



Reti Geografiche e Internetworking

Silvano GAI

[sgai\[at\]ip6.com](mailto:sgai[at]ip6.com)

Mario Baldi

<http://www.mario-baldi.net>





Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slide) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slide (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.

Le slide possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.

Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.

L'informazione contenuta in queste slide è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slide (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).

In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slide.

In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.



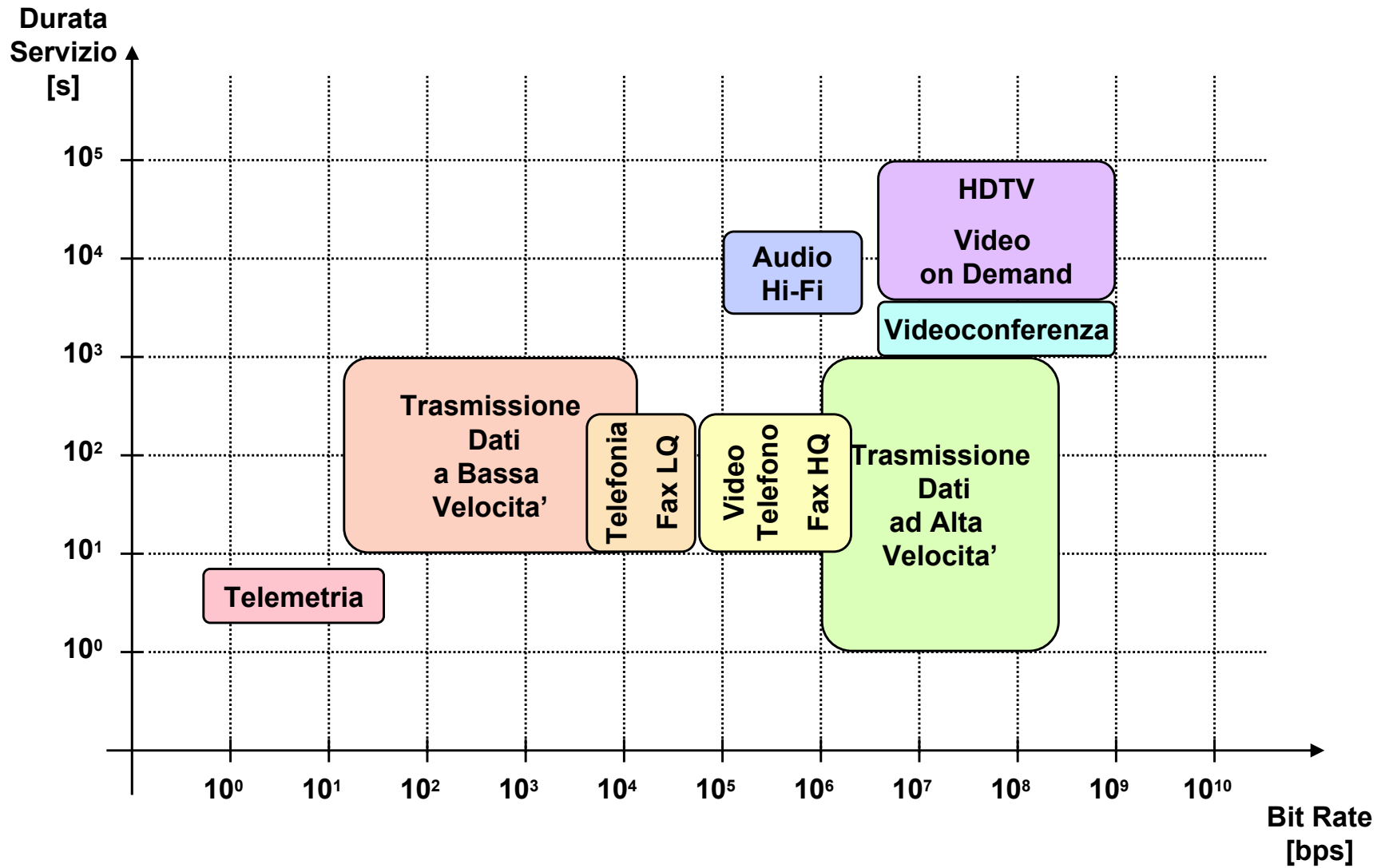


Scopi

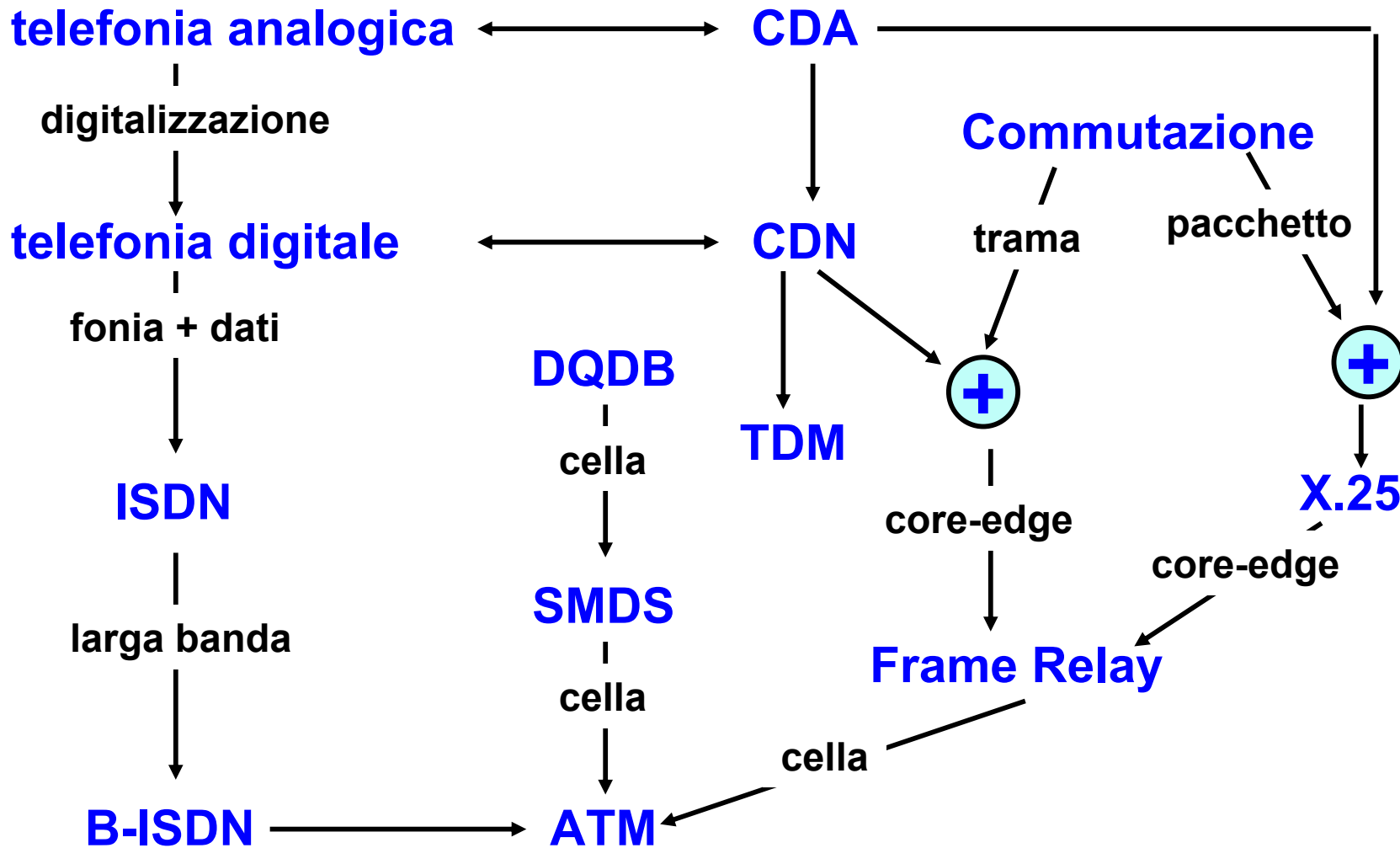
- **Fornire una tassonomia delle reti geografiche, considerando:**
 - **tipologia dei circuiti**
 - analogici
 - digitali
 - **modalità trasmissiva**
 - plesiocrona
 - sincrona
 - **modalità di commutazione**
 - di circuito
 - di pacchetto
 - di trama
 - di cella



Le necessità




Le relazioni tra le varie tecnologie



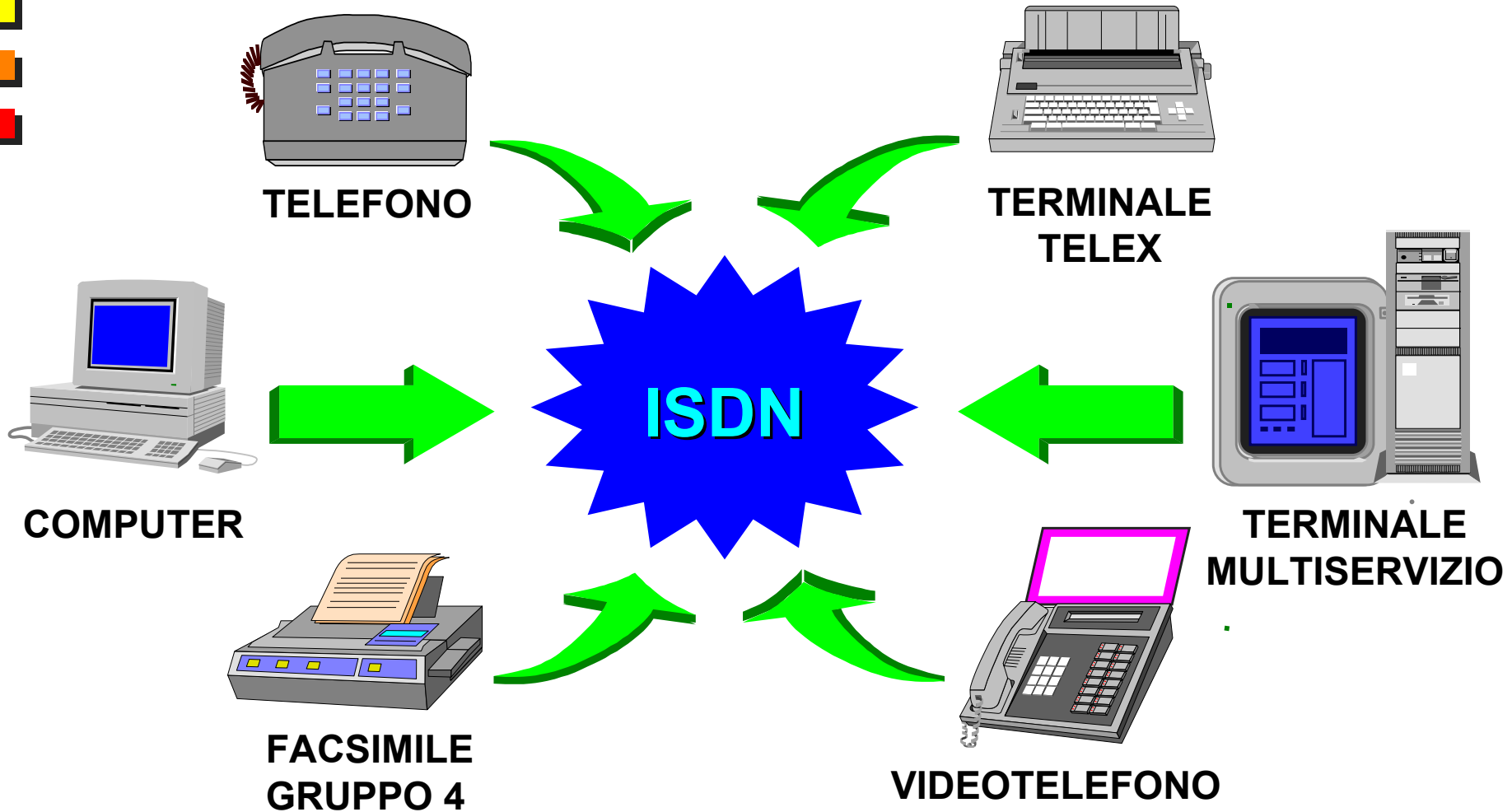


Telefonia

- Per fare T.D. su telefonia classica (analogica o digitale) si utilizzano i modem
 - Schemi di modulazione sempre più sofisticati:
 - V.22 - 1.200 bps
 - V.22 bis - 2.400 bps
 - V.32 - 9.600 bps
 - V.32 bis - 14.400 bps
 - V.32 terbo - 19.200 bps
 - V.34 - 28.800 bps
 - Compressione dei dati e correzione degli errori:
 - MNP, V.42 (correzione) e V.42 bis (compressione)
 - Linguaggio di comandi unificato:
 - Hayes
- 




ISDN: Integrated Service Digital Network



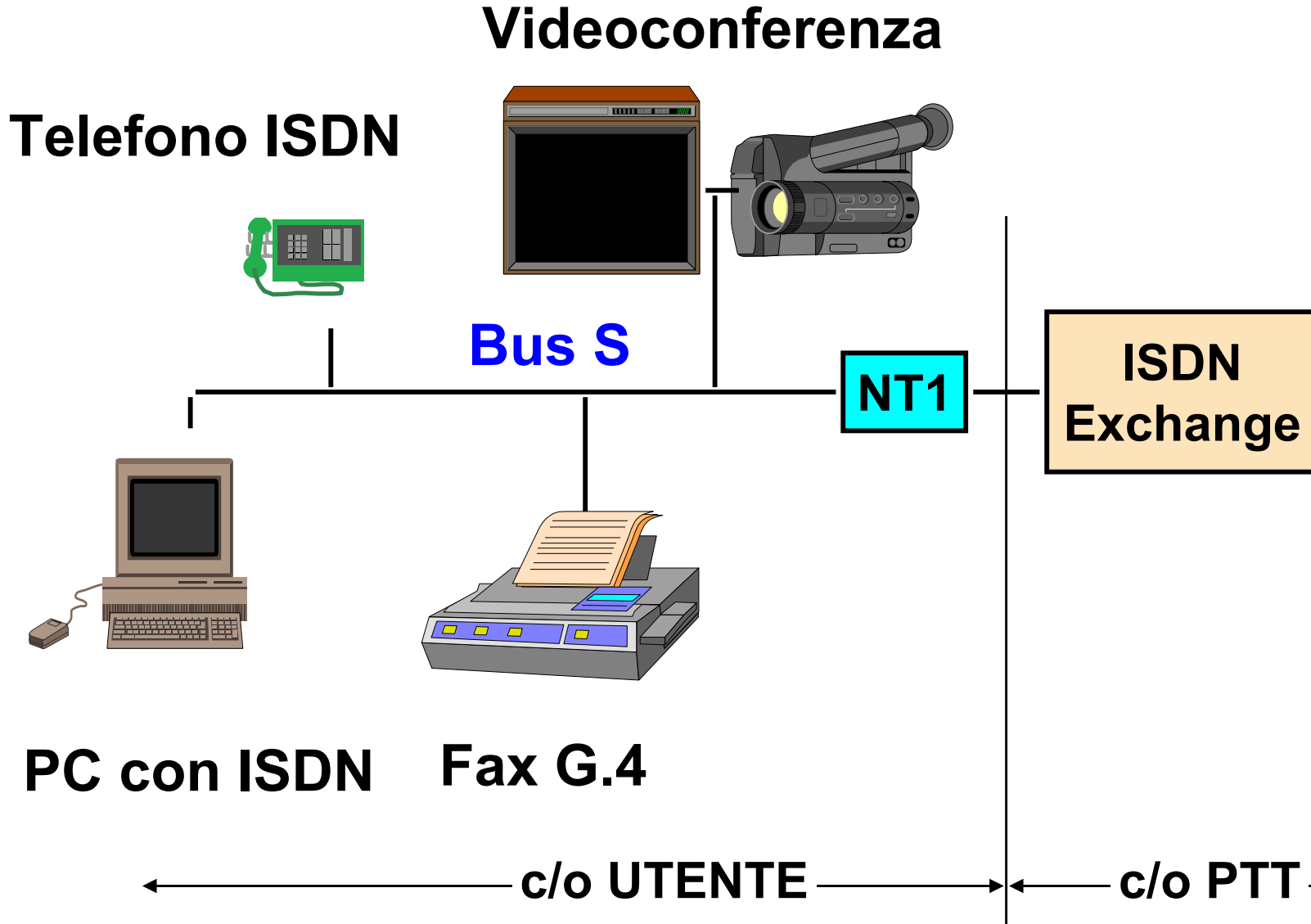


ISDN

- **Dati + Fonia + Videotelefonia + FAX G4**
 - **Anche il terminale d'utente diventa digitale**
 - **2B + D o accesso base**
 - 2 canali dati a 64 kbps
 - 1 canale segnalazione a 16 kbps
 - totale 144 kbps sino a casa dell'utente
 - **30B + D o accesso primario**
 - 30 canali dati a 64 kbps
 - 1 canale segnalazione a 64 kbps
 - totale 2 Mbps sino a casa dell'utente
- 



ISDN






Numerazione utente

- La numerazione ISDN è un'estensione del numero telefonico attuale.
- Una componente aggiuntiva opzionale consiste nel sottoindirizzo, che serve ad distinguere tra vari terminali.

| | | | | |
|-------------------|-------------------|---------------------|---------------|------------------|
| Codice di accesso | Codice di nazione | Codice di distretto | Numero utente | Sottocodice ISDN |
|-------------------|-------------------|---------------------|---------------|------------------|






Canali Diretti

■ Canali Diretti Analogici (CDA)

- ormai obsoleti
- velocità da 2400 bps a 64Kbps


■ Canali Diretti Numerici (CDN)

- rete nazionale molto capillare
 - nodi che realizzano una commutazione di circuito
 - RED (Ripartitori Elettronici Digitali)
 - circuiti PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)
 - 64 Kbps
 - $N * 64$ Kbps
 - 2 Mbps
 - 34 Mbps
- 



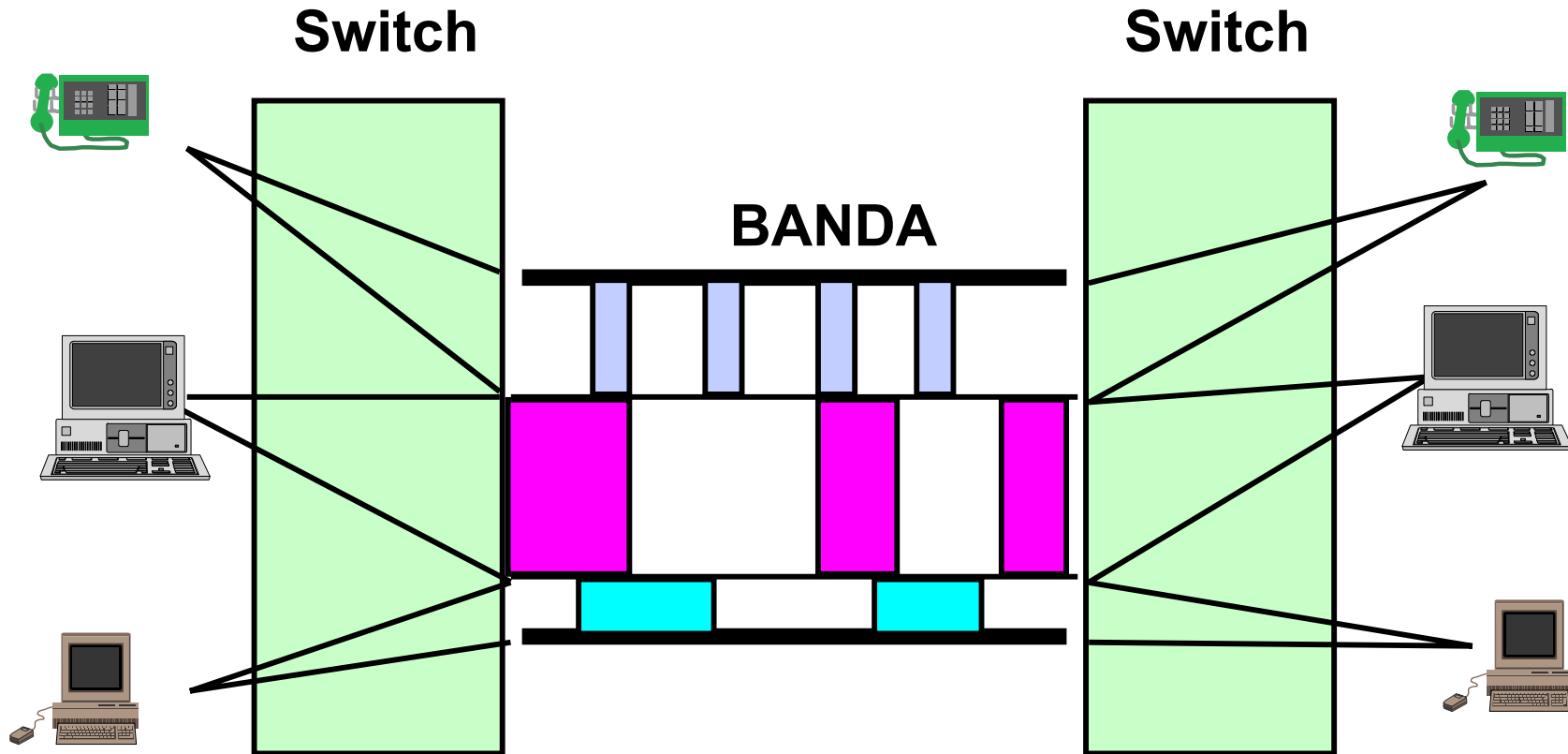


Reti Private basate su TDM

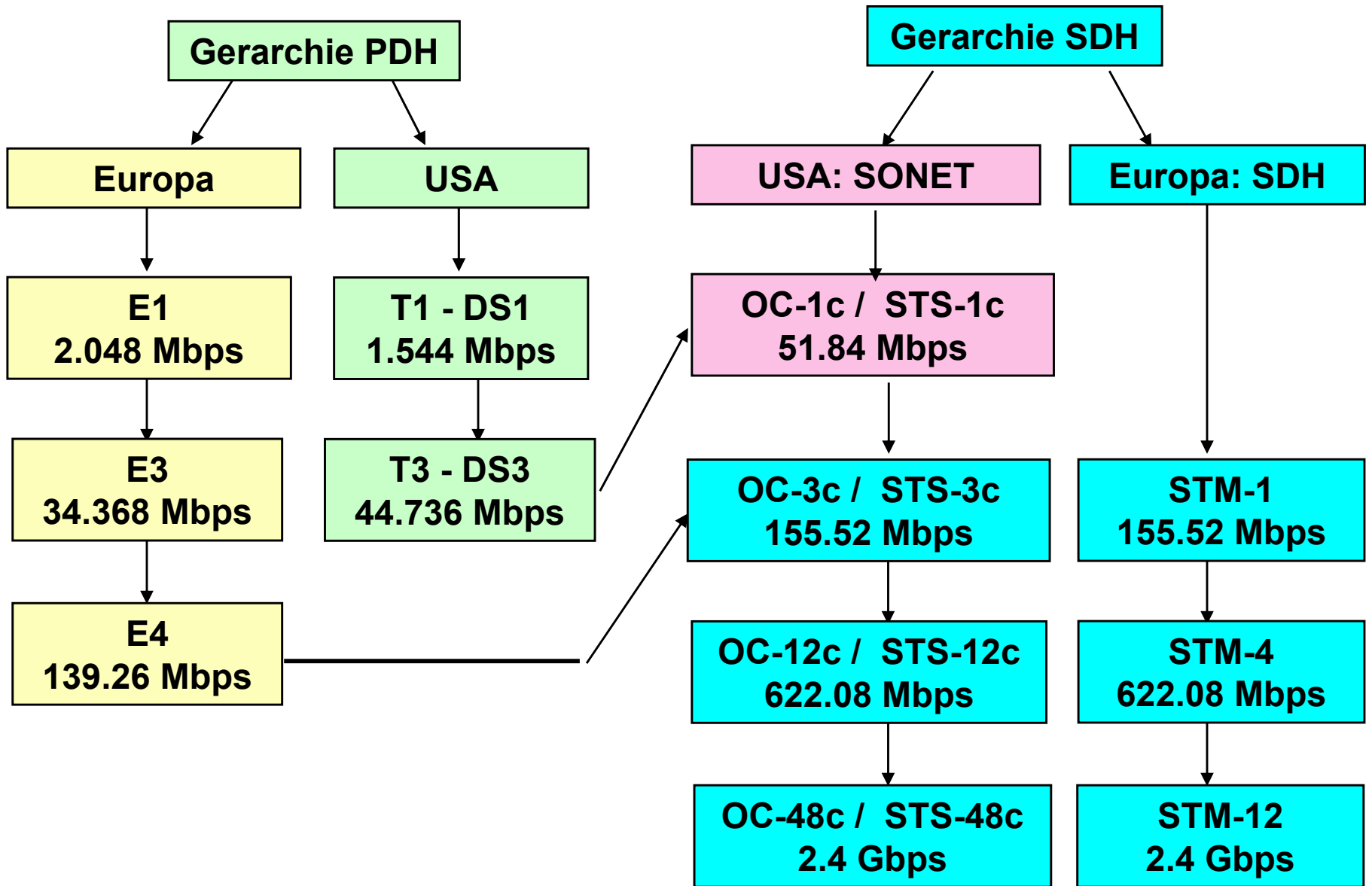
- TDM (Time Division Multiplexer)
 - suddividono la banda in sottobande
 - Basate sulla disponibilità di canali E1/T1 (eventualmente frazionati)
 - Ogni servizio vede la propria sottobanda come un canale sincrono a velocità fissa
 - I router e i bridge li vedono come dei CDN
 - La parte di banda non utilizzata da un servizio ad un dato momento va persa e non viene riutilizzata da altri servizi
- 



Tecnologia TDM

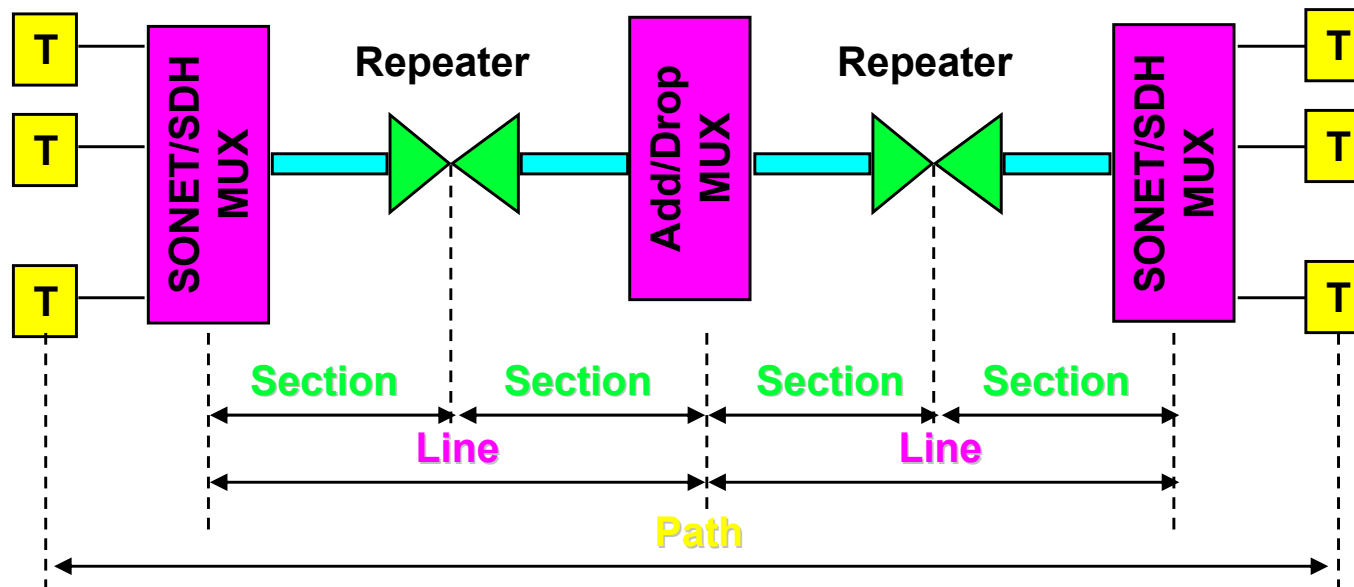


PDH e SDH



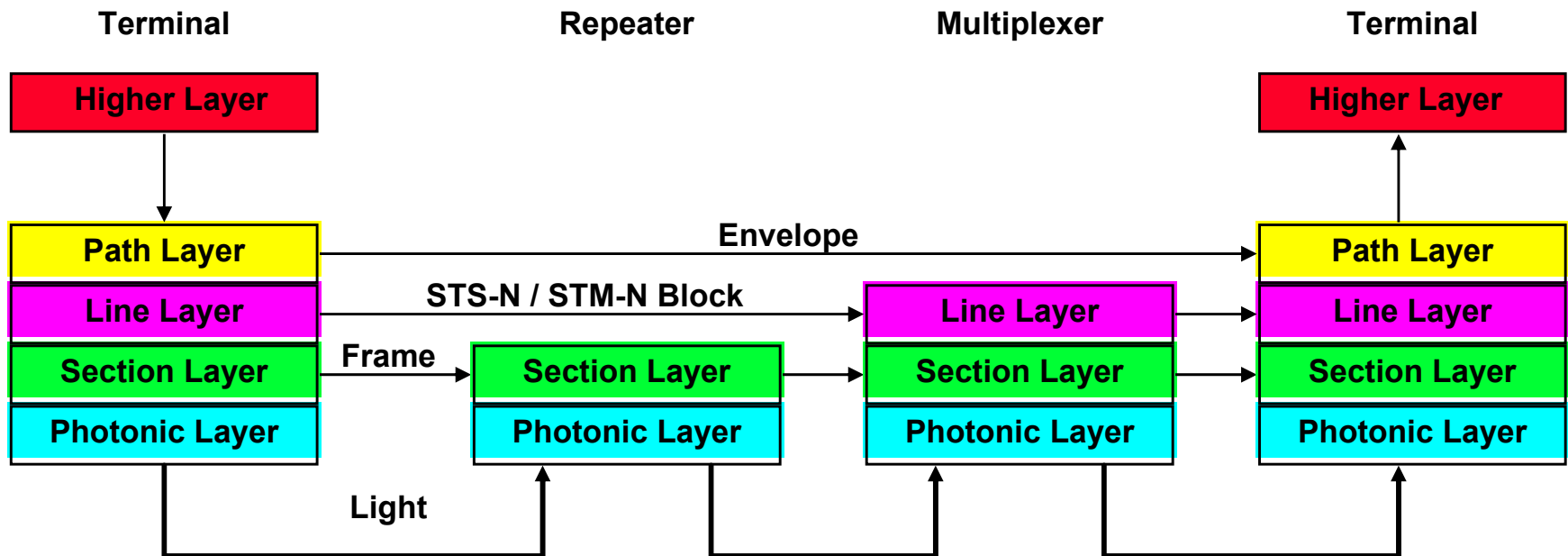
Architettura fisica

- **Section:** collegamento in fibra ottica tra transceiver
- **Line:** sequenza di sezioni tra dispositivi che operano a livello di trama
- **Path:** circuito diretto numerico end-to-end



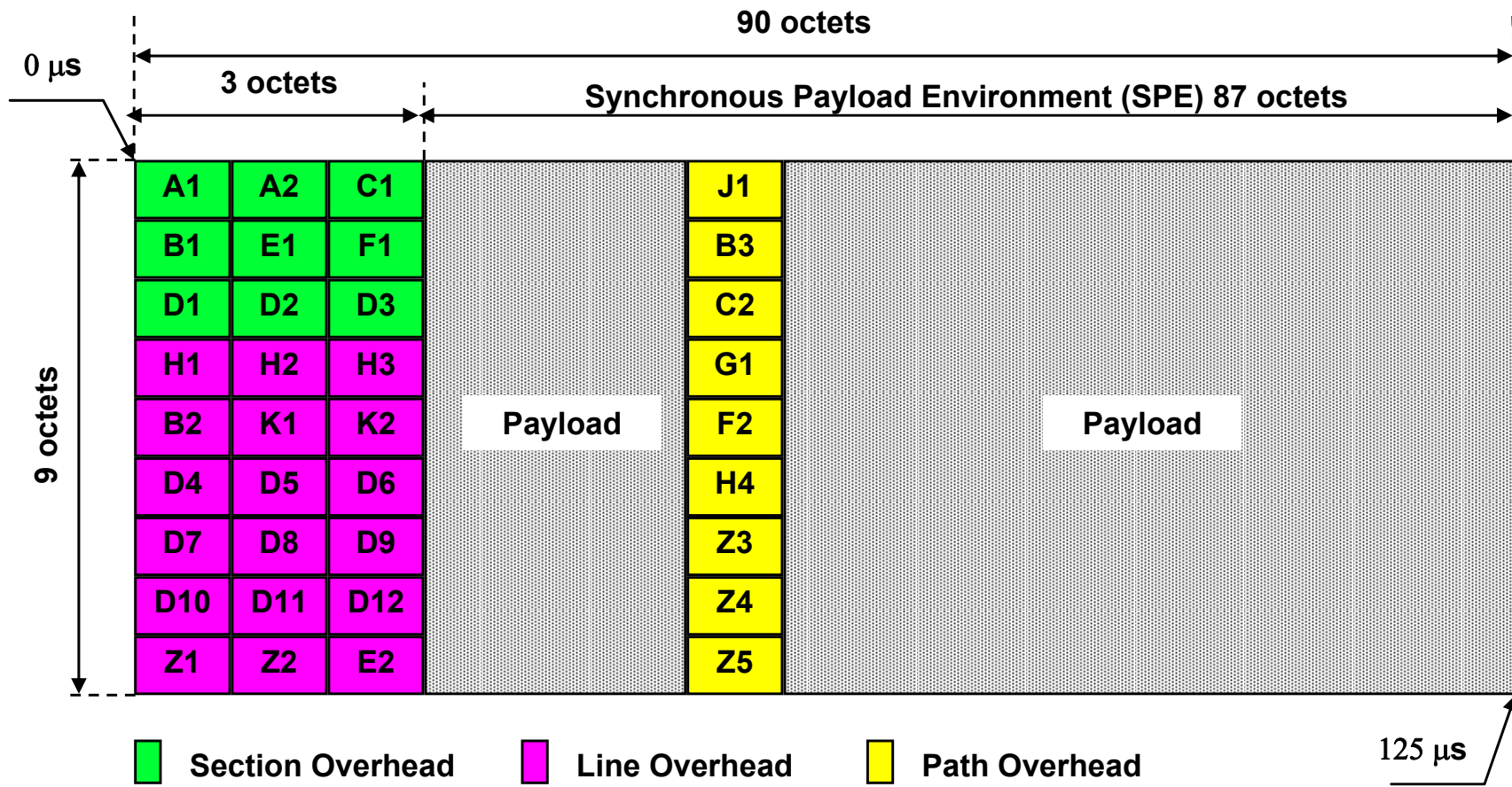
Architettura protocollare

- **Photonic Layer:** fibra, laser
- **Section Layer:** trame, OAM (Operation Administration and Management)
- **Line Layer:** sincronizzazione, multiplazione, commutazione, OAM
- **Path Layer:** trasferimento dati (bytes) end-to-end

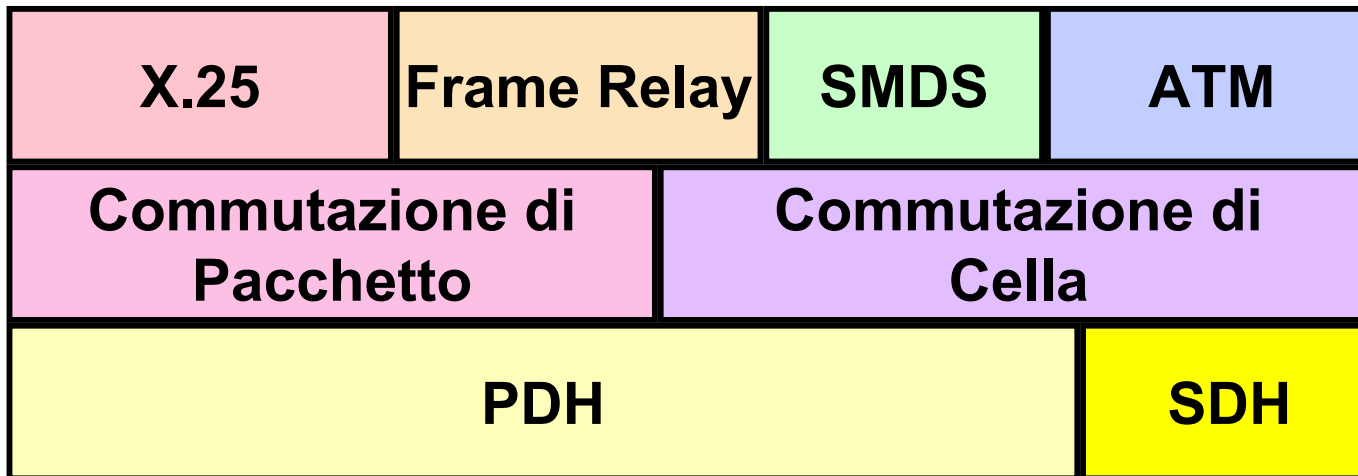


Formato delle trame (frame)

STS-1: 810 ottetti ogni 125 μ s \rightarrow 51.84 Mbps



I vari livelli di tecnologie



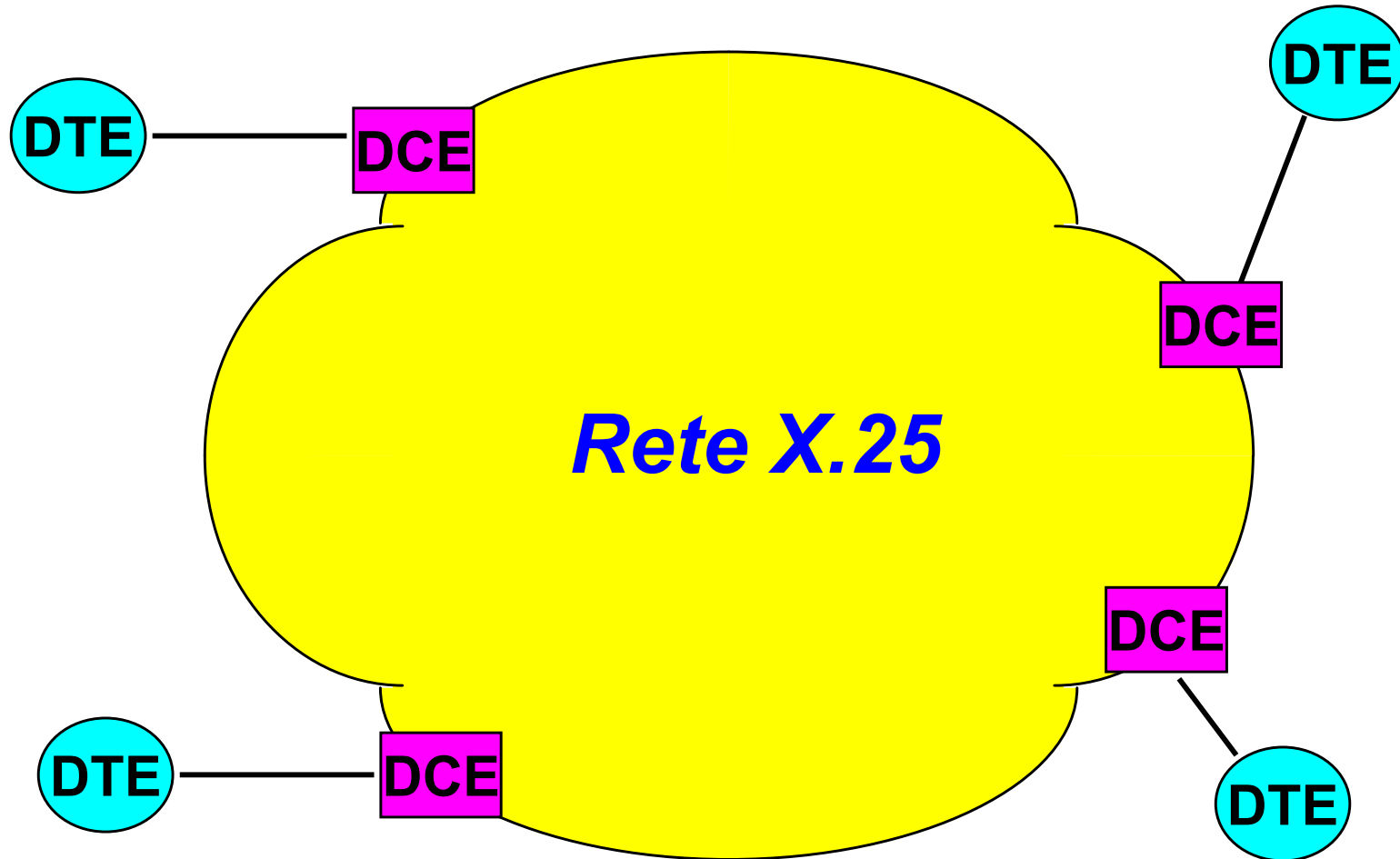


Commutazione di Pacchetto

- L'informazione viene suddivisa in pacchetti di lunghezza variabile
- L'instradamento dei pacchetti avviene a livello 3 (OSI)
- Lo standard è X.25
- Servizio pubblico: in Italia ITAPAC
 - Accessi standard d'utente a 9600b/s o 64kb/s



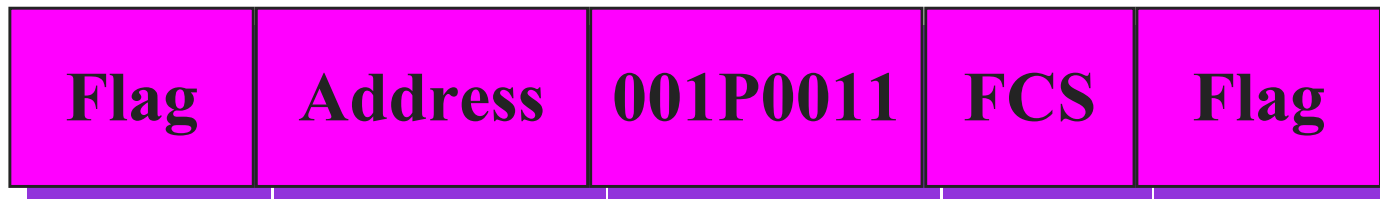
Una rete X.25





Il livello 2

- Sincronizzazione della trasmissione
- Rilevazione e conseguente recupero di errori
- LAPB (Link Access Procedure, tipo B) di derivazione SDLC/HDLC



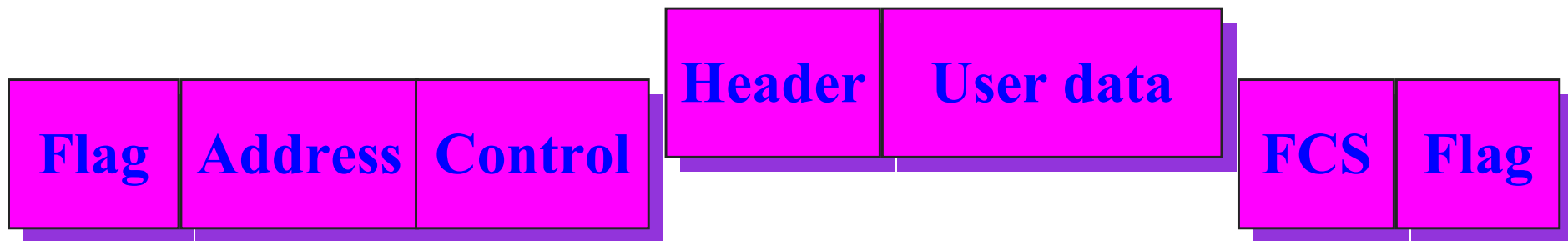
Esempio di pacchetto DISC





Il livello 3

Livello 3



Livello 2: LAPB (Link Access Procedure B)

- **Instaurazione dei circuiti virtuali**
 - Gruppo di Canale Logico (GCL)
 - Numero di Canale Logico (NCL)
 - presenti nell'intestazione dei pacchetti
- **Trasferimento dati dell'utente**





Tipi di connessioni



- **PVC (circuito virtuale permanente) :**
 - connessione logica fissa tra due DTE
 - adatto a chi si connetterà frequentemente e per lunghi periodi di tempo con un corrispondente fisso

- **SVC (circuito virtuale commutato) :**
 - connessione logica temporanea tra due DTE
 - adatta chi deve comunicare con diversi corrispondenti
 - il campo *Call User Data* (CUD) specifica il protocollo di livello superiore che transiterà sulla connessione





X.25 e internetworking



- Si possono collegare bridge tramite circuiti X.25

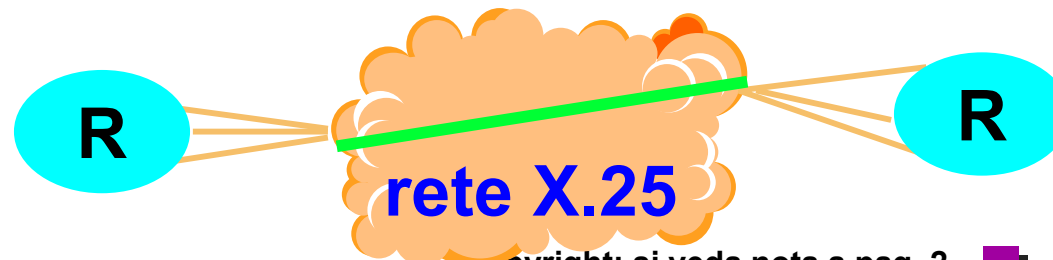


- Grazie al campo CUD si possono collegare router multiprotocollo

- un circuito virtuale per ogni protocollo
- due buste di livello 3

- Corrispondenza tra indirizzi di livello rete e X.121

- normalmente mediante configurazione



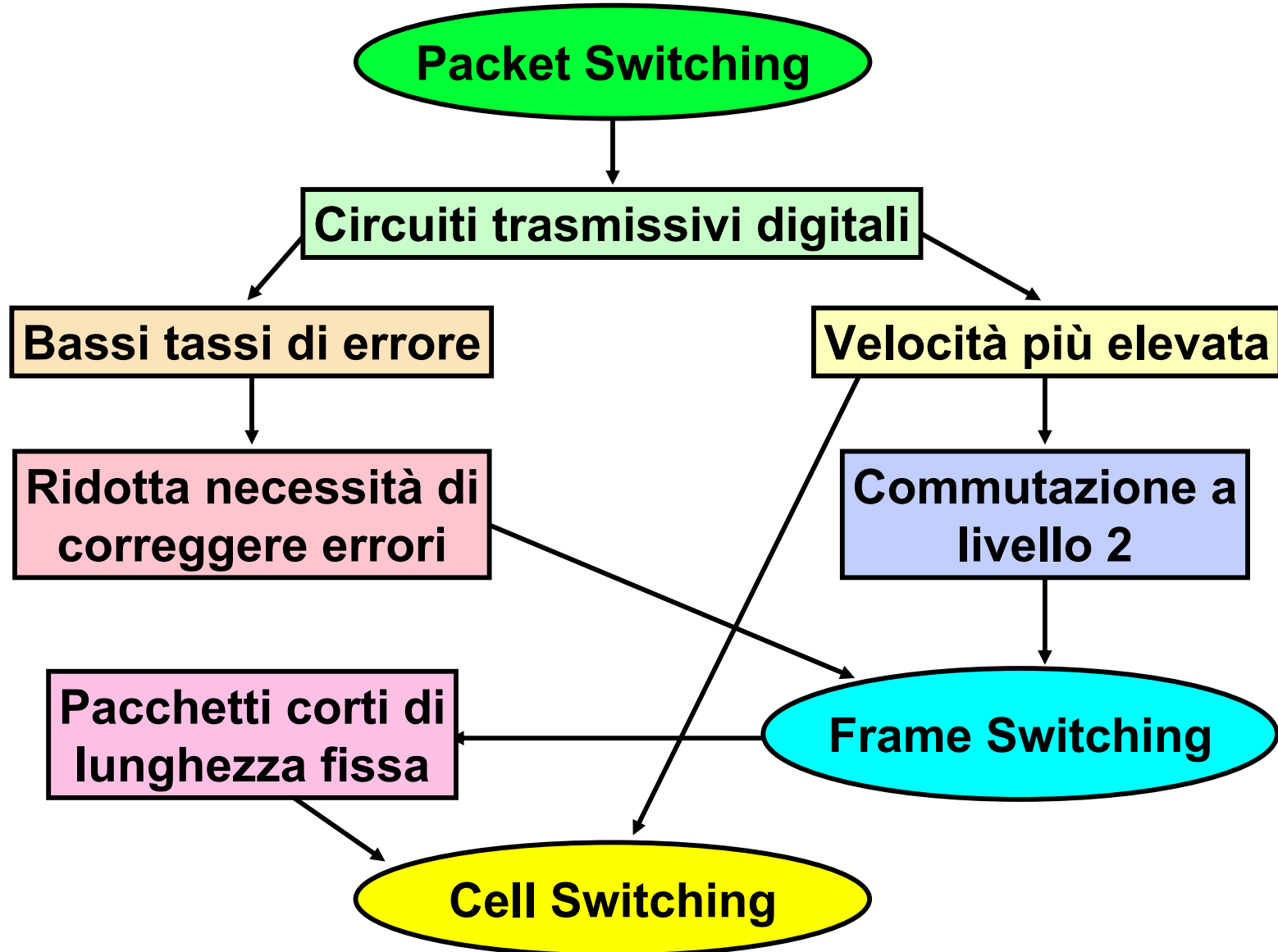


X.25 Vantaggi e Svantaggi

- Ogni pacchetto viene completamente verificato in ogni nodo intermedio della rete:
 - A livello 2 usa LAPB (derivato di HDLC)
 - Adatta a linee lente con errori
 - Alto tempo di attraversamento della rete
- Rete adatta solo a trasmissione dati
 - no video o voce
 - interconnessione di LAN




Evoluzione della commutazione



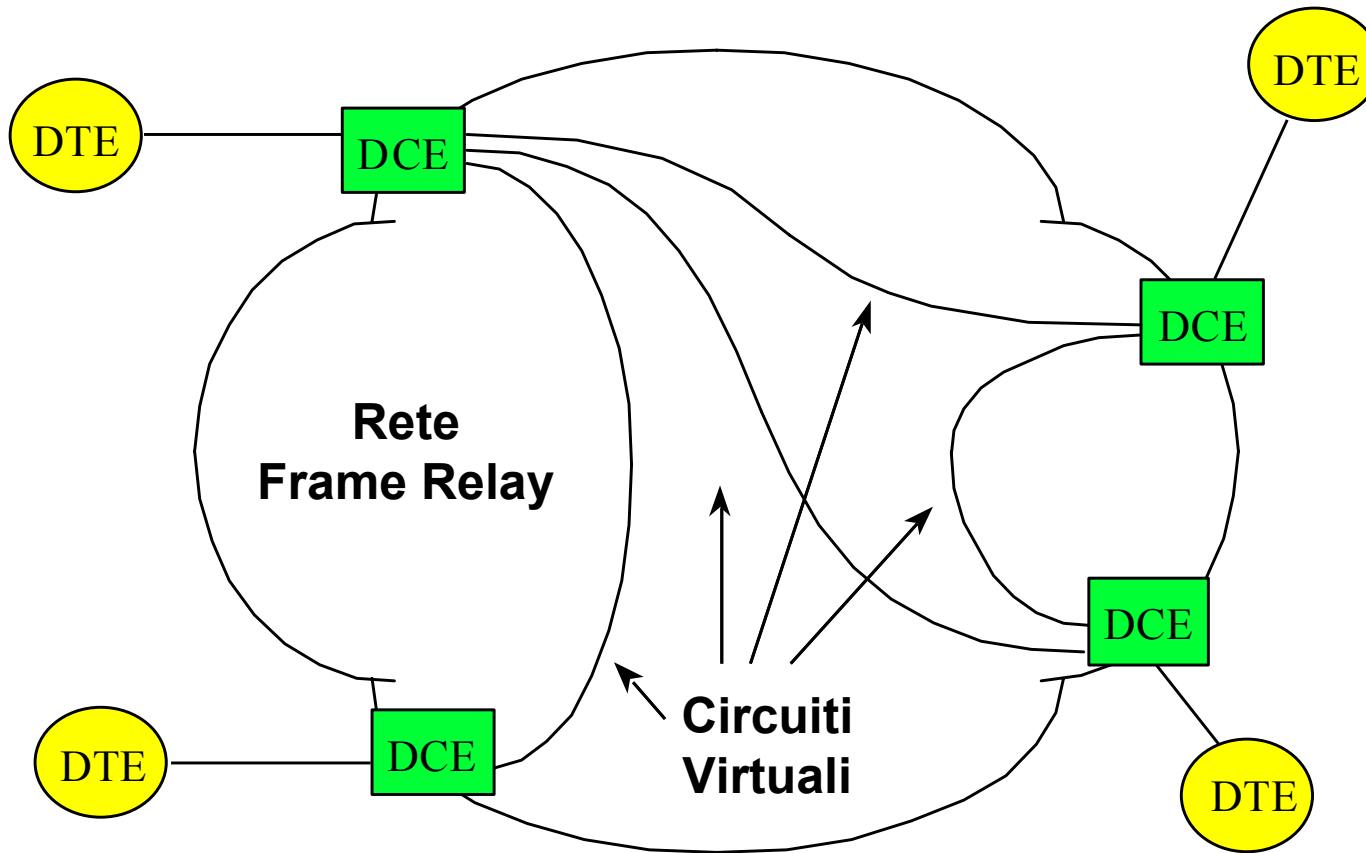


Lo standard Frame Relay

- 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





Applicazioni di Frame Relay

- Standard per interfacciare apparecchiature di rete locale (router, bridge, gateway) a reti per trasmissione di dati
- Permette di richiedere la banda necessaria
- Disponibile sulle reti a commutazione di frame e di cella e sulle MAN

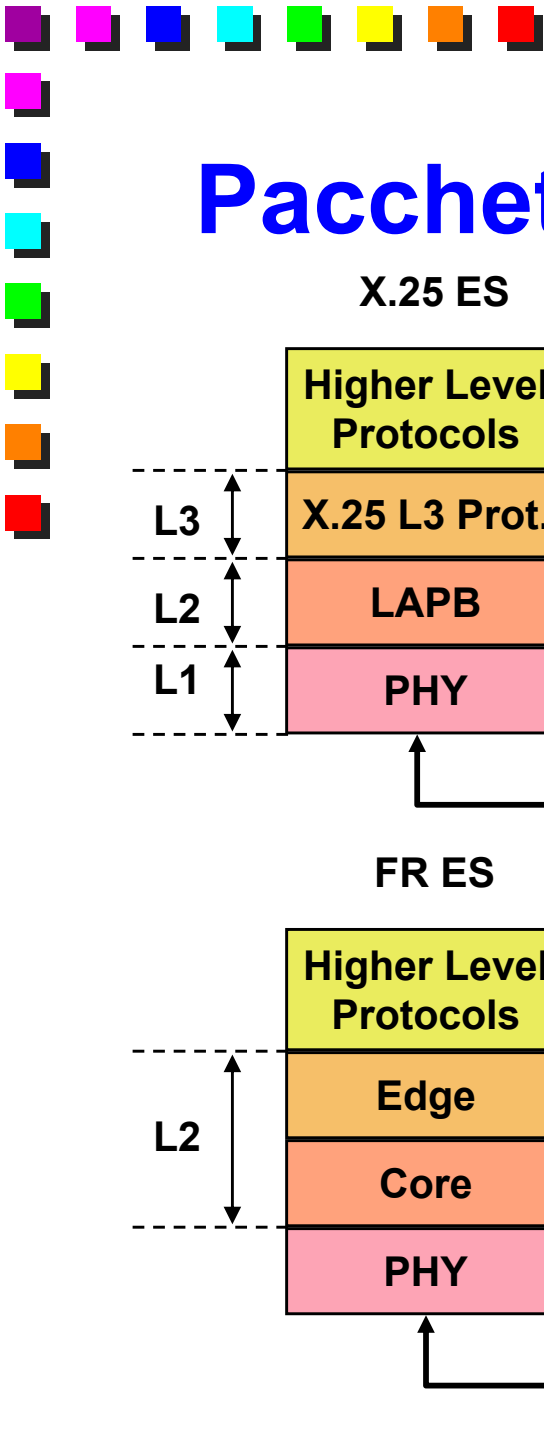
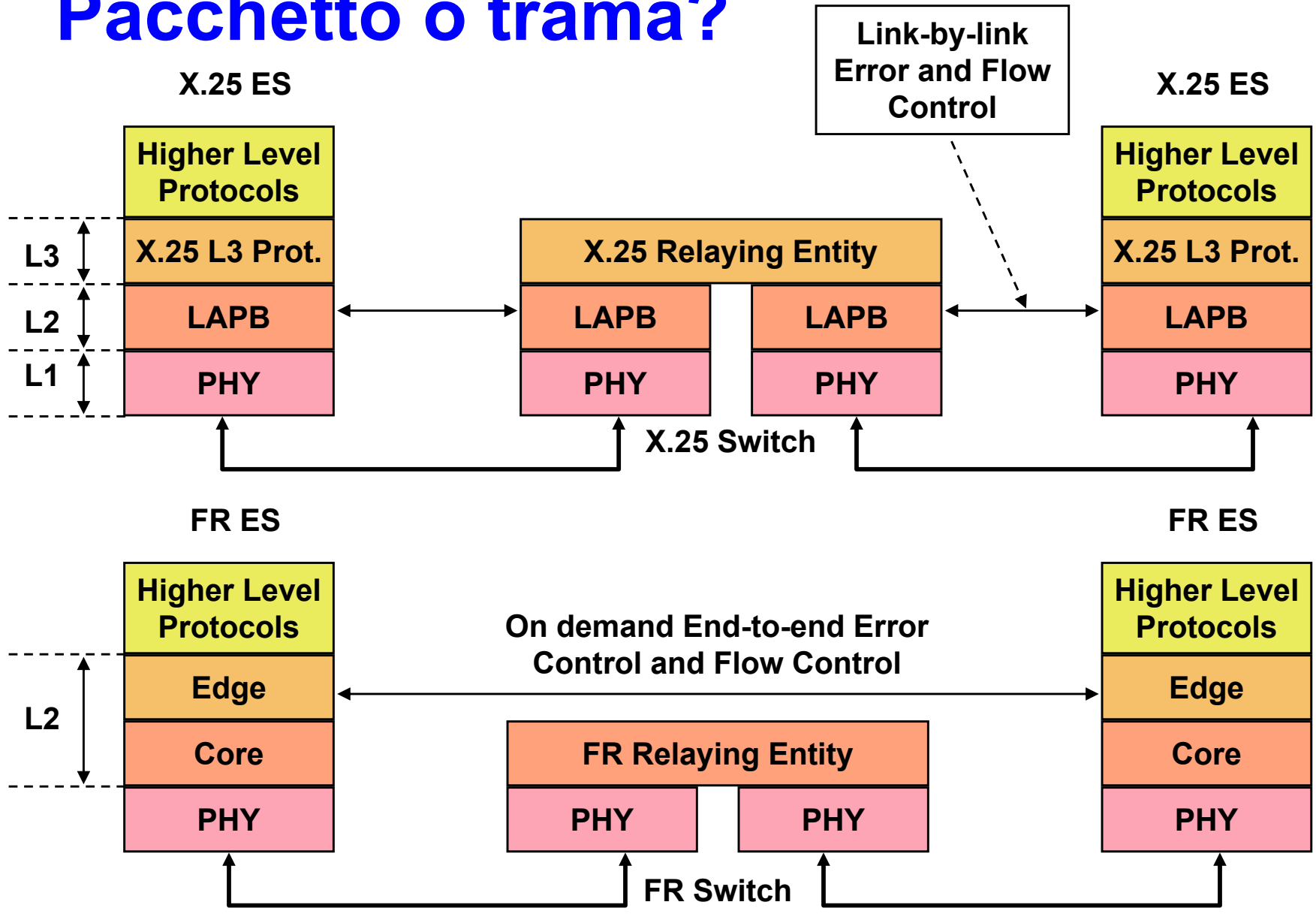




LAPF

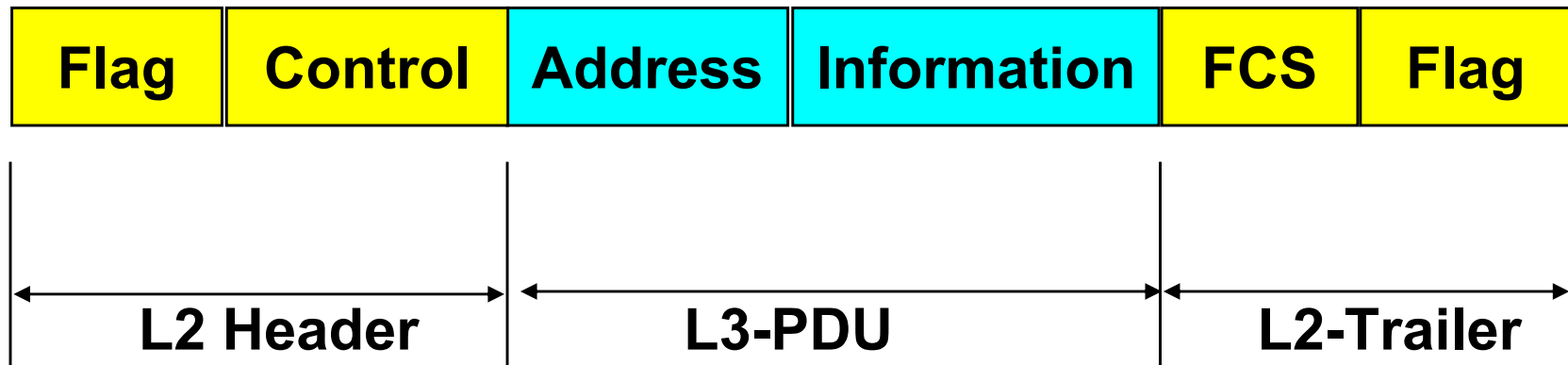
- **Link Access Procedure to Frame mode Bearer Services**
- **Protocollo derivato da HDLC**
- **Il LAPF è diviso in due parti:**
 - **DL-Core (Data Link Core Protocol)**
 - **definito dalla raccomandazione I.233 - Frame Mode Bearer Services**
 - **DL-Control (Data Link Control Protocol) - la rimanente parte di LAPF**

Pacchetto o trama?

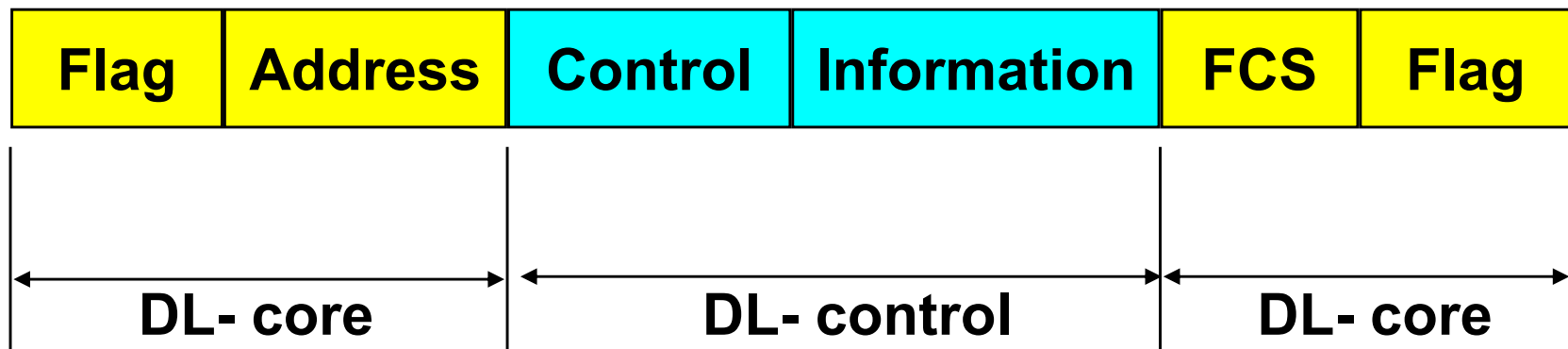


Pacchetto o Trama?

Pacchetto X.25




Pacchetto F.R.





Commutazione di Trama

- **Trame di lunghezza variabile**
 - simile alle reti a pacchetto
 - **Le trame vengono commutate a livello 2**
 - nelle reti a pacchetto la commutazione avviene a livello 3
 - **Correzione degli errori:**
 - approccio “core-edge”:
 - gli errori si correggono solo mediante ritrasmissione ai bordi (edge) della rete e non nei nodi intermedi (core)
 - **Necessità di linee trasmissive di elevata qualità:**
 - velocità classiche da 64kbps a 2Mbps
- 



CIR: Committed Information Rate

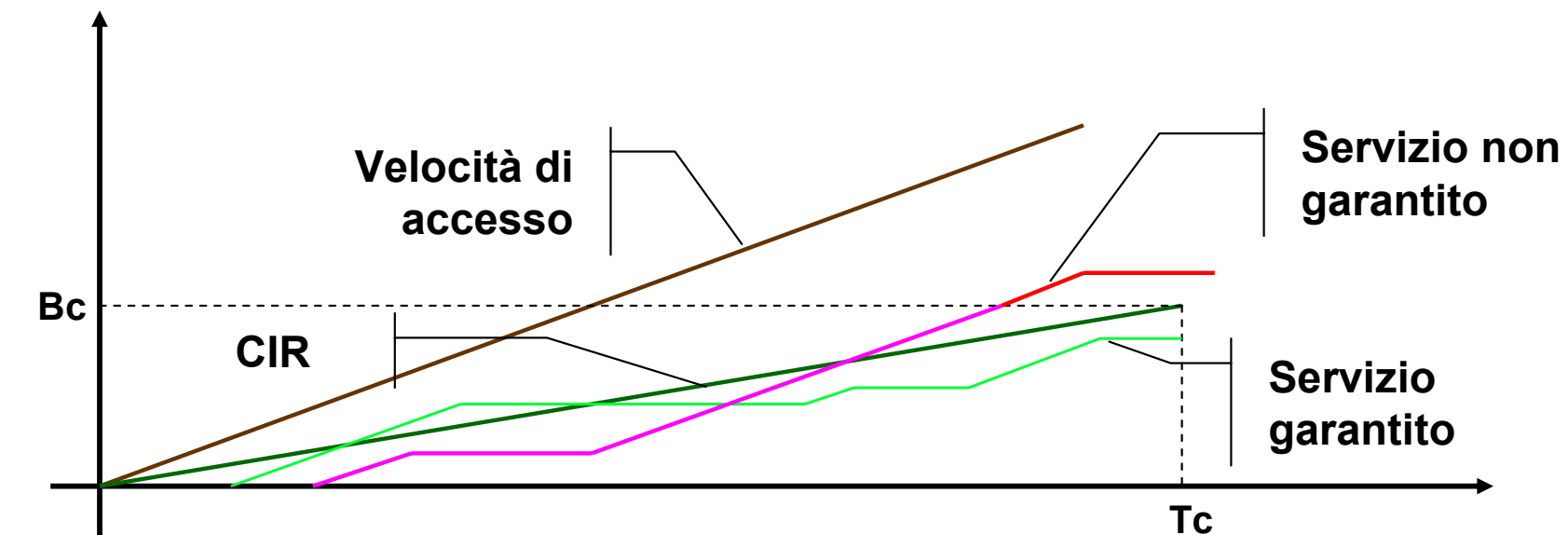
- Bc: committed burst size

 - Massima burstiness

- $T_c = B_c / CIR$


 - 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






F.R.: Vantaggi e Svantaggi

- **Le prestazioni migliori:**
 - mezzi trasmissivi affidabili
 - approccio core-edge
 - **Il ritardo introdotto minore:**
 - 2 ms per un nodo frame relay
 - da 5 a 20 ms per un nodo X.25
 - ritardi comunque variabili
 - non idoneo alla trasmissione della voce
 - **Il servizio Frame Relay**
 - standard per collegare su base geografica apparati di internetworking di LAN (router, bridge, gateway)
- 



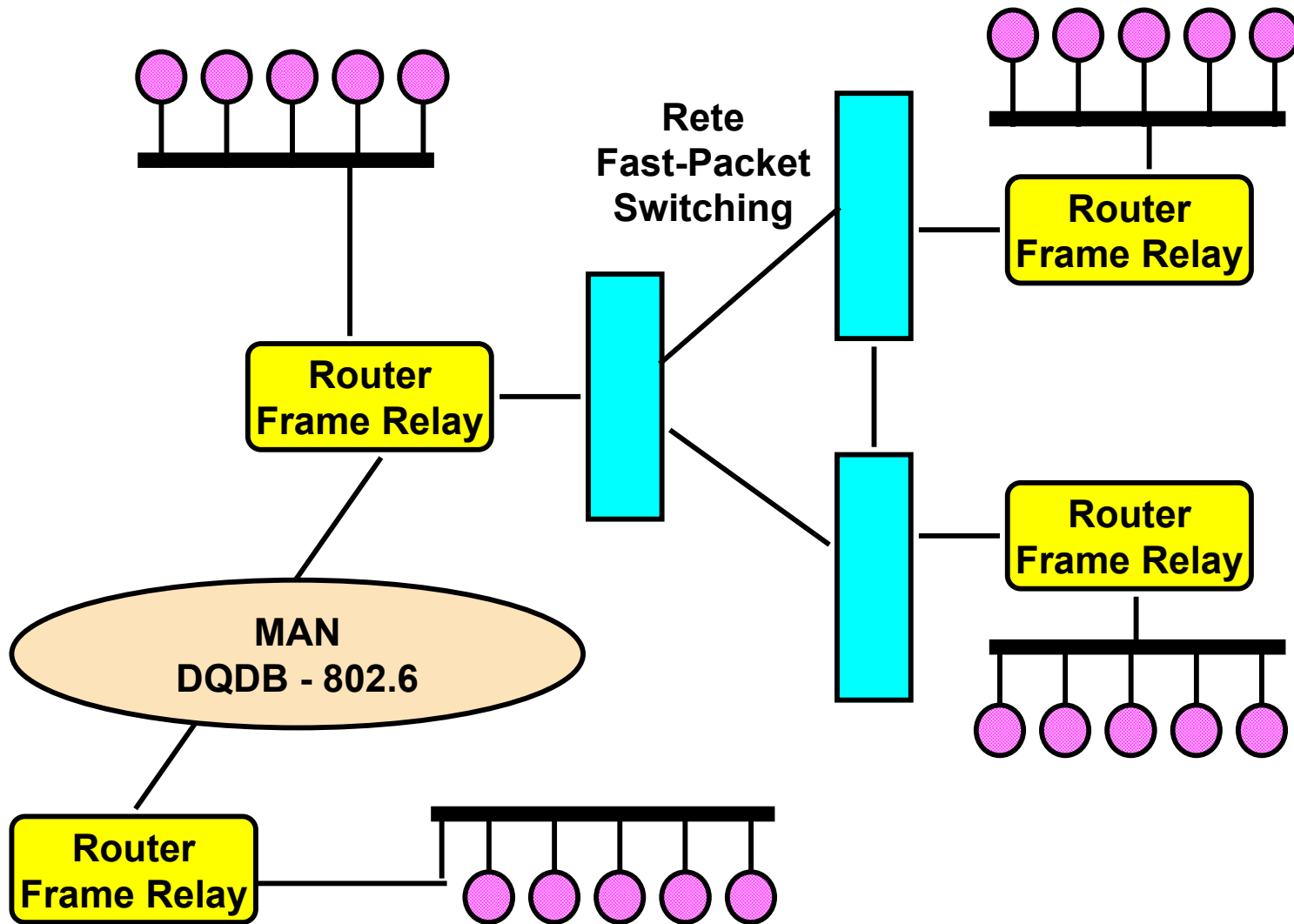


Frame Relay

- **Disponibilità immediata di prodotti**
 - **A livello fisico utilizza canali da 64 kb/s a 2 Mb/s (E1)**
 - **Previsto in futuro a velocità superiori (E3)**
 - **Disponibile su router IBM, DEC, CISCO, ecc.**
 - **Disponibile su reti Fast-Packet e X.25**
 - **Disponibile sulle MAN Alcatel e Siemens**
 - **In Italia:**
 - **rete pubblica CLAN**
 - **rete Itapac**
 - **rete ATMosfera**
- 




Esempio di rete Frame Relay





B-ISDN

- La grande sfida si chiama B-ISDN
 - Broadband ISDN
 - Fornire servizi ISDN a larga banda
 - Il B-ISDN si basa su:
 - Trasmissione principalmente su Fibra Ottica
 - Trasmissione sincrona SONET/SDH
 - ATM
 - Il B-ISDN sarà una realtà nel **2000**
 - Prima qualche sperimentazione su particolari servizi
- 



Le definizioni

■ Broadband

- Un servizio o un sistema che richiede una velocità trasmissiva superiore a quella dell'accesso primario ISDN

■ B-ISDN

- Utilizzato per enfatizzare la caratteristica Broadband dell'ISDN
- Esisterà comunque un solo ISDN comprensivo dei servizi Broadband e Narrowband

■ ATM (Asynchronous Transfer Mode)

- La tecnologia di trasporto per la realizzazione di B-ISDN

ITU-T raccomandazioni I.113 e I.121



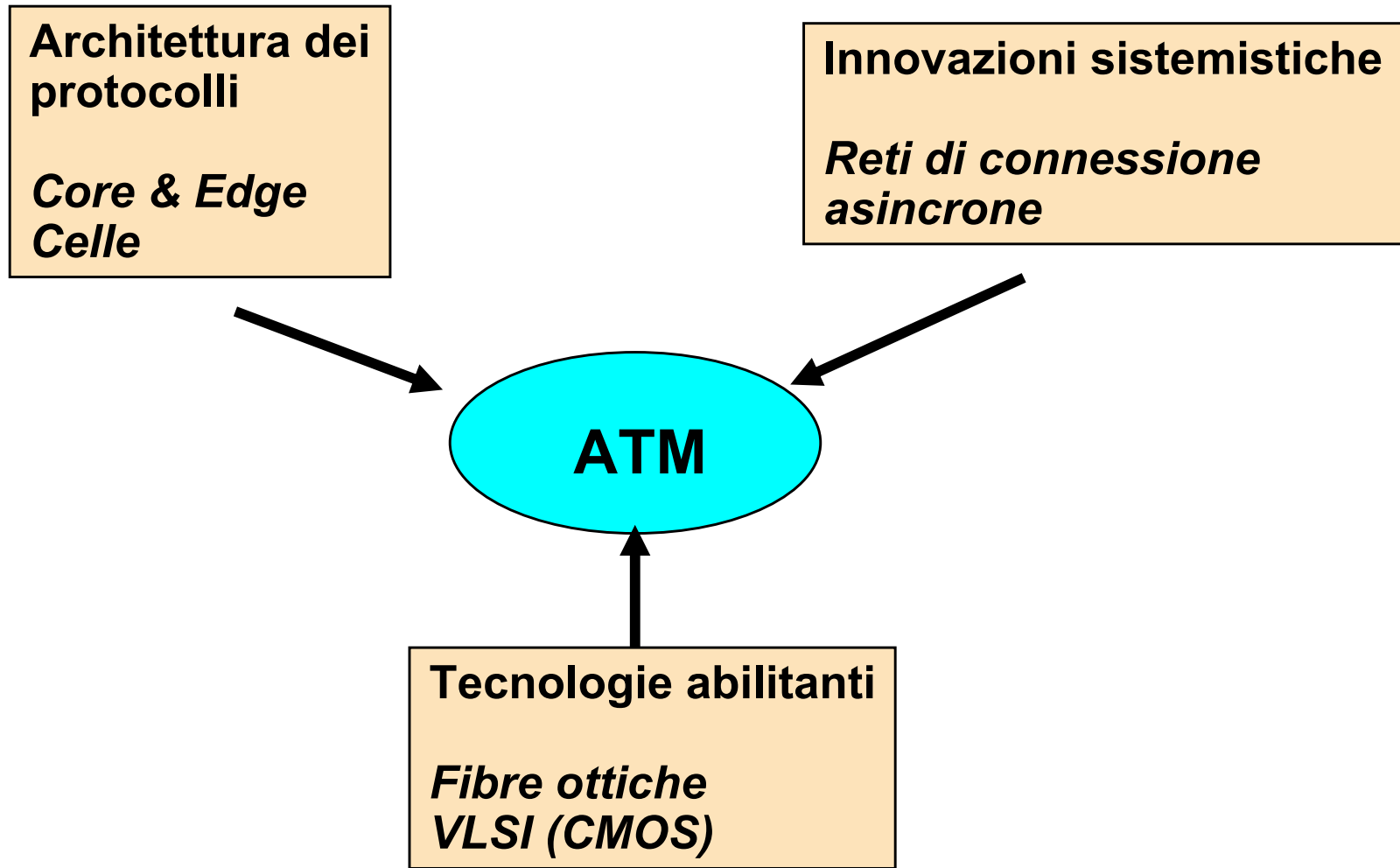


I servizi

- **Servizi Interattivi**
 - Servizi di conversazione
 - Servizi di messaggia
 - Servizi di retrieval
- **Servizi di distribuzione**
 - Senza controllo dell'utente
 - Servizi Broadcast
 - Con controllo dell'utente




La tecnica di trasferimento ATM






ATM: 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**
- 



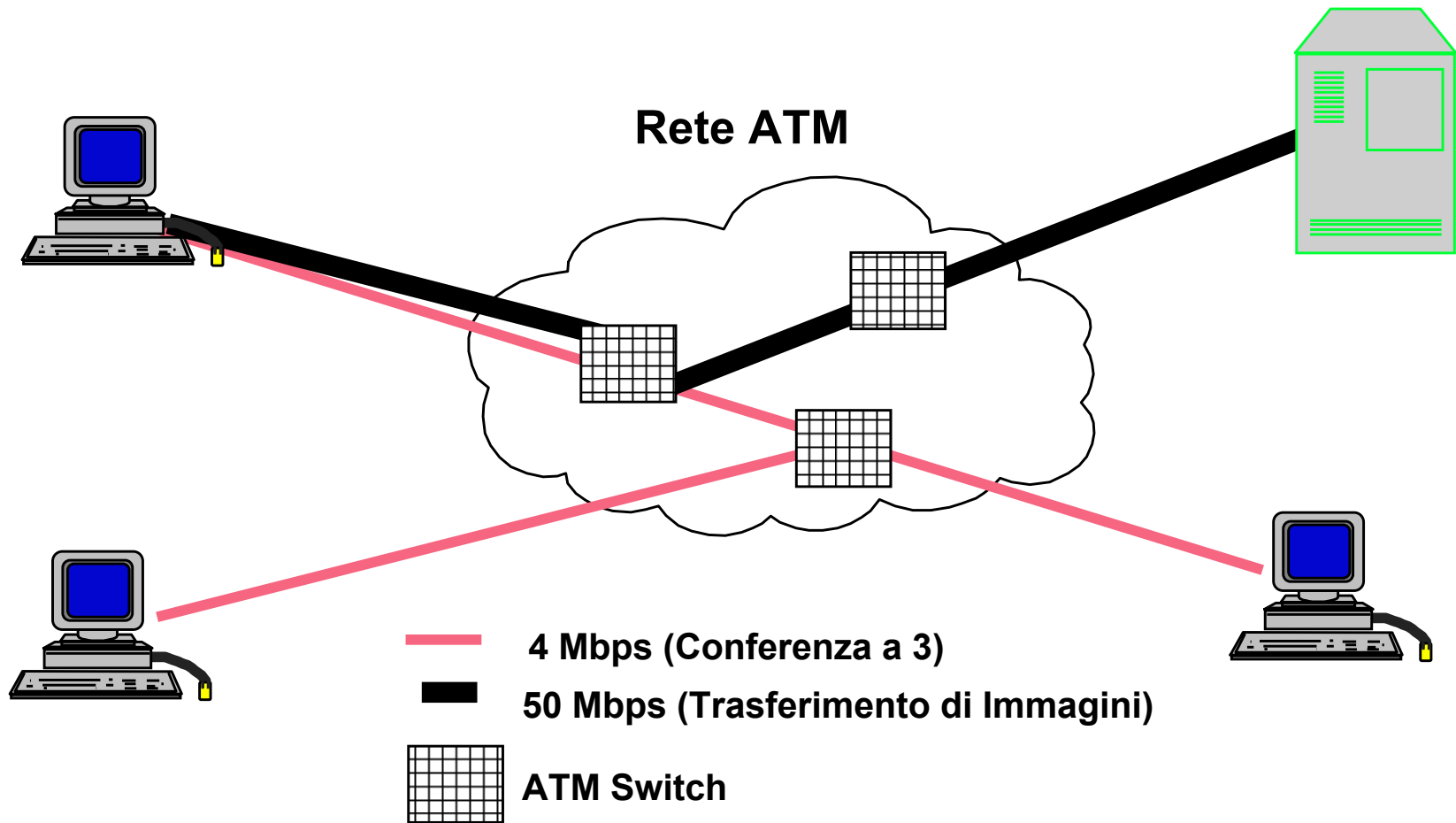


Caratteristiche Generali

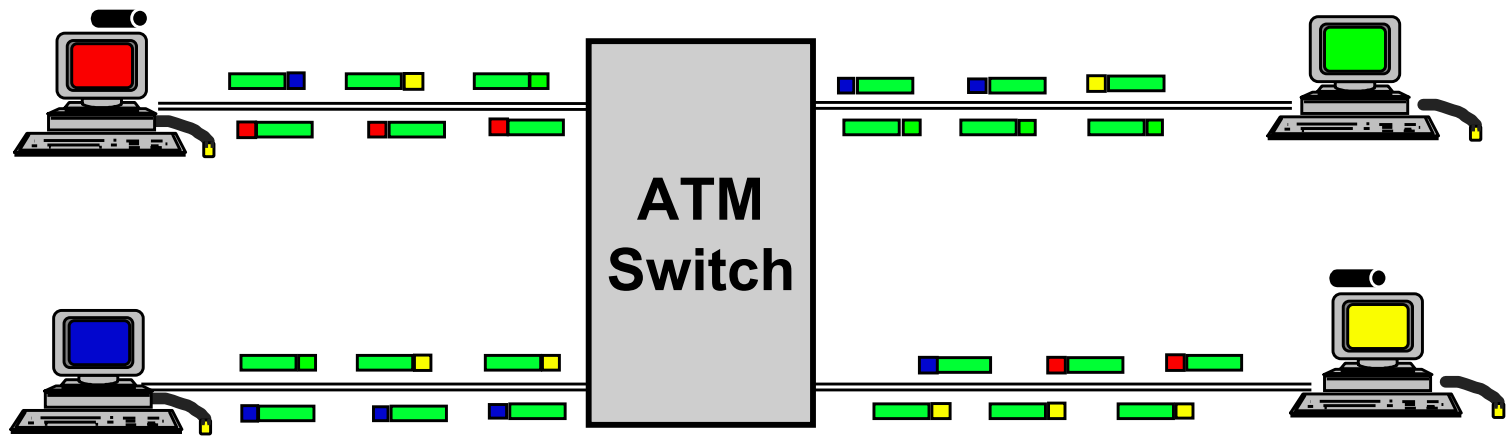
- **Segnalazione sofisticata:**
 - Gestione di connessioni multiparty o punto-multipunto
 - **Meccanismi sofisticati per il controllo di flusso (i tradizionali meccanismi a finestra non sono efficienti)**
 - **Allocazione di banda dinamica**
 - **Granulosità fine nell'assegnazione della banda**
 - **Supporto anche di traffico di tipo “bursty”**
 - **Adattabilità sia ad applicazioni sensibili al ritardo che a quelle sensibili alla perdita delle celle**
- 



Canali Virtuali

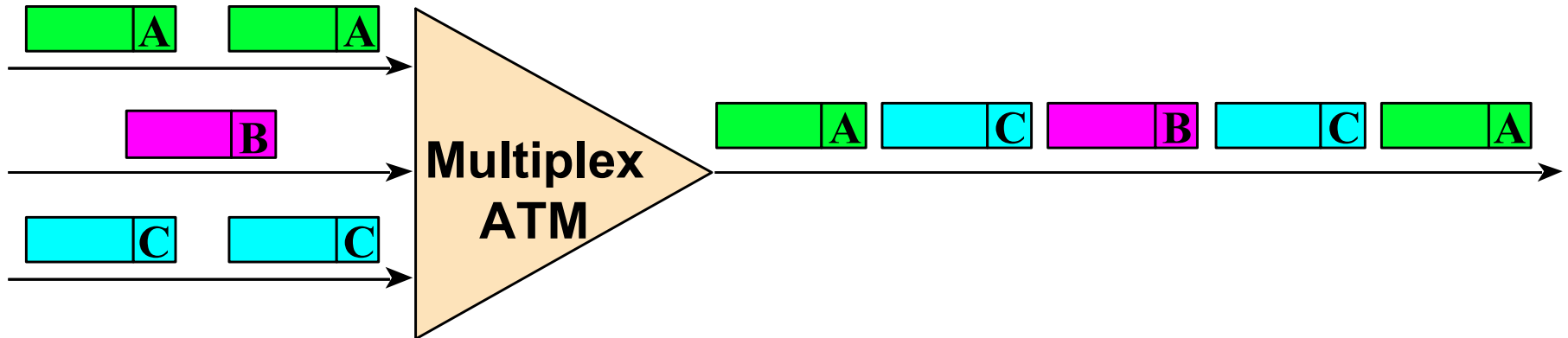


Commutazione di cella

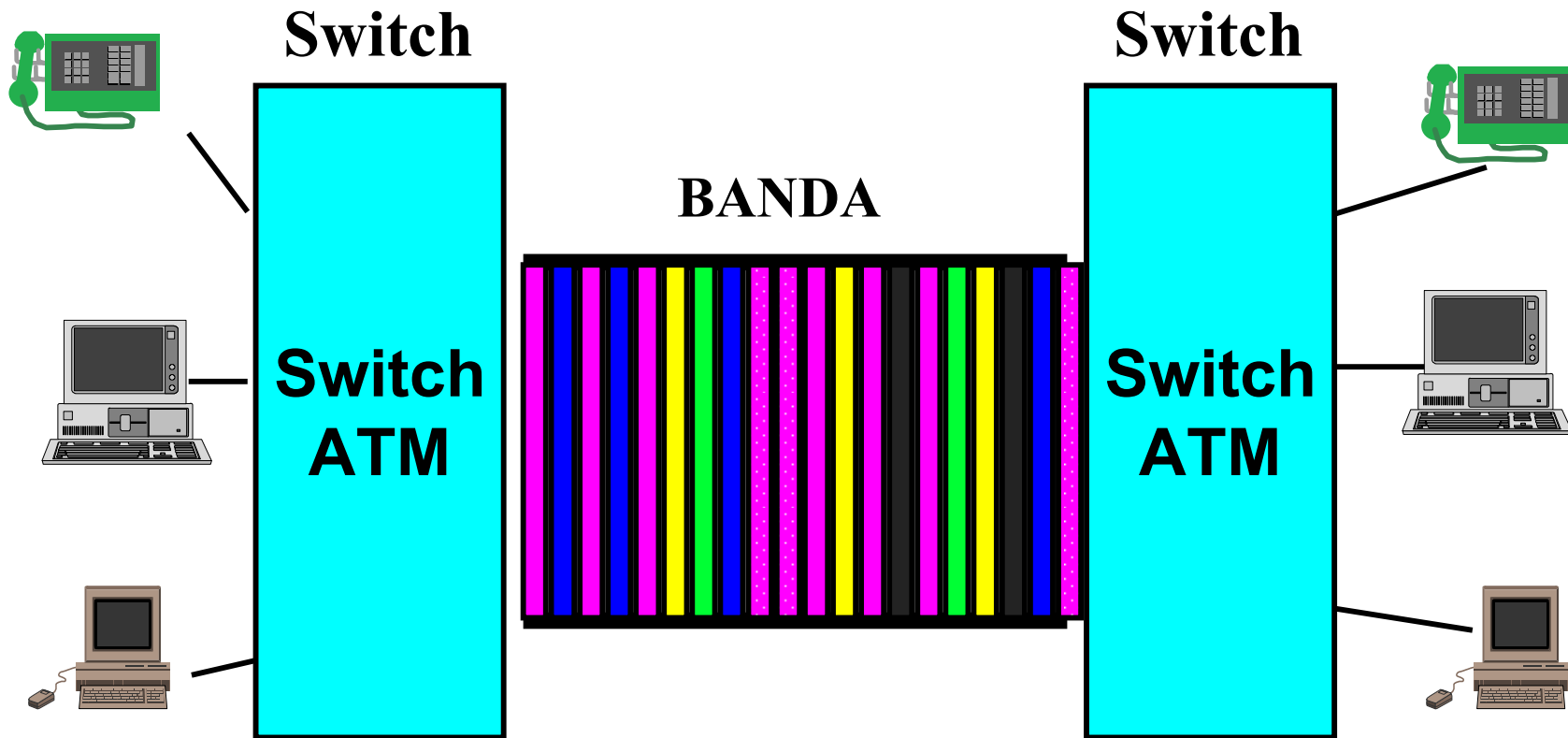


Cella = 53 Ottetti

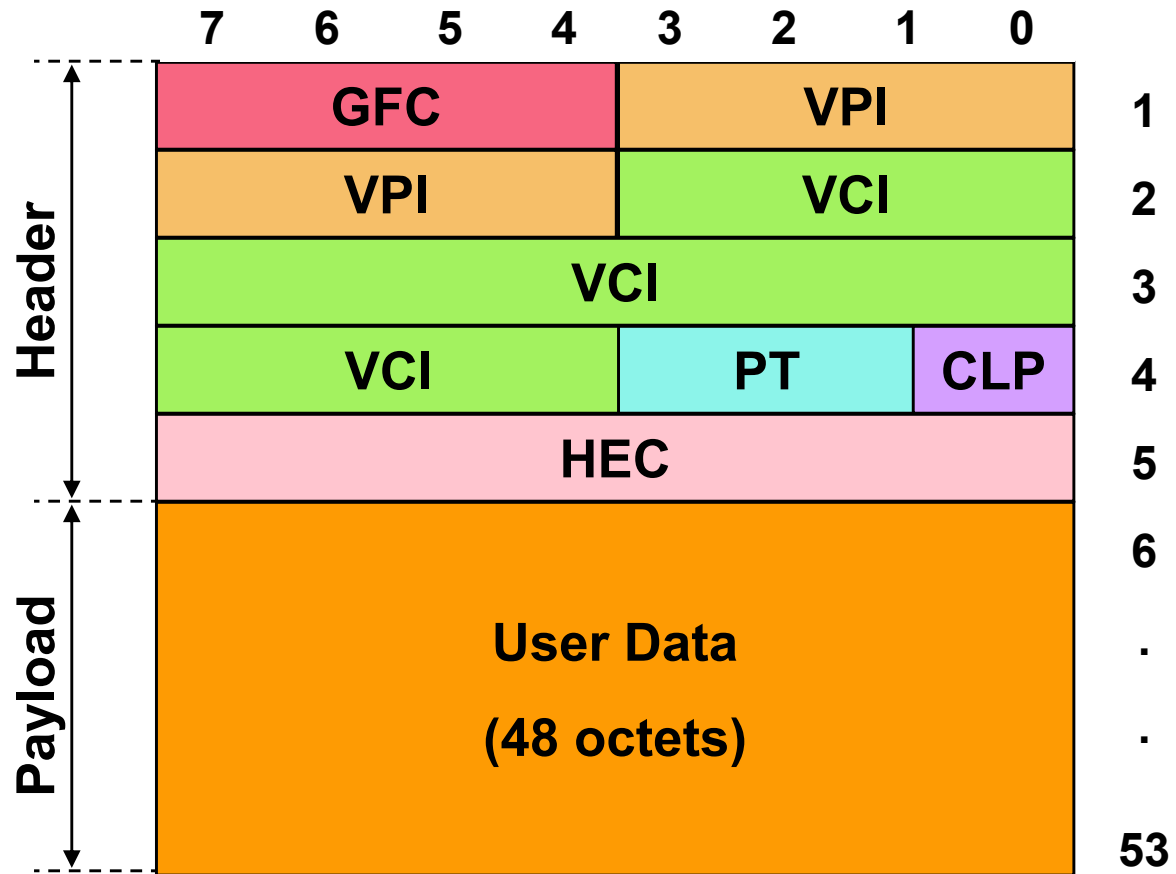
Multiploazione statistica



Tecnologia ATM



La cella ATM



UNI Cell




Terminologia

- **GFC: General Flow Control**
- **VPI: Virtual Path Identifier**
- **VCI: Virtual Channel Identifier**
- **PT: Payload Type**
- **CLP: Congestion Loss Priority**
- **HEC: Header Error Control**



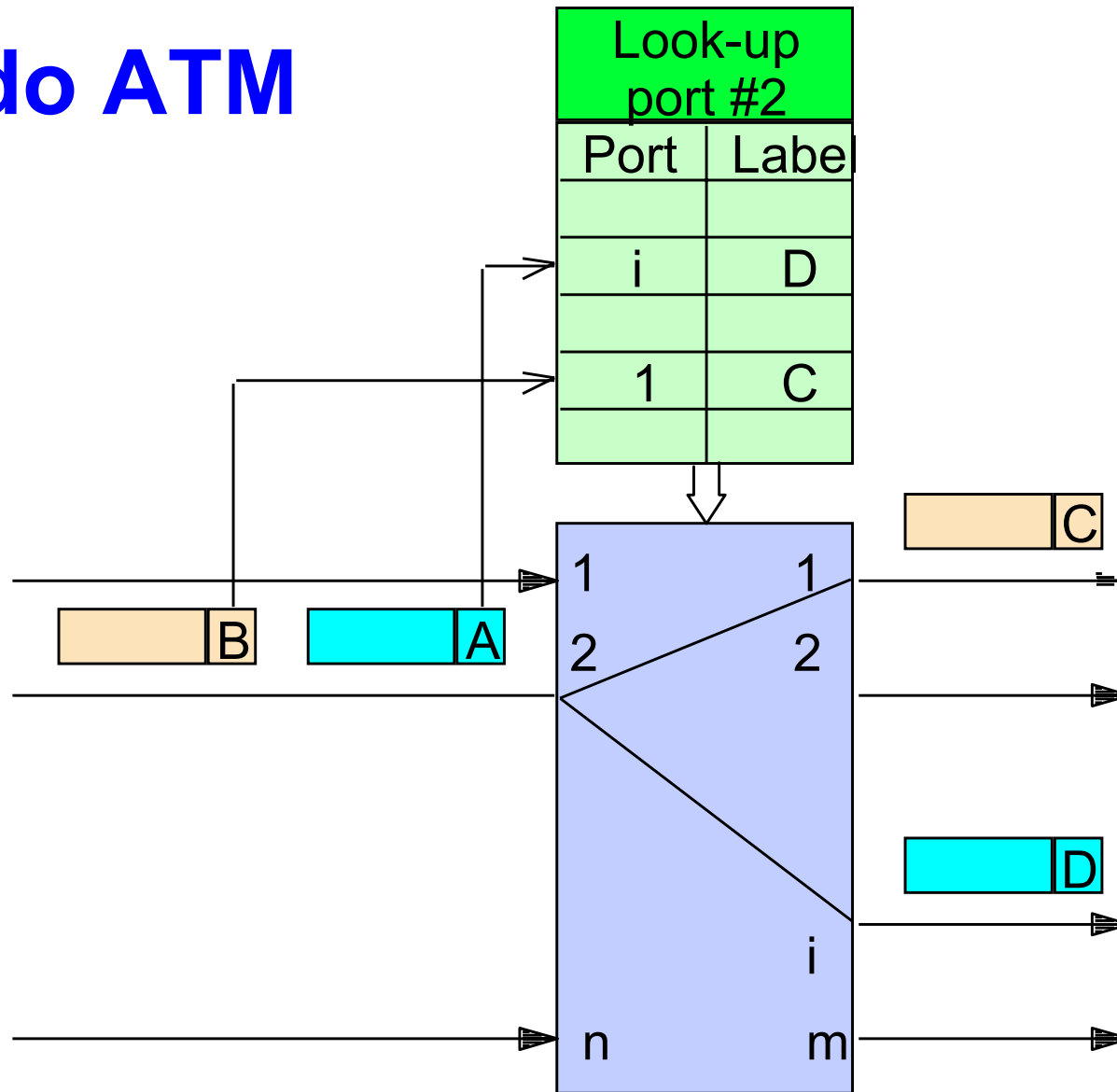


ATM

- Le celle vengono trasmesse una dopo l'altra inserendo eventualmente celle vuote
 - Ogni cella è marcata con un identificatore di connessione
 - VCI/VPI: Virtual Channel/Path Identifier
 - Correzione degli errori:
 - approccio *core-edge* come nel frame relay
 - Controllo di flusso più sofisticato delle sole window dovendo considerare:
 - i tipi diversi di traffico
 - l'effetto “memoria” del canale
- 



Nodo ATM

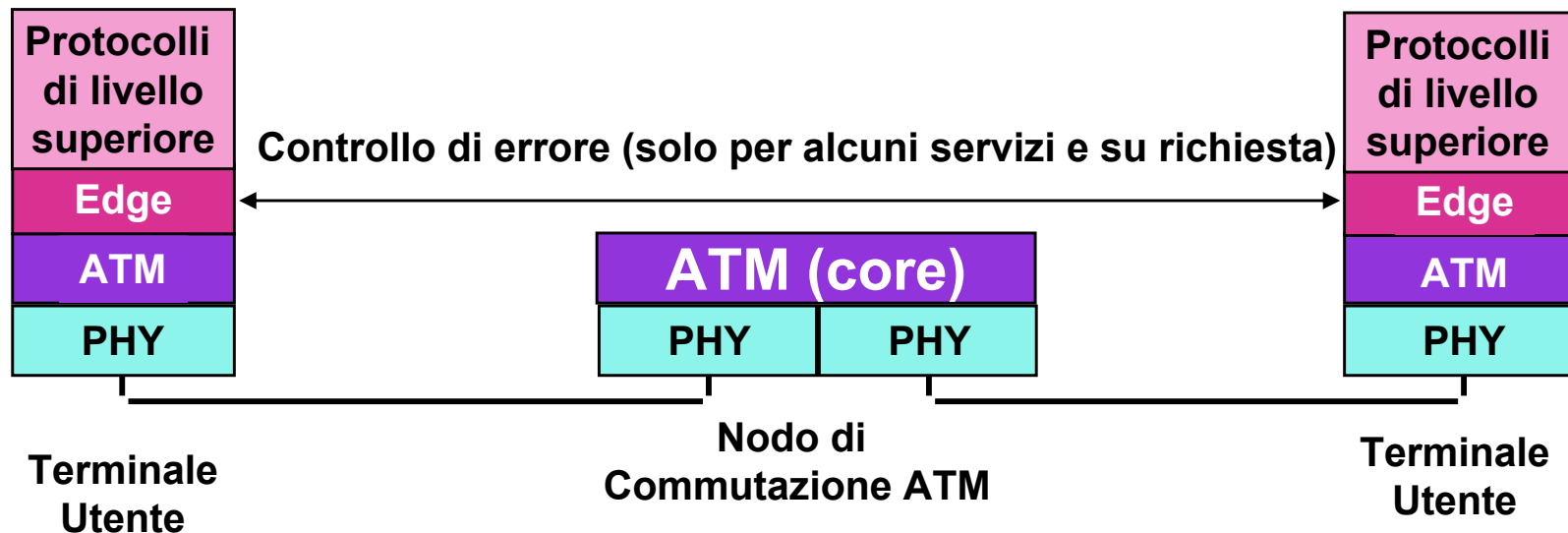


VCI/VPI varia ogni volta che si attraversa un multiplex ATM

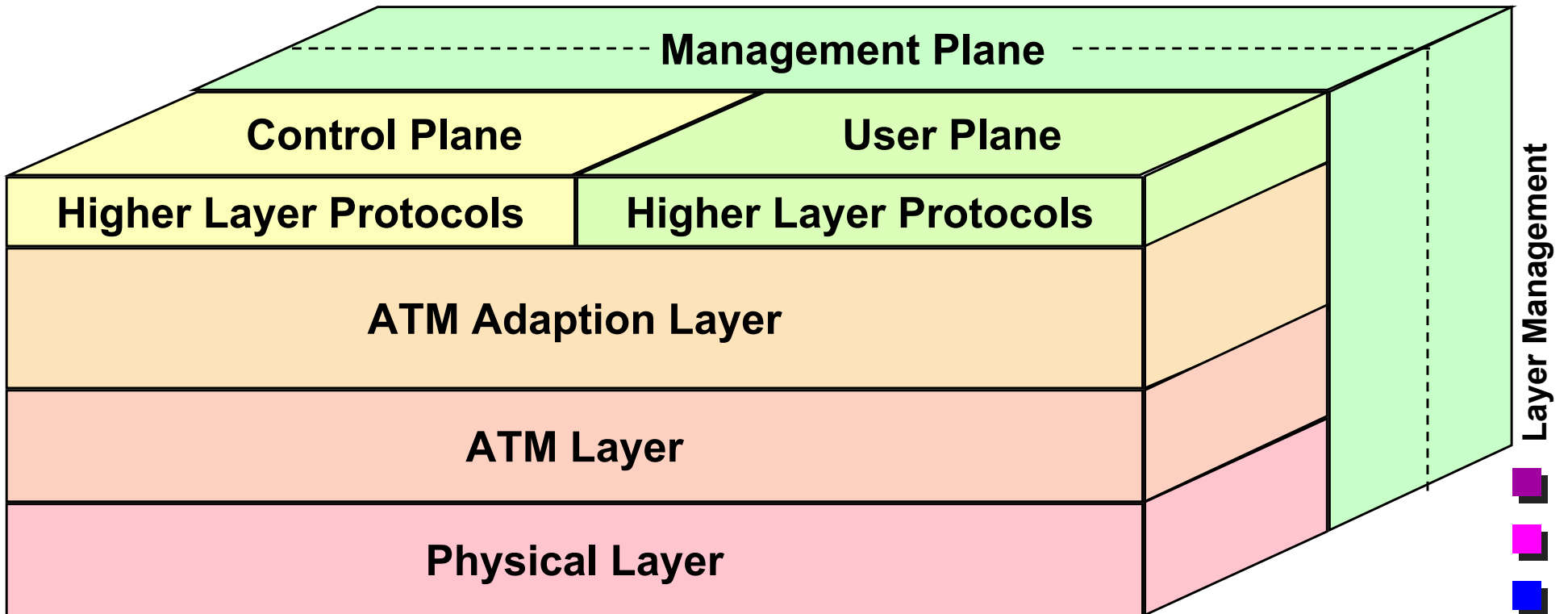
ATM: Caratteristiche Generali

■ Protocolli : principio del Core and Edge

- nei nodi sono eseguite solo le funzioni essenziali (commutazione e multiplazione) a livello ATM (1-2 della pila OSI)
- le funzionalità residue, specifiche per i diversi tipi di servizio, sono svolte agli estremi

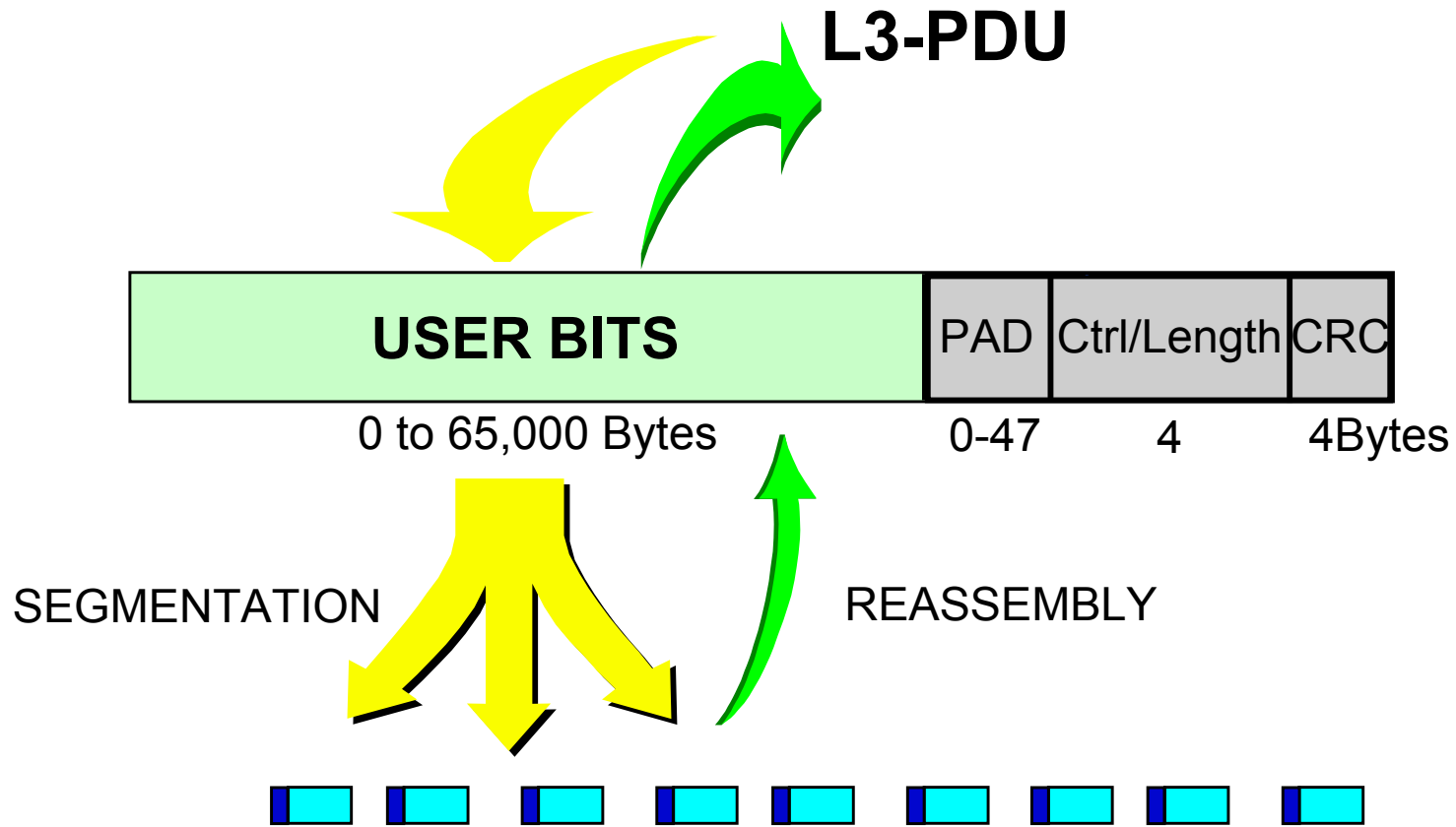


B-ISDN Reference Model

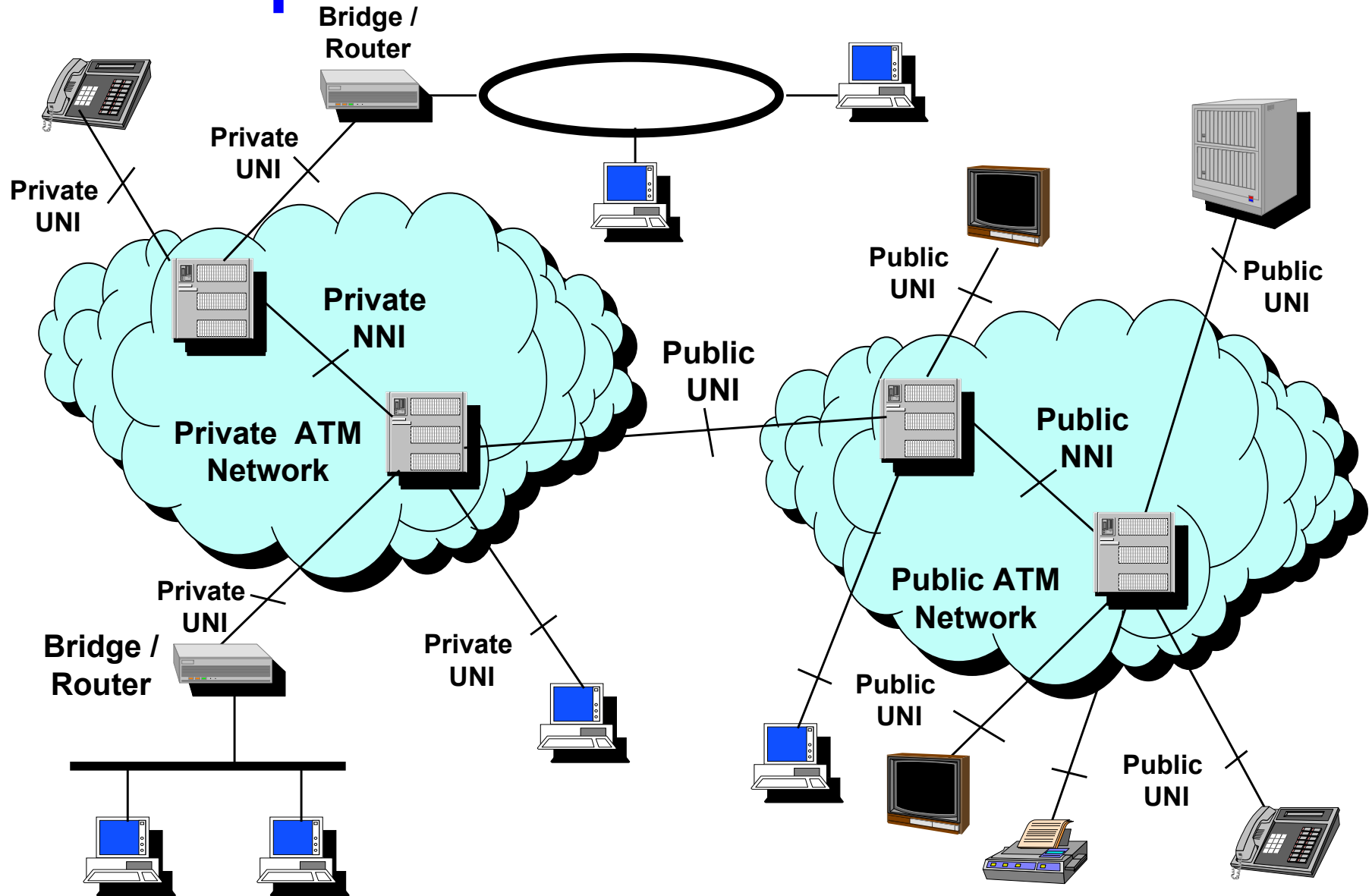


AAL 5 e SAR

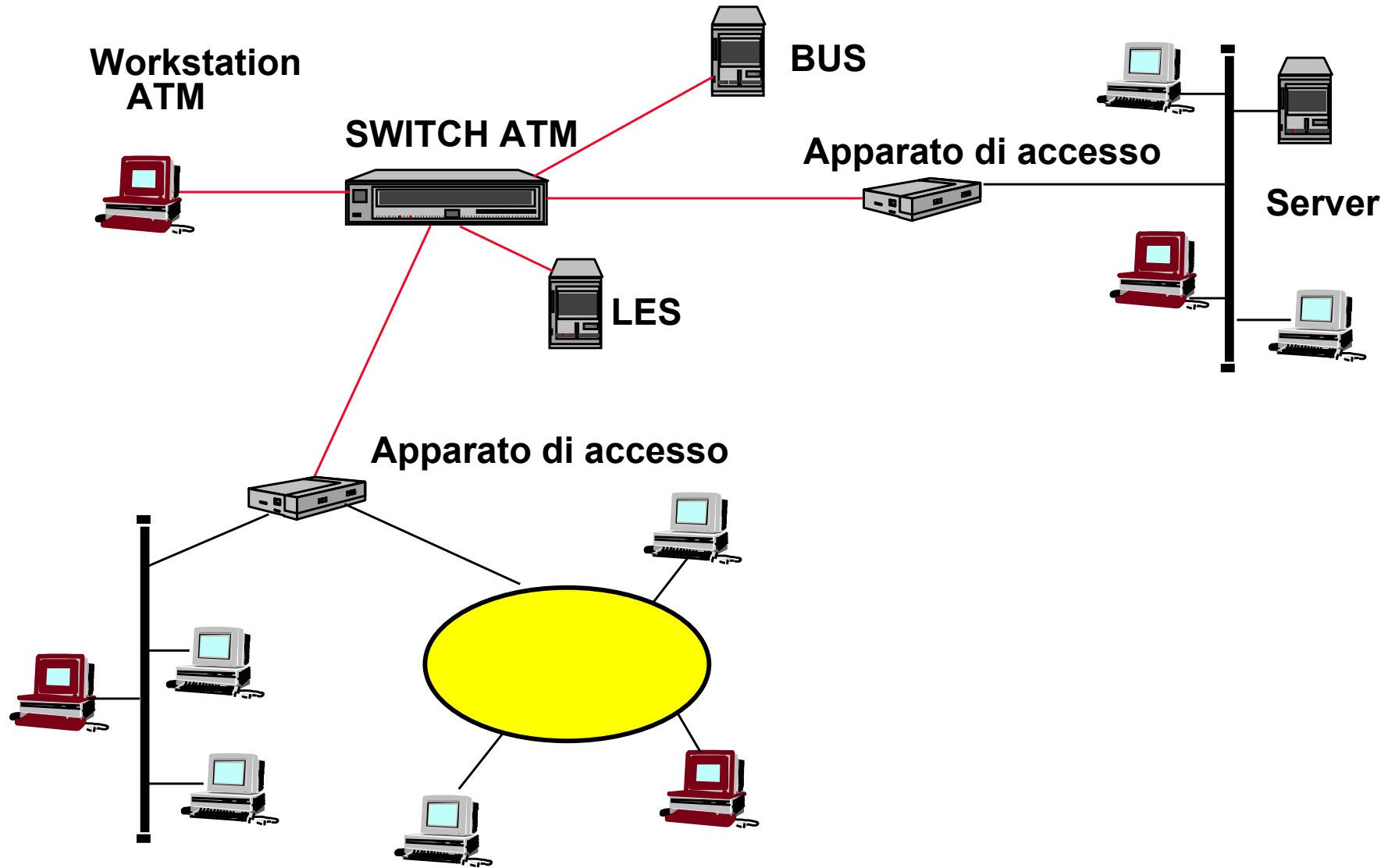
- AAL: ATM Adaptation Layer
- SAR: Segmentation and Reassembly



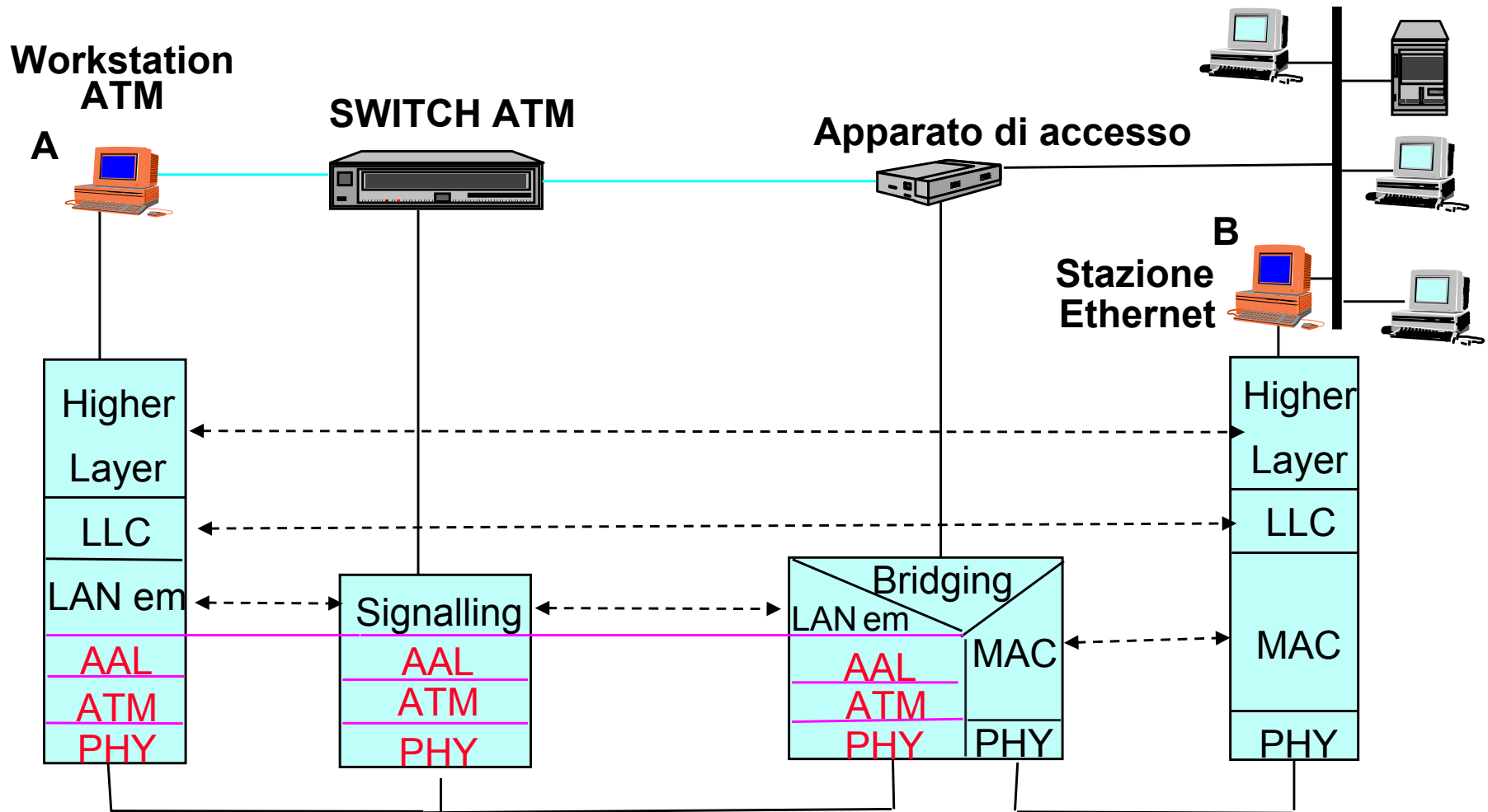
Esempio di una rete ATM



ATM LAN Emulation



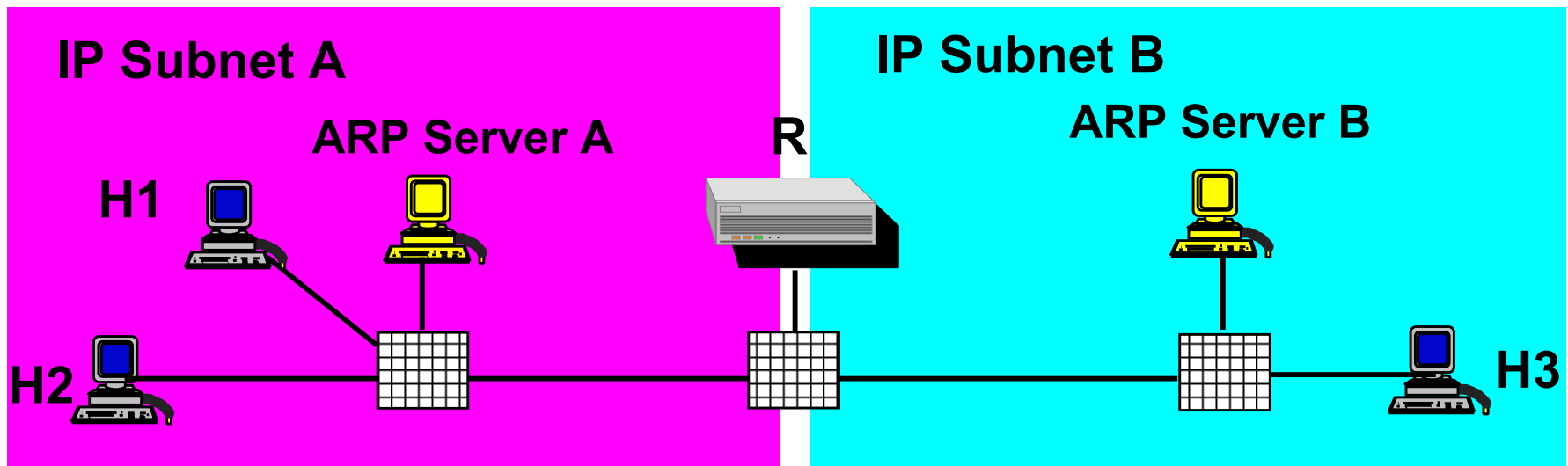
ATM LAN Emulation



Gli apparati di accesso operano come bridge

IP over ATM: Modello Classico

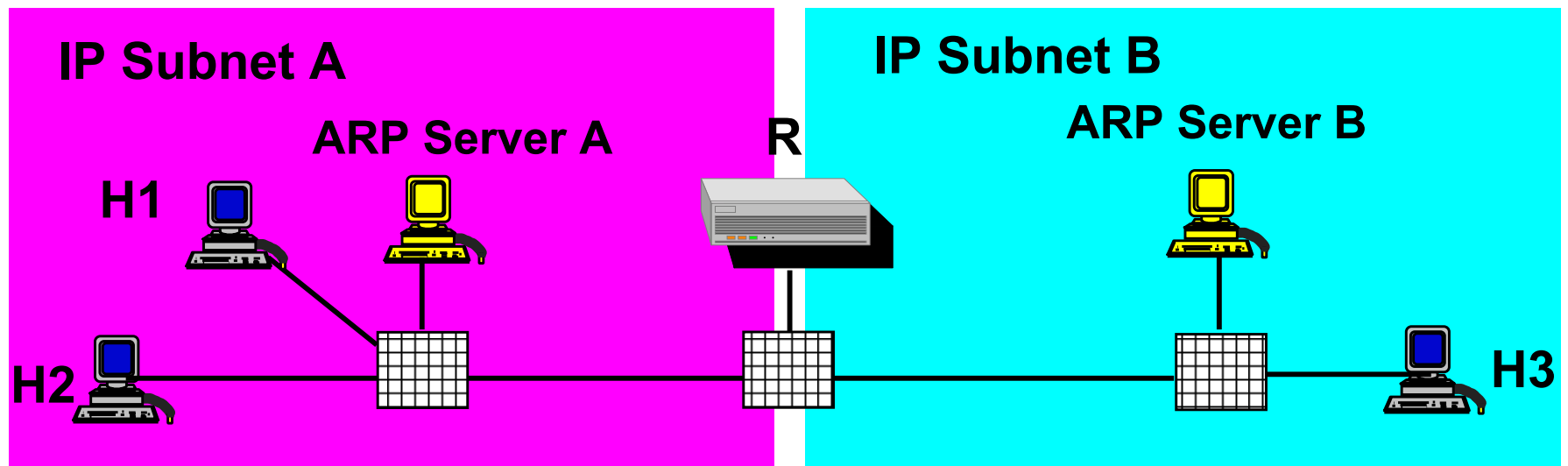
- H1 vuole comunicare con H2
 - In fase iniziale H1 impara l'indirizzo di A
 - H1 invia un ARP-Request ad A con H2-IP
 - A invia un ARP-Response con l'indirizzo H2-ATM
 - H1 richiede alla rete ATM la connessione con H2



IP over ATM: Modello Classico

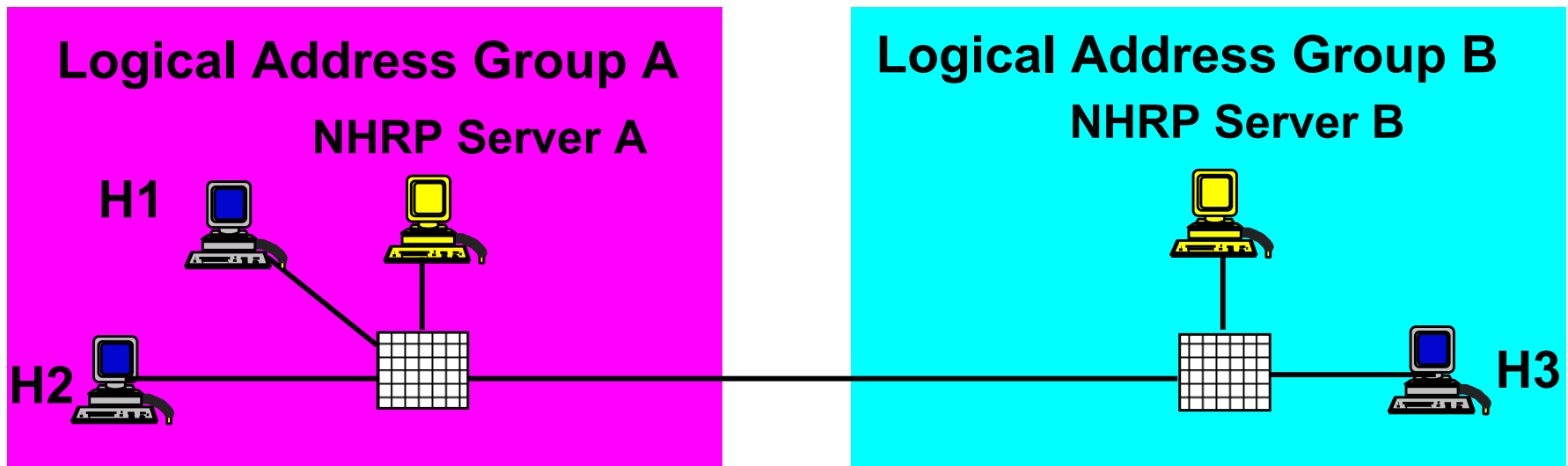
■ H1 vuole comunicare con H3

- H1 invia un ARP-Request ad A con R-IP
- A invia un ARP-Response con l'indirizzo R-ATM
- H1 richiede alla rete ATM la connessione con R e invia il pacchetto per H3
- R invia un ARP-Request a B con H3-IP
- B invia un ARP-Response con l'indirizzo H3-ATM
- R richiede alla rete ATM la connessione con H3



IP over ATM: Next Hop Resolution Protocol

- H1 vuole comunicare con H3
 - H1 invia un NHRP-Request ad A con H3-IP
 - A la inoltra a B che gestisce quella sottorete
 - B invia un NHRP-Response ad A, A ad H1, con H3-ATM





Conclusioni

- Il passato della trasmissione dati è:
 - CDN
 - X.25
 - Frame Relay
 - ISDN
 - Il presente della trasmissioni dati sarà:
 - CDN
 - Frame Relay
 - ISDN (soprattutto come backup)
 - ATM
 - Il futuro saranno CDN o canali ottici come portanti interni alle reti in tecnologia SONET/SDH o ottica pura
- 

