



ATM Forum UNI v3.0/v3.1

Silvano Gai

Silvano.Gai@polito.it

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



Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

- Traffic Management

■ UNI Signalling

- Addressing
- Messages
- Procedures

Un ringraziamento
particolare a
Davide Bergamasco
che ha contribuito alla
relizzazione di questa
presentazione.

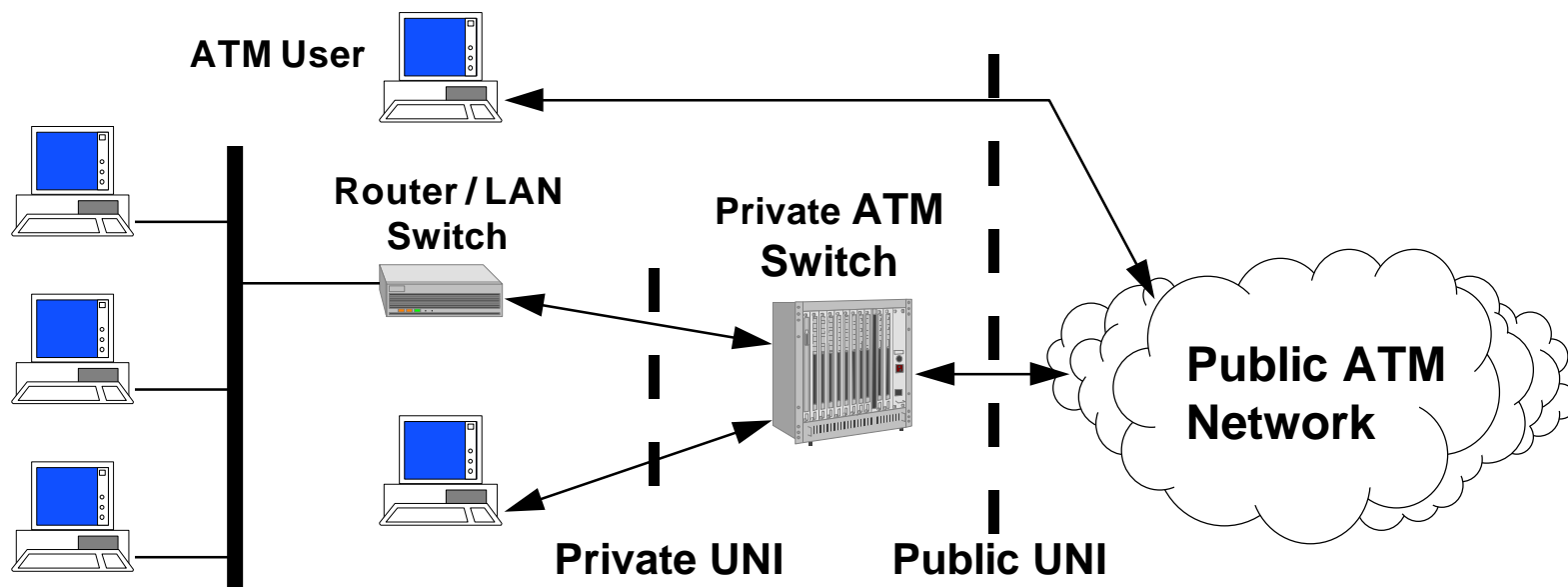
ATM Forum

- ***ATM Forum*** è un 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.
- Le specifiche più importanti fin'ora rilasciate da ATM Forum sono:
 - User-to-Network Interface Specification Ver. 3.0 / 3.1 (***UNI v3.0 / v3.1***)
 - LAN Emulation Specification Ver. 1.0 (***LANE v1.0***)

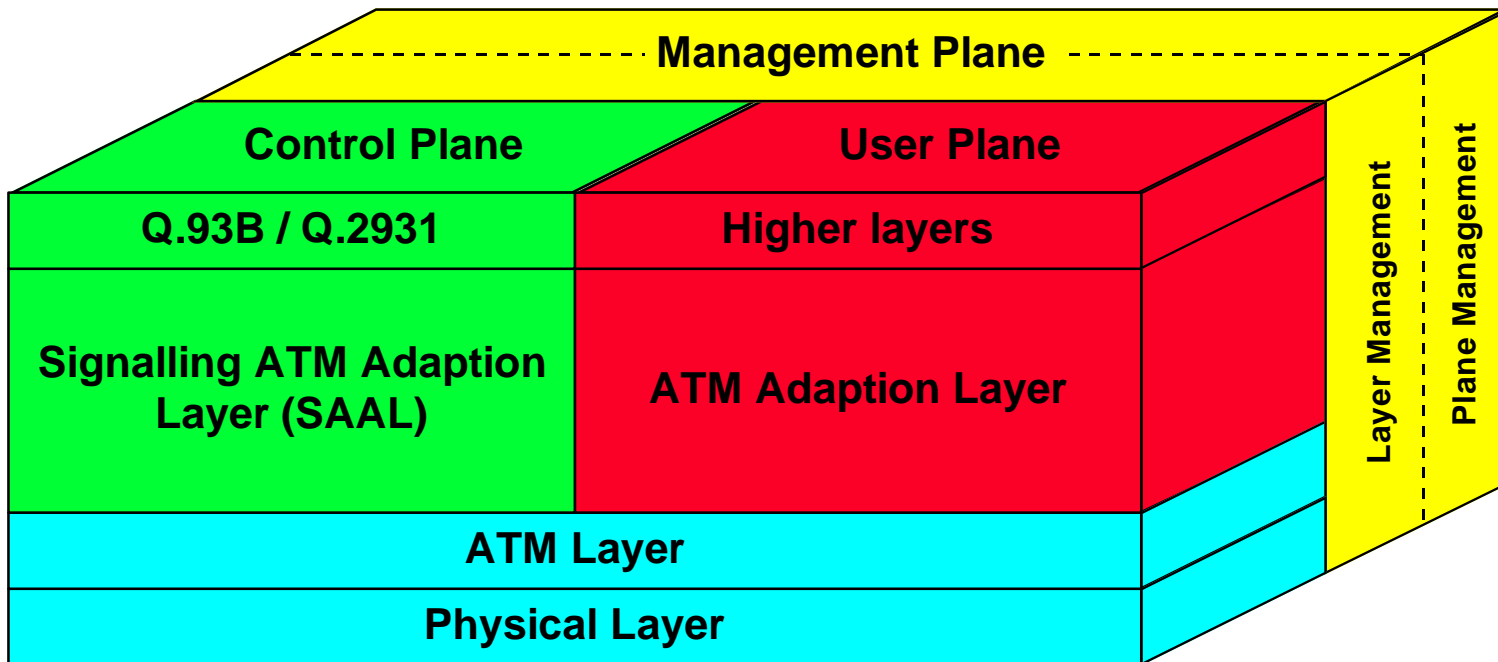
ATM Forum UNI v3.0 / v3.1

■ La specifica ATMF UNI v3.0 / v3.1 definisce due tipi di interfacce:

- **Public UNI:** interfaccia tra dispositivi utente e switch ATM facenti parte di una rete pubblica;
- **Private UNI:** interfaccia tra dispositivi utente e switch ATM in ambito privato (azienda, campus, ecc.).



Architettura UNI v3.0 / v3.1



- Livelli necessari al supporto del servizio fondamentale (ATM Bearer Service): trasporto di celle con una determinata QoS attraverso PVC
- Livelli necessari per il supporto di SVC ma non definiti da UNI v3.0/3.1
- Livelli non definiti da UNI v3.0 / v3.1

ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

- Traffic Management

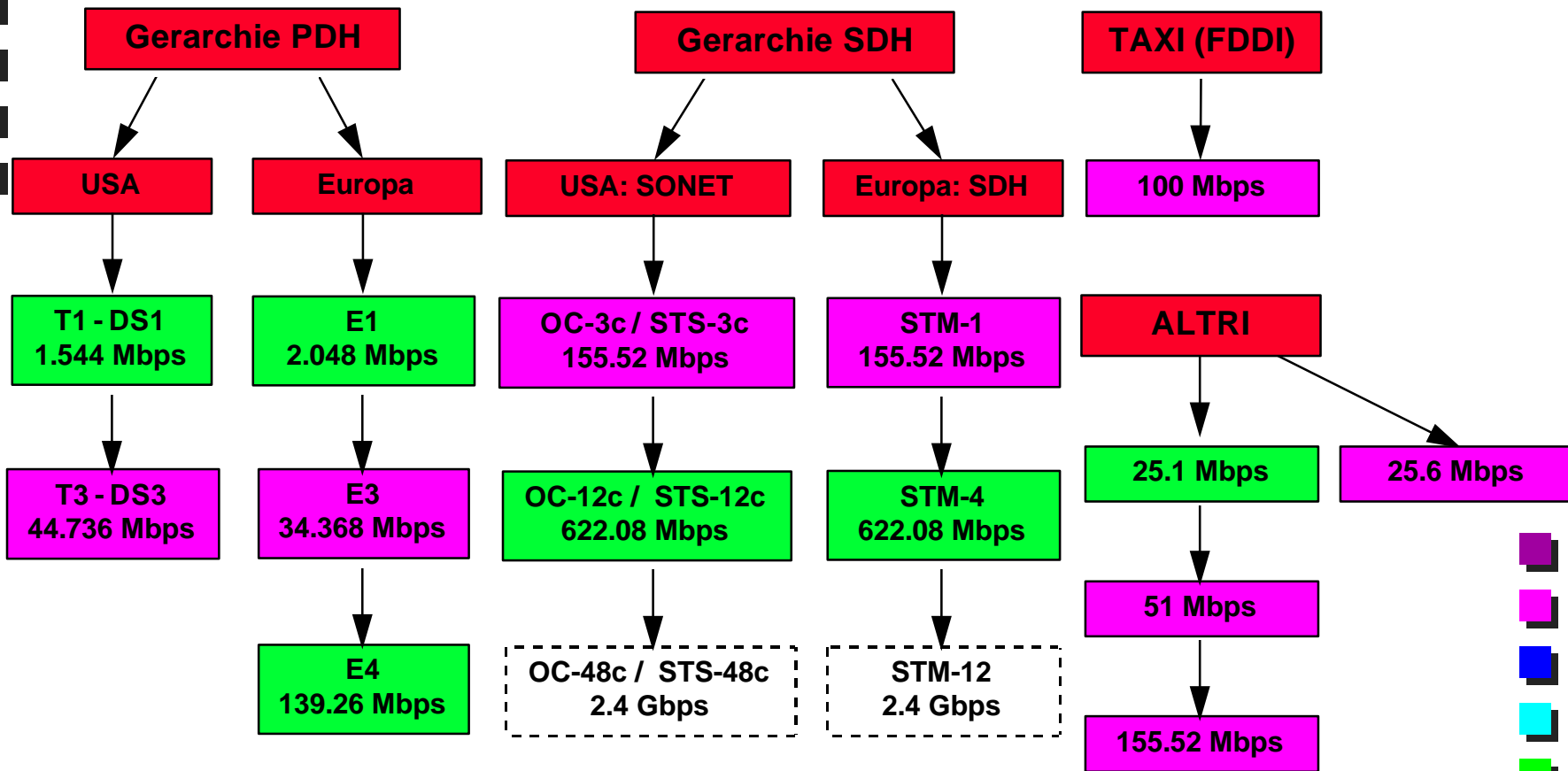
■ UNI Signalling

- Addressing
- Messages
- Procedures

Physical Layer

- Attualmente UNI v3.0 / v3.1 definisce quattro livelli fisici:
 - SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
 - DS-3 44 Mbps
 - TAXI 100 Mbps
 - 155 Mbps
- Gli ultimi due sono adatti unicamente alla Private UNI. In futuro saranno inoltre definiti:
 - SONET STS-12c / SDH STM-4 622 Mbps
 - E3 34 Mbps
 - E4 140 Mbps
 - 25 Mbps su UTP cat. 3
 - 50 Mbps su UTP cat. 3

Physical Layer



Standard attualmente definito
 Standard in via di definizione
 Standard non supportato

SONET / SDH

- **SONET / SDH** definiscono una gerarchia standard di data rate per il trasporto ed il multiplexing di segnali numerici sincroni.

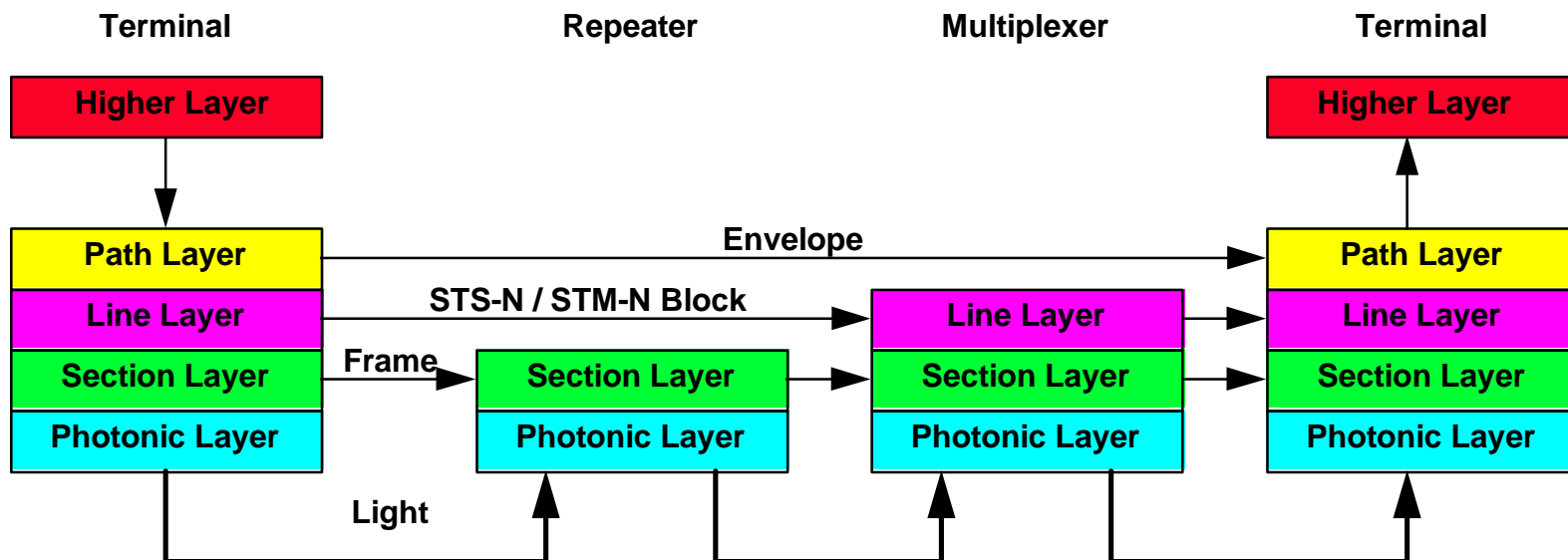
SONET	SDH	Data Rate (Mbps)
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-9	STM-3	466.52
STS-12	STM-4	622.08
STS-18	STM-6	933.12
STS-24	STM-8	1244.16
STS-36	STM-12	1866.24
STS-48	STM-16	2488.32

- **STS-N**: Synchronous Transport Section level N
- **STM-N**: Synchronous Transport Module level N

SONET / SDH

Architettura

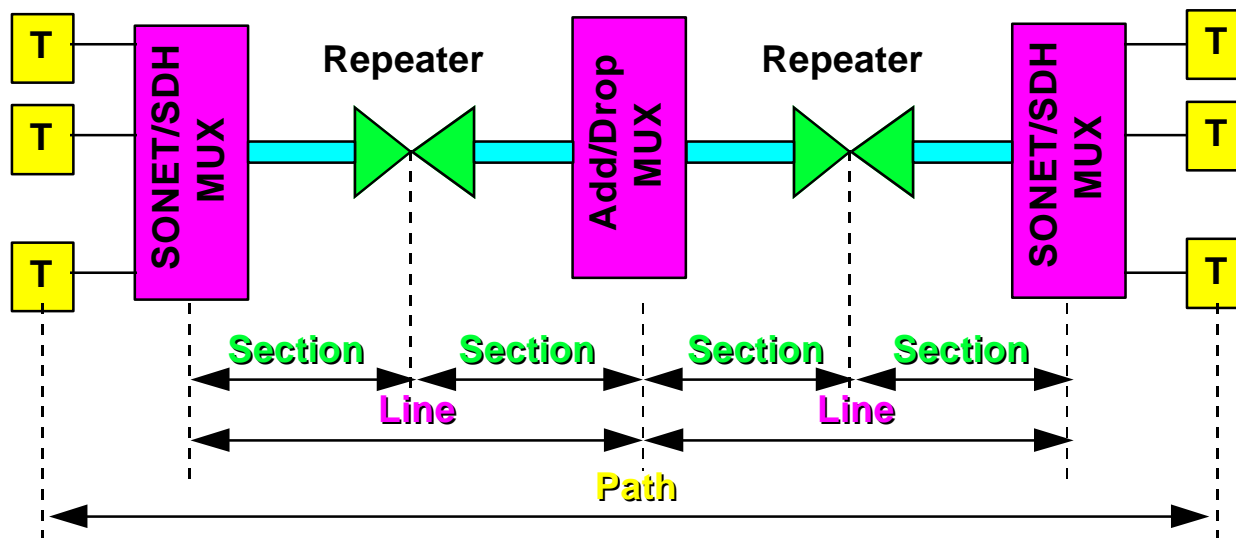
- **Photonic Layer:** tipo di fibra, potenza dei laser, ecc.;
- **Section Layer:** generazione dei frame di trasmissione, OAM;
- **Line Layer:** sincronizzazione, multiplexing, switching, OAM;
- **Path Layer:** trasporto dati end-to-end.



SONET/SDH

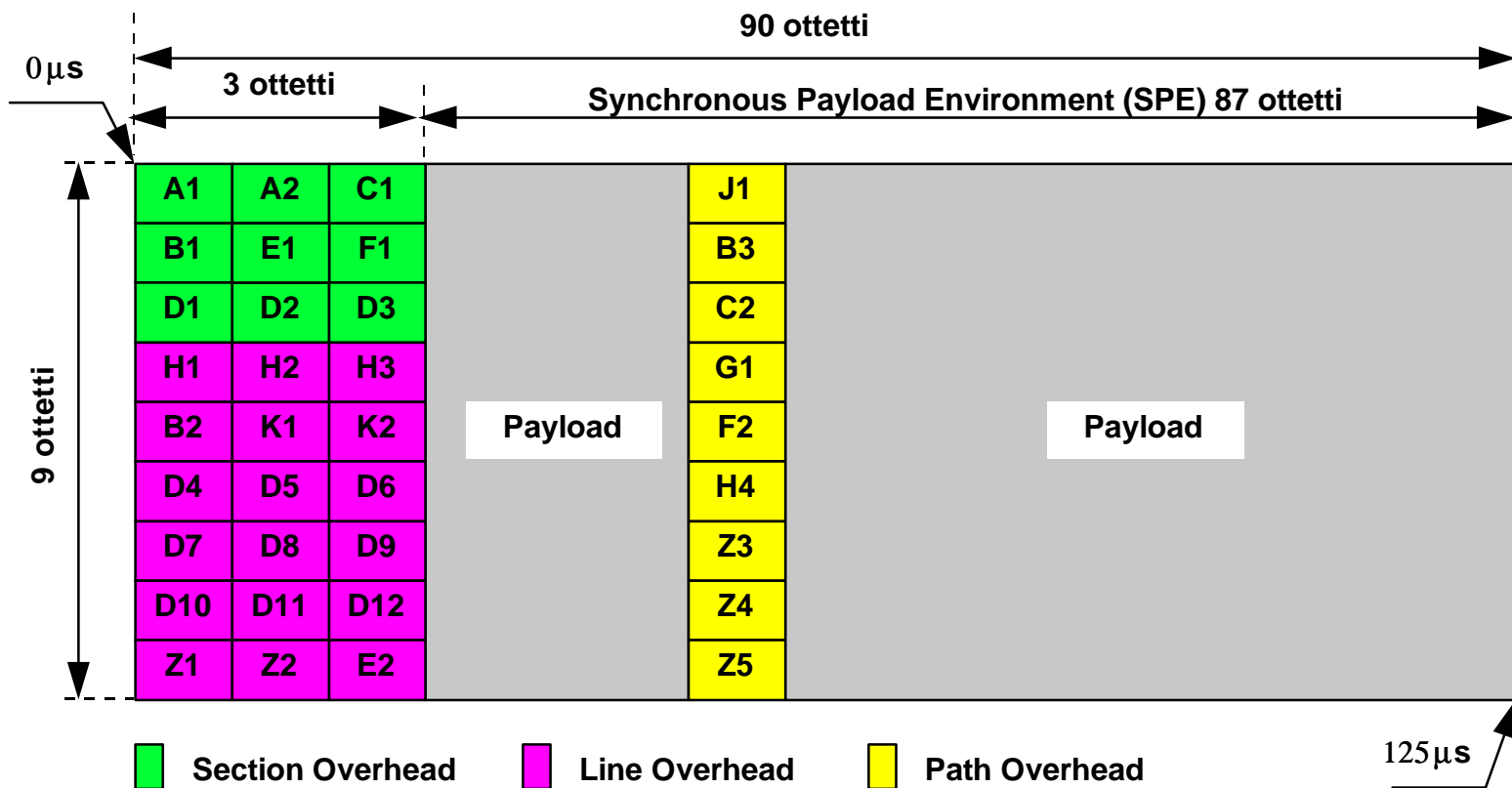
■ Architettura (cont)

- **Section**: segmento di fibra ottica compreso tra una coppia di trasceiver;
- **Line**: sequenza di una o più section terminata da apparati in grado di manipolare i contenuti dei frame (Add/Drop Mux, ecc.);
- **Path**: cammino end-to-end tra terminazioni di rete equivalente ad un circuito fisico.



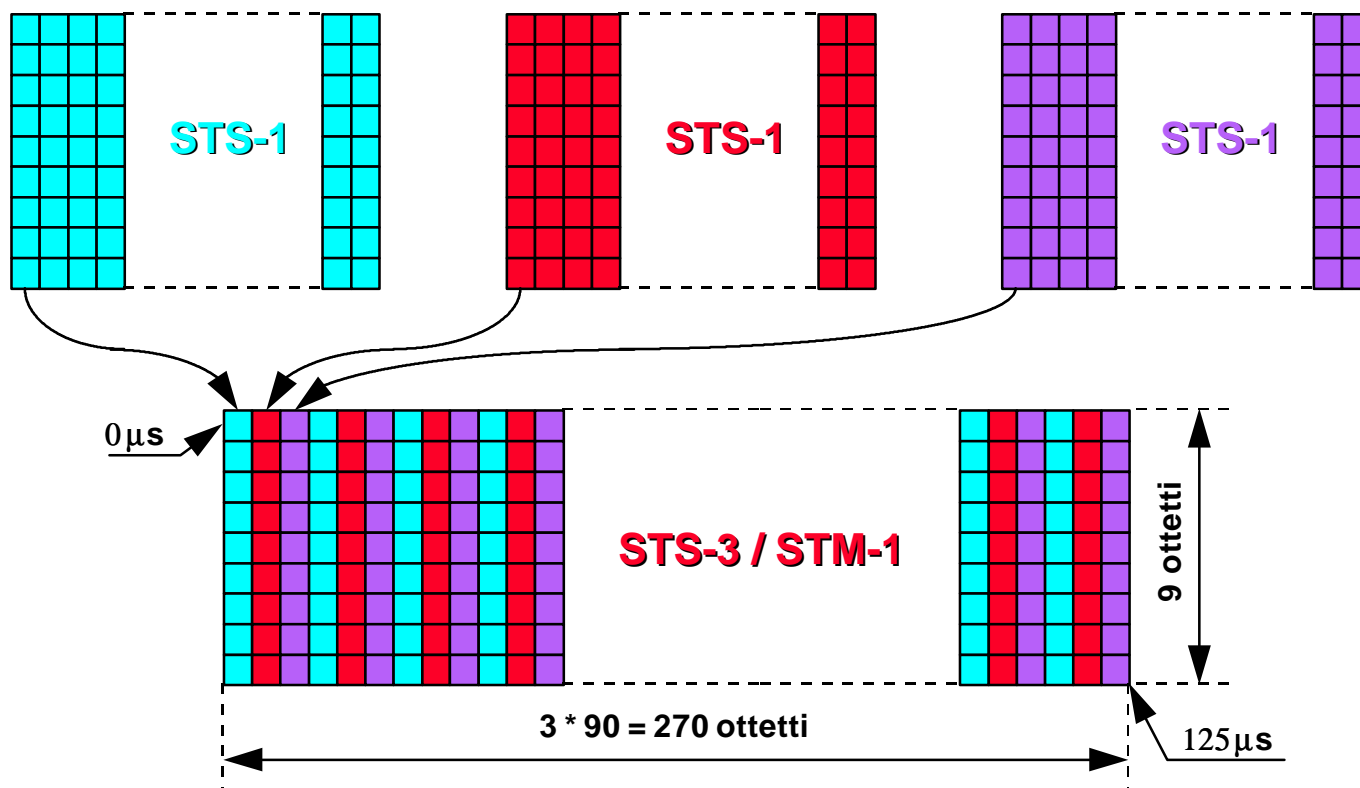
SONET/SDH

- **Formato del frame:** il blocco fondamentale è il frame STS-1, costituito da 810 ottetti trasmessi con un periodo di 125 μ s per un data rate di 51.84 Mbps.



SONET / SDH

- **Formato del frame (cont.):** Un frame di livello STS-N è generato effettuando l'interleaving degli ottetti provenienti da N frame di livello STS-1. Es: frame STS-3 / STM-1 = 3 * STS-1 = 155.52 Mbps.



SONET / SDH

■ 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

■ 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

■ Path Overhead

Campo/i Significato

J1 canale a 64 Kbps usato per 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

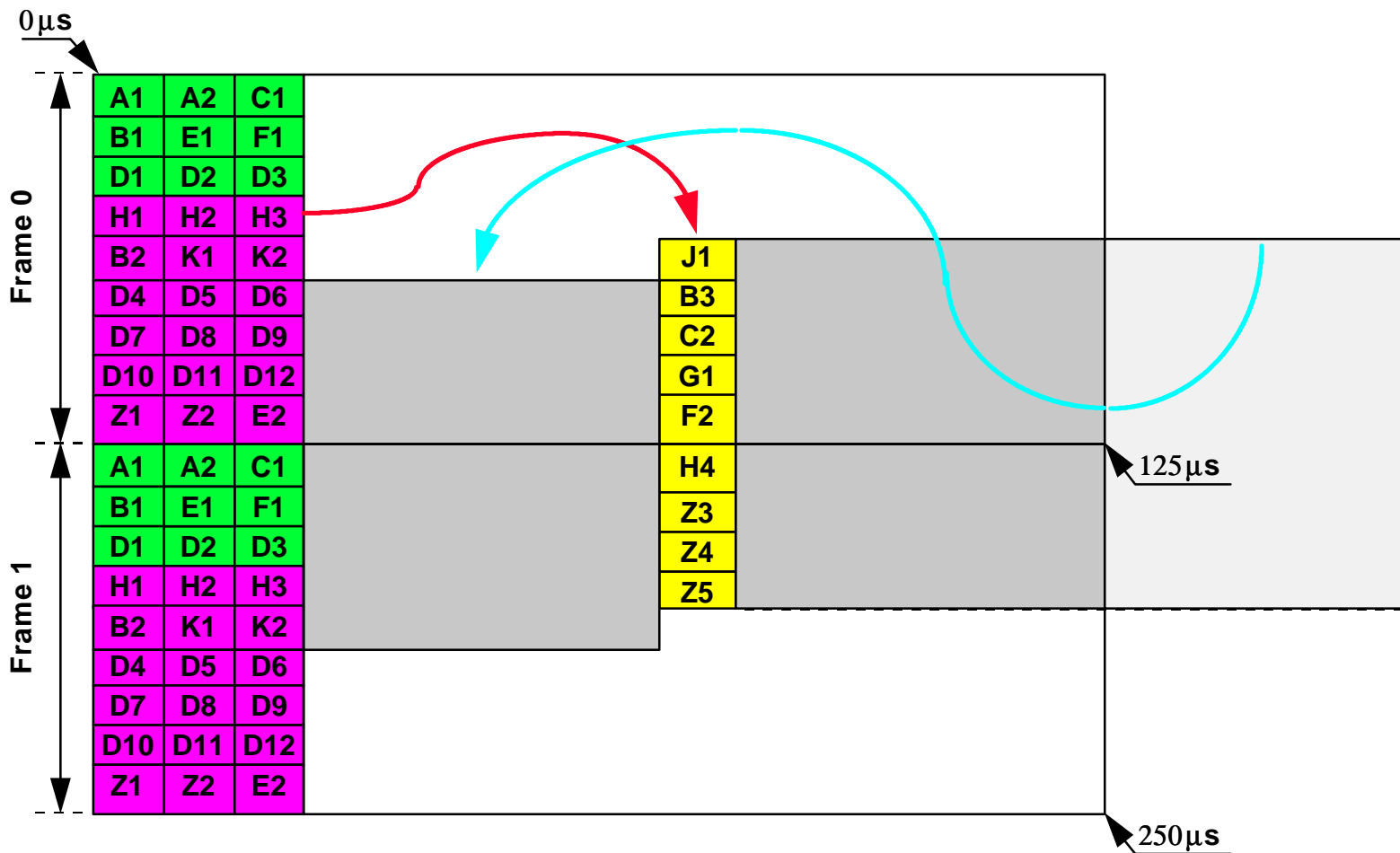
F2 canale a 64 Kbps per l'utente

H4 Multiframe Indicator: usato per indicare che un payload è trasportato in più frame

Z3-Z5 riservati per utilizzo futuro

SONET/SDH

■ Puntatori ed allineamento del payload



SONET / SDH

Architettura del livello fisico SONET / SDH alla UNI v3.0/1

SONET STS-3c SDH STM-1 Physical Layer	Transmission Convergence Sublayer	B-ISDN Specific Functions	HEC Generation / Verification Cell Payload Scrambling / Descrambling Cell Delineation Cell Mapping
		SONET/SDH Specific Functions (Path, Section, Line)	Path Signal Identification Frequency Justification/Pointer Processing Multiplexing / Demultiplexing Transmission Frame Generation / Recovery
	Physical Media Dependent (Photonic) Sublayer	Physical Medium Bit Timing Line Coding	

SONET / SDH

■ Physical Media Dependent Sublayer

- **Physical Medium:** Fibra ottica monomodale (SMF) e multimodale (MMF);
- **Bit Timing:** 155.52 Mbps (STS-3 / STM-1)
- **Line Coding:** 8B/10B

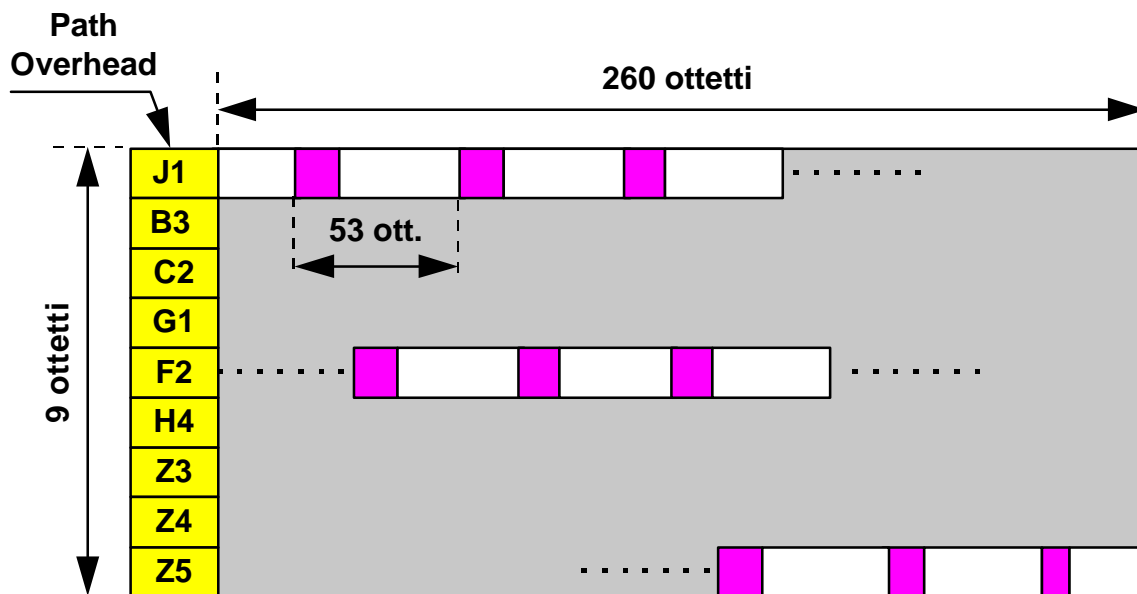
■ Transmission Convergence Sublayer

■ 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.

SONET / SDH

- **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 (SPE) del frame STS-3 / STM-1 in trasmissione.

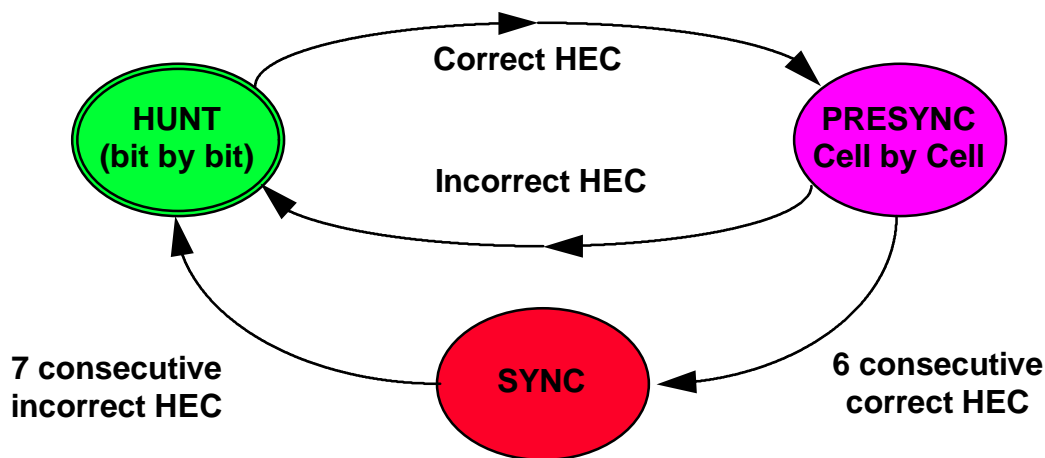


Capacità Netta:

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

SONET/SDH

- **Cell Delineation**: identificazione dei confini delle celle all'interno del payload del frame STS-3 STM-1 in ricezione mediante analisi del campo HEC.
 - **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 6 HEC corretti consecutivi.
 - **SYNC**. Struttura del payload identificata; HEC viene ora usato per il rilevamento degli errori. Il sincronismo è perso quando si rilevano 7 HEC errati consecutivi.



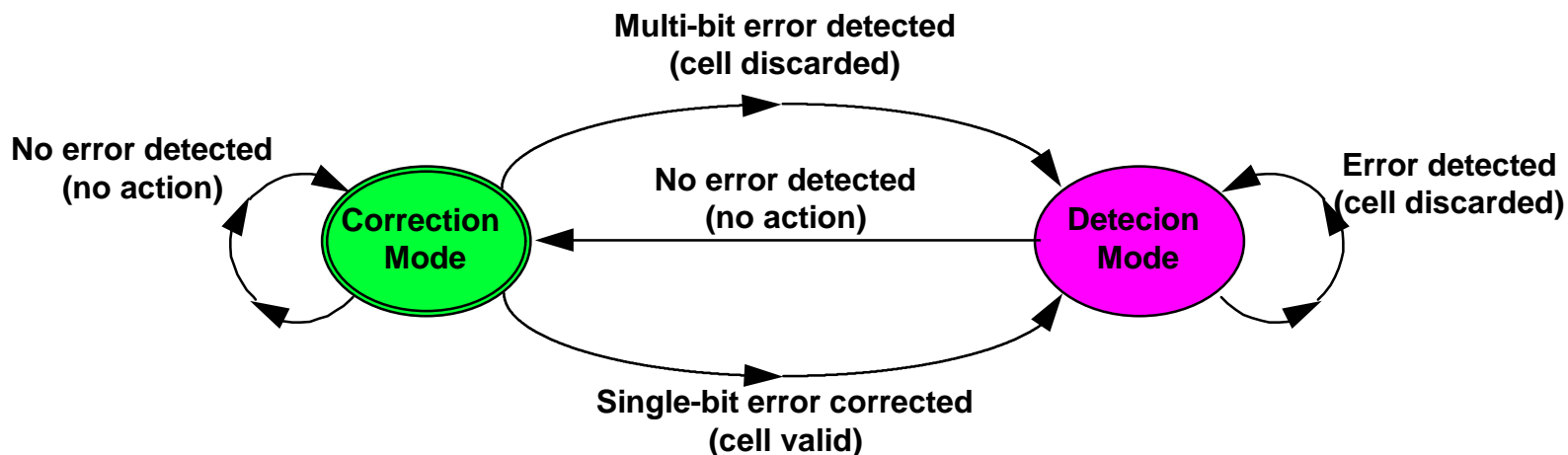
SONET / SDH

■ 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:
 - Stato iniziale ed errori sporadici: **Correction Mode**;
 - Burst di errori: **Detection Mode**.





SONET / SDH

- **B-ISDN Specific Functions (cont)**

- **Cell Payload Scrambling / Descrambling**

Dispone i contenuti del payload delle celle ATM in ordine pseudocasuale al fine di eliminare lunghe sequenze di bit prive di transizioni (clock recovery).



DS3 Physical Layer

Architettura del livello fisico DS3

DS3 Physical Layer	Transmission Convergence Sublayer	B-ISDN Specific Functions	HEC Generation / Verification Cell Payload Scrambling / Descrambling Cell Delineation
		DS-3 Specific Functions	PLCP Framing Path Overhead Utilization PLCP Timing (125 μ s clock recovery) Nibble Stuffing
	Physical Media Dependent Sublayer	Physical Medium Bit Timing Line Coding	

DS3 Physical Layer

■ Physical Media Dependent Sublayer

- Physical Medium: coax
- Bit Timing: 44.736
- Line Coding: AMI

■ Transmission Convergence Sublayer

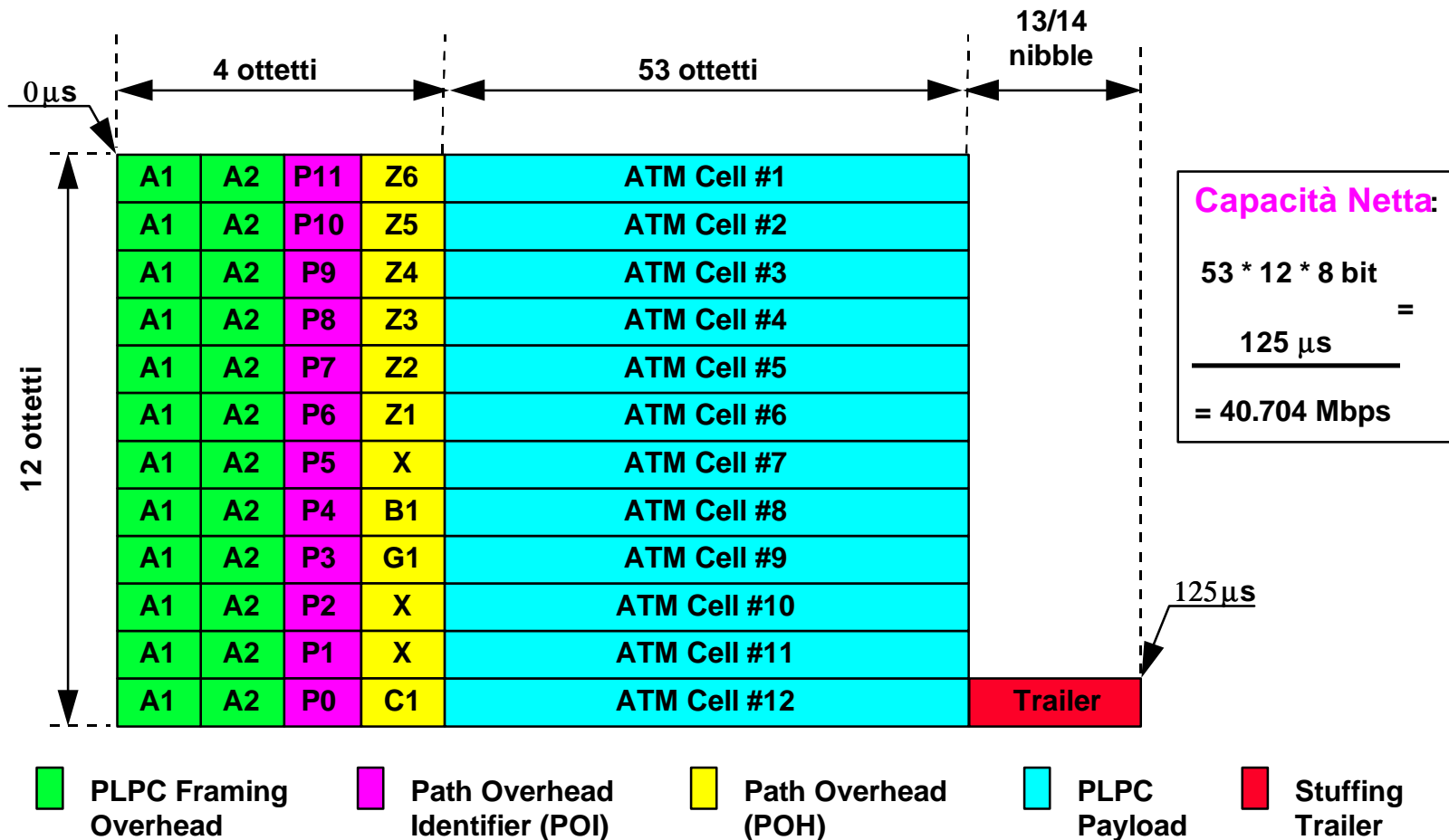
■ DS3 Specific Functions

■ PLCP Framing

DS3 PLPC (*Physical Layer Convergence Protocol*), è un subset del PLPC definito in IEEE 802.6 (DQDB). Ad esso compete la funzione di trasporto di celle ATM su canali numerici DS3 incapsulandole in appositi frame.

DS3 Physical Layer

■ PLPC Framing: Formato del frame



DS3 Physical Layer

- **PLCP Framing (cont.)**. Un frame PLCP ha una durata pari a $125 \mu\text{s}$ e può iniziare in un punto qualunque all'interno del flusso DS3. Ai fini del framing vengono impiegati i campi:
 - **A1 - A2**: Ottetti di allineamento del frame PLCP.
 - **B1**: *Bit Interleaved Parity - 8* (BIP-8). Ottetto di parità calcolato sui 12 ottetti del POH e sui $12 * 53$ ottetti del PLCP Payload relativamente al frame precedente.
 - **Z1 - Z6**: *Growth Octects*. Riservati per utilizzi futuri.
- **Path Overhead Utilization**: comprende informazioni di servizio necessarie al corretto funzionamento delle interfacce DS3. I campi interessati sono:
 - **P0 - P11**: *Path Overhead Identifier*. I campi POI fungono da identificatore per il successivo ottetto *Path OverHead* (POH). Ad esempio P4 indica che l'ottetto successivo è B1 (BIP-8).

DS3 Physical Layer

■ Path Overhead Utilization (cont.):

- **G1: PLPC Path Status.** È formato da tre sottocampi:



- **FEBE: Far End Block Error.** Numero (0-8) di errori rilevati, mediante BIP-8, dal ricevitore nel frame precedente;
 - **RAI: Remote Alarm Indication.** Indica al trasmettitore che si è verificato un guasto lungo la linea. Affinchè venga rilevato, RAI deve essere attivo per 10 frame consecutivi.
- **Nibble Stuffing:** ciascun frame PLCP deve essere allineato a livello di nibble nell'ambito del flusso DS3. Ciò è garantito dai campi:
 - **Trailer:** sequenza di 13 o 14 nibble;
 - **C1: Cycle/Stuff Counter.** Indica la presenza (ogni 3 frame, 375 μ s) e la lunghezza del trailer.



DS3 Physical Layer

- **B-ISDN Specific Functions:** funzioni necessarie per adattare i servizi offerti dal livello fisico DS3 a quelli richiesti dal livello ATM.
 - **HEC Generation / Verification:** come SONET / SDH.
 - **Cell Payload Scrambling / Descrambling:** come SONET / SDH.
 - **Cell Delineation:** nel livello fisico DS3 è banale dal momento che le celle ATM occupano posizioni fisse all'interno del frame PLPC.



TAXI Physical Layer

Architettura del livello fisico TAXI

Il livello fisico TAXI (FDDI), essendo progettato specificamente per la Private UNI, è più semplice rispetto ai precedenti in quanto non necessita di:

- sofisticate funzionalità di *Operation and Maintenance* (OAM) indispensabili in ambito pubblico;
- overhead atto ad irrobustire la trasmissione su link a lunga gittata.

TAXI Physical Layer	Transmission Convergence Sublayer	HEC Generation/Verification Cell Delineation Idle Line
	Physical Media Dependent Sublayer	Physical Medium Bit Timing Line Coding

TAXI Physical Layer

■ Physical Media Dependent Sublayer

■ Physical Medium:

- fibra ottica multimodale 62.5 / 125 μm ;
- connettore MIC.

■ Bit Timing: 100 Mbps bit rate, 125 Mbps line rate;

■ Line Coding: codifica 4B/5B (FDDI).

- Ciascuno dei 53 byte di una cella ATM viene suddiviso in due nibble;
- Ogni nibble viene codificato su 5 bit e quindi trasmesso;
- Tre dei sedici simboli che non rappresentano dati hanno un particolare significato per l'interfaccia ATM:
 - JK: Idle or Sync;
 - TT: Start of Cell;
 - QQ: Loss of Signal.

TAXI Physical Layer

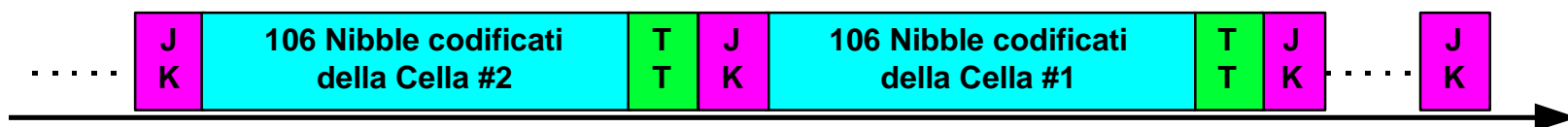
■ Transmission Convergence Sublayer

■ Idle Line

Quando l'interfaccia ATM non sta inviando dati o codici di controllo, deve trasmettere in continuazione il codice di sincronismo **JK**.

■ Cell Delineation

- I confini delle celle sono completamente asincroni;
- l'inizio di una cella è indicato dal codice di controllo **TT**;
- tutti i nibble di una cella devono essere trasmessi, senza soluzione di continuità, immediatamente dopo **TT**;
- tra due celle successive deve sempre essere trasmesso almeno un **JK**: in tal modo la perdita del sincronismo comporta al più la perdita di una cella.



TAXI Physical Layer

■ HEC Generation / Verification

- La generazione del campo HEC in trasmissione avviene in modo analogo ai livelli fisici precedenti;
- In ricezione, tuttavia, la correzione non è effettuabile: la codifica 4B/5B introduce errori multipli nel simbolo decodificato anche qualora il simbolo ricevuto abbia un solo bit errato.

155 Mbps Physical Layer

Architettura del livello fisico 155 Mbps

- Anche il livello fisico a 155 Mbps è disponibile unicamente in ambito Private UNI.
- Esso comprende due sottolivelli PMD differenti:
 - interfaccia ottica su fibra multimodale;
 - interfaccia elettrica su doppino schermato (STP).

155 Mbps Physical Layer	Transmission Convergence Sublayer	Transmission Frame Generation Frame and Cell Delineation 125 μs Clock Recovery HEC Generation / Verification
	Physical Media Dependent Sublayer	Physical Medium Bit Timing Line Coding

155 Mbps Physical Layer

■ Physical Media Dependent Sublayer (I)

■ Physical Medium:

- fibra ottica multimodale 62.5 / 125 μm ;
- connettore BFOC/2.5 oppure SC (max. perdita di inserzione 1dB);
- installazione conforme alle specifiche di cablaggio strutturato EIA/TIA 568.

■ **Bit Timing:** 155.52 Mbps bit rate, 194.40 Mbps line rate;

■ **Line Coding:** codifica 8B/10B;

■ **Bit Error Rate (BER):** 10^{-10} .

155 Mbps Physical Layer

■ Physical Media Dependent Sublayer (II)

■ Physical Medium:

- cavo Shielded Twisted Pair (STP) da 150 Ω :
 - distanza massima: 100 m per cavi STP Type 1 o Type 2; ammesso l'uso di cavo STP Type 6 solo per brevi spezzoni (patch cable);
 - attenuazione massima: 124 dB/Km a 100 MHz;
 - NEXT (Near End Cross Talk) massimo -38.5 dB a 100 MHz.
- connettore D-shell a 9 pin schermato definito in IEEE 802.5 Token Ring
 - perdita di inserzione massima: 0.25 dB a 100 MHz;
 - NEXT massimo: -46.5 dB a 100 MHz;
- installazione conforme alle specifiche di cablaggio strutturato EIA/TIA 568.

155 Mbps Physical Layer

■ Physical Media Dependent Sublayer (II, cont.)

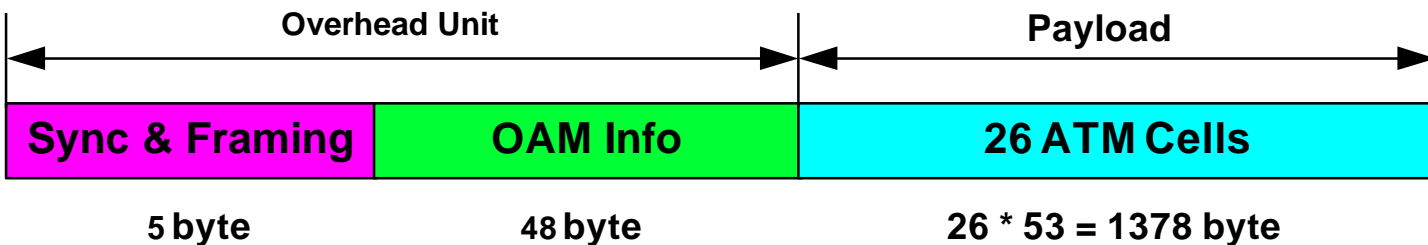
- **Bit Timing:** 155.52 Mbps bit rate, 194.40 Mbps line rate;
- **Line Coding:** codifica 8B/10B;
- **Bit Error Rate (BER):** 10^{-10} .

155 Mbps Physical Layer

■ Transmission Convergence Sublayer

■ Transmission Frame Generation

- Il frame è costituito da una sequenza di ottetti equivalente a 27 celle ATM.
- I primi 53 ottetti formano la *Overhead Unit* che contiene informazioni per:
 - sincronizzazione a livello di byte e di frame;
 - OAM.
- Il *Payload* è in grado di trasportare 26 celle, fornendo un throughput netto pari a: $155.52 * 26 / 27 = 147.76 \text{ Mbps}$.



155 Mbps Physical Layer

■ Cell Delineation

È immediata: le celle occupano una posizione ben definita all'interno del frame.

■ 125 μ s Clock Recovery

All'interno del flusso di dati è presente, con una cadenza di 125 μ s, il simbolo speciale *125 μ s Strobe*. Rilevando tale simbolo, il ricevitore può generare un clock di riferimento locale, utile per applicazioni isocrone.

■ HEC Generation / Verification

- In trasmissione genera il campo *Header Error Control* (HEC) dello header delle celle;
- In ricezione consente di rilevare gli errori multipli e di correggere gli errori singoli;
- la correzione non è tuttavia effettuabile: la codifica 8B/10B introduce errori multipli nel simbolo decodificato anche se il simbolo ricevuto è affetto da un unico bit errato.

ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

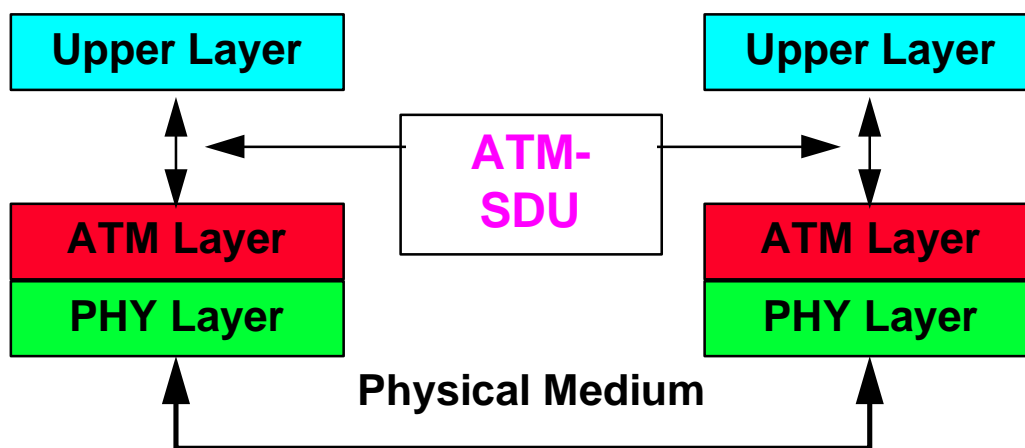
- Traffic Management

■ UNI Signalling

- Addressing
- Messages
- Procedures

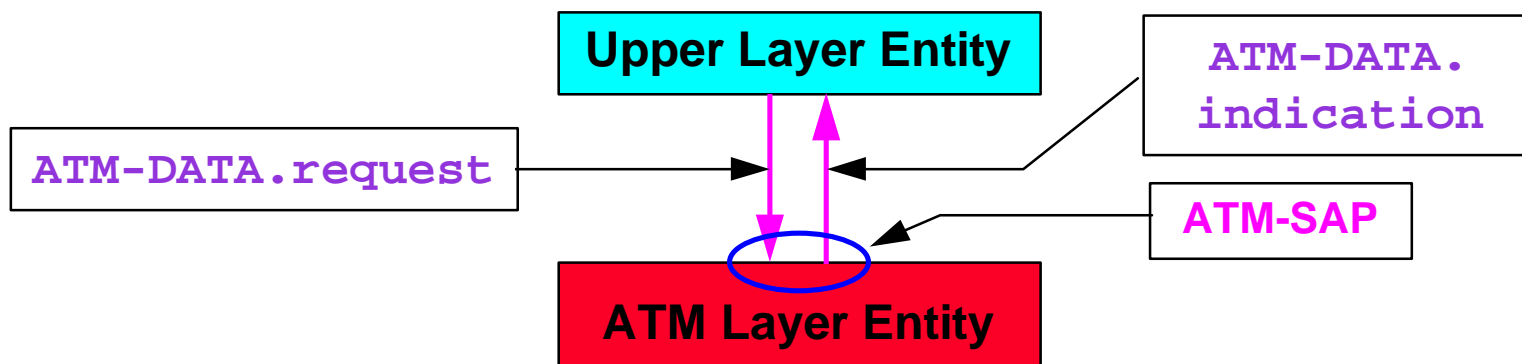
ATM Layer

- Il livello ATM svolge una funzione di trasferimento trasparente, ordinato e non garantito di ATM-SDU tra entità di livello superiore (es. AAL).
- Tale trasferimento avviene attraverso connessioni stabilite in precedenza ed in conformità ad un *traffic contract*. Sono supportati due tipi di connessioni
 - Virtual Channel Connection (VCC);
 - Virtual Path Connection (VPC).



Servizi Offerti

- Lo scambio di informazioni tra livello ATM e livelli superiori avviene attraverso il **ATM-SAP** mediante le primitive di servizio:
 - `ATM-DATA.request(ATM-SDU, SDU-type, Submitted-loss-priority)`: trasferisce una ATM-SDU all'entità remota di pari livello;
 - `ATM-DATA.indication(ATM-SDU, SDU-type, Received-loss-priority, Congestion-experienced)`: segnala l'arrivo di una ATM-SDU proveniente dall'entità remota.



Servizi Offerti

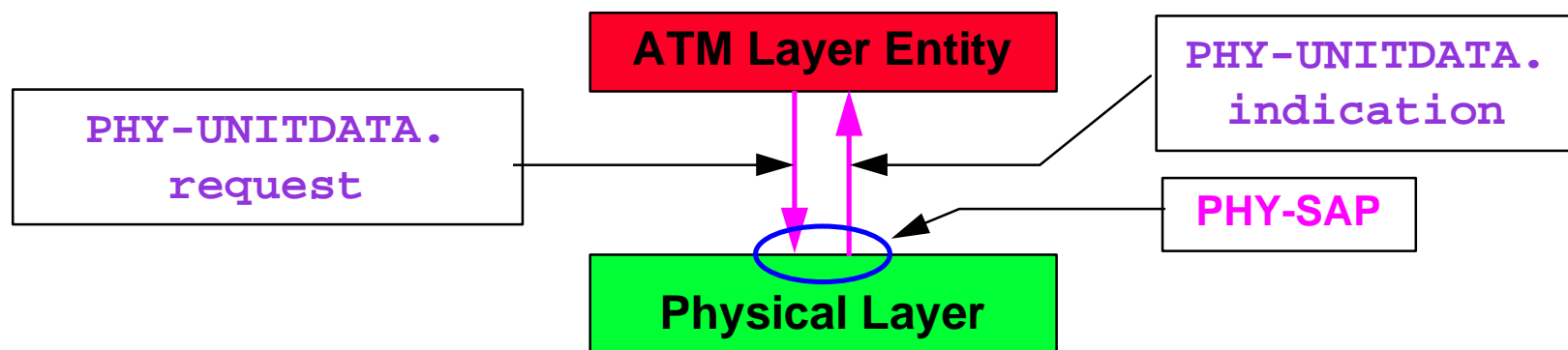
■ Parametri delle primitive di servizio:

- **ATM-SDU**: 48 byte di dati utente che il livello ATM deve trasferire tra le entità di livello superiore;
- **SDU-type**: usato dal livello ATM per differenziare due tipi di ATM-SDU sulla stessa VC;
- **Submitted-loss-priority**: importanza delle informazioni contenute nella ATM-SDU in partenza;
- **Received-loss-priority**: importanza delle informazioni contenute nella ATM-SDU in arrivo;
- **Congestion-experienced**: la ATM-SDU ricevuta ha attraversato uno o più nodi ATM soggetti a congestione.

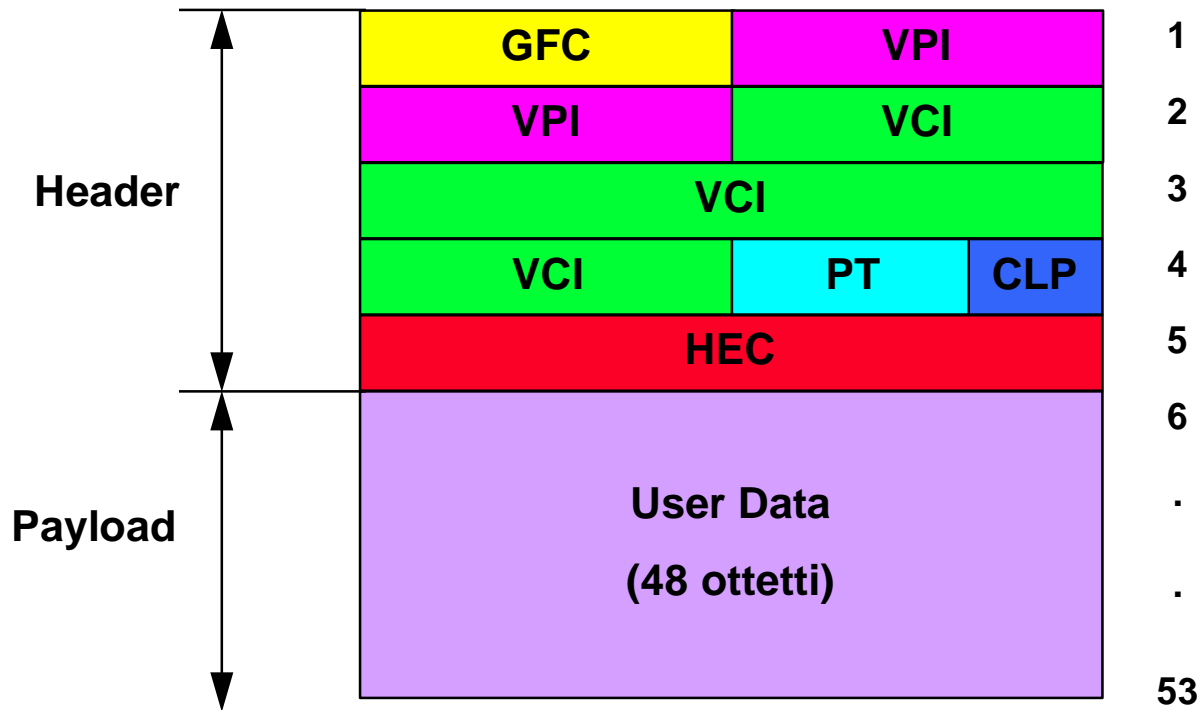
Servizi Richiesti

- Il livello ATM assembla e trasferisce le proprie ATM-PDU (celle ATM) all'entità ATM remota grazie alle primitive di servizio offerte dal livello fisico attraverso il PHY-SAP:

- `PHY-UNITDATA.request(ATM-PDU)`
- `PHY-UNITDATA.indication(ATM-PDU)`



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

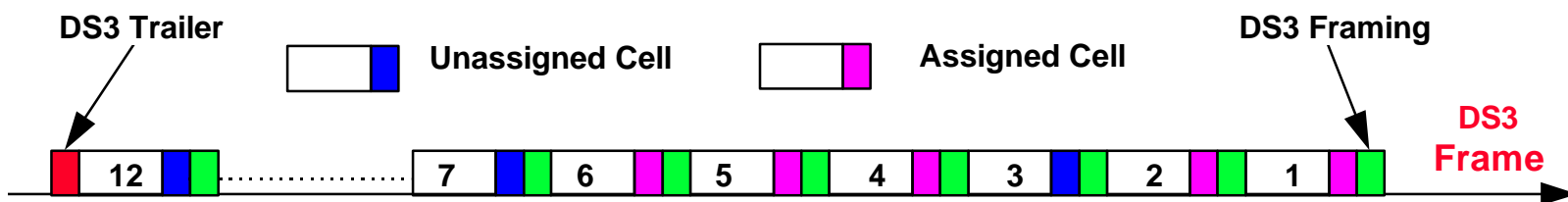
Struttura delle Celle UNI

■ Significato dei campi dello Header

- **GFC**: utilizzato per il controllo del flusso alla UNI. Sono definiti due modi di funzionamento:
 - *Uncontrolled Access*: GFC = 0000;
 - *Controlled Access*: da definire.
- **VPI/VCI**: identificatore della connessione virtuale o *etichetta* della cella
- **PT**: descrive i contenuti del payload:
 - dati utente;
 - informazioni di management della rete;
- **CLP**: specifica il grado di importanza dei dati trasportati dalla cella; può essere variato dagli switch.
- **HEC**: usato dal livello fisico per rilevare/correggere errori nello header. Può essere usato anche per la cell delineation.

Funzioni

- **VC Multiplexing:** Multiplazione sullo stesso link di celle appartenenti a connessioni con QoS differenti. Classi di servizio supportate:
 - **Unspecified QoS:** Available Bit Rate (ABR), Unspecified Bit Rate (UBR);
 - **Specified QoS:** almeno la Classe 1, Constant Bit Rate (CBR).
- **Cell Rate Decoupling:** funzione richiesta dai livelli fisici sincroni con slot di cella (Sonet/SDH, DS3).
 - 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.



Funzioni

- **Cell type discrimination:** determina il tipo di cella ricevuto in base a:
 - valori predefiniti dei campi dello header:
 - Unassigned cell (GFC=0, VPI=0, VCI=0, PT=x, CLP=0);
 - Meta-signalling cell (GFC=0, VPI=x, VCI=1, PT=x, CLP=0);
 - Broadcast signalling cell (GFC=0, VPI=x, VCI=2, PT=x, CLP=0);
 - Point-to-point signalling cell (GFC=0, VPI=x, VCI=5, PT=x, CLP=0);
 - Invalid cell (GFC=x, VPI=0, VCI=0, PT=x, CLP=1);
 - OAM F4 flow cell (GFC=0, VPI=x, VCI=3/4, PT=x, CLP=0);
 - ILMI message cell (GFC=0, VPI=0, VCI=16, PT=x, CLP=0).
 - valori del campo PT:
 - User cell (PT = 0 .. 3);
 - OAM F5 flow cell (PT = 4, 5);
 - Reserved for future functions cell (PT = 6, 7).

Funzioni

- **Cell loss priority indication e Selective cell discarding**
 - Un end system ATM può impostare il bit CLP delle celle che trasmette per indicarne la priorità:
 - **CLP = 0**: celle a priorità elevata;
 - **CLP = 1**: celle a bassa priorità.
 - Uno switch ATM può porre **CLP = 1** in quelle celle ad alta priorità che siano in violazione del traffic contract.
 - Uno switch ATM può scaricare le celle a bassa priorità che gli giungono in caso di congestione.
- **Traffic Management**: insieme di funzioni che consente ad un end system ATM di rendere conforme il proprio traffico alla QoS concordata con la rete.

ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

- Traffic Management

■ UNI Signalling

- Addressing
- Messages
- Procedures




Traffic Management

■ Definizioni

- **Congestione:** stato degli elementi della rete in cui non è possibile mantenere gli obiettivi di performance (QoS) stabiliti nel *Traffic Contract* all'apertura delle connessioni.
- **Controllo del traffico:** insieme di azioni intraprese dalla rete per evitare situazioni di congestione.
- **Controllo della congestione:** insieme di azioni intraprese dalla rete atte a minimizzare l'intensità, l'estensione e la durata delle situazioni di congestione.

■ Obiettivi

- Garantire all'utenza la Qos concordata;
 - Massimizzare l'utilizzo delle risorse di rete;
 - Minimizzare la complessità degli apparati d'utente.
- 

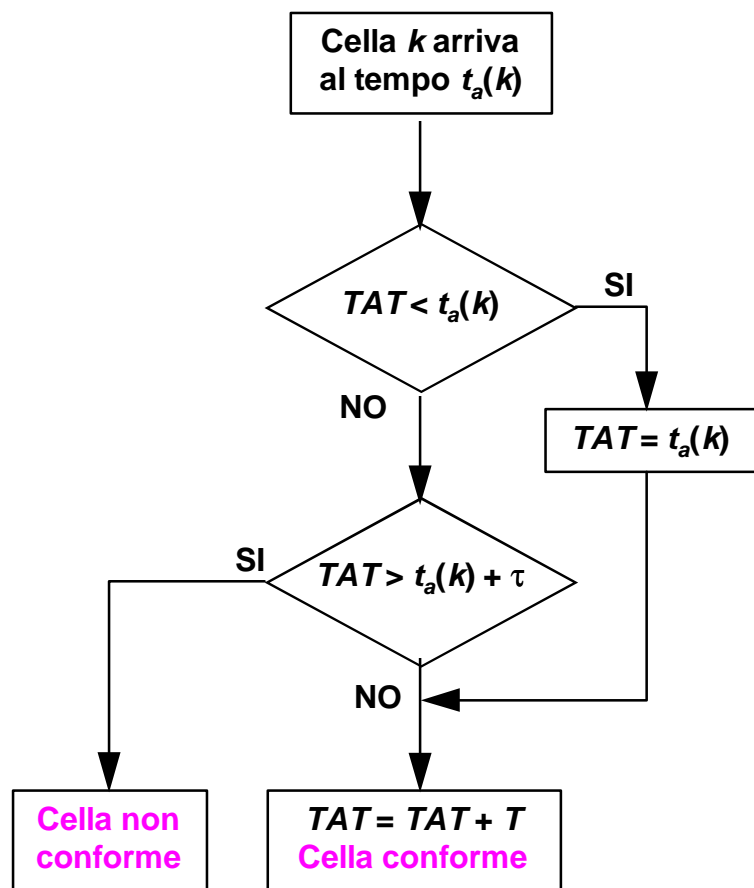


Traffic Management

- **Traffic Contract:** specifica le caratteristiche di una connessione negoziabili all'apertura. È composto da:
 - **Traffic Descriptor:** insieme di parametri relativi al traffico offerto:
 - **Peak Cell Rate (PCR):** max. velocità di invio delle celle;
 - **Sustainable Cell Rate (SCR):** max. velocità invio durante un burst;
 - **Burst Tolerance:** massima durata di un burst.
 - **Requested QoS:** insieme di parametri relativi al servizio atteso dalla rete:
 - **Cell Delay:** valore medio del ritardo end-to-end tra celle ATM
 - **Cell Delay Variation (CDV):** varianza del ritardo tra celle ATM;
 - **Cell Loss Rate:** probabilità di perdita di celle , ecc.
 - **Cell Delay Variation Tolerance (CDVT):** massimo valore ammissibile per CDV.
 - **Conformance Definition:** regola per stabilire in modo non ambiguo quali celle siano conformi al Traffic Contract. ATM forum raccomanda l'algoritmo **GCRA**.

Traffic Management

■ Generic Cell Rate Algorithm (GCRA)



- Per ogni cella in arrivo, GCRA stabilisce se essa è conforme al Traffic Contract.

■ Definizioni:

- $t_a(k)$: tempo di arrivo della cella k-ma;
- **TAT**: *Theoretical Arrive Time*, tempo teorico di arrivo della prossima cella (supponendo le celle equispaziate);
- T : tempo di interarrivo tra celle, ovvero il reciproco di PCR o SCR;
- τ : CDV Tolerance o Burst Tolerance;
- **Inizializzazione**: $TAT = t_a(1)$.

Traffic Management

- **Funzioni per il Controllo del Traffico:** funzioni che, in condizioni di funzionamento fisiologico della rete, tendono ad evitare situazioni di congestione.
 - Connection Admission Control (CAC);
 - Usage Parameter Control (UPC);
 - Selective Cell Discarding (SCD);
 - Traffic Shaping.
- **Funzioni per il Controllo delle Congestioni:** funzioni che, in situazioni di congestione della rete, tendono a riportarla in una condizione fisiologica.
 - Selective Cell Discarding (SCD);
 - Forward Explicit Congestion Notification (FECN);
 - Backward Explicit Congestion Notification (BECN);
 - Backpressure.

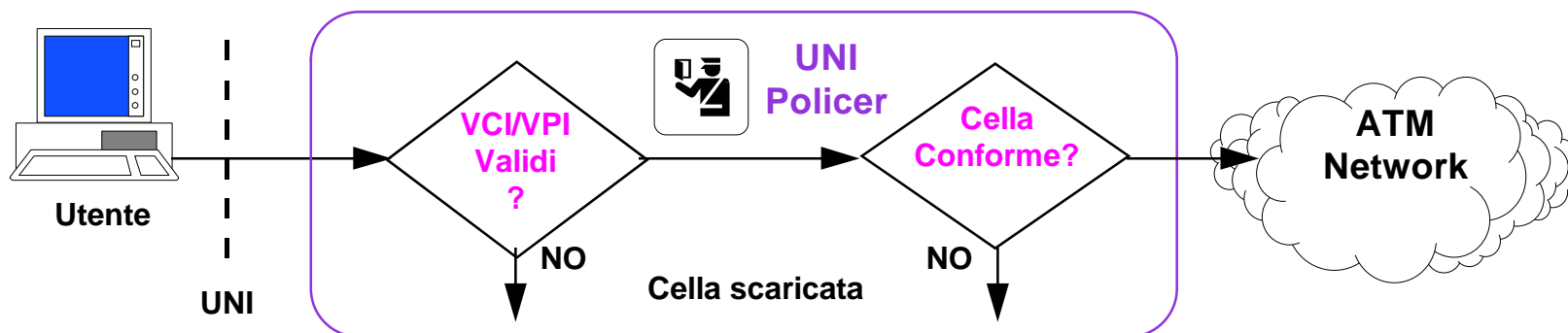
Controllo del Traffico

- **Connection Admission Control (CAC):** insieme di azioni intraprese dalla rete durante la fase di segnalazione per verificare se una nuova connessione può essere accettata.
 - La verifica avviene sulla base degli elementi del Traffic Contract specificati dall'utente.
 - La chiamata viene accettata solo se sono disponibili risorse in misura sufficiente a garantire sia la QoS richiesta, sia la QoS delle connessioni già stabilite.
 - Siccome il CAC non fa parte della UNI, i suoi schemi implementativi sono a completa discrezione del network provider.

Controllo del Traffico

■ Usage Parameter Control (UPC)

- Insieme di azioni intraprese dalla rete per assicurare che il traffico offerto da un utente sia conforme al Traffic Contract negoziato alla chiamata.
- UPC, noto anche come *Policing*, evita che comportamenti scorretti di un utente abbiano ripercussioni negative sulla QoS di connessioni appartenenti ad altri utenti.
- UPC, localizzato alla UNI dal lato della rete, svolge due compiti:
 - verifica la validità del VPI/VCI di ogni cella;
 - verifica se il traffico in ingresso alla rete tramite VCC/VPC valide viola i parametri negoziati nel Traffic Contract.



Controllo del Traffico

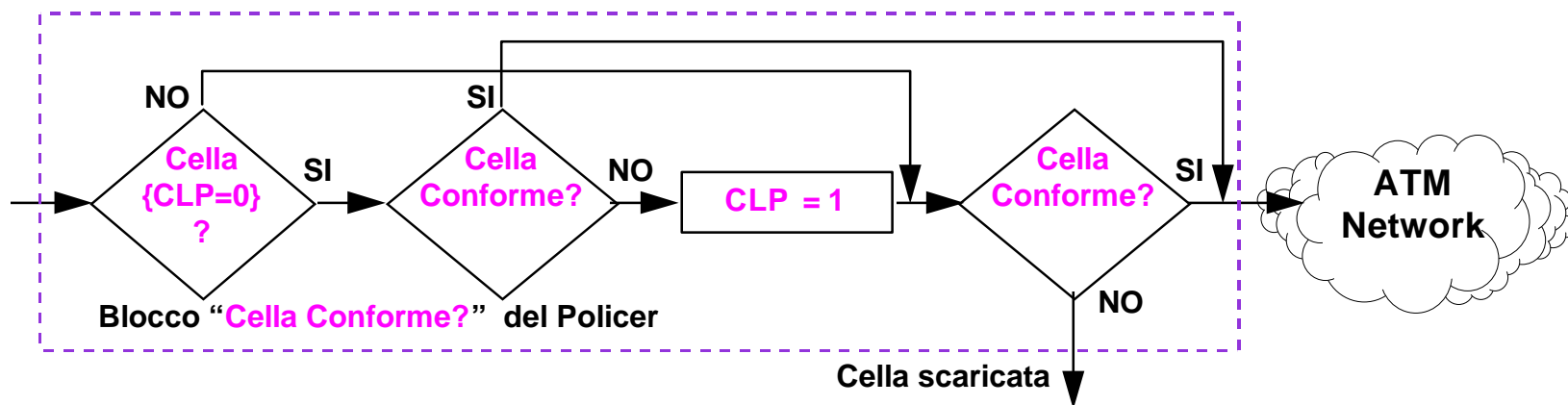
■ Requisiti dell'UPC:

- **Trasparenza:**
 - Capacità di rilevare tutte le connessioni con traffico non conforme;
 - Evitare di penalizzare le connessioni con traffico conforme;
- **Bassi tempi di risposta;**
- **Selettività regolabile mediante parametri facili da comprendere e specificare:**
 - Peak Cell Rate;
 - Sustainable Cell Rate;
 - Burst Tolerance.
- **Semplicità implementativa:**
 - ATM Forum raccomanda l'uso del algoritmo CGRA.
- **Minimo impatto sulla Cell Delay Variation.**

Controllo del Traffico

■ Selective Cell Discarding (SDC)

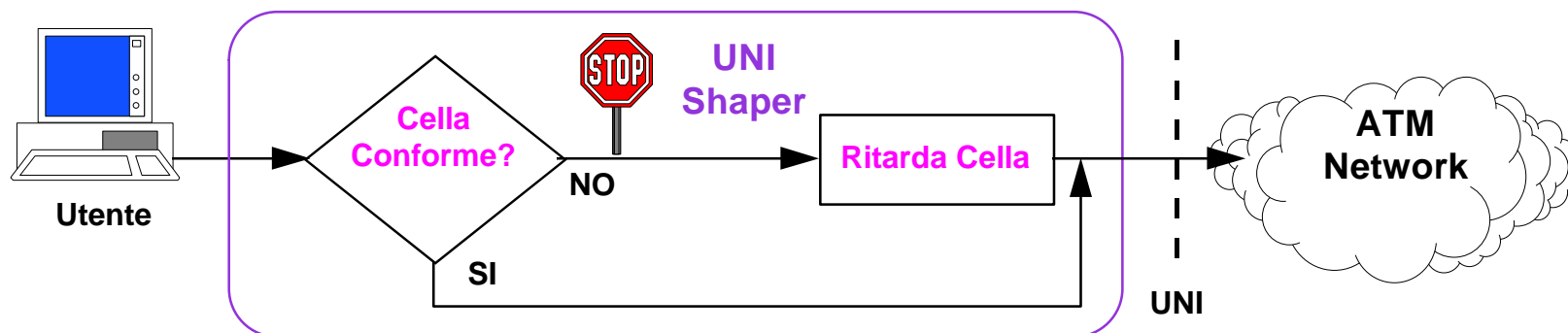
- SDC consiste nello scaricare le celle con CLP=1 sia per pervenire sia per uscire da situazioni di congestione in atto.
- Può essere attuato in via opzionale alla UNI dallo stesso UPC:
 - una cella {CLP=1} non conforme viene scaricata immediatamente;
 - una cella {CLP=0} non conforme subisce la trasformazione in {CLP=1} (*Cell Tagging*);
 - una cella che ha subito un tagging è ancora non conforme, viene scaricata, altrimenti viene inviata in rete.



Controllo del Traffico

Traffic Shaping

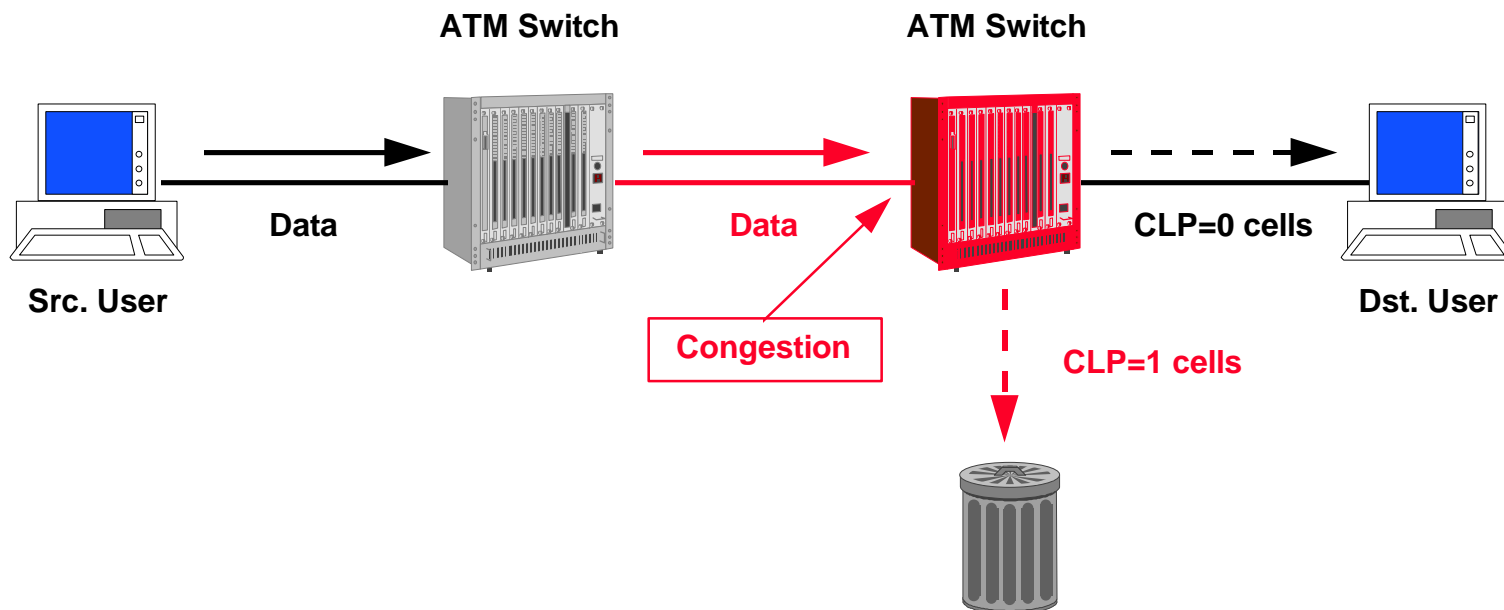
- Meccanismo che consente ad un end system ATM di rendere conformi i flussi di celle inietta in rete al Traffic Contract negoziato.
- Lo Shaper è localizzato alla UNI dal lato dell'utente. Adotta ovviamente lo stesso algoritmo del policer (GCRA).
- Esempi di traffic shaping:
 - abbassamento della PCR;
 - limitazione della durata dei burst;
 - opportuno spaziamento delle celle per ridurre la CDV, ecc.



Controllo delle Congestioni

■ Selective Cell Discarding (SDC)

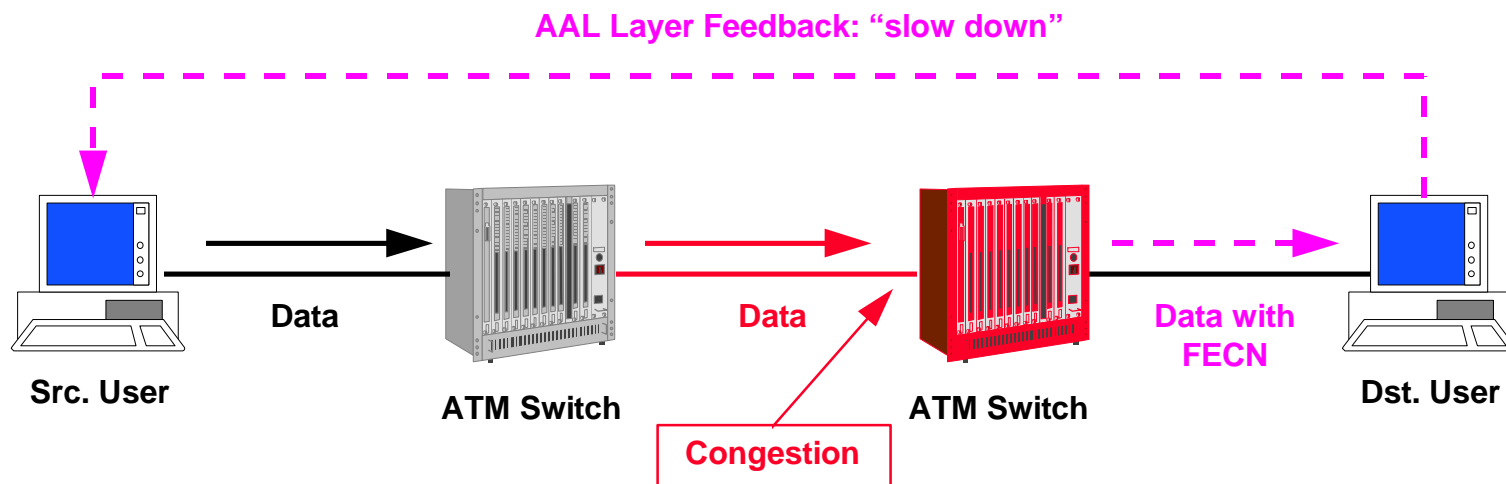
- In presenza di una situazione di congestione, gli switch ATM scaricano **tutte** le celle CLP=1 al fine di preservare il più possibile le celle CLP=0.



Controllo delle Congestioni

■ Forward Explicit Congestion Notification (FECN)

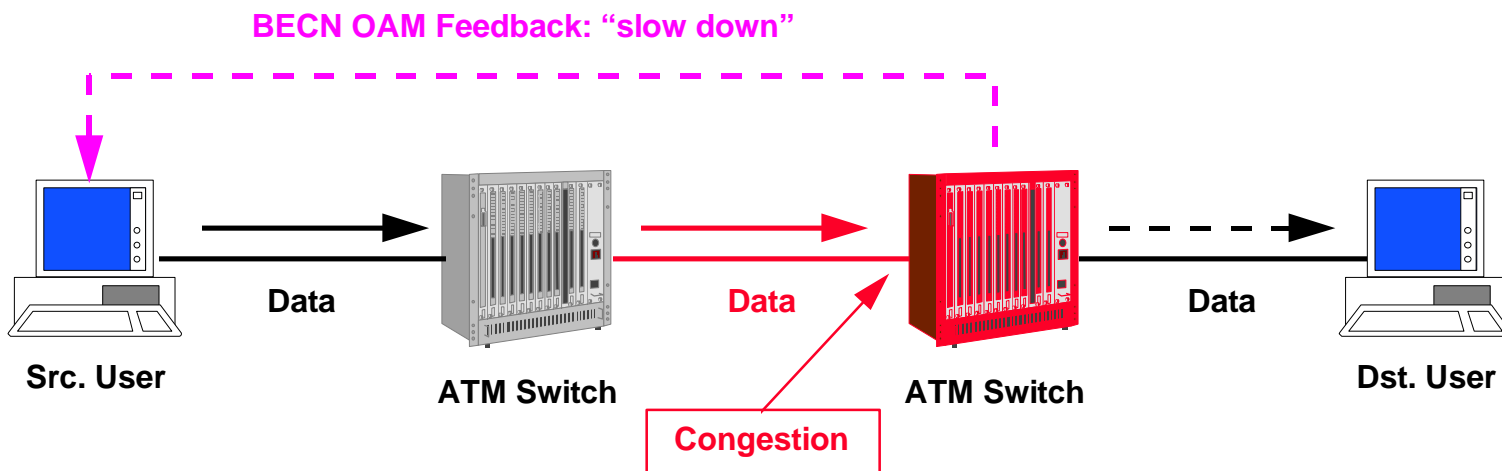
- Uno switch ATM notifica una situazione di congestione all'end system destinatario impostando il bit **Explicit Forward Congestion Indication (EFCI, bit 1)** del campo PT delle celle che lo attraversano.
- Il livello AAL dell'end system destinatario segnala quindi all'end system sorgenti di regolare il flusso.



Controllo delle Congestioni

■ Backward Explicit Congestion Notification (BECN)

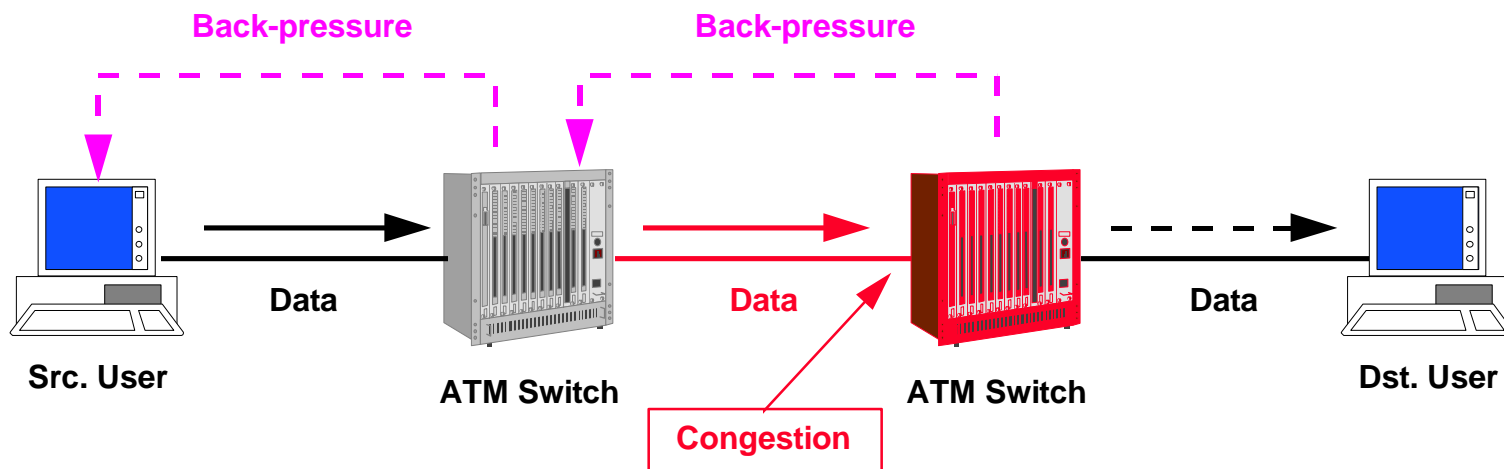
- Uno switch ATM notifica una situazione di congestione all'end system sorgente inviando celle OAM.
- Il piano di management dell'end system segnala quindi al livello AAL del piano utente di regolare il flusso.



Controllo delle Congestioni

■ Back-pressure

- Uno switch ATM notifica una situazione di congestione allo switch che lo precede per mezzo di celle OAM.
- Questi propaga la notifica fino all'end system sorgente.
- Il piano di management dell'end system segnala quindi al livello AAL del piano utente di regolare il flusso.



ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

- Traffic Management

■ UNI Signalling

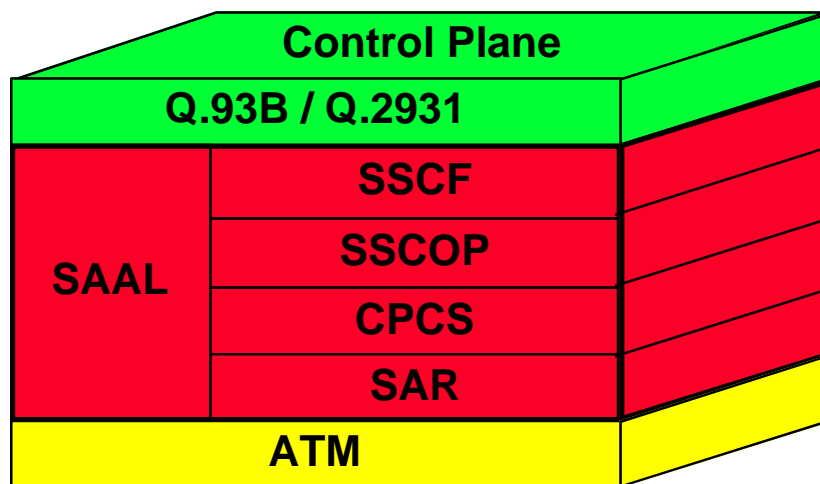
- Addressing
- Messages
- Procedures

UNI Signalling

- La **Segnalazione UNI** è basata sui protocolli di segnalazione ITU Q.93B (UNI v3.0) e Q.2931 (UNI v3.1).
- Ha lo scopo di creare, riconfigurare e rilasciare su richiesta (on-demand), le connessioni virtuali (VCC) tra end-system.
- La Segnalazione UNI supporta:
 - Connessioni Punto-Punto e Punto-Multipunto;
 - Connessioni Simmetriche e Asimmetriche;
 - Servizi di trasporto di Classe X, Classe A, Classe C;
 - Error Recovery;
 - Negoziazione parametri End-to-End;
 - Client Registration;
 - Indirizzamento Public UNI e Private UNI.

UNI Signalling

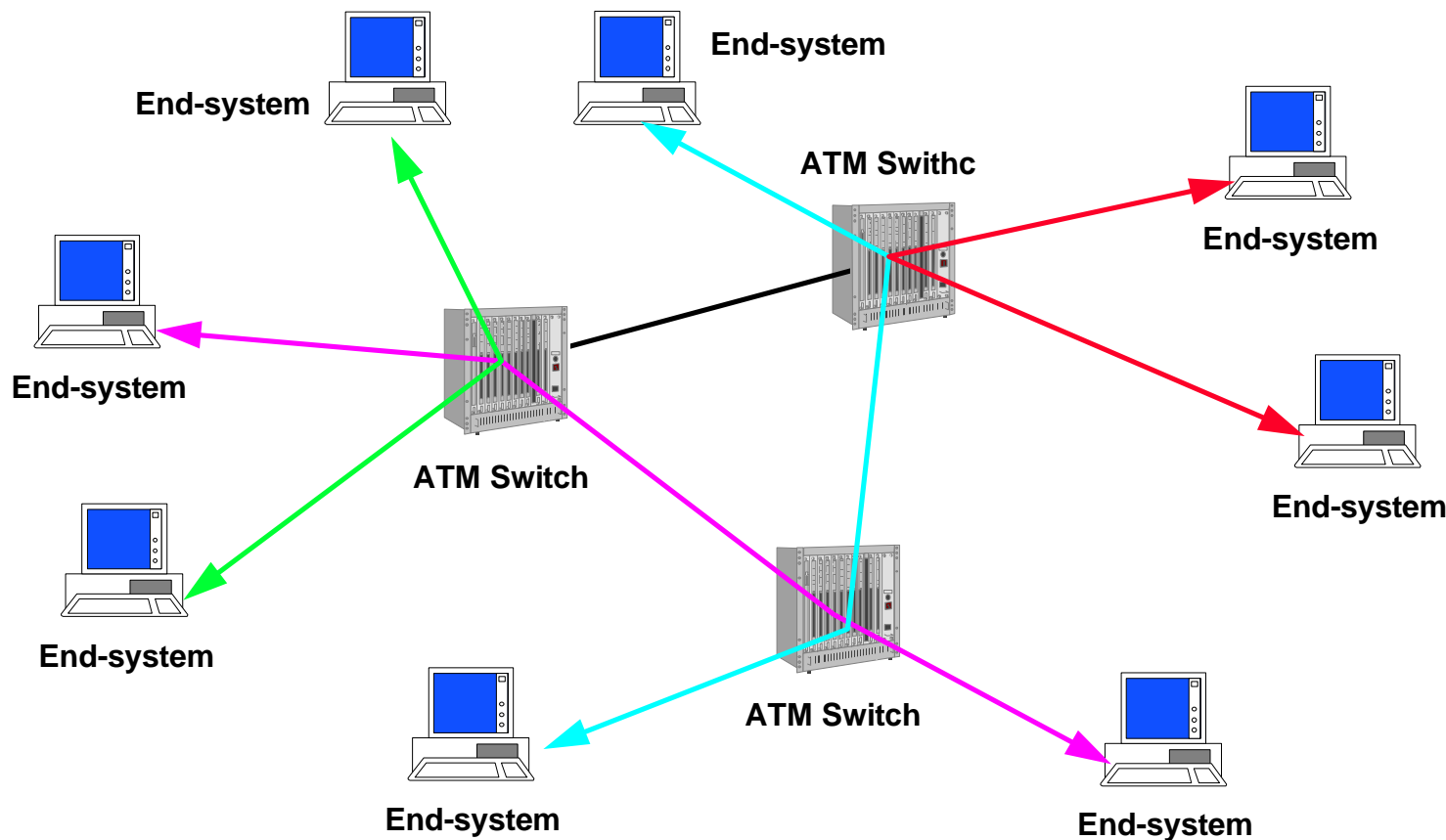
- La Segnalazione UNI è supportata nel Control Plane dal *Signalling ATM Adaption Layer* (SAAL).
- SAAL deriva da AAL5 e fornisce un servizio di trasporto *affidabile* per i messaggi del protocollo Q.93B/Q.2931 attraverso la PVC di segnalazione (**VPI=0, VCI=5**).



- **SSCF**: Service Specific Coordination Function;
- **SSCOP**: Service Specific Connection Oriented Protocol;
- **CPCS**: Common Part Convergence Sublayer;
- **SAR**: Segmentation And Reassembly.

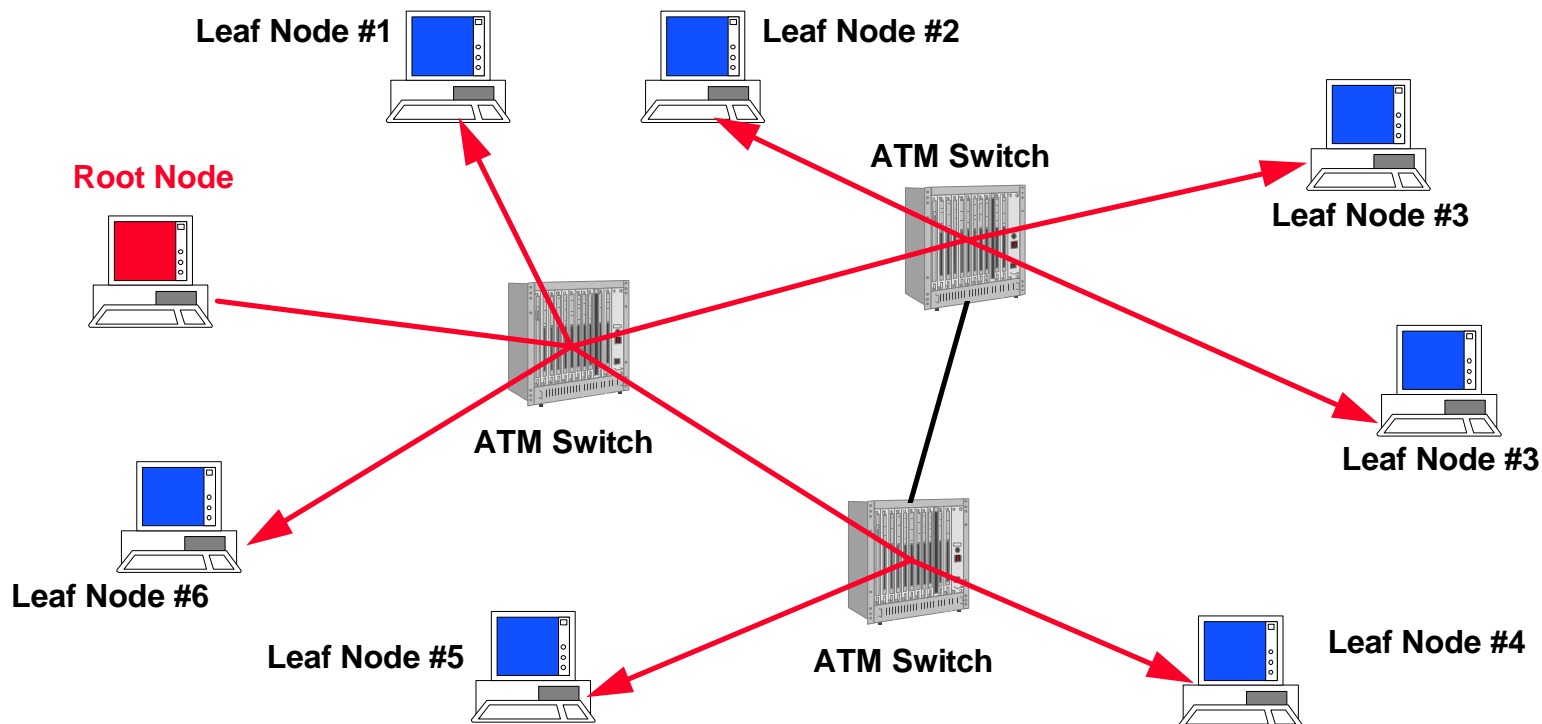
UNI Signalling

- **Connessioni Punto-Punto:** connessioni *bidirezionali* tra coppie di end-system ATM.



UNI Signalling

- **Connessioni Punto-Multipunto:** insieme di connessioni *unidirezionali*, stabilite in modo incrementale, che partono da un end-system ATM detto *Root Node* e giungono ad un gruppo di end-system detti *Leaf Node*.



UNI Signalling

- **Connessioni Simmetriche:** connessioni bidirezionali con caratteristiche di traffico identiche in entrambe le direzioni.
- **Connessioni Asimmetriche:** connessioni bidirezionali con caratteristiche di traffico specificate indipendentemente nelle due direzioni.
- **Servizi di Trasporto:** attualmente sono supportati solo:
 - **Classe X:** servizio connection oriented ove AAL, tipo di traffico, banda e QoS sono specificati dall'utente;
 - **Classe A:** servizio connection oriented di tipo CBR ove banda e QoS sono specificati dall'utente;
 - **Classe C:** servizio connection oriented di tipo VBR ove banda e QoS sono specificati dall'utente.

UNI Signalling

■ Error Recovery:

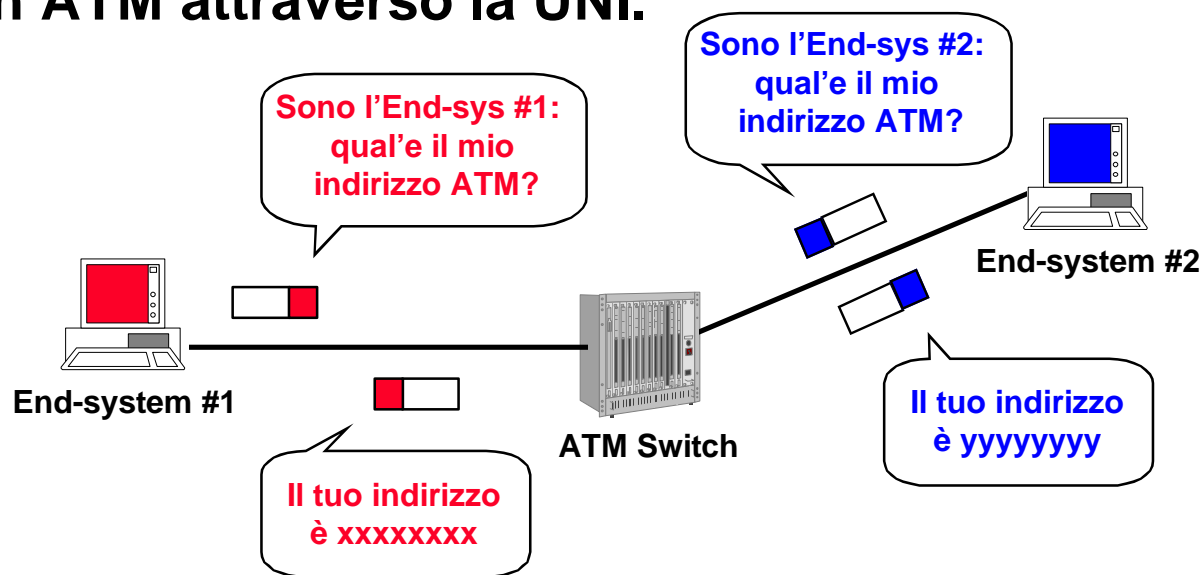
- errori non fatali: formati e contenuti di messaggi errati, messaggi ricevuti nello stato non corretto, ecc;
- errori fatali: reset o guasto ad un Signalling AAL, caduta di un end-system;
- meccanismi per il recovery dalla perdita di messaggi di segnalazione (timer, ecc.);
- generazione di messaggi diagnostici.

■ Negoziazione dei Parametri End-to-End:

- Tipo di AAL: Tipo 1, Tipo 3/4, Tipo 5;
- Metodo di multiplexing: VC o LLC;
- Tipo di protocollo trasportato nel caso di VC multiplexing;
- Tipo di protocollo di livello 4.

UNI Signalling

- **Client Registration:** meccanismo per lo scambio di informazioni di indirizzamento tra end-system e switch ATM attraverso la UNI.



- L'amministratore del sistema assegna un indirizzo ATM a ciascuna porta di ogni switch.
- Ogni volta che un terminale si collega ad una porta, riceve automaticamente il proprio indirizzo.

ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

- Traffic Management

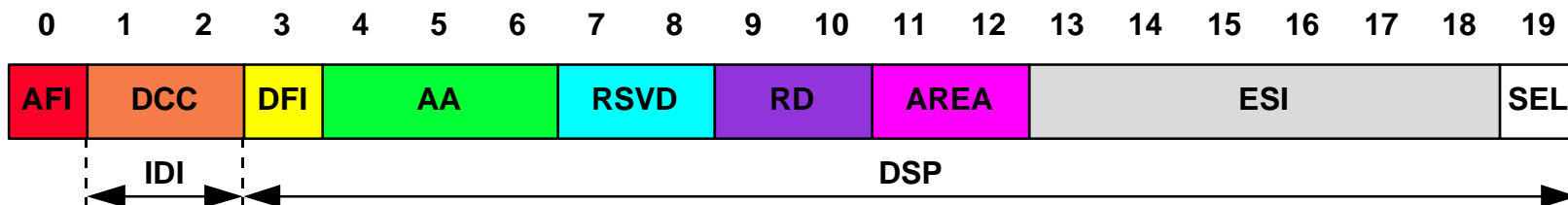
■ UNI Signalling

- **Addressing**
- Messages
- Procedures

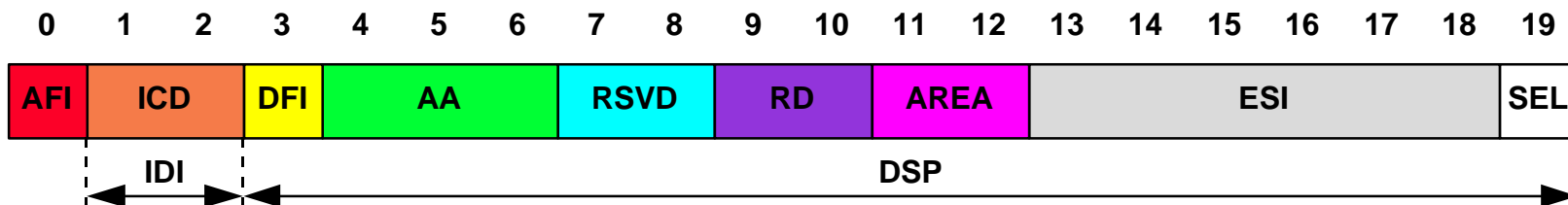
Addressing

- UNI v3.0 / v3.1 prevede l'utilizzo di due classi di indirizzi:
 - **Private ATM Address:** si basa sul formato ISO Network Service Access Point (NSAP) e presenta tre strutture differenti:

- **Data Country Code (DCC) ATM Format**



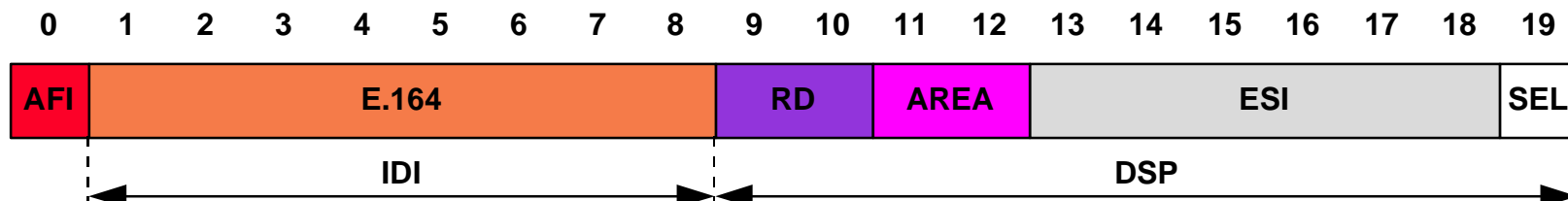
- **International Code Designator (ICD) ATM Format**



Addressing

■ Private ATM Address (cont)

■ E164 ATM Format



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

■ Public ATM Address: supporta tre formati di indirizzo:

- **E.164 Address:** numero telefonico ISDN E.164 costituito da 15 cifre BCD, ossia 8 ottetti;
- **ISO NSAP:** stesse strutture adottate alla Private UNI;
- Entrambi i formati precedenti.

Addressing

■ Formato degli Indirizzi

■ AFI specifica:

- il formato di IDI;
- la sintassi di DSP;
- l'autorità responsabile dell'allocazione dei valori di IDI:
 - per il formato ICD è il British Standard Institute;
 - per il formato DCC è il rappresentante ISO di ciascuna Nazione;
 - per il formato E.164 è assegnato da ITU.

■ IDI specifica:

- il dominio di indirizzi da cui sono tratti i valori di DSP;
- l'autorità (AA) responsabile dell'assegnazione dei valori di DSP:
 - per il formato ICD designa una organizzazione internazionale;
 - per il formato DCC designa una Nazione;

■ DSP specifica l'indirizzo dell'end-system in forma gerarchica:

- Routing Domain → AREA → ESI.

Addressing

■ Formato degli Indirizzi (cont)

- Il formato DCC consente di allocare gli indirizzi su base geografica:



- Il formato ICD consente di allocare gli indirizzi in base a:

- organizzazioni private (es. aziende multinazionali):



- fornitori di servizi di telecomunicazioni:



- indirizzi di livello 3 delle reti di calcolatori (IP, IPX, Decnet ecc.):



ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

- Traffic Management

■ UNI Signalling

- Addressing
- **Messages**
- Procedures

Signalling Messages

■ Creazione di una connessione:

- SETUP
- CALL PROCEEDING
- CONNECT
- CONNECT ACKNOWLEDGE

■ Rilascio di una connessione o rifiuto della chiamata:

- RELEASE
- RELEASE COMPLETE

■ Gestione connessioni punto-multipunto:

- ADD PARTY
- ADD PARTY ACKNOWLEDGE
- ADD PARTY REJECT
- DROP PARTY
- DROP PARTY ACKNOWLEDGE

■ Informativi:

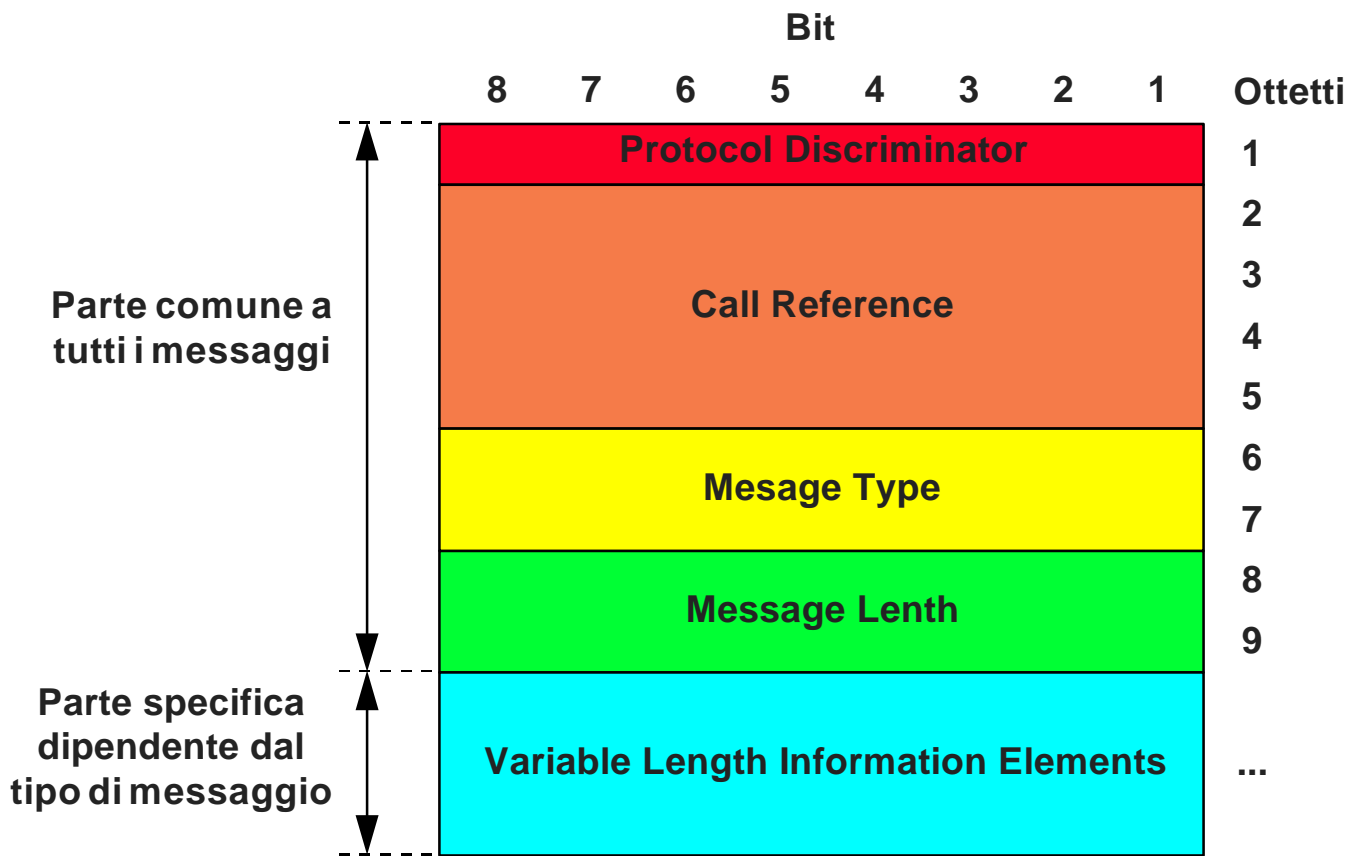
- STATUS
- STATUS ENQUIRY

■ Servizio:

- RESTART
- RESTART ACKNOWLEDGE

Signalling Messages

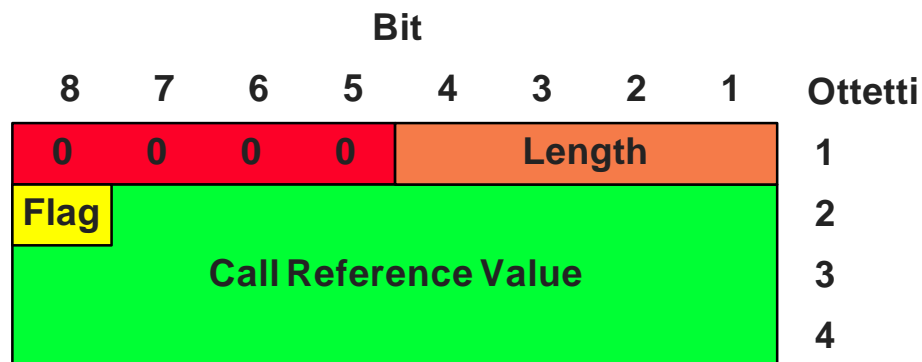
■ Formato dei messaggi



Signalling Messages

■ Formato dei Messaggi (cont)

- **Protocol Discriminator**: identificatore del protocollo di segnalazione impiegato. Per Q.93B/Q.2931 vale 0x0A;
- **Call Reference**: identifica, localmente alla UNI, la chiamata a cui un messaggio appartiene.

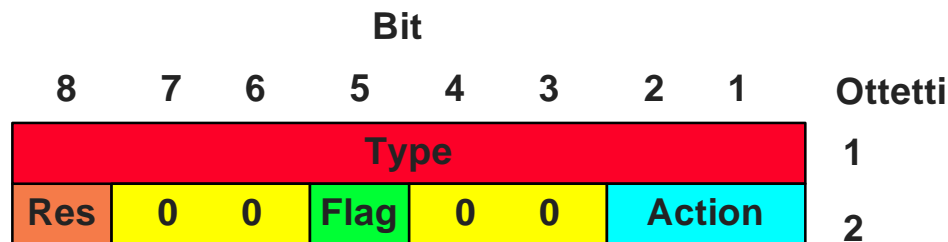


- **Length**: lunghezza in ottetti del campo Call Reference Value;
- **Flag**: Indica quale delle due estremità della PVC di segnalazione ha allocato il call reference:
- **Call Reference Value**: valore assegnato univocamente dal mittente dei messaggi.

Signalling Messages

■ Formato dei Messaggi (cont)

- **Message Type**: Indica il tipo di messaggio e le modalità di gestione dei messaggi non riconosciuti dal destinatario.

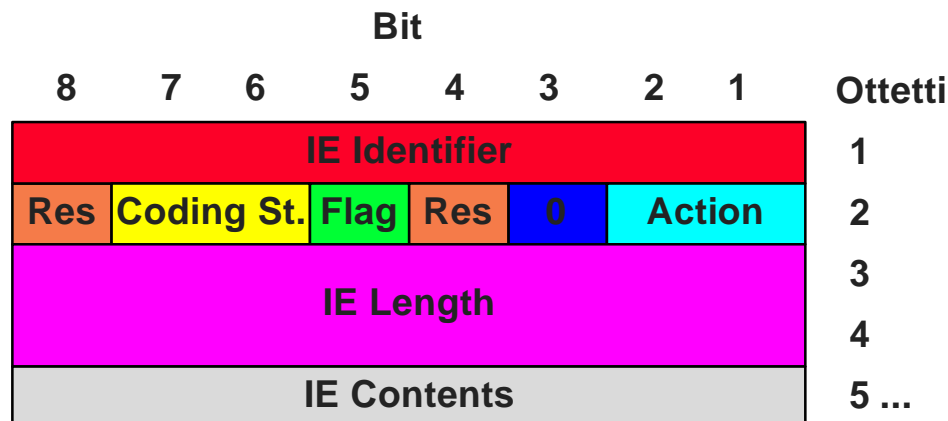


- **Type**: tipo (SETUP, RELEASE, ecc.)
 - **Flag**: 0 = seguire la normale procedura di gestione errori, 1 = seguire l'indicazione Action;
 - **Action**: respingere la chiamata, ignorare il messaggio, effettuare un report;
- **Message Length**: lunghezza in ottetti della parte variabile del messaggio.

Signalling Messages

■ Formato dei Messaggi (cont)

■ Variable Length Information Elements (IE)

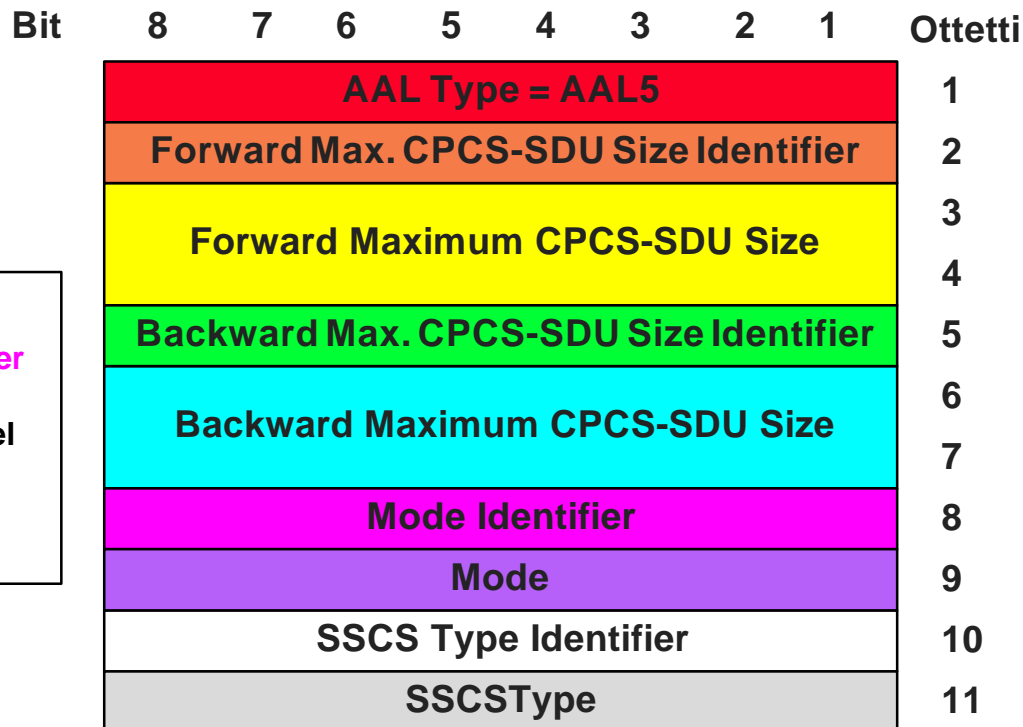


- **IE Identifier**: specifica il tipo di IE;
- **Coding Standard**: modalità secondo cui l'IE è stato codificato (ITU-TS / altri standard);
- **Flag e Action**: usati, come in Message Type, quando un IE non è riconosciuto dal destinatario;
- **IE Length**: lunghezza in ottetti di IE Contents;
- **IE Contents**: contenuti dipendenti dal tipo di IE.

Signalling Messages

■ Principali Information Element

- **AAL Parameters**: specifica i parametri del livello AAL da utilizzarsi sulla connessione in via di apertura. Nel caso di AAL5 il formato di IE Contents è:



NOTA:

i campi **XX Identifier** indicano la presenza nell'IE del campo immediatamente successivo

Signalling Messages

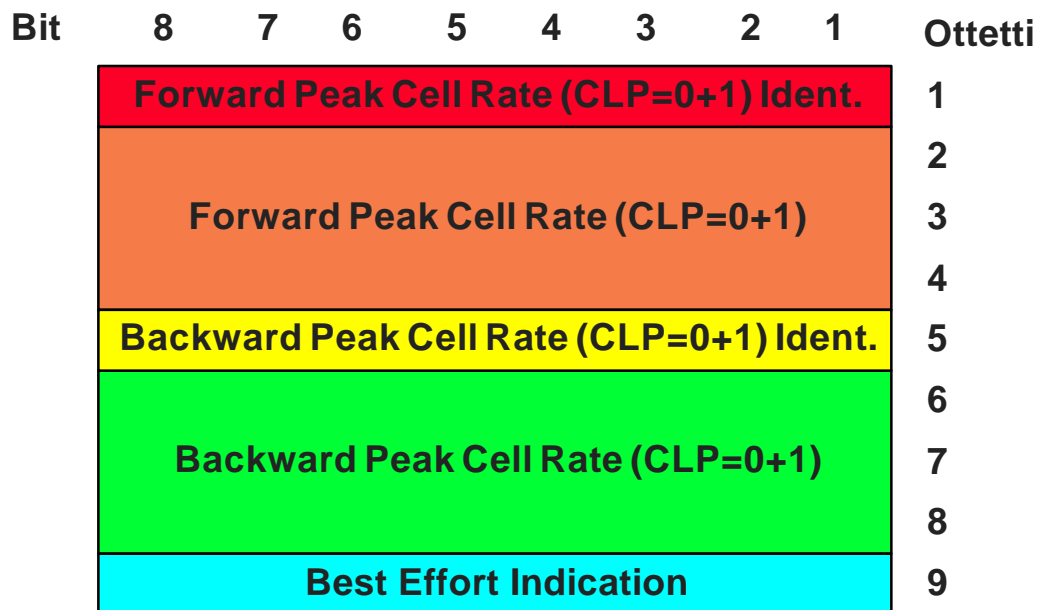
■ Principali Information Element (cont)

- **ATM User cell Rate (UNI v3.0) o ATM Traffic Descriptor (UNI v3.1)** : specifica i parametri del traffico che l'utente intende iniettare sulla connessione. Per ciascuna direzione vengono indicati i valori di:
 - **Peak Cell Rate**;
 - **Sustainable Cell Rate**;
 - **Maximum Burst Size**.
- **Tali valori sono suddivisi ulteriormente in:**
 - **CLP=0**: traffico ad altra priorità;
 - **CLP=0+1**: traffico aggregato.
- La presenza del campo **Best Effort Indicator** impone che la connessione abbia una QoS di Classe 0 (ABR), caratterizzata unicamente da PCR del traffico aggregato.

Signalling Messages

■ Principali Information Element (cont)

- **ATM User cell Rate (UNI v3.0) o ATM Traffic Descriptor (UNI v3.1).** La presenza del campo **Best Effort Indicator** impone che la connessione abbia una QoS di Classe 0 (ABR), caratterizzata unicamente da PCR del traffico aggregato.



Signalling Messages

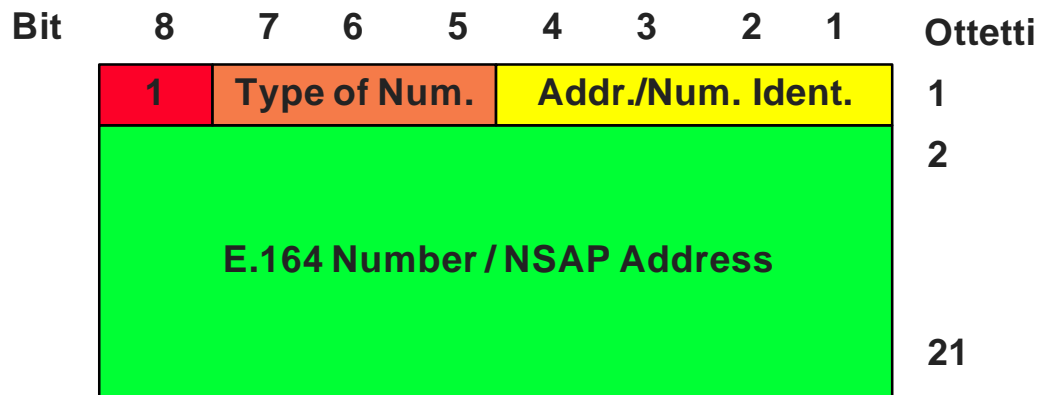
■ Principali Information Element (cont)

- **Broadband Bearear Capability.** Specifica le caratteristiche del traffico offerto:
 - tipo (VBR, CBR, UBR, ABR);
 - requisiti di temporizzazione (isocrono, asincrono);
 - tipo di connessione (punto-punto, punto-multipunto).
- **Broadband Low Layer Information.** Seleziona i protocolli di livello superiore e ne specifica le modalità di trasporto all'interno della VCC (es. incapsulamento di IP mediante LLC/SNAP).
- **QoS Parameter.** Indica la classe di servizio desiderata (es. Unspecified QoS Class 0).

Signalling Messages

■ Principali Information Element (cont)

- **Called Party Number:** indirizzo dell'end system chiamato.
- **Calling Party Number:** indirizzo dell'end system chiamante.

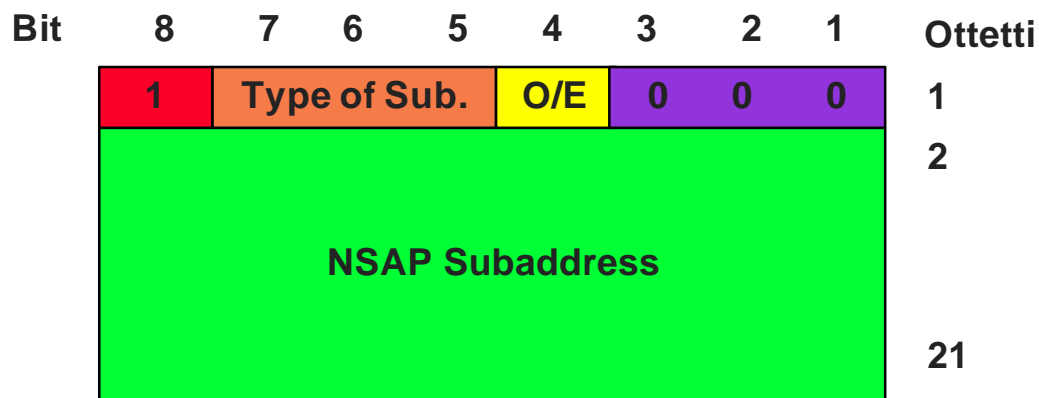


- **Type of Number:** Unknown o International Number;
- **Addressing / Numbering Plan Identification:** ISDN E.164 o ISO NSAP.

Signalling Messages

■ Principali Information Element (cont)

- **Called Party Subaddress**: specifica un indirizzo secondario dell'end system chiamato.
- **Calling Party Number**: specifica un indirizzo secondario dell'end system chiamante.

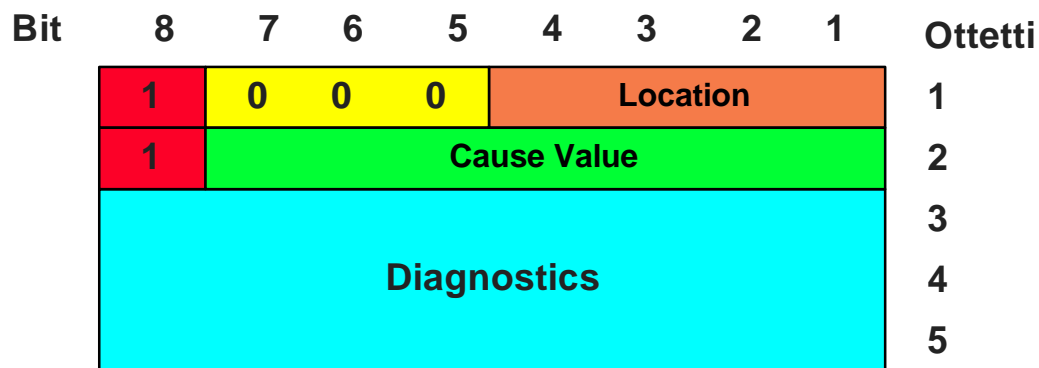


- **Type of Subaddress**: ISO NSAP;
- **Odd / Even Indicator**: Not used.

Signalling Messages

■ Principali Information Element (cont)

- **Cause**: descrive i motivi per cui si sono verificate condizioni di errore durante la procedura di segnalazione e fornisce informazioni diagnostiche.

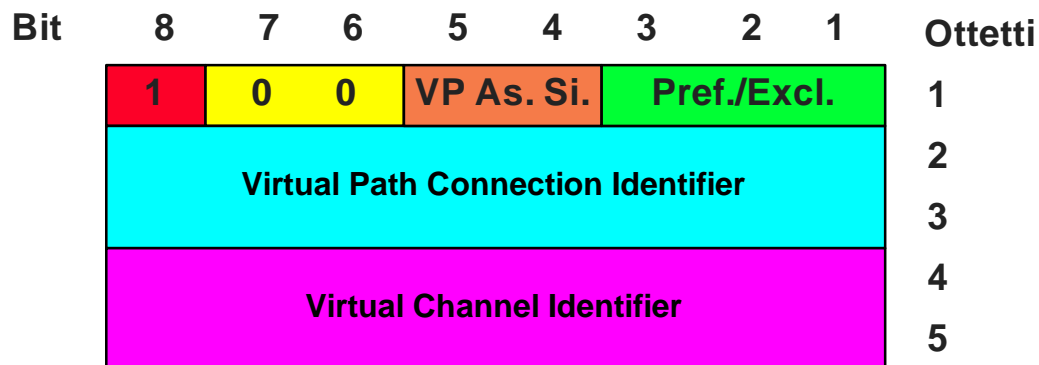


- **Location**: luogo ove si è verificato l'errore (utente locale, rete dell'utente locale, rete di transito, rete dell'utente remoto, ecc);
- **Cause Value**: codice dell'errore;
- **Diagnostics**: informazioni specifiche sull'errore;

Signalling Messages

■ Principali Information Element (cont)

- **Connection Identifier:** identifica a livello locale la connessione appena creata.



- **Preferred / Exclusive:** indica se è l'utente oppure la rete ad assegnare i valori di VPCI e VCI;
- **Virtual Path Connection Identifier:** numericamente equivalente a VPI, gli otto bit più significativi sono nulli;
- **Virtual Channel Identifier:** numericamente equivalente a VCI.

ATM Forum UNI v3.0 / v3.1 Agenda

■ Physical Layer Specification

- SONET STS-3c / SDH STM-1 155 Mbps
- DS-3 44 Mbps
- TAXI 100 Mbps
- 155 Mbps

■ ATM Layer Specification

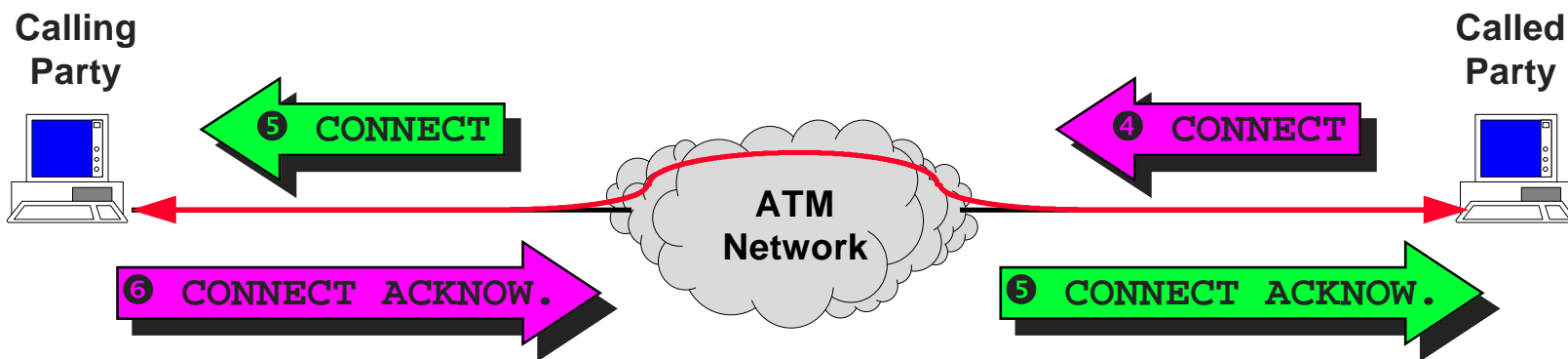
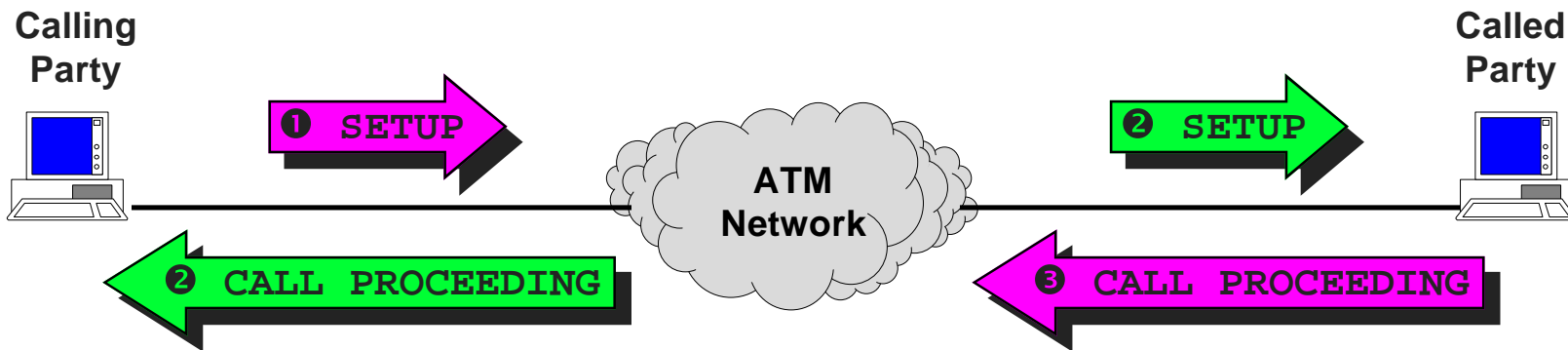
- Traffic Management

■ UNI Signalling

- Addressing
- Messages
- **Procedures**

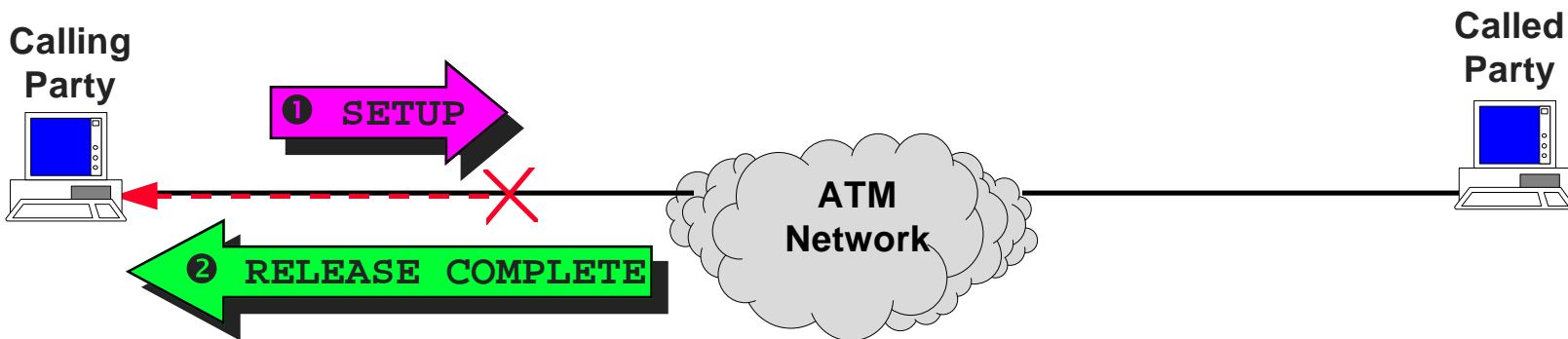
Signalling Procedures

- Chiamata, accettazione e creazione di una nuova VCC.

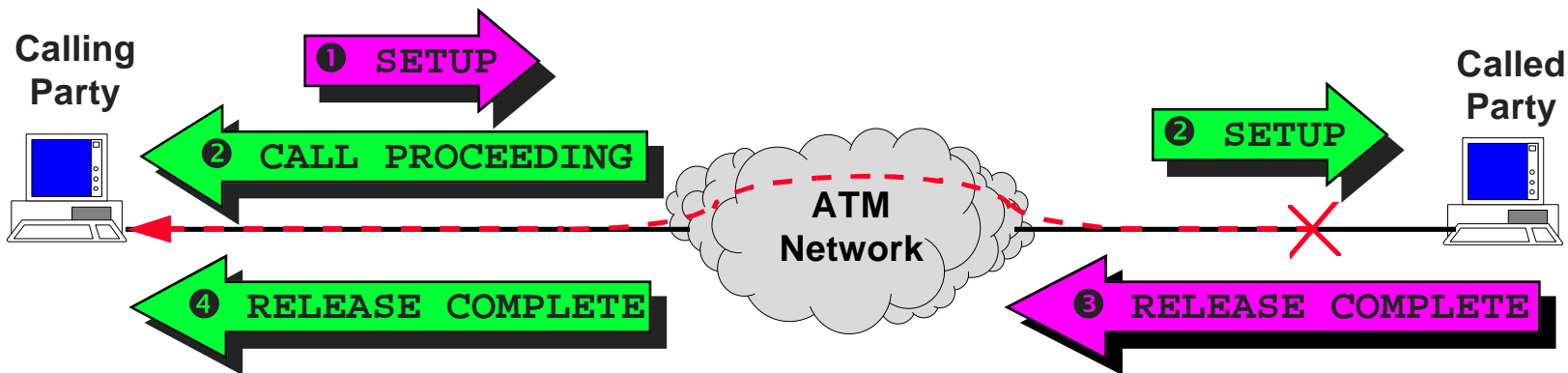


Signalling Procedures

- Chiamata rifiutata dalla rete (es. mancanza di risorse)

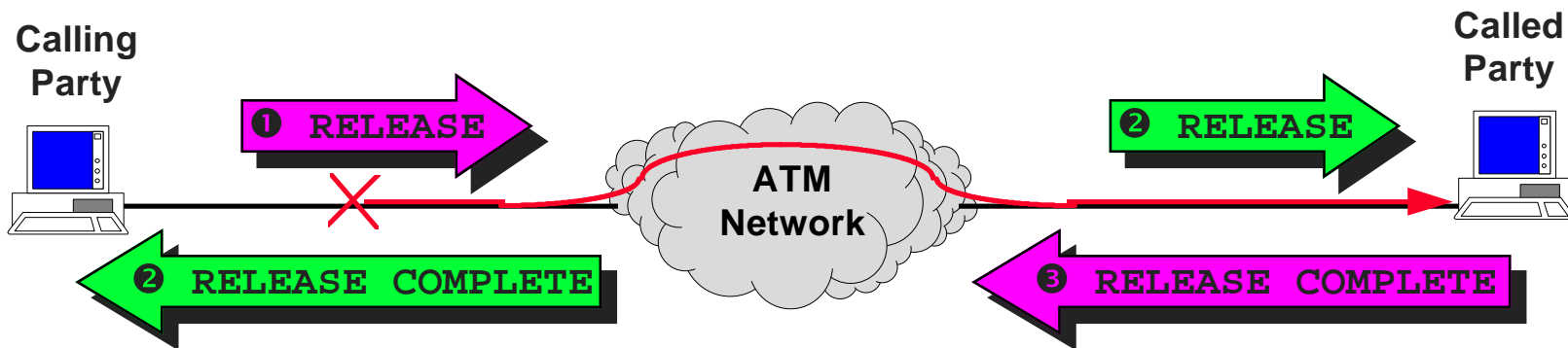


- Chiamata rifiutata dal destinatario (es. QoS non supp.)

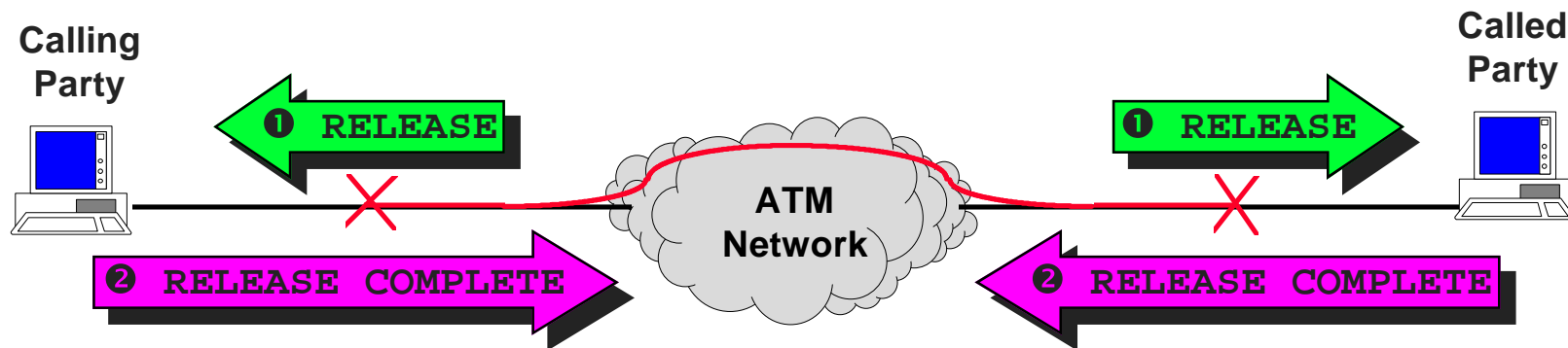


Signalling Procedures

■ Rilascio di una VCC attuato da un utente

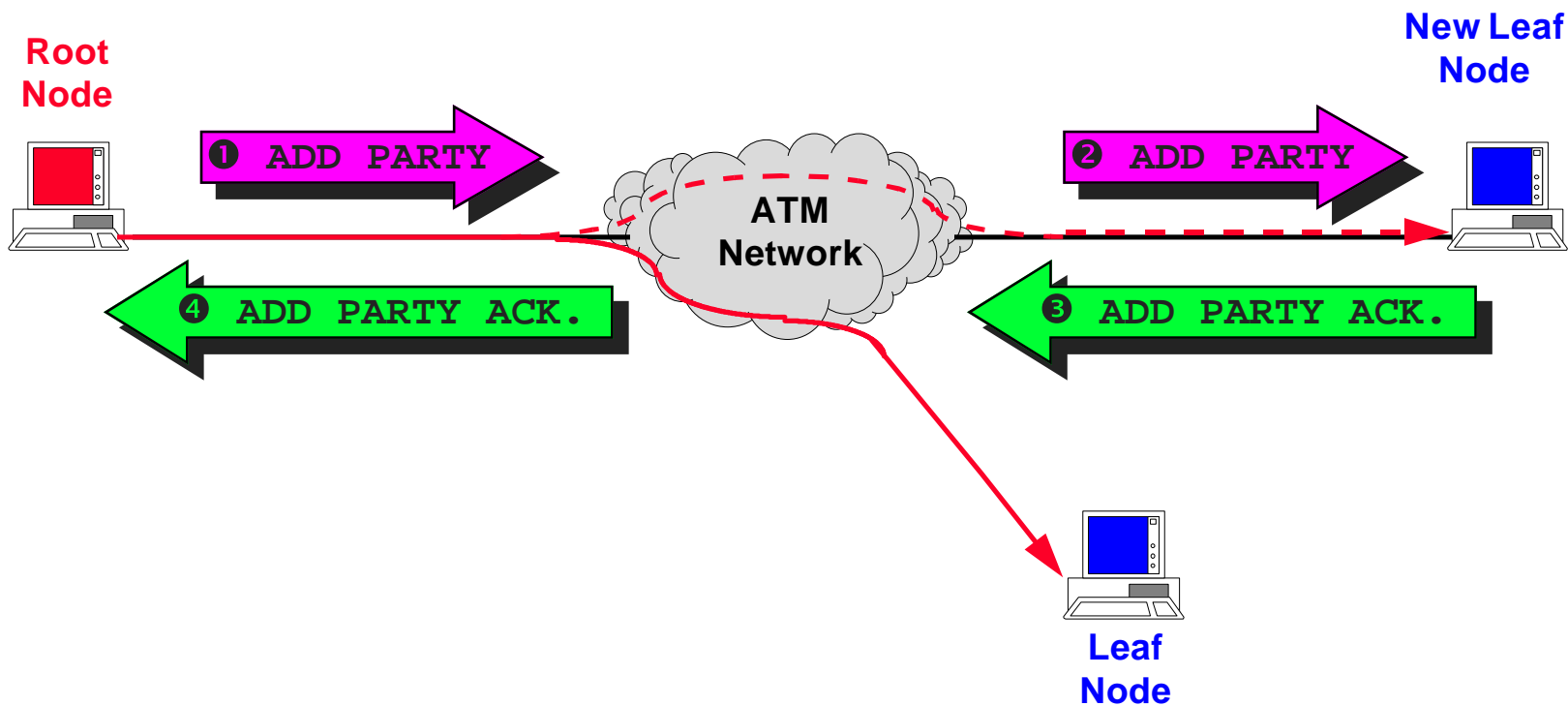


■ Rilascio di una VCC attuato della rete



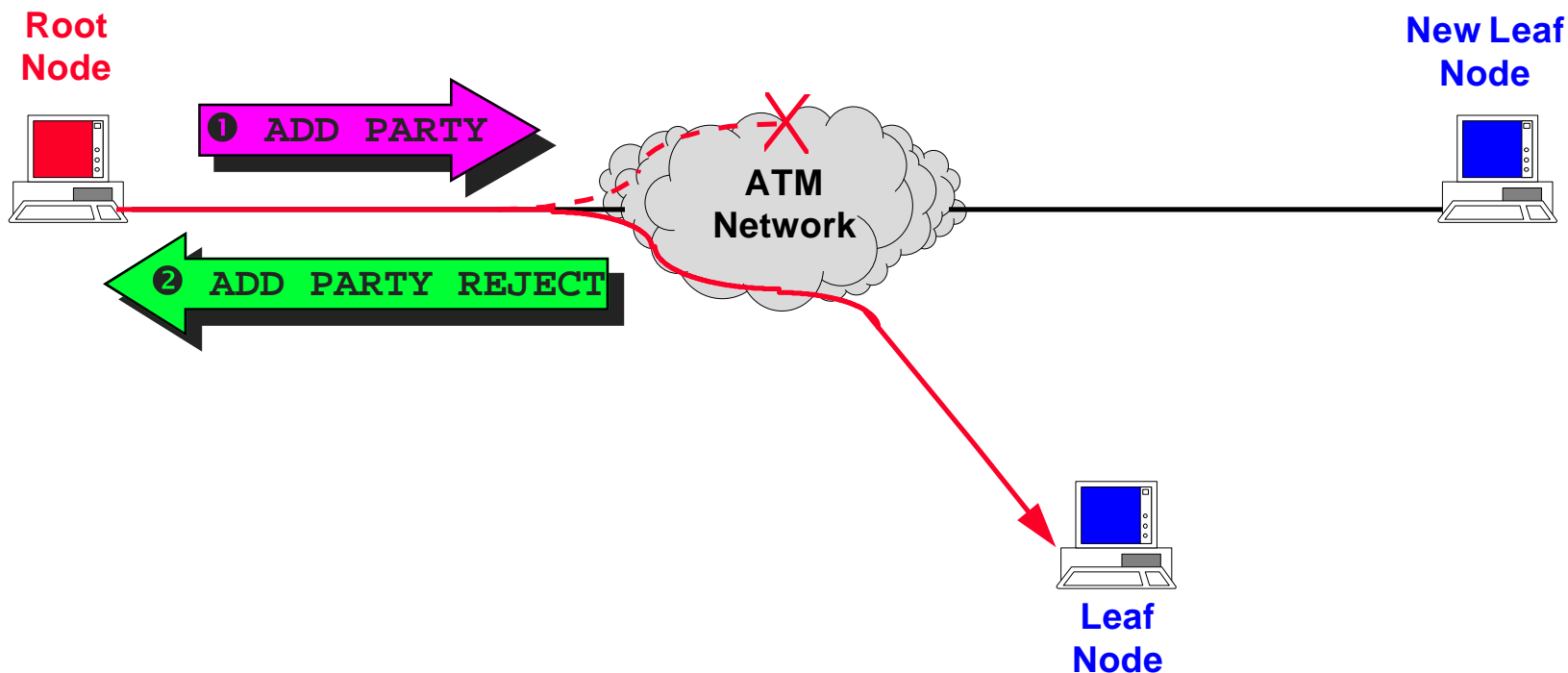
Signalling Procedures

- Aggiunta di un nuovo Leaf Node ad una VCC punto-multipunto già attivata:



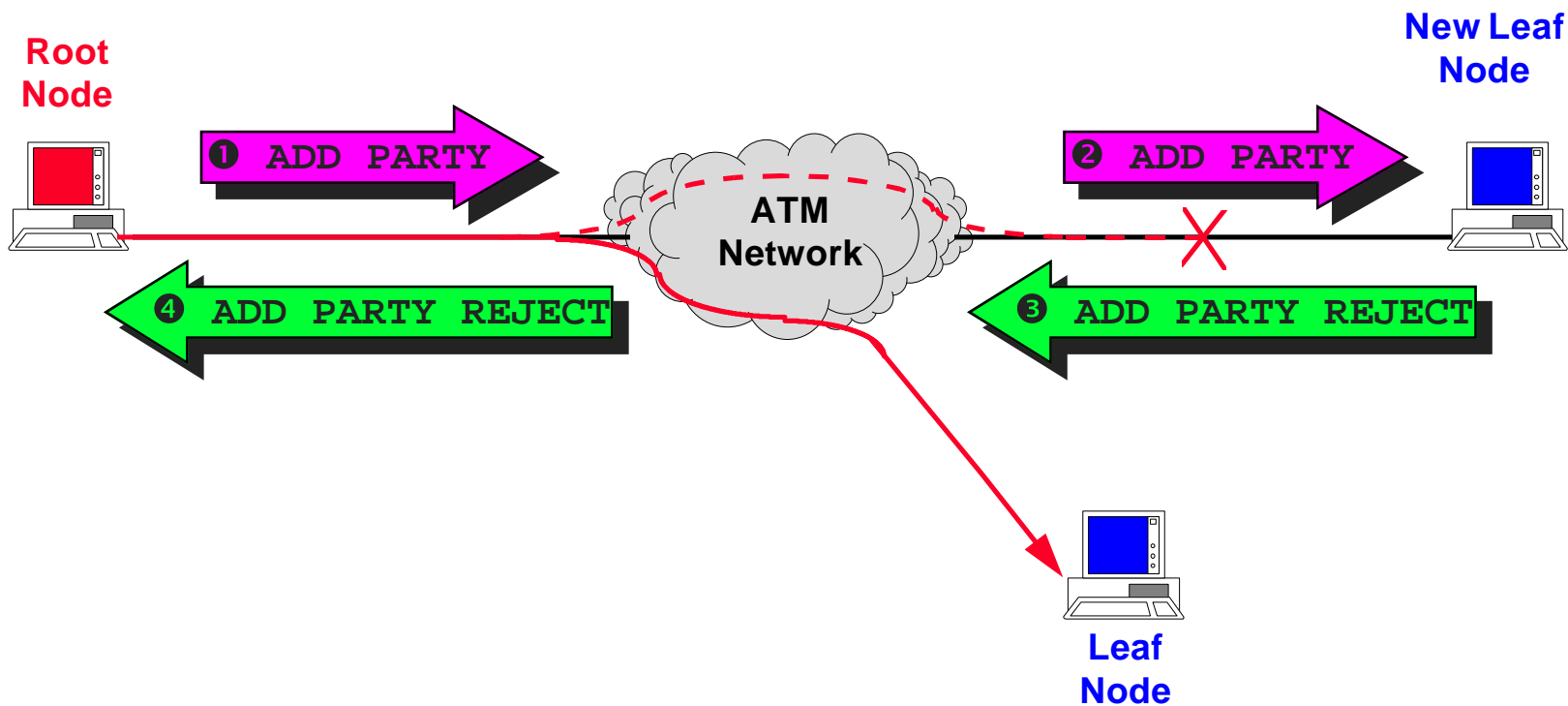
Signalling Procedures

- Impossibilità da parte della rete di aggiungere un nuovo Leaf Node ad una VCC punto-multipunto già attivata (es. mancanza di risorse)



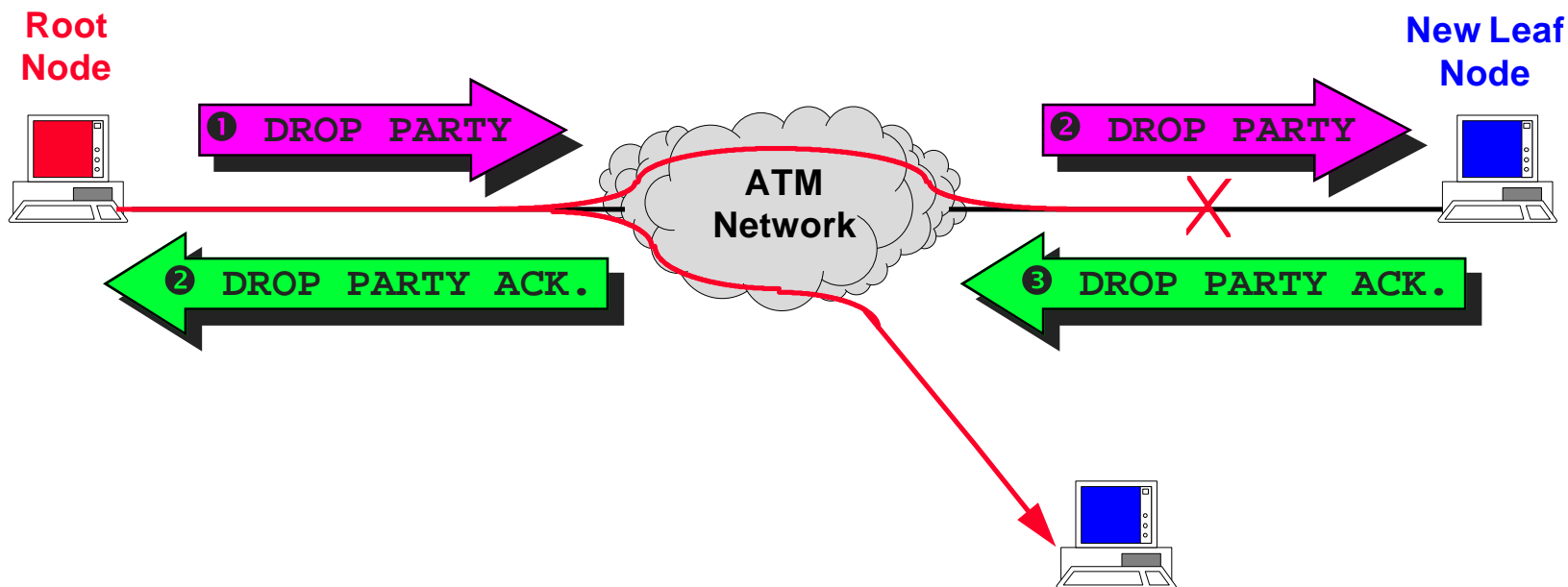
Signalling Procedures

- Rifiuto da parte di un end node di entrare a far parte di una VCC punto-multipunto (es. QoS non supportata)



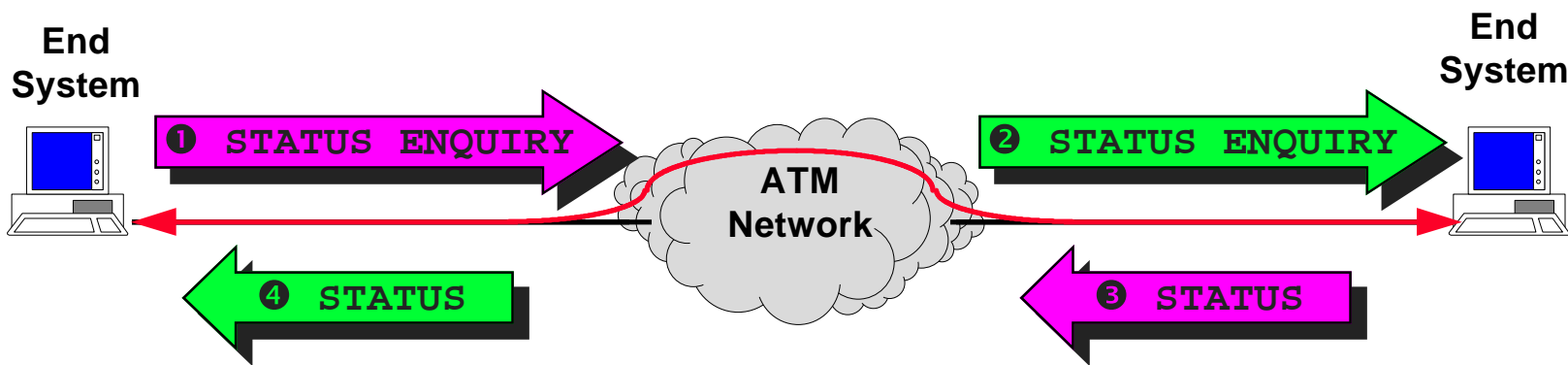
Signalling Procedures

- Eliminazione di un Leaf Node da una VCC punto-multipunto



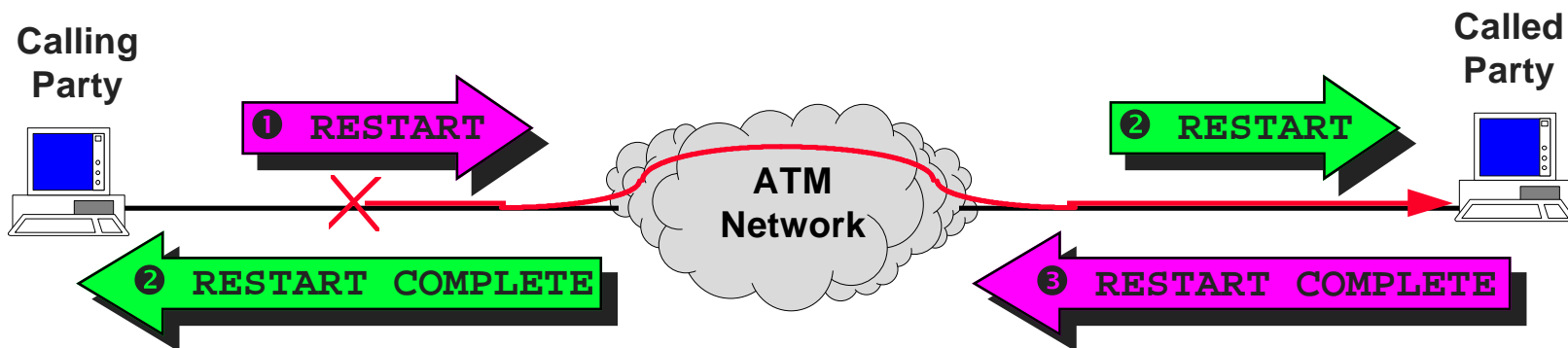
Signalling Procedures

- Richiesta di informazioni sullo stato di una VCC



Signalling Procedures

- Reset di una o più VCC tra due end-system attuato da un utente



- Reset di una o più VCC tra due end-system attuato dalla rete

