

Universitatea „Politehnică ” București
Facultatea de Electronică , Telecomunicații și Tehnologia Informației

Rețele de Calculatoare

Temă : Sistemul de telefonie mobil
UMTS și HSPA

Vulpe Florian
Grupa 443A

1. Sistemul UMTS

1.1 Introducere

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) este un sistem de comunicație de generația a treia ce urmează după standardele GSM și GPRS. De când GSM a fost standardizat în anii 1980, s-a realizat un mare progres în multe domenii de telecomunicații. Acest progres a permis proiectanților de sisteme de telecomunicații de la sfârșitul anilor 1990 să proiecteze un nou sistem, care a mers mult dincolo de capacitățile de GSM și GPRS.

UMTS combină proprietățile rețelelor de voce "circuit-switched" cu proprietățile rețelor "packet-switched" și oferă o multitudine de noi posibilități în comparație cu sistemele anterioare. UMTS nu a fost definit de la zero și refolosește o mulțime din componentele GSM și GPRS. Prin urmare, acest capitol oferă o privire de ansamblu asupra avantajelor și îmbunătățirilor UMTS, comparativ cu predecesorii săi.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) este un sistem de telefonie mobilă 3G și face parte din familia IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) a standardelor de comunicații mobile de generația a treia. [1]

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

Sistemul UMTS reprezintă o evoluție în servicii și în viteza de transfer de la a doua generație la a treia generație (3G) și constituie o cale reală pentru dezvoltarea produselor și serviciilor multimedia. [1]

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

1.2 Arhitectura sistemului UMTS

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

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

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

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

Rețeaua de acces radio UTRAN îndeplinește mai multe categorii de funcții:
- funcții privind controlul accesului în sistem;

- funcții de criptare și de decriptare a informațiilor pe canalul radio;
- funcții de mobilitate;
- funcții legate de controlul și managementul resurselor radio;
- funcții legate de serviciile difuzate.

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

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

Interfața radio Uu reprezintă punctul de legătură dintre terminalul mobil (UE) și rețeaua UMTS.

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

Nivelul 2 sau nivelul legătură de date asigură servicii și funcționalități ca MAC, RLC, protocolul de convergență a datelor în pachete PDCP (Packet Data Convergence

Protocol) și controlul modurilor broadcast/multicast BMC (broadcast/multicast control). De observat că PDCP și BMC există numai în planul informațiilor de utilizator (U-plane information).

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

Nivelul 3 sau nivelul rețea asigură funcții pentru:

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

Arhitectura protocoalelor pe interfața radio, structurată pe trei nivele, este prezentată în figura 1 .

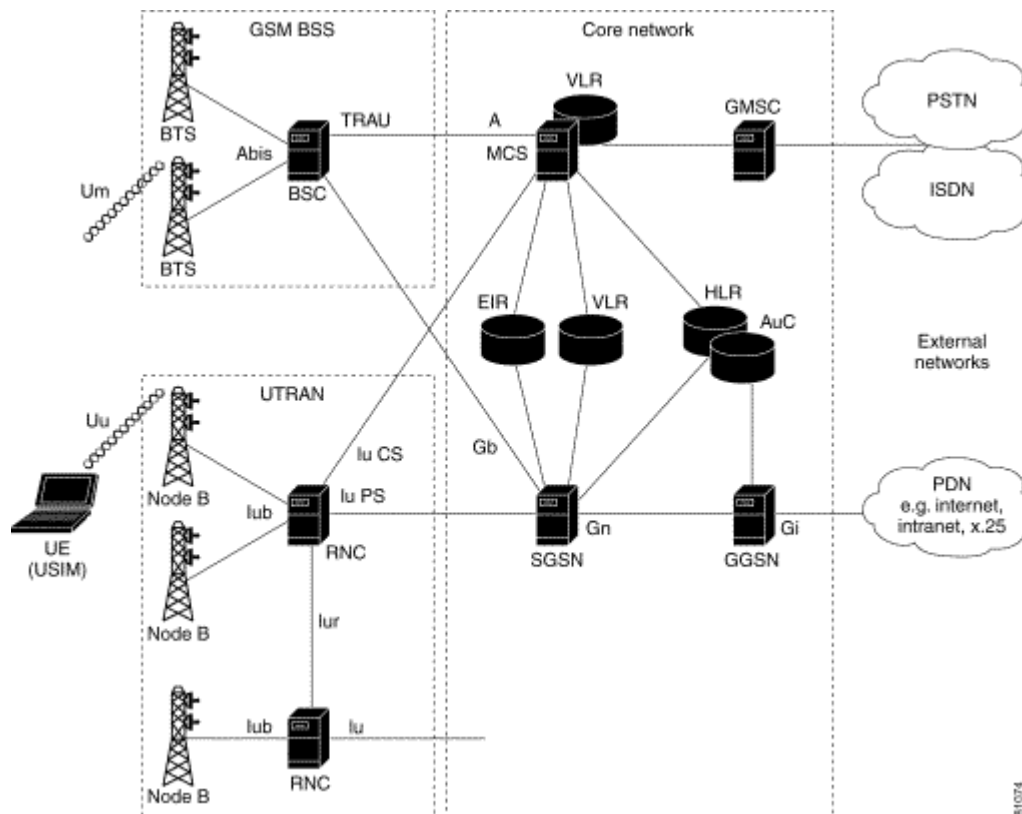


Figura 1 : Arhitectura unui sistem UMTS

1.3 Concepte noi UMTS

UMTS introduce o serie de noi funcționalități în comparație cu GSM și GPRS. Pe de altă parte, multe proprietăți, proceduri și metode de la GSM și GPRS, au fost păstrate. De aceea, acest capitol se concentrează pe noile funcționalități și schimbări pe care versiunea 99 a UMTS le-a introdus în comparație cu predecesorii săi. [1]

Un concept nou și important introdus de UMTS este Purtatoarea de Radio Acces (RAB – Radio Access Barrier) care este o descriere a canalului de transmisie între o rețea și un user. RAB (radio access barrier) este divizată în purtatoarea radio din air interface și purtatoarea Iu din rețeaua radio (UTRAN). Înainte ca datele să fie schimbate între un user și rețea este necesar să se stabilească o purtătoare de radio acces între ei. [1]

Acest canal este folosit atât pentru semnalizare cât și pentru transmiterea de date între user și rețea. O conexiune RAB se stabilește când se primește o cerere (request) de la MSC și SGSN. În contrast cu stabilirea unui canal în GSM, MSC și SGSN nu specifică proprietățile exacte ale canalului. În locul transmiterii proprietăților exacte ale canalului, stabilirea unei conexiuni RAB face o cerere pentru doar o descriere a proprietăților canalului de comunicație. Modul în care acele proprietăți sunt mapate cu conexiunea fizică ține doar de UTRAN. [1]

Următoarele proprietăți ale canalului de comunicație sunt specificate în RAB :

- clasa de serviciu (streaming, conversational, interactive sau background)
- viteza maximă
- viteza garantată
- întârzierea

- probabilitatea de eroare

UTRAN este apoi responsabil pentru stabilirea unei conexiuni RAB care corespunde descrierii .Proprietatile nu au doar impact asupra benzii conexiunii RAB stabilite cat si asupra unor parametri cum ar fi : schema de codare , comportamentul retelei in cazul in care exista un frame lipsa la diferite straturi ale stivei de protocele .UTRAN este liber sa stabileasca acesti parametri cum el crede de cuviinta .

Ca exemplu , pentru un apel vocal (clasa de serviciu – conversational) nu are mult sens sa se repete un frame pierdut . Pentru alte servicii cum ar fi web browsing , acest comportament (de repetare a unui frame pierdut) este folositor deoarece intarzierea este mai mica daca retransmisia unui frame pierdut se face in retea radio decat retransmisia end-to-end .

Scopul protocolului UMTS este de a separa functionalitatile retelei core de retea de acces cat de mult posibil cu scopul de a evolua independent cele 2 parti ale retelei in viitor . Deci , UMTS diferentiaza strict functionalitatiile stratului de acces AS (Access stratum) de functionalitatile stratului non – acces NAS (Non-Access Stratum) asa cum este evidentiat in figura 2.

Stratul AS contine toate functionalitatile care sunt asociate retelei radio , accesul si controlul conexiunilor active intre un user si retea radio . Controlul handover-ului de exemplu pentru care RNC este responsabil in UTRAN este o parte a stratului de acces .

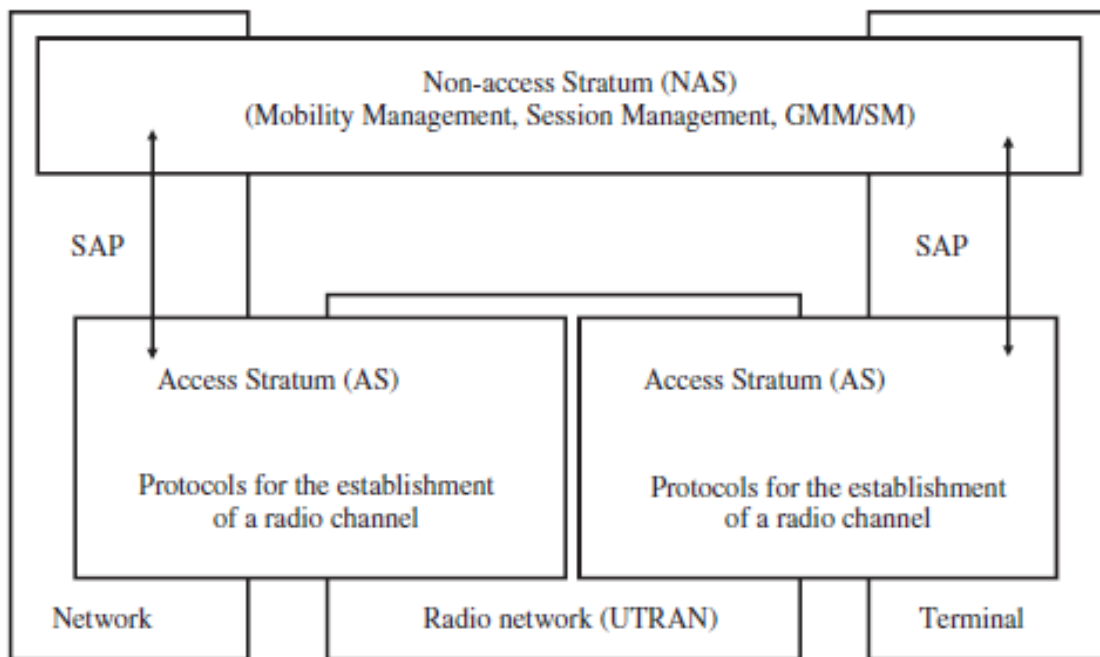


Figura 2 : Separatia protocelelor intre retea core si radio in stratul de acces si nonaces (AS , NAS)

Stratus NAS contine toate functionalitatile si protocoalele care sunt folosite direct intre un device mobil si reseaua core . Acestea nu au influenta directa asupra proprietatilor conexiunii RAB si asupra mentenantei acesteia .Mai mult protocoalele NAS sunt transparente retelei de acces . Functionalitati cum ar fi controlul apelului , mobilitatea si managementul de sesiuni care sunt controlate de MSC si SGSN sunt considerate functionalitati NAS .[1]

Din moment ce protocoalele NAS nu su influenta directa asupra conexiunilor RAB existente , este necesar ca protocoalele NAS cum ar fi controlul apelurilor , managementul sesiunilor sa faca o cerere pentru stabilirea unei conexiuni , modificarea sau terminarea unei purtatoare .Au fost definite trei servicii de access point (SAPs) intre NAS si AS :

- notification SAP
- SAP pentru control dedicat
- SAP pentru control general (ex : modificarea mesajelor de broadcast)

In retelele GSM datele sunt transferate intre noduri diferite ale retelei radio folosind trei protocoale diferite . Cele mai importante sarcini pe care cele trei protocoale le indeplinesc sunt de a impartii datele de intrare in frame-uri mai mici care pot fi trasferate prin aer . O descriere sumara a celor 3 protocoale este facuta mai jos :

- Date circuit-switched : TRAU converteste datele de voce codate PCM ce sunt primite de la MSC folosind diferite codec-uri : EFR , HR si AMR .Aceste codec-uri sunt folosite pentru a transmite date deoarece ele fac o compresie de date mult mai buna decat PCM . Inainte ca datele sa fie transmise prin aer , BTS mai face cateva codari suplimentare (este crescuta redundanta prin adaugarea detectiei de erori si bitilor de corectie)
- Date de semnalizare : Datele sunt transmise folosind protocolul LAPD care este deja cunoscut din lumea ISDN .
- User packet-switched si semnalizare de date pentru GPRS : In timp ce datele de la user si datele de semnalizare sunt separate in GSM , GPRS combina cele doua stream-uri de date intr-un singur protocol numit RLC/MAC .

In UMTS , aceste trei tipuri diferite de date sunt combinate intr-un singur protocol de nivel jos numit RLC/MAC .Numirea acestui protocol cu acelasi nume folosit in reseaua GPRS a fost intentionata . Ambele protocoale functioneaza in mare parte similar : impart pachete mari de date din niveluri superioare in bucati mai mici pentru transmisie .

O statie de baza GSM a fost initial conceputa pentru trafic de voce care necesita o capacitate de transmsie mica . Acesta este motivul pentru care statiile de baza GSM erau conectate in mod uzual la BSC prin conexiuni E1 de 2 Mbit/s.

In functie de numarul de frecventa purtatoare si sectoarele statiei de baza doar o fractiune din capacitatea conexiunii E1 este folosita . Sloturile de timp ramase din cei 64 kbit/s erau folosite pentru alte statii de baza . Mai mult capacitatea de

procesare a unei stații de baza GSM a fost proiectată pentru a suporta cerințe modeste de procesare a vocii decât transmisiuni de date la viteză înaltă .

În momentul în care UMTS a fost eliberat , implementarea existentă GPRS alocă resurse (sloturi de timp) în direcțiile de uplink și downlink către user doar în momentul în care este nevoie de acele resurse . Pentru ca resursele să fie alocate pe downlink , dispozitivul mobil trebuie să trimită o cerere către rețea. O consecință este o întârziere nedorită între 500 și 700 de milisecunde atunci când se vrea transmiterea de date . Resursele sunt alocate în downlink dacă trebuie să se trimită date de la rețeaua core la user . Deci este necesar să se aloce resurse înainte ca resursele să fie folosite de user cu o întârziere de 200 milisecunde .

Pentru a crește transmisia de date pe user , UMTS a crescut banda pe frecvență purtătoare de la 200 kHz la 5 Mhz . Această abordare a avut avantajele sale față de creșterea numărului de frecvențe purtătoare deoarece prețul de fabricație al unui telefon mobil ce folosește o singură frecvență este mult mai mic .

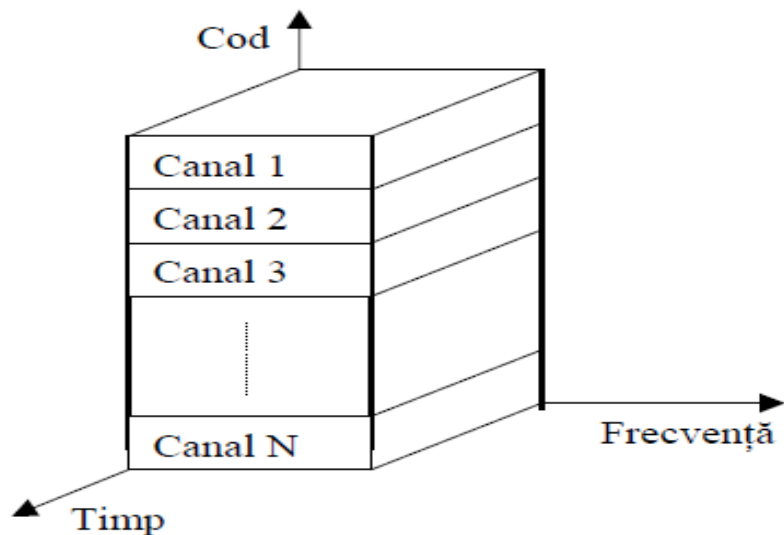
Cea mai mare îmbunătățire adusă UMTS a fost folosirea schemei de acces mediu . În locul folosirii metodei FDMA , UMTS a introdus multiplexarea de cod pentru a permite unei stații de baza să comunice cu mai mulți utilizatori în același timp . Această metodă este numită CDMA (Code division multiple access) .

În cazul protocoalelor CDMA, accesul multiplu este de tip neconcurențial, permițând transmisia simultană fără conflicte pentru mai mulți utilizatori. Dacă numărul utilizatorilor, care transmit simultan pe canal, depășește însă un anumit prag, atunci accesul devine concurențial. [3]

Spre deosebire de protocoalele cu divizare în frecvență și/sau timp, la protocoalele CDMA proprietățile de acces multiplu sunt obținute prin alocarea unui cod individual pentru fiecare utilizator. Acest cod este utilizat pentru a transforma semnalul utilizatorului într-un semnal de bandă largă, deci pentru a realiza o împrăștiere spectrală a puterii semnalului înainte de emisie. [4]

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

În sistemul de coordonate timp-frecvență-cod, alocarea canalelor CDMA poate fi reprezentată ca în figura :



Dintre caracteristicile sistemelor CDMA, cele mai importante sunt:

- toți utilizatorii unui sistem CDMA utilizează aceeași frecvență purtătoare și bandă de frecvențe simultan. Pentru realizarea duplexării se poate folosi atât tehnica FDD cât și cea TDD; [4]
- spre deosebire de TDMA și FDMA, sistemele CDMA au o limită soft a capacității. Prin creșterea numărului de utilizatori va crește valoarea nivelului de zgomot la recepție, ceea ce face ca performanțele sistemului să se degradeze pentru toți utilizatorii, pe măsură ce numărul acestora crește; [3]
- efectul fenomenului de fading datorat propagării pe căi multiple este redus substanțial datorită împrăștierii spectrale. Dacă banda ocupată de semnal este mai mare decât banda de coerență a semnalului, apare o diversitate în frecvența implicită, care va combate efectul fadingului selectiv în frecvență.
- rata datelor transmise pe canal este foarte ridicată în sistemele de tip CDMA, deci perioada datelor împrăștiate este foarte redusă, mult mai mică decât împrăștieria temporală a canalului. Cum secvențele de împrăștiere au o corelație foarte scăzută, replicile întârziate cu mai mult de un interval de chip apar ca zgomot la recepție. Pentru creșterea performanțelor se poate utiliza un receptor RAKE, care combină mai multe replici întârziate ale semnalului recepționat; [3]
- una din problemele ce pot apărea în sistemele de tip CDMA este aceea a bruiajului propriu, datorat faptului că secvențele de împrăștiere folosite nu sunt perfect ortogonale între ele; din această cauză, la decodarea unui anumit semnal vor apărea și anumite contribuții datorate altor utilizatori

2. HSPA (High Speed Downlink Packet Access)

2.1 Introducere

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) , HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) si HSPA (High Speed Packet Access) este HSDPA + HSUPA . Acest tip de retea este o evolutie a interfetei radio UMTS ce permite debite mari pentru utilizatori . Modificarile aduse acestei retele au fost implementate doar la nivelul UTRAN : NodeB , UE si RNC .

2.2 Îmbunătățiri aduse de HSPA

Reteaua HSDPA implica aducerea mai multor schimbari in UTRAN asigurand o mare flexibilitate la schimbarile conditiilor mediului de transmisie si cerintelor de QoS ale userilor .

Principalele schimbari aduse de HSDPA sunt :

- Intervalul de transmisie in HSDPA a fost redus la 2 ms pentru a putea realiza transferuri de date mai rapide in transmiterea blocurilor de date in comparatie cu intervalul minim de 10 ms din UTRA-FDD.
- Noi canale fizice si de transport : HS-PDSCH, HS-SCCH, HS-DPCCH
- Cele mai importante proprietati ale WCDMA , control de mare putere si factorul de raspandire variabil sunt inlocuite cu AMC (Adaptive Modulation and Coding) .

AMC foloseste operatii multi cod pentru a creste rata de transfer pentru un anumit user si adapteaza rata de cod la calitatea mediului de transmisie (air – interface) . In acest fel AMC este capabil sa imbunatateasca rata de transfer reala sau sa o pastreze constanta chiar daca calitatea canalului de downlink se deterioreaza intre transferuri ulterioare .

- mecanisme de adaptare a legăturii (link adaptation) în downlink
- retransmisii de tip ARQ hibride ce au loc între Node B și UE
- mecanisme de ordonare a transmiterii pachetelor la nivel NodeB
- transmisii pe canale partajate între mai mulți utilizatori
- debit maxim teoretic de 14.4 Mbit/s

Stiva protocoalelor de transmisiune HSDPA pe interfata radio este urmatoarea :

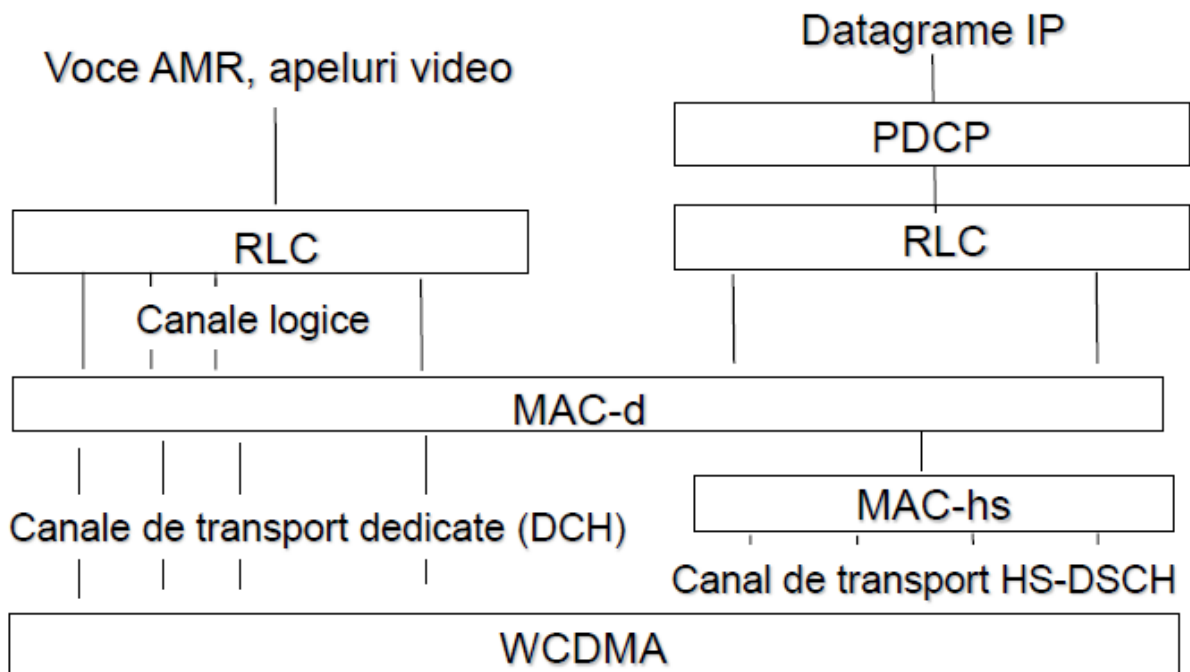


Figura 3 : Stiva protocoalelor de transmisiune HSDPA pe interfata radio

MAC-hs (Medium Access Control – High-Speed) inglobeaza majoritatea functiilor specifice HSDPA implementate la nivel le NodeB si UE. Controlul MAC -hs se face in planul de semnalizari prin protocolul RRC similar cu mecanismul WCDMA . [6]

Funcțiile implementate:

- politici de ordonare a transmiterii pachetelor pe un număr de maxim 15 canale fizice partajate între mai mulți utilizatori
- mecanisme HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request)
- mecanisme de adaptare a legăturii prin modificarea adaptivă a tipului de modulație și de codare a canalului
- pentru fiecare stație mobilă implicată în transfer HSDPA MAC-hs selectează un singur format de transport pentru transmisia pe HS-DSCH . [6]

Ordonare transmisii downlink (scheduling)

Ordonarea transmisiei este implementata în HSDPA la nivel NodeB pentru a permite stabilirea ordinii de transmitere a pachetelor către utilizatori ce utilizează același canal partajat; scop : optimizarea utilizării resurselor radio . [6]

Conceptual se utilizează 2 tipuri de mecanisme de ordonare:

Round robin – același canal partajat va aloca resurse fizice în mod ciclic pentru toți utilizatorii ce efectuează transmisiile HSDPA; condițiile radio sunt ignorate

Maximum throughput - pentru un interval de timp dat de TTI resursele radio vor fi alocate utilizatorului al cărui canal de transmisiune prezintă cele mai bune condiții de propagare - condițiile de propagare radio sunt furnizate de către stațiile mobile implicate în transfer HSDPA prin rapoarte cu măsurători , parametrul măsurat fiind CQI – Channel Quality Indication; modul de calcul este indicat în standard și indică

sub formă tabelată indexată resursele fizice ce pot fi utilizate pentru transmisie [6]

Mecanisme de adaptare a legăturii

Concept utilizat în contextul evoluției GSM -> GPRS -> EDGE - constă în modificarea schemei de codare și/sau a tipului de modulație funcție de condițiile curente de transmisie radio -dacă condițiile radio o permit, transmisiile, au loc cu o rată de codare $R=1$ folosind modulații de ordin superior, de tip 16QAM - pentru condiții radio mai puțin favorabile rata de codare este mai mică ($1/2, 1/3...$) iar modulația folosită este QPSK - decizia de modificare a ratei de codare și a tipului de modulație este luată de către rețea .

O stație mobilă compatibilă HSDPA poate utiliza 1-15 coduri de împrăștiere în paralel cu factor de împrăștiere fix $SF=16$.

Retransmisii hibride HARQ (Hybrid ARQ)

Conceptual, mecanismele de control al erorilor pot fi clasificate după cum urmează: **FEC- Forward Error Correction** – presupun utilizarea de coduri corectoare de erori de o anumită rată de codare **ARQ – Automatic Repeat Request** – presupun utilizarea de câmpuri de control de tip CRC (Cyclic Redundancy Check) sau FCS (Frame Check Sequence) pentru detecția erorilor și retransmisii pentru pachetele la care câmpul CRC nu se verifică .

Sistemele hibride HARQ (Hybrid ARQ) utilizează atât tehnici de tip ARQ cât și FEC. Mecanismele de tip ARQ sunt folosite pentru detecția erorilor și modificarea adaptivă a ratei de codare asociată unui cod de tip FEC; pornind de la un cod cu redundanță mică aceasta poate fi crescută progresiv dacă pachetele nu sunt confirmate (redundanță incrementală) .

H-ARQ de tip III – presupune retransmisia unei copii 1:1 a pachetului transmis anterior și utilizarea unei decodări de tip soft la recepție (Chase combining) . [6]

Mecanismul de retransmitere utilizat de HSDPA este de tip Stop and Wait (SAW). Un nou pachet este transmis doar la recepția unei confirmări pozitive pentru pachetul anterior . Pentru utilizarea eficientă a resurselor radio HSDPA permite implementarea de procese HARQ paralele adică transmiterea de N pachete către UE fără a aștepta confirmări pentru transmiterea pachetului următor pe intervalul TTI următor – N -channel SAW .[6]

care sunt capabili sa faca distinctia intre zgomotul creat de statiile de baza vecine ce transmit la aceasi frecventa si semnalul receptionat de la statiile de baza se deservesc dispozitivul .[1]

Intarzierea cauzata de o retea de tip EDGE are un impact considerabil asupra experientei de web browsing . Independent de tehnologia de transmisie mai apar alte intarzieri din mai multe motive :

- Url-ul trebuie sa fie convertit intr-o adresa IP a serverului pe care este pagina ceruta . Acest lucru este facut printr-o cerere DNS care cauzeaza o intarziere ce se numeste RTD time .
- Odata ce adresa IP a serverului a fost determinata , browserul web trebuie sa stabileasca o conexiune TCP . Acest lucru este facut folosind three-way handshake . Momentul in care se trimite primul frame continand date imediat dupa ce frame-ul de acknowledgement a fost primit dureaza aproximativ un RTD time .
- Dupa ce conexiunea TCP s-a stabilit pot fi trimise frame-uri catre web server ce contin web page request . Serverul analizeaza cererea de pagina web si trimite inapoi frame-ul de inceput al paginii web .

Presupunand ca un timp mediu RTD este de 300 milisecunde pentru Cell-FACH si 75 milisecunde pentru Cell_DCH , timpul necesar intre a cere o pagina si afisarea de catre browserul web a primelor parti din pagina se poate calcula astfel :

$$\begin{aligned} & \text{Intarzierea totala este} \\ & = \text{Delay cerere DNS (Cell-FACH) +} \\ & \quad \text{Delay TCP Established (Cell- DCH/FACH) +} \\ & \quad \text{Delay Request / Response} \\ & = 300 \text{ ms} + 70 \text{ ms} + 100 \text{ ms} = 470 \text{ ms} \end{aligned}$$

Bibliografie :

[1] - „From GSM to LTE” - Martin Sauter

[2] Tektronix, “UMTS Protocols and Protocol Testing”,
<http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/umts.pdf>

[3] - “Digital Multiple Access Techniques”

http://www.seas.upenn.edu/~tcom510/AdobeFiles_pdf/ch2.2.pdf

[4] ***, “Multiple Access Techniques For Wireless Communications”,
<http://www.ecs.csus.edu/eee/courses/notes/chapter8.pdf>

[5] [http://www.msqe.ase.ro/Documente/retelemobile\(2\).pdf](http://www.msqe.ase.ro/Documente/retelemobile(2).pdf)

[6] Curs Sisteme de comunicatii mobile , Universitatea Tehnica Cluj-Napoca