

1. Noțiuni generale

1.1 Aspecte introductive

- Comunicații mobile – orice sistem de comunicație la care cel puțin unul dintre terminale se poate deplasa chiar dacă la un moment dat nu este în mișcare;
- Interfața radio;
- Canalul de comunicație – frecvența, mediul de transmisiune, echipamentele;
- Clasificare:
 - a. după modul de constituire a canalului de comunicație:
 - diviziune în frecvență, FD;
 - diviziune în timp, TD;
 - diviziune în cod, CD;
 - b. după structura legăturii de comunicație;
 - unilaterală
 - bilaterală
 - simplex
 - duplex
 - semiduplex.
 - c. după relația cu alte sisteme de comunicație:
 - deschise
 - închise
 - d. după procedeul folosit pentru acoperirea radio a teritoriului:
 - celulare
 - necelulare

- Exemple de sisteme de CM:
 - Telefonie fără cordon
 - Radiotelefonie convențională
 - Radiotelefonie dedicată (trunking)
 - Radiotelefonie celulară
 - Radioapel selectiv, radiopaging.

1.2. Evoluția comunicațiilor mobile

- 3 iunie 1898, Guglielmo Marconi fondatorul companiei *Wireless Teleraph and Signal Co., Ltd*, transmite un mesaj RTF la cererea lui W. Thomson (Lord Kelvin) care a plătit pentru acest serviciu.
- Acesta este primul serviciu de radiotelegrafie.
- În același an, (o lună mai târziu) Marconi asigură transmiterea mesajelor prin radiotelegrafie între nava *Flying Huntress* și nava jurnalului *Daily Express* din Dublin.
- În acest an s-a semnat actul de naștere al comunicațiilor mobile.
- Legăturile radio – telegrafice cu navele s-a dezvoltat rapid în mai multe țări din Europa și foarte curând și în America.
- Progresele științifice care au stimulat dezvoltarea comunicațiilor radio mobile: descoperirea electronului, a receptorului coerent și a amplificatoarelor cu tuburi electronice.
- Dezvoltarea este stimulată de cerințe comerciale dar și de obiective militare.
- În primele decenii ale acestui secol centrul a fost America.
- Primele comunicații mobile terestre au fost dezvoltate în benzi de frecvență situate la 2MHz ajungându-se în preajma celui de al doilea război mondial în banda de 40MHz.

- Serviciile radiomobile publice și private au folosit la început canale radio cu banda 60 KHz,
- ulterior, datorită creșterii cerințelor pentru aceste servicii, printr-o utilizare mai eficientă, banda a fost redusă la 25 KHz în Europa și 30KHz în SUA.
- Primele legături se făceau în modul de lucru simplex cu operatori umani.
- Principalele momente istorice care marchează această perioadă sunt următoarele:
 - 1921 Detroit un serviciu de dispecerat pentru poliție;
 - În 1946 apare primul serviciu radiotelefonice mobil în St. Louis (Missouri, SUA). La scurt timp serviciile radiotelefonice mobile se extind și în Europa.
 - Cerințele de CM în creștere conduc la dezvoltarea rețelelor de tip dispecer.
 - În 1956 se inaugurează primul dispecer automat în banda 150MHz, full-duplex.
 - Datorită cererii pentru astfel de servicii, se constată proliferarea CM între anii 1956 – 1969.
 - Totuși posibilitățile de satisfacere a cerințelor de CM au rămas limitate, iar dezvoltarea lor a condus la deteriorarea calității serviciilor.
- Caracteristicile și limitările primelor sisteme de comunicații mobile pot fi enumerate astfel:
 - sistemele erau închise (o celulă);
 - operarea era manuală;
 - gabaritul și greutatea erau mari;
 - prețul de cost ridicat;
 - folosirea ineficientă a spectrului de frecvențe radio;
 - calitatea redusă a serviciului (timp de așteptare: zeci de minute, chiar ore).

- deceniul '60: integrarea pe scară largă și miniaturizarea, au contribuit la reducerea prețului de cost, a gabaritului și a consumului de energie electrică.
- În anii '70 apare o “*epuizare a posibilităților comunicațiilor mobile*” de a satisface solicitările. Pentru acoperirea unor suprafețe extinse în care sunt situați utilizatorii se cer stații centrale de putere tot mai mare.
- Numărul mare de utilizatori creează o criză de frecvențe disponibile. Pe vehiculele mobile, terminalele rămân grele, incomode și scumpe ceea ce face din *comunicațiile mobile un produs de lux*.
- **Conceptul de telefonie celulară** (fig. 1.1) propus și introdus de Bell Labs a fost revoluționar pentru dezvoltarea CM.
- **Principiul rețelei celulare:** fiecărei arii hexagonale marcată cu o literă i se alocă o frecvență purtătoare.
- Topologia rețelei face să nu apară arii vecine funcționând pe aceeași frecvență.
- La trecerea utilizatorului mobil dintr-o celulă în alta, el este preluat de stația vecină.

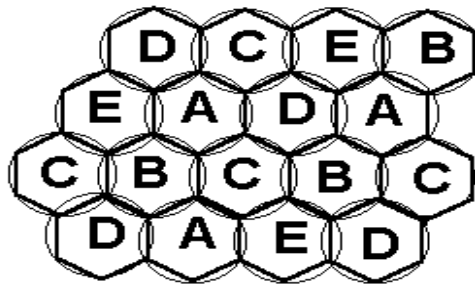


Fig. 1 Ilustrarea conceptului de acoperire celulară

- Emițătoarele au putere mică și se poate îmbunătăți calitatea convorbirilor.
- Crește complexitatea stațiilor, a rețelei și a terminalului mobil și întreaga infrastructură a rețelei devine foarte complexă.
- Această creștere a complexității este compensată prin utilizarea noilor tehnologii care reduc prețul de cost al echipamentelor și permit o utilizare eficientă a frecvențelor purtătoare.
- Tehnicile moderne de control și protecție a semnalului asigură o calitate sporită a comunicațiilor.
- Se poate spune că *istoria sistemelor CM celulare începe în anii '70*.
- Evenimente remarcabile:
 - 1979 - primul sistem realizat de AT&T pe baza brevetului Bell Labs în Chicago – Illinois în banda 800MHz, operațional și astăzi: AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*).
 - În același an și în Japonia, apare un sistem de CM realizat pe principii asemănătoare;
 - 1981 în Europa un consorțiu din țările nordice introduce sistemul: NMT (*Nordic Mobile Telephone*) în două variante pe 450 și 900MHz.
- Apare astfel *prima generație a sistemelor CM celulare analogice* cu multiplexare/acces multiplu în frecvență (FDMA).

1.3 Dezvoltarea comunicațiilor celulare analogice

- Comunicațiile mobile celulare au depășit rapid limitările anterioare și s-au impus în anii '80 cunoscând o dezvoltare rapidă în toate țările cu economie dezvoltată.
- Principalele caracteristici ale primei generații:
 - rețeaua celulară hexagonală;

- transmisie MF în benzile 450 sau 960 MHz;
 - banda canalului radio: 20/10; 25; 30KHz;
 - distanța duplex între canale: 5 respectiv 45MHz;
 - selectivitatea receptoarelor față de canalele adiacente, de minimum 60 – 70dB;
 - standarde definite de producători la nivel național, (excepție NMT);
 - terminalele sunt portabile dar grele; au apărut în 1985;
 - din 1990 apar terminalele de buzunar cu preț de cost tot mai redus.
- Parametri care permit aprecierea gradului de dezvoltare a CM:
- *Acoperirea* - procentajul din aria țării (regiunii) acoperită de serviciul CM celular.
 - *Capacitatea* - numărul de apeluri satisfăcute într-o anumită arie a sistemului, într-un interval dat de timp.
 - *Densitatea* - procentajul de abonați pe 100 de locuitori.
- În majoritatea țărilor care le-au adoptat acoperirea este națională.
- În afara Europei sistemele de CM analogice instalate folosesc în principal variante dezvoltate pe baza sistemului AMPS .
- AMPS este instalat în: SUA, Canada, Mexic, Australia, Taiwan, Coreea de Sud, Hong Kong, Thailanda, Brazilia. Acoperirea este totală la nivel național.
- TACS (*Total Access Communication System*), varianta engleză a AMPS, devine operațională din 1985 în banda de 900MHz.
- Sistemul a fost adoptat în Emiratele Arabe Unite, Bahrain, Kuwait, Egipt. În primele 3 țări acoperire totală.

Tabelul 1.1. Principalele sisteme celulare din Europa existente la începutul acestui deceniu ('90)

Țara	Sistemul	Banda de frecvență (MHz)	Banda canal radio (KHz)	Data lansării	Numărul de abonați (mii)
Marea Britanie	TACS	900	30	1985	1200
Norvegia Suedia; Finlanda; Danemarca	NMT	450 900	25	1981 1986	1300
Franța	Radiocom 2000 NMT	450, 900 450	25	1985 1989	300 90
Italia	RTMS TACS	450 900	25	1985 1989	60 560
Germania	C – 450	450	20/10	1985	600
Elveția	NMT	900	25	1987	180
Olanda	NMT	450 900	25	1985 1989	130
Austria	NMT TACS	450 900	25	1984 1990	60 60
Spania	NMT TACS	450 900	25	1982 1990	60 60

- În acest tabel se observă sistemele menționate anterior la care se adaugă Radiocom – 2000, RTMS, C450 care reprezintă adaptări locale ale NMT.
- Cea mai extinsă rețea de CM analogice din Europa există în Anglia iar, densitatea cea mai mare de abonați, 8%, în Suedia.
- Datorită creșterii cererii de servicii mobile la sfârșitul deceniului precedent au apărut limitări insurmontabile prin tehnologii analogice.

- De aceea s-a trecut la tehnologii digitale;

1.4 Factori care au determinat trecerea de la sisteme analogice la sisteme digitale

- Se constată că principalele limitări ale sistemelor analogice sunt:

1. Limitări în creșterea capacității:

- spectrul disponibil pentru CM fiind limitat impune o folosire cât mai eficientă: bandă ocupată de un canal radio trebuie să fie cât mai îngustă;
- inflexibilitate în re folosirea canalelor radio la transferul între celule;
- existența unor sectoare neacoperite în celulele mari;
- existența unor sectoare “supraacoperite” în celulele mici;
- alte dezavantajele legate de multiplexarea căilor în frecvență;

2. Limitări în asigurarea calității

- protecția redusă a semnalelor analogice în raport cu cele digitale la perturbații, fading, interferențe;
- protejarea prin codare și corecție a erorilor este mult mai eficace în cazul folosirii semnalelor digitale;
- rigiditatea în raport cu dezvoltarea unor noi servicii;
- dificultăți în conlucrarea cu rețelele de telecomunicații digitale.

- Au existat și factori sociali și economici care au stimulat trecerea la CM digitale:
 - necesitatea unor standarde naționale și internaționale care să permită conlucrarea sistemelor CM din diferite țări;

- interesul producătorilor pentru piețe mari și avantajoase din punct de vedere economic (aspect favorizat de tehnologiile digitale);
- cerințele utilizatorilor pentru servicii de calitate, la preț de cost redus.

1.5 Căi de trecere la comunicațiile mobile digitale

- **Calea americană** - caracterizată prin menținerea și perfecționarea AMPS cu adaptare la tehnologiile digitale.
- Aici:
 - industria concepe și produce sistemul;
 - urmează standardizarea locală și națională.
- Specific: elaborarea de sisteme cu căile radio analogice multiplexate cu diviziune în timp.
- Standardul IS-54 - sistemul D-AMPS sau ADC (*American Digital Cellular*), sistem cu căi radio analogice duplex cu multiplexare/acces multiplu în timp TDMA (*Time Division Multiple Access*).
- Standardul IS-95, variantă mai recentă, sistemul: N-CDMA – cu căi radio analogice duplex CDMA (*Code Division Multiple Access*).
- **Calea europeană** - mai multe state care trebuie să colaboreze.
- Etape:
 - se creează organisme internaționale ale Comunității Europene, constituite din operatori naționali, cercetători, industrie;
 - elaborarea standardelor (internaționale);
 - se trece la realizarea sistemului.
- Cerințele majore impuse în Europa:
 - acoperire pe arii cât mai extinse;
 - servire a regiunilor cu populație densă dar și rară;
 - servire a “mobilelor” cu viteze de deplasare diferite (automobile, dar și pietoni!);

- servirea pietonilor în interiorul unor microcelule cu trafic mare;
 - funcționare în interiorul unor clădiri cu condiții de propagare dificile (blocuri, parking-uri, aeroporturi).
- *A rezultat sistem digital de CM cu cea mai largă răspândire – GSM.*
- *Calea asiatică, pacifică* - mult mai diversificată:
- Japonia care poseda CM analogice (foarte dezvoltate) a urmat calea americană. Varianta japoneză a sistemelor CM digitale este: JDC (*Japanese Digital Cellular*) și a cunoscut o dezvoltare explozivă.
 - În Pacific și Asia coexistă sistemele AMPS, TACS, NMT și în ultimi ani pătrunde energic GSM (China).
- *Restul lumii* adoptă sistemele menționate în funcție de relațiile politice și economice cu furnizorii din alte țări.

1.5 Tendințe generale în CM la început de mileniu

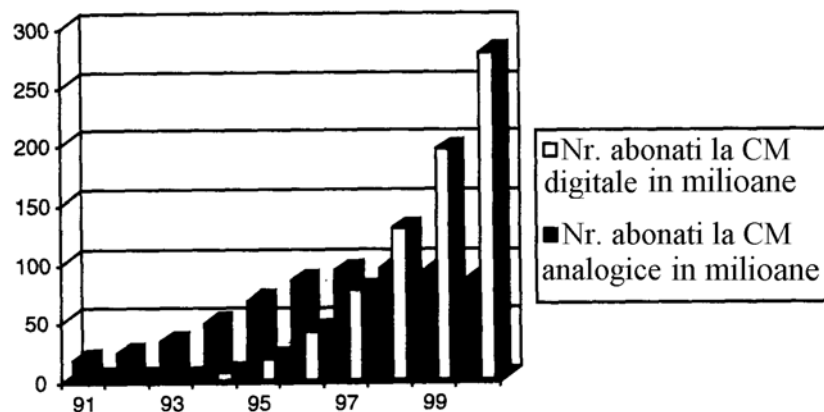


Fig. 2 Creșterea numărului de abonați mobili la CM analogici și digitali

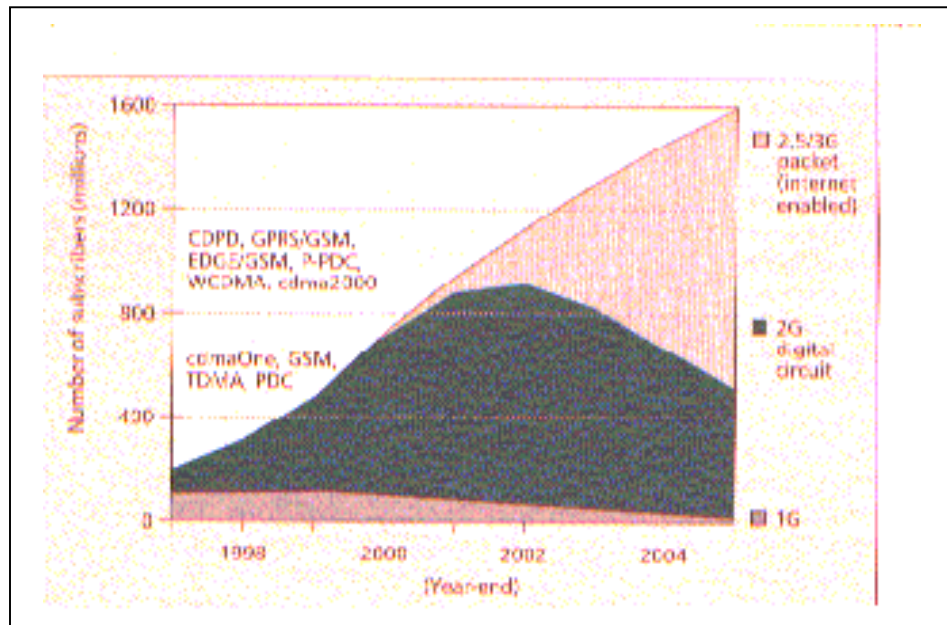


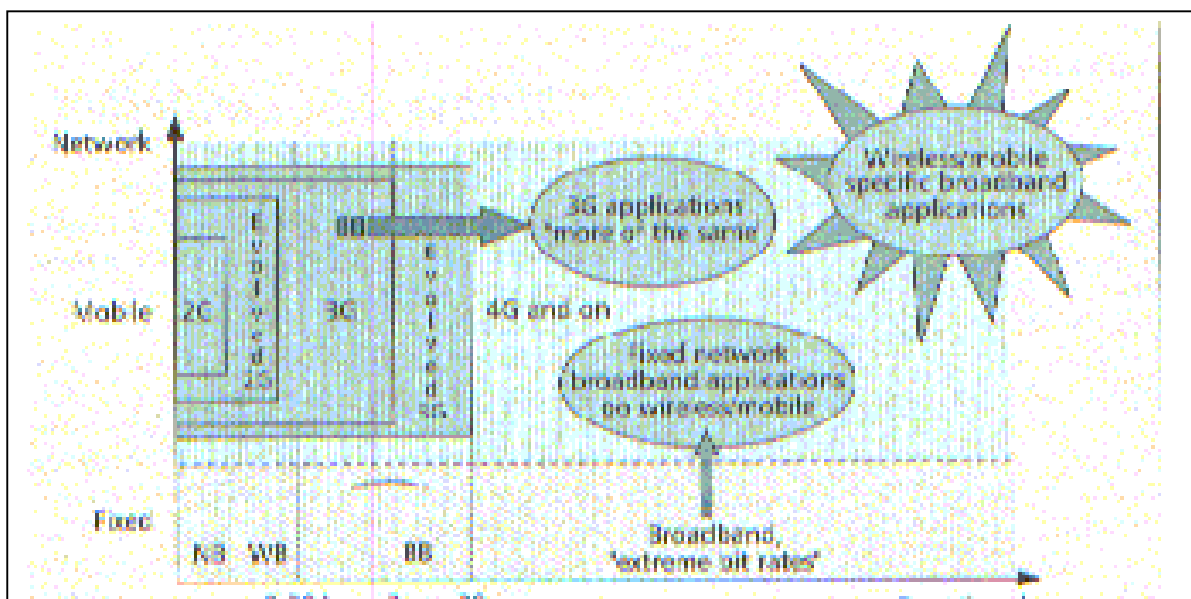
Figura 3

- Analizând datele care au stat la baza predicției realizate în 2001 (figura 3) se constată că previziunile anterioare (280.000.000 utilizatori la nivelul anului 2000 au fost depășite 700.000.000 utilizatori).
- A fost introdusă o componentă importantă – *serviciul de transmitere de date*.
- Acesta capătă contur odată cu standardizarea GPRS în sistemul GSM (*generația 2.5*) și apoi crește mult ca pondere în sistemele de generația 3 (IMT 2000).
- Un studiu statistic realizat la nivelul anului 2001 a evidențiat interesul de care se bucură transmisiunile mobile de date
 - iunie 2000 – 8 miliarde SMS.
 - un provider TDM- MOBITEX - a crescut în 1999 cu același procent ca în precedenții trei ani.
 - Japonia – abonați la *i-mobile*: 17 milioane și rata de creștere de cca 1 milion /an;
 - WAP – 10.000 site-uri în 95 țări, și peste 50 milioane de echipamente.
- Se întrevide o evoluție interesantă pentru Internet-mobil.
- În următorii ani traficul de date va depăși traficul de voce (figura 3).

- Se estimează că pentru SUA timpul de conectare va crește de la 200 min (lună/utilizator) la 600 (lună/utilizator).
- Orientarea noilor servicii:
 - *comunicare socială și siguranță*: videotelefoane, transmisiuni foto, mesaje, alarme, localizări de urgență.
 - *economisirea timpului utilizatorului*: cumpărături, bancă, căutare pe internet;
 - *divertisment*: jocuri, muzică, informații sportive.

1.6 Locul noilor generații de CM

- A doua generație de CM a fost introdusă în jurul anului 1991.
- Așa cum am menționat, generația digitală (2) a asigurat: creșterea capacității, reducerea costului (pentru operatori), au fost introduse noi servicii pentru utilizatori: SMS și date de viteză redusă.
- GSM care există practic pe tot globul (excepție Japonia) a introdus roaming-ul pe arii extinse.
- Trecerea spre o nouă generație a fost marcată de introducerea GPRS.
- Operatorul – face investiții suplimentare pentru a crea o rețea – nucleu orientată pe comutare de pachete.
- La nivelul rețelei de acces radio –se face numai un up-grade soft.
- Pentru utilizatori: GPRS asigură conectarea permanentă on-line și plata pentru datele transferate.



- Rata de transmisie cca 20kb/s per segment temporal utilizat.
- In prezent asistăm la trecerea spre generația a III-a de CM prin:
 - Japonia și apoi Europa - WCDMA;
 - SUA – GSM + TDMA care evoluează spre EDGE; respectiv *CDMA-one* care evoluează spre *CDMA 2000*;
- WCDMA așa cum a fost specificat de proiectul pentru SCM din generația III (3GDP):
 - este un sistem care lucrează într-o bandă de 5MHz;
 - poate lucra cu rată variabilă (384kb/s pe arii largi și 2Mb/s pe arii locale);
 - poate suporta o mare varietate de servicii;
- EDGE – o evoluție a GPRS – 60kb/s și o eficiență spectrală ameliorată – folosește tehnici de modulație de ordin superior.
- In paralel au fost concepute și sunt foarte răspândite sisteme de CM având transmiterea de date ca funcție principală.
- Prima soluție – standardizată: IEEE 802.11- în banda ISM - 2,4GHz- rata de (1/2)Mb/s.
- Noi soluții: IEEE 802.11 – OFDM – 54Mb/s.
- HIPERLAN – HIPERLAN II – încorporează o abordare mai consistentă a mobilității și a QOS.
- Au fost concepute și sisteme de foarte mică putere cu arie de acoperire redusă (metri-zeci de metri cum este BLUE-TOOTH)
- Acestea pot fi folosite ca rețele locale de acces la rețele cu arie mai largă de acoperire.

Curs CMT

1. Aspecte generale: propagare, teoria rețelelor celulare, tehnici de acces multiplu.
2. Descrierea unor sisteme de CM : radiotelefonie trunking, radio paging, telefonie celulară. Rețele WLAN.

- Structura cursului: 3C+2I+1S
- Distribuția punctelor: 15S+15L+20EP+50Ex=100p

➤ Bibliografie:

I.Marghescu, N.Coțanis, St. Nicolaescu, *Comunicații Mobile Terestre*, Ed. Tehnică

Ad. Mateescu și colaboratorii, *Rețele și Sisteme GSM*, Ed. Tehnică.

Teme de dezbătut pentru grupuri de lucru (1-2) studenți:

- GPRS
- EDGE
- WAP
- Blue Tooth
- UWD
- HPA
- TETRA
- Rețele Ad Hoc.
- Rețele din generația a 3-a