

Capitolul 7

Servicii de date în sistemele de comunicații mobile GSM

7.1 Prezentare generală a sistemului GSM

7.1.1 Arhitectura sistemului GSM

Arhitectura sistemului GSM (Global System for Mobile) este prezentată în figura 7.1.

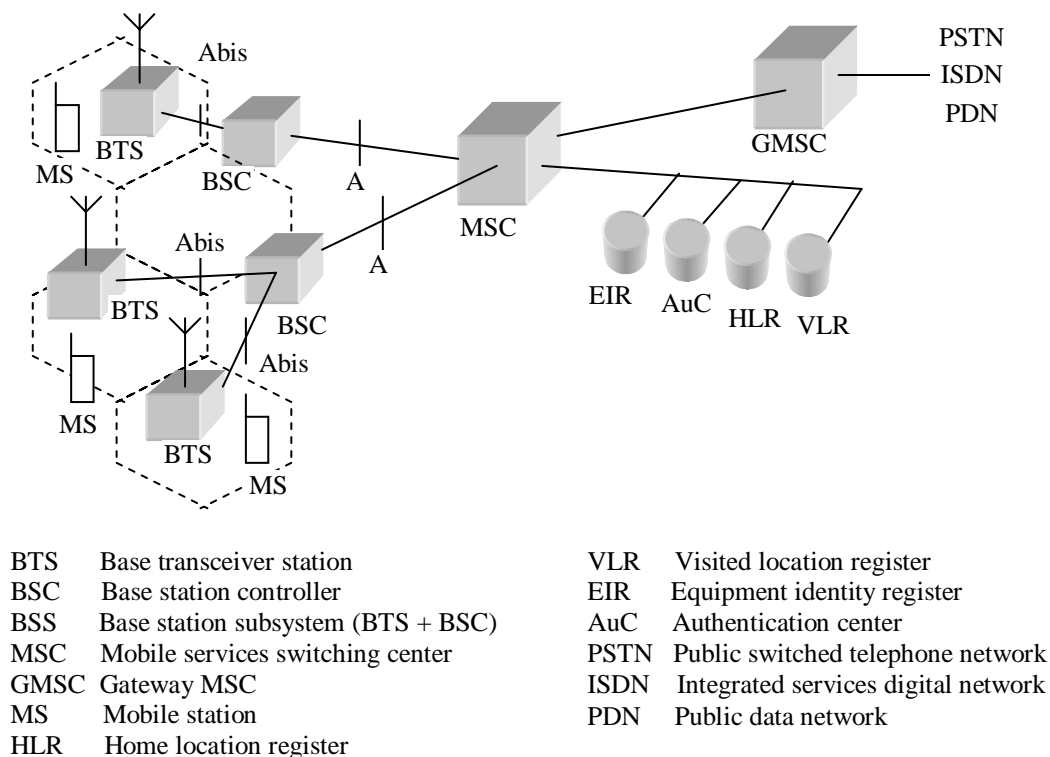


Fig. 7.1 Arhitectura sistemului GSM (elementele esențiale)

- Părți componente -

- **BSS (BTS + BSC)** - asigură și administrează căile de transmisiune între stațiile mobile și MSC, inclusiv interfața radio între MS și restul GSM;
- **NSS (Network and Switching Sub-system)** - echipamente de comutație - MSC, GMSC – Gateway MSC; baze de date, de utilizator și pentru mobilitate - VLR, HLR, SS7; - administrează comunicațiile și conectează stațiile mobile la rețelele fixe sau către alți utilizatori mobili;

- **OMS** (Operation and maintenance subsystem) - pentru funcții de administrare necesare funcționării și întreținerii sistemului.

Subsisteme

1. Stația mobilă (MS). Realizează funcțiuni de prelucrare a semnalelor pentru transmisie/recepție în interfața radio și de interfațare spre utilizatorul uman (microfon, difuzor, display și tastatură) sau spre un terminal (calculator, fax), prin/fără adaptor.

Cartela SIM (Subscriber identity module), asigurând identitatea abonatului mobil, poate fi mutată de la o stație mobilă la alta și este securizată împotriva utilizării improprii.

2. Subsistemul stației de bază (BSS)

Stația transceiver de bază (BTS) este în contact cu stația mobilă și conține echipamente pentru:

- emisie și recepție (inclusiv antene);
- prelucrări de semnal specifice interfeței radio.

Tot din BTS se consideră că face parte *unitatea pentru adaptarea de viteză și transcodare* (TRAU – Transcoder/Rate Adapter Unit, figura 7.2). Funcțiunile TRAU sunt:

- codarea și decodarea vocii, specifice GSM (figura);
- adaptarea de viteză pentru date.

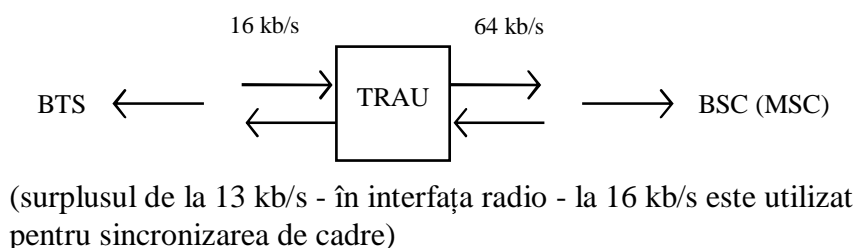


Fig. 7.2 Funcția de transcodare

Controlerul stației de bază (BSC), în contact cu comutatoarele NSS, este sub controlul subsistemului de întreținere și funcționare OMS și prezintă interfețele A, spre MSC, și Abis, spre BTS. El poate fi plasat la BTS, MSC sau separat de acestea și îndeplinește funcțiuni de alocare/eliberare a canalelor radio și de administrare a traficului.

3. Subsistemul de comutație și rețea (NSS)

Îndeplinește funcțiuni de comutație și interfață cu alte rețele și conține baze de date (despre abonați și necesare pentru administrarea mobilității). Este constituit din MSC (GMSC), HLR (AuC), VLR și se interfațează cu BSS, OMS și rețelele externe (Fig. 7.3).

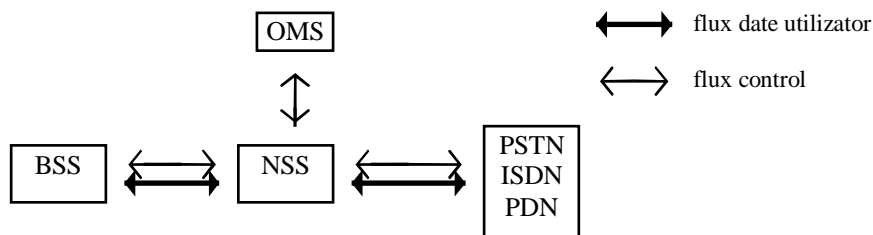


Fig. 7.3 Interfețele subsistemului de comutație și rețea

Centrul de comutație pentru servicii mobile (MSC) realizează funcțiuni de comutație; GMSC (Gateway MSC) este un MSC cu o funcție suplimentară, constând în tratarea apelurilor dinspre/înspre rețelele externe.

HLR conține informații permanente și temporare despre abonați. Informațiile permanente constau în:

- numărul de abonat mobil internațional (IMSI - International mobile subscriber number);
- numărul de apel al abonatului;
- cheia de autentificare;
- serviciile suplimentare permise.

Informațiile temporare sunt:

- adresa VLR curent (care administrează MS acum);
- numărul către care trebuie redirecționate apelurile (dacă abonatul a selectat acest serviciu);
- parametri tranzitorii pentru autentificare și cifrare.

IMSI este permanent memorat pe SIM. Cu el se identifică abonatul într-o rețea GSM. Structura sa este MCC MNC MSIC, având semnificațiile:

MCC (Mobile Country Code) – codul țării pentru comunicații mobile (3 digiți);

MNC (Mobile Network Code) – codul rețelei mobile (2 digiți);

MSIC (Mobile Subscriber Identification Code) - codul de identificare a abonatului mobil.

Obs. Numărul cu care este apelat un abonat este diferit MSIC.

Centrul de autentificare (AuC) este parte funcțională a HLR, furnizând către HLR parametrii pentru autentificarea stației mobile: algoritm, date de intrare/ieșire.

Registrul de localizare a abonaților în vizită (pentru unul sau mai multe MSC) - conține date permanente și temporare despre abonații aflați temporar în aria de serviciu a unui MSC aferent. Datele permanente sunt cele din HLR, iar cele temporare sunt puțin diferite de acestea. Pentru localizarea stației mobile se folosește un identificator temporar, TMSI - Temporary Mobile Subscriber Identity, utilizat pe perioade limitate, în loc de IMSI.

Observații:

- Localizarea datelor de abonat și în VLR reduce traficul către HLR;
- HLR furnizează date către MSC când apelul vine dinspre rețele externe;
- VLR furnizează date către MSC când apelul vine de la stația mobilă.

4. Subsistemul de întreținere și funcționare (OMS)

În elaborarea acestui subsistem s-a avut în vedere o abordare centralizată, bazată pe conceptul rețelei de administrare a telecomunicațiilor (TMN - Telecommunications Management Network). Domeniile de activitate acoperite de acest subsistem sunt:

a) Funcționarea și întreținerea rețelei, incluzând

- supravegherea comportării rețelei (încărcarea sistemelor, procentul blocărilor, numărul transferurilor între celule adiacente);
- verificarea calității serviciilor oferite.

b) Administrarea abonamentelor, incluzând:

- evidență abonamente și servicii asigurate fiecărui abonat (implică HLR - AuC, inițializare SIM);
- evidența taxării și eliberarea notelor de plată (HLR).

c) Administrarea stațiilor mobile, suplimentar față de administrarea realizată de echipamentele infrastructurii, prin EIR (Equipment Identity Register). La fiecare înregistrare sau inițiere a unui apel se verifică identitatea stației mobile, reprezentată de IMEI (International Mobile Equipment Identity), memorat în EIR. IMEI relevă date ca: fabricant, țara, omologarea tipului de stație, număr serial al stației. Prin verificarea IMEI se constată dacă este sau nu permis accesul stației în sistem (furt, defecte).

7.1.2 Accesul multiplu în GSM

- Combinație a tehnicilor FDMA și TDMA

- FDMA -

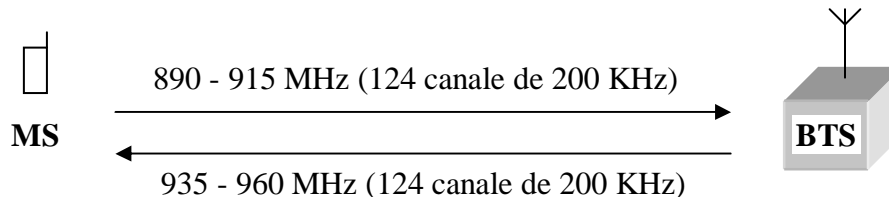


Fig. 7.4 Benzi de frecvențe în interfața radio

Purtători canale radio: 890,2 MHz, 890,4 MHz, ..., 914,8 MHz (în sus)

935,2 MHz, 935,4 MHz, ..., 959,8 MHz (în jos)

Benzi de gardă la margini: 100 KHz

- TDMA -

Prin multiplexare cu diviziune în timp, pe fiecare canal radio, se realizează 8 canale de transmisiune, numite canale fizice.

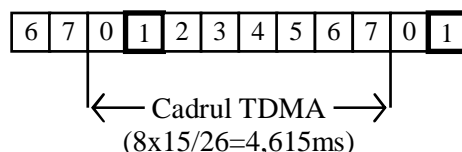


Fig. 7.5 Structura cadrului TDMA

Durata intervalului temporal ($15/26$ ms) corespunde unității de transmisiune, numită **pachet** (Fig. 7.6).

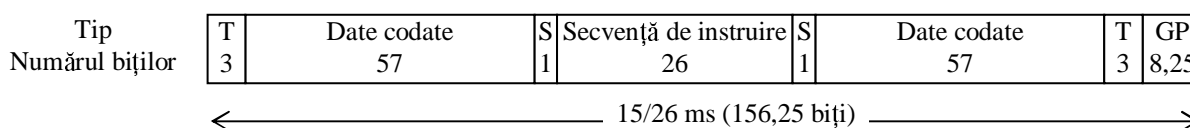


Fig. 7.6 Structura unui pachet de date

Biții corespunzători unui segment vocal de 20 ms (260 biți de informație + 196 biți de control = 456 biți) se transmit în 8 pachete succesive, câte 57 biți în fiecare pachet. Un pachet transportă câte 57 biți de la două segmente vocale succesive, plus încă 34 biți (secvența de instruire pentru egalizorul receptorului – 26 biți, biți în intervalul de gardă - 3 la început și 3 la sfârșit, 2 biți pentru a indica semnificația câmpului de informație: date utilizator sau date de semnalizare urgentă, spre exemplu

pentru realizarea unui transfer dintr-o celulă în alta). Un interval de gardă (GP), echivalent cu durata a 8,25 biți, în care nu se transmite nimic, este alocat descreșterii impulsului radio.

- Debitul datelor în interfața radio (pentru un canal fizic):
 $260 \text{ biți}/20 \text{ ms} = 13 \text{ Kb/s}$
- Viteza de modulație (transmisiune binară): $156,25 : 15/26 = 270,833 \text{ KBauds}$
- Transmisiunea duplex
- Benzi de frecvențe diferite și decalaj de trei intervale temporale (Fig. 7.7).

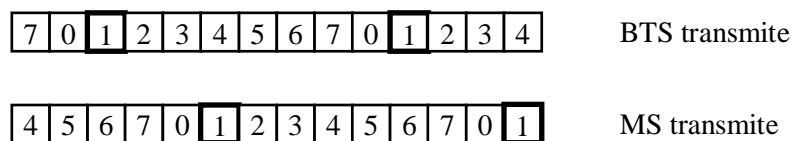


Fig. 7.7 Decalaj între emisie și recepție pentru transmisiune duplex

- Canale logice

La rândul său fiecare dintre cele 8 canale fizice poate fi utilizat multiplu, în scopuri diferite, realizând astfel mai multe canale, numite canale logice. Fiecare canal logic este definit, în timp, prin numerele de ordine ale intervalelor temporale alocate și în frecvență, prin frecvența centrală a canalului radio suport.

- Clasificarea canalelor logice -

		Bidirecționale	Unidirecționale	
			În jos (BTS – MS)	În sus (MS – BTS)
Canale dedicate	trafic	TCH/F; TCH/H		
	semnalizare	SACCH, TCH/8 (FACCH)		
Canale comune	semnalizare		FCCH, SCH, BCCH, PAGCH, CBCH	RACH

TCH/F; TCH/H (Traffic channel/full (half)) - canal de trafic, pentru transmiterea vocii și a datelor;

SACCH (Slow associated control channel) - transportă parametri de control și de măsură și este totdeauna asociat cu un canal de trafic;

FACCH (Fast associated control channel) - utilizează canalul de trafic pentru transportul informației de semnalizare între MS și BS în regim de urgență (spre exemplu în cazul unui transfer);

FCCH (Frequency correction control channel) - furnizează stațiilor mobile frecvența de referință a sistemului;

SCH (Synchronization channel) - permite stațiilor mobile să stabilească limitele intervalelor de timp și numerele de ordine ale lor (identificarea diferitelor canale logice);

BCCH (Broadcast control channel) - pentru difuzarea parametrilor specifici necesari stațiilor mobile să identifice rețeaua căreia îi aparține celula și să obțină accesul în rețea;

PAGCH (Paging and access grant channel) - pentru a informa stația mobilă despre apel intrând (paging) și canalul dedicat alocat pentru acces;

CBCH (Cell broadcast channel) - pentru difuzarea mesajelor scurte în celulă;

RACH (random access channel) - stațiile mobile transmit cererile lor, în mod aleator, pentru accesul în rețea (posibile coliziuni)

- Multicadrele 26 și 51 -

Pentru a permite ordonarea canalelor logice și repetarea ciclică se definesc două tipuri de multicadre, un multicaдру fiind o structură formată din N cadre TDMA (N este 26 sau 51):

- multicaдруl 26 - pentru canalele dedicate;

- multicaдруl 51 - pentru canalele comune.

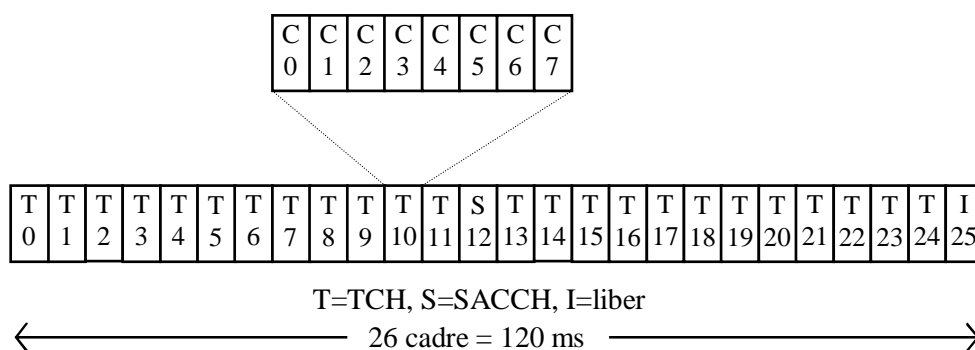
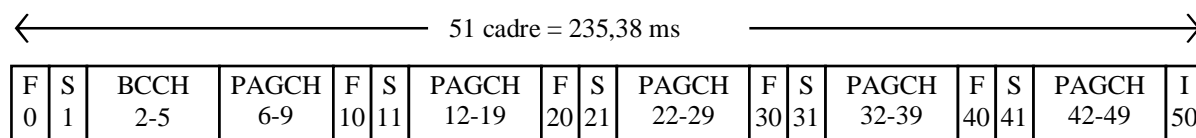


Fig. 7.8 Structura multicaдруlui 26 pentru formarea canalelor TCH și SACCH



F=FCCH, S=SCH, I=liber

Fig. 7.9 Structura multicadrului 51 pentru formarea canalelor comune

7.1.3 Evoluția rețelei GSM

- Deziderate
 - creșterea funcționalității rețelei GSM în ceea ce privește: capacitatea, acoperirea, calitatea serviciilor, debitul datelor;
 - introducerea serviciului cu comutație de pachete.
- Evoluția serviciilor de date

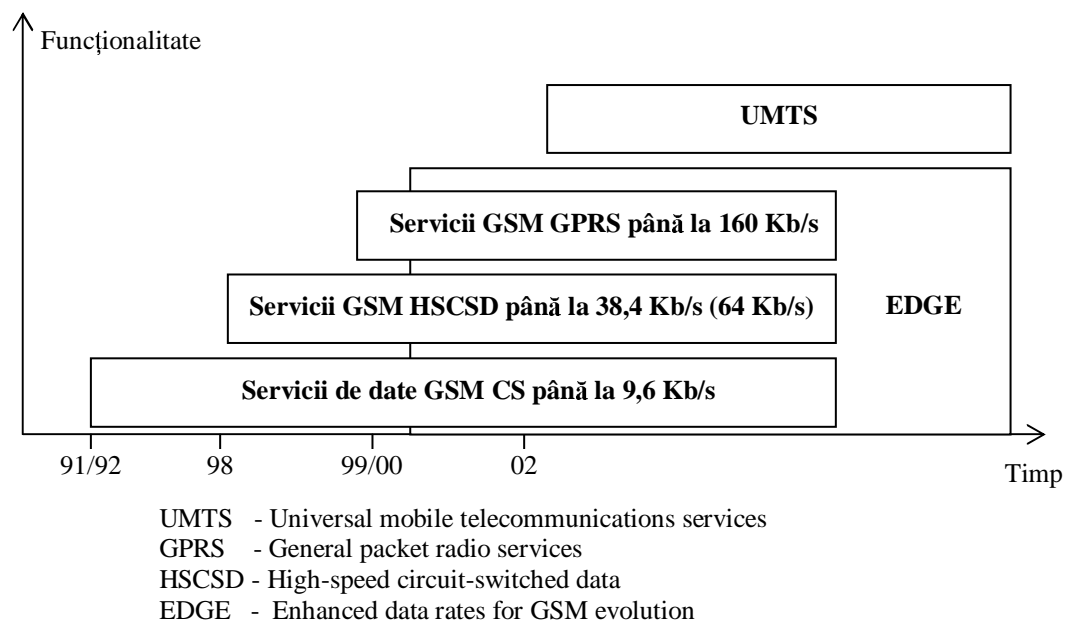


Fig. 7.10 Evoluția serviciilor de date GSM

7.2 Servicii de date cu comutație de circuite

7.2.1 Aspecte generale ale serviciilor de date în GSM

- Între utilizatori mobili - puțin solicitate în prezent (terminale specifice, portabile).

- Între utilizatori GSM și utilizatori PSTN, ISDN, PDN prezintă interes.

- Serviciile de date se disting prin:

- corespondenții potențiali (utilizatori în rețeaua telefonică, ISDN, PDN);
- natura informației transmise (date propriu zise, facsimil, videotex etc);
- mod de transmisiune (servicii cu comutație de pachete sau de circuite, digital cap-la-cap sau utilizând un modem de bandă vocală, sincron sau asincron);
- natura terminalului (mod pachet, mod caracter, protocol utilizat), etc.

- Segmentul GSM, privit ca un segment de transport, implică două funcțiuni generice la capetele sale: **TAF (Terminal Adaptation Function)** - funcție de adaptare între terminalul de date și partea de transmisie radio și **IWF (Interworking Function)** - funcție de adaptare la frontiera GSM/rețea externă (Fig. 7.11).

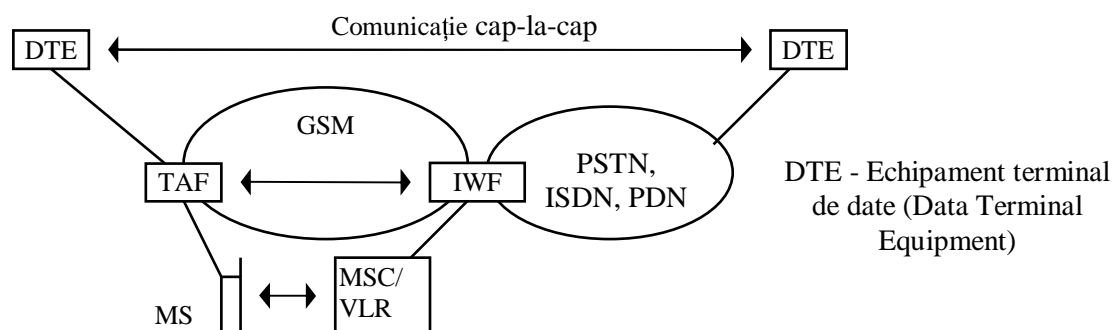


Fig. 7.11 Funcții de adaptare pentru serviciile de date

7.2.2 Conexiuni cu rețelele externe

Funcțiile TAF și IWF depind, în principal, de rețeaua externă (și de capacitatea de transport necesară) așa încât prezentarea aspectelor specifice serviciilor de date se va face după corespondenții potențiali ai utilizatorilor GSM..

• Conexiuni cu utilizatorii PSTN

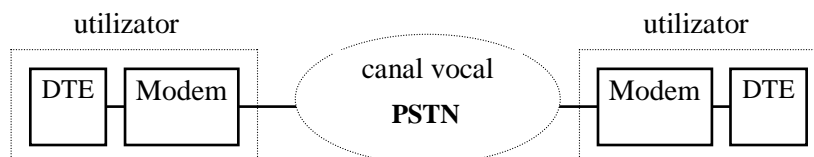


Fig. 7.12 Circuit de date pentru utilizatori PSTN

O conexiune pentru transmisiuni de date între un utilizator GSM și un utilizator PSTN se realizează ca în figura 7.13.

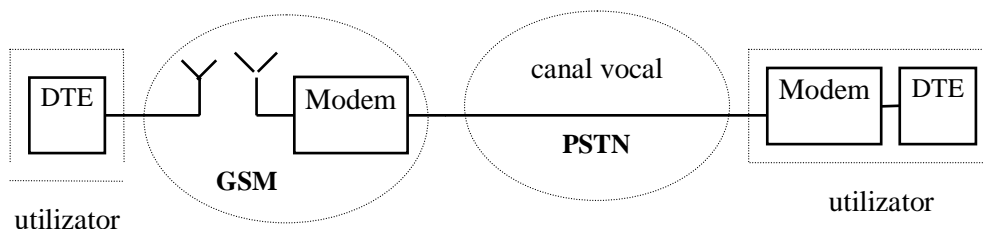


Fig. 7.13 Circuit de date între utilizator GSM și utilizator PSTN

Probelme de rezolvat:

1.- Interfața dintre modem și terminal, de tip V.24, constituită din circa 15 circuite; semnalele de pe circuitele de interfață trebuie transmise pe segmentul GSM (TAF – IWF) în modul serial, multiplexate cu semnalele de date.

2.- Transmisiunea în GSM este sincronă. Dacă transmisiunea de la terminal este asincronă este nevoie de conversia asincron – sincron și sincron – asincron, ceea ce înseamnă funcțiuni adecvate în TAF și IWF.

3.- În cazul transmisiunii sincrone (de la terminal) este necesar să se facă trecerea de la baza de timp folosită în interfața terminal – modem, ce poate fi ușor diferită de baza de timp GSM, la aceasta din urmă.

- **Conexiuni cu utilizatorii ISDN**

. Dificultatea care apare în acest caz este determinată de faptul că GSM permite un debit de 9600 b/s iar ISDN asigură un debit de bază de 64 kb/s.

Soluția constă într-o adaptare de viteză, pentru trecerea de la debitele mici, permise de GSM, la debitul de 64 kb/s din ISDN.

- **Conexiuni între utilizatori GSM**

În cele mai multe cazuri, pentru conexiunile între utilizatori GSM, intervine și o rețea externă: PSTN (acum) sau ISDN (în viitor). Serviciile de date ce pot fi oferite sunt cele asigurate între utilizatori GSM și utilizatori PSTN.

- **Conexiuni cu utilizatori ai rețelelor publice de date cu comutație de pachete (PSPDN – Packet Switched Public Data Network)**

Accesul utilizatorilor la PSPDN este posibil în mai multe moduri, în funcție de tipul terminalului de date, mod pachet (sincron și având implementate protocoalele de comunicație specificate de X.25) sau mod caracter (asincron, fără protocoale X.25), și în funcție de de tipul liniei prin care se conectează la o astfel de rețea, linie specializată (dedicată, permanentă) sau prin intermediul unei alte rețele (PSTN sau ISDN). Variantele de acces pentru utilizatorii GSM la serviciile PSPDN sunt prezentate în figura 7.14.

Fig. 7.14 Accesul utilizatorilor GSM la serviciile PSPDN

- Considerând toate cazurile prezentate se constată că sunt două categorii de scheme de transmisiuni de date (din punct de vedere al implicării GSM), depinzând de prezența sau nu a unui modem în IWF;

7.2.3 Transmisiunea în interiorul GSM

Proiectarea transmisiunilor de date în GSM are în vedere rezolvarea a două probleme:

2. Interfața radio prezintă un coeficient mare de eroare, mai mare chiar decât 10^{-3} , acceptabil pentru transmiterea vocii, dar inacceptabil pentru cele mai multe servicii de date.

- **Tipuri de conexiuni**

Este necesar să se asigure o schemă de corecție a erorilor adecvată caracteristicilor căii de transmisiune GSM.

Caracteristicile transmisiunii în cazul folosirii unui protocol de corectare a erorilor reprezintă un compromis între debitul efectiv, întârzierea în transmisiune și coeficientul de eroare rezidual. După strategia adoptată în GSM pentru corectarea erorilor se disting două categorii de conexiuni: transparente (T) și netransparente (NT).

Conexiuni transparente (T)

Se folosește un mecanism de corectare directă a erorilor, cu cod corector (FEC – Forward Error Correction), asigurat de interfața radio. Debitul datelor și întârzierea sunt constante. Valorile standard pentru debitul datelor la utilizator sunt: ≤ 2400 b/s, 4800 b/s, 9600 b/s.

Conexiuni netransparente (NT)

Se folosește mecanismul de corectare a erorilor, utilizat pe conexiunile T, plus o schemă adițională de corectare prin retransmiterea pachetelor cu erori necorectate.

Debitul de bază este 12 kb/s (6 kb/s pentru canalul pe jumătate – half), indiferent de debitul utilizatorului și cu aceeași schemă FEC ca și pentru conexiunile T.

Suplimentar se folosește un protocol de corectare a erorilor prin retransmitere (protocolul RLP – Radio Link Protocol), operând între TAF și IWF.

Trebuie creată posibilitatea de a transmite biții suplimentari necesități de un astfel de protocol pentru detecția erorii, numerotarea cadrelor, repetări de cadre etc.

Conexiunile de date oferite de GSM, tipul și performanțele lor sunt prezentate în tabelul următor.

Nume	Calitatea serviciului	Întârziere (TAF – IWF)
TCH/F 9,6 T	mică	330 ms
TCH/F 9,6 NT	mare	>330 ms
TCH/F 4,8 T	medie	330 ms
TCH/F 2,4 T	medie	200 ms
TCH/H 4,8 T	mică	600 ms
TCH/H 4,8 NT	mare	>600 ms
TCH/H 2,4 T	medie	600 ms

7.2.4 Adaptarea de viteză

Pentru conexiunile T modemul, dacă se folosește, se pune la IWF, iar transmisiunea de la TRAU la IWF se face pe circuite ISDN de 64 kb/s, trecerea de la debitul datelor (max. 9,6 kb/s) la 64 kb/s făcându-se conform specificărilor din recomandarea ITU-T V.110 (inclusiv accesul la modem de la distanță).

Pentru conexiunile NT transmisiunea între TAF și IWF utilizează protocolul RLP, neimplicat în schema de adaptare pentru ISDN. Conexiunea poate fi descrisă prin intermediul a două nivele: a) nivelul superior, corespunzând conversiei semnalelor între terminal și IWF într-o formă adecvată transportului cu RLP (implică TAF și IWF pentru conversie și RLP pentru transfer); b) nivelul inferior, incluzând mijloace pentru a transporta cadrele RLP între TAF și IWF (circuit sincron, ca și la conexiuni T).

- **Recomandarea V.110**

Specifică modul în care ISDN suportă terminale de date echipate cu interfață V.24. Specificările se referă la:

- cum se transmite informația auxiliară (din interfața V.24);
- cum se transmite un flux asincron pe o legătură sincronă;
- cum se transportă un flux sincron pe o legătură sincronă folosind baze de timp independente.

Aceste specificări au fost adoptate fără modificări și în aplicațiile GSM.

- **Semnalele pentru controlul modemului –**

Se transmit informații privind stările circuitelor de interfață 108 și 105 - de la terminal spre modem - și 107, 109 și 106 – de la modem spre terminal, prin intermediul a 8 biți la fiecare 5 sau 10 ms (în funcție de frecvența de eșantionare), multiplexați cu fluxul datelor.

Semnale de la terminal spre modem	Semnale de la modem spre terminal	Intervalul de eșantionare (ms)
108 - DTR	107 - DSR	1,25 sau 2,5
105 - RTS	109 – CD	2,5 sau 5
	106 - CTS	2,5 sau 5

- **Funcția RA0 –**

RA0 – Rate Adaptation 0 (adaptare de viteză, etapa 0) – este o funcție de conversie asincron/sincron.

Fluxul de date asincron este constituit din succesiune de caractere (de regulă de 8 biți), fiecare caracter fiind precedat de un bit de start și succedat de un element de stop de durată oarecare, însă cel puțin un interval de bit (Fig. 7.15).

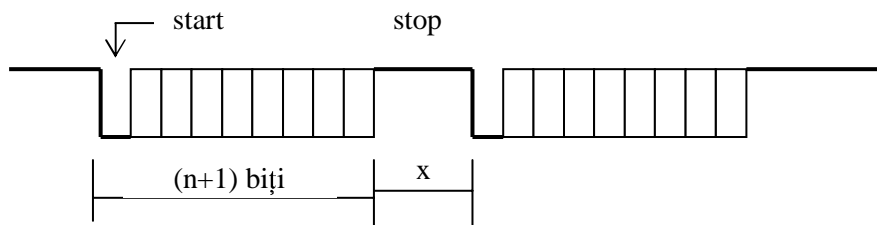


Fig. 7.15 Semnal start/stop

În ISDN (și în GSM) transmisiunea este sincronă și, în cazul terminalelor de date funcționând în modul start-stop (aritmice, asincron), este necesară conversia de la semnale aritmice la semnale izocrone. Diferența între viteze se compensează prin scurtarea (chiar eliminare la emisie și reinserare la recepție)/lungirea elementului de stop.

- **Transmisiune sincronă pe legătură sincronă, cu baze de timp diferite –**

Din cauza diferențelor între frecvențele bazelor de timp sunt posibile cazurile în care, la trecerea dintr-o rețea în alta, un bit să fie eliminat sau să fie repetat, în funcție de sensul diferenței între cele două viteze. V.110 prevede mecanisme pentru a semnala cazurile în care se introduce un bit suplimentar sau se elimină un bit (și valoarea sa).

- **Schema adaptării de viteză -**

Adaptarea de viteză, adică trecerea de la fluxul izocron cu un debit de câțiva kb/s la 64 kb/s se face în două trepte, numite RA1 și RA2 (figura 7.16).

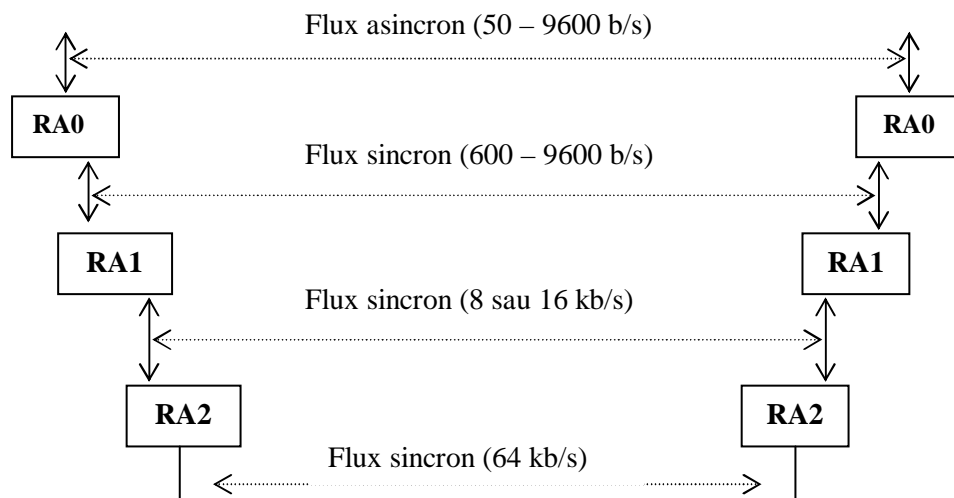


Fig. 7.16 Adaptarea de viteză în ISDN: în trei etape

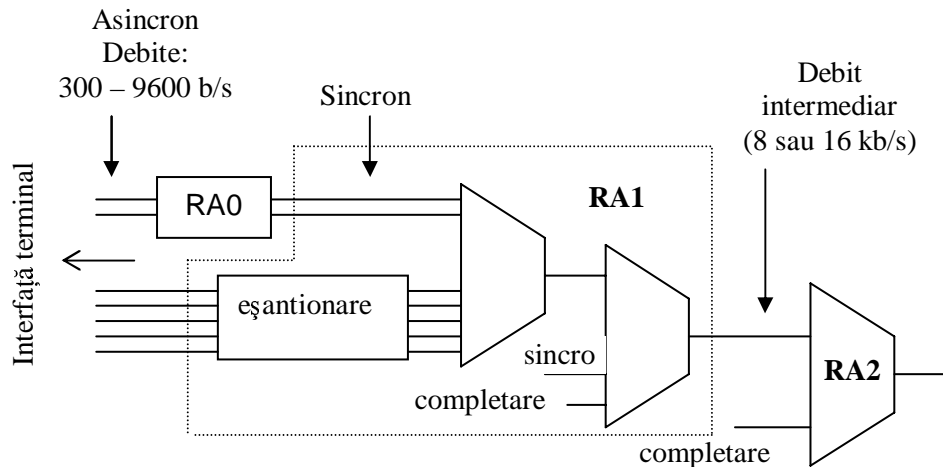


Fig.7.17 Adaptarea de viteză în ISDN: RA1

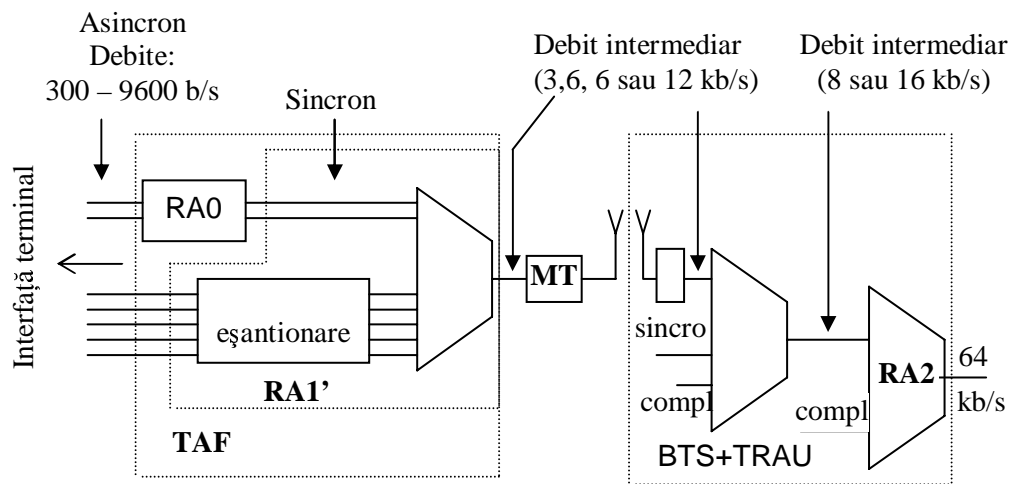
În prima treaptă de adaptare a vitezei (RA1), pentru debitele mai mici de 4800 b/s se repetă fiecare bit de atâtea ori cât este necesar să se ajungă la 4800 b/s (nu este complicat pentru că debitele standardizate, mai mici de 4800 b/s, sunt submultipli ai lui 4800 b/s). După această etapă debitul datelor este 4800 b/s sau 9600 b/s, iar un cadru, cu durata 5 ms pentru 9600 b/s sau 10 ms pentru 4800 b/s, va conține 48 biți de date utilizator; la aceștia se adaugă 15 biți auxiliari (dintre care 8 pentru semnalele de interfață) și încă 17 biți de sincronizare (mux/demux), rezultând un total de 80 biți într-un cadru, echivalent cu un debit de 16 kb/s (cadre de 5 ms) sau 8 kb/s (cadre de 10 ms).

- **Transmiterea datelor pe conexiunile T**

Transmisia datelor în interfața radio nu se poate face la 64 kb/s și nici la 16 kb/s, deci recomandarea V.110 nu poate fi aplicată fără modificări. Pentru a putea transmite datele, în fluxul de 13 kb/s din interfața radio, este necesar să se limiteze cât mai mult informația auxiliară și să se introducă redundanța necesară pentru a asigura calitatea transmisiunii.

Figura 7.18 prezintă modul în care este introdusă interfața radio în lanțul de adaptare de viteză. RA1' include controlul bazei de timp independent de rețea (ca în V.110); completarea până la debitul din interfața radio se face cu biții rezultați în urma codării pentru protecția la erori.

În partea de infrastructură funcția RA1'/RA1 realizează translatarea de la formatul din interfața radio la formatul ISDN, iar funcția RA2 completează adaptarea la ISDN, fluxul datelor ajungând la IWF în format ISDN complet.



Funcția de adaptare RA0 (pentru asincron numai) și o parte din RA1 (numită RA1') sunt realizate în TAF (în stația mobilă), iar cealaltă parte RA1 și RA2 sunt realizate în BTS/TRAU

Fig. 7.18 Adaptarea de viteză în GSM

- **Transmisiunea datelor pe conexiunile NT**

S-a avut în vedere faptul că trebuie să se transmită cadre de 240 biți (4×60 biți în 4×5 ms), lungimea cadrelor în protocolul RLP, la un debit de maximum 12 kb/s, ca în cazul conexiunilor T pentru 9600 b/s. Este nevoie să se reducă numărul biților auxiliari pentru a face loc biților de control ai protocolului.

Protocolul RLP între TAF și IWF trebuie să asigure aceleași funcțiuni ca și protocolul utilizat de terminal, dar adaptat la transmisia GSM. Conversia între cele două protocole se face prin funcții releu în TAF și în IWF, funcția de conversie depinzând de protocolul terminalului. Se disting două cazuri:

- protocol start/stop în terminal și protocolul releu, numit L2R-COP (Layer 2 Relay Character Oriented Protocol) în specificările GSM;
- LAPB (X.25 – 2) și un protocol asemănător pentru fax, în terminal și protocolul releu, numit L2R- BOP (Layer 2 Relay Bit Oriented Protocol) în GSM.

Considerând un protocol start/stop și cazul cel mai dificil – transmisiune asincronă la 9600 b/s, cu caractere de 8 biți și elementul de stop de un bit – rezultă: $9600/10=960$ caractere/s, sau 19,2 caractere/cadru RLP (se transmit 50 cadre RLP într-o secundă). Din cei 240 biți ai unui cadru 40 biți sunt folosiți pentru detecția erorii, numerotarea cadrelor, confirmări și controlul fluxului, alți 8 biți sunt folosiți pentru controlul modemului. Rămân 192 biți (24 octeți) de date ce se transmit în 20 ms și care

corespund la un debit de 9600 b/s, cu un surplus de 4,8 caractere față de necesar, permițând ca, în medie, un cadru din 5 să fie un cadru repetat. Evident că pentru debite de 4800 b/s sau mai puțin lucrurile stau mult mai bine.

7.2.5 Codarea pentru protecția împotriva erorilor

- **Codarea blocurilor de date pentru debitul de 9,6 kb/s**

În cazul codării pentru voce cei 260 biți ai unui segment vocal de 20 ms sunt împărțiți în trei clase, după care se aplică o procedură de codare care ține seama de importanța biților rezultați de la codetul vocal. Blocul codat are 456 biți care vor fi distribuiți, pentru a reduce efectul de grupare a erorilor datorită fadingului, pe opt pachete succesive.

Spre deosebire de blocurile vocale, având 260 biți/20 ms (debit 13 kb/s), cele de date conțin 60 biți/5 ms (debit intermediar 12 kb/s). Se grupează patru blocuri pentru a obține 240 biți/20ms și aceștia sunt codați cu același cod convoluțional, folosit și pentru voce: se adaugă patru biți zero pentru resetarea codorului, apoi urmează codarea, rezultând un număr dublu de biți – 488, cu 32 biți mai mult decât în cazul vocii. Printr-o metodă specială de reducere (“puncturing”) se elimină 32 biți (nu sunt transmiși), rămânând 456 biți pentru transmisia în interfața radio, ca și în cazul pachetelor pentru voce.

Pentru a reduce mult mai mult efectul fadingului (aparitia erorilor în pachete), cei 456 biți rezultați în urma codării se distribuie pe 22 pachete succesive (6 biți, 12 biți, 18 biți, de 16 ori câte 24 biți, 18 biți, 12 biți, 6 biți), fiecare pachet conținând biți de la 5 sau 6 blocuri de date consecutive (4 părți de câte 24 biți și fie încă o parte de 18 biți, fie încă o parte de 12 biți și una de 6 biți).

Modificarea schemei de întreținere pentru diferitele servicii de date conduce la creșterea complexității și costului stației mobile. Din acest motiv, la 2,4 kb/s (debit intermediar 3,6 kb/s, 72 biți/20 ms) se folosește aceeași schemă de întreținere ca și pentru canalele de trafic.

7.3 Servicii de date cu comutație de pachete (GPRS)

- GPRS - standard ETSI (European Telecommunications Standards Institute) pentru serviciul de transport, cu comutație de pachete, în sistemele GSM.
- TDMA/136 - tehnologia CDPD (Cellular Digital Packet Data).
- Avantajele GPRS:
 - în interfața radio debite de până la 160 kbit/s;
 - folosire eficientă și partajată a resurselor radio de către mai mulți utilizatori;
 - timpi de acces mult mai mici decât în serviciul cu comutație de circuite;
 - taxarea după volumul datelor transferate și nu după durata conexiunii.
- Serviciul cu comutație de pachete oferit de GPRS va coexista cu serviciul cu comutație de circuite oferit de GSM.
- GPRS folosește canalele temporale ale interfeței radio GSM, simultan și fără să interfere cu serviciul cu comutație de circuite oferit de GSM.

7.3.1 Arhitectura GPRS

7.3.1.1 Noduri suport pentru GPRS

- Clasă nouă de noduri de rețea, numite noduri suport pentru GPRS (GSN - GPRS support nodes), noduri care au rolul să ruteze pachetele între stațiile mobile și rețelele de date externe cu comutație de pachete (Fig. 7.19).
- Sunt două tipuri de noduri suport: noduri suport GPRS de serviciu (SGSN - Serving GPRS Support Node) și noduri suport GPRS pentru interfață (GGSN - Gateway GPRS Support Node).
- SGSN realizează următoarele funcțiuni:
 - rutarea pachetelor de date (pachete IP) de la și înspre stațiile mobile atașate, din aria de serviciu corespunzătoare nodului;
 - managementul mobilității (atașare/detașare și localizare);
 - managementul conexiunii logice spre stația mobilă;
 - cifrarea și autentificarea;
 - furnizarea informațiilor privind notele de plată;
 - memorarea informațiilor privind localizarea (celula curentă, VLR curent) și profilul abonaților GPRS (IMSI, adrese utilizate în rețeaua PS).

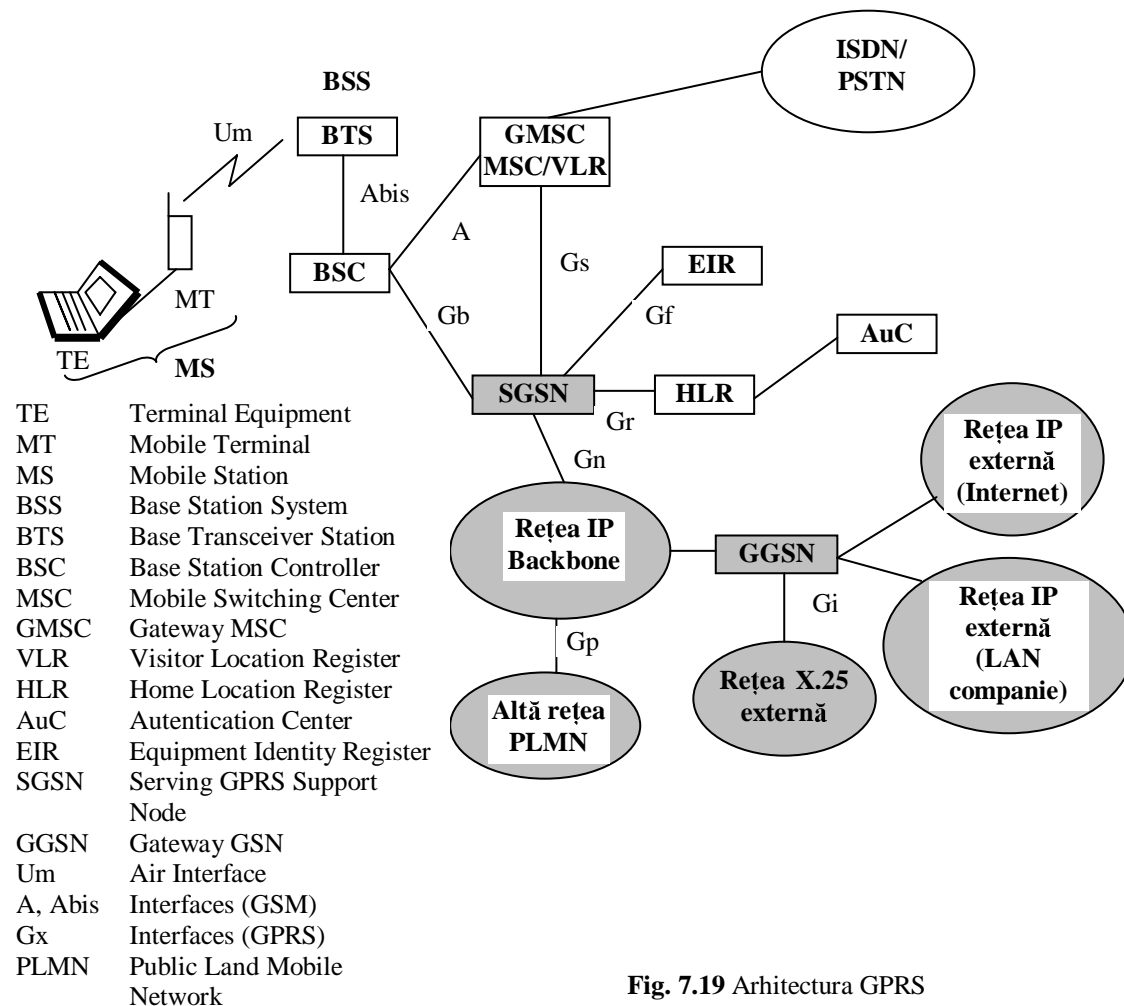


Fig. 7.19 Arhitectura GPRS

- GGSN - interfață între rețeaua magistrală (backbone network) GPRS și rețelele de date cu comutație de pachete externe, realizând următoarele funcțiuni:
 - transformă pachetele GPRS, sosite de la SGSN, în formatul protocolului de date în pachete (PDP - Packet Data Protocol) adecvat (IP sau X.25) și le transferă către rețeaua externă corespunzătoare;
 - convertește adresele PDP ale pachetelor sosite de la rețelele externe în adresele GSM ale utilizatorilor destinatari și transferă aceste pachete către SGSN corespunzătoare; în acest scop GGSN memorează adresa SGSN curent pentru utilizatori și profilurile lor în registrul de localizare;
 - furnizează informațiile necesare pentru notele de plată, ținând seama de utilizarea rețelelor externe;

- autentificare.

- La un GGSN pot fi conectate mai multe SGSN, iar un SGSN poate fi conectat la mai multe GGSN, pentru a avea acces la mai multe rețele externe.

7.3.1.2 Funcțiuni GPRS ale celorlalte componente

- Stația mobilă (MS) -

- Terminalul mobil - trebuie echipat cu software adecvat.
- În funcție de capabilitățile stației mobile și ale rețelei, stațiile mobile GPRS pot funcționa în trei moduri diferite:
 - (1) Clasa A - permite stației mobile să aibă o conexiune cu comutație de circuite (GSM convențional) simultan cu un transfer de pachete (funcționare GPRS);
 - (2) Clasa B - permite stației mobile să fie atașată simultan în conexiuni cu comutație de circuite (CS) și cu comutație de pachete (PS), dar nu poate utiliza ambele servicii în același timp; totuși, stația mobilă, implicată într-un transfer de pachete, poate întrerupe transferul pachetelor pentru a recepționa un mesaj într-o conexiune CS, după care reia transferul pachetelor;
 - (3) Clasa C - permite stației mobile să fie atașată în orice moment numai la unul din cele două tipuri de servicii (CS și PS), exceptând mesajele SMS, acestea putând fi recepționate și transmise în orice moment.

- Sistemul stației de bază (BSS) -

- BTS trebuie să conțină software specific GPRS.
- BSC trebuie să fie echipat cu hardware și software GPRS.

- Centrul de comutație pentru servicii mobile (MSC) -

- MSC trebuie suplimentat cu software GPRS.
 - MSC are în responsabilitate o arie care se numește aria de serviciu a MSC/VLR (**SA** - Service Area).
 - Aria de serviciu este alcătuită din mai multe arii de localizare (**LA** - Location Area). O arie de localizare este alcătuită dintr-un grup de celule BSS, în care o stație mobilă se poate deplasa fără a raporta rețelei localizarea sa. Aria de rutare (**RA** - Routing Area) a unui SGSN este constituită dintr-un subset de arii de localizare MSC. Un SGSN poate fi conectat la mai multe MSC și un MSC poate fi conectat la mai multe SGSN.

- Centrul de comutație pentru servicii mobile gateway - la frontieră - (GMSC) -

- Introducerea serviciului GPRS nu implică modificări în GMSC.
 - **Registrul de localizare acasă (HLR) -**
- HLR este o bază de date cu informații pentru comunicații CS și PS despre fiecare abonat al operatorului GSM/GPRS, cum ar fi: servicii suplimentare, parametrii de autentificare, numele punctului de acces (APN - Access Point Name, spre exemplu furnizorul de servicii IP), dacă stației mobile îi este alocată o adresă IP statică, informații despre localizarea stației mobile.
- Pentru GPRS tripleta de autentificare este transmisă direct, de la HLR la SGSN, fără a trece, așa cum se întâmplă pentru serviciile GSM cu comutație de circuite, prin MSC/VLR.
- Transferul informației de la HLR spre SGSN are loc atunci când operatorul schimbă datele despre abonat sau când un nou SGSN are nevoie de datele unui abonat care s-a atașat la el ori este în roaming. În acest ultim caz vechiul SGSN trebuie să fie informat despre roaming.
- De la SGSN la HLR se transferă informație de rutare ca urmare a acțiunii unei stații mobile de atașare sau de roaming. Pentru o stație mobilă în roaming HLR poate fi într-o rețea diferită de cea în care se află SGSN care o servește.
 - **Registrul de localizare a vizitatorilor (VLR)-**
- VLR (Visitor Location Register) conține date despre toate stațiile mobile aflate temporar în aria de localizare a unui MSC (pentru CS) sau în aria de rutare a unui SGSN (pentru PS). Aceste date sunt obținute și memorate în urma solicitării făcute de VLR către HLR, atunci când o stație mobilă apare în roaming în aria de localizare a unui MSC, respectiv în aria de rutare a unui SGSN.
- VLR pentru GPRS constă în software instalat în SGSN.
 - **Centrul de autentificare (AuC) -**
- Pentru abonații GPRS autentificarea decurge la fel ca și pentru abonații GSM. Cifrarea se realizează în alt mod, dar nu implică modificări ale AuC.

7.3.2 Procedurile de apel și actualizare

7.3.2.1 Procedurile de atașare și de activare a contextului PDP

- **Atașarea IMSI -**



Fig. 7.20 Atașarea IMSI

Prin procedura de atașare IMSI se stabilește o conexiune între MS și rețea și, ca urmare, MS poate face sau poate recepționa un apel GSM (Fig. 7.20).

- Atașarea GPRS -

Pentru a transmite sau pentru a recepționa date este necesar să se realizeze o procedură în două etape (Fig. 7.21), atașarea GPRS (1) și activarea contextului PDP (2) (Packet Data Protocol - Protocol pentru date în pachete).

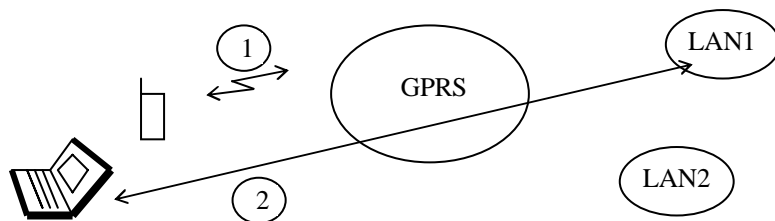


Fig. 7.21 Atașarea GPRS și activarea contextului PDP

Atașarea GPRS are ca rezultat stabilirea unei conexiuni logice între stația mobilă și SGSN, iar procedura corespunzătoare, la rândul ei, se desfășoară în mai multe etape (Fig. 7.22):

- 1) Stația mobilă transmite o cerere de atașare către SGSN;
- 2) Dacă stația mobilă nu este cunoscută de către SGSN, acesta va solicita IMSI și tripleta de autentificare vechiului SGSN;
- 3) Dacă vechiul SGSN nu cunoaște stația mobilă, acesta va transmite un mesaj eroare către noul SGSN, iar noul SGSN va solicita IMSI stației mobile;
- 4) SGSN autentifică stația mobilă;
- 5) Se actualizează HLR (dacă este o nouă arie de serviciu SGSN);

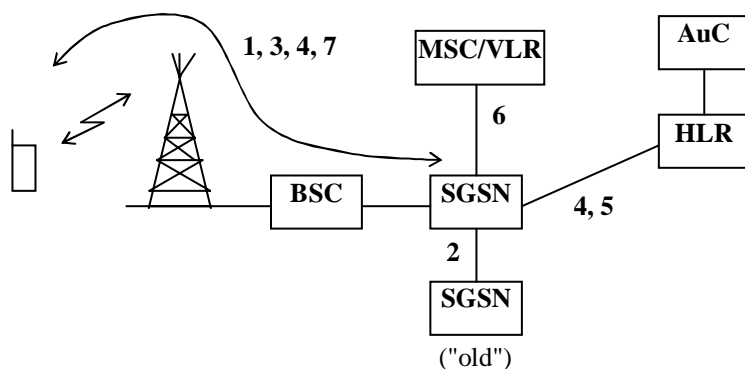


Fig. 7.22 Atașarea GPRS

- 6) Se actualizează MSC/VLR (numai dacă este o nouă arie de localizare);

7) SGSN comunică stației mobile noul TLLI (Temporary Location Link Id - Identitatea legăturii de localizare temporare).

- **Atașarea GPRS/IMSI combinată -**

Este posibil ca ambele atașări, GSM și GPRS, să fie realizate simultan.

- **Detașarea GPRS -**

Detașarea stației mobile de la rețea poate fi inițiată de de stația mobilă sau de rețea. Procedura implică, în ambele cazuri, comunicații între MS, BSS, SGSN și GGSN.

- **Activarea și dezactivarea contextului PDP -**

- După atașarea GPRS, pentru a realiza un schimb de pachete cu o rețea de date cu comutație de pachete externă, stația mobilă cere să i se atribuie una sau mai multe adrese de tipul celor utilizate în rețeaua externă (adrese PDP - Packet Data Protocol).
- Pentru fiecare sesiune se creează un așa numit context PDP, care descrie caracteristicile sesiunii. El descrie tipul PDP (spre exemplu IPv4), adresa PDP alocată stației mobile (adresă IP pentru exemplul considerat anterior), QoS cerut și adresa unui GGSN care servește ca punct de acces în rețeaua de date cu comutație de pachete.
- Activarea contextului PDP echivalează cu înregistrarea (logging in) stației mobile în rețeaua externă cu comutație de pachete și permite acesteia să transmită și să recepționeze pachete de date. Deosebirea față de o conexiune stabilită prin apel pe circuite comutate constă în faptul că, în GPRS, utilizatorul poate activa simultan câteva contexte PDP, dacă terminalul său suportă mai multe adrese IP.
- Activarea contextului PDP permite accesul stației mobile la o rețea externă. Procedura de activare a contextului PDP se desfășoară în mai multe etape (Fig. 7.23):

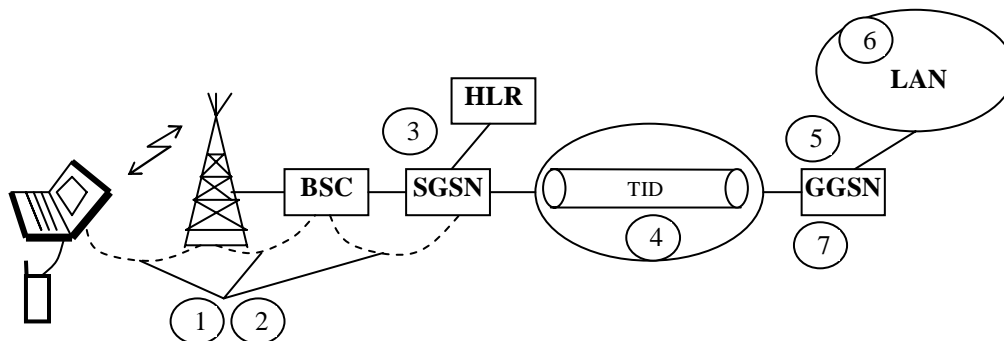


Fig. 7.23 Activarea contextului PDP

- 1) Stația mobilă transmite către SGSN cererea de activare a contextului PDP;
- 2) Între stația mobilă și SGSN pot fi executate funcțiuni de securitate;
- 3) SGSN validează cererea;
- 4) SGSN verifică abonamentul și calitatea serviciului (pentru nota de plată), transmite numele punctului de acces (APN - Access Point Name) la GGSN, creează o identitate a tunelului (TID - Tunel IDentity), creează o legătură logică către GGSN, numită tunel GTP (GPRS Tunneling Protocol);
- 5) GGSN contactează o rețea externă (LAN) și cere o adresă IP;
- 6) Serverul din rețeaua externă transmite adresa IP către GGSN;
- 7) GGSN transmite adresa IP către stația mobilă.

După parcurgerea acestor etape conexiunea între stația mobilă și rețeaua externă este stabilită.

- Dezactivarea contextului PDP poate fi inițiată de stația mobilă, SGSN sau GGSN. Procedura se desfășoară în patru etape: cerere de eliminare a contextului PDP, răspuns eliminare context PDP, cerere de dezactivare a contextului PDP, răspuns dezactivare a contextului PDP.
- Alocarea adreselor PDP poate fi statică sau dinamică. În cazul alocării statice operatorul rețelei mobile l-a care s-a înregistrat utilizatorul ("home PLMN") îi atribuie permanent o adresă PDP. În cazul alocării dinamice adresa îi este atribuită după activarea contextului PDP, fie de operatorul rețelei în care s-a înregistrat utilizatorul (dynamic home-PLMN PDP address), fie de operatorul rețelei în care utilizatorul se află în vizită (dynamic visited-PLMN PDP address), după cum a ales operatorul rețelei de acasă. În alocarea dinamică responsabilitatea alocării, activării și dezactivării adreselor PDP revine nodului GGSN.

7.3.2.2 Proceduri de actualizare

- Administrarea localizării are sarcina principală de a ține evidența localizării curente a utilizatorului, astfel încât pachetele pe care el trebuie să le recepționeze să fie rutate către stația sa. În acest scop stația mobilă emite frecvent către SGSN curent mesaje pentru actualizarea localizării. Dacă mesajele de actualizare ar fi transmise rar, celula în care se află stația mobilă nu ar fi cunoscută exact și pentru fiecare pachet transmis către stația mobilă ar fi necesară o acțiune de ghidare (paging), ceea ce ar conduce la întârzieri mari în livrarea pachetelor. Pe de altă parte, dacă mesajele de actualizare a localizării ar fi transmise foarte des, localizarea stației mobile ar fi foarte bine cunoscută de către rețea, livrarea pachetelor s-ar face fără întârzieri suplimentare provocate de paging, dar s-ar consuma foarte mult din capacitatea canalelor ascendente (uplink) și, de asemenea,

și sursa de alimentare a stației mobile ar fi solicitată mai mult. De aceea se impune alegerea unei strategii bune pentru administrarea localizării, care va reprezenta un compromis între cele două situații extreme. În acest scop a fost definit un model al stărilor stației mobile în GPRS (Fig. 7.24).

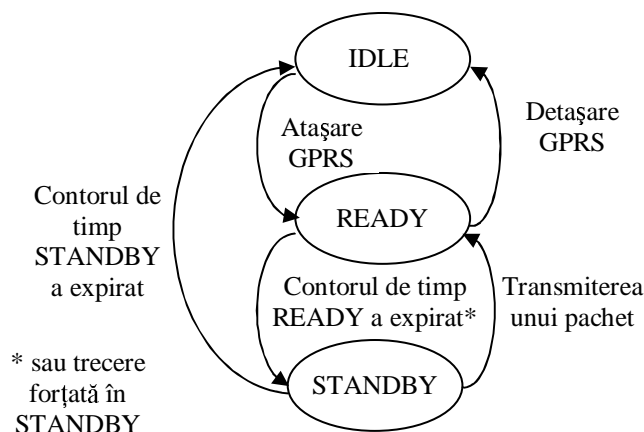


Fig. 7.24 Modelul stărilor unei stații mobile în GPRS

- O stație mobilă poate fi într-una din trei stări distincte, depinzând de mărimea traficului curent, iar frecvența actualizărilor localizării depinde de starea stației. În starea IDLE stația mobilă nu este accesibilă. Ca urmare a atașării GPRS stația trece în starea READY. Prin detașarea GPRS toate contextele PDP sunt eliminate și stația trece din nou în starea IDLE. Dacă, după ce a trecut în starea READY, nu transmite nici un pachet într-un interval de timp limită, stația mobilă va trece în starea STANDBY.
- În starea IDLE nu se realizează actualizarea localizării, rețeaua necunoscând localizarea curentă a stației. Stația aflată în starea READY informează SGSN despre fiecare deplasare spre o nouă celulă. În starea STANDBY a stației mobile SGSN va fi informat doar la schimbarea ariei de rutare. Localizarea celulei curente în care se găsește stația mobilă, aflată în starea STANDBY, se realizează prin paging.
- Trecerea stației mobile dintr-o celulă în alta poate implica schimbarea ariei de rutare (RA - routing area) și, eventual, chiar schimbarea ariei de localizare (LA - location area), așa încât, într-o astfel de situație, apare necesitatea rezolvării unuia din următoarele trei cazuri distincte:
 - actualizarea celulei;
 - actualizarea zonei de rutare;
 - actualizarea combinată a zonei de rutare și a zonei de localizare.

În toate aceste cazuri stația mobilă stochează identitatea celulei în contextul administrării mobilității.

- Actualizarea celulei -

- Actualizarea celulei se realizează atunci când stația mobilă, fiind în starea READY, trece într-o nouă celulă dar rămâne în aceeași zonă de rutare. Dacă la trecerea dintr-o celulă în alta se schimbă și aria de rutare va avea loc numai actualizarea RA.
- Pentru actualizarea celulei stația mobilă va transmite către SGSN un cadru LLC, de orice tip, conținând identitatea stației. SGSN va înregistra schimbarea celulei pentru stația mobilă respectivă și va dirija apoi traficul către această stație prin noua celulă.

- Actualizarea ariei de rutare -

- Actualizarea ariei de rutare este necesară atunci când stația mobilă a intrat într-o nouă arie de rutare, când contorul de timp pentru actualizarea periodică a ariei de rutare a expirat sau când o stație suspendată nu este înregistrată de stația de bază.
- Procedura este inițiată de stația mobilă printr-o cerere de actualizare a ariei de rutare transmisă către SGSN. Actualizarea poate fi de tipul "intra SGSN", când SGSN deține informația necesară despre stația mobilă sau "inter SGSN", când noul SGSN obține această informație de la vechiul SGSN.

- Procedura de actualizare combinată RA/LA -

- Actualizarea combinată RA/LA are loc într-o rețea funcționând în modul I, când stația mobilă intră într-o nouă arie de rutare sau când o stație atașată GPRS realizează atașarea IMSI.
- Procedura este inițiată printr-o cerere de actualizare a ariei de rutare, indicând faptul că este necesară și actualizarea ariei de localizare. SGSN dirijează actualizarea LA către VLR.

7.3.3 Interfața radio

7.3.3.1 Nivelul fizic

- În GPRS unei stații îi pot fi alocate mai multe intervale temporale în același cadru TDMA, ceea ce înseamnă o mare flexibilitate în satisfacerea nevoilor de trafic (bandă) ale utilizatorilor. Mai mult, alocarea intervalelor temporale este independentă pentru cele două sensuri, permițând astfel traficul de date asimetric.
- Spre deosebire de GSM, intervalele temporale în GPRS sunt alocate unui utilizator numai pe durata transmiterii sau recepționării pachetelor de date, ceea ce conduce la o utilizare mai eficientă a resurselor radio. În acest fel un canal fizic poate fi alocat mai multor utilizatori.

- Resursele radio (canalele fizice) ale unei celule care furnizează servicii GSM și GPRS sunt partajate de toate stațiile mobile GPRS și non-GPRS localizate în acea celulă.
- Alocarea canalelor fizice serviciilor cu comutație de circuite (GSM) și serviciilor cu comutație de pachete (GPRS) poate fi dinamică, după principiul capacității (benzii) la cerere, în funcție de mărimea sarcinii de trafic, de prioritatea serviciului și de clasa de alocare a intervalelor temporale.
- O procedură de supraveghere a sarcinii de trafic monitorizează încărcarea canalelor fizice de date în pachete (PDCH - Packet data channel) dintr-o celulă. În funcție de cererea curentă, numărul canalelor PDCH alocate pentru GPRS poate fi modificat. Canalele fizice care nu sunt la un moment dat utilizate de GSM pot fi alocate pentru GPRS, crescând astfel calitatea acestor servicii.

- Canale logice -

- În GSM fiecare dintre cele opt canale fizice, obținute prin diviziune în timp pe suportul unui canal radio, este folosit pentru a crea canale logice. Și pentru GPRS au fost definite mai multe canale logice, utilizate pentru transmiterea pachetelor de date și pentru realizarea unor funcțiuni, cum sunt: semnalizări, difuzarea informațiilor de sistem generale, sincronizare, alocarea canalelor, paging.

Grup	Canal	Funcție	Sens
Canal pentru traficul pachetelor de date	PDTCH	Trafic date	MS ↔ BSS
Canal de control difuzare de tip pachet	PBCCH	Control difuzare	MS ← BSS
Canale de control comune de tip pachet	PRACH	Acces aleatoriu	MS →
	PAGCH	Alocare acces	BSS ←
	PPCH	Paging	MS ←
	PNCH	Notificare	BSS ←
			MS ↔ BSS ↔ MS

- Canalul pentru traficul pachetelor de date (PDTCH - Packet data traffic channel) este alocat uneia sau mai multor stații mobile (în cazul serviciului punct la punct, respectiv în cazul serviciului punct - multipunct) pentru transferul datelor utilizatorului. O stație mobilă poate utiliza simultan câteva canale de trafic.
- Canalul de control difuzare de tip pachet (PBCCH - Packet broadcast control channel) este un canal de semnalizare punct-multipunct unidirecțional, de la stația de bază către stațiile mobile, utilizat

pentru difuzarea în celulă a informației specifice privind organizarea rețelei radio GPRS. Pe acest canal se pot difuza și informații despre serviciile cu comutație de circuite, astfel încât să nu fie necesar ca o stație GSM/GPRS să asculte canalul de control difuzare, specific GSM (BCCH).

- Canalul de control comun de tip pachet (PCCCH - Packet common control channel) este un canal de semnalizare bidirecțional punct-multipunct, care transportă informație pentru administrarea accesului în rețea (pentru alocarea resurselor radio și paging). El constă din patru subcanale:

(1) - canalul pentru acces aleatoriu de tip pachet (PRACH - Packet random access channel), utilizat de stația mobilă pentru a cere unul sau mai multe PDTCH;

(2) - canalul pentru alocare acces de tip pachet (PAGCH - Packet access grant channel), utilizat pentru a aloca stației mobile unul sau mai multe PDTCH;

(3) - canalul pentru paging de tip pachet (PPCH - Packet paging channel), utilizat de stația de bază pentru a afla unde se găsește o stație mobilă (paging) înainte de a transmite pachete către aceasta;

(4) - canalul pentru notificare de tip pachet (PNCH), utilizat pentru a informa o stație mobilă despre mesajele de intrare de tip PTM (point-to-multipoint, punct-multipunct), în cazul unui apel multidestinatari (de grup).

- Canalele de control dedicate sunt canale de semnalizare bidirecțională punct-la-punct. Acestea sunt:

(1) - canalul de control asociat de tip pachet (PACCH - Packet associated control channel), asociat (alocat) totdeauna în combinație cu unul sau mai multe PDTCH alocate unei stații mobile și utilizat pentru a transporta informație de semnalizare privind stația mobilă (spre exemplu informație pentru controlul puterii);

(2) - canalul pentru controlul avansului în timp de tip pachet (PTCCH - Packet timing advance control channel), utilizat pentru sincronizarea de cadru adaptivă.

- Este foarte importantă coordonarea între canalele logice cu comutație de circuite și cele cu comutație de pachete. Astfel, dacă într-o celulă nu sunt disponibile canale de control comune de tip pachet (PCCCH), o stație mobilă poate utiliza canale de control comune (CCCH), de tip GSM, pentru a iniția un transfer de pachete. În plus, dacă nu este disponibil canalul de control difuzare de tip pachet (PBCCH), stația mobilă va asculta canalul de control difuzare specific GSM (BCCH) pentru a obține informație despre rețeaua de comunicații mobile.

- În figura 7.25 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" (packet 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.

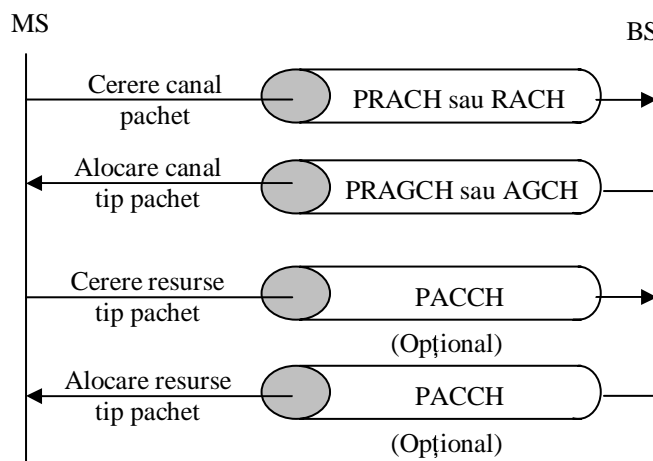


Fig. 7.25 Alocarea canalului ascendent (transfer de pachete inițiat de stația mobilă); una sau două etape.

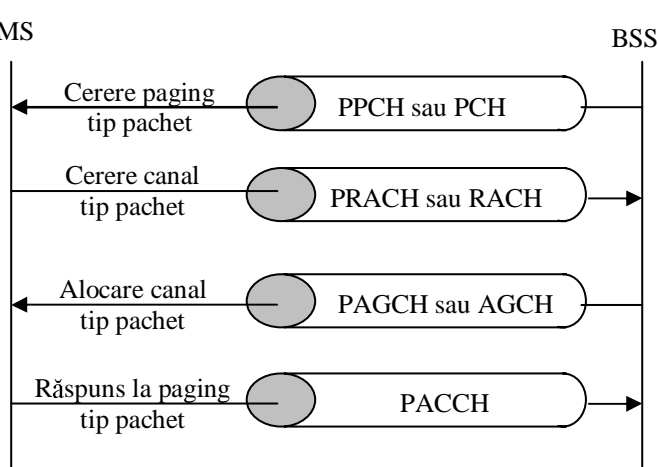


Fig. 7.26 Paging (transfer de pachete inițiat de stația de bază).

- Figura 7.26 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 date de tip pachet (PDCH - Packet data channel). Canalele logice pentru date 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 - Packet control unit), aflată în controlerul stației de bază (BSC). PCU este responsabilă de alocarea canalelor diferitelor stații mobile. Canalele PDCH pot fi alocate în două moduri:
 - (1) - canalele PDCH dedicate sunt alocate și eliberate la comanda operatorului;
 - (2) - 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 ca grupuri de maximum patru intervale temporale succesive. Un astfel de grup este numit PSET (packet 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 salturile de frecvență - frequency hopping). Unei stații mobile i se alocă canale PDCH dintr-un singur PSET, deci maximum patru intervale temporale (limită temporară).

- 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.
- Standardul GPRS prevede un canal PDCH care transportă PBCCH. În soluția Ericsson pentru GPRS acest canal este notat MPDCH (Master PDCH). Canalul MPDCH transportă atât PBCCH și PCCCH, cât și trafic GPRS. PCCCH transportă toate semnalizările de control necesare pentru a iniția transferul pachetelor. Primul PDCH dedicat, care este alocat conform preferinței operatorului privind BCCH fără salt de frecvență, va fi configurat ca MPDCH. Următoarele PDCH alocate vor transporta numai trafic GPRS și semnalizarea asociată. Dacă operatorul va micșora numărul canalelor PDCH dedicate, MPDCH va fi menținut atâta timp cât cel puțin un PDCH dedicat va exista în celulă.
- Operatorul poate decide dacă într-o celulă trebuie să fie un MPDCH sau nu. Într-o celulă fără MPDCH stațiile mobile trebuie să urmărească (să asculte) canalul BCCH pentru informația de difuzare și mesajele de paging. Mesajele paging vor conține informația necesară pentru a se face distincția între paging CS și paging PS. Stația mobilă transmite pachetele de acces pe RACH, specificând dacă cererea este pentru o conexiune CS sau PS. Informația despre resursele alocate este transmisă apoi spre MS pe AGCH.
- Într-o celulă cu MPDCH alocat stația mobilă trebuie să asculte doar BCCH pentru a obține informația despre canalul fizic pe care pot fi depistate canalele PBCCH și PCCCH. Stația mobilă va asculta apoi PPCH pentru mesajele paging. Stația mobilă transmite mesajele de cerere de acces pe PRACH, pentru servicii PS sau pe RACH, pentru servicii CS. Oricum însă, traficul GPRS și semnalizarea asociată sunt transmise totdeauna pe canalele GPRS specifice, indiferent dacă există un MPDCH alocat sau nu.
- 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 7.27. Patru cadre TDMA consecutive 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.
- În afara multicadrului 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.

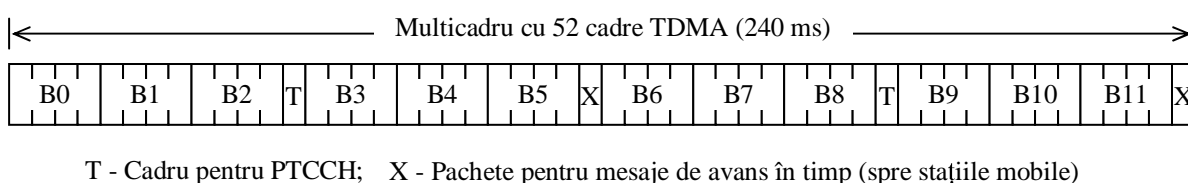


Fig. 7.27 Structură multicadru cu 52 cadre

- Un bloc radio, 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 mobile *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 dispoziția sa 48 intervale temporale, pentru a transmite 12 blocuri radio. Dacă numărul biților de informație dintr-un bloc 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 de mai jos.

Schem a de codare	Precod. USF	Biți info. fără USF	Biți de paritate BC	Biți zero adăugați	Ieșire codor conv.	Biți eliminați	Rata codului conv.	Debitul datelor Kb/s
CS-1	3	181	40	4	456	0	1/2	9,05
CS-2	6	268	16	4	588	132	$\approx 2/3$	13,4
CS-3	6	312	16	4	676	220	$\approx 3/4$	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 cod 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 4. Adăugarea celor patru biți zero facilitează terminarea codării convoluționale. După codarea convoluțională sunt eliminați (procedeu "puncturing") un număr de biți, rezultând un cuvânt de cod de 456 biți. În CS-4 nu se mai utilizează și codarea convoluțională.
- Pentru codarea canalului de trafic se alege una din cele patru scheme, în funcție de calitatea canalului. Pentru canale de calitate foarte slabă se va alege schema de codare CS-1, iar pentru cele mai bune canale se va alege CS-4. Pentru un interval temporal GSM, cu CS-1 se obține un debit al datelor de 9,05 Kb/s, iar cu CS-4 se obține un debit de 21,4 Kb/s. Alocând toate cele opt intervale temporale ale cadrului TDMA unui singur utilizator se obține debitul maxim de 171,2 Kb/s. Practic intervalele temporale sunt partajate de mai mulți utilizatori și debitul datelor asigurat fiecăruia va fi mai mic. Pentru canalele de semnalizare se folosește CS-1.
- După codare cuvintele de cod sunt aplicate unui bloc de intercalare, de adâncime 4. În partea de recepție se realizează întâi deintercalarea și apoi decodarea cu algoritmul Viterbi.

7.3.3.2 Arhitectura protocoalelor

- Planul de transmisiune -

- Arhitectura protocoalelor pentru planul de transmisiune GPRS este prezentată în figura 7.28.

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.

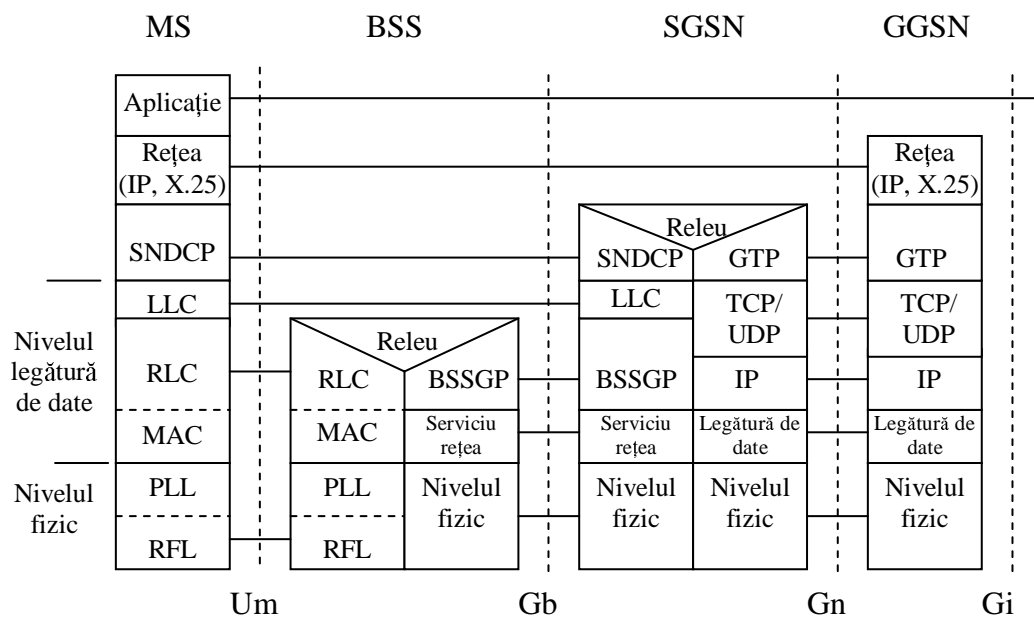


Fig. 7.28 Planul de transmisiune

- Pachetele GTP transportă pachetele IP sau X.25 ale utilizatorului. Sub GTP protocoalele standard TCP sau UDP sunt folosite pentru a transporta pachetele GTP pe rețeaua magistrală. 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 protocoalele 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.
- **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 utilizatorului și a informației pentru controlul protocolului redundante (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 subnivele: LLC (Logical link control), între MS și SGSN și RLC/MAC (Radio link control/Medium access control), între MS și BSS.
- **Protocolul LLC**, derivat din HDLC (High-level data link 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 împărțit în două subnivele: 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 erorilor, corectarea 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).

Interfața BSS - SGSN

- Protocolul de aplicație BSS GPRS (BSSGP - BSS GPRS application protocol) transportă informație de rutare și relativă la QoS între BSS și SGSN.
- Protocolul nivelului "serviciu rețea" (NS - Network service) se bazează pe protocolul releu de cadre (FR - Frame relay).

Structura blocurilor radio și transmiterea lor în multicadrelor 52

- Cadrele LLC primite de la SGSN într-un transfer spre stația mobilă (Figura 7.29) sunt fragmentate de către unitatea de control al pachetelor (PCU - hardware specific GPRS aflat în BSC) în blocuri RLC/MAC mai mici, care vor fi apoi codate în blocuri radio în nivelul fizic.

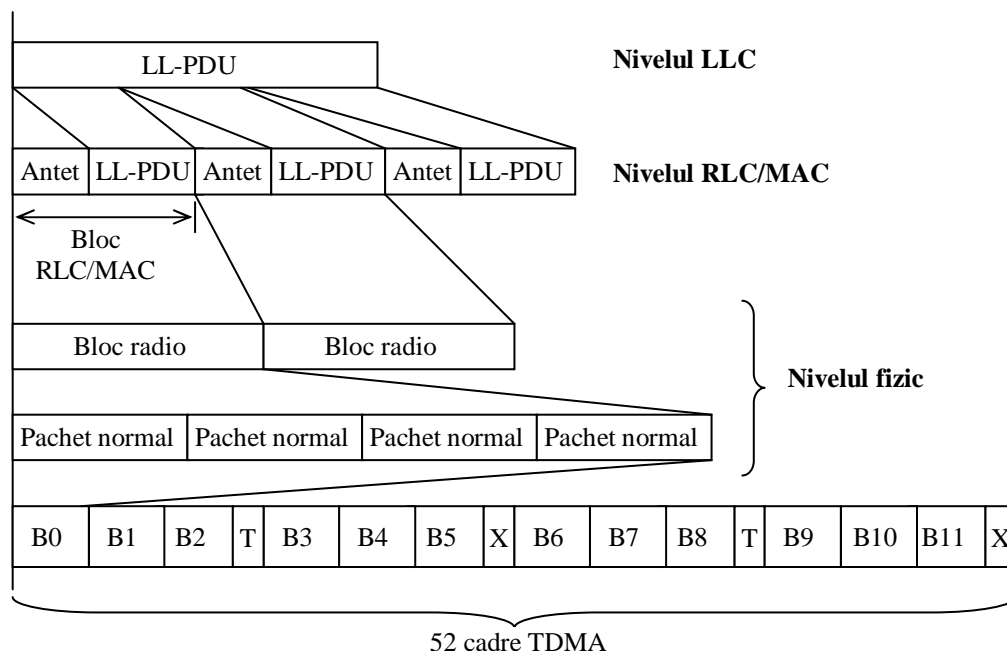


Fig. 7.29 Transformarea cadrelor LLC în blocuri radio

- Așa cum deja s-a menționat, un bloc radio, 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.
- Transmiterea pachetelor spre și de la stația mobilă este numită flux de blocuri temporar (TBF - Temporary block flow). Unei stații mobile i se poate aloca câte un TBF în fiecare sens, ascendent și descendent. Fiecare TBF este identificat printr-o adresă, identitate de flux temporar (TFI - Temporary flow identity), alocată de rețea. Stația mobilă este informată, când i se alocă un TBF, ce interval(e) temporal(e) trebuie să folosească și care este TFI corespunzătoare.
- Unul sau mai multe intervale temporare pot fi alocate, în același timp, mai multor stații mobile. Antetul fiecărui bloc de trafic pe canale descendente (downlink) conține TFI, indicând cărei stații mobile îi este adresat blocul radio. Totodată, antetul fiecărui bloc de trafic descendent conține fanionul de stare ascendentă (USF - Uplink state flag), utilizat pentru a indica stațiilor mobile, cu

TBF pentru sensul ascendent în acel intervalul temporal, care dintre ele poate emite în următorul grup de patru pachete.

- 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), realizând funcțiuni de atașare și detașare GPRS, funcțiuni de securitate, activarea contextului PDP și actualizarea ariei de rutare, acționează între stația mobilă și SGSN (Fig. 7.30).
- Arhitectura semnalizării între SGSN și registrele HLR, VLR și EIR utilizează aceleași protocoale ca și GSM, completate cu funcțiuni specifice GPRS (Fig. 7.31). Între SGSN și HLR, ca și între SGSN și EIR, se folosește protocolul MAP (Mobile application part), o extensie a sistemului de semnalizare SS 7, specifică rețelelor mobile. El transportă informația de semnalizare relativă la actualizarea localizării, informația de rutare, profilul utilizatorului și handover (transfer dintr-o celulă în alta).

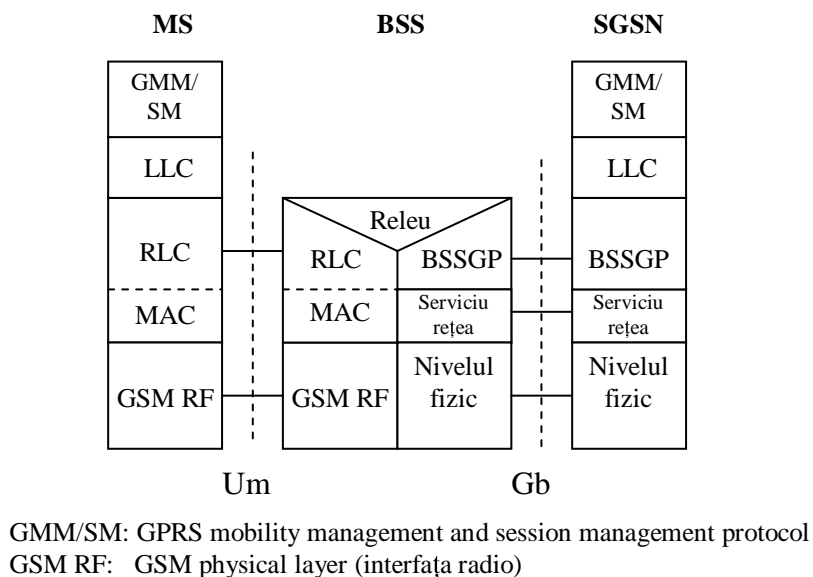


Fig. 7.30 Planul de semnalizare MS - SGSN

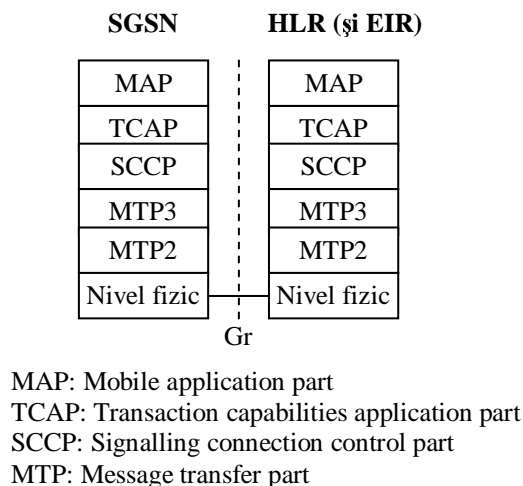


Fig. 7.31 Planul de semnalizare: SGSN-HLR, SGSN-EIR

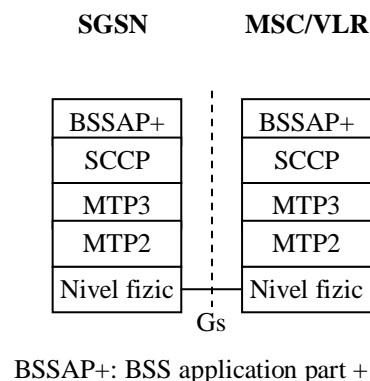


Fig. 7.32 Planul de semnalizare: SGSN-MSC/VLR

- Schimbul de mesaje MAP se face pe suportul oferit de protocolul TCAP (Transaction capabilities application part) și, un nivel mai jos, de protocolul SCCP (Signalling connection control part).
- Protocolul BSSAP+ include funcțiuni ale protocolului BSSAP 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 intrând).

7.3.3.3 Transferul pachetelor

- Moduri de funcționare a rețelei -

- Rețeaua poate transmite mesaje paging pentru servicii cu comutație de circuite pe același canal pe care se transmit și mesaje paging pentru serviciile cu comutație de pachete, un canal de paging GPRS sau un canal de trafic GPRS și stația mobilă trebuie să monitorizeze acest canal.
- Sunt definite trei moduri de funcționare a rețelei.
 - În **modul I de funcționare** rețeaua transmite mesaje paging CS, pentru o stație atașată GPRS, fie tot pe canalul de paging GPRS (canal de paging pachet CCCH), fie pe un canal de trafic GPRS. Aceasta înseamnă că stația mobilă trebuie să monitorizeze numai canalul de paging și că va recepționa mesaje de paging CS pe canalul de date de tip pachet, atunci când i-a fost alocat un canal de date pachet.

- În **modul II de funcționare** rețeaua transmite mesajele de paging CS, pentru o stație atașată GPRS, pe canalul de paging CCCH, canal utilizat și pentru paging GPRS. Aceasta înseamnă că stația mobilă trebuie să monitorizeze numai canalul CCCH de paging, mesajele de paging CS fiindu-i transmise pe acest canal chiar și atunci când i s-a alocat un canal de date pachet.

- În **modul III de funcționare** rețeaua transmite mesajele de paging CS, pentru o stație mobilă atașată GPRS, pe canalul de paging CCCH și mesajele de paging GPRS fie pe canalul de paging pachet (dacă este alocat un astfel de canal în celulă), fie pe canalul de paging CCCH. Aceasta înseamnă că o stație mobilă, care folosește ambele tipuri de servicii, CS și PS, trebuie să monitorizeze ambele canale de paging (dacă în celulă este alocat un canal de paging pachet). Rețeaua nu realizează o coordonare a soluțiilor de paging.

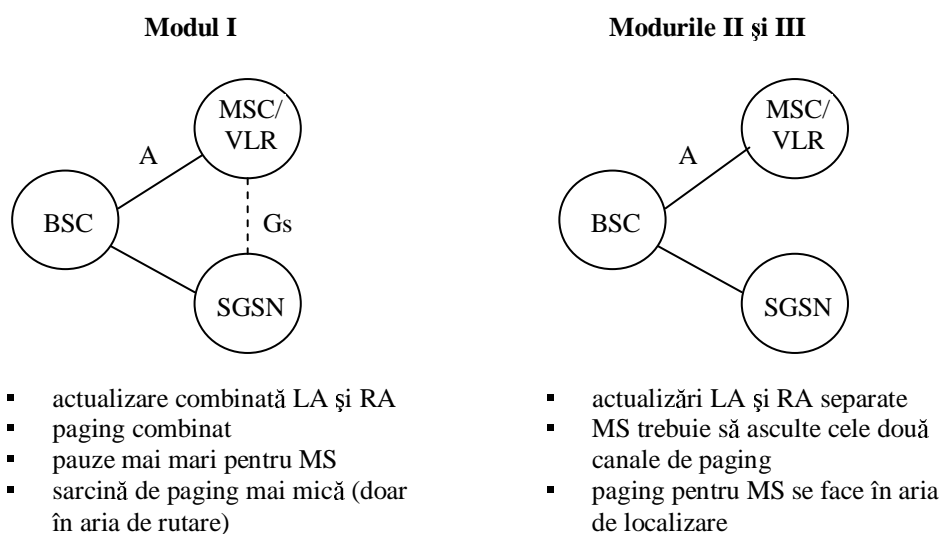


Fig. 7.33 Moduri de funcționare a rețelei, cu și fără interfață Gs (mod I, respectiv II și III)

- Atunci când interfața Gs există (Fig. 7.33), între MSC/VLR și SGSN, toate mesajele de paging generate de MSC, pentru o stație mobilă atașată GPRS, trec prin SGSN, permițând astfel rețelei să realizeze coordonarea pentru paging. SGSN coordonează procedurile de paging pe baza IMSI, dacă stația mobilă este în starea "ready" sau în "standby". Rețeaua funcționează în modul I.
- Dacă nu există interfața Gs mesajele de paging, generate de MSC pentru stațiile mobile atașate GPRS, trec prin interfața A, între MSC și BSC și coordonarea pentru paging nu este posibilă. Rețeaua trebuie să funcționeze fie în modul II, în care nu se alocă celulei un canal de control comun

de tip pachet, fie în modul III, în care poate fi folosit, pentru paging GPRS, canalul de control comun de tip pachet, dacă un astfel de canal este alocat celulei.

- Pentru o funcționare adecvată modul de funcționare a rețelei trebuie să fie același în fiecare celulă și trebuie transmis, ca informație de sistem, stațiilor mobile. În funcție de modul de funcționare furnizat de rețea, stația mobilă poate alege, corespunzător posibilităților ei, dacă se poate atașa serviciilor GPRS, serviciilor non-GPRS sau ambelor tipuri de servicii.

- Transferul pachetelor pe canalul descendent (downlink) -

Paging

- Pentru paging, în cazul unei stații mobile în clasă A sau B, atașată GPRS și CS și dacă există interfața Gs între MSC și SGSN, MSC va transmite datele de paging către SGSN prin interfața Gs și nu direct către BSC. Deoarece SGSN cunoaște localizarea stației mobile la nivel de celulă când stația este în starea "ready" sau, altfel, la nivelul ariei de localizare, aria de paging va fi de aceeași mărime sau mai mică decât atunci când informațiile de paging sunt transmise direct la BSC.
- SGSN transmite datele de paging către PCU (în BSC), împreună cu informații despre celulă sau despre aria de localizare. Dacă stația mobilă este implicată într-un transfer de pachete PCU va transmite mesajul de paging pe canalul de control asociat canalului de trafic în pachete, PACCH. Altfel, mesajul de paging va fi transmis pe PPCH (canal de control comun de tip pachet pentru paging) sau pe PCH (paging GSM) dacă PPCH nu este disponibil.
- Dacă rețeaua nu posedă interfața Gs, MSC nu poate transmite datele de paging către SGSN și le va transmite direct către BSC.
- Dacă stația mobilă este în starea "standby" GPRS, transferul pachetelor spre stația mobilă este inițiat prin paging în aria de rutare, de către SGSN, care va transmite spre PCU o cerere de paging BSSGP. PCU va determina grupul de paging căruia îi aparține stația mobilă și va transmite cererea de paging într-un interval temporal în care stația ascultă (nu transmite). Stația mobilă va transmite către SGSN un mesaj de răspuns la paging, mesaj care este transparent pentru BSS, fiind conținut într-un cadru LLC. Din acest moment stația mobilă este în starea "ready" și SGSN poate începe să transmită cadre LLC către PCU, menționând celula și identitatea stației.

Flux de blocuri temporar

- Transmisiunea pachetelor spre și de la stația mobilă se numește flux de blocuri temporar (TBF - Temporary block flow). Prin analogie, fazei de stabilire a unui apel pe circuit comutat îi

corespunde, în comutația de pachete, alocarea unui flux de blocuri temporar pe canalul descendent (DL - TBF) sau pe canalul ascendent (UL - TBF). O stație mobilă poate avea un TBF, într-un anumit sens sau câte un TBF în fiecare sens. Fiecare TBF este identificat printr-o identitate de flux temporar (TFI - Temporary flow identity), alocată de rețea. Când îi este alocat un TBF, stația mobilă este informată ce interval(e) temporar(e) are de folosit și care este TFI alocată.

- Unul sau mai multe intervale temporale pot fi alocate, în același timp, mai multor stații mobile. Fiecare bloc de trafic (în sensul descendent) conține TFI în antetul său pentru a specifica cărei stații îi este destinat respectivul bloc radio. De asemenea, antetul fiecărui bloc de trafic descendent conține fanionul de stare ascendent (USF - Uplink state link), pentru a specifica stațiilor mobile care au alocat un UL - TBF în acel interval de timp, care dintre ele poate transmite un bloc radio în următorul grup de patru pachete.

Stabilirea unui DL - TBF

- Primind cadre LLC de la SGSN, PCU verifică dacă stația mobilă căreia îi sunt destinate aceste cadre este deja implicată într-un transfer de cadre.

1. Dacă MS are deja un DL - TBF, noile cadre LLC vor fi puse în coada celorlalte cadre LLC care așteaptă a fi transmise acelei stații.

2. Dacă MS are deja un UL - TBF, PCU îi poate alocă resurse pentru sensul descendent, cel puțin parțial, în aceleași intervale de timp ca și cele în care are alocate resurse pentru sensul ascendent. Mesajul de alocare este transmis pe canalul de control asociat alocării ascendente (PACCH).

3. Dacă MS nu are stabilit nici un fel de TBF i se va transmite, într-un interval temporal în care stația este în ascultare, corespunzător grupului ei de paging, un mesaj de alocare în sens descendent.

- De notat că, după ce stația a fost implicată într-un transfer de pachete, ea rămâne în modul non-DRX (Discontinuous reception) un anumit interval de timp, interval în care ea este "trează" și nu este necesar să aștepte pentru grupul ei de paging, astfel încât mesajul de alocare îi poate fi transmis imediat.

- Transferul pachetelor în sensul ascendent -

Stabilirea unui UL - TBF

- Dacă stația mobilă n-are stabilit un TBF, va transmite către PCU un mesaj de "cerere canal pachet". Alocarea resurselor după această cerere, în soluția Ericsson, se poate face în două moduri, într-o singură etapă sau în două etape.

1. Stației mobile îi sunt alocate resurse în mai multe intervale temporale, pentru un interval de timp mai mare, prin metoda alocării dinamice. Pentru fiecare interval temporal se alocă stației o valoare a USF, iar TFI este utilizată în semnalizare pentru a identifica stația mobilă.

2. Se alocă un singur interval temporal pentru a transmite un singur bloc RLC. Acesta poate fi utilizat pentru a permite stației mobile să transmită un mesaj de cerere resurse de tip pachet și să specifice capacitățile și/sau solicitările sale (resurse la cerere) sau poate fi folosit pentru a transmite un cadru LLC foarte scurt, când stația are de transmis numai acest cadru.

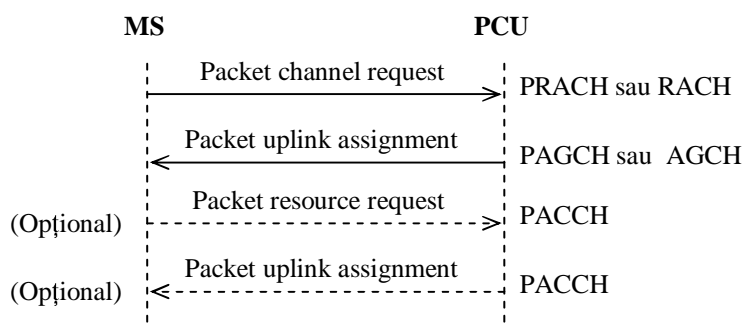


Fig. 7.34 Stabilirea conexiunii RLC ascendente

- Dacă stația mobilă transmite o cerere de resurse de tip pachet în intervalul de timp alocat, PCU va alocă resurse și-i va transmite un mesaj de alocare ascendentă de tip pachet (Fig. 7.34).

TBF deja stabilit

- Dacă MS are deja un DL TBF stabilit, ea va transmite un mesaj de cerere resurse de tip pachet pe canalul de control asociat cu DL TBF (PACCH). La alocarea resurselor pentru sensul ascendent PCU va ține seama de alocarea în sensul descendent și mesajul de alocare este transmis către MS pe PACCH.

Confirmări

- Blocurile radio pot fi transmise în modul RLC cu confirmare sau fără confirmare. În ambele moduri sunt transmise mesaje ACK/NAK, dar retransmiterea pachetelor în interfața radio se face numai în modul RLC cu confirmare.
- Motivele pentru care mesajele de confirmare se transmit și în modul fără confirmare sunt următoarele:

- să se verifice că nu s-a întrerupt comunicația;

- pentru a afla care este calitatea transmisiunii, astfel încât să se poată alege o schemă de codare care asigură cea mai bună performanță;

- pentru a prioritiza MS în funcție de calitatea legăturii.

Terminarea unui TBF

- Dacă în PCU nu mai sunt cadre LLC de transmis către o anumită stație mobilă, se va elibera DL TBF. Dacă, imediat după eliberare, PCU primește noi cadre LLC pentru aceeași stație, cadre care puteau fi în SGSN când s-a eliberat DL TBF, PCU va transmite o nouă alocare, corespunzătoare unui nou TBF, pentru aceeași stație. Deoarece stația mobilă este încă în starea "ready" nu va fi nevoie de paging.
- Când stația mobilă mai are de transmis doar câteva blocuri RLC, va semnala rețelei și se declanșează o procedură de contorizare. După ce toate blocurile au fost transmise și confirmate, TBF va fi eliberat. Dacă MS are mai mult cadre de transmis, după ce s-a declanșat procedura de contorizare, va trebui să se stabilească un nou TBF, pentru că nu i se permite să continue să transmită mai multe pachete decât avea la inițierea procedurii de contorizare.

Selecția și reselectia celulei

- Într-o rețea GSM selecția celulei (și implicit transferul) pentru o stație mobilă este efectuată de BSC, pe baza rapoartelor de măsurători efectuate de stația mobilă și transmise la fiecare două secunde, atât timp cât stația este conectată în rețea (stările activă și de repaus).
- În GPRS stația mobilă alege stația de bază cu care va comunica, pe baza măsurătorilor asupra celulelor învecinate. Algoritmi de selecție și reselectie sunt în stația mobilă și sunt dirijați de parametrii de selecție și reselectie a celulei difuzați de rețea pe PBCCH.

7.4 Interconectarea cu rețele IP

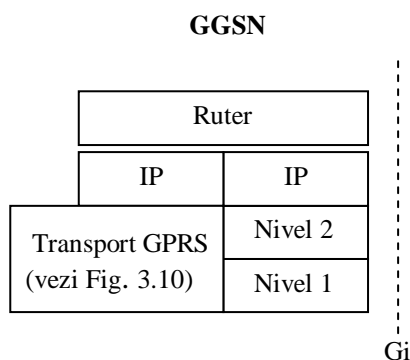


Fig. 3.17 Protocoale la interfața Gi

- Rețeauă GPRS suportă ambele versiuni IP, IPv4 și IPv6. Interconectarea rețelei GPRS cu rețele IP se face prin interfata Gi. Dinspre o rețea IP externă rețeaua GPRS este privită ca orice altă rețea IP, iar GGSN ca un ruter IP obișnuit. În figura 7.35 este prezentată stiva de protocoale din GGSN.

Un exemplu de conectare a unei rețele GPRS la Internet este prezentat în figura 7.36.

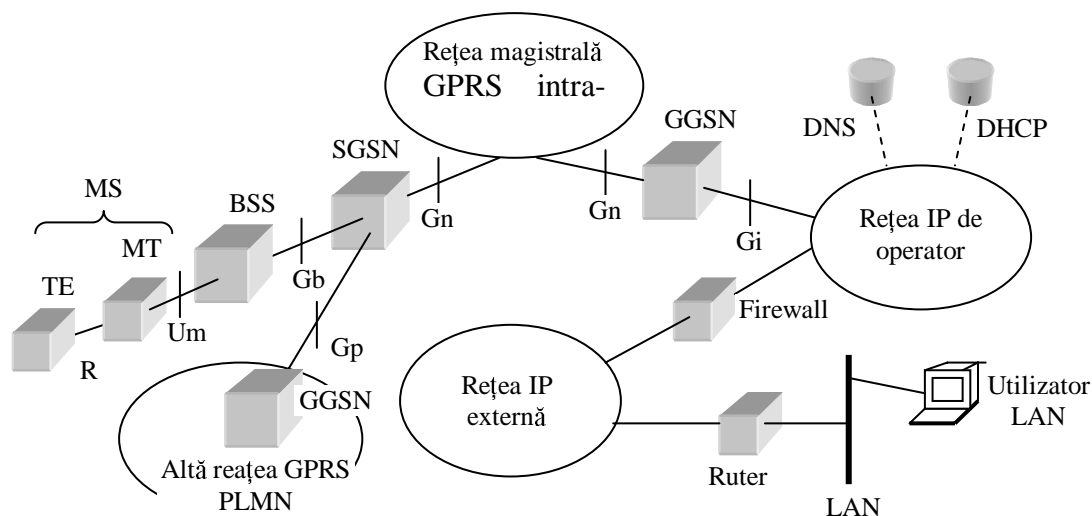


Fig. 7.36 Exemplu de interconectare GPRS - Internet

- Rețeaua magistrală internă GPRS interconectează nodurile GSN. Fiecare nod GSN conține un ruter, dar în această rețea pot fi incluse și rutere separate, între noduri GSN. Sunt posibile și configurații cu noduri SGSN și GGSN în aceeași unitate.
- Conectivitatea GPRS IP asigură comunicația între diferitele părți ale sistemului GPRS al operatorului, incluzând stațiile mobile, SGSN, GGSN, sisteme gazdă administrative și sisteme gazdă care furnizează servicii Internet, dar și comunicația cu Internet. Acestor două tipuri de comunicații le corespund două nivele diferite de comunicații IP:
 - comunicația IP în cadrul rețelei GPRS, pentru semnalizări, management etc;
 - comunicația IP a utilizatorilor.
- Deoarece sistemul GPRS utilizează protocolul IP pentru traficul utilizatorilor și pentru traficul de sistem (semnalizări, management), sunt necesare adrese IP atât pentru stațiile mobile, cât și pentru componentele sistemului.

- Adresele IP atribuite sistemelor gazdă și stațiilor mobile dintr-un sistem GPRS pot fi publice sau private. Adresele publice sunt atribuite de autoritatea oficială Internet și sunt unice global. Adresele private sunt utilizate în cadrul unei rețele de întreprindere, sunt unice numai în cadrul acelei rețele, ele pot fi utilizate și în cadrul altor rețele de întreprindere.
- Alocarea adreselor IP poate fi statică sau dinamică. Adresele IP dinamice sunt alocate de SGSN vizitat sau de GGSN de "acasă" în caz de roaming. Acest mod de alocare permite operatorului să utilizeze și să reutilizeze adresele IP dintr-un set de adrese și reduce sensibil numărul adreselor necesare pentru o rețea. Adresele statice sunt definite pentru abonat în HLR și operatorul poate oferi utilizatorilor posibilitatea de a folosi adrese furnizate de ei înșiși.

ABREVIERI

ACK	Acknowledgement	MPDC H	Master PDCH
APN	Access point name	MS	Mobile station
ARQ	Automatic repeat request	MSC	Mobile services switching center
ATM	Asynchronous transfer mode	MSIC	Mobile subscriber identification code
AuC	Authentication register	MT	Mobile terminal
BC	Block code	MTP	Message transfer part
BCCH	Broadcast control channel	NAK	Negative acknowledgement
BSC	Base station controller	NS	Network service
BSS	Base station subsystem	NSS	Network and switching subsystem
BSSAP +	BSS application part +	OMS	Operation and maintenance subsystem
BSSGP	BSS GPRS application protocol	PACC H	Packet associated control channel
BTS	Base transceiver station	PAD	Packet assembler and dissassembler
CBCH	Cell broadcast channel	PAGC H	Paging and access grant channel
CCCH	Common control channel	PAGC H	Packet access grant channel
CCCH	Common control channel	PBCC H	Packet broadcast control channel
CD	Carrier detect	PCH	Packet channel
CDPD	Cellular digital packet data	PCU	Packet control unit
CS	Circuit switching	PDCH	Packet data channel
CS-x	Coding scheme - x (x = 1, 2, 3, 4)	PDN	Public data network
CTS	Clear to send	PDP	Packet data protocol
DL	Downlink	PDTC H	Packet data traffic channel
DRX	Discontinuous reception	PLL	Physical link layer

DSR	Data set ready	PLMN	Public land mobile network
DTE	Data terminal equipment	PNCH	Packet notification channel
DTR	Data terminal ready	PPCH	Packet paging channel
EDGE	Enhanced data rate for GSM evolution	PPCH	Packet paging channel
EIR	Equipment identity register	PRACH	Packet random access channel
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	PS	Packet switching
FACCH	Fast associated control channel	PSPDN	Packet switched public data network
FCCH	Frequency correction control channel	PSTN	Public switched telephone network
FDMA	Frequency division multiple access	PTCCH	Packet timing control channel
FEC	Forward error correction	PTM	Point-to-multipoint
FR	Frame relay	QoS	Quality of service
GGSN	Gateway GSN	RA	Routing area
GMM/SM	GPRS mobility management and session management	RACH	Random access channel
GMSC	Gateway MSC	RAx	Rate adapter x (x = 0,1,2)
GPRS	General packet radio services	RFL	Physical radio frequency layer
GSM	Global system for mobile communications	RLC	Radio link control
GSMRF	GSM physical layer (radio interface)	RLP	Radio link protocol
GSN	GPRS support node	RTS	Request to send
GTP	GPRS tunneling protocol	SA	Service area
GTP	GPRS tunnelling protocol	SACCH	Slow associated control channel
HDLC	High-level data link control	SCCP	Signalling connection control part
HLR	Home location register	SCH	Synchronization channel
HSCSD	High speed circuit switched data	SGSN	Serving GSN
IMSI	International mobile subscriber identity	SMS	Short messages services
IP	Internet protocol	SNDCP	Subnetwork dependent convergence protocol
ISDN	Integrated services digital network	TAF	Terminal adaptation function
ITU-T	International Telecommunications Union - Telecommunications Standardization Sector	TBF	Temporary block flow
IWF	Interworking function	TCAP	Transaction capabilities application part
L2R-BOP	Layer 2 relay - bit oriented protocol	TCH/F	Traffic channel/full rate
L2R-COP	Layer 2 relay - character oriented protocol	TCH/H	Traffic channel/half rate
LA	Location area	TCP	Transmission control protocol
LAPB	Link access procedure balanced	TDMA	Time division multiple access

LLC	Logical link layer	TE	Terminal equipment
MAC	Medium access control	TFI	Temporary flow identity
MAP	Mobile application part	TID	Tunnel identity
MCC	Mobile country code	TLLI	Temporary location link identity
MNC	Mobile network code	TMN	Telecommunications management network