

ATM: Asynchronous Transfer Mode

Silvano GAI

Silvano.Gai@polito.it

<http://www.polito.it/~silvano>

Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides 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 slides 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 slides (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 slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

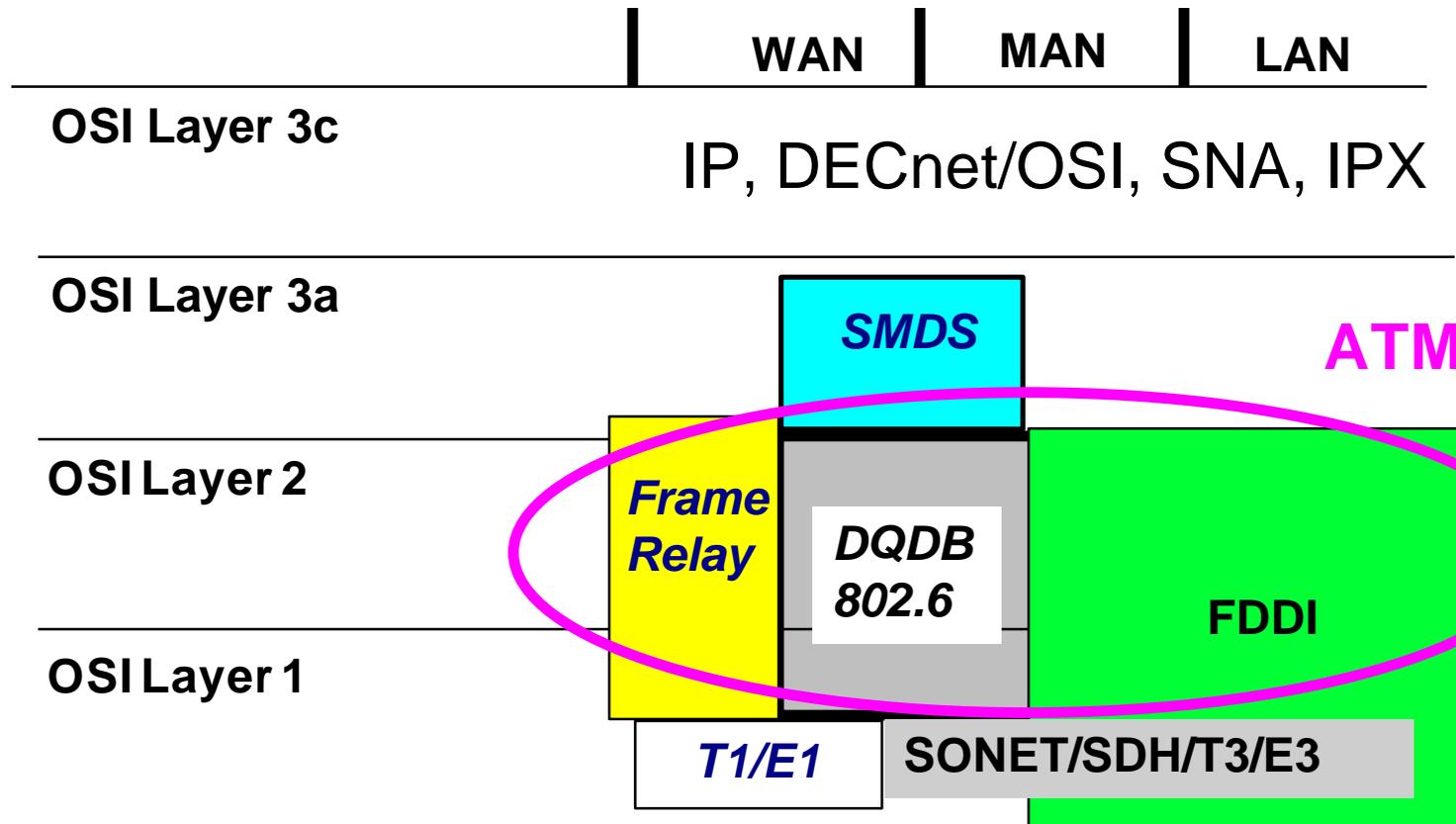
Caratteristiche Generali

- **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**

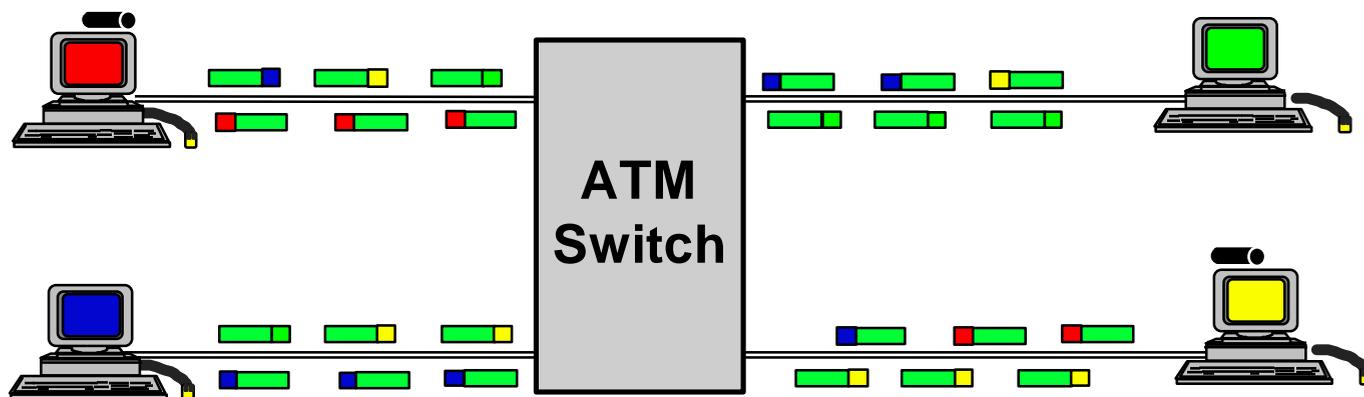
Dove si colloca ATM



ATM: un po' di storia

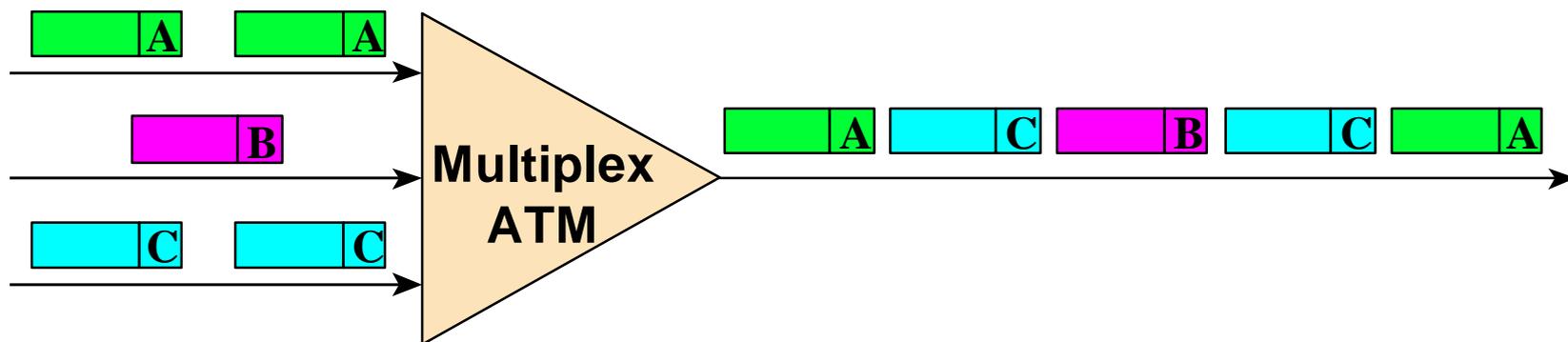
- 1983: esperimenti CNET ed AT&T
- 1987: CCITT sceglie ATM come base per reti B-ISDN
- 1990: definizione formato cella
- 1990: primo switch commerciale (Fujitsu)
- 1991: formazione dell'ATM Forum
- 1993: reti pubbliche ATM negli USA
- 1994: reti pubbliche ATM in Europa
- 1996: apertura del servizio commerciale in Italia

Commutazione di cella

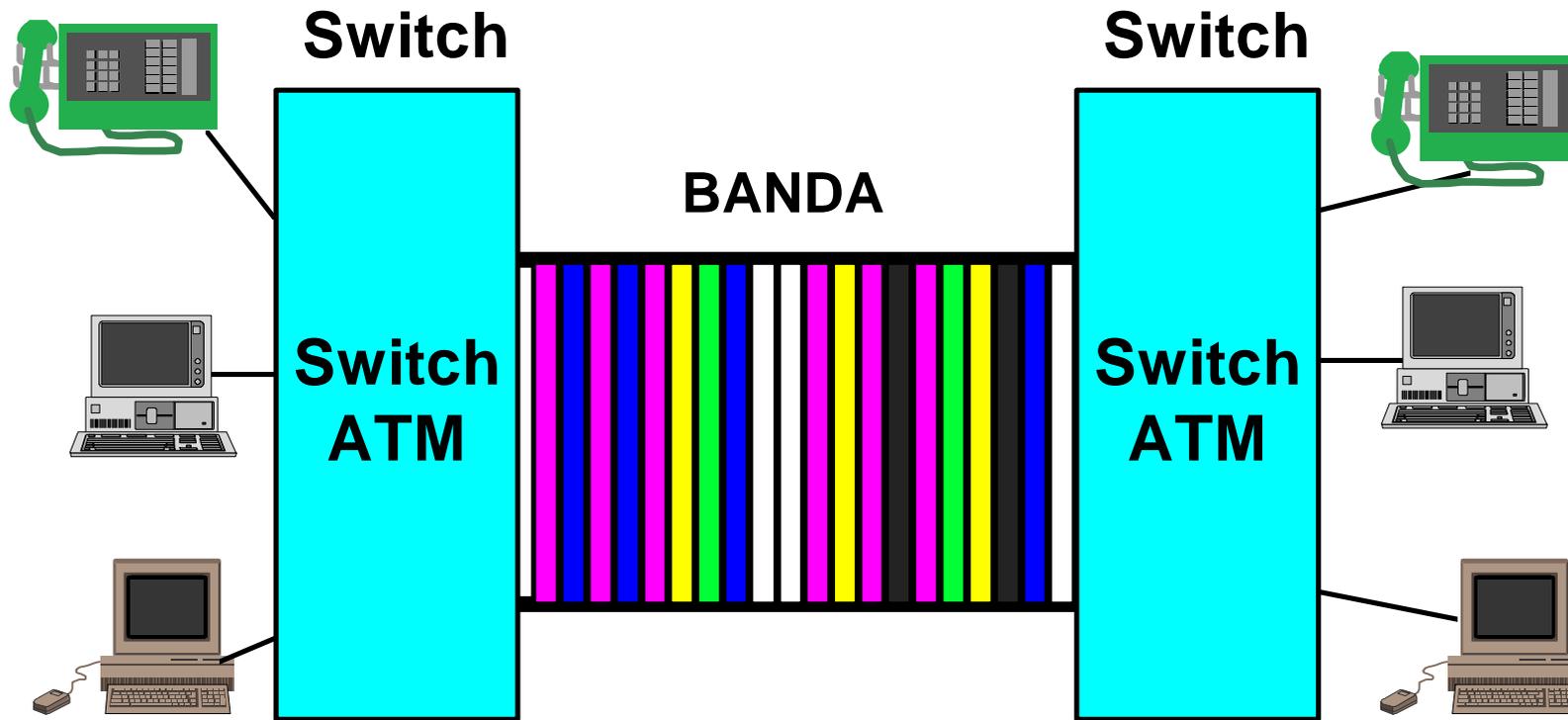


Cella = 53 Ottetti

Multiplexazione statistica



Tecnologia ATM



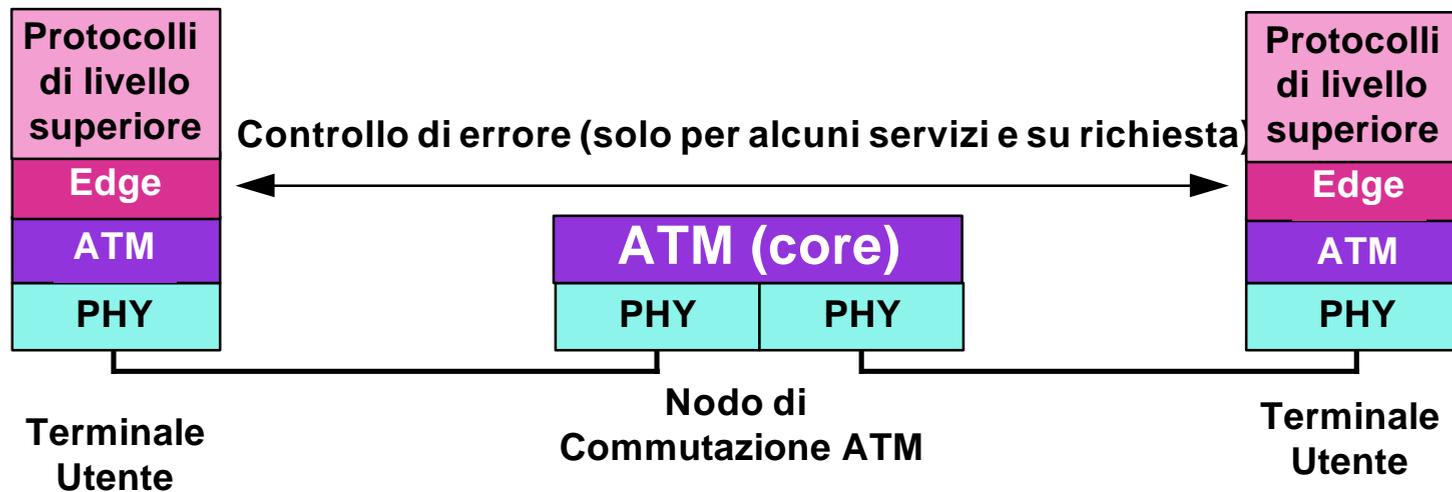
Commutazione di cella

- 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:
 - Se presente è realizzata ai bordi della rete
- Controllo di flusso sofisticato
 - la tecnica delle window da sola è inadeguata

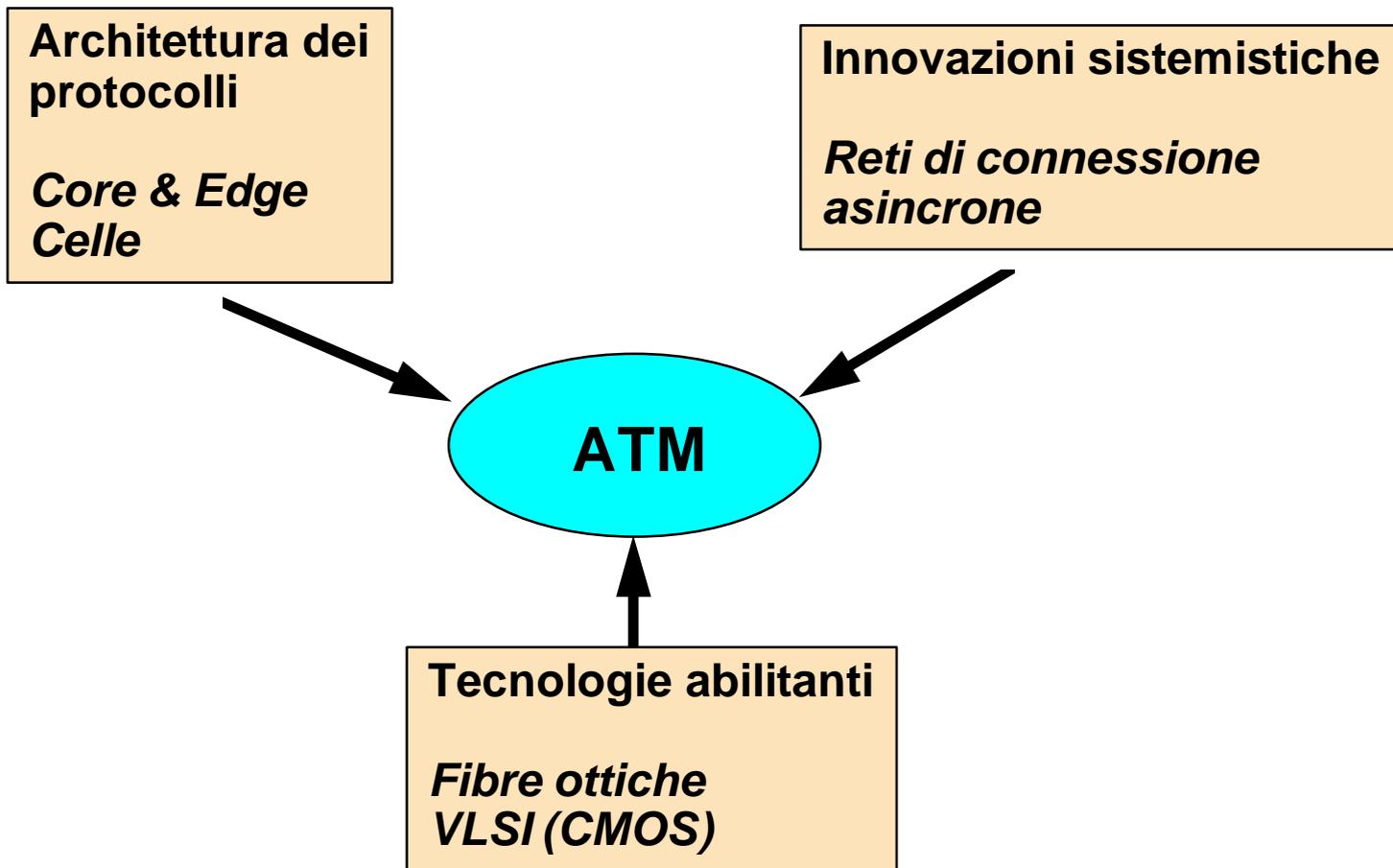
ATM: Caratteristiche Generali

■ Protocolli : principio del Core and Edge

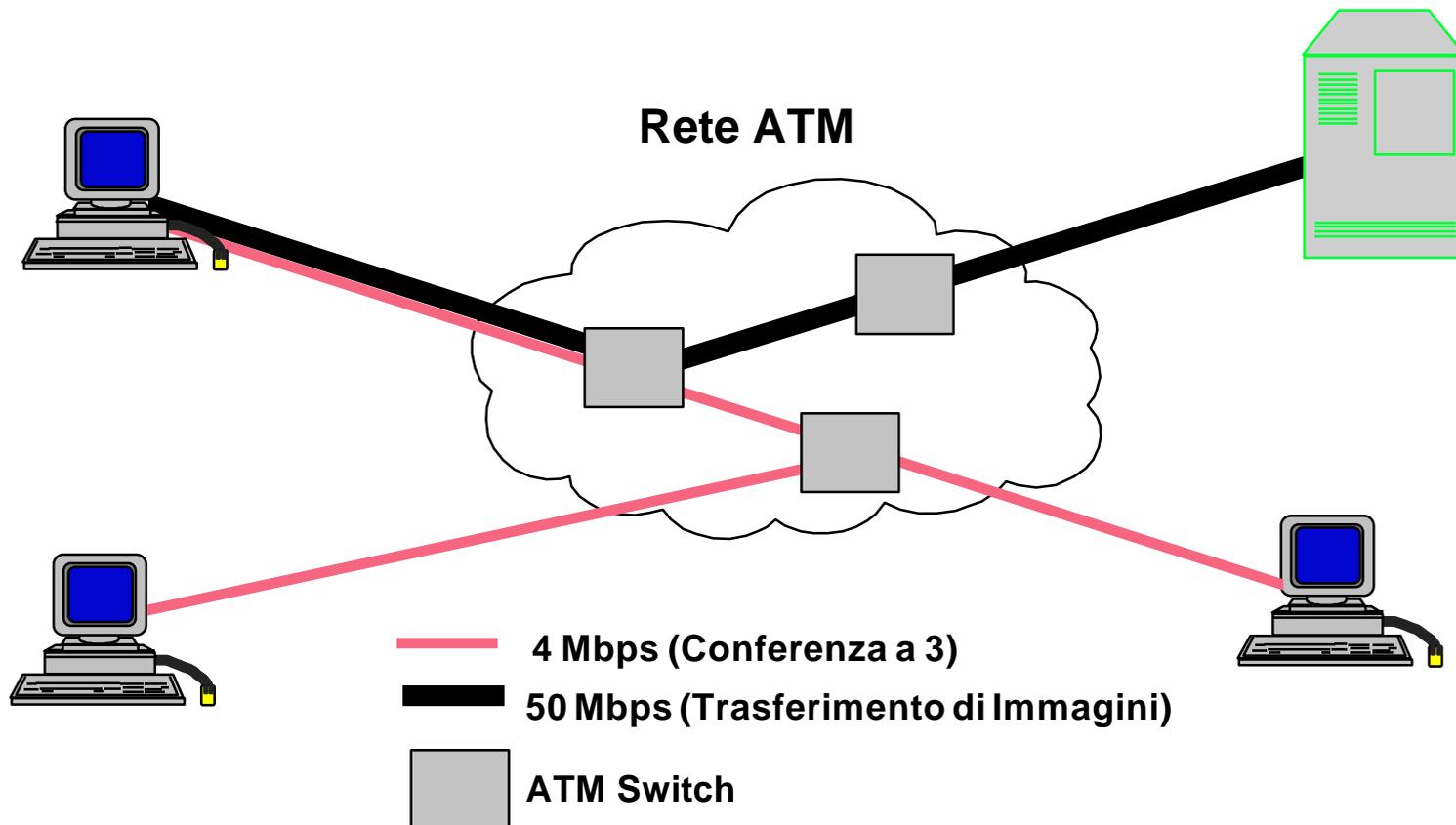
- nei nodi sono eseguite solo le funzioni essenziali (commutazione e multiplazione) a livello ATM (1-2 della pila OSI)
- le funzionalità residue, specifiche per i diversi tipi di servizio, sono svolte agli estremi



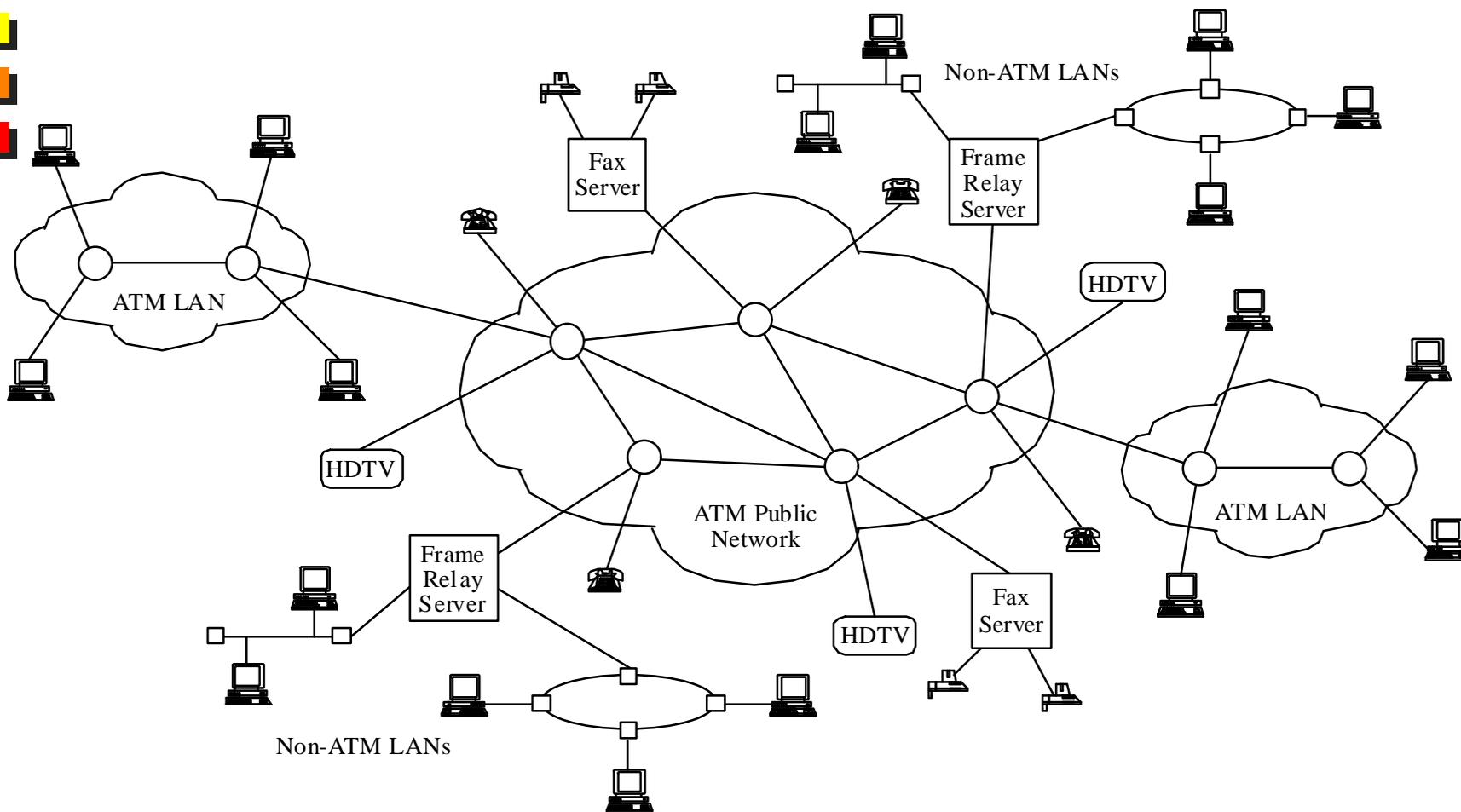
La tecnica di trasferimento ATM



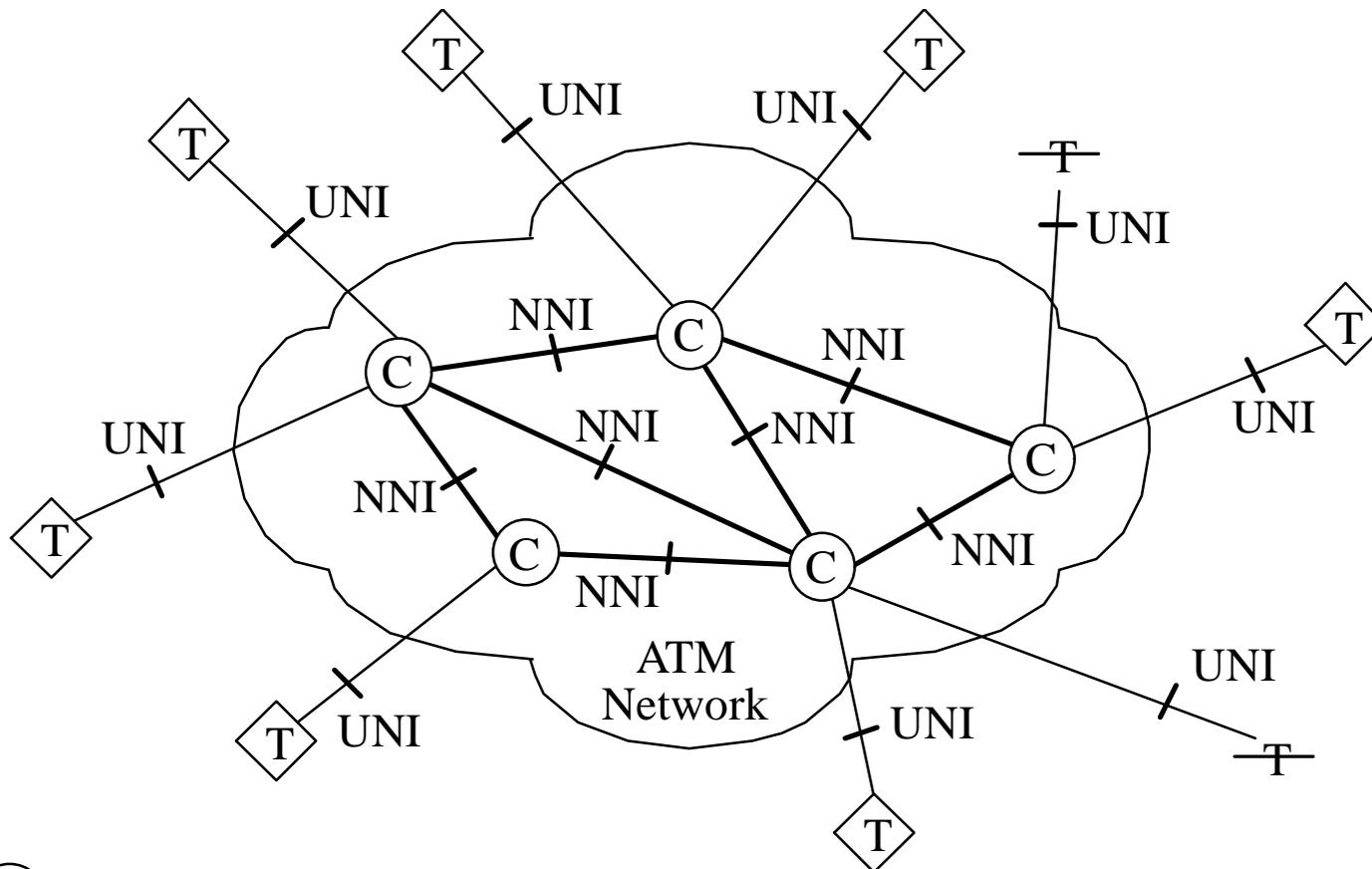
Canali Virtuali



Esempio di una rete ATM



Elementi di una rete ATM



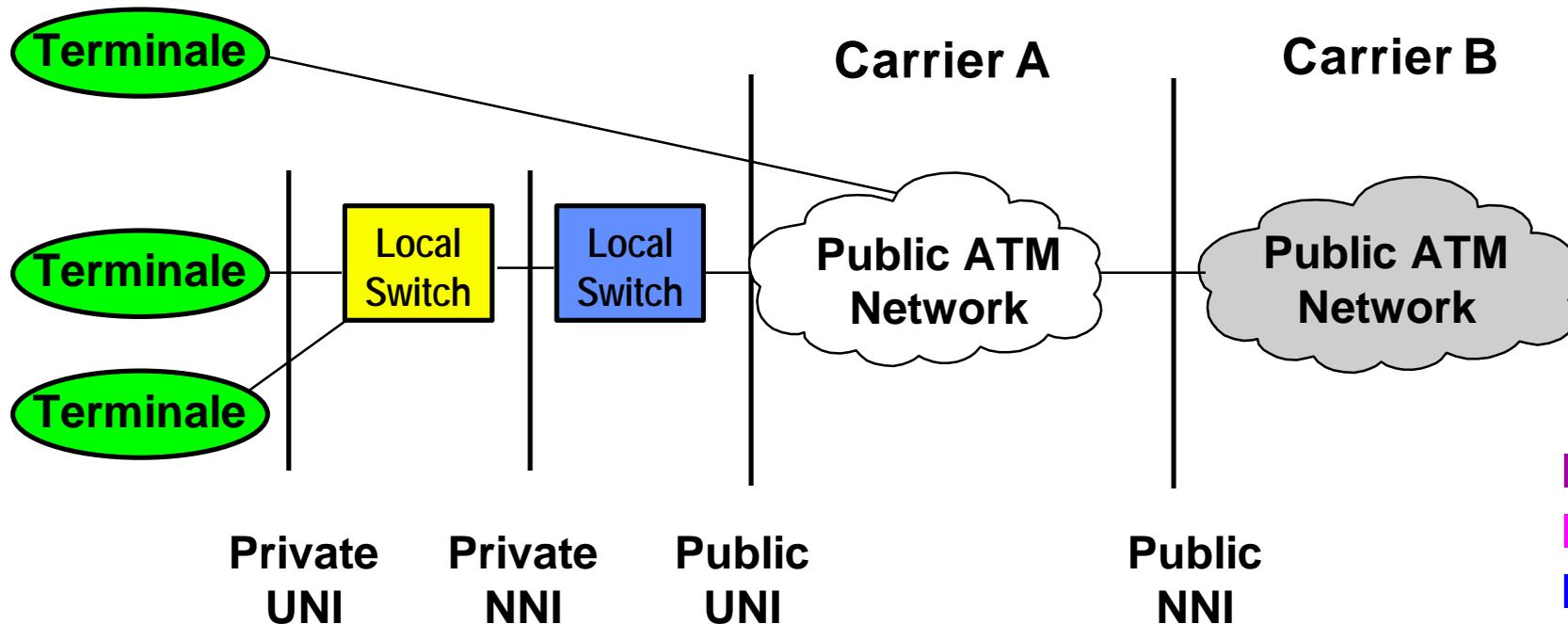
⊙ = Nodo di Commutazione

◇ = Nodo di Terminale

UNI = User-to-Network Interface

NNI = Network-to-Network Interface

Tipi di Interfacce



UNI: User-to-Network Interface
NNI: Network-to-Network Interface

I livelli fisici di ATM

- Il trasporto fisico delle celle ATM: diverse velocità, trame e mezzi trasmissivi
 - 1.5 Mbps DS1
 - 45 Mbps DS3
 - 100 Mbps fibra multimodale (UNI privata)
 - 155 Mbps STP e fibra multimodale (UNI privata)
 - 155 Mbps SDH/SONET
 - 620 Mbps SDH/SONET
 - Cat-3 UTP (25, 51, 155 Mbps)
 - Cat-5 UTP (155 Mbps)

Enti di standardizzazione

- **Gli standard ATM sono in corso di definizione da parte di vari enti:**
 - **ITU-T**
 - Standard ATM principali
 - **ATM Forum**
 - Un consorzio industriale con più di 750 partecipanti
 - **IETF (Internet Engineering Task Force)**
 - sta definendo le modalità di trasporto di IP su ATM

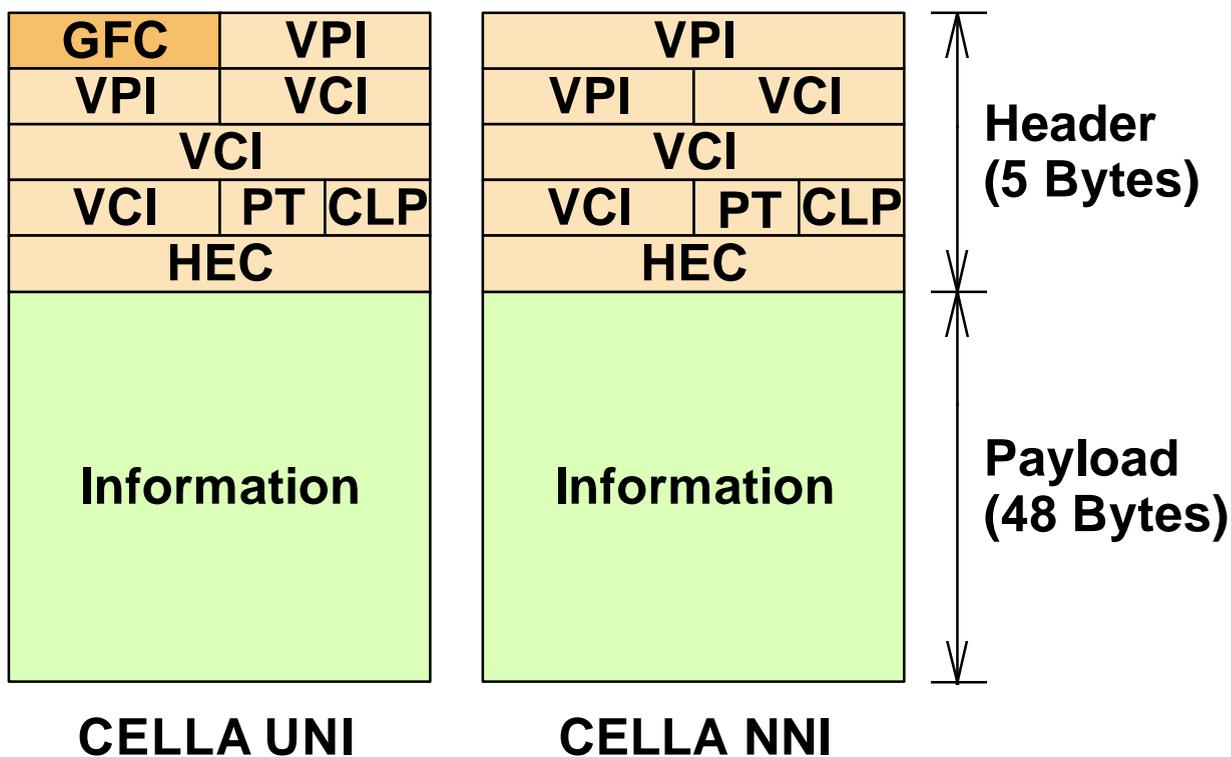
ATM Forum

- An Industry Group of Vendors, Service Providers and Network Users that Formulate Implementations of the ATM Standards
- Membri (01/05/96)
 - 750 membri in totale, di cui:
 - 200 principali
 - 100 utenti
 - 450 ascoltatori

La cella ATM



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

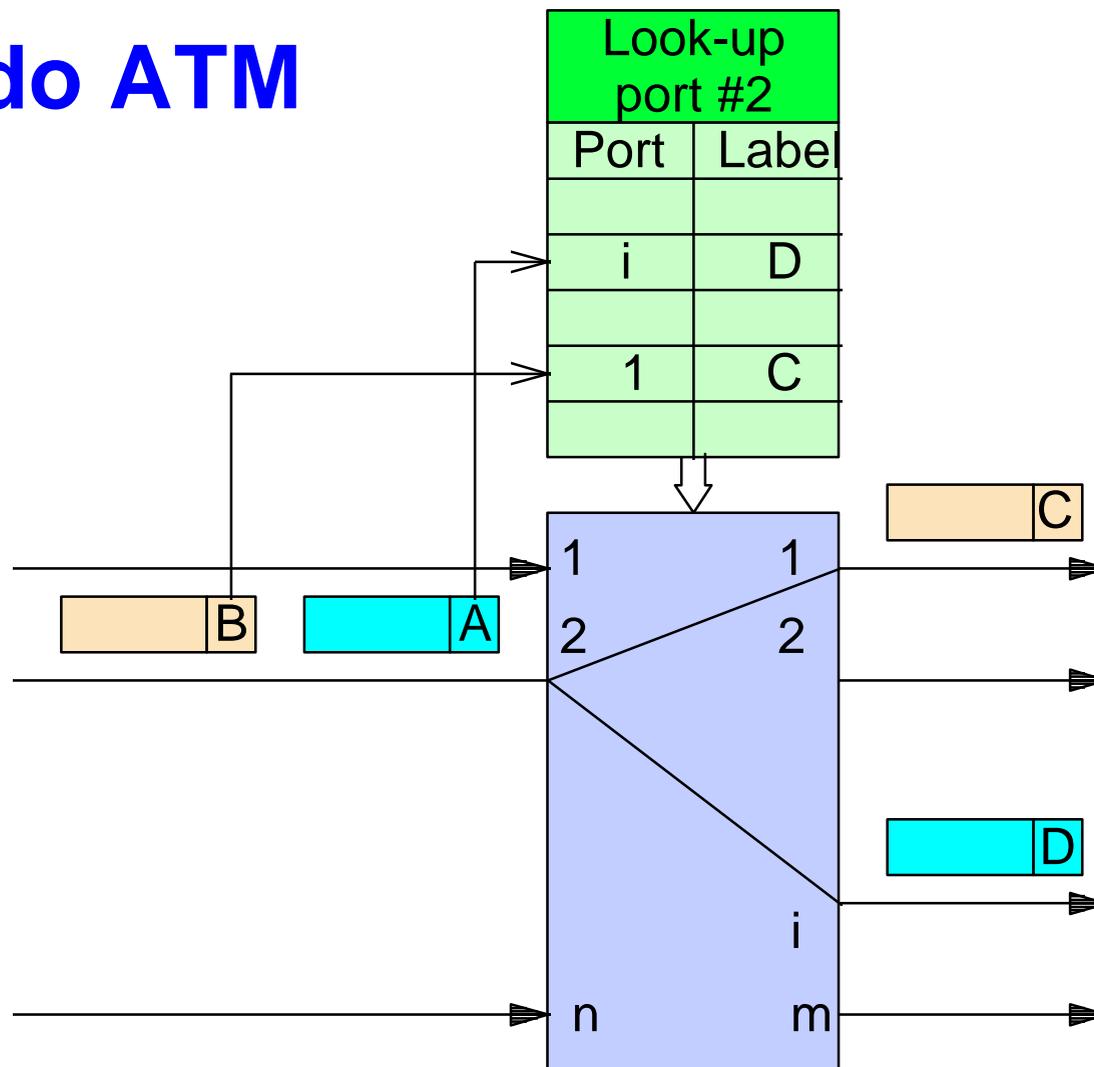
Cell Loss Priority (CLP)

- 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

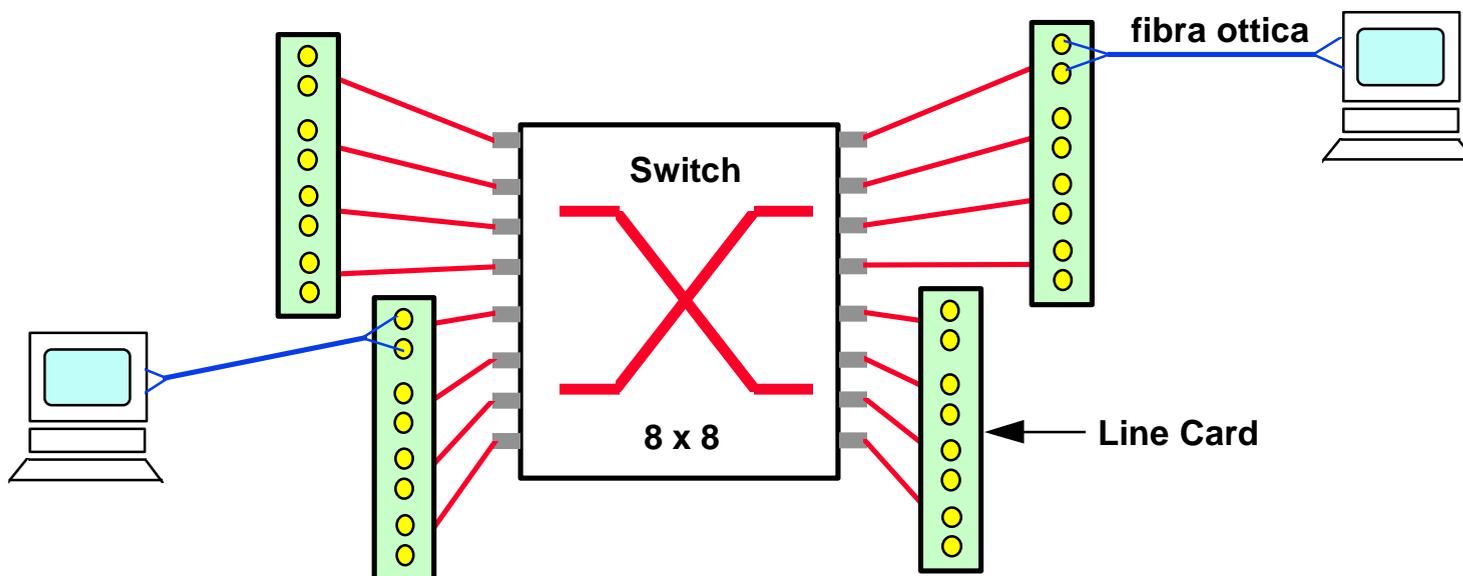
Nodo ATM



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

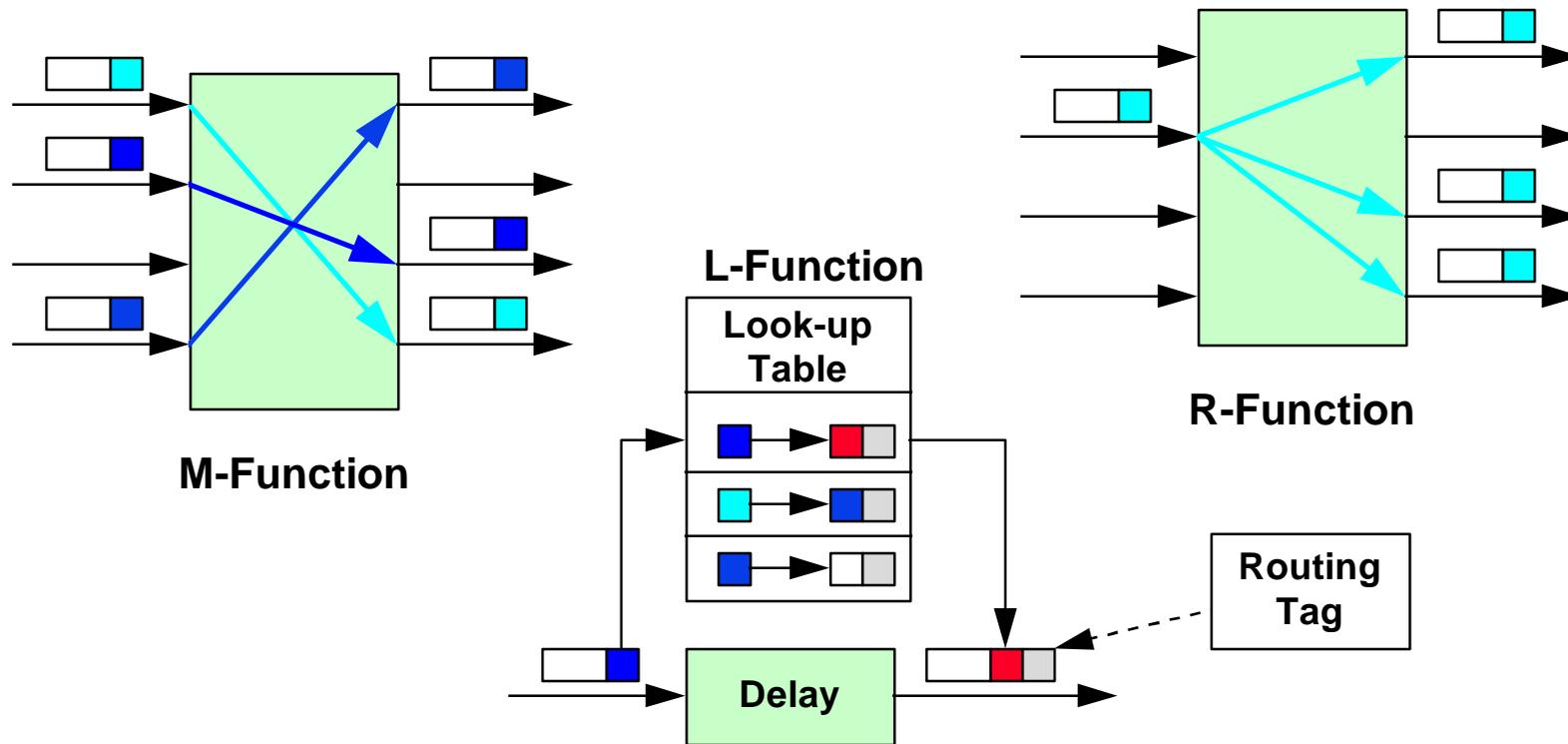
Architettura di uno switch ATM

- 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

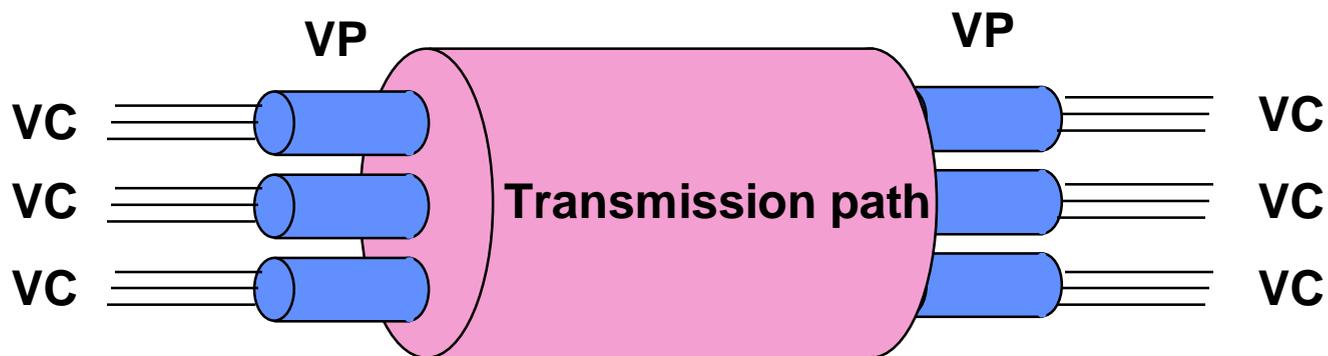


Funzioni di uno switch ATM

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



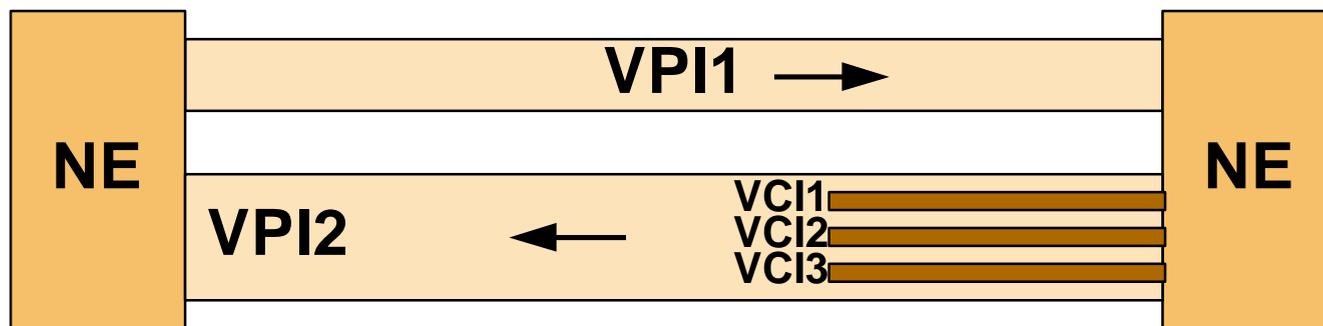
Percorsi Virtuali



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

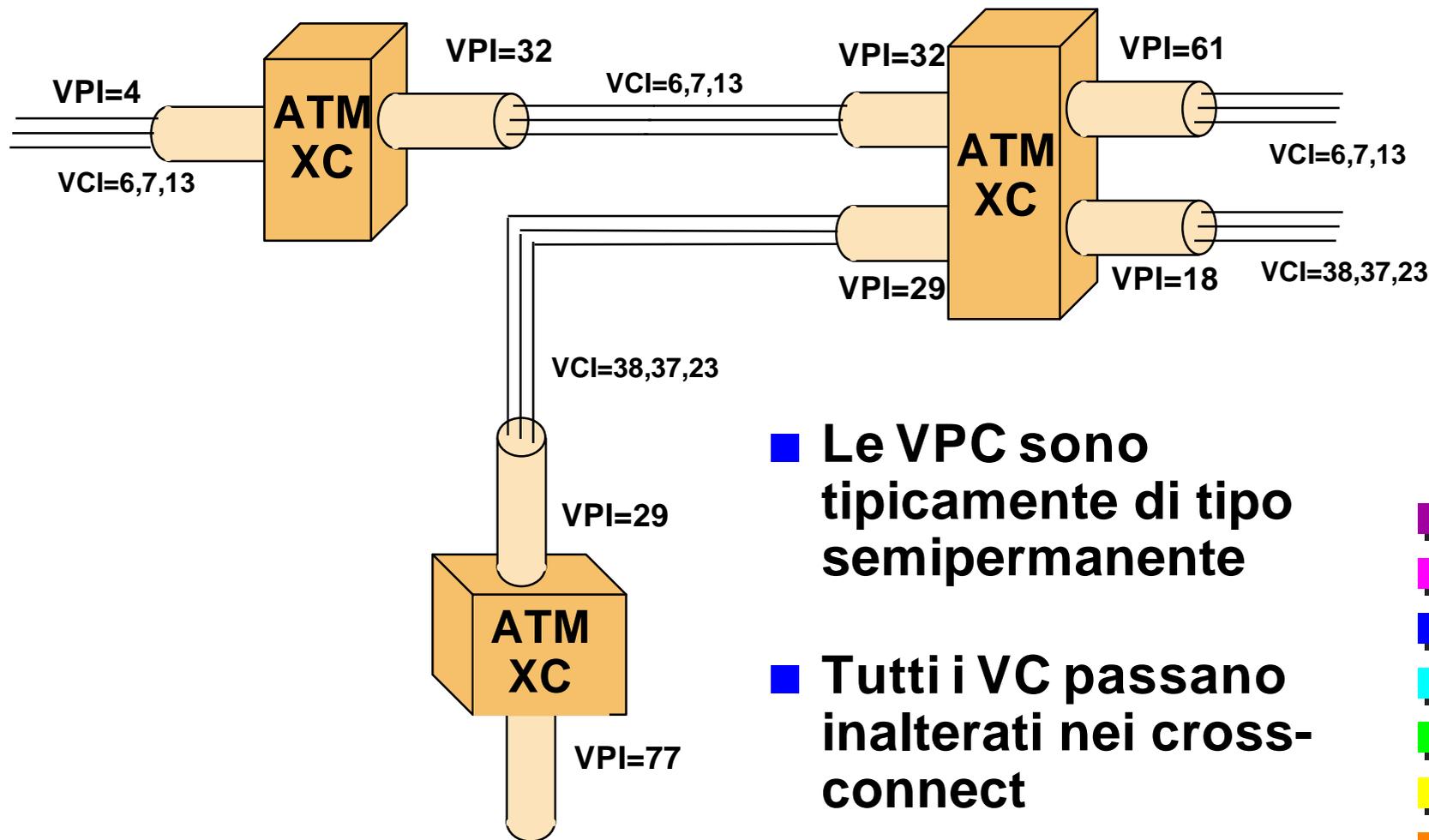
- **Concatenazione di VC links:**
 - virtual channel connection (VCC)
- **Concatenazione di VP links:**
 - virtual path connection (VPC)
- **VPC/VCC possono essere di tipo:**

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

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

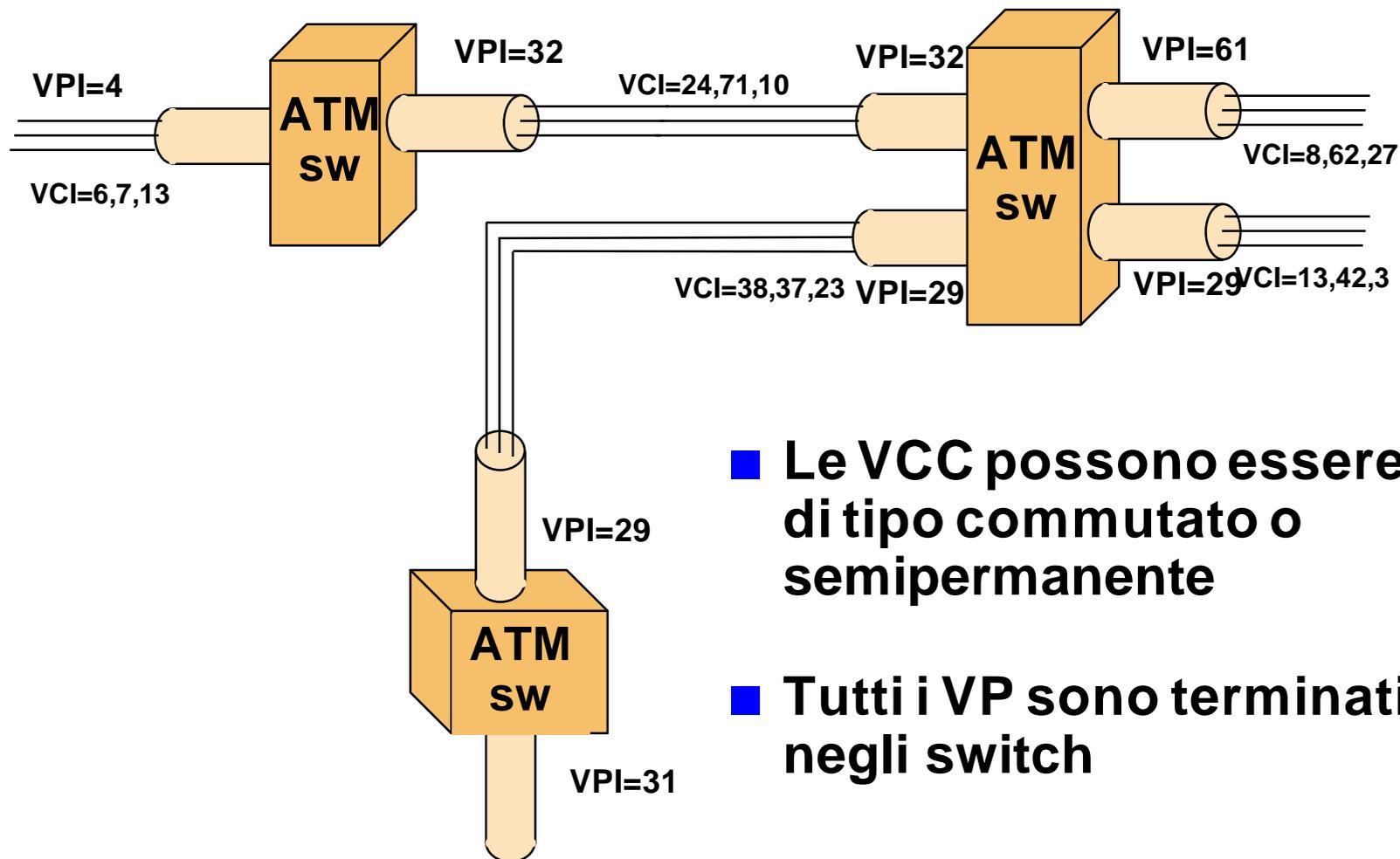
- punto-punto
- punto-multipunto

Rete di VP



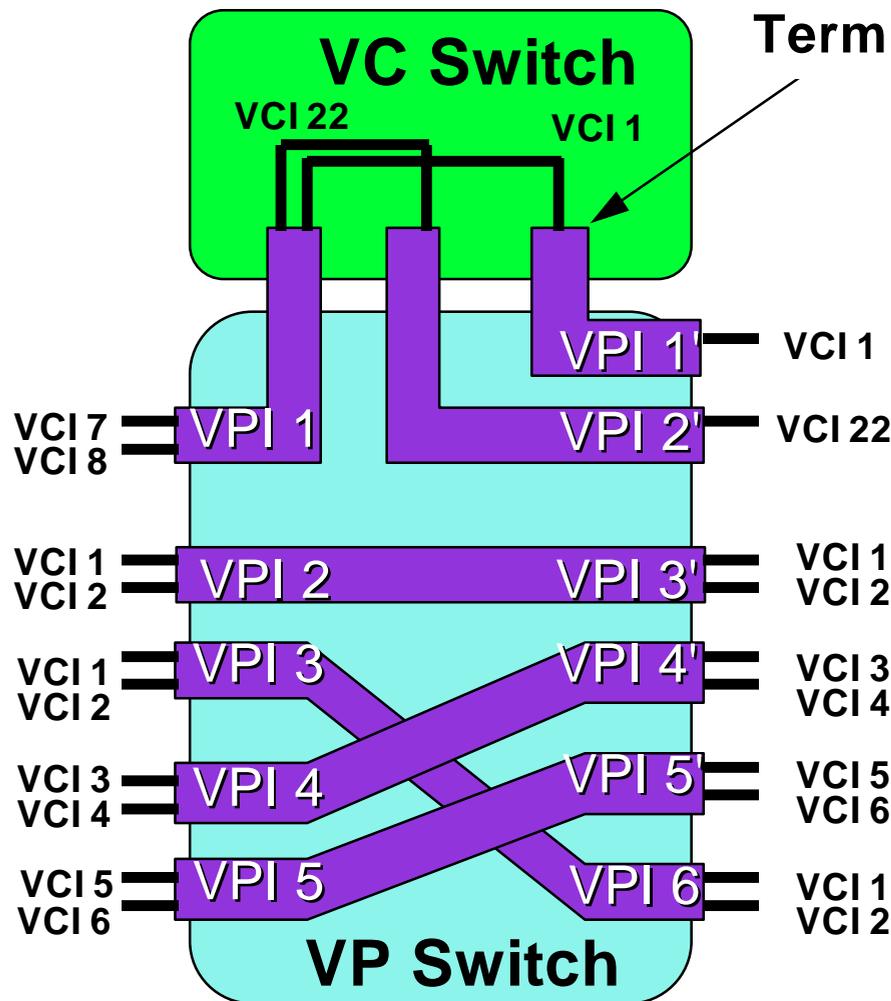
- Le VPC sono tipicamente di tipo semipermanente
- Tutti i VC passano inalterati nei cross-connect

Rete di VC



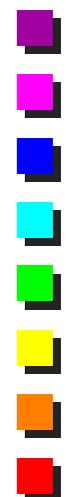
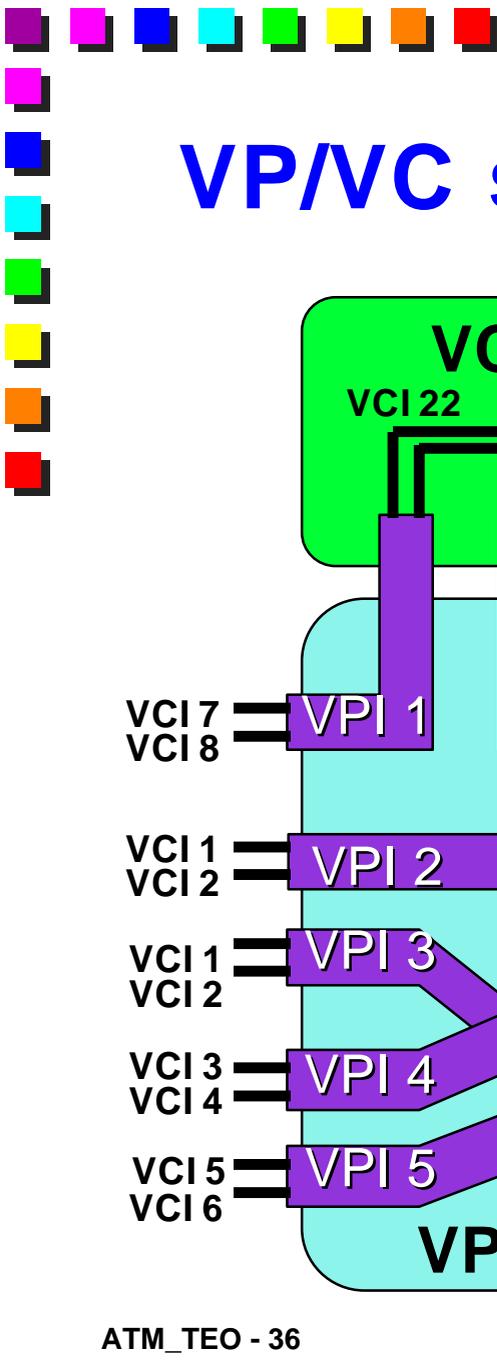
- Le VCC possono essere di tipo commutato o semipermanente
- Tutti i VP sono terminati negli switch

VP/VC switch

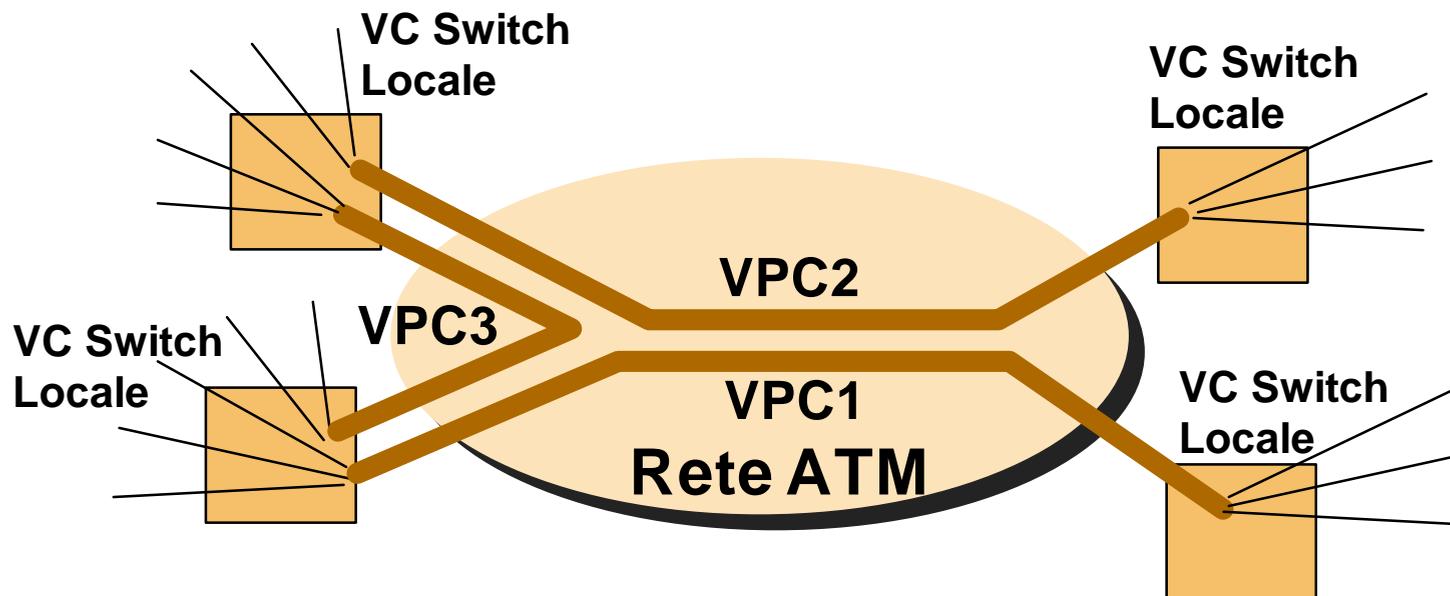


Terminazioni delle connessioni VP

- VP e VC switching sono logicamente distinte
- Possono esserlo anche fisicamente per semplificare il funzionamento dei nodi

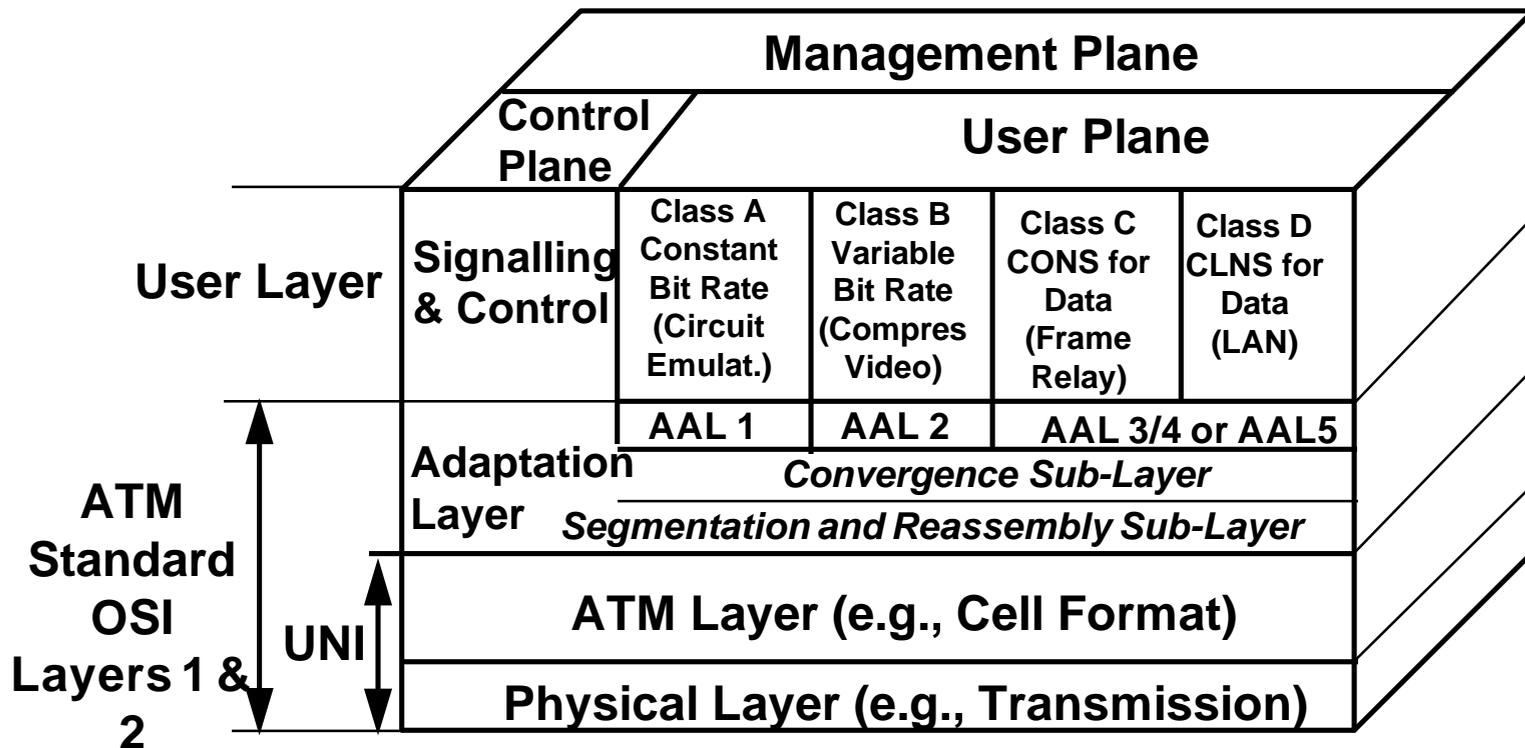


VPC e "Virtual Network"

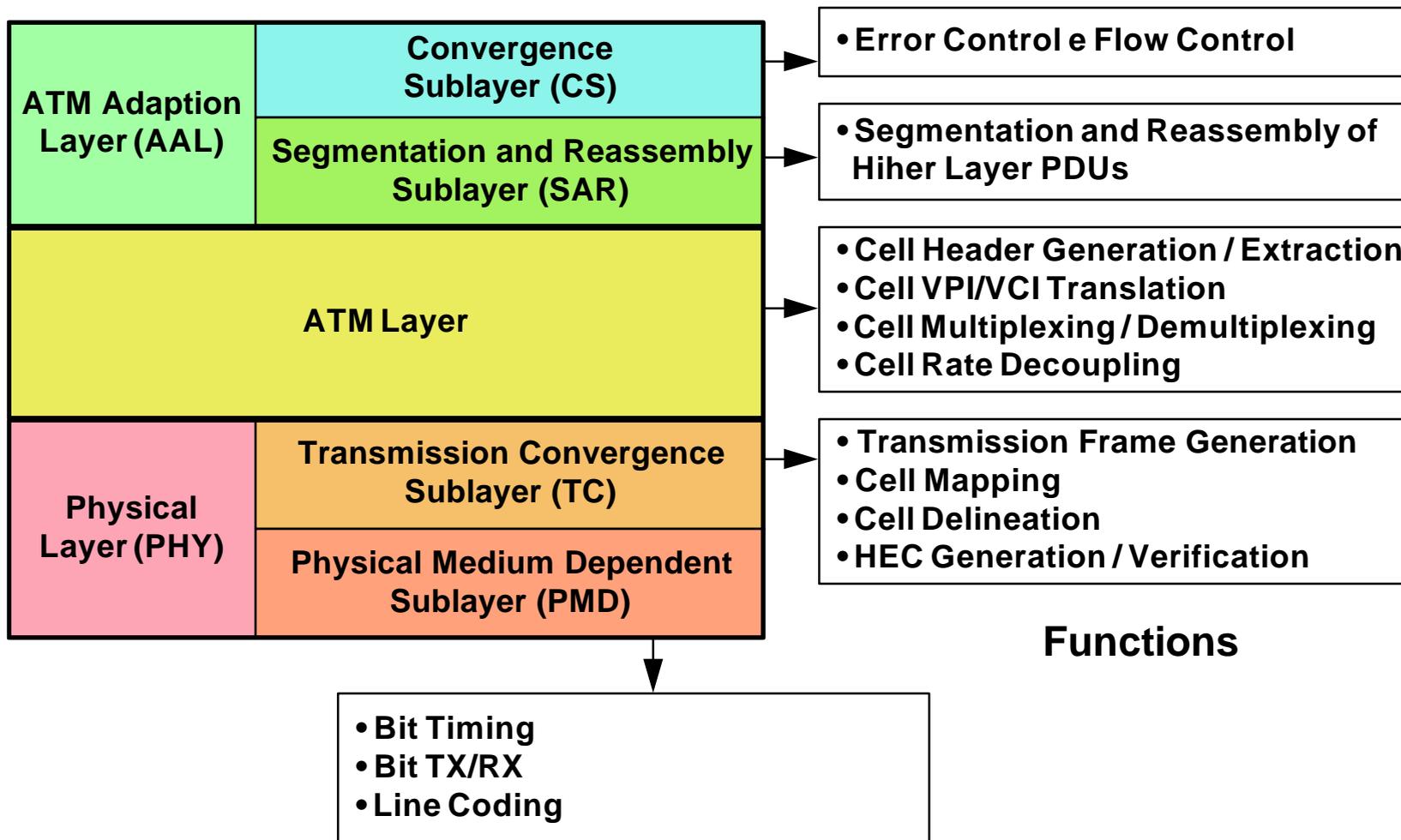


- Sulla rete fisica è possibile costruire una rete logica di virtual-path per interconnettere diversi siti:
 - più economico di un CDN ad alta velocità (le risorse sono impegnate solo quando servono)

ATM Protocol Reference Model



ATM Protocol Reference Model



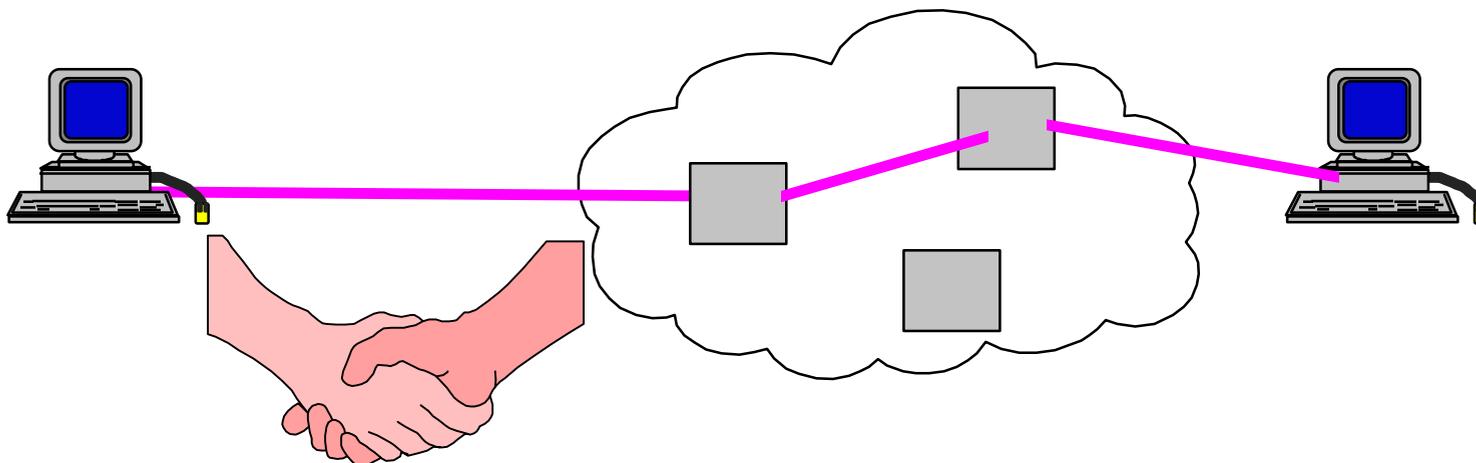
Quality of Service (QoS)

- L'utente può chiedere ad una rete ATM di trasferire i dati secondo diverse qualità del servizio del livello ATM
- 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
 - Garantisce la banda in termini di Peak Cell Rate, Sustained Rate, Peak Burst Length
 - Unspecified QoS
 - Best Effort Delivery

Classi di Servizio

■ Contratto di negoziazione del traffico:

- La prestazione fornita deve essere pari (o eccedere) la QoS specificata dall'end point
- Il contratto vale per la connessione end-to-end (PVC o SVC) per la durata della connessione
- Un Virtual Path può avere diverse QoS per ogni VC



QoS: parametri

- La Racc. 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

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

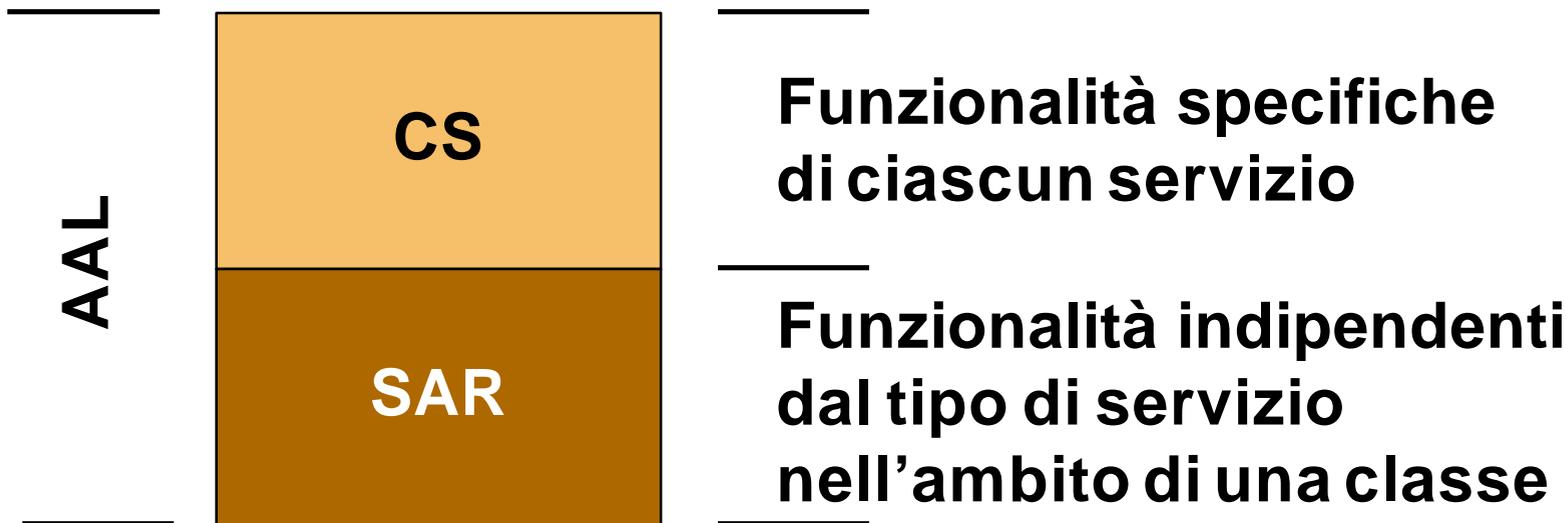
ATM Adaptation Layer (AAL)

- 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

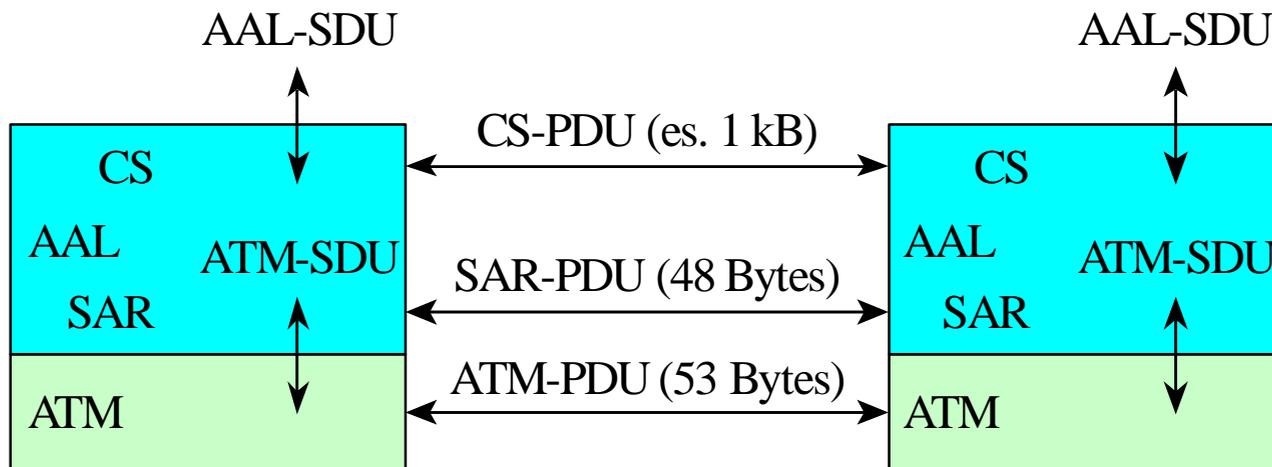
AAL: sottolivelli



CS = Convergence Sublayer

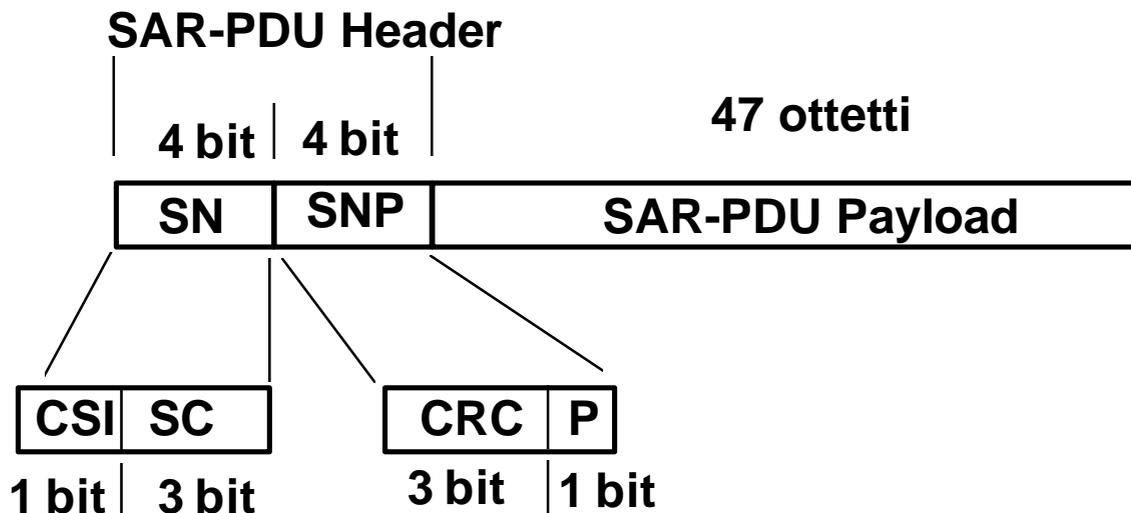
SAR = Segmentation And Reassembling sublayer

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

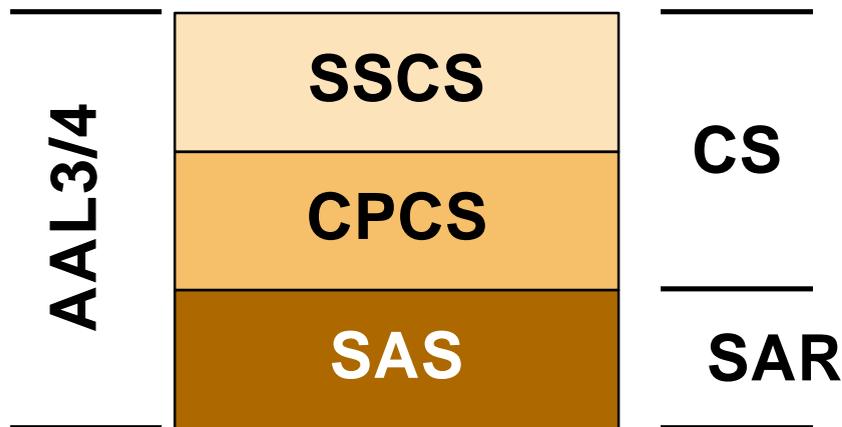
AAL tipo 2

- Non è stato standardizzato
- Funzioni svolte
 - segmentazione e riassetblaggio
 - 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

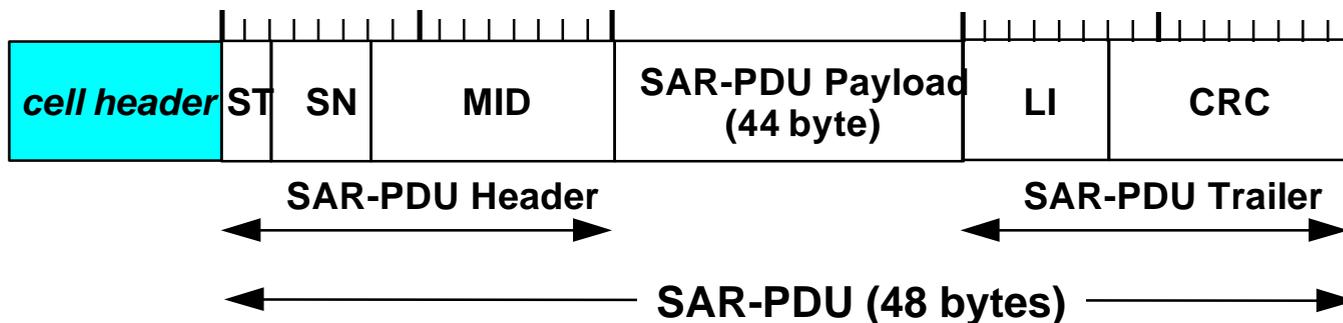
AAL tipo 3/4: sottolivelli



- SSCS = 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 (SSCS) specifica per ciascun tipo di servizio (es. SSCOP per la segnalazione)

AAL tipo 3/4: sottolivello SAR



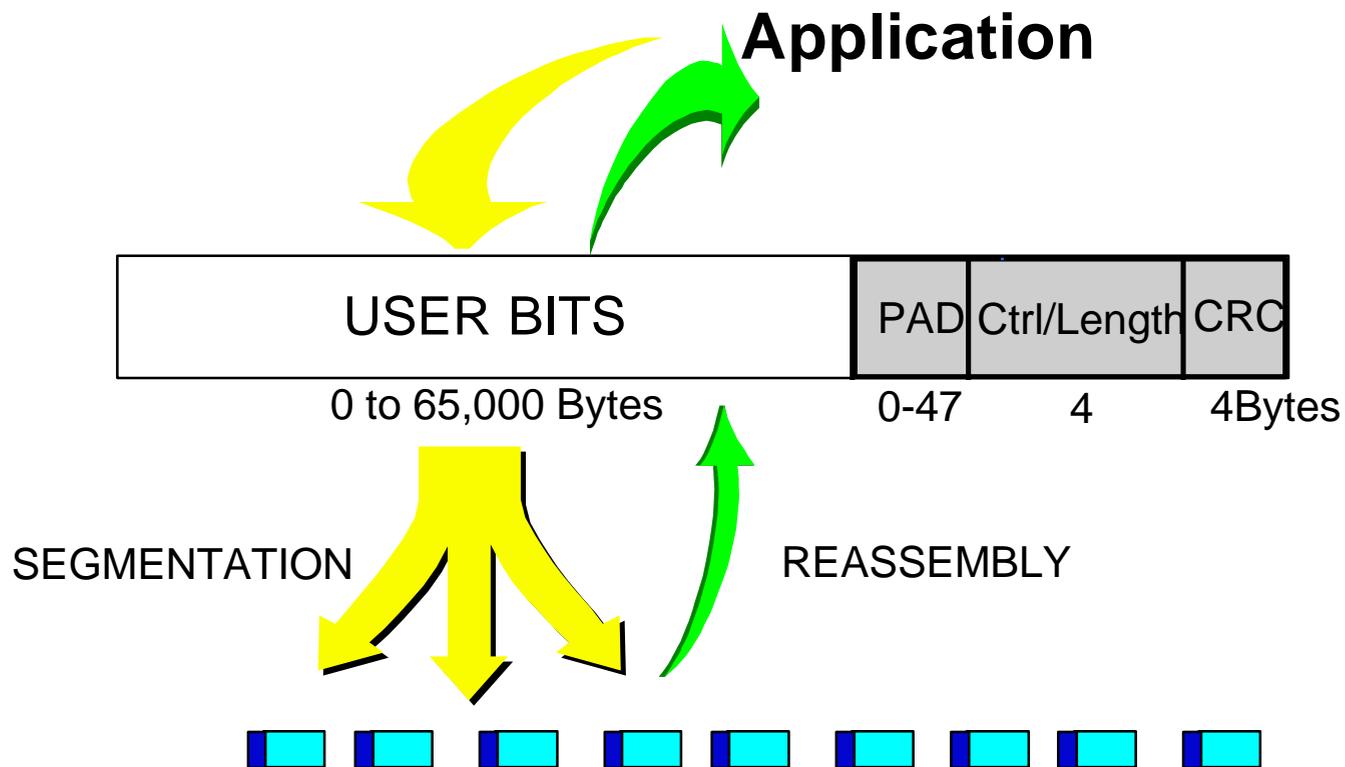
- ST = Segment Type (2 bits)**
- SN = Sequence Number (4 bits)**
- MID = Multiplexing Identification (10 bits)**
- LI = Length Indicator (6 bits)**
- CRC = Cyclic Redundancy Code (10 bits)**

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

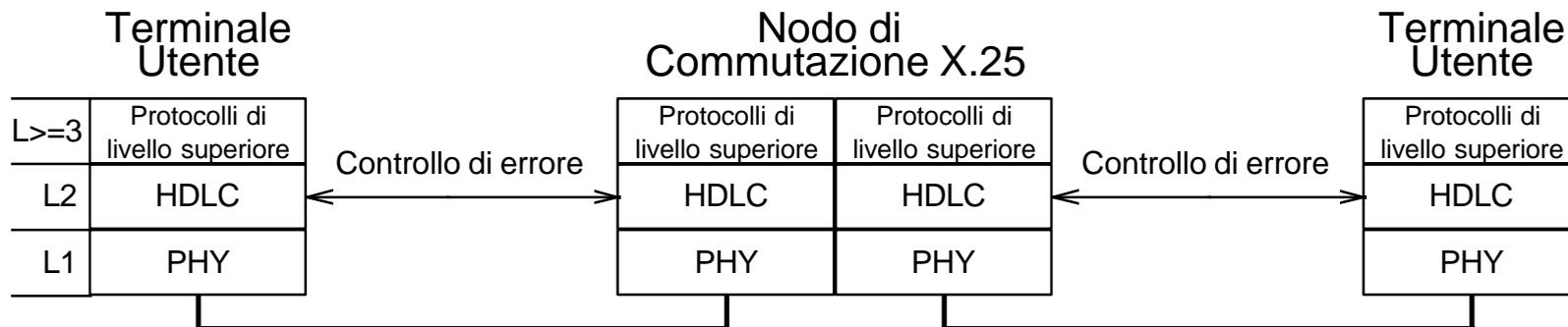
AAL 5

- 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

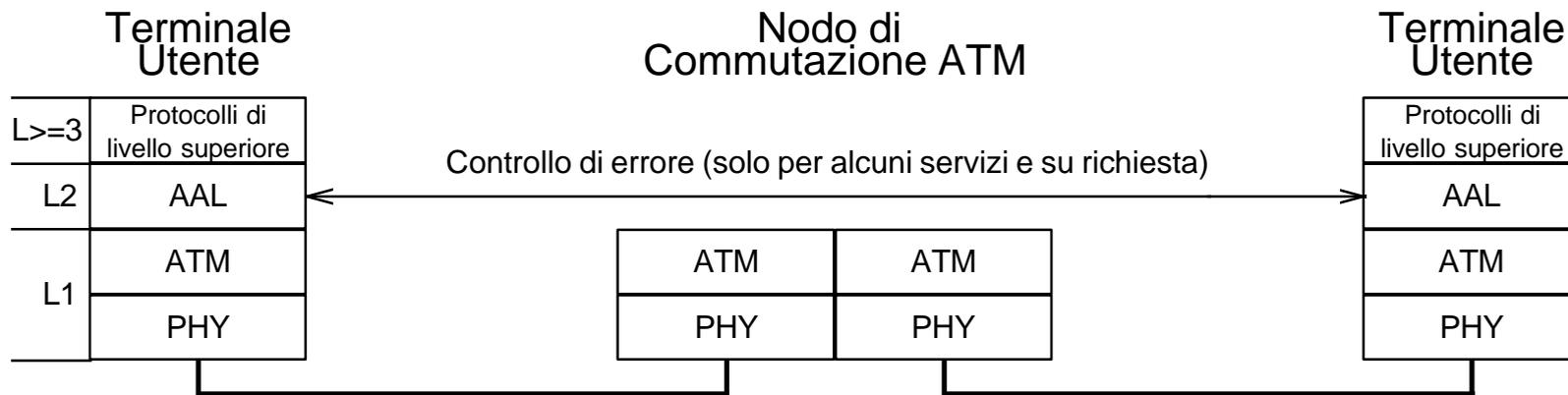
Esempio di AAL 5



Confronto X.25 - ATM



a: Rete a pacchetto X.25: Controllo di errore su ogni link interno alla rete



b: Rete ATM (B-ISDN): Controllo di errore end-to-end

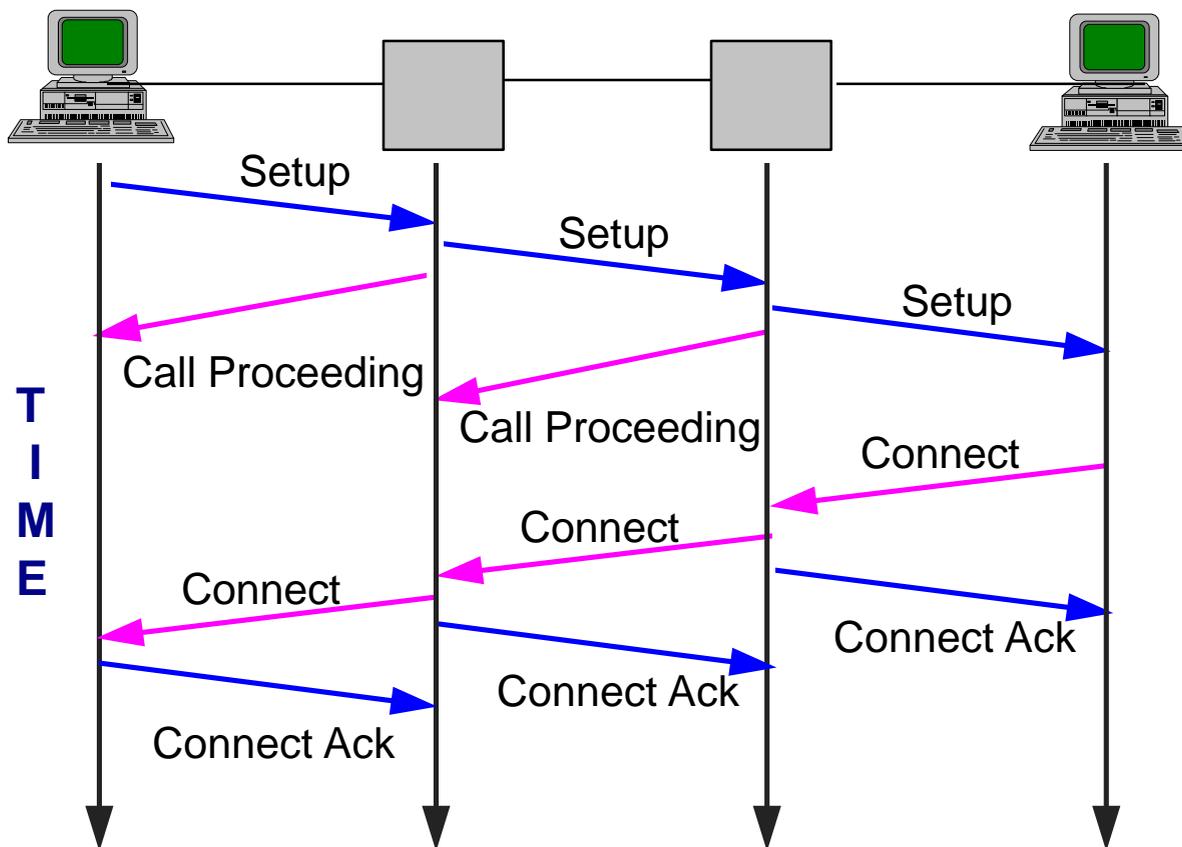
Segnalazione ATM

- **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.93B Signalling Protocol

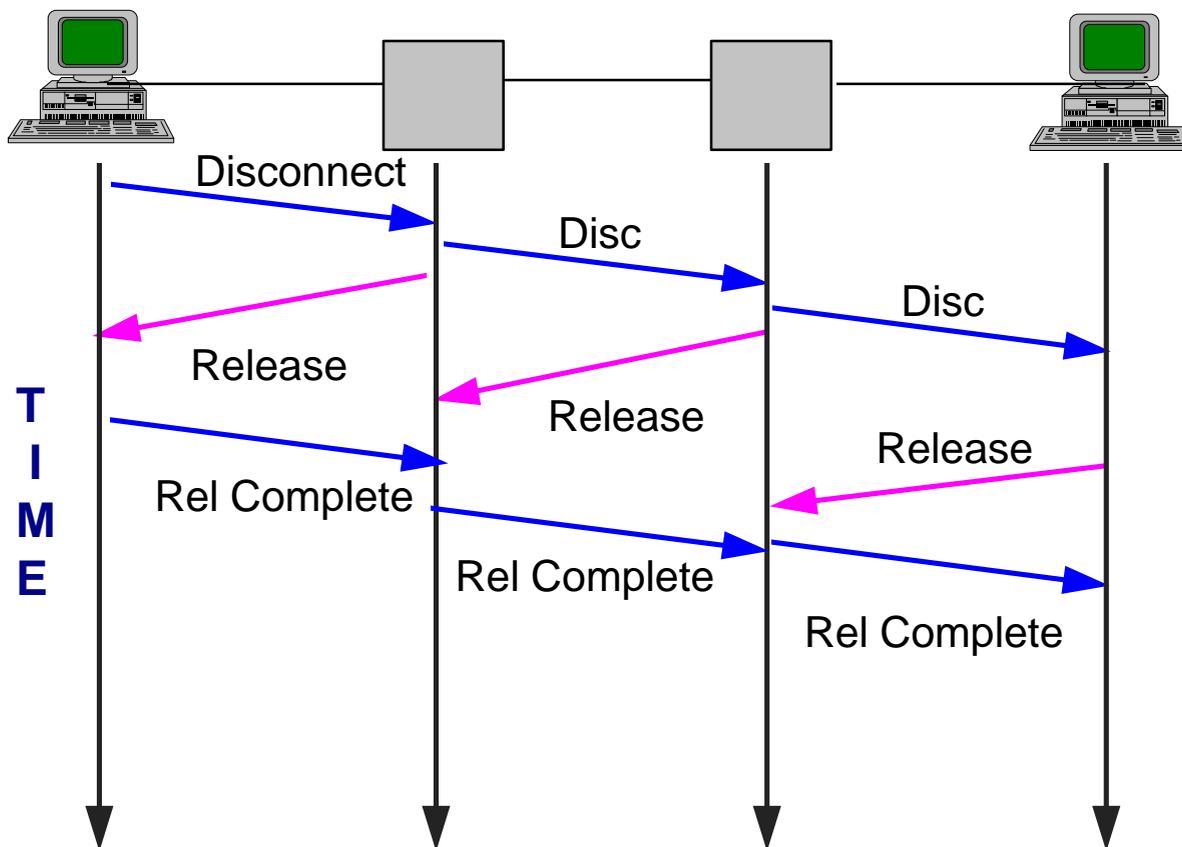
Protocolli di segnalazione UNI

- I protocolli di segnalazione UNI utilizzano :
 - VPI/VCI=05
 - AAL 5
 - Connessione Virtuale Bidirezionale

Procedura di Call Setup



Procedura di Call Clearing

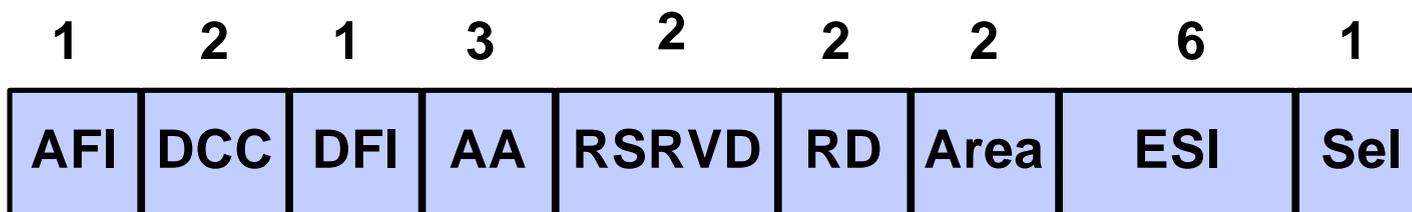


Indirizzo ATM

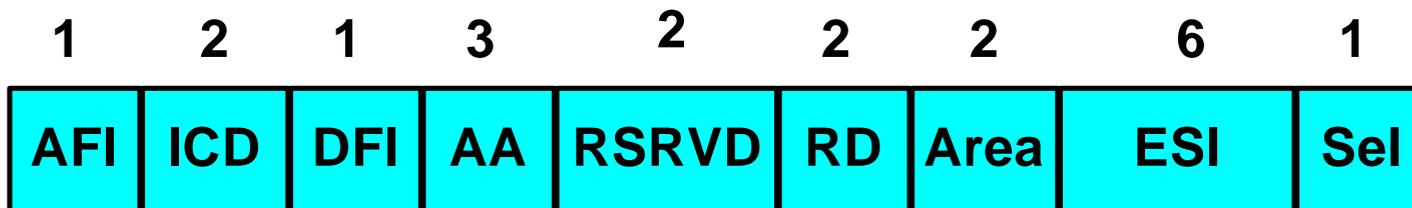
■ Reti private:

- Sempre 20 ottetti con formato simile a quello di OSI NSAP
- Tre possibili formati:
 - DCC (Data Country Code)
 - ICD (International Code Designator)
 - E.164 (ISDN numbers; 15 digits)

Formati DCC/ICD/E.164



DCC ATM Format



ICD ATM Format



E.164 ATM Format

Significato delle sigle

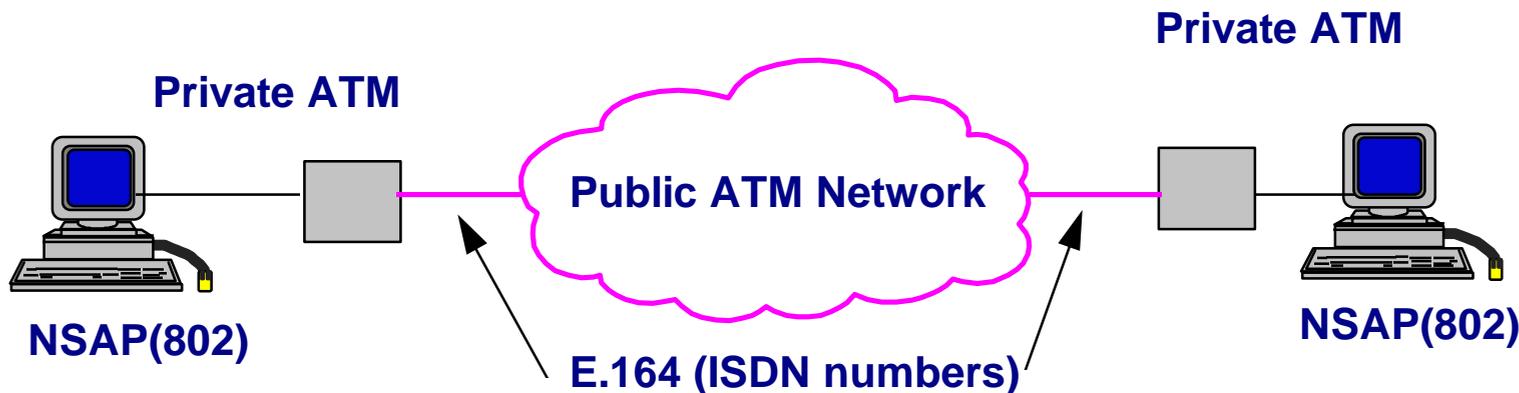
- DCC: Data Country Code (AFI=39)
- ICD: International Code Designator (AFI=47)
- E.164: numerazione ISDN (AFI=45)
- DFI: Domain specific part Format Identifier
- AA: Administrative Authority
- RSRVD: Reserved
- RD: Routing Domain
- ESI: End System Identifier (indirizzo MAC)
- Sel: Selector (ignorato da ATM)

Indirizzo ATM

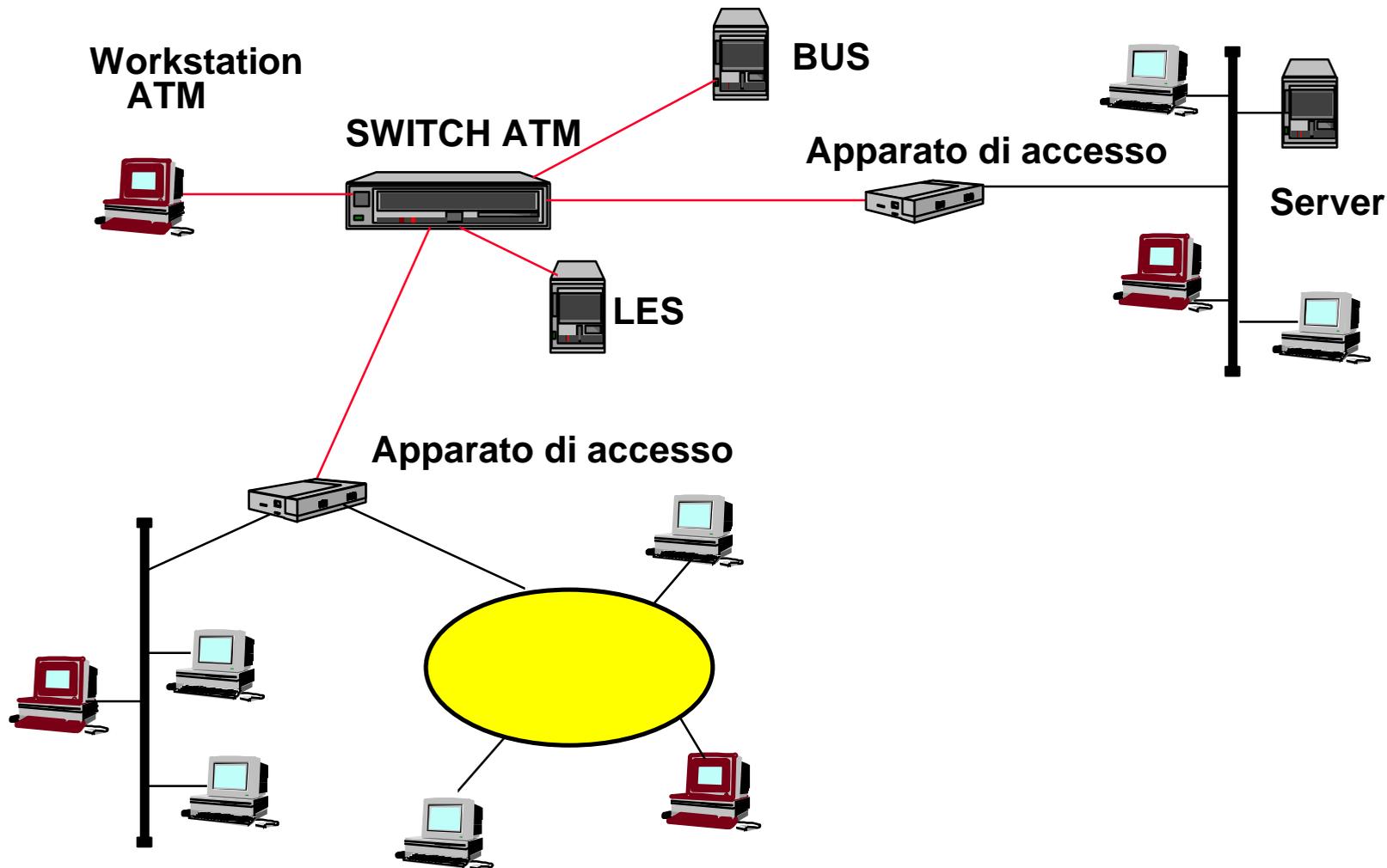
■ Reti Pubbliche:

■ Utilizzano uno dei seguenti indirizzamenti:

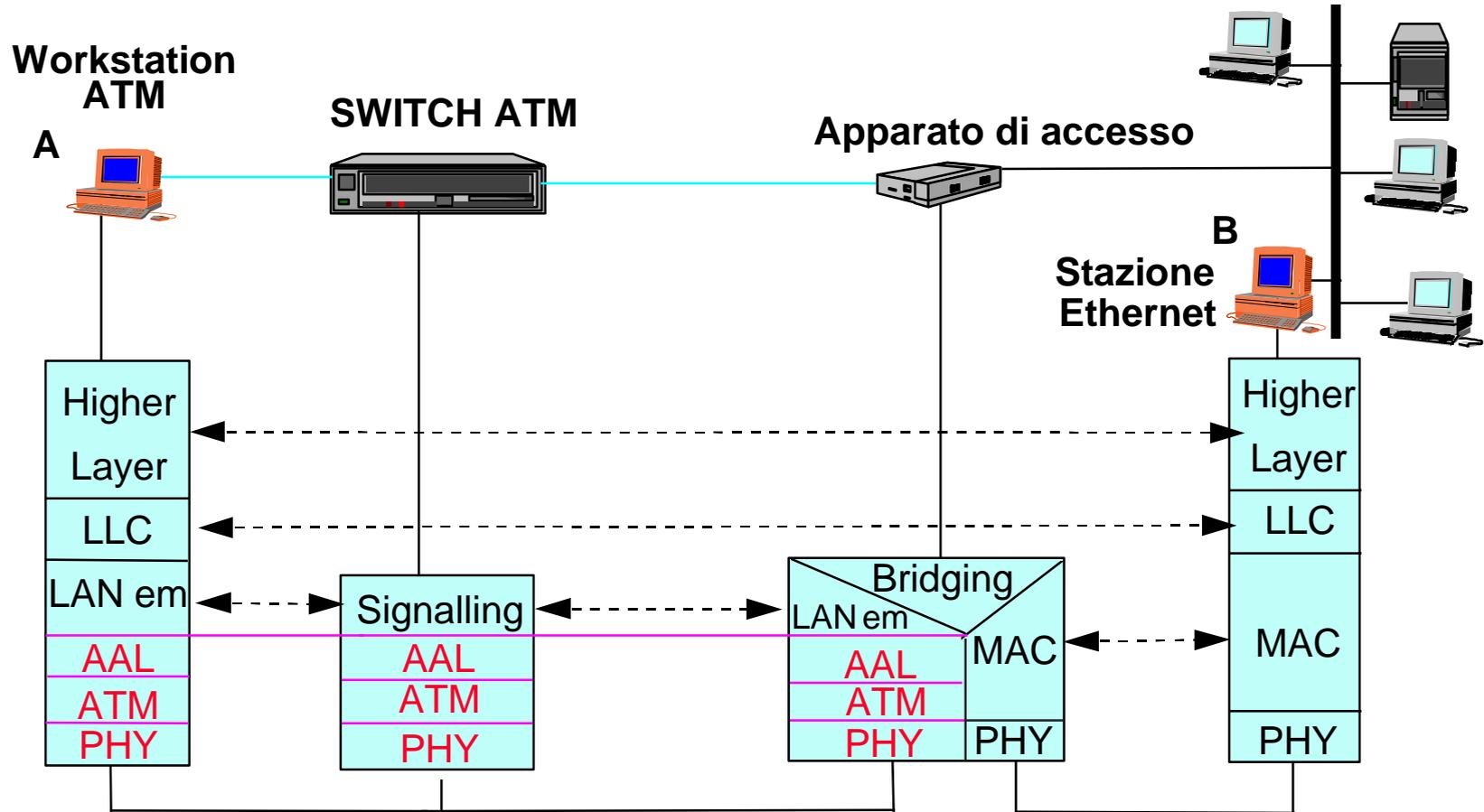
- Indirizzo E.164
- Indirizzo ATM privato
- Entrambi



ATM LAN Emulation



ATM LAN Emulation

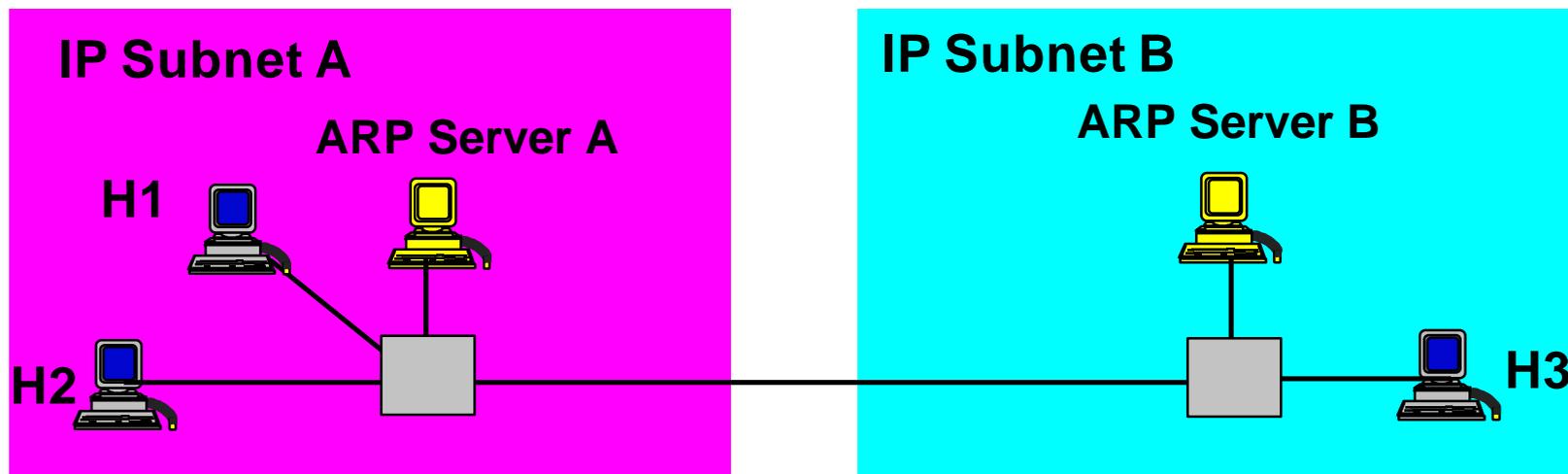


Gli apparati di accesso operano come bridge

IP over ATM

■ H1 vuole comunicare con H2

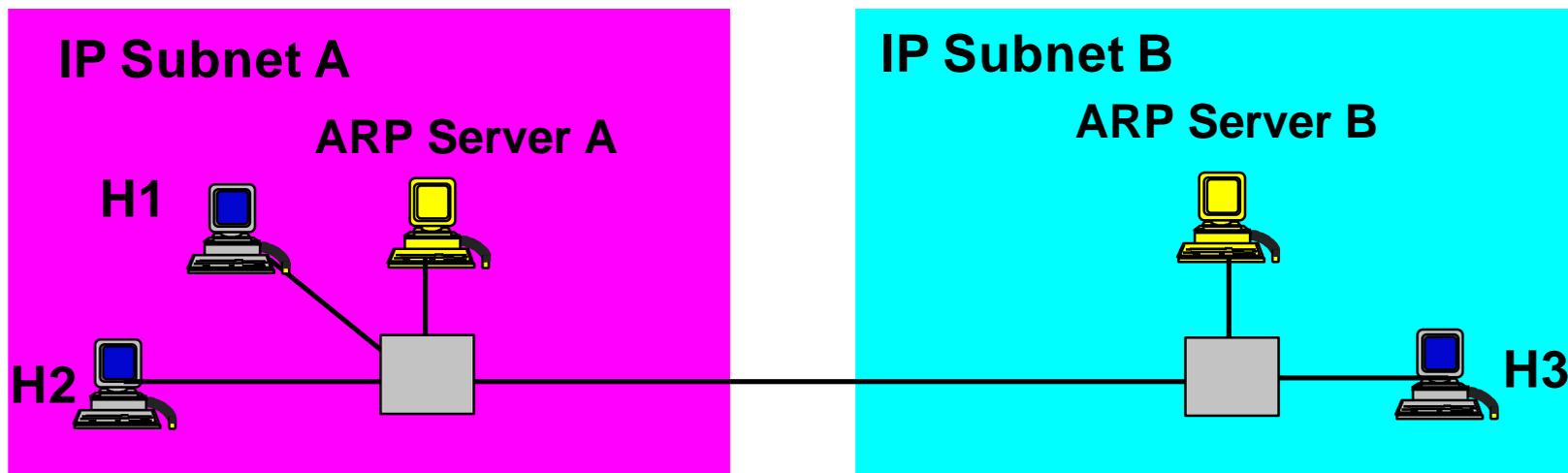
- In fase iniziale H1 impara l'indirizzo di A
- H1 invia un ARP-Request ad A con H2-IP
- A invia un ARP-Response con l'indirizzo H2-ATM
- H1 richiede alla rete ATM la connessione con H2



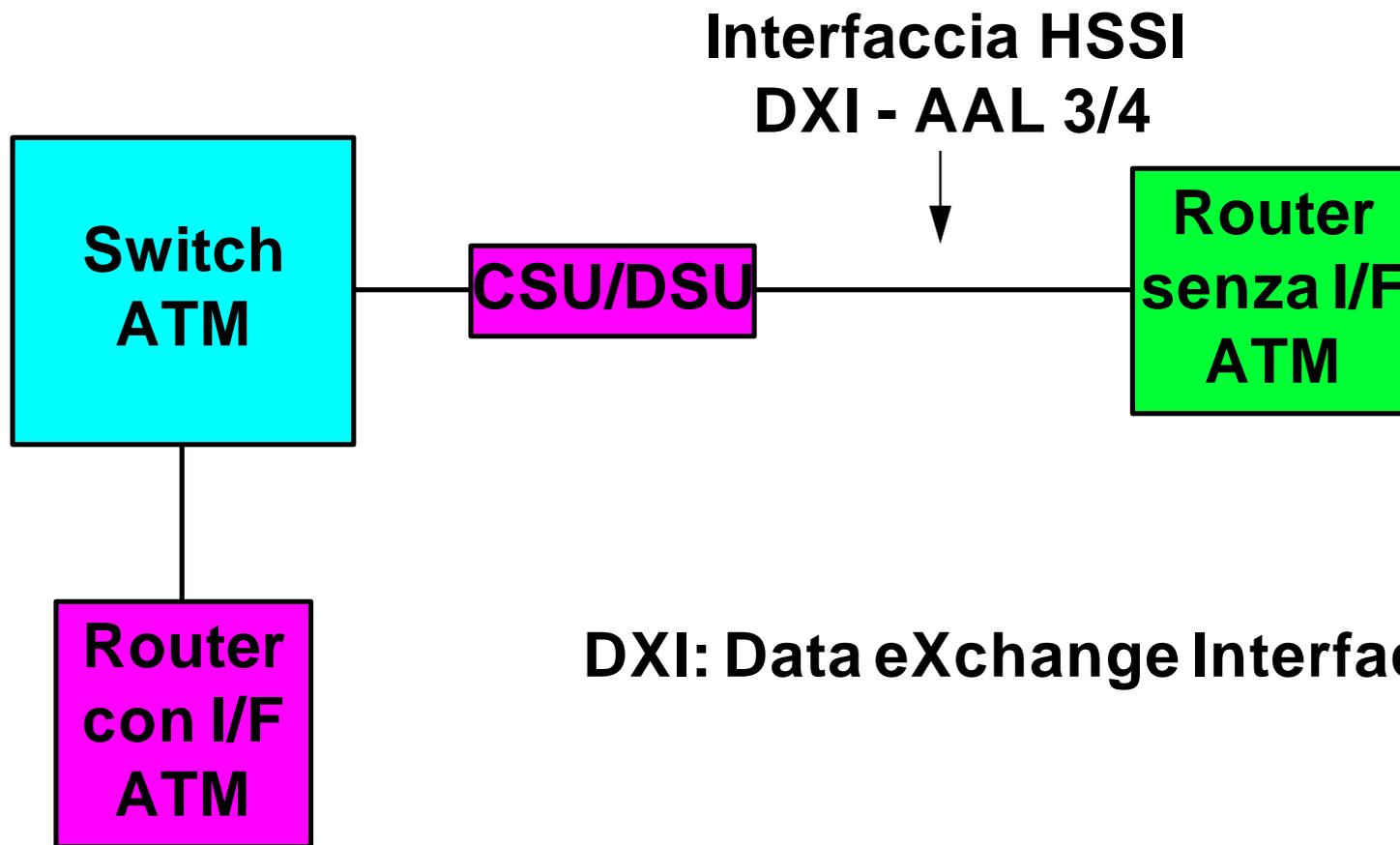
IP over ATM

■ H1 vuole comunicare con H3

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



ATM nativo e non



Classificazione degli Switch ATM

	Desk	Local	WAN	Carrier
# porte	4-16	16-256	8-64	16-1024
costo/porta	\$300	\$1.000	\$3.000	\$8.000
link speed	150 Mbps	150 Mbps	150 Mbps	600 Mbps
throughput	2Gbs	1-4Gbs	2-10Gbs	2-100Gbs
mezzi	TP, MMF	MMF	E.1 - E.3	SDH
cong. ctrl.	Assente	Reattivo	Proattivo	Dichiarativo

Conclusioni

- Protocollo scalabile: da 25 Mbps a 9.6 Gbps
- Tecnologia unificante applicabile per:
 - voce e dati
 - video e multimedialità
 - LAN e WAN
 - Pubblico e privato