

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA BUCUREȘTI**  
**FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA**  
**INFORMAȚIEI**

**DISCIPLINA:**  
**REȚELE DE CALCULATOARE ȘI INTERNET**

**TEMA:**  
**COMUNICAȚII MOBILE**

**STUDENT: BAFANE-IONUȚ-ADRIAN**  
**GRUPA: MASTER IISC ANUL 2**

## Cuprins

<b>Capitolul 1:</b> .....	4
Introducere în rețelele de comunicații mobile .....	4
<b>Capitolul 2:</b> .....	6
Sistemul Global pentru comunicații Mobile (GSM).....	6
2.1 Principiile de bază ale telefoniei celulare .....	6
2.2 Numerotarea, criptarea transmisiei și securizarea accesului în GSM.....	6
<b>Capitolul 3:</b> .....	10
Arhitectura GSM.....	10
3.1 Arhitectura generală a sistemului de telecomunicații mobile .....	10
3.2 Rețeaua celulară.....	11
<b>Capitolul 4:</b> .....	13
Serviciile GSM .....	13
4.1 Introducere în serviciile GSM .....	13
4.2 Servicii de transport .....	13
4.3 Teleserviciile .....	13
<b>Capitolul 5:</b> .....	15
Interfața radio în GSM .....	15
5.1 Tehnici de acces multiplu .....	15
5.2 Accesul multiplu FDMA/TDMA .....	21
5.3 Structura canalelor .....	22
5.4 Structura impulsului.....	24
5.5 Codarea semnalului vocal .....	25
<b>Capitolul 6:</b> .....	26
Serviciul general de pachete radio (GPRS).....	26
6.1 Sistemul cu circuite comutate de date de viteză mare - High speed circuit switched data (HSCSD) .....	26

6.2 Serviciul general de pachete radio - General pachet radio service(GPRS) .....	26
6.3 Caracteristicile sistemului GPRS .....	27
6.4 Comutație de circuite și comutație de pachete .....	28
6.5 Arhitectura GPRS .....	29
6.6 Interfața radio GPRS.....	31
<b>Capitolul 7:</b> .....	<b>33</b>
Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS) .....	33
7.1 Introducere: .....	33
7.2 Arhitectura UMTS .....	34
7.3 Caracteristicile sistemului UMTS .....	36
7.4 Tipuri de canale utilizate pe interfața radio.....	39

# Capitolul 1:

## Introducere în rețelele de comunicații mobile

Telefonia mobilă a cunoscut una din cele mai rapide creșteri și oferă cele mai populare teleservicii. Mobilitatea este asigurată prin accesul radio realizat prin stațiile de bază. Abonatul poate realiza apel indiferent de poziția lui geografică și se poate deplasa în timpul convorbirii fără a fi afectată calitatea convorbirii. Pentru a asigura mobilitatea abonatului, este necesar ca stația mobilă să fie în contact radio permanent cu rețeaua de comunicații mobile.

Sistemele de comunicații mobile au cunoscut o evoluție marcată de trei generații:

Prima generație de sisteme mobile celulare, dezvoltate după 1980, este bazată pe tehnologii de comunicație analogice care au folosit multiplexarea cu diviziunea în frecvență. Aceste sisteme asigurau servicii telefonice.

Prima generație de sisteme digitale de comunicații mobile utilizează tehnici de acces cu multiplexare cu diviziune în timp (TDMA – Time Division Multiple Access). GSM 900/1800 sunt sisteme digitale bazate pe comutația de circuite care asigură servicii telefonice și de date de la terminale miniaturizate mobile. Calitatea comunicațiilor este foarte bună și se asigură o utilizare eficientă a spectrului de frecvență. Rata de creștere a comunicațiilor mobile este foarte mare, în prezent sunt peste 2000 de milioane de abonați ai sistemelor de comunicații mobile.

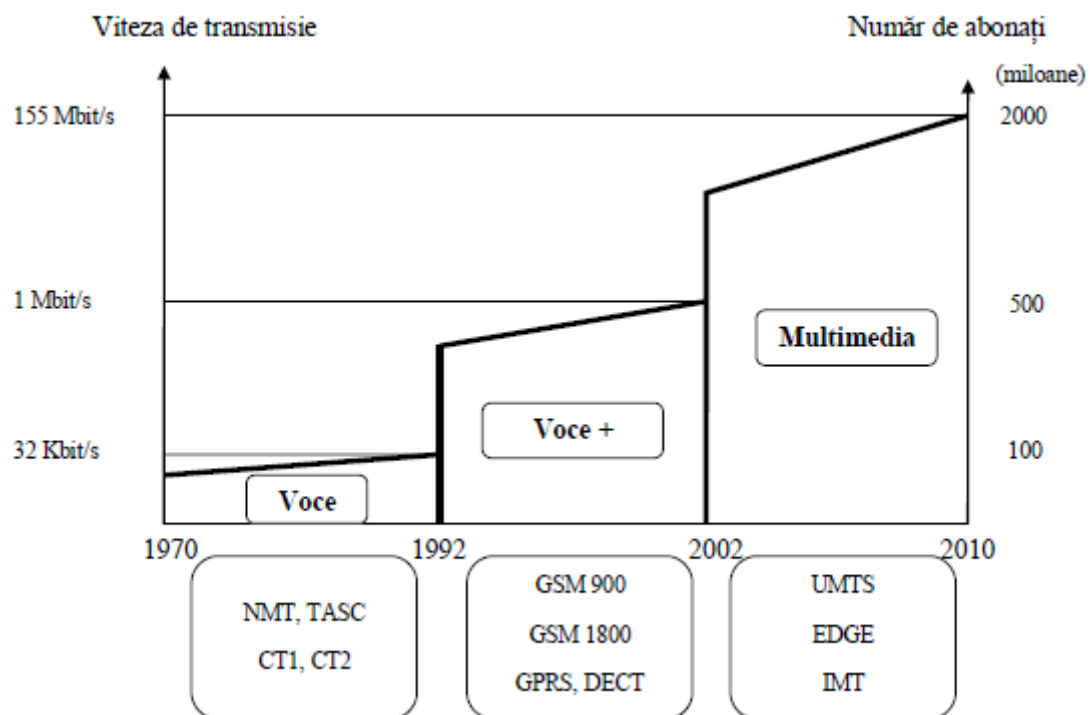
Diversificarea serviciilor și dezvoltarea comunicațiilor multimedia impun creșterea vitezei de transmisie și eventual acces asimetric la internet. Acestea au determinat dezvoltarea în continuare a sistemelor de comunicații mobile astfel că au fost obținute sisteme de comunicații mobile din generația a II-a (2G) și a III-a (3G).

În urma dezvoltării explozive a internetului a apărut necesitatea accesului digital la rețeaua cu comutație de pachete de date, astfel că după 1998 a fost dezvoltat conceptul GPRS (General Packet Radio Services), care a fost implementat în sistemele GSM. Obiectivul principal era asigurarea accesului utilizatorilor la servicii similare celor oferite de N-ISDN. Sistemul combinat GSM-GPRS a constituit generația 2,5G de sisteme de comunicații mobile.

Sistemele de generația a treia (3G), standardizate de ITU-RR sub denumirea de IMT-2000 (International Mobile Telecommunication System), au avut ca obiective majore:

- realizarea unei rețele unificate globale pentru aplicații fixe și mobile, telefonice și de date;
- acces radio la servicii de bandă largă;
- realizarea unei arhitecturi flexibile de servicii, care să permită operatorilor să răspundă cerințelor abonaților la servicii de telecomunicații.

În figura de mai jos putem observa creșterea vitezelor de transmisie și a numărului de abonați ai sistemelor de comunicații mobile:



## **Capitolul 2:**

### **Sistemul Global pentru comunicații Mobile (GSM)**

#### **2.1 Principiile de bază ale telefoniei celulare**

Conceptul de telefonie celulară a fost inventat în Statele Unite la Bell Laboratories în 1947. Au fost necesari peste 35 de ani pentru a-l pune în practică și a realiza prima rețea analogică și terminalele necesare.

O rețea celulară este compusă dintr-o serie de stații de bază de joasă putere, fiecare oferind o arie de acoperire relativ mică, care, combinate, asigură o acoperire continuă a unei regiuni date. Prin utilizarea acestor stații de putere mică, a devenit posibilă reutilizarea frecvențelor, ce a condus la o creștere a capacității rețelei.

Acoperirea oferită de o stație de bază corespunde unui număr de utilizatori care se presupune că există în respectiva arie, numită celulă. Astfel, arii dens populate necesită celule mai mici și un aspect inteligent al rețelei dă posibilitatea unei conversații să continue fără întreruperi pe măsură ce utilizatorii se deplasează între aceste celule. Procesul prin care o conversație este pasată dintr-o celulă în alta este cunoscută sub numele de "handover".

#### **2.2 Numerotarea, criptarea transmisiei și securizarea accesului în GSM**

Deoarece toate procedurile legate de localizarea, reactualizarea localizării, identificarea și autentificarea terminalului mobil etc., sunt strâns legate de sistemul de numerotare, criptare a transmisiei și securizarea accesului pe mediul radio, am considerat oportun să prezentăm aceste aspecte înainte de a descrie în detaliu procedurile specifice GSM.

În GSM numerotarea este implicată în procedurile de inițiere și rutare a unui apel, în procedurile de actualizare și reactualizare a localizării unui terminal mobil etc. Mecanismele de securizare a accesului sunt esențiale, fiind premergătoare stabilirii comunicației; criptarea transmisiei pe mediul radio este implicată în comunicația propriu-zisă, asigurând confidențialitatea apelurilor. În cele ce urmează vom prezenta întâi numerotarea în sistemul GSM, apoi criptarea și securizarea accesului.

##### **2.2.1 Numerotarea în GSM**

Numerotarea în sistemul GSM trebuie să țină cont de faptul că punctul de acces al abonaților în sistem nu este fix (ca în PSTN, ISDN etc.) Astfel, în rețelele fixe, un același număr este folosit pentru identificarea abonatului, a echipamentului, dar și a serviciului.

În GSM, așa cum s-a menționat, trebuie avută în vedere mobilitatea terminalului. Ca atare, există numere diferite pentru scopuri diferite: rutare, servicii, identificarea abonatului etc. Din fericire pentru utilizator, numărul de apel al unui abonat GSM rămâne unic, iar corespondența între diversele numere GSM nu este transparent, pentru acesta. Complicarea numerotării intervine în principal datorită mobilității abonatului, acesta având posibilitatea de a-și modifica poziția atât în interiorul unei rețele PLMN, dar și de a trece dintr-o rețea în alta.

Pentru a înțelege mai bine numerotarea GSM trebuie anticipat că, de exemplu, localizarea completă a terminalului mobil în cazul unui apel sosit din rețeaua fixă presupune: rutarea apelului până la MSC gazdă al echipamentului mobil, determinarea BSC gazdă al echipamentului mobil (un MSC deservește mai multe BTS), determinarea BTS gazdă al echipamentului mobil (un BSC deservește mai multe BTS). Ca atare, o componentă foarte importantă a mecanismului de numerotare a fost concepută în vederea asigurării unor funcții de rutare mult mai consistente decât cele din rețeaua fixă.

Tipuri de numere GSM:

- **MSISDN** (Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number) - număr internațional ISDN al stației mobile - este numărul pe care un abonat din rețeaua fixă îl va forma pentru apelarea unui mobil. Acest număr este înțeles de PSTN și permite rutarea apelului până la primul MSC din PLMN gazdă a abonatului.
- **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity) - identitate internațională a abonatului mobil (sau număr internațional de identificare a abonatului mobil). Acest număr este fix, independent de poziția abonatului în rețea. Mai mult, din rațiuni de securitate a accesului în rețea, precum și de securitate a comunicației, acest număr este transmis pe interfața radio cât mai rar posibil.
- **MSRN** (Mobile Station Roaming Number) - număr de roaming aferent stației mobile.
- **LAI** (Location Area Identity) - identificatorul ariei de localizare. Așa cum îi arată și numele, acest număr identifică o anumită arie dintr-o rețea PLMN.
- **TMSI** (Temporary Mobile Subscriber Identity) - identificator temporar al abonatului mobil. Acest număr este un număr local (maxim 32 biți) de identificare a unui abonat mobil. El se folosește în interiorul zonei deservite de o baza de date temporară VLR și se utilizează în loc de IMSI, pentru a evita transmiterea acestuia în clar pe interfața radio.
- **IMEI** (International Mobile Equipment Identity) - identificator de echipament. Este un număr ce identifica de o manieră unică terminalul mobil, fiind destinat securizării accesului echipamentelor în rețeaua mobilă. Structura sa include atât o parte specifică constructorului, cât și o parte specifică de terminal (ce identifică echipamentele diferite produse de același constructor).

### 2.2.2 Criptarea transmisiei și securizarea accesului pe mediul radio în sistemul GSM

Aspectele legate de criptarea transmisiei și securizarea accesului pe mediul radio în sistemul GSM se referă la trei direcții principale:

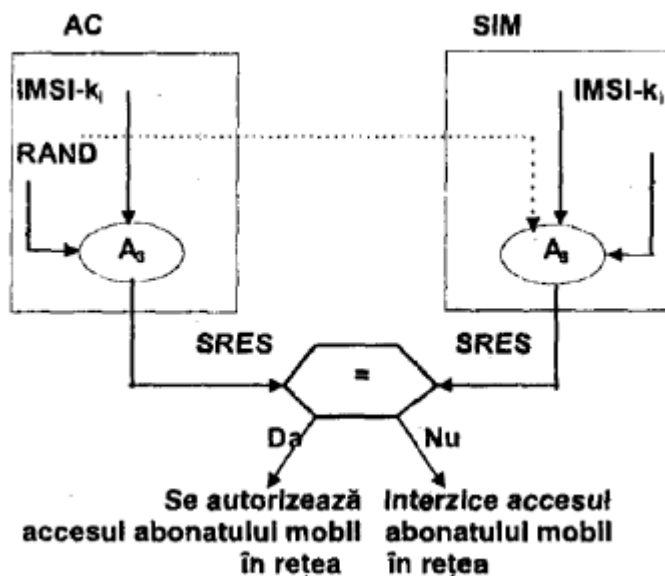
- A) securizarea accesului utilizatorului în sistem;
- B) criptarea transmisiei pe mediul radio;
- C) securizarea accesului echipamentului în sistem.

#### A) Securizarea accesului utilizatorului în sistem

Acest set de funcții trebuie să asigure atât accesul în sistem numai al utilizatorilor plători de servicii, cât și o taxare corectă (în sensul că taxarea trebuie să fie suportată exclusiv de cel care beneficiază de un anumit serviciu). Deci, un utilizator va avea acces în sistem numai după ce, în prealabil, are loc o autentificare a sa. În figura de mai jos este prezentat simplificat algoritmul de autentificare folosit în sistemul GSM.

Fiecare utilizator dispune de o cheie individuală, care este memorată în două locuri în sistem: în modulul de identitate al utilizatorului (SIM) și în centrul de autentificare (AC). Centrul de autentificare (AC) generează numărul aleator RAND. Pe baza lui RAND și a IMSI-ki, folosind algoritmul A3, se

obține numărul SRES (Signed Response), care este trimis bazei de date temporare (VLR). De asemenea, AC trimite valoarea RAND și stației mobile. Aici, ținând cont că valoarea IMSI-ki este stocată și în modulul de identitate a utilizatorului, pe baza aceluiași algoritm de criptare A3, se poate calcula valoarea SRES, care este de asemenea transmisă bazei de date temporare. Aceasta va compara cele două valori obținute și, dacă ele sunt identice, va permite accesul utilizatorului în sistem.



Notății folosite în figură:

- AC (Authentication Center) - Centru de autentificare;
- SIM (Subscriber Identity Module) - Modul de identitate utilizator (cartela GSM);
- RAND - număr aleator (generat local);
- IMSI-ki - (International Mobile Subscriber Identity - Individual Key) – cheie individuală a utilizatorului.

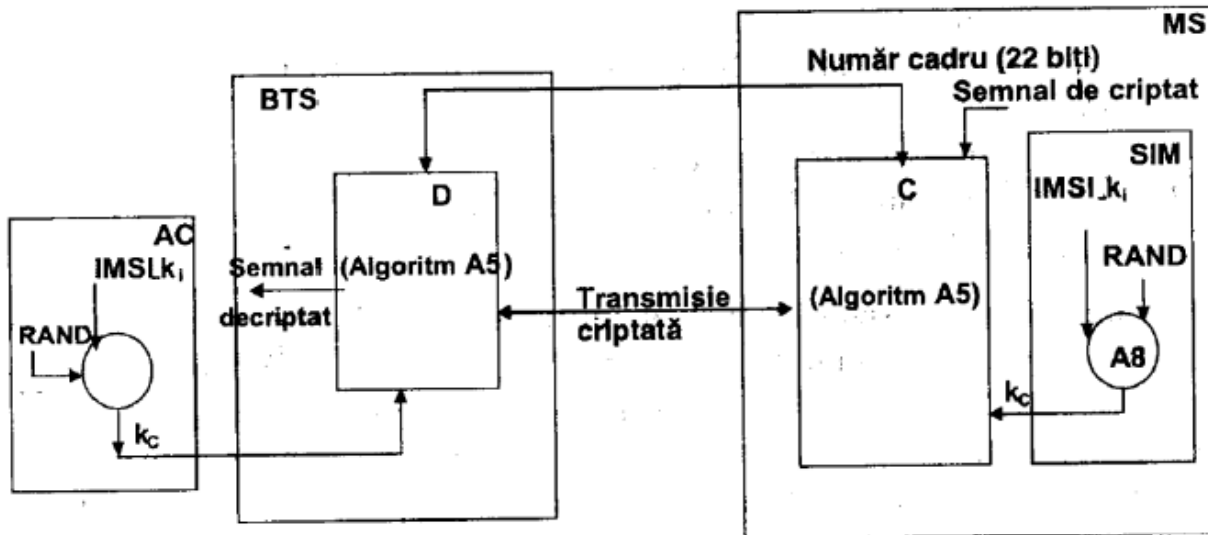
Se impun câteva precizări pentru completare:

- Algoritmul A3 este specific operatorului și poate diferi de la un operator la altul;
- Cheia individuală IMSI-ki este un parametru secret, specific utilizatorului (de exemplu valoarea lui ki, deși este memorată în modulul de identitate -SIM - nu este accesibilă nici măcar acestuia);
- Algoritmul A3 este un algoritm de criptare unidirecțional, în sensul că, atunci când se cunosc IMSI-ki și RAND, calcularea valorii SRES este simplă, dar invers, cunoscând valoarea RAND și SRES, calcularea lui ki este foarte complexă. Această proprietate a algoritmului A3 face practic imposibilă determinarea cheii individuale a utilizatorului, chiar dacă se cunosc atât valorile RAND și SRES, cât și algoritmul A3;
- în concordanță cu Specificațiile GSM, s-a decis ca valoarea RAND sa fie reprezentată pe 128 biți, iar cea a lui SRES pe 32 biți. Acestea sunt restricțiile impuse algoritmului de criptare A3.

## B) Criptarea transmisiei pe mediul radio

Criptarea transmisiei pe mediul radio are ca scop evitarea interceptării ilegale a apelurilor. Ideea ce trebuie reținută este aceea că acest mecanism de criptare acționează numai pe interfața radio; dacă un apel de la/spre un utilizator GSM traversează și rețeaua fixă, atunci, pe aceste porțiuni, regulile de criptare sunt diferite de cele utilizate în GSM pe interfața radio (sunt specifice rețelei traversate). Algoritm (simplificat) de criptare a transmisiei pe mediul radio este prezentat în figura următoare:





Funcționarea algoritmului este, în parte, asemănătoare cu cea a algoritmului de autentificare. Astfel, în centrul de autentificare (AC) și în stația mobilă (MS) folosind algoritmul A8, se obține valoarea cheii de criptare k<sub>C</sub>. Pe baza ei, folosind algoritmul A5, stația mobilă poate cripta transmisia între ea și BTS. Pe baza aceluiași algoritm A5, și folosind valoarea k<sub>C</sub> primită de la centrul de autentificare prin intermediul VLR, în BTS are loc decriptarea.

### C) Securizarea accesului echipamentului în sistem

Această funcție este destinată prevenirii utilizării aparatelor declarate ilegale (de exemplu, un aparat furat poate fi declarat ilegal prin anunțarea furtului la operator, care va pune aparatul în cauză pe o așa numită „listă neagră”). Aici discuția se poate extinde și la cartela SIM. Astfel, pentru terminalul mobil securizarea se face astfel:

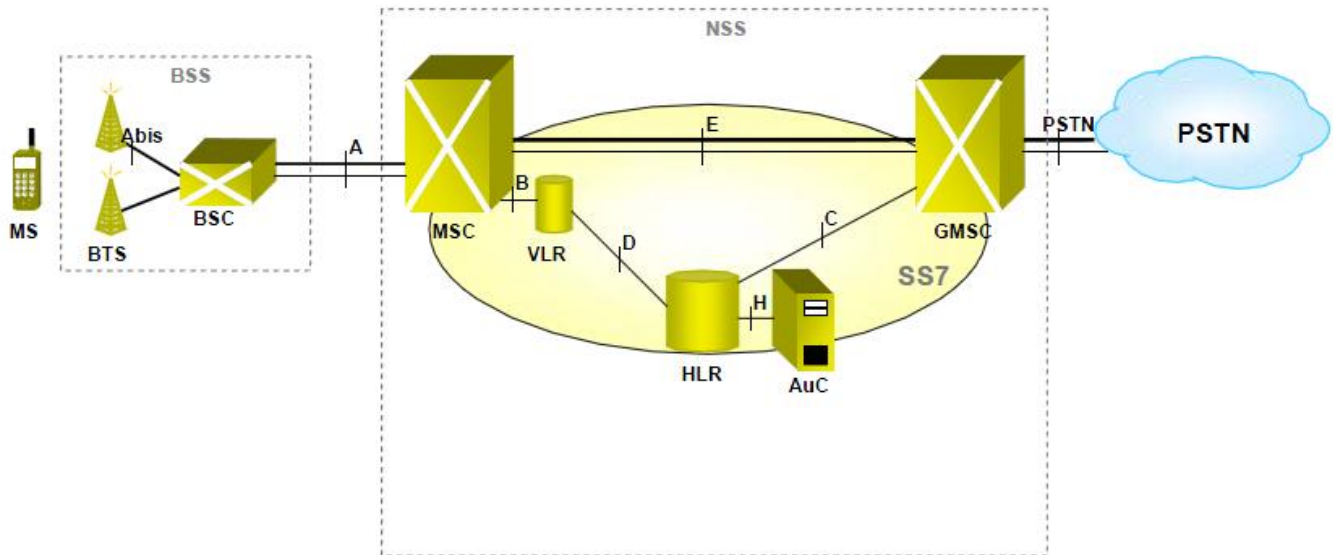
- în EIR (Equipment Identity Register) - baza de date a echipamentelor în care este stocată identitatea fiecărui aparat. În cadrul procedurii de acces în sistem se poate prevedea și o funcție de identificare a echipamentului, care presupune interogarea bazei de date EIR, pentru verificarea echipamentului ce solicită accesul în sistem. În primele sisteme GSM această funcție nu era încă implementată;
- pentru cartela SIM se poate realiza securizarea prin protejarea acesteia cu o parolă (la introducerea cartelei în aparat, utilizatorul trebuie să tasteze o parolă), procedeu asemănător protecției cărților de credit bancare. Echipamentul mobil este cel care va compara cuvântul tastat cu parola (corectă) înregistrată pe SIM, iar accesul la utilizarea cartelei este posibil numai dacă cele două coincid.

## Capitolul 3:

### Arhitectura GSM

#### 3.1 Arhitectura generală a sistemului de telecomunicații mobile

În figura de mai jos este ilustrată arhitectura generală GSM:



Comunicația între stația mobilă și PLMN are loc prin canale radio.

Spectrul de frecvențe alocat unui sistem mobil este partajat în benzi de frecvență care definesc canalele radio prin care se realizează comunicația cu stația de bază. În plus, se realizează o separare în frecvență a canalelor radio de emisie și recepție.

La proiectarea unui sistem de comunicații mobile trebuie să se aibă în vedere caracteristicile mediului de comunicație dintre stația mobilă și stația de bază, precum și puterea de emisie limitată a stației mobile. Aceste considerente determină împărțirea ariei de acoperire în arii mai reduse numite celule.

Celula este aria în interiorul căreia comunicația dintre stația mobilă și stația de bază este de calitate. Teoretic, forma unei celule se consideră a fi un hexagon regulat. Dimensiunea celulei depinde de structura geografică a zonei deservite și de numărul de utilizatori. Raza unei celule poate atinge câțiva kilometri. În mediile urbane, unde numărul de utilizatori este mare, aria de acoperire se poate diviza în microcelule cu raza de 1 km (în medii urbane mediu populate) sau picocelule cu raza maximă de 300 m (în mediile dens populate).

**Stația de bază** gestionează comunicațiile în interiorul stației de bază și dintre celulele asociate acesteia. Ea este formată din BTS și BSC.

**BTC (Base Transceiver Station)** conține echipament pentru transmisia și recepția radio, antene pentru una sau mai multe celule, echipament de criptare/decriptare a semnalului și pentru măsurarea puterii semnalului recepționat.

**BSC (Base Station Controller)** gestionează canalele radio, care pot fi canale de trafic de comunicație sau canale de semnalizare. BSC controlează rețeaua de acces radio și conexiunile prin aceasta. La acest nivel se realizează o concentrare de trafic și se controlează mobilitatea și conexiunile din interiorul ariei deservite de BSC (la trecerea stației mobile dintr-o celulă în alta a aceleiași arii de acoperire).

**MSC (Mobile Switching Centre)** este centrul de comutație al serviciilor mobile. Acesta este un nod de comutație care trebuie să realizeze următoarele funcții de bază:

- asigură interconectarea cu rețelele fixe de comunicații;
- menține o bază de date care gestionează:
- identitatea și localizarea fiecărui mobil deservit (**HLR = Home Location Register**). Aceste informații permit rutarea apelului terminalului mobil. Modificarea poziției unui mobil este comunicată prin MSC către HLR.
- deplasarea unui mobil dintr-o celulă în alta este urmărită cu ajutorul BTS și BSC. Baza de date care înregistrează informațiile despre vizitatorii celulei se numește **VLR (Visitor Location Register)**. Ea este actualizată cu ajutorul BSC. Informația referitoare la modificarea poziției mobilului va fi comunicată prin MSC către HLR.
- gestionează mecanismele de transfer ale apelurilor la modificarea poziției mobilului prin deplasarea acestuia dintr-o celulă în altă celulă. Apelul se va menține, dar conexiunea va fi comutată pe un alt canal radio alocat prin celula în care a intrat mobilul;
- gestionează semnalizările cu rețeaua fixă și cu stațiile de bază.

**GMSC (Gateway MSC)** este un MSC specializat care servește ca interfață cu alte rețele de telecomunicații. Toate conexiunile de la sau spre o rețea fixă trec prin GMSC.

### 3.2 Rețeaua celulară

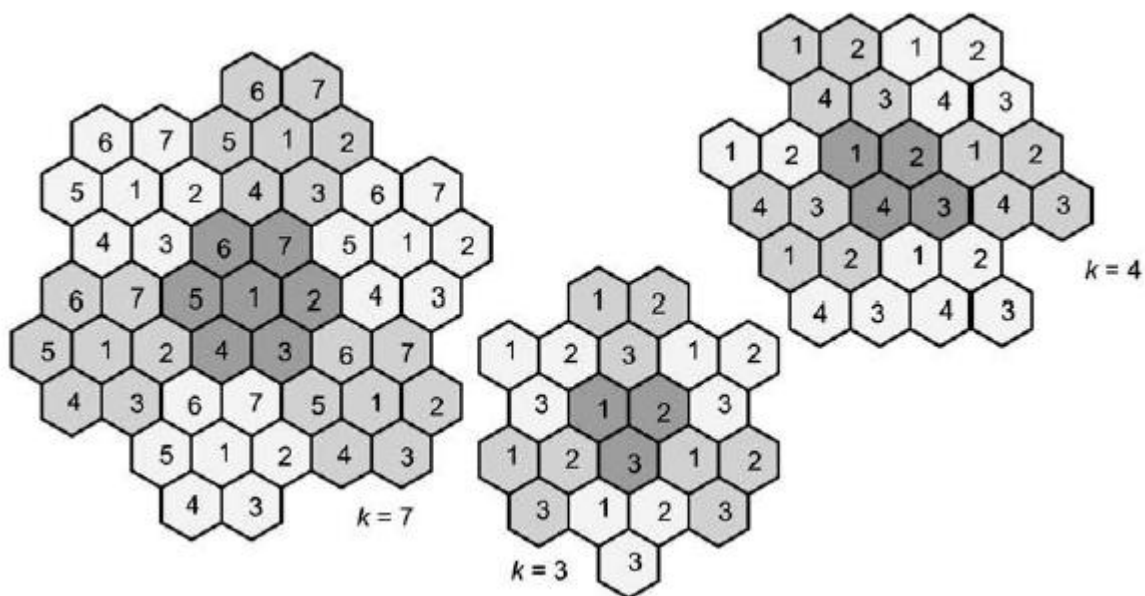
Rețeaua de radiotelefonie mobilă celulară este divizată în celule, în fiecare celulă fiind montate una sau mai multe stații de bază care acoperă, din punct de vedere radio, teritoriul respectiv. În sistemele celulare se realizează transferul (handover) automat al legăturii stației mobile de la o stație de bază la alta, în funcție de poziția stației mobile.

Teoretic, rețeaua este împărțită în hexagoane, care acoperă teritoriul în care se dorește introducerea serviciului radiotelefonie celular.

În fiecare celulă hexagonală se utilizează un număr de canale, în funcție de traficul estimat.

Un grup de celule hexagonale în care nu se repetă nici un semnal util, dar pe care s-au repartizat toate canalele disponibile, formează o zonă de repartiție radio. Într-o zonă de repartiție radio se pot grupa  $k = 3, 4, 7, 9, 12, 13$  celule.

În figura de mai jos vor fi ilustrate modelele de sisteme celulare:



Se observă că, din considerente geometrice,  $k$  nu poate lua orice valoare întregă.

Fiecare celulă are asociată o stație de bază. Numărul de celule dintr-o zonă este stabilit în funcție de raportul semnal/perturbație ( $S/P$ ) admis. Pentru a asigura o calitate bună a recepției se recomandă pentru raportul semnal/perturbație valori minime de 18 dB pentru sistemele cu modulație digitală.

Calculul real al acoperirii teritoriului cu serviciul de radiotelefonie mobilă trebuie să ia în considerare relieful zonei considerate, distribuția zonelor cu trafic mare, distribuția populației.

Fiecărei stații de bază  $i$  se repartizează mai multe canale utilizate în zona de servire a celulei asociate.

În sistemul GSM, interfața radio, aflată între stația mobilă mobilă și stația de bază, utilizează benzile de frecvență:

- **890 – 915 MHz** pentru sensul de transmisie de la stația mobilă la stația de bază;
- **935 – 960 MHz** pentru sensul de transmisie de la stația de bază la stația mobilă.

În fiecare din aceste benzi sunt stabilite câte 124 frecvențe purtătoare, distanțate între ele cu 200 kHz.

Fiecare stație de bază are alocate un număr de purtătoare, în funcție de traficul estimat în celula respectivă. Distanța dintre o purtătoare utilizată pentru emisie și una utilizată pentru recepție în stația de bază este de 45 MHz. Canalul de comunicație este duplex.

Pe fiecare purtătoare sunt multiplexate (în GSM) în timp câte 8 canale „fizice”. În acest fel, opt stații mobile pot realiza legături radio bidirecționale cu stația de bază pe o pereche de frecvențe purtătoare.

## Capitolul 4:

### Serviciile GSM

#### 4.1 Introducere în serviciile GSM

GSM prevede o gamă largă de servicii ce pot fi oferite abonaților, servicii pe care le vom detalia în continuare. În plus, GSM prevede un set de servicii suplimentare față de cele oferite de rețelele fixe, cum este serviciul de mesagerie scurtă (asemănător serviciului de paging).

Asigurarea serviciilor depinde de trei factori independenți unul de celălalt:

- conținutul abonamentului (atât din punctul de vedere al serviciilor, cât și al ariei geografice în care abonatul are drepturi de acces). Fiecare operator de sistem oferă abonamente valabile regional (o anumită zonă geografică), național sau internațional, ce conțin pachete de servicii cu costuri diferite;
- capacitatea rețelei de a oferi o anumită gamă de servicii, la un moment dat. Două rețele nu vor putea oferi aceeași gamă de servicii la un moment dat unui abonat, deoarece aceasta depinde de restricțiile impuse de rețeaua în care abonatul se află în acel moment. Cu alte cuvinte, un abonat ce are acces la un serviciu într-o rețea poate să fie restricționat la acel serviciu într-o alta rețea, dacă serviciul nu este implementat în aceasta din urmă;
- capacitatea echipamentului deținut de abonat. De exemplu, este evident că un abonat nu va putea transmite sau recepționa un fax sau un fișier de date de la un terminal vocal, decât dacă dispune de un echipament adecvat.

Serviciile oferite de sistemul GSM se pot împărți în trei mari categorii:

- a) Servicii de transport;
- b) Teleservicii;
- c) Servicii auxiliare.

#### 4.2 Servicii de transport

Serviciile de transport sunt serviciile ce presupun asigurarea transferului informației, la un anumit debit, între două interfețe (puncte de acces în rețea) diferite.

Serviciile de transport GSM au fost definite ținând cont de serviciile deja existente în rețelele fixe. Ele permit atât asigurarea unui circuit pentru transmisia datelor, cât și accesul în rețelele de date.

Din punctul de vedere al transmisiei de date, putem vorbi de circuite cu debite cuprinse între 300 - 9600 b/s și de transmisie digitală (UDI - Unrestricted Digital Information - tip de transfer nerestricționat), dar și de transmisie analogică.

Există cartele specializate PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) ce permit bransarea computerului portabil la terminalul GSM. Aceste cartele permit asigurarea funcțiilor clasice ale modemurilor din rețelele fixe pe mediul radio, în conformitate cu standardul GSM.

#### 4.3 Teleserviciile

Teleserviciile presupun asigurarea unei comunicații între două terminale distincte din rețea și eventual între aplicațiile corespunzătoare.

Teleserviciile oferite de GSM sunt numeroase și numărul lor va crește, dintre acestea amintim:

- Telefonie - vocea este digitalizată și transportată prin rețeaua GSM ca flux digital;

- Servicii de date:

- Comunicații de date cu utilizatorii PSTN, ISDN, PSPDN, CSPDN printr-o mulțime de metode și protocoale de acces, din care cele mai cunoscute sunt X.25 și X.32;

- Servicii facsimil prin utilizarea unui adaptor fax plasat la terminalul mobil;

- Servicii de text, videotext, teletext;

- Serviciul de mesagerie scurtă.

Cel mai utilizat teleserviciu prevăzut de GSM este telefonía. Acesta permite apeluri bidirecționale între abonații GSM și orice abonat conectat la o rețea telefonică generală (fixă sau mobilă). De asemenea, se permite abonaților să apeleze alte servicii (poliție, pompieri, salvare) chiar și în condițiile expirării abonamentului, fără a se percepe taxarea lor.

Un alt teleserviciu derivat din cel telefonic este mesageria vocală. Acesta este oferit separat, tot ca un teleserviciu de bază, de mulți operatori. El presupune stocarea unui mesaj vocal, care urmează a fi retransmis ulterior către destinatarul mobil.

**Teleservicii de date:** deoarece sistemul GSM a fost creat ulterior rețelei ISDN, serviciile de date au fost proiectate de la început pentru compatibilitate cu ISDN, cu singura deosebire că au apărut limitări datorate mediului radio.

**Teleserviciile de mesagerie scurtă:** Se face o distincție clară între un mesaj de tip SMS-MT/PP (Mobile Terminating Short Message Service, Point to Point) care identifică un mesaj scurt ce are ca destinatar un abonat mobil și mesajul de tip SMS-MO/PP (Mobile Originating Short Message Service, Point to Point) care permite unui abonat să transmită un mesaj scurt către un abonat GSM. Tot în cadrul teleserviciilor de mesagerie scurtă intră și mesajele de broadcast SMS-CB (Cell Broadcast Short Message Service) care permit transmiterea de mesaje de interes general către toți abonații aflați într-o arie geografică.

**Mesaje scrise punct-la-punct:** Acest tip de teleserviciu permite transmiterea de mesaje alfanumerice care, în cazul în care destinatarul este un abonat GSM, apar pe ecranul terminalului destinatar. Fiind asemănător cu serviciul de paging, serviciul de mesagerie scurtă are față de acesta îmbunătățiri ce permit utilizarea și a altor facilități oferite de sistemul GSM (de exemplu posibilitatea unui dialog bidirecțional între stația mobilă și rețea, ce poate conține mesaje de informare către terminalul expeditor, care anunță că transmisia s-a efectuat cu succes, sau că mesajul va fi retransmis ulterior în cazul în care mobilul destinatar nu a putut fi contactat de rețea, pentru a i se transmite mesajul).

**Mesaje de difuzare (broadcast):** Mesajele de broadcast sunt mesaje ce conțin informații generale, transmise digital, în mod ciclic, de către o stație de baza într-o arie geografică. Aceste mesaje pot fi monitorizate de stația de bază, cu excepția cazului în care are loc o comunicație bidirecțională cu rețeaua (de exemplu informații asupra legăturilor radio din celula). Deoarece aceste mesaje sunt adresate tuturor abonaților din aria geografică respectivă, ele nu sunt transmise în mod cifrat, ca în cazul mesajelor destinate unui singur abonat, deci acest serviciu nu va necesita subscripția specifică mesajelor destinate unui singur abonat.

Modalitatea de implementare a acestui serviciu depinde de operatorul rețelei, care își definește singur regimul de acordare a acestor mesaje (de exemplu acordate doar autorităților publice).

## Capitolul 5:

### Interfața radio în GSM

#### 5.1 Tehnici de acces multiplu

În cadrul sistemelor celulare terestre radio mobile, tehnicile de acces multiplu permit multor utilizatori să împartă, în cel mai eficient mod, posibilitățile limitate ale unui spectru radio. În funcție de alocarea canalului vocal către utilizatorii sistemului, accesul multiplu poate fi clasificat în trei categorii, după cum urmează:

a) **Pre-asignare:** În astfel de sisteme, utilizatorului îi este alocat în mod permanent (asignat) un canal vocal, chiar dacă acesta este folosit sau nu.

b) **Asignare la cerere:** În acest caz, utilizatorului îi este alocat un canal vocal la comandă (la cerere) dintr-un grup de canale disponibile. După ce convorbirea s-a terminat, canalul este "returnat" sistemului, același canal fiind apoi disponibil pentru alți utilizatori.

c) **Acces aleator:** În sistemele cu acces aleator, utilizatorii sistemului încearcă să acceseze canalele în mod aleator, fără a ține seama de sistem. Sunt posibile în acest caz "ciocniri" între utilizatorii concomitenți care încearcă să acceseze același canal. Canalele sunt returnate sistemului atunci când convorbirea s-a încheiat.

Pre-asignarea este inefficientă la utilizarea în sistemele celulare, cu toate că unele canale trebuie să fie pre-asignate serviciilor de urgență din cadrul sistemului. Cea mai eficientă este asignarea la cerere și este folosită în mod frecvent în sistemele celulare actuale. Accesul aleator este o posibilitate, dar frecvența „ciocnirilor” devine inacceptabil de mare în timpul orelor de trafic maxim. În realitate, unele sisteme folosesc accesul aleator ca parte a arhitecturii accesului la cerere cu scopul de a accesa un canal disponibil de către utilizatori.

În funcție de separările semnalelor, există trei tehnici de bază de acces multiplu:

A) acces multiplu cu divizarea frecvențelor (FDMA)

B) acces multiplu cu divizarea timpului (TDMA)

C) acces multiplu cu divizarea codului (CDMA)

#### A) Accesul multiplu cu divizarea frecvențelor (FDMA)

Acest tip de acces a fost implementat în primele sisteme mobile și se caracterizează prin faptul că un canal radio poate fi folosit, la un moment dat, de un singur utilizator. Astfel, dacă un utilizator ce dorește realizarea unei convorbiri primește canalul  $i$ , un alt utilizator va putea realiza o convorbire pe același canal  $i$  numai după ce primul eliberează canalul. Presupunând  $n$  utilizatori ce desfășoară convorbiri simultan în sistem, o posibilă alocare a canalelor radio în sistemele cu acces simplu este prezentată în figura 5.1.

În acest caz, există posibilitatea ca doi utilizatori, apropiați ca distanță, să utilizeze simultan canale vecine în frecvență, ceea ce produce fenomenul numit interferență de canal adiacent. Pentru minimizarea acestui tip de interferență este necesară existența unei distanțe în frecvență între canale (bandă de gardă sau bandă de separație).

Cu ajutorul tehnicii FDMA, utilizatorii împart spectrul radio în domenii de frecvență. Acest lucru se realizează prin divizarea întregii lățimi de bandă disponibilă sistemului în sub-benzi de frecvențe înguste (canale vocale), după cum se ilustrează în figura a. Spațierea canalelor este dictată de tehnica de

modulație utilizată; de exemplu ea este de 5 KHz pentru SSB și 25 sau 30 KHz pentru FM. Fiecare dintre canalele vocale este alocat numai unuia dintre utilizatorii concomitenți pe durata comunicației. FDMA este mai adecvată pentru sisteme de modulație analogică, cum ar fi FM, AM și SSB. Aceste sisteme de modulație folosesc tehnica FDMA combinată cu duplexarea frecvenței.

**Avantajele FDMA:**

- a) Nu există îndoieli în ceea ce privește fezabilitatea sa.
- b) Tehnologie bine concepută și sigură.
- c) Tehnologie flexibilă.
- d) Nu necesită egalizarea canalelor.

**Dezavantajele FDMA:**

- a) Complexitatea stației de bază și necesitatea unui duplexor la stația mobilă.
  - b) Cerințe de stabilitate pentru frecvențele purtătoare, în particular, pentru spațierile de canal înguste, cum sunt cele utilizate în SSB.
  - c) Protecția împotriva unui fading major este dificil de realizat, în special pentru mobilele ce se deplasează cu viteză redusă.
  - d) Numărul de comunicații simultane este redus deoarece, la un moment dat, o purtătoare poate suporta o singură convorbire;
  - e) Existența benzii de separație, produce o micșorare a numărului de canale radio din sistem.
- Primul dezavantaj face inacceptabilă această tehnică de acces la mediu, în condițiile necesității obținerii de sisteme de capacități ridicate.

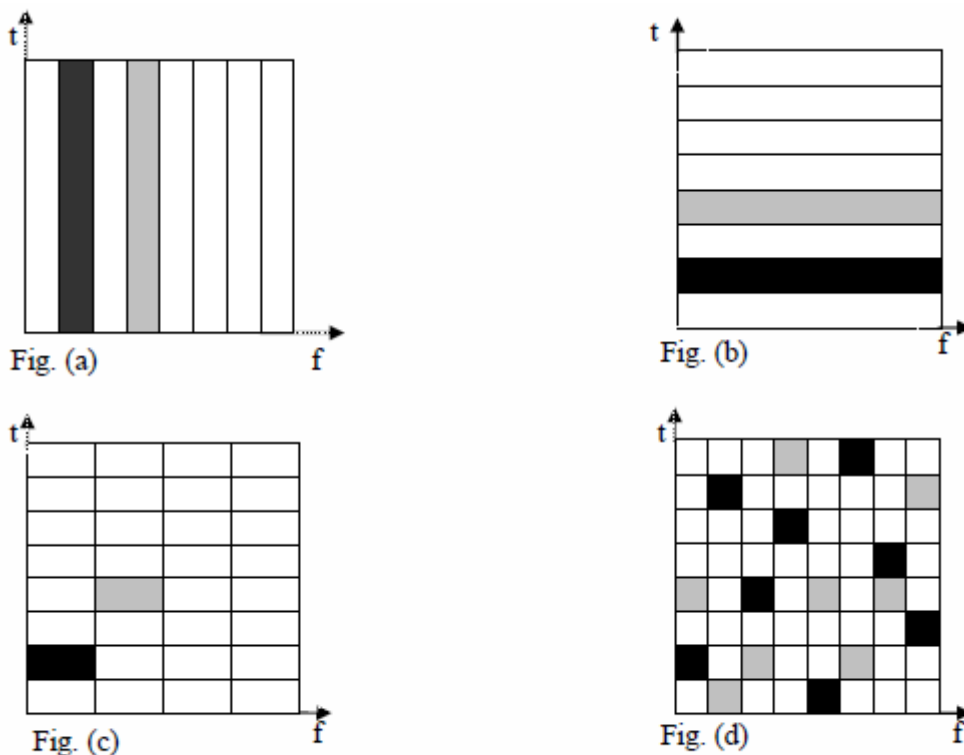


Fig. 5.1. Tehnici de baza de acces multiplu: a) FDMA; b) WB-TDMA; c) NB-TDMA; d) CDMA



## **B) Acces multiplu cu divizarea timpului (TDMA)**

Ideea de bază a acestui tip de acces este multiplexarea în timp, pe o aceeași frecvență radio, a două sau mai multe comunicații. Pe fiecare canal, timpul este decupat în sloturi de durată  $T$ . Un număr de  $M$  sloturi formează un cadru TDMA (unde  $M$  este o valoare dependentă de implementare). Fiecare utilizator mobil poate utiliza pe același canal unul sau mai multe sloturi. Reluând exemplul din paragraful precedent, pentru  $m < M$ , cei  $m$  utilizatori vor putea folosi aceeași purtătoare radio.

Cu tehnica TDMA, utilizatorii din sistem împart spectrul radio în domeniul timpului. Aceasta se realizează prin alocarea unei fracțiuni de timp unuia și numai unuia dintre utilizatorii concomitenți pentru întreaga durată a comunicației. Pe durata acestei fracțiuni de timp, utilizatorul are acces la întreaga bandă de frecvență disponibilă sistemului. Acest caz se referă la TDMA de bandă largă (WB-TDMA, fig.b). Alternativ, în TDMA de bandă îngustă (NB-TDMA), utilizatorului  $i$  se permite accesul numai la o parte din banda de frecvență disponibilă sistemului, după cum se prezintă în fig. c. În cadrul NB-TDMA, spațierea canalelor este mărită pentru a se permite divizarea timpului între puțini utilizatori, dar rămâne sub lățimea de bandă coerentă. În cazul WB-TDMA, oricum, spațierea canalelor este mult deasupra lățimii de bandă coerentă.

Tehnicile TDMA se pretează mult mai bine sistemelor digitale.

### **Avantajele NB-TDMA:**

- a) Tehnologie bine concepută.
- b) Cerințele pentru stabilitatea oscilatorului sunt mult mai puțin stringente în raport cu FDMA.
- c) Este posibil să se evite filtrele duplex la stațiile mobile prin selectarea de fracțiuni de timp diferite, atât pentru transmisie cât și pentru recepție.
- d) Codarea se poate implementa ușor.

### **Dezavantajele NB-TDMA:**

- a) Sunt posibile unele probleme de egalizare.
- b) Este necesară sincronizarea dintre mobil și stațiile de bază, ceea ce poate fi o problemă serioasă pentru vecinătatea mobilului.
- c) Necesitatea unor durate mai mari pentru timpul de preambul și timpul de siguranță poate avea un impact semnificativ asupra eficienței spectrului.

### **Avantajele WB-TDMA:**

- a) Diversitatea inerentă a frecvențelor datorată fading-ului multiplu.
- b) Se pot evita filtrele duplex în stația mobilă prin selectarea de fracțiuni de timp diferite pentru transmisie și recepție.

### **Dezavantajele WB-TDMA:**

- a) Tehnologie mai puțin elaborată decât cea folosită în sistemele cu NB-TDMA.
- b) O problemă de egalizare dificilă care necesită un sistem eficient de egalizare.
- c) Este necesară sincronizarea dintre mobil și stațiile de bază, ceea ce poate fi o problemă serioasă în cazul vecinătății mobilului.
- d) Necesită largi benzi continue de frecvență, care nu pot fi disponibile întotdeauna și oriunde.
- e) Este necesară o procesare de mare viteză.
- f) Necesită un control al puterii pentru a preîntâmpina efectul aproape-departe în care puterea de la un utilizator situat aproape de stația de bază ar putea acoperi în cadrul aceleiași celule utilizatorii îndepărtați.

g) Necesitatea unor timpi de preambul și de siguranță poate avea un impact semnificativ asupra eficienței spectrului.

### C) Accesul multiplu cu divizarea codului (CDMA)

În ultimii 15 ani, CDMA a înregistrat un ritm rapid de creștere, devenind o tehnologie extrem de sofisticată. Derivată inițial din nevoia de securitate a comunicațiilor, CDMA a fost dezvoltată comercial începând cu mijlocul anilor 1980 de către una din cele mai avansate companii de telecomunicații din lume, Qualcomm Inc., cu sediul în San Diego, California.

CDMA este acronimul de la **Code Division Multiple Acces** și este una dintre așa numitele tehnologii cu „spectru dispersat” (spread spectrum), un grup de tehnici digitale de comunicație bazate pe folosirea undelor electromagnetice într-un spectru de lungime de undă mult mai mare decât ar fi necesar semnalului original. Aceasta ultimă caracteristică permite aplicații care au nevoie de lărgimi de bandă mari – precum Internetul de mare viteză – și reduce interferențele și zgomotul. Mesajele sunt divizate în pachete, fiecărui pachet fiindu-i atribuit un anumit cod. Mesajul este transmis, apoi decodat și reasamblat la receptor. Există peste 4.4 mii de miliarde de combinații posibile (coduri). Sistemul este responsabil nu doar pentru primele două cuvinte din numele CDMA, ci și pentru caracteristicile excepționale de securitate ale tehnologiei. Caracterul de bandă largă al CDMA face și mai dificilă spargerea barierelor de securitate.

Celelalte două cuvinte din CDMA accentuează o altă trăsătură importantă a acestei tehnologii. Ca și alte multe tehnologii de comunicații, CDMA permite un număr mare de utilizatori să folosească aceeași gamă limitată de canale radio. Totuși spre deosebire de alte tehnologii de acces multiplu – TDMA (în care nimeni nu poate accesa canalul / intervalul de timp, până când apelul respectiv fie să terminat, fie a fost mutat pe alt canal), CDMA are cu totul altă abordare. Utilizatorul nu este diferențiat printr-o frecvență separată sau printr-un anumit canal/interval de timp, ci de un cod digital unic (așa numitul pseudo-Random Code Sequence) comun telefonului mobil și stației de baza. Toți utilizatorii folosesc simultan același segment al spectrului radio. Diversele mesaje nu se amestecă, întrucât fiecare pachet de date are atașat propriul cod, asemenea unei amprente. Acest mod de utilizare al spectrului radio aduce două mari avantaje tehnologiei CDMA. Unul este eficiența spectrală foarte ridicată, care duce la capacități de aproape 10 ori mai mari comparativ cu tehnologiile analogice și de 4-5 ori comparativ cu TDMA. Celălalt este legat de puterea redusă necesară transmițătorului, cu efecte imediate precum durată de viață mai lungă pentru baterie sau timp de convorbire mai lung, precum și telefoane mai compacte, mai ușoare.

În România rețeaua digitală CDMA operează în banda 450Mhz. Având această frecvență o stație acoperă teoretic o arie de 4 și respectiv de 16 ori mai mare decât stațiile care operează în benzile de frecvență de 900MHz, respectiv 1800 MHz. Cu alte cuvinte rețeaua necesită de 4, și respectiv 16 ori mai puține stații, ceea ce reduce considerabil costurile de operare. În plus tehnologia CDMA folosește transmisiuni de date în mod pachetizat (HSPSD), iar consumatorul este taxat exact pentru cantitatea de informații transferată, și nu pentru timpul petrecut în rețea.

Acești doi factori se combină pentru a permite operatorului să ofere acoperire superioară și calitate deosebită serviciilor la un preț accesibil.

Această tehnică a fost denumită și acces multiplu cu spectru distribuit (SSMA). În cadrul tehnicilor cu spectrul distribuit, semnalul transmis este plasat pe un domeniu larg de frecvență, în realitate mult mai larg decât lățimea de bandă minimă necesară pentru a transmite informațiile. De fapt, cu tehnica

CDMA, fiecărui utilizator din sistem i se asignează un set unic de forme de undă timp-frecvență care este guvernat de un cod unic pseudoaleator al utilizatorului. Astfel, fiecare utilizator poate accesa domeniul timp-frecvență, în orice moment, într-o manieră unică, în concordanță cu codul său unic și propriu (fig. d). Aceste coduri de utilizator au fost astfel proiectate încât valorile pentru intercorelații sunt menținute la un nivel scăzut iar interferența interutilizatori este menținută la un nivel scăzut și acceptabil. Există diferite moduri prin care utilizatorul poate exploata domeniul timp-frecvență, și aceasta depinde de metoda de spectru distribuit utilizată de tehnica CDMA. Tehnicile posibile de spectru distribuit sunt prezentate în literatură și pot fi rezumate astfel:

(a) **Secvența directă(DS)**. Aceasta este cunoscută ca pseudo-zgomot (PN), caz în care purtătoarea este modulată de către o secvență de cod digital a cărei rata de bit (se referă la o rată de “cip” pentru a putea face o distincție) este mult mai mare decât lățimea de banda a semnalului de informație. În forma sa cea mai simplă, purtătoarea este comutată între două faze, la  $180^\circ$ , în funcție de frecvența codului binar (forma binară pseudoaleatoare). Receptorul urmărește inversările de fază pseudoaleatoare folosind o replică memorată a secvenței de cod.

(b) **Salt de frecvență (FH)**. În cadrul acestei tehnici, frecvențele purtătoare, ale emițătorului și ale receptorului, sunt schimbate la intervale regulate. Această schimbare de frecvență este dictată de o secvență de cod care determină ordinea utilizării frecvenței. De fapt, nu este nimic mai mult decât FSK, cu excepția faptului că setul de frecvențe ales este mult lărgit. Este convenabil să clasificăm sistemele FH ca fiind rapide sau lente. În cazul saltului de frecvență rapid (FFH), viteza de salt depășește în mod semnificativ viteza informației. În cazul saltului de frecvență lent (SFH), viteza de salt este comparabilă cu sau este chiar mai mică decât viteza informației.

(c) **Salt în domeniul timpului(TH)**. În cadrul acestei tehnici, o secvență de cod dictează temporizarea transmisiei. Secvența timpilor de transmisie este memorată în receptor și este folosită pentru urmărirea transmisiei, iar în rest se ignoră canalul. Saltul în domeniul timpului nu și-a găsit aplicații largi, cu excepția sectorului militar.

(d) **“Ciripit” sau impuls FM**. În cadrul acestei abordări, frecvența purtătoare a unui impuls transmis este variată continuu (sau baleiată) pe o bandă largă în decursul unei perioade de timp.

(e) **Forme hibride**. Combinațiile hibride ale tehnicilor de mai sus sunt pe deplin realizabile.

Cele mai utilizate forme de tehnici hibride de spectru distribuit sunt:

- salt de frecvență și secvență directă (FH-DS);
- salt de timp și frecvență (TFH);
- salt de timp și secvență directă (TH-DS).

### **Avantajele CDMA:**

- a) Protecție la interferențele intenționate și neintenționate de bandă îngustă.
- b) Protecție la fading-ul care se produce datorită diversității inerente a frecvențelor caracteristice pentru FH/CDMA.
- c) Orice utilizator poate accesa sistemul în orice moment fără a aștepta un canal liber.
- d) Nu există nici o limitare stringentă în ceea ce privește utilizatorii activi simultan. În cazul în care numărul utilizatorilor activi crește peste valoarea luată în considerare, rezultatul va fi o degradare a performanțelor pentru toți utilizatorii mai degrabă decât o interdicere a accesului.
- e) Deoarece fiecare utilizator păstrează setul său unic de semnal în mod permanent, nu există nici o comutare de canal sau schimbări de adresă, chiar dacă utilizatorul se mută din cadrul unei celule în alta.

- f) Serviciile de necesitate pot fi integrate în sistem – chiar și în cazul supraîncărcării sistemului – fără a se asigna un canal anume sau interzicând accesul altor utilizatori la sistem.
- g) Coexistența în cadrul aceleiași benzi de frecvență, cum ar fi cazul sistemelor convenționale cu bandă îngustă, este posibilă dacă nu este solicitată capacitatea globală a sistemelor CDMA.
- h) Securitatea convorbirii (permite o codare eficientă împotriva ascultătorilor ocazionali, deoarece fiecărui utilizator potențial îi este asignat un cod unic) – operând pe baza a aproximativ 4,4 mii de miliarde de coduri, tehnologia CDMA elimină teoretic interceptarea, clonarea sau orice alt tip de fraudă. Această caracteristică importantă a sistemului cât și accesul securizat la Internet face posibilă operarea de tranzacții bancare sau de altă natură direct de pe telefonul mobil și în condiții de securitate maximă. Se pot trimite prin intermediul telefonului documente folosind serviciul de fax sau e-mail, fără risc.
- i) Nu există nici un interes industrial care să complice standardizarea.
- j) Calitate deosebită a sunetului și a convorbirii – tehnologia CDMA elimină zgomotele de fond, convorbirile suprapuse și interferențele, oferind o calitate excepțională a sunetului, respectiv eliminarea întreruperilor convorbirilor și a apelurilor nepreluat. Atât zgomotele de fond electronice (cele generate de computere, stații de radio-TV etc.), cât și cele acustice sunt eliminate prin folosirea unui filtru care corespunde frecvențelor obișnuite ale vocii umane. Datorită acestei metode, zgomotele de fond și interferențele sunt excluse din convorbiri.
- k) Transmisii de date de 153,6 kbps – rețelele CDMA 2000 includ protocoale IP standard pentru pachete de date în mod pachetizat (HSPSD) la viteze considerate la momentul respectiv foarte mari (153,6 kbps). Toate terminalele folosite au încorporate din construcție un modem de mare viteză și un browser pentru Internet (Microsoft Mobile Explorer 3.0), ceea ce le oferă capacitatea de a accesa servicii Internet. De asemenea, terminalul suportă rularea de aplicații client în regim securizat (SSL/HTTPS), prin intermediul browser-ului.
- l) Mai puține apeluri întrerupte – metoda „soft handover” de transfer al convorbirilor între celule, specifică tehnologiei CDMA, minimizează riscul perturbării convorbirilor sau al întreruperii sesiunilor pentru transfer de date. În rețeaua CDMA un apel poate fi preluat de mai multe antene în același timp, spre deosebire de alte tehnologii, în care utilizatorul este deconectat de la o antenă înainte de a fi preluat de următoarea.
- m) Timp de convorbire mai mare și viață îndelungată pentru baterie – atunci când se efectuează un apel sistemul CDMA se asigură că fiecare telefon mobil emite la puterea minimă necesară pentru o transmisie de calitate.
- n) Capacitate mai mare a rețelei – tehnologia CDMA oferă cea mai mare capacitate utilizatorilor prin folosirea simultană a aceluiași benzi de frecvență. Prin folosirea tehnologiei cu spectru împrăștiat, CDMA are o capacitate de 10-20 de ori mai mare decât echipamentele analogice și de 4-5 ori mai mare decât alte sisteme digitale.

#### **Dezavantajele CDMA:**

- a) Este necesar un hardware complex și costisitor. Acest lucru se datorează necesității unui sintetizator rapid de salt de frecvență, unei voci digitizate, unor procesoare rapide etc.
- b) Este esențial un control dinamic al puterii emițătorului mobil în sensul minimizării efectului aproape-depart.
- c) Nu este posibilă o detecție coerentă completă în cazul unei vecinătăți a mobilului afectată de fading. Mai mult chiar, este necesară sincronizarea la nivel de “cip” ceea ce este foarte dificil de realizat.

- d) Proiectarea unui număr mare de coduri ortogonale (sau aproape ortogonale) unice și individuale pentru mii de utilizatori necesită o muncă enormă. Pierderea ortogonalității rezultă în cazul interferenței inter-utilizator care va afecta atât eficiența cât și calitatea sistemului.
- e) Accesul liber al utilizatorului la canale poate eventual să producă prăbușirea sistemului prin atingerea unui stadiu în care calitatea serviciului este inacceptabilă pentru toți utilizatorii. În acest caz, poate fi necesară adoptarea unei strategii de blocare a apelurilor sau forțarea terminării comunicațiilor.
- f) Nu există nici o experiență practică în cazul sistemelor celulare terestre radio mobile. g) Există unele îndoieli în ceea ce privește eficiența spectrală – această situație urmează a fi investigată.

## 5.2 Accesul multiplu FDMA/TDMA

Uniunea Internațională de Telecomunicații (ITU), care controlează alocarea internațională a spectrului radio, a alocat benzile 890-915 MHz pentru uplink (transmisie sau mobil->baza) și 935-960 MHz pentru downlink (recepție sau bază->mobil), pentru majoritatea rețelelor mobile din Europa. De asemenea, este folosită pe scară largă și banda de 1800 MHz, cu uplink pe intervalul 1710–1785 MHz și downlink pe intervalul 1805–1880 MHz. Deoarece în anumite țări benzile de 900 și 1800 MHz erau deja folosite, s-au alocat alte benzi, spre exemplu GSM-850 și GSM-1900 în Statele Unite ale Americii și Canada.

Deoarece spectrul radio este o resursă limitată folosită de toți utilizatorii, a fost necesară elaborarea unei metode de a diviza banda de frecvență pentru a deservi cât mai mulți utilizatori posibil.

Metoda aleasă de GSM este o combinație de acces multiplu cu divizare în timp și frecvență "Time-Division Multiple Access" și "Frequency-Division Multiple Access" (TDMA/FDMA).

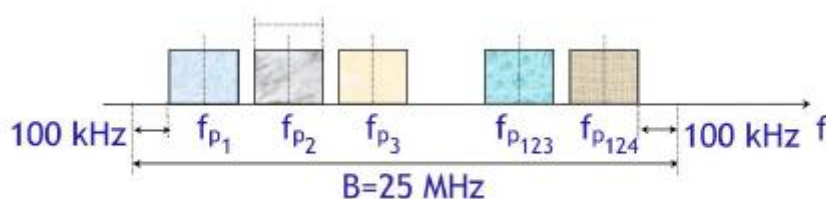


Fig. 5.2. Divizarea benzii în GSM

Metoda FDMA implică divizarea în frecvență a unei benzi de maxim 25 MHz în 124 frecvențe purtătoare, decalate cu 200 kHz. Una sau mai multe frecvențe purtătoare sunt atribuite fiecărei stații de bază. Fiecare din aceste frecvențe purtătoare este apoi divizată în timp, utilizând metoda TDMA. Unitatea fundamentală de timp în metoda TDMA este perioada impulsului și durează 15/26 ms (aprox. 0,577 ms). Opt perioade de impuls sunt grupate într-un cadru TDMA (120/26 ms, sau aprox. 4,615 ms), care formează unitatea de bază pentru definirea canalului logic. O perioadă de impuls pe cadru TDMA reprezintă un canal fizic.

## FDMA (Frequency Division Multiple Access) / FDD (Frequency Division Duplex)

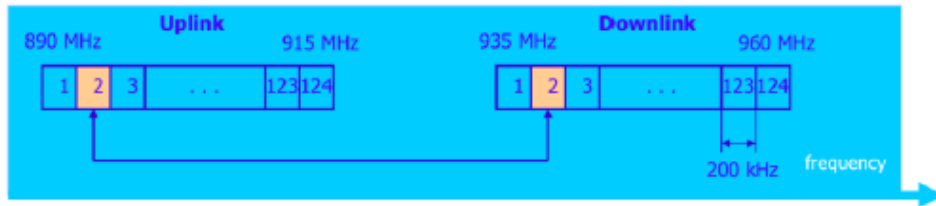


Fig. 5.3. Divizarea în frecvență a GSM-900

## TDMA (Time Division Multiple Access)

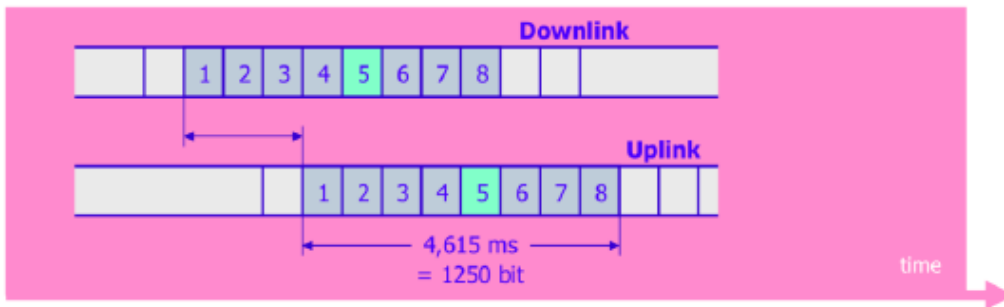


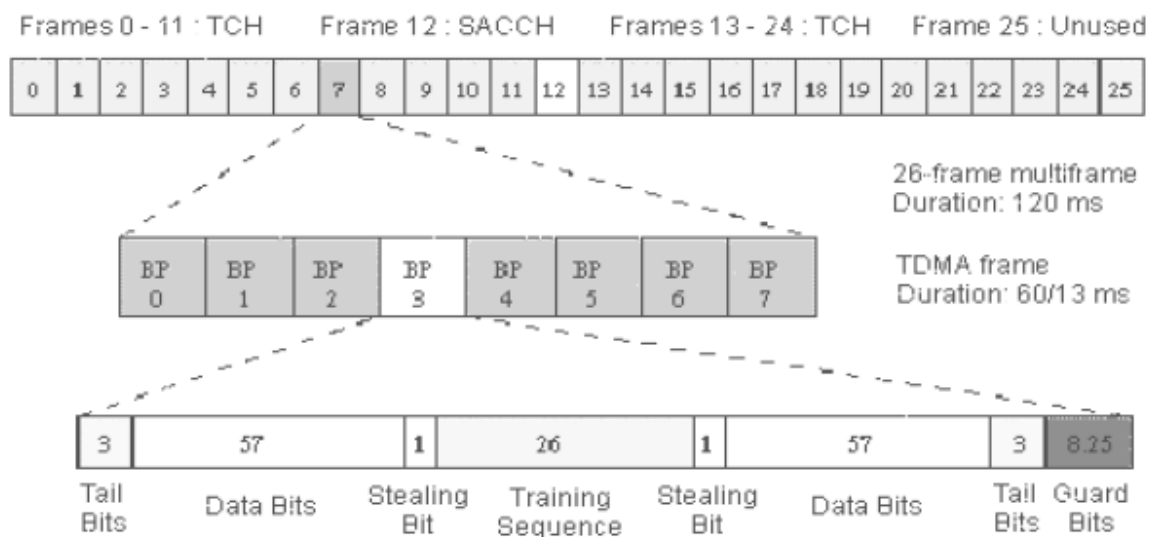
Fig. 5.4. Divizarea în timp

### 5.3 Structura canalelor

După cum am specificat și anterior, canalele fizice sunt reprezentate de către sloturile temporale. Însă înainte de formarea canalelor fizice, mesajele și datele transmise, reprezentate în forma digitală, se grupează și se unifică în așa numite canale logice. În fiecare canal fizic pot fi amplasate câteva canale logice.

Canalele logice sunt definite prin numărul și poziția perioadei de impuls corespunzătoare. Toate aceste definiții sunt ciclice și întregul model se repetă aproximativ la fiecare 3 ore. Canalele pot fi împărțite în canale dedicate, care sunt alocate unei stații mobile dedicate și canale comune, care sunt utilizate de stațiile mobile nededicate. O stație mobilă este numită dedicată dacă în momentul respectiv este în uz, și nededicată dacă este în modul așteptare.

Un **canal de trafic (TCH)** este utilizat pentru transportul semnalului vocal și a datelor. Canalele de trafic sunt definite printr-un multicadru sau un grup de 26 de cadre TDMA. Lungimea unui multicadru este de 120 ms, de unde rezultă definirea unei perioade de impuls (120 ms / 26 cadre / 8 perioade de impuls pe cadru). Din 26 de cadre, 24 sunt utilizate pentru trafic, 1 este utilizat pentru "Slow Associated Control Channel" (SACCH) și 1 nu este utilizat (fig. 5.5).



*Fig. 5.5. Structura impulsurilor, a cadrelor TDMA și a multicadrelor.*

TCH-urile pentru transmisie și recepție sunt separate de 3 perioade de impuls, astfel încât stația mobilă nu trebuie să transmită și să recepționeze simultan, simplificând electronica utilizată. În plus față de aceste TCH-uri, sunt definite și TCH-uri cu o optime de durată, și sunt folosite pentru semnalizare. În recomandări, sunt numite canale de control dedicate autonome sau "Stand-alone Dedicated Control Channels" (SDCCH).

Canale logice individuale			
Canale de trafic (duplex)		Canale de control	
Voce	Date	Canal de control de sine stătător (stand-alone)	Canal de control asociat (ACCH)
TCH/F 22,8 kb/s	TCH/F 9,6kb/s TCH/F 4,8 kb/s TCH/F 2,4 kb/s 22,8 kb/s	SDCCH/4	ACCH – rapid FACCH/F, FACCH/H
TCH/H 11,4 kb/s	TCH/H 4,8 kb/s TCH/H 2,4 kb/s 11,4 kb/s	SDCCH/8	ACCH – lent SACCH/TF, SACCH/TH, SACCH/C4, SACCH/T8

*Tabel 5.1. Canale logice individuale*

**Canalele comune** pot fi accesate de stațiile mobile atât dedicate cât și nededicate. Canalele comune sunt utilizate de stațiile mobile nededicate pentru a schimba informații necesare pentru intrarea în modul dedicat. Stațiile mobile aflate deja în modul dedicat monitorizează stația de bază pentru protocol și alte informații. Canalele comune sunt definite într-un multicadru de 51 de cadre, astfel încât stațiile mobile dedicate utilizând o structură TCH multicadru de 26 de cadre pot în continuare să monitorizeze canalele de control. Aceste canale de control includ:

- **Canal de Control "Broadcast" (BCCH)** - Transmit continuu, spre stația mobilă, informații ce includ identitatea stației de bază, alocarea frecvențelor și secvența de comutare a frecvențelor.
- **Canalul de Corecție al Frecvenței (FCCH) și Canalul de Sincronizare (SCH)** - Canale utilizate la sincronizarea stației mobile cu structura sloturilor de timp a unei celule prin definirea limitelor perioadelor de impuls și numerotarea sloturilor de timp. Un FCCH și un SCH sunt prin definiție în slotul de timp numărul 0 (într-un cadru TDMA).
- **Canal "Random Access" (RACH)** - Canal utilizat de stația mobilă pentru a cere acces la rețea.
- **Canal "Paging" (PCH)** - Utilizat pentru a informa stația mobilă despre apariția unui apel.
- **Canal "Access Grant" (AGCH)** - Utilizat pentru a alocă un SDCCH către o stație mobilă pentru a obține un canal dedicat, în urma unei cereri RACH.

Canale logice comune	
Canalul de control cu difuzare	Canalul comun de control (CCH) – CCCH
Frequency Correction Channel FCCH (Canalul corector de frecvență)	Paging Channel - PCH (Canal de paging (apel) al stațiilor mobile) BS -> MS
Synchronisation Channel - SCH	Random Access Channel – RACH (Canalul comun de acces) MS —> BS
General Information (Canal de Informații generale)	Access Grant Channel - AGCH (Canal de Autorizare a accesului)  Cell Broadcast Channel - CBCH (Canal de Difuzare a mesajelor scurte)

*Tabel 5.2. Canale logice comune*

#### 5.4 Structura impulsului

Există patru tipuri diferite de impuls pentru transmisie în rețeaua GSM. Impulsul normal este utilizat pentru transportul datelor și a majorității semnalelor. Acesta are o lungime totală de 156,25 biți, formată din două secvențe de 57 biți, o secvență de 26 biți folosită pentru egalizare, 1 bit pentru fiecare bloc de informație (utilizat pentru FCCH), 3 biți la fiecare capăt, și o secvență de protecție de 8,25 biți, ca în Figura 2. Acești 156,25 biți sunt transmiși în 0,577 ms, rezultând o rată de transfer de 270,833 kbps.



Impulsul de tip F, utilizat în FCCH și impulsul de tip S, utilizat în SCH, au lungimile identice cu impulsul normal, dar o structură internă distinctă, care astfel permite sincronizările. Impulsul de acces este mai scurt decât cel normal și este folosit pentru RACH.

## 5.5 Codarea semnalului vocal

Sistemul GSM este un sistem de transmisiune numeric: semnalul vocal esantionat, cuantizat, codat și numai apoi transmis. În rețelele telefonice publice comutate se folosește codarea PCM. Semnalul telefonic este esantionat cu o frecvență de 8kHz după care suferă o conversie analog/numerică pe 8 biți pe baza unei legi de compresie logaritmică, obținând în final un debit binar de 64Kb/s.

Tehnici adaptive relativ simple (ADPCM, Delta adaptivă etc.) permit reducerea debitului binar de aproape 2 ori fără a introduce o întârziere de prelucrare mare (valori de ordinul milisecundelor). Aceste metode de codare a semnalului sunt folosite în sistemele de telefonie fără fir cum sunt CT2, DECT.

Obiectivul pe care și l-a propus standardul GSM este mult mai ambițios: o reducere mai mare de 4 ori, în cazul codărilor normale sau mai mare de 8 ori pentru codările cu debit redus.

Codorul vocal prelucrează segmente de semnal vocal, nesuprapuse, cu o durată de 20ms. Reducerea propusă pentru debitul binar nu se poate obține decât cu o codare parametrică.

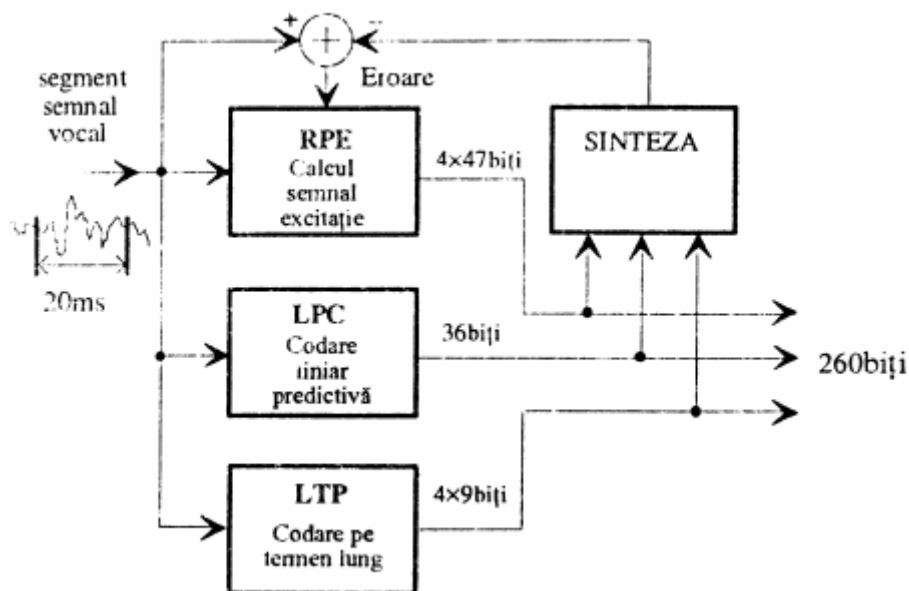
Pentru fiecare semnal vocal, traiectul vocal este modelat printr-un filtru liniar cu parametri variabili în timp, parametrii fiind transmisi în locul esanționărilor. La recepție, semnalul vocal poate fi refăcut prin aplicarea unui zgomot alb la intrarea filtrului reconstruit din parametri transmisi. Pentru o refacere mai bună a segmentului vocal, pe lângă parametrii filtrului se transmite și diferența esanționată și cuantizată grosier, dintre segmentul vocal original și segmentul vocal sintetizat la emisie. Acesta va înlocui zgomotul alb, independent de segment, precizat anterior.

Sistemul GSM folosește o metodă de codare cunoscută sub denumirea prescurtată *LPC-RPE* (Codare liniar-predictivă, cu predicție pe termen lung și impulsuri de excitație regulate) ce are schema de principiu dată în figura de mai jos.

Se disting 3 module principale: codorul liniar predictiv (LPC), modulul de predicție liniară pe termen lung (LTP) și modulul de calcul al impulsurilor de excitație (RPE).

Codorul produce 76 de parametri la fiecare 20 de ms. Aceștia sunt cuantizați numeric folosind 2 până la 7 biți și clasificați în 3 categorii în funcție de modulul care-i produce:

- 8 parametri LPC care, după cuantizare, totalizează 36 de biți.
- 8 parametri LTP care după cuantizare, totalizează 36 de biți.
- 60 de parametri RPE, care după cuantizare, conduc la 188 de biți.



## Capitolul 6:

### Serviciul general de pachete radio (GPRS)

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

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

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

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

#### 6.2 Serviciul general de pachete radio - General packet radio service(GPRS)

GPRS introduce servicii de transport cu comutație de pachete pentru debite de la 14 kbps la maximum 170 kbps. Practic, GPRS este o rețea cu comutație de pachete de sine stătătoare care se adaugă la rețeaua GSM.

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

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

GPRS poate utiliza pentru o conexiune de date de la fracțiuni de canale de trafic până la maximum 8 sloturi temporale (adică tot cadrul TDMA), în funcție de resursele disponibile.

Capacitatea alocată unei conexiuni va varia în funcție de încărcarea cu trafic de pe frecvența respectivă, precum și de tipul traficului (voce/date). Este important că, utilizând comutația de pachete, o transmisie de date nu ocupă resursele rețelei decât atunci când sunt date de transmis. Când nu există pachete de transmis resursele de pe interfața radio pot fi utilizate pentru alte transmisii de date sau pentru trafic cu comutație de circuite.

GPRS are o rețea nucleu proprie formată prin interconectarea serverelor care gestionează transmisia de pachete, numite noduri suport GPRS (GSN- GPRS Suport Node).

Aceasta rețea operează în paralel cu subsistemul rețea și comutație (NSS) al GSM, care va gestiona în continuare transmisia cu comutație de circuite.

### 6.3 Caracteristicile sistemului GPRS

Pentru a putea oferi debite de date mai ridicate, în GPRS se urmărește utilizarea cât mai eficientă a resurselor radio. Pentru aceasta se preia de la HSCSD ideea operării multislot, posibilitatea de a proteja mai puțin informația utilă pe interfața radio și alocarea asimetrică uplink /downlink. În ciuda acestor asemănări, înlocuirea comutației de circuite cu cea de pachete face din GPRS un sistem complet diferit de HSCSD.

Aceasta atât din punct de vedere al utilizatorului, care constată un timp de conectare practic nul și rate de transfer mai bune, dar și din punct de vedere al operatorului, care efectuează o investiție incomparabil mai mare, răsplătită printr-o mai eficientă utilizare a interfeței radio, cu tot ceea ce rezultă de aici (mai mulți clienți, mai multe servicii, aplicații diverse).

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

Soluțiile utilizate sunt:

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

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

## 6.4 Comutație de circuite și comutație de pachete

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

Principalele metode de comutație sunt:

- comutația de circuite;
- comutația de pachete;

### 6.4.1 Comutația de circuite

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

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

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

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

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

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

### 6.4.2 Comutația de pachete

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

În cazul comutației de pachete fără conexiune, pachetele (numite și datagrame) se transmit independent, în cel mai pur spirit al comutației de mesaje, urmând rute posibil diferite. Sosirea lor la destinație poate avea loc într-o ordine aleatoare, ceea ce necesită reordonarea lor de către receptor.

Refacerea succesiunii corecte a pachetelor se bazează pe informația suplimentară din fiecare pachet privitoare la mesajul din care face parte și locul pe care îl ocupa în el. Exemplul tipic de rețea care utilizează comutația de pachete este internetul.

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

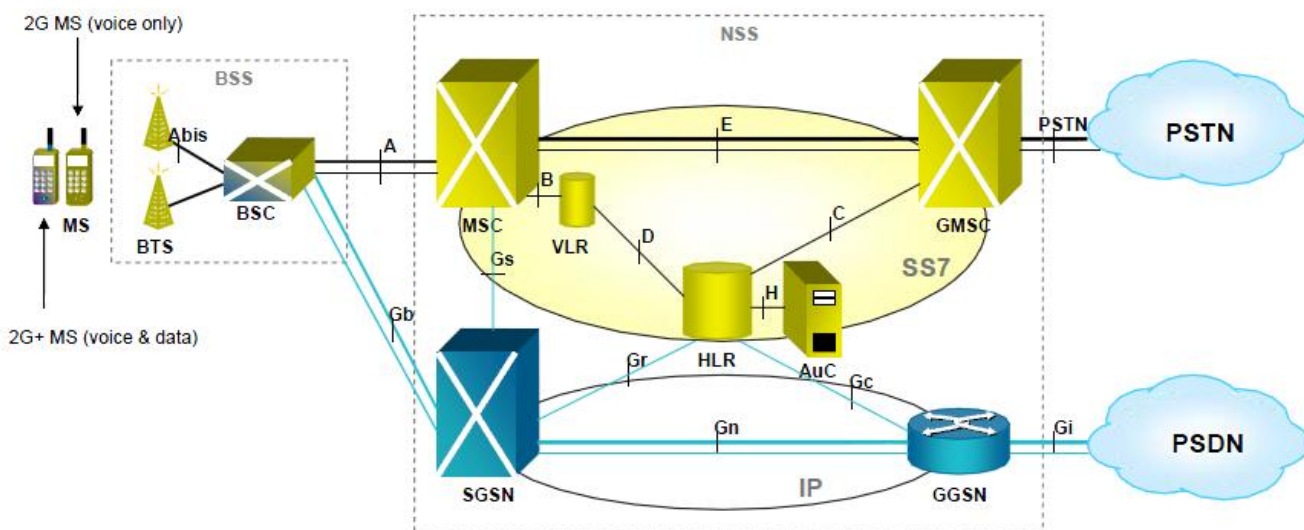
În cazul comutației de pachete orientată pe conexiune (sau circuit virtual), comunicarea între terminale presupune stabilirea unei căi anume pe care va circula fluxul informațional dintre acestea, similar cu comutația de circuite. Spre deosebire de aceasta, nu este vorba de dedicarea unui circuit fizic comunicării respective, ci de configurarea unui circuit logic, numit circuit virtual. Aceasta înseamnă că toate pachetele vor urma aceeași cale prin rețea, fără a dedica suportul fizic comunicației respective.

Pachetele altor utilizatori vor putea folosi foarte bine segmente din calea respectivă, sau chiar întreaga cale. La stabilirea circuitului virtual, fiecare comutator (router) trebuie să memoreze în tabela de

dirijare care este succesorul său în respectivul circuit virtual. Astfel, spre deosebire de comutația de pachete fără conexiune, după stabilirea circuitului virtual comutatorul nu mai trebuie să decidă calea fiecărui pachet. Având memorat nodul succesiv în fiecare dintre circuitele virtuale în care este implicat, comutatorul va identifica circuitul asociat pachetului și îl va transmite pe acesta pe linia de ieșire corespunzătoare. Tehnica circuitului virtual garantează livrarea în ordine a pachetelor la destinație.

Exemple marcante de rețele ce utilizează comutația de pachete de tip circuit virtual sunt X.25 și ATM.

## 6.5 Arhitectura GPRS



Din punct de vedere arhitectural, GPRS este o rețea cu comutație de pachete de sine stătătoare care interoperează cu infrastructura GSM la nivelul BSS și al bazelor de date din subsistemul rețea și comutație (HLR, VLR, AUC, etc.). Astfel, într-o rețea GSM/GPRS serviciile GSM comutate în mod circuit (voce, date, SMS) și serviciile GPRS comutate în mod pachet (date, SMS) pot fi oferite în paralel.

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

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

### 6.5.1 Rețeaua nucleu GPRS

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

#### A. Nodurile GPRS

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

- SGSN (Serving GSN) au ca rol principal gestiunea mobilității și a comunicației (ca și MSC în GSM);
- GGSN (Gateway GSN) au ca rol principal asigurarea interoperării cu rețele exterioare (ca și GMSC în GSM). GGSN asigură interoperarea cu rețele de date de tip X.25 și IP.

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

## B. Rețeaua de trunchiuri IP

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

- Rețeaua internă de trunchiuri (inter-PLMN) este o rețea IP privată care interconectează toate nodurile GSN ale unei rețele GPRS.
- Rețeaua de trunchiuri inter-PLMN este o rețea IP care are ca scop conectarea a două sau mai multe GPRS-PLMN diferite. În funcție de acordul dintre operatori, rețeaua inter-PLMN poate fi formată din linii proprii, linii închiriate sau poate utiliza trunchiuri din rețelele publice de date, cum ar fi Internetul.

Acordul dintre operatori trebuie să trateze nu numai probleme de transport și tarifare, ci și cele de securitate în rețeaua IP.

## C. Interfețe GPRS

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

Pe aceste interfețe sunt specificate atât protocoalele de transport al informației (în planul utilizator), cât și protocoale de transport al semnalizărilor (în planul de control).

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

### 2. Interfețe pentru transferul semnalizărilor

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

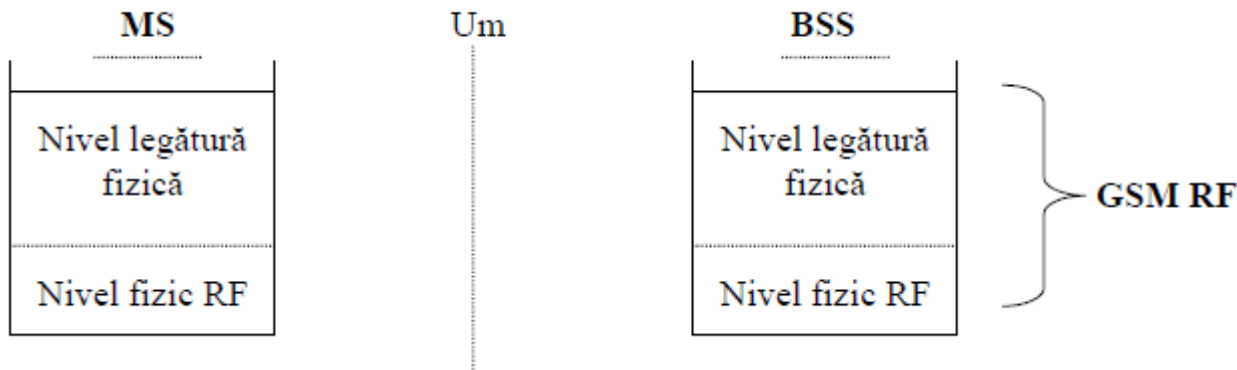
- Gr--interfața între SGSN și HLR.
- Gc --interfața opțională între GGSN și HLR.
- Gf -- interfața între SGSN și EIR.
- Gs - interfața între SGSN și comutatoarele GSM. Ea este vitală în funcționarea stațiilor mobile de clasa A și B, permițând realizarea de proceduri combinate cum ar fi atașarea simultană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

## 6.6 Interfața radio GPRS

### 6.6.1 Funcțiile nivelului fizic

Nivelul fizic dintre MS și BSS este denumit nivel GSM RF și este format din două subniveluri:

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



Funcțiile (sub)nivelului fizic RF:

Subnivelul fizic RF este responsabil de modularea GMSK a biților furnizați de subnivelul superior, respectiv demodularea formei de undă recepționate. La acest nivel sunt asigurate caracteristicile purtătoarelor, ale emițătorului și receptorului, precum și structura canalelor radio GSM. În GPRS nu s-au operat modificări față de GSM la acest (sub)nivel.

Funcțiile (sub)nivelului legătură fizică:

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

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

La nivelul PLL în GPRS s-au operat modificări față de GSM privind parametrii funcțiilor menționate mai sus. Nivelul GSM RF este implementat uzual în BTS și în MS. Trebuie remarcat că nivelul fizic al interfeței radio GPRS este dependent de cel GSM, de la care a preluat elementele esențiale.

### 6.6.2 Canale logice

Accesul multiplu în GPRS este dependent de infrastructura GSM utilizată. Ca atare, GPRS trebuie să utilizeze – în comun cu GSM – aceleași cadre TDMA cu 8 intervale temporale care durează fiecare 15/26 msec. Deci aceleași canale fizice. Când un astfel de canal fizic este utilizat de GPRS (deci comutat

în mod pachet) el se numește PDCH (Pachet Data Chanel). Pe canalele PDCH vor fi mapate canalele logice GPRS.

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

- de trafic;
- de control.

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

### Canalele de trafic

În categoria canalelor de trafic, în GPRS sunt incluse nu numai canalele ce transportă pachete cu date, ci și cele pe care se transmit pachete cu informația de control dedicată unei anumite MS. Acestea din urmă în GSM sunt canale de control (dedicate): SDCCH, SACCH și FACCH.

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

– **PDTCH (Pachet Data Transfer Channel)**. Este canalul de trafic pe care se transmit pe legatura ascendentă (UL - uplink) sau descendentă (DL - downlink) datele utilizator.

Pentru servicii PTP, PDTCH este atribuit unei singure MS. Pentru servicii PTM (GPRS faza 2) același PDTCH este atribuit mai multor MS din celulă. O MS poate utiliza mai multe canale de trafic PDTCH simultan.

– **PACCH (Pachet Associated Control Channel)**. Este canalul de trafic pe care se transmit pe legatura ascendentă (UL - uplink) sau descendentă (DL - downlink) informațiile de control ce privesc o MS. Adică, controlul puterii, avansul temporal sau informația privitoare la atribuirea resurselor. Indiferent de numărul de PDTCH de care dispune, o MS are un singur PACCH. Pentru stațiile mobile de clasă A și B care primesc un apel GSM în timp ce sunt angajate în transfer de date, pagingul pentru apelul în mod circuit se poate transmite pe PACCH.

### Canalele de control

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

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

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

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

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

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

– **PRACH (Packet Random Access Channel)**. Este utilizat de MS pentru a cere accesul în rețeaua GPRS. Are sensul UL (MS->BTS).

– **PAGCH (Packet Access Grant Channel)**. Este utilizat de către BTS ca răspuns la o cerere pe PRACH, pentru a aloca unul sau mai multe PDTCH unui mobil înaintea unui transfer de date (dacă transferul a fost deja inițiat alocarea se face pe PACCH). Are sensul DL



(BTS->MS).

– **PPCH (Packet Paging CHannel)**. Este utilizat de către BTS pentru a comunica unei MS că se dorește un transfer de date către el. Pentru stațiile mobile de clasă A și B pe PPCH trebuie să se transmită atât paging pentru apeluri GPRS cât și paging pentru apeluri GSM.

Are sensul DL.

– **PNCH (Packet Notification CHannel)**. Este similar NCH (utilizat în GSM pentru a anunța la MS sosirea unor apeluri vocale de grup și de difuzare). Utilizat în GPRS faza 2 pentru anunțarea și alocarea de resurse pentru transferuri de date punct la multipunct către stațiile mobile din celulă. Are sensul DL.

## Capitolul 7:

### Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS)

#### 7.1 Introducere:

Cea de a treia generație de sisteme de comunicații mobile, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) reprezintă succesorul GSM-ului și conține două părți:

- serviciile de comutare a circuitelor (Circuit Switched – CS);
- serviciile de comutare a pachetelor (Packet Switched – PS).

În CS se realizează managementul apelurilor vocale, iar în PS cel al conexiunilor de date (de exemplu între un utilizator mobil și rețeaua Internet).

UMTS a fost proiectată pentru a asigura un acces global al abonaților la serviciile oferite de rețea, precum și pentru a oferi un serviciu de roaming la nivel mondial. În acest scop, UTRAN (UMTS Radio Access Network) a fost concepută cu mai multe niveluri ierarhice.

Nivelurile superioare acoperă zone geografice întinse, în timp ce nivelurile inferioare acoperă suprafețe mai mici, dar cu o densitate mai mare a stațiilor mobile care încearcă să acceseze rețeaua. De asemenea, pot asigura mai repede link-uri de la abonații mobili către rețea, decât nivelurile superioare. Întregul sistem este conectat și integrat cu PSTN și PDN (Public Data Network).

Sunt planificate următoarele niveluri:

- sisteme prin satelit – acoperă întreaga suprafață a planetei (chiar și în zona mărilor și oceanelor, sau a suprafețelor nelocuite, este posibil accesul la rețea);

- infrastructura UTRAN este terestră și conține de asemenea mai multe niveluri și celule:

- nivelul macro: aceste celule acoperă zone întinse cu regiuni în care numărul stațiilor mobile care accesează rețeaua este foarte mic;

- nivelul micro: acoperă zone în care numărul stațiilor mobile care accesează rețeaua este mare (de ex: metropole); sunt acoperite zone cu suprafață mică, pentru a asigura o capacitate suficientă pentru toți abonații din acea regiune;

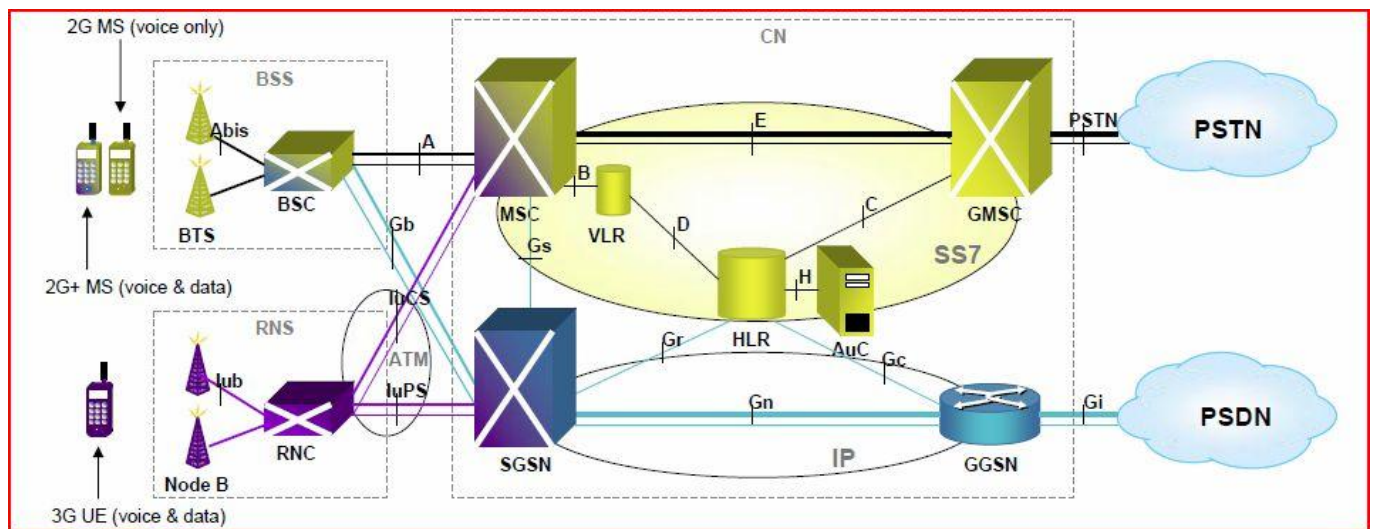
- nivelul pico: o astfel de celulă este localizată de obicei în interiorul clădirilor mari, pentru a se asigura un acces rapid și de o bună calitate a abonaților la rețea.

## 7.2 Arhitectura UMTS

Elementele de rețea ale sistemului UMTS sunt împărțite în două grupe:

Prima grupă corespunde rețelei de acces radio, RAN (Radio Access Network), care suportă toate funcționalitățile radio. În cazul sistemelor UMTS, cu acces radio de tip WCDMA (Wide CDMA), se utilizează denumirea de UTRAN (UMTS Terrestrial RAN) sau UTRA.

Cea de-a doua grupă corespunde rețelei centrale, CN (Core Network), care este responsabilă de comutația și de rutarea comunicațiilor spre rețelele externe. Pentru a completa sistemul, se definește, de asemenea, terminalul utilizator UE (User Equipment).



Rețeaua UMTS este structurată în trei părți:

- Echipamentul utilizatorului (User Equipment- UE) – care se conectează la UTRAN prin link-uri radio wireless, la una sau mai multe celule (spre deosebire de GSM, este posibil să existe link-uri la mai multe celule în același timp).
- UTRAN – este alcătuită din noduri Bs (echivalente cu BTS din GSM) care sunt conectate la Radio Network Controllers (RNC – echivalente cu BSC din GSM); RNC-urile sunt conectate între ele, precum și la Core Network, prin ATM.
- Core Network (CN) – este conectată cu alte rețele, ca de exemplu: PSTN, Internet, alte rețele mobile, etc. Are rolul de a ruta traficul, de autentificare, urmărire a localizării, etc. CN este alcătuită din două părți: CS și PS.

### Echipamentul utilizatorului (UE):

UE poate fi un telefon mobil, un PDA (Personal Digital Assistant), sau un notebook. UE se conectează la UTRAN prin interfața radio Uu, pe baza tehnologiei WCDMA. UE este alcătuit din două părți:

- echipamentul mobil – este echipamentul hardware, care nu poate utiliza singur serviciile UMTS;
- cardul UMTS (USIM-Card – UMTS Subscriber Identity Module-Card) – care conține toate datele necesare pentru autentificare și obținere a accesului la rețeaua UMTS; spre deosebire de SIM-ul din GSM (care avea 8kB-32kB de memorie) în USIM se pot memora câțiva Mb de date personale.

## UTRAN:

UTRAN este responsabilă, printre altele, de managementul resurselor radio: controlul puterii, suportul pentru diferite tipuri de handoff și de asemenea, controlul și managementul handoff-urilor.

UTRAN este alcătuită din noduri Bs și RNC. Cele mai multe noduri Bs asigură controlul a trei celule. Un grup de noduri Bs sunt conectate prin interfata Iub, la un RNC, printr-o rețea ATM. Un RNC la care este conectat un nod Bs, este denumit Controlling RNC (CRNC) al acestui nod Bs. Un RNC împreună cu toate nodurile Bs conectate la el, este denumit Radio Network Subsystem (RNS).

Un nod Bs operează la nivelul fizic și nivel rețea și transmite datele la CRNC. De asemenea, măsoară calitatea și puterea semnalelor pe link-ul radio către UE, raportându-le în același timp și CRNC-ului., care poate să reacționeze pe baza acestor informații: de exemplu, să reducă sau să mărească puterea semnalelor la nodul B și/sau la UE.

RNC-ul alocă de asemenea un cod W-CDMA pentru link-ul radio de la UE la nodul B, astfel încât datele de la un anumit UE să poată fi extrase dintre datele transmise de către toate echipamentele UE și nodurile Bs din zonă.

RNC-ul este responsabil și pentru handoff-urile dintre diferite RNS-uri, controlul resurselor radio, etc. Pentru a asigura un handoff soft, RNC-urile sunt conectate între ele prin interfețe Iur, prin intermediul rețelelor ATM. De asemenea, sunt conectate la CN, prin interfețe Iu-Cs, sau Iu-PS.

## Core Network:

Core Network este alcătuită din două părți: CS și PS.

CS are următoarele componente:

- **MSC (Mobile Switching Center)** – este un nod de comutație care rutează datele CS în interiorul și în exteriorul propriei rețele, prin intermediul Gateway Mobile Switching Center (GMSC). Un MSC controlează toate RNC-urile care sunt conectate prin interfețe Iu-CS. MSC-ul este conectat la mai multe baze de date (ca de exemplu – **HLR**) și asigură managementul mobilității pentru echipamentele CS. De obicei (în funcție de dimensiunea rețelei), există mai multe MSC-uri într-o rețea UMTS.
- **Gateway Mobile Switching Center (GMSC)** – este conectată la MSC și interconectează propria UMTS cu alte rețele cu comutarea CS (PSTN, ISDN). Într-o rețea UMTS pot fi mai multe GMSC-uri.
- **Visitor Location Register(VLR)** – un VLR este, de obicei, alocat la fiecare MSC. VLR memorează temporar datele pentru asigurarea securității, autentificării și identificării tuturor abonaților asociați MSC-ului. Unele date sunt copiate din HLR.
- **Transcoder Rate Adapter Unit (TRAU)** – este un gateway între RNC și MSC, realizând conversia formatului Adaptive MultiRate (AMR) în Pulse Code Modulation 30 (PCM30) și invers pentru semnalul vocal. Acest lucru este necesar deoarece CN și UTRAN utilizează diferite formate. Într-o rețea UMTS pot exista mai multe TRAU.

PS are următoarele componente:

- **Serving GPRS Support Node (SGSN)** – este similar cu MSC-ul din CS; are rolul de a dirija pachetele de date în propria rețea UMTS, dar și în afara ei, prin intermediul Gateway GPRS Support Node (GGSN). De asemenea asigură managementul mai multor RNC-uri conectate prin interfețe Iu-PS,

având și link-uri către bazele de date (de ex., HLR). SGSN asigură și autentificarea abonaților mobili, precum și controlul mobilității.

De obicei, există mai multe SGSN-uri într-o rețea UMTS.

- **Gateway GPRS Support Node (GGSN)** - este similar cu GMSC din CS; interconectează rețeaua UMTS cu alte rețele PS (Internet sau rețelele X.25), fiind conectat la SGSN. Pot exista mai multe GGSN într-o rețea UMTS.

### 7.3 Caracteristicile sistemului UMTS

Interfața radio UMTS este cunoscută sub numele de UTRA și realizează legătura între echipamentul mobil și stația de bază. În comparație cu GSM, această interfață, utilizează o nouă metodă de transmisie, și anume, **CDMA (Code Division Multiple Access)**.

Accesul multiplu pe interfața radio se poate face în două moduri:

- **DS-SS-SS-SS** de bandă largă cu duplex frecvențial, **WCDMA (FDD)**;
- **DS-SS-SS-SS** de bandă largă cu duplex temporal, **WCDMA (TDD)**;

Sistemul european UMTS, în varianta pentru rețele terestre, utilizează pentru interfața radio WCDMA, în modul FDD (duplex frecvențial cu FD = 190 MHz), următoarele subbenzi de frecvență:

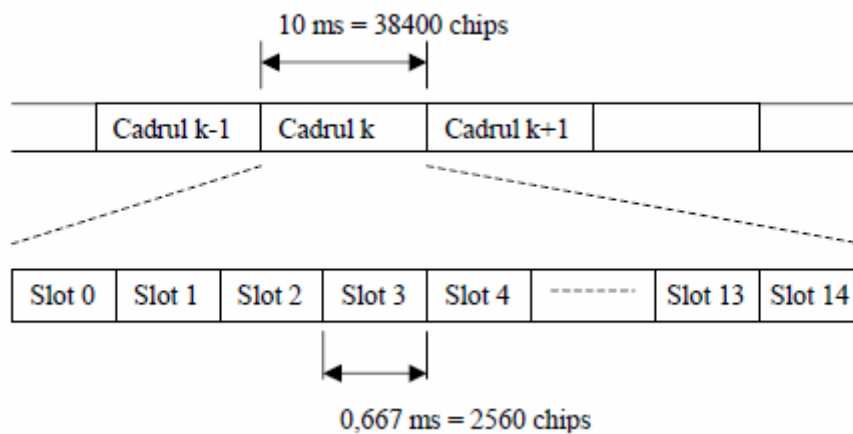
- 1920-1980 MHz (lărgimea benzii de 60 MHz) pentru legătura ascendentă;
- 2110-2170 MHz (lărgimea benzii de 60 MHz) pentru legătura descendentă.

Pentru interfața radio WCDMA în modul TDD (duplex temporal) s-au alocat următoarele domenii de frecvență:

- 1900-1920 MHz (lărgimea benzii de 20 MHz)
- 2170-2200 MHz (lărgimea benzii de 15 MHz).

Sistemul WCDMA presupune utilizarea unei transmisii de bandă largă. Împrăștierea spectrală realizată cu o rată de 3,84 Mcps conduce la ocuparea unei benzi de 5 MHz pe purtătoare modulată. Pentru prevenirea interferenței dintre canalele adiacente, distanța dintre două purtătoare consecutive poate fi de  $\Delta f = 4,2 \div 5$  MHz (cu un rastru de 200 kHz) în funcție de nivelul de protecție dorit. Între canalele aparținând unor operatori diferiți, distanța dintre două purtătoare consecutive se lasă mai mare,  $\Delta f = 5 \div 5,4$  MHz, pentru a preveni interferența interoperator.

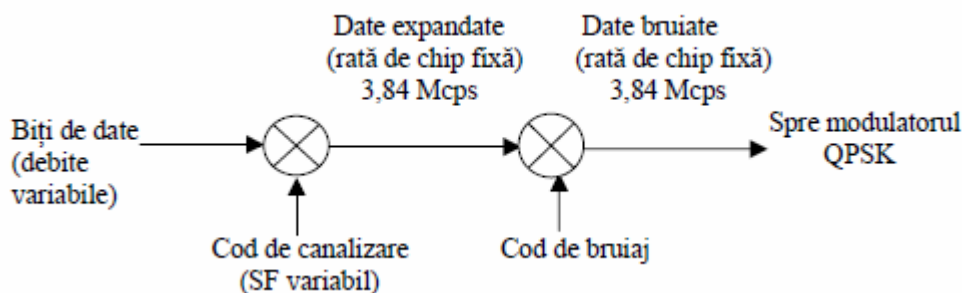
Pe fiecare purtătoare de radiofrecvență este definită o structură temporală, formată din cadre, care, la rândul lor, sunt divizate în 15 intervale temporale (time slots), numerotate de la 0 la 14, ca în figura de mai jos:



Transmisia datelor presupune organizarea unor canale de transport, care să includă datele de utilizator și informațiile de control codate, întrețesute și multiplexate. Canalele de transport sunt expandate spectral cu coduri de canalizare (sau **spreading**) și marcate cu coduri de scrambling pentru a permite identificarea UE sau BS.

### Expandarea spectrală:

Modalitatea de expandare spectrală (spreading) utilizată pe interfața radio UTRAN (nivelul fizic), în modul WCDMA (FDD), este prezentată în figura de mai jos:



Expandarea spectrală se realizează în două faze:

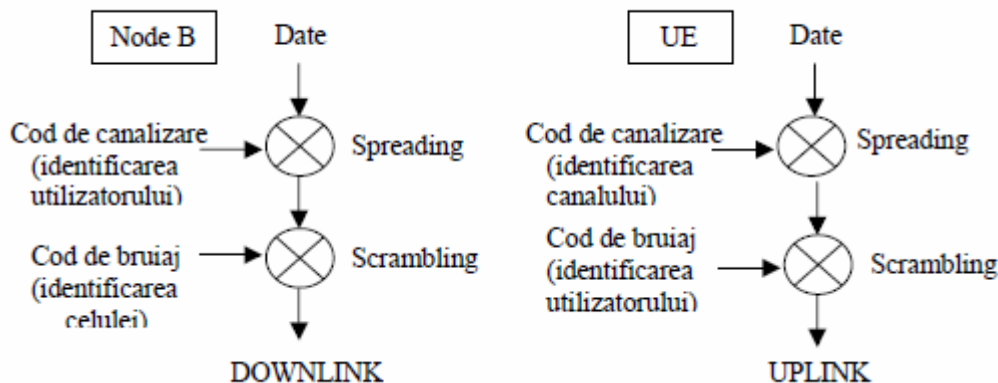
1). În primă fază, codul de canalizare (channelization code) transformă fiecare simbol (bit) de date într-un număr de chip-uri, crescând astfel banda semnalului.

Semnalul de bandă îngustă este transpus într-unul de bandă largă, rezultând o rată de chip egală cu 3,84 Mcps. Deoarece sistemul permite transmisii de date cu diferite debite, factorul de împrăștiere spectrală, SF (Spread Factor), este direct legat de codul de canalizare. El trebuie ales în mod adecvat pentru ca în final să rezulte aceeași rată de chip indiferent de rata de bit de la intrare. În timpul transmisiei, rata de bit și implicit factorul de împrăștiere aferent se pot modifica de la un cadru temporal la altul, în funcție de necesități.

2). În a doua fază, are loc o combinare de tip chip cu chip între semnalul rezultat din prima fază și o secvență de cod de scrambling. Această operație de codare suplimentară nu afectează nici banda

semnalului, nici rata de chip. Codul de scrambling este specific unei anumite celule pe legătura descendentă DL (Down Link), și respectiv unui anumit terminal pe legătura ascendentă UL (Up Link).

Utilizarea diferențiată a codurilor la stația de bază și la terminalul mobil este prezentată în figura de mai jos:



**Codurile de canalizare** (channelization codes) sunt coduri ortogonale cu factor de împrăștiere variabil, OVVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor), care prin ortogonalitate permit o separare între diferite canale fizice. Pe legătura ascendentă (UL), ele permit separarea între diferite canale fizice provenite de la același terminal. Pe legătura descendentă (DL), ele fac posibilă separarea canalelor fizice destinate utilizatorilor din interiorul aceleiași celule.

Pe interfața radio UTRA se folosesc aceleași tipuri de coduri de canalizare sau împrăștiere spectrală (spreading codes) atât pe legătura ascendentă UL, cât și pe cea descendentă DL. Codurile OVVSF au lungimea de  $4 \div 256$  chips pe UL și de  $4 \div 512$  chips pe DL.

**Codurile de bruij** (scrambling) folosite pe interfața radio UTRA diferă în funcție de utilizarea pe legătura ascendentă (UL) sau pe cea descendentă (DL). Ele sunt obținute, în general, prin trunchierea unor secvențe de cod mai lungi.

Pentru UL se folosesc două tipuri de coduri de scrambling:

- Coduri lungi (în lungime de 38400 chips). Există  $2^{24}$  coduri distincte, care se obțin prin trunchierea unor secvențe Gold, având lungimea inițială de  $2^{41}$ .
- Coduri scurte (în lungime de 256 chips). Există  $2^{24}$  coduri distincte, care se obțin prin trunchierea unor secvențe S(2) extinse.

Pentru DL se folosesc numai coduri lungi, obținute prin trunchierea unor secvențe Gold, având lungimea inițială de  $2^{18}$ . Teoretic, sunt 262141 ( $2^{18} - 1$ ) coduri posibile, dar numai 8192 de coduri sunt utilizate. Aceste secvențe sunt împărțite în 512 seturi. Un set este compus dintr-un cod primar și 15 coduri secundare.

Cele 512 seturi sunt divizate în 64 de grupe a câte 8 coduri primare fiecare. Astfel se simplifică alocarea codurilor pentru DL, iar un terminal mobil trebuie să recunoască un cod din numai 512 coduri primare posibile. Recunoașterea codului de bruij al unei celule se realizează de fapt în două etape. În prima etapă se identifică una din cele 64 de grupe, iar în cea de-a doua etapă se identifică un cod din cele 8 coduri primare.

## 7.4 Tipuri de canale utilizate pe interfața radio

Interfața radio Uu utilizează trei tipuri de canale:

- canale logice (de trafic și de control),
- canale de transport (comune și dedicate),
- canale fizice (comune și dedicate).

### 7.4.1 Canalele logice

Nivelul MAC asigură servicii de transfer de date pe canale logice. Pentru diferite tipuri de servicii au fost definite diferite tipuri de canale. Canalele logice sunt definite prin tipul de informații care se transferă prin interfața radio.

Aceste informații pot fi: date de utilizator, semnalizări pentru controlul funcționării UE, informații de sistem sau de control general, etc. În consecință, canalele logice pot fi canale de trafic TCH (pentru informații din planul de utilizator) și canale de control CCH (pentru informații din planul de control).

Atunci când un terminal mobil (UE) trebuie să efectueze orice schimb de informații cu rețeaua, el trebuie mai întâi să stabilească o legătură de semnalizare cu UTRAN. Aceasta se realizează printr-o procedură cu protocolul RRC și se numește «stabilirea unei conexiuni RRC » (RRC connection establishment). Pe durata acestei proceduri, UE va transmite o cerere de acces inițial pe un canal de control comun (CCCH), iar legătura de semnalizare se va desfășura pe un canal de control dedicat (DCCH).

Pe durata unei legături, un terminal mobil poate utiliza simultan mai multe canale logice, de exemplu un canal de trafic dedicat DTCH pentru un transfer de date (RAB sub-flow) și un canal de control dedicat DCCH pentru legătura de semnalizare cu UTRAN. Canalele logice de trafic asigură servicii, care sunt clasificate după calitatea necesară (QoS) în patru clase: Conversational, Streaming, Interactive și Background.

În continuare sunt prezentate diferitele tipuri de canale logice, clasificate în funcție de destinația lor și de sensul de transmisie.

#### Canale logice de trafic:

- DTCH  $\uparrow\downarrow$  (Dedicated Traffic Channel) – canal bidirecțional punct la punct dedicat unui UE pentru transferul datelor de utilizator (ex. Speech, fax, web browsing).
- CTCH  $\downarrow$  (Common Traffic Channel) – canal unidirecțional punctmultipunct, folosit pe DL pentru transferul unor informații de utilizator dedicate tuturor mobilelor sau unui grup precizat de UE (ex. SMS-Cell Broadcast).

#### Canale logice de control

- BCCH  $\downarrow$  (Broadcast Control Channel) – canal folosit pe DL pentru a difuza informații de control de sistem (ex. Identitatea celulei, valoarea codului de spreading utilizat în celula respectivă precum și în celulele vecine, puterea de emisie permisă, nivelul de interferență pe UL, etc).
- PCCH  $\downarrow$  (Paging Control Channel) – canal folosit pe DL pentru transferul informațiilor de căutare a mobilelor. El se utilizează atunci când rețeaua dorește să comunice cu un UE, dar nu cunoaște poziția exactă în care se află UE, sau când terminalul se găsește în starea de așteptare (ex. CN originated call).

- CCCH  $\uparrow\downarrow$  (Common Control Channel) - canal bidirecțional folosit pentru transmiterea informațiilor de control între rețea și terminalele mobile. El este folosit în mod curent de terminalele UE care nu au stabilită o conexiune RRC cu rețeaua, precum și de UE care utilizează canale de transport comune atunci când accesează o nouă celulă după o reselectie de celule (ex. initial access, RRC connection request, cell update).
- DCCH  $\uparrow\downarrow$  (Dedicated Control Channel) – canal bidirecțional punct la punct pentru transferul de informații de control dedicate între rețea și un anumit UE. El se obține prin intermediul procedurii de stabilire a conexiunii RRC (ex. Radio bearer setup, measurement reports, handover).

Canalele logice sunt distribuite pe canale de transport, în care nu se mai face distincția dintre planul de utilizator (trafic) și planul de control.

## 7.4.2 Canalele de transport

Datele generate pe nivele superioare sunt transmise pe interfața radio cu ajutorul canalelor de transport. Acestea sunt concepute să suporte debite variabile de transmisie, pentru a putea furniza servicii cu lărgime de bandă la cerere și pentru a multiplexa mai multe servicii într-o singură conexiune.

Canalele de transport sunt definite prin modul în care se face transferul de date prin interfața radio, precum și cu ce caracteristici se realizează acest transfer (de ex. Tipul de codare, întârzierea de transfer necesară, rata de eroare, BER, etc.).

Canalele de transport pot fi de două tipuri: canale comune și canale dedicate.

Canalele comune se adresează tuturor utilizatorilor, sau terminalelor dintr-un anumit grup, identificate prin bandă, în timp ce un canal dedicat este rezervat unui singur UE, identificat prin canalul fizic.

Există un singur tip de canal de transport dedicat, notat DCH (Dedicated Channel). El este utilizat atât pe legătura descendentă cât și pe cea ascendentă. DCH transportă atât datele de utilizator cât și informațiile de control necesare unui anumit mobil. Canalele DCH permit debite variabile de transmisie, în funcție de necesități.

Există șase tipuri de canale de transport comune: BCH, FACH, PCH, RACH, CPCH și DSCH.

Aceste canale sunt definite pentru utilizare într-un singur sens, fie pe legătura ascendentă, fie pe cea descendentă. BCH și PCH sunt singurele canale de transport care nu pot transmite și informații de utilizator.

Tipurile de canale de transport în funcție de destinație și sens de transmisie sunt prezentate în continuare:

### Canale de transport dedicate:

- DCH  $\uparrow\downarrow$  (Dedicated Channel) – canal utilizat atât pe DL cât și pe UL. El transportă atât date de utilizator cât și informații de control. La fiecare DCH este asociat un format de transport sau un set de formate în funcție de debitul fix sau variabil al datelor. Canalul DCH este transmis în întreaga celulă, sau, eventual, numai într-o parte a celulei, dacă se folosesc antene directive cu spot reglabil. El permite realizarea unui control rapid al puterii și debite de transmisie variabile. DCH suportă soft handover.



## Canale de transport comune

- BCH ↓ (Broadcast Channel) – este folosit numai pe DL pentru a difuza informații specifice sistemului și celulei (de exemplu coduri de acces aleator). Se transmite întotdeauna în întreaga celulă (cu putere mare) și are un singur format de transport.

- PCH ↓ (Paging Channel) – este folosit pe DL pentru a transmite terminalelor date relevante în cadrul procedurii de căutare (paging). El se transmite întotdeauna în întreaga celulă, asociat cu indicatori de căutare (Paging Indicators), generați la nivel fizic, pentru a facilita proceduri eficiente pentru UE aflate în stare inactivă.

- FACH ↓ (Forward Access Channel) – canal folosit pe DL pentru a transmite terminalelor informații de control sau pachete de date scurte. Se folosesc debite reduse pentru a se asigura o recepție corectă de către toate mobilele. FACH se transmite în întreaga celulă, sau numai într-o parte a celulei. El poate fi transmis și folosind un control lent al puterii.

- DSCH ↓ (Downlink Shared Channel) – canal folosit pe DL pentru informații dedicate de control și de utilizator și partaj între mai multe UE. El este asociat cu unul sau mai multe canale DCH pe DL și se transmite în întreaga celulă, sau numai într-o anumită parte a celulei. DSCH este similar cu FACH, dar folosește un control rapid al puterii și permite debite de transmisie variabile.

- RACH ↑ (Random Access Channel) - canal folosit pe UL pentru a transmite cererile UE de stabilire a unor conexiuni sau pachete scurte de date. El este recepționat întotdeauna din întreaga celulă. RACH este caracterizat de un risc ridicat de coliziuni și se transmite folosind un control al puterii în bucla deschisă.

- CPCH ↑ (Common Packet Channel) – canal folosit concurențial pe UL pentru trafic de date în pachete. Constituie o extensie pentru RACH. El este asociat unui canal dedicat de pe DL, care realizează controlul puterii și comenzile de control pentru canalul CPCH de pe UL. CPCH este caracterizat de risc inițial de coliziuni. Se transmite folosind controlul de putere în bucla internă.

### 7.4.3 Canalele fizice

Canalele fizice sunt definite prin mecanismele fizice (frecvență, cod, putere, cadru temporal, etc.) cu care se face transferul de date pe resursele interfeței radio.

Un canal fizic tipic constă într-o structură ierarhizată de cadre radio și intervale temporale, dar pot exista și excepții. Configurația intervalelor temporale poate să difere în funcție de debitul de transmisie pe canal.

Un cadru radio (radio frame) este o unitate de procesare care conține 15 intervale temporale. Lungimea unui cadru corespunde duratei a 3840 chips. Intervalul temporal (slot) este o unitate compusă din câmpuri, ce conțin biți de informație. Un interval temporal corespunde duratei a 2650 chips. Numărul de biți transmiși pe un interval temporal diferă de la un canal fizic la altul și în unele cazuri poate varia în timp.

Resursa fizică de bază o reprezintă planul cod-frecvență. Suplimentar, pe legătura ascendentă (uplink), diferite fluxuri de informație pot fi transmise pe căile I și Q (pe purtătoare în cuadratură). Prin urmare, un canal fizic corespunde unei frecvențe purtătoare specificate, unui cod, și, pe uplink, unei faze relative (0 sau  $\pi/2$ ).