

Curs 8 – 9

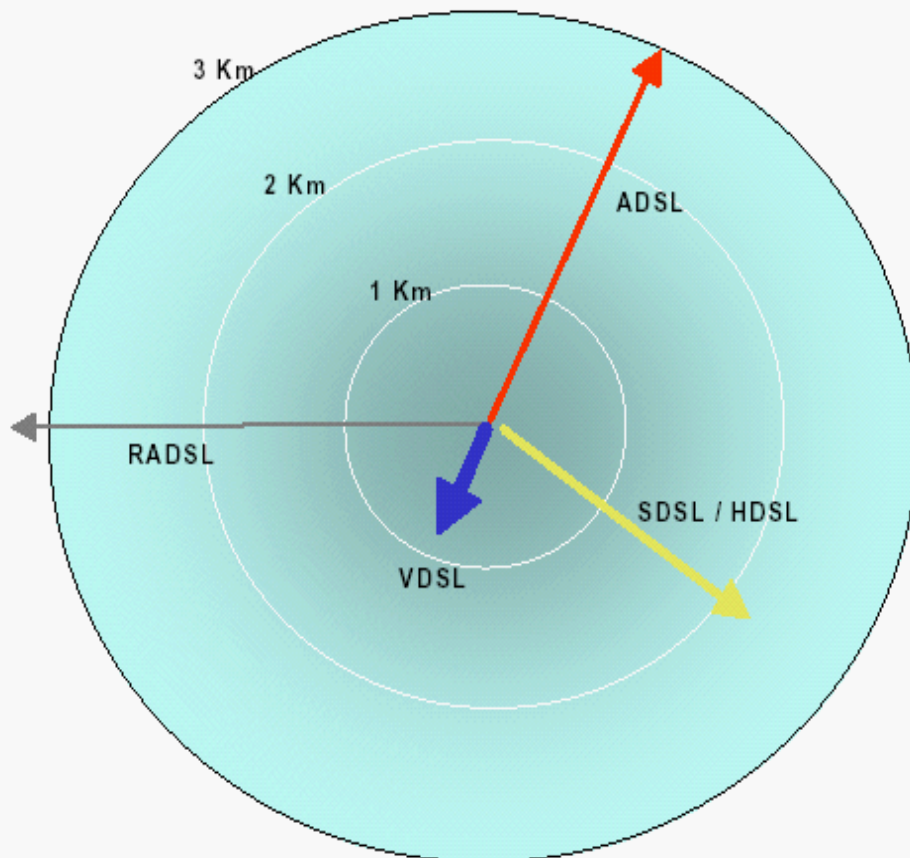
Tehnici de acces digitale de tip DSL (Digital Subscriber Line)

- 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* și *ADSL - Asymmetric DSL*;
- SDSL asigură aceeași rată de transfer în ambele direcții adică în:
 - „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.
- ADSL asigură în „downstream” un canal de bandă largă, situat la frecvențe înalte și un canal de bandă mai îngustă în „upstream” situat la frecvențe joase;
- împărțirea benzilor de frecvență are două motive: cantitatea de informație transmisă în „downstream” este mai mare și se reduce paradiafonia care este mai mare la frecvențe înalte;
- variantele de ADSL includ: ADSL, ADSL G.lite, RADSL și VDSL (poate lucra atât în mod simetric cât și asimetric).
- Modalitățile de transfer utilizate pentru diferite tehnici DSL și lungimea maximă a buclei de abonat sunt prezentate în tab. 1 și în fig. 1; este specificat dacă este posibilă utilizarea serviciului telefonic standard și numărul de perechi de fire necesare.

Tab. 1 The following table compares the features of each DSL variation.

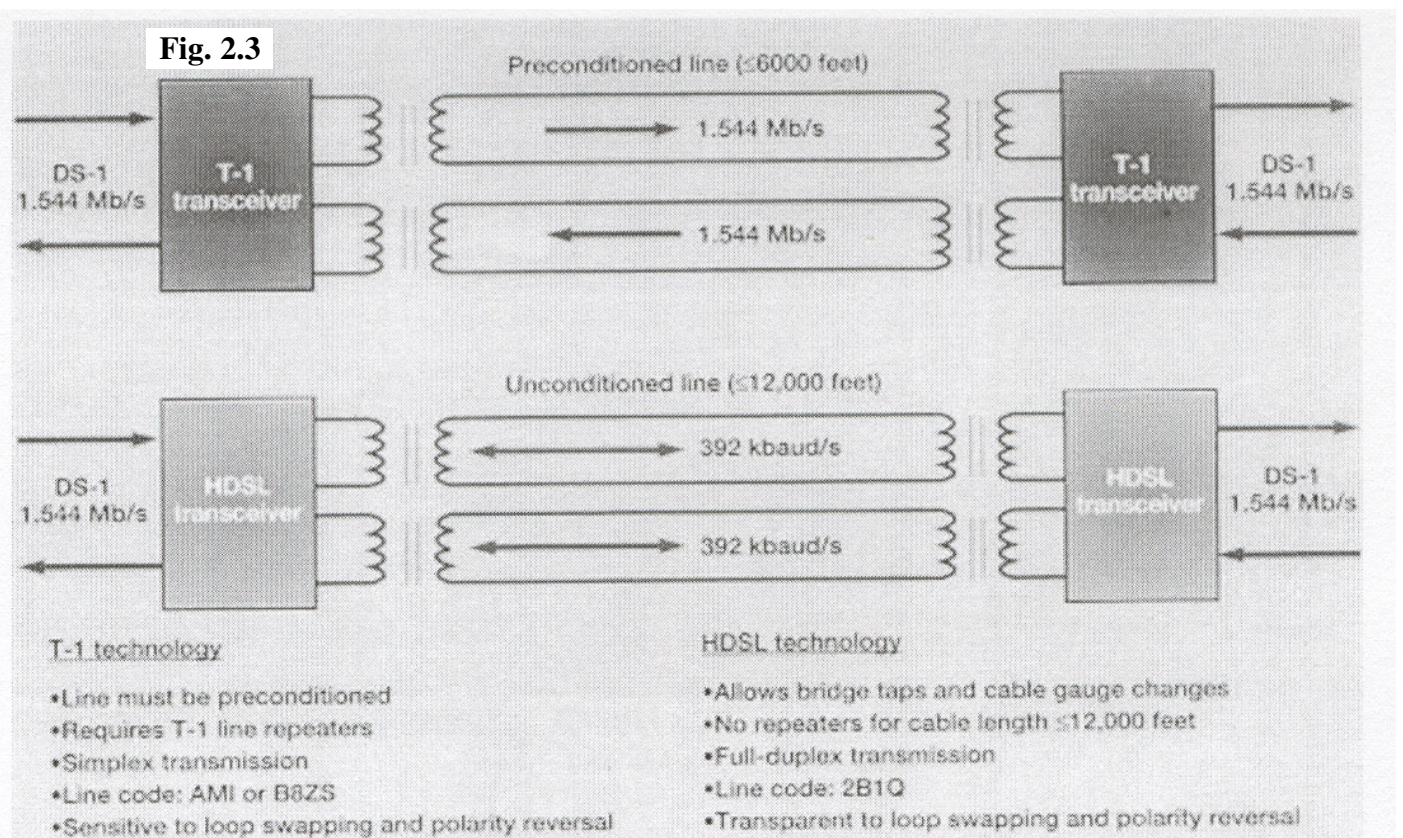
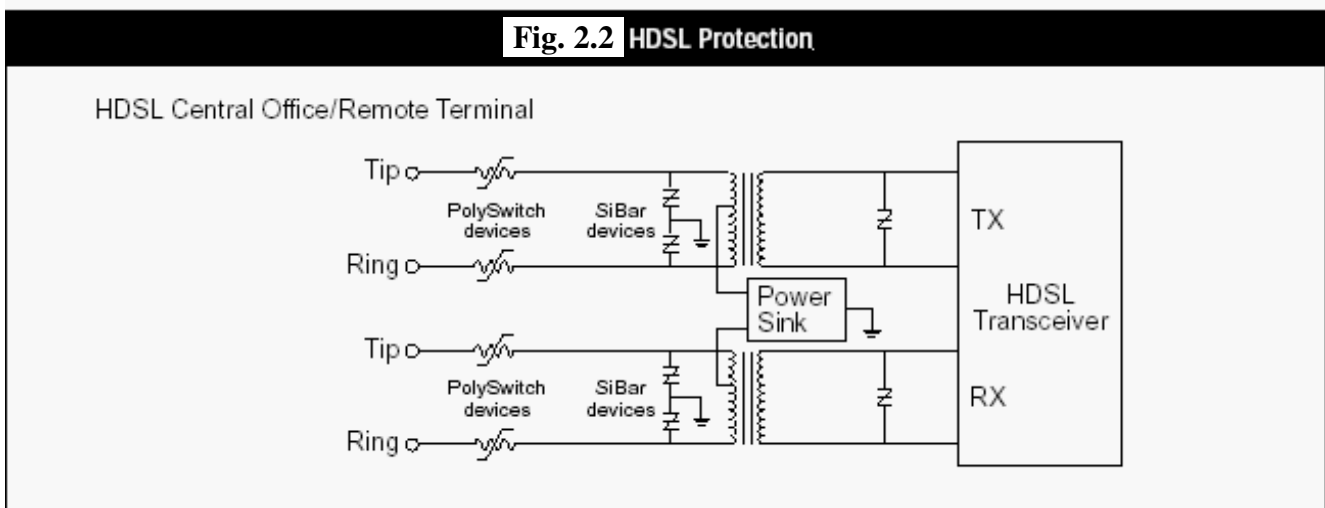
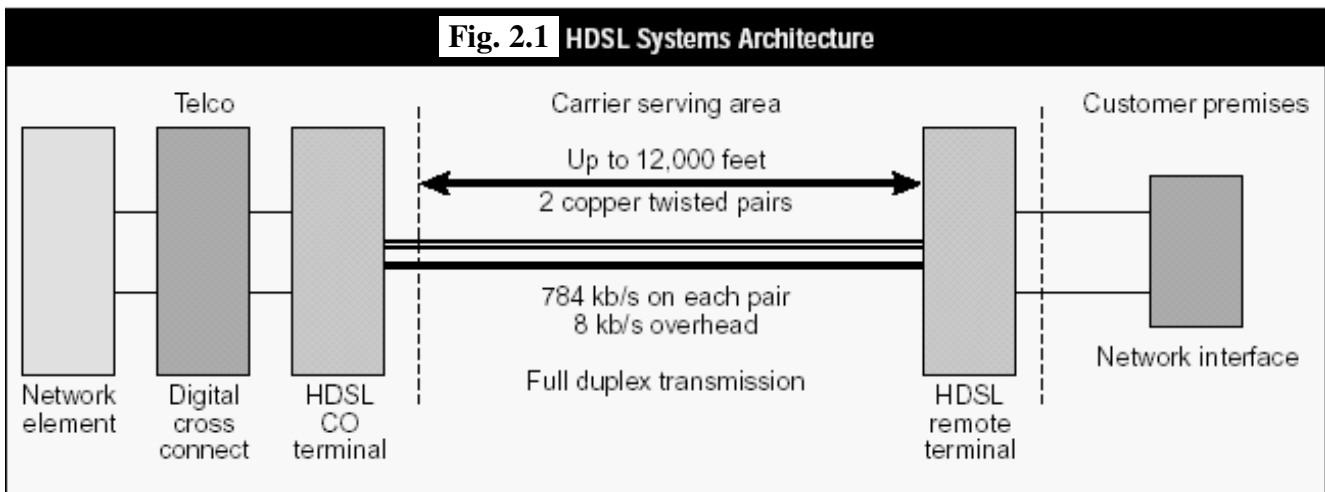
DSL Variation	Symmetric or Asymmetric	Bit Rates		Supports data & telephone? **	Required # of twisted pairs	Maximum distance
		Downstream	Upstream			
ADSL	Asymmetric	1.5 Mbps to 6.1 Mbps	64 Kbps to 640 Kbps	Yes	1	
G.lite ADSL	Asymmetric	Up to 1.5 Mbps	Up to 500 Kbps	Yes	1	
HDSL	Symmetric	1.5 Mbps	1.5 Mbps	No	2 / 3	15,000 ft
HDSL2	Symmetric	1.5 Mbps	1.5 Mbps	No	1	18,000 ft
IDSL	Symmetric	144 Kbps	144 Kbps	No		18,000 ft
MSDSL	Symmetric	1.5 Mbps	1.5 Mbps	No	1	
RADSL	Both	1 Mbps to 7 Mbps	128 Kbps to 1 Mbps	Yes	1	
SDSL	Symmetric	2.3 Mbps	2.3 Mbps	No	1	10,000 ft
SHDSL	Symmetric	2.3 Mbps	2.3 Mbps	No	1 / 2	20,000 ft
VDSL	Asymmetric	Up to 52 Mbps	Over 1.5 Mbps	Yes	1	

Fig. 1 The following diagram compares the transmission distance on a single twisted pair.



* **Note:** Voice-over DSL techniques can be used to convey both digitised voice and data on symmetric DSL services.

- o pentru o prezentare condensată a aspectelor legate de transmisiile SDSL, în figura 2 se prezintă un sistem HDSL, alimentarea distantă și comparația cu o simplă transmisie bidirecțională a cadrelor PCM primare.



○ Tipuri de tehnici SDSL:

- 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 fiind transmis full-duplex un debit de 784kbps utilizându-se tehnica compensării ecoului;
 - permite utilizarea liniilor normale (0,5 mm – fără precondiționare) 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 (ISDN) 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).

- **CAP (Carrierless Amplitude & Phase Modulation)** – variantă a modulației QAM (Quadrature Amplitude Modulation).
- 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 pot transmite semnale diferite în aceeași bandă de frecvență;

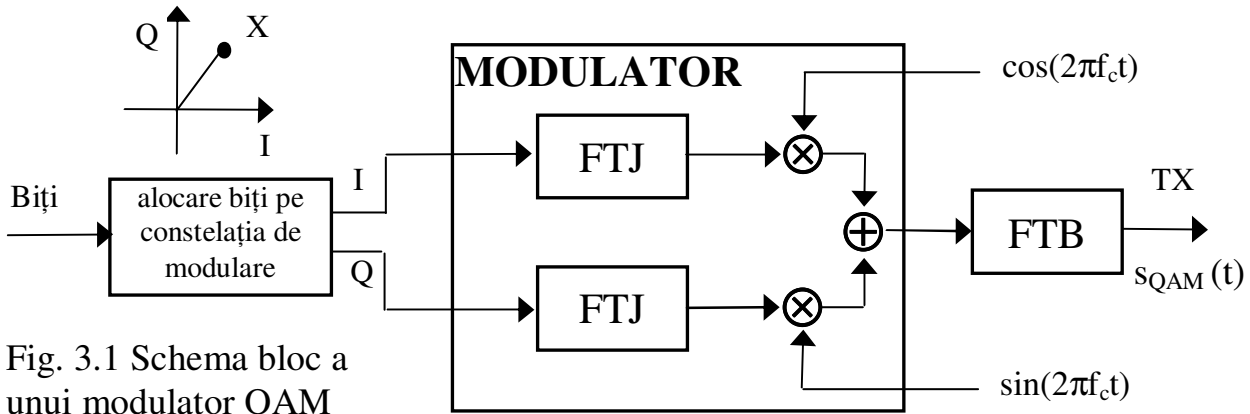


Fig. 3.1 Schema bloc a unui modulator QAM

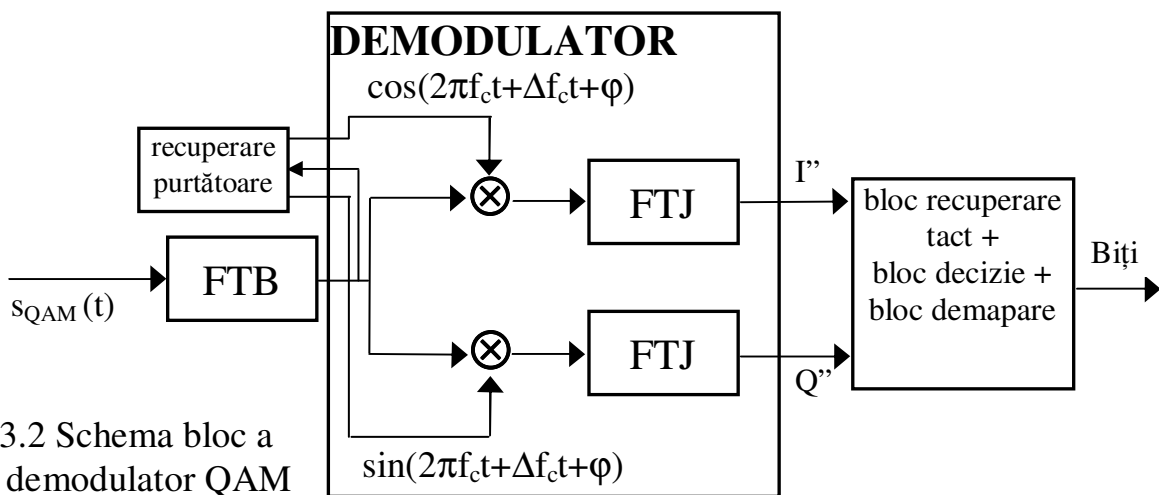


Fig. 3.2 Schema bloc a unui demodulator QAM

$$s_{QAM}(t) = (I(t) * h_{LPF}(t)) \cdot \cos(\omega_c t) + (Q(t) * h_{LPF}(t)) \cdot \sin(\omega_c t) = I'(t) \cdot \cos(\omega_c t) + Q'(t) \cdot \sin(\omega_c t) \quad (1)$$

unde $h_{LPF}(t)$ este răspunsul la impuls a filtrului trece jos formator de impuls.

- 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 :

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

(2)

$$\begin{aligned}
 Q''(t) &= (s_{QAM}(t) \cdot \sin(\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi)) * h_{FTJ}(t) = ((I'(t) \cdot \cos(\omega_c t) + Q'(t) \cdot \sin(\omega_c t)) \cdot \sin(\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi)) * h_{FTJ}(t) = \\
 &= \left[\frac{I'(t)}{2} \cdot [\sin(2\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi) + \sin(\Delta\omega_c t + \varphi)] + \frac{Q'(t)}{2} \cdot [\cos(\Delta\omega_c t + \varphi) - \cos(2\omega_c t + \Delta\omega_c t + \varphi)] \right] * h_{FTJ}(t) = \\
 &= \left[\frac{I'(t)}{2} \cdot \sin(\Delta\omega_c t + \varphi) + \frac{Q'(t)}{2} \cdot \cos(\Delta\omega_c t + \varphi) \right] * h_{FTJ}(t)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

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

$$I''(t) = I'(t) * h_{FTJ}(t) \quad ; \quad Q''(t) = Q'(t) * h_{FTJ}(t) \tag{4}$$

- utilizarea modulațiilor de tip QAM în bucla de abonat ridică următoarele probleme (vezi fig. 4):

- lățimea de bandă a semnalelor QAM este dublul lățimii de bandă a semnalelor modulatorie $I(t)$ și $Q(t)$;
- spectrul semnalului modulat QAM este centrat pe frecvența purtătoare;
- este necesară recuperarea purtătoarei

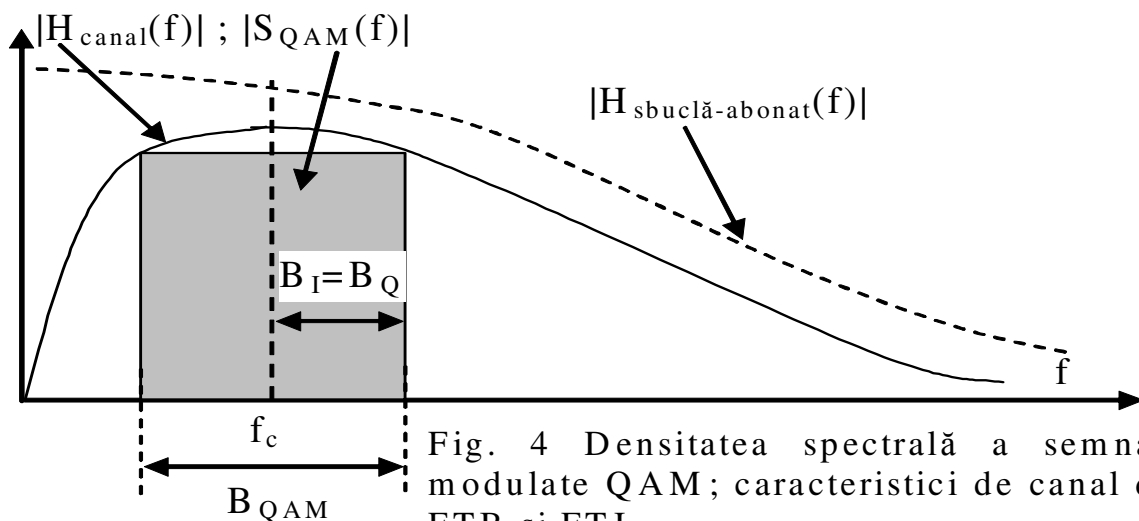


Fig. 4 Densitatea spectrală a semnalelor modulate QAM; caracteristici de canal de tip FTB și FTJ

- utilizarea unor transmisii bandă de bază cu eficiență spectrală ridicată este ideea cea mai bună.
- modulația CAP asigură transmisia a două semnale diferite bandă de bază în aceeași bandă de frecvență;

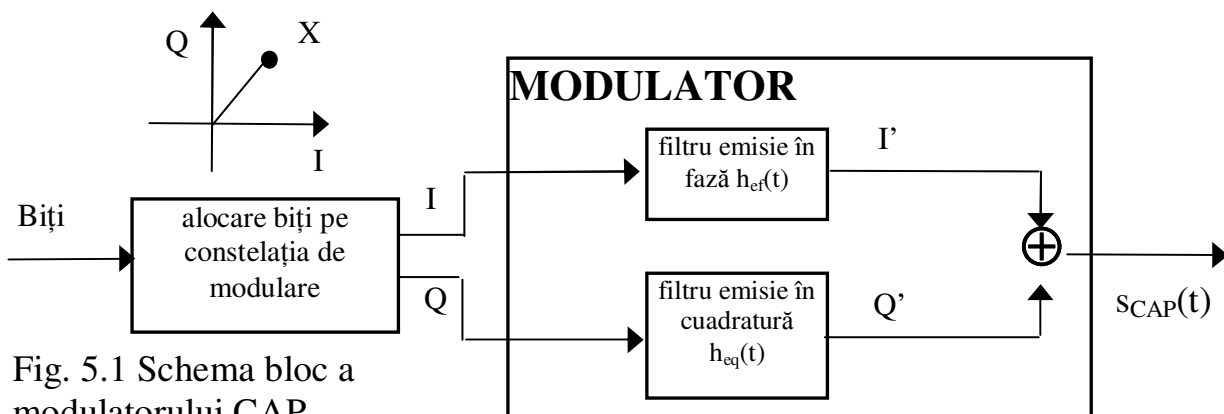


Fig. 5.1 Schema bloc a modulatorului CAP

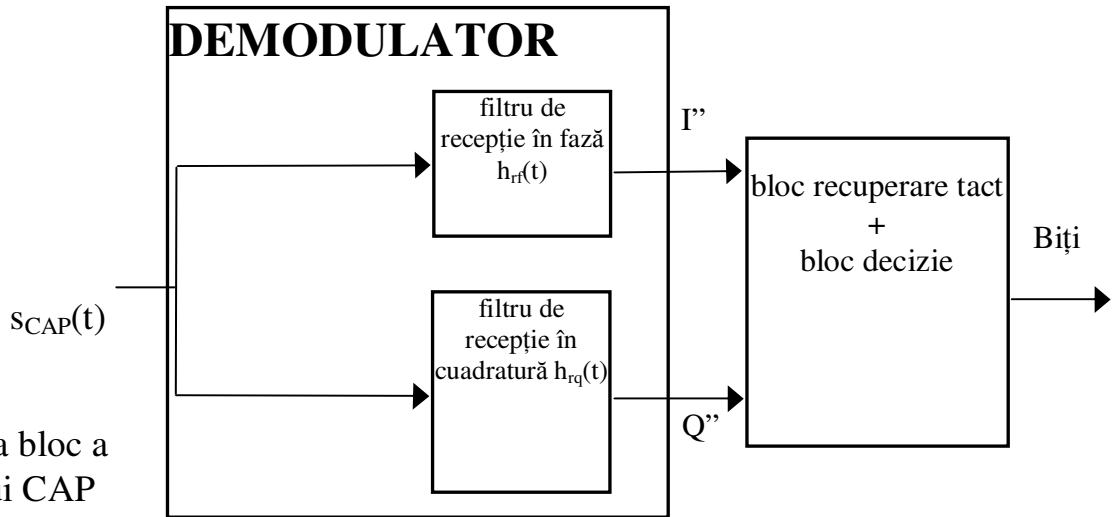


Fig. 5.2 Schema bloc a demodulatorului CAP

- Condiții impuse funcțiilor de transfer ale filtrelor de emisie și recepție:

$$|H_{ef}(\omega)| = |H_{eq}(\omega)| \quad \forall \omega$$

$$\varphi_{ef}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) + \frac{\pi}{2} \quad \text{if } \omega > 0 \quad ; \quad \varphi_{ef}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) - \frac{\pi}{2} \quad \text{if } \omega < 0 \quad (5)$$

$$h_{ef}(t) * h_{eq}(t) = 0 \quad (6)$$

$$\varphi_{rf}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) + \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega > 0 \quad ; \quad \varphi_{rf}(\omega) = \varphi_{eq}(\omega) - \frac{\pi}{2} \quad \text{daca } \omega < 0 \quad (7)$$

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

- relații de bază care descriu modularea și demodularea CAP:

$$s_{CAP}(t) = I(t) * h_{ef}(t) + Q(t) * h_{eq}(t) \quad (8)$$

$$I''(t) = s_{CAP}(t) * h_{rf}(t) = (I(t) * h_{ef}(t) + Q(t) * h_{eq}(t)) * h_{rf}(t) = I(t) * (h_{ef}(t) * h_{rf}(t)) + Q(t) * (h_{eq}(t) * h_{rf}(t)) = I(t) * (h_{ef}(t) * h_{rf}(t))$$

$$Q''(t) = s_{CAP}(t) * h_{rq}(t) = (I(t) * h_{ef}(t) + Q(t) * h_{eq}(t)) * h_{rq}(t) = I(t) * (h_{ef}(t) * h_{rq}(t)) + Q(t) * (h_{eq}(t) * h_{rq}(t)) = Q(t) * (h_{eq}(t) * h_{rq}(t)) \quad (9)$$

- lățimea de bandă a semnalelor modulate CAP este jumătatea lățimii de bandă a semnalelor modulate QAM.
- spectrul este centrat pe frecvențe joase unde distorsiunile de atenuare ale buclei de abonat sunt reduse.

○ Tehnici ADSL și VDSL

- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) poate asigura rate între 6 și 9 Mbps în „downstream” și până la 1Mbps în „upstream”;
 - dezvoltat la sfârșitul anilor 1980 pentru transmisii video pe fire torsadate;
 - teoretic se puteau asigura trei canale VHS sau un canal MPEG2 cu sunet digital stereo;
 - primele sisteme ADSL nu erau practic capabile să ofere servicii video de calitate, interesul punându-se pe 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 care poate oferi în „downstream” până la 1,5Mbps și până la 500kbps în „upstream”; conectarea la linia telefonică este mai simplă;
- 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 automat lărgimea de bandă alocată pentru transmisiile “upstream” și “downstream” pentru a se obține rata efectivă maximă posibilă;
 - Permite aplicații simetrice și asimetrice;
- VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line) – rate de transfer între 25Mbps și 50Mbps pot fi obținute 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;
 - este indicat pentru campusuri universitare, parcuri industriale unde există o distanță mică până la terminalul optic;
 - activitățile de standardizare a tehnicilor VDSL au început în 1995; în 1997 o asociație condusă de British Telecom a dat primele specificații legate de cerințele transmisiilor VDSL.
 - activitățile de standardizare s-au prelungit datorită discuțiilor legate de alegerea tipului de modulație, adică DMT sau QAM. Diferite asociații tehnice VDSL au susținut diferite tehnologii de transmisie – „VDSL Alliance”, o alianță dintre Alcatel și Texas Instruments a susținut tehnologia DMT, iar „VDSL Coalition”, condus de Lucent și Broadcom a susținut tehnologia QAM-CAP. În final tehnologia DMT a câștigat, în standardul G.993.1 (2003) (VDSL1), tehnica DMT fiind tehnica de modulație principală, cu posibilitatea utilizării și a tehnicii QAM.

- In tabelul 2 sunt prezentate câțiva parametri privind tehnicile ADSL și VDSL;

Tab. 2 Asymmetric xDSL

xDSL	Maximum data rates		Physical medium		POTS
	Downstream	Upstream	Number of twisted pairs	Maximum distance	
ADSL	8 Mbps	1.544 Mbps	1	18.000 ft	✓ splitter
ADSL lite (G.Lite, UADSL)	1.5 Mbps	512 kbps	1	18.000 ft	✓ no splitter
RADSL	8 Mbps	1.544 Mbps	1	18.000 ft	✓ splitter
VDSL	13 Mbps	1.6 Mbps	1	5.000 ft	✓ splitter
	26 Mbps	3.2 Mbps		3.000 ft	
	52 Mbps	6.4 Mbps		1.000 ft	

- **Accesul ADSL și caracteristicile principale**

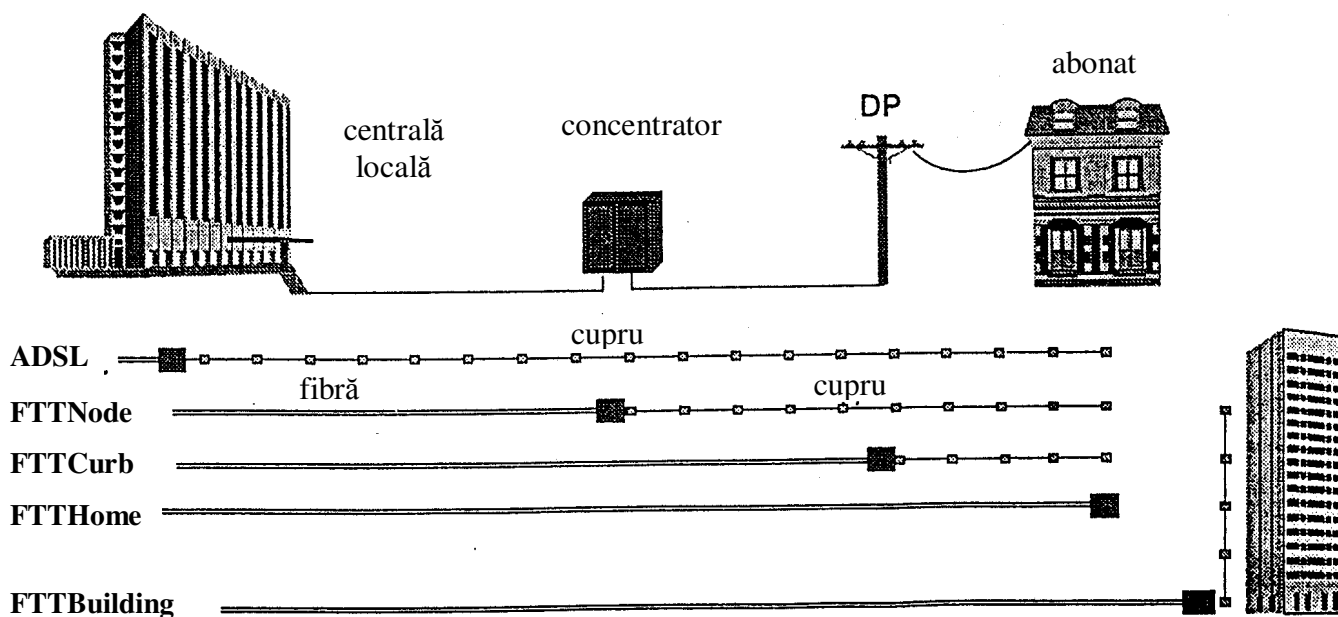


Fig. 6 Scenarii de acces ADSL

Loop Length (feet)	Typical Data Rates		POTS
	Upstream	Downstream	
18,000	64 kbps	1.544 Mbps	Yes
16,000	65 kbps	2.048 Mbps	Yes
12,000	256 kbps	6.312 Mbps	Yes
9,000	640 kbps	8.448 Mbps	Yes

Fig. 7 Rate de transfer și debite ADSL

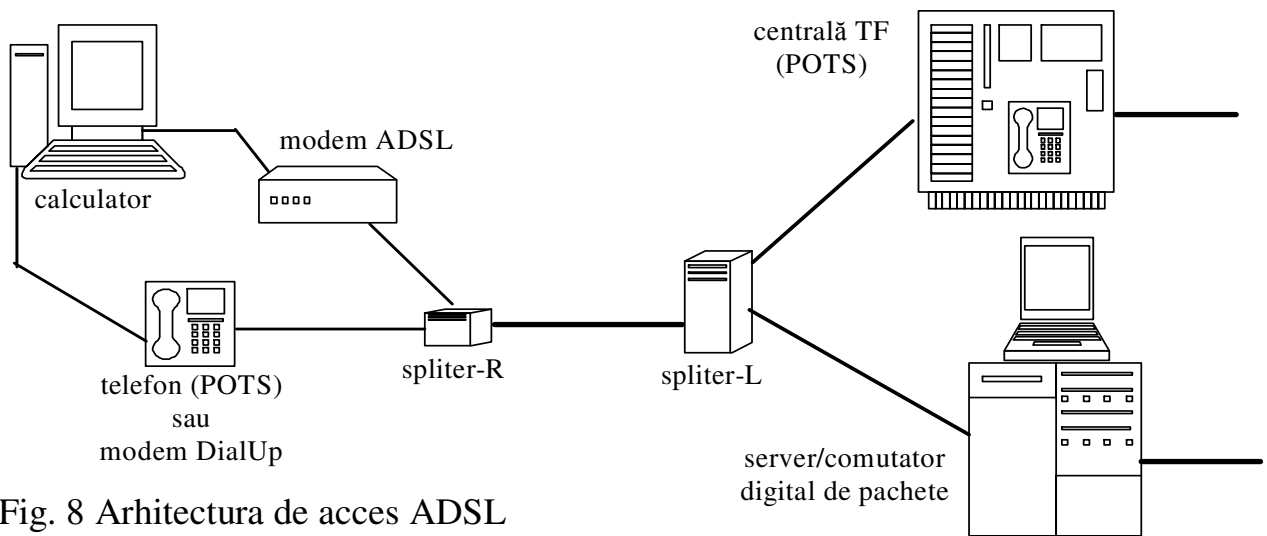


Fig. 8 Arhitectura de acces ADSL

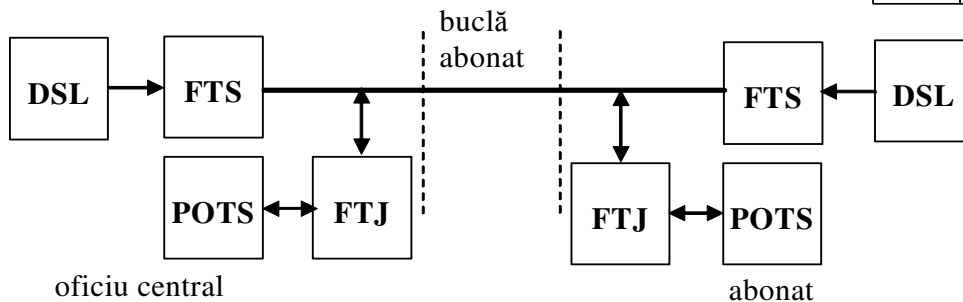


Fig. 8.1 Conectarea modemului ADSL și a aparatului telefonic la bucla de abonat în cazul utilizării splitterului

○ Alocarea benzilor de frecvențe pentru transmisiile ADSL

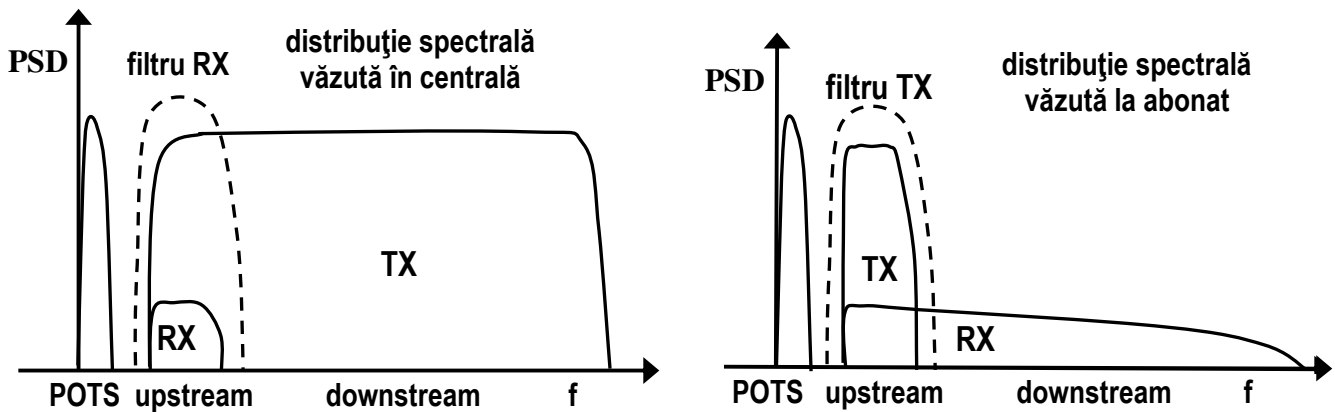


Fig. 9.1 Separarea sensurilor de transmisie „upstream” și „downstream” prin tehnica compensării ecoului

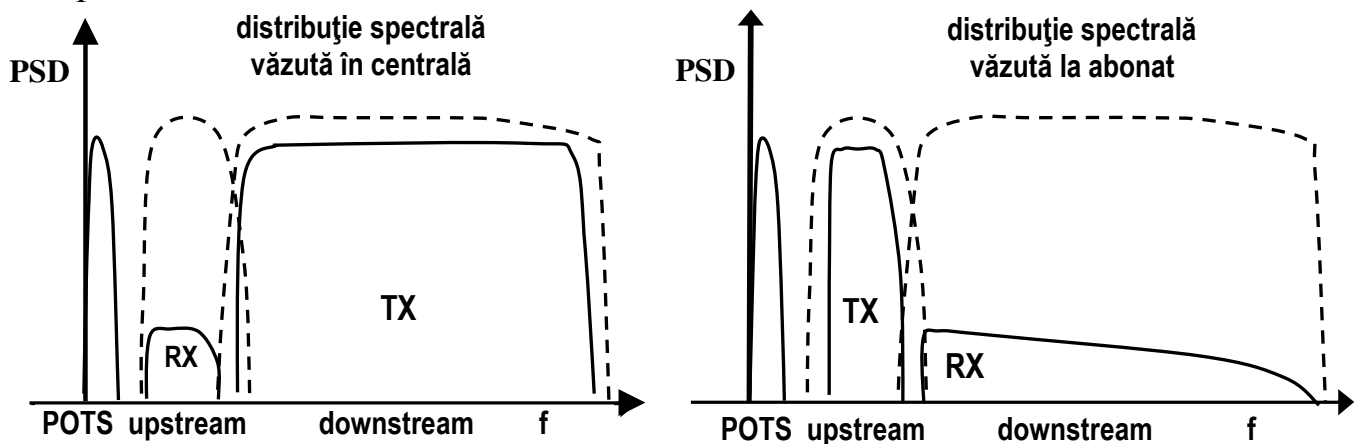


Fig. 9.2 Separarea sensurilor de transmisie „upstream” și „downstream” prin tehnica multiplexării în frecvență

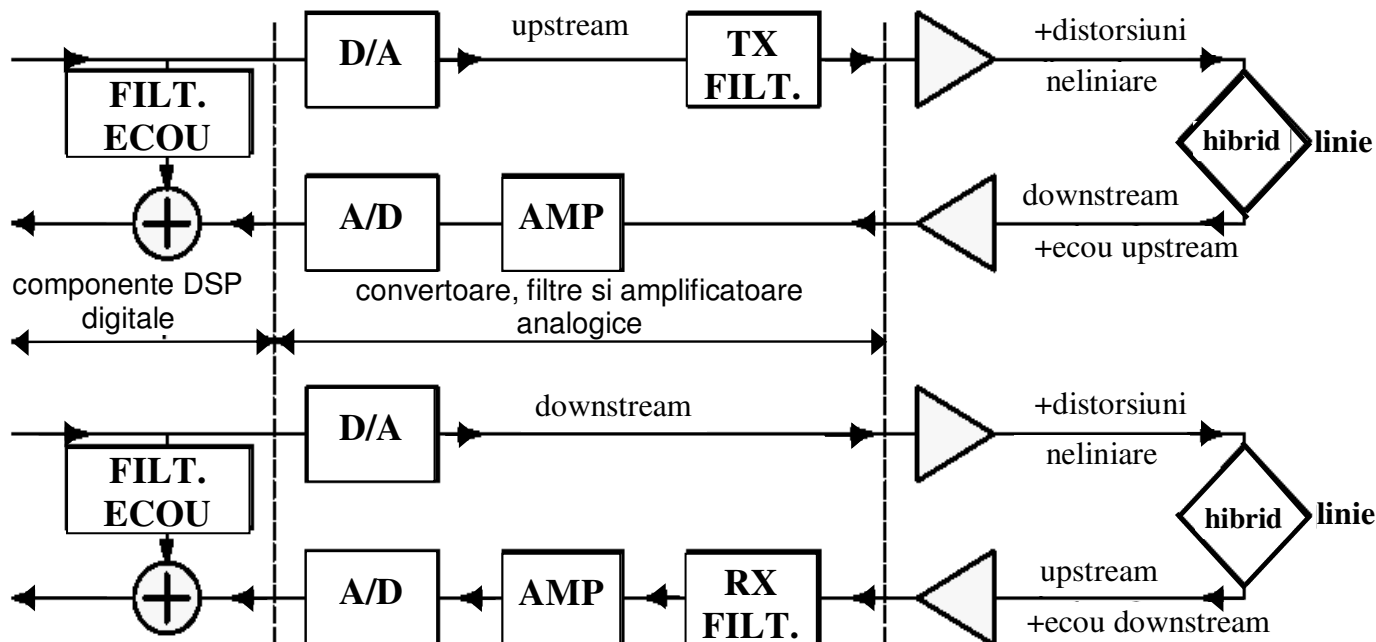


Fig. 10.1 Interfața de linie a modemului ADSL corespunzătoare separării sensurilor de transmisie prin metoda compensării ecoului.

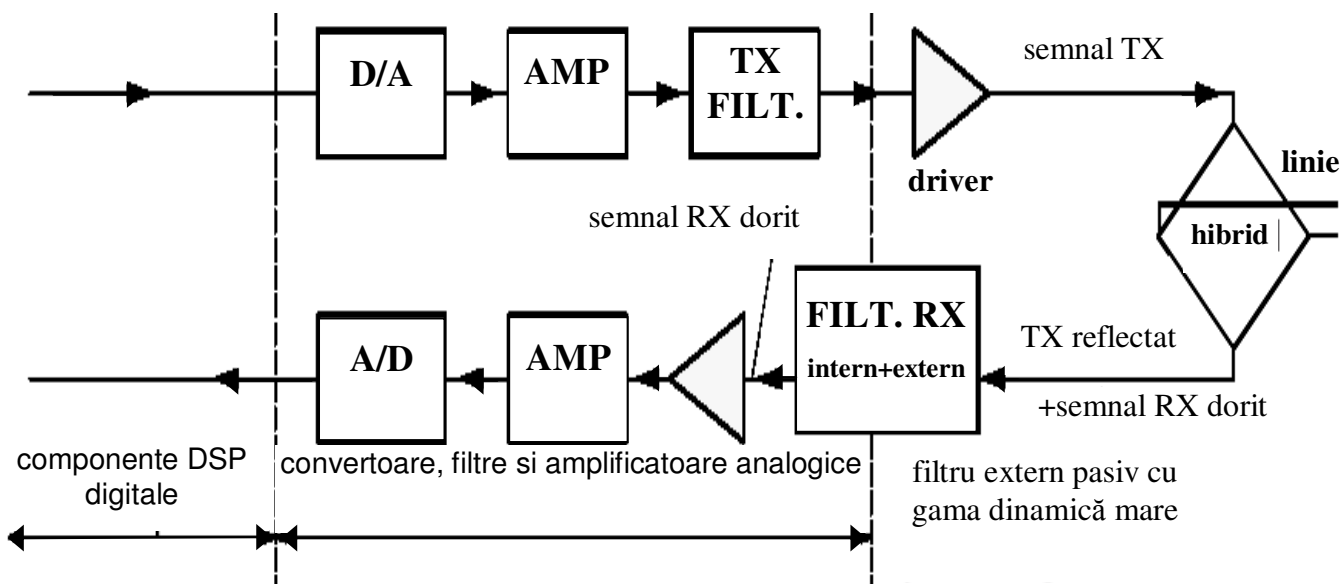
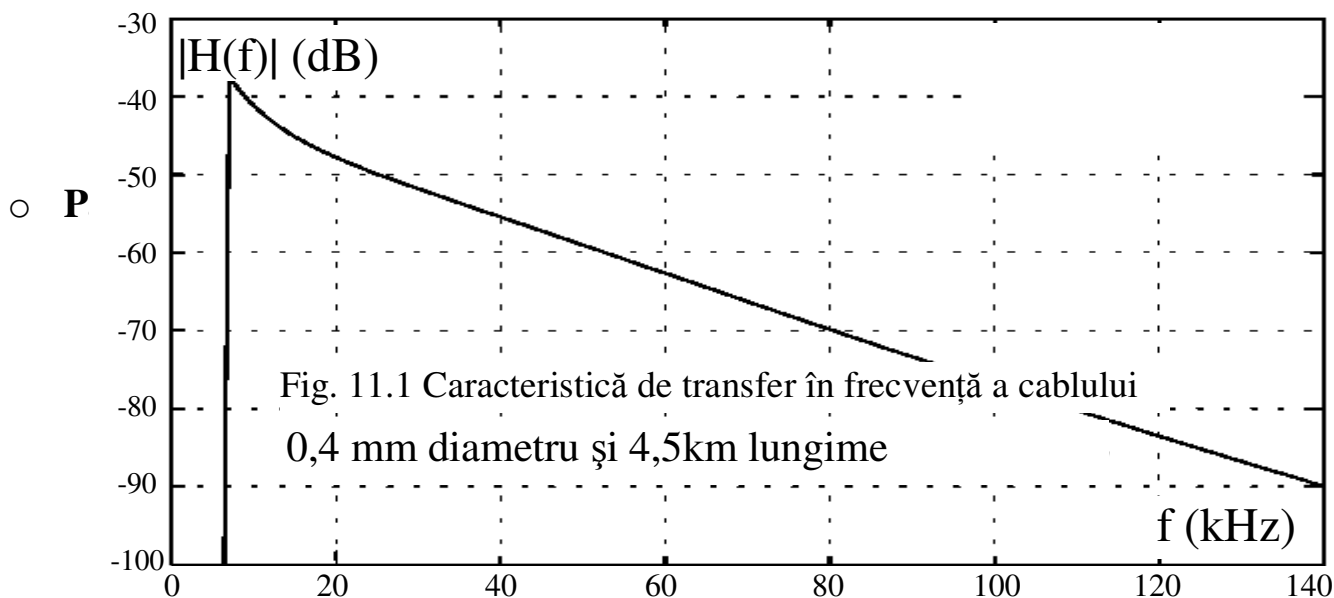


Fig. 10.2 Interfața de linie a modemului ADSL corespunzătoare separării sensurilor de transmisie prin metoda multiplexării în frecvență.



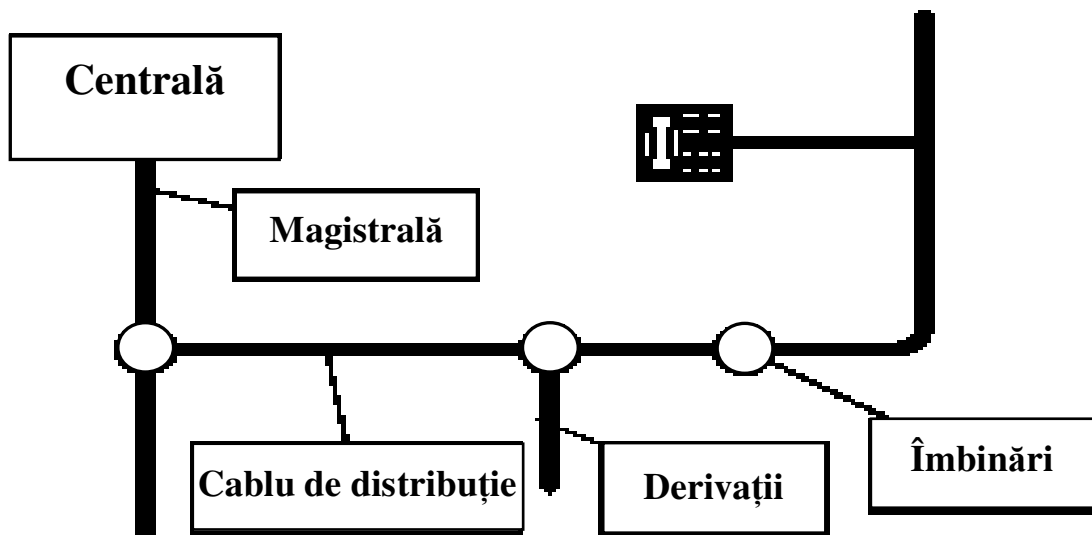


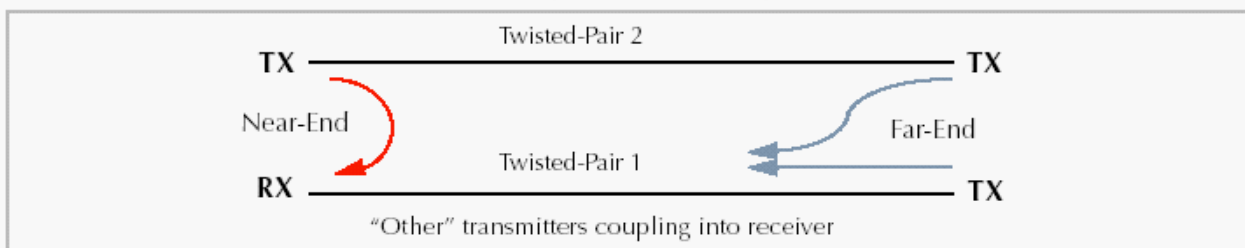
Fig. 11.2 Configurație tipică de buclă de abonat

Twisted Pair: Other Impairments Fig. 11.3

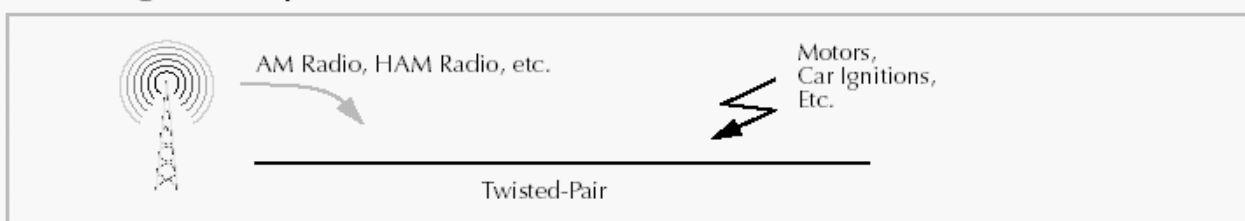
Bridged Taps



Near-End/Far-End Crosstalk (NEXT/FEXT)



RF Ingress/Impulse Noise



- Tehnicile de modulații utilizate în tehnologiile ADSL/VDSL sunt CAP și DMT (Discrete Multi-Tone)
- Principiul modulației DMT este explicat în figura următoare:

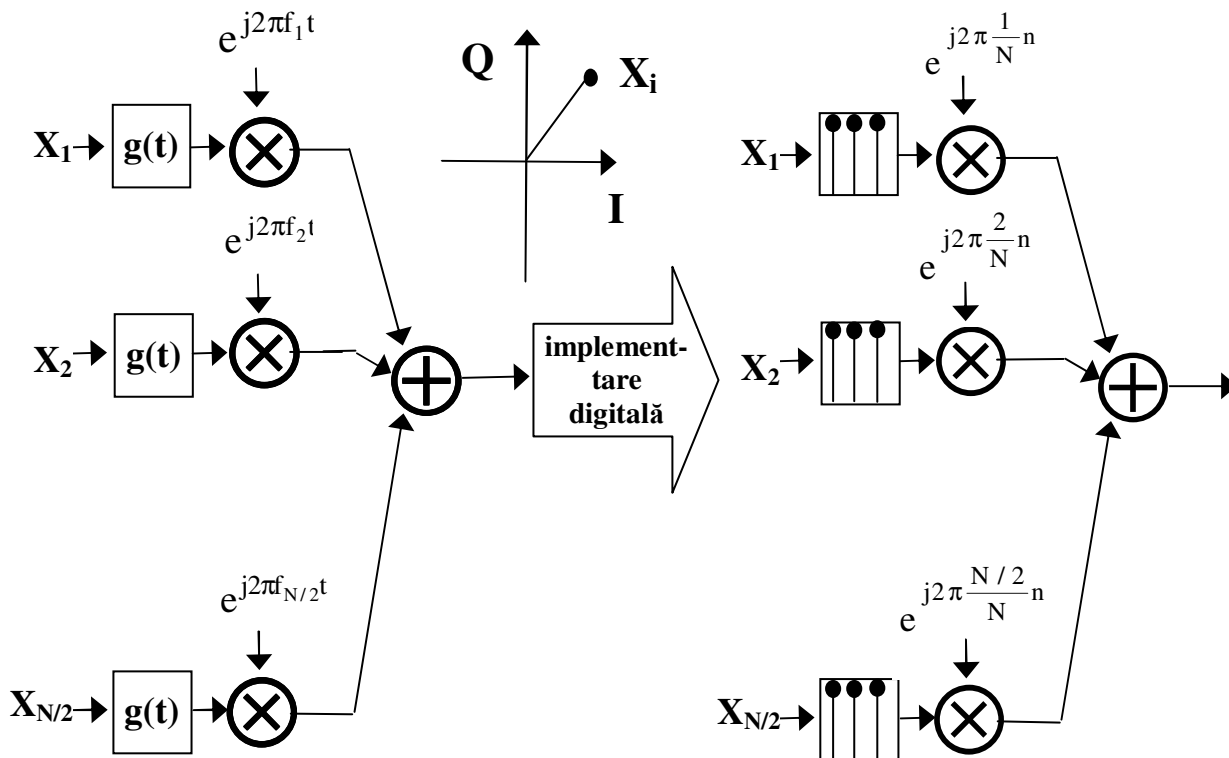


Fig. 12 Principiul modulației DMT

- subpurtătoarele sunt ortogonale; separație subpurtătoare=4,3125kHz=frecvență de simbol DMT = frecvență de simbol; în cazul sistemului ADSL se utilizează 255 subpurtătoare; număr maxim de biți / ton egal cu 15.
- Benzile de frecvență ocupate de către canalele „downstream” și „upstream” când multiplexarea de frecvență este utilizată pentru separarea direcțiilor de transmisie – 25 tonuri pentru „upstream” ; 215 tonuri pentru „downstream”.

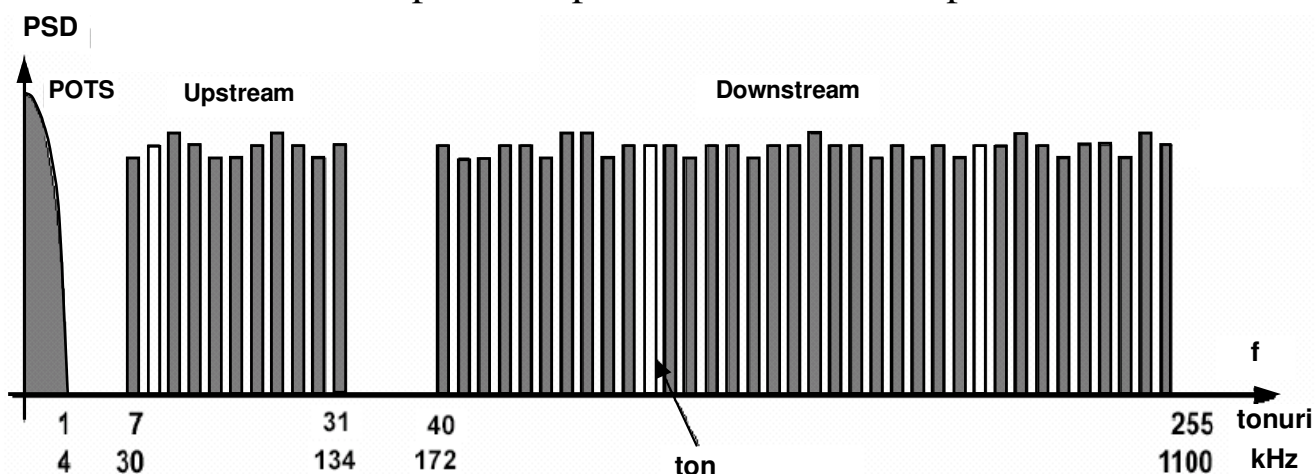


Fig. 13 Alocarea frecvențelor și a tonurilor pentru transmisii ADSL ce utilizează modulația DMT și multiplexarea în frecvență pentru separarea sensurilor de transmisie

- RADSLS aloca adaptiv benzile de frecvență (și tonurile) pentru “upstream” și pentru “downstream”.
- Adaptarea modulației DMT la caracteristica de transfer în frecvență a canalului.

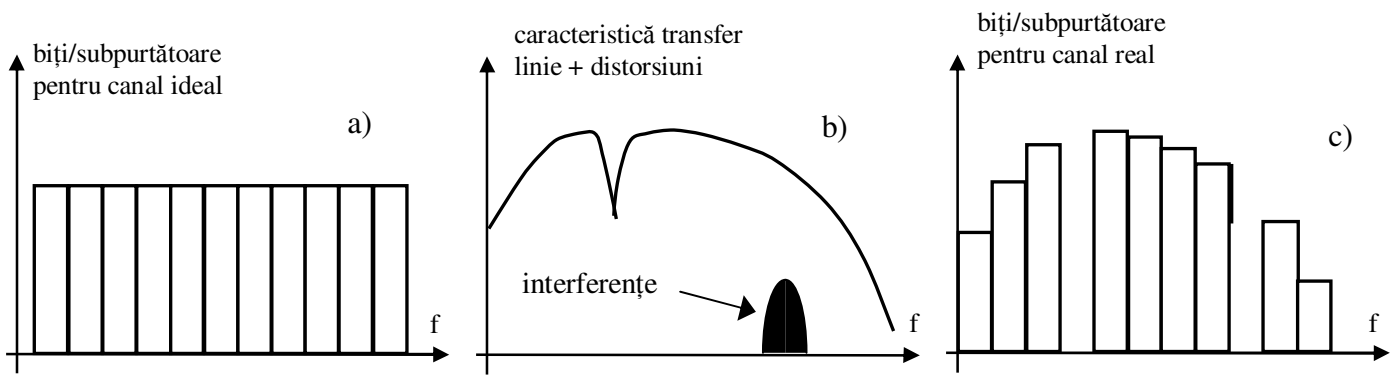


Fig. 14 Adaptarea modulației DMT la caracteristica de transfer a canalului și la zgomotele și interferențele caracteristice acestui canal

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

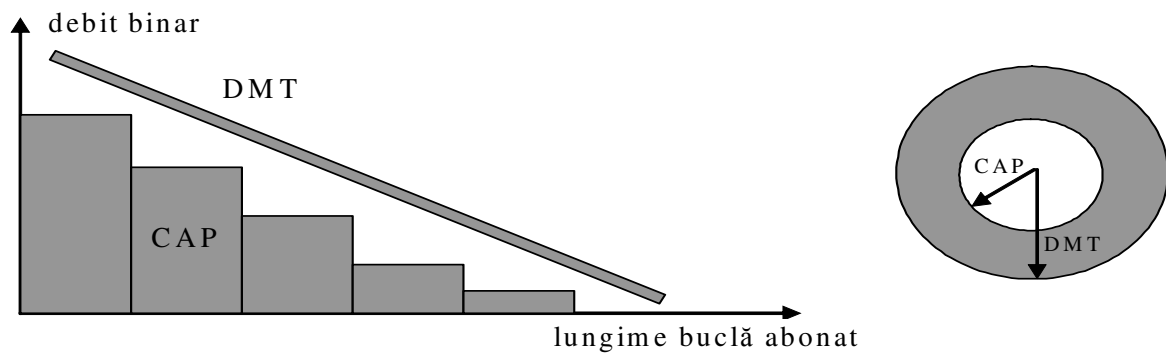
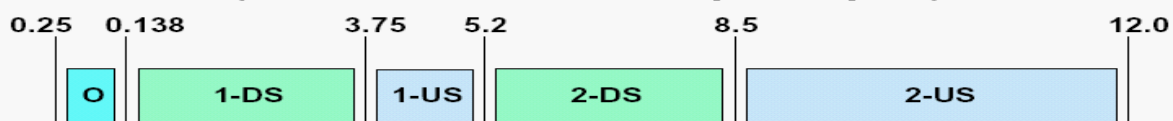


Fig. 16 Comparație între modulațiile DMT și CAP din punctul de vedere a posibilității de adaptare a debitului la caracteristica canalului și a razei de acoperire asigurată de tehnica de acces ADSL

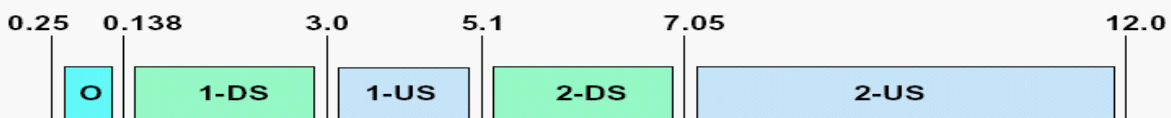
- Plan de alocare benzi de frecvențe VDSL

Fig. 16 FDD Duplexing: spectral plans

- Plan 998 (North America, Europe, Japan)



- Plan 997 (Europe)



- Notes:

Band "O" is optional and could be used for either upstream or downstream transmission



Masca spectrală VDSL și compatibilitatea spectrală cu xDSL

Fig. 17 PSD mask: two examples

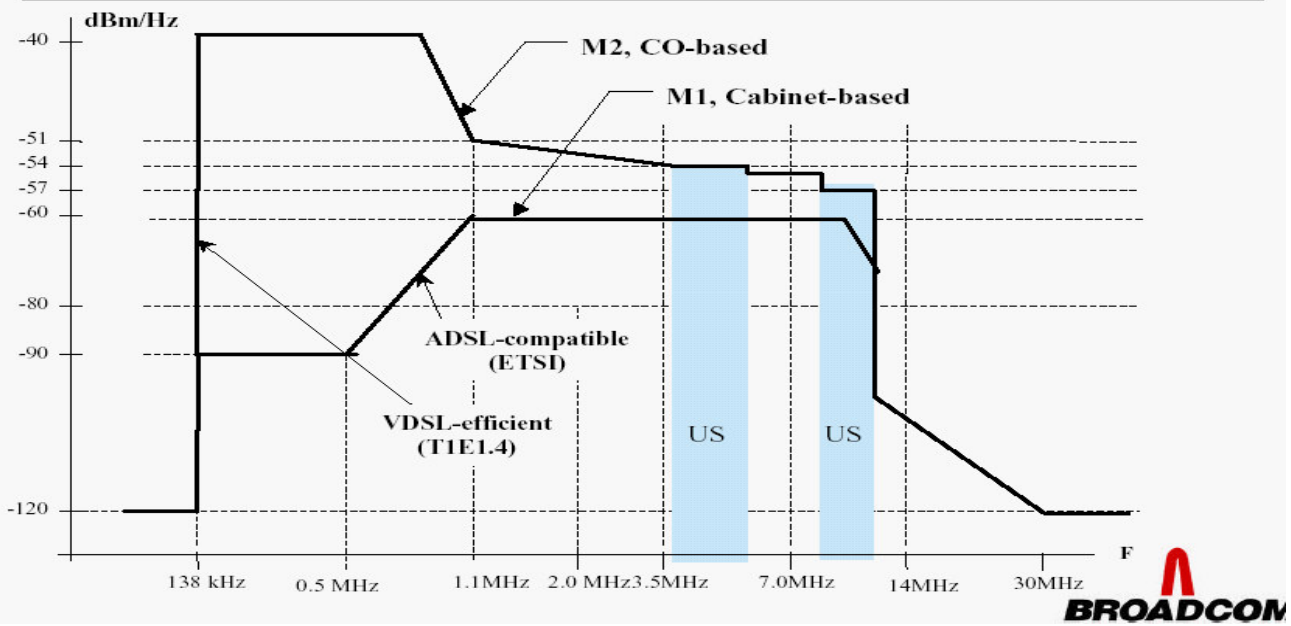
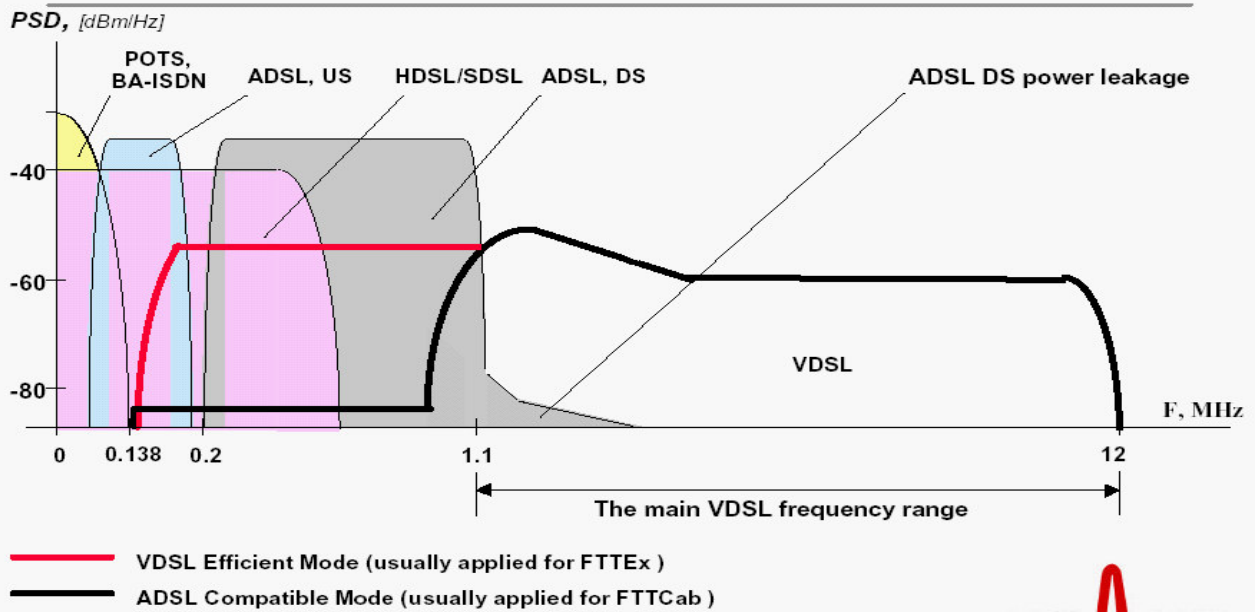


Fig. 18 Spectral compatibility with xDSL



○ Performanțe VDSL

Fig. 19.1 Example: downstream performance

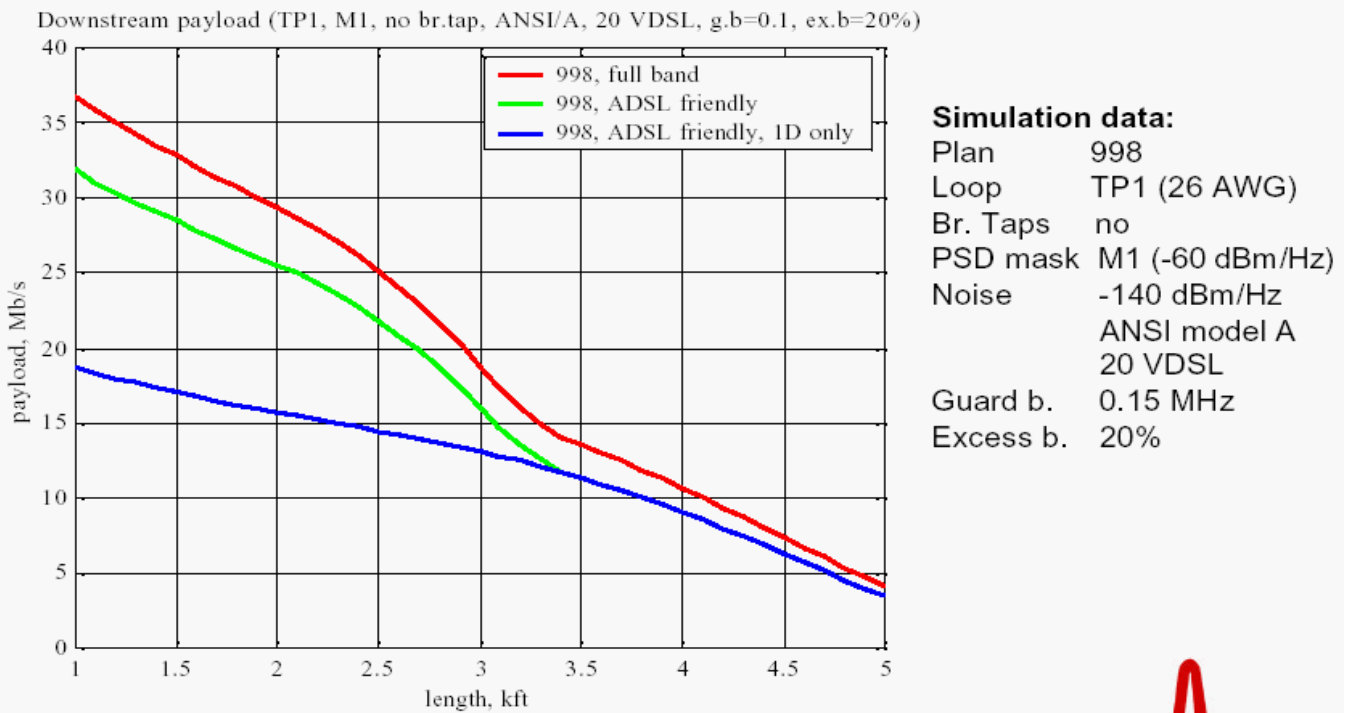
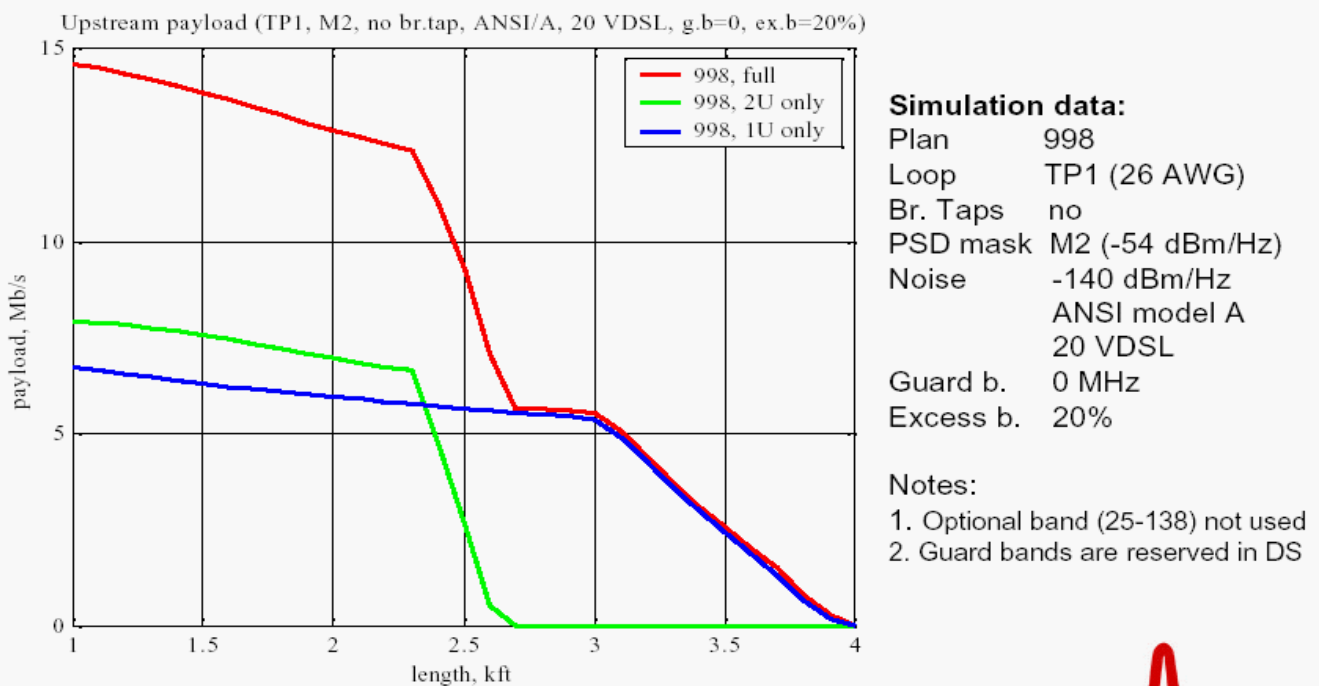
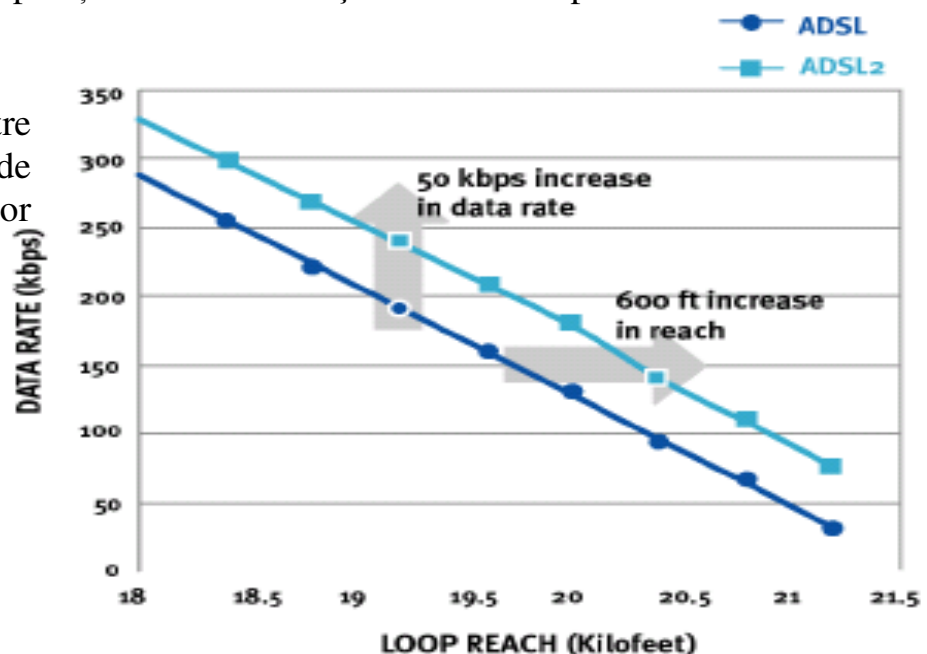


Fig. 19.2 Example: upstream performance



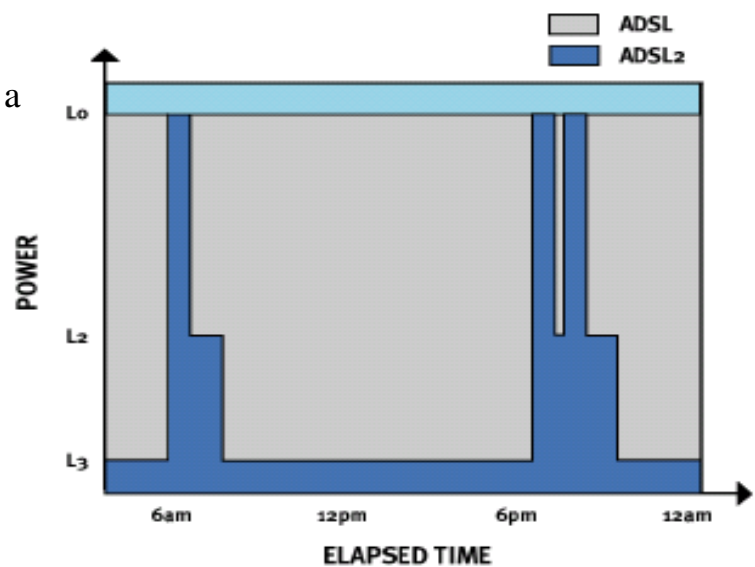
- **Noi tehnologii DSL**
- **ADSL2**
- Facilități asigurate în plus de standardul ADSL2:
 - debit de transmisie mai mare;
 - raza de acoperire mai mare;
 - adaptare mai flexibilă a ratei de transfer la caracteristicile canalului;
 - facilități de diagnosticare canal;
 - mod de lucru stand-by;
- ADSL2 asigură un debit de până la 12Mbps în „downstream” și până la 1Mbps în „upstream”; aceste performanțe se obțin prin creșterea eficienței modulației, reducerea antetelor cadrelor de date („framing overhead”), câștig de codare mai mare (ADSL – TCM 4 dimensional cu cod trellis cu 8 stări – ADSL2 TCM 4 dimensional cu cod trellis în 16 stări), îmbunătățirea inițializării și procesării de semnale mai complexe:
 - se utilizează și modulații cu 1 bit pe simbol – important pentru linii lungi;
 - reordonarea tonurilor pe baza datelor de la receptor permite împrăștierea interferențelor;
 - overhead-ul este variabil (fix la ADSL standard – 32kbps; variabil la ADSL2 între 4 și 32kbps);
 - cod RS mai flexibil;
- Inițializarea modemului ADSL2 prezintă o serie de îmbunătățiri:
 - capabilități de reducerea a puterii de emisie la ambele capete pentru reducerea diafoniei;
 - alocarea dinamică a tonurilor pilot pentru evitarea nului spectral introduse de derivațiile neterminate și interferențele radio;
 - modificarea adaptivă a perioadelor de inițializare pentru o antrenare optimă a diferitelor componente;
 - schimbarea purtătoarelor utilizate în mesajele de inițializare pentru evitarea nului spectral introduse de derivații neterminate și interferențe radio;
 - blocarea tonurilor în perioada de inițializare pentru a se permite măsurarea și eliminarea interferențelor radio;
- fig. 20 prezintă o comparație între debitele și razele de acoperire caracteristice sistemelor ADSL și ADSL2

Fig. 20 Comparație între debitele și razele de acoperire ale tehnicilor ADSL și ADSL2



- în cazul modemurilor ADSL2 sunt prevăzute facilități de diagnosticare și monitorizare; se poate măsura: zgomotul de fond, atenuarea în buclă, raportul semnal zgomot; informațiile de diagnostic sunt trimise la centrală și sunt utilizate pentru monitorizarea calității serviciului.
- o altă îmbunătățire semnificativă legată de tehnica ADSL2 constă în gestionarea puterii – primele generații de modemuri ADSL operau 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” – sunt probleme de alimentare și disipare a căldurii; tehnica ADSL2 aduce două noi tehnici de gestionare a consumului de putere și anume (a se vedea figura 21):
 - 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;
 - 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;

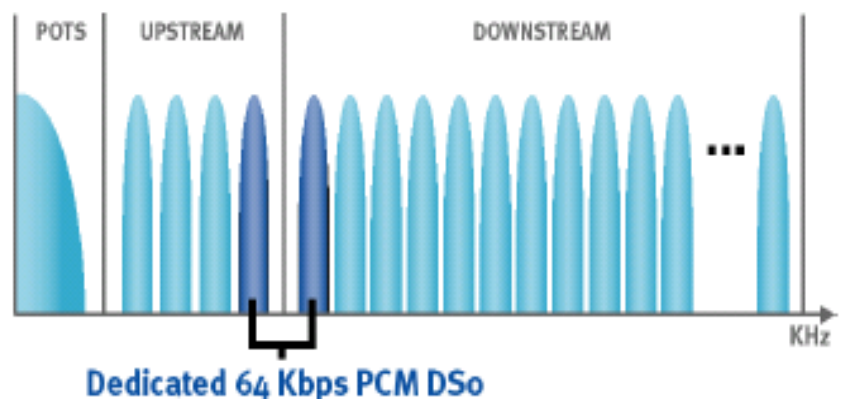
Fig. 21 Moduri de gestionare a puterii de transmisie utilizate de tehnica ADSL2



- o altă facilitate importantă a tehnicii ADSL2 este așa numitul “seamless rate adaptation” (SRA), adică adaptare continuă de rată – este posibilă modificarea ratei continuu pe durata transmisiei, fără nici o întrerupere a serviciului sau modificarea probabilității de eroare pe bit (sistemele ADSL standard permit modificarea debitului numai la începutul transmisiei) – se detectează schimbările în starea canalului și se realizează adaptarea debitului la aceste condiții noi – se bazează pe decuplarea nivelelor de modulație și cadrare (framing) – se modifică rata de transmisie fără a se afecta cadrarea (sincronizarea) – nu se pierde sincronizarea la nivel de bit în acest proces – se utilizează procedura OLR – “online reconfiguration” - pe scurt această procedură lucrează în modul următor:
 - receptorul monitorizează SNR de pe canal și determină dacă este necesară o schimbare a ratei de transmisie pentru a compensa modificările din canal;

- receptorul trimite un mesaj transmițătorului pentru inițializarea procedurii de schimbare a debitului. Acest mesaj conține toate datele necesare transmisiei la noul debit și include numărul de biți pe simbol și puterea pe fiecare subpurtătoare;
 - transmițătorul trimite un semnal „Sync Flag” care este utilizat ca și marker care desemnează momentul exact al schimbării debitului.
 - markerul este detectat de către receptor și ambele părți ale comunicației schimbă debitul în mod transparent față de serviciul furnizat.
- creșterea debitului de transmisie se poate realiza prin cuplarea mai multor linii telefonice într-o singură conexiune ADSL – este de asemenea o facilitate importantă a tehnicii ADSL2 („bonded ADSL”); este necesară introducerea unui nivel de multiplexare/demultiplexare care permite distribuirea unui flux mai mare pe diferite conexiuni fizice – „bonded” ADSL2+ a fost introdus în 2005.
 - ADSL2 oferă posibilitatea de a partaja lățimea de bandă în canale cu diferite caracteristici pentru diferite aplicații. De ex. ADSL2 permite în mod simultan suport pentru aplicații de voce – prob. de eroare impusă mai mare dar întârziere impusă mică și aplicații de date – prob. eroare impusă mică dar întârziere impusă mai mare. Această capacitate de “canalizare” 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 – vezi fig. 22.

Fig. 22 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 standard) la 3s (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); a se vedea fig. 23 pentru alocarea benzilor de frecvență în cazul ADSL2+; în fig. 24 se prezintă o comparație între debitele asigurate de ADSL2 și ADSL2+ în funcție de lungimea liniei;

- ADSL2+ se poate utiliza și pentru reducerea diafoniei prin utilizarea doar a benzii de frecvență localizate între 1.1MHz și 2.2MHz – ADSL2+ este de regulă o opțiune pentru “cabinet based DSL” (linie mai scurtă), iar ADSL2 pentru “central office based DSL”;
- comparații între debitele downstream ADSL, ADSL2 și ADSL2+ pentru situația fără diafonie și pentru situația cu diafonie sunt prezentate în fig. 26.1 și 26.2;

Fig. 23 Alocarea benzilor de frecvență în cazul tehnicilor ADSL2 și ADSL2+

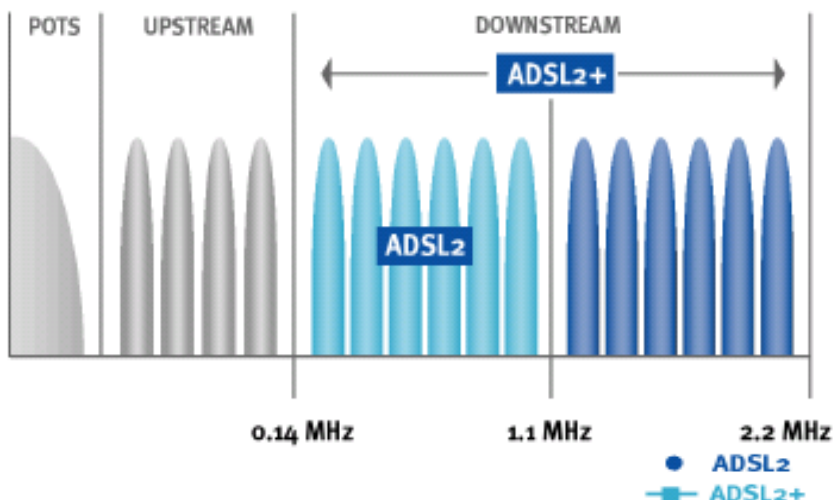


Fig. 24 Debite asigurate în downstream de către tehnicile ADSL2 și ADSL2+ în funcție de lungimea liniei

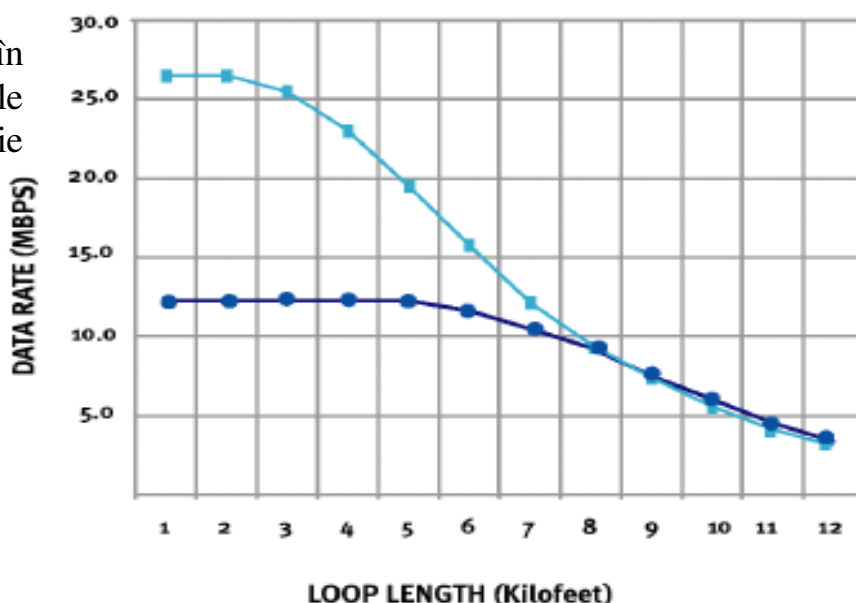
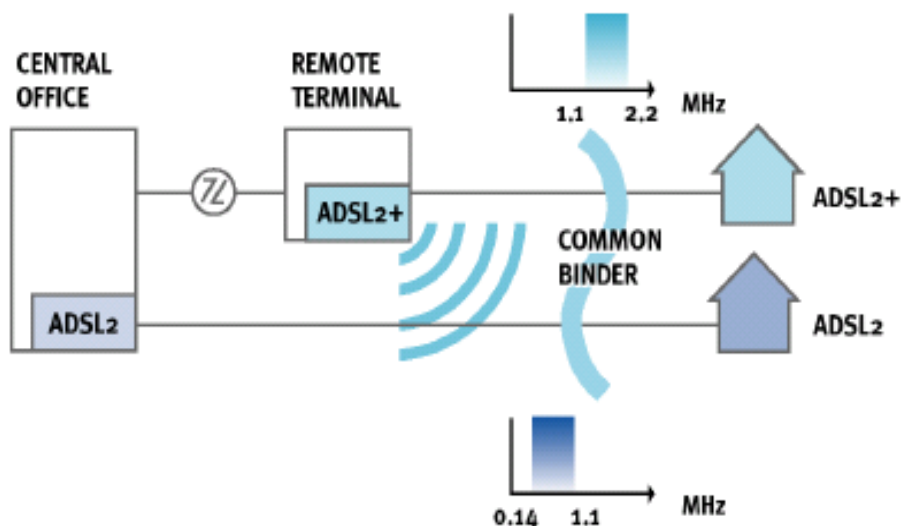


Fig. 25 Reducerea diafoniei prin alocarea benzilor de frecvență downstream ale tehnicii ADSL2+



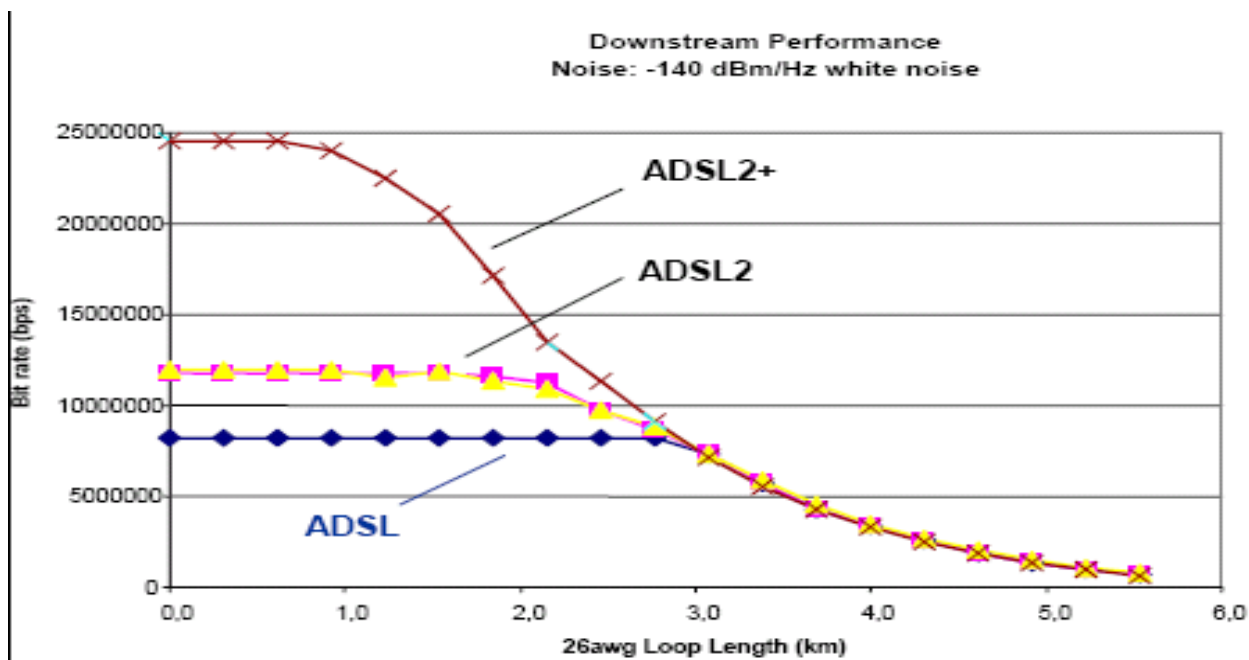


Fig. 26.1 Comparație între debitele downstream asigurate de tehnicile ADSL, ADSL2 și ADSL2+ în condiții de zgomot alb pentru diferite lungimi ale buclei de abonat

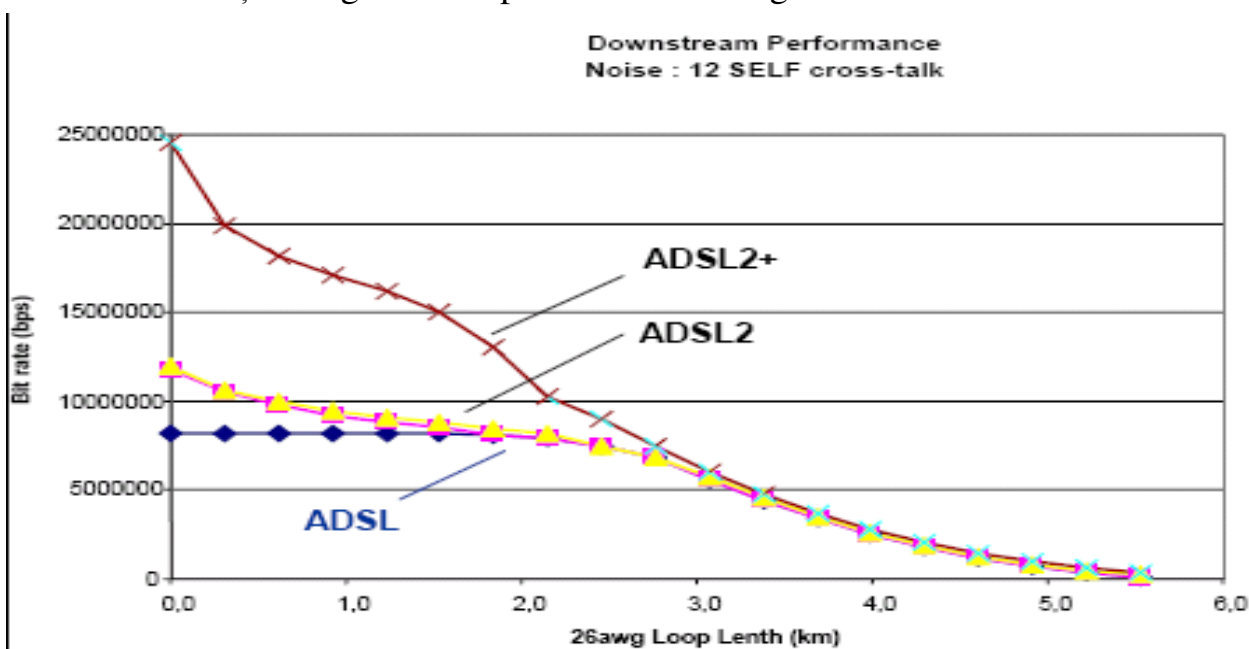


Fig. 26.2 Comparație între debitele downstream asigurate de tehnicile ADSL, ADSL2 și ADSL2+ în condiții de diafonie pentru diferite lungimi ale buclei de abonat

○ VDSL2

- Este cea mai nouă și mai avansată tehnologie DSL; a fost proiectată să suporte o categorie largă de servicii cum ar fi 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 de 30MHz. Debitul maxim de transmisie de 250Mbps la sursă scade rapid la 100Mbps la 0.5km și 50Mbps la 1km,

dar apoi scade mai lent, la distanțe de 1.6km de sursă performanțele sunt identice cu cele ale tehnicii ADSL2+.

- Standardul VDSL2 include multe din facilitățile și funcționalitățile conținute de standardul ADSL2+. Este vorba de facilități avansate de diagnostic, management avansat, abilitatea de a maximiza debitul și eficiența utilizării benzii de frecvență – VDSL2 este o tehnologie ideală pentru servicii video.
- VDSL2 permite rază de acoperire mare de tip ADSL, adică 1 – 4 Mbps la distanțe de 4, 5 km, 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.
- Profilurile de transmisie definite pentru tehnicile VDSL2 sunt prezentate în fig. 27. Aceste profiluri caracterizează lărgimea de bandă alocată, numărul de tonuri (subpurtătoare) utilizate în special în downstream, separația tonurilor, puterea de emisie, rata de transfer (în special în downstream).

Parameter	Parameter value per profile							
	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Bandwidth MHz	8.5	8.5	8.5	8.5	12	12	17.7	30
Tones D/S	1,971	1,971	1,971	1,971	2,770	2,770	4,095	2,098
Spacing KHz	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	8.625
TX Power D/S dBm	+17.5	+20.5	+11.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5
Min net Data Rate Mbps	50	50	50	50	68	68	100	200

Fig. 27 Profiluri de transmisie VDSL2

- Alocarea benzilor de frecvență pentru se realizează conform planurilor din fig. 28.

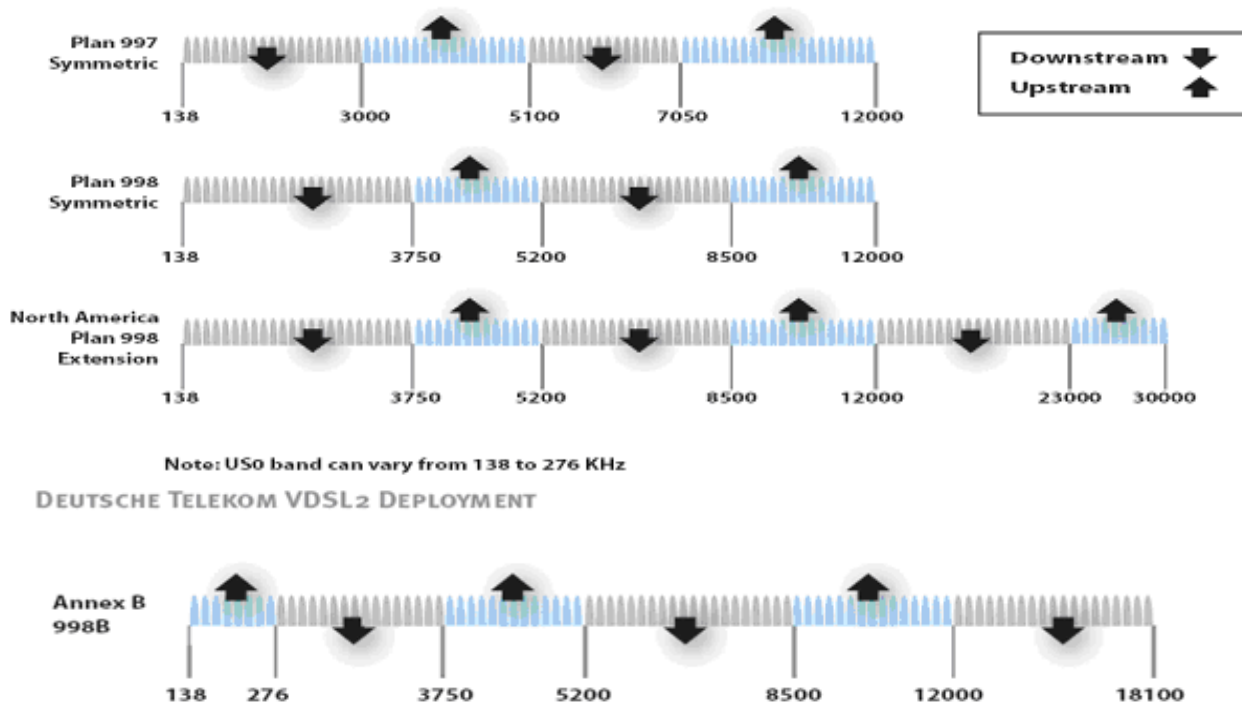


Fig. 28 Planuri de alocare a benzilor de frecvență pentru transmisiile VDSL1 și VDSL2

○ Caracteristici și performanțe VDSL2

- Sistemele VDSL1 au raza de acoperire tipică de 3kft (3000 picioare); una dintre caracteristicile de bază ale VDSL2 este asigurarea unei raze de acoperire de 9kft – o serie de caracteristici ale sistemelor ADSL sunt încorporate în VDSL2.
- VDSL2 este caracterizat prin tehnici de inițializare complet diferite de cele ale sistemelor VDSL1 (măsurarea canalului și antrenarea modemului); sistemul VDSL2 permite utilizarea benzii de frecvență US0 (utilizat de sistemele ADSL) pe canale de lungime mare.
- Sistemul VDSL2 asigură o protecție superioară la zgomot de impulsuri, una dintre cele mai importante distorsiuni ce afectează transmisiile DSL. Sistemul VDSL2 permite corecția pachetelor de erori generate de impulsuri cu lățime între 250μs și 3,75ms.
- VDSL2 asigură suport pentru servicii bazate pe transmisie de pachete (de ex. Ethernet sau IP). Facilități de management evoluate permit transmisia pe același strat fizic a unor pachete cu priorități și lungimi diferite. VDSL2 asigură de asemenea suport pentru transmisia unor servicii cu cerințe complet diferite (probabilitate de eroare, întârzieri, protecție la zgomot de impuls)
- VDSL2 asigură facilități evoluate de diagnostic a canalului și de identificare a defectelor.
- VDSL2 asigură o compatibilitate îmbunătățită între echipamente cu “chip-seturi” diferite și compatibilitate cu tehnicile ADSL și ADSL2.
- În fig. 29 se prezintă o comparație între performanțele (debit / rază de acoperire) tehnicilor VDSL2, VDSL1, ADSL2+

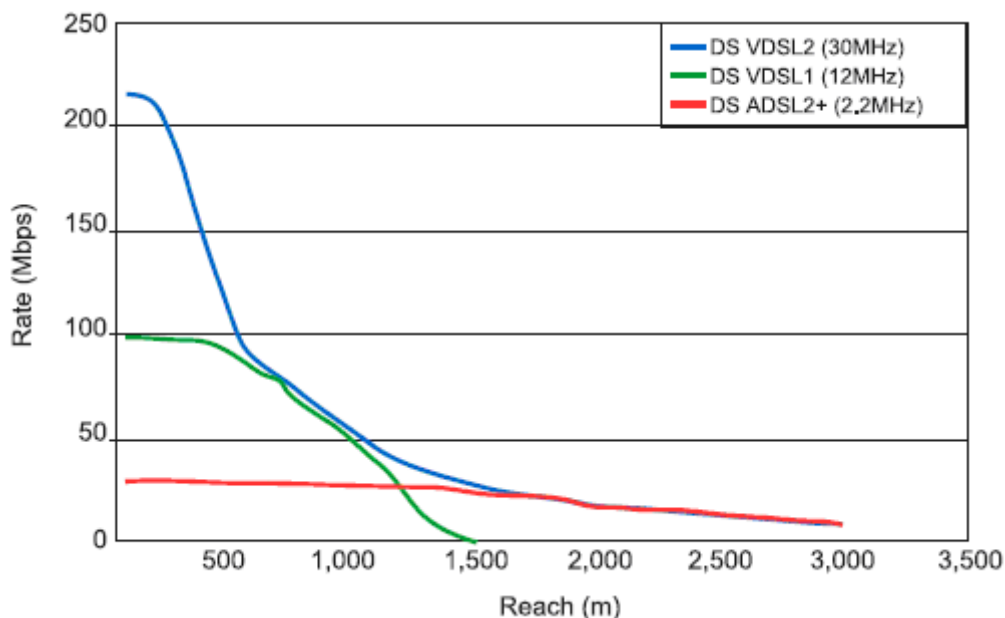


Fig. 29 Comparație între performanțele tehnicilor VDSL2, VDSL1, ADSL2+

- ◆ Tehnica VDSL2 trebuie să asigure legături duplex integral cu debit de 100Mbps la distanțe de 350m și 30Mbps la distanțe de 1.2 – 1.5km