

UNIVERSITATEA “POLITEHNICA” TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII  
DEPARTAMENTUL COMUNICAȚII

# **INTERFETE RADIO**

REFERATUL nr. 1  
în cadrul pregătirii pentru doctorat

Coordonator

Prof. dr. ing. MIRANDA NAFORNIȚĂ

Doctorand

VIOR MIRELA

# CUPRINS

## Capitolul 1. Tehnici de acces multiplu

1.1. Introducere .....	1
1.2. Condiții impuse protocoalelor de acces multiplu .....	2
1.3. Clasificarea protocoalelor de acces multiplu.....	3
1.3.1. Protocoale cu acces programat .....	3
1.3.1.1. FDMA (Frequency Division Multiple Access) .....	4
1.3.1.1.1. Caracteristicile și parametrii sistemelor FDMA .....	4
1.3.1.2. TDMA (Time Division Multiple Access) .....	6
1.3.1.2.1. Caracteristicile și parametrii sistemelor FDMA .....	7
1.3.1.2.2. FD/TDMA .....	9
1.3.2. Protocoale cu acces aleator .....	11
1.3.3. Protocoale cu divizare prin cod .....	14
1.3.3.1. Caracteristicile și parametrii sistemelor CDMA .....	15
1.3.3.2. Tipuri de sisteme CDMA .....	16

## Capitolul 2. DECT

2.1. Introducere .....	19
2.2. Arhitectura funcțională a sistemului .....	19
2.3. Caracteristicile sistemului DECT .....	21
2.4. Structura cadrului TDMA .....	22
2.5. Pachetele fizice .....	25
2.6. Profiluri de aplicații .....	28

## Capitolul 3. GSM

3.1. Introducere .....	29
3.2. Arhitectura sistemului .....	29
3.3. Canalul radio GSM .....	30
3.4. Structura cadrului TDMA .....	32
3.5. Tipuri de canale logice .....	32
3.5.1. Canalele de trafic .....	33
3.5.2. Canalele de control .....	33
3.6. Tipuri de pachete .....	35
3.7. Salturile de frecvență .....	39
3.8. Realizarea duplexului .....	39

## **Capitolul 4. UMTS**

4.1. Introducere .....	41
4.2. Arhitectura sistemului .....	41
4.3. Caracteristicile sistemului .....	43
4.3.1. Expandarea spectrală .....	45
4.3.1.1. Codurile de canalizare .....	46
4.3.1.2. Codurile de bruiaj .....	48
4.4. Tipuri de canale utilizate pe interfața radio .....	49
4.4.1. Canalele logice .....	49
4.4.1.1. Canalele logice de trafic .....	50
4.4.1.2. Canalele logice de control .....	50
4.4.2. Canalele de transport .....	51
4.4.2.1. Canalele de transport dedicate .....	51
4.4.2.2. Canalele de transport comune .....	52
4.4.3. Canale fizice .....	52
4.4.3.1. Canale fizice dedicate .....	53
4.4.3.2. Canale fizice comune .....	55
<b>Listă de abrevieri .....</b>	<b>59</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>61</b>

# Capitolul 1

## Tehnici de acces multiplu

### 1.1. Introducere

Sistemele de comunicații radio prezintă un interes deosebit atât datorită costurilor de instalare mici, în comparație cu cele din rețelele cablate, cât și datorită faptului că permit comunicații cu ajutorul unor terminale fixe sau mobile. Cu alte cuvinte, sunt ieftine și flexibile. [1]

În sistemele de comunicații mobile, una din cerințele impuse sistemului este aceea ca utilizatorul (stația mobilă) să poată transmite mesaje către stația de bază chiar și în timp ce primește mesaje de la aceasta. Această tehnică se numește transmisie duplex. Transmisia duplex poate fi realizată în timp sau în frecvență. Transmisia duplex cu diviziune în frecvență (FDD - Frequency Division Duplexing) oferă două benzi de frecvență pentru fiecare utilizator, iar transmisia duplex cu diviziune în timp (TDD - Time Division Duplexing) utilizează sloturi temporale diferite pentru legătura ascendentă (inversă) și pentru legătura descendentă (directă). Legătura ascendentă (uplink) reprezintă comunicația de la stația mobilă spre cea de bază, iar legătura descendentă (downlink) reprezintă comunicația de la stația de bază spre cea mobilă. [2, 3]

Sistemele de comunicații mobile pot fi de *bandă îngustă* sau de *bandă largă*, în funcție de raportul dintre banda ocupată de un utilizator și banda de coerență a canalului de transmisiune (care reprezintă domeniul de frecvențe în interiorul căruia amplitudinile a două componente cosinusoidale, pe frecvențe diferite, sunt corelate între ele).

(A) Sistemele de comunicații mobile de *bandă îngustă* sunt acele sisteme în care banda utilizată de un canal (utilizator) este mai mică sau aproximativ egală cu banda de coerență a canalului de comunicații. În acest caz spectrul frecvențelor radio este împărțit într-un număr cât mai mare de canale de bandă îngustă, fiecare utilizator putând folosi un astfel de canal. Tehnicile de acces multiplu ce pot fi folosite în sistemele de bandă îngustă sunt accesul multiplu cu diviziune în frecvență (FDMA - Frequency Division Multiple Access) și accesul multiplu cu diviziune în timp (TDMA - Time Division Multiple Access).

(B) Sistemele de comunicații mobile de *bandă largă* sunt acele sisteme în care banda utilizată de un canal (utilizator) este mult mai largă decât banda de coerență a canalului de comunicații. În acest fel fadingul datorat propagării pe căi multiple nu afectează atât de sever semnalul recepționat, iar atenuările selective în frecvență

vor afecta numai o parte din componentele spectrale ale semnalului transmis. Tehnicile de acces multiplu folosite în sistemele de comunicații de bandă largă sunt accesul multiplu cu diviziune în timp (TDMA - Time Division Multiple Access) și accesul multiplu cu diviziune în cod (CDMA - Code Division Multiple Access). [2, 4]

Una dintre problemele pe care le ridică radiocomunicațiile este folosirea în comun a aceluiași canal radio de către numeroși utilizatori. Nu pot fi alocate resurse separate pentru fiecare utilizator în parte, deoarece acestea sunt limitate (spectrul radio alocat unui sistem). De asemenea, trebuie asigurată interconectivitatea oricărui utilizator în cadrul sistemului. Dacă mai mulți utilizatori doresc să transmită în același moment, se poate ajunge la conflicte. Din acest motiv se impune respectarea anumitor reguli privind modul în care capacitatea canalului este alocată utilizatorilor. Aceste reguli constituie protocoalele de acces multiplu. [1, 5, 6]

## **1.2. Condiții impuse protocoalelor de acces multiplu**

Proiectarea unui protocol este strict legată de destinația sistemului în care va fi utilizat și de condiții impuse comunicației, cum sunt: împărțirea canalului comun de comunicație între utilizatorii sistemului, distribuirea resurselor, trafic de tip diferit. Din aceste condiții derivă o serie de caracteristici ale protocoalelor de acces multiplu.

Principala sarcină a protocolului este de a controla transmisia în cadrul sistemului, adică felul în care utilizatorii transmit în sistem. Canalul comun de comunicație trebuie împărțit între utilizatorii sistemului, protocolul gestionând alocarea unei anumite părți din capacitatea canalului fiecărui utilizator. Această alocare se realizează astfel încât mediul de transmisie să fie utilizat eficient. Eficiența este exprimată în termeni de încărcare a canalului și de întârzieri de transmisie sau așteptare.

Distribuirea resurselor trebuie să se facă în mod egal pentru toți utilizatorii individuali, fără a fi favorizați unii în dauna celorlalți. Astfel, fără a lua în calcul anumite priorități ce ar putea fi atribuite unor categorii de abonați, fiecare utilizator trebuie să dispună, în medie, de aceeași fracțiune din capacitatea canalului.

În privința tipului de trafic pe canal, protocolul trebuie să fie flexibil pentru a permite transmisia unor informații sau mesaje cu un conținut cât mai divers posibil (voce, imagini, date, etc). Protocolul trebuie să fie stabil, adică dacă într-o stare de echilibru a sistemului se produce o creștere de sarcină, acest fenomen să deplaseze sistemul către un nou punct de echilibru. De asemenea, protocolul trebuie să fie rezistent la modificarea condițiilor de funcționare și la apariția unor defecțiuni tehnice. Operarea incorectă din partea unui utilizator sau funcționarea defectuoasă a unui terminal trebuie să afecteze restul sistemului într-o măsură cât mai mică posibil. [5]

La condițiile enumerate anterior se adaugă o serie de cerințe suplimentare pentru protocoalele utilizate în mediul specific sistemelor de radiocomunicații mobile, datorită manifestării următoarelor fenomene:

- problema terminalului ascuns: două terminale se pot afla fiecare în afara razei de acțiune a celuilalt terminal (ascunse) datorită prezenței unor obstacole opace pentru undele radio (de exemplu, denivelări ale terenului sau clădiri), dar pot fi amândouă în interiorul zonei de acoperire a stației de bază.
- efectul “apropiat–îndepărat” (near-far effect): transmisiile de la utilizatori aflați la distanță sunt mult mai puternic atenuate în raport cu cele ale utilizatorilor din apropierea stației de bază.
- efectul fluctuațiilor de nivel, datorate propagării pe trasee multiple (multipath fading), precum și obstrucționării undei directe dintre emițător și receptor de către denivelările terenului sau de interpunerea unor clădiri sau alte tipuri de obstacole.
- efectul interferenței de canal comun (co-channel interference), care apare în sistemele celulare datorită utilizării simultane a acelorași canale (frecvențe) în celule diferite, separate spațial printr-o distanță nu prea mare, din motive de eficiență spectrală. [5]

### **1.3. Clasificarea protocoalelor de acces multiplu**

Protocoalele de acces multiplu pot fi grupate în trei mari categorii:

- Protocoale cu acces programat (scheduling access protocols) sau de tip neconcurențial (contentionless protocols);
- Protocoale cu acces aleator (random access protocols) sau de tip concurențial (contention protocols);
- Protocoale cu acces multiplu cu divizare prin cod CDMA (code division multiple access protocols), care îmbină unele aspecte specifice ambelor categorii anterioare. [5]

#### **1.3.1. Protocoale cu acces programat**

Protocoalele cu acces multiplu de tip neconcurențial evită situațiile în care doi sau mai mulți utilizatori ar putea accesa același canal simultan, printr-o programare a transmisiilor acestora. Fiecare utilizator va transmite într-un mod ordonat și prestabilit, asigurându-se astfel transmisia corectă a mesajelor pentru toți participanții la trafic. [5, 7]

Alocarea resurselor poate fi realizată fie într-o manieră fixă, fie într-o manieră flexibilă, la cerere (on demand). În primul caz capacitatea canalului este împărțită în mod egal între toți utilizatorii, indiferent de activitatea acestora. Diviziunea se poate face în timp (cazul TDMA) sau în frecvență (cazul FDMA). În cel de-al doilea caz, capacitatea canalului este împărțită numai între utilizatorii

activi, care au ceva de transmis, mărindu-se astfel eficiența de utilizare a canalelor. Controlul resurselor poate fi un control centralizat, caz în care o singură entitate gestionează toate resursele, sau distribuit, implicând și utilizatorii în procesul de gestionare. [1, 8]

### 1.3.1.1. FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Tehnica de acces multiplu cu divizare în frecvență, FDMA, împarte banda totală de frecvență alocată sistemului într-un număr de subbenzi sau canale, care nu se suprapun între ele, fiecărui utilizator alocându-i-se un canal. [9]

Metoda de acces FDMA este prezentată în figura 1.1. [1]

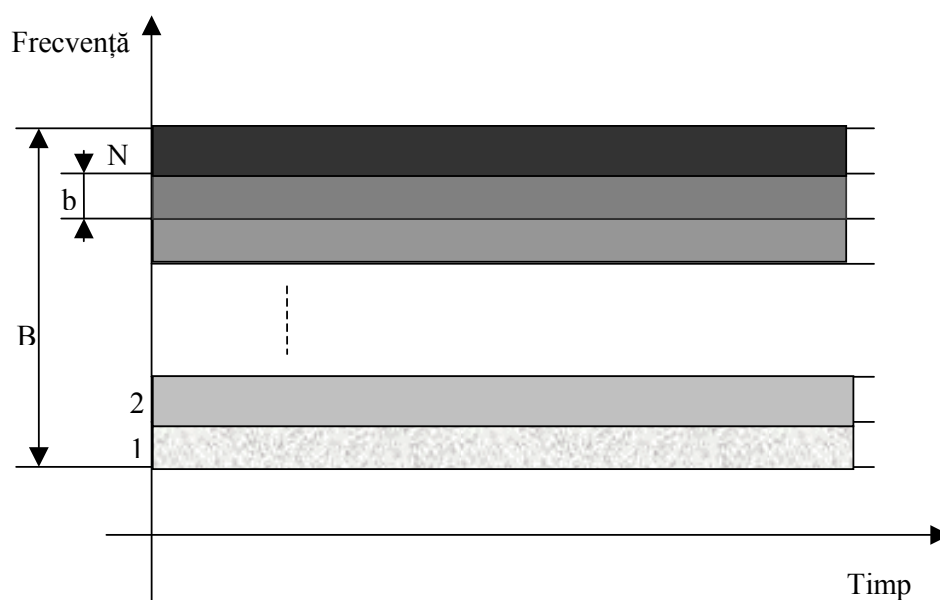


Fig. 1.1. Accesul cu divizare în frecvență FDMA.

Notând cu  $B$  banda totală și cu  $b$  banda canalului frecvențial, fără a ține cont de benzile de gardă dintre utilizatorii adiacenți, numărul total de utilizatori care pot accesa și utiliza resursele din sistem este  $N=B/b$ . [1]

#### 1.3.1.1.1. Caracteristicile și parametrii sistemelor FDMA

Tehnica de acces multiplu cu diviziune în frecvență FDMA alocă fiecărui utilizator câte un canal (în speță o frecvență purtătoare și o bandă de frecvențe), la cererea acestuia. Pe toata durata convorbirii, acest canal este folosit doar de utilizatorul căruia i-a fost alocat. [4]

Principalele caracteristici ale sistemelor FDMA sunt:

- fiecare canal FDMA este folosit la un moment dat de un singur utilizator; în cazul în care utilizatorul căruia i-a fost alocat canalul face o pauză în

convorbire, canalul, deși nu este utilizat, nu poate fi alocat altui utilizator pentru a permite creșterea capacității sistemului; [10]

- după ce un anumit canal este alocat unui utilizator, atât stația mobilă, cât și cea de bază pot transmite mesaje simultan și continuu; [2]
- banda unui canal FDMA este relativ redusă (în general 30 kHz) și reprezintă banda necesară unui utilizator individual; sistemele FDMA sunt deci implementate ca sisteme de bandă îngustă; [11]
- rata de transmisie fiind relativ redusă, perioada de simbol este mai mare decât întârzierile de propagare datorate canalului; aceasta face ca nivelul interferenței intersimbol să fie redus, nefiind necesară folosirea unui sistem de egalizare sofisticat; [3, 11]
- complexitatea sistemelor FDMA este, în general, mai redusă decât a sistemelor TDMA din punct de vedere al necesarului de procesare a semnalului transmis; [10]
- deoarece tehnica FDMA suportă o transmisie continuă, nu este necesară transmisia unui număr atât de mare de biți pentru semnalizări ale sistemului (de exemplu, sincronizare sau împărțire în cadre) ca în cazul TDMA; [3, 11]
- costurile necesare implementării sistemelor FDMA sunt mai mari decât în cazul celor de tip TDMA, deoarece folosirea unui canal de către un singur utilizator la un moment dat nu conduce la o utilizare judicioasă a resurselor; în plus, pe de o parte este necesară utilizarea unor filtre trece bandă complicate și scumpe pentru a micșora puterea radiată în afara benzii, iar pe de altă parte, atât stațiile de bază cât și cele mobile trebuie să utilizeze circuite duplexoare, deoarece atât emițătorul cât și receptorul operează în același timp. Acesta duce, de asemenea, la o creștere a costului echipamentelor. [2, 10]

Un exemplu clasic de sistem FDMA/FDD este primul sistem celular american, anume AMPS (Advanced Mobile Phone System). În acest sistem fiecare utilizator ocupă câte un canal duplex (format din două canale simplex separate între ele cu un ecart de frecvența de 45 MHz) pe toată durata convorbirii. Atunci când o anumită conversație se încheie sau se produce un transfer (handover – utilizatorul mobil trece dintr-o celulă într-alta, iar convorbirea se transferă de pe o stație de bază pe cea corespunzătoare noii celule) canalul este eliberat și oferit altui utilizator. Semnalele vocale sau de altă natură sunt transmise de la stația mobilă la stația de bază prin canalul asociat legăturii ascendente, iar în sens invers pe cel asociat legăturii descendente. Ca tehnică de modulație se folosește modulația în frecvență de bandă îngustă. [2, 10, 12]

În scopul minimizării interferențelor între canale (“cross-talk”), în sistemele de tip FDMA trebuie prevăzut un număr de benzi de gardă între utilizatorii adiacenți. [2, 6]

Numărul de canale ce pot fi utilizate simultan într-un sistem FDMA este:

$$N = \frac{B_t - 2B_g}{B_c}$$

unde

$B_t$  este banda de frecvență alocată sistemului;



$B_g$  este banda de gardă, necesară la capetele domeniului de frecvențe alocat;  
 $B_c$  este banda unui canal individual. [10]

### 1.3.1.2. TDMA (Time Division Multiple Access)

TDMA (Time Division Multiple Access) este o tehnologie de transmisie digitală, ce permite tuturor utilizatorilor să folosească aceeași frecvență, fără interferență, alocându-li-se câte un interval temporal în fiecare canal. [13]

Sistemul TDMA divide spectrul radio în intervale temporale și fiecărui utilizator  $i$  se permite să transmită sau să recepționeze mesaje în intervalul ce îi este alocat în mod ciclic. [9, 10]

În TDMA, timpul este divizat în cadre temporale de durată egală (time frames) și fiecare cadru, la rândul lui, este divizat într-un număr fix de intervale temporale (time slots). De asemenea, intervalele temporale sunt de durată egală.

Tehnica de acces multiplu cu diviziune în timp este prezentată în figura 1.2. [1, 14]

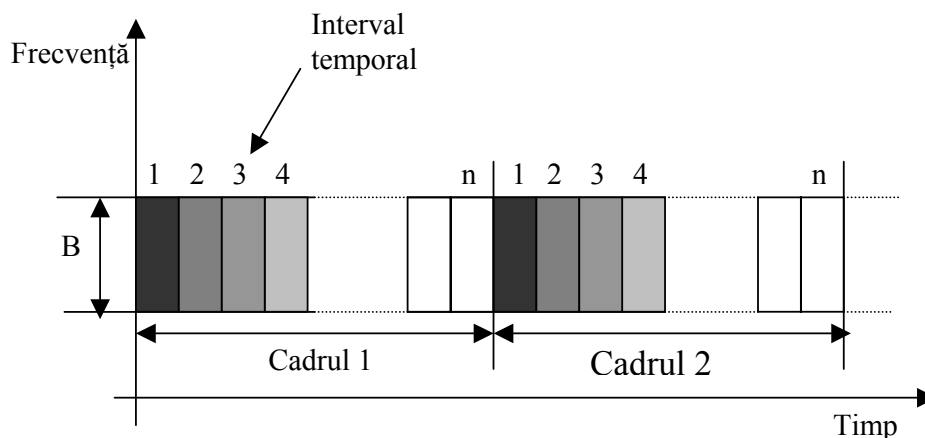


Fig. 1.2. Accesul cu divizare în timp TDMA

Fiecărui utilizator îi este alocat un interval temporal și această alocare este rezervată pentru utilizatorul respectiv în toate cadrele temporale ce se succed secvențial. Prin urmare, capacitatea canalului este divizată în mod egal între toți utilizatorii. Notând cu  $n$  numărul de intervale temporale dintr-un cadru, numărul total de utilizatori care pot accesa și utiliza resursele este  $N=n$ . Volumul de trafic transmis într-un interval temporal dintr-un cadru trebuie să fie suficient pentru orice utilizator din sistem. [1, 15]

Transmisia pe canal este discontinuă, fiind făcută sub formă de pachete (burst). Modalitatea de a transmite datele de la un anumit utilizator este aceea de a le păstra într-un buffer și apoi de a le transmite cu o rată de  $N$  ori mai mare pe durata slotului alocat utilizatorului respectiv. [2, 12]

### 1.3.1.2.1. Caracteristicile și parametrii sistemelor TDMA

Principalele caracteristici ale sistemelor TDMA sunt:

- sistemele TDMA folosesc o singură frecvență purtătoare, respectiv o singură bandă de frecvențe, fiecărui utilizator fiindu-i alocat un slot temporal. [10]
- numărul de sloturi pe fiecare cadru depinde de tehnologia de realizare, tipul de modulație folosit, banda de frecvențe alocată, etc.; [2]
- datorită faptului că transmisia datelor în sistemele de tip TDMA se face în pachete, nu în mod continuu, consumul bateriei stației mobile este redus, deoarece utilizatorul transmite date doar pe durata slotului alocat; [10]
- transmisia în pachete face ca procesul de transfer al convorbirii de la o celulă la alta (handover) să fie mai ușor; stația mobilă, în perioada de inactivitate, poate efectua măsurătorile necesare pentru a determina stația de bază cea mai apropiată; [10]
- de asemenea, TDMA permite monitorizarea puterii semnalului și a probabilității de eroare la recepție pe fiecare cadru; [2]
- deoarece un utilizator folosește sloturi temporale diferite pentru transmisie și recepție nu este necesară folosirea duplexoarelor în modul TDD, iar în modul FDD se poate folosi un simplu comutator între emițător și receptor; [2, 10]
- deoarece rata de transmisie a datelor în TDMA este, în general, ridicată, în comparație cu FDMA, este necesară utilizarea la recepție a unui sistem de egalizare adaptiv, pentru a combate efectele canalului de comunicație; [10]
- în TDMA este necesară transmiterea unui număr relativ ridicat de biți de sincronizare deoarece transmisia datelor se face în pachete, deci receptorul trebuie să se sincronizeze la sosirea fiecărui pachet de date; în plus este necesară introducerea unui număr de biți de gardă pentru a evita suprapunerea sloturilor provenite de la utilizatori diferiți; din aceasta cauză informația suplimentară ce trebuie transmisă odată cu informația utilă este mult mai mare în cazul sistemelor TDMA comparative cu cele FDMA; [2, 3]
- în TDMA se poate alocă un număr diferit de sloturi utilizatorilor, deci cantitatea de date transmisă poate fi modificată în funcție de necesarul impus de utilizator; [2, 3]
- TDMA permite utilizarea unor domenii largi de rate de transmisie, în general multipli întregi ai ratei de multiplexare (rata cu care se face comutarea de la un utilizator la altul), deci se pot utiliza o gamă largă de procedee și tehnici de codare cu rate de bit diferite deci și cantități diferite; în acest fel prețul poate fi ales de utilizator în funcție de calitățile impuse aplicației; [2, 13]
- sistemele TDMA pot fi realizate complet în tehnologie digitală, prin integrare pe scară largă (VLSI) fără a utiliza filtre de radiofrecvență de bandă îngustă, ceea ce duce la o scădere substanțială a prețului de cost. [2]

Datele transmise de la diferiți utilizatori sunt întreșesute într-o structură de cadru, așa cum este ilustrat în figura 1.3.

Un cadru TDMA este format dintr-un preambul (care conține informațiile de sincronizare și cele de adresare), o parte de date ce conține mesajele informaționale propriu-zise și un număr de biți finali (tail bits) folosiți pentru detecția și corecția erorilor și pentru extragerea unor informații statistice referitoare la calitatea legăturii. Partea de date este la rândul său formată din sloturi provenite de la diferiți utilizatori; fiecare slot este format din biții de start, un bloc de biți de sincronizare, datele ce formează mesajul către unul sau mai mulți utilizatori, și un număr de biți de gardă necesari sincronizării receptorului la trecerea de la un slot la altul sau de la un cadru la altul. [2, 10]

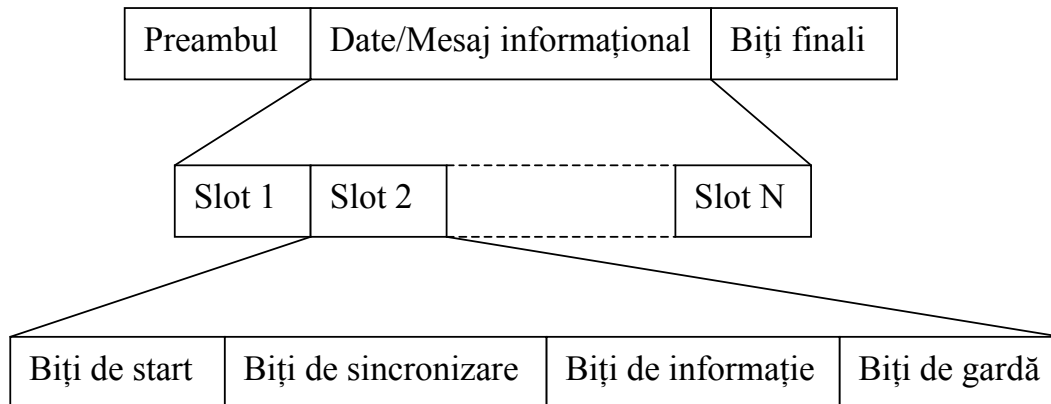


Fig. 1.3. Structura cadrului TDMA

Se definește *eficiența unui cadru TDMA* ca fiind o măsură a procentajului de date ce conțin informație din totalul de date transmise într-un cadru. [2]

$$\eta_f = (1 - b_{sup}/b_{tot}) * 100$$

Numărul de biți suplimentari ce se transmit în fiecare cadru este:

$$b_{sup} = N_r * b_r + N_t * b_p + N_t * b_g + N_r * b_g$$

unde: -  $N_r$  este numărul de pachete de referință (semnalizari ale sistemului) pe cadru;

- $N_t$  este numărul de pachete de date (sloturi) pe cadru;
- $b_r$  este numărul de biți alocați pachetelor de referință;
- $b_p$  este numărul de biți alocați preambulului pe cadru;
- $b_g$  este numărul de biți echivalenți corespunzători intervalului de gardă;

Numărul total de biți pe cadru este:

$$b_{tot} = T_f * R$$

unde: -  $T_f$  este durată totală a cadrului;

-  $R$  este rata de transmisie a datelor pe canal. [10]

Numărul de canale oferite de un sistem TDMA este:

$$N = \frac{m(B_{tot} - 2B_G)}{B_C}$$

unde:  $m$  = numărul maxim de utilizatori pe fiecare canal TDMA;

$B_{\text{tot}}$  = banda totală alocată sistemului;

$B_G$  = banda de gardă;

$B_C$  = banda unui canal TDMA. [10]

În sistemele TDMA de bandă îngustă toți utilizatorii folosesc un singur canal de comunicații, fiecare dintre ei având alocat un slot temporal în mod ciclic. Sistemele TDMA pot opera din punctul de vedere al comunicației duplex, atât cu diviziune în frecvență (TDMA/FDD), cât și cu diviziune în timp (TDMA/TDD). Sistemele TDMA/FDD utilizează două frecvențe diferite, una pentru legătura ascendentă, cealaltă pentru legătura descendentă. Sistemele TDMA/TDD utilizează aceeași frecvență purtătoare și aceeași bandă de frecvențe pentru ambele legături, transmisia realizându-se într-o direcție sau cealaltă la momente temporale diferite. Din acest motiv, transmisia de tip TDD este cvasi-simultană, deoarece atunci când se face transmisia datelor într-o anumită direcție, presupune inhibarea transmisiei pe direcția opusă. Dacă rata de transmisie este suficient de mare, timpul în care una dintre direcții este inhibată este neglijabil, aproape insesizabil în timpul unei comunicații vocale. [2, 3]

Comparație între sistemele TDMA/FDD și TDMA/TDD:

- din punct de vedere spectral, banda ocupată de cele două sisteme este aceeași: astfel, în timp ce sistemul FDD utilizează două benzi de frecvență separate între ele, sistemul TDD utilizează o singură bandă de lărgime dublă;
- deoarece banda folosită în cazul sistemelor TDD este dublă față de cea folosită în sistemele FDD, filtrele de radiofrecvență ale emițătorului și receptorului sunt de bandă mai largă, deci mai ușor de implementat;
- în cazul sistemului TDD duplexorul se realizează cu un simplu comutator de radifrecvență, care conectează antena emițătorului sau receptorului în funcție de direcția fluxului de date. Această structură este mult mai puțin complicată decât în cazul transmisiunii FDD. [2]
- dacă sistemul este de tip TDMA/TDD, jumătate din sloturi sunt folosite pentru legătura ascendentă și cealaltă jumătate pentru cea descendentă. Dacă structura este de tip TDMA/FDD, se folosesc structuri de cadru identice atât pentru legătura ascendentă cât și pentru cea descendentă, iar frecvențele pe care sunt transmise datele în acest caz sunt diferite. De multe ori în sistemele TDMA/FDD se introduce un decalaj intenționat între datele ce aparțin legăturii ascendente, respectiv celei descendente, pentru a evita necesitatea introducerii duplexoarelor, în special la stația mobilă. [2]

#### 1.3.1.2.2. FD/TDMA

Accesul multiplu combinat cu divizare în frecvență și în timp FD/TDMA utilizează mai multe canale frecvențiale, iar fiecare canal frecvențial dispune de mai multe canale temporale. Un utilizator are la dispoziție un anumit interval temporal din cadrul transmis pe un anumit canal frecvențial. [1, 12]

Notând cu  $B$  banda totală a sistemului, cu  $b$  banda canalului frecvențial și cu  $n$  numărul de intervale temporale, numărul total de utilizatori care pot accesa și utiliza resursele din sistem este  $N=nxB/b$ , ca în figura 1.3. [1, 12]

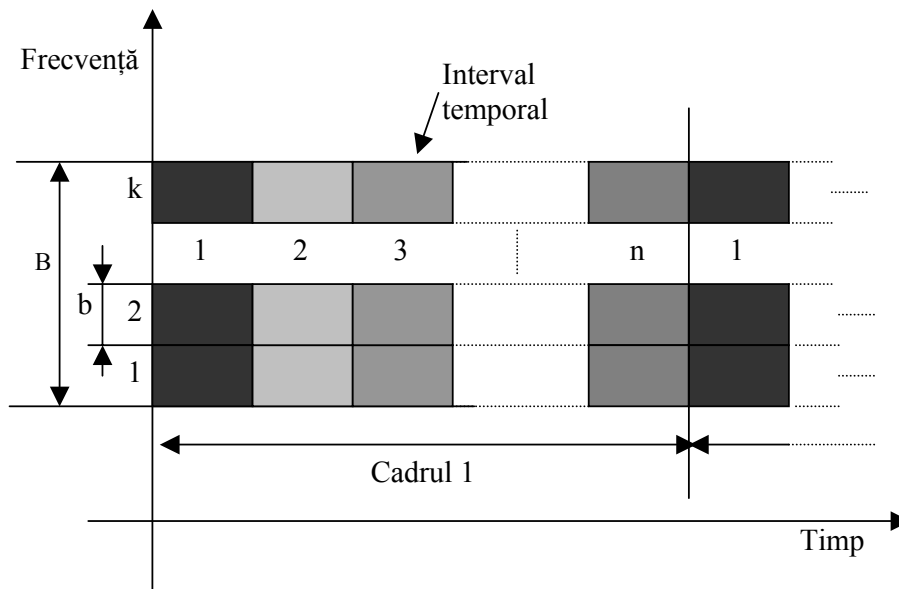


Fig. 1.3. Accesul combinat cu divizare în timp și frecvență FD/TDMA

La metodele de acces multiplu cu divizare în timp TDMA sau FD/TDMA, lungimea intervalului temporal în care trebuie să sosească un pachet este de obicei mai mare decât durată pachetului.

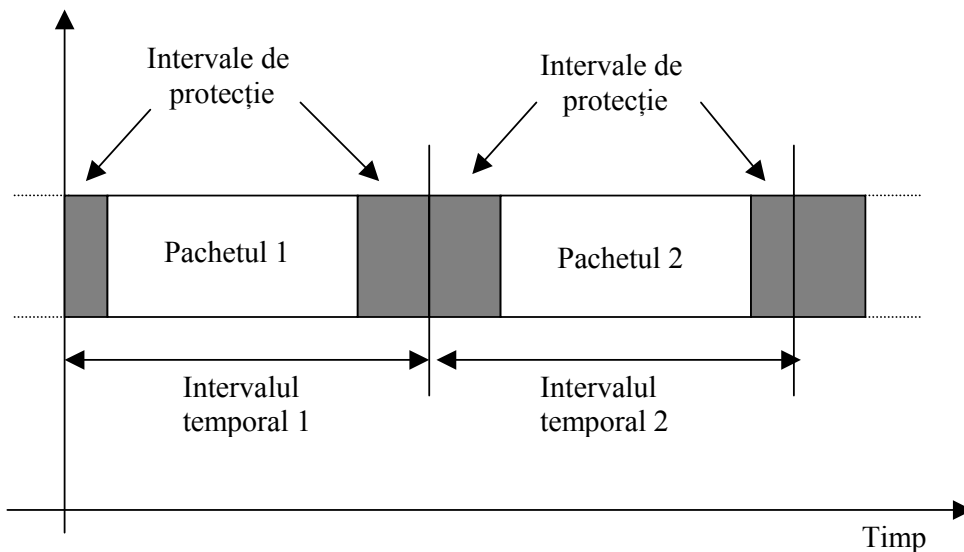


Fig. 1.4. Asigurarea intervalelor de protecție între pachete

Pachetele pot sosi mai mult sau mai puțin întârziate, în funcție de distanța de la care sunt emise. La recepție se evită suprapunerea lor prin asigurare unor

intervale de protecție (guard time) între pachete succesive, dacă întârzierile de propagare nu depășesc o limită maximă admisă (figura 1.4.). Aceste intervale de protecție reduc interferența între canalele adiacente. [1, 6]

### 1.3.2. Protocoale cu acces aleator

În cazul protocoalelor cu acces aleator, în absența unei programări a transmisiilor, un utilizator care se pregătește să transmită ceva pe canal nu poate deține apriori nici un fel de informații asupra momentului optim în care ar putea face transmisia fără ca ea să se suprapună (să interfereze) cu cea a altor utilizatori. [5]

În principiu, utilizatorul poate să afle prin ascultarea canalului dacă acesta este pe moment utilizat sau liber, dar nu poate deține informații precise privind alți utilizatori care sunt gata și ei să acceseze canalul în momentul respectiv. Prin urmare, trebuie avută în vedere posibilitatea de apariție a coliziunilor între mesajele transmise, ceea ce le face inutilizabile. Astfel, dacă mai mulți utilizatori pornesc propriile transmisii mai mult sau mai puțin simultan, toate aceste încercări de acces vor fi sortite eșecului. Această probabilitate de eșec determină caracterul aleator al procesului de acces în privința tentativelor care au șanse de reușită. [5]

Protocoalele trebuie să rezolve situațiile conflictuale care apar în cazul unor tentative simultane de acces. [5]

Protocoalele de acces multiplu concurențiale pot fi împărțite în două grupe:

- protocoale de acces aleator cu repetiție (cazul protocoalelor ALOHA pură (p-ALOHA), ALOHA cu divizare temporală (s-ALOHA) sau CSMA (Carrier Sense Multiple Access)) și
- protocoale de acces aleator cu rezervare (ALOHA cu rezervare (r-ALOHA) sau PRMA (Packet Reservation Multiple Access)). [5]

În primul caz, după o tentativă de acces eșuată, utilizatorul va încerca o nouă transmisie, întârziată față de prima cu un interval de timp de lungime variabilă, într-un mod aleator. De observat că la fiecare nouă tentativă de acces sau la fiecare nouă transmisie, riscul de apariție al coliziunilor rămâne constant.

În al doilea caz, utilizatorii folosesc o metodă de acces aleator pe canalul de comunicație, dar odată ce accesul a fost obținut, transmisia se face într-un mod programat, printr-o rezervare de resurse, până la încheierea comunicației. [1]

Metoda de acces multiplu ALOHA pură (p-ALOHA) reprezintă un protocol centralizat, în cadrul căruia un număr de utilizatori pot transmite pachete de date către stația de bază, folosind un canal frecvențial alocat pentru legătura ascendentă (uplink), și pot recepționa pachete de la stația de bază pe un alt canal frecvențial alocat pentru legătura descendentă (downlink). În momentul în care un utilizator este gata de comunicare, el își trimite mesajul pe canalul ascendent. Dacă nu există transmisii de la alți utilizatori în intervalul de timp respectiv, stația de bază va recepționa corect pachetul și va trimite un pachet de confirmare (acknowledgement) pe canalul descendent. Prin recepția pachetului respectiv, utilizatorul este informat că transmisia a avut loc corect. [1]

Daca doi sau mai multi utilizatori transmit simultan, la recepție se produce o coliziune. Stația de bază recunoaște o astfel de situație, întrucât recepționează un mesaj denaturat și, prin urmare, nu mai transmite nici o confirmare. Dacă un utilizator nu are confirmarea stației de bază pentru transmisia efectuată, el presupune automat ca a avut loc o coliziune și este obligat să repete transmisia. Simpla repetare a transmisiei după un interval de timp prestabilit nu este suficientă, deoarece ar conduce la producerea de coliziuni repetate la infinit pentru cei doi utilizatori ale căror transmisii s-au suprapus. Soluția care permite ieșirea din impas este cea în care utilizatorul care a suferit un eșec trebuie să aștepte o perioadă aleatoare de timp înainte de a repeta transmisia. [1, 16]

Protocolul p-ALOHA este foarte simplu, dar are o eficiență foarte scăzută în privința numărului de pachete recepționate fără coliziuni. Această situație este determinată de faptul că o transmisie de pachet în sistem este afectată de o perioadă de vulnerabilitate egală cu dublul timpului necesar transmisiei unui pachet. Notând cu  $T$  durata pachetului transmis la momentul  $t_0$  și neglijând timpii de propagare ( $t_p \ll T$ ), perioada de vulnerabilitate este cuprinsă între  $t_0 - T$  și  $t_0 + T$ . [1]

Notând cu  $G$  traficul total (numărul mediu de pachete sau cadre care trec prin canal în intervalul  $T$ ), cu  $S$  traficul realizat cu succes sau debitul, iar cu  $p_0$  probabilitatea ca un pachet să evite coliziunile, rezultă:  $S = G * p_0$  [17]

Un pachet va intra în coliziune cu altul dacă va fi lansat înainte de epuizarea intervalului  $T$  de la lansarea altui pachet. [17]

Lipsa totală de disciplină a terminalelor, determină o probabilitate mare a coliziunilor la sistemul ALOHA pur și deci o capacitate scăzută. Pentru o utilizare mai bună a canalului, s-a procedat la divizarea timpului în intervale de temporale de durată  $T$ ,  $T$  fiind durata medie a unui pachet. Terminalele nu mai au voie să emită oricând. Începutul unei transmisii trebuie să coincidă cu începutul intervalului de timp. Protocolul obținut astfel se numește ALOHA cu divizare temporală (slotted ALOHA). [17]

În cazul protocoalelor s-ALOHA, perioada de vulnerabilitate este redusă la jumătate față de p-ALOHA, iar traficul maxim realizat cu succes prin canal, se dublează practic. [16]

O altă modalitate de creștere a eficienței se obține utilizând protocoale de acces aleator cu rezervare. În aceste cazuri, dacă un utilizator are de transmis un șir de pachete, transmisia primului pachet este realizată în același mod ca la un protocol cu acces pur aleator. Utilizatorul nu poate avea certitudinea că pachetul este transmis cu succes deoarece el poate interfera cu pachetele altor utilizatori, care sunt și ei gata să transmită. Deci, succesul primei transmisii este un proces aleator. [18]

Diferența dintre protocolul cu rezervare și cel fără rezervare apare abia după ce primul pachet a fost recepționat corect de bază. În acel moment, o parte fixă din capacitatea canalului este alocată utilizatorului. Acesta obține astfel o rezervare și poate continua să transmită restul pachetelor din șir sub forma unei comunicații programate, fără nici un risc de coliziune. Ceilalți utilizatori din sistem sunt preveniți asupra părților din canal care au fost alocate utilizatorilor cu rezervare.

Când utilizatorul a terminat transmisia șirului de pachete, el restituie sistemului capacitatea ce i-a fost rezervată, pentru ca aceasta să poată fi redistribuită altor utilizatori ce așteaptă să acceseze sistemul. Dacă utilizatorul în cauză dorește să reia ulterior transmisia, el trebuie să concureze din nou cu alți utilizatori pentru a obține o nouă rezervare. Protocolul de acces ALOHA cu rezervare este notat în literatură cu r-ALOHA (reservation-ALOHA). [18]

O variantă a protocoalelor ALOHA este cea în care utilizatorul, în loc să aștepte mesajul de confirmare, ascultă canalul pentru a afla dacă, în timpul transmisiei proprii mai are loc o transmisie în paralel de la un alt utilizator spre bază. Dacă nu „aude” nimic în acest interval de timp, el poate trage singur concluzia că transmisia s-a realizat cu succes. Dacă aude ceva înseamnă că s-a produs o coliziune și transmisia trebuie repetată după o perioadă de așteptare de durată aleatoare. Pe această cale, responsabilitatea protocolului este distribuită între utilizatori. [18]

Pornind de la o idee asemănătoare s-au dezvoltat protocoalele de tip CSMA (Carrier Sense Multiple Access). CSMA este o tehnică de acces aleator cu ascultarea purtătoarei. Ea permite terminalelor ascultarea mediului de transmisie, înainte ca acestea să procedeze la emisia propriilor pachete de date. Transmiterea unui pachet are loc numai dacă mediul nu este ocupat de o altă transmisie. Protocoalele CSMA evită posibilitatea ca mai multe transmisii să aibă loc pe același suport și în același timp. Astfel se reduce numărul de coliziuni, fără însă ca apariția acestora să fie complet eliminată. [18]

În funcție de modul în care acționează un terminal care are de efectuat o transmisie în momentul în care detectează că mediul este ocupat, există trei variante de protocoale CSMA:

- nonpersistent,
- 1-persistent,
- p-persistent. [19]

Aceste variante sunt prezentate în tabelul 1.2. [20]

Tipul protocolului CSMA	Reguli de transmisie	
	Dacă mediul este liber	Dacă mediul este ocupat
nonpersistent	transmite	Așteaptă un interval de timp de durată aleatoare și ascultă din nou canalul.
1-persistent	transmite	Continuă ascultarea până când canalul e liber și transmite imediat.
p-persistent	transmite cu probabilitatea p	Continuă ascultarea până când canalul e liber și transmite cu probabilitatea p.

Tabelul 1.2.



Protocoalele CSMA reprezintă o îmbunătățire în raport cu protocoalele ALOHA, deoarece ele opresc un terminal să transmită atâta timp cât el sesizează că mediul este ocupat. [18]

### 1.3.3. Protocoale cu divizare prin cod

În cazul protocoalelor CDMA, accesul multiplu este de tip neconcurențial, permițând transmisia simultană fără conflicte pentru mai mulți utilizatori. Dacă numărul utilizatorilor, care transmit simultan pe canal, depășește însă un anumit prag, atunci accesul devine concurențial. [5]

Spre deosebire de protocoalele cu divizare în frecvență și/sau timp, la protocoalele CDMA proprietățile de acces multiplu sunt obținute prin alocarea unui cod individual pentru fiecare utilizator. Acest cod este utilizat pentru a transforma semnalul utilizatorului într-un semnal de bandă largă, deci pentru a realiza o împrăștiere spectrală a puterii semnalului înainte de emisie. [1, 5]

Dacă un receptor primește la intrare mai multe semnale de bandă largă, ce se suprapun frecvențial și temporal, el va utiliza codul alocat unui anumit utilizator pentru a transforma numai semnalul de bandă largă provenit de la acesta înapoi în semnalul original. În timpul acestui proces, puterea semnalului dorit este compresată în limitele benzii semnalului original, în timp ce restul semnalelor rămân de bandă largă și apar ca un zgomot în raport cu semnalul util. [5, 21]

În sistemul de coordonate timp-frecvență-cod, alocarea canalelor CDMA poate fi reprezentată ca în figura 1.6 [4]

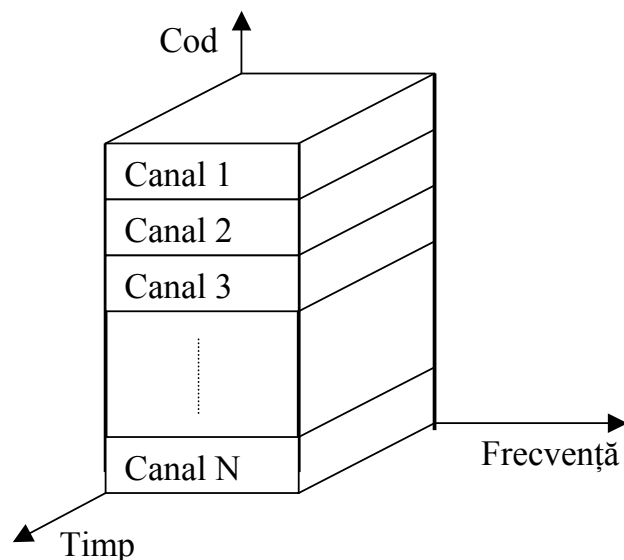


Fig. 1.6. Accesul multiplu cu divizare în cod CDMA

În sistemele de tip CDMA, semnalul informațional de bandă îngustă este lărgit cu ajutorul unui cod de împrăștiere (cod pseudoaleator), care are perioada de chip de câteva ordine de mărime mai mică decât perioada datelor. Toți utilizatorii

folosesc aceeași frecvență purtătoare și aceeași bandă de frecvențe simultan, independent unul de altul, fiind individualizați prin codul de împrăștiere alocat. [4]

### 1.3.3.1. Caracteristicile și parametrii sistemelor CDMA

Dintre caracteristicile sistemelor CDMA, cele mai importante sunt:

- toți utilizatorii unui sistem CDMA utilizează aceeași frecvență purtătoare și bandă de frecvențe simultan. Pentru realizarea duplexării se poate folosi atât tehnica FDD cât și cea TDD; [10]
- spre deosebire de TDMA și FDMA, sistemele CDMA au o limită soft a capacității. Prin creșterea numărului de utilizatori va crește valoarea nivelului de zgomot la recepție, ceea ce face ca performanțele sistemului să se degradeze pentru toți utilizatorii, pe măsură ce numărul acestora crește; [3]
- efectul fenomenului de fading datorat propagării pe căi multiple este redus substanțial datorită împrăștierii spectrale. Dacă banda ocupată de semnal este mai mare decât banda de coerență a semnalului, apare o diversitate în frecvența implicită, care va combate efectul fadingului selectiv în frecvență. [2,10]
- rata datelor transmise pe canal este foarte ridicată în sistemele de tip CDMA, deci perioada datelor împrăștiate este foarte redusă, mult mai mică decât împrăștierea temporală a canalului. Cum secvențele de împrăștiere au o corelație foarte scăzută, replicile întârziate cu mai mult de un interval de chip apar ca zgomot la recepție. Pentru creșterea performanțelor se poate utiliza un receptor RAKE, care combină mai multe replici întârziate ale semnalului recepționat; [3]
- una din problemele ce pot apărea în sistemele de tip CDMA este aceea a bruiajului propriu, datorat faptului că secvențele de împrăștiere folosite nu sunt perfect ortogonale între ele; din această cauză, la decodarea unui anumit semnal vor apărea și anumite contribuții datorate altor utilizatori; [13]
- o altă problemă ce poate apărea la un receptor în cadrul sistemelor CDMA este posibilitatea de a capta și de a se fixa pe un alt semnal, în cazul în care puterea acestuia este mai mare decât cea a semnalului dorit. [10]

Toți utilizatorii unui sistem CDMA operează pe aceeași frecvență nominală, folosind o transmisie cu spectru împrăștiat SS (Spread Spectrum). Conceptul utilizat de sistemele SS este cel al împrăștierii spectrale deliberate a semnalului radio pe o bandă foarte largă de frecvențe. [18]

Modulația cu spectru împrăștiat SS transformă semnalul purtător de informație într-un semnal de transmisie cu bandă mult mai largă. Această transformare se obține prin codarea semnalului de informație cu un semnal de cod, care este independent de datele transmise și care are un spectru mult mai larg decât spectrul datelor utile. În urma transformării, puterea semnalului original este împrăștiată pe o bandă foarte largă de frecvențe, generându-se astfel un semnal cu o densitate de putere mult mai redusă, așa cum se arată în figura 1.7. [22]

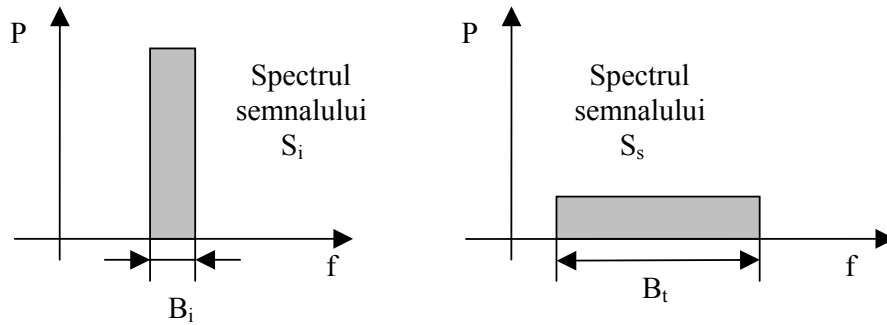


Fig. 1.7. Spectrul semnalului înainte și după expandare

Raportul dintre banda de transmisie  $B_t$  și banda de bază  $B_i$  reprezintă câștigul de procesare,  $G_p$ , și are o importanță deosebită în evaluarea unui sistem CDMA. [22]

$$G_p = B_t / B_i$$

Pentru a reconstrui semnalul purtător de informație în forma originală, receptorul corelează semnalul recepționat cu o replică a semnalului de cod, generată sincron la recepție. Procesul de recompresie spectrală de la recepție este prezentat în figura 1.8. [22]

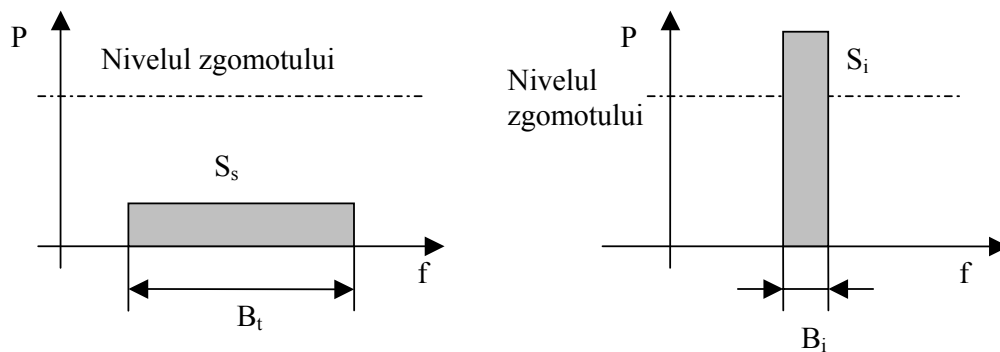


Fig. 1.8. Recompresia spectrală la recepție

Semnalele cu spectru împrăștiat SS prezintă o serie de proprietăți, ce diferă substanțial de proprietățile semnalelor de bandă îngustă. [22]

Protocoalele CDMA pot fi clasificate în funcție de modalitatea în care se realizează împrăștierea spectrală în următoarele categorii:

- Protocoale CDMA cu salt de frecvență FH-CDMA (Frequency Hopping);
- Protocoale CDMA cu salt de timp TH-CDMA (Time Hopping);
- Protocoale CDMA cu secvență directă DS-SS (Direct - Sequence);
- Protocoale CDMA hibride, care reprezintă combinații ale metodelor anterioare. [23]

### 1.3.3.2. Tipuri de sisteme CDMA

#### a). DS-CDMA

Utilizarea metodei cu secvență directă DSSS (Direct Sequence Spread System) sau (DS-CDMA) pentru un sistem de comunicații cu spectru împrăștiat presupune, în principiu, modularea purtătoarei de radiofrecvență cu informația sub formă binară și apoi multiplicarea semnalului rezultat cu o funcție de împrăștiere a spectrului.

În practică, din motive de simplitate, metoda se aplică multiplicând întâi secvența mesaj, caracterizată de un anumit debit, cu o secvență pseudoaleatoare al cărei debit, foarte mare în comparație cu primul, reprezintă un multiplu al acestuia, iar modulația purtătoarei de radiofrecvență se face cu secvența obținută din procesul de multiplicare. Prin urmare, operația de expandare spectrală este realizată direct în banda de bază. Acest lucru simplifică partea de radiofrecvență atât la emisie, unde se pot utiliza circuite de modulare, mixere și amplificatoare de putere standard, cât și la recepție, unde se utilizează amplificatoare de semnal mic, mixere și demodulatoare comune, cu condiția ca banda de trecere a acestora să corespundă benzii semnalului digital cu spectru împrăștiat.

Ortogonalitatea semnalelor se asigură pe baza ortogonalității secvențelor pseudoaleatoare, utilizate pentru împrăștiere spectrală. [18, 22]

#### b). FH-CDMA

În cadrul tehnicii FHSS, transmisia radio se realizează cu salturi de pe o frecvență purtătoare pe alta, în interiorul unei benzi de frecvență specificate și într-o manieră pseudoaleatoare. Emițătorul și receptorul trebuie să cunoască, înainte de începerea transmisiei, secvența de salturi predeterminată, pe care o vor utiliza în sincronism pe toată durata legăturii radio. Aceleași frecvențe pot fi utilizate în comun pentru mai multe legături simultane, cu condiția ca secvențele de salt aferente să fie ortogonale. Cu alte cuvinte, în orice moment, o frecvență din grupul comun este utilizată pentru o singură legătură.

Metoda presupune transmisia datelor sub formă de pachete (burst). De obicei, un pachet de date este transmis integral pe o frecvență radio, după care se poate aplica saltul de frecvență, astfel încât următorul pachet să fie transmis pe o nouă frecvență. Secvența de salt este repetată ciclic pe toată durata unei legături radio. Câștigul de procesare  $G_p$  al sistemului FHSS este egal cu numărul de frecvențe purtătoare distincte pe care se efectuează salturi în cadrul unei secvențe.

Structura secvenței de salt (numărul de frecvențe purtătoare distincte), precum și viteza sau rata cu care se efectuează salturile sunt determinate de structura secvenței pseudoaleatoare sau de codul PN folosit pentru împrăștiere spectrală, precum și de debitul sau rata acestui cod. Viteza de salt trebuie să fie armonizată într-o anumită măsură cu debitul mesajului, pentru a se putea asigura posibilitatea unei demodulări coerente pentru fiecare bit din mesaj. Operația de împrăștiere spectrală presupune în acest caz efectuarea unei conversii cod-frecvență. [18, 24, 25]

c). TH-CDMA

În cadrul sistemelor CDMA cu salt în timp THSS, datele ce reprezintă informația utilă sunt transmise sub formă de pachete rapide, la intervale de timp determinate de codul alocat utilizatorului.

În acest scop, axa timpului este divizată în cadre temporale și fiecare cadru este divizat la rândul lui într-un număr  $M$  de intervale temporale (în mod similar unui sistem TDMA). Pe durata unui cadru, un utilizator transmite un singur pachet în interiorul unui anumit interval temporal al cărui număr de ordine din structura cadrului este determinat de secvența de cod de împrăștiere. Având în vedere că, în timpul unui cadru utilizatorul transmite toate datele într-un singul interval temporal, în loc să folosească toate cele  $M$  intervale, banda de frecvență necesară emisiei este multiplicată cu un factor egal cu  $M$ .

Câștigul de procesare  $G_p$  al sistemului THSS este egal chiar cu numărul de intervale temporale ( $M$ ) în care este divizat cadru. [18, 22, 25]

# Capitolul 2

## DECT

### 2.1. Introducere

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) a fost elaborat de ETSI (European Telecommunications Standards Institute) și definitivat ca standard European în 1992 (ETS 300 175-x). Inițial a fost numit Digital European Cordless Telephone, dar apoi, din motive de marketing internațional, i-a fost schimbat numele. [26, 27]

Standardul pentru Sistemul Extins de Telefonie Cordless Digitală, DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone), se adresează celei de-a doua generații de radiotelefonie digitală, având ca scop extinderea utilizării telefonului cordless de tip privat, de instituție sau Telepoint, cu asigurarea compatibilității cu sistemul GSM și diferitele tipuri de rețele fixe (PTSN, ISDN etc.). [1, 26]

Standardul DECT furnizează o tehnologie de acces radio pentru telecomunicațiile fără fir, operând în banda 1880-1900 MHz și utilizând modulația GFSK. DECT a fost elaborat astfel încât să permită accesul la orice tip de rețea de telecomunicații, suportând astfel diferite aplicații și servicii. [28]

Sistemul DECT este o extensie a telefoniei cordless pentru rețele, optimizat pentru o acoperire locală (structuri picocelulare cu o rază de acțiune de 20 – 200 m) cu o mare densitate de utilizatori (spre deosebire de sistemele celulare), permițând servicii de telefonie, fax, modem, e-mail, transmisii de date, internet etc., cu costuri reduse. [26, 29]

Tipurile de sisteme care pot fi implementate conform standardului DECT sunt:

- sistemele rezidențiale (Domestic Systems);
- sistemele de instituție (Business Systems);
- sistemele cu acces public (Telepoint, PCN);
- rețele locale de date cu acces radio (RLL, WLL). [1, 26]

### 2.2. Arhitectura funcțională a sistemului DECT

DECT este un sistem picocelular, format dintr-o parte fixă și o parte mobilă. Partea fixă (FP – Fixed Part) conține una sau mai multe stații de bază (RFPs), iar cea mobilă, una sau mai multe părți portabile (PPs – Portable Parts). În fiecare

celulă se află o stație de bază, care poate servi câteva terminale portabile. [28, 29]  
 Standardul descrie interfața radio între stația de bază și telefonul mobil. [30]

Arhitectura funcțională a sistemului DECT, organizată după modelul OSI (Open System Interconnection), conține trei nivele funcționale:

- nivelul fizic sau nivelul 1 organizează informația pe mediul fizic (structura canalelor pe mediul radio).
- nivelul legătură de date sau nivelul 2 asigură în principal gestionarea transportului efectiv de date prin mediul radio (subnivelul de control al legăturii de date, DLC – Data Link Control) și selectarea unui canal optim, cu minim de interferență, pentru stabilirea comunicației (subnivelul de control al accesului la mediu, MAC – Medium Access Control).
- nivelul rețea (NWK – Network Layer) sau nivelul 3 conține în principal funcții de semnalizare și de asigurare a comunicației între două puncte ale rețelei DECT. [1, 29, 30]

Această organizare structurată pe nivele este prezentată în figura 2.1. [1, 30]

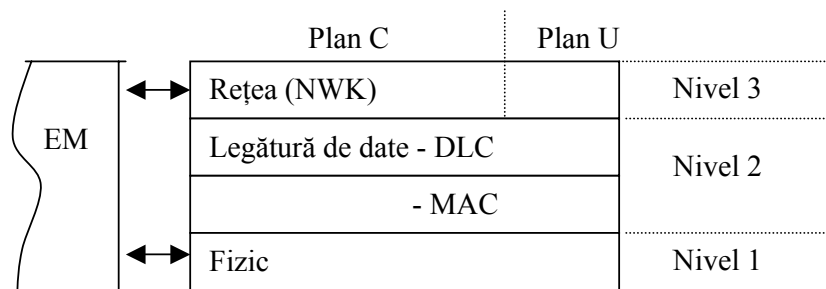


Fig. 2.1. Arhitectura funcțională a rețelei DECT

### Nivelul fizic

Principalele funcții realizate pe nivelul fizic sunt:

- modularea/demodularea pentru transmisia pe mediul fizic;
- furnizarea pentru EM (Entitatea de Management) de informații privind starea canalelor fizice (nivel de semnal recepționat, raport semnal/interferență etc.);
- menținerea sincronismului între emitătoare și receptoare;
- activarea/dezactivarea canalelor fizice la cererea MAC;
- recepționarea în stația mobilă a tuturor canalelor fizice (pentru a detecta apelurile destinate acesteia). [26, 29, 30]

### Subnivelul MAC

Subnivelul MAC al nivelului legătură de date, ce controlează accesul la mediu, este responsabil de următoarele operații:

- alocarea resurselor radio (activarea/dezactivarea canalelor fizice);
- multiplexarea canalelor logice (de control, informație propriu-zisă, apelare, identificare echipamente fixe din zonă) pe canale fizice;

- adaptarea fluxurilor de date de nivel superior la formatul utilizabil pentru transmisia pe mediul fizic;
- protecția contra erorilor de nivel fizic (câmpurile A, B, X). [1, 31, 32]

#### Subnivelul DLC

Subnivelul de control al legăturii de date este proiectat să lucreze în conjuncție cu subnivelul ce controlează accesul la mediu. El este divizat în două planuri funcționale:

- planul utilizator U, care asigură diverse servicii, cu sau fără conexiune;
- planul control C, care asigură legăturile între nivelele rețea ale entităților DECT pereche, transferul informațiilor de semnalizare, etc.. [1, 32]

#### Nivelul rețea

Nivelul rețea asigură în cea mai mare parte gestiunea semnalizărilor DECT. Principalele funcții îndeplinite de acest nivel sunt:

- controlul apelurilor CC (Call Control), care include funcții specifice pentru stabilirea/menținerea/desființarea conexiunilor de nivel rețea, etc..
- gestiunea serviciilor adiționale (redirijarea apelurilor, managementul taxării etc.);
- gestiunea mobilității (adică a identității terminalului mobil, a procedurilor de identificare și a localizării lui în orice moment);
- controlul legăturilor de date (adică stabilirea/coordonarea legăturilor logice stabilite între DLC și rețea). [1, 30, 32]

### 2.3. Caracteristicile sistemului DECT

Cele mai importante avantaje ale standardului DECT, în comparație cu alte standarde cordless, sunt:

- se asigură o calitate foarte bună a semnalului vocal prin utilizarea compresiei ADPCM, cu un debit de 32 Kbps;
- se asigură un consum redus de energie la nivelul terminalului prin utilizarea transmisiei discontinue;
- se asigură compatibilitatea produselor DECT (părți fixe și părți portabile) ale diferiților fabricanți;
- se asigură un nivel ridicat de securitate;
- se asigură interconectarea cu alte rețele;
- se asigură noi servicii (date binare, text, fax, imagine, video);
- se permite comunicația de date (se pot realiza radio LANs). [1, 33, 34]



Caracteristicile tehnice de bază pentru interfața radio DECT sunt prezentate în tabelul 2.1: [1, 33, 34, 35]

PARAMETRU	DECT
Tipul transmisiei	Digitală
Banda de frecvență	1880 – 1900 MHz
Modulație	GFSK
Număr purtătoare	10
Distanța între purtătoare	1,728 MHz
Canale duplex pe 1 purtătoare	12
Numărul total de canale duplex	120
Codare a vocii pe mediul fizic	ADPCM
Debit voce	32 Kbps
Debit total pe 1 canal	41,6 Kbps
Debit transmisie pe 1 purtătoare radio	1,152 Mbps
Acces / Duplex	TDMA / TDD / MC
Putere de ieșire medie	~10 mW
Putere de ieșire de vârf	250 mW
Viteza maximă admisă a utilizatorului	40 Km / h

Tabelul 2.1.

Accesul TDMA / MC (Multiple Carrier) asigură interferențe radio reduse cu terminale cordless învecinate, permițând o mare densitate de utilizatori (până la 100000/Km<sup>2</sup>). Modulația GFSK se folosește în scopul minimizării interferențelor de canal comun (același canal poate fi utilizat de mai multe celule învecinate geografic). Nivelele de la ieșirea terminalului DECT variază de la aproximativ 19 dBm (80 mW) la 24 dBm (250 mW). [1, 26, 28]

## 2.4. Structura cadrului TDMA

Nivelul fizic este responsabil de segmentarea spectrului de frecvențe în canale fizice, folosind TDMA. Aceasta se face în modul următor: se utilizează 10 frecvențe purtătoare, alocate în banda de frecvență 1,88-1,90 GHz, definite de relația:  $f_c = f_0 - c \cdot \Delta f$ , unde:  $f_0 = 1897,344$  MHz,  $c = 0, 1, 2, \dots, 9$ ,  $\Delta f = 1,728$  MHz. Fiecare purtătoare conține un cadru TDMA cu 24 intervale temporale, care furnizează 12 canale duplex, 12 slot-uri pentru emisie și 12 pentru recepție. [31, 36]

Pe o purtătoare se transmit succesiuni de cadre temporale (frames). Un cadru este împărțit în 24 de intervale temporale (numerotate de la 0 la 23) și permite 12 canale de comunicație bidirecționale (duplex).

În mod normal, pe durata primelor 12 intervale temporale stația de bază transmite (FP - Tx), iar pe durata următoarelor 12 intervale temporale FP recepționează (FP - Rx).

Structura ierarhiei temporale TDMA, structura pachetului de date și duplexul temporal TDD, utilizate de standardul DECT, sunt prezentate în figura 2.2. [1, 30, 32, 36]

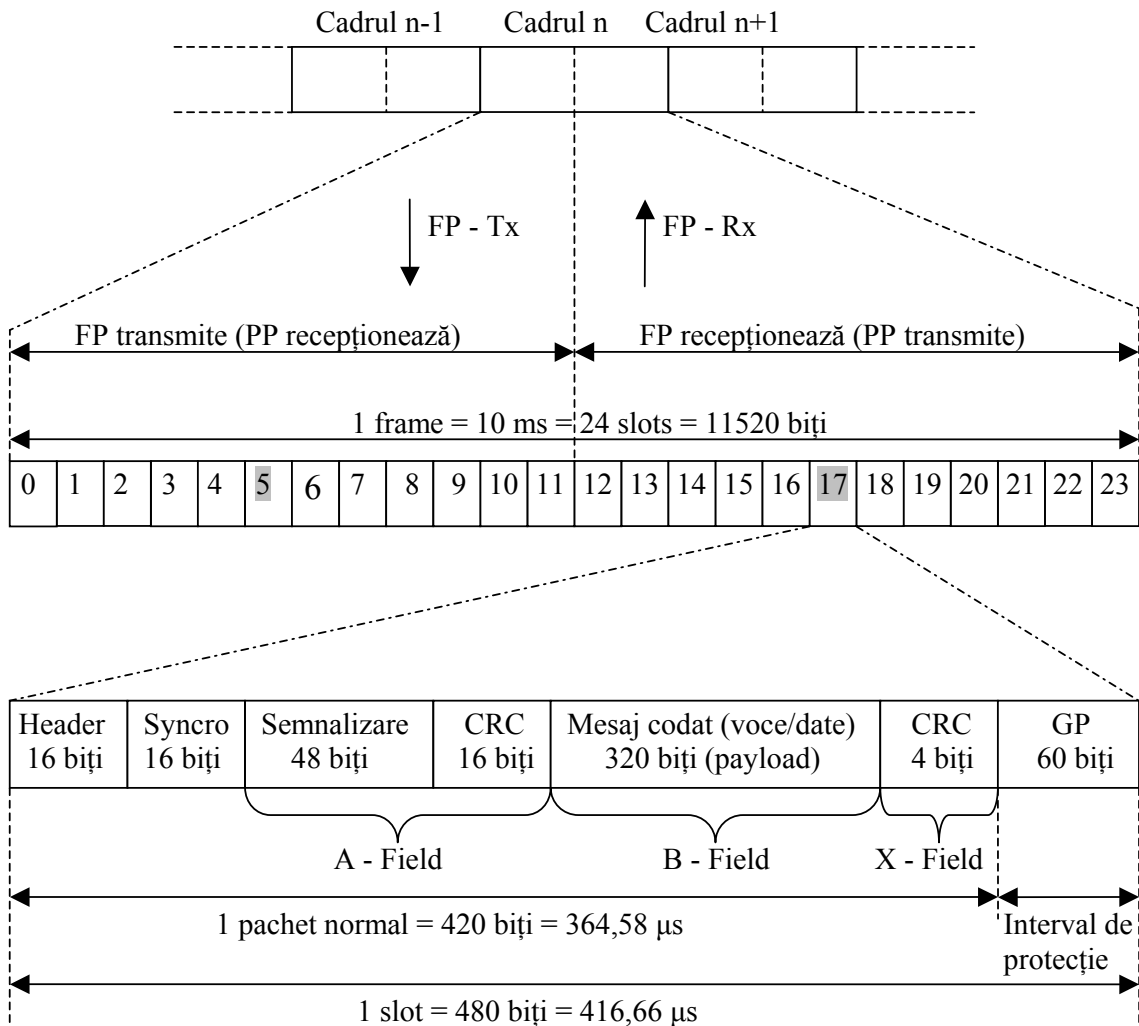


Fig. 2.2. Structura TDMA/TDD pentru DECT

Un interval temporal durează 416,66 μs, iar un pachet durează 364,58 μs. Diferența dintre aceste două durate reprezintă un interval de protecție (52,08 μs), care permite anularea decalajelor dintre ceasul FP și cel al PP și anularea efectelor timpului de propagare a undei radio între emițător și receptor.

Un pachet conține 420 biți, dintre care 32 biți se folosesc pentru sincronizare și 388 biți alcătuiesc pachetul MAC.

Prima secvență de 16 biți, care reprezintă Header-ul, este utilizată pentru sincronizarea de bit. Următorii 16 biți formează secvența de sincronizare de cuvânt, ce marchează momentul începerii transmisiei datelor. [1]

Informația propriu-zisă este structurată pe patru câmpuri:

- **câmpul de semnalizare** (48 biți) transportă informații de semnalizare și control;
- **câmpul CRC** (Cyclic Redundancy Check) (16 biți) transportă informația redundantă pentru protecția datelor de control;
- **câmpul B (de date)** (320 biți) transportă datele aplicațiilor, cu un debit de 32 Kbps;
- **câmpul X** (4 biți) servește la detectarea și protejarea câmpului de informații împotriva interferențelor apărute între canale adiacente. De asemenea, el este folosit la sincronizarea sistemelor. Cei patru biți conțin suma contorului celor 320 biți de informație; destinatarul calculează această sumă și compară rezultatul obținut cu valoarea primitivă; dacă cele două valori sunt diferite, înseamnă că a apărut o interferență. [1]

Tipuri de structuri de interval:

- a). Un cadru temporal (11520 biți) este împărțit în 24 intervale temporale, numite și intervale întregi (“full-slots”), notate cu  $K = 0, 1, \dots, 23$ , fiecare de câte 480 biți; pentru un “full-slot”, biții se notează cu  $f_0, f_1, \dots, f_{479}$ ; În figura 2.3. este prezentat formatul unui full-slot.

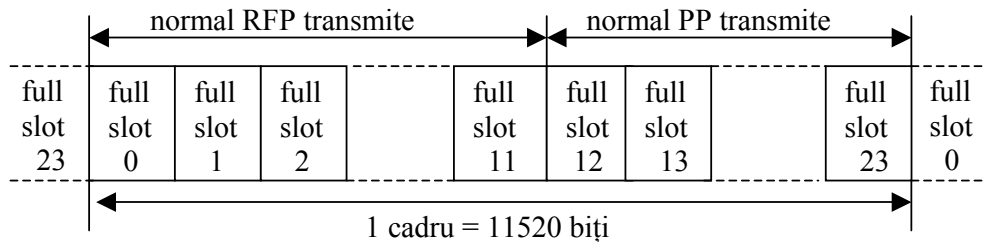


Fig. 2.3. Format full-slot

- b). Fiecare “full-slot” poate fi împărțit în 2 jumătăți de interval (“half-slots”), notate cu  $L = 0$ , respectiv  $L = 1$ . Formatul unui half-slot este prezentat în figura 2.4.

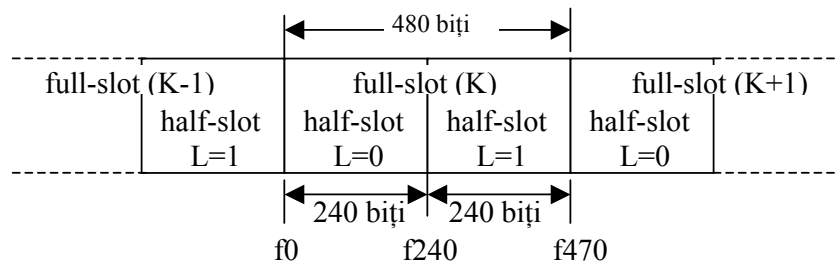


Fig. 2.4. Format half-slot

Fiecare half-slot este format din câte 240 biți; pentru fiecare prim “half-slot”, biții se notează cu  $f_0, f_1, \dots, f_{239}$ , iar pentru al doilea, cu  $f_{240}, f_{241}, \dots, f_{479}$ . Prin urmare, un cadru temporal este împărțit în 48 jumătăți de interval, iar numărul de canale se dublează, prin reducerea numărului de biți de mesaj codat;

c). Câte două “full-slot” alcătuiesc un interval dublu (“double-slot”); deci, un cadru temporal este alcătuit din 12 intervale duble, notate la fel ca intervalul cu număr par din componentă:  $K(e) = 0, 2, \dots, 22$ , fiecare de câte 960 biți; pentru fiecare “double-slot”, biții se notează  $f_0, f_1, \dots, f_{959}$ ; prin aceasta se înjumătățește numărul de canale, dar se crește numărul de biți de mesaj codat. Formatul unui double-slot este prezentat în figura 2.5.

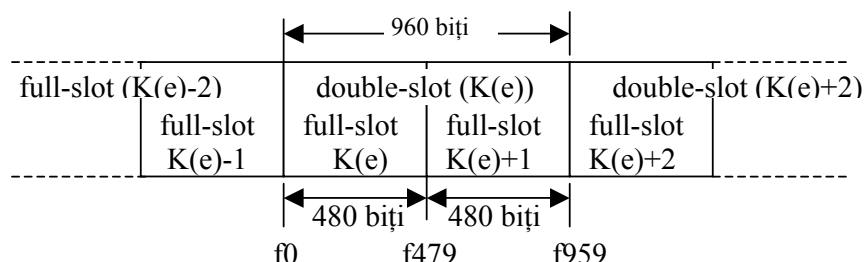


Fig. 2.5. Format double-slot

Diferitele modalități de utilizare a intervalelor temporale sunt menite mărească numărul de canale sau să permită transmisii cu debite mai mari. [18, 37]

## 2.5. Pachetele fizice

Canalele fizice se obțin prin transmiterea pachetelor fizice modulate pe un canal RF, într-un anumit interval de timp, în cadre successive. Canalele fizice sunt activate între un PP și un RFP. Un canal fizic poate furniza un serviciu simplex, iar o pereche de canale fizice furnizează un serviciu duplex. [37]

Datele sunt transmise în dimensiunile frecvență, timp și spațiu, folosind pachetele fizice. Există 4 tipuri de pachete fizice:

- pachet fizic scurt P00;
- pachet fizic de bază P32;
- pachet fizic de capacitate scăzută ;
- pachet fizic de capacitate mare. [38]

Toate RFP-urile sunt capabile să transmită și toate PP-urile sunt capabile să recepționeze pachete fizice scurte P00. De asemenea, ele sunt capabile să transmită și să recepționeze cel puțin unul dintre pachetele fizice de tipul P32, P08j sau P80.

Fiecare pachet fizic conține un câmp de sincronizare, S și un câmp de date, D. Pachetele P80, P32 și P08j pot conține un câmp opțional de detecție a coliziunilor, Z. [37]

## Câmpul de sincronizare S

Câmpul de sincronizare S poate fi folosit de către receptor pentru clock și ca pachet de sincronizare a legăturii radio. Primii 16 biți formează preambulul, iar ultimii 16 biți reprezintă cuvântul de sincronizare. Câmpul conține 32 de biți (de la s0 la s31) și este transmis în simboluri (biți) de la p0 la p31. [37]

## Câmpul Z

Câmpul Z poate fi folosit de către receptor pentru detecția incipientă a interferenței nesincronizate, ce apare la sfârșitul pachetului fizic P32, P08j sau P80. Interferența nesincronizată de la începutul unui pachet fizic poate fi detectată prin monitorizarea erorilor de bit în câmpul S.

Câmpul Z conține patru simboluri, de la z0 la z3, imediat următoare ultimului simbol al câmpului D. Simbolurile de la z0 la z3 vor fi setate egale cu ultimele patru simboluri ale câmpului D. Aceste ultime patru simboluri reprezintă câmpul X. [37]

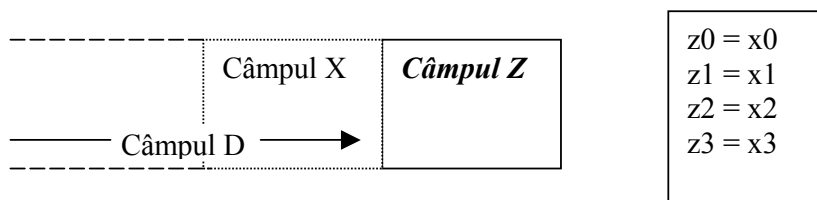


Fig. 2.6. Câmpul Z

## Pachetul fizic scurt P00

Pachetul fizic scurt P00 conține 96 biți. Câmpul S este format din 32 biți iar câmpul D, din 64 biți, ca în figura 2.7. [37]

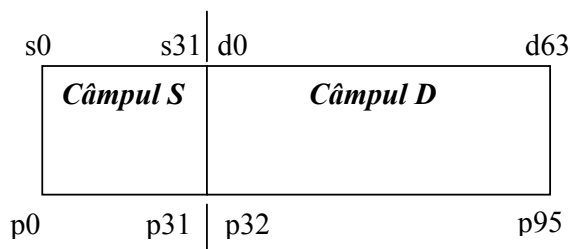


Fig. 2.7. Pachetul fizic P00

## Pachetul fizic de bază P32

Pachetul fizic de bază P32 conține 424 biți. Câmpul S este format din 32 biți, câmpul D, din 388 biți, iar câmpul Z, din 4 biți, ca în figura 2.8.

Pachetul P32, folosit în cele mai comune tipuri de conexiuni (de exemplu, telefonie), constă în 420 sau 424 simboluri de date. [37]

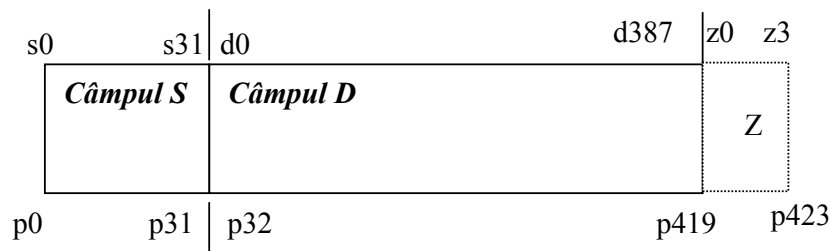


Fig. 2.8. Pachetul fizic P32

### Pachetul fizic de capacitate scăzută P08j

Pachetul fizic de capacitate scăzută P08j constă în  $180+j$  sau  $184+j$  simboluri de date. Câmpul D conține  $148+j$  simboluri notate de la  $d0$  la  $d(147+j)$  și va fi transmis în simboluri de la  $p32$  la  $p(179+j)$ . [37]

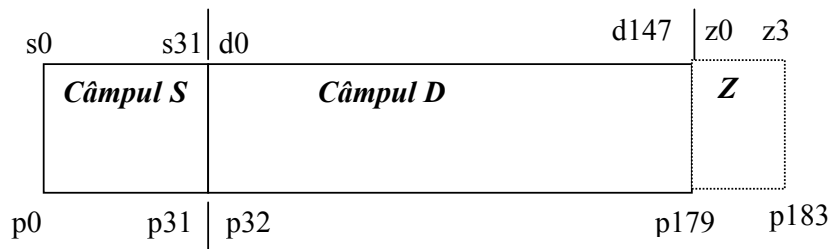


Fig. 2.9. Pachetul fizic P08j pentru j=0

### Pachetul fizic de capacitate mare P80

Pachetul fizic de capacitate mare P80 este format din 900 sau 904 simboluri de date, de la  $p0$  până la  $p903$ . Câmpul D conține 868 simboluri notate de la  $d0$  la  $d867$  și va fi transmis în simboluri de la  $p32$  la  $p899$ . [37]

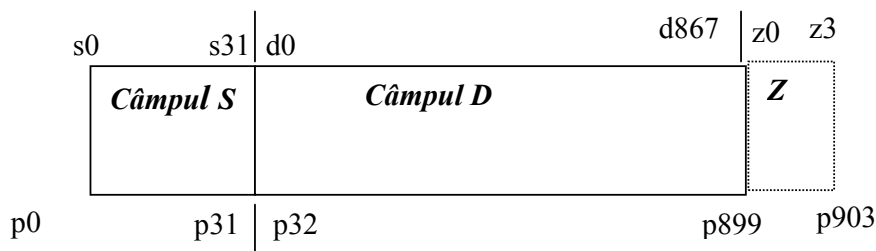


Fig. 2.10. Pachetul fizic P80

## 2.6. Profiluri de aplicații

Standardul DECT conține o serie de specificații adiționale, denumite profiluri de aplicație (Application Profiles), care definesc modul în care se poate utiliza interfața radio pentru diferite aplicații. Profilurile conțin subseturi de protocoale și mesaje standardizate prin care să se asigure o interoperativitate maximă a echipamentelor produse de diferiți fabricanți. [29, 30]

Aceste profiluri sunt prezentate în continuare.

1. **GAP** (Generic Access Profile) este aplicația de bază DECT și se aplică tuturor echipamentelor portabile și fixe, care suportă serviciul de telefonie vocală (300 Hz – 3,4 KHz), indiferent de tipul de rețea accesată. El stabilește condițiile ce se impun pentru a asigura interoperabilitatea tuturor FP și PP. GAP garantează că funcția vocală de bază este independentă de producătorul FP și PP.
2. **GIP** (DECT/GSM Interworking Profile) este un profil de interconectare DECT/GSM, ce se referă la serviciul de bază pentru comunicații vocale (3,1 KHz). El asigură mobilitatea în cadrul infrastructurilor DECT distribuite din punct de vedere spațial, prin intermediul rețelei GSM (PP DECT – FP DECT – rețea GSM), utilizând funcțiile de mobilitate ale rețelei GSM, fără ca aceasta să știe că a fost accesată prin intermediul DECT.
3. **IAP** și **IIP** (DECT/ISDN Interworking Profile) asigură legătura sistemului DECT cu rețeaua ISDN.
  - a. IAP se aplică atunci când PP și PP DECT constituie împreună un terminal pentru rețeaua ISDN. Astfel, PP DECT poate beneficia de serviciile ISDN de bază, precum și de servicii suplimentare;
  - b. IIP se aplică atunci când PP și PP DECT constituie împreună o poartă de acces “transparentă” între rețeaua ISDN și unul sau mai multe terminale ISDN. Profilul suportă accesul de bază ISDN, de exemplu, serviciul de telefonie vocală (3,1 KHz), precum și transmisii digitale cu debitul de 64 Kbiti/secundă.
4. **RAP** (Radio local loop Access Profile) asigură cu un cost redus accesul utilizatorilor la serviciile rețelei publice de telecomunicații (servicii telefonice, ISDN); în general, serviciile sunt asigurate de un adaptor de terminal cordless, CTA (Cordless Terminal Adapter), prevăzut cu o cuplă pentru telefonul standard. CTA asigură legătura radio cu FP DECT, care este conectată direct la infrastructura rețelei publice. Astfel se poate obține o arie de acoperire cu rază de până la 5 Km. Utilizând o stație radioreleu, WRS, se poate extinde raza de acțiune cu încă 5 Km.
5. **CAP** (CTM Access Profile) are obiective apropiate de cele ale GAP, dar în timp ce interoperarea DECT/GSM se adaugă unei rețele preexistente, CTM definește o rețea de suport a mobilității, care include (și nu se limitează la) DECT.
6. Profiluri pentru servicii de date (Data Service Profiles), numite servicii A, B, C, D, E, F, Internet, asigură implementarea serviciilor de comunicații de date. [28, 39]

## Capitolul 3

### GSM

#### 3.1. Introducere

GSM (Global System for Mobile communications) este un sistem digital de comunicații, dezvoltat de ETSI, începând cu anii '80, în scopul de a crea un standard European comun de telefonie mobilă. Astfel puteau fi înlocuite sistemele celulare analogice incompatibile între ele, cu un sistem celular digital unic.

GSM s-a dezvoltat inițial în Europa, iar apoi s-a răspândit rapid în întreaga lume. El a fost proiectat spre a fi compatibil cu sistemele ISDN. [40]

#### 3.2. Arhitectura sistemului

Arhitectura funcțională a sistemului GSM poate fi divizată în trei subsisteme: subsistemul stațiilor mobile (MS), subsistemul stației de bază (BSS) și subsistemul de rețea (NS). Fiecare subsistem este compus din entități funcționale, care comunică între ele prin diferite interfețe, folosind protocoale specifice. [41]

Primul subsistem este alcătuit din stațiile mobile utilizate de către abonați. Subsistemul stației de bază este compus din două părți, BTS (Base Transceiver Station) și BSC (Base Station Controller). Fiecare BTS gestionează protocoalele interfeței radio (Um) cu toate stațiile mobile dintr-o celulă. BSC coordonează resursele radio și asigură legătura cu Subsistemul Rețea. Subsistemul rețea, a cărui parte principală este centrul de comutație pentru servicii mobile (MSC-Mobile services Switching Center), realizează comutația apelurilor între utilizatori mobili precum și între aceștia și utilizatorii rețelelor fixe. MSC furnizează, de asemenea, servicii cum ar fi: înregistrarea, autentificarea, localizarea periodică, preluările și rutina de apel a unui abonat ce se deplasează. [1, 41, 42]

Stația mobilă și stația de bază comunică prin interfața Um, cunoscută și ca interfață radio (air interface sau radio link). [42]

În cele ce urmează, sunt prezentate principalele caracteristici ale standardului GSM.



Protocolul de semnalizare în GSM este structurat pe trei nivele, ca în figura 4.1, respectând modelul de referință OSI. [43]

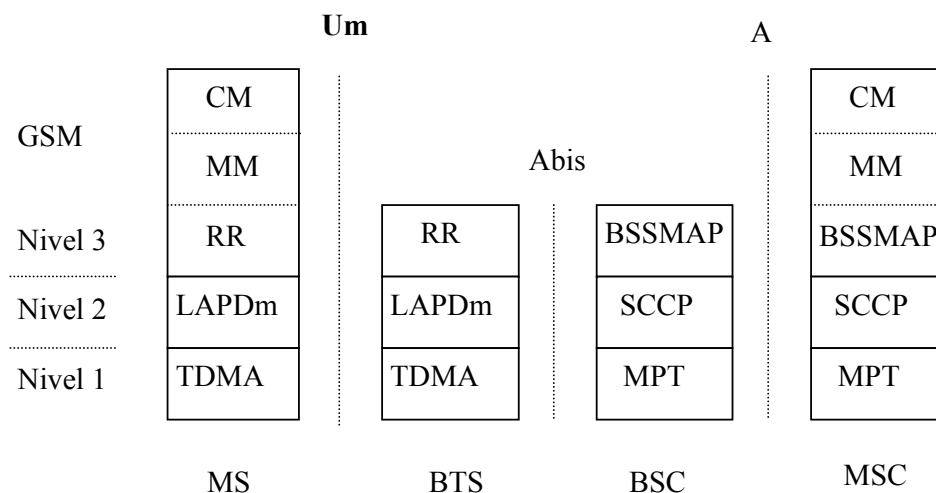


Fig. 4.1. Structura protocolului de semnalizare în GSM

Nivelul 1 este nivelul fizic, care utilizează resursele radio, adică frecvențele și intervalele temporale (canale fizice). El include partea TDMA pentru interfața radio și respectiv partea MTP (Message Transfer Part), pentru legătura cu subsistemul de rețea.

Nivelul 2 este nivelul legăturii de date. Pentru interfața Um, nivelul legătură de date este o variantă modificată a protocolului LAPD utilizat în ISDN, numit LAPDm (Link Acces Protocol for Dm). Prin interfața A este folosit protocolul CCITT nr. 7, iar comanda legăturii este realizată de protocolul SCCP (Signalling Connection Control Part).

Nivelul 3 (nivelul rețea) al protocolului de semnalizare GSM se divide în trei subnivele:

- gestiunea resurselor radio RR (Radio Resource management)
- gestiunea mobilității MM (Mobility Management)
- gestiunea conexiunii CM (Connection Management). [42]

### 3.3. Canalul radio GSM

În orice sistem de comunicații mobile spectrul radio este foarte limitat, resursele fiind împărțite între toți utilizatorii. În scopul împărțirii resurselor spectrale, GSM a ales (utilizează) o combinație între accesul multiplu cu divizare în timp și cel în frecvență (TDMA/FDMA). Rețeaua GSM operează în banda de 900 Mz. [41]

Standardul GSM specifică banda de frecvență de la 890 la 915 MHz pentru legătura directă (uplink) și de la 935 la 960 pentru legătura inversă (downlink). Cele două subbenzi sunt divizate în canale de 200 KHz. [43]

Alte trăsături ale interfeței pe canalul radio sunt alinierea adaptivă în timp, modulația GSMK, emisie și recepție discontinuă și salturi lente de frecvență. Alinierea adaptivă în timp permite stației mobile să își corecteze momentul de emisie a pachetului de date în funcție de întârzierea de propagare. Modulația GSMK (Gaussian Minimum Shift Keying) crește eficiența spectrală și produce o interferență redusă în afara benzii. Emisia și recepția discontinuă permit trecerea stației mobile în regim de consum redus în perioadele de așteptare între pachete, realizând o lungire a timpului de viață a bateriei și reducerea interferenței de canal comun. Salturile lente de frecvență (Frequency Hopping) sunt o caracteristică aditională a interfeței radio GSM, care ajută la contracararea efectelor fluctuațiilor de nivel (fading Rayleigh) și a interferenței de canal comun. [18, 43]

Caracteristicile tehnice de bază pentru interfața radio GSM și respectiv DCS 1800 (varianta GSM în banda de 1800 MHz) sunt prezentate în tabelul 3.1. [43,44]

Parametri		GSM 900	DCS 1800
Banda de frecvență BS-Tx (downlink)		935-960MHz	1805-1880MHz
Banda de frecvență MS-Tx (uplink)		890-915MHz	1710-1785MHz
Acces multiplu		FD/TDMA	Idem
Duplex		FD/TDD	Idem
Spațiu duplex frecvențial		45 MHz	95MHz
Spatiu duplex temporal		3 interv. temp.	Idem
Banda unui canal radio		200KHz	Idem
Număr de purtatoare într-o subbandă		124	374
Intervale temporale pe un cadru TDMA	Debit normal	8	Idem
	Debit înjumătățit	16	Idem
Număr total de canale	Debit normal	124x8=992	374x8=2992
	Debit înjumătățit	124x16=1984	374x16=5984
Codarea vocii	Debit normal	RPE-LTP 13Kbps	Idem
	Debit înjumătățit	Vocoder 5,6Kbps	Idem
Debit net pentru transmisii de date	Debit normal	9,6Kbps (4,8; 2,4)	Idem
	Debit înjumătățit	4,8Kbps (2,4)	Idem
Debit net pentru un canal codat		22,8Kbps	Idem
Modulația datelor pe interfața radio		GMSK	Idem
Debit pe o purtătoare RF modulată		270,83Kbps	Idem

Tabelul 3.1.

### 3.4. Structura cadrului TDMA

În GSM, banda de frecvență de 25 MHz este divizată, folosind FDMA, în 124 de frecvențe purtătoare, aflate la o distanță de 200 KHz una de alta. (În mod normal, o bandă de frecvență de 25 MHz poate furniza 125 de frecvențe purtătoare, dar prima este folosită ca bandă de gardă între GSM și alte servicii ce lucrează la frecvențe mai mici.) Fiecare frecvență purtătoare este apoi divizată în timp, folosind TDMA. Astfel, canalul radio, cu o lățime de 200 KHz, este împărțit în 8 intervale temporale. Un interval temporal este unitatea de timp într-un sistem TDMA și are o durată de aproximativ 0,577 ms. Un cadru TDMA este format din 8 intervale temporale consecutive și are o durată de 4,615 ms. Fiecărui utilizator i se aribuie unul dintre cele 8 intervale temporale, ce formează un cadru TDMA. [40, 45]

Ierarhia temporală a cadrelor TDMA este ilustrată în figura 3.2.

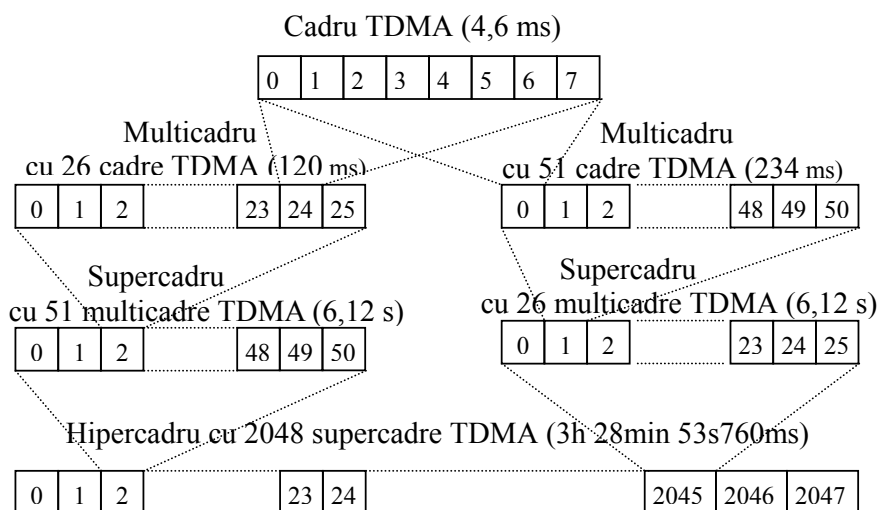


Fig. 3.2. Ierarhia temporală GSM

În funcție de tipul canalului, de trafic sau de control, 26 sau 51 de cadre TDMA sunt grupate în multicadre (120 ms sau 235 ms). 51 sau 26 de multicadre (depinzând, de asemenea, de tipul canalului) realizează un supercadru (6,12 s). Un hipercadru este format din 2048 de supercadre cu o durată de 3 h 28 min 53 s 760 ms. Cadru TDMA are asociat un cod numeric de 22 de biți, care identifică în mod unic un cadru în interiorul unui hipercadru dat. [1]

### 3.5. Tipuri de canale logice

Canalele logice din componența unui cadru TDMA pot fi grupate în canale de trafic (TCH), folosite în transmiterea semnalului vocal sau a altor date de

utilizator și canale de control (CCH), folosite la transmiterea semnalizărilor sau a sincronizărilor de date. [41]

### 3.5.1. Canalele de trafic

Canalele de trafic, notate TCH (Traffic Channels), asigură desfășurarea comunicației propriu-zise. Pe aceste canale se pot transmite semnale vocale la 13 Kbps sau date la debite cuprinse între 9,6 Kbps și 2,4 Kbps. Canalele de trafic ocupă cea mai mare parte a resurselor radio disponibile în sistem. [1, 46]

În figura 3.3. se prezintă un exemplu de distribuire a canalelor pe un multicadru de trafic. [1]

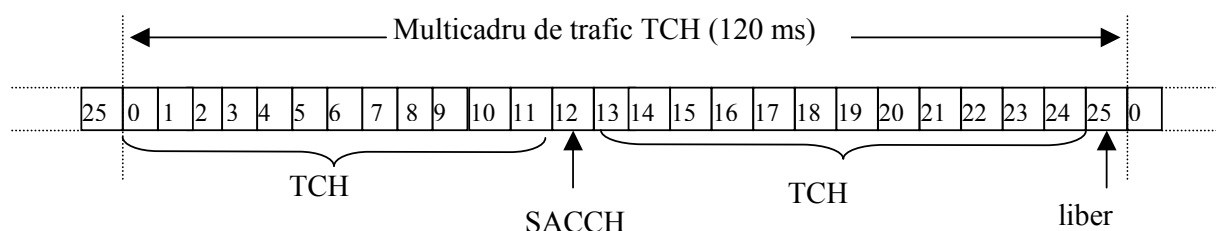


Fig. 3.3. Distribuirea canalelor de trafic

Canalele de trafic pentru legătura directă și inversă sunt separate în timp prin 3 intervale temporale, astfel încât stația mobilă nu are nevoie să transmită și să recepționeze simultan. [41]

Un multicadru este format din 26 de cadre și are o durată de 120 ms. Din cele 26 de cadre, 24 sunt folosite pentru trafic, 1 este SACCH (Slow Associated Control Channel) și unu este nefolosit. [41, 46]

### 3.5.2. Canalele de control

Canalele de control, notate CCH (Control Channels), pot fi accesate de mobilele aflate în stare de așteptare (stand-by) cât și în timpul convorbirii. Aceste canale sunt folosite de către mobilele în stand-by pentru a schimba informații de semnalizare necesare pentru trecerea la activarea mobilului. Mobilele deja activate monitorizează stațiile de bază învecinate pentru preluări și alte informații. [42]

Majoritatea acestor canale se transmit în multicadru de control pe alte frecvențe decât canalele de trafic. Canalele de control sunt definite în al 51 – lea cadru al multicadrului de control, astfel ca, folosind multicadru TCH, mobile activate pot monitoriza în continuare canalele de control. [1]

În concordanță cu funcțiile îndeplinite, există patru categorii de canale de control:

- canale de difuziune

- canale de control commune
- canalele de control dedicate
- canalele de control asociate [40]

a). Canalele de difuziune

- BCCH (Broadcast Control Channel) – canale de control de difuziune – emit continuu, pe legătura descendentă, informații de sistem incluzând identitatea stației de baza, alocarea frecvențelor și secvențele de salturi de frecvență FH. Sunt utilizate de stațiile mobile și pentru monitorizarea puterii stațiilor de bază, în eventualitatea unor preluări de legături. [1, 47]
- FCCH (Frequency Correction Channel) și SCH (Synchronisation Channel) – canale de control al frecvenței și de sincronizare – sunt folosite pentru sincronizarea mobilului la structura cadrului TDMA a unei celule, definind limitele perioadei de burst, și numerotarea intervalurilor temporale. Fiecare celulă din rețeaua GSM difuzează exact un FCCH și un SCH, care este prin definiție cadrul numărul 0 și respectiv 1 (într-un multicadru TDMA). [42]

b). Canalele de control comune

- RACH (Random Access Channel) – canale de acces aleator – folosite de stația mobilă pentru inițierea legăturii. Se utilizează metoda ‘slotted Aloha’ pentru cerere de acces la rețea. [47]
- PCH (Paging Channel) – canal de căutare – este folosit pentru înștiințarea stației mobile de prezența apelurilor. [48]
- AGCH (Access Grant Channel) – canal de alocare – este folosit pentru alocarea unui canal de control dedicat SDCCH unui mobil, care solicită acces în rețea (în scopul de a obține un canal de trafic), urmând unei cereri prin RACH. Cele două funcții sunt, de obicei, grupate într-un singur canal, notat cu PAGCH (Paging and Access Grant Channel). [1, 47]

c). Canalele de control dedicate

- SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel) – canal de control neasociat – este utilizat pe durata inițierii unei legături pentru transmiterea unor informații de semnalizare. [1]

d). Canalele de control asociate

- FACCH (Fast Associated Control Channel) și SACCH (Slow Associated Control Channel) – canale de control asociate – se transmit în multicadru de trafic. [EM '01] FACCH se folosește atunci când trebuie transmise urgent informații de semnalizare și transportă același tip de informații ca și canalele SDCCH. SACCH este folosit pentru mentenanță și control. [40]

În figura 3.4. se prezintă un exemplu de distribuire a canalelor de control pe un multicadru de control. [1]

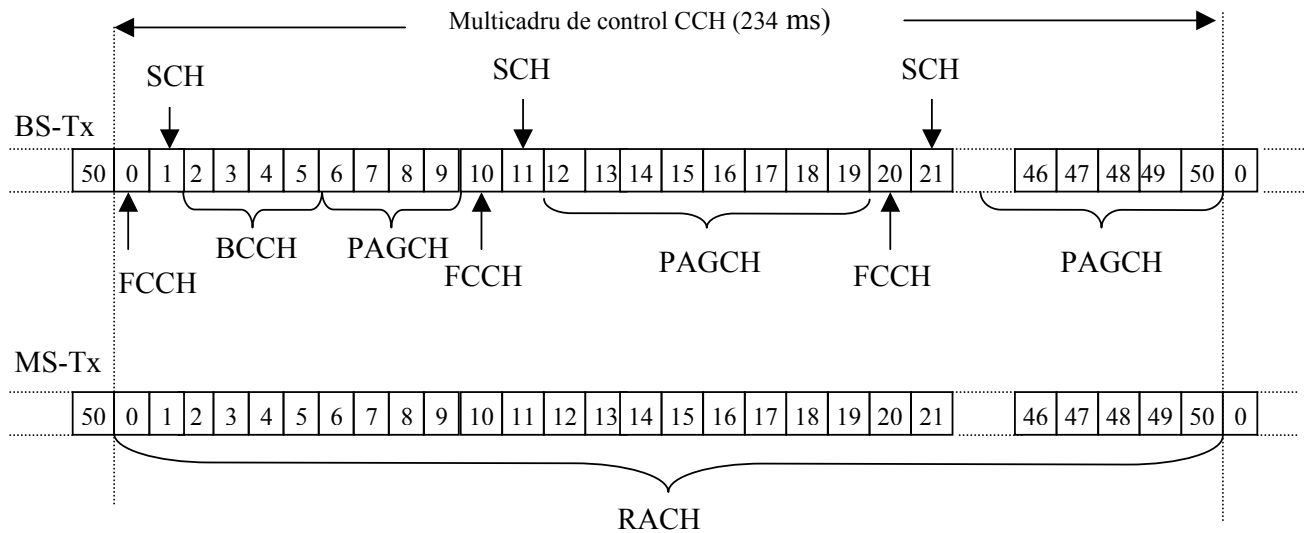


Fig. 3.4. Distribuirea canalelor de control

### 3.6. Tipuri de pachete

Debitul unui canal radio este de 270,833 Kbit/s, ceea ce corespunde unei durate a intervalului temporal de 0,577 ms. Pachetele sunt compuse din biți de start, biți de informație utilă, o secvență de antrenare pentru reducerea efectelor de propagare pe trasee multiple, biții de stoc, ceruți de codorul de canal și un interval de protecție sau de gardă, GP (Guard Period), pentru evitarea coliziunilor. Intervalul de protecție este un tampon ce permite timpi de sosire diferiți pentru pachete din intervale de timp adiacente, de la stațiile mobile dispersate în teritoriu. [1, 42]

Pachetul (burst-ul) reprezintă elementul de bază al transmisiei în cadrul sistemului GSM. Transmisia unui pachet se face pe durata unui interval temporal (time-slot) dintr-un cadru și durează un timp echivalent transmiterii a 156,25 biți, unde durata unui bit este de 3,69  $\mu$ s. Pe durata acestui interval, amplitudinea emisie crește de la valoarea 0 la valoarea nominală. În acest moment este modulată purtătoarea, care urmează să poarte informația utilă între emitător și receptor. După transmisie, amplitudinea scade din nou la valoarea 0. Pachetul de biți utilizat pentru a modula purtătoarea, conține, în general, o parte utilă de informație, o secvență de antrenare și două grupe adiționale de câte 3 biți cu valoarea 0 logic, care se adaugă la fiecare capăt al pachetului. Teoretic, purtătoarea este modulată de o serie infinită de biți, serie formată din pachetul normal precedat și urmat de o serie infinită de biți cu valoarea 1 logic. Cei trei biți adăugați la începutul și sfârșitul fiecărui pachet, TB (Tail Bits) sau biți de start și de stop, au

rolul de a evita scăderea eficienței la biții de informație de început și sfârșit de pachet. [1]

Secvența de antrenare este o secvență binară cunoscută de receptor. În standardul GSM sunt definite câteva astfel de secvențe. Semnalul rezultat din transmisia acestei secvențe de antrenare permite receptorului să determine, cu mare precizie, poziția semnalului util în cadrul ferestrei de recepție și distorsiunile legate de transmisie. Aceste informații sunt de o importanță majoră pentru receptor, în scopul obținerii unor bune performanțe. [1]

Structura pachetelor de date, care se transmit pe interfața radio este prezentată în fig. 3.5. [1, 49]

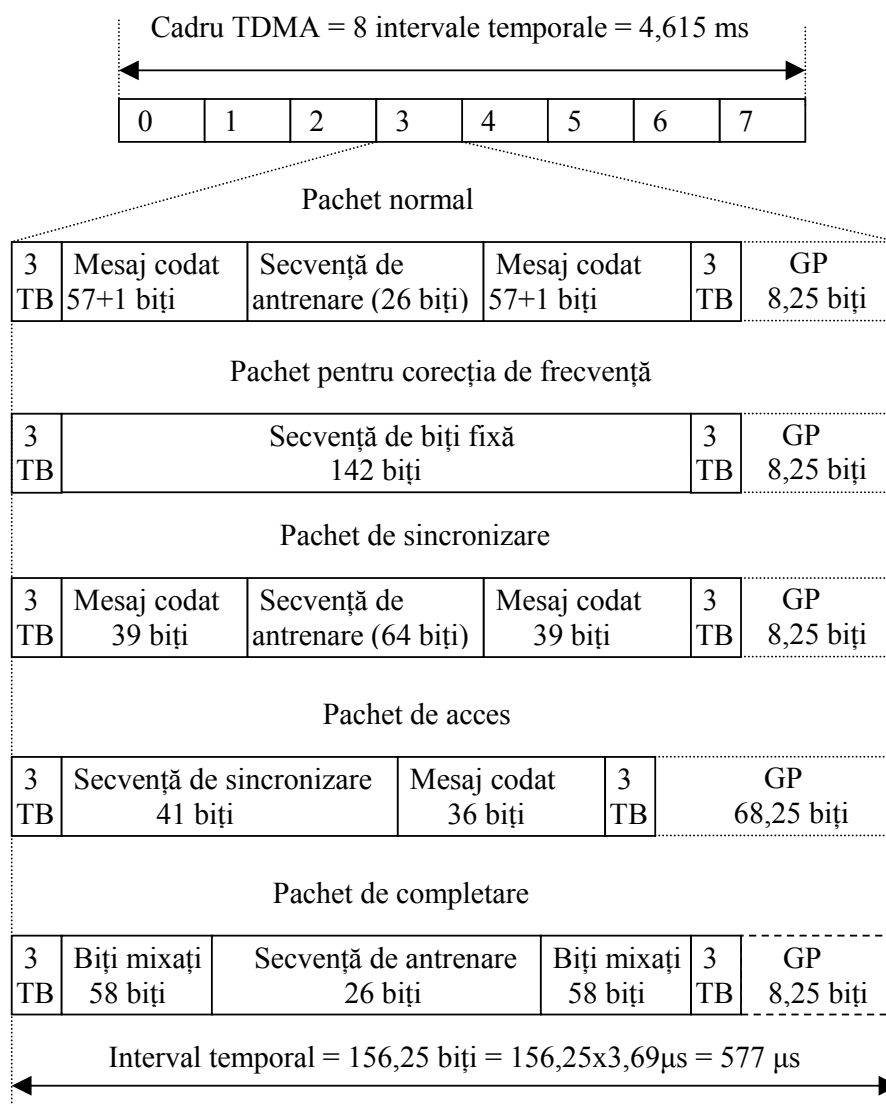


Fig. 3.5. Tipuri de pachete

Fiecare interval temporal dintr-un cadru TDMA conține un pachet de date modulate (burst). Există 5 tipuri de pachete:

- pachete normale
- pachete pentru corecții de frecvență
- pachete de sincronizare
- pachete de completare
- pachete de acces. [49]

### **Pachetul normal**

Pachetul normal (normal burst) are o lungime de 156,25 biți și este alcătuit din două secvențe de 57 de biți de informație, o secvență de antrenare de 26 de biți, folosită pentru egalizare, câte un bit fanion SF (stealing flag) pentru fiecare bloc de informație (folosit pentru FACCH), câte trei biți la fiecare capăt al pachetului (T - tail bits) și o secvență de gardă de 8,25 biți. Cei 156,25 biți se transmite în 0,577 ms, rezultând o rată de transmisie de 270,833 kbps. [42]

Biții fanion SF (stealing flag) indică receptorului dacă pachetul este folosit pentru trafic sau este folosit pentru control, la transmisia unor semnalizări.

Cei trei biți de la capetele pachetului sunt setați pe 0 și au rolul de a acoperi perioada în care crește sau scade amplitudinea pachetului în intervalul de protecție.

Secvența de antrenare are o lungime de 26 de biți și este folosită la sincronizarea receptorului, împiedicând astfel efectele negative (întârzierile) produse de propagarea pe căi multiple (se accepta întârzieri mai mici de 16  $\mu$ s). Secvența de antrenare a fost introdusă la mijlocul pachetului pentru a minimiza distanța maximă dintre ea și biții de informație. Singurul dezavantaj legat de poziția mediana a acestei secvențe este că la receptor este necesară memorarea primei poziții a pachetului înainte de demodularea lui, dar acest lucru este înlăturat de marele avantaj al sincronizării. Secvența de antrenare se transmite pentru egalizorul stației mobile, pentru a crea un model al canalului radio. [1, 40]

În cadrul standardului GSM au fost alese opt secvențe de antrenare diferite pentru a permite receptorului să separe contribuția diferitelor intervale de timp din semnalul recepționat, în cazul apariției unei interferențe puternice (fiecare interval de timp trebuie să conțină un interval de antrenare). Prin urmare, aceste secvențe pot fi alocate canalelor care utilizează aceeași frecvență în celule și care pot interfera între ele. Cele opt secvențe de antrenare au fost alese pentru corelația foarte mică dintre ele și pentru forma specială a funcției de autocorelație, care permite realizarea unei demodulări simple. [1]

Intervalul de protecție are o lungime de 8,25 biți și este folosit pentru a împiedica o posibilă suprapunere a două mobile, de-a lungul intervalului de protecție. Intervalul de protecție are rolul de a permite încadrarea corectă în cadrul TDMA a pachetelor provenite de la stațiile mobile aflate la distanțe diferite de stația de bază. Este suficient un interval scurt (30,5  $\mu$ s) pentru ca acestea să sosească la stația de bază aproximativ în același timp, deoarece stația de bază monitorizează continuu stațiile mobile și le transmite instrucțiuni pentru avansul sau întârzierea emisie pachetului. [1, 40]



### **Pachetul de acces**

Pachetul de acces este cel mai scurt pachet definit în standardul GSM. Durata mică a acestui pachet permite recepția acestuia în interiorul ferestrei temporale pentru o distanță rezonabilă, de până la 35 km între stația mobilă și stația de bază. El este folosit în faza inițială de stabilire a legăturii, când întârzierea datorată propagării nu este cunoscută. Pachetul de acces conține o secvență de antrenare mai lungă de 41 de biți. Pentru acest tip de pachet este specificată o singură secvență de antrenare. El mai conține 36 biți de informație, 8 biți de introducere și 3 biți de încheiere. Secvența de antrenare și biții de introducere permit creșterea probabilității unei bune demodulări. [1, 40]

Deoarece timpul necesar propagării dintre stația mobilă și stația de bază nu este cunoscut când se folosește un astfel de pachet, pachetul de acces va ajunge la stația de bază cu o întârziere mare, de aproape două ori timpul de propagare. Durata mică a pachetului compensează această întârziere, iar stația mobilă trebuie să fie foarte îndepărtată pentru ca pachetul să nu se încadreze în fereastra de recepție. [1]

### **Pachetul de corecție a frecvenței**

Deoarece sincronizarea este o problemă foarte importantă pentru sistemul GSM, stația de bază trebuie să permită stațiilor mobile să se sincronizeze cu referința de timp a sistemului. Acest lucru se realizează prin transmiterea de către stația de bază a unui pachet special pe canalul pentru corecția de frecvență, care ajută stațiile mobile în găsirea și demodularea unui pachet de sincronizare. Acest pachet se folosește pe FCCH. Are aceeași lungime cu pachetul normal, dar structură diferită. El conține o simplă secvență de 148 de biți setați pe 0 logic, care, prin modulare, se transformă într-o undă sinusoidală cu o deviație de frecvență de +67,7 kHz față de frecvența centrală a purtătoarei. Astfel, stația mobilă cunoaște precis momentul în care va sosi pachetul de sincronizare care urmează. [1, 40, 49]

### **Pachetul de sincronizare**

Pachetul de sincronizare este folosit doar pentru canalele de control de difuziune BCCH. El este la fel de lung ca și pachetul normal, însă are structură diferită. El conține doar 78 biți de informație. Pachetul de sincronizare este primul pachet demodulat de către stația mobilă. Secvența de antrenare are o formă unică, deoarece stația mobilă nu ar putea recunoaște secvența aleasă de stația de bază. Lungimea ei permite egalizorului din stația mobilă să se adapteze la canal, fără alte date suplimentare. [1, 49]

### **Pachetul de completare**

Pachetul de completare (dummy) este un pachet fictiv, ce nu conține informații și este transmis de stația de bază în intervale temporale neutilizate în alte scopuri la momentul respectiv, având în vedere că emitătorul stației de bază este activ în permanență. [1, 49]

### 3.7. Salturile de frecvență

Interfața radio a GSM-ului utilizează salturi de frecvență comandate pe baza unor secvențe prestabilite. Salturile de frecvență constau în schimbarea frecvenței utilizate de un canal la intervale regulate. La GSM frecvența de transmisie rămâne aceeași pe durata unui întreg burst și, de aceea, sistemul aparține cazului de salturi de frecvență ‘lente’ (S-FH Slow Frequency Hopping).

Aceste salturi au fost introduse pentru două motive principale. Primul este diversitatea de frecvență, care aduce un câștig evaluat până la 6,5 dB, reușind într-o oarecare măsură să decoreleze variațiile datorate fadingului Rayleigh. Al doilea motiv este diversitatea de interferență, o proprietate asociată cu tehnica CDMA.

Algoritmul salturilor de frecvență este difuzat pe canalele de control de difuziune (BCH). Utilizarea transmisiei cu salturi de frecvență este opțională; ea se aplica numai canalelor de trafic, iar terminalele trebuie să fie informate de rețea înainte de trecerea la o transmisie cu salturi. Rata de salt este de 217 salturi pe secundă. În figura 3.6. este prezentat un exemplu de secvență de salturi de frecvență. [1, 40, 42]

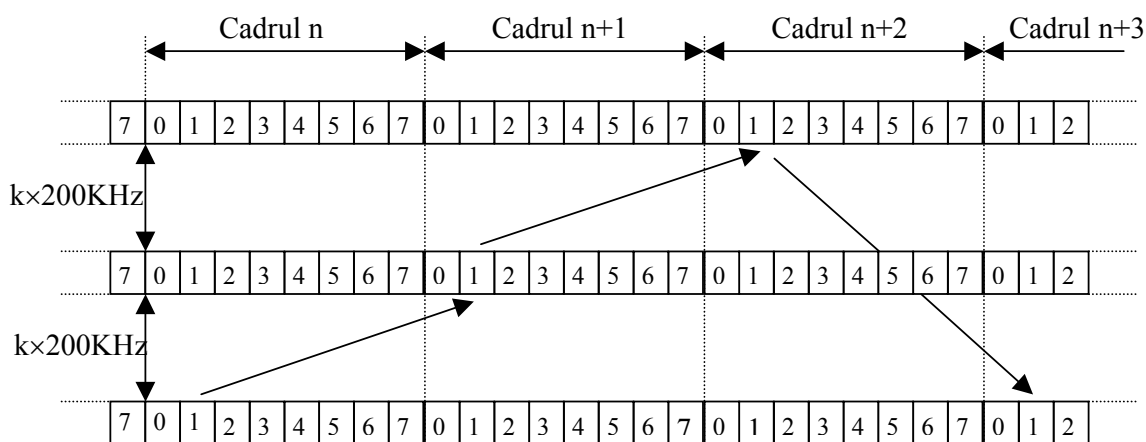


Fig. 3.6. Salturi de frecvență

### 3.8. Realizarea duplexului

La sistemul GSM, comunicația duplex este realizată prin combinarea duplexului frecvențial cu duplexul temporal (FD/TDD).

Ecartul frecvențial este de 45 Mz, iar ecartul temporal, este de trei intervale temporale, așa cum se prezintă în fig. 3.7. [1]

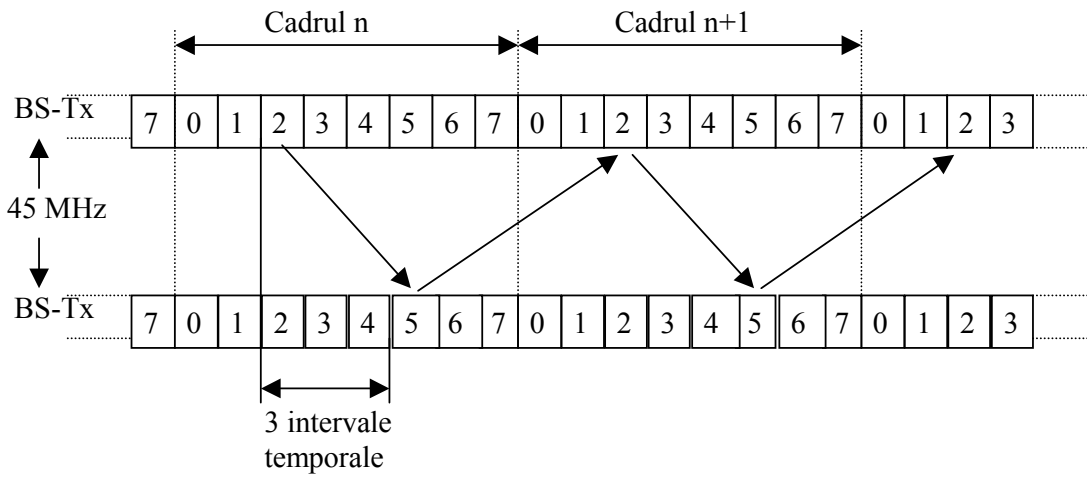


Fig. 3.7. Duplexul combinat frecvențial și temporal

# Capitolul 4

## UMTS

### 4.1. Introducere

UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) este un sistem de telefonie mobilă 3G (Third Generation) și face parte din familia IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) a standardelor de comunicații mobile de generația a treia. [50]

UMTS a fost inițial dezvoltat de ETSI, iar apoi a fost preluat de 3GPP (Third Generation Partnership Project). [50]

Sistemul UMTS reprezintă o evoluție în servicii și în viteza de transfer de la a doua generație la a treia generație (3G) și constituie o cale reală pentru dezvoltarea produselor și serviciilor multimedia. [51]

Sistemul UMTS a fost prevăzut ca successor al sistemului GSM și se adresează unei creșteri a cererii aplicațiilor mobile și Internet. [52]

### 4.2. Arhitectura sistemului

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). [53]

UTRAN este format din unul sau mai multe RNS-uri (Radio Network Subsystems), care la rândul lor sunt formate din stații de bază (Node Bs) și RNC-uri (Radio Network Controllers). [54] Node B este o stație de bază, ce comunică cu UE prin interfața WCDMA. RNC controlează resursele radio. [55]

Rețeaua de acces radio UTRAN îndeplinește mai multe categorii de funcții:

- funcții privind controlul accesului în sistem;
- funcții de criptare și de decriptare a informațiilor pe canalul radio;
- funcții de mobilitate;
- funcții legate de controlul și managementul resurselor radio;

- funcții legate de serviciile difuzate. [18]

Rețeaua Centrală (CN) este partea sistemului UMTS, ce conectează UTRAN la rețelele externe, cum ar fi PTSN (Public Switched Telephone Network) și Internet. [55]

Echipamentul de utilizator (UE) este format din USIM (UMTS Subscriber Identification Module) și echipamentul mobil, ME (Mobile Equipment). [55]

Interfața radio Uu reprezintă punctul de legătură dintre terminalul mobil (UE) și rețeaua UMTS. Arhitectura protocoloalelor pe interfața radio, structurată pe trei nivele, este prezentată în figura 4.1. [51]

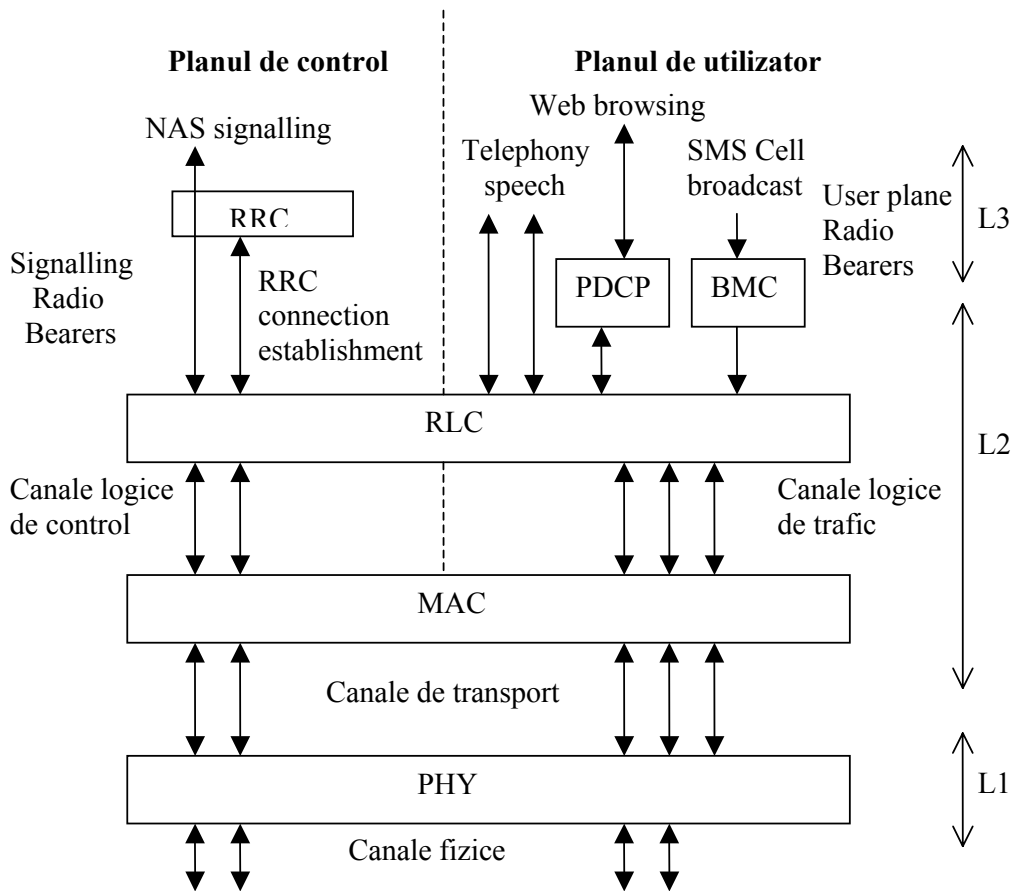


Fig. 4.1. Arhitectura protocoloalelor pe interfața radio

### Nivelul fizic

Nivelul 1 (sau L1) se bazează pe tehnologia WCDMA. El interfațează subnivelul de control al accesului la mediu MAC (Medium Access Control) din nivelul 2 și nivelul de control al resurselor radio RRC (Radio Resource Control) din nivelul 3. De asemenea, oferă pentru MAC diferite canale de transport, iar MAC oferă diferite canale logice pentru RRC. Nivelul fizic este controlat de RRC.

### Nivelul legătura de date

Nivelul 2 (sau L2) asigură servicii și funcționalități ca MAC, RLC, protocolul de convergență a datelor în pachete PDCP (Packet Data Convergence Protocol) și controlul modurilor broadcast/multicast BMC (broadcast/multicast control). De observat că PDCP și BMC există numai în planul informațiilor de utilizator (U-plane information).

### Nivelul rețea

În planul de control, nivelul 3 este partiționat în mai multe subnivele, din care subnivelul cel mai de jos este RRC. Aceasta asigură interfața cu nivelul 2 și se termină în UTRAN.

Nivelul 3 (rețea sau L3) asigură funcții pentru:

- managementul resurselor radio RRM (Radio Resource Management),
- controlul resurselor radio RRC,
- managementul mobilității MM (Mobility Management),
- managementul conexiunilor CM (Connection Management) și
- controlul legăturii logice LLC (Logical Link Control). [51, 52, 57]

## **4.3. 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). [56]

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

- DS-CDMA de bandă largă cu duplex frecvențial, WCDMA (FDD);
- DS-CDMA de bandă largă cu duplex temporal, WCDMA (TDD). [56]

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 200 MHz)
- 2170-2200 MHz (lărgimea benzii de 15 MHz).

În tabelul 4.1. sunt prezentate principalele caracteristici tehnice, care definesc interfața radio Uu, pentru cele două moduri de lucru. [18, 50, 53, 54, 57]

<b>Parametrii</b>	<b>Modul FDD</b>	<b>Modul TDD</b>
Acces Multiplu	DS-CDMA	TDMA cu CDMA în TS
Banda de frecvență BS-Tx DL (downlink)	2110 ÷ 2170 MHz (Sub-banda de 60 MHz)	1900 ÷ 1920 MHz (Banda de 20 MHz)
Banda de frecvență MS-Tx UL (uplink)	1920 ÷ 1980 MHz (Sub-banda de 60 MHz)	opt. 2010 ÷ 2025 MHz (Banda de 15 MHz)
Duplex	FDD	TDD
Spatiu Duplex frecvențial	190 MHz	-
Spatiu Duplex temporal	-	Intervale temporale diferite pentru DL și UL
Banda unui canal radio	5 MHz	5 MHz
Număr maxim de purtătoare într-o subbandă	12	4 opt. 3
Distanța dintre purtătoare consecutive (rastru de 200 KHz)	4,2 ÷ 5,4 MHz	4,2 ÷ 5,4 MHz
Durata unui cadru temporal (Frame)	10 ms	10 ms
Număr de intervale temporale pe un cadru (TS = Time Slot)	15 TS (1 Frame = 38400 chips) (1 TS = 2560 chips)	15 TS (număr asimetric variabil de TS pe DL și UL)
Chip rate	3,84 Mchip/s	3,84 Mchip/s
Tipul de modulație	QPSK	QPSK
Sincronizare între BS	Nu e necesară	Necesară
Debite de transmisie variabile	SF variabil, multi-cod	Multi-slot, multi-cod
Factor de împrăștiere pe DL (SF = Spreading Factor)	512 ÷ 4	16 ÷ 1
Factor de imprastiere pe UL (SF = Spreading Factor)	256 ÷ 4	16 ÷ 1
Rata de simbol pe purtătoare DL	960 ÷ 7,5 ksps	3840 ÷ 240 ksps
Rata de simbol pe purtătoare UL	960 ÷ 15 ksps	3840 ÷ 240 ksps
Codarea de canal	Convoluțională, Turbo	Convoluțională, Turbo
Capacitate de transport	≤ 2 Mbps	≤ 2 Mbps

Tabelul 4.1.

Sistemul WCDMA presupune utilizarea unei transmisii de bandă largă. Împrăștierea spectrală realizată cu o rata de 3,84Mcps 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. [18]

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 4.2.

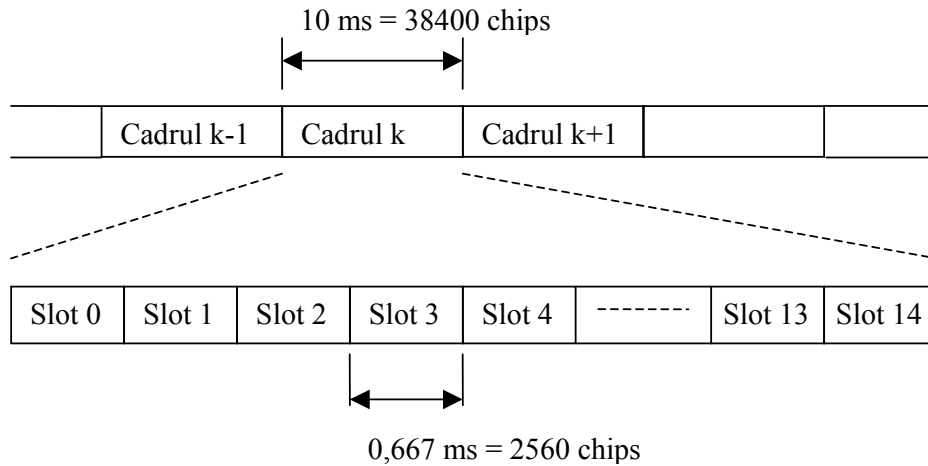


Fig. 4.2. Structura temporală pe interfața radio

Transmisia datelor presupune organizarea unor canale de transport, care să includă datele de utilizator și informațiile de control codate, întrepesute 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.

#### 4.3.1. Expandarea spectrală

Modalitatea de expandare spectrală (spreading) utilizată pe interfața radio UTRAN (nivelul fizic), în modul WCDMA (FDD), este prezentată în figura 4.3. [18]

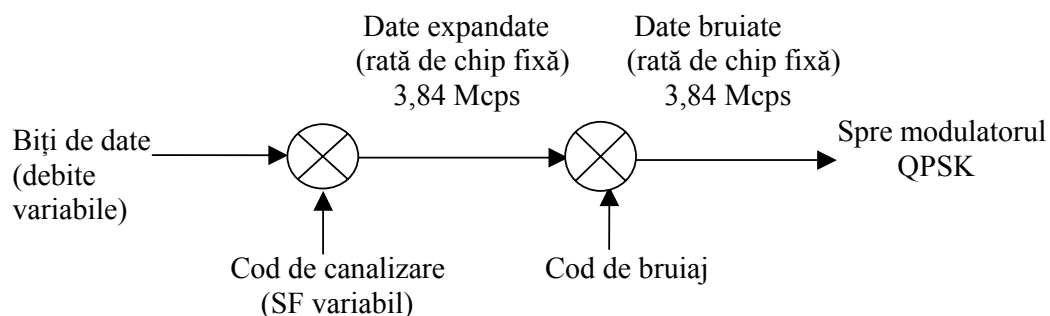


Fig. 4.3. Modul de obținere a împrăștierii spectrale în banda de bază



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). [18]

Utilizarea diferențiată a codurilor la stația de bază și la terminalul mobil este prezentată în figura 4.4.

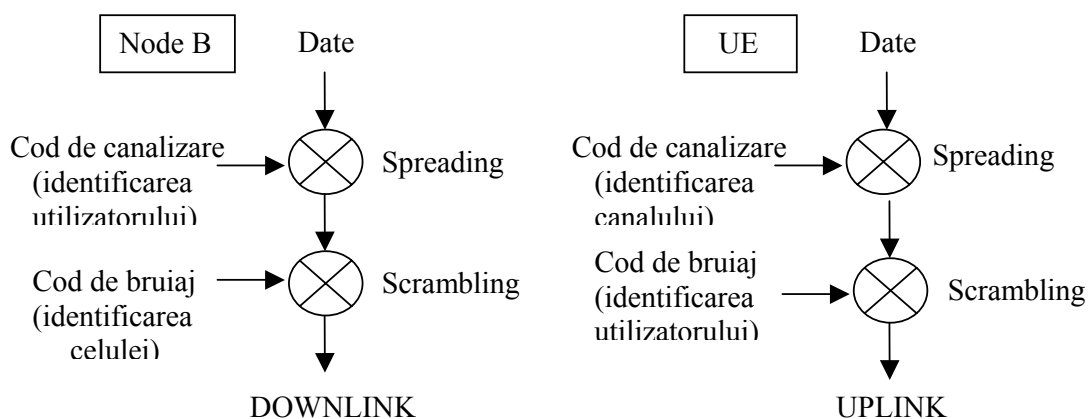


Fig. 4.4. Utilizarea codurilor de canalizare și bruijaj

#### 4.3.1.1. Codurile de canalizare

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. [57]

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.

Transmisia datelor pe legătura ascendentă (UL) se face cu ajutorul a două purtătoare în cuadratură. Pe calea I se transmite un canal de date DPDCH, iar pe calea Q un canal de control DPCCH, pe ambele căi fiind folosită modulația BPSK.

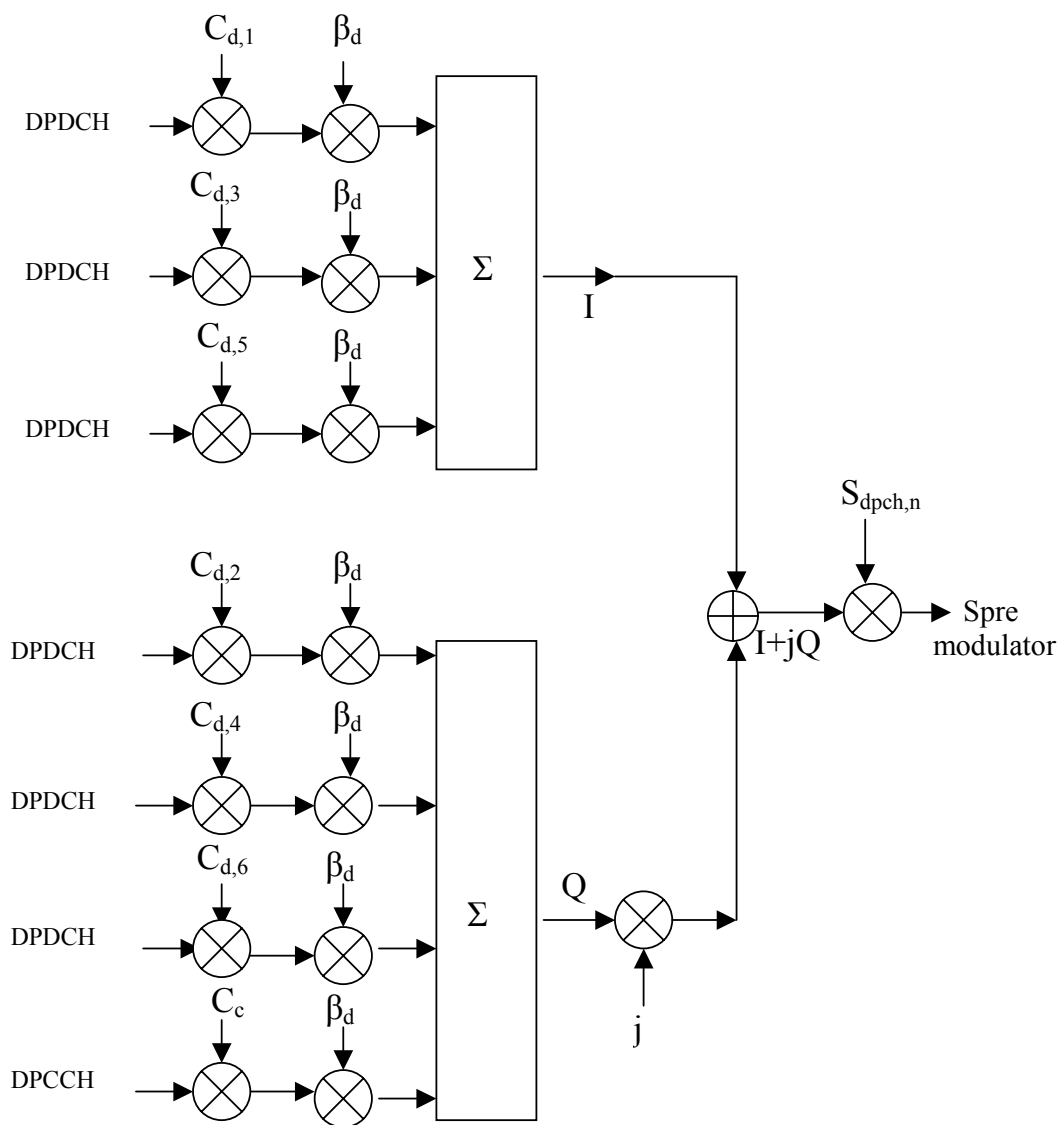


Fig. 4.5. Utilizarea codurilor de canalizare pe UL

Se folosesc coduri de canalizare  $C_{d,i}$  diferite pentru fiecare canal de date în parte, respectiv codul  $C_c$  pentru canalul de control. Fiecare cod are factorul de împrăștiere SF corelat cu rata de transmisie de pe canalul respectiv. Semnalele rezultate sunt ponderate cu factori de câștig  $\beta_d$  (reprezențați pe trei biți), care sunt identici pentru canalele DPDCH, dar diferă de cel folosit pentru canalul DPCCH. După transformarea semnalului real în semnal complex, are loc multiplicarea cu o secvență de cod  $S_{dpch,n}$  de valoare complexă pentru operația de bruijaj. [57]

Pe UL se pot transmite de la unul până la șase canale de date DPDCH, împreună cu un canal de control DPCCH. Dacă sunt mai multe, canalele de date DPDCH se distribuie alternativ pe căile I și Q.

Pe DL, unde se folosește modulația QPSK, procedura de expandare spectrală presupune inițial o conversie serie-paralel a datelor de intrare. Aceste date sunt destinate unui utilizator și conțin un canal DPDCH și un canal DPCCH multiplexate. Fiecare pereche de simboluri consecutive este distribuită pe căile I (simbolurile pare) și respectiv Q (simbolurile impare) prin conversie serie-paralel. Se poate observa că, spre deosebire de cazul anterior, în DL debitele pe căile I și Q sunt egale. Cele două căi sunt apoi multiplicare cu același cod de canalizare  $C_{ch, SF, m}$  și convertite într-o secvență de chip-uri complexă. Datele pentru alți utilizatori sunt expandate spectral cu alte coduri de canalizare. Urmează operația de codare cu secvența de cod de bruijaj, prin multiplicare cu  $S_{dl, n}$ , care este o secvență de cod complexă, specifică unei anumite celule sau unui anumit sector de celulă, așa cum se arată în figura 4.6. [57]

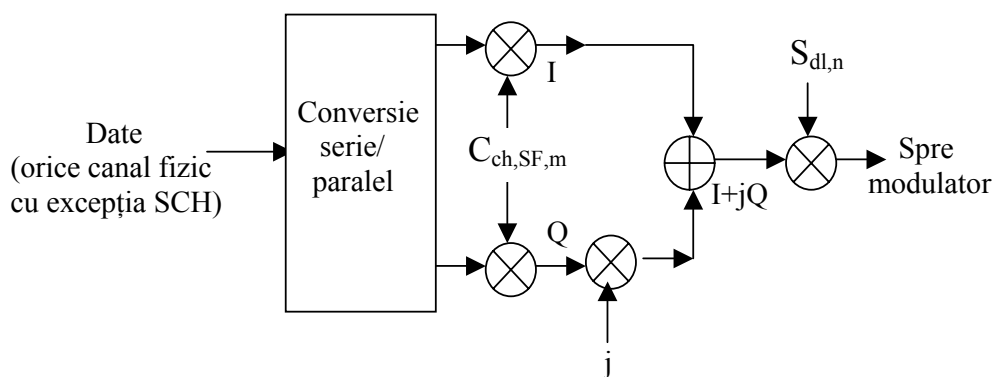


Fig. 4.6. Utilizarea codurilor de canalizare pe DL

#### 4.3.1.2. Codurile de bruijaj

Codurile de bruijaj (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, ca în figura 4.7. [18]

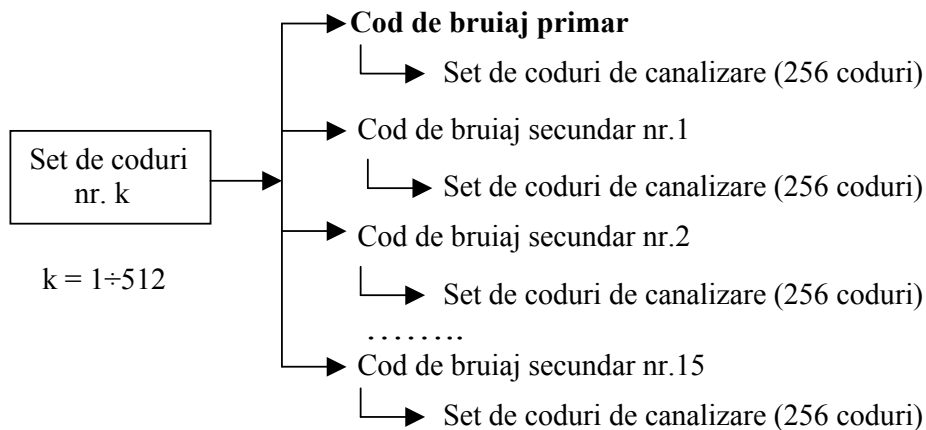


Fig. 4.7 Organizarea codurilor de bruij pe DL

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. [18]

#### 4.4. 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). [59]

##### 4.4.1. 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. [60] 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). [61]

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). [18]

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. [18]

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

#### 4.4.1.1. 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). [62]
- CTCH  $\downarrow$  (Common Traffic Channel) – canal unidirecțional punct-multipunct, folosit pe DL pentru transferul unor informații de utilizator dedicate tuturor mobilelor sau unui grup precizat de UE (ex. SMS-Cell Broadcast). [62]

#### 4.4.1.2. 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). [61]
- PCCH  $\downarrow$  (Paging Control Channel) – canal folosit pe DL pentru transferul informațiilor de căutare a mobilelor. [61] 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). [61]
- 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). [18, 61]

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

#### 4.4.2. 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. [18, 57]

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. [18, 60]

Tipurile de canale de transport în funcție de destinație și sens de transmisie sunt prezentate în continuare. [18]

##### 4.4.2.1. 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. [18, 61]

#### 4.4.2.2. 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. [18, 61, 62]

#### 4.4.3. 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. [18]

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. [63]

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. [63]

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  $\pi/2$ ). [63]

Canalele fizice sunt de două feluri: canale fizice comune și canale fizice dedicate.

#### 4.4.3.1. Canale fizice dedicate

Pe legătura ascendentă există două canale fizice dedicate, din care unul pentru date, DPDCH și unul pentru control, DPCCH. Canalele DPDCH și DPCCH sunt multiplexate în cuadratură (I/Q code multiplexed 2xBPSK) pe durata fiecărui cadru, pentru a asigura o transmisie continuă. Astfel, se transmit informații de control și în timpul pauzelor de pe canalul datelor de utilizator, ceea ce asigură o reducere a interferenței audibile. Pe legătura descendentă există un singur tip de canal fizic dedicat, DPCH. [63]

Canale fizice dedicate pe uplink

- DPDCH ↑ (Dedicated Physical Data Channel) – transportă datele de utilizator și semnalizările de pe nivelele superioare din canalul de transport DCH. Debitul de date poate fi schimbat după fiecare cadru. (Obs.) Pentru a asigura o transmisie continuă și o reducere a interferenței, pe UL, canalele DPDCH sunt multiplexate în cuadratură cu canalele DPCCH. [18]
- DPCCH ↑ (Dedicated Physical Control Channel) – conține informații de control: biți pilot cunoscuți, informații de răspuns la anumite comenzi FBI, comenzi de control TPC și, opțional, indicatori de format TFCI. Canalul se transmite cu debit constant și cu SF = 256 (rata de simbol 15 ksps). [18, 63]

Canalul fizic dedicat pentru transmisia de date pe legătura ascendentă, DPDCH este folosit pentru a transmite canalele de transport DCH. [18]

Canalul fizic dedicat de control pe legătura ascendentă, DPCCH se utilizează la nivelul informațiilor de control generate la nivelul fizic (Layer 1). Aceste informații constau în:

- biți pilot cunoscuți, pentru a permite o estimare a canalului în vederea unei detecții coerente;
- comenzi pentru controlul puterii de emisie, TPC (Transmit Power-Control);
- informații de răspuns la anumite comenzi, FBI (Feedback);



- indicatori opționali privind combinarea formatelor de transport TFCl, care informează receptorul asupra combinațiilor instantanee de formate de transport ale canalelor de transport distribuite simultan pe un cadru radio al canalului DPDCH. [18]

O legătură radio conține un singur canal DPCCH, dar poate conține 0, 1 sau mai multe canale DPDCH. [18]

Structura cadrului radio pe legătura ascendentă pentru un canal fizic dedicat DPDCH/DPCCH este prezentată în figura 4.8. [63]

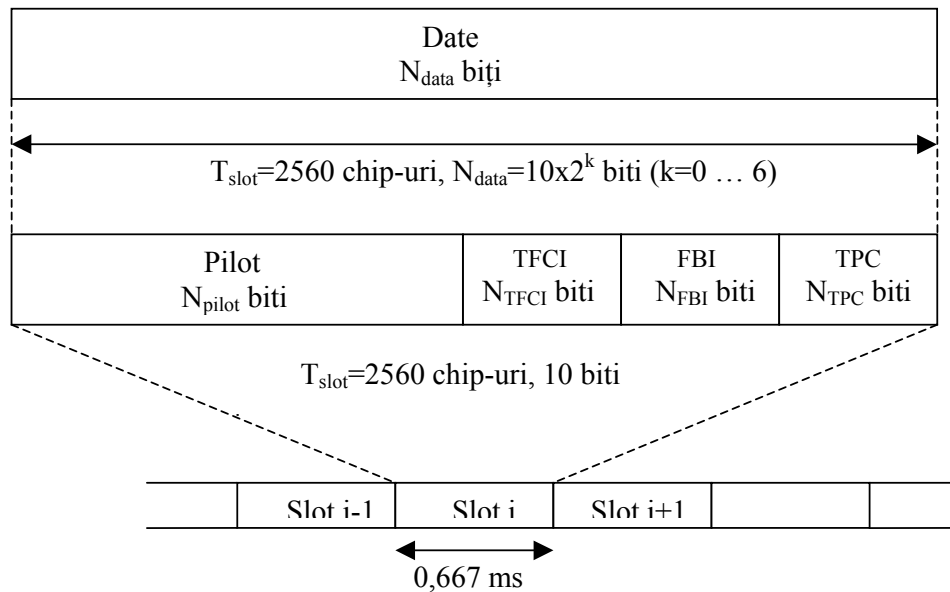


Fig. 4. 8. Structura unui interval temporal pe uplink pentru DPDCH/DPCCH

Parametrul  $k$  din figură determină numărul de biți pentru un slot din DPDCH. Valoarea lui este corelată cu factorul de împrăștiere SF utilizat pe DPDCH, deoarece  $SF = 256/2^k$ . Factorul de împrăștiere pentru DPDCH poate lua valori între 256 și 4. [63]

Factorul de împrăștiere pentru DPCCH este întotdeauna egal cu 256, ceea ce corespunde unui număr de 10 biți pe interval temporal.

#### Canalele fizice dedicate pe downlink

- DPCCH ↓ (Dedicated Physical Channel) - Canalul conține date dedicate multiplexate în timp cu informațiile de control (biți pilot, TPC și opțional TFCI), generate la nivelul fizic, pentru economie de coduri ortogonale. Canalul se poate transmite cu debit variabil. Dacă necesarul depășește debitul maxim al unui canal, se pot transmite în paralel mai multe canale DPCH, prin operare multicod. În acest caz, informațiile de control de pe nivelul fizic se transmit numai pe primul DPCH.

Structura canalului radio pe legătura descendentă pentru un canal fizic dedicat DPCH este prezentată în figura 4.9.

Parametrul  $k$  din figură determină numărul total de biți pentru un slot din DPCH. Valoarea lui este corelată cu factorul de împrăștiere SF utilizat pe canalul fizic prin relația  $SF = 512/2^k$ . Factorul de împrăștiere pentru DPCH poate lua valori între 512 și 4.

Debitul unui canal DPCH se poate modifica de la un cadru radio la altul, iar dacă debitul este foarte redus se utilizează tehnica transmisiei discontinue DTX (Discontinuous Transmission).

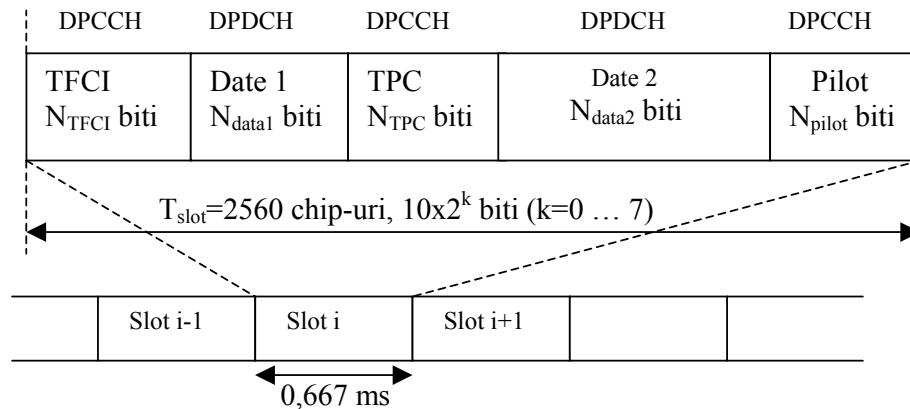


Fig. 4.9. Structura unui interval temporal pe downlink pentru DPCH.

Există un singur canal fizic dedicat pe legătura descendentă, DPCH (downlink Dedicated Physical Channel), prin care datele dedicate din nivelul superior (Layer 2), adică DCH, sunt transmise prin multiplexare în timp cu informațiile de control generate la nivelul fizic (biți pilot cunoscuți, comenzi TPC, opțional TFCI). Prin urmare, DPCH poate fi văzut ca un multiplex al canalelor DPDCH și DPCCH. Multiplexarea în timp pe DL urmărește obținerea unei economii de coduri ortogonale.

#### 4.4.3.2. Canale fizice comune

##### Canale fizice comune pe uplink

- PRACH ↑ (Physical Random Access Channel) Poartă informația canalului de transport RACH. Terminalele mobile pot emite pachetele de acces numai în anumite momente (sloturi) predefinite. Mesajul PRACH conține două părți: o parte cu datele din canalul RACH și o parte cu informațiile de control de nivel fizic. Factorul de împrăștiere pentru segmentul de date este  $256 - 32$ . Pentru segmentul de control, întotdeauna  $SF = 256$ .
- PCPCH ↑ (Physical Common Packet Channel) Transportă informația canalului CPCH, pentru care transmisia se bazează pe o tehnica de detecție a coliziunilor

denumită DSMA-CD (Digital Sense Multiple Access – Collision Detection). UE-urile emit pachete ca pe canalul RACH. Transmisiile de acces pe PCPCH include unul sau mai multe preambururi de acces, un preambul de detecție a coliziunilor, un preambul pentru controlul puterii DPCCH și o parte de mesaj, care conține segmente de date și segmente de control pe o structură de cadru similară cu DPDCH și DPCCH.

#### Canale fizice comune pe downlink

- CPICH ↓ (Common Pilot Channel) Transmite continuu un semnal pilot necesar la estimarea canalului pe DL, precum și la măsurătorile interfrecvență ale celulelor vecine, pe care le efectuează UE pentru soft HO. CPICH emite o secvență predefinită cu debitul de 30 kbps și SF = 256. El poate fi divizat în P-CPICH (Primary Common Pilot Channel), care folosește tot timpul același cod de canalizare și este difuzat în întreaga celulă, și S-CPICH (Secondary Common Pilot Channel), care folosește coduri arbitrare și se emite cu antene spot.
- P-CCPCH ↓ (Primary Common Control Physical Channel) Conține canalul BCH cu informații specifice sistemului și celulei. Se emite în întreaga celulă. Folosește un cod de canalizare fix  $C_{ch,256,1}$  (SF = 256) și nu conține biți pilot, TPC sau TFCI. Primii 256 chips din fiecare slot de 2560 chips nu sunt transmiși, intervalul fiind rezervat pentru SCH.
- S-CCPCH ↓ (Secondary Common Control Physical Channel) Transportă canalele FACH și PCH, care pot fi distribuite pe același S-CCPCH sau pe canale S-CCPCH diferite. El se transmite numai dacă sunt date disponibile, iar SF poate lua valori între 256 – 4. Când include biți TFCI, el poate transmite date cu debite variabile.
- PDSCH ↓ (Physical Downlink Shared Channel) Transportă canalul DSCH, care este partajat între mai mulți utilizatori. Un PDSCH este alocat unui singur utilizator. În același cadru radio, mai multe PDSCH pot fi alocate unui singur UE (transmisie multicod), sau diferite PDSCH pot fi alocate pentru diferite UE, utilizând multiplexarea în cod.
- SCH ↓ (Synchronisation Channel) Este folosit pentru căutarea celulelor și sincronizare. Deoarece UE au nevoie de informațiile de pe SCH ca să localizeze celula și să se sincronizeze înainte de operația de decodare, canalul SCH nu este trecut prin procesul de spreading și scrambling. El constă în două subcanale: Primary SCH și Secondary SCH.
- AICH ↓ (Acquisition Indicator Channel) Transportă informații de confirmare corespunzătoare preamburilor PRACH și este difuzat în toată celula. Un terminal începe transmisia PRACH atunci când recepționează confirmarea AI. AICH utilizează un debit fix (SF = 256) și constă într-o secvență repetată de 15 intervale de acces AS (Access Slots) consecutive. Un interval de acces conține 5120 chips, iar AICH durează 20 ms. Pe un interval temporal sunt două segmente, din care unul de 4096 de chips, ce conține 32 de simboluri pentru AI, urmat de o pauză de transmisie cu durata de 1024 chips.

- AP-AICH ↓ (Access Preamble Acquisition Indicator Channel) Transportă indicatorii de achiziție pentru preambulul de acces corespunzător canalului CPCH. Pe un interval temporal sunt două segmente, din care unul de 4096 de chips, ce conține 32 de simboluri pentru API, urmat de o pauză de transmisie cu durata de 1024 chips.
- PICH ↓ (Paging Indicator Channel) Transmite indicatorii de căutare pentru UE. Canalul se transmite cu debit constant și cu  $SF = 256$ . Un cadru radio PICH de 10 ms constă în 300 biți ( $b_0, b_1, \dots, b_{299}$ ). Primii 288 conțin informații privind indicații de căutare, iar ultimii 12 nu se transmit. Numărul de indicatori transmiși  $N_p$  poate fi 18, 36, 72 sau 144. Fiecare indicator corespunde unui anumit canal, iar UE aflate în stand-by trebuie să se activeze pentru a asculta indicatorul specific. PICH este întotdeauna asociat cu S-CCPCH și difuzat în toată celula.
- CSICH ↓ (CPCH Status Indicator Channel) Transportă informații de stare pentru CPCH și este asociat întotdeauna cu un canal AP-AICH, folosind aceleași coduri de canalizare și scrambling.
- CD/CA-ICH ↓ (Collision-Detection/Channel-Assignment Indicator Channel) Transportă pe DL cu debit fix indicatori de detecție a coliziunilor (CD), dacă indicatorii pentru alocare de canal (CA) nu sunt activi, sau indicatori combinați CD/CA în caz contrar. [18, 57]

## Lista de abrevieri

3G	- Third Generation
3GPP	- Third Generation Partnership Project
AGCH	- Access Grant Channel
AICH	- Acquisition Indicator Channel
AP-AICH	- Access Preamble Acquisition Indicator Channel
BCCH	- Broadcast Control Channel
BCH	- Broadcast Channel
BSC	- Base Station Controller
BTS	- Base Transceiver Station
CCCH	- Common Control Channel
CCH	- Control Channel
CD/CA-ICH	- Collision-Detection/Channel-Assignment Indicator Channel
CDMA	- Code Division Multiple Access
CN	- Core Network
CPCH	- Common Packet Channel
CPICH	- Common Pilot Channel
CSICH	- CPCH Status Indicator Channel
CSMA	- Carrier Sense Multiple Access
CTCH	- Common Traffic Channel
DCCH	- Dedicated Control Channel
DCH	- Dedicated Channel
DCS	- Digital Cellular System
DECT	- Digital Enhanced Cordless Telecommunication
DLC	- Data Link Control
DPCCH	- Dedicated Physical Control Channel
DPCH	- Dedicated Physical Channel
DPDCH	- Dedicated Physical Data Channel
DS-CDMA	- Direct - Sequence-CDMA
DSCH	- Downlink Shared Channel
DSSS	- Direct Sequence Spread System
DTCH	- Dedicated Traffic Channel
ETSI	- European Telecommunication Standards Institute
FACCH	- Fast Associated Control Channel
FACH	- Forward Access Channel
FCCH	- Frequency Correction Channel
FDD	- Frequency Division Duplexing
FDMA	- Frequency Division Multiple Access
FH-CDMA	- Frequency Hopping-CDMA
FHSS	- Frequency Hopping Spread System
FP	- Fixed Part
GSM	- Global System for Mobile communications
GSMK	- Gaussian Minimum Shift Keying

IMT-2000	- International Mobile Telecommunication 2000
MAC	- Medium Access Control
MS	- Mobile Station
MSC	- Mobile services Switching Center
NWK	- Network Layer
OSI	- Open System Interconnection
OVSF	- Orthogonal Variable Spreading Factor
p-ALOHA	- pure ALOHA
PCCH	- Paging Control Channel
P-CCPCH	- Primary Common Control Physical Channel
PCH	- Paging Channel
PCPCH	- Physical Common Packet Channel
PDSCH	- Physical Downlink Shared Channel
PICH	- Paging Indicator Channel
PP	- Portable Part
PRACH	- Physical Random Access Channel
PTSN	- Public Switched Telephone Network
RACH	- Random Access Channel
r-ALOHA	- reservation ALOHA
RAN	- Radio Access Network
RNC	- Radio Network Controller
RNS	- Radio Network Subsystem
RRC	- Radio Resource Control
SACCH	- Slow Associated Control Channel
s-ALOHA	- slotted ALOHA
S-CCPCH	- Secondary Common Control Physical Channel
SCH	- Synchronisation Channel
SDCCH	- Stand-alone Dedicated Control Channel
S-FH	- Slow Frequency Hopping
TCH	- Traffic Channel
TDD	- Time Division Duplexing
TDMA	- Time Division Multiple Access
TH-CDMA	- Time Hopping-CDMA
THSS	- Time Hopping Spread System
UE	- User Equipement
UMTS	- Universal Mobile Telecommunications Systems
USIM	- UMTS Subscriber Identification Module
UTRAN	- UMTS Terrestrial RAN
WCDMA	- Wide-band CDMA

## BIBLIOGRAFIE

- [1] E. Marza, “Radiocomunicații mobile”, EOU, Timișoara, 2001
- [2] S. Halunga-Fratu, O. Fratu, D. N. Vizireanu, “Sisteme de comunicație cu acces multiplu cu diviziune în cod (CDMA)”, ETF, Bucuresti, 2000
- [3] \*\*\*, “Digital Multiple Access Techniques”  
[http://www.seas.upenn.edu/~tcom510/AdobeFiles\\_pdf/ch2.2.pdf](http://www.seas.upenn.edu/~tcom510/AdobeFiles_pdf/ch2.2.pdf)
- [4] \*\*\*, [http://www.soc.staffs.ac.uk/rac1/mobile%20computing/mobile\\_computing.doc](http://www.soc.staffs.ac.uk/rac1/mobile%20computing/mobile_computing.doc)
- [5] \*\*\*, “Chapter 9 – Multiple Access Protocols”,  
<http://cpk.auc.dk/~tatiana/Courses/ComSys2/Chapter9.pdf>
- [6] \*\*\*, “1 An Introduction to Wireless Mobile Internet”,  
[http://media.wiley.com/product\\_data/excerpt/8X/04708446/047084468X.pdf](http://media.wiley.com/product_data/excerpt/8X/04708446/047084468X.pdf)
- [7] J. Pollonen, “Quality of Service Based Admission Control for WCDMA Mobile Systems”, Helsinki, 2001
- [8] I. Bicaku, N. Lefeuvre, P. Lungaro, T. Nguyen, “Wireless Networks”, 2002
- [9] Raphael Rom, Moshe Sidi, “Multiple Access Protocols – Performance and analysis”, 1989
- [10] \*\*\*, “Multiple Access Techniques For Wireless Communications”,  
<http://www.ecs.csus.edu/eee/courses/notes/chapter8.pdf>
- [11] \*\*\*, “FDMA/TDMA/CDMA”, 2003,  
<http://www.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/wireless2003/2003.05.09-CDMA.pdf>
- [12] Mani Srivastava, “EE206A Lecture4 #4 Sharing the Wireless Link: Part I”, Los Angeles, [http://nesl.ucla.edu/courses/ee206a/2001s/lectures/L04\\_2pp.pdf](http://nesl.ucla.edu/courses/ee206a/2001s/lectures/L04_2pp.pdf)
- [13] \*\*\*, “Time Division Multiple Access (TDMA)”,  
<http://www.leaked.info/nomel/docs/RF/TDMA.pdf>
- [14] \*\*\*, “CDMA vs TDMA”, martie 2003  
<http://www.arcx.com/sites/CDMAvsTDMA.htm>
- [15] Saud A. Al-Semari, “EE577 Wireless and Personal Communications”,  
<http://www.users.kfupm.edu.sa/ee/semari/lec01.pdf>
- [16] \*\*\*, “Pure ALOHA”, <http://piglet.uccs.edu/~cs522/f2001ma.pdf>
- [17] M. Naforniță, C. Munteanu, “Comunicații de Date”, Editura Gh. Asachi, Iași, 1996
- [18] E. Marza, C. Simu, “Comunicatii mobile”, Editura de Vest, Timișoara, 2003
- [19] \*\*\*, “Chapter 4 The Medium Access Control Sublayer”,  
<http://netlab.cis.temple.edu/~jmulik/teaching/716f03-slides/Chapter4MAC.sxi.pdf>
- [20] \*\*\*, “ALOHA MAC Protocol”,  
<http://ece.wpi.edu/~sunar/ee506/class8.pdf>
- [21] \*\*\*, “CDMA technology”, <http://www.tsp.ece.mcgill.ca/Telecom/Docs/cdma.html>
- [22] \*\*\*, “Chapter 8 – Basic CDMA Concepts”,  
<http://cpk.auc.dk/~tatiana/Courses/ComSys2/Chapter8.pdf>
- [23] G. Pasrija, G. Goel “3G-CDMA Proposals for Mobile Radio Networks”, Delhi
- [24] W. Wiesbeck, “Advanced Radio Communicatio I”, Karlsruhe, 2003/2004

- [25] Ramjee Prasad, Tero Ojanperä, “An overview of CDMA evolutions toward wideband CDMA”, IEEE Communications Surveys, 1998
- [26] J. Nijhof, “Mobile Communications (ET4 153) – Wireless Systems and Standards – DECT”, Delft, 2000  
[http://www.tvst.tudelft.nl/EDUCAT/COURSES/ET4-153/SHEETS/mc\\_04b.PDF](http://www.tvst.tudelft.nl/EDUCAT/COURSES/ET4-153/SHEETS/mc_04b.PDF)
- [27] K. Saldanha, “Performance evaluation of DECT in different radio environments”, Blacksburg, Virginia, 1996
- [28] “DECT - The standard explained”, 1997  
<http://www.dect.ch/pdf/TechnicalDocument.PDF>
- [29] A. Muchaxo, A. Sousa, N. Pereira, H. Sarmento, “Wireless Data Communications Using DECT Air Interface”, Lisboa, Portugal
- [30] M. Mühlhäuser, J. Kangasharju, “Telecooperation III – Chapter 3: Mobile Networks”
- [31] Anthony Lo, “Wireless LANs: The DECT approach”, Singapore  
<http://www.cwc.nus.edu.sg/~cwcpub/zfiles/apcc.pdf>
- [32] J. Schiller, “Mobile Communications Systems: DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunication”
- [33] \*\*\*, DECT – cordless communication technology,  
<http://www.sectron.cz/md/en/tec/dect.html>
- [34] \*\*\*, “DECT – Technology On The Road To Success”  
<http://www.acterna.ru/download/dect.pdf>
- [35] Jack Quinn, “Wireless communication”, ICE, 1996
- [36] R. Obertreis, “NTP and ACP Measurements to ETS 300 175-2 for DECT using Spectrum Analyzer FSE”, Rohde&Schwarz, 1998
- [37] [ETSI EN 300 175-2 v1.7.0 (2003-02)]
- [38] TSGR#5(99)504
- [39] \*\*\*, “DECT Application Profiles”,  
<http://einstein.informatik.uni-oldenburg.de/rechnernetze/dect-anwendungen.htm>
- [40] Javier Gozavez Sempere, “An overview of the GSM system”, Glasgow, Scotland
- [41] \*\*\*, “GSM Overview”, <http://www.ececs.uc.edu/~zhanghon/gsmoverview.htm>
- [42] John Scourias, “Overview of the Global System for Mobile Communications”, 1997
- [43] \*\*\*, “Wireless Communications Solution – Global System for Mobile (GSM)”, <http://www.nuntius.com/solutions21.html>
- [44] \*\*\*, “GSM overview”,  
<http://www.ee.surrez.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/tables/gsm.html>
- [45] Thierry Turlatti, “A brief Overview of the GSM Radio Interface”, Technical Memorandum, Massachusetts, 1996
- [46] \*\*\*, “Radio link aspects”, [http://www.gsmsms.net/hist\\_doc4.html](http://www.gsmsms.net/hist_doc4.html)
- [47] \*\*\*, “GSM network”, <http://www.sectron.cz/md/en/tec/gsm.html>
- [48] MobiTel, “Introducere în sistemul Global pentru comunicații Mobile - GSM”, <http://www.mobitel.ro/istoric/istoric.htm>
- [49] Giuseppe Bianchi, “Part 4 GSM – Radio Interface”,  
[http://147.163.57.8/corsi/reti\\_radiomobili/2001\\_2002/slides/04-gsmair.pdf](http://147.163.57.8/corsi/reti_radiomobili/2001_2002/slides/04-gsmair.pdf)



- [50] N. G. Mansvelt, “An Examination of FDD and TDD on the UMTS Air Interface”, TELKOM SA, Pretoria, South Africa
- [51] Emmanuel Jeker, “UMTS: La 3<sup>ième</sup> Génération Présentation Personelle”, decembrie 2002, <http://www.tcom.ch/Tcom/team/ELS/presentations/UMTS.pdf>
- [52] Tektronix, “UMTS Protocols and Protocol Testing”, <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/umts.pdf>
- [53] Pastore Americo, “Services et applications UMTS”, iulie 2001, <http://docpacks.tcom.ch/data/UMTS/UMTS.pdf>
- [54] Esmael Dinan, Aleksey Kurochkin, Sam Kettani, Telecomm&Industrial, “Technical Paper”, Bechtel Telecommunications Technical Journal, Decembrie 2002, <http://www.bechtel.com/PDF/BIP/25661.pdf>
- [55] David Törnqvist, “Transmission Timming in WCDMA Terminals”, Linköping, 2003, <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2003/3312/exjobb.pdf>
- [56] OFCOM – Federal Office for communications, “UMTS factsheet”, decembrie 2000, <http://www.bakom.ch/imperia/md/content/english/telecomdienste/factsheets/2.pdf>
- [57] \*\*\*, “Chapter 6 WCDMA”, <http://www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf>
- [58] K.W. Richardson, “UMTS overview”, Electronics & Communication Engineering Journal, iunie, 2000
- [59] \*\*\*, “UTRA Channels”, <http://www.umtsworld.com/technology/UMTChannels.html>
- [60] ETSI, UMTS YY.21 version 1.0.0
- [61] \*\*\*, “UMTS Chapitre 3: Protocoles et canaux de l’interface radio”, 2002,
- [62] \*\*\*, “UTRAN Radio Interface protocols”, [http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture7\\_RadioInterfaceProtocols.pdf](http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture7_RadioInterfaceProtocols.pdf)
- [63] 3GPP, TS 25.211 v2.5.0 (1999-10)