



UNIVERSITATEA TEHNICĂ CLUJ-NAPOCA

DEPARTAMENTUL ELECTROTEHNICĂ ȘI MĂSURĂRI

Cursul 3 CONEXIUNI xDSL

Introducere curs	În acest curs sunt prezentate aspecte și noțiuni legate de DSL, cu detalierea tehnologiei ADSL.
Obiective curs	• Introducere în problematica DSL; • Definirea ADSL și prezentarea tehnologiei ADSL; • Relația dintre ADSL și protocoalele nivelelor superioare; • Variante ale tehnologiei DSL.
Durată medie de studiu individual	Durata medie de studiu individual: 100 minute. Acest interval de timp presupune parcurgerea conținutului cursului și rezolvarea testelor de autoevaluare

Cuprins:

3.1. Introducere.....	1
3.2. ADSL - Linia digitală asimetrică.....	2
3.3. Caracteristicile principale ale ADSL.....	2
3.4. Principiul tehnologiei ADSL.....	4
3.5. Multiplexarea canalelor.....	4
3.6. Modulația semnalelor.....	6
3.7. Comparatie între modulația CAP și DMT.....	7
3.8. Formatul cadrelor.....	8
3.9. Relația dintre ADSL și protocoalele nivelelor superioare.....	9
3.10. Variante ale tehnologiei DSL.....	10
TESTE DE AUTOEVALUARE	13
RĂSPUNSURI	14
Bibliografie.....	14

3.1. Introducere

Tehnologia **DSL** (*Digital Subscriber Line* – linie digitală de abonat) a fost concepută pentru a permite transferul datelor prin liniile telefonice existente (perechi de fire răsucite), cu o rată mult mai mare decât permit modemurile analogice. Pentru aceasta, se folosesc doar conexiunile dintre centrală și terminalul telefonic, numită „bucă locală” (*local loop*), la capetele căreia se conectează echipamentele de comunicație specifice (DCE - modemuri DSL) [3].

Aplicațiile inițiale, pentru care a fost concepută tehnologia, au fost cele din domeniul multimedia (tele și video conferințe), dar în acest moment tehnologia se poate folosi și pentru alte tipuri de date, cum sunt cele transferate în rețelele de calculatoare.

Termenul generic **xDSL** acoperă mai multe variante asemănătoare, de exemplu: **ADSL**, **SDSL**, **HDSL**, **HDSL-2**, **G.SDSL**, **IDSL** și **VDSL**, care se diferențiază prin modul de implementare a serviciilor, dependent de opțiunile furnizorului și de parametrii circuitelor telefonice.

xDSL sunt servicii dedicate realizării unor conexiuni „**punct-la-punct**”, prin perechi de fire răsucite, între rețele private, sau între acestea și o rețea publică. Utilizarea lor este mai eficientă în

cazul conexiunilor scurte (*local loop* - bucla locală) dintre client (*customer*) și furnizorul de servicii (NSP - *Network Service Provider*), sau în cazul legăturilor realizate între mai multe tronsoane de rețea (*LAN*) aflate în clădiri apropiate.

Deoarece versiunea **ADSL** este cea mai des folosită, aceasta va fi prezentată pe larg în cadrul acestui curs.

3.2. ADSL - Linia digitală asimetrică.

Asimetria tehnologiei se referă la capacitatea liniei de a asigura transferul datelor de la furnizorul de servicii spre client (*downstream*) cu o rată mai mare decât în sens invers (*upstream*) [2, 3, 4, 5].

Această asimetrie se bazează pe faptul că, în cele mai multe situații, clienții descarcă un volum mai mare de date, de la furnizorul de servicii, decât trimite spre acesta. Soluția se dovedește a fi ideală pentru conectarea la Internet, accesul la video-conferințe sau accesul permanent al unor clienți, aflați la distanță, la o rețea locală (*LAN*).

Capacitatea tehnologiei permite transferul datelor, spre abonat (*upstream*), cu o rată mai mare (de până la 6 Mbps) și mai mult de 640 kbps în ambele sensuri, așa cum se poate vedea în **figura 3.1**. Se observă că rata cu care se pot transfera date, cu ajutorul acestei tehnologii, este mai mare de cel puțin 10 ori decât cea a unui modem analogic, în cazul utilizării aceleiași linii telefonice [2, 3, 4, 5].

O rețea **ADSL** este compusă din circuitul telefonic și echipamentele terminale, ale clientului (modemuri, telefoane și terminalele de date) **CPE** (*Customer Premises Equipment*), ca în **figura 3.1**.

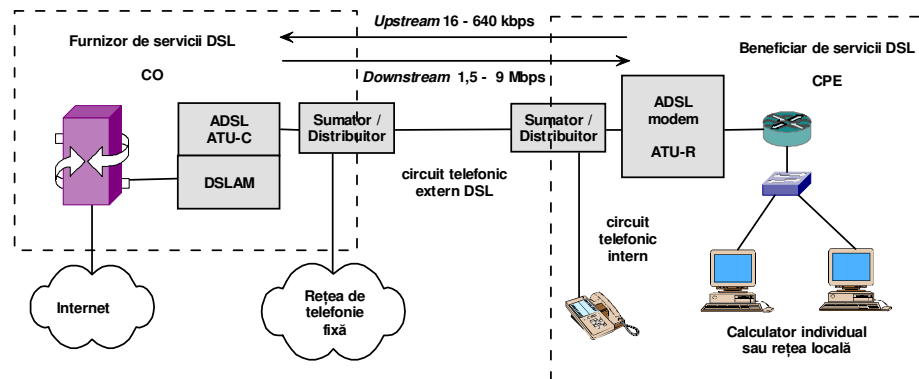


Fig. 3.1. Componentele rețelei ADSL, linia telefonică și CPE

ADSL este o tehnologie care va marca un salt în dezvoltarea accesului la rețele publice sau private, prin extinderea performanțelor de transmisie, prin linii telefonice, a datelor.

3.3. Caracteristicile principale ale ADSL.

Un circuit ADSL este format din câte un **modem** așezat la fiecare capăt al liniei telefonice (perechi de fire răsucite), unul la sediul furnizorului de servicii numit **ATU-C** (*ADSL Transceiver Unit - Central Office*), iar celălalt la sediul beneficiarului, numit **ATU-R** (*ADSL Transceiver Unit - Remote*). Transferul datelor dinspre furnizorul de servicii spre clienți se face prin intermediul unui echipament de acces prin multiplexare și agregare numit **DSLAM** (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).

Acestea asigură trei canale de date, un canal cu rată mare pentru transferul datelor dinspre furnizor spre client (*downstream*), un canal bidirecțional (**duplex – control și upstream**) cu rată medie și un canal pentru un serviciu de telefonie (voce). Acesta din urmă este separat, prin filtrare, de canalele folosite la transferul digital al datelor, ceea ce asigură accesul permanent la sistemul de telefonie, indiferent de starea, sau de utilizarea canalelor digitale.

Canalele digitale au rate de transfer cuprinse între **1,5** și **9 Mbps**, pentru canalul *downstream* și între **16** și **640 kbps** pentru canalul *duplex upstream*. Canalele digitale pot fi împărțite prin multiplexare în mai multe canale distincte de viteză mai mică.

Modemurile ADSL asigură transfer de date compatibile cu normele nord-americane **T1** (1,544 Mbps) și europene **E1** (2,048 Mbps) și pot asigura diferite domenii ale ratelor de transfer, așa cum se poate vedea în **tabelul 3.1**. Configurația minimă asigură o rată de transfer, între furnizorul de servicii și client (*downstream*), de **1,5** sau **2 Mbps** și **16 kbps** pentru canalul bidirecțional (*duplex*).

La ora actuală se pot achiziționa echipamente capabile să transfere date spre client cu rate de până la **8 Mbps** și de până la **640 kbps** prin canalul bidirecțional și *upstream*.

Modemurile ADSL permit adaptarea și transferul datelor formate atât pentru protocoale cu lungime fixă a pachetelor, așa cum este standardul **ATM**, cât și pentru protocoale cu lungime variabilă a pachetelor, cum este cazul protocolului **IP** [3].

Tabelul 3.1

Rate de transfer ADSL pentru canalele <i>downstream</i> și <i>duplex</i>	
Canal purtător <i>Downstream</i>	
n x 24 x 64kbps (norma T1)	1,536 Mbps, 3,072 Mbps, 4,608 Mbps, 6,144 Mbps
n x 32 x 64kbps (norma E1)	2,048 Mbps, 4,096 Mbps
Canal purtător <i>Duplex</i>	
Canale C	16 kbps, 64 kbps
Canale opționale	160 kbps, 384 kbps, 544 kbps, 576 kbps

Rata de transfer depinde de mai mulți factori, între care cei mai importanți sunt: lungimea conductoarelor (distanța dintre furnizorul de servicii și client), rezistența specifică, diametrul firelor, pasul de răsucire, numărul de puncte de joncțiune sau de înădărire. Prezența interferențelor reciproce cu alte circuite, ca de exemplu cele de alimentare poate să aibă, de asemenea, o influență majoră [3].

De exemplu, atenuarea semnalului este cu atât mai mare cu cât lungimea firelor și frecvența semnalului sunt mai mari, dar scade cu creșterea diametrului firelor. Lăsând la o parte numărul de puncte de înădărire și pasul de răsucire, în **tabelul 3.2** se poate vedea modul în care este influențată rata de transfer în funcție de parametrii mai sus amintiți.

Tabelul 3.2

Cerințele tehnologiei ADSL în funcție de caracteristicile mediului de transmisie			
Rata de transfer (Mbps)	Rezistența specifică (Ω/km)	Grosimea firelor (mm)	Distanța (m)
1.5 sau 2	84,16	0,510	5500
1.5 sau 2	133,82	0,405	4575
6.1	84,16	0,510	3660
6.1	133,82	0,405	2750

Aceste caracteristici pot să difere puțin, în funcție de rețea sau calitatea conductoarelor, valorile lor fiind doar orientative. În cazul în care trebuie conectați clienți, la distanțe mai mari decât cele prevăzute în tabel, trebuie să se opteze pentru alte medii de transmisie, de exemplu fibra optică.

Cele mai multe aplicații concepute să utilizeze ADSL (tele și video conferințe, filme etc.) sunt aplicații care necesită legături "în timp real". Acestea nu pot utiliza legături de date care asigură controlul erorilor la nivelul **OSI 3** (rețea) sau 4 (transport).

Aceste procedee, des întâlnite în cazul transmisiilor de date, reduc mult din viteză și generează posibile întreruperi, a căror perioadă este greu de estimat și controlat. De aceea modemurile ADSL utilizează tehnici specifice de **control și corecție a erorilor** datorate zgomotelor de linie.

Aceste mecanisme, specifice tehnologiei xDSL, reduc riscul de apariție a erorilor la nivelul fizic, motiv pentru care, din acest punct de vedere, sarcina nivelelor superioare este mult ușurată.

3.4. Principiul tehnologiei ADSL.

Tehnologia **ADSL** este bazată pe tehnici complexe de procesare numerică a semnalelor și algoritmi ingenioși de compresie a informației. La acestea se adaugă soluții performante de realizare a circuitelor de adaptare a semnalelor, a filtrelor și a convertoarelor **A/D** și **D/A**.

Liniile telefonice lungi pot atenua semnalele cu până la **90 dB** pentru frecvențe de ordinul **1 MHz**, ceea ce presupune adaptarea circuitelor analogice la o bandă largă de dinamică a semnalului, să permită separarea în bune condiții a canalelor și să mențină zgomotele la un nivel scăzut. Aceasta face ca echipamentele **ADSL**, cu toate că au aparența de a îndeplini o funcție simplă de **transfer sincron a datelor**, să fie în realitate foarte complexe pe dinăuntru! În **figura 3.2** se poate vedea structura internă a unui astfel de transceiver de rețea [2, 4, 5].

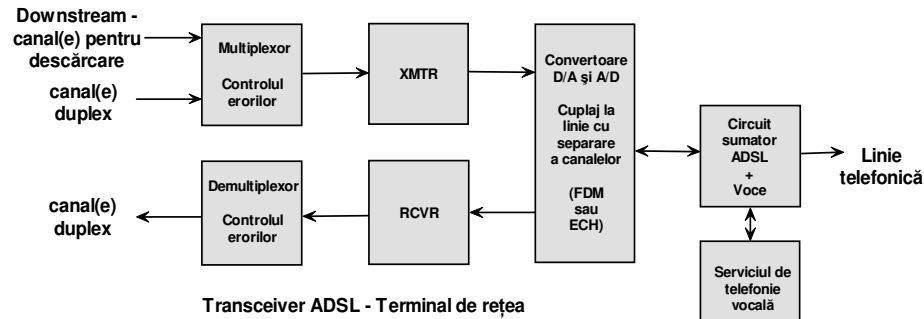


Fig. 3.2. Schema bloc a unui transceiver de rețea ADSL.

Semnificațiile noțiunilor reprezentate în **figura 3.2.** sunt următoarele:

XMTR – Emițător;

RCVR – Receptor;

FDM – (*Frequency Division Multiplexing*);

ECH – (*Echo Cancellation*), compensarea ecoului.

3.5. Multiplexarea canalelor.

Pentru a opera cu mai multe canale, modemurile ADSL împart banda de frecvențe, alocată unui circuit telefonic, în una sau două căi prin utilizarea uneia dintre următoarele metode [2, 3]:

- **FDM** (*Frequency Division Multiplexing*) multiplexarea în frecvență a celor **trei căi** - **voce, upstream** și **downstream**;
- **DMT** (*Discrete Multi Tones*) împărțirea în canale succesive egale, cu lățimea de **4.3125 kHz**.

FDM

Multiplexarea în frecvență permite alocarea unei benzi pentru transferul datelor **dinspre client spre furnizor (upstream)**, a doua pentru transferul datelor **dinspre furnizor spre client (downstream)** și a treia, în partea de jos a benzii alocate, de la **0 la 4 kHz**, pentru transmisia semnalelor standard de **telefonie (figura 3.3)**.

Pentru transmisia prin canalele de date, se folosește câte o purtătoare, așezată în centrul fiecărei benzi. Calea *downstream* este apoi divizată prin multiplexare în timp (**TDM** - Time Division Multiplexing) în unul sau mai multe canale de viteză mare și în unul sau mai multe canale de viteză mică. Calea *upstream* poate fi de asemenea împărțită în unul sau mai multe canale de viteză mică.

Această metodă a fost folosită la versiunile de început ale tehnologiei, în prezent, locul acesteia a fost luat de metoda **DMT** [2, 4, 5].

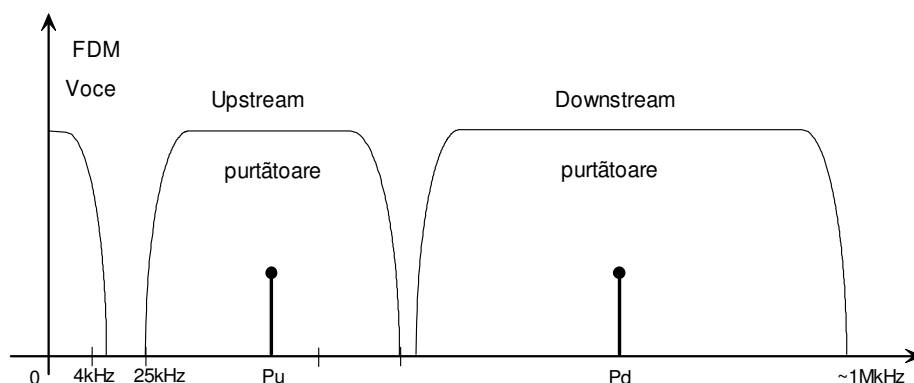


Fig. 3.3. Multiplexarea în frecvență - FDM, a canalelor.

În cazul în care sistemul utilizează mecanisme digitale performante de eliminare a ecoului, banda corespunzătoare canalului *upstream* se suprapune peste cea *downstream*, așa cum se poate vedea în **figura 3.4**.

Această tehnică a fost folosită și la modemurile analogice construite pentru standardul V32 și V34 (standarde **ITU-T** care permit transmiterea datelor pe linii seriale cu viteze cuprinse între 4,8 și 9,6 kbps pentru V32, 14,4 kbps pentru V32bis și 28,8 kbps pentru V34). Tehnologia ADSL, prin rata de transfer superioară celei oferite de modemurile analogice, este pe cale să le elimine de pe piață, pe acestea din urmă. Acest lucru este posibil mai ales acolo unde furnizorul serviciilor de telefonie și cel al serviciilor de date, este același.

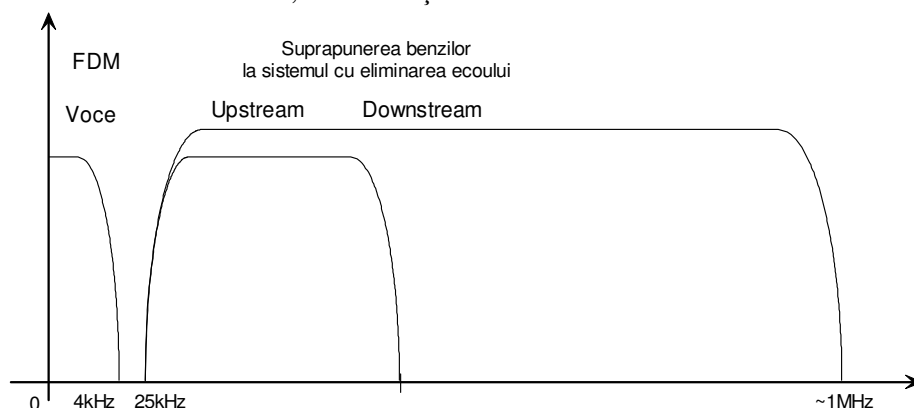


Fig. 3.4. Sistem cu FDM și reducerea ecoului.

DMT (*Discrete Multi Tones*) este o tehnică de multiplexare, a transferului de date, prin împărțirea benzii alocate în canale succesive egale, cu lățimea de **4.3125 kHz**, așa cum se poate vedea în **figura 3.5**.

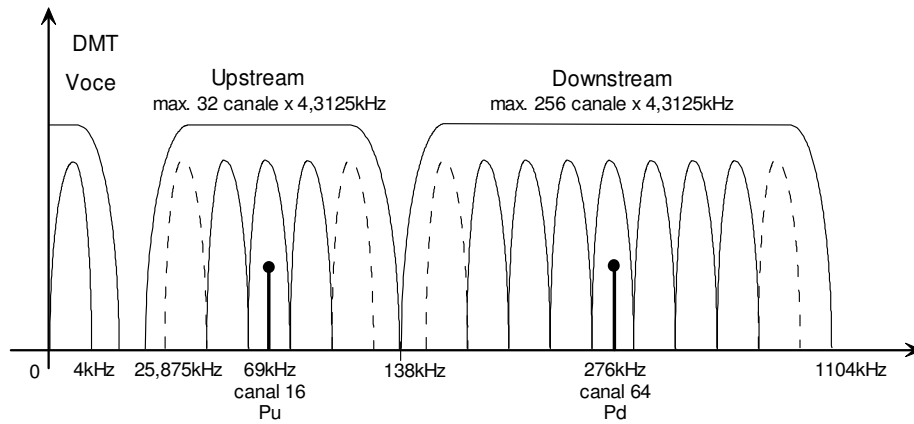


Fig. 3.5. Împărțirea benzilor frecvențelor purtătoare la metoda de modulație discretă multitonă DMT.

Numărul de canale este variabil, pentru configurația standard fiind de **256**, pentru ambele sensuri și voce. Canalul **0** este alocat pentru transferul de voce, canalele de la **1** la **5** (adică intervalul cuprins între **4,3125 – 25,875 kHz**) sunt rezervate pentru aplicații speciale (de exemplu ISDN), de la **6** la **31** corespund căii *upstream* (**25,875 – 138 kHz**), iar de la **32** până la **255** (**138 – 1104 kHz**) căii *downstream*. Două canale, **16** pentru *upstream* și **64** pentru *downstream*, se folosesc pentru transmiterea unor semnale referință de fază și amplitudine, utilizate la recepție pentru sincronizarea demodulatorilor [2].

3.6. Modulația semnalelor.

Tehnologia **ADSL** folosește pentru modularea semnalelor două metode [2, 4, 5]:

CAP – (*Carrierless Amplitude and Phase*), modulația în amplitudine și fază cu purtătoare suprimată, folosită în cazul utilizării **FDM**. **CAP** este o variantă particulară de **QAM** la care se elimină prin filtrare cele două purtătoare, soluție folosită, tot mai rar, în ultimul timp;

QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), modulația în cuadratură, de amplitudine și fază, în cazul utilizării multiplexării discrete multitonale a canalelor **DMT**. **QAM** numită și modulație **I&Q**, se obține prin combinarea a două semnale sinusoidale, de aceeași frecvență, dar decalate cu 90° (quadratură - un sfert de perioadă), modulate separat cu un set de informații obținute de la un circuit de codare [1].

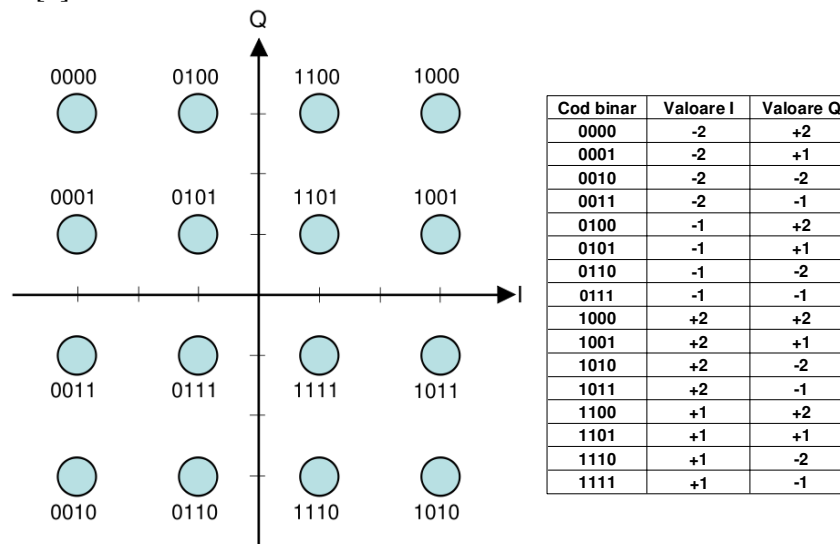


Fig. 3.6. Constelația simbolurilor pentru 16QAM și semnificația codului binar (4 biți).

Datele sunt reprezentate prin diferite valori de amplitudine și fază, numite **simboluri**, obținute prin însumarea fazorială a celor două semnale **I** și **Q** care se transmit într-o singură perioadă a semnalului modulat, așa cum se poate vedea în **figura 3.6**.

La destinație, semnalul recepționat este demodulat sincron, utilizând o referință de fază, transmisă paralel cu semnalul modulat, obținându-se semnalele originale **I** și **Q**. Din acestea, printr-un proces invers codării inițiale se extrage informația numerică reprezentată prin cuvântul binar inițial.

Pentru realizarea acestor funcții, s-au conceput circuite complexe și cu performanțe ridicate, de conversie și procesare numerică a semnalelor analogice. Utilizarea funcțiilor bazate pe transformări Fourier rapide, permite conceperea unor sisteme de transmisie, așa cum se poate vedea în **figura 3.7**.

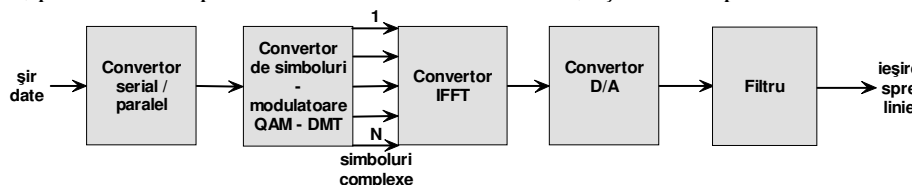


Fig. 3.7. Circuit folosit în sistemele ADSL pentru conversia șirurilor de date și transmisia semnalelor modulate.

La recepție, informația suferă un proces invers de amplificare selectivă adaptivă și demodulare, realizat cu ajutorul unor circuite de procesare numerică.

3.7. Comparație între modulația CAP și DMT.

CAP și **DMT** sunt metode de modulare a semnalelor, transmise în bucla locală, de-a lungul liniilor telefonice (de cupru) care asigură legătura dintre centrale și clienți. Modulația în amplitudine și fază cu purtătoare suprimată (CAP), la care purtătoarea nu se transmite în semnal (dar se transmite un semnal de referință numit *pilot*, prezent în mijlocul fiecărei benzi, *upstream* și *downstream*), așa cum se poate vedea în **figura 3.3**.

CAP este o tehnică uzuală în telecomunicații, alături de modulația de amplitudine în cuadratură (la care purtătoarea este prezentă în semnalul transmis). Deși acest tip de modulație este ușor de aplicat fiind caracterizată de o singură purtătoare, este folosită pe scară redusă, datorită faptului că este sensibilă la interferențe, datorită benzii largi utilizate [2, 3, 4].

Metoda de modulație discretă multi-tonuri (**DMT**) folosește multiple canale purtătoare, cu bandă îngustă, ceea ce îi oferă o capacitate de transmisie cu viteză mai mare, decât în cazul precedent. Astfel, standardul **ANSI T1.413** prevede pentru canalul *downstream* **256** purtătoare cu lățimea de bandă de **4,3125 kHz** fiecare, ceea ce înseamnă o bandă totală de **1104 kHz**, așa cum se poate vedea în **figura 3.4**. Fiecare purtătoare este modulată în amplitudine și cuadratură, prin metoda **QAM-64** (64 de nivele și valori de fază distincte transmise printr-un simbol, adică într-o perioadă a semnalului) ceea ce permite transmiterea a **6 biți** ($64 = 2^6$) într-o perioadă, adică **256 x 4.000 Hz x 6 biți = 6.144.000 bps** (6,144 Mbps). Canalul invers (*upstream*) folosește până la **32** de purtătoare (benzi de **4,3125 kHz**) modulate cu aceeași metodă **QAM-64**, ceea ce permite o rată de transfer de **32 x 4.000 Hz x 6 biți = 768.000 bps** (768 kbps). Uneori se poate întâlni și varianta cu **64** de frecvențe purtătoare, ceea ce permite transferul a **1,536 Mbps**.

Se observă de aici că este mai avantajoasă utilizarea modulației cu mai multe purtătoare de bandă îngustă (**DMT**) în locul modulației unei singure purtătoare (**CAP**), cu o bandă de transmisie largă. Aceasta implică însă utilizarea unor echipamente cu structură foarte complexă. Acestea trebuie să aibă în structura lor circuite de adaptare a nivelului de semnal, pentru fiecare purtătoare în parte (*Adaptive Equalisations*), care să corecteze amplitudinea și erorile de fază. Aceste circuite își adaptează criteriile de corecție în funcție de caracteristicile liniei, prin transmiterea de semnale de probă și analizarea răspunsului. Astfel, pentru ca amplificatoarele să asigure o caracteristică de frecvență plată, este nevoie de o gamă dinamică de amplificare de minim **50 dB**, acest lucru fiind posibil doar prin procesarea digitală a semnalelor.

Egalizarea adaptivă este necesară doar pentru semnalele modulate în amplitudine și fază cu

purătoarea suprimată (**CAP**), în cazul modulației discrete multitonale (**DMT**) erorile de amplitudine și fază sunt mici în cadrul unei benzi cu lățimea de **4 kHz**. În schimb, semnalele modulate **DMT** necesită multe procese de calcul, folosind funcții complexe bazate pe transformate Fourier, directe și inverse.

Puterea consumată.

Modulația discretă multitonală, față de modulația în amplitudine cu purătoare suprimată, are un consum energetic mult mai mare, datorat multiplexelor frecvențe purătoare și a interferențelor dintre ele. Pe de altă parte, consumul echipamentelor de transmisie și procesare a semnalelor este mare, datorită complexității acestora, un singur receptor poate depăși 5W. Consumul de energie electrică nu este în sine un neajuns foarte mare, cu toate că într-un centru de comunicații pot exista sute sau mii de astfel de echipamente. În această situație, disipația termică poate fi o problemă greu de rezolvat, densitatea circuitelor într-un **DSLAM** (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) fiind foarte mare. În cazul echipamentelor care procesează semnalele modulate prin metoda **CAP**, aceasta este mult mai mică [3].

Întârzierea.

Pentru modulația **DMT** întârzierile sunt mai mari, deoarece fiecare canal trebuie gestionat separat.

Rata de transfer.

Modulația discretă multitonală permite o rată de transfer mai mare decât modulația în amplitudine și fază cu purătoare suprimată (**CAP**), care are nevoie de o bandă largă, cu mult peste 1 Mhz, pentru a putea transmite date cu aceeași rată ca și în cazul primei variante. Transmisia semnalelor de frecvență mare prin intermediul cablurilor cu fire răsucite, este foarte dificilă și devine un neajuns mai mare decât avantajele aduse de un consum mai redus de energie electrică.

3.8. Formatul cadrelor.

Un modem **ADSL** folosește, pentru transferul datelor din canalele cu același sens, o metodă de unire prin multiplexare (agregare) în blocuri (cadre), la care atașează informații de control, utilizate pentru detecția și corecția erorilor. Astfel, dispozitivul care primește datele (modemul receptor **ATU-R**) poate să corecteze eventualele erori apărute în timpul transmisiei [2, 4, 5].

Sistemul creează blocuri complexe (superblocuri - supercadre), formate din mai multe blocuri (cadre elementare), în interiorul cărora se poate realiza corecția erorilor. Acest mod de organizare a datelor crește eficiența transmisiei atât pentru date, cât și pentru semnalele multimedia, la care nu este recomandată utilizarea unui protocol de transport cu controlul transmisiei.

Aceste tipuri de protocoale asigură integritatea datelor prin mecanisme de confirmare a recepției și de re-transmitere a datelor pierdute, sau degradate.

Datele transferate între două echipamente **ADSL** sunt împărțite mai întâi în două categorii:

- **“Date urgente”** (*fast*), informații de control, care trebuie transmise imediat și
- **“Date utile”**, datele furnizate de protocoalele de nivel superior, care pot fi intercalate (*interleaved*) în funcție de spațiul disponibil.

Acestea sunt memorate în registre separate și apoi organizate în **cadre** (*frames*), care la rândul lor sunt agregate în **supercadre** (*superframes*). Un **supercadru** este format din **68 cadre elementare** purătoare de informații, plus **unul** folosit pentru **sincronizare**, identificând începutul unui supercadru.

Deoarece ratele de transfer sunt variabile și diferite pe fiecare canal, la fiecare tranziție transmițându-se câte un cadru, dimensiunea cadrelor nu este constantă. Purătoarea unui canal fiind de **4.000Hz**, un cadru durează **0,25ms**, iar un supercadru **0,25ms x 68 cadre = 17ms**. Formatul unui supercadru, conținând cele **68** de cadre elementare plus **1** de sincronizare, se poate vedea în **figura 3.8**.

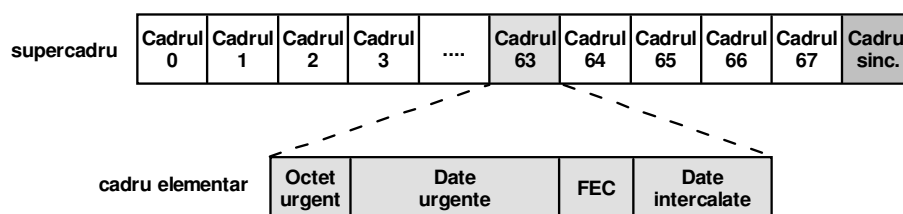


Fig. 3.8. Formatul "supercadrului" ADSL și al cadrelor elementare.

Semnificația câmpurilor, aflate în componența fiecărui cadru elementar, este următoarea:

- **Octet urgent** – câmp cu dimensiune fixă de 8 biți, care se folosește pentru transmiterea unor informații de control, utilizate la procesarea unui supercadru;
- **Date urgente** – câmp cu dimensiune variabilă, folosit pentru transmiterea informațiilor care sunt sensibile la întârzieri;
- **FEC** (*Forward Error Correction*) - câmp de control care conține informații necesare pentru controlul erorilor la recepție;
- **Date comune** (*intercalate*) – câmp cu dimensiune variabilă, conținând datele utile, care trebuie transmise pentru nivelele superioare.

Cele 68 de cadre elementare sunt utilizate pentru transferul datelor utile, sau al celor de control, cu ajutorul cărora se asigură funcții specifice de întreținere a legăturii. Al 69-lea cadru nu conține date utile, ci doar o secvență care se folosește pentru **sincronizarea** transmisiei.

Câmpul corespunzător **octetului urgent** conține diferite informații, distribuite de-a lungul supercadrelor, după cum urmează:

Octetul urgent al cadrului 0 conține o secvență **CRC** (*Cyclic Redundancy Check*), folosită pentru verificarea integrității informațiilor de control a supercadrelor, iar cele din cadrele 1, 34 și 35 conțin **biți** utilizați pentru funcțiile de control al stării legăturii și semnalizare. Aceștia indică următoarele informații:

FEBC (*Far End Block Error*), folosit pentru semnalarea recepționării eronate a datelor sau a secvenței de control **CRC**.

FECC (*Farr End Correction Code*), folosit pentru semnalarea faptului că s-au recepționat date eronate, dar care au fost corectate cu ajutorul secvenței **FEC**.

LOS (*Loss Of Signal*), folosit pentru indicarea scăderii calității semnalului **pilot**. Are valoarea 1 pentru o calitate bună a semnalului.

RDI (*Remote Defect Indication*), indică faptul că se recepționează unul sau mai multe cadre cu erori majore. În ADSL se consideră că apar erori majore (**SEF** – *Severely Errored Frames*), atunci când se recepționează, consecutiv, două sau mai multe **supercadre** cu erori.

Octetul urgent al cadrelor începând cu 2 până la 33 și de la 36 la 67 se folosește pentru transmisia informațiilor proprii **EOC** (*Embedded Operations Channel*), de control și sincronizare a canalelor.

Datele utile sunt apoi intercalate (*interleaved*) în "spațiile rămase libere" dintre câmpurile cu informații prezentate mai sus. Pentru a controla "poziția" datelor, în cadre și supercadre, se ține o evidență cu ajutorul unei tabelă (*data mapp* – hartă a datelor), operație dificilă ținând seama de faptul că ratele de transfer ale canalelor purtătoare (*bearer channels*) sunt variabile și nu pot fi prevăzute dinainte.

Totuși, folosind algoritmi de încapsulare, bazați pe accesarea periodică a canalelor purtătoare, se pot construi cadre de date, după o regulă fixă, care este apoi folosită la recepție, pentru extragerea datelor.

3.9. Relația dintre ADSL și protocoalele nivelelor superioare.

Deoarece ADSL este o tehnologie aparținând nivelului **OSI 1**, aceasta nu se poate folosi direct la încapsularea serviciilor de la nivelele superioare, de rețea, transport sau aplicație (peste

OSI 3). Pentru aceasta, trebuie folosite protocoale intermediare la care s-au rezolvat problemele legate de fragmentarea datelor, metodele de acces și adresarea interfeței, specifice nivelului **OSI 2**.

Între tehnologiile care au precedat **ADSL**, la care aceste probleme au fost rezolvate cu succes, se află **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*), **PPP** (*Point to Point Protocol*) și **Ethernet**, așa cum se poate vedea în **figura 3.9**. Acestea se folosesc, în mai multe variante de implementare, pentru interfațarea tehnologiei **ADSL** cu protocoalele de rețea, ultimele două (PPP și Ethernet) fiind descrise în cursurile 8 și 9.

Punți între rețele RFC2684	Transfer IP prin ATM/ADSL	"Point to Point over ATM" PPPoA	"Point to Point over Ethernet" PPPoE
Aplicație (mesaje, servicii)	Aplicație (mesaje, servicii)	Aplicație (mesaje, servicii)	Aplicație (mesaje, servicii)
Transport (SPX, TCP, UDP)	Transport (TCP, UDP)	Transport (SPX, TCP, UDP)	Transport (SPX, TCP, UDP)
Rețea (IPX, IP)	Rețea (IP)	Rețea (IPX, IP)	Rețea (IPX, IP)
Legătură (IEEE 802.2 - LLC)	Legătură (IEEE 802.2 - LLC)	PPP / HDLC	PPP / HDLC
RFC2684	RFC2684	RFC2364	RFC2516
AAL5 / ATM	AAL5 / ATM	AAL5 / ATM	Legătură (IEEE 802.3 - MAC)
			RFC2684
			AAL5 / ATM
ADSL	ADSL	ADSL	ADSL

Fig. 3.9. Interfațarea tehnologiei ADSL cu protocoale de nivel OSI 3 (rețea) IPX și IP.

ATM permite utilizarea unor **căi** și **circuite virtuale permanente** (*Virtual Paths, Permanent Virtual Circuits*) diferite pentru transmiterea datelor de-a lungul unei conexiuni, iar **ADSL** asigură suportul pentru acestea.

Tehnologia **ATM** folosește, pentru încapsulare a datelor, un format de cadru cu lungime fixă, iar **ADSL** un format cu lungime variabilă, așa cum s-a putut vedea mai sus. De aceea, între aceste două sisteme trebuie intercala o componentă care să rezolve acest neajuns. **AAL5** (*ATM Adaptation Layer 5*), prezentată în documentul **RFC 2684**, permite interfațarea **ATM** cu diferite protocoale de nivel superior, de exemplu **IEEE 802.3**.

Pentru interfațarea cu alte protocoale, ca de exemplu **PPP**, trebuie folosite protocoale de adaptare specifice, **RFC 2364**, iar dacă **PPP** trebuie încapsulat într-un cadru specific tehnologiei Ethernet, trebuie utilizat un alt protocol de adaptare, care face obiectul documentului **RFC 2516**. **PPP** utilizează pentru încapsulare **HDLC**, care este un protocol specializat pentru transmisii sincrone, aparținând nivelului **OSI 2**. Modul în care se utilizează acest „tandem” alături de **ADSL**, este reglementat în documentul **RFC1662**.

3.10. Variante ale tehnologiei DSL.

Tehnologia **DSL** are, așa cum s-a prezentat în paragrafele anterioare, mai multe variante de aplicare, caracteristicile specifice pentru câteva, dintre cele mai importante, vor fi descrise în continuare [3, 5]. O comparație sugestivă se poate vedea în **figura 3.10**.

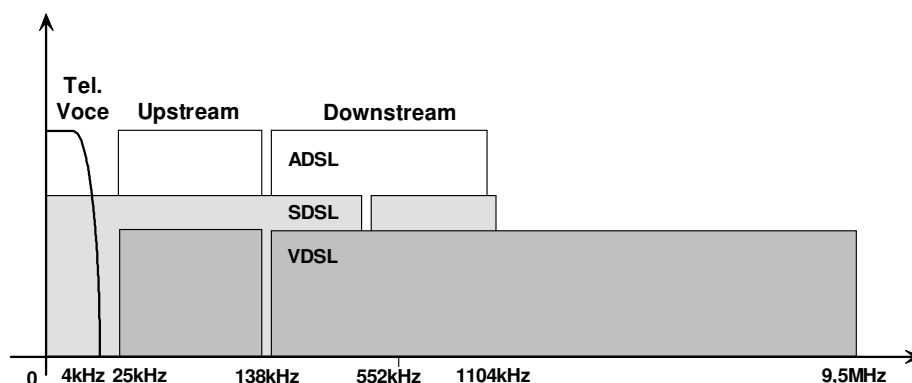


Fig. 3.10. Comparație între diferite variante ale tehnologiei xDSL.

SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*) este o versiune cu rată adaptivă și este, la fel cu HDSL, simetrică din punctul de vedere al ratelor de transmisie prin canalele *upstream* și *downstream*. **SDSL** folosește metode de codificare **2B1Q** la o rată de transfer de până la 1,54 Mbps și nu permite transmiterea semnalelor analogice (de voce) alături de cele de date. Simetria și accesul continuu la o rețea cu arie întinsă de acoperire (**WAN**), face ca această variantă să fie mai convenabilă pentru rețele departamentale de dimensiune medie, cu acces prin linii dedicate sau *Frame Relay*.

HDSL (*High bit-rate DSL*) este o variantă **DSL** cu rată mare de transfer care a fost concepută pentru a opera pe liniile **T1** și **E1**, standardizate de **ANSI** (*American National Standards Institute*) și respectiv **ETSI** (*European Technical Standards Institute*).

Standardul **T1** (ANSI) prevede transmiterea prin **două perechi de fire** cu o rată de transfer prin fiecare de **784 kbps**. Standardul **E1** (ETSI) prevede două variante, cu **două și cu trei perechi de fire**.

În primul caz, rata de transfer poate fi de până la **584 kbps**, iar în al doilea de **768 kbps**, prin fiecare pereche. **HDSL** se pretează și la rețelele de telefonie mobilă pentru transferul informației între stații și oficiul central.

Neajunsul major al acestei variante este lipsa suportului pentru transmiterea de voce printr-un canal analogic dedicat, banda corespunzătoare fiind utilizată la transmiterea de date.

Un alt dezavantaj, față de **ADSL**, este nivelul mai ridicat al diafoniei între canalele de date, **ADSL** având un nivel mai scăzut, datorită asimetriei dintre cele două canale.

HDSL-2 este un standard de rezervă, ca o alternativă viitoare la **HDSL**. Intenția creării acestei versiuni a fost de a oferi un serviciu de transmisie simetric, cu rata de transfer a standardului **T1** (1,544 Mbps), de-a lungul unei singure perechi de fire răsucite. Pentru aplicarea acestei variante sunt necesare linii telefonice de bună calitate, distanțe mai mici (până la 3.000 m) și tehnici complexe de modulație.

RG.SHDSL (*Rate Adaptive Digital Subscriber Line*) este o variantă de **HDSL-2**, dar cu rată de transfer variabilă până la 2,3 Mbps, concepută pentru a permite compatibilizare cu diferite tipuri de echipamente prezente pe piață.

IDSL (*ISDN Digital Subscriber Line*) este o variantă concepută pentru a fi utilizată de-a lungul circuitelor **ISDN** (*Integrated Services Digital Network* - servicii digitale integrate de rețea) care folosesc o singură pereche de fire răsucite, permițând o rată de transfer de **128 kbps**.

Ca și la tehnologia **ISDN**, **IDSL** folosește metoda de codare **2B1Q** (două canale de tip B și un canal de tip Q) a semnalelor transmise pe linie. Aceasta permite, pentru conectarea la furnizorul de servicii, utilizarea echipamentelor dedicate circuitului **ISDN** (adaptoare de terminal, punți și rutere).

Totuși, spre deosebire de **ISDN**, **ISDL** nu poate fi conectat prin echipamentele de comutare a circuitelor de voce, datorită limitărilor cauzate de furnizorii de servicii **ISDN** care nu mai transmit analogic vocea, prin circuitele lor. Avantajul utilizării acestei variante este că permite conectarea temporară, prin circuite comutate (Dial-up), dar cu rate de transfer semnificativ mai mari decât prin modemurile analogice.

VDSL (*Very-High-Data-Rate Digital Subscriber Line*) este o variantă care permite transferul datelor, de-a lungul liniilor telefonice, cu o rată mare dar care depinde de lungimea acestora. Astfel, la o distanță de **300 m**, pentru transferul datelor dinspre furnizor spre client (*downstream*) se poate ajunge la o rată cuprinsă între **51** și **55 Mbps**, iar pentru sensul invers (*upstream*) între **1,6** și **2,3 Mbps**.

În cazul creșterii distanței la **1500 m**, rata de transfer prin canalul *downstream* scade la **13 Mbps**. Se observă că **VDSL** este o variantă care folosește rate asimetrice, ca și **ADSL**, datele fiind transferate prin canale separate în frecvență, de cele de voce și **ISDN**.

TESTE DE AUTOEVALUARE**I. Alegeți varianta de răspuns corectă:**

1. Rate de transfer ADSL pentru canalele *downstream* și *duplex* depinde de:
 - a) lungimea conductoarelor (distanța dintre furnizorul de servicii și client).
 - b) rezistența specifică a conductoarelor, diametrul firelor, pasul de răsucire.
 - c) numărul de puncte de joncțiune sau de înădare.
 - d) Toate cele de mai sus.
2. Pentru transferul datelor din canalele cu același sens, un modem ADSL folosește o metodă de unire prin multiplexare (agregare) în blocuri (cadre), la care atașează informații de control, utilizate pentru detecția și corecția erorilor. Datele sunt organizate în cadre (*frames*), care la rândul lor sunt agregate în supercadre (*superframes*). Un supercadru este format dintr-un număr de cadre elementare purtătoare de informații, plus unul folosit pentru sincronizare, identificând începutul unui supercadru. Care este numărul cadrelor elementare care alcătuiesc un supercadru?
 - a) 75;
 - b) 68;
 - c) 64;
 - d) 32.
3. :
 - a) ;
 - b) ;
 - c)

II. Alegeți răspunsul corect:

1. DMT (*Discrete Multi Tones*) este o tehnică de multiplexare, a transferului de date, prin împărțirea benzii alocate în canale succesive egale, cu lățimea de 4.3125 kHz.
☐ adevărat ☐ fals
2. CAP – (Carrierless Amplitude and Phase) și QAM (Quadrature Amplitude Modulation) sunt două metode folosite de tehnologia ADSL pentru modularea semnalelor.
☐ adevărat ☐ fals
3. Câmpul **Date urgente** ce intră în componența unui cadru elementar este câmp cu dimensiune fixă, folosit pentru transmiterea informațiilor care sunt sensibile la întârzieri.
☐ adevărat ☐ fals

RĂSPUNSURI

I. Alegeți varianta de răspuns corectă:

1. d
2. b
- 3.

II. Alegeți răspunsul corect:

1. adevărat
2. adevărat
3. fals

Bibliografie

1. **Schmitt, R.**, *Electromagnetics Explained - A Handbook for Wireless/RF, EMC, and High-Speed Electronics*, Elsevier Science, 2002.
2. **Saarela, K.**, „ADSL” - Tampere University of Technology Telecommunication Laboratory, Finland, 1997.
3. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/dsl.htm
4. http://www.cs.tut.fi/tlt/stuff/adsl/pt_adsl.html
5. <http://www2.rad.com/networks/2005/adsl/index.htm>