

SISTEMUL DE TELEFONIE CELULARĂ GSM

1. INTRODUCERE

Sistemul de telefonie celulară pan-european, cunoscut sub denumirea GSM (sistem global de telecomunicații mobile - *Global System for Mobile Communications*), a început să fie utilizat din anul 1991.

GSM a permis realizarea unei capacități de 5-10 ori mai mare față de capacitatea rețelor celulare analogice,

Acest spor s-a datorat mai multor mecanisme:

1. Înlocuirea transmiterii semnalului vocal prin modulație de frecvență, cu transmiterea prin modulație numerică. Transmiterea numerică este mult mai rezistentă la interferențe și permite reducerea distanței relative de reutilizare a frecvențelor, acceptând rețele de reutilizare cu $N=3$ sau $N=4$.
2. Introducerea controlului puterii la emisie, a saltului de frecvență (FH) și a emisiei discontinue (DTX) care permit controlul interferențelor în rețea.
3. Folosirea metodei de acces TDMA, implementată pe mai multe purtătoare radio, reduce timpul de transfer între celule, prin implicarea terminalului mobil. Astfel, devine posibilă utilizarea microcelulelor (celule cu rază sub 2km), care aduc o sporire suplimentară a capacității.

- Sistemul GSM are la bază standardele definite pentru servicii, interfețe între funcții/subsisteme și arhitectura protocolului de Coferința Europeană pentru Poștă și Telecomunicații CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*). Spre deosebire de alte rețele celulare, care oferă numai standardele pentru interfața radio și interferențele cu alte rețele, în cazul GSM, sunt definite toate interferențele. Specificațiile concrete ale sistemului sunt elaborate de Institutul European de standarde în Telecomunicații, ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).
- GSM este descris în 161 de recomandări care se întind pe mai bine de 6000 de pagini. Respectarea acestora garantează:
 - funcționarea oricărui tip de echipament mobil în orice rețea GSM;
 - interconectarea corectă a echipamentelor și programelor livrate de diferiți fabricanți.

Recomandările sunt organizate în 12 secțiuni:

- 01 Generalități;
- 02 Aspecte legate de servicii;
- 03 Aspecte legate de rețea;
- 04 Interfața și protocolul MS-BS;
- 05 Nivelul fizic pe canalul radio;
- 06 Codarea semnalului vocal;
- 07 Adaptoare terminale pentru MS;
- 08 Interfața BS-MSC;
- 09 Interconectarea rețelei;
- 10 Interconectarea serviciilor;
- 11 Caracteristicile tehnice ale echipamentelor și aprobarea tipurilor;
- 12 Operarea și întreținerea rețelei.

1.1 Evoluția GSM

Modul în care a fost conceput standardul GSM reprezintă un exemplu de implicare a unui număr mare de state europene în conceperea și realizarea unui sistem complex de telecomunicații. Din acest motiv prezintă interes evoluția sa (tabelul 1.1).

Dezvoltarea unor sisteme de radiotelefonie celulară a devenit posibilă în 1979 când la Conferința mondială a administrației radio (WARC) s-au alocat domenii de frecvență pentru serviciul de telefonie celulară mobilă. De la acea dată, în Europa s-au dat în exploatare mai multe rețele analogice (NMT-1981, Cellnet-1985 etc). În 1982, CEPT a constituit un comitet, ”*Grupul Special pentru comunicații Mobile*”, pe scurt GSM, cu scopul de a verifica dacă domeniul de frecvență alocat în 1979 este folosit numai în acest scop și pentru a coordona proiectele pentru o rețea celulară pan europeană, rețea care inițial a primit, în mod simbolic, numele comitetului: GSM.

Prima conferință organizată de firma Nordic, cu tema "Radiocomunicații mobile numerice", se ține în 1985. În același an este parafat un acord franco-german pentru sprijinirea GSM. Toate acestea întăresc ideea că țările europene agreeau o rețea celulară comună.

În 1986 comitetul GSM își stabilește un nucleu permanent la Paris unde, în același an, au loc primele experimente. Experimentele au fost încheiate în februarie 1987 când comitetul, acum numit SMG (*Special Mobile Group*), stabilește parametrii fundamentali și principiul care va sta la baza noii rețele. Este stipulat caracterul deschis (fără drept de proprietate) al interfețelor. S-a hotărât punerea în exploatare a noului sistem din anul 1991.

Tabelul 1.1 Istoricul apariției sistemului GSM

| Data | Obiectiv realizat |
|------|---|
| 1979 | Alocarea unor domenii de frecvență pentru serviciul de comunicații celulare |
| 1982 | Este creat grupul special pentru comunicații mobile (GSM) în cadrul CEPT |
| 1986 | Este format un nucleu permanent la Paris |
| 1987 | Pe baza experimentelor și a evaluării variantelor de prototip sunt alese principalele metode de transmisie |
| 1988 | Sunt acceptate oferte pentru sisteme de validare |
| 1989 | GSM devine un comitet tehnic în cadrul ETSI. Se fac oferte pentru sisteme operaționale |
| 1990 | Se încheie faza 1 în procesul de standardizare pentru GSM900 Se începe procesul de definire al recomandărilor pentru DCS1800 |
| 1991 | Primul sistem GSM în funcțiune (la expoziția TELECOM'91) |
| 1992 | Toți operatorii europeni de sisteme GSM900 trec la faza comercială de exploatare |

În septembrie 1987 operatorii de rețele celulare au semnat un memorandum de înțelegere (MoU) care a permis dezvoltarea în continuare a noului sistem, cunoscut de acum sub denumirea GSM. În martie 1988 sunt făcute primele invitații de ofertă pentru validare și, în unele cazuri, pentru echipamente operaționale.

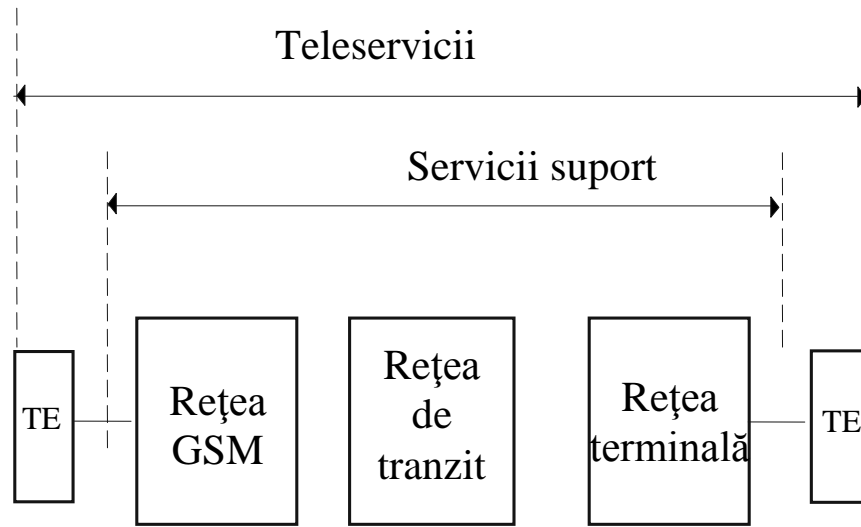
Deși înființat sub auspiciile CEPT, comitetul SMG este subordonat în momentul de față *Institutului European de Standarde în Telecomunicații (ETSI)*. Astfel, după examinare publică, recomandările SMG devin specificații tehnice europene, parte componentă a tendinței generale de standardizare și armonizare în telecomu-

nicații. Trecerea de la CEPT la ETSI a făcut posibilă și participarea fabricanților din alte zone ale lumii (în particular din S.U.A și Japonia), cu condiția ca aceștia să fie membrii ETSI.

În anul 1990, comitetul primește responsabilitatea de a adapta specificațiile GSM în domeniul de frecvență 1,8GHz, definind astfel rețeaua DCS1800 (*Digital Cellular System*) precum și de a dezvolta generația de comunicații post-GSM denumită UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Din anul 1992, pentru a evita confuzia de nume între sistem și comitetul care coordonează proiectul, acesta din urmă primește, în mod oficial, denumirea SMG (*Special Mobile Group*). Începând din 1991, GSM a fost pus în exploatare în marile metropole europene. Din 1993 rețeaua acoperă capitalele și aeroporturile, iar din 1995 deservește și coridoarele care leagă marile orașe precum și mari suprafețe din teritoriile țărilor respective.

1.2 Servicii

Serviciile de telecomunicații oferite de sistemul GSM se clasifică în două categorii principale: **servicii suport și teleservicii** (figura 1.1). Serviciile suport sunt responsabile de transmisia semnalelor între punctele de acces ale rețelei, numite, în standardul GSM, interfețe utilizator-rețea. *Teleserviciile* asigură comunicațiile între utilizatori, în conformitate cu protocoalele stabilite de operatorii de rețea. Funcțiile echipamentului terminal (TE) sunt incluse în teleservicii.



TE – Echipament terminal

Fig. 1.1 Servicii suport și teleservicii

Serviciile suport pot include mai multe centrale de tranzit. Rețeaua terminală este fie rețeaua GSM de origine fie orice altă rețea. Echipamentul terminal poate fi compus din una sau mai multe entități, cum ar fi: aparat telefonic, echipament pentru transmisia de date (DTE), echipament teletext etc. Pe lângă serviciile suport și teleservicii, GSM oferă o serie de servicii speciale. Acestea modifică și/sau suplimentează serviciile de bază de telecomunicații, motiv pentru care nu pot fi oferite ca servicii de sine stătătoare.

Standardul GSM s-a dezvoltat și se dezvoltă în etape, fiecare etapă reprezentând o *fază*. Ca rezultat imediat al acestui mod de abordare, s-a impus o compatibilitate completă între faze, astfel încât, de exemplu, un terminal realizat conform specificațiilor fazei 1 să poată opera într-o rețea implementată pentru faza 2 și reciproc. Această cerință, firească, conduce la dificultăți majore în dezvoltarea standardului, în special datorită faptului că specificațiile fazei 1, încheiate forțat în ianuarie 1990 sub presiunea timpului, nu conțin toate elementele necesare pentru

compatibilitate ulterioară. Astfel, faza 2, încheiată în martie 1992 și cele ulterioare fac apel la soluții sofisticate pentru a asigura compatibilitatea cu faza 1.

1.2.1 Faza 1

Faza 1 a standardului GSM, conține un set de servicii redus față de ceea ce s-a dorit inițial. Această limitare a fost impusă de necesitatea de a reduce obiectivele inițiale la unele realiste, care să permită încadrarea în termenele planificate pentru apariția pe piață a sistemului. Așadar, faza 1 a reprezentat o versiune intermediară, subînțelegându-se că obiectivul complet, avut în vedere inițial, se va regăsi în faza 2.

Dintre serviciile oferite în faza 1 se menționează:

1. Servicii suport:

- Transmisiuni de date asincrone și sincrone cu viteze cuprinse între 300-9600 bit/s (inclusiv 1200, 75 bit/s asincron),
- PAD (*Packet Assembler/Disassembler*) asincrone 300-9600 bit/s,
- Fonie și date (alternativ) cu opțiunea fonie urmată de date.

2. Teleservicii:

- Telefonie,
- Apeluri de urgență (fonie),
- Serviciu de mesaje scurte sursă-destinatar (SMSPP),
- Serviciu de difuzare de mesaje scurte, sursă-destinatari multipli (SMSCB),
- Grupul 3 Telefax.

3. Servicii suplimentare:

- Transferul apelului: necondiționat, când abonatul mobil este ocupat, nu răspunde sau nu este găsit în rețea,
- Interdicția apelurilor de la abonat spre rețea sau a apelurilor internaționale (eventual cu excepția țării de origine),

- Blocarea, la cerere, a tuturor apelurilor spre abonatul mobil sau atunci când abonatul mobil nu este în teritoriul acoperit de rețeaua de apartenență.

1.2.2 Faza 2

Faza 2 a cuprins un set mult mai larg de servicii și de funcții, actualizate față de proiectul inițial, în conformitate cu experiența rezultată din exploatarea fazei 1, cu noile cerințe ale pieței și cu progresele tehnologice. Câteva dintre modificările care apar în faza 2 datorită îmbunătățirilor și dezvoltărilor sunt:

- armonizarea specificațiilor pentru GSM și DCS1800,
- introducerea canalelor vocale de viteză redusă care vor dubla capacitatea de trafic,
- îmbunătățirea serviciilor de mesaje scurte,
- introducerea modulului de identitate al abonatului (SIM).

Servicii noi în faza 2

- *Prezentarea sau interzicerea prezentării identității abonatului mobil sau a liniei care face apel* (pe afișajul abonatului apelat apare sau nu numărul abonatului care cheamă).
- *Trecerea în așteptare* (abonatul angajat într-o comunicație este informat de sosirea unui nou apel permițându-i-se să răspundă la acesta fără a desface conexiunea originală).
- *Păstrarea unui apel* (o comunicație în desfășurare este păstrată pe durata în care se răspunde la un apel nou sau se inițiază o nouă comunicație; abonatul poate comuta între două conexiuni).
- *Comunicație simultană cu mai mulți abonați* (maxim 6); acest serviciu este o combinație între serviciile ”Coferință” din ISDN și ”Al treilea interlocutor” specific telefoniei).

- *Grup închis de utilizatori*: Un grup de abonați care beneficiază de servicii limitate de a ieși și/sau intra cu apeluri;
- *Indicația taxării*: Se oferă informații on-line asupra costului convorbirii în desfășurare;
- *Serviciul de mesaje scurte cu date nestructurate*: permite operatorului, în competiția pentru piață să-și definească și să ofere servicii noi, nestandardizate;
- *Restricții impuse de operator* (pentru diverși abonați).

1.2.3 Faza 2+

Faza 2 s-a încheiat în 1994. Ea a reprezentat un pas important spre definirea ***Sistemului Universal de Telecomunicații Mobile (UMTS)***. Din dorința de a anticipa dezvoltarea ulterioară s-a hotărât ca procesul de standardizare să continue, conducând la faza 2+.

Câteva din direcțiile investigate în faza 2+ sunt:

- Interfețe radio multimodale; în 1999 erau deja realizate interfețe comune cu sistemele DECT și INMARSAT.
- Servicii de poziționare a abonatului mobil pentru asistență rapidă în cazul apelurilor de alarmă.
- *Packet Radio*, pentru a introduce aplicații noi cum ar fi: rețele informatice pentru transportul rutier, sisteme de dispecerizare a parcului circulant de vehicule etc.
- Alocarea unei capacități de comunicație de date sporită, la cerere.
- Introducerea de caracteristici specifice rețelelor inteligente.
- Integrarea în sistemul universal de comunicații personale.

1.2.4 Direcții de dezvoltare

Înainte de anul 2000, sistemul GSM a oferit o gamă largă de noi servicii, deja specificate în faza 2+, cum ar fi:

- *ASCI (Advanced Speech Call Items)* care aduce o serie de servicii noi de fonie: serviciul de difuziune celulară vocală, serviciul de apel pentru un grup și un serviciu de prioritate în stabilirea apelurilor;

- *GPRS (General Packet Radio Services)* va introduce un tip nou de servicii de date, exploatând o structură pe pachete a mesajelor care este mai puțin restrictivă asupra întârzierilor absolute și relative între pachete. GPRS poate aloca dinamic până la 8 canale temporale pentru un utilizator mobil.

- *CAMEL (Customised Application for Mobile Networks Enhanced Logic)* asigură infrastructura necesară operatorilor pentru a oferi servicii noi, chiar dacă abonatul părăsește rețeaua de înregistrare.

- *Compresia de date* conform standardului V42bis cu o capacitate de compresie de 2 până la 3 ori pentru text obișnuit.

- *Comunicație de date prin circuite de mare viteză (HSCSD)* prin asignarea de 8 canale temporale pentru un utilizator.

HSCSD, GPRS și ASCI pot fi privite ca posibile servicii pentru sistemul universal de comunicații mobile (UMTS).

1.3 Caracteristici tehnice generale

Conceptul care stă la baza standardului GSM, ca și în cazul altor rețele celulare, este de a suprapune o rețea peste infrastructura de linii de comunicație ale rețelei telefonice terestre. Rețeaua telefonică terestră asigură, pe lângă conexiunea între abonați fiși și abonați mobili, conectivitatea între abonații mobili, aflați în celule situate la mare distanță, sau în rețele dezvoltate de operatori diferiți.

Tabelul 1.2 Domenii de frecvență alocate GSM

| Alocat, varianta standard | Solicitat pentru suplimentare | Sens comunicație |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 890 - 915 MHz | 872 - 888 MHz | Stație mobilă→stație de bază |
| 935 - 960 MHz | 917 - 933 MHz | Stație de bază→Stație mobilă |

Domeniul de frecvențe utilizat de standardul GSM este prezentat în tabelul 1.2. Fiecare sens de comunicație, în varianta standard, are alocat un domeniu de frecvență de 25 MHz. Ecartul între frecvența de emisie și cea de recepție pentru un canal radio duplex este de 45 MHz. Folosind o bandă de comunicație, pe fiecare sens, de 200kHz și asigurând benzi de gardă de 100 kHz, la capetele domeniului, se obțin 124 de canale radio. Canalele radio au la bază o structură cu diviziune în timp implementată pe mai multe purtătoare (TDMA/FDMA). Un canal radio fizic constă dintr-o pereche de canale temporale (TS) realizate pe o frecvență purtătoare (f_p).

1.3.1 Topologia rețelei celulare

În standardul GSM, raza celulei poate lua valori în domeniul 2-35 Km, dacă se folosește un singur canal temporal (TS) pentru un utilizator.

Raza maximă este dictată de intervalul de gardă de la sfârșitul impulsurilor de acces. Ea se poate dubla (70 km) dacă se utilizează 2 canale temporale pentru un utilizator. Microcelulele sunt celulele cu raza mai mică de 2 km.

Rețeaua generatoare poate avea dimensiunea minimă $N=3$ conjugată cu antene sectorizate după 3 direcții așa cum se observă în figura 1.2. Este cunoscută și o soluție cu un factor de reutilizare $N=2$. În acest caz unei structuri celulare cu $N=4$ îi sunt atribuite frecvențele în felul următor: fiecare celulă este împărțită în 6 sectoare și fiecărui sector îi este alocat un set de frecvențe din 12 seturi distincte notate de la 1 la 12 (figura 1.3). Pentru fiecare rețea generatoare de 4 celule apar două sectoare de același tip prin urmare, factorul de reutilizare al frecvenței este $4:2=2$. Examinând cu atenție structura celulară se constată că cele patru celule din rețeaua generatoare nu folosesc seturi de frecvențe disjuncte.

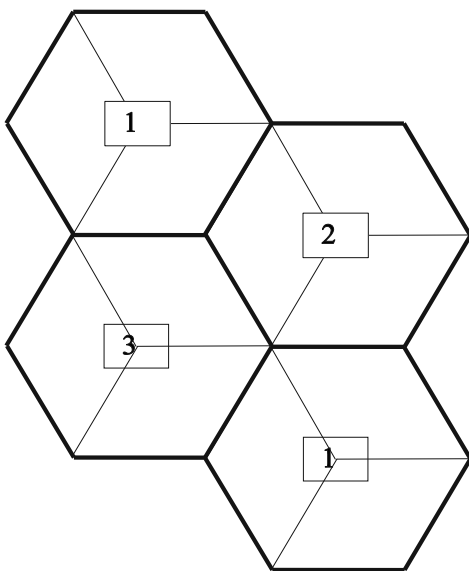


Fig. 1.2 Rețea celulară cu $N=3$

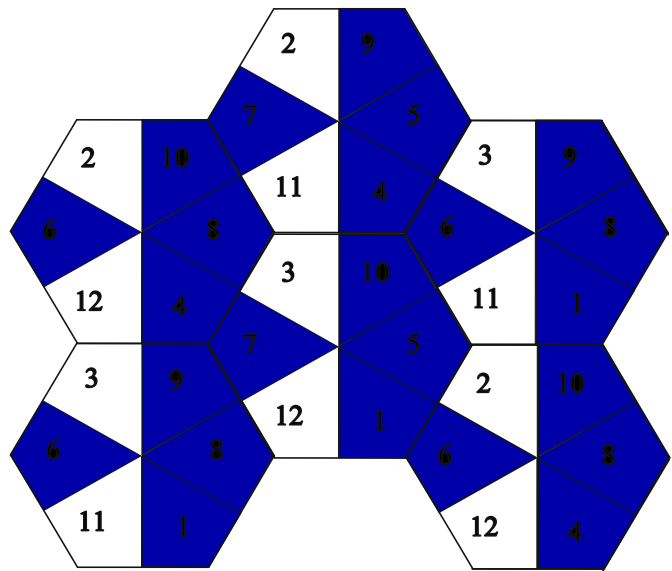


Fig. 1.3 Rețea celulară cu $N=2$.

1.3.2 Infrastructura rețelei

Entități tipice

Rețeaua GSM are multe elemente tipice rețelelor celulare. Fiecare celulă este acoperită cu semnal radio de o stație de bază, BTS (*Base Transceiver Station*), formată dintr-un set de echipamente de emisie/recepție, câte unul pentru fiecare canal radio duplex (figura 1.4). Mai multe stații de bază sunt comandate de o unitate de control, BSC (*Base Station Controller*). Unitatea de control împreună cu stațiile de bază pe care le coordonează formează un sub-sistem de stații de bază, BSS (*Base Station sub-System*). Mai multe sub-sisteme sunt interconectate prin intermediul unei centrale pentru abonați mobili, MSC (*Mobile Services Switching Centre*), folosind trunchiuri de linie, cu fir sau herțiene. Sub-sistemul de stații de bază administrează resursele radio și realizează comutarea între canalele radio și canalele temporale pentru conexiunile stație mobilă (MS)-centrala de comutare al serviciilor (MSC). Centrala de comutare, MSC, este similară cu o centrală ISDN și reprezintă punctul de conectare al rețelei celulare cu rețeaua telefonică publică comutată (PSTN) sau cu rețeaua ISDN. Centrala de comutare răspunde de prelucrările cerute de un apel, controlează funcțiile de semnalizare implicite și coordonează procesele de transfer ale abonatului mobil.

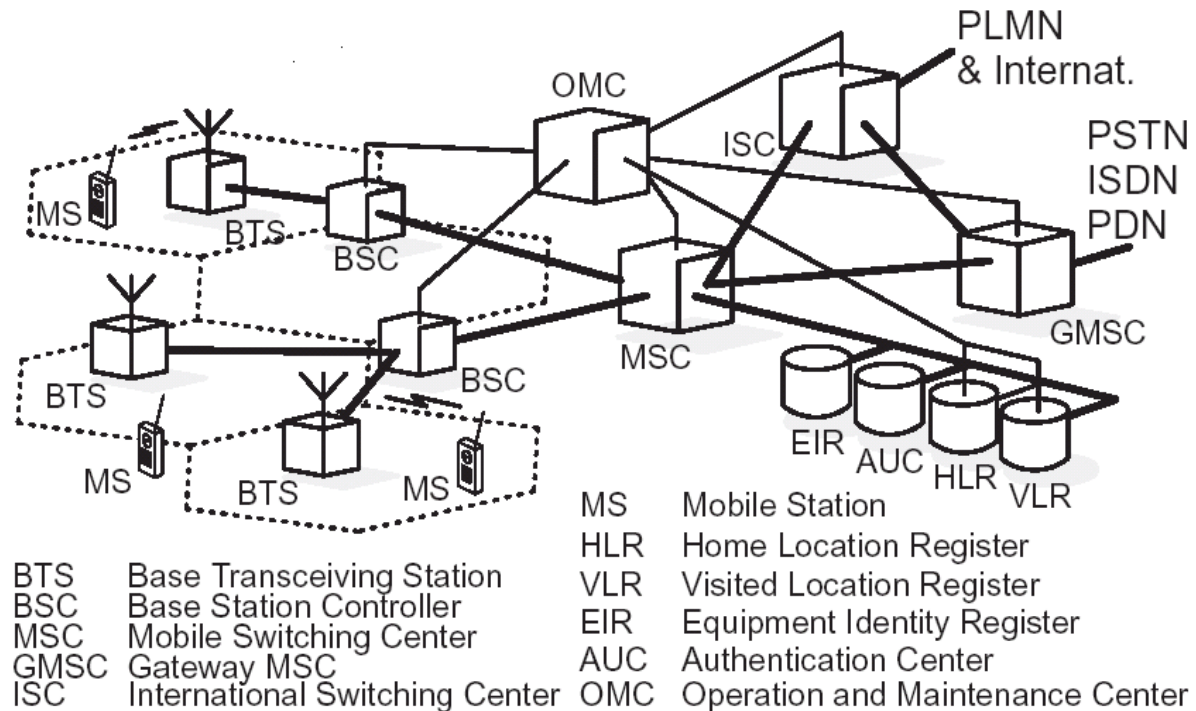


Fig. 1.4 Structura unei rețele GSM

Entități specifice

GSM conține o serie de baze de date cu ajutorul cărora sunt realizate funcțiile legate de tratarea mobilității și a apelurilor. Se disting patru tipuri de baze de date:

- baza de date primară a abonaților mobili, HLR (*Home Location Register*), care conține toate datele cu privire la abonații care aparțin de centrală;
- baza de date temporară a abonaților mobili în trecere (vizitatori), VLR (*Visitors Location Register*), care conține o serie de date cu privire la abonații aflați temporar în zona centralei;
- centrul de autorizare AUC (*Authentification Centre*);
- baza de date pentru identificarea echipamentelor mobile EIR (*Equipment Identity Register*).

Cu toate că VLR este definită ca o entitate de sine stătătoare, cei mai mulți fabricanți o înglobează în centrală. Bazele de date, în terminologia proprie rețelelor

inteligente, reprezintă puncte de control a serviciilor (SCP). Centrala de comutare este echipată cu un modul de comutare a serviciilor (SSP), cu ajutorul căruia interoghează bazele de date pentru a obține informații cum ar fi: aria în cadrul rețelei, în care este localizat un abonat mobil, profilul său de servicii, indicații de rutare și prelucrare a apelurilor etc.

Standardul GSM definește funcții logice și interfețe distincte pentru fiecare bază de date, pentru ca fiecare să poată fi realizată ca o entitate fizică independentă. Interfețele sunt specificate prin intermediul părții de aplicații mobile (MAP), care folosește partea de aplicații legate de transfer (TCAP) a sistemului de semnalizare nr.7 (SS7). La rândul lor, aceste elemente sunt proprii rețelelor inteligente. Astfel, standardul GSM poate fi considerat o aplicație de rețea inteligentă, fiecare implementare aducând o nouă experiență în acest domeniu.

1.3.3 Concepte specifice rețelelor inteligente

Prin semnalizare, în cazul rețelelor telefonice clasice, se înțelege transferul de mesaje între centrale pentru alocarea unei linii de comunicație. Sunt cunoscute două metode de semnalizare: în banda de comunicație sau prin rețea semafor. În primul caz, stabilirea unei conexiuni necesită ocuparea unui circuit de comunicație, până la centrala destinatarului, pentru transferul informațiilor de semnalizare (numărul abonatului). Dacă linia abonatului apelat este ocupată, nu se poate realiza conexiunea și circuitul de comunicație a fost ocupat inutil. În cazul apelurilor internaționale, ineficiența este datorată nu numai costului liniei dar și duratei de stabilire a unei conexiuni, care poate ajunge până la o jumătate de minut. Realizarea transferului într-o astfel de situație, operație care implică stabilirea unei noi conexiuni terestre și desfacerea celei vechi, ar întrerupe convorbirea pe o durată inacceptabilă. Prin utilizarea unei rețele de semnalizare diferită de rețeaua telefonică se elimină inconvenientele enumerate anterior. Acesta este cazul semnalizării

prin canal semafor, standardizată de CCITT în recomandările Q700, cunoscute și sub denumirea CCITT 7 sau SS7.

Rețelele de telecomunicații moderne beneficiază de funcțiuni noi prin utilizarea sistemului de semnalizare 7, ca mecanism de transport pentru controlul apelurilor și tranzacțiilor cu bazele de date. Comutarea de pachete specifică protocolului satisface cerințele de timp real ale aplicațiilor legate de mobilitate. Primitivele și funcțiile definite pentru partea de aplicații mobile ca și arhitectura, care permite manipularea informațiilor dintr-o multitudine de baze de date, facilitează implementarea de noi funcții. După cum s-a mai spus, GSM reprezintă un prim pas către rețelele inteligente deoarece el integrează sistemul de semnalizare 7.

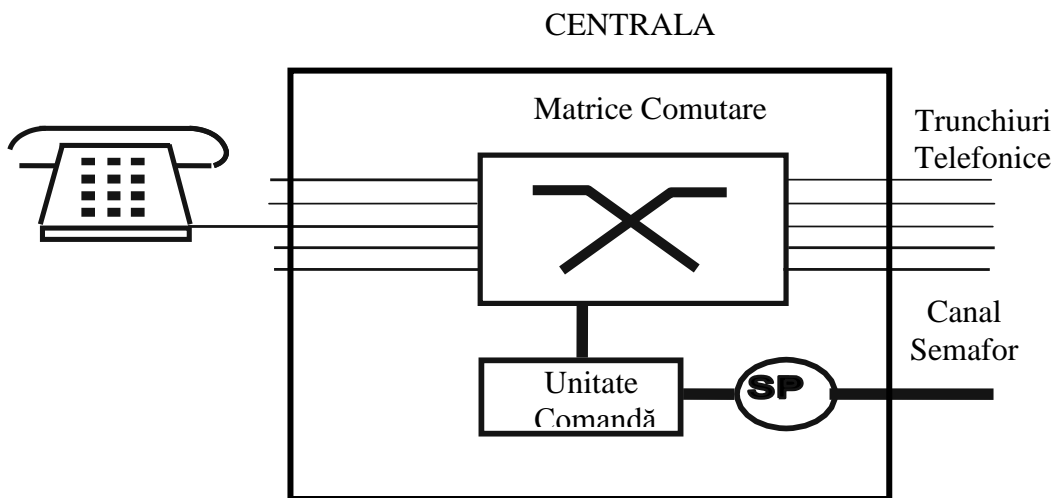


Fig. 1.5 Funcțiile terminalului de semnalizare (SP).

În sistemul SS7, orice centrală are în componere, în principiu, o rețea de comutare, o unitate de comandă și un terminal semafor (SP) (figura 1.5). Rețeaua de comutare este un ansamblu de matrici care comută circuitele telefonice. Unitatea de comandă este un calculator. Terminalul semafor are una sau mai multe intrări/ieșiri SS7 și este legat la unitatea de comandă. Dialogul între comutatori se face prin terminalele semafor care acționează ca surse și destinatari de mesaje SS7.

Rețeaua SS7 realizează comunicația între SP prin comutatoare de pachete denumite puncte de transfer pentru semnalizări (STP - Signalling Transfer Points). Acestea sunt asemănătoare funcțional cu comutatoarele de pachete dintr-o rețea X.25, dar comută mesaje SS7. Prin urmare, o centrală telefonică are elemente care fac parte din două rețele: rețeaua semafor SS7, în care este identificată printr-o adresă specifică, și rețeaua de telefonică (figura 1.6). Aceste două rețele sunt, adesea, reprezentate ca două plane paralele. De asemenea, o centrală telefonică are în mod necesar funcția de terminal semafor dar poate avea și funcția de comutator de pachete, rutând mesajele SS7 care nu-i sunt destinate. Cele două rețele pot utiliza, adesea, același suport fizic. Dacă două centrale sunt legate printr-o linie PCM cu 30 de căi, o cale (adică un segment de timp) va fi utilizată pentru canalul semafor. Important este că cele două rețele sunt gestionate în mod independent, ca și cum ar fi separate din punct de vedere fizic. În arhitectura canonică a unei astfel de rețele există și un al treilea plan corespunzător administrării rețelei.

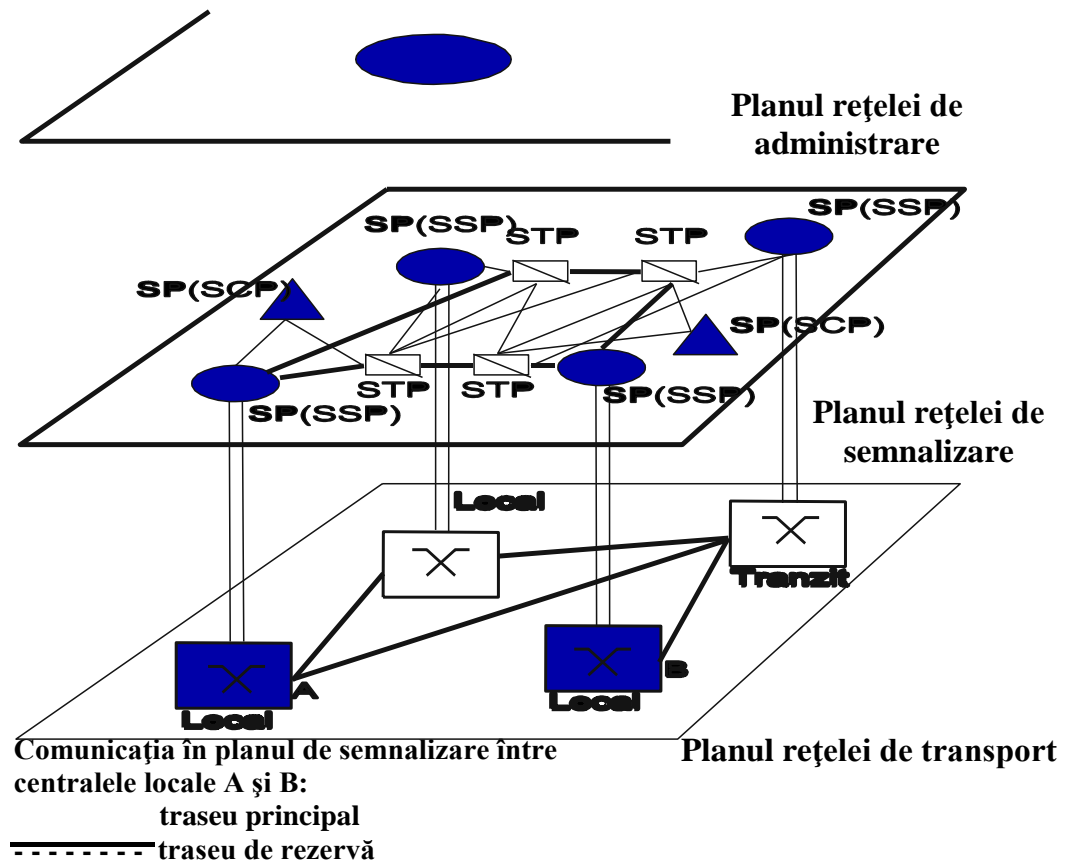


Fig. 1.6 Reprezentarea funcțiilor unei rețele de telecomunicații în planuri distincte

Alte entități specifice rețelelor inteligente sunt: punctul de control al serviciilor (SCP), centrul de dezvoltare pentru servicii noi și/sau de administrare a serviciilor (SCE/SMS), punctul de comutare a serviciilor (SSP), baza de date asociată, și perifericul inteligent sau nodul de servicii (IP/SN). Baza de date asociată (numită și adjunct) are funcții asemănătoare cu cele ale punctului de control dar implementate într-un mod specific, pentru a mări viteza tranzacțiilor.

Principalele attribute ale unei rețele de comunicații mobile, attribute care au la bază funcții inteligente, sunt legate de asigurarea serviciilor în cazul mobilității și administrarea apelurilor. Procedurile care asigură aceste attribute includ: obținerea și reactualizarea informațiilor de localizare, autorizarea accesului în rețea, rutarea apelurilor, transferul (comutarea circuitului terestru și/sau a canalului radio pe durata comunicației), taxarea, operarea și întreținerea sub-rețelei. Mobilitatea

abonatului și cerința de a fi conectat la rețea indiferent de momentul de timp și locul în care se află, în orice arie acoperită de serviciul GSM, implică metode de control al comunicației și rutare. Într-o rețea atât de dinamică, informația de localizare a abonatului mobil este reactualizată în baza de date HLR de la centrala de origine, o parte din informații fiind copiate în baza de date VLR aparținând centralei vizitate.

Diferite aranjamente între punctele de control ale semnalizărilor și baza de date asociată pot asigura funcțiile specifice bazelor de date HLR, VLR, AUC și EIR. Cu toate acestea, având în vedere conceptele legate de rețelele inteligente, este mult mai potrivită considerarea unui punct de control al semnalizărilor pentru implementarea funcțiilor HLR. EIR și AUC se pot integra în același punct de control sau într-unul separat. VLR poate fi tot un punct de control sau o bază de date asociată. În figura 10.0 este dată implementarea cea mai frecvent utilizată pentru o rețea GSM privată ca o rețea inteligentă. Punctul de control al semnalizărilor (SCP) conține bazele de date HLR, AUC și EIR. El comunică cu celelalte entități ale rețelei GSM folosind secțiunea de aplicații mobile (MAP) din SS7. Pentru viteza mare a tranzacțiilor, adjunctul realizează funcțiile VLR. El este înglobat în MSC ca software distinct. Interfața dintre centrală și baza de date asociată, la nivelul aplicațiilor este tot MAP. Serviciile care se pot asigura cu ajutorul IP/SN sunt: anunțuri, identificarea numărului format pe durata unei comunicații și răspuns vocal interactiv, servicii care nu sunt tipice centralei de comutare.

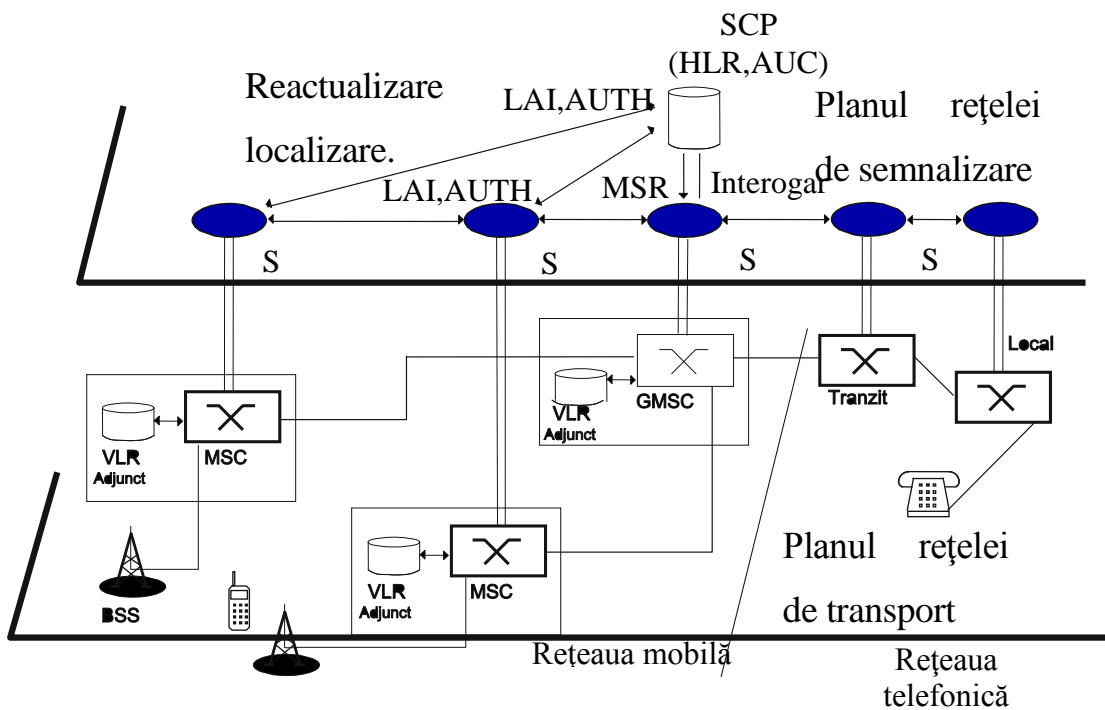


Fig. 1.7 Rețeaua GSM privită ca rețea inteligentă.

2. SUBSISTEMELE REȚELEI GSM

Entitățile care compun sistemul GSM sunt grupate pe baza funcțiilor ce le revin în subsisteme.

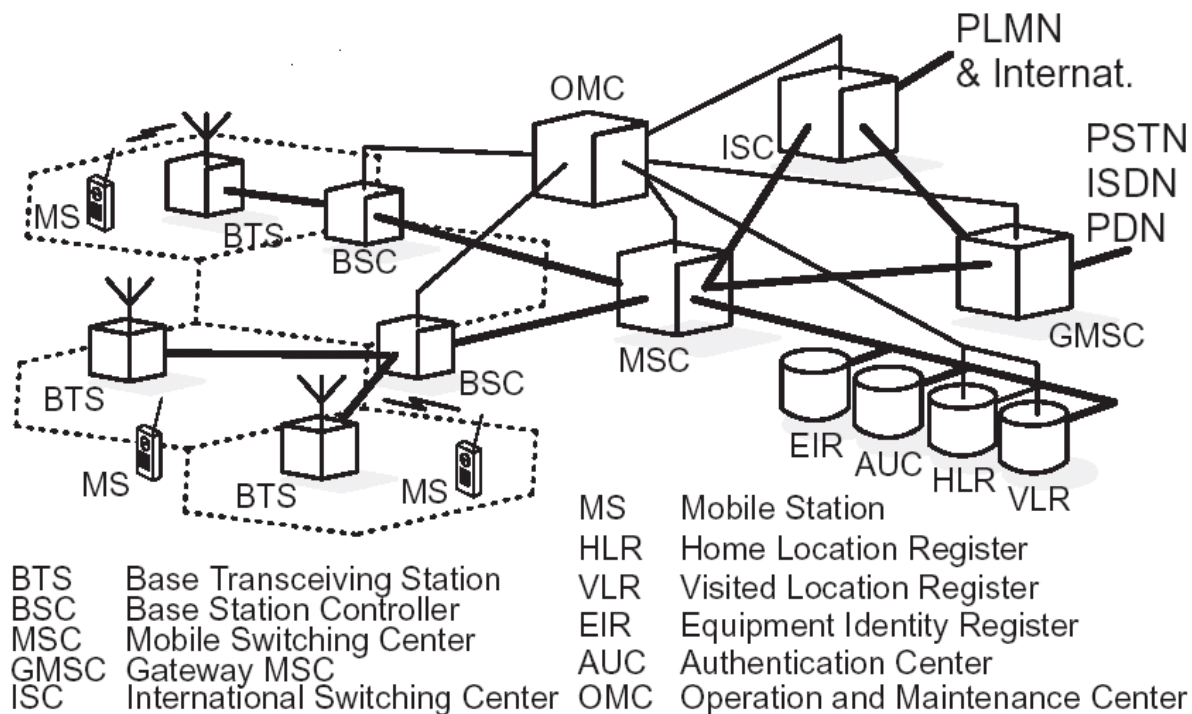


Fig. 2.1 Structura unei rețele GSM

Principalele subsisteme ale rețelei GSM (figura 2.1) sunt:

- a) b) subsistemul radio (RSS - Radio Sub-system),
- b) subsistemul de comutare, cunoscut și sub denumirea de subsistemul rețea (NSS - Network and Switching Sub-system),
- c) subsistemul de exploatare și întreținere (OMS -Operation and Maintenance Sub-system

Elementele care formează subsistemul sunt conectate între ele prin diverse interfețe.

De exemplu, *subsistemul radio (RSS)* grupează: sistemul stațiilor de bază și al echipamentelor mobile. Fiecare stație de bază, la rândul său, este constituită din: echipamentul radio de emisie-recepție al stației de bază (BTS - *Base Tranceeiver System*) și echipamentul de comandă/control (BSC - *Base Station Controler*) al acestora. Prin echipament mobil se înțelege ansamblul format dintr-un terminal

mobil, adaptoare, echipamente terminale și un modul de identitate al abonatului (SIM).

Subsistemul rețea (NSS) are în compunere: centrala pentru abonați mobili MSC, centrul de verificare a autenticității (sau centrul de autentificare) AUC (*Authentication Centre*), baza de date primară a abonaților mobili (HLR), baza de date temporară a abonaților mobili în trecere (VLR), baza de date pentru identificarea echipamentelor (EIR), module de eliminare a ecoului telefonic (EC - *Echo Cancellor*), module pentru integrarea de funcții cu alte rețele (IWF - *Inter Working Function*), transcodoare (XC). Acest subsistem asigură comunicația între: stațiile de bază, centrala pentru abonați mobili (MSC) și centralele aparținând de rețeaua telefonică publică comutată.

La rândul său, *subsistemul de exploatare și întreținere* este format din unul sau mai multe centre de exploatare și întreținere (OMC), conectate la un centru de administrare al rețelei (NMC -*Network Management Centre*).

2.1 Subsistemul radio (RSS)

Din subsistemul radio fac parte echipamentele mobile și sistemele stațiilor de bază. Comunicația între ele se face prin interfață radio.

2.1.1 Echipamentul mobil

GSM face distincție între abonat și terminalul utilizat de acesta pentru a comunica, în faza 2 taxarea făcându-se pe abonat mobil (MS) și nu pe terminal mobil (MT). Un abonat se poate conecta la rețea folosind orice terminal pe care l-a personalizat prin introducerea modulului propriu de identificare (SIM).

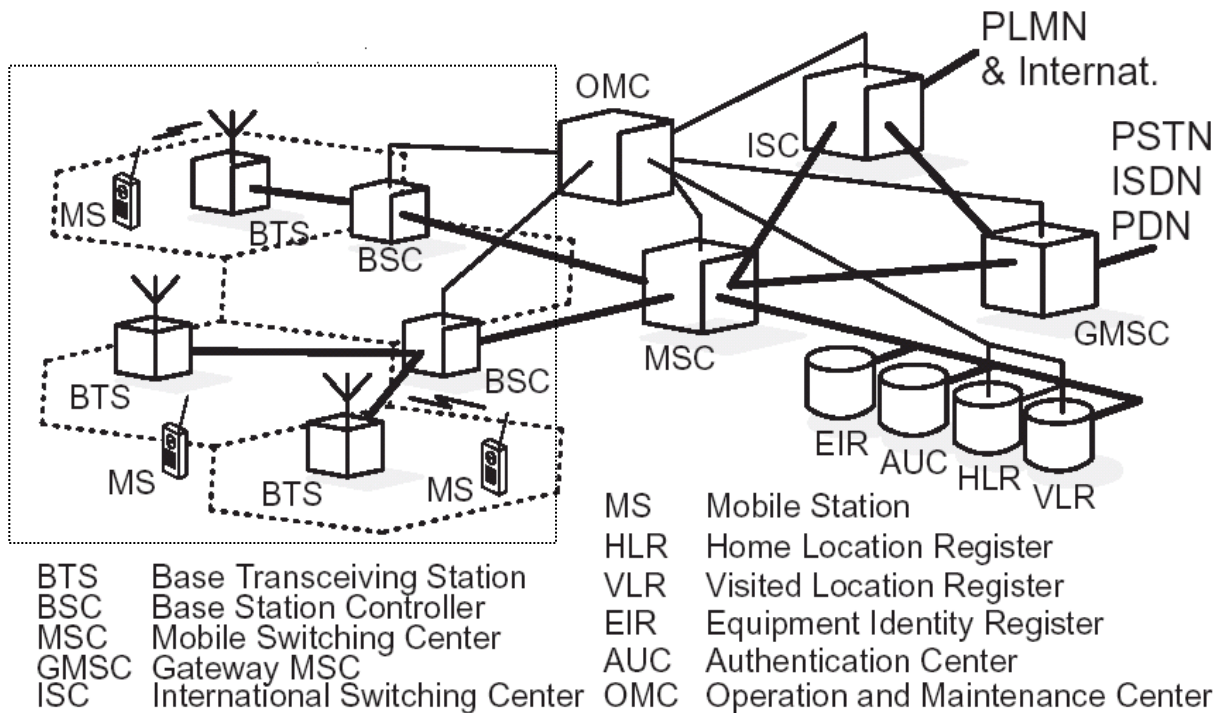


Fig. 2.1 Structura unei rețele GSM (reluare)

Terminalul mobil

Fiecare MT este identificat prin seria de fabricație (IMEI), înregistrată într-o memorie de tip ROM, la momentul fabricației. La cerere, MT transmite rețelei seria de fabricație. Prin parcurgerea unei baze de date, rețeaua verifică dacă echipamentul face parte din tipurile acceptate de rețea sau poate realiza un anumit tip de serviciu.

Modulul pentru identitatea abonatului (SIM)

SIM conține informații necesare pentru conectarea unui abonat la rețeaua GSM. Unele informații se modifică pe durata exploatării, cele mai multe sunt însă fixe. Accesul la datele de pe cartelă este protejat cu ajutorul unei parole constituite din numărul de identitate personal (PIN - *Personal Identity Number*), având o funcție similară ca în cazul cărților de credit. SIM identifică abonatul prin intermediul IMSI (numărul de identitate internațională al abonatului). Modulul SIM mai conține numărul ISDN al abonatului mobil (MSISDN), număr prin care acesta este apelat, și profilul de servicii la care are acces. Toate aceste informații sunt fixe.

SIM este implicat în funcții cum ar fi: autorizarea, secretizarea convorbirii, administrarea apelurilor în rețeaua de origine și rețeaua vizitată etc. Acestea modifică o parte din informațiile conținute în memoria SIM. Dintre informațiile variabile fac parte:

- Detalii ale numărului de identitate temporară a abonatului (TMSI), număr care este schimbat periodic de sistem ca metodă de protecție a abonatului împotriva încercării de interceptare a convorbirilor prin interfața radio.
- Detalii despre aria de localizare în care se află abonatul la momentul respectiv și despre numerele de identificare locală ale sistemului. Ast-

fel, numărul de identitate al ariei de localizare (LAI) este modificat la intervenția VLR în urma solicitării centralei.

Multe dintre datele memorate pe SIM sunt protejate împotriva citirii sau modificării ulterioare datei de emitere. Un operator GSM emite un nou modul SIM cu ocazia înregistrării unui nou abonat. Rețeaua în care s-a emis abonamentul este *rețeaua de origine* pentru abonatul mobil. Evident, un abonat poate lucra în orice rețea GSM, dacă operatorii au convenit asupra modului de distribuire a încasărilor și cheltuielilor.

2.1.2 Sistemul stației de bază

Sistemul stației de bază (BSS) este o combinație de echipamente numerice și de radiofrecvență cu scopul de a asigura conectarea canalelor radio (interfața radio) și liniilor terestre (interfața terestră). Prin BSS se înțelege ansamblul format dintr-un controler al stației de bază (BSC) și echipamentele de emisie/recepție (BTS) controlate de acesta. Componentele acestui sistem pot fi amplasate sau nu în același loc. Legătura dintre centrală și sistemul stației de bază se face prin linii PCM de 2MBs (interfața A) folosind sistemul de semnalizare SS7. Formatul mesajelor de semnalizare este detaliat în recomandările ETSI/TC GSM 08.xx. Standardizarea protocolului permite utilizarea de echipamente produse de fabricanți diferiți, cu condiția ca acestea să fie compatibile la nivel de interfață.

Comunicația prin interfața radio, la nivel fizic, se face folosind modulația numerică GMSK și o metodă de acces multiplu cu diviziune în timp (TDMA).

Echipamentul de emisie-recepție al stației de bază (BTS)

BTS are funcții legate de comunicația radio: modulare, demodulare, egalizare, codare de canal etc. BTS administrează întreg nivelul fizic: multiplexare TDMA, salt de frecvență, secretizare etc., și realizează toate măsurările necesare pentru a

controla calitatea unei comunicații în curs de desfășurare. Rezultatele măsurărilor sunt transmise la controlerul stației de bază. În cadrul nivelului de comunicație de date, BTS se ocupă de semnalizarea între mobil și infrastructură (LAPDm - *Link Acces Protocol for the Dm Channel*) ca și de legătura de date cu BSC (LAPD - *Link Acces Protocol for the D Channel*).

BTS conține câte o unitate emisie-recepție distinctă pentru fiecare canal radio alocat. Capacitatea maximă a unui BTS este de 16 purtătoare. O configurație uzuală pentru o zonă urbană are 4 purtătoare, permițând în jur de 28 de conexiuni simultan. Mai multe BTS se pot conecta în serie folosind o interfață PCM standard de 2Mbs.

Echipamentul de comandă/control (controlorul) al stațiilor de bază (BSC)

Acesta este echipamentul inteligent din sistemul stației de bază care răspunde de:

- administrarea canalelor radio din subordine,
- analizarea rezultatelor măsurărilor făcute de către stația de bază și stația mobilă pentru a controla puterea lor de emisie și a lua decizia asupra necesității procesului de transfer;
- transferul mesajelor de control între stația mobilă și centrală prin intermediul stației de bază.

Canalele de control și de comunicație sunt totdeauna sub controlul BSC. Cu toate acestea, o serie de mesaje de semnalizare, asociate unei conexiuni stabilite, nu sunt afectate, în mod direct, de BSC. Pentru acestea controlerul este transparent, un simplu releu de transfer,

Nu există o alocare fixă a canalelor radio utilizate de stația de bază la circuitele telefonice terestre care ajung la controlerul acesteia. Dacă selectarea unui canal radio cade în sarcina controlerului, selectarea liniei terestre este realizată de

centrală; cele două circuite sunt conectate în matricea de comutare din controlerul stației de bază.

GSM este un sistem de telefonie celulară cu inteligență distribuită în sensul că nu toate activitățile sunt coordonate de centrala abonaților mobili. Matricea de comutare proprie controlerului stațiilor de bază permite transferul (pe durata convorbirii) între două echipamente de emisie/recepție din subordine, fără a implica centrala.

Legătura dintre controler și BTS se face printr-o interfață PCM de 2 MBs sub protocolul LAPD (protocol de acces pentru canalul D). Mai multe BTS se conectează la controler fie în lanțuit fie în stea (figura 2.2). Controlerul se poate amplasa în același loc cu unul dintre BTS din subordine. De la caz la caz, amplasamentul unei stații de bază poate avea un singur BTS (configurație specifică zonelor rurale, folosind o antenă omnidirecțională) sau mai multe (configurație specifică zonelor urbane sau autostrăzilor, folosind o antenă directivă).

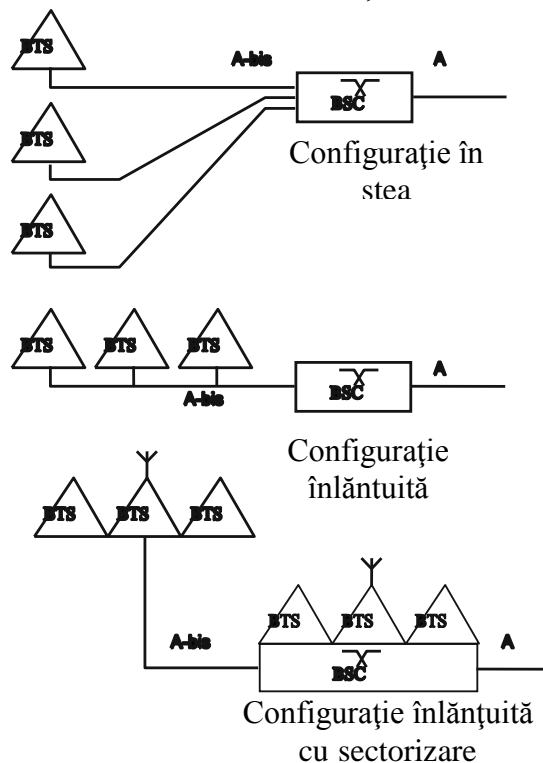


Fig. 2.2 Conectarea echipamentelor radio din stațiile de bază (BTS) la controlor (BSC).

2.2 Subsistemul rețea

2.2.1 Centrala pentru abonații mobili (MSC)

MSC realizează interfața dintre rețeaua telefonică publică (PSTN) și sistemul stațiilor de bază al rețelei celulare fiind, în același timp, centrală de comutație pentru apelurile cu originea și destinația în rețeaua de comunicații mobile. O rețea are de obicei mai multe centrale dintre care, acelea care asigură interfața către PSTN sau ISDN, realizează și funcția de *poartă de interconectare (GMSC)*. Această funcție o poate avea orice MSC, ea fiind activată la începutul unui apel din rețeaua fixă către rețeaua mobilă.

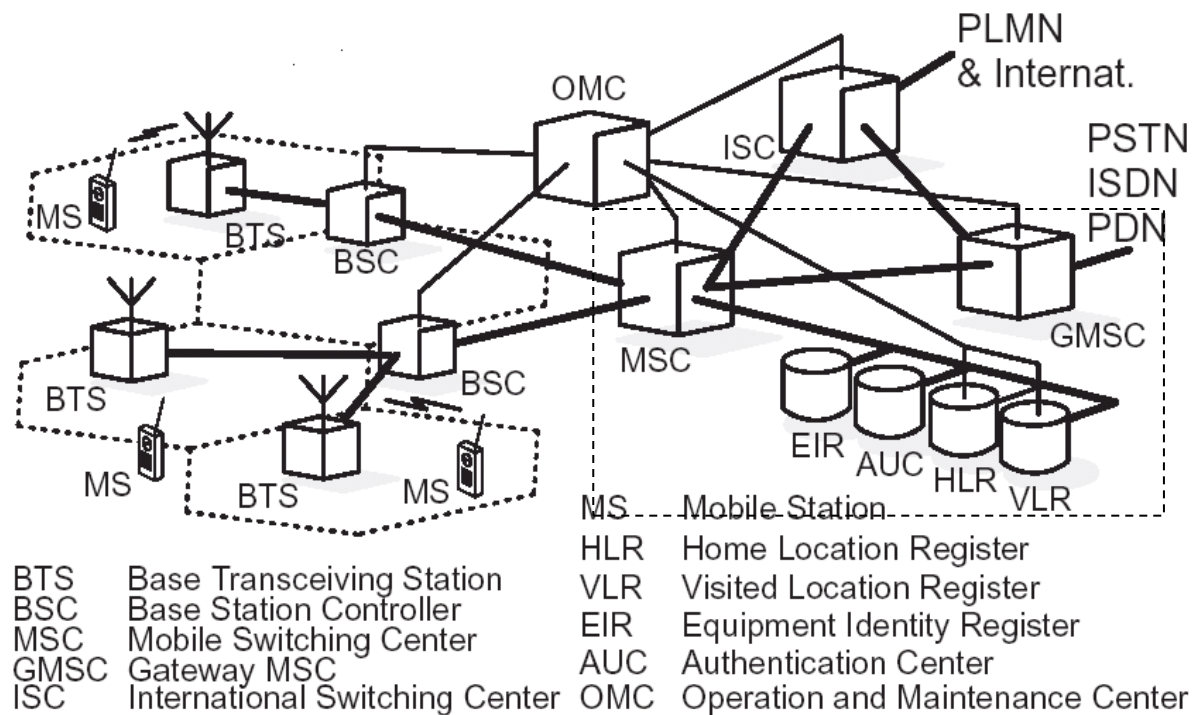


Fig. 2.1 Structura unei rețele GSM (reluare)

Ca și în cazul rețelelor telefonice publice comutate, MSC supraveghează stabilirea apelurilor și procedurile de rutare. Alte funcții de control specifice sunt: conversia numerotării și rutarea apelurilor, alocarea trunchiurilor de ieșire, colectarea plăților, calcularea statisticilor etc.

Funcții tipice pentru rețeaua celulară sunt:

- menținerea unei liste cu abonații angajați în comunicație,
- asigurarea unor proceduri de protecție contra utilizatorilor neînregistrați folosind funcții ca: verificarea identității abonatului și secretizarea comunicației de date,
- inițierea și supravegherea procedurilor de localizare și transfer (cu excepția celor care se încheie la nivelul sistemului stațiilor de bază).

Funcțiile de înregistrare și reactualizare a localizării (folosind informațiile de localizare transmise de stațiile mobile) permit realizarea automată a comunicațiilor care au ca destinație o stație mobilă. Un ansamblu MSC-VLR poate deservii mai multe zeci de mii de abonați mobili în cazul unui trafic mediu pe abonat de 0,025 Erlang.

2.2.2 Centrul de verificare a autenticității (AUC)

AUC este un element de prelucrare al rețelei care realizează funcții distincte în raport cu MSC, fiind responsabil, în primul rând, de procesul de autorizare a accesului unui abonat mobil în rețea. În mod firesc, AUC este amplasat în același loc cu HLR, pentru a crește viteza de adresare și reactualizare a înregistrărilor abonaților. Centrul HLR/AUC se poate găsi sau nu lângă centrala pentru abonați mobili.

Procesul de verificare a autenticității are loc de fiecare dată când abonatul cere reconectarea la rețea (pornește echipamentul mobil). La prima solicitare a unui canal de comunicație, în cadrul unei sesiuni de utilizare a rețelei, are loc un proces

complet de autorizare a abonatului. Comunicațiile ulterioare, efectuate într-un interval de timp predeterminat sau în cadrul subrețelei aparținând aceluiași operator, ar putea să nu mai activeze procesul de autorizare, dacă datele produse în procesul inițial de autorizare și memorate în SIM sunt identice cu cele din HLR/VLR.

Procesul de verificare a autenticității constă, pe de o parte, din compararea unor date de siguranță memorate pe SIM cu datele corespunzătoare din HLR. Aceste date sunt introduse în HLR și scrise în SIM în momentul eliberării abonamentului. Pe lângă comparare, mai are loc și un alt proces, prin care o serie de date memorate în AUC sunt prelucrate conform unui algoritm pentru a obține un mesaj codat care este transmis către SIM. Mesajul este decodat la stația mobilă și un răspuns este returnat către AUC. În funcție de conținutul răspunsului, abonatul este sau nu este autorizat în rețea. Procesul de autentificare se face printr-un canal de semnalizare, eliminând astfel risipa în folosirea canalelor de trafic.

2.2.3 Bazele de date

În comparație cu sistemele de telefonie terestră tradiționale, GSM utilizează, în plus, entități de prelucrare și memorare cum sunt: HLR, VLR și EIR. Acestea reprezintă *pentru rețea noduri de prelucrare specializată pentru bazele de date* și rezolvă problemele administrării informațiilor de abonat și urmării locului în care acesta se află în rețea.

Baza de date primară a abonaților mobili (HLR)

HLR este baza de date de referință a parametrilor abonatului. Unele informații sunt fixe, fiind stabilite în momentul introducerii, ștergerii sau modificării profilului de servicii aferente unui abonament. Altele sunt dinamice, modificându-se în timpul exploatarei. Dintre informațiile fixe fac parte: numere de identificare și adrese, parametrii pentru procesul de autorizare, tipurile de servicii oferite de rețea la care

are acces fiecare abonat (profilul serviciului) etc. Printre informațiile dinamice se găsesc: adresa VLR la care este înscris la un moment dat abonatul, starea curentă a abonatului, incluzând numărul temporar (TMSI) etc.

O rețea poate avea mai multe HLR, fiecare deținând o parte din volumul total de date. Un abonat va aparține unui singur HLR. Informațiile dintr-un HLR pot fi accesate de toate centralele și VLR din rețea folosind numărul IMSI sau MSISDN al abonatului.

Informațiile pot fi accesate și de MSC sau VLR din altă rețea mobilă pentru a permite mobilitatea între rețelele exploatate de diverși operatori sau între țări. Un abonat care a primit IMSI într-o rețea GSM (fiind înregistrat într-o bază de date HLR din aceasta) poate fi asignat temporar unui HLR diferit, în calitate de flotant. Abonatul flotant se bucură de aceleași facilități ca și în rețeaua de origine. Mecanismul de decontare a serviciilor oferite se stabilește prin înțelegere între operatorii de rețele.

Baza de date dinamică a abonaților mobili (VLR)

VLR conține o copie a principalelor informații de abonat din HLR. Aceste informații sunt însă temporare, ele existând atâta vreme cât abonatul este activ în aria acoperită de VLR. VLR asigură o bază de date locală pentru un abonat, chiar dacă este vorba de abonații înregistrați la centrala (deci HLR) locală. Se elimină astfel consumul de timp rezultat din necesitatea de a apela foarte des la HLR.

VLR activează procesul de acordare a unui număr temporar (TMSI) unui abonat, număr pe care-l trimite și către HLR. TMSI ține locul IMSI și este memorat pe SIM-ul abonatului astfel încât apelurile către abonat se fac fără a transmite IMSI, asigurând astfel securitatea abonatului. TMSI va fi folosit pe durate reduse în timpul procesului de autorizare și poate fi modificat periodic, ca o precauție suplimentară

pentru securitate. GSM oferă opțiunea de a modifica TMSI la fiecare apel sau odată cu procesul de actualizare al localizării.

Celulele unei rețele mobile sunt grupate în *arii de localizare*, fiecareia asignându-i-se un număr (LAI -*Localization Area Identity*). În mod normal, o arie de localizare conține maximum 30 de celule. Fiecare VLR gestionează mai multe arii de localizare. Odată cu deplasarea abonatului dintr-o arie de localizare în alta, informația de localizare curentă este actualizată în HLR printr-un proces inițiat de VLR. Dacă stația mobilă intră în aria de localizare a unei alte VLR atunci acesta, prin intermediul HLR, inițiază o procedură de ștergere a datelor din vechea VLR și înregistrare în noua VLR nou. Numărul ariei de localizare este memorat și actualizat pe SIM-ul abonatului.

Dacă abonatul iese din rețeaua de origine, VLR asociată zonei în care intră abonatul îi va alocă un număr de stație mobilă flotantă (MSRN). Numărul este alocat dintr-o listă de numere păstrată la nivelul VLR vizitat. MSRN este folosit pentru a direcționa apelurile din rețea către centrala care controlează stațiile de bază din aria în care este localizată stația mobilă.

De asemenea, VLR alocă numere de "transfer" pentru a fi utilizate în cazul transferului între centrale pentru abonații mobili. Acest tip de transfer implică direcționarea dinamică a procesului de comunicație între centrala sursă și centrala destinație. Funcțiile numărului de "transfer" sunt similare cu cele ale MSRN și asigură direcționarea în cadrul părții terestre a rețelei. MSRN și numerele de "transfer" sunt temporare în sens propriu, fiind abandonate după utilizare; ele pot fi folosite în alte procese de stabilire a legăturii.

Informațiile de abonat din VLR se pot accesa folosind numerele: IMSI, TMSI sau MSRN. În mod normal fiecare MSC folosește un VLR, dar sunt posibile și alte combinații.

Registrul de identificare al echipamentelor (EIR).

EIR reprezintă o bază de date centralizată pentru controlul validității numărului internațional de identificare a echipamentelor (IMEI). Această bază de date conține numai informații despre echipamentele de abonat. Numerele de echipamente (IMEI) sunt grupate în trei liste tabelului 2.1.

Tabelul 2.1

| Lista | Conținut |
|--------------|---|
| Lista albă | IMEI pentru ME acceptate să lucreze în rețea. |
| Lista neagră | IMEI al echipamentelor declarate furate sau cărora li se va refuza accesul în rețea din alte motive |
| Lista gri | IMEI al echipamentelor care au probleme (cum ar fi un defect software) insuficient de grave pentru a fi trecute pe lista neagră |

EIR este accesat de la distanță de centralele din rețea dar poate fi accesat și de centrale din alte rețele. Ca și în cazul HLR, o rețea poate avea mai multe EIR, fiecare deținând o parte din numerele IMEI. Centrala realizează funcția de translație: pentru fiecare IMEI întoarce adresa EIR în care este memorată informația despre acesta.

2.2.4 Module funcționale

Din punct de vedere funcțional modulul pentru integrarea de funcții cu alte sisteme (IWF) și modulul de eliminare a ecourilor (EC) sunt elemente inseparabile ale centralei.

Modulul pentru integrarea de funcții cu alte rețele (IWF)

IWF conferă rețelei GSM capacitatea de interconectare cu diferite alte tipuri de rețele de comunicație, publice și/sau private, aflate în exploatare. IWF permite accesul abonatului la funcții de conversie de protocol și/sau de conversie de viteză de transmisie între terminalele de date (DTE) aparținând abonatului mobil și, respectiv, terestru.

IWF va aloca, la cerere, un modem din setul de modem-uri de care dispune când terminalul de date GSM realizează transferul de date cu un terminal de date terestru conectat la o linie analogică, închiriată sau din rețeaua telefonică publică comutată. IWF asigură, de asemenea, interfețe de conectare directă pentru echipamente de date proprii abonatului (nestandardizate), cum ar fi X.25 PAD.

Modulul de eliminare al ecourilor (EC)

Timpul de întârziere a semnalului vocal, specific GSM, acumulat pe tot lanțul de comunicație emisie/recepție, este de aproximativ 80ms, fiind datorat, în principal, codării și decodării semnalului vocal. Acesta întârziere este percepută de abonatul mobil în cazul unei conexiuni defectuoase cu rețeaua telefonică publică. Conectarea rețelei mobile la rețeaua publică terestră (figura 2.3) impune utilizarea unor transformatoare de la 4 la 2 fire (specific modului terestru). Datorită imperfecțiunilor, un astfel de transformator întoarce o parte din semnalul de la perechea de recepție la perechea de transmisie din interfața pe 4 fire. Astfel apare ecoul pe care-l percepe abonatul mobil, dar nu este sesizat de abonatul terestru.

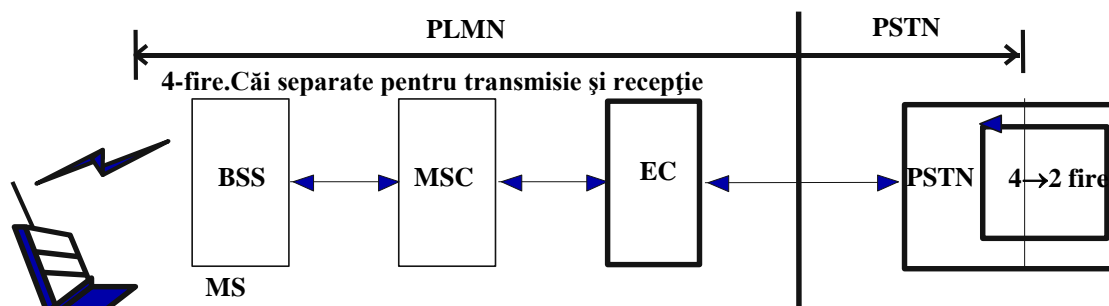


Fig. 2.3. Modulul pentru eliminarea ecourilor.

În cazul rețelei telefonice terestre, într-o convorbire, nu apare senzația de ecou, din cauza întârzierilor foarte mici. Dimpotrivă, considerând întârzierea pe toată bucla, în absența EC, conectarea rețelei GSM la rețeaua terestră ar conduce la o senzație supărătoare de ecou. EC asigură eliminarea ecourilor peste 68 ms în conexiunea dintre ieșirea EC și linia telefonică terestră.

Transcodorul (XC)

(figura 2.4) este necesar pentru a realiza conversia de la semnalul PCM cu 64kb/s rezultat la ieșirea centralei (vocal sau date) la forma cerută de specificațiile GSM pentru transmisia prin interfața radio (stație de bază-stație mobilă). Transcodorul poate fi amplasat în același loc cu centrala, cu controlerul stațiilor de bază (BSC) sau cu echipamentul de emisie/recepție (BTS). Dacă se amplasează lângă centrală atunci, canalele GSM de 13kb/s sunt completate cu biți "albi", până la 16kb/s, și apoi grupate câte 4 pe o linie terestră de 64kb/s. Astfel, fiecare canal PCM de 2Mb/s (30 canale de 64kb/s) poartă 120 canale vocale GSM, conducând la reducerea prețului de cost pentru operator. Din acest motiv, amplasarea comună a transcodorului și a centralei este o soluție care optimizează costul sistemului, reducând necesarul de linii de 2Mb/s dintre centrale și sistemul stațiilor de bază.

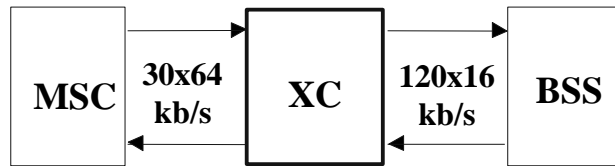


Fig. 2.4. Transcodorul.

Matricea din controler conectează circuite terestre de 16Kb/s la canalele radio. După comutare nu se mai face conversia înapoi la 64kb/s pentru comunicația controler-BTS. Din acest motiv se spune că se realizează o comutare sub viteza canalului (sub-rate switching).

2.3 Subsistemul de exploatare și întreținere

Subsistemul de exploatare și întreținere al unei rețele este format din unul sau mai multe centre de exploatare și întreținere (OMC), conectate la un centru unic de administrare a rețelei (NMC - *Network Management Centre*).

2.3.1 Centrul de exploatare și întreținere (OMC)

OMC reprezintă locul de unde se comandă și se supraveghează celelalte entități ale rețelei GSM urmărindu-se, concomitent, calitatea serviciului oferit de rețea, în ansamblul ei. OMC este conectat cu celelalte entități GSM printr-o rețea X.25. În continuare sunt enumerate principalele funcții realizate de OMC.

Funcțiile de prelucrare, prin care diversele evenimente sau alarme, generate de entitățile rețelei, sunt raportate și/sau memorate. Evenimentele sunt mesaje care conțin informații despre starea echipamentelor și proceselor de rețea.

Funcțiile de gestionare a defectelor permit deconectarea sau repunerea în serviciu, manual sau automat, a diferitelor entități ale rețelei. Se poate cere vizuali-

zarea stării anumitor echipamente din rețea și se poate reface activitatea desfășurată de orice abonat mobil.

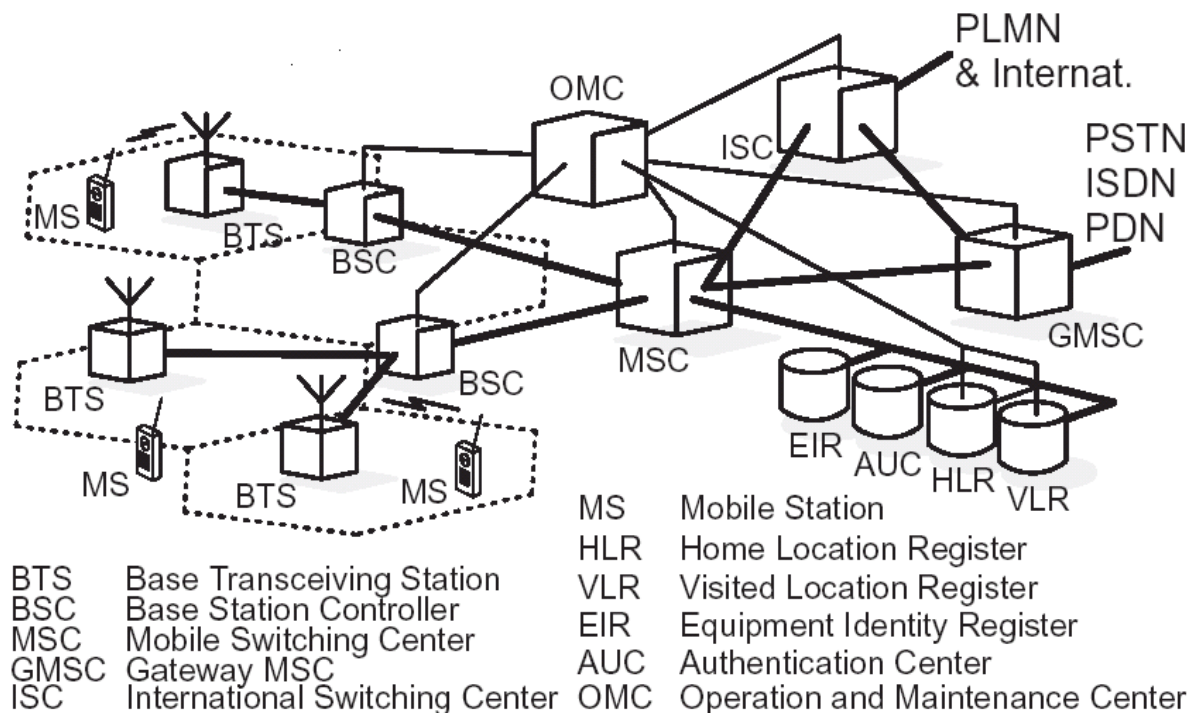


Fig. 2.1 Structura unei rețele GSM (reluare)

Funcțiile de întreținere permit controlul volumului de trafic solicitat rețelei. În acest scop, dacă este necesar, sistemul stațiilor de bază este forțat să refuze orice solicitare de comunicație.

Funcțiile de gestionare a performanțelor includ colectarea de statistici de trafic de la echipamentele rețelei GSM și arhivarea lor într-o bază de date sau afișarea acestora pentru analiză. Deoarece există posibilitatea de a culege un volum de date uriaș, personalul de întreținere poate selecta statisticile pe care le dorește, având la dispoziție o gamă extrem de largă. Se poate opta pentru generarea unor alarme atunci când valorile măsurate pentru anumite performanțe ies din limitele stabilite.

Funcțiile de gestiune a programelor permit urmărirea versiunilor de program încărcate în fiecare echipament al rețelei. Programele rulate de diverse echipamente pot fi încărcate de la OMC sau aduse la OMC.

Funcția de gestiune a informațiilor de configurare. Prin intermediul acestei funcții, de la nivelul OMC, se poate configura sau citi configurația pentru orice entitate a rețelei. Aceste informații se modifică odată cu dezvoltarea rețelei. OMC poate realiza verificări asupra integrității informațiilor de configurare din diversele echipamente.

Rețeaua de tip X.25, prin care comunică OMC, este o rețea cu comutare de pachete. Pachetele X.25 sunt trimise printr-o linie PCM de 2Mb/s cu o viteză de 64Kb/s. În prezent, fabricanții de echipamente GSM oferă OMC specifice echipamentului, dar care nu sunt complet compatibile între ele. Aceasta se întâmplă mai ales în cazul echipamentelor radio pentru stațiile de bază și al matricilor de comutație.

2.3.2 Centrul de management al rețelei (NMC)

NMC este unic, el permițând administrarea unei rețele GSM la nivelul ierarhic superior, urmărind exploatarea și întreținerea rețelei prin intermediul OMC, care sunt responsabile la nivel regional.

La nivelul NMC, rețeaua este tratată ca o mulțime de moduri și instrumente de interconectare. OMC este utilizat ca filtru al informațiilor care provin de la echipamentele rețelei, permițând ca NMC să se concentreze asupra aspectelor care necesită coordonarea la nivel național. NMC coordonează, de asemenea, aspectele legate de conectarea la alte rețele.

Funcțiile oferite de NMC sunt echivalente cu cele oferite de OMC. Câteva dintre funcțiile mai importante sunt enumerate în continuare.

Gestiunea traficului la nivelul rețelei. NMC urmărește traficul pentru a sesiza alarmele de nivel înalt, ca noduri defecte sau supraîncărcate. În plus, urmărește starea comenzilor automate aplicate echipamentelor din rețea și afișează, pentru operatori, starea rețelei. Aceștia, pe baza informațiilor de sinteză, îndrumă operatorii OMC asupra strategiei de urmat pentru a corecta problemele regionale.

Supravegherea trunchiurilor și liniilor de semnalizare. Pentru a preveni migrarea condițiilor de congestie a traficului în toată rețeaua, NMC urmărește în special trunchiurile și liniile de semnalizare dintre noduri. Cu același scop sunt urmărite și liniile dintre rețeaua GSM și rețeaua telefonică publică, comutată.

Controlul traficului la nivel local. NMC are capacitatea de a controla traficul la nivelul BSS. În circumstanțe extreme, operatorii NMC vor activa numai comunicațiile cu acces prioritar, cum ar fi cele ale serviciului de salvare, pompieri etc. Comanda traficului, pe rețelele de semnalizare și trafic dintre centrală și stațiile de bază, poate fi exploatată pentru a izola o regiune cu congestie de trafic, după care, OMC este folosit pentru a reconfigura parametrii celulelor și pentru a forța transferuri în vederea descongestionării.

NMC este un *instrument de planificare* important deoarece deține elemente de sinteză la nivelul rețelei naționale

1.4 Metoda de numerotare

Sistemul GSM folosește 4 metode de adresare a unui abonat mobil:

- numărul de identitate internațională a abonatului mobil (IMSI - *International Mobile Subscriber Number*), care nu se modifică și are semnificație numai în interiorul rețelei,
- numărul de identitate temporară a abonatului mobil (TMSI - *Temporary Mobile Subscriber Number*), utilizat pentru adresarea abonatului pe segmentul (din lanțul de comunicație) stație de bază-abonat mobil,

- numărul ISDN al abonatului mobil (MSISDN - *Mobile Station ISDN Number*), care identifică abonatul mobil în exteriorul rețelei, și
- numărul flotant (MSRN - *Mobile Station Roaming Number*), care este atribuit pe durata stabilirii unei conexiuni cu un abonat mobil. Principala funcție a acestuia este de a dirija apelul prin centralele de comutare.

Datorită diferențierii pe care o face sistemul GSM între echipamentul mobil și abonatul mobil, rețeaua poate controla identitatea oricărui echipament care solicită accesul, prin intermediul numărului internațional al echipamentului mobil (IMEI - *International Mobile Equipment Identity*).

2.4.1 Numărul de identitate internațională a abonatului mobil (IMSI)

Fiecare abonat are o identitate internațională IMSI, specifică fiecărei rețele GSM, care nu se modifică în timp. IMSI respectă planul de identificare E.212 al UIT. IMSI este transmis cât mai rar posibil prin interfața radio din motive de securitate și confidențialitate. Securitatea este asigurată deoarece scade probabilitatea de a fi interceptat și apoi utilizat de către un intrus. Confidențialitatea se asigură și deoarece se evită ca prin recepția pirat a interfeței radio să poată fi identificat abonatul angajat în comunicație. Acest număr este folosit, de asemenea, pentru apelarea abonatului prin interfață radio în lipsa numărului temporar (TMSI), lipsă datorată, probabil, unei defecțiuni în baza de date.

IMSI este un număr de cel mult 15 cifre, organizat în trei câmpuri (figura 2.5):

- Codul țării (MCC - *mobile Country Code*), care indică țara de înregistrare a abonatului mobil. MCC permite identificarea țării, din rețeaua GSM Europeană, în care se află HLR cu informația primară despre abonat.
- Codul rețelei de comunicații mobile (MNC - *Mobile Network Code*) unde este înregistrat abonatul.

- Numărul de identificare al abonatului mobil (MSIN), reprezentând numărul abonatului în interiorul rețelei de înregistrare.

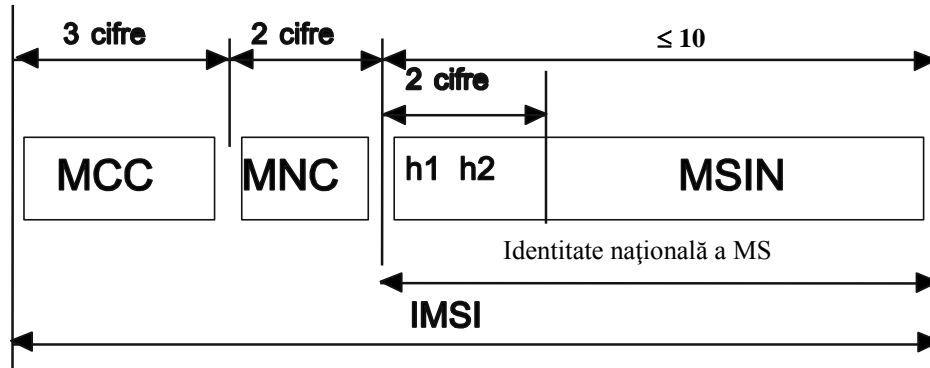


Fig. 2.5 Structura IMSI

Primele două câmpuri, MCC și MNC, identifică, în mod unic, rețeaua de înregistrare a abonatului, în cadrul rețelei GSM europene. Primele două cifre ale MSIN, h_1 și h_2 , reprezintă indicativul HLR, în cadrul rețelei de înregistrare, în care se află informația de înregistrare (primară) a abonatului mobil. Astfel, oricare HLR este capabil, pornind de la un IMSI, să adreseze HLR în care se află informațiile pentru abonatul în cauză. IMSI este memorat pe modulul personal de identitate (SIM) în momentul emiterii abonamentului.

2.4.2 Numărul de identitate temporară pentru abonatul mobil (TMSI)

În interiorul unei zone geografice administrată de un VLR, numită și arie de localizare, un abonat dispune de un număr de identitate temporară, TMSI, cu semnificație locală. acest număr este cunoscut numai de stația mobilă și de ansamblul centrală VLR vizitat, niciodată de HLR. TMSI este utilizat pentru identificarea mobilului apelat sau care face un apel. Mai mulți abonați mobili, aflați în arii de localizare diferite (deserviți de VLR distincte) pot avea același număr temporar. De câte ori abonatul, datorită mobilității, trece în altă arie de localizare, i se atribuie un

nou TMSI de către VLR care-l preia. Utilizarea TMSI este opțională, dar insistent recomandată, din motive de securitate, chiar dacă standardul GSM prevede posibilitatea de a se lucra numai cu numărul internațional (IMSI).

Operatorul unei sub-rețele GSM are libertatea de a alege structura TMSI, cu condiția de a nu depăși 4 octeți. Lungimea mai scurtă decât a IMSI are drept scop reducerea mărimii mesajelor transmise prin interfață radio.

2.4.3 Numărul ISDN al abonatului mobil (MSISDN)

Fiecare abonat mobil primește un număr ISDN internațional care este memorat fie în terminalul mobil fie pe modulul personal de identificare (SIM), în cazul terminalelor personalizate prin inserția cartei. Acesta are semnificație în exteriorul rețelei GSM. Numai HLR conține tabela de corespondență MSISDN-IMSI pentru fiecare abonat al rețelei. Numărul ISDN al abonatului (**MSISDN**) are o structură conformă cu standardul CCITT E.165 și trebuie să respecte planul de numerotare din țara de înregistrare. În principal, MSISDN conține trei componente (figura 2.6):

- Codul țării (CC - *Country Code*),
- Codul de destinație la nivel național (NDC - *National Destination Code*), care specifică rețeaua națională,
- Numărul abonatului (SN - *Subscriber Number*).

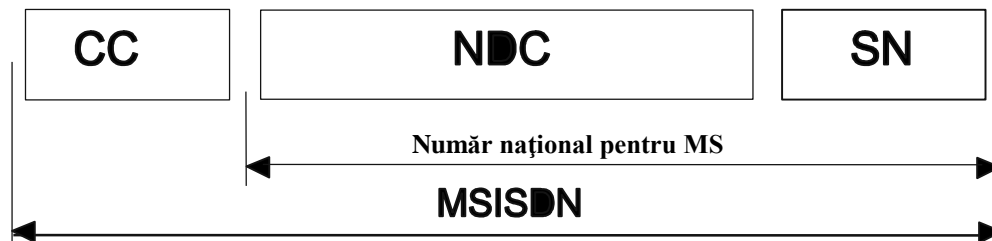


Fig. 2.6 Structura MSISDN

Ultimele două componente (NDC+SN) formează numărul național al abonatului mobil. Numărul MSISDN este format de un abonat chemător din rețeaua PSTN/ ISDN și este folosit pentru a ruta apelul către centrala-poartă de interconectare (GMSC) a rețelei GSM. Aceasta folosește MSISDN pentru a obține de la centrala de origine informația de re-rutare necesară pentru a trimite apelul la centrala vizitată (MSC în zona căruia se află la momentul respectiv abonatul mobil chemat).

2.4.4 Numărul flotant al abonatului mobil (MSRN)

Informația de re-rutare este păstrată sub forma numărului flotant al abonatului mobil (MSRN). MSRN este un număr temporar, alocat de VLR asociat centralei vizitate, și trimis către HLR din rețeaua de origine a stației mobile, fie în urma procesului de reactualizare a informației de poziționare fie la inițierea unui apel. Numărul flotant are aceeași structură cu MSISDN specific zonei în care se află centrala vizitată.

Pentru a asigura servicii de comunicații mobile de date în pachete, trebuie specificat un număr internațional în conformitate cu recomandarea X.121 a CCITT. Recomandarea GSM 03.70 specifică funcțiile de prelucrare a numerelor care trebuie aplicate în acest caz.

2.4.5 Adresarea și rutarea apelurilor

Numărul MSISDN este folosit pentru rutarea apelurilor în rețelele PSTN/ISDN. Detalii legate de cerințele de rutare în GSM sunt specificate în recomandarea 03.04. În paragrafele următoare este făcută o prezentare sumară a unor scenarii posibile în astfel de cazuri.

Apeluri naționale din rețeaua fixă

În figura 2.7 este prezentat schimbul de informații între entitățile rețelei GSM, prin rețeaua de semnalizare, pentru a ruta apelul către abonatul mobil chemat. Se pot remarca următoarele etape:

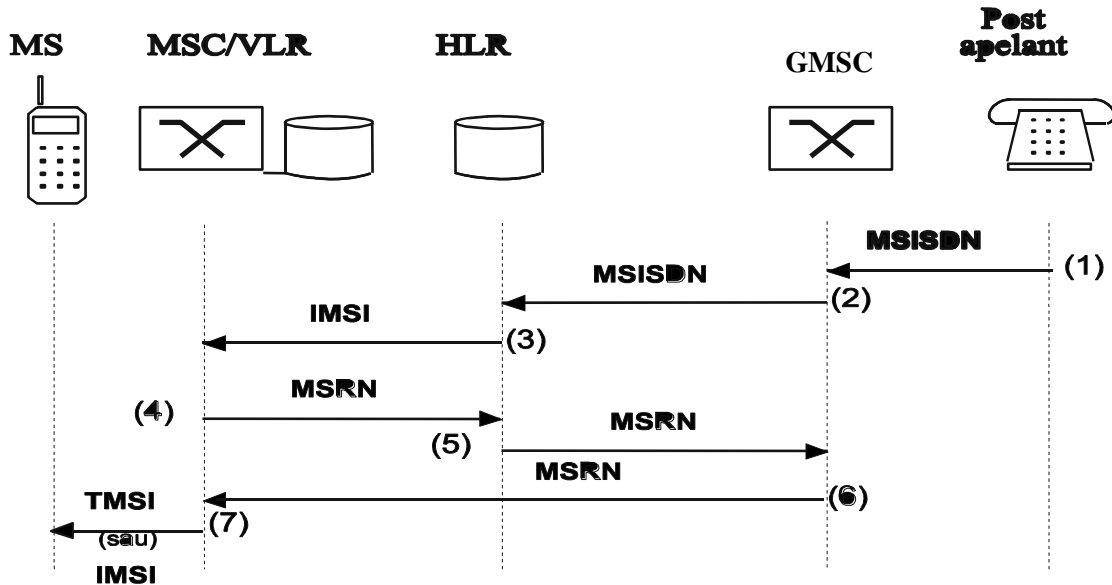


Fig. 2.7 Rutarea unui apel.

(1) Numărul MSISDN este format de către abonatul chemător din exteriorul rețelei mobile. O centrală locală sau de tranzit rutează apelul destinat unui mobil către cea mai apropiată centrală pentru abonați mobili, care va îndeplini funcția de GMSC (la nivel național) sau, către centrala (națională) pentru abonați mobili care are funcția de poartă de acces. În această fază se folosește codul de destinație la nivel național (NDC).

(2) GMSC interoghează HLR (de înregistrare al stației mobile) pentru a afla centrala către care să fie rutat apelul, adică centrala în aria căreia se află abonatul mobil la momentul respectiv.

(3) HLR traduce MSISDN în numărul IMSI; cu acesta este interogată VLR, în aria de localizare a căruia se află stația mobilă, în vederea obținerii numărului flotant (MSRN).

(4) VLR curent atribuie abonatului numărul flotant de rutare (MSRN) pe care-l transmite către HLR.

(5) HLR transmite numărul flotant către centrala-poartă.

(6) Contrala-poartă rutează apelul către centrala vizitată, procedând ca în cazul unui apel telemonic normal către un abonat cu numărul MSRN.

(7) Centrala vizitată apelează stația mobilă folosind TMSI alocat în momentul reactualizării ariei de localizare sau în momentul înregistrării în rețea pentru o nouă sesiune de comunicație.

Apeluri internaționale din rețeaua fixă

Apelurile cu prefix internațional, primite de o centrală locală sau de tranzit, sunt dirijate către cel mai apropiat centru de comutație internațională (ISC). Pe baza **NDC** acesta recunoaște că este un apel către o rețea de comunicații mobile și, dacă poate interoga HLR (are funcții de semnalizare cu HLR), obține numărul flotant al stației mobile, MSRN. Cu ajutorul acestuia apelul este rutat către central vizitată de abonatul mobil apelat. În caz contrar, apelul este rutat către centrul de comutare internațional propriu al rețelei de comunicații mobile de origine a abonatului mobil apelat.

Apeluri naționale din interiorul rețelei mobile

Dacă o centrală pentru abonați mobili (MSC) recepționează un apel destinat unui abonat mobil, aceasta va interoga HLR de origine al abonatului apelat pentru a obține MSRN, folosit în continuare după cum s-a mai arătat.

Adresarea altor componente ale rețelei mobile

Alte componente ale unei rețele celulare mobile care pot fi adresate pentru rutarea diferitelor mesaje de semnalizare sunt centrala de comutare pentru abonați mobili (MSC) și registrele de localizare (HLR și VLR). Dacă aceste elemente sunt adresate din interiorul aceleiași rețele celulare, atunci se pot folosi codurile punctuale (scurte) ale SS7. Altfel, pentru rutarea între rețele celulare, sunt necesare titluri globale (GT) obținute, de exemplu, din codul țării abonatului mobil (MCC) și NDC.