

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tietotekniikka, Tietoliikennetekniikka

Opinnäytetyö

Rami Lehtelä

**3G-verkon simulointi, ANRITSU MD8470A**

Ohjaava opettaja: Ari Rantala

Tampere 2010

Tekijä	Rami Lehtelä
Työn nimi	3G-verkon simulointi, Anritsu MD8470A
Sivumäärä	39
Päivämäärä	joulukuu 2010
Ohjaava opettaja	Ari Rantala

---

## TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli luoda mittausympäristö, jossa tarkastellaan WCDMA- ja GSM-radorajapintaa, sekä verrata lokiin tallentuneita radorajapinnan tapahtumia kirjallisuuden antamiin arvoihin. Mittausympäristön keskuksena toimii Anritsu MD8470A protokolla-analysaattori ja MX847010A simulaatio-ohjelmisto paketti. Ympäristöön kuuluvat kaksi Nokia n95 päätelaitetta, keskitin, Anritsu MD8470A, PC-tietokone ja akun tehonkulutusta mittaava yksikkö. Ulkoisten häiriöiden minimoimiseksi pääte-laitteita muokattiin siten, että saatiin päätelaitteiden antennit galvaanisesti liitettyä protokolla-analysaattorin radorajapintaan. Akun rasitusmittauksia varten toisen päätelaitteen akku siirrettiin ulkoiseen akkulaturiin, jota muokkaamalla mahdollistettiin virran ja jännitteen mittaus päätelaitteelle vievistä johtimista. Mittausympäristön lisäksi työ pitää sisällään simulaatio-ohjelmien suomenkieliset käyttöohjeet, sekä ohjeet protokolla-analysaattorin saamiseksi toimintavalmiuteen. Protokolla-analysaattori toimii Windows XP – käyttöjärjestelmän päällä, jolloin simulaatio-ohjelmat on toteutettu graafisilla käyttöliittymillä. Simulaatio-ohjelmilla voidaan simuloida kaikki yleiset matkapuhelinverkon tapahtumat WCDMA- ja GSM-järjestelmissä mukaan lukien SMS-viestiliikenteen.



## **ALKUSANAT**

Työn tilaajana oli Tampereen ammattikorkeakoulun tietotekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyön aiheen valitsin koulutuspäällikön Ari Rantalan suosittelemana. Työ on mielenkiintoinen ja se on ajankohtainen silmälläpitäen tulevia tietoliikennetekniikan opiskelijoita. Uuden laboratoriomittauksen luonti 3G-ympäristöön varmasti motivoi myös opiskelijoita mittaamaan nykytekniikkaa.

Tämä työ on julkinen.

Tampereella 9.12.2010

Rami Lehtelä

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	i
ABSTRACT .....	ii
ALKUSANAT .....	iii
SISÄLLYSLUETTELO .....	iv
KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT .....	v
1 JOHDANTO .....	1
2 UMTS .....	2
2.1 UMTS-verkko .....	3
2.3 UMTS-kanavat .....	5
2.3.1 UMTS-kanavasovitukset .....	7
2.4 Protokollatilat .....	14
2.4.1 Idle-tila .....	14
2.4.2 Cell_DCH-tila .....	15
2.4.3 Cell_FACH-tila.....	16
2.4.4 URA_PCH-tila.....	16
2.4.5 Cell_PCH-tila.....	17
2.5 Pääteleite ja tilaajatunnisteet .....	17
3 UMTS-protokollapino ja kerrokset .....	18
3.1 Signaalointiprotokollapino .....	18
3.1.1 Yhteyserroksen datavirta.....	19
3.2 Protokollakerrokset 1 – 3.....	19
3.2.1 Kerros 3, Radioresurssihallinta RRC .....	19
3.2.2 Kerros 2 .....	21
3.2.3 Kerros 1, Fyysinen kerros .....	24
4 Anritsu MD8470A protokolla-analysaattori.....	28
4.1 Mittausympäristön luonti.....	29
4.2 Päätelaitteiden muokkaaminen.....	31
4.3 Akun tehonkulutusmittaus.....	32
4.4 Analysaattorin mittausdatan vertaaminen kirjallisuuteen .....	34
4.5 Simulaatio-ohjelmien ohjeet .....	36
5 Yhteenveto.....	37
Lähteet.....	38
Liitteet .....	39

## **KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT**

3GPP – Third Generation Partnership Project, standardointijärjestö

3G – Third Generation, kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä

AICH – Acquisition indicator channel

AM – Acknowledged Mode, RLC:n datankuljetusmuoto

AMR – Adaptive Multi-Rate

AS – Access Stratum, pääsykerros

BCCH – Broadcast control channel, yleislähetysten hallintakanava

BCH – Broadcast channel, yleislähetyskanava

BER – Bit Error Rate, bittivirhesuhde

BS – BTS – Base Station, tukiasema

CCCH – Common control channel, yleinen kontrollikanava

CCTrCh – Coded Composite Transport Channel

CDMA – Code Division Multiple Access, koodijakokanavointi

CM – Connection Management, yhteyden hallinta

CNS – Couple-UE Network Simulator, analysaattorin simulaatio-ohjelma

CPCH – Common Packet Channel

CPICH – Common pilot channel

CRC – Cyclic Redundancy Check

C-RNTI - UTRAN Radio Network Temporary Identity

DCCH – Dedicated control channel

DCH – Dedicated channel

DL – DownLink, signaalin kulkusuunta tukiasemalta päätelaitteelle

DNS – Dynamic Name System

DPCCH – Dedicated physical control channel

DPDCH – Dedicated physical data channel

DS-CDMA – Direct Sequence CDMA, suorasekvenssikoodijakokanavointi

DSCH – Downlink Shared Channel

DTCH – Dedicated traffic channel

DTX – Discontinuous Transmission

ETS – Energy Management Test Simulator, analysaattorin simulaatio-ohjelma

FACH – Forward access channel, yleinen pääsykanava DL-suuntaan

FDD – Frequency division Duplex, taajuusjakodupleksi

GMM – GPRS Mobility Management

GSM – Global System for Mobile communication

GPRS – General Packet Radio Service

HSDPA – High Speed Downlink Packet Access

IMEI – International Mobile Equipment Identity

IP – Internet Protocol

IMSI – International Mobile Subscriber Identity

Iub – rajapinta tukiasemaohjaimelta tukiasemaan

Iur – rajapinta tukiasemaohjaimelta toiseen tukiasemaohjaimeseen

kbps – Kilobit / Second, tiedonsiirtonopeus ilmoitettuna kilobittinä / sekunti

L1 – Layer 1, Ensimmäinen kerros, fyysinen kerros

L2 – Layer 2, Toinen kerros, MAC- ja RLC-kerros

L3 – Layer 3, Kolmas kerros, RRC-kerros

MAC – Medium Access Control

Mbps – Megabit / Second, tiedonsiirtonopeus ilmoitettuna megabittiä / sekunti

MM – Mobility Management

MNS – Multi-cell Network Simulator, analyysoijan simulaatio-ohjelma

NAS – Non Access stratum, UMTS-protokollapinnan ylin kerros

Node B – Tukiasema

OVSF – Orthogonal Variable Spreading Factor

PCCH – Paging control channel

PCCPCH – Primary common control physical channel

PCH – Paging channel

PCPCH – Physical Common Packet Channel

PDSCH – Physical Downlink Shared Channel

PDSN - Packet Data Supporting Network

PDU – Protocol Data Unit

PHY – fyysinen (kerros)

PICH – Paging indicator channel

PRACH – Physical random access channel

PSC – Primary Scrambling Code, ensisijainen salauskoodi

PSTN – Public Switched Telephone Network



P-TMSI – Packet-Switched TMSI

RACH – Random access channel, yleinen pääsykanava UL-suuntaan

RB – Radio Bearer, Radiosiirtotie

RF – Radio Frequency, radiotaajuus

RLC – Radio Link Control, radiolinkkihallinta

RNC – Radio Network Controller – tukiasemaohjain

RNTI – Radio Network Temporary Identity

RRC – Radio Resource Control, radioresurssihallinta

SCCPCH – Secondary common control physical channel

SCH – Synchronization channel

SDU – Service Data Unit

SIB – System Information Block

SM – Session Management

SMS – Short Message Service, “tekstiviesti”

SSC – Secondary Scrambling Code, toissijainen salauskoodi

TB – Transport Block

TCTF – Target Channel Type Field

TDD – Time Division Duplex, aikajakodupleksi

TFC – Transport Format Combination

TM – Transparent Mode, RLC:n datankuljetusmuoto

TMSI – Temporary Mobile Subscriber Identity

UE – User Equipment, päätelaite

UL – UpLink, signaalin kulkusuunta päätelaitteelta tukiasemalle

UM – Unacknowledged Mode, RLC:n datankuljetusmuoto

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

URA – UTRAN Registration Area

U-RNTI - UTRAN Radio Network Temporary Identity

USB – Universal Serial Bus

USIM – Universal Subscriber Identity Module

UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

WCDMA – Wide Code Division Multiple Access, laajakaistainen koodijakokanavointi

WNS – Wireless Network Simulator, analysaattorin simulaatio-ohjelma

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on perehtyä kolmannen sukupolven UMTS-verkon ilmarajapintaan, jossa kanavointitekniikkana käytetään WCDMA:ta. Ilmarajapinnassa tarkkailaan kerrosten 1 – 3 välistä protokollavirtaa ja tutustutaan näiden kerrosten keskeisiin tehtäviin päätelaitteen ja UTRAN:in välisessä tiedonsiirrossa. Työssä tarkastellaan UMTS:n signalointikanavia, jotka ovat jaettu loogisiin, fyysisiin ja kuljetus kanaviin, sekä kuinka kanavat kytkeytyvät toisiinsa ilmarajapinnan kerrosten välillä. Ilmarajapintaan perehdytään Anritsu MD8470A protokolla-analysaattorin avulla, jolla voidaan luoda ”end-to-end”-tyyppisiä simulaatioympäristöjä päätelaitteen ja verkon välillä.

Työ sisältää myös 3G-mittausympäristön rakentamisen. Mittausympäristö rakentuu Anritsu MD8470A:n ympärille mahdollistaen mittaukset päätelaitteiden välillä, päätelaitteen ja verkon välillä. Akun rasiusta voidaan tarkastella myös eri simulaatiotilanteissa. Mittausympäristön rakennuksessa huomioitiin myös päätelaitteen pääsy selaamaan Internetiä, kytkemällä protokolla-analysaattori oletusyhdyskäytävänä toimivaan PC-tietokoneeseen.

Työhön kuului selkeiden käyttöohjeiden tekeminen protokolla-analysaattorille sekä simulaatio-ohjelmille. Jokaisen simulaatio-ohjelman ohjeet sisältävät ohjelman käynnistämisen, mittausasetusten asettamisen ja yhden testitilanteen. Liitteinä ovat Anritsu MD8470A protokolla-analysaattorin ja simulaatio-ohjelmien käyttöohjeet.

## 2 UMTS

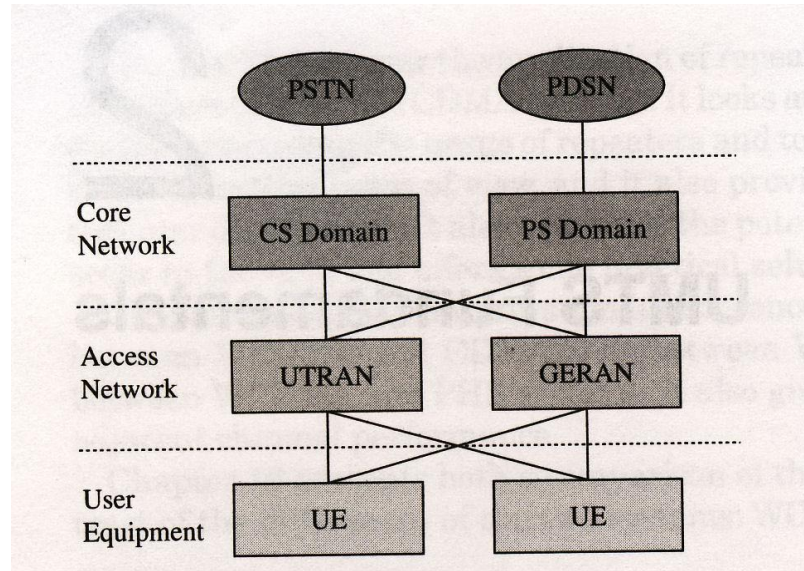
Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) on kolmannen sukupolven matkaviestintäteknikka. UMTS tukee lukuisia palveluita ja palveluluokkia bittinopeuksien ollessa 2 Mbps pakettikytketyssä verkossa, ja 384 kbps piirikytketyssä verkossa, kun High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) ei ole käytössä. UMTS tarjoaa korkealaatuisen puheen laadun, parannellun spektrin hyötysuhteen sekä suuremman kapasiteetin verrattuna toisen sukupolven tekniikoihin (GSM). Suurempi verkon kapasiteetti saavutetaan, kun tehonsäätö UMTS-verkossa toteutetaan 1500 Hz taajuudella verrattuna GSM-verkon 2 Hz tehonsäätötaajuuteen. Tällä eliminoidaan lähi-kauko-ongelma

UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) on UMTS-verkon radorajapinta, joka käyttää WCDMA-tekniikkaa. WCDMA tarkoittaa laajakaistaista koodijako-kanavointia. WCDMA on kehittynyt CDMA:sta ja sen laajakaistaisuus johtuu 5 MHz:n kaistanleveydestä. CDMA:ssa bittiaika jaetaan lastuihin (chip), joita voi yhtä bittiä kohden olla esimerkiksi 128, jolloin jokainen symboli koostuu 128:stä tilanmuutoksesta. CDMA on hajaspektrijärjestelmä, jossa data lähetetään koko taajuuskaistalle. Taajuuskaistalta poimitaan data laitteella olevan lastuista muodostuneen koodin perusteella.

WCDMA mahdollistaa taajuusjakoisen (FDD) sekä aikajakaisen (TDD) dupleksointitekniikan. Taajuusjakoisessa dupleksointitekniikassa downlink- ja uplink-suunnille varataan omat taajuusalueet, joilla päätelaitteet ja tukiasemat suorittavat tiedonsiirron. Frequency Division Duplex (FDD) tekniikkaa käytettäessä uplink-suunnan taajuuskaista on 1920–1980 MHz ja downlink-suunnan 2110–2170 MHz. Taajuusjakoisessa dupleksointitekniikassa WCDMA käyttää 3.84 Mcps lastunopeutta, joka on 3 840 000 lastua/sekunnissa. Hajautushyöty saadaan laskettua jakamalla lastunopeus bittinopeudella. Time Division Duplex (TDD) tekniikassa tiedonsiirto uplink- ja downlink-suuntiin toteutetaan käyttämällä samaa taajuusaluetta. TDD:n taajuuskaista on 2020–2025 MHz.

## 2.1 UMTS-verkko

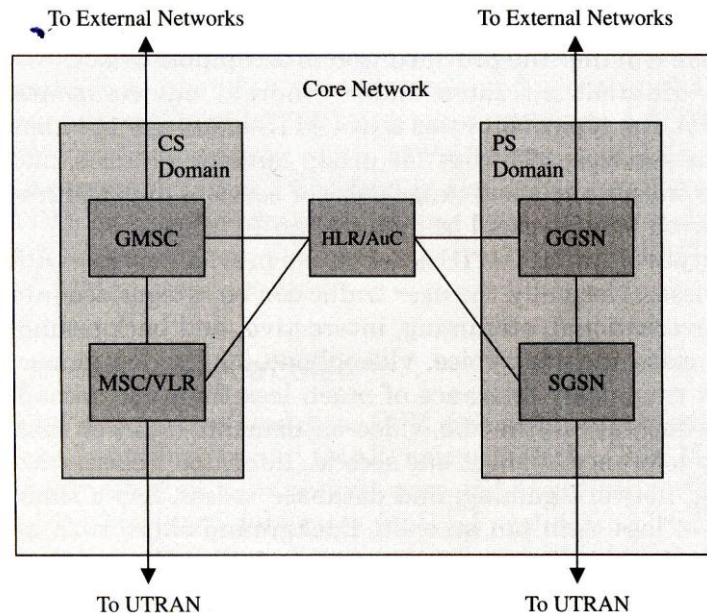
UMTS-verkko koostuu runkoverkosta (Core Network), pääsyverkosta (Access Network) ja päätelaitteista (User Equipment). Kuvassa 1 nähdään UMTS-verkon yleisrakenne.



Kuva 1: UMTS-verkon rakenne /1/

Runkoverkon tehtävänä on kytkeä ja reitittää puheluita sekä dataa ulkopuolisiin verkkoihin. UMTS:n runkoverkko pohjautuu GSM-runkoverkkoon, joka koostuu pakettikytketystä ja piirikytketystä toimialueesta. Piirikytkentäinen (CS Domain) tiedonsiirto pitää sisällään puheen ja muun vähän tiedonsiirtonopeutta vaativan datan, ja pakettikytkentäinen (PS Domain) tiedonsiirto esimerkiksi multimediaa.

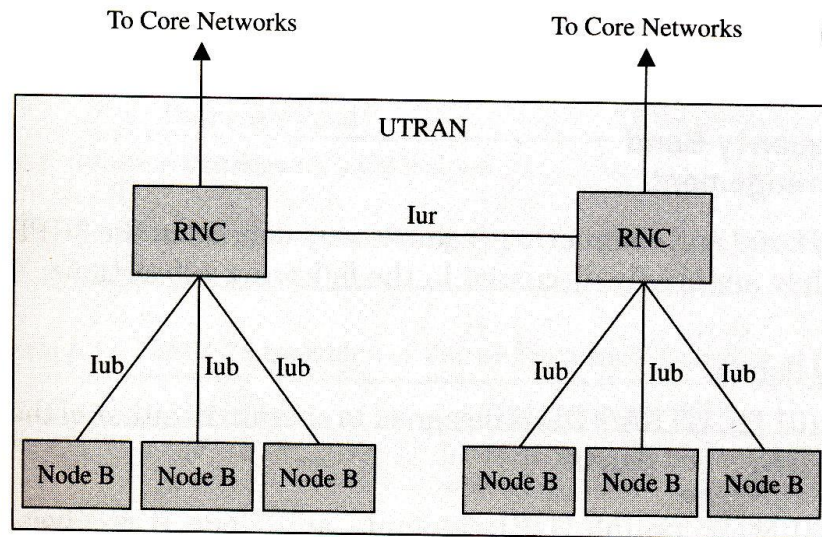
Runkoverkossa piiriytyketyt puhelut yhdistetään julkiseen puhelinverkkoon, Public Switched Telephone Network (PSTN), ja pakettikytketty data yhdistetään pakettidatan palvelusolmuun, PacketData Supporting Network (PDSN). Kuvassa 2 nähdään runkoverkon rakenne.



Kuva 2: UMTS-runkoverkko /1/

UTRAN tarjoaa ilmarajapinnan päätelaitteille mahdollistaen pääsyn runkoverkkoon. UTRAN koostuu tukiasemista (Node B) ja tukiasemaohjaimesta (RNC). UTRAN:ssa on määritelty kaksi rajapintaa Iub ja Iur. Iur yhdistää kaksi tukiasemaohjainta mahdollistaen soft handoverin. Iub on rajapinta tukiasemaohjaimen ja tukiaseman välillä. UTRAN käyttää Direct Sequence CDMA (DS-SS) – tekniikkaa, jossa käyttäjätiedot kerrotaan ortogonaalisilla vaihtelevan pituisilla levityskerroin (OVSF) – koodeilla. Tukiaseman vastuulla ovat ilmarajapinnan lähetys ja vastaanotto, modulointi ja demodulointi, fyysinen kanavakoodaus, mikrodiversiteetti, virheen korjaus ja suljetun silmukan tehonsäätö. Tukiasemaohjain vastaa radioresurssien hallinnasta, pääsyn hallinta, kanava allokoinnista, tehonsäätö asetuksista, solun vaihdosta, makrodiversiteetistä, salauksesta,

segmentoinnista ja uudelleen kokoamisesta, broadcast-signaloinnista ja avoimen silmukan tehon säädöstä. Kuvassa 3 nähdään UTRAN:in rakenne.



Kuva 3: UTRAN /1/

Päätelaite on yhteydessä tukiasemaan (Node B) ilmarajapinnan välityksellä. Päätelaite usein lyhennetään User Equipment (UE). Päätelaite voi olla esimerkiksi kannettava tietokone tai matkapuhelin. Päätelaite tarvitsee Universal Subscriber Identity Module (USIM) – kortin. Päätelaite sisältää monta eri identifioivaa tunnistetta tai tunnisteita, jotka generoidaan ennen tiedonsiirron alkua. International Mobile Station Equipment Identity (IMEI), joka on laitevalmistajan päätelaitekohtainen tunnus, ja Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI) ovat osa näistä tunnisteista. Päätelaite voi toimia pakettikytketyksi, piirikytketyksi tai hybriditilassa.

### 2.3 UMTS-kanavat

UMTS-kanavat voidaan määrittellä datavirran suunnan, kanavan funktion ja kanavan tyyppin mukaan. Downlink-kanavilla tieto lähetetään UTRAN:ilta UE:lle ja uplink-kanavilla tieto lähetetään UE:lta UTRAN:lle. Kanavan funktio voi olla joko looginen

kanava, joka kuljettaa signalointi- ja käyttäjätietoa, tai kuljetuskanava, joka määritellään miten tieto siirretään. Fyysinen kanava määritetään fyysisten kartoitusten ja kanavan kehysrakenteen mukaan. UMTS Release 99 määrittää seuraavat kanavat:

#### Loogiset kanavat

BCCH – Broadcast control channel

PCCH – Paging control channel

CCCH – Common control channel

DCCH – Dedicated control channel

DTCH – Dedicated traffic channel

#### Kuljetuskanavat

BCH – Broadcast channel

PCH – Paging channel

FACH – Forward access channel

RACH – Random access channel

DCH – Dedicated channel

#### Fyysiset kanavat

PCCPCH – Primary common control physical channel

SCCPCH – Secondary common control physical channel

PICH – Paging indicator channel

PRACH – Physical random access channel

AICH – Acquisition indicator channel

CPICH – Common pilot channel

DPDCH – Dedicated physical data channel

DPCCH – Dedicated physical control channel

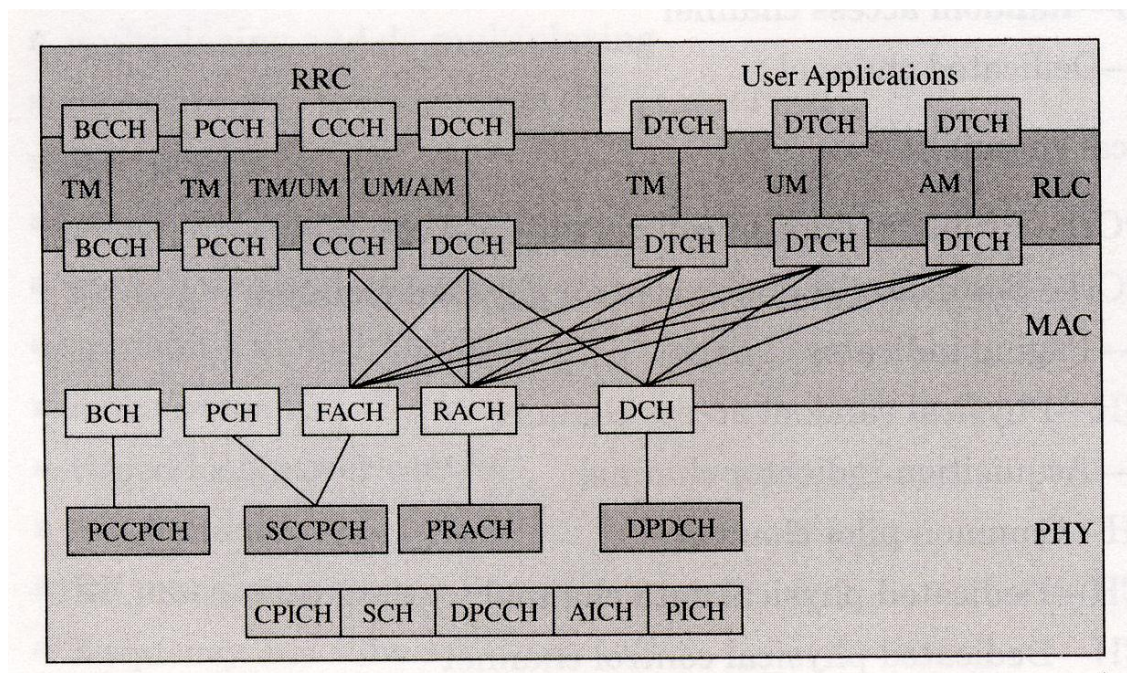
SCH – Synchronization channel



Näiden kanavien lisäksi Release 4 sisältää uplink-suunnan kuljetuskanavan Common Packet Channel (CPCH) ja Physical Common Packet Channel (PCPCH), sekä down-link-suunnan kuljetuskanavan Downlink Shared Channel (DSCH). Release 5 sisältää myös high-speed kanavat, joihin ei kuitenkaan tutustuta tarkemmin.

### 2.3.1 UMTS-kanavasovitukset

Kuvassa 4 nähdään Release 99 kanavasovitukset. Kuvasta nähdään kuinka loogiset kanavat ovat linkitetty kuljetuskanaviin ja kuljetuskanavat edelleen fyysisiin kanaviin. Kuvasta nähdään myös kuinka kanavat voidaan sovittaa yksi-yhtyeen tai yksi-useaan tyypisesti riippuen mukana olevista kanavista. On huomioitava, että kaikki sovitukset eivät tapahdu samanaikaisesti, mutta jotkut saattavat. Esimerkiksi kolme DTCH-kanavaa, jotka kantavat äänidataa on saatettu linkittää kolmeen DCH-kanavaan. Kuvassa nähdään myös seuraavat fyysiset kanavat, jotka kuljettavat vain fyysisen kerroksen sisältämää tietoa, ei ylempien kerroksien signaali- tai käyttäjädataa: CPICH, SCH, DPCCH, AICH ja PICH.

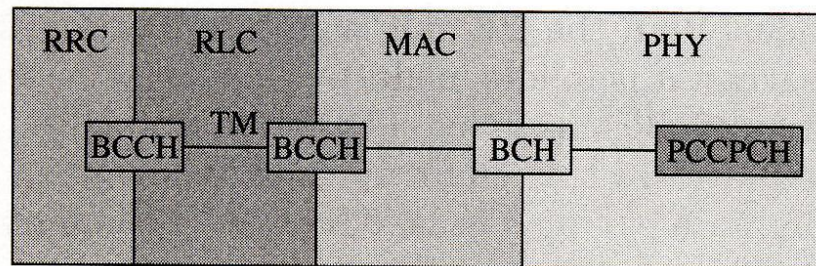


Kuva 4: UMTS-kanavakartoitukset /1/

Seuraavissa alaotsikoissa käydään läpi tarkemmin yksittäisiä kanavasovituksia loogisten kanavien mukaan. Kanavat pitävät sisällään radioresurssien hallinnassa käytettävät loogiset kanavat: BCCH, PCCH, CCCH ja DCCH sekä käyttäjätiedotkanavan DTCH.

### BCCH-kanavasovitus

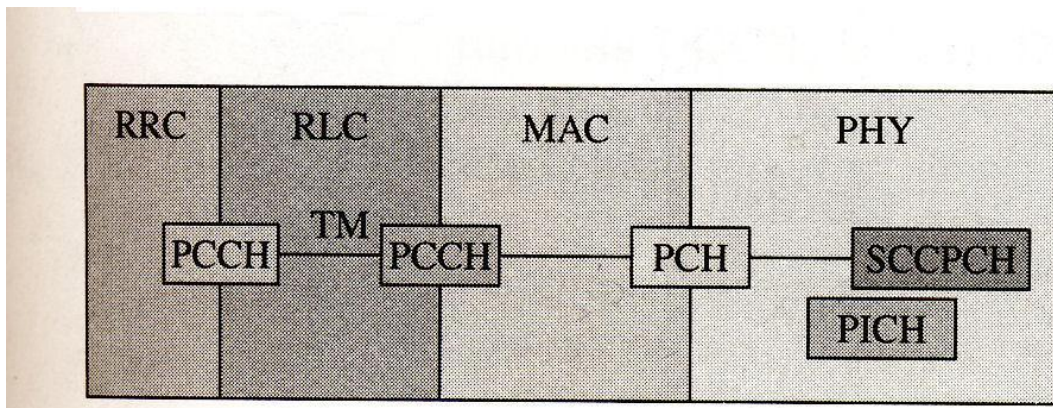
Broadcast Control Channel (BCCH) on downlink-suuntainen yleinen looginen kanava. Kanava kuljettaa järjestelmäinformaatiota, jota vaaditaan päätelaitteen pääsyyn UMTS-verkkoon. Radiosiirtotiet (RB) välittävät signaloinnin radioresurssihallinnasta radiolinkkihallinnan läpi aina transparent-moodissa. Järjestelmäinformaatiota lähetetään BCCH-kanavalla 20 ms välein. Päätelaitte tarkkailee tätä kanavaa ensimmäisen verkkoon kirjautumisen jälkeen tai kun se siirtyy uuteen soluun, pitääkseen järjestelmäinformaation ajan tasalla. Kuvassa 5 nähdään kuinka kanavasovitus on toteutettu loogiselle BCCH-kanavalle. Kanavasovitus on käänteinen päätelaitteella, joka vastaanottaa järjestelmäinformaation.



Kuva 5: BCCH-kanavasovitus /1/

### PCCH-kanavasovitus

Paging Control Channel on myös yleinen looginen downlink-suuntainen kanava. PCCH-kanavalla välitetään hakuviestejä päätelaitteiden hakua varten ja kanava liittyy fyysiseen Physical Paging Indicator Channel (PICH) – kanavaan. Myös PCCH-kanavalla signaali radiolinkkihallinnan läpi kulkee transparent-moodissa. Kanavasovituksessa esiintyvä Paging Channel (PCH) lähettää jatkuvasti, mutta päätelaite tarkkailee PICH-kanavaa vain hakutilanteissa kun se on joko idle-, Cell\_PCH- tai URA\_PCH tilassa. PICH-kanava välittää indikaattori bittejä, jotka ilmaisevat lähetetäänkö hakuviesti päätelaitteelle fyysisellä SCCPCH-kanavalla. Jos indikaattori ilmaisee, että hakuviesti lähetetään, kaikki päätelaitteet, joille viesti on osoitettu, on purettava SCCPCH-kanavalla oleva data ja pääteltävä, mikä päätelaite lukee koko hakuviestin. Kuvassa 6 nähdään PCCH-kanavasovitus, sekä myös aiemmin mainittu fyysisen kerroksen PICH-kanava.



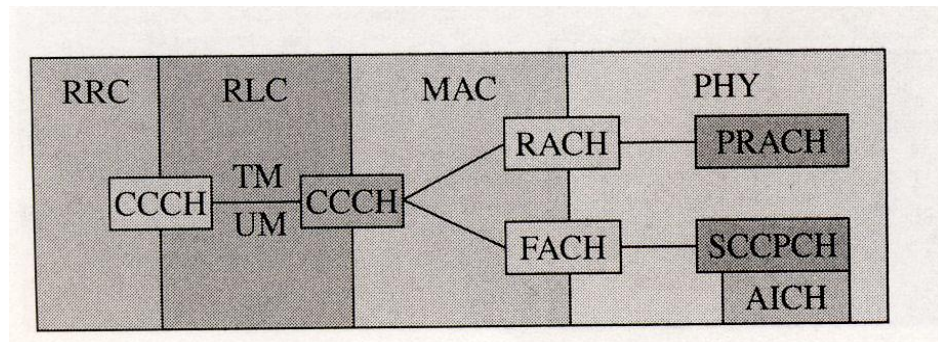
Kuva 6: PCCH-kanavasovitus /1/

### CCCH-kanavasovitus Idle-tilassa

Idle-tilassa päätelaitteelle ei ole varattu dedicated-kanavia. UTRAN-päädysässä Downlink-suuntaan kanavasovitus kulkee FACH- ja SCCPCH-kanavien kautta, ja uplink-suuntaan PRACH- ja RACH-kanavien kautta. Päätelaitteen päädysässä kanavasovitus on vastaava. CCCH-kanavansignaali downlink-suuntaan on transparent-moodissa ja uplink-suuntaan unacknowledged-moodissa liikuttaessa radiolinkkihallinnan (RLC) läpi.

Päätelaite voi pyytää lupaa lähettää PRACH-kanavalle lähettämällä PRACH-preamble viestejä UTRAN:lle. Tätä hakua voidaan kutsua hajasaantiproseduuriksi. UTRAN vastaa FACH-kanavan kautta saatuaan pyynnön päätelaitteelta.

Fyysisellä kerroksella oleva kanava AICH välittää tiedon päätelaitteelle, jos tämä saa luvan alkaa lähettää PRACH-kanavalle. AICH-kanava ei välitä ylempien kerroksien signalointia, vaan välittää vain positiivisen tai negatiivisen indikaattorin päätelaitteelle, jotta päätelaite voi päätellä, saako se lähettää PRACH-kanavalle. Kuvassa 7 nähdään kanavasovitus CCCH-kanavalle.

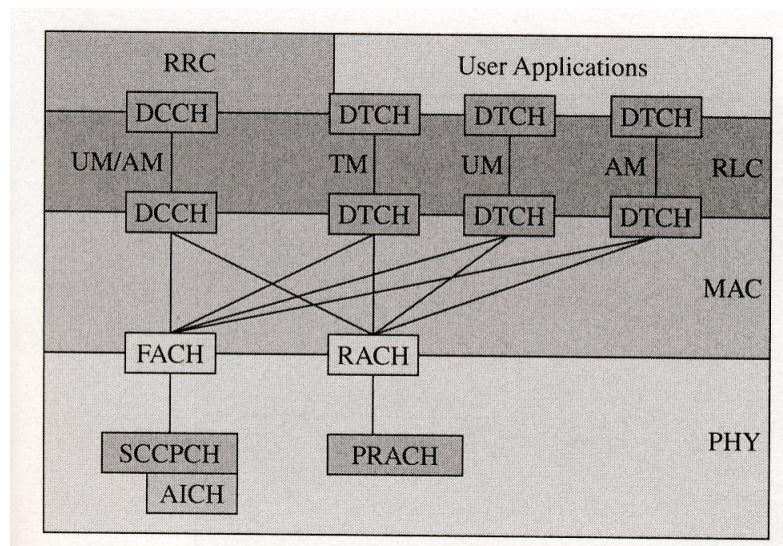


Kuva 7: CCCH-kanavasovitus /1/

### Kanavasovitus DCCH/DTCH-kanavien ja RACH/FACH-kanavien välillä

Connected-tilassa ei ole CCCH-kanavaa vaan tämän sijaan käytetään DCCH-kanavaa signalointiin. DCCH- ja DTCH-kanavat voivat ohjata liikenteen yleisille RACH- tai FACH-kanaville. UTRAN päädyssä DCCH-kanavalla kulkeva data ohjataan FACH:n läpi SCCPCH-kanavalle downlink-suuntaan. Myös DTCH-kanava voi lähettää purske-dataa FACH-kanavalle, jos dedicated-kanavia ei ole vielä varattu. Uplink-suuntaan RACH ohjaa datan DTCH-kanaville ja signaloinnin DCCH-kanaville.

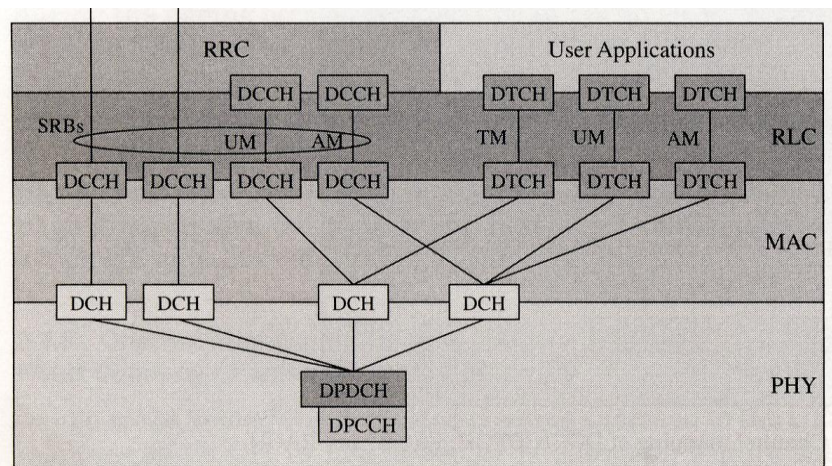
Päätelaitteella kanavasovitus toimii vastaavasti. Päätelaite ottaa vastaan datan SCCPCH:n läpi FACH kanavalla ja lähettää dataa ja signalointia RACH:n läpi PRACH-kanavalla. Kuvasta nähdään kuinka signalointi DCCH:n radiolinkkihallinnassa voidaan suorittaa UM/AM-moodeissa ja vastaavasti DTCH-kanavilla radiolinkkihallinnassa UM/AM/TM-moodeissa. RACH- ja FACH-protokollat connected- ja idle-tilassa ovat samat ja jos päätelaite haluaa lähettää signalointi- tai käyttäjädataa PRACH-kanavalle on käytävä läpi sama hajasaantiproseduuri kuin idle-tilassa. Kuvassa 8 nähdään kanavasovitus.



Kuva 8: kanavasovitus DCCH/DTCH, FACH, RACH /1/

### Kanavasovitus dedicated-kanaville

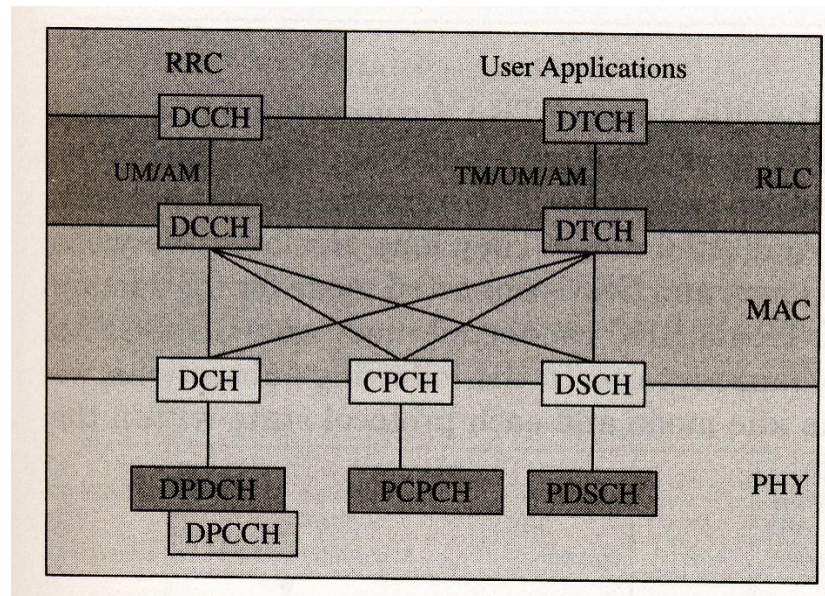
Dedicated-kanavat DCCH, DTCH, DCH ja DPDCH kantavat signalointi-informaatiota ja käyttäjädataa UTRAN:in ja yksittäisen päätelaitteen välillä. Nämä kanavat varataan, kun äänipuhelu tai datan siirto on käynnissä. Näiden kanavien kanavasovitukset nähdään kuvassa 9. DCCH- ja DTCH-kanavat voivat liittyä yhteen DCH-kanavaan tai yksittäisiin DCH-kanaviin. Yleisesti kaikki DCH-kuljetuskanavat liittyvät yhteen fyysisen kerroksen kanavaan DPDCH:n. Fyysisessä kerroksessa DPDCH-kanavaan liittyy DPCCH-kanava, joka välittää kontrolli-informaatiota sisältäen esimerkiksi tehonsäädön. Yleensä kaksi DCCH-kanavaa kuljettaa radioresurssihallinnan signalointia, toinen UM- ja toinen AM-tilassa. Toiset kaksi DCCH-kanavaa kuljettaa NAS-signalointia. DTCH-kanavien määrä riippuu käyttäjäsovelluksen tyypistä. Esimerkiksi kolmea DTCH-kanavaa käytetään kuljettamaan kolmea eri luokkaa olevia äänibittejä, jotka on luotu adaptive multi-rate (AMR) vokooderilla.



Kuva 9: dedicated-kanavien sovitus /1/

### Kanavasovitus CPCH- ja DSCH-kanaville

PCPCH on uplink-suunnan fyysinen kanava, joka kuljettaa CPCH:ta. Downlink Shared Channel (DSCH) on downlink-suunnan kuljetuskanava, joka jaetaan usealle päätelaitteelle. DSCH liittyy yhteen tai useampaan DCH-kanavaan ja sitä lähetetään koko soluun tai solun osaan käyttäen älykkäitä antennoja. DSCH yhdistyy DCCH ja DTCH loogisiin kanaviin ja fyysiseen Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) – kanavaan. PDSCH kuljettaa DSCH-kanavan dataa ja on varattu vain yhdelle päätelaitteelle yhden radiokehysten ajan. Yhden radiokehysten aikana UTRAN voi myös lähettää muille päätelaitteille käytettäessä OVSF koodausta. Kuvassa 10 nähdään CPCH- ja DSCH-kanavasovitukset. Common Packet Channel (CPCH) on uplink-suunnan kuljetuskanava, joka yhdistyy DCCH ja DTCH loogisiin kanaviin ja Physical Common Packet Channel (PCPCH) – kanavaan.



Kuva 10: CPCH- ja DSCH-kanavasovitukset /1/

## 2.4 Protokollatilat

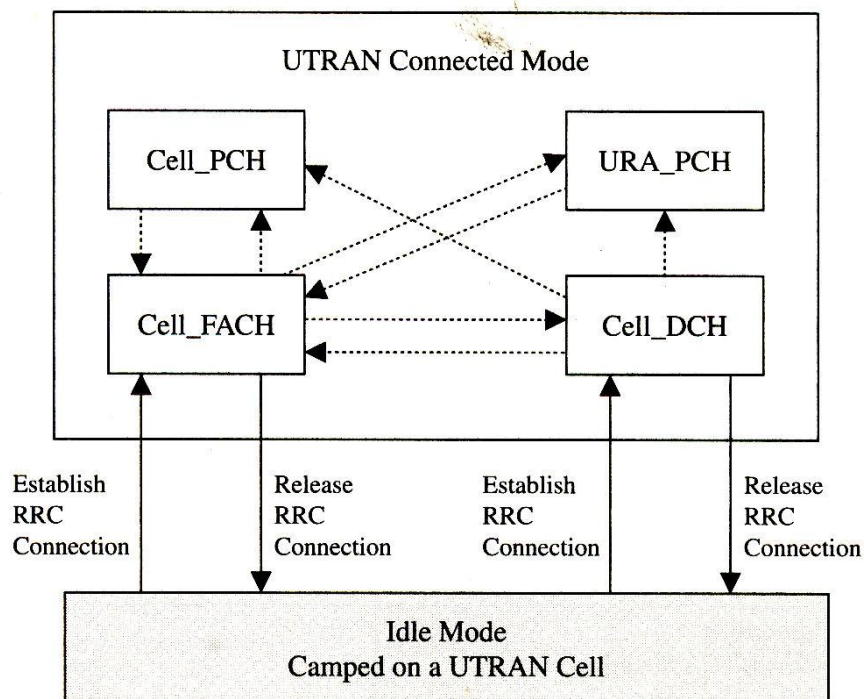
Tässä kappaleessa keskitytään protokollatiloista vain Idle-tilaan ja UTRAN yhdistettyyn tilaan. Idle-tilasta voidaan siirtyä UTRAN yhdistettyyn tilaan avaamalla radioresurssi-hallintayhteys (RRC Connection) ja takaisin Idle-tilaan purkamalla yhteys. UTRAN-yhdistetyssä tilassa päätelaite on avannut RRC-yhteyden UTRAN:n kanssa. Nämä 3GPP standardin mukaiset neljä tilaa ovat Cell\_DCH-tila, Cell\_FACH-tila, URA\_PCH-tila ja Cell\_PCH-tila. Poikkeuksena osa verkkolaitetoimittajista ei tue Cell\_PCH-tilaa vaan pitävät sitä URA\_PCH-tilan erikoistapauksena. Seuraavissa alaotsikoissa tarkastellaan näitä neljää yhdistetyn tilan protokollatilaa sekä Idle-tilaa.

### 2.4.1 Idle-tila

Idle-tilassa päätelaitteella ei ole aktiivisia piiri- tai pakettikytkettyjä puheluita. Päätelaite kuitenkin voi olla rekisteröityneenä piiri- tai pakettikytkettyyn verkkoon palveluja varten. Päätelaite ”nukkuu” suurimman osan ajasta, ja ”herää” kuuntelemaan PICH- sekä SCCPCH-kanavaa, kun hakuviestin lähetys tapahtuu. Jos verkko haluaa välittää puhelun päätelaitteelle, UTRAN:n on haettava päätelaitetta hakuviestillä päätelaitteelle määrätyn hakuajankohdan aikana. Päätelaitteen vastattua hakuun lähettää päätelaite UTRAN:lle pyynnön avata RRC-yhteys. Päätelaite puolestaan voi myös pyytää RRC-yhteyttä soit- taakseen puhelun. Päätelaite lähettää pyynnön RACH-kanavalle.



Kuvassa 11 nähdään kuinka päätelaite voi siirtyä Idle-tilaan, kun se sijaitsee UTRAN solussa tai kun RRC-yhteys puretaan Cell\_FACH- tai Cell\_DCH-tilasta. Idle-tilassa päätelaitteen on suoritettava reititys- ja aluepäivitys proseduurit siirryttäessä uudelle alueelle tai reititysalueelle. Uusi alue tai reititysalue saattaa sisältää monia soluja, joten UTRAN:n on haettava päätelaitetta jokaisesta alueeseen kuuluvasta solusta. Idle-tilassa päätelaite tunnistetaan International Mobile Subscriber Identity (IMSI)-, Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI) tai Packet-Switched Temporary Mobile Subscriber Identity (P-TMSI)-tunnisteesta.



Kuva 11: Idle- UTRAN yhdistetyt tilat /1/

#### 2.4.2 Cell\_DCH-tila

Cell\_DCH-tilassa päätelaitteelle on varattu fyysinen dedicated-kanava tiedonsiirtoa varten. Kuvassa 11 nähdään että, Cell-DCH-tilaan voidaan siirtyä Idle-tilasta RRC-yhteyden auettua tai Cell\_FACH-tilasta kun fyysinen dedicated-kanava on määritetty. Kun dedicated-kanava on varattu päätelaitetta, ei erikseen tarvitse enää tunnistaa. Pääte-

laitteen siirtyessä uuden solun peittoalueelle uudet kanavat uudessa solussa avataan ja vanhat yhteydet fyysisillä dedicated-kanavilla puretaan. Piirikytketyt puhelut käyttävät fyysisiä dedicated-kanavia Cell\_DCH-tilassa taatakseen varman läpikäynnin puhelulle. Myös suurta tiedonsiirtonopeutta vaativat pakettikytketyt puhelut käyttävät samaa metodologiaa. Resurssien säästämiseksi pientä tiedonsiirtoa vaativat pakettikytketyt puhelut käyttävät Cell\_FACH-tilaa.

### **2.4.3 Cell\_FACH-tila**

Cell\_FACH-tilassa fyysisiä dedicated-kanavia ei ole varattu päätelaitteelle. Kuvasta 11 nähdään, kuinka Cell\_FACH-tilaan voidaan siirtyä Idle-tilasta ja kaikista muista kolmesta yhdistetystä tilasta. Päätelaite voi siirtyä Cell\_FACH-tilaan Cell\_DCH-tilasta kun liikenne fyysisellä dedicated-kanavalla laskee riittävästi. Tässä tilanteessa loogiset dedicated-kanavat ovat edelleen varattu mutta tiedonsiirto näiltä kanavilta kulkevat yleisten kuljetuskanavien ja fyysisten kanavien kautta. Cell\_FACH-tilaan voidaan siirtyä URA\_PCH- ja Cell\_PCH-tiloista, kun näiden tilojen signaali- tai käyttäjädataa tarvitsee lähettää. Cell\_FACH-tilassa päätelaite ei nuku vaan tarkkailee jatkuvasti FACH-kanavaa, koska UTRAN saattaa lähettää dataa tai signaali- tai käyttäjädataa minä hetkenä hyvänsä esimerkiksi alhaisen tiedonsiirtonopeuden vaatimaa pakettikytkettyä dataa. UTRAN tietää päätelaitteen sijainnin solun tarkkuudella viimeisimmän päätelaitteen suorittaman solunpäivityksen perusteella. Dedicated-kanavien puuttuessa UTRAN tunnistaa päätelaitteen joko UTRAN Radio Network Temporary Identity (U-RNTI)- tai Cell Radio Network Temporary Identity (C-RNTI)-tunnisteella.

### **2.4.4 URA\_PCH-tila**

URA\_PCH-tilassa fyysisiä dedicated-kanavia ei ole varattu eikä uplink-suuntaista tiedonsiirtoa ei tapahdu. URA\_PCH-tilaan voidaan siirtyä Cell-FACH- ja Cell\_DCH-tiloista, kun aktiivinen tiedon siirto puuttuu näistä tiloista, nämä mahdolliset siirtymiset nähdään kuvassa 11. URA\_PCH-tilassa päätelaite nukkuu suurimman osan ajasta ja herää kuuntelemaan PICH- ja siihen liittyvää PCH-kanavaa hakuajankohdan aikana. Kun

UTRAN haluaa lähettää signalointia tai dataa päätelaitteelle, on lähetettävä hakuviesti hakuajankohtana päätelaitteelle, jotta päätelaite voi siirtyä Cell\_FACH-tilaan ja lähettää vastauksen RACH-kanavalla. URA\_PCH-tilassa UTRAN tietää päätelaitteen sijainnin URA-tasolla (UTRAN registration are). Tästä johtuen UTRAN tietää vain missä URA-alueessa päätelaite on ja joutuu lähettämään hakuviestin jokaiseen soluun, jonka yksi URA sisältää. Päätelaite tunnistetaan samoin, kuin Cell\_FACH-tilassa käyttäen URNTI-tunnistetta.

#### **2.4.5 Cell\_PCH-tila**

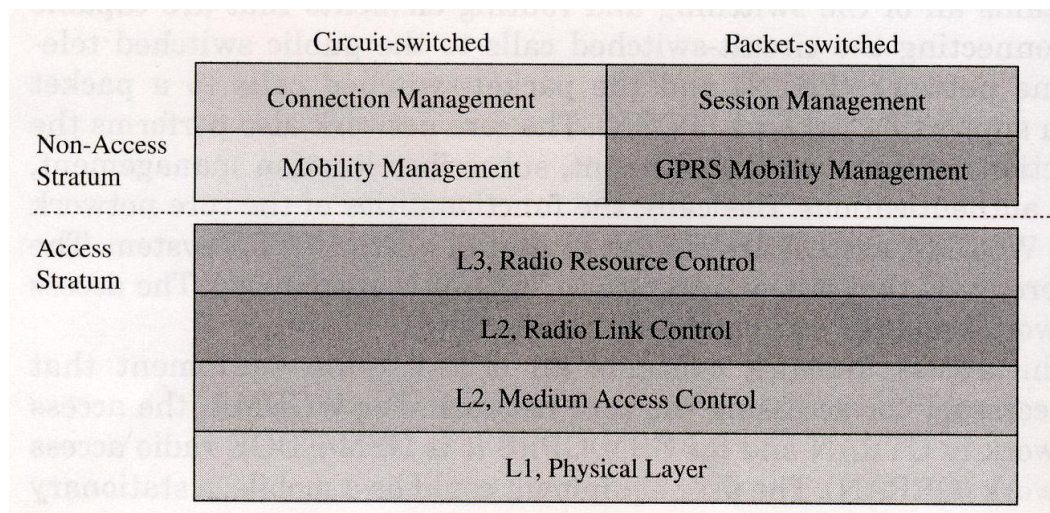
Cell\_PCH-tila on samantyyppinen kuin URA\_PCH-tila, mutta se käsittää vain yhden solun alueen. Kuvassa 11 nähdään mistä tiloista Cell\_PCH-tilaan voidaan siirtyä. Cell\_PCH-tilaan siirrytään kun tiedonsiirto kanavilla puuttuu. Ero URA\_PCH-tilaan on se, että UTRAN joutuu hakemaan päätelaitetta vain yhdestä solusta. Tämän tilan toiminta on täysin samanlainen kuin URA\_PCH:n käyttämä tunniste on myös sama URNTI.

### **2.5 Päätelaite ja tilaajatunnisteet**

Tunnisteita käytetään signalointiviestin vaihtoon UTRAN:n ja päätelaitteen välillä yleisillä kanavilla. Tämä tarkoittaa sitä, että yleisillä kanavilla liikkuvissa signalointiviesteissä on oltava tunniste. Tunniste voi olla, joko väliaikainen tai pysyvä ja tunnisteiden tyyppi riippuu viestityypistä. Tunnisteet voidaan myös jakaa käyttäjään liittyviin ja laitteeseen liittyviin tunnisteisiin. Käyttäjään liittyvät tunnisteet ovat määritetty runkoverkon toimesta ja ovat tallennettuna USIM-kortille. Näitä tunnisteita voidaan käyttää minikä tahansa päätelaitteen yhteydessä. Laitekohtaiset tunnisteet ovat tallennettuna muistiin ja näin ollen ovat laitekohtaisia. Näitä tunnisteita ovat International Mobile Subscriber Identifier (IMSI), TMSI, RNTI ja International Mobile Station Equipment Identity (IMEI).

### 3 UMTS-protokollapino ja kerrokset

UMTS:n käyttämä protokollapino jakautuu kahteen pääkerrokseen. Nämä kerrokset ovat ylemmät kerrokset, josta käytetään nimitystä Non Access Stratum (NAS), sekä yhteyskerros, josta käytetään nimitystä Access Stratum (AS). Kuvassa 12 nähdään protokollapinon rakenne.



Kuva 12: UMTS-protokollapino /1/

#### 3.1 Signaalointiprotokollapino

UMTS-NAS on pääasiallisesti sama kuin GSM:ssä. NAS pitää sisällään piirikytkentään kuuluvat Connection Management (CM) ja Mobility Management (MM) osiot sekä pakettikytkentään kuuluvat Session Management (SM) ja GPRS Mobility Management (GMM) osiot. CM huolehtii piirikytketyistä puheluista ja on vastuussa puhelun hallinnasta kuten puhelun avauksesta ja purkamisesta, tekstiviestipalvelusta ja soitonsiirrosta. MM hallitsee piirikytkentäisiä liikkuvia toimialuetoimintoja kuten sijainti- ja aluepäivityksiä. SM käsittelee pakettikytkettyjen puheluiden avauksen ja purkamisen. GMM taas huolehtii pakettikytkentäisiä liikkuvia toimialuetoimintoja, joita ovat reititys ja aluepäivitykset.

AS koostuu kolmesta kerroksesta, jotka vastaavat radiorajapinnan toiminnasta. Nämä kerrokset ovat Layer 1 (L1), Layer 2 (L2) ja Layer 3 (L3). L1 on fyysinen kerros (PHY). L2-kerros koostuu Radio Link Control (RLC) ja Medium Access Control (MAC) alakerroksista. L3-kerros on Radio Resource Control (RRC), joka hallitsee radioresursseja verkossa.

UMTS:n signaalintiprotokollapino voidaan myös jakaa edelleen neljään perusprotokollapinoon. Jako tehdään piirikytkentäisen ja pakettikytkentäisen protokollapinon välillä, jotka vielä jaetaan käyttäjätasoisesta ja hallintatason protokollapinoihin. Näin saadaan käyttäjätasoiselle ja hallintatason protokollapinot pakettikytketyssä sekä piirikytketyssä verkossa.

### **3.1.1 Yhteyskerroksen datavirta**

Yhteyskerroksessa protokollakerroksien lisäksi on myös radiosiirtoteitä Radio Bearers (RB) ja kanavia, jotka kuljettavat informaatiota kerroksien välillä. Radiosiirtotiet kuljettavat signaalintidataa RRC- ja RLC-kerrosten välillä ja kuljettavat myös käyttäjätasoisia sovelluskerroksien ja L2 välillä. Loogiset kanavat hoitavat tiedonsiirron RLC- ja MAC-kerroksien välillä ja kuljetuskanavat huolehtivat tiedonsiirron MAC- ja PHY-kerrosten välillä. Tämän jälkeen fyysiset kanavat siirtävät informaation ilmarajapinnan yli tukiaseman antenniin tai vastaavasti päätelaitteelle.

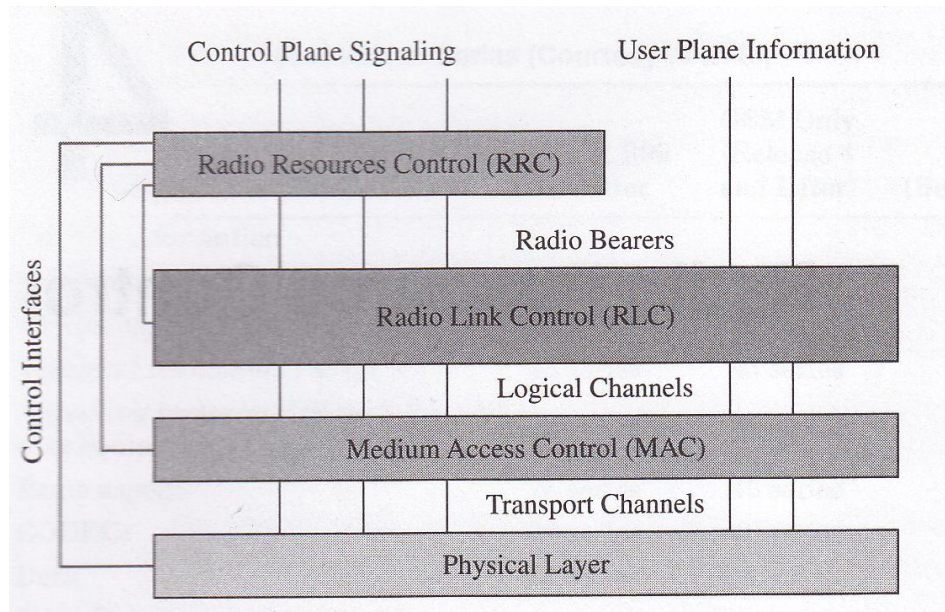
## **3.2 Protokollakerrokset 1 – 3**

Tässä kappaleessa protokollakerroksilla tarkoitetaan UMTS-protokollapinon pääsykerroksen neljää eri kerrosta. Nämä kerrokset ovat radioresurssihallinta, radiolinkkihallinta, MAC ja fyysinen. Seuraavissa alaotsikoissa selvitetään sekä protokollakerroksien keskeiset toiminnot radiorajapinnan tiedonsiirrossa että UMTS-protokollapino.

### **3.2.1 Kerros 3, Radioresurssihallinta RRC**

RRC-kerros on tärkein kaikista neljästä kerroksesta. Se kontrolloi ja konfiguroi kaikkia muita kerroksia sen alapuolella hallintarajapintojensa kautta. RRC tarjoaa myös signa-

lointi- ja kontrollirajapinnan yläpuolella oleville NAS-kerroksen tasoille. RRC:n pääasi-  
alliset funktiot ovat yhteyskerroksen hallinnointi, järjestelmäinformaation lähetyk-  
s, RRC:n yhteyden hallinta, radiosiirtoteiden hallinta, ilmoitus- ja hakutoiminnot, ylempi-  
en kerrosten viestien reititys, salauksen ja eheyden hallinta sekä tehonsäätö. Kuvassa 13  
nähdään RRC:n kontrollirajapinnat sekä radiosiirtotiet eri kerrosten välillä.



Kuva 13: RRC-kontrollirajapinnat /1/

UTRAN RRC lähettää järjestelmäinformaatioviestejä kaikille päätelaitteille BCH-  
kanavalla. Pääteleite saa järjestelmäinformaatioviestin kun se ensimmäisen kerran siir-  
tyy soluun. Järjestelmäinformaatioviesti välittää informaatioelementtejä, jotka koostuvat  
AS- ja NAS-tiedoista. Informaatioelementit välitetään BCH-kanavalla järjestelmätieto-  
lohkoissa (SIB). SIB-tyypit vaihtelevat yhden ja 18 välillä välittäen eri järjestelmätieto-  
ja päätelaitteelle. SIB-tyypit sisältävät paljon mittauksiin, solun vaihtoon ja yleisiin ka-  
naviin liittyviä tietoja, SIB-tyypit on jaettu RRC:n eri funktioiden mukaan ja esimerkik-  
si SIB-tyypit 11 ja 12 ovat tarkoitettu mittauksia varten, joiden perusteella voidaan suo-  
rittua tehonsäätö. RRC suorittaa haku- ja ilmoitusviestinnän kahdella eri tavalla. Pa-  
gingType1 käytetään, kun päätelaite on idle-, Cell\_PCH- tai URA\_PCH-tilassa. Kun

päätelaite on Cell-DCH- tai Cell-FACH-tilassa, käytetään vastaavasti PagingType2-hakua.

RRC-yhteyshallinta on tärkein RRC:n toimintaa. RRC on vastuussa yhteyden avaamisesta, ylläpitämisestä ja purkamisesta UTRAN:in ja päätelaitteen välillä. RRC-yhteyden avaaminen pyydetään aina päätelaitteelta, mutta UTRAN purkaa aina yhteyden. RRC on vastuussa myös päätelaitteen liikkuvuudesta matkapuhelinverkossa. Riippuen päätelaitteen tilasta, erilaisia menettelytapoja käytetään päätelaitteen liikkuvuudesta. Tähän vaikuttavat esimerkiksi onko puhelin paketti- vai piirikytkentäisessä puhelussa. Liikkuvuusmenettelyjä ovat esimerkiksi solunvaihto, solun päivitys, UTRAN rekisteröintialuepäivitykset, active set:in sisältävien solujen päivitys sekä inter-RAT-liikkuvuus. Mittauksen hallintaan UTRAN käyttää joko SIB:a tai lähettämällä mittaushallintaviestin. Mittaushallintaviesti voidaan lähettää, kun päätelaite on Cell\_DCH- tai Cell\_FACH-tilassa. Viesti sisältää tiedon mitä päätelaitteen on mitattava. Päätelaite voi suorittaa monia eri mittauksia mukaan lukien intra-frequency-, inter-frequency-, laatu-, BER-, liikennemäärä-, UE-sijainti- ja UE-lähetysteho mittauksia. Päätelaite vastaa UTRAN:lle mittausraportilla, kun mittauspyyntö on lähetetty päätelaitteelle tai tietyin määräajoin.

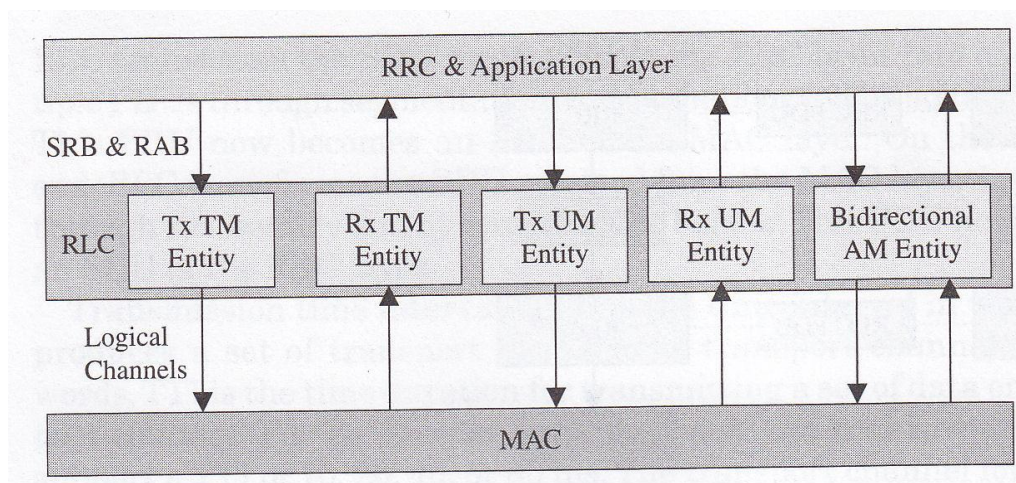
### **3.2.2 Kerros 2**

Toinen kerros koostuu kahdesta alikerroksesta, jotka ovat radiolinkkihallinta RLC- ja Medium Access Control MAC-kerroksesta. Näiden kerrosten väliin sijoittuvat UMTS-kanavista loogiset kanavat. RLC tarjoaa palveluita RRC-kerrokselle sekä sovelluskerrokselle ja tukee kolmea eri datansiirtomuotoa. MAC-kerros taas palvelee RLC-kerrosta ja sovittaa loogiset kanavat siirtokanaviin, sekä tarkkailee datavirtaa.

#### **Radiolinkkihallinta RLC**

RLC on kerroksen 2 alikerros. RLC palvelee RRC-kerrosta sekä ylempiä NAS-kerroksen sovelluskerroksia. RLC tukee kolmea eri datankuljetusmuotoa, jotka ovat Transparent Mode (TM), Unacknowledged Mode (UM) ja Acknowledged Mode (AM). RLC:n funktioita ovat signalointi- ja käyttäjätiedon kuljetus, segmentointi ja ko-

koaminen, ketjutus, täyttäminen (padding), virheenkorjaus, datan lähetyksen sekvenssissä ylemmille kerroksille, kaksoiskappaleen tunnistus, datavirran ohjaus, järjestysluvun tarkistus, protokollavirheen tarkistus ja korjaus sekä salaaminen UM- ja AM-moodissa sekä SDU:n hylkääminen. SDU on perus datayksikkö, joka kulkee kerrosten ja alikerrosten välillä protokollapinossa, kun PDU on perus datayksikkö, joka liikkuu rinnakkaisesti UTRAN:n ja päätelaitteen välissä. Kuvasta 14 RLC-datan-kuljetusmuodot protokollapinossa.



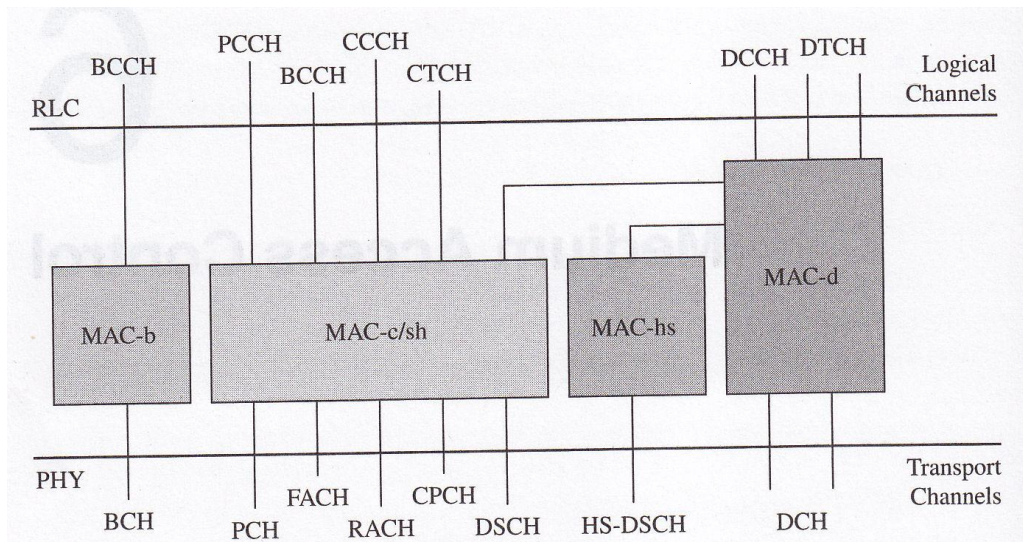
Kuva 14: RLC-datankuljetusmuodot /1/

Jokainen radiosiirotie on yhdistetty loogiseen kanavaan RLC-yksikön läpi, joka voi toimia joillakin kolmesta datankuljetusmuodosta. RRC varaa RLC-yksikön ja konfiguroi datankuljetusmuodon. TM:n ollessa käytössä PDU:t kuljetetaan ilman, että RLC puuttuu PDU:n muokkaamiseen. UM:n ollessa käytössä RLC lisää lisätään tunniste (header) jokaiseen PDU-yksikköön. Tunniste sisältää segmentointi-, ketjutus- ja järjestysnumeroinformaatiota. AM-datankuljetusmuodon ollessa käytössä, RLC tekee suorittaa vielä enemmän funktioita, kuin UM:n ollessa käytössä. Datankuljetusmuotojen ollessa hieman erilaisia, TM-PDU:t sisältävät vain dataa, kun UM- ja AM-PDU:t sisältävät tunnisteet ja datan.



## Medium Access Control – MAC

MAC-kerroksen tärkeimmät tehtävät ovat kanavasovitus ja multipleksointi loogisten- ja kuljetuskanavien välillä, datavirran priorisointi, UE:n tunnistus yleisillä kanavilla, liikennemäärän mittaaminen, Random Access Channel (RACH) – proseduurit ja TM-kuljetusmuodon salaus. Kun loogiset kanavat yhdistetään kuljetuskanaviin, MAC lisää asianmukaiset tunnisteet MAC-SDU:n. Tunnisteen lisäämisen jälkeen MAC-SDU muuttuu MAC-PDU:ksi. Täydellinen MAC-tunniste sisältää TCTF-, UE-tyyppi-, UE-Id- ja C/T-kentät. Täydellistä MAC-tunnistetta käytetään, kun loogiset dedicated-kanavat ovat sovitettu yleisille kuljetuskanaville. Tunnistetta ei käytetä, kun loogiset dedicated-kanavat ovat sovitettu dedicated-kuljetuskanaviin. Kuvassa 15 nähdään MAC-arkkitehtuuri.



Kuva 15: MAC-arkkitehtuuri /1/

MAC suorittaa TFC:n valinnan, joka sisältää Transport Block (TB) koon valinnan sekä sopivan kokoonpanon TB:a varten. MAC myös määrittää kuinka paljon dataa se voi toimittaa fyysiselle kerrokselle. Täten MAC:n on valittava sopiva TFC, jotta voitaisiin maksimoida fyysisen kerroksen vapaana olevat resurssit. Liikennemäärämittauksen päätelaite suorittaa PS-puhelun aikana. UTRAN voi pyytää päätelaitetta mittaamaan ja raportoimaan vapaana olevan liikennemäärän uplink-suuntaan. Näiden mittausten pe-

rusteella UTRAN voi päättää mihin neljästä yhteydellisestä protokollatilasta päätelaite siirtyy. Mittausten perusteella voidaan myös määrittää DCH-kanavan maksimitiedon-siirtonopeus. MAC-suorittaa myös TM-datankuljetusmuodon salauksen, RLC:n suorittaessa AM- ja UM-datankuljetusmuotojen salauksen. MAC:n suorittaessa salausta MAC-tunnistetta ei salata, koska tunniste saattaa sisältää UE-Id-osoitekentän. Tästä joh-tuen kaikki päätelaitteet voivat vastaanottaa tämän MAC-PDU:n, mutta vain päätelaite, jolle viesti on osoitettu voi purkaa salauksen.

MAC:n suorittamat RACH-proseduurit koostuvat yhteyspalveluluokan (ASC), sekä RACH-kanavan lähetyksen hallinnan. MAC valitsee yhteyspalveluluokan sekä laskee sitkeysviiveen. Yhteyspalveluluokka määräytyy numeerisen arvon perusteella. Tässä nolla(0) on suurin prioriteetti ja yhdeksän (9) pienin. Esimerkiksi puhelin ilman USIM-korttia saa prioriteetiksi nollan (0), jotta mahdollinen hätäpuhelu saa mahdollisimman suuren läpipääsyn. Tämän jälkeen aloittaa RACH-lähetyksen ja pyytää fyysisen kerroksen suorittamaan preamble ramping cycle – toiminnon. Päätelaite suorittaa preamble ramping cycle – toimintoa niin pitkään, että laskurin viimeinen raja-arvo täyttyy tai päätelaite vastaanottaa positiivisen kuittauksen UTRAN:lta.

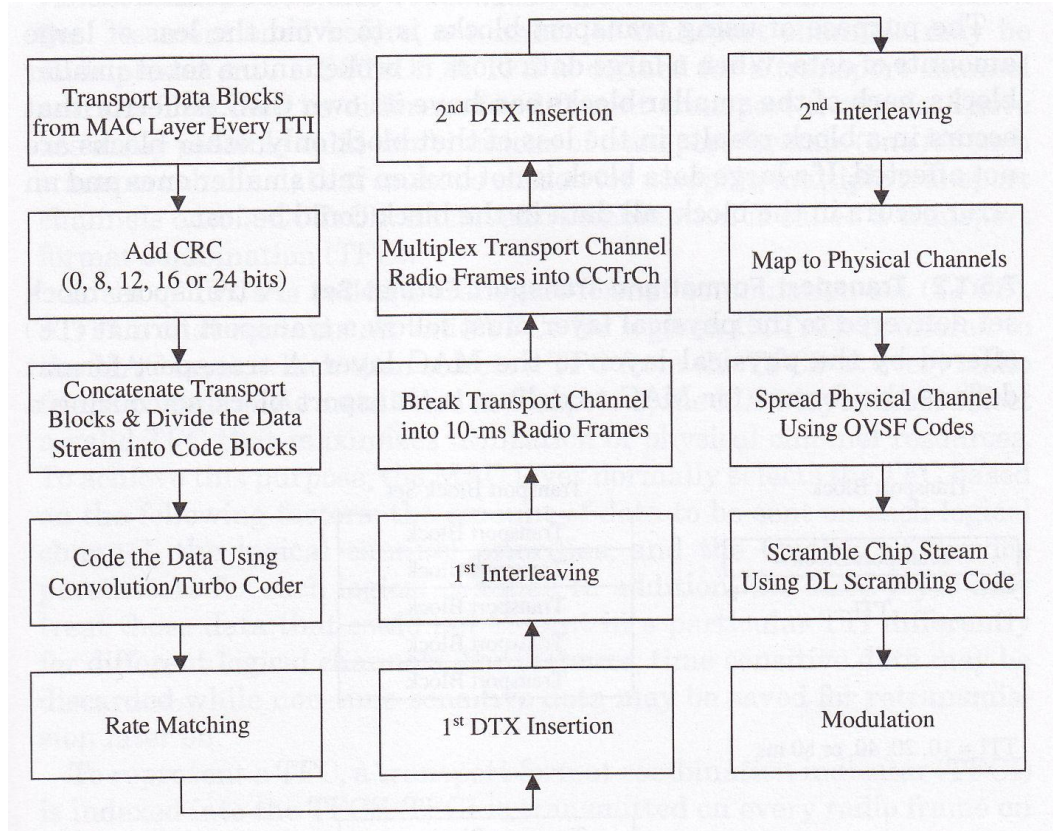
### **3.2.3 Kerros 1, Fyysinen kerros**

Fyysinen kerros on alin kerros protokollapinossa. Fyysinen kerros tarjoaa palveluja ylemmille kerroksille. Fyysiselle kerrokselle on määritetty useita kanavia. Fyysisen kerroksen keskeisiin tehtäviin kuuluu syklisen ylimäärävarmistuksen (CRC) liittäminen, kuljetuslohkojen ketjutus, koodaus ja dekkoodaus, virheen havaitseminen, lomitusta ja sen purku, multipleksaus ja sen purku, jatkuvan lähetyksen (DTX) lisääminen, nopeuden sovitus, modulointi ja demodulointi, levitys ja salaus, suljetun silmukan tehonsäätö, soft handover, sekä taajuus ja aika synkronointi.

WCDMA käyttää kolmen tyyppisiä koodia, joita ovat OVSF-, salaus- ja synkronointikoodit. OVSF-koodit levittävät datasympolit lastuiksi. OVSF antaa lastujen määrän symbolia kohden. Levityskertoimet voivat vaihdella välillä 4-512 downlink-suunnassa ja 4-256 uplink-suunnassa. Koodit, joilla levityskertoimet ovat erilaiset, ovat myös eri-

mittaisia. Downlink-suunnassa eri OVFS-koodit erottelevat päätelaitteet toisistaan solun sisällä. Uplink-suunnassa eri OVFS-koodit erottelevat päätelaitteen fyysiset dedicated-kanavat. Salauuskoodit ovat katkaistuja Gold-koodeja, jotka ovat näennäissatunnaisia kohinajaksoja, jotka simuloivat satunnaista kohinaa hyvillä ristikorrelaatio-ominaisuuksilla. Salauuskoodeja käytetään salaamaan dataa, erottamaan solut downlink-suunnassa ja erottamaan käyttäjät uplink-suunnassa. Jokainen salauuskoodi on 38 400 lastun pituinen. Normaaliassa tilassa käytetään downlink-suunnassa 8192 salauuskoodia. Nämä koodit on jaettu 512 ryhmään, joista jokaisessa on ensisijainen salauuskoodi (PSC) ja 15 toissijaista salauuskoodia (SSC). Kaikki 512 PSC:tä on vielä jaettu 64 salauuskoodiryhmään, joissa kaikissa on kahdeksan PSC:tä. Uplink-suuntaan käytössä on  $2^{24}$  salauuskoodia. UTRAN ilmoittaa päätelaitteelle mitä uplink-suunnan salauuskoodia tämän tulee käyttää kun fyysinen dedicated-kanava on määritetty. Jokaiselle pääte-laitteelle on määritetty uniikki salauuskoodi, joka täten erottaa käyttäjät toisistaan. Synkronointikoodit ovat kompleksiarvoisia sekvenssejä, jotka ovat 256 lastun pituisia. Synkronointikoodit pitävät sisällään yhden ensisijaisen ja 15 toissijaista synkronointikoodia. Ensisijainen synkronointikoodi määrittää aikavälien rajat ja toissijaiset synkronointikoodit määrittävät kehysten rajat.

Fyysinen kerros käyttää downlink-suunnan proseduureja. Tämä alkaa, kun fyysinen kerros vastaanottaa dataa MAC-kerrokselta ja loppuu, kun data lähetetään radioyhteyden fyysisille kanaville. Tämä koostuu monista peräkkäisistä askelista mukaan lukien CRC:n lisäys, kuljetuslohkojen ketjutus, datavirran jakaminen koodilohkoiksi, kanava-koodaus, ensimmäinen DTX-bittien lisäys, ensimmäinen lomitusta, kuljetuskanavan jakaminen 10 ms radiokehysiin, radiokehysten multipleksaaminen CCTrCh-kanavalle, toinen DTX-bittien lisäys, toinen lomitusta, sovitusta fyysisiin kanaviin, fyysisten kanavien levitys OVFS-koodeilla, fyysisten kanavien salaus ja modulointi. Kun modulointi on suoritettu, signaali lähetetään radiolinkille. Uplink-suunnan proseduurit ovat lähes samat kuin edellä mainittu downlink-suunnan proseduureilla.



Kuva 16: Fyysisen kerroksen askeleet lähetettäessä /1/

Kuvassa 16 nähdään fyysisen kerroksen askeleet downlink-suuntaan lähetettäessä. Downlink-suunnassa fyysiset kanavat sisältävät seuraavat: PCCPCH-, SCCPCH-, CPICH-, P-SCH-, S-SCH-, PICH-, AICH- ja DPCH-kanavat. Uplink-suunnan kanavina toimivat PRACH-, DPDCH- ja DPCCH-kanavat. Tärkeimmät fyysisen kerroksen proseduurit sisältävät ensimmäisen pääsyyntö verkkoon, päätelaitteen haku ja PRACH-kanavan proseduurit. Päätelaite suorittaa ensimmäisen pääsyyntö verkkoon, kun virrat kytketään päälle tai, jos päätelaite on menettänyt yhteyden. Ensimmäinen pääsyyntö määrittää ensisijaisen salauskoodin ja kehysajoituksen solussa, jotta päätelaite voi demoduloida PCCPCH-kanavalla olevan broadcast-datan. Päätelaite pääsee järjestelmään suorittamalla PRACH-proseduurit fyysisellä kerroksella. Ennen pääsyä päätelaitteen on valittava vapaa ”access slot” PRACH-kanavalla RRC- ja MAC-kerrosten antaman informaation perusteella. Päätelaitteen on myös otettava huomioon lähetysteho ja uudelleenlähetysten enimmäismäärä.

Node B:n sisältämät radiolinkit voivat olla alku-, epäsynkronisessa tai synkronisessa tilassa. Radioyhteyden perustamisessa voidaan käyttää kahta synkronointiproseduuria A ja B. A-proseduuria käytetään kun vähintään yksi downlink- ja uplink-suuntainen dedicated-kanava pitää perustaa, ja aiempia radioyhteyksiä ei ole. B-proseduuria käytetään kun jo valmiiseen radioyhteyteen lisätään uusia kanavia. Fyysisellä kerroksella päätelaitte ja UTRAN tarjoavat mittauksia ylemmille kerroksille. Näiden mittausten ja mittaus tulosten perusteella voidaan varmistaa puhelun optimaalinen toiminta koko puhelun ajan. Fyysisen kerroksen tarjoamia palveluita ovat handover, tehonsäätö, paikannus sekä päätelaitteen maksimilähetysteho. Näillä funktioilla voidaan optimoida tiedonsiirto matkapuhelinverkossa.

## 4 Anritsu MD8470A protokolla-analysaattori

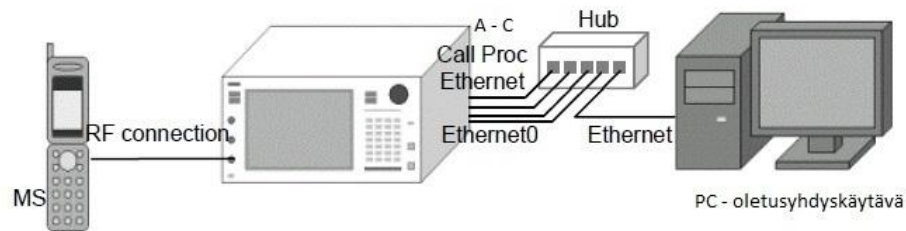
Anritsu MD8470A on protokolla-analysaattori, jolla voidaan mitata GSM- ja WCDMA-protokollavirtoja. Kuvassa 17 nähdään protokolla-analysaattori ja sen perusnäkyvä käynnistettäessä. Kuten kuvasta nähdään protokolla-analysaattori käyttää Windows XP-käyttöjärjestelmää. Laitteen operointi tapahtuu normaalin PC-tietokoneen tavoin näppäimistöä ja hiirtä käyttäen. MD8470A pitää sisällään yhden GSM-tukiaseman sekä kaksi WCDMA-tekniikkaa käyttävää tukiasemaa. Tällä kokoonpanolla voidaan toteuttaa systeemistä toiseen tapahtuvat solun vaihdot (inter-system handover), sekä taajuudesta toiseen tapahtuva solunvaihto (inter-frequenzy handover). Solua voidaan myös vaihtaa kahden WCDMA-tekniikkaa käyttävän tukiaseman välillä. Protokolla-analysaattori sisältää neljä erityyppistä simulaatio-ohjelmaa sekä tekstiviestikeskuksen ja Anritsu MX847010A-ohjelman. MX847010A on ohjelma joka tallentaa protokolla-analysaattorin läpi kulkevan protokollavirran lokiin yksityiskohtaisesti.



Kuva 17: Anritsu MD8470A – protokolla-analysaattori

## 4.1 Mittausympäristön luonti

Kuvassa 18 nähdään mittausympäristön peruslaitekytkentä yhdellä päätelaitteella. Keskeisin osa tutkintotyötä oli luoda Anritsu MD8470A – protokolla-analysaattorin ympärille testiympäristö, jolla voidaan testata ”end-to-end”-tyyppisiä simulaatiotilanteita. Mittausympäristöä varten protokolla-analysaattorin lisäksi tarvittiin PC-tietokone, kaksi Nokia n95 8gb päätelaitetta, hiiri, näppäimistö, keskitin, tarvittavat verkkokaapelit ja handset-luuri.



Kuva 18: Laitekytkentä

Pc-tietokone toimii mittausympäristössä MD8470A:n oletusyhdyskäytävänä, jota vaaditaan pakettidatamittauksissa. Protokolla-analysaattorin signalointiyksiköt A – D ja verkkoliitäntä sekä PC-tietokoneen verkkoliitäntä ovat yhdistettynä keskittimeen. Kytkenässä kaikki signalointiyksiköt ovat kytkettynä keskittimeen, täten vältetään turha verkkokaapeleiden uudelleenkytkentä signalointiyksiköiden vaihtuessa. PC-tietokoneeseen on myös liitetty tulostin, jolloin mitattua dataa voidaan tulostaa. Protokolla-analysaattorin ja PC:n ollessa verkkoyhteydessä voidaan joitakin kansioita jakaa ja siirtää myös mittausdataa analysaattorilta PC:lle.

Taulukossa 1 nähdään päätelaitteen IP-konfiguraatio. Taulukosta nähdään että päätelaite käyttää yksityistä osoitealuetta 192.168.0.0 / 24. DNS-nimipalvelimien osoitteet saadaan oletusyhdyskäytävänä toimivan PC:n ulkoverkon verkkoasetuksista. Tässä tapauksessa ensisijainen nimipalvelimen osoite on 171.16.1.73, joka on määritetty PC:n toisel-

le verkkokortille, jolla päästään ulkoverkkoon. Oletusyhdyskäytävää käytettäessä on käytettävä reititystä ja konfiguroitava yhdyskäytävän IP-osoite samasta yksityisestä verkosta, joka tässä tilanteessa on 192.168.0.1 / 24 sekä protokolla-analysaattorin verkkoliitännän osoite on 192.168.0.2 / 24. Protokolla-analysaattorin verkkoliitännän osoitetta taulukosta ei nähdä.

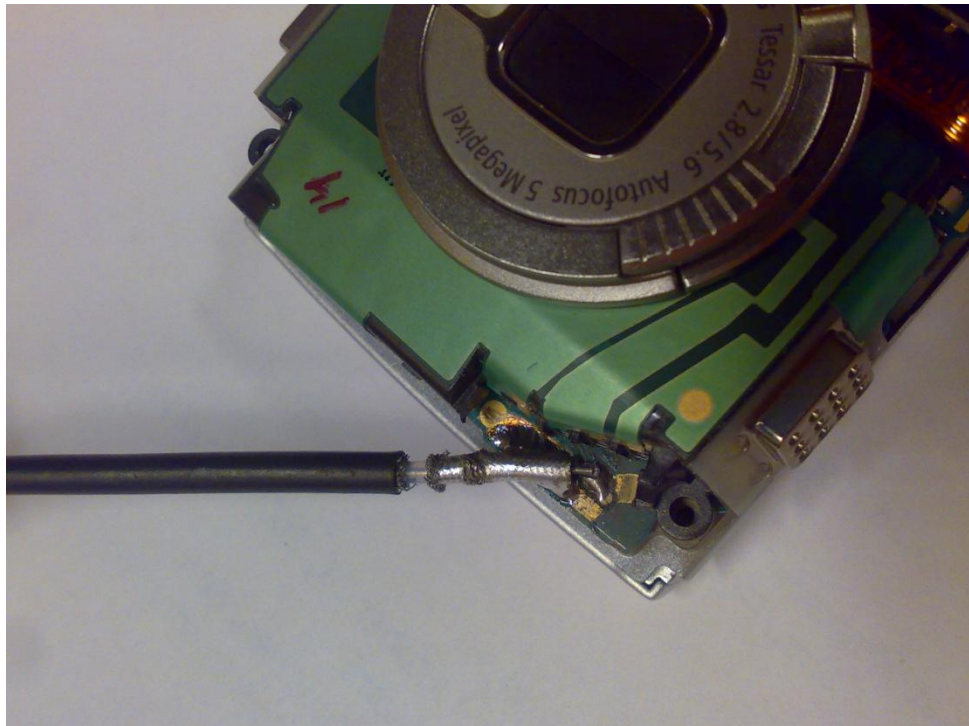
Taulukko 1: Päätelaitteen sekä yhdyskäytävän konfiguraatio

<b>Päätelaitte</b>	<b>UE</b>
<b>UE Address</b>	192.168.1.1
<b>DNS Server address (Pirmary)</b>	172.16.1.73
<b>DNS Server address (Secondary)</b>	172.16.1.74
<b>Access Point Name</b>	anritsu.ne.jp
<b>Router</b>	enable
<b>Gateway Address</b>	192.168.0.1
<b>Subnetmask</b>	255.255.255.0



## 4.2 Päätelaitteiden muokkaaminen

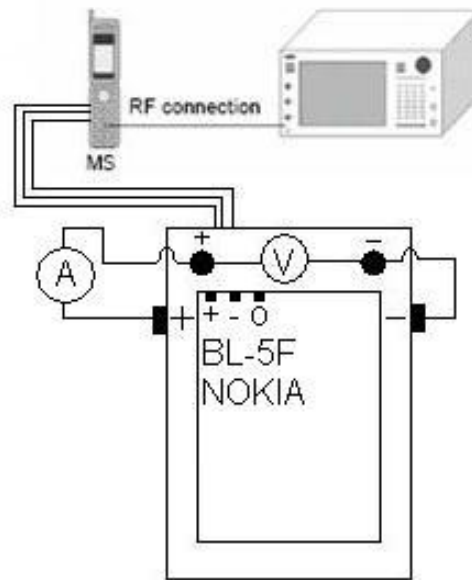
Päätelaitteina toimivat kaksi kappaletta 3G-matkapuhelimia, joiden malli on Nokia n95 8gb. Virheiden minimoimiseksi päätelaitteita oli muokattava antennien osalta. Kuvassa 19 nähdään, kuinka päätelaitteita on muokattu. Antennin liittimet katkaistiin, joten galvaaninen yhteys piirilevyllä oleviin nastoihin saatiin katkaistua. Kun päätelaitteen omat antennit eivät ole yhteydessä, ulkoa tulevien häiriöiden vaikutus vähenee huomattavasti. Piirilevyllä olevat antenninastat raaputettiin karheiksi, jotta juotos on varmempi. Nastoihin juotettiin koaksiaalikaapelit kuvan 19 osoittamalla tavalla. Koaksiaalikaapelin toisessa päässä on BNC-liitin, joka saadaan liitettyä protokolla-analysaattorin antenniliitäntään. Juotoksen väsymistä vähennettiin pursottamalla komponenttiliimaa juotoksen päälle kuvan ottamisen jälkeen. Liima tässä tilanteessa toimii vedonpoistajana. Päätelaitteen kuorta myös hieman hiottiin, jotta saadaan läpivienti koaksiaalikaapelille.



kuva 19: Galvaaninen yhteys protokolla-analysaattorin antenniliitäntään

### 4.3 Akun tehonkulutusmittaus

Päätelaitteen antennin muokkaamisen lisäksi toista päätelaitetta muokattiin siten, että akku saatiin ulos puhelimesta. Akku asetettiin ulkoiseen muokattuun akkulaturiin. Päätelaitteen kolmesta akkunavasta vedettiin kaapelit ulkoiselle akkulaturille. Kolmas johdin on akun tarkkailua varten, joten sitä ei tarvita tehonkulutusmittauksissa. Kuvassa 20 nähdään, kuinka akku on ulkoisessa laturissa ja mistä virta ja jännite mitataan. Plus- ja miinusmerkeillä on merkattu liittimien kohdat, joiden välistä mittaukset tulee tehdä. Virtajohtimet päätelaitteelta on tuotu laturin kuoren sisään ja juotettu kuvassa 20 näkyviin alempiin liittimiin.



Kuva 20: kytkentä

Kuvassa 21 nähdään akun tehonkulutusmittaus 3G-verkossa tapahtuvassa äänipuhelussa. Mittaus suoritetaan kahdella yleismittarilla. Mittauksessa ei ole syytä laskea mukaan virtamittarin jännitehäviötä, joka on häviävän pieni. Kuvasta 21 nähtävistä suureista voidaan laskea akun kesto 3G-verkossa tapahtuvan puhelun aikana. Akulle ilmoitettu kapasiteetti on 950 mAh. Kuvasta nähdään puhelun aikana kuluva virta, joka on noin 335 mA. Näiden tietojen perusteella voidaan helposti laskea akun kesto kaavasta 1.

$$t = \frac{\text{mAh}}{A} \quad (1)$$

jossa

mAh = akun varaus ampeeritunteina ilmoitettuna, A = virrankulutus ampeereina ja t = akun kesto tunteina.

Kaavaan sijoitettuna vastaukseksi saadaan 2.8358 tuntia. Kun 60 minuuttia kerrotaan 0.8358 kertoimella, saadaan yli jäävät tunnit minuutteina. Tämän jälkeen vastaus on noin 2 tuntia ja 50 minuuttia.



Kuva 21: Mittaus käynnissä

#### 4.4 Analysaattorin mittausdatan vertaaminen kirjallisuuteen

Liitteessä 1 on AnritsuMX847010A-ohjelmasta poimittua protokollavirtaa. 3G-puhelun aikana tapahtunut tiedon siirto tallennettiin lokitiedostoon. Mittauksen jälkeen lokitiedostosta karsittiin paljon ylimääräistä dataa. Liite 1 siis sisältää karsitun version alkuperäisestä lokista. Tärkeimmät kohdat löytyvät esimerkiksi RRC:n välittämässä viesteissä. Puhelun aikana tapahtuva protokollavirta on samanlaista, joten se on suodatettu pois. Lokista tarkastellaan RRC-yhteyden hallintaa puhelimen rekisteröityessä verkkoon ja puhelun avaamista sekä purkamista. Koko lokitiedoston liittäminen olisi tuottanut liikaa sivuja työhön, sillä lokia kertyi 1417 riviä reilun minuutin aikana. Kaikki kirjallisuuden antamat ja niihin viitatut vertaukset löytyvät lähteen 1 kappaleista 4.4 – 4.6.

Liitteen 1 kuvasta voidaan verrata mitattuja tuloksia kirjan antamiin tietoihin. Liitteen 1 kuvassa esiintyvällä riveillä 90–92 nähdään, kuinka päätelaite lähettää RRC-yhteyspyynnön RACH-kanavalle joka on sovitettu CCCH-kanavaan. RRC-yhteyspyynnön lähettää aina päätelaite, joka tässäkin tapauksessa nähdään mittaus-tuloksista. Tämä yhteyspyyntö tapahtui, kun päätelaitteeseen kytkettiin virta, ja päätelaitte pyytää pääsyä matkapuhelinverkkoon. Lähteestä 1, sivulta 59 voidaan lukea, että saadut mittaus-tulokset menevät täysin kirjassa annetun sekvenssin mukaan. Kuvasta 1 nähdään myös, kuinka rivillä 217 päätelaitteen tunnistamiseen käytettävä tilaajatunniste on TMSI, jonka myös kirjallisuus ilmoittaa ensisijaiseksi tilaajatunnisteeksi.

Lähteessä 1 sivulla 60 kerrotaan kuinka UTRAN lähettää RRC Connection Setup – viestin päätelaitteelle kanavalla CCCH, joka on sovitettu FACH-kanavaan. Liitteen 1 kuvasta nähdään kuinka UTRAN lähettää RRC Connection Setup – viestin päätelaitteelle CCCH-kanavalla protokollarivillä 115. Tämän jälkeen nähdään, kuinka viesti on sovitettu CCCH-kanavalta FACH-kanavalle. RRC Connection Setup viesti sisältää paljon informaatiokokonaisuuksia, kuten alkuperäisen päätelaitetunnisteen, uplink- ja downlink kanvien tietoja, ja UL- ja DL-radioresurssit.

Liitteen 1 kuvassa 1 nähdään, kuinka päätelaite lähettää RRC Connection Setup Complete – viestin UTRAN:lle DCCH-kanavalla uplink-suuntaan rivillä 131. DCCH-kanava on sovitettu uplink-suunnassa, joko RACH- tai DCH-kanavaan. Mittauksesta nähdään, että simulaation tapahtuessa käytettiin DCH-kanavaa rivillä 134.

Kun yhteys halutaan purkaa, UTRAN lähettää RRC Connection Release viestin, jonka jälkeen yhteys puretaan. Yhteyden purku tapahtuu, kun RRC Connection Release viesti lähetetään käyttäen RLC:n UM-datansiirtomuotoa DCCH-kanavalla päätelaitteen ollessa Cell\_DCH- tai Cell\_FACH-tilassa. Mittausdatasta nähdään, että rivillä 292 on lähetetty yhteydenpurku viesti käyttäen RLC:n UM-datansiirtomuotoa DCCH-kanavalla. Lähteestä 1 voidaan sivulta 63 lukea, että kirja antaa täysin saman tiedon.

Salausta käytettäessä, UTRAN lähettää Security Mode Command – viestin downlink-suuntaan DCCH-kanavalla käyttäen RLC:n AM-tiedonsiirtomuotoa. Liitteen 1 kuvan 1 riviltä 182 nähdään jälleen, kuinka mittauksena on täysin identtinen kirjallisuuden antamaan tietoon. Lähteen 1 sivulla 64 on ilmoitettu Security Mode Command – viestin käyttäytyvän samoin kuin mittauksessa.

Radiosiirtoteiden (RB) määrittäminen on todella samanlaista kuin RRC Connection Setup – viestin lähettäminen. UTRAN RB Setup – viestin loogiselle DCCH kanavalle, joka on sovitettu joko FACH- tai DCH-kanavaan. Liitteen 1 kuvasta 1 nähdään kuinka rivillä 436 UTRAN lähettää tämän viestin päätelaitteella DCCH-kanavalla. Rivillä 446 nähdään, kuinka looginen kanava mittauksessa on sovitettu DCH-kuljetuskanavaan. Lähteen 1 sivulta 65 voidaan lukea myös kirjallisuudesta saatu tieto, joka on samanlainen kuin mittauksesta saatu tieto.

Kuvan 1 karsittu lokitiedosto sisältää vielä monia muitakin RRC-viestejä. Nämä viestit ovat lähes samankaltaisia kuin edellä kirjallisuuteen verratut. Protokolla-analysointori näyttää toimivan täysin samoin, kuin kirjallisuudessa. Tuloksista voitiin huomata, että protokolla-analysointori suosi kuljetuskanavana DCH-kanavaa eikä FACH-kanavaa vaikka sekin olisi ollut mahdollinen kuljetuskanava vaihdettaessa RRC-viestejä. Jokaisen RRC-viestin välissä tapahtuu kymmeniä rivejä tiedonsiirtoa eri protokollakerrosten välillä. RRC-viestit kulkevat RLC- ja RRC-kerrosten välissä. Pois suodatetut protokollavirrat keskittyvät fyysisen ja MAC-kerroksen väliin. Näiden kerrosten välinen liikenne on enimmäkseen datan kuljetusta ja alempien kerrosten viestintää.

## 4.5 Simulaatio-ohjelmien ohjeet

Protokolla-analysoijilta löytyville simulaatio-ohjelmille luodut ohjeet löytyvät liitteestä 2. Liite 2 sisältää myös protokolla-analysoijan käyttöohjeet. Jokaiselle ohjelmalle on luotu yksinkertainen ohje, mahdollinen konfiguraatio ja yksi testitilanne. Jokaisessa ohjeessa on yksinkertainen mittauskytkentäkuva, josta nähdään mitä laitteita mittaus vaatii. Konfiguraatio pitää sisällään mittauksessa tarvittavat laitteen oikeat IP-asetukset.

Jokaisen ohjelman esimerkkimittaus on suunniteltu käyttämään eri tiedonsiirtomuotoja. Mittaukset pitävät sisällään GSM- ja WCDMA-puheluita sekä WCDMA-pakettidatan siirtoa. Mittauksissa on myös esimerkki solunvaihdosta kun siirrytään WCDMA-tekniikasta GSM-tekniikkaan. Tätä solunvaihtoa voidaan kutsua inter-system handoveriksi.

## 5 Yhteenveto

Työssä esiteltiin UMTS-verkon perusteet ja sen tärkeimmät osat. Aluksi käsiteltiin verkon rakennetta sekä UMTS-verkon yleisimpiä suureita. UMTS-verkon koostuessa runkoverkosta, UTRAN:sta ja päätelaitteista, keskityttiin tässä työssä UTRAN:n ja päätelaitteen väliseen ilmarajapintaan. Tämä ilmarajapinta pitää sisällään radio-resurssihallinnan RRC, radiolinkkihallinnan RLC, MAC-kerroksen sekä fyysisen kerroksen. Näistä tärkein on RRC-kerros, jonka toimintaa tarkemmin tutkittiin.

Työssä tarkasteltiin myös UMTS-kanavien sovitusta. Näitä kanavia ovat loogiset, fyysiset sekä kuljetuskanavat. Jokaisella kanavalla liikkuu tietyn tyyppistä dataa tai signaalia riippuen missä kerroksessa kanava sijaitsee tai minkä tyyppinen kanava on. Kanava voi siten olla esimerkiksi yleinen kuljetuskanava. Esimerkkinä kanavista downlink-suuntaan yleinen kuljetuskanava on FACH ja taas uplink-suuntaan RACH.

Keskeisenä osa-alueena työssä oli luoda Anritsu MD8470A-protokolla-analysaattorille mittaussympäristö sekä koota selkeät ohjeet analysaattorin simulaatio-ohjelmille. Mittaussympäristö rakennettiin Tampereen ammattikorkeakoulun tietoliikennelaboratorioon. Testiympäristö sisältää tietokoneen, kaksi päätelaitetta, protokolla-analysaattorin sekä keskittimen. Simulaatio-ohjelmille luodut ohjeet ovat yksinkertaiset ja sisältävät tarvittavat konfiguraatiot IP-asetuksia silmällä pitäen. Myös laitteeseen tutustumista helpottaa jokaiselle ohjelmalle luotu testitilanne, jossa voidaan simuloida end-to-end-tyyppisiä simulaatioita.

Simulaatio-ohjelmien tuottama lokitiedosto, voidaan mittauksen jälkeen lukea protokolla-analysaattorin näytöltä tai tallentaa tekstimuodossa lokitiedostoksi. Työssä myös tarkkailtiin protokolla-analysaattorilla mitattuja tuloksia ja tapahtumia radiorajapinnasta ja verrattiin saatuja tuloksia kirjallisuuden antamiin tuloksiin. Tuloksia verratessa huomattiin, kuinka viestin välitys tietyllä kanavalla päätelaitteen ja UTRAN:n välillä vastaa kirjallisuudesta saatu a tietoa. Kirjallisuutena toimi lähteen 1 painettu teos, joka käsittelee UMTS-ilmarajapintaa RF-suunnittelussa. Työ tulee olemaan hyvänä pohjana protokolla-analysaattoriin tutustuville ja sitä käyttämään opetteleville. Työ antaa käsityksen UMTS-radiorajapinnan yleisestä toiminnasta.

## **Lähteet**

### **Painetut lähteet**

1. Shing-Fong Su, The UMTS AIR-Interface in RF Engineering: Design and Operation of UMTS Networks, The McGraw-Hill Companies 2007

### **Sähköiset lähteet**

2. ANRITSU CORPORATION: MD8470A\_V11.00\_Manual\_Eng.pdf  
Document No.: M-W2432AE-11.0
3. ANRITSU CORPORATION: MNS\_V1.00\_Manual\_Eng.pdf  
Document No.: M-W3143AE-1.0
4. ANRITSU CORPORATION: CNS\_V7.00\_Manual\_Eng.pdf  
Document No.: M-W2664AE-7.0



## **Liitteet**

Liite 1: Aritsu MX847010A-protokollaloki

Liite 2: Simulaatio-ohjelmien ohjeet

## Liite 1: Aritsu MX847010A-protokollaloki

Tässä liitteessä nähdään kuvankaappaus muokatusta ja karsitusta protokollalokista. Kuvasta 22 nähdään protokollatapahtumat. Kuvassa nähdään datan kulkusuunta eri kerrosten välillä sekä uplink- ja downlink-suunnat. Kuvasta voidaan myös lukea kanava, viesti, rivinumero sekä mittausaika.

-----  
Aritsu MX847010A Version: 7.00 - File Format Version: 3.00  
MX847010A Version: 7.0.0.29  
W-CDMA Object Version: 7.0.0.15  
GSM/GPRS Object Version: 7.0.0.26  
-----

PHY	MAC	RLC	TE	L3 No.	BTS	Primitive	Channel	Message	Time
				0090	W1	PHY_DATA_IND	U RACH	0	00:00:14.950
				0091	W1	MAC_DATA_IND	U CCCH	0	00:00:14.950
				0092	W1	RLC_TR_DATA_IND	U CCCH	0	00:00:14.950
				0115	W1	RLC_UM_DATA_REQ	D CCCH	0	00:00:15.440
				0122	W1	PHY_DATA_REQ	D FACH	0	00:00:15.450
				0131	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	1	00:00:15.750
				0134	W1	PHY_DATA_IND	U DCH	0	00:00:15.760
				0138	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:15.770
				0147	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:15.800
				0150	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:15.860
				0163	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:16.150
				0182	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	1	00:00:16.610
				0193	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	1	00:00:16.750
				0196	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:16.800
				0205	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:16.930
				0208	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:17.020
				0217	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:17.150
				0220	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:17.210
				0235	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:17.510
				0254	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	1	00:00:17.950
				0265	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	1	00:00:18.090
				0268	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:18.150
				0277	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:18.280
				0280	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:18.380
				0289	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:18.510
				0292	W1	RLC_UM_DATA_REQ	D DCCH	0	00:00:20.690
				0297	W1	RLC_UM_DATA_IND	U DCCH	0	00:00:20.800
				0329	W1	RLC_TR_DATA_IND	U CCCH	0	00:00:35.720
				0352	W1	RLC_UM_DATA_REQ	D CCCH	0	00:00:36.160
				0368	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	1	00:00:36.470
				0375	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:36.490
				0378	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:36.600
				0391	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:36.890
				0410	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	1	00:00:37.340
				0421	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	1	00:00:37.480
				0430	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:00:37.610
				0433	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:37.740
				0436	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	1	00:00:37.760
				0446	W1	PHY_DATA_REQ	D DCH	0	00:00:37.770
				0477	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	1	00:00:38.830
				0480	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:00:38.920
				0485	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:01:04.540
				0492	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:01:04.790
				1352	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:01:14.390
				1367	W1	RLC_AM_DATA_REQ	D DCCH	2	00:01:14.690
				1374	W1	RLC_AM_DATA_IND	U DCCH	2	00:01:14.950
				1377	W1	RLC_UM_DATA_REQ	D DCCH	0	00:01:14.980
				1382	W1	RLC_UM_DATA_IND	U DCCH	0	00:01:15.190

Kuva 1: Loki

## Liite 2: Simulaatio-ohjelmien ohjeet

### 1 Protokolla-analysaattorin käyttäminen

Protokolla-analysaattori toimii Windows XP – käyttöjärjestelmän päällä. Eri simulaatiot ajetaan käynnistämällä ohjelma, joka mahdollistaa simulaatiot aktivoimalla simulaation tarvitsemat rajapinnat analysaattorista.

#### 1.1 Käynnistäminen

Tarkista, että takapaneelin virtakytkin on kytketty pohjaan, jolloin etupaneelin virtakytken päällä oleva Stby-valo palaa kuvan 1 osoittamalla tavalla.



Kuva 1: virtakytkin /2/

Kun laite on käynnistetty painamalla virtapainiketta muutaman sekunnin ajan, On-valo syttyy ja laite lataa Windows XP – käyttöjärjestelmän. Laitteen ollessa käyttövalmiudessa, on näkymä sama, kuin missä tahansa saman käyttöjärjestelmän omaavassa PC-tietokoneessa. Laite on käynnistynyt normaalisti, kun alapalkin oikeassa reunassa oleva palloikoni on tumman vihreä kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 2: ikoni /2/

Tämän jälkeen laite on valmis käytettäväksi, ja voidaan käynnistää haluttu ohjelma, jolla halutaan toteuttaa mittaus tai simulaatio.

### 1.1.1 Operointi

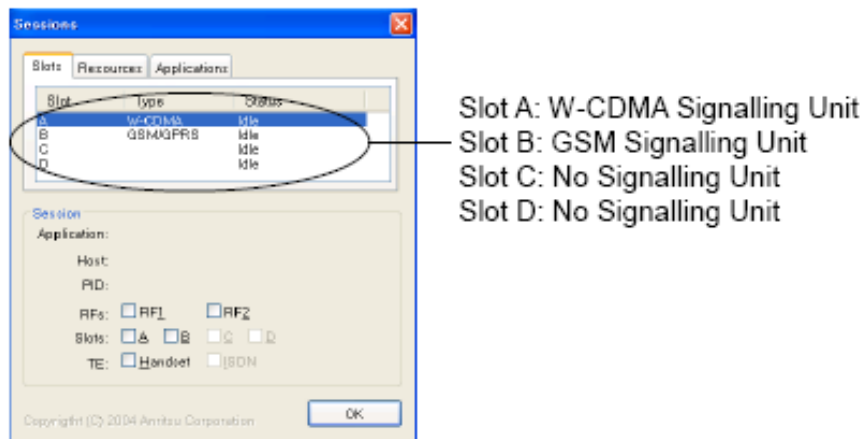
Koska protokolla-analysaattori toimii Windows XP – käyttöjärjestelmän päällä, laitetta operoidaan normaalisti näppäimistöllä ja hiirellä. Helppokäyttöisyytensä ansiosta laitteen etupaneelissa olevia nappeja harvoin tarvitsee käyttää. Näytölle saadaan myös On-Screen näppäimistö ja analysaattorissa on trackball-hiiri. Täten laite toimii myös itsenäisesti ilman oheislaitteita, mutta oheislaitteet helpottavat laitteen käyttöä huomattavasti.

### Sessions-valikko

Sessions-valikkoon päästään kaksoisklikkaamalla alapalkissa oikealla olevaa palloikonia. Tämän jälkeen avautuu Sessions-ikkuna josta nähdään mitä signalointiyksiköitä on

laitteeseen lisätty. Sessions-ikkunan perusnäkyminen ilman ylimääräisiä signaloituyksiköitä

on kuvassa 3. Ikkuna näyttää myös signaloituyksiköiden tilat sekä radiorajapintojen tilat Application kohdasta. Tätä valikkoa on hyvä käydä katsomassa mittausten aikana, jolloin voidaan tarkistaa, mikä signaloituyksikkö on käytössä missäkin signaloituyksikössä.



Kuva 3: Sessions näkymä /2/

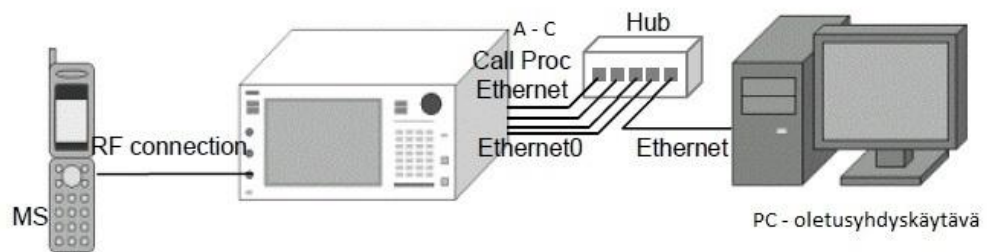
## 1.2 Sammuttaminen

Laite voidaan sammuttaa kahdella eri tavalla. Laite voidaan kytkeä takaisin Standby-tilaan painamalla etupaneelin virtapainiketta pohjassa yhden sekunnin tai pidempään.

Vaihtoehtoinen tapa on myös Windowsin kautta klikkaamalla start -> Turn Off Computer -> Turn Off. Tämän laite sammuttaa itse itsensä.

### 1.3 Laitekytkentä

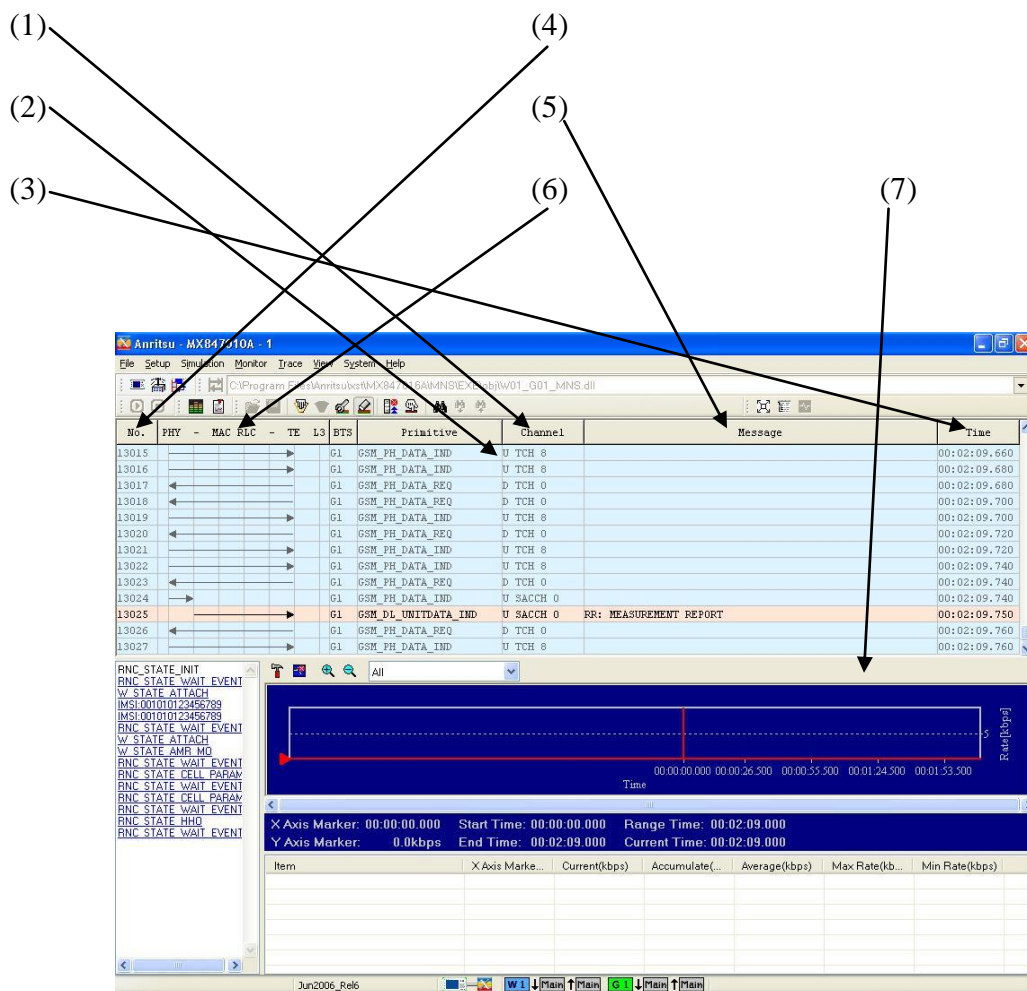
Mittauslaitteisto on kytketty kuvan 4 mukaisesti. Perusmittausympäristössä PC toimii oletusyhdyskäytävänä ulkoverkkoon, jota vaaditaan esimerkiksi pakettidatamittauksissa. Mittausympäristöön kuuluu yksi keskitin. Keskittimeen on liitetty protokollanalaysaattorin A – D signalointiyksiköt, protokolla-analysaattorin oma verkkoliitäntä ja PC. Kytkentä on tehty, jotta vältettäisiin turha uudelleen kytkentä signaaliyksiköiden vaihtuessa. Kytkennässä kaikki signalointiyksiköt ovat keskitimessä ja täten voidaan muuttaa mittauksia WCDMA- ja GSM-signalointiyksiköiden välillä ilman uudelleenkytkentää.



Kuva 4: Mittalaitteiden peruskytkentä

## 2 Anritsu – MX847010A

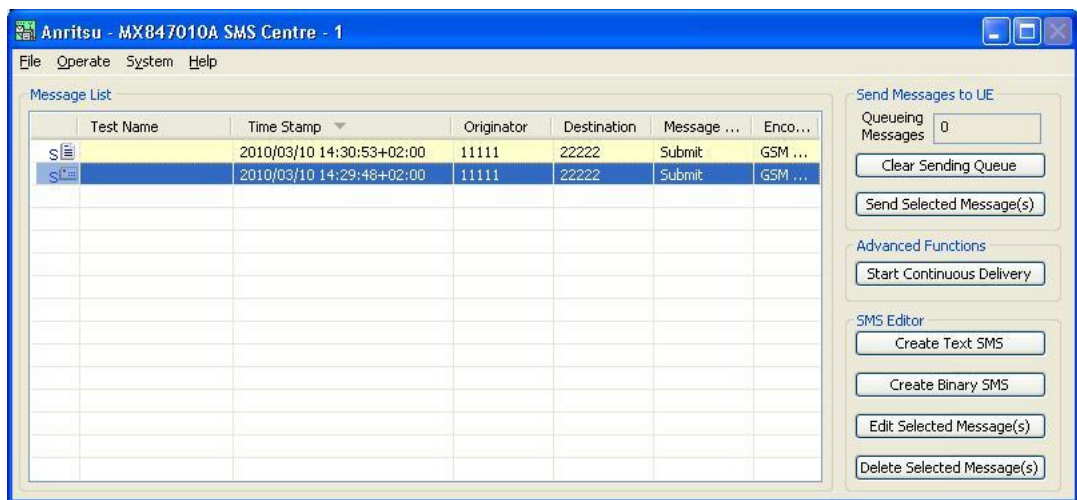
Kun jokin simulaattoreista on käynnistetty, protokolla-analysaattori avaa ohjelman Anritsu – MX847010A. Simulaattorilla nähdään reaaliajassa mitkä laitteet kommunikoivat. Tämä ohjelma tallentaa lokiin radiorajapinnan tapahtumat simulaation ollessa käynnissä. Kuvassa 5 nähdään osa lokia jossa simuloidaan handoveria WCDMA-verkosta GSM-verkkoon. Ohjelma listaa radiorajapinnasta kanavan (1), datan kulkusuunnan (2), ajan (3), rivinumeron (4), mahdollisen viestin (5) ja kerrosten välistä datavirran suuntaa(6). Dataa siirrettäessä pakettikytkennällä lokiin kirjautuu myös tiedonsiirtonopeus UL- ja DL-suuntiin kbps muodossa (7). Radiorajapinnan lokista voidaan etsiä esimerkiksi miten GSM-verkossa puhelu avataan päätelaitteelta, tai tarkastella Handoverin radiorajapintaliikennettä.



Kuva 5: MX847010A ilmarajapinnan protokolla- ja kanavatarkastelu

### 3 SMS Centre

SMS Centre on protokolla-analysaattorissa toimiva tekstiviestikeskus. Kuvassa 6 nähdään tekstiviestikeskuksen pääikkuna, jossa voidaan hallita ja nähdä tekstiviestiliikennettä. Viestilistasta voidaan nähdä esimerkiksi päätelaitteelta toiselle lähetetyt SMS-viestit sekä myös päätelaitteen ja virtuaalilaitteen välinen viestiliikenne. Ohjelmassa voidaan myös luoda viesti ja lähettää se päätelaitteelle tai päätelaitteille.



Kuva 6: SMS-Centre pääikkuna



## 4 Multi-cell Network Simulator (MNS)

Multi-cell Network Simulator-ohjelmalla voidaan ajaa simulaatioita matkaviestimen siirtyessä solusta toiseen. Ohjelmalla voidaan luoda testiparametreja, joilla voidaan mitata esimerkiksi solun vaihtoa (handover). Handover-testillä voidaan myös tarkastella tilannetta, jossa käytettävää järjestelmää vaihdetaan WCDMA-verkosta GSM-verkkoon. Kaikki testit voidaan suorittaa käyttämällä puhelu-, videopuhelu-, ja pakettidatayhteyttä.

### 4.1 Hard Handover-simulaatio WCDMA-verkosta GSM-verkkoon

Tällä testillä voidaan tarkastella hard handoveria. Hard handover tapahtuu kun UE siirtyy WCDMA-verkosta GSM-verkkoon tai päinvastoin (inter-system handover). Myös kantoaallon taajuuden muuttuessa tapahtuu hard handover (inter-frequency handover).

Handoverin laittaa alulle kapasiteetin, kuuluvuusalueen tai palvelun vaatimukset. Tässä testissä handover tehdään laskemalla solussa olevan BS:n DL-tehoa ja nostamalla naapurisolun BS:n DL-tehoa.

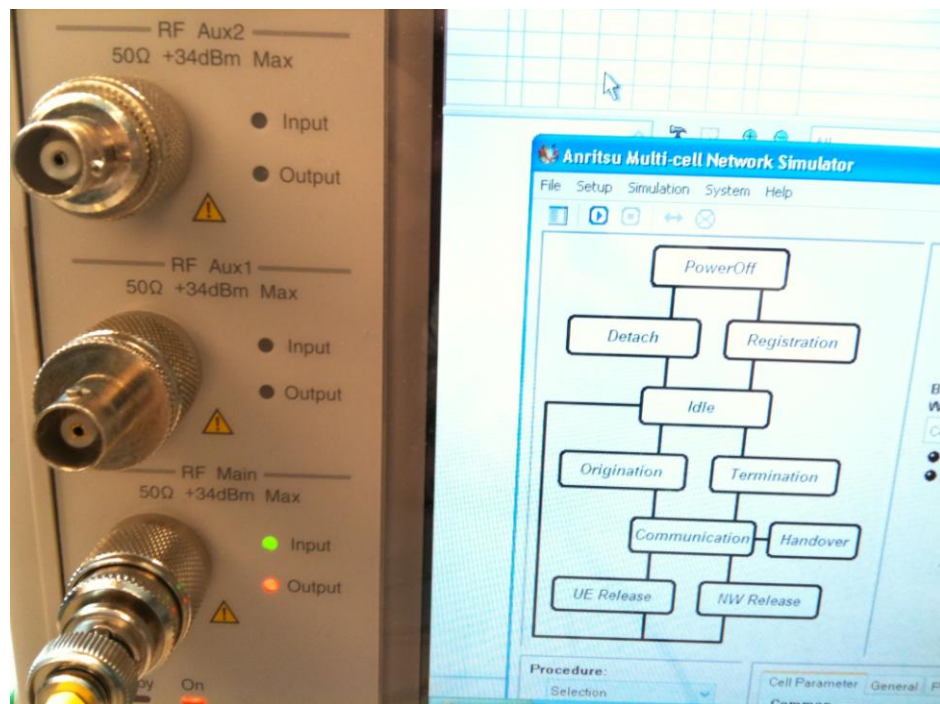
#### 4.1.1 Mittaus ja kytkentä

Mittauslaitteisto kytketään kuvan 7 osoittamalla tavalla. Kytkennässä MS (Nokia n95) on kytketty radorajapintaan koaksiaalikaapelilla.



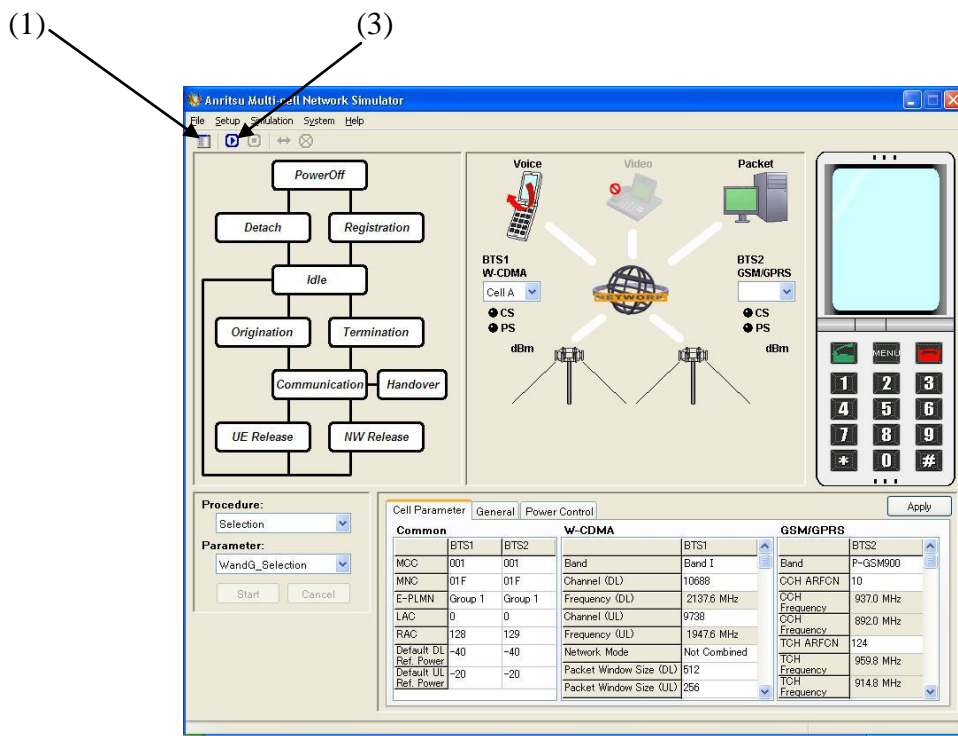
Kuva 7: mittauskytkentä /3/

Avataan Multi-cell Network Simulator-ohjelma työpöydältä pikakuvakkeesta MNS. Vaihtoehtoisesti ohjelman voi käynnistää klikkaamalla [start] -> [All Programs] -> [Anritsu] -> [MX847016A] -> [MNS]. Simulointiohjelma avautuu, kun rajapinnat on kytketty päälle. Radiorajapinta on käytössä, kun liittimen oikealla puolella palaa LED-valot Uplink ja Downlink kohdissa kuvan 8 osoittamalla tavalla. Tässä mittauksessa radiorajapinta RF Main on aktiivinen johon simuloinnin yhteydessä syötetään kahden eri solun taajuuudet.

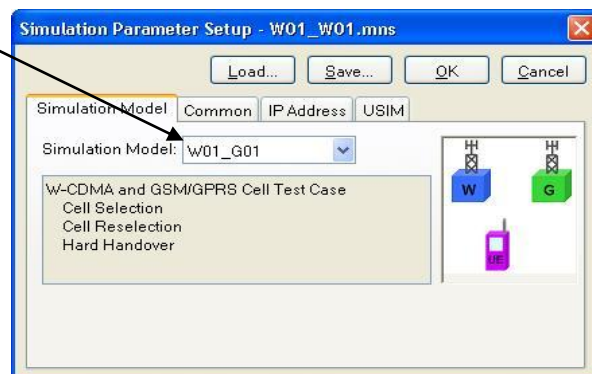


Kuva 8: Aktiivinen radiorajapinta

Kun ohjelma on latautunut, aukeaa graafinen pääikkuna kuvan 9 mukaisesti. Simulaatioparametrit saadaan klikkaamalla Simulation Parameter-ikonia (1). Tämän jälkeen voidaan Simulation Parameter-ikkunasta valita halutut parametrit kuvan 10 mukaisesti. Tässä mittauksessa valitaan pudotusvalikosta W01\_G01 (2), jossa W01 ilmaisee WCDMA-tukiasemaa ja G01 GSM-tukiasemaa. Kuvassa 10 nähdään myös kokoonpanon W01\_G01 mahdolliset testitapaukset pudotusvalikon alla. Tässä mittauksessa on mahdollisuus mitata seuraavia tilanteita: Call Selection, Call Reselection ja Hard Handover. Kun simulaatioparametrit on ladattu, klikataan start simulation-ikonia (3),



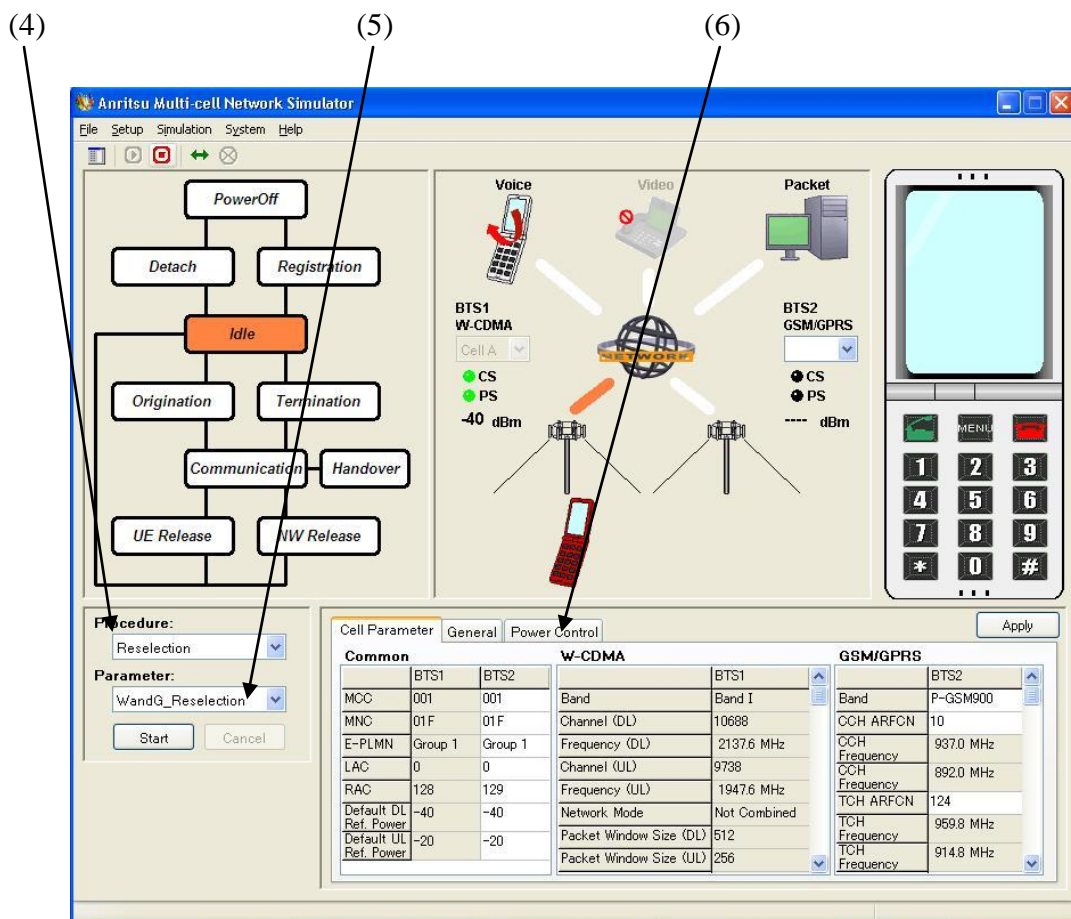
(2) Kuva 9: aloitusikkuna (MSN)



Kuva 10: Simulation Parameter Setup

Kuvassa 11 nähdään perustila simuloinnin ollessa päällä. Kun simulointi käynnistettiin, PowerOff-tila oli maalattuna. UE:n käynnistämisen jälkeen Registration-tila vilkkuu hetken jolloin UE rekisteröityy verkkoon. Tämän jälkeen puhelin on kytketty matkapuhelinverkkoon. Tässä tapauksessa UE on kytkettynä WCDMA-tukiasemaan.

Hard Handover testin aloittamiseksi näppäillään matkapuhelimeen mielivaltainen numero (vähintään 3 numeroa) ja aloitetaan äänipuhelu. Tämän jälkeen Communication-tila muuttuu aktiiviseksi. Puhelun ollessa aktiivinen voidaan valita Hard Handover Procedure-pudotusvalikosta (4) ja Parameter-pudotusvalikosta WandG\_HO (5). Seuraavaksi valitaan Power Control-välilehdeltä (6) solujen DL-tehojen alku- ja loppuarvot, sekä kuinka monta desibeliä teho muuttuu sekuntia kohti.

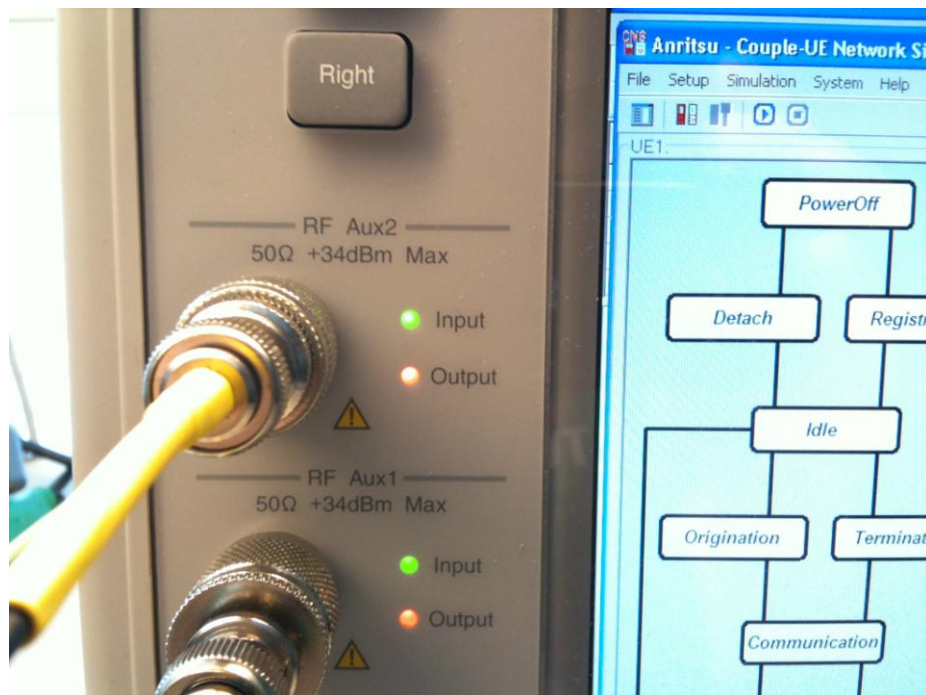


Kuva 11: MNS simulointiympäristö päätelaitteen ollessa idle-tilassa

Testi voidaan aloittaa klikkaamalla Start-painiketta (3), jolloin tehotasot alkavat muuttua kohti annettuja raja-arvoja. Kun raja-arvot on saavutettu puhelun ollessa edelleen auki, tehdään Handover. Handover-tilan vilkkuessa tapahtuu solun vaihto, joka tässä tapauksessa on WCDMA-verkosta GSM-verkkoon. Solun vaihdon jälkeen testi loppuu joko onnistuneena tai epäonnistuneena.

## 5 Couple-UE Network Simulator (CNS)

Couple-UE Network Simulator-ohjelmalla voidaan simuloida kahden päätelaitteen välistä kommunikaatiota. Simulaattori tukee ääni- ja kuvapuhelut sekä SMS-viestit ja pakettidatatieonsiirron. Ohjelman käynnistyttyä radorajapinnat ladataan oletusasetukset, jolloin RF Aux1 ja RF Aux2 muuttuvat aktiivisiksi, joihin päätelaitteet kytketään galvanisesti. Kuvassa 12 nähdään kuinka kaksi radorajapintaa on aktiivisia ja oikein konfiguroitu, input- ja output-LED-valojen palaessa. Jos laite konfiguroidaan virheellisesti radorajapinnat eivät aktivoidu ja ohjelma antaa virheilmoituksen.



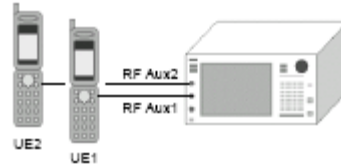
Kuva 12: Kaksi aktiivista radorajapintaa

### 5.1 Videopuhelu päätelaitteelta toiseen WCDMA-verkossa

Videopuhelua simuloidessa molempien päätelaitteiden on toimittava WCDMA-verkossa videopuhelun vaatiessa suurempaa tiedonsiirtonopeutta, mitä GSM-verkko voi tarjota. Videopuhelu luodaan päätelaitteelta toiseen soittamalla mielivaltaiseen numeroon, esimerkiksi 11111. Simulaatiossa videopuhelu toimii samalla tavalla kuin palveluntarjoajan verkossa. Tehotasojen lasku verkossa heikentää kuvan ja äänen laatua.

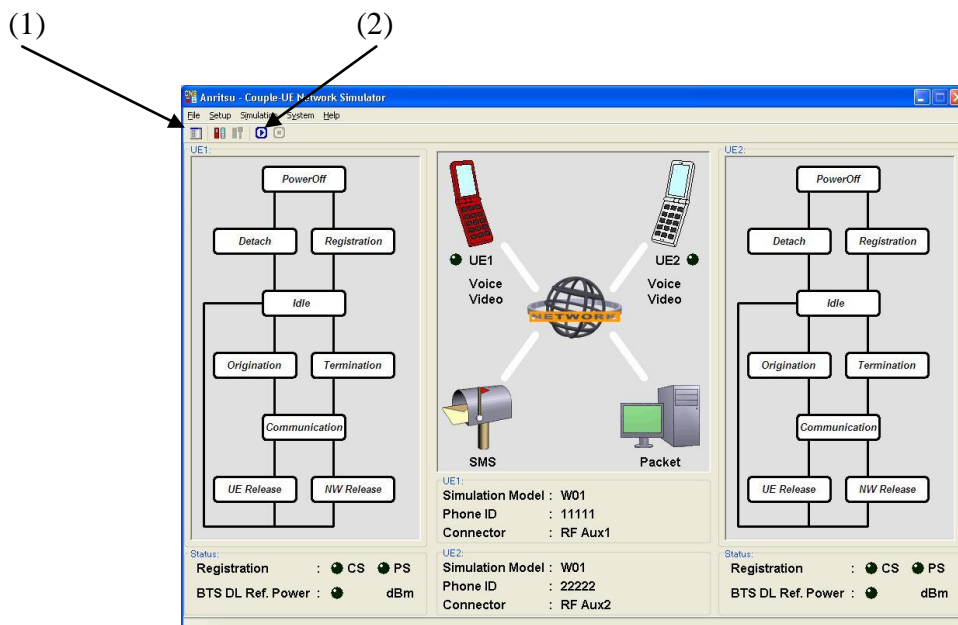
### 5.1.1 Mittaus ja kytkentä

Mittaus suoritetaan kuvan 13 osoittamalla tavalla, jossa päätelaitteet on kytketty RF Aux1 ja RF Aux2 rajapintoihin.



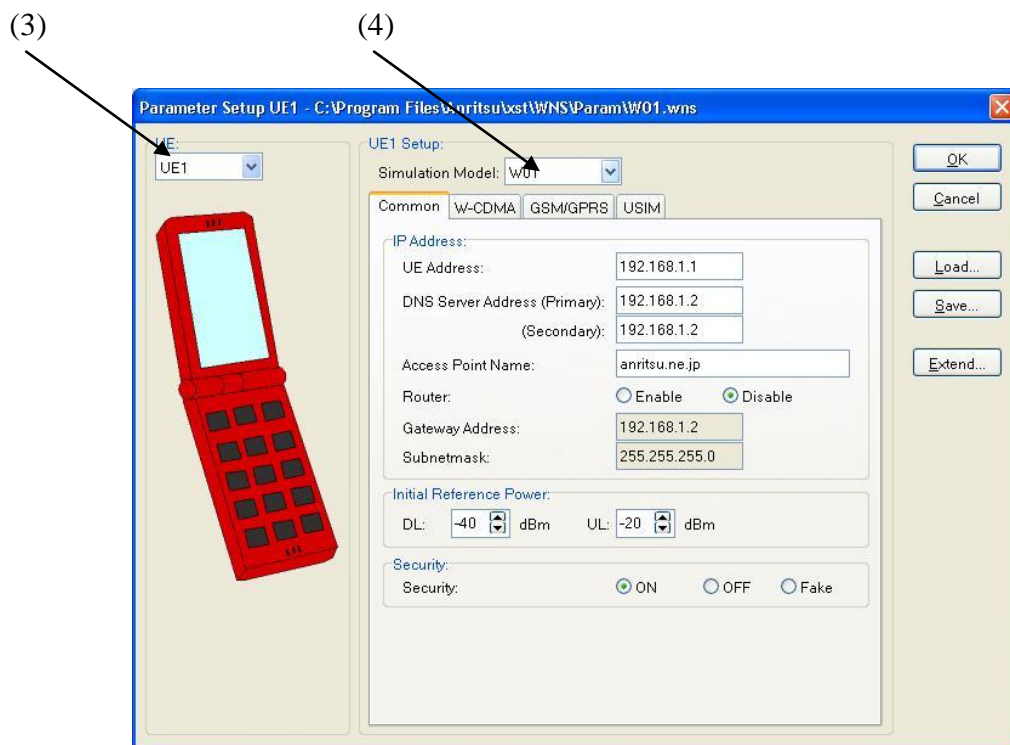
Kuva13: Mittauskytkentä videopuhelulla /4/

CNS käynnistetään joko työpöydän pikakuvakkeesta tai seuraavaa polkua pitkin: [start] -> [All Programs] -> [Anritsu] -> [CNS] -> [CNS]. Ohjelman käynnistyttyä aukeaa CNS-pääikkuna kuvan 14 mukaisesti ja Anritsu – MX847010A, josta voidaan tarkastella radiorajapinnan tapahtumia. Pääikkunan avauduttua avataan Parameter Setup (1), johon asetetaan päätelaitteen halutut asetukset. Simulaatio käynnistetään Start Simulation ikonia (2) klikkaamalla, kun päätelaiteasetukset ovat konfiguroitu oikein. Simulaation alussa PowerOff tila on aktiivinen ennen kuin matkapuhelimet ovat rekisteröityneet WCDMA-verkkoon. Puhelimet siirtyvät Idle-tilaan, jonka jälkeen voidaan avata videopuhelu matkapuhelimesta toiseen.



Kuva 14: CNS-pääikkuna

Kuvassa 15 on päätelaiteasetusikkuna. Päätelaite valitaan parametriasetuksissa sijaitsevasta pudotusvalikosta (3). Videopuhelumittauksessa UE1:lle ladataan tiedosto W01.wns ja UE2:lle ladataan W01\_UE2.wns (4). Nämä tiedostot asettavat oletusasetukset päätelaitteille. Oletusasetukset on muutettava taulukon 1 mukaisiksi, jotta voidaan käyttää pakettidatayhteyttä. Asetuksissa on käytettävä reititystä PC:n läpi, jolloin yhdyskäytävänä toimii PC:n toisen verkkokortin IP-osoite. DNS-serverin osoitteet on haettu PC:ltä, joka käyttää WPK-verkkoa yhteytenä Internetiin. Jos yhteys palveluntarjoajaan muuttuu, haetaan uudet DNS-serverien IP-osoitteet. PC-tietokoneelta tarvittavat IP-osoitteet voidaan hakea komentorivillä kirjoittamalla [ipconfig /all].



Kuva 15: Päätelaiteasetukset



Taulukko 1: Pääteleite asetukset

<b>Pääteleite</b>	<b>UE1</b>	<b>UE2</b>
<b>UE Address</b>	192.168.1.1	192.168.1.11
<b>DNS Server address (Primary)</b>	172.16.1.73	172.16.1.73
<b>DNS Server address (Secondary)</b>	172.16.1.74	172.16.1.74
<b>Access Point Name</b>	anritsu.ne.jp	anritsu.ne.jp
<b>Router</b>	enable	enable
<b>Gateway Address</b>	192.168.0.1	192.168.0.1
<b>Subnetmask</b>	255.255.255.0	255.255.255.0

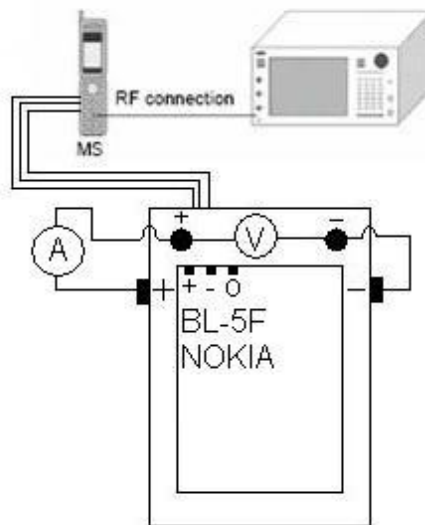
Kun päätelaitteiden asetukset ovat kunnossa, videopuhelu avataan matkapuhelimesta soittamalla esimerkiksi numeroon 11111. Tuloksia radiorajapinnasta voidaan tarkastella simulaation päätyttyä MX847010A ikkunasta. Radiorajapinnan tapahtumista voidaan esimerkiksi etsiä, kuinka videopuhelu avataan WCDMA-verkossa.

## 6 Energy Management Test Simulator (ETS)

Ohjelmalla voidaan luoda yksinkertaisia simulaatioita, joiden aikana akun käyttäytymistä voidaan mitata esimerkiksi kahdella yleismittarilla. Päätelaitteen tehonkulutus eri simulaatiotilanteissa voidaan laskea mittaamalla akun jännite ja virran kulutus. Mittausten jälkeen voidaan vertailla pakettidatan ja äänipuhelun tehonkulutuksia.

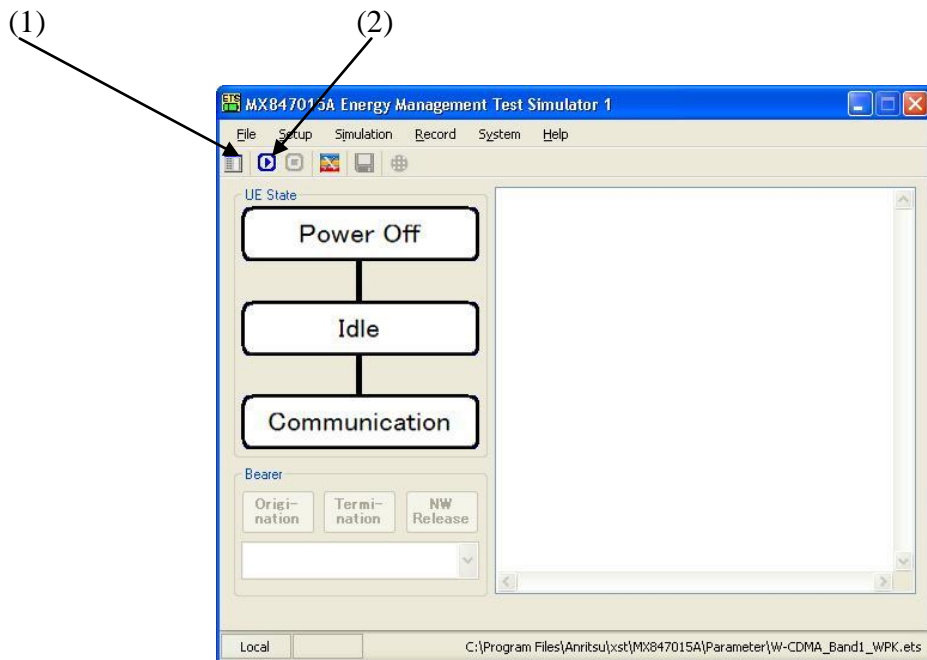
### 6.1 Äänipuhelun tehonkulutusmittaus WCDMA-verkossa

Tässä mittauksessa mittauskytkentä on kuvan 16 mukainen, jossa akku on siirretty modifioituun ulkoiseen akkulaturiin. Laturi on muokattu niin, että puhelimen akkuliittimiin on juotettu johtimet, jotka on tuotu akkulaturiin. Akkulaturin ja akun välille on mahdollistettu galvaaninen yhteys jännite- ja virtamittarin läpi. Akku voidaan kytkeä laturin kautta päätelaitteeseen johtimilla, jolloin galvaaninen yhteys syntyy ja päätelaite saa virtaa. Akku voidaan myös ladata tietokoneen USB-portista laturin sisäisen elektronikan avulla.



Kuva 16: Mittauskytkentä tehonkulutusmittauksessa

Ohjelma avataan tiedostopolkua pitkin seuraavasti: [start] -> [All Programs] -> [Anritsu] -> [MX847015A] -> [ETS], tai klikkaamalla ohjelma käyntiin työpöydän pikakuvakkeesta. Ohjelman käynnistyttyä aukeaa ETS pääikkuna kuvan 17 mukaisesti ja RF-Main rajapinta muuttuu aktiiviseksi. Mittausparametrit voidaan konfiguroida klikkaamalla Parameter Setup ikonia (1). Simulaatioparametrit voidaan joko ladata tiedostosta tai määrittää itse taulukon 2 mukaisesti. Simulaatio käynnistetään klikkaamalla Start Simulation ikonia (2).

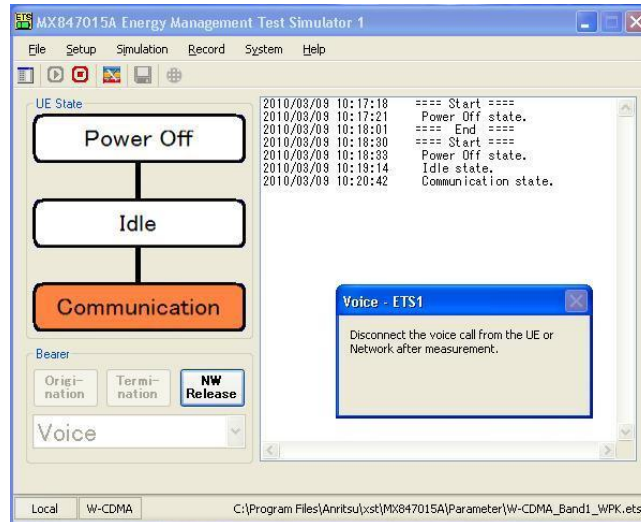


Kuva 17: ETS-pääikkuna

Taulukko 2: Päätelaitetekonfiguraatio

Päätelaitte	UE
UE Address	192.168.1.1
DNS Server address (Pirmary)	172.16.1.73
DNS Server address (Secondary)	172.16.1.74
Access Point Name	anritsu.ne.jp
Router	enable
Gateway Address	192.168.0.1
Subnetmask	255.255.255.0

Yksinkertainen pääkkuna nähdään kuvassa 18, jossa on äänipuhelumittaus käynnissä.



Kuva 18: Mittaus käynnissä

Mittautulokset ja kytkentä nähdään kuvassa 19, josta nähdään virta ja jännite yleismitareilta: virta 0.335 A ja jännite 4.09 V. Tästä voidaan laskea päätelaitteen tehonkulutus äänipuhelun aikana, joka on noin 1.37 W.



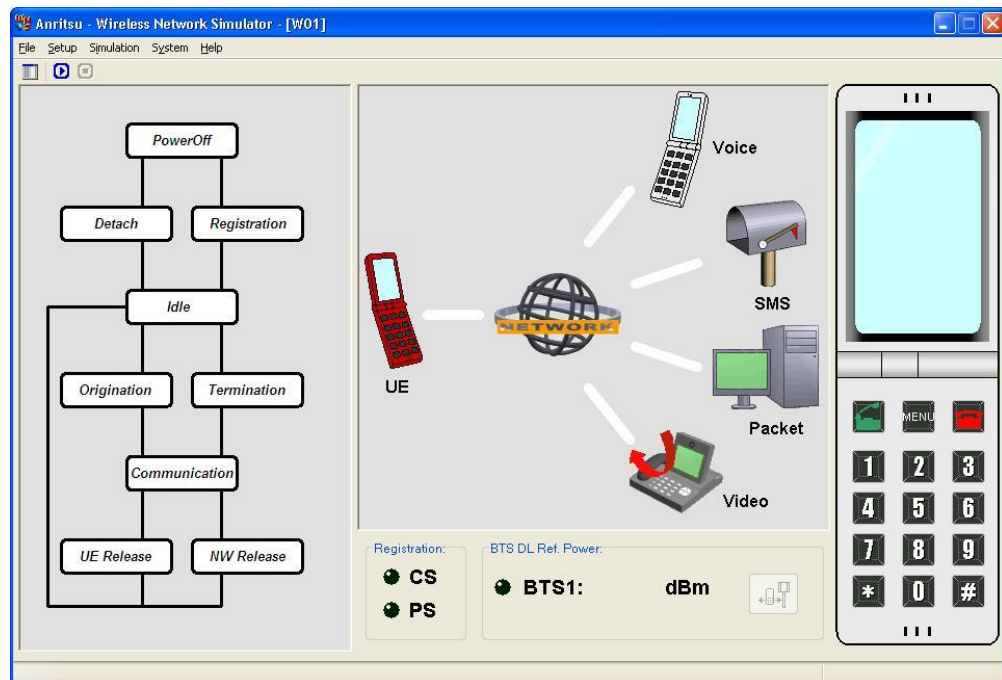
Kuva 19: Mittautulokset 3G-äänipuhelusta

## 7 Wireless Network Simulator (WNS)

Wireless Network Simulator on ohjelma, joka simuloi interaktiivista matkapuhelinverkkoa. Ohjelma luo ympäristön, jossa voidaan luoda end-to-end tyyppisiä testiympäristöjä. WNS ohjelma pitää sisällään testimahdollisuudet muun muassa äänipuhelulle, videopuhelulle, pakettidatalle, SMS-viesteille jne. Ohjelmaa käytetään yhdellä päätelaitteella, joka on yhdistetty RF-Main-rajapintaan.

### 7.1 pakettidatan siirto WCDMA-verkossa

Käynnistetään ohjelma tiedostopolkua pitkin: [start] -> [All Programs] -> [Anritsu] -> [WNS] -> [WNS], tai vaihtoehtoisesti työpöydän pikakuvakkeesta. Ohjelman käynnistyttyä WNS-pääikkuna kuvassa 20, MX847010A-ikkuna ja SMS-Centre-ikkuna avautuu. MX847010A-ikkunasta voidaan tarkkailla radorajapinnan protokollavirtaa ja esimerkiksi pakettidatan tiedonsiirtonopeutta kilobitteinä / sekunti. SMS-Centre-ikkunasta voidaan hallita verkossa liikkuvia tekstiviestejä.



Kuva 20: WNS-pääikkuna

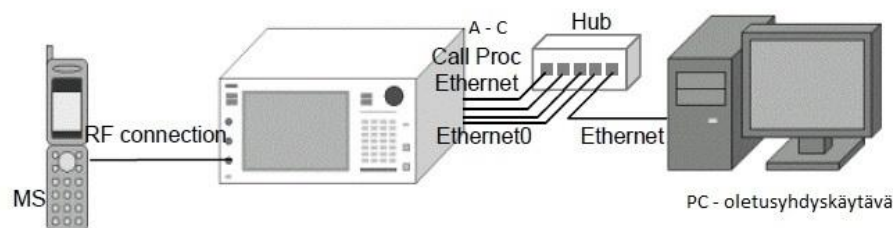
Testiparametrit syötetään Parameter Setup ikonista. Parametrit voidaan ladata tiedostosta, joka tässä tapauksessa on W01.wns. Parametrit on kuitenkin muutettava taulukon 3 mukaisiksi, sekä WCDMA-välilehdeltä Packer Window Size: DL-512 ja UL-256. Packet Rate on myös pidettävä DL384k/UL64k tilassa.

Taulukko 3: Pääteleitekonfiguraatio

Pääteleite	UE
UE Address	192.168.1.1
DNS Server address (Pirmary)	172.16.1.73
DNS Server address (Secondary)	172.16.1.74
Access Point Name	anritsu.ne.jp
Router	enable
Gateway Address	192.168.0.1
Subnetmask	255.255.255.0

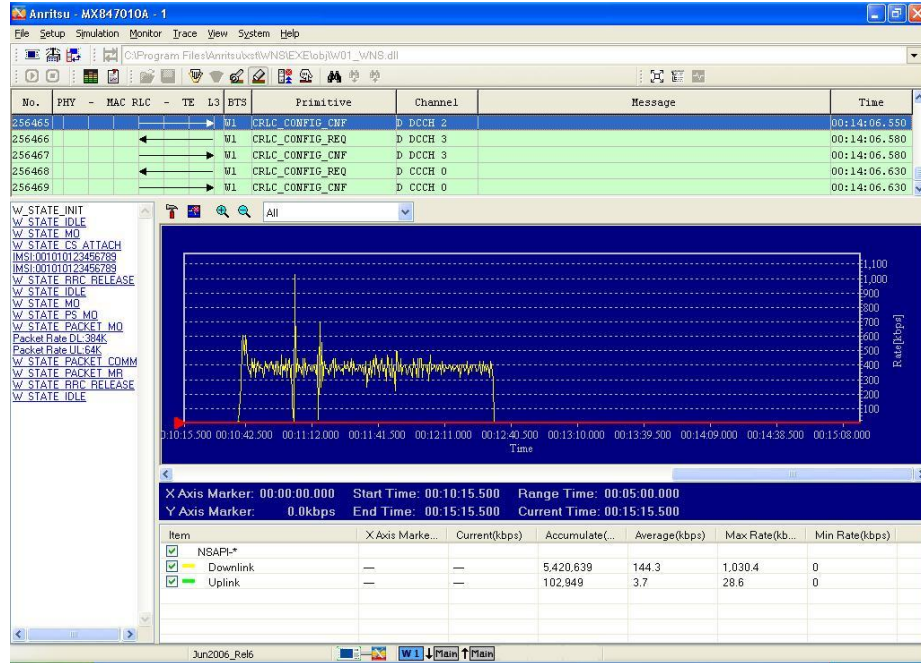
### 7.1.1 Mittaus

Kuvassa 21 nähdään mittauskytkentä, joka on aiemmin esitelty perusmittauskytkentä. Mittaus aloitetaan klikkaamalla Start Simulation ikonia, jonka jälkeen puhelimeen kytetään virta. Rekisteröinnin jälkeen päätelaite menee idle-tilaan. Tämän jälkeen avataan päätelaitteesta WEB-selain ja avataan esimerkiksi sivu [www.tamk.fi](http://www.tamk.fi). Puhelimen kysyessä käytetään access point Anritsu, jonka jälkeen sivu alkaa latautua.



Kuva 21: Pakettidatan mittauskytkentä

Tulokset voidaan tämän jälkeen tarkastella XM847010A-ikkunasta, jonka lokiin mittaustulokset tallentuvat simuloinnin ajan. Kuvassa 22 nähdään kuinka lokiin on tallentunut radorajapinnan tapahtumat sekä tiedonsiirtonopeudet DL- ja UL-suuntiin.



Kuva 22: Lokiin tallentunut mittausdata