

2013

# Telefonia digitală

Modularea digitală și transmisia digitală a informației

Studenti:

Băbăruș George 441A

Voicu Adrian-Nicolae 441A

ETI

05.01.2013

## **Contributii:**

Babarus George: Cap. 2, Cap 3

Voicu Adrian: Cap. 1

## **CUPRINS:**

### **1. Modulare digitală**

**1.1. Introducere(AM, FSK, PSK, QAM)**

**1.2. QAM cu raspuns partial**

**1.3. Modulatie cu mai multe purtatoare**

### **2. Transmisia digitală**

**2.1. Introducere**

**2.2. Codarea**

**2.3. Calculul erorilor si monitorizarea performantelor**

### **3. Telefonie digitala**

**3.1. Introducere**

**3.2. Scopurile sistemului celular**

**3.3. Reteaua celulara**

**3.4. Conceptul de celule**

**3.5. Traficul**

**3.6. Tehnici de acces multiplu si duplexare**

### **4. Bibliografie**

# TELEFONIA DIGITALĂ

## 1. Modulare digitală

### 1.1 Introducere

Transmisia digitala pe un link radio difera de transmisia cablata din doua puncte de vedere.

In primul rand, informatia digitala trebuie sa moduleze o purtatoare intr-o maniera in care sa produca semnalul radio frecventa. In multe cazuri procesul de modulare poate fi vazuta ca o forma speciala de modulatie in amplitudine de catre o linie de cod de semnal tip NRZ. Astfel linia de cod reprezinta banda de semnal unde amplitudinea moduleaza purtatoarea in transmitator si este reprodusa prin demodulare in receptor. Reprezetand procesul de modulatie in aceasta maniera are avantajul ca spectrul frecventei radio poate fi determinat pur si simplu prin simpla traducere a spectrului liniei de cod frecventei purtatoare selectate.

In al doilea rand, un link radio difera de transmisia cablata ca urmare a necesitatii de a limita cu strictete semnalul transmis pentru a preveni interferentele cu celelalte canale. Desi link-urile transmisiei cablate filtreaza automat, intr-o oarecare masura, semnalul de linie, cerintele filtrelor explicite uneori au loc doar in receptoare pentru a respinge cat mai mult zgomot. Intrucat link-urile radio sunt limitate ca banda in trasmitator si filtrarea zgomotului in receptor, functia de filtrare cap la cap trebuie partitionata intre cele doua capete.

In imaginea de mai jos se poate observa diagrama bloc a unui canal radio alaturi de formele de unda de radio frecventa dar si spectrele frecventelor corespunzatoare.

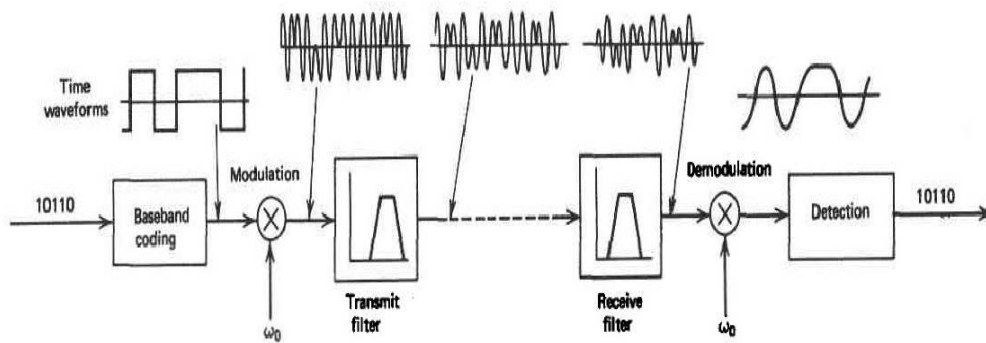
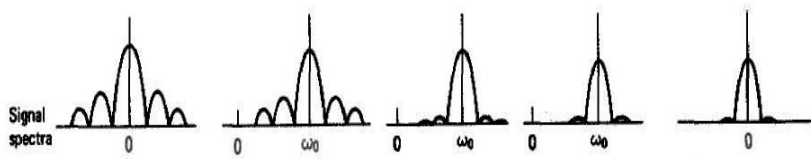


Figure 6.1 Simplified block diagram of end-to-end radio channel.

281

sursa Digital telephony - John Bellamy pag.281

Modularea intr-un radio digital trebuie proiectat in concordanta cu functiile de filtrare.

Cea mai simpla forma de modulare ce presupune detectare si generare este modularea in amplitudine(AM). Definitia matematica a unei astfel de modulatii in amplitudine este:

$$x(t)=[1+\alpha m(t)]\cos\omega t$$

$\alpha$ -este indexul de modulare

$m(t)$ -semnalul NRZ simetric norlamizat la amplitudinea maxima

$\omega$ -frecventa purtatoare= $2\pi f$

Modularea in amplitudine este o tehnica speciala de modulare referita ca si „modulare liniara”. Modularea liniara presupune ca spectrul semnalului modulat sa fie obtinut prin translatarea bazei spectrului benzii frecventei purtatoare selectate.

Sistemele FM si PM ,de tip unghi modulat, folosesc semnale de amplitudine constanta pentru a nu fi afectate de saturatie. Prin urmare FM si PM pot fi transmise la nivele de putere mai mari decat sistemele AM. Abilitatea de a utiliza puterea de saturatie a amplificatoarelor este unul din motivele pentru care FM a fost ales pentru semnalele radio de tip analog.

FSK(Frequency Shift Keying) se refera la modularea in frecventa. Atat PSK cat si FSK sun doua sisteme care furnizeaza un semnal de amplitudine constanta. Sistemele care folosesc purtatoare de amplitudine constanta sunt si ele referite ca sisteme cu anvelopa constanta.

Expresia de mai jos reprezinta formula matematica de identificare a pentru FSK:

$$x(t) = \cos \left[ \left( \omega_c + \frac{m_n(t) \Delta\omega}{2} \right) t \right]$$

$\omega_c$ —frecventa centrala in radiani

$m_n$ —NRZ digital de nivel n

$\Delta\omega$ —diferenta de frecventa dintre semnale.

O forma de PSK mai este referita si ca 2-PSK, indicand faptul ca fiecare interval de semnal foloseste una din doua faze care sunt separate la 180 grade folosite pentru codarea datelor binare. De asemenea, exista posibilitatea folosirii mai multor faze. 4-PSK si 8-PSK sunt cele mai comune exemple pentru PSK cu faze multiple.

„Phase shift keying” include 4-QAM si este cea mai populara metoda de modulare pentru aplicatiile cu performante ridicate ce folosesc o cantitate mare de informatie. Popularitatea se datoreaza in primul rand anvelopei constante dar si datorita performantelor bune in ceea ce priveste erorile.

In figura de mai jos este ilustrata ecuatia matematica ce caracterizeaza PSK-ul. Acesta expresie presupune ca modulatia este folosita in procent de 100%.

$$x(t) = \cos \left( \omega_c t + \frac{m_n(t) \Delta\phi}{2} \right)$$

$\Delta\phi=2\pi/n$  este separarea dintre fazele adiacente ale semnalului

$m_n(t)$ =este un semnal NRZ simetric cu nivele  $\pm 1, \pm 3, \dots$

In imaginea de mai jos sunt ilustrate 2 forme de unda tipice si anume 2-PSK si 4-PSK.

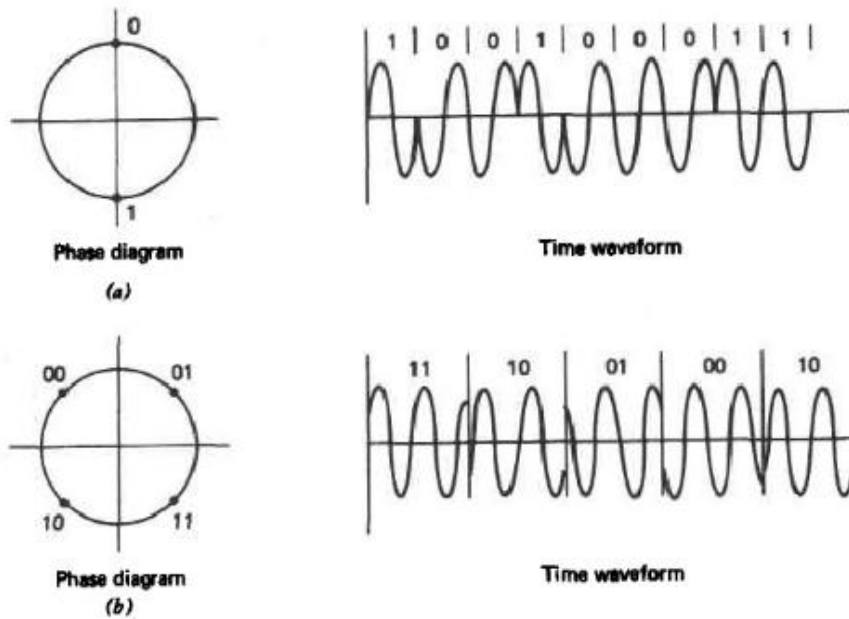
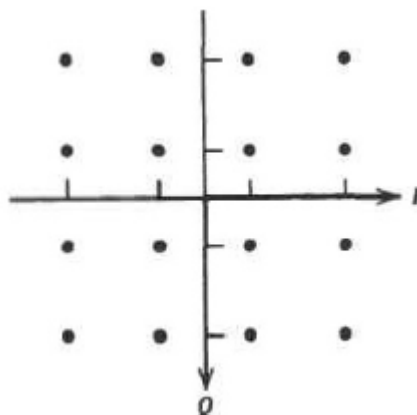


Figure PSK: a) 2-PSK; b)-PSK

sursa Digital telephony - John Bellamy pag.289

QAM poate fi vazuta o expresie de modulatii PSK multiple unde cele doua benzi de semnal sunt generate independente unul de celalalt. Astfel doua canale complet independente sunt instalate incluzand codarea de banda si procesele de detectie. Figura de mai jos arata un semnal constelatie a unui sistem 16-QAM obtinut din 4 level pe fiecare canal cuadratura.



Constelatia 16-QAM

sursa Digital telephony - John Bellamy pag.301

## 1.2 QAM cu răspuns parțial

O altă tehnică cunoscută de modulare este cuadratura cu răspuns parțial de semnalizare (QPRS). La fel de frecvent pusă în aplicare, un modulator QPRS nu este altceva decât un modulator QAM urmat de un filtru cu bandă de trecere îngustă care suprafiltrează semnalele cuadraturii și produce interferență între simboluri controlată în fiecare canal. Cele mai folosite aplicații cu QPRS implică două nivele pe fiecare canal înainte de filtrare și trei nivele după ce are loc filtrarea.

Sistemul este în esență un sistem 4-PSK cu filtrare a răspunsului parțial pentru a crește densitatea de informație. După cum se poate observa în imaginea de mai jos, efectul filtrării răspunsului parțial este acela să producă nouă puncte de semnal din cele patru originale. Într-o manieră similară, un sistem 16-QAM cu răspuns parțial, cu patru nivele pe fiecare canal înainte de filtrare, are șapte nivele după filtrare și în total 49 puncte semnal.

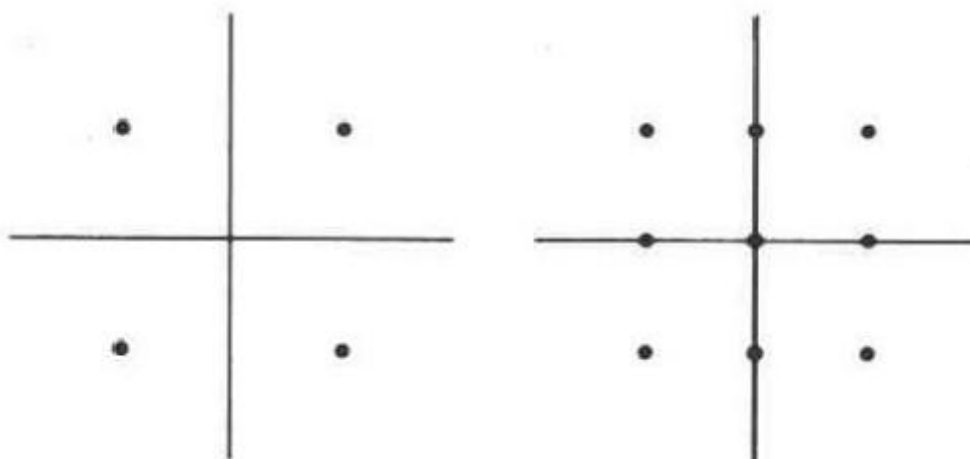


Fig. Constelația semnalului QPRS

Sursa Digital telephony - John Bellamy

Deși modulatoarele unui sistem QPRS pot fi modulatoare QAM convenționale, demodulatoarele/dectoarele trebuie să fie modificate pentru a conta în nivelele extra din forma de undă. După ce semnalul este demodulat, procesele de detecție pentru fiecare canal sunt independente și indentice cu procedurile de detecție a benzii PRS.

Comparând sistemul QPRS cu sistemul QPSK(4-PSK) s-a observat că puterile medii de transmisie sunt diferite, însă, datorită sistemului cu răspuns parțial suprafiltrează semnalul pentru a reduce lățimea de bandă transmisă. Filtrarea răspunsului parțial reduce distanța dintre punctele de semnal la jumătate, indicând o reducere a erorii cu 6-dB. Totuși, lățimea benzii zgomotului a unui filtru de recepție este mai mică decât lățimea benzii zgomotului corespunzător răspunsului întreg al sistemului astfel încât unele erori de degradare ale distanței să fie recuperate. Pierderea de performanță a unui sistem QPRS cu un filtru este 4 dB. Datorită puterii pe canal pierderea de performanță poate fi chiar și de 2dB.

### **1.3 Modulație cu mai multe purtătoare**

Descriind alte formate de modulație, a fost asumată în mod implicit ideea că modulația are loc pe o singură purtătoare, sau posibil două cuadraturi purtătoare la o aceeași frecvență. Modulația cu mai multe purtătoare (MCM) presupune divizarea fluxului de date în multiple fluxuri joase care transmit în paralel o frecvență cu mai multe purtătoare. Deși MCM a fost utilizat în trecut în unele aplicații speciale, reprezintă apariția tehnologiei DSP care permite implementarea economică a mai multor modulatore și demodulatoare pentru aplicațiile comerciale. Cele mai comune mijloace de implementare MCM utilizează transformata Fourier(FFT) așa cum este sugerat și în imagine de mai jos. Datele sursă sunt demultiplexate în mai multe fluxuri de date separate pentru fiecare subcanal. O transformata Fourier inversă transformă componentele spectrului complex într-o formă de undă din domeniul timp care este convertită în analog și apoi transmisă.



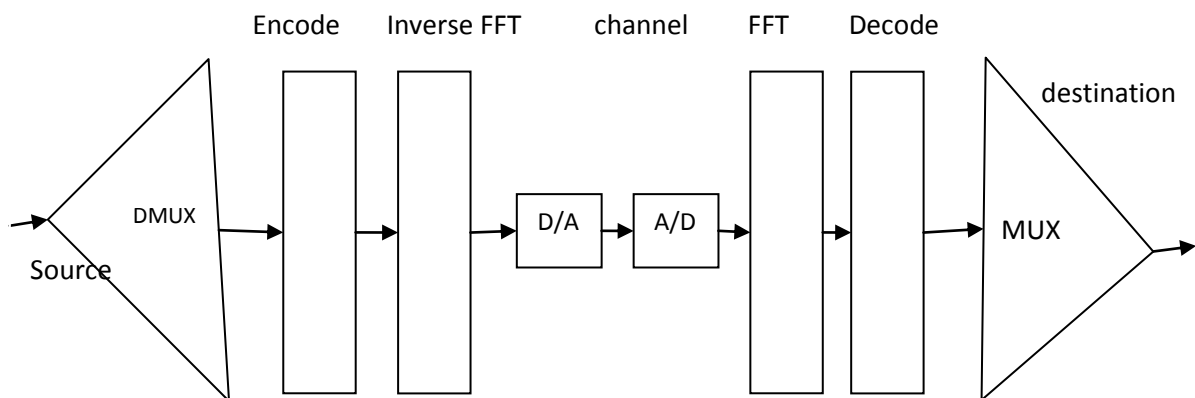


Fig. Modulatia cu mai multe purtatoare utilizand tranformata Fourier rapida

Sursa Digital telephony - John Bellamy pag modificata in Word

Pasii de baza ai acestui proces sunt inversati in receptor unde forma de unda din domeniul timp este esantionata si trimisa mai departe unei tranformate Fourier care recupereaza spectrul complex. Componentele spectrului complex sunt procesate ca semnale QAM individuale (sau posibil PSK) pentru a decoda datele, care mai apoi sunt multiplexate iar intr-un flux de date compozit. In figura de mai sus nu sunt incluse functiile auxiliare ale ecuatiei si ceasului de recuperare. In mod normal, o componenta de tip frecventa este dedicata unui semnal pilot care tranporta informatii de ceas pentru toate subcanalele. Egalizarea de amplitudine implica scalarea amplitudinilor FFT la iesirea FFT-ului. Daca modularea PSK este utilizata, egalizarea de amplitudine este posibil sa nu fie folosita, chiar daca ar putea exista amplitudini distorsionate pe canal. In fiecare subcanal ingust distorsiunea este in esenta plata, ceea ce implica faptul ca datele PSK pot fi recuperate prin determinarea fazei a fiecarei expresii de frecventa complexa.

## 2. Transmisia digitală

### 2.1 Introducere

O consideratie importanta in implementare sistemului de transmisie digital este selectarea unui set discret de forme de unde electrice pentru codarea si reprezentarea informatiei. In cadrul comunicatiei digitale formele de unda mentionate mai sus sunt denumite semnale.

Un al doilea aspect si de asemenea important in transmisia digitala este definirea unei relatii in timp intre semnalele individuale.

In cazul transmisiei pe distante relativ mici informatia despre timp poate fi transmisa separat de informatia utila, in timp ce pentru transmiterea la distante mari este necesara inglobarea informatiei de timp in semnalul insusi, astfel realizandu-se economii importante.

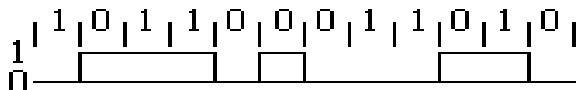
### 2.2. Codarea

Codarea presupune folosirea nivelelor diferite ale semnalului pentru a reprezenta fiecare simbol discret transmis. Cel mai adesea folosit sistem de codare este sistemul binar asociat astfel: nivelul de tensiune de 3 V asociat cu valoarea binara 1 si 0V asociat cu valoarea binara 0.

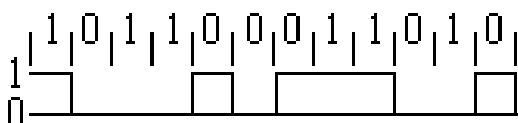
O optimizare a acestei abordari de codare este urmatoarea: folosirea de nivele de tensiune echivalente simetrice pentru reprezentarea valorilor binare, aceasta aduce o reducere pana la jumatate a puterii de transmisie. Astfel se codeaza nivelul cu 1.5V valoarea binara 1 si cu -1.5V valoarea binara 0.

Exista mai mult mai multe standarde de codare standardizare a codarii ca de exemplu:

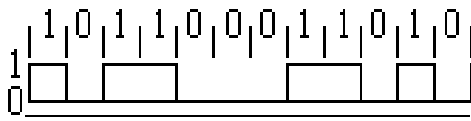
- a) Non return to zero NRZ : 0 este reprezentat de o schimbare a nivelului de energie in timp ce 1 nu schimba nimic in semnal



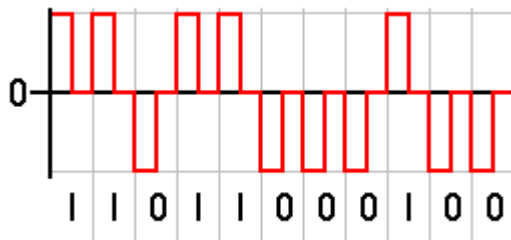
- b) Non return to zero inverted NRZI: 1 este reprezentat de o schimbare a nivelului de energie in timp ce 0 nu schimba nimic in semnal



c) Unipolar non return to zero level

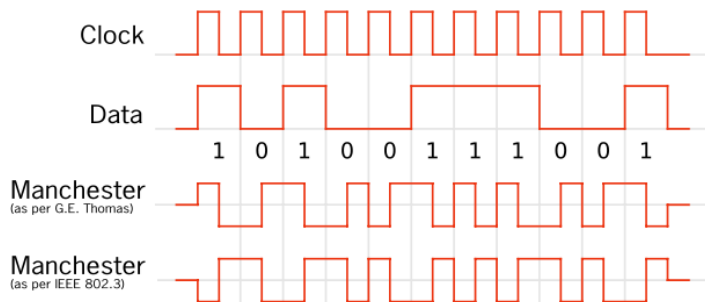


d) Return to zero - RZ – reprezentarea clasica in sa dupa fiecare puls de jumatate de perioada semnalul revine la 0.



e) Return to zero inverted – RZI

f) Manchester – O schimbare a nivelului la fiecare valoare de 1 la jumatatea perioadei.



### 2.3. Calculul erorilor si monitorizarea performantelor

Performanta sistemelor de transmisie si codare sunt masurate de gradul in care zgomotul le poate afecta. O eroare apare de fiecare data cand zgomotul cauzeaza masurarea unui prag intre doua valori nominale asteptate in circuitul de detectie.

Se defineste astfel probabilitatea de aparitie a unei erori in semnal:

$$\text{prob(error)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-t^2/2\sigma^2} dt$$

Un alt parametru care reflecta performanta sistemului este raportul semnal zgomot care reprezinta raportul dintre puterea semnalului si puterea zgomotului.

$$\text{SNR} = \frac{\text{signal power}}{\text{noise power}}$$

$$= \frac{dE_s(1/T)}{N_0 \text{NBW}}$$

$$= \frac{dE_b \log_2 L (1/T)}{N_0 \text{NBW}}$$

Pentru monitorizarea performantelor exista doua tehnici de monitorizare directa a calitatii transmisiei digitale : verificarea redundantei si masurarea calitatii pulsului. Ambele tehnici sunt proiectate pentru a da indicatii despre rata eroarii de bit a canalului.

Redundantei poate fi adaugata intr-un semnal digital cel mai uzual prin doua metode: procesul de codare insusi adauga redundanta datelor iar a doua cauza este prezenta redundantei de nivel logic. Spre exemplu bitul de paritate sunt inserat in date pentru a realiza monitorizarea erorilor.

Pentru a avea siguranta in masurarea erorii, secventa de esantioane trebuie sa fie suficient de lunga sa permita o medie mai mare de 10 erori pe lungimea esantionului.

Masurarea calitatii semnalului se refera la masurarea puterii la receptie. Aceasta abordare functioneaza bine intrun mediu fara zgomot.

### 3. Telefonie digitala mobila

#### 3.1 Introducere

Conceptul de telefonie mobila celulara presupune impartirea ariei de acoperire a retelei in celule mai mici pentru a putea realiza marirea frecventei de transfer a datelor. In acelasi timp se urmareste extinderea capacitatii canalului.

Tehnologia GSM: Global System for Mobile Communications este un sistem de comunicatie dezvoltat in Europa si standardizat de ETSI. Acest sistem a fost adoptat international. Prima retea GSM a fost implementata in 1991 si foloseste benzi de frecventa 935 -960MHz si 890-915MHz.

#### Progresele dezvoltării comunicațiilor wireless

---

1873	Maxwell prezice existența undelor electromagnetice
1888	Hertz demonstrează undele radio
1895	Marconi trimite primul semnal wireless la o distanță de mai mult de o milă
1897	Marconi demonstrează comunicațiile mobile fără fir pentru nave
1898	Marconi experimentează sistemele mobile cu aparate cu antene de 7 m
1916	Marina britanică utilizează aparatul fără fir Marconi în Bătălia de la Jutland pentru a detecta și urmări navele inamice
1924	Politia americană folosește prima dată comunicații mobile
1927	Primul telefon comercial care făcea legătura între Londra și New York cu ajutorul undelor radio de lungime de undă mare.
1945	Arthur C. Clark propune comunicația prin sateliți geostaționari
1957	Uniunea Sovietică lansează satelitul de comunicație Sputnik 1
1962	Primul satelit activ de comunicație din lume, 'Telstar', este lansat.
1969	Laboratorul „Bell” din Statele Unite inventează conceptul de „celula”
1978	Primul telefon celular din lume este lansat la Chicago
1979	Sistemul celular NTT (Japonia)

1988	Sistemul celular JTACS (Japonia)
1981	NMT (Scandinavia)
1983	Alocarea frecvențelor celulare (US)
1985	TACS ( Europa)
1991	USDC (US)
1991	Sistemul celular de comunicații GSM dezvoltat in Europa
1993	DECT & DCS lansat in Europa
1993	Studentul la inginerie la Nokia Riku Pihkonen trimite primul mesaj text din lume
1993	Sistemul PHS fara fir (Japonia)
1995	IS95 CDMA (US)
1998	Lansarea satelitului global Iridium
1999	Adoptarea standardului bluetooth de rază scurta
1999	Lansarea GPRS pentru a permite comunicații de date rapide (Europa)
2001	Dezvoltarea celei de-a treia generație de rețea mobila celulara (Japonia)
2002	Rețelele WLAN private devin mai populare (US)
2003	A fost dezvoltată a treia generație de sisteme mobile celulare WCDMA
2004	Primul virus găsit pe telefoane mobile
2006	Abonamentele GSM au crescut la un număr de doua miliarde. Al doilea miliard a fost atins in doar 30 de luni.

Sursa wikipedia

### 3.2 Scopurile sistemului celular

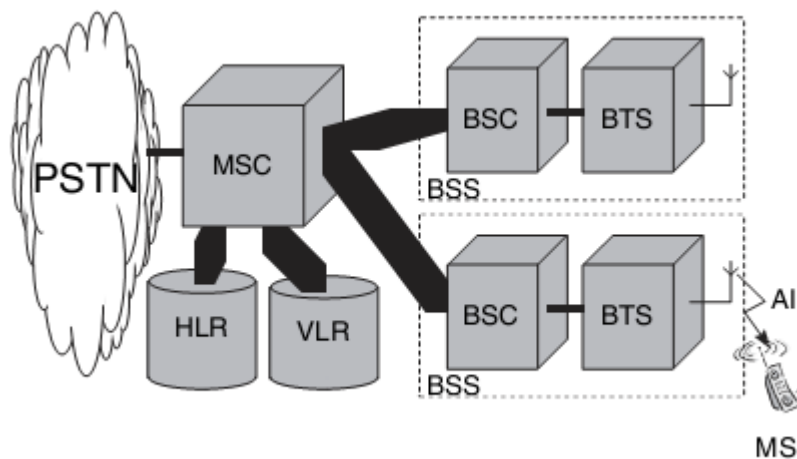
Complexitatea sistemului celular permite arii mari de acoperire, în particular pentru un sistem celular, este influențata de parametrii canalului care au cea mai mare importanță. Aceste sisteme au trei scopuri:

- Acoperire si mobilitate: Sistemele trebuie sa fie disponibile in toate locațiile unde utilizatorii vor sa le folosească. Sistemul trebuie sa ofere mobilitate dar sa respecte si alocarea de resurse si conlucrarea cu diverse standarde.
- Capacitate: Deoarece numărul de utilizatori ai sistemului mobil cresc, asta presupune creșterea spectrului alocat proporțional.

- calitate: Intr-o rețea perfecționată scopul principal este sa se ofere servicii de calitate înalta

### 3.3 Rețeaua celulară

Figura de mai jos arata elementele de bază ale unei rețele celulare. Terminologia folosita este preluata de la GSM, sistem standardizat în Europa, dar elemente similare exista în majoritatea sistemelor. Hub-ul central al rețelei este un centru de rutare , numit switch. Acesta oferă conexiune între rețele celulare și rețelele publice de telefonie si de asemenea între abonații celulari. Informațiile despre abonații acestei rețele sunt ținute într-o baza de date numita HLR(home location register), in timp ce informațiile despre utilizatorii rețelei ajunși in ea din alte surse sunt păstrați in VLR (visitor location register).



Aceste detalii includ autorizarea si detalii de plată, în plus mai conțin si informații despre localizare si starea abonatului. Acoperirea ariei rețelei este manipulata de un număr mare de stații de baza. Stația de subsistemul de baza (BSS) este compusă din stația de bază de control care manipulează funcționarea logică, unul sau mai multe stații de emisie-recepție care conțin de fapt porturi. BTS comunica prin aer AI cu stațiile mobile (MS). Blocul AI conține toate efectele de canal cum ar fii modulație, demodulație, si procedura de alocare a canalelor între MS si BTS. Un singur BSS poate gestiona 50 de apeluri si un MSC poate aproximativ cat 100 de BSS.

### 3.3 Conceptul de celule

Fiecare STB, cunoscuta generic ca stație de transmisie de bază, trebuie să fie proiectată să acopere, pe cât de complet posibil, o arie proiectată sau *o celula*. Pierderea de putere implicată în transmisia între bază și mobile reprezintă pierderea pe canal și depinde în particular de înălțimea antenei, frecvența purtătoare și distanță. O foarte bună aproximare a pierderii pe canal este data de relația:

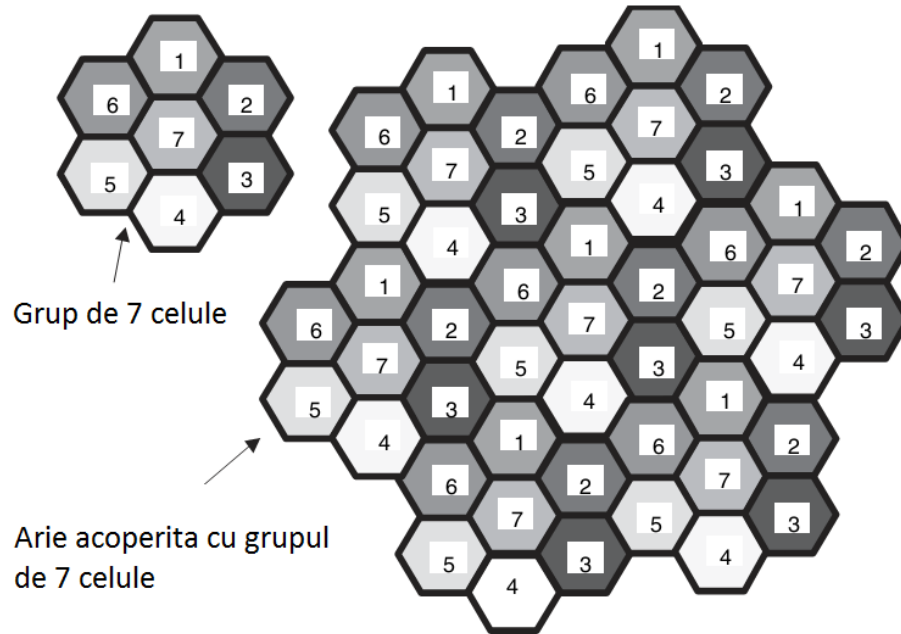
$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{L} = k \frac{h_m h_b^2}{r^4 f^2}$$

Unde  $P_R$  este puterea primită la intrarea aparatului mobil [W];  $P_T$  este puterea transmisă de stația de bază [W];  $h_m$  și  $h_b$  sunt înălțimile stațiilor mobile și de bază [m],  $r$  este distanța orizontală dintre stații,  $f$  este frecvența purtătoare, și  $k$  este o constantă de proporționalitate. Variabila  $L$  este pierderea pe canal și depinde în principal de caracteristica căii dintre stații.

Cu cât frecvența este mai mare cu atât pierderile pe canal sunt mai mici, Pentru a mări aria de răspândire a celulei pentru o putere dată a emițătorului, proiectantul poate controla înălțimea antenei. (aceasta trebuie să fie suficient de înaltă să depășească obstacolele dar nu prea înaltă să fie afectată de interferențele cu alte canale).

Când un sistem vrea să permită mai multe celule și mai mulți utilizatori, sistemul proiectat trebuie să aloce toate canalele disponibile pentru celule pentru a minimiza efectul de interferențe între celule. O abordare ar fi acordarea câte unui canal distinct fiecărei celule însă aceasta ar limita numărul total de celule posibile în sistem ținând cont de spectrul disponibil proiectării. Astfel un set de celule care lucrează pe canale diferite este grupat într-un cluster. Aceste clusteruri sunt repetate de câte ori este nevoie pentru a acoperi o suprafață foarte largă.





### 3.4 Traficul

Numărul canalelor care ar fi necesare pentru a garanta serviciu fiecărui utilizator în sistem este destul de mare. Poate fi, însă, micșorat prin observarea că în cele mai multe cazuri numărul utilizatorilor care au nevoie de canal simultan este considerabil mai mic decât numărul total de utilizatori. Conceptul de trunking poate fi aplicat: este creat un grup de canale care sunt împărțite între toți utilizatorii unei celule. Canalele sunt alocate anumitor utilizatori atunci când cer un canal la începutul transmisiunii. La sfârșitul transmisiunii canalul este eliberat. Asta înseamnă că se vor întâlni timpuri în care utilizatorii vor cere canale și nu va fi nici unul disponibil: asta înseamnă că apelul este blocat. Probabilitatea de blocare pentru care un sistem e proiectat se numește gradul/ordinul serviciului. ( grade of service)

Traficul este măsurat în erlang: un erlang ( E ) este echivalentul unui utilizator care face apeluri 100 % din timp. Un utilizator normal de telefonie celulară generează în jur de 2-30 mE trafic pe parcursul celei mai ocupate ore a sistemului. Asta înseamnă că un utilizator obișnuit este activ 0.2 – 3 % din timp în timpul unei ore aglomerate. Acest raport crește pentru mediile închise unde va ajunge până la 50-60 mE.

Traficul pe utilizator  $A_u$  este necesar dacă se vrea calculat traficul pe celulă. De aceea un are un profil de trafic care descrie modul în care un telefon mobil face în medie  $\lambda$  apeluri de durată H în timpul unei ore de vârf.  $\lambda$  este cunoscut ca rata de apeluri și H este durată apelului.

Prin urmare, media traficului pe utilizator este:

$$A_u = \lambda H$$

Pentru U utilizatori în celulă, traficul total A este dat de relația:

$$A = UA_u$$

Pentru a prezice numărul de canale necesare pentru a suporta un număr de utilizatori date pentru o anumită normă de serviciu, este aplicată de obicei formula Erlang-B:

$$P_r = \frac{A^C / C!}{\sum_{k=0}^C \frac{A^k}{k!}}$$

Unde A este traficul total oferit în erlangs și C este numărul total de canale disponibile.

Formula este reprezentată în figura 1.3. Formula Erlang-B este idealizată folosind ipoteze particulare legate de rata de cereri de apel și timpul de holding, dar aduce informații utile în estimarea numărului de canale necesare.

În concluzie, capacitatea unui sistem celular poate fi dimensionată dacă blocarea, numărul de canale și traficul dorit pot fi estimate. De multe ori o rețea este dimensionată pentru a opera la ore de vârf ca în cazul unei congestii a rețelei pentru resursele disponibile.

### 3.5 Tehnici de acces multiplu și duplexare

Data fiind o zonă a spectrului de frecvență, unor utilizatori multipli le pot fi atribuite canale din porțiunea respectivă în funcție de tehnici variate, cunoscute ca și scheme multiple de acces.

Schema duplexului este de asemenea examinată/analizată, în care o cale de comunicație simultană în ambele direcții este posibilă din punctul de vedere al utilizatorului.

Schemele multiple de acces sunt:

FDMA schema de acces multiplu a diviziunii în frecvență

TDMA

CDMA

#### **4. Bibliografie**

- Digital telephony - John Bellamy

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Binary\\_code](http://en.wikipedia.org/wiki/Binary_code)