



ATM : Asynchronous Transfer Mode

Outline

- ***Tecnologia ATM: principali caratteristiche***
- ***Strato fisico***
- ***Strato ATM***
- ***Strato AAL***
- ***QoS***
- ***Troubleshooting***

ATM: Definizione

***“ATM is a packet-switched,
connection-oriented data communication
technique based on asynchronous time
division multiplexing and data packets
of a fixed length”***

ATM: Definizione

- *ATM è la tecnologia di trasporto inizialmente ideata per la realizzazione della B-ISDN*
- *Attualmente è una tecnica di trasferimento adatta per realizzare LAN e WAN*

ATM: arco temporale

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

Organismi di standardizzazione per ATM

- *ITU-T*
 - » *International Telecommunications Union*
- *ETSI*
 - » *European Telecommunications Standards Institute*
- *ANSI*
 - » *American National Standards Institute*
- *ATM Forum*

ATM Forum

- ***Consorzio industriale senza fini di lucro con lo scopo di concordare specifiche realizzative per consentire l'interoperabilit  tra apparati ATM, e che assumono il ruolo di standard de facto.***
- ***Fondato nel 1991 da quattro aziende (Adaptive, Cisco, Northern Telecom, Sprint), il Forum conta attualmente piu' di 800 membri, di cui un terzo Principal Members (altri sono Auditing e User Members)***
- ***Comprende i seguenti gruppi di lavoro:***

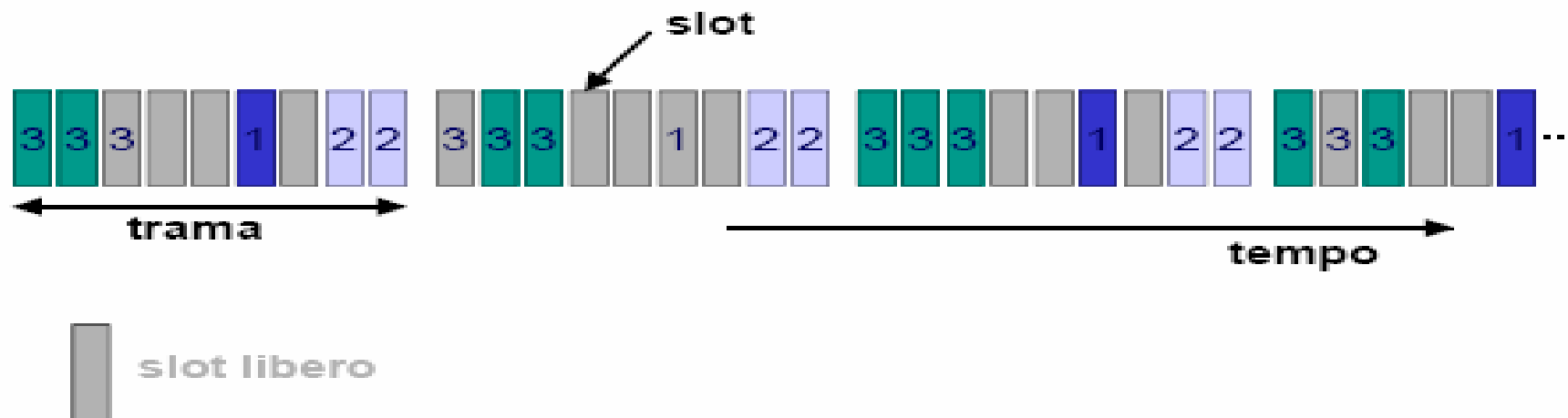
UNI	User to Network Interface
B-ICI	Broadband Inter Carrier Interface
LANE	LAN Emulation
NM	Network Management
PHY	PHYsical Layer
P-NNI	Private- Network Node Interface
MPOA	Multi-Protocol Over Atm
SA&A	Service Aspects and Applications
VTOA	Voice Telephony Over Atm
SIG	Signalling
TEST	Testing
TM	Traffic Management
RBB	Residential BroadBand
SEC	Security
WATM	Wireless ATM

ATM: caratteristiche

- ***Unisce i vantaggi della commutazione di pacchetto e della commutazione di circuito:***
 - > flessibilità***
 - > ritardi limitati***
- ***L'informazione viene trasportata in celle di lunghezza fissa (53 byte), le quali sono trasportate su connessioni virtuali***
- ***Mezzi trasmissivi veloci, tipicamente maggiori di 150 Mbit/s***
- ***idoneo per dati, voce e immagini video***
- ***È possibile garantire la qualità del servizio***

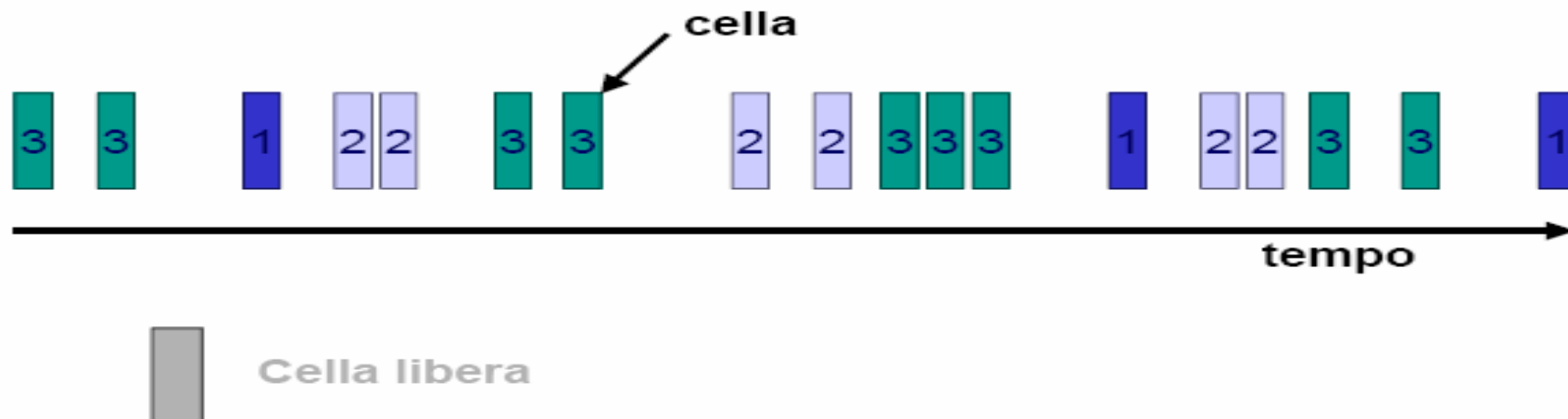
Trasferimento Sincrono

- *Suddivisione del canale in trame, di durata prefissata (0.125 ms)*
- *Una trama è suddivisa in time slot di dimensione fissa*
- *Ad una comunicazione si assegna un numero fisso di slot in ogni trama*
- *Se una stazione non occupa, in una frame, tutti gli slot a sua disposizione, essi non possono essere usati da un'altra stazione*
- *Multiplazione deterministica*
- *Adatta per servizi a circuito*



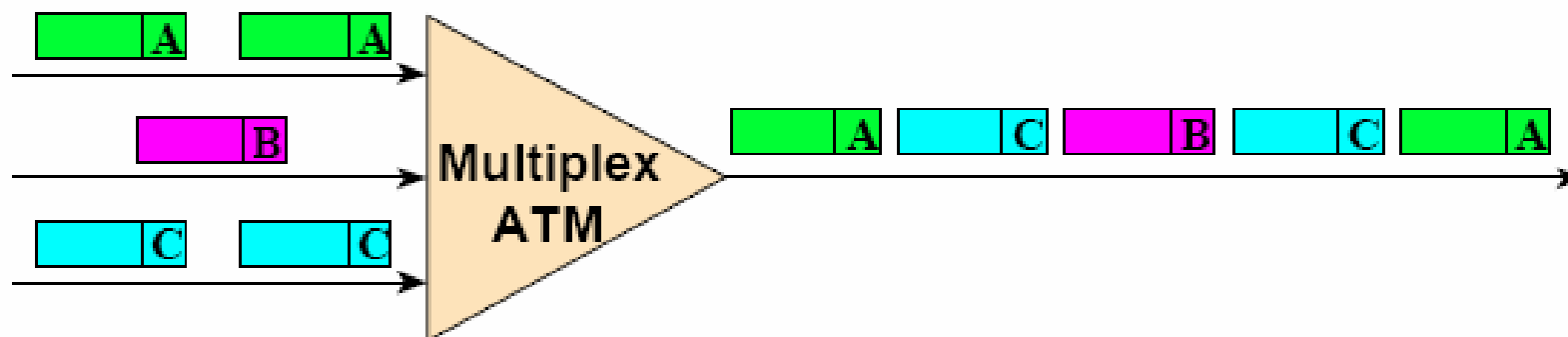
Trasferimento Asincrono (ATM)

- *Non esiste trama temporale periodica*
- *Unità dati di dimensione fissa, dette celle*
- *Ad una comunicazione non si assegna un numero fisso di celle in un periodo di tempo, ma una porzione di banda e memoria*
- *Necessario identificare la connessione*
 - *commutazione di etichetta*
- *Multiplexazione statistica*
- *Adatta a servizi sia a circuito sia a pacchetto*

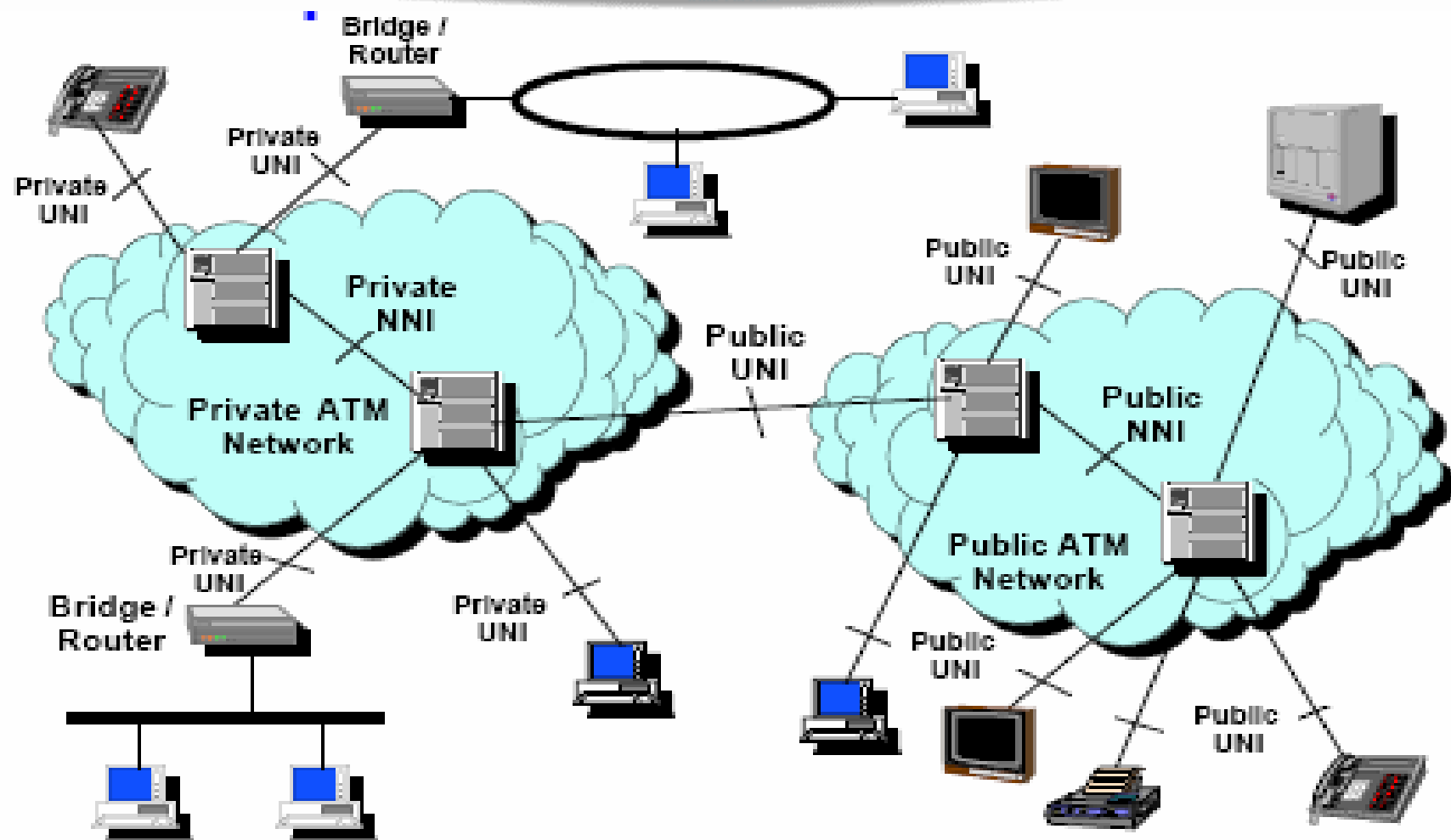


Multiplazione statistica

- ***Multiplazione = condivisione della risorsa trasmissiva da parte di flussi informativi diversi.***
- ***ATM è a divisione di tempo (TDM) e ASINCRONA = celle appartenenti ad una particolare connessione non sono associate a istanti predefiniti di trasmissione***
- ***Ciascun flusso multiplato è individuato per mezzo di un IDENTIFICATIVO DI CONNESSIONE VIRTUALE***

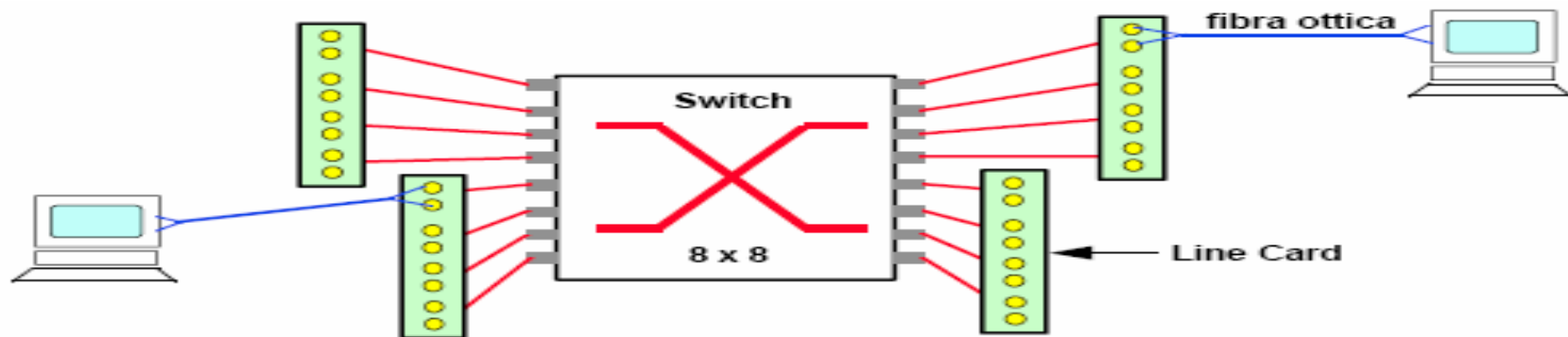


Reti ATM Pubbliche e Private



Switch ATM: architettura

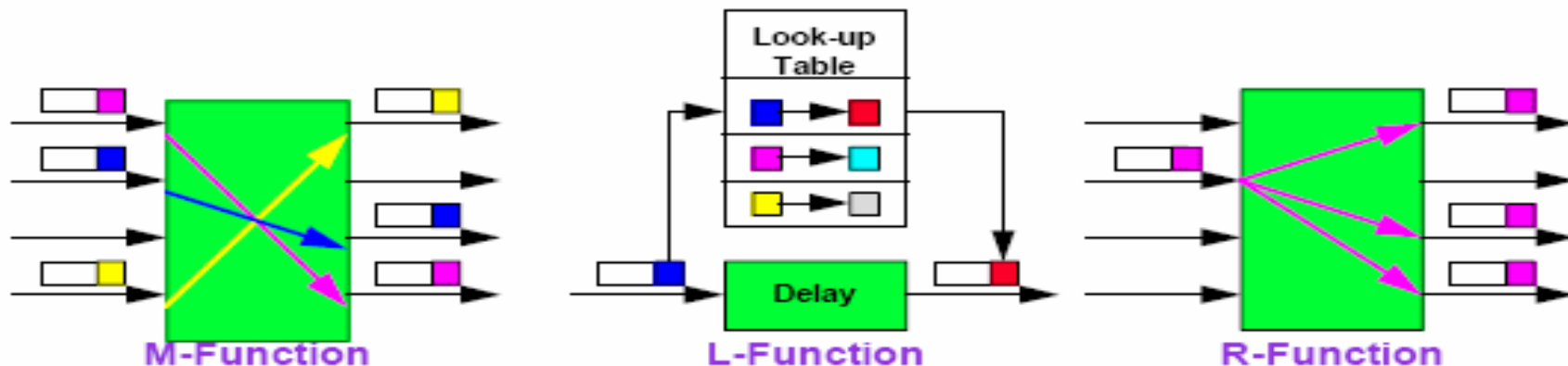
- ***Uno switch ATM può essere composto da:***
 - > ***una matrice elettronica di commutazione fra le porte (matrice 8 x 8, 16 x 16 ecc...)***
 - > ***Line Card: sono i moduli di interfacciamento tra le porte ed i mezzi trasmissivi***



Switch ATM: architettura

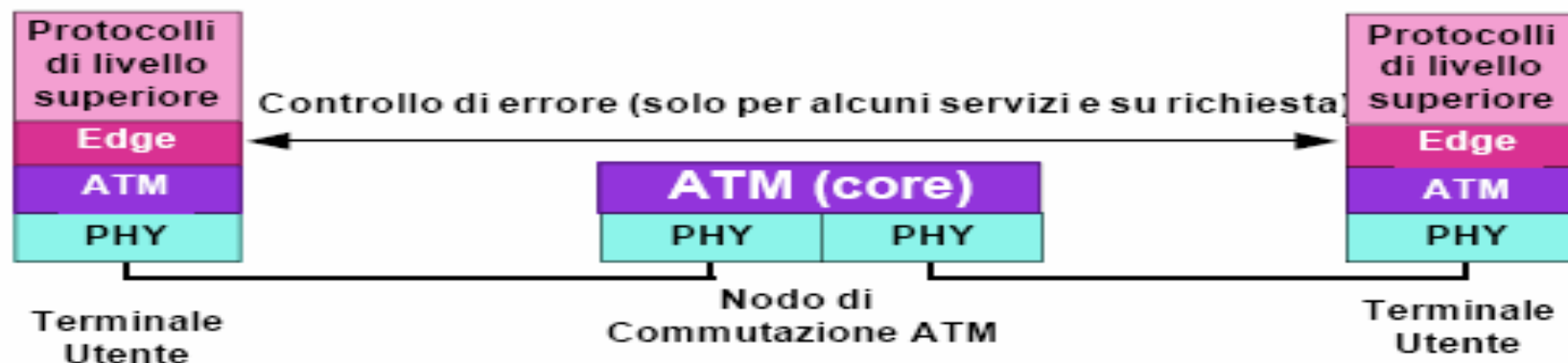
Un nodo di commutazione (o switch) ATM è un dispositivo che svolge fondamentalmente tre funzioni:

- *Multiplex switching (M): spostamento fisico delle celle ATM da un link di ingresso ad un link di uscita;*
- *Label switching (L): sostituzione etichetta (VPI/VCI) valida sul link di ingresso con quella valida sul link di uscita;*
- *Replication (R): generazione di copie multiple di una cella per le connessioni multicast.*



Principio del Core and Edge

- *Nei nodi sono eseguite solo le funzioni essenziali (commutazione e multiplazione) mentre le funzionalità residue, specifiche per i diversi tipi di servizio, sono svolte agli estremi*
- *Controllo d'errore end-to-end*



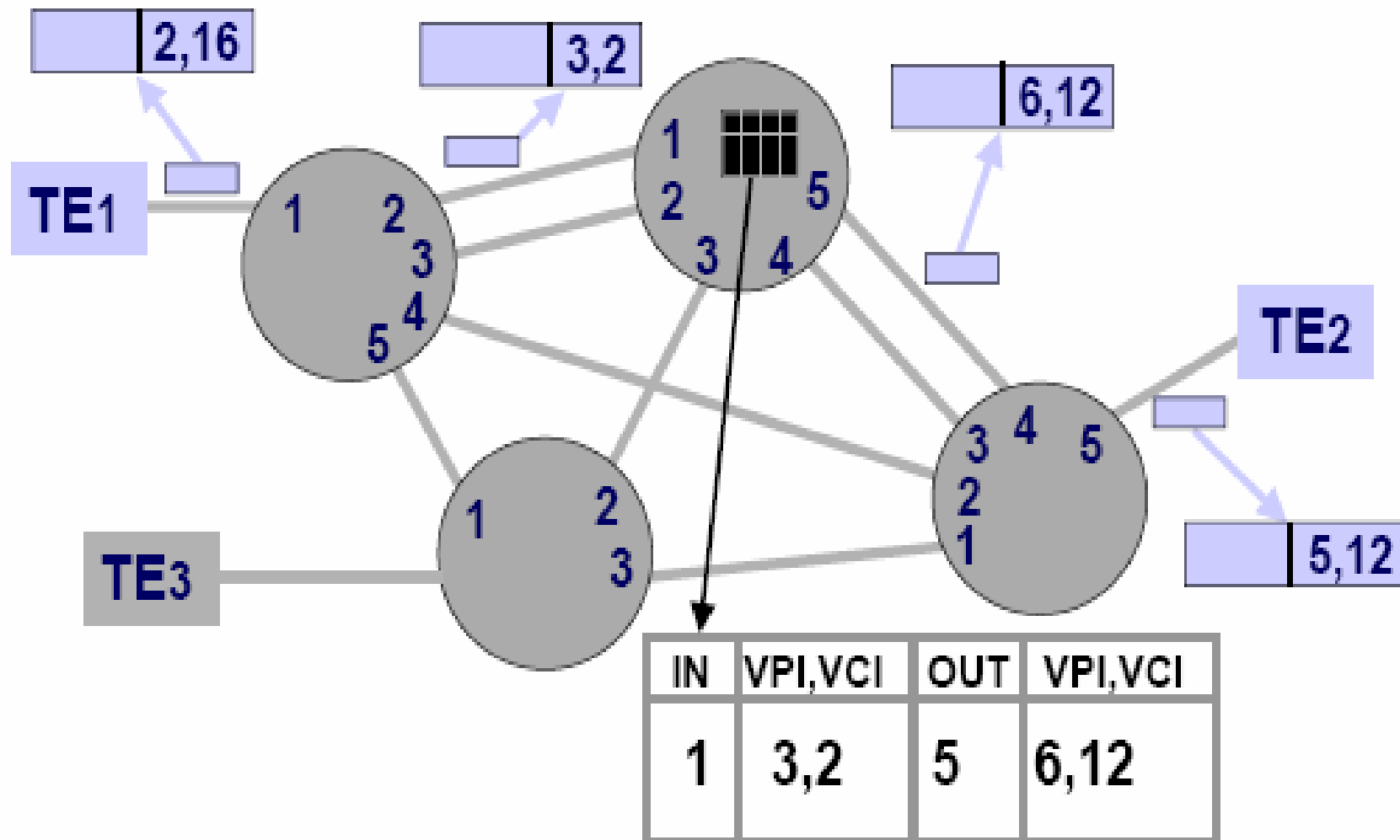
Canali e Percorsi Virtuali

- *Una connessione su un canale è identificata logicamente da un'etichetta:*

Etichetta = coppia di identificatori (VCI-VPI)

- *Virtual Channel Link: definisce un collegamento logico che trasporta unidirezionalmente celle ATM tra il punto dove viene assegnato un valore di VCI al punto dove esso viene tradotto o rimosso (endpoint)*
- *Virtual Path Link: definizione analoga, tra elementi di rete che assegnano o traducono il valore di VPI*

Canali e Percorsi Virtuali



Circuiti Permanenti e Commutati

- *PVC (Circuiti virtuali permanenti)*
 - *creati tramite il sistema di gestione della rete, non in tempo reale*
 - *definiscono una rete semi-statica*
- *SVC (Circuiti virtuali commutati)*
 - *creati su richiesta dell'utente tramite segnalazione della rete, in tempo reale*

Protocol Reference Model

Convergenza	CS	ATM Adaptation Layer - AAL
Segmentazione e Ricostruzione	SAR	
Generic Flow Control	ATM Layer	
Generazione dell'intestazione delle celle		
Traslazione VPI/VCI		
Multiplicazione/ Demultiplicazione		
Adattamento del tasso di generazione delle celle	Transmission Convergence TC	Physical Layer
Generazione e verifica del campo di controllo d'errore		
Delimitazione delle celle		
Inserimento delle celle nella trama in trasmissione		
Generazione delle trame		
Temporizzazione	Physical Medium PM	
Adattamento al mezzo trasmissivo		

Protocol Reference Model

- ***Strato ATM (ATM layer)***
 - » ***adatta il tasso di trasmissione tra strato fisico e strati superiori***
 - » ***Gestisce la connessione mediante celle OAM ed RM***
 - » ***Traduzione etichette***
- ***Strato di Adattamento (ADAPTATION Layer)***
 - » ***funzioni dipendenti dal particolare tipo di informazione da trasferire e riguardanti l'adattamento tra sezioni di rete ATM e non-ATM***
 - » ***funzioni riguardanti il trattamento del campo informativo delle celle***

Il livello fisico di ATM

Lo strato fisico è composto da due sottostrati:

- ***Physical Medium sublayer (PM)***

Include le funzioni dipendenti dal mezzo trasmissivo, quali la trasmissione/ricezione del flusso di bit, sincronismo e codifica di linea

- ***Transmission Convergence sublayer (TC)***

Si occupa di generare la trama, inserire le celle in essa (adattando il tasso di trasmissione) e verificare la corretta trasmissione e ricezione dei dati

Il livello fisico di ATM

Modalità per trasportare celle ATM su un mezzo fisico di comunicazione:

- ***FRAME-BASED: adattamento delle celle alla struttura frame del mezzo fisico (PDH , SDH/SONET)***
- ***CELL-BASED: trasferimento diretto di celle (detto appunto “Cell Based”)***

Trasporto Celle con frame PDH / SDH-SONET

- *Tra le due tecniche è quella più usata, in quanto lascia inalterato l'uso delle infrastrutture di comunicazione dati esistenti*
- *Le celle vengono inserite nel payload della trama e la differenza tra bit rate lordo e netto è utilizzata per la trasmissione dell'overhead di trama*

Cell-based Physical Layer

- *La modalità Cell-Based consiste in un flusso continuo di celle sul canale*
- *Le celle non sono inserite in frame di trasporto bensì ogni suo bit viene semplicemente convertito nel corrispondente segnale (elettrico o ottico) e trasmesso*
- **VANTAGGIO**
Utilizzo più efficiente della capacità trasmissiva in quanto non viene aggiunto ulteriore overhead dovuto all'utilizzo delle frame

Cell-Based Physical Layer

SVANTAGGI

- ***Non si riusano le infrastrutture trasmissive esistenti***
- ***E' necessario trasportare informazioni di gestione e monitoraggio richieste nei sistemi di switching. Quest'ultime , nel caso precedente, venivano inserite nelle stesse frame che trasportavano i dati***
- ***SOLUZIONE: utilizzo di celle dedicate che trasportano solo informazioni di controllo e monitoraggio, dette celle Physical Layer Operation And Maintenance (PL-OAM cells)***

Cell-Based Physical Layer

Per questa modalità di trasmissione delle celle ATM esistono specifiche a:

- ***12.96 Mbit/s***
- ***25.92 Mbit/s***
- ***51.84 Mbit/s***
- ***155 Mbit/s***
- ***622 Mbit/s***

Lo stream di celle è composto da:

- ***Celle ATM dati***
- ***Celle OAM***
- ***Celle vuote/ non assegnate***

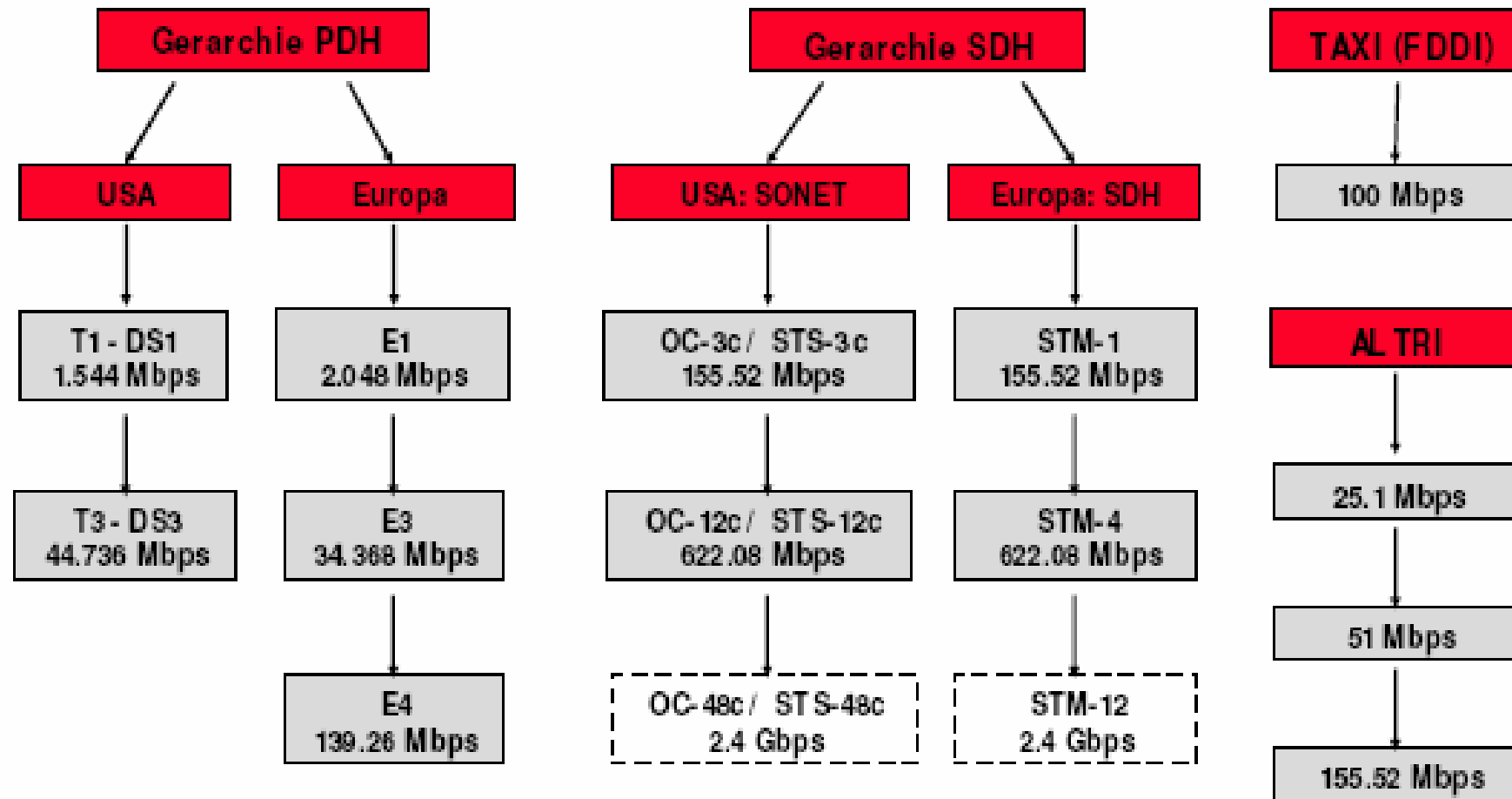
Cell-Based Physical Layer

- ***IDLE CELLS: usate per adattare il tasso di generazione delle celle al tasso di trasmissione delle stesse***
- ***Se non è disponibile una cella ATM nel buffer in trasmissione, nel flusso uscente viene inserita una cella IDLE generata dallo strato fisico***

GERARCHIA PLESIOCRONA E GERARCHIA SINCRONA

- *PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy): i clock degli apparati di una stessa rete lavorano a frequenze simili ma non identiche*
- *SDH (Synchronous Digital Hierarchy): gli apparati di una stessa rete utilizzano un unico clock di riferimento*

Gerarchie strato fisico



Sottostrato TC

- *Il metodo attualmente più usato per il trasporto di celle ATM prevede l'utilizzo di frame SDH/SONET*
- *Metodi che utilizzavano interfacce PDH (frame E1, E3, E4, T1, T3) sono ormai obsoleti*
- *Nell'interfaccia SDH-based la differenza tra bit rate lordo e netto è utilizzata per la trasmissione dell'overhead di trama, in quella cell-based sono trasmesse celle PL-OAM*

Gerarchia PDH

- *Sistema di trasmissione digitale inizialmente pensato per il trasferimento di canali vocali digitali a 64 kb/s*
- *Ogni apparato di una stessa rete ha un suo orologio (non c'è sincronizzazione globale)*
- *Orologi locali hanno derive che portano a errori di sincronizzazione*
- *Problema risolto avendo la possibilità di inserire e rimuovere bit di riempimento*
- *Standard diversi in USA/Europa/Giappone*

PDH: CARRIER SYSTEM DELLA SERIE T

Serie T: sviluppata in USA e Canada e adottata anche in Giappone e altri paesi asiatici

- ***Canali T1 (1.544 Mbps)***

Multiplicazione sincrona di 24 canali DS-0

- ***Canali T2 (6.312 Mbps)***

Multiplicazione plesiocrona di 4 canali DS-1

- ***Canali T3 (44.736 Mbps)***

Multiplicazione plesiocrona di 7 canali DS-2

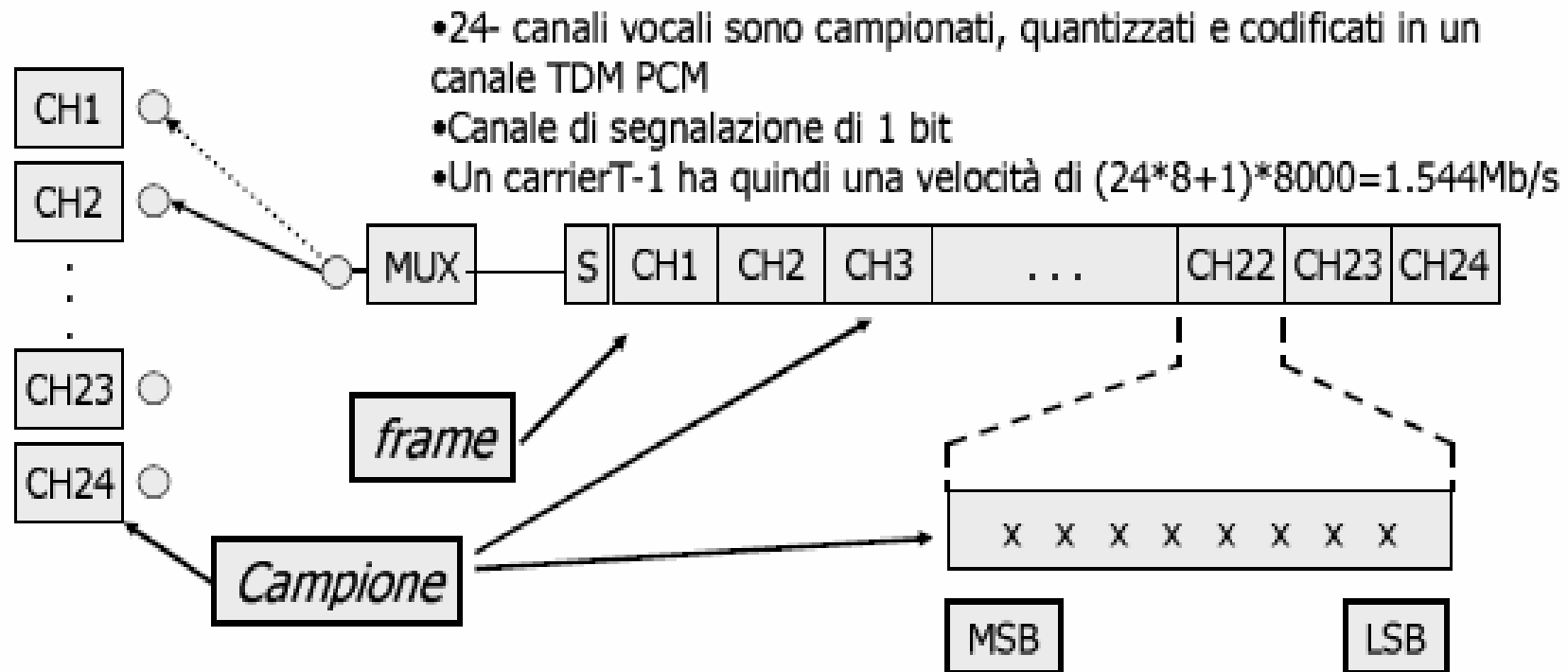
PDH: CARRIER SYSTEM DELLA SERIE E

- *Serie E: sviluppata in Europa e adottata laddove non è usata la serie T*
- **Canali E1 (2.048 Mbps)**
Multiplicazione sincrona di 32 canali E-0
- **Canali E2 (8.448 Mbps)**
Multiplicazione plesiocrona di 4 canali E-1
- **Canali E3 (34.368 Mbps)**
Multiplicazione plesiocrona di 4 canali E-2
- **Canali E4 (139.26 Mbps)**
Multiplicazione plesiocrona di 4 canali E-3

PDH: STANDARD DS-1 (T1)

- *DS-1: formato frame di 193 bit, ciascuna contenente 24 time slot di 8 bit ciascuno e un bit di delimitazione (il primo nel frame)*
- *Trasmesse alla cadenza di un frame ogni $125 \mu\text{s}$ (e quindi bit rate di $193 \times 8000 = 1.544 \text{ Mbit/s}$)*
- *Le celle ATM nella trama sono byte-aligned e non frame-aligned. Ciò significa che una cella può anche essere divisa su due diverse trame DS1*
- *Per adattare il tasso di trasferimento delle celle a quello previsto dallo standard DS1, si inseriscono celle vuote*

DS-1 (T-1) Carrier System



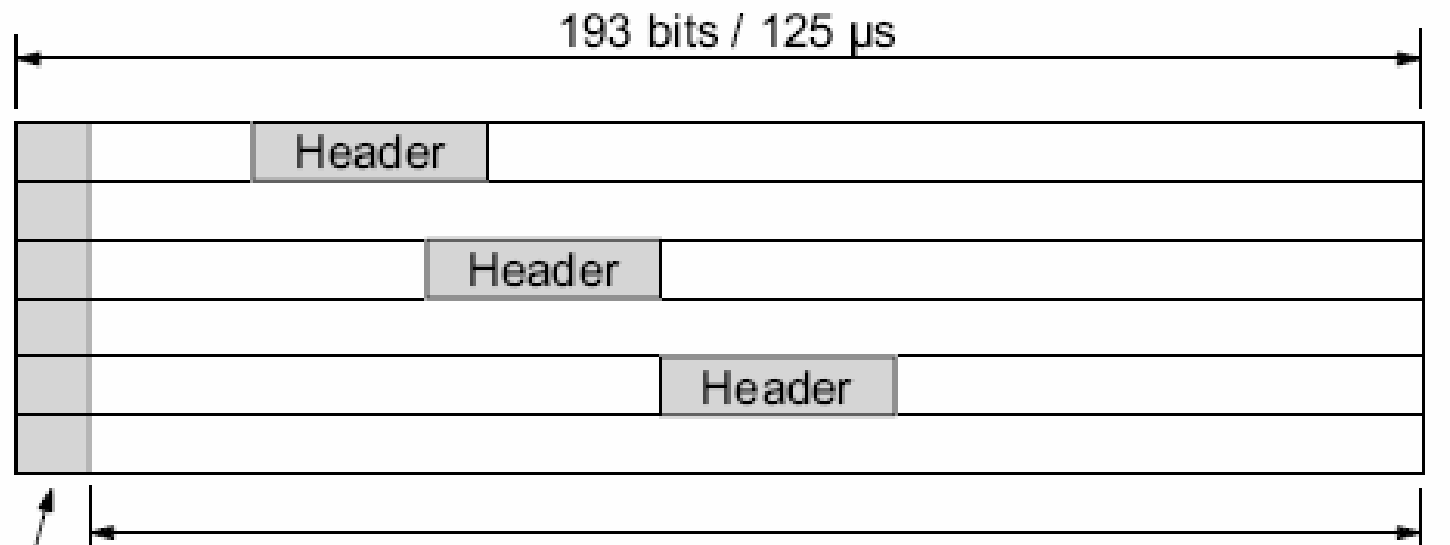
Un campione ogni 125μsec

Una trama ogni 125μsec

193 bit per trama

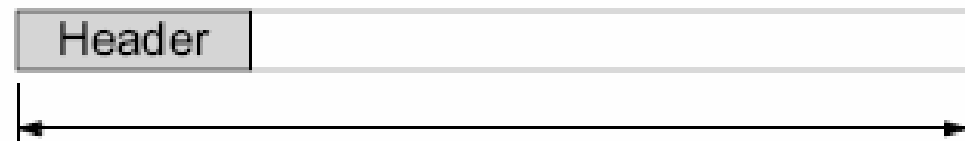
Posso moltiplicare più trame in canali di velocità superiore

Formato frame DS-1



Cell adaptation field: 24 bytes (channels 1–24)

ATM
Cell



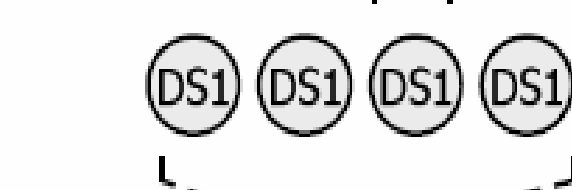
53 bytes

- Transports OAM F3 information
- Reports frame and synchronization errors
- Transports RDI and LCD

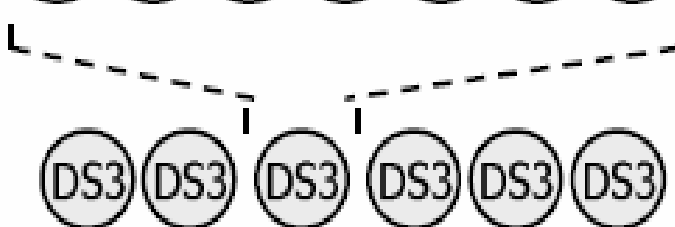
Gerarchie T- e DS-



$64 \times 24 + 8k = 1.544 \text{ Mb/s}$
T1 Frame trasmessi in un canale DS1



$4 \text{ DS1} = 1 \text{ DS2}$
 $4 \times 1.544 = 6.312 \text{ Mb/s}$



$7 \text{ DS2} = 1 \text{ DS3}$
 $7 \times 6.312 = 44.736 \text{ Mb/s}$



$6 \text{ DS3} = 1 \text{ DS4}$
 $6 \times 44.736 = 274.176 \text{ Mb/s}$

E' difficile identificare un singolo canale dentro uno stream: ogni volta occorre demultiplare tutti i livelli per estrarre/inserire altri canali

E' difficile mantenere due canali in perfetta sincronia: si usa un bit stuffing per avere un sistema quasi sincrónico

PDH: STANDARD DS-3

- *ATM over DS3: 44.736 Mbit/s*
- *Due modalità per il trasporto di celle ATM su canali DS3:*
 - > *PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) mapping*
 - > *Direct Cell mapping nel formato frame DS3 (più usato oggi)*
- *Il canale DS-3 multipla 7 canali DS-2 ($7 \times 6.312 = 44.184$ Mbit/s) con overhead di 552 Kbit/s*
- *La frame DS-3 PCLP è costituita da 12 righe di 57 byte ciascuna e l'ultima riga contiene un ulteriore gruppo di 12 nibble (gruppi di 4 bit) per riempire il campo payload*

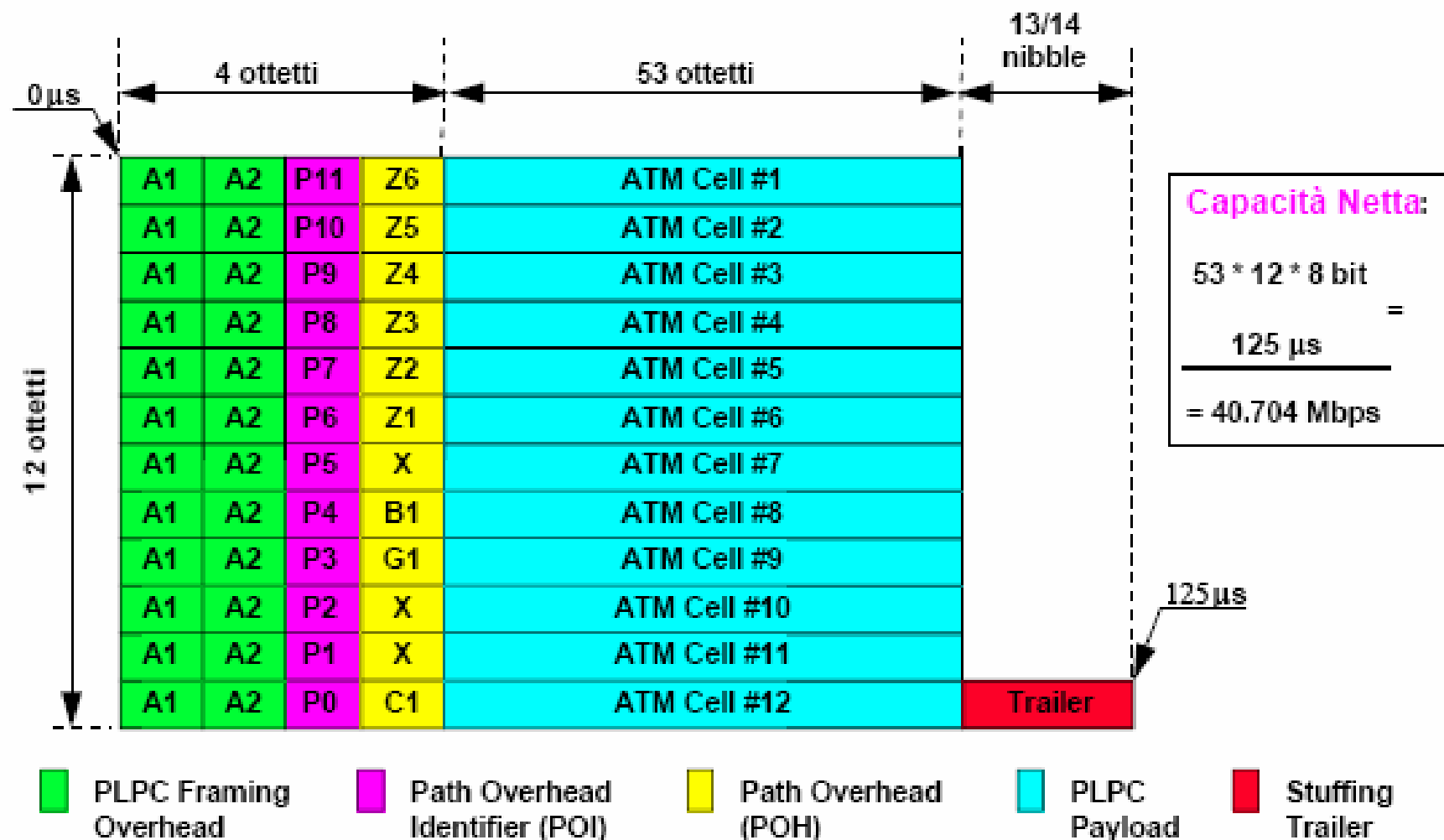
DS-3 Physical layer

> *PLCP Framing*

DS3 PLCP (Physical Layer Convergence Protocol), è un subset del PLCP definito in IEEE 802.6 (DQDB).

Ad esso compete la funzione di trasporto delle celle ATM su canali numerici DS3 incapsulandole negli appositi frame.

PLCP Framing: formato frame



Bit di overhead

Ai fini del framing vengono impiegati i campi:

- *A1 - A2 : 24 byte di allineamento del frame PLCP*
- *B1: Bit Interleaved Parity (BIP-8). Byte di parità calcolato sui 12 byte del Path Overhead (POH) e sui $12 * 53$ byte del payload della frame precedente*
- *Z1 - Z6: riservati per utilizzi futuri*
- *P0 - P11: Path Overhead Identifier. I campi POI fungono da identificatore per il successivo byte Path overhead (POH). Ad esempio P4 indica che l'ottetto successivo è B1*

DS3 Physical layer

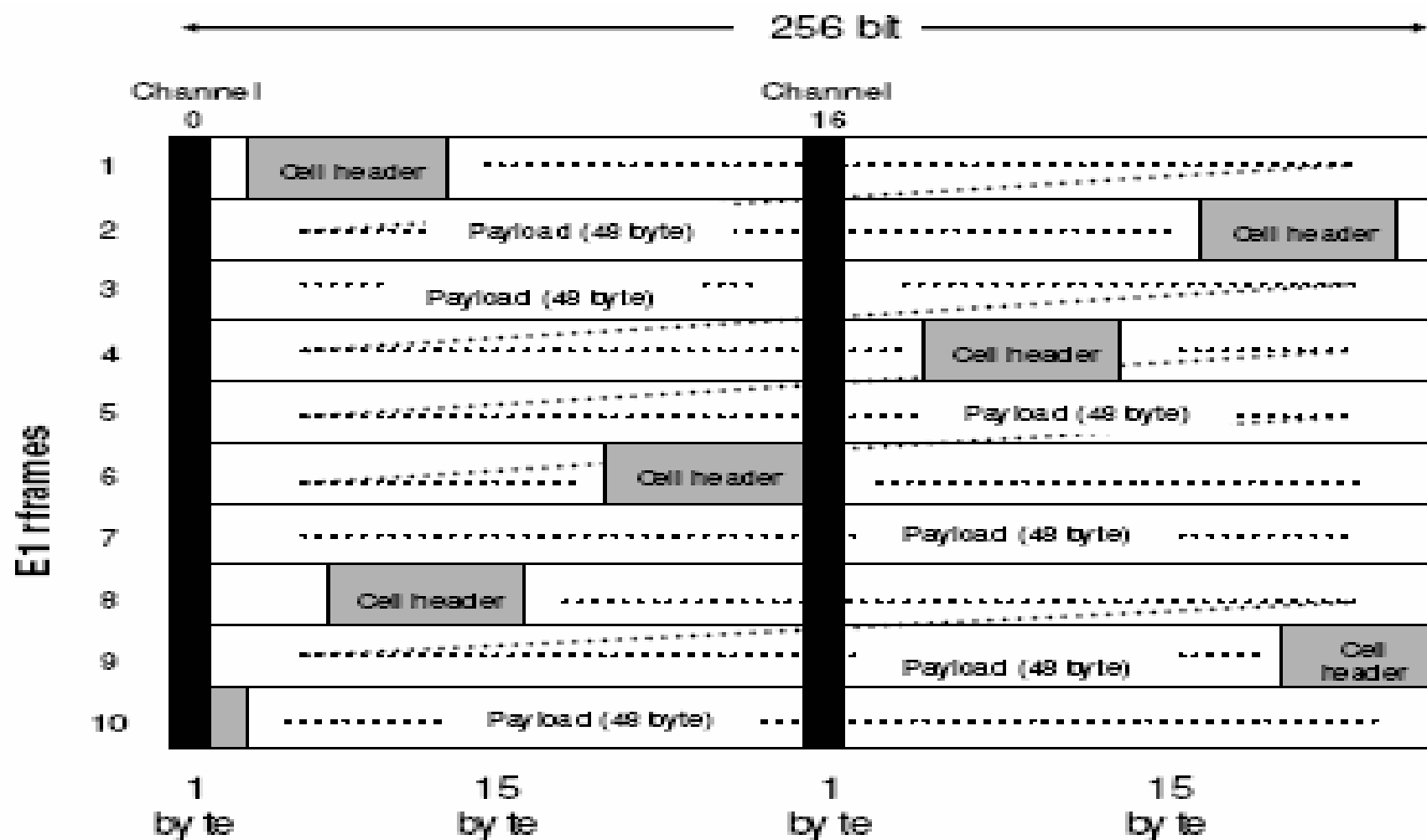
- ***G1: PLPC Path Status (8 bit). È formato dai sottocampi:***
 - ***FEBE: Far - End Block Error. Numero di errori rilevati, mediante BIP-8, dal ricevitore nel frame precedente***
 - ***RAI (Remote Alarm Indication) . Indica che si è verificato un guasto lungo la linea. Affinchè venga rilevato, deve essere attivo per 10 frame consecutivi***
- ***C1: Cycle/Stuff Counter. Indica la presenza e la lunghezza del trailer***



PDH: STANDARD E-1

- ***ATM su E1: 2.048 Mbit/s***
- ***Ciascun frame di 256 bit contiene 32 time slot (0 - 31) di 8 bit ciascuno***
- ***Slot 0 (8 bit) usato per sincronizzazione, allarmi e interfacciamento tra operatori di TLC***
- ***Slot 16 (8 bit) usato per la segnalazione dei 30 canali di payload (1- 15 e 17-31)***
- ***Bit Rate netto: $30 \times 8 \times 8000 = 1.920 \text{ Mbit/s}$***
- ***Anche qui le celle ATM sono byte-aligned con la trama E1***

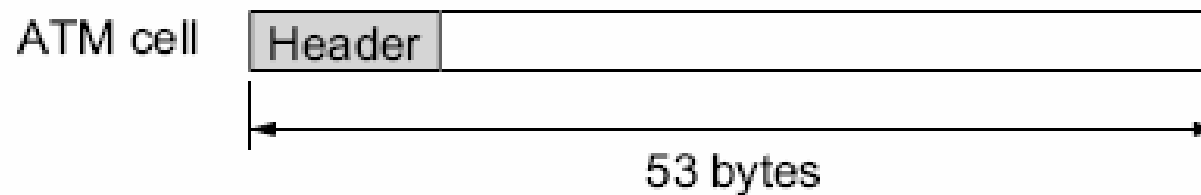
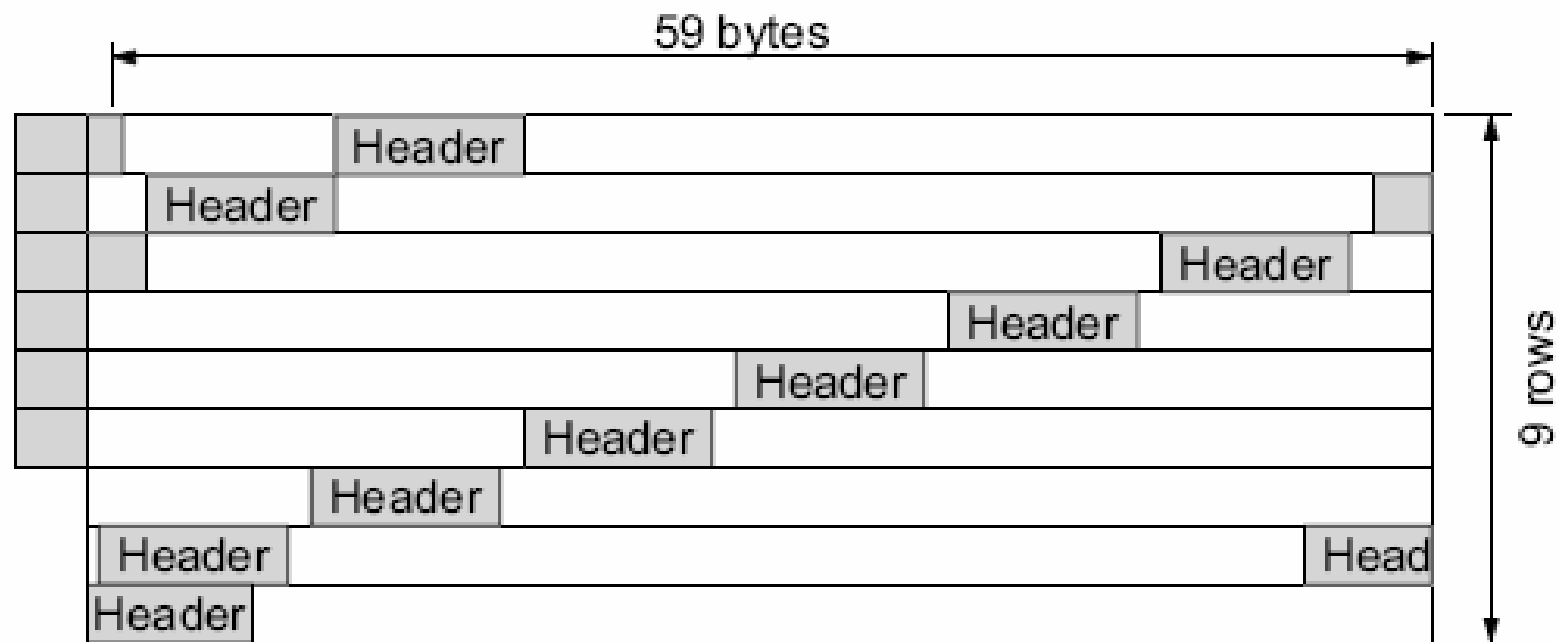
PDH: STANDARD E-1



PDH: STANDARD E-3

- *ATM over E3: 34.368 Mbit/s*
- *La frame è composta da 537 byte, di cui sette sono di sincronizzazione*
- *I rimanenti 530 byte di payload corrispondono esattamente a 10 celle ATM, cosicchè esse possano essere frame - aligned*

PDH: STANDARD E-3



Overhead byte

Gerarchie T- ed E-

Livello	America (T-)	Europe (E-)	Japan
0	0.064 Mb/s	0.064 Mb/s	0.064 Mb/s
1	1.544 Mb/s	2.048 Mb/s	1.544 Mb/s
2	6.312 Mb/s	8.488 Mb/s	6.312 Mb/s
3	44.736 Mb/s	34.368 Mb/s	32.064 Mb/s
4	274.176 Mb/s	139.264 Mb/s	97.928 Mb/s

Da PDH a SONET/SDH

- *Il sistema PDH non era scalabile abbastanza per supportare le aspettative di crescita di traffico*
- *Le tecnologie ottiche iniziano a essere appetibili, e incominciano a capirsi le loro potenzialità*
- *I sistemi di trasmissione ottica, tutti proprietari, non possono interoperare tra loro*

L'attuale infrastruttura della rete telefonica, su cui vengono sovente veicolati i canali di altre tipologie di reti, è in larga misura basata sulle gerarchie sincrone, evoluzioni delle gerarchie plesiocrone PDH

SONET / SDH

I sistemi di trasmissione e multiplazione sono:

- ***SONET - Synchronous Optical NETWORK (segnali ottici multipli della velocità base di segnale di 51.84 Mbit/s)***
 - ***SDH - Synchronous Digital Hierarchy (equivalente europeo ed internazionale di SONET)***
 - ***STS - Synchronous Transport Signal (standard corrispondente per i segnali elettrici)***
-
- ***Gli apparati di una stessa rete utilizzano un unico clock di riferimento***
 - ***Standardizzazione di SONET e SDH avvenuta alla fine degli anni 80***

Obiettivi di SONET/SDH

- I principali obiettivi degli standard sono:
- ***Affidabilità*** della rete, compatibile con i requisiti di carrier nazionali e internazionali
- ***Interoperabilità*** tra apparati di diversi costruttori
- ***Flessibilità*** dei formati per supportare diverse architetture di rete e possibili migrazioni
- Articolate funzioni di controllo e monitoraggio (*monitoring*) delle prestazioni e del traffico (recupero di guasti singoli in 50 ms)

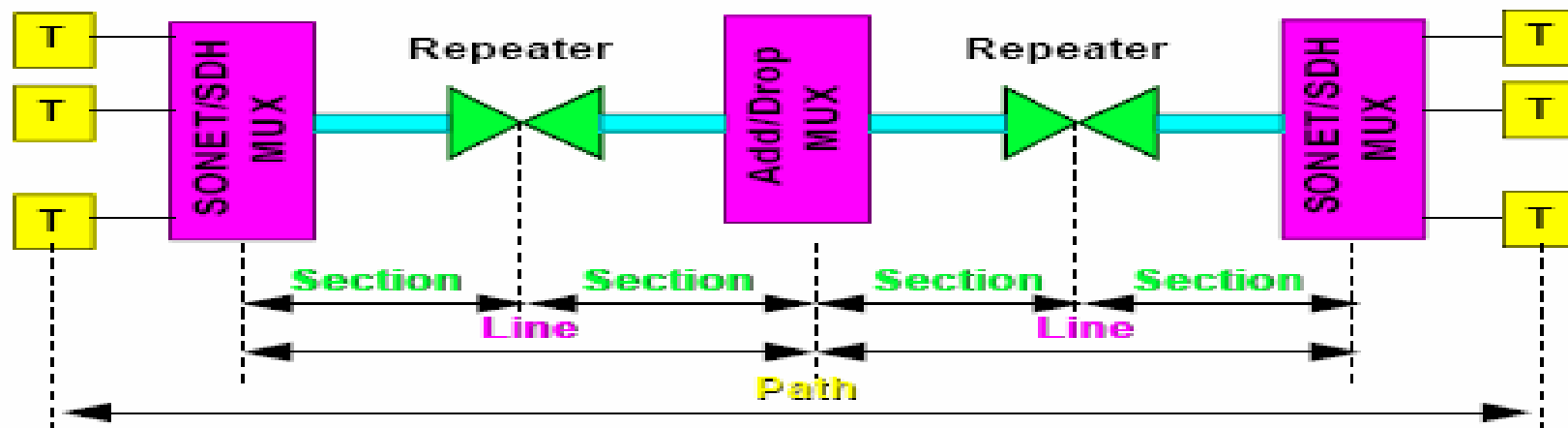
SONET / SDH

- **SONET / SDH definisce una gerarchia standard di data rate per il trasporto e il multiplexing di segnali numerici sincroni**

SONET	SDH	Data Rate (Mbps)
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-9	STM-3	466.52
STS-12	STM-4	622.08
STS-18	STM-6	933.12
STS-24	STM-8	1244.16
STS-36	STM-12	1866.24
STS-48	STM-16	2488.32

Section , Line, Path

- **Section:** segmento di fibra ottica compreso tra una coppia di transceiver
- **Line:** sequenza di una o più section terminata da apparati in grado di manipolare i contenuti dei frame
- **Path:** cammino end-to-end tra terminazioni di rete equivalente ad un circuito fisico

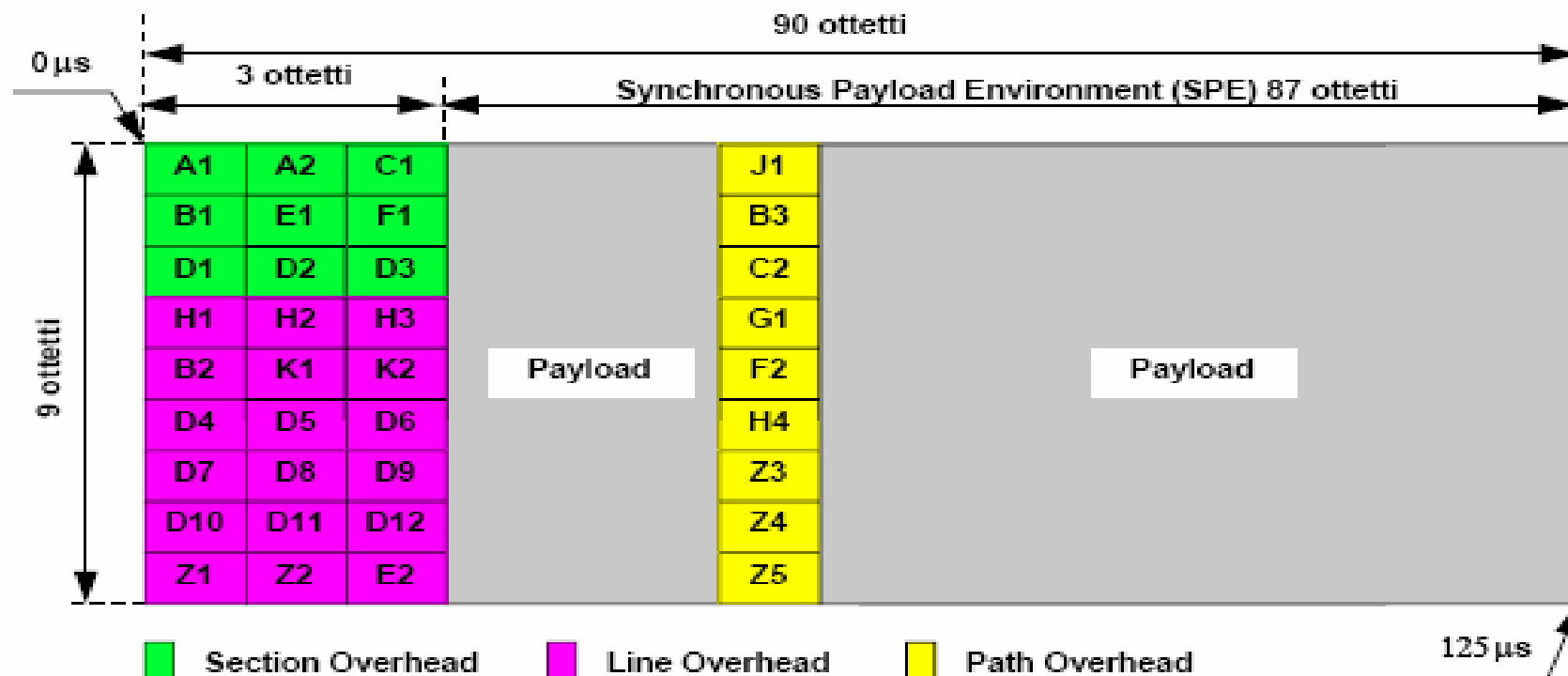


Framing SONET

- *SONET/SDH trasmettono una sequenza continua di bit ad una certa velocità*
- *La moltiplicazione dei diversi flussi di informazione è ottenuta con un complesso schema a divisione di tempo (TDM)*
- *Per un certo livello di moltiplicazione, ogni flusso in ingresso al multiplexer viene moltiplicato per formare un Synchronous Payload Envelope (SPE)*
- *Un insieme di bit, chiamato Path Overhead, viene aggiunto al SPE, realizzando funzioni di controllo, di monitoring, ecc.*
- *SPE + Path Overhead formano un Virtual Tributary (VT)*

Struttura della trama STS-1

- Il blocco fondamentale è il frame STS-1 costituito da 810 byte, trasmesso con un periodo di 0.125 ms per un data rate di 51.84 Mbps



SONET/SDH Overhead

- *Section overhead*

Campo/i	Significato
A1, A2	Framing
C1	STS-1 ID: numero (1-N) di un frame STS-1 all'interno di un multiplex STS-N
B1	BIP-8: Bit Interleaved Parity per il rilevamento di errori a livello Section (frame precedente)
E1	canale vocale PCM (64 Kbps) di servizio
F1	canale a 64 Kbps per l'utente
D1-D3	canale a 192 Kbps per controlli, allarmi e OAM a livello Section

SONET/SDH Overhead

- Line Overhead

Campo/i	Significato
H1-H3	Puntatore all'inizio del payload
B2	BIP-8: Bit Interleaved Parity per il rilevamento di errori a livello Line
K1, K2	canale di segnalazione tra apparati automatici a livello Line (ADMUX, Switch)
D4-D12	canale a 576 Kbps per controlli, allarmi e OAM a livello Line
Z1, Z2	Riservati per utilizzo futuro
E2	canale vocale PCM (64 Kbps) di servizio

SONET/SDH Overhead

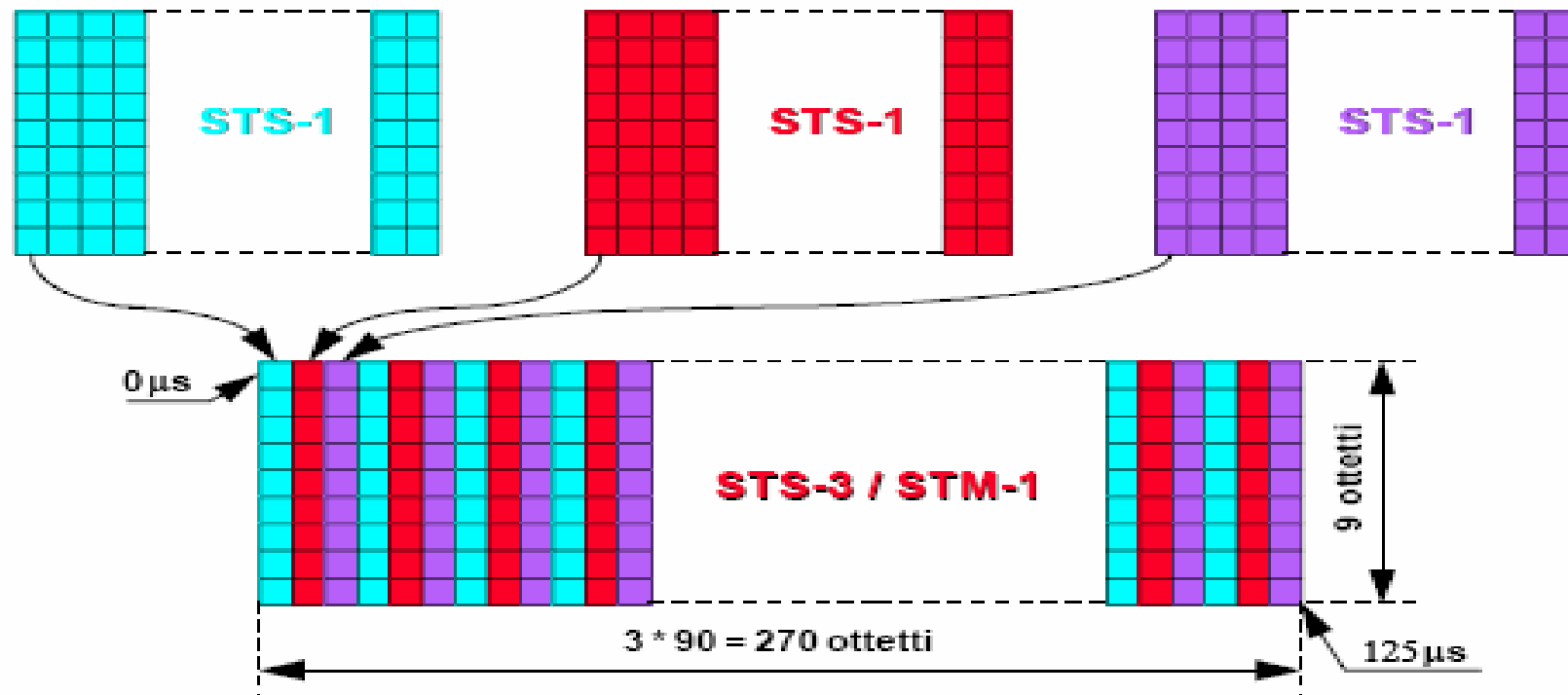
- Path Overhead

Campo/i	Significato
J1	canale a 64 Kbps usato verificare l'integrità del path end-to-end
B3	BIP-8: Bit Interleaved Parity per il rilevamento di errori a livello Path (precedente SPE)
C2	STS Path Signal Indicator: usato per l'interpretazione dei contenuti del payload
G1	byte di stato scambiato tra le terminazioni del path
F2	canale a 64 Kbps per l'utente
H4	Multiframe Indicator: usato per indicare che un payload è trasportato in più frame
Z3-Z5	riservati per utilizzo futuro

Frame di livello STS-N

Generato a partire dai byte provenienti da N frame di livello STS-1.

Es: frame STS-3 = 3 * STS-1 = 155.52 Mbps.



ATM su fibra monomodale

ITU-T definisce sei diversi tipi di fibre ottiche monomodali per trasportare frame SDH/SONET in tre diversi scenari:

- ***In-house links***

- *Distanza massima di 2km*
- *Trasmettitori ottici: diodi LED o laser multi-longitudinali (MLM) con lunghezza d'onda di 1,310 nm*
- *Perdite accettabili tra 0 e 7 dB*

ATM su fibra monomodale

- ***Medium-range WAN links***
 - > ***Copre distanze fino a 15 km***
 - > ***Utilizza laser longitudinali (SLM) o multi-longitudinali con lunghezza d'onda di 1,310 o 1,550 nm***
 - > ***Perdite accettabili tra 0 e 12 dB***
- ***Long-range WAN links***
 - > ***Collegamenti fino a 40 km se utilizzo laser con lungh. d'onda di 1,310 nm***
 - > ***Con laser SLM o MLM più potenti posso arrivare fino a 80 km***
 - > ***Perdite ammissibili tra 10dB e 24dB***

ATM su fibra monomodale

- ***Usando fibre monomodali, i data rate ATM che possiamo ottenere sono:***
 - ***155 Mbit/s con STM-1 / STS-3***
 - ***622 Mbit/s con STM-4 / STS-12***
 - ***2.4 Gbit/s con STM-16 / STS-48***
 - ***9.9 Gbit/s con STM-64 / STS-192***

ATM è trasportato su collegamenti in fibra monomodale principalmente in reti WAN

- ***Tuttavia negli ultimi anni la crescente evoluzione delle reti LAN in termini di velocità sta permettendo l'utilizzo di fibre monomodali anche per quest'ultime***

ATM su fibra multimodale

- *Utilizzate principalmente per trasportare frame su reti LAN con data rate di 155 Mbit/s (STM-1) e 622 Mbit/s (STM-4)*
- *Specificate dall' ATM Forum in luogo delle fibre monomodali prescritte nelle raccomandazioni dell'ITU-T*
- *Distanza massima: 2 km ma per le LAN va bene visto che i segmenti di rete sono tipicamente più corti*
- *Costi dell'infrastruttura molto contenuti (si risparmia su fibre monomodali che sono costose e su sorgenti laser ad alta qualità)*

ATM su Cavi UTP 100 Ohm (Cat.3)

- ***Grazie a speciali tecniche di codifica è possibile raggiungere rate di 155 Mbit/s anche su cavi UTP-3 di bassa qualità (molto utilizzati in Nord America)***
- ***Lunghezza max segmento: 100m***
- ***Ovviamente sono possibili anche data rate più bassi***
 - ***51.84 Mbit/s: celle ATM trasportate nel payload della frame STM-0 / STS-1***
 - ***25.92 Mbit/s: trasmetto un numero inferiore di frame al secondo -> periodo di frame di 250 μ s***
 - ***12.96 Mbit/s: -> periodo di frame di 500 μ s***
 - ***Connettori usati: RJ-45***

ATM su Cavi UTP 100 Ohm (Cat.5)

- *Se utilizzo dei cavi UTP Cat.5 anziché di Cat. 3 posso ottenere i data rate appena descritti con segmenti di rete di lunghezza massima più grande*
- *51.84 Mbit/s -> max length: 160m*
- *25.92 Mbit/s -> max length: 320m*
- *12.96 Mbit/s -> max length: 400m*
- *Connettori usati: RJ-45*
- *L'utilizzo di cavi STP invece permette lunghezze dei segmenti di rete fino a 350m a 155Mbit/s*

Operation and Maintenance

Per le informazioni di controllo e gestione delle reti ATM vengono definiti 5 flussi OAM:

- ***F1, F2, F3 : controllo funzioni strato fisico***
- ***F4 , F5 : controllo funzioni strato ATM***
- ***I parametri OAM variano a seconda della tipologia di trasporto utilizzata per le celle (SDH/SONET, PDH, cell-based physical layer)***

Operation and Maintenance

- ***Flussi OAM F1 - F3 su frame SDH/SONET***

I flussi F1 e F2 sono inseriti nel campo SOH mentre F3 nel POH del campo SPE

Parte delle informazioni F3 possono anche essere trasportate da celle PL-OAM

- ***Flussi OAM F1 - F3 su frame PDH***

I flussi F1 e F3 trasportati nell'header PDH, mentre non c'è un comportamento specifico per i flussi F2

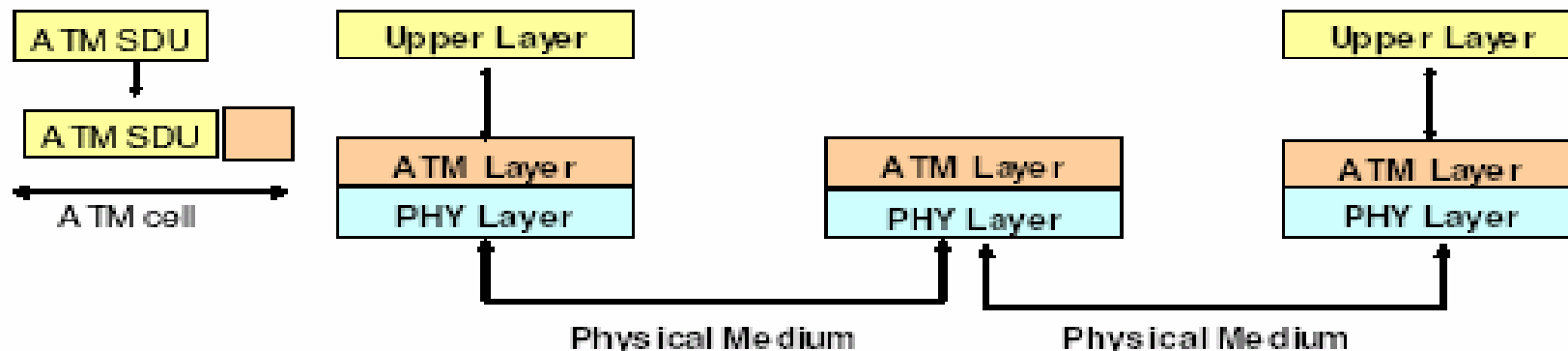
Operation and Maintenance

- *Flussi F1 – F3 per Cell-Based Physical Layer*
- *Le informazioni OAM sono inserite nelle speciali celle PL-OAM*
- *Le celle OAM sono inserite nello stream di celle dati rispettando i seguenti vincoli:*
 - > *Non più di una cella PL-OAM ogni 27 celle dati;*
 - > *Almeno una cella PL-OAM su 513 celle dati.*

Il limite inferiore di 27 celle esiste per permettere una facile interoperabilità tra reti ATM cell-based a 155Mbit/s o 622 Mbit/s e le corrispondenti interfacce SDH/SONET operanti con gli stessi data rate, in quanto l'overhead (SOH + POH) in SDH/SONET occupa esattamente 1/27 del data rate lordo

ATM LAYER

- Il livello ATM svolge una funzione di trasferimento trasparente e ordinato di ATM-SDU tra entità di livello superiore (AAL).
- Tale trasferimento avviene attraverso connessioni stabilite in precedenza ed in conformità ad un *traffic contract*.
- Durante la connessione meccanismi di controllo e monitoraggio operano per assicurare che i parametri di connessione stabiliti siano rispettati.



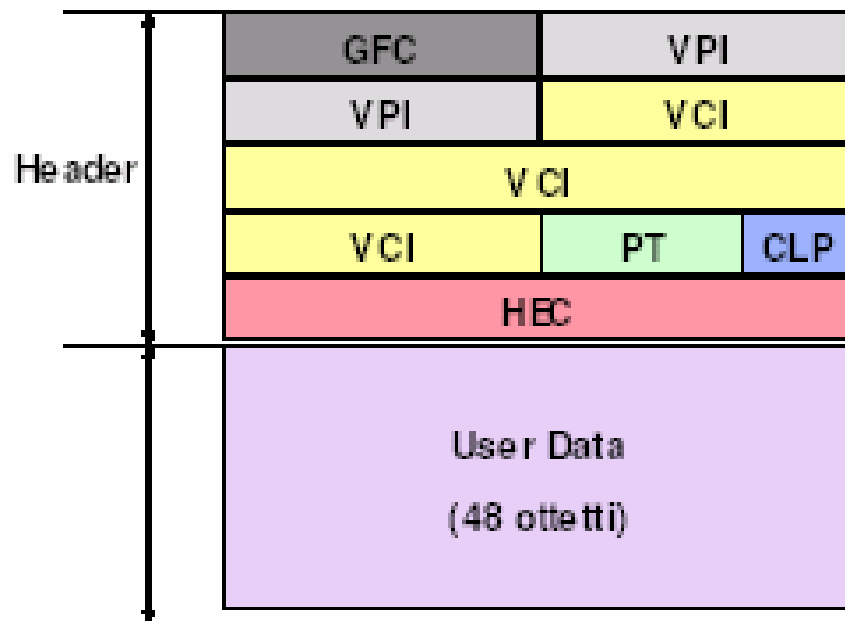
ATM LAYER

- Lo strato ATM è indipendente sia dallo strato fisico sottostante, da cui riceve il servizio, sia dallo strato di adattamento, al livello superiore, verso cui offre il servizio.
- Lo strato ATM comprende le seguenti funzioni:
 - » Multiplazione di celle associate a Virtual Channel (VC) e/o Virtual Path (VP) individuali;
 - » Demultiplazione delle celle da un flusso multiplato in base al valore del VP e/o VC individuale;
 - » Traslazione degli identificatori di VP e/o di VC;
 - » Generazione dell'intestazione delle celle in trasmissione ed estrazione ed elaborazione dell'intestazione delle celle in ricezione;
 - » Generazione delle informazioni di controllo di flusso da inserire nel campo Generic Flow Control (GFC).

ATM Layer: Funzioni

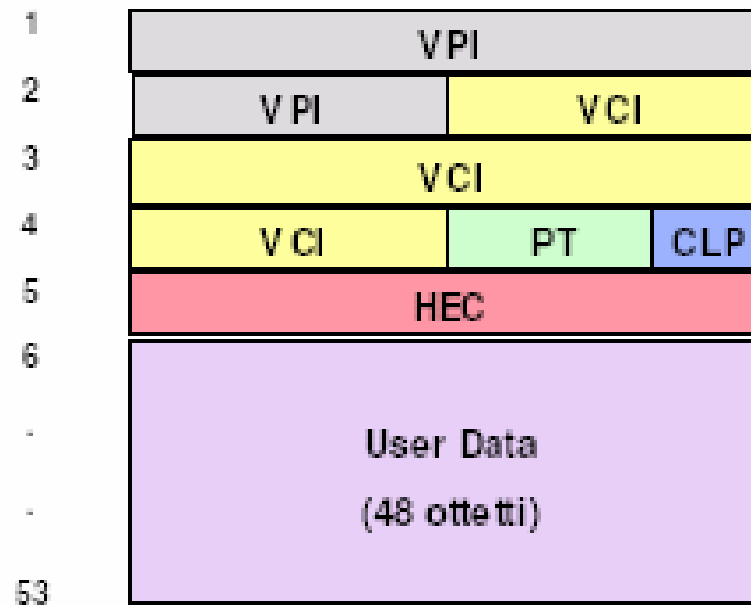
- Per quanto riguarda la funzione di multiplazione, è possibile moltiplicare celle appartenenti a connessioni di diverse “classi di servizio”, cioè con QoS differenti.
- Esempi di classi di servizio supportate:
 - » Unspecified QoS: Available Bit Rate (ABR), Unspecified Bit Rate (UBR);
 - » Specified QoS: almeno la Classe 1, Constant Bit Rate (CBR).

Struttura e formato della cella



Formato cella all'interfaccia utente-rete

- GFC: Generic Flow Control
- VCI: Virtual Channel Identifier
- VPI: Virtual Path Identifier



Formato cella all'interfaccia nodo-rete

- PT: Payload Type
- CLP: Cell Loss Priority
- HEC: Header Error Check

Significato dei campi dell'Header

- **GFC (Generic Flow Control):** utilizzato per il controllo del flusso tra le interfacce UNI;
- **VPI/VCI (Virtual Path/Channel Identifier):** coppia di identificatori della connessione virtuale o etichetta della cella;
- **PT (Payload Type):** descrive i contenuti del payload:
 - » dati utente;
 - » informazioni di management della rete;

Significato dei campi dell'Header

- **CLP (Cell Loss Priority) :** specifica il grado di importanza dei dati trasportati dalla cella;
- **HEC (Header Error Control):** usato dal livello fisico per rilevare/correggere errori nel header della cella. Viene usato anche per la funzione di cell delineation.

GFC (Generic Flow Control)

- La lunghezza di questo campo è di 4 bit.
- Presente solo all'interfaccia utente-rete (UNI). Consente alla terminazione di rete di controllare il flusso di celle dal terminale (Controlled Access).
- E' utilizzato per funzioni di controllo locale e per la gestione dell'accesso all'interfaccia utente-rete.
- Il contenuto di tale campo non è inoltrato al di fuori del range degli switch della rete ATM locale.
- Attualmente non è usato ed è posto ad un valore pari a 0000 (Uncontrolled Access)

PT (Payload Type)

- La lunghezza di questo campo è di 3 bit.
- Identifica il tipo di informazione contenuta nei 48 byte di payload della cella.

PT Coding	Interpretation
0 0 0	User data cell, AAU = 0, congestion not experienced
0 0 1	User data cell, AAU = 0, congestion experienced
0 1 0	User data cell, AAU = 1, congestion not experienced
0 1 1	User data cell, AAU = 1, congestion experienced
1 0 0	OAM F5 segment associated cell
1 0 1	OAM F5 end-to-end associated cell
1 1 0	Resource management cell
1 1 1	Reserved for future functions

PT (Payload Type)

- La lunghezza di questo campo è di 3 bit.
- Il primo bit distingue tra:
 - » Celle di utente: bit 1 = “0”
 - » Celle di manutenzione (OAM) o di resource management (RM): bit 1 = “1”
- Per le celle di utente il secondo bit, è utilizzato per trasportare informazioni gestite dallo strato di adattamento, in particolare dal protocollo AAL 5. Indica se la cella completa il trasferimento di una SAR-PDU dello strato di adattamento.
- Per le celle di utente il terzo bit, chiamato Congestion Indication (CI), indica se si è verificata una situazione di congestione. Questo bit può essere modificato da ogni nodo di rete.

CLP (Cell Loss Priority)

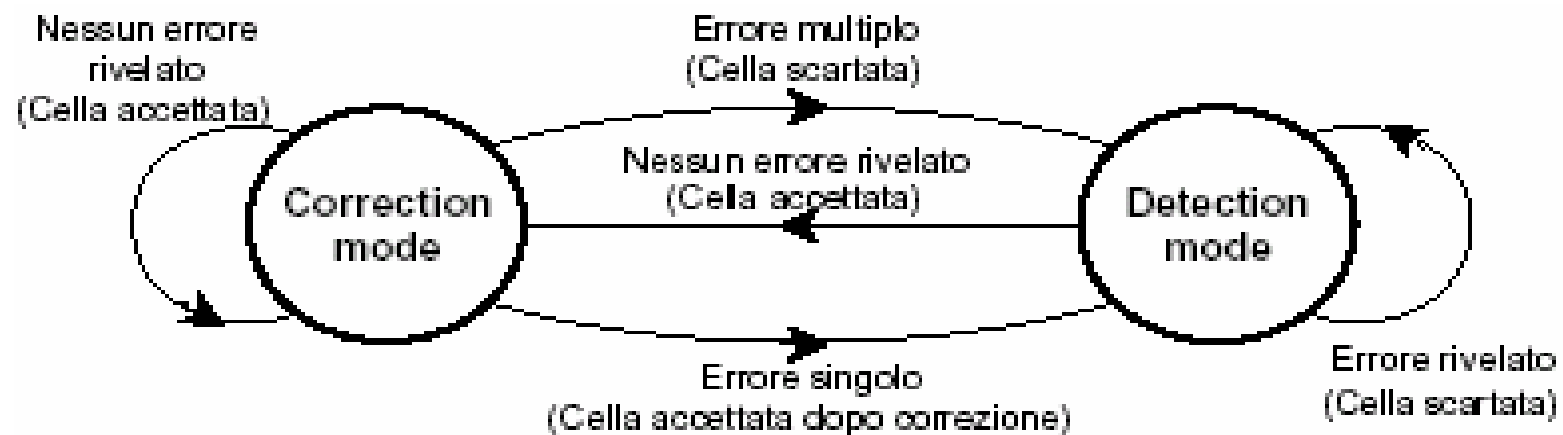
- La lunghezza di questo campo è di 1 bit.
- Indica la priorità della cella:
 - »CPL= 0 => Alta Priorità, la cella non deve essere scartata
 - »CPL= 1 => Bassa Priorità, la cella può essere scartata in caso di congestione
- Il CLP può essere settato ad 1 dalla rete ATM per indicare una violazione del profilo di traffico contrattualmente ammesso.
- Il CLP può essere settato ad 1 dal terminale di trasmissione per indicare una porzione dei dati con priorità più bassa. Il mancato arrivo, in caso di congestione non determina un abbassamento della qualità della comunicazione al di sotto di una soglia minima di accettabilità.

HEC (Header Error Control)

- La lunghezza di questo campo è di 8 bit.
- Viene usato dal sottolivello Trasmission Convergence dello Strato Fisico (PL) per:
 - » rilevare/correggere errori sull'header della cella. In particolare è del tipo SEC/DED (Single Error Correction, Double Error Detection), ovvero rileva errori singoli e doppi, può correggere errori singoli. Il codice polinomiale usato è $G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$;
 - » effettuare la delimitazione di trama (Cell delineation) .

Controllo di errore

Algoritmo di gestione dell'HEC lato ricevitore.



Controllo di errore

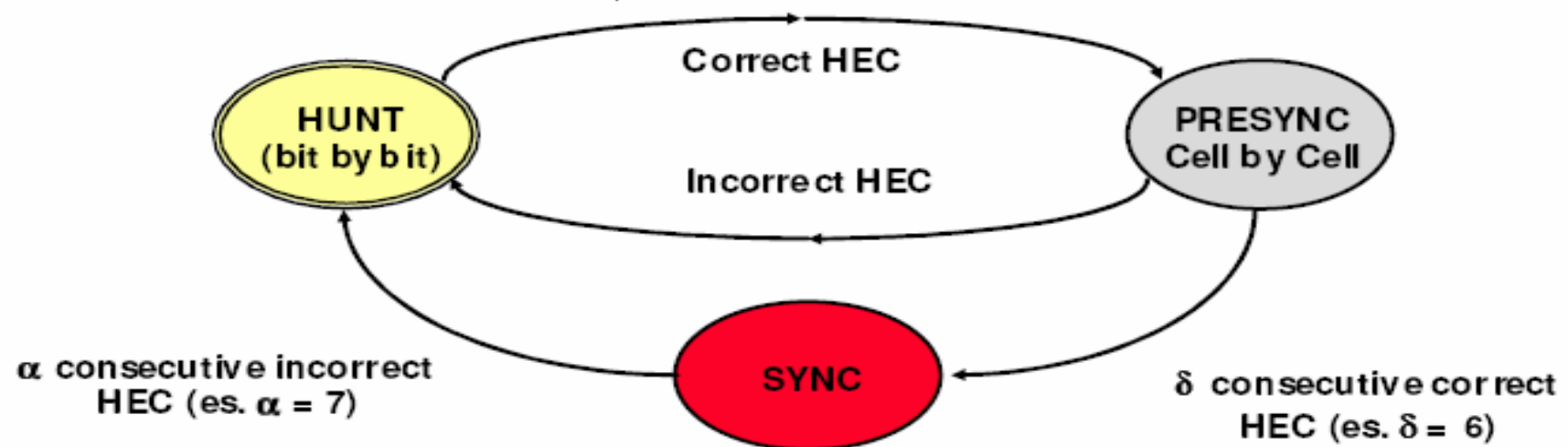
- All'istante di attivazione l'algoritmo si trova nello stato "*correction mode*".
- Fino a che non viene rivelata una cella contenente un errore nell'header, l'algoritmo permane nello stato di correzione.
- Quando viene rivelato un errore, se l'errore è singolo, l'algoritmo provvede a correggere l'errore, se invece l'errore interessa una molteplicità di bit la cella è scartata:
 - » in entrambi i casi l'algoritmo effettua la transizione verso lo stato "*detection mode*" in cui è attiva la sola funzione di rivelazione d'errore e non quella di correzione;
 - » in questo stato se viene ricevuta una cella contenente uno o più errori nell'header, è sempre scartata.

Controllo di errore

- La ragione del fatto che la funzione di correzione è disattivata nello stato “detection mode” dipende dal fatto che nel caso si presenta un burst di errori che interessa una sequenza di celle, il codice HEC è insufficiente a realizzare una affidabile funzione di correzione.
- Il ricevitore rimane nello stato “detection mode” fino a che non viene ricevuta una cella corretta, a seguito di questo evento il ricevitore effettua la transizione all’indietro verso lo stato “correction mode”.

Cell delineation

La *Cell-delineation* è la procedura con cui il ricevitore si sincronizza rispetto allo stream di celle ricevuto.



Cell delineation

- Il ricevitore, se non è sincronizzato, si trova nello stato HUNT ed esegue un controllo bit a bit finché non trova 40 bit con un HEC corretto.
- Se trova 40 bit con un HEC valido, il ricevitore non interpreta subito tale evento come una avvenuta sincronizzazione, poiché i 40 bit che soddisfano l'HEC potrebbero non costituire l'header di una cella, ma solo un pattern di bit che casualmente soddisfano il controllo di parità, pertanto il ricevitore passa allo stato PRESYNCH.

Cell delineation

- Nello stato PRESYNCH il ricevitore si sposta di 53 byte, rispetto al primo bit dei 40 che soddisfano l'HEC, e controlla se si ha un HEC corretto sui successivi 40 bit.
- Se DELTA celle contigue presentano un HEC corretto, il ricevitore assume di essersi sincronizzato con lo stream di celle e passa allo stato SYNCH.
- Se è trovato un HEC non corretto prima che sia raggiunto DELTA si torna allo stato HUNT.

Cell delineation

- Nello stato SYNCH il ricevitore può elaborare i dati delle celle, ma continua a verificare la correttezza dell'HEC di ogni cella e può anche correggere eventuali errori su di un singolo bit che si verificano nell'header.
- Se ALPHA celle contigue presentano un HEC non corretto, il ricevitore interpreta ciò come una perdita della sincronizzazione e torna allo stato HUNT.

VPI e VCI (Virtual Path/Channel Identifier)

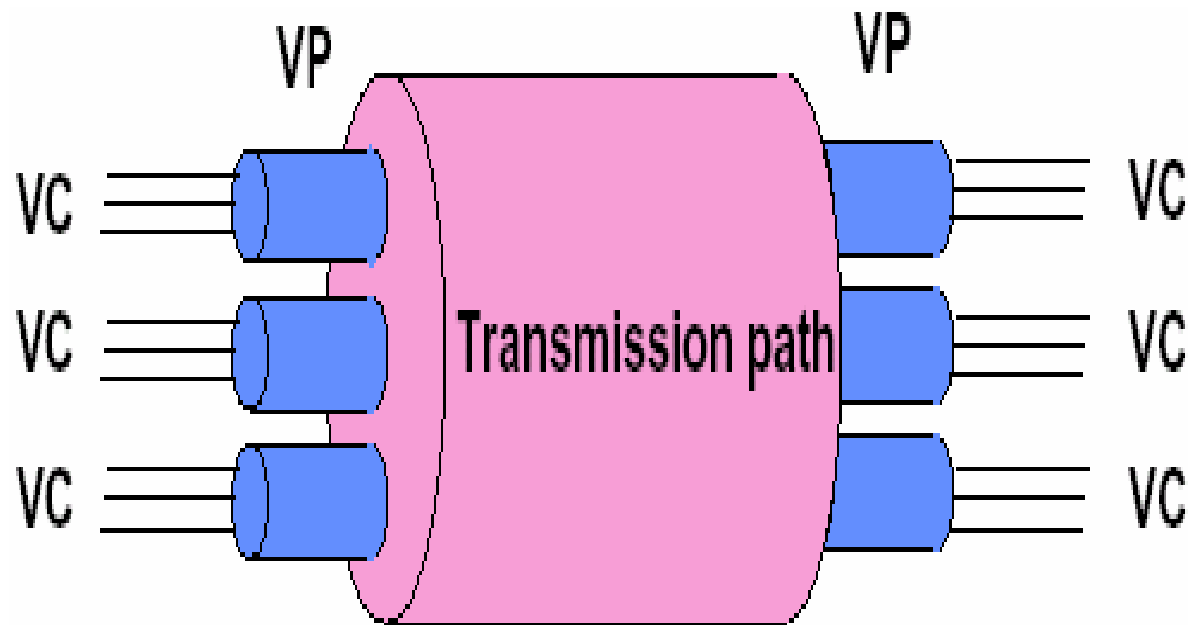
- **Identificatore della connessione virtuale (Label).**
- **Hanno un significato locale all'interfaccia**
» il nodo di commutazione effettua un "label swapping".
- **Sono organizzati in modo gerarchico per semplificare l'instradamento.**
- **VCI = 16 bit -> $2^{16} = 65536$ canali virtuali (VC) per ogni VP:**
 - » VCI dal 32 al 65536 disponibili per canali d'utente;
 - » VCI da 0 a 32 riservati (es. VCI=3;4 OAM per flussi F4, VCI=5 segnalazione, VCI=16 ILMI).
- **Alla UNI: VPI = 8 bit -> $2^8 = 256$ VP a disposizione dell'utente.**
- **Alla NNI: VPI = 12 bit -> $2^{12} = 4096$ VP a disposizione dell'utente.**

VPI e VCI

(Virtual Path/Channel Identifier)

- **Una connessione su un canale è identificata logicamente da un'etichetta:
Etichetta = coppia di identificatori (VCI-VPI)**
- **Canale virtuale (VC): associato a una singola comunicazione.**
- **Percorso virtuale (VP): associato a un gruppo di VC.**
- **Percorso virtuale permette di aggregare flussi e facilita operazioni di gestione interna della rete.**

Circuiti Virtuali



**VC = Virtual
Channel**

VP = Virtual Path

Circuiti virtuali permanenti e commutati

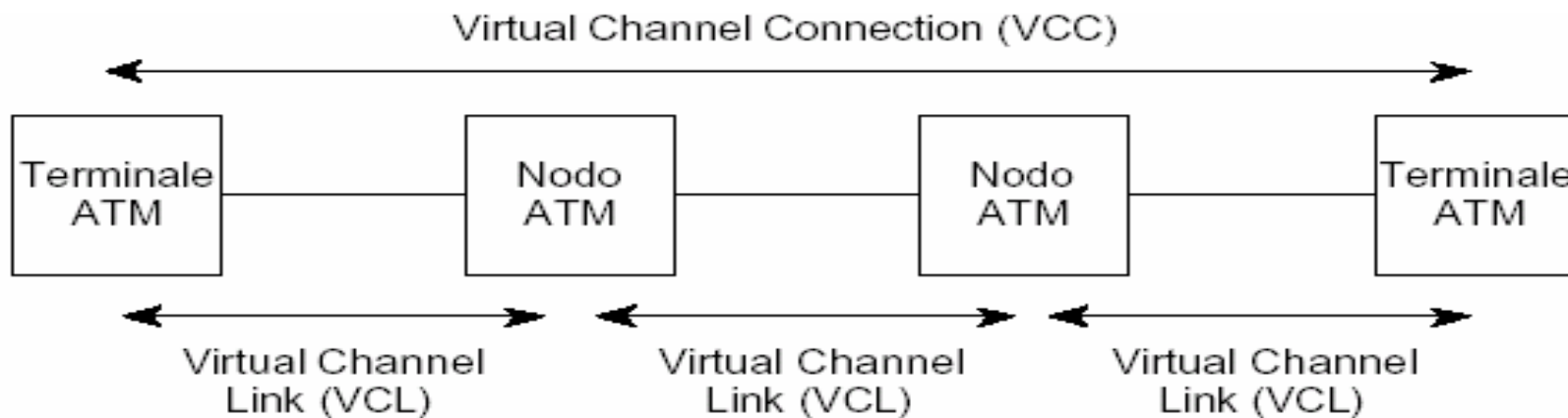
- **PVC (Permanent Virtual Circuit):**
 - » creati tramite il sistema di gestione della rete, non in tempo reale;
 - » definiscono una rete semi-statica;
 - » sono utilizzati nel caso in cui la rete è costituita da un numero limitato di nodi oppure quando i processi di segnalazione dinamica sono indesiderati per motivi di sicurezza.
- **SVC (Switched Virtual Circuit):**
 - » in reti con un grande numero di nodi, le connessioni sono create dinamicamente su richiesta dell'utente tramite protocolli di segnalazione, in tempo reale.

VCC (Virtual Channel Connection)

- Una connessione ATM, indicata con il nome di *Virtual Channel Connections* (VCC), è definita come un canale logico tra due utenti finali utilizzata per il trasporto di celle.
- Una VCC è il risultato della concatenazione di uno o più canali virtuali (*Virtual Channels – VC*):
 - » un VC descrive un trasferimento unidirezionale di celle ATM aventi lo stesso identificatore (*Virtual Channel Identifier – VCI*).

Relazione tra VCC e VCL

- La tratta di rete in cui è valido un VCI viene indicata con il nome di *Virtual Channel Link* (VCL).
- I punti terminali di un VCL possono essere costituiti da quei dispositivi che sono in grado di assegnare, modificare e terminare un VCI, ad esempio un terminale o uno nodo ATM.



VPC (Virtual Path Connection)

- Accanto al concetto di VCC, in ATM è stato introdotto un secondo livello di moltiplicazione con lo scopo di introdurre la possibilità di trattare in modo aggregato una molteplicità di VC, esso corrisponde al concetto di cammino virtuale (*Virtual Path* – VP).
- Le celle appartenenti a VC associati allo stesso VP trasporteranno lo stesso identificatore denominato *Virtual Path Identifier* (VPI).
- Analogamente a quanto definito per il concetto di VC, una *Virtual Path Connection* (VPC) è definita come un insieme di VP caratterizzati dagli stessi punti terminali.

Commutazione ATM

- La commutazione delle celle in un nodo ATM è basata sul principio della conversione d'etichetta (label swapping):
 - » per ogni cella entrante, il nodo ATM estrae dall'header il valore dei campi VPI e VCI;
 - » il nodo accede ad una tabella interna, denominata *Routing Table*, in cui, a partire dagli elementi VPI/VCI e identificatore della porta di ingresso, viene individuata la corrispondenza con l'identificatore della porta di uscita su cui deve essere rilanciata la cella e i valori dei campi VPI/VCI validi sulla tratta uscente;
 - » questi valori saranno copiati nei rispettivi campi della cella e la cella stessa viene rilanciata in uscita.

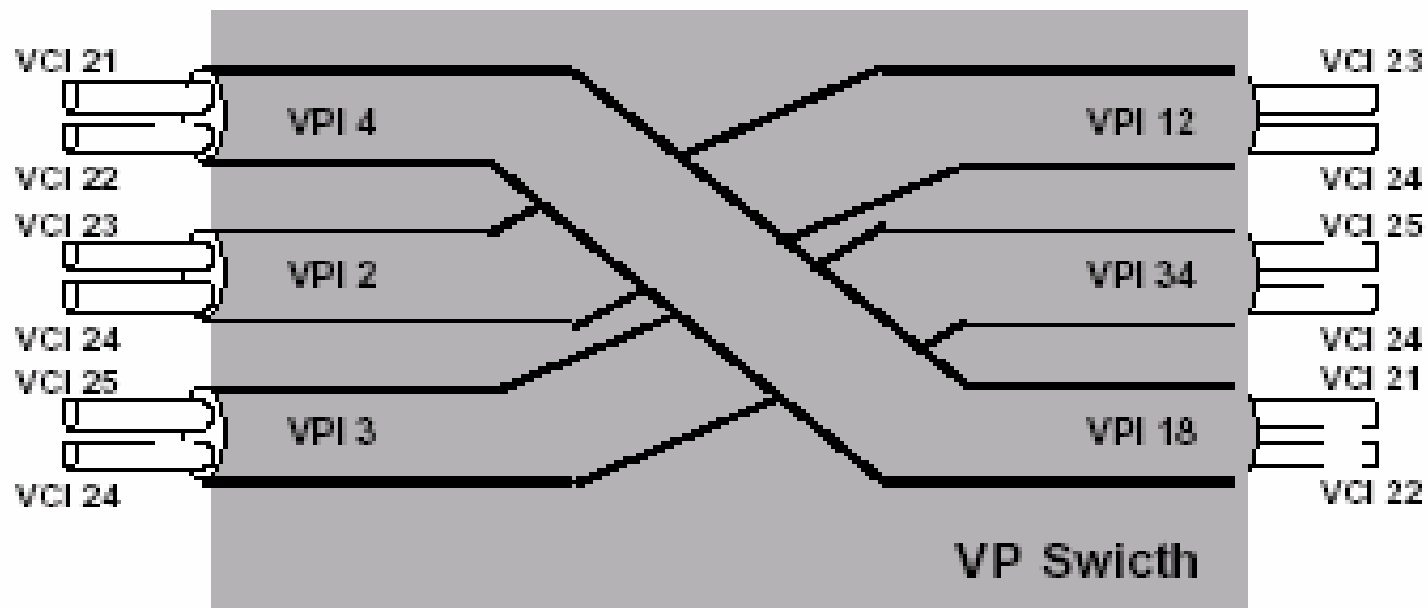
Commutazione ATM

- L'associazione tra valori dei VPI/VCI e l'indicazione delle porte di ingresso e di uscita viene inserita nella *Routing Table* di ogni nodo all'atto dell'instaurazione della connessione.
- La tecnica della traslazione di etichetta è particolarmente efficiente. Infatti, poiché utilizza identificatori di connessione di lunghezza molto limitata) è possibile una sua realizzazione completamente in hardware:
 - » ciò permette di ridurre i tempi di commutazione e quindi favorisce il trattamento di comunicazioni con requisiti stringenti di ritardo.

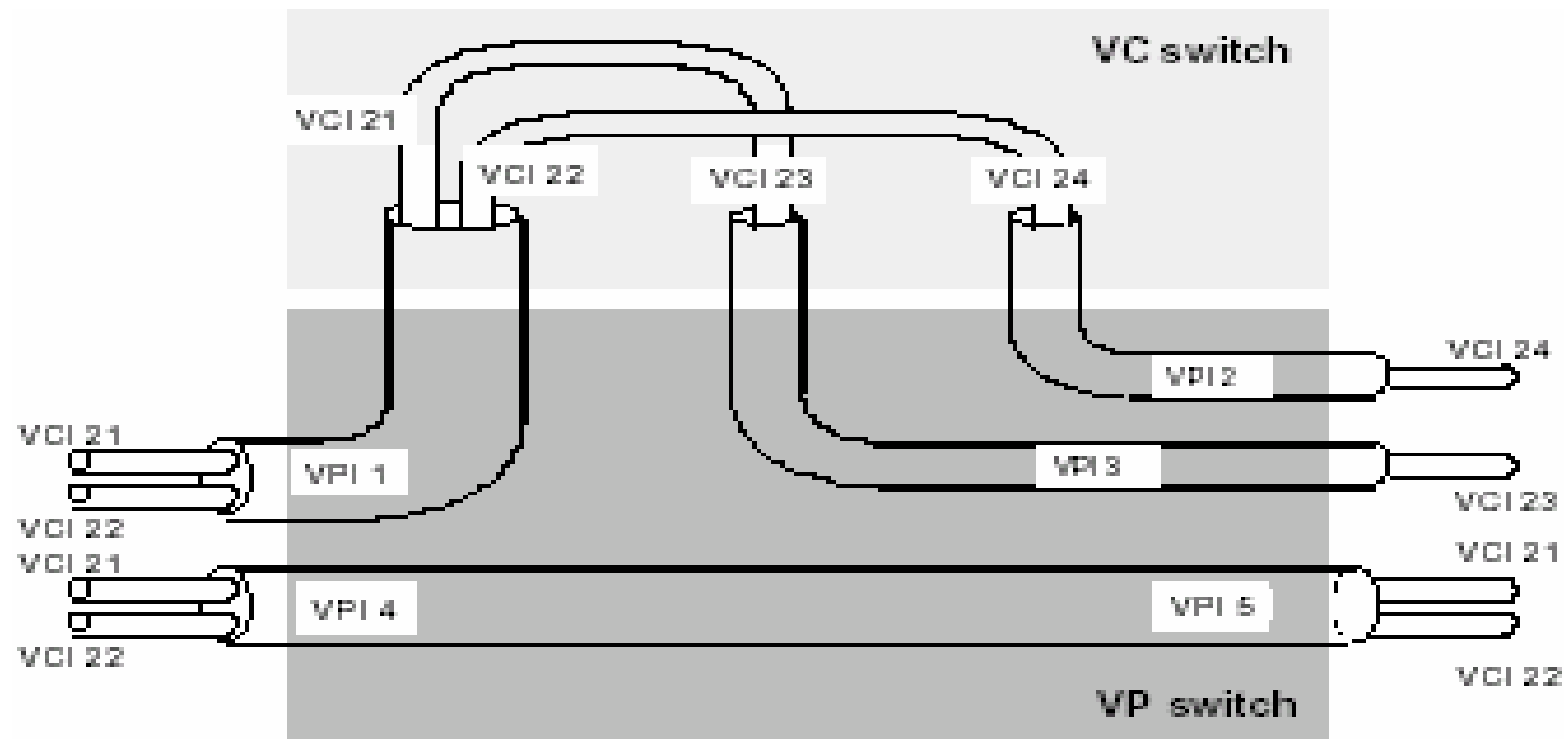
Livelli di commutazione ATM

- Poiché l'identificatore di connessione in ATM è costituito da due campi VPI e VCI che corrispondono a due livelli di multiplazione, si possono individuare due livelli di commutazione:
 - » ***VP switching (VPs)***: il nodo che esegue le funzioni di VP switching esegue esclusivamente le funzioni di traslazione del VPI, il valore del campo VCI rimane inalterato;
 - » ***VC switching (VPs)***: il nodo che esegue le funzioni di VC switching esegue le funzioni di traslazione sia del VPI che del VCI.

VP Switching (VPs)



VC Switching (VCs)



Tipi di celle ATM

Il tipo di cella è identificato dall'etichetta dello strato ATM.

- **Celle di strato fisico**
 - » Idle cells
 - » Physical layer OAM cells
 - » Valid cells
 - » Invalid cells
- **Celle di strato ATM**
 - » Assigned cells
 - » Unassigned cells
 - » VC/VP OAM cells
 - » RM cells

Celle di strato fisico

- ***Idle cell***

Sono celle dello strato fisico e non trasportano informazione utile. Sono utilizzate dallo strato fisico per adattare il cell rate dello strato ATM con quello dell'interfaccia fisica. Tali celle non passano attraverso il livello ATM.

- ***Physical layer OAM cells***

Tali celle sono inserite ogni 27 celle dati per trasmettere informazioni di OAM (Operation And Maintenance) dello strato fisico. Anche in questo caso, quando vengono ricevute, tale celle non vengono passate allo strato ATM.

Celle di strato fisico

- ***Valid cells***

Sono celle in cui non sono stati rivelati, o sono stati corretti, errori nell'intestazione.

- ***Invalid cells***

Sono celle scartate dallo strato fisico a causa di errori rivelati nell'intestazione.

Celle di strato ATM

- ***Assigned cells***

Sono celle che forniscono servizio agli strati superiori, usate per la comunicazione all'interno dei VC o VP: user data cells, signaling cells, VC OAM cells.

- ***Unassigned cells***

Sono celle ATM che non sono assegnate, ovvero hanno valido VPI/VCI ma payload vuoto, quindi non trasportano informazione. Esse sono usate quando nessuna cella assegnata è disponibile per essere spedita. Analogamente alle Idle cells, anche queste vengono scartate in ricezione.

Celle di strato ATM

- ***VC/VP OAM cells***

Le celle VP-OAM e VC-OAM sono usate per trasportare rispettivamente i flussi F4 ed F5. Tali informazioni permettono alla rete di monitorare la capacità e la disponibilità dei cammini e dei canali virtuali ATM:

» celle VP-OAM utilizzano valori del VCI = 3 e 4 e qualsiasi valore del VPI per flussi F4 OAM riferiti rispettivamente a segmenti ed end-to-end;

» celle VC-OAM utilizzano valori del PT = 4 e 5 e qualsiasi valore del VPI e VCI per flussi F4 OAM riferiti rispettivamente a segmenti ed end-to-end.

- ***RM (Resource Management) cells***

Esse sono celle di gestione delle risorse, usate finora per l'implementazione della classe di traffico ABR (Available bit rate).

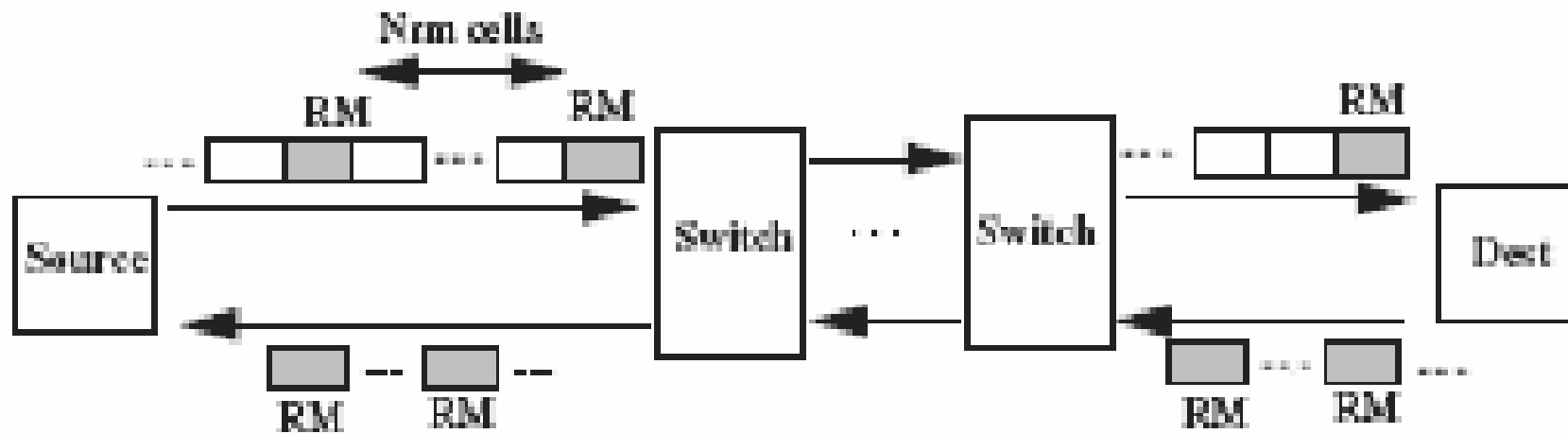
Celle RM (Resource Mangement)

- La classe di servizio ABR (Available Bit Rate) utilizza un meccanismo di controllo di ammissione delle sorgenti.
- Il meccanismo di controllo utilizza celle particolari, dette celle di *Resource Management (RM Cell)*.
- La procedura di controllo ha lo scopo di mantenere il CLR al valore più basso possibile.
- L'ABR flow control è di tipo end to end.

Celle RM (Resource Mangement)

- La sorgente genera le celle RM che sono poi rilanciate all'indietro dalla destinazione; tali celle contengono informazioni sulla congestione.
- Un elemento di rete può:
 - » inserire informazioni di congestione nelle celle RM;
 - » settare il bit CI nell'header delle celle dirette verso la destinazione; in questo caso la destinazione deve aggiornare il contenuto delle celle RM;
 - » generare celle RM.

Celle RM (Resource Mangement)



Funzioni di gestione nelle reti ATM (OAM)

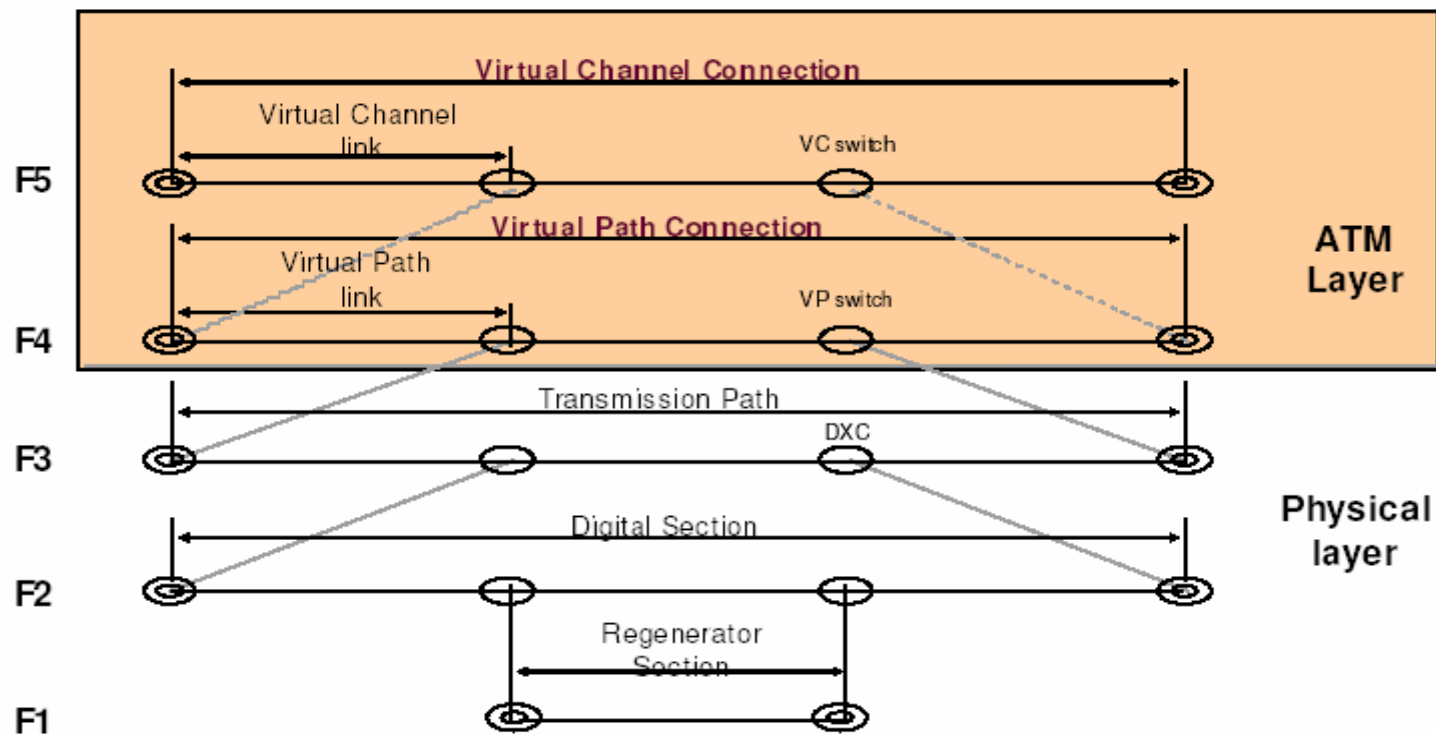
Le funzioni di gestione (*Operation And Maintenance* – OAM) includono gli aspetti di configurazione di sistema, di gestione dei guasti, di monitoraggio delle prestazioni, di sicurezza e di tariffazione.

Le specifiche dell'ATM trattano esclusivamente degli aspetti di gestione delle prestazioni e dei guasti.

Infatti sono definite le procedure per il monitoraggio dello stato dei sistemi di rete per individuare eventuali guasti e/o degradazioni di prestazioni.

Funzioni di gestione nelle reti ATM (OAM)

Le funzioni di OAM sono realizzate mediante flussi informativi organizzati in cinque livelli gerarchici associati allo strato ATM e allo strato fisico. Tali flussi di OAM sono numerati da F1 a F5.



Funzioni di gestione nelle reti ATM (OAM)

- I flussi F1, F2 e F3 sono relativi allo strato fisico e si riferiscono rispettivamente alla gestione della Regenerator section (F1), della Digital section (F2) e del Transmission path (F3).
- I flussi F4 e F5 si riferiscono invece allo strato ATM e gestiscono rispettivamente il livello di VP e quello di VC.

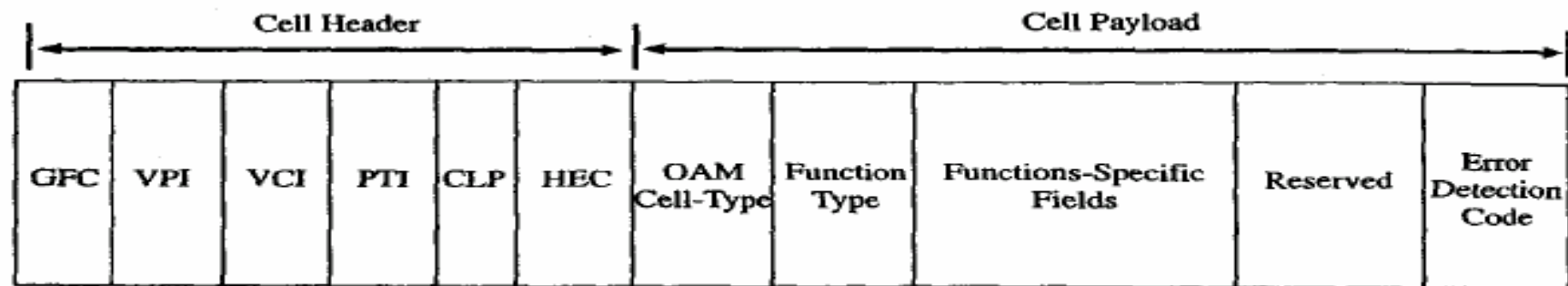
Funzioni di gestione nelle reti ATM (OAM)

- Il flusso F4 trasporta informazioni di gestione e di manutenzione riferite a segmenti oppure end-to-end a livello dei Virtual Path (VP).
- Il flusso F5 trasporta informazioni di gestione e di manutenzione riferite a segmenti oppure end-to-end a livello dei Virtual Channel (VC).
- Le 'Segment OAM Cell' possono essere rimosse dal flusso solo alla fine del segmento monitorato, mentre le 'End to end OAM Cell' possono essere rimosse solo dagli end points.

Funzioni di gestione nelle reti ATM (OAM)

- Le celle OAM F4 hanno lo stesso valore nel campo VPI delle celle d'utente presenti sul VP da monitorare, mentre il campo VCI assume valore 3 se le celle monitorano un segmento di rete, valore 4 se monitorano un tratto end to end.
- Nelle celle OAM F5 i campi VPI e VCI hanno lo stesso valore delle celle d'utente, mentre il campo PT assume valore 4 se la cella si riferisce al monitoraggio di un segmento di rete, valore 5 se si riferiscono ad un tratto end to end.

Formato della cella OAM



- Le celle OAM sono contenute nel payload delle celle ATM.
- I primi due campi (entrambi di 4 bit) identificano il tipo di funzione di gestione a cui si riferisce la cella.
- Il campo CRC, di lunghezza 10 bit, ha lo scopo di rivelare eventuali errori nel payload della cella.

Tipi di celle OAM

- **Celle di Fault (o Error) Management:** sono usate per rivelare o localizzare errori nella comunicazione.
- La gestione degli errori in ATM è implementata mediante l'uso di due segnali di allarme:
 - » Allarm Indication Signaling (AIS);
 - » Remote Defect Indication (RDI).
- VP/VC AIS è generato dal VP o dal VC connecting point che rileva il malfunzionamento ed è inviato verso valle a tutti i nodi della rete.
- VP/VC RDI è inviato verso monte dal VP o dal VC end point che ha terminato il flusso VP AIS.

Tipi di celle OAM

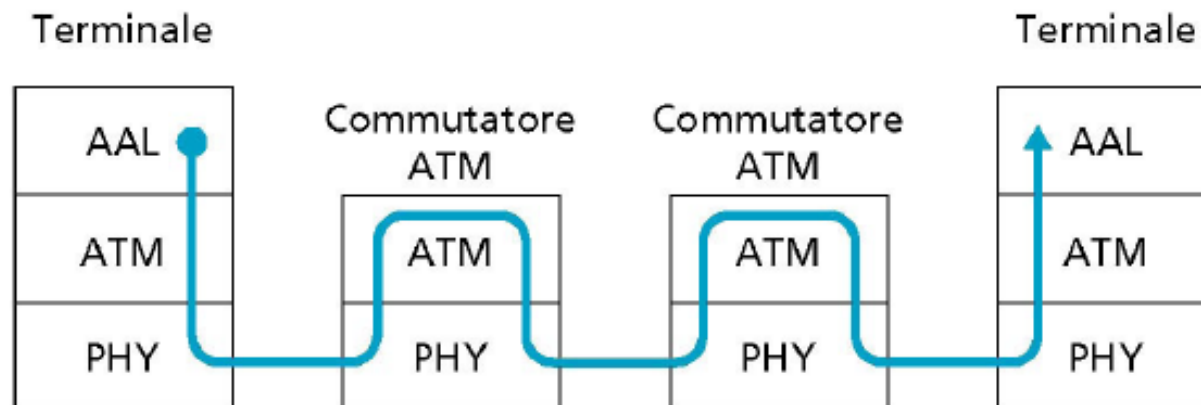
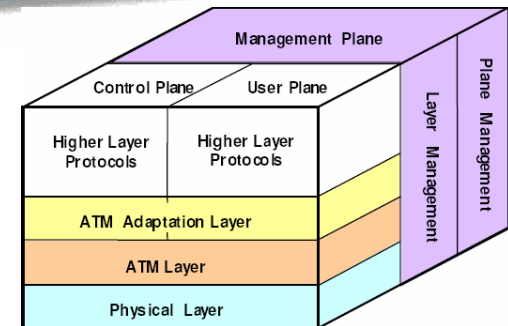
- Viene trasmessa una cella ogni due secondi di VP/VC AIS fino a che l'indicazione del malfunzionamento è rimossa.
- Il VP/VC end point che ha terminato il flusso VP/VC AIS permane in stato di allarme (trasmettendo una cella al secondo a ritroso di VP/VC RDI) fino a che rileva:
 - » assenza di VP/VC AIS per tre secondi oppure
 - » ricezione di una cella valida.

Tipi di celle OAM

- **Performance Management**: forniscono informazioni sulle prestazioni della connessione attraverso l'utilizzo di alcuni parametri come il Cell Loss Ratio.
- **Activation/Deactivation**: sono celle usate per avviare o bloccare una delle funzioni precedentemente elencate.
- **APS (Automatic Protection Switching)**: sono celle di protezione della rete ATM.
- **System Management**: l'utilizzo di tali celle non è specificato dallo standard e la loro implementazione è appannaggio dei fornitori.

ATM Adaptation Layer

- Lo strato di adattamento (AAL) ha lo scopo di adattare il servizio di trasporto offerto dallo strato ATM alle caratteristiche specifiche delle applicazioni
- Presente negli end systems per l'User Plane
- Presente negli switch ATM per il Control Plane e il Management Plane
- Se il servizio ATM è sufficiente per alcune applicazioni lo strato AAL è vuoto



Lo strato di adattamento è suddiviso in due sottostrati:

- **SAR (Segmentation and Reassembly):**

lato trasmissione: segmenta lo stream dati proveniente dagli strati superiori in parti compatibili con il formato della cella

lato ricezione: ricostruisce l'unità di dati originale

- **CS (Convergence Sublayer):**

Le funzioni sono dipendenti dai protocolli di livello applicativo e dal tipo di dati trasportato

ATM Adaption Layer (AAL)	Convergence Sublayer (CS)
	Segmentation and Reassembly Sublayer (SAR)

- 
- **Alcune funzioni non sono eseguite dallo strato ATM perché non indispensabili per tutte le applicazioni:**
 - **Controllo d'errore sui bit del payload delle celle ATM necessario per flussi con elevato grado di integrità semantica**
(dati, transazioni bancarie, audio e video ad alta qualità)
 - **Gestione di celle errate non correggibili**
(scartate, passate con un warning o ritrasmesse)
 - **Gestione di celle fuori sequenza**
 - **Controllo e recupero della sincronizzazione end to end**

Parametri per la definizione di classi di servizio

- L'ITU-T ha distinto 4 classi di servizio in base ai parametri:

- Relazione temporale tra sorgente e destinazione

- Un trasferimento è temporalmente trasparente quando la variabilità dei ritardi end-to-end delle frame è nulla o trascurabile
- I servizi che richiedono la trasparenza temporale per la corretta interpretazione dell'informazione sono detti "isocroni"
- I servizi isocroni sono quelli che si ottengono per conversione analogico - digitale (voce, audio, video)
- I servizi che richiedono vincoli temporali meno stringenti sono detti "asincroni"

Parametri per la definizione di classi di servizio

➤ Caratteristiche di emissione della sorgente

- Constant Bit Rate - > banda allocata staticamente
- Variable Bit Rate - > banda allocata dinamicamente

➤ Modalità di trasferimento

- orientato alla connessione
- senza connessione

Classi di Servizio

- **Classe A**
servizi sincroni, CBR, connection oriented
voce 64 kbps, video
- **Classe B**
servizi sincroni, VBR, connection oriented
audio, video compressi
- **Classe C**
servizi asincroni, VBR, connection oriented
dati
- **Classe D**
servizi asincroni, VBR, connection less
dati

AAL

- A partire dalle 4 classi furono definiti 4 tipi di AAL.
- AAL 3/4 fusione di AAL 3 e AAL 4
- AAL 5 versione semplificata di AAL 3/4

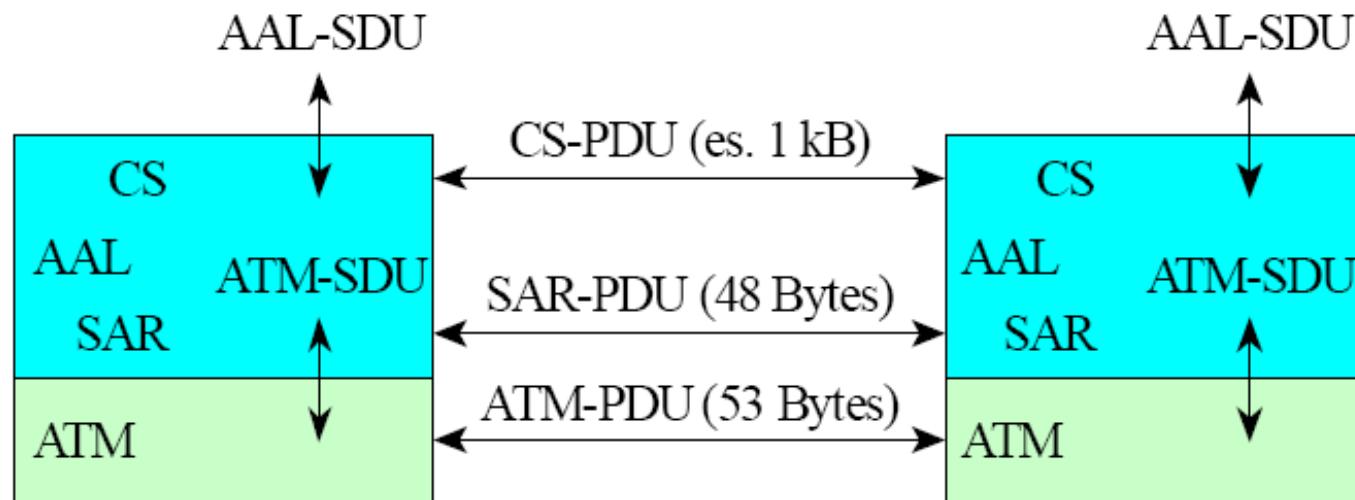
	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relation between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant	Variable		
Connection mode	Connection Oriented			Connectionless
AAL type	1	2	3/4, 5	3/4, 5

Raccomandazioni ITU-T

I - Integrated services digital network

- **I.363.1 B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 1 AAL**
approvata nel 1996-08
- **I.363.2 B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 2 AAL**
approvata nel 1997-07; sostituita nel 2000-11
- **I.363.3 B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 3/4 AAL**
approvata nel 1996-08
- **I.363.5 B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 5 AAL**
approvata nel 1996-08

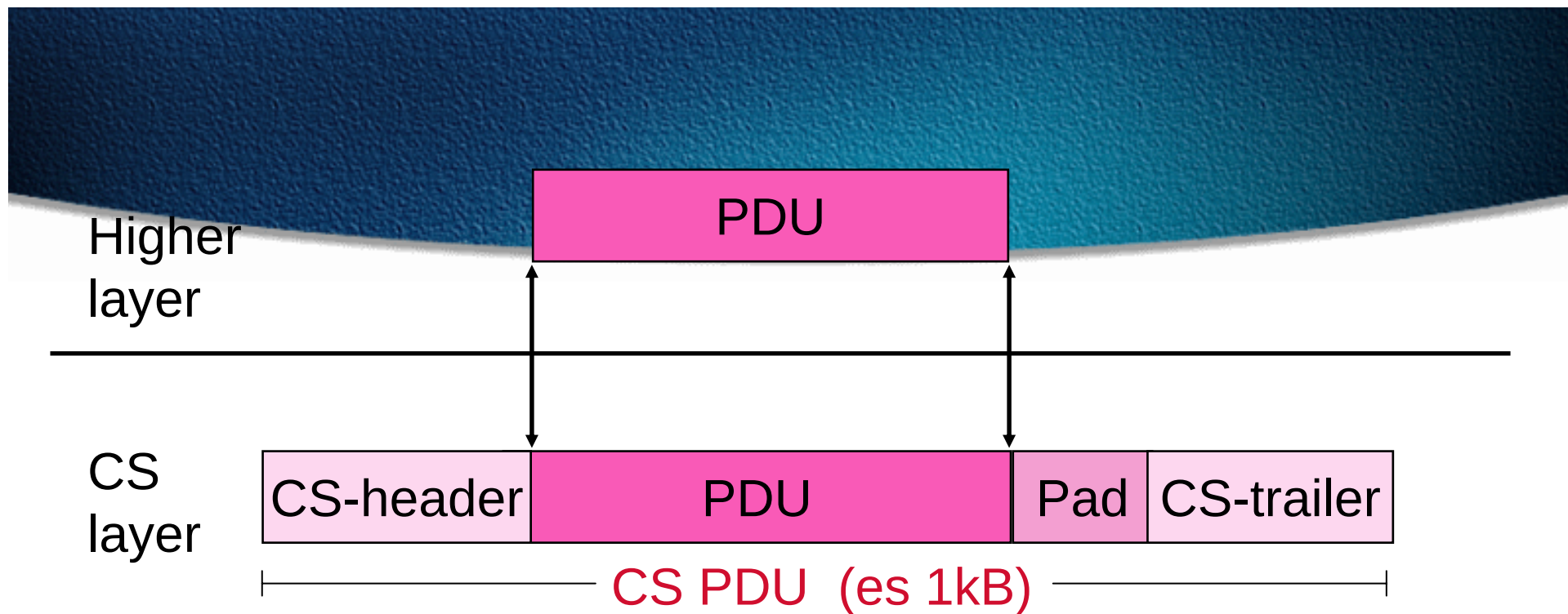
Terminologia nel modello di riferimento ATM

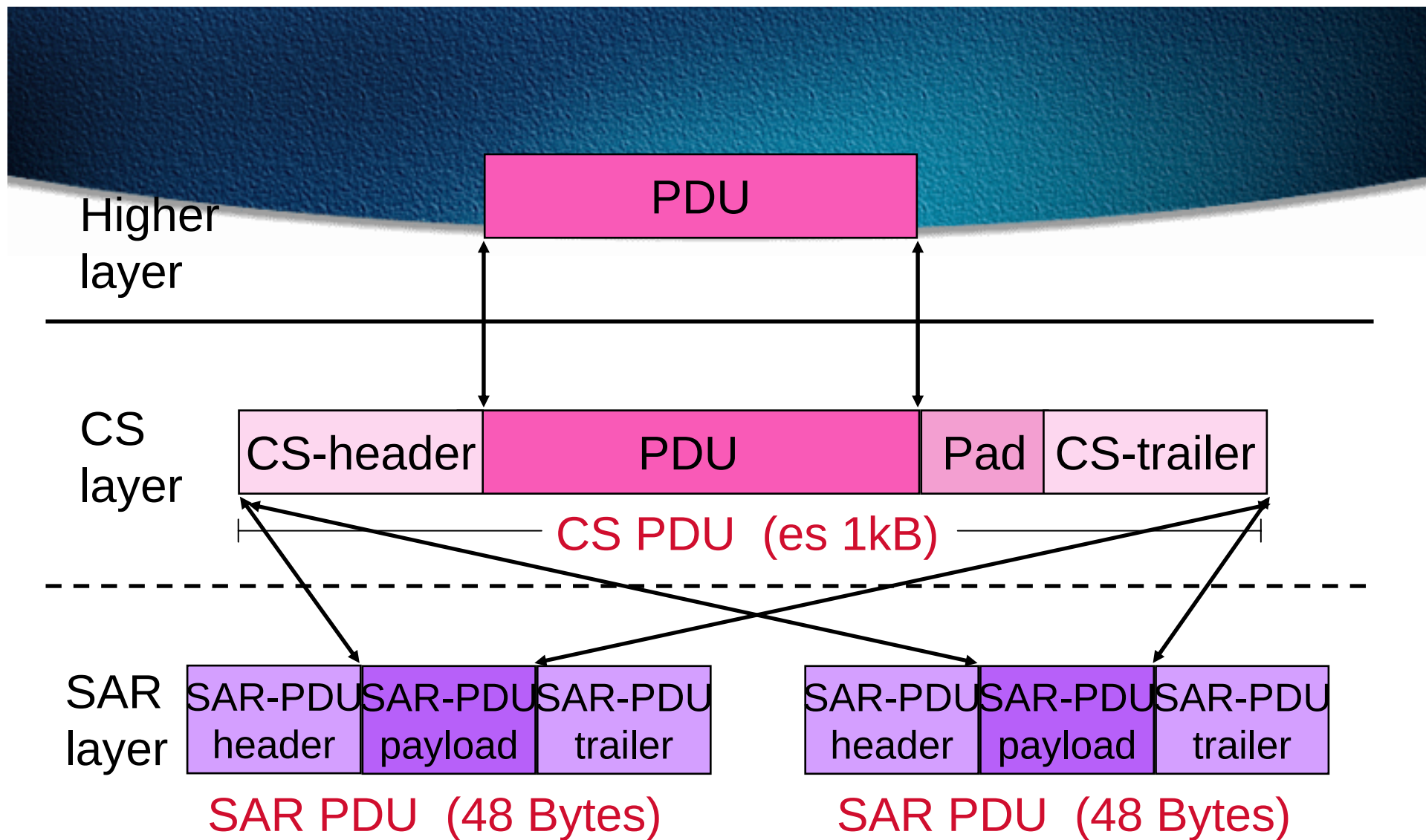


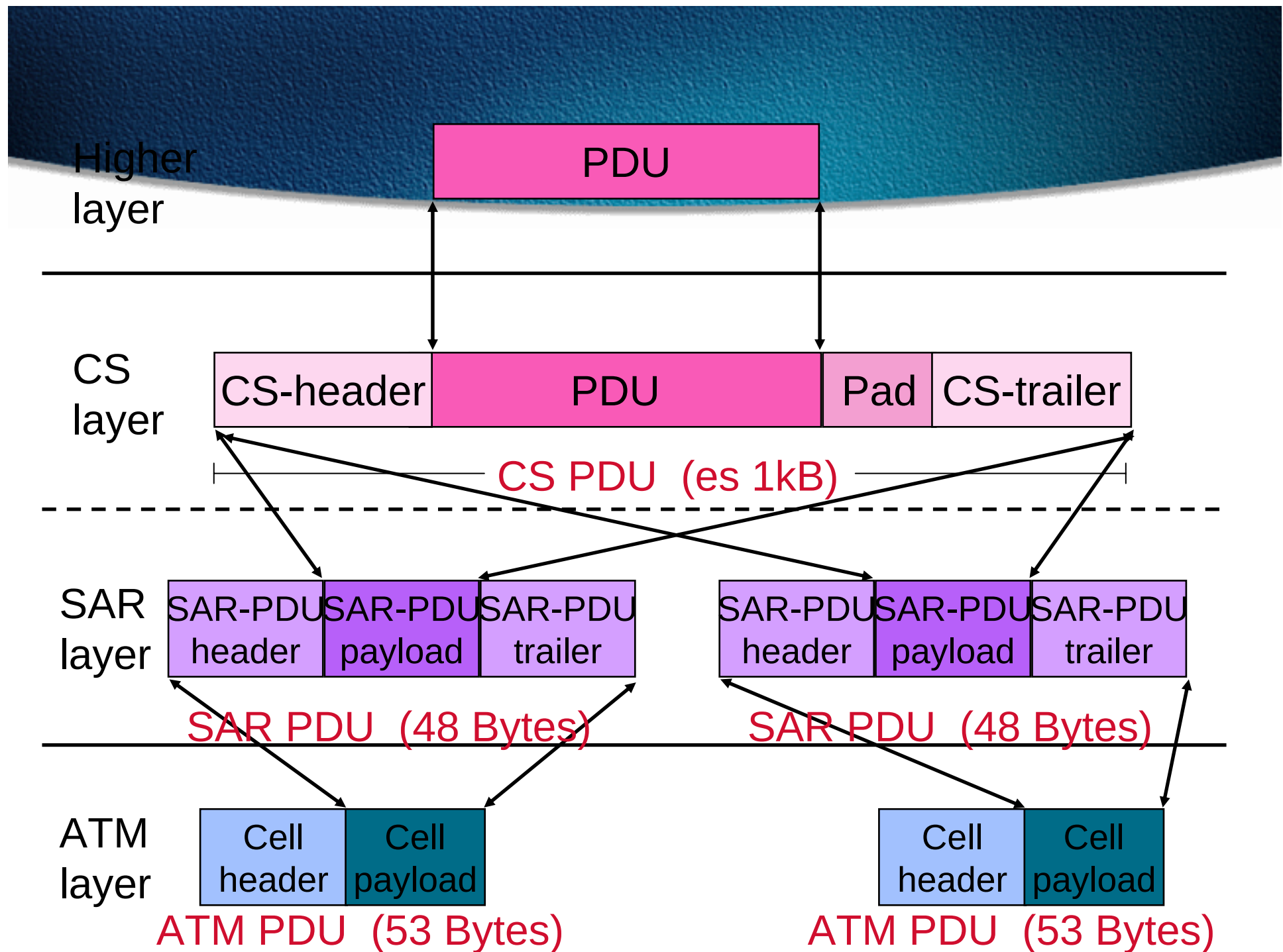
AAL : ATM Adaption Layer
CS : Convergence Sublayer
SAR : Segmentation And Reassembly
PDU : Protocol Data Unit
SDU : Service Data Unit

Higher
layer

PDU







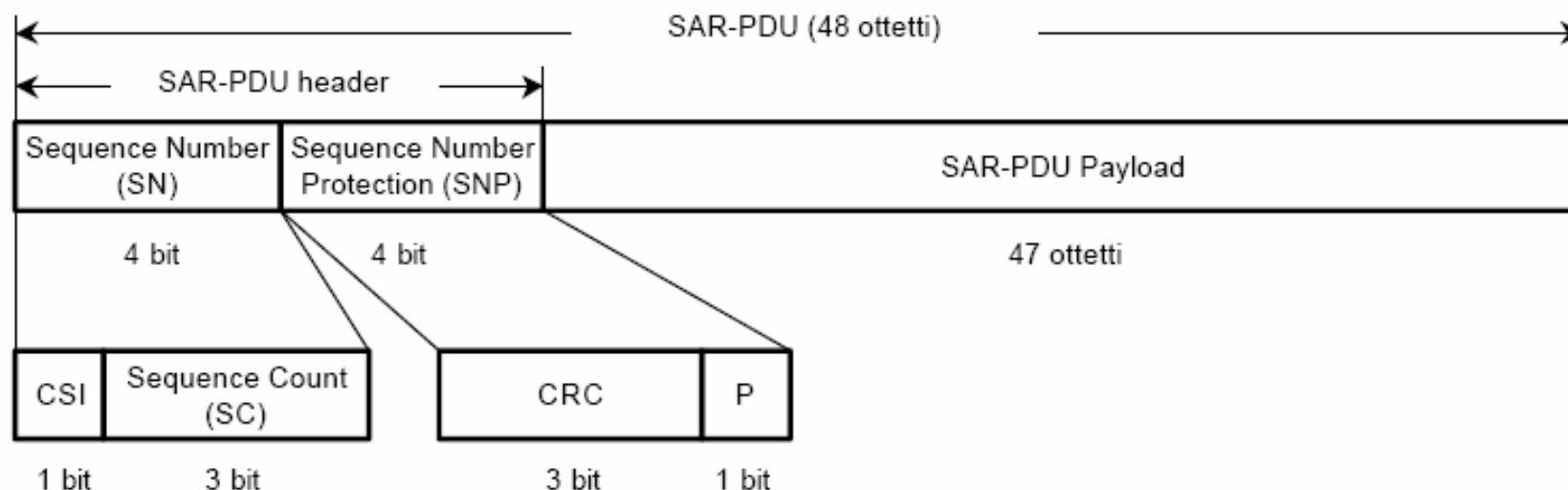
AAL1

- **“Protocollo a emulazione di circuito” in quanto emula le funzionalità di una rete a commutazione di circuito**
- **Voce, audio, video a CBR**
- **Il sottostrato CS non specifica la PDU perchè dipende dal particolare servizio e può espletare le seguenti funzioni:**
 - **Gestione delle variazioni di ritardo delle celle (cells delay jitter)**
 - delay: tempo impiegato da una cella per giungere al ricevitore**
 - delay jitter: variazione tra i delay di due celle consecutive**
 - reso costante tramite un buffer di playout in ricezione**
 - **Trasferimento di informazioni di sincronizzazione end to end**

AAL1

- **Indicazione ai livelli superiori sulle celle perse, ricevute con errori o estranee al flusso originario (misinsertion)**
- **Non viene richiesta la ritrasmissione delle celle errate per garantire la continuità di riproduzione in ricezione**
- **Tecniche FEC (Forward Error Correction) per audio e video ad alta qualità**
- **Padding in caso di riempimento parziale del payload SAR PDU**

Formato della SAR PDU



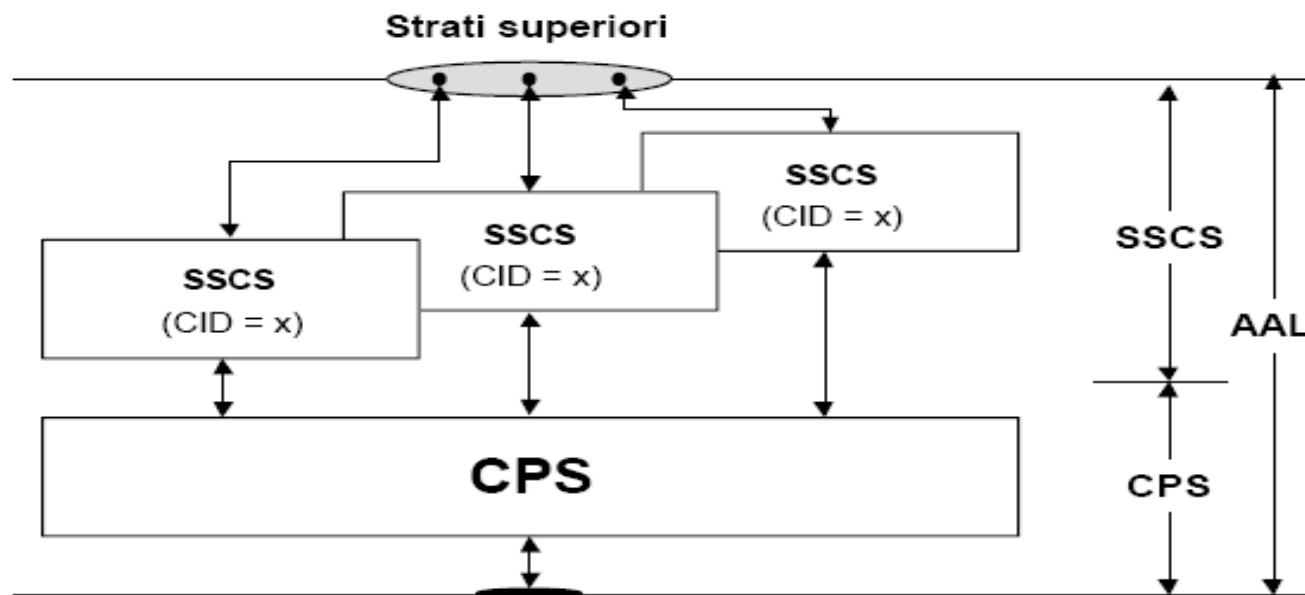
- Payload di 47 Bytes + Header di 1 Byte
- CSI (Convergence Sublayer Identifier): trasferisce informazioni di sincronizzazione end to end
- SC (Sequence Count): numero di sequenza utilizzato per la segmentazione in tx e riassettaggio in rx
- CRC: controllo di ridondanza ciclica sul campo Sequence Number, corregge un errore singolo, rivela errori multipli
- P: bit di parità sui primi 7 bit dell'header

AAL 2

- Voce, audio, video a VBR
- AAL suddiviso in 2 sottostrati:
 - *Service Specific Convergence Sublayer*: dipende dai protocolli di livello superiore e dal tipo di dati trasportato
 - *Common Part Sublayer*: comune a tutti i flussi SSCS



AAL 2



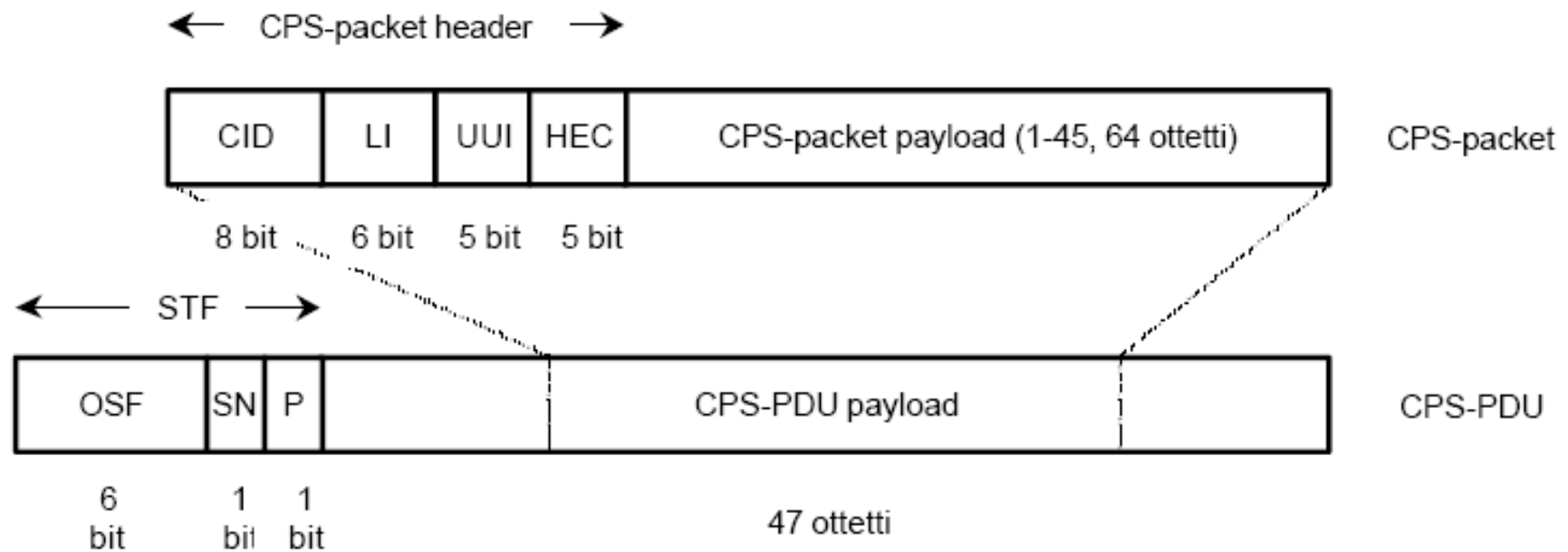
Common Part Sublayer

- AAL 2 è utilizzato per servizi isocroni, tuttavia non offre alcun servizio di recupero della sincronizzazione. Tale funzionalità è quindi demandata ai livelli protocollari superiori.
- Il servizio AAL 2 offre:
 - multiplexing e demultiplexing di più flussi SSCS
 - il trasferimento di CPS-SDUs fino a 64 Bytes
 - Integrità della sequenza di CPS-SDU in ogni flusso SSCS
- Il servizio AAL 2 non è assicurato:
 - Le CPS-SDUs possono essere perse
 - Le CPS-SDUs perse non sono ritrasmesse

CPS packet

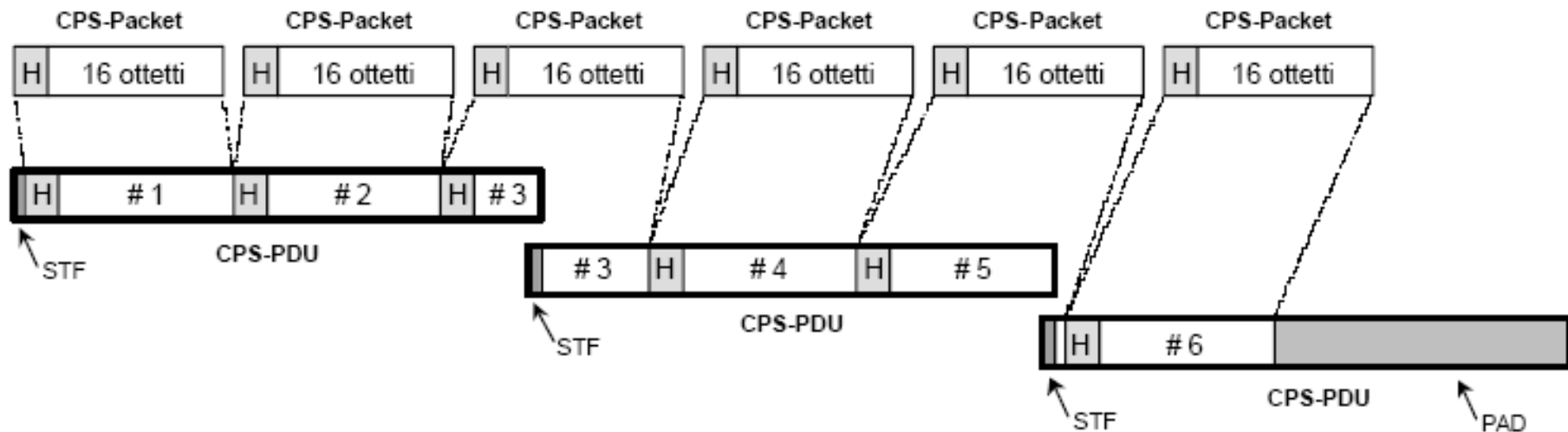


- Il Payload ha lunghezza variabile da 1 fino a 64 Bytes
- L'Header è sempre di 3 Bytes
- **CID (Channel Identifier)**: identifica il canale dello specifico flusso SSCS
- **LI (Length Indicator)**: codifica la lunghezza in Byte del CPS packet payload fino a 64 Bytes
- **UUI (User to User Indication)**: distingue dati di utente e dati di management
- **HEC (Header Error Control)**: rileva errori nei precedenti campi dell'header



- A partire dai pacchetti CPS sono formate le CPS PDU di lunghezza fissa 48 Bytes
- 1 Byte Header (Start Field) + 47 Bytes Payload
- **OSF (Offset Field):** codifica il valore dell'offset in Bytes tra la fine dell'header e l'inizio del primo pacchetto CPS non splittato contenuto nel payload
- **SN (Sequence Number):** numero di sequenza delle CPS PDU
- **P (Parity):** bit di parità sui primi 7 bit

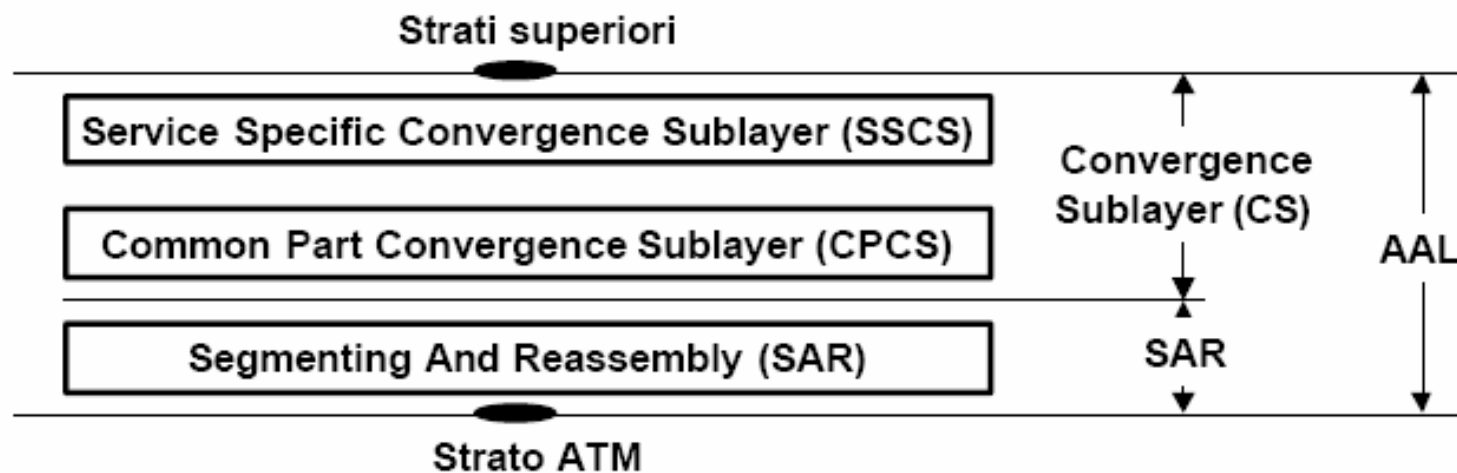
CPS PDU



- **Esempio di segmentation dei pacchetti CPS in CPS PDU**
pacchetti CPS (3 Bytes header + 16 Bytes Payload)
CPS PDU (1 Byte header + 47 Bytes payload)
- Il payload di una CPS PDU può contenere nessuno, uno o più pacchetti CPS
- La CPS PDU poiché ha dimensione fissa può utilizzare Bytes di riempimento (padding)

AAL 3/4

- Servizi asincroni, VBR, connection oriented e connection less
- Fusione di AAL3 (c.o.) e AAL4 (c.l.)
- Suddivisione in strati:



AAL 3/4

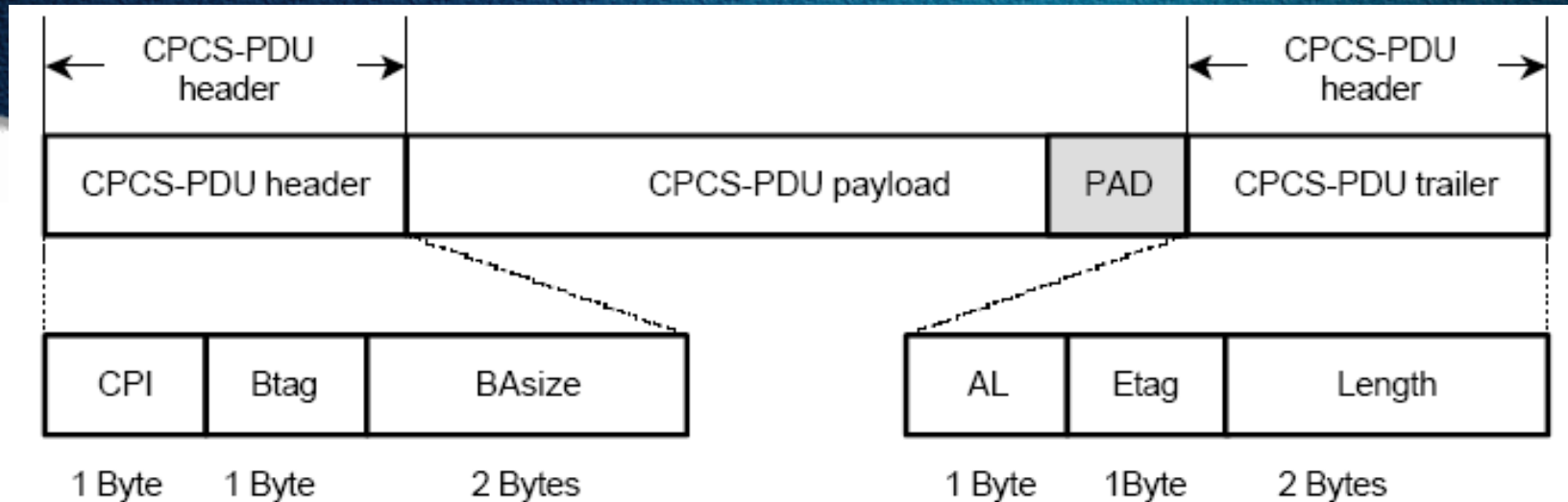
- Il tipo di servizio offerto dal protocollo AAL 3/4 può essere caratterizzato secondo due diversi criteri:
- **Modalità di connessione:**
 - Connection-less: ogni flusso di dati presentato dall'applicazione allo strato AAL è trattato indipendentemente su una connessione ATM;
 - Connection-oriented: è possibile definire diversi flussi di PDU sulla stessa connessione ATM.
- **Modalità di interazione con l'applicazione:**
 - message mode: una AAL-SDU, qualsiasi sia la sua dimensione, è passata attraverso l'interfaccia con lo strato superiore in una singola interazione;
 - streaming mode: una AAL-SDU, di qualsiasi dimensione, è passata attraverso l'interfaccia con lo strato superiore in interazioni multiple.

AAL 3/4

Entrambe le modalità prevedono le procedure di trasporto:

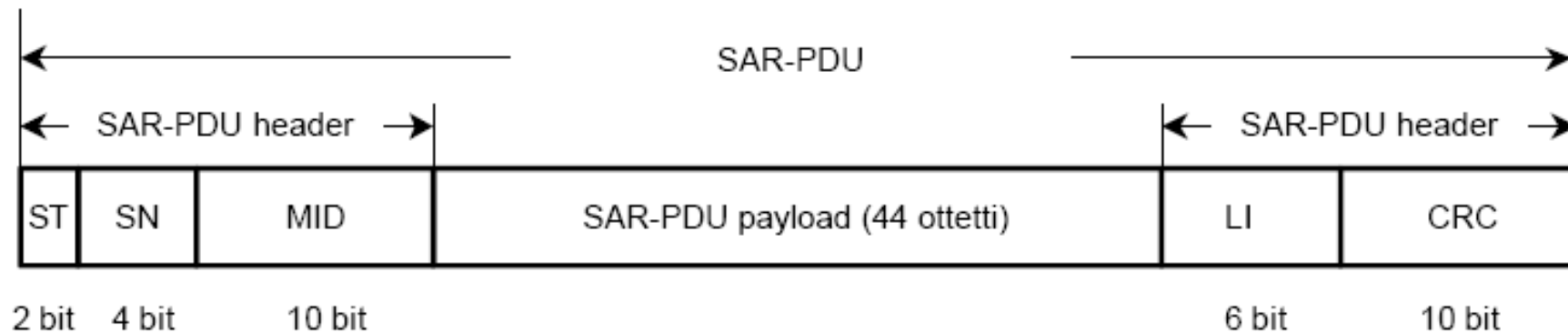
- **Affidabile:** con ritrasmissione delle CS-PDU mancanti o corrotte, e possibilità di introdurre controllo di flusso per connessioni punto-punto
- **Non affidabile:** senza ritrasmissione delle CS-PDU mancanti o corrotte

CPCS PDU



- La lunghezza complessiva della CPCS PDU deve essere un multiplo di 4 Bytes (garantita col padding) inferiore a 65 kB
- Ha un Header di 4 Bytes e un Trailer di 4 Bytes utilizzati per segmentazione e riassettaggio
- CPI (Common Part Indicator): indica la versione del formato di PDU
- Btag (Beginning Tag): ha lo stesso valore dell'End Tag, usato in ricezione come controllo d'errore
- BAsize (Buffer Allocation Size): valore del buffer di ricezione per la ricostruzione in ricezione della CPCS PDU
- AL (Alignment): utilizzato per rendere il trailer di 4 Bytes
- L (Length): lunghezza del payload della CPCS PDU

SAR PDU



- Il sottostrato SAR frammenta la CPCS PDU nei payload SAR PDU di 44 Bytes, aggiungendo Header di 2 Bytes e Trailer di 2 Bytes

- ST(Segment Type): se la SAR PDU trasporta

10 (Beginning of Message) l'inizio della CPCS PDU

00 (Continuation of Message) parte interna della CPCS PDU

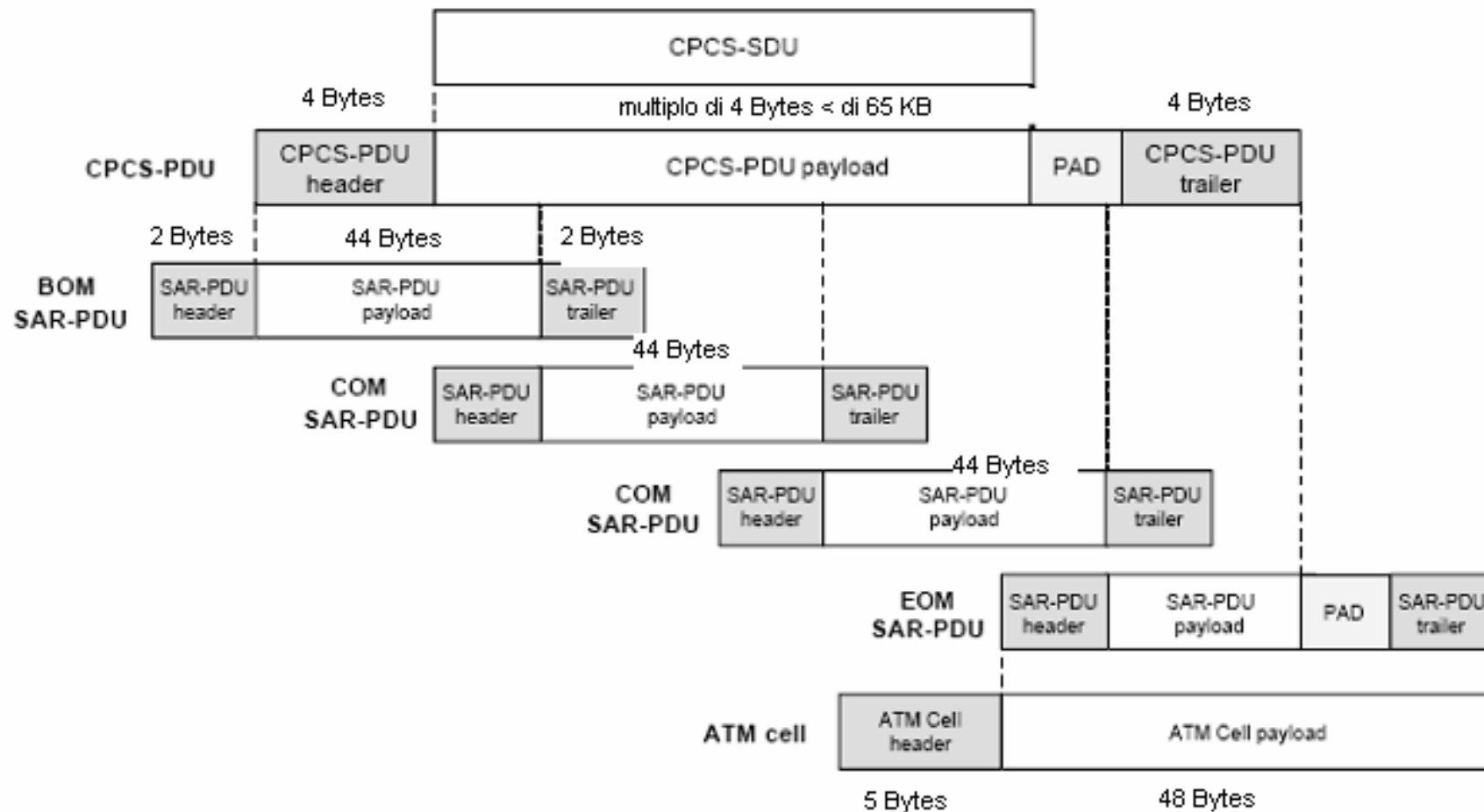
01 (End of Message) fine della CPCS PDU

11 (Single Segment Message) l'intera CPCS PDU

SAR PDU

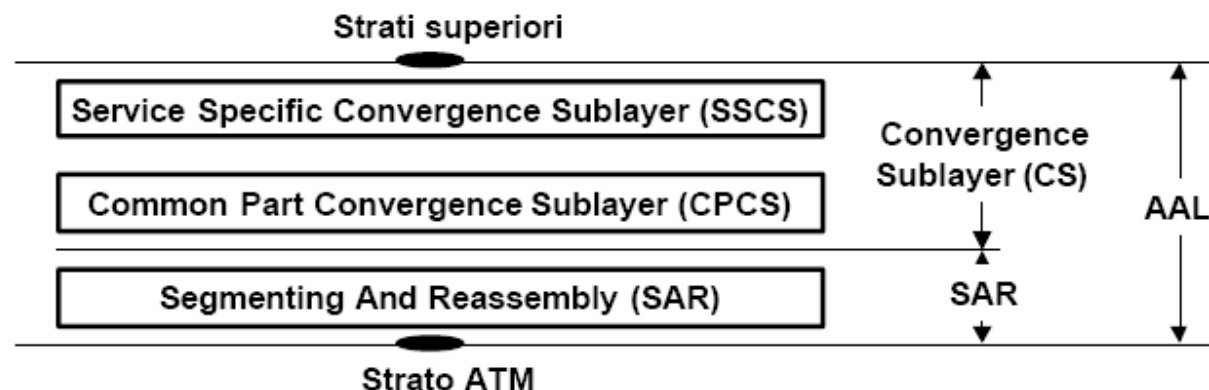
- **SN (Sequence Number)**: numero di sequenza delle SAR PDU
- **MID (Multiplexing Identifier)**: utilizzato per la moltiplicazione di diverse CPCS PDU
- **LI (Length Indication)**: serve a distinguere, nel caso di segmenti EOM e SSM, i bit utili nel payload rispetto al riempimento
- **CRC (Cyclic Redundancy Check)**: controllo d'errore sugli altri campi dell'header

Frammentazione delle CPCS PDU nelle SAR PDU

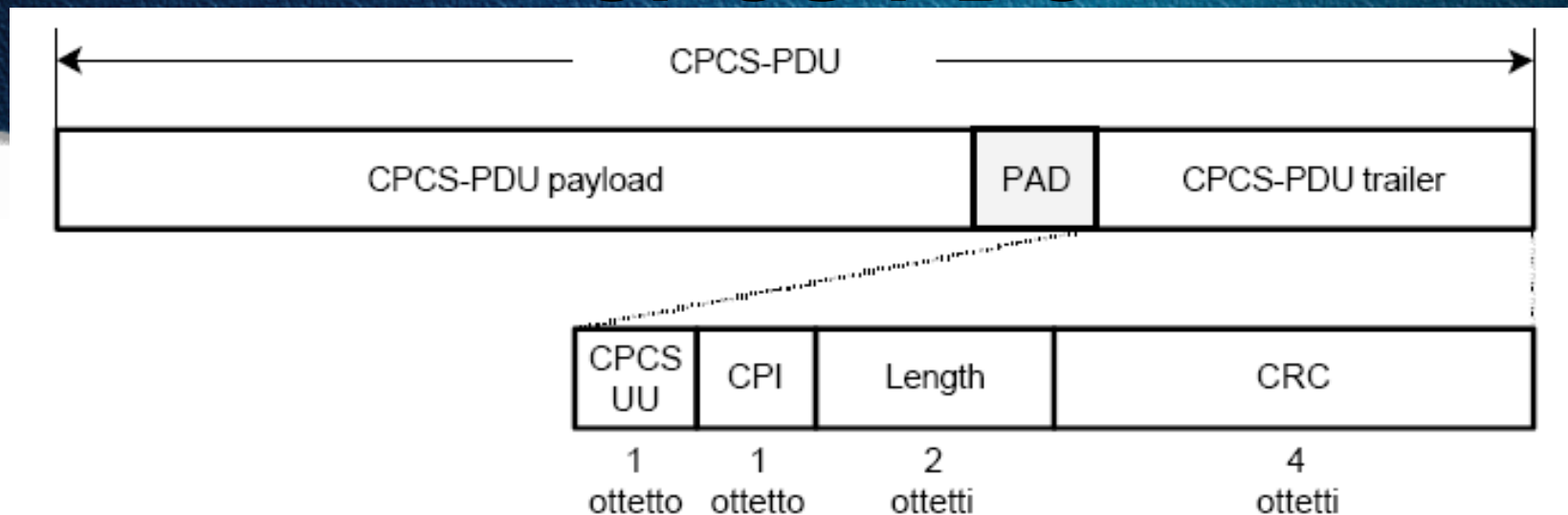


AAL 5

- Servizi asincroni, VBR, connection oriented e connection less
- Semplificazione di AAL 3/4 (Simple and Efficient AAL – SEAL) riduce l'overhead
- Scelto da IETF per la trasmissione di datagram IP su reti ATM
- Suddivisione in strati:

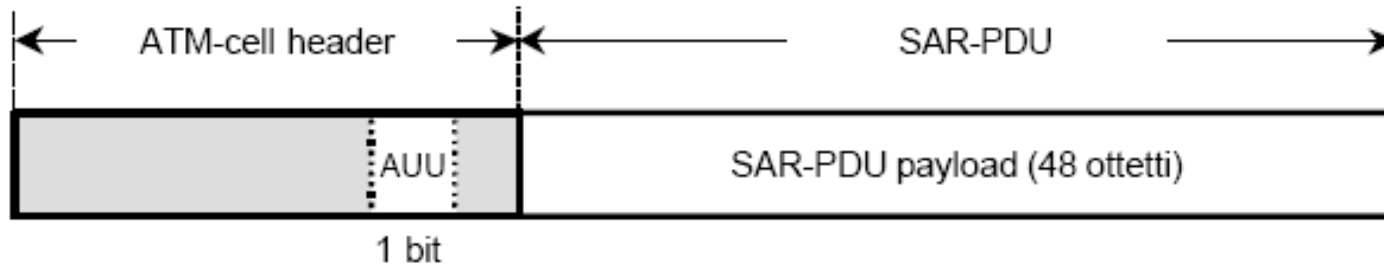


CPCS PDU



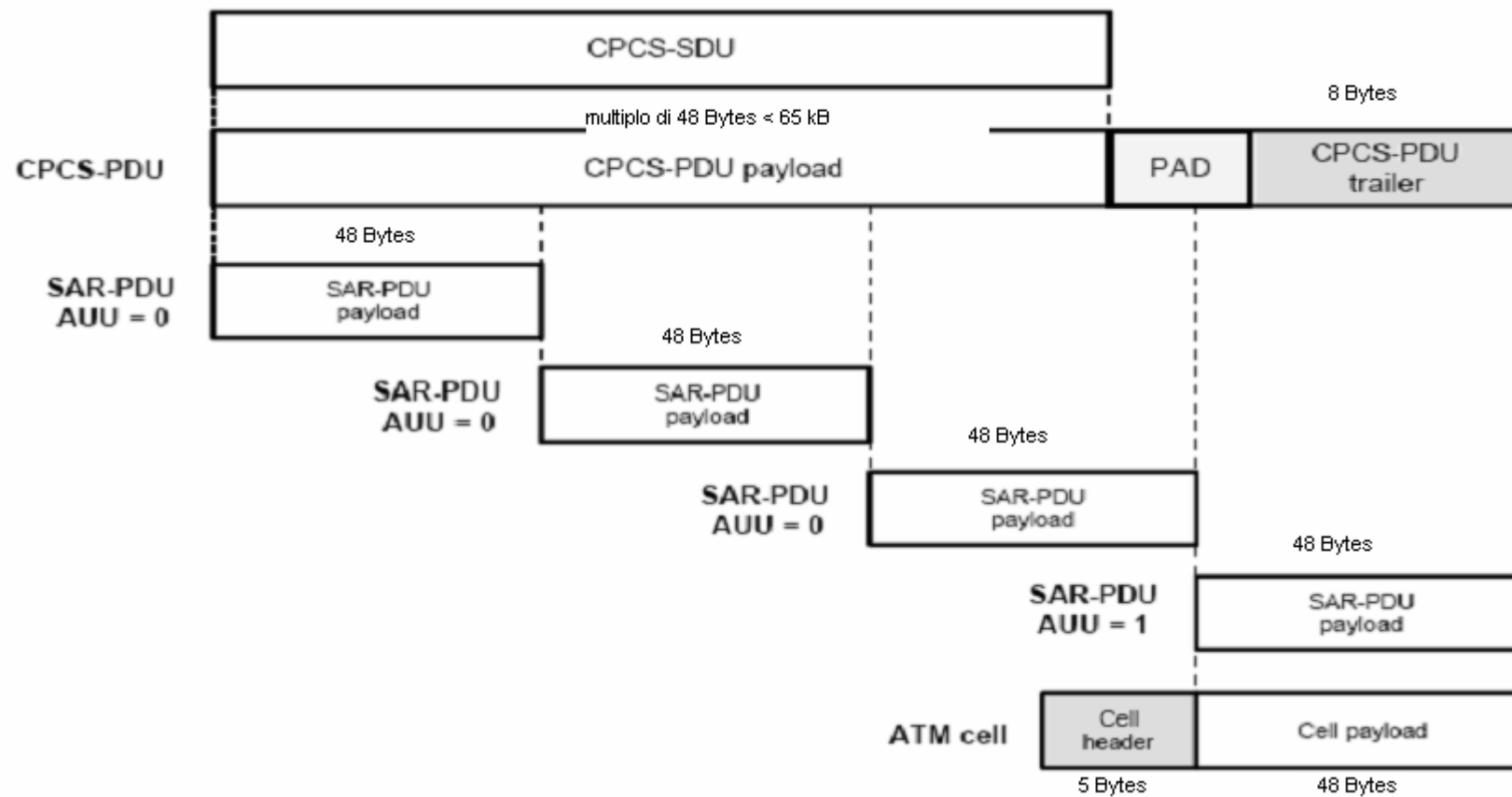
- La lunghezza complessiva della CPCS PDU deve essere un multiplo di 48 Bytes (garantita col padding) inferiore a 65 kB
- Ha un Trailer di 8 Bytes
- CPCS UU (user to user information): trasporta informazioni di controllo tra due end point
- CPI (Common Part Indicator): indica la versione del formato di PDU
- L (length): lunghezza del payload della CPCS PDU
- CRC (cyclic redundancy check): rivela errori sull'intera CPCS PDU

SAR PDU



- Il sottostrato SAR frammenta la CPCS PDU nei payload SAR PDU di 48 Bytes
- Non viene aggiunto alcun Header
- La funzione di riconoscimento della fine di una CPCS-PDU è demandata al terzo bit del campo PT (Payload Type) dello strato ATM
- AUU=1 ultima cella della CPCS-PDU
- AUU=0 prima cella o cella intermedia

Frammentazione delle CPCS PDU nelle SAR PDU



Confronto AAL 3/4 e AAL 5

- **AAL 3/4 controlla errori a livello SAR sulle singole celle prima del riassettaggio (CRC 10 bit) , AAL 5 controlla errori a livello CPCS sul segmento intero dopo il riassettaggio (CRC 32 bit)**
- **AAL 5 non supporta la funzione di moltiplicazione che era prevista in AAL 3/4 (manca il campo Multiplexing Identifier)**
- **AAL 5 non fa uso del controllo di sequenza (manca il campo Sequence Number), demanda tale funzione al livello ATM o ai livelli superiori**



QoS e Traffic Management in reti ATM

ATMF TM-0121.000 v4.1

Sommario

- **Cos'è la QoS**
- **Caratteristiche di ATM per la QoS**
- **ATM e IP**
- **QoS Parameters**
- **Traffic Descriptors**
- **Categorie di servizio**
- **Policing**
- **Test**

Cos'è la QoS

- **Nuova filosofia per la fruizione di particolari applicazioni (real time, multimedia, ecc.)**
- **Si presta particolarmente per un nuovo modello economico di sviluppo sostenibile per la creazione di nuovi network services**

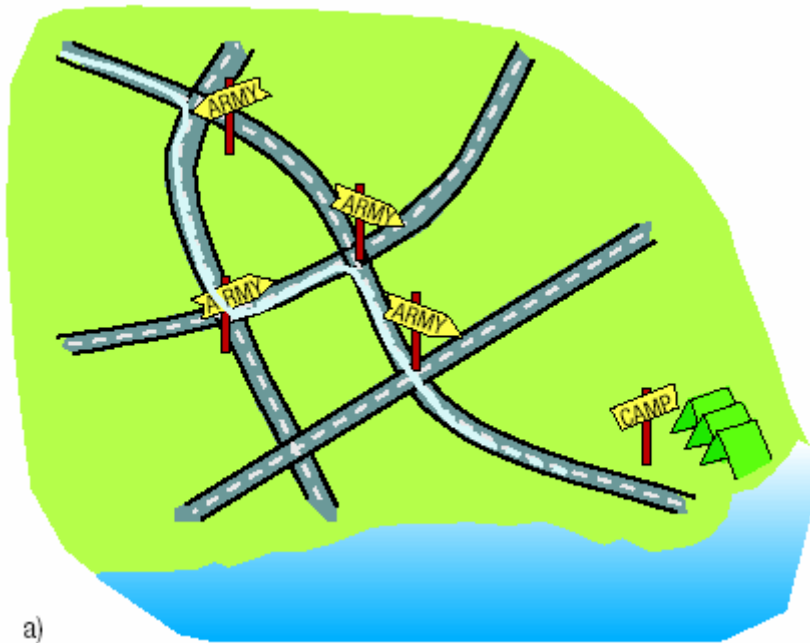
Un nuovo BUSINESS

ATM per la QoS

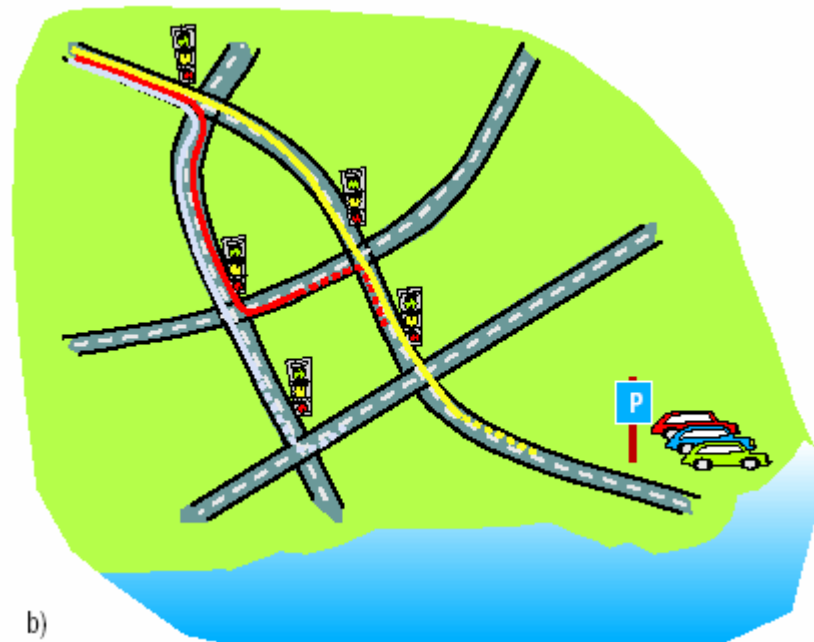
- **Supporto nativo per la QoS**
- **Connection-oriented**
- **Controllo della congestione**

Connection-oriented?

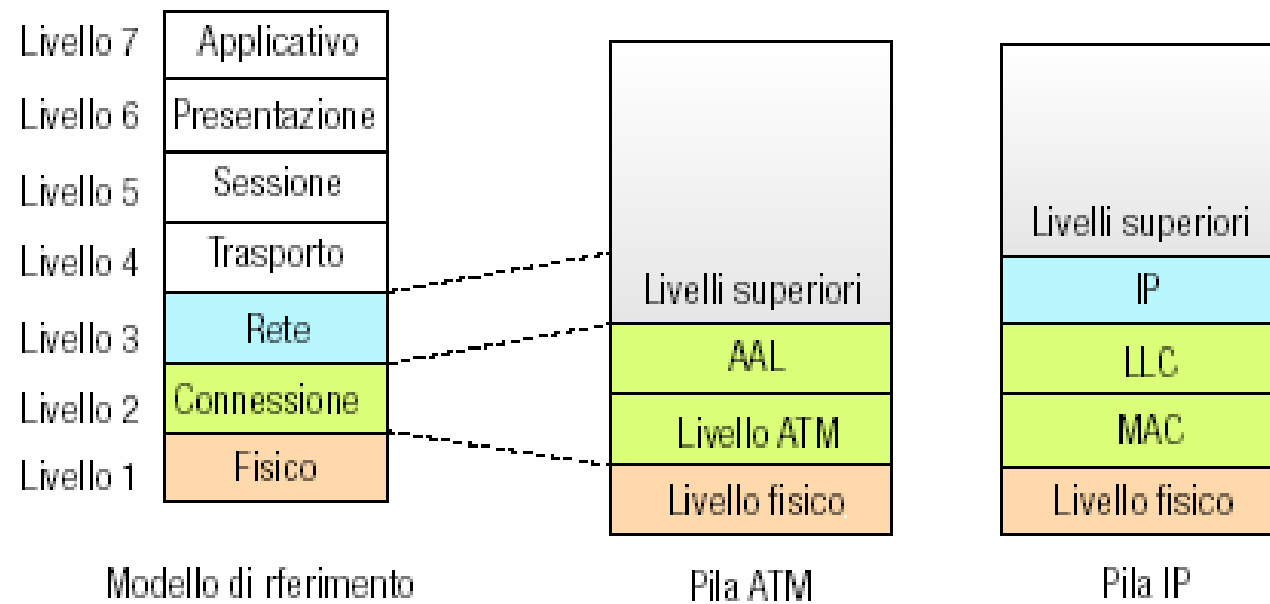
Connection-oriented



Connection-less



ATM e IP amici o nemici?

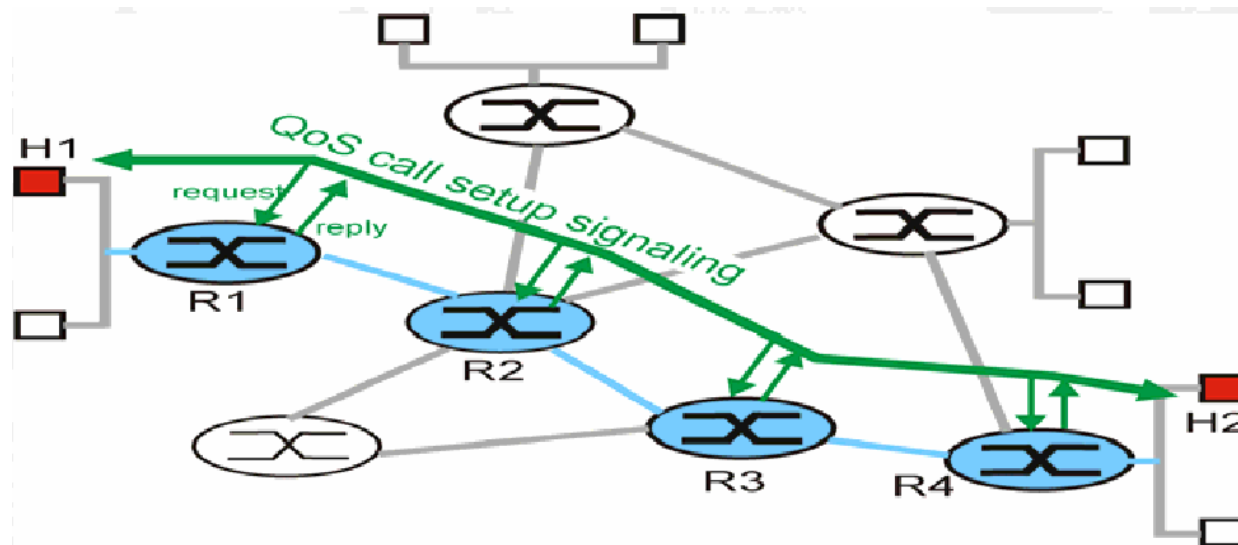


ATM e IP amici o nemici?

- **Sforzo dell'IETF per dotare IP di una struttura QoS-compliance**
- **Nascita dei modelli IntServ (basato su RSVP) e DiffServ (basato sul tagging)**

IntServ

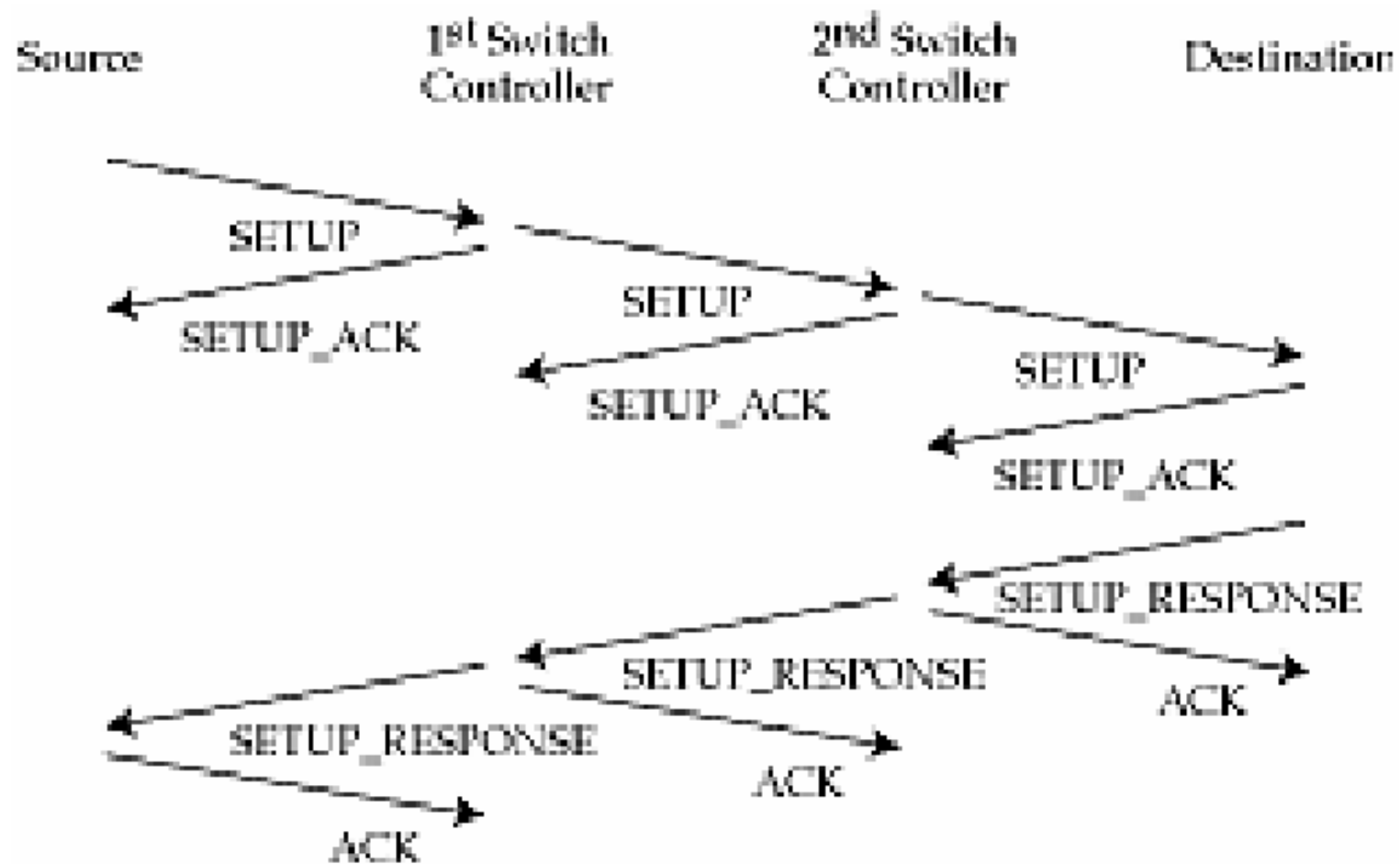
Si basa su un protocollo di Resource Reservation (RSVP) e i router hanno bisogno di mantenere delle informazioni di stato sulle risorse allocate: nella pratica una notevole pesantezza computazionale che va a discapito della velocità d'esecuzione



Semantica della Segnalazione

- **Sender initiated**
- **Setup, Setup_ACK, Setup_Response**
- **Tentativo di prenotazione delle risorse**
- **Simplex e Duplex no Multicast**
- **Ships that pass in the night effect**

RSVP



DiffServ

- **Risolve i problemi di IntServ e RSVP**
- **Non mantiene lo stato**
- **Maggiore flessibilità (più classi di traffico)**
- **Marking nel campo TOS in IPv4 nel campo DS in IPv6**

IP su ATM

- **LAN Emulation dell' ATMF**
- **Classical IP over ATM dell'IETF**
- **Multiprotocol over ATM dell'ATMF**
- **Commutazione IP**
- **MPLS dell' IETF**

Approccio alla QoS

- **Congestion control : problematico in ATM a causa delle alte velocità trasmissive e criticità della normale retroazione**
- **Traffic control : criticità per quanto riguarda l'eterogeneità dei servizi offerti**

Bandwidth/delay product

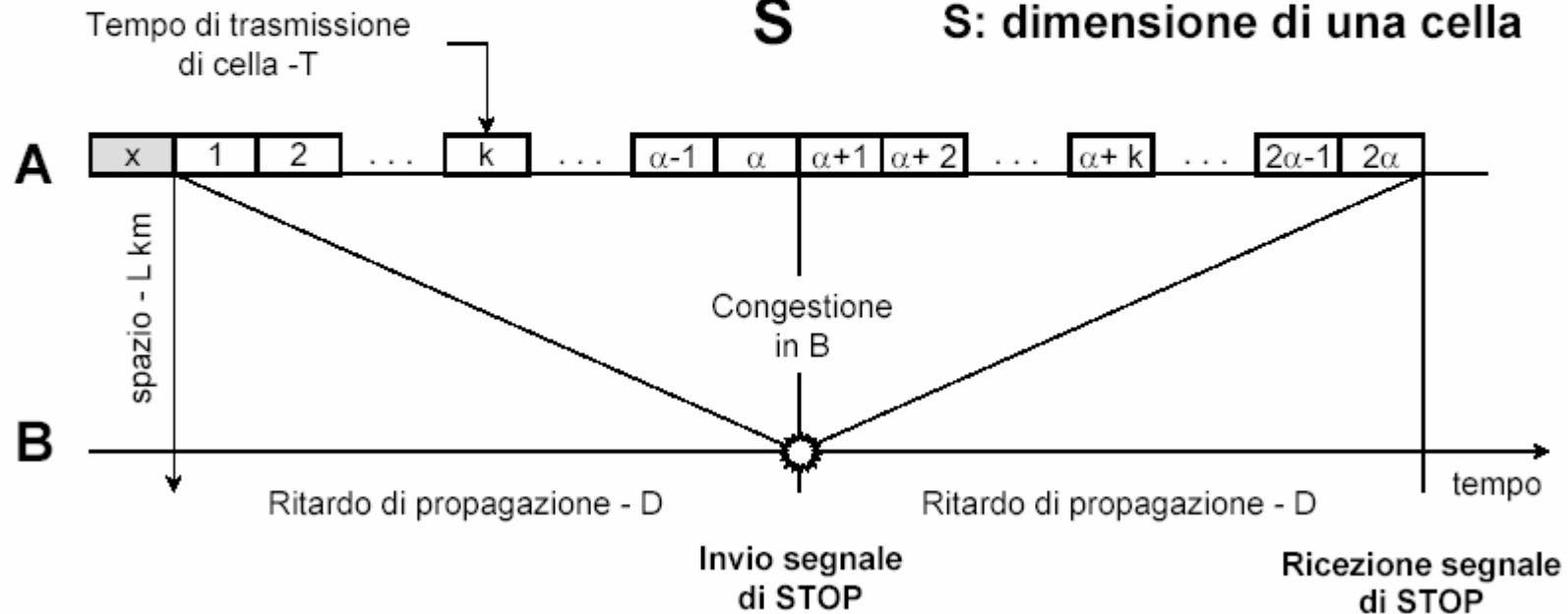
α : numero di celle ATM che possono essere emesse in un tempo uguale a quello di propagazione

$$\alpha = \frac{R \cdot D}{S}$$

R: bit rate

D: tempo di propagazione

S: dimensione di una cella



Esempio BD product

Parametri di sistema :

$$R = 150 \text{ Mbit/s}$$

$$S = 53 \text{ byte} = 424 \text{ bit}$$

$$L = 5000 \text{ km}$$

Si necessita di un buffer in grado di contenere 3.75 Mbit

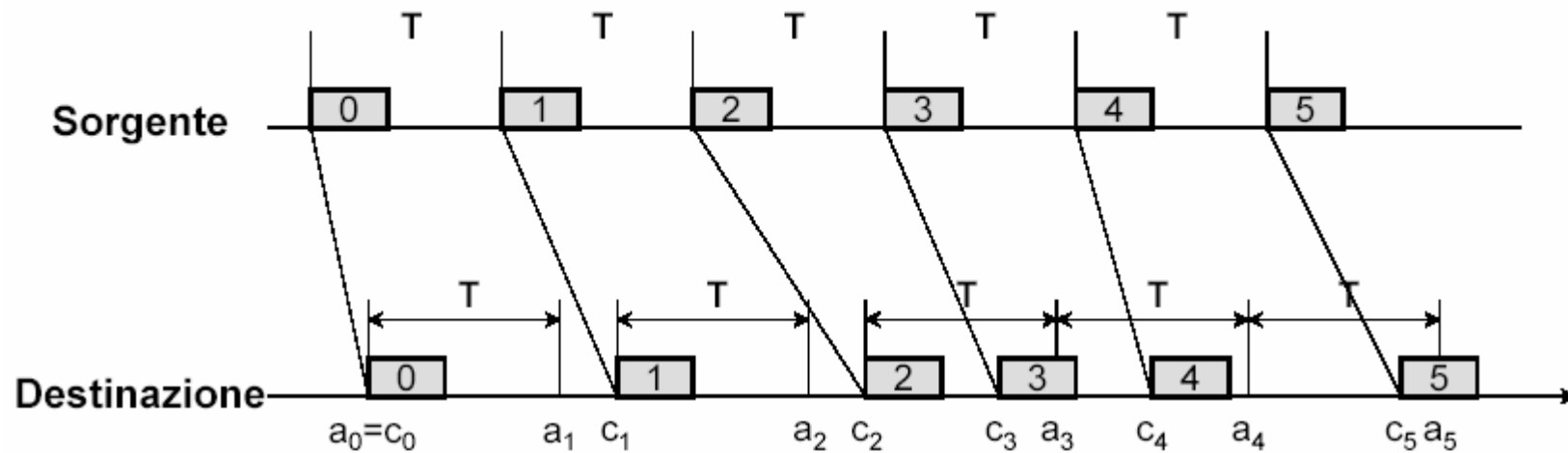
N.B α è adimensionale noi consideriamo solo il numeratore senza prendere in carico la normalizzazione

BD product

Valore di α in reti a pacchetto

Esempio	Banda R (Mbit/s)	Distanza L (km)	Ritardo D (ms)	α (celle ATM)
Ethernet 10BaseT	10	1	0.005	≈ 0.1
Ethernet 100BaseT	100	1	0.005	≈ 1
Rete Metropolitana	34	10	0.05	≈ 3.5
Rete geografica telefonica	0.064	3000	15	≈ 2
Tratta satellite	0.064	36000	180	≈ 27
Rete geografica frame relay	2	3000	15	≈ 70
Rete geografica ATM (scenario 1)	150	3000	15	≈ 5300
Rete geografica ATM (scenario 2)	600	3000	15	≈ 21200

Cell Delay Variation (CDV)



$$CDV_j = c_j - a_j$$

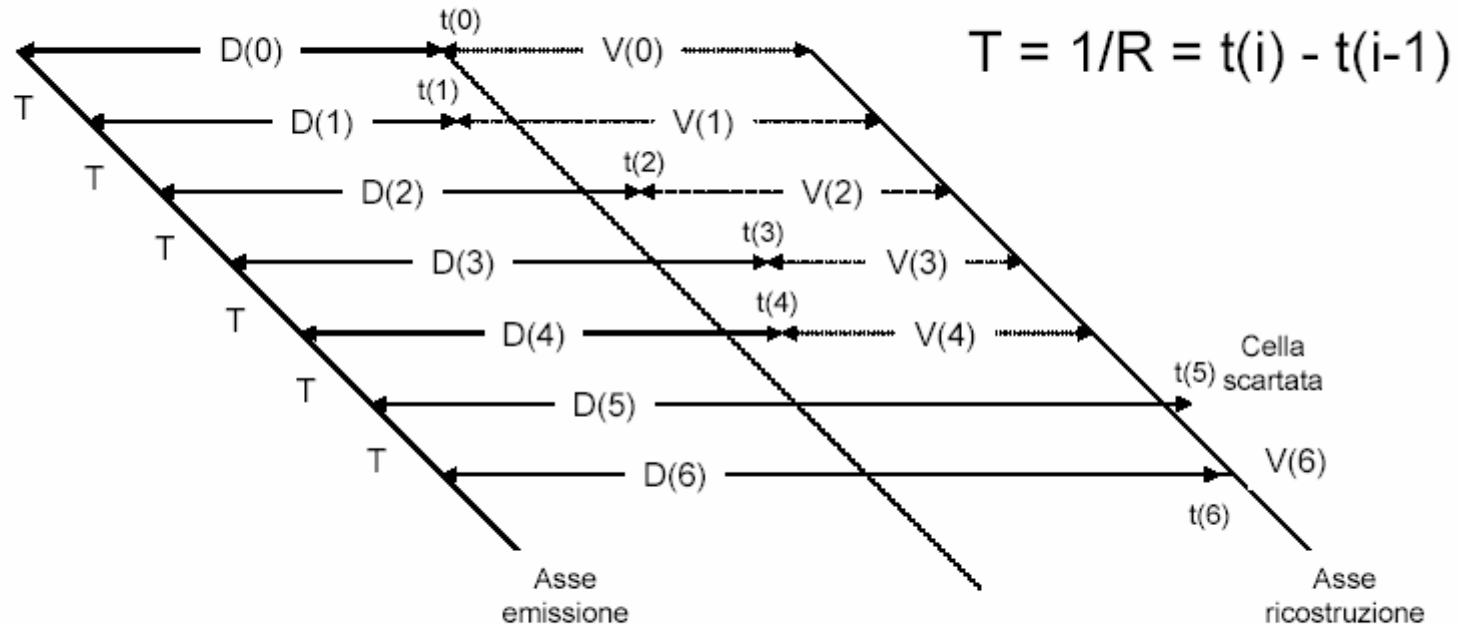
$CDV > 0 \Rightarrow$ *gap (allontanamento) tra celle*

$CDV = 0 \Rightarrow$ *distanza inalterata*

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

Cell Delay Variation (CDV)

Effetti del CDV sui servizi isocroni

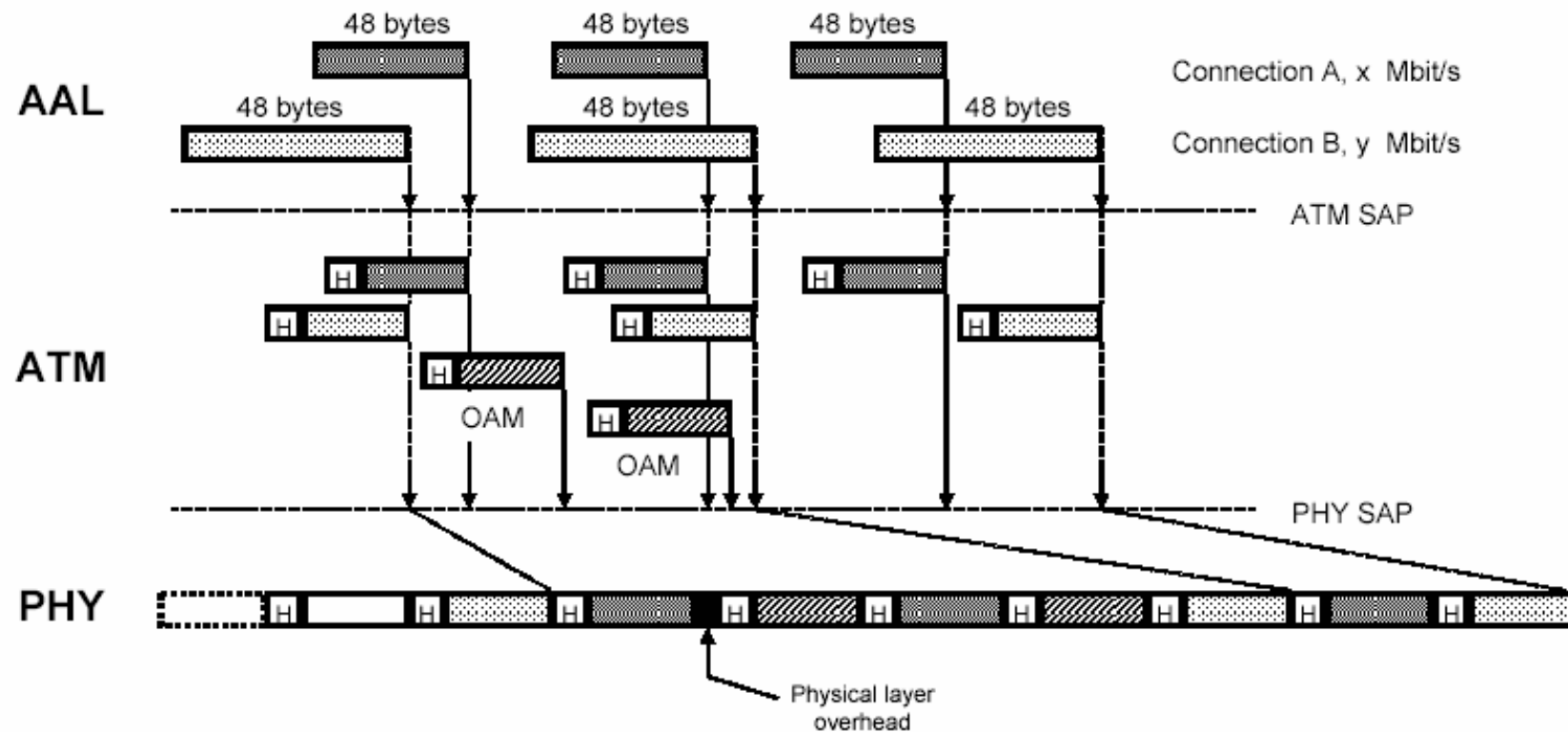


$$V(i) = V(0) - [t(i) - (t(0) + i \cdot T)] \quad i=1,2,\dots$$

Cell Delay Variation (CDV)

- La criticità del meccanismo è legata alla scelta di D dato che la permanenza della cella nel buffer è pari a $D - d_j$ (troppo breve o troppo lunga)
- Un secondo elemento che causa variazione dei ritardi di attraversamento della rete è costituito dai processi di moltiplicazione che avvengono nell'UNI

Cell Delay Variation (CDV)



Attenzione



**Dove misurare il ritmo di
emissione delle celle?**

QoS Parameter e Traffic Descriptors

- **Caratterizzano la connessione**
- **Devono essere dichiarati dall'utente all'atto della connessione assieme ai traffic descriptor**
- **La connessione si instaura se la rete, in base alla valutazione del TD, è in grado di garantire la QoS richiesta dall'utente per la connessione**

QoS Parameter e Traffic Descriptors

- **La rete fissa delle regole di conformità a cui il traffico deve sottostare e verifica l'aderenza ai TD**
- **La rete ha il diritto/dovere di fare policing (User Parameter Control – UPC)**

Traffic Contract

- **Si dichiara all'atto della connessione e determina le responsabilità delle parti in causa :**

User: I need a guaranteed QoS in terms of CLR and CDV values. In return I promise not to exceed the usage parameter values (bandwidth, burstiness, etc.) I have requested.

Network: I promise to deliver the agreed QoS provided you do not exceed the agreed usage parameters. I will police your usage and, if you break the contract, I will take action including discarding your cells in order to protect other users of the network. If i do not have the network resources you have requested / I cannot guarantee the QoS you require, so I cannot accept your call

QoS Parameter

- **Cell Loss Ratio (CLR)** è il rapporto tra le celle perse e la somma delle celle trasmesse durante una connessione – è adimensionale
- **Cell Error Ratio (CER)** è definito come il rapporto tra il numero di celle errate e la somma delle celle trasmesse – è adimensionale
- **Severely Errored Cell Block Ratio (SECBR)** è definito come il rapporto tra il numero di celle non valide presenti in un blocco e il numero di celle totali del blocco – è adimensionale

QoS Parameter

- **Cell Misinsertion Rate (CMR)** è definito come come il numero di celle arrivate a destinazioni sbagliate (a causa di errori nel VPI/VCI non corretti) in un certo intervallo di tempo diviso l'intervallo stesso – si misura in celle/s
- **Cell Transfer Delay (CTD)** è il tempo che intercorre tra l'emissione di una cella all'UNI della sorgente e la ricezione all'UNI della destinazione – si misura in s ed è nell'ordine di 10^{-6}

QoS Parameter

- **One Point Cell Delay Variation** è definito come la variazione tra il tempo d'arrivo reale della cella in un preciso punto di misura e un tempo teorico di riferimento – si misura in s

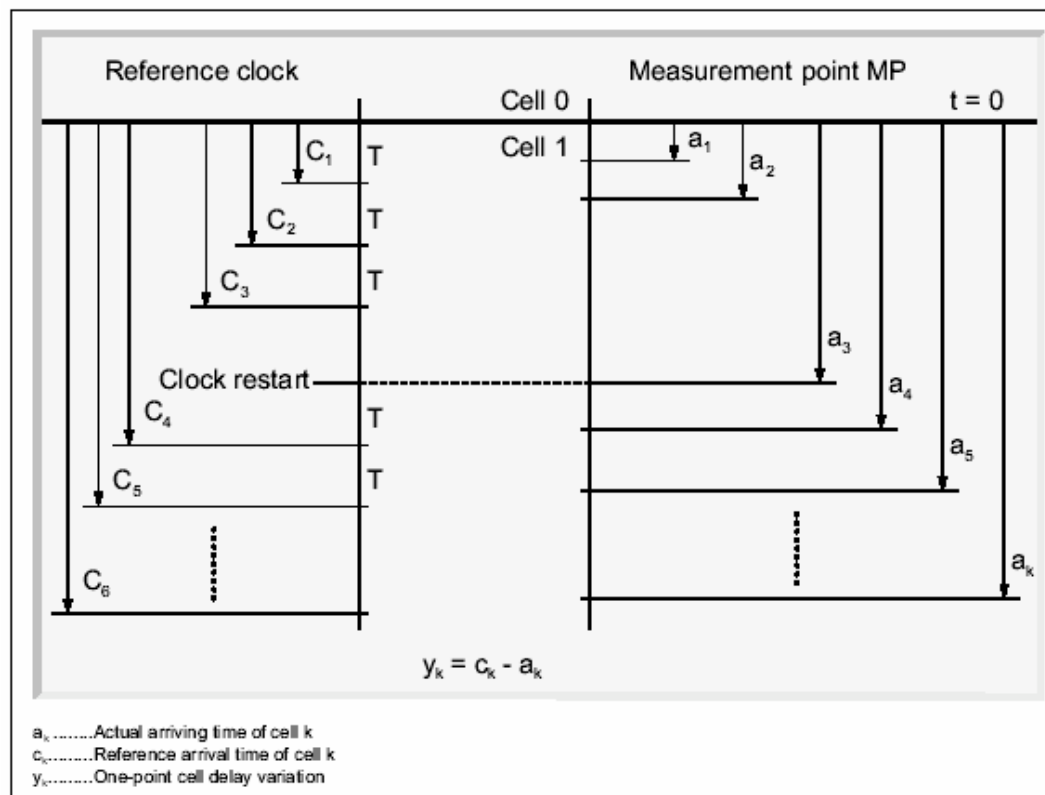


Figure 10.66 One-point CDV

QoS Parameter

**La definizione del riferimento è
la seguente :**

$$c_0 = a_0 = 0$$

$$c_{k+1} = c_k + T \quad \text{if } c_k > a_k$$

$$c_{k+1} = a_k + T \quad \text{in all other cases}$$

QoS Parameter

- Two Point Cell Delay Variation è definito come la differenza tra il tempo di passaggio reale della cella tra due distinti punti di misura e un tempo di riferimento (riferimento che è dato dal passaggio della cella iniziale tra i due punti di misura)

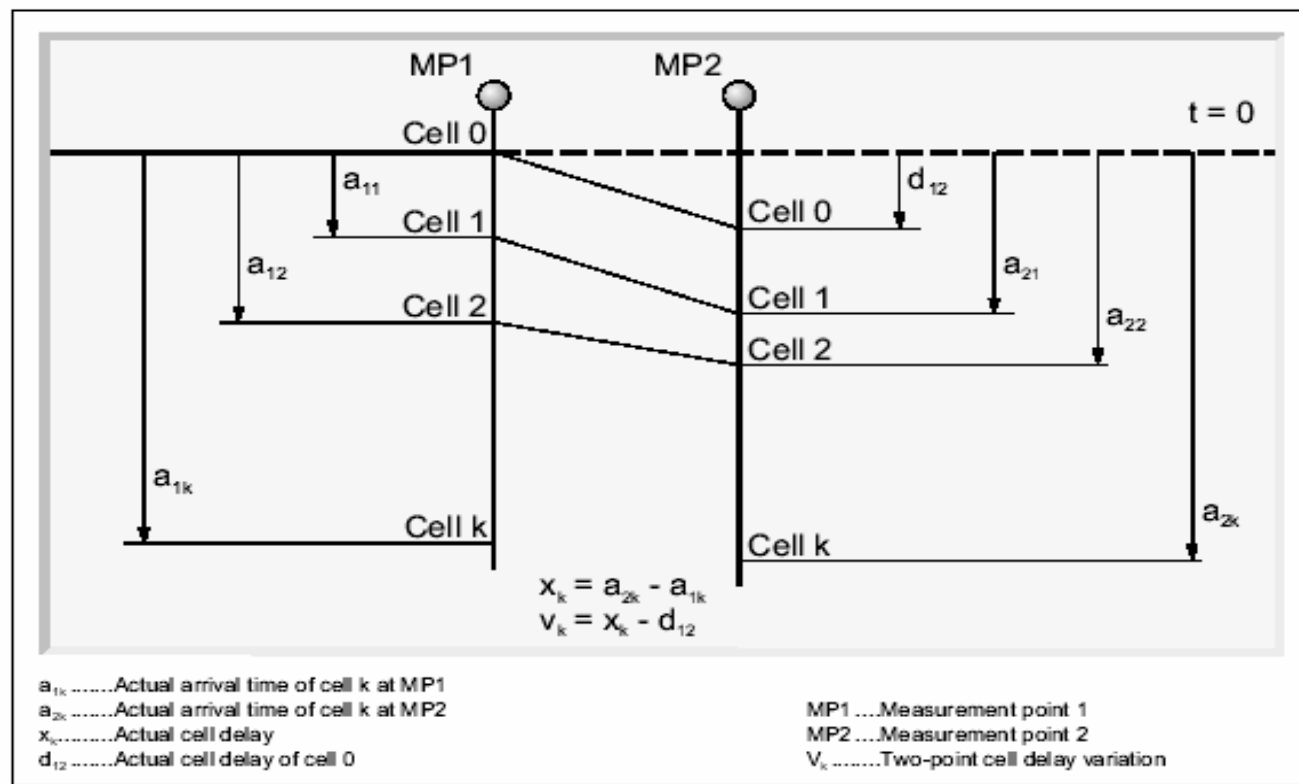


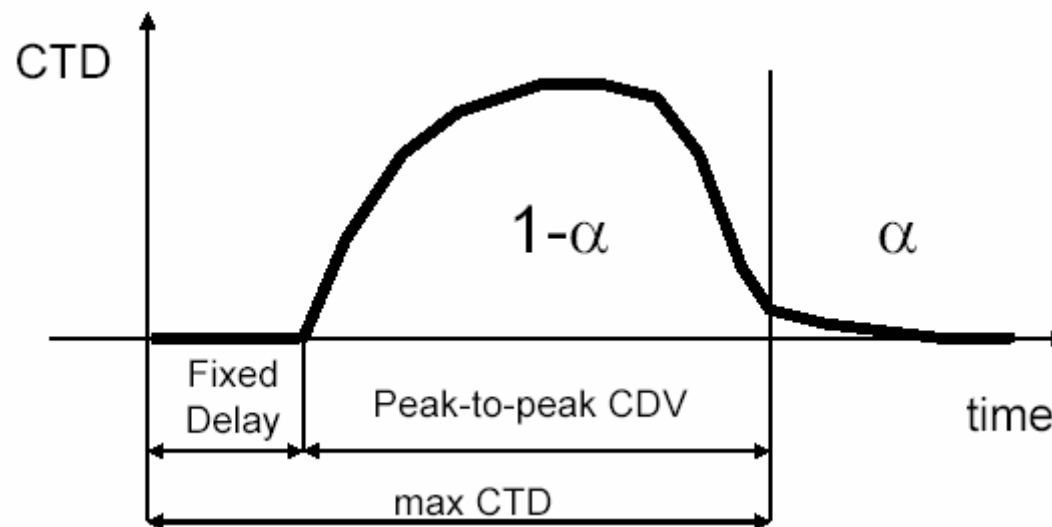
Figure 10.67 Two-point CDV

QoS Parameter

- **Max-CTD definisce il valore massimo del ritardo che una porzione non inferiore a $(1-\alpha)$ delle celle di una connessione può subire nell'attraversamento di una rete – si misura in s**

QoS Parameter

- **Peak-to-Peak CDV e la differenza tra max-CDT e il tempo minimo di ritardo (dovuto alla propagazione nel mezzo) – ancora una volta si misura in s**



QoS Parameter

			QoS Class			
	Limit	Default	Stringent	Tolerant	Bi-level	U
CTD	Maximum average CTD	none	400 ms	U	U	U
2-point CDV	Maximum difference between upper and lower 10^{-8} range of CTD	none	3 ms	U	U	U
CLR_{0+1}	Maximum cell loss probability	none	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-5}	U	U
CLR_0	Maximum cell loss probability	none	none	none	10^{-5}	U
CER	Maximum cell error probability	$4 \cdot 10^{-6}$	default	default	default	U
CMR	Maximum cell misinsertion rate	1/day	default	default	default	U
SECBR	Maximum SECB probability	10^{-4}	default	default	default	U

U....unspecified or unlimited

Traffic Descriptors (TD)

- **Peak Cell Rate (PCR)** è l'inverso del tempo minimo T tra due istanti consecutivi di emissione di due celle ATM della stessa connessione all'interfaccia dello strato fisico – si misura in celle/s
- **Cell Delay Variation Tolerance (CDVT)** è la massima variazione che possono subire gli istanti di interarrivo all'UNI delle celle di una connessione – si misura in s ed è un parametro di supporto per la misura del PCR

Traffic Descriptors (TD)

- **Sustainable Cell Rate (SCR)** è il limite superiore del valor medio del bit rate calcolato su una finestra temporale superiore a T – si misura in celle/s
- **Maximum Burst Size (MBS)** massimo numero di celle che possono essere trasmesse al PCR – si misura in celle

Traffic Descriptors (TD)

- **Minimun Cell Rate (MCR)** è il valore minimo del tasso di generazione delle celle che deve essere garantito in una connessione; può essere nullo e si utilizza nella categoria di traffico ABR – si misura in celle/s

Esempio

Parametri di sistema:

- **Stream con un rate costante di 15 celle/s**
- **Pacchetto di 30 celle (tempo di tx 2 s)**
- **Un pacchetto ogni 6 s**

Risulterà :

PCR = 15 celle/s MBS = 30 celle SCR = 5 celle/s

n.b. scr = 30/6 celle/s

Categorie di Servizio

Constant Bit Rate (CBR)

- **Applicazioni real time**
- **Emissione costante con rate PCR**
- **Garanzie su ritardo e perdita delle celle**

Categorie di Servizio

Real Time Variable Bit Rate (Rt-VBR)

- **Applicazione real time**
- **Bit rate variabile**
- **Garanzie sul ritardo e la perdita di celle**

Categorie di Servizio

Non Real Time Variable Bit Rate (nrt-VBR)

- **Per applicazioni non real time**
- **Bit rate variabile**
- **Ritardo massimo non garantito**
- **Garanzia sulla perdita di celle**

Categorie di Servizio

Unspecified Bit Rate (UBR)

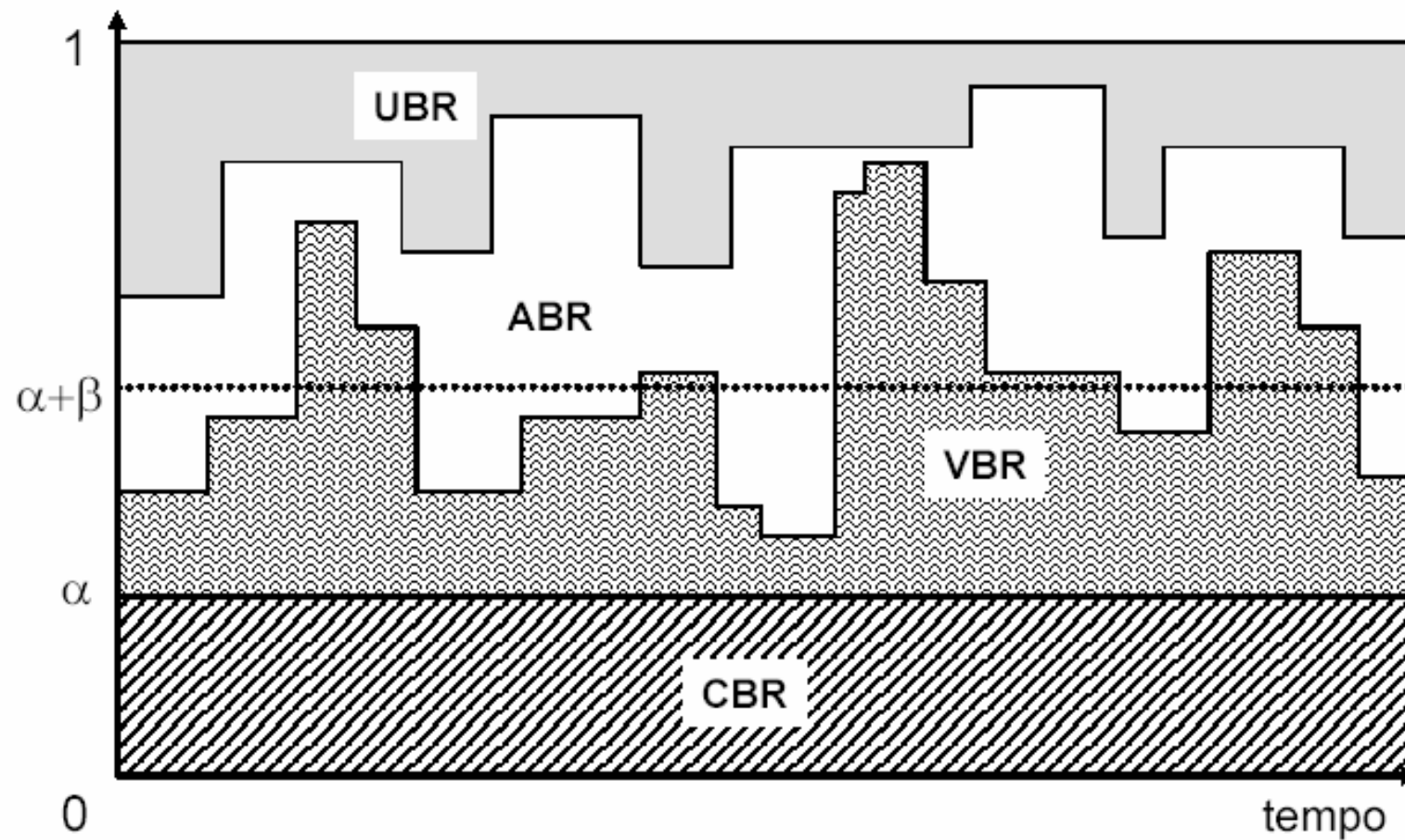
- **Traffico non real time**
- **Trattamento best-effort**
- **Nessuna garanzia**

Categorie di Servizio

Available Bit Rate (ABR)

- **Applicazioni non real time**
- **Controllo del rate (MBR)**
- **Nessuna garanzia del ritardo**
- **Perdita delle celle poco probabile**

Categorie di Servizio



Riepilogo

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

Esempio



ATM/VBR National
155Meg \$25,014

ATM/CBR National
155Meg \$40,022

Guaranteed Frame Rate

- **Applicazioni non real-time**
- **Molto simile ad ABR in termini di MCR**
- **Adatto per i dati che è meglio considerare a livello frame anziché a livello cella**
- **Nuove metriche per le prestazioni**

Guaranteed Frame Rate

- **Frame Loss Ratio (FLR)** definito come rapporto tra le frame perse e le frame totali – è adimensionale
- **Lossless Throughput (LT)** definita come la massima velocità di trasmissione alla quale non ci sono perdite di frame – da misurare bit/s
- **Frame Transfer Delay (FTD)** definito come il ritardo che subisce la frame passando tra due punti (ad es. tra due NNI) – da misurare in s
- **Maximum Frame Burst Size (MFBS)** è il massimo numero di frame che una sorgente può inviare alla velocità di picco senza avere perdite – si misura in frame

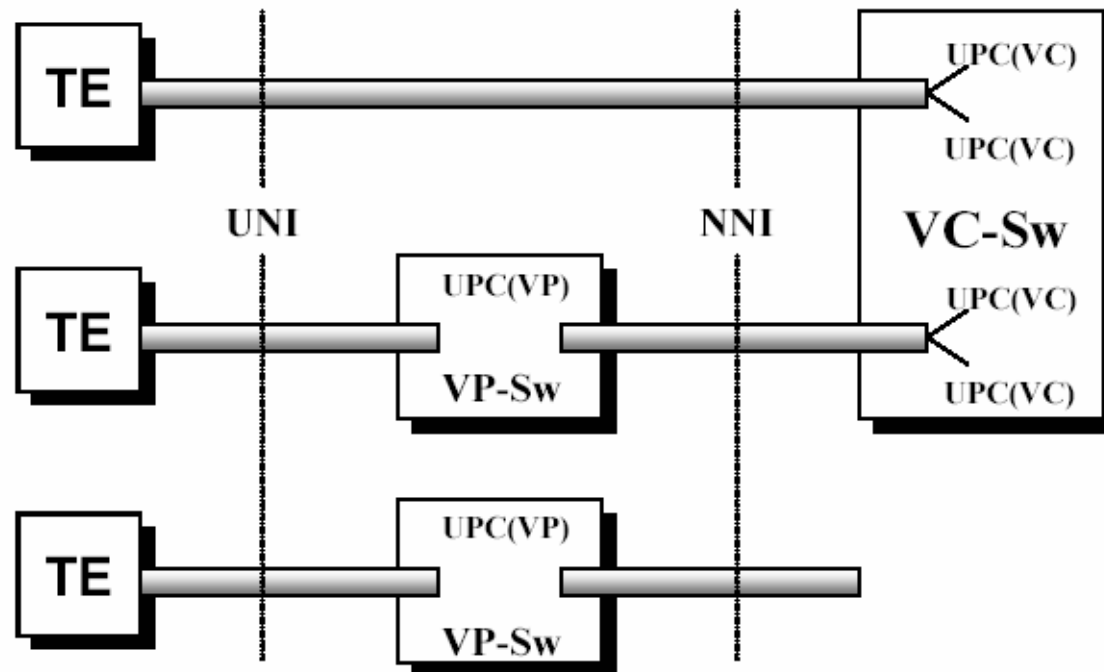
Connection Admission Control

- **L'Utente chiamante richiede alla rete una connessione descritta dai TD e dai parametri della QoS**
- **Se la rete può soddisfare i requisiti della connessione la accetta altrimenti la rifiuta**
- **Si stabilisce così il Traffic Contract**

UPC

- La rete ha il diritto e il dovere di fare **policing sui dati dichiarati dall'utente**

Le funzioni di UPC possono essere eseguite su di un VP (aggregazione di VC) o su un singolo VC



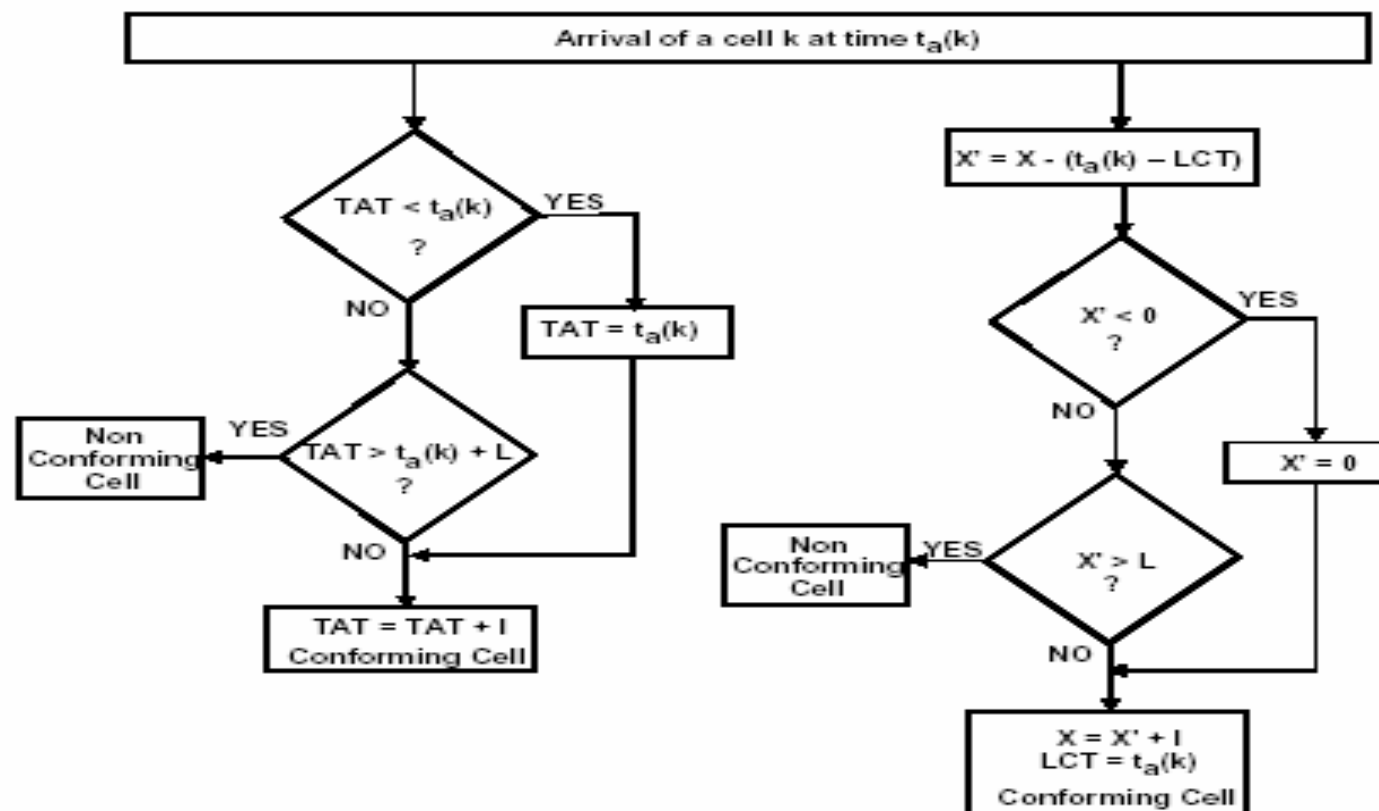
UPC

- **Cell Passing** se la cella è conforme transita inalterata
- **Cell Discard** una cella non conforme è scartata o trasmessa senza garanzie
- **Cell Tagging** è una strategia opzionale che si applica alle celle con $CLP=0$ in caso di non conformità si assiste al cambio $CLP=1$

GCRA per il traffic shaping

- Lo standard prescrive l'uso di un GCRA Generic Cell Rate Algorithm per il policing del traffico dell'utente
- L'uso dell'algoritmo è regolato da due parametri: l'incremento (inc) e il limite (L)

GCRA



VIRTUAL SCHEDULING ALGORITHM

TAT Theoretical Arrival Time
 $t_a(k)$ Time of arrival of a cell

I Increment
 L Limit

At the time of arrival t_a of the first cell of the connection, $TAT = t_a(1)$

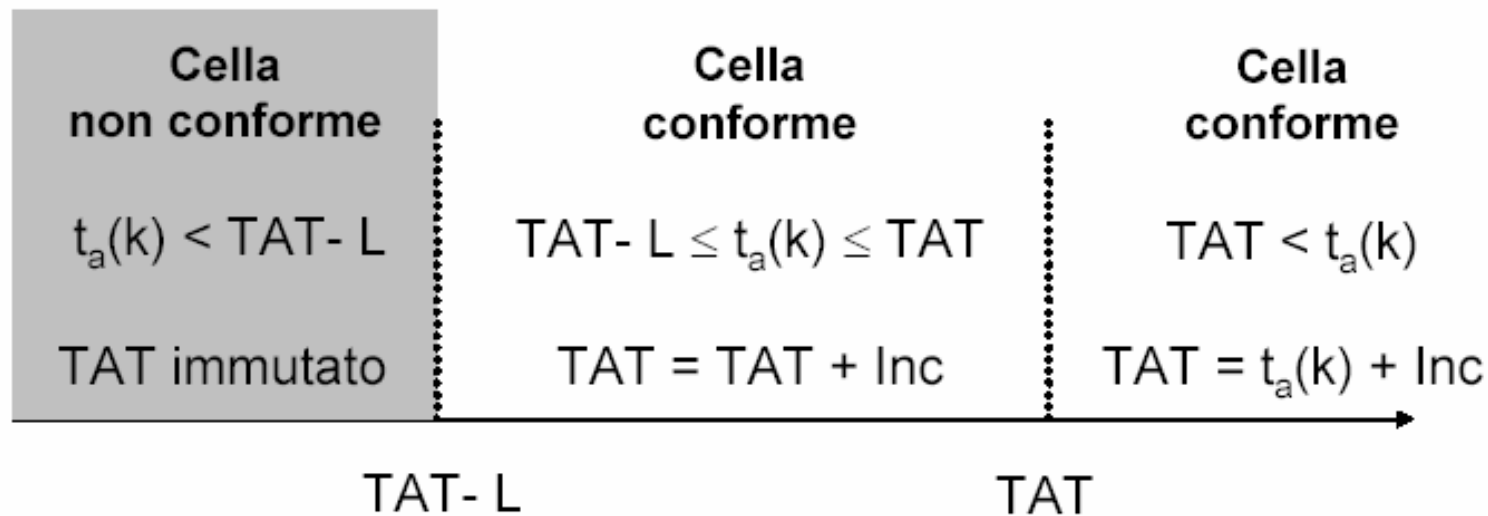
CONTINUOUS-STATE LEAKY BUCKET ALGORITHM

X Value of the Leaky Bucket count
 X' auxiliary variable
 LCT Last Conformance Time

At the time of arrival t_a of the first cell of the connection, $X = 0$ and $LCT = t_a(k)$

GCRA

Regioni di accettazione del GCRA



Un arrivo ritardato di una cella non consente l'accumulo di crediti

GCRA

- Per un traffico CBR i parametri da considerare sono $CDVT=L$ e $1/PCR=Inc$
- Per un traffico variabile il policing è idealizzato con due leaky bucket in serie con $BT=L$ e $1/SCR=Inc$
- BT (Burst Tolerance) deve essere ricavato dai parametri dell'utente

Considerazioni GCRA

Nell'ipotesi che $CDVT > 1/PCR - T_{cella}$, il numero massimo N di celle consecutive back-to-back ammesse dall'algoritmo GCRA(PCR, CDVT) è

$$N = \left\lceil 1 + \frac{CDVT}{\frac{1}{PCR} - T_{cella}} \right\rceil$$

Burst Tolerance

Il valore del parametro BT è determinato in base al valore del MBS cioè il numero massimo di celle che possono essere emesse al rate di picco

$$MBS = \left\lceil 1 + \frac{BT}{\frac{1}{SCR} - \frac{1}{PCR}} \right\rceil \qquad BT = (MBS - 1) \cdot \left(\frac{1}{SCR} - \frac{1}{PCR} \right)$$

UPC schema

Conformance Definition		PCR flow	SCR flow	Tagging option active	CLR on
ATMF	ITU-T				
CBR.1	DBR	0 + 1	n/s	n/a	0 + 1
VBR.1	SBR1	0 + 1	0 + 1	n/a	0 + 1
VBR.2	SBR2	0 + 1	0	No	0
VBR.3	SBR3	0 + 1	0	Yes	0
UBR.1	-	0 + 1	n/s	n/a	U
UBR.2	-	0 + 1	n/s	Yes	U

ABR

L'ABR implementa un meccanismo di controllo dell'emissione delle sorgenti

Il meccanismo di controllo utilizza celle particolari, dette celle di Resource Management (RM cells)

Cell delay e CDV non sono controllati

La procedura di controllo di flusso ha lo scopo di mantenere il CLR al valore più basso possibile

Ogni sorgente deve dichiarare il suo PCR e il Minimum Cell Rate (MCR) desiderato

ABR

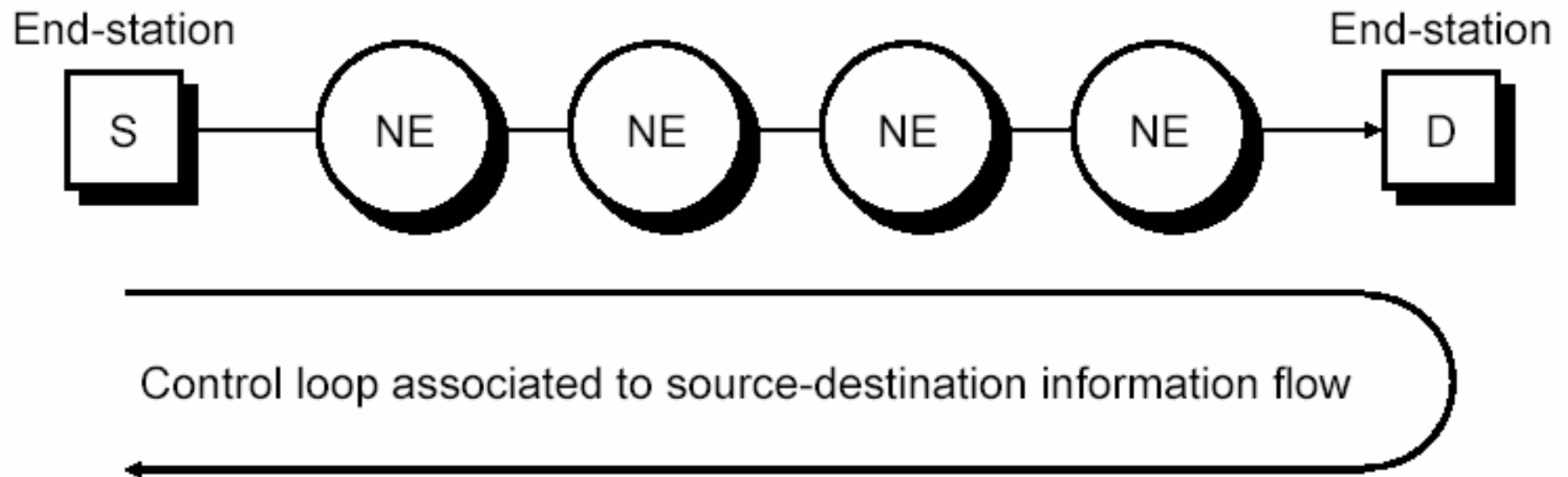
L'ABR flow control è di tipo end-to-end

La sorgente genera celle RM che sono rilanciate all'indietro dalla destinazione; tali celle contengono informazioni di congestione

Un elemento di rete può :

- **Inserire informazioni di congestione nelle celle RM**
- **Settare il bit CI nell'header delle celle dirette alla destinazione; in questo caso la destinazione deve aggiornare il contenuto delle celle RM**
- **Generare celle RM**

ABR



ABR

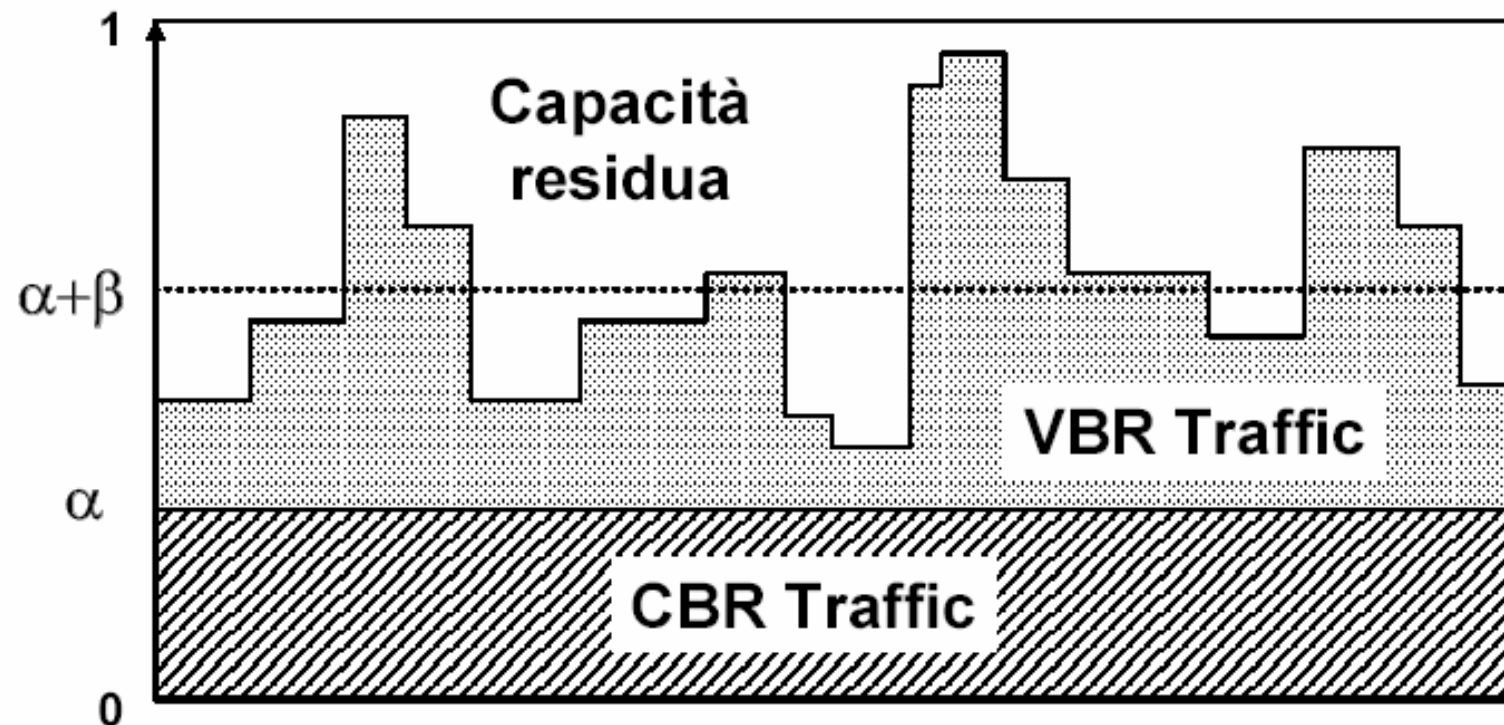
Una sorgente può emettere informazioni ad un rate inferiore a MCR

La rete non deve operare la funzione di flow control se la sorgente emette ad un bit rate inferiore a MCR (es. conforme al GCRA)

Una connessione con $MCR=0$ deve essere sempre accettata dalla rete

ABR

Il servizio ABR ha lo scopo di fornire l'accesso alla capacità di rete non utilizzata

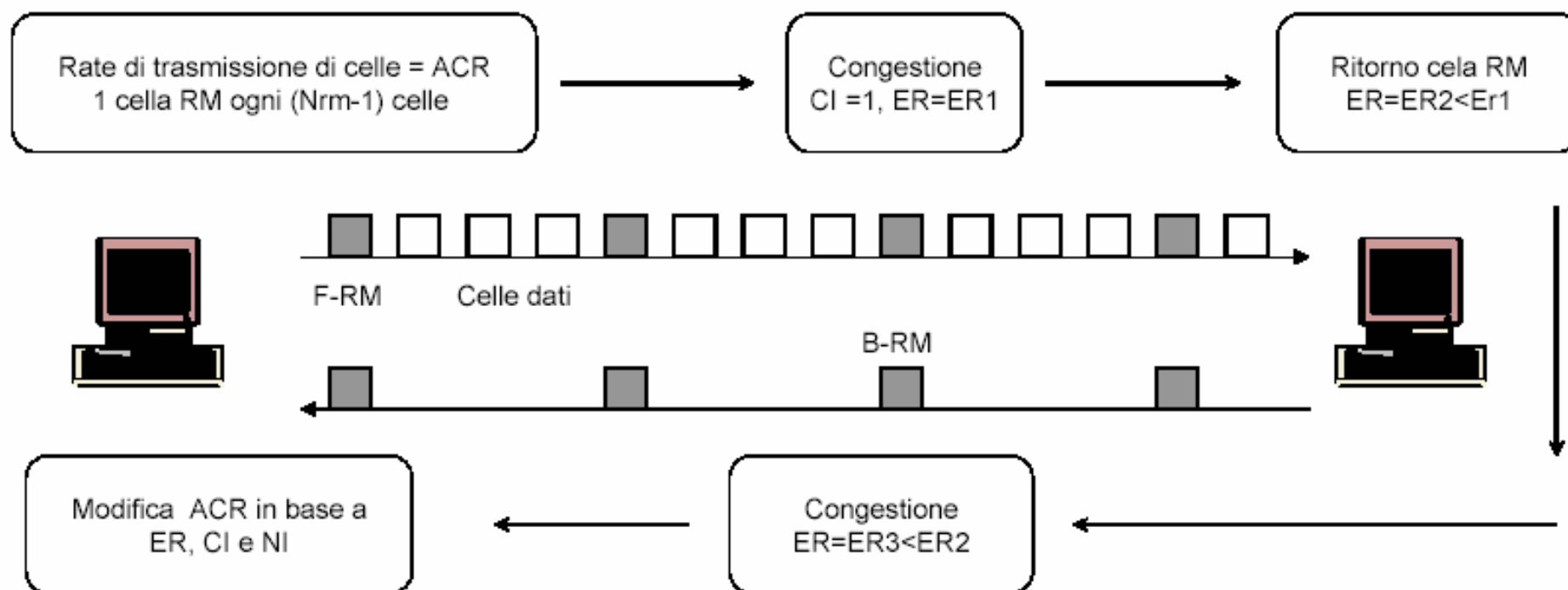


ABR

Per indicare lo stato di congestione, uno switch ATM può eseguire una o più delle seguenti funzioni :

- **EFCI marking ossia porre a 1 il bit di notifica della congestione nell'header delle celle dati ATM**
- **Relative Rate marking ossia porre a 1 i bit CI e/o NI delle celle RM**
- **Explicit Rate marking ossia indicare il valore del rate nel campo ER delle celle RM**

ABR



ABR

Il rate di emissione delle celle di una sorgente ABR è caratterizzato da quattro parametri :

- **Allowed Cell Rate (ACR)** massimo rate a cui una sorgente può emettere in un certo istante
- **Minimum Cell Rate (MCR)** è il valore minimo che può assumere l'ACR
- **Peak Cell Rate (PCR)** è il valore massimo che può assumere l'ACR
- **Initial Cell Rate (ICR)** è il valore iniziale dell'ACR

ABR

Una sorgente ABR inizia la trasmissione di celle con un rate $ACR=ICR$

La sorgente varierà il suo rate (ACR) in base alle informazioni che riceverà dalla rete, in particolare in base ai parametri :

- **Explicit Rate (ER)**
- **Congestion Indicator (CI)**
- **No Increase (NI)**

Il Valore del parametro ER è deciso dai nodi di transito

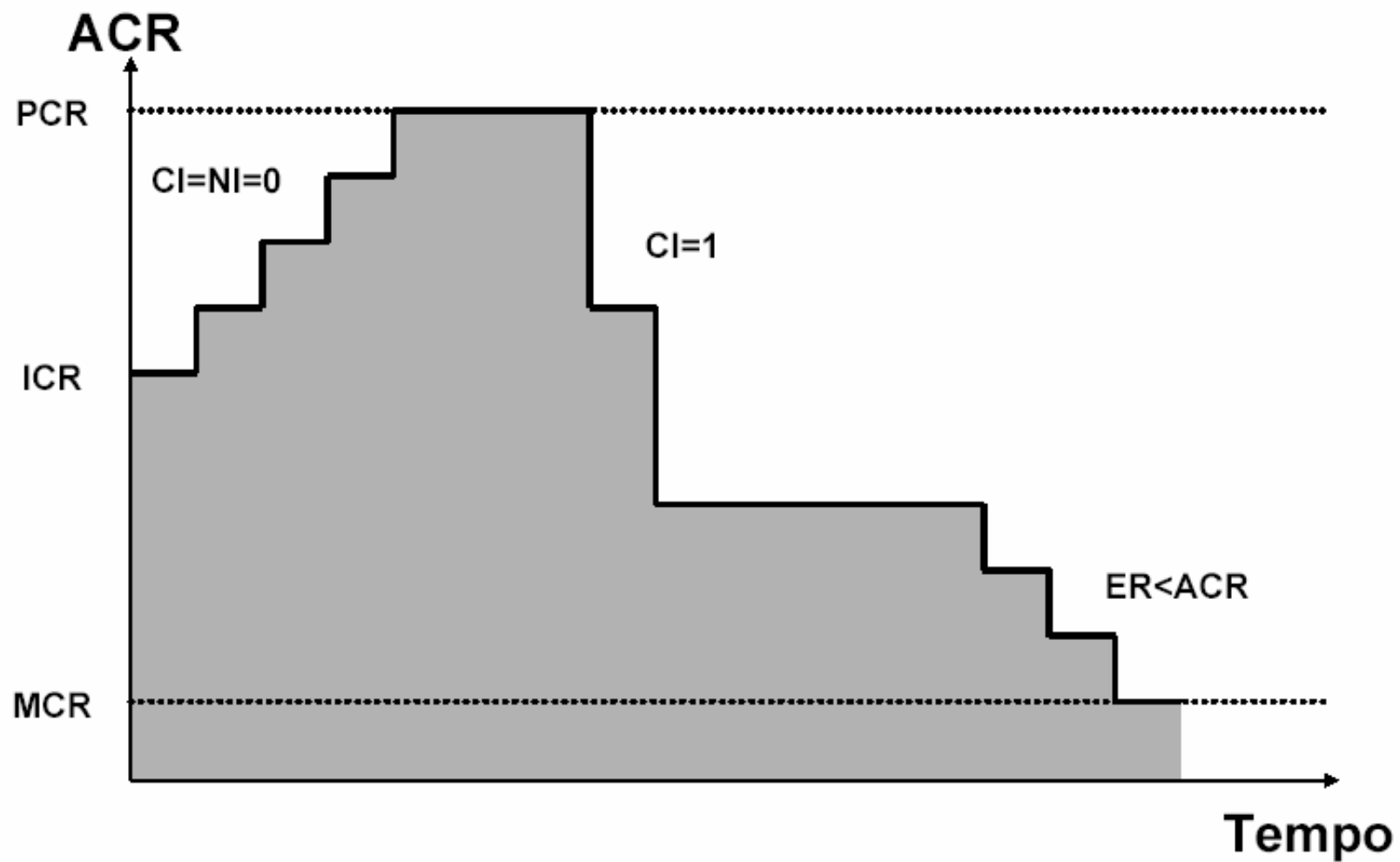
Algoritmo di variazione del rate

NI	CI	Azione
0	0	$ACR_{new} = \max[MCR, \min[ER, PCR, ACR_{old} + RIF \cdot PCR]]$
0	1	$ACR_{new} = \max[MCR, \min[ER, ACR_{old} \cdot (1 - RDF)]]$
1	0	$ACR_{new} = \max[MCR, \min[ER, ACR_{old}]]$
1	1	$ACR_{new} = \max[MCR, \min[ER, ACR_{old} \cdot (1 - RDF)]]$

RIF: rate increase factor ($0 \leq RIF \leq 1$) (default 1/16)

RDF : rate decrease factor ($0 \leq RDF \leq 1$) (default 1/16)

Esempio



Esempio

Example applications for CBR:

Interactive Video	(e.g., videoconferencing)
Interactive Audio	(e.g., telephone)
Video Distribution	(e.g., television, distributed classroom)
Audio Distribution	(e.g., radio, audio feed)
Video Retrieval	(e.g., video on demand)
Audio Retrieval	(e.g., audio library)

Example applications for real-time VBR:

A real-time application (including those listed above for CBR) for which the end-system can benefit from statistical multiplexing by sending at a variable rate, and can tolerate or recover from a small but non-zero cell loss ratio.

A real-time application (including those listed above for CBR) for which variable rate transmission allows more efficient use of network resources.

Example applications for non-real-time VBR:

Response time critical transaction processing (e.g., airline reservations, banking transactions, process monitoring)

Frame Relay interworking

Esempio

Example applications for UBR:

Interactive Text/Data/Image Transfer	(e.g., banking transaction, credit card verification)
Text/Data/Image Messaging	(e.g., email, telex, fax)
Text/Data/Image Distribution	(e.g., news feed, weather sat. pictures)
Text/Data/Image Retrieval	(e.g., file transfer, library browsing)
Aggregate LAN	(e.g., LAN interconnection or emulation)
Remote Terminal	(e.g., telecommuting, telnet)

Example types of applications for ABR:

Any UBR application listed above that can take advantage of the ABR flow-control protocol in order to achieve a low cell loss ratio.

Critical data transfer (e.g., defense information).

Super computer applications.

Data communications applications requiring better delay behavior, such as remote procedure call, distributed file service (e.g., NFS), or computer process swap/paging.

Esempio

Example applications for GFR:

- Frame Relay Interworking
- Any UBR application listed above that has data organized into frames that can be delineated at the ATM layer (e.g. AAL-5).

Testing

- **Problema del lato utente e del lato rete:**

Ad esempio l'utente non può accedere ai MIB e vorrebbe misurare il CLR o in generale il totale delle celle non conformi ma come?



Ci potrebbe essere una perdita dovuta al Policing

Testing

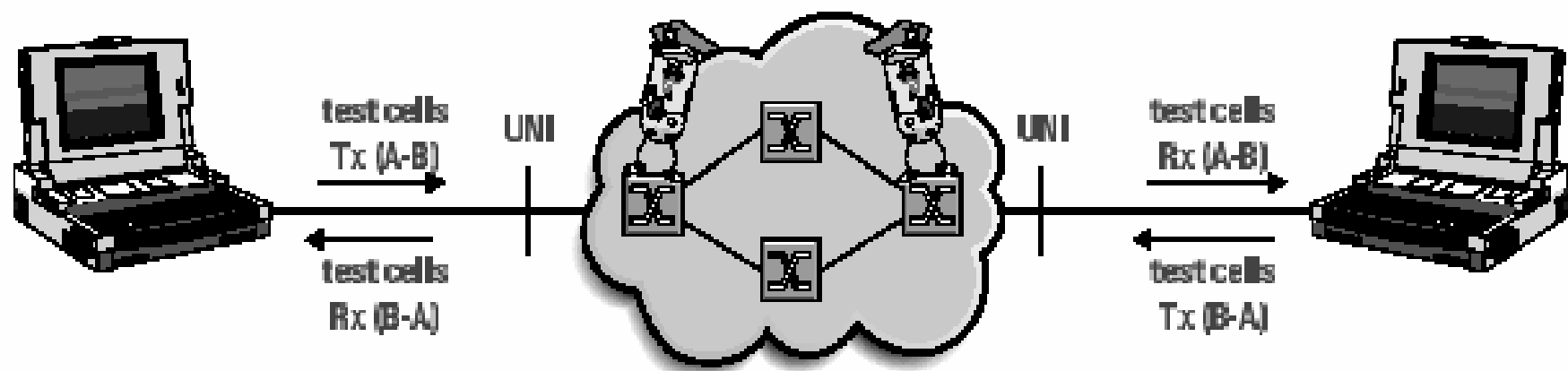


Figure 5: QoS Measurement Setup

Testing

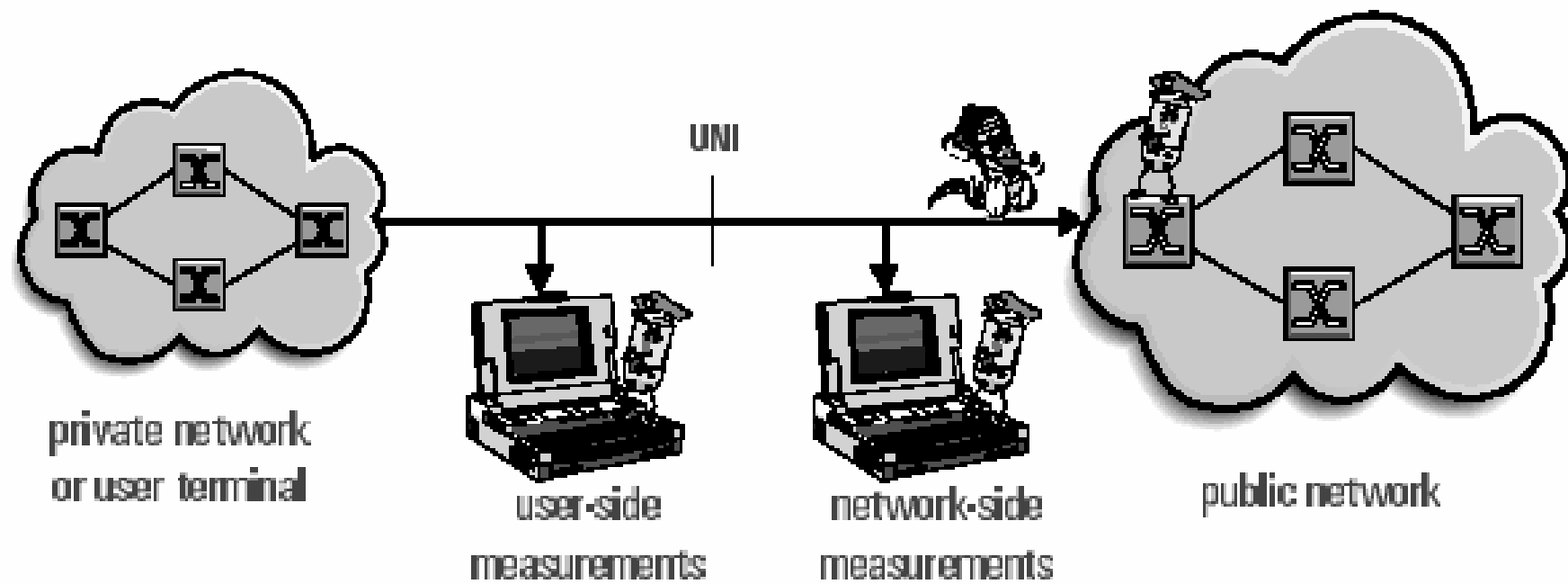


Figure 6: Testing Policing

Testing

- Utile per l'utente per verifica l'aderenza al contratto da parte delle rete
- Utile per l'utente per verificare il contratto adatto alle sue esigenze con misure preventive dei QoS Paramters
- Utile per la rete : politica trust but verify
- Bisogna ricordare che si paga anche quello che non si usa

Testing

- **Test sulla QoS e test sulla conformità d'esercizio sono due facce della stessa medaglia**
- **Test di tipo intrusivo**
- **Dal lato rete si possono effettuare test out of service**

Conclusioni

- **La QoS non è morta**
- **ATM ha ancora tanto da dire**
- **E' necessario effettuare delle misure**