

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni



Corso di Reti di Calcolatori

Docente: Simon Pietro Romano
spromano@unina.it

Asynchronous Transfer Mode – ATM

X.25 – Frame Relay

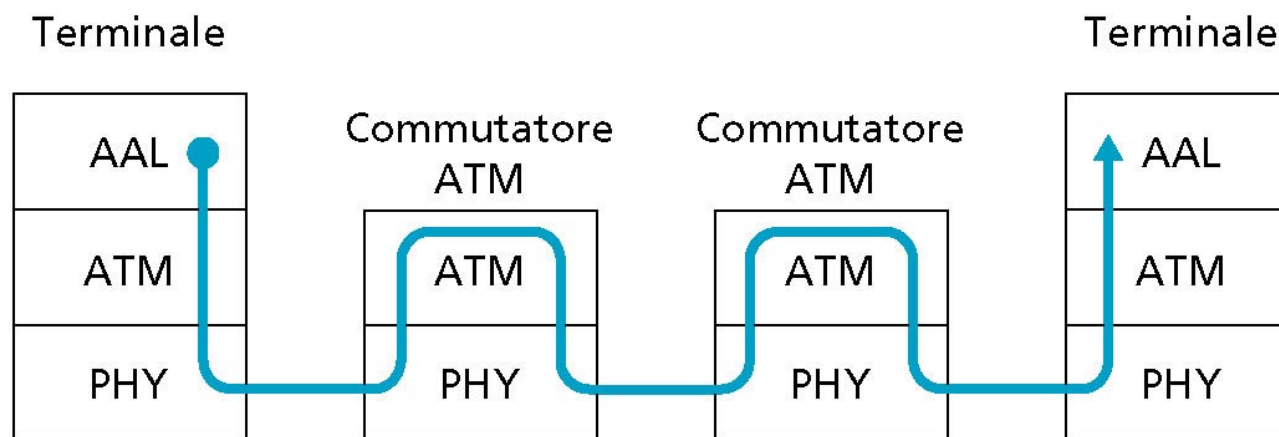


Asynchronous Transfer Mode: ATM

- **Anni 1980/1990:**
 - **Un nuovo standard per un'architettura di rete ad alta velocità** (da 155Mbps fino a 622 Mbps ed oltre):
 - *Broadband Integrated Services Digital Network – B-ISDN*
- **Obiettivo:** trasporto integrato, end-to-end, di dati, voce e video:
 - capace di rispettare i requisiti di isocronia e di Quality of Service (QoS) imposti dalla trasmissione di voce e video:
 - si supera il paradigma *best-effort* di Internet
 - una nuova generazione di reti per la fonia, che affonda le sue radici tecniche nel mondo delle comunicazioni telefoniche tradizionali
 - commutazione di pacchetto (con pacchetti di dimensione fissa, detti *celle*) tramite circuiti virtuali



ATM: l'architettura



- **ATM Adaptation Layer (AAL)**
 - Solo alla frontiera della rete:
 - Segmentazione e “riasseblaggio” dei dati
 - Paragonabile al livello trasporto di Internet
- **ATM layer**
 - Il livello “rete”
 - Commutazione di celle, instradamento
- **Physical layer**



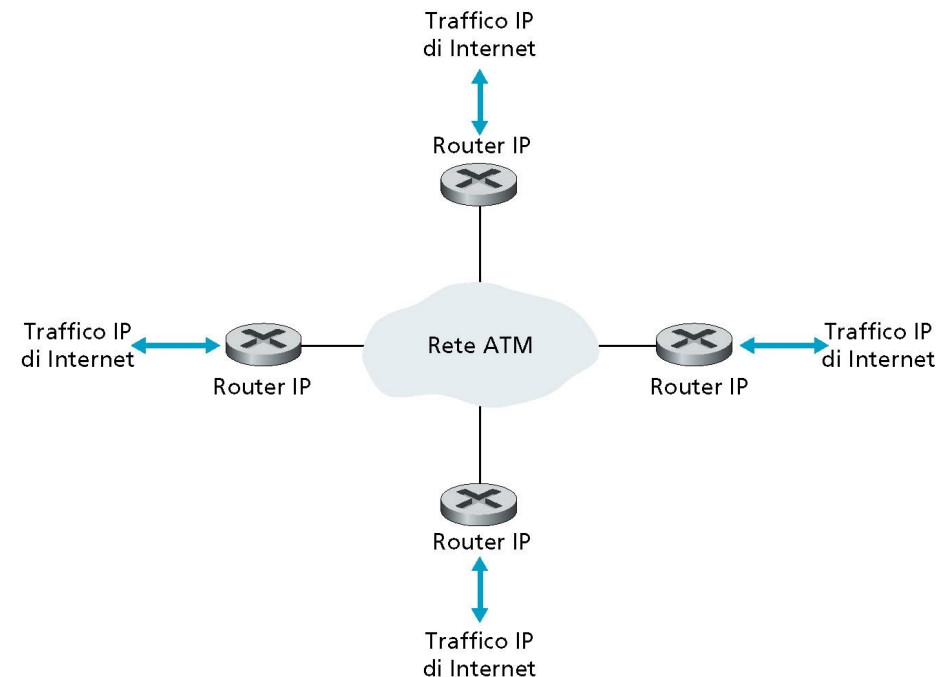
ATM: livello data link o livello rete?

Visione: trasporto end-to-end: “ATM da desktop a desktop”

- ATM *è una tecnologia di rete*

Realtà: utilizzata per interconnettere i router di backbone di Internet

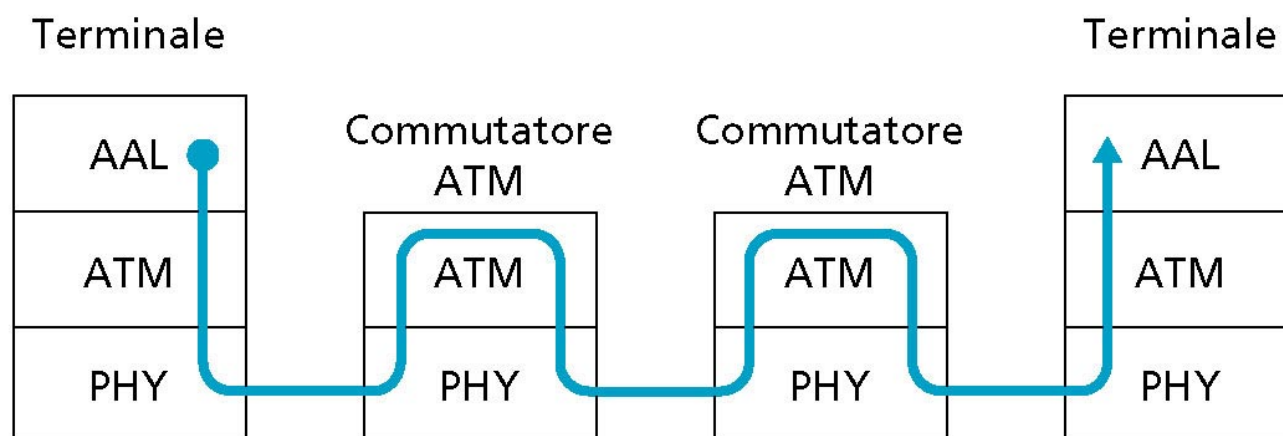
- “IP over ATM”
- ATM come livello data link “a commutazione” per collegare router IP





ATM Adaptation Layer (AAL) -- 1/2

- “Adatta” i livelli superiori (IP o applicazioni ATM native) al livello ATM sottostante
- Presente solo negli **end system**, non negli switch
- Un segmento AAL (header, dati e trailer) viene frammentato in molteplici celle ATM
 - analogia: segmento TCP trasportato in molteplici pacchetti IP

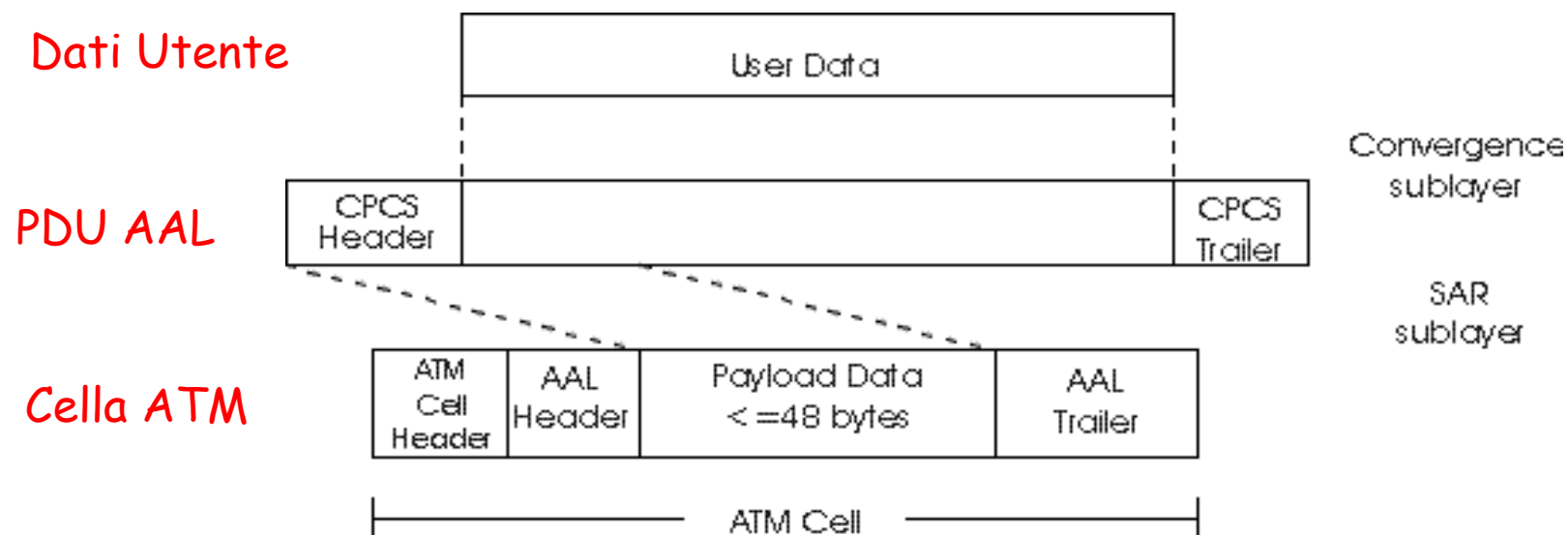




ATM Adaption Layer (AAL) – 2/2

Differenti versioni del livello AAL, in funzione della *classe di servizio* ATM:

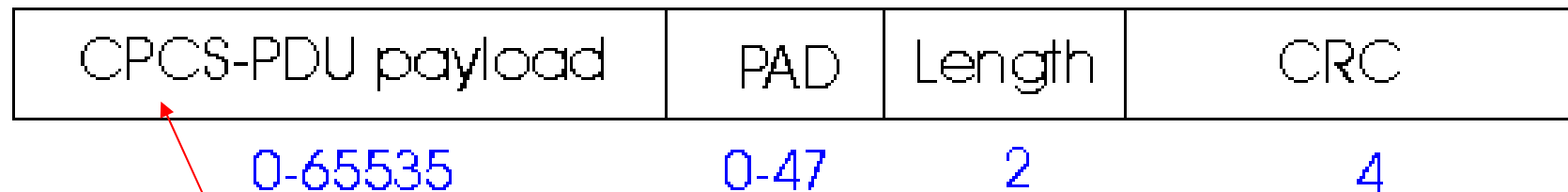
- **AAL1:** per i servizi CBR (*Constant Bit Rate*):
 - Es: emulazione di circuito
- **AAL2:** per i servizi VBR (*Variable Bit Rate*):
 - Es: video MPEG
- **AAL5:** per la trasmissione dati (es: datagrammi IP)





AAL5 - Simple And Efficient AL (SEAL)

- **AAL5:**
 - Basso overhead
 - Usato per trasportare datagrammi IP
 - Impiego di un codice CRC (*cyclic redundancy check*) a 4 byte
 - Il payload è reso multiplo di 48 byte grazie ad un campo di riempimento (*PAD*)
 - Celle dati AAL5 di grandi dimensioni vengono frammentate in celle ATM di 48 bit ciascuna



CPCS: Common Part
Convergence Sublayer



ATM Layer

- Trasporto delle celle attraverso la rete ATM
- Analogo al livello rete di Internet...
- ...ma con servizi del tutto diversi!

Network Architecture	Service Model	Guarantees ?				Congestion feedback
		Bandwidth	Loss	Order	Timing	
Internet	best effort	none	no	no	no	no (inferred via loss)
ATM	CBR	constant rate	yes	yes	yes	no congestion
ATM	VBR	guaranteed rate	yes	yes	yes	no congestion
ATM	ABR	guaranteed minimum	no	yes	no	yes
ATM	UBR	none	no	yes	no	no



ATM Layer: circuiti virtuali

- **Circuiti Virtuali (Virtual Circuits – VC):**
 - Le celle sono trasportate su di un VC dalla sorgente alla destinazione
 - Creazione del circuito (*call setup*) prima dell'invio dei dati
 - Eliminazione del circuito (*teardown*) al termine della trasmissione
 - Ogni cella trasporta un identificativo di circuito virtuale (VCI: VC Identifier):
 - Non è presente, nella cella, nessun identificativo della destinazione
 - **Ogni** switch lungo il percorso sorgente-destinazione mantiene informazioni di “stato” per tutte le connessioni che lo attraversano
 - Le risorse del canale e dello switch (capacità trasmissiva, buffer) possono essere dedicate ad un particolare VC:
 - Prestazioni paragonabili a quelle di un circuito dedicato!
- **Circuiti Virtuali Permanenti – Permanent VC (PVC)**
 - Per connessioni di lunga durata
 - Tipicamente impiegati per collegare in modo “permanente” due router IP
- **Circuiti Virtuali Commutati – Switched VC (SVC):**
 - Creazione dinamica di circuiti dedicati ad una singola comunicazione



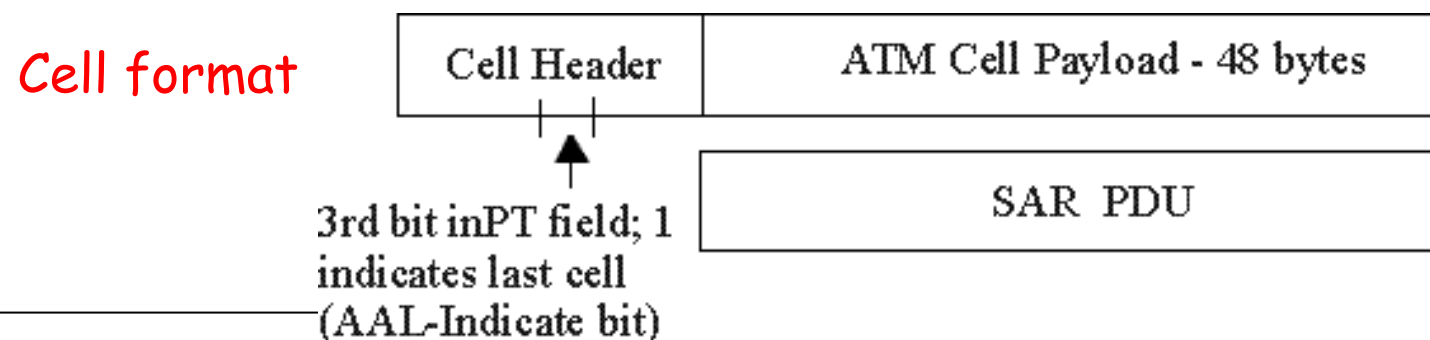
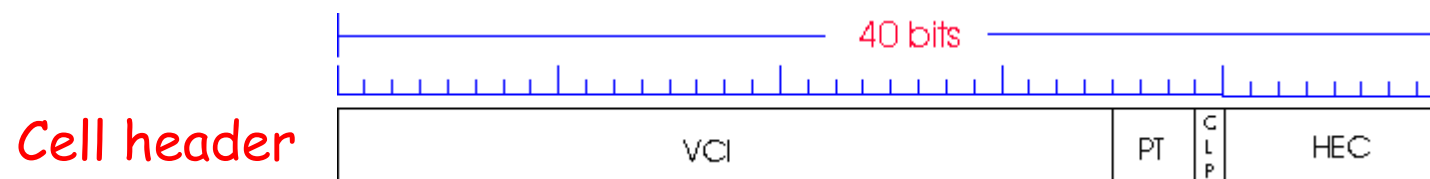
Circuiti Virtuali ATM

- **Vantaggi dell'approccio "a circuiti virtuali" ATM:**
 - Garanzie di QoS per una connessione associata ad uno specifico VC:
 - Capacità trasmissiva, ritardo, varianza del ritardo (jitter)
- **Svantaggi dell'approccio "a circuiti virtuali" ATM:**
 - Trasporto poco efficiente del traffico dati
 - Circuiti permanenti:
 - Un PVC per ogni coppia sorgente-destinazione:
 - Soluzione non scalabile:
 - » Necessità di instaurare N^2 connessioni
 - Circuiti commutati:
 - Gli SVC introducono:
 - Un'ulteriore latenza dovuta alla creazione del circuito
 - Un overhead di elaborazione non trascurabile per le connessioni di breve durata



ATM Layer: la cella ATM

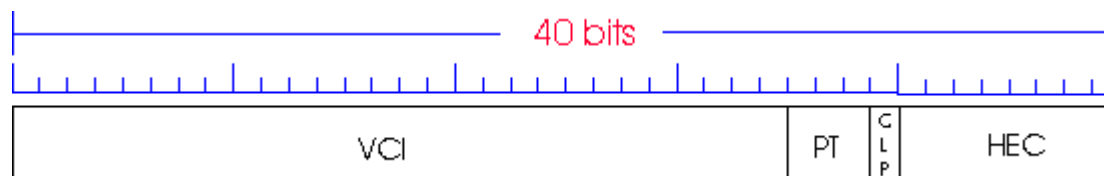
- Header della cella ATM:
 - 5 byte
- Payload:
 - 48-byte
 - Perché?:
 - Payload piccolo → ritardo limitato di creazione della cella per la voce in formato digitale
 - Un valore di compromesso tra 32 e 64





Header delle celle ATM

- **VCI:** Virtual Circuit Identifier
 - Cambia da link a link attraverso la rete
- **PT:** Payload type
 - Es:
 - Celle di gestione delle risorse (Resource Management – RM)
 - Celle “dati”
- **CLP:** bit Cell Loss Priority
 - CLP = 1 → cella a bassa priorità:
 - Può essere eliminata in caso di congestione
- **HEC:** Header Error Checksum
 - Codice ciclico (cyclic redundancy check)





ATM Physical Layer

Due sottolivelli:

- **Transmission Convergence Sublayer (TCS):**
 - Adatta il livello ATM al sottostante livello dipendente dal mezzo fisico
- **Physical Medium Dependent:**
 - Dipende, appunto, dal particolare mezzo fisico impiegato

Funzioni del TCS:

- Produzione della checksum
 - codice CRC a 8 bit
- *Demarcazione* delle celle
- In presenza di livelli fisici “non strutturati”:
 - trasmissione di **celle vuote (“idle”)** quando non ci sono dati da inviare



ATM Physical Layer

Physical Medium Dependent (PMD) sublayer

- **SONET/SDH (Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy):**
 - Struttura della frame* di trasmissione:
 - un “contenitore di bit”
 - Sincronizzazione dei bit
 - Suddivisione della banda (TDM)
 - Differenti velocità:
 - » OC1 = 51.84 Mbps; OC3 = 155.52 Mbps; OC12 = 622.08 Mbps
- **TI/T3:**
 - Struttura della frame di trasmissione:
 - gerarchia telefonica classica
 - 1.5 Mbps/45 Mbps
- **Unstructured:**
 - Nessuna struttura di frame:
 - Soltanto celle
 - Suddivisione in
 - » Busy
 - » Idle

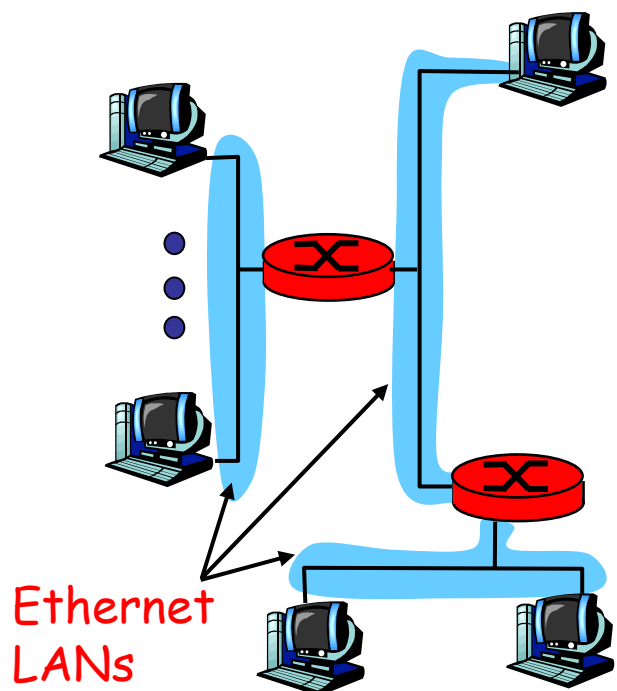
*NB: Al livello fisico, una frame di trasmissione è un meccanismo simile al TDM atto ad organizzare i bit inviati su un link



IP over ATM

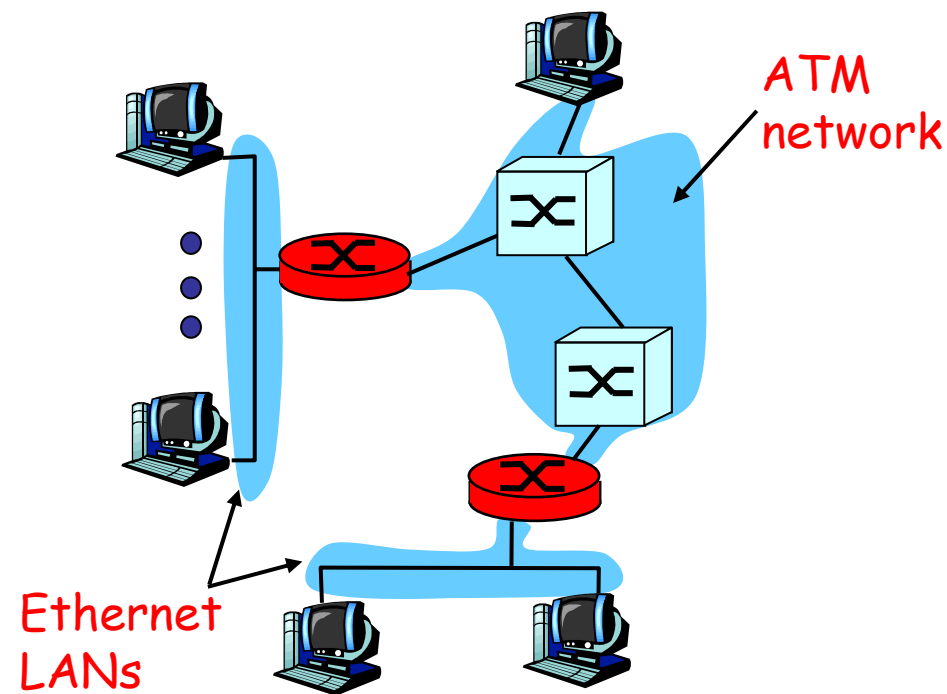
IP "classico"

- 3 reti:
 - Es: segmenti di LAN
- Indirizzi MAC (802.3) ed IP



IP over ATM

- Si rimpiazzano uno o più segmenti LAN con una rete ATM
- Indirizzi ATM ed indirizzi IP

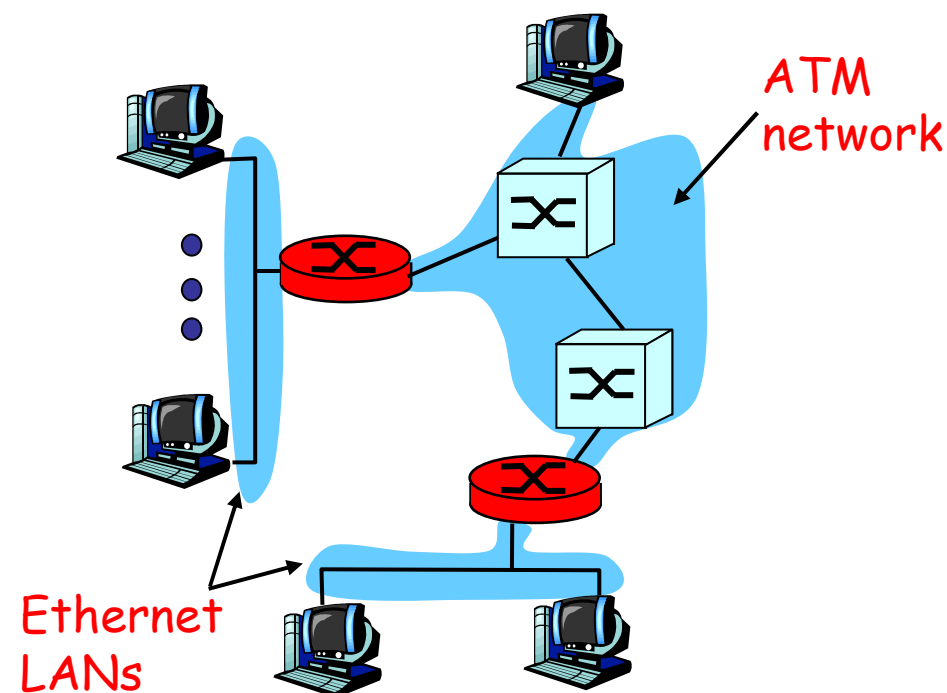




IP over ATM

Problemi:

- Datagrammi IP all'interno di PDU ATM di tipo AAL5
- Dagli indirizzi IP agli indirizzi ATM
 - Problema simile alla traduzione degli indirizzi IP in indirizzi MAC!





“Viaggio” di un datagramma in una rete IP over ATM

- **Host sorgente:**
 - Il livello IP determina l'associazione tra indirizzo IP ed indirizzo ATM della destinazione
 - Impiego del protocollo ARP
 - Il datagramma IP viene passato ad AAL5
 - AAL5
 - incapsula i dati
 - li suddivide in celle
 - passa le celle al livello ATM
- **Rete ATM:**
 - Trasporta le celle attraverso un circuito virtuale, fino a raggiungere la destinazione
- **Host destinazione:**
 - AAL5 riassembla le celle nel datagramma originale
 - Se il CRC dà esito positivo, il datagramma è passato al livello IP



ARP nelle reti ATM

- La rete ATM ha bisogno di informazioni sull'indirizzo ATM destinazione...
 - ...così come Ethernet ha bisogno dell'indirizzo Ethernet destinazione
- Traduzione tra indirizzi IP ed indirizzi ATM
 - ATM ARP (ATM Address Resolution Protocol)
 - Un server ARP nella rete ATM diffonde informazioni relative alla richiesta ATM ARP a tutti i dispositivi connessi
 - Gli host registrano il proprio indirizzo ATM presso il server per evitare l'overhead dovuto alla ricerca



Risoluzione degli indirizzi

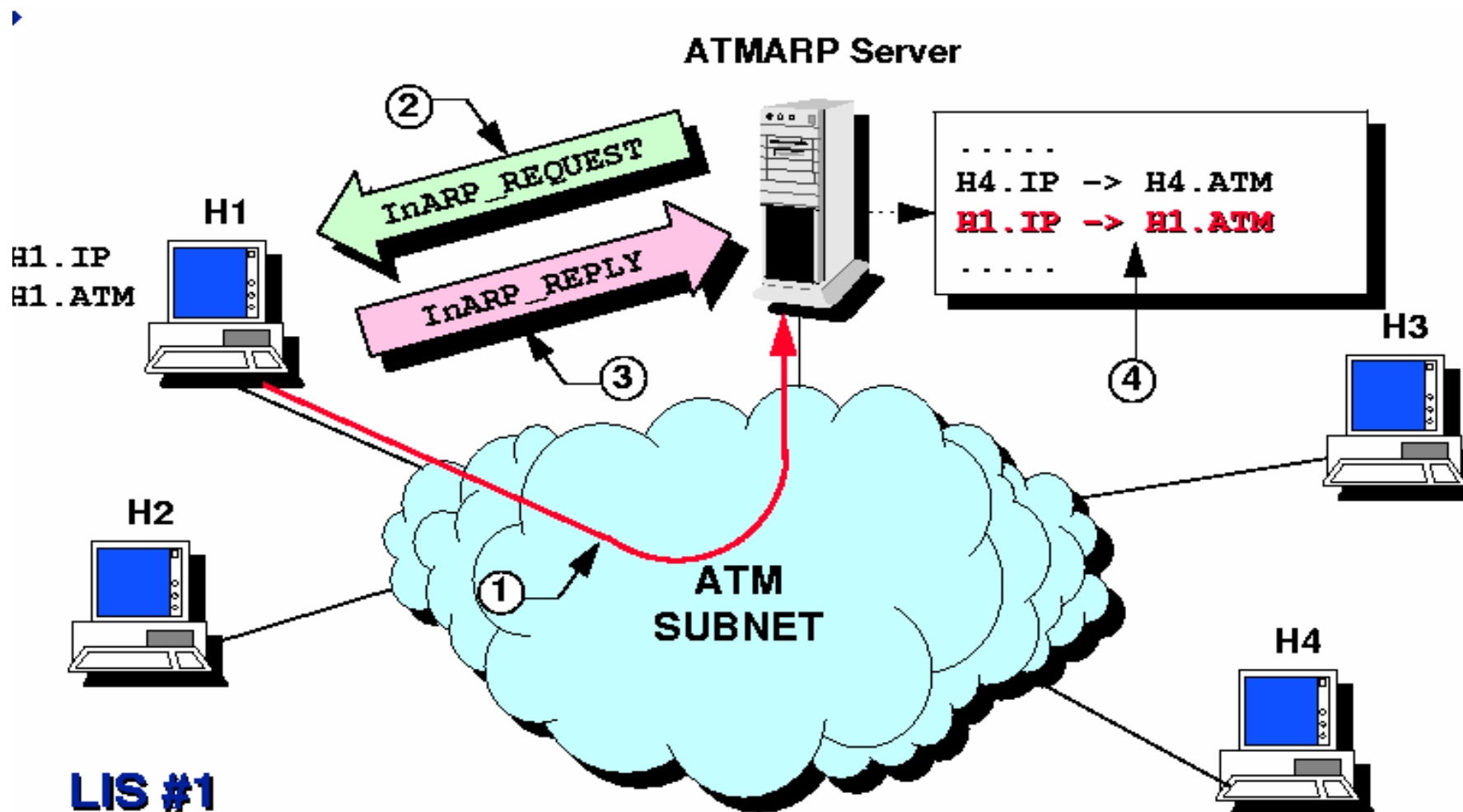
ATMARP → ATM Address Resolution Protocol

InATMARP → Inverse ATM Address Resolution Protocol

Estensioni di ARP e RARP, volte al supporto della
risoluzione degli indirizzi in ambiente ATM

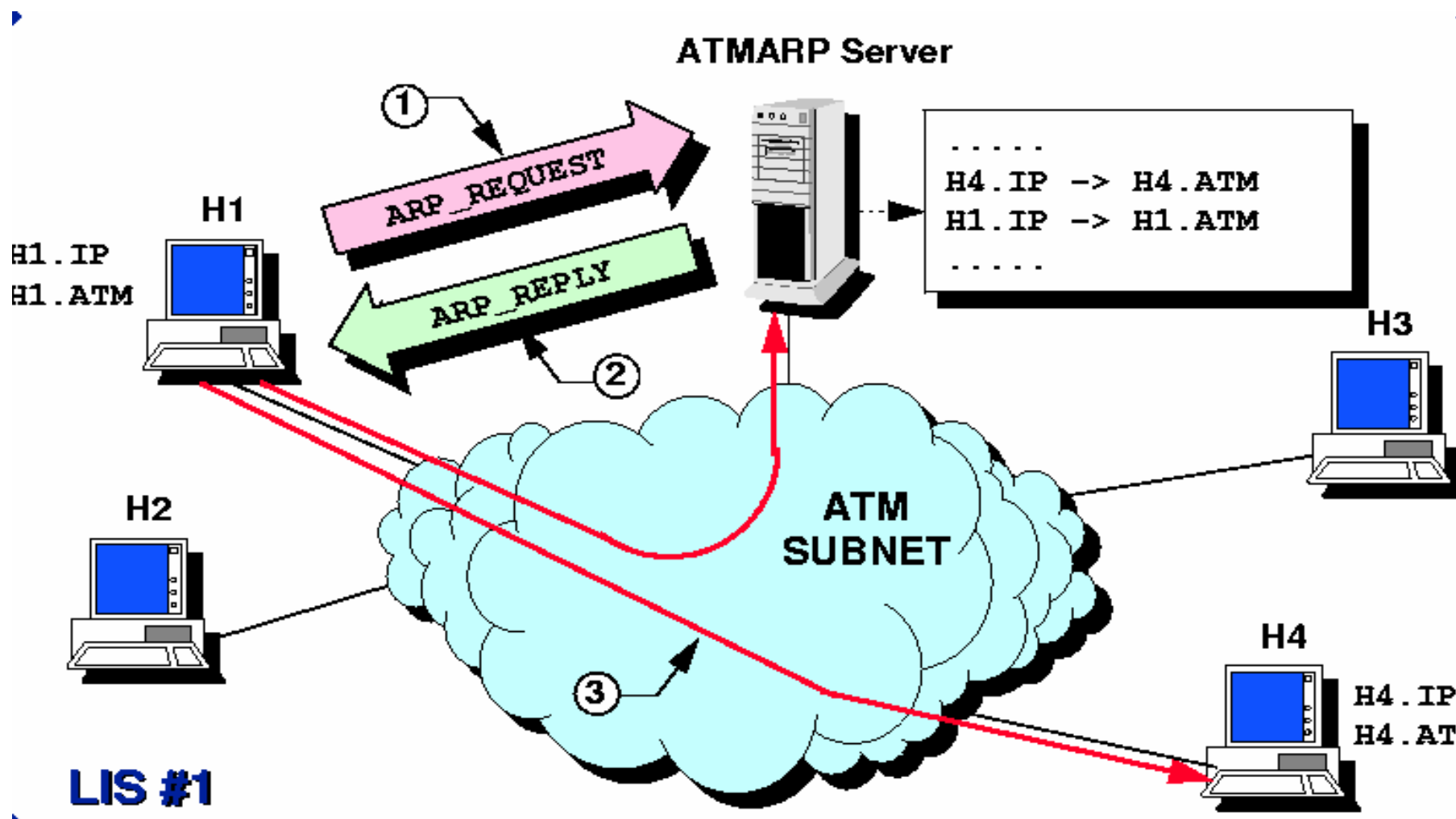


Registrazione presso il server ATMARP





SVC: il funzionamento di ATMARP





X.25 e Frame Relay

Come ATM:

- Tecnologie di rete su scala geografica
- Orientate ai circuiti virtuali
- Origini nel mondo della telefonia
- Possono essere utilizzate per trasportare datagrammi IP
 - Dal punto di vista del protocollo IP, possono quindi essere viste come tecnologie di livello data link



X.25

- X.25 crea circuiti virtuali tra sorgente e destinazione per ogni connessione degli utenti
- **Controllo “hop-by-hop” lungo il percorso**
 - Controllo degli errori (con ritrasmissioni) su ogni collegamento punto-punto tra switch della rete
 - Controllo di flusso su ogni hop mediante un meccanismo a crediti:
 - Appena un nodo rileva la congestione, ne invia notifica al nodo precedente lungo il percorso...
 - ...tale notifica si propaga all'indietro fino a raggiungere la sorgente
 - *back pressure*



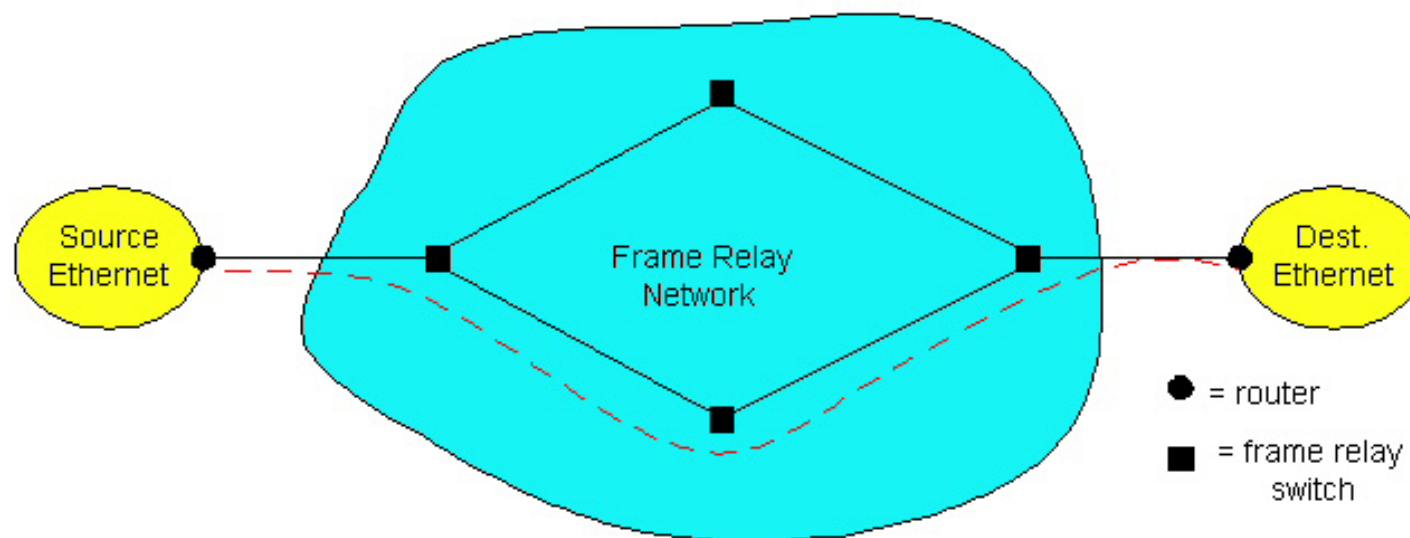
IP vs X.25

- X.25:
 - Consegna affidabile
 - Mantenimento della sequenza dei dati trasmessi
 - Trasferimento end-to-end
 - “intelligenza nella rete”
- IP:
 - Consegna inaffidabile
 - Consegna dei dati senza mantenimento della sequenza di trasmissione
 - Trasferimento end-to-end
 - “intelligenza nei nodi terminali”



Frame Relay

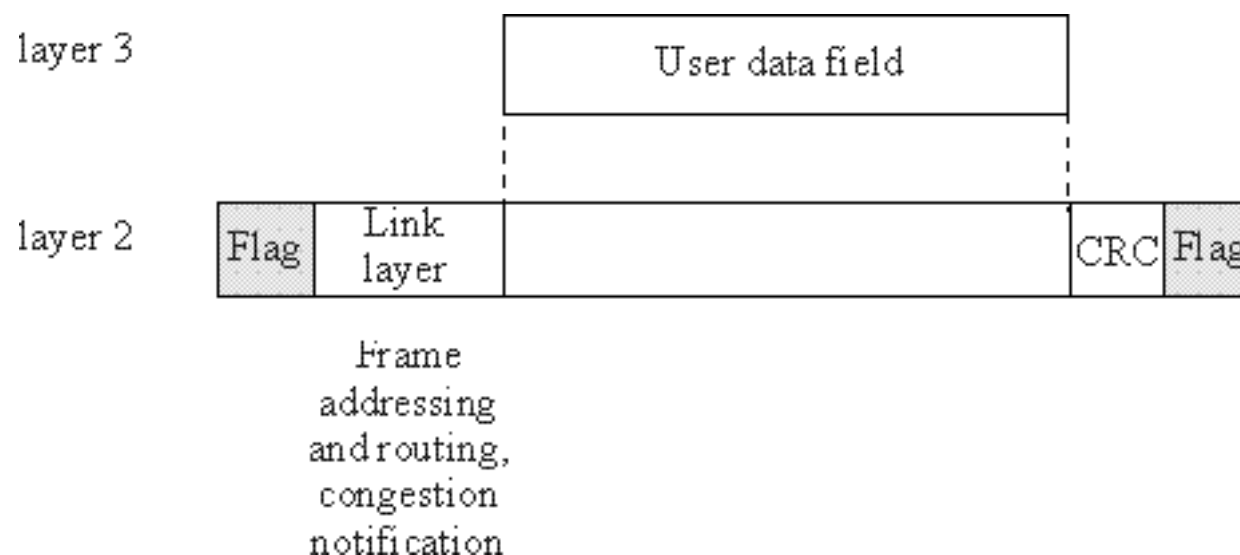
- Progettata nei tardi anni '80
- Ampiamente diffusa negli anni '90
- Servizio Frame Relay:
 - Nessun controllo degli errori
 - Controllo di congestione end-to-end





Frame Relay: caratteristiche

- Progettata per interconnettere reti LAN di clienti *corporate*:
 - Impiego di circuiti virtuali permanenti:
 - Una sorta di “**pipe**” per il trasporto di traffico aggregato tra due router
 - Impiego dei circuiti virtuali commutati: come in ATM
- I clienti corporate tipicamente noleggiavano il servizio Frame Relay da un fornitore pubblico di tali reti (Sprint, ATT, Telecom Italia...)





Frame Relay: la frame



- **Flag:**
 - 01111110 → delimitazione della frame
- **address:**
 - Campo di 10 bit per identificare il VC
 - 3 bit di controllo della congestione:
 - FECN: *Forward Explicit Congestion Notification*
 - Impiegato in caso di congestione lungo il percorso
 - BECN: *Backward Explicit Congestion Notification*
 - Impiegato nel verso opposto
 - DE: *Discard Eligibility*



Frame Relay: controllo velocità di trasmissione

- **Committed Information Rate (CIR)**
 - Velocità “garantita” per ogni VC
 - Negoziata in occasione della configurazione del VC
 - Il cliente *paga* in base al valore del CIR
- **DE bit: Discard Eligibility bit**
 - Lo switch FR di ingresso misura la velocità di trasmissione per ogni VC
 - Nel caso si sforzi il valore del CIR, marca il bit D
 - DE = 0
 - » Alta priorità
 - » Frame compatibile con i limiti di velocità contrattati
 - » Consegna “a tutti i costi”
 - DE = 1
 - » Bassa priorità
 - » Suscettibile di eliminazione in caso di congestione



Frame Relay: CIR & Frame Marking

- Access Rate:
 - Velocità R del link di accesso tra il router sorgente (lato cliente) e lo switch FR di frontiera (lato provider):
 - $64\text{Kbps} < R < 1,544\text{Kbps}$
- Tipicamente, molteplici VC (uno per ogni router destinazione) sono “multiplati” sul medesimo troncone di accesso:
 - Ognuno di tali VC ha un proprio valore del CIR
- Lo switch FR di frontiera misura la velocità di trasmissione per ogni VC:
 - Esso marca il bit DE delle frame che eccedono il valore negoziato per il CIR