



TEKNIikka JA LIIKENNE

Tietotekniikka

Tietoliikennetekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**TEMS INVESTIGATION -OHJELMAN PÄIVITTÄMINEN VERSIOON 10.0, MITTAUKSET
3G-VERKOSSA JA TULOSTEN ANALYSOINTI**

**Työn tekijä: Julia Malakhina
Työn ohjaajat: Seppo Lehtimäki**

Työ hyväksytty: 22.4.2010

Lehtori Seppo Lehtimäki

TIIVISTELMÄ

| | |
|---|--|
| Työn tekijä: Julia Malakhina | |
| Työn nimi: Tems Investigation-ohjelman päivittäminen 10.0-versioon, mittaukset 3G-verkossa ja tulosten analysointi | |
| Päivämäärä: 22.4.2010 | Sivumäärä: 41 s. |
| Koulutusohjelma: Tietotekniikka | Suuntautumisvaihtoehto: Tietoliikennetekniikka |
| Työn ohjaaja: lehtori Seppo Lehtimäki | |
| <p>Insinööriyön tavoitteena oli päivittää Ascomin Tems Investigation-ohjelmaa versioon 10.0 Metropolialle ja selvittää samalla, minkälaisia uusia ominaisuuksia ja parannuksia ohjelma sisältää edellisempiin versioihin 9.1 ja 9.0 verrattuna. Tavoitteena oli myös näyttää, miten ohjelma toimii käytännössä eli suorittaa mittauksia 3G-verkossa käyttäen tätä ohjelmaa ja esittää mittauksista saadut tulokset.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä 3G-perheeseen kuuluvaan UMTS-järjestelmään ja sen verkkoarkkitehtuuriin. Sen jälkeen tarkasteltiin, miten UMTS-verkko on kehittynyt Release-versioissa 5, 6, ja 7 ja minkälaisia uusia elementtejä ja palveluita tuli niiden myötä, samalla tarkasteltiin näiden versioiden yhdistetty IMS-verkkoarkkitehtuuri ja käytiin tarkemmin läpi sen toimintaa. Sen lisäksi käytiin läpi WCDMA-tekniikkaa ja sen suorahajotusjärjestelmässä käytettyjä koodeja ja tarkasteltiin myös lyhyesti HSDPA- ja HSUPA-tekniikoiden eroja. Sen jälkeen tarkasteltiin UTRAN-protokollan radiorajapinnan arkkitehtuuria ja toimintaa. Lisäksi tarkasteltiin UMTS-järjestelmän UTRA-FDD-komponentin loogisia, fyysisiä ja siirtokanavia sekä näiden tehtäviä ja keskinäisiä suhteita.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää Tems Investigation 10.0-ohjelman uusia ominaisuuksia ja parannuksia ja suorittaa mittauksia 3G-verkossa. Ensin asennettiin ohjelma ja sitten tutkittiin sen käyttöä ja ominaisuuksia. Ohjelma tuo mukanaan uuden TD-SCDMA ja Motorolan kehittämän iDEN-tekniikan, tukee uusia päätelaitteita sekä tuo muita laajennettuja parannuksia LTE-, CDMA-, HSPA+- ja GPS-tekniikoihin. Mittaukset suoritettiin Sony Ericssonin W995-päätelaitteella ja mittauksista saadut tulokset esitettiin esimerkkeinä, joita analysoitiin tässä työssä.</p> | |
| Avainsanat: UMTS, TEMS, WCDMA, 3G | |



ABSTRACT

Name: Julia Malakhina

Title: Tems Investigation program 10.0 Update and Measurements of 3G Network

Date: 22.4.2010

Number of pages: 41

Department:
Information Technology

Study Programme:
Telecommunications

Instructor: Seppo Lehtimäki, Senior Lecturer

The purpose of this graduate study was to update Ascom Tems Investigation program to version 10.0 in Metropolia and at the same time find out what kind of new features and improvements this program includes compared to previous versions 9.1 and 9.0. The purpose was also to show how this program works in practice and carry out measurements on 3G network using this program and submit the results of measurements.

The work was started by studying the 3G family based UMTS system and its network. Then it was examined how the UMTS network has developed in versions of Release 5, 6, 7 and what kind of new elements and services came with it. Furthermore, the IMS network architecture combined with these versions was examined as well as its operations more in detail. In addition, the WCDMA technology and its direct sequence spread spectrum system of tags used were studied, and the HSDPA and HSUPA technology differences were briefly examined. Finally, the UMTS system's UTRA-FDD component of logical, physical and the transmissions channels and their roles and relations were examined.

The objective of the study was to find out new features and improvements of the Tems Investigation 10.0 program and carry out measurements on the 3G network by first installing and then examining the program. The program brings a new TD-SCDMA and iDEN technology developed by Motorola, supports a number of new terminals as well as brings other extended improvements of LTE, CDMA, HSPA+ and GPS technologies. Measurements were performed at the Sony Ericsson W995 terminal and the results were presented as examples and further analyzed.

Keywords: UMTS, TEMS, WCDMA, 3G

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENNELUETTELO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | 3G-VERKKO | 2 |
| 2.1 | UMTS | 2 |
| 2.2 | UMTS-verkkoarkkitehtuuri | 3 |
| 2.3 | UTRAN-radioliityntäverkko | 4 |
| 2.4 | Release 5 | 5 |
| 2.5 | Release 6 | 6 |
| 2.6 | Release 7 | 6 |
| 2.7 | Release-versioiden 5, 6 ja 7 yhdistetty IMS-verkkoarkkitehtuuri | 7 |
| 2.7.1 | <i>Palvelutaso</i> | 8 |
| 2.7.2 | <i>Ohjaustaso</i> | 9 |
| 2.7.3 | <i>Kuljetustaso</i> | 11 |
| 3 | WCDMA | 13 |
| 3.1 | Suorahajotus | 14 |
| 3.2 | HSDPA ja HSUPA tarkemmin | 15 |
| 3.3 | UTRAN-protokollan Uu-radorajapinnan arkkitehtuuri | 17 |
| 3.4 | UTRA-FDD:n kanavat | 19 |
| 3.4.1 | <i>Loogiset kanavat</i> | 19 |
| 3.4.2 | <i>Siirtokanavat ja fyysiset kanavat</i> | 21 |
| 3.4.3 | <i>Fyysiset kanavat</i> | 22 |
| 4 | TEMS INVESTIGATION 10.0 | 24 |
| 4.1 | Tems Investigationin tehtävät ja ohjelman lohkorakenne | 25 |
| 4.2 | Tems Investigation 10.0:n asentaminen | 26 |
| 4.3 | Uudet ominaisuudet Tems Investigation 10.0:ssa | 27 |
| 4.3.1 | <i>TD-SCDMA</i> | 27 |
| 4.3.2 | <i>Laajennettu ja parannettu LTE-skannaus</i> | 28 |
| 4.3.3 | <i>CDMA-parannukset</i> | 30 |
| 4.3.4 | <i>iDEN tuki</i> | 31 |
| 4.3.5 | <i>HSPA+ parannukset MIMO</i> | 32 |
| 4.3.6 | <i>Tuki uusille päätelaitteille</i> | 33 |
| 4.3.7 | <i>GPS-parannukset</i> | 34 |
| 4.4 | Muut ominaisuudet | 35 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | MITTAUKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI | 36 |
| 6 | YHTEENVETO | 40 |
| | VIITELUETTELO | 42 |

LYHENNELUETTELO

| | |
|--------|--|
| AAA | <i>Authentication Autorization and Accounting.</i> Suojaustoiminnot ja yhteensovitus-toiminnot. |
| A-RACS | <i>Access – Resource Admission Control Function.</i> Resurssienhallinnan ohjaustoiminto. |
| BAS | <i>Broadban Access Server.</i> Tilaaajan ensimmäinen kosketuspiste verkossa, silloin kun tilaaja käyttää DSLAM palveluita. |
| BCM | <i>Broadcast Multicast Control.</i> Yleislähetysten ja ryhmälähetysten prtokolla UTRAN radiorajapinnassa. |
| BGCF | <i>Breakout Gateway Control Function.</i> SIP-serveri. |
| CSCF | <i>Call Session Control Function.</i> IMS-arkkitehtuurin keskeinen ydinosa, joka mahdollistaa ja ohjaa erilaisia reaaliaikaisia sovelluksia IP-kuljetuskerrosten yli yhtäaikaaisesti. |
| DS | <i>Direct Sequence.</i> Suorahajotusjärjestelmä. |
| DSLAM | <i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer.</i> Piste, joka yhdistää tilaajalta tulevan datan DSL laitteisiin. |
| FDD | <i>Frequency Division Duplex.</i> Taajuusjakoinen tekniikka. |
| FH | <i>Frequency Hopping.</i> Taajuushyppely. |
| GGSN | <i>Gateway GPRS Support Node.</i> Yhdyskäytäväsolmu. |
| HSDPA | <i>High-Speed Downlink Packet Access.</i> Matkaviestinten yhteyskäytäntö, joka nopeuttaa UMTS-pohjaista 3G-matkapuhelinverkkoa. |
| HSS | <i>Home Subscriber Services.</i> Kotiverkon liikkuvat palvelut. |
| I-BCF | <i>Interconnecting Border Control Function.</i> Toiminto, joka toimii joko viestinnän alku- tai päätepisteenä eri verkkojen rajapinnassa istuntojen aikana. |
| I-BGF | <i>Interconnect Border Gateway Function.</i> Toiminto, joka tarjoaa palveluiden tuotajille pinpall palomuurin IMS verkossa. |
| I-CSCF | <i>Interrogating CSCF.</i> Kyselypalvelin IMS-verkossa . |
| IMS | <i>IP Multimedia Sub System.</i> Runko- ja palvelutason ratkaisu, joka mahdollistaa tiedonsiirron, puheliikenteen ja verkkoteknologian yhdentymisen IP-protokollaa käyttävässä verkossa. |
| LTE | <i>Long Term Evolution.</i> 4G-tekniikka. |
| MAC | <i>Medium Access Control.</i> Siirtoyhteyserros UTRAN protokollan radiorajapinnassa. |
| MGCF | <i>Media Gateway Control.</i> Mediayhdyskäytävän ohjaustoiminto. |
| MGW | <i>Media Gateway.</i> Yhdyskäytävä. |
| MIMO | <i>Multiple-Input and Multiple-Output.</i> Multi-antenni tekniikka. |
| MRCF | <i>Media Resource Controller Function.</i> Merkinantosolmu. |
| MRF | <i>Multimedia Resource Function.</i> Toiminto, joka muodostaa ja hoitaa multimedia konferenssipalvelut eri käyttäjien välillä. |
| MRFP | <i>Media Resource Function Processor.</i> Mediasolmu. |
| NASS | <i>Network Attachment Sub-System.</i> RACS:iin liitetty verkon ali-järjestelmä. |
| OSI | <i>Open Systems Interconnection.</i> Alin fyysinen kerros. |
| P-CSCF | <i>Proxy CSCF.</i> Välityspalvelin IMS-verkossa. |
| PDCP | <i>Packet Data Convengence Protocol.</i> UTRAN radiorajapinnan protokolla. |
| PDG | <i>Packet Data Gateway.</i> Toiminto, joka yhdistää päätelaitteen langattomaan verkkoon 3G-WLAN. |
| QoS | <i>Quality of Service.</i> Tietoliikenteen luokittelu ja priorisointi. |
| QPSK | <i>Quadrature Phase Shift Keying.</i> Kvadraatturi-vaihe-modulaatio. |
| RACS | <i>Resource and Admission Sub-System.</i> Resurssien ja hallinnan ali-järjestelmä. |
| RAN | <i>Radio Access Network.</i> UMTS radioverkon pääsy. |
| RLC | <i>Radio Link Control.</i> Radioyhteyden ohjaukerros UTRAN protokollan radiorajapinnassa. |

| | |
|--------|--|
| RNC | <i>Radio Network Controller.</i> Radioverkko-ohjain. |
| RNS | <i>Radio Network System.</i> Radiojärjestelmä. |
| RRC | <i>Radio Resource Controller.</i> Radioresurssien ohjain. |
| S-CSCF | <i>Serving CSCF.</i> Palvelupalvelin IMS-verkossa. |
| S-PDF | <i>Service – Based Policy Decision Function.</i> Toiminto, joka tekee päätöksiä toiminnasta käyttäen verkko-operaattorin toiminnan sääntöjä. |
| SGSN | <i>Serving GPRS Support Node.</i> Operointisolmu. |
| SCIM | <i>Servers Capability Interaction Manager.</i> Palveluiden välittäjä IMS-verkossa. |
| SGW | <i>Signaling Gateway Function.</i> Toiminto, joka huolehti kaksisuuntaisen signa- loinnin muodostamisesta kytkentäisen ja IP-verkkojen välillä. |
| SF | <i>Spreading Factor.</i> Levityskerroin. |
| SIP | <i>Session Initiation Protocol.</i> IP-yhteyksien luonnista vastaava tietoliikennepro- tokolla. |
| TDD | <i>Time Division Duplex.</i> Aikajakoinen tekniikka. |
| UTRAN | <i>UMTS Radio Access Network.</i> UMTS-radioverkko. |
| WAG | <i>WLAN Access Gateway.</i> Yhdyskäytävä, joka yhdistää WLAN-verkkoa ja UMTS-verkkoa keskenään. |
| WCDMA | <i>Wideband Code Division Multiple Access.</i> Laajakaistainen koodijakotekniik- ka. |
| WiMAX | <i>Worldwide Interoperability for Microwave Access.</i> Kehityksen alla oleva laa- jakaistatekniikka. |
| 16-QAM | <i>16 Quadrature Amplitude Modulation.</i> Modulaatiotekniikka, joka yhdistää neljä amplitudia ja neljä vaihe-eroa keskenään. |

1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä tutustutaan 3G-verkkoon ja siihen kuuluvaan UMTS-tekniikkaan. Työn tavoitteena on antaa lukijalle yleinen kuva UMTS-verkosta ja sen kehittymisestä ja samalla käydä läpi verkon eri toiminnot. Työn alussa käydään läpi UMTS-verkon arkkitehtuuria ja esitetään sen toimintaa. Sen jälkeen käydään läpi verkon kehittymistä eri Release-versioissa 5, 6 ja 7 ja selvitetään, minkälaisia uusia parannuksia ja palveluita ne tuovat mukanaan UMTS-verkkoon. Samalla esitetään näiden versioiden yhdistetty IMS-verkkoarkkitehtuuri toiminnallisesti. Seuraavaksi tutustutaan lyhyesti WCDMA-tekniikkaan ja siihen kuuluvaan UTRAN-protokolla radiorajapintaan ja käydään läpi UTRA-FDD-komponenttiin kuuluvat kanavat ja niiden tehtävät.

Tämän insinööriyön tavoitteena on Tems Investigation-ohjelman päivittäminen 10.0-versioon Metropolialle. Tämä ohjelma on Ascomin kehittämä. Tarkoituksena on selvittää, minkälaisia uusia ominaisuuksia Tems Investigation 10.0 tuo mukanaan verrattuna edellisempiin versioihin 9.1 ja 9.0. Näitä käydään läpi. Tarkoituksena on myös suorittaa mittaukset 3G-verkossa käyttäen tätä ohjelmaa ja esittää yleisesti, miten ohjelma toimii käytännössä esimerkkien avulla.

Tems Investigation 10.0-osiossa tutustutaan yleisesti tähän ohjelmaan ja sen eri tehtäviin. Samalla myös käydään läpi lyhyesti ohjelman asentaminen ja sen jälkeen tarkastellaan ohjelman uusia ominaisuuksia. Lopuksi esitellään ohjelman toimintoja käytännön mittauksissa saatujen esimerkkien avulla ja analysoidaan saadut tulokset.

2 3G-VERKKO

Kolmannen sukupolven verkko 3G (Third Generation) on standardointijärjestön 3GPP (3rd Partnership Project) yhteistyöjärjestön standardoima verkko. 3G-perheeseen kuuluvat mm. seuraavat standardit: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), CDMA2000 (Code Division Multiple Access), japanilainen FOMA (Freedom of Mobile Multimedia Access) ja HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access).

Yllä olevista standardeista eniten käytetyimmät ja suosituimmat ovat UMTS- ja CDMA2000-standardit. Molemmat perustuvat koodijakokanavointi CDMA (Code Division Multiple Access) -tekniikkaan.

Kansainvälinen televiestintäliitto ITU (International Telecommunication Union) määräsi alunperin 3GPP-ryhmän luomaan 3G-standardin. Standardin tarkoituksena oli kasvattaa verkon kaistaa eli verkon kapasiteettia, helpottaa verkon toimintaa ja monipuolistaa verkon käyttöä erilaisille sovelluksille.

3G kehitettiin sellaiseksi standardiksi, joka edeltäjiinsä 2G (Second Generation) ja 2.5G GPRS (General Packet Radio Service) verrattuna mahdollistaa datan siirrossa seuraavat toiminnot:

- suuremmat nopeudet
- erilaiset multimediatelepuhelut ja videopuhelut
- päätelaitteiden maantieteellisen sijainnin määrittely
- liikkuvuuden eri operaattoreiden verkkojen ja eri maiden välillä. [1.]

Ensimmäinen 3G-verkko, joka perustui FOMA-tekniikkaan otettiin käyttöön Japanissa vuonna 2001. Suomessa 3G-verkkoon kuuluva UMTS-verkko otettiin käyttöön vasta vuonna 2005.

2.1 UMTS

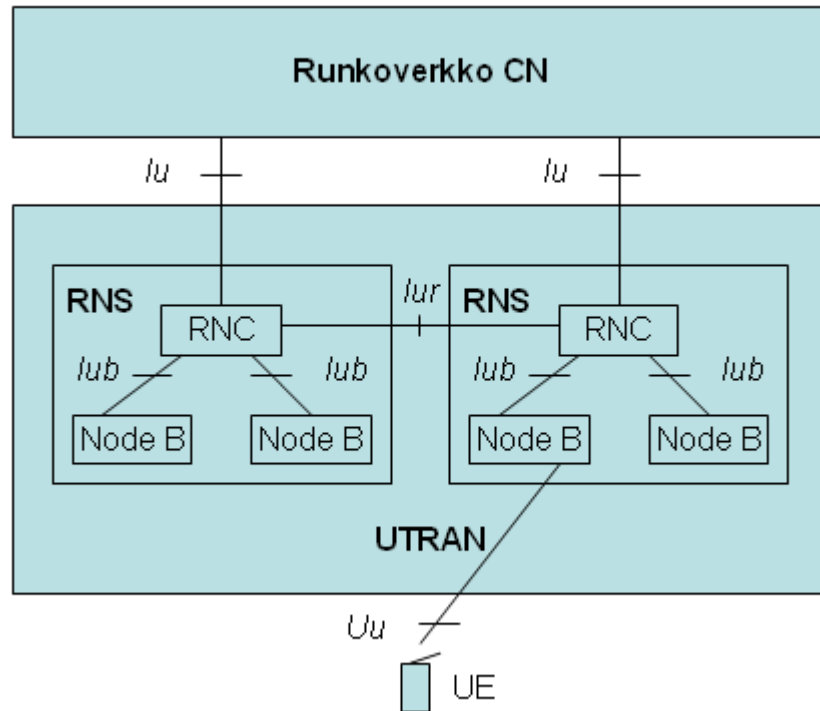
UMTS on yksi 3G-verkkoon kuuluvista tekniikoista. UMTS:n radioverkon pääsyn UTRA (Universal Terrestrial Radio Access) -toteutuksessa käytetään mm. kahta eri tekniikkaa: WCDMA:ta (Wideband Code Division Multiple Access) ja TD-CDMA:ta (Time Division CDMA). Näihin tekniikoihin perehdytään myöhemmin tässä insinöörityössä.

UMTS-verkkoa kehitettiin alunperin saadakseen samanlaatuiset äänet ja palvelut kuin ne olivat jo kiinteässä verkossa. Tavoitteena oli myös mahdollistaa pakettipohjaiset ja piirikytkentäiset palvelut verkossa ja kasvattaa bittinopeutta 2 Mbps:iin asti, mutta ensimmäisessä UMTS-versiossa ei kuitenkaan päästy läheskään alkuperäiseen tavoitenopeuteen. Ensimmäisessä versiossa päästiin ainoastaan nopeuteen 384 kbps.

UMTS-verkko sai alkunsa Release 99:sta, jota kutsuttiin myöhemmin Release 3:ksi. Verkon kehitys on jatkunut koko ajan ja jatkuu edelleen. Tämä mahdollisti uusimpien Release-versioiden tulon maailmalle. Myöhemmin tulivat seuraavat versiot: Release 4, Release 5, Release 6 ja Release 7. Tässä insinööriyössä sivuutetaan Release 4-versio kokonaan, koska sitä ei käytetä enää. Release-versiot eroavat toiminnallisuuksiltaan jonkin verran toisistaan, mutta kuitenkin kaikissa versioissa arkkitehtuuri perustuu runkoverkon ja UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) -verkon yhdistämiseen. [1.]

2.2 UMTS-verkkoarkkitehtuuri

UMTS-verkko voidaan jakaa kahteen osaverkkoon: UTRAN-verkkoon eli UMTS:n radiojärjestelmään RNS (Radio Network System) ja runkoverkkoon CN (Core Network). Verkkojen välillä on lu-rajapinta. Kuvassa 1 on esitetty UMTS-verkkoarkkitehtuuri.



Kuva 1. UMTS-verkkoarkkitehtuuri. [2, s. 305.]

2.3 UTRAN-radioliityntäverkko

UTRAN-radioliityntäverkko koostuu tukiasemista Node B ja radioverkko-ohjaimesta RNC (Radio Network Controller). Radioverkko-ohjainten tehtävät ovat tukiasemien ohjaaminen, hallitseminen ja radiotien palveluiden välittäminen asiakkaille.

UTRAN-radioliityntäverkossa vallitsevat seuraavat rajapinnat: Iur-rajapinta radioverkko-ohjainten RNC välillä ja Iub-rajapinta tukiasemien Node B ja radioverkko-ohjainten välillä. Myös UMTS-päätelaitteen ja UTRAN-verkon välillä on Uu-rajapinta.

Runkoverkko voi koostua joko pelkästään UMTS-makapuhelinkeskuksista MSC (Mobile Services Switching Centre) tai GPRS (General Packet Radio Service) -verkosta tai näiden yhdistelmästä. UTRAN-verkko muuttuu GERAN (GSM EDGE Radio Access Network) -verkoksi, kun sitä laajennetaan niin, että UMTS ja GSM/EDGE jakavat keskenään samaa runkoverkkoa. [3.]

2.4 Release 5

Release 5:ssä UMTS-verkkoarkkitehtuuri ja looginen rakenne muuttuvat aika lailla aikaisempaan Release 99:n arkkitehtuuriin verrattuna. Release 5 tuo mukanaan IMS (IP Multimedia Sub System) –arkkitehtuurin ja joukon uusia verkkoelementtejä. IMS-arkkitehtuuri perustuu SIP (Session Initiation Protocol) -protokollaan, joka mahdollistaa erilaisia reaaliaikaisia multimedianeuvottelupuheluita matkapuhelinverkoissa ja IP-pohjaisissa palveluissa. Release 5:n mukana tulevat myös QoS (Quality Of Service) -tietoliikenteen luokittelu ja priorisointi, AAA (Authentication Autorization and Accounting) - suojaustoiminnot ja yhteensovitus-toiminnot. [1.]

QoS:n avulla priorisoidaan siirrettävää dataa käyttäjien, sovellusten tai tietokoneiden kesken. QoS:ta käytetään silloin, kun huomataan, että siirrettävän datan kaistanleveys ei riitä. Silloin osa datan paketeista on joko pudotettava tai hidastettava, jotta datan välitys toimisi kunnolla.

AAA-suojaustoimintojen avulla verkossa oleva käyttäjä on mahdollista tunnistaa joko käyttäjän tunnistuksen, käyttäjän kanssa tehdyn sopimuksen tai käyttäjien tilastoinnin avulla.

Tärkeimpinä parannuksina Release 5:ssa voidaan pitää

- IP-multimedia-alijärjestelmän käyttöönotto
- IP-protokolla pohjainen IPv6-liikenne UTRAN-verkossa
- uusia elementtejä UTRAN- ja GERAN-verkoissa
- HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) -tekniikan tuloa. [1.]

HSDPA-tekniikan myötä datasiirron nopeus UMTS-verkossa kasvaa aika lailla edellisestä versiosta, mutta ainoastaan downlink-suunnassa. Downlink-suunta on datasiirto verkosta päätelaitteelle. HSDPA-tekniikassa käytetyt teoreettiset nopeudet ovat 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s tai 14,4, mutta käytännössä ei saavuteta tällaisia nopeuksia. HSDPA:n nopeudet määräytyvät sen mukaan, mitä modulaatiotekniikka käytetään ja mikä on parametri eli koodien lukumäärä.

HSDPA-tekniikassa käytetään kahta eri modulaatiomenetelmää; kvadratuuri-vaihe-modulaatiota QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) ja 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation). 16-QAM:ssa on vaihe-erot ja amplitudit yhdistettynä ja neljä kumpaakin.

2.5 Release 6

Release 6 myös aiheuttaa muutoksia IMS-arkkitehtuurissa ja tuo mukanaan uusia verkkoelementtejä. Myös datasiirron nopeus uplink-suunnassa kasvaa huomattavasti HSUPA:n (High-Speed Uplink Packet Access) tulon seurauksena. Uplink-suunta on datasiirtopäätelaitteesta verkkoon päin. Samalla kun nopeus kasvaa, niin datasiirron viivästyminen laskee. Erityisesti tämä mahdollistaa morkkulan ja interaktiivisten pelien käyttöä.

Release 6 tuo mukanaan seuraavat oleelliset muutokset

- Langaton lähiverkko WLAN (Wireless Local Area Network) UMTS-verkkoon
- mahdollisuus lähettää dataa ryhmälähetyksenä ja yleislähetyksenä
- HSUPA-tekniikan tulo
- parannuksia IMS-arkkitehtuurissa. [1.]

2.6 Release 7

Release 7:ssa nopeudet kasvavat entisiin nopeuksiin verrattuna kaksinkertaisiksi uplink- ja downlink-suunnissa HSPA:n (High-Speed Packet Access) myötä ja viive RTT (Round Trip Time) laskee. Tämä mahdollistaa nopeammat multimediatyhteydet ja samalla VoIP (Voice Over Internet Protocol) -puheluiden laadun paranemisen.

Release 7:ssa tärkeimmät parannukset ovat:

- HSPA-tekniikan tulo
- uplink-suunta on laajennettu
- 64 QAM-modulaation ja MIMO-tekniikan käyttö
- CPC (continuous packet connectivity) eli jatkuva pakettien vastaanotto. [1.]

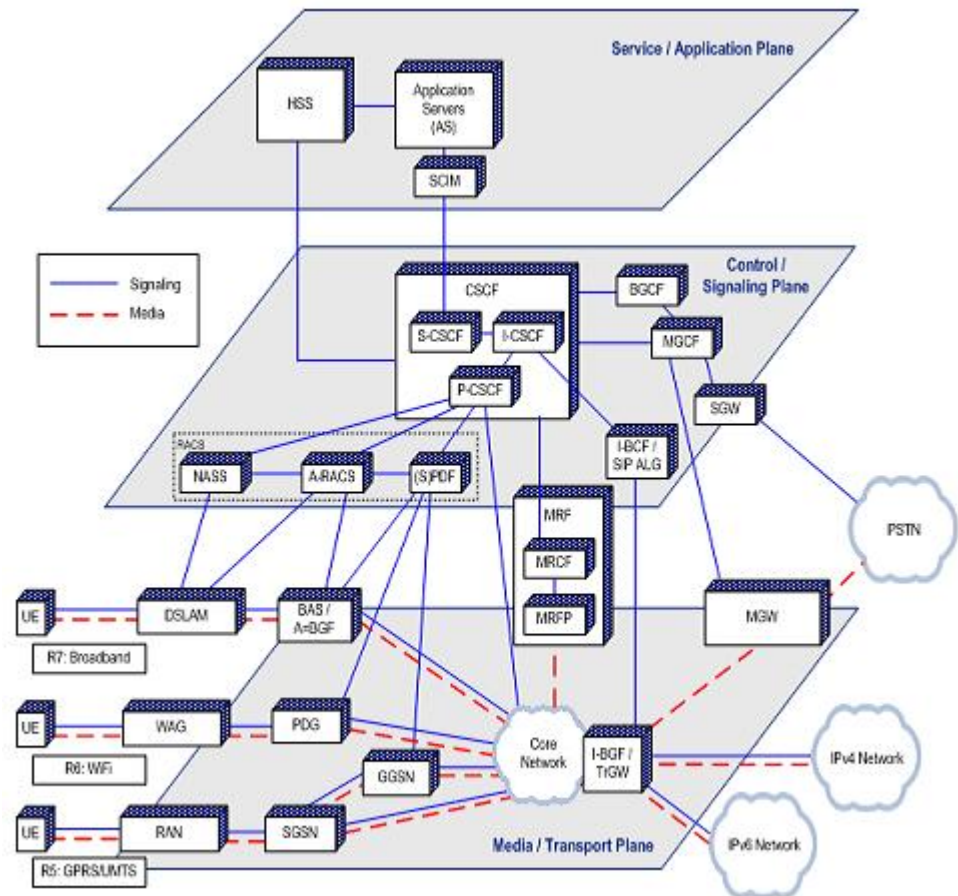
Taulukossa 1 on esitetty Release-versioiden 5, 6 ja 7 nopeudet downlink- ja uplink- suunnassa.

Taulukko 1. Release versioiden 5,6,7 bittinopeudet. [4.]

| Release versiot | 3GPP R5 | 3GPP R6 | 3GPP R7 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Downlink suunta | 14 Mbps | 14 Mbps | 28 Mbps |
| Uplink suunta | 0.4 Mbps | 5.7 Mbps | 11 Mbps |

2.7 Release-versioiden 5, 6 ja 7 yhdistetty IMS-verkkoarkkitehtuuri

Verkkoarkkitehtuuri koostuu kolmesta tasosta: palvelutasosta Service/Application Plane, ohjaustasosta Control/Signaling Plane ja kuljetustasosta Media/Transport.



Kuva 2: IMS:n toiminnallinen vekkoarkkitehtuuri. [5.]

Seuraavassa kerrotaan, mitä verkon elementtejä sijaitsee kussakin tasossa ja mitkä ovat näiden elementtien päätehtävät tai niiden tarkoitus tasoissa.

2.7.1 Palvelutaso

Ylemmässä palvelutasossa sijaitsevat kotiverkon liikkuvat palvelut HSS (Home Subscriber Services), sovellusserverit AS (Application Servers) ja SCIM (Servers Capability Interaction Manager).

Sovellusserverin AS tehtävänä on tuottaa erilaisia IP-multimediapalveluita. AS sijaitsee käyttäjän kotiverkossa ja on myös yhteydessä CSCF:ään. AS vastaanottaa esim. julkaisupyynnöitä S-CSCF:lta [6.]

HSS on yhden operaattorin käyttäjien tietokanta, jossa pidetään erilaisia tietoja mm. käyttäjän nyky sijainnista, palveluista, ominaisuuksista ja esimerkiksi onko käyttäjä tavoitettavissa kyseisellä hetkellä ja tunnistetietoa. HSS sisältää kotipaikkarekisterin HLR (Home Location Register) ja autentikointipal-

velut AuC:n (Authentication Center). Kotipaikkarekisterissä ovat tilaajaajatiedot ja AuC:ssa ovat tilaajien tunnistetiedot.

SCIM on palveluiden välittäjä sovelluspalvelimien AS ja muiden uusien verkkojen välillä. SCIM:n avulla IMS:in palveluiden tarjoajat voivat päättää, millä tavalla palvelut välitetään eri verkkojen ja eri tekniikoiden välillä. [6.]

2.7.2 Ohjaustaso

Keskeisessä ohjaustasossa sijaitsevat CSCF (Call Session Control Function), BGCF (Breakout Gateway Control Function), MGCF (Media Gateway Control), SGW (Signaling Gateway Function) ja I-BCF (Interconnecting Border Control Function). Tässä tasossa sijaitsee myös RACS (Resource and Admission Sub-System). Ohjaus- ja kuljetustasojen välillä sijaitsee MRF(Multimedia Resource Function).

CSCF

CSCF on IMS-arkkitehtuurin keskeinen ydinosa, joka mahdollistaa ja ohjaa erilaisia reaaliaikaisia sovelluksia IP-kuljetuskerroksen yli yhtäaikaaisesti.

CSCF voidaan jakaa kolmeen osaan: välityspalvelimeen P-CSCF (Proxy CSCF), kyselypalvelimeen I-CSCF (Interrogating CSCF) ja palvelupalvelimeen S-CSCF (Serving CSCF).

CSCF on vastuussa kaikesta tapahtuvasta liikennöinnin resurssien jakautumisesta sovellusten ja käyttäjien välillä SIP-protokollan istuntojen aikana.

IMS-palvelujen käyttäjän ensimmäinen kosketuspiste on välityspalvelin P-CSCF. Välityspalvelimen tehtäviin kuuluu vastaanottaa, käsitellä ja välittää SIP-istunnon pyyntöjä päätepisteiden kautta eteenpäin muuhun verkkoon.

I-CSCF on operaattoriverkon piste, jonka kautta muodostetaan kaiken tulevan liikenteen yhteydet kyseisen verkon käyttäjän ja toisen verkon välillä. IMS-verkossa voi olla useampia I-CSCF-pisteitä. [7.]

S-CSCF varmistaa, että käyttäjällä on tarvittavat oikeudet käyttää kyseistä verkkoa. S-CSCF muodostaa myös yhteyden käyttäjän kotiverkon palveluihin ja palvelimiin. [7.]

BGCF, MGCF, SGW ja I-BCF

BGCF on pohjimmiltaan SIP-serveri, joka sisältää puhelinnumeroihin perustuvan pakotetun ohjaus- ja reititystoiminnon. BGCF ohjaa ja siirtää puhelut valitsemalla sopivamman MGCF:n ainoastaan silloin kun istunnon aloittaa IMS:n palveluiden käyttäjä ja puhelu soitetaan käyttäjälle, joka sijaitsee piirikentäisessä verkossa. [8.]

MGCF on mediayhdyskäytävän ohjaustoiminto, joka kontrolloi yhdyskäytäviä MGW (Media Gateway) ja välittää sanomat piirikentäisestä ja pakettikytkentäisestä verkoista oikealle S-CSCF:lle. MGCF:n tehtäviin kuuluu myös ISUP-merkinantoprotokollan ja SIP-protokollan sovittaminen.

SGW huolehtii kaksisuuntaisen signaloinnin muodostamisesta kytkentäisen ja IP-verkkojen välillä käyttämällä ISUP-merkinantoprotokollaa. ISUP-merkinantoprotokollan avulla muodostetaan, valvotaan ja puretaan puhelua.

I-BCF toimii joko viestinnän alku- tai päätepisteenä eri verkkojen rajapinnassa istuntojen aikana. I-BCF välittää eteenpäin istunnon merkinantoa soveltaen sitä käyttäjän tietoturvaan ja verkon toimintapoihin ja sääntöihin.

I-BCF:n päätehtävinä ovat IP-osoitteiden reititys IP-protokollien IPv6 ja IPv4 välillä, verkon topologian piilottaminen, kuljetustason toimintojen hallinta, SIP-merkinannon tiedon tarkastus ja suojaus, puheluiden yhdistäminen parhaalla tavalla ja laskutukseen liittyvän datan kerääminen. [9.]

RACS

RACS sisältää joukon erilaisia resurssien hallintaan ja pääsyn hallintaan liittyviä toimintoja. Tärkeimpinä näistä toiminnoista kuitenkin pidetään seuraavia: istuntojen pääsyn hallinta, resurssien varaaminen ja toimintojen hallinta. RACS myös tarjoaa erilaisille sovelluksille valmiuden pyytää resurssien varaamista riippuen siitä, mihin QoS:n luokitteluluokkaan ne kuuluvat tai mikä QoS:n luokitteluluokka sopii parhaiten näille sovelluksille. [10.]

RACS koostuu kolmesta alijärjestelmästä: NASS:sta (Network Attachment Sub-System), A-RACS:sta (Access – Resource Admission Control Function) ja S-PDF:stä (Service-based Policy Decision Function).

NASS tarjoaa CPE:lle (Customer Premises Equipment) rekisteröinnin ja käyttöönoton IMS-verkkoon käyttämään IMS:n palveluita. NASS:in tärkeimmät tehtävät ovat käyttäjän todennus, IP-osoitteiden konfigurointi, verkkoon pääsyn todennus perustuen käyttäjän profiliin, verkkoon pääsyn konfigurointi perustuen käyttäjän profiliin ja sijainnin hallinta. [10.]

A-RACS:in päätehtävänä on käsitellä S-PDF:lta tulevat pääsyn hallinnan pyynnöt ja tallentaa resurssien varmistamiseen S-PDF:ssä käytetyt pääsyverkon säännöt.

S-PDF:n päätehtävänä on tehdä päätökset toiminnasta käyttäen verkkooperaattorin määrittelemiä toiminnan sääntöjä. S-PDF toimii A-RACS:n kanssa yhteistyössä ja sisältää erilaisia verkon alueellisia ja paikallisia sääntöjä. S-PDF on myös vastuullinen menettelytapohjeiden täytäntöönpanosta. S-PDF tekee menettelytapojen kartoittamista ja lähettää sen eteenpäin A-RACS:lle tai BGF:lle. [9.]

MRF

MRF on komponentti, joka muodostaa ja hoitaa multimedia konferenssipuhelut eri käyttäjien välillä. Konferenssipuheluissa käyttäjät pystyvät yhtäaikaaisesti lähettämään toisilleen videota, audiota tai dataa ja jakamaan dokumentteja keskenään. MRF myös tarjoaa käyttäjille suoratoistomahdollisuuden, hoitaa transkoodauksen, kerää istunnon tilastotiedot ja tekee informaation analyysin.

MRF sijaitsee aina käyttäjän kotiverkossa, ja se voidaan jakaa kahtia, merkinantosolmuun MRFC (Media Resource Controller Function) ja mediasolmuun MRFP (Media Resource Function Processor). MRFC toimii SIP-käyttäjäagenttina ja välittää SIP-pyynnöt välityspalvelimelle S-CSCF. MRFC ohjaa MRFP:tä ja hallitsee MRFP:ssa sijaitsevia resursseja H.248-pohjaisen Mp-rajapinnan kautta. MRFP toteuttaa kaikki mediaan liittyvät toiminnot. [11.]

2.7.3 *Kuljetustaso*

Alemmassa kuljetustasossa sijaitsevat seuraavat komponentit: yhdyskäytävä MGW, I-BGF (Interconnect Border Gateway Function), GGSN (Gateway GPRS Support Node), SGSN (Serving GPRS Support Node), RAN (Radio Access Network), PDG (Packet Data Gateway), WAG (WLAN Access Gate-

way), BAS (Broadband Access Server) ja DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer).

MGW-yhdyskäytävän päätehtävä on siirtää tietoa piirikytkentäisen ja pakettikytkentäisen verkkojen välillä. MGW käyttää reaaliaikaista protokollaa RTP (Real-Time Protocol), kun se lähettää ja vastaanottaa IMS:n puolelta mediaa ja käyttää yhtä tai useampaa pulssikoodimodulaation PCM (Pulse Code Modulation) -aikaväliä, kun se muodostaa yhteyden piirikytkentäiseen verkkoon. Tarvittaessa MGW tekee transkoodauksen, jos IMS:n päätelaite ei tue koodekkia, jota käytetään piirikytkentäisessä verkossa.

I-BGF tarjoaa verkkoturvan palveluiden tuotajille Pinpall-palomuurin ja NAT:n (Network Address Translation) avulla IMS:n runkoverkossa. I-BGF tehtäviin kuuluu myös hallinoida verkkoon pääsyä verkossa kulkevien pakettien suodatuksen ja ohjauksen avulla ja piilottaa verkon IP-osoitteet ja portit runkoverkossa. [12.]

Yhdyskäytäväsolmu GGSN ja operointisolmu SGSN ovat GPRS-verkon tärkeimmät verkkoelementit, ja ne ovat tulleet UMTS-verkkoon GPRS-verkon yhteydessä.

SGSN on vastuussa pakettien saapumisesta, GPRS-verkkoon pääsystä, yhteyden ylläpidosta ja suojauksesta, päätelaitteen liikkuvuuden hallinnasta ja laskutuksesta. SGSN myös hallitsee mediayhdyskäytävän toiminnot. Lisäksi SGSN sisältää rekisterin, missä on tilaajan ajankohtaiset tiedot kuten tarkat tilaajan sijaintitiedot, joita se päivittää jatkuvasti.

GGSN:n päätehtävänä on yhdistää GPRS-verkko muihin verkkoihin, mikä mahdollistaa datan siirron näiden verkkojen välillä. GGSN näkyy ulkopuolisille verkoille IP-verkon reitittimenä tai X.25-verkon solmuna. GGSN osaa reitittää paketit myös päätelaitteen liikkeessa. GGSN tehtäviin kuuluu myös kerätä laskutustiedot.

PDG on toiminnallisesti itsenäinen kokonaisuus, joka yhdistää päätelaitteen UE langattomaan verkkoon 3G-WLAN. PDG on myös vastuussa datasiirron turvaamisesta, IP-osoitteiden siirrosta, autentikoinnista, laskutuksesta ja QoS:n toteutuksesta. [9.]

WAG on yhdyskäytävä, joka yhdistää WLAN-verkkoa ja UMTS-verkkoa keskenään. WAG:n tarjoaa IP-pohjaiseen suodatukseen ja laskutukseen liittyvät toiminnot datasiirrolle UMTS-verkon ja WLAN -päätelaitteen välillä. [9.]

BAS on tilaajan ensimmäinen kosketuspiste verkossa, silloin kun tilaaja käyttää DSLAM palveluita. BAS on vastuussa IP-osoitteiden jakamisesta. [9.]

DSLAM on piste, joka yhdistää tilaajalta tulevan datan DSL-laitteisiin. DSLAM osaa erottaa ja reitittää eteenpäin puheliikenteen dataliikenteestä. [9.]

3 WCDMA

WCDMA on laajakaistainen koodijakotekniikka, jolla on toteutettu UMTS:n radioverkon pääsy UTRA:n FDD-komponentti. UTRA jakautuu kahtia: taajuusjakaisen tekniikan FDD (Frequency Division Duplex) UTRA-FDD komponenttiin ja aikajakaisen tekniikan TDD (Time Division Duplex) UTRA-TDD-komponenttiin. Toinen UTRA:n TDD-komponentti on toteutettu TD-CDMA-tekniikalla. TD-CDMA on kahden eri tekniikan yhdistäminen: TDMA:n ja CDMA:n.

WCDMA:ssa taajuusalueet on määritelty niin, että uplink-suunnassa on taajuudet välillä 1920 – 1980 MHz ja downlink-suunnassa vastaavasti 2110 – 2170. Yhdysvalloissa taajuudet määritettiin uplink-suunnassa 1850 – 1910 MHz ja downlink-suunnassa välillä 1930 – 1990. Kaistanleveys taajuusalueille on 5 MHz molemmille suunnille. [2, s. 309.]

WCDMA:ssa käyttäjät käyttävät samaa taajuutta ja niitä erotellaan toisistaan suoraohjotuskoodien avulla. Datansiirron teoreettinen nopeus WCDMA-tekniikassa on 2 Mbps ja käytännössä nopeus on 384 kbps. Nämä nopeudet liittyvät Release 3-versioon.

Taajuusjakokanavointitekniikassa FDMA-käyttäjille on varattu tietty taajuusalue. Tämä taajuusalue jaetaan käyttäjien kesken osa-alueisin niin, että jokainen käyttäjä saa vain yhden osa-alueen yhteyden ajaksi. FDMA-tekniikka käytetään radiokanavien jakoon käyttäjien kesken.

Aikajakokanavointitekniikassa TDMA-käyttäjille on varattu sama taajuusalue, joka on jaettu aikaväleihin. Käyttäjät jakavat saman taajuusalueen, mutta eri aikaväleissä. TDMA-tekniikka mahdollistaa erilaiset multimedialähetykset, koska eri aikaväleissä voi lähettää erikseen dataa ja ääntä.

Koodijakokanavointitekniikassa CDMA-käyttäjille on varattu sama taajuusalue, mutta käyttäjät erotetaan toisistaan koodien avulla. Jako voidaan toteuttaa joko suoraohjotusjärjestelmän DS (Direct Sequence) tai taajuushyp-pelyn FH (Frequency Hopping) avulla.

3.1 Suorahajotus

Suorahajotusjärjestelmässä käyttäjän data kerrotaan uniikilla binäärijaksolla eli kanavointikoodilla chippettäin. Bitti koostuu tietyistä määrästä chippejä. Tuloksena saadaan levitetty koodattu data lähetinpäässä ja datan koostaminen vastaanottopäässä. Tämä periaate minimoi samalla taajuudella olevien käyttäjien kesken häiriöiden syntyä.

Suorahajotusjärjestelmässä käytetyt koodit ovat yleensä ortogonaalisia. Ortogonaalisten koodien avulla on helpompi erottaa käyttäjät toisistaan eli saavuttaa vähemmän häiriötä. Datan purku vastaanottopäässä alkuperäiseen dataan tapahtuu samalla periaatteella kuin datan lähetys. Vastaanotettu data kerrotaan samalla kanavointikoodilla ja näin saadaan alkuperäinen data.

Kanavointikoodien lisäksi suorahajotusjärjestelmässä käytetään myös sekoituskoodeja. Kanavointikoodilla kerrottu data voidaan vielä kertoa sekoituskoodilla, jolloin saadaan lopullinen lähetettävä data.

Kanavointikoodilla saavutetaan datan levitys ja vastaavasti sekoituskoodilla saavutetaan datan sekoitus. Näillä menetelmillä saavutetaan erilaiset tulokset. Levityksellä uplink-suunnassa saavutetaan häiriöiden minimointi ja fyysisten data- ja kontrollidatakanavien erottaminen toisistaan. Downlink-suunnassa levitys erottaa solun sisäiset yhteydet toisistaan. Sekoituksella uplink-suunnassa saavutetaan päätelaitteiden erottaminen toisistaan. Downlink-suunnassa sekoitus erottaa sekä tukiasemat että solut toisistaan.

3.2 HSDPA ja HSUPA tarkemmin

HSDPA:n käsite viittaa uuteen downlink-suunnan siirtokanavaan HS-DSCH, jossa paljon tehoa ja koodiresursseja siirretään yksittäiselle käyttäjälle käyttöön tietyn TTI (Transmission Time Interval) -aikajakson aikana ja/tai multipleksoidulla tavalla. [13.]

HSUPA:n käsite viittaa uuteen uplink-suunnan siirtokanavaan E-DCH, jonka avulla datan siirron nopeus kasvatettiin uplink-suunnassa. Tämä muutos aiheuttaa pienemmän latenssin, kun siirretään paljon dataa kerrallaan, parannetaan radiolinkin laatua ja lisätään suoritustehoa ilman modulaatiotekniikan vaihdon tarvetta.

Molemmissa tekniikoissa käytetään HARQ:ia (Hybrid Automatic Repeat Request), Node B:n ajoitusta ja useiden koodien siirtoa, missä enemmän kuin yksi levityskerroin SF (Spreading Factor) on annettu yksittäiselle käyttäjälle käyttöön. Taulukossa 2 on esitetty HSDPA:n ja HSUPA:n oleelliset erot lyhyesti. [13.]

Taulukko 2: HSDPA:n ja HSUPA:n erot lyhyesti. [14.]

| | HSDPA | HSUPA |
|-----------------------------|--------------|--------------------|
| Muuttuva SF | vakio SF=16 | vaihtelee |
| Nopea tehonsäätö | Ei | Kyllä |
| Pehmeä solunvaihto | Ei | Kyllä |
| Mukautuva modulaatio | Kyllä | Ei |
| TTI | 2 ms | voi olla alle 2 ms |

Kun aiemmin on jo kerrottu luvussa 2.4, että HSDPA:n nopeuden arvot määräytyvät sen mukaan, mitä modulaatiotekniikka käytetään ja mikä on koodien lukumäärä yhdessä HS-DSCH kanavassa, niin tässä yhteydessä esitetään

vähän tarkemmin nämä riippuvuussuhteet. Taulukossa 3 on esitetty HSDPA:n nopeuden huippuarvot, kun kyseessä ovat erilaiset modulaatiotekniikat, koodien suhteet ja koodien lukumäärät.

Taulukko 3: HSDPA:n huippunopeudet.

| Modulaatio | Koodin suhde | 5 koodia | 10 koodia | 15 koodia |
|-------------------|---------------------|-----------------|------------------|------------------|
| QPSK | 1/4 | 600 kbps | 1.2 Mbps | 1.8 Mbps |
| QPSK | 2/4 | 1.2 Mbps | 2.4 Mbps | 3.6 Mbps |
| QPSK | 3/4 | 1.8 Mbps | 3.6 Mbps | 5.4 Mbps |
| 16QAM | 2/4 | 2.4 Mbps | 4.8 Mbps | 7.2 Mbps |
| 16QAM | 3/4 | 3.6 Mbps | 7.2 Mbps | 10.7 Mbps |
| 16QAM | 4/4 | 4.8 Mbps | 9.6 Mbps | 14.4 Mbps |

Vastaavasti HSUPA:n nopeuden arvot määräytyvät sen mukaan, mikä kategoria on kyseessä, mikä on koodien lukumäärä, mikä on levityskertoimen arvo ja mikä on TTI aikajakson pituus. Taulukossa 4 on esitetty HSUPA:n nopeuden maksimiarvot uplink-suunnassa, mutta koodien lukumäärät sekä levityskertoimen arvot ja aikajakson pituudet on jätetty pois.

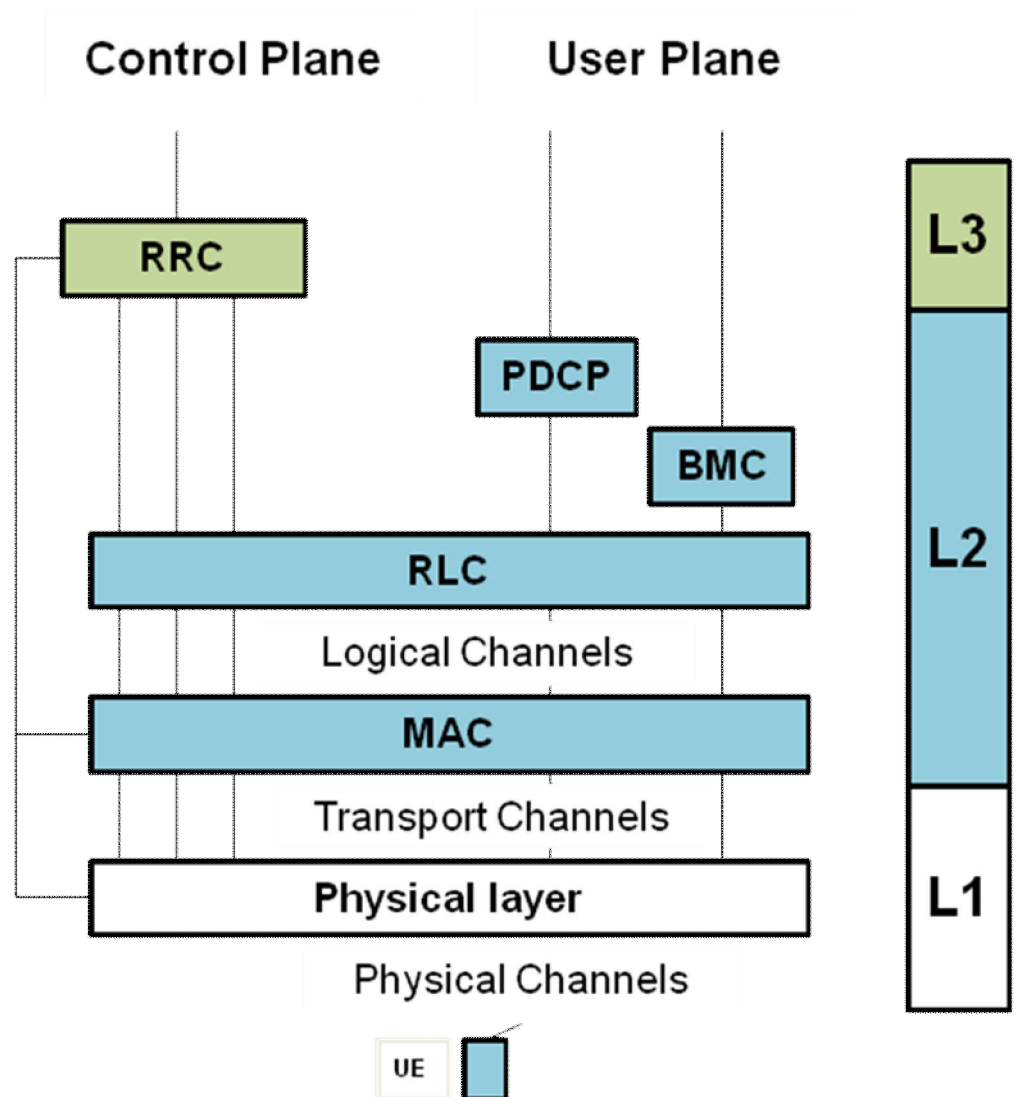
Taulukko 4: HSUPA:n maksimi nopeudet uplink-suunnassa. [15.]

| HSUPA Kategoria | Max Uplink nopeus |
|-----------------|-------------------|
| Kategoria 1 | 0.73 Mbit/s |
| Kategoria 2 | 1.46 Mbit/s |
| Kategoria 3 | 1.46 Mbit/s |
| Kategoria 4 | 2.93 Mbit/s |
| Kategoria 5 | 2.00 Mbit/s |
| Kategoria 6 | 5.76 Mbit/s |
| Kategoria 7 | 11.5 Mbit/s |

3.3 UTRAN-protokollan Uu-radorajapinnan arkkitehtuuri

UTRAN Uu-radorajapinta on niin sanottu Uu-piste, joka sijaitsee UE-päätelaitteen ja UMTS-radioverkon RAN:in (Radio Access Network) välillä. Vertikaalisesti ja yleisesti katsoen tämän radorajapinnan rakenne jakautuu kahteen tasoon: ohjaus- ja käyttäjätasoon. Ohjaustaso on vastuussa kaiken tyyppisten tapahtumien signaloinnista, ja käyttäjätaso puolestaan on vastuussa käyttäjän datan prosessoinnista.

Horisontaalisesti katsoen radorajapinnan arkkitehtuuri koostuu mm. kolmesta kerroksesta: Layer 1:stä, Layer 2:sta ja Layer 3:sta. Kuvassa 3 on esitetty UTRAN-radorajapinnan arkkitehtuuri ja kerrokset lyhyesti.



Kuva 3: UTRA FDD-protokollan arkkitehtuuri. [16.]

Layer 1 on alin fyysinen kerros, joka tunnetaan myös nimellä OSI-1 (Open Systems Interconnection) kerros. Tämä kerros perustuu WCDMA-tekniikkaan ja on myös yhteydessä ylempiin kerroksiin: Layer 2:een ja Layer 3:een. Fyysinen kerros tarjoaa palveluita ylemmälle kerrokselle kuljetuskanavien muodossa.

Layer 2 on datakerros, joka koostuu neljästä alikerroksesta: siirtoyhteyserroksesta MAC (Medium Access Control), radioyhteyden ohjausprotokollasta RLC (Radio Link Control), protokollasta PDCP (Packet Data Convergence Protocol) ja ohjausprotokollasta BCM (Broadcast/Multicast Control).

MAC-kerros tarjoaa palveluita RLC-kerrokselle loogisten kanavien muodossa ja myös sovittaa nämä kanavat fyysisiin kanaviin. RLC-kerros huolehtii segmentoinnista ja virheenkorojauksesta. RLC toimii kolmessa moodissa:

Tr:ssä (Transparent); UM:ssä (Unacknowledged) ja AM:ssä (Acknowledged). PDCP:n päätehtävä on IP-otsikoiden kompressointi. BCM siirtää broadcast- ja multicast-tyyppisiä palveluita verkosta käyttäjille.

Layer 3 on verkkokerros, jossa sijaitsee radioresurssien ohjain RRC (Radio Resource Controller). RRC on vastuussa radiotien ohjauksesta ja hallinnasta.

3.4 UTRA-FDD:n kanavat

UMTS-järjestelmän UTRA-FDD:n komponentissa on olemassa kolmentyyppisiä kanavia: loogisia, fyysisiä ja siirtokanavia. Kanavien tehtävät eroavat toisistaan UMTS-järjestelmässä. Loogiset kanavat ovat vastuussa mm. siitä, mihin tarkoitukseen ja mitä dataa siirretään käyttäjän ja verkon välillä. Fyysiset puolestaan ovat vastuussa siitä, minne kyseinen data siirretään. Siirtokanavat ovat vastuussa kyseisen datan siirtotavasta.

3.4.1 Loogiset kanavat

Loogiset kanavat eli LoCHs (Logical channels) ovat palveluita, joita MAC-kerros tarjoaa ylemmille kerroksille. Loogiset kanavat voidaan jakaa kahteen ryhmään: ohjauskanaviin ja siirtokanaviin. Ohjauskanavat käytetään ohjaustason informaation tiedonsiirtoon ja siirtokanavat vastaavasti käytetään käyttäjätason informaation tiedonsiirtoon.

Loogiset ohjauskanavat ovat seuraavat:

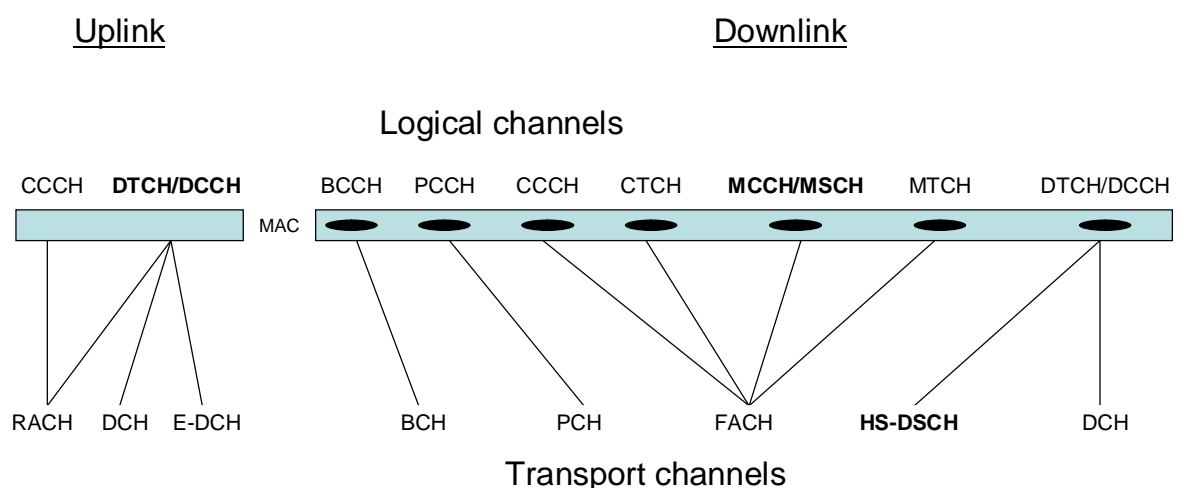
- BCCH (Broadcast control channel) on kanava, jota käytetään järjestelmän ohjausinformaation lähettämiseen downlink-suunnassa. [13.]
- PCCH (Paging control channel) on kanava, jota käytetään tilaajan hakuinformaation siirtämiseen downlink-suunnassa. [13.]
- CCCH (Common control channel) on kaksisuuntainen kanava, jota käytetään järjestelmän ohjausinformaation välittämiseen verkon ja päätelaitteen välillä. [13.]
- DCCH (Dedicated control channel) on päästä päähän -yhteyden kaksisuuntainen kanava, jota käytetään yhteyskohtaisen ohjausinformaation välittämiseen verkon ja päätelaitteen välillä. [13.]
- MCCH (MBMS point-to-multipoint control channel) on yhdestä pisteestä moneen eri pisteeseen -yhteyden downlink-suunnan kanava, jota käytetään ohjausinformaation välittämiseen verkon ja päätelaitteen välillä. [13.]

- MSCH (MBMS point-to-multipoint scheduling channel) on yhdestä pisteestä moneen eri pisteeseen -yhteyden downlink-suunnan kanava, jota käytetään ohjausinformaation välittämisen verkon ja päätelaitteen välillä. [13.]

Loogiset siirtokanavat ovat seuraavat:

- DTCH (Dedicated traffic channel) on päästä päähän -yhteyden yhteyskohtainen kanava yhdelle päätelaitteelle siirtämään käyttäjän informaatiota. [13.]
- CTCH (Common traffic channel) on yhdestä pisteestä moneen eri pisteeseen -yhteyden yksisuuntainen kanava, jota käytetään yhteyskohtaisen informaation siirtämiseen kaikille tai tietyn ryhmän käyttäjille. [13.]
- MTCH (MBMS point-to-multipoint traffic channel) on yhdestä pisteestä moneen eri pisteeseen -yhteyden downlink-suunnan kanava, jota käytetään siirtoinformaation välittämiseen verkosta käyttäjälle. [13.]

Loogiset kanavat sisältävät käyttäjän dataa ja erilaisia tehtäviä, joita verkon ja päätelaitteen tulisi suorittaa eri ajanhetkinä. Tästä johtuen loogiset kanavat määritetään erilaisiin siirtokanaviin MAC-kerroksella. Yksi tai useampi looginen kanava voidaan määrittää annettuun siirtokanavaan käyttäen MAC-kerroksen yli. Kuvassa 4 on esitetty loogisten ja siirtokanavien väliset suhteet.



Kuva 4: Loogisten ja siirtokanavien väliset suhteet uplink- ja downlin-suunnassa. [13, s.111.]

3.4.2 Siirtokanavat ja fyysiset kanavat

UTRAN-verkossa ylemmillä kerroksilla luotu data kuljetetaan ilmarajapinnan yli käyttäen siirtokanavia, jotka on määrätty eri fyysisiin kanaviin. Siirtokanavat eli TrCHs-kanavat (Transport Channels) ovat palveluita, joita alin fyysinen kerros tarjoaa ylemmille kerroksille.

Fyysinen kerros on suunniteltu tukemaan muuttuvien nopeuksien siirtokanavia, joiden avulla on mahdollista tarjota bandwidth-on-demand-palveluita ja multipleksoida eri palvelut, joilla on sama RRC-yhteys. Bandwidth-on-demand on tekniikka, jolla kasvatetaan kaistanleveyttä tarpeen mukaan. Fyysinen kerros voi multipleksoida yhden tai useampia siirtokanavia yksittäiseen muotoon CCTrCH (Coded Composite Transport Channel), jonka voi siirtää yksi fyysinen ohjauskanava tai yksi tai useampi fyysinen datakanava.

Siirtokanavat voidaan jakaa kahteen tyyppiin: yhteisiin ja yhteyskohtaisiin siirtokanaviin. Yhteinen siirtokanava on resurssi, jota jaetaan joko kaikkien tai tietyn ryhmän käyttäjien kesken yhdessä solussa. Yhteyskohtainen siirtokanava on resurssi, jota varataan vain ainoalle päätelaitteelle käyttöön.

Yhteiset siirtokanavat ovat seuraavat:

- RACH (Random access channel) on kanava, joka lähettää uplink-suunnan ohjausinformaatiota kuten pyyntö aloittaa RRC-yhteys. [13.]
- BCH (Broadcast channel) on kanava, jota käytetään tietyn UTRA-verkon tai annetun solun informaation siirtämiseen. [13.]
- FACH (Forward access channel) on kanava, joka lähettää downlink-suunnan ohjausinformaatiota vain annetussa solussa oleviin päätelaitteisiin. [13.]
- PCH (Paging channel) on kanava, joka lähettää oleellista tilaajan hakuun liittyvää informaatiota. [13.]
- HS-DSCH (High-speed downlink shared channel) on downlink-suunnan kanava, jota jaetaan useiden päätelaitteiden kesken. [13.]

Yhteyskohtaiset siirtokanavat:

- DCH (Dedicated Channel) on kanava yhdelle päätelaitteelle, jota käytetään käyttäjän kaiken informaation ja ohjausinformaation lähettämiseen uplink- tai downlink-suunnassa. [13.]
- E-DCH (Enhanced dedicated Channel) on kanava, joka esiintyy ainoastaan uplink-suunnassa. [13.]

Jokaiseen siirtokanavaan on liitetty formaatti, joko ennalta määrättylle kiinteälle tai hitaalle vaihtonopeudelle tai nopealle vaihtonopeudelle. Formaatti määritetään koodauksien yhdistelmällä, lomituksella, bittinopeudella ja määrityksellä fyysisiin siirtokanaviin.

3.4.3 *Fyysiset kanavat*

Fyysiset kanavat ovat fyysisen kerroksen sisäisiä tietovirtoja. Ne määritetään muun muassa taajuuden kantoaallon, kanavointikoodin, ajankeston, uplink-suunnassa suhteellisen vaihekulman arvon perusteella. Fyysiset kanavat voidaan jakaa siirtosunnan mukaan uplink- ja downlink-kanaviin. Sekä fyysiset uplink- ja downlink-kanavat voidaan jakaa edelleen yhteyskohtaisiin ja yhteisiin fyysisiin kanaviin.

Uplink-suunnan yhteyskohtaiset fyysiset kanavat:

- DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)
- DPCCH (Dedicated Physical Control Channel)
- E-DPDCH (E-DCH Dedicated Physical Data Channel)
- E-DPCCH (E-DCH Dedicated Physical Control Channel)
- HS-DPCCH (Dedicated Physical Control Channel associated with HS-DSCH). [13.]

Yllä olevat uplink-suunnan yhteyskohtaiset kanavat voidaan jakaa kahteen osaan: osaan, joka sisältää siirtomuodon TFCI- (Transport Format Combination Indicator) yhdistelmäosoittimen, ja osaan, joka ei sisällä sitä. UTRAN määrittää, milloin kyseinen siirtomuodon yhdistelmäosoitin siirretään kanavan mukana ja milloin ei.

Uplink-suunnan yhteinen fyysinen kanava

- PRACH (Physical Random Access Channel) on kanava, jota käytetään RACH siirtokanavan siirtämiseen. Tämän kanavan liikennöinti perustuu slotted ALOHA- tyyppiseen liikennöintiin. [13.]

Downlink-suunnan yhteyskohtaiset fyysiset kanavat:

- DPCH (Dedicated Physical Channel)
- F-DPCH (Fractional Dedicated Physical Channel)
- E-RGCH (E-DCH Relative Grant Channel)
- E-HICH (E-DCH Hybrid ARQ Indicator Channel). [13.]

Yllä olevat downlink-suunnan yhteyskohtaiset kanavat voidaan jakaa samalla tavalla kuin uplink-suunnan yhteyskohtaiset kahteen osaan. Kanavien jaon periaate on sama kuin uplink-suunnassa.

Downlink-suunnan yhteiset fyysiset kanavat:

- CPICH (Common Pilot Channel)
- P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel)
- S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel)
- SCH (Synchronization Channel)
- AICH (Acquisition Indicator Channel)
- PICH (Paging Indicator Channel)
- HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel)
- HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel)
- E-AGCH (E-DCH Absolute Grant Channel)
- MICH (MBMS Indicator Channel). [13.]

Yllä olevasta ryhmästä tärkeimmät ovat P-CCPCH- ja S-CCPCH-kanavat. Niiden ero on, että P-CCPCH käyttää BCH-kanavaa, jonka siirtomuodon yhdistelmäosoitin on kiinteästi ennalta määrätty, kun taas S-CCPCH käyttää FACH- ja PCH-kanavia ja tukee moninkertaisia siirtomuodon yhdistelmäosottimia. Yllä olevasta ryhmästä merkinantoon tarkoitetut kanavat ovat seuraavat: CPICH, SCH, AICH ja PICH. Merkinantoon tarkoitetut kanavat voivat siirtää ainoastaan verkon ja päätelaitteen välistä informaatiota. Kuvassa 5 on esitetty siirtokanavien ja fyysisten kanavien väliset suhteet.

| Transport Channels | Physical Channels |
|---------------------------|--|
| DCH | <ul style="list-style-type: none"> ————— Dedicated Physical Data Channel (DPDCH) ————— Dedicated Physical Control Channel (DPCCH) ————— Fractional Dedicated Physical Channel (F-DPCH) |
| E-DCH | <ul style="list-style-type: none"> ————— E-DCH Dedicated Physical Data Channel (E-DPDCH) ————— E-DCH Dedicated Physical Control Channel (E-DPCCH) ————— E-DCH Absolute Grant Channel (E-AGCH) ————— E-DCH Relative Grant Channel (E-RGCH) ————— E-DCH Hybrid ARQ Indicator Channel (E-HICH) |
| RACH | <ul style="list-style-type: none"> ————— Physical Random Access Channel (PRACH) |
| BCH | <ul style="list-style-type: none"> ————— Common Pilot Channel (CPICH) ————— Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH) |
| FACH | <ul style="list-style-type: none"> ————— Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH) |
| PCH | <ul style="list-style-type: none"> ————— Synchronisation Channel (SCH) ————— Acquisition Indicator Channel (AICH) ————— Paging Indicator Channel (PICH) ————— MBMS Notification Indicator Channel (MICH) |
| HS-DSCH | <ul style="list-style-type: none"> ————— High Speed Physical Downlink Shared Channel (HS-PDSCH) ————— HS-DSCH-related Shared Control Channel (HS-SCCH) ————— Dedicated Physical Control Channel (uplink) for HS-DSCH (HS-DPCCH) |

Kuva 5: Siirto- ja fyysisten kanavien väliset suhteet. [17, s. 43]

4 TEMS INVESTIGATION 10.0

Tems Investigation 10.0 on ASCOM:in ilmarajapinnan testaukseen soveltuva ohjelma, joka on tarkoitettu matkapuhelinverkoille. Ohjelma on suunniteltu testauksiin rakennuksissa, jalankulkualueella ja myös ajoneuvolla liikuttaessa. Tämän ohjelman avulla operaattorit voivat saavuttaa paremman puheen laadun siirrossa, kasvattaa onnistuneiden puheluiden määrää sekä parantaa verkon saatavuutta ja palveluiden suorituskykyä.

Tems Investigation 10.0 tukee mm. seuraavia tekniikoita:

- GSM, GRPS, EGRPS
- WCDMA, HSPA, HSPA+
- cdmaOne, cdma2000, EV-DO
- iDEN
- TD-SCDMA. [18.]

Näiden tekniikoiden lisäksi tämä ohjelma mahdollistaa LTE:n (Long Term Evolution) ja WiMAX:in (Worldwide Interoperability for Microwave Access) tekniikoiden kantaaltojen seurannan. Ohjelmaa käytettäessä voi vapaasti valita ja yhdistää keskenään edellä mainittuja tekniikoita, ainoana poikkeuksena on WCDMA-tekniikka, joka sisältää aina GSM-tuen. Erilaiset tekniikat löytyvät ohjelman omista kategorioista.

Tems Investigation tukee laajan valikoiman erilaisia päätelaitteita, skannereita ja USB-modeemeja erilaisilta valmistajilta kuten esimerkiksi Sony Ericsonilta, LG:ltä, Motorolalta, Nokialta, Qualcommilta, Novateliltä, Sierra Wirelessiltä, Optionilta, Samsungilta, Datangilta ym. Nämä päätelaitteet, skannerit ja modeemit mahdollistavat edellä mainittujen verkkojen seurannan ja niitä käytetään datan keräykseen.

Ohjelmalla on mahdollista suorittaa äänen laadun mittauksia, AQM (Audio quality measurement), ja puheen laadun mttauksia, PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality). Nämä ominaisuudet ovat saattavissa ainoastaan GSM/WCDMA- ja CDMA-kategorioissa.

Toimiakseen Tems Investigation 10.0 ohjelma vaatii jonkin seuraavista Windows-käyttöjärjestelmistä:

- Windows Vista with Service Pack 1, Enterprice Edition
- Windows XP Professional with Service Pack 3
- Windows XP Tablet PC Edition with Service Pack 3. [18.]

4.1 Tems Investigationin tehtävät ja ohjelman lohkorakenne

Tems Investigation mahdollistaa ääni- ja videopuheluiden seurannan sekä kattavan valikoiman muita datapalveluita paketti- ja piirikytkentäisissä verkoissa. Tätä ohjelmaa voidaan käyttää mm. seuraavissa tarkoituksissa: lan-

gattomien verkkojen optimoinnissa, varmennuksessa, vianetsinnässä ja ylläpidossa.

Tems Investigation tarjoaa käyttäjälle datan keräystä, reaaliaikaista esittelyä, post-prosessointia ruudulla ja raportin laatimista. Tämä ohjelma on ns. kaikki yhdessä työkalu. Tems Investigation ohjelman lohkorakenne muodostuu kahdesta lohkoista: Data Collectionista ja Route Analysista. Tulosten esittelytapa kaavioiden ja karttojen avulla on pohjimmiltaan sama molemmissa lohkoissa.

Data Collection on Tems Investigation ohjelman osa, joka toimii radiorajapintana puhelimille ja muille päätelaitteille. Tämä osa kerää dataa mittauksien aikana ja tallentaa tarvittaessa niitä lokitiedostoihin. Data Collection antaa myös lokitiedostojen esittelyn ja analyysin yksi kerrallaan.

Route Analysis on moduuli, joka mahdollistaa samanaikaisesti useampien lokitiedostojen nopean analyysin, jotka on luotu tällä ohjelmalla tai Tems Automaticilla, Tems DriveTesterilla tai Tems Pocketilla.

4.2 Tems Investigation 10.0:n asentaminen

Ohjelma asennettiin Metropolian Microsoft Windows Vista-tietokoneeseen luokassa B405 ohjeiden mukaan. Ennen ohjelman asentamista tarkistettiin vielä ohjelman vaatimukset. Ohjelman mukana tulleen CD-levy asetettiin tietokoneen CD-asemaan. CD-levyltä valittiin seuraavan valinnan ”Open folder to view files”. Näytölle avautui kansio, mistä löytyi tiedostoja. Kansiosta löytyi myös seuraava TEMS Investigation 10.0.exe. Hiiren oikealla näppäimellä klikkattiin tätä tiedostoa ja valittiin seuraavan valinnan ”Run as administrator”. Tämän jälkeen ohjelma on asentanut Microsoft Windows Vistan tietokoneeseen.

Tämän jälkeen asennettiin vielä tarvittava Microsoftin kehittämä ohjelmistokomponenttiikirjasto .NET Framework 3.5. Tätä varten erillinen SW CD-levy asetettiin CD-asemaan ja levyltä löydettiin tiedosto dotnetfx35_SP1.exe. Hiiren oikealla näppäimellä klikkattiin tätä tiedostoa ja aloitettiin tiedoston asennus. Asennus onnistui.

Näiden jälkeen asennettiin vielä tarvittavat USB-ajurit, jotka ovat tulleet ohjelman mukana erillisellä Drivers CD-levyllä. Nämä ajurit asennettiin Ascomin

puhelimia ja Ascomin muita ohjelmia varten. Samalla tavalla drivers CD-levy asetettiin CD-asemaan. CD-levyn kansioista löydettiin tarvittava drivers-kansio, joka sisälsi pakattuja zip-tiedostoja. Tiedostot purettiin manuaalisesti tietokoneen C-levylle kohtaan Drivers. Näiden toimintojen jälkeen tietokone käynnistettiin uudestaan.

Seuraavaksi testattiin, miten ohjelma toimii. Muistitikku HASP HL laitettiin tietokoneeseen kiini. Se sisältää ohjelman vaatiman lisenssin. Käynnistävalikosta Ohjelmat-kohdasta löydettiin ASCOM ja sieltä TEMS Products, josta avattiin Tems Investigation Data Collection ja Route Analysis. Ohjelma avautui onnistuneesti näytölle.

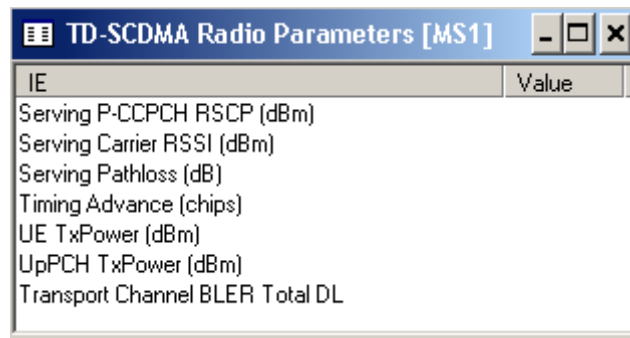
4.3 Uudet ominaisuudet Tems Investigation 10.0:ssa

Tems Investigation 10.0 tuo mukanaan uuden tekniikan ja uusia parannettuja ja laajennettuja ominaisuuksia, jotka eivät olleet mukana edellisissä Tems Investigationin versioissa 9.1 ja 9.0. Seuraavaksi käydään läpi kaikki Tems Investigation 10.0:n myötä tulleet uudet ominaisuudet.

4.3.1 TD-SCDMA

Tems Investigation 10.0:iin on lisätty kokonaan uusi TD-SCDMA (Time Division Synchronous Code Division Multiple Access) -tekniikka, joka tunnetaan myös nimellä UTRA/UMTS-TDD. TD-SCDMA on Kiinan markkinoille suunnattu tekniikka.

Tekniikka löytyy ohjelman uudesta kategoriasta TD-SCDMA, joka sisältää tähän tekniikkaan liittyviä elementtejä. Sieltä löytyy erilaisia TD-SCDMA-testaukseen tarkoitettuja ikkunoita. Seuraavaksi esitetään yksi ikkunaesimerkki, joka löytyy TD-SCDMA-kategoriasta. TD-SCDMA Radio Parameters [MS1] -ikkunasta voi nähdä TD-SCDMA-mittausten aikana erilaiset arvot kuten esimerkiksi päätelaitteen lähetysteho desibeleinä sekä muut arvot. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki TD-SCDMA-ikkunasta.



| IE | Value |
|---------------------------------|-------|
| Serving P-CCPCH RSCP (dBm) | |
| Serving Carrier RSSI (dBm) | |
| Serving Pathloss (dB) | |
| Timing Advance (chips) | |
| UE TxPower (dBm) | |
| UpPCH TxPower (dBm) | |
| Transport Channel BLER Total DL | |

Kuva 6 TD-SCDMA Radio Parameters [MS1] -ikkuna.

Tähän ohjelmaan liitetyllä päätelaitteella Datang LC8130E dual mode TD-SCDMA/GSM voi testata ääni- ja datapalveluita, jotka liittyvät TD-SCDMA tekniikkaan. Tems Investigation komentojen avulla voidaan ohjata nämä testaukset samalla tavalla kuin mitä tahansa tämän ohjelman tukemaa päätelaitetta tai datakorttia.

4.3.2 Laajennettu ja parannettu LTE-skannaus

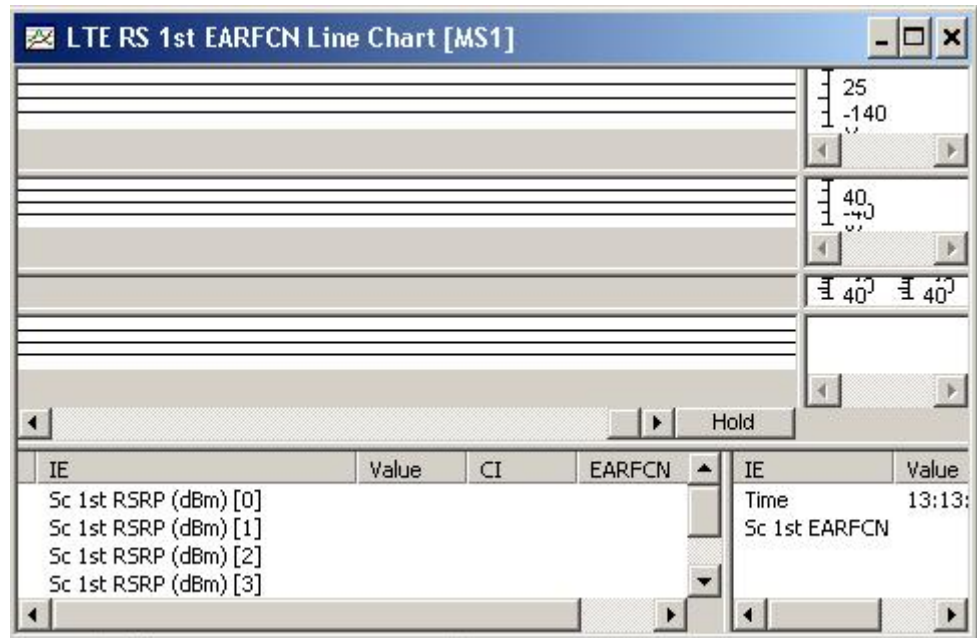
LTE-tekniikka on tullut ensimmäistä kertaa Tems Investigation ohjelmaan jo edellisen 9.1 version mukana. Versiossa 9.1 oli mahdollista tehdä LTE kantaaltojen skannaus DRT4301A+ LTE MISO –skannerilla. Seuraavat mitaukset kuten referenssisignaalin vastaanotettu teho ja laatu sekä P-SCH ja S-SCH vertailuarvot tulivat myös version 9.1 mukana.

Tems Investigation 10.0:ssa LTE-skannaus laajennettiin ja parannettiin ohjelman edellisen versioon verrattuna. Ohjelmaan voi liittää DRT4301A+ LTE -skannerin toista versiota, joka tarjoaa joukon erilaisia valmiuksia. Skannerin uusi versio tukee seuraavia LTE:n taajuuksia: Band 8 (900 MHz), Band 3 (1800 MHz), Band 4 (2100 MHz AWS) ja Band 7 (2600 MHz).

Tems Investigation 10.0 tukee myös lisälaitteita, mukaan lukien uutta PCTel SeeGull EX-vastaanotinta. Tämä vastaanotin tarjoaa edellisten LTE-skannausten ohella myös spektrin ja parannetun tehon skannaukset. PCTel SeeGull EX-vastaanotin tarjoaa myös ja valikoivat aika ja taajuus-tehomittaukset. Tämän ansiosta LTE-signaalin käytettävyys on parannettu.

Tems Investigation 10.0:iin LTE-kategoriaan on lisätty uusia elementtejä, jotka liittyvät laajennettuun ja parannettuun skannaukseen. LTE-skannaus on mahdollista tehdä 12 EARFCN (E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number) -arvoon asti. LTE scanning-kategoriasta löytyy 12 erillistä

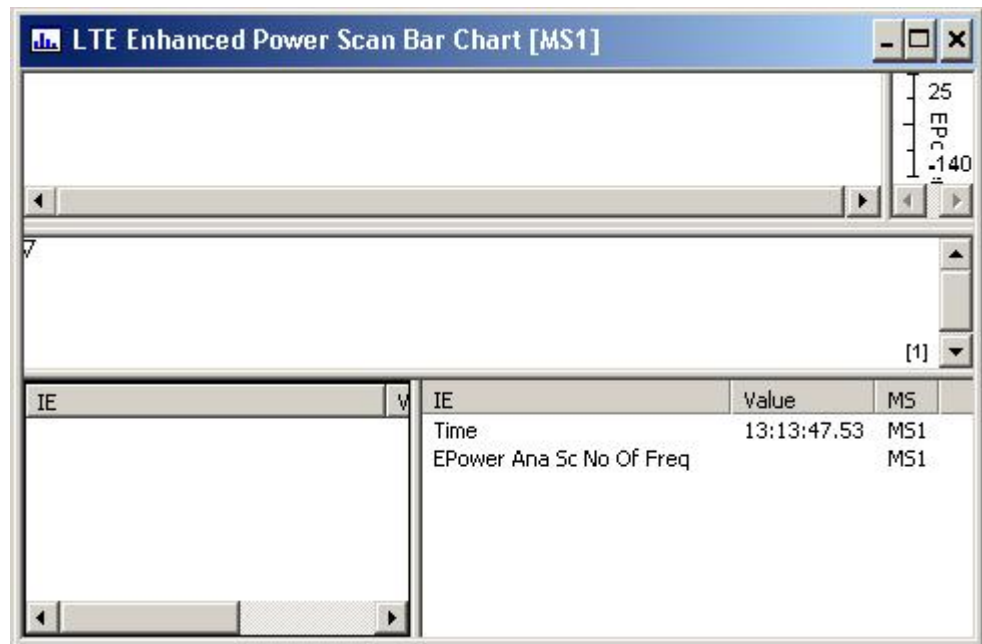
viiva- ja pylväsdiagrammia yhtä paljon kumpaakin. Seuraavaksi esitetään yksi LTE RS 1st EARFCN Line Chart [MS1] –viivadiagrammi-ikkuna, joka liittyy EARFCN arvoon 1. Siinä voi nähdä LTE-mittausten aikana vastaanotetun referenssi signaalin tehoarvot RSRP (Received Signal Reference Power) desibeleinä. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki LTE RS-ikkunasta.



Kuva 7 LTE RS 1st EARFCN Line Chart.

LTE RS –ikkunoiden lisäksi LTE scanning-kategoriasta löytyy myös RSSI scan viiva- ja pylväsdiagrammi-ikkunat. Näissä ikkunoissa voi nähdä RSSI vastaanotetun signaalin tehoarvot (Received Signal Strength Indicator) desibeleinä LTE-mittausten aikana.

LTE:n tehon skannaukset voi nähdä LTE Enhanced Power Scan Bar Chart [MS1] –ikkunasta. Spektrin skannauksen arvot voi nähdä LTE spectrum Analysis Bar Chart [MS1] –ikkunasta. Molemmat löytyvät myös LTE scanning-kategoriasta. Seuraavaksi esitetään yksi esimerkki niistä. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki LTE Enhanced Power Scan Bar Chart [MS1] –ikkunasta.



Kuva 8 LTE Enhanced Power Scan Bar Chart [MS1].

4.3.3 CDMA-parannukset

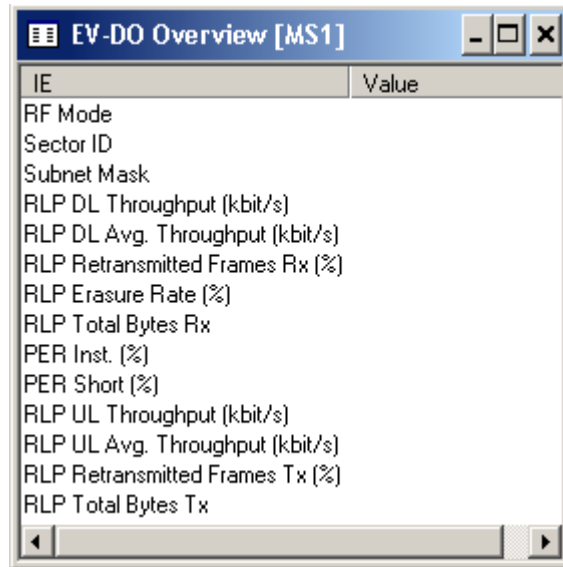
CDMA kategoriaan tuli parannuksia Tems Investigation 10.0:n myötä, mutta ensin käydään läpi edellisten 9.0 ja 9.1 CDMA:n parannukset. Tems Investigation 9.0:ssa CDMA:aan oli lisätty äänenlaatua mittaava ominaisuus PESQ.

Tems Investigation 9.1:ssa CDMA:n parannuksina oli SQI-MOS. CDMA:aan oli lisätty puheen laatua mittaava ominaisuus SQI (Speech Quality Index), jonka arvot ilmaistaan MOS (Mean Opinion Score) -arvojen avulla. Sama ominaisuus tuli ohjelman GSM:n ja WCDMA:n kategorioihin vielä CDMA:aa aikaisemmin. Toinen parannus CDMA:aan 9.1:ssa oli, että CDMA-pilotti arvojen skannaus kasvatettiin samanaikaisesti 12 RF-kanavaan asti.

Tems Investigation 10.0 CDMA-kategoriassa parannettiin seuraavien palveluiden testaus: SMS (Short Message Service), MMS (Multimedia Messaging Service), WAP (Wireless Application Protocol) ja e-mail. Ohjelmaan lisättiin myös uusia elementtejä CDMA-kategoriaan, jotka ovat seuraavat: EV-DO Multi-User Throughput; EV-DO DSC Power/Pilot Power Ratio ja EV-DO Aux Power/Pilot Power Ratio.

Seuraavaksi esitetään yksi uusi elementti CDMA-kategoriasta, joka on tullut Tems Investigation 10.0:n mukana. Se on EV-DO Overview [MS1] -ikkuna. Tästä ikkunasta voi nähdä esimerkiksi radiolinkin protokollan RLP (Radio

Link Protocol) -suorituskehon arvot uplink- ja downlink-suunnissa. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki EV-DO Overview [MS1] -ikkunasta.



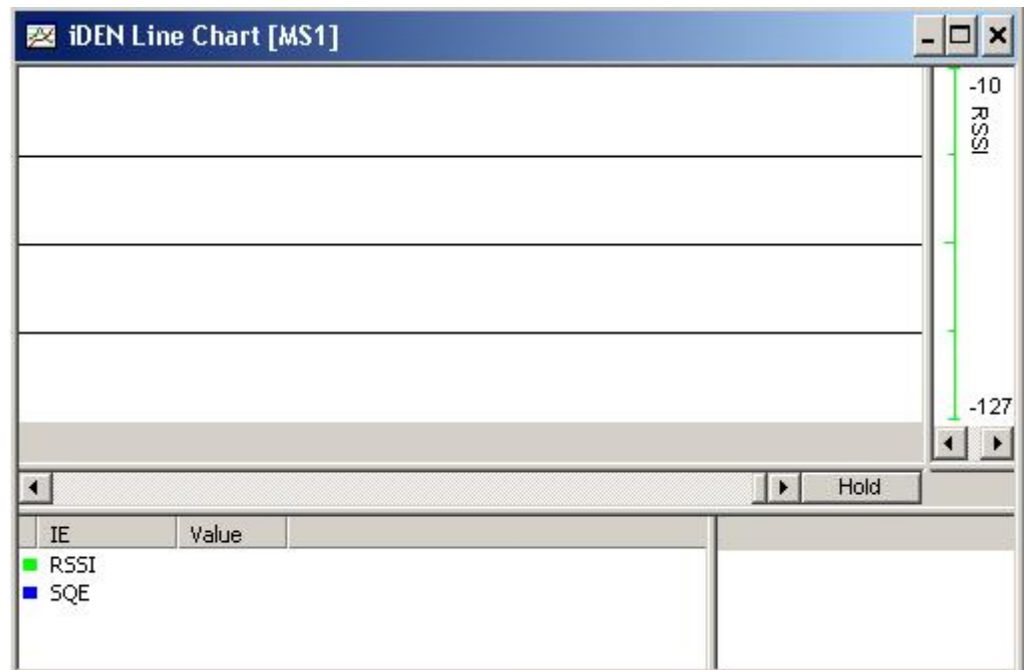
| IE | Value |
|---------------------------------|-------|
| RF Mode | |
| Sector ID | |
| Subnet Mask | |
| RLP DL Throughput (kbit/s) | |
| RLP DL Avg. Throughput (kbit/s) | |
| RLP Retransmitted Frames Rx (%) | |
| RLP Erasure Rate (%) | |
| RLP Total Bytes Rx | |
| PER Inst. (%) | |
| PER Short (%) | |
| RLP UL Throughput (kbit/s) | |
| RLP UL Avg. Throughput (kbit/s) | |
| RLP Retransmitted Frames Tx (%) | |
| RLP Total Bytes Tx | |

Kuva 9 EV-DO Overview [MS1].

4.3.4 iDEN tuki

Tems Investigation 10.0:n mukana tulee myös uusi ominaisuus, joka on iDEN (Integrated Digital Enhanced Network) -tuki. iDEN on mobiili tietoliikennetekniikka, jota on kehittänyt Motorola. iDEN-tekniikan äänipuhelut voidaan testata ohjelman comment sequence-ikkunan avulla. Ohjelmaan voi liittää iDEN testausta varten seuraavat Motorolan päätelaitteet: i-335, i-580 ja i-365.

Tems Investigation 10.0:iin on lisätty uusi kategoria iDEN, josta löytyy seuraavat ikkunat: iDEN Messages, iDEN Status ja viivadiagrammi iDEN chart [M1]. Seuraavaksi esitetään esimerkki iDEN chart [M1] -ikkunasta, jossa iDEN-mittauksen aikana voi nähdä RSSI-vastaanotetun signaalin tehot ja SQE-arvot. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki iDEN chart -ikkunasta.



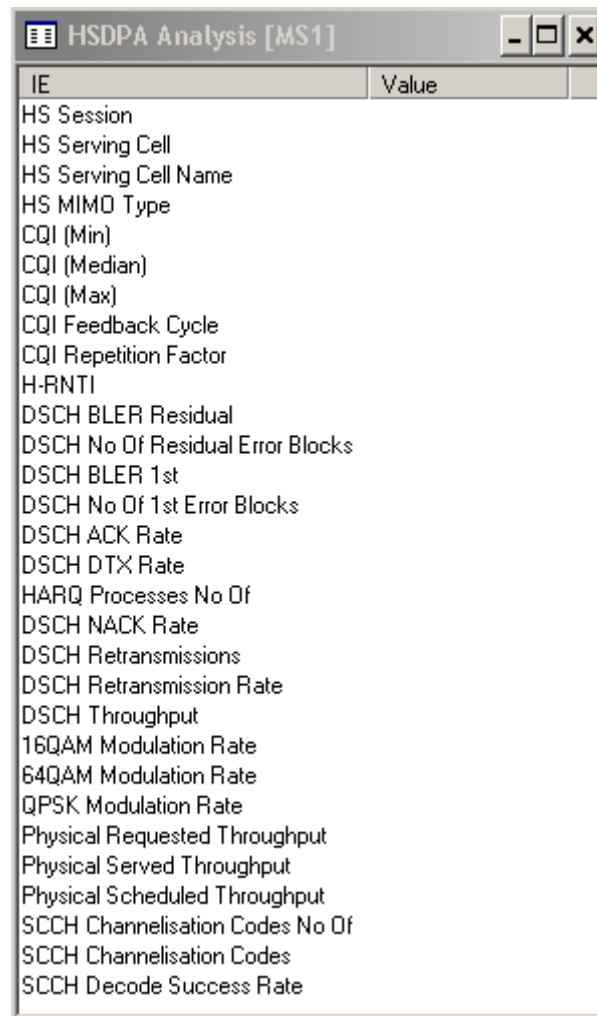
Kuva 10 iDEN Line chart [M1] -ikkuna.

4.3.5 HSPA+ parannukset MIMO

Tems Investigation 10:iin on lisätty joukko uusia elementtejä WCDMA-kategoriaan, joiden tarkoitus on mahdollistaa HSPA-analysointi silloin, kun käytetään MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output) -multi-antennitekniikkaa. Edelliseen ohjelman 9.1 versioon oli lisätty HSPA+-yhteydet päätelaitteisiin, jotka perustuvat Qualcomm MDM8200-piirisarjaan. Kyseinen piirisarja tukee 64-QAM modulaatiotekniikkaa.

Tems Investigation 10.0:ssa voi nähdä HSPA+ MIMO-mittausten aikana seuraavien modulaatiotekniikoiden arvot: 16-QAM, 64-QAM ja QPSK. Lisäksi tämän version myötä tulivat seuraavat elementit: CQI (Channel Quality Indicator) -arvot, DSCH ACK Rate ja NACK Rate, Multi TB Rate Phy Scheduled Throughput ja Served Throughput (kbit/s) sekä MIMO Type A CQI Rate ja Type B CQI Rate.

Seuraavaksi esitetään esimerkki ikkunasta, missä käytetään edellä mainittuja uusia elementtejä. Kuvassa 11 on esitetty esimerkki HSDPA Analysis [MS1] -ikkunasta.



| IE | Value |
|----------------------------------|-------|
| HS Session | |
| HS Serving Cell | |
| HS Serving Cell Name | |
| HS MIMO Type | |
| CQI (Min) | |
| CQI (Median) | |
| CQI (Max) | |
| CQI Feedback Cycle | |
| CQI Repetition Factor | |
| H-RNTI | |
| DSCH BLER Residual | |
| DSCH No Of Residual Error Blocks | |
| DSCH BLER 1st | |
| DSCH No Of 1st Error Blocks | |
| DSCH ACK Rate | |
| DSCH DTX Rate | |
| HARQ Processes No Of | |
| DSCH NACK Rate | |
| DSCH Retransmissions | |
| DSCH Retransmission Rate | |
| DSCH Throughput | |
| 16QAM Modulation Rate | |
| 64QAM Modulation Rate | |
| QPSK Modulation Rate | |
| Physical Requested Throughput | |
| Physical Served Throughput | |
| Physical Scheduled Throughput | |
| SCCH Channelisation Codes No Of | |
| SCCH Channelisation Codes | |
| SCCH Decode Success Rate | |

Kuva 11 HSDPA Analysis [MS1] -ikkuna.

4.3.6 Tuki uusille päätelaitteille

Tems Investigation 10 ohjelma mahdollistaa tuen uusille päätelaitteille jotka ovat seuraavat:

- Sony Ericsson C905, C905a
- Sony Ericsson W995, W995a, W995 EDGE
- Sony Ericsson Z750i
- Nokia N96 US
- Option GlobeTrotter Express 441.

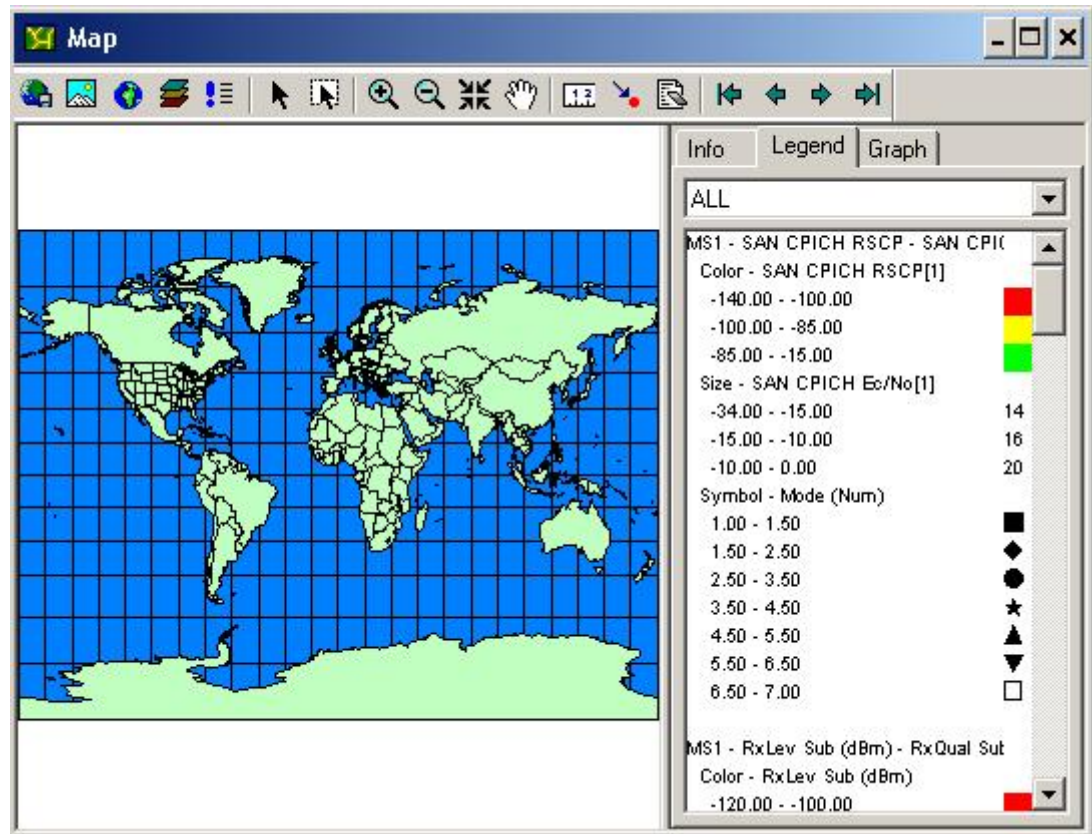
Ohjelma tukee myös Nokia N96 EU-päätelaitetta, joka on ollut mukana jo edellisessä versiossa 9.1. Edellä mainituista päätelaitteista Sony Ericsson W995 ja W995a voivat olla käytössä kuin MRU (Mobile Receiving Units) yksiköt. MRU-ominaisuus mahdollistaa näillä päätelaitteilla äänenlaadun mit-

taukset ilman erillistä komponenttia. Aikaisemmin tarvittiin erillinen lisäkomponentti äänenlaadun mittauksiin.

4.3.7 GPS-parannukset

Tems Investigation 10:ssa GPS-yksiköt ovat nyt riipumattomia laitteita, jotka ohjelma voi tunnistaa. Aikaisemmin skannerit sisälsivät nämä GPS-yksiköt, mutta tässä versiossa ne voivat olla erikseen skannereista. Tämä parannus sovelletaan kaikkiin PCTel ja DRT skannereihin ja tekniikoihin, joita ne tukevat.

GPS-kategoriasta löytyy MAP-ikkuna, jota voi käyttää esimerkiksi kun tutkitaan tietty alue ajomatkan aikana. MAP-ikkunaan ilmestyy graafisesti tämä alue ja sieltä voi tutkia solujen sijainnit ja nähdä myös palvelevan solun sijainnin. MAP-ikkunan avulla voi tutkia erilaista informaatiota kuten esimerkiksi, missä kohdassa puhelu on katkaistu eli tutkia ajomatkan aikana verkon toimivuutta eri paikoissa. MAP-ikkunan oikeassa laidassa näytetään erilaisien parametrien arvot kuten esimerkiksi vastaanottimen tehoarvot ajotestin aikana. Seuraavaksi esitetään esimerkki MAP-ikkunasta. Kuvassa 12 on esitetty MAP-ikkuna.



Kuva 12 MAP ikkuna.

4.4 Muut ominaisuudet

Edellä mainittujen tekniikoiden lisäksi Tems Investigation 10.0-sta löytyy GSM:n, WCDMA:n ja Wimaxin erilaiset ominaisuudet. GSM:n kategorian alta löytyy GPRS, EDGE ja GAN. Näihin tekniikoihin liittyvien elementtien esitykset sivuutetaan tässä insinööriyössä. Tämän ohjelman avulla on mahdollista tutkia ja skannata myös nämä verkot. Eri verkkojen skannaukset tehdään erilaisilla laitteilla, joita tämä ohjelma tukee. Seuraavaksi on esitetty verkot ja niille tarkoitetut laitteet skannausta varten lyhyesti.

Eri verkkojen skannaukset suoritetaan seuraavasti:

- LTE skannaus suoritetaan DRT tai PCTel SeeGull EX LTE-skannereilla, DRT-skannerit tukevat myös WiMAX:ia.
- WCDMA-skannauksen voi tehdä Sony Ericsson puhelimien avulla tai PCTel SeeGull EX/LX, Anritsu ML8720/ML8740/ML8741-skannereilla.
- GSM-skannauksen voi tehdä Sony Ericsson GSM-puhelimilla tai dual-band ja triple band PCTel-skannereilla.
- CDMA-skannaus tehdään PCTel SeeGull CDMA-skannereilla.

5 MITTAUKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI

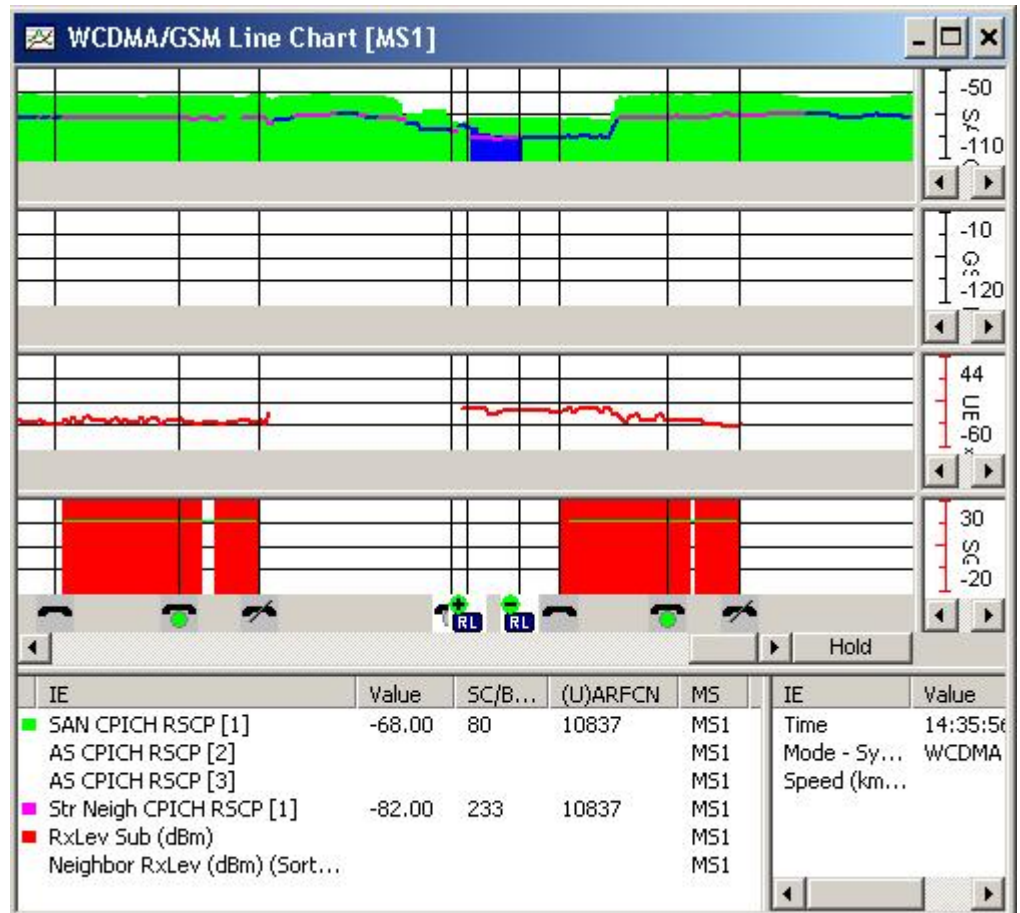
Seuraavaksi esitetään, miten tämä ohjelma toimii käytännössä mittausesi-merkien avulla. Mittaukset tehtiin Sony Ericssonin W995-päätelaitteella. Tie-tokoneelle asennettiin Sony Ericssonin W995 mukana tulleen CD-levyn oh-jelmisto PC Suite ja tälle päätelaitteelle tarkoitetut driverit. Tems Investigati-on 10.0 ohjelmaan liitettiin USB-portin kautta Sony Ericssonin W995-päätelaite. Silloin, kun yhteys päätelaitteeseen oli muodostettu ohjelman ikoni ”puhelimien luuri” muuttui vihreäksi.

Mittaukset tehtiin niin, että soitettiin päätelaitteella ensimmäisen kerran toi-seen kännykkään niin, ettei puheluun vastata ollenkaan. Tämän jälkeen soi-tettiin vielä toiseen kertaan niin, että puheluun vastataan. Puhelu ei kestänyt kuin muutamia sekunteja. Lopuksi toistettiin ensimmäinen soitto, kun puhe-luun ei vastata.

Mittauksien tuloksia seuraattiin WCDMA-kategoriasta valituista ikkunoista, jotka avattiin näytölle. Seuraavaksi käydään läpi ja esitetään esimerkkeinä mittauksista saadut tulokset.

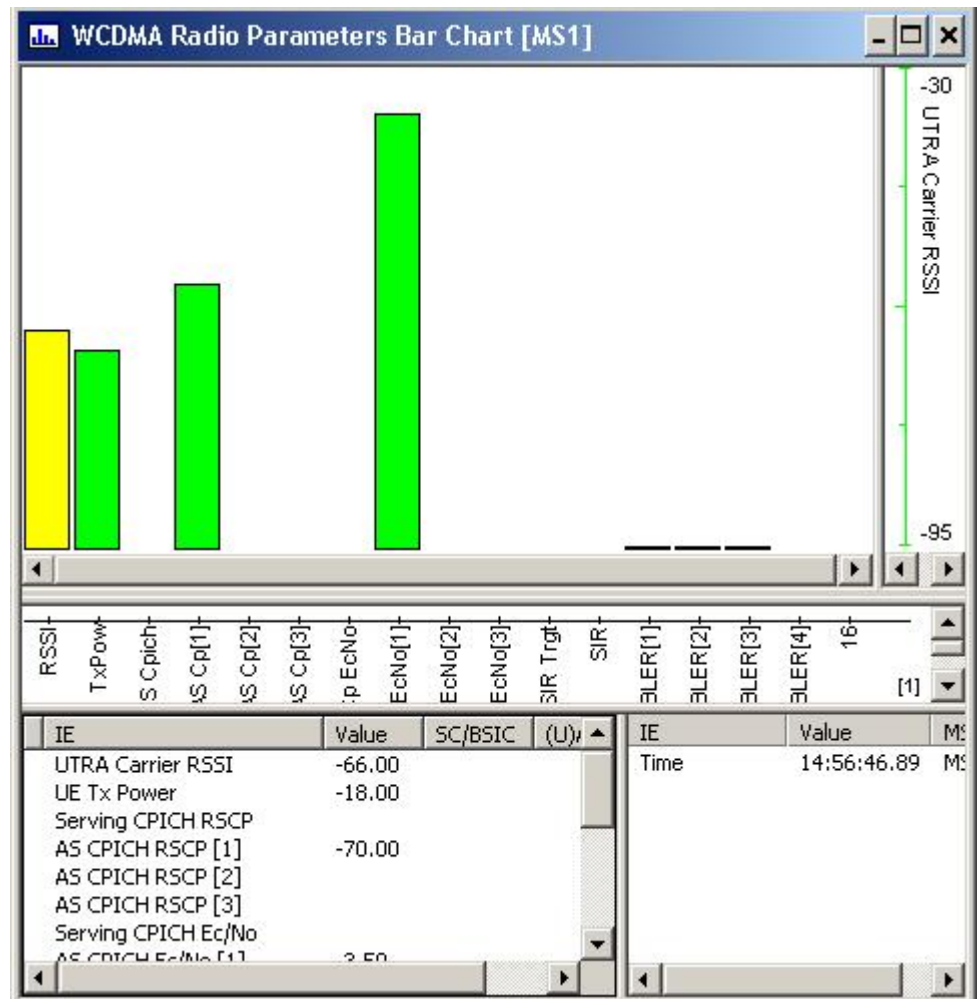
Ensimmäisenä esitetään WCDMA/GSM Line Chart [MS1] viivadiagrammi-ikkuna. Ikkunasta voi nähdä kolme muodostettua puhelua. Ensimmäinen va-semmalta on puhelu, johon ei vastattu. Sen alta löytyy kolme ikonia: ensim-mäinen luuri-ikoni, joka tarkoittaa puhelun muodostusta; toinen luuri ikoni, joka tarkoittaa puhelun purkua ja kolmas luuri-ikoni joka tarkoittaa ettei puhe-luun vastattu. Toinen puhelu on keskellä ja sen alta löytyy plus- ja miinus luuri-konit. Kolmas puhelu on oikealla, joka näkyy samalla tavalla kuin en-simmäinen puhelu.

Viivadiagrammin alta löytyvät erilaiset parametrit ja arvot. Esimerkiksi en-simmäinen SAN CPICH RSCP [1] parametri esittää vastaanotetun signaalin tehoa desibeleinä. Kuvassa 13 on esitetty WCDMA/GSM Line Chart [MS1] – ikkuna.



Kuva 13 WCDMA/GSM Line Chart [MS1].

Seuraavaksi esitetään WCDMA Radio Params Bar Chart [MS1] -pylväsdiagrammi-ikkuna. Ikkunasta voi nähdä yhden puhelun aikana saadut parametrit. Pylväät esittävät eri parametrien arvoja, jotka löytyvät myös pylväsdiagrammin alta. Esimerkiksi ensimmäinen pylväs esittää parametria UTRA Carrier RSSI, mitä tarkoittaa vastaanotetun signaalin kantoaallon tehoa desibeleinä. Kuvassa 14 on esitetty WCDMA Radio Params Bar Chart [MS1] -ikkuna.



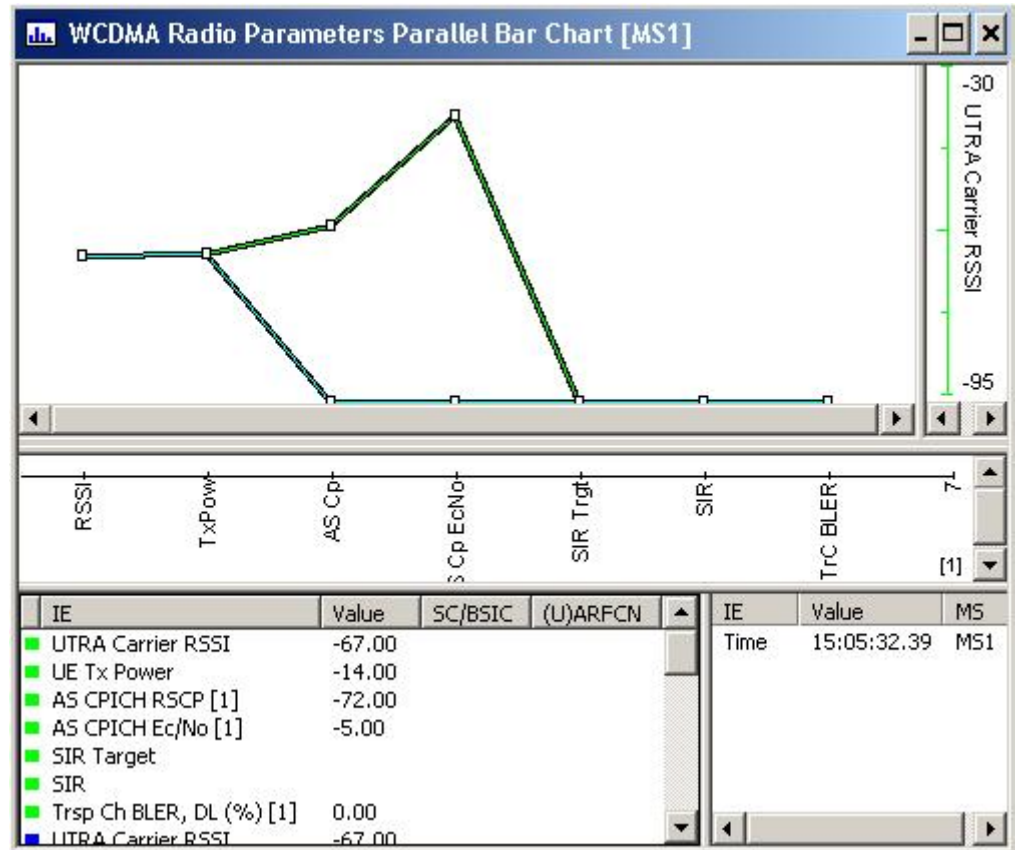
Kuva 14 WCDMA Radio Parameters Bar Chart [MS1] -ikkuna.

Seuraavaksi esitetään WCDMA Serving/Active Set + Neighbors [MS1] -ikkuna. Ikkunasta voi nähdä seuraavat arvot, jotka ovat solutunnus Cell ID, signaalikohinasuhde CPICH Ec/No, scrambling code SC ja vastaanotetun signaalin teho CPICH RSCP. Kuvassa 15 on esitetty WCDMA Serving/Active Set + Neighbors [MS1] -ikkuna.

| Type | Cell Name | SC | Cell ID | UARFCN DL | CPICH Ec/No | CPICH RSCP | HS Type |
|------|-----------|-----|---------|-----------|-------------|------------|---------|
| AS | | 80 | 53080 | 10837 | -3.00 | -68.00 | |
| MN | | 233 | 10837 | 10837 | -16.50 | -81.00 | |
| MN | | 177 | 10837 | 10837 | -19.50 | -84.00 | |

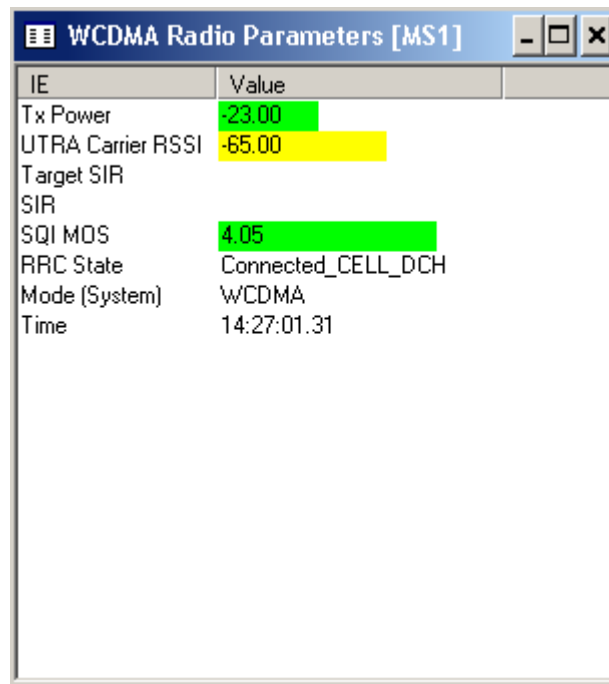
Kuva 15 WCDMA Serving/Active Set + Neighbors [MS1] -ikkuna.

Seuraavaksi esitetään ikkuna, joka on WCDMA Radio Parameters Parallel Bar Chart [MS1]. Ikkunasta voi nähdä tulokset, jotka on esitetty sekä graafisesti että arvoina. Ikkunassa on esitetty päätelaitteen lähetysteho UE Tx Power-desibeleinä. Kuvassa 16 on esitetty WCDMA Radio Parameters Parallel Bar Chart [MS1] –ikkuna.



Kuva 16 WCDMA Radio Parameters Parallel Bar Chart [MS1] –ikkuna.

Viimeisenä esitetään WCDMA Radio Parameters [MS1] –ikkuna. Ikkunasta voi nähdä esimerkiksi seuraavien parametrien arvot: radioresurssien ohjaimen RRC-tila, lähetysteho TxPower, vastaanotetun signaalin kantoaallon teho UTRA Carrier RSSI ja puheen laadun SQI MOS-arvot. Kuvassa 17 on esitetty WCDMA Radio Parameters [MS1] –ikkuna.



| IE | Value |
|-------------------|--------------------|
| Tx Power | -23.00 |
| UTRA Carrier RSSI | -65.00 |
| Target SIR | |
| SIR | |
| SQI MOS | 4.05 |
| RRC State | Connected_CELL_DCH |
| Mode (System) | WCDMA |
| Time | 14:27:01.31 |

Kuva 17 WCDMA Radio Parameters [MS1].

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli päivittää Tems Investigation-ohjelma versioon 10.0 ja tässä tavoitteessa on onnistuttu, vaikka se ei onnistunut ihan heti ja ongelmitta, koska ohjelman versio on ollut minulle täysin uusi ja tuntematon. Tavoitteena oli myös antaa yleistä tietoa UMTS-verkosta ja sen kehittymisestä ja näissä tavoitteissa on myös onnistuttu. Mielestäni työssä esitettiin tarpeeksi olleellista tietoa UMTS-verkosta ja sen toiminnasta, vaikka aihealue olikin laaja. Kuitenkin joitain asioita teoriaosuudessa esiteltiin vain pintapuolisesti aiheen laajuuden vuoksi ja esimerkiksi UTRAN-protokollan radorajapinta ja sen osa-alueet olisi voitu käydä tarkemmin.

Tavoitteena oli myös tutkia ohjelmaa ja selvittää, minkälaisia uusia ominaisuuksia Tems Investigation 10.0 sisältää. Tämän ohjelman käyttö vaatii kuitenkin hyvää alan tuntemusta, jotta sen käyttö olisi helppoa ja mutkatonta. Ohjelmalta löytyy vaikka mitä toimintoja, eikä niiden käsittely ole itsestään selvä. Lisäksi tarkoituksena oli suorittaa mittaukset 3G-verkossa ja esittää niitä. Olisi voitu suorittaa myös uusimpien tekniikoiden mittaukset, jos uudet verkot olisivat olleet saatavilla.

Omalta osaltani työtä tehdessäni opin paljon UMTS-tekniikasta ja sen osa-alueista, ja myös sen aihealue on tullut minulle enemmän tutuksi työtä teh-

dessäni, kuin se on ollut aikaisemmin. Samalla kävi ilmi, kuinka monimutkainen ja laaja tämä aihealue on, ja asioiden esittäminen tässä työssä ei ehkä onnistunut niin hyvin kuin halusin. Tiettyjä UMTS-järjestelmän osa-alueita olisin voinut käydä tarkemmin tässä työssä, mutta kaikkea oli mahdotonta esittää, jotta työstäni ei tulisi liian pitkä. Opin myös paljon Tems Investigation 10.0-ohjelman käytöstä, ja se on tullut minulle enemmän tutuksi.

Työssä esitetyistä asioista on mahdollista löytää paljon syvällisempää tietoa, jota tässä työssä ei esitetty näin syvällisesti. Tällä ohjelmalla on mahdollista myös suorittaa monenlaisia mittauksia ja tutkia erilaisia tekniikoita, mitä tässä työssä ei onnistuttu näyttämään. Toivottavasti minun työ herää mielenkiintoa jollakulla tätä aihetta kohtaan, koska aiheesta on mahdollista saada paljon enemmän syvällisempää tietoa. Tämä työ voi toimia apuvälineenä Tems Investigation 10.0-ohjelman käyttäjälle, joka ei ole vielä työskennellyt tämän ohjelman kanssa ja joka haluaa saada tietoa ohjelman ominaisuuksista.

VIITELUETTELO

- [1] Universal Mobile Telecommunications System. Wikipedia. [verkkodokumentti, viitattu 26.09.2009]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System .
- [2] Penttinen, Jyrki, *GSM-tekniikka Järjestelmän toiminta ja kehitys kohti UMTS-aikakautta*. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy. 2001.
- [3] Penttinen, Jyrki, *Tietoliikennetekniikka 3G ja erityisverkot*. Porvoo: WSOY. 2006.
- [4] Lehtimäki, Seppo, *3G_Radio_M7_HSPA[1]* Luentomoniste. Helsinki: Metropolia: 2008
- [5] International Engineering Consortium. [verkkodokumentti]. syyskuu 2006. [viitattu 11.10.2009]. Saatavissa: http://www.iec.org/newsletter/sept06_1/broadband_1.html .
- [6] Service Capability Interaction Manager. Wkikipedia. [verkkodokumentti, viitattu 11.10.2009]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Service_Capability_Interaction_Manager .
- [7] MobileIn. [verkkodokumentti, viitattu 12.10.2009]. Saatavissa: <http://www.mobilein.com/CSCF.htm> .
- [8] Hill Associates Wiki. [verkkodokumentti]. 25.07.2007. [viitattu 12.10]. Saatavissa: <http://www.hill2dot0.com/wiki/index.php?title=BGCF> .
- [9] Multimedia Subsystem. Wikipedia. [verkkodokumentti, viitattu 12.10]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/IP_Multimedia_Subsystem .
- [10] Telecommunication Engineering centrum. *IMS Tispan Architecture* [verkkodokumentti, viitattu 12.10.2009]. Saatavissa: <http://www.tec.gov.in/technology%20updates/White%20paper%20on%20IMS%20TISPAN%20Architecture.pdf>
- [11] RadiSys. [verkkodokumentti, viitattu 12.10]. Saatavissa: <http://www.radisys.com/Products/Media-Servers/Network-Architectures/MRF-in-IMS-Architecture.html> .
- [12] Bird-Eye.Net. [verkkodokumentti, viitattu 12.10]. Saatavissa: <http://www.birds-eye.net/definition/acronym/?id=1172091722> .
- [13] Soldany, David, Li, Man, Cuny, Renaud, *QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems*, England: John Wiley & Sons Ltd. 2006.
- [14] Toskala, Antti, *High Speed Downlink/Uplink packet access – HSDPA/HSUPA*. Luentomoniste. Helsinki: Metropolia. 2009.
- [15] HSUPA. Wikipedia. [verkkodokumentti, viitattu 12.10]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/HSUPA> .

- [16] Katajala, Jussi. *WCDMA Radio Access Network* [verkkodokumentti]. 2.2.2005 [viitattu 17.1.2010]. Saatavissa: <http://www.tml.tkk.fi/Studies/T-110.456/2005/slides/wcdma.pdf> .
- [17] 3rd Generation Partnership Project. *3GPP TS 25.211 version 7.9.0. Physical Channels and mapping of transport channels* [verkkodokumentti]. joulukuu 2009. [viitattu 30.1.2010]. Saatavissa: <http://www.3gpp.org/> .
- [18] Ascom. *Tems Investigation 10.0 Technical Product Description* [verkkodokumentti, viitattu 15.3.2010]. Saatavissa: www.ascom.com .

