



Asynchronous Transfer Mode

Mario Baldi

Politecnico di Torino

mario.baldi[at]polito.it

<http://staff.polito.it/mario.baldi>




Silvano Gai

sgai[at]cisco.com








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 dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, 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.



Le origini

Voce

Commutazione
di circuito

Telefonia

Commutazione
di circuito

ISDN

Commutazione
di cella

ATM

Dati

Permutazione
di circuito

CDN

Commutazione di
pacchetto

X.25

Approccio
core-edge

Frame Relay

Commutazione
di cella

Utilizzo più
efficiente delle
risorse

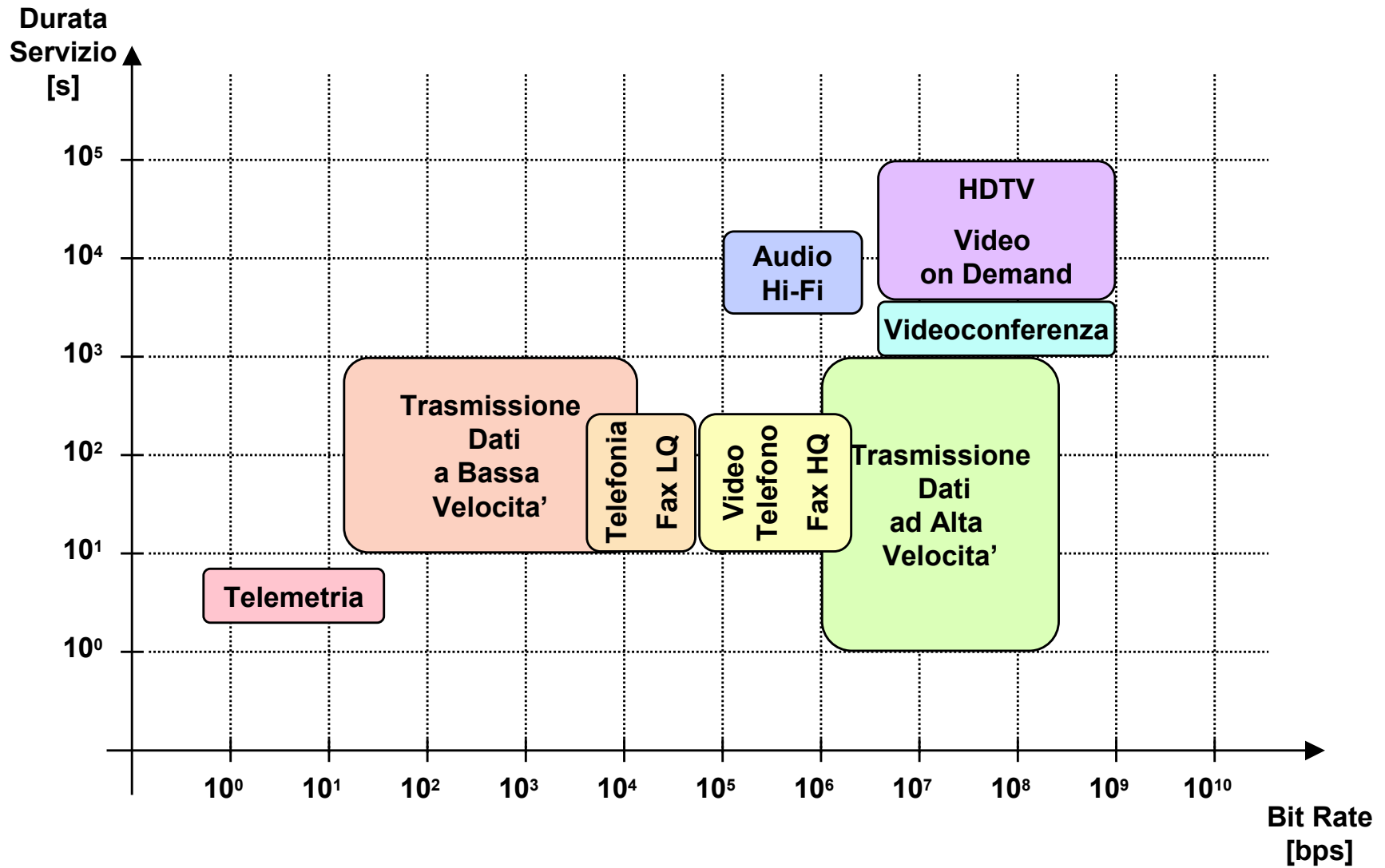
Aumento delle
prestazioni

Aumento delle
prestazioni

Integrazione
voce e dati

Broadband (B-ISDN)
Utilizzo più efficiente
delle risorse

Le necessità






Commutazione di cella


- Cella piccola → basse variazioni ritardo
- Cella di dimensione costante → commutazione veloce a basso costo
- Approccio core-edge → elevato throughput

Basta questo per fornire garanzie sulla qualità di servizio (Quality of Service: QoS)?






La QoS richiede di più!

- Contrattazione tra utente e rete
→ **segnalazione**
 - L'utente controlla il proprio traffico
→ **shaping**
 - La rete controlla il traffico dell'utente
→ **policing**
 - La rete tratta in modo diverso celle che devono avere QoS diversa
→ **queuing**
- 





Quality of Service (QoS)

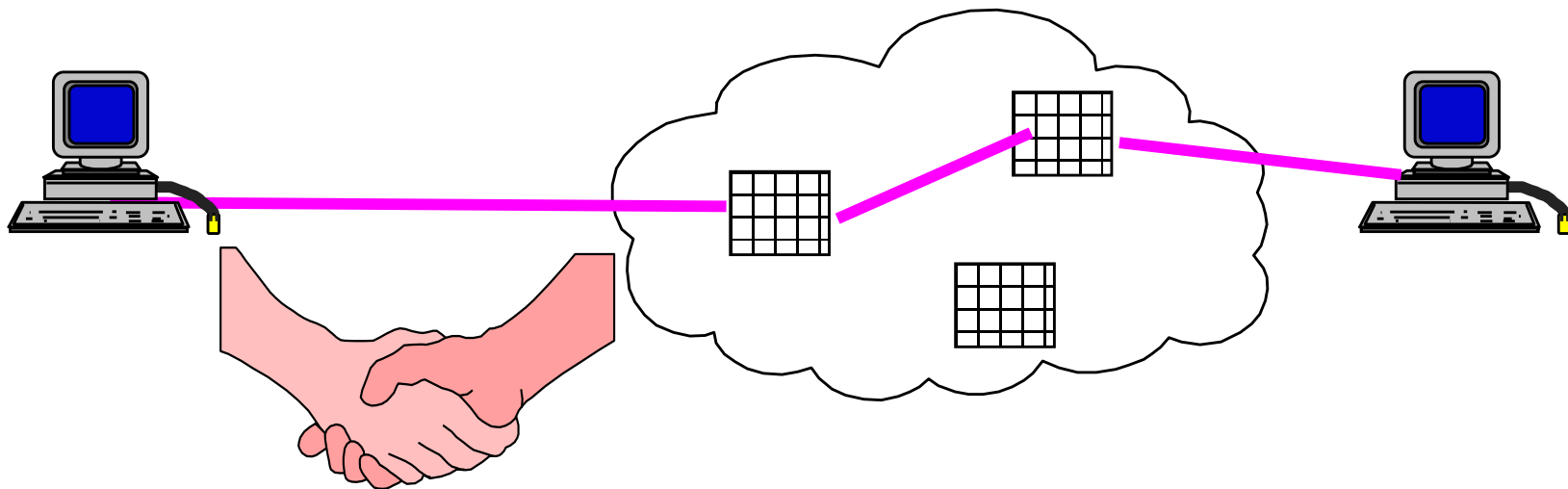
- L'utente può chiedere ad una rete ATM una certa qualità del servizio di trasferimento dati
 - Sono realizzati due tipi di QoS:
 - Specified QoS
 - Garantisce le prestazioni in termini di ritardo massimo delle celle, variazione del ritardo e numero di celle perse
 - Richiede una caratterizzazione del traffico in termini di Peak Cell Rate, Sustained Rate, Peak Burst Length
 - Unspecified QoS
 - Best Effort Delivery
- 



QoS


■ Contratto di negoziazione del traffico:

- La prestazione fornita dalla rete deve essere pari (o eccedere) la QoS specificata dall'utente
- Il contratto vale per la connessione end-to-end per la durata della connessione






QoS: parametri

- La Racc. ITU Q.2931 (segnalazione B-ISDN) prevede 7 parametri che definiscono la QoS per una connessione ATM:
 - cell error rate
 - serious cell block errors
 - cell loss rate
 - cell misinsertion rate
 - cell delay
 - mean cell transfer delay
 - cell delay variation
- 





Shaping e policing

- L'utente deve rispettare la descrizione del traffico dichiarato
 - Il traffico generato dalle applicazioni viene filtrato attraverso uno *shaper* (o *spacer*)
 - La rete deve evitare che gli utenti che non si comportano bene danneggino gli altri
 - All'ingresso della rete viene realizzato *policing*
 - Shaping e policing possono usare gli stessi meccanismi
 - Ad esempio Leaky Bucket
- 






Vantaggi

Commutatori molto veloci

Flessibilità

- Servizio best-effort e servizio con qualità garantita
 - Traffico insensibile ai ritardi e traffico real-time
 - Ambito geografico (WAN) e locale (LAN)
- 





Svantaggi

Complessità

- Segnalazione
- Algoritmi di accodamento
- Algoritmi di controllo di flusso

ATTENZIONE: ATM è complessa perché fa cose complicate!!



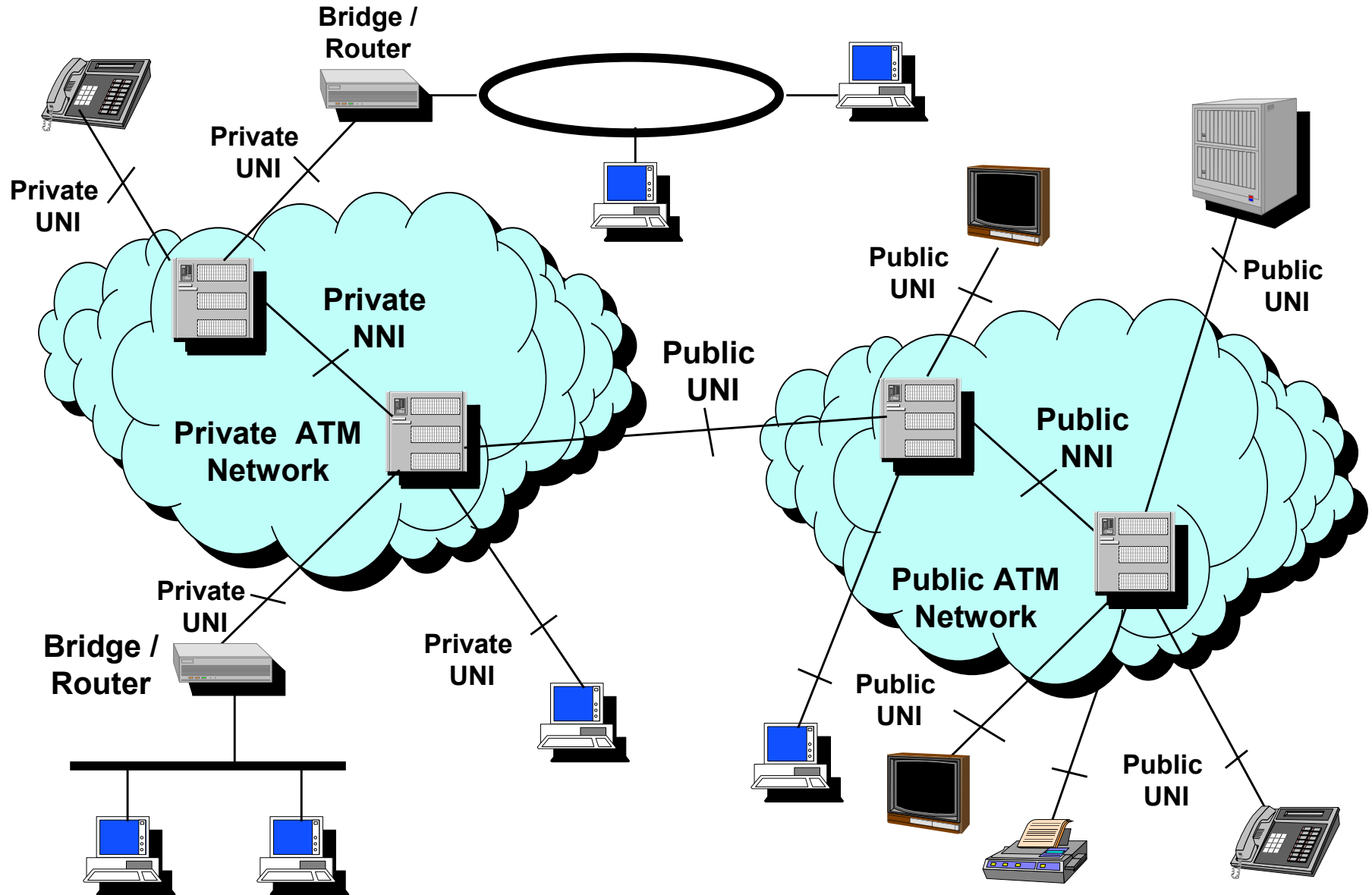


Riflessioni

- È complessa nonostante sia stata progettata per fare cose complicate.
- Errore di progetto o difficoltà intrinseca?
- Se si realizzano le stesse funzionalità con altre tecnologie simili, ma non progettate per tali funzionalità, si ha meno complessità?



Utilizzo di ATM





Attori

■ ITU-T

- Ente di standardizzazione per reti pubbliche

■ ATM Forum

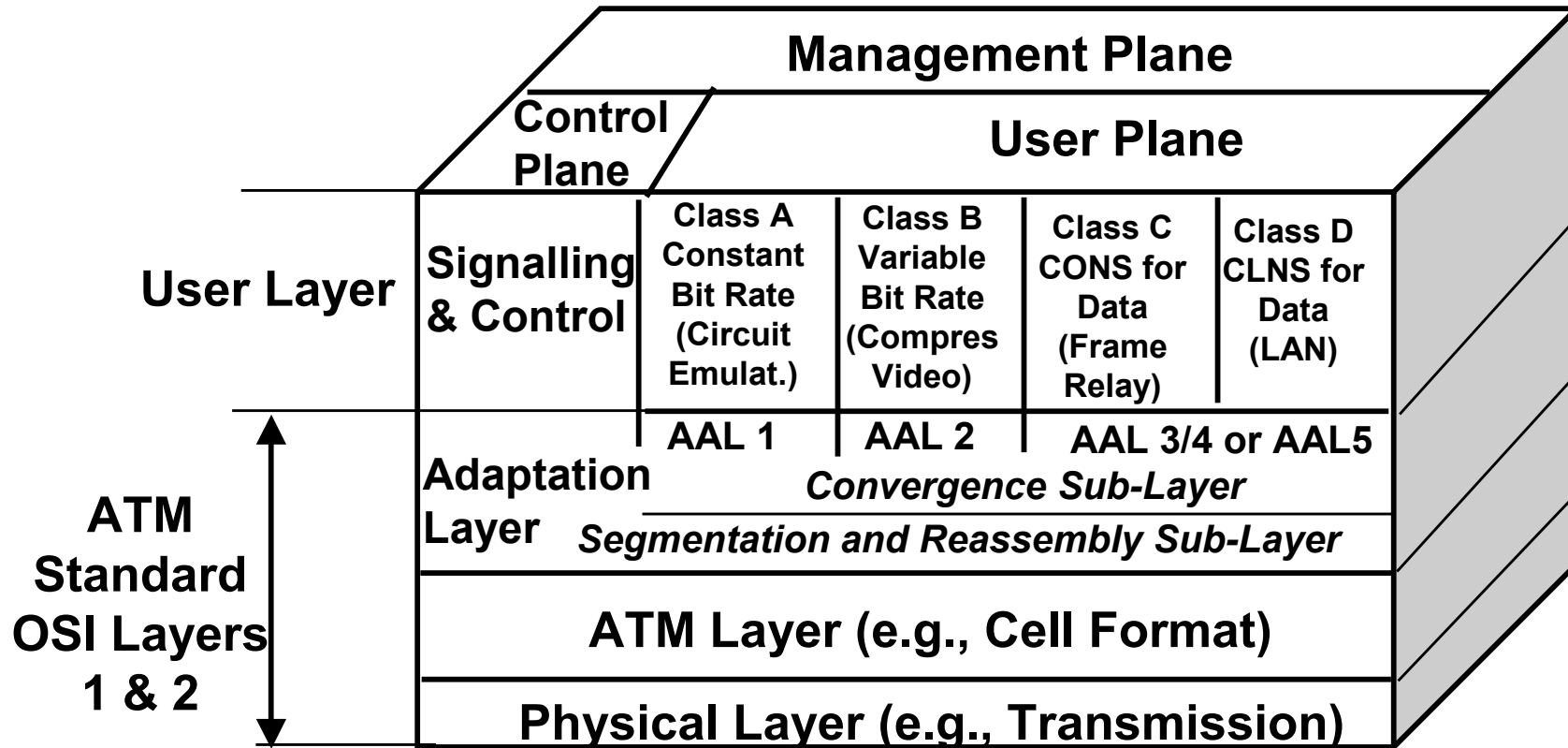
- Consorzio di costruttori
- Ambito locale

■ IETF (Internet Engineering Task Force)

- IP nelle reti ATM




B-ISDN Reference Model



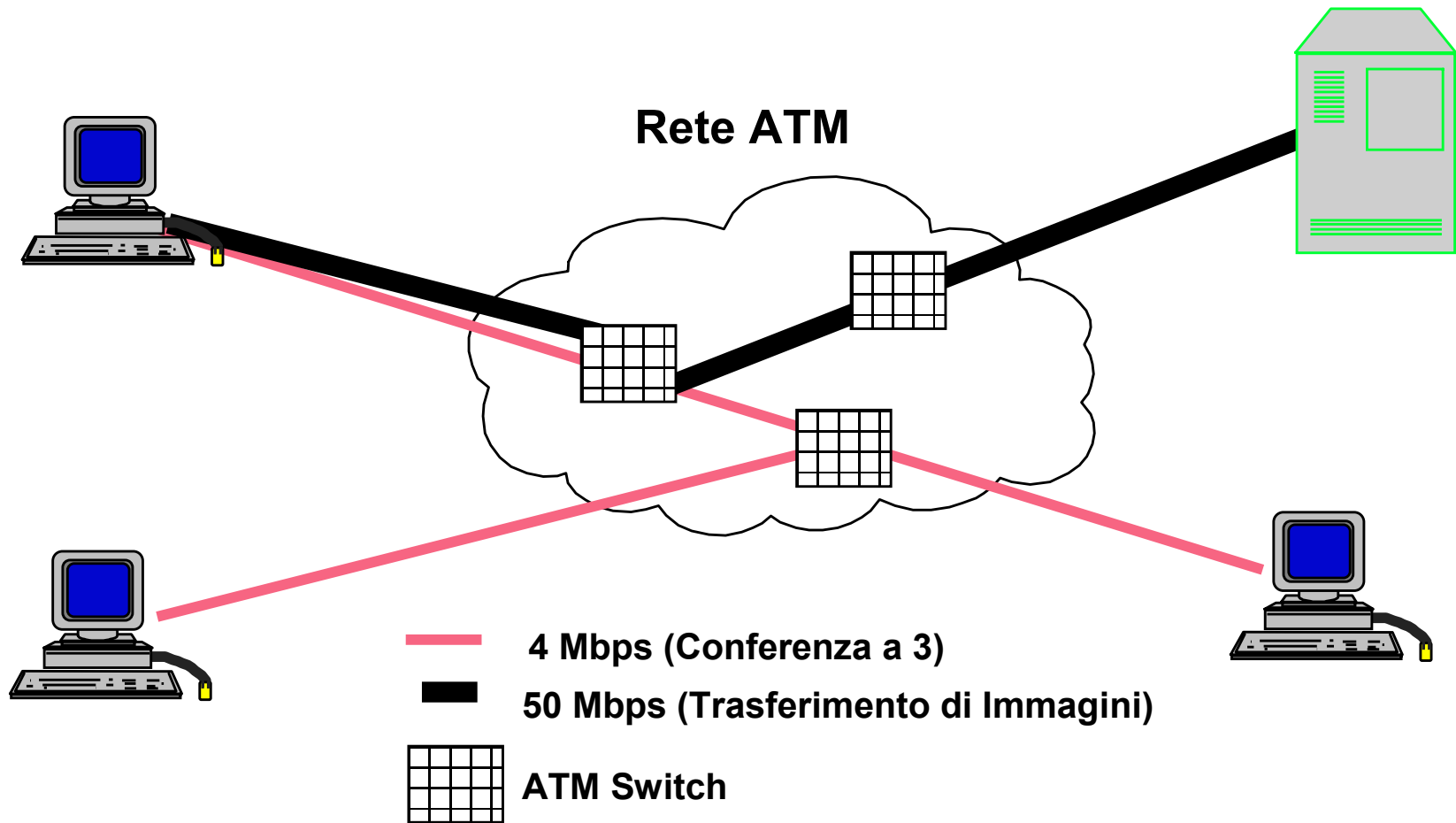


Livello Fisico

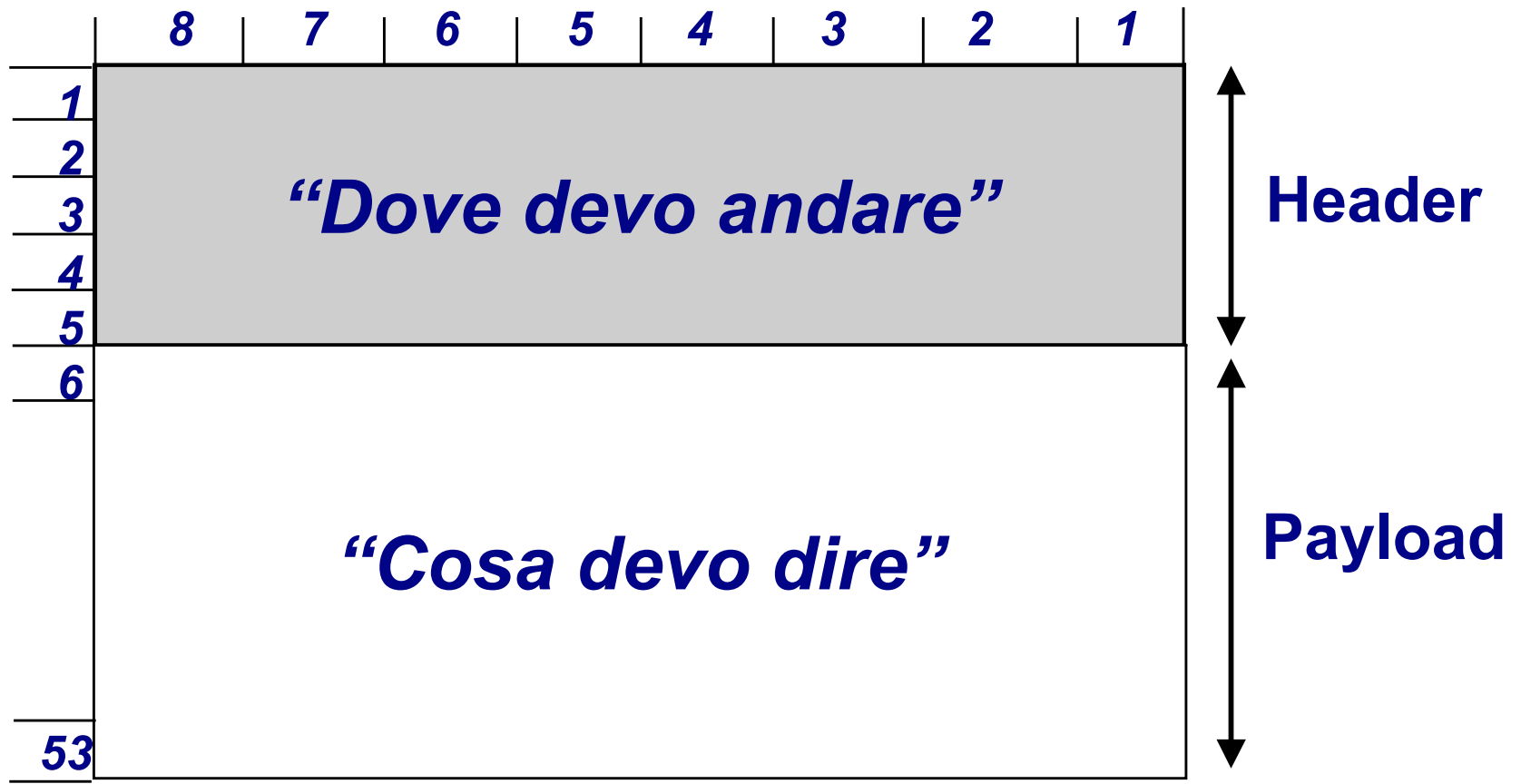
- 155 Mb/s OC3/STM-1
 - 622 Mb/s OC12/STM-4
 - 2.4 Gb/s
- } LAN/WAN
- 34 Mb/s E3
 - 2 Mb/s E1
- } WAN
- 100 Mb/s TAXI (livello fisico di FDDI)
 - 25 Mb/s: su rame a basso costo
- } LAN
- 



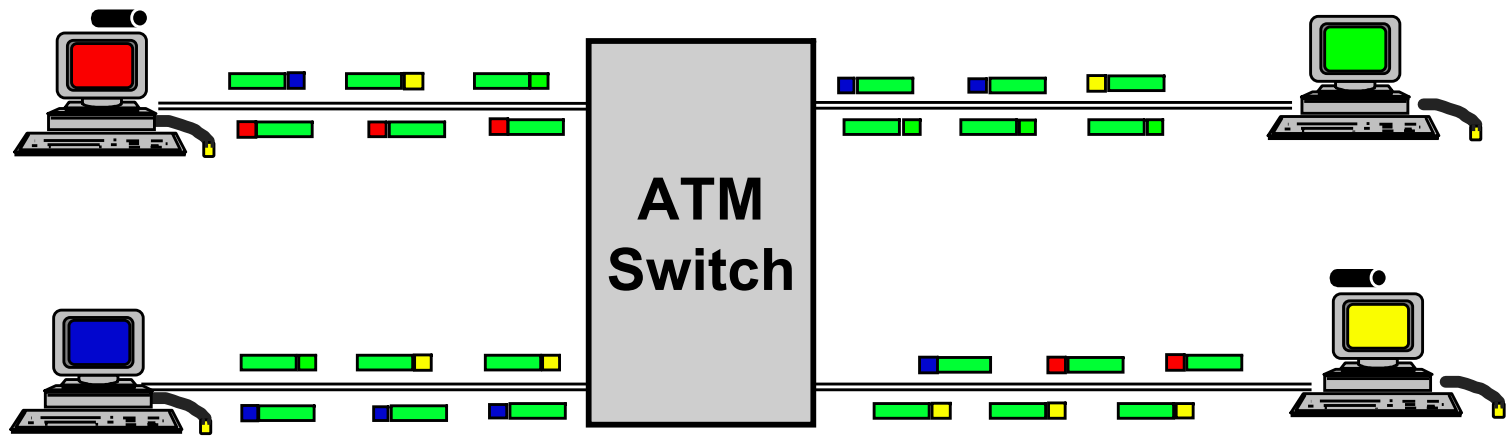
Canali Virtuali



La cella ATM

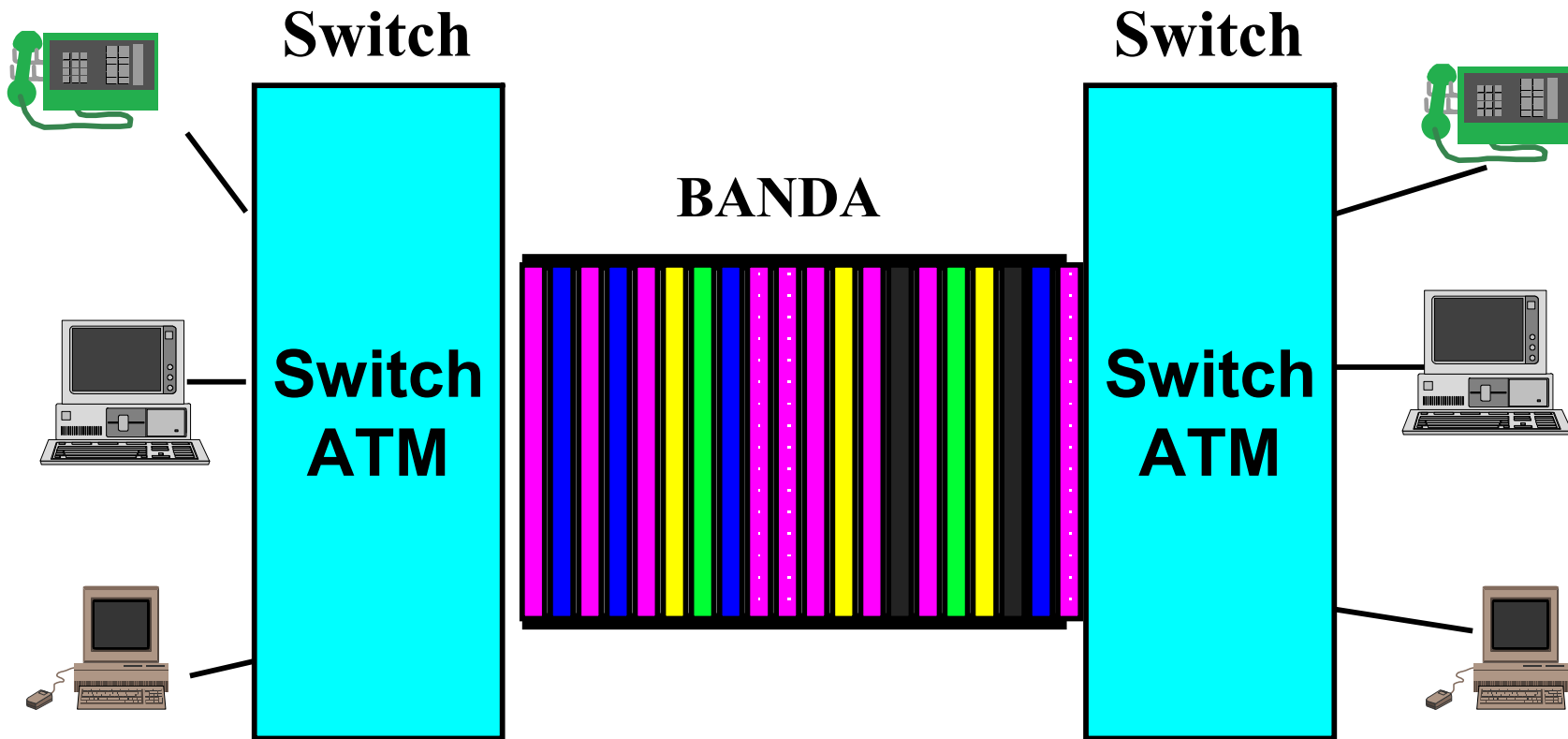


Commutazione di cella

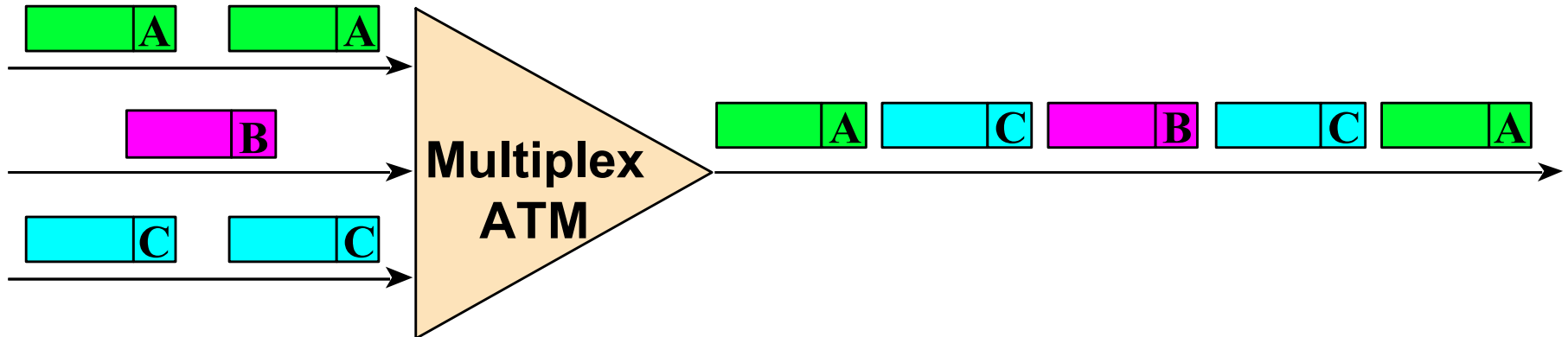


Cella = 53 Ottetti

Tecnologia ATM



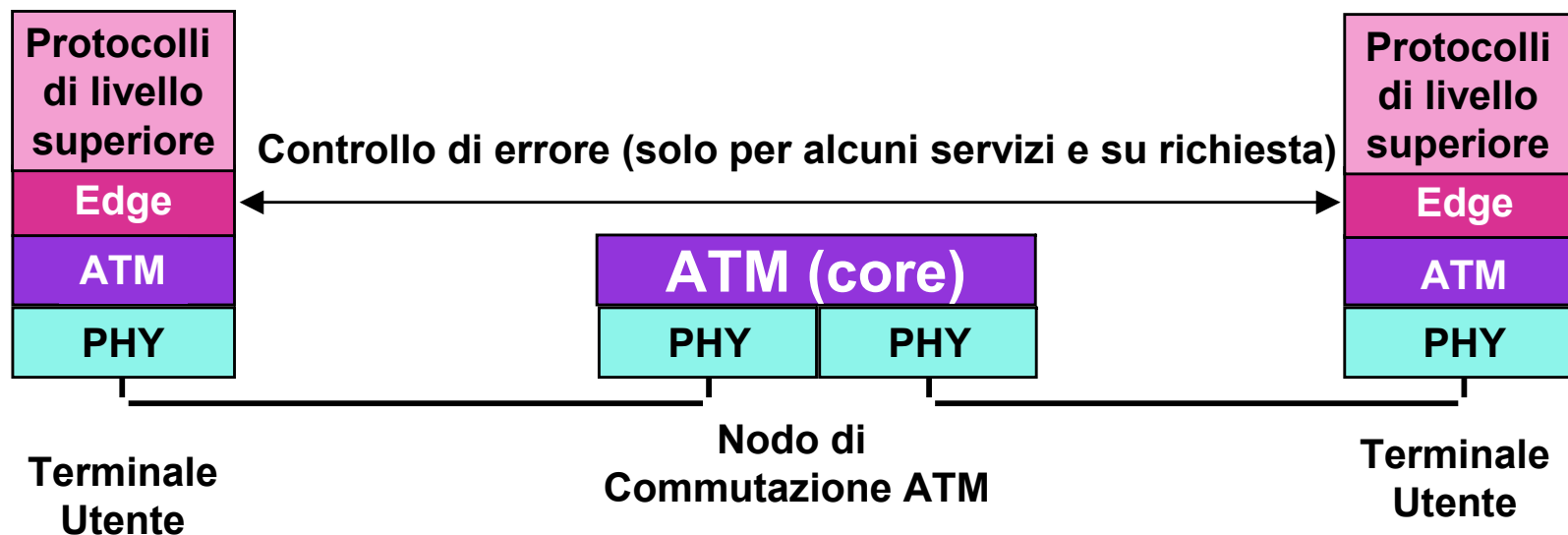
Multiploazione statistica



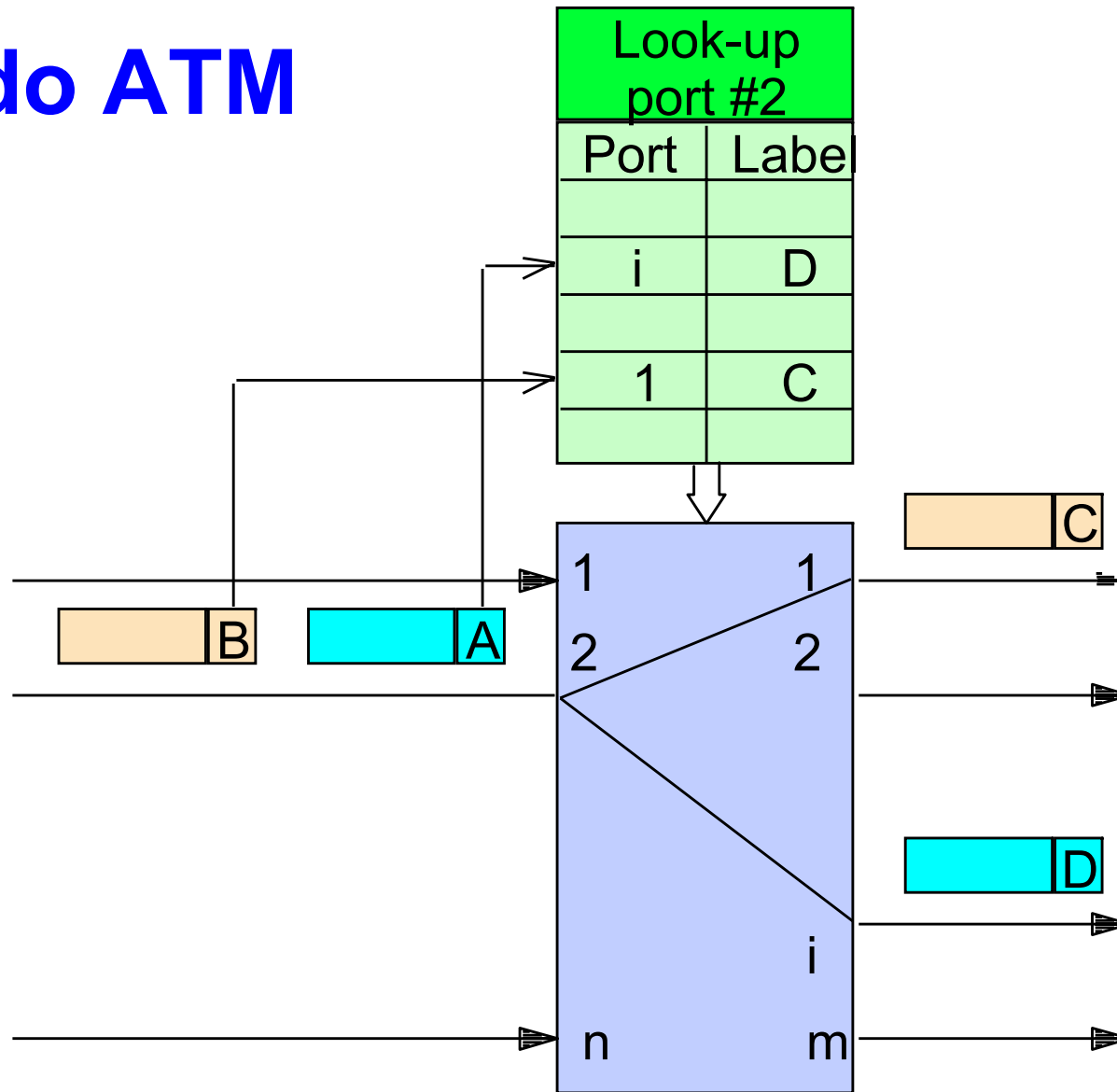
ATM: Caratteristiche Generali

■ 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



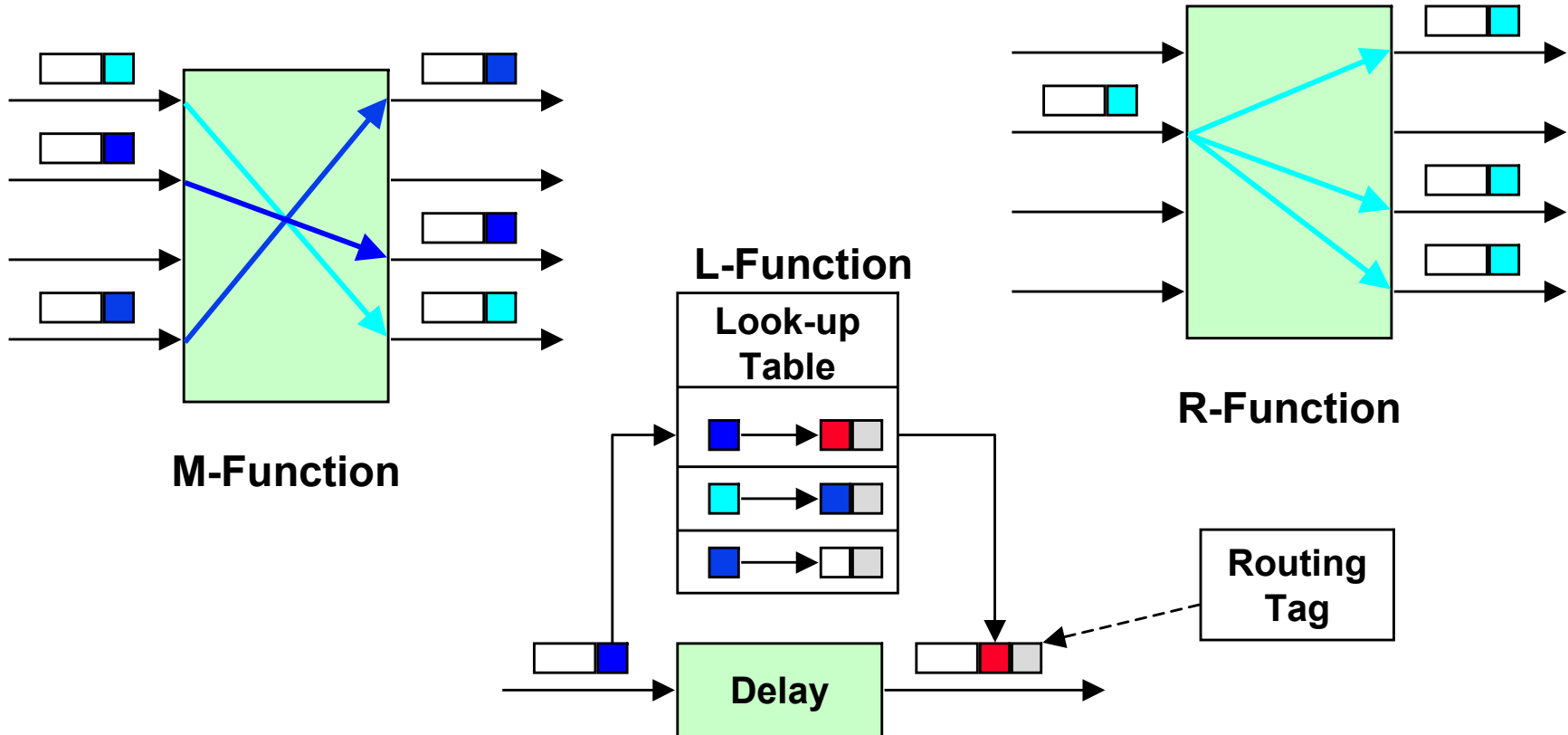
Nodo ATM



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

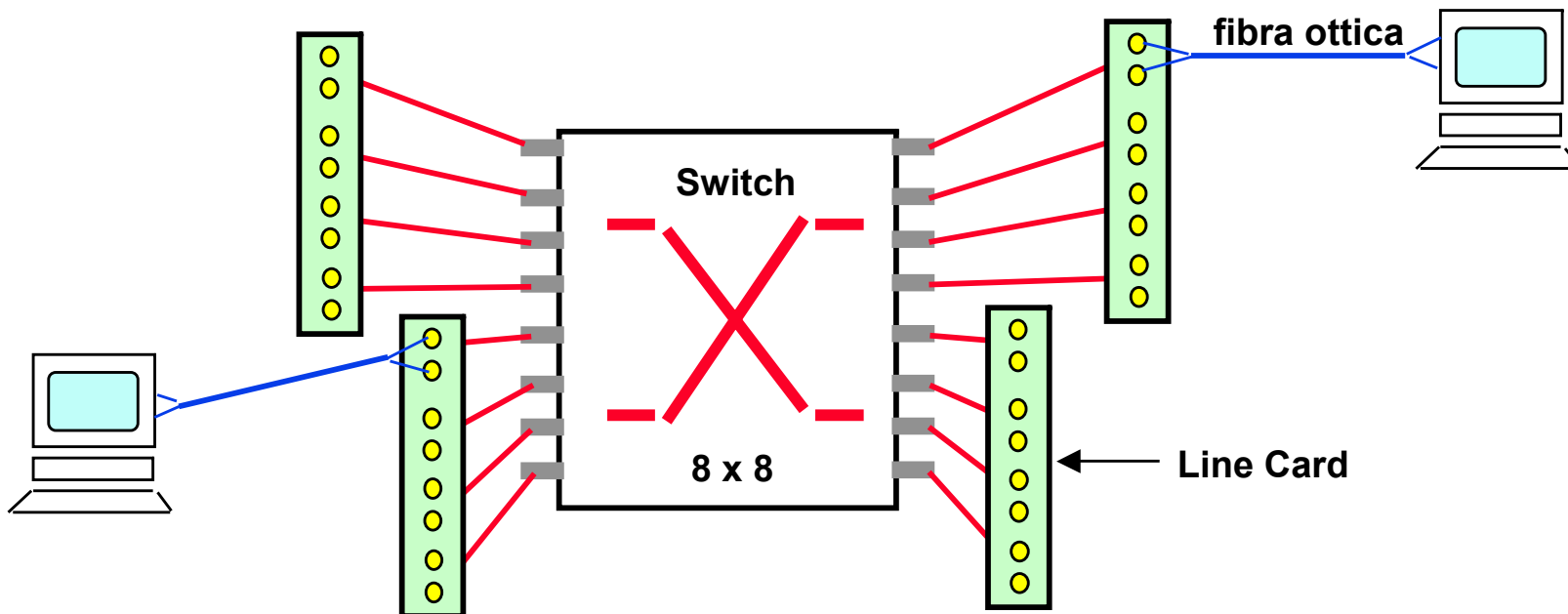
Funzioni di uno switch ATM

- M-function - Multiplex function
- L-function - Look-up function
- R-function - Replication function

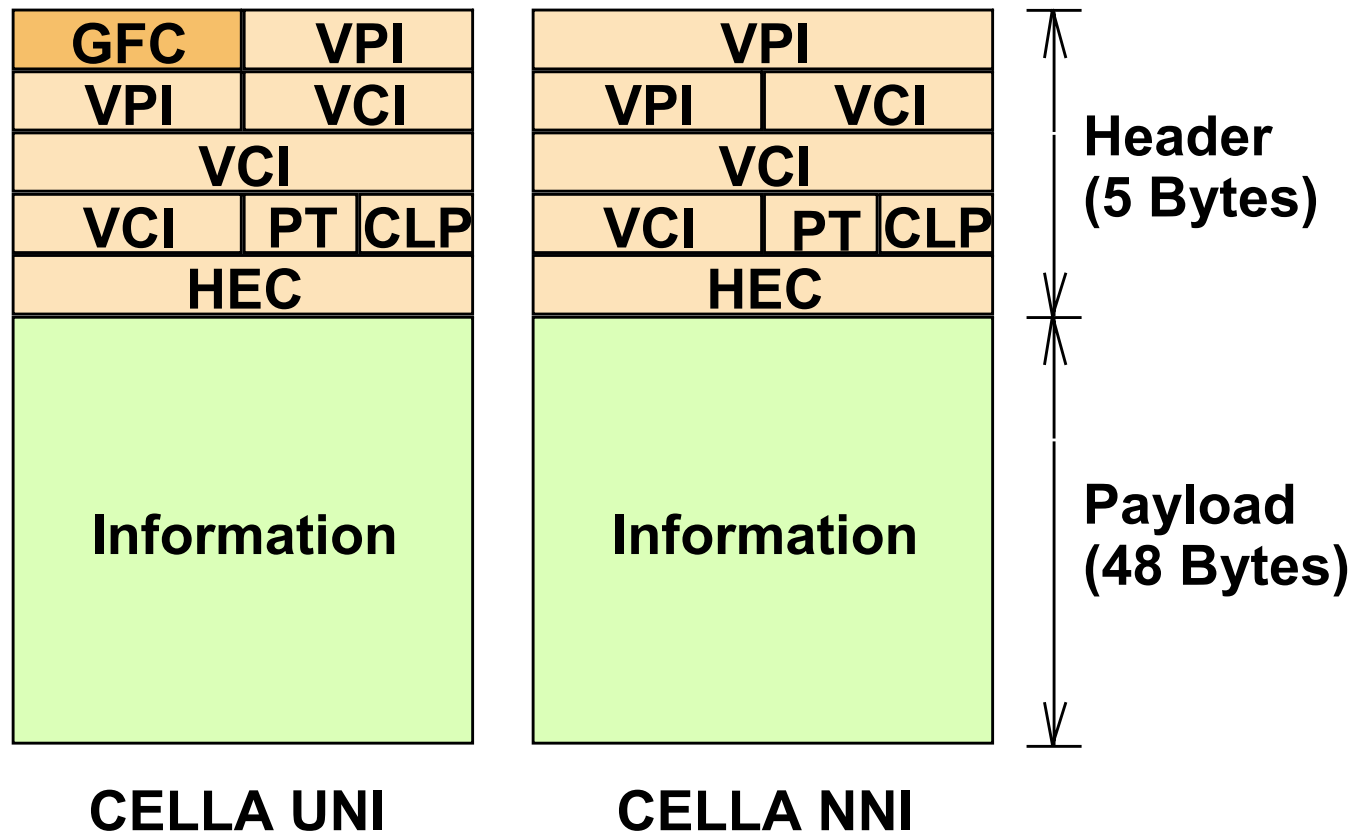


Architettura di uno switch ATM

- Uno switch ATM può essere composto da:
 - una matrice elettronica di commutazione fra le porte (matrice 8 x 8, 16 x 16 ecc...)
 - le *Line Cards* sono i moduli di interfacciamento tra le porte ed i mezzi trasmissivi



Le celle UNI e NNI





Terminologia

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





Generic Flow Control (GFC)

- A livello di UNI:
 - Meccanismo per link condivisi (non supportato)
 - Sempre messo a zero
- A livello di NNI:
 - Estende il VPI di 4 bit





VCI/VPI

- Virtual Channel/Path Identifier
- Servono per identificare la connessione
- Hanno un significato locale all'interfaccia
 - Il nodo di commutazione effettua un “label swapping”
- Sono organizzati in modo gerarchico per semplificare l'instradamento
 - 8-bit VPI
 - 16-bit VCI






Payload Type (PT)

- Campo di 3-bit
- Il bit 1 distingue tra:
 - user cells
 - control cells (OAM)
- Usato anche per indicare congestioni





Cell Loss Priority (CLP)

- Campo ampio un bit
 - Indica la priorità della cella:
 - 0 = Alta Priorità
 - 1 = Bassa Priorità
 - La rete ATM può porre a 1 il bit CLP per indicare una violazione del traffico massimo contrattualmente ammesso
 - Una cella con CLP=1 può essere scartata in presenza di carico elevato sulla rete
- 



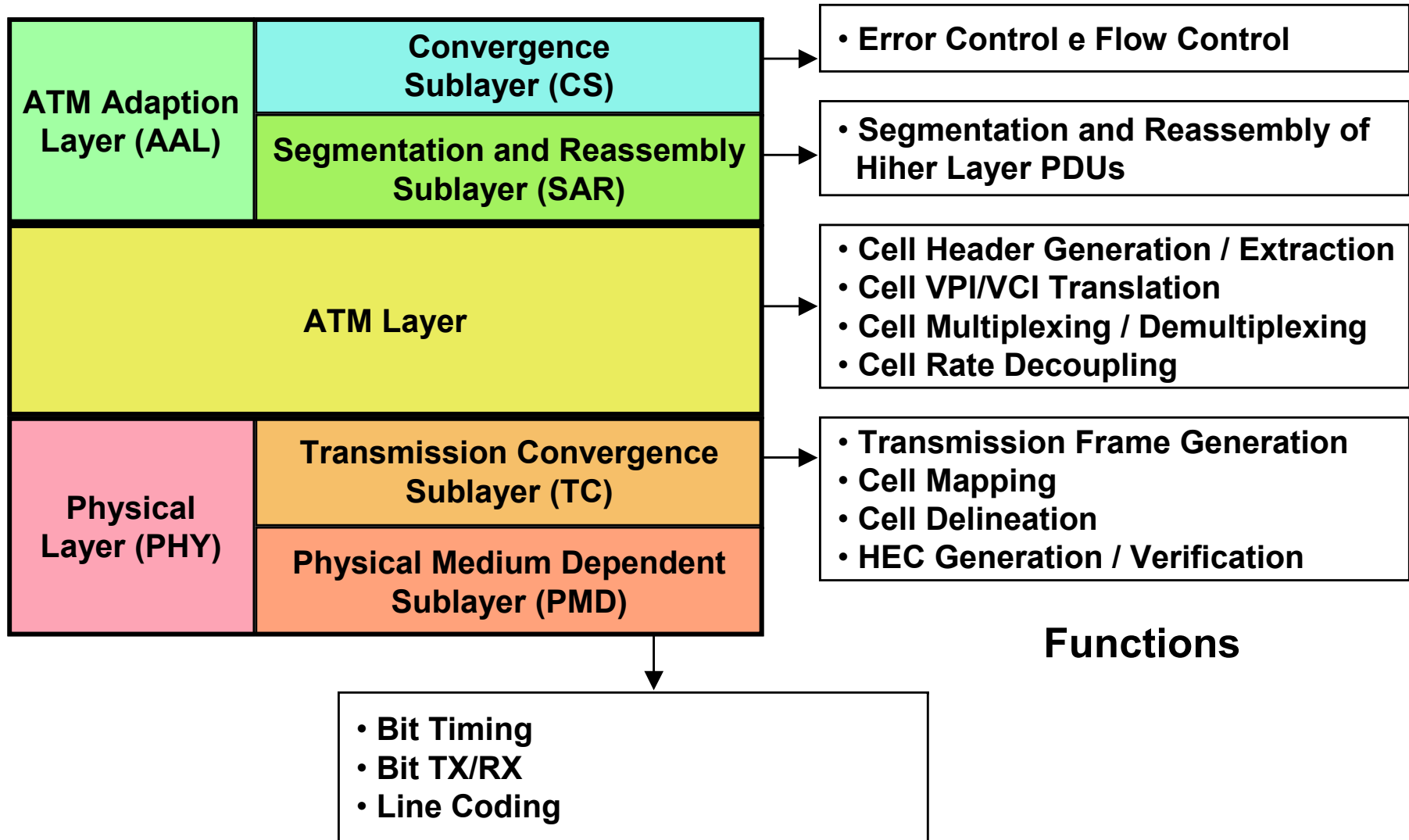


Header Error Control (HEC)

- Campo di 8 bit
- Usato per rilevare/correggere errori limitatamente all'header della cella

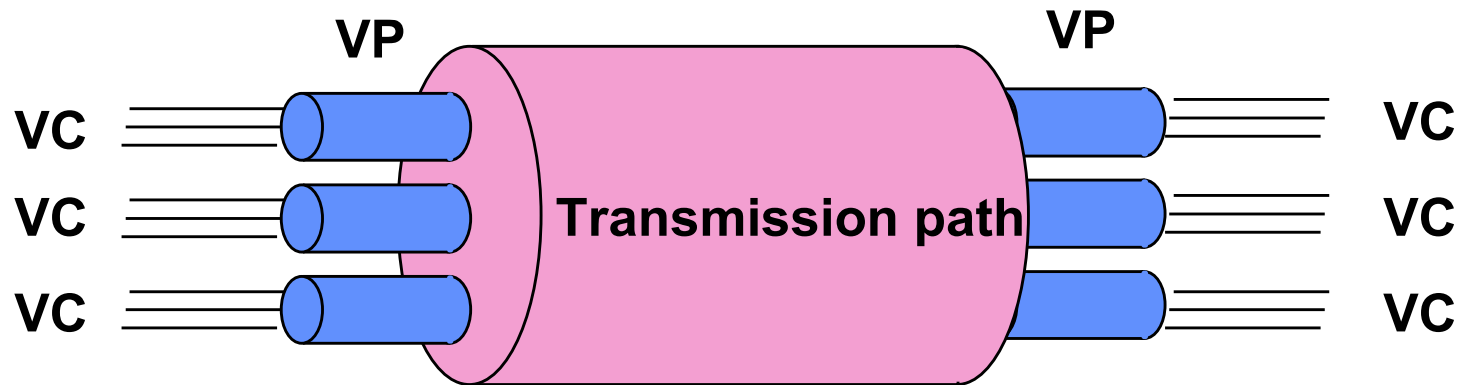


ATM Protocol Reference Model



Functions

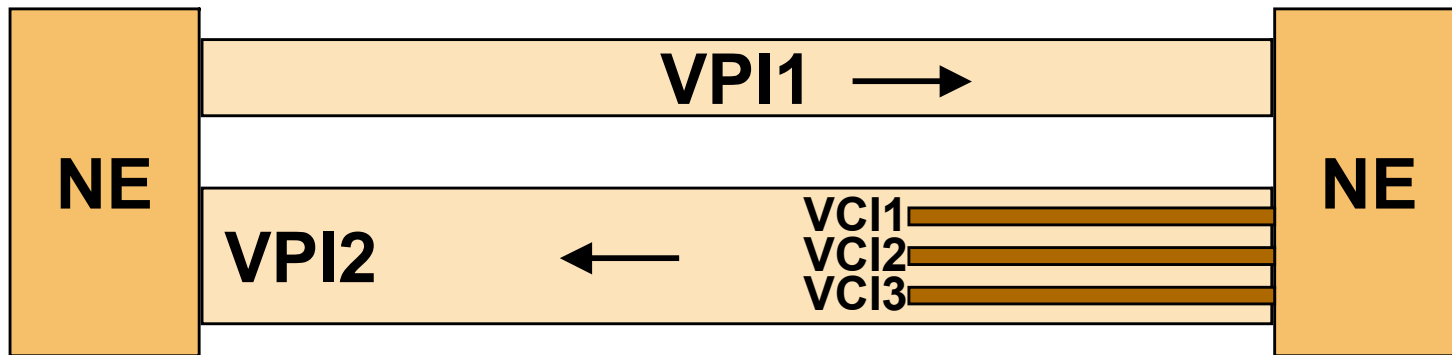
Percorsi Virtuali



VC = Virtual Channel

VP = Virtual Path

VC e VP link



- **Virtual Channel Link:** definisce una capacità di trasporto unidirezionale di celle ATM tra il punto (elemento della rete) dove viene assegnato un valore di VCI al punto dove esso viene tradotto o rimosso (endpoint)
- **Virtual Path Link:** definizione analoga alla precedente, tra elementi di rete che assegnano o traducono il valore di VPI




Connessioni di VC e di VP

- **Concatenazione di VC links:**
 - virtual channel connection (VCC)
- **Concatenazione di VP links:**
 - virtual path connection (VPC)
- **VPC/VCC possono essere di tipo:**

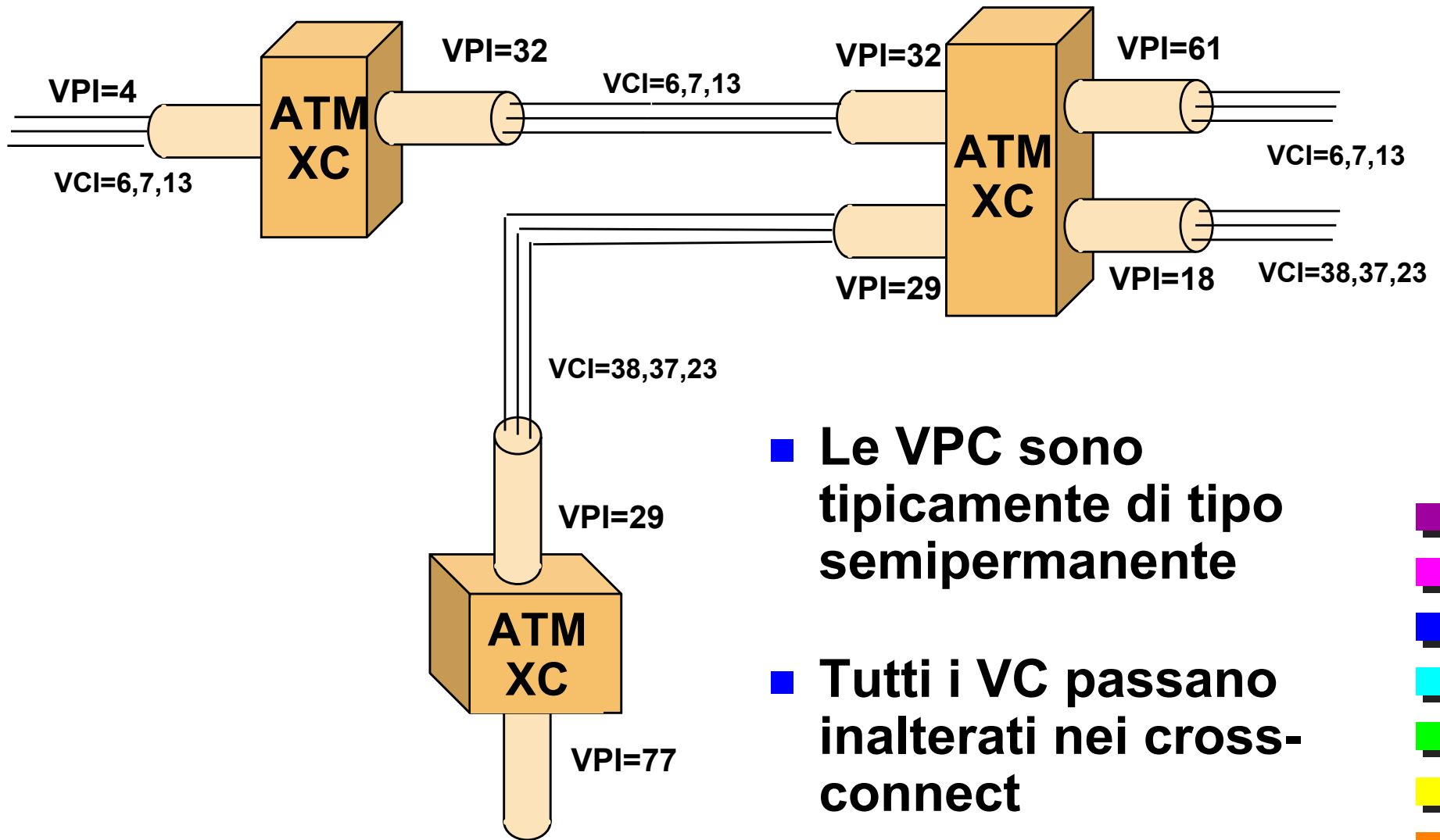
- user to user
- user to network
- network to network

- permutate (cross-connect)
- commutate (switch)

- punto-punto
- punto-multipunto

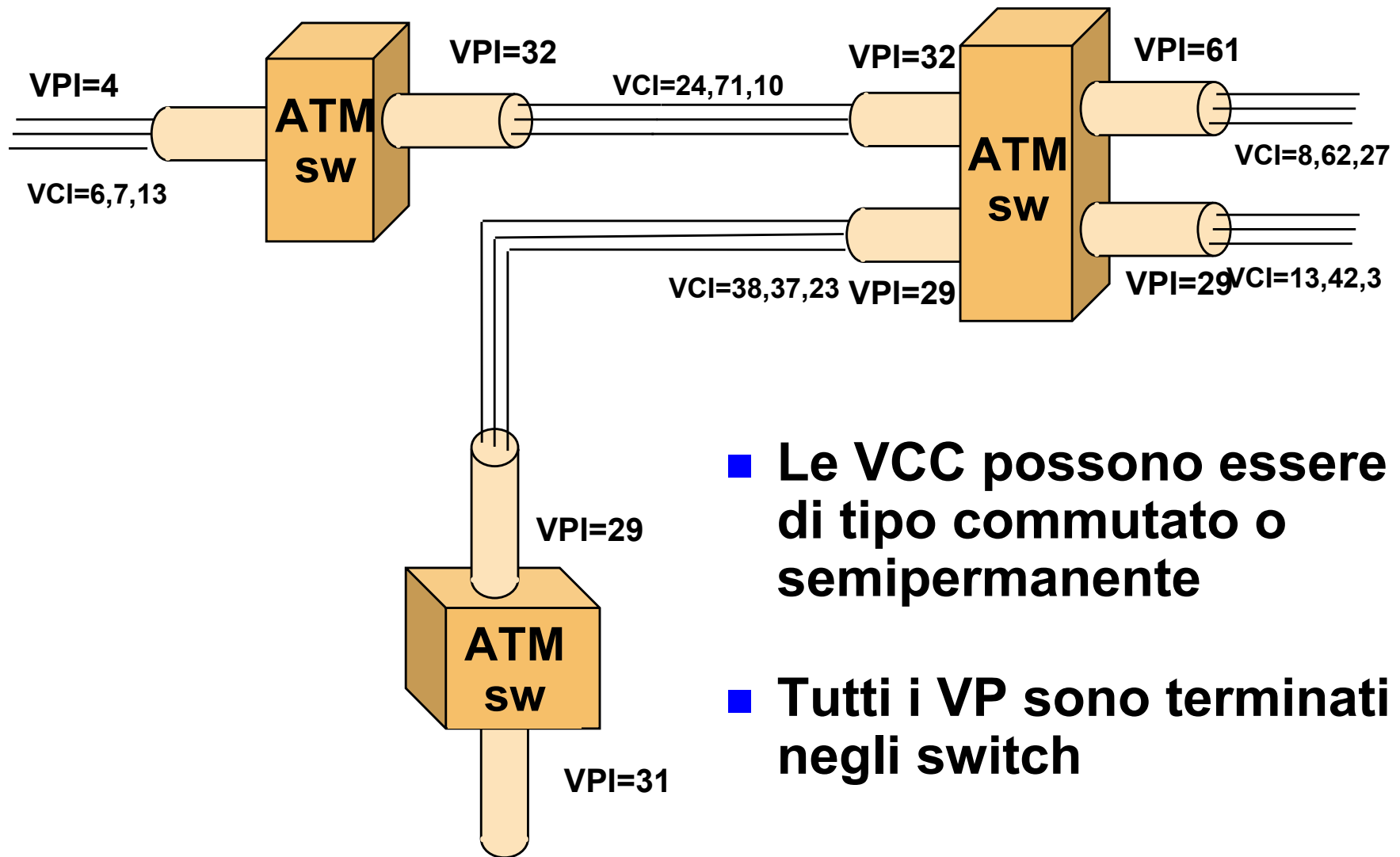


Rete di VP



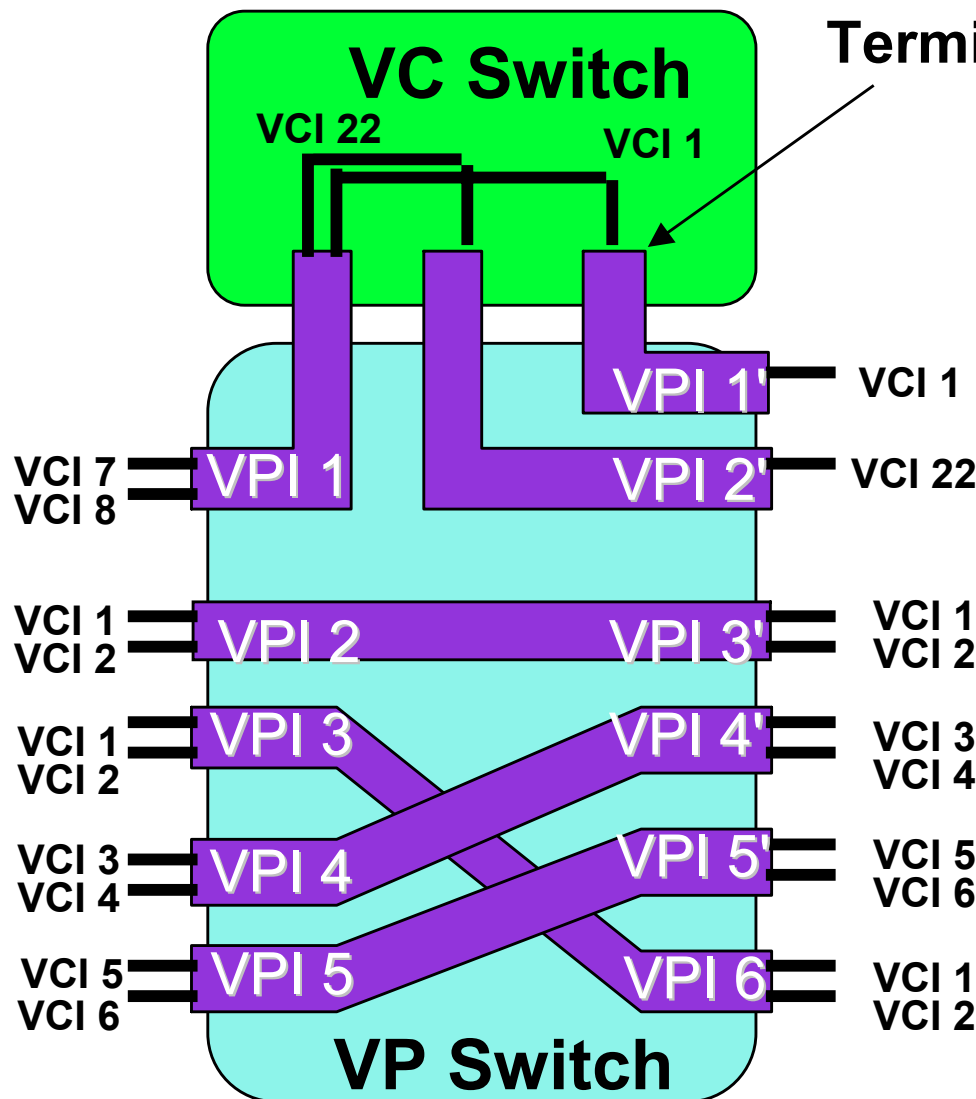
- Le VPC sono tipicamente di tipo semipermanente
- Tutti i VC passano inalterati nei cross-connect

Rete di VC



- Le VCC possono essere di tipo commutato o semipermanente
- Tutti i VP sono terminati negli switch

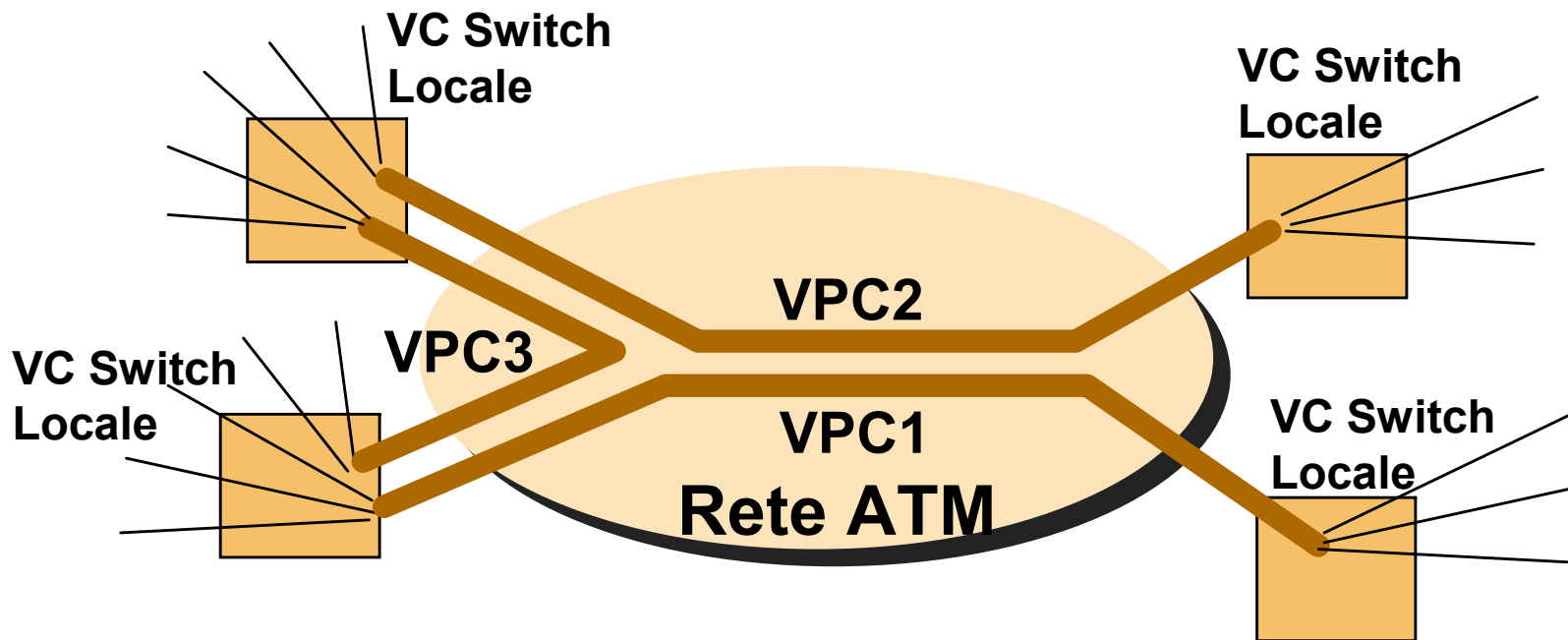
VP/VC switch



■ VP e VC switching sono logicamente distinte

■ Possono esserlo anche fisicamente per semplificare il funzionamento dei nodi

VPC e “Virtual Network”



- Sulla rete fisica è possibile costruire una rete logica di virtual-path per interconnettere diversi siti:
 - più economico di un CDN ad alta velocità (le risorse sono impegnate solo quando servono)




ATM Transfer Capabilities o Service Categories

■ ATM Transfer Capability

- Terminologia ITU (I.371)
- Deterministic Bit Rate (DBR)
- Statistic Bit Rate (SBR)
- ATM Block Transfer (ABT)

■ Service Category

- Terminologia ATM Forum (Traffic Management 4.0)
 - Constant Bit Rate (CBR)
 - Real-Time Variable Bit Rate (rt-VBR)
 - Non Real-Time Variable Bit Rate (nrt-VBR)
 - Available Bit Rate (ABR)
 - Unspecified Bit Rate (UBR)
- 





DBR - CBR

■ Ritardi costanti

- Variazione del ritardo (Cell Delay Variation, CDV) trascurabile


■ Si stabiliscono ...

- Velocità di trasmissione

■ ... si ha garanzia su

- Massima variazione dei ritardi
- Tasso di perdita

■ Applicazioni

- Voce e video non compressi
 - Emulazione di circuito
- 





SBR - nrt-VBR

- Si trae vantaggio dalla multiplazione statistica
 - Si stabiliscono ...
 - Velocità di picco
 - Velocità media
 - Dimensione dei burst
 - ... si ha garanzia su
 - Tasso di perdita
 - Massimo ritardo
 - Applicazioni
 - Trasmissione dati
 - Trasferimento di file
- 






rt-VBR

- **Si stabiliscono ...**
 - Velocità di picco
 - Velocità media
 - Dimensione dei burst
- **... si ha garanzia su**
 - Massima variazione del ritardo
 - Tasso di perdita
 - Massimo ritardo
- **Applicazioni**
 - Audio e video compressi






ABT e ABR

- La sorgente interagisce con la rete e modifica la velocità di trasmissione
 - ABT: credit based
 - ABR: rate based
 - Si stabiliscono ...
 - Massimo rate di trasmissione
 - Le regole del gioco
 - Velocità minima (opzionale)
 - ... si ha garanzia su
 - Tasso di perdita
 - Applicazioni
 - Trasferimento dati
 - Trasferimento di file
- 





UBR

- Non si stabilisce nessuna caratteristica della sorgente ...
 - ... non si ottengono garanzie
 - Servizio di tipo best effort
 - Applicazioni
 - Trasmissione dati
 - Trasporto di protocolli di tipo best effort
 - ad esempio IP
- 




Classi di servizio

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relation between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant	Variable		
Connection mode	Connection Oriented			Connectionless
AAL type	1	2	3/4, 5	3/4, 5

- AAL tipo 3 e 4 sono stati unificati in quanto non si è ritenuto necessario specificare diversi requisiti per il trasporto di servizi di classe C e D
- AAL tipo 5 nasce come una semplificazione dell'AAL 3



ATM Adaptation Layer (AAL)

- Isola i livelli superiori dalle caratteristiche specifiche della tecnica di trasporto (livello ATM) utilizzata
 - Gestisce la conversione tra le unità di protocollo (PDU) del livello superiore ed il campo informativo della cella ATM e viceversa
 - Le entità del livello AAL scambiano informazioni con le entità di pari livello allo scopo di realizzare le funzioni richieste
- 



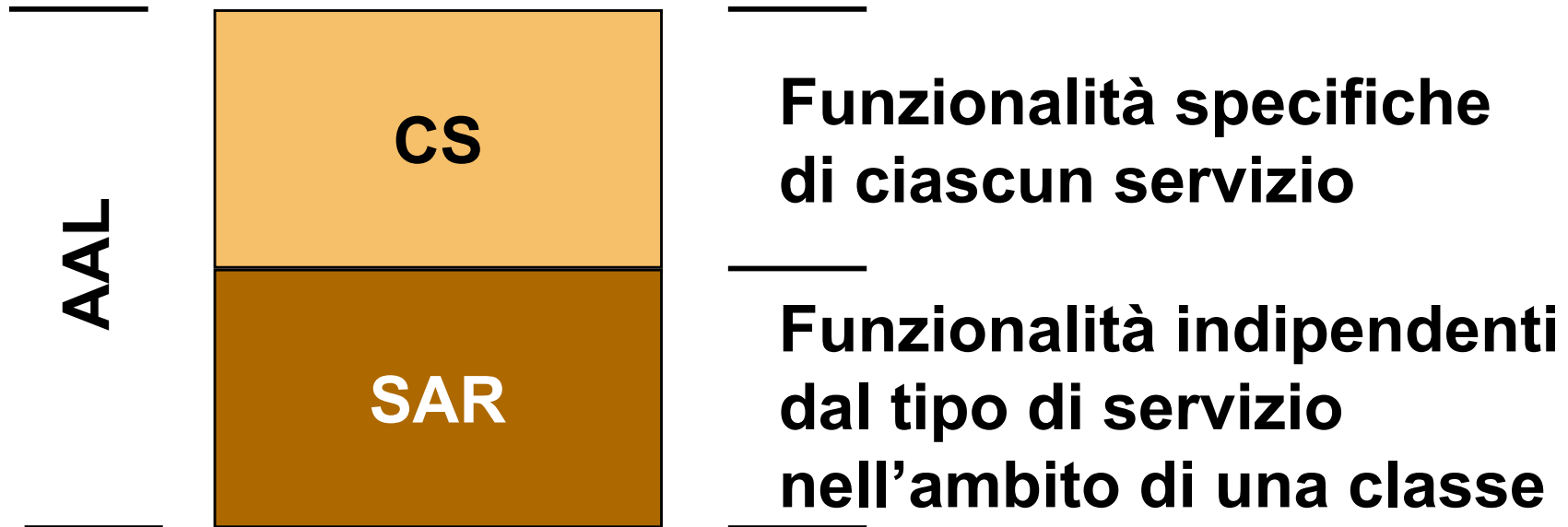


Funzionalità del livello AAL

- Gestione degli errori di trasmissione
- Gestione dell'effetto di quantizzazione dovuto alla dimensione della cella ATM
- Gestione della perdita o inserzione di celle
- Controllo di flusso e della temporizzazione sorgente-destinazione



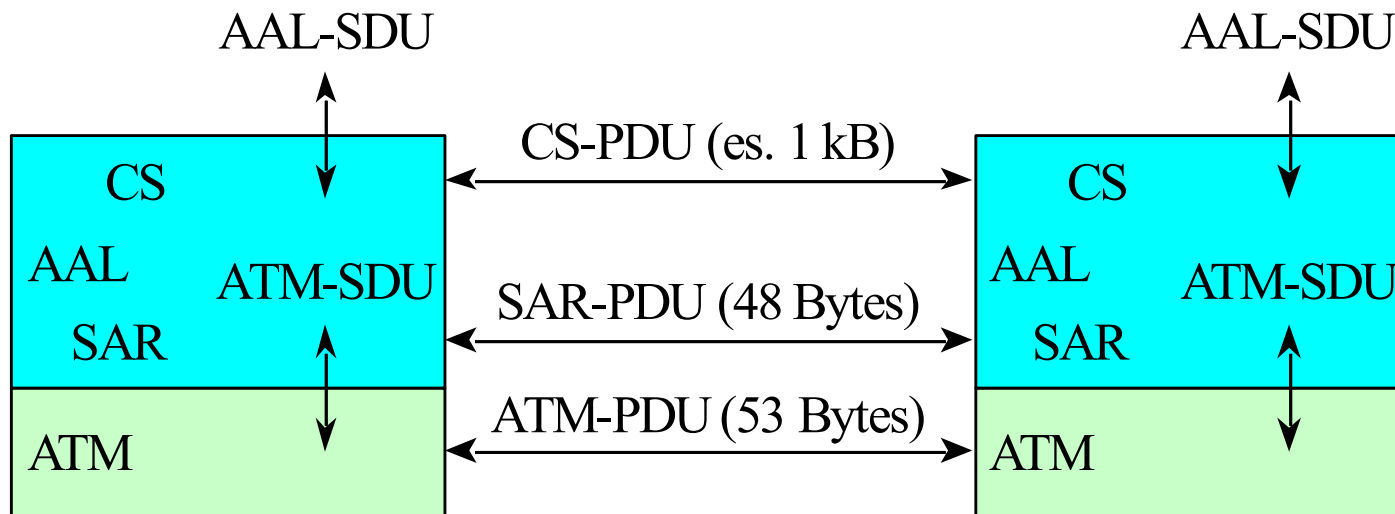
AAL: sottolivelli



CS = Convergence Sublayer

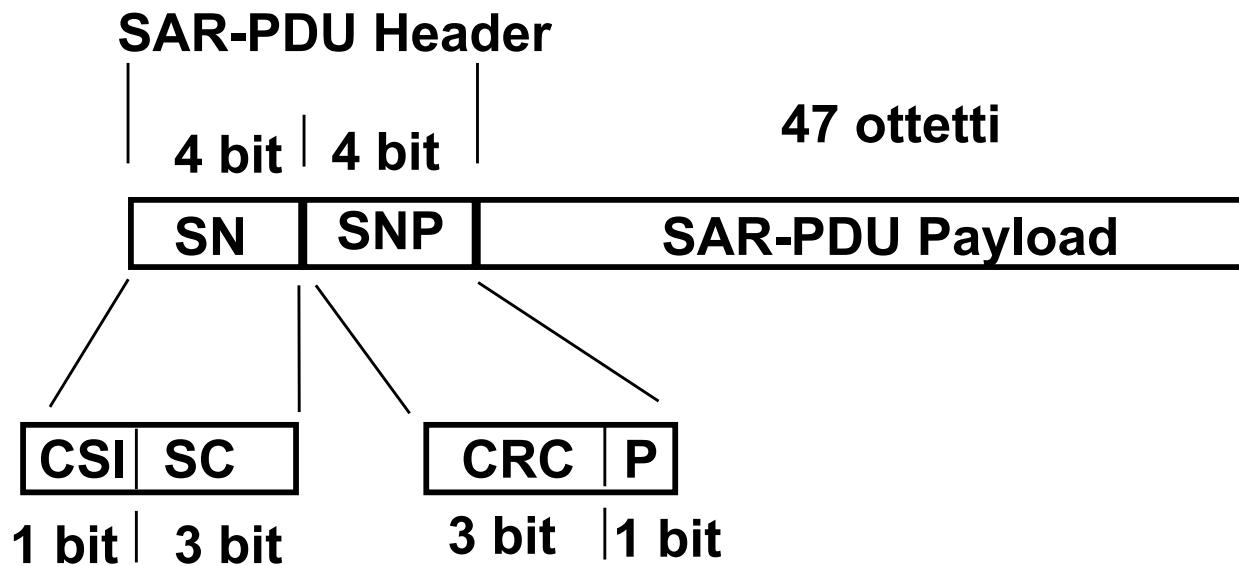
SAR = Segmentation And Reassembling sublayer

Sottolivelli e PDU



AAL : ATM Adaption Layer
CS : Convergence Sublayer
SAR : Segmentation And Reassembly
PDU : Protocol Data Unit
SDU : Service Data Unit

AAL tipo 1: SAR




Legenda:

SN = Sequence Number
SNP = Sequence Number Protection
CSI = Convergence Sublayer Indication
SC = Sequence Counter
CRC = Cyclic Redundancy Code
P = even Parity code

Formato della SAR-PDU



AAL tipo 2

- **Standardizzato molto piu tardi (2000)**
 - complesso
 - **Funzioni svolte**
 - segmentazione e riassettaggio
 - gestione dei ritardi
 - gestione della perdita di celle
 - recupero della struttura per dati strutturati
 - controllo della correttezza dell'intestazione AAL
- 



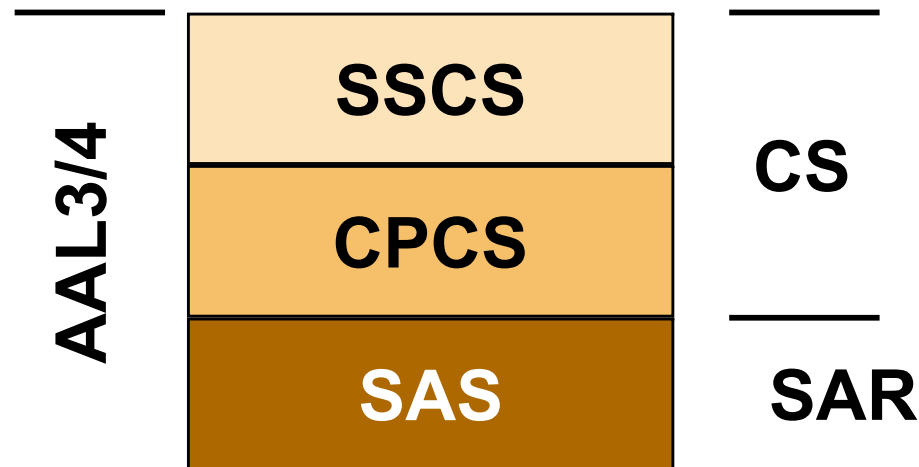


AAL 3/4

- Derivato dal livello MAC delle MAN compatibili con IEEE 802.6 (DQDB)
- La SAR-PDU di AAL 3/4 e la MAC-PDU di DQDB sono praticamente identiche
- Può fornire sia servizi connessi che servizi non connessi



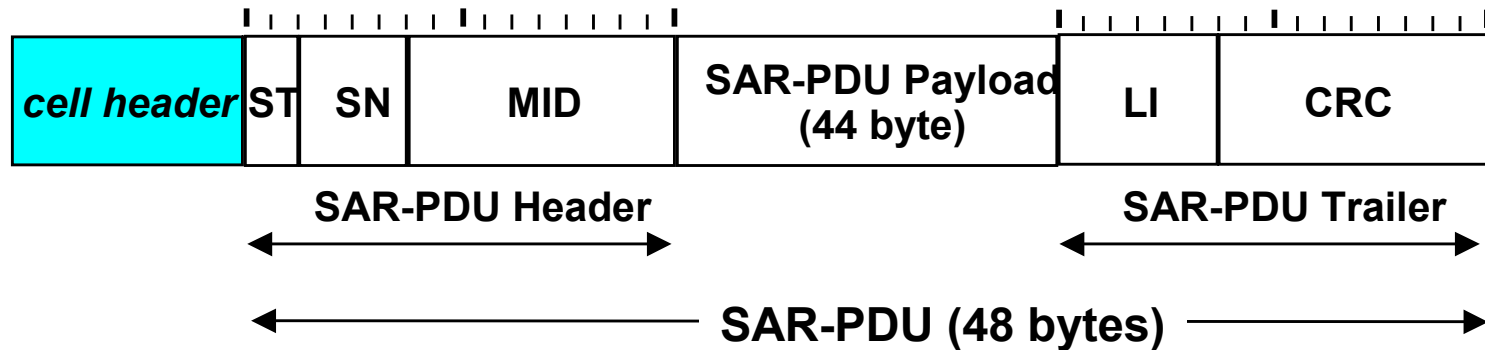
AAL tipo 3/4: sottolivelli



SSACS = Service Specific Convergence Sublayer
CPCS = Common Part Convergence Sublayer
SAS = Segmentation And reassembling Sublayer

Il CS è ulteriormente diviso in due parti: la prima (CPCS) che svolge funzionalità comuni a più servizi, la seconda (SSACS) specifica per ciascun tipo di servizio (es. SSCOP per la segnalazione)

AAL tipo 3/4: sottolivello SAR




ST = Segment Type (2 bits)
SN = Sequence Number (4 bits)
MID = Multiplexing Identification (10 bits)
LI = Length Indicator (6 bits)
CRC = Cyclic Redundancy Code (10 bits)

Formato della SAR-PDU per AAL di tipo 3/4

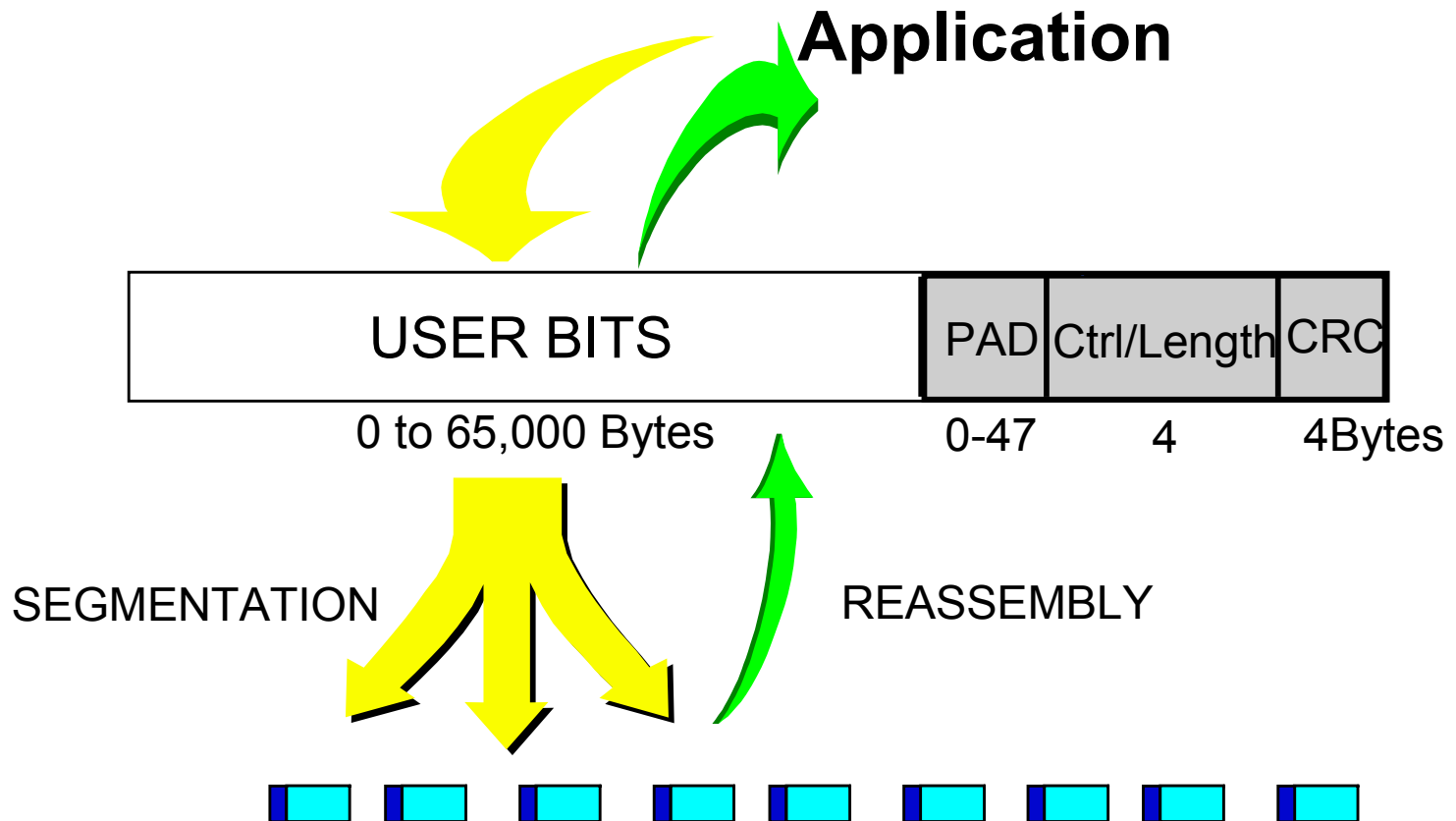


AAL 5

- Detta anche SEAL (Simple and Efficient Adaptation Layer)
 - Solo servizio Datagram (non connesso)
 - Il sottolivello CS è nullo
 - Il sottolivello SAR
 - frammenta il messaggio
 - i frammenti non sono nè numerati nè identificati in alcun modo
 - In fase di ricostruzione si verifica unicamente una checksum
- 




Esempio di AAL 5





Segnalazione ATM

- **ATM è un protocollo connesso che ammette due tipi di connessioni:**
 - **Permanent Virtual Connections (PVCs)**
 - PVCs sono create dal gestore della rete
 - Il gestore usa uno strumento basato su SNMP o CMIP per inizializzare correttamente le entry nelle tabelle degli switch
 - **Switched Virtual Connections (SVCs)**
 - SVCs sono create dinamicamente dalla rete a fronte di una richiesta dell'utente.
 - Il protocollo di segnalazione usato è il Q.2931 Signalling Protocol
- 

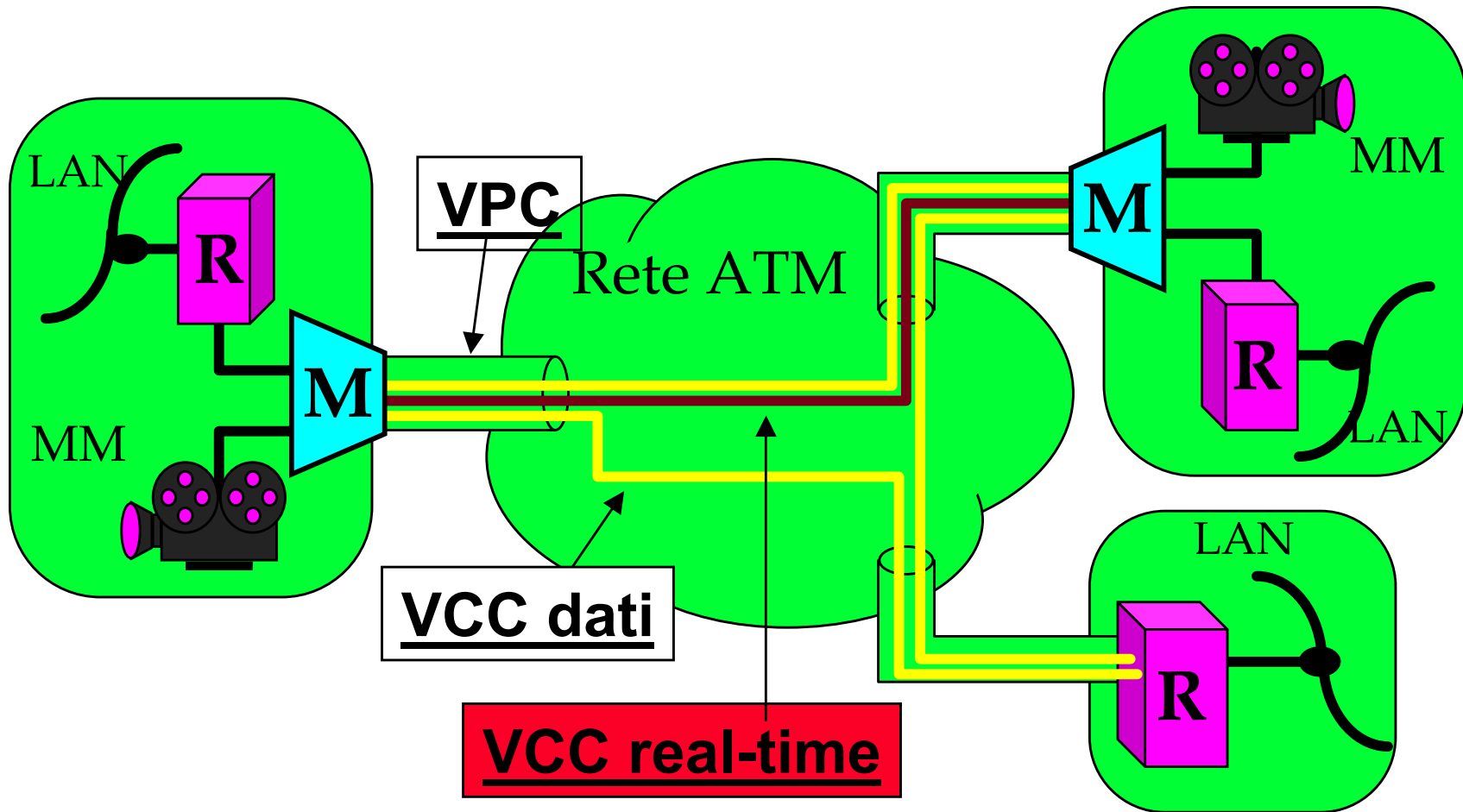




Esempio



Rete privata (Intranet) realizzata con una
maglia di VCC permanenti tra router

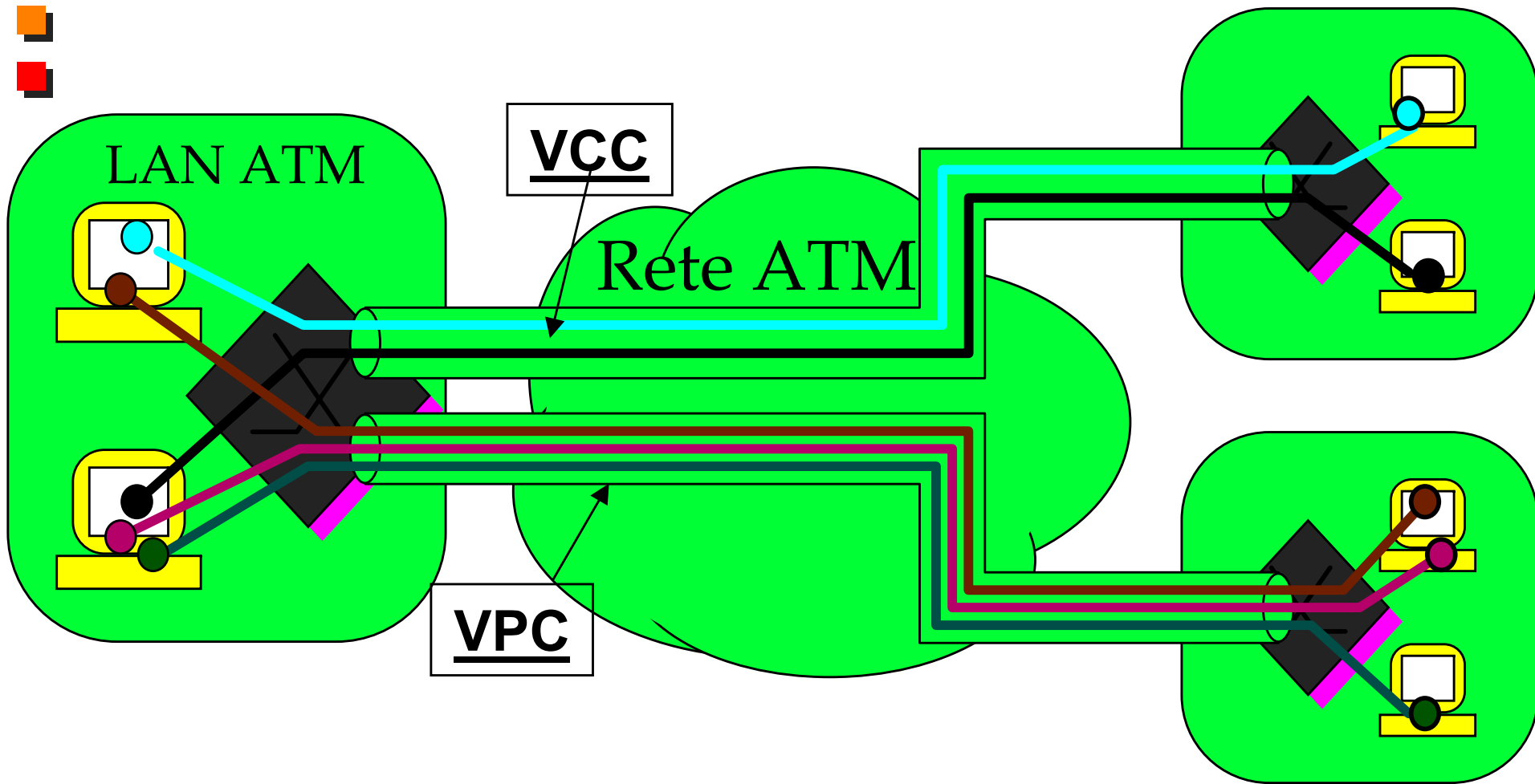




Esempio




Rete privata ATM realizzata attraverso la rete pubblica



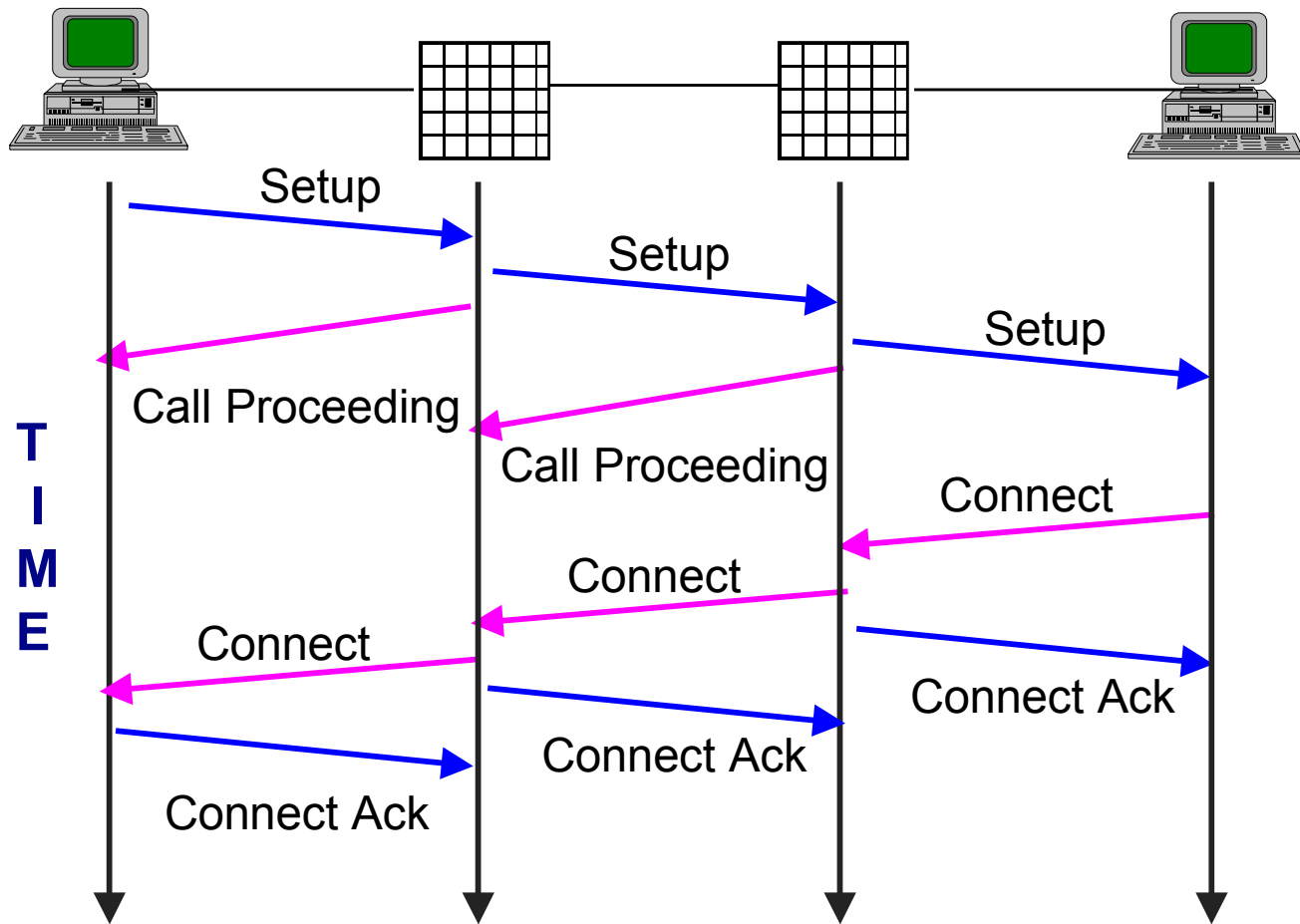


Servizio ATM commutato

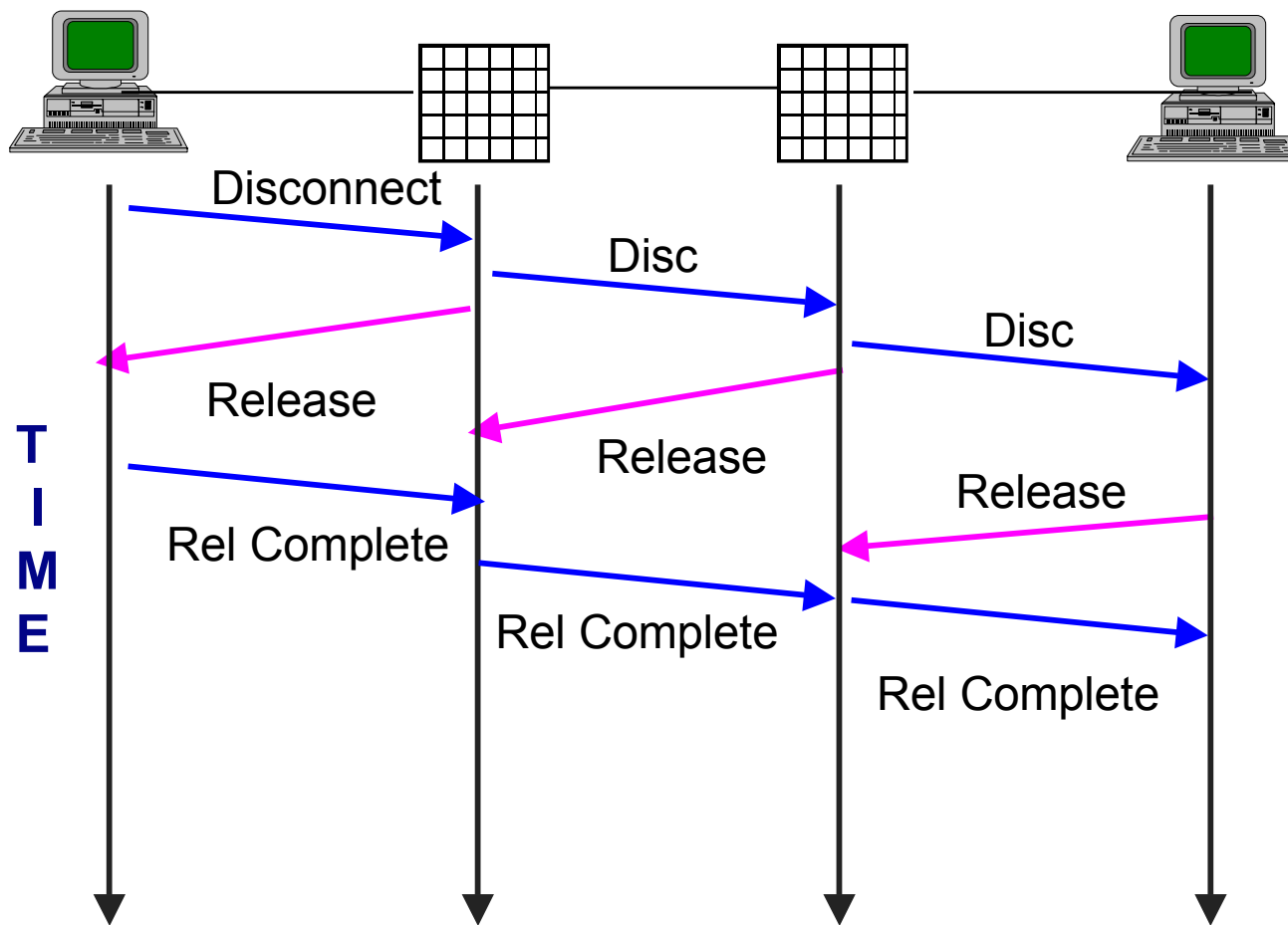
- Il servizio è fornito a seguito di una *chiamata* (“on demand”)
 - L’utente richiede l’attivazione di una istanza di servizio interagendo con la rete in tempo reale
 - L’istanza è attivata contemporaneamente alla accettazione della richiesta
 - Interazione cliente / fornitore sul piano di controllo
 - Protocollo di segnalazione
 - tra utente e rete
 - tra nodi /reti
 - Attivazione / disattivazione della connessione a seguito della richiesta dell’utente
- 



Procedura di Call Setup



Procedura di Call Clearing

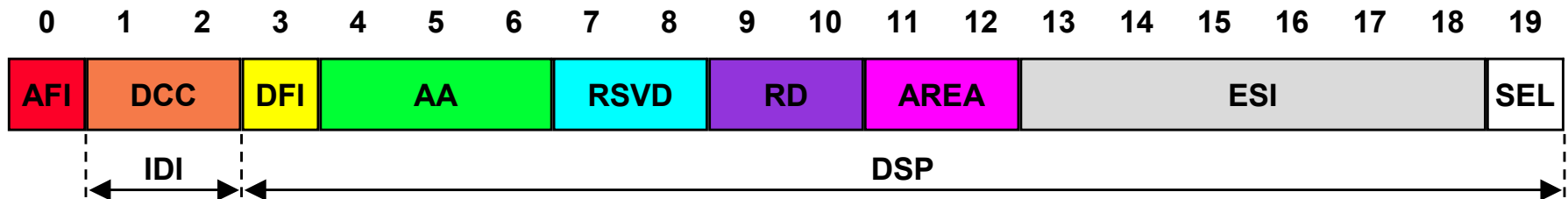


Indirizzi ATM privati

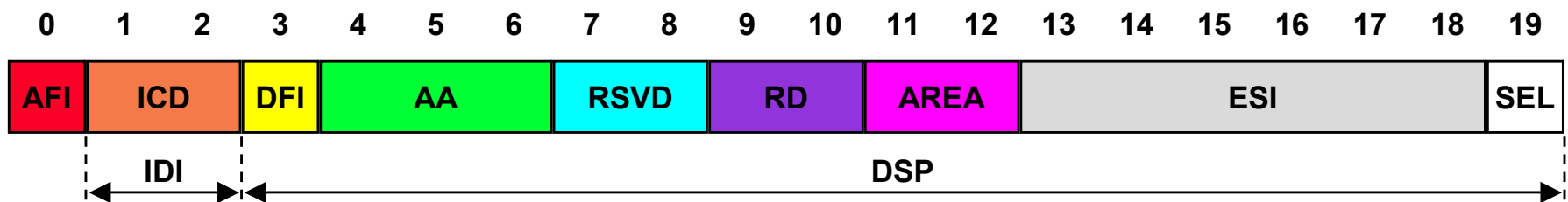
- Formato ISO Network Service Access Point (NSAP)

- Duestruttore differenti:

 - Data Country Code (DCC)

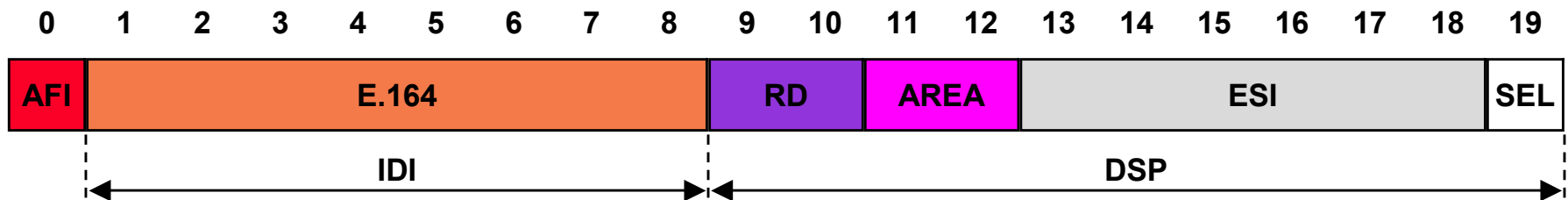


 - International Code Designator (ICD)



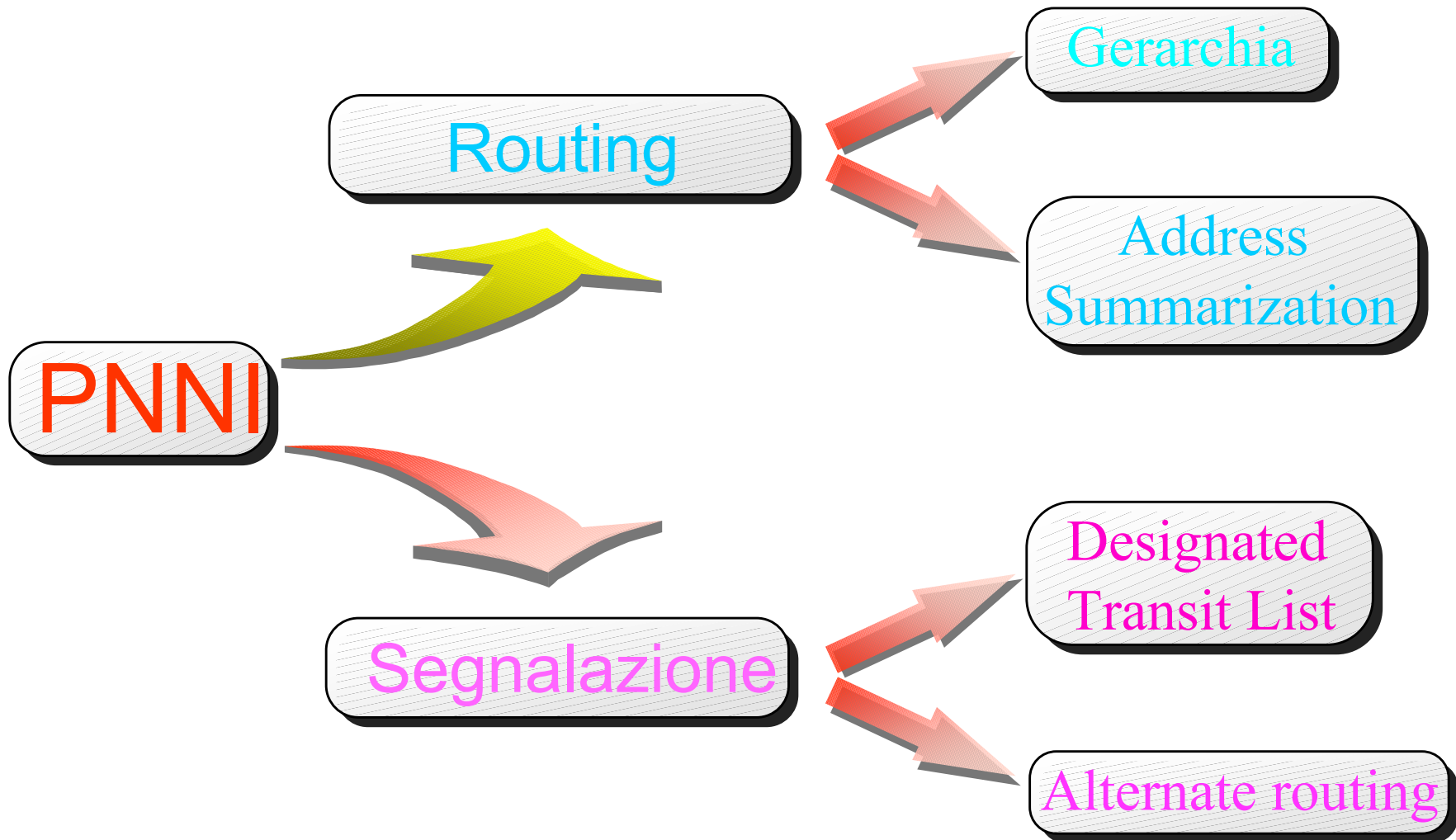
Indirizzi ATM privati

Formato E.164

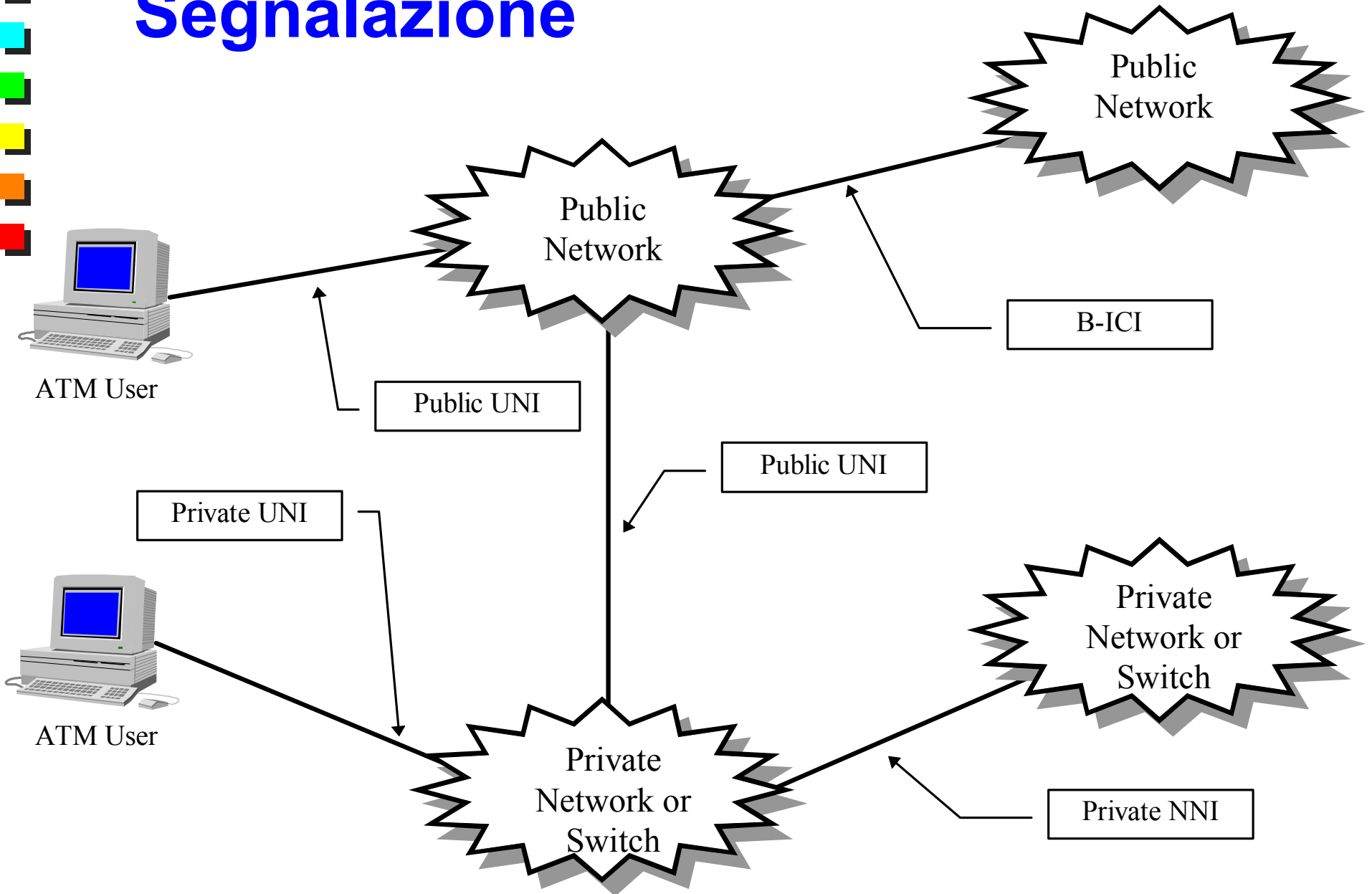


- ◆ **AFI:** Authority and Format Identifier
- ◆ **DSP:** Domain Specific Part
- ◆ **ICD:** International Code Designator
- ◆ **E.164:** ISDN 15 digit telephone number
- ◆ **RSVD:** Reserved
- ◆ **AREA:** Area in Roting Domain
- ◆ **SEL:** Selector
- ◆ **IDI:** Initial Domain Identifier
- ◆ **DCC:** Data Country Code
- ◆ **DFI:** Domain Format Identifier
- ◆ **AA:** Administrative Authority
- ◆ **RD:** Routing Domain
- ◆ **ESI:** End System Identifier

Contenuto della specifica



Segnalazione





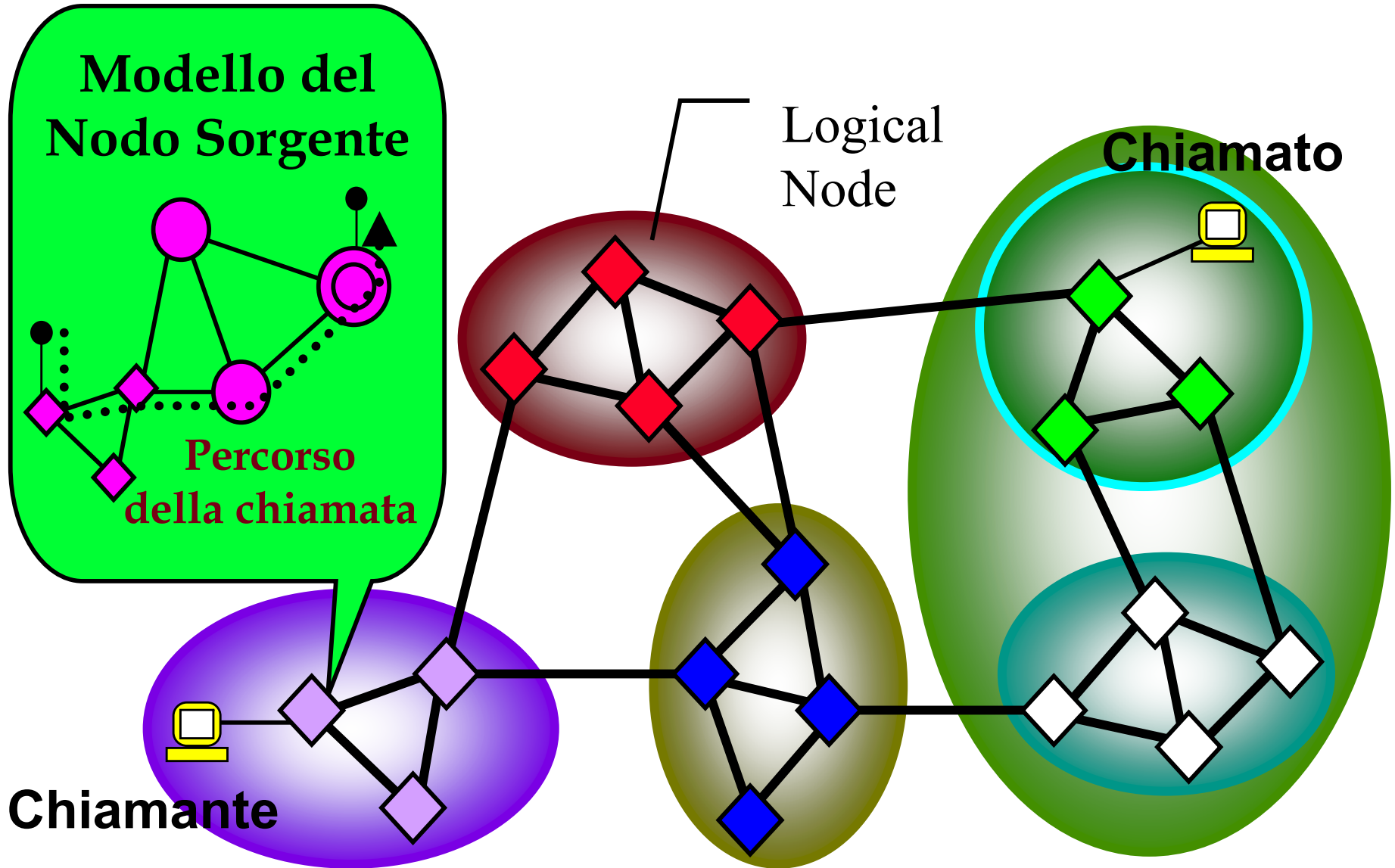
Instradamento

Il routing P-NNI è un esempio di *QoS routing*

- Algoritmo Link State
 - Descrizione topologica
 - stato dei collegamenti
 - descrizione dei nodi (logici)
 - Informazioni sull'occupazione delle risorse
 - Calcolo del percorso con l'algoritmo *Shortest Path First* (Dijkstra)
- 



Source routing gerarchico



Inoltro chiamata

Il nodo di accesso alla rete opera la prima decisione di routing

- **Controllo preventivo sull'accettabilità della chiamata**

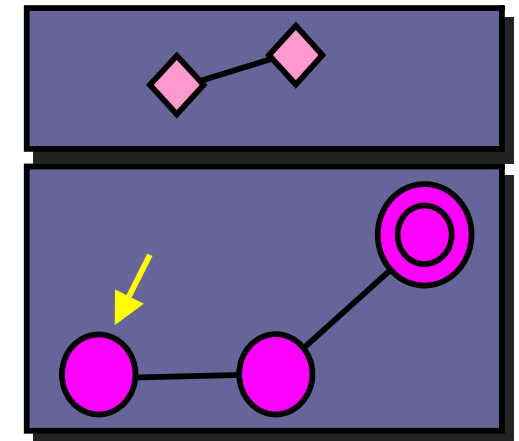
 - **Generic Call Admission Control:** il CAC nei nodi è proprietario

- **Definizione della Designated Transit List (DTL)**

 - pila di percorsi a vari livelli gerarchici

 - ogni percorso è una sequenza di nodi (logici)

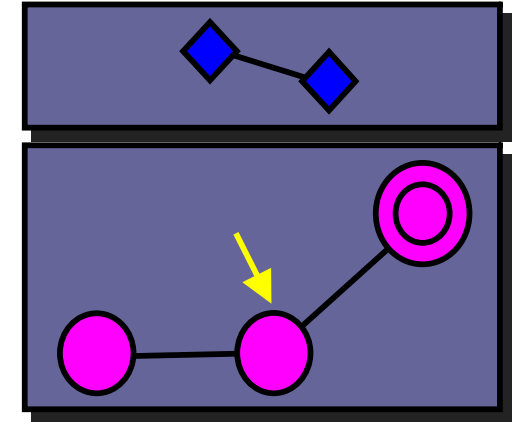
- **La DTL è attaccata al messaggio di segnalazione da inoltrare**



Inoltro e rifiuto chiamata

- Il nodo di ingresso in un logical node esegue una decisione di routing

- aggiunge un elemento sopra la Designated Transit List
- dettaglia un logical node dell'elemento sottostante



- Un nodo qualsiasi può respingere la chiamata

- informazioni non perfettamente aggiornate
- call admission control diverso da quello usato dal nodo che ha preso la decisione di routing

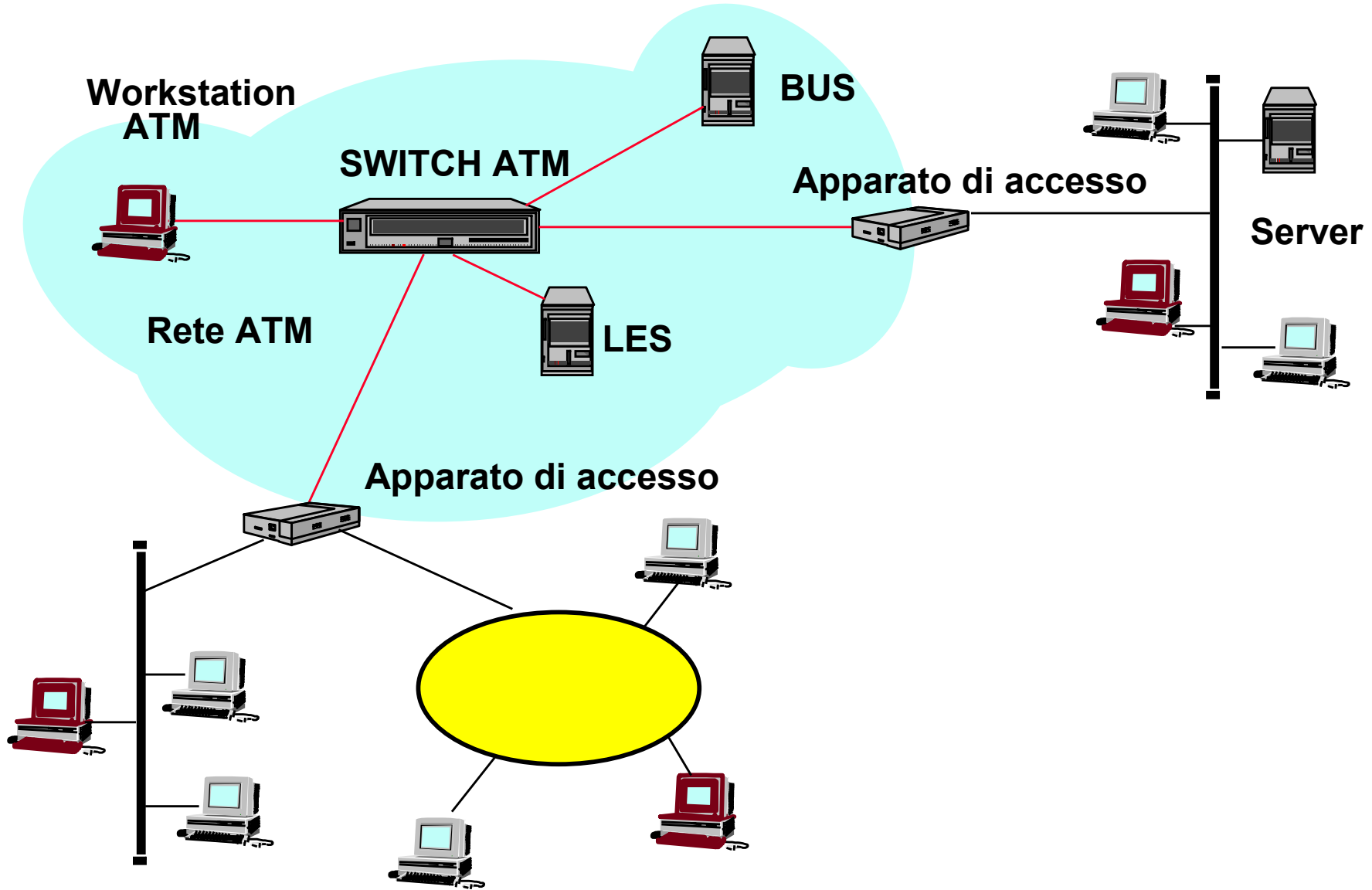


Crankback e alternate routing

- Inoltro all'indietro della chiamata fino all'ultimo nodo che ha preso una decisione di routing (*crankback*)
- Decisione di routing alternativa (*alternate routing*)
 - aggiunta di un nuovo elemento sulla DTL

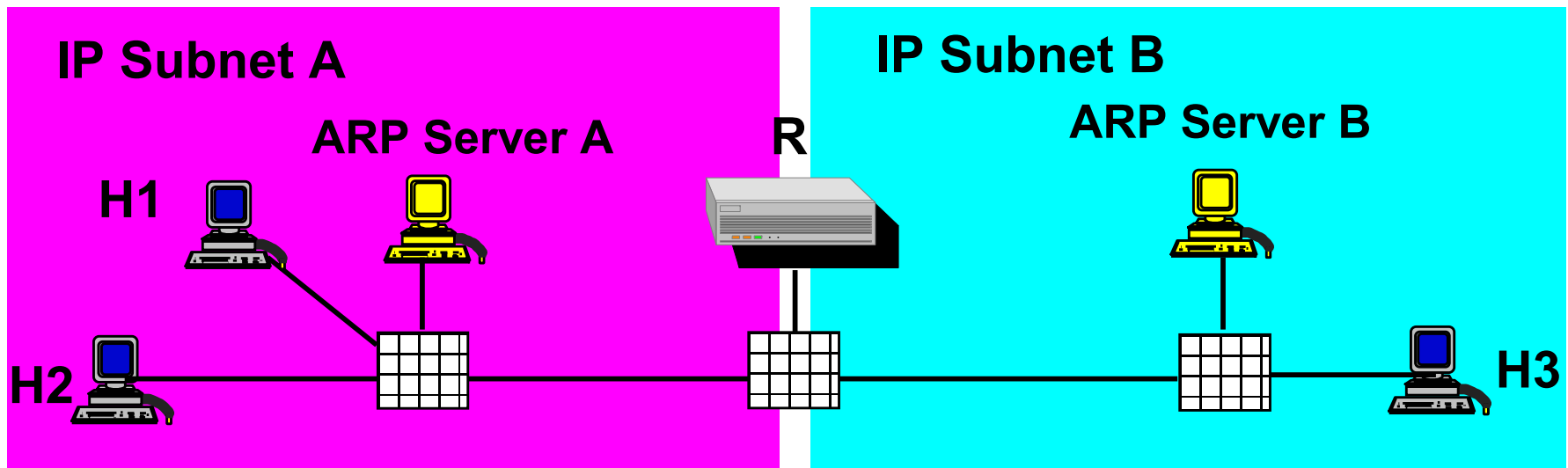


ATM LAN Emulation (LANE)



IP over ATM: Modello Classico

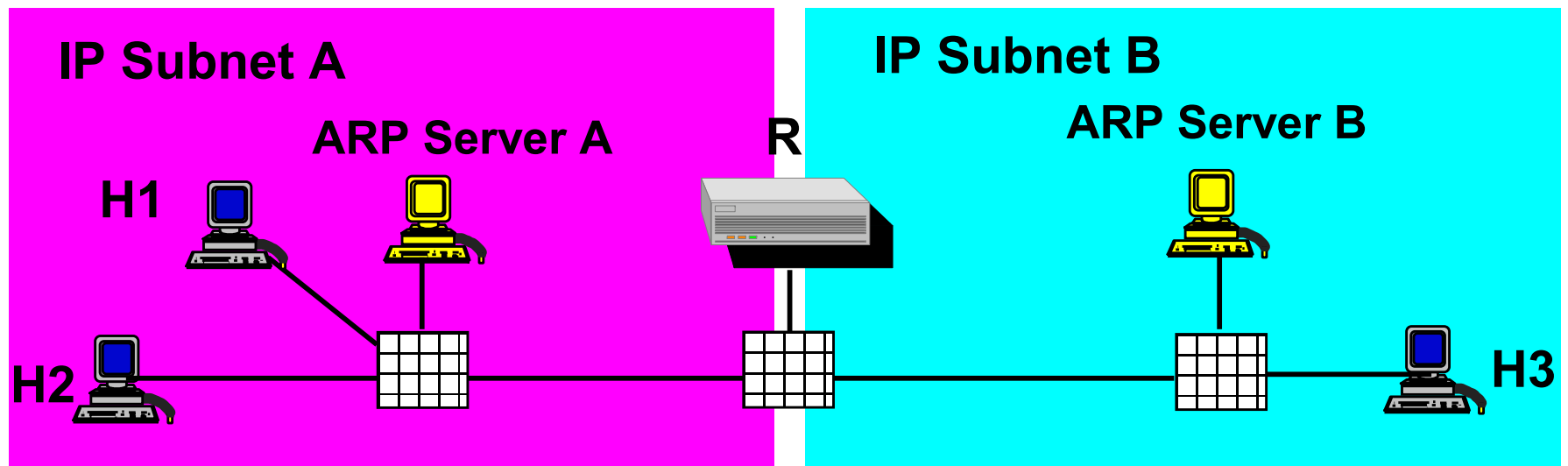
- H1 vuole comunicare con H2
 - In fase iniziale H1 impara l'indirizzo di A
 - H1 invia un ARP-Request ad A con H2-IP
 - A invia un ARP-Response con l'indirizzo H2-ATM
 - H1 richiede alla rete ATM la connessione con H2



IP over ATM: Modello Classico

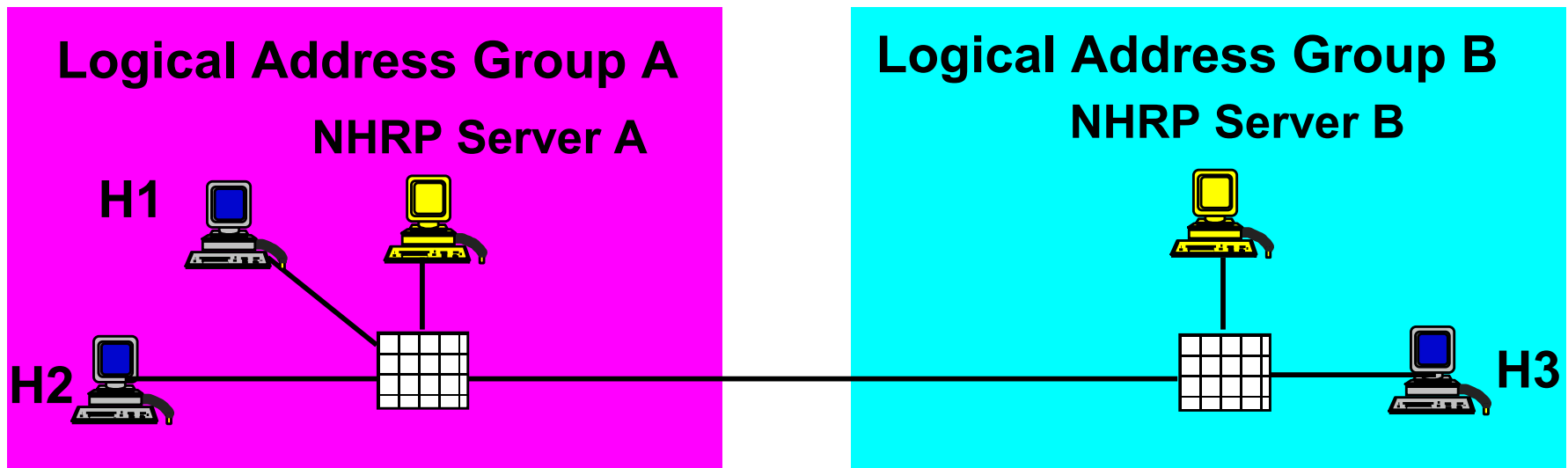
■ H1 vuole comunicare con H3

- 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



Multi-Protocol Over ATM (MPOA)

