

Curs 8-9

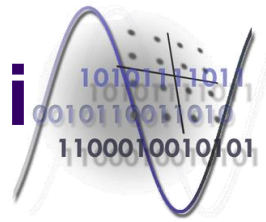
Tehnici de acces digitale de tip DSL (“Digital Subscriber Line”).

Zsolt Polgar

Communications Department
Faculty of Electronics and
Telecommunications,
Technical University of Cluj-Napoca

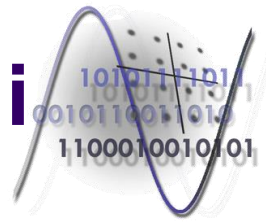


Conținutul cursului



- Principiile DSL;
- Tehnici SDSL;
 - Clasificare;
 - Tehnica HDSL;
 - Modulația CAP/QAM.
- Tehnici ADSL;
 - Clasificare/Caracteristici;
 - Alocarea benzilor de frecvență ADSL;
 - Arhitectura de acces/conectarea la linie;
 - Distorsiuni ce afectează transmisiile ADSL;
 - Principiul modulației DMT/Performanțe DMT.
- Tehnici VDSL;
 - Alocarea benzilor de frecvență VDSL;
 - Categoriile de tehnici VDSL;
 - Performanțele tehnicilor VDSL.

Conținutul cursului



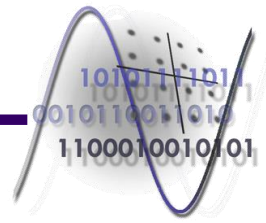
- Tehnici ADSL2;
 - Caracteristici/Facilități;
 - Gestionarea puterii și adaptarea debitului;
 - Tehnica CVoDSL;
 - Beneficii adiționale.
- Tehnici ADSL2+;
 - Alocarea benzilor de frecvență ADSL2+;
 - Performanțe ADSL2+ / ADSL2.
- Tehnici VDSL2;
 - Caracteristici/Facilități;
 - Alocarea benzilor de frecvență VDSL2;
 - Performanțe VDSL2.

Principiile DSL



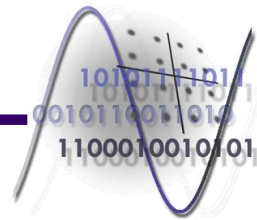
- Termenul se referă la tehnologii și echipamente utilizate în rețele telefonice pentru a asigura acces la o rețea digitală de viteză mare pe fire de cupru torsadate;
- Există două categorii de bază și anume:
 - SDSL – Symmetric DSL;
 - ADSL – Asymmetric DSL;
- SDSL asigură aceeași rată de transfer în ambele direcții:
 - „upstream” → abonat – centrală;
 - „downstream” → centrală – abonat
 - datorită atenuării și diafoniei aceste sisteme pot lucra numai la frecvențe medii;
 - variantele de DSL simetric includ: SDSL, SHDSL, MSDSL, HDSL, HDSL-2, IDSL ;
 - SDSL este ideal pentru LAN, video-bidirecțional, servere web.

Principiile DSL



- ADSL asigură:
 - În „downstream” un canal de bandă largă, situat la frecvențe înalte;
 - În „upstream” un canal de bandă mai îngustă situat la frecvențe joase;
- Împărțirea benzilor de frecvență ADSL are două motive:
 - Cantitatea de informație transmisă în „downstream” este mai mare;
 - Se reduce paradiafonia la utilizator;
 - este mai mare la frecvențe înalte;
- Variantele de ADSL includ:
 - ADSL;
 - ADSL G.lite;
 - asigură debite mai mici, dar și o conectare mai simplă la linie;
 - RADSL (“Rate adaptive ADSL”);
 - VDSL;
 - poate lucra atât în mod simetric cât și asimetric;

Principiile DSL

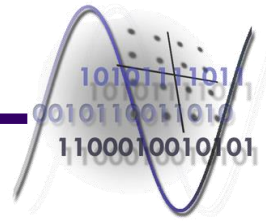


- Caracteristicile diferitelor tehnici xDSL;

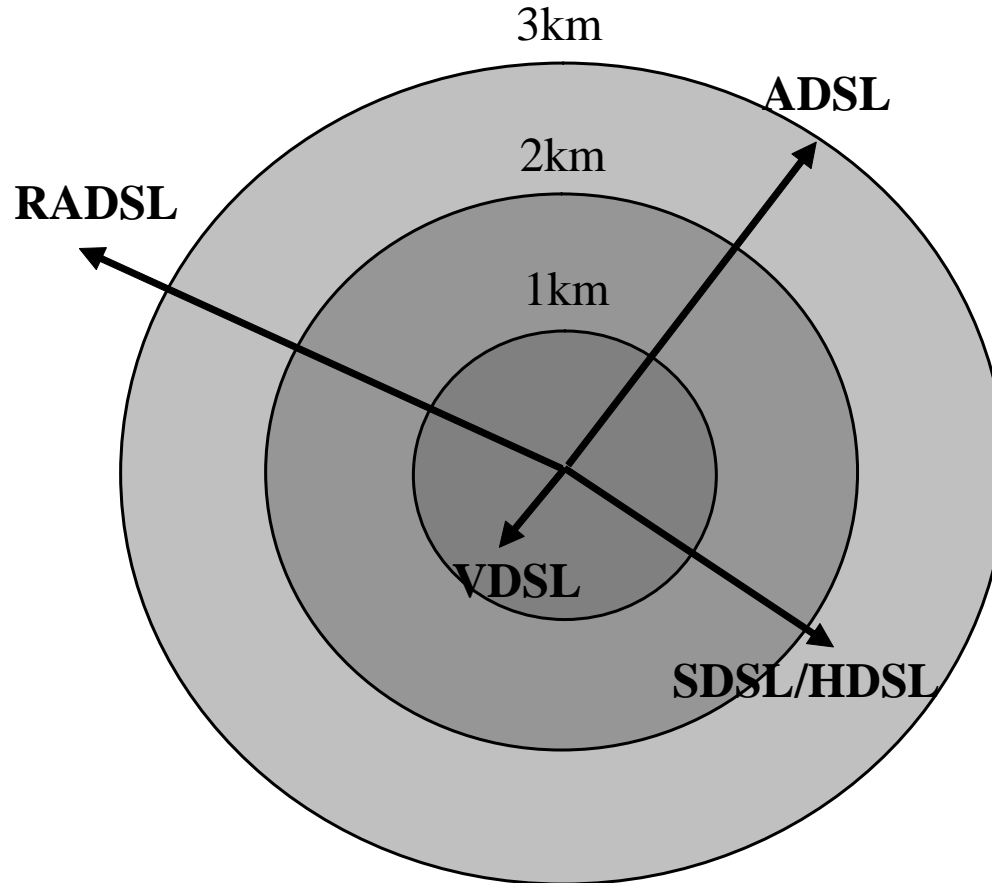
Variantă DSL	Simetric / Asimetric	Rată de bit		Serviciu telefonic	Număr de perechi fire
		Downstream	Upstream		
ADSL	Asimetric	1.5 Mbps până la 6.1Mbps	64 kbps până la 640kbps	Da	1
G.lite ADSL	Asimetric	Până la 1.5Mbps	Până la 500kbps	Da	1
HDSL	Simetric	1.5Mbps	1.5Mbps	Nu	2/3
HDSL2	Simetric	1.5 Mbps	1.5 Mbps	Nu	1
IDSL	Simetric	144 kbps	144 kbps	Nu	1
MSDSL	Simetric	1.5 Mbps	1.5 Mbps	Nu	1
RADSL	Ambele	1 Mbps până la 7 Mbps	128 kbps până la 1 Mbps	Da	1
SDSL	Simetric	2.3 Mbps	2.3 Mbps	Nu	1
SHDSL	Simetric	2.3 Mbps	2.3 Mbps	Nu	1/2
VDSL	Asimetric	Până la 52 Mbps	Peste 1.5 Mbps	Da	1

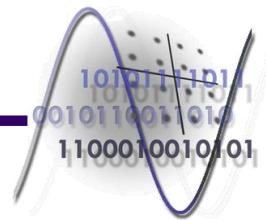
- debite caracteristice downstream și upstream;
- număr de perechi utilizate;
- compatibilitatea cu serviciul telefonic standard.

Principiile DSL

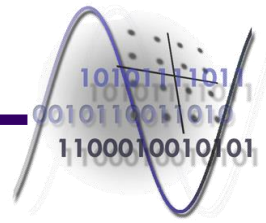


- Acoperirea medie asigurată de diferite tehnici xDSL;

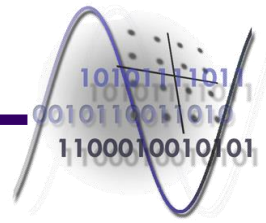




- HDSL (“High data rate Digital Subscriber Line”);
 - Versiune mai veche de DSL simetric creat ca și o alternativă la serviciile T1 și E1;
 - Transmite o rată de 1,544Mbps pe două perechi de fire torsadate:
 - pe fiecare pereche este transmis full-duplex un debit de 784kbps;
 - se utilizează tehnica compensării ecoului.
 - Permite utilizarea liniilor normale (0,5 mm – fără preconditionare) cu o lungime maximă de 12000ft (3700m) fără utilizarea repetoarelor;
 - nu permite serviciu telefonic standard pe aceste linii.
- HDSL2 (“Second generation HDSL”)
 - Asigură o rată de 1,5Mbps în ambele direcții pe o singură pereche de fire torsadate;
 - nu permite serviciu telefonic standard pe aceste linii.

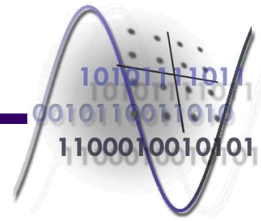


- IDSL (“Integrated Services Digital Network DSL”);
 - Asigură rate simetrice de 144kbps utilizând linii telefonice existente și terminale ISDN (modem ISDN);
 - Diferă de ISDN prin faptul că este continuu disponibil;
 - este utilizat pentru aplicații tip WAN (“Wide Area Network”);
 - nu permite serviciu telefonic standard pe aceste linii.
- SDSL (“Symmetric Digital Subscriber Line”);
 - Asigură rată de transfer ridicată pe o singură pereche de fire torsadate pentru aplicații T1 și E1;
 - rată de transfer maximă de 2,32Mbps;
 - permite interfață Ethernet între modemul SDSL și echipamentul utilizator.

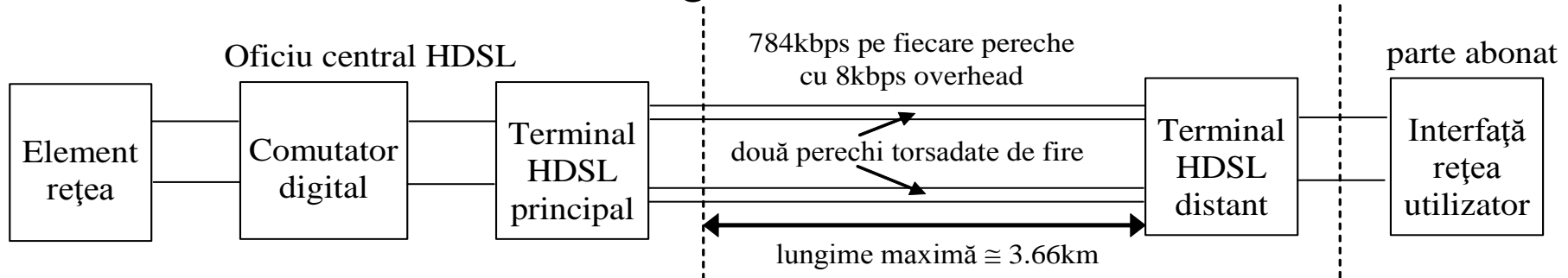


- SHDSL (“Symmetric High bit rate Digital Subscriber Line”)
 - Permite o acoperire mai mare cu 20% decât SDSL;
 - Permite utilizarea a unei sau a două perechi de fire torsadate;
 - de ex. o rată de transfer de 1,2Mbps se poate obține până la lungimi de 20000ft (6100m) pe două perechi normale (0.4 mm).
- MSDSL (Multi-rate Symmetric Digital Subscriber Line);
 - Permite modificarea adaptivă a ratei de transfer în funcție de tipul de linie;
 - de ex. prin utilizarea modulației CAP (“Carrierless Amplitude & Phase Modulation”) sunt disponibile 8 rate discrete între 64kbps/128kbps (29000ft – 8900m – 0,5mm) și 2Mbps (15000ft – 4600m).

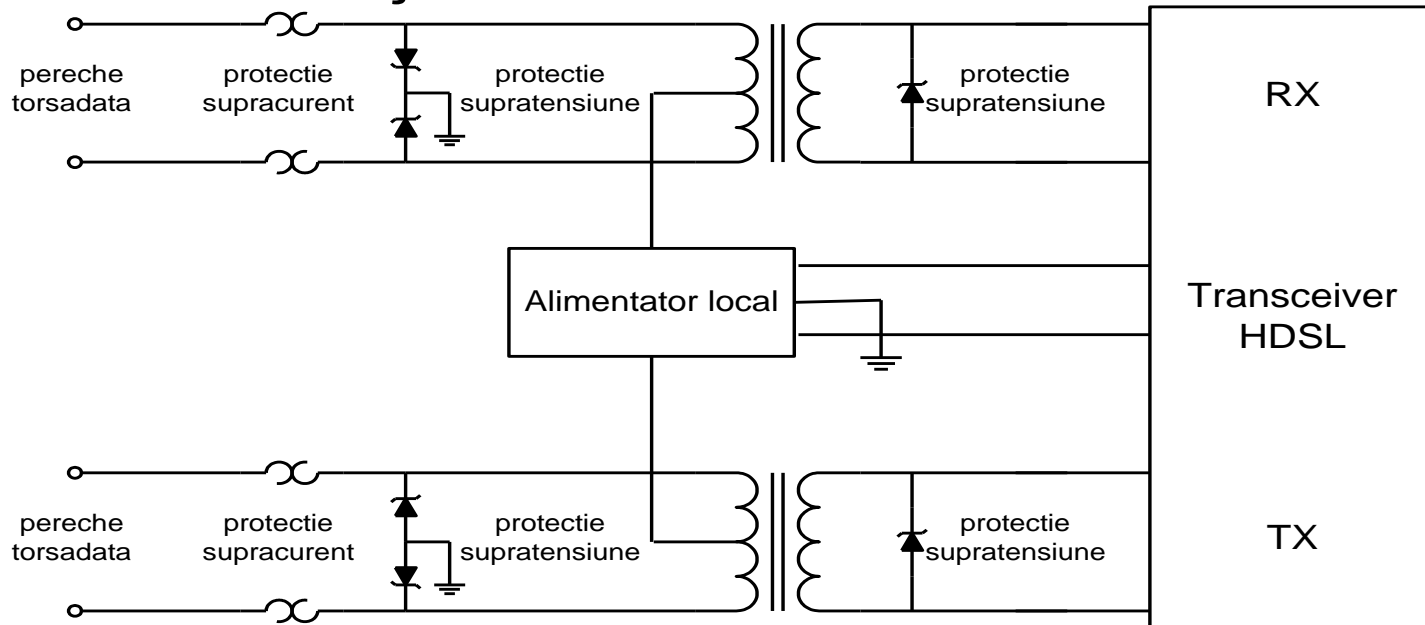
Tehnica HDSL

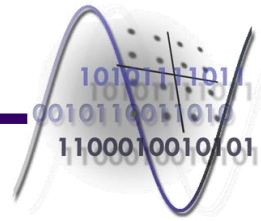


- Schema de bază a unei legături HDSL;

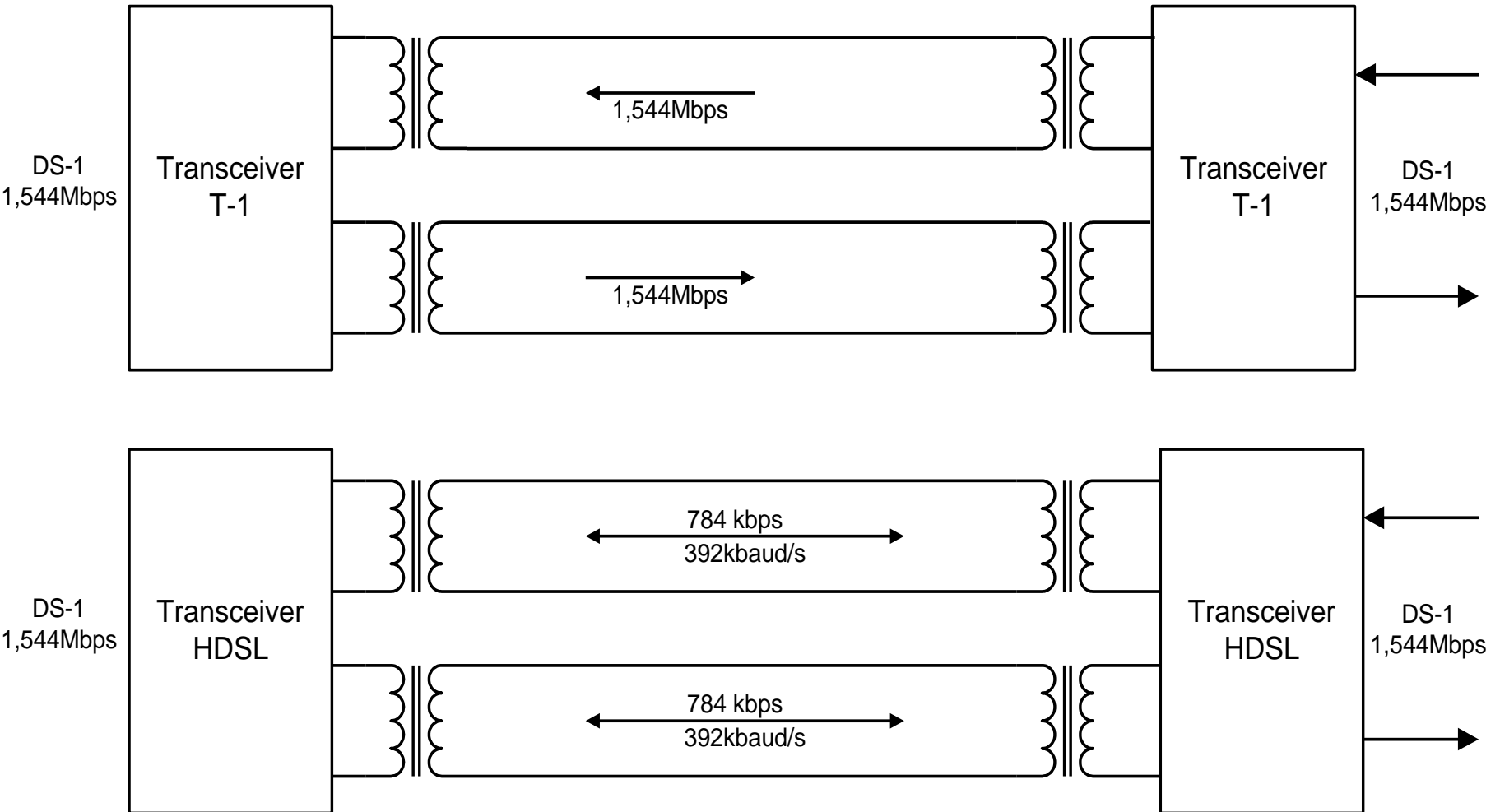


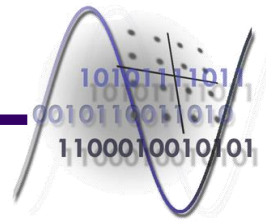
- Conectarea la linie și telealimentarea terminalului HDSL distant





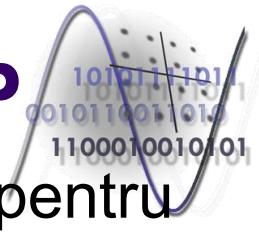
- Comparație între modul de transmisie HDSL și T1;





- Comparație între modul de transmisie HDSL și T1;
 - Tehnica T1:
 - linii preconditionate;
 - sunt necesare repetoare;
 - transmisie simplex pe fiecare pereche;
 - cod de linie: AMI sau B8ZS;
 - senzitivitate la schimbarea perechilor și a polarității.
 - Tehnica HDSL:
 - nu sunt necesare linii preconditionate;
 - permite derivații neterminate și schimbarea diametrului firului;
 - nu sunt necesare repetoare până la distanțe < 12000ft;
 - transmisie duplex pe fiecare pereche;
 - cod de linie 2B1Q;
 - transparent la schimbarea perechilor și a polarității.

Modulația CAP

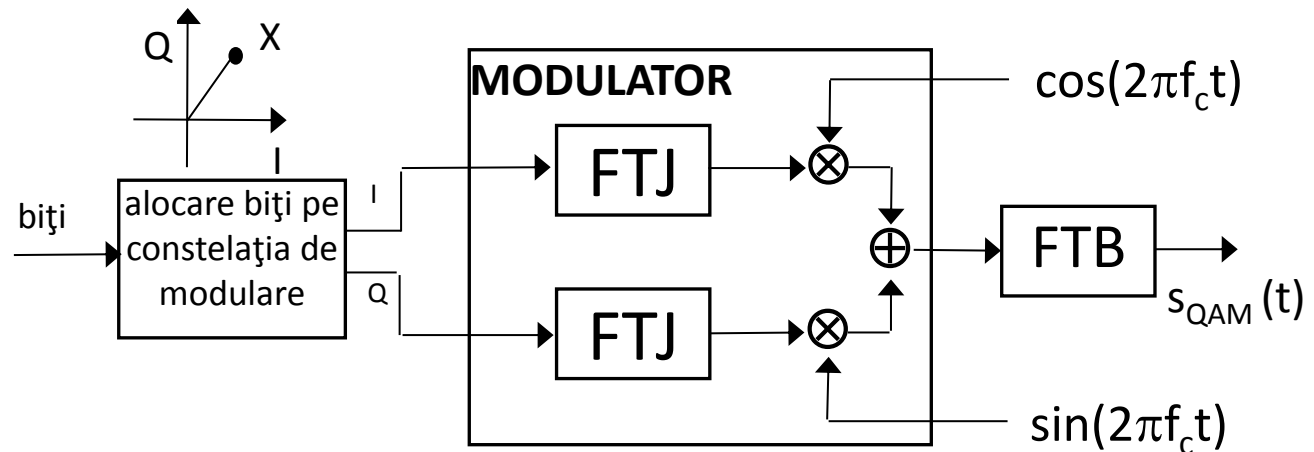


- Modulația QAM este una dintre cele mai bune opțiuni pentru transmisii de date:
 - Permite utilizarea în aceeași bandă de frecvență a două purtătoare sinusoidale ortogonale:
 - o purtătoare sinus și una cosinus;
 - pe fiecare purtătoare se transmit semnale diferite în aceeași bandă de frecvență.

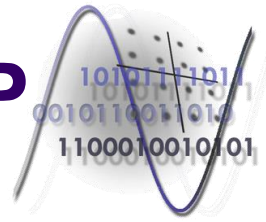
$$s_{\text{QAM}}(t) = (I(t) * h_{\text{FTJ}}(t)) \cdot \cos(\omega_c t) + (Q(t) * h_{\text{FTJ}}(t)) \cdot \sin(\omega_c t) = I'(t) \cdot \cos(\omega_c t) + Q'(t) \cdot \sin(\omega_c t)$$

- $h_{\text{FTJ}}(t)$ este răspunsul la impuls a filtrului trece jos formator de impuls.

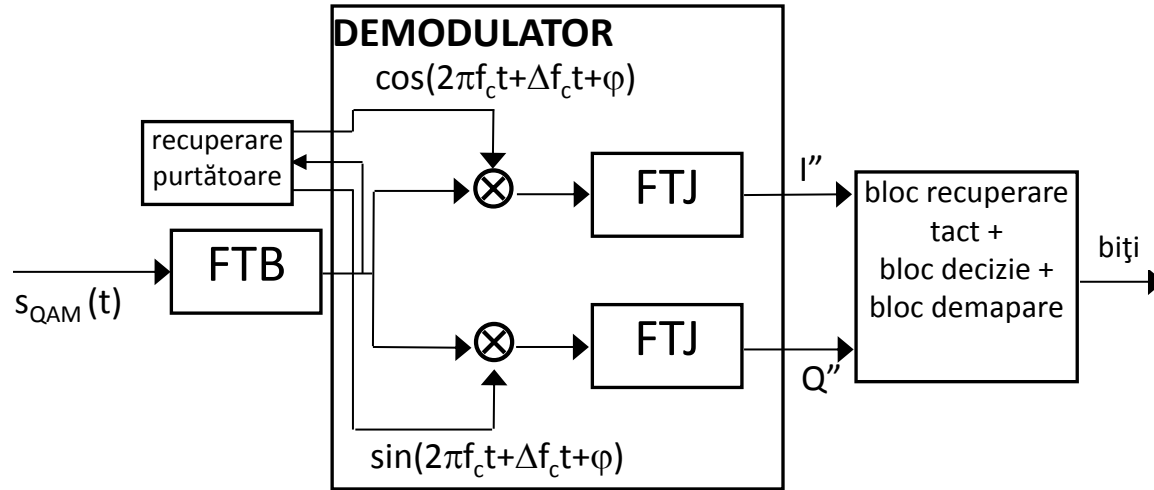
- Schemă bloc modulator QAM:



Modulația CAP



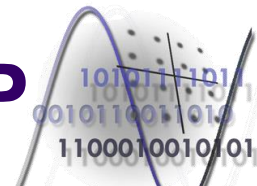
- Schema bloc a unui demodulator QAM:



- Semnalele $I''(t)$ și $Q''(t)$ obținute după demodularea QAM utilizându-se o purtătoare locală cu frecvența $f_c + \Delta f_c$ și faza ϕ :

$$\begin{aligned}
 I''(t) &= (s_{QAM}(t) \cdot \cos(\omega_c t + \Delta\omega_c t + \phi)) * h_{FTJ}(t) = ((I'(t) \cdot \cos(\omega_c t) + Q'(t) \cdot \sin(\omega_c t)) \cdot \cos(\omega_c t + \Delta\omega_c t + \phi)) * h_{FTJ}(t) = \\
 &= \left[\frac{I'(t)}{2} \cdot [\cos(2\omega_c t + \Delta\omega_c t + \phi) + \cos(\Delta\omega_c t + \phi)] + \frac{Q'(t)}{2} \cdot [\sin(2\omega_c t + \Delta\omega_c t + \phi) - \sin(\Delta\omega_c t + \phi)] \right] * h_{FTJ}(t) = \\
 &= \left[\frac{I'(t)}{2} \cdot \cos(\Delta\omega_c t + \phi) - \frac{Q'(t)}{2} \cdot \sin(\Delta\omega_c t + \phi) \right] * h_{FTJ}(t)
 \end{aligned}$$

Modulația CAP



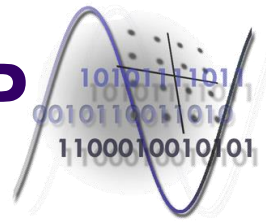
$$\begin{aligned} Q''(t) &= (s_{\text{QAM}}(t) \cdot \sin(\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi)) * h_{\text{FTJ}}(t) = ((I'(t) \cdot \cos(\omega_c t) + Q'(t) \cdot \sin(\omega_c t)) \cdot \sin(\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi)) * h_{\text{FTJ}}(t) = \\ &= \left[\frac{I'(t)}{2} \cdot [\sin(2\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi) + \sin(\Delta\omega_c t + \varphi)] + \frac{Q'(t)}{2} \cdot [\cos(\Delta\omega_c t + \varphi) - \cos(2\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi)] \right] * h_{\text{FTJ}}(t) = \\ &= \left[\frac{I'(t)}{2} \cdot \sin(\Delta\omega_c t + \varphi) + \frac{Q'(t)}{2} \cdot \cos(\Delta\omega_c t + \varphi) \right] * h_{\text{FTJ}}(t) \end{aligned}$$

- Dacă recuperarea purtătoarei este perfectă, ceea ce înseamnă $\Delta\omega_c=0$ și $\varphi=0$, atunci semnalele demodulate $I''(t)$ și $Q''(t)$ sunt:

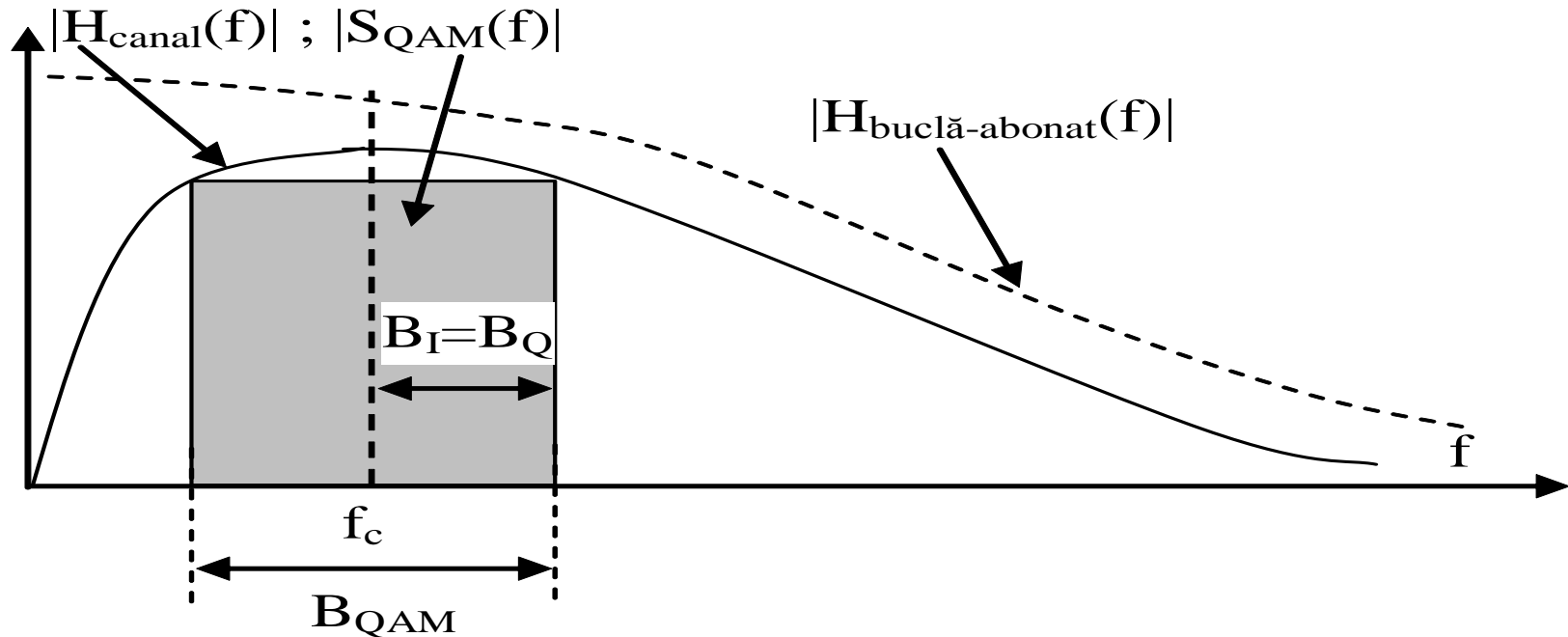
$$I''(t) = I'(t) * h_{\text{FTJ}}(t) \quad ; \quad Q''(t) = Q'(t) * h_{\text{FTJ}}(t)$$

- Utilizarea modulațiilor de tip QAM în bucla de abonat ridică următoarele probleme:
 - lărgimea de bandă a semnalelor QAM este dublul lărgimii de bandă a semnalelor modulatorie $I(t)$ și $Q(t)$;
 - spectrul semnalului modulat QAM este centrat pe frecvența purtătoare;
 - este necesară recuperarea purtătoarei.
- Utilizarea unor transmisii bandă de bază cu eficiență spectrală ridicată este ideea cea mai bună.

Modulația CAP

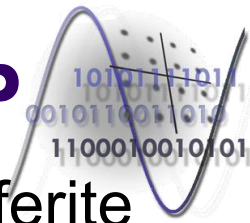


- Densitatea spectrală a semnalelor modulate QAM; caracteristici de canal de tip FTB și FTJ;

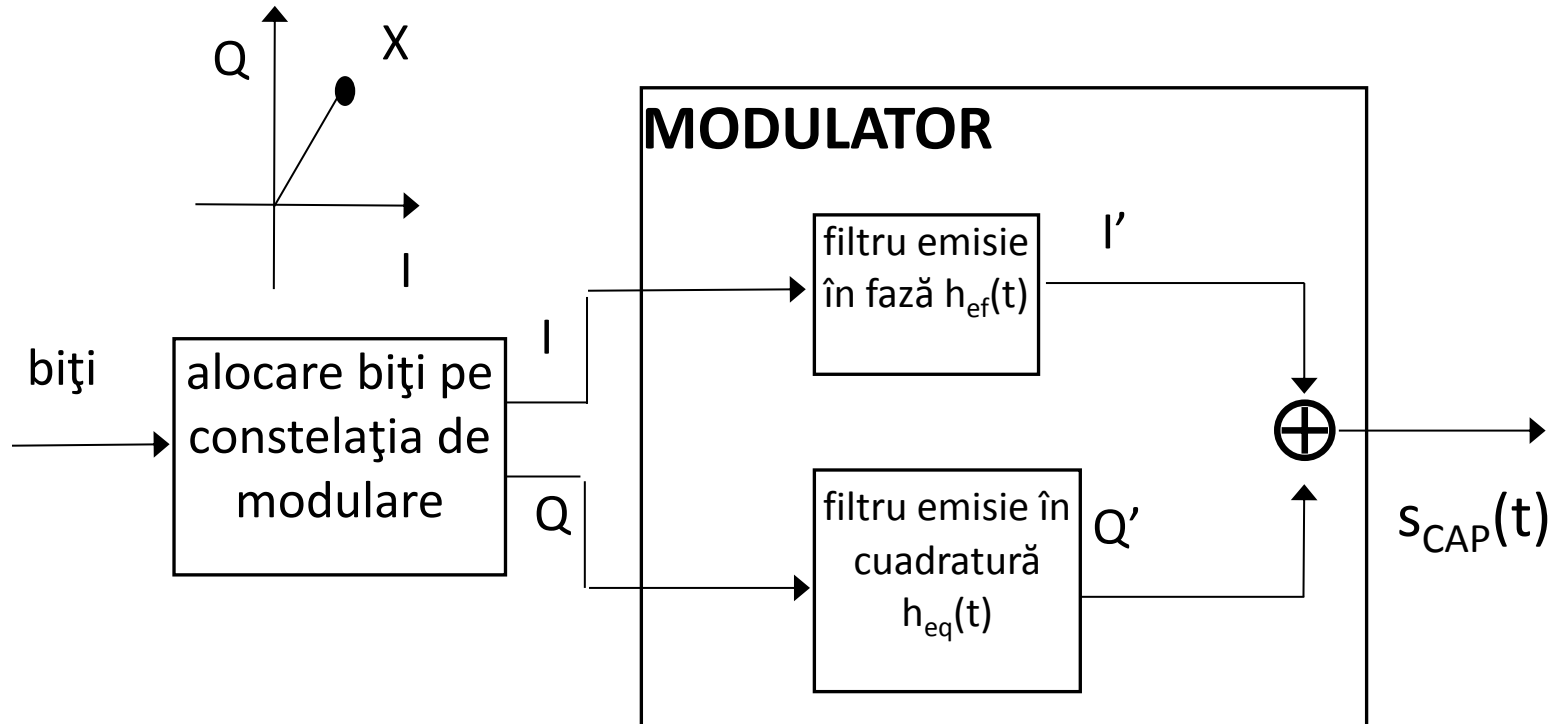


- Caracteristica canalului este dată de funcția de transfer în frecvență a firelor torsadate și a transformatoarelor separatoare;
- Este dificil de “încadrat” spectrul QAM, într-un mod eficient în caracteristica de canal implementată pe bucla de abonat.

Modulația CAP

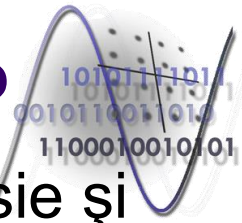


- Modulația CAP asigură transmisia a două semnale diferite bandă de bază în aceeași bandă de frecvență;
- Schema bloc a modulatorului CAP:



$$s_{CAP}(t) = I(t) * h_{ef}(t) + Q(t) * h_{eq}(t)$$

Modulația CAP



- Condiții impuse funcțiilor de transfer ale filtrelor de emisie și recepție: $|H_{ef}(\omega)| = |H_{eq}(\omega)| \quad \forall \omega$

$$\varphi_{ef}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) + \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega > 0 \quad ; \quad \varphi_{ef}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) - \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega < 0$$

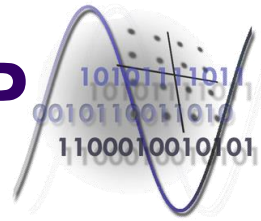
$$h_{ef}(t) * h_{eq}(t) = 0$$

$$\varphi_{rf}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) + \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega > 0 \quad ; \quad \varphi_{rf}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) - \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega < 0$$

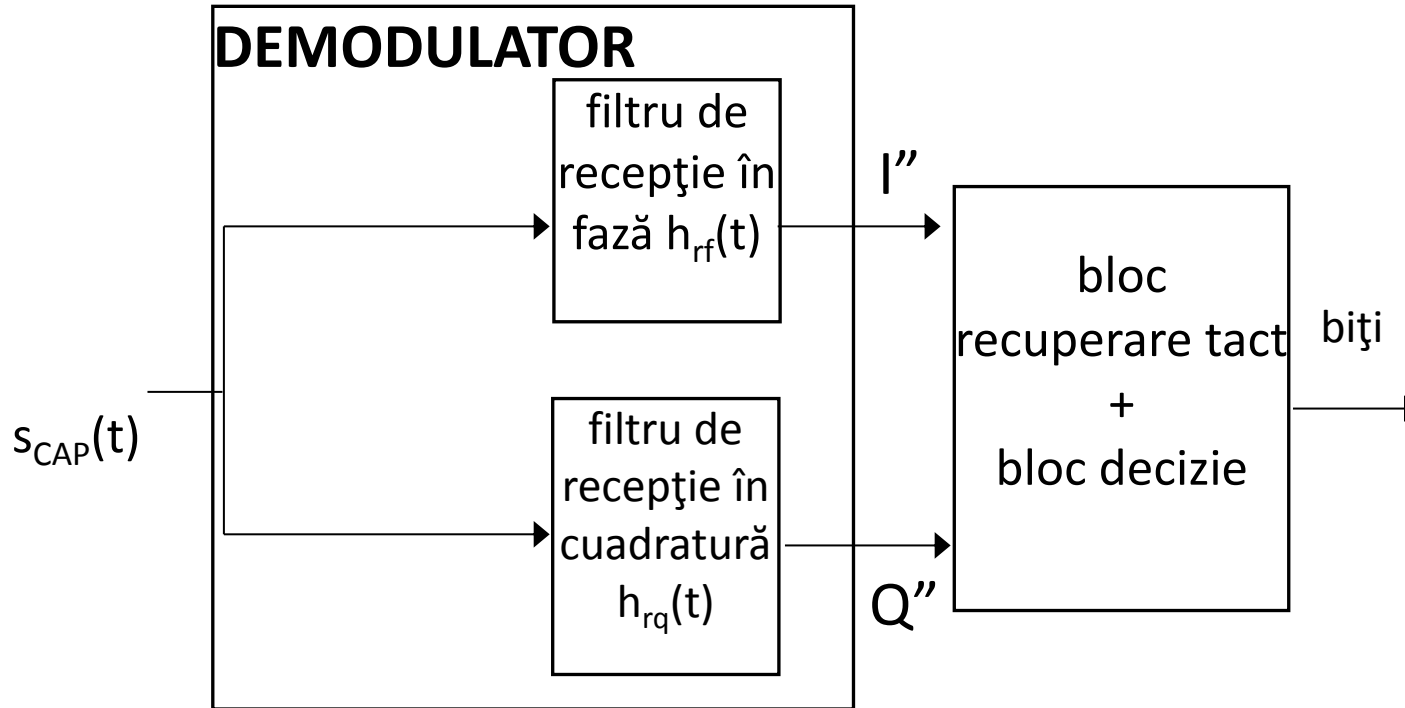
$$\varphi_{rq}(\omega) = \varphi_{ef}(\omega) + \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega > 0 \quad ; \quad \varphi_{rq}(\omega) = \varphi_{ef}(\omega) - \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega < 0$$

- Filtrele în fază și în cuadratură sunt legate prin transformata Hilbert:
 - filtrul în cuadratură se poate obține din filtrul în fază printr-o transformată Hilbert.
- Lărgimea de bandă a semnalelor modulate CAP este jumătatea lărgimii de bandă a semnalelor modulate QAM;
- Spectrul este centrat pe frecvențe joase unde distorsiunile de atenuare ale buclei de abonat sunt reduse.

Modulația CAP

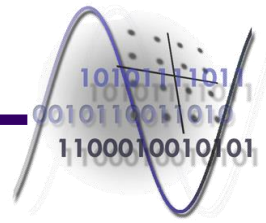


- Schema bloc a demodulatorului CAP;



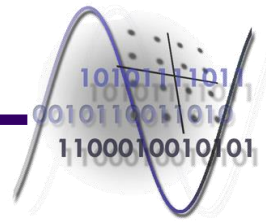
$$\begin{aligned} I''(t) &= s_{CAP}(t) * h_{rf}(t) = (I(t) * h_{ef}(t) + Q(t) * h_{eq}(t)) * h_{rf}(t) = I(t) * (h_{ef}(t) * h_{rf}(t)) + Q(t) * (h_{eq}(t) * h_{rf}(t)) = \\ &= I(t) * (h_{ef}(t) * h_{rf}(t)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q''(t) &= s_{CAP}(t) * h_{rq}(t) = (I(t) * h_{ef}(t) + Q(t) * h_{eq}(t)) * h_{rq}(t) = I(t) * (h_{ef}(t) * h_{rq}(t)) + Q(t) * (h_{eq}(t) * h_{rq}(t)) = \\ &= Q(t) * (h_{eq}(t) * h_{rq}(t)) \end{aligned}$$

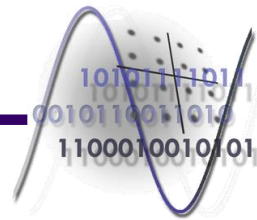


- ADSL (“Asymmetric Digital Subscriber Line”);
 - Poate asigura rate între 6 și 9 Mbps în „downstream” și până la 1Mbps în „upstream”;
 - Dezvoltat inițial (la sfârșitul anilor 1980) pentru transmisii video pe fire torsadate;
 - Utilizat curent pentru transmisii de date cu debit ridicat – internet de viteză mare;
 - Utilizează o singură pereche de fire torsadate și permite serviciul telefonic standard;
- ADSL G.lite – este o variantă simplificată de ADSL pentru utilizatori casnici;
 - Poate oferi în „downstream” până la 1,5Mbps și până la 500kbps în „upstream”;
 - Conectarea la linia telefonică este mai simplă;

Tehnici ADSL



- RADSL (“Rate Adaptive Digital Subscriber Line”);
 - Permite o adaptare a ratei de transmisie până la 7Mbps în „downstream” și până la 1Mbps în „upstream”;
 - Modemul adaptează lărgimea de bandă alocată pentru transmisiile “upstream” și “downstream” pentru a obține rata efectivă maximă posibilă;
 - Permite aplicații simetrice și asimetrice.
- VDSL (“Very high bit rate Digital Subscriber Line”);
 - Se pot obține rate de transfer între 25Mbps și 50Mbps pe distanțe mici (zeci de metri până la sute de metri);
 - adică de la cablul optic până la utilizator;
 - Poate fi configurat de asemenea pentru transmisii simetrice;
 - Primele activitățile de dezvoltare au început în 1995;
 - Standardizat în 2003: G.993.1 (VDSL1):
 - tehnica de modulație principală este DMT, dar permite și utilizarea modulației QAM.

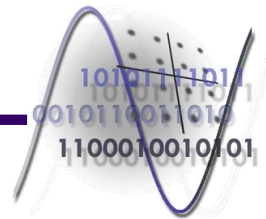


- Parametrii principali ai tehnicilor ADSL și VDSL;

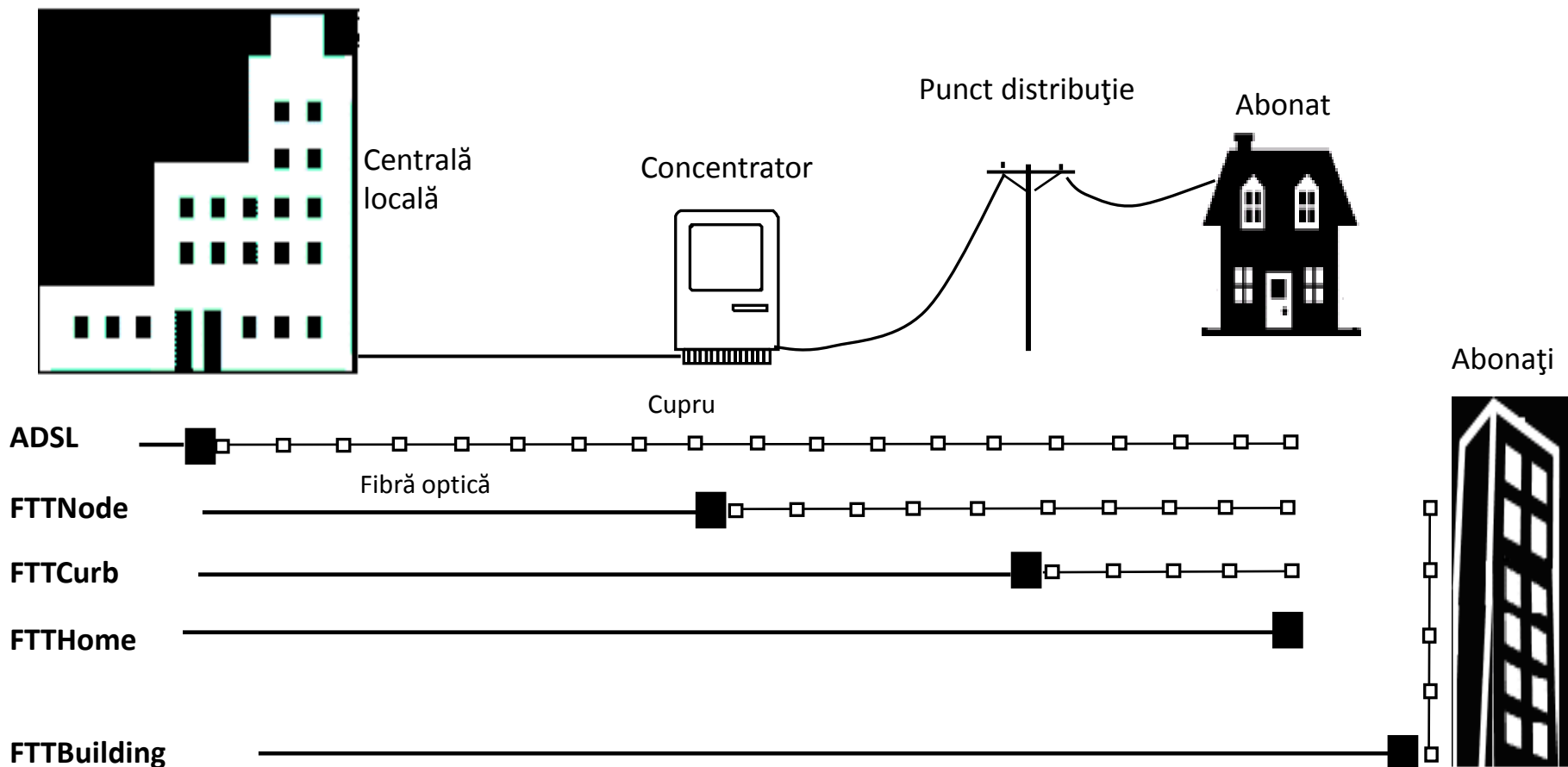
xDSL	Debit maxim „downstream”	Debit maxim „upstream”	Rază de acoperire Maximă	Număr perechi/ Conectare la linie
ADSL	8 Mbps	1,544 Mbps	5,5 km	1 pereche; cu splitter
ADSL G.Lite	1,5 Mbps	512 kbps	5,5 km	1 pereche; fără splitter
RADSL	8 Mbps	1,544 Mbps	5,5 km	1 pereche; cu splitter
VDSL	13 Mbps	1,6 Mbps	1,5 km	1 pereche; cu splitter
	26Mbps	3,2 Mbps	900 m	
	52 Mbps	6,4 Mbps	300 m	
	34 Mbps	34 Mbps	300 m	

Lungime buclă abonat (km)	Rate de transfer tipice ADSL	
	„upstream”	„downstream”
5,5	64 kbps	1,544 Mbps
4,88	65 kbps	2,048 Mbps
3,66	256 kbps	6,312 Mbps
2,8	640 kbps	8,448 Mbps

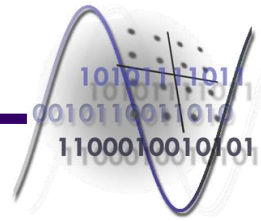
Accesul la rețea ADSL



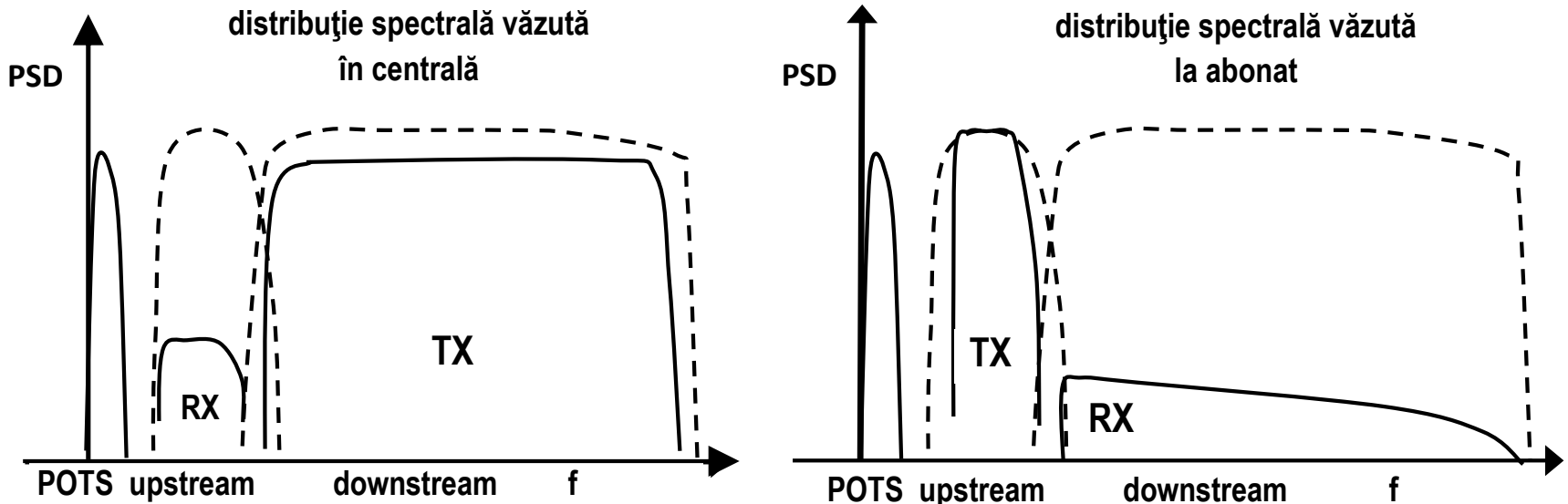
- Variante posibile de acces ADSL;



Alocarea benzilor de frecvență ADSL

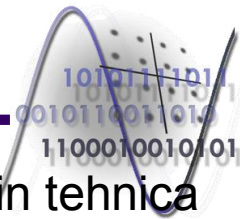


- Alocarea benzilor de frecvență ADSL;
 - Depinde de tehnica de duplexare folosită:
 - Separarea sensurilor de transmisie „upstream” și „downstream” prin tehnica multiplexării în frecvență;
 - este metoda de duplexare cea mai des utilizată;
 - asigură debite downstream mai mici, dar se simplifică blocul de duplexare și egalizarea.

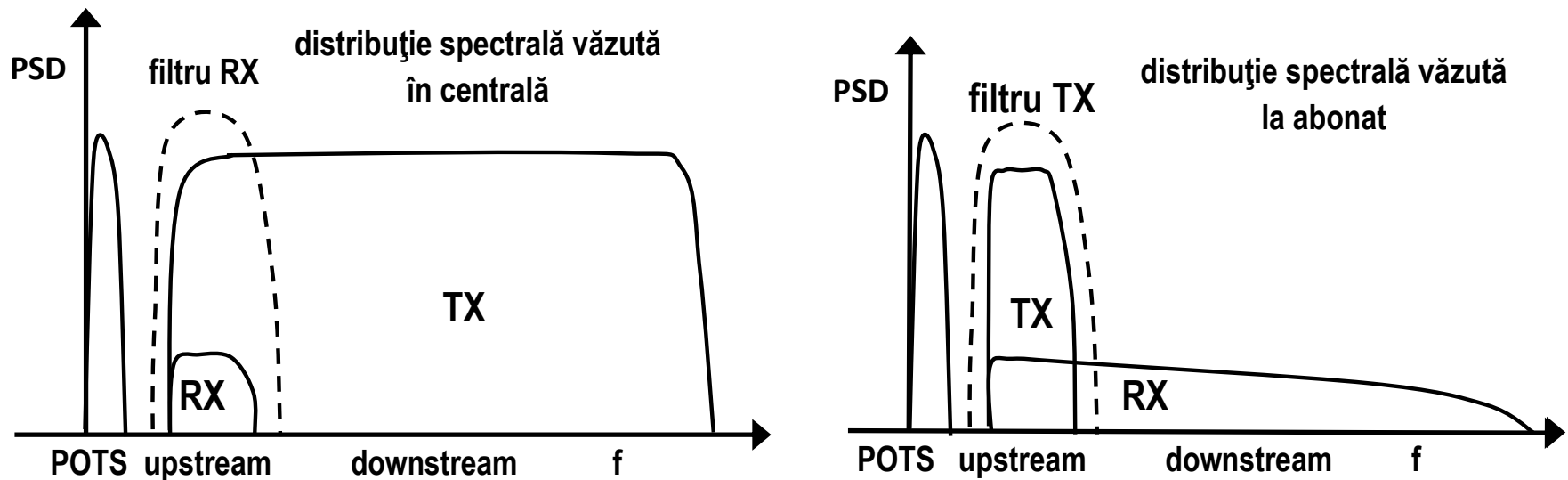


- Figura indică de asemenea caracteristicile de filtrare și nivele de semnal la emisie și recepție.

Alocarea benzilor de frecvență ADSL

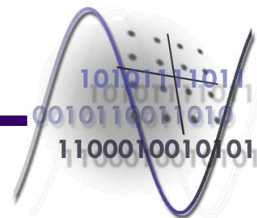


- Separarea sensurilor de transmisie „upstream” și „downstream” prin tehnica compensării ecoului;
 - permite debite downstream mai mari, dar se complică blocul de duplexare și egalizarea;
 - este mai puțin utilizată această metodă de duplexare.

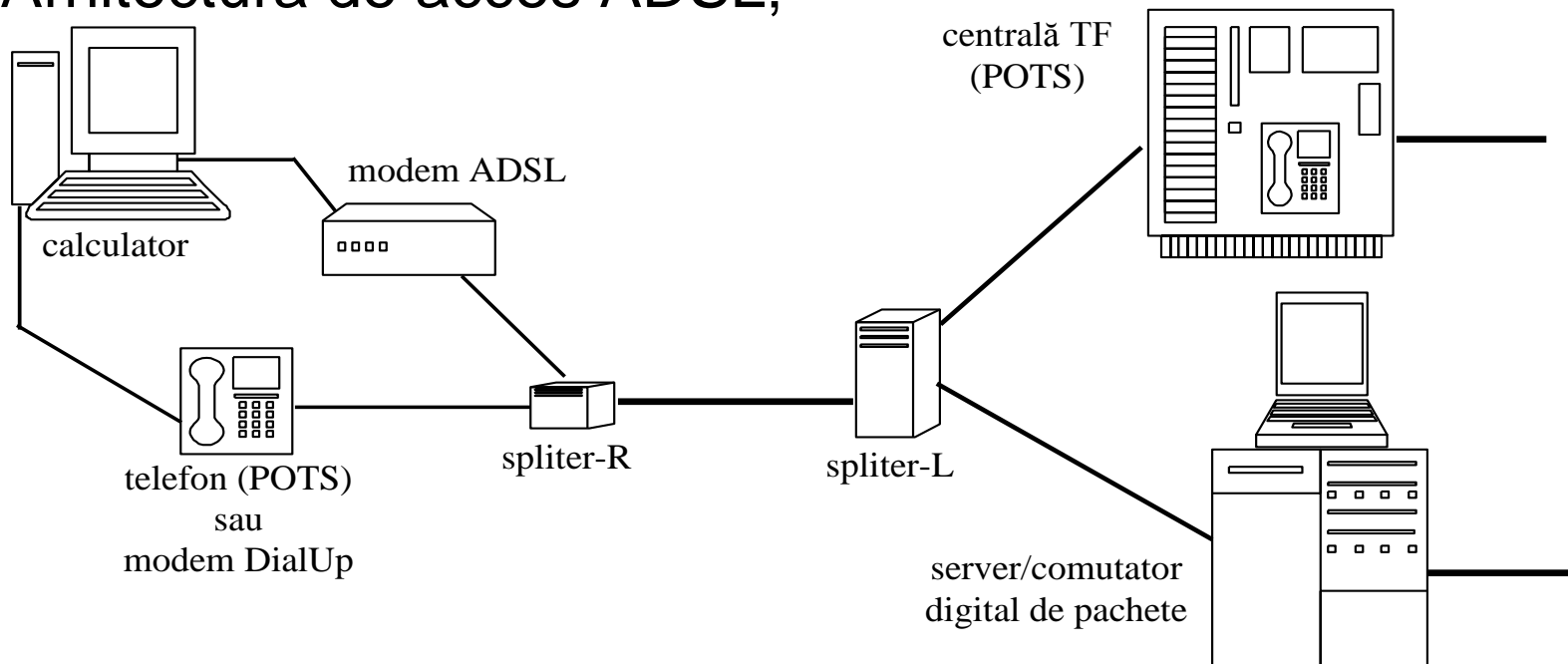


- Figura indică de asemenea caracteristicile de filtrare și nivele de semnal la emisie și recepție.

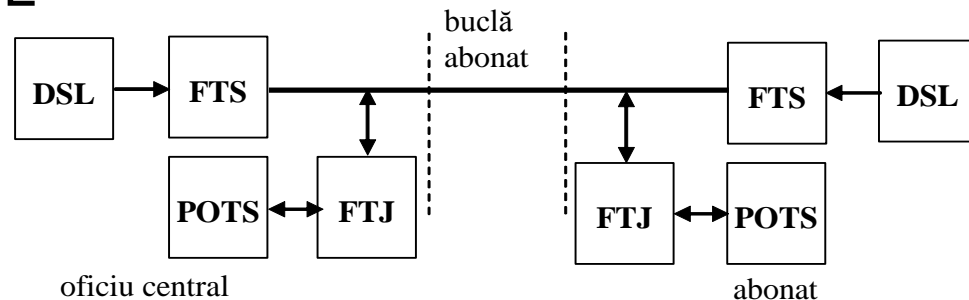
Conectarea la linie ADSL



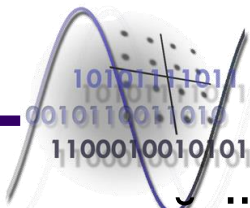
- Arhitectura de acces ADSL;



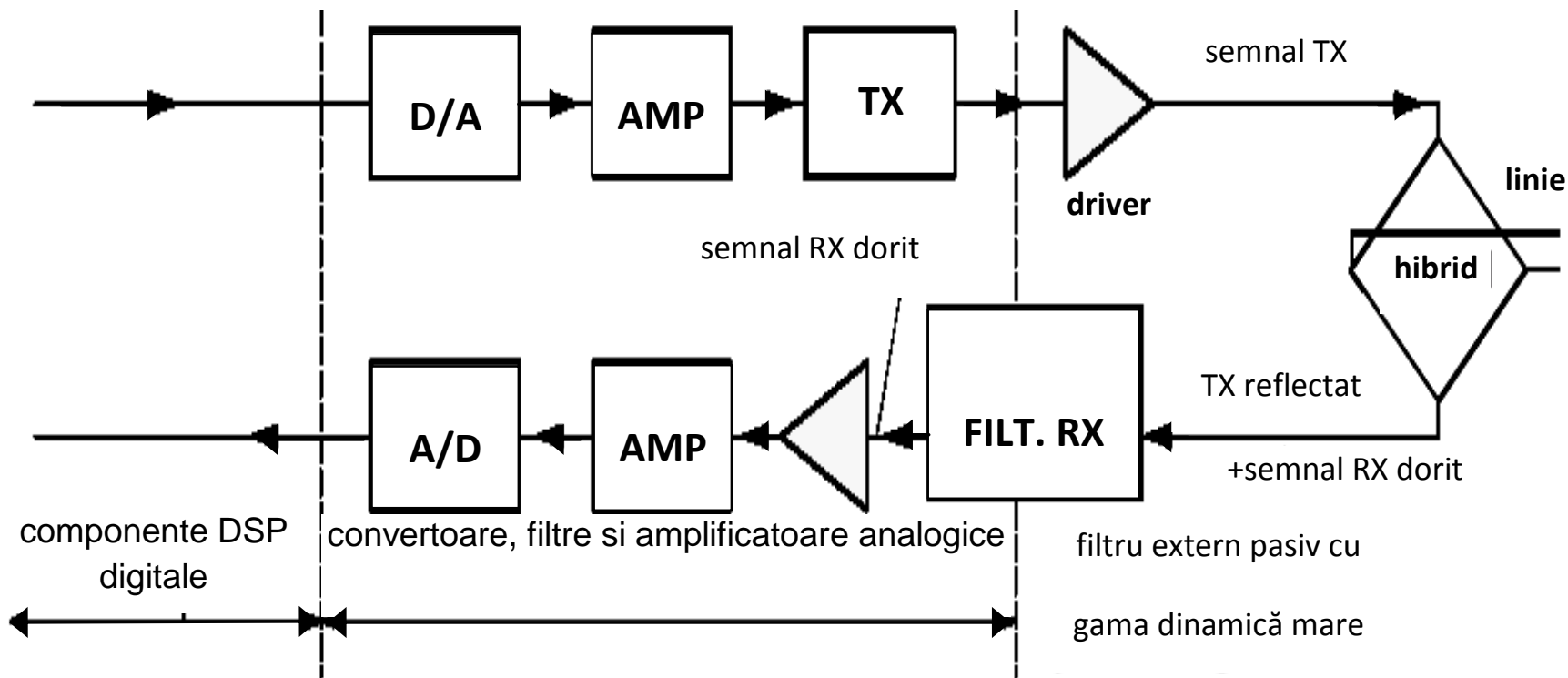
- Conectarea modemului ADSL și a aparatului telefonic la bucla de abonat în cazul utilizării splitterului.



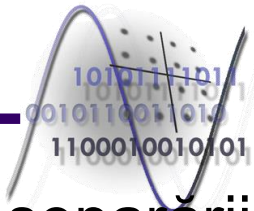
Conectarea la linie ADSL



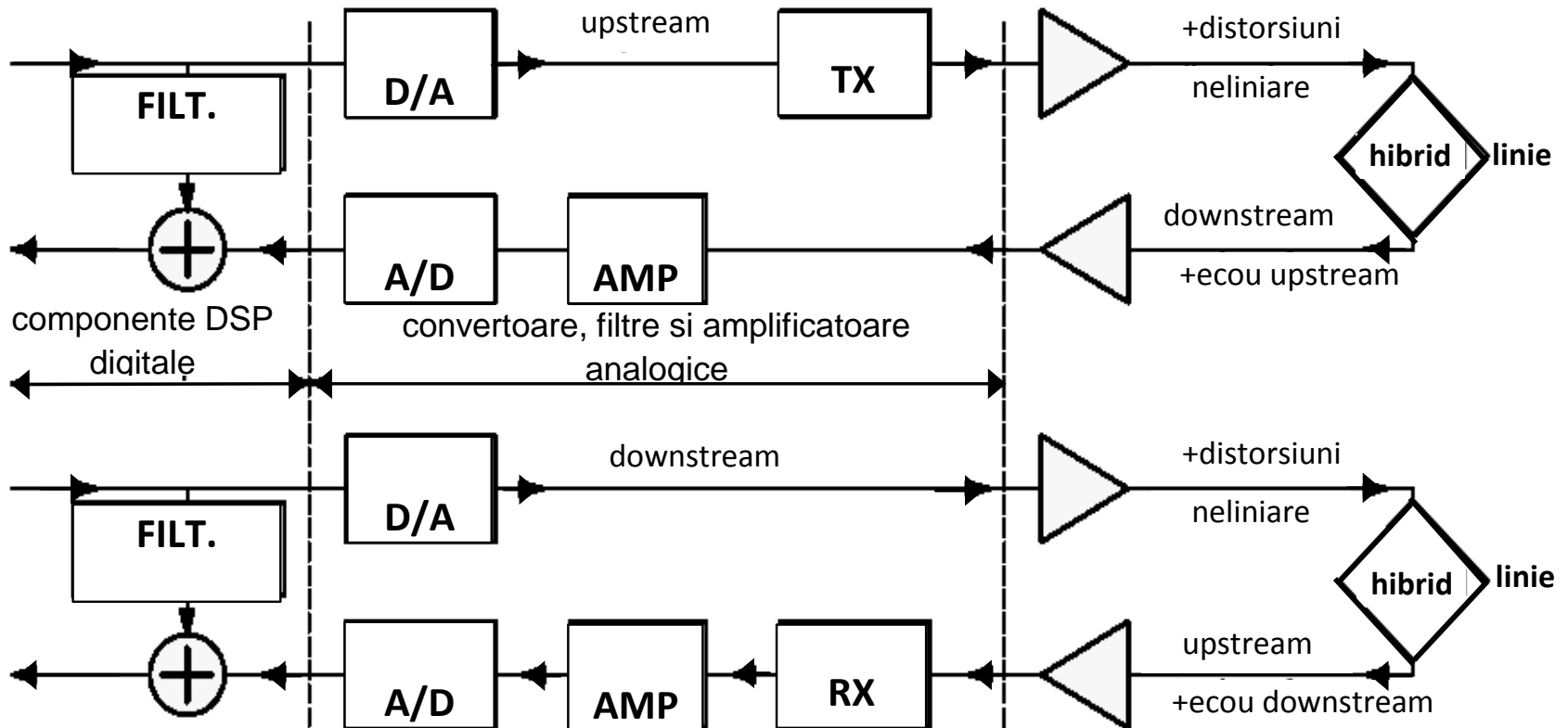
- Interfața de linie a modemului ADSL corespunzătoare separării sensurilor de transmisie prin metoda multiplexării în frecvență.



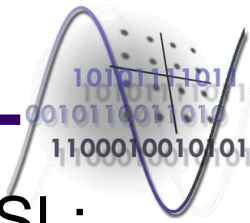
Conectarea la linie ADSL



- Interfața de linie a modemului ADSL corespunzătoare separării sensurilor de transmisie prin metoda compensării ecoului.

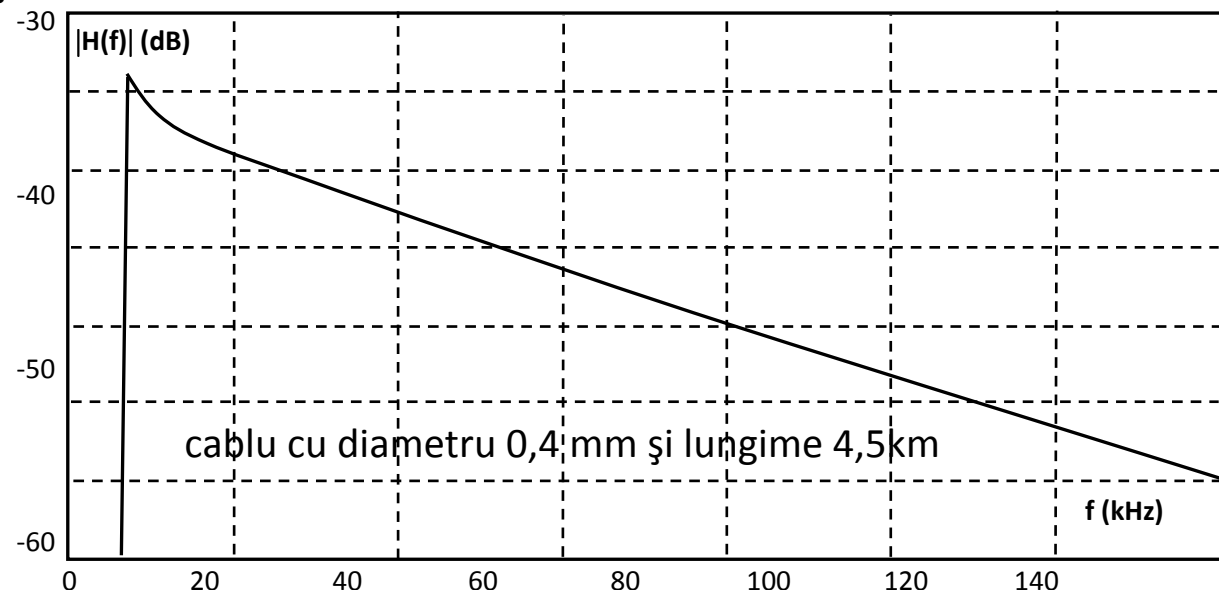


Distorsiuni ADSL

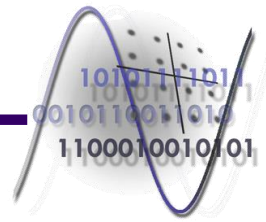


- Distorsiunile principale care afectează transmisiile ADSL:
 - Caracteristica de transfer în frecvență a firelor torsadate din bucla de abonat:
 - atenuarea;
 - crește cu lungimea cablului și cu frecvența;
 - distorsiunea de atenuare;
 - variază cu frecvența.

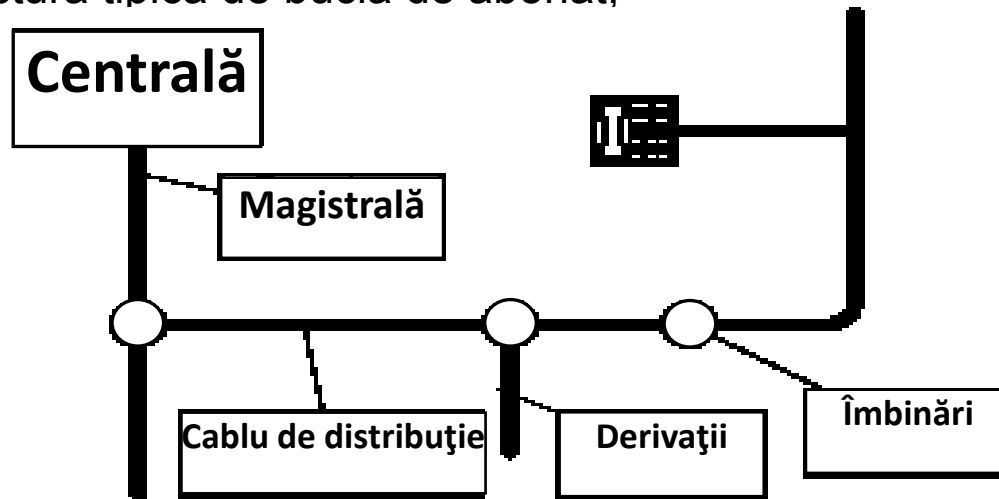
- Ex.: caracteristică de transfer în frecvență a unui cablu:



Distorsiuni ADSL



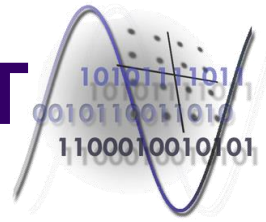
- Reflexii generate de dezadaptări de impedanță;
 - afectează caracteristica de transfer în frecvență;
 - determină nului spectrale la anumite frecvențe;
 - derivațiile neterminale: sunt o cauză majoră a dezadaptărilor de impedanță.
 - ex.: structură tipică de buclă de abonat;



- Zgomot:
 - zgomot de fond: zgomot termic, zgomot de alicie;
 - diafonie: paradiafonie și telediafonie;
 - interferențe radio;
 - zgomot de impulsuri.

- Distorsiuni de neliniaritate.

Modulația DMT



- Principiul modulației DMT:

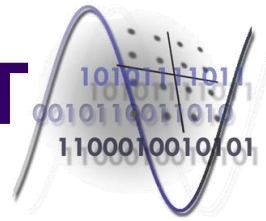
- Modulația DMT este o modulație multipurtătoare;

- împarte banda de frecvență alocată transmisiei într-un număr N (de regulă mare) de subcanale;
- fiecare subcanal are o purtătoare armonică complexă ($e^{j\omega t} = \cos(\omega t) + j \cdot \sin(\omega t)$);
 - purtătoarele alocate diferitelor subcanale sunt ortogonale;
 - ortogonalitatea subpurtătoarelor permite separarea canalelor la recepție fără filtrare;
 - este posibilă suprapunerea spectrală a canalelor alăturate și asigurarea unei eficiențe spectrale ridicate.
- modulația DMT este echivalentă cu o mulțime de modulații QAM paralele;
 - se poate utiliza o constelație de modulare diferite pe fiecare subcanal în parte;
 - filtrele cu răspunsul la impuls $g(t)$, utilizate pentru filtrarea impulsurilor de date complexe $X_i(t)$, pot să lipsească în cele mai multe situații;
 - impulsurile modulatorie nu sunt filtrate înainte de modulare.

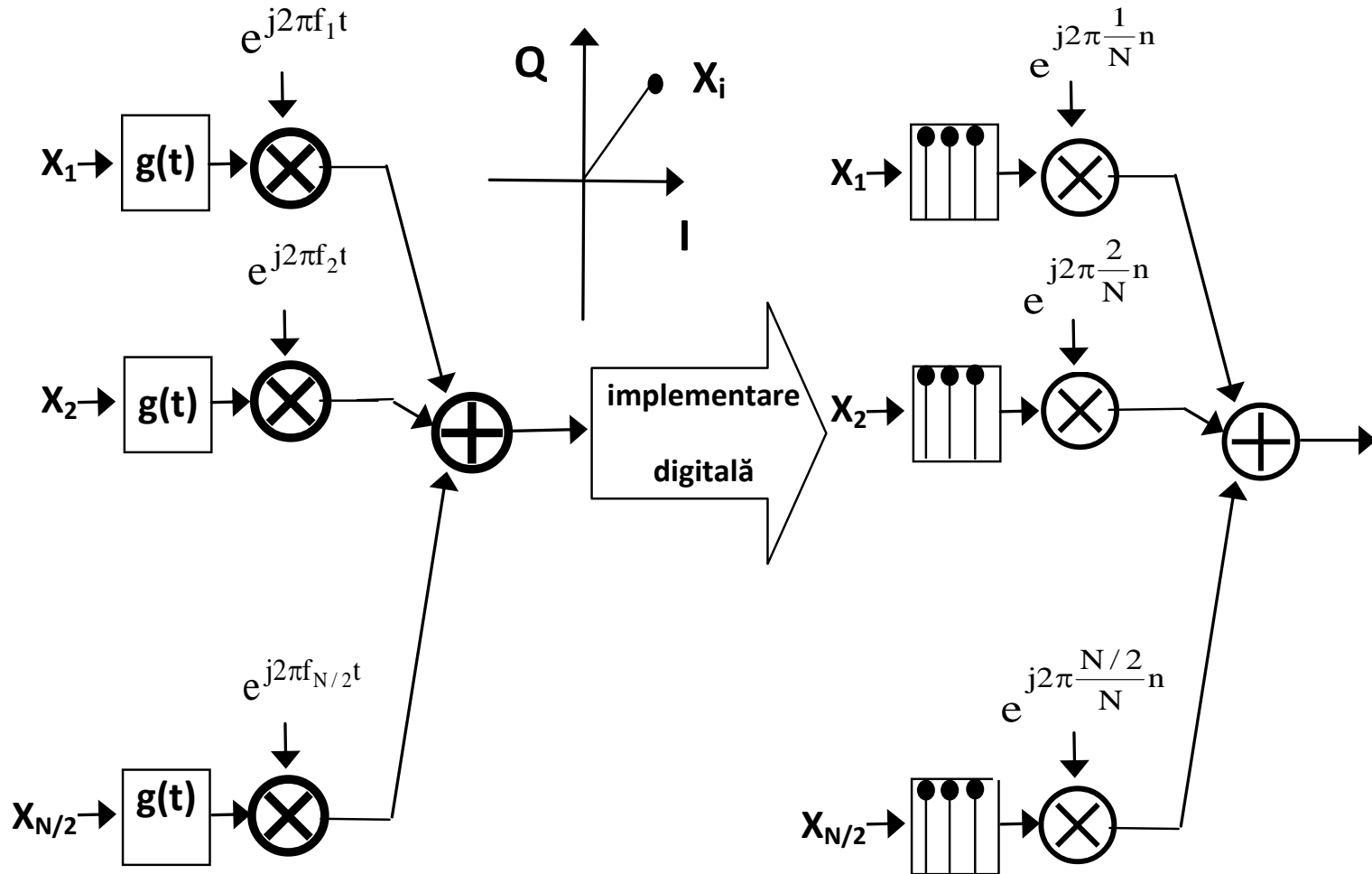
- Condiția de ortogonalitate impusă subpurtătoarelor complexe $e^{jk\omega_s t}$

- f_s este lărgimea de bandă a unui subcanal;
- k este numărul de ordine al subcanalului; $\frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} e^{jm\omega_s t} \cdot e^{-jn\omega_s t} dt = \begin{cases} 0 & \text{daca } m \neq n \\ 1 & \text{daca } m = n \end{cases}$

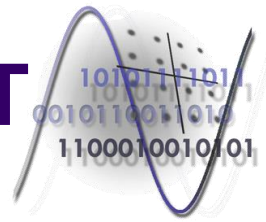
Modulația DMT



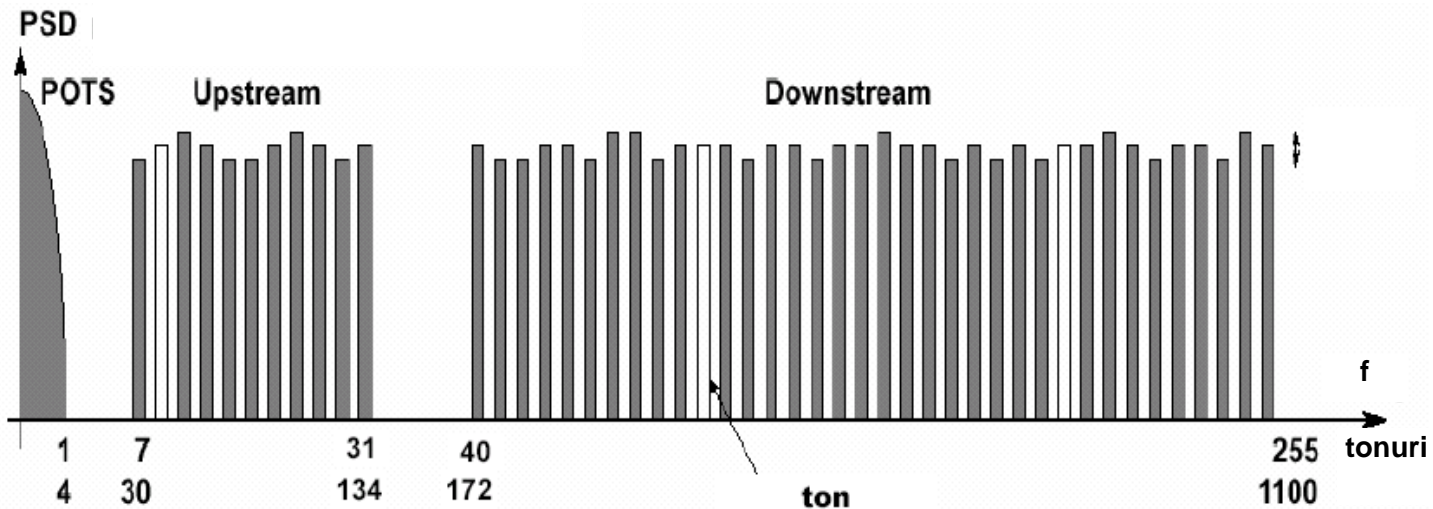
- Principiul modulației DMT:



Modulația DMT

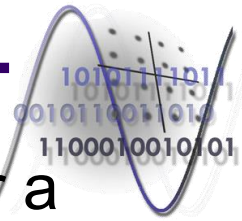


- Alocarea subpurtătoarelor ADSL:
 - Separație subpurtătoare = 4,3125kHz = frecvență de simbol DMT;
 - Se utilizează 255 subpurtătoare; număr maxim de biți/ton = 15.
- Alocarea frecvențelor și a tonurilor pentru transmisii ADSL ce utilizează modulația DMT și duplexare cu divizare în frecvență;

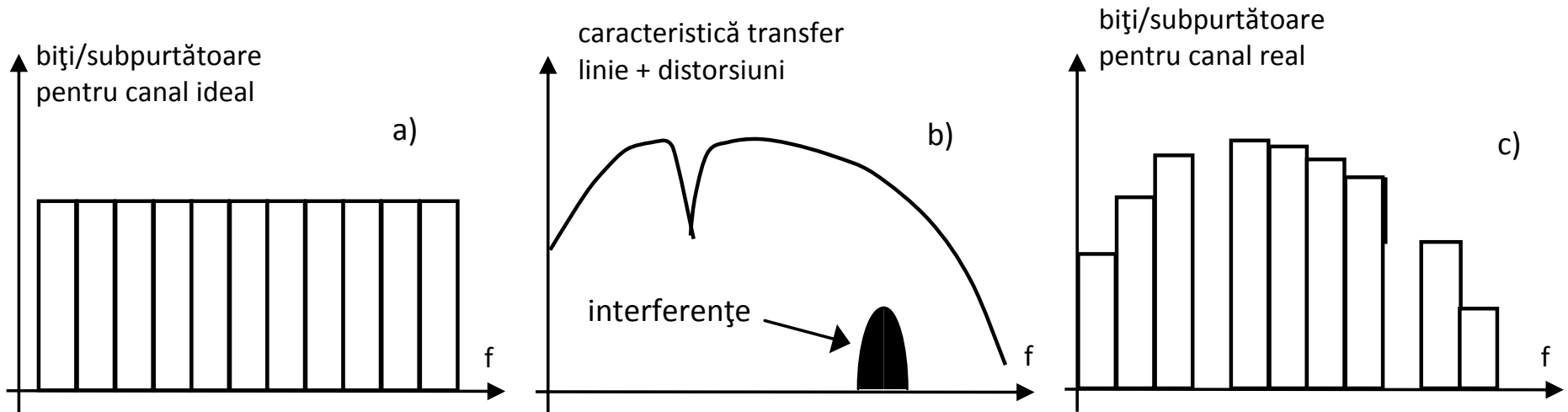


- 25 tonuri sunt alocate pentru „upstream”;
- 215 tonuri sunt alocate pentru „downstream”;
- există tonuri de gardă între benzile ADSL și separat pentru banda telefonică.

Modulația DMT

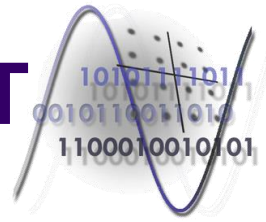


- Adaptarea modulației DMT la caracteristica de transfer a canalului și la zgomotele și interferențele de pe canal;
 - Posibilă datorită adaptării modulației în fiecare subcanal;

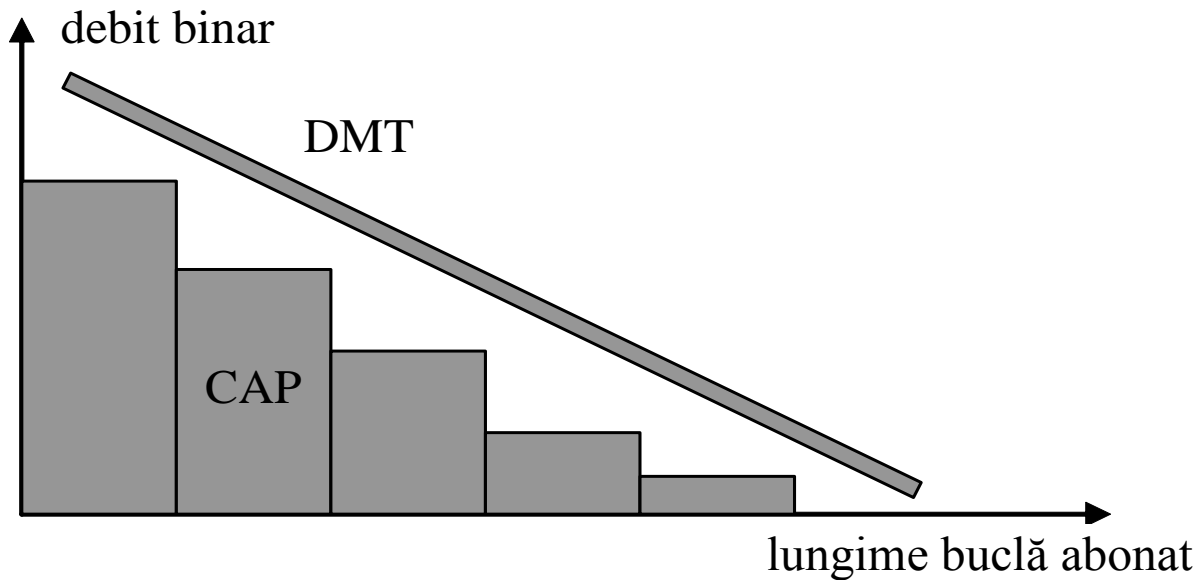


- DMT are performanțe superioare comparativ cu modulația CAP;
 - alocarea selectivă a numărului de biți/ton asigură egalizarea canalului;
 - este posibilă o adaptare fină a ratei de transfer la distorsiunile canalului.

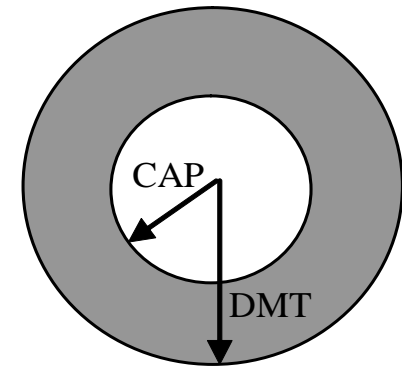
Modulația DMT



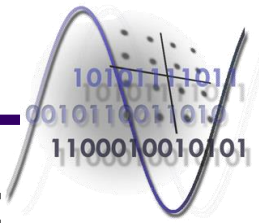
- Comparație între modulațiile DMT și CAP:
 - Posibilității de adaptare a debitului la caracteristica canalului;
 - Rază de acoperire asigurată.



Rază acoperire



Alocarea benzilor de frecvență VDSL



- Planuri de alocare frecvențe pentru transmisiile VDSL;

plan 998; plan de alocare frecvențe: America de Nord, Europa , Japonia



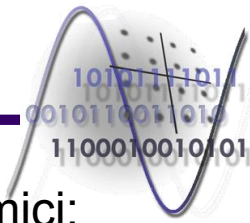
plan 997; plan de alocare frecvențe: Europa



banda O este opțională și poate fi utilizată atât pentru upstram cât și pentru downstream

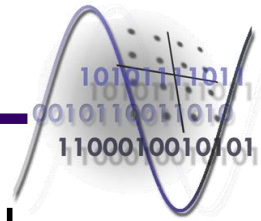
- Alocarea benzilor de frecvențe pentru sensul „upstream” și „downstream” este mai complexă decât în cazul ADSL;
 - există două planuri de alocare a frecvențelor:
 - unul valabil global și unul valabil în Europa;
 - se alocă o bandă largă pentru „upstream” la frecvențe ridicate (banda 2US);
 - la frecvențe ridicate canalul introduce distorsiuni de atenuare semnificative;
 - nu este posibilă utilizarea unor constelații demodulare cu număr mare de biți/simbol.

Alocarea benzilor de frecvență VDSL

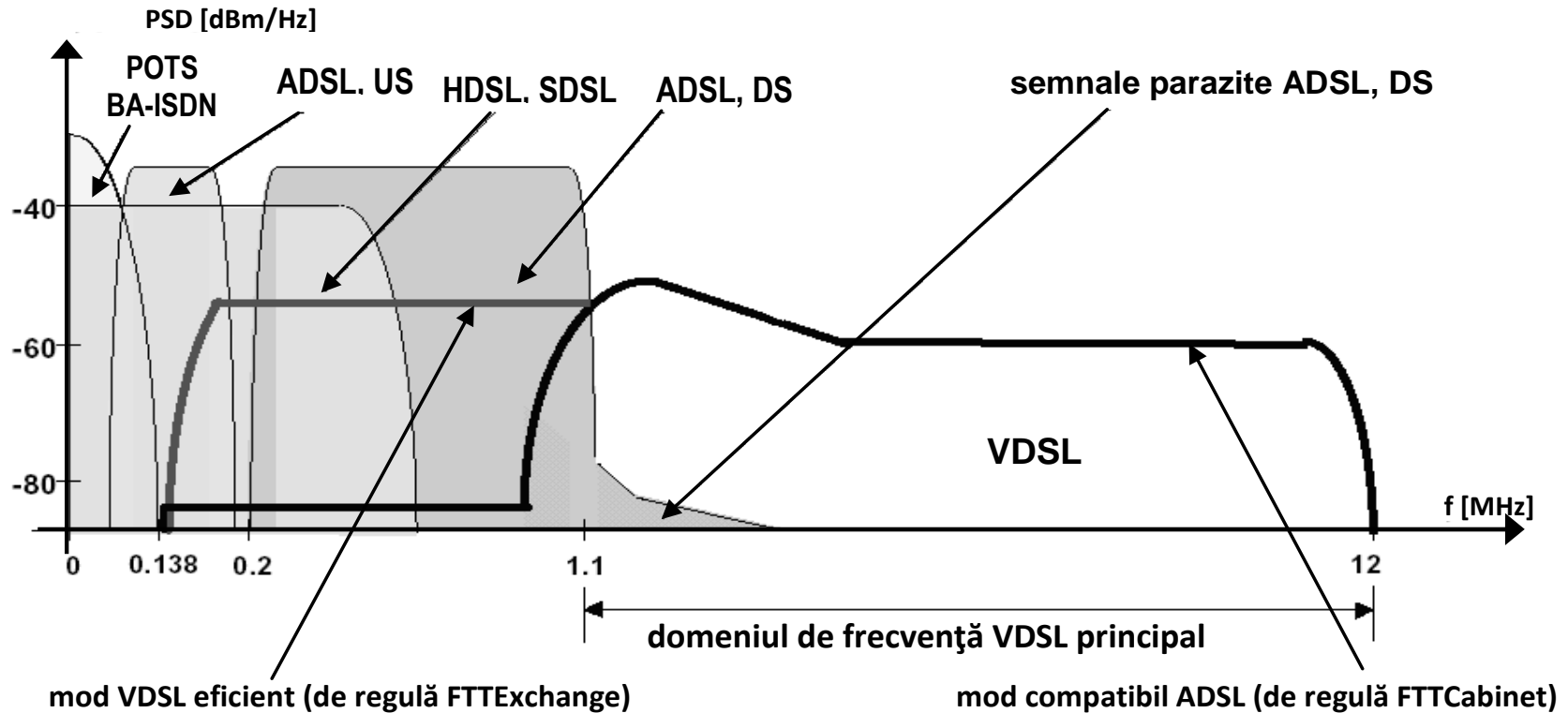


- se alocă o bandă „upstream” mai îngustă (1US) la frecvențe mai mici;
 - este folosită în situația în care transmisia nu se poate realiza (sau nu merită realizată datorită calității slabe) în banda 2US.
- în „downstream” se alocă două benzi de frecvență aproximativ egale (1DS și 2DS), cu lățimi de bandă de 2 – 3MHz;
 - aceste benzi se alocă la frecvențe mai reduse, unde distorsiunile introduse de canal sunt mai reduse.
- se poate observa dispunerea inteligentă a acestor benzi:
 - o bandă DS la frecvențe mai mici unde se poate obține un debit ridicat în “downstream”;
 - o bandă US pentru a se asigura un debit ridicat în „upstream”;
 - o altă bandă DS unde se poate obține un debit mai scăzut decât în prima bandă DS (datorită atenuării mai mari introduse de canal);
 - o a doua bandă US utilizabilă în cazul unor cabluri de lungime mică.
- Alocarea benzilor de frecvență permite moduri de transmisie simetrice:
 - același debit în „upstream” și în „downstream”.

Masca spectrală VDSL

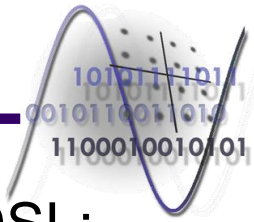


- Masca spectrală VDSL și compatibilitatea spectrală cu tehnicile xDSL;



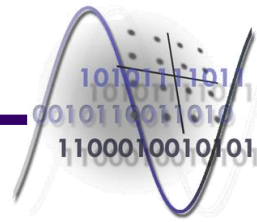
- Figura prezintă pentru comparație și densitatea spectrală a semnalelor telefonice din banda vocală și a semnalelor BA-ISDN;

Categorii de tehnici VDSL

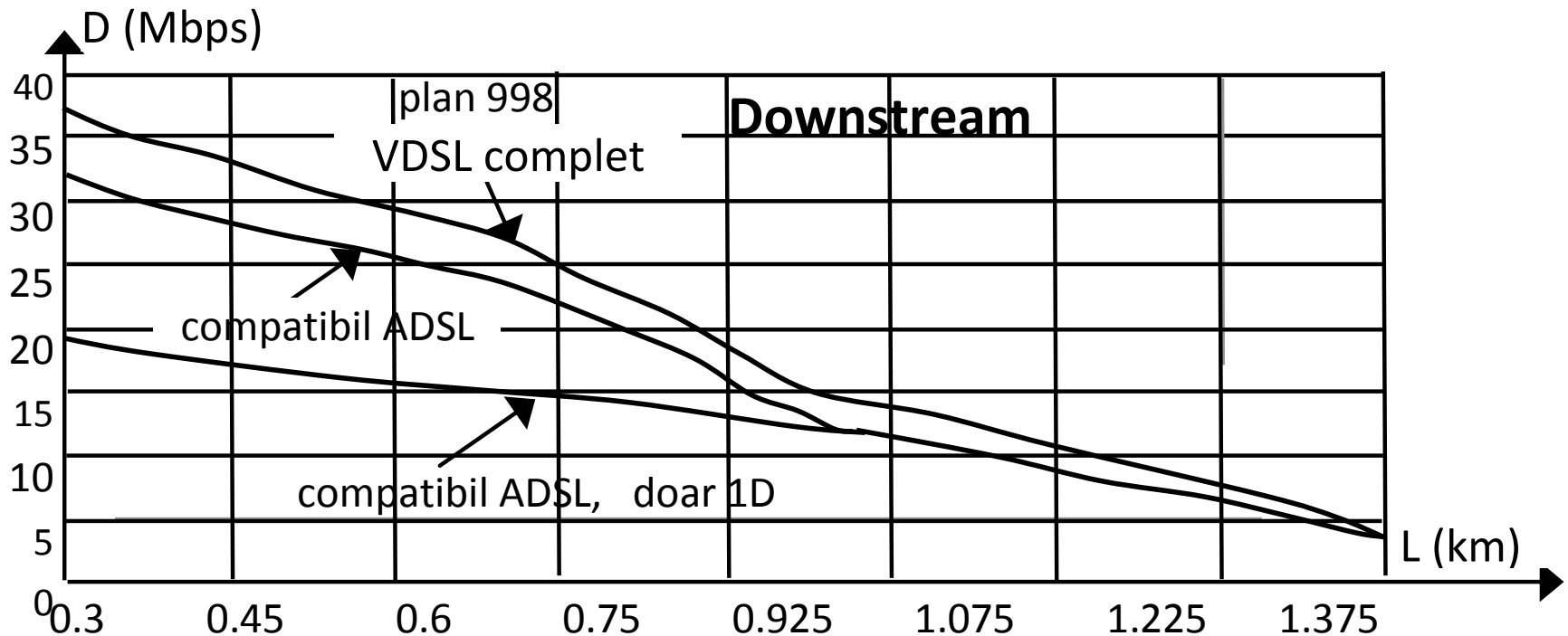


- Este de interes interacțiunea dintre tehnicile ADSL și VDSL:
 - dacă se dorește limitarea diafoniei dintre transmisii ADSL și VDSL:
 - spectrul semnalelor VDSL trebuie limitat inferior la aproximativ 1.1Mhz;
 - trebuie redusă banda 1DS;
 - poate fi vorba teoretic și de transmisia pe același cablu a semnalelor ADSL și VDSL.
 - mod compatibil ADSL (numit și “ADSL friendly”).
 - dacă legătura VDSL se face direct în centrală (“Central Office based VDSL”) se lucrează de regulă cu banda extinsă (completă);
 - mod VDSL eficient.
 - se explica prin lungimea mai mare a cablului de legătură dintre abonat – centrală față de lungimea cablului de legătură abonat – concentrator.
 - dacă cablul este mai lung distorsiunile de atenuare introduse de linie sunt mai mari și pentru a se asigura debite de transfer corespunzătoare trebuie utilizată și banda de frecvențe ADSL.
 - dacă legătura VDSL se realizează până la un concentrator (“Cabinet based VDSL”), se utilizează de regulă banda redusă;
 - de regulă avem următoarea situație:
 - “Cabinet based VDSL” lucrează în mod compatibil ADSL;
 - “Central Office based VDSL” lucrează în mod VDSL eficient.

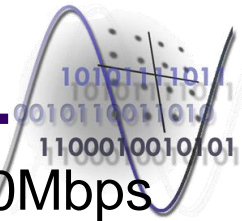
Performanțe VDSL



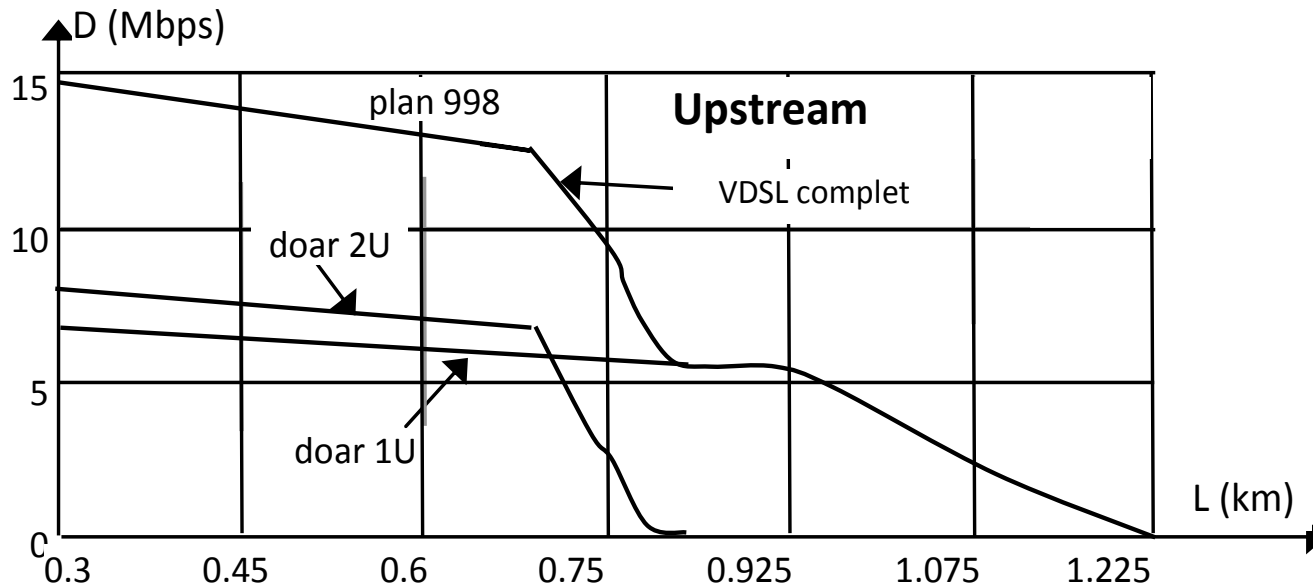
- Studiu de caz:
 - Debitul util maxim care se poate atinge în „downstream” și în „upstream” în funcție de utilizarea benzilor de frecvență disponibile și lungimea buclei de abonat;
 - Transmisia în “downstream”;



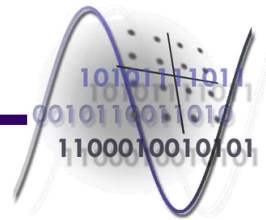
Performanțe VDSL



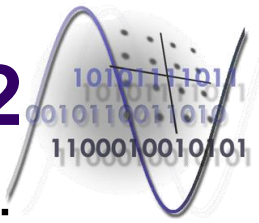
- Debitul maxim în „downstream” variază între 20Mbps - 40Mbps pentru bucle mai scurte de 300m și scade sub 5Mbps pentru bucle cu lungimea de 1,5km;
 - se observă diferența de debit dintre varianta compatibilă și cea incompatibilă ADSL;
 - se poate observa de asemenea debitul suplimentar asigurat de banda 2DS, dar doar la lungimi reduse ale buclei de abonat.
- Transmisia în “upstream”;



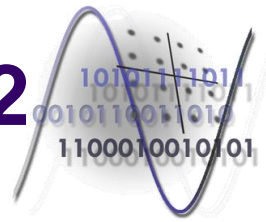
Performanțe VDSL



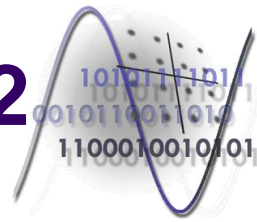
- Debiturile maxime în „upstream” se situează între limitele:
 - 5Mbps - 15Mbps pentru bucle mai scurte de 300m;
 - transmisia nu este posibilă în acest sens pentru bucle de lungime mai mare de 750m – 1200m;
 - se observă imposibilitatea utilizării benzii 2US la lungimi ale buclei mai mari de 600m – 650m;
 - se datorează distorsiunilor puternice introduse de canal în această bandă.
 - transmisia din banda 1US este mai puțin afectată de creșterea lungimii buclei de abonat.



- Facilități suplimentare asigurate de standardul ADSL2:
 - Debit de transmisie mai mare;
 - Raza de acoperire mai mare;
 - Adaptare mai flexibilă a ratei de transfer la caracteristicile canalului;
 - Facilitați de diagnosticare și monitorizare canal:
 - se poate măsura:
 - putere zgomotul de fond;
 - atenuarea în buclă;
 - raportul semnal zgomot.
 - informațiile de diagnoză sunt trimise la centrală și sunt utilizate pentru monitorizarea calității serviciului.
 - Mod de lucru stand-by;

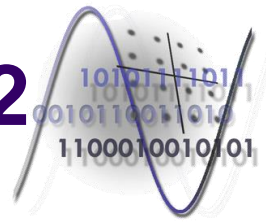


- ADSL2 asigură următoarele performanțe:
 - debit în „downstream” de până la 12Mbps;
 - debit în „upstream” de până la 1Mbps ;
 - aceste performanțe se obțin prin următoarele tehnici:
 - creșterea eficienței modulației;
 - reducerea antetelor cadrelor de date („framing overhead”);
 - câștig de codare mai mare;
 - procesări de semnale mai complexe;
 - îmbunătățirea inițializării.



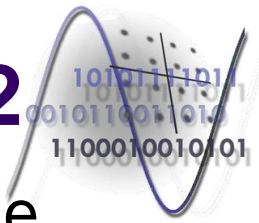
- Metode îmbunătățite de gestionare a puterii:
 - Modemuri ADSL operează continuu în modul “full-power”;
 - mod de lucru L0 (chiar și atunci când nu se transmite nimic)
 - consum semnificativ de energie ce constituie o problemă în special în cazul “cabinet based ADSL”: probleme de alimentare și disipare a căldurii.
 - Tehnica ADSL2 aduce două noi tehnici de gestionare a consumului de putere și anume:
 - Modul de lucru L2 “low-power mode”: dedicat modemului ATU-C din centrală (sau concentrator);
 - se permite intrarea și ieșirea rapidă din regimul “low-power mode” pe baza traficului de date transmis pe conexiunea respectivă
 - dacă traficul este mare se lucrează în modul “full power” (L0) pentru a maximiza viteza de transmisie;
 - în momentul în care traficul scade se intră în regimul L2 și se transmite cu un debit mult mai redus;
 - comutarea între cele două regimuri se realizează instantaneu și fără modificarea probabilității de eroare sau afectarea serviciului;

Tehnici ADSL2

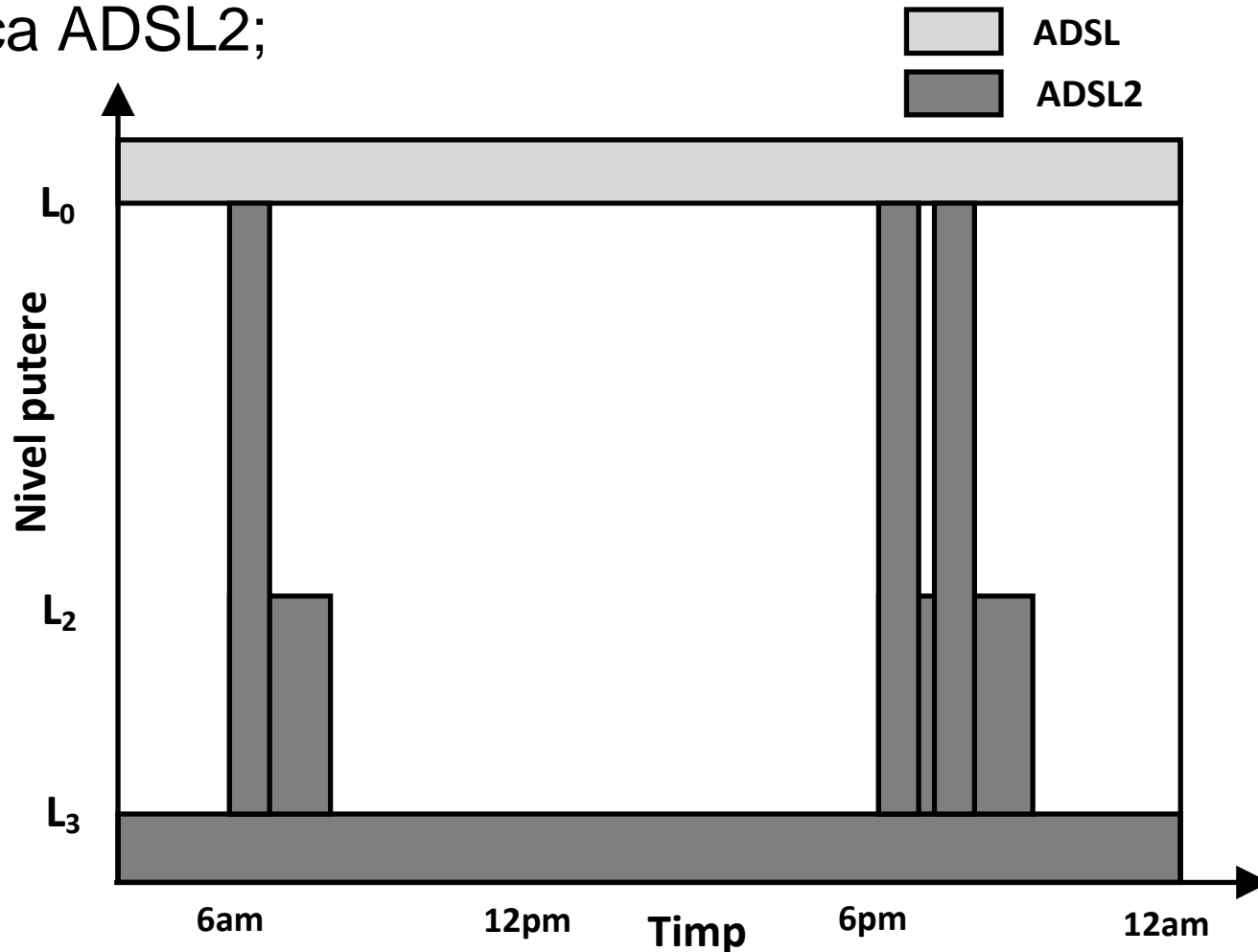


- Modul de lucru L3 “low power mode”: dedicat atât modemului ATU-C cât și ATU-R;
 - se intră într-un “sleep mode” în momentul în care nu se detectează trafic pe conexiune pentru un interval mai lung de timp;
 - tranziția la starea de funcționare normală necesită aproximativ 3s.

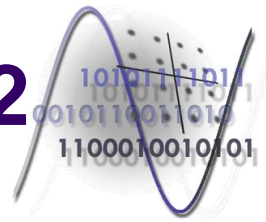
Tehnici ADSL2



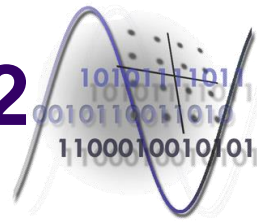
- Moduri de gestionare a puterii de transmisie utilizate de tehnica ADSL2;



Tehnici ADSL2

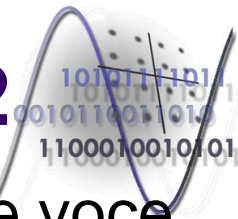


- “Bonded ADSL” (dezvoltat în 2005);
 - Este o facilitate importantă ADSL2;
 - Permite creșterea debitului de transmisie prin cuplarea mai multor linii telefonice într-o singură conexiune ADSL;
 - este necesară introducerea unui nivel de multiplexare/demultiplexare care permite distribuirea unui flux mai mare pe diferite conexiuni fizice.

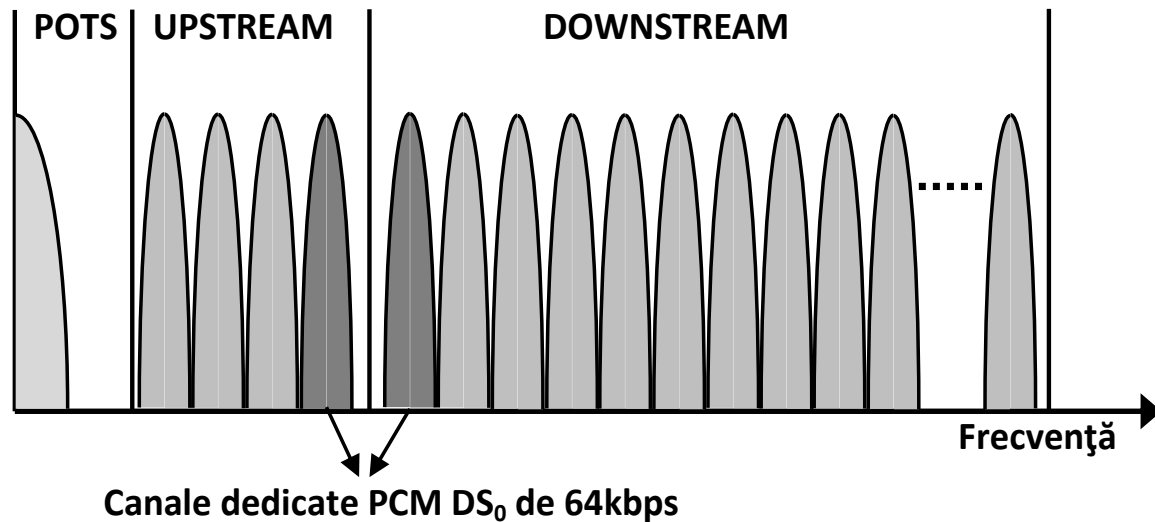


- ADSL2 oferă posibilitatea de a partaja lărgimea de bandă în canale cu diferite caracteristici pentru diferite aplicații;
 - ADSL2 oferă suport pentru aplicații de voce în paralel cu transmisia de date;
 - probabilitate de eroare posibil mai mare, dar întârziere impusă mică pentru transmisiile de voce;
 - probabilitate de eroare impusă mică, dar întârziere posibil mai mare pentru transmisiile de date.
 - această capacitate de “canalizare” (“channelization”) oferă suport pentru CVoDSL „Channelized Voice over DSL”:
 - metodă de transmitere transparentă a unor canale de voce TDM prin tehnica DSL;
 - se rezervă canale de 64kbps pentru transmiterea unor canale DS0 către centrală sau un multiplexor;
 - trebuie rezervate canale atât în “downstream” cât și în “upstream”.

Tehnica ADSL2

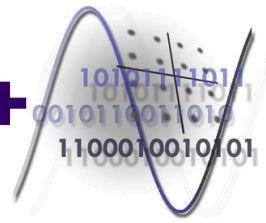


- Principiul tehnicii CVoDSL de transmisie a canalelor de voce TDM prin tehnica DSL;



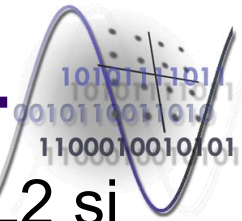
- Beneficii adiționale oferite de tehnica ADSL2:
 - Interoperabilitate crescută;
 - extensiile adăugate procedurilor de inițializare oferă interoperabilitate mai bună între echipamente produse cu cipuri provenite de la diverși furnizori;
 - Inițializare (“startup”) rapid;
 - timpul de inițializare se poate reduce de la 10s (ADSL) la 3s (ADSL2);

Tehnica ADSL2+

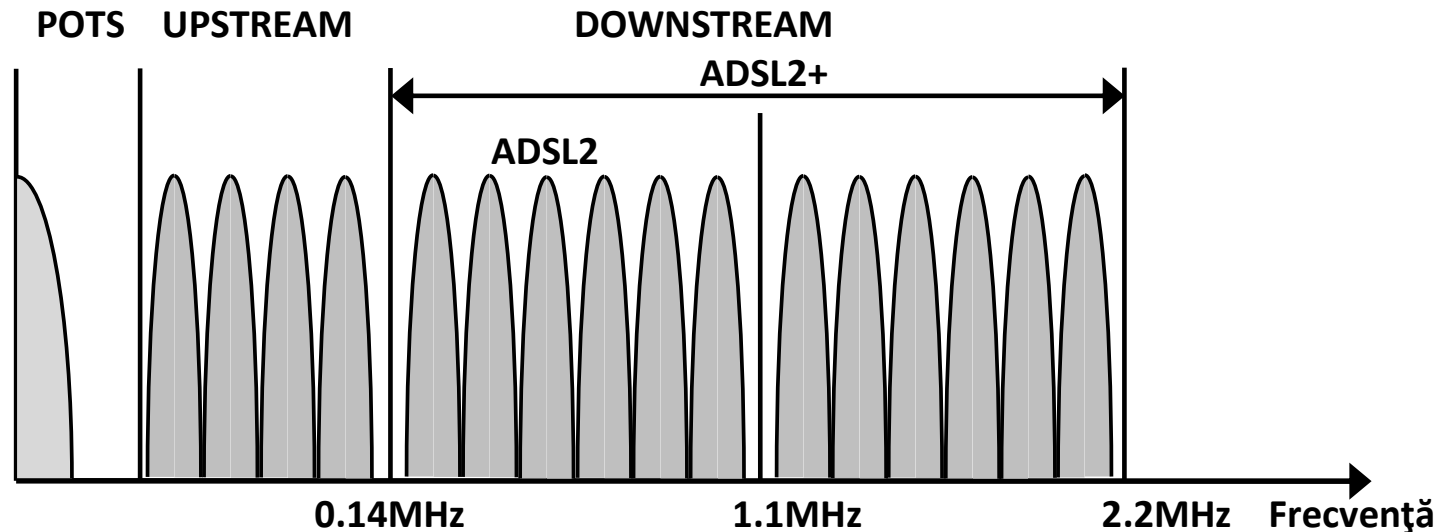


- Mod complet digital;
 - se permite un mod opțional în care banda telefonică standard se utilizează tot pentru transmisii de date – se poate mări debitul cu 256kbps;
- Suport pentru servicii bazate pe transmisii de pachete;
 - se prevede un nivel de convergență care permite aplicații de tip pachete (de ex. Ethernet) să fie transportate prin tehnica ADSL2.
- ADSL2+ este o extensie a standardului ADSL2;
 - ADSL2 specifică o bandă “downstream” de 1.1MHz sau 552kHz (ADSL G.lite.bis), iar ADSL2+ o bandă de 2.2MHz;
 - creștere substanțială a debitului în “downstream” pentru linii mai scurte de aproximativ 5000 picioare;
 - debitul în “upstream” este în jur de 1Mbps, în funcție de parametrii canalului de transmisie (lungimea liniei).

Tehnica ADSL2+

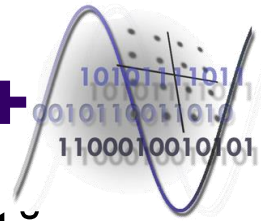


- Alocarea benzilor de frecvență în cazul tehnicilor ADSL2 și ADSL2+;

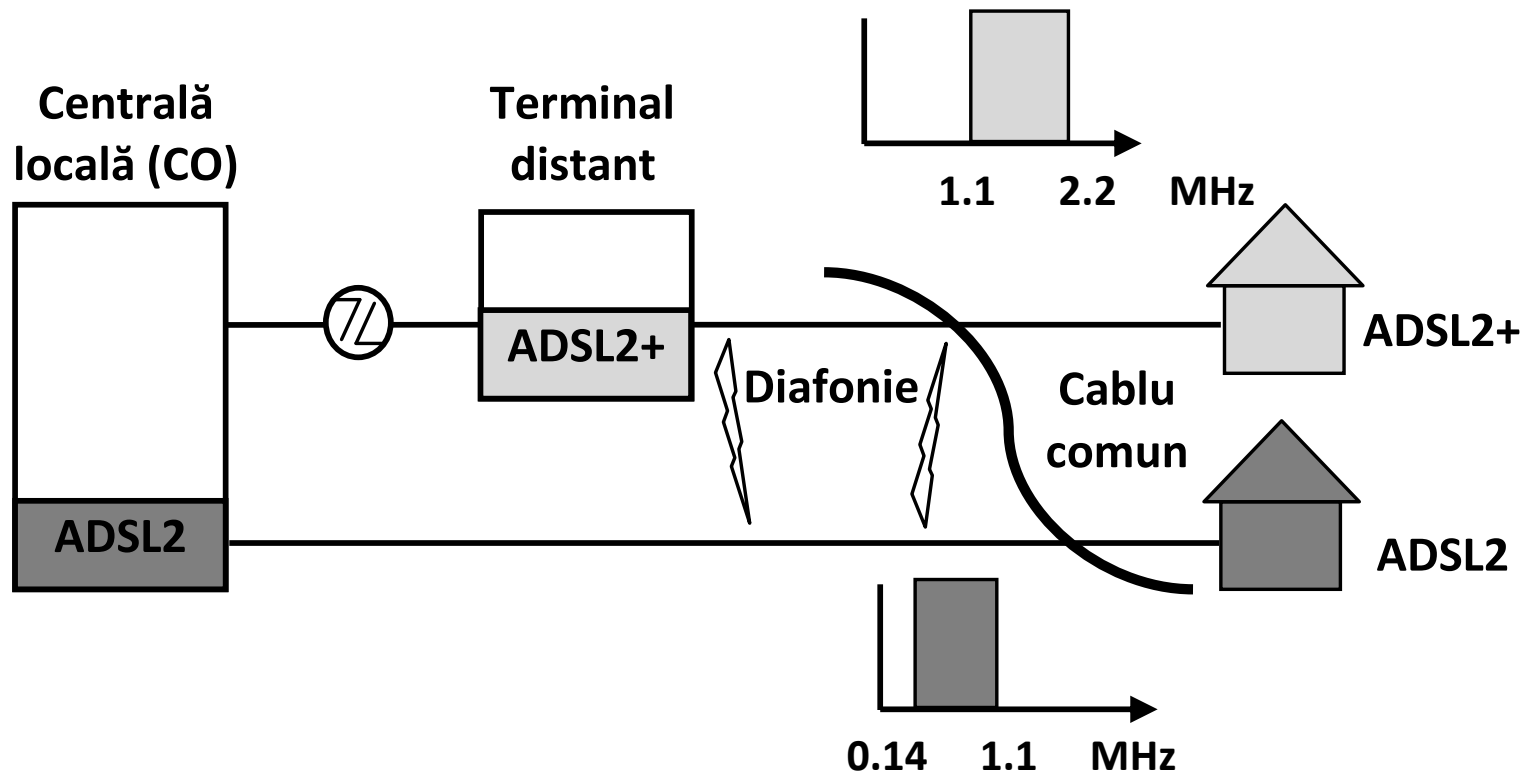


- ADSL2+ se poate utiliza și pentru reducerea diafoniei prin alocarea corespunzătoare a sub-benzilor “downstream”;
 - Se poate utiliza doar banda de frecvență localizate între 1.1MHz și 2.2MHz pentru pentru “cabinet based DSL”
 - linia mai scurtă introduce distorsiuni mai mici ale caracteristicii de frecvență;
 - Banda ADSL2 se poate utiliza pentru “central office based DSL”.

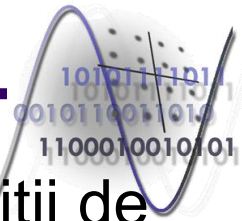
Tehnica ADSL2+



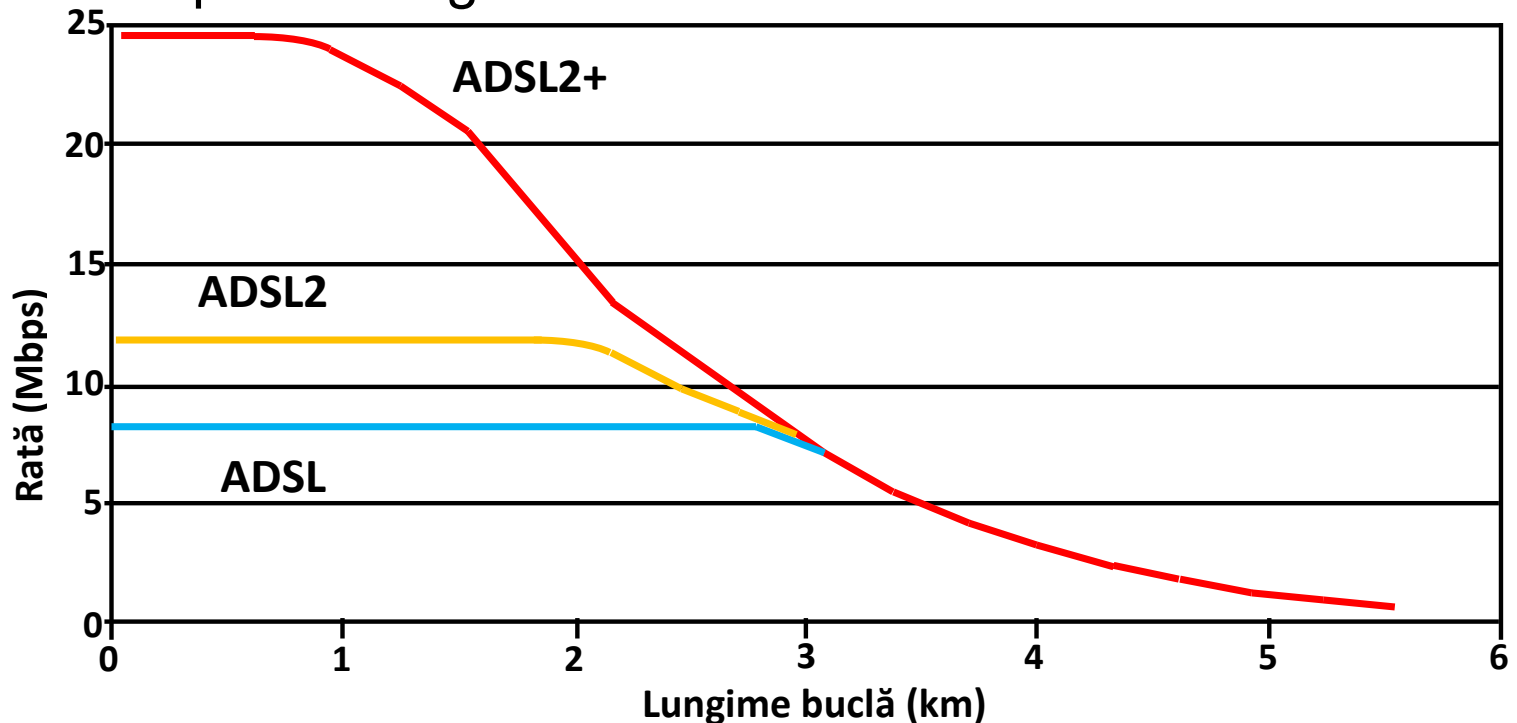
- Reducerea diafoniei prin alocarea benzilor de frecvență downstream ale tehnicii ADSL2+;



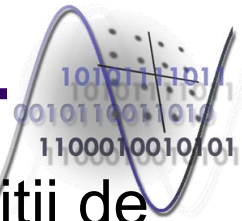
Performanțe ADSL2+



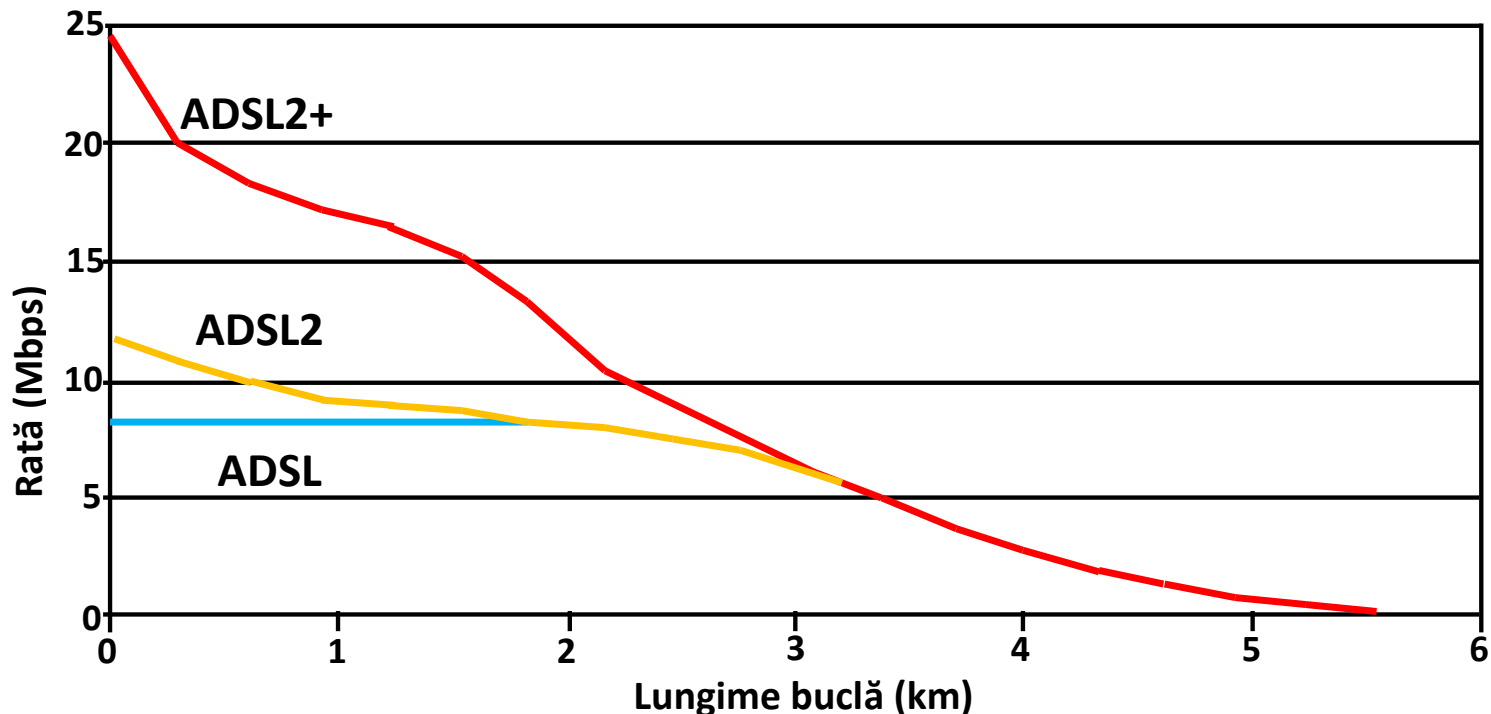
- Debit downstream ADSL, ADSL2, și ADSL2+ în condiții de zgomot alb pentru diferite lungimi ale buclei de abonat;
 - Cablu 26awg (“American wire gauge”);
 - diametru 0.4mm;
 - Densitate spectrală zgomot alb: -140dBm/Hz.



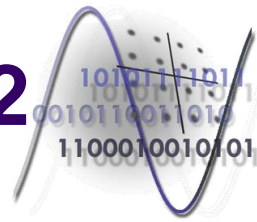
Performanțe ADSL2+



- Debite downstream ADSL, ADSL2, și ADSL2+ în condiții de diafonie pentru diferite lungimi ale buclei de abonat;
 - Cablu 26awg (“American wire gauge”);
 - 12 surse interferente identice;
 - 12 “Self cross-talk”;

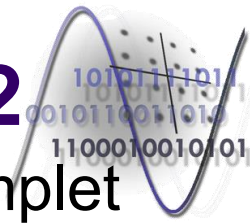


Tehnica VDSL2



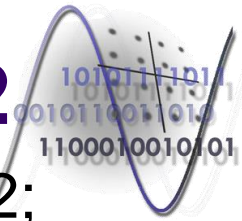
- Este cea mai nouă și mai avansată tehnologie DSL;
 - A fost proiectat să suporte o categorie largă de servicii:
 - voce, video, date, televiziune de înaltă definiție (HDTV), jocuri interactive.
 - Este specificat de către standardul ITU-T G.993.2 și este o îmbunătățire a standardului G.993.1 (VDSL1);
 - este un standard complex cu numeroase profiluri de transmisie și benzi de frecvență adaptate diferitelor cerințe de acoperire și debit.
 - Permite transmisii duplex integral simetrice și asimetrice până la debite de 200Mbps pe perechi torsadate folosind o bandă de frecvență maximă de 30MHz.
- Standardul VDSL2 include multe din facilitățile și funcționalitățile conținute de standardul ADSL2+;
 - Facilități avansate de:
 - diagnostic, management avansat, identificare defecte;
 - abilitatea de a maximiza debitul și eficiența utilizării benzii de frecvență.

Tehnici VDSL2



- VDSL2 este caracterizat prin tehnici de inițializare complet diferite de cele ale sistemelor VDSL1:
 - Tehnici avansate de măsurare a canalului și antrenare transceiver;
 - sistemul VDSL2 permite utilizarea benzii de frecvență US0 (utilizat de sistemele ADSL) pe canale de lungime mare.
- VDSL2 asigură suport pentru servicii bazate pe transmisie de pachete (de ex. Ethernet sau IP);
 - Facilități de management evaluate permit transmisia pe același strat fizic a unor pachete cu priorități și lungimi diferite;
 - VDSL2 asigură suport pentru transmisia unor servicii cu cerințe complet diferite:
 - probabilitate de eroare, întârzieri, protecție la zgomot de impuls.
- VDSL2 asigură de asemenea:
 - Compatibilitate îmbunătățită între echipamente cu “chip-seturi” diferite și compatibilitate cu tehnicile ADSL și ADSL2.

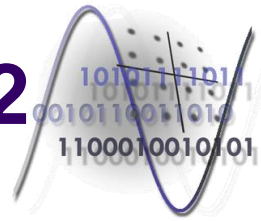
Profiluri VDSL2



- Profilurile de transmisie definite pentru tehnicile VDSL2;
 - Aceste profiluri caracterizează:
 - lărgimea de bandă alocată;
 - numărul de tonuri (subpurtaătoare) utilizate, în special în downstream;
 - separația tonurilor;
 - puterea de emisie;
 - rata de transfer (în special în downstream).

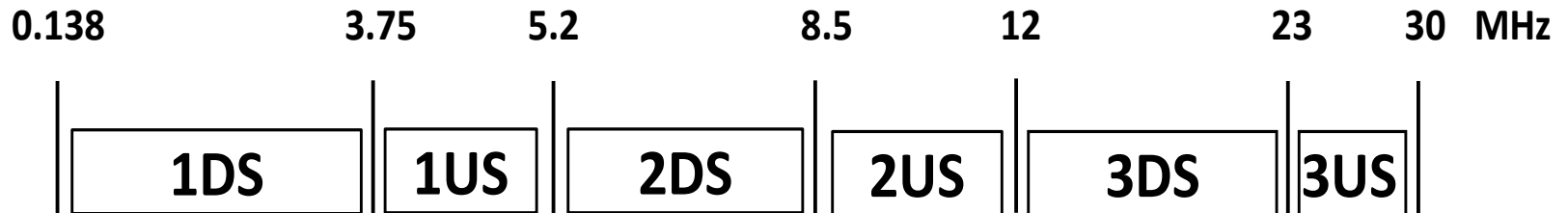
Profil	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Parametru								
Lărgime de band MHz	8.5	8.5	8.5	8.5	12	12	17.7	30
Tonuri DS	1971	1971	1971	1971	2770	2770	4095	2098
Separație tonuri kHz	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	8.625
Putere TX DS dBm	17.5	20.5	11.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
Debit net minim Mbps	50	50	50	50	68	68	100	200

Profiluri VDSL2

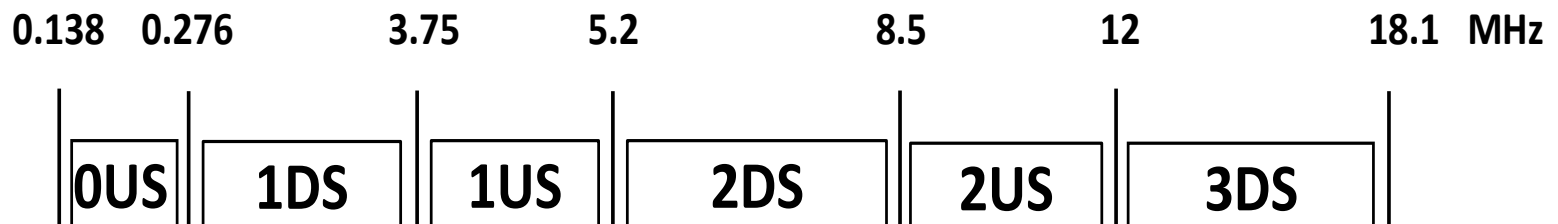


- Planuri de alocare a benzilor de frecvență pentru transmisiile VDSL2;

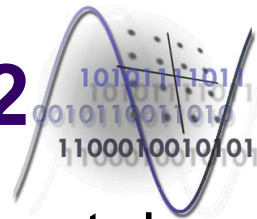
plan 998 extins; plan de alocare frecvențe: America de Nord



plan 998B; plan de alocare frecvențe: Europa

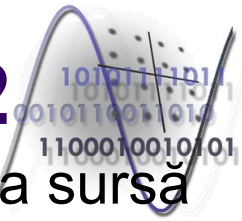


Performanțe VDSL2



- Sistemul VDSL2 asigură o protecție superioară la zgomot de impulsuri;
 - Zgomotul de impulsuri este unul dintre cele mai importante distorsiuni ce afectează transmisiile DSL;
 - Sistemul VDSL2 permite corecția pachetelor de erori generate de impulsuri cu perioada între $250\mu\text{s}$ și $3,75\text{ms}$.
- VDSL2 permite rază de acoperire mare de tip ADSL, adică 1 – 4 Mbps la distanțe de 4 - 5 km;
 - În caz în care se lucrează într-un mod similar cu ADSL2;
 - Sistemele de tip VDSL2, spre deosebire de sistemele VDSL1, nu sunt limitate numai la bucle scurte;
 - sistemele VDSL1 au raza de acoperire tipică de 3kft (3000 picioare);
 - o serie de caracteristici ale sistemelor ADSL sunt incorporate în VDSL2 (rază de acoperire tipică 9kft).

Performanțe VDSL2



- Debitul maxim de transmisie VDSL2 este de 250Mbps la sursă
 - debitul scade rapid la 100Mbps la 0.5km și 50Mbps la 1km;
 - debitul scade mai lent, la distanța de 1.6km de sursă;
 - performanțele sunt identice cu cele ale tehnicii ADSL2+.

