

## Capitolul 7

### DEZVOLTĂRI ULTERIOARE ALE SISTEMULUI GSM. SISTEMUL GPRS

#### 7.1. Evoluția ulterioară a sistemului GSM

Sistemul GSM, ca sistem de generația a II-a, evoluează via GPRS, HSCSD și EDGE către UMTS (fig. 7.1). Simultan sistemele de tipul WLAN precum HIPERLAN 2, IEEE 802.11, DAB (Digital audio broadcast) și DVB-T (digital video broadcasting terestru) devin disponibile. Pentru arii mici de conectare au fost dezvoltate sisteme precum Bluetooth și DECT. Toate aceste tehnologii fac parte dintr-un ansamblu de sisteme care asigură o mobilitate pentru a clasă foarte largă de aplicații ce presupun comunicații de voce și în special de date, care conduc către generația a III-a de sisteme de comunicație mobilă. Capacitatea de transport a rețelei a crescut în 10 ani cu un factor de  $10^6$  concomitent cu scăderea costurilor de transmisie datorate pașilor tehnologici realizați prin trecerea de la PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) la SDH (Synchronus Digital Hierarchy), și comunicațiilor optice ce utilizează WDM (wavelength-division multiplexing) și DWDM (Dense WDM). De aceea viteza de transmisie a crescut mult mai rapid decât puterea de procesare a semnalului. Rețelele se îndreaptă spre tehnici de transport transparente fără nici o distincție între rețelele cu comutație de pachete sau cu comutație de circuite care vor suporta atât servicii în timp real cât și pe cele ce nu se desfășoară în timp real. Astăzi se pare că IP-ul se conturează ca fiind soluția ideală, deși această tendință trebuie privită cu circumspecție, tendința trebuind să fie validată de evoluția tehnologică efectivă. Transportul IP va fi folosit de asemenea în rețeaua de acces radio cu rute apropiate de stațiile de bază. Progresul realizat în domenii cum este tehnologia de software, mașinile virtuale JAVA și routerele susțin această tendință.

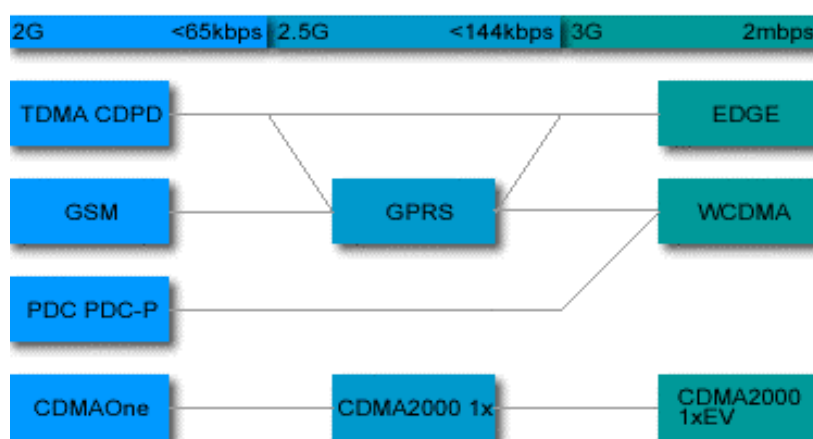


Fig. 7.1. Evoluția 2G – 3G.

Odată cu creșterea frecvenței de transmitere, pierderea pe calea de propagare este în creștere pentru antene cu câștig constant. Aceasta pe de o parte reduce aria de acoperire și mobilitatea unui sistem dezvoltat în mod rațional și, pe de altă parte, permite reutilizarea

frecvențelor mari printr-un număr mai mare de clustere. În mod special pentru aria de frecvențe de 60 GHz vârful în atenuarea atmosferică datorat rezonanței hidrogenului crește izolarea celulelor adiacente în mod semnificativ. Pe plan internațional sunt deja alocate diferitelor sisteme de tip WLAN și sistemelor viitoare în banda undelor milimetrice. Există câteva benzi de frecvențe internaționale identificate pentru acest tip de sistem care permit roamingul global.

Tehnici mai avansate precum comunicația de date prin circuite de mare viteză **HSCSD** (High Speed Circuit-Switched Data) și o tehnologie care marchează trecerea de la comutarea de circuite la comutarea de pachete - o conexiune permanentă la rețea (de tip IP) – **GPRS** (General Packet Radio Services), cresc viteza de transfer a datelor oferită unui singur utilizator. Un pas înainte în evoluția GSM către viteze de transfer de date mari a fost sistemul **EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) care folosește o modulație 8-PSK.

Ceea ce limitează debitul util pe care îl poate transporta o rețea celulară este interfața radio. Sistemele 2.5 G obțin creșterea debitului util prin trei metode:

1. utilizarea unei protecții mai reduse a informației pe interfața radio, locul biților de control fiind luat de biți de informație;
2. alocarea simultană a mai multor canale temporale din cadrul TDMA unui unic utilizator (mod de operare multislot);
3. utilizarea unei modulații mai eficiente.

#### ***7.1.1. Sistemul cu circuite comutate de date de viteză mare - High speed circuit switched data (HSCSD)***

HSCSD este o variantă îmbunătățită de GSM care permite unui utilizator obișnuit GSM să stabilească legături de date la debite de până la 57.6 kbps.

Acest debit este obținut prin posibilitatea operării pe canale (sloturi) temporale multiple. Se pot atribui până la 4 canale de trafic pentru un utilizator. Pe un canal se pot transmite fie 9.6 kbps utili fie o variantă îmbunătățită de 14.4 kbps, variantă care are la bază reducerea protecției datelor pe interfața radio Um. Extinderea ratei la 14.4 kbps a fost elaborată anterior HSCSD. Vor rezulta debite utile maxime de  $4 \times 9.6 \text{ kbps} = 38.4 \text{ kbps}$ , respectiv de  $4 \times 14.4 \text{ kbps} = 57.6 \text{ kbps}$

HSCSD nu presupune schimbări de echipamente (schimbări hardware) în rețeaua GSM, fiind prin urmare o rețea care utilizează comutația de circuite în transmisia de date. Din acest motiv este utilă și eficientă în aplicațiile de timp real de debit mediu și este o bună pregătire pentru pasul următor: GPRS.

#### ***7.1.2. Serviciul general de pachete radio - General packet radio service(GPRS)***

GPRS introduce servicii de transport cu *comutație de pachete* pentru debite de la 14 kbps la maximum 170 kbps. Practic, GPRS este o rețea cu comutație de pachete de sine

stătătoare care se adaugă la rețeaua GSM. GPRS interoperează cu infrastructura GSM la nivelul subsistemului stațiilor de bază BSS și al bazelor de date din subsistemul rețea NSS (HLR, VLR, AUC,...). GPRS preia traficul de date, iar GSM traficul de voce care rămâne comutat prin MSC.

Datele sunt transmise prin GPRS în pachete de lungimi fixe. Fiecare pachet conține adresa destinație pentru a putea fi rutat de nodurile GPRS. Modificarea pe interfața radio e dată de introducerea codării adaptive a canalului. Aceasta înseamnă că protecția datelor variază în timp, în funcție de starea canalului radio.

GPRS poate utiliza pentru o conexiune de date de la fracțiuni de canale de trafic până la maximum 8 sloturi temporale (adică tot cadrul TDMA), în funcție de resursele disponibile. Capacitatea alocată unei conexiuni va varia în funcție de încărcarea cu trafic de pe frecvența respectivă, precum și de tipul traficului (voce/date). Este important că, utilizând comutația de pachete, o transmisie de date nu ocupă resursele rețelei decât atunci când sunt date de transmis. Când nu există pachete de transmis resursele de pe interfața radio pot fi utilizate pentru alte transmisii de date sau pentru trafic cu comutație de circuite.

GPRS are o rețea nucleu proprie formată prin interconectarea serverelor care gestionează transmisia de pachete, numite **noduri suport GPRS (GSN- GPRS Suport Node)**. Aceasta rețea operează în paralel cu subsistemul rețea și comutație (NSS) al GSM, care va gestiona în continuare transmisia cu comutație de circuite.

### ***7.1.3. Sistemul cu rată extinsă a datelor pentru evoluția GSM - Enhanced data (rate) for GSM evolution (EDGE)***

EDGE reprezintă încă un pas pe calea creșterii eficienței utilizării resurselor GSM. EDGE evoluează din GPRS păstrându-i caracteristicile (operare multislot, codare adaptivă, comutație de pachete pentru transmisia de date). În plus în EDGE se introduce o modulație cu eficiență spectrală mai mare. Modulația agreată este 8-PSK liniară. TDMA obține separarea purtătoarelor de 200 kHz din GSM prin combinarea mai multor canale de 30 kHz. Rata de simbol este identică cu rata GMSK, adică 270.833 kbps. Se pot utiliza până la 8 canale de trafic pentru un utilizator. Debitul de bit maxim pe care îl poate obține un utilizator este de 384 kbps.

## **7.2. Caracteristicile sistemului GPRS**

GPRS este un serviciu specificat în faza 2+ de standardizare a GSM. El este oferit prin intermediul unei infrastructuri numită și **sistem** sau rețea GPRS, ce interoperează cu infrastructura „clasică” GSM.

GPRS se încadrează în orientarea generală a ETSI de a asigura prin faza 2+ o platformă ce va putea fi utilizată ulterior în rețele de generația a treia. Astfel el este considerat actualmente soluția de bază pentru transmiterea de date în UMTS. Fiind un standard GSM,

GPRS păstrează evident și compatibilitatea cu sistemul părinte, fiind practic o extensie a acestuia pentru transmisii de date la debite mai mari. GPRS reprezintă la ora actuală cel mai reprezentativ sistem de generație intermediară (2.5G).

Dacă HSCSD ar putea fi considerat o ajustare fină a GSM, GPRS reprezintă cu siguranță un salt tehnologic semnificativ, deoarece marchează trecerea de la comutația de circuite la cea de pachete. Schimbarea tipului de comutație se referă în acest moment (atât la 2.5G cât și în 3G) doar la transmiterea datelor, vocea rămânând în continuare comutată prin MSC. Datorită eternei insuficiențe a resurselor radio, este probabil ca într-o fază nu prea îndepărtată de dezvoltare a UMTS și, de ce nu, chiar a GPRS, să fie utilizată comutația de pachete și pentru serviciile de timp real, vocale sau non-vocale.

În concluzie GPRS reprezintă o infrastructura ce permite transmiterea datelor pe baza comutației de pachete într-o rețea GSM.

Pentru a putea oferi debite de date mai ridicate, în GPRS se urmărește utilizarea cât mai eficientă a resurselor radio. Pentru aceasta se preia de la HSCSD ideea operării multislot, posibilitatea de a proteja mai puțin informația utilă pe interfața radio și alocarea asimetrică uplink /downlink. În ciuda acestor asemănări, înlocuirea comutației de circuite cu cea de pachete face din GPRS un sistem complet diferit de HSCSD. Aceasta atât din punct de vedere al utilizatorului, care constată un timp de conectare practic nul și rate de transfer mai bune, dar și din punct de vedere al operatorului, care efectuează o investiție incomparabil mai mare, răsplătită printr-o mai eficientă utilizare a interfeței radio, cu tot ceea ce rezultă de aici (mai mulți clienți, mai multe servicii, aplicații diverse).

Rezumând, în GPRS este implementat un set de soluții tehnologice ce au ca scop principal creșterea eficienței utilizării interfeței radio. Aceasta derivă atât din experiența sistemelor anterioare, cât și, mai ales, din operarea în modul pachet a datelor ce se transmit. Soluțiile utilizate sunt:

- creșterea ratei de transmisie a datelor prin **reducerea codării canalului** (sunt definite și pot fi utilizate 4 scheme de codare: 9.05kbps, 13.4 kbps, 15.6 kbps, 21.4kbps);
- creșterea ratei de transmisie prin **operare multislot** ( până la 8 sloturi temporale per utilizator);
- creșterea eficienței utilizării resurselor radio prin **multiplexarea mai multor utilizatori pe același canal fizic** (posibila datorită transmisiei de pachete; maximum 8 utilizatori pe slot temporal);
- creșterea eficienței utilizării resurselor radio prin **alocare asimetrică** uplink/downlink;
- creșterea eficienței utilizării resurselor radio prin **alocarea dinamică** a canalelor între servicii comutate în mod circuit respectiv pachet.

Când un întreg cadru TDMA este alocat unui utilizator cu schema de protecție minimă (practic fără corecție de erori), rezultă **rata utilă instantanee maximă** posibilă în GPRS ( $8 \times 21.4 \text{ kbps} = 171.2 \text{ kbps}$ ).

### **7.2.1. Comutație de circuite și comutație de pachete**

Comutația este o tehnică esențială în rețelele de comunicații. Fără ea fiecare echipament terminal ar trebui conectat printr-o cale directă, cu fir sau fără, la toate celelalte echipamente terminale din rețea. Principalele metode de comutație sunt:

- comutația de circuite;
- comutația de mesaje;
- comutația de pachete;

#### *7.2.1.1. Comutația de circuite*

Aceasta presupune realizarea între emițător și receptor a unei căi fizice de comutație dedicate, numită **circuit**. Întreaga comunicație se desfășoară în trei etape:

- stabilirea conexiunii (sau deschiderea circuitului);
- transferul de informații;
- eliberarea conexiunii (circuitului).

Este de remarcat faptul că stabilitatea fizică a cailor de comunicație are loc înainte de începerea transmisiunii propriu-zise. Aceasta poate conduce la durate semnificative ale timpului de conectare.

Un dezavantaj notoriu al acestei tehnici este *alocarea fixă a resurselor de comunicație* necesare pe durata conexiunii, indiferent dacă la un moment sau altul mediul de transmisie este folosit total, parțial sau deloc.

Pe de altă parte, avantajele comutației de circuite provin tocmai din această alocare fixă de resurse, care permite:

- asigurarea unei întârzieri constante și minime;
- garantarea unui debit util corespunzător mediului de comunicație și serviciului utilizat;

Toate acestea facilitează oferirea serviciilor de timp real (telefonie, videofonie, alte transmisiuni video). Exemplul tipic de rețea cu comutație de circuite este rețea telefonică publică comutată (PSTN). Rețeaua GSM este, de asemenea, o rețea cu comutație de circuite.

Referindu-ne strict la interfața radio a rețelelor fără fir, etapa de stabilire a conexiunii presupune alocarea unui canal radio (sau a mai multora în cazul HSCSD) unei stații mobile (MS). Acest canal rămâne în posesia terminalului mobil pe toată durata conexiunii, chiar dacă transferul de date este discontinuu (în rafale) sau chiar încetează cu desăvârșire (de exemplu când utilizatorul citește cu atenție cinci minute o pagină WEB, după care, lămurit pe deplin, întrerupe legătura). Ca o particularizare binecunoscută a rețelelor cu comutație de circuite trebuie menționat că utilizatorul trebuie să plătească pentru întreaga durată a conexiunii, chiar dacă a fost risipitor și nu a folosit resursa ce i-a fost alocată.

#### *7.2.1.2. Comutația de mesaje*

Este o tehnică ce nu stabilește apriori o cale de transmisiune între emițător și receptor. Informația ce urmează a fi transmisă formează o entitate bine precizată, numită **mesaj**.

Mesajele sunt complet independente unele față de altele și pot avea lungimi variabile, deși structura (formatul) lor poate fi prestabilit. Emițătorul trebuie să atașeze mesajului adresa destinatarului, decizia cu privire la ruta pe care o va urma mesajul fiind de competența fiecărui comutator (router) prin care trece. Fiecare comutator va memora mesajul după care îl va transmite pe ieșirea selectată de el. Principala problemă a comutației de mesaje este dată de dimensiunea mare a mesajelor. Din această cauză comutatoarele de mesaje au nevoie de o capacitate de stocare uriașă, iar întârzierea în noduri poate deveni inacceptabilă din cauza monopolizării ieșirilor de către mesajele lungi. Exemplul tipic de rețea cu comutație de mesaje este rețeaua telex.

### *7.2.1.3. Comutația de pachete*

Rezolvă o mare parte din dezavantajele comutației de mesaje stabilind o lungime maximă a entității informaționale care circulă prin rețea, numită **pachet**. Pachetele sunt în general rezultatul divizării mesajelor în blocuri de lungime mică. Datorită acestui fapt, spre deosebire de mesaje, pachetele nu sunt independente. O recepție corespunzătoare implică refacerea mesajului prin ordonarea pachetelor după logica folosită la emisie. Pentru aceasta există două posibilități, apropiate conceptual de comutația de mesaje, respectiv de comutația de circuite.

#### *A. Comutația de pachete fără conexiune (sau neorientată pe conexiune)*

În cazul comutației de pachete fără conexiune, pachetele (numite și datagrame) se transmit independent, în cel mai pur spirit al comutației de mesaje, urmând rute posibil diferite. Sosirea lor la destinație poate avea loc într-o ordine aleatoare, ceea ce necesită reordonarea lor de către receptor. Refacerea succesiunii corecte a pachetelor se bazează pe informația suplimentară din fiecare pachet privitoare la mesajul din care face parte și locul pe care îl ocupa în el. Exemplul tipic de rețea care utilizează comutația de pachete este internetul.

#### *B. Comutația de pachete orientată pe conexiune (sau circuit virtual)*

În cazul comutației de pachete orientată pe conexiune (sau circuit virtual), comunicarea între terminale presupune stabilirea unei căi anume pe care va circula fluxul informațional dintre acestea, similar cu comutația de circuite. Spre deosebire de aceasta, nu este vorba de dedicarea unui *circuit fizic* comunicării respective, ci de **configurarea unui circuit logic, numit circuit virtual**. Aceasta înseamnă că toate pachetele vor urma aceeași cale prin rețea, fără a dedica suportul fizic comunicării respective. Pachetele altor utilizatori vor putea folosi foarte bine segmente din calea respectivă, sau chiar întreaga cale. La stabilirea circuitului virtual, fiecare comutator (router) trebuie să memoreze în tabela de dirijare care este succesorul său în respectivul circuit virtual. Astfel, spre deosebire de comutația de pachete fără conexiune, după stabilirea circuitului virtual comutatorul nu mai trebuie să decidă calea fiecărui pachet. Având memorat nodul succesor în fiecare dintre

circuitele virtuale în care este implicat, comutatorul va identifica circuitul asociat pachetului și îl va transmite pe acesta pe linia de ieșire corespunzătoare. Tehnica circuitului virtual garantează livrarea în ordine a pachetelor la destinație. Exemple marcante de rețele ce utilizează comutația de pachete de tip circuit virtual sunt X.25 și ATM.

Marele avantaj al comutației de pachete este *utilizarea eficientă a resurselor de transmisiune*. Deoarece acestea nu sunt dedicate, ele pot fi folosite după necesități, pentru a transmite pachete provenind de la utilizatori diferiți. Din acest motiv comutația de pachete este extrem de avantajoasă în cazul unei infrastructuri cu resurse de transmisiune limitate, cum este și cazul rețelelor fără fir.

Un dezavantaj important al comutației de pachete este dat de gestionarea comutatoarelor (routerelor) în cazul unui trafic crescut la intrare. Pierderea pachetelor, garantarea unei întârzieri maxime și a unui debit utilizator constant sunt problemele spinoase ale comutației de pachete. Ele reprezintă obstacole în special în calea oferirii serviciilor de timp real, cum ar fi telefonie.

În schimb, în cazul transmisiilor de date, avantajul bunei administrări a resurselor prevalează. De exemplu, în cazul particular al interfeței radio GSM, când o stație mobilă (MS) generează un pachet de date, rețeaua îl va transmite pe un canal radio disponibil în acel moment. Următorul pachet de pe acel canal poate să aparțină aceleiași MS, dacă are ceva de transmis, sau, dacă nu, alteia. În acest mod, atâta timp cât cineva are ceva de transmis, canalele radio nu sunt blocate inutil. Lucrul în mod pachet are o eficiență cu totul deosebită în cazul unui trafic de date în rafale (data bursts).

Așadar, pentru un sistem GSM bazat esențialmente pe comutația de circuite este extrem de utilă alocarea resurselor neutilizate de către serviciile vocale pentru servicii mai puțin prioritare. Atât HSCSD cât și GPRS își propun acest lucru. Serviciile cele mai potrivite pentru valorificarea resurselor rămase (preferabil printr-un mecanism de alocare dinamică) sunt tocmai cele care implică un trafic de date în rafale, fără pretenții de timp real. Diferența fundamentală între HSCSD și GPRS este că acesta din urmă valorifică aceste resurse într-un mod mult mai eficient, deoarece utilizează comutația de pachete. În plus, costul serviciilor oferite este mai atractiv deoarece utilizatorul plătește volumul de date transferat. Practic, dacă dorește, utilizatorul poate fi „conectat” la rețeaua de date în permanență, fiind taxat doar pentru timpul în care efectiv utilizează resursele rețelei, adică pentru pachetele de date recepționate, respectiv transmise.

### **7.2.2 Standardizarea GPRS**

Ca și GSM, standardizarea și dezvoltarea GPRS este gestionată în faze. Pentru faza I standardele au fost create în 1997, iar exploatarea comercială a început în anul 2000 în mai multe țări europene. GPRS este standardizat atât prin modificarea unor recomandări GSM cât și prin elaborarea unor noi recomandări. Toate fac parte din specificațiile GSM de faza 2+.

În prima fază s-au implementat:

- transferul de date în mod pachet punct la punct;
- serviciile SMS peste GPRS;
- tarifarea în funcție de volumul de date transferat;
- interoperarea în mod pachet cu rețele **IP** și **X.25**.

În faza a doua, gama serviciilor s-a extins cu posibilitatea realizării de transferuri *punct la multipunct*. Unii producători au implementat într-o primă etapă doar două din cele 4 scheme de codare a canalului pe interfața radio, ceea ce nu permite atingerea ratei maxime de 171 kbps.

### 7.3 Servicii GPRS

Dintre aplicațiile cele mai potrivite pentru GPRS se pot aminti mesageria de orice tip, difuzare și distribuție multiplă, telemetrie, jocuri, navigare de mică anvergură pe rețeaua internet. În general, orice tip de aplicații ce necesită comunicații mașină - mașină la debite mici și medii sunt adecvate dezvoltării în mediul GPRS.

Ca și în rețeaua GSM, rețelele GPRS pot oferi două categorii de servicii de telecomunicații:

- servicii de bază;
- servicii suplimentare;

#### 7.3.1. Serviciile de bază GPRS

Acestea sunt în principal servicii suport (bearer services) de transport care realizează transmiterea datelor cu comutație de pachete între două interfețe și din teleservicii. Similar situației din GSM, aceste interfețe sunt:

- interfața dintre echipamentul terminal de date (de exemplu calculator) și terminalul mobil GPRS,
- interfața dintre rețeaua GPRS și rețeaua de date sau echipamentul terminal cu care comunică. Aceasta interfață este situată într-un nod poartă (*gateway*) GPRS, similar situației din GSM, unde locul ei este GMSC.

Teleserviciul fundamental oferit de GPRS este cel de transport de date și este detaliat mai jos. Un alt teleserviciu oferit de GPRS este transmisia și recepția de mesaje scurte (SMS). Astfel, pe de o parte, capacitatea de transmisie a mesajelor scurte va crește, iar, pe de alta parte, rețeaua de semnalizări pe care se transmit în GSM aceste mesaje nu va mai fi încărcată și cu mesaje scurte ce vin sau pleacă de la / la terminalele mobile GPRS.

##### 7.3.1.1. Servicii GPRS de transport

Sunt definite două categorii de teleservicii de transport:

- servicii punct-la-punct (PTP –Point-to-Point)



- servicii punct la multipunct (PTM-Point-to-Multipoint)

#### *A. Serviciul PTP*

Serviciul punct la punct (PTP) [GSM 02.60] permite transmiterea de pachete de date între doi utilizatori. Este implementat în GPRS faza 1. Abonatul care a inițiat serviciul se numește **solicitant** (*service requester*). Partenerul său se numește **receptor** al serviciului (*service receiver*).

Serviciul PTP poate fi solicitat fie de la terminalul mobil GPRS, fie de la un echipament situat într-o rețea de date fixă (IP, X.25.). Serviciul PTP poate fi oferit, de asemenea, între doi utilizatori mobili GPRS.

Serviciul punct-la punct poate fi la rândul sau de două tipuri:

- PTP fără conexiune (PTP-CLNS – PTP Connectionless Network Service);
- PTP orientat pe conexiune (PTP-CONS – PTP Connection Orientated Network Network Service)

PTP-CLNS este un serviciu de tip datagramă ce utilizează comutația de pachete fără conexiune. Este util în cazul aplicațiilor ce generează trafic în rafale și are ca scop asigurarea interoperării cu rețele IP.

PTP-CONS este un serviciu de tip circuit virtual ce utilizează comutația de pachete orientată pe conexiune. Între cei doi utilizatori se stabilește un circuit virtual pentru o perioadă ce poate varia de la câteva secunde la ore. Este util atât pentru aplicații ce generează trafic în rafale cât și pentru aplicațiile interactive. Are ca scop asigurarea interoperării cu rețele X.25 și derularea peste GPRS a aplicațiilor bazate pe protocolul OSI CONS(Connection Orientated Network Protocol).

O rețea GPRS trebuie să asigure menținerea circuitului virtual la trecerea dintr-o celulă în alta, dar numai în interiorul aceleiași rețele GPRS-PLMN. La trecerea terminalului mobil într-o altă rețea sau în cazul căderii legăturii radio, circuitul virtual va fi eliberat.

Pentru ambele tipuri de servicii, pe interfața radio se poate opera fie cu confirmare, fie fără confirmare a transportului de date.

#### *B. Serviciul PTM*

Serviciul punct la multipunct (PTM) permite transmiterea de pachete de date de la un utilizator către mai mulți utilizatori. El este implementat în faza a doua a GPRS. O comunicație PTM se stabilește între un furnizor de servicii (ce poate fi situat în afara rețelei GSM) și un grup de terminale GPRS. Și serviciul PTM este un serviciu ce se prezintă în două variante:

- PTM– multidistribuție (PTM Multicast) ;
- PTM- grup (PTM-G--PTMGroup);

Serviciul de transport PTM-M permite transmiterea pachetelor de date într-o arie geografică dată (celulă, grup de celule) fără confirmare. Receptorii serviciului sunt fie toți abonații care se găsesc în acea zonă, fie un grup închis de utilizatori.

În cazul PTM-G receptorul serviciului este un grup predefinit de utilizatori. Pachetele de date vor fi trimise către toți membrii grupului, indiferent de aria geografică unde se găsesc aceștia. Este posibilă și transmiterea doar către acei membri care se găsesc în anumite zone geografice. Transmiterea poate fi și cu confirmare.

### **7.3.2. Serviciile suplimentare**

Printre *serviciile suplimentare* avute în vedere într-un prim stadiu se numără redirecționarea necondiționată a apelurilor, redirecționarea când abonatul nu este accesibil și definirea de grupuri închise de utilizatori.

În afară de aceste servicii, recomandarea GSM 02.60 descrie posibilitatea oferirii de servicii adiționale cum sunt accesarea bazelor de date, servicii de mesagerie, validări de cărți de credit, servicii de monitorizare electronică, tranzacții electronice, etc.

### **7.3.3. Calitatea serviciului (QoS)**

Uniunea Internațională de Telecomunicații, (ITU-T) definește calitatea serviciului (QoS=Quality of Service) astfel: Calitatea serviciului (QoS) reprezintă efectul colectiv al performanțelor acelui serviciu care determină gradul de satisfacere a utilizatorului său.

Performanțele serviciului se apreciază prin parametri ce pot fi măsurați direct la punctul în care serviciul este accesat de către utilizator. Exemple de parametri întâlniți uzual în definirea QoS sunt debitul utilizator și întârzierea.

Cerințele de calitate ale aplicațiilor din rețelele mobile sunt foarte diverse. O transmisiune de date multimedia în timp real necesită cu totul alte performanțe decât un transfer de fișiere care, la rândul său, diferă de un serviciu de poștă electronică. Ca și în cazul rețelelor fixe, pentru a asigura fiecărui serviciu setul optim de performanțe, este necesară definirea unor clase de calitate diferite.

În sistemul GPRS clasele de calitate se numesc “profile QoS”. Fiecărei transmisiuni de date (sesiune) îi va corespunde un profil QoS ce trebuie stabilit înainte de începerea transmisiei propriu-zise. Parametrii prin care se definesc profilele QoS pentru GPRS-PTP sunt ([GSM 02.60.], [GSM 03.60]):

- prioritatea serviciului;
- siguranța serviciului;
- întârzierea;
- debitul utilizator.

Acești parametri pot fi negociați între utilizatorul GPRS și rețea pentru fiecare sesiune (unii pot fi renegociați pe parcursul unei sesiuni). La baza negocierii stau, pe de o parte, cerințele de calitate ale utilizatorului și, pe de altă parte, resursele de rețea disponibile. Profilul QoS poate fi asignat unei sesiuni și fără negociere, caz în care serviciul beneficiază de oferta minimă a rețelei (corespunzătoare valorilor implicite ale parametrilor de calitate).

### 7.3.3.1. Prioritatea serviciului

Prioritatea serviciului (*service precedence*) este definită în raport cu alte servicii. Există trei niveluri de prioritate (sau precădere):

- ridicată;
- normală;
- mică.

Rețeaua are grijă să asigure resurse în primul rând pentru serviciile care au în profilul QoS parametrul prioritate ridicată. Resursele rămase vor fi alocate pentru servicii cu prioritate normală. Dacă mai rămâne ceva, serviciile cu prioritate joasă pot fi, de asemenea, oferite. Spre exemplu, în cazul, congestionării serverelor GPRS, vor fi eliminate în primul rând pachetele cu prioritate mică.

### 7.3.3.2. Siguranța serviciului

Siguranța serviciului (*reliability*) este un indicator al siguranței recepționării pachetelor transmise. În GPRS acestea se numesc SDU (Service Data Unit). În funcție de ce se poate întâmpla cu un pachet transmis (SDU) prin rețea, se definesc patru probabilități care, împreună, indică siguranța serviciului. Aceste probabilități sunt:

- probabilitatea de pierdere a SDU;
- probabilitatea de duplicare a SDU;
- probabilitatea de recepționare a SDU în afara secvenței;
- probabilitatea de eronare a SDU.

Deși GPRS nu este o rețea de tip “stochează și transmite”, pachetele sunt memorate în buffere de unde pot fi eliminate dacă, dintr-un motiv sau altul (în principal datorită protocolului TCP/IP), expiră timpul de stocare setat. Probabilitatea de eronare a pachetului transmis (SDU) reprezintă probabilitatea de a recepționa un SDU eronat fără ca erorile să fie detectate.

Standardul specifică trei clase de siguranță a serviciului GPRS ([GSM 02.30]). Acestea sunt redate în tabelul 7.1. Ulterior ([GSM 03.30]) au fost adăugate încă două clase de siguranță potrivite aplicațiilor de timp real.

În general aplicația este cea care determină clasa de siguranță necesară. În funcție de aceasta rezultă și tipul serviciului necesar (orientat pe conexiune sau datagramă). Spre exemplu, probabilitatea de duplicare sau recepționare a pachetelor într-o alta ordine este mult mai mică în cazul serviciilor PTP-CONS și acestea sunt alese când se impune această condiție.

### 7.3.3.3. Întârzierea

Întârzierea este parametrul care indică timpul petrecut de un pachet de date în interiorul rețelei GPRS între momentul transmisiei (intrării în rețea) și cel al recepției (ieșirii

din rețea). În GPRS întârzierea este cauzată atât de interferența radio (acces și propagare), cât și de rețeaua de transmisiune. În această din urmă situație întârzierea se datorează echipamentelor, propagării prin rețeaua fixă și protocolului de transport (de exemplu TCP). Întârzierea conține strict timpul petrecut de pachete între intrarea și ieșirea din rețea (asociate terminalelor mobile GPRS și/sau rețelelor exterioare de date ).

Tabelul 7.1. Clase de siguranță în GPRS

Clasa	Probabilitatea de				Caracteristici ale aplicațiilor
	Pierdere SDU	Duplicare SDU	Recepționare SDU în afară secvenței	Eronare SDU	
1.	$10^{-9}$	$10^{-9}$	$10^{-9}$	$10^{-9}$	Aplicații sensibile la erori, fără posibilități de corecție a erorilor
2.	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	Aplicații sensibile la erori și pierderi de date, care nu sunt în timp real
3.	$10^{-2}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$	Aplicații insensibile la erori sau sensibile cu posibilități de corecție, care pot tolera pierderi de date și nu sunt în timp real.

Ca parametru de calitate, întârzierea este definită de două mărimi:

- întârzierea medie;
- întârzierea maximă garantată pentru 95% din pachete;

Pachetele GPRS pot avea fie 128 de octeți, fie 1024 de octeți. Pentru fiecare dintre aceste lungimi se specifică în GSM 02.60 patru clase de întârziere. Acestea sunt redate în tabelul 7.2

Tabelul 7.2. Clase de întârziere a pachetelor în GPRS

Clasa	Lungime SDU=128 octeți		Lungime SDU=1024 octeți	
	Întârziere medie	Întârziere 95%	Întârziere medie	Întârziere 95%
1.	<0.5 sec	<1.5 sec	<2 sec	<7sec
2.	<5 sec	<25 sec	<15 sec	<75 sec
3.	<50 sec	<250 sec	<75 sec	<375 sec
4.	nespecificat	nespecificat	nespecificat	nespecificat

În clasa 4 se garantează performanțe minimale, dar care reprezintă maximum posibil în momentul respectiv (*best effort*). Într-o astfel de clasă parametrul de calitate (în speță întârzierea) poate varia practic oricât.

Se poate observa că, pentru toate clasele, limitele întârzierii se situează în afara cerințelor traficului de timp real. Aceasta se datorează faptului că în cazul GPRS traficul de timp real este tratat de către rețeaua cu comutație de circuite (GSM).

#### 7.3.3.4. Debitul utilizator

Ca parametru de calitate, debitul utilizator este definit de două mărimi:

- debitul maxim (de vârf);
- debitul mediu.

Debitul mediu ia în considerare inclusiv perioadele de timp în care nu se transmit pachete. Ambele valori pot fi renegociate pe durata unei sesiuni. Spre deosebire de parametrii de calitate precedenți, în acest caz se definesc clase individuale pentru fiecare debit, ceea ce permite negocierea individuală a celor două valori. Pentru debitul de vârf sunt definite 9 clase, iar pentru debitul mediu 19 clase. Clasele corespunzătoare debitului de vârf sunt prezentate în tabelul 7.3, iar cele corespunzătoare debitului mediu în tabelul 7.4.

Tabelul 7.3. Clase de debite maxime GPRS

clasa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Debit maxim (kbps)	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048

Atât debitul maxim, cât și debitul mediu se definesc pe durata unei sesiuni sau pe durata dintre două negocieri corespunzătoare aceleiași sesiuni. Parametrii se măsoară și se garantează în interiorul rețelei GPRS, între interfețele corespunzătoare intrării/ieșirii pachetelor în/din rețea.

Tabelul 7.4. Clase de debite medii GPRS

clasa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Debit mediu (octeți /ora)	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
100 $\times 10^3$	200 $\times 10^3$	500 $\times 10^3$	100 $\times 10^4$	200 $\times 10^4$	500 $\times 10^4$	100 $\times 10^5$	200 $\times 10^5$	500 $\times 10^5$	Nespecificat

Debitul mediu în clasa 1 este în jur de 0.22 bps, iar în clasa 18 de 111 kbps. Ultima clasă corespunde calității minime garantate (best effort).

Prin specificarea clasei pentru fiecare parametru de calitate se creează așa numitul “profil QoS al utilizatorului”. Nu este obligatoriu că o rețea GPRS să ofere orice combinație posibilă de clase. Uzual în GPRS se folosește doar un set limitat de profile QoS.

Trebuie subliniat că recomandările GPRS stabilesc doar profile de calitate, nu și modul în care se asociază acestea aplicațiilor. Fiecare operator GPRS are deci libertatea de a stabili profilul QoS corespunzător fiecărei aplicații utilizator derulată prin rețeaua sa. Pentru fiecare aplicație GPRS, tariful are la bază *volumul de date transmise, tipul serviciului și profilul QoS ales*. Opțional, echipamentul mobil GPRS poate monitoriza o parte a parametrilor de calitate: întârzierea, clasa de siguranță și debitul.

## 7.4. Arhitectura GPRS

GPRS este o soluție pentru operatori deoarece nu necesită modificări substanțiale în rețeaua GSM. Așa cum se observă în figura 7.2., rețeaua nucleu a GPRS operează în paralel cu GSM-NSS.

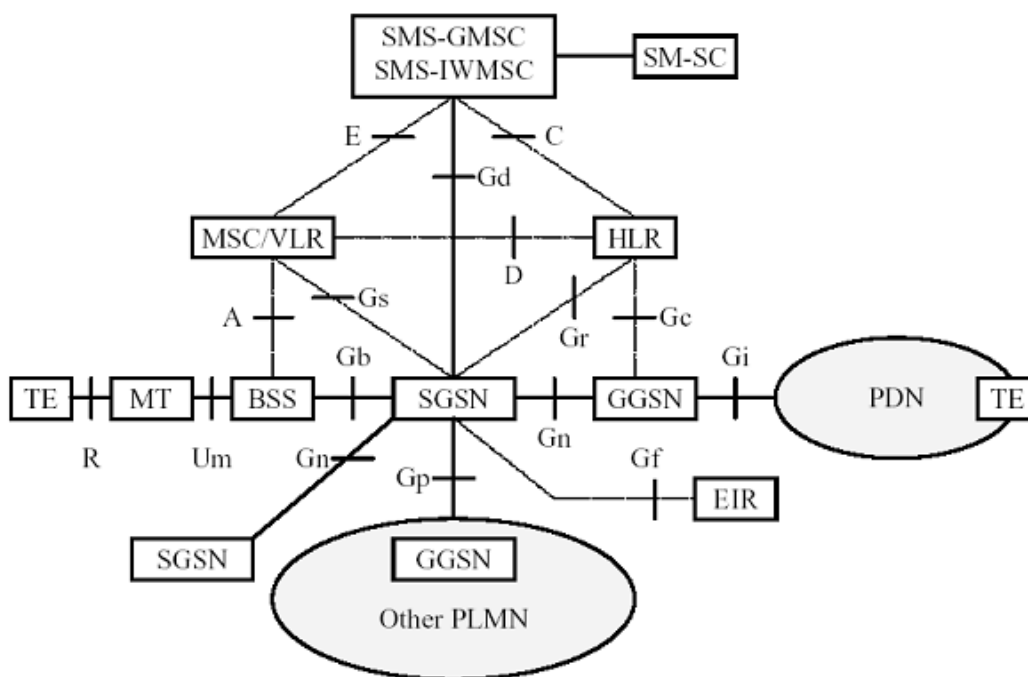


Figura 7.2. Rețeaua GPRS

### 7.4.1. Clase de stații mobile MS-GPRS

Din punct de vedere arhitectural, GPRS este o rețea cu comutație de pachete de sine stătătoare care interoperează cu infrastructura GSM la nivelul BSS și al bazelor de date din

subsistemul rețea și comutație (HLR, VLR, AUC, etc.). Astfel, într-o rețea GSM/GPRS serviciile GSM comutate în mod circuit (voce, date, SMS) și serviciile GPRS comutate în mod pachet (date, SMS) pot fi oferite în paralel.

Un serviciu vocal solicitat de către o stație mobilă GPRS (MS-GPRS) va fi direcționat de către BSC spre rețeaua GSM, unde va fi comutat de către MSC. El se va desfășura ca un serviciu GSM uzual, dar un serviciu de date GPRS solicitat de către aceeași stație mobilă MS-GPRS va fi direcționat de către BSC spre rețeaua GPRS și se va desfășura în mod pachet.

Un utilizator poate beneficia în mod diferit de serviciile GSM și GPRS, în funcție de performanțele terminalului pe care îl posedă. Astfel, sunt definite trei clase de MS-GPRS:

#### *7.4.1.1. Stații mobile GPRS clasa A*

O stație mobilă MS-GPRS de clasa A permite operarea simultană a serviciilor GSM (mod circuit) și GPRS (mod pachet). Aceasta înseamnă că terminalul mobil va fi atașat simultan la GSM și GPRS. În plus, este posibilă activarea, invocarea și monitorizarea simultana a serviciilor GSM, respectiv GPRS, precum și traficul simultan GSM/GPRS. De exemplu, utilizatorul poate vorbi la telefon în timp ce stația mobilă efectuează un transfer de fișiere.

#### *7.4.1.2. Stații mobile GPRS clasa B*

O stație mobilă MS-GPRS de clasa B poate fi și ea atașată simultan la rețelele GSM și GPRS. Este posibilă monitorizarea simultană a serviciilor GSM/GPRS dar nu este posibil traficul simultan. Aceasta înseamnă că dacă terminalul mobil este angajat într-un serviciu GPRS în momentul sosirii unui apel telefonic (GSM), pe parcursul convorbirii telefonice transferul de date încetează. Totuși, conexiunea virtuală GPRS nu este întreruptă, ci va fi menținută într-o stare inactivă (așteptare). După încheierea convorbirii transferul de date se reia automat. Comutarea între operarea în mod circuit și operarea în mod pachet se realizează automat.

#### *7.4.1.3. Stații mobile GPRS clasa C*

O stație mobilă MS-GPRS de clasă C nu poate fi atașată simultan la rețelele GSM și GPRS, ci numai la una dintre cele două rețele. Ea poate opera fie numai în mod GPRS (MS-GPRS pur), fie în mod dual GSM/GPRS, dar numai alternativ. De exemplu, dacă utilizatorul selectează modul GPRS terminalul se atașează la rețeaua GPRS, dar este detașat de la rețeaua GSM și nu va putea recepționa sau iniția apeluri telefonice. Comutarea între modurile de operare circuit/pachet se realizează manual. Opțional, este posibil totuși că o MS-GPRS de clasă C să primească și să transmită mesaje scurte (SMS) indiferent de modul de operare activat.

Echipamentele terminale GPRS pot fi terminale mobile obișnuite (care pentru servicii GPRS trebuie conectate la calculator similar terminalelor GSM), telefoane publice cu cartelă,

telefoane mobile cu ecran ce pot opera într-un mod grafic avansat, PDA sau calculatoare portabile. Partea radio GSM/GPRS poate fi integrată sau nu în echipamentul terminal.

#### **7.4.2. Arhitectura logică a rețelei GSM-GPRS**

În figura 7.2 este detaliată arhitectura sistemului GPRS, cu noile echipamente și interfețe ce intervin pe lângă structura cunoscută a sistemului GSM.

##### **7.4. 2.1. Interfața radio (Um)**

Rețeaua GSM-GPRS este accesată de terminalele mobile pe interfața radio GSM. Accesul poate avea ca scop realizarea unui serviciu GSM (voce, date, SMS) sau GPRS (date, SMS). Dacă se dorește un serviciu GSM, prelucrările informației în MS și, respectiv, BTS sunt conforme cu specificațiile pentru voce, semnalizări, respectiv date. Dacă se dorește un serviciu GPRS, prelucrările efectuate în MS și BTS sunt diferite și conforme cu specificațiile GPRS. Pentru realizarea acestor procesări atât în MS-GPRS cât și în BTS se implementează un nou bloc, numit *unitate de codare a canalului (CCU - Channel Codec Unit)*. Pe lângă efectuarea codării/decodării informației pentru protecția la erori, CCU este responsabil și de măsurătorile efectuate pe canalul radio pe durata sesiunilor GPRS.

##### **7.4.2.2. BSS - Subsistemul stațiilor de bază**

La nivelul BSS se realizează separația între fluxul de biți de date și semnalizările aferente serviciilor GSM, informația utilă urmând a fi comutată în mod circuit în MSC, respectiv pachetele de date și semnalizările aferente serviciilor GPRS, ce urmează a fi comutate în mod pachet prin rețeaua nucleu GPRS.

Modificările hardware față de BSS-GSM nu sunt substanțiale. Pe lângă un bloc de codare CCU introdus la nivelul BTS, se introduce uzual la nivel de BSC, o nouă entitate, numită unitate de control al pachetelor (PCU - Packet Control Unit). Rolul PCU este important, el gestionând resursele radio pentru transmisia datelor cu comutație de pachete. Printre funcțiile sale principale se numără alocarea resurselor (până la 8 sloturi temporale / legătura și / sau până la 8 utilizatori / slot temporal, independent pentru uplink și downlink, precum și stabilirea tipului de codare ce se aplică datelor pe interfața radio, în funcție de starea interfeței și controlul puterii (în GPRS faza 2)). În afară de acestea, în PCU sunt implementate și alte funcții la nivel de legătură de date (segmentare, reasamblare).

##### **7.4.2.3. NSS - Subsistemul rețea și comutație (rețeaua nucleu GSM)**

Rețeaua nucleu GSM tratează în continuare toate serviciile cu comutație de circuite (voce, SMS, date, GSM sau HSCSD) și nu este dependentă de „partenera” sa cu comutație de



pachete. În cadrul acestui subsistem apar următoarele completări la nivelul bazelor de date și al centrelor de comutație:

#### *A. Bazele de date*

În NSS, principala modificare privește extensia HLR, care devine baza de date comună GSM/GPRS. HLR va conține, pe lângă informația privind abonații GSM, datele referitoare la abonații GPRS și informații privind rutarea în rețeaua GPRS. Similar, EIR devine baza de date comună GSM/GPRS și conține informații privind identitatea echipamentelor ce accesează rețeaua. Astfel, cele doua baze de date vor interopera (pe interfețe diferite) atât cu comutatoare GSM cât și cu nodurile GPRS. HLR tratează nemodificat relația cu AUC pentru autentificarea și criptarea necesară în ambele rețele.

#### *B. Centrele de comutație*

În centrele de comutație GSM de voce și date (MSC/GMSC) se implementează interoperarea cu nodurile GPRS, dar numai la nivelul semnalizărilor.

Situația este diferită în cazul comutatoarelor de mesaje scurte (SMS-GMSC, SMS-IWMSC). Acestea sunt singurele echipamente NSS care interacționează cu nodurile rețelei GPRS și prin *schimburi de date*, nu numai prin semnalizări. Ele vor asigura recepția, respectiv transmisia de SMS-uri către centrul de mesaje scurte (SM-SC-Short Message Service Centre), indiferent dacă mesajele sosesc de la MSC printr-o transmisie GSM, sau de la nodul GPRS printr-o transmisie GPRS.

#### *7.4.2.4. Rețeaua nucleu GPRS*

Rețeaua nucleu GPRS este formată din noduri care comunică prin intermediul unei rețele interne de trunchiuri IP.

#### *A. Nodurile GPRS*

Nodurile GPRS sunt denumite generic GSN (GPRS Support Node) și sunt de două tipuri: noduri care servesc abonații mobili (SGSN) și noduri poartă (GGSN).

- *SGSN (Serving GSN)* au ca rol principal gestiunea mobilității și a comunicației (ca și MSC în GSM);

- *GGSN (Gateway GSN)* au ca rol principal asigurarea interoperării cu rețele exterioare (ca și GMSC în GSM). GGSN asigură interoperarea cu rețele de date de tip X.25 și IP.

Ca și în GSM, funcțiile de interoperare pot fi integrate într-un echipament unic, un SGSN devenind și GGSN, sau pot fi păstrate în echipamente fizic diferite.

#### *B. Rețeaua de trunchiuri IP*

Standardul GPRS analizează nu numai comunicația din interiorul unei rețele GPRS-PLMN, ci și de modul în care diferitele rețele GPRS vor interopera în vederea creării spațiului GSM-GPRS. Astfel, ETSI definește două tipuri de rețele de trunchiuri IP:

- Rețeaua internă de trunchiuri (inter-PLMN) este o rețea IP privată care interconectează toate nodurile GSN ale unei rețele GPRS.
- Rețeaua de trunchiuri inter-PLMN este o rețea IP care are ca scop conectarea a două sau mai multe GPRS-PLMN diferite. În funcție de acordul dintre operatori, rețeaua inter-PLMN poate fi formată din linii proprii, linii închiriate sau poate utiliza trunchiuri din rețelele publice de date, cum ar fi Internetul. Acordul dintre operatori trebuie să trateze nu numai probleme de transport și tarifyare, ci și cele de securitate în rețeaua IP.

### *C. Spațiul GPRS*

Orice rețea GPRS va asigura roamingul abonaților săi în alte rețele GPRS, spațiul GSM devenind astfel spațiu GSM-GPRS. Interoperarea între diferite rețele GPRS se asigură prin funcții de interfațare speciale care se implementează în SGSN sau GGSN. Un nod care conține aceste funcții se numește poarta de frontieră (B-GGSN-Border Gateway GSN).

### *D. Interfețe GPRS*

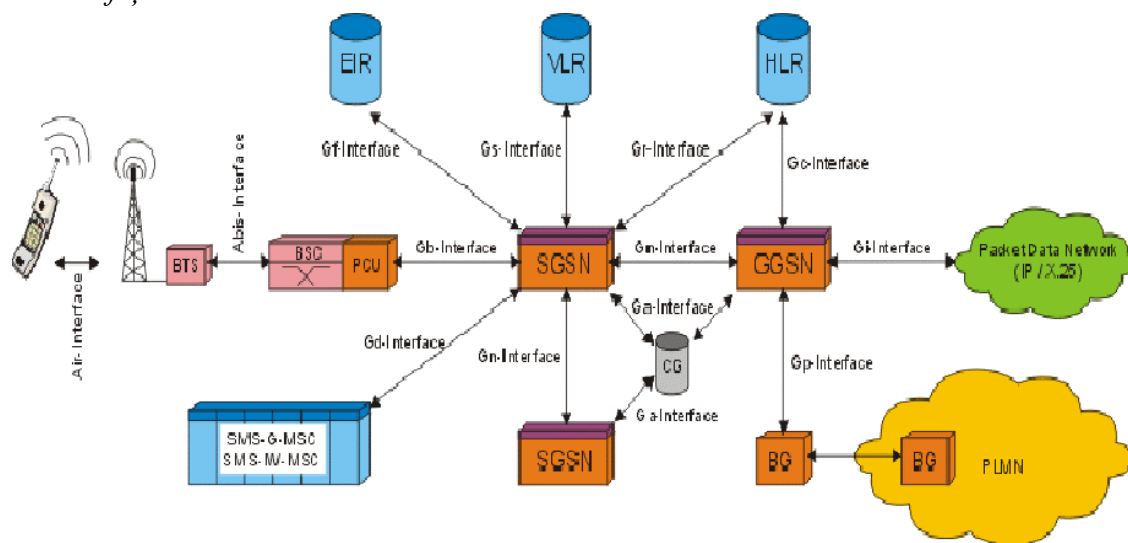


Figura 7.3. Interfețe GPRS

Toate interfețele ce se referă la GPRS sunt notate cu G (fig. 7.3.). Sunt definite în total nouă interfețe noi, dintre care o parte sunt destinate numai transferului semnalizărilor. Acestea se pot grupa în două categorii:

#### *1. Interfețe pentru transferul pachetelor de date și al semnalizărilor*

Pe aceste interfețe sunt specificate atât protocoalele de transport al informației (în planul utilizator), cât și protocoale de transport al semnalizărilor (în planul de control). Sunt cinci astfel de interfețe, dintre care una dedicată mesajelor scurte:

- **Gb** - interfața internă GPRS. Este situată între BSS și SGSN și este destinată pachetelor de date, SMS (mod GPRS) și semnalizări.
- **Gn** - interfața internă GPRS. Este situată între două noduri GSN de orice tip, cu condiția să fie situate în aceeași rețea GPRS.
- **Gp** - interfața internă GPRS. Este situată între SGSN și comutatoarele de SMS și este destinată mesajelor scurte (mod GPRS) și semnalizărilor aferente SMS.
- **Gp** - interfața pentru interoperare. Este destinată numai interoperării cu altă rețea GPRS și este situată între două porți de frontieră (implementate în SGSN sau GGSN). Este destinată traficului cu pachete de date și semnalizări.
- **Gi** - interfața pentru interoperare. Este destinată interoperării cu rețelele externe de tip IP (IPv4 sau IPv6) sau X.25 și este situată între GGSN și un router IP, respectiv un DCE X.25. Este destinată traficului cu pachete de date și semnalizări.

## *2. Interfețe pentru transferul semnalizărilor*

Prin aceste interfețe se vehiculează exclusiv semnalizări. Ele asigură interacțiunea nodurilor GPRS cu cele două baze de date comune GSM/GPRS, precum și cu comutatoarele GSM. Pentru ele sunt specificate numai protocoale de transport în planul de control. Există patru astfel de interfețe.

- **Gr**--interfața între SGSN și HLR.
- **Gc** --interfața opțională între GGSN și HLR.
- **Gf** -- interfața între SGSN și EIR.
- **Gs** - interfața între SGSN și comutatoarele GSM. Ea este vitală în funcționarea stațiilor mobile de clasa A și B, permițând realizarea de proceduri combinate cum ar fi atașarea simultană GSM și GPRS, actualizarea simultană a localizării sau paging GSM prin rețeaua GPRS.

### **7.4.3. Funcțiile echipamentelor GPRS**

Pentru realizarea serviciilor GPRS este necesar ca echipamentele GPRS să îndeplinească un număr mare de funcții. Acestea au fost grupate în șase categorii majore:

- funcții de control al accesului la rețea;
- funcții de dirijare și transfer al pachetelor;
- funcții de gestiune a mobilității;
- funcții de gestiune a legăturii logice;
- funcții de gestiune a resurselor radio;
- funcții de gestiune a rețelei.

Cele mai multe dintre aceste categorii conțin la rândul lor grupuri de funcții diferite ce sunt realizate în general la nivelul mai multor echipamente GPRS. Trebuie subliniat faptul că aceste grupe sunt definite de către ETSI pe criterii funcționale și nu pe baza unor corespondențe cu arhitectura OSI.

#### *7.4.3.1. Funcțiile de control al accesului la rețea*

Accesul la rețeaua GPRS poate fi inițiat fie de către o MS proprie sau vizitatoare, fie de la un echipament terminal conectat la o rețea exterioară de date. Sunt standardizate șase grupuri de funcții destinate controlului accesului:

1. Înregistrare. Ca și în GSM, utilizatorii GPRS sunt înregistrați în HLR. Sunt stocate diverse informații (statice și dinamice) ca identitatea utilizatorului, tipul de protocol utilizat (PDP-Packet Data Protocol), adrese, etc. Există excepții de la înregistrare, GPRS permițând acces anonim. Este la latitudinea operatorului să permită sau nu această facilitare.
2. Autentificare și autorizare. Pentru a accesa rețeaua GPRS utilizatorul este autentificat (ca și în cazul GSM). Pentru a beneficia de serviciul dorit este necesară autorizarea, funcție prin care se stabilește dacă utilizatorul are dreptul la serviciul respectiv sau nu.
3. Controlul admiterii. Controlul admiterii are ca scop principal prevenirea congestiei rețelei și utilizarea echilibrată a resurselor existente. Pentru aceasta, după autorizare, utilizatorul cere sau negociază un profil QoS pentru serviciul dorit. Dacă rețeaua dispune de resursele necesare, acestea vor fi rezervate. O situație specială apare în cazul interfeței radio, care de altfel este elementul cel mai susceptibil de congestie din întreaga rețea. Pentru a negocia, stabili și rezerva resursele radio necesare, controlul admiterii cooperează cu funcțiile de gestiune a resurselor radio.
4. Filtrarea mesajelor (screening). Funcția de filtrare a mesajelor este utilă în multe ipostaze ale funcționării rețelei GPRS. Un prim rol este de a filtra mesajele nedorite și/sau neautorizate ce sosesc în special din rețeaua Internet. Tot ea permite transmiterea de mesaje în grupuri închise, bazate de exemplu pe localizarea geografică a utilizatorului. În această fază filtrarea se realizează numai la nivelul rețelei, operatorul fiind cel care decide ce și cum filtrează. În GPRS faza 2 este posibil ca filtrarea să fie realizată și la nivel de utilizator, fie sub controlul său (direct de la MS), fie prin intermediul unor trăsături ale abonamentului său.
5. Funcția de adaptare a terminalului (în mod pachet). Aceasta este o funcție similară cu scop funcției de adaptare a terminalului din GSM (TAF). Este implementată între MS și echipamentul terminal, acesta operând însă în mod pachet.
6. Funcția de colectare a datelor necesare tarifării. Rolul acestei funcții nu mai trebuie comentat.

#### *7.4.3.2. Funcțiile de dirijare și transfer al pachetelor*

Această categorie de funcții este foarte amplă și eterogenă. În ciuda denumirii, ea nu este echivalentă cu funcțiile protocoalelor de nivel 3 OSI, deși, unele dintre acestea, cum sunt dirijarea sau tunelarea, se realizează la acest nivel). Acestea sunt:

1. Funcția de releu. Această funcție este realizată de către un echipament GPRS ori de câte ori transmite un pachet altui echipament. Aceasta se realizează după ce se determină care este nodul următor din ruta pachetului respectiv.
2. Funcția de dirijare a pachetelor. Dirijarea sau rutarea pachetelor este o funcție extrem de importantă în orice rețea cu comutație de pachete, inclusiv în GPRS. Cu ajutorul ei echipamentul GPRS stabilește care este nodul de rețea care trebuie livrat fiecărui pachet.
3. Translatarea și maparea adreselor. Funcția de rutare are la bază interpretarea adresei destinație a pachetelor. Translatarea adreselor este necesară atunci când un pachet trece dintr-o rețea cu un tip de adresare într-o rețea cu un alt tip de adresare. Spre exemplu, când un pachet provenind dintr-o rețea sursă (de exemplu GPRS) trebuie să tranziteze una sau mai multe rețele externe de alt tip (cum ar fi ATM sau PSTN) pentru a ajunge la rețeaua destinație (de exemplu internet). Întrucât modul de adresare este diferit, este necesar ca în punctul de interconectare către alte rețele (cum este GGSN în rețeaua GPRS) să se realizeze conversia adreselor. Altfel nodurile rețelei de tranzit nu vor putea realiza rutarea pachetelor pentru că nu vor recunoaște adresa destinație. Maparea adreselor este o formă particulară de translatare. Ea presupune pur și simplu efectuarea unei corespondențe între o adresă dată și una de același tip. Prin mapare, adresa inițială este practic înlocuită cu o nouă adresă de același tip. Maparea poate deveni necesară în funcționarea GPRS la rutarea pachetelor în interiorul rețelei sau între două PLMN.
4. Încapsularea. Într-o stivă de protocoale, protocolul de nivel superior transmite mesaje (SDU) protocolului inferior adiacent prin punctul de acces la servicii (SAP-Service Access Point). Fiecare SDU este transformat la nivelul inferior în una sau mai multe unități de protocol numite PDU (Protocol Data Unit), prin adăugarea unui antet și, posibil, prin fragmentare. Încapsularea (împachetarea) este operația prin care datelor primite de la nivel superior li se adaugă câmpuri cu diferite funcții (adresare, control, etc.) rezultând un PDU.
5. Funcția de tunelare. Trecerea printr-un tunel, sau tunelarea, este o soluție de transmitere a pachetelor prin rețele de tipuri diferite sau prin rețele publice ce nu pot garanta confidențialitatea transmisiei. Este o soluție interesantă atunci când rețeaua sursă și rețeaua destinație sunt de același tip (de exemplu IP), dar ele sunt interconectate prin rețele de alt tip (cum ar fi PSTN). Principiul general al tunelării este de a prelua un PDU de la rețeaua sursă și de a-l împacheta ca atare în formatul de transport al rețelei intermediare. Această sarcină revine în cazul rețelelor IP unui ruter multiprotocol (tunelarea fiind o funcție îndeplinită la nivelul rețelei). La ieșire el va fi livrat rețelei destinație de către un alt ruter multiprotocol, ca și cum ar fi mers pe un cablu (sau un tunel) ce ar lega direct cele două rețele.
6. Compresia. Implementarea funcției de compresie (disponibilă de altfel și la transmiterea datelor în mod circuit prin GSM) are ca scop o mai bună utilizare a resurselor rețelei, în special pe interfața radio.

7. Criptarea. Criptarea pachetelor este necesară pentru asigurarea confidențialității transmisiei, în special pe interfața radio, că și în cazul transmisiilor GSM.
8. Serverul numelor de domenii. Serverul DNS (Domain Name Server) are funcția obișnuită în rețelele IP, și anume conversia adreselor alfanumerice ale terminalelor (gazdelor) în adrese binare IP corespunzătoare.

#### *7.4.3.3. Funcțiile de gestiune a mobilității*

Spre deosebire de precedentele categorii, aceasta este omogenă și tratează exact ceea ce îi spune numele: problema localizării abonatului GPRS. Nu este divizată în grupe funcționale diferite.

#### *7.4.3.4. Funcțiile de gestiune a legăturii logice*

Ori de câte ori un utilizator GPRS dorește să inițieze un serviciu GPRS, sau să răspundă la un apel GPRS adresat lui, între MS și nodul care îl servește (SGSN) se stabilește o conexiune numită legătură logică. Legătura logică înseamnă că ambele entități (MS și SGSN) știu că sunt în comunicație, chiar dacă fac pauze mai scurte sau mai lungi.

Și în GSM, pe durata unui apel telefonic, atât MS cât și MSC știu că sunt în comunicație unul cu altul, chiar dacă de fapt nimeni nu scoate nici o vorbă la telefon și, ca atare, nu are loc un transfer de informație utilă. Dar în GSM suportul fizic (canal radio și flux pe transmisiuni între BTS și MSC) este asignat legăturii pe toata durata apelului, indiferent dacă se transmit sau nu date provenind din digitizarea vocii, deci se poate vorbi în acest caz despre existența unei legături fizice MS-MSC. Din contra. la GPRS o legătura MS-SGSN are suport fizic (adică un canal radio și flux de transmisiuni între BTS și SGSN) numai în intervale de timp în care se transmit efectiv pachete de date. În restul timpului cele două echipamente rămân conectate logic, până la apariția unei cereri de eliberare a legăturii. Mai mult, când datele corespunzătoare unui utilizator nu sunt transmise din cauza lipsei (momentane) de resurse radio, utilizatorul rămâne conectat și va primi sau va transmite pachetele sale în momentul disponibilizării resurselor.

În GPRS, la apariția unei pauze în emisia / recepția de pachete, resursele fizice sunt alocate altor utilizatori. În lipsa acestei legături logice, utilizatorul ar trebui să o ia de la capăt cu autentificarea, autorizarea și diversele negocieri pentru a putea transmite un nou șir de pachete la fiecare pauză între pachete, soldată cu inevitabila eliberare de resurse. Stabilind o legătură logică, utilizatorul este practic conectat permanent la rețea și poate primi sau transmite oricând date, cu condiția să existe un pic de loc pentru ele pe interfața radio.

Funcțiile din această categorie corespund etapelor existenței unei legături clasice:

1. funcția de stabilire a legăturii logice;
2. funcția de întreținere a legăturii logice;
3. funcția de eliberare a legăturii logice.

#### *7.4.3.5. Funcțiile de gestiune a resurselor radio*

Gestiunea resurselor radio era o problemă dificilă și în GSM, dar în GPRS situația este și mai complicată. Ținând cont că la exact aceleași resurse aspiră în plus o nouă categorie de utilizatori, în GPRS gestionarea resurselor radio are două componente: pe de o parte trebuie rezolvate problemele de alocare între *utilizatorii GPRS*, iar, pe de altă parte, cele de partajare statică sau dinamică între *utilizatorii GSM și GPRS*. În plus, aceste funcții trebuie să se ocupe de stabilirea, întreținerea și eliberarea conexiunilor fizice, deoarece conexiunile logice nu sunt suficiente pentru a face pachetele să circule.

Sunt definite patru grupe funcționale:

1. Gestiunea interfeței radio Um. Această funcție se ocupă de problemele de alocare a resurselor radio, atât între GSM și GPRS cât și între utilizatorii GPRS.
2. Funcția de selecție a celulei. Selecția celei mai potrivite celule este realizată în GPRS, ca și în GSM, pe baza măsurării calității semnalului recepționat de la diverse celule candidate. În alegerea celulei pe care se va face comunicarea se iau în considerare pe lângă calitate și mecanismele de detecție și evitare a congestie.
3. Funcția Um-Tran. Această funcție implementează ceea ce lipsește transmisiei în mod circuit peste interfața radio Um (în special funcții de nivel 2 OSI): controlul fluxului, controlul accesului la mediu, multiplexarea pachetelor pe un singur TCH. Ea realizează și protecția la erori a pachetelor.
4. Gestiunea caili. Prin gestiunea caili în GPRS se înțelege tot ceea ce ține de alocarea resurselor de transmisiuni dintre BSS și SGSN (pe interfața Gb). Și aici pot fi implementați algoritmi de alocare dinamica.

#### 7.4.3.6. Funcțiile de gestiune a rețelei

Ca în orice rețea de telecomunicații, și în GPRS trebuie asigurate funcțiile de operare, administrare și întreținere. că și în GSM, sunt definite protocoale și proceduri speciale destinate îndeplinirii acestor funcții, ce se regăsesc la nivelul tuturor echipamentelor GPRS.

În tabelul 7.4 este redată atribuirea funcțiilor diverselor echipamente GPRS (în cazul BSS se înțeleg funcții implementate în CCU și PCU).

Tabelul 7.4. Funcțiile echipamentelor GPRS

FUNCȚIE	MS	BSS	SGSN	GGSN	HLR
Control al accesului la rețea					
Înregistrare					x
Autentificare și autorizare	x		x		
Controlul admiterii	x	x	x		
Filtrare mesaje				x	
Funcție de adaptare a terminalului	x				
Colectarea datelor necesare tarifării			x	x	
Dirijare și transfer al pachetelor	x	x	x	x	

Releu	x	x	x	x	
Dirijarea pachetelor	x		x	x	
Translatarea și maparea adreselor	x		x	x	
Încapsulare			x	x	
Tunelare			x	x	
Compresie	x		x		
Cifrare	x		x		x
Serverul numelor de domenii			x		
Gestiune a mobilității	x		x	x	x
Gestiune a legăturii logice					
Stabilirea legăturii logice	x		x		
Intretinerea legăturii logice	x		x		
Eliberarea legăturii logice	x		x		
Gestiunea resurselor radio					
Gestiunea Um	x	x			
Selecția celulei	x	x			
Um-Tran	x	x			
Gestiunea caii		x	x		

## 7.5. Identificatori în rețeaua GPRS

### 7.5.1. Identificatori GSM

În rețeaua GPRS sunt utilizați o mare parte din identificatorii GSM. Aceștia sunt:

#### 1. Identificatori de rețea:

- LAI (Location Area Identity). Este identificatorul ariei de localizare.
- CGI (Cell Global Identity). Identifică celulele dintr-o arie de localizare. Datorită CGI, oricare celulă este identificată unic în spațiul GSM.
- BSIC (Base Station Identity Code). Este identitatea stației de bază. Este destinat MS pentru a-i permite distingerea diferitelor BTS-uri vecine. Este foarte important în diferențierea celulelor care utilizează aceeași frecvență pentru BCCH.
- Alți identificatori de localizare utilizați în tarifarea diferențială.

#### 2. Identificarea abonatului GSM:

##### a. Identificatori fîcși:

- MSISDN (Mobile Station ISDN Number). Este similar numărului de telefon din PSTN/ISDN și identifica abonatul în exteriorul rețelei GSM.
- IMSI (International Mobile Subscriber Identity). reprezintă identitatea unică a abonatului în interiorul spațiului GSM.

##### b. Identificatori temporari:



- MSRN (Mobile Station Roaming Number). Este utilizat pentru rutarea apelului de la (G)MSC la MSC-ul în aria căruia se găsește abonatul apelat. Conține informația de rutare (identificarea MSC).
- TMSI (Temporary MS Identity). Este alocat de MSC pentru a evita transmisia IMSI în clar pe interfața radio. Se asigură astfel protecția identității abonatului. Identifică local un abonat (în interiorul unei arii de localizare). Poate fi realocat la fiecare convorbire sau mai rar. Este format din maximum 8 cifre (4 octeți).

### 3. Identificarea echipamentului:

- IMEI (International Mobile station Equipment Identity). Identifică unic un echipament în spațiul GSM.
- IMEISV(IMEI – Software Version). Extensie a IMEI pentru a identifica echipamentele inclusiv la nivelul de versiune software.

## 7.5.2. Identificatori GPRS

### 1. Identificatori de rețea:

- Aria de rutare (RA-*Routing Area*). Pentru serviciile în mod pachet se definește similar ariei de localizare o zonă în care se trimit apeluri către MS-GPRS. Aceasta se numește arie de rutare. Aria de rutare este utilizată similar cu aria de localizare. O arie de rutare cuprinde mai multe *celule care fac parte din aceeași arie de localizare*. Deci RA reprezintă o submulțime a LA. Aria de rutare este identificată unic în spațiul GPRS.
- RAI (*Routing Area Identity*). Identifică aria de rutare.

$$RAI = LAI + RAC = MCC + MNC + LAC + RAC$$

unde RAC = *Routing Area Code* (identifică RA în interiorul unei LA).

MCC = *Mobile Country Code* (cf. Rec. CCITT E.212) = 226 pentru România.

MNC = *Mobile Network Code* (identifică operatorul în interiorul unei țări).

LAC = *Location Area Code* (identifică LA în interiorul unei rețele GSM).

Identificatorii celulelor și stațiilor de baza rămân neschimbați.

### 2. Identificarea abonatului GPRS:

- IMSI. Identitatea abonatului GPRS este, că și în GSM, IMSI. Orice abonat GPRS care nu este și abonat GSM va primi un IMSI unic în spațiul GSM, devenind astfel spațiu GSM-GPRS. În GPRS se poate face excepție de la identificarea prin IMSI pentru abonații care doresc doar acces anonim. Aceștia nu vor primi IMSI.
- Adresa PDP. Întrucât serviciile GPRS presupun transmisii de date și nu apeluri telefonice, identificarea prin MSISDN este fără rost. Pentru a putea fi contactat din rețele exterioare, care sunt fie IP, fie X.25, abonatul va fi identificat prin adresa sa. Un abonat poate avea două tipuri de adrese:
  - adresa IP;
  - adresa X.121 (pentru rețelele X.25).

Întrucât adresa este necesară protocoalelor de nivel rețea și depinde de protocolul utilizat, ea se numește adresă PDP (PDP- Packet Data Protocol). Adresele PDP sunt alocate abonatului de către rețeaua GPRS temporar sau permanent.

- P-TMSI. Ca și în GSM, și în GPRS este protejată identitatea abonatului prin evitarea transmiterii IMSI în clar (cifrarea se realizează, ca și în GSM, după transmiterea identității). Pentru aceasta SGSN va aloca abonatului o identitate temporară, similară TMSI. Acest identificator se numește P-TMSI (Packet TMSI) și are aceeași structură cu TMSI (4 octeți). Discriminarea între TMSI și P-TMSI se realizează cu ajutorul celor mai semnificativi 2 biți. Aceștia au pentru P-TMSI valoarea 11.
- 3. Identificarea echipamentelor GPRS este integrată cu cea a echipamentelor GSM, utilizându-se aceiași identificatori (IMEI și IMEI-SV).

Vom discuta modul de transmitere prin GPRS atât a informației utile, cât și a celei de control. Insa, înainte de a aborda arhitectura protocoalelor din planele U și C, este necesar sa studiem nivelul fizic al interfeței radio, **care este specific GPRS**.

## 7.6. Interfața radio GPRS

### 7.6.1. Funcțiile nivelului fizic

Nivelul fizic dintre MS și BSS este denumit nivel GSM RF și este format din două subniveluri (fig. 7.4):

- nivelul fizic RF (RFL – RF Layer);
- nivelul legăturii fizice (PLL Physical Link Layer) .

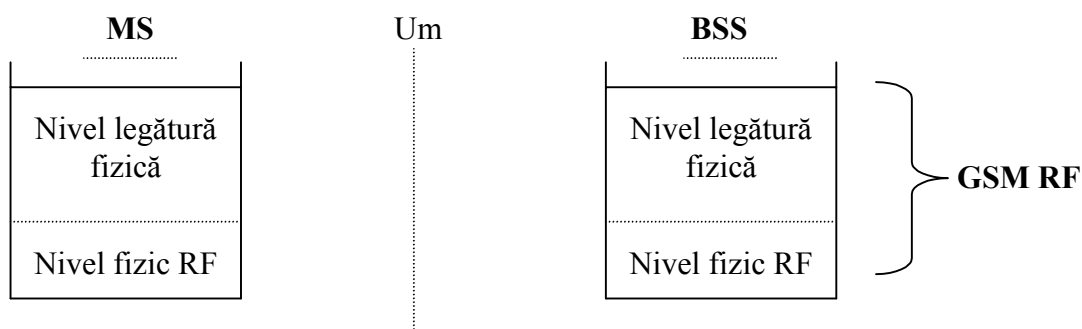


Figura 7.4. Subnivelurile nivelului fizic

#### 7.6.1.1. Funcțiile (sub)nivelului fizic RF

Subnivelul fizic RF este responsabil de modularea GMSK a biților furnizați de subnivelul superior, respectiv demodularea formei de undă recepționate. La acest nivel sunt

asigurate caracteristicile purtătoarelor, ale emițătorului și receptorului, precum și structura canalelor radio GSM. În GPRS nu s-au operat modificări față de GSM la acest (sub)nivel.

#### *7.6.1.2. Funcțiile (sub)nivelului legătură fizică*

Subnivelul PLL cuprinde atât prelucrări necesare transmisiei informației pe canale fizice ale interfeței radio Um, cât și funcții de control. Atribuțiile sale includ:

- codarea canalului; se utilizează atât coduri corectoare cât și detectoare de erori;
- întrețesere și formare de salve; se asigură protecția la pachete de erori prin transmiterea întrețesută a unui bloc de date pe durata a 4 salve;
- detecția congestiei legăturii fizice;
- sincronizare (inclusiv avans temporal);
- monitorizarea calității semnalului pe legătura radio;
- selecția și reselectia celulei;
- controlul puterii de emisie;
- recepția discontinuă.

La nivelul PLL în GPRS s-au operat modificări față de GSM privind parametrii funcțiilor menționate mai sus. Nivelul GSM RF este implementat uzual în BTS și în MS.

Trebuie remarcat că nivelul fizic al interfeței radio GPRS este dependent de cel GSM, de la care a preluat elementele esențiale.

#### *7.6.2. Canale logice*

Accesul multiplu în GPRS este dependent de infrastructura GSM utilizată [GSM 05.02]. Ca atare, GPRS trebuie să utilizeze – în comun cu GSM – aceleași cadre TDMA cu 8 intervale temporale care durează fiecare 15/26 msec. Deci aceleași canale fizice. Când un astfel de canal fizic este utilizat de GPRS (deci comutat în mod pachet) el se numește PDCH (Pachet Data Chanel). Pe canalele PDCH vor fi mapate canalele logice GPRS.

Ca și în GSM, canalele logice GPRS sunt de două categorii:

- de trafic;
- de control.

Pentru funcțiile de sincronizare și corecție a frecvenței, în GPRS se utilizează canalele de difuziune GSM (SCH, respectiv FCCH). Pentru celelalte funcții sunt definite canale logice specifice, care păstrează în mare denumirea și rolul canalelor similare din GSM.

##### *7.6.2.1. Canalele de trafic*

În categoria canalelor de trafic, în GPRS sunt incluse nu numai canalele ce transportă pachete cu date, ci și cele pe care se transmit pachete cu informația de control dedicată unei

anumite MS. Acestea din urmă în GSM sunt canale de control (dedicate): SDCCH, SACCH și FACCH.

Canalele de trafic GPRS sunt denumite PTCH (Pachet Traffic Channels). Ele sunt bidirecționale.

- PDTCH (Pachet Data Transfer Channel). Este canalul de trafic pe care se transmit pe legatura ascendentă (UL - uplink) sau descendentă (DL - downlink) datele utilizator. Pentru servicii PTP, PDTCH este atribuit unei singure MS. Pentru servicii PTM (GPRS faza 2) același PDTCH este atribuit mai multor MS din celulă. O MS poate utiliza mai multe canale de trafic PDTCH simultan.
- PACCH (Pachet Associated Control CHannel). Este canalul de trafic pe care se transmit pe legatura ascendentă (UL - uplink) sau descendentă (DL - downlink) informațiile de control ce privesc o MS. Adică, *controlul puterii*, *avansul temporal* sau informația privitoare la *atribuirea resurselor*. Indiferent de numărul de PDTCH de care dispune, o MS are un singur PACCH. Pentru stațiile mobile de clasă A și B care primesc un apel GSM în timp ce sunt angajate în transfer de date, pagingul pentru apelul în mod circuit se poate transmite pe PACCH.

#### 7.6.2.2. Canalele de control

Canalele de control sunt destinate transportului pachetelor cu informație de control, alta decât cea dedicată unei unice MS. În GPRS sunt definite două categorii de canale de control:

1. Canalele de difuzare. Există un singur canal de difuzare:

- PBCCH (Pachet Broadcast Control CHannel). Este utilizat pentru difuzarea în celulă a informațiilor legate de GPRS. Este un canal unidirecțional, de la BTS către toate MS din celulă.

În GPRS faza 1 este de așteptat să nu se utilizeze PBCCH, iar informația de sistem GPRS să fie difuzată împreună cu cea GSM pe BCCH. Oricum, este de dorit ca pe canalul de difuzare să existe ambele informații de sistem pentru a nu obliga MS să asculte atât BCCH cât și PBCCH.

Celelalte funcții îndeplinite prin difuzare rămân în sarcina canalelor GSM (FCCH și SCH).

2. Canalele comune GPRS (PCCCH-Packet Common Control CHannel) sunt definite similar celor patru canale comune GSM: RACH, AGCH, PCH și NCH. Ele poartă aceeași denumire, însoțită de prefixul P. Toate canalele comune sunt unidirecționale:

- PRACH (Packet Random Access CHannel). Este utilizat de MS pentru a cere accesul în rețeaua GPRS. Are sensul UL (MS->BTS).
- PAGCH (Packet Access Grant CHannel). Este utilizat de către BTS ca răspuns la o cerere pe PRACH, pentru a alocă unul sau mai multe PDTCH unui mobil înaintea unui transfer de date (dacă transferul a fost deja inițiat alocarea se face pe PACCH). Are sensul DL (BTS->MS).

- PPCH (Packet Paging CHannel). Este utilizat de către BTS pentru a comunica unei MS că se dorește un transfer de date către el. Pentru stațiile mobile de clasă A și B pe PPCH trebuie să se transmită atât paging pentru apeluri GPRS cât și paging pentru apeluri GSM. Are sensul DL.
- PNCH (Packet Notification CHannel). Este similar NCH (utilizat în GSM pentru a anunța la MS sosirea unor apeluri vocale de grup și de difuzare). Utilizat în GPRS faza 2 pentru anunțarea și alocarea de resurse pentru transferuri de date punct la multipunct către stațiile mobile din celulă. Are sensul DL.

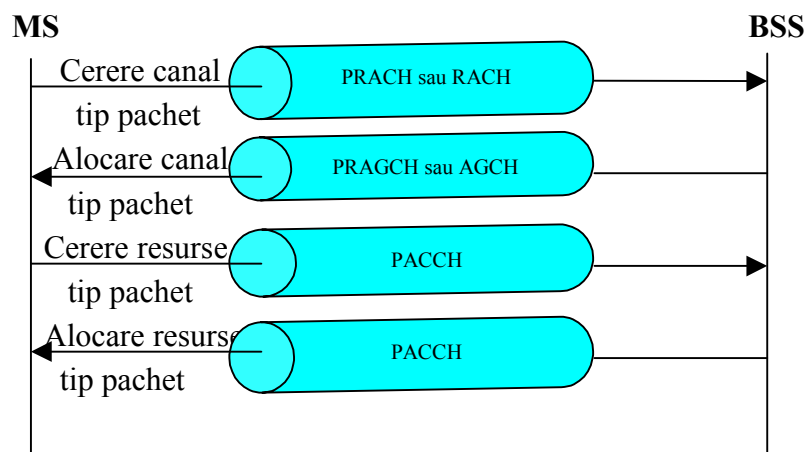


Figura 7.5. Alocarea canalului ascendent (transfer de pachete inițiat de stația mobilă); una sau doua etape.

În figura 7.5. este ilustrat principiul alocării canalului ascendent (uplink) pentru un transfer de pachete inițiat de stația mobilă. Stația mobilă solicită alocarea de resurse radio, pentru un transfer de pachete, trimițând o ‘cerere de canal de tip pachet’ (pachet channel request) pe un canal PRACH sau RACH. Rețeaua va răspunde pe PAGCH sau, respectiv, pe AGCH, informând stația mobilă ce canal(e) PDCH poate folosi. Un grup de trei biți, numit fanionul stării ascendente (USF- uplink state flag), transmiși pe canalul descendent (downlink), va indica stației mobile dacă este liber sau nu canalul ascendent.

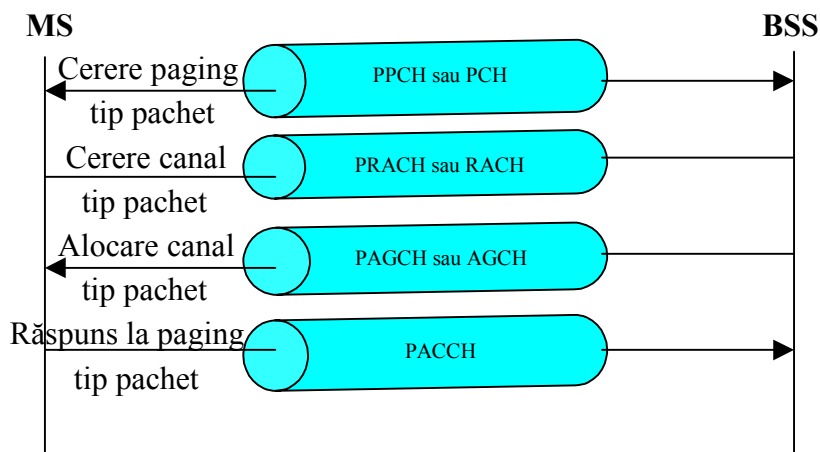


Figura 7.6. Paging (transfer de pachete inițiat de stația de bază)

Figura 7.6. prezintă procedura de paging pentru o stație mobilă (transfer de pachete inițiat de stația de bază). Canalele fizice utilizate pentru comutația de pachete sunt numite canale de tip pachet (PDCH- Packet data channel). Canalele logice de tip pachet sunt formate pe structura canalelor fizice PDCH.

Pentru utilizarea eficientă a resurselor radio, canalele PDCH sunt administrate de unitatea de control de tip pachet (PCU –pachet control unit), aflată în controlorul stației de bază (BSC). PDU este responsabilă de alocarea diferitelor stații mobile. Canalele PDCH pot fi alocate în două moduri:

- canalele PDCH dedicate sunt alocate și eliberate la comanda operatorului;
- canalele PDCH la cerere, constituind resurse GPRS dinamice temporare, sunt alocate și eliberate în funcție de cererea de trafic GPRS.

Canalele alocate pentru GPRS sunt alocate pe grupuri de maximum patru intervale succesive. Un astfel de grup este numit PSET (pachet set) și constă atât din canale dedicate, cât și din canale la cerere. Toate canalele dintr-un PSET sunt pe aceeași frecvență și urmăresc același set de salturi de frecvență (dacă sistemul GSM folosește saltul lent de frecvență – frequency hopping). Unei stații mobile i se alocă canale PDCH dintr-un singur set PSET, deci maximum patru intervale temporale (limita temporală).

Canalele dedicate sunt utilizate numai pentru GPRS, asigurând în felul acesta resurse GPRS permanente. Numărul canalelor la cerere depinde de mărimea traficului cu comutație de pachete, până la limita la care traficul cu comutație de circuite începe să diminueze traficul PDCH datorită congestiei în celulă. În lipsa oricărui trafic cu comutație de circuite este posibilă folosirea tuturor canalelor pentru traficul GPRS.

Formarea canalelor logice de tip pachet, pe structura canalelor fizice, prezintă două aspecte: formarea în frecvență și formarea în timp. Formarea în frecvență este dependentă de frecvențele alocate celulei (BTS), iar formarea în timp se bazează pe definirea unor structuri de multicadru complexe.

O structură multicadru pentru PDCH constă în 52 cadre TDMA, așa cum este indicat în figura 7.7. Patru cadre TDMA formează un bloc, iar multicadrul conține 12 blocuri (B0-B11), două cadre rezervate pentru PTCCH și încă două cadre libere. Formarea canalelor logice din blocurile B0-B11 poate varia de la bloc la bloc și este controlată de parametri difuzați pe PBCCH.

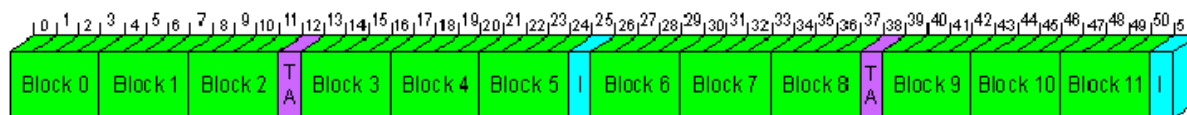


Figura 7.7. Multicadru 52

În afară multicadruului 52, care poate fi utilizat de toate canalele logice GPRS, este definită și o structură de multicadru 51 (pentru GSM), utilizată și pentru formarea unor canale logice GPRS, dar numai PCCCH și PBCCH.

Un impuls radio de date, constituit din 456 biți care rezultă după codarea pentru protecția la erori, se transmite în patru pachete, de câte 114 biți fiecare, câte unul în același

interval temporal din patru cadre TDMA consecutive. Dacă unei stații  $i$  se alocă un interval temporal din cele opt ale unui cadru TDMA, pe durata de 240 ms a unui multicadru 52 stația va avea la dispoziție sa 48 de intervale temporale, pentru a transmite 12 impulsuri radio de date. Dacă numărul biților de informație dintr-un impuls radio este  $M$ , debitul datelor va fi  $12M/240 \text{ b/ms} = 0.05M \text{ kb/s}$ .

Sunt definite patru scheme de codare (CS-Coding scheme) ai căror parametri sunt prezentați în tabelul 7.5.

Tabelul 7.5. Parametrii schemelor de codare

Schema de codare	Precod. USF	Biți info. fără USF	Biți de paritate	Biți zero adaugați	Ieșire codor conv.	Biți eliminați	Rata codului conv.	Debitul datelor Kb/s
CS-1	3	181	40	4	456	0	$\frac{1}{2}$	9.05
CS-2	6	268	16	4	588	132	$\sim 2/3$	13.4
CS-3	6	312	16	4	676	220	$\sim 3/4$	15.6
CS-4	12	428	16	-	456	-	1	21.4

Codarea se realizează pentru cei  $M$  biți de informație, precedați de trei biți care reprezintă fanionul stării ascendente (USF). Se realizează întâi o precodare a celor trei biți USF cu un bloc (în CS-1 nu se realizează această precodare). Urmează codarea biților de informație împreună cu biții USF după precodare, utilizând un cod bloc (BC). Cuvântul de cod astfel rezultat, completat cu patru biți zero, este apoi codat cu un cod convoluțional cu lungimea de constrângere patru. Adăugarea celor patru biți facilitează terminarea codării convoluționale. După codarea convoluțională sunt eliminați (procedeul „puncturing”) un număr de biți, rezultând un cuvânt de cod de 456 biți. În CS-4 nu se mai utilizează și codarea convoluțională.

După codare cuvintele de cod sunt aplicate unui bloc de intercalare, de adâncime patru. În partea de recepție se realizează întâi deintercalarea și apoi decodarea cu algoritmul Viterbi.

## 7.7. Modelul general al rețelei GPRS. Arhitectura protocoalelor

Modelul general al protocoalelor rețelei GPRS este asemănător rețelei GSM, respectiv ISDN, cu trei planuri pe care sunt definite protocoale de transmitere a diverselor tipuri de informații (fig. 7.8).

*Planul utilizator (U)* este responsabil de transferul informației utile. În GPRS este numit uzual *planul de transmisie*. În acest plan sunt definite stive de protocoale ce asigură transportul informației utile (date și SMS). Stivele protocoalelor de transport al informației utile sunt specificate pentru fiecare interfață prin care circulă date. Împreună, ele formează arhitectura protocoalelor de transmisiune.

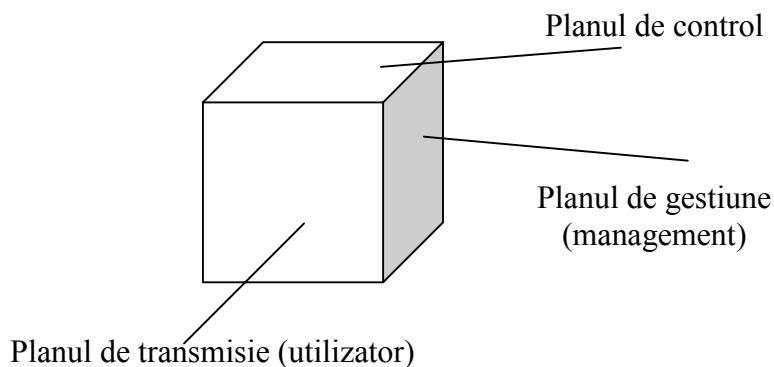


Figura. 7.8. Planurile rețelei GPRS

*Planul de control (C)* este responsabil de transferul informației de control sau, altfel spus, al semnalizărilor. Din acest motiv este numit *planul semnalizărilor*. În acest plan sunt definite stive de protocoale ce asigură transportul informației de semnalizare. Aceste stive sunt diferite de cele din planul U. Astfel, pe interfețele prin care circulă atât informație utilă cât și semnalizări vor fi definite două stive de protocoale de transport. În planul C se discută despre o arhitectură a protocoalelor de transport al semnalizărilor.

*Planul de gestiune (management)* este responsabil de transferul informației de gestiune. Vehicularea informației de gestiune este necesară pentru îndeplinirea funcțiilor de gestiune a rețelei (de exemplu gestiunea indicatorilor de performanță, a erorilor, a datelor de facturare, etc.). Pentru transportul informației de gestiune se definesc stive de protocoale specifice.

Rețeaua GPRS utilizează în toate cele trei planuri comutația de pachete, cu toate că rețeaua GSM folosește în planul utilizator comutația de circuite pentru voce și date. Pentru SMS, care circulă peste rețeaua SS7, se utilizează în planul U comutația de pachete. Transportul informației în planurile C și M este și în GSM bazat pe comutația de pachete (SS7 în planul C, SS7 și /sau X.25 în planul M).

### **7.7.1. Planul de transmisiune**

Arhitectura protocoalelor pentru planul de transmisie GPRS este prezentată detaliat în figura 4.7.

GTP (GPRS tunneling protocol) transportă datele utilizatorului și semnalizările între nodurile suport GPRS (GSN), pe rețeaua magistrală (backbone) GPRS, împachetând unitățile de date ale protocolului de date în pachete punct-la punct și asigurând, dacă este necesar, mecanisme pentru controlul fluxului. Protocolul este definit atât între noduri GSN din cadrul unei singure rețele mobile (interfața Gn), cât și între noduri GSN aparținând unor rețele mobile diferite (interfața Gp). În planul de transmisiune GTP folosește un mecanism tunel pentru transferul pachetelor de date ale utilizatorului. În planul de semnalizare GTP specifică



un protocol de administrare și control de tip tunel, semnalizarea fiind utilizată pentru a crea, a modifica și a elimina tunelele.

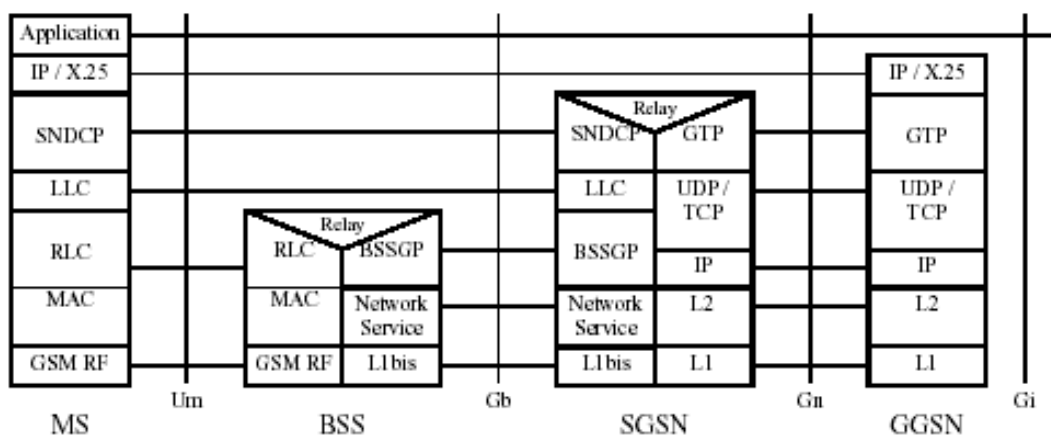


Figura 4.7. Planul de transmisiune GPRS

Pachetele GTP transportă pachetele IP sau X25 ale utilizatorului. Sub GTP protocolele standard TCP sau UDP sunt folosite pentru a transporta pachetele GTP pe rețeaua magistrală GPRS. TCP este folosit în cazul pachetelor X.25, care necesită o legătură de date fiabilă, iar UDP este folosit în cazul pachetelor IP. Sub TCP/UDP, la nivelul rețea, se folosește IP pentru rutarea pachetelor pe rețeaua magistrală. Sub IP se pot folosi protocolele rețelelor Ethernet, ISDN sau ATM. Rezumând, în rețeaua magistrală GPRS arhitectura de transport este alcătuită astfel: IP/X.25 peste GTP, GTP peste UDP/TCP, UDP/TCP peste IP.

Protocolul SNDCP (Subnetwork dependent convergence protocol) este utilizat pentru transferul pachetelor de date între SGSN și MS, realizând următoarele funcțiuni:

- multiplexarea mai multor conexiuni ale nivelului rețea pe o singură conexiune logică a nivelului LLC;
- compresia și decompresia datelor redundante ale utilizatorului și a informației pentru controlul protocolului (spre exemplu compresia datelor conform avizului V.42 bis al ITU-T și compresia antetului IP);
- segmentarea (pentru a respecta lungimea maximă a cadrelor LLC) și reasamblarea.

Nivelul “legătură de date” între stația mobilă și rețea este împărțit în două subniveluri: LLC (Logical link control), între MS și SGSN și RLC/MAC (Radio link control / Medium acces control), între MS și BSS.

Protocolul LLC, derivat din HDLC (High level data control), este o versiune adaptată a protocolului LAPDm utilizat în GSM. El asigură o legătură fiabilă între MS și SGSN asociat, incluzând controlul fluxului, recepția în ordine a tuturor cadrelor, detectarea erorilor și corectarea lor prin retransmitere (ARQ). Confidențialitatea datelor este asigurată prin funcțiuni de cifrare. Sunt posibile lungimi variabile ale cadrelor LLC și ambele tipuri de servicii, cu conexiune, prezentat mai sus, și fără conexiune.

Subnivelul RLC/MAC realizează două funcțiuni:

- Funcțiunea RLC constă în stabilirea unei legături fiabile între MS și BSS, incluzând segmentarea și reasamblarea cadrelor LLC în blocuri de date RLC, precum procedura ARQ pentru cuvintele de cod necorectabile.
- Funcțiunea MAC controlează procedurile de acces (cerere și alocare) pentru canalul radio și folosește algoritmi de rezolvare a coliziunilor. Protocolul MAC se bazează pe principiul ALOHA în tranșe (Slotted Aloha). Subnivelul RLC/MAC oferă atât servicii cu conexiune, cât și servicii fără conexiune.

Nivelul fizic între MS și BSS este împartit în doua subniveluri:

- nivelul legăturii fizice (PLL-Physical link layer) și
- nivelul RFL (radio frequency layer).

Nivelul PLL asigură un canal fizic între MS și BSS, funcțiunile sale constând în codarea canalului (detectia de erori, corectare directă a erorilor (FEC –Forward error correction), indicarea cuvintelor de cod necorectabile), intercalarea biților și detectarea congestiei pe legătura fizică. RFL operează sub PLL și asigură funcțiunile unui canal radio (modulație și demodulație).

### 7.7.2. Planul de semnalizare

Arhitectura protocoalelor din planul de semnalizare cuprinde protocoale de control și suport pentru funcțiunile planului de transmisiune: atașarea și detașarea GPRS, activarea contextului PDP, controlul căilor de rutare și alocarea resurselor rețelei.

Protocolul de administrare a sesiunii și mobilității GPRS (GMM/SM-GPRS mobility management and session management) intervine atunci când se realizează funcțiuni de atașare și detașare GPRS, funcțiuni de securitate, activarea contextului de PDP și actualizarea ariei de rutare și acționează între stația mobilă și SGSN (fig. 7.9.)

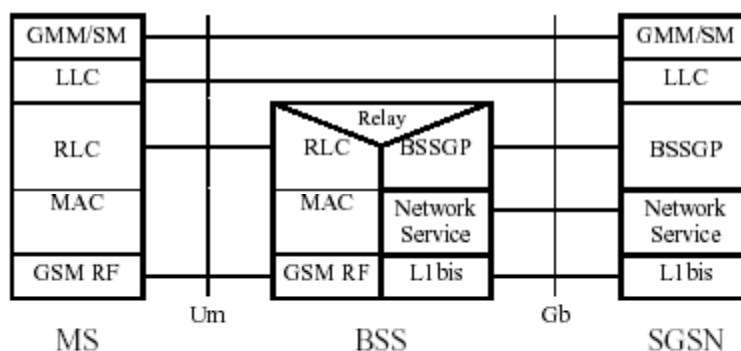


Figura 7.9. Protocolul de administrare a sesiunii și mobilității

Arhitectura semnalizării între SGSN și registrele HLR, VLR și EIR utilizează aceleași protocoale ca și GSM, fiind completate cu funcțiuni specifice GPRS (fig. 7.10.).

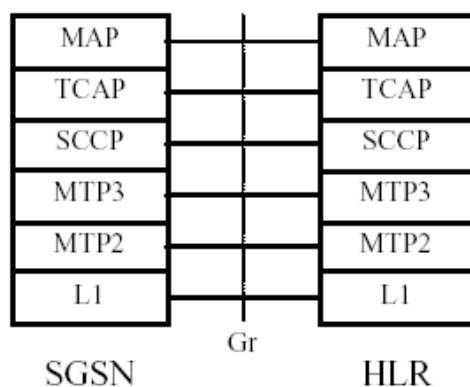


Figura 7.10. Planul de semnalizare SGSN-HLR, SGSN-HLR

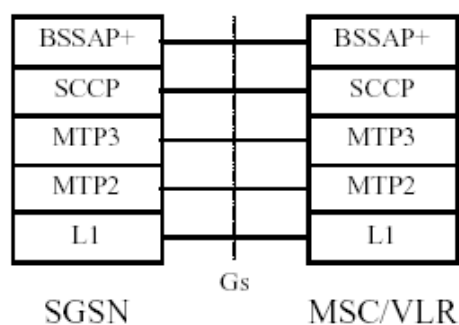


Figura 7.11 planul de semnalizare: SGSN-MSC/VLR

Între SGSN și HLR, ca și între SGSN și EIR, se folosește protocolul MAP (Mobile Application Part), o extensie a sistemului de semnalizare SS7 specifică rețelelor mobile. El transportă informația de semnalizare relativă la actualizarea localizării, informația de rutare, profilul utilizatorului și informația de transfer (handover).

Schimbul de mesaje MAP se face pe suportul oferit de protocolul SCCP (Signalling Connection Control Part). Protocolul BSSAP+ include funcțiuni ale protocolului omonim din GSM și este folosit pentru a transfera informația de semnalizare între SGSN și VLR (interfața Gs), incluzând semnalizarea pentru administrarea mobilității atunci când este necesară coordonarea funcțiunilor GPRS și ale GSM (cum sunt actualizarea localizării GPRS și non-GPRS, atașarea combinată GPRS/IMSI, paging pentru o stație mobilă prin GPRS pentru un apel GSM de intrare).