

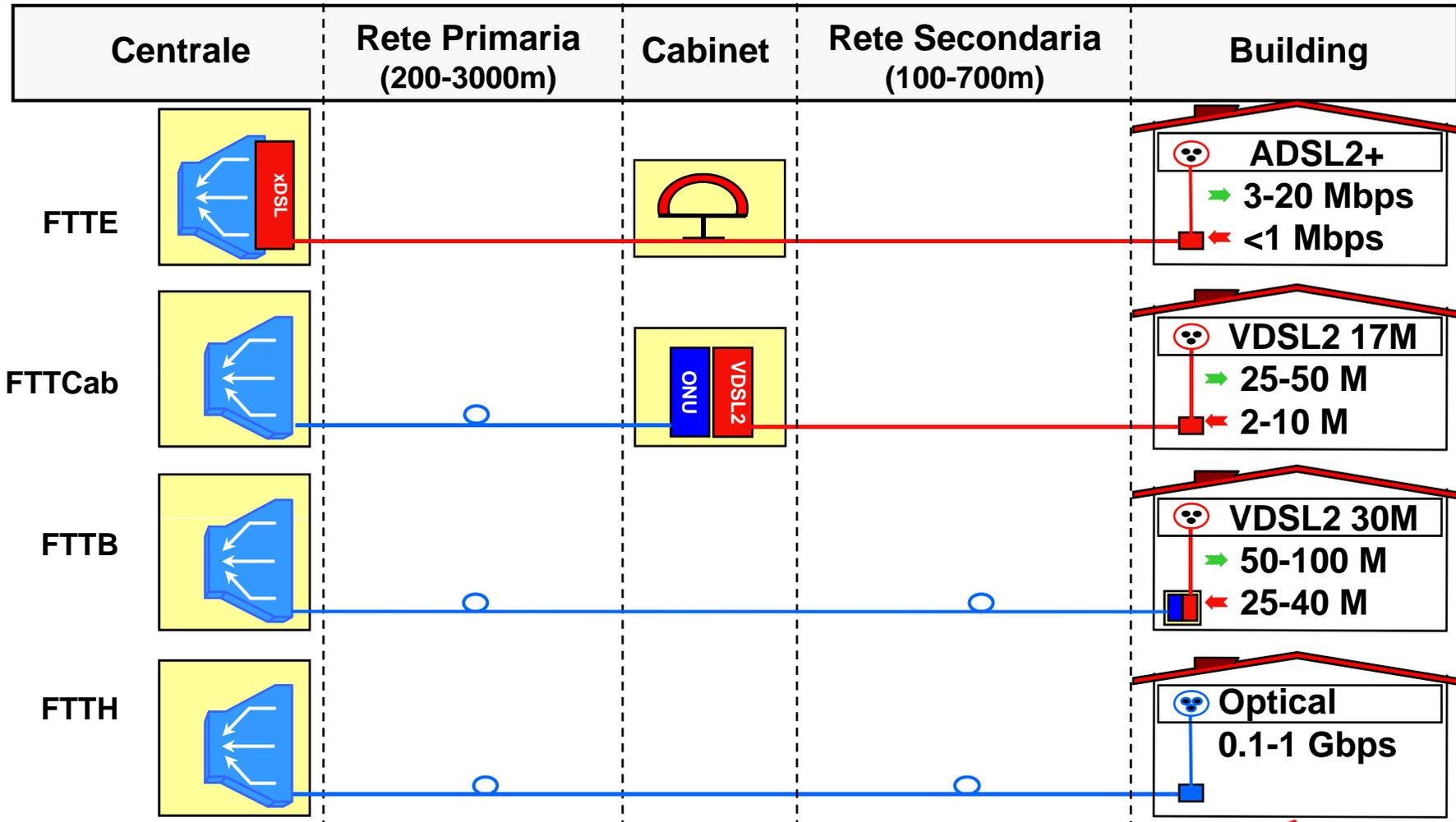
# Next Generation Access Network: Tecnologie e apparati

| MARCO BURZIO | TECHNOLOGY – AFT – Wireline Access Innovation |

# Indice dei contenuti

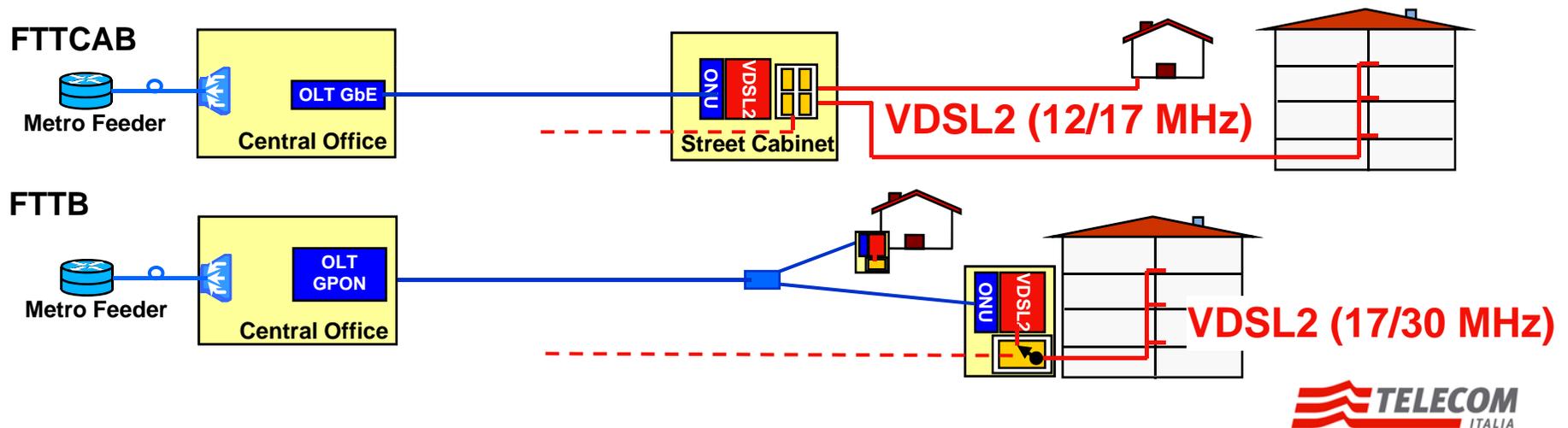
- ▶ **Introduzione: le architetture e le tecnologie abilitanti**
- ▶ **BB VDSL2**
- ▶ **Backhauling ottico, la tecnologia GPON**
- ▶ **Provisioning automatico dei servizi**

# Architetture FTTx



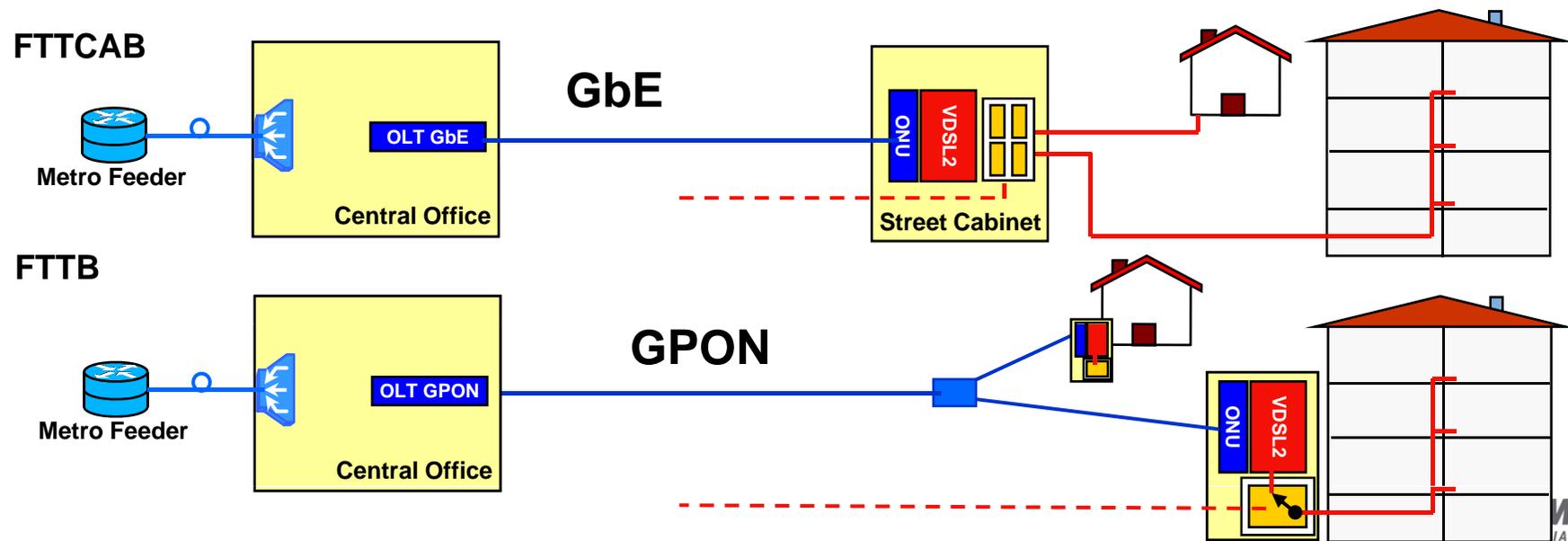
## Tecnologie scelte - Rame

- ▶ FTTCab: loop in rame corti (100-700m)
  - ▶ Tecnologia VDSL2, profilo a 12 MHz (12a)
  - ▶ Tecnologia VDSL2, profilo a 17 MHz (17a) per capacità più elevate sui loop più corti, bonding sui loop più lunghi
- ▶ FTTB/FTTCurb: drop in rame molto corti (max 150 m)
  - ▶ Tecnologia VDSL2, profilo a 30 MHz (30a) e profilo a 17 MHz (17a) quando sufficiente, e per deployment iniziale



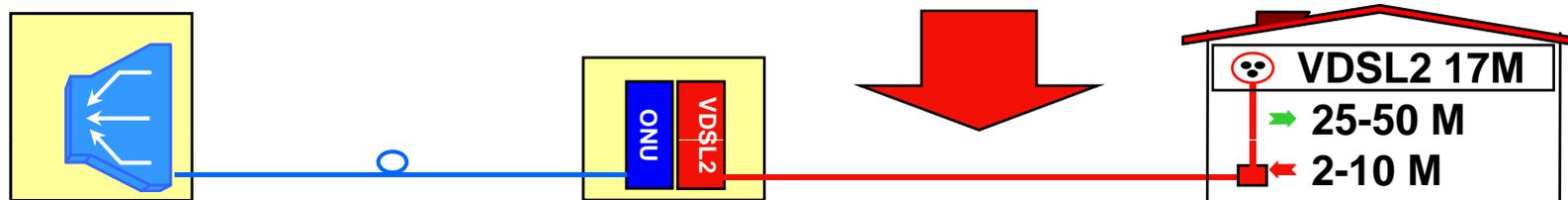
## Tecnologie scelte – Fibra ottica

- ▶ FTTCab: Cabinet grandi con centinaia di utenti
  - ▶ Tecnologia GbE
  - ▶ Opzione WDM per ottimizzazione fibra / evoluzione
- ▶ FTTB/FTTCurb: decine di utenti per ONU
  - ▶ Tecnologia GPON

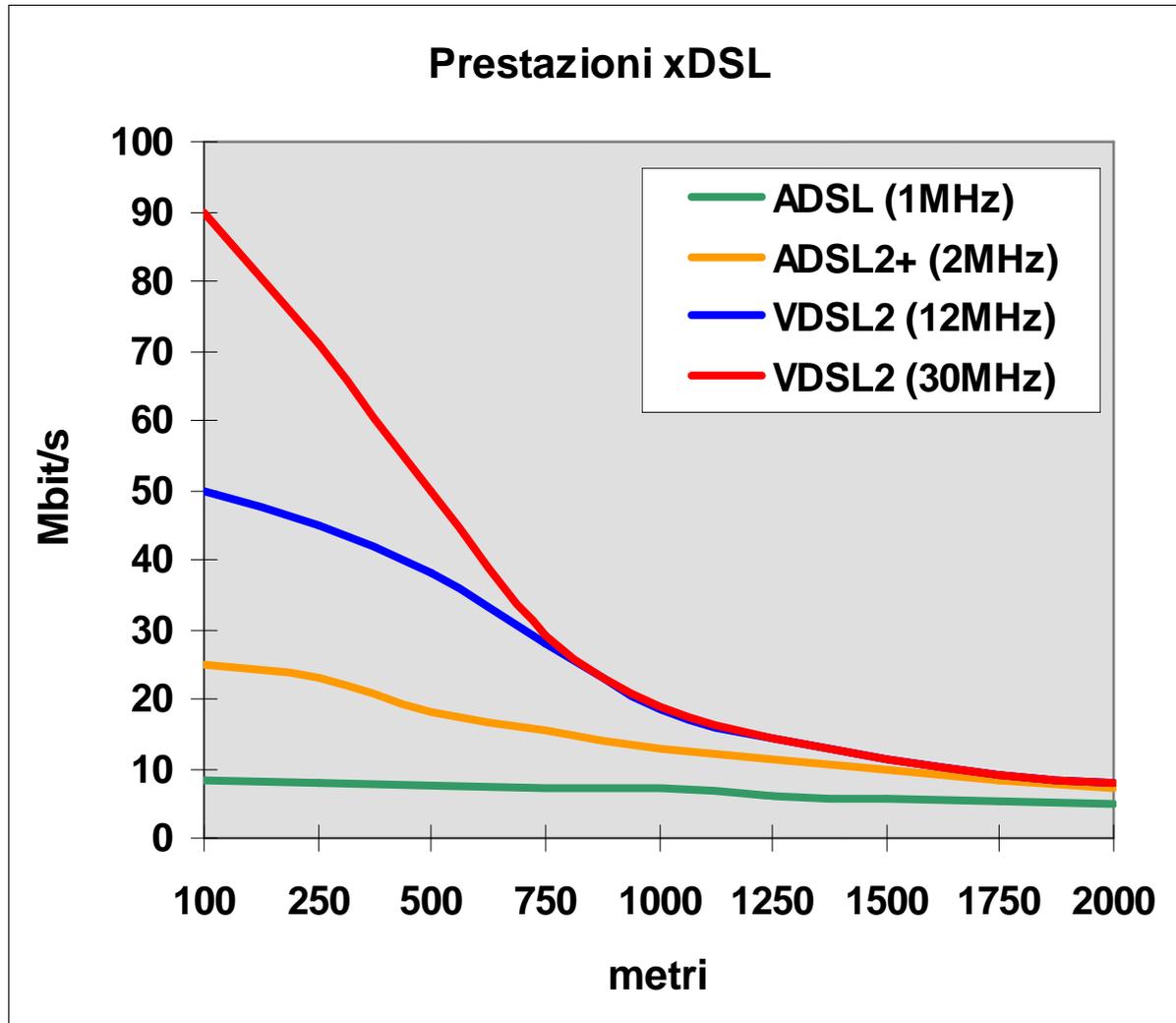


# Indice dei contenuti

- ▶ Introduzione: le architetture e le tecnologie abilitanti
- ▶ **BB VDSL2**
- ▶ Backhauling ottico, la tecnologia GPON
- ▶ Provisioning automatico dei servizi



## Prestazioni dei sistemi xDSL



Le prestazioni dipendono da:

- Attenuazione della linea (lunghezza)
- Tipo di cavo (caratteristiche trasmissive del cavo)
- Rumore (diafonia, riempimento cavo)
- Profilo utilizzato (estensione dello spettro)

## Caratteristiche della modulazione DMT

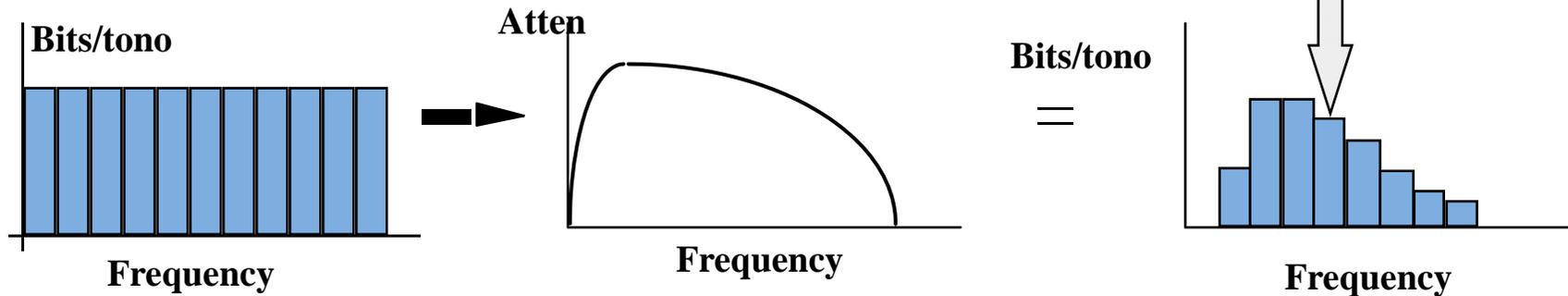
- ▶ Banda di trasmissione suddivisa in un insieme di **sottoportanti**, ciascuna utilizzata come canale indipendente sul quale è trasmessa una frazione della capacità di trasporto secondo uno schema QAM con efficienza spettrale massima di 14-15 bit/Hz
- ▶ Sottoportanti (o toni) di eguale ampiezza spettrale ed **equispaziate** tra loro con larghezza di **banda sufficientemente piccola** in modo da permettere un uso quasi ottimo della capacità del canale
- ▶ Implementazione completamente numerica della mo/demodulazione tramite algoritmi di trasformata veloce inversa/diretta di Fourier
- ▶ **Livello spettrale nominale sagomato secondo i vari profili**
- ▶ **Distribuzione non uniforme della capacità di trasporto** del sistema nelle sottoportanti componenti in funzione delle specifiche condizioni di rapporto segnale rumore nella banda di ciascun tono.

## Bit loading per tono nel codice di linea dell'xDSL

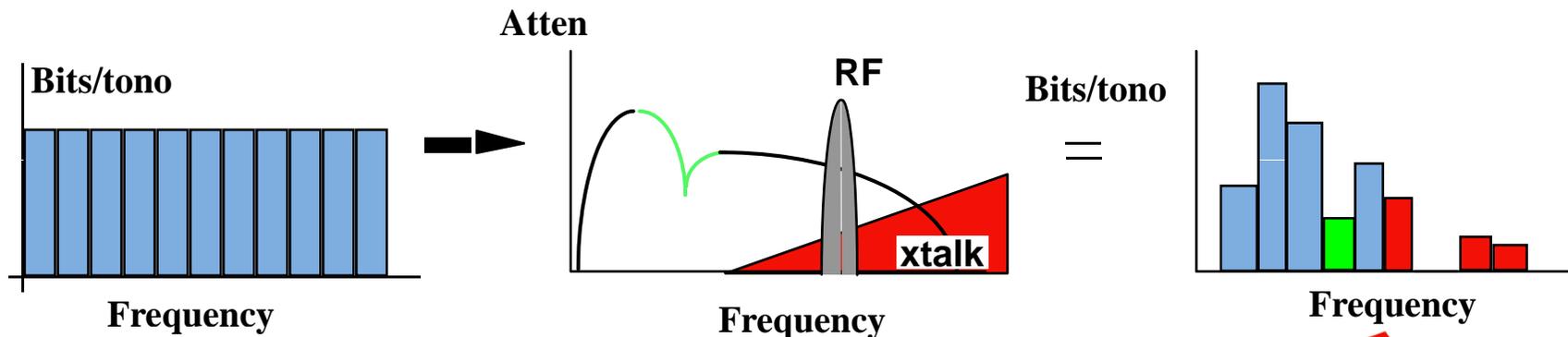
- ▶ Il numero di bit assegnato ad ogni portante (bit loading) è funzione del rapporto tra segnale e rumore di interferenza (SNR) che il sistema stima essere presente nella banda occupata dalla portante considerata
- ▶ Il valore minimo di SNR è quello necessario a garantire un tasso di errore sul bit (BER) pari a  $1 \cdot 10^{-7}$  (e corrisponde alla situazione con 0 dB di NM).
- ▶ Per garantire maggior robustezza alla trasmissione contro disturbi non stazionari o piccole variazioni in eccesso del livello di diafonia nel cavo, il valore di SNR nominale deve essere garantito con un margine di almeno 6 dB.

# DMT bit loading

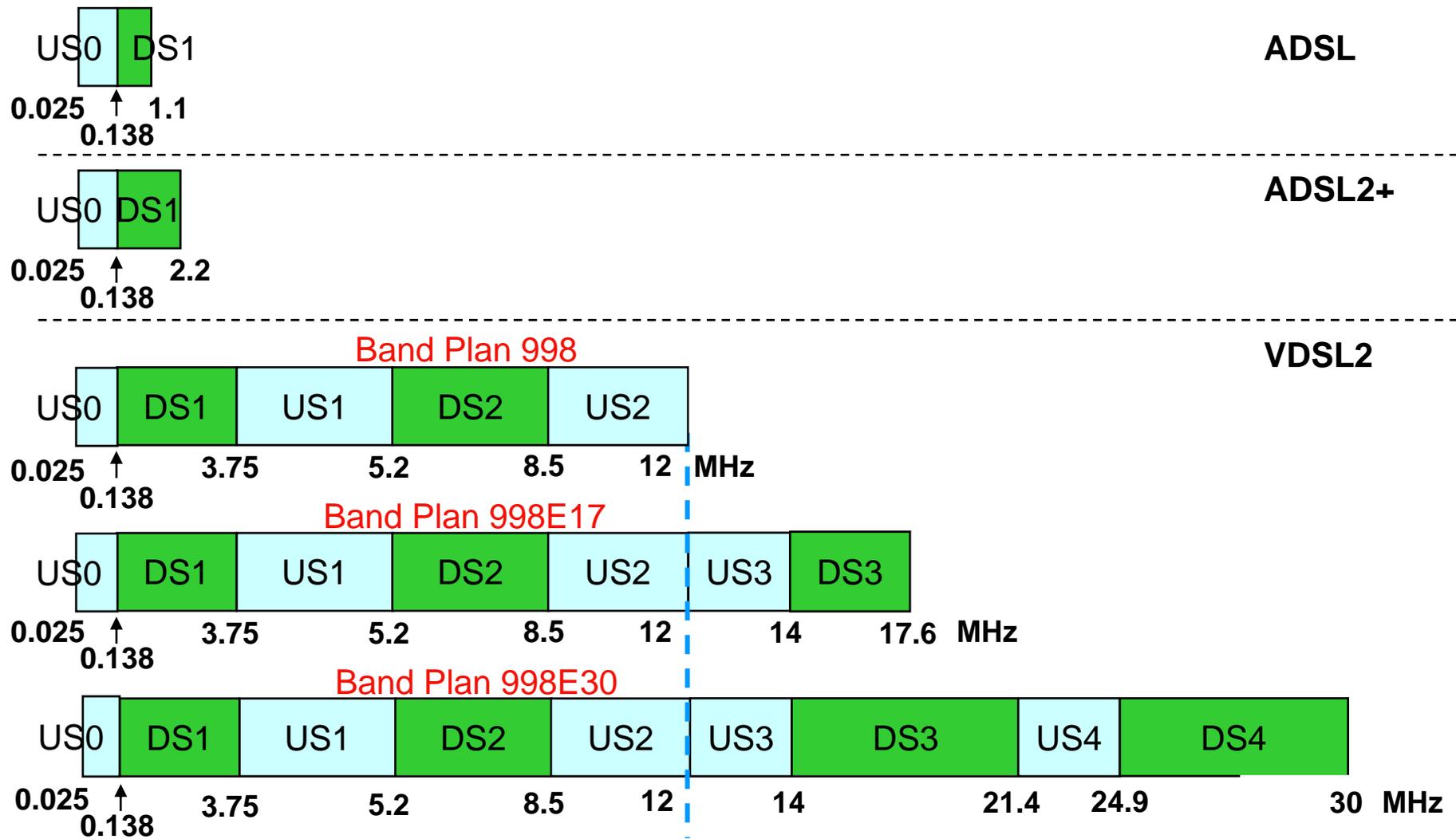
## ▶ Effetto dell'attenuazione



## ▶ Effetto dell'attenuazione, derivazioni in parallelo, RF, diafonia

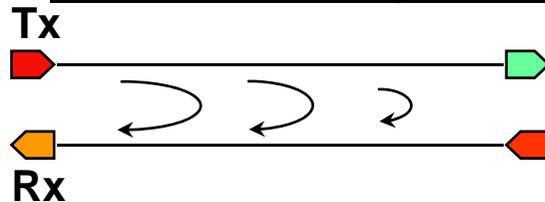


# Occupazione e allocazione dello spettro: VDSL2 vs. ADSL e ADSL2+



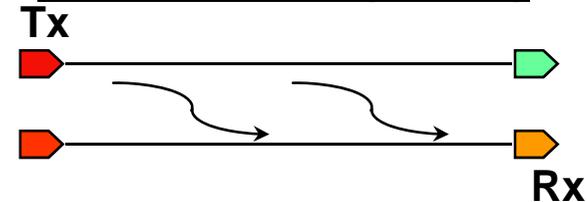
## Caratteristiche dei collegamenti su coppie simmetriche: Diafonia

### Paradiafonia (NEXT)



**Aumenta con  $f \rightarrow 15$  dB/dec**  
**NON dipende dalla attenuazione del tratto di accoppiamento**

### Telediafonia (FEXT)

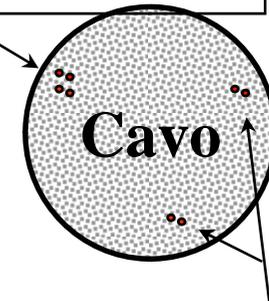


**Aumenta con  $f \rightarrow 20$  dB/dec**  
**DIPENDE dalla attenuazione del tratto di accoppiamento**

L'entità dell'accoppiamento dipende da:

- distanza reciproca tra le coppie;
- tipologia di cavo (tipo di isolante, cordatura, ...);
- eventuale degrado caratteristiche di isolamento;
- eventuali sbilanciamenti localizzati (es. giunti, ...);
- eventuali stress meccanici.

Vicine  $\rightarrow$  elevata diafonia



Lontane  $\rightarrow$  bassa diafonia

**I sistemi FDD a bande separate (ADSL, VDSL) riducono i contributi NEXT**

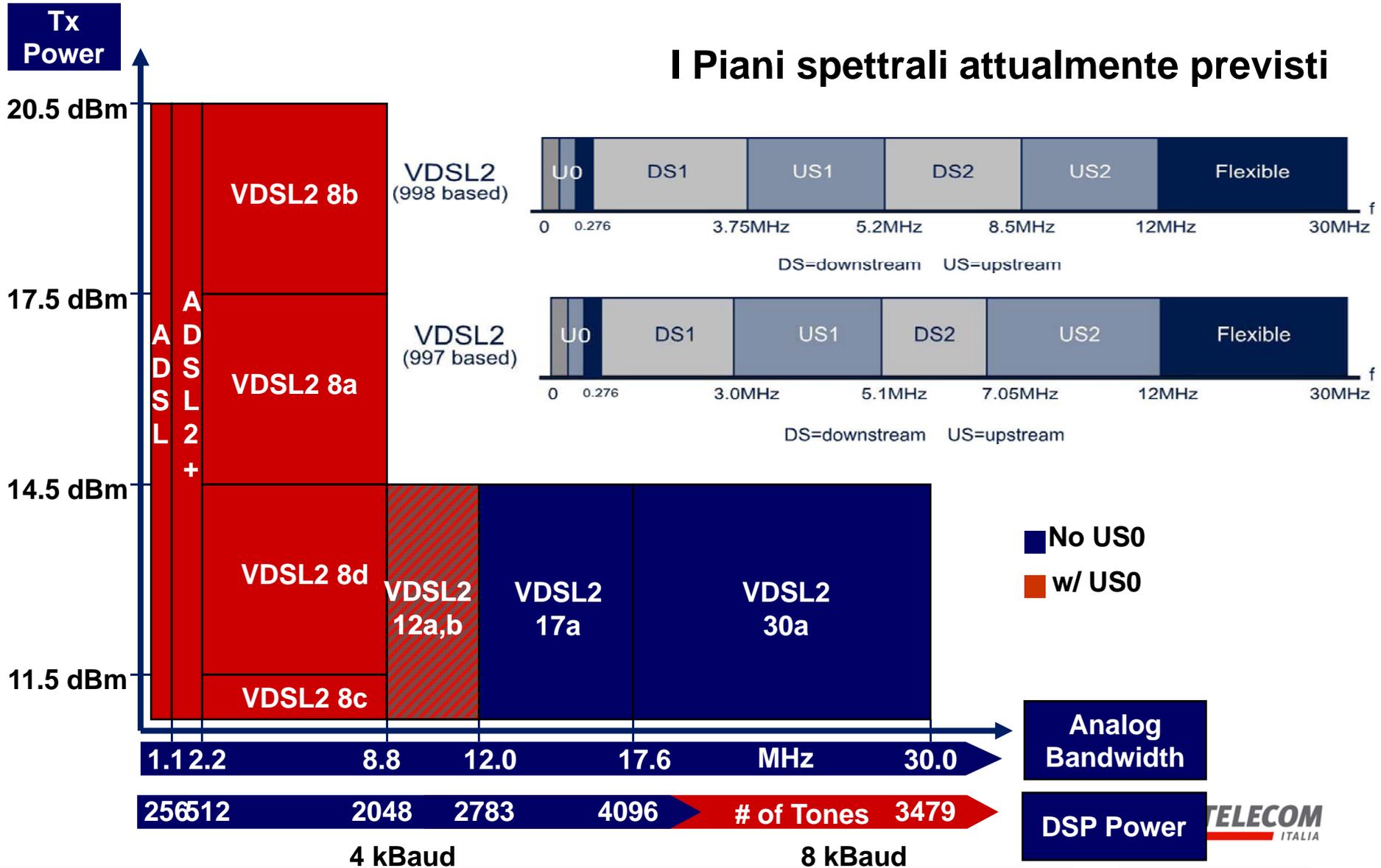
## Le definizioni del VDSL2

- ▶ Lo standard ITU definisce più annessi, per diversi contesti:
  - ▶ Annesso A per il Nord America
  - ▶ Annesso B per l'Europa
  - ▶ Annesso C per il Giappone
- ▶ Esistono 8 differenti profili generali
  - ▶ 8a,b,c,d
  - ▶ 12a,b -17a
  - ▶ 30a

Per l'Europa, attualmente, esistono due gruppi di piani spettrali approvati:

- ▶ Gruppo 998 – con 7 configurazioni di uso della banda
- ▶ Gruppo 997 – con 6 configurazioni di uso della banda

# Caratteristiche della tecnologia VDSL2



## Innovazioni principali del VDSL2

Il VDSL2 (ITU-T G.993.2) costituisce l'evoluzione naturale del VDSL1 di prima generazione, e rispetto ai sistemi ADSL1/2+ e VDSL1 questo ultimo introduce diverse migliorie, tra cui:

- ▶ Sfruttamento dello spettro sul doppino fino a 30 MHz
- ▶ Trasporto nativo di frame Ethernet in maniera efficiente (standard EFM 802.3ah).
- ▶ Gestione “dinamica” della PSD (Power Spectral Density) in funzione della lunghezza del collegamento. La potenza sottesa dalla maschera ITU-T è > della potenza aggregata permessa dal profilo VDSL2.
- ▶ Possibilità di gestione della PSD (Power Spectral Density) e disponibilità di meccanismi di power back-off (PBO) in grado di permettere la coesistenza nello stesso cavo di sistemi VDSL2 da cabinet con gli altri sistemi xDSL dispiegati da centrale.
- ▶ Bonding di più doppi VDSL2.

## Coesistenza di sistemi diversi: problematiche per gli Operatori

- ▶ Le potenzialità di dispiegamento e la coesistenza in rete di sistemi differenti dipendono dalla natura e dalla **compatibilità spettrale** dei segnali trasmessi sul cavo
- ▶ La **necessità di regole di inserimento** in rete per i sistemi xDSL deriva da problemi di compatibilità spettrale
- ▶ Le regole di inserimento in rete devono essere condivise ed **applicate da tutti** gli Operatori che utilizzano la rete in regime di Local Loop Unbundling e Local Loop Sub Unbundling
- ▶ Le “buone” regole di inserimento in rete si basano su:
  - ▶ **Segregazione** di sistemi su coppie “lontane” o settori separati (il più possibile)
  - ▶ Rispetto delle **maschere spettrali** standard
  - ▶ Limitazione sul **numero massimo di sistemi** installabili nel settore di cavo
  - ▶ **Limitazione** a priori **della portata** dei sistemi, basata su ipotesi di rumore sufficientemente conservative (e che tengano conto degli scenari di penetrazione futuri)

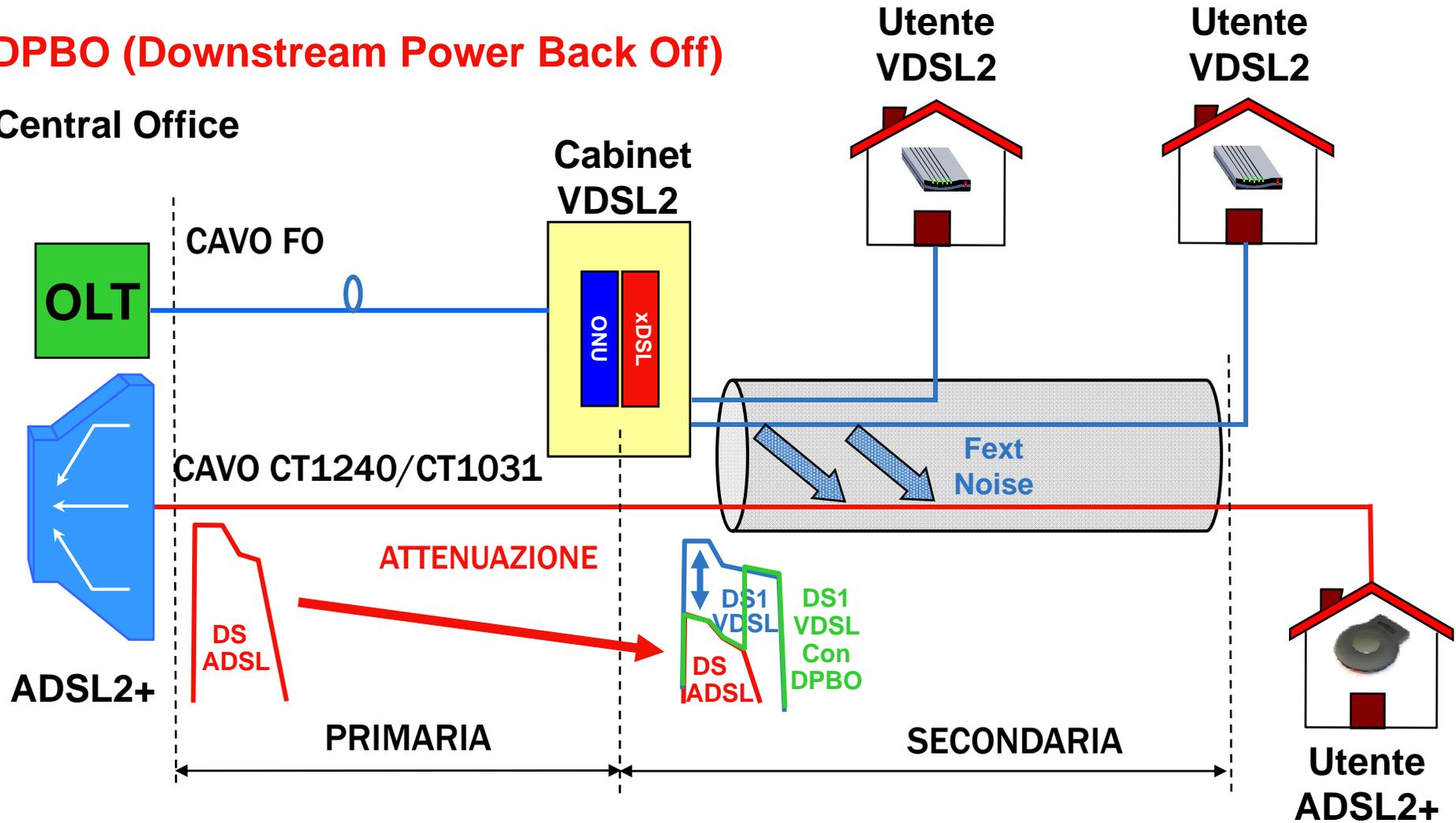
Tutto è abbastanza chiaro se i sistemi partono dallo stesso punto: CO oppure Cabinet.

**Ma in scenari CO-Cabinet/Building in OVERLAY tutto si complica !!**

# PSD shaping - VDSL2 da CAB in presenza di ADSL2+

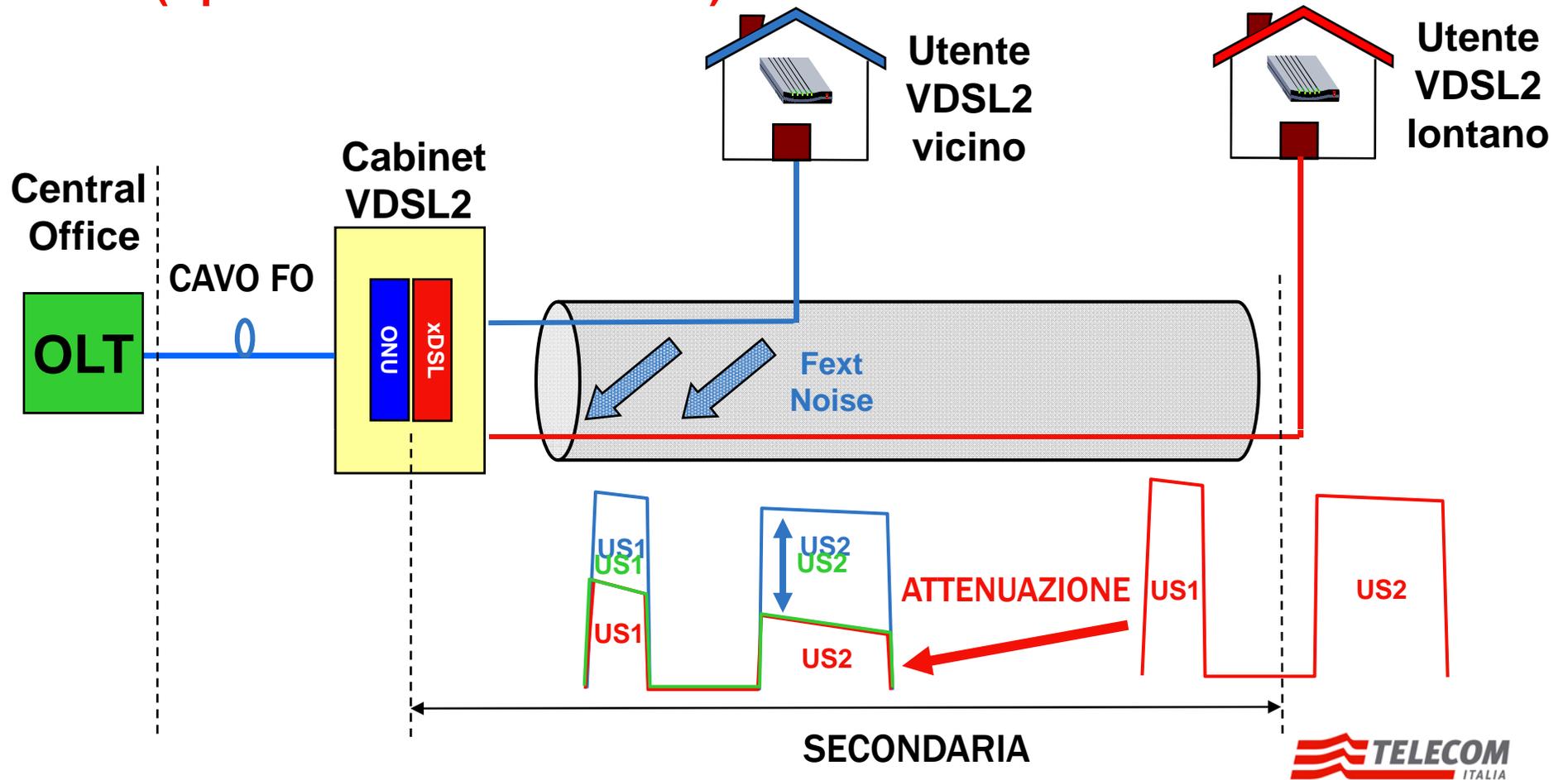
## DPBO (Downstream Power Back Off)

Central Office



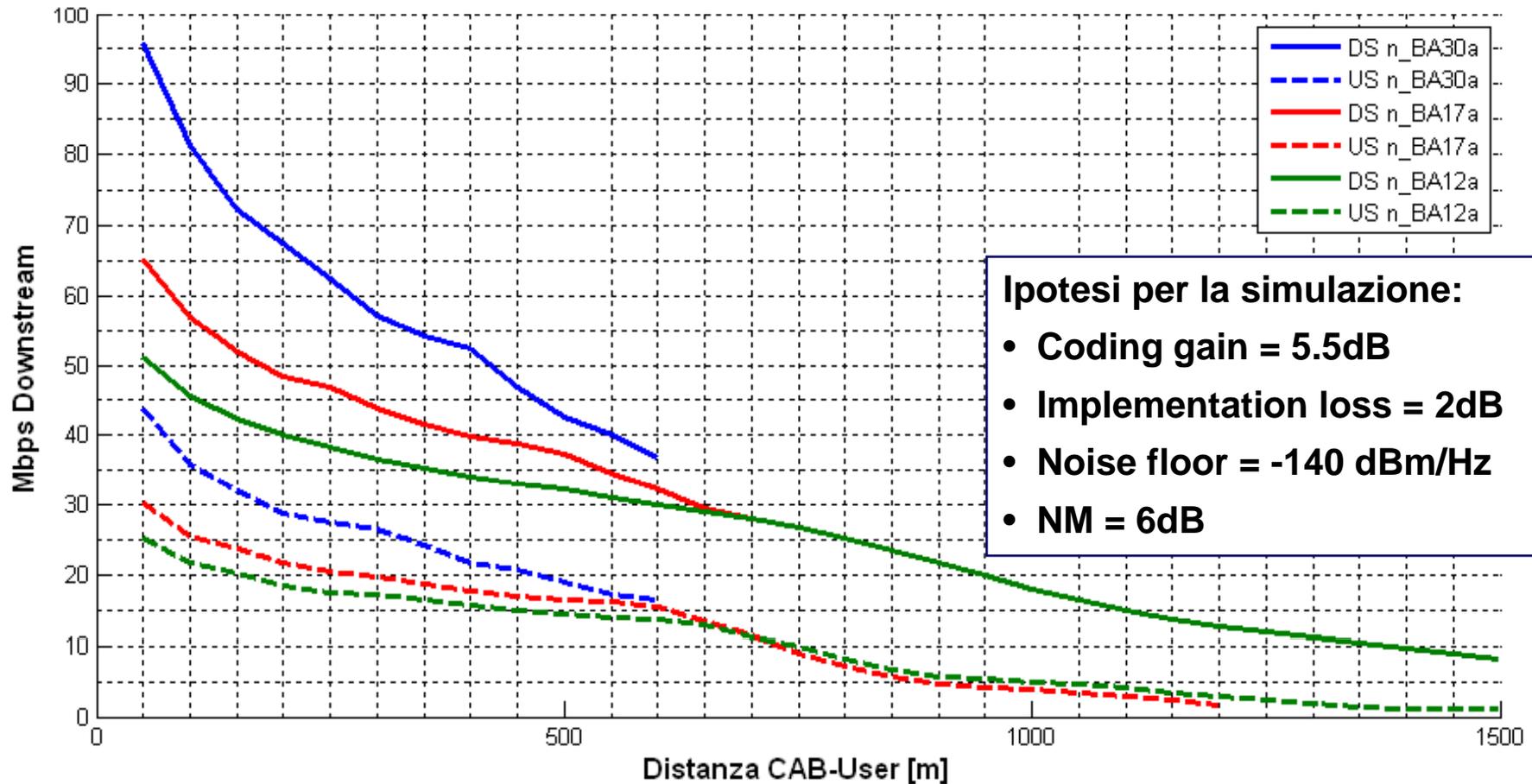
# PSD shaping - banda Upstream per VDSL2 da CAB

## UPBO (Upstream Power Back Off)

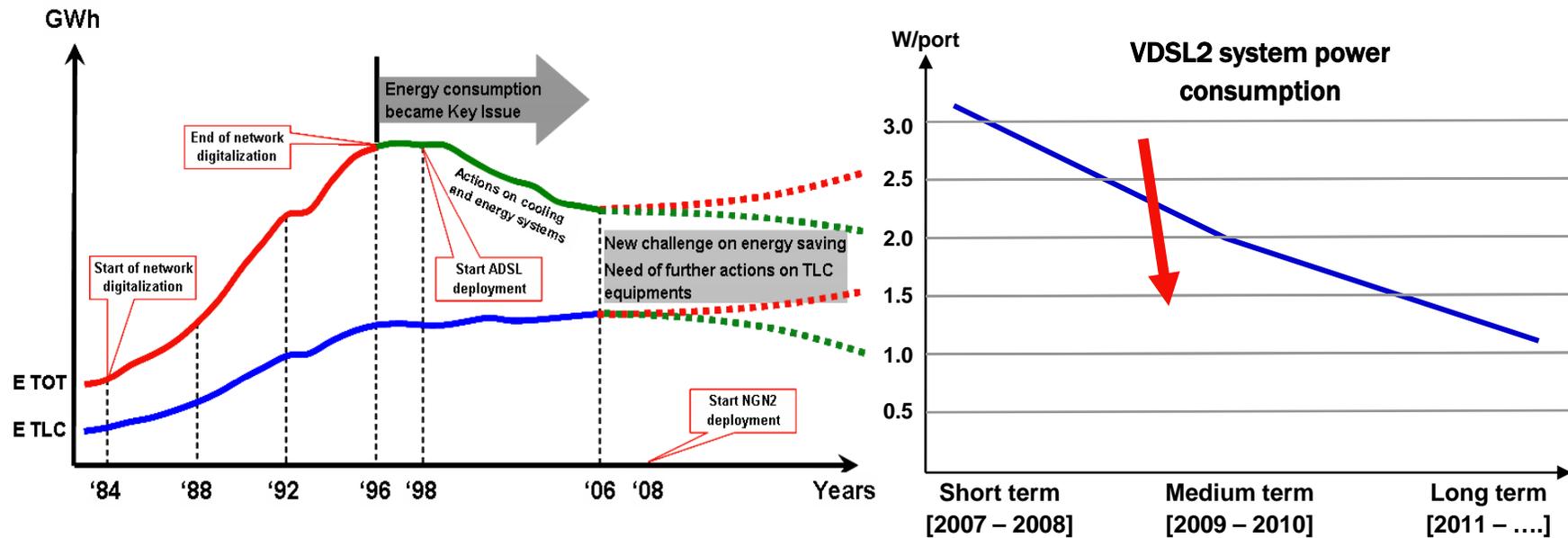


## Prestazioni VDSL2 in condizioni per test WT114 con D&UPBO

WT-114:  
nBA12a\_D&UPBO, nBA17a\_D&UPBO e nBA30a\_D&UPBO



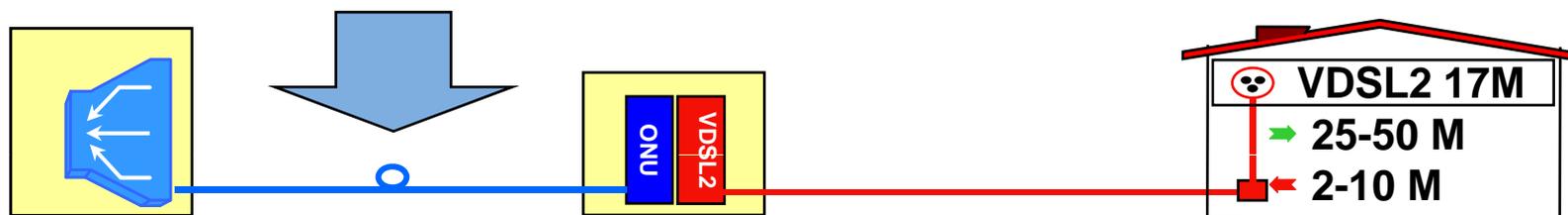
## NGN2: Evoluzione dei consumi



- ▶ L'adozione di sistemi VDSL2 distribuiti in rete potrebbe portare ad un incremento dei consumi per l'operatore (per porta)
- ▶ È necessario adottare sistemi, tecnologie e standard orientati alla riduzione dei consumi

# Indice dei contenuti

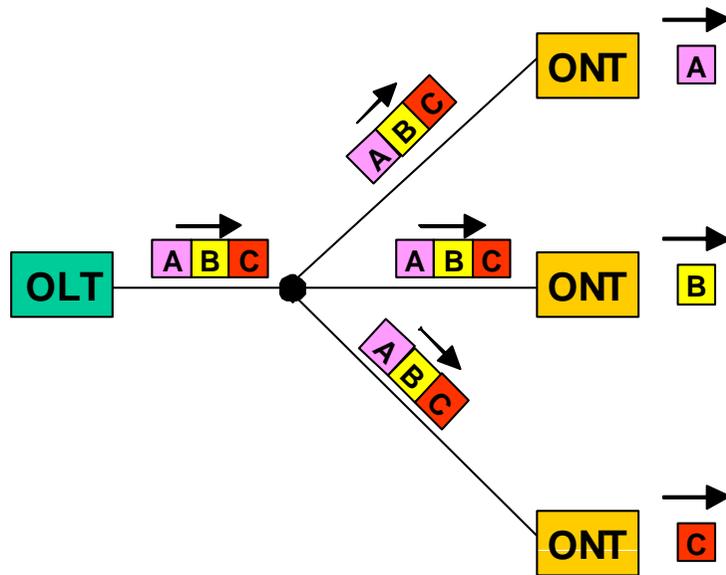
- ▶ Introduzione: le architetture e le tecnologie abilitanti
- ▶ BB VDSL2
- ▶ Backhauling ottico, la tecnologia GPON
- ▶ Provisioning automatico dei servizi



# GPON: Gestione del mezzo condiviso

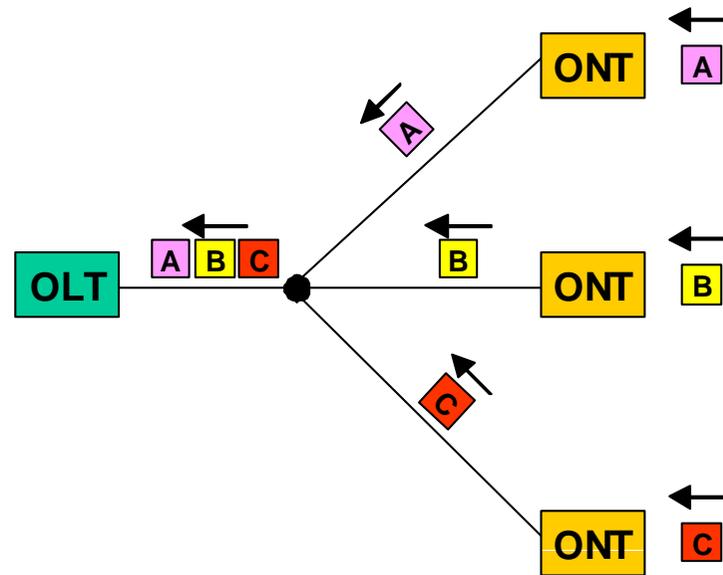
## TDM: Time Division Multiplexing

Downstream: 1480-1500 nm



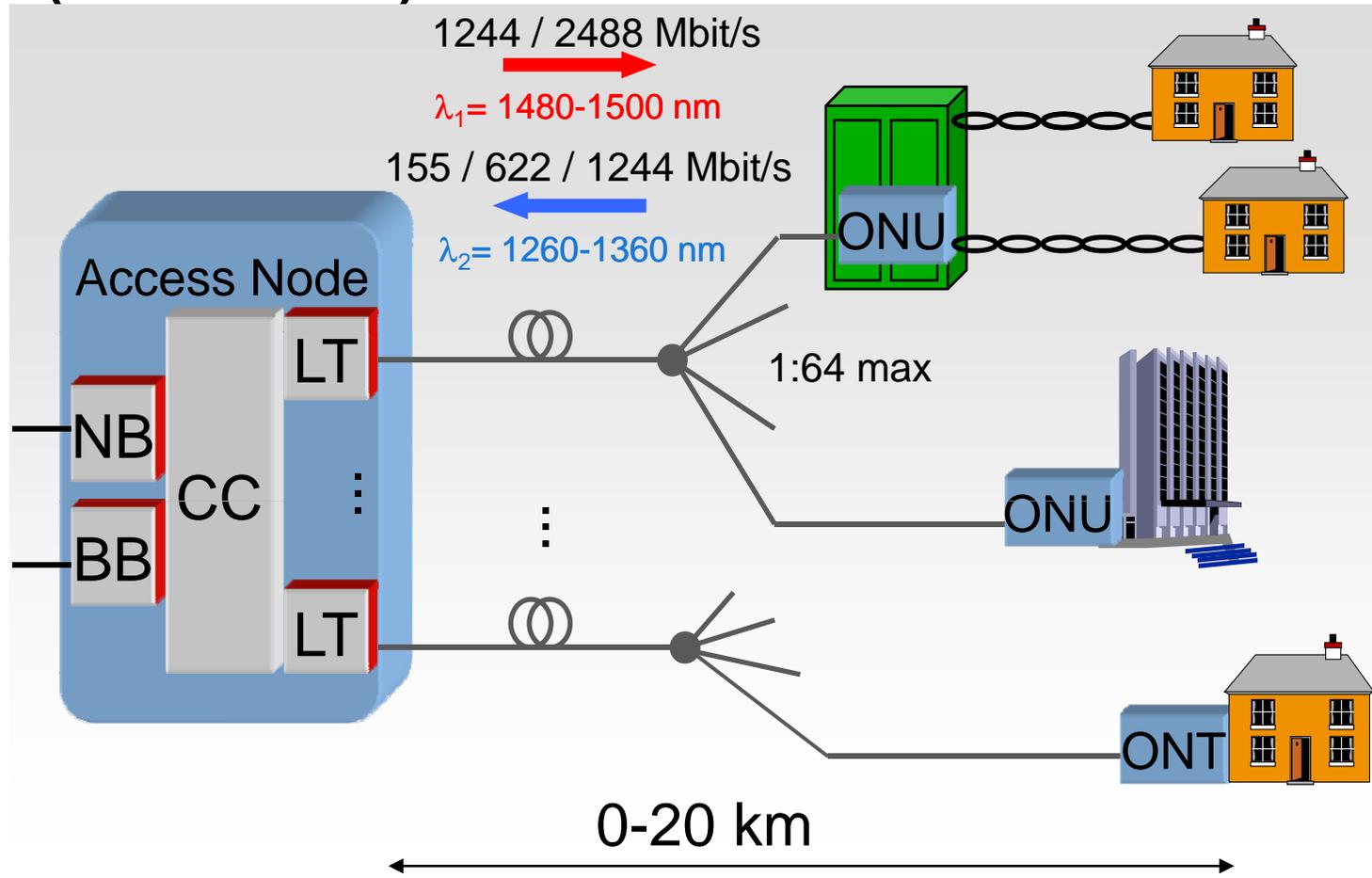
## TDMA: Time Division Multiple Access

Upstream: 1260-1360 nm



## MAC: Media Access Control

# GPON (ITU-T G.984.x)



- G.984.1 General characteristics for G-PON (01/2003)
- G.984.2 GPON: Physical Media Dependent (PMD) layer specification (01/2003)
- G.984.3 GPON: Transmission Convergence (TC) layer specification (10/2003)
- G.984.4 GPON: ONT Management and Control Interface specification (05/2004)



## Tecnologia GPON – Caratteristiche principali

- ▶ Tra le varie combinazioni di velocità di linea, gli Operatori FSAN ne hanno scelta una sola per concentrare l'effort dei Vendor (ottica, chip-set, ...): 2.488 Gbit/s in downstream e 1.244 Gbit/s in upstream
- ▶ Le GPON utilizzano un metodo di incapsulamento GEM (GPON Encapsulation Method) per il trasporto del traffico Ethernet in modo nativo, mentre per l'ATM viene utilizzata una parte dedicata del payload
- ▶ La trasmissione in upstream è gestita tramite un meccanismo di controllo di accesso al mezzo (MAC - Media Access Control), che consente l'allocazione dinamica della banda (DBA - Dynamic Bandwidth Assignment) upstream
- ▶ Gli strumenti definiti dalla Raccomandazione ITU-T G.984.3 per la gestione della QoS nei sistemi GPON sono la classificazione dei servizi in base ai requisiti di delay, la definizione di diverse tipologie di banda associabili a priorità differenti, la definizione dei Traffic Containers (T-CONTs) in grado di trasportare uno o più servizi aggregandoli in un singolo buffer logico e la definizione di messaggi standard scambiati tra la OLT e le ONU per la gestione dinamica del traffico upstream (l'algoritmo di DBA non è standardizzato, ma è lasciato alla libera implementazione dei costruttori)

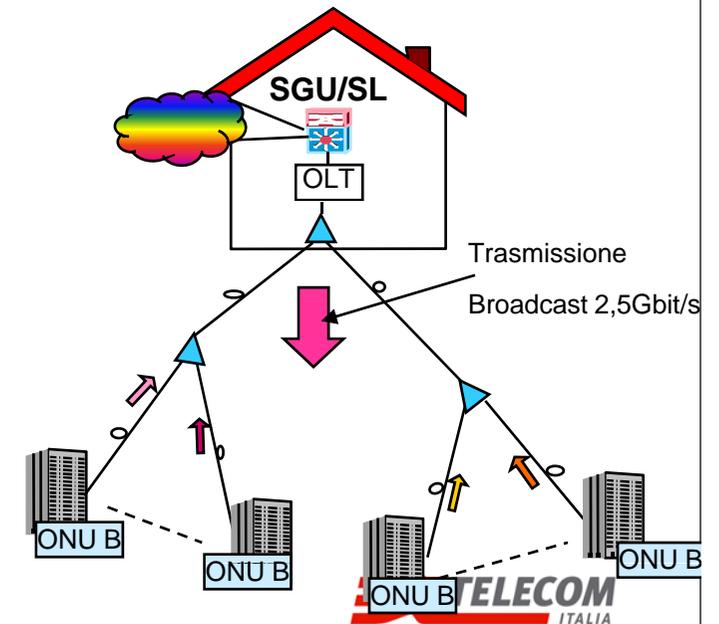
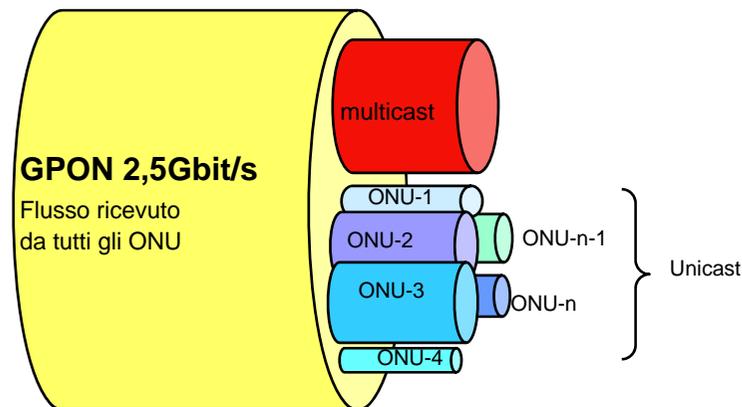
## Confronto tra sistemi xPON

	APON/BPON	GPON	EPON
Line Rate DS	155/622/1244 Mbit/s	1.244/2.488 Gbit/s	1.25 Gbit/s
Line Rate US	155/622 Mbit/s	155/622/1244 Mbit/s	1.25 Gbit/s
Protocollo L2	ATM	GEM	Ethernet
Lunghezza pacchetti	Fissa	Variabile	Variabile
Efficienza	70%	93%	49%
Banda utile DS	435/870 Mbit/s	2300 Mbit/s	600 Mbit/s
Fattore di splitting	1:32	1:64 (MAC 1:128)	1:16
Lunghezza max.	20 km	20 km (MAC 60 km)	20 km
FEC	No	RS(255,239)	RS configurabile
Encryption	Churning	AES	No
Protezione	Sub-50 ms	Sub-50 ms	No
Terza $\lambda$ per video	Si	Si	No

## Backhauling con GPON

### Principio di condivisione della banda in downstream

- ▶ Una porta GPON a 2,5G in downstream può trasmettere:
  - ▶ Traffico Multicast destinato a tutti gli ONU
  - ▶ Traffico Unicast destinato ad un solo ONU
- ▶ Il traffico Multicast (ad es. traffico BTV) viene trasmesso **1** sola volta per porta GPON e può raggiungere tutti i clienti (attestati a tutti gli ONU relativi alla GPON).
- ▶ Per quanto riguarda i canali BTV resta valida la funzionalità 'IGMP Proxy' che consente la trasmissione dei soli canali richiesti da almeno **1** cliente attestato alla GPON.
- ▶ La banda unicast (2,5Gbit/s – banda occupata dal traffico Multicast) è condivisa per le trasmissioni punto-punto tra ONU e OLT



- ▶ L'allocazione della banda in downstream e upstream può essere effettuata in maniera completamente dinamica (con QoS differenziata).

## Dimensionamento GPON: ipotesi per il calcolo

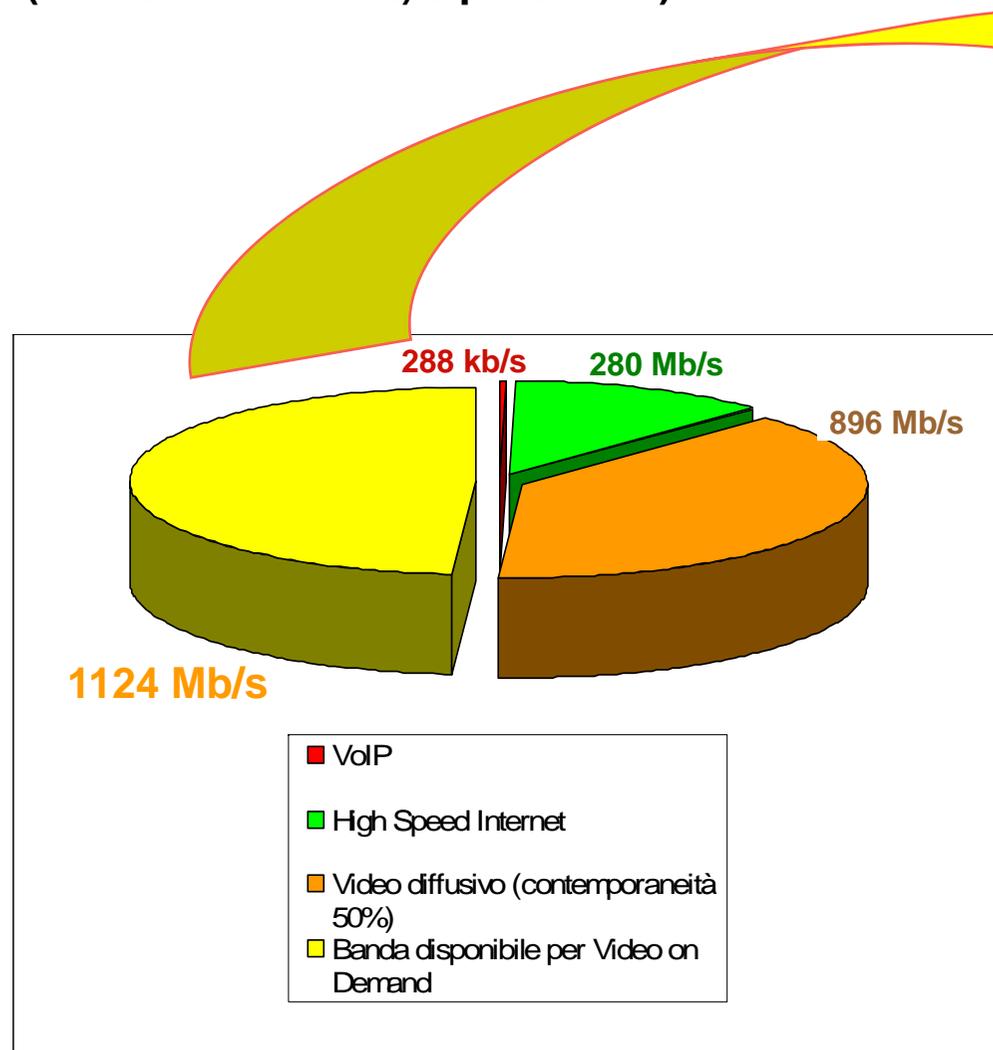
30% clienti solo voce	30% clienti senza Opzione TV	40 % clienti con Opzione TV
Traffico Voce (*): 30 mErlang per cliente Codifica 24kb/s	Traffico Voce (*): 30 mErlang per cliente Codifica 24kb/s	Traffico Voce (*): 30 mErlang per cliente Codifica 24kb/s
	Traffico Dati (*): 1 Mb/s per cliente	Traffico Dati (*): 1 Mb/s per cliente
		Traffico TV (*): - Tutti i canali video (sia SD sia HD) modellati @16Mb/s (ipotesi conservativa) - 50% degli clienti fruisce di un canale Multicast (0,5 Erlang/cliente)
<b>120 clienti</b>	<b>120 clienti</b>	<b>160 clienti</b>

*s: su 400 clienti serviti*

Valutazione del numero di canali VoD contemporanei sostenibili (sul netto della banda downstream della GPON) al netto della banda Voce, Dati e Video Multicast

(\*) I valori di traffico sono da ritenersi valori medi nel periodo di punta

## Dimensionamento GPON: analisi della Banda disponibile per VoD (Traffico dati = 1 Mb/s per cliente)



### 400 clienti serviti

- ▶ 400 clienti fruiscono del servizio voce
- ▶ 280 clienti fruiscono del servizio dati
- ▶ 160 clienti fruiscono del servizio TV
  - ▶ 50% di questi clienti mediamente fruiscono di TV distributiva

la banda residua risultante (1124Mb/s) permette la fruizione di un massimo di 70 canali VoD contemporanei

## Dimensionamento GPON: sintesi dei risultati

	Banda disponibile per VoD (Mb/s)	Massimo # Canali VoD contemporanei
Banda canale VoD = 16 Mbit/s Banda dati per cliente = 200 kbit/s	1347	84
Banda canale VoD = 16 Mbit/s Banda dati per cliente = 1 Mbit/s	1124	70
Banda canale VoD = 10 Mbit/s Banda dati per cliente = 200 kbit/s	1693	168
Banda canale VoD = 10 Mbit/s Banda dati per cliente = 1 Mbit/s	1459	145

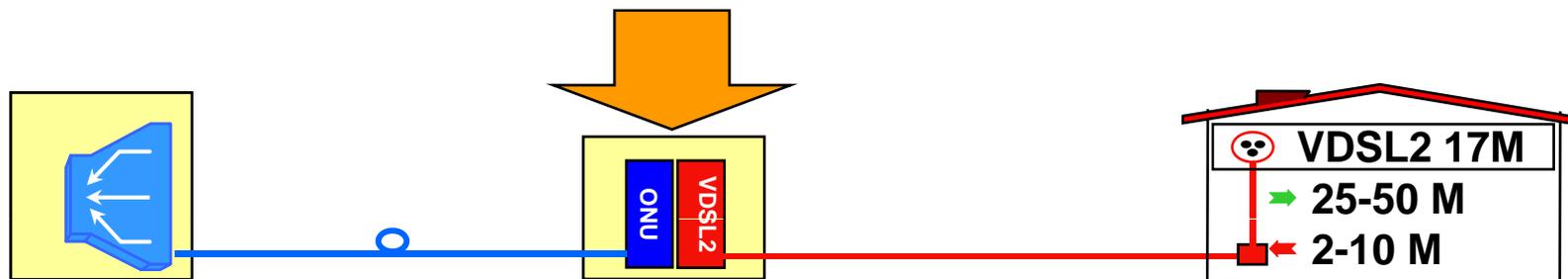
- ▶ Pur avendo utilizzato ipotesi ritenute conservative (es. canale video @16Mb/s, 50 % contemporaneità del Multicast) la banda disponibile per il servizio VoD appare adeguata e soltanto ipotesi di scenari limite (100% di penetrazione del servizio video) potrebbero portare il link prossimo alla saturazione (realistico?)

### IPOTESI DI RIFERIMENTO:

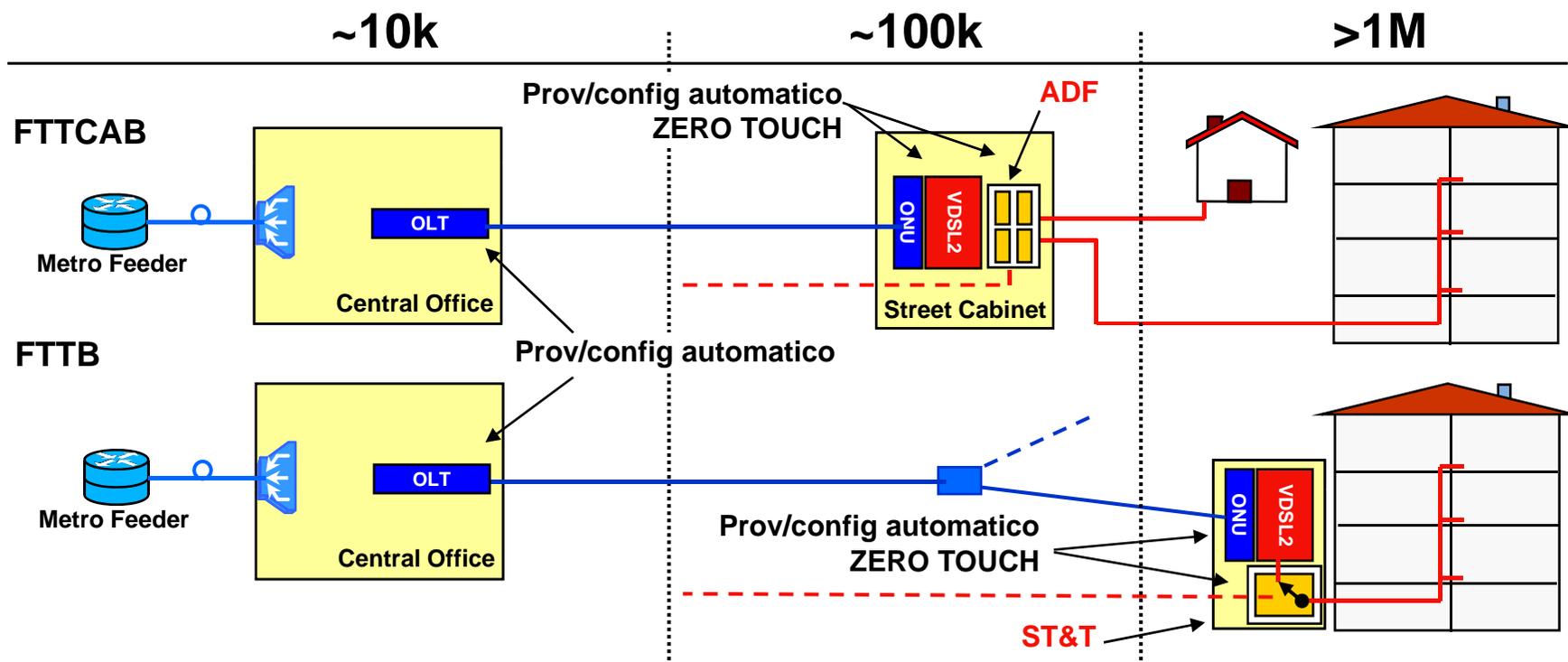
- ▶ Bacino di utenza: 400 utenti
- ▶ Utenti BB e Ultra BB: 280 (70%)
- ▶ Utenti con opzione video: 160 (40%)
- ▶ Contemporaneità dei canali Multicast:

# Indice dei contenuti

- ▶ Introduzione: le architetture e le tecnologie abilitanti
- ▶ BB VDSL2
- ▶ Backhauling ottico, la tecnologia GPON
- ▶ Provisioning automatico dei servizi



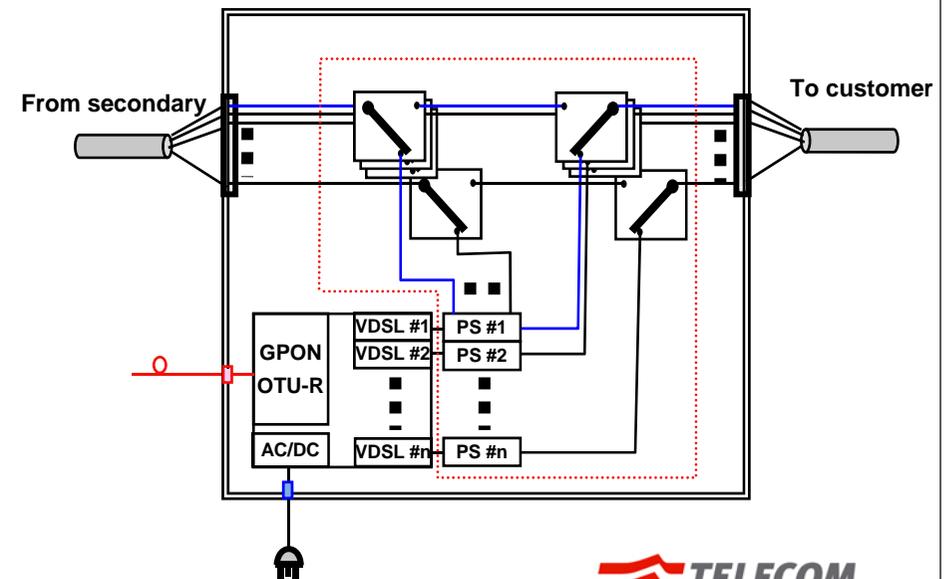
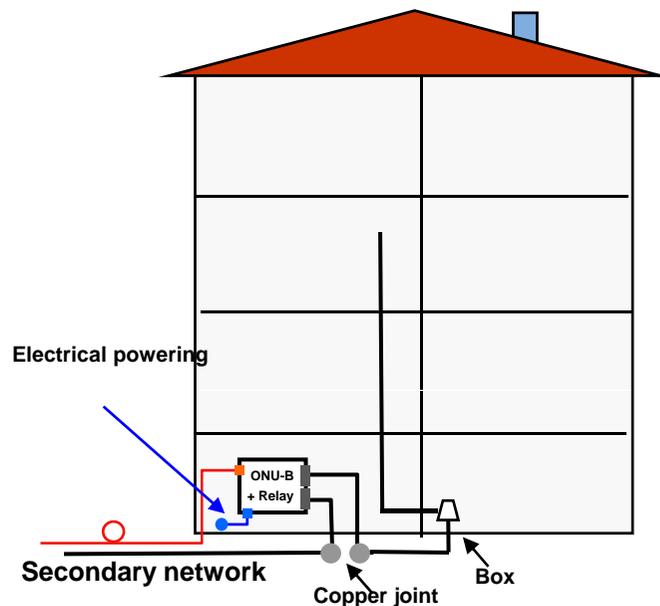
## Fixed Access Network: soluzioni “ZERO Touch”



- ▶ Maggiore è la presenza di fibra in accesso → Maggiore è il numero di apparati sparsi nella rete → Maggiore è la necessità di considerare soluzioni tecniche che permettano di ridurre i costi operativi (soluzioni “zero touch” o “quasi zero touch”):
  - ▶ Architettura FTTCab: si assume di adottare soluzioni **ADF (Automatic Distribution Frame)**: queste tecnologie sono attualmente critiche per costi e dimensioni
  - ▶ Architettura FTTB: si assume di adottare soluzioni **ST&T (Switching Termination & Testing)**

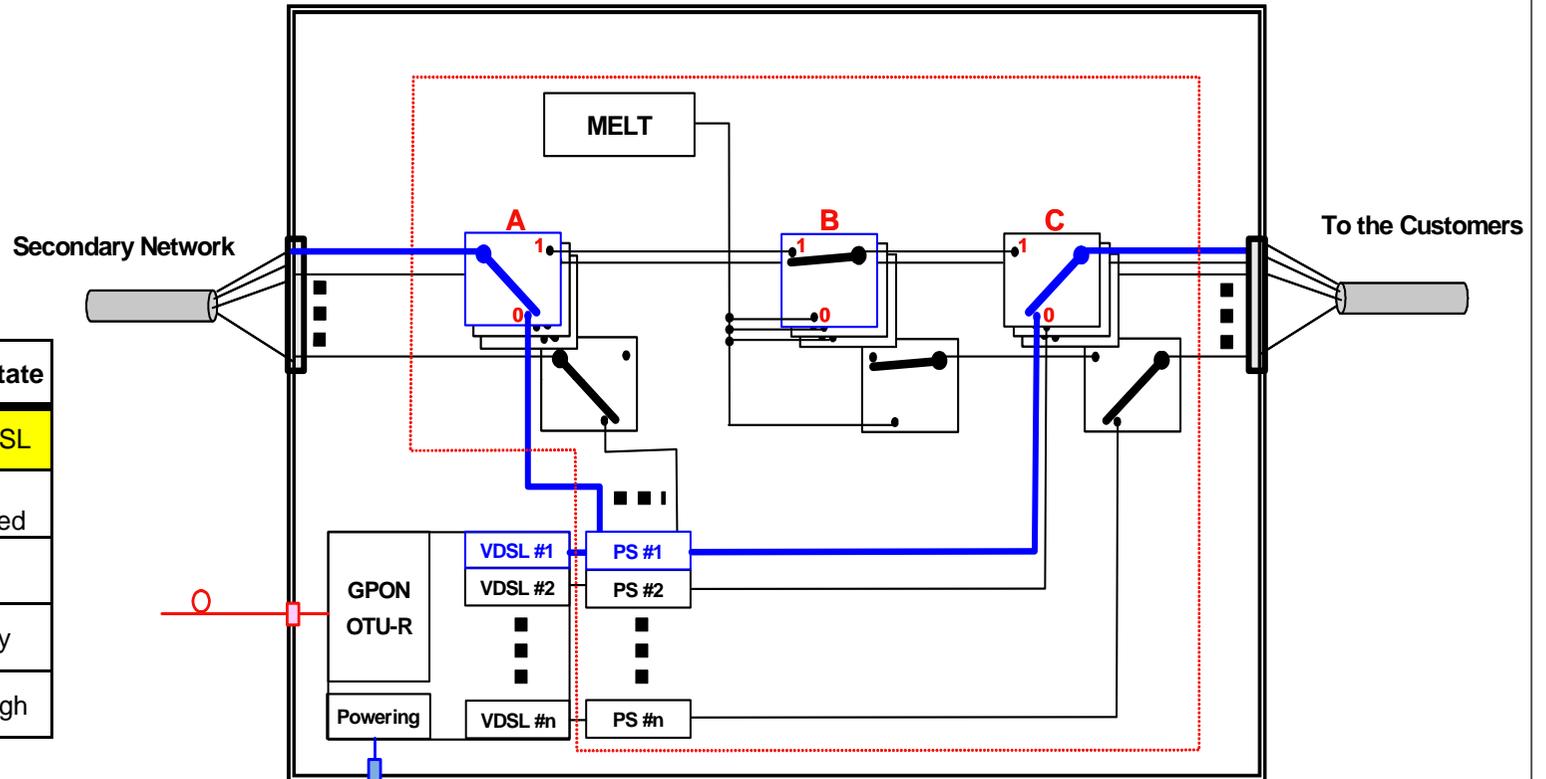
## Provisioning Automatico in FTTB Funzionamento dell'ST&T (Switching, Termination & Testing device)

- ▶ Bypass della ONU per dare solo POTS o ULL da centrale
- ▶ Fornitura di servizio POTS + VDSL2
- ▶ Fornitura di servizio VDSL2 puro
- ▶ Disconnessione dell'utente
- ▶ Line testing verso l'utente

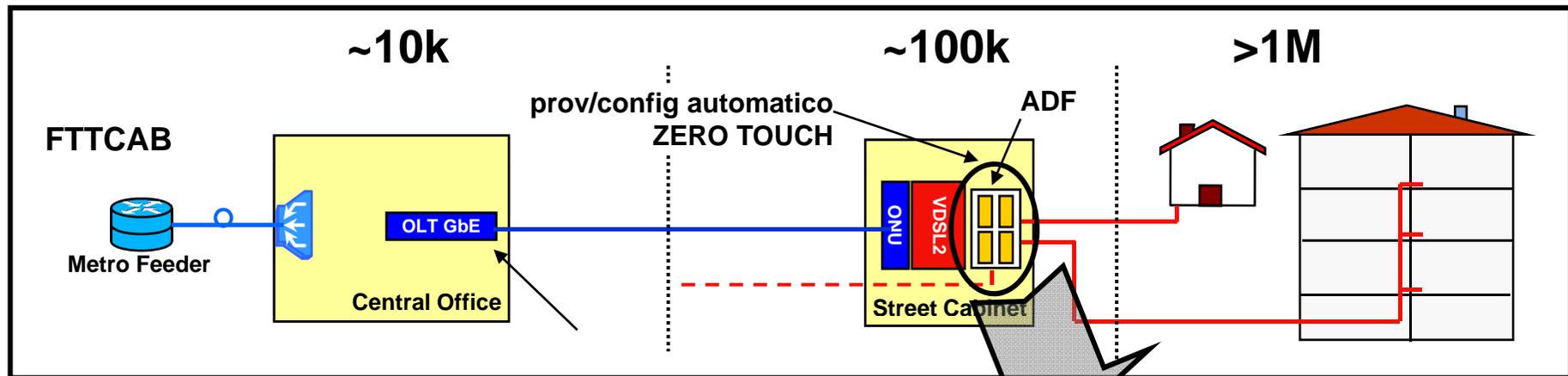


# Esempio di configurazione ST&T : POTS + VDSL2

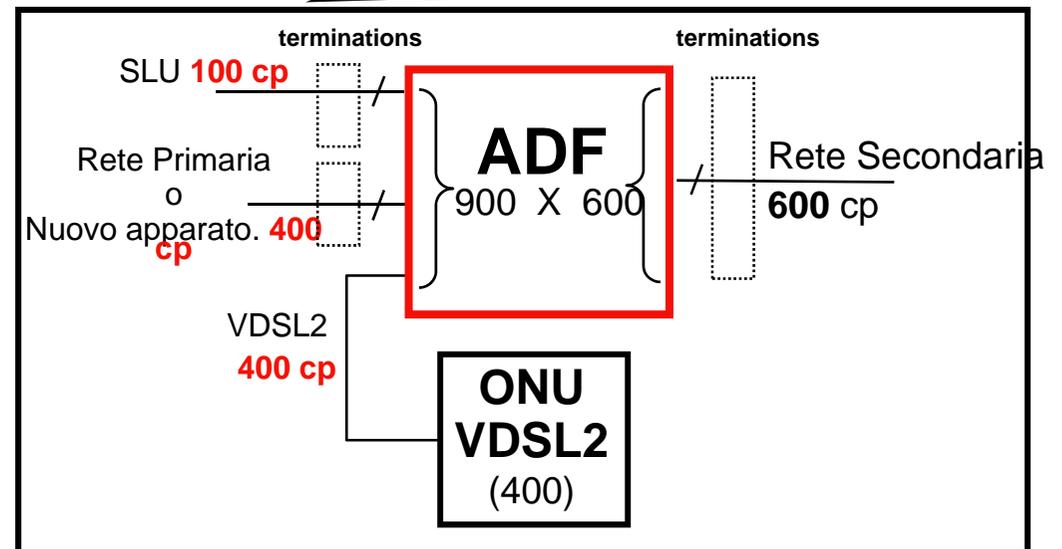
A	B	C	Operating State
0	1	0	POTS + VDSL
0	1	1	User Disconnected
1	0	1	MELT
1	1	0	VDSL Only
1	1	1	Pass Through



## ADF: dimensionamento



- ▶ Per il deployment di **FTTCab**, Telecom Italia è interessata all'uso di Automatic Distribution Frame (**ADF**)
- ▶ L'ADF dovrebbe avere una dimensione di **900x600** porte, così suddivise:
  - ▶ **600** verso la rete secondaria (utenti)
  - ▶ **400** verso la ONU FTTCab TR
  - ▶ **400** verso la rete primaria (fase overlay) o verso nuovo apparato (in futuro)
  - ▶ **100** per Sub-Loop Unbundling
- ▶ L'ADF dovrebbe essere Any-to-Any
- ▶ Sono in valutazione altre soluzioni che permettano di ridurre il numero di porte (es. ADF più piccoli con relays, ADF A2M, ecc)



## Bibliografia

- ▶ Philip Golden, H.D. (ed.) “Implementation and Applications of DSL Technology”, *Auerbach Publications*, 2007
- ▶ Telecom Italia Lab aa.vv., “*La casa in rete*”, Ed. Franco Angeli, 2007
- ▶ Philip Golden, H.D. (ed.) “Fundamentals of DSL Technology”, *Auerbach Publications*, 2006
- ▶ Thomas Starr, M.S. “DSL Advances 11”, *Prentice Hall PTR*, 2002
- ▶ Bingham, J.A.C. “ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation”, *Wiley-Interscience*, 2000
- ▶ Thomas Starr, J.M.C. “Understanding Digital Subscriber Line Technology”, *Prentice Hall PTR*, 1998

## Standard di riferimento per PON e GPON

- ▶ **G.983.1** Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON) (03/06)
- ▶ **G.983.2** ONT management and control interface specification for B-PON (01/07)
- ▶ **G.983.3** A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation (07/05)
- ▶ **G.983.4** A broadband optical access system with increased service capability using dynamic bandwidth assignment (01/05)
- ▶ **G.983.5** A broadband optical access system with enhanced survivability (01/02)
- ▶ **G.984.1** General characteristics for G-PON (01/2003)
- ▶ **G.984.2** GPON: Physical Media Dependent (PMD) layer specification (01/2003)
- ▶ **G.984.3** GPON: Transmission Convergence (TC) layer specification (10/2003)
- ▶ **G.984.4** GPON: ONT Management and Control Interface specification (05/2004)

## Standard di riferimento per xDSL

- ▶ **G992.1** Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers (03/03)
- ▶ **G992.3** Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) (03/06)
- ▶ **G992.5** Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers - Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus) (07/07)
- ▶ **G993.2** Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2) (12/06)
- ▶ **G994.1** Handshake procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers (11/07)
- ▶ **G997.1** Physical layer management for digital subscriber line (DSL) transceivers (12/06)

# Grazie per l'attenzione

[marco.burzio@telecomitalia.it](mailto:marco.burzio@telecomitalia.it)

