

# ***La rete B-ISDN e ATM***

**Prof. S. Marano  
Università della Calabria**



# ***ATM: il Modo di Trasferimento per la B-ISDN***

**Cos'è un modo di trasferimento ?**

- **Multiplicazione**
- **Commutazione**
- **Architettura protocollare**

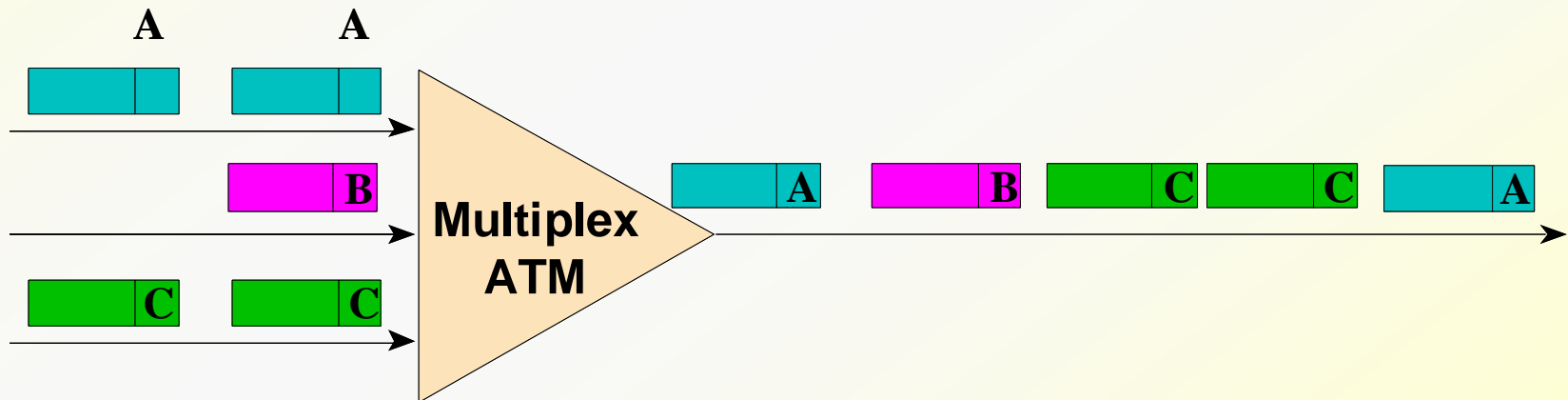


# ***ATM: moltipolazione***

## ➤ ***Moltipolazione statistica***

### ➤ **Moltipolazione asincrona**

- ★ flussi informativi slottati in celle di lunghezza fissa (53 byte)
- ★ allocazione di banda dinamica





# ***Multiplazione statistica***

- il traffico sovente è di tipo impulsivo (*bursty*): la velocità media (*average rate*) è inferiore alla velocità di picco (*peak rate*)
- si ha multiplazione statistica se **la capacità di un canale d'uscita è inferiore alla somma delle velocità di picco entranti**
- rischio di congestione e perdita di celle



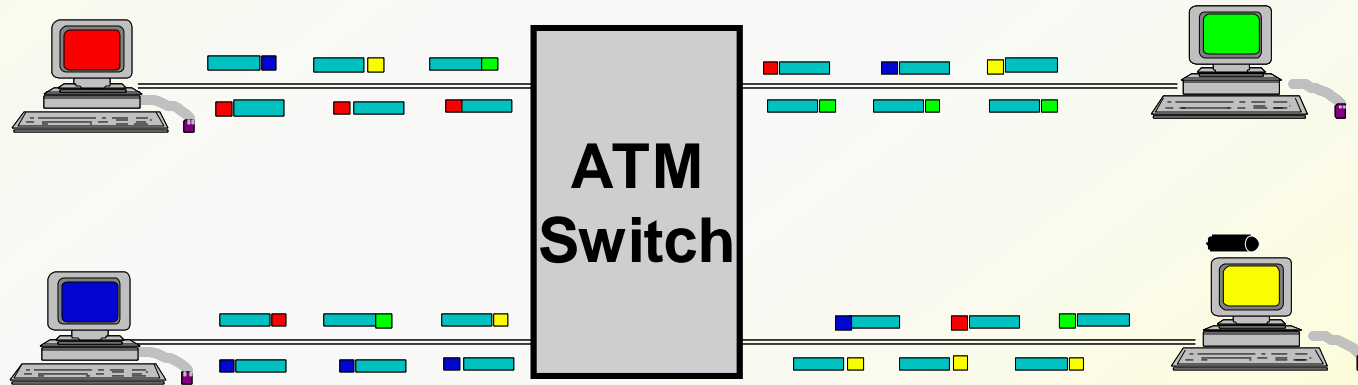
# ***ATM: commutazione***

## ➤ **Commutazione ATM**

### ➤ **Commutazione con connessione (circuitto virtuale)**

★ **identificatore della connessione nell'etichetta della cella**

★ **attraversamento eseguito in hardware**

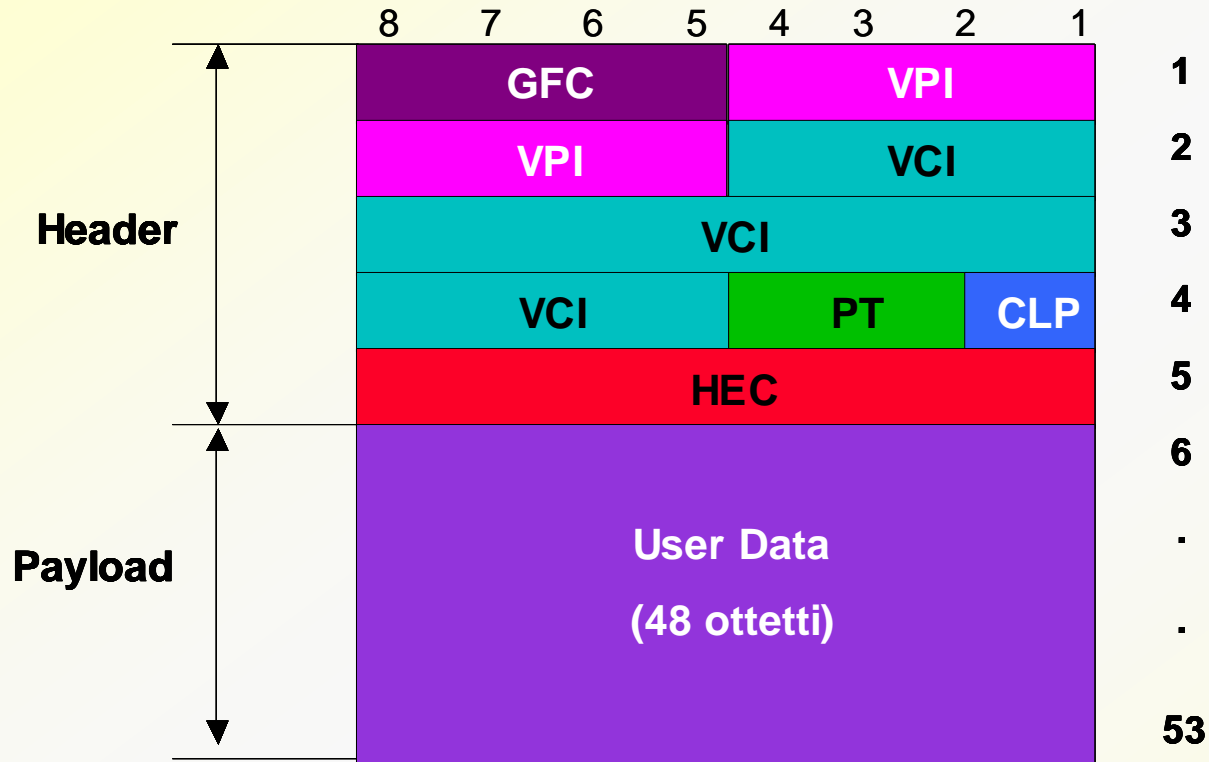


<b>5</b>	<b>48</b>
----------	-----------

**Cella = 53 Ottetti**



# ***ATM Struttura delle Celle UNI***



**GFC:** Generic Flow Control

**VCI:** Virtual Channel Identifier

**CLP:** Cell Loss Priority

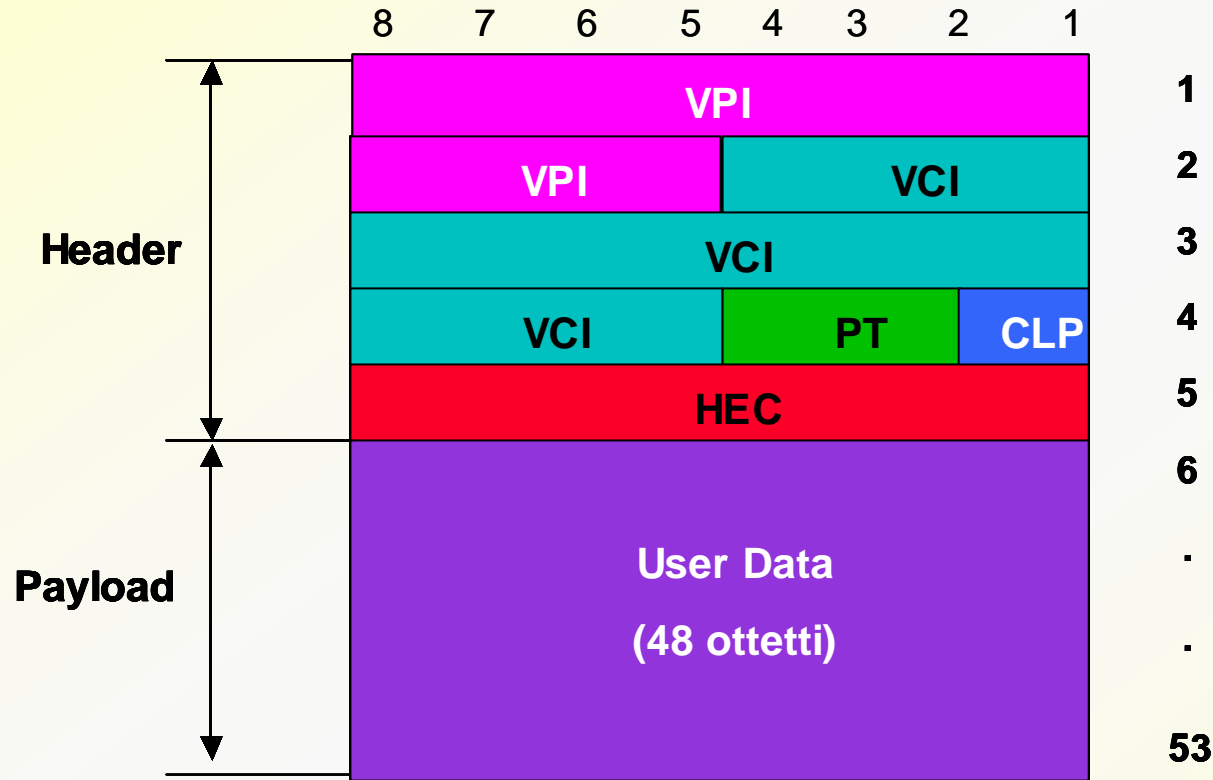
**VPI:** Virtual Path Identifier

**PT:** Payload Type

**HEC:** Header Error Check



# ***ATM Struttura delle Celle NNI***



**VCI:** Virtual Channel Identifier

**CLP:** Cell Loss Priority

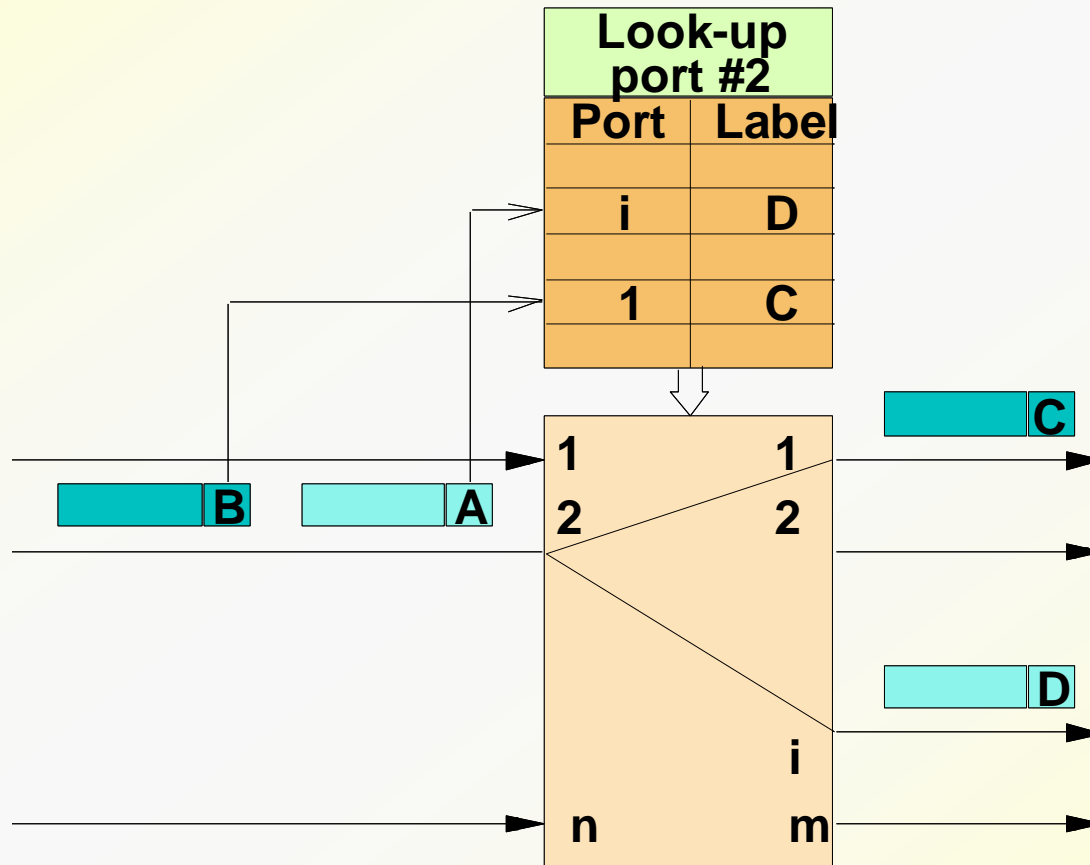
**VPI:** Virtual Path Identifier

**PT:** Payload Type

**HEC:** Header Error Check



# ***VCI/VPI: tabelle di associazione***



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



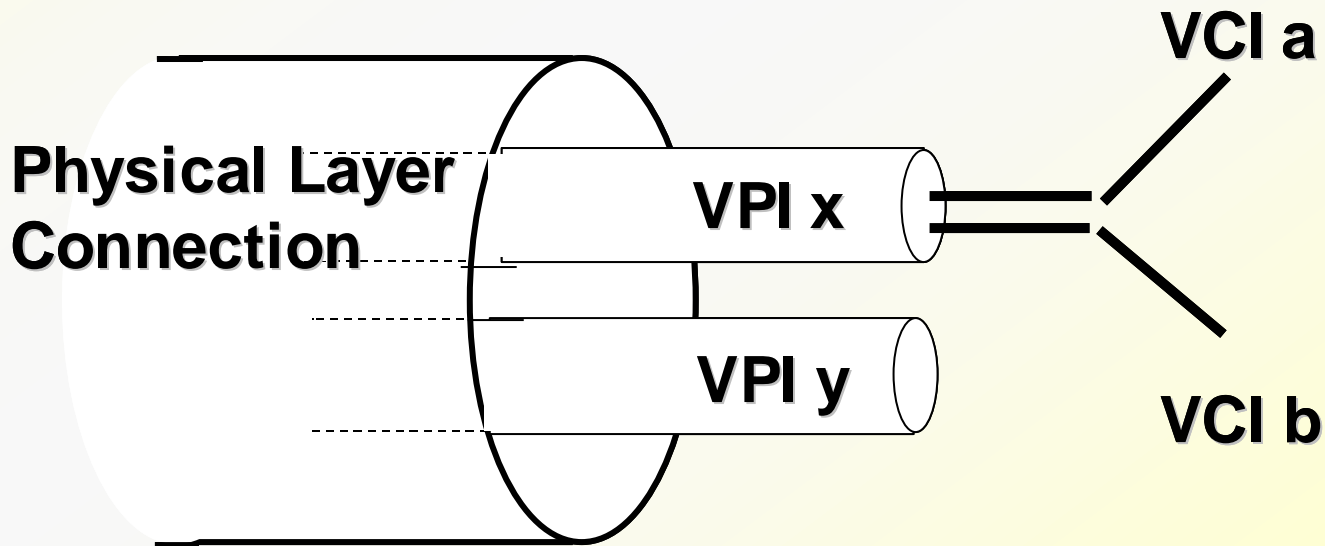
# ***Commutazione ATM***

- In ogni nodo l'**etichetta (VPI/VCI)** della cella in ingresso determina una nuova etichetta e il canale di uscita
- Commutazione di spazio, tempo ed etichetta
- L'etichetta (identificativo di connessione) ha significato locale



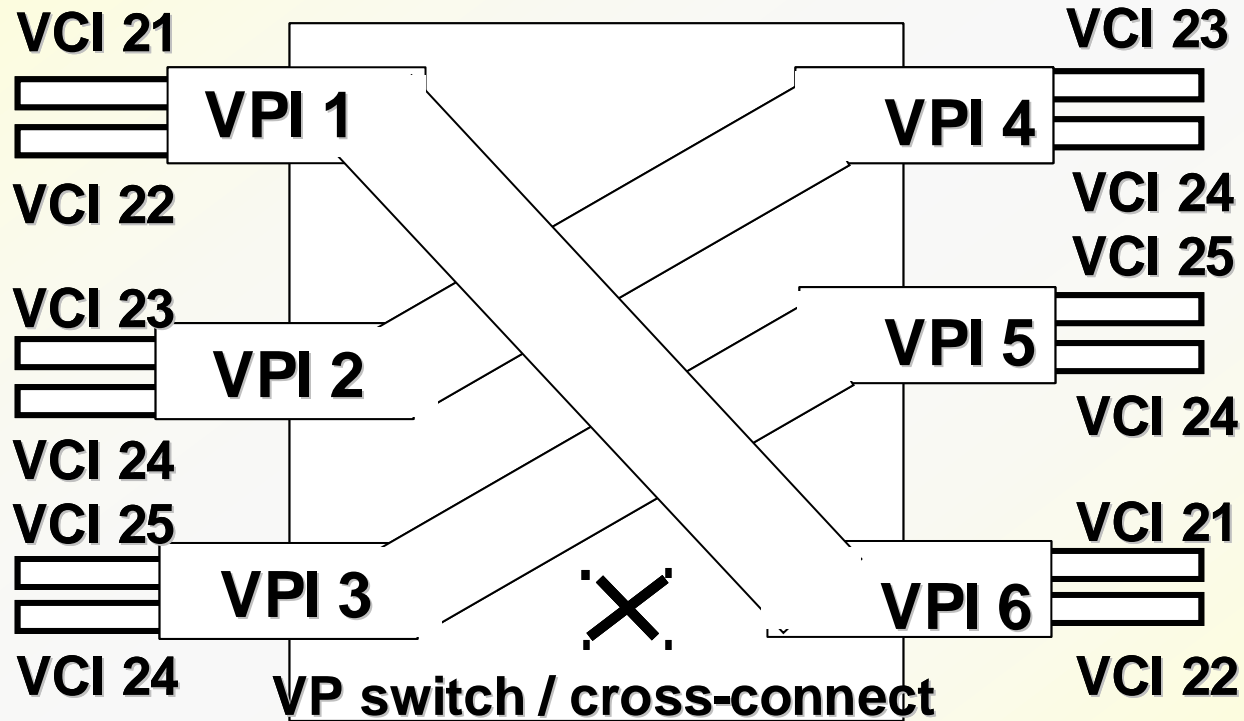
# ***Circuiti e cammini virtuali***

- **Circuito virtuale (VCI)** è associato a un canale di comunicazione
- **Cammino virtuale (VPI)** è associato a un gruppo di VC
- L'instradamento può usare l'uno o l'altro o la combinazione dei due





# ***Instradamento a livello VP***





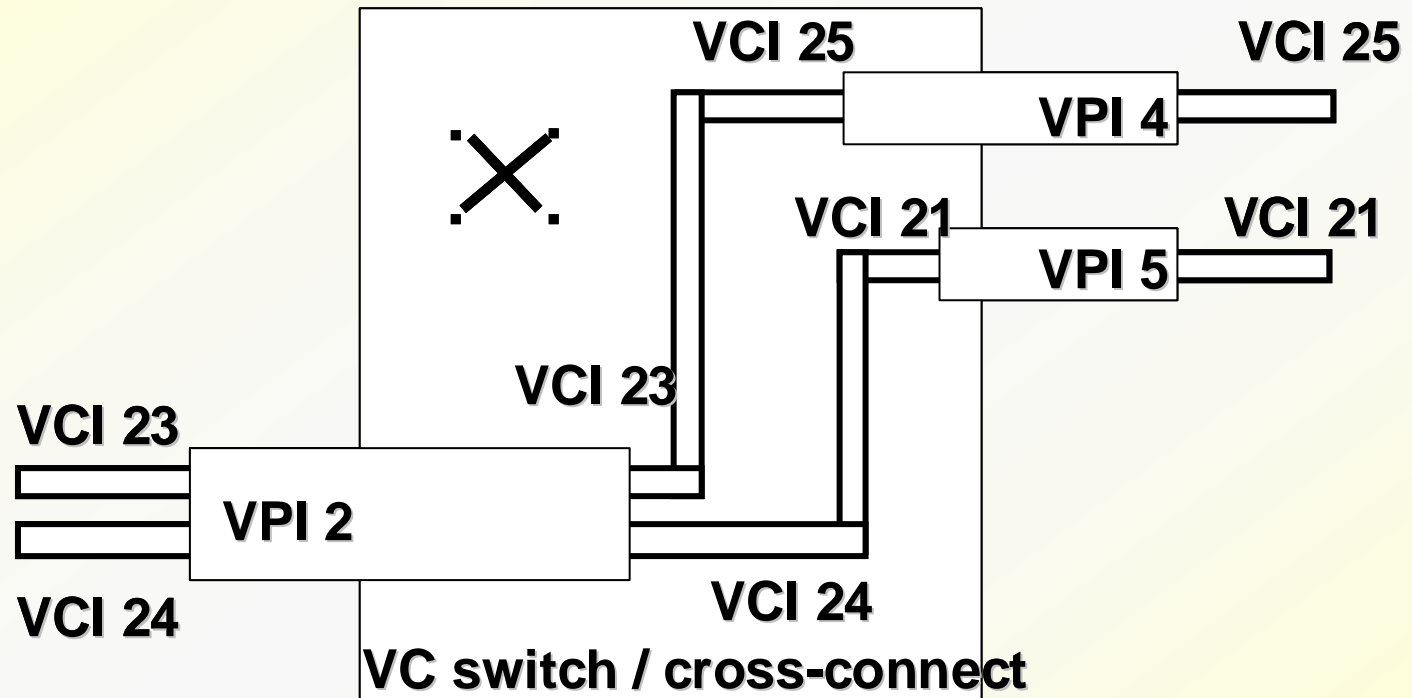
# ***Circuiti e cammini virtuali***

## **Esempio di instradamento basato su VP**

- **un cammino virtuale (VPI) è utile quando più chiamate sono originate nello stesso punto di accesso alla rete e sono tutte dirette verso lo stesso punto di uscita**
- **ogni chiamata ha il suo VCI e le chiamate sono multiplaxate (e instradate) tutte insieme su un unico VP**



# ***Instradamento a livello VC***





# ***Circuiti e cammini virtuali***

## **Esempio di instradamento basato su VC**

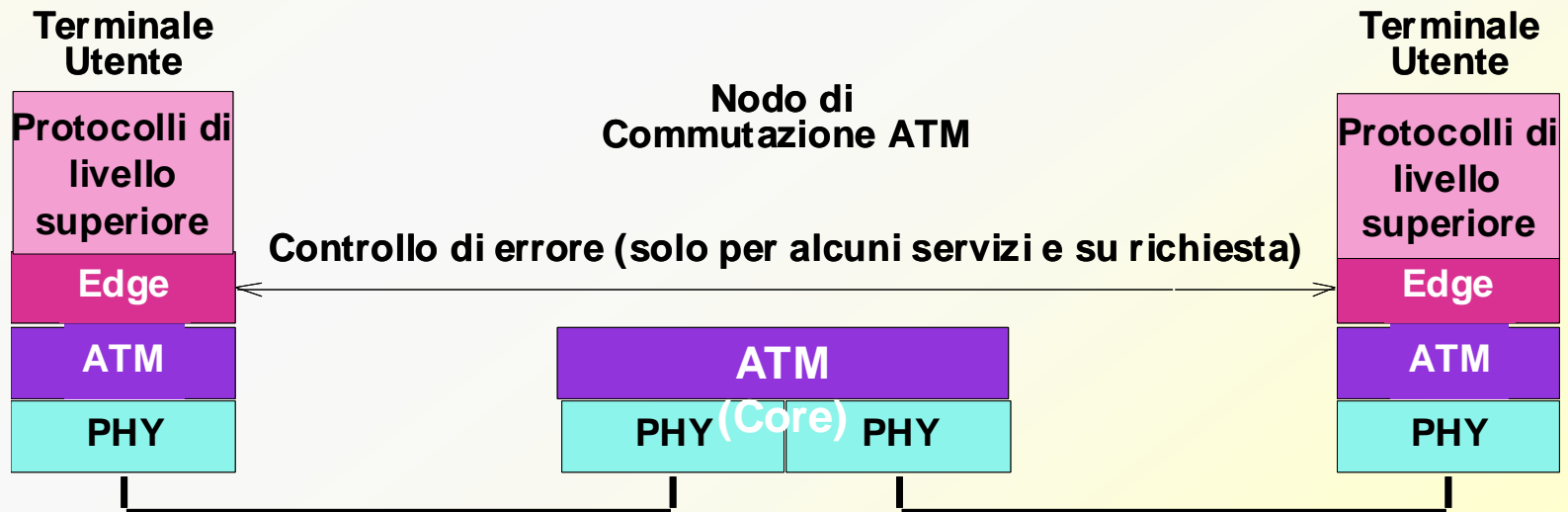
- ogni chiamata originata nello stesso punto di accesso alla rete è diretta verso una diversa destinazione
- ogni chiamata ha il suo VCI e viene instradata sulla base di questo
- il VPI ha significato locale ed è usato allo scopo di moltiplicare diverse chiamate



# ***ATM: protocolli***

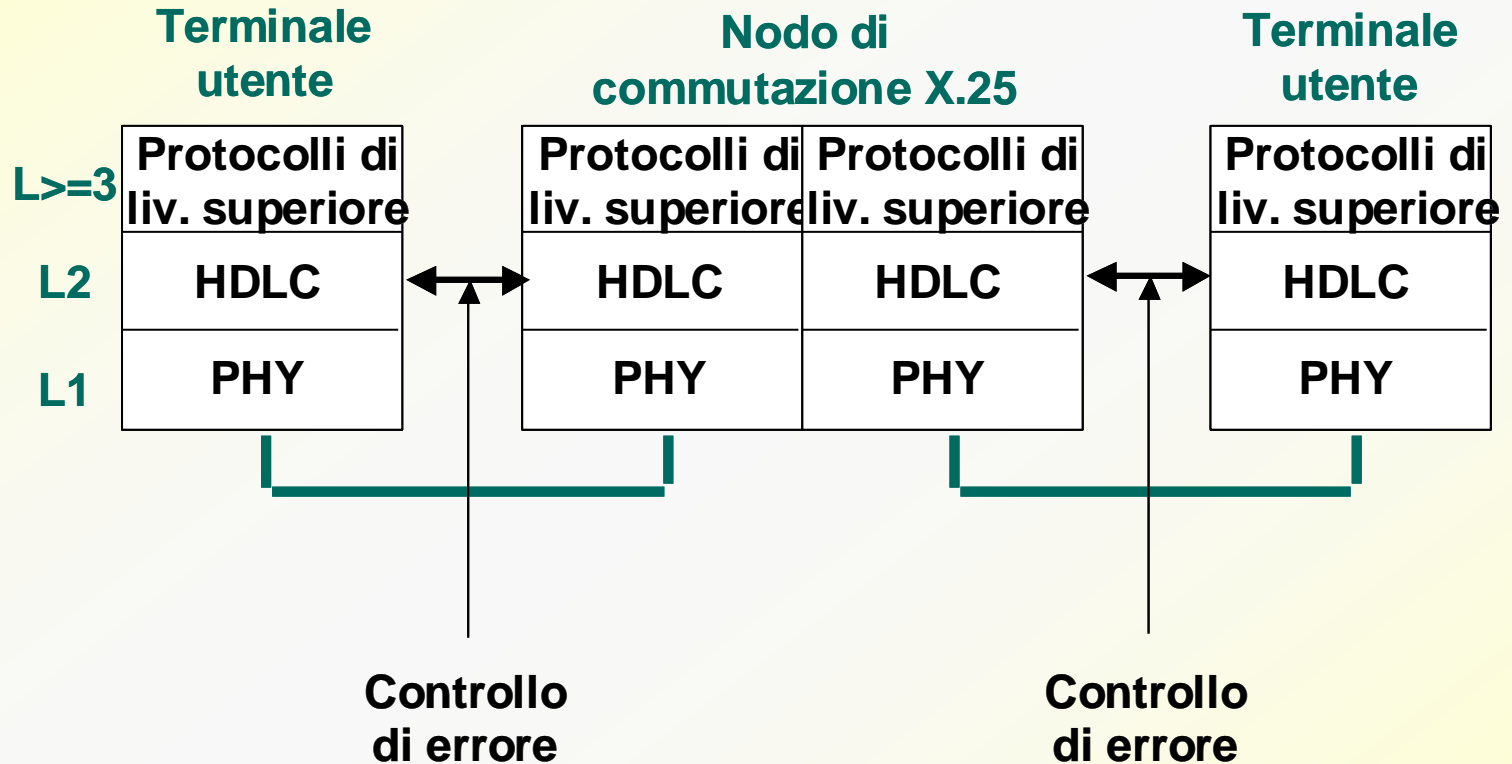
## **➤ Protocolli : principio del *Core and Edge***

- ★ 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 della rete



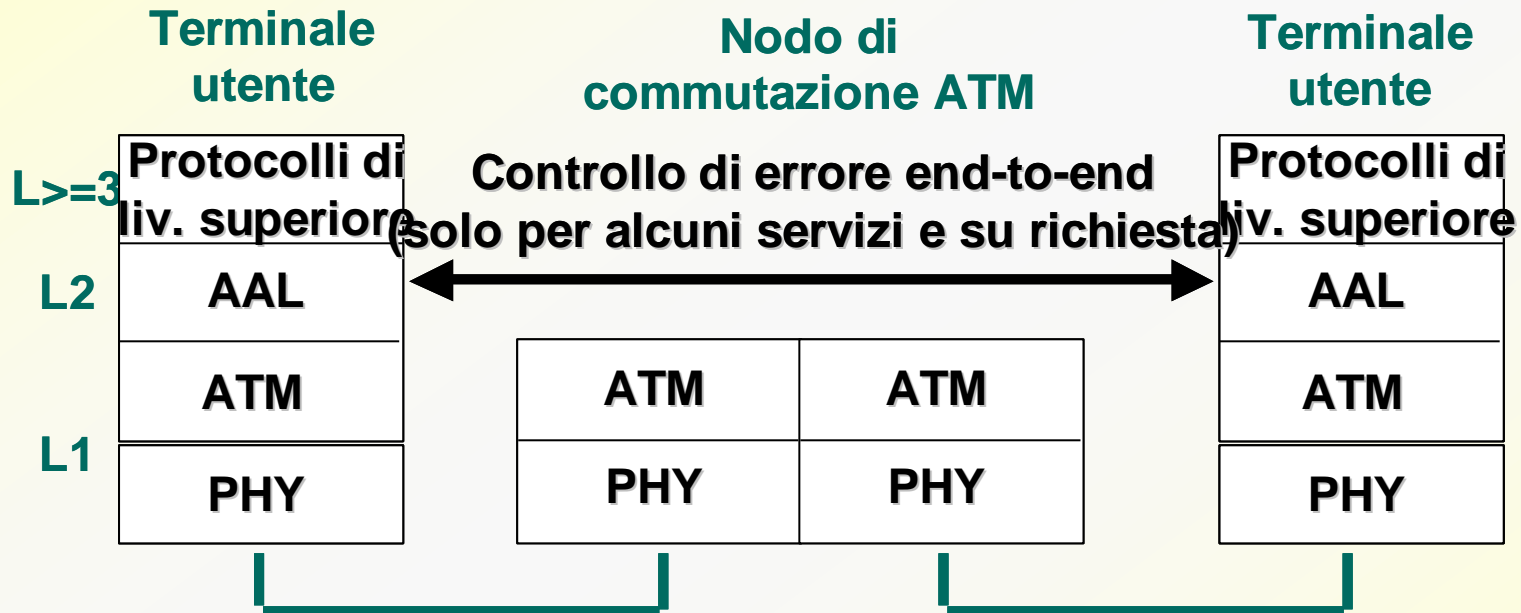


# ***Rete pubblica a pacchetto***



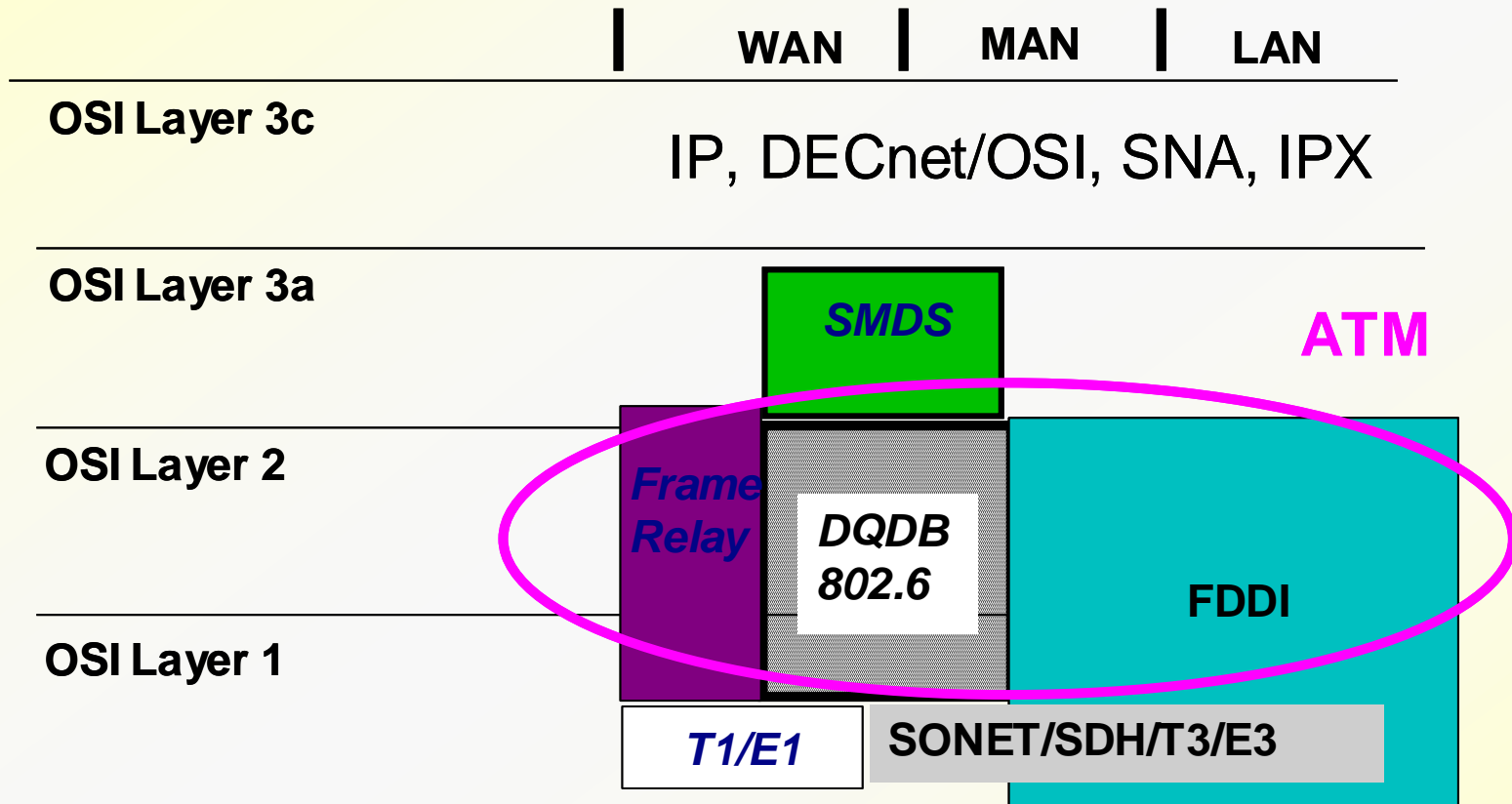


# ***Protocolli Core & Edge***





# ***Dove si colloca ATM***

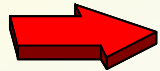




# ***Indice***

**La rete B-ISDN**

**Generalità su ATM**



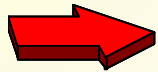
**Modello di riferimento e Protocolli**

**Tecniche di Switch ATM**

**Gestione del traffico**



# ***Modello di riferimento e Protocolli***



➤ **Organismi di standardizzazione e modello di riferimento**

➤ **Livello fisico**

➤ **Livello ATM**

➤ **Livello AAL**



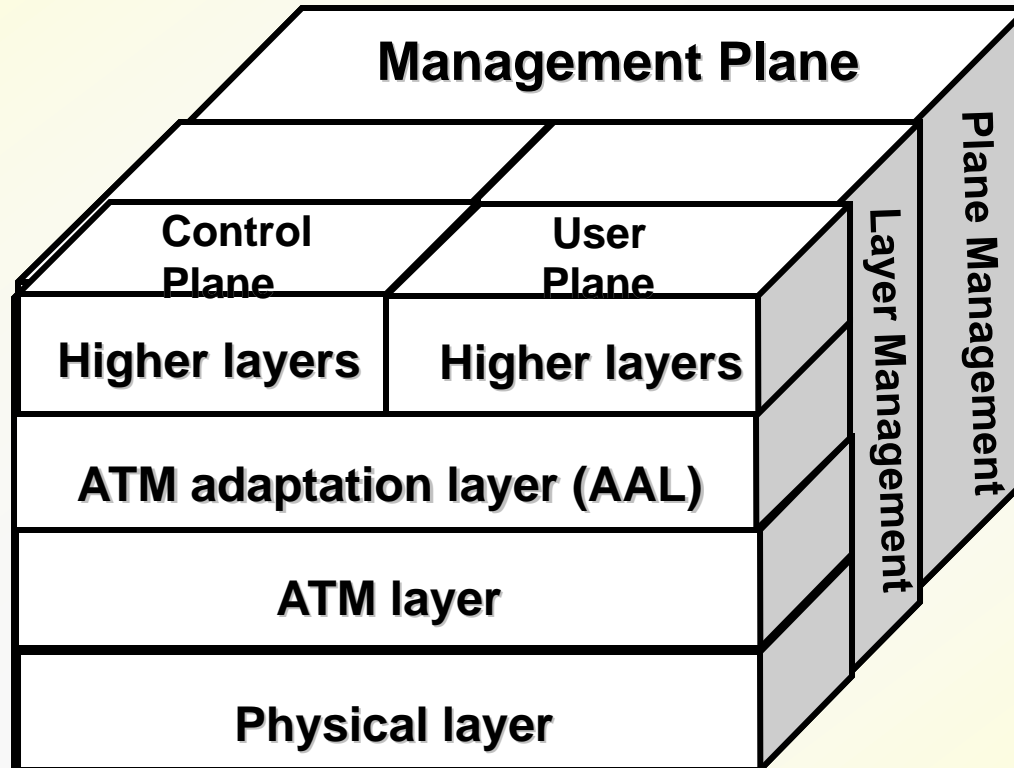
# ***ATM: organismi di standardizzazione***

- **ITU-T (International Telecommunication Union)**
- **ETSI (European Telecommunication Standards Institute)**
- **ATM-Forum**
  - **consorzio industriale senza fini di lucro finalizzato allo sviluppo di specifiche standard per l'interoperabilità tra apparati ATM**
  - **Fondato nel 1991 da quattro aziende, il Forum conta attualmente più di 370 membri**



# ***ATM***

## ***il modello di riferimento***





# ***ATM***

## ***il modello di riferimento***

**L'architettura di protocolli è suddivisa in tre piani**

- **User Plane**
- **Control Plane**
- **Management Plane** suddiviso in
  - ✓ **Layer Management Subplane**: gestisce i flussi informativi di OAM (Operation And Maintenance)
  - ✓ **Plane Management Subplane**: coordina i piani precedenti e effettua una supervisione del sistema



# ***ATM***

## ***il modello di riferimento***

**I due piani di controllo e utente sono suddivisi in tre livelli sui quali appoggiano i protocolli di livello superiore:**

- **Physical Layer**
- **ATM Layer**
- **ATM Adaptation Layer (AAL)**



# ***ATM***

## ***il modello di riferimento***

Convergence Sublayer	ATM Adaptation Layer	
Segmentation and Reassembly		
Cell Header Generation/Extraction	ATM Layer	
Cell VCI/VPI Translation		
Cell MUX/DEMUX		
Cell Rate Decoupling	Transmission Convergence	Physical Layer
HEC Generation/Verification		
Cell Delineation		
Transmission frame Generation		
Bit Timing	Physical Medium Dependent	
Bit TX/RX		



# ***ATM: il modello di riferimento***

Convergenza	CS	AAL
Segmentazione e Ricostruzione	SAR	
Generic Flow Control	ATM	
Generazione dell'intestazione delle celle		
Traslazione VPI/VC1		
Adattamento del tasso di generazione delle celle	TC	PH
Generazione e verifica del campo di controllo d'errore		
Delimitazione delle celle		
Inserimento delle celle nella trama in trasmissione		
Generazione delle trame		
Temporizzazione	PM	
Adattamento al mezzo trasmissivo		

*TC= Transmission Convergence*

*PM= Physical Medium Dependent*

*CS= Convergence Sub-layer*

*SAR= Segmentation and Reassembly*



# ***Indice***

## ➤ **Modello di riferimento e Protocolli**

**Organismi di standardizzazione e modello di riferimento**

 **Livello fisico**

**Livello ATM**

**Livello AAL**



# ***Funzioni di livello fisico***

CELL RATE DECOUPLING	TRANSMISSION CONVERGENCE	PHYSICAL LAYER
HEC GENERATION / VERIFICATION		
CELL DELINEATION		
TX FRAME GENERATION		
BIT TIMING	PHYSICAL MEDIUM DEPENDENT	
BIT TX / RX		



# ***Livello fisico***

**La normativa I.432 specifica che le celle ATM devono essere trasmesse usando tassi di trasmissione di 622.08 Mbps, 155.52 Mbps, 51.84 Mbps o 25.6Mbps**

**La struttura di trasmissione prevede per la UNI:**

- **un livello fisico su base cella (cell-based)**
  - **flusso continuo di celle**
- **un livello fisico su base trama (SDH-based)**
  - **inserimento delle celle nella trama**



# ***Livello fisico su trama SONET/SDH***

<b>OC level</b>	<b>STS level</b>	<b>SDH level</b>	<b>Mbit /s</b>
<b>OC - 1</b>	<b>STS - 1</b>		<b>51.84</b>
<b>OC - 3</b>	<b>STS - 3</b>	<b>STM - 1</b>	<b>155.52</b>
<b>OC - 12</b>	<b>STS - 12</b>	<b>STM - 4</b>	<b>622.08</b>
<b>OC - 24</b>	<b>STS - 24</b>	<b>STM - 8</b>	<b>1244.16</b>
<b>OC - 48</b>	<b>STS - 48</b>	<b>STM - 16</b>	<b>2488.32</b>
<b>OC - 192</b>	<b>STS - 192</b>	<b>STM - 64</b>	<b>9953.28</b>

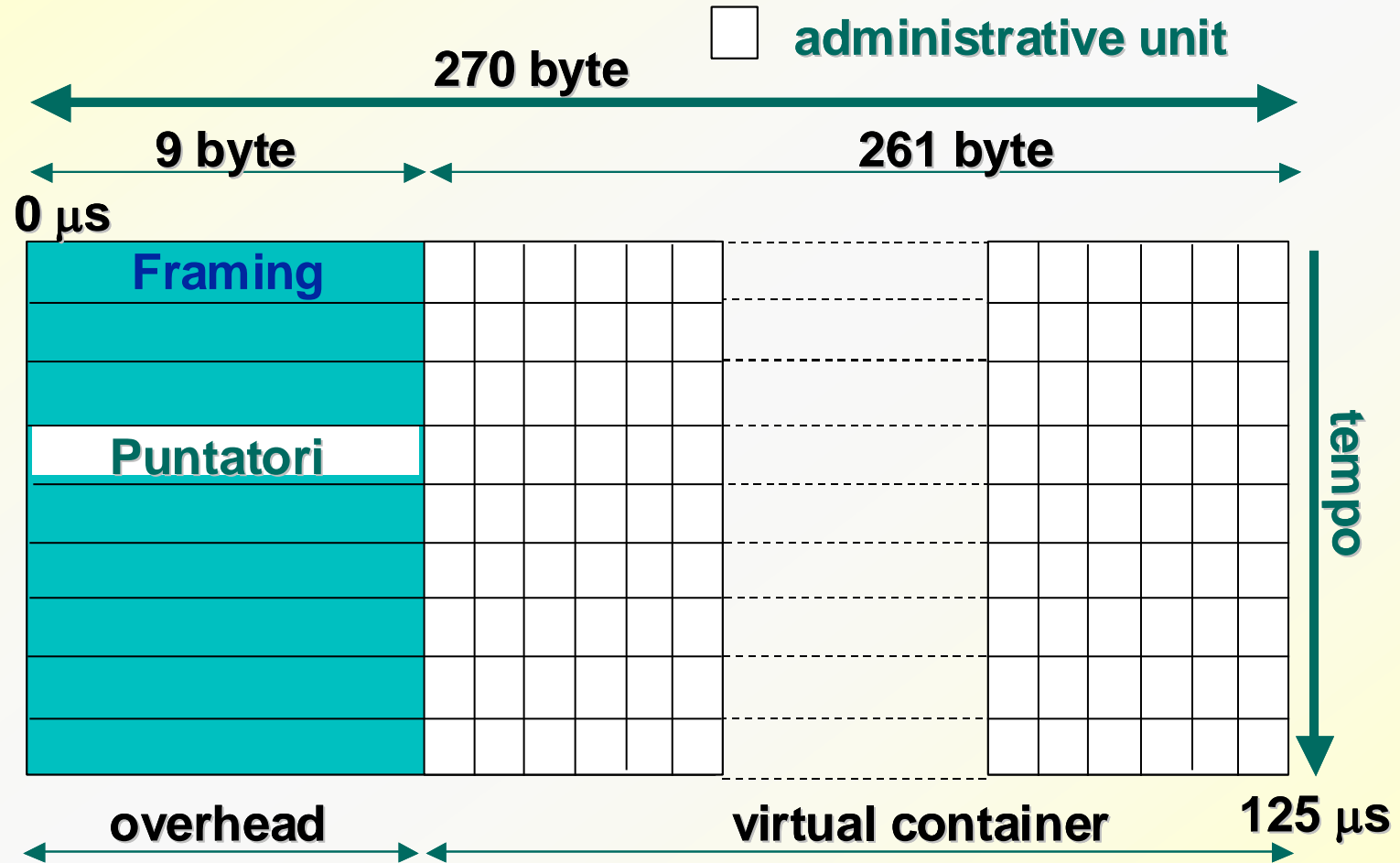


# ***Gerarchia sincrona SDH - SONET***

- **elemento base è la trama STM-1, con periodo di ripetizione 125  $\mu$ s**
- **la trama è costituita da 19440 bit, corrispondenti a una velocità di 155,520 Mbit/s**
- **l'informazione è organizzata in byte su 9 righe da 270 byte ciascuna**



# ***Gerarchia sincrona SDH - SONET***





# ***Gerarchia sincrona SDH***

- **le trame dei diversi canali possono giungere al moltiplicatore non allineate**
- **si utilizza un puntatore, inserito nella sezione di overhead, per indicare il posizionamento della trama all'interno della STM-1**



# ***Gerarchia sincrona SDH***

**l'overhead contiene le seguenti informazioni**

- **byte di inizio frame**
- **puntatori alla trama dei vari canali multiplati**
- **numero di canali trasportati da un frame per identificare i puntatori validi**
- **informazioni di OAM che permettono la supervisione e la manutenzione del sistema**
- **virtual container (VC)** è la sezione utile al trasporto dati ( $261 \times 9 = 2349$  byte)
- **administrative unit (AU)** è l'insieme di VC e dei relativi puntatori



# ***SONET / SDH***

## ➤ **Architettura del livello fisico SONET/SDH disponibile unicamente alla UNI v3.0/1**

<b>SONET STS-3c SDH STM-1 Physical Layer</b>	<b>Transmission Convergence Sublayer</b>	<b>B-ISDN Specific Functions</b>	<b>HEC Generation / Verification Cell Delineation Cell Mapping</b>
		<b>SONET/SDH Specific Functions</b>	<b>Path Signal Identification Pointer Processing Multiplexing/ Demultiplexing Transmission Frame Generation / Recovery</b>
	<b>Physical Media Dependent Sublayer</b>	<b>(Photonic)</b>	<b>Physical Medium Bit Timing LineCoding</b>



# ***SONET / SDH***

## ➤ **Physical Media Dependent Sublayer**

➤ **Comprende due sottolivelli PMD differenti:**

➤ **interfaccia ottica su fibra multimodale e monomodo**

➤ **interfaccia elettrica su doppino schermato (STP)**

➤ **Bit Timing:** 155.52 Mbps bit rate, 194.40 Mbps line rate

➤ **BER**  $10^{-10}$

➤ **codifica** 8B/10B



# ***SONET / SDH***

## ➤ **Transmission Convergence Sublayer**

### ↗ **SONET/SDH Specific Functions**

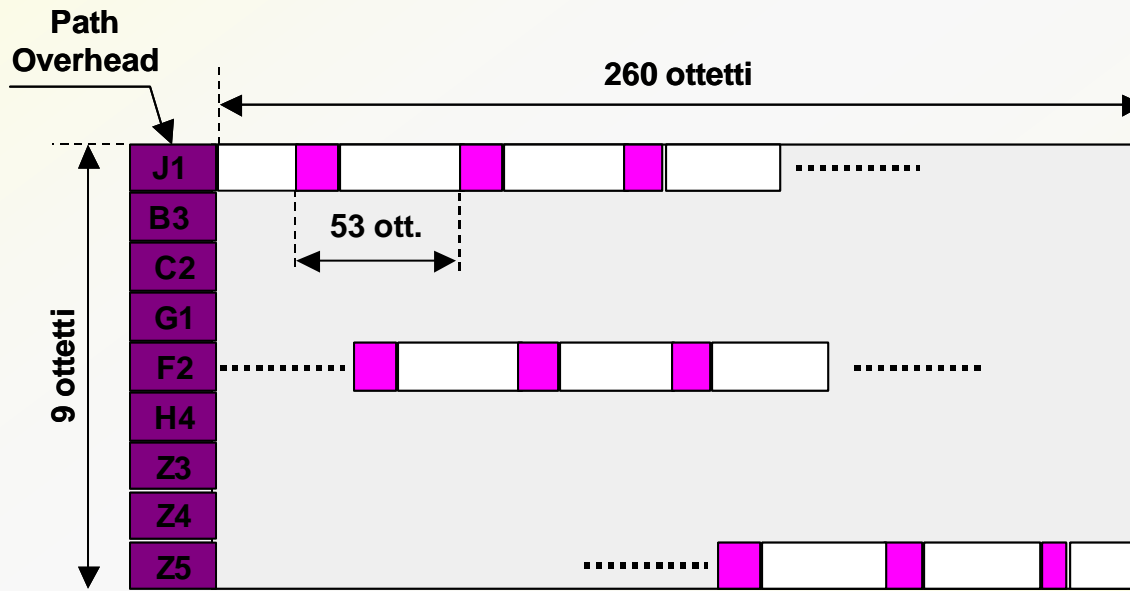
- ★ **Transmission Frame Generation / Recovery:**  
creazione della struttura del frame STS-3 / STM-1  
oppure estrazione dei contenuti dei vari campi in ricezione
- ★ **Multiplexing / Demultiplexing:** eventuale  
inserimento o estrazione di altri flussi numerici nel  
payload del frame
- ★ **Pointer processing / Frequency justification:**  
gestione dei puntatori e allineamento del payload  
all'interno del frame
- ★ **Path Signal Identification:** riconoscimento di un  
payload contenente celle ATM mediante il byte C2  
del path overhead



# Cell Mapping

➤ **B-ISDN Specific Functions:** funzioni necessarie per adattare i servizi offerti dal livello fisico SONET/SDH a quelli richiesti dal livello ATM

➤ **Cell Mapping:** inserimento delle celle ATM nel payload del frame STM-1 in trasmissione



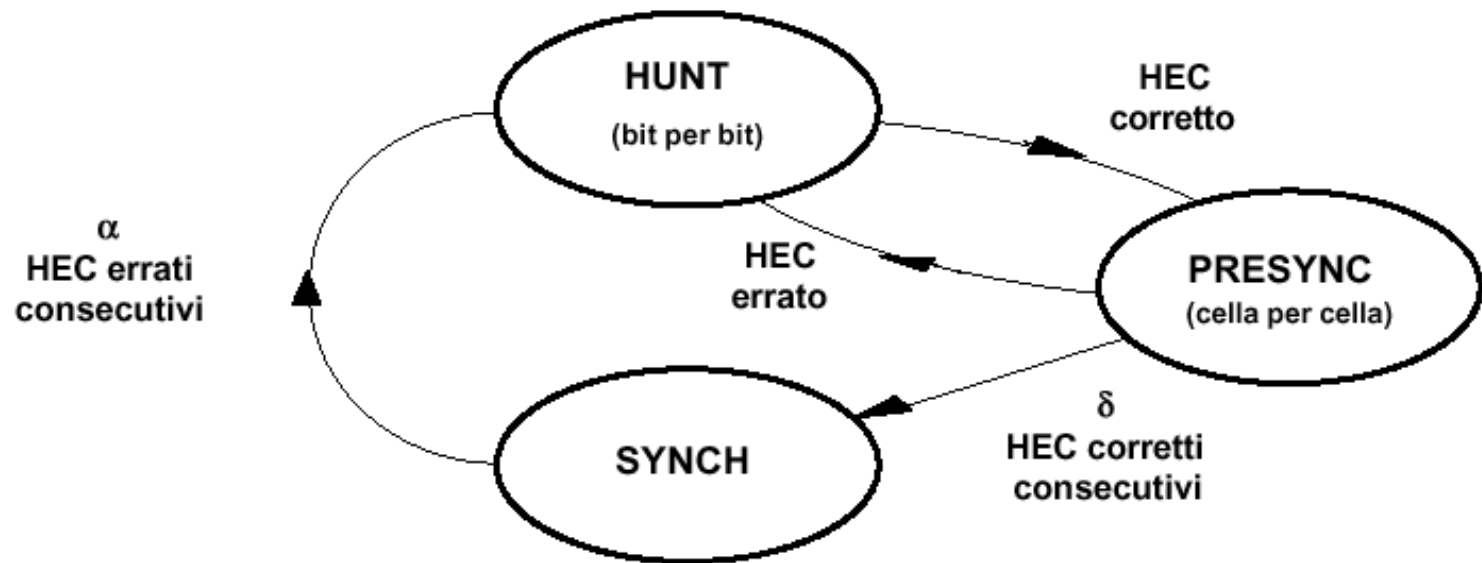
**Capacita' Netta:**

$$\frac{260 * 9 * 8 \text{ bit}}{125 \mu\text{s}} = 149.76 \text{ Mbps}$$



# Cell delineation

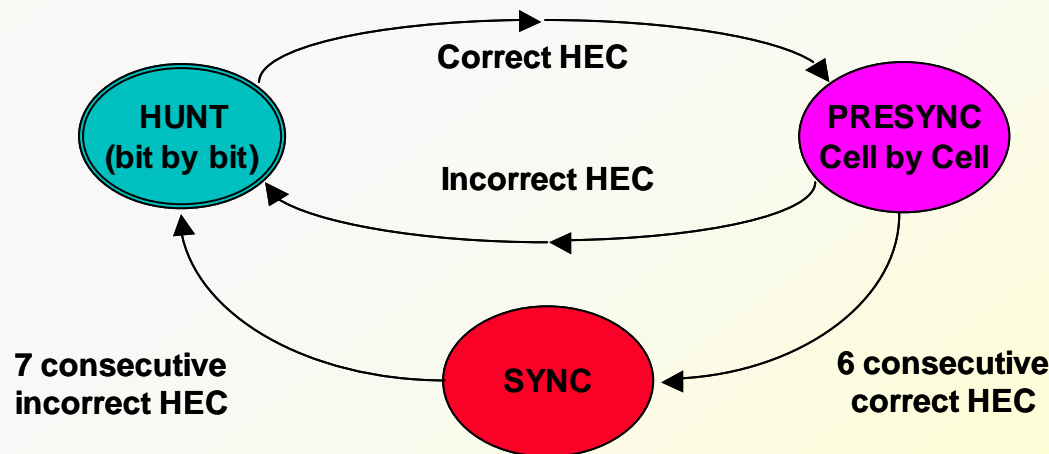
➤ **Cell Delineation:** identificazione dei confini delle celle all'interno del payload del frame STS-3 STM-1 in ricezione mediante analisi del campo HEC





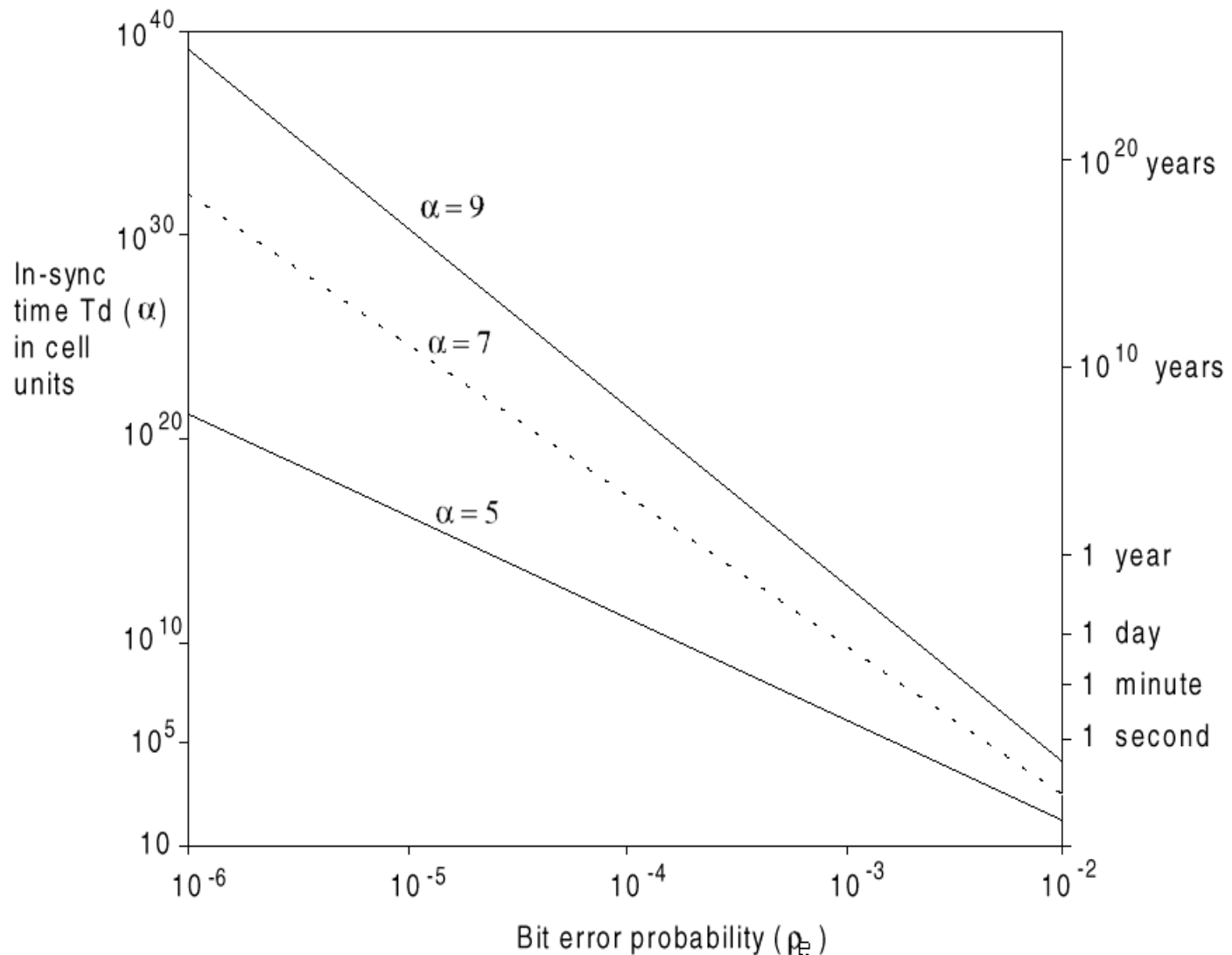
# Cell delineation

- ★ **HUNT** (stato iniziale). Il ricevitore sposta una "finestra di cella" bit per bit e calcola HEC
- ★ **PRESYNC**. La finestra si sposta di cella in cella fino a quando non sono stati rilevati  $\delta$  (6) HEC corretti consecutivi
- ★ **SYNC**. Struttura del payload identificata; HEC viene ora usato per il rilevamento degli errori. Il sincronismo e' perso quando si rilevano  $\alpha$  (7) HEC errati consecutivi.





# ***Impatto del bit error sulle prestazioni dell'identificazione dei confini della cella***



**Figure A.1: In-sync time vs. bit error probability ( $T_d(\alpha)$  versus  $p_e$ )**



# ***Impatto del bit error sulle prestazioni dell'identificazione dei confini della cella***

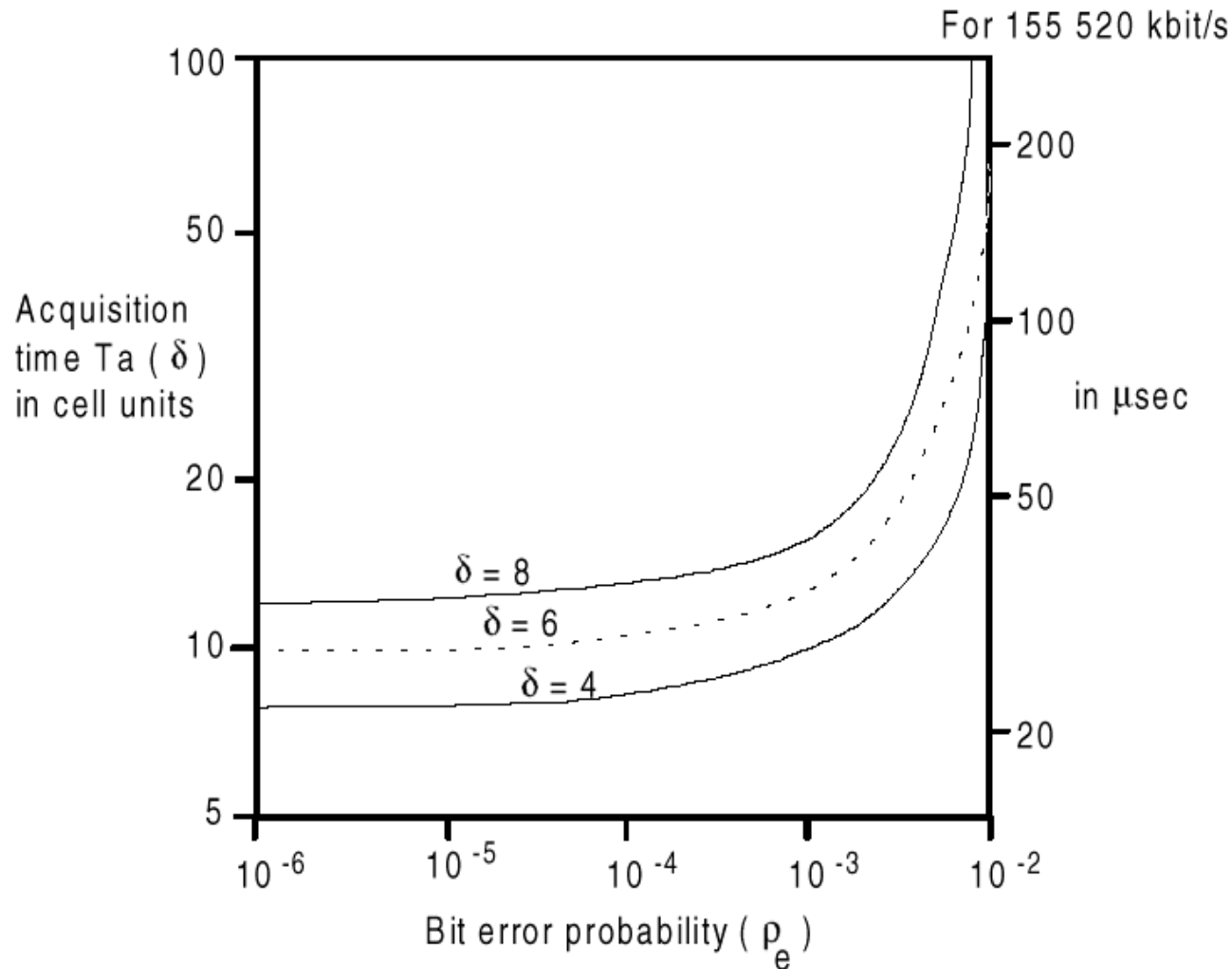


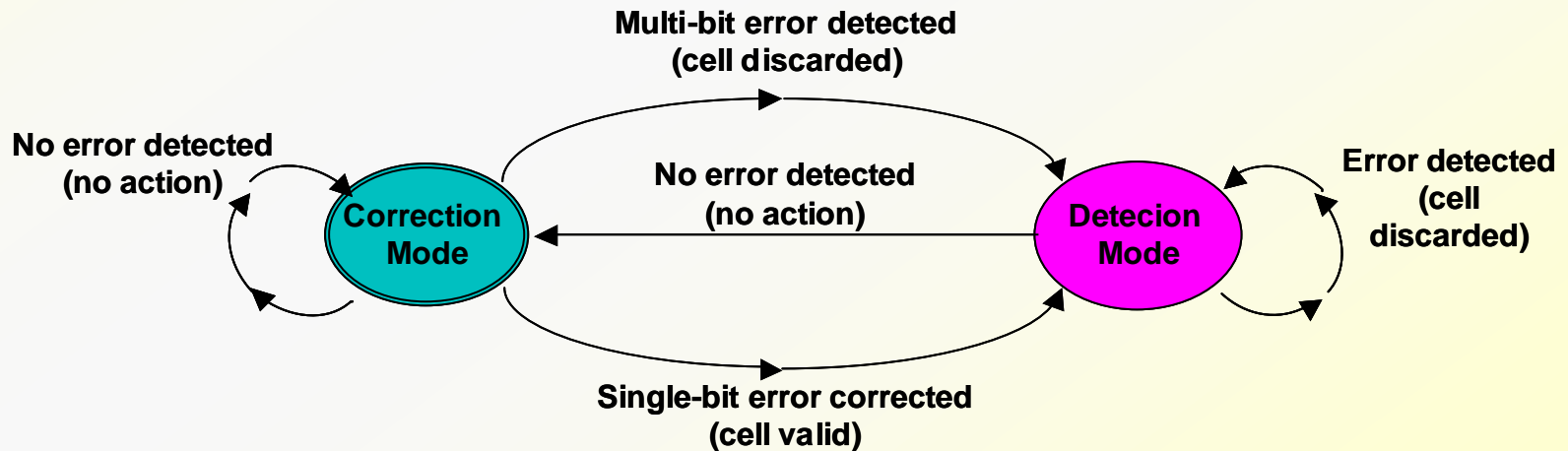
Figure A.2: Acquisition time vs. bit error probability ( $T_a(\delta)$  versus  $\rho_e$ )



# Header Error Control

## ➤ HEC Generation / Verification

- ★ TX: generazione del campo HEC delle celle utilizzando il polinomio generatore:  $X^8 + X^2 + X + 1$
- ★ RX: Rilevamento errori multipli e correzione errori singoli presenti soltanto nell'header della cella:
  - Stato iniziale ed errori sporadici: **Correction Mode**
  - Burst di errori: **Detection Mode**



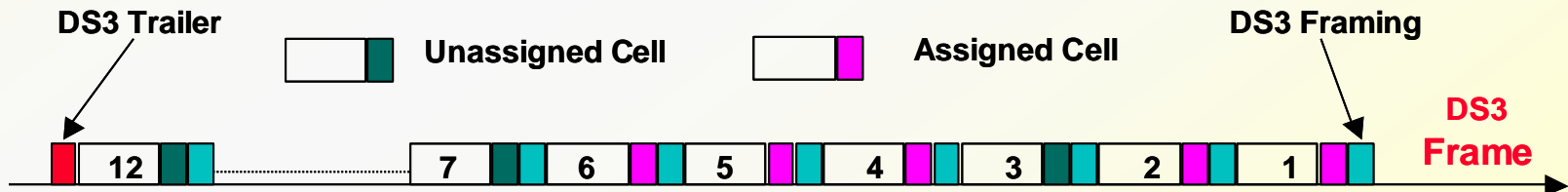


# Cell rate decoupling

➤ **Cell Rate Decoupling:** funzione richiesta dai livelli fisici sincroni (Sonet/SDH)

➤ in trasmissione vengono generate “celle vuote” (*unassigned cells*) nel flusso di celle passate al livello fisico per adattarlo alla capacità del frame di trasmissione

➤ in ricezione le celle vuote vengono eliminate dal flusso





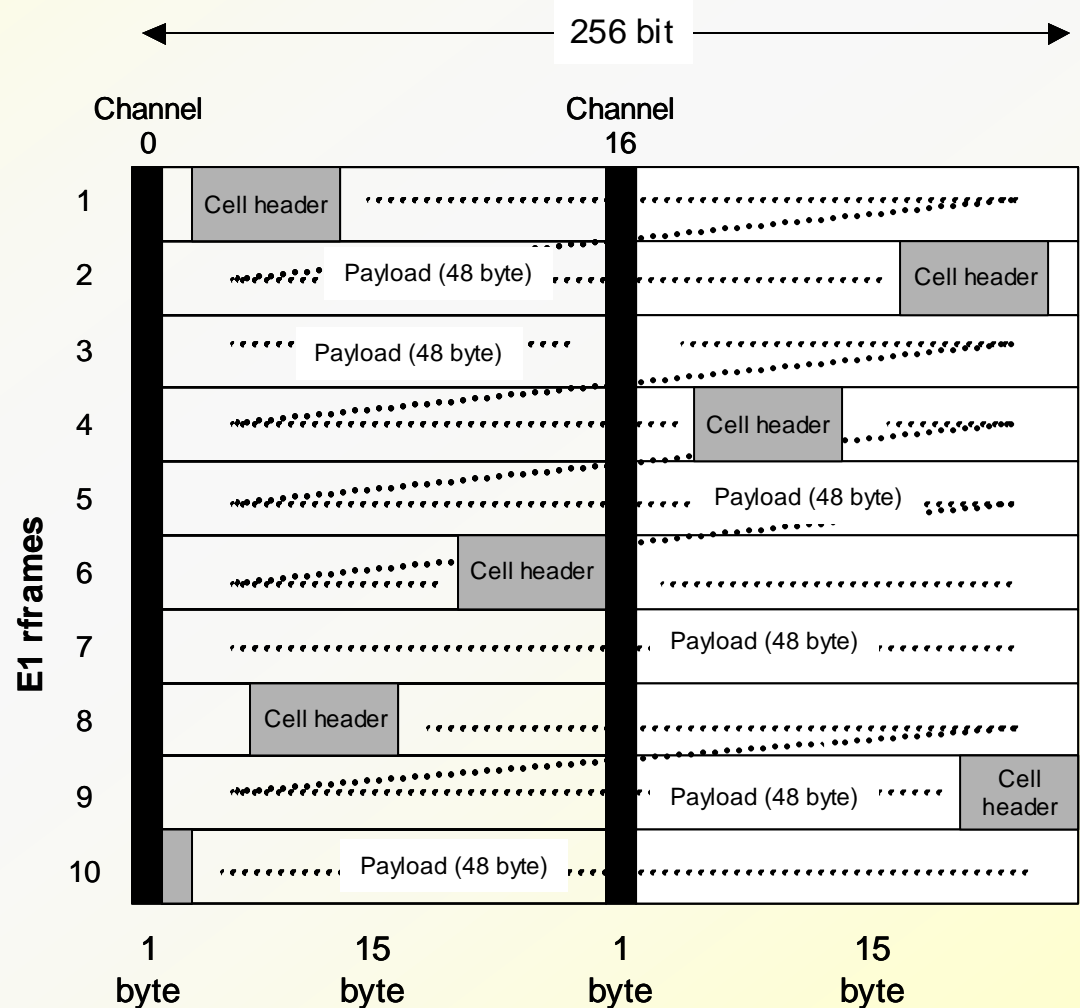
# ATM via E1

## ➤ E1

- PDH multiplex a 2.048 Mbit/s

## ➤ E1 frame

- 30 PCM channels (240 bit)
- synchronization channel (n. 0) (8 bit)
- signalling channel (n. 16) (8 bit)





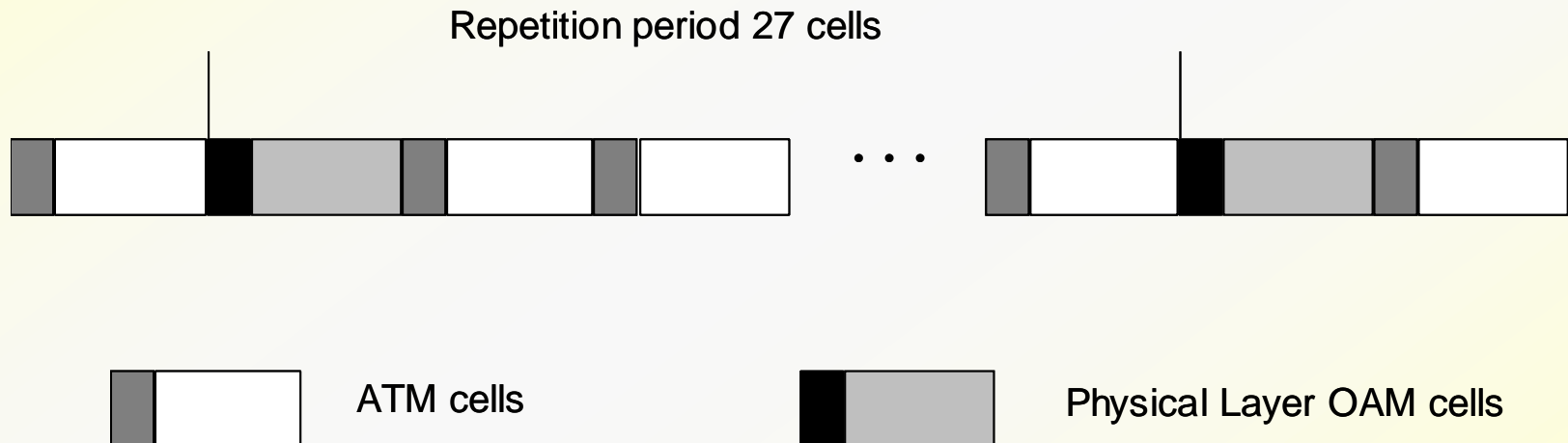
# ***Trasferimento su base cella***

- Le celle ATM non sono incapsulate in una struttura di trama
- Le celle ATM sono direttamente convertite, bit a bit, nel corrispondente segnale elettrico e ottico
- Questo metodo permette un uso ottimo della banda di trasmissione
- **Principali svantaggi:**
  - Non si possono usare le infrastrutture di trasmissione esistenti
  - Il trasferimento di informazioni di monitoraggio e gestione è inefficiente (si usano celle OAM dedicate)



# ***Direct Cell Transfer***

- **Una cella OAM (Operation And Maintenance) viene inviata ogni 26 celle normali**



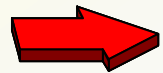


# ***Modello di riferimento e protocolli***

## **➤ Modello di riferimento e Protocolli**

**↗ Organismi di standardizzazione e modello di riferimento**

**↗ Livello fisico**



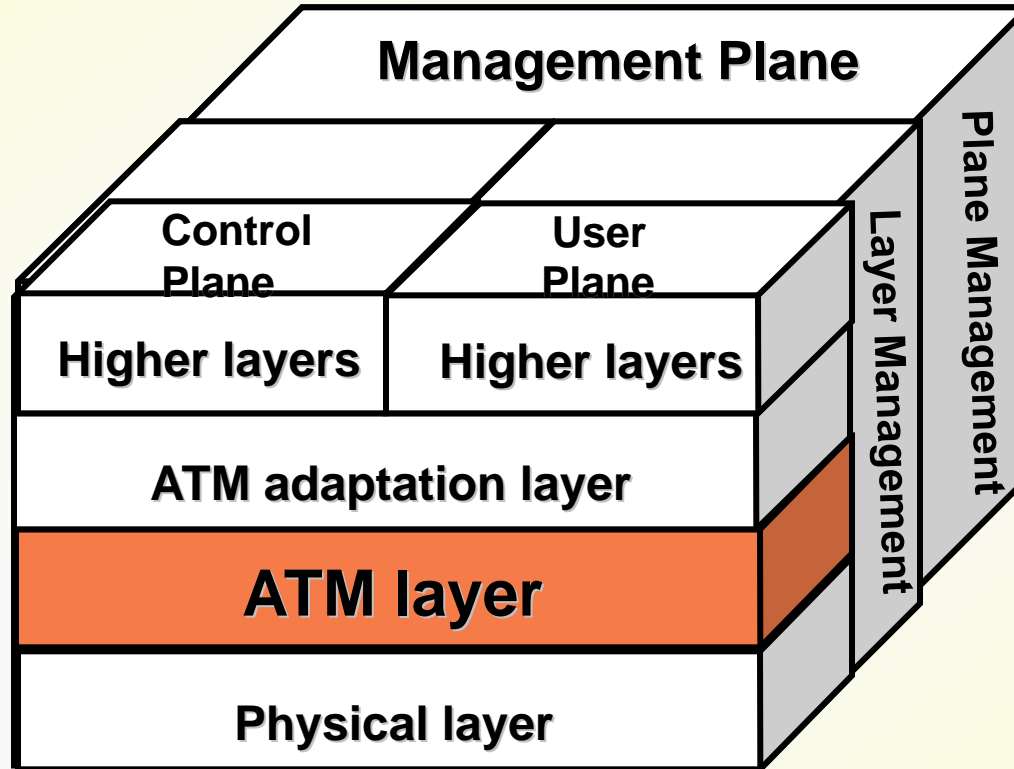
**↗ Livello ATM**

**↗ Livello AAL**



# ***ATM***

## ***il modello di riferimento***





# ***Funzioni del livello ATM***

- **è indipendente dal mezzo trasmissivo**
- **assegnazione e rilascio della connessione**
- **costruzione della cella**

**48 byte + 5 byte = 53 byte**

**con generazione (Tx) ed estrazione (Rx) dell'header**

- **commutazione e multiplazione sullo stesso link  
di celle appartenenti a connessioni diverse**
- **traduzione delle etichette di VP/VC**
- **controllo prestazioni**



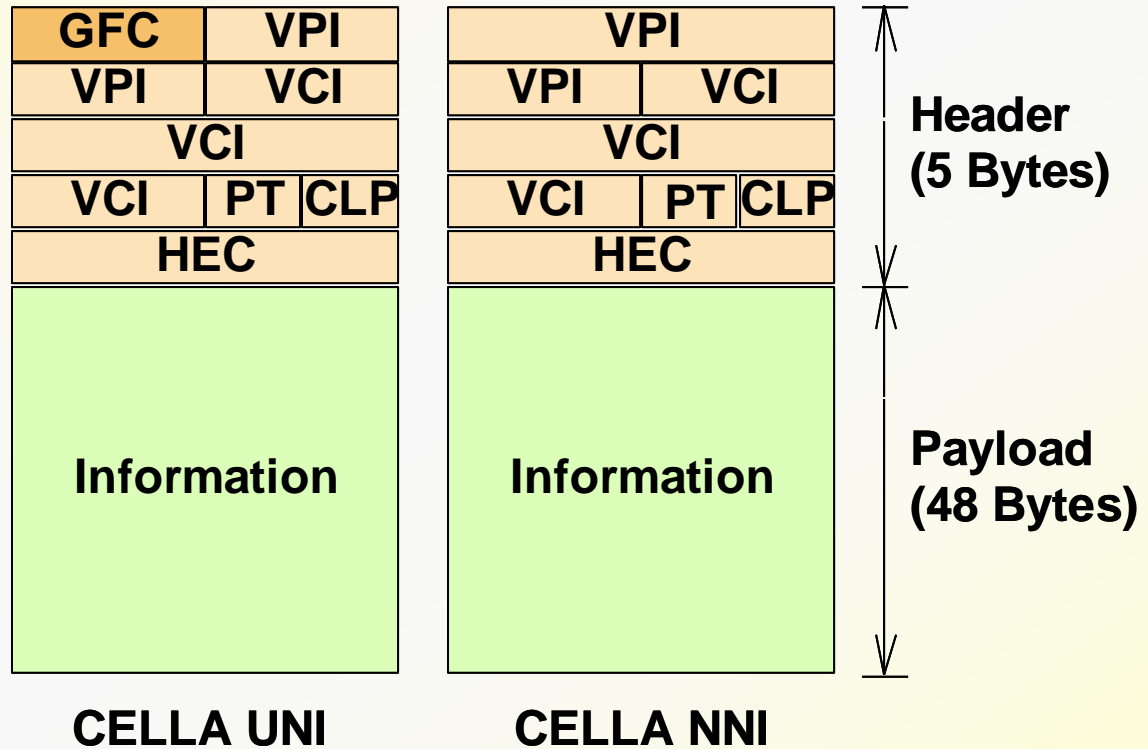
# ***Funzioni del livello ATM***

## **Controllo delle prestazioni**

- **gestione dei ritardi**
- **gestione del bit CLP**
- **controllo dei parametri d'utente**
- **discriminazione del tipo di cella  
(utente, OAM, controllo)**



# ***Le celle UNI e NNI***





# ***Generic Flow Control (GFC)***

## **➤ A livello di UNI:**

- Ha lo scopo di controllare il traffico alla UNI per ridurre gli effetti dei brevi periodi di sovraccarico**
- Meccanismo per link condivisi (non supportato)**
- Valore di default: zero**

## **➤ A livello di NNI:**

- Estende il VPI di 4 bit**



# ***Payload Type (PT)***

- **Campo di 3-bit**
- **Il bit 1 distingue tra:**
  - ↗ **celle di utente**
  - ↗ **celle di gestione (OAM)**
- **Usato anche per indicare congestioni**



## ***Payload Type (PT)***

PTI	Significato
000	User data cell che non hanno incontrato congestione AUU = 0
001	User data cell che non hanno incontrato congestione AUU = 1
010	User data cell che hanno incontrato congestione AUU = 0
011	User data cell che hanno incontrato congestione AUU = 1
100	Cella OAM F5 segment
101	Cella OAM F5 end-to-end
110	Cella di resource management
111	Reserved



# ***Cell Loss Priority (CLP)***

- **Campo di 1 bit**
- **Indica la priorità della cella:**
  - **0 = Alta Priorità**
  - **1 = Bassa Priorità**
- **Può essere settato sia dalla rete che dall'utente**
- **La rete ATM può porre ad 1 il bit CLP per indicare una violazione del profilo di traffico 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 sull'header della cella**
- **Utilizza il polinomio generatore:**  
$$X^8 + X^2 + X + 1$$
- **Rileva errori multipli e corregge errori singoli presenti soltanto nell'header della cella**

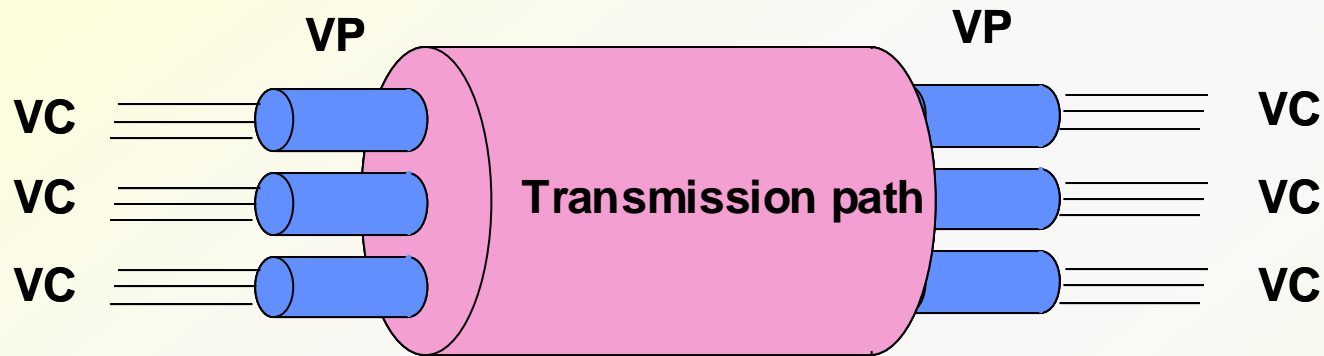


# ***Virtual Channel/Path Identifier (VCI/VPI)***

- **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**

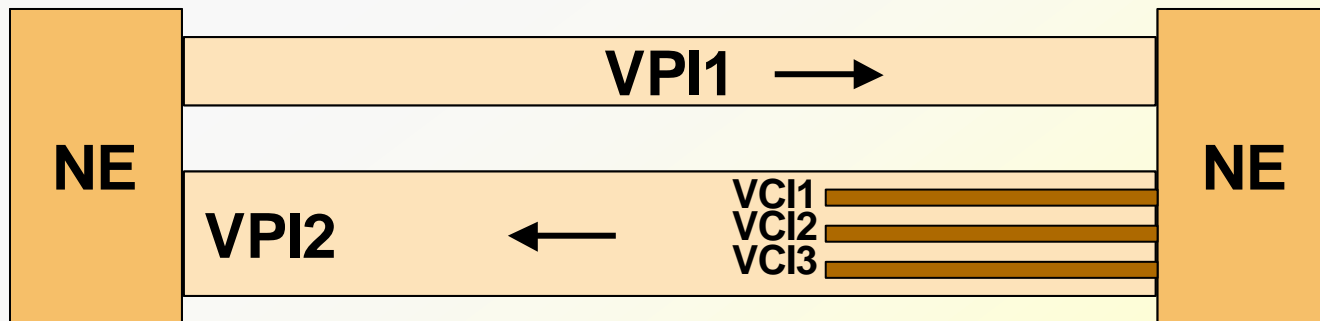


# ***Percorsi e circuiti virtuali***



**VC = Virtual Channel**

**VP = Virtual Path**





# ***Connessioni di VC e di VP***

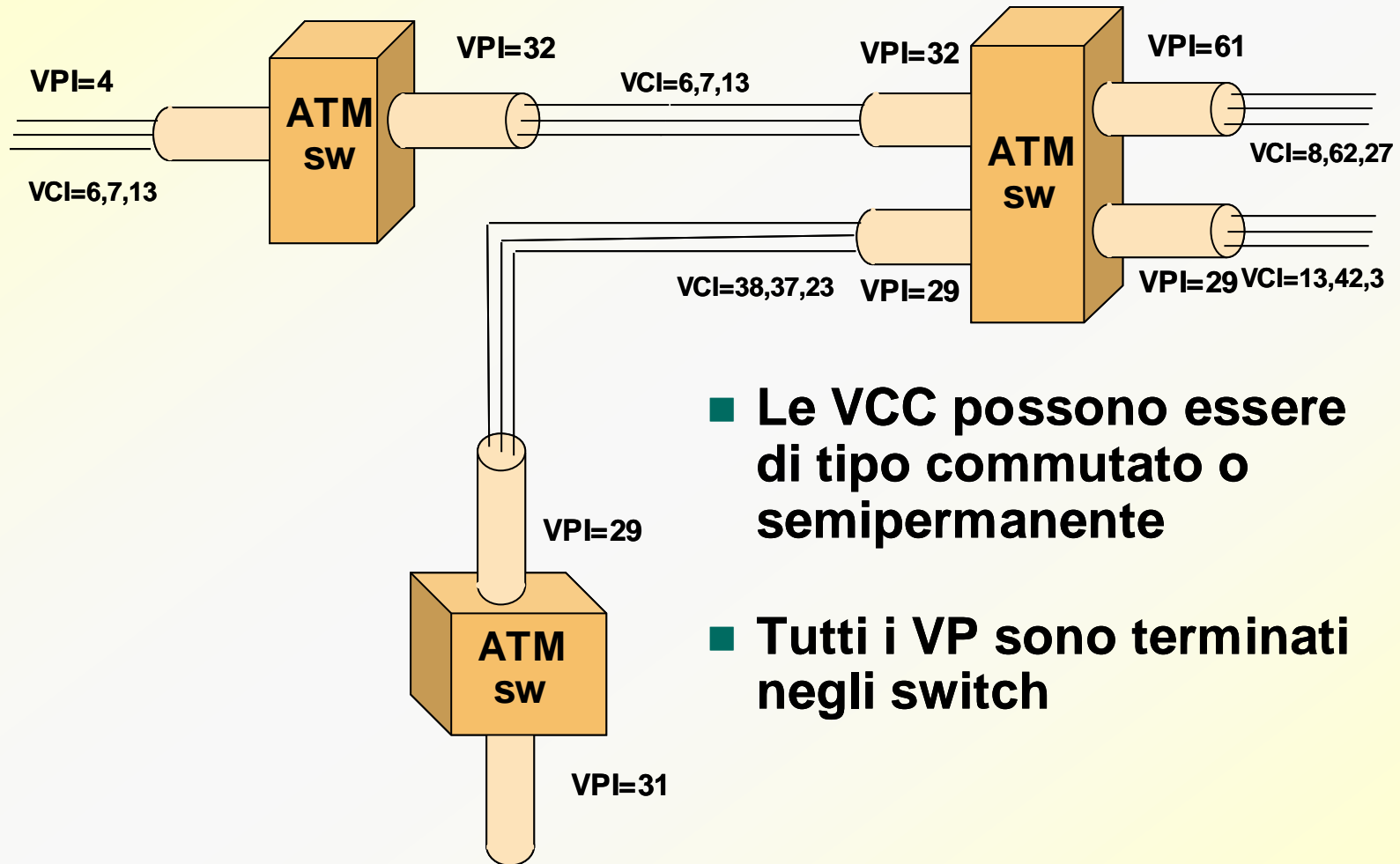
- **Concatenazione di VC links:**

## ***virtual channel connection (VCC)***

- **Si estende tra due elementi di rete che terminano lo strato di adattamento**
- **I parametri di una VCC vengono negoziati in fase di instaurazione di chiamata**
- **La rete controlla il traffico su una VCC per assicurare che siano rispettati i parametri di traffico dichiarati dall'utente (Usage Parameter Control – UPC)**



# Rete di VC



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



# ***Connessioni di VC e di VP***

- **Concatenazione di VP links:**

## ***virtual path connection (VPC)***

- **Si estende tra due elementi di rete che elaborano i VCI (VCI switch)**
- **Una VPC può essere stabilita sia su domanda che in modo semi-permanente**
- **I parametri della VPC vengono negoziati all'atto della sua instaurazione**

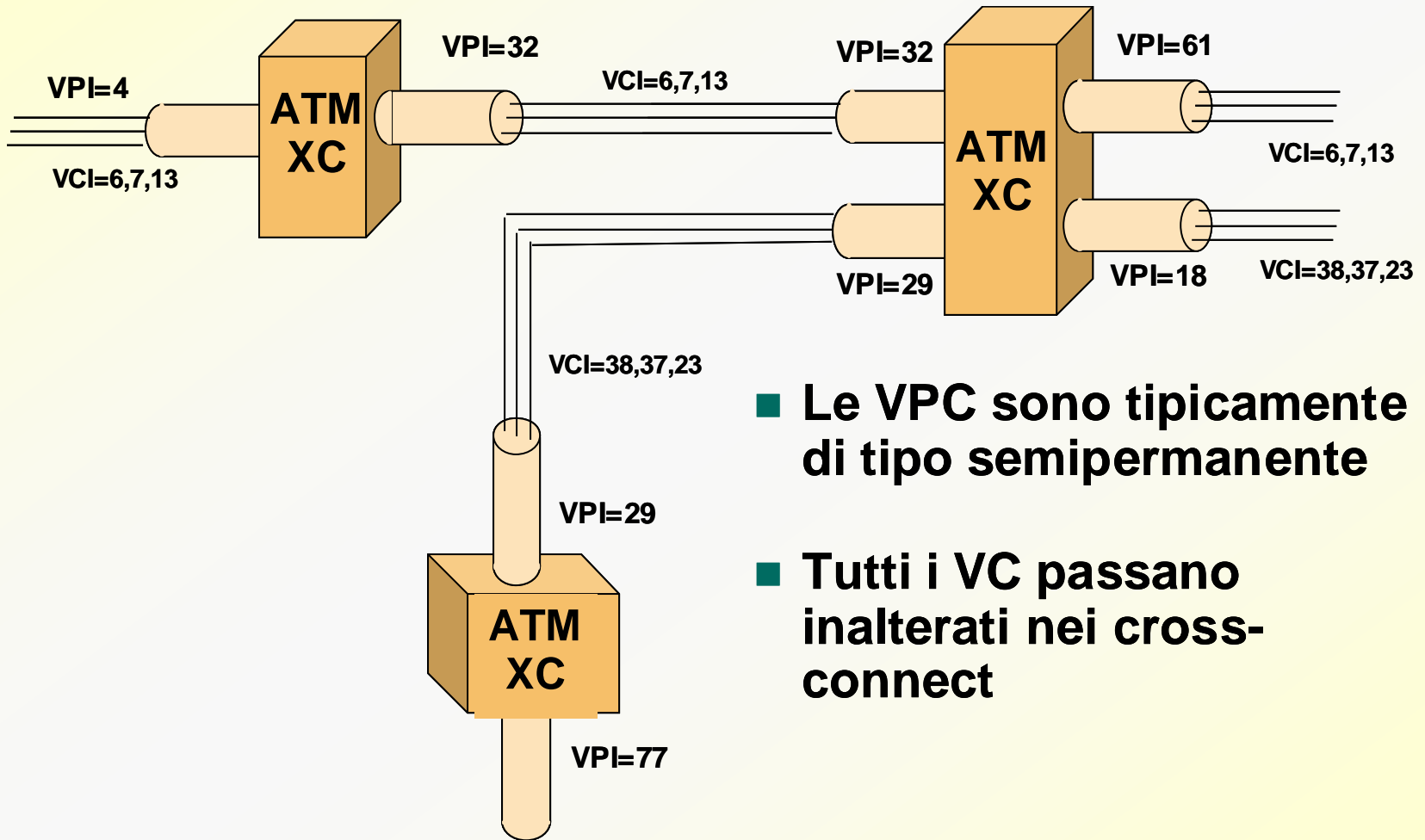


# ***Connessioni di VC e di VP***

- **In una VPC sono preservate la sequenza delle celle di ogni VC componente**
- **Poiché una VPC può gestire diversi VC con QoS diverse, la QoS della VPC dipende da quella più stringente**
- **La rete controlla l'intero flusso di traffico su una VPC**



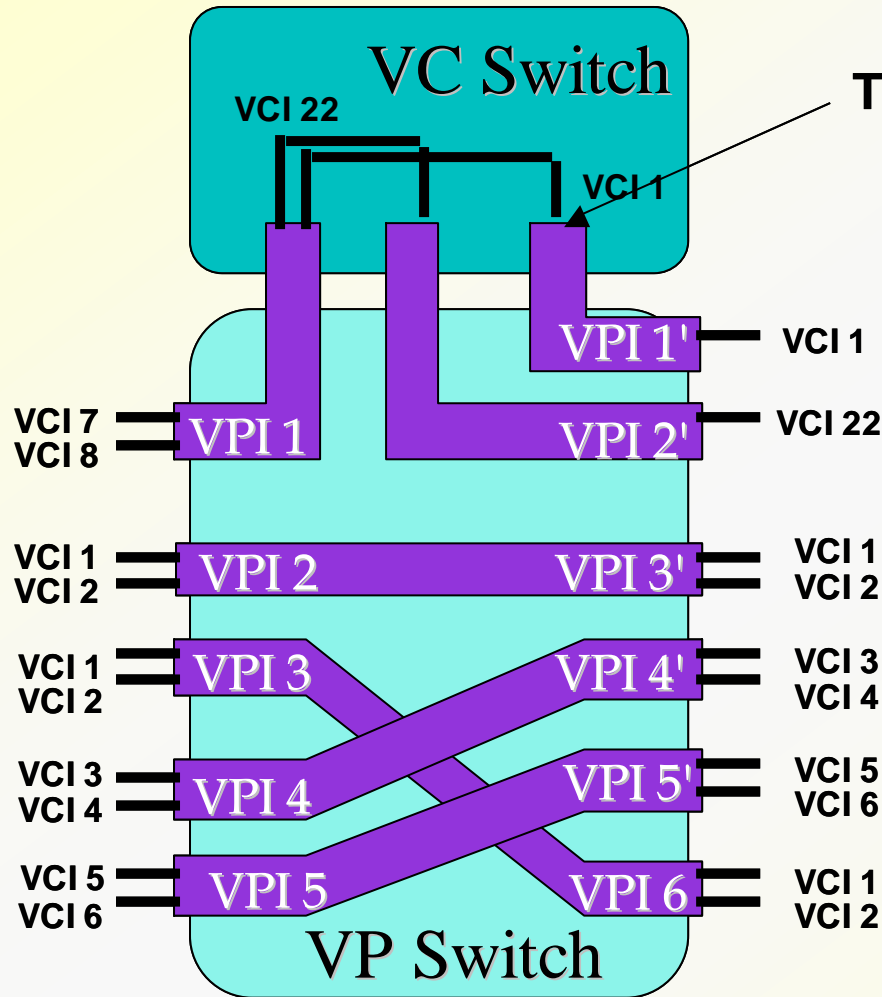
# ***Rete di VP***



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



# VP/VC switch

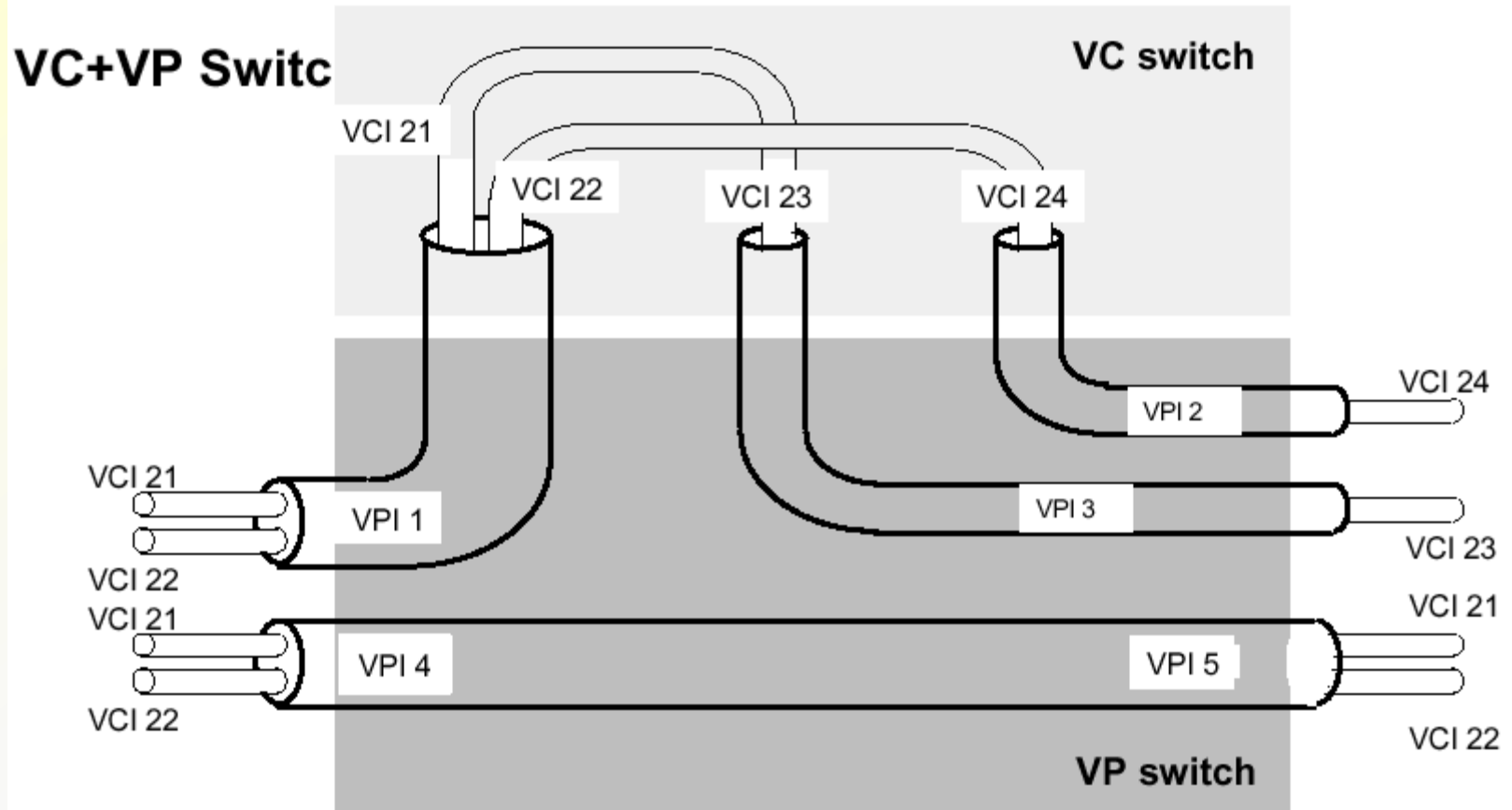


Terminazioni delle connessioni VP

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

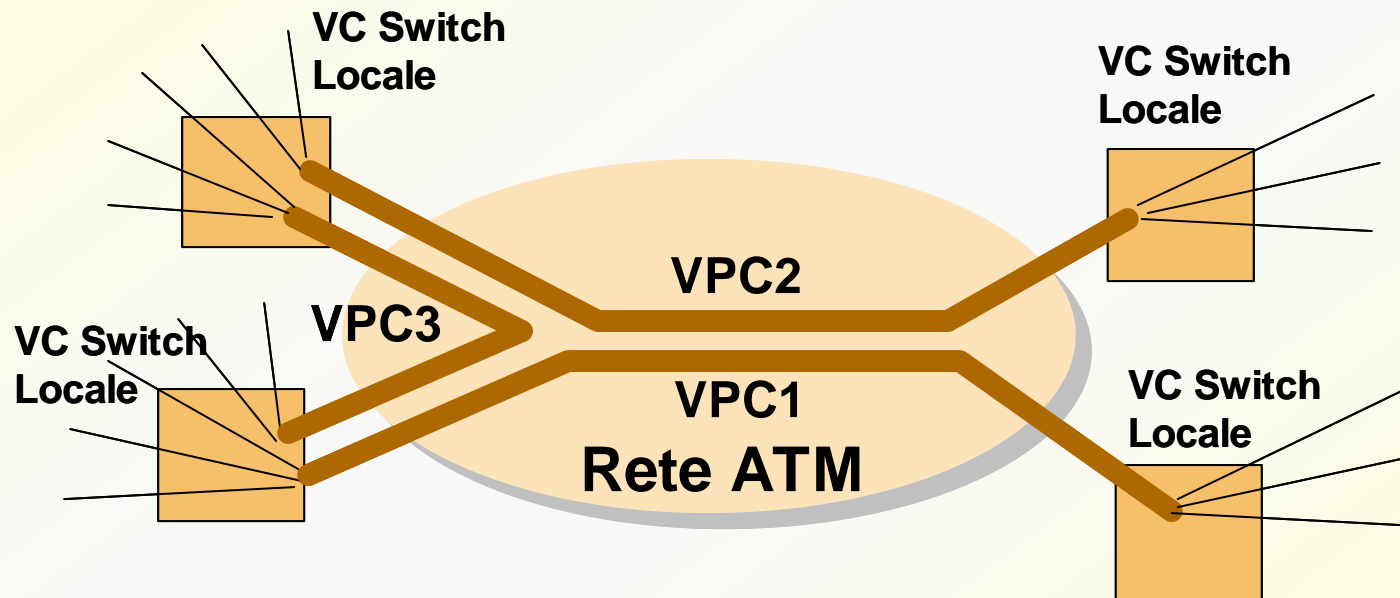


# ***VP/VC switch***





# ***VPC e "Virtual Network"***





# ***Indice***

## ➤ **Modello di riferimento e Protocolli**

↗ **Organismi di standardizzazione e modello di riferimento**

↗ **Livello fisico**

↗ **Livello ATM**

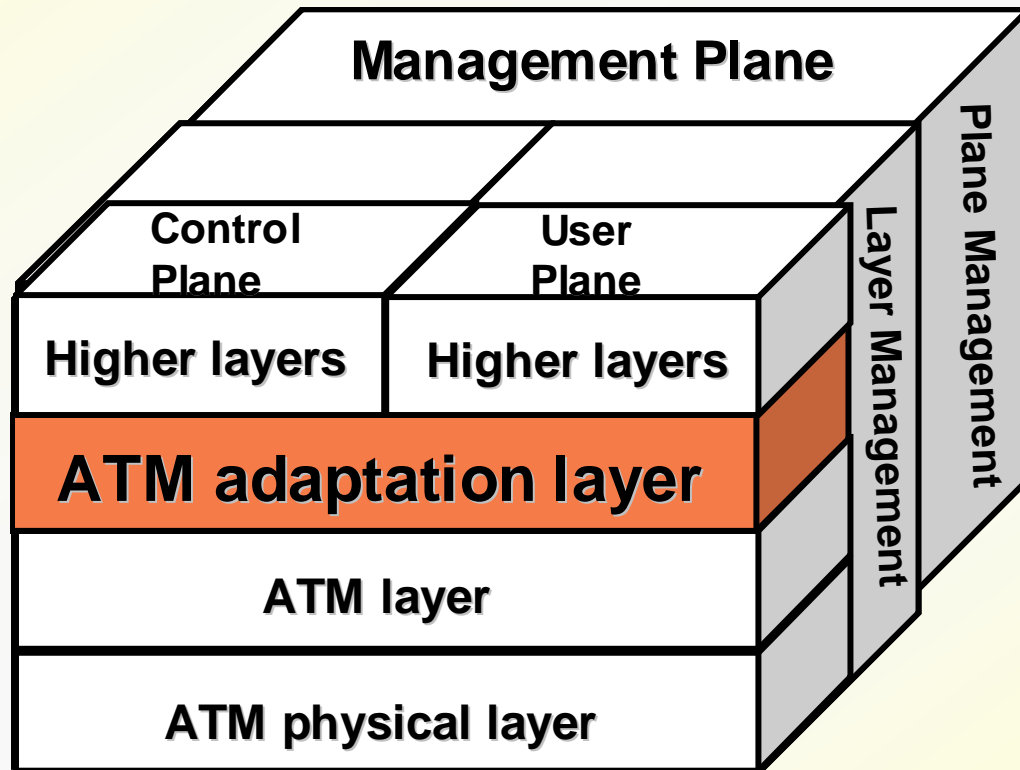


↗ **Livello AAL**



# ***ATM***

## ***il modello di riferimento***





# ***ATM Adaptation Layer (AAL)***

- **Lo strato di adattamento (AAL) adatta il servizio offerto dallo strato ATM alle caratteristiche specifiche delle applicazioni**
- **Le funzioni realizzate dipendono dai requisiti del livello sovrastante**
- **L'AAL implementa protocolli differenti per soddisfare le esigenze di diversi utenti del suo servizio**
- **L'AAL è perciò "service dependent"**

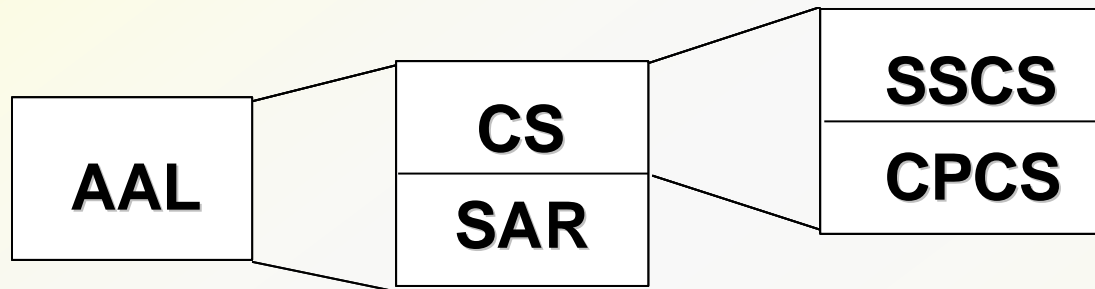


# ***Funzioni del livello AAL***

- **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**



# ***Struttura AAL***



**CS** convergence sublayer

**SAR** segmentation and reassembly

**SSCS** service specific CS

**CPCS** common part CS

**Alcuni sottolivelli possono essere assenti**

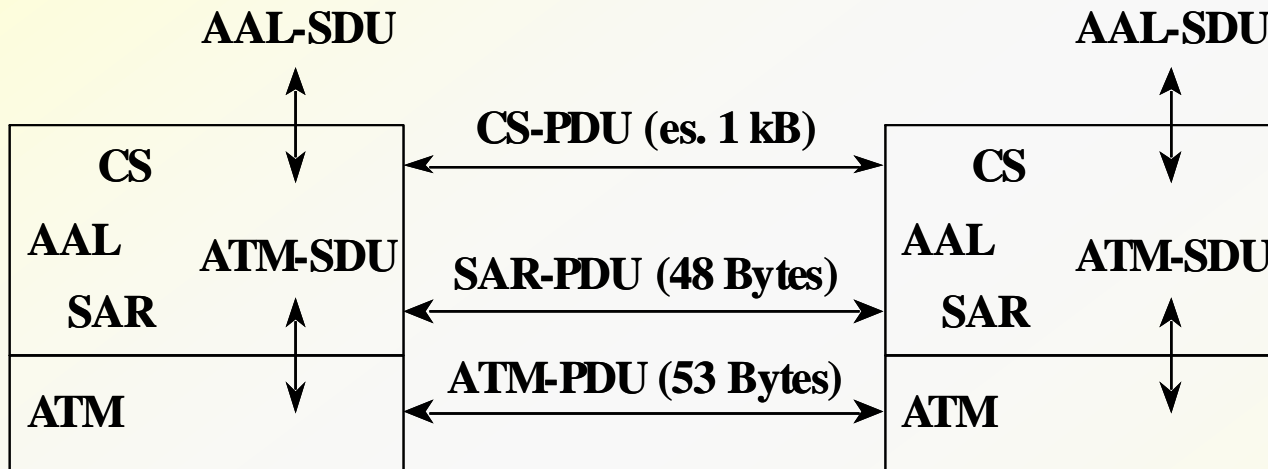


# ***AAL: Sottolivelli SAR e CS***

- **Il sottostrato SAR (lato Tx) provvede alla segmentazione delle PDU del livello superiore in parti compatibili col formato delle celle ATM, e viceversa (lato Rx) alla loro ricostruzione**
- **Il sottostrato CS dipende dal tipo di servizio e definisce i servizi offerti agli strati superiori**
- **La Raccomandazione I.363 descrive alcuni protocolli AAL, che consistono in combinazioni di funzioni SAR e CS, per il supporto di servizi appartenenti alle classi A,B,C e D**



# ***AAL: Sottolivelli e PDU***



**AAL : ATM Adaption Layer**

**CS : Convergence Sublayer**

**SAR : Segmentation And Reassembly**

**PDU : Protocol Data Unit**

**SDU : Service Data Unit**



# ***AAL e classi di servizio***

- **Per limitare il numero di protocolli AAL, i servizi sono stati classificati in base a:**
  - **relazione temporale tra sorgente e destinazione (servizi isocroni e non isocroni)**
  - **caratteristiche di emissione della sorgente (bit rate costante o variabile)**
  - **servizi di trasferimento (orientato alla connessione o senza connessione)**



# ***Classi di servizio***

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Riferimento temporale tra sorgente e destinazione	necessario		non necessario	
Velocità	costante (CBR)	variabile (VBR)		
Modalità della connessione	orientato alla connessione			non connesso
Tipo di AAL utilizzato	AAL tipo 1	AAL tipo 2	AAL tipo 3/4 - 5	
Possibili applicazioni	voce 64 kbit/s video CBR	video/audio VBR	dati	dati



# ***Classi di servizio***

## **➤ Classe A (CBR)**

- ↗ relazione temporale tra sorgente e destinazione, bit rate costante, servizi orientati alla connessione**
- ↗ Circuit emulation (trasporto di un segnale a 64 kb/s, 2 Mb/s, 34 Mb/s, ecc. su ATM)**
- ↗ es. voce, video a bit rate costante**

## **➤ Classe B (rt-VBR)**

- ↗ relazione temporale tra sorgente e destinazione, bit rate variabile, servizi orientati alla connessione**
- ↗ es. video o audio a bit rate variabile**



# ***Classi di servizio***

## ➤ **Classe C (nrt-VBR)**

- **non esistono vincoli di relazione temporale tra sorgente e destinazione**
- **bit rate variabile**
- **servizio orientato alla connessione**
- **es. servizi di trasporto dati connection-oriented, segnalazione**

## ➤ **Classe D (UBR)**

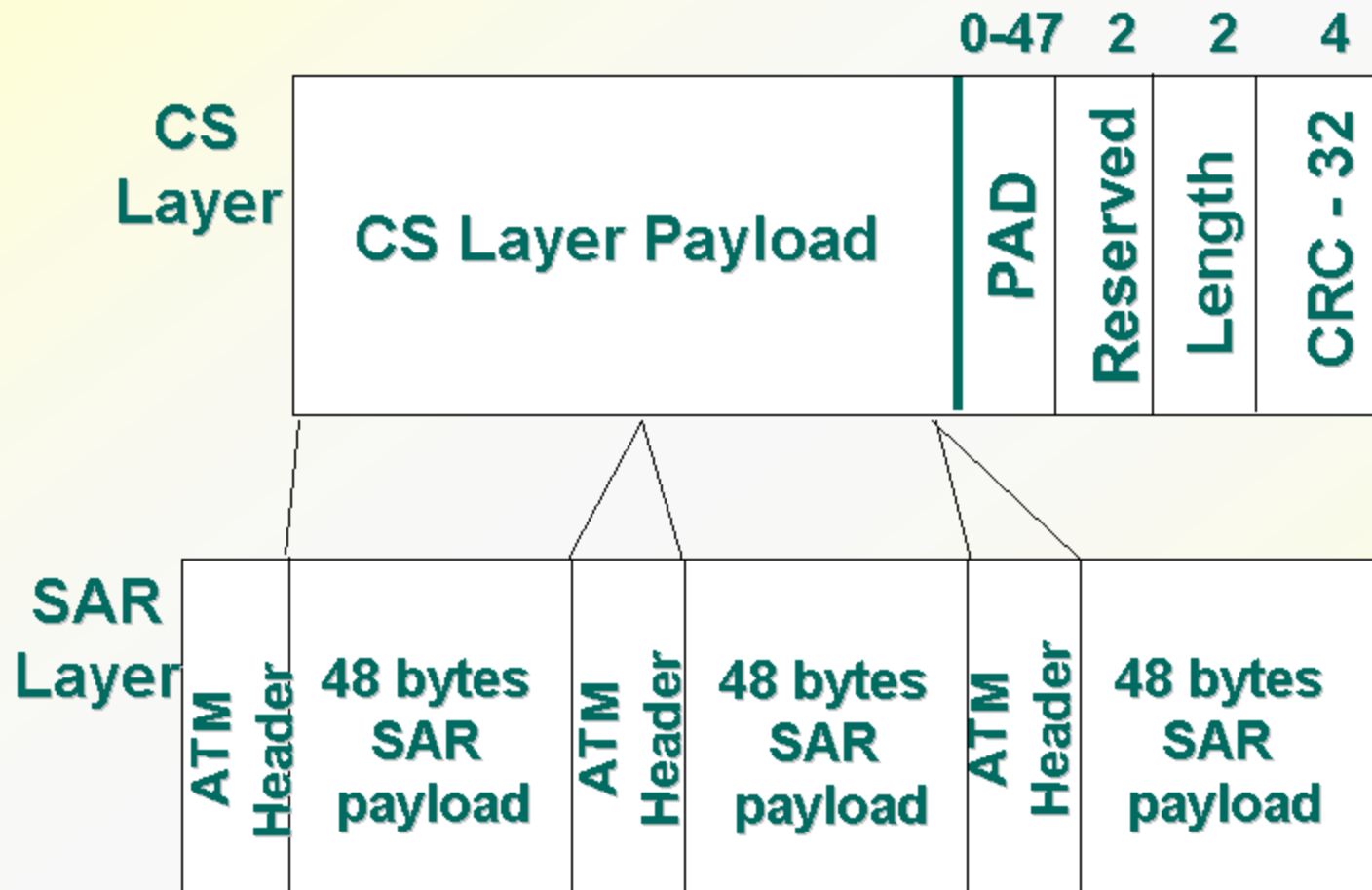
- **simile alla classe C**
- **modalità di trasferimento senza connessione.**
- **es. servizi di trasporto dati connectionless**







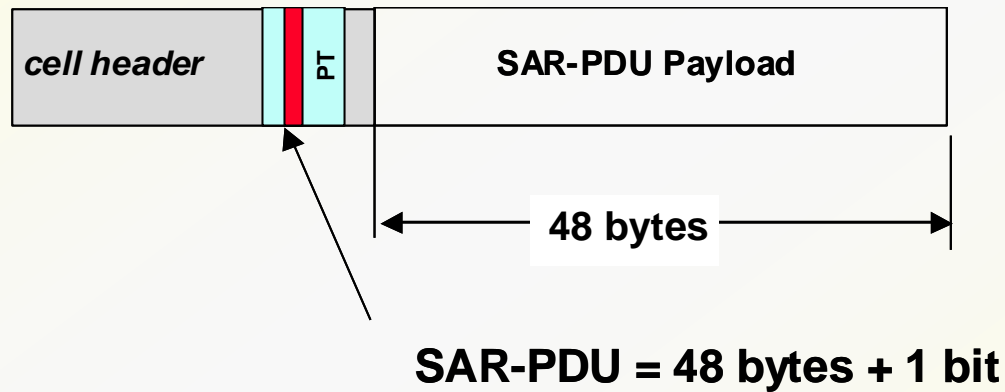
# ***Struttura AAL 5***



**End of segment = 1**



# ***AAL tipo 5: SAR***



**Formato della SAR-PDU per AAL di Tipo 5**



# ***Indice***

- **La rete B-ISDN**
- **Generalità su ATM**
- **Modello di riferimento e Protocolli**
- **Gestione del traffico**
- **Tecniche di Switch ATM**





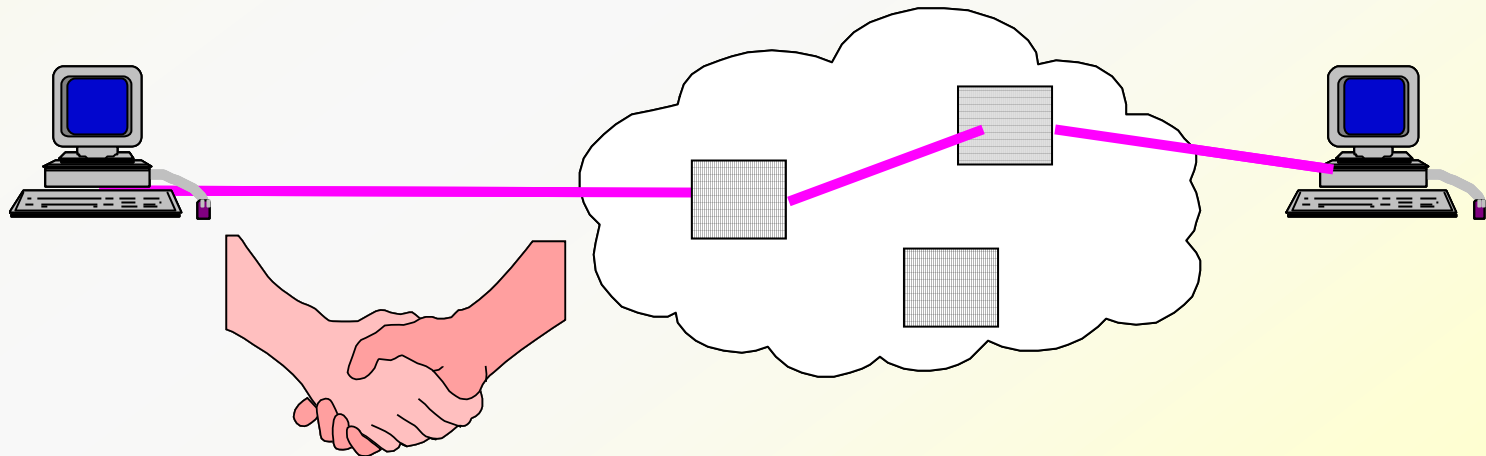
# ***Quality of Service (QoS)***

- **L'utente può chiedere ad una rete ATM di trasferire i dati secondo diverse qualità di servizio**
- **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**
  - ↗ **Unspecified QoS**
    - ★ **Best Effort Delivery**



# ***Quality of Service (QoS)***

- **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***
- **solo quelli in corsivo sono supportati dalle attuali implementazioni**



# ***Gestione del traffico***

- **Il problema della gestione del traffico é molto importante nelle reti ATM in quanto:**
  - **il traffico trasportato può essere di natura eterogenea (audio, video, dati, ecc.)**
  - **l'utente può richiedere alla rete servizi di trasporto a qualità (QoS) garantita e servizi di tipo best-effort**
- **Obiettivi**
  - **garantire all'utenza la QoS concordata**
  - **ottimizzare l'utilizzo delle risorse di rete (banda, buffer, ecc.)**
  - **minimizzare la complessità degli apparati d'utente**



# ***Gestione del traffico***

- **Nella fase di set-up della connessione l'utente stipula con la rete un contratto di traffico (*Traffic Contract*) costituito da:**
  - **Traffic Descriptor:** insieme di parametri che definiscono le caratteristiche del traffico che sarà generato dalla sorgente
  - **Requested QoS:** insieme di parametri che definiscono le prestazioni che ci si attende siano garantite dalla rete
  - **Conformance Definition:** definizione della regola da utilizzare per stabilire quali celle siano conformi al Traffic Contract. ATM Forum raccomanda l'algoritmo GCRA (*Generic Cell Rate Algorithm*)
- **Le risorse di rete vengono allocate in modo da realizzare le prestazioni richieste fintanto che il traffico generato é conforme al Traffic Contract**

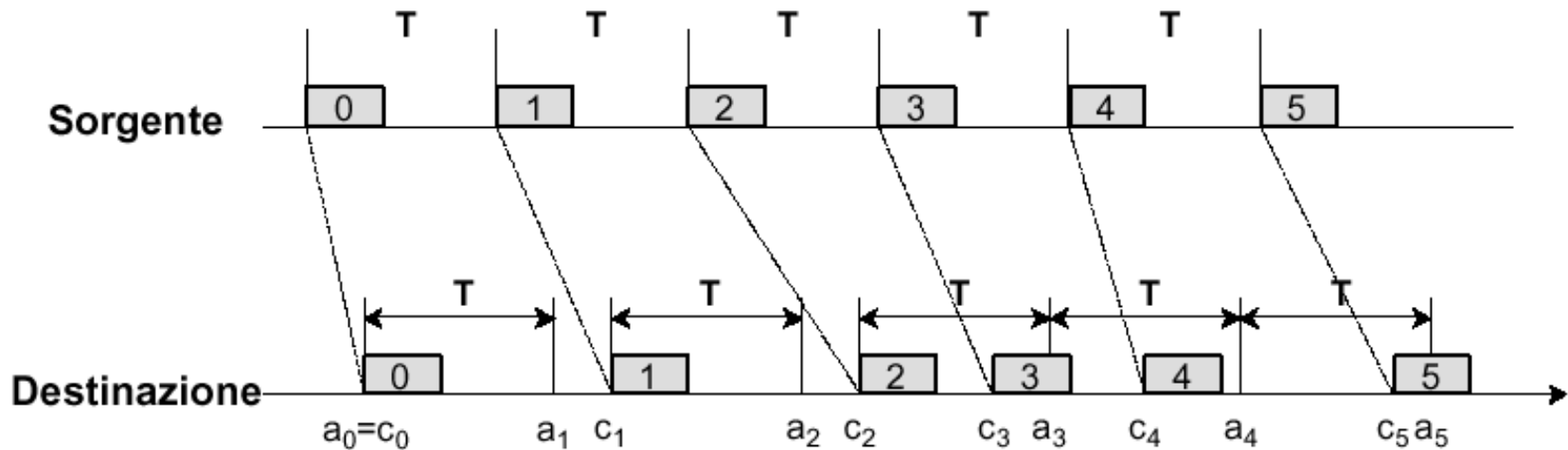


# ***Parametri di traffico***

- I parametri di traffico attualmente definiti nella specifica UNI 4.0 sono i seguenti:
  - **Peak Cell Rate (PCR)**: banda di picco (in celle/s)
  - **Sustainable Cell Rate (SCR)**: banda media (in celle/s)
  - **Cell Delay Variation Tolerance (CDVT)**: massima variazione tollerata nel tempo di trasferimento delle celle a destinazione
  - **Maximum Burst Size (MBS)**: lunghezza massima di un burst trasmesso con un cell-rate pari al PCR
  - **Minimum Cell Rate (MCR)**: banda minima (in celle/s) che la rete deve garantire per tutta la durata della connessione



# ***Cell delay variation***



$$CDV = c_i - a_i$$

***$CDV > 0 \Rightarrow$  gap (allontanamento) tra celle***

***$CDV = 0 \Rightarrow$  distanza inalterata***

***$CDV < 0 \Rightarrow$  clamping (avvicinamento) di celle***

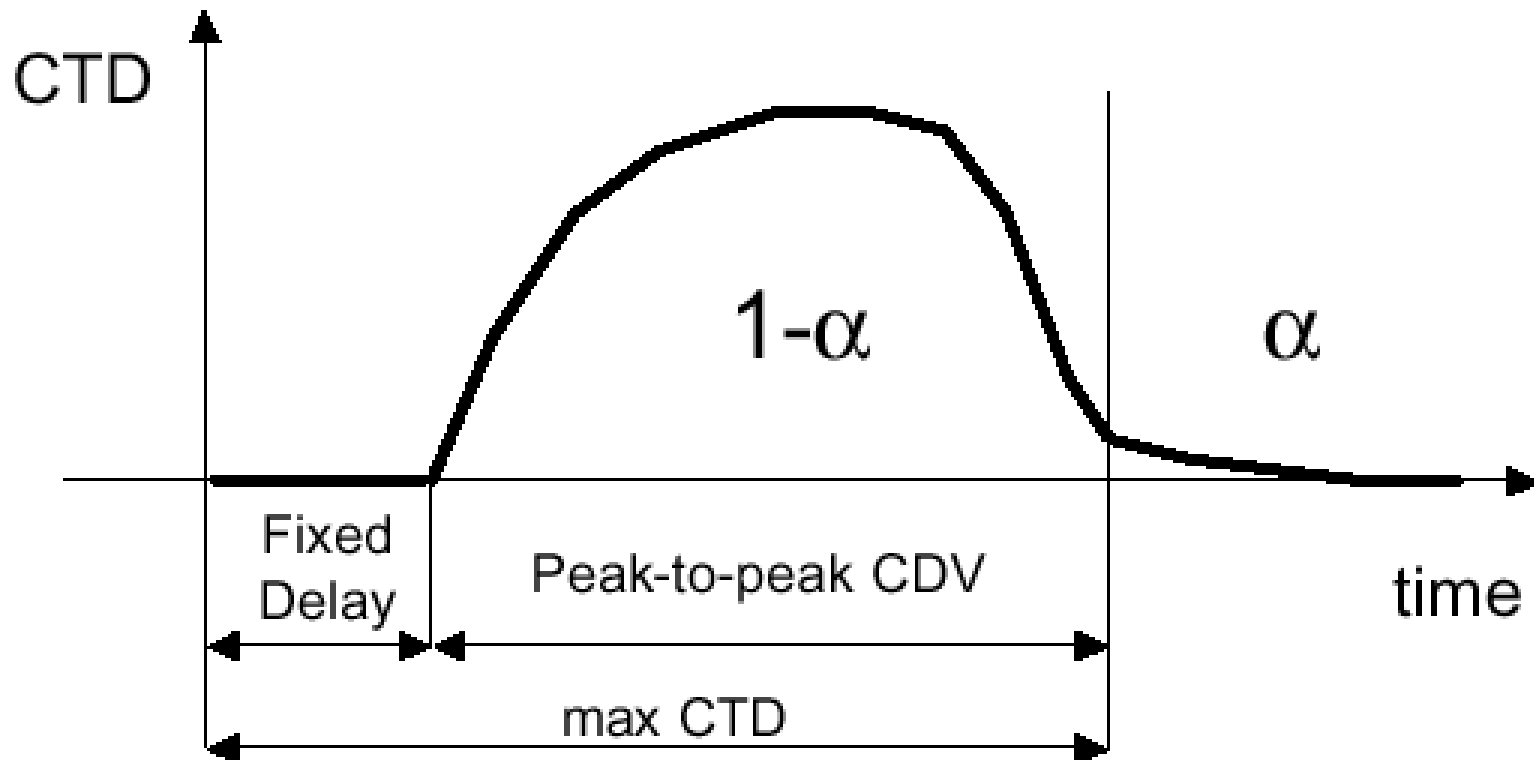


# ***Parametri di QoS***

- I parametri di QoS attualmente definiti nella specifica UNI 4.0 sono i seguenti:
  - **peak-to-peak Cell Delay Variation** (peak-to-peak CDV): massima variazione tollerata per il tempo di trasferimento delle celle
  - **Maximum Cell Transfer Delay** (max CTD): massimo tempo di trasferimento tollerato per le celle trasmesse sulla connessione (tempo che intercorre tra l'emissione di una cella all'interfaccia UNI di sorgente e la ricezione all'interfaccia UNI di destinazione)
  - **Cell Loss Ratio** (CLR): massimo tasso di perdita tollerato sulla connessione (rapporto tra celle perse e celle totali trasmesse in una connessione)



## ***Parametri di QoS: CDV***





# ***Classi di servizio***

- **Nella fase di set-up della connessione l'utente può specificare i parametri di traffico e di QoS rispettando i vincoli imposti dalle classi di servizio previste dal gestore della rete**
- **Le classi di servizio attualmente definite per ATM (specifica ATM Forum UNI 4.0) sono:**
  - **Constant Bit Rate (CBR)**
  - **real time Variable Bit Rate (rt-VBR)**
  - **non real time Variable Bit Rate (nrt-VBR)**
  - **Unspecified Bit Rate (UBR)**
  - **Available Bit Rate (ABR)**



# ***Classi di servizio***

Parametro	Categoria di servizio				
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
	Traffic Descriptors				
PCR, CDVT	specified				
SCR, MBS	----	specified		----	
MCR	----				specified
	QoS Parameters				
Peak-to-peak CDV	specified		----		
maxCTD	specified		----		
CLR	specified			----	controlled



# ***Classi di servizio: CBR***

- **Una connessione con classe di servizio CBR mette a disposizione una banda garantita (definita dal parametro PCR) per tutto il suo tempo di vita**
- **É adatta al trasferimento affidabile di traffico real-time in quanto la rete offre prestazioni garantite in termini di CDV, max CTD e CLR**
- **Applicazioni:**
  - **trasmissione di traffico a bit-rate costante pari al PCR (es. circuit emulation)**
  - **trasmissione di traffico a bit-rate variabile con banda di picco inferiore a quella allocata (sfruttamento non ottimale delle risorse)**



# ***Classi di servizio: rt-VBR***

- **Pensata esplicitamente per applicazioni real-time che generano traffico a bit-rate variabile cioè che necessitano di ritardi contenuti ed il più possibile costanti**
- **La sorgente deve comunicare le caratteristiche del traffico generato in termini di PCR, SCR e MBS**
- **La rete offre una QoS garantita con riferimento a:**
  - **tempo di trasferimento a destinazione (max CTD)**
  - **tasso di perdita sulla connessione (CLR)**
- **Consente la moltiplicazione statistica di più flussi informativi**
- **Applicazioni:**
  - **trasferimento di audio e video interattivi (es. MPEG2 su ATM)**



## ***Classi di servizio: nrt-VBR***

- **Pensata esplicitamente per applicazioni non real-time che generano un traffico di tipo bursty**
- **La sorgente deve comunicare le caratteristiche del traffico generato in termini di PCR, SCR e MBS**
- **La rete offre una QoS garantita con riferimento al:**
  - **tasso di perdita sulla connessione (CLR)**
- **Non viene garantita alcuna prestazione con riferimento al tempo di trasferimento**
- **Applicazioni:**
  - **trasferimento di traffico dati a bit-rate variabile (es. traffico generato da WWW)**



# ***Classi di servizio: UBR***

- **Una connessione UBR offre un servizio di trasporto dati di tipo best-effort**
- **La sorgente può trasmettere un flusso di celle a bit-rate variabile fino ad un valore massimo specificato e pari al PCR**
- **La rete non garantisce alcuna prestazione con riferimento al tasso di perdita ed al tempo di trasferimento delle celle**
- **Applicazioni:**
  - **Trasporto su ATM del traffico dati generato dai protocolli attualmente utilizzati in ambito di rete locale (es. IP)**

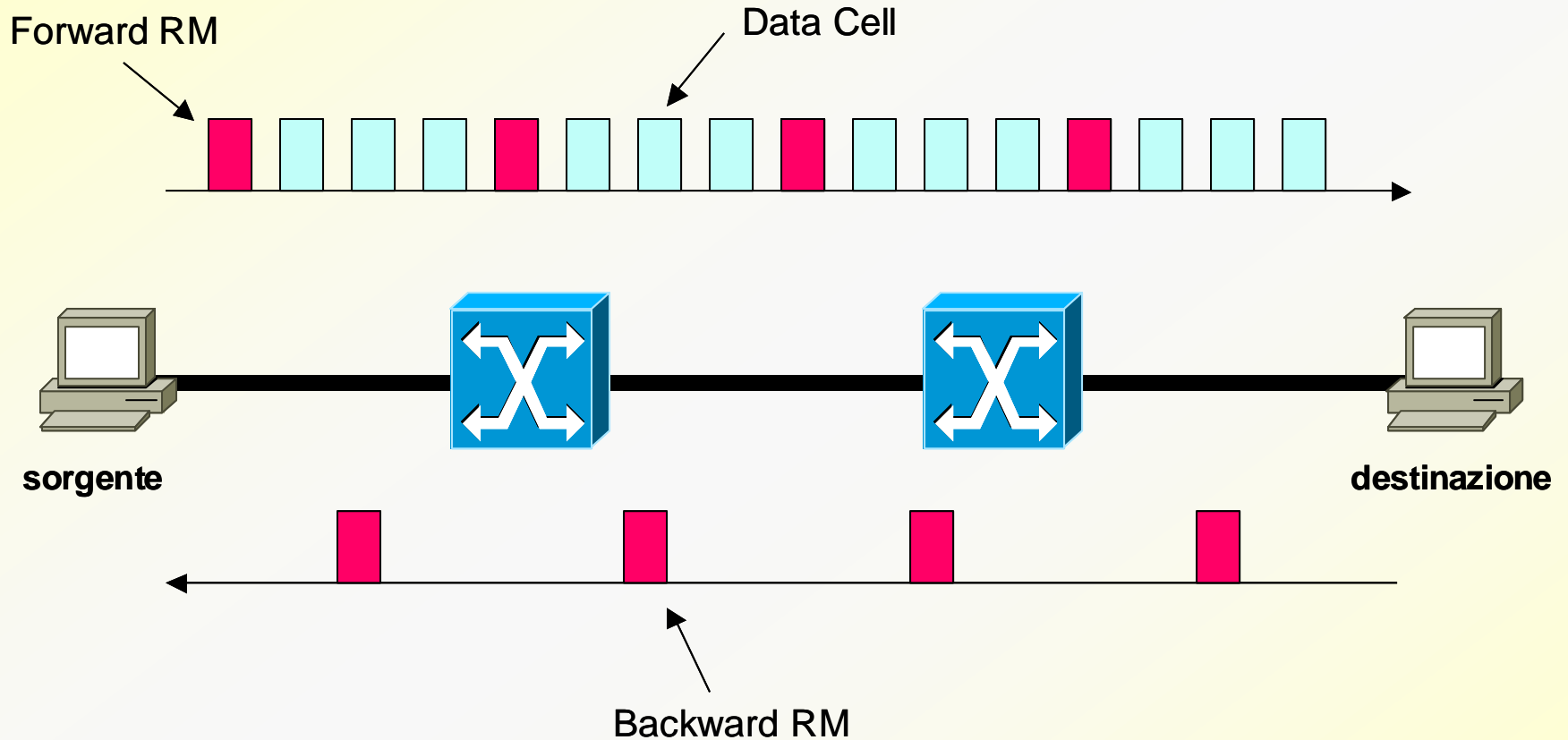


# ***Classi di servizio: ABR***

- **La classe di servizio ABR offre un servizio di tipo best-effort in grado di sfruttare in modo piú efficiente le risorse di rete**
- **Esiste un meccanismo di controllo di flusso mediante il quale la rete può sollecitare la sorgente a:**
  - **ridurre il bit-rate trasmesso in caso di congestione**
  - **incrementare il bit-rate trasmesso (fino ad un valore massimo pari al PCR) se vi sono risorse disponibili**
- **Nella fase di set-up della connessione può essere specificata anche la banda minima che si vuole sia garantita dalla rete (MCR)**
- **Applicazioni:**
  - **trasporto su ATM dei protocolli (es. IP) attualmente utilizzati sulle reti locali di tipo tradizionale (es. Ethernet)**



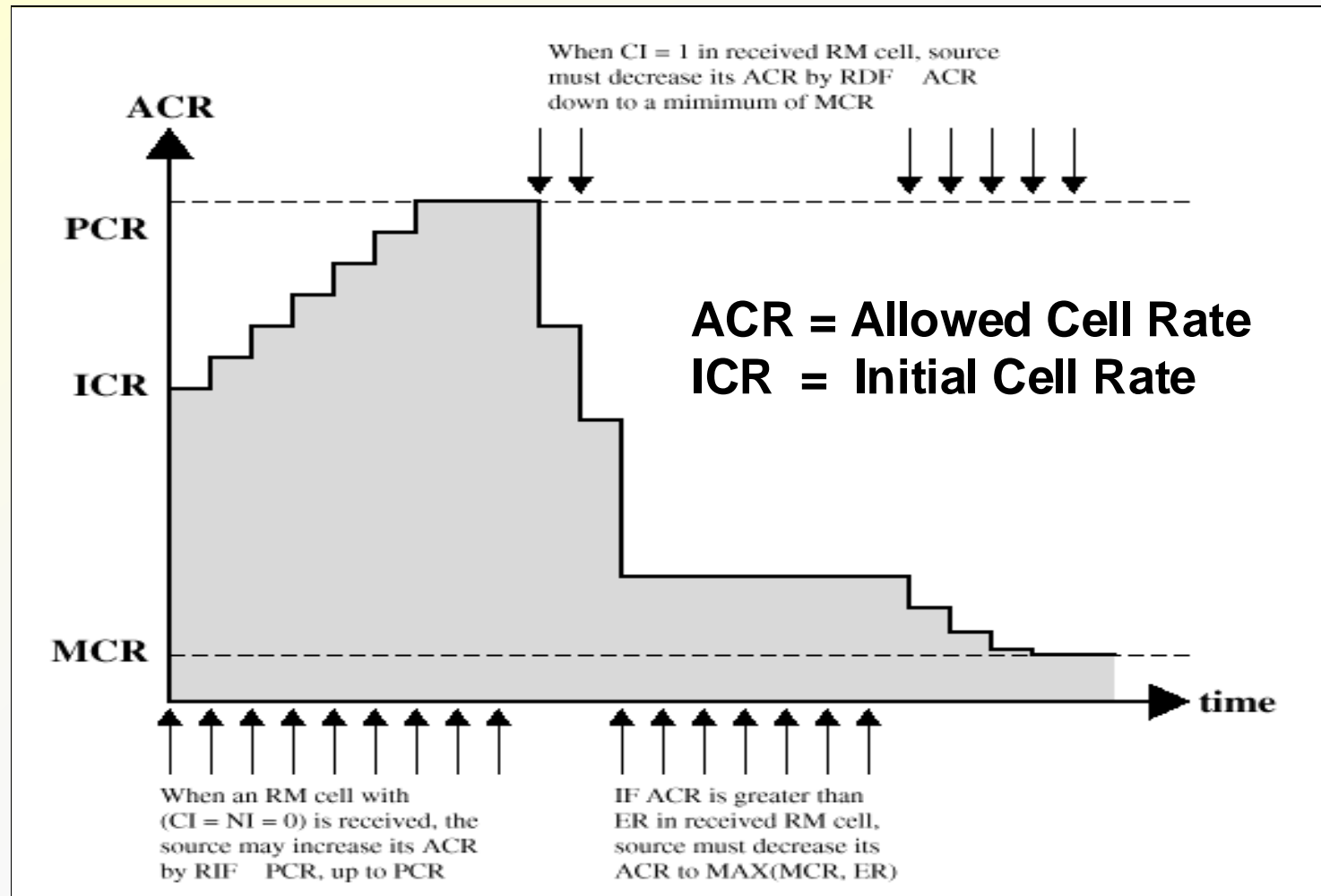
# ***ABR: celle di RM***



**RM: Resource Management**



# ***ABR: comportamento di un terminale***





# ***ABR: comportamento di uno switch***

➤ **Uno switch ATM deve implementare uno dei seguenti meccanismi:**

## **↗ EFCI marking**

- ★ pone ad 1 il flag di EFCI nell'intestazione della cella ATM

## **↗ Relative Rate Marking**

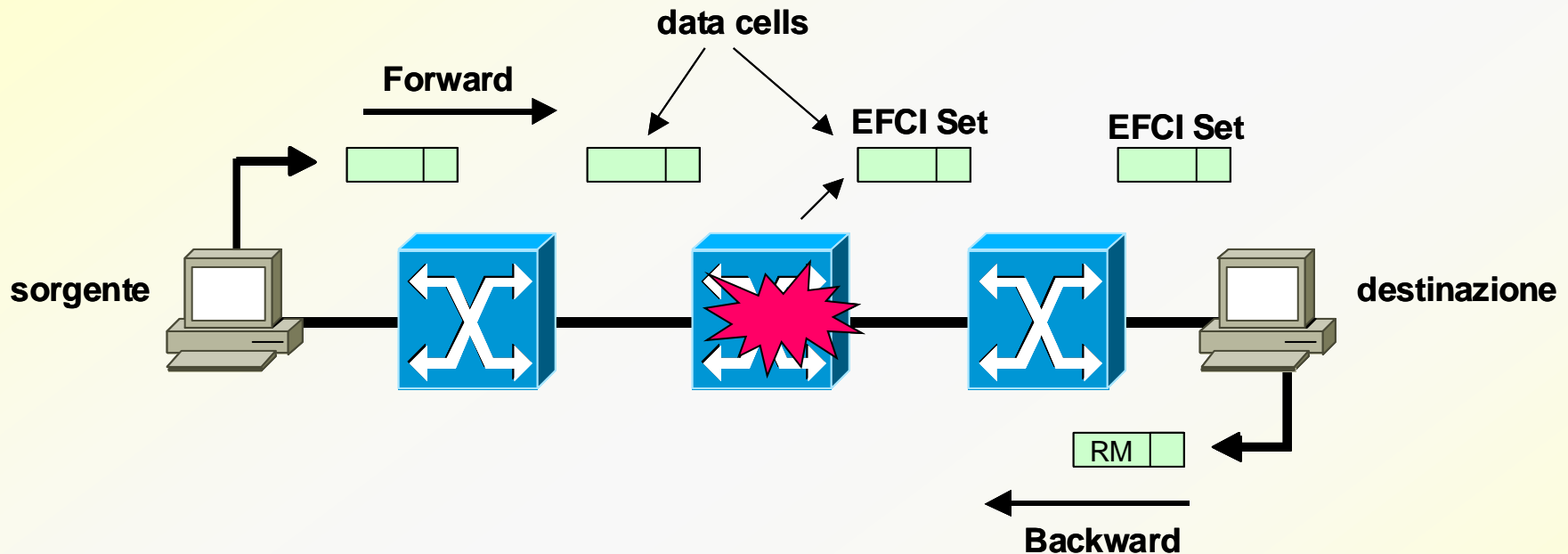
- ★ pone ad 1 il flag di CI (Congestion Indication) o NI (No Increase) nelle celle di RM

## **↗ Explicit Rate Marking**

- ★ riduce il campo ER (Explicit Rate) nelle celle di RM



# ***ABR: EFCI Mode***

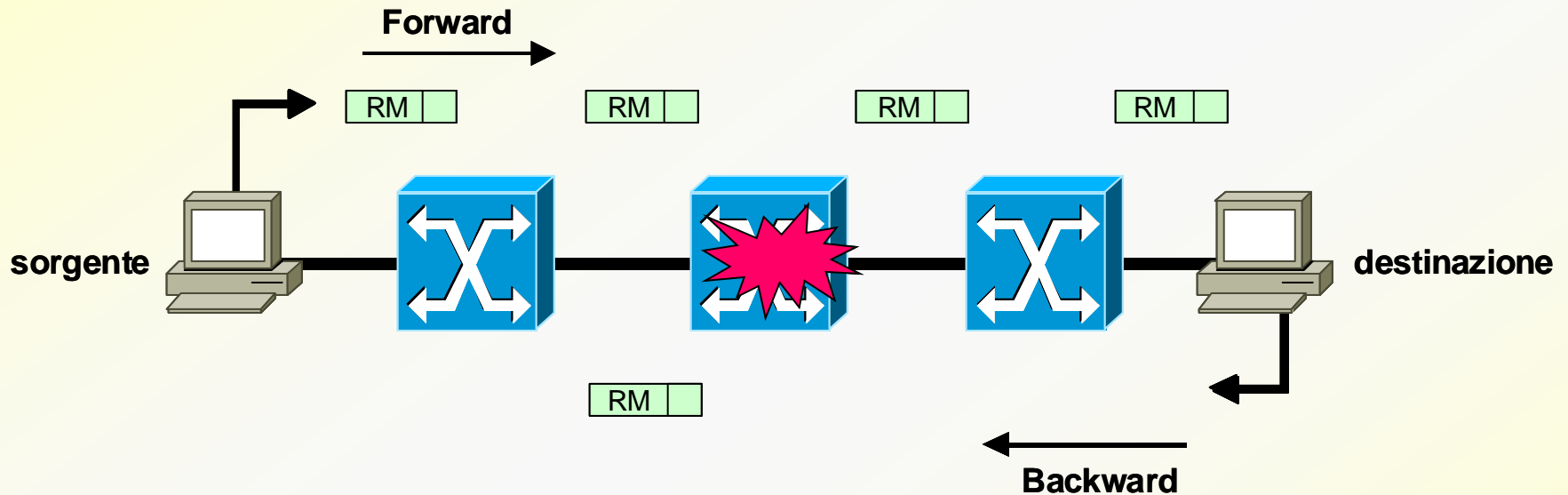


## ➤ **EFCI Marking**

- **Uno switch, se in congestione, pone ad 1 il flag di EFCI nelle celle dati dirette al terminale di destinazione**
- **Il terminale di destinazione notifica alla sorgente lo stato di congestione attraverso le celle di RM**



# ***ABR: Relative Rate Mode***

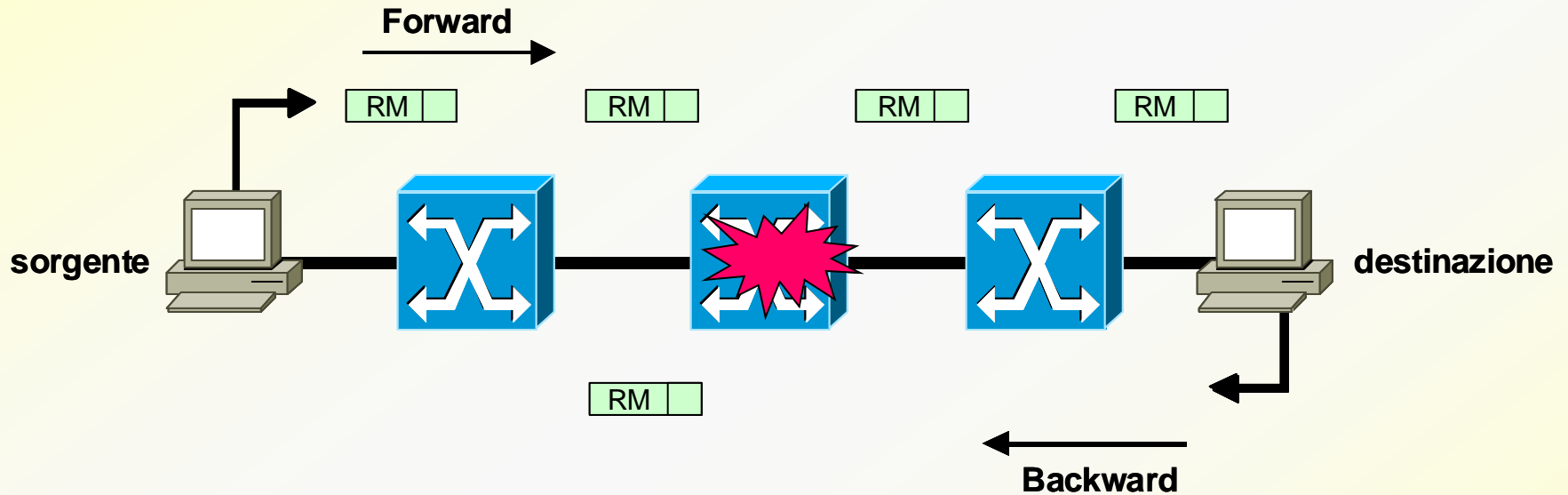


## ➤ **Relative Rate marking**

- **Uno switch, se in congestione, pone ad 1 il flag di CI (Congestion Indication) o NI (No Increase) nelle celle di RM**



# ***ABR: Explicit Rate Mode***



## ➤ **Explicit Rate marking**

- **Uno switch indica esplicitamente la banda disponibile**