



# Reti Geografiche e Internetworking

**Silvano GAI**  
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.**



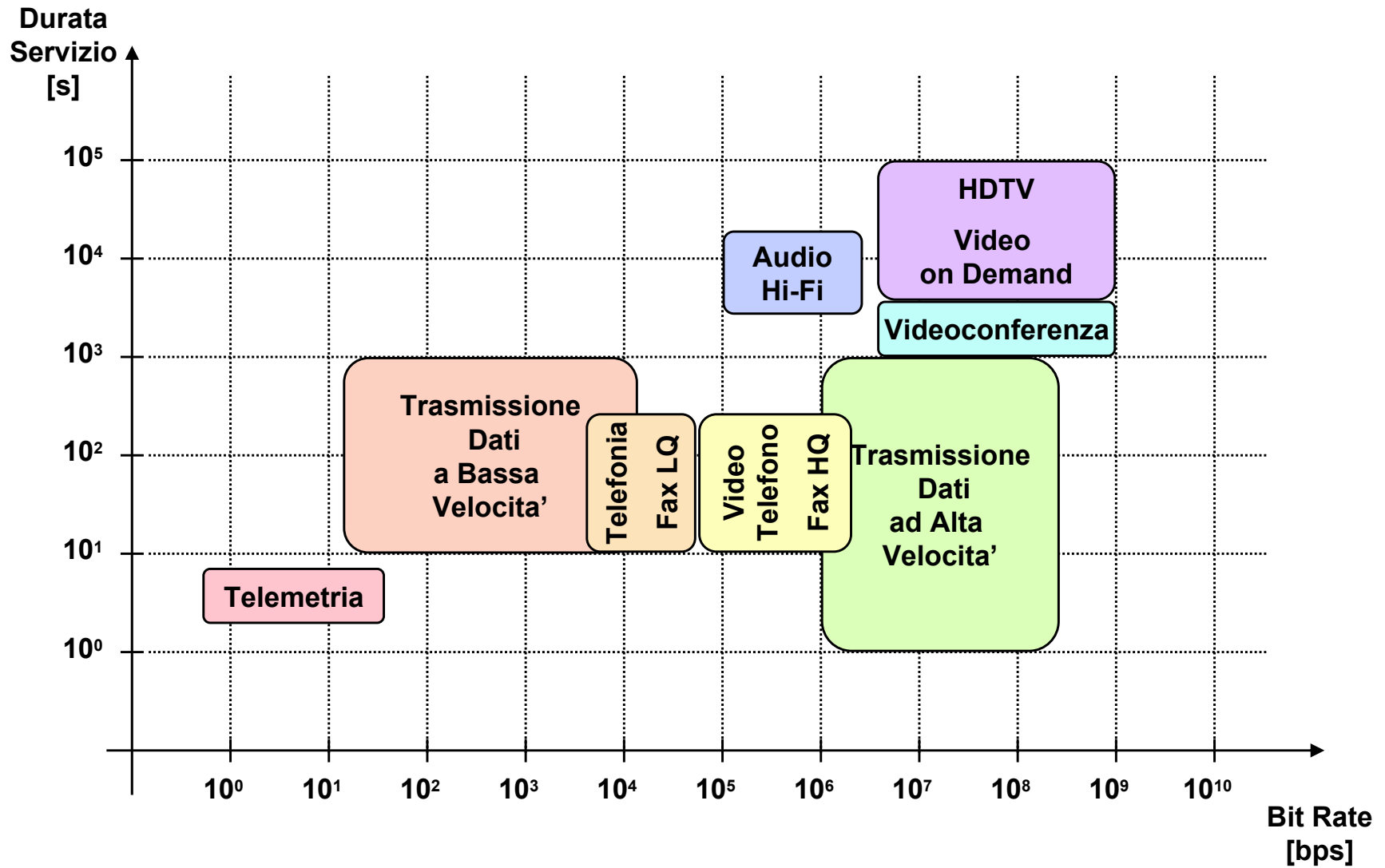


# Scopi

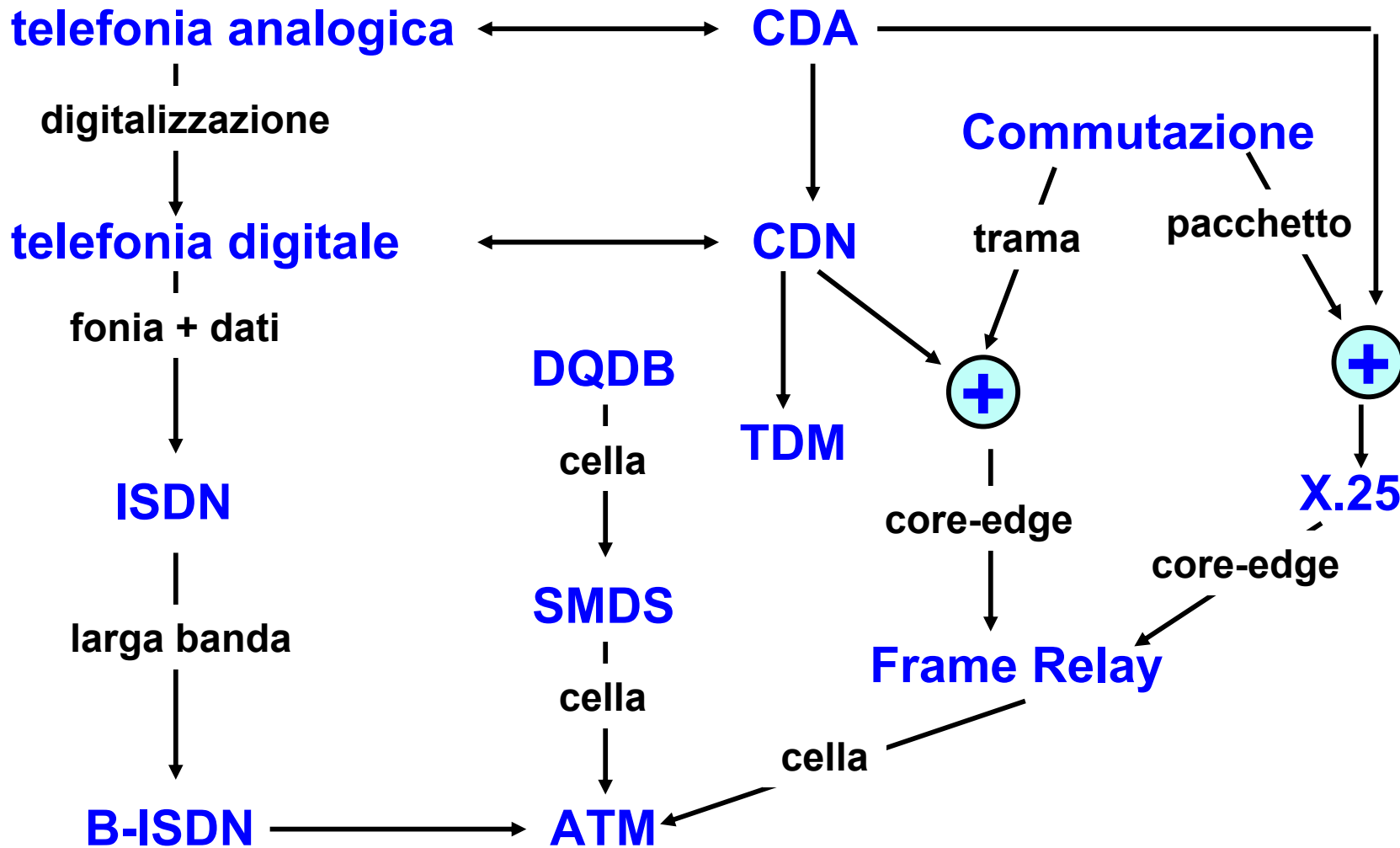
- **Fornire una tassonomia delle reti geografiche, considerando:**
  - **tipologia dei circuiti**
    - analogici
    - digitali
  - **modalità trasmissiva**
    - plesiocrona
    - sincrona
  - **modalità di commutazione**
    - di circuito
    - di pacchetto
    - di trama
    - di cella



# Le necessità




# Le relazioni tra le varie tecnologie



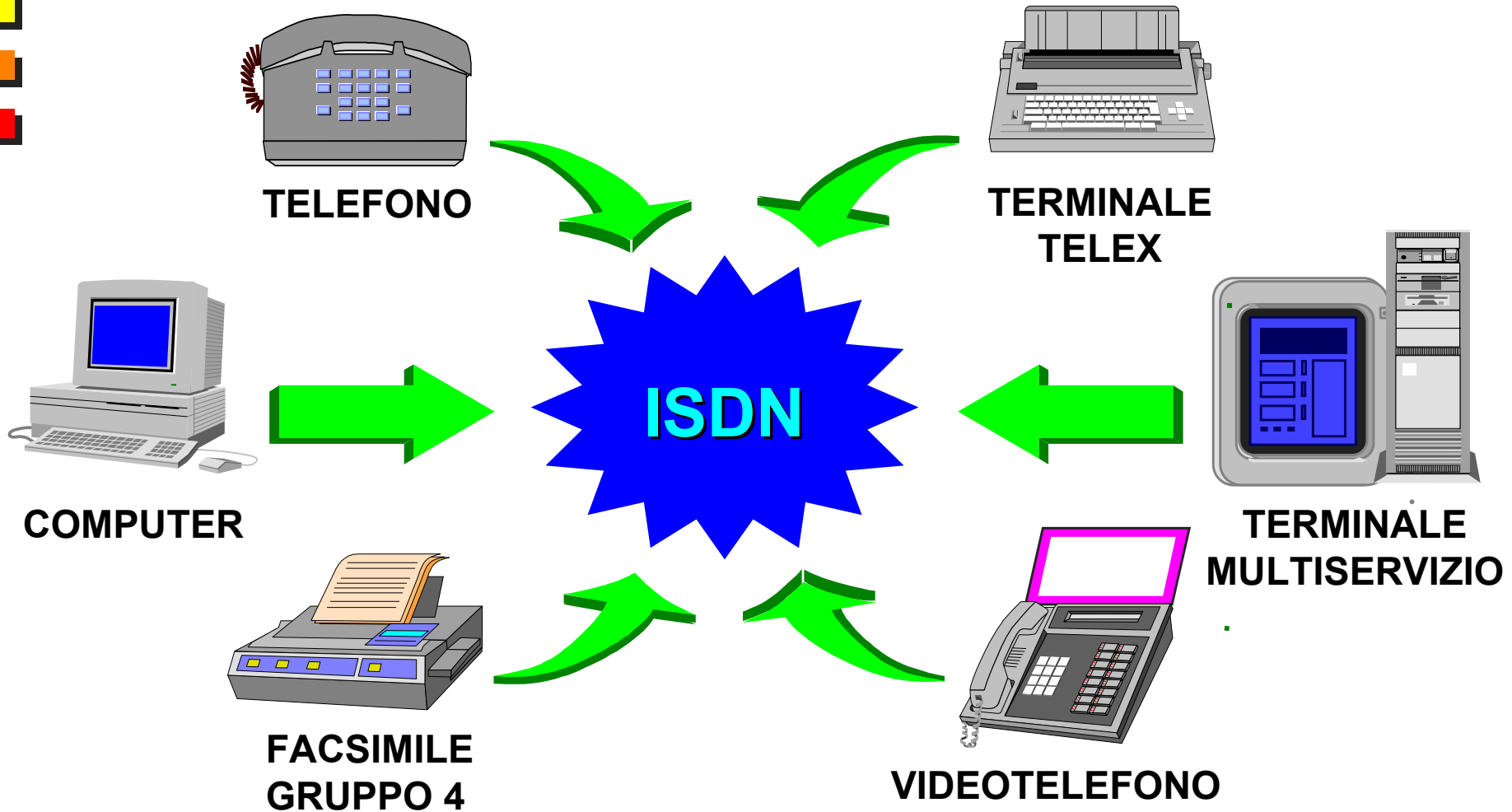


# Telefonia

- 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



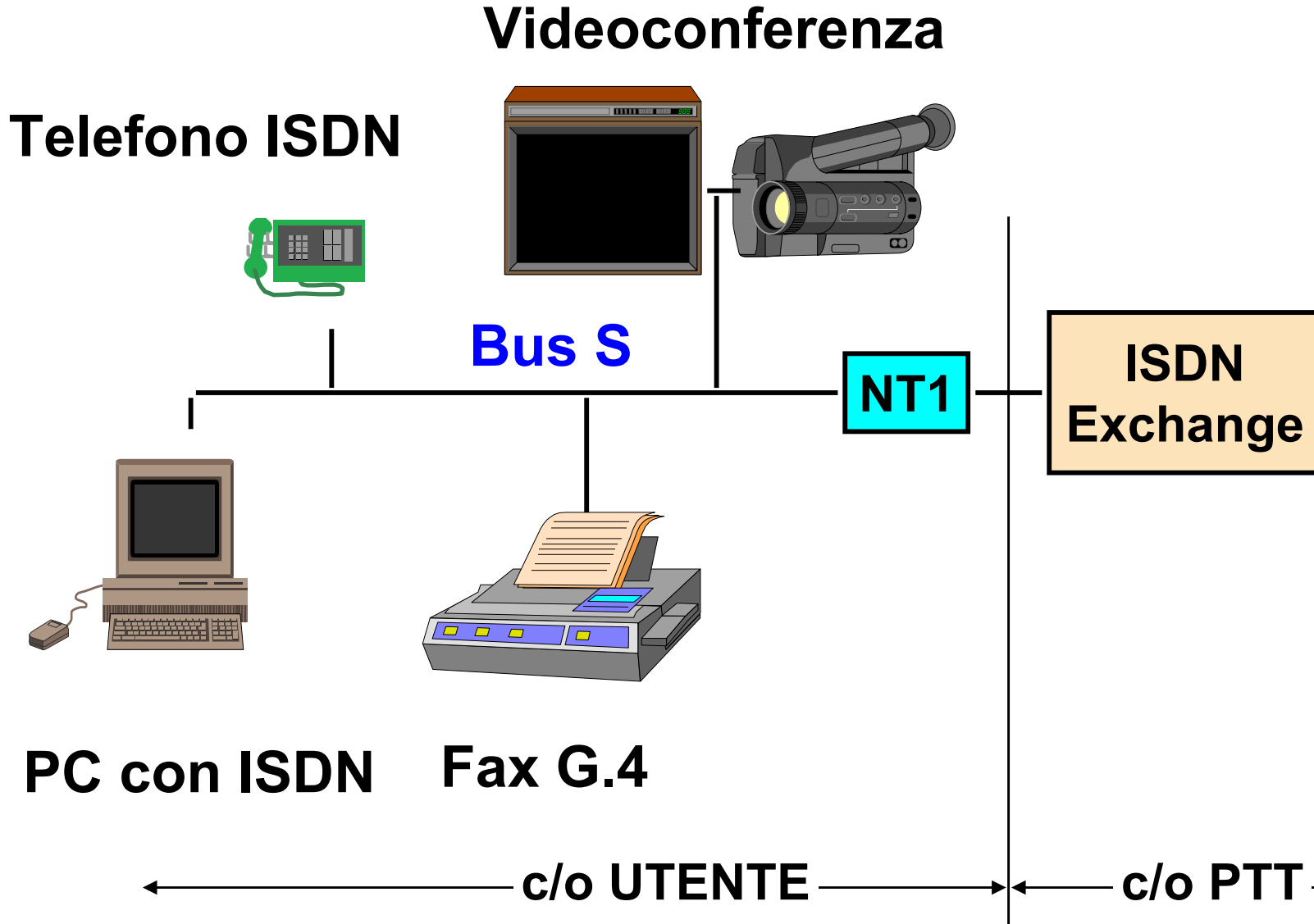


# ISDN

- **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
- 



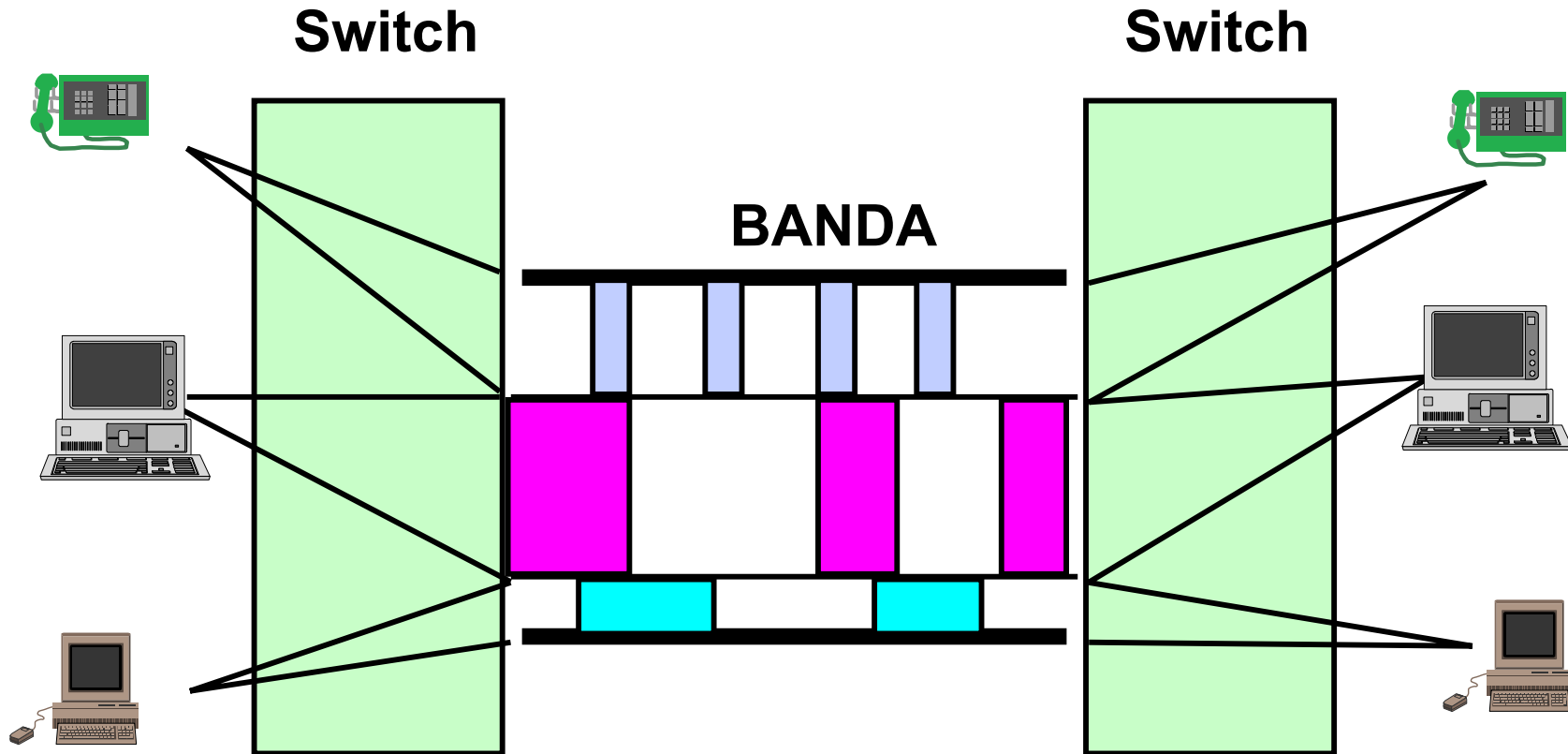


# Reti Private basate su TDM

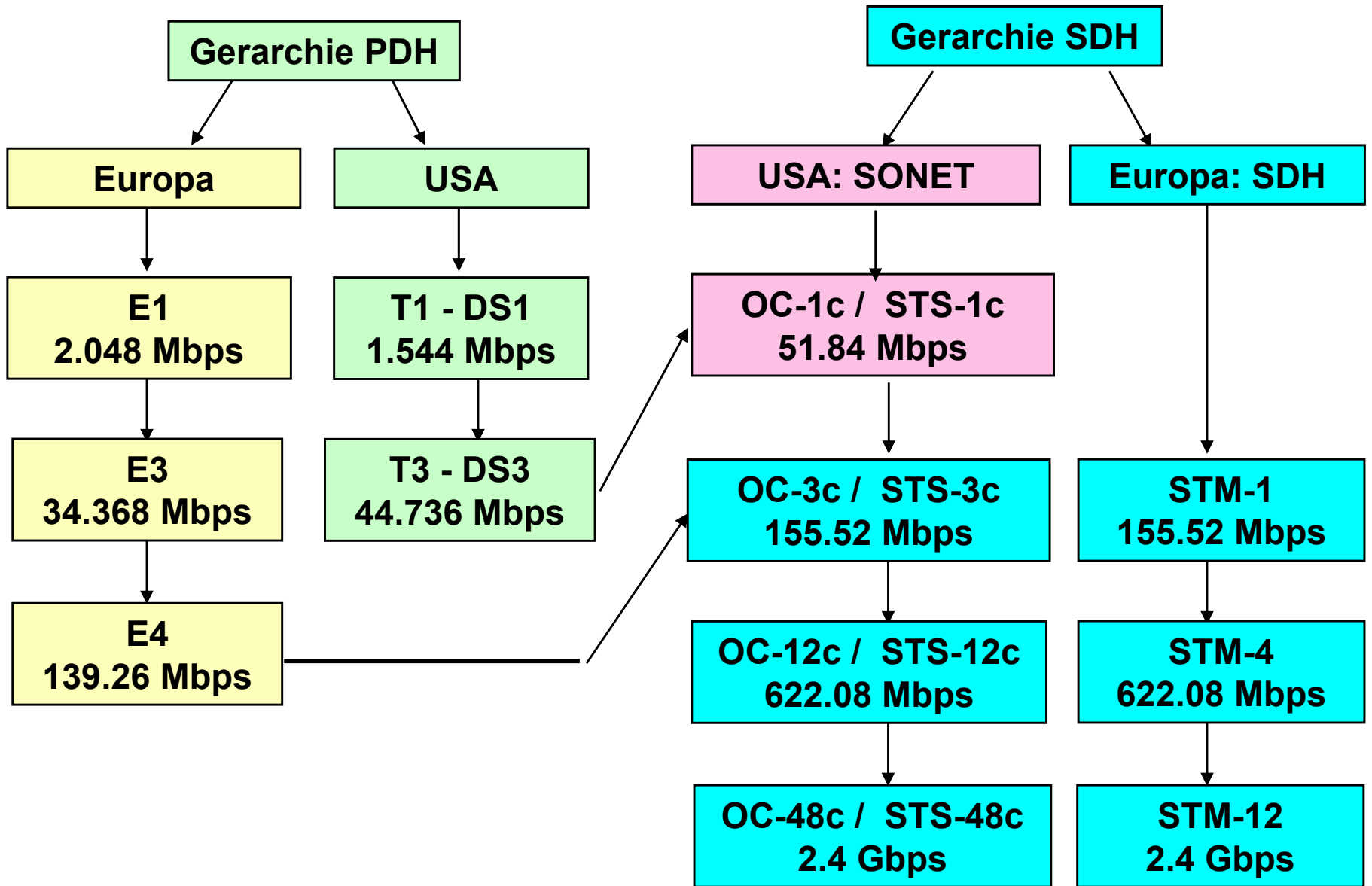
- TDM (Time Division Multiplexer)
    - suddividono la banda in sottobande
  - Basate sulla disponibilità di canali E1/T1 (eventualmente frazionati)
  - Ogni servizio vede la propria sottobanda come un canale sincrono a velocità fissa
  - I router e i bridge li vedono come dei CDN
  - La parte di banda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



# Tecnologia TDM

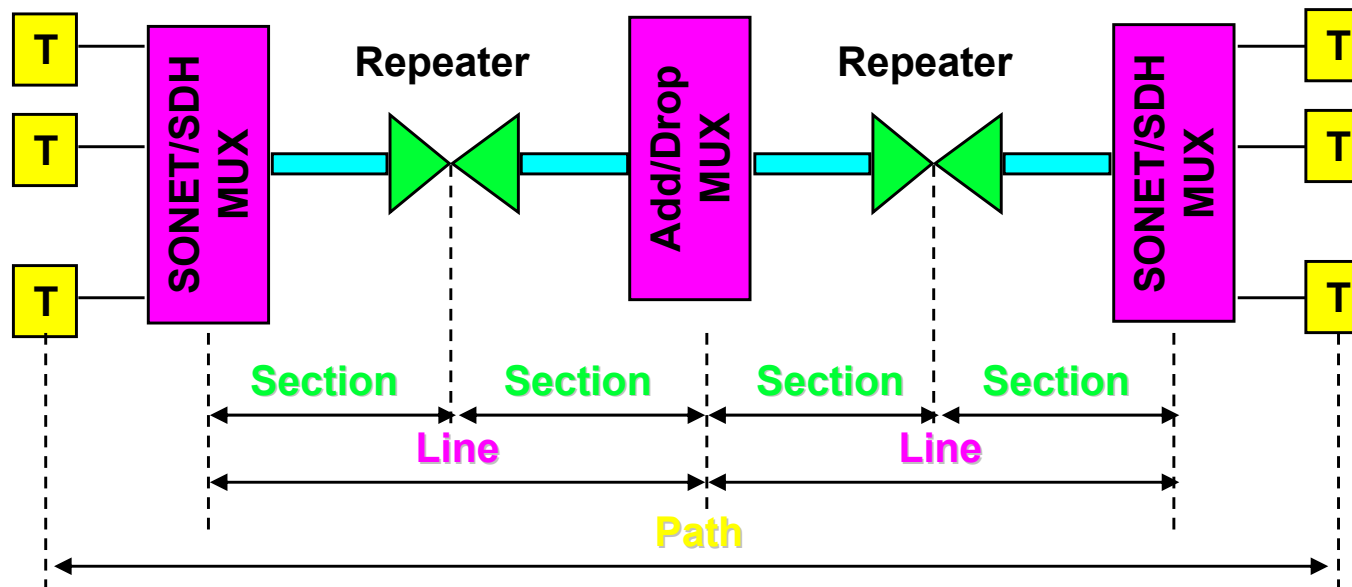


# PDH e SDH



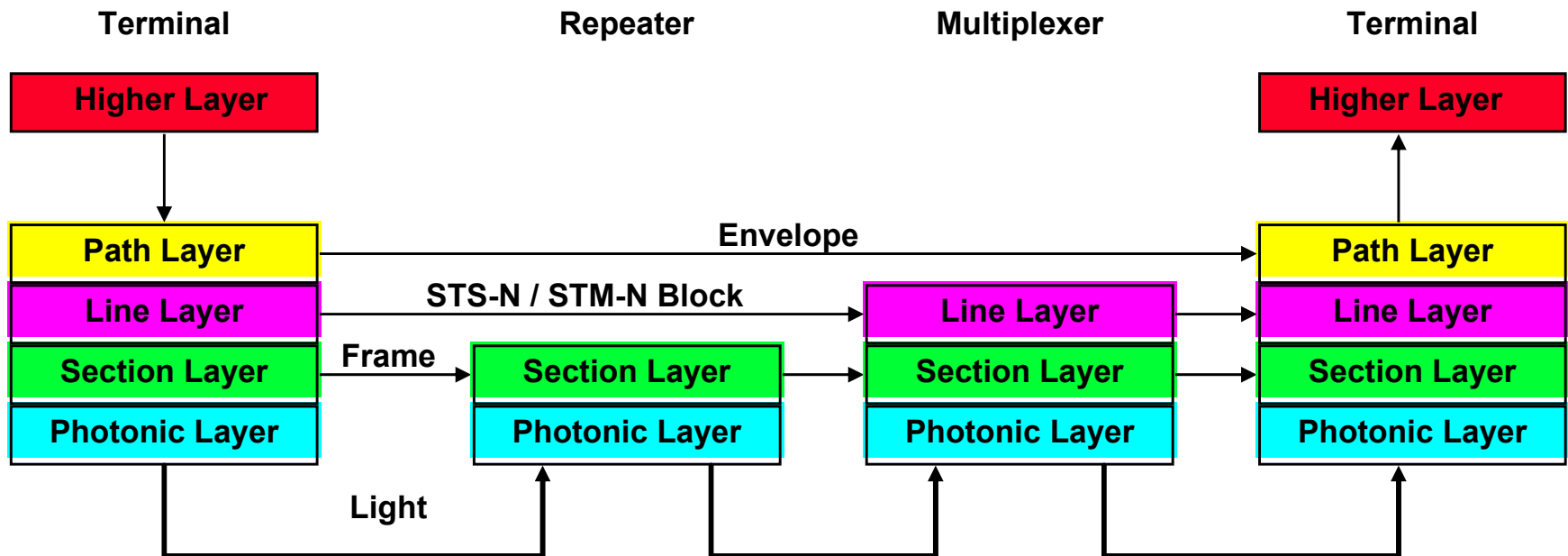
# Architettura fisica

- **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



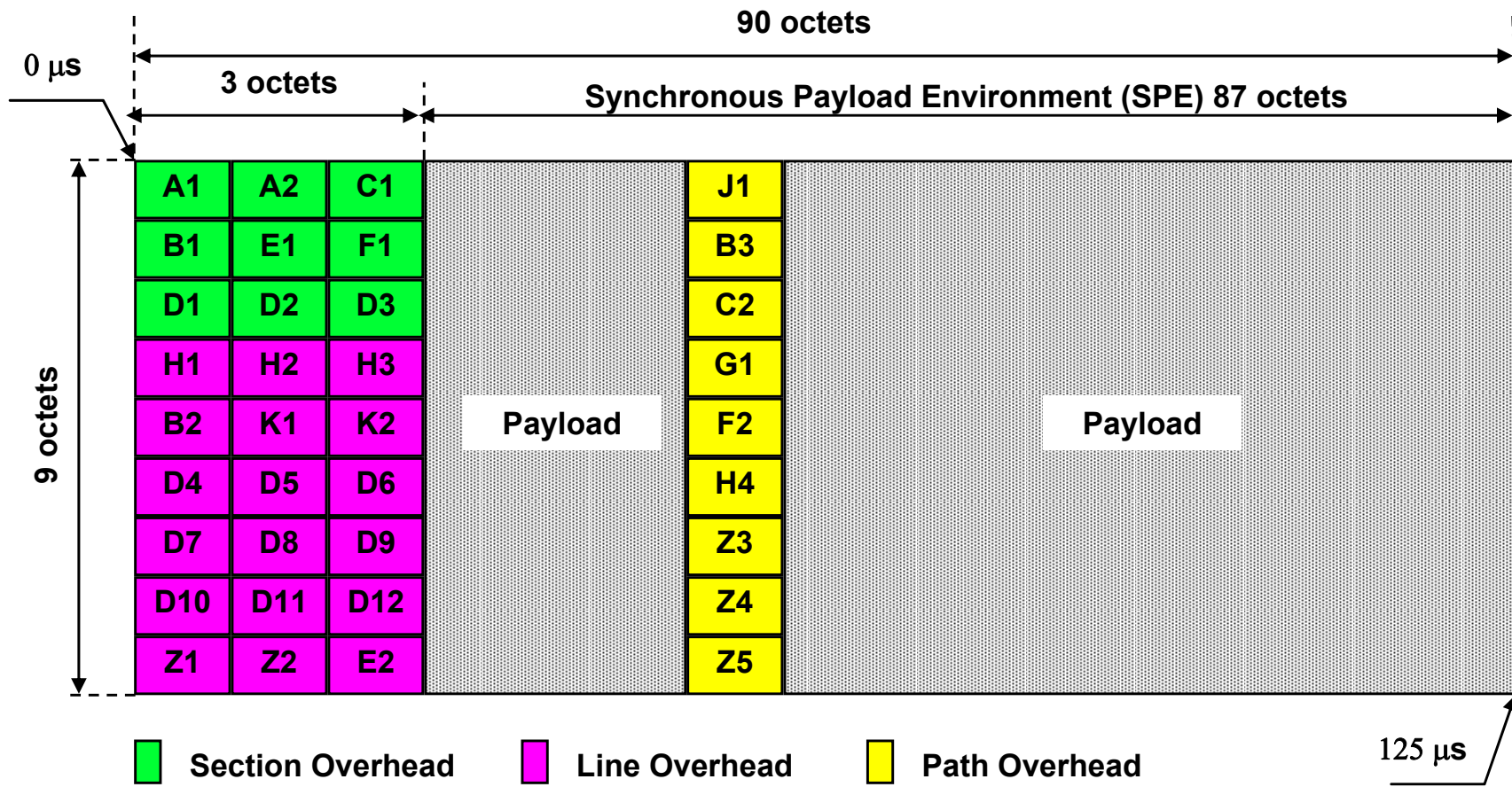
# Architettura protocollare

- **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

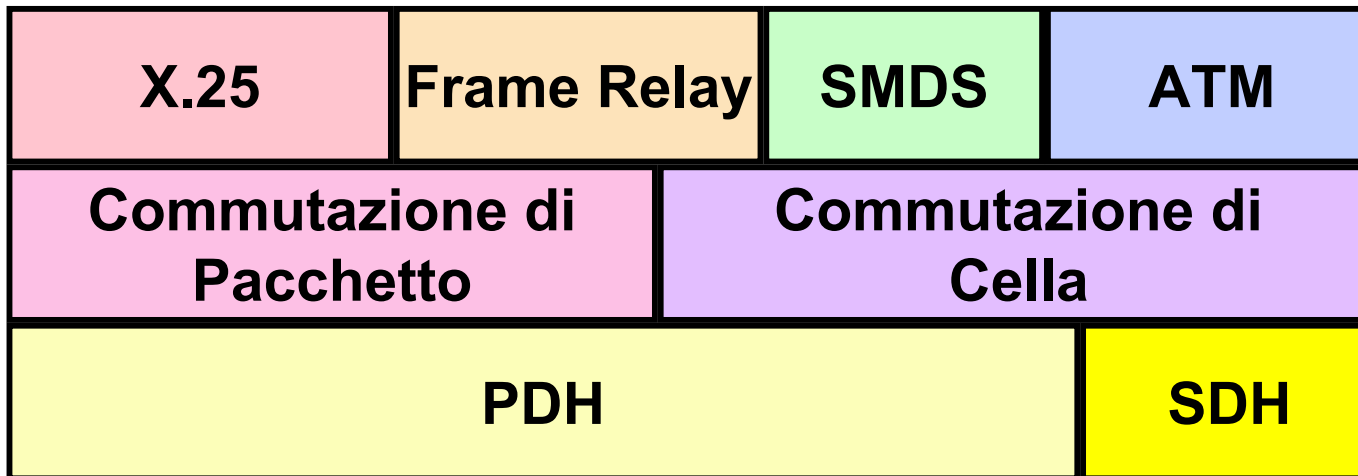


# Formato delle trame (frame)

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



# I vari livelli di tecnologie



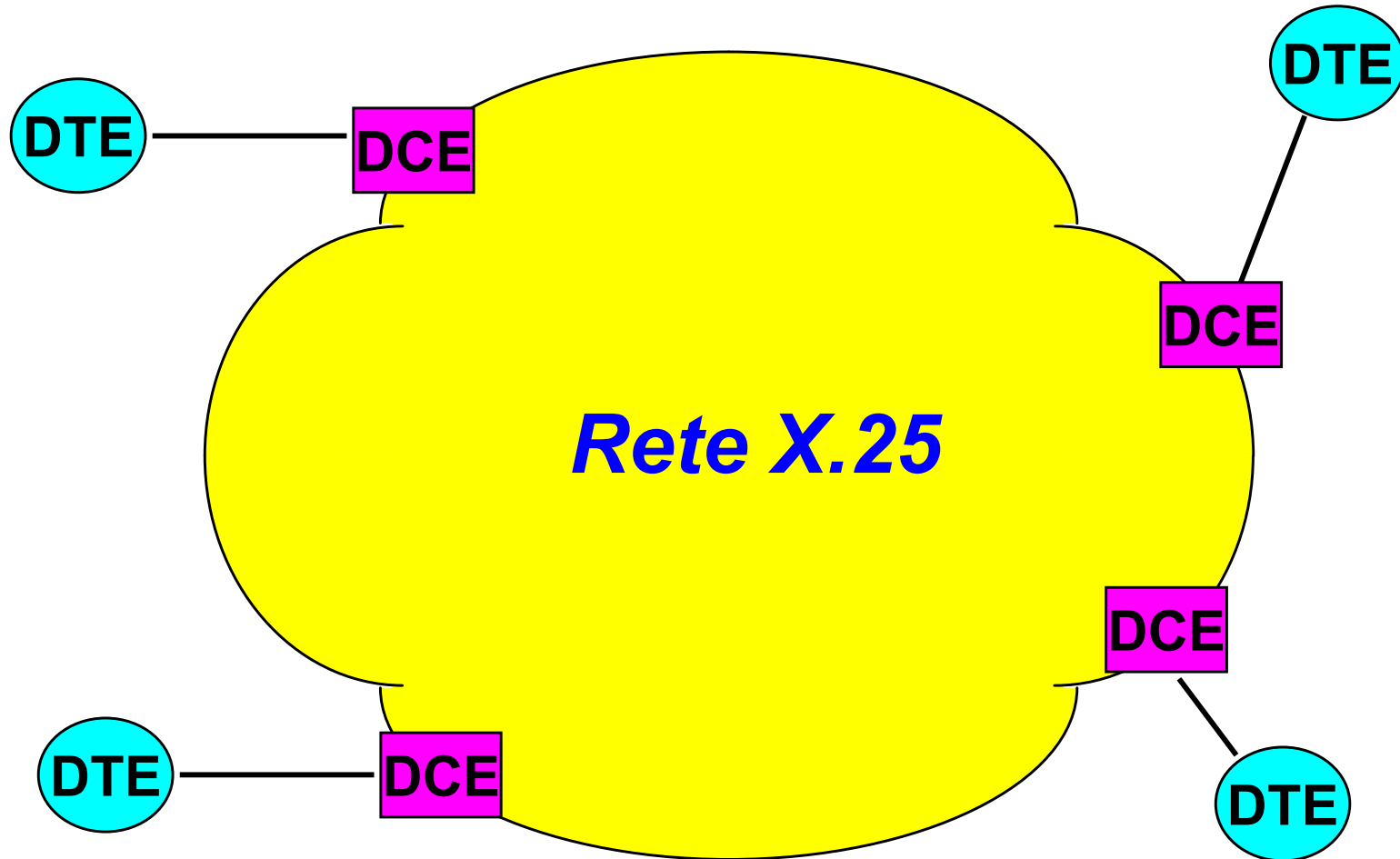


# Commutazione di Pacchetto

- 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



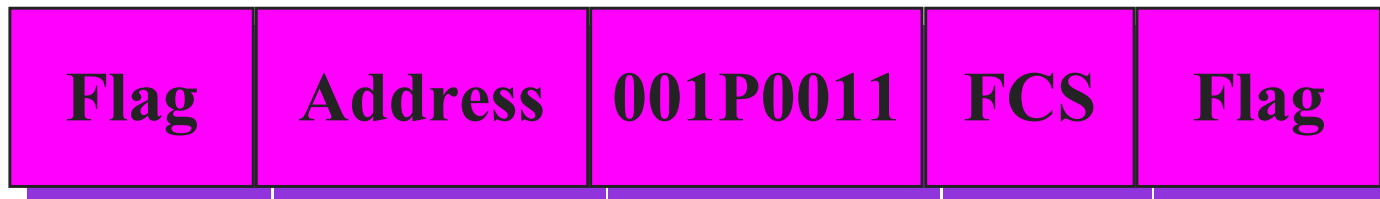
# Una rete X.25





## Il livello 2

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

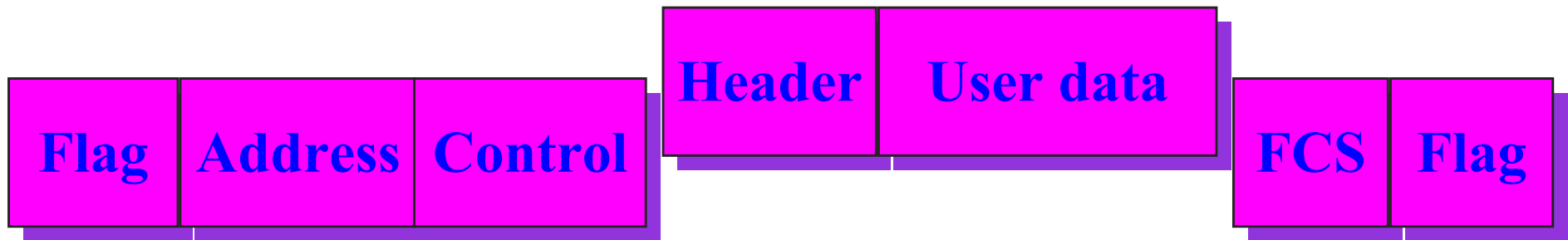


Esempio di pacchetto DISC





## Il livello 3



### Livello 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

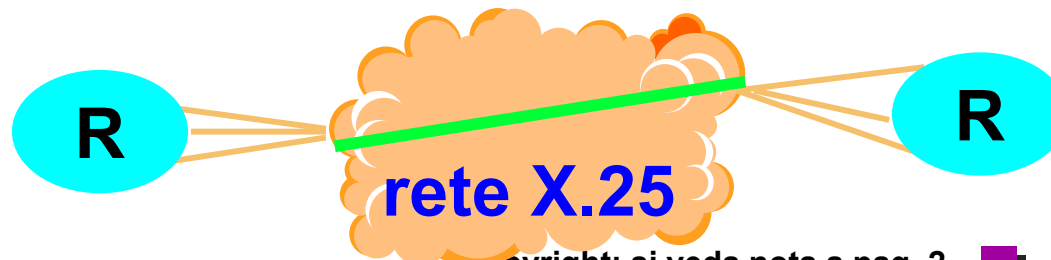


- Grazie al campo CUD si possono collegare router multiprotocollo

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

- Corrispondenza tra indirizzi di livello rete e X.121

- normalmente mediante configurazione



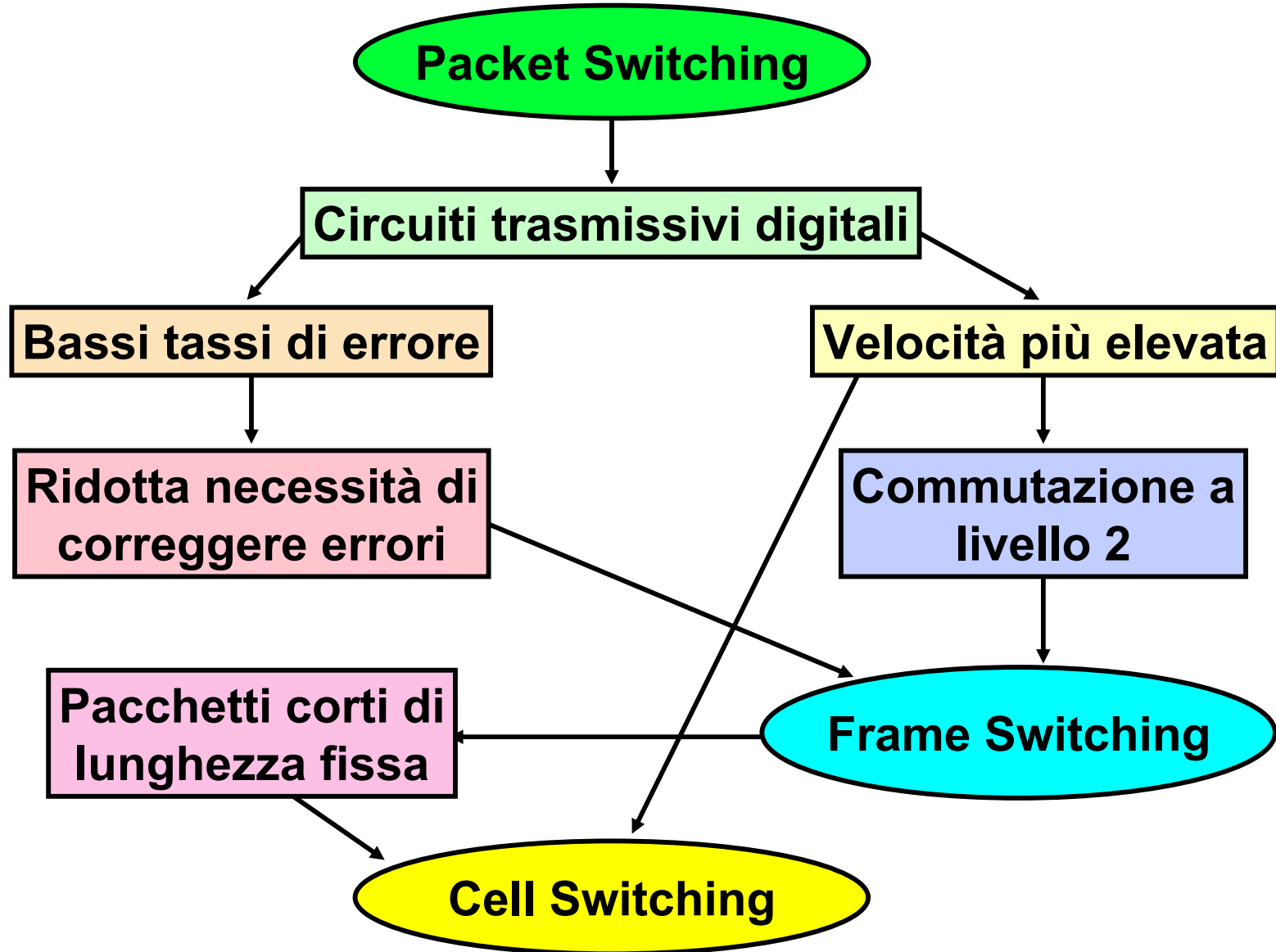


## X.25 Vantaggi e Svantaggi

- 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



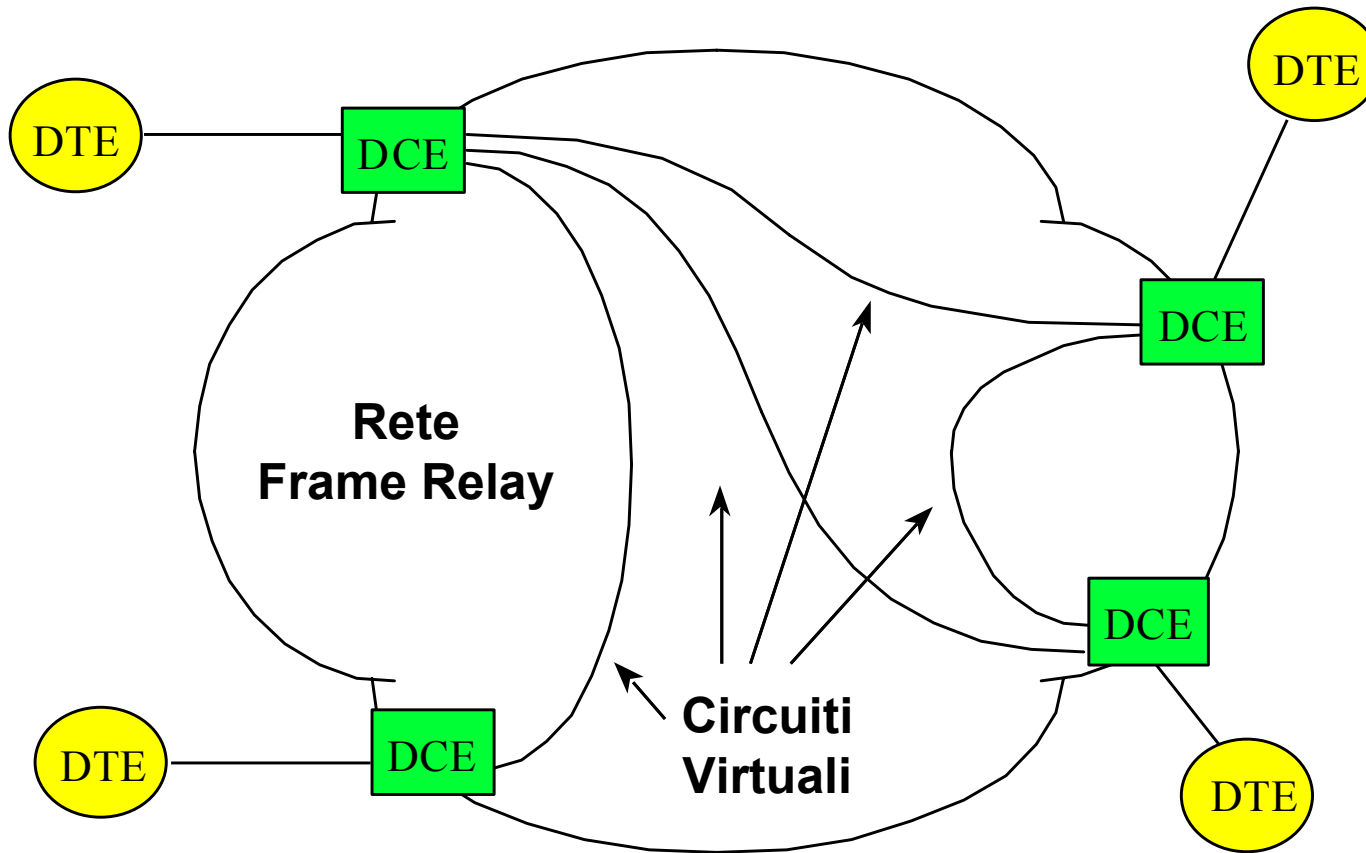


# Lo standard Frame Relay

- 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

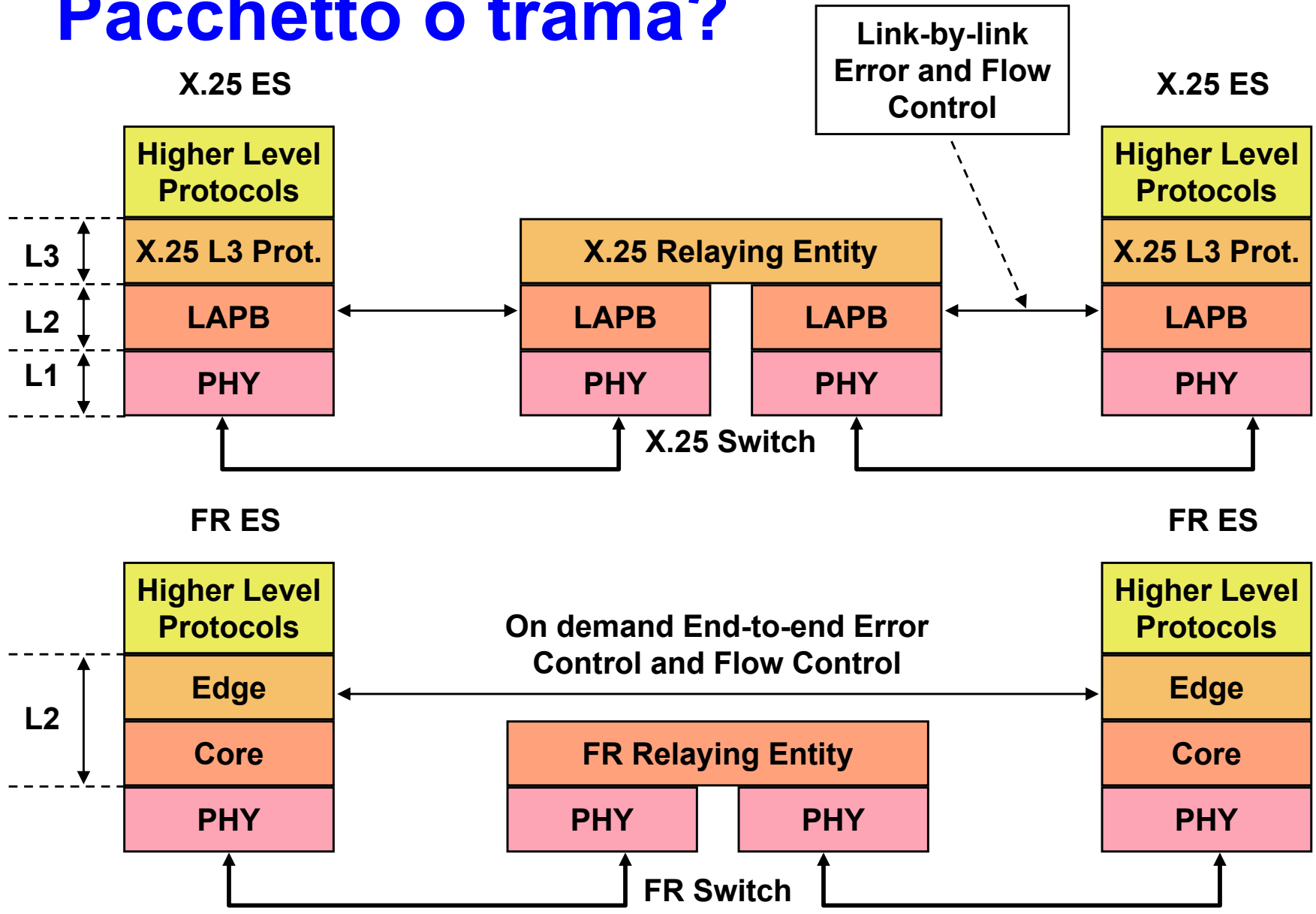




# LAPF

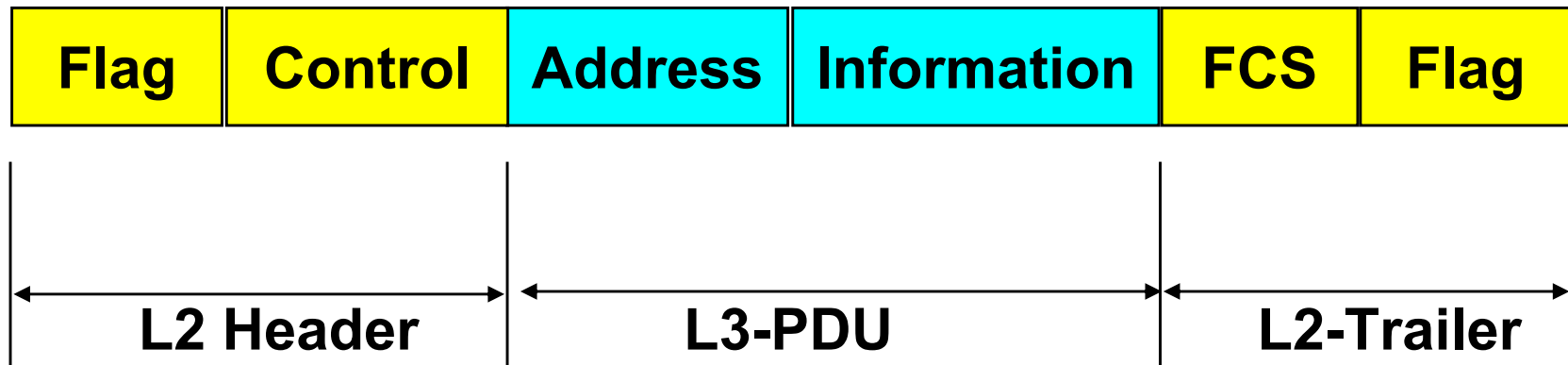
- **Link Access Procedure to Frame mode Bearer Services**
- **Protocollo derivato da HDLC**
- **Il LAPF è diviso in due parti:**
  - **DL-Core (Data Link Core Protocol)**
    - **definito dalla raccomandazione I.233 - Frame Mode Bearer Services**
  - **DL-Control (Data Link Control Protocol) - la rimanente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

# Pacchetto o trama?

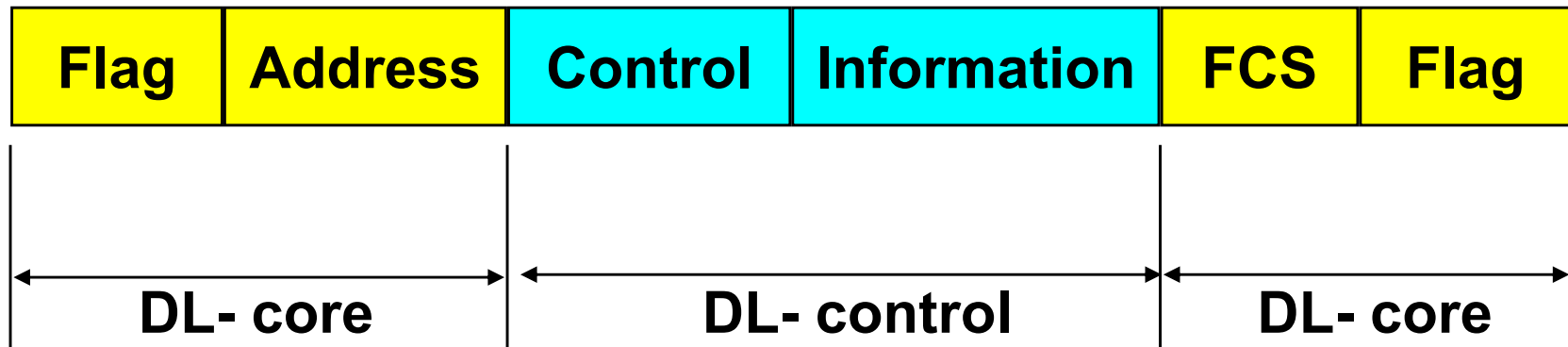


# Pacchetto o Trama?

## Pacchetto X.25




## Pacchetto F.R.





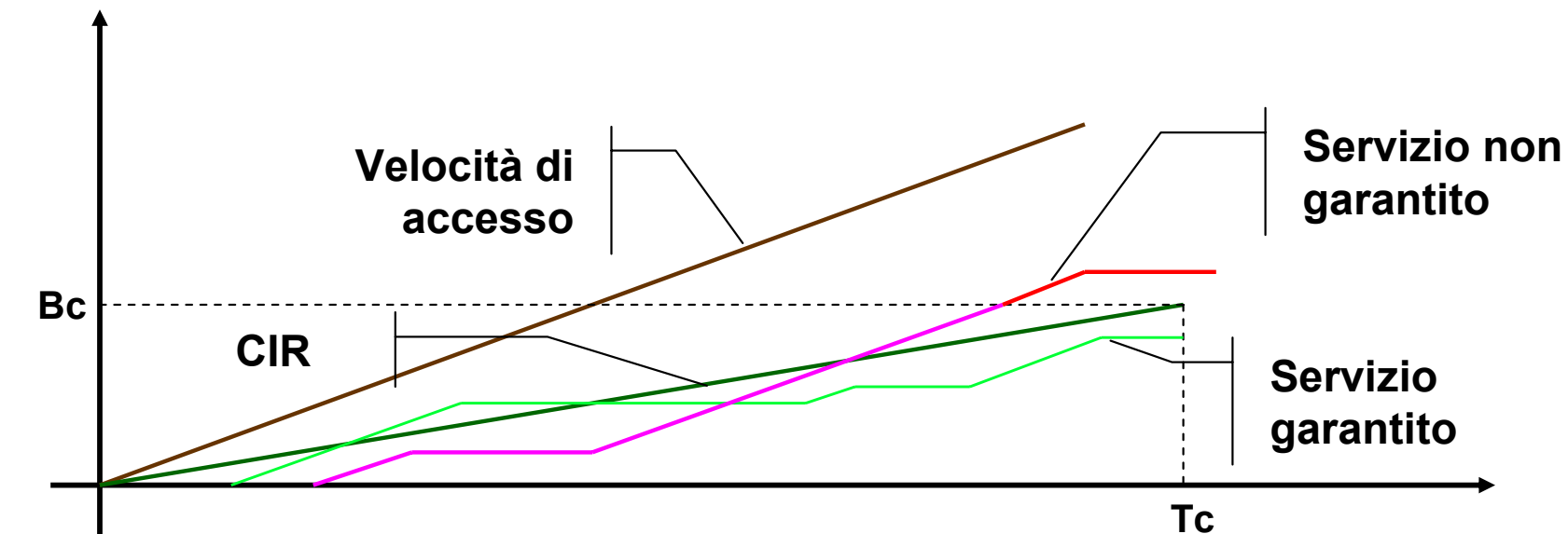
# Commutazione di Trama

- **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)
- 



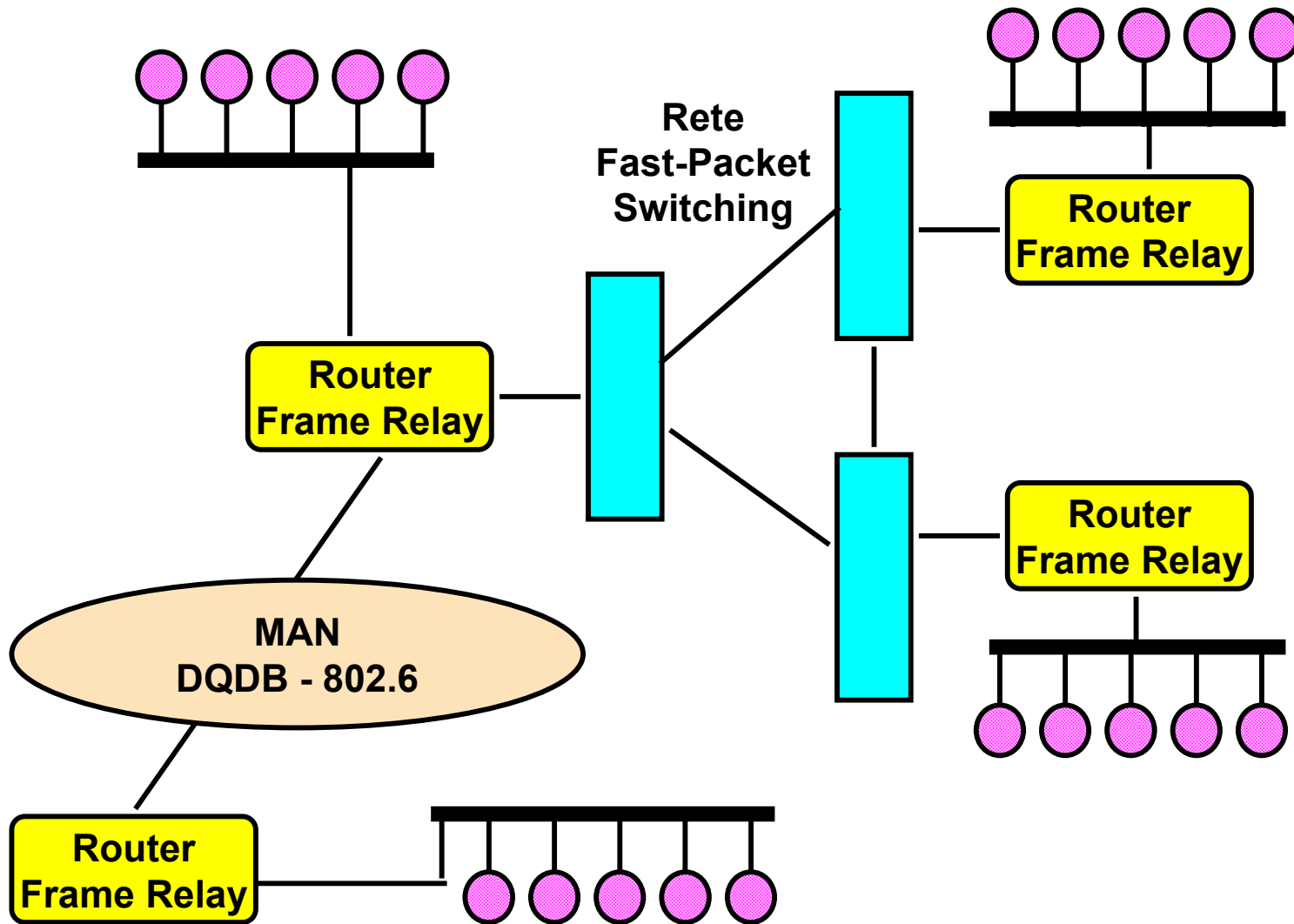


# Frame Relay

- **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



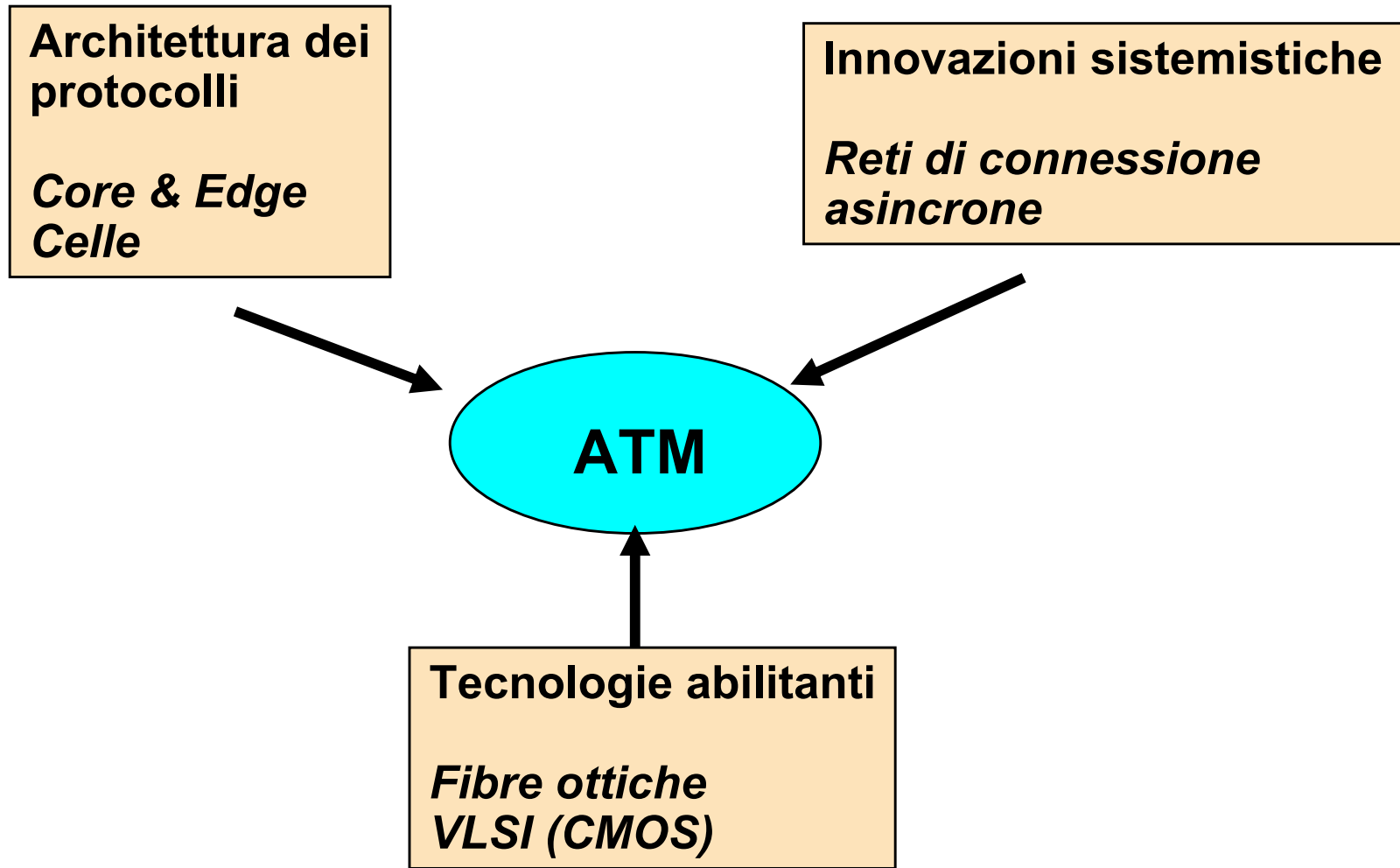


# I servizi

- **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  $\geq 150$  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**
- 



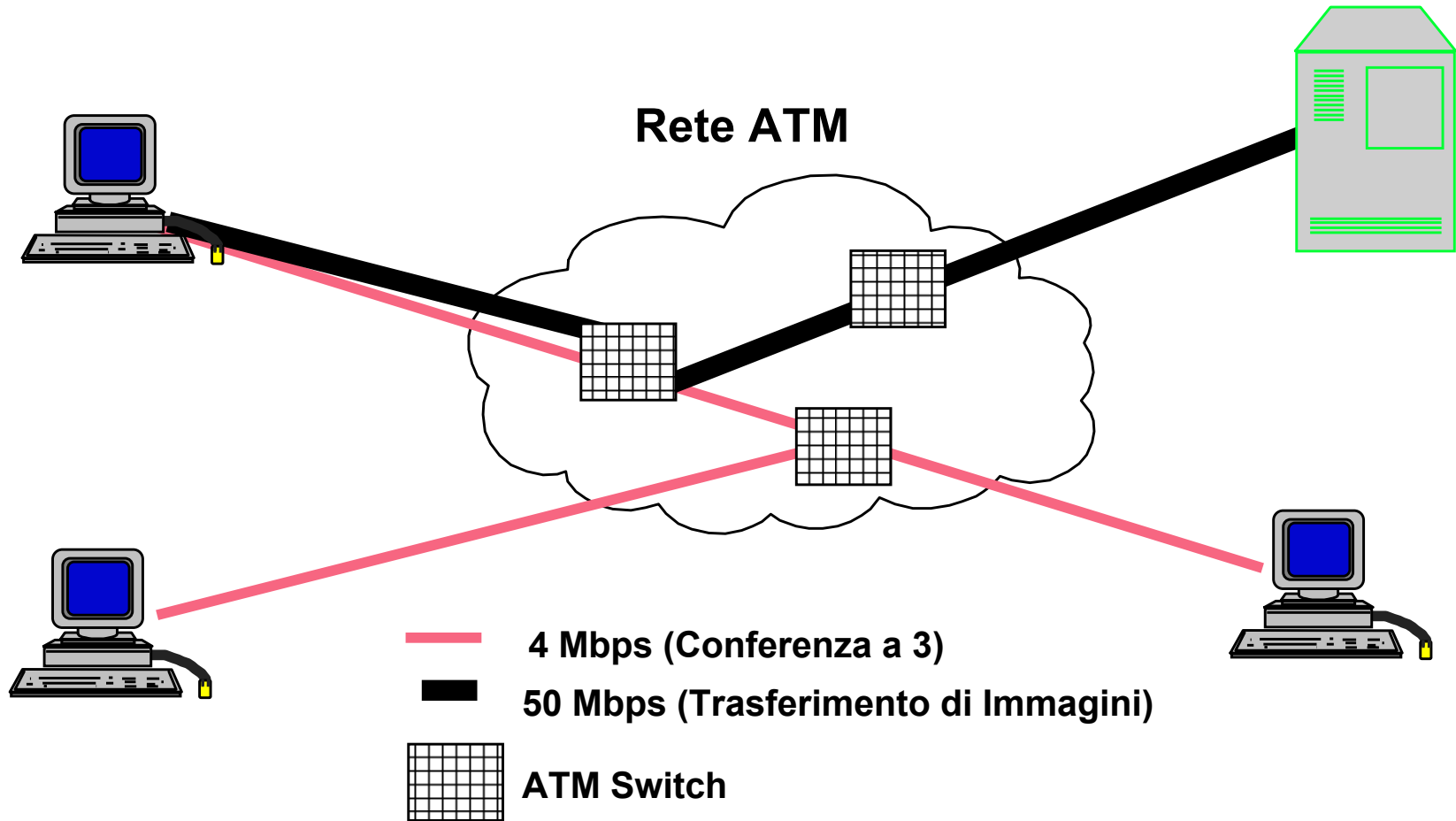


# Caratteristiche Generali

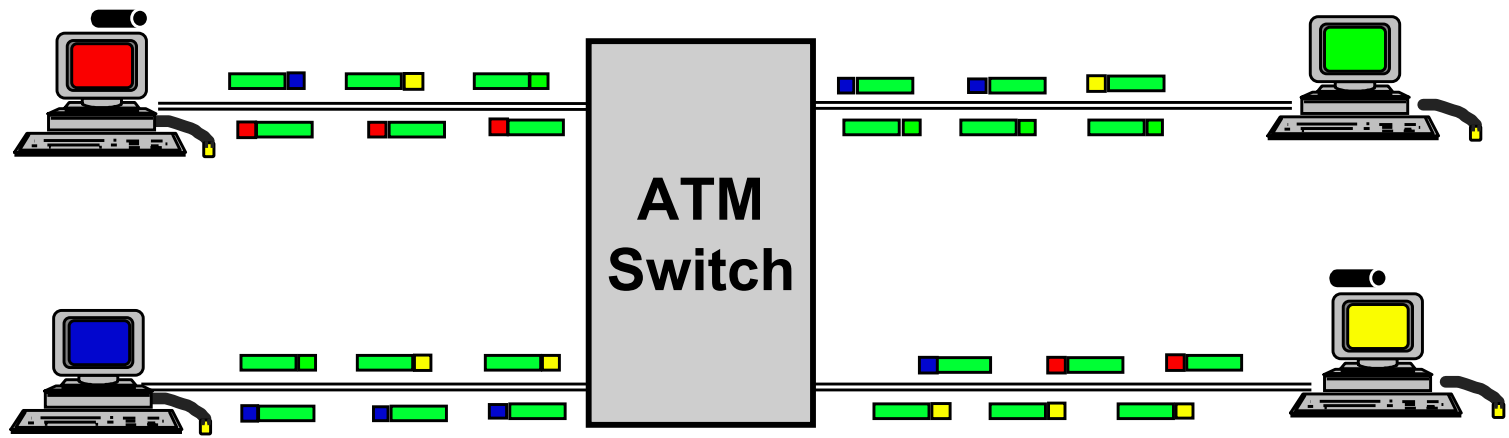
- **Segnalazione sofisticata:**
    - Gestione di connessioni multiparty o punto-multipunto
  - **Meccanismi sofisticati per il controllo di flusso (i tradizionali meccanismi a finestra non sono efficienti)**
  - **Allocazione di banda dinamica**
  - **Granulosità fine nell'assegnazione della banda**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



# Canali Virtuali

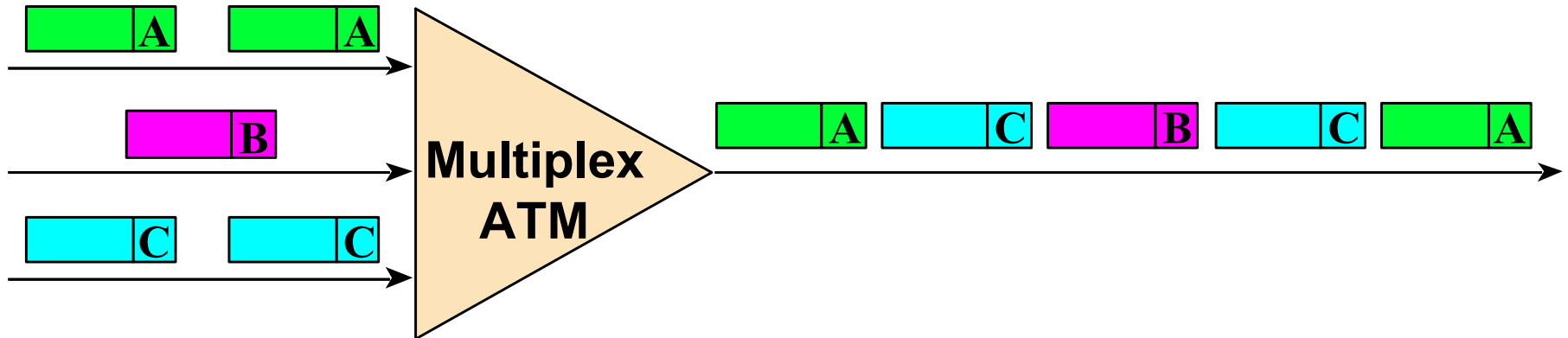


# Commutazione di cella

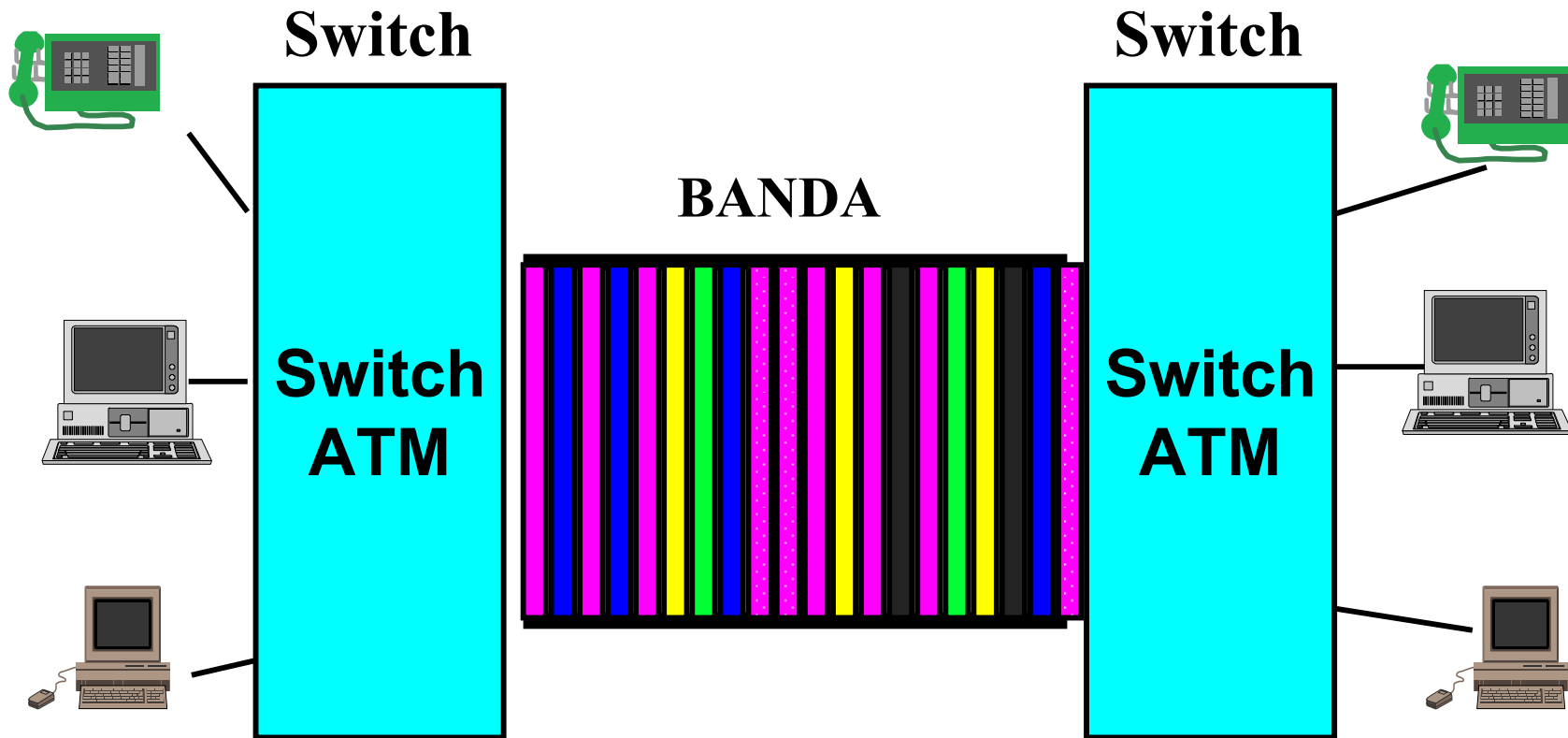


**Cella = 53 Ottetti**

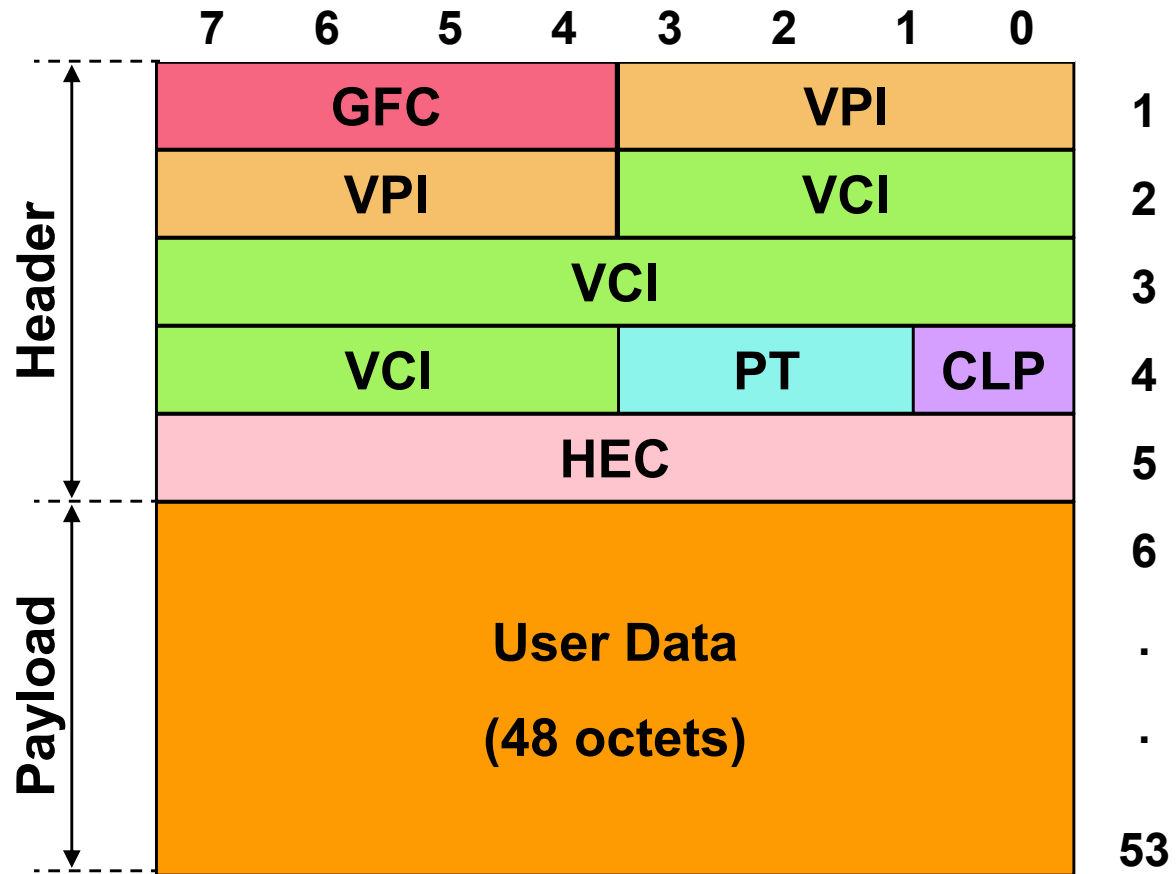
# Multiplexazione statistica



# 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**



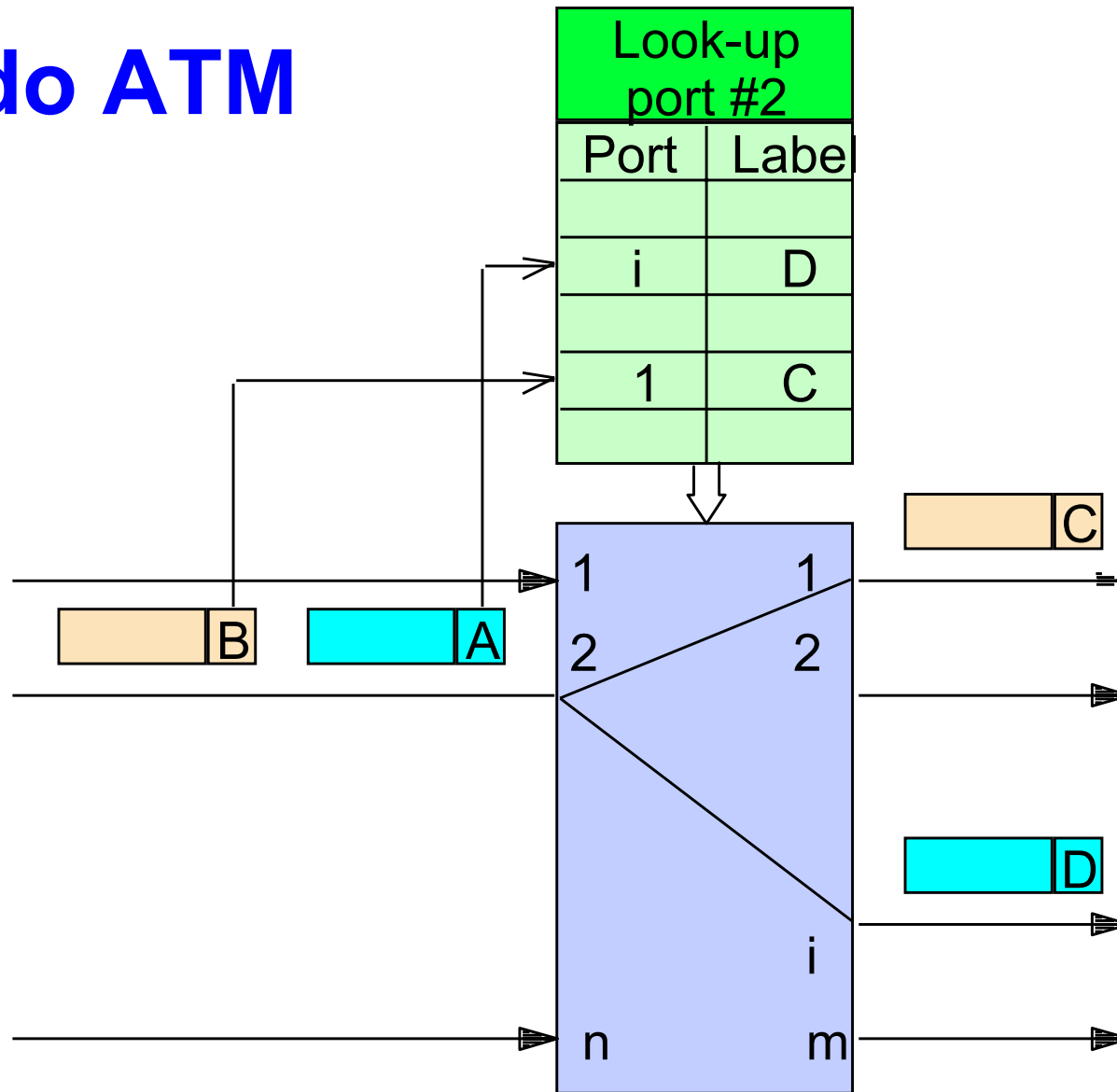


# ATM

- 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

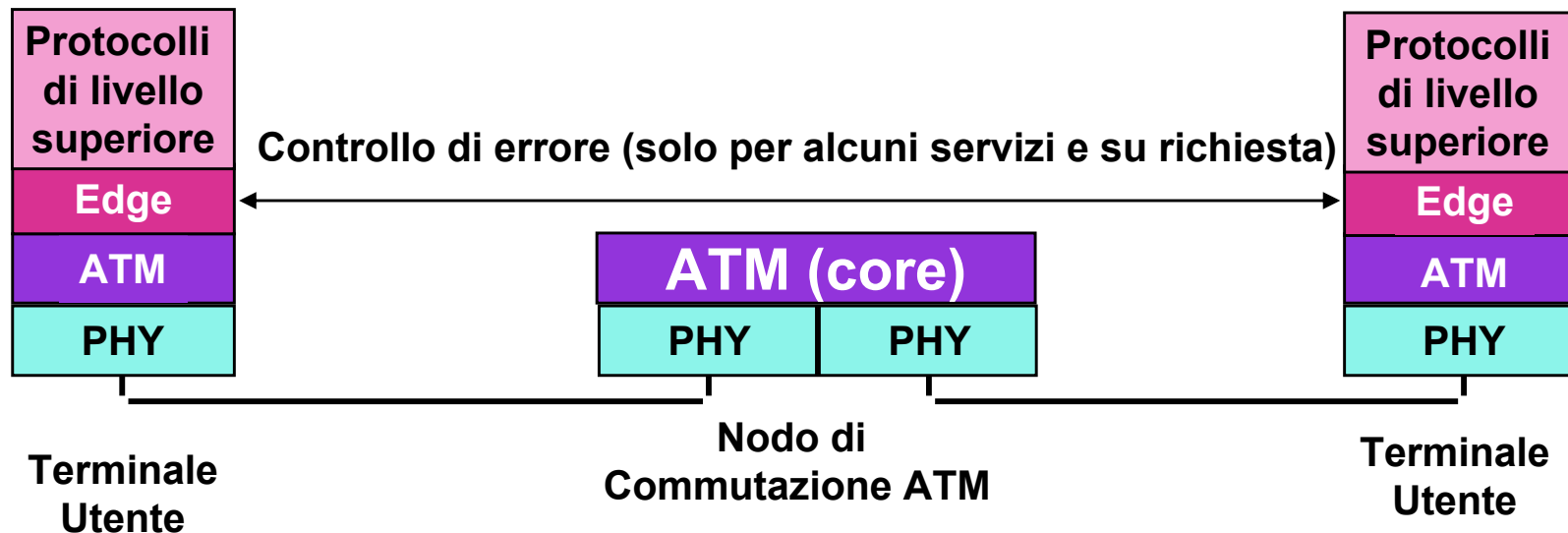


**VCI/VPI varia ogni volta che si attraversa un multiplex ATM**

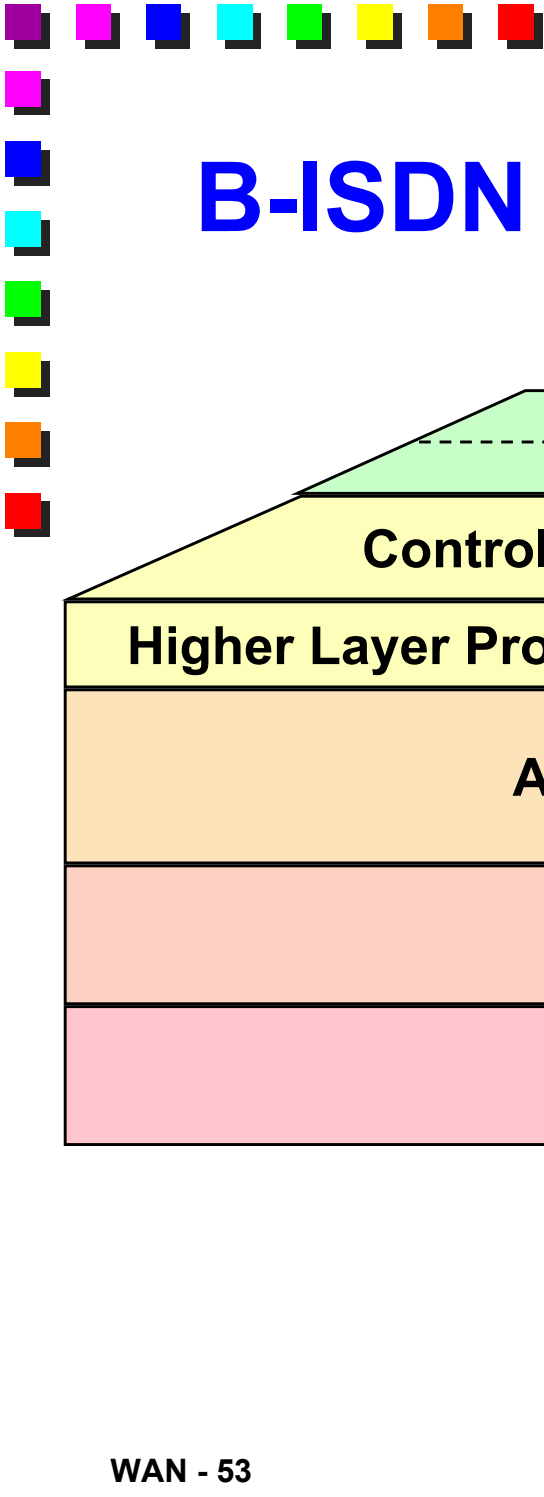
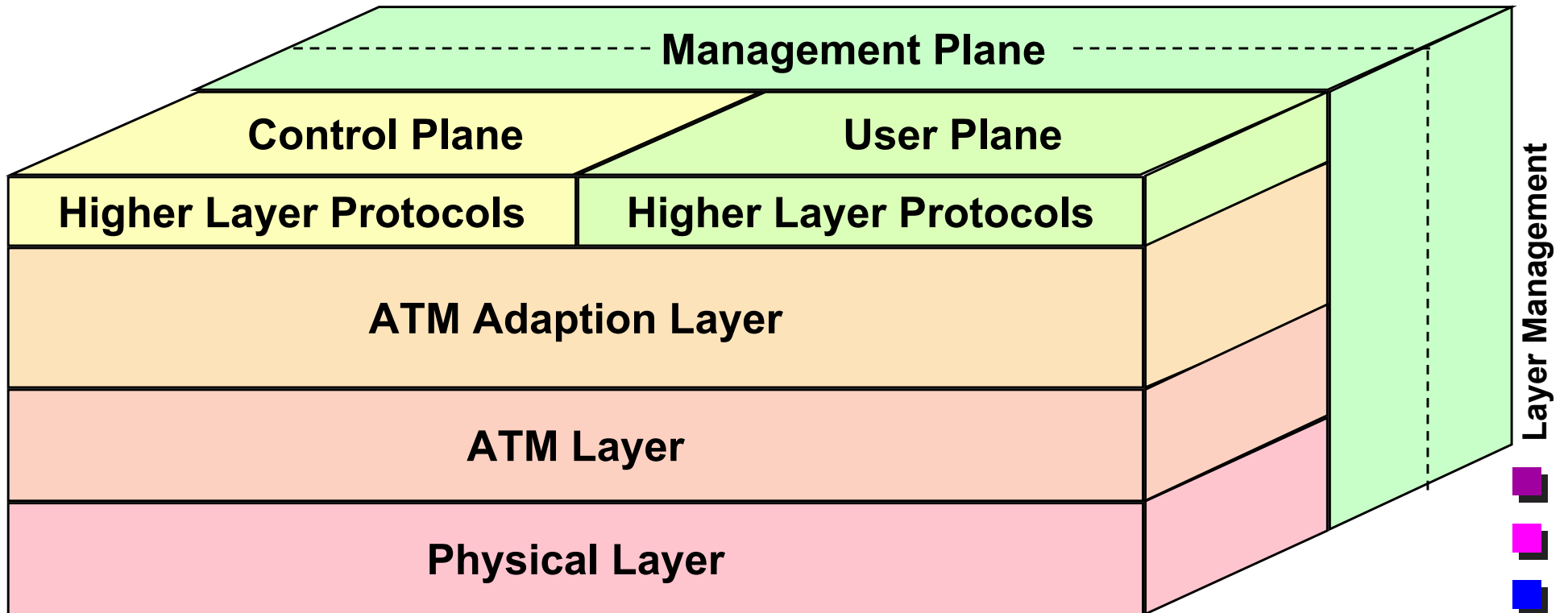
# ATM: Caratteristiche Generali

## ■ 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

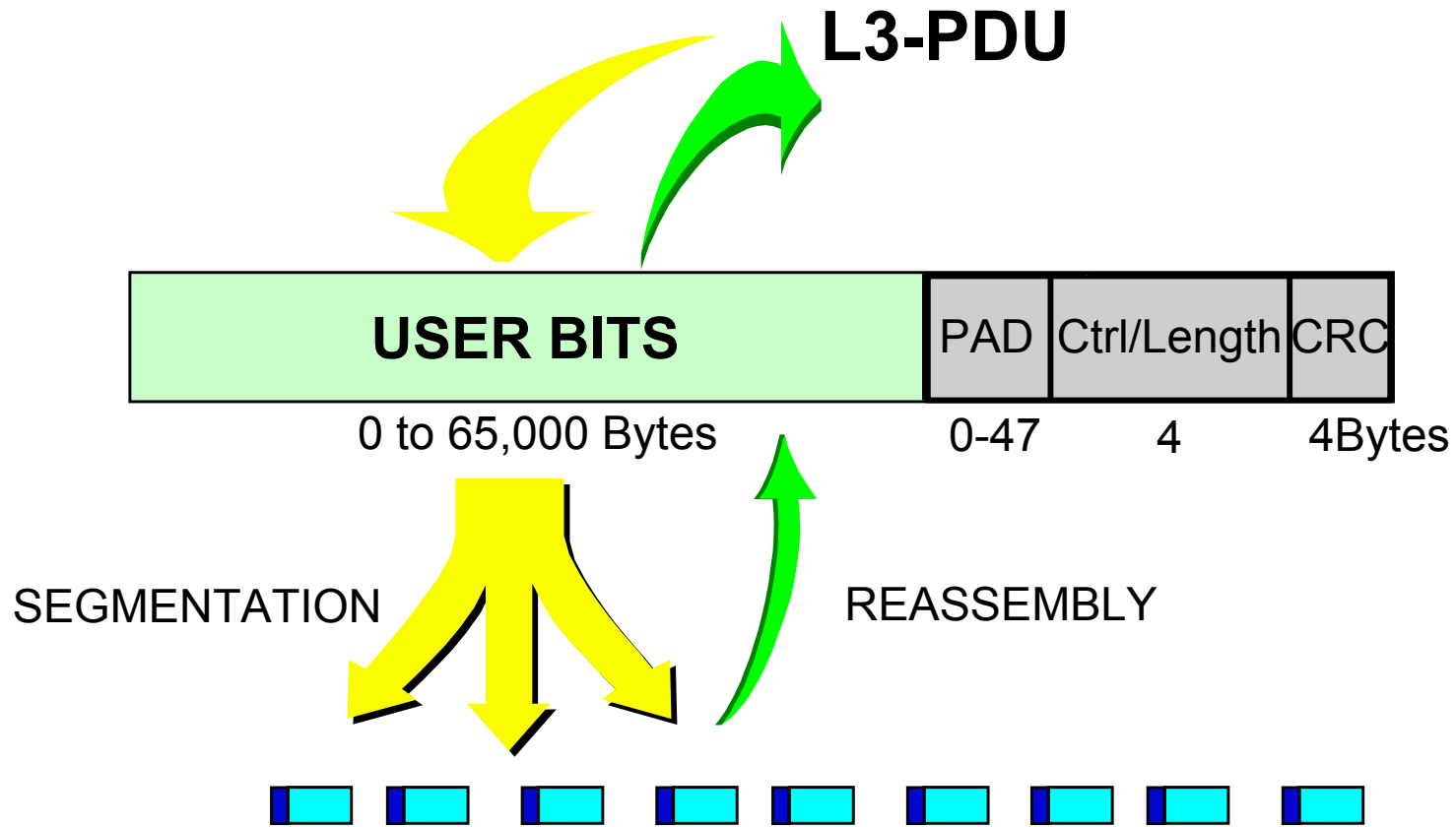


# B-ISDN Reference Model

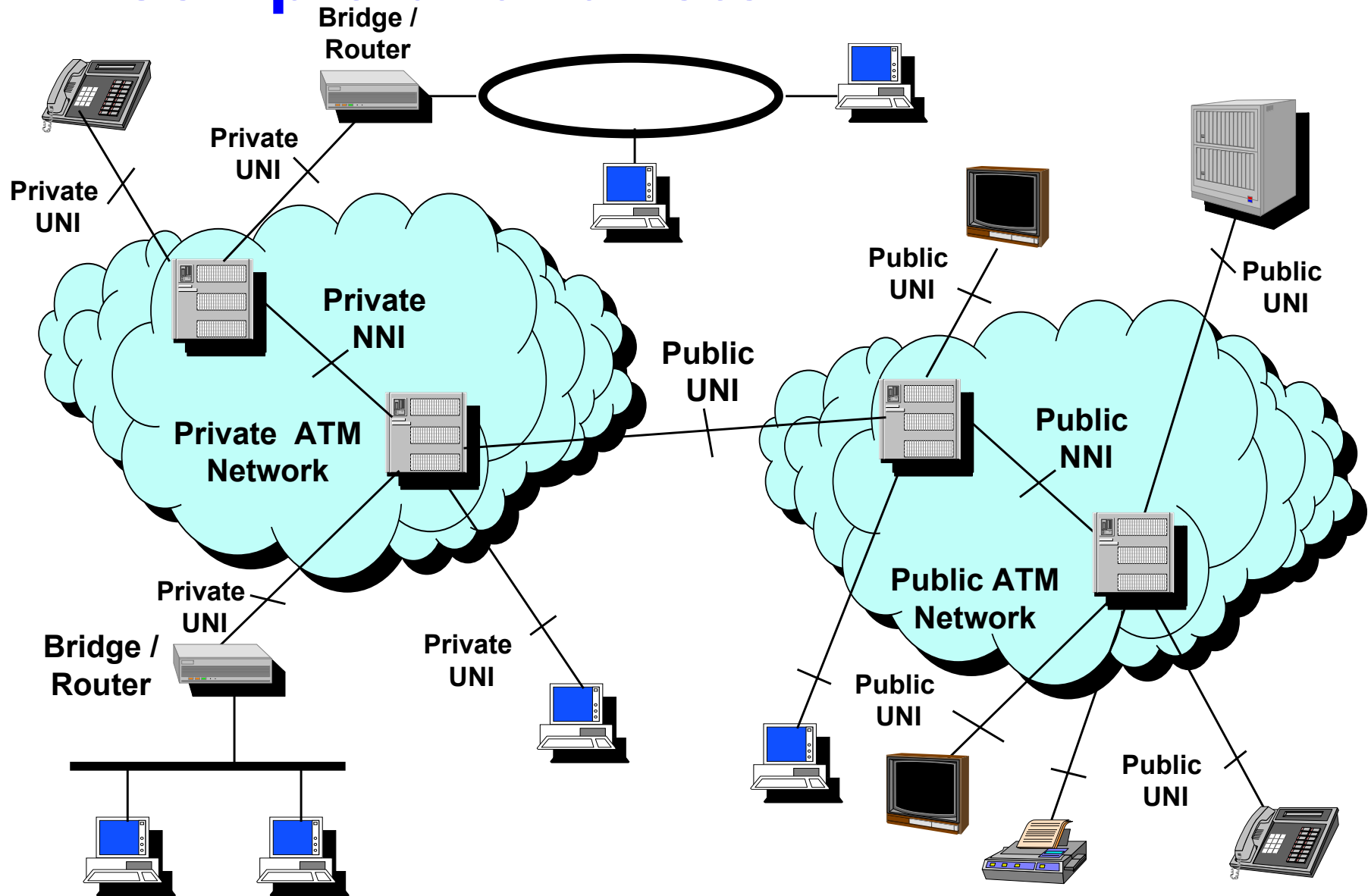


# AAL 5 e SAR

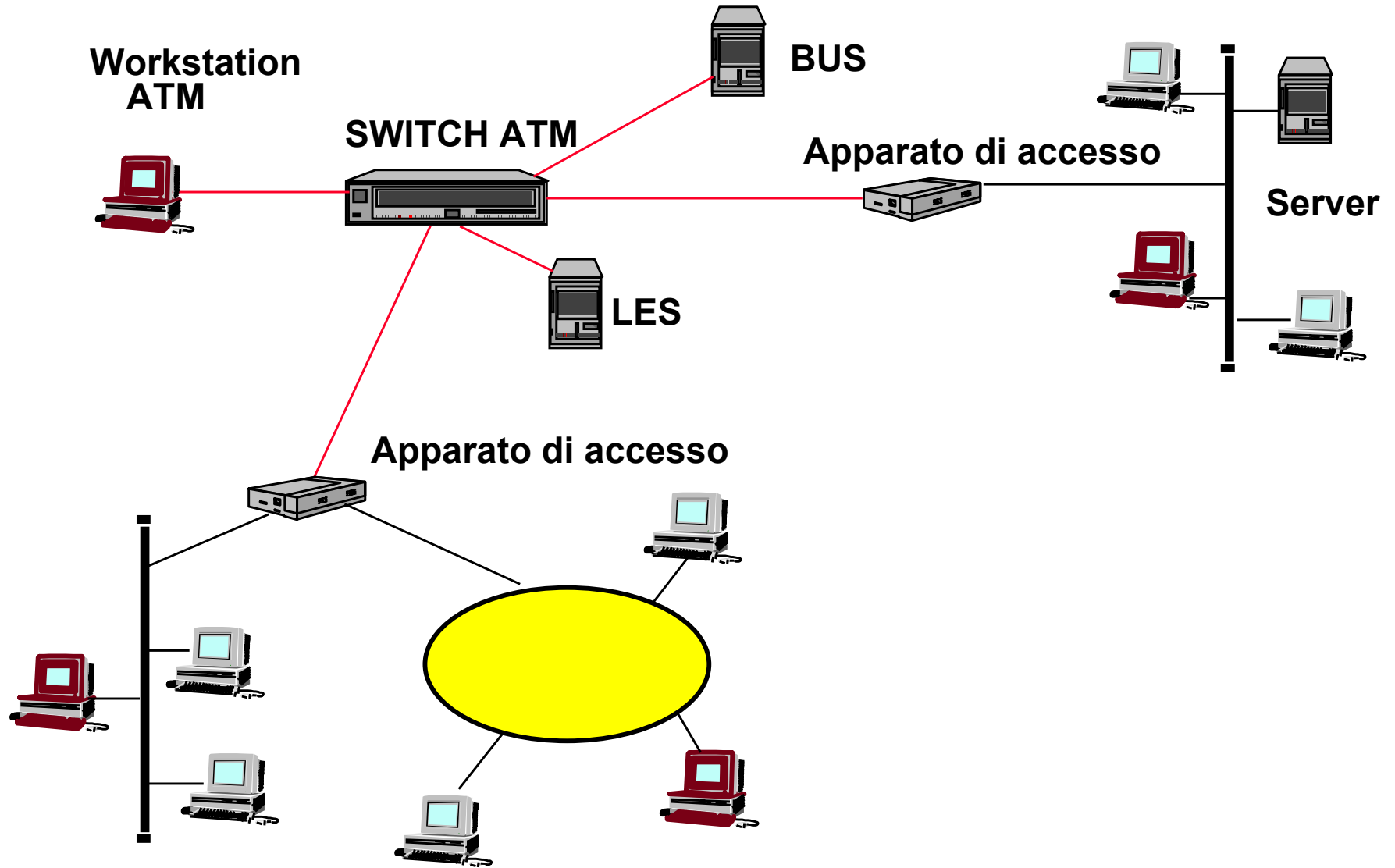
- AAL: ATM Adaptation Layer
- SAR: Segmentation and Reassembly



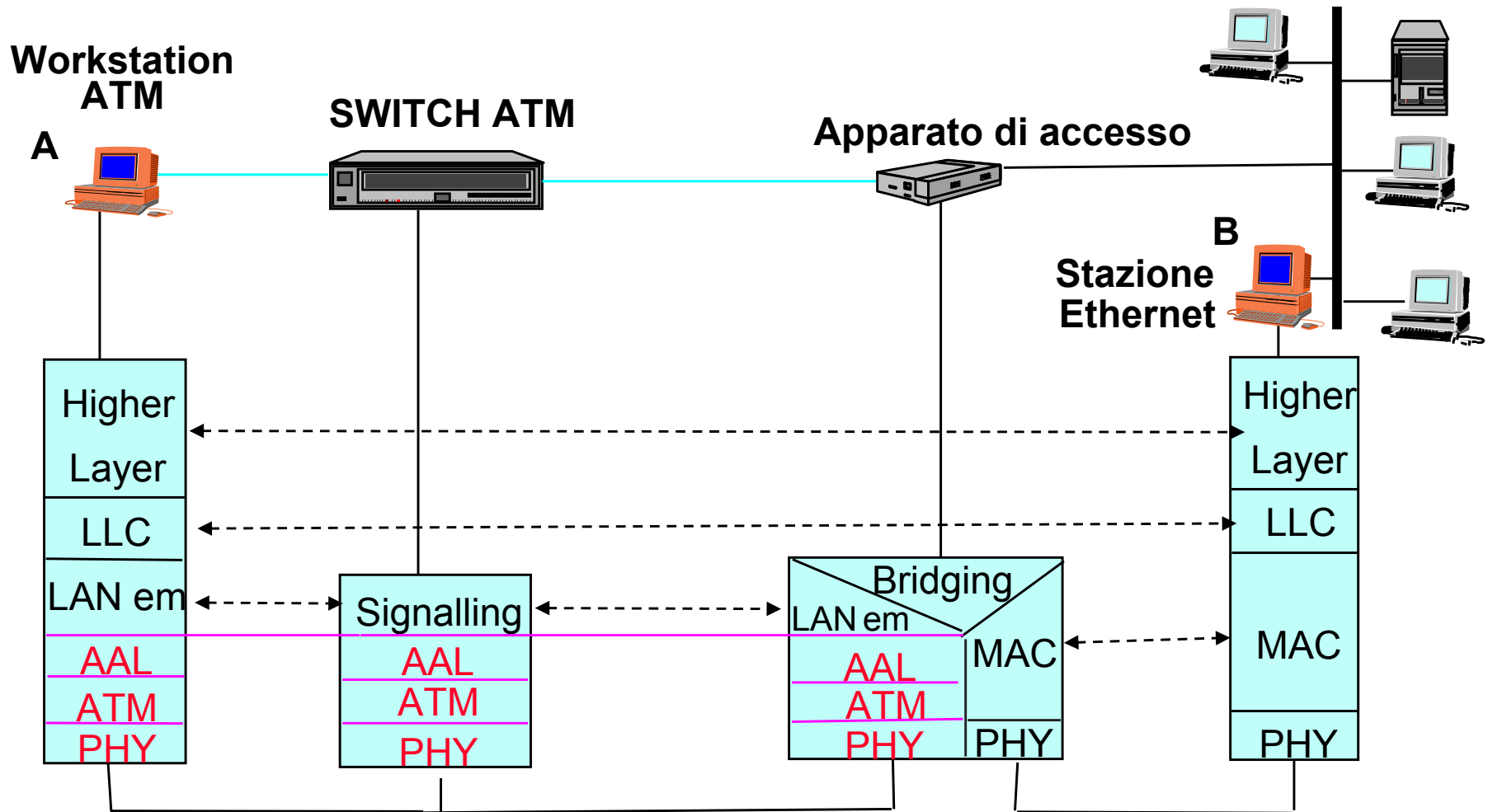
# Esempio di una rete ATM



# ATM LAN Emulation



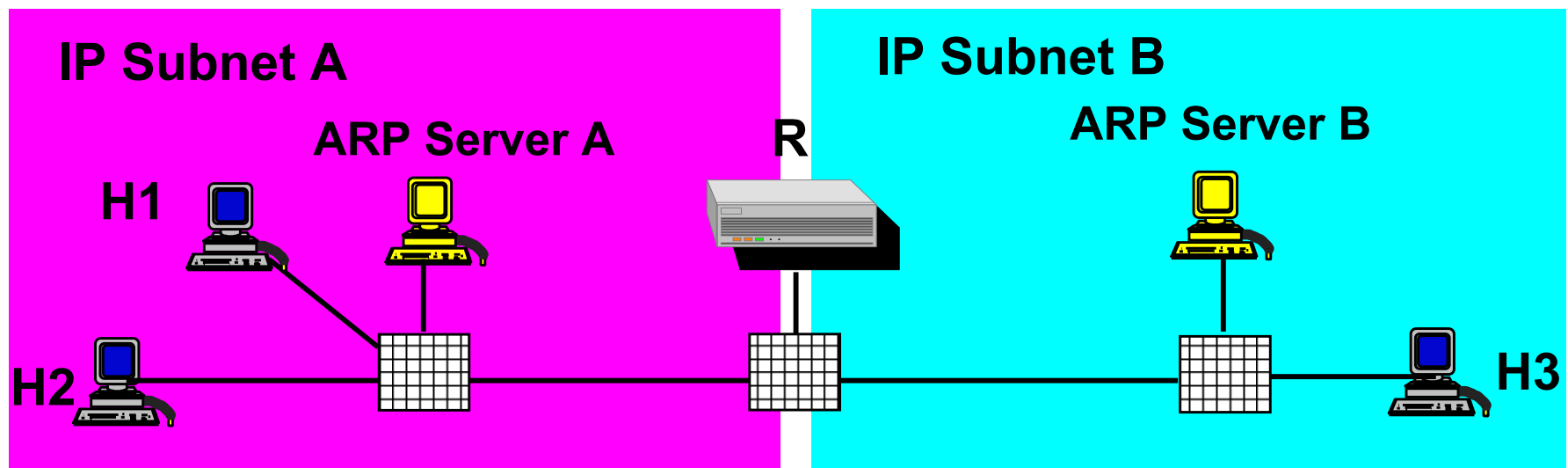
# ATM LAN Emulation



**Gli apparati di accesso operano come bridge**

# IP over ATM: Modello Classico

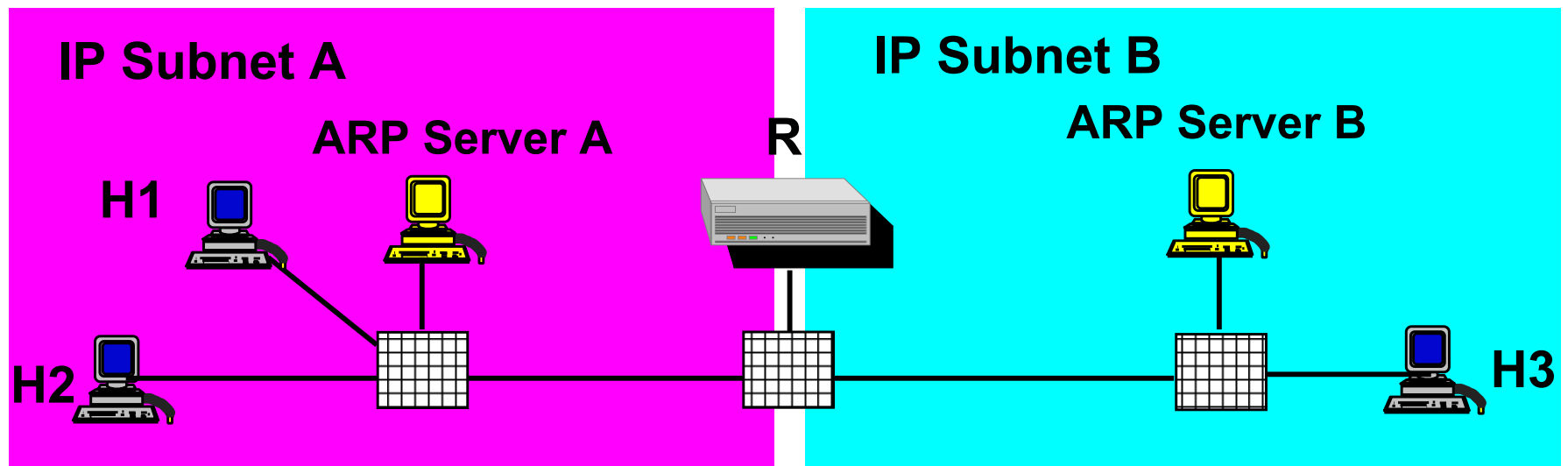
- H1 vuole comunicare con H2
  - In fase iniziale H1 impara l'indirizzo di A
  - H1 invia un ARP-Request ad A con H2-IP
  - A invia un ARP-Response con l'indirizzo H2-ATM
  - H1 richiede alla rete ATM la connessione con H2



# IP over ATM: Modello Classico

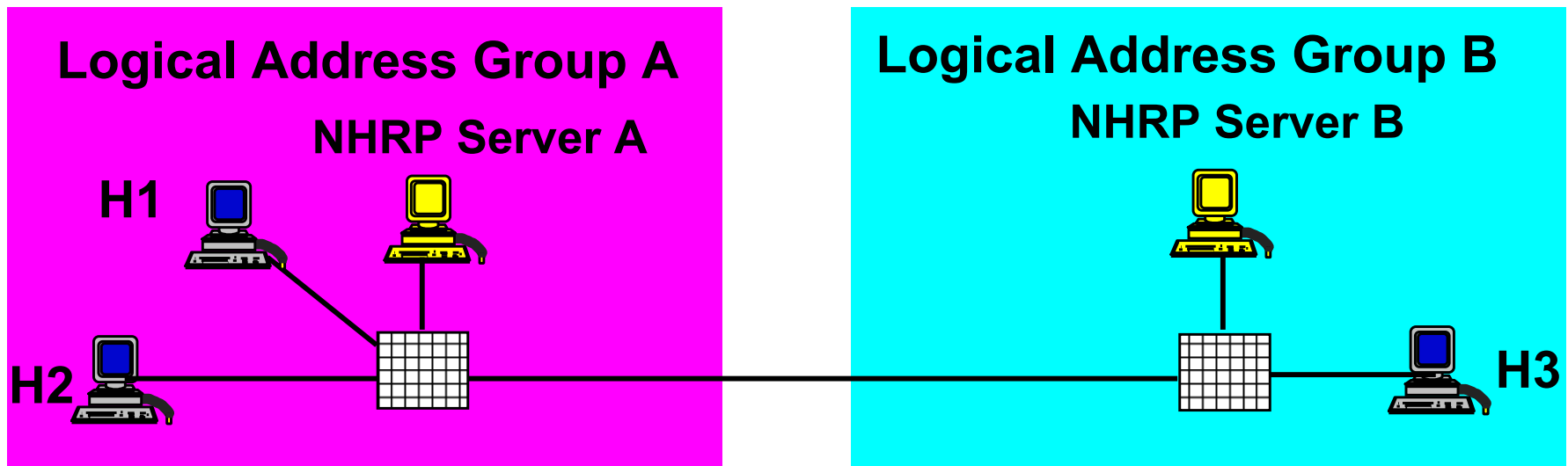
## ■ H1 vuole comunicare con H3

- 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
- 

