

Joonas Paavola

Loppukäyttäjän antenniratkaisut mobiiliverkon datasovelluksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tutkinto

Koulutusohjelma

Insinöörityö

03.11.2014

Tekijä(t)	Joonas Paavola
Otsikko	Otsikko
Sivumäärä	13 pages + 0 appendices
Aika	03.11.2014
Tutkinto	Tutkinto
Koulutusohjelma	Koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Suuntautumisvaihtoehto
Ohjaaja(t)	Ohjaajat
Tiivistelmä	
Avainsanat	avainsana

Author(s)	Joonas Paavola
Title	Loppukäyttäjän antenniratkaisut mobiiliverkon datasovelluk- sissa
Number of Pages	
Date	13 pages + 0 appendices 3. marraskuuta 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Name of your degree programme
Specialisation option	Name of your specialisation option
Instructor(s)	First name Last name, Title (for example: Project Manager) First name Last name, Title (for example: Principal Lecturer)
Abstract content	
Keywords	Keywords

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Verkkotekniikat	1
2.1	UMTS	1
2.2	LTE	4
3	Mittalaitteet ja sovellukset	4
3.1	Liittymä	4
3.2	Päätelaite	5
3.3	Antenni	6
3.4	Mittaussovellus	7
4	Mittaukset	12
4.1	Mittausprosessi	12
4.2	Mittauskohde 1	13
4.3	Mittauskohde 2	13
5	Johtopäätökset	13

Lyhenteet

OMG Oh my god

WTF What the F

TL;DR Too long, didn't read

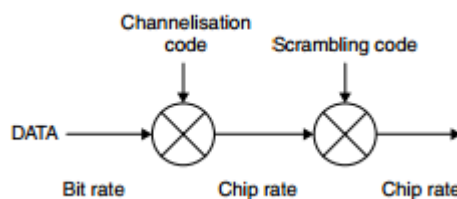
1 Johdanto

2 Verkkotekniikat

2.1 UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) on ns. kolmannen sukupolven (3G) matkapuhelinteknologia, jonka standardisointi aloitettiin 1990-luvun loppupuolella. Edellisen sukupolven GSM-tekniikkaan verrattuna UMTS tarjoaa uusien palveluiden lisäksi paremman äänenlaadun puheluissa sekä datasiirrossa huomattavasti suuremmat nopeudet. Tekniikka mahdollistaa yhtäaikaisten puhe- ja datayhteydet sekä QoS (Quality of Service) jaottelun. Tämä mahdollistaa usean eri sovelluksen käytön yhtäaikaaisesti painottamalla näiden tärkeysjärjestystä eli prioriteettia. Esimerkkeinä voidaan käyttää reaaliaikaista ääni- tai videopuhelua, joka tarvitsee suuren prioriteetin ja samaan aikaan taustalla tapahtuvaa sähköpostin tarkistusta, joka tarvitsee hyvin pienen prioriteetin.

UMTS:n 3GPP Release 99 mukainen radiotekniikka perustuu WCDMA:iin (Wideband Code Division Multiple Access). WCDMA on hajaspektritekniikka, jossa käytetään radorajapinnan datan erotteluun koodeja sen sijaan, että käytettäisiin eri taajuuksia tai aikavälejä. Käytössä on kaksi eri koodia.



Kuva 1: Channelization ja scrambling koodien käyttö

Kanavointikoodia(Channelization code) käytetään downlink-suunnassa käyttäjien erot-

teluun tukiaseman solun alueella ja uplink-suunnassa saman laitteen kontrolli- ja datakanavien erottamiseen. Toinen käytetty koodi on sekoituskoodi (Scrambling code) jolla downlink-suunnassa erotellaan tukiasemien eri solut/sektorit ja uplink-suunnassa eri päätelaitteet. Kanavointikoodin pituus määrittää käytössä olevan bittinopeuden. Tätä kutsutaan levityskertoimeksi (Spreading factor). Kerrointa voidaan kasvattaa tai pienentää tarpeen mukaan lähetettävien kehysten välillä, joiden pituus WCDMA:ssa on 10 ms.

Taulukko 1: WCDMA datanopeudet downlink-suuntaan

SF	Kanavan bittinopeus (kbps)	DPDCH kanavan bittinopeusalue (kbps)	Käyttäjän maksimi bittinopeus (arvio)
512	15	3-6	1-3 kbps
256	30	12-24	6-12 kbps
128	60	42-51	20-24 kbps
64	120	90	45 kbps
32	240	210	105 kbps
16	480	432	215 kbps
8	960	912	456 kbps
4	1920	1872	936 kbps
4, 3 rinnakkaisella koodilla	5760	5616	2.8 Mbps

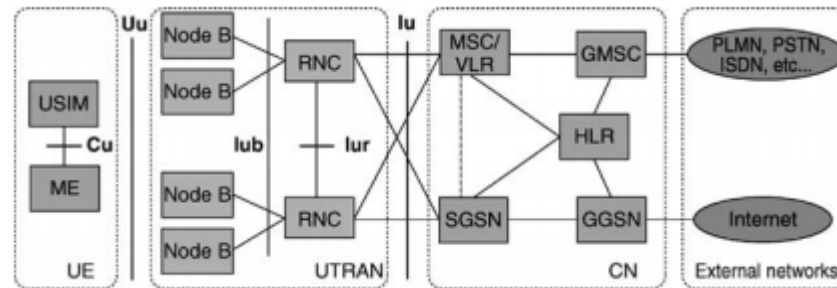
Käytännön WCDMA datanopeutta rajoittavat 3GPP Release 99:ssä määritellyt päätelaiteluokat joita on yhteensä kuusi.

Taulukko 2: WCDMA päätelaiteluokat

Luokka	Käyttötarkoitus
32 kbps luokka	Perus puhekäyttö, rajoitettu data 32 kbps asti.
64 kbps luokka	Puhe ja datakäyttö. Yhtäaikainen AMR puhe ja data.
144 kbps luokka	Lisää esim. mahdollisuuden videopuheluihin.
384 kbps luokka	Pykälää nopeampi. Multicode-tuki, pystyy hyödyntämään useita koodeja yhtäaikaaisesti.
768 kbps luokka	Edelleen pykälää nopeampi. Suunniteltu välimalliksi.
2 Mbps luokka	Huippumalli. Nopeus määritelty downlink-suuntaan.

Jo UMTS:n standardisointivaiheessa haluttiin taata hyvä päivitettävyyden vanhoista GSM

verkoista. Tästä seurasi se, että UMTS käyttää samaa runkoverkkorakennetta. Kuvassa 2 tämä merkitty CN (Core Network).



Kuva 2: UMTS verkon rakenne

Tässä MSC/VLR (Mobile Services Switching Center/Visitor Location Register) hoitaa piiriyhteyksien puhelujen yhdistämisen ja pitää kirjaa MSC:n alueella olevista päätelaitteista (UE). HLR (Home Location Register) pitää sisällään käyttäjien palveluprofiilin, joka sisältää kaiken laskutuksesta puhelunohjaukseen yms, sekä sijaintitiedon MSC/VLR ja/tai SGSN tasolla. GMSC (Gateway MSC) toimii yhdyskäytävänä muihin piiriyhteyksisiin verkkoihin.

Pakettiliikennettä hoitavat SGSN (Serving GPRS (General Packet Radio Service) Support Node), joka vastaa puheluihin käytettyä MSC/VLR-yksikköä hoitaen pakettidatan kytkennän ja GGSN (Gateway GPRS Support Node), joka toimii vastaavasti yhdyskäytävänä pakettidataa käyttäviin ulkoisiin järjestelmiin, esim. IP verkkoihin ja sitä kautta Internetiin.

Radioverkkoa kuvassa 2 edustaa UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), joka koostuu RNC-yksiköistä (Radio Network Controller) sekä tukiasemista (Node B). RNC:t kontrolloivat radioverkon resursseja omalla alueellaan, johon voi kuulua useita tukiasemia. Se on myös vastuussa pääsynhallinnasta (Admission Control), koodien määrittelystä sekä yleisestä liikenteen kontrolloinnista. Tukiaseman tehtävä on kontrolloida fyysistä radorajapintaa ja radioresursseja UE:n tehonsäädön muodossa.

GSM-radioverkkoon verrattuna uutta UTRAN:n rakenteessa on Iur-rajapinta, joka mm. mahdollistaa eri valmistajien RNC:iden välisen kommunikaation. Rajapintaa käytetään

myös liikenteen reitittämiseen tilanteissa joissa päätelaite siirtyy RNC:n alueelta toiselle.

Tähän joku 3GPP Roadmap umts:n kehityksestä.

Datanopeuksien kehittämiseksi on UMTS:iin on määritelty ajan myötä uusia tekniikoita, joilla parannetaan siirtonopeuksia radioverkossa. Ensimmäinen parannus julkaistiin 3GPP Release 5:n myötä, jossa määriteltiin HSDPA (High Speed Downlink Packet Access). Tätä varten radorajapintaan määriteltiin uudet fyysisen kerroksen signallinti- ja liikennekanavat, parempi virheenkoraustekniikka parantamaan verkon vasteaikaa ja tehokkaampi modulaatio, jolla pystytään siirtämään enemmän bittejä symbolia kohti.

Kanavan resurssit on jaettu kanavointikoodien joista 16:ta voidaan varsinaisen dataliikenteen käyttöön antaa 15. Hyödyntämällä kaikki koodit ja käyttämällä QPSK:n sijaan 16-QAM modulaatiota pystytään downlink-suunnan teoreettista huippunopeutta kasvattamaan 14 Mbit/s asti.

2.2 LTE

3 Mittalaitteet ja sovellukset

Mittauksia varten hankittiin liittymä, päätelaite sekä antenni. Valinnassa suurimmaksi kriteeriksi asetettiin monikäyttöisyys, sillä laitteita oli tarkoitus käyttää myös mittausten jälkeen aktiivisesti normaalikäytössä.

3.1 Liittymä

Liittymäksi valittiin Saunalahden Mobiililaajakaista 4G 50 Mbit/s varianttina. Liittymän valintaan vaikutti jo olemassa oleva kyseisen operaattorin puheliittymä, sekä hinta. Täyden

nopeuden liittymälle (100 Mbit/s) ei nähty tarvetta normaalikäytön, eikä suoritettavien mitauksienkaan kannalta.

Hinnan sekä nopeuden lisäksi peruskäyttäjän kannattaa tutkia operaattoreiden kuuluvuuskarttoja mikäli liittymää on tarkoitus käyttää pääasiassa esimerkiksi kotona. Näin voidaan etukäteen kartoittaa sijaitseeko pääasiallinen käyttökohde kyseisen operaattorin kuuluvuusalueella ja välttää täysin kuuluvuusalueen ulkopuolelle jääminen.

3.2 Päätelaitte



Kuva 3: Huawei E5776 mobiilireititin

Päätelaitteeksi valittiin operaattorin sen hetken valikoimasta Huawei E5776 mobiilireititin. Kyseinen päätelaite kykenee parhaimmillaan LTE verkossa 150 Mbit/s lataus- ja 50 Mbit/s lähetysnopeuteen sekä UMTS verkossa DC-HSPA+ tekniikalla 42 Mbit/s lataus ja 20 Mbit/s lähetysnopeuteen. Reititintä voidaan käyttää joko WiFi yhdyspisteenä tai suoraan USB kaapelilla tietokoneeseen kytkettynä. Langatonta lähiverkkoa käytettäessä latausnopeus on rajattu 65 Mbit/s.

Vaikka reitittimestä löytyvät sisäiset 2x2 MIMO antennit, on siinä vain yksi ulkoinen antenniliitäntä. Suurinta mahdollista tiedonsiirtonopeutta tavoiteltaessa kannattaa valita päätelaite, jossa on mahdollista hyödyntää MIMO-tekniikkaa myös ulkoisilla antennneilla.

Reitittimessä on myös sisäinen akku, joka lisää entisestään laitteen monikäyttöisyyttä.

3.3 Antenni

Ulkoiseksi antenniksi valittiin mobiiliverkon antenneihin erikoistuneen yrityksen valikoi-
masta CSG Networksin laajakaistainen ympärisäteilevä piiska magneettikiinnityksellä. An-
tenni toimii parhaiten taajuuksilla 824-960MHz, 1710-1990MHz ja 2170MHz. Suomessa
käytössä olevat 800MHz LTE taajuudet ovat vielä suhteellisen lähellä antennin parhain-
ta toiminta-aluetta, mutta 2600MHz kaista jää ikävästi pois tästä. Tämän ei kuitenkaan
katsottu haittaavan suunniteltua käyttöä.

Magneettikiinnitys yhdessä akkukäyttöisen reitittimen kanssa mahdollistaa monipuoliset
käyttömahdollisuudet niin kiinteissä kuin liikkuvissakin käyttökohteissa.



Kuva 4: Magneettijalkainen piiska-antenni

Antennin lisäksi hankittiin samasta liikkeestä adapteri reitittimen TS9 ja antennin SMA-
liitännän välille. Adapteria yleensä tarvitaan, koska päätelaitteiden pieni koko asettaa ra-
joitteita antenniliittimille.

3.4 Mittaussovellus

Käytännössä mobiiliverkoissa tekniikan asettamaa suurinta nopeutta rajoittavat käytetyn kanavan voimakkuus sekä siellä esiintyvien häiriöiden määrä. Voimakkaassa kanavassa voi esiintyä siinä määrin häiriöitä, että tiedonsiirtonopeus kärsii huomattavasti, mutta myös vastaavasti heikossa kanavassa, jossa ei ole juurikaan häiriöitä, voidaan saavuttaa kohtuullisen hyviäkin nopeuksia. Yleensä kuitenkin heikko kanava on alttiimpi häiriöille sekä virheilyille, jolloin saavutettu nopeus jää vaatimattomammaksi.

Oikeilla mittalaitteilla voidaan päätelaitteesta mitata hyvinkin tarkasti päätelaitteen, radioverkon sekä myös tuotteesta riippuen palveluiden toimivuutta. Valitettavasti kyseiset laitteet on hinnoiteltu tavallisen käyttäjän ulottumattomiin, joten niitä ei tässä tapauksessa voitu käyttää.

Tavallisesta päätelaitteesta on pienellä varauksella mahdollista saada ulos joitakin tässä tapauksessa kiinnostavia mittausarvoja. Tämä varaus johtuu lähinnä julkisesti saatavissa olevan dokumentoinnin puutteesta. Vaikka internetistä nykypäivänä löytyy tietoa lähes kaikesta, on joistain aiheista lähes mahdoton löytää ajantasaista tietoa. Tässäkin tapauksessa jouduttiin turvautumaan hieman vanhempaan ja vieläpä eri päätelaitteen dokumentaatioon.

Mikäli päätelaitteessa on web-hallinta, saattaa siellä olla jotain tietoja näkyvillä. Tämä kelpaa mainiosti satunnaiseen seurantaan, mutta kun haluttiin kerätä dataa tarkemmin ja automatisoidusti, jäi vaihtoehdoksi käyttää joko Huawei:n web API:a tai sarjalinkin ylitse lähetettäviä AT-komentoja. Ensin mainitusta on vieläkin vähemmän dokumentteja löydettävissä kuin jälkimmäisestä, joten päädyttiin jälkimmäiseen. Komennot perustuvat Hayesin komentosarjaan joka kehitettiin 1980-luvulla. Lähes kaikkia nykyaikaisia modeemeja on mahdollista ohjata tähän perustuvilla komennoilla. Dokumentteja selailemalla ja kokeilemalla komentoja saatiin selville, mitkä komennoista antaisivat mahdollisesti hyödyllistä tietoa.

Taulukko 3: CURC-komento

Komento	Tuloste
AT^CURC=<mode>	OK

CURC-komennolla asetetaan automaattinen raportointi päälle tai pois. Tällöin modeemi tulostaa automaattisesti meitä kiinnostavan ^DSFLOWRPT-komennon listauksen tietyin väliajoin.

Taulukko 4: SYSINFOEX-komento

Komento	Tuloste
AT^SYSINFOEX	<srv_status>, <srv_domain>, <roam_status>, <sim_state>, <lock_state>, <sysmode>, <sysmode_name><submode>, <submode_name>

SYSINFOEX-komennolla saadan paljon hyödyllistä tietoa modeemin toiminnasta. Arvot srv_status, srv_domain kertovat millaiseen palveluun modeemi on kytkeytynyt. roam_status-arvo ilmaisee onko modeemi roaming-tilassa. Sim_state kertoo mikäli SIM-kortti on lukittu tai epäkelpo paketti-, puheliikenteen osalta ja lock_state joissain päätelaitteissa SIM-kortin lukitustilan.

Sysmode ja submode kertovat numeroin minkä tyyppisessä verkossa modeemi on kiinni ja tarkemmin mitä tekniikkaa käytetään. Sysmode_name ja submode_name ilmaisevat vastaavasti samat selkotehtinä. Näistä saadaan suoraan tieto, ollaanko GSM-, WCDMA- tai LTE-verkossa ja mitä tekniikkaa käytetään kullakin hetkellä. Kaikki mahdolliset muuttujien arvot on listattu liitteessä 1.

Taulukko 5: ANQUERY-komento

Komento	Tuloste
AT^ANQUERY?	<rscp>, <ecio>, <rssi>, <antenna_level>, <rsrp>, <rsrq>

ANQUERY-komentoa ei löytynyt dokumentaatioista, mutta muista lähteistä saatiin selville, että se sisältää kaikki kiinnostavat radiotien parametrit. Tämä varmistettiin katsomalla modeemin web-hallinnasta verkon vianmääritysparametrejä ja vertaamalla niitä komennon tulosteeseen. RSCP (Received Signal Code Power), Ec/Io ovat UMTS-verkon tun-

nusarvoja ja RSRP (Reference Symbol Received Power) ja RSRQ (Reference Symbol Received Quality) LTE:n arvoja. RSSI (Received Signal Strength Indicator) on yhteinen molemmilla tekniikoilla, kuitenkin hieman eri asiaa tarkoittaen. Antenna_level-parametrin merkitystä ei tarkasti saatu selvitettyä, mutta se on todennäköisesti karkea signaalitason mittari. Mittauksissa sen havaittiin saavan arvoja välillä 0-4.

Taulukko 6: CREG-komento

Komento	Tuloste
AT+CREG?	<n>, <stat>[, <lac>, <ci>]

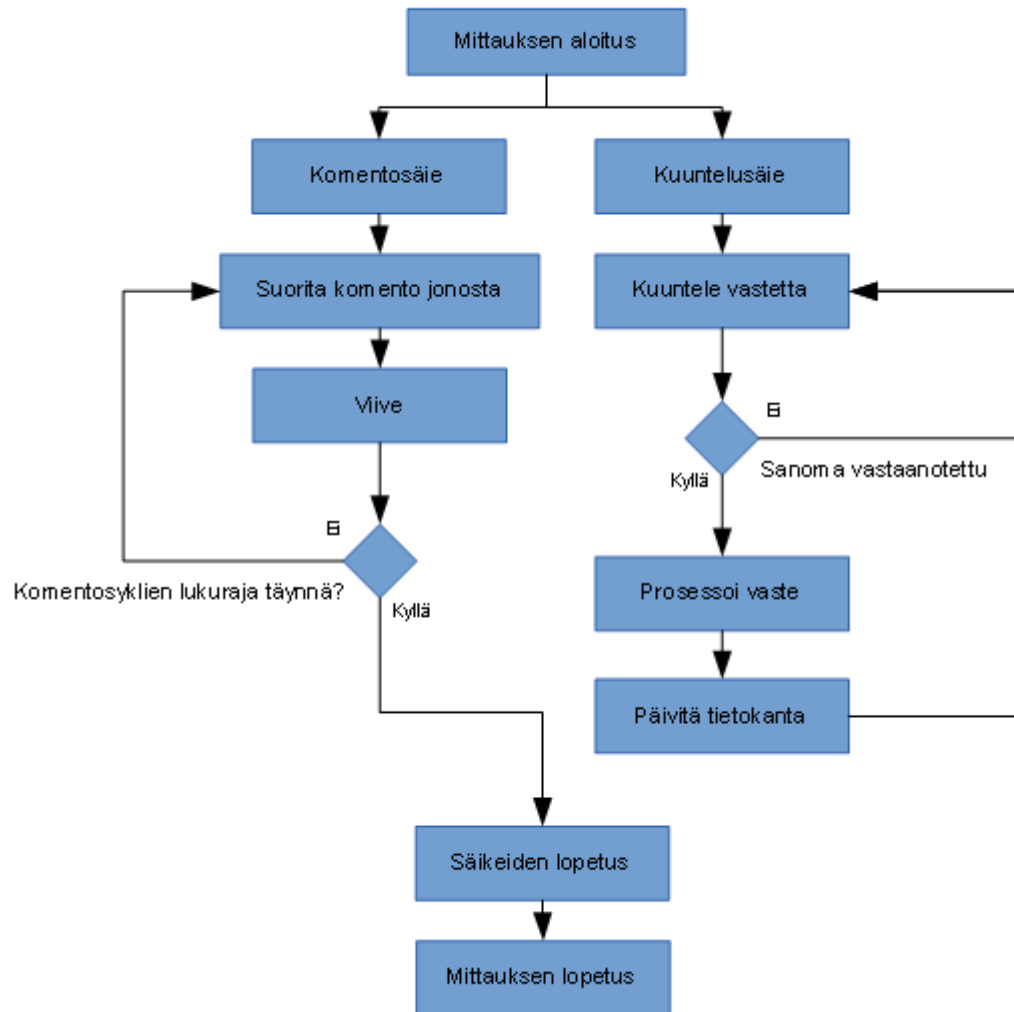
CREG-komennolla voidaan seurata LAC(Location Area) ja CI (Cell Id) tunnisteita. Näillä voidaan varmistaa esimerkiksi ettei modeemi hypi solujen välillä tarpeettomasti aiheuttaen katkoksia ja hidastelua tiedonsiirrossa. Komento kertoo myös stat-parametrin kautta onko verkkoon rekisteröitymisprosessista.

Taulukko 7: DSFLOWRPT-komento

Komento	Tuloste
AT^DSFLOWRPT	<curr_ds_time>, <tx_rate>, <rx_rate>, <curr_tx_flow>, <curr_rx_flow>, <qos_tx_rate>, <qos_rx_rate>

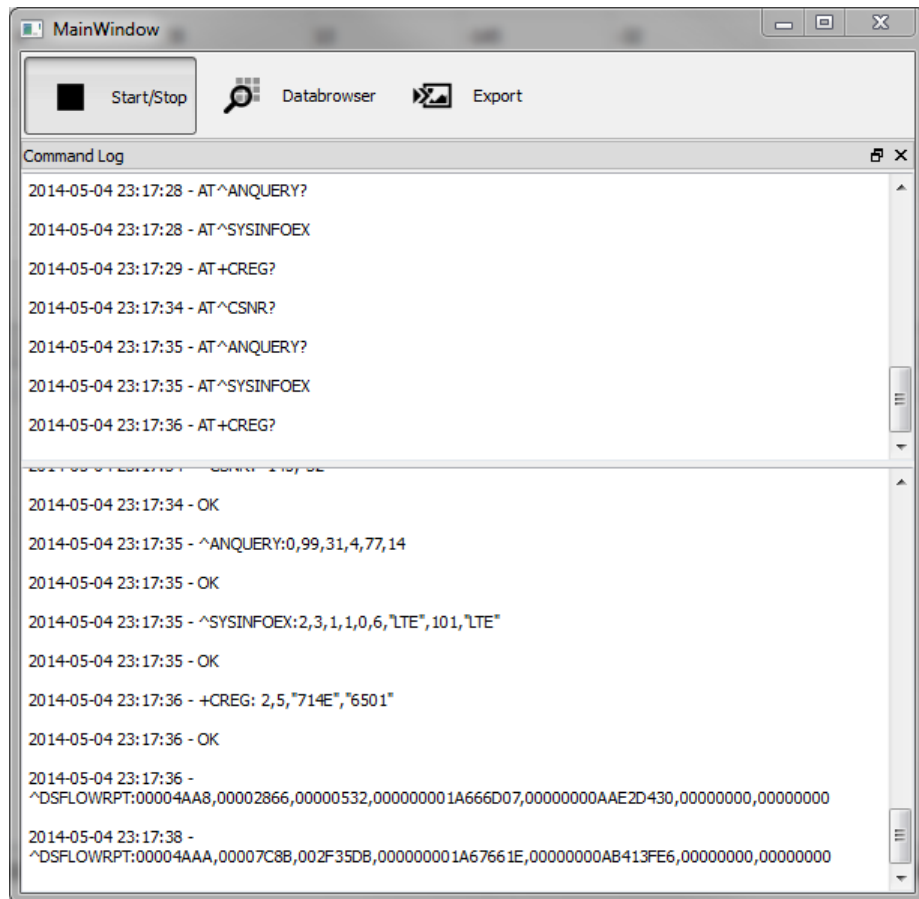
Kun CURC-komennolla on otettu käyttöön raportointi, antaa modeemi tasaisin väliajoin liikennetietoa DSFLOWRPT-tulosteella. Tässä curr_ds_time kertoo nykyisen yhteyden pituuden sekunteina. Tx_rate- ja Rx_rate-arvot kertovat hetkellisen lähetys- ja vastaanotto-nopeuden bitteinä sekunnissa ja curr_tx_flow- sekä curr_rx_flow yhteyden aikana siirretyn datan kokonaismäärän tavuina. Kaksi viimeistä arvoa ovat PDP-yhteyden vastaanotto- ja lähetysnopeudet bitteinä sekunnissa. Kaikki arvot ovat joko 8- tai 16-merkkisiä heksadesimaalilukuja.

AT+CLAC komennolla voidaan listata kaikki laitteen tukemat komennot, joiden joukosta löytyi nimien perusteella muitakin mielenkiintoisia komentoja, joita olisi ollut mielenkiintoista seurata. Dokumentaatioista ei kuitenkaan varmuudella löytynyt tietoa arvoista, jotka komennot tulostavat, joten näitä ei käytetty mittauksien tulokinnassa.



Kuva 5: Mittausohjelman vuokaavio

Mittaussovellus toteutettiin Python-kielellä. Sovellus käynnistää kaksi säiettä, joista toinen hoitaa komentojen lähettämisen modeemille ja toinen vastaussanomien käsittelyn ja datan tallentamisen SQLite:llä toteutettuun tietokantaan. Sarjaliikenteen käsittelyyn käytetään PySerial moduulia. Graafinen käyttöliittymä toteutettiin PyQt kirjastoa käyttäen.



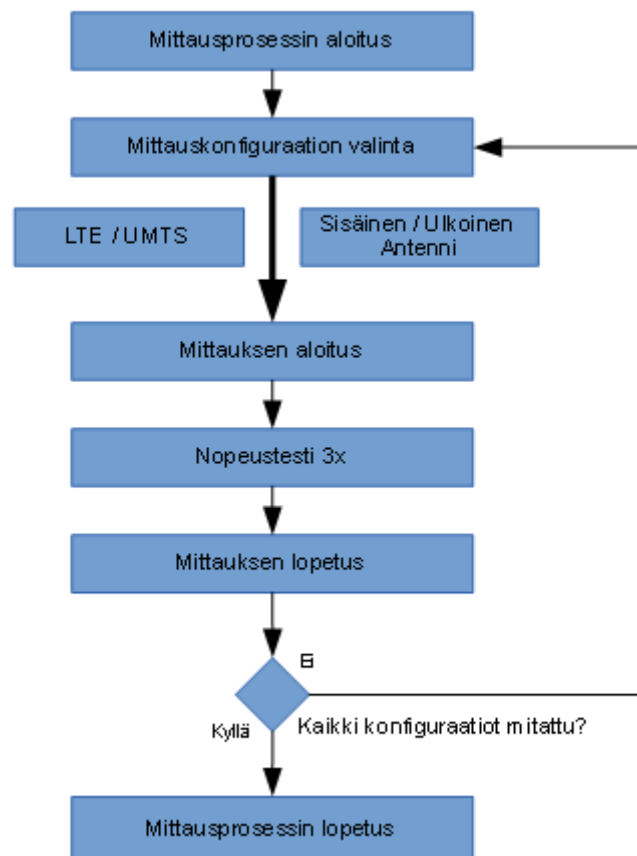
Kuva 6: Mittausohjelman käyttöliittymä

Sovelluksen tueksi kirjoitettiin PHP-kielellä mittausdatan visualisoiva web-sivu, jossa käy-

rien piirtäminen toteutettiin Google Graph API:lla.

4 Mittaukset

4.1 Mittausprosessi



Kuva 7: Mittausprosessin vuokaavio

Mittausprosessi aloitettiin valitsemalla kohteessa sijainti, jossa päätelaite normaalisti käytettäessä voisi sijaita. Tämän jälkeen suoritettiin neljä mittaussarjaa, joista ensimmäiset kaksi ilman ulkoista antennia, ja jälkimmäiset ulkoisen antennin kanssa. Päätelaite lukittiin vuorotellen UMTS ja LTE verkkoon.

Kun yhteys verkkoon muodostui, käynnistettiin mittaus sovelluksessa. Tämän jälkeen

verkkoa kuormitettiin speedtest.net:n nopeustestin automaattiasetuksilla kolme kertaa peräkkäin. Kun nopeustestit on ajettu loppuun, lopetetaan mittaus ja tallennetaan tiedot tietokantaan. Ym. prosessi toistettiin kaikille neljälle testikonfiguraatiolle.

4.2 Mittauskohde 1

4.3 Mittauskohde 2

5 Johtopäätökset