



**CORSO DI TECNOLOGIE D'ACCESSO**

**x-DSL**

**x-Digital Subscriber Line**

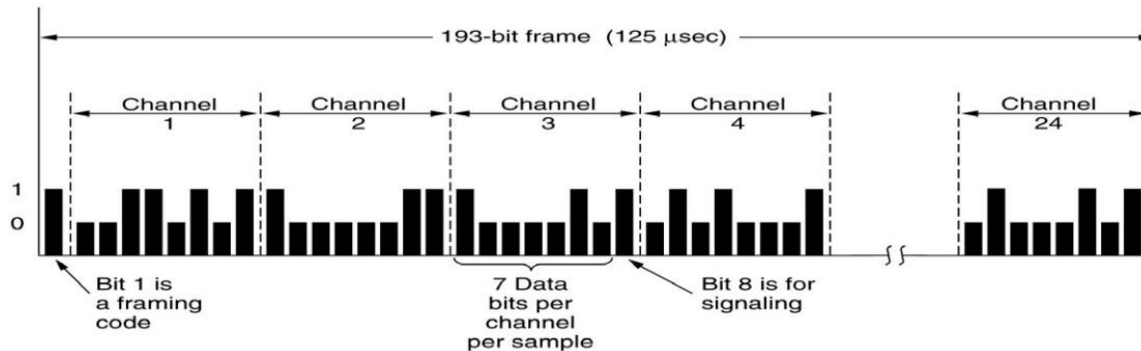
- ✓ Dal momento che la lunghezza media del doppino italiano si presta perfettamente, le tecniche DSL rappresentano in sintesi le soluzioni tecnologiche ideali per garantire l'accesso a banda larga agli utilizzatori finali
  
- ✓ xDSL rappresenta dunque un insieme di tecniche di accesso su cavo in rame in cui la "x" identifica la particolare tecnica
  - **HDSL** – High bit rate Digital Subscriber Line
  - **ADSL** – Asymmetric Digital Subscriber Line
  - **SHDSL** – Symmetric High bit rate Digital Subscriber Line
  - **VDSL** – Very High bit rate DSL

- ✓ **HDSL** è una tecnica simmetrica nata per realizzare T1/E1 su linee in rame sfruttando 2 doppini non consentendo l'uso degli stessi per il servizio telefonico tradizionale
- ✓ **ADSL** è una tecnica asimmetrica con una velocità di Downstream molto superiore a quella di Upstream che sfrutta un solo doppino e consente l'utilizzo contemporaneo del servizio telefonico tradizionale

- ✓ **SHDSL** è uno standard che consente la trasmissione simmetrica fino a 2 Mbps su un unico doppino non consentendo l'uso contemporaneo del servizio telefonico tradizionale
- ✓ **VDSL** consente trasmissione asimmetrica che può arrivare a velocità dell'ordine di oltre 50 Mbps su brevi distanze e può essere usato sia per trasmissioni simmetriche che asimmetriche. Non utilizzando la banda fonica tradizionale consente anche l'uso contemporaneo del servizio telefonico

- ✓ Nasce in Nord America negli anni 80 per sopperire ai problemi di distanza e sensibilità al rumore dello standard T1 (1,544 Mbps)
- ✓ Usando due Doppini telefonici si riuscì a raggiungere la stessa velocità ma a una distanza maggiore
- ✓ Lo Standard è stato inizialmente adattato all'E1 Europeo (2,048 Mbps) usando tre doppini
- ✓ Oggi anche in Europa, attraverso l'E1, l'HDSL viene realizzato utilizzando solo due doppini
- ✓ Ormai superato dal nuovo standard SHDSL che consente di avere le stesse prestazioni su un singolo doppino

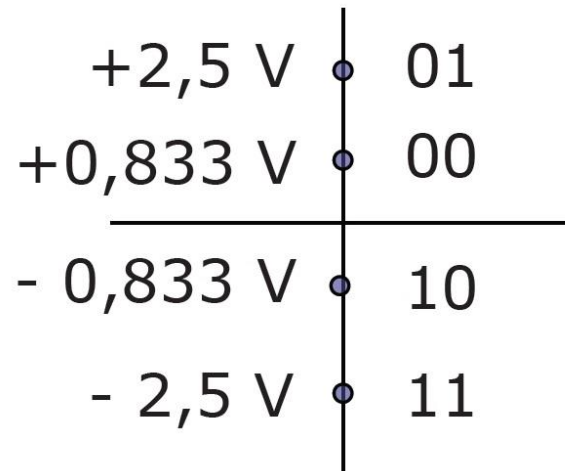
- ✓ 24 canali voci multiplexati insieme
- ✓ I segnali digitali sono campionati in round robin
- ✓ Ogni canale mette 8bit (7 di dati e uno di controllo)
- ✓ 56 kbps di dati e 8 kbps di controllo



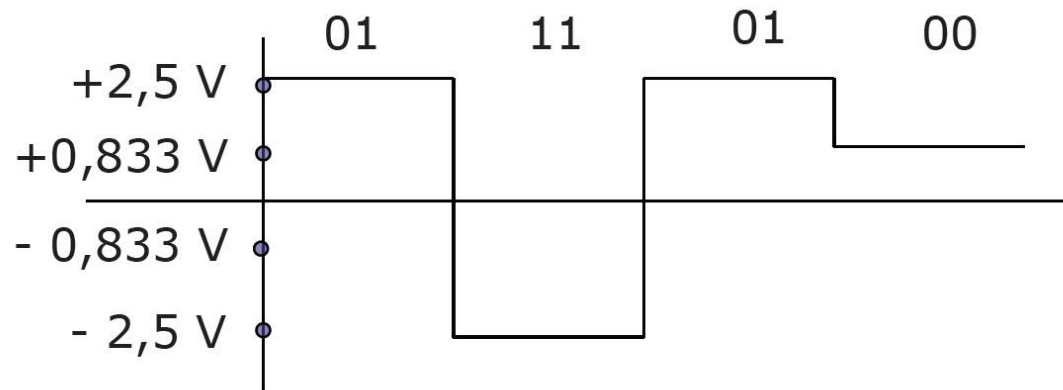
- ✓ Un frame ha quindi  $24 \times 8 = 192$  bit + 1 bit di framing
- ✓ 193 bit ogni 125 μsec = 1.544 Mbps

- ✓ L'assenza di filtri e di conversioni analogico/digitali permette ai modem di utilizzare uno spettro di frequenza molto più ampio
- ✓ Con lo schema trasmissivo 2B1Q usa lo spettro di frequenza da 0 a 588 KHz
- ✓ Il modem assume un ruolo fondamentale grazie all'utilizzo di DSP (Digital Signal Processor) che modellano il comportamento del mezzo trasmissivo
- ✓ Per consentire la trasmissione Full Duplex si impiega la cancellazione d'Eco

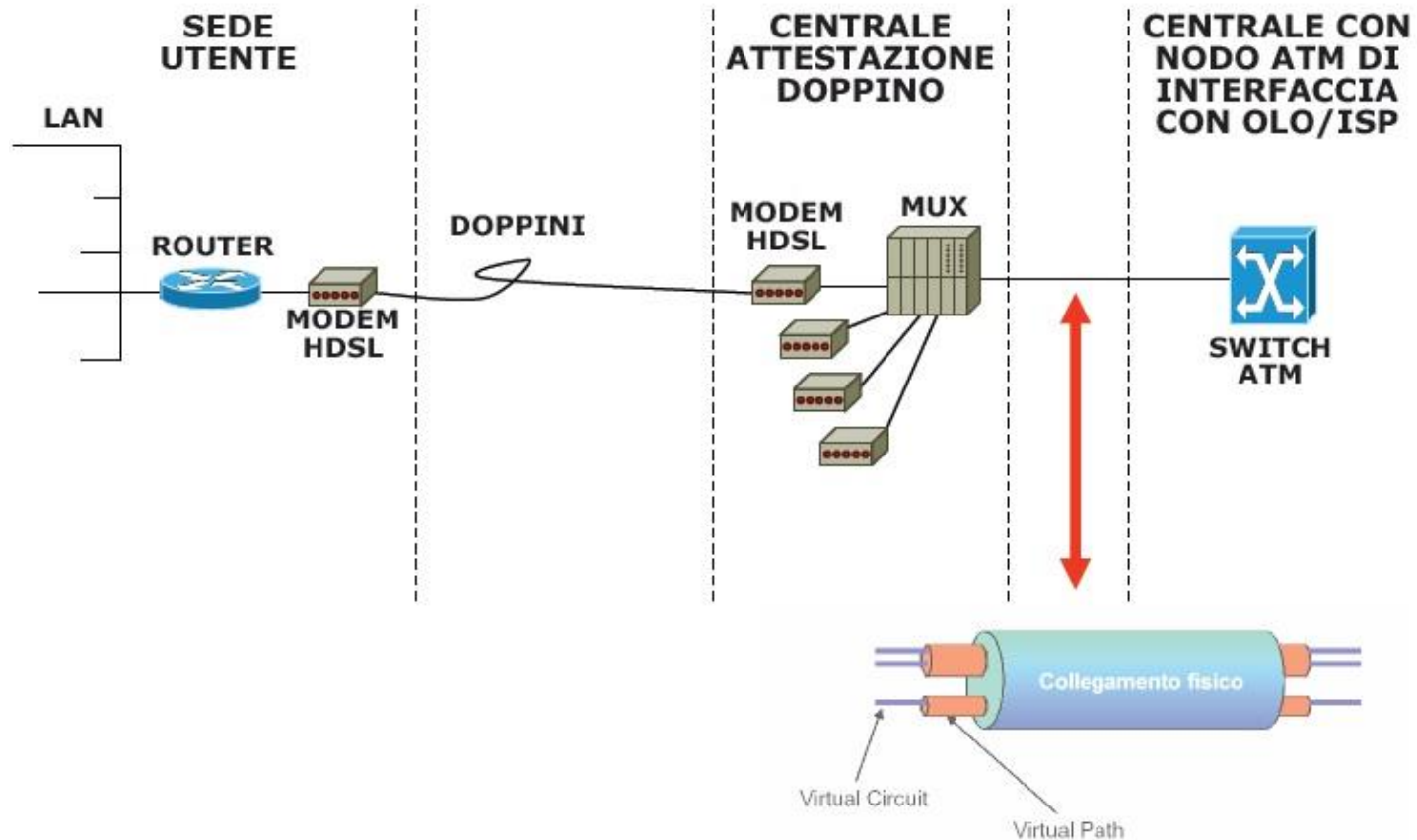
- ✓ Lo schema trasmissivo 2B1Q è lo stesso utilizzato per lo standard ISDN (Integrated Services Digital Network)
- ✓ 2B1Q significa 2 Binary 1 Quaternary
- ✓ Codice a 4 livelli che codifica due bit allo stesso tempo

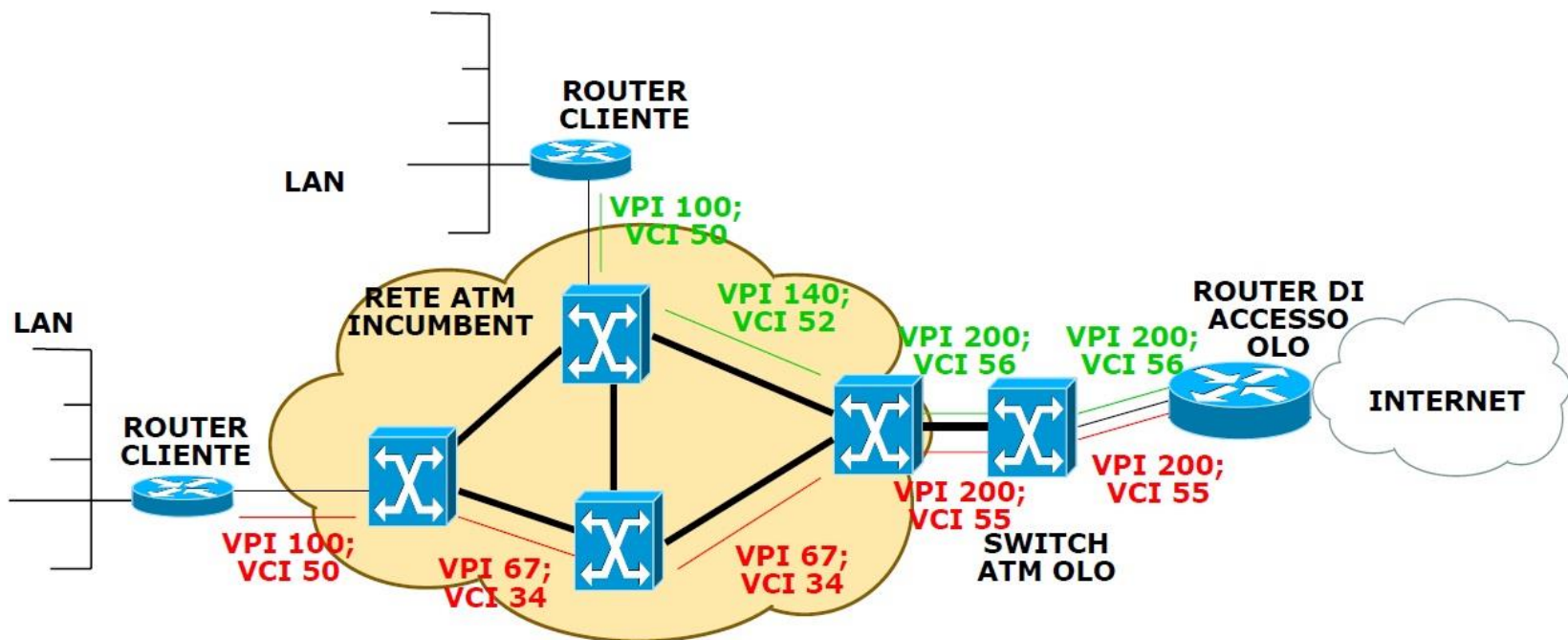


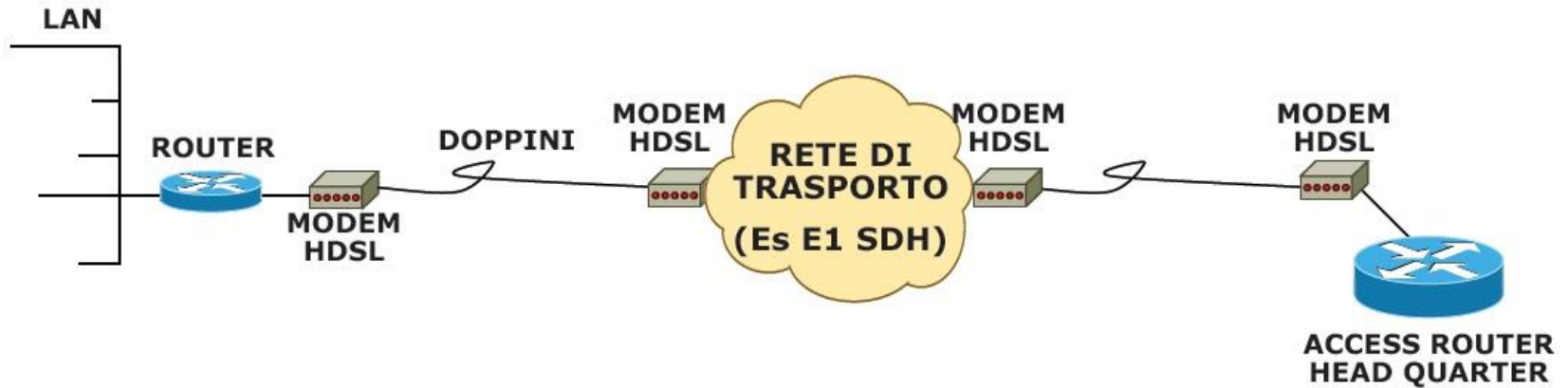
- ✓ Si supponga di voler trasmettere il simbolo ASCII "t" la cui sequenza di bit è 01110100
- ✓ Dopo il Line Coding 2B1Q l'output del segnale sarà



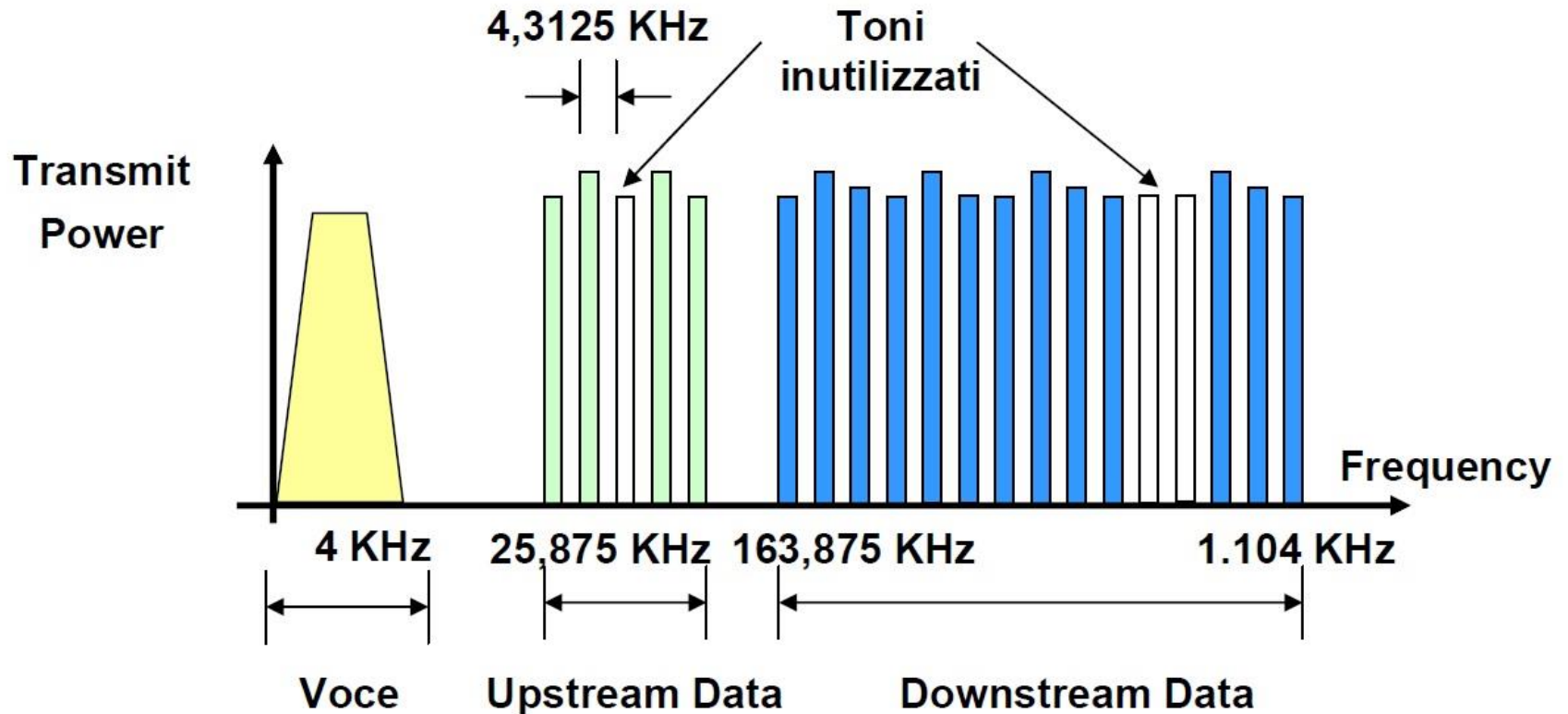
- ✓ Il servizio HDSL viene utilizzato dall'Incumbent e offerto in due modalità
  - Wholesale agli operatori attraverso il contratto CVP (Canale Virtuale Permanente)
  - Per collegamenti Punto-Punto (CDN)



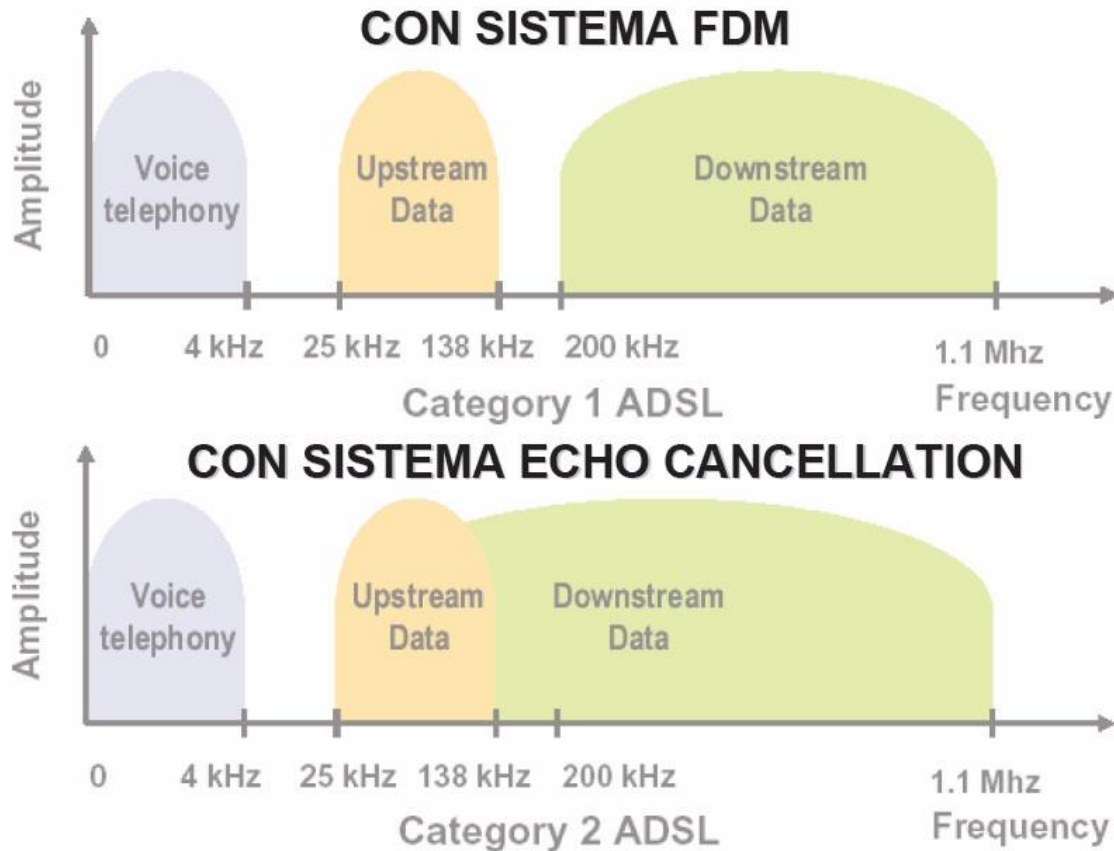


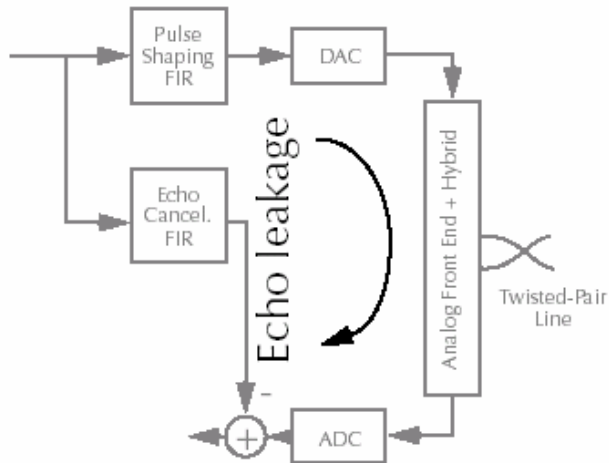


- ✓ Originariamente sviluppata da una compagnia telefonica che voleva vendere servizi video-on-demand
- ✓ Per questa ragione la velocità di Download è circa 10 volte superiore a quella di Upload
- ✓ La velocità dipende dalla distanza tra la centrale di attestazione del doppino telefonico e il terminale d'utente
- ✓ Concepito per coesistere con il servizio telefonico tradizionale che opera a frequenze fino a 4 kHz
- ✓ Per non interferire con la banda fonica opera in una banda di frequenza che va dai 26 kHz a 1.1 MHz

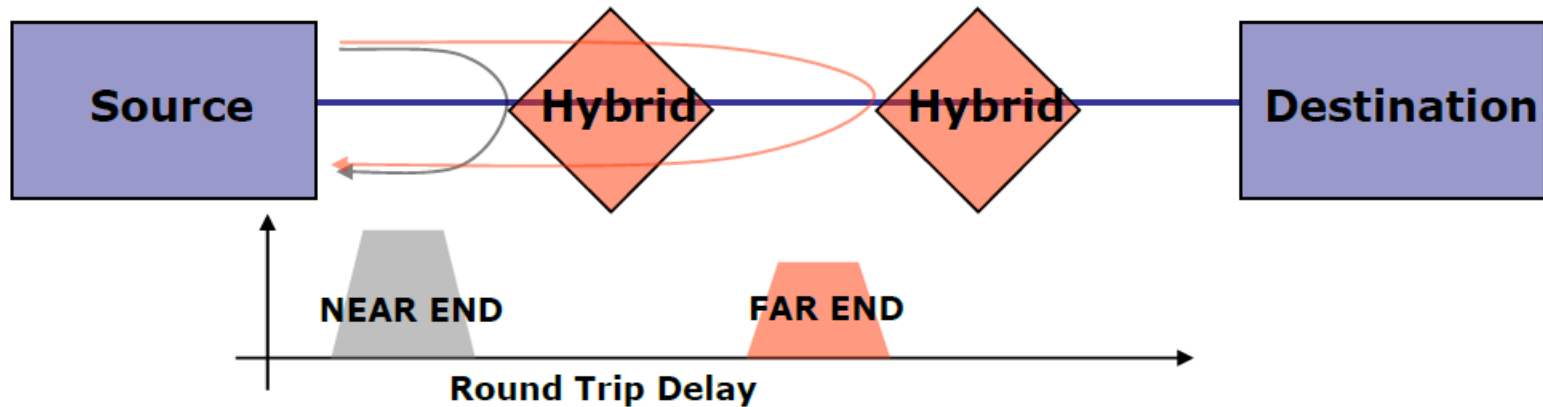


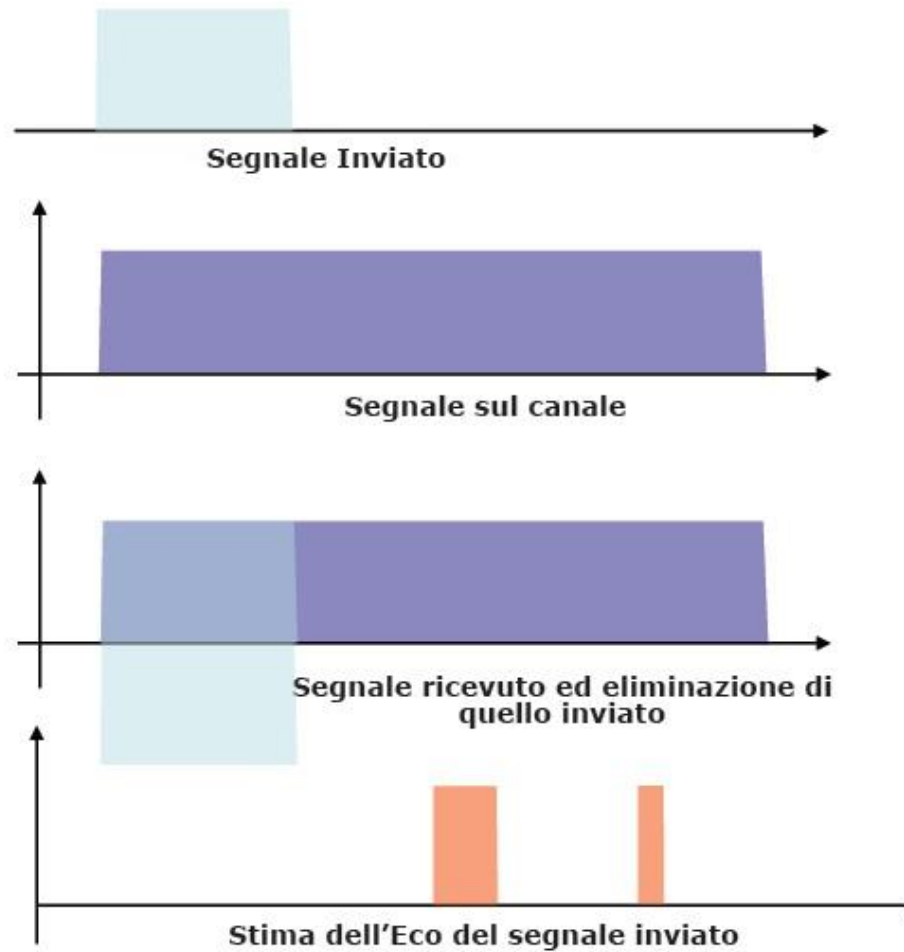
- ✓ I sistemi di modulazione (codici di linea) adottati sono necessariamente in banda traslata e non in banda base (QAM, CAP, DMT)
- ✓ Nella soluzione con **cancellazione d'echo** il canale upstream è allocato all'interno della banda downstream che è maggiore come maggiore risulta la complessità circuitale
- ✓ Nella soluzione **FDM** (Frequency Division Multiplexing) i canali Upstream e Downstream sono separati in frequenza (preferibile)

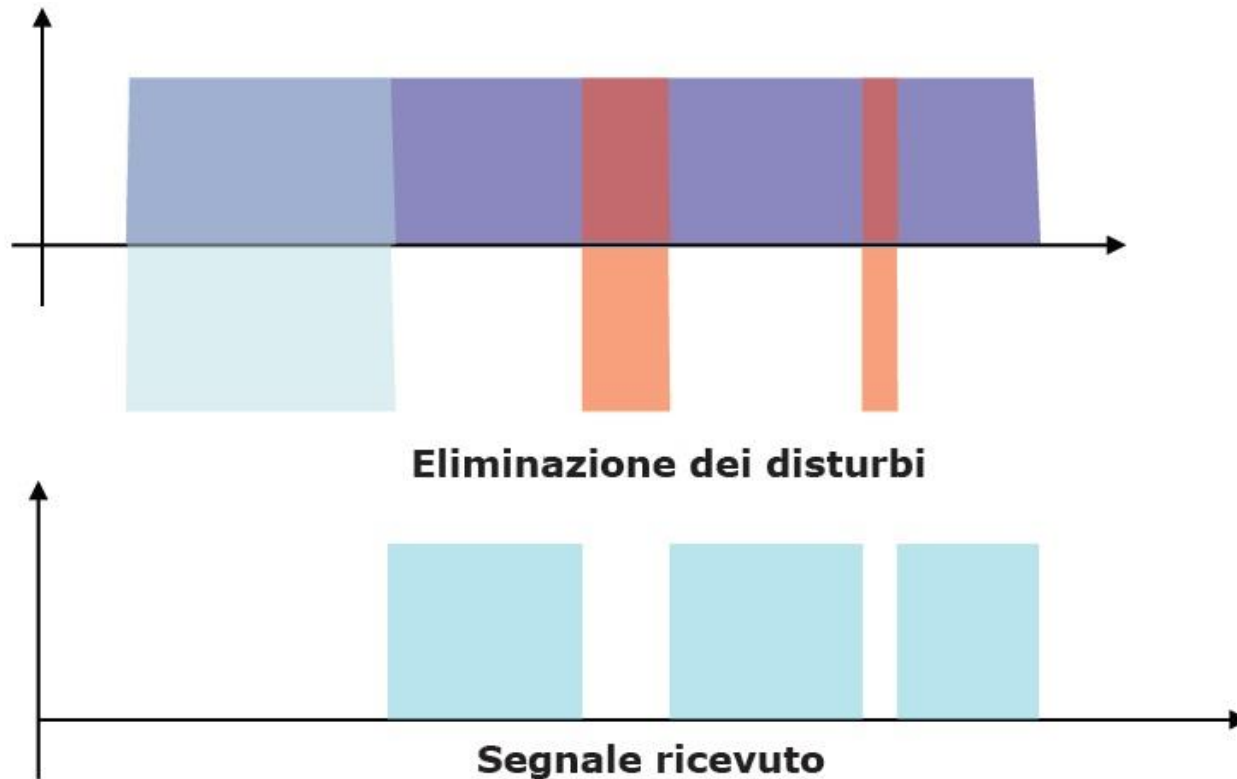




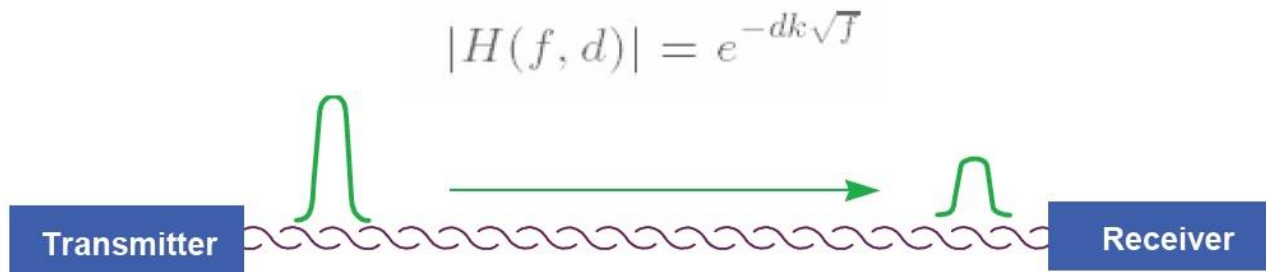
- ✓ **FIR** Filtro a Risposta Finita
- ✓ **DAC** Digital to Analog Converter
- ✓ **ADC** Analog to Digital Converter
- ✓ **Hybrid Leakage** Function of Hybrid Impedence of Loop



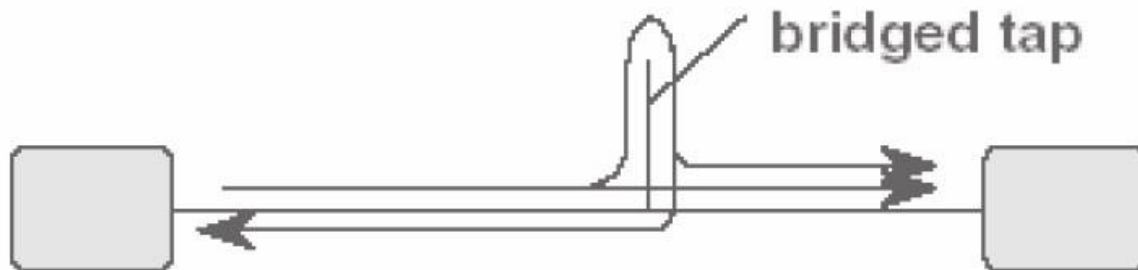




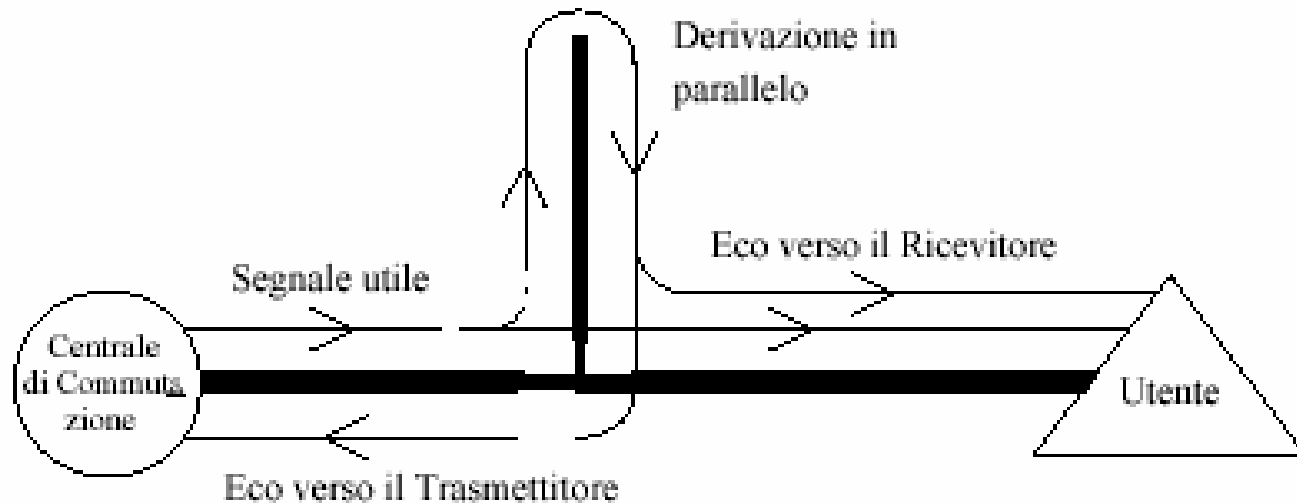
- ✓ I fattori di limitazione delle prestazioni possono essere
  - **Risposta non ideale del cavo:** nella banda di circa 1 MHz occupata da ADSL il doppino presenta un comportamento distortore con la frequenza



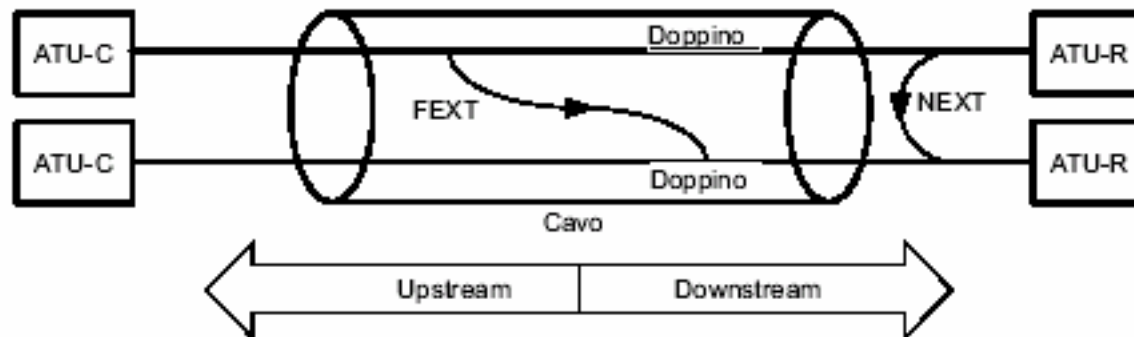
- ✓ **Bridged taps** (derivazioni in parallelo): possono dare luogo a minimi molto pronunciati nella risposta in frequenza del canale

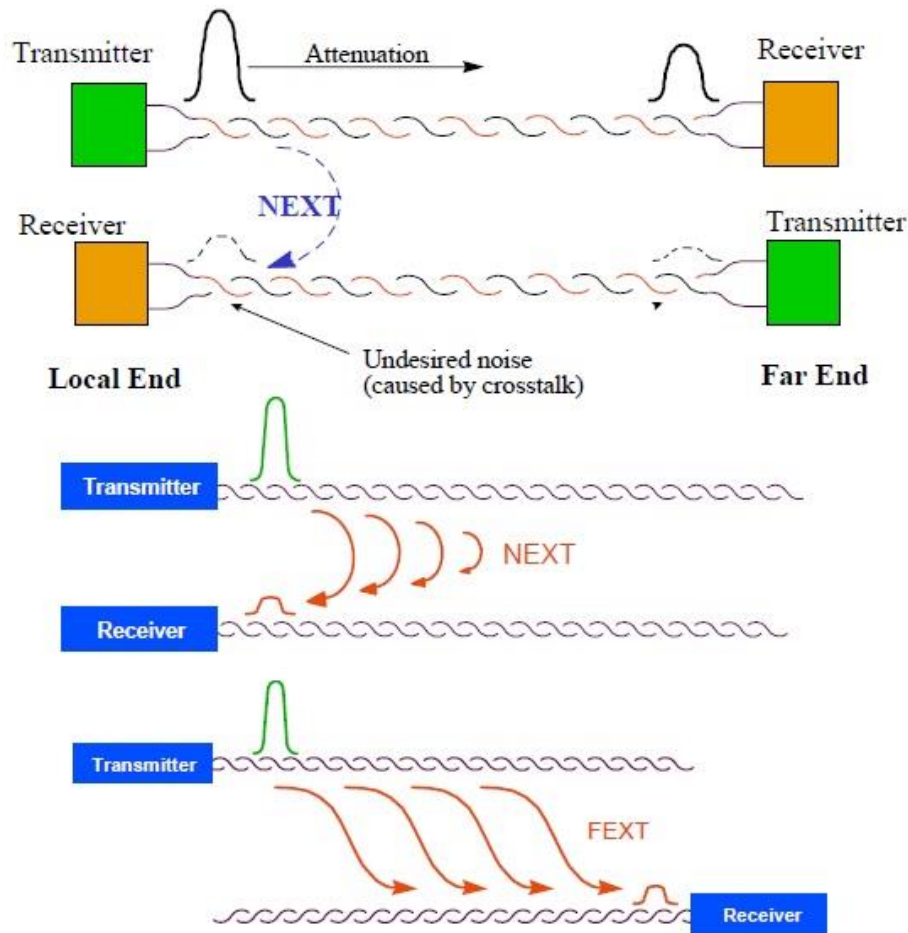


- ✓ Nel caso di **Bridget Taps** si tratta di coppie simmetriche terminate su un circuito aperto poste in parallelo a coppie operative, predisposte per fornire flessibilità alla rete di distribuzione in vista di futura crescita nella domanda di collegamenti telefonici



- ✓ **Diafonia**: passaggio indesiderato di un segnale da un filo all'altro su un doppino telefonico
- ✓ Il rumore di **paradiafonia** (Near End Crosstalk o NEXT) è generato da segnali che viaggiano in direzioni opposte ed è proporzionale alla frequenza
- ✓ Il rumore di **telediafonia** (Far End Crosstalk o FEXT) è generato dai segnali che viaggiano sul cavo nella stessa direzione



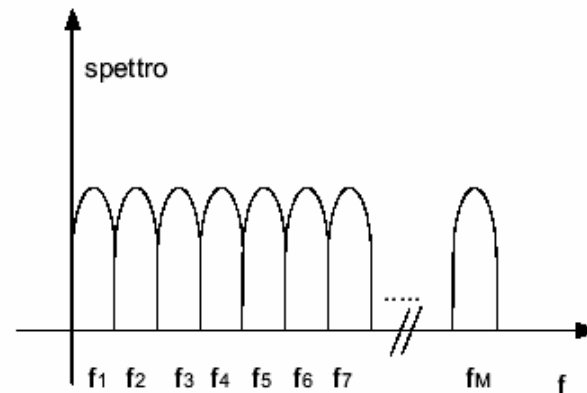
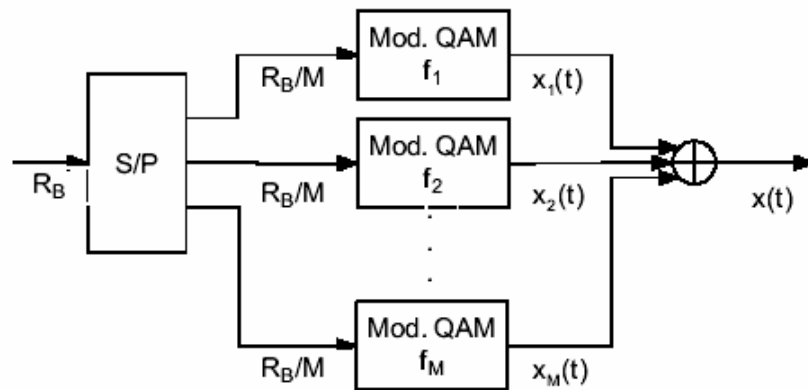


- ✓ La presenza in uno stesso cavo di numerosi doppini provoca accoppiamenti elettromagnetici tra coppie vicine
- ✓ con il termine **diafonia** si denota l'insieme dei segnali spuri che si aggiungono, per questa via, al segnale trasmesso
- ✓ Il disturbo dominante è la NEXT che è maggiore al lato centrale per l'elevata concentrazione dei doppini
- ✓ Il flusso upstream deve tipicamente essere a più bassa velocità perché viene ricevuto alla centrale con NEXT maggiore
- ✓ Viceversa nella direzione downstream la NEXT al terminale di utente è limitata (basso grado di limitata concentrazione all'utente) e quindi è possibile ottenere velocità più elevate

- ✓ Il **rumore impulsivo** è normalmente generato da apparecchiature elettriche che possono trovarsi in prossimità del cavo, da scariche elettrostatiche, sorgenti di luce e in particolar modo, da doppieni che trasportano segnali provenienti da commutatori analogici a causa degli sbalzi di tensione causati dall'apertura e chiusura di relè
- ✓ Si verifica 1-5 volte al minuto
- ✓ Ha picchi di ampiezza tra i 5 e i 20 mV
- ✓ Gran parte dell'energia associata al rumore è concentrata al di sotto dei 40 kHz e ha una durata che varia dai 30 ai 150 ms

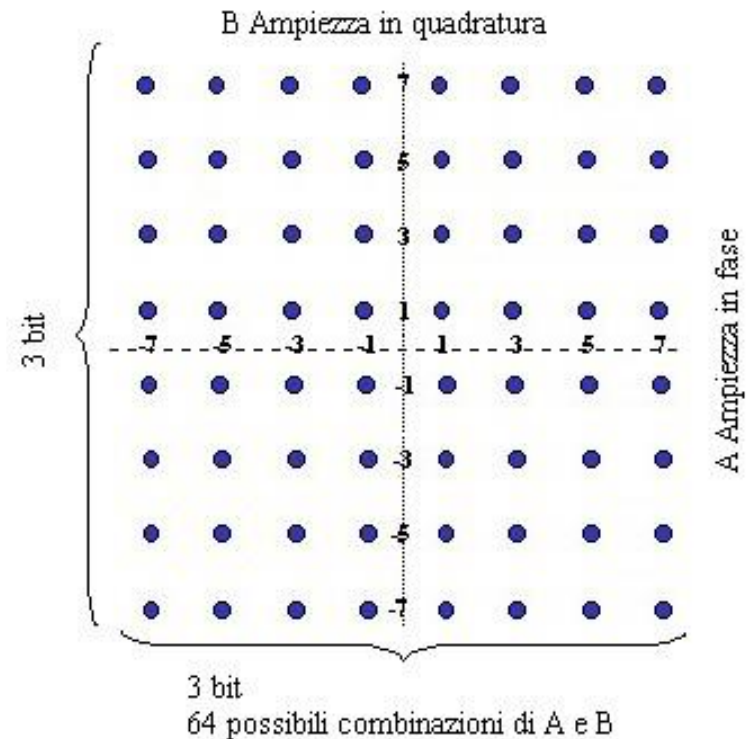
- ✓ Lo schema di modulazione standardizzato è il DMT (Discrete Multitone Modulation)
  - Migliori prestazioni in trasmissione/ricezione (prossime al limite di Shannon -> ***Capacità [bps] = W Log<sub>2</sub> (1+SNR)***)
  - Migliore adattamento alle caratteristiche variabili del canale
  - Maggiore flessibilità in termini di bit bit-rate e impiego di banda
  - Maggior resistenza al rumore impulsivo
  - Maggiore capacità di integrazione con ATM

- ✓ La modulazione DMT è una modulazione multi-portante o OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- ✓ Il flusso informativo viene diviso in  $M$  sottoflussi e ciascuno di essi modula una portante a diversa frequenza, ad esempio con tecnica QAM (efficiente in banda)
- ✓ Il vantaggio è poter adattare la distribuzione dei bit sulle diverse bande caratteristiche del canale (bit loading)

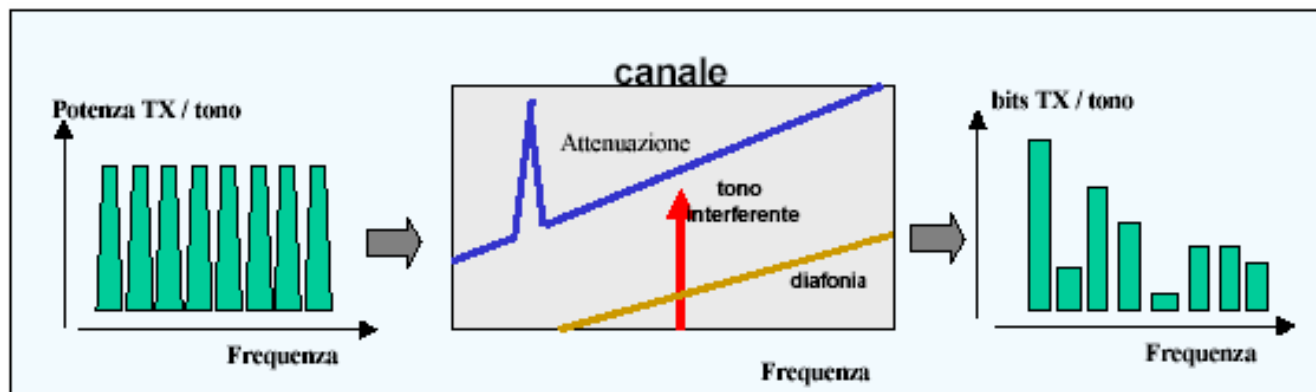


- ✓ La modulazione DMT può essere vista come un banco di sistemi QAM contigui, funzionanti contemporaneamente ed in parallelo, ciascuno con una frequenza portante corrispondente ad una frequenza di sottocanale DMT
- ✓ Ogni sottocanale è di 4.3125 kHz e ha dunque il vantaggio che l'attenuazione è quasi indipendente dalla frequenza ovvero la funzione di trasferimento del singolo sottocanale è all'incirca lineare

- ✓ Per aumentare il data rate (kbps) nella trasmissione dei dati digitali è necessario aumentare il numero di bit trasmessi per baud (Symbol per second)
- ✓ Le tecniche di modulazione QAM permettono di aumentare il numero di bit per baud fino ad un massimo di 15 bit per baud nel caso dei modem ADSL
- ✓ Nel caso, per esempio, di trasmissione di 6 bit per baud la configurazione delle ampiezze  $X_n = A_n + jB_n$  sono riportate nella costellazione QAM



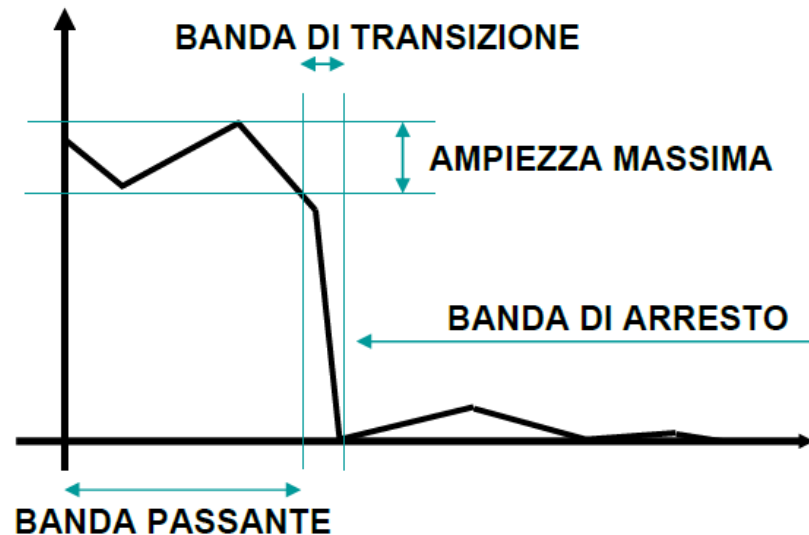
- ✓ La figura illustra qualitativamente il modo in cui la tecnica DMT distribuisce il flusso di dati su ogni sotto-portante in base al valore del rapporto segnale-rumore/tono in presenza di interferenza a banda stretta, picco di attenuazione in banda (dovuto ad es. a una derivazione in parallelo) e diafonia. Tale procedura di ottimizzazione richiede che all'accensione dell'apparato vi sia una fase di inizializzazione in cui viene stimato il rapporto segnale-rumore su ogni sotto-canale e che tale informazione venga inviata al trasmettitore



- ✓ **Service Module (SM):** adattatore di terminale (set top box, interfaccia PC, router LAN)
- ✓ **Terminal equipment (TE):** apparecchiature di utente (PC, TV, VTR, HI FI etc.)
- ✓ **Splitter:** filtri passivi per la separazione di ADSL da POTS
- ✓ **ATU-C (ADSL Transceiver Unit - Central Office):** modem di rete (può essere integrato nel nodo di accesso)
- ✓ **ATU-R (ADSL Transceiver Unit - Remote Site):** modem di utente
- ✓ **Access node:** punto di concentrazione per il traffico a banda larga e stretta
- ✓ **Premises distribution network (PDN):** sistema di rete per collegare ATU-R agli SM (differenti topologie)
- ✓ **VC; VA; U C2 etc** interfacce

- ✓ ADSL occupa la banda immediatamente superiore a quella vocale (4 kHz) e mediante uno **splitter** (filtro passivo) può garantire la trasmissione sullo stesso doppino di servizi POTS e ADSL allo stesso tempo
- ✓ Necessitano di una banda di guardia tra 4 e 20 kHz per garantire una buona separazione
- ✓ La scelta di filtri passivi garantisce la disponibilità di POTS anche in casi di emergenza (assenza di alimentazione)
- ✓ Gli splitter possono essere integrati negli ATU-C e ATU-R

- ✓ Per separare il segnale Fonico tradizionale da quello pilotato dal modem ADSL è necessario utilizzare dei Filtri
- ✓ Servono uno o più filtri passa basso e un filtro passa alto
- ✓ Il filtro passa alto è integrato nel Modem ADSL
- ✓ Possibilità di Pots Splitter o Microfiltro



- ✓ L'**ATU C** (il modem di centrale) fornisce l'interfaccia verso il loop e l'Access Node e può essere integrato nel nodo di accesso (lo è quasi sempre sui DSLAM)
- ✓ Contiene tutti i componenti analogici e digitali necessari per stabilire un link ADSL
- ✓ Di solito si occupa di svolgere il Signalling Processing e Initialization Processing
- ✓ Può svolgere anche un insieme di Management Information riguardanti lo stato e le performance del link ADSL

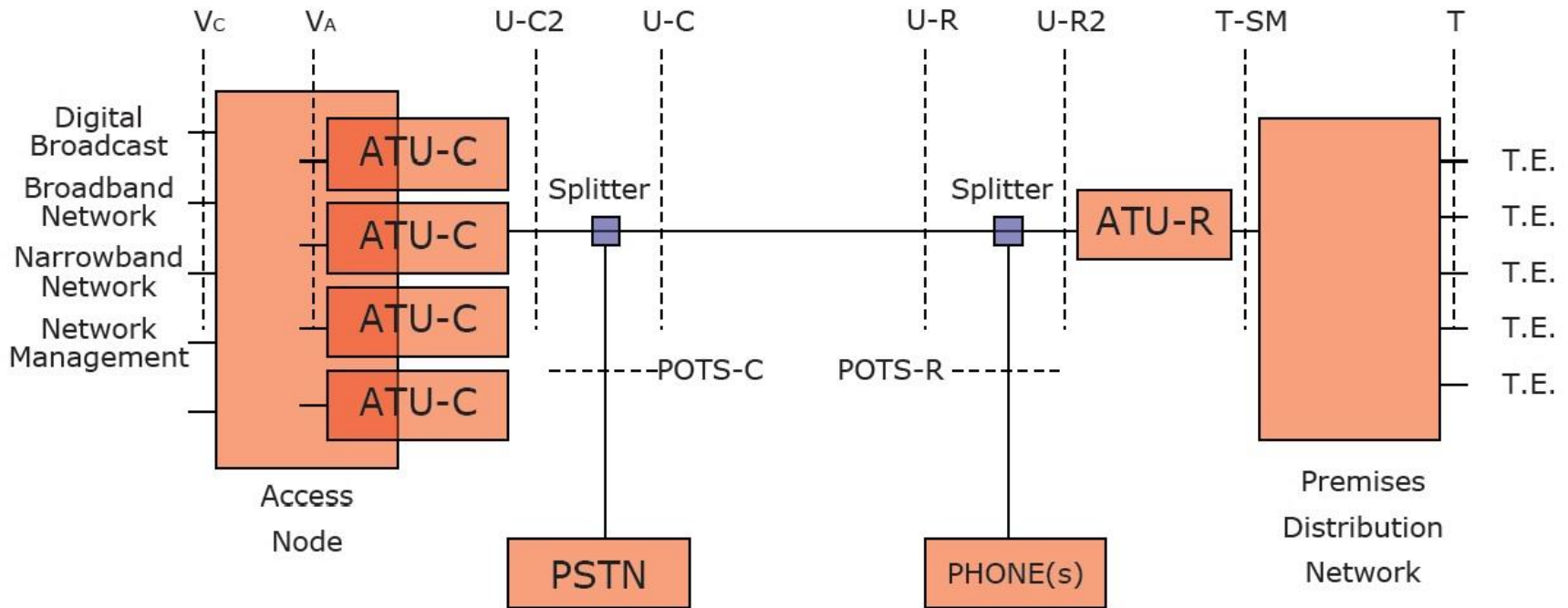
- ✓ L'**ATU-R** si interfaccia con la rete di distribuzione di utente o direttamente con i service module se la rete di distribuzione di utente è un collegamento passivo punto punto
- ✓ Può essere integrato in un service module, ad esempio se l'utente ha un Router con interfaccia ADSL
- ✓ È di solito preconfigurato con VPI/VCI 8/35

- ✓ IL **DSLAM** (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) è un apparato utilizzato per moltiplicare numerosi utenti finali in un unico link ad alta velocità
- ✓ Questa tecnologia permette di ridurre il numero di connessioni fisiche tra la centrale di attestazione dei doppini e il PoP dell'OLO/ISP
- ✓ Quelli diffusi sul mercato sono basati su una matrice di switch ATM
- ✓ Si possono così sfruttare le potenzialità della tecnica ATM di moltiplicare su un unico flusso differenti connessioni virtuali di tipo VP (Virtual Path) e/o VC (Virtual Circuit)

- ✓ Interconnessione con la rete di transito attraverso interfacce standard
- ✓ Terminazione di linea dei sistemi trasmissivi ADSL utilizzati nella rete di Accesso
- ✓ Demultiplazione in direzione Downstream delle celle ATM provenienti dalla rete di Transito ed il loro instradamento verso le unità ATU-C
- ✓ Multiplazione in direzione Upstream delle celle ATM provenienti dalle unità ATU-C verso la rete di Transito
- ✓ Eventuale realizzazione di funzionalità ATM di policing come Traffic Shaping e Congestion Control

- ✓ Le funzionalità di Multi/Demultiplazione dei VC tra la rete di Transito e gli ATU C viene svolta dal blocco «Traslazione VPI/VCI e funzioni di ordine superiore»
- ✓ Lato utente la Network Termination (NT) termina tutte le funzioni di livello trasmissivo originate nel corrispondente modem di centrale
- ✓ La NT ADSL può includere al suo interno anche funzionalità di traslazione di identificativi VPI/VCI
- ✓ Le interfacce di livello fisico possono essere ATM (poco usata in Italia), Ethernet (la NT deve saper incapsulare le trame ethernet sulle celle ATM) o USB

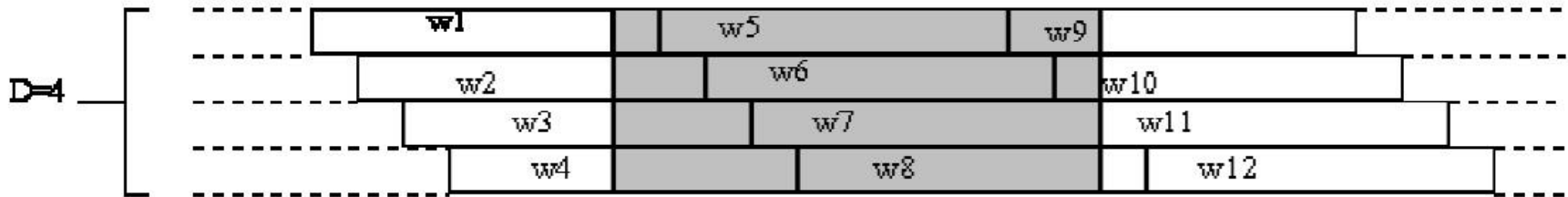
# Asymmetric Digital Subscriber Line



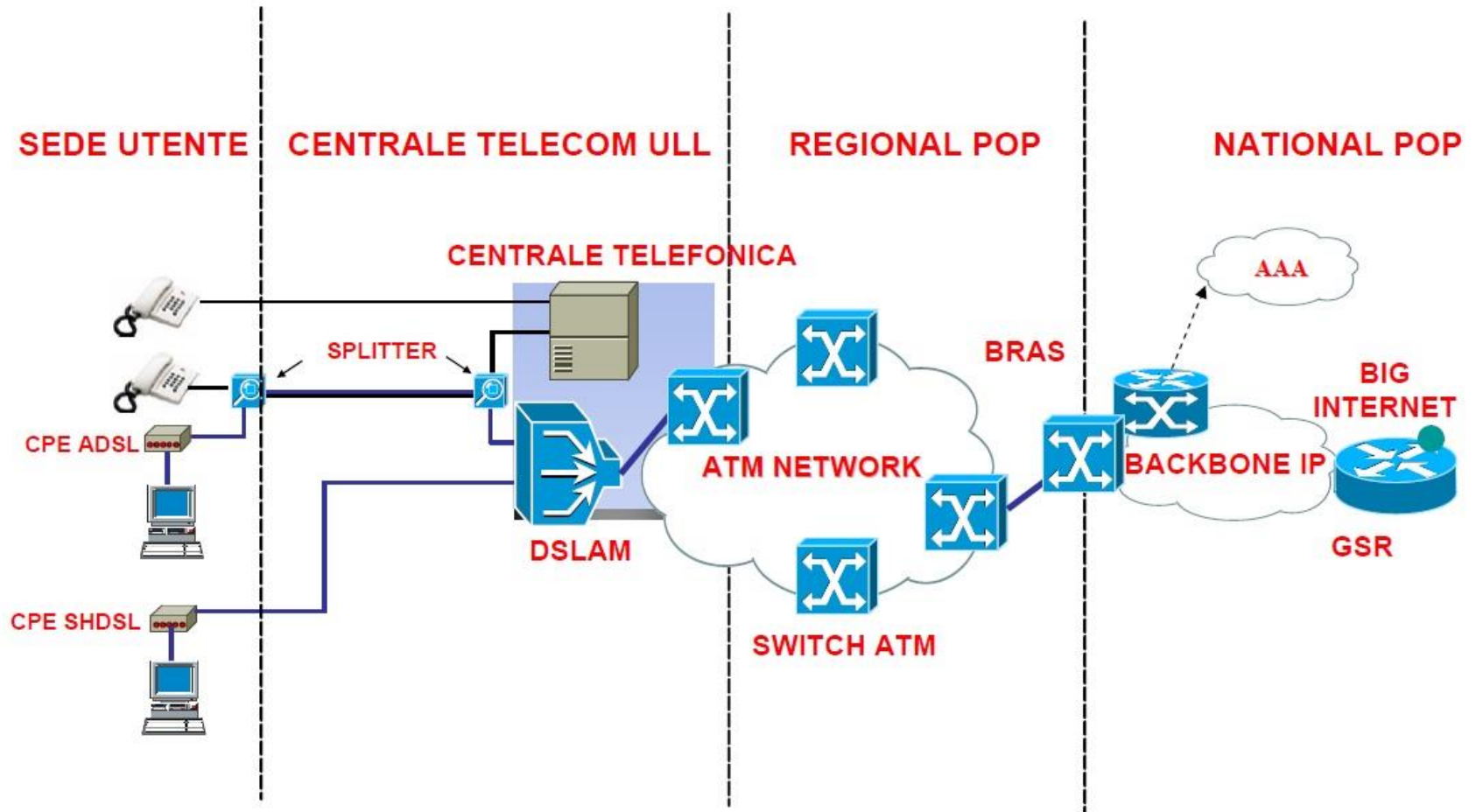
- ✓ **FAST** corrisponde ad una trasmissione con bassa latenza e alto bit error e si usa per applicazioni Real Time in cui l'informazione viene spedita in sequenza
- ✓ **INTERLEAVED** corrisponde ad una trasmissione con alta latenza e basso bit error e si usa per applicazioni non Real Time in cui l'informazione viene inviata non in maniera sequenziale ma secondo un determinato criterio e va ricostruita
- ✓ Se si utilizzano insieme si parla di **Dual Latency**

- ✓ **L'interleaving** è un processo di codifica dei bit che permette di controbattere gli errori dovuti al rumore e ha il compito di ridurre la possibilità che gli errori colpiscano in maniera grave una parte del messaggio rendendo il messaggio non recuperabile neanche con le tecniche di correzione degli errori
- ✓ Il principio utilizzato dal blocco di Interleaving è quello di evitare di trasmettere i dati del singolo messaggio in maniera sequenziale

- ✓ Funzionamento: le parole di codice (word) sono scritte nella matrice verticalmente, fino alla profondità di interleaving (D) fissata. I bit vengono poi spediti leggendo la matrice verticalmente, un bit alla volta



- ✓ Gli errori presenti nel canale interessano le colonne, mentre i bytes sono decodificati per righe
- ✓ Maggiore è il numero di righe tanto più sono indipendenti gli errori presenti nel canale



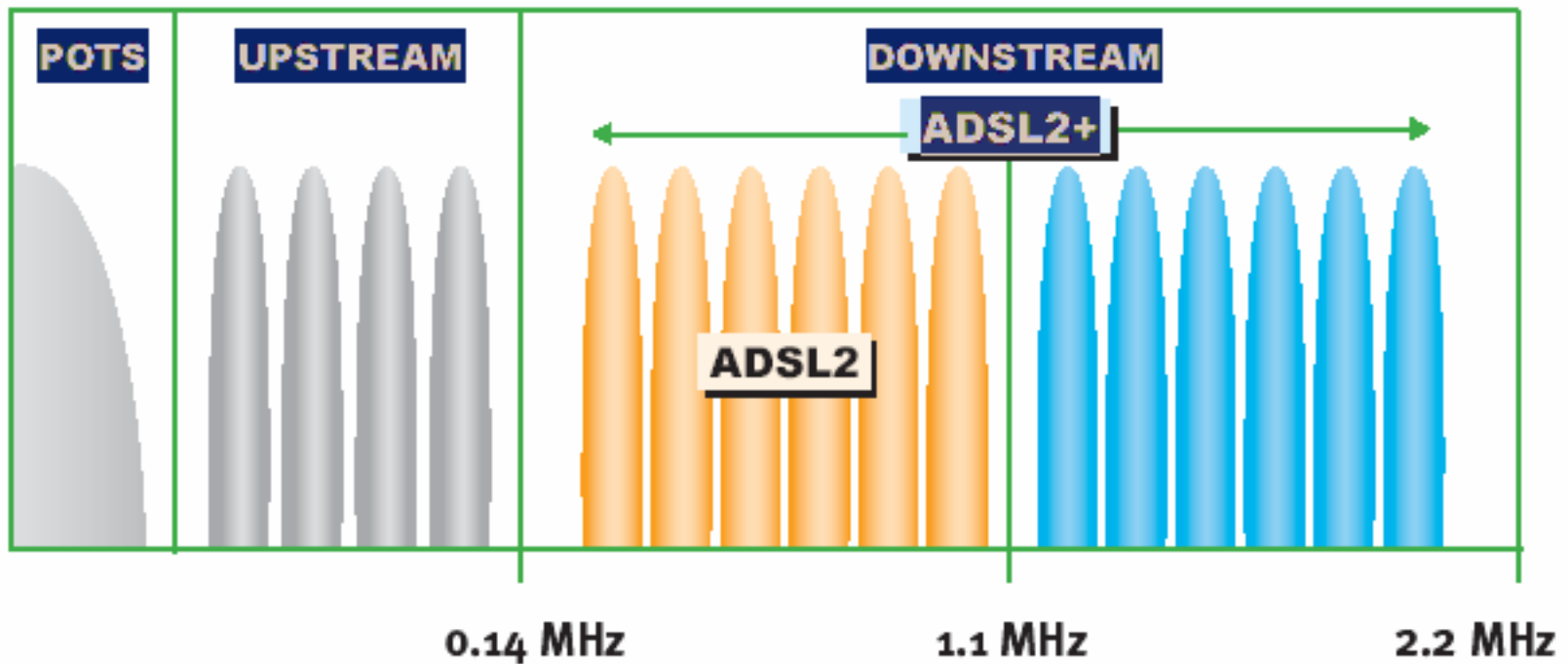
✓ Due evoluzioni di ADSL

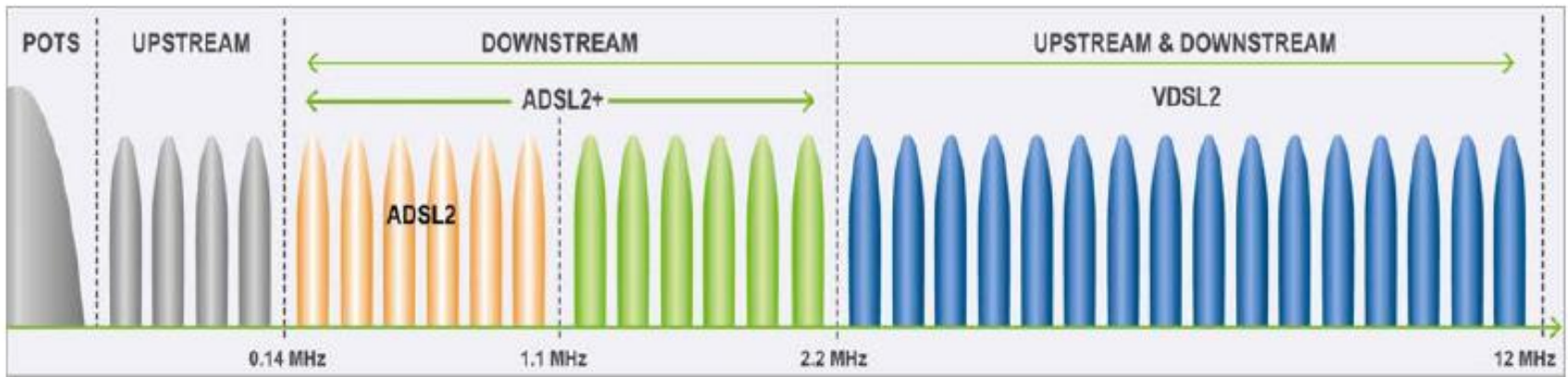
✓ **ADSL2**

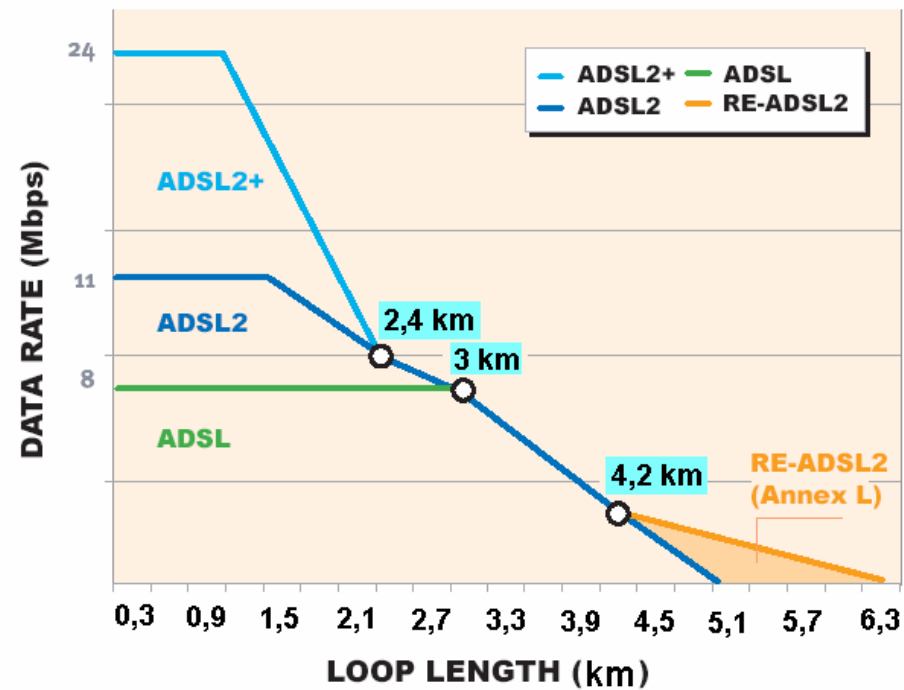
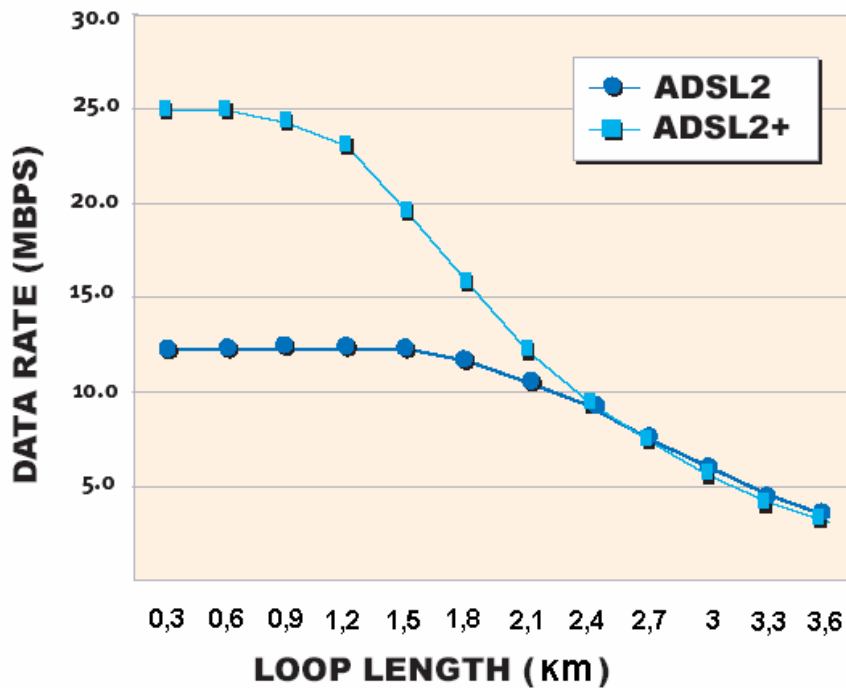
- Aumento del Bit Rate in Downstream
  - max 11 Mbps downstream
  - max 1 Mbps upstream (lo stesso di ADSL)
- Aumento della distanza di circa 200 m
- Miglioramento dell'efficienza di modulazione
- Miglioramento della procedura di inizializzazione

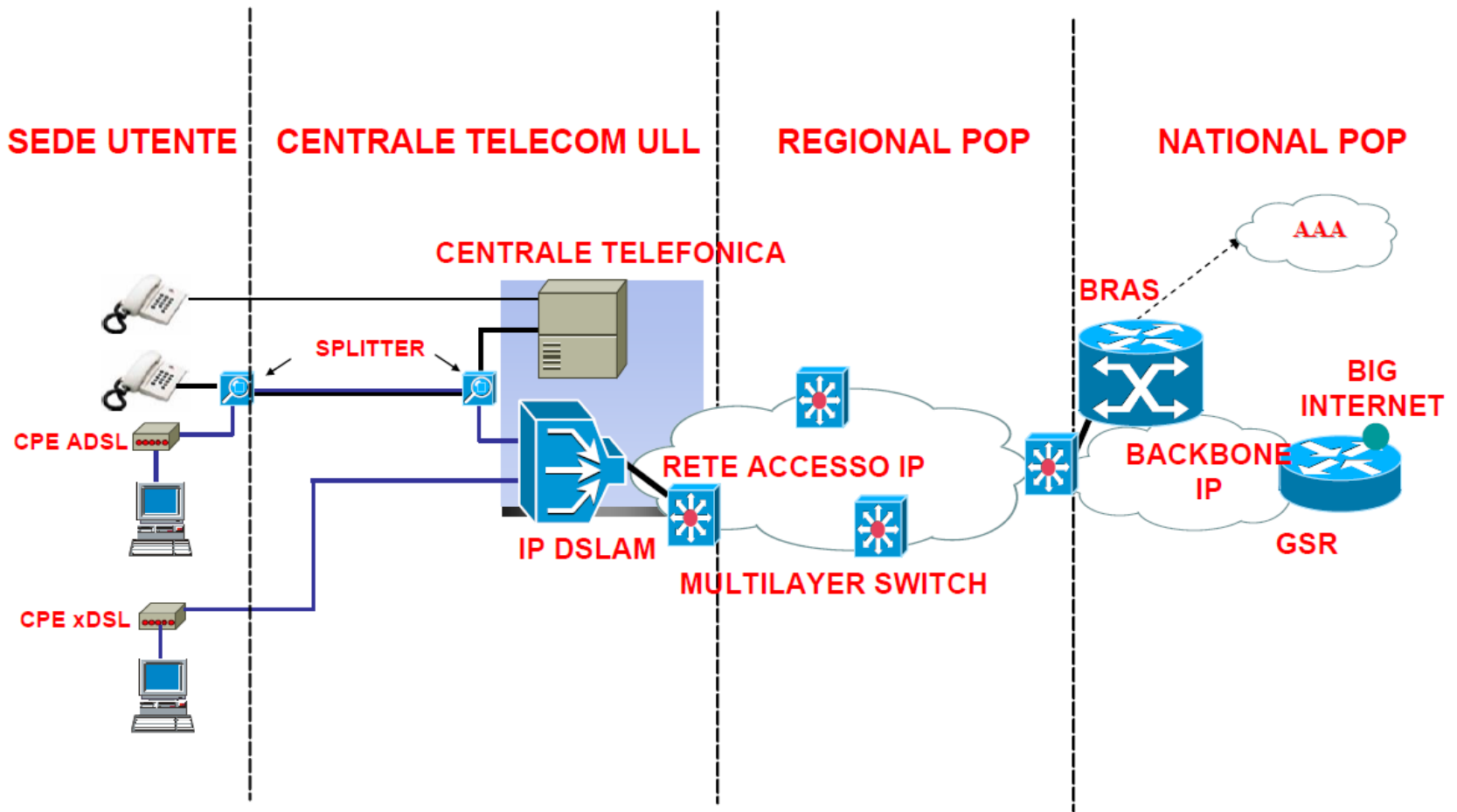
✓ **ADSL2+**

- Radoppio della Banda (da 1,1 MHz a 2,2 MHz)
  - max 24 Mbps downstream
  - max 1 Mbps upstream (lo stesso di ADSL2)



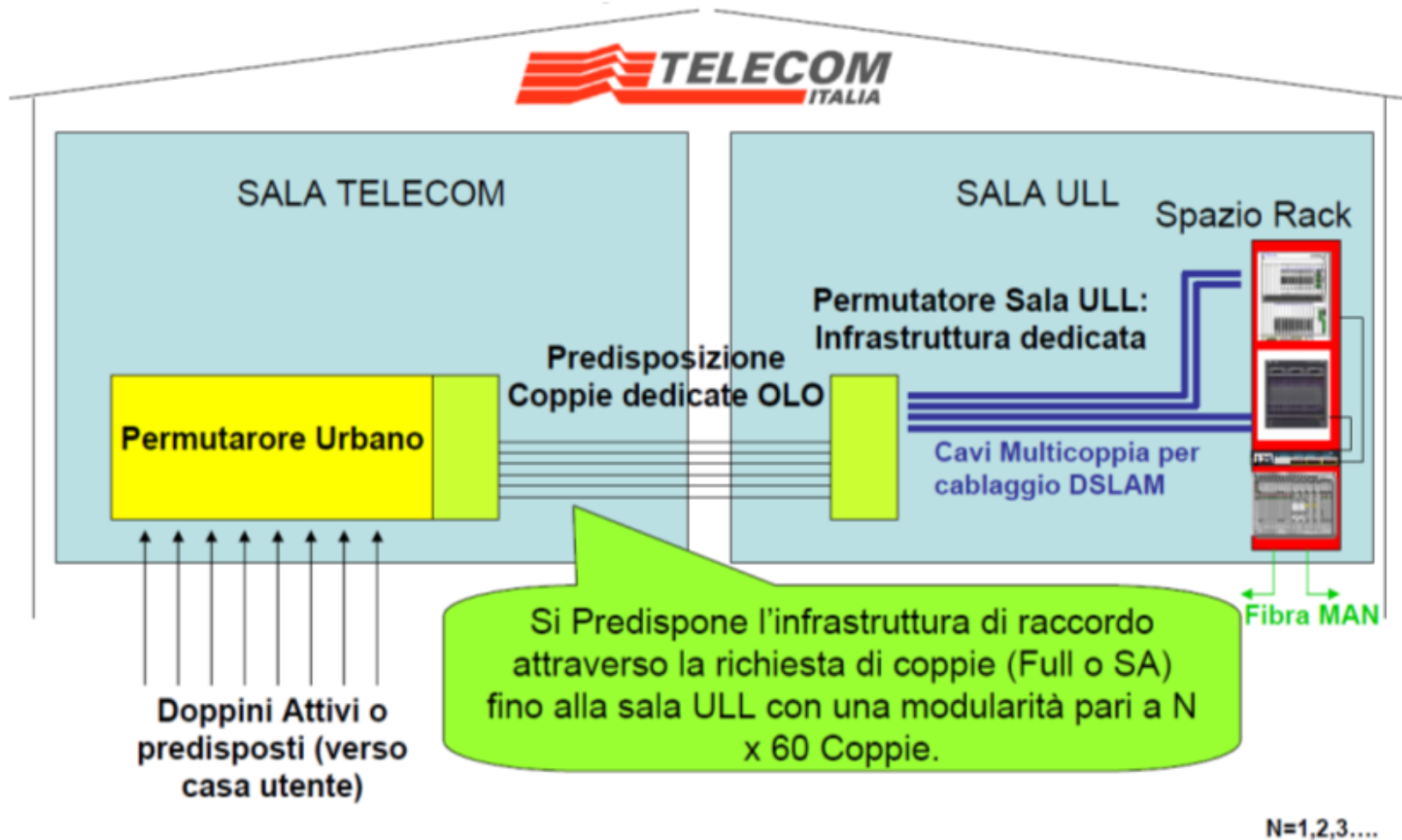






- ✓ Un ISP può offrire i servizi xDSL alla propria clientela finale attraverso due modalità
  - **Unbundling del Local Loop** -> l'ISP acquista dello spazio (detto di co-locazione) presso le centrali di Telecom Italia dove installa i propri apparati di telecomunicazione per gestire direttamente i doppini del cliente
  - **Wholesale** -> l'ISP rinuncia alla raccolta diretta degli accessi xDSL attraverso i doppini lasciando che lo faccia per lui un altro operatore e si limita a farsi consegnare il traffico di tutti i suoi clienti in un unico punto

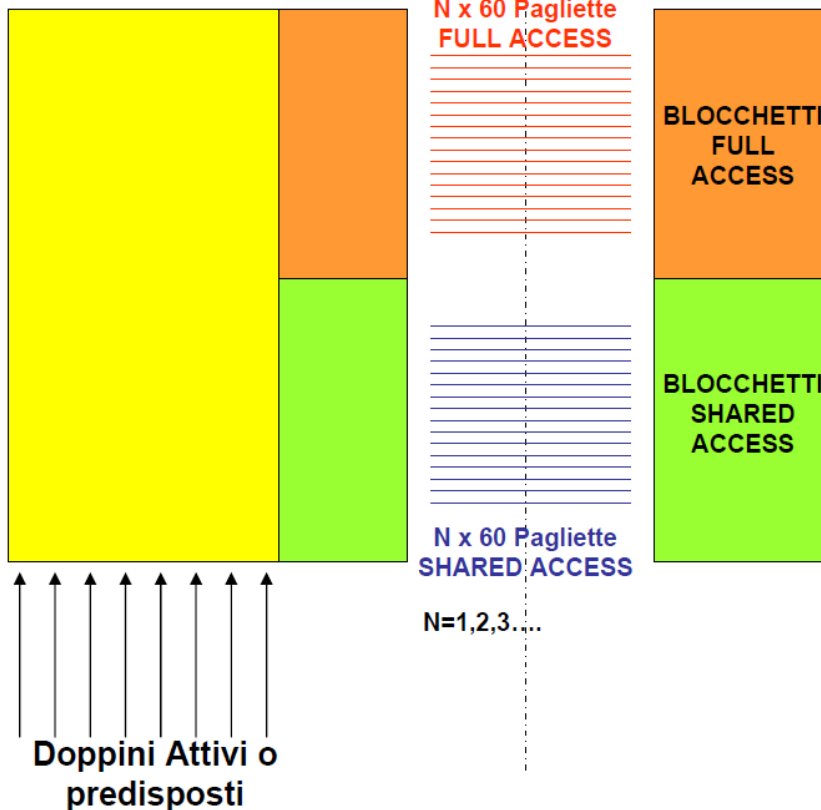
- ✓ L'ISP acquista spazio nella centrale dell'Incumbent e installa i propri apparati prendendo in gestione il doppino in rame del cliente finale
- ✓ Si possono distinguere due modalità
  - Shared Access -> l'ISP con spazio nella centrale dell'Incumbent si preoccupa della gestione della parte di dati che passa sul doppino in rame dell'utente finale. Per l'utente finale l'incumbent continua ad essere il riferimento per la parte PSTN
  - Full Unbundling -> l'ISP si preoccupa dell'intera gestione del doppino dell'utente finale sia della parte Dati che di quella PSTN
- ✓ Un operatore che aderisce all'ULL deve acquisire spazio all'interno della centrale e predisporre con l'infrastruttura adeguata alle proprie esigenze verso il **Permutatore Urbano**



- ✓ Nello Shared Access l'ISP installa in centrale il solo DSLAM per la gestione degli utenti finali. Il cliente finale avrà due contratti diversi, quello PSTN con un operatore e quello Dati con un altro operatore. Tecnicamente, sul doppino in rame, il confine tra i due servizi è garantito dai POTS SPLITTER e la responsabilità sulla gestione del doppino è divisa tra i due operatori
- ✓ Nel Full Unbundling, se decide di vendere ai propri clienti finali anche i servizi PSTN, l'ISP dovrà installare anche degli apparati commutativi o apparati in grado di gestire la banda Fonica. La gestione del doppino del cliente finale è responsabilità di un solo Operatore. Il cliente finale potrà sottoscrivere i contratti Fonia e Dati esclusivamente con questo operatore

SALA TELECOM

Permutatore Urbano  
Telecom



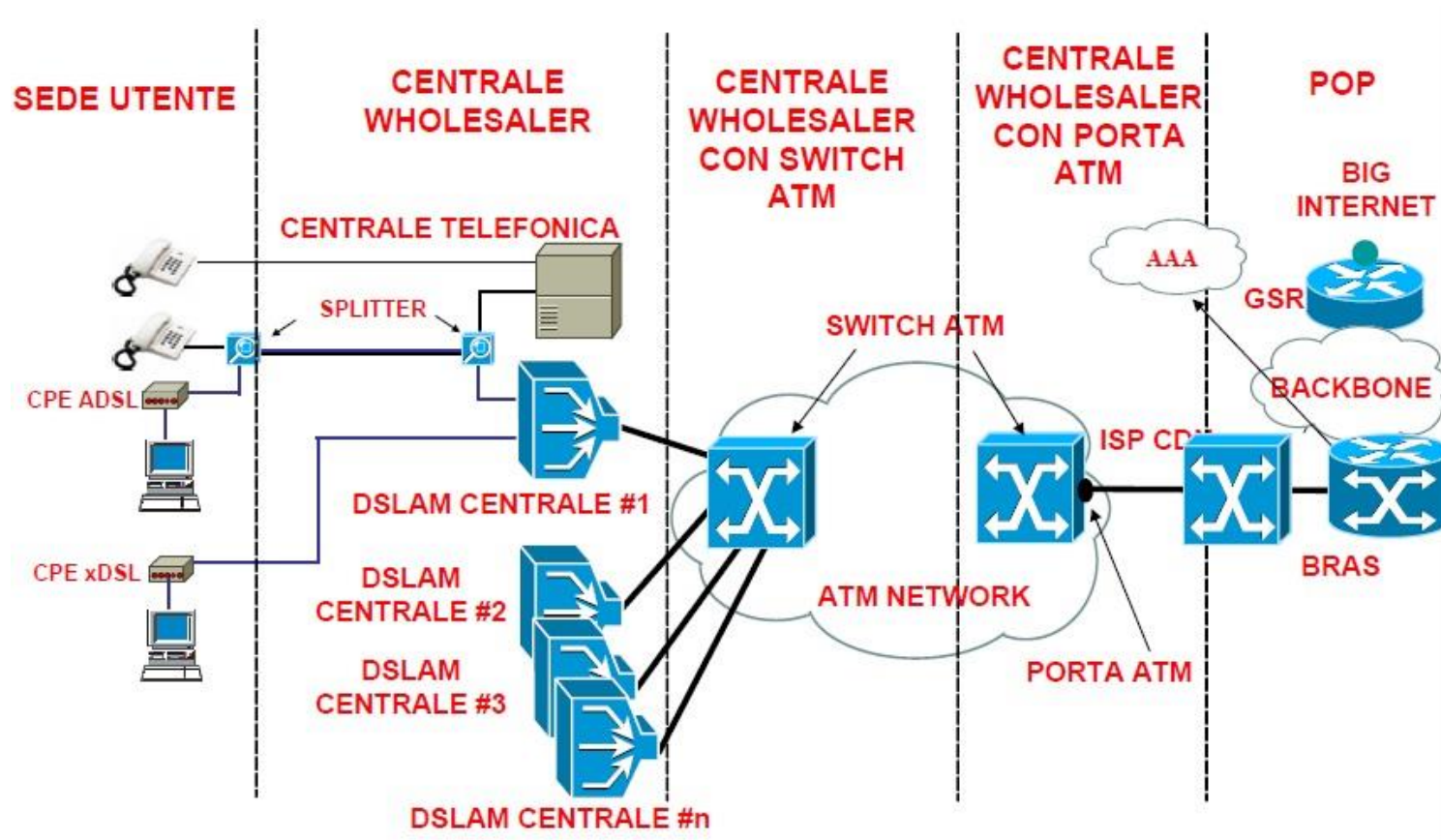
- ✓ Un OLO che ha sottoscritto il contratto SA e il contratto FA si deve predisporre con **una infrastruttura dedicata per ciascuna tipologia.**
- ✓ Le due tipologie differiscono per il fatto che nello SA l'OLO gestisce la sola Banda Dati mentre nel FA l'OLO gestisce tutta la Banda del doppino.

- ✓ L'ISP oltre a installare nella centrale di attestazione dei doppini i propri apparati di Telecomunicazioni, si dovrà preoccupare della gestione dei doppini e di realizzare le infrastrutture di rete necessarie alla raccolta del traffico di tutti gli utenti fisicamente attestati ai suoi apparati
- ✓ Dovrà collegare alla propria rete di Trasporto tutti gli apparati di telecomunicazione presenti nelle Centrali di attestazione dei doppini dove l'ISP ha acquistato spazio di co-locazione
- ✓ Può realizzare una rete di accesso ATM se si appoggia ancora a DSLAM con interfacce ATM o realizzare una rete di accesso IP se opta per degli IP DSLAM

- ✓ Termine inglese che riassume la possibilità per un ISP di acquistare all'ingrosso accessi xDSL e rivenderli al dettaglio
- ✓ Con questa modalità l'ISP non deve installare apparati di telecomunicazione nelle centrali di attestazione dei doppini e non deve realizzare infrastrutture di rete che colleghino il suo Backbone con le centrali dell'Incumbent
- ✓ Sfrutta infatti la rete e gli apparati (DSLAM per accessi xDSL) di un altro operatore presente nelle centrali di attestazione dei doppini xDSL

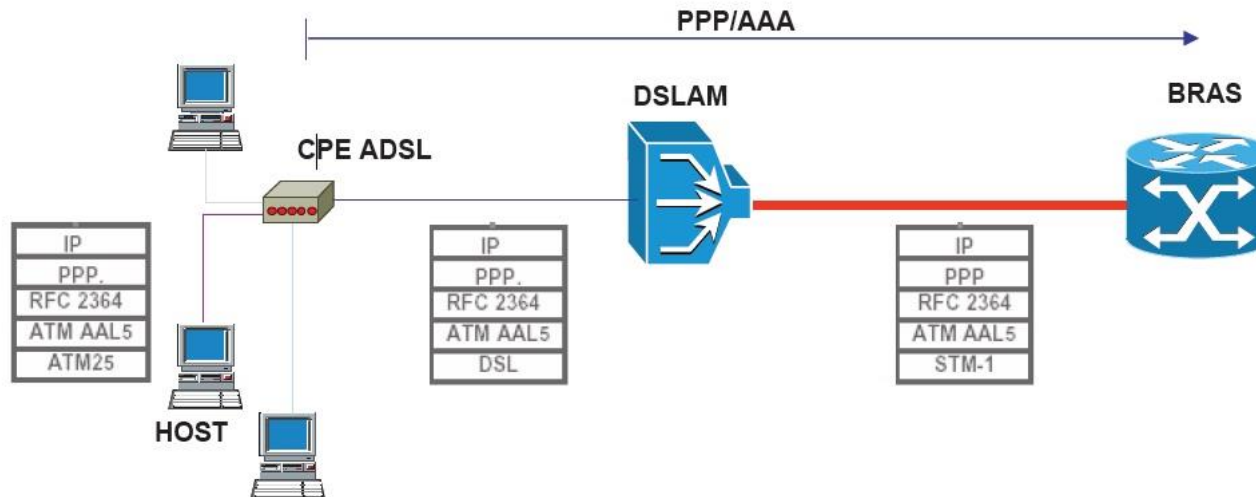
- ✓ L'operatore (Wholesaler) che offre gli accessi Wholesale all'ISP raccoglie per lui l'utenza finale di un'ampia zona geografica in un unico punto della sua Rete
- ✓ L'ISP si interconnette al Wholesaler in quel punto e raccoglie attraverso questo unico collegamento tutte le utenze finali xDSL
- ✓ La gestione delle utenze xDSL finali vengono remotizzate fino al PoP del ISP attraverso lo standard ATM (es. l'accesso ADSL del cliente "Mario Rossi" di "Milano" corrisponde alla coppia VP/VC consegnata dal Wholesaler in quel punto)
- ✓ Il cliente Finale non si accorge del Wholesaler in quanto ha rapporti contrattuali e di gestione solamente con l'ISP xDSL

- ✓ L'offerta ADSL Wholesale consiste nella suddivisione del territorio italiano in 79 aree geografiche, denominate AREE di RACCOLTA.
- ✓ Ciascuna Area di Raccolta è costituita da una rete di DSLAM presenti sulle centrali di attestazione dei doppi di quell'area coperte dal servizio ADSL.
- ✓ Ciascuna area è sottesa da uno switch ATM attraverso il quale è possibile realizzare l'Interconnessione a livello ATM con gli operatori aderenti al contratto ADSL Wholesale.
- ✓ Se un operatore non ha la possibilità di interconnettersi a tutte e 79 le Aree di Raccolta può su richiesta raccogliere il traffico di un Area di Raccolta senza interconnessione attraverso un'altra Area di Raccolta (evidentemente con Interconnessione).
- ✓ In quel caso deve corrispondere una canone di Trasporto Banda ATM



- ✓ Broadband Remote Access Server (B-RAS) funziona in maniera analoga al NAS per il Dial-up
- ✓ Si occupa di terminare i circuiti ATM della rete di transito che vi sono attestati (in caso di raccolta con rete di accesso ATM)
- ✓ Termina le sessioni PPP originate dai clienti
- ✓ Dialoga con i Radius Server per i servizi AAA
- ✓ Assegna gli IP agli utenti con indirizzo dinamico
- ✓ Si interfaccia con la rete di Backbone per l'instradamento del traffico degli utenti

- ✓ Il router del cliente instaura una sessione PPP verso il router di aggregazione e ottiene un IP Address mediante una negoziazione IPCP. Tutto il traffico proveniente dagli host dietro il router passa dentro la sessione PPP
- ✓ Le specifiche sono descritte nella RFC 2364



- ✓ La sessione PPP è originata direttamente dal Client sul PC o Workstation e in modalità Ethernet bridging trasportata sino all'apparato di aggregazione. La negoziazione PPP/IPCP viene infatti instaurata direttamente dalla Workstation connessa alla LAN
- ✓ Le specifiche sono descritte nella RFC 2516

