

Marko Martiskainen

GPRS-VERKON ARKKITEHTUURI JA TOIMINNOT

Insinööriyö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Tietotekniikan koulutusohjelma

Kevät 2002



Kajaanin
ammattikorkeakoulu

INSINÖÖRITYÖ
TIIVISTELMÄ

Osasto Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä Marko Pentti Olavi Martiskainen	
Työn nimi GPRS-verkon arkkitehtuuri ja toiminnot	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tietoliikennetekniikka	Ohjaaja(t) Jukka Heino Arto Isokoski
Aika 10.4.2002	Sivumäärä 52
Tiivistelmä <p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää GPRS-verkon arkkitehtuuri ja sen toiminnan kuvaus. GPRS-protokolla on yksi laaja kokonaisuus muiden liikennöintiprotokollien ja tapojen joukossa, kuitenkin se on laaja ja moniulotteinen kokonaisuus. Työssä käsitellään koko GPRS-verkon toiminta, tasolla minkä tulisi antaa selvä kuvaus GPRS-protokollasta lukijalle, jolla on tekninen tausta, mutta hän ei ole syventynyt kyseiseen protokollaan. Työ on tarkoitettu esimerkiksi myynti-insinöörien ja muiden GPRS-verkon mittauksia aloittavien henkilöiden GPRS-protokollaan perehtymisen ensimmäiseksi askeleeksi. Club Factotum on tilannut työn yllämainittuun tarkoitukseen.</p> <p>Tutkimus perustuu useisiin kymmeneen lähteisiin koskien GPRS-, GSM- ja UMTS-tekniikkaa. Lisäksi työn muodostumiseen on vaikuttanut monet mittausinsinöörien kanssa käydyt keskustelut, vaihdetut sähköpostiviestit ja henkilökohtaiset GPRS-verkon mittaukset. Kaikkia lähteitä ei mainita lähdeluettelossa, mutta niiden antama kuva verkosta ja sen toiminnasta vaikuttaa työn taustalla ja luotettavuuden tukena.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä Ei x	
Hakusanat GPRS, General Packet Radio Services	
Säilytyspaikka Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto	

Faculty of Engineering	Degree programme Information Technology
Author(s) Marko Pentti Olavi Martiskainen	
Title The Architecture and Functions of the GPRS- Network	
Optional professional studies Telecommunication	Instructor(s) / Supervisor(s) Jukka Heino Arto Isokoski
Date 10 April 2002	Total number of pages 52
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project, commissioned by Club Factotum, is to study the architecture of the GPRS network considering particularly the new element of the network and their functions. The research starts from the background of the GPRS network and continues via the GRPS trunk network to the air interface. The target readers for this research are sales engineers and other technical persons who need to understand the functions of GPRS.</p> <p>The implementation of GPRS introduces packet switched data on mobile networks and enforces the mobile operators to integrate public networks with their own networks. In the current stages of GPRS, the most important applications are to provide mobile users with fast access to the Internet and its services together with fast access to corporate intranets. These requirements have created challenges on reliable encryption and user authentication.</p>	
Confidential Yes No X	
Keywords GPRS and General Packet Radio Services	
Deposited at Library of Kajaani Polytechnic	

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO	6
1 JOHDANTO	8
2 GPRS-VERKON HISTORIA JA KEHITYS	9
2.1 GSM-matkapuhelinverkko	9
2.2 Universaali liikkuva tietoliikenne systeemi, UMTS	10
2.3 GPRS-Verkon kehittyminen	10
2.4 GPRS-verkon tarkastelunäkökulmat	12
2.4.1 Käyttäjän näkökulma	12
2.4.2 Käsitteen mukainen näkökulma	12
2.4.3 Toteuttajan näkökulma	13
2.5 GPRS-sovellukset	13
2.5.1 Horisontaaliset sovellukset	14
2.5.2 Vertikaalit sovellukset	16
3 GPRS-ARKKITEHTUURI	18
3.1 SGSN	19
3.2 GGSN	20
3.2.1 Yhteydenottopalvelin	20
3.3 MSC/VLR	21
3.4 HLR/GR	22
3.5 BSC	22
3.6 BTS	22
3.7 Nimipalvelin	23
4 GPRS-VERKON RAJAPINNAT	25
5 INTERNET-PROTOKOLLA	28
5.1 IP-osoitteet	28
5.2 GPRS-verkon dynaaminen IP osoitteistus	29
5.2.1 Etäkäyttäjän sisäänkirjautumisoikeuksien tarkistus	29
6 GPRS-VERKON RADIORAJAPINTA	30
6.1 Kanavan koodausluokat	30
6.2 Sanoman kulku GPRS-verkon protokollapinoissa	31
6.3 GPRS-kanavat	33
6.3.1 merkinantokanavat	34

6.3.2	Liikennekanavat.....	34
6.3.3	GPRS kanavanvaraus ja resurssien jakaminen	35
6.3.4	GPRS-verkon ylikehykset.....	36
6.4	Lähetykset	37
7	LIKKUVUUDEN HALLINTA	39
7.1	Sijaintialue ja reititysalue	39
7.2	Liikkuvuuden hallintatilat.....	40
7.2.1	Idle-tila.....	41
7.2.2	Ready-tila	41
7.2.3	Standby-tila	41
7.3	PDP-konteksti.....	42
7.3.1	PDP-kontekstin aktivointi.....	42
8	GPRS YHTEYDEN LASKUTUS	44
8.1	Soitetun datan kerääminen.....	45
9	QUALITY OF SERVICE (QoS)	46
10	YHTEENVETO	47
	LÄHDELUETTELO	49
	LIITTEET	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

LYHENNELUETTELO

APN	Access Point Name (GPRS-portin osoite)
BCCH	Broadcast Control Channel (yleislähetyskanava)
BG	Border Gateway (GPRS-verkot yhdistävä elementti)
BH	Block Header (lohkon otsikko)
BSC	Base Station Controller (tukiasemaohjain)
BSS	Base Station Sub-system (tukiasemajärjestelmä)
BTS	Base Transceiver Station (tukiasema)
CCH	Control Channel (ohjauskanava)
CG	Charging Gateway (laskutuselementti)
CGF	Charging Gateway Function (laskutustiedon keräystoiminto)
CLNP	Connectionless Network Protocol (yhteydetön verkkoprotokolla)
CS-1	Channel coding Scheme one (GPRS:n kanavakoodaus)
CS-2	Channel coding Scheme two (GPRS:n kanavakoodaus)
CS-3	Channel coding Scheme three (GPRS:n kanavakoodaus)
CS-4	Channel coding Scheme four (GPRS:n kanavakoodaus)
DLCI	Data Link Connection Identifier (kohdeosoite)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCS	Frame Check Sequence (RLP-kehyksen tarkastussekvenssi)
FDMA	Frequency Division Multiple Access (monipääsytekniikka)
FEC	Forward Error Correction (virheenkorjausmekanismi)
FH	Frame Header (kehyksen otsikko)
FSC	Frame Sequence Check (kehyksen tarkastus)
GGSN	Gateway GPRS Support Node (GPRS-yhdyskäytäväsolmu)
GPRS	General Packet Radio Service (GSM-pakettidatapalvelu)
GR	GPRS Register (GPRS-rekisteri)
GSM	Global System for Mobile communications (digitaalinen matkaviestinjärjestelmä)
GTP	GPRS Tunnel Protocol (GPRS-tunnelointiprotokolla)
HLR	Home Location Register (kotirekisteri)
IMSI	International Mobile Subscriber Identity (kansainvälinen GSM-tilaajatunniste)
IP	Internet Protocol (Internet-protokolla)
LA	Location Area (sijaintialue)
LAPD	Link Access Procedure on the D-channel (LAPD-protokolla)
LAPG	Link Access Procedure on the G-channel (LAPG-protokolla)
LLC	Logical Link Control (yhteyden suojaamisesta huolehtiva kerros)
MAC	Media Access Control (GSM:n uudelleenlähetyksestä huolehtiva kerros)
MM	Mobility Management (liikkuvuuden hallinta)
MO	Mobile Originated (matkaviestimestä lähtevä suunta)
MS	Mobile Station (matkaviestin)
MSC	Mobile Switching Center (matkapuhelinkeskus)
N-PDU	N-Packet Data Unit (GPRS-paketti)
NSS	Network Sub-System (keskusjärjestelmä)
PACCH	Packet Associated Control Channel (pakettidatan hidas ohjauskanava)

PAGCH	Packet Access Grant CHannel (pakettihajasaannin kuittauskanava)
PBCCH	Packet Broadcast Control CHannel (pakettiyleislähetyskanava)
PCCCH	Packet Common Control CHannel (pakettidatan ohjauskanava)
PCU	Packet Control Unit (paketinohjausyksikkö)
PDBCH	Packet Data Broadcast CHannel (pakettikanava alavirtaan)
PDCH	Packet Data CHannel (pakettidatakanava)
PDN	Packet Data Network (pakettidataverkko)
PDP	Packet Data Protocol (pakettidataprotokolla)
PDTCH	Packet Data Traffic CHannel (pakettidatan liikennekanava)
PDU	Packet Data Unit (datapakettiyksikkö)
PLMN	Public Land Mobile Network (matkapuhelinverkko)
PNCH	Packet Notification CHannel (GPRS-solulähetyskanava)
PPCH	Packet Paging CHannel (pakettikutsukanava)
PPP	Point-to-Point Protocol (tietoliikenneprotokolla)
PRACH	Packet Random Access Channel
PTM	Point-to-Multipoint (jakelutyypinen yhteys, monipisteyhteys)
PTM-G	Point-to-Multipoint, Group call (ryhmälähetys)
PTM-M	Point-to-Multipoint-Multicast (monilähetys)
PVC	Permanent Virtual Circuit (pysyvä virtuaalilinkki)
QoS	Quality of Service (palvelun taso)
RA	Routing Area (GPRS-reititysalue)
RACH	Random Access CHannel (hajasaantikanava)
RAI	Routing Area information (reititysalue tieto)
RLC	Radio Link Control (radiotien suojausprotokolla)
SDCCH	Stand alone Dedicated Control CHannel (merkinantokanava)
SGSN	Serving GPRS Support Node (GPRS-operointisolmu)
SMS	Short Message Service (lyhytsanomapalvelu)
SM-SC	Short Message Service Center (lyhytsanomakeskus)
SNDCP	Subnetwork Dependent Convergence Protocol (sovitusprotokolla)
TCH	Traffic CHannel (liikennekanava)
TCP	Transfer Control Protocol (ohjausprotokolla)
TDMA	Time Division Multiple Access (aikajakoinen monipääsytekniikka)
TE	Terminal Equipment (pääte laite)
TFI	Temporary Frame Identity (väliaikainen kehystunniste)
UDP	User Datagram Protocol (tiedonsiirto protokolla)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (kolmannen sukupolven digitaalinen matkaviestinjärjestelmä)
USF	Uplink State Flag (GPRS-aikavälin monikäytöstä huolehtiva lippu)
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network (UMTS:n radioverkko)
WAP	Wireless Application Protocol (langattoman viestinnän sovellysyhteyskäytäntö)
VLR	Visitor Location Register (vierailijarekisteri)

1 JOHDANTO

General Packet Radio Service, GPRS, on standartoitu pakettikytkentäinen palvelu GSM-verkkoihin (Global System for Mobile communications). Se antaa uusia palvelu mahdollisuuksia GSM-operaattoreille ja GPRS-palvelun loppukäyttäjille. Operaattorit voivat kasvattavat tulojaan avaamalla uusia pakettikytkentäisiä palveluita ja loppukäyttäjälle GPRS avaa uuden mahdollisuuden langattoman tiedonsiirron tehokkaaseen hyödyntämiseen.

Tekniikka antaa GSM-operaattoreille mahdollisuuden ottaa osansa nopeasti kasvavasta Internetin käytöstä ja samalla se luo yhden osan evoluutiopolusta kohti 3G-tekniikkaa. Operaattoreiden näkökulmasta verkon laajentaminen tapahtuu helposti siten, että lisätään pakettikytkentäisenverkon solmut jo olemassa olevaan GSM-verkkoon ja päivitetään ohjelmallisesti GSM-verkon infrastruktuuria. Lisäksi tekniikalla luodaan tehokas radiorajapinnan resurssien käyttö.

Loppukäyttäjille GPRS mahdollistaa jatkuvan liitettävyyden ulkopuolisiin pakettiverkkoihin, kasvavan suorituskyvyn, nopeat yhteydenmuodostusajat ja hinnoittelun todellisen tiedonsiirron mukaan. GPRS antaa liikkuvan yhteyden Internetiin ja yritysten intranetteihin, mitä pidetään yhtenä GPRS-protokollan tärkeimpinä etuina. Useat loppukäyttäjät jakavat GPRS-verkon radiorajapinnan resurssit, mistä seuraa huomattavasti nykyistä, piirikytkentäistäverkkoa parempi kanavanjaon hyväksikäyttö. Yhteyttä pidetään yllä vain niin kauan kuin se on tarpeen datan lähettämiseen tai vastaanottamiseen. GPRS käyttää radioaaltospektrin tehokkaalla dynaamisella tavalla, varaten sen pakettikytkentäiselle tai piirikytkentäiselle liikenteelle. Pakettikytkentäinen liikenne on pusrkeisen liikennöintitapansa vuoksi parempi vaihtoehto dataliikenteen kuljetukseen, jolloin liikennöintiparien ei tarvitse varata jatkuvaa yhteyttä tai pitää polkua auki tiedon siirrolle.

2 GPRS-VERKON HISTORIA JA KEHITYS

Tässä kappaleessa käsitellään GSM- ja UMTS-verkkoja lyhyesti, sillä GPRS-verkko voidaan ajatella GSM-verkon laajennukseksi ja GPRS-verkoista seuraava askel oletetaan olevan UMTS-verkot (Universal Mobile Telecommunications System).

2.1 GSM-matkapuhelinverkko

GSM-verkko on toteutettu PLMN-arkkitehtuurilla (Public Land Mobile Network) ja se on matkapuhelinstandardi, joka sallii sekä puheen että datan siirron radiotietä pitkin matkapuhelinverkossa. GSM on piirikytkentäinen palvelu, jossa käyttäjälle varataan yhteyden ajaksi kanavan koko kapasiteetti. Standardi mahdollistaa matkapuhelimen toiminnan useissa eri maissa ja useiden GSM-operaattoreiden toiminnan samalla alueella. GSM-järjestelmä perustuu 1990-luvun digitaalitekniikkaan, jonka ansiosta kaikki liikenne siirtyy radiotiellä salatussa digitaalimuodossa.

GSM-järjestelmän toiminta sijoittuu ylävirtaan (uplink) 890 - 915 MHz (GSM 900), 1710 - 1785 MHz (GSM 1800) ja 1850 - 1910 MHz (GSM 1900) taajuuksille sekä alavirtaan (downlink) 935 - 960 MHz, 1805 - 1880 MHz (GSM 1800) ja 1930 - 1990 MHz (GSM 1900) taajuuksille [1, s.18]. GSM-verkossa tukiaseman palvelualue rajataan siten, etteivät samaa taajuusaluetta käyttävät solut voi toimia samalla maantieteellisellä alueella. Solut, joiden etäisyys maantieteellisesti on riittävän suuri, voivat kuitenkin käyttää samaa taajuutta, sekoittamatta päätelaitteiden oikeaan tukiasemaan kohdistuvaa yhteyttä.

GSM-verkko tarjoaa puheen lisäksi myös datapalveluita asiakkailleen. Yksi näistä datapalveluista on tekstiviestipalvelu (SMS, Short Message Service), joka on saavuttanut varsinkin Suomessa viime vuosina todella suuren käyttäjämäärän. Tekstiviestipalvelu toteutetaan signaali-kanavalla. SMS viestin enimmäispituus on 160 merkkiä.

GSM-datasiirrossa käytetään samaa menetelmää kuin puheensiirossakin, eli yhteys saa käyttöönsä yhden TDMA (Time Division Multiple Access) aikavälin jolla saadaan 9,6 kbps piirikytkentäinen palvelu, nykyisin nopeudet yltävät kuitenkin 56 kbps asti (HSCSD, High Speed Circuit Switched Data). Muita mainittavia GSM-verkon datapalveluja ovat esimerkiksi faksien lähettäminen, sähköpostin lukeminen ja pienten tiedostojen siirto. [2]

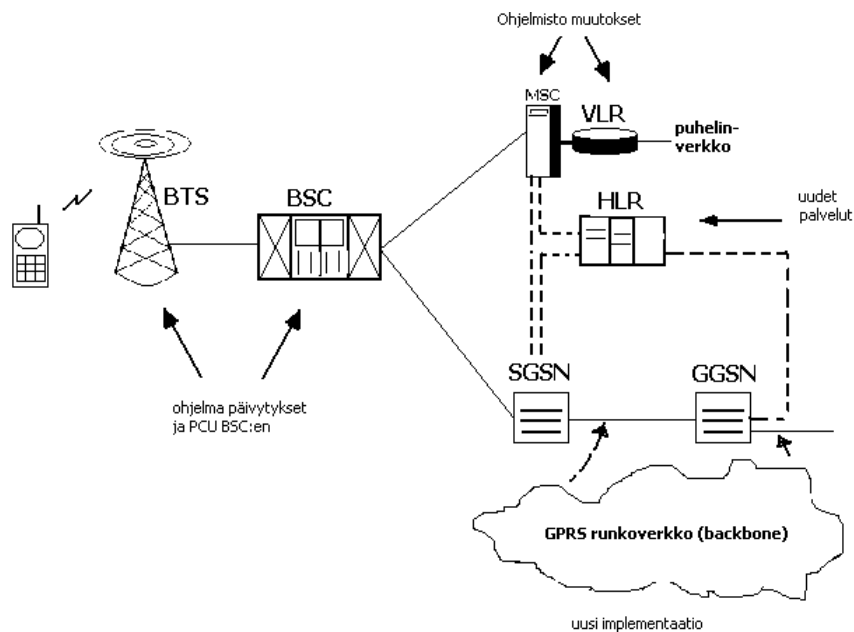
2.2 Universaali liikkuva tietoliikenne systeemi, UMTS

GPRS-verkkoa seuraava UMTS-verkko on kaikille tuttu kirjainlyhenne tämän päivän tietomaailmassa, mitä kutsutaan myös kolmannen sukupolven langattomaksi laajakaistaverkoksi, 3G. UMTS on pakettivälitteinen tietoliikenne protokolla tekstin, digitalisoidun äänen, videokuvan ja median siirtoon, sen datanopeus voi olla yli 2 Mbits. Katealue tulee olemaan alkuun yksi tämän protokollan ongelmia, sillä päätelaitteen ja tukiaseman välinen etäisyys ei voi olla muutamaa sataa metriä pidempi, mikäli UMTS-verkosta halutaan saada kaikki nopeuden tuoma hyöty irti.

2.3 GPRS-Verkon kehittyminen

GSM/GPRS-radioverkoissa piirikytkentäinen ja pakettikytkentäinen liikenne kuljetetaan rinnakkain, minkä vuoksi GPRS-tekniikkaa kutsutaan GSM-verkon laajennukseksi. Tämä toteutus on tehty suhteellisen pienin kustannuksin lisäämällä muutama verkkoelementti GPRS-runkoverkkoon sekä ohjelmistopäivitykset tukiasemiin (BTS, Base Transceiver Station) ja tukiasemaohjaimiin (BSC, Base Station Controller). Tukiasemaohjaimet tarvitsevat lisäksi uuden PCU-ohjaimen (Packet Control Unit). Liikennöintikanavat voivat olla sekä GSM- että GPRS-palvelun käytössä ja niitä ohjataan prioriteetti-ohjeiden mukaisesti. Piirikytkentäisestä liikenteestä jäänyt kapasiteetti varataan dynaamisesti GPRS-palvelun käyttöön. Toimintamal-

li tuo tehokkaan radorajapinnan resurssien käytön GSM/GPRS-verkkoihin. Kuvassa 1, näkyy GSM-verkkoon tulevat muutokset.



Kuva 1. Yksinkertaistettu GSM/GPRS-verkon mallinnus [3, s.176-177]

Asiakkaan kannalta datapalveluiden käyttö muuttuu huomattavasti GPRS-tekniikan myötä, jolloin käyttäjän päätelaitteesta tulee langaton työasema, joka toimii kuten lähiverkkoon kytketty kiinteä työpiste. GPRS-palvelut ovat valmiit heti, päätelaitteen rekisteröidyttyä verkkoon, jolloin se kykenee vastaanottamaan ja lähettämään paketteja tarpeen vaatiessa. Lisäksi puheluiden vastaanottaminen ja soittaminen ovat mahdollisia data-yhteyden aikana, sillä GPRS mahdollistaa samanaikaisen puhe- ja dataviestinnän. Tässä on huomattavaa kuitenkin päätelaitteiden toiminnallisuuden rajoituneisuus vielä tällä hetkellä (maaliskuu 2002).

GPRS julkistetaan muiden kompleksisten tietoliikennesysteemien tavoin asteittain, jossa erilaiset palvelut tuetaan eri kehitysvaiheissa. Tällä hetkellä odotetaan palveluiden sekä käyttäjien yleistymistä. GPRS-puhelimien yleistyminen on ollut mielestäni erittäin hidasta, mutta odottaisin näiden yleistyvän kuluvan vuoden ja ensivuoden ensimmäisen puoliskon aikana. GSM-puhelimien hankinnalle ei löydy mielestäni enää järkeviä perusteluja,

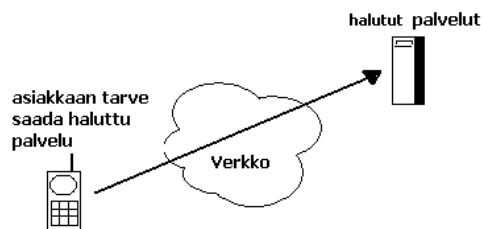
sillä GPRS-päätelaitteiden hinta vastaa kutakuinkin GSM-puhelimien hinnoittelua ja saatava hyöty on aivan eriasteella. Käyttäjien määrän yleistyttyä on ilmeistä, että myös palveluiden määrä kasvaa.

2.4 GPRS-verkon tarkastelunäkökulmat

GPRS-verkkoa voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta, tässä työssä tarkastellaan verkkoa käyttäjän-, käsitteen- ja toteuttajan näkökulmasta.

2.4.1 Käyttäjän näkökulma

Käyttäjälle GPRS-palvelut ovat kuin läpinäkyvä pääsy langattomiin tietopalveluihin GPRS-verkon yli, kuvan 2 mukaisesti. Tekniset yksityiskohdat piilotetaan loppukäyttäjältä.

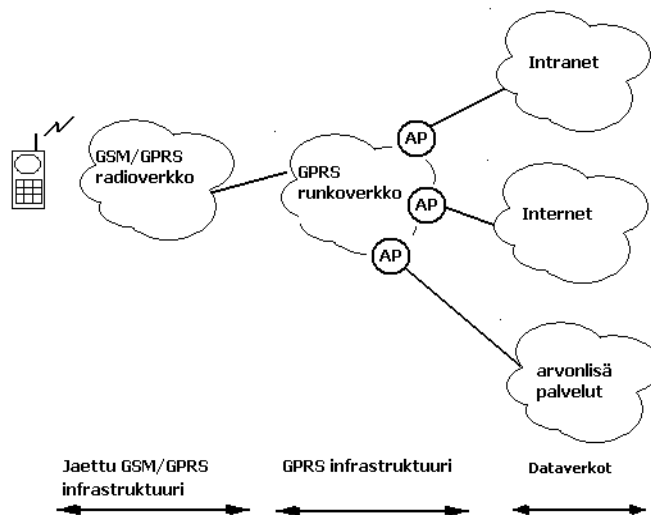


kuva 2, GPRS-verkko asiakkaan näkökulmasta

Loppukäyttäjälle GPRS on yksi tarjolla olevista medioista langattomiin Internet-palveluihin, jossa yritysasiakkaat voivat käyttää GPRS-palveluita esimerkiksi luottokorttitietojen tarkistamiseen väliaikaisissa olosuhteissa, kuten markkinoilla, torikaupassa, yms. [3, s. 196]

2.4.2 Käsitteen mukainen näkökulma

Käsitteenä GPRS on yhdystie päätelaitteen ja dataverkkojen välillä. Liittymäkohdat (AP, Access Point) ovat päätepisteitä pakettiverkolle kuvan 3 mukaisesti, missä pakettikytkentäinen tietoverkko voi tarjota yritys-, Internet- tai muita lisäarvopalveluita langattoman yhteyden omaaville päätelaitteille.



Kuva 3, GPRS-verkko käsitteen mukaisesta näkökulmasta

2.4.3 Toteuttajan näkökulma

GPRS lisää uusia elementtejä perinteiseen GSM-verkkoon. GPRS voidaan ajatella itsessään kaksi solmuiseksi, missä solmuina ovat SGSN (Serving GPRS Support Node) ja GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Solmulla tarkoitetaan verkon pistettä, josta on yhteys vähintään kahteen verkon muuhun pisteeseen. Kahden uuden verkkoelementin lisäksi perinteisen GSM-verkon aktiivilaitteita päivitetään GPRS-yhteensopiviksi.

2.5 GPRS-sovellukset

GPRS sovellukset kappale perustuu pääosin käytyihin keskusteluihin saksalaisen Matthias Kumitzin kanssa, koskien GPRS-tekniikan kehitystä ja tulevaisuutta. Matthias Kumitz toimii saksalaisessa Temia Telekom-nimisessä yrityksessä GPRS-testauslaitteiden parissa [4].

GPRS-verkko sisältää useita sovelluksia, joiden määrän odotetaan kasvavan käyttöliittymien yleistyessä. Sovellukset voidaan jakaa horisontaaleihin ja vertikaaleihin sovelluksiin. Vertikaalit sovellukset ovat räätälöityjä spesifisille liiketoiminta-alueille ja horisontaalit sovellukset eivät ole spesifiä millekään erityissegmentille.

Markkinoiden muuttuvuus nähdään erilaisena näille kahdelle osa-alueelle. Tuloja odotetaan alkuun vertikaaleilta markkinoilta, missä dataliikenteen investointien tuotot ovat helpompi määrittää ja näiden tuotavuuden kasvu on helposti tunnistettavissa.

Horisontaalit sovellukset vaativat hintojen alenemista ja näiden tuottavuuden määrittäminen ei ole helppoa, mutta käyttäjien volyymit ovat huomattavasti vertikaaleja sovelluksia suuremmat.

2.5.1 Horisontaaliset sovellukset

Yleiset sovellukset voidaan karkeasti sanoa olevan liikkuva Internet- ja intranet-yhteys.

Yleisesti Intranet-sovellukset rakentuvat seuraavasta sisällöstä: yrityksen sähköposti, dokumenttien/tiedon välitys, yrityksen puhelinhakemisto, tuote manuaalit, tiedotteet, myynti ja asiakastuki, yrityspolitiikka, uutiset, katalogit/hinnastot, tuotepaletti, kilpailijainformaatio ja tilauskanta.

GPRS-verkon sovelluksia koskevat ”katukeskustelut” usein sisältävät seuraavat kaksi käsitettä.

SMS, tekstiviestit (lyhytsanomat) rakentuvat lähetettävistä merkeistä, joiden maksimimäärä on 160 kappaletta. Toiminto on teknisesti läheinen kutsumerkinanto-toiminnon (paging) kanssa, se ei vaadi GSM-verkossa matkapuhelimen aktiivitilaa, vaan viestit säilyvät päiviä tekstiviestikeskuksessa, riippuen viestioletuksen asetuksista ja verkon määrityksistä. Säilyttäessään toimittamatonta tekstiviestiä keskus kokeilee tietyin väliajoin päätelaitteen aktiivisuutta, kunnes vastaanottava pää on aktiivinen ja lähettää tällöin viestin. GPRS ei tue tätä toimintoa vaan siirto tapahtuu, jos vastaanottaja on tavoitettavissa ja muussa tapauksessa sanoma hävietään [3, s.175].

Matkapuhelimeen tulevien tekstiviestien toimittamisessa SMSC (Short Message Service Center) lähettää tekstiviestin kauttakulkumatkapuhelinkeskukselle (MSC), joka selvittää tilaajan sijainnin. SMS-viesti välitetään siitä SGSN-solmulle, jonka alueella aktiivitilassa oleva tilaaja sijaitsee. Tämän jälkeen PDP-konteksti (Packet Data Protocol) aktivoidaan ja lyhytsanomaviesti välitetään vastaanottajalle sekä toimitetaan raportti tästä takaisin SMSC-keskukselle. Tässä tilanteessa lyhytsanomia välittävästä keskuksesta käytetään lyhennettä SMS-GMSC (SMS-Gateway MSC). [1, s.7]

Matkapuhelinalkuisten lyhytsanomien toimittamisessa SMS-viesti lähetetään matkapuhelimesta SGSN-solmulle, joka edelleen lähettää sen SMSC-keskukselle matkapuhelinkeskuksen kautta. SMSC aloittaa tämän jälkeen matkapuhelinpäätteisen osan toiminnon lyhytsanomaviestin lähetyksestä, jonka jälkeen se raportoi matkapuhelimelle lähetyksen onnistumisesta. Tässä tilanteessa lyhytsanomia välittävästä keskuksesta käytetään lyhennettä SMS-IW MSC (SMS-Interworking MSC). [1, s.7]

WAP, (Wireless Application Protocol), langatonsovellusprotokolla on sarja liikennöinti-protokollia standardisoimaan langattomat päätelaitteet. WAP-protokollaa tutkiessa on käytetty lähteitä [5, s. 5-10], [6], [7].

Valmistajat eivät ole aiemmin käyttäneet samanlaista langatonta tekniikkaa ja nämä erot on pyritty korjaamaan WAP-protokollan avulla, jolloin laitteet ja palvelut olisivat yhteensopivia.

WAP rakentuu omasta WML-kielestä (Wireless Markup Language), sekä omista palvelinsovelluksista, jossa piirikytkentäinen matkapuhelinverkko vaatii yhdyskäytävän.

GSM-verkon käytössä WAP-palvelu on hidas, mistä johtuen sillä ei ole ollut juurikaan kaupallista kannattavuutta. Tämän vuoksi WAP-palvelu on saanut paljon negatiivista huomiota useissa teknisissä julkaisuissa, minkä odotetaan muuttuvan GPRS:n myötä.

2.5.2 Vertikaalit sovellukset

GPRS antaa laajat mahdollisuudet luoda lukuisia räätälöityjä sovelluksia yrityksille ja spesifisille käyttäjäryhmille. Osa näistä sovelluksista on jo olemassa yksityisissä pakettikytkentäisissä radioverkoissa, mitkä puuttuvat globaalista yleisestä matkapuhelinverkosta. Näitä ovat esimerkiksi: myynti- ja lippuautomaatit, tilaustoiminnot kuten taxit, kenttä- ja muut palvelut, ajoneuvojen seuranta ja sijainti, muuttuva liikenteen hallinta, poliisin toiminta ja muut hälytystoiminnot, kiinteät ja liikkuvat kassapäätejärjestelmät, kaukomittaukset, jne.

Sijainnin määrittäminen voidaan toteuttaa eri menetelmillä, joista yksinkertaisin on solun tunnistaminen (Cell Identification, ID). Esimerkkeinä muista paikannusmenetelmistä kannattaa mainita kolme muuta yleisintä: GPS (Global Position System), lähetyksen ajoitusparametrit (TA, Timing Advance) ja tulokulma (Angle of Arrival).

3 GPRS-PÄÄTELAITTEET

Päätelaiteluokkia on kolme kappaletta A, B ja C, jolla mahdollistetaan erilaisten käyttäjien tarpeiden tyydyttäminen. Päätelaitteet voivat olla tavalli-

sia matkapuhelimia, älypuhelimia, PC-kortteja tai spesifisiä moduuleita, jotka voidaan rakentaa eri laitteiden yhteyteen. Päätelaiteluokkatietojen pohjana on käytetty lähdettä [8, s.30].

Luokka A on toiminnallisimmin näistä kolmesta päätelaiteluokasta. Nämä päätelaitteet voivat olla yhtäaikaista yhteydessä sekä piirikytkentäiseen että pakettikytkentäiseen palveluun, missä molemmat palvelut käsitellään itsenäisesti. A-luokan päätelaitteet ilmestyvät markkinoille myöhemmin, sillä niiden toteutus on teknisesti muita luokkia vaativampi.

Luokka B käsittelee yhtä palvelua kerrallaan ja ensimmäiset markkinoille tulleet päätelaitteet täyttivät nämä vaatimukset. Luokka B päätelaitteilla voidaan ottaa yhteys sekä piirikytkentäiseen että pakettikytkentäiseen verkkoon, mutta meneillään oleva pakettiensiirto keskeytetään piirikytkentäisen puhelun tullessa ja jatketaan sitä puhelun jälkeen.

Luokka C päätelaitteet täytyy asettaa manuaalisesti joko piiri- tai pakettikytkentäiseksi ja toista palvelua käytettäessä toinen palvelu on pois päältä. GPRS-verkon palveluita käyttävän laitteen kyky vastaanottaa testiviestejä voidaan kuitenkin mahdollistaa. Tällä luokalla on erikoistapauksessa mahdollisuus kytkeytyä vain GPRS-palveluihin, minkä vuoksi ne soveltuvat erinomaisesti telemaattisiin palveluihin ja käsietokoneisiin mahdollistaen mm. sähköpostien lataamisen langattomassa ympäristössä.

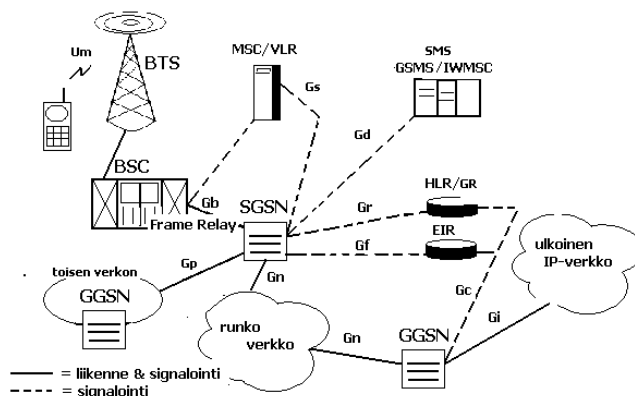
3 GPRS-ARKKITEHTUURI

GPRS on laajennus GSM-arkkitehtuuriin, jossa lisätään kaksi uutta elementtiä jo olemassa olevaan infrastruktuuriin ja pidetään pakettivälitteinen tiedonsiirto eriyttynä alkuperäisestä GSM-matkapuhelinjärjestelmästä. Tämän lisäksi vanhan GSM-verkon elementteihin päivitetään uudet ominaisuudet.

SGSN käsittelee käyttäjien pakettivälitteistä tiedonsiirtoa maantieteellisellä alueella hoitaen päätelaitteiden kirjautumisen, liikkuvuuden hallinnan ja keräten статистиikka sekä laskutus tietoa. Lisäksi se yhdistää itseensä saman ja ulkoisen verkon GGSN-solmun. SGSN sijaitsee useiden uusien rajapintojen välissä, rajapinnat käsitellään kappaleessa 4.

GGSN liittää ulkopuoliset dataverkot ja GPRS-verkot yhteen eli toimii yhdyskäytävänä eri verkkojen välillä. GGSN muodostaa myös yhteyden SGSN-solmulle Gn-rajapinnan kautta.

SGSN ja GGSN ovat "reitittämiä" ja niiden toiminnallisuus sijaitsee samassa fyysisessä solmussa tai ne ovat erillisissä fyysisissä pisteissä. Nämä pisteet yhdistetään GPRS-runkoverkon kautta, kuva 4.



Kuva 4, SGSN ja GGSN yhdistyvät toisiinsa runkoverkon kautta, käyttäen Gn-rajapintaa.[8, s.26]

3.1 SGSN

SGSN huolehtii verkon päätelaitteiden seurannasta, pakettien reitityksestä sen alueelle ja siltä poispäin, kirjautumisen tarkistamisesta, salauksesta, IMEI-tunnuksen tarkistamisesta, laskutustietojen keräämisestä, loogisten linkkien hallinnasta kohti päätelaitteita, yhteydestä kotirekisterille (HLR, Home Location Register), matkapuhelinkeskuksille ja tukiasemaohjaimille. GPRS-laitteiden seuranta tapahtuu solun tai reititysalueen tarkkuudella, riippuen päätelaitteen liikkuvuuden hallintatilasta [3, s. 176] ja [8, s.26]. Laskutustieto ohjataan CGF-elementille (Charging Gateway Function) G-rajapinnan kautta, mistä on edelleen yhteys laskutusjärjestelmään, kuva 15.

SGSN on yhteydessä tukiasemaohjaimen CPU:n kanssa Gb-rajapinnan ylitse, mikä toteutetaan yleisesti Frame Relay -tekniikalla (kehysvälitys). Käytännössä jokainen pakettiyhteys tukiasemaohjaimelle käyttää omaa Gb-rajapintayhteyttä [3, s. 176]. Käytettäessä G.703 pulssikoodimoduloitua yhteyttä (PCM, Pulse Code Modulation) tukiasemaohjaimen kovo-puolen muutokset saadaan minimoitua. Frame Relay -tekniikka ei ole välttämättä paras mahdollinen valittu toteutustekniikka, mutta tämän valinta johtuu oletettavasti spesifioinnin ajankohdasta. Jos sama spesifiointi tehtäisiin nyt, valituksi tekniikaksi voitaisiin arvella ATM-tekniikkaa, joka olisi yhteensopiva myös 3G-verkon kanssa.

SGSN- ja GGSN-solmun välisen Gn-rajapinnan avulla SGSN siirtää tietoja ulkopuolisten verkkojen yhdyskäytävälle eli GGSN-solmulle tai toiseen SGSN-pisteeseen. Lisäksi SGSN-solmulla on Gd-, Gf-, Gp-, Gr ja Gs-rajapinnat, joita tarkastellaan kappaleessa 4.

3.2 GGSN

Kappaleen 4.2. ja 4.2.1 pohjana on käytetty lähteitä [4] ja [9]. GGSN-solmun päätehtävä on yhteysjakson -ja liikkuvuuden hallinta (SM, Session Management ja MM, Mobility Management), termit käsitellään myöhemmin tämän työn kappaleessa 7.2. Nykyisen 2G GPRS-verkon liikkuvuuden hallintaan tullaan tekemään parannuksia siirryttäessä 3G GPRS-verkkoihin.

GGSN huolehtii rajapinnasta kohti toisia GPRS-verkkoja tai muita ulkoisia IP- ja X.25-verkkoja. X.25-verkot ovat hiljalleen hyvistä ominaisuuksistaan huolimatta väistymässä IP-verkkojen tieltä, samalla kun IP-teknologia tekee vahvaa tuleamistaan jokapuolella (All over IP). [3, s.177]

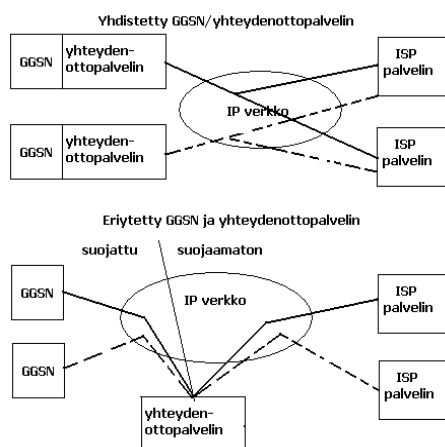
Liikkuvuuden hallinnantoiminnot ovat ETSI-standardin mukaisia, mitkä muodostavat päätelaitteen ja yhteydenottopalvelimen välisen IP-liikenteen. GGSN kääntää data formaatit, signalointi protokollat ja osoitetiedon kahden verkonvälisessä liikenteessä. Ulkopuolisille verkoille GGSN näkyy joko IP-verkon reitittimenä tai X.25-verkon solmuna.

3.2.1 Yhteydenottopalvelin

Yhteydenottopalvelin on määritelty käyttäen IETF-standardia, joka avaa tehokkaan pääsyn moninaisille Internet-palveluntarjoajille (IPS, Internet Services Provider) yleisestä matkapuhelinverkosta (PLMN). Yhteydenottopalvelin huolehtii useista tehtävistä, joista mainittavia ovat seuraavat: Internet-palveluntarjoajan valinta, päätelaitteen tunnistus, IP-konfigurointi, pakettien reititys, tunnelointi ja filterointi, yhtäaikaista kytettä useille Internet-palveluntarjoajille, huolehtiminen verkkokerroksen protokollista, Multicasteistä, verkkovierailuista (rouming), palveluluokista ja laskutuksesta.

Verkon operaattorin toimiessa Internet-palveluntarjoajana se tarvitsee ISP-palvelun toiminnot, IETF-standardin mukaisesti. Toiminnot sisältävät DHCP-toiminnan (Dynamic Host Configuration Protocol) ja RADIUS-palvelun (Remote Authentication Dial-In User Service) tietoturvan varmistamiseen, laskutustarkoituksiin ja dynaamisten IP-osoitteiden varaamiseen IP-osoite varannosta.

Yhteydenottopalvelin voidaan sijoittaa yhteen GGSN-solmun kanssa, tai erikseen parantamaan yhden yhteydenottopalvelimen jakamisen useille eri yhteystekniikoille ja verkoille, kuva 5.



Kuva 5, GGSN-solmun ja yhteydenottopalvelimen sijainti

3.3 MSC/VLR

Matkapuhelinkeskuksen/vierailijarekisterin (Mobile Services Switching Center/Visitor Location register) ja SGSN välinen optionaalinen Gs-rajapinta huolehtii päätepisteiden synkronisoinnista mm. tekstiviestien ja kutsujen yhteydessä. MSC ja VLR tulee päivittää GPRS-palvelu yhteensopiviksi. [10, s.122-131]

3.4 HLR/GR

Kotirekisteri/GPRS-rekisteri (HLR) sisältää GSM- ja GPRS-liittymän ja reititysinformaation tiedot, jotka sijaitsevat asiakkaan IMSI-kentässä. HLR-rekisteriin on lisätty GPRS tietuekenttiä, joista GR (GPRS Register) muodostuu, näin ollen HLR-rekisterit vaativat GPRS-päivityksen. Rekisteri ohjaa jokaisen tilaajan yhdelle tai useammalle GGSN-laitteelle. Verkossa vieraileville (roaming) päätelaitteille HLR/GR voi sijaita eri matkapuhelinverkossa kuin sen hetkinen SGSN-yhteys. Lisäksi HLR-rekisterin tulee huolehtia tekstiviestin siirrosta GPRS-verkon ylitse. HLR/GR-rekisteriin on määriteltä Gr- ja Gc-rajapinta, joista molemmat käyttävät MAP-merkinantoa (Mobile Application Protocol). [4]

3.5 BSC

Tukiasemaohjain sisältää uuden paketihojausyksikön (PCU) pakettikanavien hallintaan. Lisäksi tukiasemaohjaimessa on uudet toiminnot liikkuvuuden hallintaan ja kutsumerkinannolle (paging).

Uusi liikenne- ja signalointirajapinta Gb, SGSN-solmulta päätelaitteen suuntaan päätetään tukiasemaohjaimella [4].

Paketihojausyksikkö huolehtii tukiasemajärjestelmän tai UMTS-verkon radiojärjestelmän (UTRAN) ja GPRS-runkoverkon välisestä yhteydestä. GSM-verkolta päin Gb-rajapinnan ja 3G-verkolta lu-rajapinnan kautta.

3.6 BTS

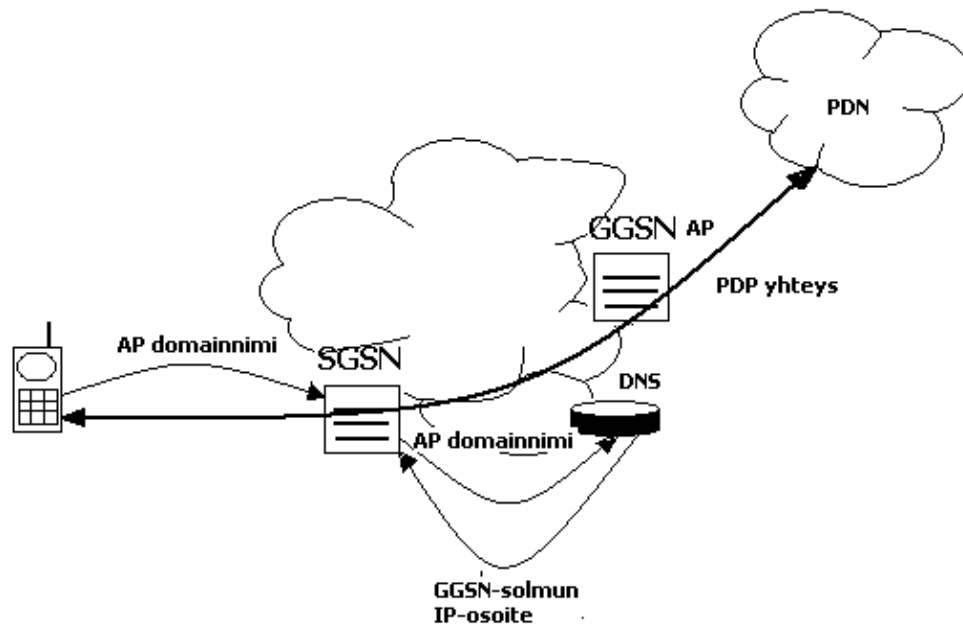
Tukiasemiin (BTS) implementoidaan uusia protokollia, jotka tukevat pakettiyhteyttä Um-ilmarajapinnalla ja toimintoja resurssien allokointiin, joita on aikavälien ja kanavien jakaminen [8, s.27].

GPRS käyttää samaa fyysisten kanavien valikoimaa (pool) kuin puhe, mikä tekee mahdolliseksi sekoittaa GPRS-kanavat (PDCH, Packet Data CHannel) piirikytkentäisten liikennekanavien (TCH, Traffic CHannel) kanssa samaan soluun. Liikennekanava on varattu yhdelle käyttäjälle, kun pakettidatakanavassa voidaan limittää useiden käyttäjien liikenne samalle kanavalle. PDCH käsitellään kappaleessa 6.3.

3.7 Nimipalvelin

DNS-järjestelmän (Domain Name System) avulla Internet-toimialuenimet (domain name) paikannetaan ja käännetään IP-osoitteisiin. Koska toimialuenimien/IP-osoitteiden keskitetyn listan hallinta olisi epä-käytännöllinen on toimialuenimien ja IP-osoitteiden lista hajautettu kauttaaltaan Internetiin. DNS-palvelimet (Domain Name Server) sijaitsevat maantieteellisessä läheisyydessä yhteyden tarjoajaan, joka kartoittaa toimialuenimet Internetkyselyissä tai uudelleen lähettää ne toiselle palvelimelle.

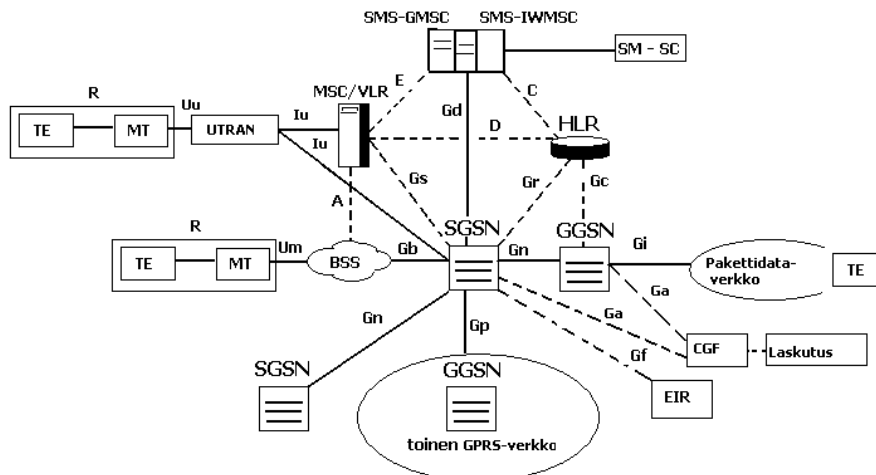
Alueellinen nimipalvelin toteuttaa verkolle PDP-yhteyden reitityksen. DNS-palvelin sisältää osoitetiedon jokaiselle GPRS-verkon solmulle. On kuitenkin huomattavaa, että yksi nimipalvelin hallitsee vain yhden operaattorin verkon, fyysinen läheisyys. Tyypillinen sovellus palvelimelle on matkapuhelimen suorittaessa pakettikytkentäisen yhteyden, missä SGSN-solmun kautta pyydetään tilaajan reititystiedot GGSN-solmulta PDP-viitekehäyksen muodostamiseen. Kuvassa 6, esitetään yksin-kertaistettuna DNS-palvelimen käyttö pakettien reitittämisessä ulkoiseen verkkoon.



Kuva 6, SGSN hakee osoitetiedot DNS-palvelimelta, minkä jälkeen saadaan muodostettua PDP-konteksti päätelaitteen ja halutun palvelun välille.

4 GPRS-VERKON RAJAPINNAT

GSM- ja GPRS-verkko sisältää runsaasti rajapintoja, sillä GPRS kytkeytyy loogisesti GSM-verkkoon, lisäten GPRS-rekisterit ja GSN-ylläpitosolmut (GSN, GPRS support node). GSN sisältää SGSN- ja GGSN-solmun. Kuvassa 7 esitetään GPRS-verkon looginen rajapinta-arkkitehtuuri.



Kuva 7, GPRS rajapinnat ja looginen arkkitehtuuri. Yhtenäinen viiva kuvaa merkinanto- ja datayhteyttä ja katkoviiva merkinannon rajapintaa [8, s.27-28], [12, kohta 2.1], [13] ja [14].

Lisääntyneiden verkkokomponenttien määrä lisää verkon rajapintojen määrää, joita tarkastellaan tarkemmin tässä kappaleessa. Tämä aiheuttaa mielestäni kasvavan verkonvalvonnan ja mittauksien tarpeen. Tällä hetkellä Suomessa kaikkien operaattoreiden GPRS-verkkoja ei valvota hajauteulla verkonvalvonnalla, mutta useat operaattorit ovat kuitenkin mieltämässä hajautetun verkonvalvonnan tärkeyden eri rajapinnoille.

Ga-rajapinta on SGSN/GGSN-solmun ja CGF-toiminnon välillä, mistä on yhteys operaattorin laskutusjärjestelmään. Laskutusjärjestelmään ei oteta kantaa GPRS-määrityksissä. GPRS-laskutustiketit voidaan siis kerätä molempien GSN-solmujen kautta.

Gn-rajapinta sijaitsee SGSN:n ja GGSN:n välillä, saman matkapuhelinverkon sisällä. Yhteys on IP-pohjainen, minkä pohjana voi olla mikä tahansa soveltuva tekniikka, tällä hetkellä käytetään yleisesti ethernet-verkkoa tai ATM:ää.

Gc-rajapinta on GGSN-laitteen ja kotirekisterin välinen rajapinta, minkä kautta GGSN saa liikkuvan aseman sijaintitiedot tämän kotirekisteristä.

Gr-rajapinta on SGSN-solmun ja kotirekisterin välinen rajapinta.

Gs-rajapinta sijaitsee SGSN:n ja MSC/VLR:n välillä. SGSN voi lähettää paikannustietoja matkapuhelinkeskukselle tai vastaanottaa kutsumerkinantoja (paging) MSC/VLR:ltä. Gs-rajapinta on optionalinen, jonka avulla tehostetaan GSM- ja GPRS-verkon voimavarojen käyttöä. Gs-rajapinta on valinnainen, mutta sen pois jättäminen voi aiheuttaa ongelmia.

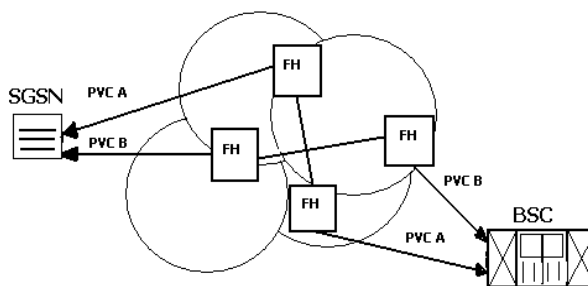
Gd-rajapinta sijaitsee tekstiviestejä välittävän keskuksen (SMS-GMSC/SMS-IWMSC) ja SGSN-solmun välillä. Lyhytsanomiam välittävältä keskukselta on yhteys varsinaiseen lyhytsanomakeskukseen (SM-SC). Rajapinta on pakollinen.

Gp-rajapinta on SGSN:n ja eriverkossa sijaitsevan GGSN-laitteen välillä. Gp-rajapinta sisältää samat ominaisuudet kuin Gn, mutta lisäksi se käsittelee aluerajan yhdyskäytävän ja palomuurin sekä toiminnallisuuden mitä tarvitaan matkapuhelinverkkojen välisessä rungossa. Vierailija voidaan reitittää tätä kautta omaan verkkoon ja vasta sieltä Internetiin, mikä voidaan tehdä myös vierailtavan verkon GGSN:n kautta.

Gf sijaitsee SGSN:n ja laitetunnisterekisterin (EIR, Equipment Identity Register) välillä ja se huolehtii SGSN-solmun pääsystä rekisterin laitetietoihin.

Gb-rajapinta toimii SGSN-solmun ja tukiasemaohjaimessa olevan PCU-yksikön välillä mikä erottaa pakettidatayhteydet Gb-rajapinnalle. A-rajapinta on vastaava piirikytkentäisille yhteyksille. Gb-rajapinnalla käytetään Frame Relay -tekniikkaa.

Frame Relay -tekniikka on vanha siirtotekniikka, joka perustuu virtuaalikytkentäiseen liikennöintiin (VC, Virtual Circuit). Virtuaalikytkentä on kaksisuuntainen, ohjelmisto määritteinen siirtopolku kahden portin välillä. GPRS-verkossa käytetään vain pysyviä virtuaalipiirejä (PVC, Permanent Virtual Circuit), jotka kytketään kehyksen käsittelyn kautta (FH, Frame Handles). Kehyksen käsittelijät toimivat reitittimien tavoin Frame Relay-verkoissa, kuva 8. [15]



Kuva 8, SGSN-solmun ja tukiasemaohjaimen välisen Gb-rajapinnan liikenne perustuu Frame Relay-protokollaan, missä käytetään pysyviä virtuaalipiirejä.

Um-rajapinta sijaitsee päätelaitteen ja kiinteän GSM-tukiasemajärjestelmän välillä. Tämä GPRS-verkon rajapinta huolehtii pakettimuotoiset palvelut radioverkon yli päätelaitteille.

Gi- ja R-rajapinnat ovat enemmänkin kaksi vertailupistettä kuin standardin mukaisia rajapintoja. Gi on GPRS-verkon ja ulkoisen pakettiverkon välillä. R-rajapinta sijaitsee päätelaitteen (TE, Terminal Equipment) ja liikkuvan päätelaitteen (MT, Mobile Termination) välillä.

5 INTERNET-PROTOKOLLA

Luku 8 pohjautuu lähiverkkomittauksissa saatuihin kokemuksiin, jotka olemme tehneet yhdessä Tecono Oy:n konsultti Kimmo Loisan kanssa. Internet-protokolla (IP, Internet Protocol) on suunniteltu pakettikytkentäisten dataverkkojen yhteiskäytännöksi, mikä on määritetty IETF:ssä (Internet Engineering Task Force) 80-luvun alussa. IP-pakettien pituus ei ole kiinteä, joten yhteysparien välillä voidaan havaita useita eri pakettikokoja. IP-protokollaa voidaan käyttää kaikenkokoisten dataverkkojen ratkaisuna, se ei kuitenkaan takaa virheetöntä pakettien perille pääsyä, minkä vuoksi IP-protokollan päällä käytetään usein TCP- tai UDP-protokollaa (Transmission Control Protocol/User Datagram Protocol). IP/TCP:tä käytetään kun sovelluksella itsellään ei ole virheen korjausta ja UDP:tä päin vastoin.

TCP/IP on kaksikerroksinen protokolla, jossa ylempi kerros TCP hoitaa viestien kääntämisen tai suorittaa tiedostojen muuttamisen pienemmiksi paketeiksi, jotka on siirretään Internetin ylitse toiselle TCP-kerrokselle. Alempi kerros, Internet-protokolla kerros tutkii jokaisen paketin osoitteen, jotta nämä toimitetaan oikeisiin kohdeosoitteisiin.

5.1 IP-osoitteet

Yleisesti IP-osoitteina käytetään joko version Ipv4-osoitteistusta tai uudemmaa Ipv6-osoitteistusta. Internet protokolla versio 6. on 128 bittinen ja vanha versio 4. on 32 bittinen. Vanhempi osoitteistus on yleisemmin käytössä ja se on otettu oletusarvoksi GPRS-verkkoon. Näiden osoitteiden yhteensovittamiseksi on tehty keinoja, joilla Ipv4-osoite saadaan sisällyttää Ipv6-kenttään. IP-osoite määrittää informaation lähettäjän tai vastaanottajan tiedot, jotka on lähetetty paketissa Internetin halki. IP-osoitteet rakentuvat verkkotunnistekentästä ja aliosoitekentästä, joiden pituus vaihte-

lee osoiteluokasta riippuen. A-luokan osoitteissa verkko-tunnistekenttä on lyhyt verrattuna aliosoitteisiin ja C-luokassa päinvastoin. [16, luku 6]

5.2 GPRS-verkon dynaaminen IP osoitteistus

DHCP on GPRS-verkon protokolla, joka antaa verkon hallinnan käyttäjä IP-osoitteiden luovutusta keskitetysti ja automatisoidusti organisaatioiden verkoissa. Käytettäessä TCP/IP-protokollaa, jokainen Internet-yhteyden omaava laite tarvitsee oman IP-osoitteen. Ilman DHCP-protokollaa jokainen IP-osoite täytyisi asentaa manuaalisesti tietokoneille. Siirrettäessä päätettä verkon toiseen osaan, jouduttaisiin jälleen asentamaan uusi IP-osoite päätelaitteille. DHCP sallii verkonvalvojan hallita ja jakaa IP-osoitteet keskitetysti yhdestä pisteestä. [17]

DHCP käyttää aikamääräistä, niinsanottua vuokrausmenetelmää, millä saadaan dynaamisesti voimassaoleva IP-osoite koneelle. Osoitteen lainausaika riippuu siitä, kuinka pitkään käyttäjä tarvitsee Internet yhteyttä sen hetkisestä sijainnistaan. Tämä on erittäin käyttökelpoinen koulutus ja muissa ympäristöissä missä käyttäjät vaihtuvat usein.

5.2.1 Etäkäyttäjän sisäänkirjautumisoikeuksien tarkistus

Etäkäyttäjien verkkoon kirjautumisen yhteydessä heidän sisäänkirjautumisoikeudet tarkistetaan, mikä suoritetaan käyttäen RADIUS-palvelua, joka on tilaaja/palvelin-protokolla (client/server) ja ohjelmisto. RADIUS-palvelulla etäpääsypalvelin saa yhteyden oikeuksien tarkistamiseen keskuspalvelimelta, verkkoon pääsyn hyväksymiseksi ja palveluiden käyttämiseen. RADIUS antaa yritysten ylläpitää käyttäjäprofiilit keskustietokannassa, jonka kaikki etäpalvelimet jakavat, millä varmistetaan parempi tietoturva. Tällä saadaan myös helpompi laskutus ja verkon statistiikan ylläpito. [17]

6 GPRS-VERKON RADIORAJAPINTA

Kuten GSM-verkoissakin tukiasemajärjestelmä ylläpitää ja hallinnoi GPRS radiotoimintoja, resurssien hallinnan (RRM, Resource Management) avulla.

6.1 Kanavan koodausluokat

2G GPRS-sanomat siirtyvät GSM/GPRS-verkon Um-rajapinnalla, mutta siirtotapa poikkeaa GSM-siirron koodaustavasta. GPRS-järjestelmän pakettidatan liikennekanaville (PDTCH, Packet Data Traffic CHannel) on neljä eri kanavakoodaustapaa CS-1 ... CS-4 (Channel Coding Scheme). Nämä koodaustavat eroavat toisistaan siirtovirheiden korjauskyvyssä, mikä on suoraan suhteessa siirrettyjen hyötybittien määrään. Koodaustavan valinta riippuu päätelaitteen ja tukiaseman välisestä etäisyydestä ja tähän vaikuttavista häiriötekijöistä. [3, s.179]

Yhteyden ulkoisten tekijöiden on oltava huomattavasti paremmat siirryttäessä käyttämään ylempiä koodaustapoja. CS-1 käyttää GSM-verkon merkinantokanavalla (SDCCH, Stand alone Dedicated Control CHannel) käytettävää koodausta, mikä on näistä koodaustavoista tehokkain. CS-2 ja CS-3 ovat niinkutsuttuja kevennettyjä koodaustapoja, missä käytetään lävistystekniikkaa, mikä poistaa konvoluutiokoodauksen jälkeen ennalta määrättyjä bittejä. Tällöin myös virheenkorjaus huonontuu. Lävistettyjen bittien lukumäärä on CS-2:ssa 132 ja CS-3:ssa 220 bittiä. CS-4 eroaa täysin aiemmin mainituista koodaustavoista, sillä siinä ei käytetä lainkaan kanavakoodausta. CS-4:n käyttämiseen päätelaitteen täytyy olla "virheettömän matkan" päässä tukiasemasta, mikä riippuu ympärillä vaikuttavista häiriötekijöistä (matka, ylikuuluminen, kohina, ...).

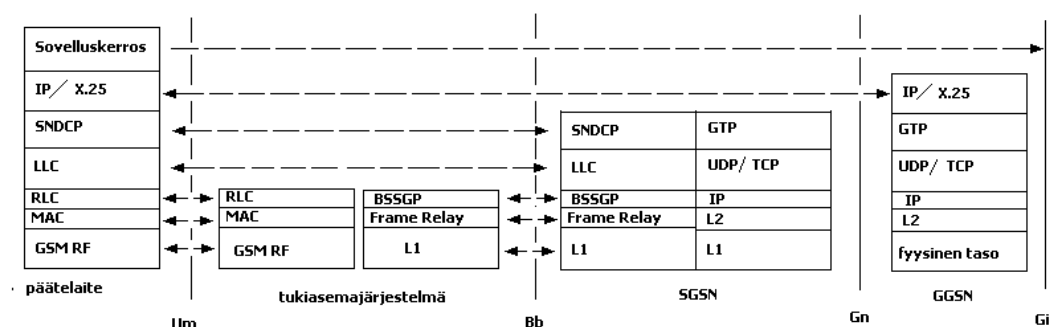
GPRS-verkon kattavuutta voidaan hahmottaa kanavakoodausluokilla, jotka vaihtelevat verkon ja tukiaseman etäisyyden mukaan. Korkeammat tiedonsiirtonopeudet saavutetaan vähentämällä tai poistamalla virheen-

korjausbittejä, mistä johtuen korkeampaa siirtonopeutta ei voida käyttää pitkiin radiokaistayhteyksiin. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että päätelaitteen liikkuessa etäämmälle tukiasemasta, joudutaan virheenkorjaustasoa nostamaan, ja näin ollen dataliikenteen nopeutta laskemaan.

Dataliikenteessä käytetään neljää koodaustapaa, mutta ohjauskanavilla käytetään vain CS-1 koodausta, lukuun ottamatta pakettihajasaantikanavaa (PRACH, Packet Random Access Channel) ja ajoitusennakkotietoja (TA, Timing Advance) ylävirtaan siirtävää PTCCH/U-kanavaa. Liitteessä A esitetään koodaustapojen ominaisuudet taulukkomuodossa. [3, s. 179]

6.2 Sanoman kulku GPRS-verkon protokollapinoissa

Sovelluksen muodostamat sanomat kulkevat GPRS-verkon yli kuvan 9 mukaisissa protokollapinossa. GPRS-verkon sovelluskerros on IP-kerroksen päällä, minkä vuoksi GPRS näyttää ulkopuolisille verkoille Internetin aliverkolta.



Kuva 9, Päätelaitteen ja GGSN-solmun väliset GPRS-protokolla pinot [8, s. 28 ja kuva 1.14].

Päätelaitteen fyysinen kerros (GSM RF, Radio Frequency) pysyy GSM-järjestelmän kanssa samanlaisena, poiketen kuitenkin ylikehysrakenteissa ja joissain käyttöperiaatteissa.

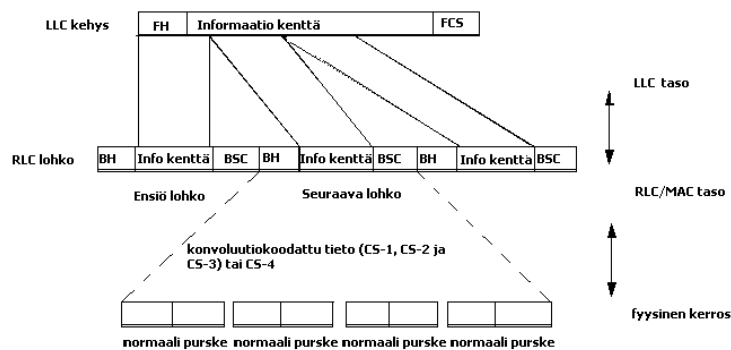
RLC- ja MAC-toiminnot (Radio Link Control ja Media Access Control) on implementoitu PCU:n ja ne huolehtivat tiedonsiirrosta fyysisen radiopinnan yli. RLC antaa luotettavan yhteyden radiatorajapinnalle, mahdollistaen yhteisen jaetun siirtotien useille päätelaitteille. Se huolehtii rajapinnan-toiminnoista LLC- ja MAC-kerroksen välillä, mihin kuuluu LLC-kerroksen sanomien paloittelu ja kokoaminen siirryttäessä ylös- ja alaspäin protokollapinossa. MAC-toiminto ohjaa pääsymerkintätoimintaa päätelaitteiden pyytäessä resursseja radiokanavilta. Lisäksi se huolehtii prioriteetti-käsittelystä, törmäysten havaitsemisesta sekä uudelleen yrityksistä (Backward Error Correction) ja datalohkojen sekä merkinannon limityksestä. [3]

LLC-kerros (Logical Link Control) mahdollistaa luotettavan ja suojatun virtuaalilinkin SGSN-solmulta käyttäjälle ja se on riippumaton alapuolisista radiatorajapinnan protokollista, pyrkien itse havaitsemaan virheet ja toipumaan niistä. LLC-kerros vastaa myös tiedon salauksesta, vuon hallinnasta, sanomien järjestyksen säilyttämisestä siirtotiellä ja protokolla-tason kanavoinnista DLCI:n (Data Link Connection identifier) avulla.

LLC-protokollalla on kaksi toimintatilaa toipuva ja ei-toipuva. Toipuvassa tilassa käytetään LAPx-määritysten mukaisia informaatio-kehysiksiä (I, Information). Toipuvatila vaatii ABM-toiminnan, jonka vuoksi liikenne alustetaan SABM-komennolla (Set Asynchronous Balanced Mode). Ei-toipuvassa tilassa käytetään kuitaamattomia LAPx-määritysten mukaisia informaatio-kehysiksiä (UN, Unnumbered Information), missä voidaan käyttää FCS-tarkiste suojausta, mutta paketit voidaan lähettää myös ilman tarkistetta. LLC-tiedot pohjautuu lähteeseen [18].

Kuvassa 10 nähdään segmentin kulkeutuminen LLC-tasolta RLC/MAC-tasolle ja sieltä GSM-RF-tasolle. LLC-kerroksen kapselointi muodostuu FH-otsikosta (Frame Header), datasta ja kehyksen tarkistussekvenssistä (FCS, Frame Check Sequence). MAC-tasolla sanoma paloitellaan osiin, jotka soveltuvat MAC-koodaukselle, jossa jokaisen osan eteen lisätään BH-otsikko (Block Header) ja loppuun BSC-tarkistus sekvenssi (Block Check Sequence). CS-4-kehysmuotoa lukuun ottamatta sanomalle teh-

dään konvoluutiokoodaus ja mahdollisesti lävistys. Tämän jälkeen 456-bittinen sanoma paloittellaan neljään purskeeseen ja siirretään radiotielle, kuva 10 [3, s. 186].



Kuva 10, LLC kehyksen paloittelu siirtotielle

SNDCP (Subnetwork Dependent Convergence Protocol) yhdistää alapuolisen verkon ja verkkotason ominaisuudet päätelaitteen ja SGSN:n välillä. Se muunmuassa multipleksoi verkkokerroksen viestit yksittäiselle virtuaaliselle yhteydelle ja mahdollistaa salauksen, kompression ja segmentoinnin. [19]

GPRS-tunnelointiprotokolla (GTP, GPRS Tunnel Protocol) toimii GNS-solmujen välillä, missä se pakkaa tiedon ja merkinannon runkoverkolle. Tämä protokolla kapseloi PTP, PDP ja PDU GPRS-datapaketit (Point-To-Point, Packet Data Protocol, Packet Data Unit) [8, s.29]. GTP-tunnelointiprotokollaa ollaan kehitetty jatkuvasti ja johtavat verkkosuunnittelijat ovat siirtyneet GTPv0:stä GTPv1-versioon [20].

6.3 GPRS-kanavat

GPRS käyttää GSM-verkon radiotietä, joten käytössä ovat purskeet ja niiden rakenne ovat samoja. GPRS-palvelulle on määritelty erityisiä fyysisiä pakettidatakanavia (PDCH), jotka varataan vain tarvittaessa. Seuraavissa 2 kappaleessa käsitellään loogiset pakettidatakanavat, jotka jaetaan

merkinanto- ja liikennekanaviin. GPRS-kanavien käsittelyn pohjana on käytetty lähteitä [21] ja [22].

6.3.1 merkinantokanavat

ETSI:n suosituksissa määritelty PCCCH-kanava (Packet Common Control Channel) sisältää yhteiskanavamerkinantoon tarkoitettuja loogisia pakettidatankanavia, jotka käsitellään alla. Kanavia käytettäessä niille varataan omat radioresurssit, jos 52 aikavälin kierrolla toimivia PCCCH-kanavia ei ole varattu GPRS-liikenteeseen, käytetään GSM-verkon CCCH-kanavia. Merkinantokanavien kuvaus perustuu lähteeseen [21, s.10].

PPCH-kanavaa (Packet Paging Channel) käytetään alavirtaan (downlink), viestittäessä päätelaitteelle pakettidatan siirrosta.

PRACH eli hajasaantikanavaa käytetään vain ylävirtaan (uplink) puhelimen pyytäessä verkolta liikennekanavaa tai lähettäessä paging-vastauksen verkolle.

PAGCH-kanavaa (Packet Access Grant Channel) käytetään vain alavirtaan tukiaseman vastatessa päätelaitteen yhteyden muodostuspyyntöön. PAGCH-kanavalla tukiasema ilmoittaa päätelaitteelle yhteydelle varattuja radioresursseista.

PNCH-kanavaa (Packet Notification Channel) käytetään alavirtaan tukiaseman ilmoittaessa saapuvista PTM-M-sanomista (Point-to-Multipoint-Multicast) puhelinryhmille.

PBCCH-kanavalla (Packet Broadcast Control Channel) eli pakettidatan yleislähetyskanavalla lähetetään pakettidatan solukohtaista informaatiota alavirtaan. Päätelaitteet kuuntelevat jatkuvasti tätä kanavaa ja mikäli tätä ei ole varattu käyttöön, silloin käytetään BCCH-kanavaa (Broadcast Control Channel).

6.3.2 Liikennekanavat

Dataliikennekanavat toimivat yhden tapahtuman ajan, jonka jälkeen ne vapautetaan uusiin tehtäviin. Alla on lueteltu dataliikennekanavat tehtäviin. Liikennekanavien kuvaus pohjautuu lähteeseen [21, s.11].

PDTCH-kanava varataan datan siirtoon, kerrallaan vain yhdelle päätelaitteelle/päätelaiteryhmälle ja tapahtumalle. Päätelaite voi varata useita rinnakkaisia PDTCH-kanavia paketin siirtoon. Aikavälejä voidaan maksimissaan varata 8 yhtä siirtoa kohden ja ne varataan aina yhteen suuntaan, PDTCH/U ylävirtaan ja PDTCH/D alavirtaan.

PACCH-kanava (Packet Associated Control Channel) kuljettaa yhteyden merkinantotiedon, kuten tehonsäätö ja kuittaukset. PACCH-yhdistyy PDTCH-kanaviin, jotka ovat yhteydessä päätelaitteeseen.

PTCCH/U-kanavalla (Packet Timing advance Control Channel) lähetetään hajasaantipurske tukiasemalle, jonka avulla määritetään puhelimen tarvitsema ajoituksenennakko.

PTCCH/D-kanavalla (Packet Timing advance Control Channel) tukiasema ilmoittaa päätelaitteelle käytettävästä ajoitusennakosta.

6.3.3 GPRS kanavanvaraus ja resurssien jakaminen

Kanavanvaraus GPRS-tekniikassa eroaa GSM-tekniikan käyttämästä kanavavarauksesta. GPRS antaa päätelaitteiden siirtää tietoa TDMA-kehysten 1-8 aikavälillä. Tämän lisäksi kanavanvaraus ylä- ja alavirtaan tehdään erikseen, millä tehostetaan asymmetristä tiedonkulkua. Kanavat varataan, kun paketteja lähetetään (PRACH-, RACH-, tai PAGCH-kanava) tai vastaanotetaan ja ne vapautetaan heti siirron jälkeen. Purskeisessa liikenteessä tämä on huomattavasti tehokkaampi tapa hyödyntää niukkoja radioresursseja kuin kanavan varaaminen koko yhteyden ajaksi. Kanavanvarauspyynnöissä voi tapahtua yhteentörmäyksiä, jolloin pääte-laite suorittaa uusintayrityksen määritetyn aikaviiveen jälkeen, mikäli se ei saa vastausta.

GPRS voi varata kuljetuksenresursseikseen yhden tai useamman kanavan, joita kutsutaan pakettidatakanaviksi (PDCH). Yhdessä solussa voi

olla yksi tai useampi PDCH ja fyysisten kanavien varauksien lukumäärää piirikytkentäisille- ja GPRS-palveluille säädellään dynaamisesti (tai kiinteästi), kapasiteettivaatimusten mukaan. [21, s.15]

Yhteyden alussa verkko määrittää kuinka monta aikaväliä ja miltä taajuudelta käyttäjille varataan. Samanaikaista yhteyttä samojen aikavälien käytössä hallitaan TBF-parametreillä (Temporary Block Flow), missä jokaiselle käyttäjälle annetaan yhteydenajaksi oma parametrin arvo. Tällä varmistetaan oikeat paketit oikeille päätelaitteille. TBF on osa TFI-kentästä (Temporary Flow Identity), mikä on viiden bitin mittainen, arvoltaan välillä 0 ... 31. TFI on optionalinen osa alavirran suuntaista RLC/MAC-otsikkokenttää ja ylävirtaan se on osa sanomaa. Niiden arvot ovat riippumattomia vastakkaisista suunnista, mikä lisää parametri-variaatioiden määrää. Dynaaminen varaaminen parantaa kanavien hyöty-käyttöä. [3, s.188]

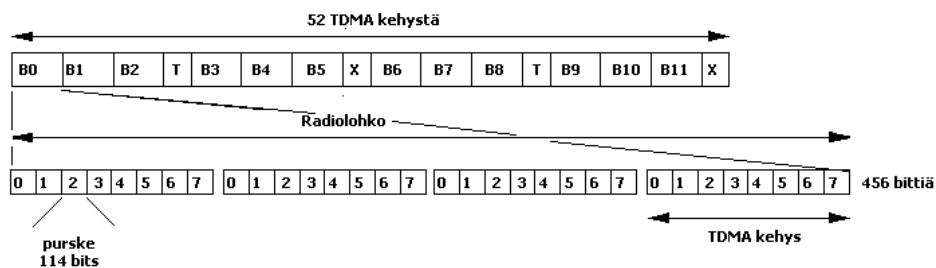
Kiinteässä resurssien jaossa (fixed allocation) ilmoitetaan päätelaitteille, missä lohkoissa ja millä pakettikanavalla sen tulee lähettää paketit, TBF-parametrillä ilmoitettuna ajankohtana. Liikennekanavien väliin voidaan jättää tyhjiä aikavälejä, jotta päätelaite voi seurata esimerkiksi naapurisolujen kentänvoimakkuuksia.

Dynaaminen resurssien jako perustuu USF-parametrin (Uplink State Flag) käyttöön, mikä on kolme bittiä pitkä parametri (0 .. 7). Tällä lipulla osoitetaan seuraava ylävirran radiolohko, jossa päätelaite voi lähettää datapaketin tai koko radiosanomana eli neljän lohkon pituisen pakettisarjan.

6.3.4 GPRS-verkon ylikehykset

Pakettidatakanavilla ylikehys muodostuu kahdestatoista neljänäikavälin ryhmästä. Minkä lisäksi kehykseen sisältyy kaksi tyhjää aikaväliä ja kaksi ajoituksenennakkoon käytettävää aikaväliä (PTCCH) eli yhteensä kehyksessä on 52 aikavälin TDMA-kierto. Neljällä jaollisuus johtuu siitä, että GPRS-verkon sanoma levitetään aina neljälle purskeelle mahdollisen konvoluutiokoodauksen ja lävistyksen jälkeen. Kuvassa 11 nähdään ylikehysten neljällä jaollinen rakenne. [3, s.185]

Käytettäessä useita kanavia samassa verkossa yksi pakettidatakanavista toimii isäntänä ja muut renkeinä. Isännän tehtäväkuva on toisia PDCH-kanavia laajempi, kanava siirtää dataliikenteen kanavat (PDTCH ja PACCH) ja merkinantokanavat (PCCCH). Renkikanavilla siirretään pelkästään PDCH-kanavat. [3, s.185]



Kuva 11, PDCH-ylikehysten rakenne, missä *T* on ajoitusennakon aikaväli, *Bx:t* jakautuvat neljäksi kahdeksan purskeen TDMA-kehukseksi ja *X* on *Idle*-kehys.

6.4 Lähetykset

PTP (Point-to-Point) päästä päähän palvelut voidaan toteuttaa yhteydellisinä tai yhteydettöminä verkkopalveluina. Yhteydetön verkko-palvelu (CLNS, ConnectionLess Network Service) toimittaa paketit toisistaan riippumattomina, pakettien otsikoiden perusteella. Yhteydellinen verkkopalvelu (CONS, Connection Orientated Network Service) tarjoaa loogisen yhteyden käyttäjien välille mitä pitkin paketit reitittyvät. Lähetykset-kappale pohjautuu lähteeseen [23].

PTM-palvelulla (Point-to-Multipoint) saavutetaan useita käyttäjiä samanaikaisesti, tätä käytetään puheluryhmille. Palvelu sallii saavutettavien käyttäjien maantieteellisen sijainnin ja sanoman maksimiviiveen määrittämisen.

PTM-M-lähetyksessä viestin saavat kaikki määrättyllä alueella olevat käyttäjät tai osa tietyllä alueella olevista käyttäjistä. Tietoa viestin lopullisista vastaanottajista ei tarvita, eikä verkko tiedä, ketkä viestin saivat. Toiminto ei takaa viestien laatua ja ne kulkevat vain yhteen suuntaan. Viestinlähettäjä voi määrittää toistotiheyden, laadun ja määrän. Viesteissä voidaan käyttää salausta.

PTM-Group lähetyksissä sanoman saavat määritetyt käyttäjät määritetyllä alueella. Verkko tietää palveluryhmään rekisteröityneet vastaanottajat ja viesti lähetetään vain niihin soluihin joissa kyseiset käyttäjät sijaitsevat. Muut käyttäjät samassa solussa, eivät saa viestiä. Pakettien tunnuksella (PI, Packet Identity) GPRS-verkko suodattaa pois paketit, jotka eivät kuulu kyseiselle käyttäjälle. Sanomien siirto on pääasiallisesti yksisuuntaista sisältäen kuitenkin option kaksisuuntaiseen ja monisuuntaiseen siirtoon. Tekniikka ei takaa yksittäiselle tilaajalle kaikkia viestejä, mutta tilaajalla on mahdollisuus pyytää uudelleenlähetystä.

7 LIIKKUVUUDEN HALLINTA

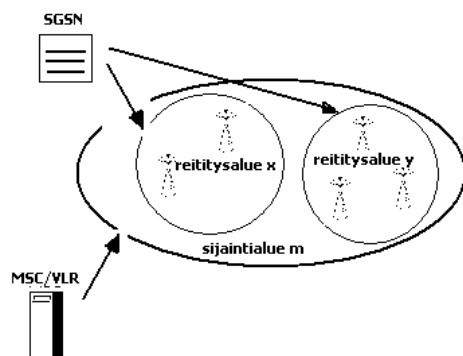
GPRS:n liikkuvuuden hallinta (MM) rakentuu GPRS-verkkoon kytkeytymisestä (GPRS/IMSI-attach) ja pois kytkeytymisestä (GPRS/IMSI-detach), tilaajantunnistamisesta, yhteyden suojaamisesta, reititys- ja sijaintialueiden päivittämisestä sekä PDP-kontekstin aktivoinnista ja de-aktivoinnista.

7.1 Sijaintialue ja reititysalue

Sijaintialue (LA, Location Area) on soluista muodostunut määrätty alue, jossa päätelaite voi liikkua ilman sijainnin päivitystä. LA on sama piirikytkentäiselle GSM-verkolle ja GPRS-verkolle. Pienin sijaintialueen koko on yksi solu ja suurin koko käsittää kaikki solut, jotka matkapuhelinkeskus/vierailijarekisteri (MSC/VLR) voi käsitellä. Näin ollen keskusjärjestelmän (NSS, Network Sub-System) vierailijarekisteri luo rajat sijaintialueen koolle.

Reititysalue (RA, Routing Area) käytetään vain GPRS-verkon yhteydessä ja se on kooltaan pienempi tai korkeintaan samansuuruinen kuin sijaintialue, sillä reititysalueen täytyy sijaita yhden sijaintialueen sisällä.

GPRS-verkossa SGSN-solmu tietää matkapuhelimen sijainnin reititysalueen tarkkuudella. Sijainninpäivitys voi tapahtua solunvaihtona, RA-alueen vaihtona tai yhdistettynä RA/LA-alueen vaihtona. Sijainninpäivitys riippuu päätelaitteen MM-tilasta ja verkon määrityksistä, kuva 12, selvennetään alueiden sisäkkyyden. [24]



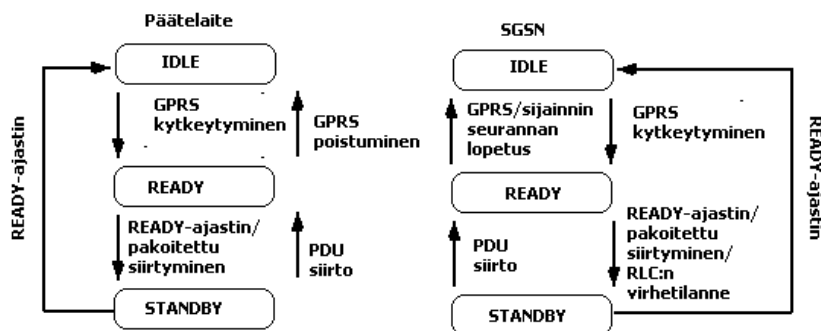
kuva 12, sijaintialue ja reititysalue

Solunvaihto on melko yksinkertainen toimenpide merkinannon kannalta, mutta RA- ja RA/LA-päivityksen merkinanto kestää kauemmin ja kuormittaa näin ollen merkinantokanavien kapasiteettia.

Tekniikassa esiintyy seuraava käytännön ongelma. Jos verkossa on vain yksi SGSN-laite yhtä MSC/VLR-rekisteriä ja sijaintialuetta kohden, silloin optionalinen Gs-rajapinta ei ole välttämätön. Todellisuudessa yksi MSC/VLR-piste käsittää aina enemmän kuin yhden sijaintialueen ja verkossa voi olla vähemmän SGSN-solmuja kuin MSC/VLR-pisteitä, joten LA/RA-määrittely ei kulje käsikädessä. GPRS puhelimen liikkuesssa verkossa ilman Gs-rajapintaa, muodostuu helposti tilanne, missä verkon piirikytkentäinen ja pakettikytkentäinen puoli ovat erimieltä päätelaitteen sijainnista. Tällainen tilanne voi esiintyä erityisesti GPRS B-luokan päätelaitteiden yhteydessä.

7.2 Liikkuvuuden hallintatilat

GPRS:n liikkuvuuden hallinnalle on määritetty kolme tasoa: Idle-, standby- ja ready-tilat. Liikkuvuuden hallinnan menettelytapoja käytetään liikkuvuuden hallinnan tilojen muutoksissa. Kuvassa 13 esitetään liikkuvuuden hallinnan tilat. Kytkeydyttäessä verkkoon ilman tilaajatunnistetietoja, käytetään vain idle- ja ready-tiloja.



Kuva 13, Päätelaitteen ja SGSN:n liikkuvuuden hallinnan tilat

7.2.1 Idle-tila

Liikkuvuuden hallinta ei ole voimassa, kun päätelaite on Idle-tilassa, jolloin verkko ei tiedä päätelaitteen sijaintia eikä reititykseen liittyvää tietoa. Päätelaitte tarkkailee kuitenkin yleislähetyskanavien PTM-M sanomia. Tila voi tarkoittaa myös että matkapuhelin on GPRS-verkon katteen ulkopuolella tai päätelaite on suljettuna. [24, s.1]

7.2.2 Ready-tila

Ready-tilassa kaikki osoiteinformaatio on saatavilla ja siirtomedia päätelaitteen ja verkonvälillä yhdistetty sekä käytössä. Tässä tilassa liikkuvuuden hallinta tietää matkapuhelin sijainnin solun tarkkuudella, mikä mahdollistaa pakettien lähetyksen ja vastaanottamisen. Lähetettävien viestien otsikot sisältää solun globaalin identiteetin (CGI, Cell Global Identity) ja tämä sisältää solun ID:n, reititysalue koodin (RAC, Routing Area Code) ja sijaintialue koodin (LAC, Location Area Code). [24, s.2]

7.2.3 Standby-tila

Standby-tilassa päätelaite on edelleen kytkeytyneenä liikkuvuuden hallintaan eli pääte ja SGSN ovat muodostaneet MM-sisällön tilaajan IMSI:in. Päätelaitteella on osoiteinformaatio ja sen sijainti on selvillä reititysalueen

tarkkuudella, mutta se ei ole aktiivinen eikä siirtomedia päätelaitteen ja verkon välillä ole yhdistettynä. Datat siirto ei ole tässä tilassa mahdollista. Pääteleite päivittää sijaintinsa SGSN-solmuun jokaisen reititysalueen vaihdoksen yhteydessä. Matkapuhelin tekee RA-päivityksen ja GPRS-solunvalinnan paikallisesti, minkä tiedotus tapahtuu RAI-sanomalla (Routing Area Information). [24]

7.3 PDP-konteksti

Ennen kuin päätelaite voi lähettää tai vastaanottaa paketteja, sen täytyy alustaa PDP-konteksti (PDP context activation), millä valitaan käytettävä protokolla GGSN:n ja ulkopuolisen dataverkon välille. PDP-konteksti sisältää päätelaitteen QoS-parametrit ja osoitteen. PDP-osoite voi olla dynaaminen tai staattinen, minkä määrittelee operaattori.

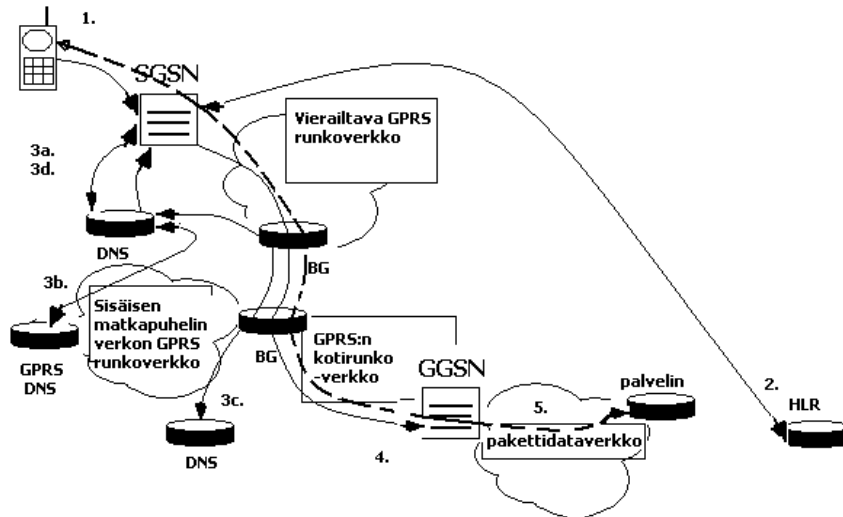
7.3.1 PDP-kontekstin aktivointi

Kappaleen pohjana on käytetty lähdettä [11]. Matkapuhelimen pyytäessä PDP-kontekstin aktivointia, se lähettää pyynnön tästä SGSN-solmulle. Pyyntö sisältää liittymäkohdanimen (APN, Access Point Name) ja päätelaitteen IP-osoitteen. IP-osoitekenttä jätetään tyhjäksi, käytettäessä muuttuvaa IP-osoitteistusta. Dynaamisessa osoitteistuksessa GGSN-, DHCP- tai RADIUS-palvelin varaa IP-osoitteen yhteisestä IP-osoite varannosta.

Tämän jälkeen SGSN tarkistaa tilaajatiedot HLR-rekisteristä, joka sisältää listan sallituista liittymäkohta nimistä, QoS-parametreistä ja IP-osoitteen, kun osoite on staattinen. Sitten SGSN pyytää GGSN-solmun IP-osoitteen DNS-palvelimelta (Domain Name Server), mikä pohjautuu liittymäkohta nimeen (APN).

Seuraavaksi SGSN-solmu lähettää PDP-kontekstin pyynnön GGSN-solmulle, mikä sisältää jälleen IP-osoitteen, liittymäkohdanimen ja tunneloinnin identiteetin. Tunnelointi protokolla aloittaa tämän jälkeen toiminnan

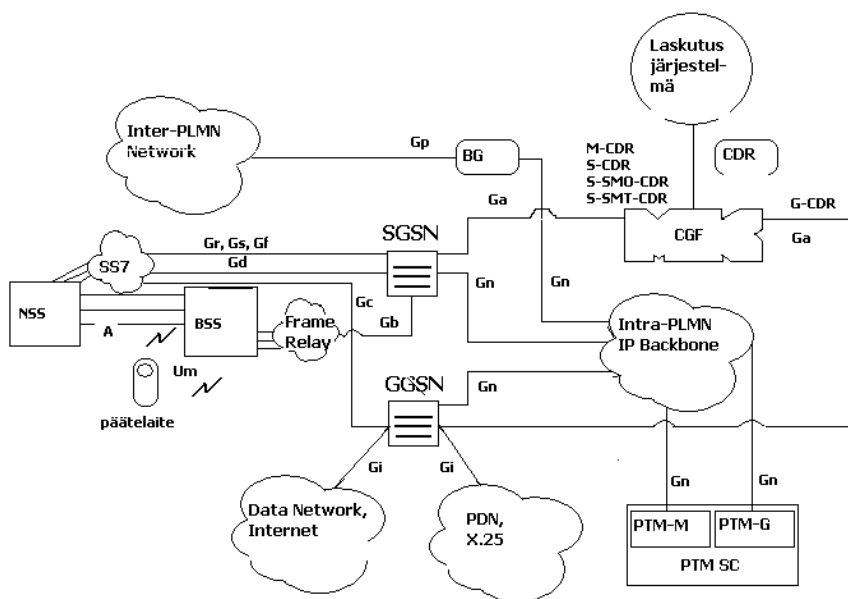
SGSN-solmun ja GGSN-solmun välillä. Päätelaitteen vieraillessa toisen verkon alueella tapahtuma on hieman moni-mutkaisempi, mutta se rakentuu samoista elementeistä, jotka havainnollistetaan kuvassa 14.



Kuva 14, Kuvassa esitetään vierailtavassa verkossa tapahtuva PDP-yhteyden luominen. 1. Päätelaitte pyytää PDP-yhteyttä. 2. SGSN tarkistaa tilaajatiedot kotirekisteristä. 3a. SGSN pyytää GGSN:n IP-osoitteen vierailtavan verkon nimipalvelimelta. 3b. Vierailtavan verkon nimipalvelin ei tiedä tilaajan kotiverkon GGSN:n IP-osoitetta ja lähettää pyynnön nimipalvelimelle BG:n kautta ja tämä lähettää kotiverkon operaattorin osoitin nimen (OPN). 3c. Kotiverkon operaattorin osoitin nimi on kotiverkon DNS:n IP-osoite ja vierailtavan verkon DNS pyytää kotiverkon DNS:ltä oikean GGSN:n IP-osoitteen. 4. SGSN lähettää PDP-yhteyden muodostamispyynnön BG:en kautta. 5. GPRS tunnelointi protokolla yhteys aloitetaan vierailtavan verkon SGSN:n ja kotiverkon GGSN:n välillä olevien BG-solmujen kautta.

8 GPRS YHTEYDEN LASKUTUS

Pakettikytkentäisten palveluiden laskutus perustuu siirretyn datan määrään. Verkkoon on jouduttu määrittelemään uusi rajapinta, jonka avulla GPRS-palveluiden laskutustiedot siirretään osaksi nykyistä laskutusjärjestelmää. Yksi vaihtoehtoista on laskutusyhdyskäytävän (CGF) käyttäminen. Kyseinen komponentti muodostaa yhdyskäytävän laskutuksen ja SGSN-solmun tai GGSN-solmun välille, kuva 15. [9] ja [11]



Kuva 15, GPRS laskutuksen arkkitehtuuri

GPRS-verkon laskutus eroaa kiinteästä pakettiverkosta, sillä yhteyden laatuun ja siirtoaikaan vaikuttaa käytössä olevien kanavien määrä, joita voidaan laskuttaa käytetyn kapasiteetin mukaan.

GPRS-palvelu mahdollistaa laskutuksen kohdistua sekä lähettäjälle että vastaanottajalle. Tällaisen laskutuksen yhteydessä vastaanottajalla tulee olla mahdollisuus välttää tulevan datan hyväksyminen. Tämä laskutusvaihtoehto ei ole tällä hetkellä mahdollinen Suomessa. [2]

8.1 Soitetun datan kerääminen

SGSN- ja GGSN-laitteet keräävät laskutuskirjauksia, joita kutsutaan CDR-lyhenteellä (Call Data Records), jotka lähetetään myöhemmin laskutusyhdyskävälle, joka toimittaa ne edelleen laskutussysteemeille (BS). Laskutusyhdyskäytävä konsepti mahdollistaa operaattoreiden olemisen loogisena rajapintana CGF-toiminnan ja laskutussysteemin välillä. CGF voidaan rakentaa hajautetulla toimintamallilla SGSN- ja GGSN-solmujen yhteyteen tai keskitetyllä erillisellä verkkoelementillä (CG, Charging Gateway). [4]

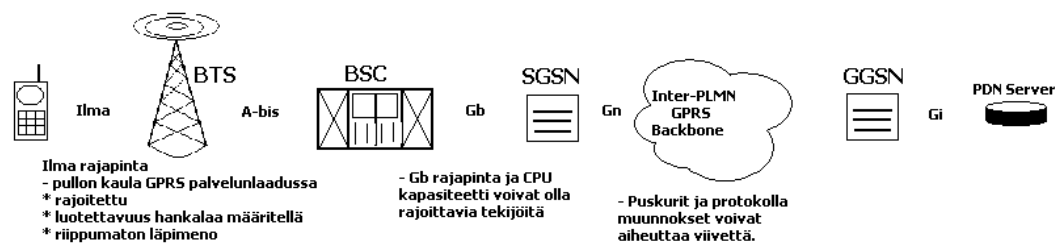
Päätelaitteen suorittaessa liittynän SGSN-solmu kerää M-CDR laskutustiedon sisällyttäen siihen tiedon päätelaitteen sijainnista ja muista oleellisesti laskutukseen liittyvistä tiedoista.

PDP-kontekstin aktivointi muodostaa G-CDR tallenteen GGSN-solmulle ja S-CDR tallenteen SGSN-solmulle, nämä CDR:t sisältävät tiedon siiretystä datasta, QoS-parametreista, käytetyistä liittymäkohdista ja muun laskutukseen liittyvän tiedon.

Tekstiviestien laskutuksessa SGSN kerää MO-SMS-CDR päätelaittealkuista (Mobile Originated) tai MT-SMS-CDR päätelaitte-loppuista (Mobile Terminated) laskutustietoa, mitkä lähetetään CGF:n kautta laskutukseen. [4]

9 QUALITY OF SERVICE (QoS)

Palvelunlaatu (QoS, Quality of Service) valvoo ja varmistaa GPRS-palveluiden laatutekijät, jotka ovat käyttäjän ja verkon neuvoteltavissa. Tällaisia laatuparametreja ovat esimerkiksi raja-arvot käyttäjätiedon läpimenoajalle, siirtoviiveelle ja lähetyksen prioriteetille [22]. Kuvasta 16 nähdään laatu alentavia tekijöitä eri rajapinnoilla.



Kuva 16, Palvelunlaatuun vaikuttavia tekijöitä. QoS-profiili määrittelee palvelunlaadun erityisesti PDP-kontekstille, missä se määrittää kontekstin luotettavuuden, viiveet ja läpimenon.

QoS-palvelu mahdollistaa käyttäjälle prioriteettiarvoihin perustuvan tiedonsiirron, missä korkeamman prioriteetin omaavat paketit lähetetään ennen alemman prioriteetin omaavia paketteja. Tällä varmistetaan myös GPRS-palvelun toiminta kaikissa verkoissa joiden kanssa operaattorilla on sijainninseurantasopimus, jolloin puhelut eivät katkea siirtyessä verkosta toiseen, muulloin kuin yleisen matkapuhelinverkon vaihtuessa. [25]

Käyttäjän tilattu (Subscribed QoS) QoS-palvelun profiili on tallennettu kotirekisteriin, tilaaja voi myös pyytää erityistä QoS-profiilia (Requested QoS), jolloin verkko neuvottelee tietyn QoS-profiilin (Negotiated QoS). Päätelaitteen pyytäessä parempaa QoS-profiilia kuin sille on määritetty HLR-rekisterin tilaajatiedoissa, SGSN-solmu alentaa tämän saaman palvelutason määritellyn tasoiseksi.

10 YHTEENVETO

Matkapuhelinverkoista on tullut osa jokapäiväistä elämäämme ja se tavoittaa yhä enemmän ja laajemmin ihmisiä maailman jokaisesta kolkasta. Jotta mobiiliverkot pystyisivät palvelemaan käyttäjien lisääntyvää määrää ja kasvavaa datasiirron tarvetta, on verkkojen pystyttävä käsittelemään tiedonsiirtoa aiempaa nopeammin ja turvallisemmin. GPRS on yksi tämän kehityksen tärkeistä askelista kohti seuraavaa, muutaman vuoden päästä yleistyvää UMTS-verkkoa.

GPRS-verkko on toteutettu suhteellisen pienin muutoksin GSM-verkon päälle. Kiteytettynä voidaan sanoa GPRS-verkon olevan GSM:n laajennus tuoden kaksi lisäsolmua alkuperäiseen verkkoon: nämä ovat SGSN ja GGSN. Tämän lisäksi GSM-verkon rekistereitä ja toimilaitteita on päivitetty GPRS-toiminnallisuuksiin. Päätelaitteet vaativat GPRS-toiminnallisuuden, joten vanhat GSM-puhelimet eivät tue uutta tekniikkaa. Päätelaitteet jaetaan kolmeen eri päätelaiteluokkaan, mikä lisää tekniikan soveltamista eri käyttötarkoituksiin.

GPRS mahdollistaa radioresurssien tehokkaan käytön purskeisessa, pakettivälitteisessä tiedonsiirrossa, joka on optimaalinen Internetin ja intranettien käyttöön. Lisäksi tilaaja voi olla jatkuvasti valmis vastaanottamaan ja lähettämään paketteja, sillä laskutus perustuu siirrettävän datan määrään ja QoS-tasoon. Näin GPRS toimii kuten lähiverkkoon asennettu työpiste.

QoS-parametreillä varmistetaan GPRS-verkon luotettava ja määritelty toiminta. Parametrit varmistavat mm. palvelun luotettavuuden, viiveet ja läpimenon. Nämä parametrit ovat neuvoteltavissa jokaiselle PDP-kontekstille erikseen. PDP-kontekstin luominen on yksi GPRS-verkon perustoiminnoista, jolla luodaan tunnelointi tiedonsiirrolle. PDP-kontekstin aktivointi vaatii päätelaitteen sijainnin tiedot, mikä tapahtuu solun, reititys-

alueen tai sijaintialueen tarkkuudella riippuen päätelaitteen toimintatilasta. Päätelaitteen sijaintia seurataan liikkuvuuden hallinnalla.

GPRS-verkko voidaan jakaa karkeasti kahteen osa-alueeseen, joita ovat runkoverkko ja ilmarajapinta. Ilmarajapinnalla GPRS:n on mahdollista hyödyntää kahdeksaa yhtäaikaista aikaväliä TDMA-kehyksestä. Vapaiden radioresurssien jakaminen solussa tapahtuu dynaamisesti GSM- ja GPRS-palveluiden kesken pohjautuen lähetys/vastaanotto-prioriteetteihin.

Tutkimuksen ongelmana oli vähäinen lähteiden määrä, joihin työtä olisi voinut rinnastaa, sillä koko GPRS-verkkoa käsitteleviä töitä on vielä suhteellisen vähän. Toisena ”ongelmana” voidaan nähdä verkon valmis toteutus, mihin on äärimmäisen vaikeata tehdä parannusehdotuksia. Mikä ei ole tämän työn tarkoituskaan, sillä työn lähtökohtana on tutustuttaa lukija GPRS-verkon arkkitehtuuriin ja tämän toimintaan.

LÄHDELUETTELO

- 1 Ericsson Radio Systems AB. Student Text, GSM Advanced System Technique. EN/LZT 123 3333. Versio, R3A 30.8.1998.
- 2 Soneran tekninen puhelintuki, numero 0800 19 101. Soitettu 28.1.2002.
- 3 Granlund, K. Langaton Tiedonsiirto. Ensimmäinen painos. Porvoo: WS Bookwell, elokuu 2001. ISBN: 951-846-091-43
- 4 Kumitz, Matthias. Temia Telekom, Saksa. Suomen jälleenyynnin yhteishenkilönä. Keskusteluja ja henkilökohtaista GPRS-koulutusta, yhteistyössä Tecono Oy:n kanssa. Vuosina 2001 ja 2002.
- 5 Niskanen P. ja Malinen T. WAP käyttäjän käsikirja. Helsinki: Oy Edita Ab, 2000. ISBN 951-826-223-3
- 6 WAP Forum. WAP Forum Brochure (October 2000). [WWW-dokumentti]
<<http://www.wapforum.org/what/WAPForumBrochureOCT00.pdf>>
- 7 WAP Forum. WAP 2.0 Technical White Paper (January 2002). [WWW-dokumentti]
< http://www.wapforum.org/what/WAPWhite_Paper1.pdf >
- 8 Ericsson Eurolab GmbH. UMTS, AN OVERVIEW, student text EN/LZW 140 127 P1A. Ensimmäinen versio, 13.8.1999.
- 9 Ekeroth, L. ja Hedström P-M. GPRS support nodes. Ericsson Review No. 3, 2000. [WWW-dokumentti].
<<http://www.ericsson.com/about/publications/review/200003/files/2000034.pdf>>
- 10 Cai, J. ja Goodman, D.J. General Packet Radio Service on GSM. IEEE Communications Magazine, lokakuu 1997.
- 11 Granbohm, H. ja Wiklund, J. GPRS-General packet radio service. Ericsson Review No. 2, 1999. [WWW-dokumentti].
<http://www.ericsson.com/about/publications/review/1999_02/files/1999024.pdf>

- 12 Kari, H. GPRS architecture, 18.2.1999. [WWW-dokumentti].
<<http://www.cs.hut.fi/~hhk/GPRS/lect/architecture/ppframe.htm>>
- 13 Morawek R. UMTS - basic network architecture, päivitetty
31.8.2001. [WWW-dokumentti].
<<http://www.unet.univie.ac.at/~a9625078/Arbeiten/Umts/Umts.html>>
- 14 Huges Software Systems. 2.5 GSN. [WWW-dokumentti].
<http://www.hssworld.com/mobile/solutions/gsn_lite/overview.htm>
- 15 Pakarinen, T. Frame Relay. [WWW-dokumentti].
<<http://www.tct.hut.fi/opetus/s38116/1997/esitelmat/40574/>>
- 16 Puska, M. Lähiverkkojen tekniikka, pro training. Jyväskylä:
Gummerus Kirjapaino, 1999. ISBN: 951-762-991-5
- 17 Huovinen, L. Authentication and Security in GPRS Environment:
An Overview. [WWW-dokumentti].
<http://www.hut.fi/opinnot/Tik-110.501/1998/papers/11gprs_access/gprs_access.html>
- 18 3GPP. Technical Specification TS 04.64 V8.6.0. Julkaisu: joulukuu 2000.
- 19 3GPP. Technical Specification TS 04.65 V8.1.0. Julkaisu: syyskuu 2000.
- 20 Keskusteluni Ericssonin Oy, insinööri Henrik Eklundin kanssa
27.3.2002
- 21 3GPP. Technical Specification TS 03.64 V8.6.0. Julkaisu: syyskuu 2000.
- 22 Bettstetter, C., Vögel H.-J. ja Eberspächer J.
Valmistusvuosi 1999. [WWW-dokumentti].
<<http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/public/3g99issue/bettstetter.html>>
- 23 Rostas, P. Uudet Datapalvelut GSM verkossa. Kevät 1997.
[WWW-dokumentti].
<<http://www.hut.fi/~prostas/SEMINAR8.htm>>

- 24 Lehtivuori, M., Kuusinen, K., Lempinen, M. GPRS Liikkuvuuden hallinta. [WWW-dokumentti]
<http://batman.jypoly.fi/~69327/vasen_gprs.html>
- 25 WAT B2B. [WWW-sivut]
<http://watmag.com/technologies/GPRS_EDGE/GPRS-006/GPRS-006.html>

Taulukko 1, GPRS-verkon radiorajapinnan kanavakoodaus muodostuu neljästä eri koodaustavasta, joiden ominaisuudet näkyvät alla olevasta taulukosta.

Koodaus	Suhde	USF-bitit	Koodatut USF-bitit	Sanoman pituus	BSC-bitit	Häntä-bitit	Koodattu data	Lävistys	Datan nopeus kbit/s
CS-1	1/2	3	3	181	40	4	456	-	9,05
CS-2	2/3	3	6	268	16	4	588	132	13,40
CS-3	3/4	3	6	312	16	4	676	220	15,60
CS-4	1	3	12	428	16	-	456	-	21,40