

# Cap 3 . Sisteme de acces prin cablu

- Liniile digital de abonat (xDSL)
- Sistemul cu cablu coaxial (CATV - DOCSIS)
- Retele optice pasive (xPON)

# Sisteme de acces

---

Dupa capacitatea oferita:

- de banda ingusta (max 100kbps)
- de banda larga (>100kbps)

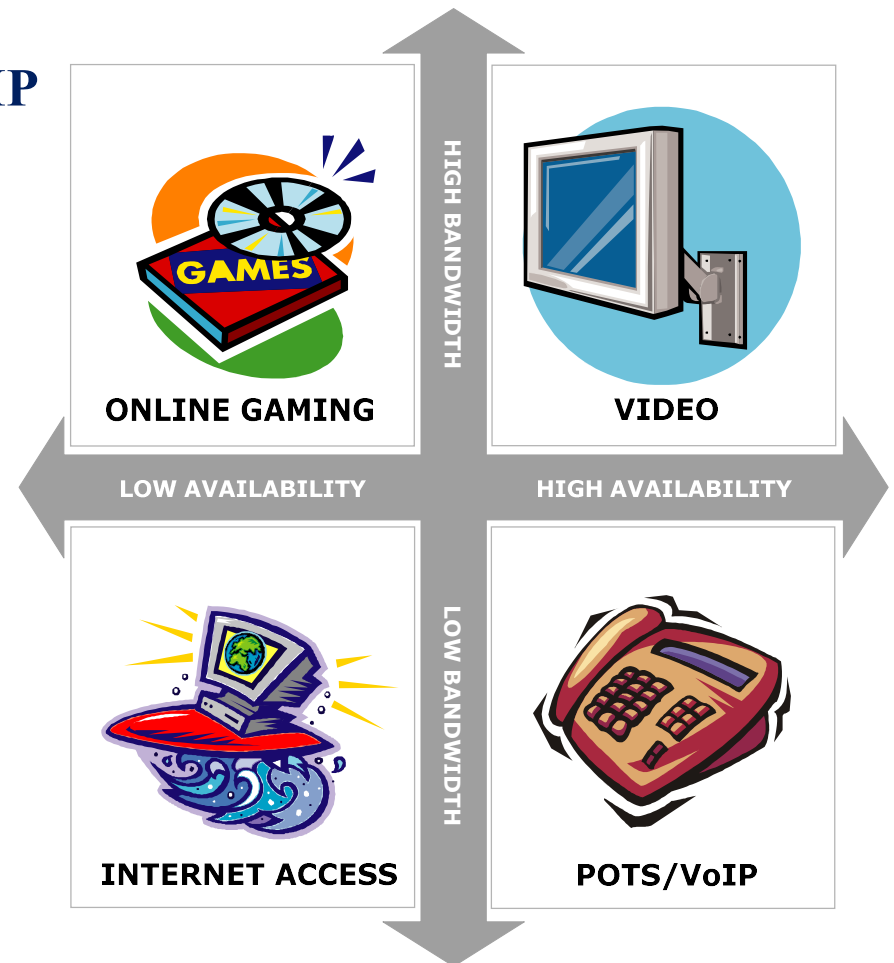
Tehnologii de acces:

- mediu ghidant:
  - linia de abonat telefonic (xDSL)
  - cablu coaxial (CATV - DOCSIS)
  - linia de energie electrica (Powerline)
  - fibra optica (PON-FTTH)
  - hibride (FO + xDSL sau FO + DOCSIS)
- radio:
  - 2G (GSM – GPRS/EDGE)
  - 3G (UMTS)
  - 4G (Wimax, LTE )
  - WiFi (IEEE 802.11x)
  - Bluetooth, Zigbee
  - satelit (P2MP, MMDS, LMDS)

# Sisteme de acces

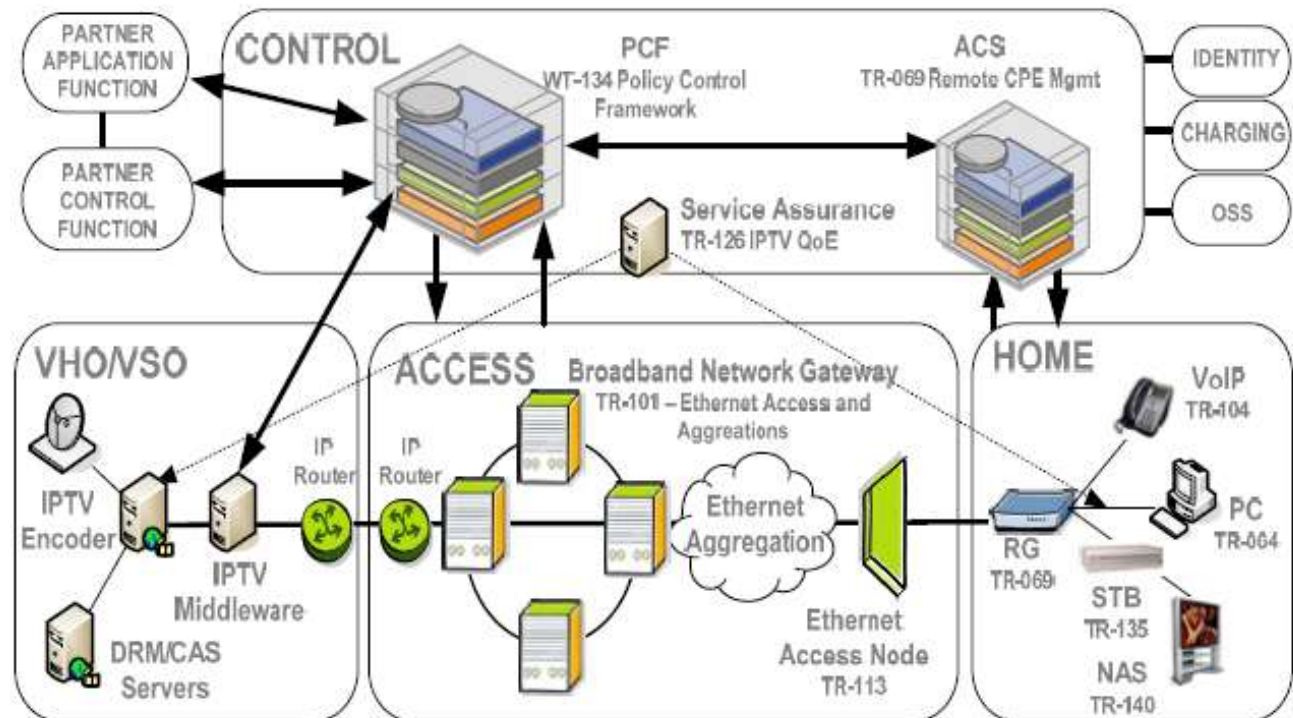
## Aplicații:

- **Telefonie clasică (POTS) / VoIP**
- **Video**
  - Televiziune analogic (6MHz/ch)
  - HDTV: - 4 fluxuri x 20Mbps =80Mbps
    - DVR înreg 11.5 prog/sapt
  - Video prin Internet
    - creștere de 10x in 5 ani
- **Online Gaming**
  - jocuri online multi-jucător
  - Jocuri HD (54Mbps)
- **Acces Internet**
  - cererile pentru banda în mod burst
  - Prioritate mică scăzută decit alte servicii



# Arhitectura rețelei de acces

Planul de utilizator  
Planul de control



# xDSL

---

Standardizata prin ITU.G.99x

Scop:

- utilizeaza perechi torsadate (grupate in cabluri)
- distanta 3-4 km fara repetoare;
- banda de frecventa disponibila  $\times 10\text{kHz} \dots \times 10\text{MHz}$
- debit binar comparabil cu DS1 (1.544Mbps) sau E1 (2.048Mbps);
  - se poate adapta la modificarile conditiilor din linie
- utilizeaza coduri corectoare de erori
- exista cai cu intirzieri diferite  $\rightarrow$  egalizare sau DMT

Tipuri de DSL:

- HDSL (HDSL, HDSL2, G.lite)
- ADSL (ADSL, ADSL2, ADSL2+)
- VDSL (VDSL, VDSL2)

# xDSL

## Motivatie utilizare xDSL

- Cablu UTP telefonic  $\rightarrow W = 4\text{kHz}$

- Th Shanon:  $C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{P_S}{P_N} \right)$

$$C \underset{SNR \gg 1}{\approx} B \cdot \log_2 (SNR) = \frac{B}{3} \cdot SNR|_{\text{dB}}$$

- Zgomotul de fond (termic): alb si cu

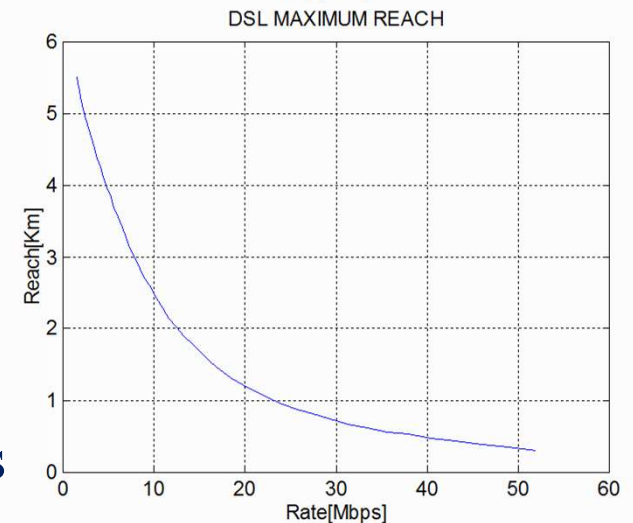
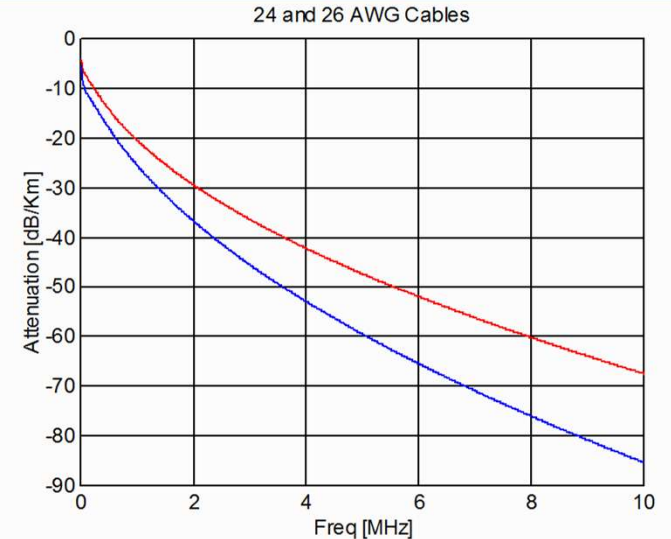
DSmP = -140 dBm/Hz

- Evaluare distanța maximă pentru capacitate maximă

- In realitate exista și alte zgomote (diafonie FEXT si NEXT și zgomote RF externe)

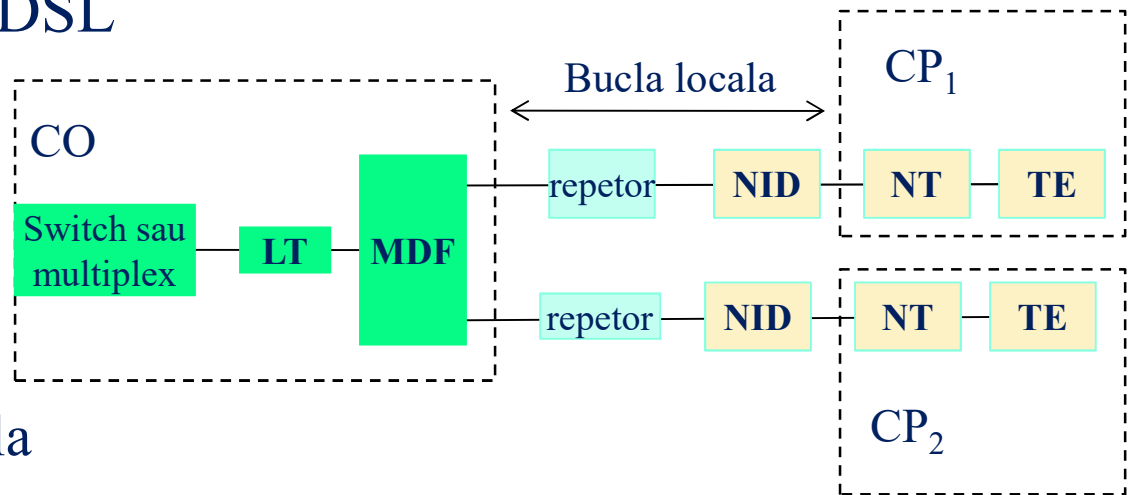
- Modemuri telefonice  $\rightarrow$  debite mici:

V34  $\rightarrow$  33.6kbps , V90  $\rightarrow$  56kbps (PCM), 33.6kbps



# xDSL

## Arhitectura de referinta xDSL



CO: Central office - centrala

CP: Customers premises

TE: Terminal equipment - PC sau telefon

NT: Network terminal – modem xDSL al abonatului

NID: Network interface device

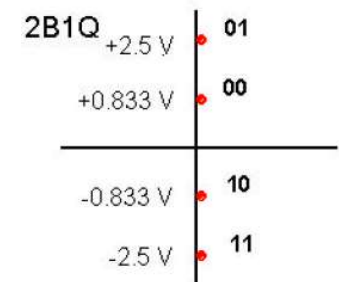
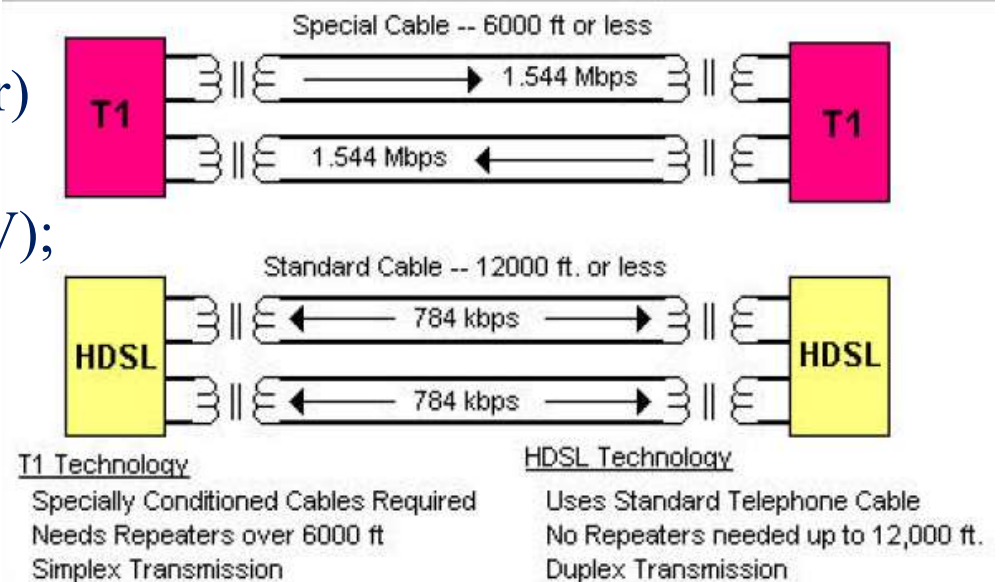
MDF: Main distribution frame - concentrator

LT: Line terminal - modem DSL al operatorului

Bucla locala: conexiunea CO-CP

# HDSL (G.991.1)

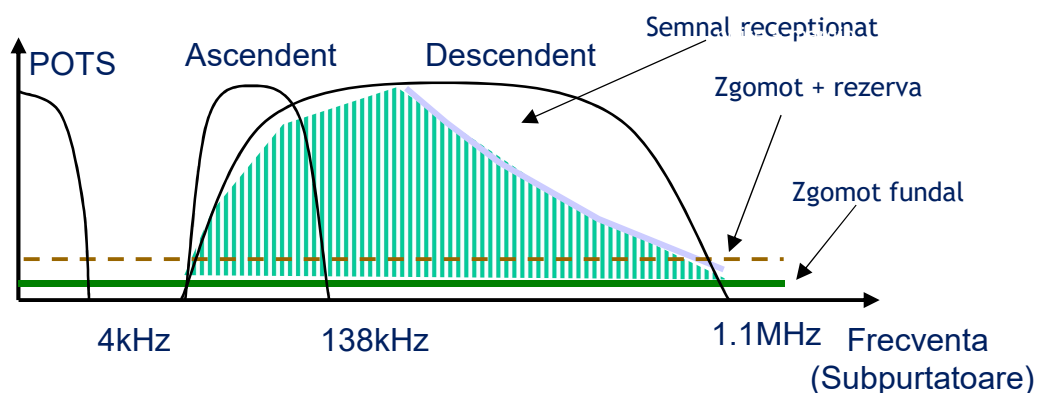
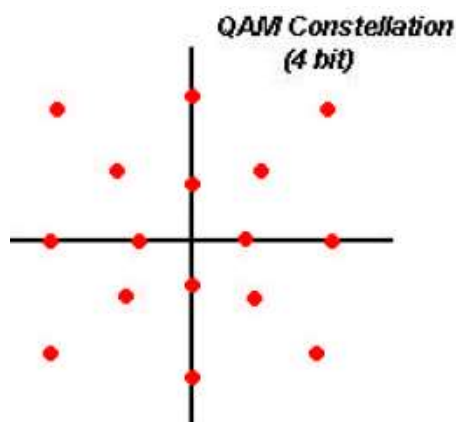
- Sa inlocuiasca T1/E1 (G703), care utilizeaza perechi torsadate speciale;
- Mediul – cabluri telefonice standard, doua perechi;
- Foloseste compesatoare de ecou;
- Distanta maxima 4km (fara repeter)
- Transmisie duplex 784kbps;
- Cod de linie 2B1Q ( $\pm 2.5$ ,  $\pm 0.833$ V);
- NEXT redus
- Nu permite co-existenta cu alte aplicatii (voce);





# ADSL (G.992.1)

- Proiectat sa opereze impreuna cu telefonia analogica (pe aceleasi pereche)
- FDMA/FDD:
  - 0 ... 4 kHz semnal telefonic;
  - 30 ... 138kHz legatura ascendenta;
  - 138kHz ... 1.1MHz legatura descendenta;
- Separarea cu filtre: *splitter POTS*
- Modulatii:
  - modulatia discreta multitonala (DMT)
  - modulatia de amplitudine si faza fara purtatoare (CAP)
- DMT:
  - subcanale de 4.3125kHz, 32 ascendent, 256 canale descendente;
  - modulatie QAM cu 16 simboluri ( $8\phi$ , 4ampl );



# ADSL (G.992.1)

## - Legatura ascendenta:

- Debit binar: 64kbps ... 640kbps;
- utilizeaza banda inferioara, atenuare mica → modulatie multinivel;
- are NEXT mai mare (necesita compensator de ecou);

## - Legatura decendentă:

- Debit binar: 8Mbps (< 3 km), 1.544Mbps (< 6 km);
- frecventele superioare ale benzii,
- atenuarea creste cu distanta → se scurteaza banda utila;
- debit binar

in functie de param  
cablu;

| Debit Desc (Mbps) | Lungime (km) | Φ fir (mm) | AWG |
|-------------------|--------------|------------|-----|
| 1.5 sau 2         | 5.5          | 0.5        | 24  |
| 1.5 sau 2         | 4.6          | 0.4        | 26  |
| 6.1               | 3.7          | 0.5        | 24  |
| 6.1               | 2.7          | 0.4        | 26  |

# ADSL (G.992.1)

---

## Avantaje:

- Utilizare pentru acces rezidential;
- Foloseste liniile deja instalate, co-existenta cu telefonie fixa
- Asigura un debit descendent maxim de 8 Mbps

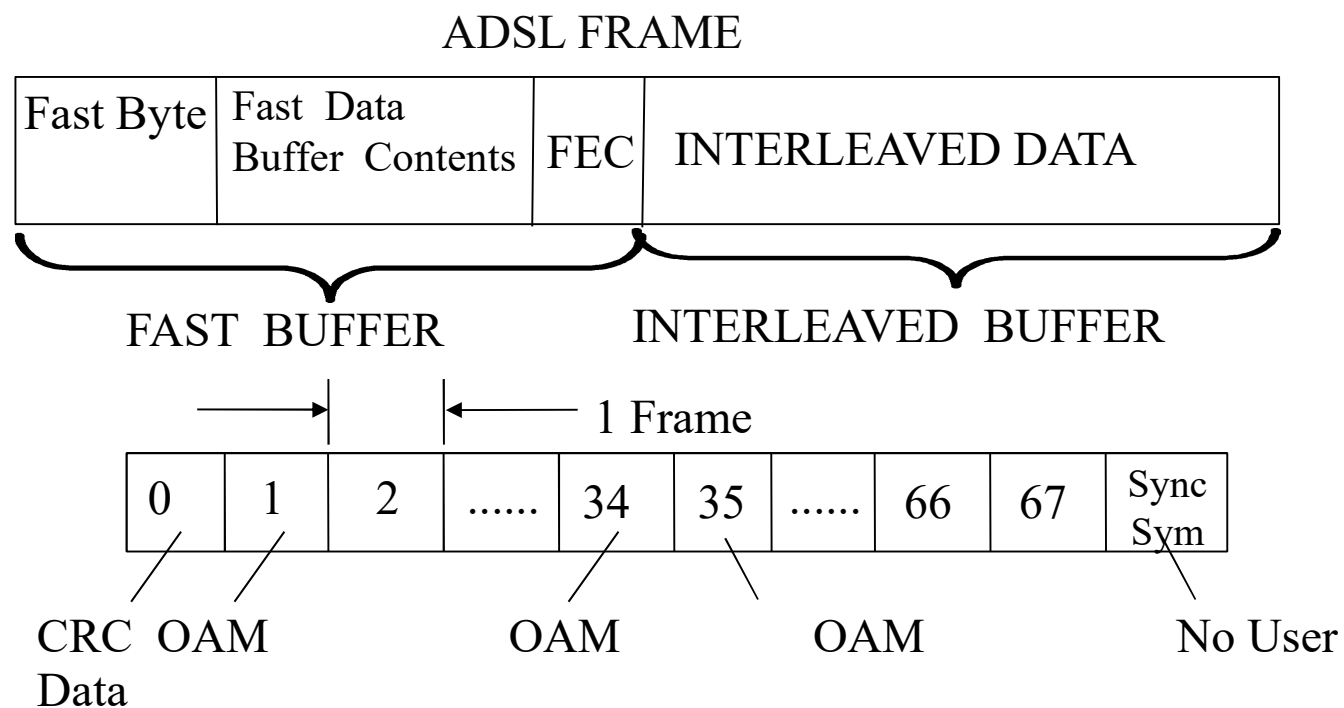
## Dezavantaje:

- Debitul ascendent este mic 640kbps;
- Distanța influențează debitul maxim;
  
- O variantă ADSL → G.light
  - debitul maxim descendent 1.544 Mbps;
  - eliminare splitter POTS + prelucrare de semnal mai facilă;

# ADSL (G.992.1)

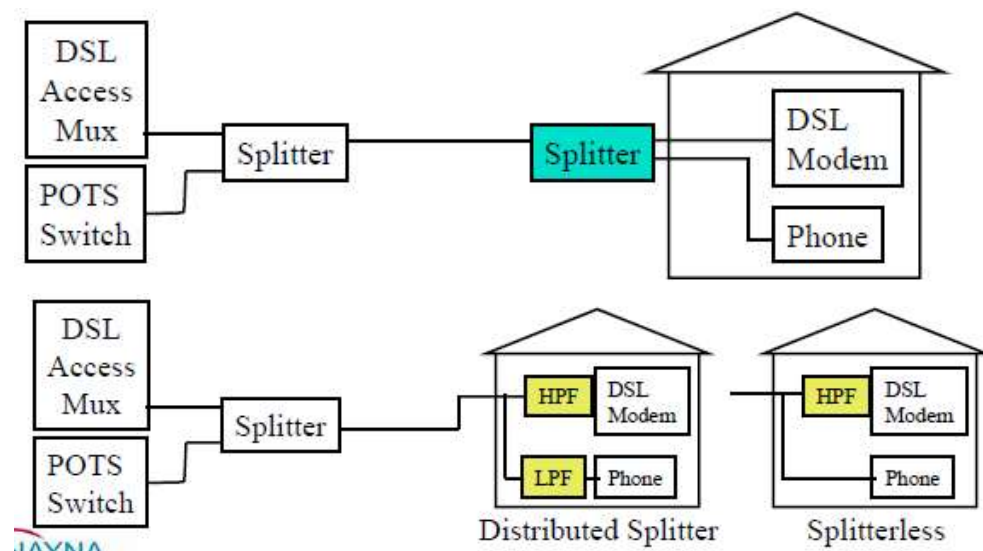
Procoloale:

- Cadrul ADSL dureaza 6 ms;
- Supercadrul = 68 cadre + sincro



# ADSL Light (G. 992.2)

- Proiectat pentru simplificarea instalarii si reducere costuri;
- Rate binare mai mici , distanta mai mare
- Debit descendent 1.5Mbps; Debit ascendent 500kbps
- DTM 128 tonuri, 8biti/ton (256-QAM)
- FDM cu corectia erorii optionala (FEC)
- Management de putere
- Nu necesita splitter (ci optional doar filtre distribuite)



# ADSL 2 (G.992.3 / 4)

---

- Banda de frecventa

- legatura ascendenta : 0-276kHz ; debitul binar 1Mbps;

- legatura descendenta : 0-1104kHz; debit binar 10Mbps;

(50 kbps mai mult fata de ADSL / cu 200 m mai lunga legatura)

# HDSL 2 / G.SHDSL (G.991.2)

---

- Utilizeaza o singura pereche torsadata;
- Foloseste cablu 24AWG
- Schema de modulare OPTIS (Overlapped Pulse Amplitude Modulated with Interlocked Spectra)
- Debitul descendent 1.544Mbps (<4km) si 384kbps (<7km);
- Debitul maxim pe distante scurte 2.304Mbps cu negociere (G.hs);
- Oferă suport pentru mai multe legături telefonice pe același cablu;

# VDSL (G.993.1)

---

- Suporta rate binare simetrice si asimetrice
  - debite simetrice 13, 26, 52 Mbps;
  - debite asimetrice: 52/6.4 Mbps; 26/3.2 Mbps; 12/2 Mbps; 6/2 Mbps;
- Banda de frecventa 1,1MHz – 12MHz (evita frecv < 1104kHz)
- DMT 256 subpurtatoare
- Alte facilitati:
  - management dinamic al spectrului
  - cooperare intre perechi







# VDSL 2 (G.993.2)

- Definite mai multe profile

Table 1.1: Profile details of VDSL2

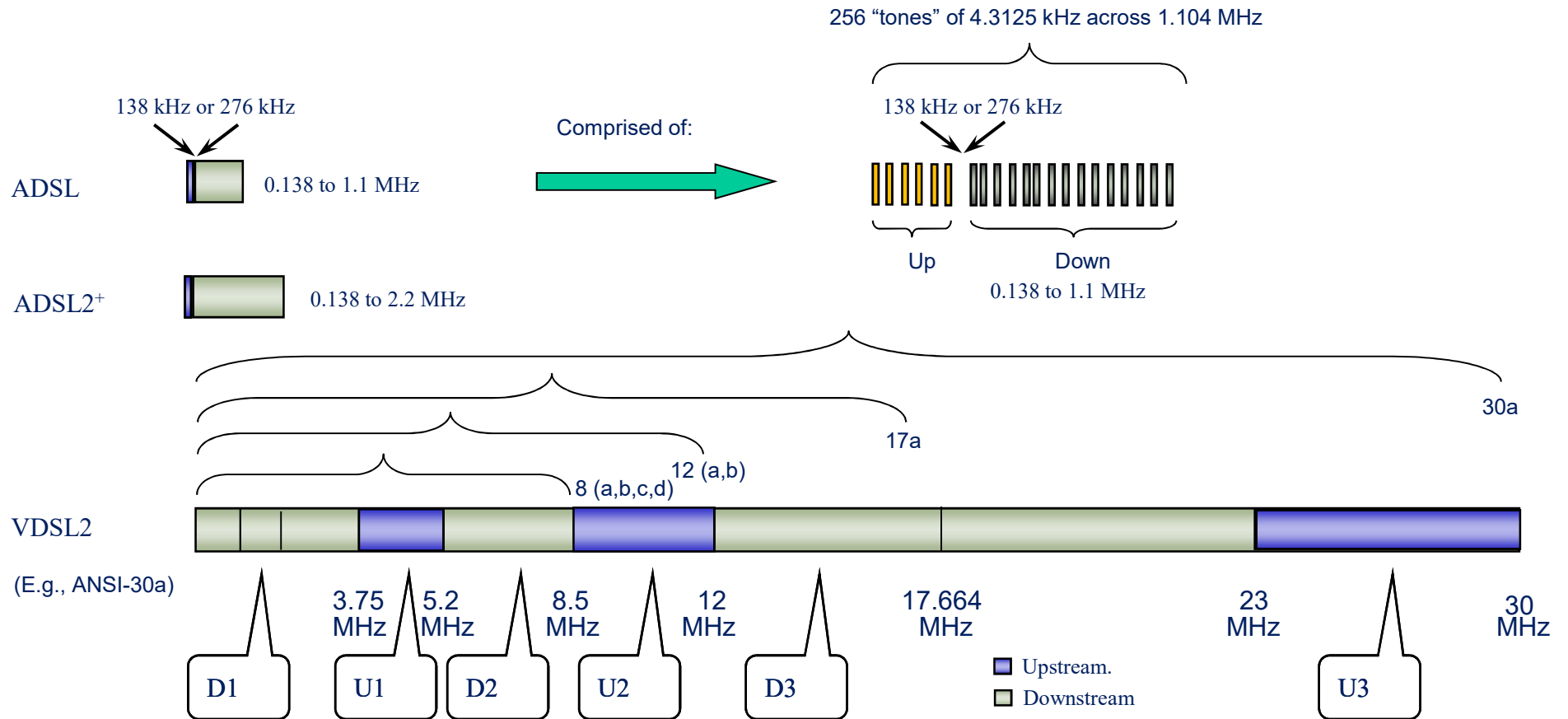
| Profiles         | 8a,8b,8c and 8d    | 12a, 12b | 17a      | 30a      |
|------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| Bandwidth        | 8 MHz              | 12 MHz   | 17 MHz   | 30 MHz   |
| Tones D/S        | 1,971              | 2,770    | 4,095    | 3,479    |
| Tone Spacing KHz | 4.3125             | 4.3125   | 4.3125   | 8.625    |
| Tx Power D/S dBm | +17.5, +20.5,+11.5 | +14.5    | +14.5    | +14.5    |
| Data rate        | 50 Mbps            | 68 Mbps  | 100 Mbps | 100 Mbps |

- Banda de frecv 20kHz – 30MHz  
 - Comparatie VDSL1 – VDSL 2

| Criteria                 |  | VDSL2 Benefits                          |
|--------------------------|--|---|
| Bandwidth                | VDSL1  12MHz<br>VDSL2  30MHz | Much higher performance for short loops |
| Trellis, SRA, GCI        | VDSL1 None<br>VDSL2 Mandatory  | Improved performance                    |
| Long Reach               | VDSL1  1km<br>VDSL2  3km | 90% customer reach + single technology  |
| ADSL Compatibility       | VDSL1 None<br>ADSL, ADSL2, ADSL2plus   | Reuse existing ADSL infrastructure      |
| Quality Of Service (QoS) | VDSL1 None<br>VDSL2 Dual Latency, Dual Bearer, Pre-Emption   | Enable Triple – Play applications       |

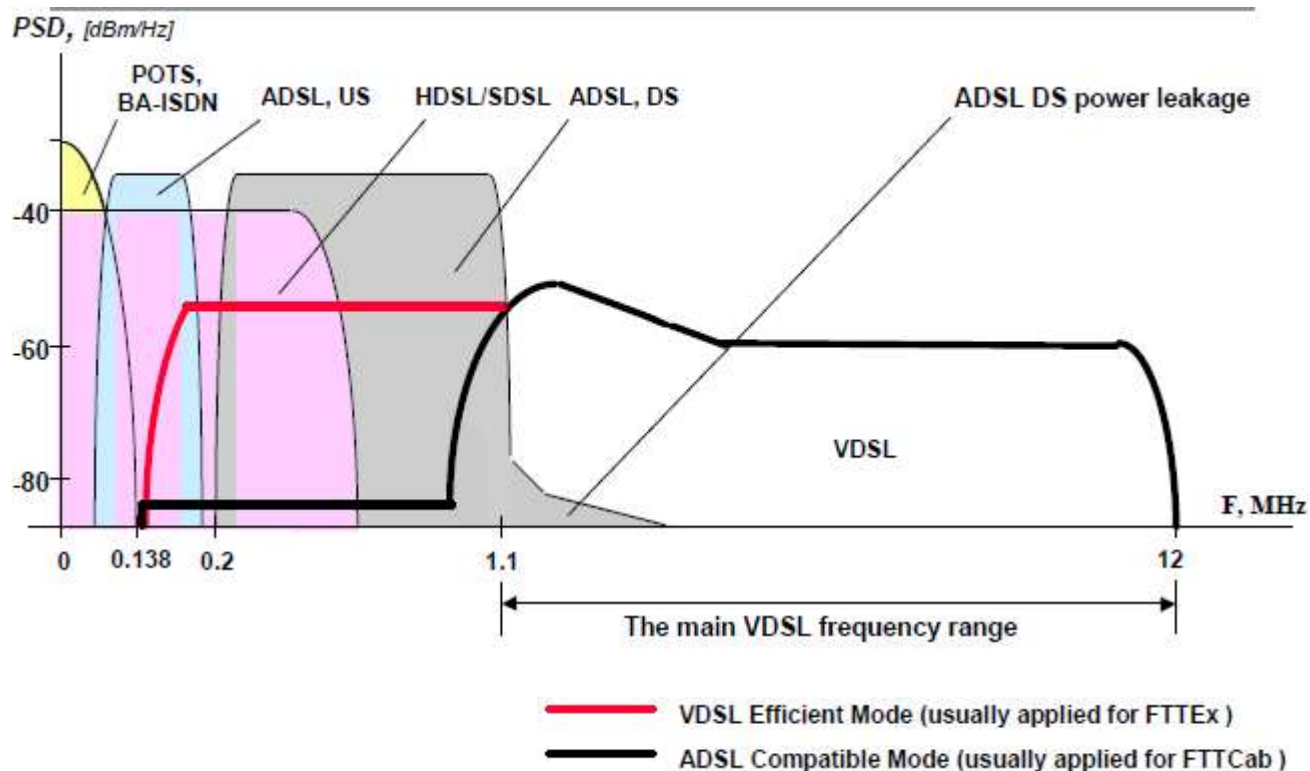
# VDSL (G.993.1)

## Exemplu de alocare a spectrului pentru variante VDSL



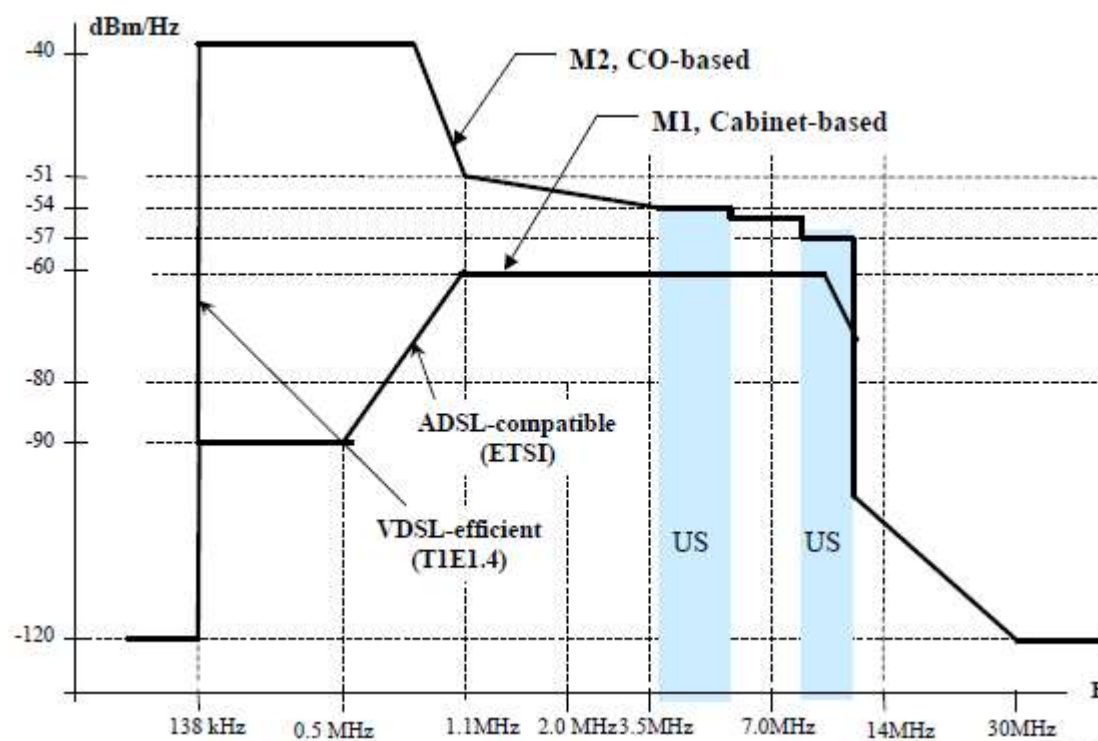
# Comparatie xDSL

- Alocarea benzilor de frecventa pentru tehnologiile xDSL



# Comparatie xDSL

- Exemplu de masca pentru densitatea spectrala de putere

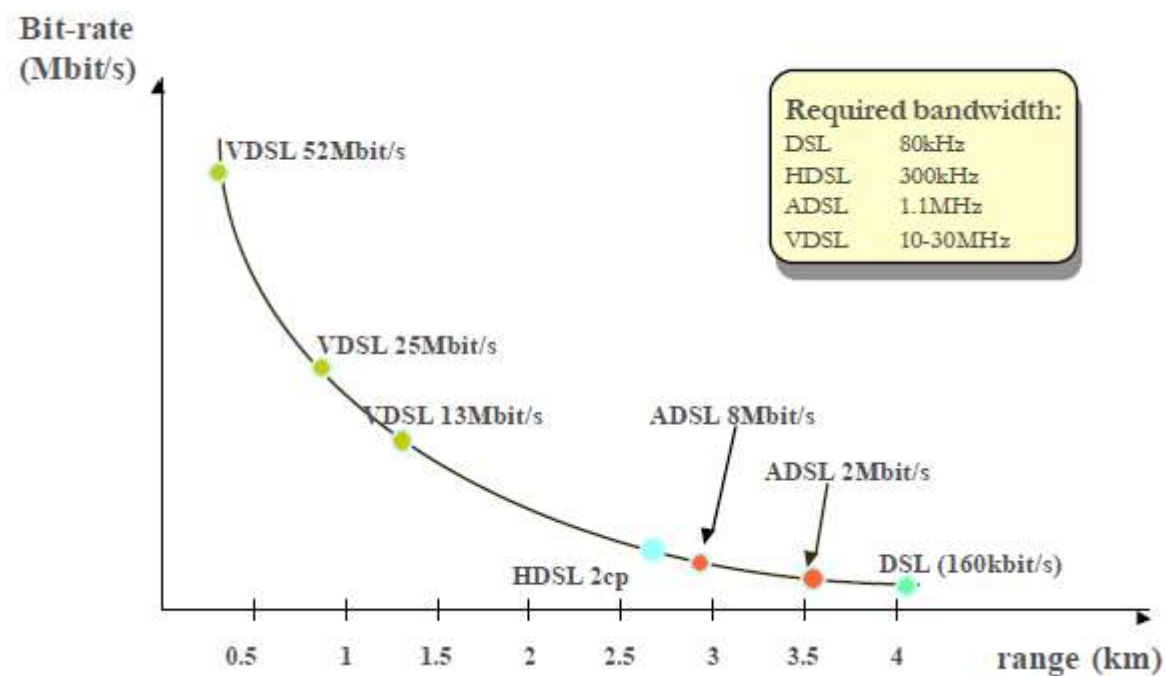


# Comparatie xDSL

|                | Description                                     | Wire Pairs | Data Rates  | Reach                               | Application  |
|----------------|---|------------|---|-------------------------------------|--|
| <b>HDSL</b>    | High bit-rate DSL                               | 2          | 1.544 Mbps<br>(784 kbps on each pair)   | 12 kft.                             | Businesses settings,<br>server access,<br>traditional T1 roles   |
| <b>ADSL</b>    | Asymmetric DSL                                  | 1          | Downstream:<br>8.448 Mbps<br>6.312 Mbps<br>2.048 Mbps<br>1.544 Mbps<br>Upstream:<br>16 to 640 bps | 9 kft<br>12 kft<br>16 kft<br>18 kft | Residential<br>Internet/Web<br>access, limited<br>Video on Demand<br>service   |
| <b>G.Lite</b>  | Splitterless DSL                                | 1          | Downstream:<br>1.544 Mbps<br>Upstream:<br>512 kbps  | 18 kft.                             | Residential<br>Internet/Web access   |
| <b>HDSL2</b>   | High bit-rate DSL<br>2 <sup>nd</sup> Generation | 1          | 1.544 Mbps<br>384 kbps  | 13.2 kft<br>22.5 kft                | Business settings,<br>server access,<br>traditional T1 roles,<br>high quality video<br>conferencing,<br>multiple voice lines |
| <b>G.shdsl</b> | Generalized<br>HSDL2                            | 1          | 2.304 Mbps<br>384 Mbps  | 13.2 kft<br>22.5 kft                | Same as HDSL2  |
| <b>VDSL</b>    | Very high bit-rate<br>DSL                       | 1          | 51.84 Mbps<br>12.96 Mbps  | 1000 ft<br>4500 ft.                 | Fiber to the<br>Neighborhood   |

# Comparatie xDSL

- Debit binar maxim
- Lungime maxima a cablului
- Banda de frecventa necesara



# Imperfectiuni xDSL

Surse (tipuri) de zgomot

- Zgomot de fundal (background) alb: -140dBm/Hz
- Zgomot de radiofrecventa: AM, HAM – radiodifuziune de amatori (ANSI) (1.81-2MHz, 3.5-3.8MHz, 7-7.1 MHz, 10.1-10.15MHz, 14-14.35MHz, 18.068-18.168MHz, 21-21.45MHz, 28-29.7MHz)
- Zgomot de tip implus
- Diafonia: - NEXT ( $N_i$  -nr de sist. distributie cu dsp  $P_i$ ,  $f$  – frecv. in Hz )

$$P_{NEXT}(f) = K_{NEXT} \cdot f^{3/2} \left( \sum_i N_i \cdot P_i(f)^{0.6} \right)^{0.6}, \quad K_{NEXT} = -50\text{dB la } 1 \text{ MHz}$$

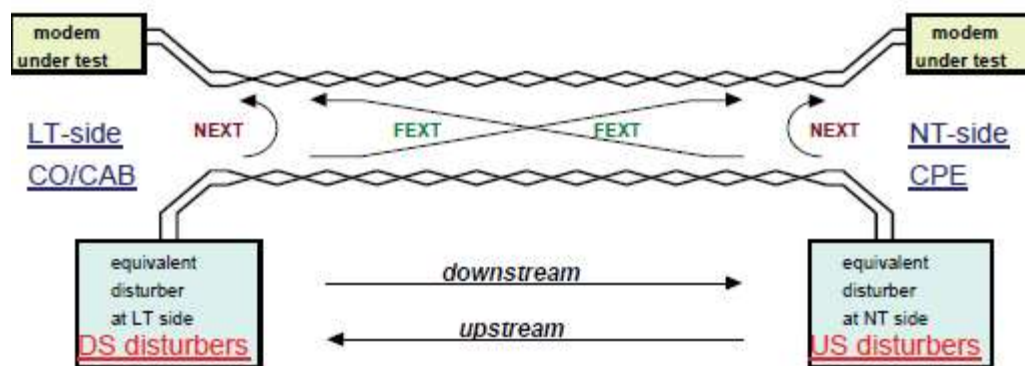
- FEXT ( $L$  lungimea liniei,  $H(f,L)$  functia de transfer)

$$P_{FEXT}(f) = K_{FEXT} \cdot L \cdot f^2 |H(f,L)|^2 \cdot \left( \sum_i N_i \cdot P_i(f)^{0.6} \right)^{0.6}, \quad K_{FEXT} = -45\text{dB la } 1\text{MHz} + 1\text{km}$$

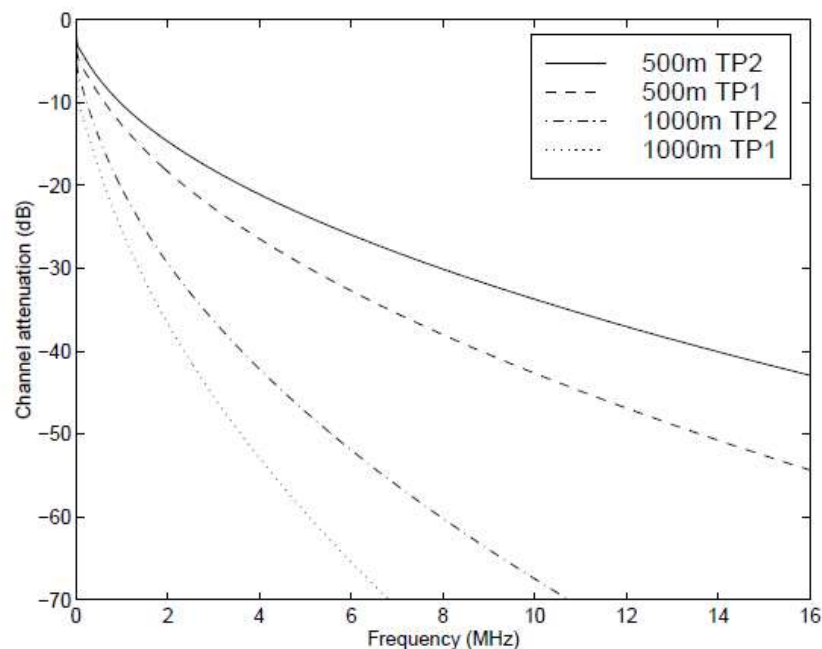
- Zgomotul total:  $\sigma_{noiseT}^2 = \sigma_{AWGN}^2 + \sigma_{NEXT}^2 + \sigma_{FEXT}^2$

# Imperfecțiuni xDSL

## Modelarea NEXT și FEXT



Atenuarea – în funcție de distanță și secțiune conductorului  
 TP1 = 0.4 mm (AWG26)  
 TP2 = 0.5mm (AWG24)





# Comparatie cablu metalic (Cu)

## Comparatie sisteme de acces cu perechi torsadate / coaxial

| Acronim      | An   | Modulatie | Nr Perechi | Debit asc (Mbps) | Debit Desc (Mbps) | Spectrul (Hz)                   |
|--------------|------|-----------|------------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| T1           |      | AMI       | 2          | 1.544            | 1.544             | 0 - 1.544M                      |
| E1           |      | HDB3      | 2          | 2.048            | 2.048             | 0 – 2.048M                      |
| ISDN-BRI     | 1986 | 2B1Q      | 1          | 0.16             | 0.16              | 0 – 80k                         |
| Analog-MODEM |      |           | 1          | 0.56             | 0.56              | 0 – 4k                          |
| HDSL         | 1992 | 2B1Q      | 2          | 1.544            | 1.544             | 0-370k                          |
| HDSL-2       |      | TC-PAM    | 1          | 1.544            | 1.544             | 0-300k (U)<br>0-440k (D)        |
| HDSL-4       |      | TC-PAM    | 2          | 1.544            | 1.544             | 0-130k (U)<br>0-400k (D)        |
| ADSL         | 1995 | DMT       | 1          | 1                | 8                 | 25 - 138k (U)<br>25 - 1104k (D) |

# Comparatie cablu metalic (Cu)

| Acronim        | An   | Modulatie | Nr<br>Perechi | Debit asc<br>(Mbps) | Debit Desc<br>(Mbps) | Spectrul<br>(Hz)                  |
|----------------|------|-----------|---------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|
| SDSL           | 1998 | 2B1Q      | 1             | 2.312               | 2.312                | 0-700k                            |
| G.Lite         | 1999 | DMT       | 1             | 1                   | 1.5                  | 25 k- 138k (U)<br>25 k- 552k (D)  |
| RADSL          |      | CAP       | 1             | 1                   | 8                    | 25k - 138k (U)<br>25 k- 1104k (D) |
| G.SHDSL        | 2000 | TC-PAM    | 1             | 2.312               | 2.312                | 0-400k                            |
| VDSL           | 2002 | DMT / QAM | 1             | 13                  | 22                   | 25 k– 12M                         |
| ADSL 2         | 2003 | DMT       | 1             | 1                   | 12                   | 0 – 276k (U)<br>0- 1104k (D)      |
| ADSL 2+        | 2003 | DMT       | 1             | 1                   | 24                   | 0 – 276k (U)<br>0- 2208k (D)      |
| EFM            | 2004 | DMT       | 1             | 10                  | 10                   | 25k– 12M                          |
| Cable<br>modem |      |           |               |                     | 10-30Mbps            |                                   |

# Comparatie cablu metalic (Cu)

| Acronim | An   | Modulatie | Nr<br>Perechi | Debit asc<br>(Mbps) | Debit Desc<br>(Mbps) | Spectrul<br>(Hz) |
|---------|------|-----------|---------------|---------------------|----------------------|------------------|
| VDSL 2  | 2004 | DMT       | 1             | 15M                 | 55M                  | 25k-30M          |
| VDSL 2  | 2005 | DMT       | 1             | 100M                | 100M                 | 25k-30M          |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |
|         |      |           |               |                     |                      |                  |

# Cablu TV - DOCSIS

---

- Se utilizeaza cablul coaxial (TV prin cablu), FDD cu amplificator bidirectional;
- CM (Modem de cablu) : RF  $\leftrightarrow$  TV analogic, telefonie analogica, date;
- CMTS (Cable Modem Termination System)
- Utilizeaza Cadre MPEG
- Separarea serviciilor (TV/date) se face in frecventa - FDM
- Banda divizata in canale de 6MHz (USA), 8MHz (EU) = canal TV
- Rata binara legatura descendenta = 30Mbps
- Rata binara legatura ascendenta intre 300kbps - 30Mbps
- Standardizare :
  - DOCSIS1.0 (1998) / ITU-T J.112
  - DOCSIS2.0 (2002) / ITU-T J.122
  - EuroDOCSIS
  - DOCSIS3.0 (2008??) / ITU-T J.112??

# Cablu TV - DOCSIS

---

- Se utilizeaza cablul coaxial (TV prin cablu), FDD cu amplificator bidirectional;
- Modem de cablu (CM) : RF  $\leftrightarrow$  TV analogic, telefonie analogica, date;

## Spectrul cablului TV

- 50-550MHz rezervati pentru TV analogic (USA)
- Banda divizata in canale de 6MHz (USA), 8MHz (EU)
- 20-50 MHz pentru legatura ascendenta
- 550-580MHZ pentru legatura descendenta
- Schema de codare : concatenare serie: Reed-Solomon + codare trellis
- BER acceptat  $1e-8$   $E_s/N_0 > 23.5$  dB (64QAM), 30dB (256QAM);
- Intirzierea de grup = 75ns;

## Rate binare (DOCSIS 2.0):

- descendent: 26Mbps (64QAM – 5.057MHz + interval de garda) ,  
38MBps (256QAM – 5.4MHz)

# Cablu TV - DOCSIS

Modulatii utilizate, largimi de banda si rate binare legatura ascendenta

| <b>Modulatia</b> | <b>Banda</b> | <b>Rata binara</b> | <b>Versiunea std</b> |
|------------------|--------------|--------------------|----------------------|
| QPSK             | 1.6 MHz      | 2.56 Mbps          | DOCSIS 1.0/1.1       |
| 16QAM            | 1.6 MHz      | 5.12 Mbps          | DOCSIS 1.0/1.1       |
| QPSK             | 3.2 MHz      | 5.12 Mbps          | DOCSIS 1.0/1.1       |
| 16QAM            | 3.2 MHz      | 10.24 Mbps         | DOCSIS 1.0/1.1       |
| 32QAM            | 3.2 MHz      | 12.8 Mbps          | DOCSIS 2.0           |
| 64QAM            | 3.2 MHz      | 15.36 Mbps         | DOCSIS 2.0           |
| 16QAM            | 6.4 MHz      | 20.48 Mbps         | DOCSIS 2.0           |
| 32QAM            | 6.4 MHz      | 25.6 Mbps          | DOCSIS 2.0           |
| 64QAM            | 6.4 MHz      | 30.72 Mbps         | DOCSIS 2.0           |

# Cablu TV - DOCSIS

---

- Modemul de cablu se identifica cu o adresa de 16 biti (Service ID - SID)

## Semnalizarea in protocolul DOCSIS

- Cadre MPEG-2 (188B): 184B date + 4B header
- Mesaj de sincro (clock sinc) 613 mesaje/s;
- O sursa pe legatura descendenta
- multiplexare pe sensul ascendent → TDMA (in minislot)
- 1 minislot = 8 ticks, 1 tick = 6.25 $\mu$ s

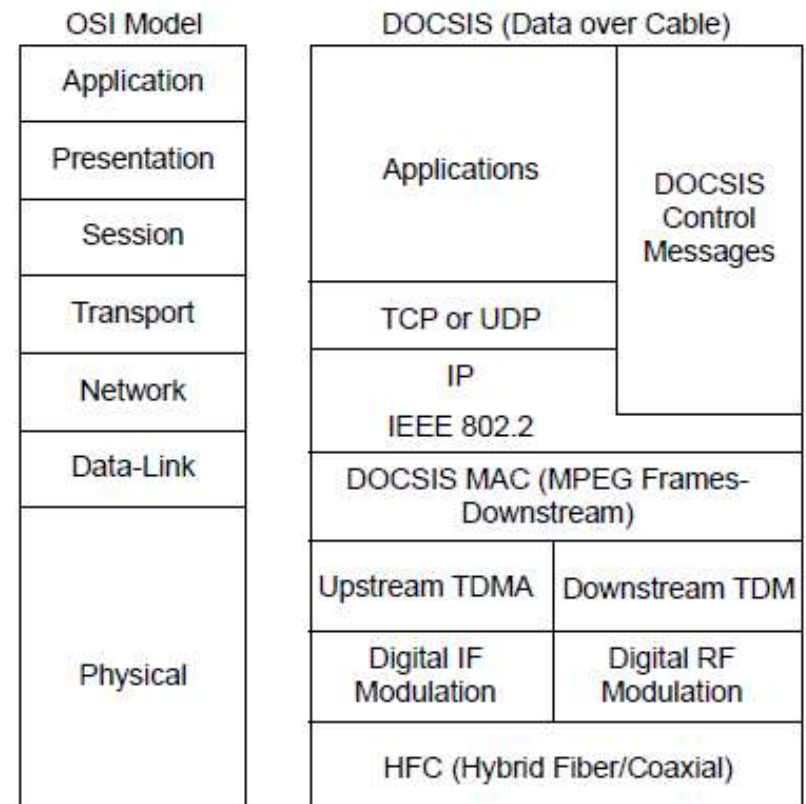
Latimi de banda utilizate pe legatura ascendentă:

200kHz, 400kHz, 800kHz, 1.6MHz, 3.2MHz, (QPSK, 16QAM)

# Cablu TV - DOCSIS

## Stiva de protocoale DOCSIS

- Servicii de transport TCP si UDP;
- Servicii IP (nivelul 3);
- LLC conf standardului Ethernet;
- Subnivel de securitate: autentificare, autorizare, criptare;
- MAC cu PDU de lungime variabila;
- Incapsulare MPEG-2, legaruta descendenta;
- Sublayer PMD (physical media dependent);
- Acces multiplu TDMA (ascendent)
- TDM (descendent)



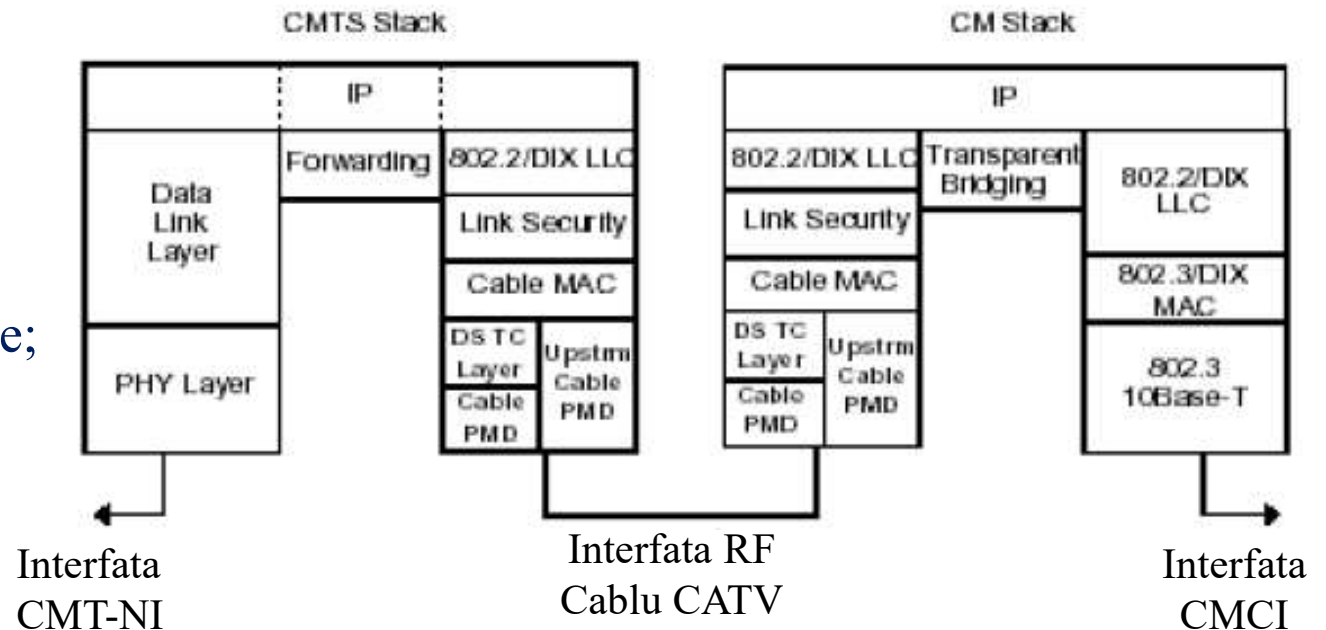


# Cablu TV - DOCSIS

## Stiva de protocoale pentru CMTS si CM

- Asigura transfer bidirectional transparent pentru trafic IP;
- CMCI – interfata CM cu dispozitivul utilizatorului (switch, router);
- CMTS-NI – interfata dintre CMTS si reseaua de date;
- Interfata RF – intre CM si CMTS pentru semnalizare
- BPI – interfata de securitate dintre CM si CMTS

CMTS repeta înapoi toate pachetele de broadcast, iar CM elimină pachetele cu SA corespunzătoare;



# Cablu TV - DOCSIS

## Stiva de protocoale pe interfata RF (DOCSIS 2.0)

### Nivelul Data Link:

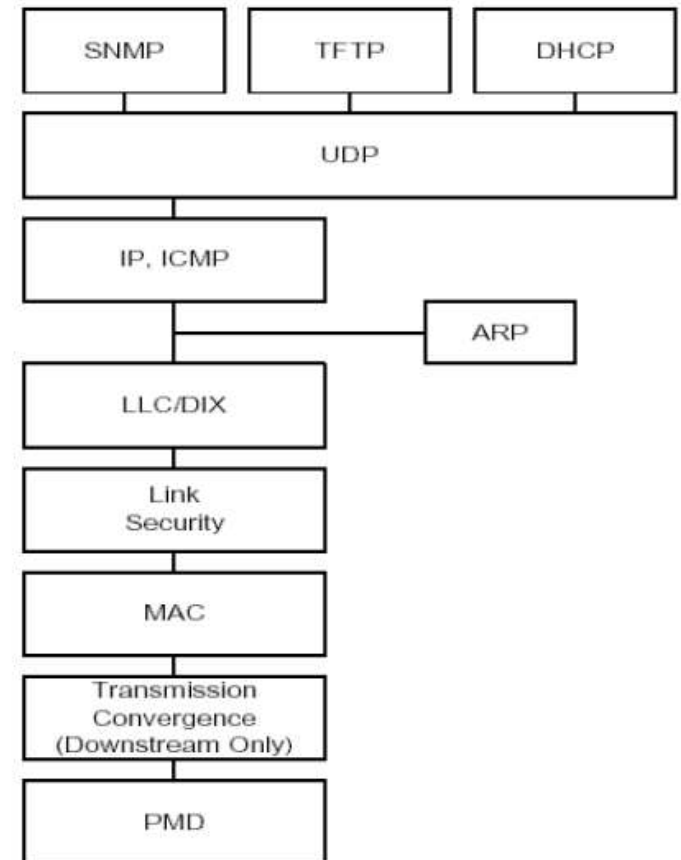
- LLC/DIX
- subnivel de securitate
- subnivelul MAC : defineste cite un flux de transmisie pentru fiecare CM;

### Nivelul fizic

- legatura ascendenta: FDMA + TDMA (un CM primeste un canal de frecventa + un slot temporal) sau FDMA + S-CDMA (mai multe CM-uri transmit in acelasi canal de frecventa cu CDMA sincron);

Transmisie in rafale (burst)

Modulatii utilizate: QPSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM;



# Cablu TV - DOCSIS

## Legatura descendenta

Downstream transmission convergence sublayer (DTCS) permite multiplexarea de video si date care PMD;

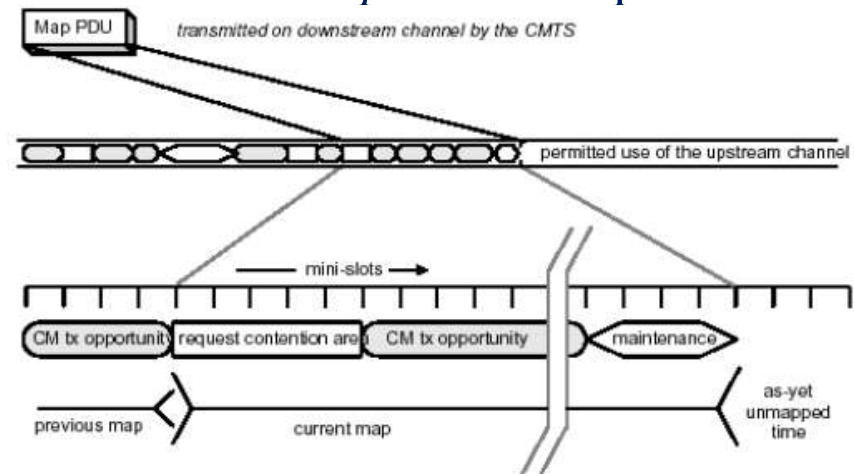
Incapsulare: cadre MPEG-2 de 188B (4B header + 184B date )

Posibilitati un cadru MAC in mai multe cadre MPEG sau mai multe MAC intr-un MPEG

Accesul la canalul ascendent (al CM) este controlat de CMTS (cu algoritm de alocare) prin transmiterea mesajelor MAP : in ce minislot transmit anumite CM-uri, Care sunt minisloturile de acces concurent si care sunt de *oportunitate* pentru inregistrarea CM-urilor la CMTS.

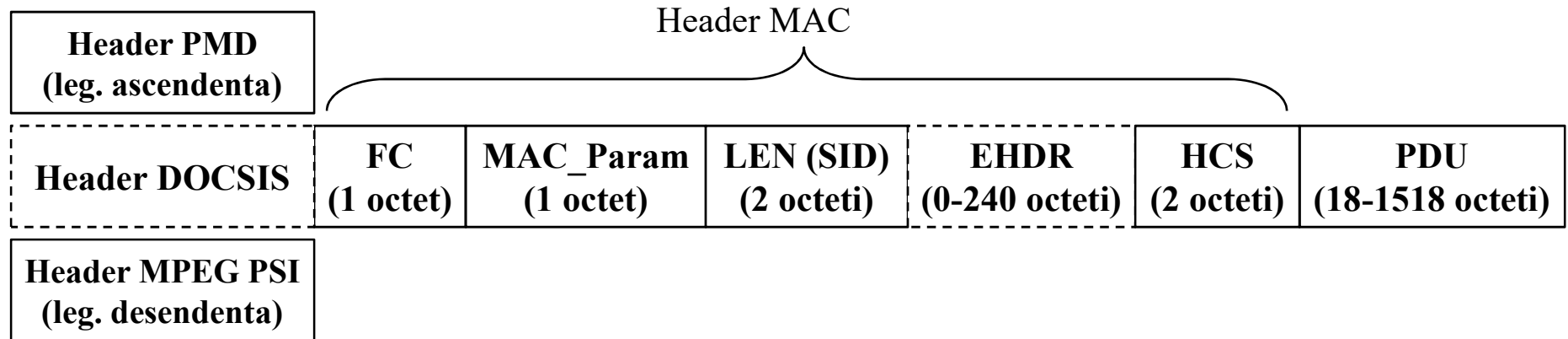
CM cere CMTS un numar de minisloturi pentru ascendent si trimite SID-ul.

Mesaj MAP = header fix + nr variabil IE (elemente de informatie) - descriu cum sunt utilizate mini-sloturile;



# Cablu TV - DOCSIS

Formatul generic al cadrului DOCSIS (PDU = cadru MAC ethernet)



|            |                           |                             |                           |
|------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>FC:</b> | <b>Tip FC</b><br>(2 biti) | <b>Param FC</b><br>(5 biti) | <b>EHDR ON</b><br>(1 bit) |
|------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|

|             |                                  |                                   |                               |   |                          |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|
| <b>PDU:</b> | <b>Adresa Dest</b><br>(6 octeti) | <b>Adresa Sursa</b><br>(6 octeti) | <b>Type/Len</b><br>(2 octeti) | <b>Date utilizator</b><br>(0-1500 octeti) | <b>CRC</b><br>(4 octeti) |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|

Obs: nu s-a tinut cont de eticheta (4 octeti) de VLAN (tag 802.1Q) din PDU;

# Cablu TV - DOCSIS

---

Imbunatatiri aduse de DOCSIS 1.1 – QoS:

- Clasificare pachetelor / identificarea fluxurilor legatura ascendenta:
  - Unsolicited Grant Service (**UGS**): flux de timp real cu pachete de dimensiuni fixe la intervale fixe (exp VoIP); utilizeaza doar mecanismul de rezervare al CMTS
  - Real-Time Polling Service (**rtPS**): fluxuri de timp real cu pachete la intervale fixe, dar de dimensiuni variabile; utilizeaza doar mecanismul cu rezervare al CMTS dar cu numar variabil de minislaturi → overhead mai mare;
  - Unsolicited Grant Service With Activity Detection(**UGS/AD**): fluxuri UGS care au perioade de inactivitate (VoIP cu suprimarea linistii); utilizeaza mecanismul cu rezervare pentru perioada de activitate si cereri unicast pentru inactivitate;
  - Non-Real-Time Polling Service(**nrtPS**): fluxuri nu de timp real cu dimensiune variabila a pachetelor si la momente fixe sau variabile (FTP); pot utiliza mecanism cu rezervare su cereri concurente sau cereri/date oportuniste;
  - Best effort (**BE**): trafic best effort fara rezevare de la CMTS;
- Programarea servirii fluxurilor cu QoS / Realizarea servirii dinamice
- fragmentarea

# HPNA

---

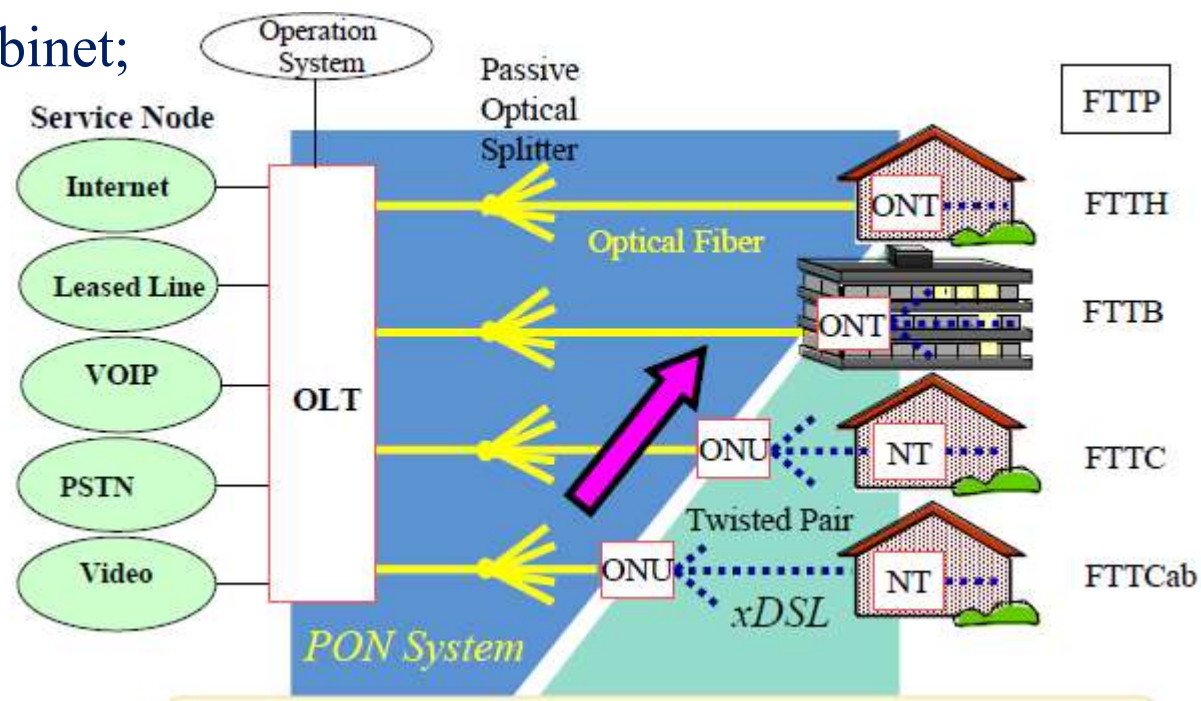
HPNA – Retea de acces prin rețeaua electrica (High Power Network Access)

- Standard industrial (de facto) pt rețeaua de domiciliu (home)
- Utilizeaza rețeaua electrica (220V / 110V) pentru a interconecta dispozitivele la Internet;
- Nu afectează liniile de urgență ;
- Nu necesita cablare suplimentară;
- Capacități de 1Mbps (în studiu capacități de 10Mbps si 100Mbps)

# Arhitecturi PON

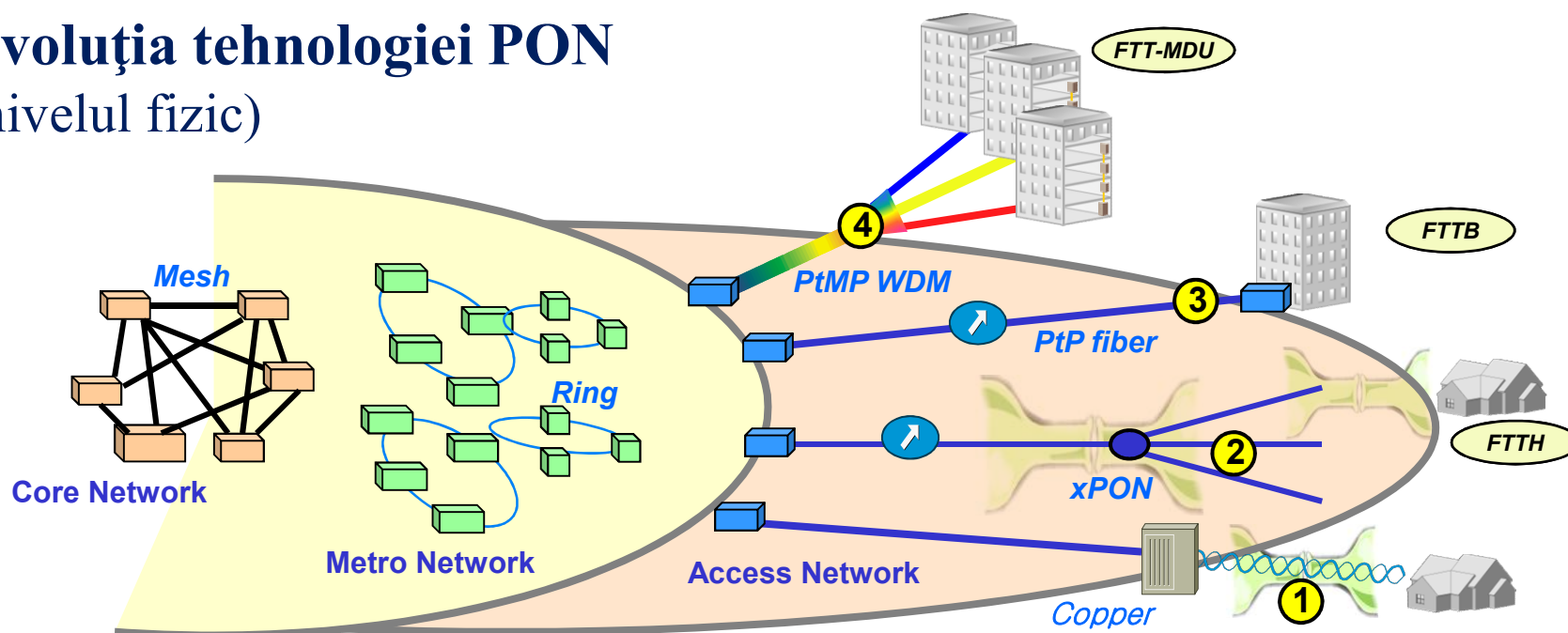
Tipuri de arhitecturi PON pentru rețeaua de acces

- FTTH fiber to the home ;
- FTTB fiber to the business ;
- FTTC fiber to the curb ;
- FTTCab fiber to the Cabinet;
- FTTN fiber to the Neighborhood;
- FTTO fiber to the office;
- ONU – optical network unit
- OLT – optical line Termination



# Arhitecturi PON

## Evoluția tehnologiei PON (nivelul fizic)



| # | Tehnologie       | Descriere  | Comentarii                            |
|---|------------------|--|---------------------------------------|
|   | Dialup/DSL/Cable | <b>Active</b> , copper-based, <b>dedicated</b> solutions | Limitare la 1.5Mbps per pereche cupru |
|   | xPON             | <b>Passive</b> fiber-based, <b>shared</b> solutions      | 2.5Gbps / split de 32 ori = ~78Mbps   |
|   | Ethernet P2P     | <b>Active</b> , fiber-based, <b>dedicated</b> solutions  | Requires active components in OSP     |
|   | WDM-PON          | <b>Passive</b> , fiber-based, <b>dedicated</b> solution  | Passive, 2.5Gbps per subscriber       |



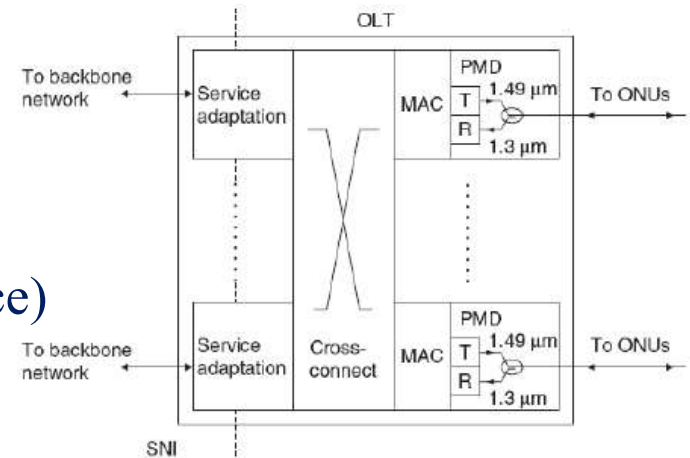
# xPON

## Arhitectura generala ODN (Optical Distribution Network)

- OLT (Optical Line Termination)
- Spliter pasiv
- ONT (Optical Network Unit)

### OLT

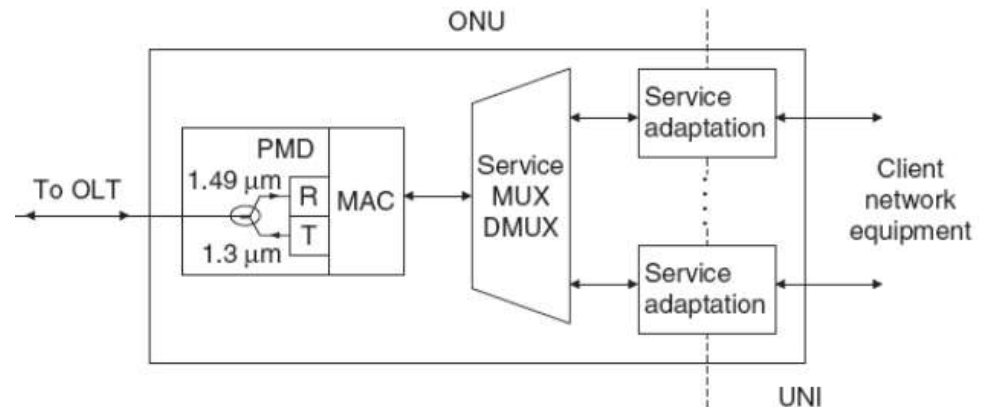
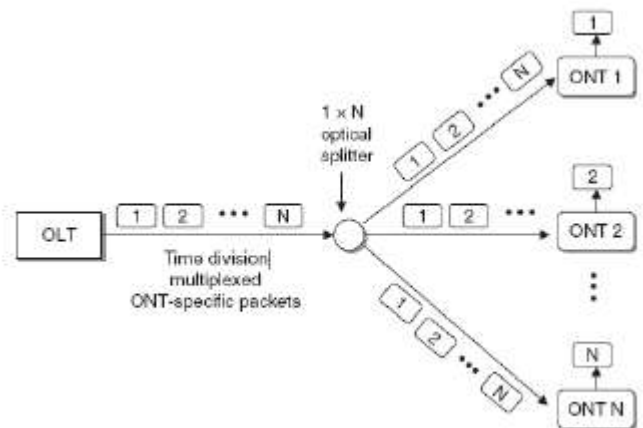
- situat într-un sediu central (centrală – central office)
- preia traficul de transport și îl distribuie la ONT
- Servicii *triple play*: internet, telefonie, TV
- Legătura descendentă:  $\lambda=1490\text{nm}$  (voce + date) ,  $\lambda=1550\text{nm}$  (TV - video)
- Legătura ascendentă:  $\lambda=1310\text{nm}$  (voce + date)
- Utilizează WDM (wavelength division multiplexing) + filte optice
- Măsoară puterea cu care emite către ONT
- Legătura maxima pînă la ONT = 20km (>cu EFDA)



# xPON

## ONT

- Localizare în echipamentul utilizatorului;
- Asigură interfața (la nivel fizic) între rețeaua optică (ODN) și echipamentele electronice ale utilizatorului;
- Asigură conversia de la formate de transport a informației : T1 (1.544Mbps), E1 (2,048Mbps), DS3 (44.736Mbps), E3 (34.368Mbps), ATM (155Mbps) la formate utilizator : voce, ethernet, video analog și digital;
- Pe legătura ascendentă grupează diferitele formate ale utilizatorului după destinație și le transmite eficient utilizând tehnologiile de transport;

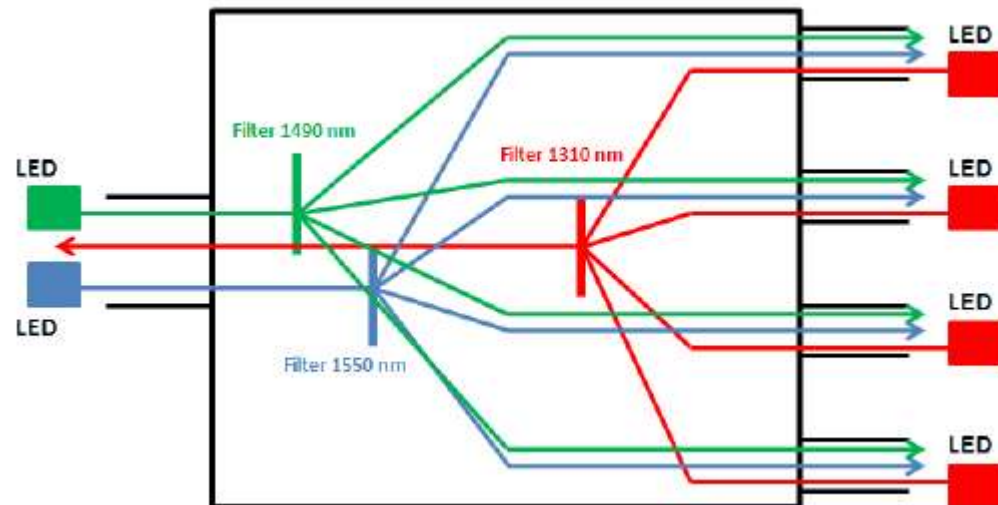


# xPON

## Spliter optic pasiv

- Dispozitiv optic pasiv care divizează puterea optică de la OLT la ONT-uri
- combină puterea optică de la ONT-uri la OLT;
- ramifica rețeaua mai multe ONT –uri pentru un OLT
- Accesul multiplu TDMA, duplexare WDM, separarea serviciilor WDM;
- Introduce atenuare ( pentru  $N$  ONT-uri legate la acelasi OLT ):

$$a_{splitter}|_{dB} = 10 \cdot \log_{10} N$$



# xPON

---

## Standarde pentru xPON

- ITU-T G.983.1 – APON
- ITU-T G.983 – BPON
- ITU-T G.984 – GPON
- IEEE 802.3 Ethernet PON : EPON, GEPON
- ITU-T G.652 – WDM-PON

# APON

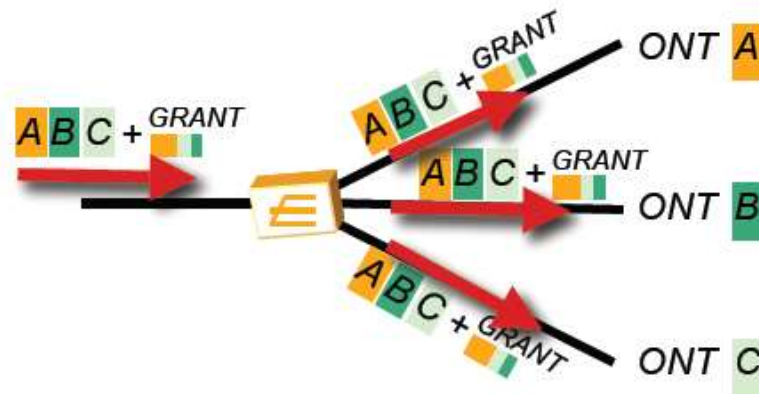
- 
- Legătura descendentă : rafale (burst) de celule ATM
  - Debit binar 155Mbps (622Mbps var 2);
  - In fiecare celulă ATM introduse suplimentar două câmpuri PLOAM ( pt a indica adresa fiecărei celule și pt control)

## BPON

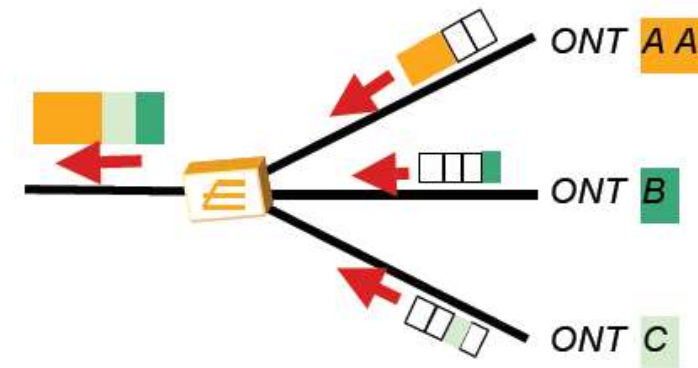
- Utilizează celule ATM : debit simetric 155Mbps (prima variantă)
- Debit îmbunătățit, asimetric: 622Mbps (descend), 155Mbps (ascend)
- Suportă și alte standarde de bandă largă (asimetrice):
  - legătura ascend: 155Mbps, 622Mbps ;
  - legătura descend: 155Mbps, 622Mbps, 1.244Gbps ;
- Un OLT suporta 32 splittere (maxim), fiecare splitter suporta 64 ONT
- Numarul maxim de utilizatori per OLT :  $32 \times 64 = 2048$  utilizatori
- Distanța maximă OLT-ONT: 20km;
- Distanța maximă ONT-ONT: 20km;

# BPON

Legătura descendentă: multiplexare temporală



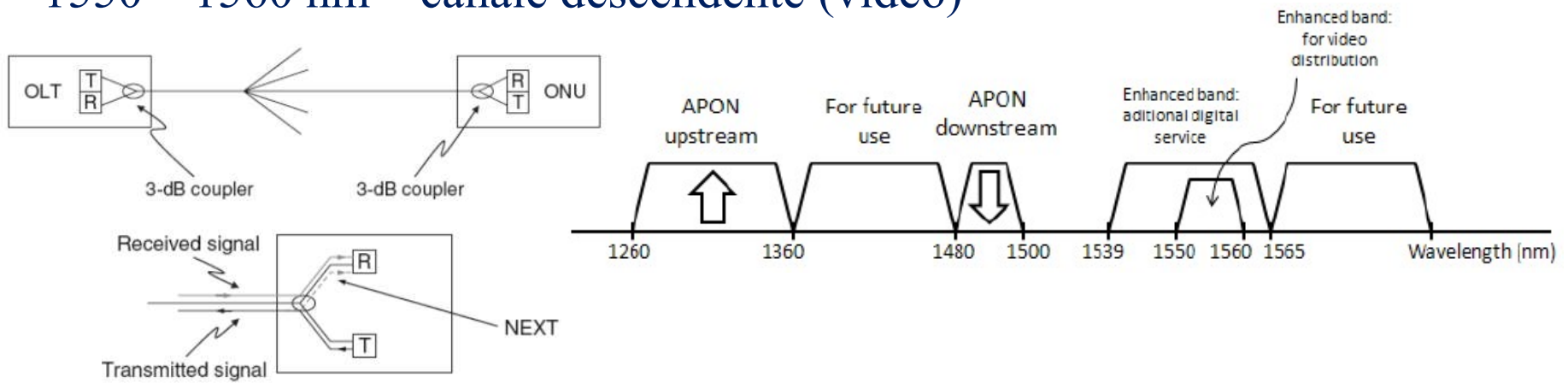
Legătura ascendentă: acces multiplu cu diviziune în timp



# BPON

Lungimi de undă utilizate (pt 1 fibră per ONT):

- 1480-1500 nm – canale descendente (date + voce)
- 1260 – 1360 nm – canale ascendente (date + voce)
- 1550 – 1560 nm – canale descendente (video)



Lungimi de undă utilizate (pt 2 fibre per ONT), una ascend, alta descend:

- 1260-1360 nm – canale descendente (date + voce)
- 1260 – 1360 nm – canale ascendente (date + voce)
- 1550 – 1560 nm – canale descendente (video)

(cost mic laser Fabry-Perot FP, cost mare – 2 fibre)

# EPON

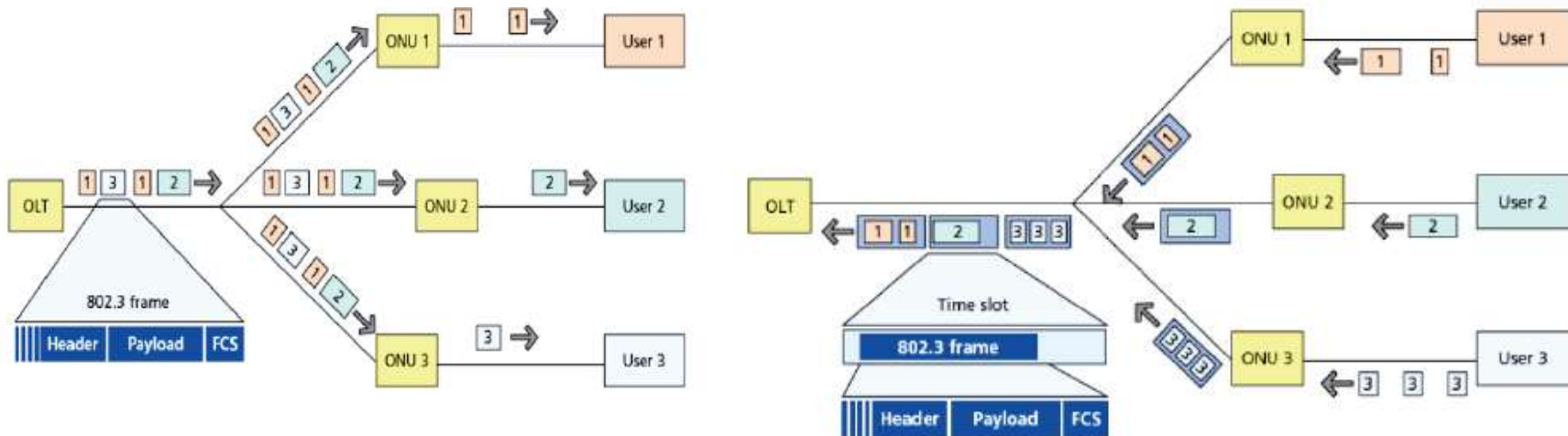
---

- Utilizează încapsularea Ethernet (IEEE 802.3ah , 802.3z)
- Are debite Gbps (la fel la LAN-urile, porturile de agregare ale switch-uri)
- Varianta GEAPON, debit simetric de 1Gbps;
- Utilizează fibra single-mod 1 (ITU-T G.652)
- Distanța maximă între OLT și ONT = 10 km;
- Distanța maximă ONT-ONT: 10km;
- Lungimi de undă utilizate ( per ONT):
  - 1480-1500 nm – canale descendente (date + voce)
  - 1260 – 1360 nm – canale ascendente (date + voce)
  - 1550 – 1560 nm – canale descendente (video)
- Debitul bidirecțional: 1.244Gbps
  
- Un OLT suporta 16 splittere (maxim), fiecare splitter suporta 64 ONT
- Numarul maxim de utilizatori per OLT :  $16 \times 64 = 1024$  utilizatori



# EPON

- Codare de canal 8B/10B
- Pe legătura descendentă se asigură un flux continuu și sincronizarea de ceas
- Accesul multiplu cu diviziune în timp (cadrul Ethernet < slot temporal)
- Fiecare ONT este identificat (în OND) prin LLID 15biți (Logical Link ID)



# GPON

---

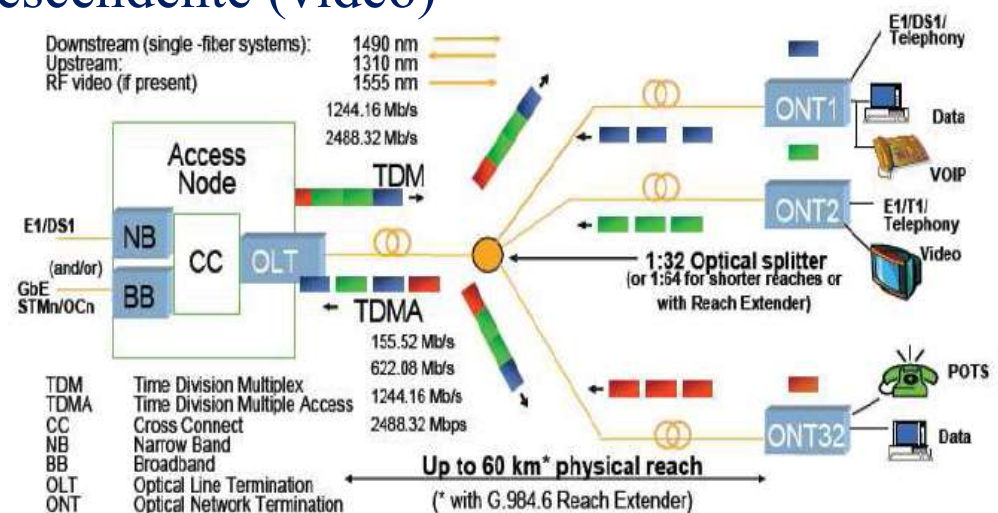
- Suportă încapsulări:
  - ATM (îmbunătățit față de BPON)
  - Ethernet (TDM) utilizând GEM (GPON Encapsulation Method)
- Debite suportate:
  - simetric: 622Mbps și 2.488Gbps
  - asimetric: ascendent: 155, 622, 1244, 2488 Mbps  
descendent : 1.244Gbps, 2.488Gbps
- Distanța maximă OLT-ONT: 60km;
- Distanța maximă ONT-ONT: 20km;
- Servicii suportate:
  - transmisie de voce;
  - Ethernet 10/100 Base-T
  - servicii ATM;
  - linii închiriate;
  - extensie radio, etc;

# GPON

- Lungimi de undă utilizate (pt 1 fibră per ONT):
  - 1480-1500 nm – canale descendente (date + voce)
  - 1260 – 1360 nm – canale ascendente (date + voce)
  - 1550 – 1560 nm – canale descendente (video)
- Lungimi de undă utilizate (pt 2 fibre per ONT), una ascend, alta descend:
  - 1260-1360 nm – canale descendente (date + voce)
  - 1260 – 1360 nm – canale ascendente (date + voce)
  - 1550 – 1560 nm – canale descendente (video)

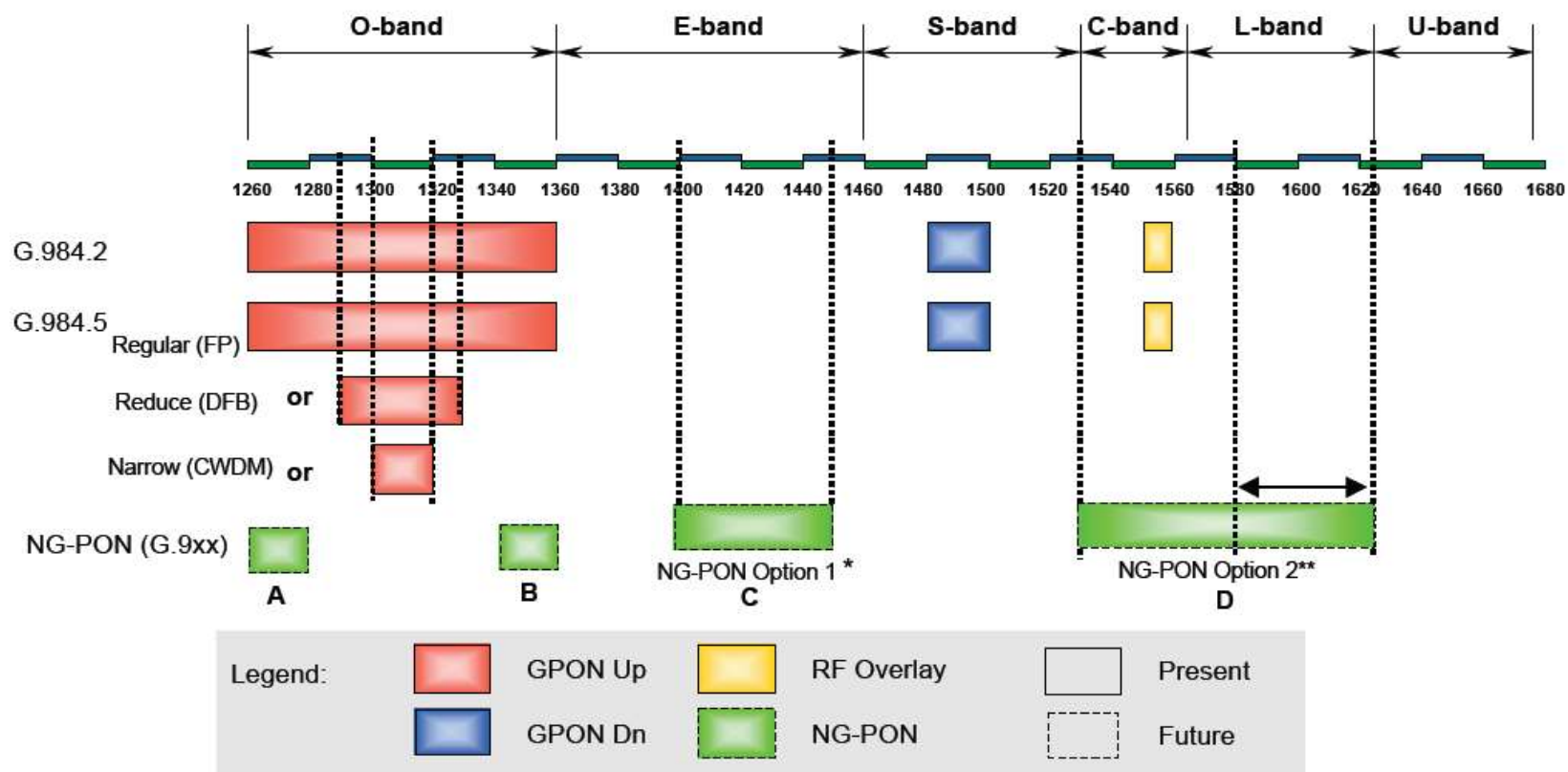
- Un OLT suporta 128 splittere (maxim), fiecare splitter suporta 64 ONT;
- Numarul maxim de utilizatori per OLT :

$$128 \times 64 = 8192 \text{ utilizatori}$$

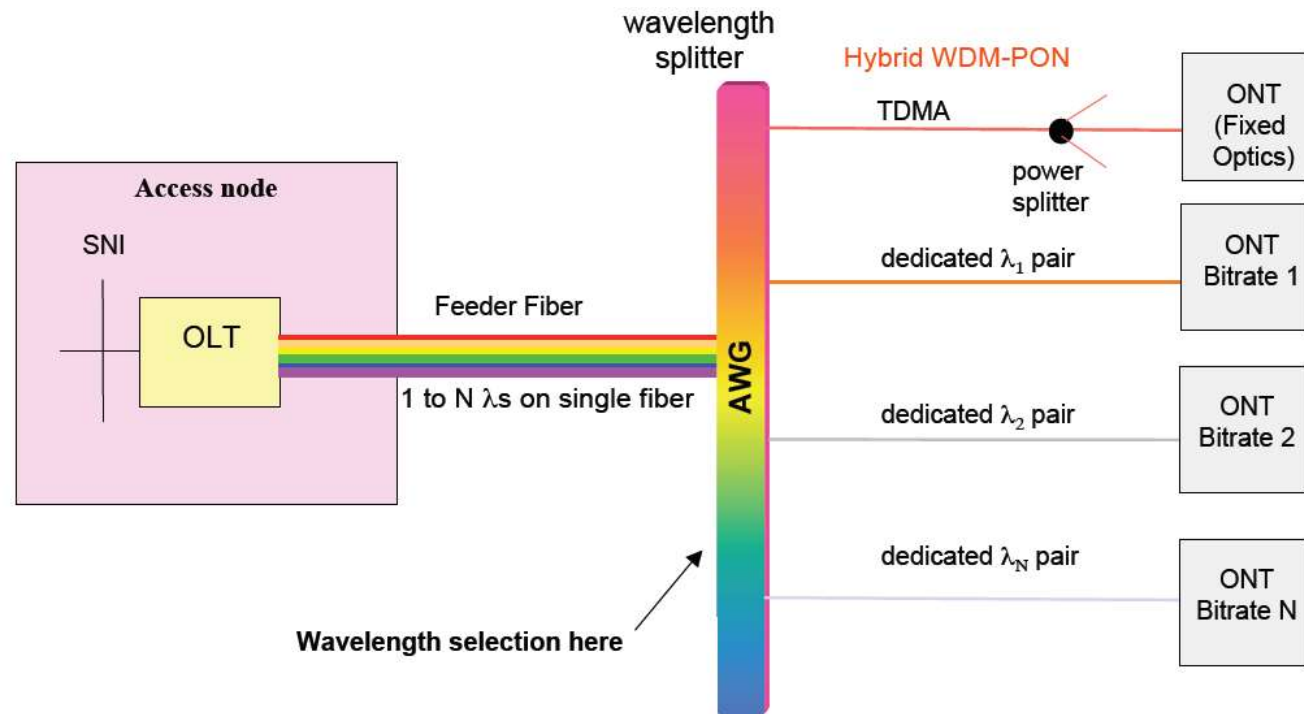


# G-PON

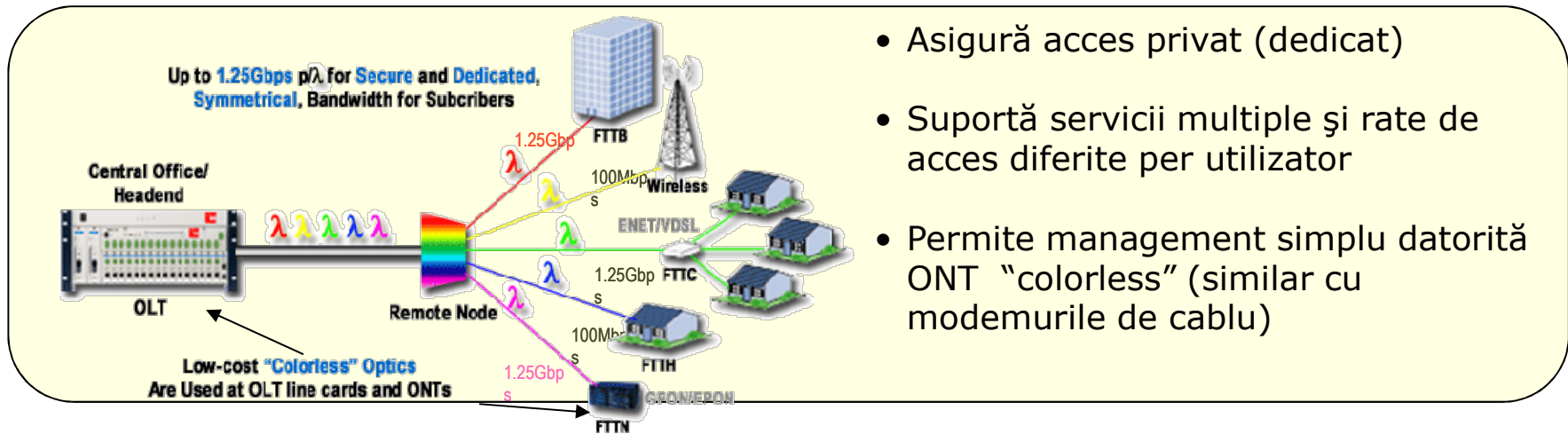
## Spectrul lungimilor de undă utilizate în GPON și perspective



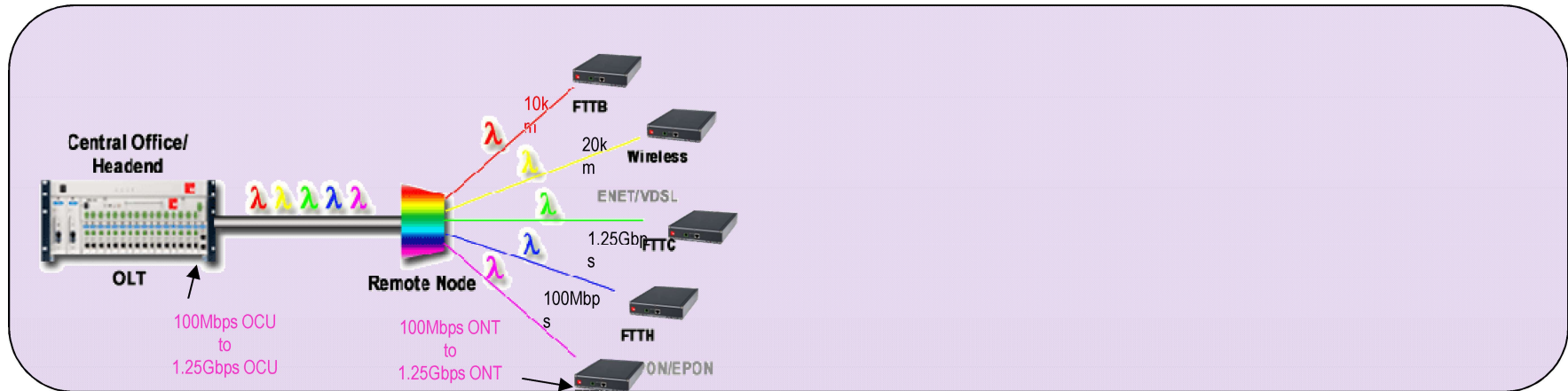
# WDM-PON



# WDM-PON



- Asigură acces privat (dedicat)
- Suportă servicii multiple și rate de acces diferite per utilizator
- Permite management simplu datorită ONT "colorless" (similar cu modemurile de cablu)



# WDM-PON

---

## Avantaje:

- mentenanță scăzută și fiabilitate ridicată pentru PS-PON
- Asigurare securitate: fiecare utilizator are propria  $\lambda$
- Conexiunea OLT-ONU se realizează cu o anumită  $\lambda$ , se simplifică MAC
- La fiecare dezvoltare canalele  $\lambda$  sunt independente

## Dezavantaje:

- Cost ridicat al echipamentelor
- Trebuie controlată temperatura, pt a nu apare interferență între  $\lambda$
- Realizarea operațiilor de broadcast la ONU (colorless)