

Lauri Karaksela

3G-MOBIILIVERKKOYHTEYDET

Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto
2009



3G-MOBILIVERKKOYHTEYDET

Karaksela, Lauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2009
Aromaa, Juha
UDK: 621.395.721.5, 621.395.74
Sivumäärä: 72

Asiasanat: 3G, 3GPP, UMTS, Radio Access Network, RELEASE

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin mitä 3G:llä tarkoitetaan, painottaen suomalaisittain tärkeää UMTS:ia. Työssä käytiin läpi 3GPP julkaisut aina Release 99:stä Release 8:n saakka, perehtyen erityisesti UTRAN:ssa tapahtuviin muutoksiin. UTRAN:n laitteistojen välisiin yhteyksiin tutustutaan erityisesti, selvittäen mitä laitteiden välillä liikkuu ja kuinka yhteydet eri väleillä voidaan toteuttaa. Tarkoituksena oli saada käsitys siitä, kuinka UTRAN:n laitteistojen väliset yhteydet toteutetaan etäyhteyksinä.

Tämä opinnäytetyö on tehty oululaiselle yritykselle Octopus:lle. Työn alkuperäinen tarkoitus oli selvittää mikä vaikutus viiveillä on Release 99:n mukaisessa matkapuhelinverkkolaitteistojen välisessä liikenteessä loppukäyttäjään. Viiveiden mittausta jouduttiin jättämään pois, koska SAMK:n 3G-päivitykset eivät onnistuneet suunnitellussa aikataulussa. Tietolähteinä tässä opinnäytetyössä käytettiin alan kirjallisuutta, internettiä, 3GPP/ETSI:n spesifikaatioita ja ei julkista NOLS-dokumentaatiota.

SAMK:n 3G-verkon laitteisto tulee tukemaan Release 99:n mukaista määrittystä. SAMK:ssa UTRAN:n laitteiston rajapinnat toteutetaan joko ATM tai PCM -tekniikoilla. A' -rajapinta toteutetaan TDM:llä, jota kuljetetaan PCM-yhteyden päällä. IuCS, IuPS ja Iub -rajapinnat toteutetaan ATM:llä. IP-tuki UTRAN:n laitteistolle tulee Release 5:n mukaisessa matkapuhelinverkossa.

Etäyhteyden toteutus on mahdollista Release 99:n mukaisessa UTRAN:ssa, jos viiveiden mahdollista vaikutusta ei oteta huomioon. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan muutamaa tällaisten etäyhteyksien toteutustapaa.

3G MOBILE NETWORK CONNECTIONS

Karaksela, Lauri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Information Technology

May 2009

Aromaa, Juha

UDC: 621.395.721.5, 621.395.74

Number of pages: 72

Key words: 3G, 3GPP, UMTS, Radio Access Network, RELEASE

The purpose of this thesis was to investigate 3G technology and especially UMTS which is used in 3G networks in Finland. In this thesis, differences between 3GPP Releases from 99 to 8 were studied, keeping the main focus on changes in UTRAN and its internal and external connections. The possibility and methods of implementing remote connections between UTRAN and its components were also discussed.

This study was initiated by the Octopus company and its primary aim was to study how network delays affect the end-user experience in 3G network described in 3GPP Release 99. However this part of thesis was impossible to carry out because SAMK's related 3G equipment could not be updated on the given schedule. Information sources that were used in this study were general literature of the industry, specifications of 3GPP and ETSI organizations, the Internet and Nokia Online Documentation which is closed from the public.

The goal is that the 3G equipment that SAMK uses will support features described in 3GPP Release 99 in the future. UTRAN's interfaces will be implemented by using ATM and PCM technology and A' interface by using TDM technology, which is carried over a PCM connection. IuCS, IuPS and Iub interfaces will also be implemented by ATM. Support for IP technology in UTRAN will come with 3GPP Release 5.

UTRAN that meets the specifications of Release 99 can theoretically have internal and external connections implemented as remote connections, if possible effects of network latency are not taken into account. In this study a few different implementations are discussed.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	13
2	3G ARKKITEHTUURIN TAUSTA.....	14
2.1	UMTS – kolmannen sukupolven matkaviestintäjärjestelmä	14
2.2	UMTS	15
2.3	UMTS-verkko	15
2.4	UTRAN	19
2.5	UMTS ja käyttäjä.....	20
3	UMTS KEHITYSVAIHEET	22
3.1	Release 99.....	22
3.1.1	UMTS-verkko	22
3.1.2	UTRAN	23
3.1.3	Radorajapinta	24
3.1.4	UMTS-verkon kanavat.....	27
3.2	Release 4	28
3.2.1	MEGACO.....	29
3.3	Release 5	30
3.3.1	IMS	31
3.4	Release 6	33
3.4.1	MBMS.....	33
3.4.2	IWLAN.....	34
3.5	Release 7	35
3.6	Release 8	36
3.6.1	LTE	36
3.6.2	EUTRAN.....	37
4	SAMK MOBIILIVERKON RAKENNE - TAVOITTEENA RELEASE 99	39
4.1	Satakunnan ammattikorkeakoulun mobiiliverkko ennen 3G-päivitystä.....	40
4.2	SAMK:n mobiiliverkko 3G-päivityksen jälkeen.....	42
5	ETÄYHTEYDEN MUODOSTUS.....	44
5.1	Teoriaa Iub-rajapinnasta	44
5.2	Teoriaa IuCS ja IuPS –rajapinnoista.....	46
5.3	Teoriaa matkapuhelinverkkojen kuljetuskerroksista	50
5.3.1	IP	50
5.3.2	Ethernet	51
5.3.3	ATM	52
5.3.4	PDH	55
5.3.5	SDH	56

5.3.6 PCM	58
5.4 SAMK:n matkapuhelinverkon laitteiston tuet rajapinnoille	59
5.4.1 SAMK:n IuCS ja A' -rajapintojen toteutus	59
5.4.2 SAMK:n IuPS-rajapinnan toteutus	61
5.4.3 SAMK:n Iub-rajapinnan toteutus	62
5.5 Etäyhteyden ratkaisumallit	62
5.5.1 ATM IP:n päällä	63
5.5.2 ATM-yhteys satelliitin kautta	67
6 YHTEENVETO	68
LÄHTEET	69
LIITTEET	

LYHENTEET

2G	2 nd generation mobile networks
3G	3 rd generation mobile networks
3GPP	3 rd Generation Partnership Project
3GPP2	3 rd Generation Partnership Project 2
AAA	Authentication, Authorization and Accounting
ADX	Active Digital Cross Connect
APCM	Adaptive PCM
AMR	Adaptive Multi Rate speech codec
ANSI	American National Standards Institute
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATMoIP	ATM over IP
ATMoPSN	ATM over PSN
AUC	Authentication Centre
BCDMA	Broadband CDMA
BICC	Bearer Independent Call Control
BER	Bit Error Rate
BM-SC	Broadcast Multimedia-Service Center
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CAMEL	Customized Applications for Mobile networks Enhanced Logic
CBS	Cell Broadcast Service
CDMA	Code Division Multiple Access
CDMA2000	A family of third-generation (3G) mobile telecommunications standards that use CDMA specified by 3GPP2
CL PC	Closed Loop Power Control

CN	Core Network
CS	Circuit Switched
CSCF	Call State Control Function or Call Session Control Function
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
CS-MGW	Circuit Switched Media Gateway
DCH	Dedicated Channel
DECT+	Digital Enhanced Cordless Telecommunications+
DL	Downlink
DNS	Domain Name System
DPCM	Differential PCM
DSCH	Dedicated Shared Channel
DXC	Digital Cross-Connect
E-DCH	Enhanced Dedicated Channel
E-DPDCH	Enhanced Dedicated Physical Data Channel
ECU	Error Concealment Unit
EHSD	Enhanced High Speed Data
EIA	Electronic Industries Alliance
EIR	Equipment Identity Register
eNB	Evolved Node B
EPC	Evolved Packet Core
ERAN	Evolved RAN
ERC	European Radio communications Committee
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EUL	Enhanced Uplink
EUTRAN	Evolved UTRAN
FACH	Fast Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications System
FW	Firewall

GRAN	Global Radio Access Network
GERAN	GSM EDGE RADIO Access Network
GELTE	GERAN – 3G Long Term Evolution interworking
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Switching Center
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
GSM BSS	GSM Base Station Subsystem
GTP	GPRS Tunneling Protocol
HLR	Home Location Register
HOL	Head of Line
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IC	Integrated Circuit
I-CSCF	Interrogating Call Session Control Function
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFU	Transmission Interface Unit
IM-MGW	IP Multimedia Media Gateway Function
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMS-GWF	IMS Gateway Function
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT-DS	Improved Multilink Translator and Display System
IMT-FT	International Mobile Telecommunications - Frequency Time
IMT-MC	International Mobile Telecommunications - Multi-Carrier
IMT-SC	International Mobile Telecommunications - Single Carrier
IMT-TC	International Mobile Telecommunications - Time Code
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunications Union
ITU-T	The ITU Telecommunication Standardization Sector
IP	Internet Protocol

IPsec	Internet Protocol Security
IWLAN	WLAN-UMTS Interworking
IWF	Inter Working Function
LAN	Local Area Network
LCS	Location Services
LTE	Long Term Evolution
MAC	Medium Access Control
MBMS	Multimedia Broadcast / Multicast Services
MEGACO	Media Gateway Control Protocol
MGC	Media Gateway Controller
MGCF	Media Gateway Control Function
MGW	Media Gateway
MME	Mobility Management Entity
MMS	Multimedia Messaging Service
MRF	Multimedia Resource Function
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center
MSC-S	MSC server
MMSC	Multimedia Messaging Service Center
MTP	Message Transfer Part
Node B	UMTS radio base station
NSS	Network Sub System
OC	Optical Carrier
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OL PC	Open Loop Power Control
OSI	Open System Interconnection
P-CSCF	Proxy-Call State Control Function
PCM	Pulse-Code Modulation
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy

PIN	Personal Identification Number
PLMN	Public Land Mobile Network
PMD	Physical Media Dependent
PS	Packet Switched
PSN	Packet Switched Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PoC	Push to talk Over Cellular
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RAT	Radio Access Technology
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network System
R-SGF	Roaming Signaling Gateway Function
SAE	System Architecture Evolution
SAES	3GPP System Architecture Evolution Specification
S-CSCF	Serving-Call State Control Function
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
S-GM	Serving Gateway
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGW	Signaling Gateway function
SIM	Subscriber Identity Module
SIR	Signal to Interference Ratio
SM	Short Message
SMLC	Serving Mobile Location Center
SMSC	Short Message Service Center
SONET	Synchronous optical networking
SS7	Signaling System 7
STS	Transport Signal Level
T1P1	ATIS, Alliance for Telecommunications Industry Solutions

TD-SCDMA	Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time-Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
T-SGF	Transport-Signaling Gateway Function
TTA	Telecommunications Technology Association
UE	User Equipment
UICC	UMTS IC Card
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	Universal Services Identity Module
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access
UTRA FDD	UMTS Terrestrial Radio Access - Frequency Division Duplexing
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
UTRA TDD	UMTS Terrestrial Radio Access - Time Division Duplexing
UWC-136	Universal Wireless Communications 136
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
WBTS	WCDMA Base Transceiver Station
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WLAN	Wireless LAN

Interfaces, rajapinnat

A	Interface between GSM BSS and MSC.
B	Interface between MSC and VLR
C	Interface between HLR and GMSC.
Cu	Interface between UE and USIM
D	Interface between MSC and HLR
E	Interface between MSC and MSC
F	Interface between MSC and EIR.
G	Interface between VLR and VLR
Gb	Interface between BSS and CN
Gc	Interface between HLR and GGSN
Gf	Interface between SGSN and EIR
Gi	Interface between GGSN and PDNs
Gn	Interface between SGSN and GGSN
Gp	Interface between SGSN and GGSN
Gr	Interface between SGSN and HLR
Gs	Interface between MSC and SGSN
H	Interface between HLR and AuC
Iu	Interface between UTRAN and CN
Iub	Interface between RNC and Node B
IuCs	Interface between UTRAN and MSC
IuPs	Interface between UTRAN and SGSN
Iur	Interface between RNC and RNC
Um	Interface between MS and BSS
Uu	Interface between MS and UTRAN
S1	Interface between ERAN and MME

1 JOHDANTO

Satakunnan ammattikorkeakoulun kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmät ovat olleet suunnitteilla pitkän aikaa. Tammikuussa 2009 SAMK:ssa otettiin ensimmäiset konkreettiset askeleet kohti kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmiä, mikä herätti myös oululaisen yrityksen Octopus:n kiinnostuksen. Tässä opinnäytetyössä selvitetään, mitä kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmillä tarkoitetaan, sekä miten voidaan luoda yhteys SAMK:n järjestelmien välille ja miten tarjota kolmannen sukupolven palveluita etäälle.

Työn alussa käsitellään kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkoja aluksi yleisesti ja sen jälkeen painottaen suomalaisittain tärkeintä UMTS:a. UMTS:sta käydään läpi tärkeimmät osa-alueet ja sitä kautta pyritään luomaan lukijalle käsitys siitä mitä UMTS tarkoittaa. Työ on kirjoitettu painottaen kolmannen sukupolven radioverkko-osaa, eli UTRAN:ia.

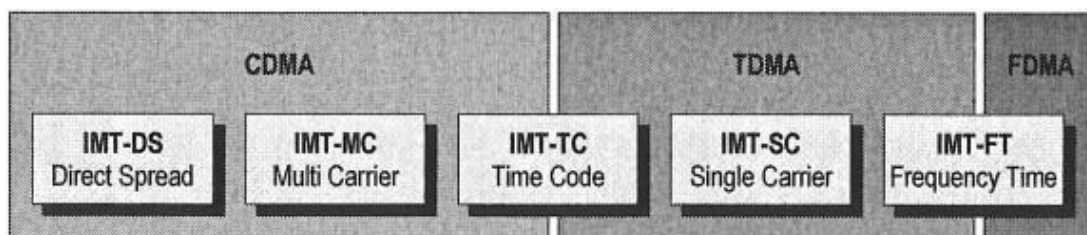
3rd Generation Partnership Project on määritellyt kolmannen sukupolven matkapuhelintekniikkaan liittyvät standardit erillisissä julkaisuissa, joita kutsutaan Release:ksi. Näistä käydään tässä työssä läpi Release 99 ja sen jälkeen julkaistut Release 4:stä 8:aan, nostaan näistä esille tärkeimmät määrittelyt ajatellen UTRAN:ia.

Työn loppussa kuvataan SAMK:n nykyistä matkapuhelinjärjestelmää ja tutkitaan mitä muutoksia joudutaan tekemään, jotta matkapuhelinjärjestelmä saataisiin vastaamaan kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmää. Tämän jälkeen työ käsittelee matkapuhelinlaitteiden liitännöitä ja sitä kuinka ne voitaisiin liittää toisiinsa, antaen asiantuntijalle käsityksen siitä, miten yhteydet laitteiden välille voidaan toteuttaa.

2 3G ARKKITEHTUURIN TAUSTA

2.1 UMTS – kolmannen sukupolven matkaviestintäjärjestelmä

ITU (International Telecommunication Union) on määrittänyt maailmanlaajuisen kolmannen sukupolven järjestelmän vaatimuksia aluksi työnimellä FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System) ja sittemmin nimellä IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000). Hankkeen tarkoituksena oli laatia suositukset maailman laajuista kolmannen sukupolven puhelinjärjestelmää varten, ja tavoitteena oli järjestelmä, joka kattaisi koko maapallon samalla laitteella ja samoilla toiminnoilla. Tällöin päästäisiin eroon siitä teknologian kirjavuudesta, jonka toisen sukupolven järjestelmät ovat luoneet, ja satelliittien avulla saataisiin samat palvelut käyttöön kaikkialla. IMT-2000 koostuu joukosta radiorajapinnan määrittämiä sekä maanpäällisiin että satelliittijärjestelmiin. /1, 6/



Kuva 2.1 IMT-2000-määrittysten mukainen maanpäälliset radiorajapinnat /1/

Kuvassa 2.1 on esitetty IMT-2000:n radiojärjestelmät. Radiorajapinnan nimet tunnetaan yleisesti seuraavilla nimillä: UTRA FDD eli WCDMA (IMT-DS), CDMA2000 (IMT-MC), UTRA TDD ja TD-SCDMA (IMT-TC), UWC-136 (IMT-SC) sekä DECT+ (IMT-FT). Suomalaisittain ajatellen tärkeimmät IMT-2000-määrittysten mukaiset järjestelmät ovat UTRA FDD ja UTRA TDD, eli UMTS. /1, 6/

Maailmalla käynnistyi toisistaan riippumattomia kehityshankkeita. Japani päätyi 1997 WCDMA-tekniikkaan (Wideband Code Division Multiple Access), ja ETSI (European Telecommunications Standards Institute) päätti omalta osaltaan käytettävästä tekniikasta vuonna 1998. Tällöin ETSI valitsi WCDMA-tekniikan UMTS-verkon radiotien ratkaisuksi. Suositustyö käynnistyi ETSI-organisaation sisällä, ja vuoden 1999 loppupuolella perustettiin erillinen 3GPP-työryhmä (3rd

Generation Partner Project), jonka tehtäväksi annettiin UMTS-verkon radorajapinnan (UTRA) kehittäminen. Vaikka 3GPP lähti liikkeelle Euroopasta, siihen ovat liittyneet muun muassa seuraavat standardointiyhteisöt:

- ARIB, TCC Japanista
- ETSI Euroopasta
- TTA Koreasta
- T1P1 (ATIS) Yhdysvalloista

Tässä työssä rajoitutaan käsittelemään UMTS-verkon WCDMA-pohjaisia (Wideband Code Division Multiple Access) TDD (Time Division Duplex) ja FDD (Frequency Division Duplex) -tekniikoita, ja jätetään CDMA-2000-tekniikan käsittely vähemmälle. /6/

2.2 UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) on yksi kolmannen sukupolven IMT-2000-määrityksen mukaisista matkaviestintäjärjestelmistä. Se on otettu laajaan käyttöön Euroopassa, Suomi mukaanlukien. UMTS mahdollistaa edeltäjiään suuremmat bittinopeudet, joten se voidaan mieltää yhä laajemmin pääasiassa puheliikenteen välittäjän asemasta multimedian käyttöön soveltuvaksi matkaviestintäjärjestelmäksi. UMTS on suunniteltu siirtämään kuvia, grafiikkaa, videota, audiota ja muita laajakaistaisia lähetkeitä. UMTS soveltuu luonnollisesti myös edelleen puheen ja datan siirtoon.

GSM-järjestelmä nivoutuu periaatteessa hyvin joustavasti kolmannen sukupolven matkaviestintäjärjestelmään. GSM, ja siitä erityisesti GPRS-runkoverkko, voi jakaa samoja resursseja UMTS-järjestelmän kanssa. /1, 2, 6/

2.3 UMTS-verkko

IMT-2000 projektin puitteissa lähdettiin hakemaan mahdollisia ratkaisuja kolmannen sukupolven (3G) puhelinjärjestelmää varten. Järjestelmän käyttöön piti saada kaikki palvelut perinteisestä puhelinliikenteestä multimediaan asti, ja UMTS-verkon

(Universal Mobile Telecommunications System) palvelukirjoista voimme poimia muutaman tavoitteen:

- Äänen laatu samalle tasolle kiinteän verkon kanssa. Tässä on huomattavaa, että kiinteän verkon tasoon ei nykyisessä GSM-verkossa päästä, vaan koodekki on erikoistunut puheäänien välittämiseen.
- Datanopeuden liikkuvasta autosta tulisi olla vähintään 144 kbit/s.
- Jalankulkijalle ja paikallaan seisovalle käyttäjälle tarjotaan siirtonopeutta 384 kbit/s.
- Paikallaan olevalle kiinteä laite voisi käyttää jopa 2 Mbit/s siirtonopeutta pakettikytkentäisellä liikenteellä.
- Tuki sekä piirikytkentäiselle että pakettikytkentäiselle liikenteelle.
- Radiokaistan mahdollisimman tehokas käyttö.

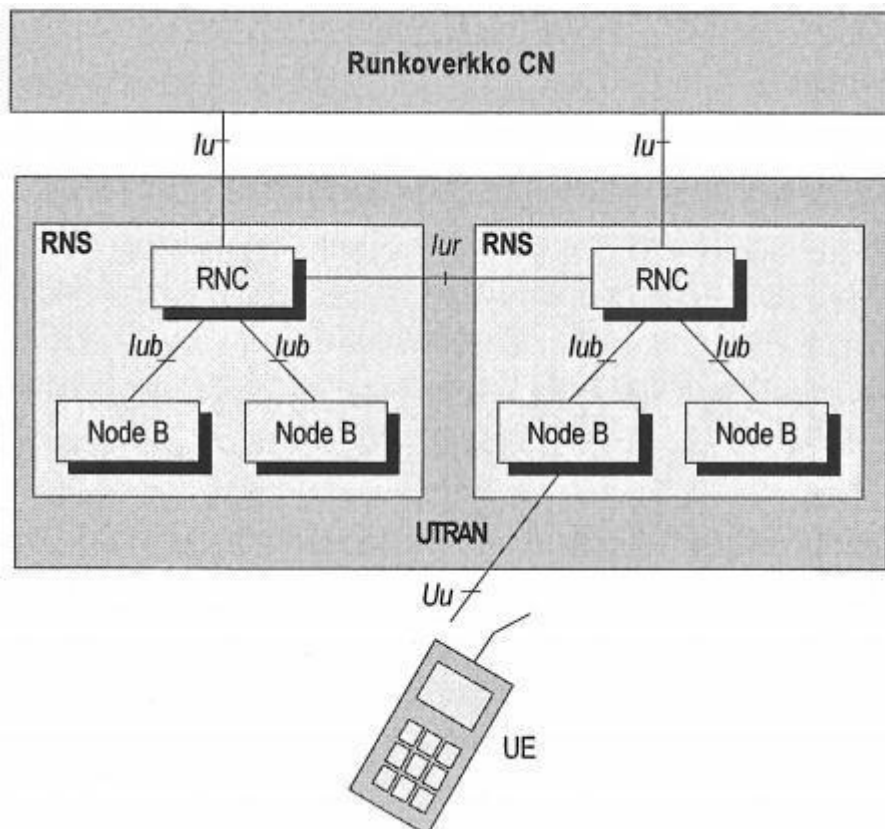
Vaikka UMTS-käsitteen alle sijoittuu Yhdysvalloissa ja Japanissa käytössä oleva CDMA 2000 –tekniikka, niin tässä opinnäytetyössä rajoitutaan käsittelemään UMTS-verkon WCDMA-pohjaista tekniikkaa. /4, 6/

ERC (European Radio Communications Committee) hyväksyi kesällä 1997 UMTS-päätöksen, joka osoittaa UMTS-verkon maanpääliselle komponentille seuraavat taajuusalueet:

- 1900-1920 MHz, UMTS TDD –tekniikka
- 1920-1980 MHz, UMTS FDD –tekniikka ylävirtaan
- 2010-2020 MHz, lisensseistä vapaat TDD-sovellukset
- 2020-2025 MHz, UMTS TDD –tekniikka
- 2110-2170 MHz, UMTS TDD –tekniikka alavirtaan
- 2170 – 2200 MHz, satelliittiliikenne.
- (Release 6:n mukana tulee UMTS-verkkoon vielä 900MHz alue)

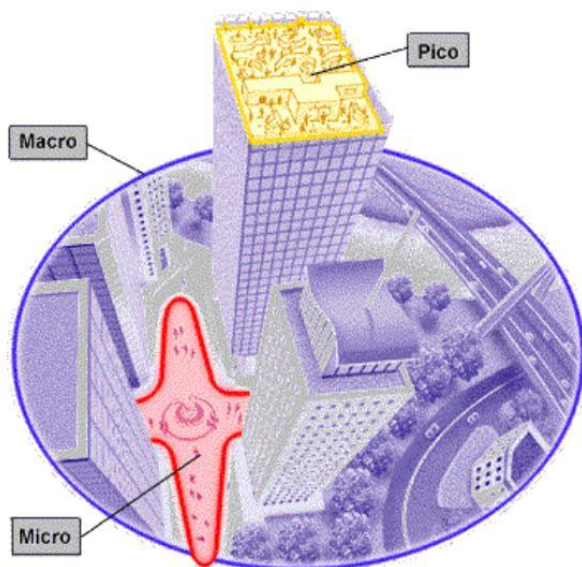
Päätöksen mukaan vuoden 2002 alussa on vähintään 2 x 40 MHz oltava UMTS-verkon käytössä. ERC on hyväksynyt päätöksen, joka määrittelee, miten radiolinkkejä on siirrettävä pois kaistojen yläpäästä (15 MHz). Suomi on sitoutunut molempiin päätöksiin. /4, 6, 16/

UMTS-verkko koostuu radiojärjestelmästä RNS (Radio Network System) ja runkoverkosta CN (Core Network). Niiden välissä on Iu-rajapinta. Käyttäjien päätelaitteet UE (User Equipment) ovat yhteydessä radiojärjestelmään radiatorajapinnan Uu kautta. Päätelaitteen ja sen käyttämän USIM-kortin välinen rajapinta on nimeltään Cu. Kuten GSM:ssäkin, myös UMTS-verkon elementtejä ohjataan ja valvotaan erillisen käytöhallintajärjestelmän kautta. /2/



Kuva 2.3.1 UMTS-verkkoarkkitehtuuri /2/

Kuvasa 2.3.2 on kuvattu UMTS-järjestelmän maanpäälliset solukoot. Pienimmästä suurimpaan solukoot ovat Pico-, Micro- ja Macro-solu. Picosolu tarkoittaa sisätilaa tai lyhyen kantaman ulkoaluetta, jolla saavutetaan suurimmat datanopeudet. Microsolussa antennit on sijoitettu keskimääräisen kattotason alapuolelle. Niillä saadaan peitettyä kaupungit sekä tärkeimmät tiet ja kadut, tosin datanopeuksien kustannuksella. Macrosolussa antennit on sijoitettu keskimääräisen kattotason yläpuolelle tai maaseuduilla mastoihin ja näin peitetään edellisiä suurempia alueita, mutta datanopeus on myös edellisiä pienempi. Maailmanlaajuisen käytön voivat mahdollistaa esimerkiksi järjestelmään integroidut satelliittiviestimet. /1, 13/



2.3.2 UMTS-verkon solukoot. /11/

Taulukossa 2.1 on lueteltu eri UMTS-toimintaympäristöille, ts. soluille asetettuja vaatimuksia bittinopeuden, bittivirhesuhteen ja datansiirron maksimiviiveiden suhteen. Bittinopeus on ilmoitettu huippunopeutena minimissään (min.), suositeltavana nopeutena (suos.) sekä purskenopeutena (pak.). /1/

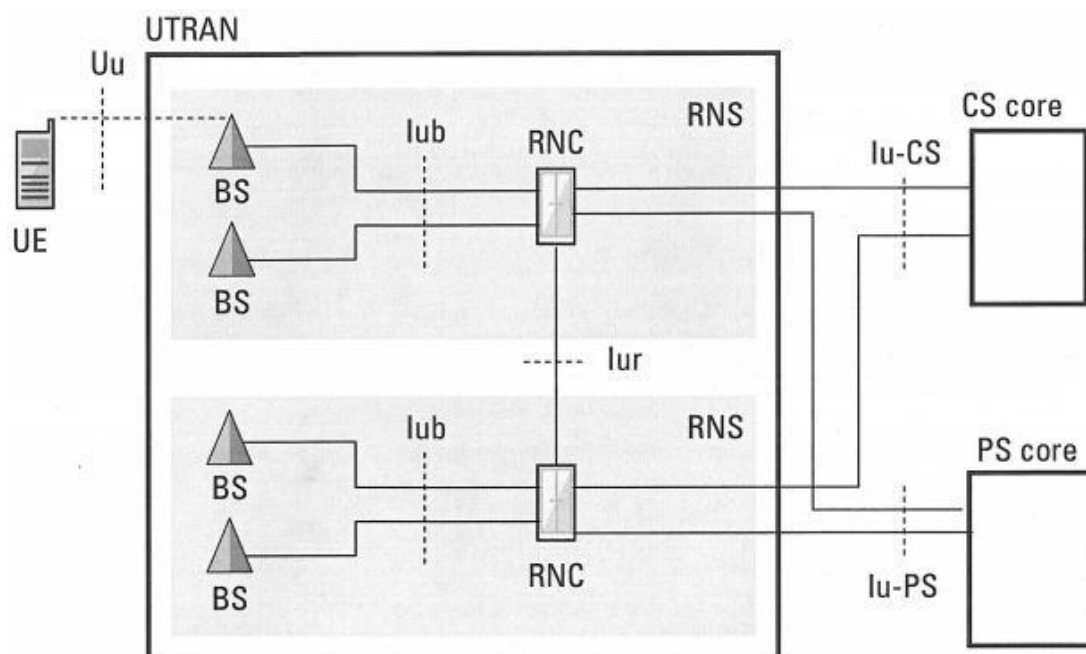
Ympäristö	Huippunopeus	Bittivirhesuhde	Maksimiviive
Satelliitti (satelliittijärjestelmät)	64 kb/s suos.	$10^{-3} \dots 10^{-7}$	20 ... 300 ms
Maaseutu (makrosolut)	>114 kb/s min. 384 kb/s suos. >16 kb/s pak.	$10^{-3} \dots 10^{-7}$	20 ... 300 ms
Kaupunki ja esikaupunki (mikrosolut)	>384 kb/s min. 512 kb/s suos. >40 kb/s pak.	$10^{-3} \dots 10^{-7}$	20 ... 300 ms
Sisätilat (pikosolut)	2 Mb/s min. >200 kb/s pak.	$10^{-3} \dots 10^{-7}$	20 ... 300 ms

Taulukko 2.1 Reaaliaikaisen UMTS-datansiirron vaatimustasoja bittivirheiden ja viiveiden suhteen. /1/

2.4 UTRAN

UMTS-verkon radio-osa käytetään nimitystä UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network). UTRAN koostuu tukiasemista (Node B) ja niitä ohjaavista radioverkon ohjaimista (RNC, Radio Network Controller). UMTS:n radioverkkoa voidaan kutsua myös laajemmalla nimellä GRAN (Global Radio Access Network).

UE (User Equipment) ja tukiaseman välistä rajapintaa kutsutaan nimellä *Uu*. Radioverkko-ohjain vastaa GSM-järjestelmän tukiasemaohjainta BSC:tä. Tukiaseman ja radioverkko-ohjaimen välinen rajapinta on nimeltään *Iub*. GSM-järjestelmästä poiketen UMTS:n radioverkko-ohjaimet voidaan liittää suoraan toisiinsa *Iur*-rajapinnan avulla. Päätelaitteen ja radioverkko-ohjainten välinen kanavanvaihto kuormittaa tällöin vain vähän runkoverkon keskuskapasiteettia. Kuva 2.4.1 selventää UE ja matkapuhelinkeskusten rajapintoja. /1, 2, 4/



Kuva 2.4.1 UTRAN-arkkitehtuuri /7/

Radioverkon (RAN) ja runkoverkon (CN) yhdistää *Iu*-rajapinta. Runkoverkko koostuu yksinkertaisimmillaan UMTS-matkapuhelinkeskuksista (MSC, Mobile Services Switching Center) ja/tai GPRS-verkosta. /2, 7/

2.5 UMTS ja käyttäjä

UMTS-verkossa käytetään päätelaitteesta nimitystä UE (User Equipment). Nimitys laajentaa päätelaitteen käyttöaluetta liikkuvasta asemasta tai puhelimesta sellaiseen laitteeseen, joka pystyy liittymään UMTS-verkkoon, kuitenkaan ottamatta kantaa laitteen muihin ominaisuuksiin tai käyttötapoihin. Suositus ETSI TR 121 904 kuvaa päätelaitteen toiminnot, ja näistä voidaan mainita seuraavat:

- Puheen siirto
- Häätäpuhelut
- Lyhytsanomapalvelu
- Solukohtaisten levitysviestien käsittely (CBS, Cell Broadcast Service)
- Piirikytkentäinen datan siirto
- Pakettikytkentäinen datan siirto
- UMTS-verkon lisäpalvelujen tuki
- Sijaintipalvelut (LCS, Location Services)
- GSM-verkon palvelut. /4/

User Equipment (UE) käyttää myöskin SIM-korttia jota kutsutaan USIM:ksi (Universal Subscriber Identity Module). Se sijoitetaan integroidulle piirille (IC, Integrated Circuit), josta käytetään nimitystä UICC (UMTS IC Card). Teknisesti kyseisen piirin rajapinta perustuu suositukseen ISO 7816, joten kyseessä on sama ratkaisu kuin GSM-maailmassa. /4, 5/

USIM kuten GSM-puhelimen SIM-kortti sisältää tallennustilaa lyhytviesteille (SM, Short Message), joten jos kortti vaihdetaan puhelimesta toiseen, tekstiviestit säilyvät käyttäjän ulottuvissa. Samoin 'luettelon' numerot, sekä tulleiden ja lähteneiden puheluiden tiedot ovat tallennettu kortille. /5/

USIM-kortin tulee yksilöidä käyttäjän, ja sen on oltava päätelaitteessa aina, kun laitetta käytetään lukuun ottamatta hätäkutsuja. UMTS-päätelaite toimii myös tässä suhteessa GSM-puhelimen tavoin silloin, kun päätelaitteeseen sisältyy puhelin. USIM-kortille talletetaan myös tietoturvaan liittyvät osat, kuten algoritmit ja liittymäkohtainen salainen avain K. /4/

USIM käyttää GSM-verkon SIM-kortin tavoin käyttäjän PIN-koodiin perustuvaa autentikointia. PIN-koodin pituus on 4 - 8 merkkiä, ja autentikointi on suoritettava ennen kuin USIM-kortin palvelut ovat päätelaitteen käytössä. PIN-koodin rinnalla kulkee 8 merkin mittainen Unblock PIN, jolla voidaan palauttaa käyttöön sellainen USIM-kortti, jolle on annettu virheellinen PIN-koodi kolmesti peräkkäin. Unblock PIN-koodia ei käyttäjän toimesta voida muuttaa, ja kolmesti väärin syötetty Unblock PIN aiheuttaa USIM-kortin lukkiutumisen. /4/

3 UMTS KEHITYSVAIHEET

UMTS-verkko kehittyy vähitellen. Ensimmäinen UMTS-verkko on määritelty 3GPP:n spesifikaation Release 99:n mukaan. Tällä hetkellä viimeinen jäädytetty Release on Release 8 ja Release 9 on jo osittain jäädytetty. Jäädyttämisellä tarkoitetaan, ettei Release:en tule enää muutoksia. /1, 18/

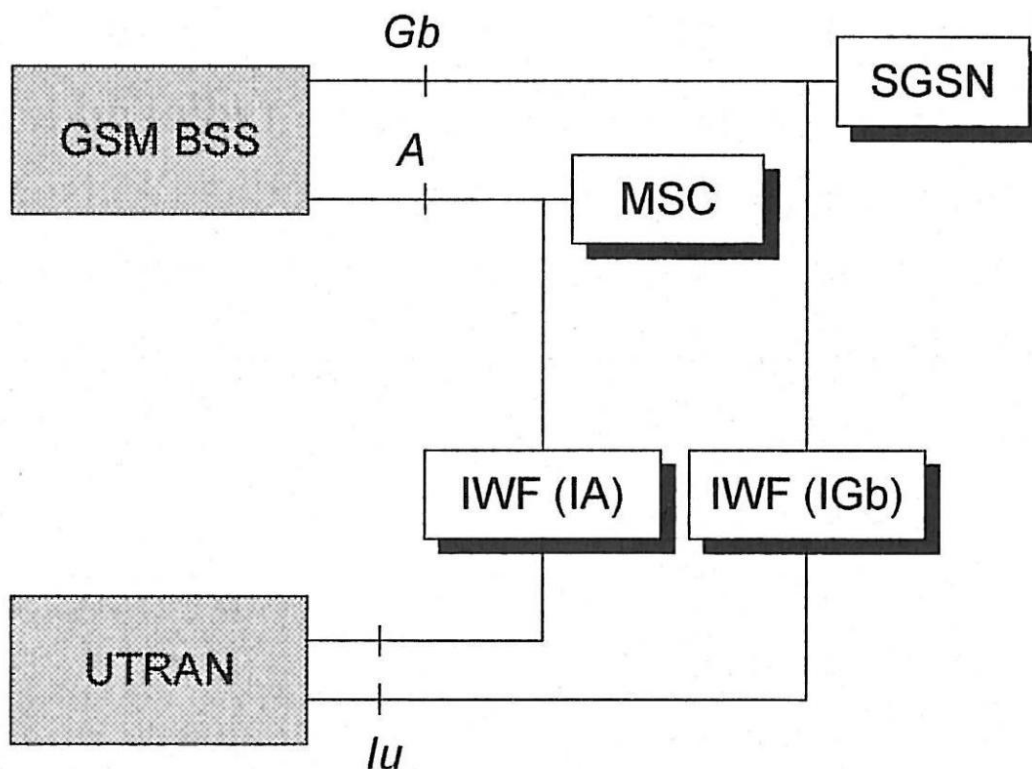
Jokaisessa Release:ssa on tullut paljon uusia määrytyksiä, sekä lisämäärytyksiä vanhoihin määrytyksiin. Tässä luvussa perehdytään Release 99:stä Release 8:iin saakka tehtyihin tärkeimpiin UTRAN:ia koskeviin määrytyksiin.

3.1 Release 99

3.1.1 UMTS-verkko

Ensimmäisen vaiheen UMTS-runkoverkon on pidettävä sisällään 3GPP Release 99:n mukaiset verkkomäärytykset. Liikenteen ja suorituskyvyn luonne tulee olla vähintään sama kuin Release 99:n GPRS-määrytyksissä. Yksittäisellä päätelaitteella on voitava luoda useita rinnakkaisia verkkopalveluyhteyksiä, ottaen kuitenkin huomioon käytännön rajoitukset. Esimerkkejä Release 99:n mukaisista UMTS-palveluista ja ominaisuuksista ovat:

- pakettikytkenäinen datapalvelu perustuen GPRS:ään
- molemminsuuntainen kanavanvaihto GSM:n ja UMTS:n välillä
- lähes kaikkien Release 99:n mukaisten palveluiden tuki
- multimediasanomavälitys (MMS, multimedia messaging service)
- USIM (user servicesidentity module)
- adaptiivinen moninopeuksinen puhekoodekki (AMR, adaptive multi rate speech codec)
- liityntäverkko joka perustuu WCDMA-tekniikkaan
- ATM-pohjainen Iu-rajapinta liityntä- ja runkoverkon välille
- älyverkkotoimintena CAMEL phase 3 /1, 13/

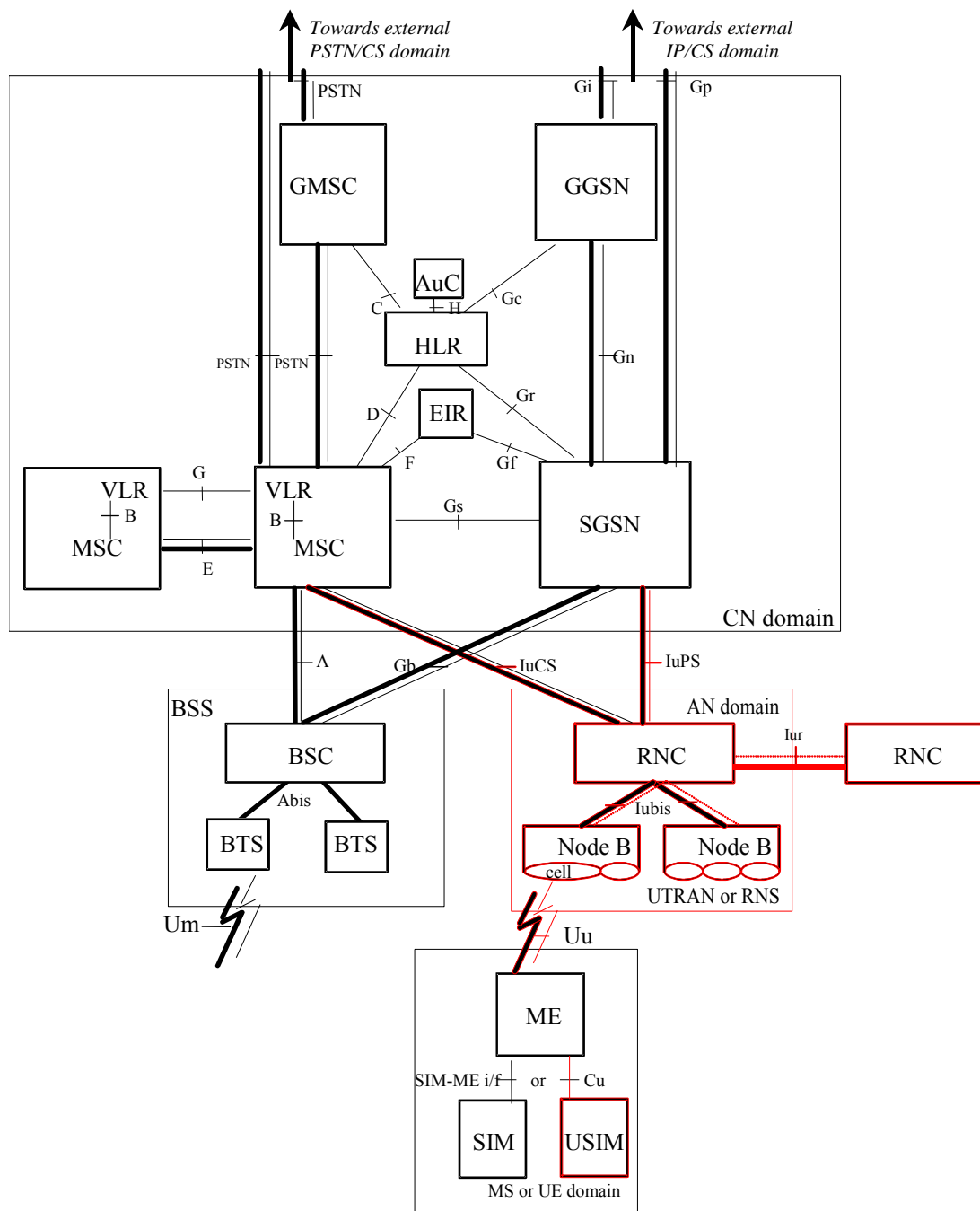


Kuva 3.1.1 UMTS:n radiojärjestelmä voi kytkeytyä GSM:n A- ja Gb-rajapinnoille Release 99:n mukaisessa verkossa. /1/

3.1.2 UTRAN

UMTS-järjestelmän radioverkko muuttuu GSM-järjestelmään verrattuna täysin, mutta runkoverkon osalta voidaan resursseja jakaa GSM ja GPRS -järjestelmien kesken. Kuvan 3.1.2 mukaisesti sekä GSM/GPRS:n radiojärjestelmä BSS (Base Station Sub-System) että UMTS voivat kytkeytyä samaan runkoverkkoon sekä GSM:n A-rajapinnan että GPRS:n Gb-rajapinnalla. UMTS ja GSM -rajapintojen välissä tällöin yhteensovitustoiminto IWF (Inter Working Function) sekä A-rajapinnalle että Gb-rajapinnalle. IWF:n tehtävänä on muuttaa ATM-yhteys MSC:n ja SGSN:n tunnistettavaan muotoon. Yleensä päivitetty 2G MSC/SGSN tukee pelkästään PCM-yhteyksiä.

Kuvassa 3.1.2 on jätetty piirtämättä IWF kokonaan. Tämä johtuu siitä, että kuvan MSC ja SGSN ovat kolmannen sukupolven (3G) MSC ja SGSN. Nämä laitteet ei tarvitse enää 2G MSC/SGSN laitteiden tavoin IWF:tä, tai se on integroituna näihin laitteisiin. /1, 2/



Kuva 3.1.2 Release 99:n mukainen UMTS-verkkokaavio. Kuvaan on merkitty punaisella GSM-verkkoon 3G:n myötä lisättävät verkkoelementit. /13/

3.1.3 Radiorajapinta

UMTS-verkon radiorajapinta perustuu WCDMA-tekniikkaan (Wideband CDMA), jonka perustana on jo aiemmin esitetyn CMDA-tekniikan sovellus. Yleisesti ottaen CDMA-tekniikka voidaan jakaa kolmeen ryhmään: CDMA (Code Division Multiple Access), WCDMA (Wireband CDMA) ja BCDMA (Broadband CDMA). WCDMA-

kategoriaan kuuluvat järjestelmät käyttävät vähintään 5 MHz:n kaistaa ja BCDMA-kategoriaan kuuluvat käyttävät yli 8 MHz:n kaistaa.

UMTS-radorajapinta Um perustuu WCDMA-tekniikkaan, ja siitä käytetään nimitystä UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access). WCDMA-tekniikan käyttö tuo mukanaan ominaisuuksia, joita ei toisen sukupolven järjestelmissä ole. Näitä ovat muun muassa:

- Teoreettinen bittinopeus jopa 2 Mbit/s, mutta käytännössä päästään enintään nopeuksiin 384 kbit/s.
- Joustava tiedonsiirtokapasiteetti (bandwidth on demand)
- Parempi taajuuksien uudelleenkäyttö (frequency reuse), koska kaikki saman operaattorin solut käyttävät samoja radiotaajuuksia. /4, 13/

UMTS-verkon WCDMA-tekniikka käyttää kiinteätä nopeutta 3840000 lastua/sekunti (chip/s), eli 3,84 Mchip/s. Lastujen avulla voidaan määritellä hajautushyöty (processing gain) jakamalla lastunopeus bittinopeudella. Näin ollen hajautushyöty on suoraan riippuvainen bittinopeudesta – mitä suurempi nopeus, sitä huonompi hajautushyöty. Toisaalta mitä parempi hajautushyöty, sitä paremmin signaali on tunnistettavissa vastaanottajalla. Tästä johtuen voidaan päästä tukiaseman välittömässä läheisyydessä jopa 2Mbit/s, mutta muualla on tämä tiedonsiirtonopeus lähinnä teoreettinen. /4, 13/

Sinänsä kapeakaistaisen signaalin muuttaminen laajakaistaiseksi WCDMA-tekniikan avulla ei paranna signaalin laatua, mutta hyöty saadaan paremmasta taajuuden uusiokäytöstä ja interferenssin keskiarvoistumisesta. Tämän lisäksi WCDMA-tekniikka sietää hyvin kapeakaistaista interferenssiä. /4/

Kanavaväli	5 MHz
Lastunopeus	3,84 Mc/s
TDMA-kehysten pituus	10 ms (38 400 lastua)
Aikavälejä / TDMA-kehys	15
Lastut / aikaväli	2560
Modulointi	QPSK (4 tilaa / symboli)

Taulukko 3.1 UMTS WCDMA –tekniikan avaintekijöitä /4/

3.1.3.1 Suorituskyky

WCDMA-tekniikalla toimivien verkkojen suorituskyky riippuu niin käyttäjien lukumäärästä solussa, kuin niiden etäisyydestä tukiasemaan. Tukiaseman välittömässä läheisyydessä on teoriassa mahdollista päästä jopa nopeuteen 2 Mbit/s, mutta operaattorit rajaavat liittymien maksiminopeudeksi 384 kbit/s. Kun puhutaan maksiminopeudesta, tarkoitetaan tilapäisiä huippuja (peak rate), eikä suinkaan jatkuvaa liikennettä. Jatkuvassa tiedonsiirrossa nopeudet pysyvät noin luokassa 120 kbit/s.

3.1.3.2 Rinnakkaiset solut ja solun vaihto

Solun vaihdosta käytetään nimitystä handover. UMTS-verkossa tämä toimenpide poikkeaa GSM-verkon vastaavasta toimenpiteestä, koska WCDMA-tekniikka käyttävät tukiasemat toimivat kaikki samalla taajuudella. Mitään erillistä taajuuden vaihtoa ei tarvita, vaan siirtyminen tapahtuu vain muuttamalla reititystä. Tämä ei kuitenkaan ole aivan näin yksinkertaista. Alla kaksi erilaista tapausta:

1. Jos päätelaite sijaitsee kahden tukiaseman A ja B kattaman alueen leikkauspisteessä, molemmat tukiasemat kuulevat ylävirtaan siirtyvän tiedon, koska vastaanotto tapahtuu samalla taajuudella. Näin ollen päätelaite voisi liikennöidä aseman A kanssa käyttäen sellaista lähetystehoa, joka aiheuttaisi seuraavassa luvussa kuvatun *near/far*-ongelman tukiasemalla B. Ongelman välttämiseksi päätelaitteen on seurattava tehon säätöjä molemmilta

tukiasemilta niin kauan kuin päällekkäisyyttä ilmenee. Tästä menettelystä käytetään nimitystä *soft handover*.

2. Jos päätelaite sijaitsee saman tukiaseman kahden lähetykeilan A_1 ja A_2 leikkauspisteessä, lähetystehojen säädöstä ei synny ongelmia, mutta tukiaseman on lähetettävä data päätelaitteelle kahdella eri lastusekvenssillä, jotta eri keilojen kautta tuleva data voidaan erottaa toisistaan. Kun päätelaite kuulee molempien sektorien lähetykset eri kanavilla, se voi päätellä kumman keilan alaisuuteen se on liittymässä. Tästä menettelystä käytetään nimitystä *softer handover*. /4, 13/

3.1.3.3 Tehon säätö

CDMA-pohjaisissa järjestelmissä kaikki osapuolet lähettävät sanomansa samalla taajuudella ja sanomien sisällöt sekoittuvat siirtotiellä. Vastaanottaja erottaa eri kanavat kunkin lähettäjän käyttämän lastusekvenssin perusteella. Tästä syntyy niin kutsuttu near/far-ongelma, koska sellainen lähetin, joka lähettää muita voimakkaamman signaalin, peittää alleen muiden asemien läheteet. Jotta ongelmalta vältytään on lähettimen tehot säädettävä sellaisiksi, että signaalin teho vastaanottajalla on n. 1 dB. Tehon säätö tapahtuu 1500 kertaa sekunnissa, ja se voidaan toteuttaa kahdella eri tekniikalla:

- OL PC (Open Loop Power Control), joka perustuu päätelaitteen tekemiin mittauksiin sisään tulevan signaalin tasosta. Näin saadaan karkea arvaus käytettävästä lähetystehosta.
- CL PC (Closed Loop Power Control), jolloin tukiasema vertaa yksittäisten asemien läheteiden SIR-arvoja (Signal to Interference Ratio) käyttäjäkohtaiseen kynnyksarvoon, ja komentaa päätelaitteita säätämään tehojaan toivotulla tavalla. CL PC toimii molempiin suuntiin. /1, 4/

3.1.4 UMTS-verkon kanavat

UMTS-verkon kanavahierarkia perustuu kolmeen kanavatyyppiin. Ylinpänä ovat loogiset kanavat (logical channels), joilla kuvataan siirrettävä tieto. Kanavat

päätetään verkon RLC-kerrokselle (Radio Link Control). MAC-kerroksella (Medium Access Control) sijaitsevat kuljetuskanavat (transport channels), jotka määrittelevät, miten ja missä muodossa tieto siirretään radiotiellä. Alinpana ovat fyysiset kanavat (physical channels), joilla kuvataan kuinka tieto välittyy radiotiellä. /4, 13/

3.1.4.1 Kuljetuskanavat ja fyysisen tason kanavat

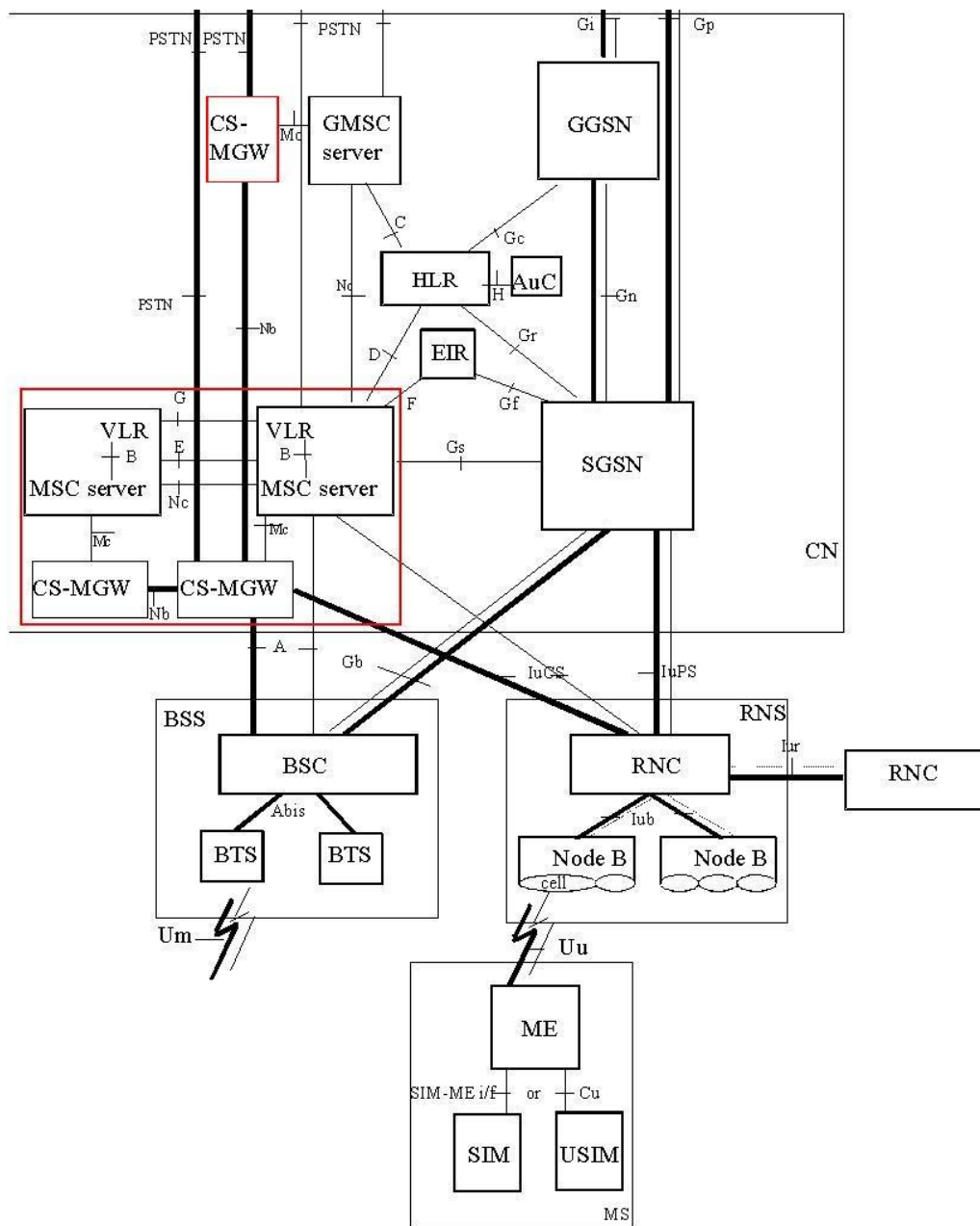
Kuljetuskanavilla siirtyy ylempien kerrosten ja päätelaitteen (UE) välistä dataa ja merkinantoa. Kuljetuskanavat voivat olla joko omistettuja tietylle yhteydelle tai yleisiä. Ainoa omistettu kanava UTRA-rajapinnalla on DCH (Dedicated Channel). Sen tehtävänä on välittää sekä dataa että merkinantoa käyttäjän ja verkon välillä. DCH saa lähetettävän datan ylemmiltä kerroksilta, joille se myös toimittaa saamansa datan. /4/

3.2 Release 4

Release 4:n spesifikaatiot ovat valmistuneet pääasiassa vuoden 2001 aikana, ja ensimmäisiä käytännön toteutuksia on otettu käyttöön vuosien 2004 – 2005 paikkeilla. Eräitä Release 4:n toimintoja ja palveluita ovat:

- Konvergenssi CS ja PS -maailmojen välillä
- Perinteinen MSC jaettu MSC-serveriin (MSC server) ja Media Gateway:hin (CS-MGW)
- ATM tai IP -pohjainen siirto runkoverkossa
- Ohjausliikenteen siirto MTP:n, ATM:n tai IP:n päällä
- Transcoder Free Operation
- Jatkuva pakettilähetys (packet streaming)
- Verkkokanavanvaihto pakettikytkentäisille reaaliaikaisille palveluille
- GERAN- (GSM EDGE Radio Access Network) ja UTRAN-sanomien otsikkokompressointi, eli pienentäminen
- Pakettipalvelupohjaiset paikannuspalvelut
- IPsec-suojaus pakettirunkoverkkoon
- MSC-palvelin, joka korvaa ”perinteisen” matkapuhelinkeskuksen
- Uudet rajapinnat: Nb, Nc ja Mc

- Uudet protokollat BICC ja H.248 (MeGaCo)
- Älyverkko toimintena edelleen CAMEL pahse 3 /1, 2, 8, rel4_summary/

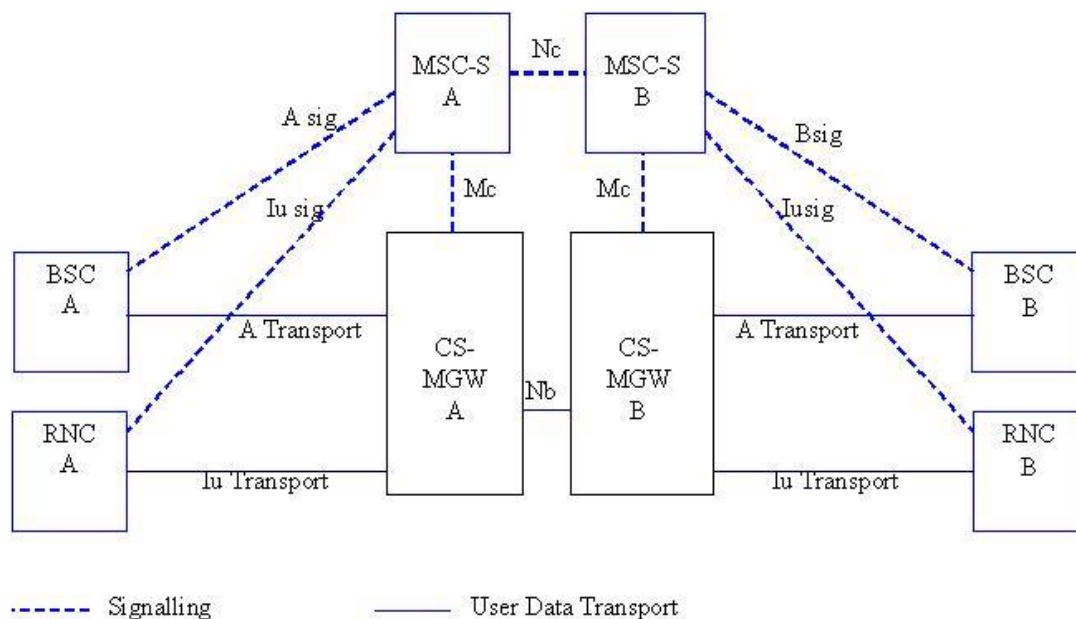


Kuva 3.2.1 Release 4 määrittymisen mukainen verkko /14, 29/

3.2.1 MEGACO

MEGACO (Media Gateway Control Protocol) eli H.248 on signaalintiprotokolla yhdyskäytävien (MGW, Media Gateway) ja yhdyskäytäväohjaimen (MGC, Media Gateway Controller) välillä. Sitä käytetään VoIP-puheluissa ja yhdistämään

televerkko IP-verkkoon tekemällä signalointi- ja mediamuunnokset tarpeen mukaan. Yhdyskäytävöihjaimen (MGC) tehtävä on huolehtia VoIP-signaloinnista ja yhdyskäytävien (MGW) tehtävä on toteuttaa MGC:n käskyjä. Käskyt ovat yleensä VoIP-yhteyksien muodostamiseen liittyviä käskyjä, joita MGW:t suorittavat orjallisesti. Ne tekevät myös kaikki mediamuunnokset. /14/



Kuva 3.2.2 BICC, eli megaco verkko arkkitehtuuri /14/

3.3 Release 5

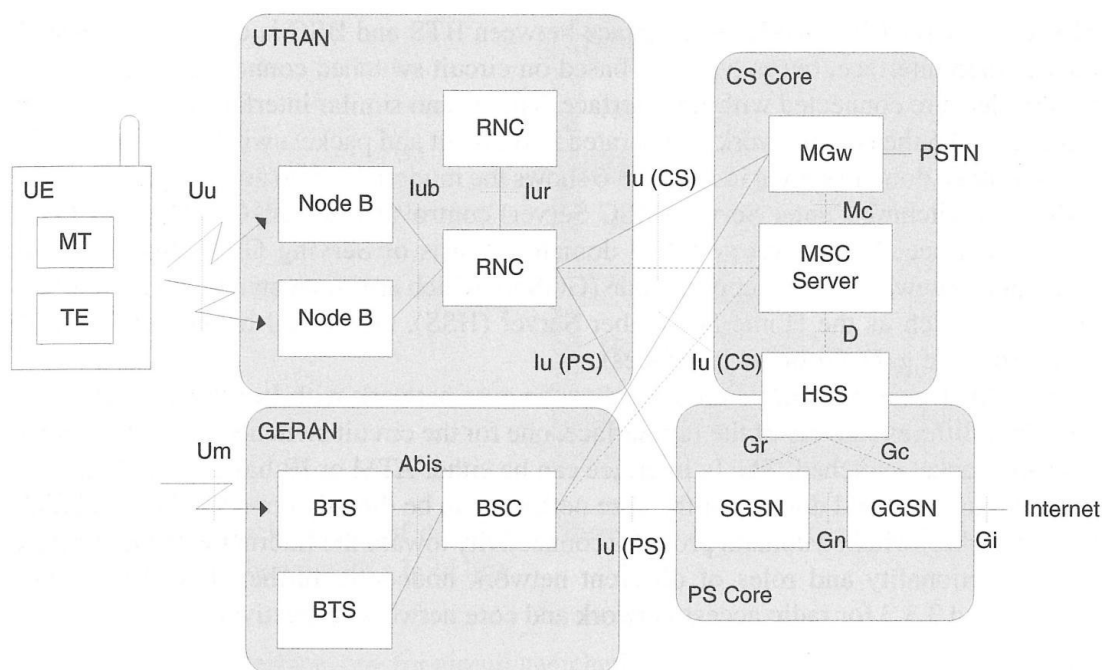
Release 5:n mukainen UMTS-verkko on niin kutsuttu “all-IP”, eli verkossa ei ole enää muun muassa matkapuhelinkeskuksia perinteisessä mielessä. Liikenne välitetään puhtaasti paketteina ja keskuksat korvataan niiden toimintoja jäljettelevillä palvelimilla.

Verkon vaatimuksia on IP –pohjainen tiedonsiirto koko verkon yli, sekä uusi verkosta erillään oleva osa IMS (IP Multimedia Subsystem). Lisäksi tarkoituksena on yhdistää avoin rajapinta Multi Access- ja runkoverkon välillä ja tuoda lisää kapasiteettiä ilmarajapinnan paluusuuntaan. Nämä muutokset mahdollistavat hyvin nopeat yhteydet verkosta päätelaitteen suuntaan. Päätelaitteella voidaan selata internetsivuja, soittaa videopuheluita, sekä ladata tietoa verkosta HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) –tekniikan avulla jopa yli 10 Mbit/s nopeudella.

Nopeus on kuitenkin tällä hetkellä teoreettinen ja käytännössä jää paljon pienemmäksi.

Release 5:n spesifikaatiot sisältävät mm. seuraavat kohdat:

- IP Multimedia Subsystem (IMS) on toteutettu tukemaan IP-pohjaisia reaaliaikaisia multicast-palveluita
- IP-pohjainen liikenne UTRAN:ssa
- Kotiverkon liikkuvat palvelut (HSS, Home Subscriber Services), esimerkiksi PoC ja paikannuspalvelut.
- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)
- Iu-rajapinta GERAN:n
- Gb-rajapinta IP:n päälle /1, 2, 9, 15/



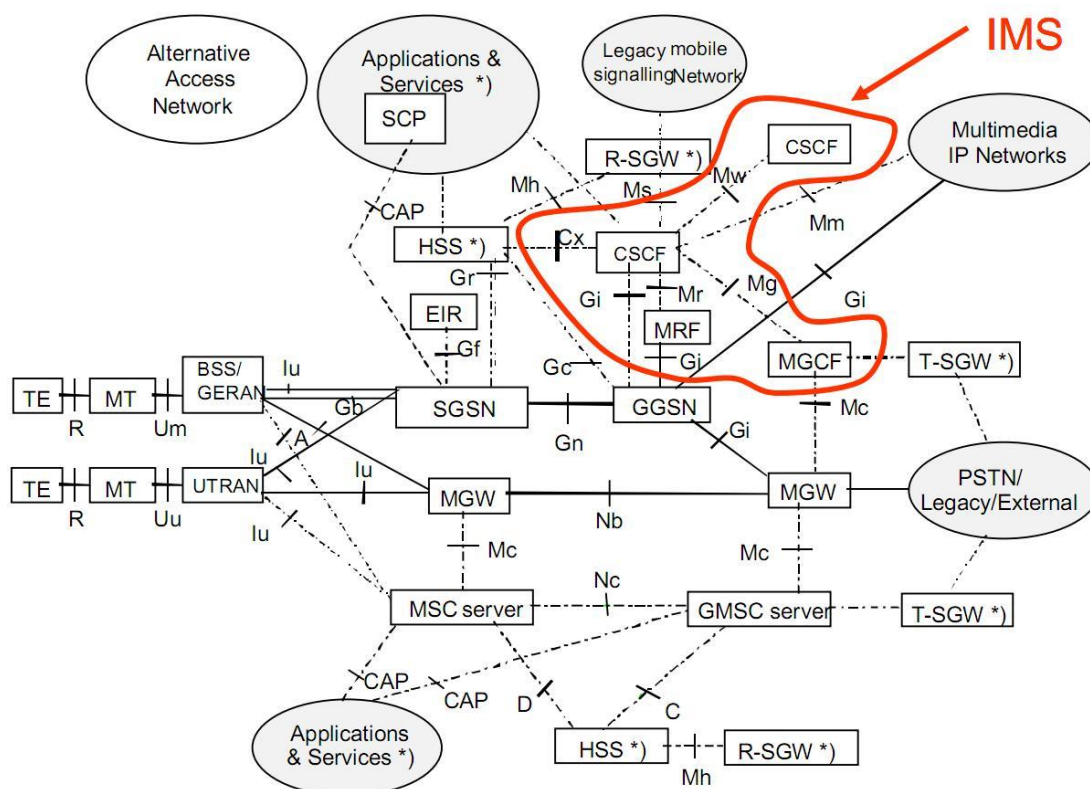
Kuva 3.3.1 Release 5:n mukainen UMTS-verkko. /12/

3.3.1 IMS

Release 5:n merkittävin lisäys aiempiin spesifikaatioihin on IP-multimedia-alijärjestelmä (IMS). Se perustuu GPRS-järjestelmään ja sisältää mm. multimediakäyttöön tarkoitetun SIP-valvonnan (Session Initiation Protocol), SIP-lisäpalveluita, parannettuja palvelun laatuäkökohtia (QoS, Quality of Service),

suojaustoimintoja (AAA, Authentication, Authorization and Accounting) ja yhteensovitustoimintoja (interworking).

Kuvassa 3.3.1 on Release 5:n mukainen UMTS-verkko. Kuvan mukaisesti radioverkkona on UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) ja GERAN (GSM EDGE Radio Access Network). Piirikytkentäiset puhelut ohjautuvat MSC-palvelimille (MSC Server) ja kauttakulku-MSC palvelimille (Gateway MSC Server), joita ohjataan MGW-elementeillä (Media Gateway). Pakettikytkentäiset yhteydet tarvitsevat joukon uusia toimintoja. Näitä ovat MRF (Multimedia Resource Function), jolla valvotaan puheluita, MGCF (Media Gateway Control Function), CSCF (Call State Control Function), HSS (Home Subscriber Server), joka vastaa perinteistä kotirekisteriä HLR, sekä RSGF (Roaming-Signalling Gateway Function) ja T-SGF (Transport-Signalling Gateway Function). /1, 2/



Kuva 3.3.2 IMS:n vaikutus Release 5:n mukaiseen UMTS-verkkoon. /15/

IMS-ratkaisumallin pääkohtia ovat:

- SIP-välityspalvelin (P-CSCF, Proxy-Call State Control Function). Se on ensimmäinen IMS:n kytkentäpiste.

- I-CSCF (Interrogating-Call State Control Function), joka valitsee HSS:n avulla sopivan S-CSCF:n (Serving-Call State Control Function).
- S-CSCF käsittelee SIP-sanomia, antaa lupia tapahtumille ja jakaa sanomia S-CSCF:lle tai sopivalle ulkoiselle IP-verkon laitteelle. /15/

3.4 Release 6

Release 6 lisää nopeutta entisestään, kehittää verkon kapasiteettia ja tuo uusia sovelluksia. Release 6:n spesifikaatiot sisältävät muun muassa seuraavat määrittymät:

- MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service), joka mahdollistaa tehokkaammat lähetys- ja monilähetyspalvelut.
- BM-SC (Broadcast Multimedia-Service Center), joka ohjaa MBMS:ää.
- FDD kehittynyt yläkaista (FDD Enhanced Uplink), joka tunnetaan paremmin HSUPA:na (High-Speed Uplink Packet Access). Se mahdollistaa ylä-kaistan nopeudeksi jopa 5,76 Mbit/s.
- WLAN-UMTS Interworking (IWLAN)
- UMTS-verkon 900 MHz taajuus alue. Uplink taajuusalue: 870,4 – 876 MHz ja downlink taajuusalue: 915,4 – 921 MHz. /16/

3.4.1 MBMS

MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) tuo IP-verkoissa käytetyn multicast -tekniikan matkapuhelinverkkoihin. Sen toiminta perustuu SMS Cell Broadcast Service:en, joka on määritelty GSM Phase 1 ja UTRAN Release 99:ssä, tuoden kuitenkin mukanaan mahdollisuuden tilauspohjaisten Multicast-palveluiden toteuttamiseen ja suurempien datamäärien siirron.

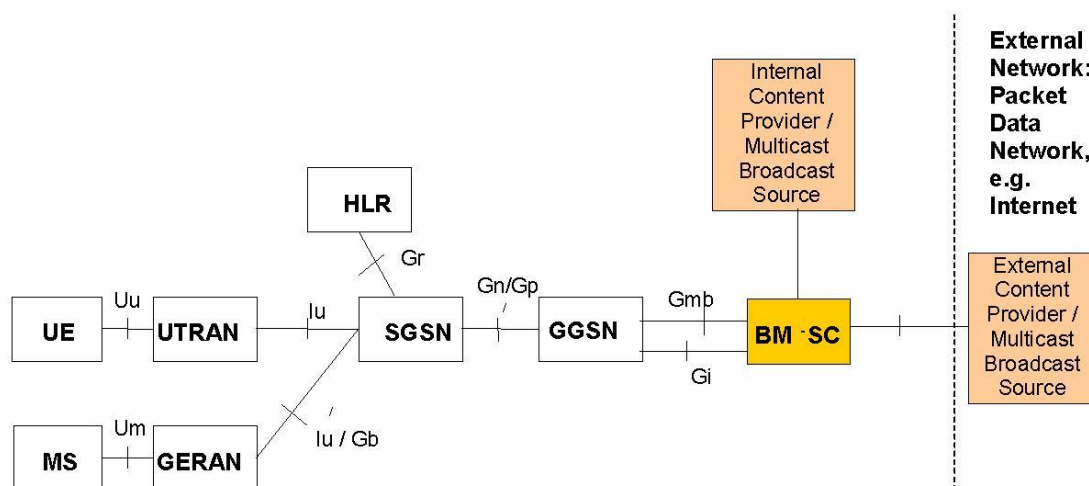
MBMS on helppo lisätä käytössä olevia verkkoja hyödyntäen, koska sen käyttöön ottaminen vaatii vain yhden uuden verkkoelementin BM-SC:n (Broadcast Multimedia-Service Center) lisäämisen ja mahdollisesti pieniä ohjelmistopäivityksiä muihin verkkoelementteihin. Kuvassa 3.4.1 on esimerkkikuva verkkoarkkitehtuurista jossa on liitettyä BM-SC.

MBMS:n mahdollistamat palvelut jaetaan kolmeen kategoriaan:

- Streamaus palvelut (esimerkiksi video- ja äänivirta)
- Tiedostojen latauspalvelut
- Karusellipalvelut, jotka ovat yhdistelmiä kahdesta edellisestä palvelusta. (Esimerkiksi still-kuvien lähettäminen matkapuhelinverkosta usealle vastaanottajalle saman aikaisesti.)

MB-SC:n tärkeimmät tehtävät ovat:

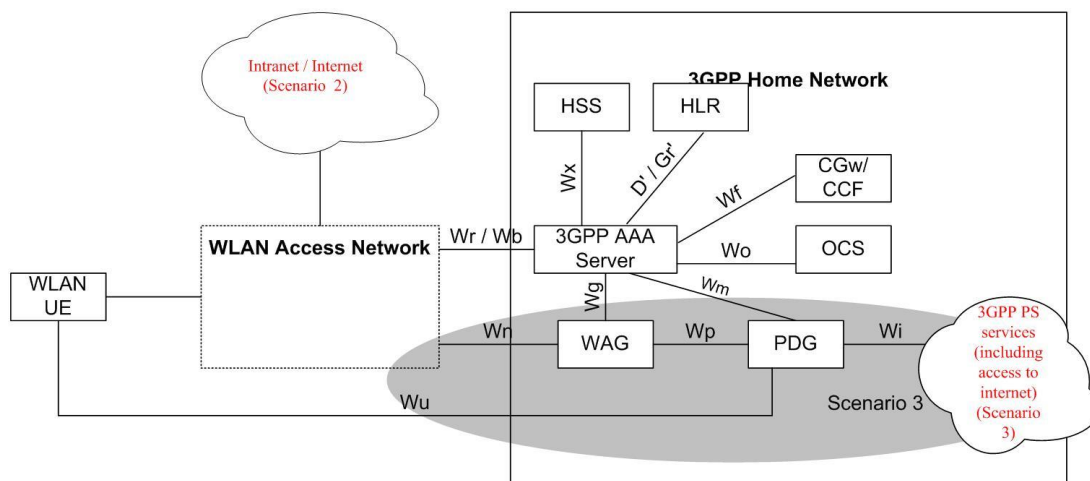
- Palvelun aikataulutus (Service scheduling)
- Palvelun autentikointi (Service authentication)
- Tiedon salaaminen (Content encryption)
- Salausavainten hallinta (Key Management)
- Laskutus (Charging) /9, 16/



Kuva 3.4.1 MBMS tuoma lisä verkkoarkkitehtuuriin /16/

3.4.2 IWLAN

IWLAN (WLAN-UMTS Interworking) mahdollistaa WLAN UE:lle (WLAN User Equipment) 3GPP-järjestelmien palveluiden käytön WLAN-verkon (Wireless Local Area Networks) välityksellä. Tällöin käyttäjää voidaan laskuttaa esimerkiksi minuttitaksalla internetin käytöstä ja autentikoida hyödyntäen 3GPP:n järjestelmän palveluita. 3GPP järjestelmän toiminnallisuudet voivat sijaita WLAN:n takana tai sen rinnalla. Esimerkki kuvassa 3.4.2. /16/



Kuva 3.4.2 I-WLAN:n yleinen arkkitehtuuri /16/

3.5 Release 7

Release 7:n tuo lähinnä korjauksia, parannuksia, tarkennuksia ja joitakin uusia paikallisia palveluita. Esimerkiksi IMS:n, I-WLAN:n, LCS (Location Services) ja MBMS:n tulee joitakin lisämäärittämiä, mutta niihin verrattavaa uutta teknologiaa ei määritetä tässä Release:ssä.

3GPP:n organisaation sisällä on kuitenkin tapahtunut sisäisiä muutoksia tämän ja edellisen Release:n välissä. Spesifikaatioiden sisältö paisuu valtavasti, joten niiden määrittäjät on jaettu erillisiin ryhmiin ja ryhmät vielä aliryhmiin. Looginen jako helpottaa ulkopuolista spesifikaatioiden tutkijaa löytämään hakemaansa informaatiota. Vastaavasti uusien asioiden löytäminen voi olla aikaisempaa hankalampaa. Pääryhmät ovat jaettu seuraavasti:

- TSG GERAN WG (GSM EDGE Radio Access Network Work Group)
- TSG RAN WG (Radio Access Network Work Group)
- TSG SA WG (Service & System Aspects Work Group)
- TSG CT WG (Core Network & Terminals Work Group) /17/



Kuva 3.5.1 3GPP työryhmät pää- ja alaryhmittäin /30/

3.6 Release 8

Release 8:n keskeisiä määrittäjiä ovat muun muassa:

- 3GPP System Architecture Evolution Specification - Evolved Packet System (SAES)
- 3G Long Term Evolution – Evolved Packet System RAN part (LTE)
- GERAN support for GERAN – 3G Long Term Evolution interworking (GELTE) /18/

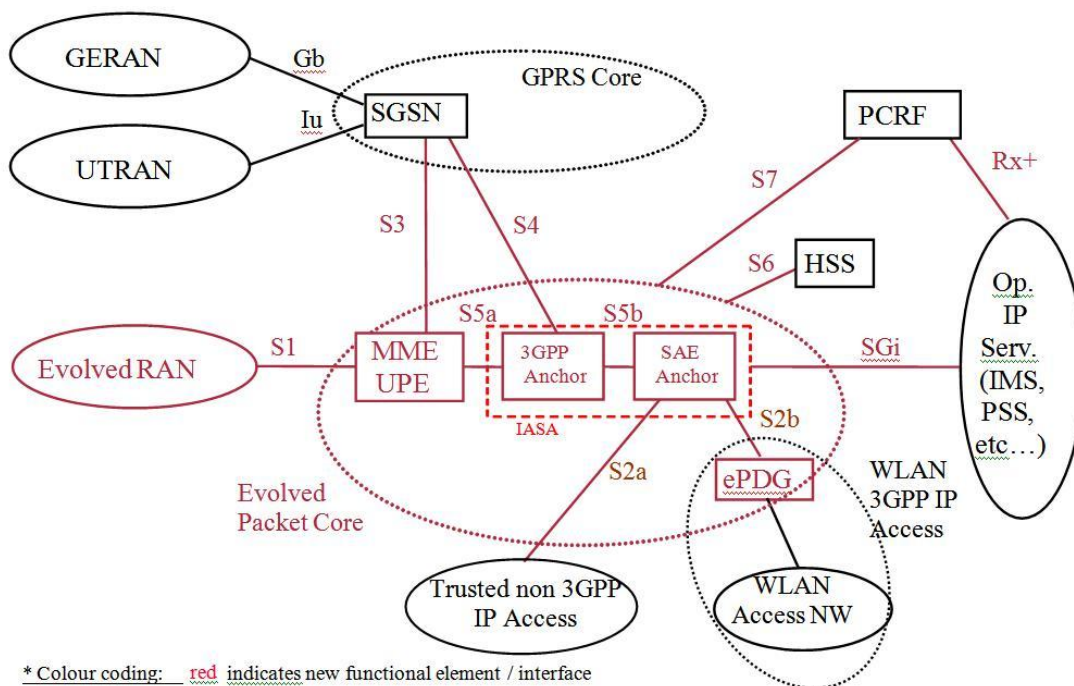
3.6.1 LTE

3GPP:n LTE (Long Term Evolution) of the 3G Mobile System –projekti sai alkunsa RAN Evolution -työryhmässä 2. – 3. päivä marraskuuta 2004 Torontossa. LTE:n määrittämä radiorajapinta perustuu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) –tekniikkaan yhdistettynä kehittyneisiin antennitekniikoihin. LTE tulee olemaan Release 8:n käyttäjän kannalta merkittävin määrittäjä. 3GPP on asettanut LTE:lle muun muassa seuraavia vaatimuksia:

- Downlink-suuntaan hetkellinen huippunopeus 100 Mb/s
- Uplink-suuntaan hetkellinen huippunopeus 50 Mb/s
- RAN:n (Radio Access Network) latenssi alle 10 ms.

- Downlink suunnassa 3 – 4 kertaa tehokkaampi taajuusspektrin käyttö kuin Release 6:n HSDPA:ssa
- Uplink suunnassa 2 – 3 kertaa tehokkaampi taajuusspektrin käyttö kuin Release 6:n HSUPA:ssa
- paranneltu lähetystekniikka
- IP – optimoitu
- skaalautuva kaistanleveys /18/

SA2 työryhmän SAE (System Architecture Evolution) –projekti on perustana LTE-tekniikalle. SAE –projektin tavoitteena oli suurempi datanopeus, pienempi viive ja myöskin pakettioptimoitu järjestelmä joka tukee useita radio-liityntäteknikoita (Radio Access Technology, RAT). Yksi projektin tavoitteista oli, että äänipalvelut ovat osana PS-verkkoa. /18/

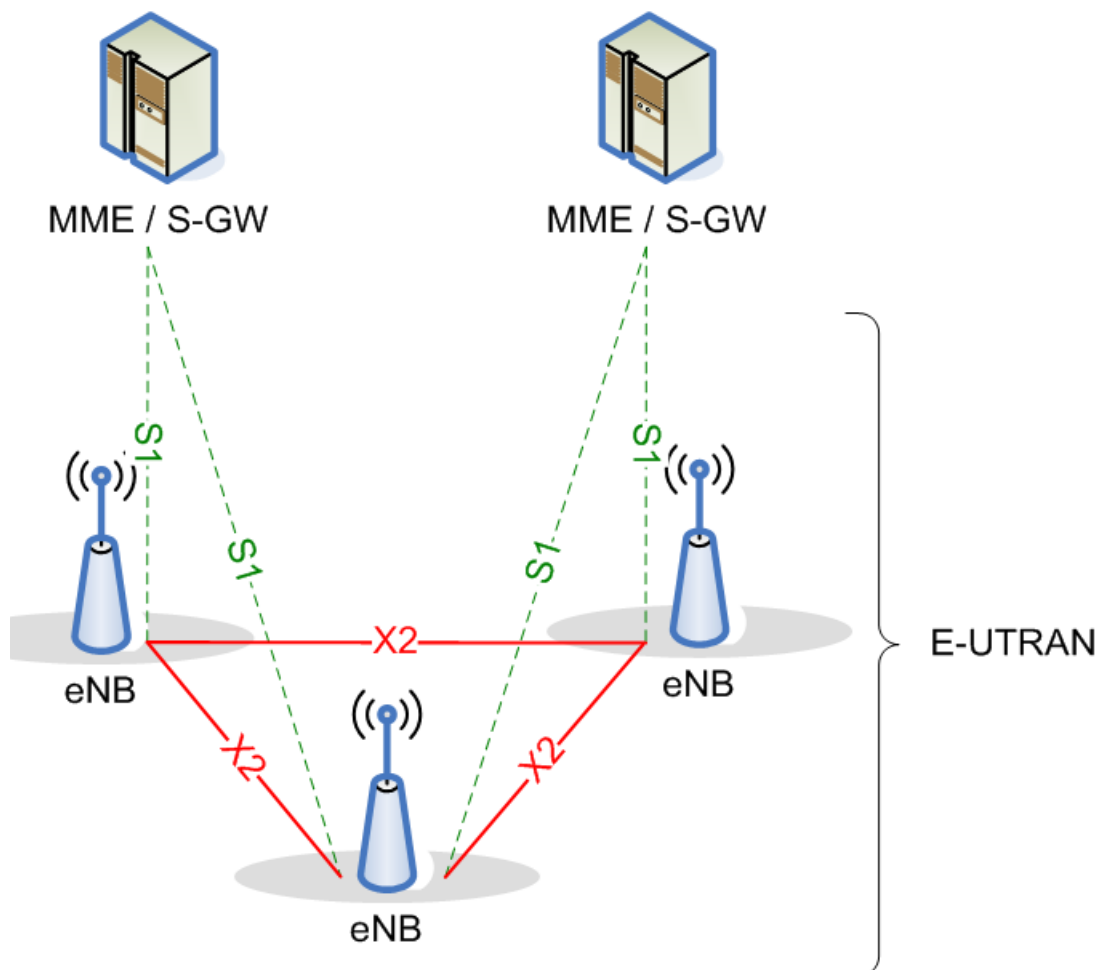


Kuva 3.6.1 Release 8 mukainen looginen arkkitehtuuri. /18/

3.6.2 EUTRAN

Evolved UTRAN (E-UTRAN) koostuu eNB:istä (evolved Node B), jotka ovat yhteydessä toisiinsa kahdella liittännällä. Jokainen eNB on yhteydessä EPC (Evolved Packet Core) -verkkoon S1-liitännän kautta. Käyttäjätasossa (User Plane) S1-liitäntä

yhdistyy S-GM:ään (Serving Gateway) ja signalointi tasossa (Signalling Plane) eNB yhdistyy MME:hen (Mobility Management Entity). Kuvat 3.6.1 ja 3.6.2 havainnollistavat liitännöitä. /18/

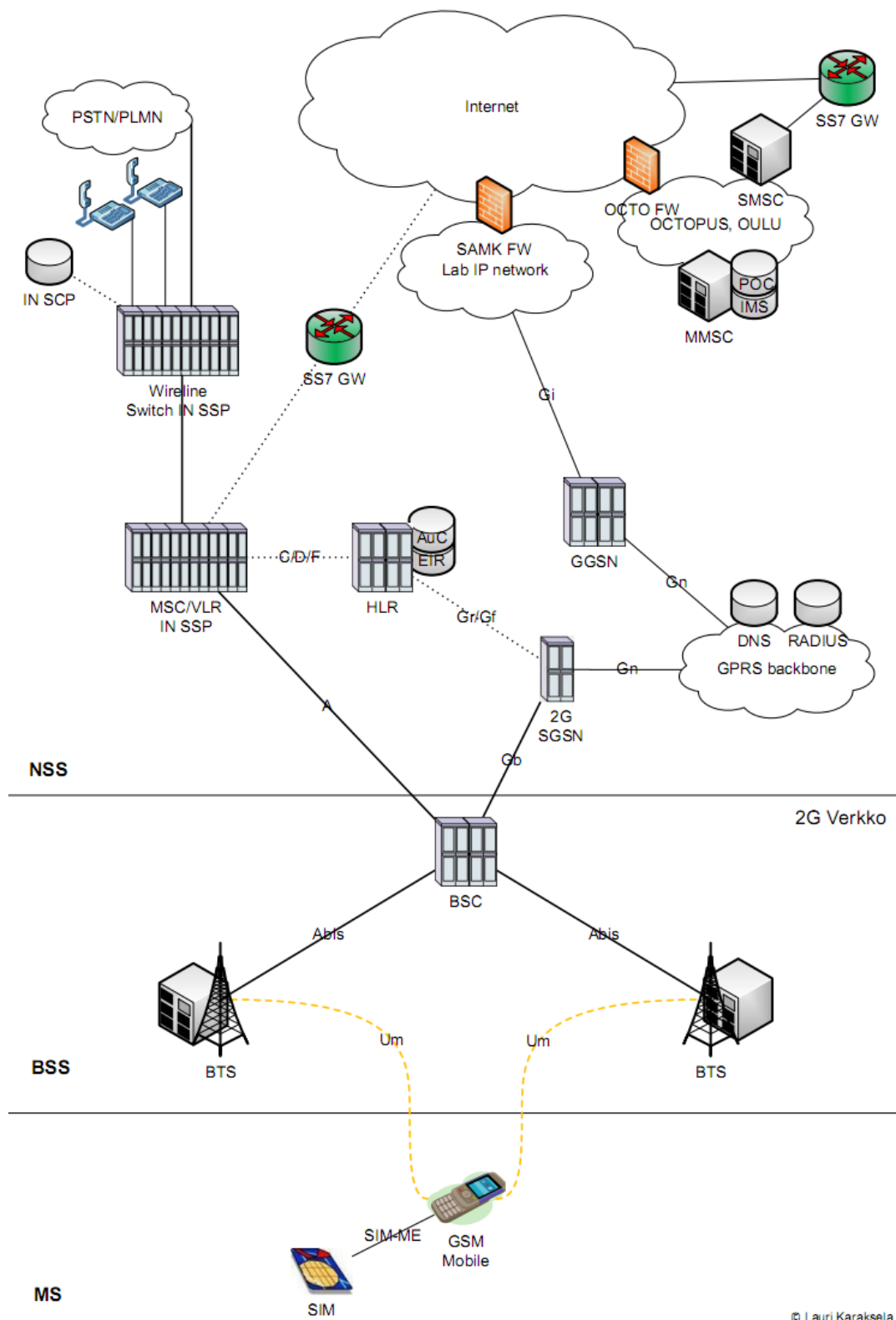


Kuva 3.6.2 Evolved-UTRAN Arkkitehtuuri. /18/

4 SAMK MOBIILIVERKON RAKENNE - TAVOITTEENA RELEASE 99

Tässä luvussa perehdytään SAMK:n matkapuhelinverkon rakenteeseen nyt ja 3G-päivityksen jälkeen, kuvaten tarvittavia muutoksia. Päivitys kohti 3G:tä on aloitettu tammikuussa 2009, 2G MSC:n ja HLR:n yksiköiden muistien päivittämisellä.

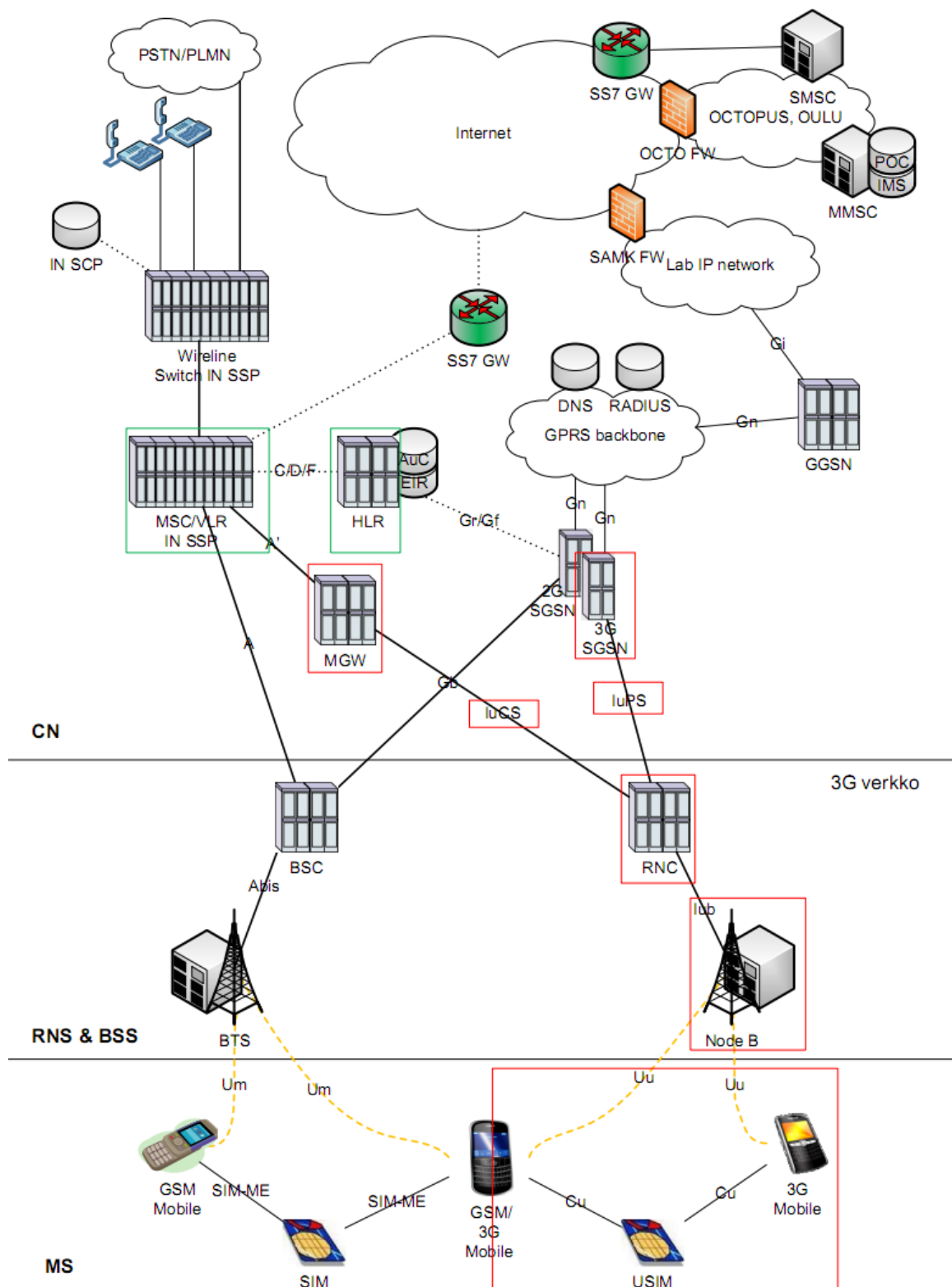
4.1 Satakunnan ammattikorkeakoulun mobiiliverkko ennen 3G-päivitystä



Kuva 4.1.1 SAMK:n GSM mobiiliverkon rakenne.

Kuvassa 4.1.1 on SAMK:n mobiiliverkko ennen 3G-päivitystä. Nykyinen verkko koostuu tukiasemasta (BTS), tukiasemaohjaimesta (BSC), 2G SGSN:stä, GGSN:stä, MSC:stä, VLR:stä ja HLR:stä. Nämä laitteet edustavat GSM Phase 2+ tasoa. Kyseessä on siis GSM/GPRS Release 98 mukainen GSM-verkko. Verkossa ei ole kuitenkaan EDGE käytössä ja siihen on myös lisätty lisäpalveluita Octopus Network:lta, kuten esimerkiksi SMS, IMS ja PoC -palvelut.

4.2 SAMK:n mobiiliverkko 3G-päivityksen jälkeen



Kuva 4.1.2 SAMK:n 3G verkon rakenne.

Kuvassa 4.1.2 on merkitty punaisella uudet elementit ja rajapinnat jotka 3G-päivitys tuo tullessaan ja vihreällä jo päivitettyt elementit. SAMK:n verkkoon tulee 3G päivityksen mukana seuraavat lisäykset:

- Node B
- RNC
- MGW
- 3G SGSN

Uudet rajapinnat:

- Cu, joka on USIM:n ja UE:n välillä
- Uu, joka on UE:n ja Node B:n välillä
- Iub, joka on Node B:n ja RNC:n välillä
- IuCS, joka on RNC:n ja MGW:n välillä
- IuPS, joka on RNC:n ja 3G SGSN:n välillä
- A', joka on MGW:n ja MSC:n välillä

Seuraaviin yksiköihin tehdään ohjelmistopäivitykset:

- MSC päivitetään versiosta M10.0 versioon M13.0
- HLR päivitetään versiosta M10.0 versioon M13.0

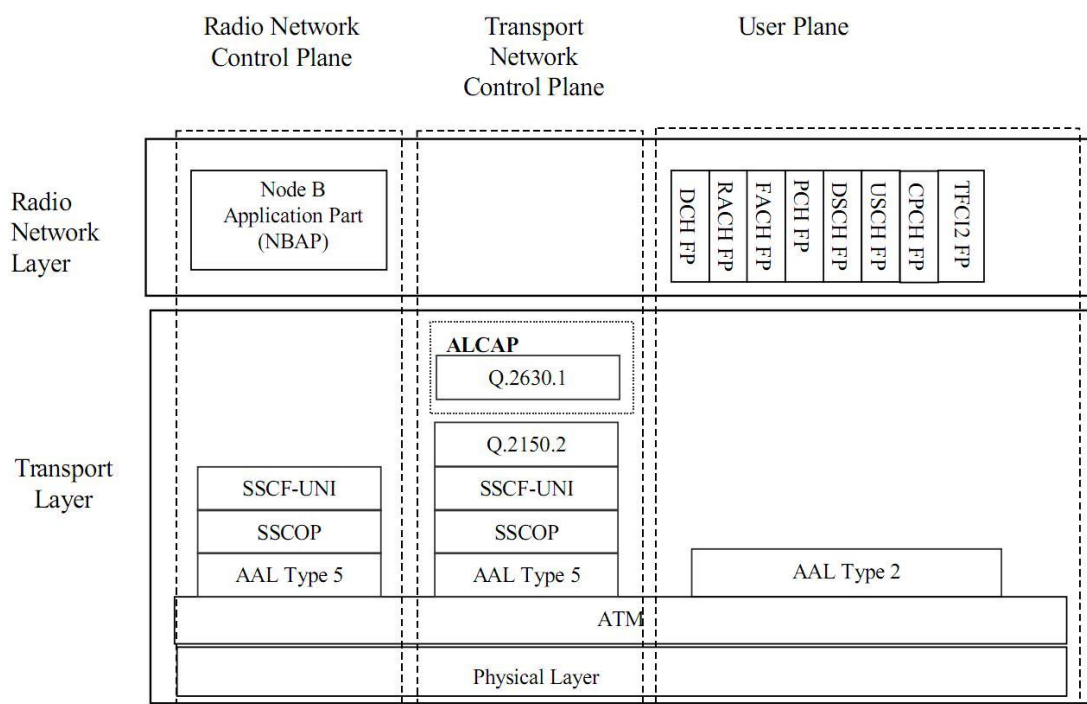
Päivityksen jälkeen MSC ja HLR tukevat Release 99:n mukaista 3G-verkkoa. Päivityksessä kasvatettiin jo MSC:n ja HLR:n RAM-muistia tukemaan uudemman ohjelmistoversion tarpeita, sekä päivitettiin ohjelmisto. 2G SGSN:n rinnalle tulee 3G SGSN:n hoitamaan 3G-verkon pakettiyhteydet. MGW (Media Gateway) tulee toimimaan IWF:na (Inter Working Function) SAMK:n 3G-verkossa. Media Gateway muuntaa IuCS-rajapinnan ATM yhteyden MSC:n ymmärtämään muotoon eli TDM-pohjaiseksi PCM-yhteydeksi.

5 ETÄYHTEYDEN MUODOSTUS

Tässä tapauksessa etäyhteydellä tarkoitetaan UMTS-verkon Iub- tai vaihtoehtoisesti IuPS- ja IuCS-rajapintojen toteuttamista etäyhteytenä. Aluksi tutkitaan mitä tapahtuu rajapinnoilla Iub (Iubis), IuCS ja IuPS Release 99 ja Release 5:n välillä. Satakunnan Ammattikorkeakoulun 3G-verkko tulee noudattamaan Release 99:n mukaista verkkoa.

5.1 Teoriaa Iub-rajapinnasta

Node B:n ja RNC:n välistä rajapintaa kutsutaan Iub tai Iubis -rajapinnaksi.



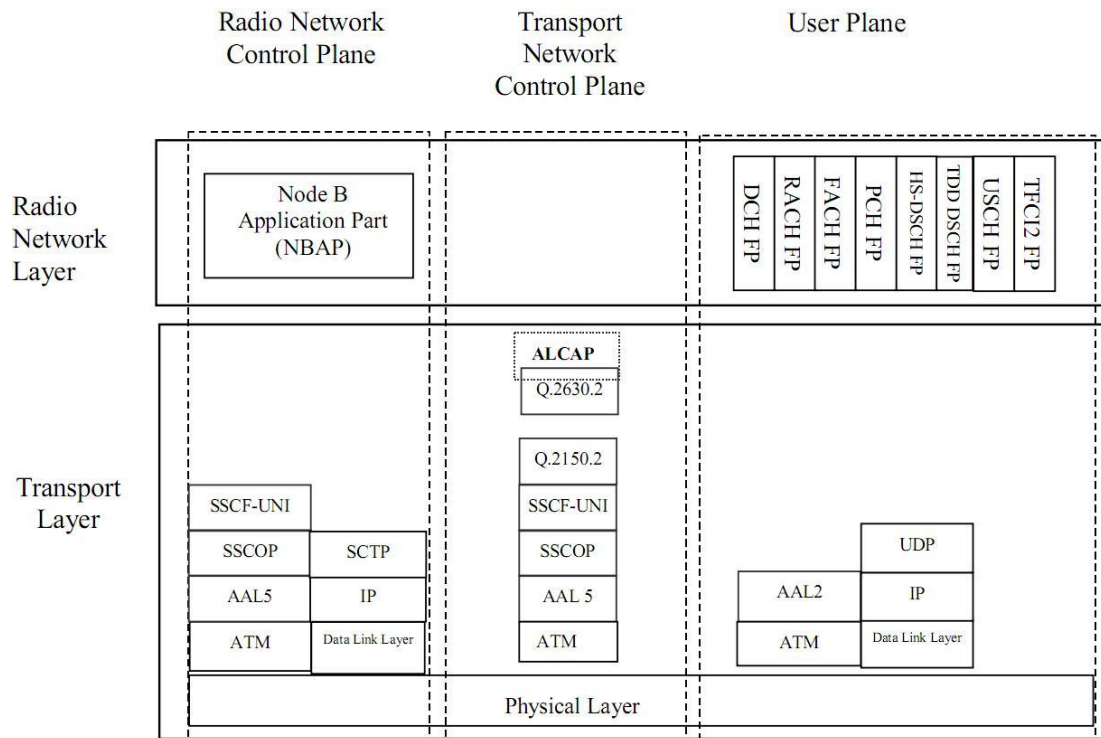
Kuva 5.1.1 Release 99:n mukainen Iub rajapinnan protokollan rakenne /25/

Kuvasta 5.1.1 voidaan päätellä, että Release 99:n mukainen Iub-rajapinta on toteutettavissa pelkästään ATM:n avulla. Määrittelyissä välillä Release 99 – Release 5, PMD (Physical Media Dependent), eli fyysisen kerroksen pitää vastata ainakin yhtä alla olevan listan standardin mukaista fyysisistä kerrosta. Muutosta tähän listaan ei ole tullut Release 99:n ja Release 5:n välisenä aikana.

- ETSI STM-4 (622 Mb/s)
- SONET STS-12c (622 Mb/s)

- SONET STS-3c (155 Mb/s)
- ETSI STM-1 (155 Mb/s)
- ETSI STM-1 (155 Mb/s)
- ITU STS-1 (51 Mb/s)
- ITU STM-0 (51 Mb/s)
- ITU STM-0 (51 Mb/s)
- J2, 6.3 Mb/s (75 Ohm)
- E2, 8Mb/s (75 Ohm)
- E3, 34 Mb/s (75 Ohm)
- T3, 45 Mb/s (75 Ohm)
- E1, 2Mb/s symmetrinen (120 Ohm)
- E1, 2Mb/s (75 Ohm)
- J1, 1.5 Mb/s (100 Ohm)
- J1, 1.5 Mb/s (110 Ohm)
- T1, 1.5 Mb/s (100 Ohm) /22, 23, 24, 25/

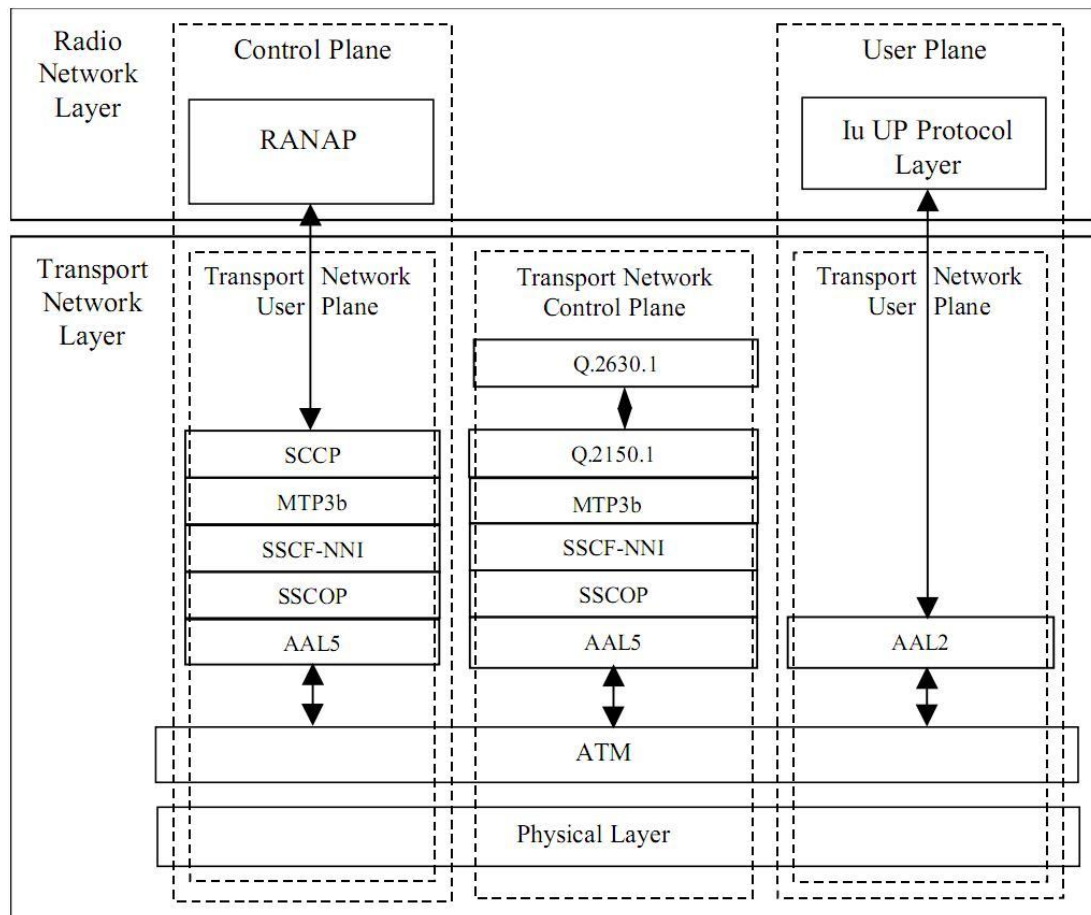
Release 4:ssa ei ole Release 99:n verrattuna tapahtunut mitään isoa muutosta Iub-rajapinnassa. Ainoastaan versiot Control Plane:ssa ovat muuttuneet. Seuraava Release jossa tapahtuu merkittäviä muutoksia Iub-rajapinnassa, on Release 5. Release 5:n mukaisessa Iub-rajapinnassa (kuva 5.1.2) tulee laitteistoriippumaton IP-protokollalla vaihtoehtoiseksi ATM:n rinnalle, niin Control Plane:en kuin myös User Plane:en. Tämä tuo joustavuutta verkkojen rakentamiseen. /25, 26, 27/



5.1.2 Release 5:n mukainen Iub-rajapinnan protokollan rakenne /27/

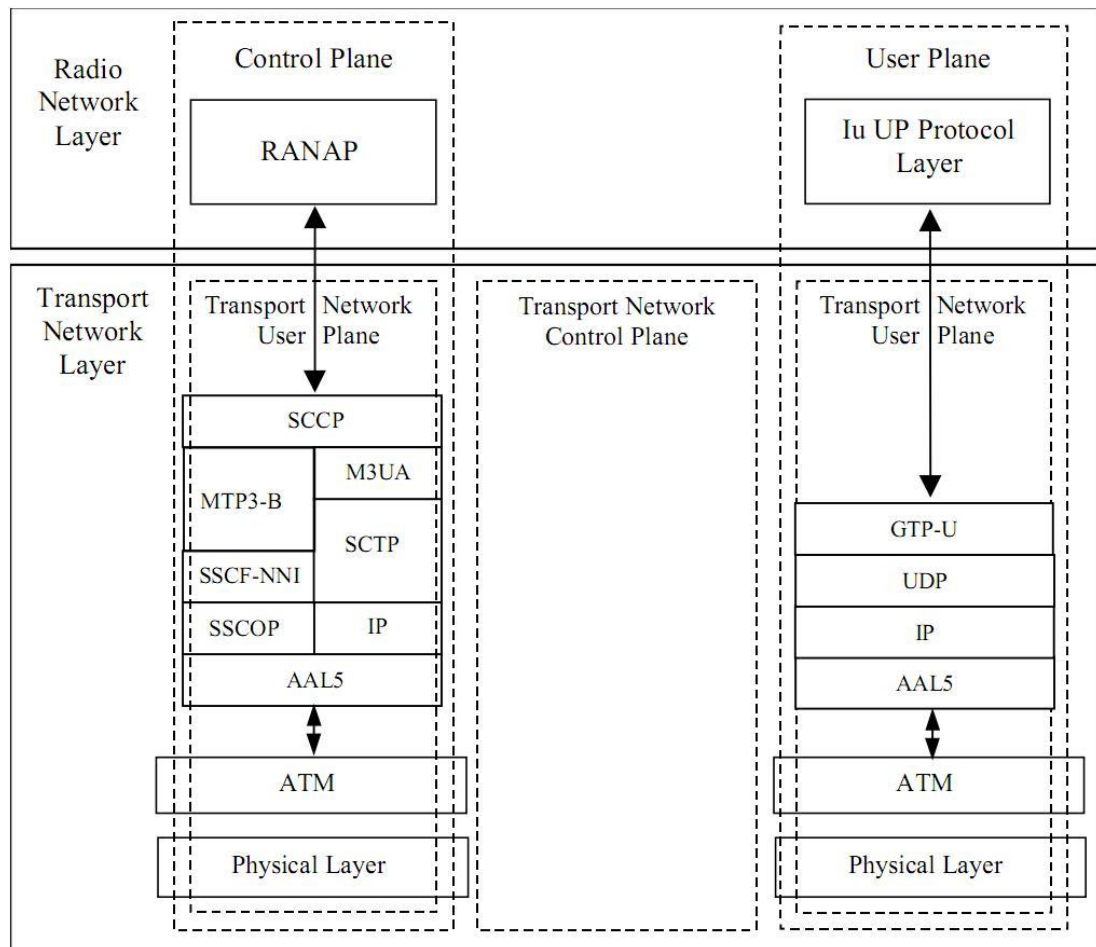
5.2 Teoriaa IuCS ja IuPS –rajapinnoista

RNC – MSC ja RNC – SGSN –väleillä olevia rajapintoja kutsutaan IuCS (Iu Circuit Switched) ja IuPS-rajapinnoiksi (Iu Packet Switched). Ne ovat oleellisia kun etäyhteys toteutetaan CN-RNC-välille. Tässä luvussa tutustutaan IuCS ja IuPS -rajapintojen Release 99:n ja Release 5:n välillä tapahtuviin eroavaisuuksiin. Kuvassa 5.2.1 on esitetty Release 99 mukainen IuCS-rajapinnan protokollan rakenne. /19/



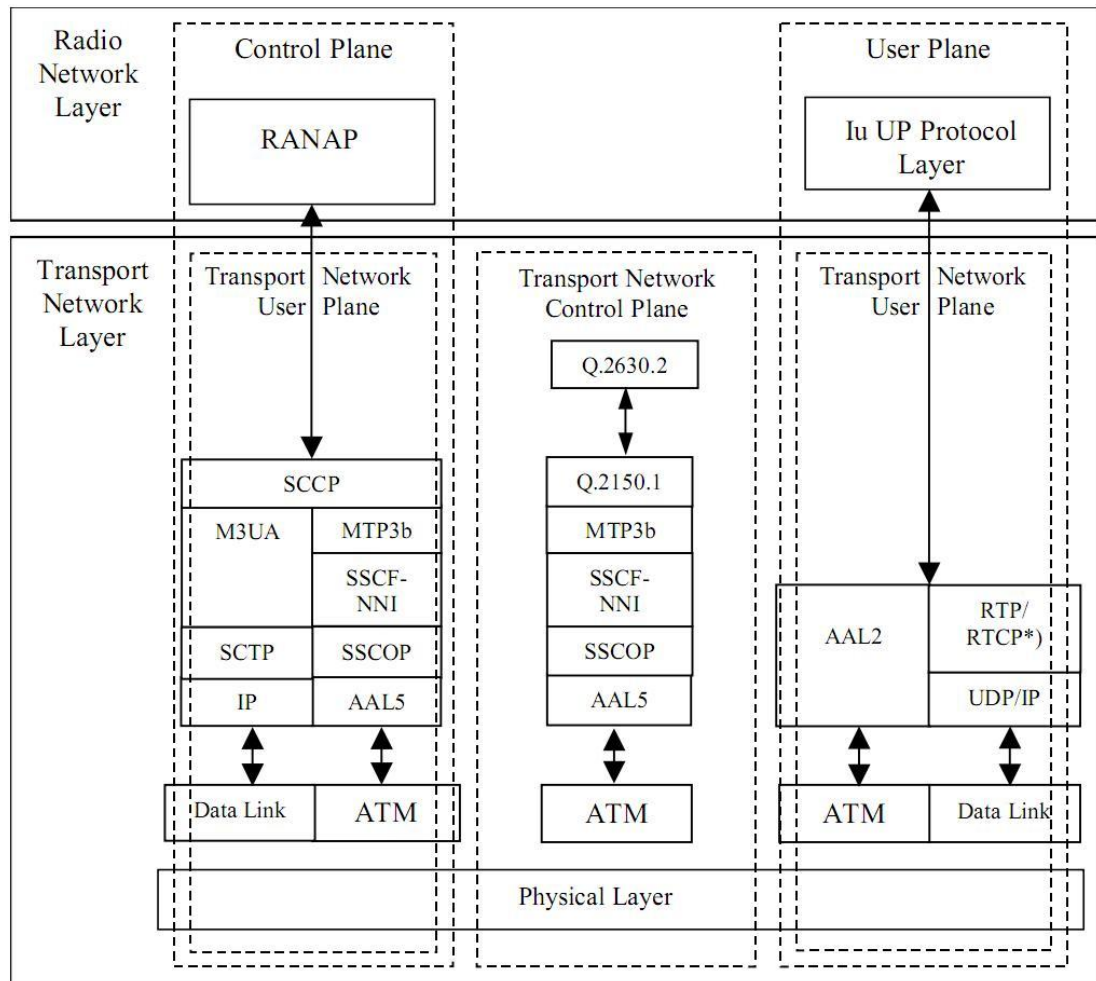
Kuva 5.2.1 Release 99:n mukainen IuCS-rajapinnan protokolla kuvaus. /19/

Kuten kuvasta 5.2.1 voidaan päätellä, Release 99:n mukaista IuCS-rajapintaa ei voida toteuttaa muun kuin ATM:n avulla. Kuvassa 5.2.2 on kuvattu Release 99:n mukainen IuPS-rajapinta. Tämänkin rajapinnan toteuttamiseen ATM on ainut vaihtoehto. Siinä viedään User Plane:ssa ATM:n päällä IP:tä. /19, 20/



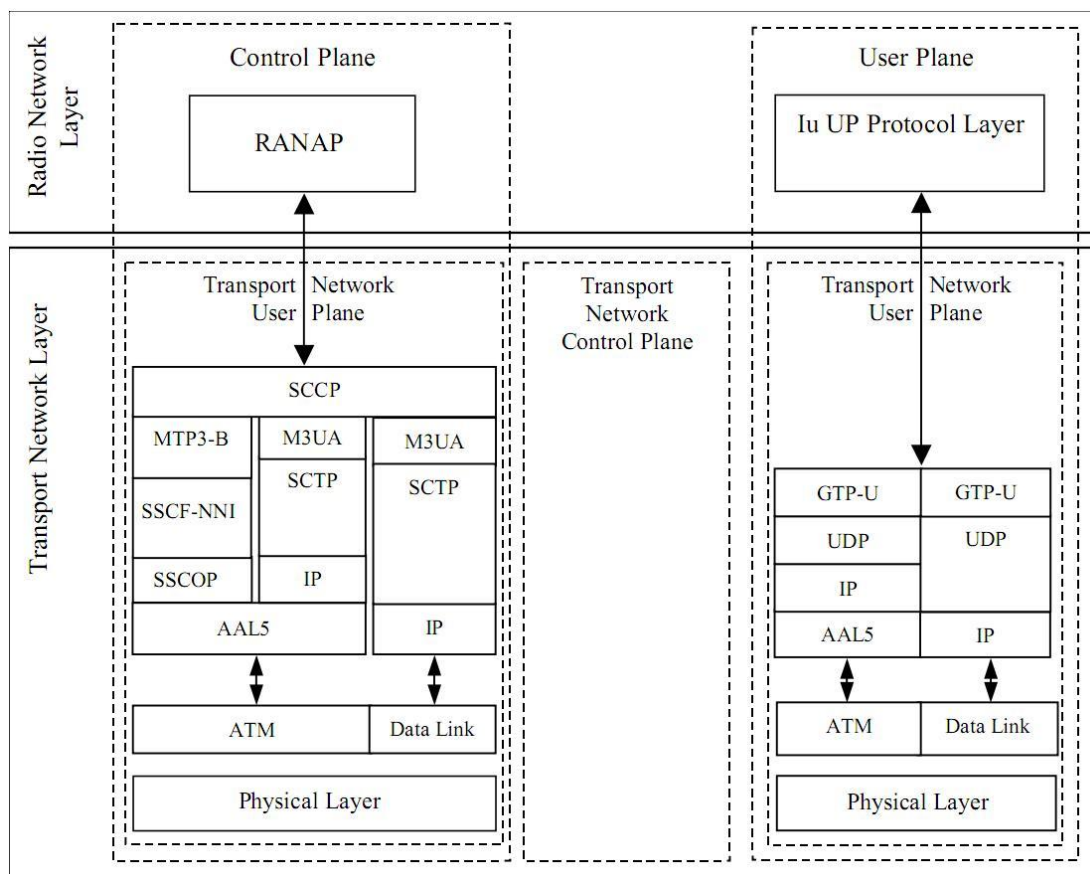
Kuva 5.2.2 Release 99:n mukainen IuPS-rajapinnan protokolla kuvaus. /19/

Release 4:ssa ei ole Release 99:n verrattuna tapahtunut mitään isoa muutosta IuPS tai IuCS -rajapinnoissa, ainoastaan versiot Control Plane:ssa on muuttunut. Seuraava Release, jossa tapahtuu IuPS ja IuCS -rajapinnoissa merkittäviä muutoksia on Release 5. Release 5:n mukaisessa IuPS ja IuCS-rajapinnassa tulee vaihtoehtoiseksi IP ATM:n rinnalle, niin Control Plane:en kuten myös User Plane:en. /19, 20, 21/



Kuva 5.2.5 Release 5:n mukainen IuCS-rajapinnan protokolla kuvaus. /21/

Kuvassa 5.2.5 on esitetty Release 5 mukainen IuCS-rajapinta ja kuvassa 5.2.6 on esitetty Release 5:n mukainen IuPS-rajapinta. Kuten kuvista voidaan tulkita IuCS ja IuPS -rajapintojen yli on määritetty IP-yhteys Release 5:ssä. /21/



Kuva 5.2.6 Release 5:n mukainen IuPS-rajapinnan protokolla kuvaus. /21/

5.3 Teoriaa matkapuhelinverkkojen kuljetuserroksista

Tässä luvussa tutustutaan matkapuhelinverkon laitteistojen välillä käytettyjen siirtoprotokollien toimintaan teoriassa, Release 99 mukaisesta 3G verkosta, aina Release 5 mukaiseen 3G verkkoon. Käytetyt siirtoprotokollat ovat ATM ja Ethernet. Siirtoprotokollien alla täytyy olla kuljetuserros ja kuljetuserroksista PDH ja SDH ovat yleisimpiä matkapuhelinverkossa.

5.3.1 IP

IP (Internet Protocol) –protokolla on koko internetin toiminnan edellytys. Se on reititettävä, OSI-viitemallin 3-kerroksella toimiva protokolla, joka mahdollistaa suurien itsenäisten verkkojen rakentamisen ja yhdistämisen. IP-protokolla on tullut osaksi matkapuhelinjärjestelmiä sen edullisuuden ja tuettavuuden vuoksi. IP-yhteydet ovat helppoja ja edullisia toteuttaa pidemmällekin etäisyydelle, mutta ongelmia varsinkin puhelintekniikan kanssa tulee IP-yhteyksien yhteydettömyydestä

ja sen tavasta olla riippumaton verkon topologiasta. Kuva 5.3.1 havainnollistaa hyvin IP:n ja muiden protokollien sijoittumisen OSI (Open Systems Interconnection) -viitemalliin. /45/



Kuva 5.3.1 OSI-viitemalli. /44/

OSI-viitemalli jakaa tiedonsiirtoprotokollat seitsemään eri kerrokseen protokollien toimintaperiaatteen mukaisesti. Kukaan kerroksista käyttää alemman kerroksen palveluja ja tarjoaa palveluita ylemmille kerroksille. OSI-viitemalli on ISO:n (International Organization for Standardization) kansainvälinen standardi. /44/

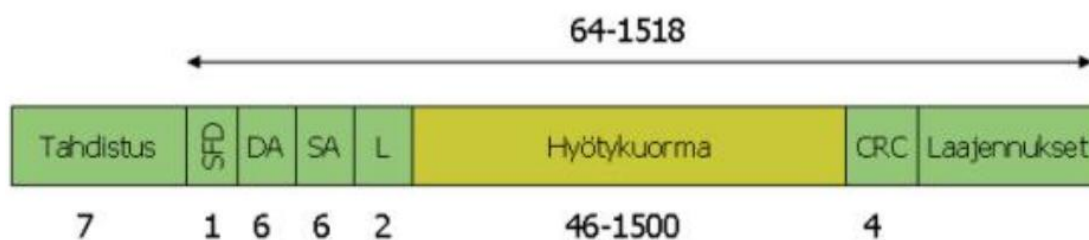
5.3.2 Ethernet

Lähiverkkostandardi IEEE 802.3 eli puhekielessä Ethernet on hyvin suosittu protokolla sen yksinkertaisen rakenteen vuoksi. Ethernet käyttää CSMA/CD-kilpavaraustekniikkaa siirtotien jakamiseen, jonka resurssista verkkoon liittyvät pääteasemat kilpailevat. IEEE 802.3 määrittelee maksimikehyskooksi 1518 oktetia seuraavan kuvan mukaisesti (huomaa, että preamble- ja SFD-kenttiä ei lasketa kehyksen maksimikokoon). /38/

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection) on Ethernet-siirtotien varausmenetelmä, jolla useat laitteet jakavat verkolle yhteistä kapasiteettia. CSMA/CD ei perustu ennalta sovittuun tapaan välttää törmäyksiä vaan törmäyksen jälkikäteiseen havaitsemiseen. Jos törmäys havaitaan, lähettäjät lähettävät saman

tiedon satunnaisen ajan kuluttua uudelleen, jolloin uuden törmäyksen todennäköisyys on pieni. /38/

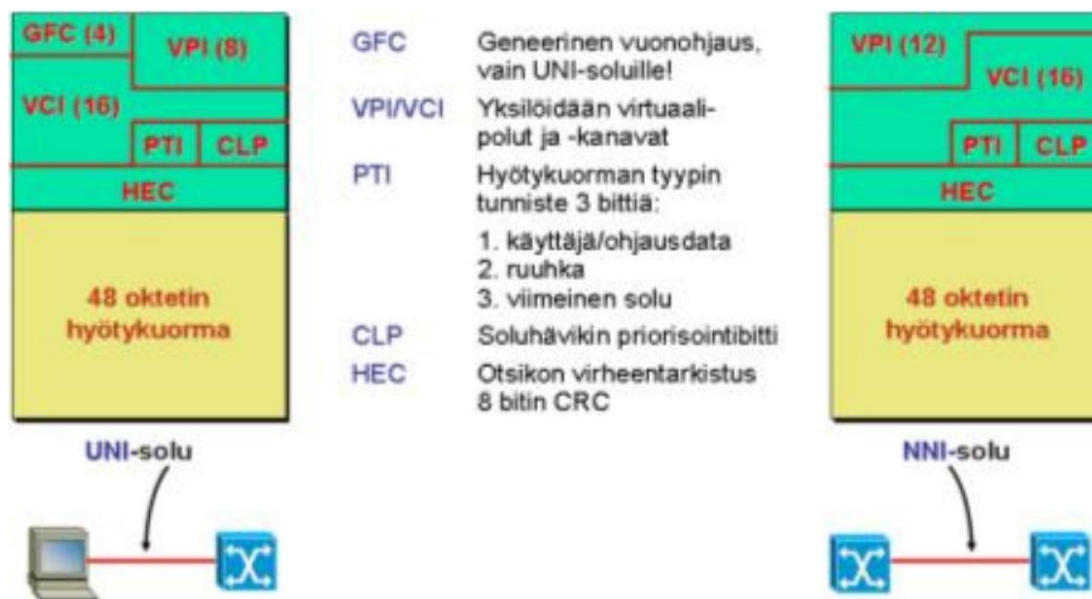
CSMA/CD-menetelmässä tehdään kanavanvaraus kuuntelemalla kaapelisegmentin liikennettä, joka tapahtuu käytännössä mittaamalla kaapelin jännitetasoja, ja mikäli segmentti on liikenteeltä vapaa, voidaan lähettää. Mikäli samaan Ethernet-segmenttiin kytketyt laitteet alkavat lähettää samanaikaisesti, tapahtuu törmäys, joka voidaan huomata johdon jännitetasojen muutoksesta. Tällöin ensimmäinen törmäyksen havainnut asema lähettää jam-signaalin (törmäyksen vahvistus), joka viestittää segmentin kaikille laitteille tapahtuneesta törmäyksestä. Jam-signaalin vastaanotettuaan kaikki segmentin asemat vaikenivat ja odottavat satunnaisen ajan. Se asema, jonka satunnainen odotusaika on lyhin, aloittaa lähettämisen uudelleen ensimmäisenä. Koska odotusajat ovat satunnaisia, on epätodennäköistä, että joku toinen asema alkaisi jälleen lähettää samaan aikaan, mutta jos näin käy, tapahtuu jälleen törmäys ja toipumisprosessi jam-signaaleineen alkaa uudestaan. /38/



Kuva 5.3.2 FastEthernet-kehysten rakenne. /38/

5.3.3 ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) on asynkroninen tiedonsiirtotapa. Se on ITU-T standardointiryhmän määrittelemä nopeiden verkkojen tarpeisiin standardoitu protokolla. Sen ideana on siirtää dataa asynkronisesti paketoimalla data 53 oktetin soluihin. Jokainen solu sisältää 5 oktettia otsikkotietoa sekä 48 oktettin hyötykuorman kuvan 5.3.3 mukaisesti. /32/

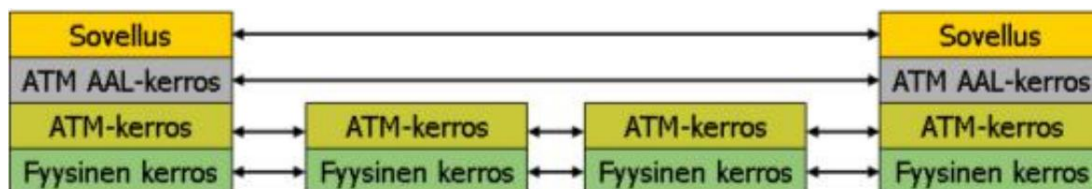


Kuva 5.3.3 ATM-solun rakenne UNI- ja NNI-rajapinnalla. /32/

ATM sijoittuu OSI-viitemallissa kahdelle alimmaiselle tasolle. ATM tarjoaa pienen solukoon vuoksi pienen paketoituvuuden verrattuna esimerkiksi Ethernet-kehysiin. Kiinteän mittaisia ATM-soluja on nopeampi käsitellä niitä reitittävässä laitteissa kuin vaihtelevan mittaisia paketteja. Vaihtelevan mittaisia paketteja käsittelevät laitteet joutuvat tutkimaan paketin pituus-kenttää ja tekemään siksi ylimääräistä analysointia ja käsittelyä verrattuna kiinteän mittaisten solujen käsittelyyn. Toinen kiinteän mittaisten solujen käytön etu on, että solujen priorisoinnissa ei törmätä niin pahaan HOL (Head of Line) -ongelmaan kuin suurissa paketeissa. Esimerkiksi jos matalan prioriteetin Ethernet-kehys ehtii jonon ensimmäiseksi, niin se estää tilapäisesti seuraavan kehyksen lähettämisen (riippumatta seuraavan kehyksen prioriteetista).

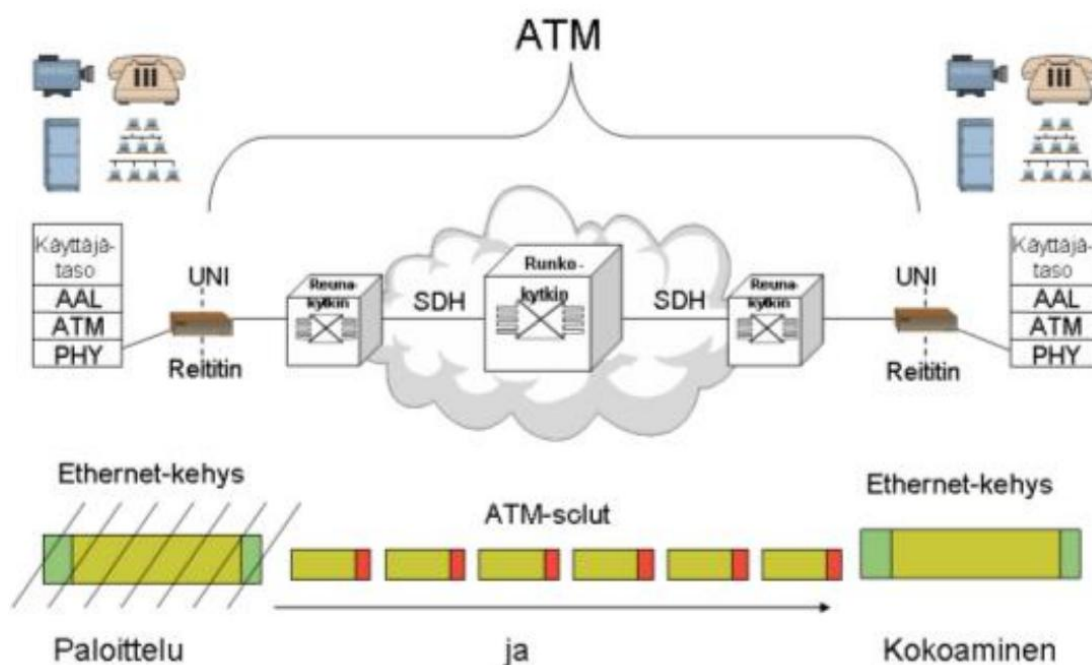
Vastaavasti ATM-solujen pieni otsikkokoko mahdollistaa Ethernet ja IP -osoitteita nopeamman kytkennän/reitityksen, sillä pieni osoitekoko pienentää osoitehakupuun mahdollisten osoitealkioiden määrää ja samalla myös niiden hakuaikaa. Hakuaikea riippuu käytettävästä algoritmista.

Fyysinen kerros kuljettaa ATM-kerroksen verkon yli, esimerkiksi kahden ATM-kytkimen välillä. ATM-kytkin tarkastelee ATM-pakettia otsikkotasolla ja lähettää paketin eteenpäin joko seuraavalle ATM-kytkimelle tai, päätelaitteen tapauksessa, antaa paketin ylemmän kerroksen protokollalle kuvan 5.3.4 mukaisesti. /32/



Kuva 5.3.4 ATM-yhteys OSI-mallilla tarkasteltuna /32/

AAL-kerrosten avulla sovitetaan ylempät kerroksen ATM-kerrokselle. Sovituskerroksia on viisi erilaista: AAL 1, AAL 2, AAL 3/4, AAL 5 ja SAAL. Näistä neljää ensimmäistä käytetään datan siirtoon ja SAAL on signaalintiedon välitystä varten.



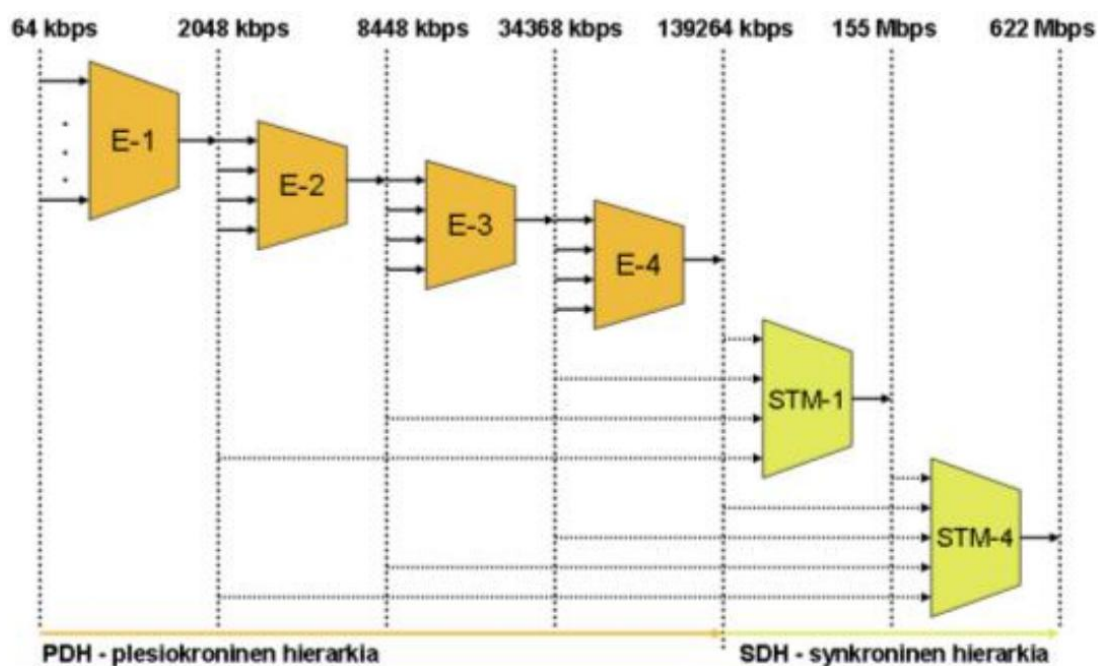
Kuva 5.3.5 Ethernet-liikenteen kuljettaminen ATM/SDH-verkon yli. /32/

Kuvassa 5.3.5 on havainnollistettu kuinka kahden Ethernet-verkon välissä oleva ATM-verkko pilkkoo Ethernet-kehykset pienempiin ATM-soluihin. Nämä ATM-solut siirretään esimerkiksi operaattorin ATM-verkossa 53-tavun mittaisina soluina runkoverkossa virtuaalisen yhteyden avulla. Yhteystunniste kulkee ATM-solujen otsikkotiedoissa. Huomaa, että tällöin operaattori ei käsittele Ethernet-verkkojen sisältämää Ethernet-kehys tai IP-otsikkotietoja mitenkään, vaan Ethernet-verkot on suoraan yhdistetty toisiinsa ATM-yhteyden välityksellä. Ethernet-kehysten kuljettama IP-liikenne voidaan tietysti myös reitittää operaattorin verkossa, mutta silloin se edellyttää Ethernet-kehysten kuljettaman IP-datan otsikkotietojen

tutkimista ja sen perusteella reititystä IP-verkossa. Tällöin alkuperäinen Ethernet-kehys ei siirry operaattorin runkoverkon. /32/

5.3.4 PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) on sellaisissa televerkoissa käytetty siirtotekniikka, jotka eivät ole keskenään synkronoituja verkkoja. PDH-verkkojen perusnopeus on 2,048 Mbps, joka on puhelinverkkojen tapauksessa pilkottu 30 x 64 kbps puhekanavaan ja 2 x 64 kbps merkinantokanavaan. Perusdatanopeudesta seuraava nopeus on sen nelinkerta 8,448 kbps, joka saadaan yhdistämällä neljä eri 2,048 Mbps kanavaa yhdeksi kanavaksi. Vastaavasti seuraavat nopeudet ovat taas nelinkertoja edellisestä nopeudesta. PDH ei ole enää nykyään kovin yleinen, vaan se on korvattu synkronisilla SDH-verkoilla. /36/



Kuva 5.3.6 PDH-tekniikan periaate. /36/

5.3.5 SDH

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) on määritelty ITU-T:n standardeissa G.707, G.708 ja G.709 ja Pohjois-Amerikan standardit määritellään vastaavasti ANSI SONET (Synchronous Optical NETWORK) -standardeissa. SDH on synkroninen digitaalinen hierarkkinen lähetysmuoto ja sitä käytetään ATM-liikenteen kuljetukseen. SDH-tekniikan avulla ATM-solut kuljetetaan kasaamalla suuri joukko ATM-soluja yhteen SDH-kehykseen, joka siirretään kahden pisteen välillä. Yhdessä kehyksessä voi olla useamman eri ATM-yhteyden soluja. Soluja pudotetaan, mikäli niitä ei mahdu siirrettävään SDH-kehykseen niin paljon kuin halutaan ja pudotuskriteeri riippuu määritelmästä palvelun laadusta.

Nopeusluokista nähdään, että ne ovat toistensa monikertoja STM-1-luokan siirtonopeudesta. ANSI:n SONET-suositukset noudattavat vastaavanlaista logiikkaa, joskin pienemmin portain. Nopeusluokkavertailu ANSI:n ja ITU-T:n suositusten suhteen on esitetty oheisessa taulukossa: /37/

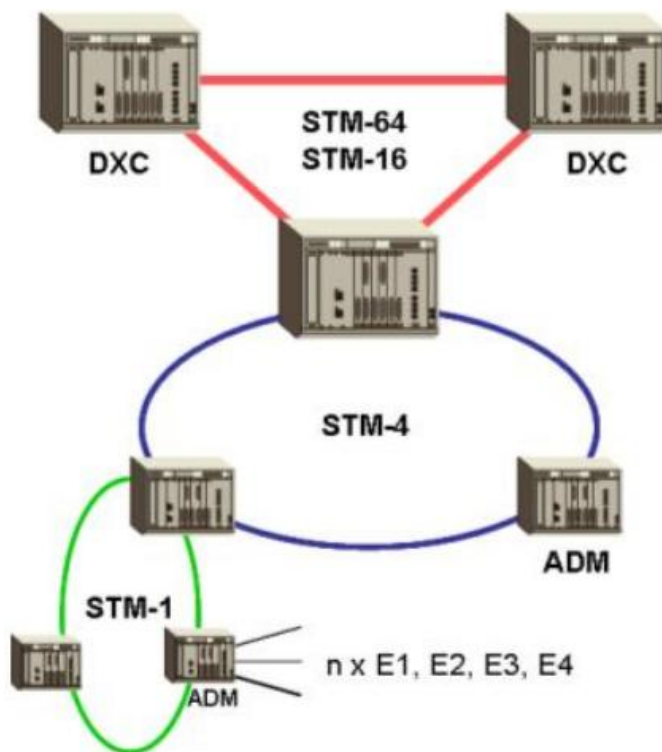
Taso	STS	STM	SDH/SONET
OC-1	STS-1		51,84 Mbps
OC-2			103,68 Mbps
OC-3	STS-3	STM-1	155,52 Mbps
OC-4		STM-3	207,36 Mbps
OC-9	STS-9	STM-3	466,56 Mbps
OC-12	STS-12	STM-4	622,08 Mbps
OC-18	STS-18	STM-6	933,12 Mbps
OC-24	STS-24	STM-8	1,244 Gbps
OC-36	STS-36	STM-12	1,866 Gbps
OC-48	STS-48	STM-16	2,488 Gbps
OC-96	STS-96	STM-32	4,976 Gbps
OC-192	STS-192	STM-64	9,953 Gbps

Taulukko 5.3.1 SDH/SONET-luokkien vertailu /37/

Taulukon 5.3.1 STS (Transport Signal level) tunnetaan SONETi:ssa myös lyhenteellä OC (Optical Carrier) siten, että STS-3 vastaa luokkaa OC-3, STS-12 luokkaa OC-12 jne. SDH STM-1 ja SONET STS-3 ovat kehysrakenteeltaan kuitenkin erilaisia, vaikka oheisen taulukon mukaisesti bittinopeudet ovatkin samat.

SDH-tekniikalle tunnusomaista:

- Edullinen ja helposti skaalautuva digitaalinen kanavointi
- Siirtojärjestelmässä tuki sekä verkon valvonnalle että hallinnalle
- Mahdollistaa hyvin erilaisten hyötykuormien kuljettamisen samanaikaisesti
- Suunniteltu kasvamaan verkon kuormituksen mukana
- Erityisesti ATM-yhteyksien välityksessä /37/

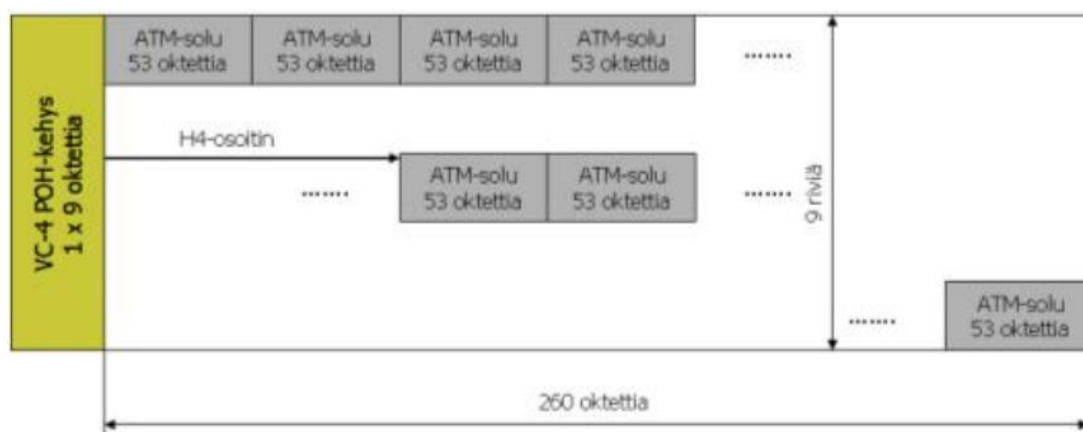


Kuva 5.3.7 SDH-verkon rakennetta /37/

DXC (Digital Cross-Connect) on digitaalinen SDH-ristikytentälaite, jolla voidaan yhdistää virtuaalikontteja ja kytkeä ne haluttuun SDH- tai PDH-liitännään. ADX (Active digital cross connect) aktiivinen digitaalinen ristikytentä on DXC:n kehittyneempi muoto. ADX voi esimerkiksi sisältää kompaktissa koossa Add/Drop-kanavointilaitteen (Add/Drop Multiplexer), 63 kpl E1-liitännää, STM-1-liitännän ja digitaalisen E1-liitännöjen ristikytentän.

Laitteen tulee olla nykyisten standardien mukainen, ja sopia osaksi olemassa olevia verkkoja ja hallintajärjestelmiä. Se mahdollistaa liitännöjen aktiivisen testauksen myös kaukokäytössä. Lisäksi se säästää merkittävästi kaapelointikuluja ja asennustyötä. /37/

STM-tasolla 1 kehysrakenteen otsake (SOH) on kooltaan 9 x 8 oktettia ja osoitin (AU-4-osoitin) vie yhdeksän oktettia, yhdessä siis 9 x 9 oktettia. Hyötydatan 261 x 9 oktetin kapasiteetista käytetään 1 x 9 oktetin kokoinen VC-4 POH-otsikko virtuaalikonteille. Virtuaalikontteja käytetään kanavointitason työkaluina, joiden avulla ryhmitellään sisään tulevia alinopeuksia mahdollisimman tehokkaasti. Virtuaalikontit siirtävät 53 oktetin mittaisia ATM-soluja VC-4 kontissa oheisen kuvan mukaisesti:



Kuva 5.3.8 Kehysrakenne VC-4-tasolla. /37/

Kuvassa 5.3.8 virtuaalikontti siirretään STM-tason 1 kehysrakenteen hyötykuormassa. Hyötykuormasta 1 x 9 oktettia käytetään POH-kehysrakenteen siirtoon. POH-kehys sisältää kullekin yhdeksälle riville H4-kentän, joka kertoo mistä kohtaa kyseisen rivin ATM-solut alkavat. Näin ATM-solujen sallitaan alkaa mistä kohtaa tahansa virtuaalikontin sisällä. /37/

5.3.6 PCM

Pulssikoodimodulaatio PCM (Pulse Code Modulation) on menetelmä, jolla sähköinen äänitaajuussignaali koodataan digitaaliseen muotoon. Siinä analogisesta signaalista otetaan tasaisin väliajoin näytteitä, jotka ilmaistaan numeerisesti. Näytteen taso voidaan ilmaista joko lineaarisesti tai logaritmisesti. /43/

Digitaalisessa lankapuhelinverkossa käytettävä PCM-koodaus on määritelty ITU:n suosituksessa G.711. Siitä on kaksi eri varianttia, Euroopassa käytettävä A-law ja

Amerikassa käytössä oleva μ -law. Molemmat ovat logaritmisia, näytteenottotaajuus on 8000 Hz ja kussakin näytteessä on 8 bittiä. Näytteiden logaritmisuus laajentaa dynamiikkaa 36 dB:iin saakka. /43/

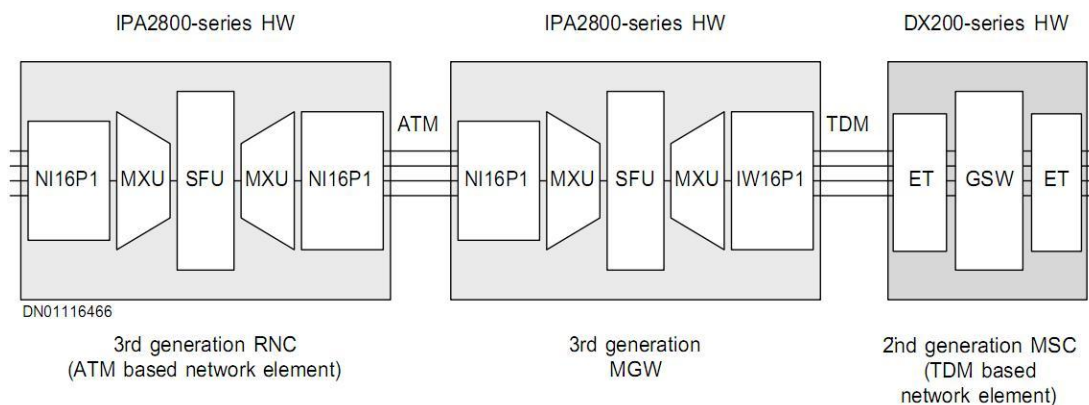
Perinteisessä PCM:n määritelmässä äänisignaalia voidaan käsitellä ennen sen digitoimista, mutta pakattu digitaalinen ääni ei enää ole PCM-muodossa. PCM:sta on monia muunnelmia, jotka nykyaikainen äänenpakkaus on paljolti syrjäyttänyt. Nämä ovat mm. Differentiaalinen PCM (DPCM) ja adaptiivinen DPCM (APCM). /43/

5.4 SAMK:n matkapuhelinverkon laitteiston tuet rajapinnoille

Luvuissa 5.1 ja 5.2 tutkittiin mitä vaatimuksia eri Release:t ovat asettaneet rajapinnoille IuCS, IuPS, A' ja Iub. Tässä luvussa kuvataan mitä mahdollisuuksia SAMK:n laitteistolla on toteuttaa edellä mainittujen rajapintojen yhteydet.

5.4.1 SAMK:n IuCS ja A' -rajapintojen toteutus

IuCS-rajapinta on RNC:n ja MSC:n välillä ja A'-rajapinta sijaitsee MGW:n ja MSC:n välillä. Kuten kuvasta 4.4.1 selviää, toteutetaan RNC-2G MSC:n yhteys MGW:lle (Media GateWay) asti ATM:llä ja siitä 2G MSC:lle TDM:llä (Time-Division Multiplexing). MGW:tä kutsutaan tässä yhteydessä IWF:ksi (Inter Working Function), joka muuntaa liikenteen ATM:sta TDM:ksi. Tämä ratkaisu on tehty sen vuoksi koska MSC ei tue ATM:ää. /28/



Kuva 5.4.1 IuCS (RNC- 2G MSC) –rajapinnan toteutus R99:n mukaan. /28/

SAMK:n Media Gateway on malliltaan MGW MediaGateway –CAMA- IC 186 ja se kuuluu IPA 2800-sarjaan. Vastaavasti Radio Network Controller on malliltaan RNC –RNAC- IC 186 ja sekin kuuluu IPA 2800-sarjaan.

RNC ja MGW mahdollistavat seuraavat yhteydet:

- STM-0 -liitännät NI4S0 (NIS0) -yksikössä
- STM-1 -liitännät NI4S1-B (NIS1) –yksikössä
- PCM –liitännät laitteen takana
- LAN –liitännät etähallintaa varten

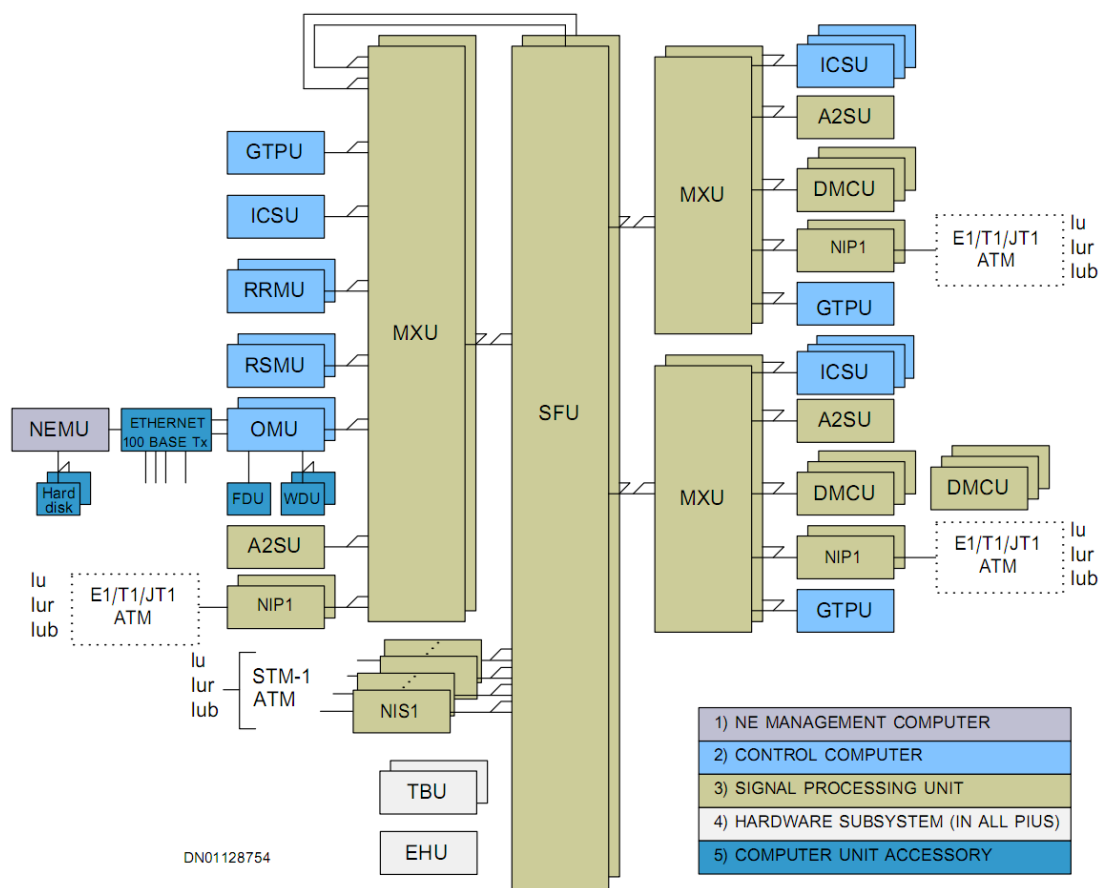
NI4S0 (NiS0) –yksikössä on neljä ITU-T G.957 S-1.1 standardin mukaista optista STM-0 -liitäntää. Siirtomediana käytetään yksimuotokuitua, jonka liitintyyppi on LC. STM-0:ssa siirretään ATM:ää SDH:n (Synchronous Digital Hierarchy) avulla. STM-0 mahdollistaa 51,84 Mpbs datasiirtonopeuden.

NI4S1-B (NIS1) –yksikössä on neljä ITU-T G.957 S-1.1 standardin mukaista optista STM-1 -liitäntää. Siirtomediana käytetään, kuten STM-0:ssakin, yksimuotokuitua ja liitintyyppi on LC tässäkin tapauksessa. STM-1:ssä siirretään ATM:ää SDH:n avulla ja se mahdollistaa 155.52 Mbps:n datasiirtonopeuden.

LAN (Local Area Network) 10/100 Mbit/s -liitäntä käyttää RJ-45 liittimiä. Maksimi tiedonsiirtonopeus jokaisessa ethernet-liitännässä on 100 Mbit/s full-duplex:na. LAN liitännät löytyvät seuraavista yksiköistä:

- yksi liitäntä CCPC2-A –yksikössä
- neljä liitäntää AL2S-A ja CDSP-B –yksikössä
- kaksitoista liitäntää ESA12 –yksikössä

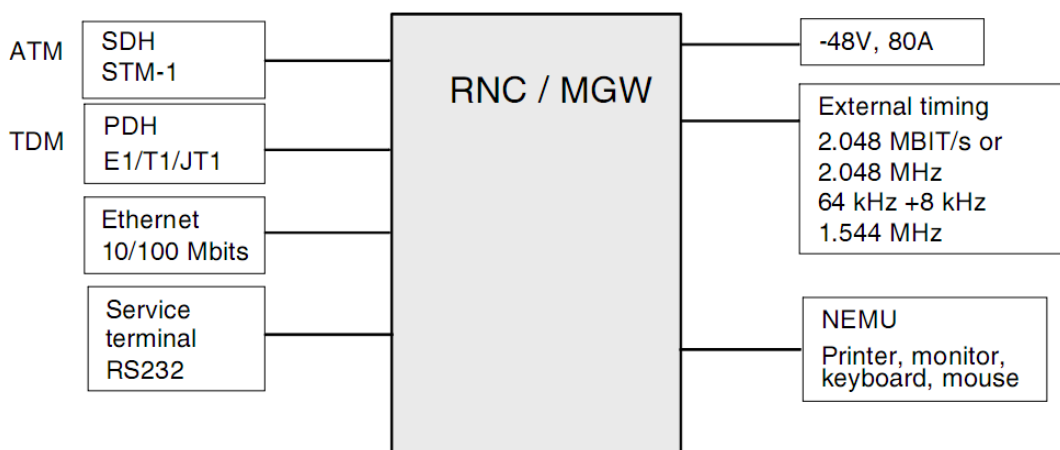
SAMK:n RNC:ssä ja MGW:ssä on kaksi NIS0/NIS1 -yksikköä ja useita yksiköitä jotka toteuttavat LAN-liityntöjä. Kuvat 5.4.2 ja 5.4.3 selkeyttävät RNC:n ja MGW:n liitäntöjä. /31, 37/



Kuva 5.4.2 IPA2008 RNC:n ja MGW:n liitännöiden ja yksiköiden looginen kuvaus. /39/

5.4.2 SAMK:n IuPS-rajapinnan toteutus

IuPS-rajapinta on RNC:n ja 3G SGSN:n välinen yhteys. SAMK:n 3G SGSN on malliltaan IP3400-2 Chassis System. SGSN:n Tunneling Unit vastaa mm. Iu - rajapinnan toteuttamisesta. Fyysisesti Tunneling Unit:n kalustetaan SGSN:n CPMC-yksikköön. SAMK:n 3G SGSN:ssä on CPMC-yksiköitä 12 kappaletta, joista on yhdeksän yksikköä on SDH:n (Synchronous Digital Hierarchy) STM-1 liitännöillä ja kolme yksikköä ethernet liitännöillä. IuPS-rajapinta toteutetaan SDH/STM-1 yhteydellä jossa kuljetetaan ATM:ää. /33/



Kuva 5.4.3 IPA2008 RNC:n ja MGW:n yksikköjen liitännöiden looginen kuvaus /35/

5.4.3 SAMK:n Iub-rajapinnan toteutus

SAMK:n tukiasema (BTS) on malliltaan Nokia UltraSite WCDMA BTS Supreme Indoor. Tässä tukiasemassa vastaa Iub-rajapinnan liitännästä IFU (Transmission Interface Unit) –yksikkö. Nokian Supreme tukiasemia voi varustaa kuudella erilaisella IFU-yksiköllä:

- IFUA, 8x symmetrinen E1/JT1/T1 ATM-yhteys käänteisellä multipleksauksella (IMA)
- IFUD, 8x koaksiaalinen E1 ATM-yhteys käänteisellä multipleksauksella
- IFUC, 3x STM-1 (VC-4), OC-3
- IFUE, 3x Nokia Flexbus IMA:lla
- IFUG, 8x Ethernet-liitää BTS-alueiden DCN:n (Data Communication Network) laajennuksiin
- IFUF, 1 x STM-1 (VC-12)

Nokian UltraSite Supreme -tukiasemassa on paikkoja viidelle IFU-yksikölle, joista SAMK:n laitteistossa on neljä vapaana. Tukiaseman IFU-yksikkö on malliltaan IFUD, joka mahdollistaa E1-medialla ATM-yhteyden RNC:lle. /34/

5.5 Etäyhteyden ratkaisumallit

Release 99:n mukaisessa UTRAN:issa, etäyhteys sisäisten laitteiden tai UTRAN:in ja CN:n välillä toteutetaan käytännössä ATM-verkkoa laajentamalla, viemällä

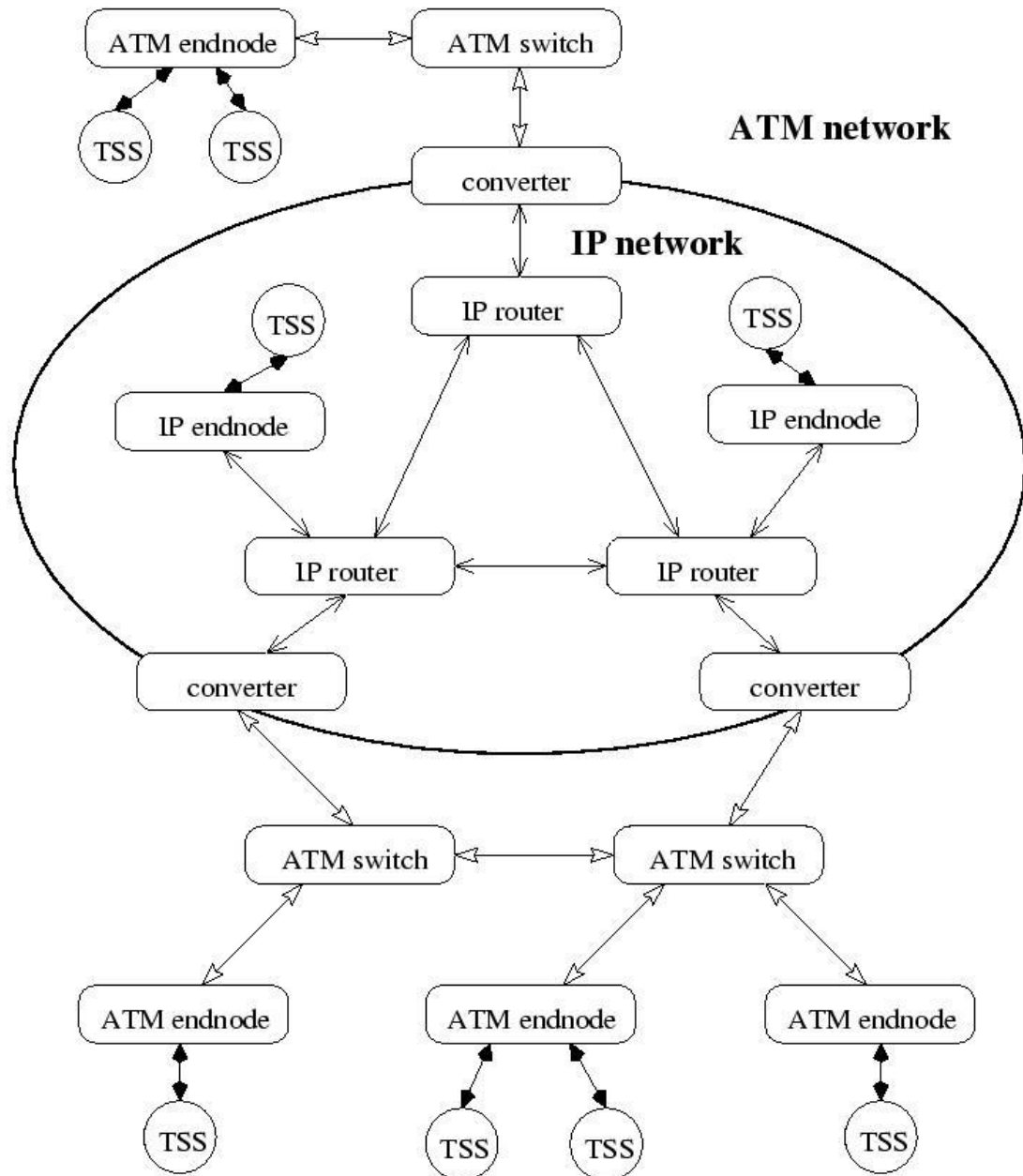
esimerkiksi UTRAN tai Node B toiselle puolelle mannerta, tai jopa toiselle mantereelle. Vaihtoehtoja ATM:n etäyhteyden toteuttamiselle on varmasti monia, mutta tässä luvussa on käyty läpi vain muutamia toteutusmalleja siitä. Ongelma ATM-etäyhteyksissä on, että ATM-yhteys on suunniteltu kuljettamaan erilaisia siirtoprotokollia, mutta ATM:ää ei ole ollut alunperin tarkoitus kuljettaa toisten siirtoprotokollien päällä. Osasyynä tähän lienee se, että siitä yritettiin tehdä aikoinaan hallitseva siirtoprotokolla, jonka päällä kaikki liikenne tulevaisuudessa kuljetettaisiin. /40/

5.5.1 ATM IP:n päällä

IP on käytetyin siirtoprotokolla maailmassa ja tästä syystä se on myös edullisin tapa toteuttaa etäyhteyksiä: on mahdollista käyttää hyväksi jo olemassa olevaa tekniikkaa ja verkkoja. ATM voidaan siirtää IP:n päälle usealla tavalla, mutta mikään näistä tavoista ei ole täysin ongelmaton:

- IP-paketit voivat kadota tai korruptoitua
- viiveet yhteydellä voivat muuttua
- Kadonneiden tai vahingoituneiden IP-pakettien uudelleen lähettäminen tuo omat ongelmansa. /40/

Kuvassa 5.5.1 on esimerkki eräästä ratkaisumallista jossa ATM viedään IP:n yli.



Kuva 5.5.1 Esimerkki eräästä ratkaisumallista kun ATM viedään IP:n yli. /40/

Ongelma on alusta saakka ollut sellaisen laitteen löytäminen, joka pystyisi siirtämään ATM-datavirran IP:n päälle (kuvan 5.5.1 converter). Tällaisia laitteita ei ole markkinoilla monia. RAD Data Communication:in tuotevalikoimasta kuitenkin löytyy muutama tuote, joilla voi viedä mm. ATM-yhteyksiä IP:n päällä. Teknologia tunnetaan paremmin nimillä ATMoIP (ATM over IP) tai ATMoPSN (ATM over Packet Switched Network). Alla muutama esimerkki tällaisista laitteista:



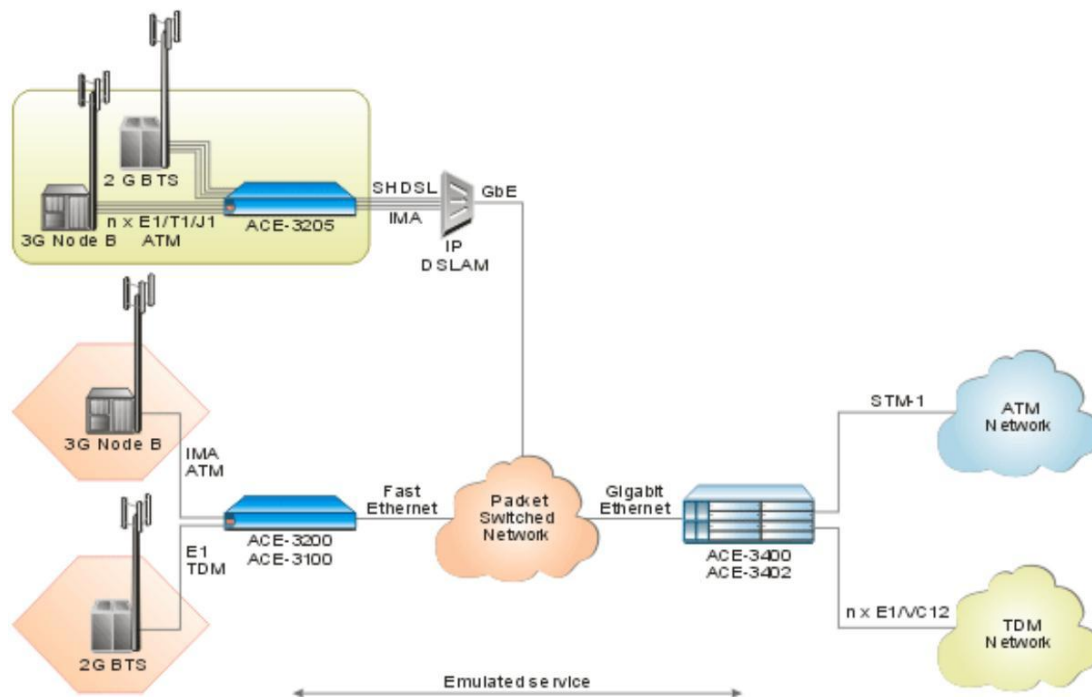
Kuva 5.5.2 ACE-3100

- ACE-3100
 - nolla tai neljä ATM UNI/IMA/CES, E1/T1 –liitäntää
 - nolla tai kaksi STM-1/OC-3c ATM–liitäntää
 - kaksi Fast Ethernet –liitäntää
 - ATM:n ja TDM:n Ethernet/IP/MPLS -kapselointi käyttäen tekniikoita: ATMoPSN, CESoPSN ja SAToP /46/



Kuva 5.5.3 ACE-3200

- ACE-3200
 - kahdeksan tai kuusitoista ATM UNI/IMA/CES, E1/T1 –liitäntää
 - nolla tai kaksi STM-1/OC-3c ATM–liitäntää
 - kaksi Fast Ethernet –liitäntää
 - ATM:n ja TDM:n Ethernet/IP/MPLS -kapselointi käyttäen tekniikoita: ATMoPSN, CESoPSN ja SAToP /47/



Kuva 5.5.4 ATM-yhteyden toteutus IP:n yli Node B ja RNC:n välillä. /46, 47/

Kuten kuvasta 5.5.4 voidaan todeta, ACE-3100 ja ACE-3200 Cell-Site Gatewaylla voidaan muuntaa ATM tai TDM -yhteys PSN:n (Packet Switched Network) yli. Samoilla laitteilla voidaan muuttaa liikenne takaisin ATM:ksi tai TDM:ksi, tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ACE-3400 tai ACE 3402 laitteistoja, riippuen miten halutaan yhteyksien jatkuvan. /46, 47/

Linux-PC sopivilla laajennuskorteilla voi olla myös yksi hyvä tapa saada ATM käännettyä IP:n päällä kulkeväksi TCP-virraksi. Tämä voi myöskin olla yksi mahdollisuus ratkaista sen, että kuinka saada ATM IP:n päälle. /41/

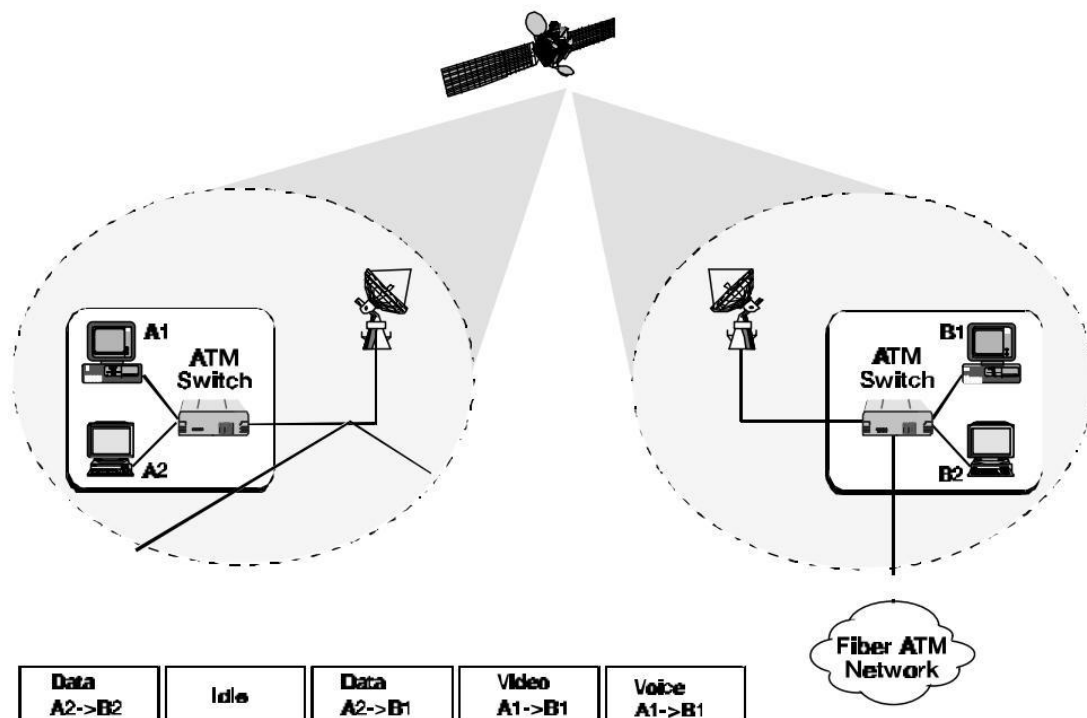
ACE-3x00 sarjan tuoma ratkaisumalli voisi olla hyvä tapa toteuttaa etäyhteys, niin Iub- kuin IuCS- ja IuPS-rajapintojen välillä. Yksistään ACE-3x00 sarjan laitteet eivät riitä toteuttamaan etäyhteyttä, mutta ne ratkaisevat ongelman miten saadaan ATM/PCM IP:n päälle. Tämän jälkeen etäyhteyden rakentaminen käy samalla tapaa kuin IP-verkkojen rakentaminen yleensä. Tässä esitetty ratkaisu vastaa pitkälti sitä, miten T-Marc-laitteiden avulla olevassa tilanteessa kuljetetaan GSM-E1-yhteydet IP-verkon yli, etäiset BSS:n liittämiseksi SAMK:n verkon MSC-keskukseen ja SGSN:ään.

5.5.2 ATM-yhteys satelliitin kautta

Yksi vaihtoehto viedä ATM-yhteyksiä on satelliitin välityksellä. Se ei kuitenkaan ole yksi halvimmista mahdollisista ratkaisuista. Yksi yritys joka esimerkiksi tarjoaa satelliittiyhteyksiä on COMSAT, jonka yhteyksillä on ainakin seuraavia ominaisuuksia:

- tarjoaa kuitua vastaavan ATM-yhteyden satelliitin välityksellä
- hyvä BER-arvo (10^{-9} tai parempi) ja hyvin vähäinen solujen häviömäärä
- priorisoitu liikenteen hallinta
- pienempi datamäärä ABR-siirron avulla
- vaihtoehtoiset ATM-liitännät: T1, E1, DS-3, E3, RS-449
- satelliitti-yhteyden nopeus aina 8Mb/s (vuonna 1999) /42/

Kuvassa 5.5.2 on eräs havaintomalli, kuinka ATM-yhteys toteutetaan satelliitin kautta. Tämän kaltaisia ratkaisumalleja on käytetty Amerikan sisäisten, sekä Amerikan ja Euroopan välisten etäyhteyksien toteutuksissa. /42/



Kuva 5.5.2 ATM-liikenne satelliitin kautta. /42/

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkin mitä 3G tarkoittaa ja miten 3G-verkon mukaisessa UTRAN:issa toteutetaan laitteistojen väliset rajapinnat. Alkuperäisenä tarkoituksena oli myöskin tutkia miten viiveet UTRAN:in laitteistojen välisellä siirtotiellä vaikuttavat loppukäyttäjän kannalta. Koska 3G-laitteistoja SAMK:n matkapuhelinverkkojen laboratorioissa ei saatu testauskuntoon kevään 2009 aikana, jouduttiin viiveiden testaus jättämään pois tästä opinnäytetyöstä.

3GPP:n Release:istä tutkin opinnäytetyössäni kaikki Release 99:stä Release 8:n saakka. Kävin Release:t läpi kartoittaakseni mitä 3G:llä tarkotetaan suomalaisittain tärkeän UMTS-verkon kannalta, sekä mitä muutoksia eri Release:t tuovat UTRAN:iin ja sen rajapintoihin. SAMK:n 3G-verkkoa ajatellen tärkein Release on Release 99, jonka mukainen verkko on SAMK:ssa alustavana tavoitteena.

Release 99:n ja Release 4:n määritysten mukaisten UTRAN:ien etäyhteyksien luominen on hankalaa matkapuhelinlaitteistojen ATM-tekniikan laitteistoriippuvuuden vuoksi. ATM-yhteyksien vieminen kustannustehokkaasti on vaikeaa pidemmille matkoille. Tilanne kuitenkin tulee helpottumaan Release 5:n ja sitä uudempien määritysten mukaisten UTRAN:ien kohdalla, kun jokaiselle Iu-rajapinnalle (IuB, IuCS, IuPS) tulee ATM-tekniikan rinnalle mahdollisuus toteuttaa yhteys IP-tekniikan avulla. IP-tekniikka on maailmassa vallitsevin yhteyden toteutus tekniikka, joten IP-etäyhteyksien luonti on kustannustehokasta, niin rahallisesti kuin laadullisestikin.

Release 99:n ja Release 4:n määritysten mukaiset Iu-rajapinnat ovat kuitenkin mahdollista toteuttaa IP-tekniikan päällä esim. laitteilla, joita kuvaan luvussa 5. Näkemykseni mukaan ATM:n vienti IP:n päällä on ainut järkevä vaihtoehto hintalaatusuhteelta etäyhteyksille. Satelliittiyhteydet tai ATM-tekniikan mukaiset yhteydet tulevat olemaan huomattavasti kalliimpia verrattuna maailmalla yleisen IP-tekniikan mukaisiin ratkaisumalleihin.

LÄHTEET

- /1/ Penttinen, J., GSM – tekniikka. 3.painos. Helsinki. WSOY, 2001. 412s.
- /2/ Penttinen, J., 3G ja erityisverkot. 1.painos. Helsinki. WSOY, 2006. 246s.
- /3/ Saad Z. Asif, Wireless communications evolution to 3G and beyond. 1.painos. Nordwood. ARTECH HOUSE, 2007. 281s.
- /4/ Granlund, K., Tietoliikenne. 1.painos. Porvoo. WS Bookwell, 2007. 474s.
- /5/ Poole, I., Cellular Communications Explained From Basics to 3G. 1.painos. Oxford. ELSEVIER, 2006. 201s.
- /6/ Granlund, K., Langaton Tiedonsiirto. 1.painos. Porvoo. WS Bookwell, 2001.
- /7/ Upknowledge. 3G Technology for ComSource. 2008. www.upknowledge.com
- /8/ Älyverkkotoiminteen testaus kolmannen sukupolven matkapuhelinkeskuspalvelimessa. Heikki Sulander 2008. [Verkkodokumentti. Viitattu 13.3.2009] Saatavissa: http://keskus.hut.fi/opetus/s38310/03-04/kalvot03-04/Sulander_260803.ppt
- /9/ Kaarainen H., Ahtiainen A., Laitinen L., Naghian S., Niemi V., UMTS NETWORKS Architecture, Mobility and Services. 2.painos. John Wiley & Sons Ltd, 2005 s.406.
- /10/ Holma H., Toskala A. WCDMA FOR UMTS HSPA Evolution and LTE. 4.Painos. England.. Jogn Wiley & Sons Ltd, 2007 s.539.
- /11/ 010673000 Tietoverkot ja datasiirto, Mobiiliverkot. [Verkkodokumentti. Viitattu 9.3.2009] Saatavissa: http://www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010673000/Pruju/Pruju_osa4.pdf
- /12/ Chakraborty S., Frankkila T., Peisa J., Synnergren P., IMS Multimedia Telephony over Cellular Systems. 1. Painos. England. John Wiley & Sons Ltd, 2007. 399s.
- /13/ Release 99. Overview of 3GPP Release 99. Summary of all Release 99 Features. ETSI: 2004 [3GPP:n julkaisu] Saatavissa: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel99_features_v2004_07_20.zip
- /14/ Release 4. Overview of 3GPP Release 4. Summary of all Release 4 Features. ETSI: 2004 [3GPP:n julkaisu] Saatavissa: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel4%20features_v_2004_07_16.zip

- /15/ Release 5. Overview of 3GPP Release 5. Summary of all Release 5 Features. ETSI: 2003 [3GPP:n julkaisu] Saatavissa: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel5_features_v_2003_09_09.zip
- /16/ Release 6. Overview of 3GPP Release 6. Summary of all Release 6 Features. ETSI: 2006 [3GPP:n julkaisu] Saatavissa: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel6_V_2006_09_08.zip
- /17/ Release 7. Overview of 3GPP release 7 V0.9.4 (2009-01). 3GPP 2009 [3GPP:n julkaisu] Saatavissa: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel-07_description_20090124.zip
- /18/ Release 8. Overview of 3GPP release 8 V.0.0.3 (2008-11). 3GPP 2008. [3GPP:n julkaisu] Saatavissa: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel-08_description_20090124.zip
- /19/ UTRAN Iu Interface: General Aspects and Principles (3GPP TS 25.410 version 3.8.0 Release 1999). [3GPP:n Spesifikaatio]
- /20/ UTRAN Iu Interface: General Aspects and Principles (3GPP TS 25.410 version 4.5.0 Release 4) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /21/ UTRAN Iu Interface: General Aspects and Principles (3GPP TS 25.410 version 5.4.0 Release 5)
- /22/ UTRAN Iu Interface Layer 1 (3GPP TS 25.411 version 3.5.0 Release 1999) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /23/ UTRAN Iu Interface Layer 1 (3GPP TS 25.411 version 4.1.0 Release 4) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /24/ UTRAN Iu interface layer 1 (3GPP TS 25.411 version 5.1.0 Release 5) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /25/ UTRAN Iub Interface: General Aspects and Principles (3GPP TS 25.430 version 3.8.0 Release 1999) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /26/ UTRAN Iub Interface: General Aspects and Principles (3GPP TS 25.430 version 4.4.0 Release 4) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /27/ UTRAN Iub Interface: General Aspects and Principles (3GPP TS 25.430 version 5.5.0 Release 5) [3GPP:n Spesifikaatio]
- /28/ NI16P1A (NOKIA 3GNDOCU3NED U1.5 documentation set) [NOLS-dokumentaatio] Saatavissa: <https://www.online.nokia.com/>
- /29/ Network architecture (3GPP TS 23.002 version 4.8.0 Release 4) [3GPP:n Spesifikaatio]

- /30/ TSG Structure (3GPP - Setting the Standard for Mobile Broadband) [Verkkosivut: Viitattu 1.4.2009] Saatavissa: <http://www.3gpp.org/specification-groups>
- /31/ IPA2800, RNC RN1.5, RNC RN1.5. Cabinet Interfaces and Cabling of MGW and RNC. Site Documentation. RNC0099-2.0_NOLSP [NOLS-dokumentaatio] Saatavissa: <https://www.online.nokia.com/>
- /32/ ATM [Verkkodokumentti: Viitattu 8.4.2009] Saatavissa: <http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/systems/atm.html>
- /33/ SGND02001.00, Nokia 3G SGSN Release 2 Product Documentation. Nokia 3G SGSN, Product Description [NOLS-dokumentaatio]
- /34/ WCDMA RAN Network Elements RNC3202-2.0. Nokia WCDMA RAN, Rel. RAS05.1, System Documentation [NOLS-dokumentaatio]
- /35/ IPA2800. RNC RN1.5. Cabinet Interfaces and Cabling of MGW and RNC. Site Documentation RNC0099-2.0_NOLSP [NOLS-dokumentaatio]
- /36/ PDH [Verkkodokumentti: Viitattu 14.4.2009] Saatavissa: <http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/systems/pdh.html>
- /37/ SDH [Verkkodokumentti: Viitattu 14.4.2009] Saatavissa: <http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/systems/sdh.html>
- /38/ Ethernet [Verkkodokumentti: Viitattu 14.4.2009] Saatavissa: <http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/systems/ethernet.html>
- /39/ Nokia. Engineering for Radio Network Controller (RNC) [NOLS-dokumentaatio]
- /40/ Philip J. Treel. Network Simulation of IP and ATM over IP using a Discrete Event Simulator. Heinäkuu 1999. [Verkkodokumentti: Viitattu 16.4.2009] Saatavissa: http://www.wand.net.nz/pubs/20/html/ptree_thesis.html
- /41/ ATMTCP [Verkkodokumentti: Viitattu 16.4.2009] Saatavissa: http://www.linuxcommand.org/man_pages/atmtcp8.html
- /42/ COMSAT Laboratories. ATM and the Internet Over Satellite Networks [Verkkodokumentti: Viitattu 16.4.2009] Saatavissa: http://www.its.bldrdoc.gov/isart/art99/slides99/chi/chi_s.pdf
- /43/ Pulssikoodimodulaatio, PCM. [Verkkodokumentti: Viitattu 20.4.2009] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/PCM>
- /44/ Tietoliikenne/Internet-protokollat. [Verkkodokumentti: Viitattu 20.4.2009] Saatavissa: <http://fi.wikibooks.org/wiki/Tietoliikenne/Internet-protokollat>
- /45/ Internet Protocol [Verkkodokumentti: Viitattu 20.4.2009] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol

- /46/ ACE-3100 Cell-Site Gateway [Verkkodokumentti: Viitattu 21.4.2009]
Saatavissa: http://www.rad-cellular.com/10/Cell_Site_Gateway/2591/#
- /47/ ACE-3200 Cell-Site Gateway [Verkkodokumentti: Viitattu 21.4.2009]
Saatavissa: http://www.rad-cellular.com/10/Cell_Site_Gateway/2595/#