

# Subiecte orientative examen SC

## 1. Ierarhii digitale plesiocrone. Structura cadrului european E1

Rețeaua digitală plesiocronă este o rețea de telecomunicații destinată transportului semnalului vocal. Este specializată în oferirea serviciului telefonic clasic (POTS- Plain OLD Telephone Service) și este referită adesea cu acronimul PSTN-Public Switched Telephone Network.

### **E1:**

- Frecvența de eșantionare – 8KHz
- Tehnica de digitizare a vocii – MIC cu cuantizare neuniformă
- Nr. De biți / eșantion – 8
- Durata unui cadru – 125 microsec
- Debitul binar al unui canal telefonic – 64Kbps
- Caracteristica de compandare – Legea A ( $A=87.6$ )

## 2. Sisteme de legături digitale în PSTN

### A. LEGĂTURA DIGITALĂ LA 2048 MBPS (E1).

Multiplexele sunt primare. Orice MUX – E1 prezintă două interfețe: una spre echipamentul de comutație și una spre linie.

Funcțional, un MUX – E1 conține un echipament pentru adaptarea semnalizărilor (EAS), echipamentul de multiplexare / demultiplexare PCM (MUX - PCM) și echipamentul de linie terminal (ELT).

EAS asigură transmisia bidirecțională a fluxului de semnalizare de 64 Kbps corespunzător celor 30 canale telefonice.

MUX – PCM are funcții diferite pe partea de emisie (E), respectiv pe cea de recepție(R). Funcția principală este cea de multiplexare (E) / demultiplexare (R) a afluenților. Dacă afluenții sunt analogici (MUX – E1 de abonat sau conectat la o centrală telefonică analogică), MUX – PCM realizează conversia A/D (E) și D/A (R) a fiecărui afluent.

## B. LEGĂTURA DIGITALĂ LA 8448MBPS (E2).

Multiplexele se notează cu MUX – E2. Funcțiile sunt similare celor îndeplinite de MUX – E1.

Un MUX – E2 poate fi utilizat pentru multiplexarea a 120 canale telefonice (multiplex de abonat) sau pentru a multiplexa 4 afluenți primari din ierarhia PDH.

În general, afluenții unui multiplex digital pot fi izocroni (sunt generați de ceasuri provenind de la un GT mic) sau anizocroni (tactul pe care au fost emiși provine de la GT fizice diferite).

Afluenții E2 ce trebuie transmiși prin multiplexarea în timp pe linia digitală provin uzual din noduri diferite ale PSTN și deci sunt emiși pe ceasuri plesiocrone (a căror frecvență și fază diferă). În plus, deoarece stabilitatea GT este limitată, debitul afluenților variază în timp. Pentru a compensa diferențele între debitele afluenților și varaiția acestora în timp, se utilizează biți de dopare. Multiplexarea în timp a afluenților anizocroni se numește asincronă.

## 3. Doparea și memoriile elastice

### A. Doparea

Reprezintă o tehnică prin care un semnal cu debit variabil poate fi adaptat la un semnal (cadru) cu debit fix.

Se notează cu P – biți de dopare pozitivă și N – biții de dopare negativă. În funcție de debitul afluentului, biții P, respectiv N ce vor fi transmiși vor conține informație utilă sau vor fi vizi.

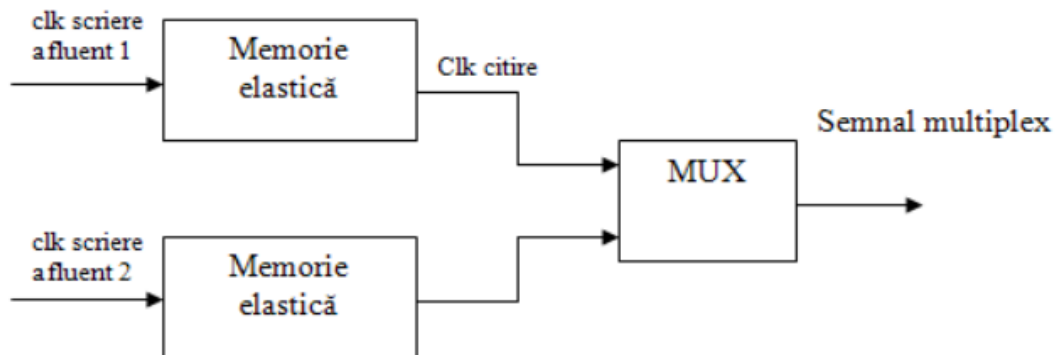
**Doparea nulă** → Dacă afluentul operează la ceasul nominal, doparea este nulă. Toți biții P vor fi biți de informație (I), iar toți biții N vor fi vizi (V).

**Dopare negativă** → Dacă afluentul operează la un ceas mai mare decât ceasul nominal, doparea este negativă. Biții P vor fi biți de informație, iar biții N vor fi biți de informație, fie biți vizi.

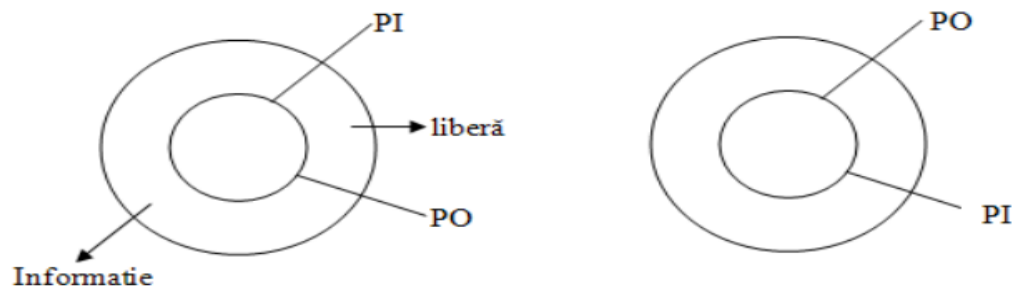
**Dopare pozitivă** → Dacă afluentul operează la un ceas mai mic decât cel nominal. Toți biții N vor fi vizi, iar P vor fi fie biți de informație, fie biți vizi.

## B. Memoriile elastice

Pentru adaptarea debitelor variabile ale afluenților la debitul fix al cadrului multiplex, biții recepționați de la fiecare afluent se stochează întâi într-o memorie.



Fiecare memorie este înscrisă pe ceasul propriu afluentului (regenerat din fluxul digital) și este citită pe un ceas mic fix, dat de GT al MUX. O astfel de memorie → memorie elastică.



## 4. Rețeaua și nivelele SDH. Tratați interfețele de linie

Obiectiv: realizarea unor rețele integrate multi-gigabit => dezvoltarea unui sistem de transport de bandă largă independent de tehnologia utilizată în rețelele a căror informație o poartă

## Nivelele SDH

Nivelele fizice → rețeaua SDH este formată din trei tipuri de segmente ierarhice

- **Secțiunea de regenerare** - este un segment de rețea SDH care conține mediul de transmisiune și echipamentele asociate ce asigură transportul dintre un NE și un regenerator sau dintre două regeneratoare.
- **Secțiunea de multiplexare** - un segment de rețea SDH care conține mediul de transmisiune și echipamentele asociate (include regeneratoarele) ce asigură transportul între două noduri SDH consecutive. Nodurile care limitează secțiunea de multiplexare = nod origine, respectiv nod destinație. Pot fi formate din MUX, ADM sau DCS. Și la acest nivel, echipamentele de procesare generează și inserează la emisie antetul (header) corespunzător secțiunii de multiplexare, respectiv extrag și analizează antetul la recepție.
- **Calea** - o conexiune între punctul de asamblare a informației în semnalul SDH (intrarea afluentului în rețea) și punctul unde informația este dezasamblată din semnalul SDH (ieșirea afluentului din rețea).

Căile SDH sunt de două tipuri:

1. căi de ordin superior → asigură transportul containerelor virtuale de ordin superior. Calea începe/se termină o dată cu inserarea/extragerea antetului pe cale POH (Path Overhead) de ordin superior (ex. POHVC4).
2. căi de ordin inferior → asigură transportul unor afluenți cu debite mai mici de 40 Mbps, prin intermediul containerelor de ordin inferior. Începe/se termină o dată cu inserarea/extragerea antetului de cale de ordin inferior.

## Nivele logice ale SDH

- **nivelul fizic** → asigură transmisia semnalului de linie. Sunt standardizate semnale optice și electrice (pentru transmisii pe distanțe scurte  $\cong 100$  m). La acest nivel se asigură parametrii semnalelor de linie (forma impulsului, putere), codul de linie și debitul.
- **nivelul secțiunii de regenerare** → se asigură funcții de sincronizare a cadrelor, aleatorizare, control al erorilor, identificare a canalelor MUX ordin superior, DCC. Nu există o protecție individuală (back-up).
- **nivelul secțiunii de multiplexare** → se asigură funcții de sincronizare, multiplexare, dopare, control al erorilor, DCC + protecția împotriva defecțiunilor sau scăderii performanțelor. Dacă apar astfel de situații,

transportul este comutat automat pe o dublură a secțiunii de multiplexare, (back-up) = canal de rezervă. Această funcție = MSP (Multiplexer Section Protection). La acest nivel este disponibil un canal de servicii de 64 Kbps pentru comunicarea între nodul de origine și cel terminal.

- **nivelul cale** → se asigură funcții de întreținere și control al căii (testare, control al erorilor, alarmă) + etichetare semnal. În căile de ordin inferior se asigură și funcția de secvențiere a cadrelor.

### Interfetele de linie

- a. **Interfața electrică** → este definită numai pentru transport pe distanțe scurte la nivelul nodului de bază SDH (155 Mbps) în rețeaua locală sau de acces. Ca medii de transmisie → cablu coaxial – pentru rețeaua locală și cea de acces și UTP (Unshielded Twisted Pair – cablu bifilar torsadat ) numai pentru rețeaua locală. Codul de linie utilizat pentru cablul bifilar este NRZ, iar sincronizarea terminalului utilizatorului se realizează în buclă de timp
- b. **Interfețele optice** → sunt prevăzute trei interfețe, pentru fiecare debit din standard câte una.
  - I-n → interfața optică pentru aplicații pe distanțe scurte (Intra-office)  
n = nivelul modulului (cadrului) SDH
    - lungimea interconexiunii - 2 km.
    - emițătoare – lasere MLM (Multi-Longitudinal Mode)
    - receptoare – fotodiode
    - $\lambda$  sursă - 1310 nm
  - S – n.x → interfață optică pentru aplicații standard (Inter-office short haul)
    - x = 1 → transmisie în fereastră optică de 1310 nm pe fibră optică
    - x = 2 → transmisie în fereastră optică de 1550 nm pe fibră optică
    - lungimea interconexiunii 15 km
    - emițătoare lasere MLM sau SLM (Single longitudinal mode) de putere mică ( $\cong 50$  mW)
    - receptoare - fotodiode
    - $\lambda$  nominal sursă - 1310 sau 1550 nm
  - L – n.x → → interfață optică pentru aplicații pe distanțe mari (Inter-office long haul).  
X = 1,2,3
    - lungime interconexiune 40 km la 1310 nm

60 km la 1550 nm

- emițătoare lasere MLM sau SLM de putere mare ( $\cong 500$  mW)
- receptoare - fotodiode
- $\lambda$  nominal sursă - 1310 sau 1550 nm

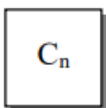
## 5. Arhitectura și conceptele de bază în rețeaua SDH

Este foarte diferită de cea a PDH. La nivelele inferioare topologia PDH este stea, cu legături punct la punct între centralele urbane și cele interurbane și parțial interconectată la nivelul rețelei interurbane naționale. În SDH topologia de bază este inelară. Sunt 4 nivele topologice:

- **Rețeaua locală (intra office)** → predomină semnale rezultate din multiplexare la debite joase (2 Mbps);
- **Rețeaua regională (inter office pe distanțe scurte)** → în care se transmit semnale rezultate din multiplexare la debite înalte (140 Mbps) sau semnale din partea superioară a ierarhiei sincrone.
- **Rețeaua națională (inter-office pe distanțe lungi)** → transportă multiplexe superioare SDH. E formată din trunchiuri SDH (backbones). Diferitele rețele regionale sunt conectate la rețeaua națională prin DCS.
- **Rețeaua internațională** → facilitează interconectarea rețelelor naționale. Nodurile de acces la rețeaua internațională sunt DCS destinate comutării de debite mari (2,56Gbps).

### Conceptele de bază în rețeaua SDH

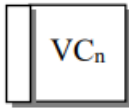
#### a. **Container**



Reprezintă o entitate a cărei capacitate este definită astfel încât să transporte debite rezultate din ierarhiile plesiocrone. Pentru realizarea acestei funcții de transport, capacitatea containerului trebuie adaptată la debitele și structura cadrelor PDH.

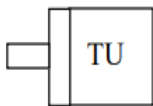
Standardul SDH prevede containere pentru E1, E3, și E4 (DS1, DS2, DS3). Maparea (mapping) → operația prin care un semnal din ierarhia PDH este încorporat într-un container SDH (se mai numește și asamblare).

**b. Container virtual**



Containerul virtual = un container căruia i se atașează un antet de transport numit redundanță de cale – POH (Path Over Head). Antetul de transport permite realizarea funcțiilor OAM (Operare, Administrare și Mentenanță) de la nivelul logic superior al SDH (cale). POH se creează în nodul origine și se extrage în cel de destinație.

**c. Unitatea de afluent TU (Tributary Unit)**

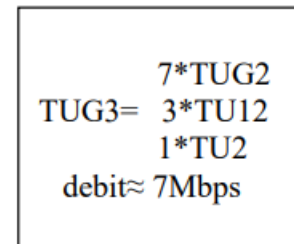
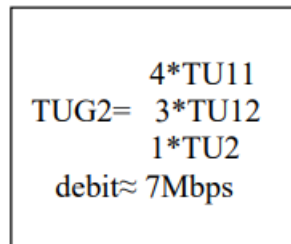


TU se formează prin atașarea unui pointer la un VC de ordin inferior. Pointerul are rolul de a indica poziția CV de ordin inferior în structura de transport în care este încorporat (CV de ordin superior). În SDH sunt definite patru tipuri de unități de afluent: TU 11, TU 12, TU 2, TU 3.

**d. Grup de unități de afluent**

Prin multiplexarea unor unități de afluent (TU 11, TU 12, TU 2, TU 3) se formează un grup de unități de afluenți

În SDH sunt definite 2 tipuri de TUG: TUG2 și TUG3



**e. Unitatea administrativă AU – Administrative Unit**

Se formează prin atașarea unui pointer de unitate administrativă la un CV de ordin superior. (n = 3,4)

Sunt definite 2 tipuri de AU – AU3 ↔ VC3

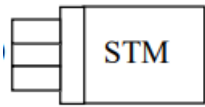
AU4 ↔ VC4

Pointerul de AU indică poziția de început a CV în structura de transport în care este încorporat (cadrul primar de transport SDH).

**f. Grup de unități administrative (AUG Administrative Unit Group).**

Se formează prin multiplexarea unor unități administrative. În SDH e definit un singor AUG. Poate fi construit fie prin multiplexare a 3 AU3, fie este echivalent cu AU4.

g. **Modulul de transport (STM - Synchronous Transport Module)**



Cadrul de transport sincron în rețeaua SDH – modul de transport. Un modul (cadru) de transport de ordinul N(STM -N) se formează prin:

1. multiplexarea a N AUG
2. adăugarea unui antet de transport = (redundanță de secțiune SOH – Section Overhead)

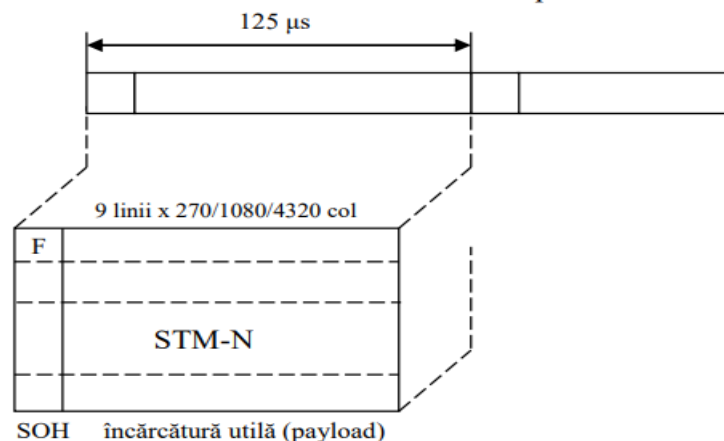
6. Ierarhia semnalelor SDH. Structura modulului de bază STM – 1

A. Ierarhia semnalelor SDH

Sunt definite trei nivele:

1. STM – 1 - 155,520 Mbps
2. STM – 4 - 622,080 Mbps
3. STM – 16 - 2448,320 Mbps

Pentru fiecare cadru de transport s-a definit o structură (virtuală) bidimensională. Fiecare element al matricei STM-N reprezintă un octet din fluxul binar.



Spre deosebire de PDH, în SDH fiecare cadru are aceeași durată, (125 μs), corespunzătoare unei frecvențe de 8000 cadre/secundă.

B. Structura modulului de bază STM-1

STM-1 este format din :

- a. redundanță de secțiune SOH
- b. pointerul de unitate administrativă



c. încărcătură utilă (payload)

a. *SOH* conține:

- *RSOH* (Regeneration Section Overhead) cu funcțiile:

- sincronizare cadre
- testarea secțiunii de regenerare
- controlul erorilor cu procedeul BIP-8 (Bit Interleaved Parity Check)
- DCC – formează un canal pentru comunicația de date, (192 Kbps) utilizat pentru OAM (alarmă, întreținere, control, monitorizare, administrare)
- Comunicație vocală între extremitățile secțiunii de regenerare (un canal de serviciu de 64 Kbps)
- Canal utilizator – 64 Kbps la dispoziția operatorului de rețea

-*MSOH* (Multiplexing Section Overhead) cu funcțiile:

- control erori (cu BIP-24)
- comanda protecției secțiunii de multiplexare – MSP (la defect se trece pe canal de rezervă)
- DCC – 576 Kbps
- Indicarea stării de sincronizare
- Octeți de rezervă pentru dezvoltarea ulterioară a standardului
- Indicator al erorilor pe sensul de recepție – REI
- Comunicație vocală între extremitățile secțiunii de multiplexare (64 Kbps)

b. Pentru a spori flexibilitatea sistemului și a reduce timpul de așteptare în noduri, CV nu au o poziție fixă în încărcătura utilă. Poziția fiecărui container este indicată de pointerul atașat, împreună cu acesta formând unitatea administrativă. Pointerul poate avea octeți reprezentând oportunități de dopare, permite operații asincrone și minimizează întârzierea în rețea.

## 7. Arhitectura rețelei GSM

O rețea GSM-PLMN (Global System for Mobile Communications – Public land Mobile Network – Rețea terestră publică mobilă) prezintă 3 interfețe:

- Interfața cu utilizatorul  
Pentru interfața cu utilizatorul este definită interfața radio GSM.
- Interfața cu rețeaua fixă  
Sunt definite 2 interfețe: interfața A și interfața Abis.
- Interfața cu utilizatorul  
Pentru interfața cu utilizatorul este definită interfața radio GSM.

### A. Subsistemul BBS

Contine echipamente specifice aspectelor radio ale GSM

**BTS** -> include toate echipamentele radio și de interfață cu rețeaua fixă.

**BSC** - > Gestionează interfața radio prin comandă de la distanță a BTS (alocarea canalelor, gestiunea transferului legăturilor și a nivelului semnalului emis de către MS). Un BSC controlează mai multe BTS și are funcții de comutare.

### B. Subsistemul NSS

Include principalele funcții de comutare ale rețelei și bazele de date necesare gestiunii mobilității, autentificării și gestiunii echipamentelor.

**MSC** -> deservește un număr de BSC. Reprezintă principalul echipament de comutație. Un singur MSC poate servi un oraș mare (1 milion de locuitori).

**GMSC** -> asigură în plus funcția de comutare și interfețe cu rețelele externe.

**VLR** -> reprezintă o bază de date ce conține informații despre localizarea curentă a abonaților în zona deservită de un anumit MSC. Pentru reducerea volumului de semnalizare el este amplasat de obicei în același loc cu echipamentul MSC.

**HLR** -> este un calculator ce conține baza de date cuprinzând toți abonații rețelei GSMPLMN respective. Informațiile sunt de 2 tipuri:

- informații statice (numerotarea, categoria abonatului);

- informatii dinamice (localizarea abonatului la nivel de MSC, lista serviciilor suplimentare cerute de abonat).

**AUC** – Echipament de calcul ce furnizeaza la HLR parametrii de autentificare si triplete pentru cifrare.

**EIR** -> este o baza de date ce contine identitatea echipamentelor mobile (partea hardware). Au ca principal scop imedierea utilizarii echipamentelor neaprobrate, furate, etc.

### C. Subsistemul OMS

Include o serie de echipamente de calcul si periferice conectate la echipamentele NSS si BSS(mai exact BSC). Realizeaza functiile de operare si intretinere a retelei. OMC -> este format din retea de echipamente de calcul pentru operarea si intretinerea retelei GSM. Contine si echipamente de calcul pentru tarifarea si gestiunea abonatilor

## 8. Structura geografică a unei rețele GSM. Accesul la rețea

### A. Structura geografica a unei retele GSM

Fiecare celula este deservita de un BTS care poate opera pe mai multe frecvente duplex (pereche de frecvente pe care se realizeaza transmisiunea aval, de la statia radio la telefonul mobil – banda 935-960MHz , respective amonte – banda 890-915MHz).

Aria de localizare LA (Location Area) reprezinta un grup de cellule in care se face apelul de catre un MS. Singura constrangere prevazuta de standard este ca toate celulele dintr-o LA sa fie deservite de acelasi MSC.

Deoarece spectrul de frecvente disponibil este redus, numarul comunicatiilor simultane posibile pe o frecventa duplex este redus (max. 8 la rata intreaga si 16 la rata 1/2), iar numarul de frecvente este si el limitat

### B. Accesul la retea

Datorita accesului radio apar 4 tipuri de probleme fundamentale care trebuie rezolvate la nivelul interfetei radio:

- a. Atenuarea si fadingul
- b. Dispersia temporală
- c. Nealinieră canalelor
- d. Interceptarea

### ***Atenuarea si fadingul***

Propagarea in spatiile deschise sau in cele interioare este un fenomen foarte complex, cu o modelare a sa extrem de dificila. Atenuarea creste cu patratul distantei in spatiile plane si cu  $d^4$  in spatiile reale (cu obstacole).

Din punct de vedere al comunicatiei aval (de la BTS la MS) atenuarea este combatuta prin amplasarea BTS la distante corespunzatoare si prin realizarea procedurilor de handover

### ***Fadingul:***

- de umbrire -> datorita obstacolelor ce pot aparea intre MS si BTS, variaza atenuarea (cladiri, dealuri);
- multicaie -> variaza atenuarea datorita undelor reflectate de obstacolele din jurul mobilului.

### ***Receptia diversa:***

- diversitatea in spatiu -> in care cele 2 receptoare (antene) se amplaseaza la o anumita distanta intre ele ( $\sim 15\lambda$ );
- diversitatea in frecventa -> la emisie, pe aceeasi antena se utilizeaza 2 frecvente, iar receptorul este pe rand, acordat pe fiecare;
- diversitatea unghiulara -> se utilizeaza 2 antene alaturate cu elevatii unghiulare diferite (se utilizeaza atunci cand diversitatea in spatiu este impracticabila).

### ***Dispersia temporală***

In afara de fadingul multicaie, reflexiile pot produce si interferenta intersimbol (IIS). Datorita reflexiilor, semnalul transmis de la BTS va sosi la MS pe diferite cai. Fiecare cale are propria lungime => semnalele reflectate vor sosi la

momente diferite. Dispersia temporală (dispersia întârzierilor) depinde de lungimea cailor secundare (reflectate) deci de distanța dintre obstacole și BTS, respectiv MS. Datorită reflexiilor, un semnal transmis de la BTS va fi recepționat de mai multe ori la MS, la momente de timp diferite.

Interferența simbol devine semnificativă atunci când dispersia temporală este mare (de ordinul duratei unui sau a mai multor biți). IIS devine deci semnificativă atunci când este produsă de obstacole aflate la distanțe mai mari de 50-0m de MS.

### ***Alinierea canalelor***

Deoarece mai multe MS accesează aceeași BTS este nevoie să se utilizeze o tehnică de acces multiplu. Tehnica aleasă pentru GSM este TDMA (acces multiplu cu diviziune în timp). Pentru a evita coliziunea semnalelor sosite de la diferite MS servite, este necesar ca acestea să sosească la BTS la momente de timp bine determinate, corespunzătoare canalelor temporale din multiplexul TDM. În cazul MS care se apropie de BTS, semnalele vor sosi din ce în ce mai devreme și există pericolul suprapunerii cu semnalele din canalul TDM anterior. Dacă se îndepărtează, datorită creșterii timpului de propagare, va exista pericolul suprapunerii peste canalul temporal următor

Pentru menținerea alinierii în timp a canalelor, BTS realizează măsurători ale întârzierii semnalelor recepționate de la fiecare MS. Referința = timpul de propagare minim (MS situat lângă BTS). Pe măsura ce distanța dintre MS și BTS crește, stația de bază comandă stației mobile să emită semnale mai devreme. Procedura = avansare temporală (time advance).

### ***Asigurarea securității comunicății***

Informația utilă (semnal vocal, date, semnalizări) este transmisă pe interfața radio cifrat. Cifrarea se realizează prin însumarea modulo 2 a informației utile cu o secvență pseudoaleatoare. Această secvență se obține printr-un algoritm numit A5 (care folosește o cheie de cifrare  $K_c$ , ce variază de la abonat la abonat și de la apel la apel și numărul curent al cadrului TDMA). Algoritmul nu este public.

## **9. Accesul multiplu și structura salvelor în GSM**

Transmisia pe fiecare purtătoare este divizată în 8 intervale de timp care formează un cadru TDMA. Fiecarui mobil  $i$  se atribuie de către rețea un interval de timp. MS va emite/recepționa numai pe perioada intervalului de timp respectiv, corespunzător

fiecarui cadru. Intre cadrele de pe frecventa utilizata pentru transmisia aval si cele de pe frecventa utilizata amonte exista un decalaj temporal de 3 intervale de timp. Acest decalaj se reduce daca exista o comanda de avansare temporala datorita indepartarii de BTS.

Canal fizic -> un canal temporal din structura cadrului multiplex TDMA. Salva -> semnal transmis pe un canal intr-un cadru TDMA.

Canal logic -> succesiunea de salve corespunzatoare unei anumite comunicatii.

In functie de tipul informatiei ce se transmite pe canalele logice, avem :

- canale de trafic;
- canale de control.

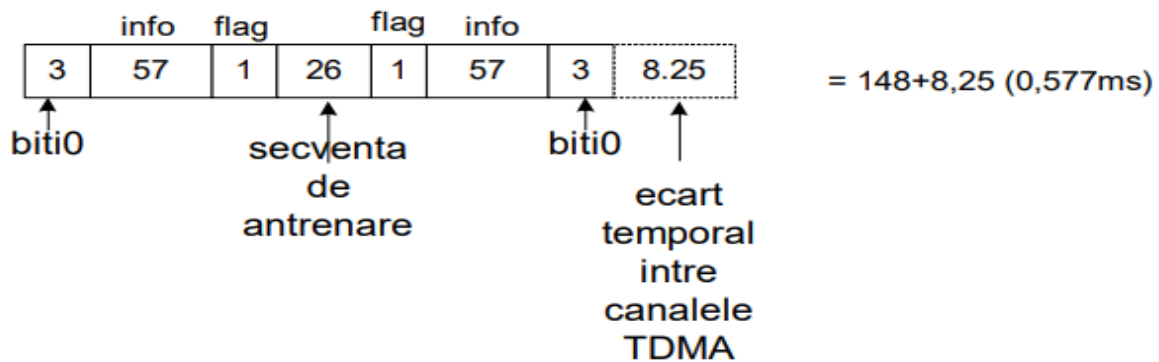
***Canalele(logice) de trafic*** transporta semnalul vocal sau datele. ***Canalele de control*** transporta semnalizari sau informatie de sincronizare

**Salva** -> reprezinta continutul unui interval de timp dintr-un cadru multiplex TDM (are  $\sim 0,577 = 15/26$  msecunde). Pe interfata radio se transmit 4 tipuri de salve:

- a. salve normale;
- b. salve de access;
- c. salve de sincronizare (salve S);
- d. salve de corectie a frecventei (salve F);

*a. Salva normala MS<---> BTS*

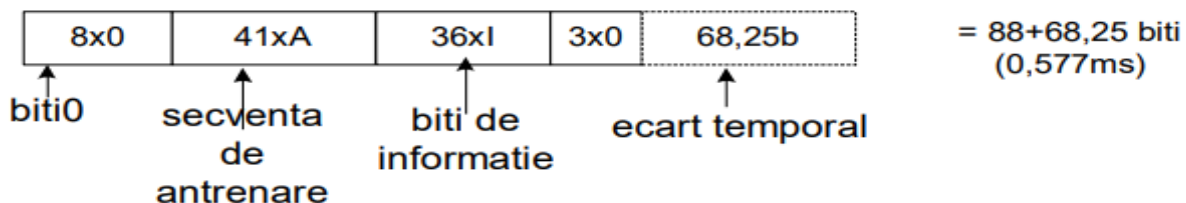
**Salva Normala MS<--->BTS**



Cei trei biti situati la extremitatile salvei formeaza un ecart de reserva (guard time) si sunt setati intotdeauna pe 0. Necesitatea ca MS sa transmita numai o salva (0,577ms) si apoi sa devina inactiv pe durata urmatoarelor 7 intervale de timp, impune o foarte rapida comutare (pornit/oprit) a echipamentului de radiofrecventa. Pentru ca mobilele sa nu se perturbe unele pe altele => profil putere/timp standard

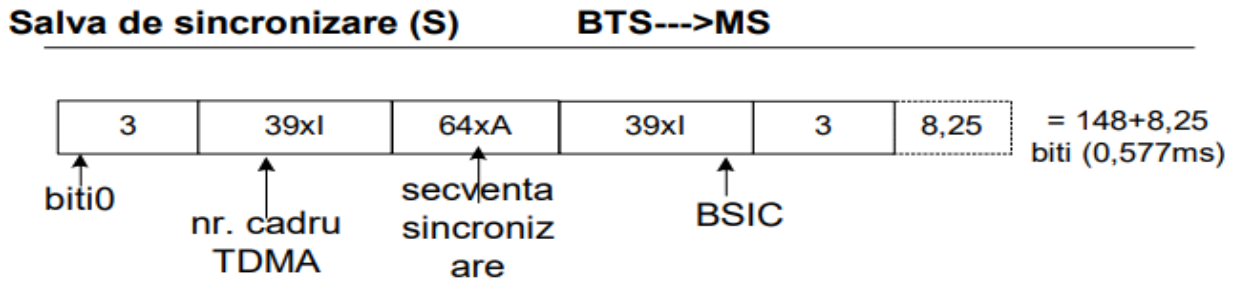
*b. Salva de acces MS ---> BTS*

**Salva de acces MS--->BTS**



Este transmisa de catre MS catre BTS atunci cand doreste sa acceseze reseaua. In momentul emiterii unei salve de access, reseaua nu cunoaste pozitia statiei in celula => nu exista o comanda prealabila de avansare temporala => e posibil ca salve de acces emise de MS situate in extremitatile celulei (timp lung de propagare) sa se suprapuna peste urmatorul canal temporal. Pentru a evita acest fenomen, salva de acces este mai scurta decat celelalte tipuri de salve GSM.

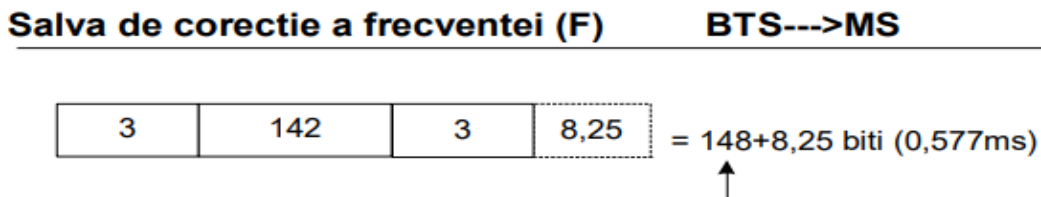
*c. Salva de sincronizare (S) BTS ---> MS*



Are aceeași lungime ca și salva normală. Este prima salva pe care o primește MS de la BTS după emisia unei salve de acces. Furnizează MS o serie de informații necesare în desfășurarea comunicății: Identificatorul stației de bază BSIC (Base Station Identity Code) – conținând informații despre identitatea operatorului și a stației de bază – și numărul cadrului TDMA curent => MS poate determina secvența de antrenare utilizată în salvele normale, operatorul, etc.

Secvența de antrenare este mai lungă decât în cadrele normale pentru a permite receptorului din MS să-și creeze un prim model de canal adecvat.

*d. Salva de corectie a frecventei (BTS --->MS)*



Constă din 148 biți de 0. Are rolul de a permite MS să se sincronizeze cu frecvența celulei respective. BTS transmite periodic în celulă astfel de salve, care sunt cautate și recepționate de MS. Datorită faptului că este formată doar din biți de 0, după modulare rezultă o undă sinusoidală a cărei frecvență este cu 67,7KHz mai mare decât frecvența centrală a purtătoarei din celulă respectivă

## 10. Canalele logice în GSM și organizarea canalelor

### A. Canalele logice

O succesiune de salve formează un canal logic

Sunt de două tipuri:



- canale de trafic – transportă semnal vocal sau date
  - canale de control – pentru transportul informației de sincronizare și semnalizări
- a. TCH( Traffic Channels ) (MS – BTS)
- TCH pentru semnal vocal
  - TCH pentru transmisii de date la diferite debite TCH / F(9.6 / 4.8 / 2.4)
- b. CCH ( Control Channels ): 3 categorii

***a. Canale difuzate( BTS→Toate MS)***

BCCH (Broadcast Control Channel) – canal de control difuzat. Pe el, BTS transmite în mod regulat informații generale specifice celulei respective. Codul PLMN, frecvența utilizată în celulă, în celulele vecine, etc. Acest canal este ascultat permanent de toate mobilele aflate în stare inactivă.

FCCH (Frequency Correction Channel) – canal pentru corecția frecvenței. Canalul FCCH este format din succesiunea de salve F.

SCH (Synchronization Channel) – canal de sincronizare format de succesiunea de salve S.

***b. Canale comune – CCCH (Common Control Channels)***

PCH (Paging Channel) – canal de transmitere a apelului BTS→MS

RACH (Random Acces Channel) – canal de accesare a rețelei MS→BTS. E folosit de MS pentru a cere alocarea unui canal dedicat. Conține salve de acces emise fie ca răspuns la un semnal de paging, fie pentru a iniția o comunicare în rețea

AGCH (Acces Grant Channel) – canal de acordare a accesului BTS→MS. E folosit pentru a transmite la MS numărul canalului de control dedicat în urma cererii pe RACH.

***c. Canale dedicate MS→BTS***

SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel) – canal de control dedicat neasociat. E utilizat pentru transmiterea unor semnalizări pe durata stabilirii convorbirii(verificare, autentificare).

SACCH(Slow Associated Control Channel) – canal lent asociat . E asociat întotdeauna unui TCH sau SDCCH Și folosit pentru transportul bidirecțional al unor

informații de OAM: nivelul semnalului recepționat de MS(MS→BTS), controlul puterii de emisie a MS și a avansării temporale(BTS→ MS).

FACCH(Fast Associated Control Channel) – canal rapid asociat. E un canal logic format din salvele(biții) furate din TCH. Este asociat unui TCH și utilizat când sunt necesare schimburi mai dese de semnalizări decât permite SACCH.

### B. Organizarea canalelor

Cadrele TDMA emise și recepționate de către BTS sunt memorate ciclic, cu o perioadă de aproximativ 3h și ½. În acest timp există 2715648 cadre transmise = un hipercadru

Un hipercadru = 2 10 supercadre(6.12 sec. fiecare).

Supercadrul:

- multicadrul de trafic (26 cadre TDMA)
- multicadrul de semnalizări (51 cadre TDMA)

Un supercadru poate conține 51 multicadre de trafic sau 26 multicadre semnalizări).

Numărul cadrului TDMA se determină cu ajutorul a 2 contoare:

- unul pentru supercadre(între 0 și 1023)
- unul pentru multicadre
  - între 0 și 50 pe canalele fizice de trafic
  - între 0 și 25 pe canalele fizice de semnalizări.

## 11.Rețeaua fixă GSM

Dincolo de interfața radio există: rețeaua fixă GSM și interfața cu spațiul nou GSM.

Rețeaua fixă GSM cuprinde toate legăturile de la diferitele BTS și BSC și de la BSC la MSC / GMSC (sunt linii închiriate de la operator PSTN / ISDN). Informația se transmite la 2048Mb/s (și pe Abis și A). MSC comută doar circuite de 64Kbps. În urma recepționării salvelor de către BTS rezultă un flux de 13Kbps corespunzător debitului vocal inițial ⇒ nu se consumă un canal de 64Kbps pentru 13Kbps ⇒ se introduce o interfață care să formeze din flux de 13Kbps un flux de 16Kbps ⇒ se pot transmite 4 convorbiri pe un canal de 64Kbps, corespunzător lui E1.

echipamentul care realizează schimbarea de debit (într-un sens sau celălalt) este TRAN (Transcoder / Rate Adaptor Unit). Se poziționează înainte de MSC.

Orice legătură suferă conversie: 13Kbps → 16Kbps → 64Kbps și invers

- Avantaj: folosirea eficienței a liniei fixe.
- Dezavantaj: introduce întârzieri în rețea.

## 12. Identificatori în rețeaua GSM

### *a. Identificatori de rețea*

LAI (Location Area Identity) – identitatea ariei de localizare

- este format prin concatenarea a trei coduri:
- codul țării (maxim 3 cifre – pentru România 226)
- codul rețelei GSM PLMN (maxim 2 cifre – 01 Connex, 10 Orange)
- codul ariei de localizare (max. 16b – identifică în mod unic fiecare LA din interiorul unei anumite rețele GSM)

CGI (Cell Global Identity) – identitatea globală a celulei.

Se adaugă la LAI un cod de max. 16b reprezentând identitatea celulei în cadrul LA. Împreună cu LAI formează un identificator unic pentru orice celulă din spațiul GSM.

### *b. Codul de identitate a BTS → BSIC (Base Station Identity Code)*

Este un identificator pe 6b ce se transmite pe canalul SCH (Sincronization Channel) al fiecărei celule și identifică o anumite BTS dintr-un grup de stații vecine. BSIC permite MS să sesizeze trecerea dintr-o celulă în alta și să verifice dacă măsurătorile pe care le efectuează corespund celulelor ce trebuie să le monitorizeze. Din cei 6b, 3b – codul culorii țării respective iar ceilalți 3b – codul culorii BTS respective (a celulei) ⇒ se alocă BSIC diferit celulelor care utilizează aceeași frecvență de referință (conform schemei de reutilizare) și între care pot exista interferențe.

BSIC =                      b5                      b4    b3                                      b2    b1    b0

### ***c. Identificarea abonatului***

MS trebuie să i se aloce un număr MSC / VLR unde se află. Acest număr se va schimba odată cu schimbarea localizării. El nu poate identifica în mod unic abonatul  $\Rightarrow$  două tipuri de identificatori:

- Identificatori ficși
  - IMSI (International Mobile Identity): utilizat pentru toate semnalizările în interiorul spațiului GSM – PLMN. Orice abonat GSM are o identitate (IMSI) unică în întreg spațiul GSM. IMSI e înscris în SIM și în HLR. Când abonatul intră în zona de serviciu al unui MSC, IMSI este înscrisă în VLR. IMSI – max. 15 cifre: primele 3 reprezintă codul țării, următoarele două reprezintă codul rețelei mobile, ultimele max. 10 reprezintă numărul de identificare a abonatului.
  - MS ISDN (Mobile Station ISDN Number  $\rightarrow$  este similar număr de telefon din PSTN). El este format atunci când se dorește o convorbire cu abonatul GSM. Este format din codul țării (+40), codul național al destinației (722, 744, ... ) și este aproximativ cu codul de județ din PSTN și numărul abonatului.
- Identificatori temporari (din motive de securitate)
  - MSRN (Mobile Station Roaming Number) pentru rutarea apelului de la GMSC la comutatorul MSC în care se găsește abonatul. Conține codul țării, codul național al destinației (ca la MS ISDN) și numărul abonatului (care conține adresa MSC / VLR în zona căruia se află abonatul). Când GMSC sau MSC primește o cerere de apel pentru un anumit abonat (identificat prin MS ISDN) va cere prin MAP / C (Invoke) informații cu privire la locul unde se află abonatul.
  - TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)  $\rightarrow$  este utilizat pe interfața radio în locul IMSI, când e posibil. Are ca scop protecția identității abonatului și s-a introdus deoarece criptarea nu poate avea loc decât după ce rețeaua a aflat identitatea abonatului. Primele schimburi de semnalizări între MS și BTS nu pot fi criptate  $\Rightarrow$  acest TMSI (4 octeți) alocat

de MSC / VLR și identifică un abonat într-o LA (nu în toată zona de serviciu a MSC respectiv).

***d. Identificarea echipamentului***

IMEI (International Mob station Equipment Identity). 15 cifre (6 → codul tipului de echipament, alocat de un organism internațional GSM; 2 → codul producătorului; 6 → seria aparat; ultimul → neutilizat).

### 13. Rețeaua GSM. Proceduri la subnivelul RR

***a. Accesul la rețea***

Are loc cu trei ocazii:

- abonatul dorește să inițieze o convorbire
- abonatul este apelat și răspunde
- MS trebuie să efectueze actualizarea localizării

Procedura de acces se realizează în 3 pași:

1. MS transmite mesaj RR de cerere canal, transmis fizic pe RACCH.
2. BTS trimite cererea la BSC plus o primă estimare a timpului de propagare de la MS. BSC alege un canal de trafic liber și transmite mesaj de activare a sa la BTS. Când primește confirmarea activării, BSC alocă un canal de control SDCCH și transmite mesaj de alocare la BTS.
3. MS→mesaj inițial LAPDm SDCCH→BTS, cu identitatea abonat plus motivul cererii de acces.

***b. Ieșirea din rețea***

La terminarea unei convorbiri, la încheierea unei proceduri de actualizare a localizării sau din cauza unor condiții de eroare ⇒ eliberarea canalelor radio și trecerea MS în stare inactivă.

Pașii necesari:

1. MSC→mesaj de închidere a comunicării→BSC
2. BSC→mesaj 08.58 de eliberare a canalului→MS

3. MS→mesaj RR de deconectare→BTS și eliberează canalul de semnalizări
4. BTS→raport de eliberare prin mesj 08.58→BSC
5. BSC→mesaj de dezactivare a canalului de trafic→BTS  
BTS→dezactivează canalul și confirmă la BSC dezactivarea

**c. Procedura de apelare a MS (paging)**

1. MSC interogheză VLR și primește de la acesta indicatorul LA în care se găsește abonatul chemat.
2. MSC→mesaj paging→BSC care controlează celulele din LA respectivă. Mesajul conține identitatea abonatului și lista de celule unde se va transmite paging.
3. Pentru fiecare celulă din listă, BSC trimite la transceiverul respectiv mesaj 08.58 de comandă paging.
4. BTS→mesaj pe PCH(Paging Channel). Conține indicatorul MS și se repetă de 2-3 ori.

**d. Procedura de handover**

Conduce la schimbarea TCH (Traffic Channel) utilizat de un MS în timpul unei convorbiri. Decizia este luată de BSC.

MS știe de la BTS (de pe BCCH) care sunt frecvențele de referință ale tuturor stațiilor din celulele învecinate. MS face măsurători ale nivelului de semnal recepționat de la aceste BTS. El transmite permanent pe FACCH la transceiver-ul la care este conectat, rapoarte cu măsurătorile efectuate. BTS le transmite la BSC plus propriile măsurători privind recepția de la MS. BSC menține pentru fiecare MS activ o listă ordonată cu cei mai buni vecini. Când calitatea transmisiei pe canalul curent scade sub un anumit prag, BSC ia decizia de transfer al legăturii (în prima celulă din listă).

Exista 3 tipuri de handover:

- Handover intra BSC.
- Handover intra MSC.
- Handover inter MSC

## 14. Rețeaua GSM. Proceduri la subnivelul MM și CM

### A. Proceduri la subnivelul MM (Mobility Management)

#### *a. Atașarea MS la PLMN.*

- După pornire, MS caută purtătoarea cea mai puternică pe care se sincronizează (SCH, FCCH). Din salvele S află identitatea celulei (BSIC). De pe BCCH află restul informațiilor generale referitoare la celulă (LAI, frecvența de referință a celulelor vecine). Deoarece în stare oprită el este marcat în ultimul VLR ca inactiv  $\Rightarrow$  MS anunță rețeaua că e pornit.
- MS efectuează procedura RR de accesare (cere acces pe RACH, i se alocă prin AGCH un SDCCH).
- MS transmite la MSC pe (SDCCH) un LAI, iar pe canalul asociat (SACCH) transmite la BSC raportul măsurărilor. MSC înscrie în VLR stația MS respectivă, cu LAI, apoi transmite la HLR atașarea. Corespunzător abonatului respectiv (IMSI), în HLR se va înscrie adresa MSC în care se găsește MS respectivă.

#### *b. Detașarea MS*

Din punct de vedere al MM, detașarea  $\rightarrow$  MS  $\rightarrow$  DETACH  $\rightarrow$  MSC, care comandă marcarea IMSI ca detașat.

#### *c. Actualizarea periodică a localizării.*

Dacă mesajul de detașare nu este recepționat de MSC (MS la marginea rețelei)  $\Rightarrow$  MS va rămâne atașat. Pentru a evita, se cere MS (prin BCCH) ca la 30 minute să facă actualizarea localizării. Dacă aceasta nu e efectuată  $\Rightarrow$  IMSI este marcat în VLR ca detașat.

#### *d. Actualizarea localizării*

Din punct de vedere al MM, există 3 cazuri de schimbare a localizării MS. În stare pornită, dar inactivă, MS ascultă permanent BCCH și PCH. Depărtându-se de BTS, calitatea transmisiei scade și MS sesizează acest lucru efectuând măsurătorile de nivel pe BCCH. Trecerea pe o altă frecvență o decide MS (în stare inactivă). El întreține o listă cu cele mai bune frecvențe și trece pe cea pe care o recepționează cel mai bine. Ascultând noul FCCH (Frequency Control Channel) și SCH, se sincronizează și ascultând noul BCCH află LAI și noua listă cu frecvențe vecine.

***e. Procedura de autentificare***

În AUC este înscrisă cheia de autentificare  $K_i$  corespunzătoare fiecărui abonat. Aceeași  $K_i \rightarrow \text{SIM}$ . AUC generează un număr aleator RAND aparține de ( $0 \leq \text{RAND} < 2^{128}$ ).

$\text{RAND}, K_i \rightarrow \text{algor. A8} \rightarrow K_c$  (cheia de cifrare)

$\text{RAND}, K_i \rightarrow \text{algor. A3} \rightarrow \text{SRES (32b)}$  = rezultat semnat (Signed Result)

$\text{RAND} / K_c / \text{SRES}$  = un triplet

Pentru a genera pe SRES, MS are nevoie de RAND.

- VLR trimite mesaj de autentificare la MSC, conținând pe RAND.
- MSC trimite la MS cerere de autentificare și RAND.
- MS calculează MS SRES și transmite mesaj MM la MSC cu rezultatul.
- $\text{MSC} \rightarrow \text{MS SRES} \rightarrow \text{VLR}$ .
- VLR compară semnătura primită cu cea stocată și trimite confirmare la MSC.

***f. Procedura de cifrare ... (RAND,  $K_i$ , A8) plus un cadru TDMA.***

***g. Procedura de identificare a echipamentului (cu IMEI) și listele.***

**B. Proceduri la subnivelul CM (Call Management)**

***a. Servirea unui apel inițiat de către MS***

MS declanșează procedura de accesare a rețelei (făcută deja).

- După alocarea SACCH / SDCCH, MS declanșează mesaj de cerere serviciu la MSC.
- MS inițiază procedura de autentificare, apoi cea de cifrare. Toate semnalizările se transmit de acum cifrat.
- La primirea de la MS a confirmării de trecere în mod cifrare, MSC poate realoca un nou TMSI pentru MS.
- MS transmite la MSC MSISDN format și o descriere a serviciului dorit.
- MSC analizează cererea. Dacă poate fi satisfăcută  $\Rightarrow$  MSC începe stabilirea căii prin transmiterea unui mesaj pe SS7 la rețeaua fixă PSTN / ISDN. Stabilește legătura și cu GMSC și transmite la MS un mesaj de acceptare a cererii.



- Rețeaua exterioară stabilește legătura cu abonatul chemat. MSC trimite mesaj de stabilire a legăturii.
- MSC declanșează procedura de alocare a unui TCH(Traffic Channel) pentru MS.

#### ***b. Servirea unui apel către MS***

Abonatul PTSN / ISDN formează numărul MSISDN al abonatului GSM. Convorbirea e rutată la GMSC (prin mesaj INITIAL ADDRESS, ce conține numărul MSISDN al abonatului chemat și tipul serviciului).

- GMSC identifică din MSISDN registrul HLR corespunzător rețelei proprii a abonatului chemat și execută o procedură de interogare a HLR.
- HLR face corespondența între MSISDN și IMSI și identifică MSC în care e înregistrat abonatul. Trimite apoi către acest MSC o cerere de formare a numărului de mobilitate MSRN pentru abonatul respectiv.
- MSC alocă MSRN → HLR.
- HLR →(MSRN)→ GMSC.
- GMSC stabilește legătura cu MSC a cărui adresă o găsește în MSRN.
- MSC cere de la VLR LAI unde e MS.
- MSC declanșează procedura de paging către MS.
- MS răspunde cu PAGING RESPONSE, apoi acces la rețea, autentificare și cifrare.
- MSC → MS tipul serviciului cerut, numărul abonatului chemător.
- MS → MSC mesaj de confirmare sau respingere apel (ex. fax).
- MS sună.

## **15. GPRS. Comutația de pachete si arhitectura rețelei**

Este un serviciu specificat în faza 2+ de standardizare a GSM. Rețeaua GPRS interoperează cu infrastructura GSM și este considerată soluția de bază pentru transmisiunea datelor în UMTS. Este un salt tehnologic semnificativ pentru că face trecerea de la comutație de circuite la cea de pachete.

### **A. Comutatia de pachete**

- fără conexiune → pachetele = datagrame – se transmit independent, urmărind rute posibil diferite. Sosirea la receptor este în ordine aleatoare »

reordonarea la recepție, pe baza informațiilor conținute în pachet (mesajul din care face parte și locul pe care îl ocupă în el). Ex. internetul.

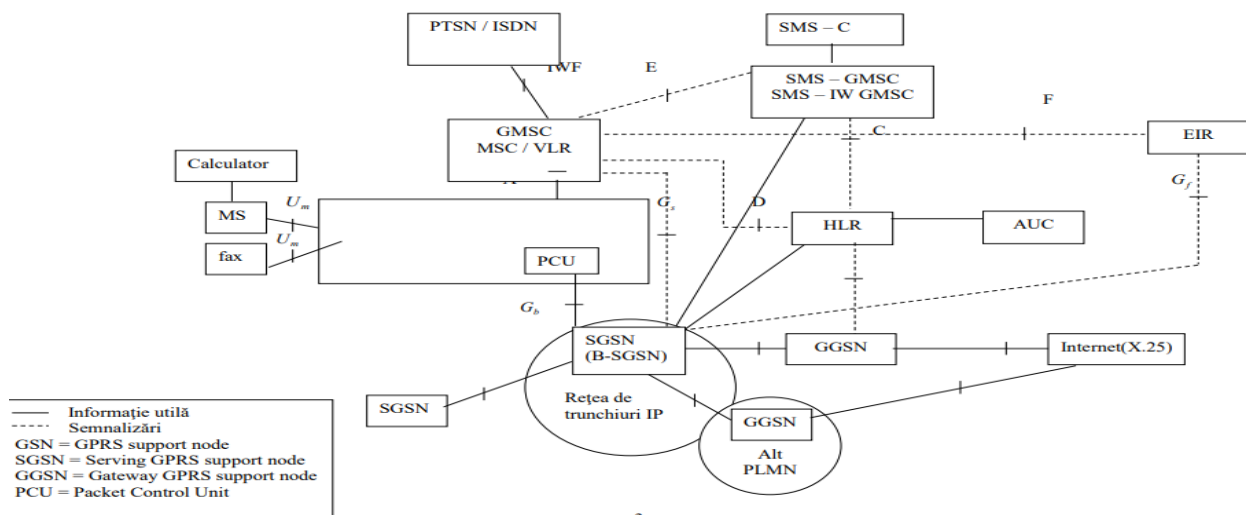
- orientată pe conexiune: (circuit virtual) – se stabilește o cale pe care o urmează pachetele (se configurează un circuit logic).

Într-o rețea GSM/GPRS, serviciile GSM comutate în mod circuit (voce, date, SMS) și serviciile GPRS comutate în mod pachet (date, SMS) pot fi oferite în paralel.

MS pot fi din 3 clase:

- Clasa A → permite operarea simultană a serviciilor GSM (mod circuit) și GPRS (mod pachet); terminalul mobil e atașat simultan la GSM și GPRS. Utilizatorul poate vorbi la telefon în timp ce MS efectuează un transfer de fișiere.
- Clasa B → MS este atașată simultan la GSM și GPRS, dar nu e posibil traficul simultan.
- Clasa C → MS nu poate fi atașată simultan la GSM și GPRS.

## B. Arhitectura rețelei



În NSS → se extinde HLR, care devine bază de date comună MSC/GPRS și conține, în plus, date referitoare la abonații GPRS plus informații privind rutarea în rețeaua GPRS.

EIR devine bază de date comună GSM/GPRS. HLR și EIR interoperează (pe interfețe diferite) cu comutatoarele GSM și nodurile GPRS.

În MSC/GMSC se implementează interoperarea cu nodurile GPRS, dar numai la nivelul de semnalizări.

Comutatoarele SMS (SMS – GMSC și SMS – IW MSC) interacționează cu nodurile GPRS și prin schimburi de date, nu numai semnalizări.

Rețeaua nucleu GPRS → e formată din noduri care comunică prin intermediul unei rețele interne de transmisiune IP.

SGSN → pentru gestiunea mobilității și a comunicației (similar MSC);

GGSN → interoperare cu rețele de date de tip X.25 și IP.

Rețeaua de trunchiuri IP:

- internă (între PLMN)
- inter-PLMN: linii proprii, închiriate sau trunchiuri din rețelele publice de date(internet) → spațiul GPRS

Nodurile(GGSN) care conțin funcții de interfațare cu alte rețele (PLMN – GPRS) = B – GGSN(Border – GGSN).

## 16. Identificatori în rețeaua GPRS și interfața radio (nivelul fizic)

### A. Identificatori în rețeaua GPRS

#### ***Identificatori GSM***

1. Identificatori de rețea: LAI; CGI; BSIC
2. Identificarea abonatului GSM:
  - MSISDN; IMS = fixe;
  - MSRN; TMSI = temporari;
3. Identificarea echipamentului
  - IMEI
  - IMEI SV (Software Version) → pentru identificarea echipamentelor inclusiv la nivel de versiune software.

#### ***Identificatori GPRS***

1. Identificatori de rețea

- RA (Routing Area) – aria de rutare → în această arie se transmit apeluri către MS – GPRS. E similară LA și o submulțime a ei.

RAI = Routing Area Identity

RAI = LAI + RAC (Routing Area Code – identifică RA în interiorul unei LA).

$RAC + MCC + MNC + LAC = RAI$

MCC = Mobile Country Code

MNC = Mobile Network Code (identifică operatorul în interiorul țării)

LAC = Location Area Code (identifică LA în interiorul unei rețele GSM)

## 2. Identificarea abonatului GPRS

- IMSI (sau nu, pentru anonimi)
- Adrese PDP (Packet Data Protocol) – alocate utilizatorului de către rețea, temporar sau permanent (poate fi adresă IP sau X.121 – pentru X.25)
- P – TMSI; -pentru protejarea identității abonatului, prin evitarea transmisiunii IMSI în clar (P – TMSI se alocă până s-a terminat cifrarea) – 4 octeți.

## 3. identificarea echipamentului → IMEI și IMEI – SV

Modelul general al rețelei GPRS are 3 planuri (asemănător GSM și ISDN):

- planul transmisie (sau utilizator – V )
- planul de control (al semnalizărilor – C )
- planul de gestiune (management – M )

## B. Interfata Radio

Pe \*\* sunt definite 2 stive de protocoale, una pentru date și una pentru semnalizări. Nivelul fizic dintre MS și BTS = nivel GSM RF și are 2 componente:

- Nivel fizic RF (RFL – RF Layer).
- Nivelul legăturii fizice (PLL – Physical Link Layer).

La nivelul fizic RF se face modularea biților furnizați de subnivelul superior + demodularea semnal recepționat. Se asigură caracteristicile purtătoarelor, ale emițător și receptor + structura canalelor radio GSM. În GPRS nu s-au operat modificări față de GSM la acest (sub)nivel.

La nivelul PLL, în GPRS s-au operat modificări față de GSM. Nivelul GSM RF este implementat uzual în BTS și MS și este dependent de GSM.

## 17. Canale logice in GPRS

Accesul multiplu GPRS este dependent de infrastructura GSM → GPRS utilizează (în mod comun cu GSM) aceleași cadre TDMA cu 8 intervale de timp (15/26 msec. fiecare). Când un astfel de cadru fizic e utilizat de GPRS (deci comutat în mod pachet), el se numește PDCH(Packet Data Channel). Pe canalele PDCH vor fi mapate canalele logice GPRS (sunt de trafic și de control).

### *a. Canale de trafic*

Sunt denumite PTCH(Packet Traffic Channels) și sunt bidirecționale.

- PDTCH(Packet Data Transfer Channel) → se transmit uplink(UL) și downlink(DL) datele utilizator. Pentru servicii PTP(point-to-point) este atribuit unui singur utilizator(MS). Pentru PTM este atribuit mai multor MS din celulă. Un MS poate utiliza mai multe PDTCH simultan.
- PACCH(Packet Associated Control Channel) → se transmit UL sau DL informații de control ce privesc un MS(controlul puterii, avansul temporal sau informații privitoare la atribuirea resurselor). Indiferent de numărul de PDTCH de care dispune, un MS are un singur PACCH. Pentru MS de clasă A sau B care primesc un apel GSM în timp ce sunt angajate în transfer de date, pagingul pentru apelul în mod circuit se poate transmite pe PACCH.

### *b. Canale de control*

Sunt destinate transportului pachetelor cu informație de control, alta decât cea dedicată unui unic MS. Sunt 2 categorii de canale de control:

#### 1. Canale difuzate

- PBCCH(Packet Broadcast Control Channels) → pentru difuzarea în celulă a informației legate de GPRS

## 2. Canale comune (PCCCH – Packet Common Control Channel)

- PRACH (Packet Random Acces Channel)  $\rightarrow$  MS  $\rightarrow$  BTS
- PAGCH (Packet Acces Grant Channel) MS  $\rightarrow$  BTS care a răspuns la o cerere pe PRACH.
- PPCH (Packet Paging Channel) BTS  $\rightarrow$  MS
- PNCH (Packet Notification Channel)  $\rightarrow$  pentru transferuri de date PTM în celulă

## 18. Sisteme cu spectru distribuit. Caracterizați DSSS.

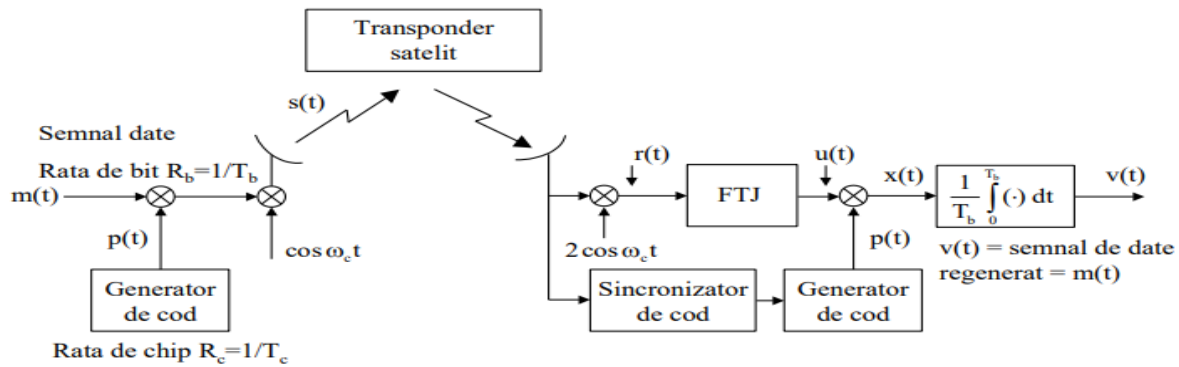
### A. Spectrul distribuit

Modulația / propagarea / transmisia cu spectru distribuit, toate se referă la același proces în care spectrul unui mesaj se distribuie pe o bandă de frecvență mai mare decât cea a semnalului original. Împrăștierea (distribuirea) se face tipic pe o lărgime de bandă de 20 până la 1000 de ori mai mare decât cea a semnalului original.

Spectrul distribuit se folosește în sistemele de navigație (GPS), de telefonie celulară, radare și în rețelele de calculatoare wireless (radio). Se cunoaște că această tehnologie este militară, dar a fost dezvoltată și pentru scopuri civile.

### B. DSSS

În DSSS, un mesaj digital  $m(t)$  se combină modulo-2 cu un cod  $p(t)$  (o secvență pseudo-aleatoare) în care rata de chip este mai mare decât cea a mesajului.



Mesajul original  $m(t)$  este feliat (cu rata de chip) rezultând un șir de date cu lărgimea de bandă mai mare (cea a codului  $p(t)$  = secvența pseudo-aleatoare) După ce s-a adunat codul, semnalul este convertit la frecvența purtătoare, rezultând:

$$s(t) = m(t) \cdot p(t) \cdot \cos \omega_c t$$

La recepție, semnalul este demodulat coerent (în fază) prin multiplicarea semnalului recepționat cu o replică a purtătoarei. Semnalul  $r(t)$  de la intrarea FTJ (filtru trece-jos) detector este:

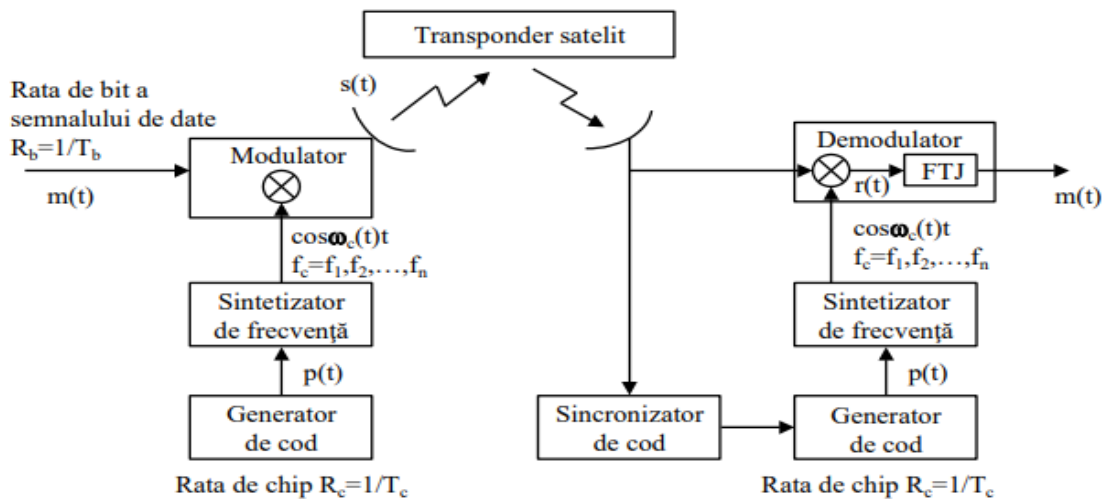
$$r(t) = m(t) \cdot p(t) \cdot \cos \omega_c t (2 \cos \omega_c t) = m(t) \cdot p(t) + m(t) \cdot p(t) \cdot \cos 2\omega_c t$$

FTJ detector elimină componentele de înaltă frecvență și reține doar componenta de joasă frecvență  $u(t) = m(t)p(t)$ . Această componentă este apoi multiplicată cu codul local  $p(t)$ , în fază cu codul recepționat. Produsul  $p^2(t) = 1$ . La ieșirea multiplicatorului rezultă:

$$x(t) = m(t) \cdot p(t) \cdot p(t) = m(t)$$

### C. 19. FHSS

Spectrul unui mesaj care sare rapid de la o frecvență la alta utilizează efectiv o lărgime de bandă mai mare decât cea a mesajului original, deci, saltul în frecvență poate fi considerat o formă de transmisie cu spectru împrăștiat. Rata de salt utilizată în practică variază de la câteva salturi / secundă până la câteva mii de salturi / secundă. Saltul în frecvență se poate explica foarte bine și în cazul sistemelor analogice.



Mesajul binar  $m(t)$  se transmite cu rata  $R_b = 1/T_b$  și este codat NKZ (Non Return to Zero). El modulează o purtătoare de frecvență generată de un sintetizator PLL controlat de un generator de cod pseudo-aleator, ce lucrează la rata de chip  $R_c$ . Semnalul emis este

$$s(t) = m(t) \cos \omega_c(t)t$$

### 19.Descrieți arhitectura UTRAN, iar pentru Core Network referiți-vă numai la domeniul PS (packet switch)

UTRAN este bazată pe tehnologia WCDMA, folosită pentru a atinge o eficiență de bandă mai bună în comparație cu tehnicile utilizate la GSM/GPRS. UTRAN este conectată via Iu la GSM Phase 2+ CN; interfața dintre UTRAN și domeniul PS al CN (Iu-PS) este utilizată pentru datele în mod pachet și interfața dintre UTRAN și domeniul CS al CN (Iu-CS) este utilizată pentru datele în mod comutație de circuite.

### 20.Arhitectura UTRAN. Referiți-vă la subsistemul IMS, cu descrierea funcționalității elementelor componente

IMS este diferența majoră dintre UMTS Rel-4 și Rel-5. IMS cuprinde toate elementele CN pentru asigurarea serviciilor multimedia. Serviciile IM sunt bazate pe o capacitate de control a sesiunii definită de Internet Engineering Task Force



(IETF). Serviciile IM, împreună cu capabilitățile multimedia, utilizează domeniul PS – cu posibilitatea de includere a unui set echivalent de servicii la subsetul relevant de servicii CS.

IMS permite operatorilor PLMN să ofere abonaților servicii multimedia bazate și construite pe aplicațiile, serviciile și protocoalele Internet.

Elementele funcționale specifice ale IMS sunt descrise mai jos.

CSCF care are 3 roluri:

- Proxy-CSCF (P-CSCF) este primul punct de contact al echipamentului mobil cu IMS. Policy Control Function (PCF) este o entitate logică a P-CSCF
- Interrogating-CSCF (I-CSCF) este punctul de contact cu rețeaua unui operator pentru toate conexiunile IMS destinate unui utilizator al acestui operator particular de rețea
- Serving-CSCF (S-CSCF) realizează serviciile de control a sesiunii pentru echipamentul mobil

## 21. Managementul resurselor radio (RRM) în cazul rețelei UMTS

Când UE are o conexiune activă cu UTRAN, el realizează continuu măsurători asupra conexiunii radio și trimite rapoarte la SRNC. Atunci când UE se mișcă de la SRNC către DRNC, SRNC va decide să realizeze un handover pe baza rapoartelor cu măsurători primite.

### ***Soft Handover***

Soft handover reprezintă handover-ul resurselor radio în interiorul UTRAN între 2 noduri B cu aceeași frecvență. Aceasta reprezintă de fapt o modificare a RAB folosind o reconfigurare/setare a legăturii radio și o procedură de ștergere a unei legături radio.

### ***Softer Handover***

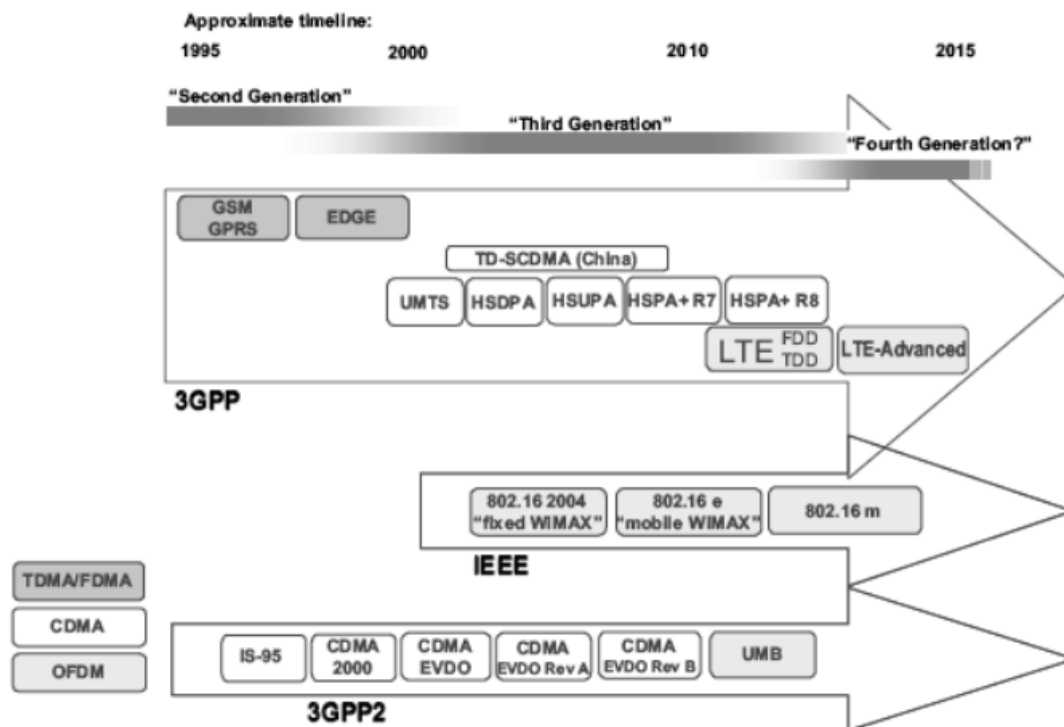
Softer handover este adăugarea sau ștergerea resurselor radio din setul activ în același Nod B. Nodul B va transmite pe un singur canal în timp ce ascultă pe mai multe canale. Semnalul va fi combinat în Nodul B.

### ***Hard Handover***

Un hard handover reprezintă o reconfigurare fizică a legăturii radio. El se poate întâmpla intern în UMTS, dacă echipamentul mobil se mișcă de la un SRNC la altul via CN (ex. cele două RNC-uri nu sunt interconectate prin Iur. El mai poate avea loc, de asemenea, când echipamentul mobil se deplasează de la o Radio Access Technology (RAT) la alta, de exemplu de la GSM la UMTS. Pe durata hard handover nu se va întrerupe transferul de voce sau date.

## 22.LTE. Arhitectura sistemului. Detaliați dispozitivul mobil și eNodeB

LTE (Long Term Evolution) și EPC (Evolved Packet Core network) sunt cele mai noi tehnologii în telecomunicațiile mobile.



### A. Dispozitivul mobil

UE reprezintă dispozitivul mobil ce poate fi un "smart phone", "data card" (asemănător cu cele folosite în rețelele 2G sau 3G) sau poate fi integrat într-un laptop. UE conține modulul USIM (Universal Subscriber Identity Module) ce este separat de restul componentelor UE, acest modul adeseori fiind denumit și

Echipament Terminal (TE-Terminal Equipment). USIM este, de fapt, o aplicație inclusă într-un smartcard numit UICC (Universal Integrated Circuit Card).

Ca funcționare, UE este o platformă utilizată pentru aplicații de comunicație, aceasta transmițând semnalizări către rețeaua LTE/EPC pentru instalarea, menținerea și ștergerea legăturilor de comunicație folosite de către utilizator. Aici sunt incluse funcții de “mobility management”, de exemplu “handover”, sau raportarea locului unde se află terminalul mobil. UE poate furniza interfața de utilizare pentru aplicații client de VoIP, pentru crearea apelului de voce.

### B. eNodeB

Singurul nod prezent în rețeaua E-UTRAN este nodul E-UTRAN Node B (numit eNodeB). eNodeB este o stație radio de bază ce controlează toate funcțiile specifice radio din partea fixă a sistemului. Stațiile de bază eNodeB sunt distribuite peste tot în aria de acoperire a rețelei, fiecare eNodeB fiind dispus lângă antenele radio.

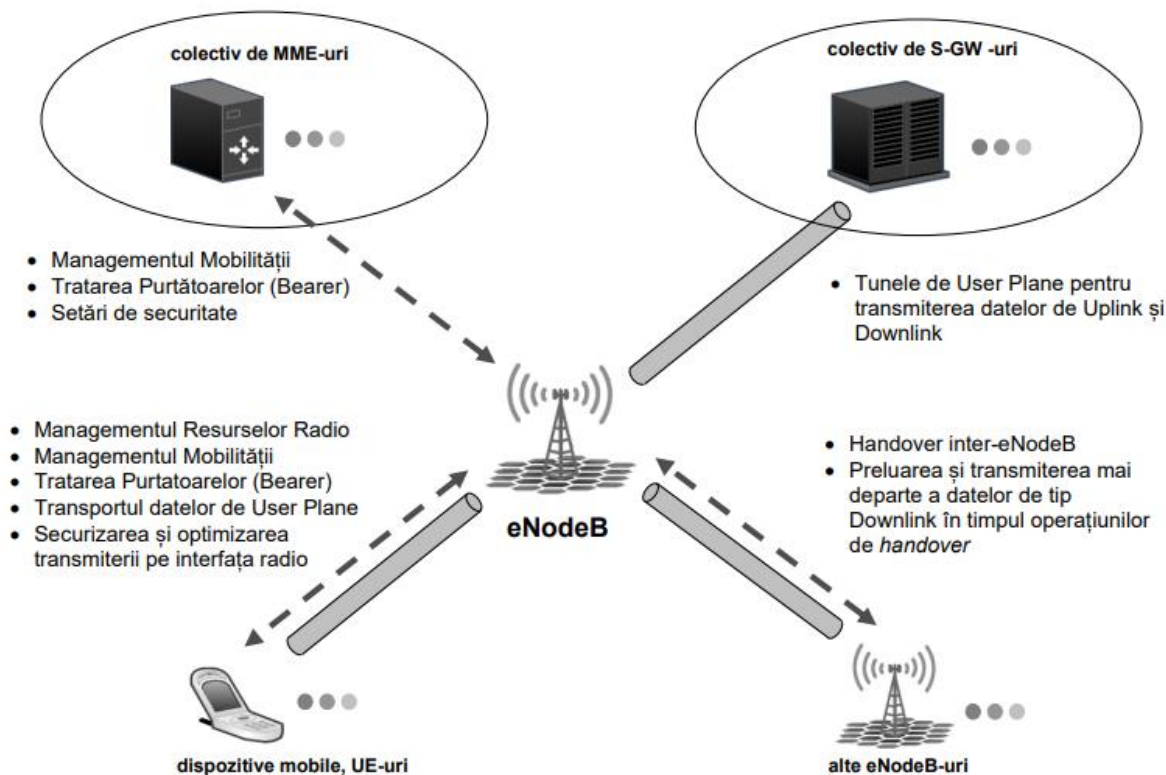


Fig. 3. Conexiunile eNodeB-ului cu alte noduri logice și descrierea funcționalităților de bază

Funcțional, eNodeB se comportă ca un “bridge - punte” de nivel 2 (OSI) între UE și rețeaua EPC (prin faptul că este punctul de terminare al tuturor protocoalelor radio către UE) prin comutarea datelor între conexiunea radio și conectivitatea IP corespunzătoare din rețeaua EPC. În acest rol, eNodeB are următoarele activități: cifrarea/decifrarea datelor de tip UP (User Plane) (datele din planul utilizator) și compresia/decompresia antetului (header-ului) de IP, cu avantajul că nu trebuie transmise în mod repetat aceleași date sau date secvențiale în header-ul de IP.

## 23.LTE. Arhitectura sistemului. Detaliați MME și S-GW

### A. MME

Nodul MME (Mobility Management Entity) este elementul principal de control în rețeaua EPC. În premisa operatorului de rețea, MME este un server care se află într-un loc securizat. MME funcționează numai pe Nivelul de Control (CP-Control Plane) și nu este implicat în calea de transmisie a datelor de Nivel Utilizator (UP-User Plane).

În continuare sunt descrise funcțiile principale ale MME-ului și configurația arhitecturii de sistem de bază:

- Autentificare și Securitate: Când un dispozitiv mobil UE se înregistrează în rețea prima dată
- Managementul Mobilității: MME-ul înregistrează și urmărește localizarea tuturor dispozitivelor mobile UE în aria lui de servire. Când un UE se înregistrează prima dată în rețea, MME-ul va crea o înregistrare pentru UE și va semnaliza HSS-ul din rețeaua de origine a UE-ului cu localizarea curentă a acestui dispozitiv mobil.
- Administrarea profilului și a conectivității la serviciu: în momentul în care UE se înregistrează în rețea, MME-ul este responsabil pentru a obține profilul de înregistrare al UE-ului de la rețeaua de origine. MME-ul va stoca această informație pentru durata de timp în care servește UE-ul corespunzător. Acest profil descrie ce tipuri de conexiuni PDN (Packet Data Network) pot fi alocate pentru UE în momentul atașării lui la rețea. MME-ul va instala în mod automat purtătoarea inițială (default bearer), care va asigura conectivitatea IP de bază.

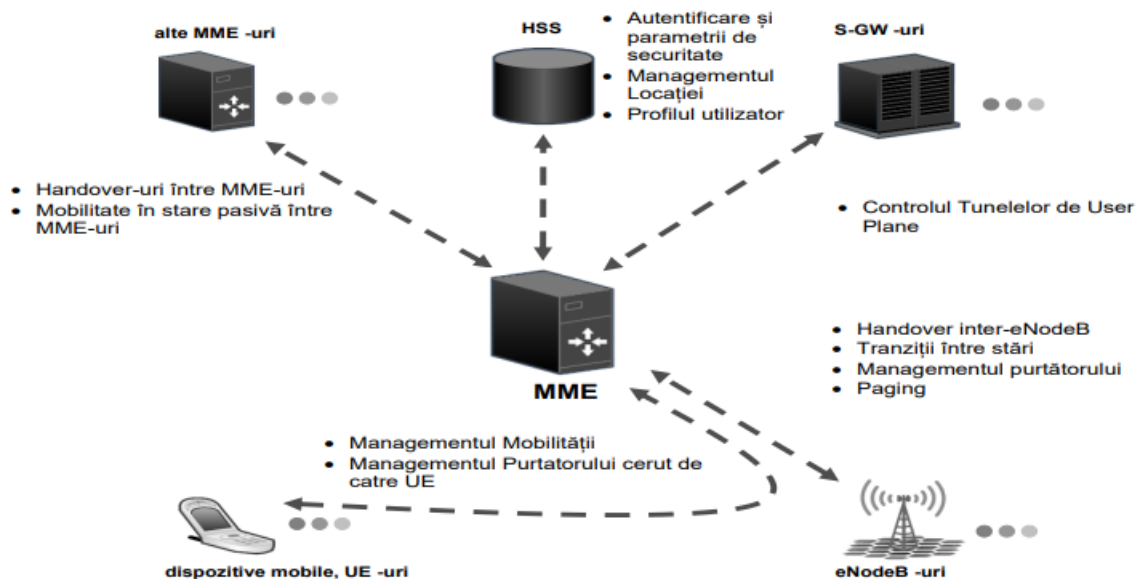


Fig. 4. Conexiunile MME-ului cu alte noduri logice și descrierea funcționalităților de bază

## B. S-GW

În configurația arhitecturii sistemului de bază, funcția de bază pentru S-GW o reprezintă managementul tunelului de UP (User Plane) și comutația. S-GW-ul face parte din infrastructura de rețea administrată central în premisa operatorului de rețea.

Atunci când pe interfața S5/S8 se folosește protocolul GTP, nodul S-GW va avea tunele pe toate interfețele lui de UP. Maparea între fluxurile de IP și tunelele GTP se face în P-GW, iar S-GW nu va trebui să fie conectat la PCRF. Tot controlul se face în legătură cu tunelele GTP, iar acest control poate veni ori de la MME ori de la P-GW. Când interfața S5/S8 folosește protocol PMIP, S-GW-ul va efectua maparea între fluxurile IP din S5/S8 și tunelele GTP din interfața S1-U, conectându-se și la PCRF ca să obțină informația de mapare.

S-GW-ul are un rol minor în partea de control. Este responsabil doar pentru resursele lui, pe care le alocă pe baza cererilor venite de la MME, P-GW sau PCRF, dar, în schimb, contribuie la activitățile de alocare, modificare și ștergere de purtătoare pentru UE. Dacă interfața S5/S8 este bazată pe PMIP, datele în această

interfață vor fi fluxuri de IP în tunele pentru fiecare UE, pe când dacă se folosește GTP pe interfața S5/S8, fiecare purtătoare va avea tunelul propriu de GTP.

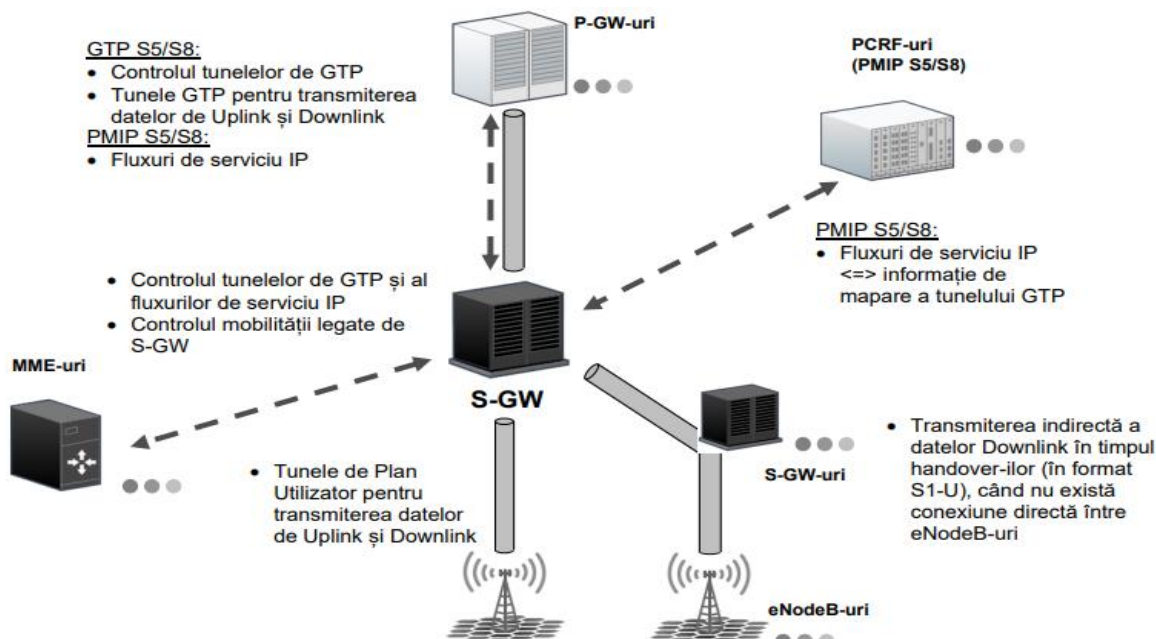


Fig. 5. Conexiunile S-GW-ului la alte noduri logice și descrierea funcțiilor de bază

## 24.5G. Care sunt cele trei categorii majore de cazuri de utilizare pentru 5G? Detaliați

Cea de-a cincea generație de rețele fără fir abordează evoluția dincolo de internetul mobil către IoT masiv (Internet of Things) începând cu 2019/2020. Evoluția principală comparativ cu 4G și 4.5G (LTE advanced) de astăzi este că, dincolo de îmbunătățirile de viteză a datelor, IoT și cazurile de utilizare critică a comunicațiilor vor necesita un nou nivel de performanță, îmbunătățit.

Există trei categorii majore de cazuri de utilizare pentru 5G:

### ***Massive machine to machine communications***

Internetul obiectelor (IoT), care implică conectarea a miliarde de dispozitive fără intervenție umană. Aceasta are potențialul de a revoluționa procese și aplicații industriale moderne, inclusiv agricultura, de fabricație și de comunicații de afaceri.

### ***Ultra-reliable low latency communications***

Misiune critică, inclusiv de control în timp real a dispozitivelor, robotică industrială, comunicații între vehicule și sisteme de siguranță, conducere autonomă și rețele de

transport mai sigure. Comunicațiile cu latență redusă, de asemenea, deschid o nouă lume în care sunt posibile îngrijiri medicale la distanță, proceduri și tratamente.

### ***Enhanced mobile broadband (eMBB)***

Oferă mult mai rapid date de viteză mare și o mai mare capacitate de menținere conectată a lumii. Noile aplicații vor include acces fix la internet wireless pentru case, aplicații de difuzare în aer liber, fără a fi nevoie de utilitate de difuzare, precum și o mai mare conectivitate pentru oamenii în mișcare.

## **25.5G. Structura radio. Care sunt factorii ce atenuează undele milimetrice?**

### **Detaliați.Ce înseamnă tehnologia MIMO și cum se aplică în 5G?**

Rețelele 5G sunt rețele digitale celulare, în care zona de servicii acoperită de furnizori este împărțită în mici zone geografice (celule). Semnalele analogice de interes pentru utilizator (payload) reprezentate de sunete, imagini și text sunt digitalizate în telefon, convertite de un convertor analogic în digital și transmise ca un flux de biți. Această tehnologie respectă principiile clasice ale unei rețele mobile celulare cunoscute, precum 4G. Antenele locale sunt conectate la rețeaua de telefonie și la internet printr-o conexiune de fibră optică cu bandă mare sau conexiune de backhaul (punct de acces în rețeaua backbone) wireless

Atenuarea undelor milimetrice este introdusă de următorii factori :

- Pierderea puterii semnalului în spațiul liber - (depinde de frecvența purtătoare și distanța la care are loc comunicația)
- Atenuarea atmosferică – (se datorează moleculelor de gaz din atmosferă ce absorb energia undei electromagnetice)
- Atenuarea introdusă de ploaie – rain fading (este cauzată de interacțiunea dintre picăturile de ploaie și unda propagată)
- Atenuarea datorată vegetației - (prezența vegetației între emițător și receptor ce adaugă atenuare suplimentară semnalului și poate afecta grav calitatea serviciilor)
- Atenuarea materialelor – (principala problema care nu poate fi controlată datorită arhitecturii urbane și a densității mari de construcții )
- Atenuare prin mecanismele de propagare – reflexia, refracția și împrăștierea sunt principalele variabile
- Efectul Doppler – datorita vitezei de deplasare a ME în spațiul geografic.



## ***MIMO***

Fiecare celulă va avea mai multe antene care comunică cu dispozitivul terminal (UE), astfel mai multe fluxuri de date vor fi transmise simultan, în paralel. Prin formarea fasciculului (beamforming), DSP-ul (computerul) stației de bază va calcula continuu cea mai bună rută pentru ca undele radio să ajungă la fiecare dispozitiv terminal și să organizeze mai multe antene pentru a lucra împreună ca și un cluster (antenna array) în fază pentru a crea fascicule de unde milimetrice. Noile terminale 5G au, de asemenea, capacitate 4G, deoarece noile rețele folosesc 4G pentru stabilirea inițială a conexiunii cu celula, precum și în locațiile în care accesul 5G nu este disponibil.

După cum s-a precizat mai sus, densitatea de terminale care poate fi suportată de 5G este de până la un milion de dispozitive pe kilometru pătrat, în timp ce 4G acceptă doar până la 100.000 de dispozitive pe kilometru pătrat. Așadar, prin intermediul tehnologiei 5G și noua versiune de protocol IPv6 putem extinde conectivitatea existentă a obiectelor.