pitkän akunkeston sekä sopivan koon ja painon ansiosta laite on ainoa oikea laite kyseisten mittausten ja analyysinäyteottojen suorittamiseen hankalissa olosuhteissa. Tällä hetkellä Panasonicin tablettityypistä ratkaisua vastaavaa saman sarjan kannettavaa pöytälaitetta on Tietokone-lehden vertailussa keuhutu täysin vahvistettujen kannettavien ylivoimaiseksi ykköseksi, joka kestää lähestulkoon mitä vain. Pöytälaitekohtaisia päivityksiä ei ole tarvetta suorittaa vasta, kun määritelty laitteen elinkaaren sykli tulee täyteen, jolloin laitteen päivittäminen uuteen on tarpeellista. Mobiilin työnohjauksen näkökulmasta pöytälaite, ohjelma ja näihin liittyvä kestävyys, monipuolisuus, selkeys ja käytännöllisyys palvelevat työn kuvaamaa tarkoitusta erinomaisesti. (29.)

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli suorittaa 2G- ja 3G-matkapuhelinverkkojen kenttämittauksia taksi- ja turvesuooympäristöissä. Saatujen signaalinvoimakkuusmittaus tulosten sekä laitteiden ja ohjelmistojen yleisen toiminnan ja käyttökokemusten pohjalta tehtiin analyysi ja annettiin parannusehdotuksia ongelmien minimoimiseksi tai kokonaan poistamiseksi.

Työ oli kokonaisuudessaan erittäin mielenkiintoinen ja kentällä tapahtuvaa mitausta ja testausta voisin tehdä mielelläni uudelleenkin tulevaisuudessa vaikka työn merkeissä.

Matkapuhelinverkkoihin liittyvää tietoa ja materiaalia löytyi netistä ja kirjoista runsaasti, joten alussa oli melko hankalaa tiivistää ja rajata aiheet työhön liittyviin oleellisiin tietoihin. Tekstiä ja aiheita tulikin mukaan suunniteltua enemmän. Ohjeistusta ja apua kysymyksiin sain sujuvasti silloin, kun sitä tarvitsin. Yhteistyö toimeksiantajan, ohjaavan opettajan ja kielenopettajan kanssa sujui erittäin hyvin.

Opin työn aikana paljon ja helppoiten omaksuin asiat, jotka opin käytännön työn kautta. Oli mukava päästä näkemään OTP:n ja Nablabsin henkilöstön työntekoa ja suorittaa kenttämittauksia samalla, kun he tekivät työtään kentällä. Siinä samalla näki, kuinka mobiileja työnohjausjärjestelmiä hyödynnetään käytännön työssä ja mitä kehitettävää tai parannettavaa niissä voisi vielä olla.

Aikataulu riitti juuri sopivasti työn tekemiseen, mutta monet asiat jäivät hieman viime tippaan. Jos aloittaisin vastaavanlaisen työn tekemisen vastaisuudessa, suunnittelisin työn vaiheet ja aikataulutukset vielä hieman paremmin. Olen työhöni tyytyväinen ja se onnistui mielestäni erittäin hyvin.

LÄHTEET

1. Laajakaista 2015 -hanke tuo huippunopeat internetyhteydet haja-asutusalueille. 2013. Viestintävirasto. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/ohjausjavalvonta/laajakaista2015-tuet.html>. Hakupäivä 23.1.2014.
2. Uusien 800 MHz:n 4G-tukiasemien rakentaminen käynnistyy. 2013. TeliaSonera Oyj. Saatavissa: <http://uutishuone.sonera.fi/media/2013/12/29/uusien-800-mhzn-4g-tukiasemien-rakentaminen-kynnistyy/ecb30253-590d-49b8-8154-97b9f8bc473a>. Hakupäivä 24.2.2014.
3. IMSS – Solutions for mobile integration. 2010. IMSS Oy. Saatavissa: <http://www.imss.fi/>. Hakupäivä 15.12.2013.
4. Arttu 2011. Hyvää syntymäpäivää, GSM!. Nokia Oyj. Saatavissa: <http://aani.nokia.fi/2011/07/01/hyvaa-syntymapaivaa-gsm/>. Hakupäivä 24.2.2014.
5. Taajuusjakotaulukko. 2013. Viestintävirasto. Saatavissa: https://www.viestintavirasto.fi/attachments/Taajuusjakotaulukko_31122013.pdf. Hakupäivä 12.2.2014.
6. Penttinen, Jyrki 2001. GPRS-tekniikka – Verkon rakenne, toiminta ja mitoitus. Vantaa: WSOY.
7. Penttinen, Jyrki 2002. GSM-tekniikka – Järjestelmän toiminta ja kehitys kohti UMTS-aikakautta. Vantaa: WSOY.
8. Kaaranen, Heikki – Ahtiainen Ari – Lahtinen, Heikki – Naghian, Siamäk – Niemi, Valtteri 2001. UMTS Networks – Architecture, Mobility & Services. Chichester: John Wiley & Sons.
9. 0,3GSMK modulation and 8PSK modulation. Ammattikorkeakoulu Arcada. 2007. Saatavissa:

- http://wireless.arcada.fi/MOBWI/images/drawings/edge3_small.jpg. Hakupäivä 22.2.2014.
10. Poole, Ian 2014. 3G UMTS HSPA – High Speed Packet Access Tutorial. Radio Electronics. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/3g-hspa/umts-high-speed-packet-access-tutorial.php>. Hakupäivä 27.2.2014.
 11. Poole, Ian 2014. UMTS 3G History. Radio Electronics. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/umts/3g-history.php>. Hakupäivä 25.2.2014.
 12. Poole, Ian 2014. Evolved HSPA / HSPA+. Radio Electronics. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/3g-hspa/evolved-high-speed-packet-access-evolution.php>. Hakupäivä 27.2.2014.
 13. Poole, Ian 2014. 3G LTE Long Term Evolution Tutorial & Basics. Radio Electronics. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/3g-lte-basics.php>. Hakupäivä 27.2.2014.
 14. LTE-Architecture. 2012. Telecom Cloud. Saatavissa: <http://www.telecom-cloud.net/wp-content/uploads/2012/07/LTE-Architecture.png>. Hakupäivä 25.2.2014.
 15. RF Signal Tracker. 2013. Google. Saatavissa: <https://sites.google.com/site/androiddevelopmentproject/home/rf-signal-tracker>. Hakupäivä 22.2.2014.
 16. Waveon Embedded Mobile Terminal M7. 2010. Signal Partners Oy. Saatavissa: <http://www.signalpartners.fi/media/pdf/Waveon%20%20Product%20Brochure.pdf>. Hakupäivä 18.1.2014.
 17. Shenzhen Mobidata Communication Technology Co.,LTD. – UMTS /3G HSDPA & HSUPA Wireless Modem. 2014. EC21. Saatavissa:

http://sunnylimobidata8899.en.ec21.com/UMTS_3G_HSDPA_HSUPA_Wireless--3843870_3844791.html. Hakupäivä 25.2.2014.

18. Toughbook CF-H2 Field – Erittäin lujatekoinen taulutietokone. 2014. Panasonic. Saatavissa:
<http://business.panasonic.fi/tietokoneratkaisut/panasonic-computer-product-solutions-tuotevalikoima/taydellisen-toughbook-valikoiman-esittely/taysin-vahvistetut-toughbook-tietokoneet/cf-h2-field>. Hakupäivä 20.2.2014.
19. Haataja, Joonas, 2013. Kartat ja maalit suoraan näytölle. Puolustusvoimat, Ruotuväki nro 11/2013. S. 12. Saatavissa:
http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/fde8ae004fe3e5a0960db700a50dfac/Ruotuva-ki+11_2013+low.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=fde8ae004fe3e5a0960db700a50dfac. Hakupäivä 20.2.2014.
20. Karttatie – Oulun seudun karttapalvelu. 2013. Oulun kaupunki. Saatavissa:
<http://kartta.ouka.fi/ims>. Hakupäivä 26.2.2014.
21. Peittoaluekartta. 2014. TeliaSonera Oyj. Saatavissa:
<http://www.sonera.fi/etsi+apua+ja+tukea/verkkokartat/peittoaluekartta>. Hakupäivä 27.2.2014.
22. Turvesuon mittauspisteet -reitti. 2014. Google. Saatavissa:
<https://www.google.fi/maps/dir/65%C2%B0+55.819',+25%C2%B0+29.145'/'/65%C2%B0+52.048',+25%C2%B0+36.11'/65%C2%B0+38.338',+25%C2%B0+42.317'/@65.8345849,24.763378,9z/data=!4m29!4m28!1m5!1m1!1s0x0:0x0!2m2!1d25.48575!2d65.9303167!1m8!2m2!1d25.5087167!2d65.9586167!3m4!1m2!1d25.4840268!2d65.9300405!3s0x442adbe4d9a87ad7:0xd54357d2b2208468!1m5!1m1!1s0x0:0x0!2m2!1d25.6018333!2d65.8674667!1m5!1m1!1s0x0:0x0!2m2!1d25.7052833!2d65.6389667!3e2>. Hakupäivä 27.2.2014.
23. Huawei E3131 Features. 2014. Huawei. Saatavissa:
<http://consumer.huawei.com/en/mobile-broadband/data-card/features/e3131-en.htm>. Hakupäivä 27.2.2014.

24. Huawei E3131 HiLink avoin HSPA+ nettitikku antenniliitännällä. 2014. Mobile evolution Oy. Saatavissa: <http://www.3g-antennit.fi/product/260/huawei-e3131-hilink-avoin-hspa-nettitikku-antenniliitannalla>. Hakupäivä 24.2.2014.
25. External Antenna HSPA+ Wireless Modem with Linux Drivers, Win7 Drivers. 2014. Made-in-China. Saatavissa: <http://mobidatawireless.en.made-in-china.com/product/aoyxjwOKQeAB/China-External-Antenna-HSPA-Wireless-Modem-with-Linux-Drivers-Win7-Drivers.html>. Hakupäivä 28.2.2014.
26. Telewell TW -induktioadapteri. 2014. Telewell Oy. Saatavissa: <https://www.telewell.fi/fi/tuote/3g4glte-tuotteet/induktioadapteri/tw-induktioadapteri>. Hakupäivä 27.2.2014.
27. TW_induktioapadteri. 2014. Telewell Oy. Saatavissa: https://www.telewell.fi/files/tw_induktioapadteri.png. Hakupäivä 28.2.2014.
28. Huawei E5756 Specifications. 2014. Huawei. Saatavissa: <http://consumer.huawei.com/en/mobile-broadband/mobile-wifi/tech-specs/e5756-en.htm>. Hakupäivä 28.2.2014.
29. Komonen, Olli-Pekka 2007. Kestävät kannettavat. Tietokone. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/artikkelit/kestavat_kannettavat. Hakupäivä 20.2.2014.