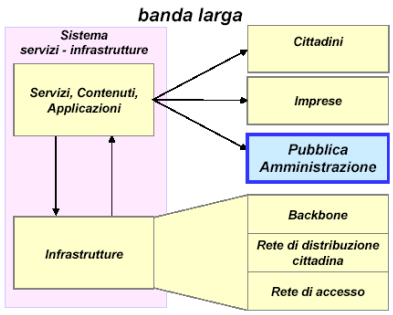
Le reti geografiche

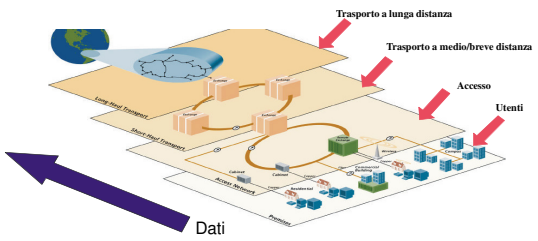
Le reti geografiche e i servizi



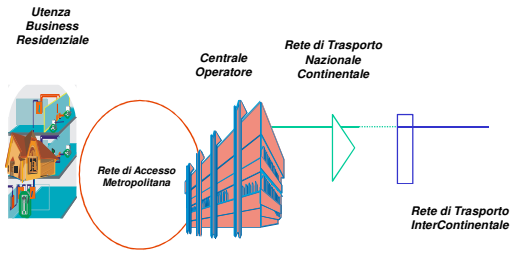
Le Reti metropolitane

GENERICA RETE DI TELECOMUNICAZIONI

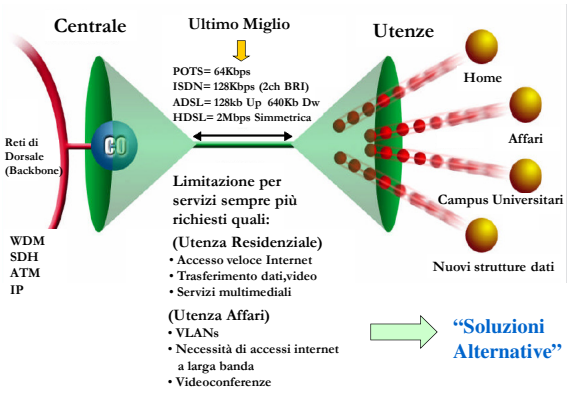
Strato fisico



Rete di Accesso e Trasporto



Il problema dell'ultimo miglio



Reti geografiche

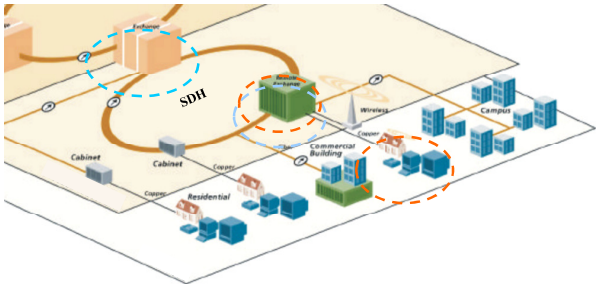
Da un punto di vista strutturale e tecnologico una generica rete di Telecomunicazioni può essere suddivisa in 3 livelli fondamentali:

1. Rete di trasporto a lunga distanza;
2. Rete di trasporto a medio/breve distanza;
3. Rete di accesso.

I primi due livelli sono caratterizzati da:

- elevatissima larghezza di banda
- lunghe distanze tra i nodi di rete;
- utilizzo della fibra ottica come supporto trasmissivo.

Rete di accesso



"Accesso primario": da Centrale di confine WAN a centrale di permutazione

"Accesso secondario": da centrale di permutazione all'utenza finale

Rete di accesso

L' accesso secondario (ultimo miglio) oggi consiste prevalentemente in:

- Cavi telefonici in rame, per servizi telefonici tradizionali (POTS),
- ISDN(Integrated Service Digital Network),
- xDSL(xDigital Subscriber Line)
- Cavi coassiali, per trasmissioni di TV via cavo

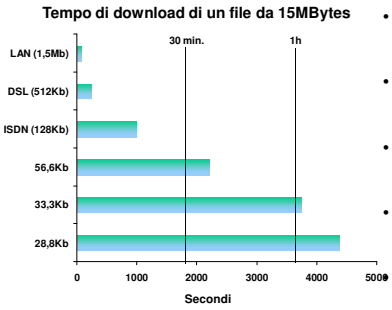
L'accesso primario, invece:

- Anelli in fibra con tecnologia SDH
- linee ottiche dedicate a 34 Mbps (E3)
- linee in rame dedicate a 2 Mbps (E1)

→ Connettono spesso le utenze affari di aree metropolitane ad "alta" concentrazione

Si assiste sempre più ad un aumento del traffico IP da e verso l'esterno, con possibile "congestione della rete di accesso"

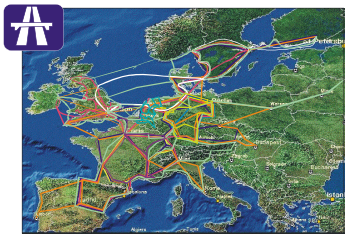
Velocità di trasmissione e "peso" dei servizi



15 MBytes sono:

- **0,8 secondi di trasmissione video non compressa**
- **31 minuti e 15 secondi di conversazione su rete fissa (ISDN)**
- **3 ore e 28 minuti di conversazione su rete mobile (GSM)**
- **3-5 brani di musica leggera compressi in Mp3**
- **93.750 SMS di 160 caratteri**

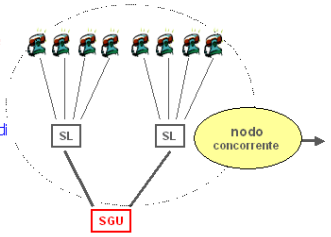
...in Europa sono state costruite Autostrade Ottiche...



- *Più di 17 M di km di fibra posata in Europa tra il 1998 e il 2002 (KMI Dic. 2001)*
- *Più di 25 carriers hanno realizzato dorsali ottiche*
  - *per la maggior parte tra le stesse città principali*
- *Il prezzo di fibra Dark tra queste città è calato sensibilmente*

Rete di Telecom Italia

- 28 mil.ni di linee
- 104 mil.ni di km di coppie in rame
- 415.789 di km di fibra ottica
- 10.400 centrali

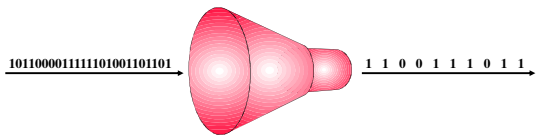


Il concorrente acquista servizi di unbundling del local loop: affitta da Telecom Italia solo l'ultimo miglio

Quando la banda non basta

La compressione dei segnali

- **Segnale vocale: da 64 kbit/s a meno di 10 kbit/s**
  - **GSM half-rate: 6,5 kbit/s**
  - **G.729A codec: 8 kbit/s (usato per Voice over IP)**
  - **GSM full-rate: 13 kbit/s**
- **Segnale video: da oltre 100 Mbit/s a meno di 1 Mbit/s**
  - **MPEG4 (videocomunicazione): 64-500 kbit/s**
  - **MPEG1 (qualità VCR): 1,5 Mbit/s**
  - **MPEG2 (qualità DVD): 2-6 Mbit/s**



Rete di Accesso o

MAN (Metropolitan Area Network)

Una MAN è una tipologia di rete relativamente recente e pertanto non esistono standard definiti ed univoci per la sua costruzione.
Ci sono 3 importanti caratteristiche che discriminano le MAN dalle LAN e dalle WAN:

1. La dimensione della rete cade tra quella di una LAN e quella di una WAN. Una MAN tipicamente copre un'area tra 5 e 50 Km. di diametro. Molte MAN coprono un'area delle dimensioni di una città, sebbene in alcuni casi possono essere piccole da interessare un limitato gruppo di edifici o grandi da interessare una intera regione.
2. Di solito le MAN non sono possedute dagli stessi operatori che gestiscono le WAN.
3. E' una rete ad alta velocità che consente agli utenti connessi di condividere risorse regionali fornendo inoltre connessioni condivise ad altre reti attraverso collegamenti alla WAN.

Rete di Accesso o
MAN (Metropolitan Area Network)

La MAN può essere a sua volta suddivisa in 2 parti:

1. Il Backbone;
2. La Rete di Accesso.

Il livello di backbone è caratterizzati da:

- eleva larghezza di banda;
- brevi/medie distanze tra i nodi di rete;
- utilizzo della fibra ottica come supporto trasmissivo.

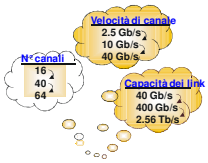
A sua volta la Rete di Accesso può essere ulteriormente suddivisa in:

1. Ultimo miglio (local loop) con l'accesso all'edificio (building);
2. Montante verticale di edificio;
3. Distribuzione orizzontale all'utente.

La Rete di Accesso è caratterizzata dall'utilizzo di tecnologie quali la fibra ottica, il rame, collegamenti wireless radio ed ottici, collegamenti power line.

Consideriamo in primo luogo la rete a lunga distanza….

La rete a lunga distanza utilizza come supporto trasmissivo la fibra ottica



DWDM *e* ***SDH*** *sono le tecnologie di trasporto più comunemente utilizzate*

Vi è un limitato numero di rigeneratori

Una infrastruttura a lunga distanza in fibra ottica deve supportare:

- ***Bassi costi per bit oggi***
- ***Espansioni della tecnologia domani***

Le strade di Accesso devono ancora essere costruite...



Quasi tutti gli operatori Pan Europei hanno concluso o comunque interrotto la realizzazione delle reti…



Molte reti nelle città primarie non sono state completate…

Non esistono reti nella maggior parte delle città secondarie o comunque non sono collegate alle dorsali…

…vi è una forte necessità di sviluppare le reti Metropolitane collegandole alle dorsali.



Qual'è la migliore soluzione per le Reti Metropolitane?

Requisiti per una Rete Metropolitana …

Deve essere in grado di interconnettersi alle reti di backbone ad alta velocità



Deve essere in grado di interoperare con le risorse esistenti nella rete cittadina

Deve essere flessibile e facilmente espandibile



La costruzione deve arrecare il minor disagio possibile

Come possono le MAN rispondere a questi requisiti??

Il progetto di una rete Metropolitana

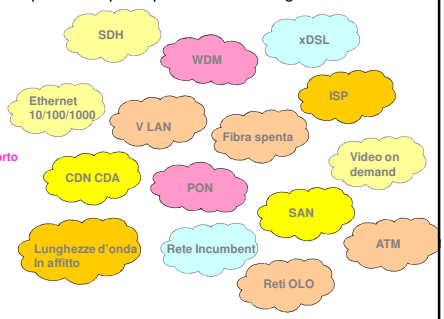
è molto più complicato di quello per una rete a lunga distanza



Molte tecnologie di trasporto

Vasta gamma di servizi

Differenti tipi di reti



Le Reti Metropolitane devono essere molto flessibili

Architetture di accesso

- Le architetture di accesso a banda larga più utilizzate sono basate utilizzando:
  - La **rete di accesso telefonica in rame** (doppino telefonico) attraverso le tecnologie xDSL;
  - I **collegamenti in fibra** fino alla sede del cliente o fino all'edificio (architetture FFTH, FTTB,…)
  - L'utilizzo di **frequenze radio**.
  - Le tecnologie di comunicazione via satellite (anche se si tratta di una tecnologia utilizzata per molte situazioni)

Architetture di trasporto

- Le architetture di trasporto sono state suddivise in due gruppi:
  - Trasmissione
  - commutazione.

- **Tecnologie trasmissive:**
- Le principali tecnologie di trasporto utilizzate oggi per la larga banda sono:
  - Per i sistemi a divisione di tempo:
    - **PDH** (Plesiouchronous Digital Hierachy)
    - **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy) per la realizzazione di Time Division Multiplexing (TDM);
  - Per i sistemi di trasmissione interamente ottici:
    - **DWDM** (Dense Wavelenght Domain Multiplexing): sistemi di multipalzione a lunghezza d'onda

- **Tecnologie di commutazione**:
  - sistemi a commutazione di cella **ATM**;
  - sistemi a commutazione di pacchetto

xDSL

Modem analogici



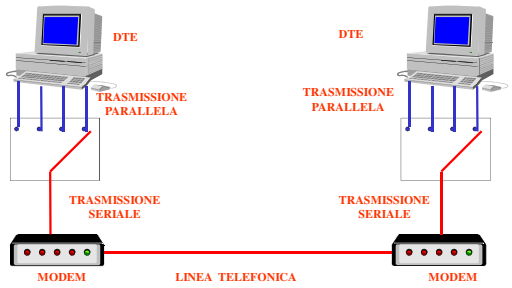
- Il canale telefonico ha una banda di circa 3,3 KHz (tra 300 Hz e 3.400 Hz).
- I modem utilizzano tale banda per trasmettere i dati tra due computer; perciò essi sono collegati alla rete telefonica tradizionale e sfruttano la stessa banda utilizzata dal segnale telefonica.
- Il funzionamento dei modem è basato sulla formula della capacità di canale di Shannon (1948):

$$C = W \log_2 (1 + S/N)$$

dove:

- C = massima velocità in bit/sec
- W = banda del sistema di trasmissione
- S/N = rapporto tra la potenza del segnale (S) e quella del rumore (N).

- **Modem (Modulatore - DEModulatore) : permette il collegamento tra due computer mediante una linea telefonica**
- **Il modem converte i dati digitali (0 e 1) contenuti nell'interno di un calcolatore in segnali adatti per essere trasmessi su una linea di trasmissione**

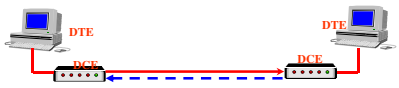


Tipi di collegamento con un modem

Collegamento simplex : la trasmissione può avvenire solo in un senso



Collegamento half-duplex : la trasmissione può avvenire nei due sensi, ma in tempi diversi



Collegamento full-duplex : la trasmissione può avvenire nei due sens nello stesso tempo



Velocità di trasmissione

- La velocità di trasmissione viene espressa in **baud/s**, che indica il numero di simboli trasmessi in 1 secondo.
- Indicando con q il numero di simboli utilizzati dal modem e con r la velocità in baud/sec, la velocità R in bit/sec può essere calcolato dalla velocità in baud/sec mediante la formula :

$$R = r \log_2 q$$

ESEMPIO

- **Il modem utilizza 16 simboli e ha una velocità r=6000 baud/sec . La velocità in bit/sec è R=24.000 bit/sec.**

Caratteristiche tecniche dei modem

I principali parametri che caratterizzono un modem sono:

- **la velocità di trasmissione:** attualmente sono disponibili dispositivi la cui velocità varia da 14.400 bit/sec a 56 kbit/sec;
- **tipi di linea di comunicazione:** attualmente i modem possono essere utilizzati con vari tipi di linea (linea commutata analogica, linea dedicata analogica o digitale, ISDN,…);
- **correzione degli errori:** molti modem utilizzano tecniche per la correzione degli errori introdotti dal canale di comunicazione.
- **compressione dei dati**: molti modem utilizzano tecniche per la compressione dei dati in modo da aumentare la velocità effettiva di trasmissione;
- **fax:** in molti casi è possibile trasmettere mediante il modem anche fax.

Normative sui modem

- **Le normative europee sui modem sono emanate dal CCITT e appartengono alla serie V. Le normative variano con la velocità di trasmissione del modem.**
- **Normative sulle caratteristiche elettriche del collegamento tra DTE e DCE :**
  - **in Europa sono fornite dalle norme CCITT V.24 e V.28**
  - **negli USA sono fornite dalla norma RS-232-C; le due normative sono praticamente equivalenti.**



Protocolli per il controllo degli errori

- *I modem delle ultime generazioni includono tecniche per il controllo degli errori, che consentono di correggere gli errori introdotti dal canale di comunicazione.*
- **Protocolli per il controllo degli errori nei modem**
  - **MNP (Microcom Networking Protocol)**, sviluppati da Microcom Systems Inc. Sono stati definiti 4 classi di protocolli, noti con le sigle **MNP-1, MNP-2, MNP-3, MNP-4**; tuttavia il primo tipo di protocollo è ormai superato e non viene più utilizzato.
  - **V.42** - Questo standard CCITT incorpora un protocollo per il controllo degli errori, noto con il nome di **LAPM (link Access Procedure for Modems)**, che offre prestazioni superiori ai protocolli MNP (da 1 a 4). Per garantire una completa compatibilità dei modem V.42 con quelli che utilizzano MNP, *V.42 include come alternativa i protocolli MNP-2, MNP-3 e MNP-4*.

Protocolli per la compressione dei dati

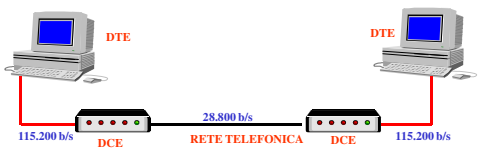
- *I protocolli per la compressione dei dati riducono la quantità di dati necessari per trasmettere un file o un segnale. Il loro effetto è di aumentare la velocità per l'utente.*
- **Protocolli per la compressione utilizzati nei modem**
  - **MNP-5 (Microm Networking Protocol classe 5).** Questo protocollo viene utilizzato su tutti i modem con i protocolli MNP-4, poiché MNP-5 necessita di MNP-4. *MNP-5 offre un rapporto di compressione massimo uguale a 2* e quindi riduce il numero di bit necessari a trasmettere una sequenza di dati a metà nelle condizioni ottimali.
  - **V.42 bis**. Questo standard include un protocollo di compressione, che offre in generale guadagni superiori rispetto a MNP-5 . Per operare *V.42 bis richiede l'algoritmo di correzione degli errori V.42* .Per la compressione dei dati utilizza una variante dell'algoritmo di Lempel-Ziv sviluppato da British Telecom e perciò spesso indicato con la sigla **BTLZ (British Telecom Lempel-Ziv)**. Il rapporto di compressione effettivo può variare in modo significativo con l'implementazione e il disegno del modem: per cui modem diversi costruito seguendo le norme V.42 bis, pur essendo compatibili, possono avere prestazioni diverse. *Per consentire la compatibilità dei modem che utilizzano V.42 bis con quelli che utilizzano MNP-5, molti modem includono, oltre a V.42 bis, anche l'algoritmo MNP-5.*

Prestazioni di un modem con compressione

- Il rapporto di compressione dipende dalla sequenza trasmessa, per cui il valore massimo viene raggiunto solo in certe situazioni. La velocità di trasmissione dipende perciò dalla sequenza trasmessa.

ESEMPIO

- Un modem con velocità di trasmissione di 28.800 bit/sec sulla linea di comunicazione e con un rapporto di compressione uguale a 4 fornisce all'utente (DTE) una velocità di 115.200 bit/sec= 4x28.800 bit/sec



Standard CCITT sui modem

Raccomandazione CCITT	Velocità (bit/sec)
V.21	300
V.22	1.200
V.22 bis	2.400
V.23	1.200
V.26	1.200
V.26 bis	2.400
V.26 ter	2.400
V.27	4.800
V.29	9.600
V.32	9.600
V.32 bis	14.400
V.32 terbo*	19.200
V.34	28.800
V.34 extension	33.600
V.Fast**	28.800

- **V.32 :** sistema non standard AT&T con proprietà simili a V.32
- **V.Fast :** sistema non standard Rockwell basato su una versione non-standardizzata di V.34.

- **Modem V.90 : 56 Kb/s**

Storia xDSL

- Alla fine degli anni 80, la società telefonica statunitense Bellcore concepì una nuova tecnologia di trasmissione a larga banda in grado di utilizzare le normali linee telefoniche per trasmettere video ,immagini e dati a velocità superiori al milione di bit per secondo (Mbps),con l'obiettivo principale di risolvere il problema delle comunicazioni ad alta velocità sull' ultimo miglio .
- La tecnologia asimmetrica, basata su modem in grado di ricevere con velocità fino a 1.5Mbps e di trasmettere a 16 o 64 Kbps.
- L' asimmetria delle velocità permetteva a questi modem di operare su distanze molto maggiori rispetto a modem simmetrici, grazie alla possibilità di ridurre le interferenze tra il canale di ricezione e quello di trasmissione. Questa nuova tecnologia Asymmetric Digital Subscriber Line che significa appunto "linea digitale asimmetrica per collegare abbonati alle centrali telefoniche".

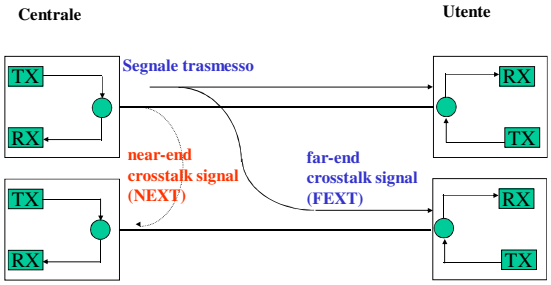
DSL (Digital Subscriber Line)

- DSL non si riferisce a una linea fisica, ma a una coppia di modem.
- Una coppia di modem DSL realizza linea di utente digitale (digital subscriber line) a una velocità di 160 Kb/s su fili di rame per una distanza di circa 5,5 Km.
- Modem DSL utilizzano la banda del doppini telefonico fino a circa 80 KHz, per cui non è possibile la trasmissione simultanea del segnale telefonico.

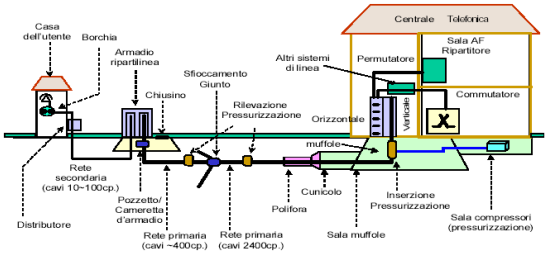


- DSL è nata con ISDN e utilizza 2 x 64 Kb/s + 16 Kb/s

Crosstalk



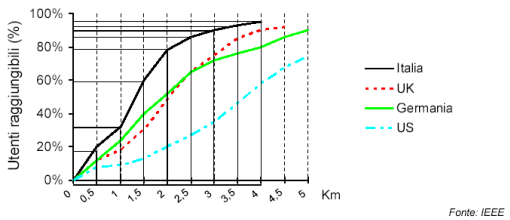
Schema rete accesso in doppino telefonico



- **Rete di accesso primaria**: tra centrale e armadio ripartitore, formata da cavi con capacità di centinaia di coppie;
- **Rete di accesso secondaria**: tra armadio ripartitore e distributore, formata da cavi con decine di coppie;
- **Raccordo cliente o cablaggio verticale**: tra distributore e borchia di accesso.
- La rete è realizzata principalmente con cavi posati in tubazioni od interrati o, ove sussistano particolari necessità, su palificazione.

Distanza degli utenti dalla centrale

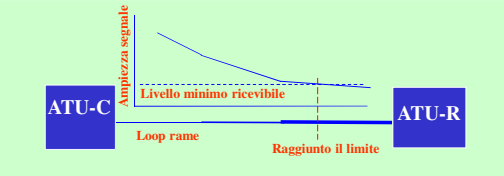
- Nella figura viene mostrata la distribuzione degli utenti collegati in doppino telefonico con una distanza inferiore ai valori riporttai sulle ascisse.



Fonte: IEEE

- L'Italia è in una posizione ottima perché molti utenti sono a distanze piccole dalle centrali locali.

Il problema principale : limite di distanza di xDSL



- La massima distanza dipende dal rumore e dalla velocità

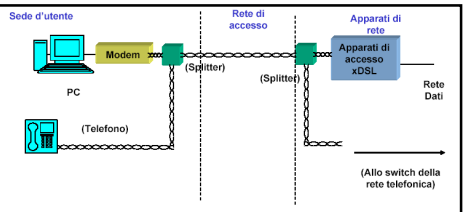
Tecnologie xDSL

- Con l'acronimo xDSL x Digital Subscriber Line) viene indicata l'insieme delle tecnologie sviluppate a partire dagli anni '70 per permettere la trasmissione digitale su uno o più doppini telefonici sfruttando le caratteristiche trasmissive del mezzo.
- All'interno della famiglia la x viene sostituita da una o più lettere che caratterizzano le singole tecnologie (ADSL, HDSL, VDSL, etc.).
- Lo sviluppo delle tecnologie xDSL è storicamente iniziato per permettere la multiplazione di più segnali di fonia su un singolo doppino, ed ha portato allo sviluppo di tecnologie che permettono di **riutilizzare la rete in rame come sistema di accesso a banda larga**.
- Le tecnologie xDSL si differenziano per vari fattori tecnici (potenza del segnale, banda occupata, tipo di modulazione) che portano a un impiego differenziato a seconda di :
  - Velocità massima di trasmissione;
  - Distanza massima su doppino;
  - Tecniche di distribuzione delle frequenze su doppini;
  - Tipologia di clientela target.

Concetti generali delle tecnologie xDSL

- Le tecnologie xDSL molto vantaggiose in quanto il doppino telefonico esiste già in tutti gli ambienti e quindi è possibile consentire la trasmissione dati a velocità medio-alte senza dover cablare nuovamente gli ambienti e quindi a basso costo.
- Esistono diverse tecnologie xDSL che si differenziano per le applicazioni e per la velocità dei collegamenti.
- La prima tecnologia xDSL è stata ISDN.
- Tecnologie molto interessanti oggi per le imprese sono ADSL e HDSL

Schema xDSL



- Le tecnologie xDSL permettono genericamente la **trasmissione digitale ad alta velocità** su uno o più doppini.
- A seconda della specifica tecnologia può essere possibile utilizzare lo stesso doppino per il trasporto della fonia analogica tradizionale. Nella figura le componenti utilizzate solo in caso di trasporto della fonia sullo stesso doppino sono segnate tra parentesi.
- In generale le tecnologie xDSL prevedono l'introduzione di un apparato di modulazione (modem xDSL) in sede di utente e di un apparato equivalente all'interno dell'infrastruttura di rete.

Tecnologie xDSL

- **La banda fruibile** attraverso la tecnologia DSL è **inversamente proporzionale alla distanza** tra la sede d'utente e la centrale in cui è presente l'apparato di accesso, cioè alla lunghezza del doppino telefonico, e **direttamente proporzionale al diametro del doppino** utilizzato.
- Tutte le tecnologie xDSL presentano una distanza massima oltre la quale il servizio non può essere fornito.
- Esempio:
  - Per la tecnologia ADSL la banda verso l'utente (con doppino da 0,4 mm) può essere di 6.1 Mbit/s a 2,7 Km o di 1,5-2 Mbit/s a 4,6 Km (fonte DSL Forum).

Le principali tecnologie xDSL

- **DSL (Digital Subscriber Line):** velocità di trasmissione 160Kbit/s simmetrica (uguale nei due sensi);
- **HDSL (High bit-rate DSL) :** velocità di trasmissione simmetrica 2Mbit/s;
- **ADSL (Asymmetric DSL) :** è una tecnologia asimmetrica poiché la velocità di trasmissione dal provider verso l'utente (downstream) è superiore a quella dall'utente verso il provider (upstream); ADSL consente velocità di trasmissione fino a 8 Mbit/s in downlink e 1 Mbit/s in uplink.
- **VDSL (Very high bit-rate DSL):** velocità di trasmissione asimmetrica di 52, 26 o 13Mbit/s nel downlink e 2Mbit/s nell'uplink.

Principali tecnologie xDSL

Tecnologia	Doppini utilizzati per accesso	Banda Fonica disponibile	Velocità massime (Mb/s) (1)								Distanza massima raggiungibile	Maturità
			0,5 Km		1 km		2 km		3 km			
			d	u	d	u	d	u	d	u		
HDSL	2-3	N	2	2	2	2	2	2	2	2	4 Km	standard commercializzato/ fine ciclo di vita
SHDSL	1	N	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	6 km	standard /inizio commercializzazione
ADSL	1	S	8	1	7,4	1	6,2	1	5,5	1	6 km	standard commercializzato
ADSL+	1	S	14,5	1	13	1	10	1	5,9	1	6 km	in standardizzazione
VDSL	1	S	22	10	15	4,2	3,5	0,5	0	0	2-3 Km	standard sperimentazione

(1) Considerando un cavo 24 AWG senza interferenze esterne

Fonte: Elaborazione Between

- d = downlink
- u = uplink

ISDN

ISDN
(Integrated Service Digital Network)

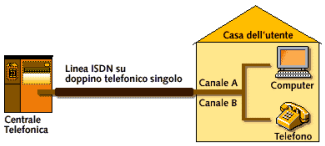
- La rete telefonica tradizionale è tipo analogica e quindi non adatta a trasmettere i dati e i segnali digitali.
- Per questo motivo negli anni ’60 si inizio a progettare una rete telefonica digitale capace di trasmettere contemporaneamente voce e dati.
- Questa rete venne chiamata ISDN (*Integrated Services Digital Network*) e rappresenta la prima rete in grado di integrare diversi servizi (voce, dati, immagini) su uno stesso canale di comunicazione.
- ISDN utilizza una tecnica a commutazione di circuito e, da un punto di vista concettuale, ha una struttura molto simile alla rete telefonica classica.
- *ISDN utilizza perciò il concetto di linea commutata e quindi il costo è legato al tempo di collegamento*

ISDN
(Integrated Service Digital Network)

Con l'avvento delle comunicazioni digitali si è rese necessaria la realizzazione rete in grado di trasmettere nello stesso tempo voce e dati. La rete venne chiamata ISDN (*Integrated Services Digital Network*) e doveva consentire per la prima volta l'integrazione di diversi servizi (voce, dati, immagini) su uno stesso canale di comunicazione. Altre caratteristiche importanti di ISDN sono:

- la segnalazione necessaria per il collegamento viene effettuata su un canale separato a quello in cui avviene la trasmissione dei dati informativi;
- l'utente può utilizzare velocità tra 64 Kbps e 2 Mbps;
- la tariffazione della rete ISDN è analoga a quella della rete telefonica, per cui può essere utilizzata anche dal singolo cittadino senza oneri troppo gravosi.

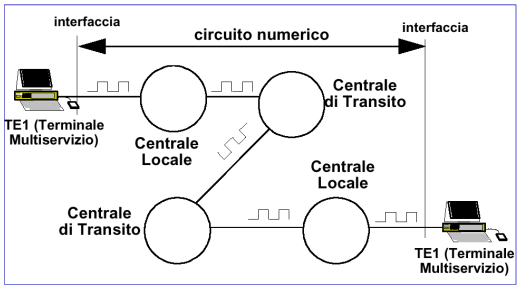
ISDN



- Una sola linea ISDN mette a disposizione due linee telefoniche digitali, grazie alle quali é possibile effettuare contemporaneamente due comunicazioni.
- Queste si differenziano dalle tradizionali linee telefoniche analogiche: si tratta, infatti, di due canali digitali a 64 Kbit al secondo (detti **canali B**), utilizzabili sia per le comuni conversazioni telefoniche che per il trasferimento dei dati. Oltre ai canali B, ISDN fornisce un altro canale digitale a 16 kbit/s (detto **canale D**) impiegato per comunicazioni "di servizio".
- Con una linea ISDN é possibile comunicare liberamente con un qualsiasi abbonato della rete telefonica tradizionale fissa o mobile ed usufruire delle forme di comunicazione (quali ad esempio la videocomunicazione ed il fax G4) effettuabili solo con un altro abbonato ISDN.

Rete digitale ISDN

La linea analogica d'utente viene sostituita con una linea numerica spesso indicata come *Digital Subscriber Line* - DSL.
Ovviamente, anche il sistema di segnalazione è più complesso rispetto a quello classico della rete telefonica.



Canali ISDN

La rete ISDN utilizza una tecnica a commutazione di circuito e, da un punto di vista concettuale, ha una struttura molto simile alla rete telefonica classica. L'utente può accedere alla rete con diverse velocità a seconda delle esigenze e dei servizi che vuole realizzare.

La rete ISDN presenta due tipi di canali:

CANALI DI TIPO 'B': sono a 64 kbit/s e generalmente utilizzati per trasmettere informazioni numeriche (voce, dati, …);

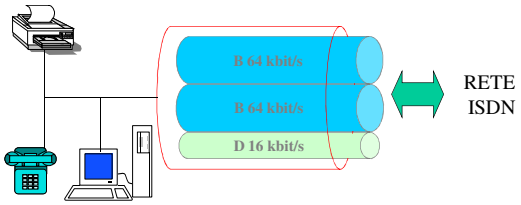
CANALI DI TIPO 'D' sono a 16 kbit/s e vengono generalmente impiegati per trasmettere i segnali di controllo; tuttavia possono essere utilizzati anche per trasmettere informazioni numeriche che non richiedano alte velocità.

Accessi ISDN

Il CCITT ha standardizzato due modalità di accesso alla rete ISDN:

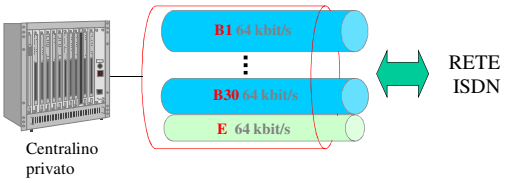
Accesso base (S0)

L'accesso base è costituito da 2 canali di tipo B per il traffico dati a 64 Kbps ed un canale di tipo D per la segnalazione a 16 Kbps



Accesso primario (S2)

L'accesso primario è costituito da due canali per la trasmissione di due trame PCM ed un canale di tipo E (detto anche di tipo D perché svolge le stesse sue funzioni) a 64 Kbps per la segnalazione. Di conseguenza per i Paesi che adottano PCM a 2 Mbps (E1) l'accesso primario è formato da 30B+D, mentre nei Paesi in cui il PCM è a 1.5 Mbps (T1) l'accesso primario è formato da 23B+D

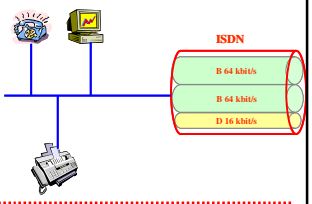


Accessi ISDN

Accesso base

L'accesso base (S0), che rappresenta la configurazione minima fornita all'utente è composta da:

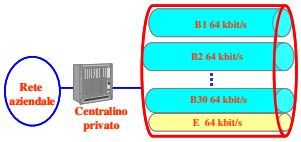
- *2 canali da 64 Kb/s (canali B)*
- *1 canale a 16 Kb/s (canale D) e che generalmente viene utilizzato per la segnalazione della rete.*



Accesso primario

L'accesso primario (S2) consente una velocità di 2 Mb/s ed è composto:

- *30 canali da 64 Kb/s (canali B)*
- *1 canale a 64 Kb/s (canale E) e che generalmente viene utilizzato per la segnalazione della rete.*



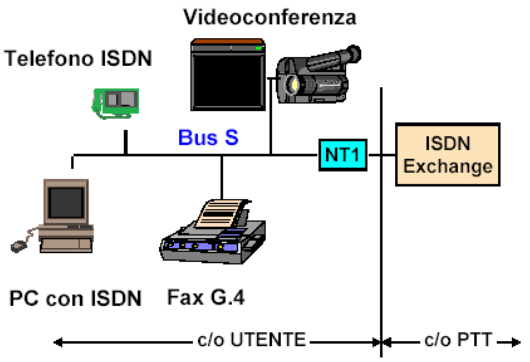
Altri possibili accessi ISDN

L'utente, può richiedere l'utilizzo di varie combinazioni di canali B, detti canali H, ottenendo velocità di trasmissione diverse tra loro:

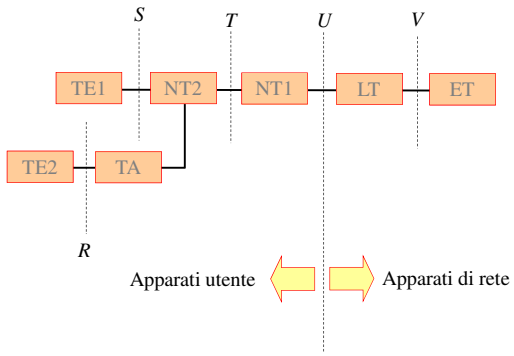
H_0: costituito da 6 canali B per un totale di 384 Kbps;
H_{10}: costituito da 23 canali B per un totale di 1472 Kbps;
H_{11}: costituito da 24 canali B per un totale di 1536 Kbps;
H_{12}: costituito da 30 canali B per un totale di 1920 Kbps;
H_{21}: costituito da 512 canali B per un totale di 32 Mbps;
H_{22}: costituito da 690 canali B per un totale di 44 Mbps;
H_4 : costituito da 2112 canali B per un totale di 153 Mbps

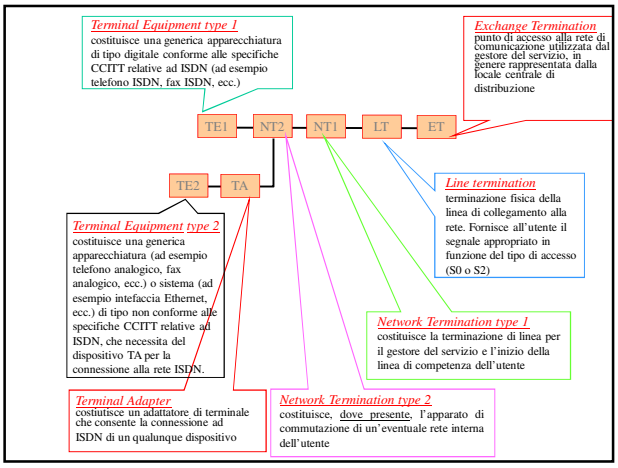
Alla stessa linea ISDN possono essere connesse fino ad otto diverse apparecchiature (telefono, computer, fax, …) e ad ognuna può essere assegnato, se necessario, un diverso numero di telefono.

ISDN



Connessione ISDN

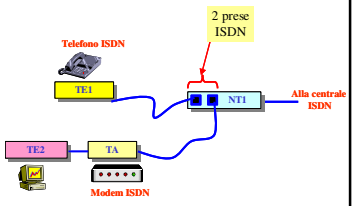




Collegamento a ISDN

Schema del collegamento a ISDN

- Lo schema del collegamento di un terminale a ISDN è mostrato nella figura.
- Possono essere collegati sia terminali nati per ISDN, sia terminali non ISDN (in questo caso è necessario un adattatore di terminale indicato con TA)

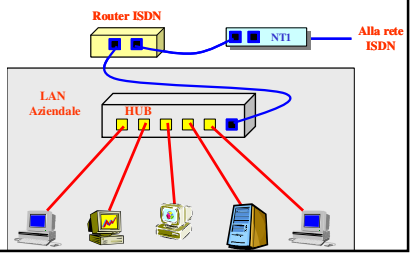


- NT1 indica la fine della linea di centrale e l'inizio della linea di utente. Generalmente è una borchia con due prese ISDN.
- TE1 indica un apparato digitale conforme alle specifiche ISDN e quindi adatto alla linea ISDN (esempio: telefono ISDN, fax per ISDN,…)
- TE2 indica un dispositivo non conforme alle specifiche ISDN (ad esempio un telefono analogico, un fax analogico, un PC,…)
- TA indica un adattatore di terminale che serve ad adattare i segnali provenienti da un terminale non ISDN a ISDN.

Collegamento di una rete aziendale a ISDN

- ISDN può essere utilizzato per collegare una rete aziendale a Internet o a qualunque altra rete geografica (ad esempio la rete aziendale di una sede con un'altra sede)
- In questo caso occorre fare attenzione ai costi, perché ISDN utilizza una linea commutata e il costo varia con il tempo di utilizzo (spesso è difficile preventivare a priori la spesa, può diventare facilmente superiore a quanto preventivato).

Collegamento di una rete locale aziendale a ISDN

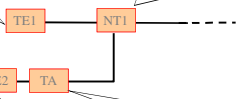


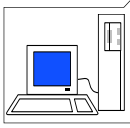
ESEMPIO



Telefono ISDN

Borchia installata dal gestore (es. Telecom).
Solitamente questa borchia dispone di due prese ISDN e due prese analogiche, in questo modo è possibile continuare ad utilizzare sia nuovi apparecchi digitali, come appunto il modem ISDN, che i vecchi apparecchi analogici, come telefoni, fax e modem tradizionali.





PC collegato in rete tramite ISDN



Modem ISDN. Connessione al computer tramite USB

ESEMPIO

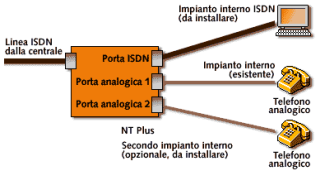
Router Cisco 700



3Com ISDN LAN modem

Schema di riferimento ISDN
La terminazione NT1+ o NT1 Plus

- La terminazione NT1 Plus é una variante della terminazione NT1 che fornisce all'utente non solo l'accesso digitale S, ma ingloba anche un TA che fornisce due accessi analogici per poter connettere telefoni, modem e fax analogici.
- La terminazione NT1 Plus presenta, infatti, oltre alle due prese con interfaccia S, anche due prese dotate di una particolare interfaccia (**interfaccia a/b**), adatta proprio a connettere i terminali analogici.



Collegamenti mediante NT1 o NT1 plus

Collegamento dei terminali ISDN a NT1 o NT1 Plus

- Le terminazioni di rete NT1 e NT1 Plus offrono due prese ISDN per il collegamento di due terminali ISDN.
- **La distanza massima tra terminale e terminazione non può superare i 5 metri**.
- Il collegamento prevede l'utilizzo di un connettore standard **RJ45**.

Collegamento dei terminali analogici a NT1 Plus

- La terminazione di rete NT1 Plus offre due prese con interfaccia analogica a/b.
- Il collegamento utilizza cavo e connettori **RJ11** generalmente utilizzato nei cavi di collegamento alla rete telefonica.
- **Non collegare i terminali analogici alle prese ISDN, anche se la spina di questi terminali (RJ11) può entrare nella presa ISDN (RJ45)**.
- La distanza massima raggiungibile é 100 metri.

Terminali di tipo NT1 e NT2

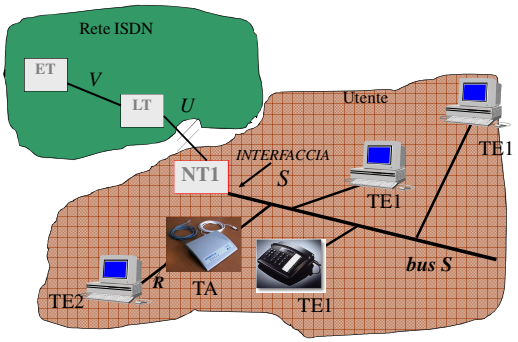
- **NT1** (Network Terminating Device di tipo 1) rappresenta il dispositivo per garantire l'accesso di utente a ISDN.
- Può supportare fino ad 8 dispositivi ISDN (telefoni, terminali, allarmi, etc.).

- **NT2** (Network Terminating Device di tipo 1) garantisce il collegamento di un maggior numero di terminali rispetto a NT1. E' un vero centralino (PBX, Private Branch eXchange) ISDN

Cablaggio interno a più punti (bus S)

- Per collegare più di due terminali ISDN oppure per poter collegare un terminale che dista più di 5 metri dalla terminazione di rete é necessario installare una semplice rete interna, denominata **bus S**.
- Per il bus S é necessario usare cavi a coppie simmetriche: si può utilizzare, ad esempio, un comune cavo LAN a quattro coppie. Per le prese invece sono necessari connettori RJ45 femmina.
- La lunghezza massima della linea tra la terminazione di rete e l'ultima presa ISDN di un bus S dipende dal cavo utilizzato, nella maggior parte dei casi sono possibile lunghezza fino a 200 metri.
- Sul bus S possono essere installate delle prese ISDN che consentono la connessione contemporanea di più terminali ISDN (al massimo 8, di cui al massimo 4 telealimentati dalla terminazione stessa).

Accesso base (S0) punto-multipunto



La somma dei canali 2B+D insieme ad altre funzioni di interfaccia utente-rete necessarie per la gestione dell'accesso base, portano la capacità totale della connessione per l'accesso base a 192 Kbps.

Accesso base (S0) punto-multipunto

La lunghezza del bus S/T (o bus S) può cambiare al variare della distanza e collocazione dei terminali a cui deve corrispondere un'opportuna configurazione dell'NT (o NT1). Sono previste le sequenti configurazioni:

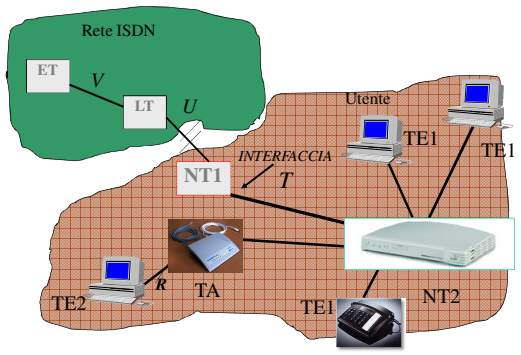
• bus S passivo corto: unica linea di lunghezza massima 200 metri con al massimo 8 terminali distanti fino a 10 metri dal bus stesso;

• bus passivo corto a Y: due linee partenti dall'NT con lunghezza massima di 100 metri ed un numero massimo complessivo di 8 terminali fino a 10 metri di distanza;

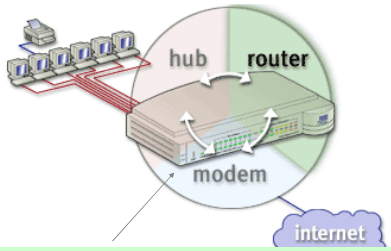
• bus passivo esteso: unica linea di lunghezza massima 450 metri con al massimo 4 terminali entro gli ultimi 40 metri della stessa.

In questa configurazione la comunicazione avviene solo fra NT1 e TE, i TE non possono dialogare fra loro.

Accesso base (S0) punto-punto

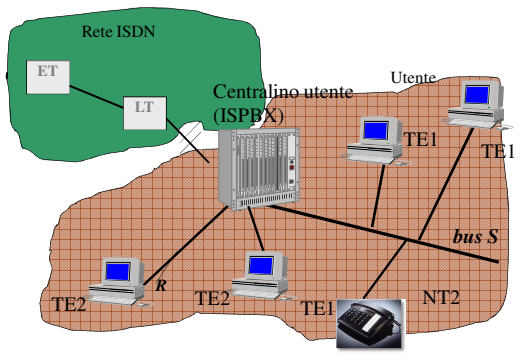


LAN + internet tramite ISDN
esempio



Opera come TA nei confronti dei vari terminali, realizza una LAN come hub, permette l'accesso condiviso alla WAN tramite ISDN

Accesso primario (S2)



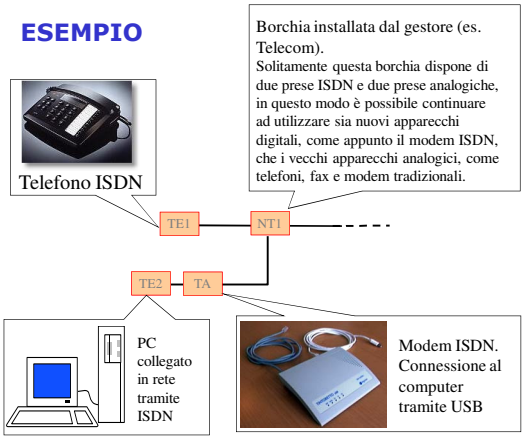
Altri possibili accessi ISDN

L'utente, può richiedere l'utilizzo di varie combinazioni di canali B, detti canali H, ottenendo velocità di trasmissione diverse tra loro:

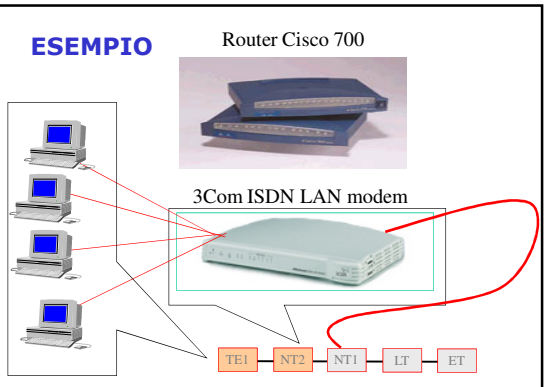
H_0: costituito da 6 canali B per un totale di 384 Kbps;
H_{10}: costituito da 23 canali B per un totale di 1472 Kbps;
H_{11}: costituito da 24 canali B per un totale di 1536 Kbps;
H_{12}: costituito da 30 canali B per un totale di 1920 Kbps;
H_{21}: costituito da 512 canali B per un totale di 32 Mbps;
H_{22}: costituito da 690 canali B per un totale di 44 Mbps;
H_4 : costituito da 2112 canali B per un totale di 153 Mbps

Alla stessa linea ISDN possono essere connesse fino ad otto diverse apparecchiature (telefono, computer, fax, …) e ad ognuna può essere assegnato, se necessario, un diverso numero di telefono.

ESEMPIO



ESEMPIO



ISDN - Velocità e servizi

Velocità di ISDN

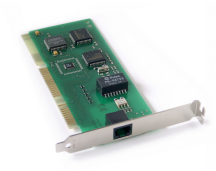
- La velocità base di ISDN è 64 Kb/s, poiché questa è la velocità necessaria per trasmettere un segnale telefonico in forma digitale.
- *L'utente può scegliere diverse velocità da 64 Kb/s a 2,048 Mb/s (32 canali da 64 Kb/s) a multipli di 64 Kb/s.*

I principali servizi di ISDN

- fonia
- trasmissione dati a 64 Kbps;
- teletex;
- textfax;
- telefax;
- videotext a 64 Kbps;
- voicetext e fax mail;
- teleallarme e telemetria a 16 o 64 Kbps

- chiamata in attesa;
- indicazione numero chiamante;
- registrazione numero chiamante;
- identificazione abbonato disturbatore;
- connessione con abbonato occupato;
- trasferimento di chiamata;
- conversazione a tre;
- documentazione addebiti;
- addebito al chiamato;
- teleconferenza;
- gruppo chiuso utenti;
- selezione passante;
- numerazione abbreviata;
- chiamate di emergenza

Modem ISDN



Modem ISDN interno



Modem ISDN esterno

CDN
Circuiti dedicati numerici

Linee dedicate

In estrema sintesi, una linea affittata ('leased line' in inglese) o circuito dedicato è semplicemente un collegamento fisico tra due sedi dell'utente concesso in uso esclusivo a un cliente. In sostanza, si tratta di un 'filo', reale o virtuale, che Telecom Italia stende tra due sedi del cliente poste ovunque sul territorio nazionale, ai capi del quale possono essere collegati gli apparati di trasmissione desiderati, naturalmente compatibili con le caratteristiche tecniche del filo affittato da Telecom. Essendo le linee dedicate concesse in uso esclusivo, il costo sostenuto dall'utente è fisso e predeterminato, sia che sul filo passi effettivamente del traffico voce o dati, sia che il filo rimanga inutilizzato.

Il costo viene calcolato in base alla lunghezza chilometrica della linea e alla capacità della linea stessa e non in base al tempo di connessione. Questo significa che sia si utilizzi la linea tutto il giorno, sia che non se ne faccia uso, il costo rimane il medesimo.

(CDN - CDA Circuiti Diretti Numerici o Analogici)

I Circuiti Diretti Analogici permettono la trasmissione sia di fonia, sia di dati, purché la banda emessa dall'apparato trasmittente utilizzato rientri nella caratteristica banda fonica compresa tra 300 Hz e 3400 Hz e l'energia irradiata sulla linea rimanga entro i limiti specificati dalle normative internazionali.

I Circuiti Diretti Numerici permettono la realizzazione di collegamenti punto-punto o punto-multipunto con tecniche digitali. Un CDN viene fornito da Telecom Italia completo dei relativi apparati di trasmissione che hanno un'interfaccia digitale verso il cliente. Attualmente l'offerta di Telecom Italia prevede la disponibilità di circuiti con velocità di trasmissione compresa da 64 kbps fino a 2,5 Gbps. Il tipo di interfaccia fisica è diverso a seconda della velocità richiesta ed è naturalmente conforme alle rilevanti normative internazionali.

CDN

Le linee dedicate servono per collegare in modo permanente:
- le singole reti di utenti ai punti di accesso,
- due o più reti di utenti,
- i punti di accesso alle sedi centrali dei fornitori di accesso (provider),
- i provider agli altri provider
- i provider alle grandi linee internazionali, dette backbone: le "spine dorsali" della rete.

CDN

Un CDN mette quindi a disposizione del cliente un flusso dati della banda desiderata tra due località qualunque del territorio nazionale. Naturalmente, il cliente è libero di utilizzare questo canale di trasmissione dati come meglio crede, trasportando nella miscela più opportuna voce, video, dati o qualunque altra informazione che possa essere convertita in forma numerica.

Anche la tecnica di multiplazione o impacchettamento è del tutto trasparente per il circuito CDN, quindi sono gli apparati della propria rete privata che determinano i servizi utilizzabili dagli utenti finali. Per il circuito CDN nulla cambia, l'unico suo compito è quello di trasmettere senza errori i dati alla velocità prescelta tra due punti o, nel caso di collegamenti multipunto, da un punto della rete a più punti di destinazione.

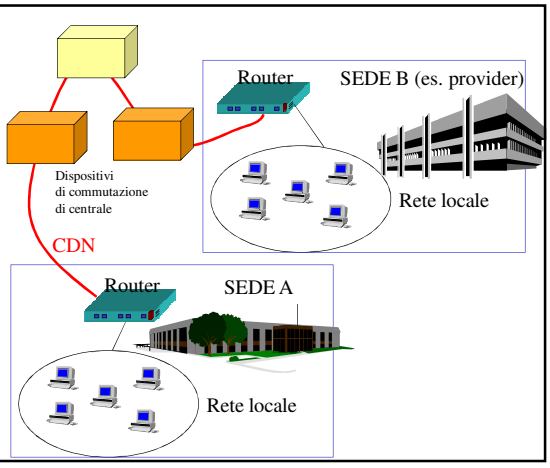
CDN

Nel caso si scelga una connessione tramite linea dedicata l'utente dovrà disporre di un router.

Il contratto su linea dedicata é adatto ad organizzazioni che hanno necessità di un collegamento permanente alla rete Internet e/o elevati volumi di dati scambiati.

Il router dell'Utente si collega direttamente tramite linea dedicata al router del Fornitore. L'utente puó richiedere l'assegnazione di piú indirizzi IP per le diverse macchine della propria rete locale e la registrazione di un dominio autonomo di posta elettronica.





Uno sguardo alle tariffe

I provider offrono generalmente i seguenti servizi:

- fornitura indirizzi IP effettivamente usati,
- assenza limitazioni sul traffico
- accesso ai servizi E-mail, Web, FTP, Newsgroup
- gestione e attivazione presso Telecom Italia del collegamento
- assistenza e tutoraggio del collegamento h24
- altri servizi a richiesta

SONO GENERLMENTE ESCLUSI DALLE TARIFFE DEI PROVIDER:

- Costo Operatore Telefonico
- Costo di attivazione della linea (a cura del gestore telefonico)
- Costo Hardware

Uno sguardo alle tariffe

Velocità di trasmissione	Costo annuo
fino a 56 kbit/s	4.000.000 (CDA - linea analogica)
19,2 kbit/s	5.000.000
64 kbit/s	7.000.000
128 kbit/s	14.000.000
256 kbit/s - 2Mbit/s	20.000.000 -90.000.000

N.B. Le tariffe riportate sono solo esemplificative e potrebbero non essere aggiornate

Linea dedicata o ISDN?



- Collegamenti dedicati
  - Connessione permanente tra nodi sorgente e destinazione, indipendente dal fatto che vi sia scambio di dati.
    - Connessioni facili da realizzare e gestire
    - Linea sempre disponibile, senza congestione del traffico o lunghe attese
- Collegamenti commutati
  - Non fissi e stabiliti a priori, ma instaurati solo per la trasmissione
    - Durata limitata: tempo necessario al completamento della trasmissione
    - Commutazione: realizzazione di circuito virtuale tra due nodi nel caso di richiesta di uno e disponibilità di linea dell'altro

Linea dedicata o ISDN?



La scelta è dettata da un calcoloprincipalmente economico essendo la rete ISDN tariffata a tempo e distanza ma con criteri diversi rispetto ai CDN.

Il punto di pareggio tra ISDN e CDN è determinato in funzione della tariffa applicata:

supponendo di pagare il traffico ISDN 24 lire al minuto, un circuito ISDN utilizzato mediamente 8 ore al giorno costa circa 12.000.000 lire l'anno, cioè poco meno del CDN a 64 kbps da 500 km mostrato nella tabella precedente.

Linea dedicata o reti a pacchetto?



Per il dimensionamento dei circuiti diretti il punto di partenza è quello della stima della domanda di banda.

Stimata la banda necessaria su ciascuna tratta, si passa al confronto economico con altre soluzioni, in particolare quelle delle reti a pacchetto che, nelle versioni con tariffazione indipendente dal traffico generato (flat), hanno una struttura tariffaria analoga dove però il costo di riferimento è rappresentato dal costo della banda 'garantita' e non da quella di picco.

Se una banda garantita non è necessaria nelle proprie applicazioni, le reti a pacchetto sono sempre più economiche di una rete privata realizzata con circuiti diretti. In caso contrario va valutata la differenza di investimento tra una rete privata con una banda certa gestibile in proprio e quanto è richiesto per realizzare una rete a pacchetto con velocità garantita magari più bassa ma con banda di picco più elevata, le cui prestazioni reali medie sono anche in parte funzione del traffico altrui.

ADSL

ADSL : caratteristiche generali

- ADSL che consente di offrire in modo efficiente servizi evoluti per i quali il flusso informativo fruito dall'utente e' di molto maggiore rispetto a quello diretto dall'utente alla rete.
- Le caratteristiche peculiari dell'accesso a larga banda realizzato tramite il sistema ADSL possono essere sommarizzate come segue:
  - Utilizzo di una sola coppia simmetrica in rame cosi' da essere compatibile con un utilizzo per utenza di tipo residenziale
  - Inalterata possibilita' di uso della rete analogica tradizionale per il servizio voce in banda base (300-3400Hz)
  - Utilizzo della banda di trasmissione in modo asimmetrico, cioe' capacita' trasmissiva diversa nei due versi: maggiore nel verso da rete a utente (downstream) che nel verso da utente a rete (upstream). La capacita' (fino a circa 8 Mbit/s downstream e 1 Mbit/s upstream) e' funzione delle caratteristiche del rilegamento di utente e della massima distanza da raggiungere.
  - Possibilita' di garantire la connessione di un utente direttamente a partire dalla centrale senza rigenerazione del segnale
  - ADSL trasporta connessioni ATM tra l'utente e la centrale
  - L'accesso dell'utente e' di tipo sempre attivo, ossia e' sempre attivo senza bisogno della chiamata per stabilire il collegamento

Caratteristiche generali di ADSL

- ADSL è una tecnologia di trasmissione asimmetrica (da cui deriva la lettera che sta per Asymmetric) poiché sono diverse le esigenze di velocità di trasmissione nei due sensi:
  - **Upstream :** dall'utente verso il provider di servizi, dove sono richieste generalmente medie-basse velocità di trasmissione poiché l'utente deve inviare generalmente solo richieste di dati e di informazioni
  - **Downstream :** dal provider di servizi verso l'utente, dove sono richieste medie-alte velocità di trasmissione.

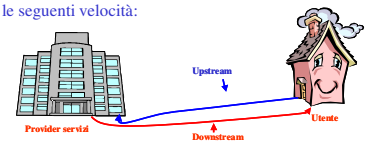
ADSL consente normalmente le seguenti velocità:

Upstream :

- fino a un massimo di 1 Mb/s;
- normalmente 128 Kb/s

Downstream :

- fino a un massimo di 8 Mb/s,
- normalmente 640 Kb/s



- *La velocità (fino a circa 8 Mbit/s downstream e 1 Mbit/s upstream) e' funzione delle caratteristiche del collegamento di utente e della massima distanza da raggiungere.*

Caratteristiche generali di ADSL

- ADSL utilizza una sola coppia simmetrica in rame cosi' da essere compatibile con un utilizzo per utenza di tipo residenziale
- ADSL trasmette i dati sullo stesso doppino utilizzato dalla fonia e contemporaneamente alla telefonata.

- Distanza massima tra utente e centrale telefonica: tra 3,7 e 5,5 Km
- Oltre il 90% degli utenti finali si trova ad una distanza inferiore a 5 Km da una centrale telefonica.

- ADSL è un'ottima soluzione per l'accesso a Internet da parte di singoli utenti o da parte di aziende che non hanno traffico elevato dalla sede verso l'esterno.

Perché ADSL?

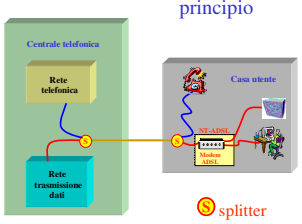
- Richiesta di banda crescente
- 600 milioni di loop in rame nel mondo
- Asimmetria dei servizi
- Bassi costi

Caratteristiche generali di ADSL

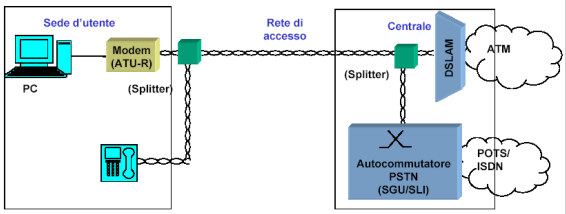
- In ADSL la stessa linea porta sia il segnale telefonico, sia i segnali dati.
- Lo splitter serve a separare i due tipi di traffico sia in centrale, sia presso l'utente.

- La coppia di splitter è presente se l'accesso ADSL deve garantire anche il trasporto della fonia sullo stesso doppino dei dati.
- Può essere sostituita da filtri di dimensioni ridotte nel caso di accessi G.Lite (ADSL Lite) o essere assente se la fonia è direttamente integrata nel flusso dati.

Schema di principio

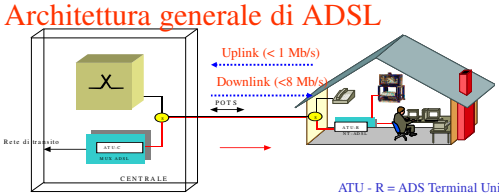


Architettura di ADSL



- **DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)** è un'insieme di modem il cui compito è quello di multiplare centinaia o migliaia di accessi in un'unica interfaccia ad alta densità verso la rete di trasporto.
- L'apparato in sede di utente viene generalmente definito **ATU-R (ADSL Termination Unit - Remote) o Modem ADSL**. Viene di solito utilizzato per interfacciare un singolo computer (interfaccia USB o Ethernet) o direttamente integrato con un router per permettere accesso LAN.
- **ATU-C (ADSL Transceiver Unit - Central Office):** modem di rete (può essere integrato nel nodo di accesso)

Architettura generale di ADSL



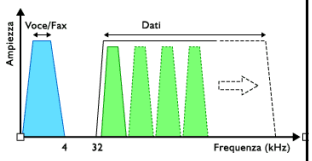
ATU - R = ADS Terminal Unit - Remote
ATU - C = ADS Terminal Unit - Central
POTS = Plain Old Telephone Switchs

- ADSL necessita di un modem dal lato utente (ATU - R) e di uno dal lato della centrale telefonica (ATU-C); questi modem permettono di sfruttare al meglio la massima banda del doppino telefonico e permettono la coesistenza di traffico telefonico e traffico dati, infatti sul doppino si può gestire in contemporanea:
  - Un canale telefonico analogico (300-3400 Hz);
  - Un canale numerico da rete a utente (Downstream fino a 8Mbit/s)
  - Un canale numerico da utente a rete (Upstream fino a 1Mbit/s).
- Nella centrale telefonica il MUX-ADSL o DSLAM (Digital Subscriber Line access Multiplexer) e' composto da diversi modem ADSL e svolge una funzione di adattamento tra la rete di accesso e la rete di transito, normalmente ATM con interfacce standard STM-1 o E3 o E1.

Aspetti trasmissivi

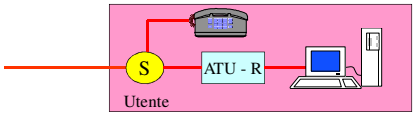
- La trasmissione contemporanea del servizio di telefonia in banda base e del servizio ADSL avviene attraverso la separazione in frequenza tra i due segnali.

Esempio di separazione tra il segnale telefonica e il segnale ADSL



- La separazione spettrale dei due segnali che viene ottenuta tipicamente collegando alla borchia di utente un filtro denominato POTS splitter (S).

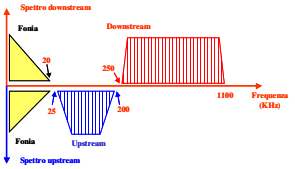




Caratteristiche generali di ADSL

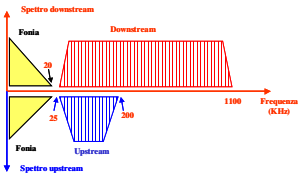
- Il segnale telefonico, il segnale dati in upstream e quello in downstream si distinguono in base alla zona di frequenza occupata.

Esempio dello spettro del segnale ADSL senza cancellatore d'eco: gli spettri occupati da segnale telefonico, dati in upstream e downstream sono separati

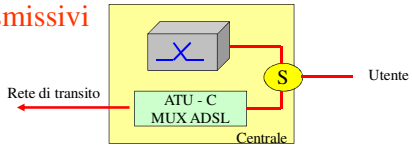


Esempio dello spettro del segnale ADSL con cancellatore d'eco:

- gli spettri occupati da segnale telefonico, dati in upstream e downstream sono separati.
- Il cancellatore d'eco consente di utilizzare la banda tra 25 e 200 KHz per trasmettere sia i dati in upstream , sia i dati in downstream.



Aspetti trasmissivi

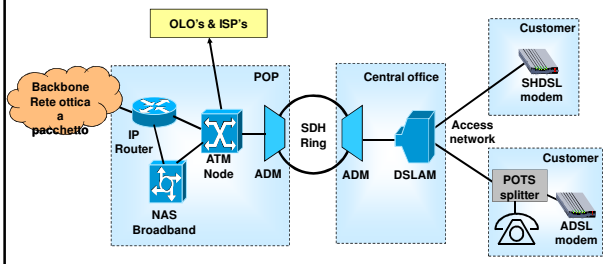


- Analogo dispositivo deve essere presente in centrale per separare il segnale a banda stretta verso l'autocommutatore da quello ADSL vero e proprio raccolto dal modem ATU-C.
- Fisicamente nel lato centrale il MUX-ADSL o DSLAM (Digital Subscriber Line access Multiplexer) e' composto da diversi modem ADSL e svolge una funzione di adattamento tra la rete di accesso e la rete di transito, normalmente ATM con interfacce standard STM-1 o E3 o E1.
- Il MUX-ADSL ha essenzialmente le seguenti funzioni:
  - terminare la connessione ADSL verso l'utente
  - implementare il livello ATM e fisico per l'interconnessione alla rete di transito
  - multiplare in upstream le celle ATM provenienti dall'ATU-C verso la rete di transito
  - demultiplare in downstream le celle ATM provenienti dalla rete di transito instradandole verso gli ATU-C
  - realizzare funzioni di policing, traffic shaping e congestion control
  - fornire le funzionalita' per la gestione della rete di accesso.

ATU - C

M U X	ADSL 1
	ADSL 2
	……..
	ADSL n

Architettura di rete per servizi ADSL/SHDSL



OLO = Other Licence Operator; ISP = Internet Service Provider; ADM = Add Drop Multiplexer; ATM = Asyncronous Transfer Mode; SDH = Syncronous Digital Hyerarchy; DSLAM = Digital Subscriber Line Access Multiplexer

ADSL : luci e ombre

- La qualità del servizio ADSL dipenda da molti fattori.
- La velocità di downloading centrale-utente è di 640Kbit/s, ma in centrale si trova già il primo collo di bottiglia con il mux ADSL.
- Questo in realtà potrà rappresentare un problema solo in ottica futura, quando cioè si avrà una larga diffusione del servizio ADSL. I problemi più seri sono la porta di accesso provider-ATM e soprattutto quella Provider - Internet.
- Spesso invece dei 640Kbit/s massimi, l'utente usufruisce realmente di una velocità inferiore: mediamente di poco superiore ai 128Kbit/s con picchi che possono comunque raggiungere, in momenti di bassa congestione, valori vicini ai massimi teorici.
- Ad esempio con trasferimenti FTP da siti Europei dotati di buona connettività si possono ottenere elevati tranfer-rate (20-30Kbyte/s), ma la media sulle 24 ore è molto più bassa.
- Il grande vantaggio di ADSL è l'assenza di tariffazione a tempo.

ADSL Lite

- La necessità di uno splitter in sede d'utente rappresenta un notevole incremento dei costi di fornitura del servizio in quanto richiede un **intervento in sede**.
- Il problema è stato risolto sostituendo allo splitter dei singoli microfiltri, ognuno dei quali può essere connesso dallo stesso utente all'apparecchio telefonico.
- Inizialmente le connessioni con microfiltri fornivano prestazioni inferiori (ADSL Lite o G.Lite fino a 1,5 Mbit/s in downlink e 512 Kbit/s in up-link) ma il miglioramento tecnologico delle caratteristiche di filtraggio consente attualmente di arrivare agli stessi bit rate dell'ADSL.
- Le soluzioni con splitter sono quindi limitate a casi particolari di configurazioni utente.

Vantaggi forniti da ADSL

ADSL presenta diversi vantaggi sia per gli operatori sia per gli utilizzatori finali.

Vantaggi per gli operatori:

- *utilizza la rete telefonica di accesso esistente (doppino in rame), senza richiedere investimenti aggiuntivi per la portare nuovi cavi all'utente*
- *consente di introdurre servizi Internet ad alto valore aggiunto e multimediali, che richiedono larga banda e connessioni permanenti.*

Vantaggi per gli utilizzatori finali

- *mette a disposizione una connessione permanente, per cui l'utente e' permanentemente connesso a Internet, senza la necessità di attivare ogni volta la connessione via modem.*
- *permette alte velocità di trasmissione soprattutto in downstream (dal provider verso l'utente)*
- *consente la realizzazione di servizi innovativi su Internet,*
- *nella maggior parte dei casi consente una tariffazione non a tempo ma flat o a canone prefissato.*

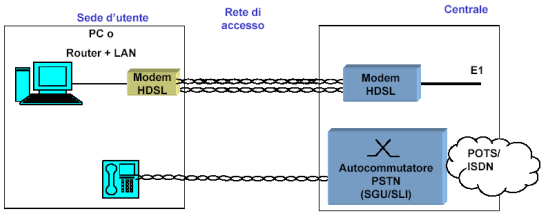
HDSL

HDSL

- **HDSL (High-Speed Digital Subscriber Line)** è stato progettato per consentire la realizzazione di flussi digitali bidirezionali su due o tre doppini di rame.
- Le velocità a cui viene realizzato il collegamento sono quelle contemplate dagli standard europei (canali E1 2048 Kb/s) o americani (canali T1 1544 Kb/s).
- Il sistema HDSL consente di trasmettere a una velocità di 2,048 Mb/s in modo simmetrico in ambedue le direzioni usando due doppini.
- La lunghezza massima è di 3.5 Km
- Il sistema HDSL2, evoluzione di HDSL, è in grado di lavorare anche su un solo doppino con una velocità di 1,5 Mb/s in entrambe le direzioni

- HDSL utilizza anche la banda fonica (4 KHz) per cui non è possibile utilizzare lo stesso doppino per la telefonia.

Architettura HDSL



- L'architettura HDSL è formata da 2 modem posti all'interno del sito di centrale e presso l'utente, che si occupano di adattare la trasmissione numerica alla trasmissione sui due o tre doppini.
- Dal lato utente, il modem è generalmente collegato (o direttamente integrato) con un terminale o con un router per collegare una LAN con protocollo IP (o altri protocolli).

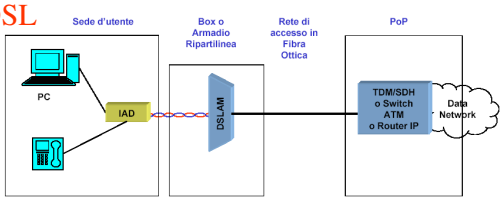
Caratteristiche generali di HDSL

- Il sistema HDSL consente di trasmettere a una velocità di 2,048 Mb/s in modo simmetrico in ambedue le direzioni usando due doppini.
- La lunghezza massima è di 3.6 Km
- Il sistema HDSL2, evoluzione di HDSL, è in grado di lavorare anche su un solo doppino con una velocità di 1,5 Mb/s in entrambe le direzioni.

VDSL

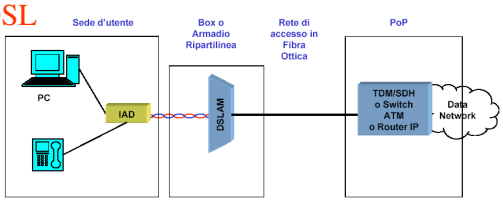
- La tecnologia VDSL (Very High-speed Digital Subsriber Line) è l'ultima in ordine cronologico tra le tecnologie DSL per la fornitura di servizi a banda larga sulla rete di accesso in rame**.**
- **La VDSL presenta una banda asimmetrica fino a circa 52 Mbit/s in down-stream e fino a 2,3 Mbit/s in up-stream** su un singolo doppino con una **lunghezza non superiore ai 300 metri** per ottenere la massima velocità e comunque non superiore a 1,5 Km-2Km per velocità inferiori.
- Secondo i principi adottati per la standardizzazione, gli stessi apparati potranno fornire servizi con banda simmetrica o asimmetrica, a seconda delle necessità dell'utente, permettendo la realizzazione di servizi sia per la clientela residenziale che per la clientela business.

Architettura VDSL



- Lo schema di riferimento della tecnologia VDSL è molto simile a quello ADSL.
- **Principale differenza tra l'architettura VDSL e ADSL :** i doppini sono terminati non più a livello di centrale locale, ma in un punto più vicino all'utente finale in modo da diminuire la lunghezza del collegamento in rame.
- DSLAM è posto a livello di
  - distributore
  - armadio ripartilinea.

Architettura VDSL



- **DSLAM deve essere raggiunto con un collegamento in fibra ottica.**
- Sono presenti i seguenti casi:
  - fibra fino al distributore: architettura FTTB (Fiber To The Building - fibra fino all'edificio): VDSL verrà utilizzato solo per il collegamento verticale di edificio.
  - Fibra fino all'armadio ripartilinea - architettura FTTC (Fiber To The Curb o To
  - The Cabinet - fibra fino all'armadio ripartilinea) : il VDSL verrà utilizzato sulla rete di distribuzione secondaria.

Vantaggi offerti dalle soluzioni in rame

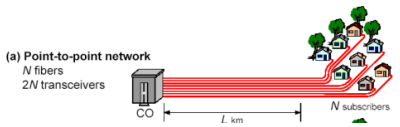
- Le tecnologie per la trasmissione su doppino sono estremamente interessanti per i seguenti motivi:
  - **sono in grado di erogare una banda sufficiente alla maggior parte delle esigenze di utenti finali nel breve periodo;**
  - **utilizzano in gran parte investimenti già effettuati;**
  - **non richiedono complessi interventi presso i siti privati;**
  - **forniscono soluzioni tecnologiche per l'integrazione dei servizi;**
  - **richiedono bassi tempi per la realizzazione dell'infrastruttura di servizio.**

Rete di acceso in rame

- La copertura offerta da linee in rame è limitata a 5,5Km, coprendo circa il 60% dei potenziali clienti,
- Anche con l'utilizzo di DSLAMs remoti (R-DSLAMs), la copertura da parte degli operatori non supera mai i 3,5 km a causa dei costi troppo elevati

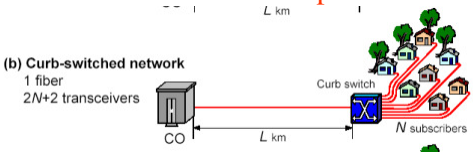
Reti in fibra ottica e reti ottiche

Rete in fibra ottica punto - punto



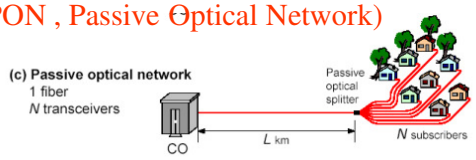
- Una rete in fibra ottica può essere realizzata con una topologia Punto-Punto (PtP), utilizzando una o due fibre *(full-duplex)* che va dalla centrale all'utenza.
- Un'architettura del genere è semplice, ma in molti casi comporta costi proibitivi a causa della notevole quantità di fibre necessarie nella distribuzione di rete (*outside plant)*, come per il numero di connessioni di terminazione nella centrale di smistamento (o distribuzione).
- Considerando N utenti ad una distanza media di L km dalla centrale, uno schema PtP richiede 2N ricetrasmettitori (*transceivers*) ed LN Km di fibra in totale (presumendo che sia impiegata una sola fibra per utente, in trasmissione bidirezionale).

Rete in fibra ottica commutata al marciapiede



- Per ridurre il numero di fibre da implementare, è possibile utilizzare uno switch remoto (concentratore) in prossimità degli utenti (esempio per un certo quartiere).
- In questo modo si ottiene un minor consumo di fibra, solo L km (supponendo trascurabile le distanze dei clienti dallo switch), ma incrementa il numero di ricetrasmettitori necessari a 2N+2, con un collegamento in aggiunta nella rete .

Rete ottica passiva (PON , Passive Optical Network)



- In una rete PON il dispositivo di terminazione in prossimità dell´utente è uno splitter ottico passivo.
- Una Rete Ottica e passiva (PON) è una tecnologia vista da molti come la più appetibile soluzione al problema del primo miglio
- Una rete PON permette di minimizzare il numero di ricetrasmettitori ottici, di terminazioni ottiche presenti in centrale, ed il numero di fibre necessarie all'implementazione.
- E' una rete ottica Punto-Multipunto (PtMP) senza elementi attivi lungo il tratto di linea che percorre il segnale, dalla sorgente alla destinazione.
- Gli unici elementi impiegati internamente in una PON, insieme alle fibre, sono componenti ottici passivi come, giunti e *splitters* (separatori).
- Una rete di accesso PON basata su un'unica fibra, necessita solamente di N + 1 ricetrasmettitori e di L km di fibra .

Optical splitter

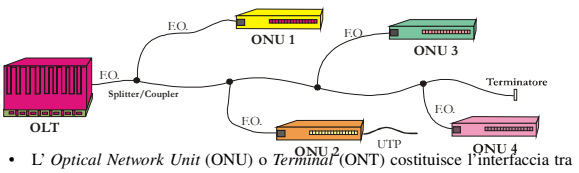
- Una PON impiega un dispositivo passivo (non richiedendo alcuna alimentazione) per dividere il segnale ottico (potenza luminosa) da una fibra in molte fibre e viceversa, e combinare i segnali ottici da fibre multiple in una sola di esse.
- Questo dispositivo è detto accoppiatore ottico o splitter ottico.
- Nella sua più semplice forma, un accoppiatore ottico consiste di due fibre fuse insieme. La potenza luminosa di segnale ricevuta da ogni porta in ingresso, è diviso tra ambo le porte d'uscita. Il rapporto di frazionamento di uno splitter può essere controllato dalla lunghezza della regione fusa ed è quindi un parametro costante.

Realizzazione di una rete in fibra ottica

- Si possono adottare vari schemi. I principali sono:
  - Schema a bus
  - Schema ad anello
  - Schema ad albero

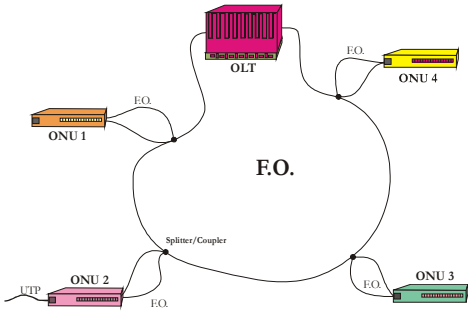
Realizzazione di una rete in fibra
Configurazione a bus

OLT = Optical Line Terminator
ONU = Optical Network Unit

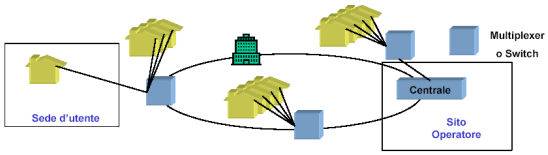


- L' *Optical Network Unit* (ONU) o *Terminal* (ONT) costituisce l'interfaccia tra la PON e la rete Dati, video e Telefonica.
- La funzione primaria dell' ONU è di ricevere il traffico in un formato ottico e convertirlo, oltre che in elettrico, nel formato desiderato dall'utente (Ethernet, IP Multicast, POTS, T1, ecc..), filtrando le frame indesiderate.
- Un' altra delle sue caratteristiche di queste unità è che, oltre alla terminazione ed alla conversione del segnale ottico, le ONUs forniscono anche funzionalità di switching a livello 2 e 3, permettendo quindi il routing del traffico all'interno dell'ONU stessa.

Realizzazione di una rete in fibra
Configurazione ad anello



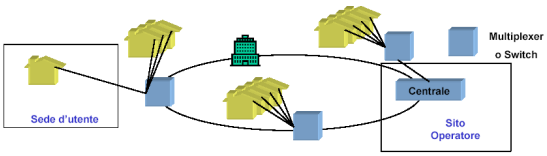
Realizzazione di una rete in fibra
Configurazione ad anello mediante SDH



Configurazione ad anello con apparati remoti presso i siti dell'utenza

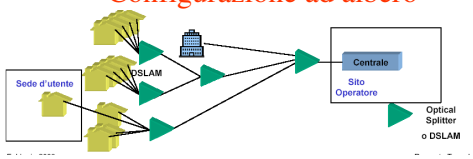
- L'architettura permette di condividere l'anello fibra tra più utenti rendendo il sistema adattabile anche all'utenza residenziale.
- **Viene solitamente utilizzata la tecnica trasmissiva SDH che è in grado di fornire all'utenza una banda compresa tra i 2 Mb/s e 10 Gbit/s**.
- La banda fornita al singolo utente è dedicata fino al primo nodo di commutazione. In sede di utente, un multiplexer si occupa di combinare i diversi flussi dati in un unico flusso SDH.

Realizzazione di una rete in fibra
Configurazione ad anello mediante Ethernet



- La soluzione ad anaello può essere realizzata anche mediante Ethernet o Gigabit Ethernet
- **In questo caso i multiplexer presenti nell'infrastruttura SDH sono sostituiti da switch Ethernet** consentendo così di condividere la banda disponibile sull'anello tra gli utenti collegati a seconda dell'utilizzo e non in maniera semipermanente come la rete SDH.

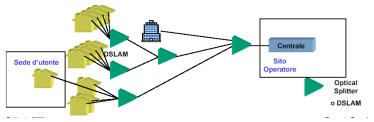
Realizzazione di una rete in fibra
Configurazione ad albero



Configurazione punto-multi punto ad albero.

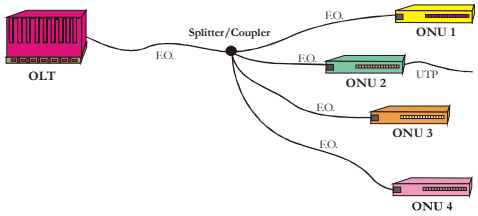
- **La tecnologia più nota di questo tipo è rappresentata dalla PON (Passive Optical Network)** il cui vantaggio è dovuto al fatto che gli splitter ottici sono completamente passivi e non richiedono quindi alimentazione e condizionamento.

Configurazione ad albero



- La tecnologia passiva limita però la massima distanza tra centrale e terminazione ottica a 20 Km e 32 terminazioni.
- La banda tipica di questo sistema è di 622 Mbit/s per il downstream e di 155 Mbit/s per l'upstream condivisi.
- La banda può essere aumentata facendo ricorso alla tecnica WDM; introducendo dei piccoli multiplexer remoti, il numero di utenti può essere portato a oltre 32.
- Lo standard di trasmissione su questo tipo di infrastruttura può essere
  - **ATM :** si parla di reti **APON (ATM over PON)**
  - **Gigabit Ethernet:** si parla di **EPON (Ethernet over PON)**

Realizzazione di una rete in fibra
Configurazione ad albero



Reti PON

- Tutte le trasmissioni in una PON avvengono tra un Terminale di Linea Ottico (OLT) e delle unità di rete ottiche (ONUs).
- L'OLT risiede nella Centrale e connette la rete di accesso ottica verso le reti MAN e WAN, chiamate anche dorsali o *long haul network*. L'ONU è localizzata sia nell'ubicazione finale di utente (FTTH e FTTB), o in prossimità di esso nel marciapiede, dando luogo ad un'architettura *Fiber To The Curb* (FTTC).

Vantaggi delle reti PON

I vantaggi di usare le PONs nelle reti di accesso utenti sono numerosi

- Le PONs permettono lunghe distanze tra la Centrale e la sede cliente, operando a distanze fino a 20 km.
- Una PON minimizza l'utilizzo di fibra, sia nella centrale di smistamento (o distribuzione) che nel local loop.
- Le PON offrono una maggiore larghezza di banda grazie all'impiego più in profondità della fibra ottica, permettendo velocità dell'ordine del Gb/s.
- Operando in downstream come una rete broadcast, le PON permettono il broadcasting video, sia come video IP, o video analogico.
- Una PON elimina la necessità di installare multiplexers e demultiplexers nelle locazioni di separazione del traffico (Splitting), evitando così agli operatori di rete l'oneroso compito di manutenzione e fornitura di energia per il loro funzionamento. In queste locazioni sono invece messi in opera componenti passivi, i quali possono anche essere interrati nel momento dello spiegamento della fibra, non richiedendo le attenzioni dei componenti attivi.
- Permettono, infine, facili aggiornamenti (*upgrade*) della rete, in funzione dell'aumento del bit rate o di supplementari lunghezze d'onda da dover supportare.

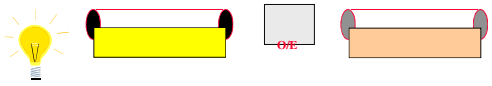
Rete di accesso in fibra ottica

- La rete di accesso realizzata totalmente o parzialmente in fibra ottica viene di solito classificata in tre tipologie a seconda del punto raggiunto in fibra:
  - FTTH (Fiber To The Home) se la fibra raggiunge l'unità abitativa del singolo utente;
  - FTTB (Fiber To The Building) se la fibra raggiunge l'edificio realizzando l'ultimo tratto di collegamento con tecniche LAN, WLAN o VDSL;
  - FTTC (Fiber To The Curb o Fiber To The Cabinet) se il cablaggio arriva nelle vicinanze dell'edificio, ad esempio a livello di armadio ripartilinea .

Reti ibride ottico-coassiali HFC (Hybrid Fiber Coax)

Le reti ibride ottico-coassiali hanno le seguenti caratteristiche :

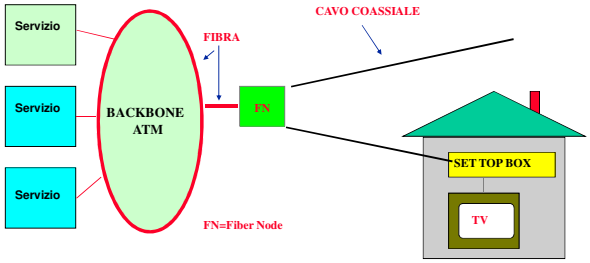
- usano la fibra ottica nella sezione di trasporto e parzialmente nella sezione di distribuzione
- impiegano la tecnologia coassiale nell'ultimo tratto del collegamento fino all'utente finale.
- Nella soluzione HFC il cavo coassiale µe tuttavia un canale condiviso da pi¹u utenti (banda a disposizione di ciascun utente ridotta, necessit¹a di un protocollo MAC).



O/E Convertitore ottico-elettrico

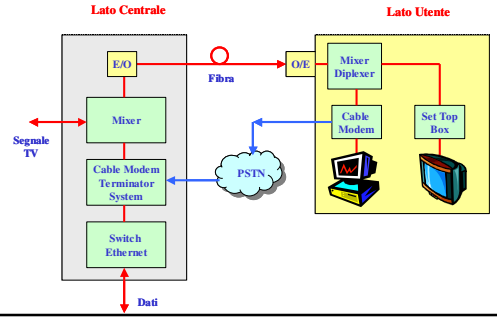
FTTF (Fiber To The Feeder)

- la fibra ottica raggiunge un'area di distribuzione di qualche migliaio di utenti (mediamente 2000 utenti)

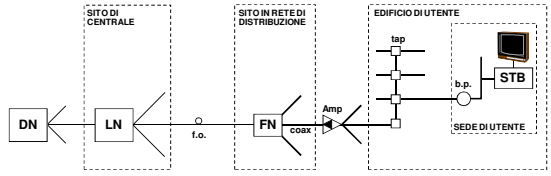


Architettura di una rete HFC

Schema tradizionale per l'integrazione del segnale televisivo e di trasmissione dati

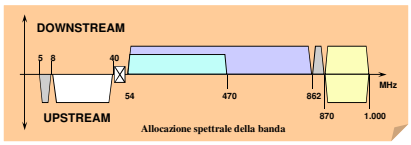


Sistema HFC



è stata sperimentata e sviluppata

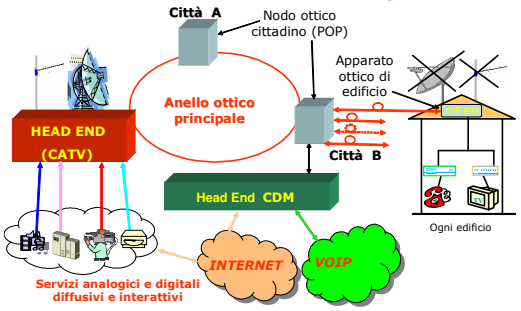
- trials
- problemi, costi, tempi, servizi
- ampio successo all'estero



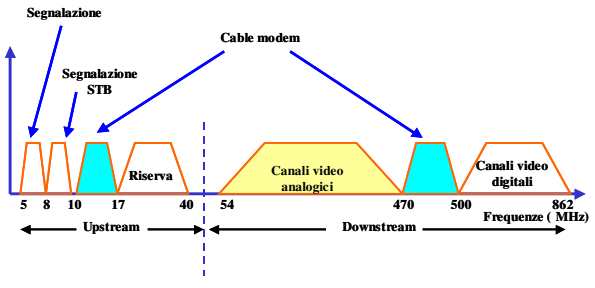
Allocazione spettrale della banda

Rete Terrecablate

FTTB (Fiber To The Building)

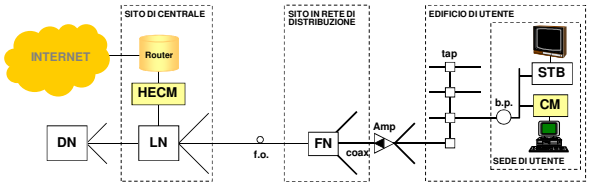


Cable modem in una rete HFC



Sistema HFC e Cable Data Modem

- **Realizzato introducendo i Cable Data Modem sulla struttura HFC**
- **E' composto da una stazione di testa (HECM) e da unità di utente (CM)**
- **Realizza la trasmissione dati bidirezionale su reti HFC in configurazione p-mp**
- **Consente la fornitura di servizi IP (on-line, accesso ad Internet, ecc.)**



Caratteristiche cable modem

- La modalità d'inserimento e di trasporto delle informazioni digitali nei canali "down" e "up" viene realizzata in modo diverso da parte degli operatori
- I flussi digitali "down" sono inseriti nei canali televisivi analogici (8 MHz) usando le tecniche modulazioni digitali 64 QAM o 256 QAM; queste tecniche di modulazione consentono di ottenere un data rate massimo per canale televisivo pari a circa 30 o 36 Mbit/s rispettivamente.
- Per i flussi digitali "up" sono utilizzate le modulazioni QPSK (*Quad Phase Shifting Keying*) o 16 QAM; queste consentono di ottenere un data rate da 0.5 a 10 Mbit/s a secondo della larghezza di banda analogica utilizzata (da 200 kHz a 3 MHz).
- Sono possibili due diversi protocolli di comunicazione: uno prevede l'uso di celle ATM (*Asyncronus Transfer Mode*), l'altro l'utilizzo del TCP/ IP.
- Per il collegamento tra Cable Modem e PC è specificata un'interfaccia Ethernet 10BaseT; in futuro è previsto l'utilizzo dell'interfaccia USB (*Universal Serial Bus*) e/o della IEEE 1394.

Caratteristiche cable modem

- Le bande cable modem "down" e "up" sono condivise da tutti gli utenti attivi collegati tramite la rete HFC all'apparato CMTS: non vi è cioè un canale di banda rigidamente assegnato ad un utente per tutto il tempo della connessione, ma il sistema alloca la banda in modo da soddisfare tutti gli utenti.
- Questo significa, dato il traffico a burst, mettere potenzialmente a disposizione degli utenti velocità molto elevate, pur con una banda media per utente relativamente modesta, sfruttando il mezzo trasmittente in maniera molto efficiente.
- Oltre alla velocità, i Cable Modem offrono il vantaggio di una connessione costante (essendo il PC dell'utente sempre collegato alla rete come avviene in una LAN locale ed evitando i problemi della commutazione) e naturalmente lasciano libera la linea telefonica.
- Il freno maggiore alla diffusione su larga scala della tecnologia Cable Modem è dato dal fatto che le attuali reti HFC sono per la maggior parte *one-way*, e perciò non consentono un colloquio interattivo essendo nate per un servizio "*ricettivo*" in downstream

FTTC (Fiber To The Curb or Cabinet)

- la fibra ottica raggiunge un'area di distribuzione di qualche centinaio di utenti (tipicamente 400-500 utenti) ed è condivisa tra vari edifici.

FTTH (Fiber To The Home)

- L'accesso FTTH prevede l'installazione di fibra ottica fino a casa dell'utente.
- Le spese di installazione della fibra sono spesse sono proibitive.
- Inoltre l'utente deve equipaggiarsi con costose apparecchiature ottiche (ONU, Optical Networking Unit) per potersi collegare alla rete.
- L'ipotesi FTTH appare oggi largamente impraticabile per una di®usione a larga scala nel local loop, per motivi di ordine economico.

Altre soluzioni di accesso:
Accesso Power Line

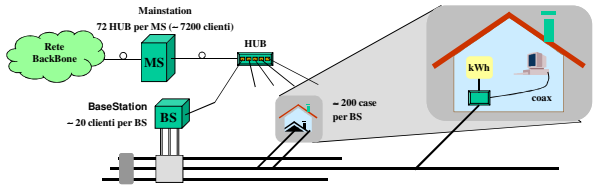
Accesso Power Line

- Tecnologia di accesso di interesse per gestori alternativi
- Utilizza le infrastrutture della compagnia elettrica istallate in sede del cliente
- Permette trasmissione dati bidirezionale fino a circa 1Mbps sulle linee elettriche
- Può essere utilizzata anche per fornitura di servizi vocali
- La capacità di 1 Mbps è condivisa fra tutti gli utenti che afferiscono alla cabina elettrica di distribuzione
- Prime sperimentazioni dal 1995

Accesso Power Line: Architettura

L'architettura prevede:

- un "Communication Node" sulla rete elettrica di distribuzione a media frequenza
- un filtro presso la sede del cliente, a monte del contatore, per la separazione del segnale dati da quello elettrico



Accesso Power Line: Criticità

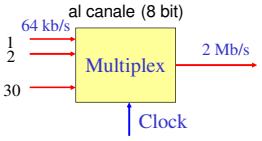
- Presenza di rumore in linea
- Possibile interferenza da trasmissioni AM
- Necessità di cablaggio verticale negli edifici con contatore collocato alla base dell'edificio stesso

- Non rappresenta ad oggi una soluzione alternativa concreta per la rete di accesso
- Costi realizzativi paragonabili a quelli dell'FTTCab ma con meno banda
- L'installazione del filtro a casa del cliente ed il cablaggio interno riducono notevolmente il vantaggio della presenza dal cliente della rete elettrica

PDH e SDH

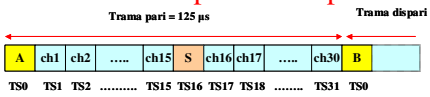
Multiplex PCM primario

- Il multiplex primario opera le funzioni di codifica e decodifica PCM e la multiplazione TDM, mediante le seguenti operazioni:
  - codifica di sorgente a 64 kbit/s
    - filtraggio per limitare la banda a 4 kHz
    - campionamento ad 8 kHz (periodo 125 µs)
    - codifica PCM ad 8 bit
  - creazione di una trama a 2048 kbit/s
  - multiplazione TDM di 30 canali telefonici byte a byte
  - inserimento parola di allineamento e bit di servizio (8 bit)
  - eventuale inserimento della segnalazione associata al canale (8 bit)



- *Tutte le temporizzazioni dei canali multiplessati sono ricavate da un unico clock,*
- *Non esistono problemi di sincronizzazione*

Trama multiplex PCM primario europeo



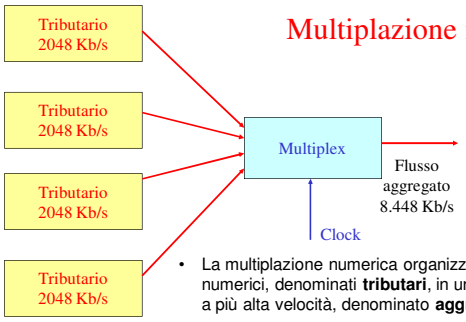
A — A= X0011011

B — B=X1SXXXXX

- TS0=parola di allineamento: A trame pari, B trame dispari
- X=bit di servizio per uso nazionale
- S=allarme terminale lontano
- TS16: canale per la segnalazione

- *Strategia di allineamento*
- La procedura di allineamento controlla continuamente la presenza alternata di A e B nel flusso numerico ricevuto
- Se si rivelano tre parole consecutive diverse da quelle attese il sistema è fuori allineamento e viene attivata una procedura di ricerca del nuovo allineamento
- La trama viene spostata di un bit per volta e si esamina se nella nuova condizione di allineamento si ritrova la sequenza delle parole A e B
- Si passa da una fase di fuori allineamento ad una fase di allineamento se si trovano due parole A intercalate da una parola B
- La perdita di allineamento è un malfunzionamento gravissimo

Multiplazione numerica



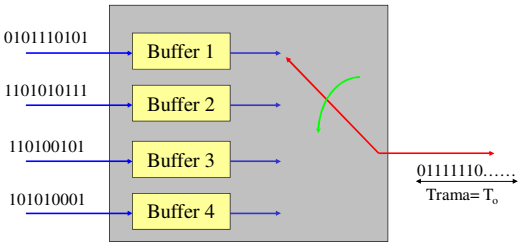
- La multiplazione numerica organizza più flussi numerici, denominati **tributari**, in un unico flusso a più alta velocità, denominato **aggregato**

- Ogni tributario ha la sua sorgente di temporizzazione,
- Il multiplex ha un suo clock

PROBLEMA:
- La sincronizzazione!

Multiplazione numerica

- Si distinguono due fasi :
  - Fase di scrittura: i bit dei tributari sono scritti nei rispettivi buffer con frequenza di scrittura uguale alla loro frequenza istantanea di cifra.
  - Fase di lettura: i buffer dei tributari sono letti in forma ciclica con frequenza $f_o=n/T_o$ dove T_o rappresenta la durata della trama del frame aggregato



Multiplatore

Multiplazione numerica plesiocrona

- Considerazioni:
  - I segnali di clock dei tributari operano a frequenze leggermente diverse
  - Il clock del segnale aggregato di uscita è diverso da quello dei tributari e può non essere in rapporto fisso con le frequenze dei tributari
- La sincronizzazione di cifra viene attuata mediante la tecnica di bit (o pulse) stuffing (riempimento)
- La gestione dello stuffing è realizzata dal singolo tributario

- Standard
- I formati di multiplazione PDH sono stati definiti da Racc. ITU-T G.702
- Le caratteristiche elettriche e fisiche delle interfacce PDH sono invece specificate nella Racc. ITI-T G. 703

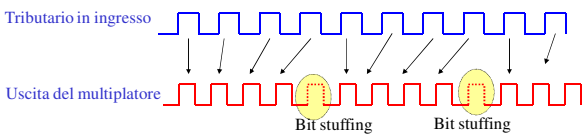
Riempimento di bit

- I bit dell'i-mo tributario sono scritte nel buffer del multiplex con una frequenza di scrittura f_{si}
- La frequenza di lettura del multiplex, determinata dal clock locale, ha generalmente ha un valore leggermente maggiore di quello massimo ammesso per le frequenze di scrittura

Si può verificare il progressivo svuotamento delle memorie

Lo svuotamento del buffer può essere evitato inserendo nel flussso binario tributario cifre non significative (stuffing)

Riempimento di bit

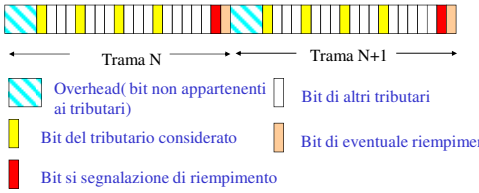


- Il bit stuffing consente di evitare lo svuotamento del buffer di lettura
- Quando si è prossimi allo svuotamento del buffer, la lettura del buffer del tributario viene inibita in corrispondenza di predeterminate posizione di cifra della trama del segnale multiplex numerico.

Struttura della trama

- Quando un buffer tributario è vicino allo svuotamento la lettura del tributario è inibita in corrispondenza di certe posizioni di cifra della trama

- Sono inserite cifre di riempimento (bit stuffing)
- La presenza o l'assenza di cifre di riempimento è segnalata dalle cifre di segnalazione di riempimento



Riempimento di bit

Stuffing positivo

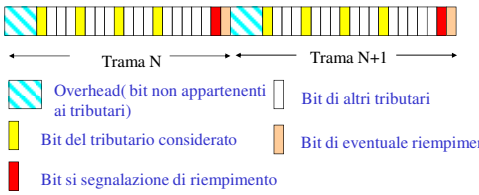
0 → bit del tributario

1 → bit di riempimento

Stuffing negativo

0 → bit di riempimento

1 → bit del tributario



Gerarchia PDH Europea

Livello	Frequenza Nominale (Mb/s)	n. canali	Periodo Trama (µs)	n. settori	n. bit settore	Tolleranza Frequenza (ppm)
E1	2, 048	30	125	----	---	±50
E2	8,448	120	100	4	212 b	±30
E3	34,368	480	44,7	4	384 b	±20
E4	139,264	1920	21	6	488 b	±15
E5	564,992	7680	4,8	6+1	384b	±15

Gerarchie PDH

Nord America

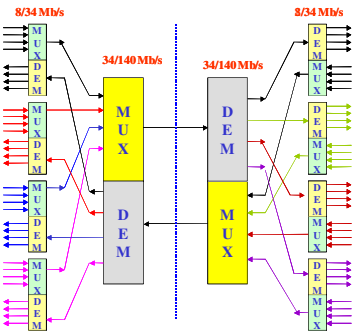
Livello	Frequenza nominale (Mb/s)	N. canali
T1	1,544	24
T2	6,312	96 (4x T1)
T3	44,736	672 (7xT2)
T4	274,176	4032 (6xT3)

Giappone

Livello	Frequenza Nominale (Mb(s)	N. Canali
T1	1,544	24
T2	6,132	96 (4xT1)
Livello III	32,064	480 (5xT2)
Livello IV	97,728	1440 (3xLiv III) non standard ITU.
Livello V	400,352	5760 (4xLiv.IV) non standard ITU

Svantaggi del sistema PDH

- Complessità di estrazione di un tributario:
  - Nel segnale PDH sono visibili solo i tributari di ordine gerarchico immediatamente inferiore a causa del processo di bit stuffing



- Per estrarre un tributario è necessario un demultiplessaggio completo del segnale fino al livello gerarchico del tributario desiderato
- Non esiste uno standard a livello internazionale

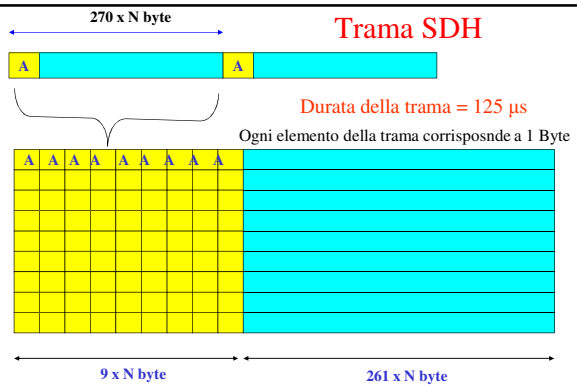
SDH (Synchronous Digital Network)

- SDH fornisce l'accesso diretto a tutti i tributari di interesse attraverso un'entità formativa detto puntatore
- Inserzione di tributari singoli e quindi maggiore flessibilità del gestione dei flussi trasmissivi
- Le informazioni di controllo di qualità e di allarme sono complete e associate ai singoli tributari

Cronologia della SDH

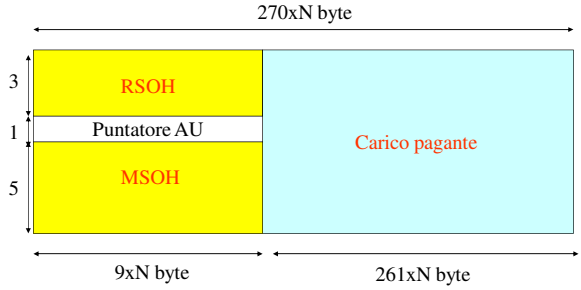
- Giugno 1986 : inizio lavori del gruppo SG-XVIII CCITT su proposta USA
- Gennaio 1988: prima bozza Racc. G.707, G.708 e G.709
- Novembre 1988: Approvazione Racc. G.707, G.708 e G.709
- Febbraio 1990: accordo in ETSI
- Maggio 1992: approvazione raccomandazioni sui ponti radio SDH

Trama SDH



- La trama viene trasmessa una riga dopo l'altra
- Ogni byte corrisponde a un canale da 64 Kb/s
- Velocità uguale a 155,52xN

Schema della trama STM-N



- Section Overhead è composta da:
  - RSOH (Regeneration Section OverHead):
  - MSOH (Multiplexer Section OverHead):
  - Puntatore AU (Administrative Unit pointer): indica dove leggere il carico pagante
- Payload (carico pagante): trasporta il traffico

Livelli gerarchici SDH e SONET

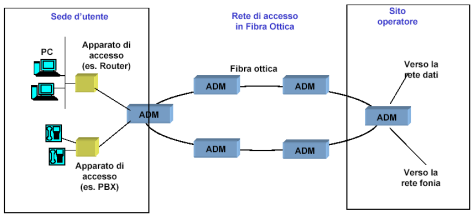
Livello SDH	Livello SONET	Bit rate (Mb/s)
Sub STM-1	STS-1	51.840
STM-1	STS-3	155.520
STM-4	STS-12	622.080
STM-16	STS-48	2488.320
STM-64	STS-192	9953.280

- Le trame e i segnali di SDH sono detti STM-N (Synchronous Transport Module di livello N)
- Le trame e i segnali in SONET sono indicati con STS-N (Synchronous Transport Signal) o OC-N (Optical Carrier di livello N)

SDH

- La tecnologia SDH (Synchronous Digital Hierarchy) nasce in realtà per la **realizzazione di reti di trasporto su infrastruttura ottica**
- la soluzione SDH viene in alcuni casi utilizzata per la realizzazione di **anelli ottici di accesso per la clientela** (soprattutto per la clientela di dimensioni grandi e medie).
- Nella rete di accesso la tecnologia viene tipicamente utilizzata insieme alla realizzazione di anelli in fibra ottica che raggiungono i vari clienti, o attraverso collegamenti punto punto tra un sito centrale dell'operatore e il singolo cliente.
- SDH è una tecnologia per reti di trasporto e quindi **non presenta limiti di distanza all'interno della rete di accesso** tra apparati di PoP e sito di utente e può teoricamente fornire collegamenti a velocità fino a 40 Gb/s.

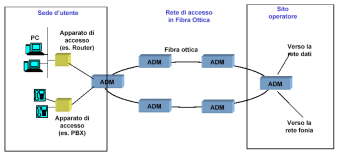
SDH - Schema di riferimento



ADM = Add Drop Multiplexer

- Lo schema di riferimento della tecnologia SDH presentato è quello ad anello.
- Gli ADM, situati tipicamente presso siti dell'operatore o dei clienti permettono di **estrarre e inserire flussi all'interno della fibra**. **Ogni portante ottica all'interno dell'anello trasporta internamente diversi flussi trasmissivi**, relativi a diversi clienti.
- Trattandosi di un anello di accesso, questi flussi vengono tipicamente utilizzati per collegare gli apparati del cliente (voce e dati) ai nodi della rete di commutazione presso l'operatore

SDH - Schema di riferimento



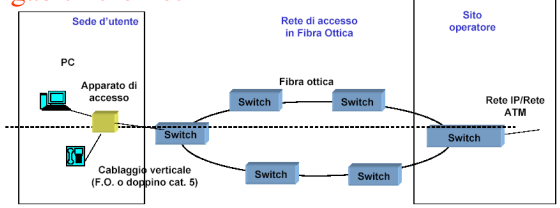
- .All'interno degli anelli di accesso vengono solitamente utilizzate le velocità più basse tra quelle consentite dalla tecnologia SDH (STM-1 pari a 155 Mb/s o STM-4 pari a 622 Mb/s), fornendo all'utente finale capacità trasmissive tipicamente configurate come 2 Mb/s (flussi E1), nx2Mb o 34 Mb/s (flussi E3).
- Possono essere erogate anche velocità più elevate fino alla velocità del flusso sull'anello di raccolta

Gigabit Ethernet

- Lo standard Gigabit Ethernet (standard IEEE 802.3z), rappresenta **un'evoluzione dello standard dominante nella tecnologia delle LAN** (Local Area Netwok) ovvero dello standard Ethernet.
- La tecnologia permette di trasmettere trame ethernet su **portanti in fibra e in doppino con una velocità di 1 Gb/s**. Mentre la trasmissione su doppino richiede doppini di alta qualità (cat.5) e di lunghezza limitatissima (35 metri, 100 con l'utilizzo di 4 coppie simmetriche), la trasmissione su fibra permette di coprire distanze fino a decine di km ed è stata quindi gradualmente introdotta non solo per la realizzazioni di reti locali e di campus, ma anche **per la realizzazione di anelli di accesso a reti geografiche.**
- Data la compatibilità dello standard con gli standard Ethernet (a 10 Mb/s) e Fast Ethernet (100 Mb/s) le tecnologie Gigabit sono **relativamente poco costose**, oltre ad essere facilmente in grado di utilizzare le tecnologie Ethernet standard per l'accesso ai **sistemi di utente con costi di apparecchiature terminali che allo stato attuale sono molto più bassi dei sistemi ottici tradizionali (SDH**).
- Anche nel caso della tecnologia GbE, la topologia di rete è spesso ad anello.

Gigabit Ethernet

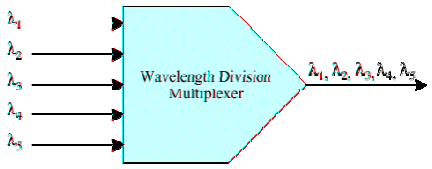
GbE - Schema di riferimento (1/2)



- Lo schema di riferimento della tecnologia GbE su topologia di rete ad anello è analogo a quello della rete SDH, con la sostituzione degli apparati di anello con **Switch GbE.**
- In questa configurazione, la portante ottica da 1 Gb/s realizzata sull'anello in fibra è condivisa tra tutti gli utenti degli apparati. Lo switch installato a livello di palazzo (o di gruppo di abitazioni) viene utilizzato per separare i collegamenti verso i vari utenti utilizzando:
  - **fibra (per collegamenti Ethernet a 10, 100 o 1000 Mb/s);**
  - **cavi in doppino di alta qualità (per collegamenti Ethernet a 10 o 100 Mb/s)**
  - **il tratto terminale della esistente rete in rame (con tecnologia VDSL)**
  - **tramite accesso radio con tecnologie WLAN**.

WDM
Wavelength Division Multiplex

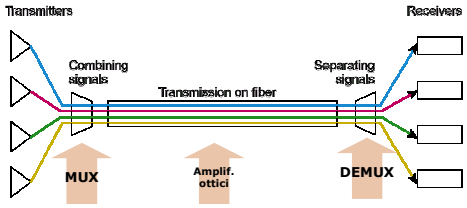
WDM



FINO AD UN CENTINAIO DI CANALI MULTIPLEXABILI



Collegamento WDM punto-punto

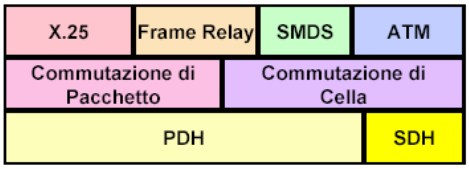


In figura è rappresentata una struttura capace di fare l'upgrade della trasmissione da un modello OC-48(2.5 Gb/s) ad un OC-192(10 Gb/s) (infatti essendoci 4 canali sulla stessa fibra 2.5Gb/s*4=10Gb/s).

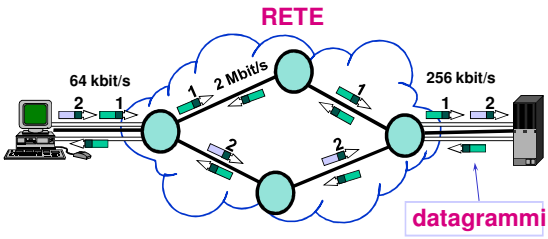
RETI A COMMUTAZIONE DI PACCHETTO

Caratteristiche e principi di funzionamento

I vari livelli di tecnologie



Commutazione di Pacchetto (Store-and-Forward)



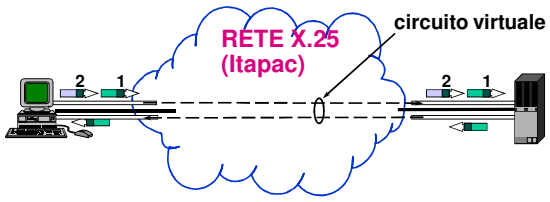
La rete X.25

Reti pubbliche per dati:

raccomandazione ITU X.25

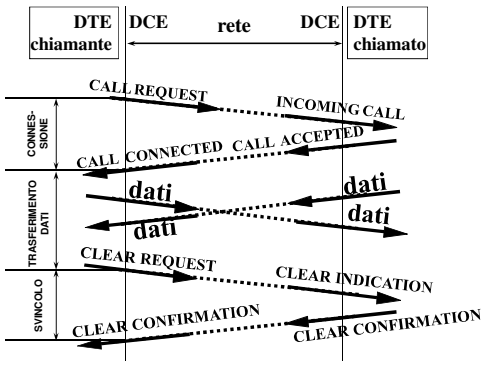
X.25: Circuito Virtuale

il circuito virtuale consegna i pacchetti in sequenza



circuito virtuale:
- commutato (Switched Virtual Circuit - SVC)
- permanente (Permanent Virtual Circuit - PVC)

Chiamata Virtuale X.25



ITU (CCITT) X.25

Insieme di raccomandazioni per i primi tre livelli architetturali nelle reti pubbliche per dati.

Trasferimento dell'informazione a pacchetto in modalità orientata alla connessione con velocità da 75 bit/s fino a 192 Kbit/s.

In Italia la rete pubblica conforme a X.25 è ITAPAC.

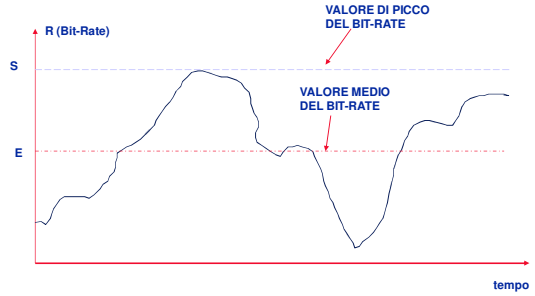
RETI A COMMUTAZIONE DI PACCHETTO RACCOMANDAZIONE X.25 DEL CCITT

- **La Raccomandazione X.25 è stata approvata dal CCITT nel 1976 e aggiornata nel 1980.**
- **X.25 rappresenta attualmente l'esempio più diffuso e più noto di sistema a commutazione di pacchetto con circuiti virtuali. X.25 definisce l'interfaccia tra un DTE a pacchetto e la rete.**
- **X.25 prevede due tipi di circuiti virtuali :**
  - **circuiti virtuali permanenti (PVC = Permanent Virtual Circuit)**
  - **circuiti virtuali commutati (SVC = Switched Virtual Circuit),**

CARATTERISTICHE TRASMISSIVE DEI SERVIZI

- ***Ogni servizio è caratterizzato da una propria velocità di trasmissione (o bit rate) R , cioè dal numero bit trasmessi in 1 secondo.***
- ***La velocità di trasmissione dipende dal segnale, dal tipo di codifica utilizzata e dalla tecnica di compressione.***
- ***Un servizio si dice isocrono o a bit rate fisso se esso richiede la trasmissione di un numero fisso di bit al secondo.***
- **ESEMPIO :** Il segnale telefonico richiede la trasmissione di 64 Kbit/sec.
- ***Un servizio si dice asincrono o a bit rate variabile se il numero di bit che invia in 1 secondo varia col tempo***
- **ESEMPIO :** un terminale collegato con un computer invia i dati solo quando l'utente li digita sulla tastiera.

VARIABILITA' DEL BIT RATE DI UN SEGNALE



CARATTERISTICHE DI SEGNALI

COEFFICIENTE DI BURSTNESS DI UN SEGNALE

B=S/E

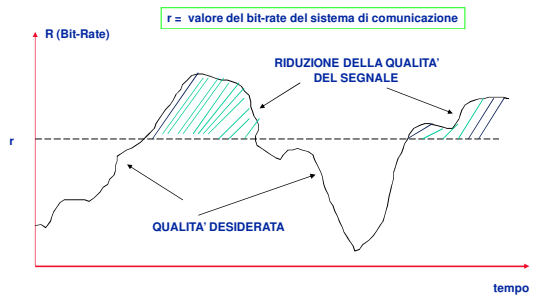
I coefficienti E e S variano con il segnale, ma assumono valori tipici per ogni classe di segnale.

ESEMPIO

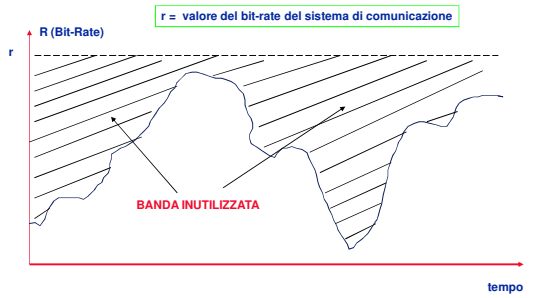
SERVIZIO	E	B
VOCE	32-64 Kbit/sec	2
DATI INTERATTIVI	1-100 Kbit/sec	10
VIDEO DI QUALITA' STANDARD	20-30 Mbit/sec	2-3
HDTV	100-150 Mbit/sec	1-2
VIDEOTELEFONIA AD ALTA QUALITA'	2 Mbit/sec	5

Si può notare che nessun segnale ha B=1.

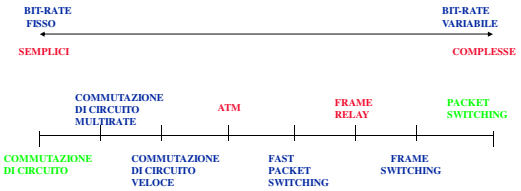
TRASMISSIONE A BIT RATE FISSA



TRASMISSIONE A BIT RATE FISSA



TECNICHE DI COMMUTAZIONE E BIT RATE



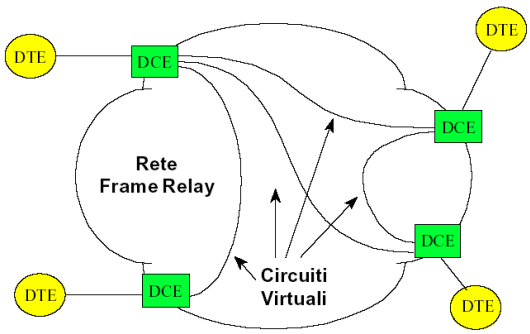
Le tecniche con bit-rate fisso sono più semplici ma meno flessibili, mentre le tecniche a bit-rate variabile sono più complesse

Frame Relay

Lo standard Frame Relay

- È uno standard di interfaccia DCE-DTE che permette di far convivere diversi circuiti virtuali sulla stessa linea
  - simile a X.25
- È uno standard puramente di livello 2
  - X.25 ha un suo livello 3
- Approccio Core-Edge alla correzione degli errori
  - X.25 corregge gli errori su ogni tratta
  - pensato per linee veloci ed affidabili

Rete Frame Relay



Evoluzione di Frame Relay

- Nasce nel 1990 da un consorzio creato da Cisco, Digital, Northern Telecom e Stratacom
- Il protocollo utilizzato si chiama LAPF e si basa su:
  - I.122 - Framework for Frame Mode Bearer Services
  - Q.922 - ISDN Data Link Specification for Frame Mode Bearer Services
- Il consorzio propone significative estensioni
  - LMI: Local Management Interface

Modello OSI del Frame Relay

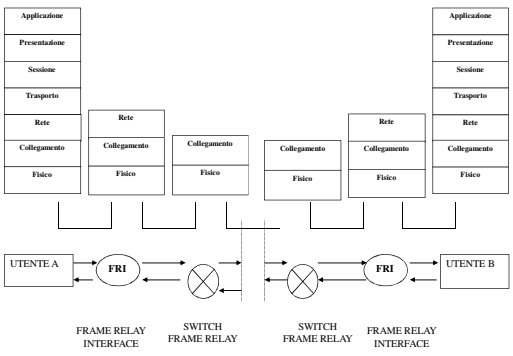
- Piano C = Piano di controllo del sistema di comunicazione: si occupa dell'instaurazione e del rilascio o abbattimento delle connessioni logiche
- Piano U = Piano utente: si occupa del trasferimento di dati

Modello OSI	Piano C	Piano U
Rete	Q.933	*Link Management*
Data Link	LAPF	LAPF *core*
Fisico	BRI;PRI, DDS, DS-0, T1, E1, ...	

Livello fisico nel frame relay

- Il livello fisico provvede a trasferire i dati provenienti dal livello superiore e consente varie velocità di trasmissione
  - 56 Kbps
  - N*64 Kbps;
  - T1 a 1.544 Kbps;
  - E1 a 2.048 Kbps.
- Per velocità inferiori a 56 Kbps viene ancora utilizzato il protocollo X.25.

Schema della rete Frame Relay

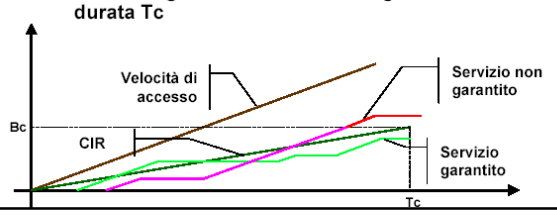


Frame Relay: interfaccia utente-rete

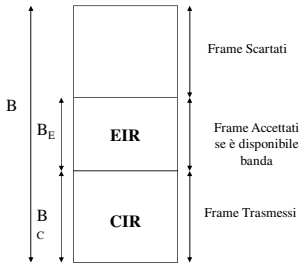
- Parametri negoziabili a priori su base contratto:
  - CIR (Committed Information Rate) [bit/s]
  - CBS (Committed Burst Size) [bit]
  - EBS (Excess Burst Size) [bit]
- CIR: velocità (throughput) garantita
- CBS: dati che la rete accetta di trasferire su intervallo temporale di misura pari a T
- EBS: dati in eccesso che rete cerca di trasferire su intervallo temporale di misura pari a T. Sono marcati ponendo il bit DE ad 1
- Dati in eccesso a CBS+EBS sono scartati in ingresso

CIR: Committed Information Rate

- Bc: committed burst size
  - Massima burstiness
- Tc=Bc/CIR
  - Intervallo in cui il CIR è verificato
  - Si possono trasmettere fino a Bc bit alla velocità del collegamento fisico in ogni intervallo di durata Tc



Comportamento del Frame Relay



Confronti Frame Relay – X.25

- Similitudini con X.25
  - » è uno standard di interfaccia DCE-DTE
  - » permette di far convivere diversi circuiti virtuali su una singola linea trasmissiva
- Differenze da X.25
  - » è uno standard puramente di livello 2
  - » è pensato per linee trasmissive veloci ed affidabili e quindi non corregge gli errori su ogni tratta trasmissiva
  - » non effettua controlli di sequenza hop-by-hop
  - » non effettua flow-control hop-by-hop

B - ISDN

B-ISDN

- Reti pubbliche e/o private che supportano servizi ad alta e bassa velocità su unico supporto trasmissivo
- Standardizzate da ITU-T e ATM Forum
- Evoluzione di ISDN
- Adottano tecnica di trasporto, multiplazione e commutazione ATM

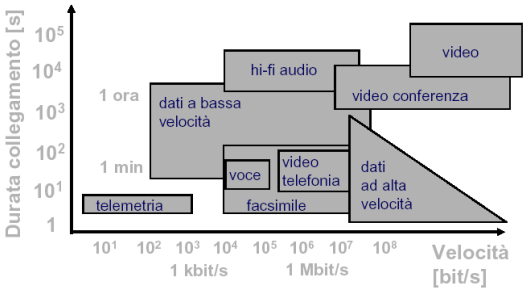
Applicazioni e servizi per B-ISDN

- Telefonia, dati, radio e televisione
- Video-telefonia ed audio qualità CD
- Conferenze multimediali
- Lavoro di gruppo a distanza
- Immagini ad alta risoluzione (mediche)
- TV ad alta definizione
- Video on demand
- Dati tra supercalcolatori (meteorologia)
- Tele-visite, tele-didattica, tele-acquisti ...

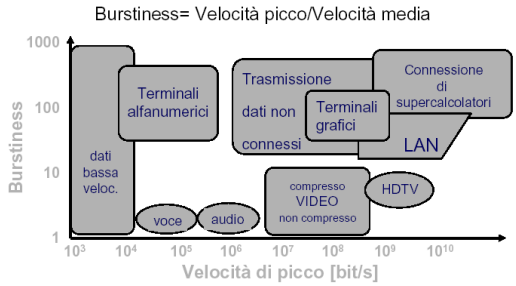
Requisiti per B-ISDN

- Bassi costi
- Larga banda
- Grande copertura geografica e numero di utenti
- Rete integrata per il supporto di traffico eterogeneo su unico supporto trasmissivo
- Garanzie di QoS (Quality of Service)
  - garanzie diverse (differenziate) per connessione
  - controllo a priori di ritardi
  - controllo a priori probabilità di perdita

Caratteristiche traffico



Caratteristiche traffico



Asynchronous Transfer Mode (ATM)

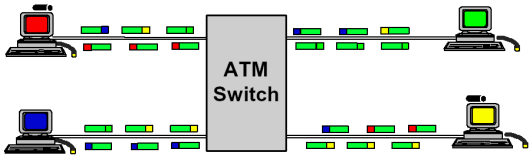
Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- Tecnica di multiplazione a divisione di tempo
- Intervalli di tempo allocati dinamicamente
- In ogni intervallo di tempo si tramette una cella
- Celle di lunghezza costante (48+5=53 byte)
- Velocità d'accesso: 2÷622 Mbit/s
- Commutazione in hardware
- Porta flussi di diversa natura (Multimediale)

Caratteristiche Generali

- Commutazione di celle di lunghezza fissa
  - 53 byte
- Mezzi trasmissivi veloci (purchè con basso tasso di errore)
  - tipicamente ≥ 150 Mb/s
- Bassi ritardi
  - idoneo per dati, voce e immagini video
- Tecnica di trasferimento adatta a realizzare LAN e WAN
- Tecnica di trasferimento scelta per la B-ISDN

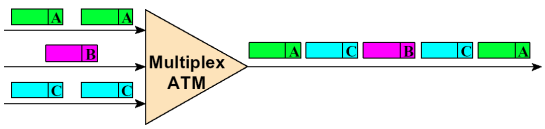
Commutazione di cella



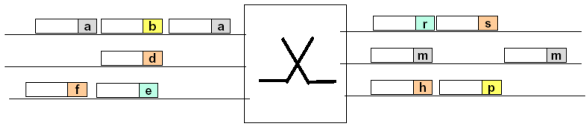


Cella = 53 Ottetti

Multiplex statistico

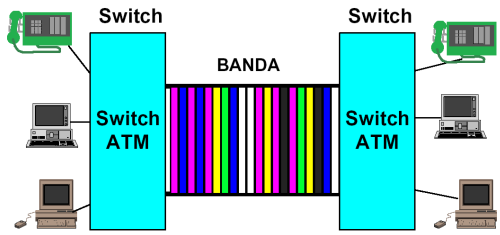


Commutazione ATM



- Commutazione (*switching*) ATM:
  cambiamento di link trasmissivo + cambiamento di etichetta
  (*Multiplex Switching*) (*Label switching*)
- NB: l'etichetta ha una valenza locale, cioè tra le entità agli estremi della tratta
- Funzioni:
  - » memorizzazione della cella in un buffer
  - » trasferimento fisico dalla terminazione di ingresso a quella di uscita
  - » aggiornamento dell'etichetta

Sistema ATM



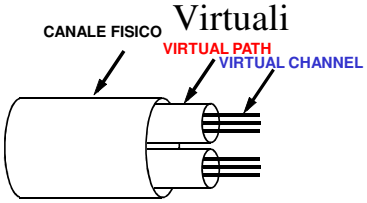
Connessioni logiche



VCC=Virtual Channel Connection
- user-user (dati)
- user-network (segnalazione di controllo)
- network-network (gestione di rete e routing)

VPC=Virtual Path Connection
- Una VPC è un fascio di VCC che hanno gli stessi end point
- Le VCC di una VPC sono commutate lungo lo stesso percorso 6

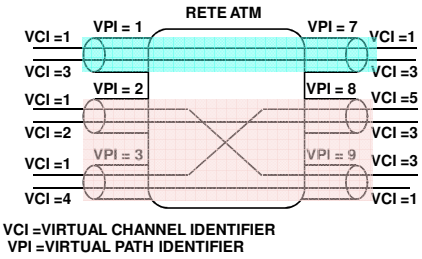
Due Livelli di Connessioni Virtuali



VP può essere inteso come un fascio di VC, caratterizzati dagli stessi punti terminali e quindi tali per cui tutte le celle di tale fascio vengono commutate insieme.

L'introduzione del concetto di percorso virtuale è legata al fatto che essa permette di ridurre i costi legati alle operazioni di controllo nelle reti ad alta velocità, dato che raggruppando le connessioni che condividono lo stesso percorso all'interno della rete, si ha la possibilità di ridurre sensibilmente le operazioni di gestione che di fatto saranno definite solo per un sottoinsieme di gruppi di connessioni, invece che su un elevato numero di connessioni singole.

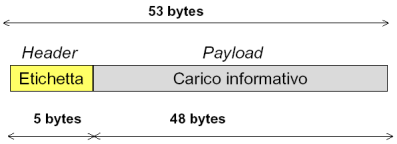
Gestione delle Connessioni Virtuali



VCI =VIRTUAL CHANNEL IDENTIFIER
VPI =VIRTUAL PATH IDENTIFIER

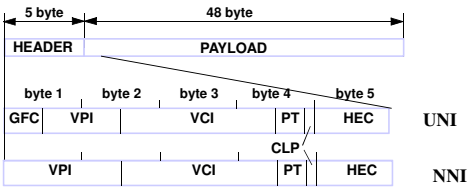
Caratteristiche della cella ATM

- **ATM è una rete a pacchetto orientato alla connessione.**
- **La sua caratteristica principale è:**
  - **Unità Informative di Lunghezza e Formato fissi: *CELLE* per rendere più semplice (= veloce) il processamento e la commutazione**



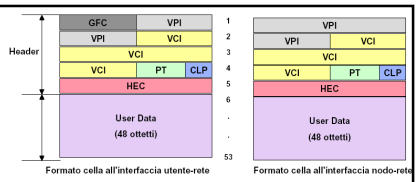
Etichetta o Header: contiene le informazioni per l'instradamento

Formato della Cella



GFC = Generic Flow Control PT = Payload Type
VPI = Virtual Path Identifier CLP = Cell Loss Priority
VCI = Virtual Channel Identifier HEC = Header Error Control

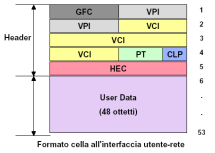
formato della cella ATM



- GFC: Generic Flow Control
- VCI: Virtual Channel Identifier
- VPI: Virtual Path Identifier
- PT: Payload Type
- CLP: Cell Loss Priority
- HEC: Header Error Check

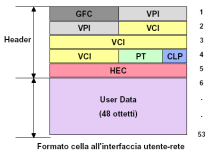
- **GFC**: utilizzato per il controllo del flusso alla UNI. Sono definiti due modi di funzionamento:
  - Uncontrolled Access: GFC = 0000;
  - Controlled Access: da definire.
- **VPI/VCI**: identificatore della connessione virtuale o etichetta della cella
- **PT**: descrive i contenuti del payload:
  - dati utente;
  - informazioni di management della rete;
- **CLP**: specifica il grado di importanza dei dati trasportati dalla cella; puo' essere variato dagli switch.
- **HEC**: usato dal livello fisico per rilevare/correggere errori nello header. Viene usato anche per la cell delineation.

Payload Type (PT)



- Campo di 3-bit
- Il primo bit distingue tra:
  - Celle di utente: bit 1 = "0"
  - Celle di gestione (OAM) o resource management (RM): bit 1 = "1"
- Per le celle di utente il secondo bit, chiamato ATM-user-to-ATM-user (AAU), puo essere usato dall'utente dell'ATM (il livello AAL)
  - il protocollo AAL5 lo usa per indicare l'ultima cella di una SAR-PDU
- Per le celle di utente il terzo bit, chiamato Congestion Indication (CI) bit, indica se si è verificata una situazione di congestione. Questo bit può essere modificato da ogni nodo di rete. Viene usato dal servizio "Available Bit Rate" (ABR)
- Il codice 110 indica le celle RM (Resources Management), usate nel servizio ABR

Cell Loss Priority (CLP)



Formato cella all'interfaccia utente-rete

- Campo ampio un 1 bit
- Indica la priorità della cella:
  - 0 = Alta Priorità, la cella non deve essere scartata
  - 1 = Bassa Priorità, la cella può essere scartata in caso di congestione
- Il CLP può essere settato ad 1 dalla rete ATM (per indicare una violazione del profilo di traffico contrattualmente ammesso)
- Il CLP può essere settato ad 1 dal terminale di trasmissione (per indicare una porzione dei dati con priorità più bassa) ad esempio in un servizio VBR la garanzia di qualità fornita dalla rete si potrebbe applicare solo alle celle con CLP=0
- In Frame Relay esiste una funzione simile, realizzata dal bit DE - Discard Eligibility.

ATM: Differenze con Reti a Pacchetto/ Frame Relay

- Celle di lunghezza fissa (53 byte), quindi:
  - Commutazione semplificata (hardware)
  - Tempi di allocazione del canale limitati superiormente
  - Jitter controllato
- Controllo "fuori banda"; comunicazione “connection oriented”
- Qualità di Servizio garantita (adatto a traffico *time sensitive*)