

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN KORKEAKOULU
TIETOTEKNIIKAN OSASTO

DIPLOMITYÖ

**MATKAPUHELINVERKON MAP-PROTOKOLLATOTEUTUS
ÄLYVERKKOPALVELUIDEN OHJAUSPISTEESEEN**

Diplomityön aihe on hyväksytty Tietotekniikan osaston osastoneuvostossa 15.01.1997.

Työn tarkastajana toimi dosentti Jarmo Harju
ja ohjaajana dipl.ins. Pasi Kemppainen.

Lappeenrannassa 07.08.2001

Timo Väkevä
Liinakonkatu 11
53500 Lappeenranta
p. 040 529 0012

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun tietotekniikan osastolle Intellitel Communications Oy:ssä Lappeenrannassa.

Kiitän dosentti Jarmo Harjua asiantuntevasta opetuksesta ja työn tarkastukseen liittyneistä aiheellisista kommentteista, sekä dipl.ins. Pasi Kemppaista kirjoitelman rakenteen parannusehdotuksista.

Työnantajaa haluan muistaa mahdollisuudesta diplomityön tekemiseen. Kiitokset kaikille yrityksessä työskenteleville kärsivällisyydestä kirjoitusvaiheen viimeistelyssä.

Parhaat kiitokset vanhemmilleni heidän tuestaan opinnoissani.

Tiivistelmä

Tekijä: Väkevä, Timo
Työn nimi: **Matkapuhelinverkon MAP-protokollatoteutus älyverkkopalveluiden ohjauspisteeseen**
Osasto: Tietotekniikan osasto
Vuosi: 2001
Paikka: Lappeenranta

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 67 sivua, 24 kuvaa ja 12 taulukkoa.

Tarkastaja: Dosentti Jarmo Harju
Hakusanat: GSM-matkapuhelinverkko, MAP-protokolla, Lyhytsanomapalvelu
Keywords: GSM system, MAP protocol, Short Message Service (SMS)

Työssä esitellään yleiseurooppalaisen GSM-matkapuhelinjärjestelmän verkkoelementtejä ja perehdytään niiden väliseen standardoituun merkinantoprotokollaan. Lisäksi tarkastellaan protokollan lyhytsanomien välitykseen liittyviä operaatioita ja niissä tapahtunutta kehitystä standardoinnin eri vaiheissa.

Tavoitteena oli toteuttaa GSM-matkapuhelinverkon merkinantoprotokollaan perustuva ohjelma, jonka tehtävänä on välittää lyhytsanomia matkapuhelin- ja lyhytsanomakeskuksen välillä. Matkapuhelimeen päättyvän lyhytsanomien välitykseen liittyy lisäksi reititystiedon hakeminen vastaanottajan kotirekisteristä. Toteutuksessa on ohjelmointirajapinta, joka helpottaa matkapuhelinverkon uusien palvelusovellusten kehittämistä.

Toteutus testattiin standardoituja testitapauksia soveltaen. Yhdenmukaisuustestauksessa käytettiin apuna merkinantoanalysointia. Testauksessa tarkastettiin, että protokolla toimii loogisesti oikein. Suorituskykyä ei ole voitu testata todellisessa testiympäristössä, mutta ohjelmallisesti toteutettujen simulaattoreiden avulla on saatu hyviä tuloksia.

Abstract

Author: Väkevä, Timo

Name: **The GSM–MAP signalling protocol implementation for the Intelligent Network’s service control system**

Department: Information technology

Year: 2001

Place: Lappeenranta

Master’s thesis. Lappeenranta University of Technology. 67 pages, 24 figures and 12 tables.

Supervisor: Docent Jarmo Harju

Keywords: GSM system, MAP protocol, Short Message Service (SMS)

The Thesis examines on the European digital cellular telecommunications system. It also focuses on the standardised signalling protocol and its short message service operations. These are used to relay short messages between the public land mobile network (PLMN) elements. The development made in these operations between different phases of standardisation is considered as well.

The purpose was to implement a program which relays short messages between the mobile switching and the short message service centre. In addition to mobile-terminated short messages relay, also the routing information must be retrieved from the recipient’s home location register. Based on standardised signalling protocol, the implementation has an application programming interface that helps developing services for mobile networks.

The implementation is tested against standardised testcases. A special signalling analysator was utilised in conformance tests. The protocol logic was verified in testing. Performance tests could not be executed in real testing environment, but simulators gave quite good results.

Sisällysluettelo

Alkusanat	i
Tiivistelmä	ii
Abstract	iii
Sisällysluettelo	1
Lyhenteet	3
1 Johdanto	7
2 Matkapuhelinverkot	8
2.1 Taustaa	8
2.2 GSM-järjestelmä	10
2.2.1 Tilaajaliityntä.	11
2.2.2 Tukiasema-alijärjestelmä.	11
2.2.3 Verkko- ja kytkentäalijärjestelmä	12
2.2.4 Verkkoelementtien väliset rajapinnat	14
3 Älyverkot	16
3.1 Käsitteellinen malli	16
3.2 Perusarkkitehtuuri.	20
3.3 Yhteiskanavamerkinantoverkko	22
3.3.1 Sanomansiirto-osa	23
3.3.2 Merkinantoyhteyden ohjausosa	25
3.3.3 Tapahtumankäsittelyosa	27
4 GSM-verkon yhteyskäytännöt ja palvelut	31
4.1 MAP-standardointi	31
4.1.1 Vaiheen kaksi ominaisuudet	32
4.1.2 Muutokset lyhytsanomaoperaatioihin vaiheissa 2 ja 2+	34
4.2 GSM-operaattorikohtaisten palveluiden siirrettävyys	35
4.2.1 CAMEL-standardointi	35
4.2.2 CAMEL-arkkitehtuuri	36
4.2.3 CAP-protokolla.	38

4.3	Matkapuhelinliittymänumeron siirrettävyys	38
4.3.1	Siirrettyjen liittymänumeroiden hallinta	40
4.3.2	Lyhytsanomien reititys siirrettyyn numeroon	41
5	GSM–MAP-protokollan toteutus älyverkko-ohjelmistoon	43
5.1	Kohdeympäristö.	43
5.2	Käytetyt työkalut	44
5.2.1	CVOPS	45
5.2.2	ASN.1 ja CASN	47
5.3	Toteutuksen suunnittelu ja rakenne	47
5.3.1	Ohjelmointirajapinta	48
5.3.2	Versioneuvoittelu	49
5.3.3	Lyhytsanomien välitys	50
5.3.4	Lyhytsanomien siirtoprotokolla SM-TP	53
5.4	MAP-protokollatestausta	55
5.4.1	Moduulitestausta	55
5.4.2	Yhdenmukaisuustestausta	58
6	Tulevaisuuden GSM-pohjaiset matkapuhelinverkot	60
6.1	Yleistä.	60
6.2	GPRS-järjestelmä	61
6.2.1	Uudet verkkoelementit	62
6.2.2	Verkkoelementtien väliset rajapinnat	63
6.2.3	Verkkopalvelut	65
6.2.4	Kotirekisterin tilaajatiedot	65
6.2.5	Laskutusperusteet	66
7	Yhteenveto	67
	Lähteet	68

Lyhenteet

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AC	Application Context
API	Application Programming Interface
ASE	Application Service Element
ASN.1	Abstract Syntax Notation One
AuC	Authentication Centre
BCP	Basic Call Process
BER	Basic Encoding Rules
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CAMEL	Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic
CAP	CAMEL Application Part
CASN	Compiler for ASN.1
CCAF	Call Control Agent Function
CCF	Call Control Function
CCITT	Consultative Committee for International Telegraph and Telephone
CCS	Common Channel Signalling system
CdPA	Called Party Address
CEPT	Conference of European Posts and Telecommunications administrations
CG	Charging Gateway
CgPA	Calling Party Address
CS-1	Capability Set 1
CSE	CAMEL Service Environment
CSI	CAMEL Subscription Information
CSPDN	Circuit Switched Public Data Network
CVOPS	C-based Virtual Operating System
DCS1800	Digital Cellular System at 1800 MHz
DFP	Distributed Functional Plane
DP	Destination Point
DP	Detection Point
DPC	Destination Point Code
EFSA	Extended Finite State Automaton
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FE	Functional Entity
FISU	Fill-In Signal Unit
GFP	Global Functional Plane
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile services Switching Centre
GPRS	General Packet Radio Service
GSL	Global Service Logic

GSM	Global System for Mobile communications
GSM	Groupe Spécial Mobile
gsmSCF	GSM Service Control Function
gsmSRF	GSM Specialised Resource Function
gsmSSF	GSM Service Switching Function
GSN	GPRS Support Node
GT	Global Title
HLR	Home Location Register
HPLMN	Home Public Land Mobile Network
IF	Information Flow
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IN	Intelligent Network
INAP	Intelligent Network Application Protocol
INCM	Intelligent Network Conceptual Model
IP	Intelligent Peripheral
IP	Internet Protocol
IPLMN	Interrogating Public Land Mobile Network
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organisation for Standardisation
ISP	Intermediate Service Part
ISUP	ISDN User Part
ITU-T	International Telecommunication Union–Telecommunication standardisation sector
LAI	Location Area Identity
LAN	Local Area Network
LSSU	Link Status Signal Unit
MAP	Mobile Application Part
MAP-SSM	MAP–Service State Machine
ME	Mobile Equipment
MNP	Mobile Number Portability
MNP-SRF	MNP–Signalling Relay Function
MO-SM	Mobile Originated Short Message
MS	Mobile Station
MSC	Mobile services Switching Centre
MSG	Mobile Standards Group
MSISDN	Mobile Station ISDN number
MSRN	Mobile Station Roaming Number
MSU	Message Signal Unit
MT-SM	Mobile Terminated Short Message
MTP	Message Transfer Part
MWD	Message Waiting Data
NMS	Network Management System
NPLR	Number Portability Location Register
NSP	Network Service Part

NSS	Network and Switching Subsystem
O&M	Operations and Maintenance
O-CSI	Originating CSI
OP	Originating Point
OPC	Originating Point Code
OSI	Open Systems Interconnection
OSN	Open Service Node
OSS	Operator Specific Services
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
PDP	Packet Data Protocol
PDU	Protocol Data Unit
PE	Physical Entity
PIN	Personal Identification Number
PLMN	Public Land Mobile Network
PP	Physical Plane
PSPDN	Packet Switched Public Data Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTM-SC	Point-to-Multipoint Service Centre
QoS	Quality of Service
RL	Routing Label
RN	Routing Number
RO	Remote Operations
SCCP	Signalling Connection Control Part
SCE	Service Creation Environment
SCEF	Service Creation Environment Function
SCF	Service Control Function
SCP	Service Control Point
SDF	Service Data Function
SDP	Service Data Point
SF	Service Feature
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIB	Service Independent Building block
SIF	Signalling Information Field
SIM	Subscriber Identity Module
SL	Signalling Link
SLS	Signalling Link Selection
SLS	Signalling Link Set
SM-AL	Short Message Application Layer
SM-LL	Short Message Lower Layers
SM-RP	Short Message Relay layer Protocol
SM-TL	Short Message Transfer Layer
SM-TP	Short Message Transfer layer Protocol
SME	Short Message Entity
SMF	Service Management Function

SMG	Special Mobile Group
SMP	Service Management Point
SMS	Service Management System
SMS	Short Message Service
SMS-GMSC	Short Message Service Gateway MSC
SMS-IWMSC	Short Message Service InterWorking MSC
SMSC	Short Message Service Centre
SN	Service Node
SP	Service Plane
SP	Signalling Point
SRES	Signed Response
SRF	Specialized Resource Function
SS7	Signalling System No. 7
SSF	Service Switching Function
SSN	Sub-System Number
SSP	Service Switching Point
STP	Signalling Transfer Point
SU	Signal Unit
T-CSI	Terminating CSI
TC	Transaction Capabilities
TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TP-MMS	TP–More Messages to Send
TSG-CN	Technical Specification Group–Core Network
UDT	Unit Data
UDTS	Unit Data Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPT	Universal Personal Telecommunications
VLR	Visitor Location Register
VPLMN	Visited PLMN
VPN	Virtual Private Network
WWW	World Wide Web
YKM	Yhteiskanavamerkinanto

1 Johdanto

Matkapuhelimiin kehitetään jatkuvasti uusia lisäarvopalveluita, jotka edelleen perustuvat lyhytsanomien lähettämiseen palvelun ja sen tilaajan välillä. Vaikka tilaaja kokee palvelun käytön helppona pyyntö–vastaus -tapahtumana, siitä aiheutuu useita merkinantosanomia matkapuhelinverkon elementtien välille sijainninpäivityksestä ja tilaajan tunnistuksesta siihen asti kun lähettäjä saa ilmoituksen lyhytsanomien perillemenosta.

Työn tavoitteena oli laajentaa mm. älyverkossa tarjottavien palveluiden ohjaukseen kehitetyn ohjelmiston ominaisuuksia lyhytsanomapalvelun (SMS, Short Message Service) vaatimilla operaatioilla. Näihin liittyvä merkinanto toteutettiin eurooppalaisen standardointijärjestö ETSIn (European Telecommunications Standards Institute) julkaisemien matkapuhelinverkon MAP (Mobile Application Part) -protokollamäärittelyjen mukaisesti.

Tulevaisuudessa vaaditaan joustavampia matkapuhelinpalveluita, joita voidaan käyttää myös kun liikutaan kotiverkon ulkopuolella. Toisen operaattorin kanssa tehdyn yhteisliikennesopimuksen lisäksi palveluiden toiminta edellyttää, että niitä jotenkin tuetaan myös vieraassa matkapuhelinverkossa. Tätä varten on standardoitu älyverkon operaatioihin perustuva palvelualusta.

Tämän diplomityön teoriaosan toisessa luvussa esitellään GSM (Global System for Mobile communications) -järjestelmäarkkitehtuuri. Kolmannessa luvussa tutustutaan älyverkkoihin (IN, Intelligent Network) siinä laajuudessa kun työn kohdeympäristön ymmärtäminen vaatii. Lisäksi selvitetään molempien järjestelmien tiedonsiirron perustana olevan SS7 (Signalling System No. 7) -merkinantoverkon toimintaa. Neljännessä luvussa tarkastellaan työn toteutuksessa käytettyä matkapuhelinverkon MAP-merkinantoprotokollaa. Luvussa perehdytään myös operaattorikohtaisten palveluiden, ja saman tilaajanumeron siirrettävyyteen operaattorilta toiselle.

Työn käytännöllinen osuus kuvataan luvussa viisi. Ensin esitellään kohdeympäristö ja toteutuksessa käytetyt työkalut ja sen jälkeen kuvataan toteutuksen rakenne. Siinä keskitytään lyhytsanomien välitykseen liittyviin operaatioihin. Viestit reititetään lyhytsanomakeskuksen (SMSC, Short Message Service Centre) ja matkapuhelinverkon verkko-elementtien välillä. Luvun lopuksi esitellään toteutuksen testausta eri menetelmin.

Kuudennessa luvussa tutustutaan matkapuhelinverkkojen seuraavaan kehitysvaiheeseen GPRS:ään (General Packet Radio Service), jonka verkkotestejä tehdään Suomessa tämän vuoden aikana.

2 Matkapuhelinverkot

2.1 Taustaa

Toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmän kehitys alkoi jo vuonna 1982. Silloin Euroopan telehallintojärjestöjen muodostama CEPT (Conference of European Posts and Telecommunications administrations) perusti GSM (Groupe Spécial Mobile) -työryhmän, jonka perustamiskokouksessa oli edustajia 26:sta Euroopan maasta. Työryhmän tehtävänä oli suunnitella euroopanlaajuinen 900 MHz:n taajuusalueella toimiva digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä, jolle asetettiin mm. seuraavia vaatimuksia:

- GSM-matkapuhelinlaitteita on voitava käyttää kaikissa kansainvälisen roaming -sopimuksen hyväksyneissä maissa,
- äänipuheluiden lisäksi järjestelmän on tuettava erilaisia palveluita, kuten ISDN (Integrated Services Digital Network) -datapalvelut,
- muiden julkisten verkkojen, kuten PSTN (Public Switched Telephone Network) ja ISDN, tarjoamat palvelut pitäisi olla käytettävissä myös matkapuhelinjärjestelmässä,
- puhelun äänenlaadun on kuuluvuusalueella oltava vähintään yhtä hyvä kuin 900 MHz:n analogisissa järjestelmissä,
- matkapuhelinjärjestelmän on pystyttävä salaamaan radiotien liikenne,
- järjestelmään pääsy ja sen käyttö on oltava mahdollista järkevin kustannuksin sekä kaupunki- että maaseutu ympäristöissä, mikä on huomioitava myös uusien palveluiden kehityksessä,
- toimintaa varten varatut taajuusalueet 890–915 MHz ja 935–960 MHz on hyödynnettävä tehokkaasti,
- osoitteistus tulee perustua voimassa oleviin CCITT:n (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone) suosituksiin. Nykyisin CCITT:n työtä jatkaa ITU-T (International Telecommunication Union–Telecommunication standardisation sector),
- järjestelmän on sallittava eri matkapuhelinverkoissa käytettävät erilaiset laskutusmekanismit,
- matkapuhelinkeskusten ja erityyppisten rekistereiden välisessä tiedonsiirrossa on käytettävä kansainvälisesti standardoitua merkinantojärjestelmää,
- matkapuhelinjärjestelmän komponentit ja parametrit pitäisi valita kustannuksia säästäen.

[Mou92]

GSM-operaattorit voivat tehdä keskenään yhteisliikenne- eli roaming -sopimuksen. Operaattorit vuokraavat sovittuun hintaan toistensa verkkoja omien asiakkaidensa käyttöön. Sopimus voi myös olla yksipuolinen, jolloin verkkovierailu (roaming) on mahdollista ainoastaan toisen operaattorin verkossa. Tarkoitus on tarjota asiakkaalle hänen tilaamansa palvelut myös kotiverkon ulkopuolella. Yleensä yhteisliikennesopimuksen tekevät operaattorit toimivat eri maissa. Tietoa GSM-operaattoreista ja niiden välisistä yhteisliikennesopimuksista löytyy GSM Associationin kotisivulta WWW-osoitteesta <http://www.gsmworld.com/gsminfo/gsminfo.htm>.

Määrityksiin perustuva suunnitelmallinen standardointi alkoi vasta vuonna 1987. Vuodesta 1989 standardointia on jatkanut ETSI, johon kuuluu eri maiden telehallintoviranomaisten lisäksi televiestintäalan teollisuuden ja operaattoreiden edustajia. ETSI koostuu teknisistä komiteoista, joista GSM jakautuu useampaan tiettyä aihealuetta määrittelevään alikomiteaan. Vuonna 1991 nimi muutettiin SMG:ksi (Special Mobile Group) erotukseksi itse järjestelmästä. Lisäksi GSM:stä alettiin käyttää nimeä "Global System for Mobile communications", jolla tarkoitetaan yleiseurooppalaista 900 MHz:n taajuusalueella toimivaa digitaalista matkapuhelinjärjestelmää. [Mou92]

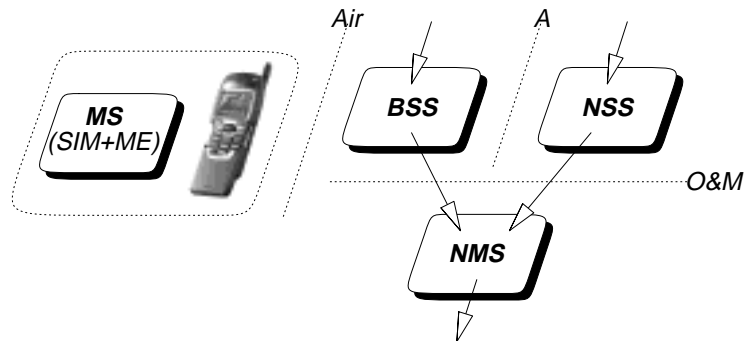
Englannin aloitteesta otettiin vuonna 1990 GSM-standardointiin mukaan lisätaajuuskaistat 1800 MHz:n taajuusalueella. Tämä DCS1800 (Digital Cellular System 1800 MHz) -järjestelmä on tarkoitettu ruuhkaisille kaupunkialueille paremman kapasiteettinsa ansiosta. [Mou92] Myöhemmin nimi muutettiin GSM1800 -järjestelmäksi. Erityisesti molemmissa verkoissa toimivien kaksitaajuuspäätelaitteiden avulla liikennettä saadaan siirrettyä ruuhkaiselta GSM900 -alueelta GSM1800 -taajuuksille [Tel98]. GSM1800 -järjestelmää käytetään nykyisin eri puolilla Eurooppaa, vaikka se alunperin suunniteltiin käytettäväksi Englannissa.

Vuonna 2000 GSM-järjestelmän standardointi siirtyi edelleen 3GPP:lle (3rd Generation Partnership Project), johon ETSI-SMG:n lisäksi kuuluu jäsenjärjestöjä mm. Japanista ja Pohjois-Amerikasta. Tässä työssä tarkastellaan kuitenkin ETSIn GSM-MAP -standardointia.

Maailmanlaajuisesti GSM-järjestelmäkehitystä ohjaa Irlannissa ja Englannissa toimiva GSM Association. Yhdistys edustaa yli 530:tä toisen ja kolmannen sukupolven verkko-operaattoria, sekä laitevalmistajaa.

2.2 GSM-järjestelmä

Matkapuhelinverkko koostuu kolmesta alijärjestelmästä, joilla on määritellyt toiminnallisuudet ja rajapinnat keskenään. Kuvassa 1 esitetyt tukiasema-alijärjestelmä (BSS, Base Station Subsystem), verkko- ja kytkentäalijärjestelmä (NSS, Network and Switching Subsystem) ja verkonhallintajärjestelmä (NMS, Network Management System) jakautuvat edelleen verkkoelementteihin, joista keskeisimmät ovat tilaajatietoja sisältäviä rekistereitä ja matkapuhelinkeskuksia.



Kuva 1. GSM-verkon alijärjestelmät.

Päätelaitteeseen (ME, Mobile Equipment) on asennettava tilaajan tunnistetiedot sisältävä SIM (Subscriber Identity Module) -kortti, ennen kuin matkapuhelimella (MS, Mobile Station) voidaan soittaa. Radiorajapinta, josta käytetään myös nimitystä ilmarajapinta, yhdistää matkapuhelimen tukiasema-alijärjestelmän avulla PLMN (Public Land Mobile Network) -matkapuhelinverkkoon. Yhteys tukiasema- ja verkkoalijärjestelmän välillä muodostetaan A-rajapinnan kautta aikajakokanavointiin perustuvissa yhdysjohdoissa.

GSM-verkonhallinta käsittää operaattorin toimenpiteitä, joiden kohteena ovat tilaajan tietojen käsittely ja tilaajan laskutus, verkon suunnittelu, sekä verkon ja sen elementtien tarkkailu ja ylläpito. Verkonhallintajärjestelmästä on yhteys tukiasema- ja verkkoalijärjestelmien elementteihin, ja mahdollisesti liityntä ulkoiseen hallintatyöasemaan. Operaattorin kannalta verkonhallintajärjestelmän tärkeimpiä tehtäviä ovat hälytysten käsittely ja vian paikannus. Se myös ylläpitää tilastoja verkon ja palveluiden käytöstä.

Tässä työssä perehdytään lähinnä GSM-verkkoalijärjestelmän (NSS) elementtien väliseen merkinantoprotokollaan ja erityisesti sen lyhytsanomien välitykseen liittyviin operaatioihin. Sitä ennen on kokonaiskäsityksen hahmottamiseksi hyvä esitellä yleisesti GSM-verkkoelementit, niiden väliset rajapinnat ja merkinannon perusteet.

2.2.1 Tilaajaliityntä

Matkapuhelin ja siihen laitettava tilaajatunnistekortti muodostavat tilaajaliitynnän, joka mahdollistaa GSM-järjestelmän verkko-, tele-, ja lisäpalveluiden käytön sekä lyhytsanomapalvelun. Ilman SIM-korttia voi soittaa ainoastaan hätäpuheluita.

SIM-kortissa on muistia lyhytvalintanumeroiden ja lyhytsanomien talletusta varten. Tilaajan yksilöi SIM:ssä oleva kansainvälinen matkapuhelintilaajan tunniste IMSI (International Mobile Subscriber Identity). Samaan IMSI:iin voidaan liittää puhelinnumeron lisäksi numerot faksi- ja datapuheluille. SIM-kortissa myös näkyy sen sarjanumero. Matkapuhelin tunnistetaan kansainvälisellä IMEI (International Mobile Equipment Identity) -tunnuksella. [Red98]

Tärkeimmät SIM-kortin tiedot IMSI:n lisäksi ovat liittymän puhelinnumero MSISDN (Mobile Station ISDN number), tietoturvaan ja salaukseen liittyvät parametrit ja algoritmit, sekä tilaajan henkilökohtainen PIN (Personal Identification Number) -tunnusluku.

2.2.2 Tukiasema-alijärjestelmä

Tukiasema-alijärjestelmä (BSS) koostuu tukiasemista ja niitä ohjaavista tukiasemaohjaimista. Alijärjestelmän tehtävänä on yhdistää matkapuhelinta käyttävän tilaajan puhelu kiinteään matkapuhelinverkkoon. GSM-verkon alijärjestelmät ja verkkoelementtien väliset rajapinnat näkyvät kuvassa 2 seuraavalla sivulla.

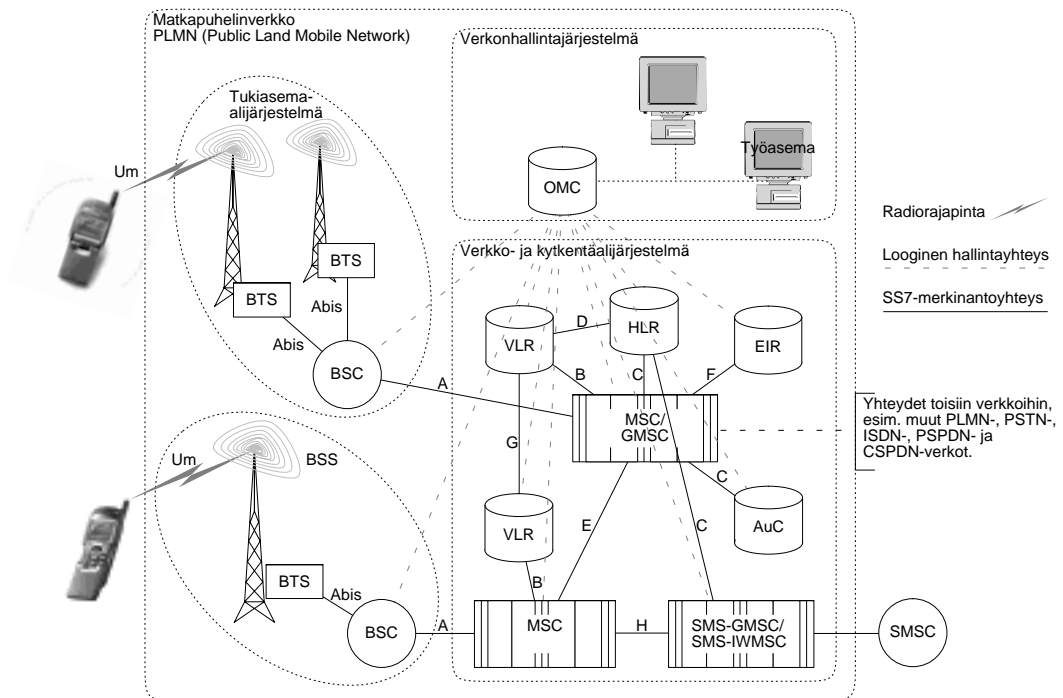
Tukiasema

Tukiasema (BTS, Base Transceiver Station) on radiolähetin–vastaanotin, johon matkapuhelimet ovat yhteydessä radiotien protokollien avulla. Solussa on yksi tukiasema, jonka lähetysteho määrää solun koon. Tukiaseman tehtäviä ovat mm. viestien kanavakoodaus, radiokanavien salaus ja matkapuhelimelta tulevan liikenteen valvonta ja mittaukset. [Meh97]

Tukiasemaohjain

Tukiasemaohjain (BSC, Base Station Controller) yhdistää matkapuhelimen matkapuhelin-keskukseen. Se vastaa liikennealueensa tukiasemien radiokanavien hallinnasta ja päättää tukiaseman vaihdosta. Tukiasemaohjaimen ja tukiaseman välillä on standardoitu Abis-rajapinta, jonka kautta voidaan hallita useampia tukiasemia. Tukiasemaohjain yhdistää koko tukiasema-alijärjestelmän matkapuhelin-keskukseen A-rajapinnan avulla, joka on

standardoitu SS7-merkinantorajapinta. Lisäksi se tarjoaa tukiasema-alijärjestelmän hallintarajapinnan (O&M, Operations and Maintenance). [Meh97]



Kuva 2. GSM-järjestelmän verkkoelementit ja rajapinnat [ETS00b].

2.2.3 Verkko- ja kytkentäalijärjestelmä

Verkko- ja kytkentäalijärjestelmä (NSS) sisältää matkapuhelinkeskuksen lisäksi tilaajan tietojen ja tavoitettavuuden hallintaa varten tietorekistereitä, jotka kommunikoivat SS7 -merkinantoverkon välityksellä. Tärkein tehtävä on yhteyksien hallinta GSM-tilaajien ja kiinteän televerkon käyttäjien välillä. [Mou92] Tässä työssä keskitytään lyhytsanomien välitykseen liittyvään merkinantoon sanomien reititykseen tarkoitettujen yhdyskäytävien ja kotirekisterin, sekä matkapuhelinkeskuksen välillä.

Matkapuhelinkeskus

Matkapuhelinkeskus (MSC, Mobile services Switching Centre) toimii kuten tavallinen PSTN- tai ISDN-puhelinverkon kytkentäkeskus. Lisäksi se tarjoaa kaiken toiminnallisuuden tilaajan verkkovierailua (roaming) varten, kuten tilaajan tunnistus (authentication) ja rekisteröinti, sijainninpäivitys, keskustusten välinen tukiasemanvaihto ja puhelun reititys. [Sco97]

Jos kiinteästä verkosta tulevaa puhelua ei pystytä suoraan reitittämään siihen matkapuhelinkeskukseen jonka sijaintialueella tilaaja liikkuu, on kotirekisteristä ensin

haettava senhetkisen keskuksen osoite. Välitystietoa kysyvää keskusta kutsutaan yhdyskäytäväksi tai reitittäväksi matkapuhelinkeskukseksi GMSC (Gateway MSC). [ETS00b]

Kotirekisteri

Kotirekisteri (HLR, Home Location Register) on tietokanta, joka vastaa tilaajatietojen talletuksesta ja hallinnasta. Kotirekistereitä voi olla useita saman operaattorin matkapuhelinverkossa (PLMN), riippuen liittymän haltijoiden lukumäärästä, laitteiston suorituskyvystä, ja verkon rakenteesta. [ETS00b]

Tärkeimmät kotirekisterissä olevat tilaajakohtaiset tiedot ovat IMSI- ja MSISDN-numerot, sijainti solutunnisteen tai matkapuhelinkeskuksen osoitteen tarkkuudella, tilaajan käytettävissä olevat tele- ja lisäpalvelut, ja mahdolliset palveluiden rajoitukset, kuten soitonestot. [ETS00b]

Vierailijarekisteri

Vierailijarekisteri (VLR, Visitor Location Register) on tietokanta, johon on väliaikaisesti talletettuna tiedot matkapuhelinkeskuksen sijaintialueella vierailevien tilaajien käyttämistä palveluista. Nämä tiedot saadaan tilaajan kotirekisteristä. Vierailijarekisteri sijaitsee käytännössä aina matkapuhelinkeskuksen yhteydessä. Sama vierailijarekisteri voi olla yhteydessä yhteen tai useampaan matkapuhelinkeskukseen. [Sem00]

Kun tilaaja saapuu uuden MSC/VLR:n alueelle, matkapuhelin aloittaa sijainninpäivityksen. Vierailijarekisteri tallettaa sijaintialuetunnisteen (LAI, Location Area Identity) tulevien puheluiden reitittämiseksi. Se myös ilmoittaa tästä tilaajan kotirekisterille, joka lähettää mm. tilaajan IMSI- ja MSISDN-numerot sekä tilatut lisäpalvelut ja niiden parametrit takaisin. Kotirekisteri ilmoittaa vanhalle vierailijarekisterille, että kyseisen tilaajan tiedot voi poistaa tämän siirryttyä toisen MSC/VLR:n alueelle. [ETS00b]

Tilaajatunnistekeskus

Tilaajatunnistekeskus (AuC, Authentication Centre) tarjoaa kotirekisterille tilaajan tunnistuksessa (authentication) ja radiotien liikenteen salauksessa (ciphering) käytettävät parametrit. Se sisältää tilaajakohtaisen IMSI-numeroa vastaavan salaisen avaimen (K_i), sekä salausalgoritmit parametrien määrittämiseksi. Tilaajatunnistekeskus sijaitsee tavallisesti kotirekisterin yhteydessä. [Meh97]

Tunnistusavainta (K_i) ei lähetetä radiotiellä, vaan sama avain on talletettu tilaajan SIM-korttiin. Tunnistusavain toimii satunnaisluvun (RAND) kanssa syötteenä algoritmeille,

jotka laskevat radiotien salausavaimen K_C (ciphering key) sekä vertailuarvon SRES (Signed Response). Kotirekisteri lähettää varmennusparametrit (RAND, SRES, K_C) vierailijarekisterille tämän pyynnöstä. [Meh97]

Tilaaajatunnistekeskuksessa lasketaan tilaajaa kohti viisi parametrisarjaa kerrallaan, jotka välitetään vierailijarekisterille SS7-merkinantoverkossa. Tietoturvasyistä pitäisi radiotien salausavaimen vaihtua jokaista uutta puhelua varten. [Hei99]

Laitetunnusrekisteri

Laitetunnusrekisteri (EIR, Equipment Identity Register) on pelkästään fyysisten matkapuhelinlaitteiden valvontaan tarkoitettu tietokanta. Se sisältää matkapuhelimien IMEI-tunnuksia, josta selviää laitteen tyyppihyväksyntä, valmistaja, sekä sarjanumero. Rekisteriin on talletettu hyväksytyjen, hylättyjen ja tarkkailtavien laitteiden tunnuksia. Hylättyjä ovat esim. varastetuksi ilmoitetut matkapuhelimet. Jotain laitetta voidaan tarkkailla mahdollisten matkapuhelinverkkoa häiritsevien teknisten vikojen takia. [Hei99]

2.2.4 Verkkoelementtien väliset rajapinnat

Tilaaajan verkkovierailu sopimuksen tehneiden operaattoreiden välillä edellyttää, että GSM-järjestelmän verkkoelementtien väliset yhteydet eli rajapinnat on standardoitu. Tällöin verkko-operaattoreilla on mahdollisuus käyttää verkossaan eri valmistajien laitteita.

Matkapuhelinverkon rajapinnat voidaan jakaa radiotien ja kiinteän verkon rajapintoihin. Tähän työhön liittyen esitellään verkkoalijärjestelmän elementtien väliset rajapinnat, joilla merkinanto perustuu matkapuhelinverkon MAP-protokollaan. Eri rajapinnoilla, jotka on nimetty kuvassa 2 näkyvin kirjaintunnuksin, on sallittu vain tietyt MAP-operaatiojoukot.

D-rajapinta (HLR \Leftrightarrow VLR) on koti- ja vierailijarekisterin välillä. Sitä käytetään sijainti- ja tilaajatietojen vaihtoon, jotta puhelun aloitus ja vastaanotto olisi mahdollista. Vierailijarekisteri ilmoittaa vastuualueelleen saapuneen tilaajan paikkatiedon joko solutai sijaintialuetunnisteen tarkkuudella tämän kotirekisteriin. Kotirekisteri lähettää takaisin tiedot tilaajalle sallituista palveluista ja ilmoittaa sen jälkeen edelliselle vierailijarekisterille, että kyseisen tilaajan tiedot voi poistaa. [ETS00b]

C-rajapinta (GMSC \Leftrightarrow HLR, SMS-GMSC \Leftrightarrow HLR ja SMS-IWMSC \Leftrightarrow HLR) tarvitaan yhdyskäytävän ja kotirekisterin välillä. Kiinteästä verkosta tulevan puhelun muodostamiseksi GMSC-yhdyskäytävä kysyy vastaanottajan kotirekisteristä tämän matkapuhelimen vaellusnumeroa MSRN (Mobile Station Roaming Number), joka tyypillisesti on matkapuhelinkeskuksen osoite. Tämän jälkeen ohjaus siirtyy sille matkapuhelin-

keskukselle, jonka alueella tilaaja on. Koska käytännön toteutuksissa matkapuhelin-keskus ja vierailijarekisteri ovat fyysisesti yksi kokonaisuus, on myös C- ja D-rajapintojen toiminnallisuudet yhdistetty.

Lyhytsanomakeskukselta tulevia sanomia matkapuhelimeen välittävä SMS-GMSC (Short Message Service Gateway MSC) -yhdyskäytävä kysyy C-rajapinnan kautta kotirekisteriltä sen matkapuhelinkeksuksen osoitetta, jonka alueella vastaanottaja on ja lähettää lyhytsanomian tähän osoitteeseen. Saman rajapinnan kautta kotirekisteri voi pyytää SMS-IW MSC (Short Message Service InterWorking MSC) -yhdyskäytävää ilmoittamaan lyhytsanomakeskukselle, että matkapuhelin on valmis vastaanottamaan lyhytsanomiamia.

B-rajapinta (VLR \Leftrightarrow MSC) on sisäinen rajapinta vierailijarekisterin ja siihen liitetyn matkapuhelinkeksuksen välillä. Rajapintaa käytetään puhelunmuodostuksessa ja sijaintialueen päivityksessä tarvittavan merkinannon välittämiseen [Grö93]. Matkapuhelinkekskus ilmoittaa sijaintialueelleen rekisteröityneistä uusista tilaajista vierailijarekisterille ja tarvittaessa kysyy alueellaan olevien tilaajien tietoja. Kun tilaaja muuttaa johonkin lisäpalveluun liittyviä tietoja, matkapuhelinkekskus välittää uudet asetukset B- ja D-rajapintojen kautta kotirekisterille. [ETS00b]

E-rajapinta (MSC \Leftrightarrow MSC) on kahden matkapuhelinkeksuksen välinen rajapinta. Kun tilaaja siirtyy puhelun aikana toisen matkapuhelinkeksuksen vastuualueelle, on keskustusten välillä tehtävä tukiasemanvaihto puheyhteyden jatkumiseksi. [ETS00b] Tämä rajapinta saatetaan vaihtoehtoisesti merkitä H-kirjaintunnuksella. Tällöin halutaan korostaa rajapinnan käyttöä lyhytsanomien välittämiseen SMS-GMSC:n ja SMS-IW MSC:n sekä matkapuhelinkeksuksen välillä erotuksena puheluun liittyvästä merkinannosta.

G-rajapinta (VLR \Leftrightarrow VLR) on uuden ja vanhan vierailijarekisterin välillä. Kun matkapuhelin tekee sijainninpäivityksen väliaikaista TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) -tunnusta käyttäen, voi uusi vierailijarekisteri hakea tämän perusteella vanhalta vierailijarekisteriltä tilaajan IMSI-tunnuksen ja tunnistusparametrit.

F-rajapinta (MSC \Leftrightarrow EIR) on matkapuhelinkeksuksen ja laitetunnusrekisterin välillä. Tämän kautta matkapuhelinkekskus tarvittaessa tarkistaa matkapuhelimen IMEI-tunnuksen.

Edellisten lisäksi on olemassa I-rajapinta matkapuhelimen ja kotirekisterin välillä, jonka avulla tilaaja voi hallita lisäpalveluitaan, kuten soitonsiirtoja. Hallintasanomilla tilaaja asettaa lisäpalvelun käyttöönsä ja voi kysellä kotirekisteristä palvelulle asetettujen parametrien arvoja. Hallintasanomat välitetään matkapuhelinkeksuksen kautta. [Mou92]

3 Älyverkot

Älyverkko (IN, Intelligent Network) on palveluriippumaton telekommunikaatioverkko, jossa palvelulogiikka eli palvelun toteuttava ohjelma ja puhelunohjaus sijaitsevat fyysisesti erillään verkkoon hajautettuna. Älyverkon tarkoitus on tarjota verkko-operaattoreille tehokkaat keinot kehittää ja hallita televerkon palveluita. Lisäksi puhelinpalveluita on voitava toteuttaa nopeasti ja niitä on pystyttävä muokkaamaan asiakaskohtaisesti. [Vep98]

Toiminnallisuuksien hajautus ja avoimet rajapinnat antavat operaattoreille mahdollisuuden käyttää toimittajariippumattomia ratkaisuja. Älyverkkoarkkitehtuuriin kuuluvat laitteet perustuvat yleiskäyttöiseen tietotekniikkaan, jolloin uusia ominaisuuksia haluttaessa yleensä pelkkä ohjelmiston päivitys riittää. Kasvavan kuormituksen aiheuttamat suorituskykyongelmat voidaan kohdentaa ja ratkaista helpommin. Hajautuksen huonona puolena on, että palveluiden hallinta monimutkaistuu huomattavasti. [Sar95]

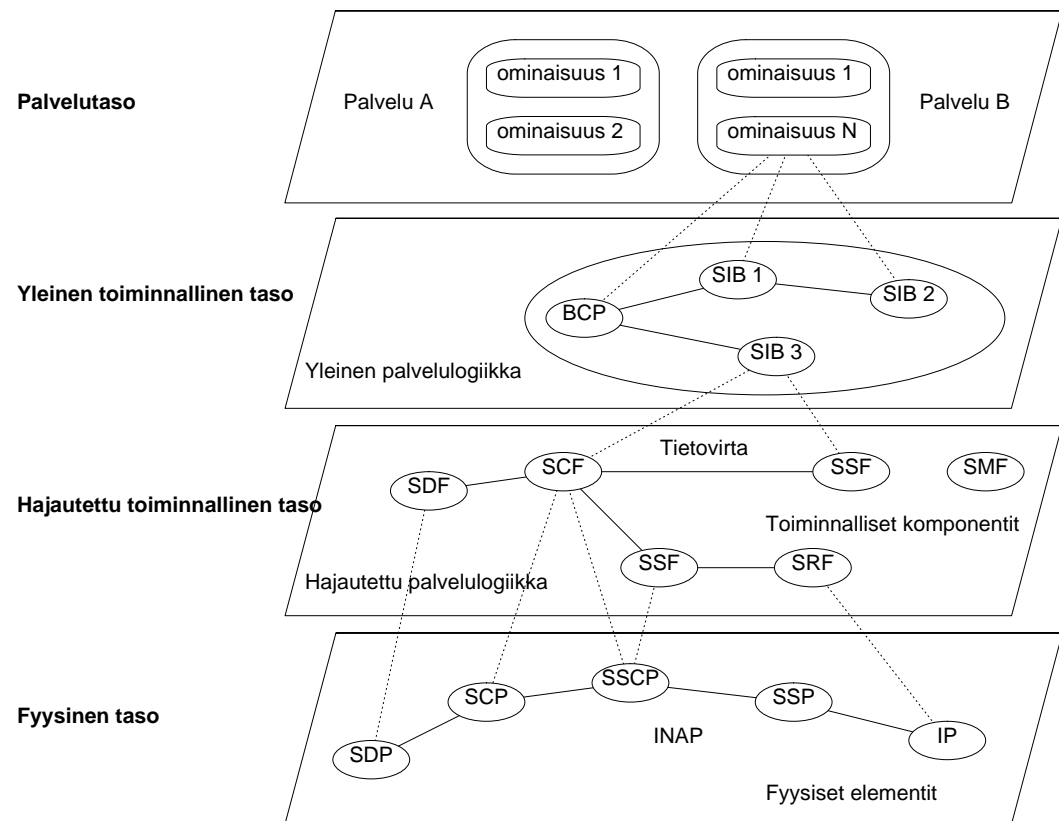
Uusien älyverkkopalveluiden luomisessa on keskeistä, että niitä voidaan kehittää ja testata erillisessä verkossa ennen tuotantoverkkoon asennusta. Tällainen testausmahdollisuus eristetyssä verkossa, sekä palveluiden keskitetty jakelu nopeuttavat niiden käyttöönottoa.

Älyverkkopalveluiden kehityksessä pyritään löytämään ja hyödyntämään uudelleenkäytettäviä komponentteja eli rakenneosia, jotka suorittavat jonkun toiminnallisuuden, kuten käyttäjän kanssa käytävän vuoropuhelun, laskutuksen, tai numeron muunnoksen. Myös älyverkkoarkkitehtuurin kuvauksen tarkoituksena on eri osapuolten, esim. palvelun käyttäjän ja suunnittelijan, tarpeiden huomioiminen älyverkon käsitteellisen mallin avulla.

3.1 Käsitteellinen malli

Älyverkkojen yhteydessä on erotettava toisistaan käytännön verkkoarkkitehtuurit ja älyverkon käsitteellinen malli (INCM, Intelligent Network Conceptual Model). Vaikka toteutukset kehittyvät kasvavien palveluvaatimusten ja uusien teknologioiden myötä, on älyverkon käsitteellisen mallin tarkoitus pysyä muuttumattomana. [Thö94] Se kuvaa älyverkon rakenteen ominaispiirteet ja sovellusmahdollisuudet älyverkkopalveluiden kehityksessä [Mag96].

ITU-T:n suosittama malli koostuu kuvassa 3 esitetyistä neljästä tasosta, joista kaksi alintamäärittelevät älyverkkoarkkitehtuurin ja kaksi ylintä ohjaavat älyverkkopalveluiden luontia arkkitehtuurista riippumatta. [Mag96]



Kuva 3. Älyverkon käsitteellinen malli [Mag96].

Kuvan 3 kaksi alinta tasoa poikkeavat ITU-T:n alkuperäisestä suosituksesta Q.1201 niin, että siinä esitetyt kuvitteelliset fyysiset elementit ovat ylläolevassa kuvassa älyverkon todellisia fyysisen tason elementtejä. Näiden elementtien sisältämille hajautetun toiminnallisen tason komponenteille on myös tarkoin määritellyt toiminnallisuudet.

Palvelutaso

Älyverkkopalvelun suunnittelu aloitetaan ylimmältä tasolta eli palvelutasolta (SP, Service Plane), joka määrittelee palvelut niiden käyttäjän näkökulmasta. Aluksi etsitään palvelun toteuttamiseksi vaadittavat palveluominaisuudet (SF, Service Feature). Muutamia palveluominaisuuksia on määriteltä valmiiksi, mutta jos nämä eivät riitä voidaan uusia luoda tarpeen mukaan. [Vep98] Palvelut koostuvat yhdestä tai useammasta ominaisuudesta, jotka myös voivat olla itsenäisiä, valmiita palveluita. Tällä tasolla käyttäjän ei tarvitse tietää mitään palvelun yksityiskohtaisesta toteutuksesta tai suoritusympäristöstä. [Mag96]

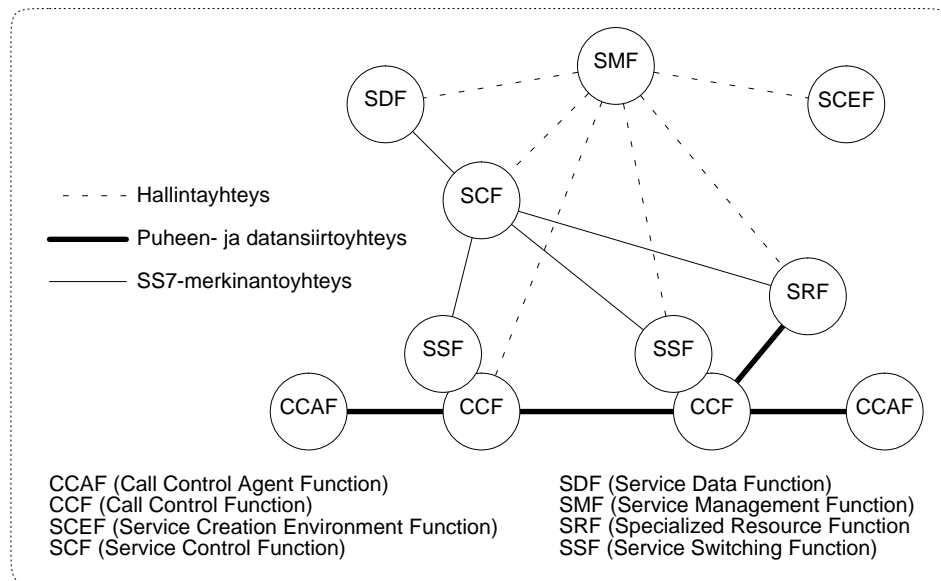
Yleinen toiminnallinen taso

Yleinen toiminnallinen taso (GFP, Global Functional Plane) piilottaa toiminnallisuuden hajautuksen niin, että älyverkkopalveluiden suunnittelija näkee ainoastaan yhtenäisen palvelunkehitysympäristön. Palvelun ominaisuudet muodostetaan palveluriippumattomista

rakenneosista SIB:stä (Service Independent Building block), jotka ovat uudelleenkäytettäviä älyverkon komponentteja. Yleinen palvelulogiikka (GSL, Global Service Logic) kuvaa kuinka palvelun luomiseksi tarvittavat rakenneosat ketjutetaan toisiinsa. [Mag96] Lisäksi palvelulogiikka sisältää puhelutapahtumien käsittelyä ohjaavan peruspuheluprosessi (BCP, Basic Call Process) SIB:n. Tiettyjen ehtojen täytyessä puhelumallissa poiketaan suorittamaan SIB:nä kuvattua älyverkkopalvelua. SIB:t kuvaavat fyysisiä toimintoja, mutta eivät määrittele miten ne toteutetaan verkossa. [Sar96]

Hajautettu toiminnallinen taso

Hajautettu toiminnallinen taso (DFP, Distributed Functional Plane) koostuu toiminnallisista komponenteista (FE, Functional Entity), jotka voivat tarvittaessa kommunikoida tietovirtojen (IF, Information Flow) avulla kuvan 4 mukaisesti. Komponentit määrittelevät jokaiselle SIB:lle asiakas-palvelinsuhteen. Älyverkkojen ohjelmistot perustuvat yleensä hajautetun toiminnallisen tason komponentteihin. [Vep98] Hajautettu toiminnallinen taso kuvaa älyverkon verkon suunnittelijoiden ja verkkopalveluiden tarjoajien näkökulmasta [Sar96].



Kuva 4. Toiminnalliset komponentit ja niiden väliset yhteydet [Fay97].

Kuvan komponentit liittyvät puhelunkäsittelyyn, sekä älyverkkopalvelun suoritukseen ja hallintaan. Puhelunkäsittelyssä CCAF (Call Control Agent Function) vastaanottaa puheluita ja palvelupyynnöitä, jotka se ohjaa CCF:n (Call Control Function) käsiteltäväksi. Kun CCF havaitsee puhelun vaativan älyverkkopalvelua, palvelun kytkentätoiminto (SSF, Service Switching Function) välittää palvelupyynnön älyverkkopalvelun ohjaustoiminnolle (SCF, Service Control Function). SCF kutsuu halutun älyverkkopalvelun toteuttavaa

logiikkaohjelmaa. Tarvittaessa SCF pyytää palvelun vaatimia tietoja SDF:ltä (Service Data Function). Erityisresurssien toiminto SRF (Specialized Resource Function) tarjoaa vuorovaikutusmahdollisuuden älyverkkopalvelun käyttäjän ja palvelun välillä. [Mag96] Taulukkoon 1 on koottu hajautetun toiminnallisen tason komponentit.

Taulukko 1. Hajautetun toiminnallisen tason komponentit [Fay97][Kem95][Thö94].

Hajautetun toiminnallisen tason komponentti	Kuvaus
Tilaaajarajapinta verkkopalveluihin; Call Control Agent Function (CCAF)	CCAF tarjoaa tilaajalle pääsyn puhelun ohjaus-toimintoihin, ja sitä kautta älyverkkopalveluihin. CCAF on rajapinta käyttäjän ja verkon puhelunohjauksen välillä.
Puhelun ohjaus; Call Control Function (CCF)	CCF tarjoaa peruskytkennän perinteisille puheluille ja älyverkkopalveluille. Se muodostaa, ylläpitää, ja vapauttaa puheluita ja yhteyksiä. CCF sisältää peruspuhelumallin havaintopisteet.
Älyverkkopalvelun kytkentä; Service Switching Function (SSF)	SSF tunnistaa havaintopisteistä älyverkon ohjausta vaativat puhelut. Se toimii yhteistyössä puhelunkäsittelyn (CCF) ja palvelun ohjauksen (SCF) kanssa. SSF kytkee puhelun tai palvelun tiettyyn numeroon SCF:ltä saamiensa ohjeiden mukaisesti.
Älyverkkopalvelun ohjaus; Service Control Function (SCF)	SCF suorittaa palvelulogiikkaohjelmaa. Se ohjaa puhelunkäsittelyä ja älyverkkopalvelun toimintaa pyytämällä SSF/CCF- ja SRF-toimintoja suorittamaan määrättyjä tehtäviä.
Palvelu- ja tilaajakohdaiset tiedot; Service Data Function (SDF)	SDF mahdollistaa tietokantatoiminnallisuudet joko SCF:lle tai toiselle SDF:lle. SDF avustaa SCF:ää ja tarjoaa pääsyn palvelu-, tilaaja-, ja verkkokohtaisiin tietoihin.
Erityisresurssien toiminto; Specialized Resource Function (SRF)	SRF mahdollistaa käyttäjän vuorovaikuttaa älyverkkopalveluun ohjaamalla sen toimintaa esim. äänitajuusvalintojen avulla. Lisäksi SRF mahdollistaa äänitiedotteiden soittamisen käyttäjälle.
Älyverkkopalvelun hallinta; Service Management Function (SMF)	SMF ohjaa älyverkkopalveluiden verkkoonvientiä niitä suoritaviin SCF:iin. SMF hallitsee palveluiden suoritusta ja välittää palvelulle käyttäjän haluamia parametriarvoja. Lisäksi se kerää laskutus- ja tilastotietoa palveluiden käytöstä muilta älyverkon elementeiltä.
Älyverkkopalvelun luonti; Service Creation Environment Function (SCEF)	SCEF tarjoaa menetelmät älyverkkopalveluiden luontiin ja testaukseen. Testattu palvelulogiikka siirretään ja talletetaan SMF:ään verkkoonvientiä varten.

Hajautetun toiminnallisen tason kuvaama älyverkkopalvelu koostuu palvelun liipaisu-tiedoista SSF:ssä, palvelun logiikkaohjelmasta SCF:ssä, ja palveluun liittyvistä tiedoista SDF:ssä. Jos palvelu vaatii tilaajan vuorovaikutusta, käytetään erityisresurssien toimintoa. [Mag96]

Fyysinen taso

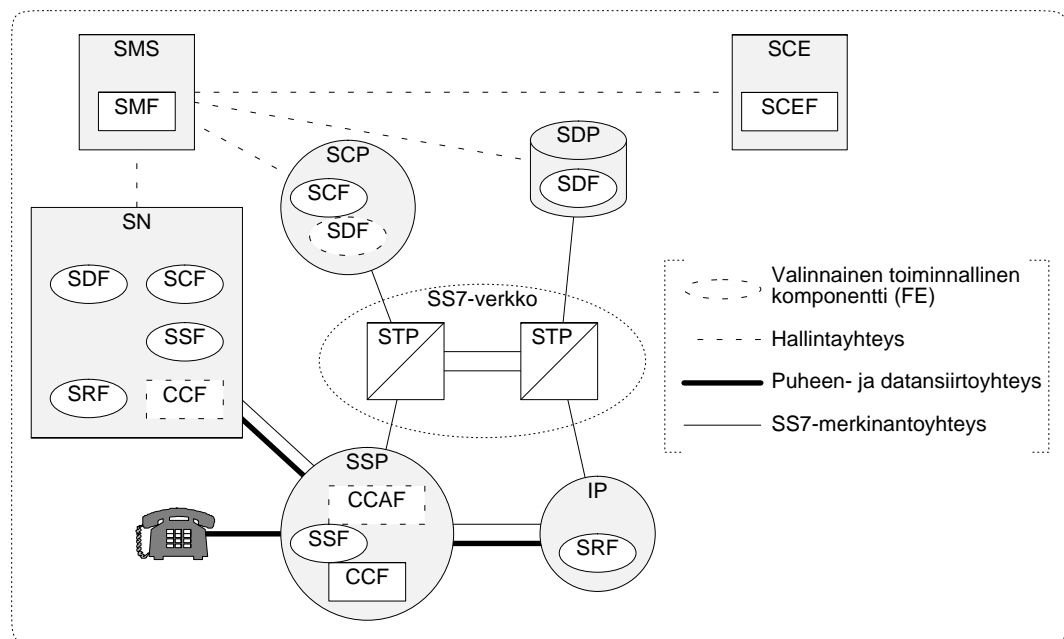
Fyysinen taso (PP, Physical Plane) määrittelee älyverkon fyysiset elementit (PE, Physical Entity), jotka koostuvat vähintään yhdestä toiminnallisesta komponentista. Käytännössä näillä elementeillä tarkoitetaan todellisia tuotteita ja protokollia. Ylemmän tason tietovirrat on fyysisellä tasolla toteutettu INAP (Intelligent Network Application Protocol) -älyverkkoprotokollan avulla. [Mag96] Taulukossa 2 näkyvät elementtien sisältämät ydintoiminnallisuudet (C) ja valinnaiset lisäominaisuudet (O).

Taulukko 2. INCM:n kahden alimman tason vertailu [Kem95].

Fyysisen tason elementit ↓	Hajautetun toiminnallisen tason (DFP) komponentit ↓							
	CCAF	CCF	SSF	SCF	SDF	SRF	SMF	SCEF
SSP	O	C	C			O		
SCP				C	C			
SDP					C			
SMS							C	
SCE								C
SME							C	C
IP		O	O			C		
SN		O	C	C	C	C		

3.2 Perusarkkitehtuuri

Älyverkon perusarkkitehtuurin elementit on esitetty kuvassa 5. Muutamat toiminnalliset komponentit voidaan toteuttaa useampaan fyysiseen elementtiin palvelukohtaisista vaatimuksista tai verkkotekniikasta riippuen. [Mag96]



Kuva 5. Älyverkkoarkkitehtuurin elementit [Kem95].

Palveluiden ohjauspiste (SCP, Service Control Point) suorittaa palvelulogiikkaohjelmaa ja sisältää palvelun tarvitseman tiedon. Ohjauspiste sisältää SCF-toiminnallisuuden, ja valinnaisesti SDF:n. Palveluiden ohjauspisteellä on yhteys SS7-merkinantoverkkoon, jota se käyttää kommunikoidessaan kytkentäpisteen ja älyverkon oheislaitteen kanssa. [Fay97]

Palveluiden kytkentäpiste (SSP, Service Switching Point) on puhelinkeskus, joka tunnistaa älyverkon ohjausta vaativat puhelut. Se sisältää SSF- ja CCF-toiminnallisuudet, ja mahdollisesti CCAF:n, jos kytkentäpisteen toiminnallisuus on toteutettu paikalliseen puhelinkeskukseen. Puhelun aikana tapahtuva palvelupyyntö tunnistetaan puhelumallin havaintopisteillä, jotka määrittävät halutun älyverkkopalvelun. Jos puhelu täyttää havaintopisteelle asetetut ehdot, SSP kytkee puhelun palveluiden ohjauspisteeseen (SCP), jossa palvelulogiikka suoritetaan. SSP ja SCP kommunikoivat keskenään INAP-protokollan avulla. [Fay97][Kem95]

Älyverkon oheislaite (IP, Intelligent Peripheral) pystyy toistamaan äänitiedotteita palvelun käyttäjälle, sekä tunnistamaan äänitaajuusvalinnalla toimivan puhelimen näppäinpainalluksia [Sar96]. Oheislaite on yhteydessä palveluiden kytkentäpisteeseen, ja SCP voi ohjata sitä joko suoraan tai kytkentäpisteen välityksellä. SS7-merkinantoverkon välityksellä oheislaite voi olla yhteydessä useampaan kytkentäpisteeseen. [Kem95]

Palveludatapiste (SDP, Service Data Point) sisältää palvelun suorituksessa tarvittavat tilaaja- ja verkkotiedot. Palveludata voi olla esim. numeronmuunnostaulukoita, tai tilaajakohtaista reititystietoa. Palveludatapiste voi olla kytketty suoraan palveluiden ohjauspisteeseen, tai SS7-merkinantoverkon kautta. [Kem95]

Palvelusolmu (SN, Service Node) yhdistää palveluiden ohjauspisteen ja älyverkon oheislaitteen toiminnallisuudet. Palvelusolmu voi kommunikoida useamman kytkentäpisteen (SSP) kanssa, mutta sillä on oltava kaksipiste (point-to-point) merkinanto- ja siirtoyhteys jokaiseen SSP:hen. Palvelusolmu sisältää SSF:n, SCF:n, SDF:n, ja SRF:n toiminnallisuudet. Valinnaisena komponenttina on puhelunohjaustoiminto (CCF). Jos palvelusolmussa on SSF- ja CCF-toiminnallisuudet, ne ovat ainoastaan samassa solmussa olevan palvelun ohjaustoiminnon käytettävissä, ei ulkoisen SCF:n. [Fay97]

Palveluiden luontiympäristö (SCE, Service Creation Environment) on tarkoitettu operaattoreille niiden omien älyverkkopalveluiden kehitykseen ja testaukseen. [Thö94] Palvelut rakennetaan palveluriippumattomista rakenneosista (SIB), ja valmiit palvelut siirretään palveluiden hallintajärjestelmään.

Palveluiden hallintajärjestelmä (SMS, Service Management System) vastaa uusien älyverkkopalveluiden verkkoonviennistä ja niiden ylläpidosta. Se toimii palveluiden ohjauspisteen tietovarastona. Hallintajärjestelmä tallettaa kopiot palvelulogiikkaohjelmista, joita voidaan siirtää ohjauspisteeseen suoritettavaksi. Lisäksi se kerää palveluiden ohjauspisteeltä laskutus- ja tilastotietoa palveluiden käytöstä. Palveluiden hallintajärjestelmästä on yhteys kaikkiin älyverkon elementteihin. [Kem95]

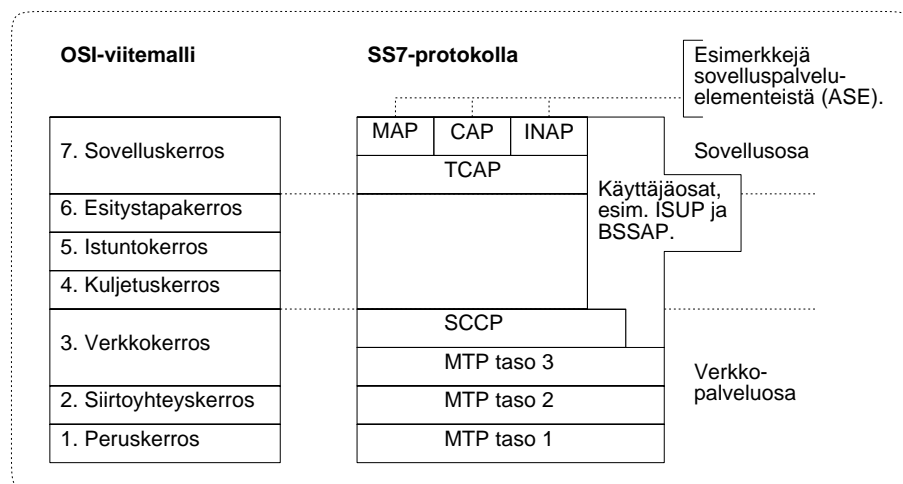
3.3 Yhteiskanavamerkinantoverkko

Puhelinverkossa käytettiin aiemmin ns. kanavakohtaista merkinantoa, mikä tarkoittaa sitä, että jokaista puhekanavaa varten oli oma merkinantokanava. Koska merkinantoa käytetään pääasiassa vain yhteyden alussa ja lopussa, kanavakohtainen merkinanto hukkaa järjestelmän kapasiteettia, sillä puhelinliikenne ei voi hyödyntää merkinantokanavaa. [Har91]

Niinpä 1970-luvulla ryhdyttiin CCITT:n toimesta kehittämään puhelinverkon merkinantoa lähtien siitä, että puhelinverkko on merkinannon kannalta itse asiassa tietokoneverkko, jossa asemina toimivat tietokoneet ovat tietokoneohjattuja puhelinkeskuksia, joiden välillä on jo valmiina hyvälaatuinen digitaalisiin siirtojärjestelmin toteutettu siirtoverkko. Tavoitteena oli, että uuden merkinantojärjestelmän tulisi taata nopea yhteydenmuodostus verkon läpi ja sen tulisi olla joustava ja laajennettavissa palveluiden vaatimusten mukaiseksi. [Rus00]

Tuloksena syntyi (v. 1980) digitaalinen yhteiskanavamerkinantojärjestelmä (CCS, Common Channel Signalling system), jossa yhtä merkinantokanavaa pitkin siirretään samanaikaisesti useaan puheluun liittyvää tietoa. Kansallisesti järjestelmästä käytetään vakiintunutta lyhennettä YKM. Perinteisen puhelunohjauksen lisäksi yhteiskanavamerkinantoa käyttävät mm. GSM-, IN-, ja ISDN-verkot. [Hei94]

Yhteiskanavamerkinannossa verkon solmut keskustelevat keskenään erityisesti merkinantotiedon siirtoon suunnitellun protokollajoukon SS7:n avulla. SS7-protokollarakkitehtuuri koostuu neljästä tasosta, joista ylin 4. taso sisältää useita erilaisia toimintoja, jotka OSI (Open Systems Interconnection) -mallissa sijoittuvat kerroksille 3–7 (kuva 6). Kolme alinta tasoa vastaavat toiminnoiltaan suurin piirtein OSI:n kerroksia 1–3. [Har91]

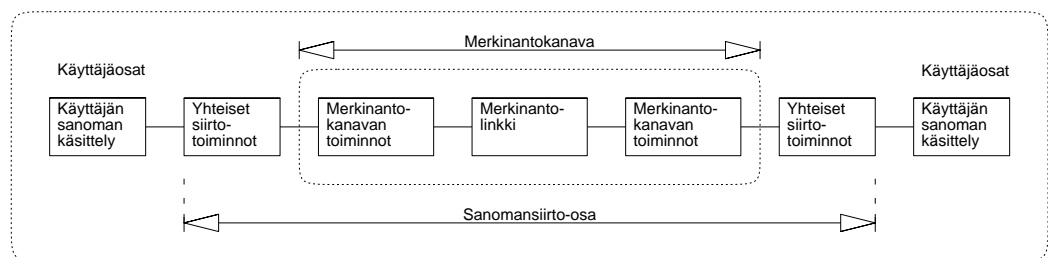


Kuva 6. SS7-protokollan vastaavuus OSI-viitemalliin.

OSI-mallin kolmea alinta kerrosta vastaa SS7-protokollan verkkopalveluosa (NSP, Network Service Part), johon kuuluvat sanomansiirto-osa (MTP, Message Transfer Part) ja merkinantoyhteyden ohjausosa (SCCP, Signalling Connection Control Part). Nämä tarjoavat palveluja eri sovelluksille ja käyttäjäosille. Jotkut käyttäjäosat voivat liittyä suoraan MTP:hen, kun taas jotkut sovellukset vaativat SCCP:n ja mahdollisesti vielä yhteystapahtumatoimintojen (TCAP, Transaction Capabilities Application Part) palveluja. SS7:n rakenne eroaa jonkin verran OSI:n eri kerroksille määrittelemistä toiminnallisuuksista, mikä osittain johtuu siitä, että OSI:n ensimmäiset määrittelyt on julkaistu vähän myöhemmin (v. 1982).

3.3.1 Sanomansiirto-osa

YKM muodostaa pakettikytkentäisen tietokoneverkon. Pakettisolmuina eli reitittiminä toimivat puhelinkeskusten ja muiden vastaavien verkkoelementtien, kuten MSC ja SCP, merkinannon siirtopistetoiminnot (STP, Signalling Transfer Point). Välttämättä kaikki eivät tue reititystoimintoa, vaan toimivat ainoastaan merkinantopisteinä (SP, Signalling Point) eli verkon kannalta liittyvinä asemina. [Rus00]



Kuva 7. YKM-järjestelmän rakenne.

Sanomansiirto-osa (MTP) on YKM-järjestelmän perusta, jonka tehtävänä on toimia luotettavana ja nopeana siirtojärjestelmänä merkinantopisteiden välillä. MTP tarjoaa käyttäjäosille yhteydettömän, järjestysvalvotun sanomansiirtopalvelun. MTP on jaettu kolmeen toiminnalliseen tasoon, jotka ovat:

1. merkinantolinkki (MTP taso 1),
2. merkinantokanava (MTP taso 2),
3. merkinantoverkko (MTP taso 3).

[Hei94]

Merkinantolinkki

Merkinantolinkki muodostaa merkinantokanavan siirtotien ja määrittelee sen fyysiset ja sähköiset ominaisuudet. Merkinantolinkkinä käytetään siirtonopeudeltaan 64 kbit/s digitaalista yhteyttä, joka on 2048 kbit/s PCM (Pulse Code Modulation) -johdon yksi aikaväli. Linkki on kaksisuuntainen ja pystyy samanaikaiseen liikennöintiin molempiin suuntiin. Normaalisti merkinantokäytössä on aikaväli 1 ja aikavälit 2–31 ovat puhekäytössä. [Grö93]

Merkinantokanava

Merkinantokanava määrittelee yksittäisen merkinantolinkin kautta tapahtuvaan sanomansiirtoon liittyvät toiminnot ja proseduurit. Tasot 1 ja 2 muodostavat yhdessä kahden pisteen välisen merkinantokanavan (SL, Signalling Link). Ylemmiltä tasoilta tuleva sanoma siirretään merkinantokanavan kautta vaihtelevan pituisina sanomayksikköinä (SU, Signal Unit). Sanomayksiköitä on kolmea tyyppiä:

- täytesanomayksikkö (FISU, Fill-In Signal Unit),
- kanavan tilasanomayksikkö (LSSU, Link Status Signal Unit),
- merkinannon sanomayksikkö (MSU, Message Signal Unit).

[Hei94]

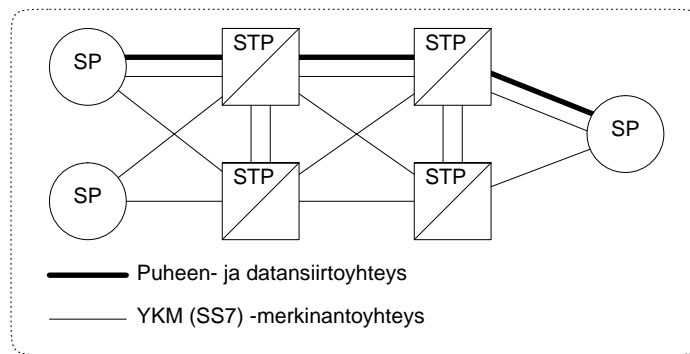
Käyttäjösan sanoma siirretään tietosanomayksiköiden (MSU) vaihtelevan pituisessa merkinantoinformaatiokentässä (SIF, Signalling Information Field), jonka enimmäispituus on 272 oktetia. Tilasanomayksiköitä käytetään merkinantokanavan toiminnan valvontaan. Silloin kun muita sanomayksiköitä ei ole lähetettävänä, siirretään merkinantokanavassa täytesanomayksiköitä solmujen välisen tahdistuksen ylläpitämiseksi. [Rus00]

Merkinantokanavan oikean toiminnan varmistamiseksi sanomayksiköt sisältävät merkinantosanomien informaation lisäksi siirronohjausinformaatiota. Merkinantokanava rajaa sanomayksiköt kehysmerkeillä ja valvoo niiden siirtoa virheen ilmaisen, uudelleen lähetyksen ja järjestyksen valvonnan avulla. [Grö93]

Merkinantoverkko

Merkinantoverkko siis koostuu merkinantopisteistä (SP) ja merkinannon siirtopisteistä (STP). Merkinantopiste voi olla lähtöpiste (OP, Originating Point), osoitepiste (DP, Destination Point), tai siirtopiste. Kahden merkinantopisteen väliset sanomat siirretään merkinantokanavien (SL) välityksellä kuvassa 8 esitetyllä tavalla. Näitä pisteitä suoraan

yhdistävien merkinantokanavien kokonaisuutta kutsutaan merkinantokanavajärjestelmäksi (SLS, Signalling Link Set). [Hei94]



Kuva 8. Merkinantoverkon pelkistetty rakenne.

Merkinannossa käytetään mm. liitännäistä ja näennäisliitännäistä toimintamuotoa. Liitännäisessä toimintamuodossa merkinantosanomien siirretään yhden merkinantokanavajärjestelmän kautta ja näennäisliitännäisessä siirtomuodossa kahden tai useamman merkinantokanavajärjestelmän kautta, eri reittiä kuin sanomiin liittyvä puhetie [Grö93]. Asia voidaan esittää myös niin, että näennäisliitännäisessä toimintamuodossa merkinanto siirretään vähintään yhden STP:n kautta ylläolevan kuvan mukaisesti. Jokainen solmupiste kuitenkin lisää merkinannon siirtoviivettä. Merkinantopisteet muodostavat parin luotettavuuden ja verkon toimintakyvyn ylläpitämiseksi vikatapauksissa. [Rus00]

Jokaisella merkinantopisteellä on verkossa yksikäsitteinen osoitekoodi. Reititykseen käytettävää sanomaosoitteen osaa kutsutaan väyläosoitteeksi (RL, Routing Label). Se sisältää sanoman määränpään kertovan osoitepistekoodin (DPC, Destination Point Code) ja lähtöpisteen kertovan lähtöpistekoodin (OPC, Originating Point Code), sekä kuormanjakoon käytettävän merkinantokanavan valintakentän (SLS, Signalling Link Selection). [Toi97]

Merkinantoverkko määrittelee yksittäisten merkinantokanavien toiminnolle yhteiset siirtotoiminnot. Näitä ovat merkinantosanomien käsittelytoiminnot, jotka ohjaavat sanoman oikeaan merkinantokanavaan tai käyttäjäosaan, sekä merkinantoverkon hallintatoiminnot, joilla ohjataan sanomien reititystä ja merkinantoverkon konfiguraatiota. [Grö93] Tilamuutosten yhteydessä hallintatoimilla pyritään säilyttämään tai palauttamaan verkon sanomansiirtokyky [Hei94].

3.3.2 Merkinantoyhteyden ohjausosa

Merkinantoyhteyden ohjausosa (SCCP) täydentää sanomansiirto-osan palveluja yhteydettömien ja yhteyspohjaisten verkkopalveluiden tarjoamiseksi. Näiden avulla

siirretään yhdysjohtoon liittyvää sekä siitä riippumatonta merkinanto- ja muuta informaatiota. MTP:n ja SCCP:n muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan verkkopalveluosaksi (NSP). [Grö93]

SCCP:n tehtävänä on siirtää YKM-verkossa käyttäjäosien sanomia keskusten ja muiden verkkoelementtien välillä käsittäen useita solmupisteitä, kun MTP-tason osoitteistus rajoittuu kahden merkinantopisteen välille. SCCP:n palveluita tarvitaan, kun sitä ylempien kerrosten sisältämää osoitetietoa ei voi käyttää reititykseen MTP-tasolla, koska käytettävä merkinanto ei pysty erottelemaan sanomia merkinantoyhteyksiksi. Tällöin pelkkä MTP-osoitteistus ei riitä kohteen osoittamiseksi. Lisäksi SCCP erottaa verkon samassa solmussa olevat sovellukset alijärjestelmänumeron (SSN, Sub-System Number) avulla. [Hei99]

SCCP:n tarjoamat verkkopalvelut jaetaan neljään luokkaan, kaksi yhteydettömille ja kaksi yhteyspohjaisille palveluille. Palveluluokat on määritelty seuraavasti:

- luokka 0: Yhteydetön peruspalvelu. Sanomat lähetetään toisistaan riippumattomina yksittäisdatasanomina, jolloin niiden keskinäinen järjestys voi muuttua. SCCP valitsee tämän palveluluokan aina, ellei käyttäjä pyydä muuta luokkaa.
- luokka 1: Järjestysvalvottu (MTP) yhteydetön palvelu. Samaan merkinantoyhteyteen liittyvät sanomat sisältävät saman SLS-arvon, ja MTP takaa sanomien siirtymisen osoitepisteeseen lähetysjärjestyksessä.
- luokka 2: Yhteyspohjainen peruspalvelu. Lähtö- ja tulopisteiden SCCP-käyttäjien välille muodostetaan tilapäinen tai pysyvä kaksisuuntainen merkinantoyhteys. Järjestyksenvalvonta tapahtuu kuten edellä.
- luokka 3: Merkinantoliikenteen valvontaa käyttävä yhteyspohjainen palvelu. Sisältää palveluluokan 2 ominaisuuksien lisäksi merkinantoliikenteen valvonnan. Luokassa 3 on ominaisuus, jolla havaitaan sanomien katoaminen tai väärä järjestys. Tällöin merkinantoyhteys puretaan ja siitä annetaan ilmoitus ylemmille kerroksille.

[Grö93]

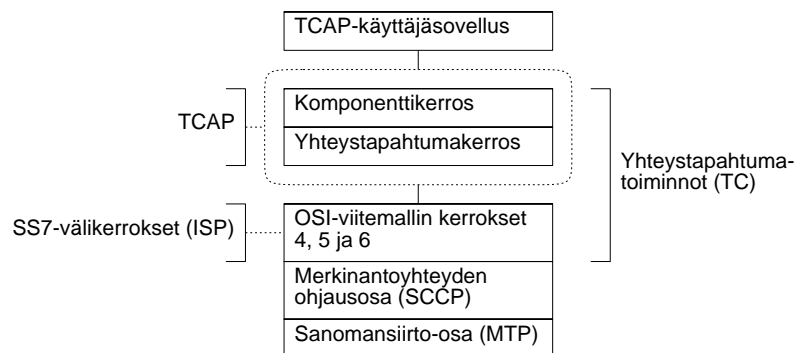
Tässä työssä SCCP-käyttäjäosa tarvitsee ainoastaan palveluluokkia 0 ja 1. Yhteydettömässä palvelussa tieto kahden käyttäjän välillä välitetään yksittäisdatasanomilla (UDT, Unit Data) ja yksittäisdatan palautussanomilla (UDTS, Unit Data Service). Koska nämä luokat eivät sisällä lohkomis- ja uudelleen kokoamisominaisuuksia, on kentän enimmäispituus rajattu 255 oktettiin. [Grö93]

Mikäli kyseessä on saman operaattorin verkko, yksittäisdatasanomien reititys voidaan tehdä ns. suorana osoitteistuksena osoitepisteen ja alijärjestelmänumeron (SSN) avulla.

Esimerkiksi MAP-standardeissa kotirekisterin alijärjestelmännumero on kuusi, vierailijarekisterin seitsemän ja matkapuhelinkeskuksen kahdeksan. Koska MAP-operaatioihin liittyvät verkkoelementit voivat kuulua eri verkko-operaattoreille, niin yksittäisdatasanomien reititetään yleisosoitteen (GT, Global Title) perusteella. Yleisosoitteena voidaan käyttää MSISDN-numeroa. Merkinantopisteen SCCP muuntaa yleisosoitteen suoraksi osoitteeksi. Kun on kyse eri maassa sijaitsevien operaattoreiden välisestä MAP-merkinantoliikenteestä, joudutaan SCCP-sanomat siirtämään myös kansainvälisessä merkinantoverkossa. [Grö93]

3.3.3 Tapahtumankäsittelyosa

Yhteystapahtumatoiminnot (TC, Transaction Capabilities) muodostavat loogisia yhteyksiä eri merkinantopisteissä olevien sovellusten väliseen tiedonsiirtoon IN- ja GSM-verkoissa. TC-kerros muodostuu kuvan 9 mukaisesti tapahtumankäsittelyosasta (TCAP, Transaction Capabilities Application Part) ja välikerroksista (ISP, Intermediate Service Part; OSI-mallissa kerrokset 4–6). Kaikkien sovellusten yhteydessä käytetään yhteydetöntä verkkopalvelua. Tästä johtuen välikerroksille ei sijoitu ollenkaan toimintoja, vaan TCAP käyttää suoraan SCCP:n yhteydettömiä palveluja. Tapahtumankäsittelyosa jaetaan komponentti- ja yhteystapahtumakerroksiin.



Kuva 9. TCAP:n rakenne.

TCAP-käyttäjäsovellus hyödyntää TCAP:n tarjoamia etäoperaatiopalveluja kommunikoidessaan merkinantoverkon välityksellä vastinolon kanssa. Tästä käytetään nimitystä vuoropuhelu (dialogue).

Sovellukset välittävät vuoropuheluissa toisilleen komponentteja, jotka ovat operaatio- tai vastauspyyntöjä. Komponenttikerros käsittelee sovelluksen tietoyksiköitä, jotka sisältävät etäoperaatioita ja niiden vasteita. Etäoperaatiot muodostuvat operaatiokutsusta ja siihen

saatavasta vastauksesta, joka ilmoittaa suorituksen onnistumisesta, virheestä tai hylkäämisestä. TCAP-operaatiot jaetaan neljään luokkaan niihin odotettavien vasteiden perusteella:

1. vastinolio ilmoittaa sekä operaatiopyynnön suorituksen onnistumisesta että epäonnistumisesta,
2. vain epäonnistuneet operaatiopyynnot kuitataan,
3. pelkästään onnistuneet operaatiopyynnot kuitataan,
4. lähettäjälle ei ilmoiteta mitään operaatiopyynnön suorituksen onnistumisesta.

[ITU97]

Sovelluksen TCAP:lle lähettämä data muodostuu yhdestä tai useammasta komponentista, jotka tunnustetaan tehtävätunnuksella (invoke id). Vastaavasti vuoropuhelulle annetaan vuoropuhelutunnus (dialogue id), minkä jälkeen se toimitetaan yhteystapahtumakerrokselle. Vastinolon komponenttikerros tunnistaa vastaanottamansa komponentit näiden tunnusten avulla ja välittää komponentit vastaaville käyttäjäsovelluksille. Taulukossa 3 ovat TCAP-komponenttien (PDU, Protocol Data Unit) käsittelyprimitiivit.

Taulukko 3. TCAP-komponenttien käsittelyprimitiivit [ITU97].

TCAP-komponentin (PDU) käsittelyprimitiivi	Käyttötarkoitus
TC-INVOKE- (REQ, IND)	Etäoperaatiopyyntö, joka voi myös liittyä vastinoliolta vastaanotettuun aiempaan operaatio-kutsumiin.
TC-RESULT-L- (REQ, IND)	Vastaus suoritettuun operaatioon, tai viimeinen osiin jaetusta vastauksesta.
TC-RESULT-NL- (REQ, IND)	Osa vastauksesta, muttei viimeinen. Sanoman koko riippuu SCCP:n MSU-sanomayksikön SIF-kentän pituudesta.
TC-U-ERROR- (REQ, IND)	Vastaus operaatiopyyntöön, jota sovellus ei pystynyt suorittamaan.
TC-L-CANCEL-IND	Ilmoitus paikalliselle TCAP-protokollaa käyttävälle sovellukselle operaatiopyynnön keskeytyksestä aikavalvonnan päättymiseen.
TC-U-CANCEL-REQ	Sovellus keskeyttää operaatiopyynnön paikallisessa järjestelmässä.
TC-L-REJECT-IND	Ilmoitus sovellukselle sen paikallisen järjestelmän TCAP-komponenttikerrokselle lähettämästä viallisesta PDUsta.
TC-R-REJECT-IND	Ilmoitus paikalliselle sovellukselle, että sen lähettämä PDU hylättiin äärijärjestelmän komponenttikerroksella.
TC-U-REJECT- (REQ, IND)	Sovellus hylkää viallisen komponentin.

Yhteystapahtumakerros kokoaa saamistaan komponenteista TCAP-sanoman ja toimittaa sen edelleen verkkokerroksen SCCP:lle. Vuoropuhelutunnus (dialogue id) muutetaan lähtöpisteen yhteystapahtumatunnukseksi, jonka avulla käynnissä olevat yhteystapahtumat erotetaan toisistaan. Yhteystapahtumakerros tarkistaa vastaanottamiensa sanomien rakenteen ja valvoo, että se saa oikean sanoman vastauksena lähettämälleen sanomalle. Mikäli

sanomissa havaitaan virheitä, keskeytetään yhteystapahtuma (provider abort) ja siitä ilmoitetaan käyttäjäsovellukselle.

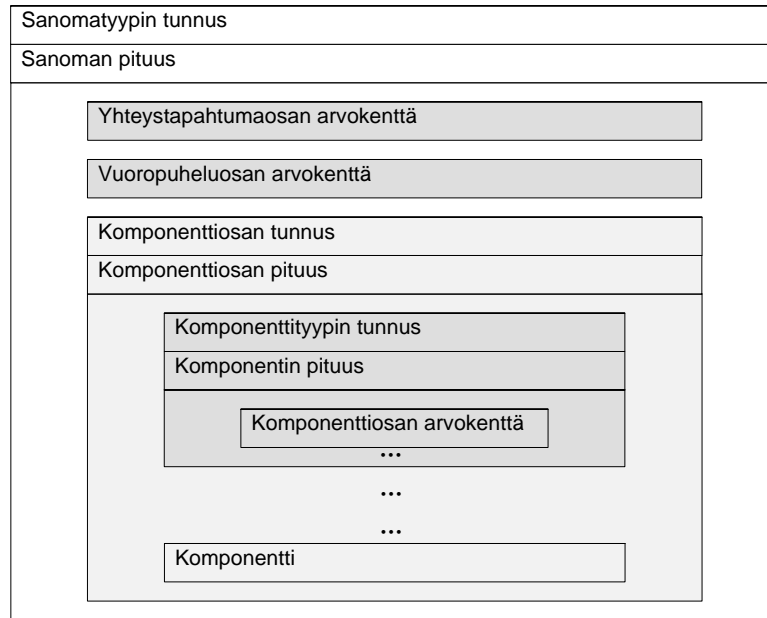
Vuoropuhelu voi olla rakenteeton (unstructured) tai jäsennelty (structured). Jäsennellyssä vuoropuhelussa on eri vaiheita, kuten yhteydenmuodostus (begin), sanomien siirto (continue) ja yhteyden lopetus (end). TCAP-palveluja käyttävä sovellus valvoo vuoropuhelua ja päättää sen normaalisti (end) tai keskeyttää sen (user abort), jos tapahtuu jotain poikkeavaa. Taulukossa 4 ovat TCAP-vuoropuhelun hallintaprimitiivit.

Taulukko 4. TCAP-vuoropuhelun hallintaprimitiivit [ITU97].

TCAP-vuoropuhelun hallintaprimitiivi	Käyttötarkoitus
TC-BEGIN- (REQ, IND)	Vuoropuhelun aloituspyyntö ja ilmoitus kahden TCAP-protokollaa käyttävän vastinoliion välillä. Samalla voidaan lähettää etäoperaatiopyyntö vastinoliolle.
TC-CONTINUE- (REQ, IND)	Vastinolio hyväksyy vuoropuhelun saatuaan TC-BEGIN-IND -primitiivin. Jos primitiivin mukana vastaanotettiin operaatiopyyntö, voidaan vuoropuhelua jatkaa lähettämällä siihen vastaus.
TC-END- (REQ, IND)	Vuoropuhelun lopetus joko neuvottelemalla tai ennalta sovitusti. Pyyntö voi lähettää kumpi tahansa vastinolioista.
TC-U-ABORT- (REQ, IND)	TCAP-protokollaa käyttävän sovelluksen lähettämä vuoropuhelun keskeytys. Mahdolliset jonossa odottavat operaatiopyynnot jätetään käsittelemättä.
TC-P-ABORT-IND	Paikallisessa järjestelmässä tapahtunut TCAP-protokollan sisäinen toimintavirhe, joka aiheuttaa vuoropuhelun keskeytyksen.
TC-NOTICE-IND	Ilmoittaa paikallisesti TCAP-protokollaa käyttävää sovellusta ongelmista joko protokollan sisäisessä toiminnassa tai alemmilla kerroksilla, mutta ei katkaise vuoropuheluyhteyttä.
TC-UNI- (REQ, IND)	Etäoperaatiopyyntö ja ilmoitus vastinolioiden välisessä rakenteettomassa vuoropuhelussa.

Lähettävä sovellus voi laittaa useampia komponentteja samaan viestiin, ennen kuin se välitetään vastapuolelle jollakin primitiiveistä TC-BEGIN, TC-CONTINUE, TC-END, tai TC-UNI. Komponentit toimitetaan samassa järjestyksessä, kuin ne vastaanotettiin lähettävän puolen komponenttikerroksella.

TCAP-sanoma koostuu yhteystapahtumaosasta (transaction portion) ja komponenttiosasta (component portion) (kuva 10). Yhteystapahtumaosan rakenne riippuu sanomatyypistä. Kaikkien sanomien yhteystapahtumaosa sisältää sanomatyypin otsikon ja sanomien kokonaispituuden. Näiden lisäksi yhteystapahtumaosassa voi olla yksi tai kaksi yhteystapahtumatunnusta, komponenttiosan otsikko ja sen pituus, sekä mahdollisesti keskeytyksen syy. Komponenttiosa sisältyy kaikkiin muihin paitsi TC-U-ABORT - ja TC-P-ABORT -primitiiveihin, koska tällöin lähetyksessä olevat komponentit hylätään.



Kuva 10. TC:n yleinen sanomarakenne.

CCITT:n vuonna 1988, ja ITU-T:n vuonna 1992 määrittelemän TCAP:n merkittävä ero on yhteystapahtumaosan rakenteessa. Jälkimmäiseen on lisätty vuoropuheluosa (dialogue portion), jonka avulla sanomia vaihtavat sovellukset voivat sopia käytettävästä sovellussidoksesta (AC, Application Context). Sovellussidos kertoo minkä protokollan mukaisesti TCAP-vastinolioiden käyttäjäsovellukset kommunikoivat. GSM-järjestelmässä MAP-protokollan sovellussidokset määräävät kahden verkkoelementin välisessä vuoropuhelussa sallitut operaatiot.

Lähettilä voi pyytää vastinoliolta operaation suoritusta sovellussidoksen viimeisimmällä versiolla. Jos vastinolio ei pysty suorittamaan sovellussidoksen mukaista operaatiota, lähettäjän on yritettävä uudelleen sovellussidoksen aiemmalla versiolla. Näin pyritään palvelemaan sovellusten lähettämiä etäoperaatiopyyntöjä mahdollisimman hyvin.

4 GSM-verkon yhteyskäytännöt ja palvelut

GSM-järjestelmässä yhteyskäytännöt eli protokollat voidaan jakaa radiotien ja kiinteän verkon protokolliin. Tässä työssä keskitytään pelkästään kiinteän matkapuhelinverkon (PLMN) MAP-protokollaan, joka sijoittuu OSI-viitemallissa sovelluskerrokselle. Protokollan tehtävänä on hallittu tiedonsiirtoyhteyden muodostaminen GSM-verkon eri elementeissä olevien vertaisolioiden välille, tarpeen mukaan valittuun sovellussidokseen kuuluvien operaatioiden suorittaminen äärijärjestelmässä, sekä yhteyden purku.

GSM-standardoinnin kehityksestä Euroopassa vastaa tällä hetkellä 3GPP, joka on muutama kansainvälisen standardointijärjestön, mukaan luettuna ETSI, muodostama yhteistyöjärjestö. Se koostuu viidestä määrittelyryhmästä, joista TSG-CN (Technical Specification Group–Core Network) vastaa mm. MAP-standardoinnista. Yhteistyötä 3GPP:n kanssa tekee ETSIn tekninen komitea MSG (Mobile Standards Group), jolle lakkautetun SMG:n tehtävät siirtyivät.

4.1 MAP-standardointi

Kaikki GSM-järjestelmään kuuluvat standardit on jaettu vaiheisiin 1 (Phase 1), 2 (Phase 2), ja 2+ (Phase 2+). ETSI on julkistanut standardinsa vaiheesta 2+ alkaen vuonna 1996 vuosittain ilmestyvinä versionumeroilla nimettyinä julkaisuina, esim. MAP:n vaihe 2+: "GSM 09.02 version 7.5.1 Release 1998". Matkapuhelinoperaattorit käyttänevät tällä hetkellä (v. 2001) verkoissaan yleisimmin vielä kuitenkin MAP-protokollan vaiheen 2 mukaisia elementtejä.

MAP-standardoinnissa palvelut jaetaan verkko- (bearer services), tele- (teleservices), ja lisäpalveluihin (supplementary services), joista kaksi ensimmäistä muodostavat peruspalvelut. Verkkopalvelut tarjoavat tele- ja lisäpalveluille matalan tason piiri- ja pakettikytkentäistä tiedonsiirtoa. Telepalvelut edellyttävät laitteilta jo korkeamman tason viestintäprotokollia datan ja puheen siirtämistä varten. Tyypillinen telepalvelu on lyhytsanoman välitys, joka aluksi oli joko kahden tilaajan välinen tiedonsiirto (point-to-point) tai yleislähetys solun alueella (cell broadcast). Lisäpalvelut täydentävät peruspalveluita, ja lisäpalvelusta riippuen on jokin verkko- tai telepalvelu oltava tilattuna ennen kuin lisäpalvelua voidaan käyttää. Ensimmäisessä vaiheessa lisäpalveluita olivat soitonsiirrot ja -estot eri tilanteissa. [Red98]

Tele- ja lisäpalvelut ovat operaatioita joita voidaan käyttää laajempien sovellusten rakennusosina. Matkapuhelinverkon elementtien välinen merkinanto koostuu MAP-

protokollan mukaisista operaatioista. Seuraavaksi tarkastellaan lähemmin lyhytsanomien välitykseen liittyviä operaatioita ja niiden kehitystä MAP-standardin eri vaiheissa. Taulukossa 5 olevat lyhytsanomaoperaatiot on ensimmäisen kerran määritelty vaiheessa 1.

Taulukko 5. Lyhytsanomaoperaatiot MAP:n vaiheessa 1 [ETS92].

MAP-SMS-operaatio	Suunta	Määrittelyvaihe
MAP-SEND-ROUTING-INFO-FOR-SM	SMS-GMSC ⇒ HLR	1, 2, 2+
MAP-FORWARD-SHORT-MESSAGE	SMS-GMSC ⇒ MSC MSC ⇒ SMS-IWMSC	1, 2
SET-MESSAGE-WAITING-DATA	SMS-GMSC ⇒ HLR	1
NOTE-MS-PRESENT	VLR ⇒ HLR	1
MAP-ALERT-SERVICE-CENTRE	HLR ⇒ SMS-IWMSC	1, 2, 2+
MAP-SMS-virhetyyppi		
SM-DELIVERY-FAILURE	MSC ⇒ SMS-GMSC SMS-IWMSC ⇒ MSC	1, 2, 2+
Memory capacity exceeded	MSC ⇒ SMS-GMSC	1, 2, 2+
Equipment protocol error	MSC ⇒ SMS-GMSC	1, 2, 2+
Equipment not SM equipped	MSC ⇒ SMS-GMSC	1, 2, 2+
Unknown Service Centre (SC)	SMS-IWMSC ⇒ MSC	1, 2, 2+
Service Centre congestion	SMS-IWMSC ⇒ MSC	1, 2, 2+
Invalid SME address	SMS-IWMSC ⇒ MSC	1, 2, 2+
Subscriber not SC subscriber	SMS-IWMSC ⇒ MSC	1, 2, 2+
MESSAGE-WAITING-LIST-FULL	HLR ⇒ SMS-GMSC	1, 2, 2+

4.1.1 Vaiheen kaksi ominaisuudet

Vaiheen 2 standardit ovat merkinannon osalta taaksepäin yhteensopivia vaiheen 1 kanssa. Näin pyritään takaamaan aikaisempien versioiden mukaisten matkapuhelimien toiminta vähintään peruspalveluiden osalta. Voi olla niinkin, että puhelin tukee uudempaa protokollaversiota kuin sen käyttämä matkapuhelinverkko. Tällöin esim. lisäpalveluiden käyttö on mahdollista verkon tarjoamien ominaisuuksien rajoissa. Vaiheessa 2 MAP-protokollan operaatiot on jaettu kuuteen ryhmään:

1. kaikille operaatiolle yhteiset palvelut (common services),
2. verkkovierailua tukevat palvelut (mobility services),
3. ylläpitopalvelut (operation and maintenance services),
4. puhelunkäsittelypalvelut (call handling services),
5. lisäpalveluiden käyttöön liittyvät palvelut (supplementary services related services),
6. lyhytsanomien hallintapalvelut (short message service management services).

Lyhytsanomien hallintapalvelut käyttävät kaikille operaatioryhmille yhteisiä palveluita, joita tarvitaan vuoropuhelunhallintaan. Ne koostuvat palveluprimitiiveistä, joiden avulla muodostetaan yhteys vastinolioiden välille. Saman yhteyden aikana kumpikin osapuoli voi

lähettää ja vastaanottaa useita operaatiopyyntöjä ja niiden vastauksia. Lopuksi yhteys puretaan hallitusti. Taulukossa 6 on luettelo MAP-vuoropuhelun hallintaprimitiiveistä.

Taulukko 6. MAP-vuoropuhelun hallintaprimitiivit.

MAP-vuoropuhelun hallintaprimitiivi	Käyttötarkoitus
MAP-OPEN- (REQ, IND, RESP, CONF)	Vuoropuhelun aloituspyyntö, ilmoitus, kuittaus, ja vahvistus kahden MAP-protokollaa käyttävän vastinolon välillä. Versioneuvottelu tehdään alussa, jossa sovitaan yhteyden aikana käytettävä MAP-vaihe.
MAP-CLOSE- (REQ, IND)	Vuoropuhelun normaali lopetuspyyntö, jonka voi lähettää kumpi tahansa vastinolioista.
MAP-DELIMITER- (REQ, IND)	MAP-protokollan mukainen operaatiopyyntö lähetetään vastinoliolle.
MAP-U-ABORT- (REQ, IND)	MAP-protokollaa käyttävän sovelluksen lähettämä vuoropuhelun keskeytys.
MAP-P-ABORT-IND	Paikallisessa järjestelmässä tapahtunut MAP-protokollan sisäinen toimintavirhe, joka aiheuttaa vuoropuhelun keskeytyksen.
MAP-NOTICE-IND	Ilmoittaa paikallisesti MAP-protokollaa käyttävää sovellusta ongelmista protokollan sisäisessä toiminnassa, mutta ei katkaise vuoropuheluyhteyttä.

Yhteydenmuostuksessa vastinoliot sopivat minkä MAP-vaiheen mukaisia sovellussidoksia (AC) yhteyden aikana käytetään. Sovellussidos on tietyn tehtävän suorittamista varten muodostettu kokonaisuus, joka sisältää kahden keskenään kommunikoivan verkko-elementin välillä vaihdettavia operaatioita ja niiden tuloksia. Vuoropuhelun aloittava puoli lähettää sovellussidoksen yhteydenmuodostuksen pyyntöprimitiivin (MAP-OPEN-REQ) mukana. Mahdollisuus sovellussidoksen tunnistetietojen välittämiseen etäoperaation mukana on määritelty TCAP:hen vuonna 1992.

Sovellussidos on lohkoista koostuva nimetty tietorakenne. Lohkot voidaan edelleen ryhmitellä operaatiopaketti, jotka sisältävät keskenään kommunikoivien verkkoelementtien välillä lähetettävistä sanomista muodostettuja operaatiolohkoja. Kuvassa 11 esitetty sovellussidos on kuvattu ASN.1 (Abstract Syntax Notation One) -kuvauskielellä.

```

Short-Message-Gateway-Context-v3 APPLICATION-CONTEXT
--Responder is HLR if Initiator is SMS-GMSC
INITIATOR CONSUMER OF {
  Short-Message-Gateway-Package-v3 ::= OPERATION-PACKAGE
  --Supplier is HLR if Consumer is SMS-GMSC
  CONSUMER INVOKES {
    send-Routing-Info-For-Short-Message,
    report-Short-Message-Delivery-Status
  }
  SUPPLIER INVOKES {
    inform-Service-Centre
  }
}
 ::= {map-ac short-Message-Gateway(20) version3(3)}

```

Kuva 11. Sovellussidos SMS-GMSC:n ja kotirekisterin välillä.

Sovellussidokseen kuuluu sen nimeä vastaavan viitenumeron lisäksi versionumero, jotka yhdessä muodostavat yksikäsitteisen tunnuksen, esim. short-Message-Gateway(20) version3(3).

Sovellussidos määrää vuoropuhelun aikana hyväksyttävät operaatiot. Merkintätapa noudattaa etäoperaatiopyynnöissä käytettyä RO-notaatiota (RO, Remote Operations). Siinä INITIATOR-CONSUMER-OF -lohko sisältää operaatiopaketit, joita yhteyden avaaja tarvitsee. Edelleen CONSUMER-INVOKES -lohkossa on operaatiot joita yhteyden avaaja lähettää vastaanottajalle. Operaatioihin kuuluu myös lähettäjän saama vastaus. Vastaanottaja voi lähettää SUPPLIER-INVOKES -lohkossa olevia operaatioita, jotka liittyvät osapuolten väliseen vuoropuheluun. Kuvassa 11 yhteyden avaaja on SMS-GMSC ja vastaanottaja on HLR.

4.1.2 Muutokset lyhytsanomaoperaatioihin vaiheissa 2 ja 2+

MAP-protokollan vaiheissa 2 ja 2+ lyhytsanomaoperaatiot on eritelty selvemmin joko matkapuhelimeen päättyviin tai siitä alkaviin toimintoihin. Nämä operaatiot on lueteltu taulukossa 7.

Taulukko 7. Lyhytsanomaoperaatiot MAP:n vaiheissa 2 ja 2+.

MAP-SMS-operaatio	Suunta	Määrittelyvaihe
MAP-MT-FORWARD-SHORT-MESSAGE	SMS-GMSC ⇒ MSC SMS-GMSC ⇒ SGSN	2+
MAP-MO-FORWARD-SHORT-MESSAGE	MSC ⇒ SMS-IWMSC SGSN ⇒ SMS-IWMSC	2+
MAP-REPORT-SM-DELIVERY-STATUS	SMS-GMSC ⇒ HLR	2, 2+
MAP-READY-FOR-SM	MSC ⇒ VLR VLR ⇒ HLR	2, 2+
MAP-INFORM-SERVICE-CENTRE	HLR ⇒ SMS-GMSC	2, 2+
MAP-SEND-INFO-FOR-MT-SMS	MSC ⇒ VLR	2, 2+
MAP-SEND-INFO-FOR-MO-SMS	MSC ⇒ VLR	2, 2+
MAP-SMS-virhetyyppi		
SUBSCRIBER-BUSY-FOR-MT-SMS	MSC ⇒ SMS-GMSC	2, 2+
ABSENT-SUBSCRIBER-SM	MSC ⇒ SMS-GMSC	2+

Lyhytsanomaoperaatioihin on vaiheen 2 jälkeen tullut parametrimuutoksia, jotka ilmaisevat ovatko operaatiot tai niiden vasteet välitetty GPRS-verkon kautta. Tätä varten on esim. operaatioon MAP-SEND-ROUTING-INFO-FOR-SM on lisätty parametri, joka ilmoittaa pysyykö SMS-GMSC-yhdyskäytävä vastaanottamaan myös SGSN:n (Serving GPRS Support Node) osoitteen. Saman operaation vasteessa kotirekisteri lähettää joko MSC:n tai SGSN:n osoitteen tai molemmat.

4.2 GSM-operaattorikohtaisten palveluiden siirrettävyys

Älyverkkojen henkilökohtaisesti muokattavissa olevat palvelut vastaavat asiakasvaatimuksiin kiinteässä verkossa, mutta matkapuhelinverkkojen ominaispiirteitä älyverkkostandardeissa ei ole huomioitu. Matkapuhelinverkoissa operaattorikohtaiset palvelut (OSS, Operator Specific Services) toimivat ainoastaan tilaajan kotiverkon alueella. Tällaisia palveluita ovat esim. puheluiden ennakkomaksu (prepaid) ja teleäänestys.

Äly- ja matkapuhelinverkkojen ominaisuuksia yhdistäviä standardeja ei juuri ole. Niille olisi kuitenkin tarvetta, koska nykyinen tilanne ei ota kovin hyvin huomioon tilaajan liikkumisesta aiheutuvia seikkoja. Nykyisistä älyverkkopalveluista kansainvälinen tavoitettavuusnumero UPT (Universal Personal Telecommunications) vaatii myös matkapuhelinverkkojen määritysten huomioimista. [Har97]

4.2.1 CAMEL-standardointi

GSM Association ja ETSI ovat yhteistyössä standardoineet CAMEL (Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic) -palvelualustan, joka tuo älyverkoista tuttuja piirteitä matkapuhelinverkkoihin. Tunnusomaisesti se erottaa toisistaan palvelulogiikan ja matkapuhelinkeskuksesta tapahtuvat puhelunkäsittelytoiminnot. CAMEL on GSM-verkon ominaisuus, joka mahdollistaa operaattorikohtaisten lisäpalveluiden käytön vieraan verkko-operaattorin verkossa. Tämä kuitenkin edellyttää operaattoreiden välistä yhteisliikennesopimusta, sekä CAMEL-tukea molemmissa verkoissa.

CAMEL on standardoitu kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe (GSM Release 96) rajoittui peruspuhelunohjaukseen liittyviin toimintoihin, kuten reititykseen, numeron muunnoksiin, takaisinsoittoon ja estoluokkiin. Vaihe 1 tuki rajoitettua määrää (7/29) ETSI CS-1 CoreINAP -älyverkkoprotokollan operaatioista. Sovelluksina voitiin toteuttaa operaattorikohtaiset palvelunumerot ja yksinkertainen kansainvälinen VPN (Virtual Private Network) -palvelu ilman laskutusominaisuuksia, esim. yrityksen vaihdeverkon alaliittymän numero [Pen98].

Toisessa vaiheessa (GSM Release 97 ja 98) standardoitiin SRF-toiminnallisuus, joka mahdollistaa vuorovaikutteiset puhelutapahtumat. Tämän vaiheen ominaisuutena on ennakkomaksu -palvelun käyttö vieraan verkko-operaattorin verkossa (prepaid roaming). Toisessa vaiheessa oli toteutettuna 20/29 CoreINAP-operaatiota. Sovelluksia varten oli saatavilla mm. maantietellinen sijaintitieto, laskentaoperaatioita maksunosoitukseen, ja tiedot GSM-lisäpalveluiden käytöstä [Saa00].

Tähän saakka CAMEL on tukenut ainoastaan MO (Mobile Originated) - ja MT (Mobile Terminated) -puheluita. Kolmannessa vaiheessa (UMTS, Universal Mobile Telecommunications System, Release 99) on määritelty tuki lyhytsanomille, sekä GPRS -datapalveluille. Neljännessä vaiheessa (UMTS Release 00) parannetaan vuorovaikutusmahdollisuuksia lisäämällä puhelunaikaisia havaintopisteitä puhelumalliin. Lisäksi sekä MAP- että CAMEL-merkinanto halutaan siirtää pakettikytkentäiseen verkkoon IP:n (Internet Protocol) päälle. [Saa00]

4.2.2 CAMEL-arkkitehtuuri

CAMEL-palvelualustaan perustuvien matkapuhelinpalveluiden suunnittelun apuna käytetään aiemmin esiteltyä INCM-mallia, jonka mukaisesti palvelulogiikka ja puhelunkäsittely on erotettu toisistaan. Arkkitehtuurissa matkapuhelinverkon rooli on tilaajan sijainnista riippuen joko:

- kotiverkko – HPLMN (Home PLMN), jonka kotirekisterissä ovat tilaajan tiedot,
- vierailtu verkko – VPLMN (Visited PLMN), kun tilaaja on vieraan verkko-operaattorin verkossa, tai
- reitittävä verkko – IPLMN (Interrogating PLMN), jonka GMSC-yhdyskätävä kysyy vastaanottajan kotirekisteristä tämän sijaintia.

Verkko- ja palveluoperaattoreiden olemassa olosta johtuen, operaattorikohtaista palvelulogiikkaa ja palveludataa saattavat ylläpitää eri operaattorit. Lisäksi tilaajalla voi olla käytössään palveluita, joita vierailtu verkko ei tue.

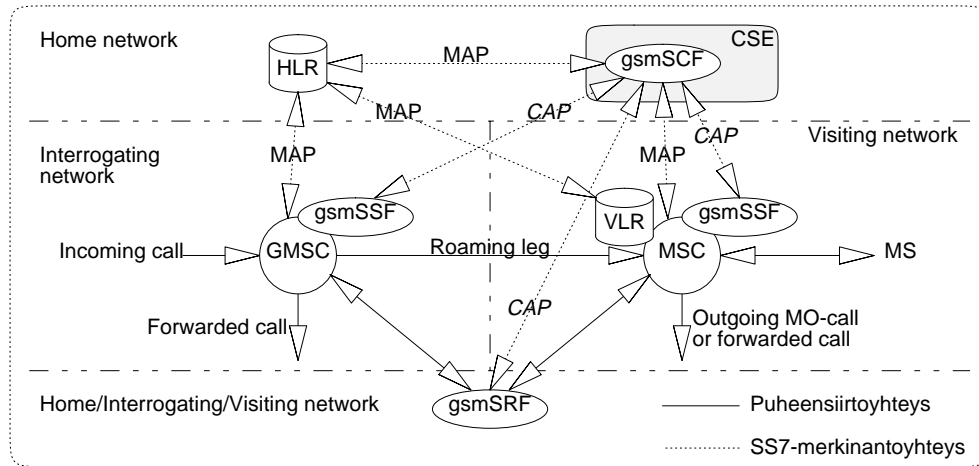
CAMEL-tilaajatiedot (CSI, CAMEL Subscription Information) sijaitsevat tilaajan kotirekisterissä. Niitä tarvitaan matkapuhelimesta alkavien (O-CSI, Originating CSI), ja siihen päättyvien (T-CSI, Terminating CSI) puheluiden käsittelyssä. Nämä tapaukset eroavat lähinnä puhelumallin havaintopisteiden osalta. Tilaajan rekisteröitymisen jälkeen kotirekisteri lähettää CAMEL-tilaajatiedot (O-CSI) vierailijarekisterille. Näihin kuuluvat mm.:

- palvelimena toimivan gsmSCF:n (GSM Service Control Function) yleisosoite,
- palvelulogiikan tunniste (Service Key),
- oletusarvoinen puhelunkäsittely (Default Call Handling) virhetilanteessa.

[ETS99b]

Vaiheessa 2 tilaajan CSI voi sisältää useampia gsmSCF-osoitteita. Palvelu gsmSCF:ssä kysyy vaihenumeroa kotirekisteriltä, joka ei laita lähettämiinsä tilaajatietoihin mitään tämän vaiheen jälkeen lisättyjä parametreja. Siinä tapauksessa, että vierailijarekisteri ei tue

CAMEL:ia tai tukee vanhempaa versiota kuin kotirekisteri, tilaajakohtaisesti kotirekisteri voi päättää asettaa puhelun eston, suorittaa normaalin puhelunkäsittelyn tai operaattori tarjoaa aikaisemman vaiheen CAMEL-tilaajatiedot.



Kuva 12. CAMEL-arkkitehtuuri [ETS99b].

CAMEL-palveluympäristö (CSE, CAMEL Service Environment) valvoo kaikkea puheluliikennettä tilaajan sijainnista riippumatta. CAMEL-tilaajatiedoissa mainitaan, mitä tiettyjä telepalveluita vierailtavan matkapuhelinverkon on tuettava. Poikkeuksena ovat hätäpuhelut, joiden on oltava käytettävissä kaikissa verkoissa. [Red98]

Kun vierailtu matkapuhelinverkko havaitsee että puhelu vaatii CAMEL-ominaisuuksia, se keskeyttää yhteydenmuodostuksen ja ilmoittaa tapahtumasta gsmSCF:n välityksellä kotiverkolle. GsmSCF ohjaa, miten puhelunmuodostusta jatketaan.

GsmSCF (GSM Service Control Function) toteuttaa operaattorikohtaisten palveluiden ohjaamiseen tarvittavan logiikan. Sillä on CAP (CAMEL Application Part) -protokollayhteys gsmSSF - ja gsmSRF -toiminnallisuuksiin. Merkinanto kotirekisteriin ja matkapuhelinkeskukseen tapahtuu MAP-protokollan avulla.

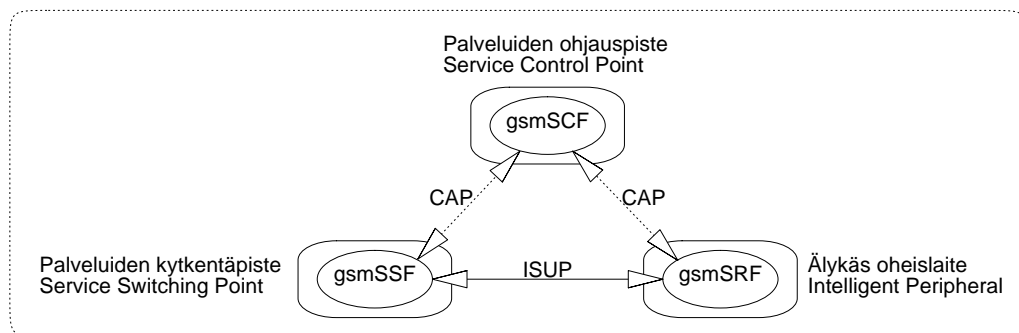
GsmSSF (GSM Service Switching Function) toiminnallisuus on liitetty GMSC-yhdyskäytävään ja matkapuhelinkeskukseen. CAMEL-palveluiden kytkentä perustuu älyverkon SSF:ään, mutta puhelumallissa käytetään tapahtuman käynnistämiseen erityyppisiä liipaisumekanismeja matkaviestinnän luonteesta johtuen. Jos puhelussa tarvitaan CAMEL-palveluita, matkapuhelinkeskus pyytää lisäohjeita gsmSSF:ltä.

GsmSRF (GSM Specialised Resource Function) pystyy vastaanottamaan äänitaajuusmerkkejä sekä soittamaan tiedotteita, joten se toteuttaa samat toiminnot kuin älyverkon

oheislaite. GsmSRF:ää ohjataan gsmSCF:stä CAP-protokollan avulla. Toiminnallisuus voidaan toteuttaa erillisenä komponenttina, tai liittää jonkin keskuksen yhteyteen. [Huo98]

4.2.3 CAP-protokolla

Älyverkon muutaman elementin toiminnallisuudelle löytyy vastaavuus CAMEL-alustassa kuvan 13 mukaisesti. Lisäksi kummassakin yhteys palveluiden kytkentäpisteen ja oheislaitteen, tai vastaavat toiminnallisuudet suorittavien elementtien, välillä perustuu ISUP (ISDN User Part) -protokollaan. Sen sijaan merkinanto palveluiden ohjauspisteeseen perustuu älyverkoissa INAP- ja CAMEL:ssa CAP-protokollaan.



Kuva 13. Älyverkon elementtien ja CAMEL-toiminnallisuuksien vastaavuus.

CAP-protokolla käyttää yhteystapahtumakerroksen palveluita. Se sisältää osan ETSI CS-1 CoreINAP-protokollan operaatioista. CAP-operaatioihin on lisätty matkapuhelinliikenteen vaatimia parametreja, mm. IMSI ja tilaajan sijaintitieto. CAMEL vaatii toimiakseen MAP-protokollan version 3 (vaihe 2+), joka sisältää lisäksi verkkovierailua ja puhelunkäsittelyä koskeviin operaatioihin.

CAMEL:n tulevaisuus riippuu paljon siitä, miten se kehittyy datapalveluiden osalta. Kun datasovellukset esim. GPRS:n myötä lisääntyvät, tulee tarve hallita puhelun aikaista tele- ja dataverkkojen välistä vuorovaikutusta. Tulevaisuuden vuorovaikutteiset multimedia-palvelut asettavat lisäksi omat vaatimukset. Tähän saakka CAMEL on tukenut enimmäkseen puheensirtoon liittyviä palveluita.

4.3 Matkapuhelinliittymänumeron siirrettävyys

Jos matkapuhelintilaaja haluaa esim. kustannussyistä vaihtaa GSM-operaattoria, samalla hänen liittymänumeronsa muuttuu. Uudessa SIM-kortissa myös IMSI-tunnus on muuttunut. Suomessa toimivien eri GSM-operaattoreiden verkkojen kuuluvuusalueet ovat maantieteellisesti nykyisin lähes samat, joten puheyhteyden laatu ei todennäköisesti huonone.

Lisäksi yhteisliikennesopimukset samassa maassa toimivien operaattoreiden välillä varmistavat harvaan asutuilla seuduilla GSM-verkon käytettävyyden, kun sama tukiasema palvelee operaattorista riippumatta.

Yleistymässä on vaihtoehtoinen mahdollisuus vaihtaa GSM-operaattoria niin, ettei tilaajan MSISDN-numero muutu kuin haluttaessa. Matkapuhelinnumeron siirto (MNP, Mobile Number Portability) toisen verkko-operaattorin hallintaan on mahdollista vain kun operaattoreiden välillä on yhteisliikennesopimus. Tällöin tilaajan liittymänumerosta ei voi enää varmuudella päätellä minkä GSM-operaattorin asiakas hän on. Samassa maassa toimivien GSM-operaattoreiden joukko (PLMN) voi muodostaa erityisen klusterin (portability cluster), jonka sisällä operaattoreiden MSISDN-numeroita voidaan siirtää.

Euroopan Unionin teleliikennettä käsittelevän direktiivin mukaan lankaverkoissa on oltava mahdollisuus puhelinnumeron siirtoon toiselle operaattorille viimeistään 1.1.2000. Matkapuhelinnumeron siirrettävyyteen ei ole asetettu tarkkaa päivämäärää, koska direktiivin lopullista sisältöä ei ole vielä määritelty, mutta se pitäisi ottaa käyttöön samoihin aikoihin eri maissa. [Ovu99] Suomessa saatetaan tarvita siirtymäaika, koska kaikkia teknisiä ongelmia ei ole vielä ratkaistu. Telehallintokeskus selvittää niitä yhdessä matkapuhelinoperaattoreiden kanssa. Taulukossa 8 on vertailun vuoksi esitetty, milloin eri maissa on numeron siirtomahdollisuus sekä matkapuhelin- että kiinteissä verkoissa otettu käyttöön.

Taulukko 8. Valmius MNP:n käyttöön muutamissa Euroopan maissa.

Maa	MNP aikataulu (kk/vvvv)	NP tilanne (PSTN)
Alankomaat	04/1999	01/1999
Englanti	01/1999	07/1996
Espanja	07/2000	01/2000
Norja	ei suunnitelmia	06/1999
Ranska	2001	01/1998
Ruotsi	01/2001	07/1999
Saksa	ei tietoa	01/1998
Suomi	2003-2004	06/1997
Tanska	01/2001	10/1999
Venäjä	12/1991	01/2000

Todettakoon, että puhelinnumeron siirto on mahdollista vain matkapuhelin- tai kiinteän verkon operaattoreiden välillä, ei esim. GSM-operaattorilta lankaverkon operaattorille. On kuitenkin olemassa sovelluksia, jotka pystyvät reitittämään puhelun esim. lankaverkosta matkapuhelinverkon numeroon, joka on siirretty MSISDN-numero.

Singaporesta saatujen kokemusten mukaan MNP-ominaisuuteen perustuvaa mahdollisuutta GSM-operaattorin vaihtoon on käytetty vähän. Palvelu on kallis ja siitä laskutetaan

normaalin laskutusjakson yhteydessä lisämaksu. Lisäksi puhelun yhteydenmuodostusajan on todettu kasvaneen. [Ovu99]

4.3.1 Siirrettyjen liittymänumeroiden hallinta

Verkko-operaattorin kannalta vastaanottajan matkapuhelimen MSISDN-numero voi olla aikaisemmin kuulunut omaan hallintaan ja on myöhemmin siirretty toiselle GSM-operaattorille (ported out). Päinvastaisesti numero on voitu siirtää toiselta operaattorilta omaan hallintaan (ported in). Muissa tapauksissa operaattorin omaan numeroavaruuteen kuuluvaa MSISDN-numeroa ei ole siirretty (not ported). Voidaan myös olettaa toisen operaattorin itse ylläpitävän kaikkia niitä numeroita, joita ei tiedetä siirretyksi.

Matkapuhelinnumeron siirto operaattorilta toiselle edellyttää usean tietokannan päivitystä. Nämä on tehtävä tietyssä järjestyksessä, jottei tilaajalle tarjottu palvelu katoa siirron aikana, tai puhelut joudu silmukkaan eri verkkojen välille. Keskeinen elementti on operaattorin kotirekisteristä siirrettyjä MSISDN-numeroita sisältävä NPLR (Number Portability Location Register) -tietokanta. Klusteriin (portability cluster) kuuluvien GSM-operaattoreiden reititystunnukset (RN, Routing Number) on talletettu NPLR-tietokantaan. Tietokanta palauttaa tunnuksen vastauksena reitityskyselyyn, jos tilaajan MSISDN-numero on siirretty. NPLR-tietokanta voi sijaita omissa verkossa (number range owner network), sen GSM-operaattorin verkossa josta numero siirrettiin (donor network), tai sen operaattorin verkossa jonka hallintaan numero siirrettiin (subscription network).

Toinen tärkeä komponentti on MNP-SRF (MNP-Signalling Relay Function). Matkapuhelinverkossa, joka tukee MNP-toiminnallisuutta, kotirekisteriin lähetettävä MAP-merkinantosanomaa voidaan reitittää MNP-SRF:n kautta. Riippuen onko vastaanottajan MSISDN-numero siirretty, MNP-SRF reitittää sanoman edelleen joko mahdollisesti eri kotirekisteriin, NPLR-tietokantaan tai verkkoon johon tilaajan numero on siirretty. MAP-operaatiot reititetään viestissä olevan SCCP-sanoman kohdeosoitteen (CdPA, Called Party Address) perusteella, joka on yleisosoitteena (Global Title) välitettävä MSISDN-numero. Kohdeosoitteen eteen on lisättävä NPLR-tietokannasta saatava verkko-operaattorin reititystunnus (RN), ennen kuin viesti voidaan lähettää vastaanottajan verkkoon. [ETS99a]

GSM-operaattoreiden muodostama klusteri edellyttää, että siihen kuuluvien matkapuhelinverkkojen on tuettava vähintään joko suoraa tai epäsuoraa reititystä. Suora reititys tarkoittaa sitä, että viesti lähetetään suoraan siihen verkkoon, johon vastaanottajan numero on siirretty (subscription network). Tällöin viestin lähetävässä verkossa (donor network) on samanlainen MNP-SRF-toiminto kuin vastaanottavassa verkossa. Epäsuora reititys

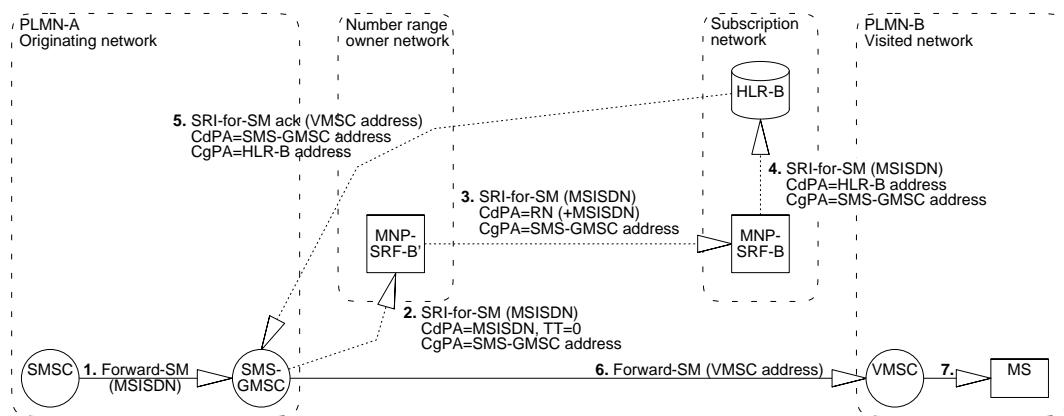
tarkoittaa sitä, että viesti lähetetään ensin siihen verkkoon, joka ylläpitää siirrettyjä MSISDN-numeroita (number range owner network). Tämän verkon MNP-SRF-toiminto reitittää viestin edelleen siihen verkkoon, johon vastaanottajan numero on siirretty.

Suoraa reititystä matkapuhelinverkossa (PLMN) käytävä MNP-SRF-toiminto lähettää reitituskyselyn operaattorin omaan kotirekisteriin, jos verkko-operaattorin MSISDN-numeroa ei ole siirretty (not ported), tai numero on siirretty toisen operaattorin kotirekisteristä (ported in). Jos GSM-operaattorin numero on siirretty (ported out), MNP-SRF-toiminto lähettää viestin eteenpäin (subscription network) NPLR-tietokannasta saadun reititystunnuksen perusteella. [ETS99a]

Epäsuoraa reititystä käyttävä MNP-SRF toimii samalla tavalla kuin suorassa reitityksessä, kun MSISDN-numerot kuuluvat pelkästään sen verkko-operaattorin numeroavaruuteen, jonka verkossa MNP-SRF-toiminto sijaitsee. Muut viestit reititetään siirrettyjä numeroita ylläpitävään verkkoon (number range owner network). Tämän verkon on pystyttävä määrittämään, mitkä omista numeroista on siirretty pois ja mitkä on muualta siirretty omaan hallintaan. [ETS99a]

4.3.2 Lyhytsanomien reititys siirrettyyn numeroon

Lyhytsanomien siirto operaattoreiden välillä (SMS roaming) on vielä melko harvinaista. MNP mahdollistaa lyhytsanomien välityksen siirrettyyn numeroon. Kuvassa 14 käytetään epäsuoraa reititystä.



Kuva 14. Lyhytsanomien välitys siirrettyyn vastaanottajannumeroon [ETS99a].

Kun lyhytsanoma välitetään siirrettyyn numeroon, eikä GSM-verkko (PLMN-A) tue suoraa reititystä, toimii kuvassa 14 esitetty MNP-SRF seuraavalla tavalla:

1. lyhytsanomakeskus lähettää sanoman SMS-GMSC-yhdyskäytävälle,

-
2. SMS-GMSC tekee kyselyn lyhytsanoman reitittämistä varten. MAP-operaation `SRI-for-SM` parametrina on vastaanottajan MSISDN-numero. Viesti lähetetään verkkoon (number range owner network), jossa sijaitsevat sekä NPLR-tietokanta että MNP-SRF-komponentti,
 3. MNP-SRF-B' vastaanottaa viestin ja poimii SCCP-sanomasta kohdeosoitteen (CdPA, Called Party Address), joka on yleisosoitteena saatu MSISDN-numero. NPLR-tietokannasta saadun MSISDN-numeroa vastaavan reititysnumeron (RN) perusteella MNP-SRF-B' pääättelee numeron siirretyksi. Se muokkaa SCCP-sanoman kohdeosoitetta (CdPA) lisäämällä MSISDN-numeron eteen reititysnumeron. Tämän jälkeen lähetetään operaatio `SRI-for-SM`, jonka parametrina on tilaajan siirretty MSISDN-numero, verkkoon jossa tilaajan tietoja ylläpidetään (subscription network),
 4. MNP-SRF-B vastaanottaa viestin ja poimii SCCP-sanomasta jälleen kohdeosoitteen. Se poistaa CdPA-osoitteen alussa olevan reititysnumeron ja lähettää MSISDN-numeron parametrina NPLR-tietokantakyselyyn. Jollei saadussa vastauksessa ole uutta reititysnumeroa, MNP-SRF-B pääättelee numeron siirretyksi tähän verkkoon. Tällöin SCCP-sanoman kohdeosoitteeksi (CdPA) laitetaan tilaajan kotirekisterin osoite (HLR-B address), ennen kuin operaatio `SRI-for-SM` lähetetään,
 5. kotirekisteri vastaa reitityskyselyyn lähettämällä SMS-GMSC:lle operaation `SRI-for-SM-ack`, jonka parametrina on sen matkapuhelinkeskuksen osoite jonka alueella tilaaja on (VMSC address),
 6. SMS-GMSC-yhdyskäytävä pystyy nyt reitittämään lyhytsanoman kohteeseen MAP-operaatiolla `Forward-SM`, jonka parametrina on kotirekisteriltä saatu matkapuhelinkeskuksen osoite,
 7. matkapuhelinkeskus välittää lyhytsanoman edelleen tilaajan matkapuhelimeen.

Matkapuhelinnumeron siirto vaikuttaa kaikkiin MSISDN-numeroon perustuviin GSM-verkon palveluihin. Tosin MNP ei koske palveluiden siirtoa. Jos palvelu ei ole saatavilla uudessa verkossa, eivät myöskään numeronsiirtotoiminnot pysty tarjoamaan entisen verkon palvelua siirrettyyn numeroon.

5 GSM–MAP-protokollan toteutus älyverkko-ohjelmistoon

Nykyiset matkapuhelin- ja älyverkot eivät todennäköisesti pysty enää itsenäisinä järjestelminä vastaamaan tulevaisuuden palveluiden vaativiin tarpeisiin, vaan eri verkkotekniikoiden – GSM, IN, ja IP – parhaat ominaisuudet on yhdistettävä uudeksi palveluiden ohjausjärjestelmäksi. Tällaisten järjestelmän tavoitteena on eri verkkojen liittäminen yhteen luotettavaksi ja joustavaksi palveluympäristöksi. [Int99a]

Älyverkkopalveluiden ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan ympäristöä, johon älyverkkopalvelut voivat liittyä päästäkseen osalliseksi kommunikaatioon erilaisissa tietoliikennejärjestelmissä. Ohjausjärjestelmän tehtävänä on myös varmistaa, että palvelu on jatkuvasti käytettävissä vaadituissa olosuhteissa. [Vep98]

5.1 Kohdeympäristö

Työn kohteena oleva älyverkkopalveluiden ohjausjärjestelmä OSN (Open Service Node) koostuu verkkorajapinnoista ja palvelunkehitysympäristöstä, sekä niitä tukevista hälytys-, tilastointi- ja laskutusrajapinnoista. OSN-ohjelmisto soveltuu uusien lisäarvopalveluiden kehitykseen verkko- ja palveluoperaattoreille, sekä matkapuhelin- että älyverkkoihin.

Ohjausjärjestelmä tarjoaa sovelluksille keskitetyt hallintatoiminnot, joilla palveluiden toimintaa valvotaan ja ohjataan. OSN-järjestelmä koostuu seuraavista osakokonaisuuksista:

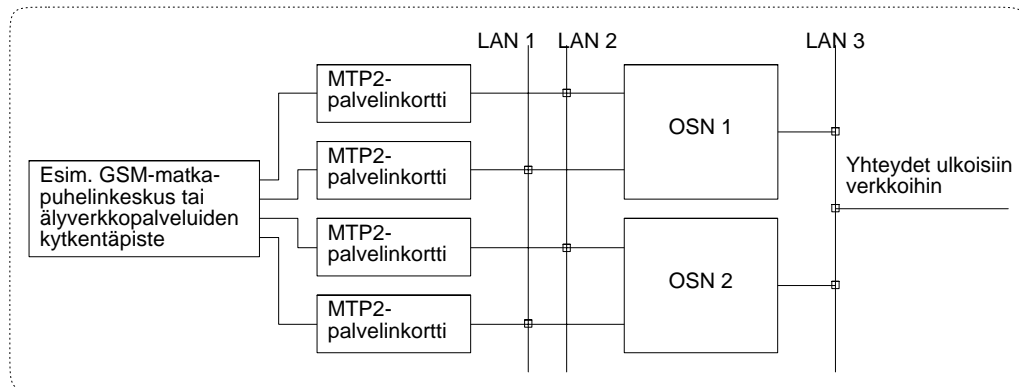
- hallintatyökalut ja -rajapinnat (management interfaces), joilla ohjelmisto ja palvelut asennetaan ja konfiguroidaan. Käyttöliittymästä nähdään järjestelmän tekemät hälytykset, ja voidaan kuitata ne kun vika on korjattu. Lisäksi voidaan seurata halutuista tapahtumista kerättyjä tilastotietoja, ja tarvittaessa tutkia eri prosessien tuottamia lokitiedostoja,
- laskutusrajapinnat (billing interfaces) tarjoavat yhteyden ulkoisiin asiakas- ja laskutusjärjestelmiin,
- sisältöraajapinnat (content interfaces) mahdollistavat tilaajakohtaisten palvelutietojen luotettavan talletuksen,
- verkkorajapinnat (network interfaces) tarjoavat palveluiden tarvitsemat ohjelmointirajapinnat eri merkinantoverkkojen protokolleihin. Verkkorajapinnat tukevat kiinteissä- ja matkapuhelinverkoissa tapahtuvaa datansiirtoon liittyvää merkinantoa,
- kehitystyökalut (development tools) sisältävät ohjelmistokehityksessä usein tarvittavia yleiskäyttöisiä funktioita, sekä sovelluksen ohjelmointia, testausta ja vianetsintää tukevia apuneuvoja ja menetelmiä,

- palvelulogiikka (service logic) toteutetaan kehitysympäristössä, joka tarjoaa palvelun ohjelmoijalle valmiin palvelurungon, kehitystyökalut, ja verkkorajapinnat.

[Int99b]

Verkkorajapinnat käyttävät SS7-protokollan tiedonsiirtopalveluita verkkopalveluosan avulla, joka OSN-järjestelmässä koostuu erillisistä MTP2-palvelinkorteista (front-end servers) ja ohjelmallisesti toteutetusta SS7-prosessista. Tämä OSN:n SS7-prosessi sisältää protokollakerrokset MTP:n tasosta 2 ylöspäin TCAP:hen saakka.

OSN-järjestelmä koostuu UNIX-palvelin- tai työasemakoneesta. Toiminnan varmistamiseksi on mahdollista käyttää kuvassa 15 esitettyä kahdennettua järjestelmää. Käyttöjärjestelmä voi olla HP-UX, Solaris tai Linux. Lisäksi tarvitaan vähintään kaksi MTP2-verkkokorttia ja niihin tarvittavat palvelinohjelmistot. Korttien välityksellä OSN kytkeytyy esimerkiksi kotirekisteriin tai matkapuhelinkeskukseen. MTP2-kortit toteuttavat SS7:n merkinantokanavan (signalling link) toiminnallisuuden. Niiden enimmäismäärä on 60, joten OSN-ohjelmisto pystyy hallitsemaan samanaikaisesti useiden rinnakkaisten palveluiden verkkoyhteyksiä.



Kuva 15. OSN-verkkoyhteykset [Int99b].

Kuvan mukaisesti verkko koostuu kolmesta erillisestä verkosta (LAN, Local Area Network). OSN-koneiden ja MTP2-palvelimien yhteys on varmistettu kahdella toisistaan fyysisesti erillään olevalla yhteydellä (LAN 1 ja LAN 2). Näiden verkko-osoitteet voi vapaasti valita yrityksen sisäisestä osoiteavaruudesta, mutta ulkoiset osoitteet (LAN 3) valitsee operaattori.

5.2 Käytetyt työkalut

Protokollaohjelmoinnin tukena käytetään kehitystyökaluja, joiden tarkoituksena on selkiyttää ohjelmointia sekä vähentää virheiden mahdollisuutta. Kehitystyökalujen

vaatimat yhtenäiset ohjelmointikäytännöt auttavat muita ymmärtämään, mitä koodissa tapahtuu. Laajoissa ohjelmistoprojekteissa yhtenäiset menetelmät helpottavat ja nopeuttavat useista moduuleista koostuvan ohjelmiston kokoamista ja ylläpitoa.

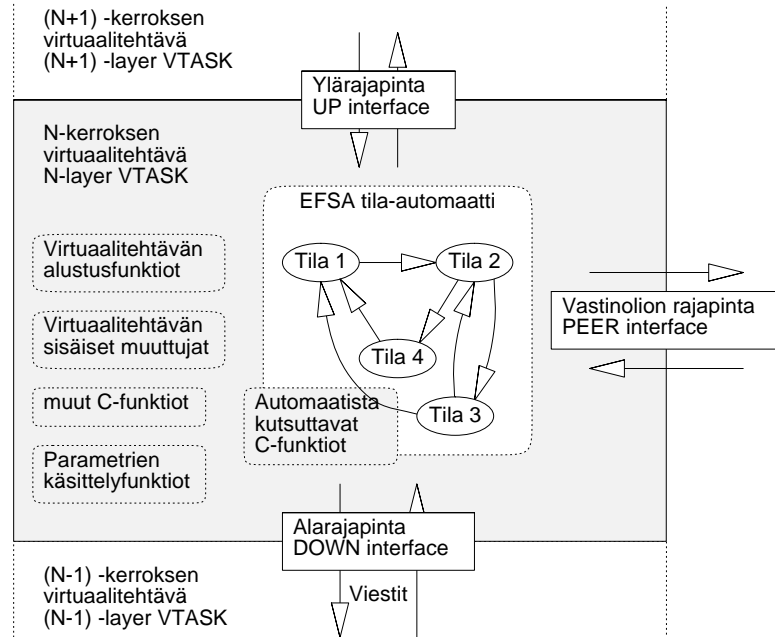
5.2.1 CVOPS

CVOPS (C-based Virtual Operating System) on tietoliikenneprotokollien suunnitteluun tarkoitettu kehitystyökalu ja ajonaikainen suoritusympäristö. CVOPS-protokollamalli noudattaa OSI-viitemallia, jossa protokollien välinen tiedonsiirto perustuu kerroksiin ja niiden välisiin palvelurajapintoihin. Kukin OSI-mallin kerros käyttää yhteisen rajapinnan kautta hyväkseen alemman kerroksen palveluja, lisää niihin toiminnallisuutta ja tarjoaa omia palvelujaan ylemmälle kerrokselle. Eri äärijärjestelmissä sijaitsevat saman kerroksen oliot kommunikoivat keskenään käyttäen ko. kerroksen yhteyskäytäntöä eli protokollaa. Myös tällaisen ns. peer-to-peer -protokollan viestit kulkevat CVOPS:ssa alempien kerrosten kautta.

CVOPS-sovellus koostuu itsenäisistä olioista, virtuaalitehtävistä (vtask, virtual task), joita voidaan verrata käyttöjärjestelmän prosesseihin. Yksi virtuaalitehtävä toteuttaa yleensä yhden toiminnallisen kokonaisuuden, kuten yhden protokollaolion. Monimutkaisemmissa protokollissa yksi protokollakerros koostuu useista virtuaalitehtävistä. Kerrokset muodostavat protokollapinon, yhden ajokelpoisen tiedoston. [Sar96]

CVOPS on virtuaalinen käyttöjärjestelmä, joka tarjoaa CVOPS-prosesseille käyttöjärjestelmälle tyypillisiä palveluita, kuten virtuaalitehtävien välisen sanomanvälityksen, ajastinpalvelut ja muistinhallinnan. Lisäksi se tarjoaa tapahtumien jäljitysominaisuudet ja lokeihin tallentamisen, sekä testaus ja vianetsintä toiminnot. CVOPS käyttää hyväkseen varsinaisen käyttöjärjestelmän palveluita siten, etteivät ne näy virtuaalitehtäville.

Virtuaalitehtävän sisäiseen rakenteseen kuuluvat sen sisäiset muuttujat, ajastimet, tila-automaatin tilat ja protokollan vastinolioiden toisilleen lähettämät tietoyksiköt (PDUt), jotka ohjelmoijan on lueteltava erilliseen määrittelytiedostoon. CVOPS tarjoaa mekanismit virtuaalitehtävien välisten rajapintojen toteuttamiseen, joiden kautta viereiset virtuaalitehtävät voivat lähettää viestejä toisilleen (kuva 16). Ohjelmointi perustuu C-kielen lisäksi prosessin toiminnan kuvaamiseen tilakoneina. Tilakoneessa vastaanotettu viesti laukaisee tapahtumasarjan, jossa voidaan käsitellä ajastimia, asettaa muuttujille arvoja, kutsua automaattifunktioita, lähettää viestejä, tai tehdä tilasiirtymiä. Jokaisella virtuaalitehtävällä on oma muuttuja- ja ajastinavarautensa [Sar96].



Kuva 16. Virtuaalitehtävän (VTASK) sisäinen rakenne.

Virtuaalitehtävän toiminnallinen logiikka kuvataan tila-automaatin avulla, jonka kuvauskieli perustuu äärelliseen tila-automaattiin (EFSA, Extended Finite State Automaton). Automaatissa käytetään ohjelmoijan määrittelemiä tiloja, syötteitä ja tilasiirtymiä. Protokollatoteutuksissa syötteet ovat viereisiltä kerroksilta vastaanotettuja primitiivejä tai tietoyksiköitä. EFSA on tulkettava kieli, jolla tehdystä automaatista pystytään käsittelemään virtuaalitehtävän muuttujia, lähettämään viestejä ja kutsumaan myös C-funktioita. Ulkoisia C-funktioita tarvitaan täydentämään EFSA-kieltä, joka ei esim. tue kuin harvoja tietotyyppisiä. [Sar96]

Virtuaalitehtävä voidaan määritellä joko yhdeksi prosessin logiikkaa ohjaavaksi hallintatehtäväksi (entity vtask) tai multipleksaavissa protokollissa useampiin samanlaisiin yhteysvirtuaalitehtäviin (connection vtasks). Joka tapauksessa yhteysvirtuaalitehtävät vaativat jonkinlaisen hallintavirtuaalitehtävän, joka reitittää tulevat viestit oikealle yhteydelle. Samalla kerroksella olevat hallinta- ja yhteysvirtuaalitehtävät ovat tila-automaattia lukuunottamatta samanlaiset.

CVOPS-toteutus rakennetaan kirjoittamalla joukko protokollakohtaisia tiedostoja. CVOPS tarjoaa käyttäjälle toteutuksen protokollariippumattomat osat valmiina. Osat yhdistämällä saadaan varsinainen suorituskelpoinen ohjelma. Protokolla voidaan toteuttaa joko yhteen tai useampaan prosessiin. Kahden erillisen prosessin välinen tiedonsiirto tapahtuu esimerkiksi sokettirajapinnalla, kun yksittäisessä prosessissa CVOPS hoitaa tiedonsiirron.

5.2.2 ASN.1 ja CASN

Tietoliikenneverkoissa välitettävä tieto kuvataan usein abstrakteilla standardoituilla kuvauskielillä. Eräs tällainen yleisesti käytetty formaali kuvauskieli on ASN.1 (Abstract Syntax Notation One). Lisäksi tarvitaan kääntäjä, joka tekee määrittämisistä lokaaleja laitekohtaisia tietotyyppejä. Protokollien primitiivit ja PDUt on GSM-standardeissa kuvattu ASN.1:llä, joten MAP:n operaatiot kirjoitetaan niiden perusteella.

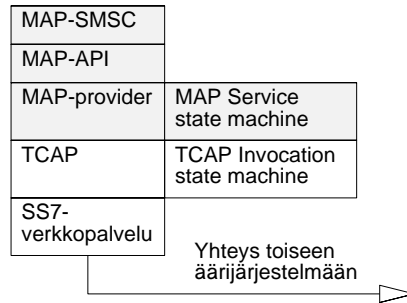
Tiedonsiirtoa varten primitiivit ja PDUt on pakattava jonkun siirtosyntaksin mukaisesti (encoding), josta vastaanottaja osaa purkaa saamansa viestin takaisin lokaaliin esitysmuotoon (decoding). Siirtosyntaksina ASN.1 käyttää BER:iä (Basic Encoding Rules), jonka koodaussäännöt määrittävät jokaiselle ASN.1-arvolle sen tietotyypin, pituuden ja varsinaisen arvon mukaisen yksikäsitteisen esityksen.

CASN (Compiler for ASN.1) koostuu työkaluista, joiden avulla ASN.1 määrittämisistä tuotetaan esim. C-kielisiä tietorakenteita ja koodausfunktioita. Se toimii hyvin yhdessä CVOPS:n kanssa. Siirtosyntaksi BER toimii ajonaikaisena kirjastona automaattisesti.

5.3 Toteutuksen suunnittelu ja rakenne

Matkapuhelinverkon verkko- ja kytkentäalijärjestelmään kuuluvien elementtien väliseen merkinantoon tarkoitettun MAP-protokollan suunnittelussa ei ole erityisiä huomioon otettavia rajoituksia, kuten muistikapasiteetti, koska tavallisesti suoritusympäristönä on tehokas tietokone. Näin ollen työssä jää tehtäväksi verkkoelementin toimintalogiikan suunnittelu ja merkinannon toteuttaminen. Testausta varten tehtiin lyhytsanomakeskuksen merkinantoa ja sanomien reititystä jäljittelevä ohjelma.

MAP-protokollan operaatiot on luokiteltu neljään aikajaksoon, jonka kuluessa operaatioon mahdollisesti kuuluvan vastauksen pitäisi saapua. Sekä lähetävä että vastaanottava sovellus käynnistävät aikavalvontaa ylläpitävän MAP-SSM (MAP-Service State Machine) virtuaalitehtävän, (kuva 17). Tämä puolestaan käynnistää jokaista operaatiopyyntöä varten yhteysvirtuaalitehtävän. Onnistuneen operaation jälkeen yhteysvirtuaalitehtävän ajastin pysäytetään. Muussa tapauksessa se ilmoittaa joko ajastimen laukeamisesta tai yhteyksien loppumisesta.



Kuva 17. Protokolla-arkkitehtuuri.

Sovellussidokset (AC) ja operaatiopaketit on taulukoitu, jolloin operaatiopyynnön saatuaan sovellus tarkistaa kuuluuko ko. operaatio annettuun sovellussidokseen. Jos ei kuulu, niin vuoropuhelun avausta vastinoliioon ei yritetä.

Virtuaalitehtävän (MAP-provider) CVOPS-yläraajapinnan parametrilohkossa kulkee mm. vastaanottajan SCCP-osoite, vuoropuhelu- ja operaatiotunnisteet, protokollan versionumero, mahdollisten poikkeustapausten tarkennustietoa, sekä ASN.1-parametrilohko. CASN määrittelee ettei rajapinnan parametrilohkoa tarvitse erikseen tehdä, jos kaikki arvot on ASN.1-kuvattu. Tästä seuraisi vaan ylimääräistä viestinkäsittelyä ja muutenkin CASN:n tietotyyppien määrä oli tarkoitus saada yläraajapinnassa mahdollisimman pieneksi, joten ASN.1-muuttujia käsitellään paikallisissa viesteissä, joista ainoastaan parametrit talletetaan normaalin CVOPS-parametrilohkon muuttujaan. Alarajapinta TCAP:iin on kokonaan ASN.1-rajapinta.

5.3.1 Ohjelmointirajapinta

MAP-protokollan ohjelmointirajapinta (MAP-API) tarjoaa C-ohjelmointikielisen funktio-kirjaston. Tarkoitus on etteivät CVOPS- ja CASN-keskeiset tietotyypit ja -rakenteet näy funktio-kirjastossa. Ohjelman suorituksen alussa varataan muistia lähetettävää viestiä varten, sekä asetetaan protokollan tukemat sovellussidokset, joiden operaatioille on ohjelmoitu käsittelyfunktiot. Lähetettävän palveluprimitiivin lisäksi on annettava operaatiotunnus. Tämän perusteella lähettäjältä kysytään operaatioon kuuluvien parametrien arvot ennen kuin viesti lähetetään.

Viestien käsittelyfunktiot huolehtivat lyhytsanomien sisältävien viestien lähettämisen ja vastaanottamisen, sekä niiden parametrilohkon muistinvarauksen ja -vapautuksen. Ohjelmointirajapinnassa on lisäksi tarvittavien parametrien arvojen asetus- ja purkufunktioita sekä vuoropuhelunhallinta- että lyhytsanomaoperaatioiden lähetystä varten. Kuvassa 18

oleva funktio asettaa lähetettävään parametrilohkoon MAP-vuoropuhelun avauspyynnössä tarvittavien parametrien arvot.

```
int mapSetOpenRequest (
    int dialogueId, /* unique identifier between communicating parties */
    int mapVersion, /* one of three alternatives (1, 2, 2plus) */
    int applicationContextType, /* fixed AC type identifier */
    int destPointCode, /* SCCP receiving PC */
    int destSubSystemNumber, /* SCCP receiving SSN */
    int destRoutingIndicator,
    /* whether receiving party uses direct or GT addressing */
    GLOBAL_TITLE destGlobalTitle, /* SCCP receiving GT */
    char destReference[MAX_ADDRESS_LENGTH], /* MAP receiving address */
    int origPointCode, /* SCCP sending PC */
    int origSubSystemNumber, /* SCCP sending SSN */
    int origRoutingIndicator,
    /* whether sending party uses direct or GT addressing */
    GLOBAL_TITLE origGlobalTitle, /* SCCP sending GT */
    char origReference[MAX_ADDRESS_LENGTH], /* MAP sending address */
    ByteSeq specificInformation) /* user defined extra info */
{
    if (!sendBlock) { return NOT_OK; }
    /* mandatory */
    if (!dialogueId) { return VALUE_NOT_PRESENT; }
    sendBlock->dialogueId = dialogueId;

    /* mandatory */
    if (!mapVersion) { return VALUE_NOT_PRESENT; }
    sendBlock->mapVersion = mapVersion;

    ...

    return OK;
}
```

Kuva 18. Vuoropuhelun avauspyynnössä tarvittavien parametriarvojen asetus.

Ennen kuin sanoma lähetetään MAP-OPEN-REQ -primitiivillä, täytyy parametrilohko liittää CVOPS-viestiin. Tämä tapahtuu funktiossa sendMAPMessage(), joka samalla varaa muistia seuraavaa viestiä varten, niin että aina on yhtä viestiä varten tila valmiina. Vastavasti kun vastaanotetaan MAP-OPEN-IND -primitiivi, funktio receiveMAPMessage() siirtää viestissä tulleen parametrilohkon parametrien arvot virtuaalitehtävän sisäisiin muuttujiin. Funktiolla freeMAPMessage() vapautetaan varatut muistialueet.

5.3.2 Versioneuvottelu

Versioneuvottelussa MAP-protokollaa käyttävät vastinoliot sopivat protokollaversioon, johon kuuluvia sovellussidoksia yhteyden aikana tullaan tarvitsemaan. Vuoropuhelun aloitava osapuoli haluaa käyttää MAP-version 3 (vaihe 2+) mukaisia sovellussidoksia, joten se pyytää vaiheen 2+ mukaisen yhteyden muodostamista. Jos vastaanottaja tukee samaa vaihetta, se hyväksyy yhteyden normaalisti lähettämällä MAP-OPEN-RESP -primitiivin. Mutta jos vastaanottaja tukee vanhempaan protokollaversioon kuuluvia sovellussidoksia, se hylkää yhteyspyynnön MAP-P-ABORT -primitiivillä ja ilmoittaa samalla minkä vaiheen

mukaista protokollatoteutusta käyttää, esim. vaihe 2. Seuraavaksi yhteydenmuodostusta on yritettävä tämän vaiheen mukaisesti.

MAP-protokolla on melko hyvin taaksepäin yhteensopiva, joten vaihtaminen sovellussidoksen vanhempaan versioon (protocol fallback) ei yleensä aiheuta ongelmia. Vakiintuneiden operaatioiden parametreissa ei juurikaan ole tapahtunut muutoksia, ja lisäykset ovat valinnaisia, jolloin parametriarvojen puuttuminen ei haittaa. Ne mitä esim. lyhytsanomaoperaatioihin on lisätty, liittyvät sanomien välitykseen GPRS-järjestelmän kautta. Toistuvat protokollaversioiden muutokset lisäävät kuitenkin merkinantoverkon liikennekuormaa.

5.3.3 Lyhytsanomien välitys

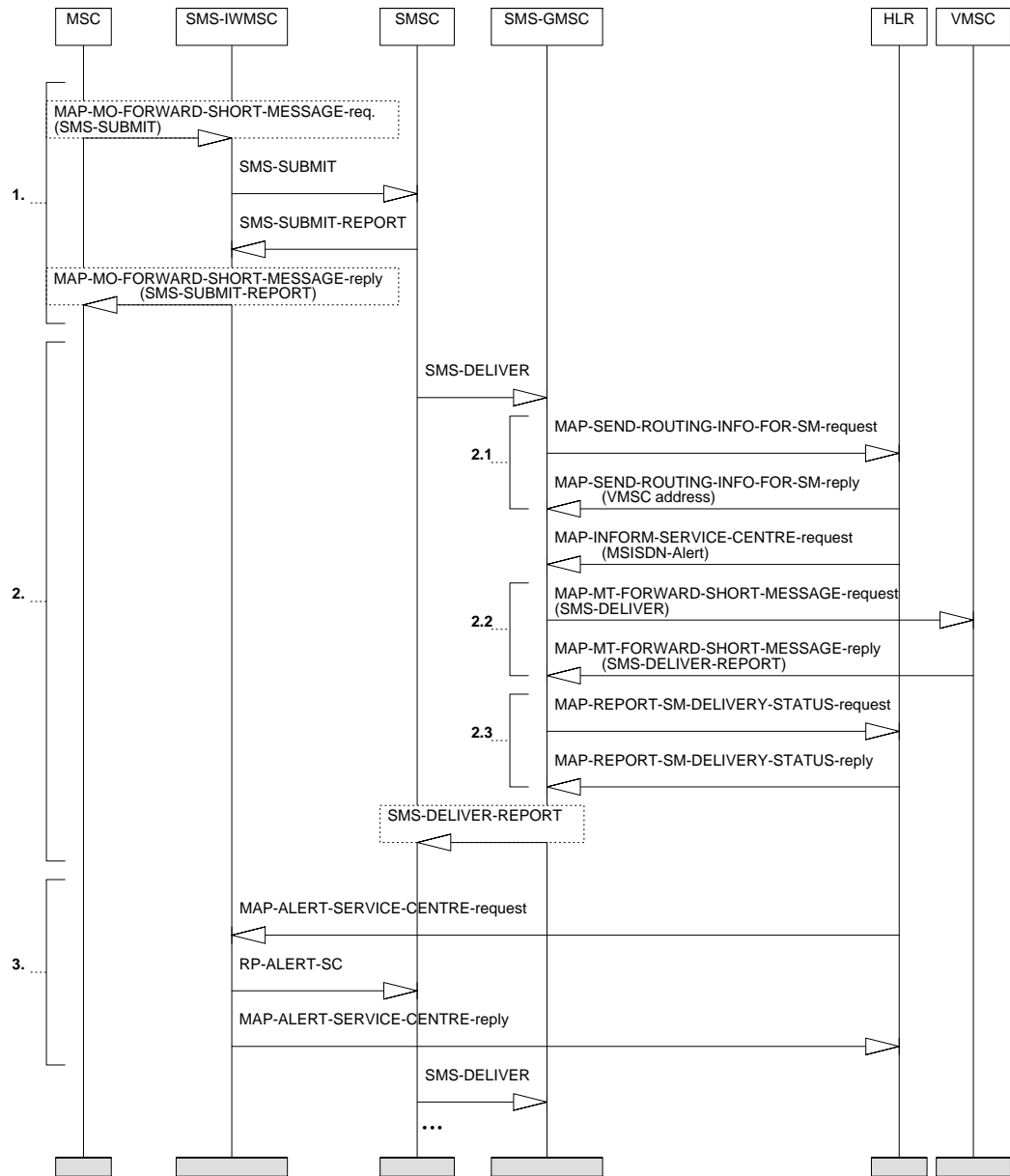
Lyhytsanomien käsittelyyn pystyviä laitteita kutsutaan yleisesti SME:ksi (Short Message Entity). Koska termi ei ilmaise täsmällisesti sanomien lähetykseen ja vastaanottoon käytettyä tapaa, pitäisi mieluummin viitata matkapuhelimeen, ja selkeästi sen yhteydessä mahdollisesti käytettäviin muihin laitteisiin ja tietokoneohjelmiin.

Toteutetut MAP-protokollan lyhytsanomaoperaatiot välittävät matkapuhelimesta alkavat (MO-SM, Mobile Originated Short Message), ja siihen päättyvät (MT-SM, Mobile Terminated Short Message) lyhytsanomamatkat puhelin- ja lyhytsanomakeskuksen välillä. Matkapuhelimeen päättyvän lyhytsanomien välitykseen liittyy lisäksi reititystiedon hakeminen vastaanottajan kotirekisteristä.

Kaikki lyhytsanomamatkat kulkevat lyhytsanomakeskuksen kautta, joka tallettaa sanoman ennen sen lähetystä vastaanottajalle. Jos vastaanottaja ei ole tavoitettavissa, tai hänen matkapuhelimessaan ei ole vapaata muistia uusien lyhytsanomien tallettamista varten, lyhytsanomakeskus yrittää uudelleenlähetystä tietyn ajan kuluttua. Kun lyhytsanomakeskus vastaanottaa SMS-GMSC-yhdyskäytävän välityksellä matkapuhelinkeskukselta tiedon sanoman perillemenosta, se ilmoittaa välitystiedot lyhytsanomien lähettäjälle, jos tämä on niin pyytänyt.

Lyhytsanomakeskus käyttää reitityksen apuna SMS-GMSC:tä, kun se lähettää lyhytsanomien sille matkapuhelinkeskukselle, jonka alueella vastaanottaja on. Matkapuhelimesta lähetetyt lyhytsanomamatkat välitetään SMS-IWMSC-yhdyskäytävän kautta lyhytsanomakeskukselle (kuva 19). Jos vastaanottajalla on saman operaattorin liittymä, siirtyy MO-SM-viesti heti saman lyhytsanomakeskuksen SMS-GMSC:n käsiteltäväksi. [Buc99b]

Ennen kuin matkapuhelimeen lähetettävä lyhytsanoma voidaan ohjata eteenpäin, kysyy SMS-GMSC vastaanottajan kotirekisteristä matkapuhelinkeskuksen osoitteen operaatiolla MAP-SEND-ROUTING-INFO-FOR-SM. Tieto siitä ettei vastaanottaja ole tavoitettavissa saadaan kotirekisteriltä edellisen operaation vastauksena. Tällöin lyhytsanomakeskuksen on talletettava sanoma myöhempää lähetyseritystä varten. Jos kyselyn vastauksena ei saatu virhettä, lyhytsanoma lähetetään operaatiolla MAP-FORWARD-SHORT-MESSAGE osoitessa olevaan matkapuhelinkeskukseen. Tämä kysyy tilaajan sijaintia vierailijarekisteriltä, joka tarvittaessa tekee sijainninpäivityksen. Vierailijarekisteri tallettaa tiedon, jos vastaanottajan matkapuhelin ei ole kytkettynä tai se ei vastaa sijainnin päivityspyyntöön.



Kuva 19. Sanomanvälitys lyhytsanoma- ja matkapuhelinkeskuksen välillä.

Kahden matkapuhelimen välillä lähetettävän lyhytsanoman reititys matkapuhelinverkossa tapahtuu kuvan 19 esittämällä tavalla seuraavasti:

1. Matkapuhelimesta lähetetty lyhytsanoma saapuu matkapuhelinkeskukselle, jossa vastaanotettu SMS-SUBMIT -PDU asetetaan MAP-protokollan MAP-MO-FORWARD-SHORT-MESSAGE-request lyhytsanomaoperaation sm-RP-UI -parametrin arvoksi. Parametrin arvolla on merkitystä ainoastaan lyhytsanomakeskukselle, joten sen sisältöön ei puututa. Operaatio lähetetään SMS-IWMSC:lle, joka poimii siitä SMS-SUBMIT -PDU:n ja lähettää sen SMSC:lle. Kun lyhytsanomakeskus on vastaanottanut sanoman, se lähettää SMS-SUBMIT-REPORT -PDU:n SMS-IWMSC:lle. Tämä asettaa PDU:n operaation MAP-MO-FORWARD-SHORT-MESSAGE-reply parametriksi, ennen kuin lähettää viestin edelleen matkapuhelinkeskukselle.
2. Matkapuhelimeen välitettävä lyhytsanoma lähetetään SMS-DELIVER -PDU:ssa lyhytsanomakeskukselta SMS-GMSC:lle.
 - 2.1. SMS-GMSC kysyy vastaanottajan MSISDN-numeron perusteella kotirekisteristä tämän sijaintia operaatiolla MAP-SEND-ROUTING-INFO-FOR-SM-request. Vastauksena saadaan matkapuhelinkeskuksen osoite, jonka alueella vastaanottaja sillä hetkellä on. Samalla kotirekisteri voi lähettää MAP-INFORM-SERVICE-CENTRE-request -viestin SMS-GMSC:lle. Viestissä oleva matkapuhelimen MSISDN-numero ilmoittaa, että tähän numeroon aikaisemmin lähetetty lyhytsanoma ei ole mennyt perille.
 - 2.2. SMS-GMSC asettaa SMS-DELIVER -PDU:n MAP-MT-FORWARD-SHORT-MESSAGE-request lyhytsanomaoperaation sm-RP-UI -parametrin arvoksi. Operaatio lähetetään reititystietokyselyn vastauksena saatuun matkapuhelinkeskuksen osoitteeseen (VMSC address). Matkapuhelinkeskus ilmoittaa vastaanottaneensa lyhytsanoman ja asettaa SMS-DELIVER-REPORT -PDU:n operaation MAP-MT-FORWARD-SHORT-MESSAGE-reply parametriksi. Operaatio lähetetään SMS-GMSC:lle, joka poimii siitä SMS-DELIVER-REPORT -PDU:n ja lähettää sen edelleen lyhytsanomakeskukselle.
 - 2.3. SMS-GMSC:n on lähetettävä kotirekisterille operaatio MAP-REPORT-SM-DELIVERY-STATUS-request, jos SMS-GMSC on aikaisemmin vastaanottanut MAP-INFORM-SERVICE-CENTRE-request:n, ja se on onnistunut lähettämään lyhytsanoman matkapuhelinkeskukselle. Tämä on ilmoitus kotirekisterille, että kyseiseen matkapuhelimeen voi taas lähettää lyhytsanomaa. Toisaalta, jos sanoman lähetys on epäonnistunut, on SMS-GMSC:n lähetettävä MAP-REPORT-SM-DELIVERY-STATUS-request -operaatio kotirekisterille, jotta se voi tallettaa MSISDN-numeron kohdassa 2.1 tehtäviä toimintoja varten.

3. Kotirekisteri lähettää SMS-IW MSC:n välityksellä MAP-ALERT-SERVICE-CENTRE-request -operaation kaikille lyhytsanomakeskuksille, jotka ovat epäonnistuneet sanoman lähetyksessä kyseiseen MSISDN-numeroon. Tämän jälkeen SMSC:t yrittävät uudelleenlähettää jonossa olevia lyhytsanomiamatkapuhelimeen.

Jos lyhytsanomavälitys epäonnistui, saadaan vastauksena SM-DELIVERY-FAILURE, jossa virheen syykoodi ilmoittaa ongelmakohdan tarkemmin. Molemmissa tapauksissa MAP-GMSC lähettää kotirekisteriin MAP-REPORT-SM-DELIVERY-STATUS -operaation, jossa MSISDN-numeron lisäksi on epäonnistuneen lähetyksyrityksen tehneen lyhytsanomakeskuksen osoite. Tämän perusteella kotirekisteri tallettaa tilaajakohtaisen listan (MWD, Message Waiting Data), johon edellisen operaation seurauksena lisätään uuden lyhytsanomakeskuksen osoite, ellei sitä vielä listasta löydy. Jos osoitteille varattu tila täyttyy, kotirekisteri palauttaa MESSAGE-WAITING-LIST-FULL -virheen.

Kun lyhytsanomavastaanottajan matkapuhelin vastaa sijainninpäivityspyyntöön, vierailijarekisteri lähettää operaation MAP-READY-FOR-SM kotirekisterille. Jos kotirekisteristä löytyy MSISDN-numeroa vastaava MWD-lista, on sen ilmoitettava kaikille listassa oleville lyhytsanomakeskuksille, että kyseiseen matkapuhelimeen voi yrittää sanoman uudelleenlähetyksiä. Tämä tapahtuu operaatiolla MAP-ALERT-SERVICE-CENTRE, jonka kotirekisteri lähettää SMS-IW MSC:lle. Lopuksi kotirekisteri poistaa MSISDN-numeroa vastaavan MWD-listan.

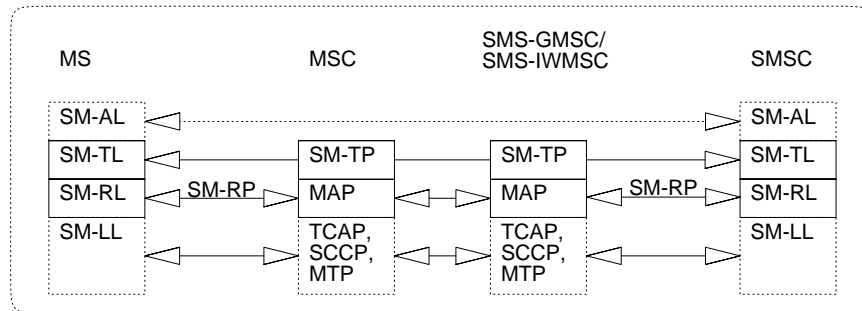
Yksi tavallinen lyhytsanoma mahtuu 140 tavuun, kun jokainen 160 merkistä koodataan seitsemällä bitillä. Binääridataa sisältävän sanoman pituus on myös 140 tavua. Lyhytsanoma välitetään MO- ja MT-suunnassa MAP-protokollan käyttäjätieto -parametrina operaatioissa MAP-MO-FORWARD-SHORT-MESSAGE tai MAP-MT-FORWARD-SHORT-MESSAGE vastaavasti. Tämä 200 tavua pitkä merkkijono sisältää lyhytsanomajan ja sen käsittelyyn liittyvää ohjaustietoa. Parametrille ei ole jäsennellyä rakennetta, vaan se on kuori johon matkapuhelimessa ja lyhytsanomakeskuksessa käsiteltävät lyhytsanomajan siirto-protokollan PDU:t sijoitetaan.

5.3.4 Lyhytsanomajan siirto-protokolla SM-TP

Lyhytsanomajat siirretään matkapuhelimen ja lyhytsanomakeskuksen välillä käyttäen SM-TL (Short Message Transfer Layer) -kerroksen SM-TP (SM Transfer layer Protocol) -protokollaa, joka on määritelty standardin GSM 03.40 vaiheissa 1, 2, ja 2+. Protokollan PDU:t välitetään matkapuhelinverkon verkkoalijärjestelmässä niiden sisältöön puuttumatta. Ne kuljetetaan tavallaan MAP-protokollan päällä edellisessä kappaleessa mainituissa

operaatioissa SMS-GMSC- ja SMS-IWMSC-yhdyskäytävien ja matkapuhelinkeskuksen välillä kuvassa 20 esitetyllä tavalla.

Matkapuhelimen ja matkapuhelinkeskuksen sekä yhdyskäytävien ja lyhytsanomakeskuksen välillä SM-TP PDUt välitetään SM-RP (SM Relay layer Protocol) -protokollan päällä.



Kuva 20. SM-TP-protokolla.

Kuvassa näkyviä SM-LL (SM Lower Layers)- ja SM-AL (SM Application Layer)-kerroksia ei ole syytä esitellä tarkemmin, koska niiden tarjoamat palvelut perustuvat joko verkkokerroksen protokoliin tai sovelluskohtaisiin protokoliin kommunikoivien vastinolioiden välillä. Matkapuhelinverkossa SM-LL-kerroksen tehtävistä vastaavat SS7-merkinantoverkon protokollat.

SM-TP-protokollan tietoyksiköt ovat taulukossa 9. Niiden parametreilla on siis merkitystä matkapuhelimessa ja lyhytsanomakeskuksessa, joissa arvojen perusteella osataan käsitellä PDUssa vastaanotettua lyhytsanomaa.

Taulukko 9. SM-TP-protokollan PDUt [ETS99c].

SM-TP PDU	Suunta	Käyttötarkoitus
SMS-DELIVER	SMSC ⇒ MS	Lyhytsanomien välitys matkapuhelimeen.
SMS-DELIVER-REPORT	MS ⇒ SMSC	Ilmoitus lyhytsanomakeskukselle, että matkapuhelin on vastaanottanut sanoman.
SMS-SUBMIT	MS ⇒ SMSC	Lyhytsanomien välitys SMSC:lle edelleen toimitettavaksi vastaanottajalle.
SMS-SUBMIT-REPORT	SMSC ⇒ MS	Ilmoitus, että SMSC on tallettanut lyhytsanomien edelleen välitettäväksi.
SMS-STATUS-REPORT	SMSC ⇒ MS	Ilmoitus lähettäjälle lyhytsanomien välityksen tilanteesta. Onko sanoma toimitettu vastaanottajalle vai talletettu uudelleenlähetyksi varten.
SMS-COMMAND	MS ⇒ SMSC	Lähettäjä voi pyytää SMSC:tä poistamaan tai korvaamaan aikaisemmin lähetetyn lyhytsanomien toisella, jos sanoma on vielä lähetysjonossa. Tällä PDulla voi myös pyytää SMSC:ltä SMS-STATUS-REPORT ilmoituksen.

SM-TP PDUiden parametrien ja arvojen määrä on lisääntynyt standardoinnin edetessä. Kaikki taulukon PDUt ja niiden parametrit on toteutettu vaiheen 2+ mukaisesti. Näihin kuuluu mm. tieto siitä, koostuuko matkapuhelimeen lähetettävä viesti useammasta lyhytsanomasta (TP-MMS, TP-More Messages to Send). Tällöin matkapuhelinkeskus ei vapauta yhteyttä ennen kuin kaikki lyhytsanomakeskuksessa odottavat samaan matkapuhelimeen osoitetut sanomat on lähetetty. Operaatioissa MAP-MT-FORWARD-SHORT-MESSAGE on myös vastaavaan käyttöön tarkoitettu `more-messages-to-send`-parametri, jonka avulla ylläpidetään SMS-GMSC:n ja matkapuhelinkeskuksen välistä yhteyttä. Kun viimeinen viestiin kuuluva lyhytsanoma on lähetetty, parametrin arvo nollataan ja kuittaussanomien vastaanottamisen jälkeen yhteys voidaan sulkea.

5.4 MAP-protokollatetaus

Protokollatoteutusten testaamisella pyritään osoittamaan, että toteutuksen on mahdollista kommunikoida muiden saman protokollan testattujen toteutuksien kanssa. Protokollatetauksen tavoitteena on teoriassa testata protokollat täydellisesti, mutta käytännössä tämä on usein mahdotonta protokollien monimutkaisuuden ja parametrien lukumäärän takia. Sen vuoksi protokollien testauksessa pyritään testaamaan protokollan toimivuus käytön kannalta kattavasti. [Tei99]

MAP-protokollatoteutukselle tehtiin ensin moduulitetaus ja sen jälkeen yhdenmukaisuustetaus, jossa käytettiin apuna erillistä mittalaitetta. Testitapaukset perustuivat sovelletusti ETSIn lähteessä [ETS95] kuvaamiin lyhytsanomaoperaatioihin ja toimintoihin sanomia reitittävässä SMS-GMSC- ja SMS-IWMSC-yhdyskäytävissä. Testausympäristö rajattiin yhdyskäytävien, kotirekisterin, ja matkapuhelinkeskuksen väliseen merkinantoon, joten kaikkia lähteessä esitettyjä rajapintoja ei testattu, vaan operaatiot lähetettiin näiltä osin käsin. Testaus suoritettiin HP-UX- ja Linux -käyttöjärjestelmissä.

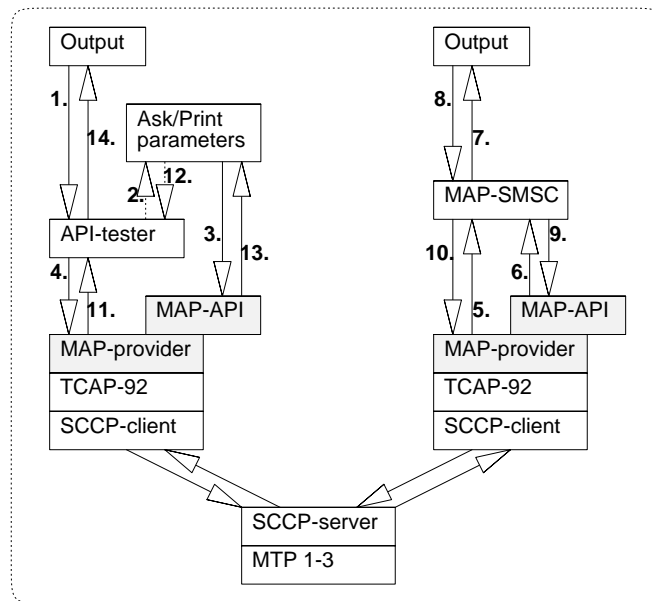
5.4.1 Moduulitetaus

Moduulitetauksessa yleisesti käytetty "white-box" -tetaus tarkoittaa tetaustapaa, jossa toteutuksen sisäistä rakennetta voidaan tutkia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että virheen ilmetessä voidaan tutkia toteutuksen lähdekoodia ja paikantaa kohta, jossa virhe tapahtui. [Tei99]

Tetauksen aikana protokollan kehitysversion sisäistä toimintaa voidaan seurata sen tulostamasta tapahtumalokista. Siitä nähdään protokollan sisäisten muuttujien ja ajastimien arvot, viestien parametrilohkojen parametrien arvot, sekä automaatin tila ja tilassa

suoritettavat toimenpiteet. Virhetilanteiden käsittely ja niissä mahdollisesti olevat puutteet pystytään paremmin osoittamaan ja korjaamaan.

Moduulitestausta varten tehtiin MAP-protokollaa käyttävä MAP-SMSC virtuaalitehtävä, joka reitittää lyhytsanomiamia ja ilmoittaa lähettäjälle vastaanottaneensa sanoman. Viestien parametriarvoja käsitellään MAP-API:n `set()`- ja `get()`-funktioilla. Vastapuolella MAP-protokollan päällä on API-tester virtuaalitehtävä, jonka CVOPS `ask()`- ja `print()`-testausfunktioista kutsutaan MAP-API:n funktioita. Molemmilla puolilla ylärajapinnassa on CVOPS:n Output -virtuaalitehtävä. Kuva 21 esittää moduulitestauksen vastinpareja.



Kuva 21. Moduulitestauksen vastinoliot ja protokollapinot.

Viestinvälitys kuvassa 21 tapahtuu seuraavassa järjestyksessä:

1. testikäyttäjä lähettää viestin API-testerille (esim. apitester MAP-INVOKE-REQ),
2. CVOPS kutsuu API-testerin `askParameters()`-funktioita,
3. `askParameters()` asettaa viestin parametrit kutsumalla MAP-API:n -funktioita,
4. API-tester lähettää viestin MAP-provider -virtuaalitehtävälle,
5. SS7 reitittää viestin vastinolion MAP-provider:n kautta MAP-SMSC:lle
(samalla vastaanotettu lähdeosoite talletetaan vastaussanomien kohdeosoitteeksi),
6. MAP-SMSC ottaa viestin parametrit talteen kutsumalla MAP-API:n -funktioita,
7. MAP-SMSC lähettää viestin Output -virtuaalitehtävälle, joka tulostaa asetetut arvot.

Äärijärjestelmästä (MAP-SMSC) lähetetään vastaussanoma seuraavasti:

8. testikäyttäjä ilmoittaa MAP-SMSC:lle vastaanottaneensa lyhytsanomian

- (esim. mapsmc SMS-DELIVER-REPORT-ACK),
9. MAP-SMSC asettaa viestin parametrit kutsumalla MAP-API:n -funktioita,
 10. MAP-SMSC lähettää viestin MAP-provider -virtuaalitehtävälle,
 11. SS7:n SCCP:n ja alempien protokollien avulla takaisin lähettäjän API-testerille,
 12. CVOPS kutsuu API-testerin printParameters() -funktioita,
 13. printParameters() hakee viestin parametriarvot MAP-API:n -funktioilla,
 14. API-tester lähettää viestin Output -virtuaalitehtävälle, joka tulostaa sanoman.

Taulukossa 10 ovat testattavan toteutuksen ylärajapinnassa käytetyt primitiivit.

Taulukko 10. MAP-SMSC:n testauksessa käytetyt primitiivit.

MAP-SMSC-primitiivi	Käyttötarkoitus
SMS-DELIVER-REQ	Lyhytsanoman lähetys käyttäjältä MAP-SMSC:lle.
SMS-DELIVER-REPORT-ACK	Kuittaussanoma MAP-SMSC:lle, että MSC pystyi onnistuneesti vastaanottamaan ja käsittelemään lyhytsanoman.
SMS-DELIVER-REPORT-NACK	Negatiivinen kuittaus MAP-SMSC:lle sanoman käsittelyvirheestä MSC:ssä.
SMS-SUBMIT-IND	Ilmoitus MAP-SMSC:lle tulleesta lyhytsanomasta.
SMS-SUBMIT-REPORT-ACK	MAP-SMSC lähettää kuittauksen onnistuneesta lyhytsanomasta vastaanotosta.
SMS-SUBMIT-REPORT-NACK	MAP-SMSC lähettää kuittauksen epäonnistuneesta lyhytsanomasta vastaanotosta.
SMS-ABORT-DELIVER	Käyttäjä keskeyttää lyhytsanomien välityksen MAP-SMSC:lle (tilanne, jossa MMS on käytössä sanomien lähetyksessä).
SMS-ALERT-SC-IND	HLR ilmoittaa MAP-SMSC:lle, että tiettyyn numeroon voidaan lähettää lyhytsanomia, jotka aiemmin epäonnistuivat.

Testitapauksia, jotka olivat mahdollisia suorittaa, oli 86. Näistä MT-SM-lähetystä testattiin 47 tapauksessa ja MO-SM-lähetystä 19 tapauksessa. Lyhytsanomakeskukselle välitettäviä hälytyksiä testattiin 11 eri testissä. MAP-vaiheiden 1 ja 2 välisiä versioyhteensopivuustestejä oli 9.

Testeissä testattiin normaalin viestinvälityksen lisäksi mm. useamman peräkkäisen lyhytsanomien lähetystä samaan osoitteeseen, ja operaatioissa olevaa mahdollisuutta vaihtoehtoisten lisäparametrien välitykseen. Pakollisen parametriarvon puuttuminen testattiin, samoin kun maksimipituisten parametrin vastaanotto. Myös virheellisiä parametriarvoja lähetettiin, mutta raja-arvo -testaus ei ollut muuten kovin järjestelmällistä. MAP-protokollan lyhytsanomaoperaatioissa määriteltujen virhevasteiden käsittely ja niistä aiheutuvat toimenpiteet testattiin. Yhteensopivuusteisteissä testattiin mm. sovellussidoksen vaihtamista aikaisempaan, jos vastaanottaja ei sitä tue.

Halutun toiminnan aikaansaamiseksi oli muutamaa testitapausta sovellettava. Kun testataan yhteyden katkeamista vastinoliissa tapahtuneeseen protokollavirheeseen kesken sanomavälityksen, niin paikallisen järjestelmän TCAP-protokolla lähettää ylöspäin TC-

P-ABORT-IND -ilmoituksen. Tällainen virhe yritettiin saada aikaan lähettämällä TCAP:lle väärin muodostettu komponenttikerroksen sanoma. Testauksen kannalta puutteena voi pitää sitä, ettei ollut pelkästään esim. 1. vaiheen MAP-vastinoliota, jolloin versioneuvoittelun oikea toiminta olisi voitu varmistaa. Kun vastinoliota oli samanlainen toteutus kuin testattava, niin mukana oli myös 2-vaihetta ymmärtävä logiikka, vaikka sitä ei versioneuvoittelua testattaessa käytettykään.

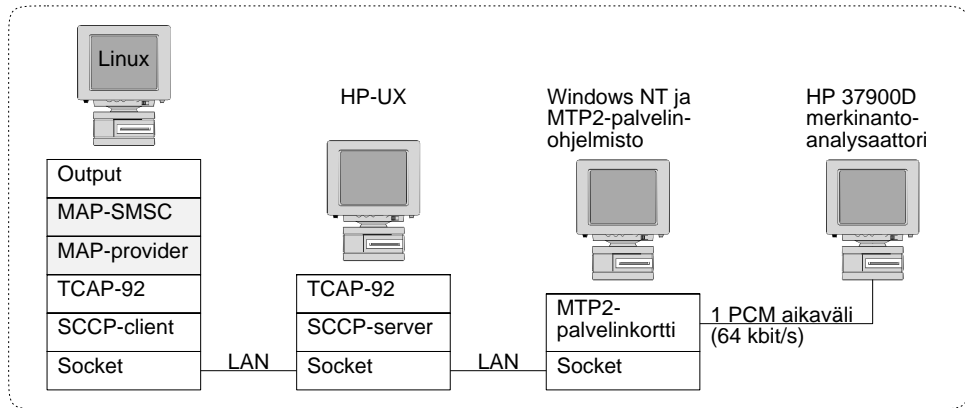
Moduulitestausvaiheen lopuksi MAP-protokollasta tehdään uusi versio, josta jätetään kehitystä tukevat apuneuvot pois. Protokolla toimii nopeammin, kun tapahtumalokia ei tulosteta. Tehokkuutta lisää, kun tulkittavat tiedostot käännetään binääriin linkitettäväksi lähdekoodiksi. Poikkeustilanteessa, jos esim. automaattiin tulee syöte joka ei ole määrätysissä tilassa sallittu, voidaan tulostaa haluttuja tietoja näytölle ja lokitiedostoon.

5.4.2 Yhdenmukaisuustestaus

Yhdenmukaisuustestauksessa (conformance testing) pyritään osoittamaan, että protokolla on toteutettu sille annettujen määrittelyjen mukaisesti. Tätä kutsutaan myös standardinmukaisuustestaukseksi. Toteutusta testataan havainnoimalla sen toimintaa ulkoisen käyttäytymisen perusteella. Tällaista testaustapaa nimitetään "black-box" -testaukseksi, koska toteutuksen sisäistä rakennetta ei voida tai ei haluta testauksen yhteydessä tarkkailla. [Tei99]

Jotta protokollan yhdenmukaisuus voidaan testata, standardissa täytyy olla selvästi ilmoitettu, mitä vaatimuksia standardinmukaiselle toteutukselle asetetaan. Vaatimukset perustuvat protokollan pakollisiin (mandatory), ehdollisiin (conditional) ja valinnaisiin (optional) ominaisuuksiin. Protokollan pakolliset ja ehdolliset ominaisuudet on aina toteutettava. Jos valinnaiset piirteet toteutetaan, on ne tehtävä vaaditulla tavalla.

Mittalaitteena testauksessa käytettiin HP 37900D analysaattoria. Laite on yleiskäyttöinen protokollatesteri, johon on ensin ladattava testattavaa GSM-verkkoelementtiä simuloiva ohjelma. MTP2-palvelinkortin ohjaukseen käytettävä ohjelmisto toimii ainoastaan Windows NT:ssä, jota varten tarvittiin oma PC, (kuva 22). Testerin kytkettiin MTP2-korttiin yhdellä 2 Mbit/s PCM-kaapelilla, josta käytettiin kahta 64 kbit/s linkkiä. Testattavaa MAP-protokollaa ajettiin Linux -PC:ssä. SS7-prosessia olisi voitu ajaa myös Linux-koneessa, mutta käytettiin kuitenkin pelkästään testauskäyttöön tarkoitettuun HP-UX-palvelinkoneeseen konfiguroitua SS7-prosessia. Tästä ei ollut haittaa, koska testattiin logiikkaa eikä suorituskykyä. Palvelimesta oli sokettiyhteys Linux- ja Windows NT-koneisiin.



Kuva 22. Tyypitestausta HP 37900D analysointia apuna käyttäen.

Muutama testitapausta epäonnistui, mutta ne pystyttiin korjaamaan ja testaamaan onnistuneesti. Toteutuslogiikka toimii SMS-GMSC- ja SMS-IWMSC-yhdyskäytävätoiminnallisuuden osalta standardinmukaisesti. Testaus oli kokonaisuudessaan onnistunut, mutta ei kattava. Ennen tuotantoverkkoon asennusta on testattava vielä erityyppisiä asioita, mm. kuormanhallintaa.

6 Tulevaisuuden GSM-pohjaiset matkapuhelinverkot

6.1 Yleistä

Suunnitelmien mukaan kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmien runkoverkot kehittyvät nykyiseen GSM-verkkoalijärjestelmään perustuen. GSM-verkon piirikytkentäisen välitystekniikan rinnalle tulee pakettikytkentäinen datansiirto. Molemmilla menetelmillä on etunsa. Piirikytkentäisyys takaa hyvän äänen laatutason perinteisille puheyhteyksille reaaliaikaisesti, kun pakettikytkentäisyys tarjoaa saatavilla olevista resursseista riippuen parhaan mahdollisen palvelun laatutason vähemmän aikakriittisille sovelluksille. Lisäksi pakettikytkentäisen tekniikan etuna on nopea yhteydenmuodostusaika, jolloin tilaaja kokee että hänellä on jatkuva siirtoyhteys palveluntarjoajaan myös silloin kun tietoa ei siirretä.

Jonkin aikaa näitä molempia tekniikoita tullaan käyttämään rinnakkain eri runkoverkoissa. Tavoitteena kuitenkin on yhtenäinen siirtoverkko, joka mahdollistaa sekä piiri- että pakettikytkentäiset tiedonsiirtoyhteydet. Reaaliaikaisille palveluille, kuten puhe, on taattava sovitut siirron laatuparametrit (QoS, Quality of Service), joten ne käyttävät piirikytkentäisiä yhteyksiä. Pakettikytkentäisille palveluille, joille on tyypillistä purskeinen tiedonsiirto, taas riittää kullekin siirtoyhteydelle paras saavutettavissa oleva laatutaso (best-effort). Lisäksi siirtoverkon on pystyttävä palvelemaan samanaikaisesti eri laatuparametreja käyttäviä palveluita. Tämä edellyttää dynaamista yhteyksien muodostamista ja vapauttamista, sekä muuttuvaa tiedonsiirtokaistan varausta. Palvelun tarvitsemista siirtoresursseista pitäisi olla mahdollista sopia sekä yhteyden muodostusvaiheessa että sen aikana. [Nil99]

Kehitys johtanee yhtenäiseen pakettikytkentäiseen arkkitehtuuriin. Kun puheensiirto Internet -protokollan avulla on mahdollista, tarvittaisiin vain yksi verkko joka pystyy tukemaan kaikkia palveluita. Jos matkapuhelinjärjestelmien runkoverkot perustuvat IP:hen, palvelut jakavat samat verkkoresurssit kiinteän verkon palveluiden kanssa. [Bre99]

Paketti- ja matkapuhelinverkkojen yhdistämisessä on ongelmia, jotka johtuvat verkoissa käytetyistä tiedonsiirtotekniikoista. Kiinteiden verkkojen (PSTN) reititysprotokollat olettavat verkkoon kytkettyjen laitteiden sijaitsevan aina fyysisesti samassa paikassa. Tämän takia reititysprotokollissa käytetään hierarkkista verkko-osoitetta ja reititysmekanismeja, jolloin reititys on mahdollisimman tehokasta. Hierarkkisuuudesta johtuen kiinteissä verkoissa laitetta ei voi siirtää toiseen verkkoon ilman osoitteen muutosta. Tähän on kuitenkin olemassa erilaisia ratkaisuja, esim. Mobile IP. [Tei99]

Matkapuhelinverkossa on tunnetusti erilainen sijainninpäivitysmekanismi ja reititystiedon haku. Näiden avulla pakettipohjainen tiedonsiirto on mahdollista siten, että paketit kuljetaan piirikytkentäisen yhdeyden, esim. modeemin avulla. Tällöin kuitenkin menetetään pakettikytkentäisyydestä saavutetut edut. [Tei99]

6.2 GPRS-järjestelmä

GPRS (General Packet Radio Service) perustuu matkapuhelinverkossa tapahtuvaan datansiirtoon pakettien välityksellä Internet -protokollan tapaan. GPRS ei ole korvaava järjestelmä, vaan se on lähinnä lisäys ja parannus GSM:n radorajapinnan rajallisten resurssien tehokkaampaan jakamiseen usean käyttäjän kesken. Näin on erityisesti merkinantokanavien kautta tapahtuvassa datansiirrossa, sillä perinteinen puheensiirto tapahtuu edelleen piirikytkentäisten liikennekanavien välityksellä. Tavallaan tämä kuormanjako myös vahvistaa kokonaisjärjestelmän luotettavuutta, kun liikennöinti ei ole yhden siirtomuodon varassa.

Sen lisäksi että GPRS tarjoaa matkapuhelimen käyttäjille pääsyn uusiin erityyppisiin palveluihin, se on merkittävä kehitysvaihe siirryttäessä seuraavan sukupolven verkkoihin. GPRS antaa verkko-operaattoreille mahdollisuuden rakentaa Internet -protokollaan perustuva runkoverkko datasovelluksille, joka on laajennettavissa kolmannen sukupolven palveluvaatimuksia vastaavaksi. [Cis00]

Piiri- ja pakettikytkentäiset tekniikat eroavat selkeimmin matkapuhelinjärjestelmien radorajapinnalla, joka on tiedonsiirtokapasiteetin kannalta rajoittavin tekijä. Siksi radorajapinnalla käytettävien siirtotekniikoiden on oltava resursseja säästäviä ja liikenteen luonteen mukaisia. GPRS-järjestelmä käyttää samoja radorajapinnan resursseja kuin GSM-järjestelmä, mutta GPRS varaa resursseja ainoastaan silloin kun dataa lähetetään. Näin saavutetut tiedonsiirtoyhteydet ovat GSM-datayhteyksiä joustavammat. [Tei99]

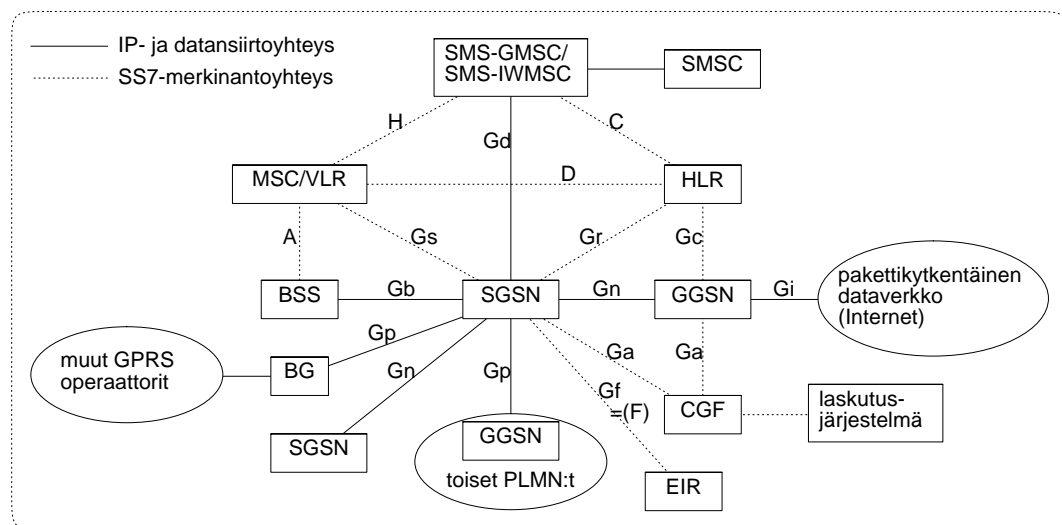
GPRS:n teoreettinen tiedonsiirtonopeus on maksimissaan 171.2 kbit/s, joka saavutettaisiin käyttämällä radiotiellä kahdeksaa aikaväliä samanaikaisesti. Käytännössä kuitenkin verkko-operaattori varaa esim. 1–2 aikaväliä GPRS:n käyttöön pysyvästi. Samoin GSM-järjestelmällä voi olla 1–3 aikaväliä pysyvässä käytössä. Vapaita aikavälejä voidaan tarvittaessa varata dynaamisesti ajan funktiona ja ne ovat yhteiskäytössä piiri- ja pakettikytkentäisten tiedonsiirtoyhteyksien kesken. Käytännössä GPRS:n siirtonopeus vaihtelee 14.4–115.2 kbit/s. Virhekorjausmenetelmien vuoksi maksimi jää alhaisemmaksi. Kuitenkin se on moninkertainen GSM-järjestelmän tiedonsiirron perusnopeuksiin (9.6 kbit/s

tai 14.4 kbit/s) verrattuna, joissa käytetään yhtä aikaväliä kerrallaan matkapuhelimen yhteyttä kohden.

GPRS-järjestelmän käyttöönotto vaatii ohjelmistopäivityksiä matkapuhelinverkon olemassa oleviin elementteihin. Koti- ja vierailijarekisteriin tarvitaan vaiheen 2+ mukainen MAP-versio sijainninpäivitystä, sekä sijainti- ja reititystiedon hakua varten. Verkon elementteihin on joko lisättävä toiminnallisuutta pakettiliikenteen ohjaamiseksi tai perustettava kokonaan uusia GPRS-solmuja. Tukiasemajärjestelmään on tehtävä myös laitteistouudistuksia pakettien käsittelyä ja siirtoa varten.

6.2.1 Uudet verkkoelementit

GPRS-arkkitehtuuri sisältää kaikki GSM-verkon elementit, jotka hoitavat piirikytkentäiset yhteydet kuten aiemminkin. Pakettikytkentäinen tiedonsiirto ja siihen liittyvä GPRS-merkinanto tapahtuu GSM-verkosta erillään. Ainoastaan GPRS-tilaajatiedot on talletettuna GSM-järjestelmän kotirekisterissä ja sijaintitieto on siinä vierailijarekisterissä, jonka alueella tilaaja liikkuu. Näiden lisäksi GPRS-järjestelmä sisältää sille ominaisia verkkoelementtejä (kuva 23). Nämä GPRS-solmut (GSN, GPRS Support Node) vastaavat verkkotoiminnoista ulkoisten verkkojen ja tukiasemajärjestelmän välillä. [Tei99]



Kuva 23. GPRS-verkkoelementit ja rajapinnat [ETS00a].

GPRS-palvelusolmu (SGSN, Serving GPRS Support Node) toimii palvelupisteenä GPRS-päätelaitteille mahdollistaen pääsyn järjestelmään. SGSN:n tehtävänä on:

- tiedonsiirtoyhteyksien tarjoaminen sekä GPRS-runkoverkkoon että -päätelaitteille,
- sijaintialueelle tulevien tilaajien tilaajaprofiilin hallinta,

-
- tietoturvaan liittyvä tilaajan autentikointi,
 - datapakettien reititys ja kuljetus,
 - laskutustiedon keräys.

[Red98]

Sijainnin hallintaa ja lyhytsanomien käsittelyä varten SGSN:lla on SS7-merkinantoyhteys mm. koti- ja vierailijarekisteriin, sekä SMS-GMSC:hen. Hierarkkisesti SGSN on samalla tasolla kuin matkapuhelinkeskus GSM-verkossa. SGSN:lla on samassa PLMN:ssä rajapinta (Gn) GPRS-runkoverkon toisten elementtien kanssa, jona voi olla joko toinen SGSN tai GPRS-reitityssolmu (GGSN, Gateway GPRS Support Node).

GPRS-reitityssolmu tarjoaa yhteyden operaattorin verkoista ulkoisiin dataverkkoihin, kuten Internetiin ja X.25-verkkoihin. GGSN:n tehtäviin kuuluu reitittää ulkoisista verkoista tuleva data matkapuhelinta palvelevalle SGSN:lle, sekä matkapuhelimista tulevat yhteydet ulkoisiin verkkoihin. [Tei99]

GPRS-verkko sisältää multipoint -yhteyksiä varten erillisen PTM-SC (Point-to-Multipoint Service Centre) -verkkoelementin, jonka tehtävänä on hallita tarvittavat Point-to-Multipoint Group call -yhteydet. [Tei99]

Operaattoreiden välisten PLMN-verkkojen yhdistämiseksi niiden välille tarvitaan yhdyskäytävä. Tällainen verkkoelementti on määritelty, mutta sen toimintoja ei ole tarkkaan kuvattu GPRS-standardeissa. Verkkoelementti on nimetty Border Gateway:ksi (BG). [Tei99]

Koska GPRS-runkoverkon toiminta perustuu IP-arkkitehtuuriin, runkoverkko sisältää IP-verkkoelementtejä, kuten erilaisia palvelimia ja reitittämiä yms. verkon toiminnan kannalta välttämättömiä verkkoelementtejä. [Tei99]

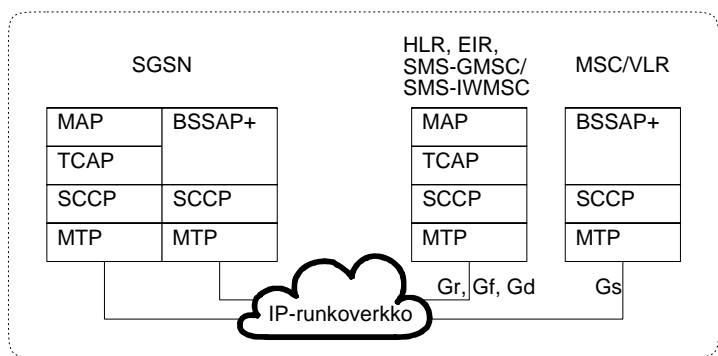
6.2.2 Verkkoelementtien väliset rajapinnat

GPRS- ja GSM-verkon elementtien kommunikointi perustuu GPRS-protokoliin ja näiden välisiin rajapintoihin. Vaiheen 2+ GSM-järjestelmä sisältää GPRS-järjestelmän G-rajapintoja. GSM-verkkoalijärjestelmän ja GPRS-järjestelmän väliset rajapinnat perustuvat SS7-protokoliin. GPRS-standardeissa määritellyt GPRS- ja GSM-verkkoelementtien väliset rajapinnat ovat taulukossa 11.

Taulukko 11. GPRS-rajapinnat ja niiden kuvaukset.

Raja-pinta	Yhteys	Käyttötarkoitus
Gn	GGSN ⇔ SGSN SGSN ⇔ SGSN	Rajapinta tarjoaa data- ja merkinantoyhteydet kahden samassa runkoverkossa (PLMN) olevan GPRS-solmun (GSN) välillä.
Gb	SGSN ⇔ BSS	Rajapinta mahdollistaa data- ja merkinantoyhteydet tukiasema-alijärjestelmän ja GPRS-solmun (SGSN) välillä.
Gi	GGSN ⇔ ulk. dataverkko	Rajapinta GGSN:n ja ulkoisen pakettidataverkon välillä (esim. TCP/IP, X.25).
Gr	SGSN ⇔ HLR	Rajapinta mahdollistaa SGSN:n pääsyn kotirekisterin tilaajatietoihin. Kotirekisteri voi sijaita eri PLMN:ssä kuin SGSN. Merkinanto tapahtuu MAP-protokollaa käyttäen.
Gp	GSN:t eri PLMN:ssä	Rajapinta kahden eri PLMN:ssä olevan GPRS-solmun välillä. Se tarjoaa samat mahdollisuudet kuin Gn-rajapinta ja lisäksi tilaajan verkkovierailua tukevat toiminnot.
Gs	SGSN ⇔ MSC	Rajapinnan kautta SGSN voi lähettää sijaintitietoa matkapuhelinkeskukseen.
Gf MAP-F	SGSN ⇔ EIR	Rajapinta mahdollistaa SGSN:n pääsyn GPRS-matkapuhelimien laitetietoihin. Merkinanto tapahtuu MAP-protokollaa käyttäen.
Gd	SGSN ⇔ SMS-GMSC SGSN ⇔ SMS-IW MSC	Rajapinta tarjoaa lyhytsanomapalvelut GPRS-järjestelmän käyttöön. Merkinanto tapahtuu MAP-protokollaa käyttäen.
Gc	GGSN ⇔ HLR	Rajapinnan kautta GGSN voi kysyä matkapuhelimen sijaintia. Rajapintaa voidaan käyttää, jos GGSN:n on välitettävä datapaketteja matkapuhelimelle johon ei ole vähään aikaan ollut radioyhteyttä.
Ga	GGSN ⇔ CG SGSN ⇔ CG	Rajapinta samassa PLMN:ssä olevien GPRS-solmujen ja laskutustietoja keräävän yhdyskäytävän (CG, Charging Gateway) välillä. Rajapinta tarjoaa data- ja merkinantoyhteydet laskutustietojen lähettämiseen CG:lle.

GPRS-järjestelmä on yhteydessä GSM-verkkoalijärjestelmän elementteihin rajapintojen Gr, Gf, Gd ja Gs kautta. Nämä kuvassa 24 näkyvät rajapinnat perustuvat SS7-protokollan verkkopalveluosan tarjoamiin tiedonsiirtopalveluihin.



Kuva 24. Merkinantoprotokollat SGSN:n ja GSM-verkon elementtien välillä.

MTP- ja SCCP-protokollat tarjoavat palveluitaan TCAP- ja MAP-protokollille Gr-, Gf- ja Gd-rajapinnoilla ja BSSAP+ -protokollalle (BSS Application Part) Gs-rajapinnalla. [Tei99]

6.2.3 Verkkopalvelut

Pakettikytkentäinen siirtotekniikka on kiinteissä verkoissa pitkälle kehittyntä. Tämä helpottaa samaan tekniikkaan perustuvan GPRS-järjestelmän tarjoamien datapalveluiden käyttöönottoa ja vähentää niiden aloituskustannuksia. Palveluiden saanti ja käyttö on kiinteiden verkkoyhteyksien omistajille entuudestaan tuttua. Kuitenkin ensikokemukset uuteen siirtotekniikkaan perustuvien palveluiden laadusta, luotettavuudesta ja vasteajoista vaikuttavat niiden käytön suosioon myöhemmin.

Pakettikytkentäinen GPRS-järjestelmä ei pysty takaamaan luotettavaa reaaliaikaista tiedonsiirtoa, mutta käyttämällä tiettyjä palvelun laatuun vaikuttavia QoS-parametreja voidaan päästä hyvin lähelle piirikytkentäisen yhteyden tarjoamaa reaaliaikaisuutta. [Tei99]

GPRS-palvelut voidaan jakaa GSM-palveluiden tapaan verkkopalveluihin, lisäpalveluihin ja tilaajapalveluihin. Verkkopalvelut tarjotaan joko kahdenvälisinä (point-to-point) tai yleislähetys (point-to-multipoint) tyyppisinä. Kahdenvälisissä palveluissa kommunikointi tapahtuu matkapuhelimien tai ulkoisessa dataverkossa olevan palvelimen kanssa. Kaksipisteyhteyteen perustuvat palvelut voivat luonteeltaan olla joko yhteydellisiä tai yhteydettömiä. Yleislähetystyyppisissä palveluissa voidaan kommunikoida useiden matkapuhelimien tai palvelimien kanssa yhtäaikaan. [Tei99]

Yleislähetysenä välitettävät palvelut jaetaan monilähetykseen (multicast) ja ryhmäpuheiluun (group call) perustuviin menetelmiin. Monilähetysnä voidaan solun alueella oleviin matkapuhelimiin lähettää informaatiota, kuten sää- tai liikennetietoja. Menetelmä on yksisuuntainen ja siksi epäluotettava, koska vastaanotettua sanomaa ei vahvisteta. Ryhmäpuheilu on kaksisuuntainen ja mahdollistaa suljettujen käyttäjäryhmien välisen kommunikoinnin. Yhteydet ovat luotettavia, ja ne muodostetaan tarkoitukseen soveltuvan keskuksen toimesta. [Tei99]

6.2.4 Kotirekisterin tilaajatiedot

Ennen kuin GPRS-päätelaite voi liikennöidä pakettiverkkoon, sen on luotava PDP (Packet Data Protocol) -protokollayhteys SGSN:ään. PDP-kontekstin muodostamiseksi tarvittavat GPRS-tilaajatiedot sijaitsevat GSM-järjestelmän kotirekisterissä. Tilaajakohtaisesti ne sisältävät sekä yleisiä että IMSI-tunnukseen liitettyjä tietoja, joita voi samaa tunnusta kohti olla useampia. Seuraavassa taulukossa on kotirekisterissä olevat IMSI-kohtaiset PDP-kontekstin luomiseen tarvittavat parametrit, kuten verkkotyyppi ja -osoite, yhteyden laatuparametrit, sekä yhteysmahdollisuudet ulkoisiin pakettiverkkoihin.

Taulukko 12. PDP-kontekstiin liittyvät parametrit [Kar99].

Kenttä	Käyttötarkoitus
PDP type	Pakettidataprotokolla, esim. IP tai X.25
PDP address	Pakettidataosoite. Kenttä on tyhjä, jos käytetään dynaamista osoitetta.
QoS profile subscribed	PDP-kontekstiin halutut laatuparametrit.
Access Point Name (APN)	Määrittelee mihin ulkoisiin verkkoihin asiakas pääsee. Nimipalvelin käyttää APN-tietoa, jolla hallitaan käyttäjien oikeuksia esim. IP-verkkoihin.
VPLMN address allowed	APN määritellään myös päätelaitteeseen. Tämä kenttä ilmaisee, sallitaanko päätelaitteen käyttää APN-tietoja myös kotiverkon ulkopuolella liikuttaessa.

Edellisten lisäksi GPRS-tilaajatiedoissa on sen SGSN:n osoite, jonka alueella tilaaja on. Osoite on joko SS7- tai IP-osoite riippuen siitä, onko käytössä piiri- vai pakettikytkentäinen yhteys. Koska myös GPRS-yhteydellä voidaan välittää lyhytsanomiam, on niihin liittyvistä parametreista maininta tilaajatiedoissa. Jos päätelaite ei ole GPRS-verkossa ts. SGSN:n kautta tavoitettavissa, tieto asiasta merkitään kotirekisteriin, SGSN:ään ja mahdollisesti GGSN:ään.

6.2.5 Laskutusperusteet

GSM-järjestelmässä verkon tilaajan laskutus muodostuu yhteyden kestosta, kun taas GPRS-järjestelmässä tilaajaa laskutetaan siirretyn tiedon määrän perusteella. Nykyisillä laskutusjärjestelmillä on vaikeuksia datapalveluiden laskutuksessa, koska esim. lyhytsanomien laskutustiketit saattavat jäädä keräämättä. Asian korjaamiseksi laskutuksen perusteena voisi käyttää asiakkaan IP-osoitteen aktiivista käyttöaikaa, jonka palvelinjärjestelmät rekisteröivät yhteyden aikana. [Buc99a]

GPRS-järjestelmässä laskutustikettejä muodostetaan SGSN- ja GGSN-solmuissa. Kumpikaan ei pysty tallettamaan näitä tietoja, ja usein erityiset laskutusjärjestelmäkään eivät kykene käsittelemään reaaliajassa saapuvia tikettejä. Tarvitaan jonkinlainen välitysjärjestelmä (CG, Charging Gateway), joka kerää ja tallettaa GPRS-yhteyden aikana palvelusolmujen lähettämät tiketit. Se yhdistää saman yhteyden aikana saapuneet tiketit ja muokkaa tiedot laskutusjärjestelmän ymmärtämään muotoon ennen lähetystä. [Buc99a]

GPRS-standardit määrittelevät vähimmäistiedot, jotka on kerättävä laskutusta varten. Näihin kuuluvat vastaanottajan ja lähettäjän osoitteet, radiorajapinnan käyttöaika, ulkoisten pakettiverkkojen käyttö, PDP-protokollan osoitteiden käyttö, GPRS-resurssien käyttö ja matkaviestimen sijainti. GPRS-palvelusolmut laskevat niiden läpi kulkevien datapakettien lukumäärän päätelaitteiden välisissä yhteyksissä (SGSN), ja ulkoisiin pakettiverkkoihin muodostetuissa yhteyksissä (GGSN). [Buc99a]

7 Yhteenveto

GSM-verkossa voi olla eri laitevalmistajien toimittamia verkkoelementtejä, joiden on matkapuhelinliikenteen ylläpitämiseksi vaihdettava merkinantosanomia keskenään. Tämä edellyttää, että verkon merkinannossa käytetään molempien ymmärtämää kansainvälisesti hyväksyttyä protokollaa. Euroopassa standardoitu GSM-verkon merkinantoprotokolla on MAP.

Työn tavoitteena oli tehdä lyhytsanomatoiminnallisuuden sisältävä ohjelma, jonka muuttamat operaatiot perustuvat eurooppalaisen ETSI-standardointijärjestön julkaisemiin matkapuhelinverkon MAP-protokollamäärittämiin. Näitä operaatioita välitetään lyhytsanomakeskuksen ja kotirekisterin, sekä matkapuhelinkeskuksen välillä. Lisäksi tähän kuuluu normaalit tietoliikenneprotokollilta vaadittavat ominaisuudet, esim. ilmoitus viestin perillemenosta ja poikkeustilanteiden käsittely.

Aluksi toteutettiin MAP-protokollan 1. ja 2. vaihe. Työssä käytetty tietoliikenneprotokollien ohjelmointityökalu mahdollistaa eri viestirajapinnat kumpaakin versioita varten. Tällöin rajapintaan voidaan liittää tietyn vaiheen mukaiset lyhytsanomaoperaatioiden viestikuvaukset. Viimeisimmissä MAP-standardeissa vaihetta 1 ei enää kovin hyvin tueta, koska se on jo noin kymmenen vuotta vanha. Muutenkin kolmen erillisen protokollaversion yhteensopivuus ei ole helposti hallittavissa, joten sovelluksen seuraavassa versiossa jätettäneen 1. vaiheen operaatiot pois ja lisätään MAP-vaiheen 2+ mukaiset lyhytsanomaoperaatiot.

Toteutuksen testausmäärittely jäi hiukan keskeneräiseksi. Formaaleja testausmenetelmiä ei ole toistaiseksi käytetty. Moduuli- ja yhdenmukaisuustestauksen jälkeen on testattu kokeilemalla merkinantoa tapauskohtaisesti tietyn laitevalmistajan kotirekisterin ja matkapuhelinkeskuksen kanssa. Käytännössä näin joudutaan tekemään, koska verkkoelementtien konfiguroinnissa on yleensä operaattorikohtaisia muutoksia. Tämä ei kuitenkaan vähennä kattavan formaalin testauksen merkitystä.

GSM-matkapuhelinverkon protokollia on edelleen kehitettävä uusien verkkojärjestelmien vaatimuksia vastaaviksi. GPRS-järjestelmää varten kotirekisterin ja matkapuhelinkeskuksen ohjelmistojen toiminnallisuutta on laajennettava. Järjestelmästä riippumatta on tilaajatiedot voitava tallettaa rekisteriin, erityyppisten päätelaitteiden liikkuvuuden hallinta on hoidettava, sekä alkuvaiheen vähimmäisvaatimuksena tarjottava esim. lyhytsanomien lähetyksmahdollisuus myös muihin matkapuhelinjärjestelmiin. Tämä edellyttää standardointityön seuraamista ja käytännön toteutusten huomioon ottamista.

Lähteet

- [Bre99] Breyer, S., et. al.: A Global View of the UMTS Concept. Alcatel Telecommunications Review 3rd Quarter. ISSN 1267-7167. France. 1999.
- [Buc99a] Buckingham, S.: Data on GPRS. Mobile Lifestreams Limited. 1999.
- [Buc99b] Buckingham, S.: Yes 2 SMS. Mobile Lifestreams Limited. 1999. ISBN 1-929105-04-5.
- [Cis00] Cisco Systems, Inc.: GPRS White Paper [WWW-dokumentti]. 2000 [viitattu 7.3.2001].
Saataavissa: http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/gprs/gprs_wp.htm.
- [ETS92] European Telecommunications Standards Institute: I-ETS 300 044 – European digital cellular telecommunications system (Phase 1); Mobile application part (MAP) specification (GSM 09.02 version 3.8.0). 1991.
- [ETS95] European Telecommunications Standards Institute: MAP Test Specification. MAP procedures in the SMS-GMSC/SMS-IW MSC. 1995.
- [ETS99a] European Telecommunications Standards Institute: GSM TS 03.66 v2.0.0 – Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Support of Mobile Number Portability (MNP); Handling of Non-Call Related Signalling; Technical Realization – Part 3 (GSM 03.66 version 2.0.0). January 1999.
- [ETS99b] European Telecommunications Standards Institute: ETSI TS 101 441 v7.2.0 – Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL) Phase 2; Stage 2 (GSM 03.78 version 7.2.0 Release 1998). November 1999.
- [ETS99c] European Telecommunications Standards Institute: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Technical realisation of the Short Message Service (SMS); (GSM 03.40 version 7.4.0 Release 1998). December 1999.
- [ETS00a] European Telecommunications Standards Institute: ETSI EN 301 344 v7.4.1 – Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2 (GSM 03.60 version 7.4.1 Release 1998). September 2000.

-
- [ETS00b] European Telecommunications Standards Institute: ETSI TS 100 974 v7.5.1 – Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Mobile Application Part (MAP) specification (GSM 09.02 version 7.5.1 Release 1998). September 2000.
- [Fay97] Faynberg, I., et. al.: The Intelligent network standards: Their application to services. McGraw-Hill. 1997. ISBN 0-07-021422-0.
- [Grö93] Gröhn, T.: Yhteiskanavamerkinantojärjestelmän merkinantoyhteyden ohjausosan käyttö ja testaus IN- ja GSM-järjestelmissä. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 1993.
- [Har91] Harju, J.: Siirto- ja välitystekniikan perusteet. Luentomoniste. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1991.
- [Har97] Hartmann, J.: Performance evaluation of enhanced service provisioning methods within the cellular GSM mobile radio network. Diplomarbeit. Aachen. 1997.
- [Hei94] Heiskanen, T.: SS7, MTP. Tietoliikennetekniikan seminaari. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1994.
- [Hei99] Heine, G.: GSM networks: Protocols, Terminology and implementation. 685 Canton Street Norwood, MA 02062. Artech House, Inc. 1999. ISBN 0-89006-471-7.
- [Huo98] Huopaniemi, J.: GSM-protokollien käyttö älyverkon palvelukehityksessä. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 1998.
- [Int99a] Intellitel Communications Ltd.: Enabling Convergence: Network Intelligence Middleware. 1999.
- [Int99b] Intellitel Communications Ltd.: OSN 2.0 System Overview. 1999.
- [ITU97] ITU-T Recommendation Q.771. Specifications of Signalling System No. 7 – Transaction capabilities application part; Functional description of transaction capabilities. June 1997.
- [Kar99] Kari, H.: GPRS, General Packet Radio Service. Luentomoniste [WWW-julkaisu]. Teknillinen korkeakoulu. 1999 [viitattu 9.3.2001].
Saatavissa: <http://www.cs.hut.fi/~hhk>.

-
- [Kem95] Kemppainen, P.: OPEN SERVICE NODE: A Service Control System for Intelligent Networks. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1995.
- [Mag96] Magedanz, T., Popescu-Zeletin, R.: Intelligent Networks. International Thomson Computer Press, UK. 1996. ISBN 1-85032-293-7.
- [Meh97] Mehrotra, A.: GSM System Engineering. 685 Canton Street Norwood, MA 02062. Artech House, Inc., 1997. ISBN 0-89006-860-7.
- [Mou92] Mouly, M., Pautet, M-B.: The GSM System for Mobile Communications. Published by the authors. 1992. ISBN 2-9507190-0-7.
- [Nil99] Nilsson, T.: Toward third-generation mobile multimedia communication. Ericsson Review No. 3. ISSN 0014-0171. Sweden. 1999.
- [Ovu99] Ovum Forecasts: Global Mobile Markets. Burois, O., Davison, J. 1999.
- [Pen98] Penttinen, J.: GSM 2+ -peruspalvelut. GSM-verkon jatkokehitys kohti UMTS:ia. Merito Forum. Espoo. 1998.
- [Red98] Redl, S., et. al.: GSM and Personal Communications Handbook. 685 Canton Street Norwood, MA 02062. Artech House, Inc. 1998. ISBN 0-89006-957-3.
- [Rus00] Russell, T.: Signaling System #7, Third Edition. McGraw-Hill, Inc., U.S.A. 2000. ISBN 0-07-136119-7.
- [Saa00] Saarenpää, M.: Älyverkkostandardit ja niiden kehitys. IP & IN & mobiiliteknologioiden konvergensi ja lisäarvopalvelut. IIR Finland Oy. Helsinki. 2000.
- [Sar96] Sarkki, M.: Älyverkon oheislaitteen käyttö puhelinpalvelun toteutuksessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1996.
- [Sco97] Scourias, J.: Overview of the Global System for Mobile Communications [WWW-dokumentti]. University of Waterloo. 1997 [viitattu 19.2.2001]. Saatavissa: <http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>.
- [Sem00] Sempere, J. G.: An overview of the GSM system [WWW-dokumentti]. University of Strathclyde. Glasgow, Scotland. 2000 [viitattu 19.2.2001]. Saatavissa: <http://www.comms.eee.strath.ac.uk/~gozalvez/gsm/gsm.html>.
-

-
- [Tei99] Teittinen, R.: Tukiasemaohjaimen piiri- ja pakettikytkentäisten ominaisuuksien testausohjelmiston suunnittelu ja toteutus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1999.
- [Tel98] Telehallintokeskus: UMTS -taajuudet ja toimiluvat Suomessa. 1998.
- [Thö94] Thörner, J.: Intelligent Networks. 685 Canton Street Norwood, MA 02062. Artech House, Inc. 1994. ISBN 0-89006-706-6.
- [Toi97] Toivanen, I.: Yhteiskanavamerkinantoverkon siirtoyhteyserroksen oliopohjainen emulointi. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1997.
- [Vep98] Vepsäläinen, E.: Hajautettu komponenttipohjainen älyverkkopalveluiden ohjausjärjestelmäarkkitehtuuri. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 1998.

