



IP over ATM

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.

Il problema

■ Le LAN

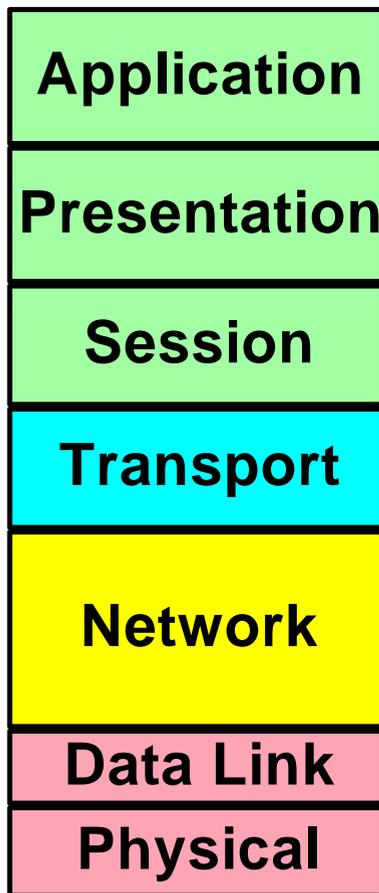
- pacchetti
- non connesse
- broadcast
- best effort

■ Le reti ATM

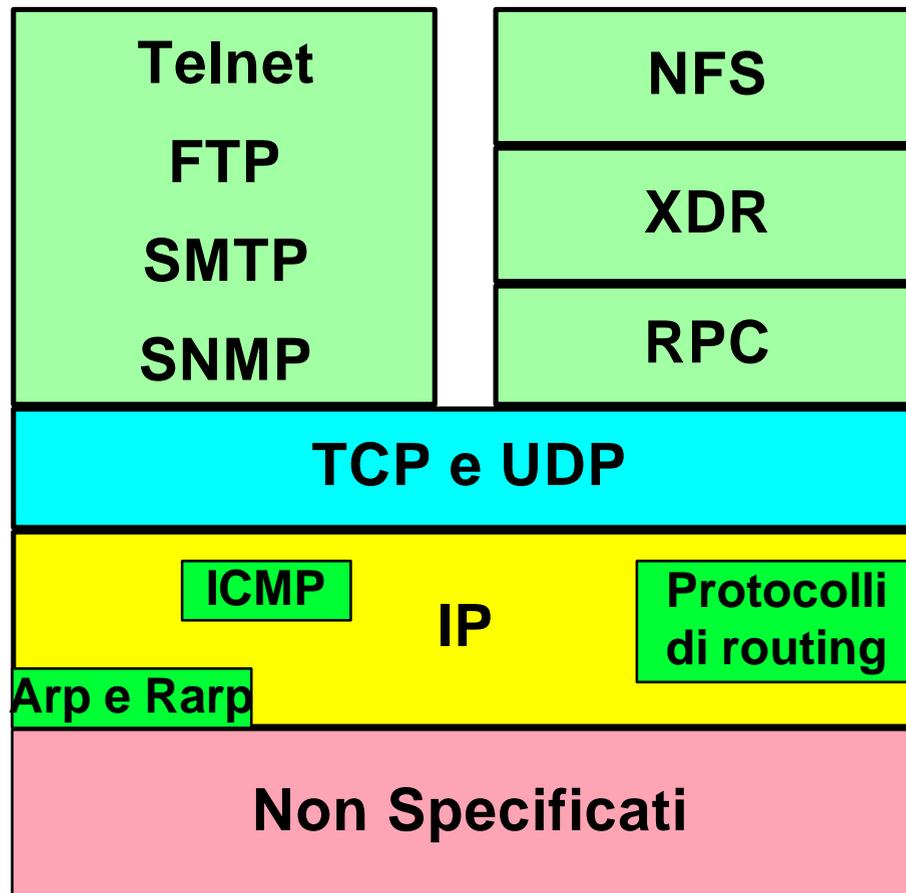
- celle
- connesse
- no broadcast
- QoS

Questa presentazione è basata sullo
RFC 1932, "IP over ATM: A Framework Document," Aprile 1996

L'architettura TCP/IP



OSI



Internet Protocol Suite

Definizioni

■ End System (ES) o host

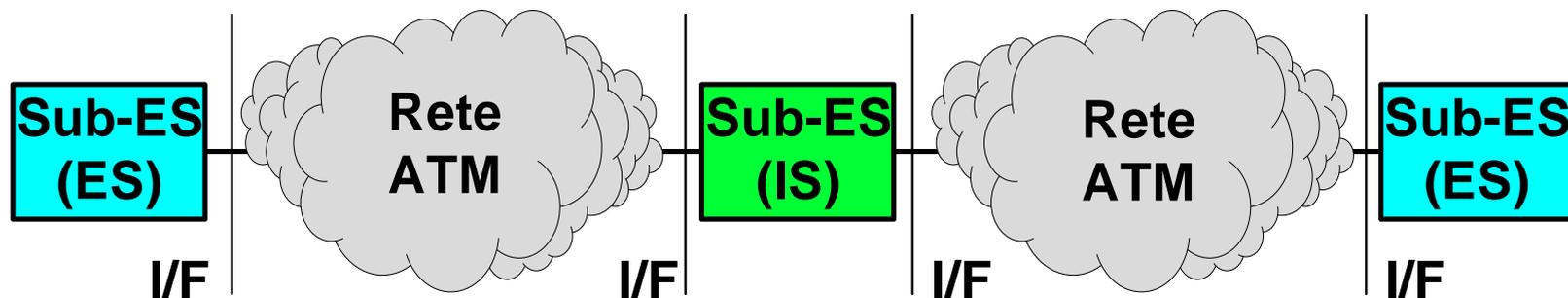
- Riceve e trasmette NPDU, ma non effettua operazioni "relaying" di NPDU

■ Intermediate System (IS) o router

- Oltre a ricevere e trasmettere NPDU effettua operazioni "relaying" di NPDU per altri sistemi

■ Subnet End System (Sub-ES)

- Un ES o un IS



Definizioni

■ IP Subnet

- In una IP subnet due Sub-ES sono in grado di comunicare senza utilizzare IS. Detta anche *LIS (Logical IP Subnet)*.

■ Bridged IP Subnet

- Due o più reti fisiche che appaiono con un'unica IP Subnet grazie a MAC bridge o a Proxy ARP.

■ Broadcast Subnet

- È una subnet in grado di trasmettere una PDU a tutti i Sub-ES con un'unica operazione (multicast/broadcast).

Definizioni

■ Multicast Subnet

- È una subnet in grado di trasmettere una PDU a un sottoinsieme di SUB-ES.
 - Sender initiate: UNI 3.0/3.1
 - Leaf initiate: UNI 4.0

■ General Topology Subnet

- È una subnet che non fornisce il multicast/broadcast
- Nota anche come **NBMA Subnet** (Non-Broadcast Multiple Access)

■ Configurazione End-to-End

- Due ES che comunicano tramite un numero arbitrario di IS e Subnet

Le possibili soluzioni

- **Modello IP Classico**
- **Next Hop Resolution Protocol (NHRP)**
- **LAN Emulation (LANE)**
- **MultiProtocol Over ATM (MPOA)**
- **Soluzioni proprietarie**
 - **Ipsilon IP switching**
 - **Cisco Tag switching**
 - **IBM ARIS**
 - **3Com Fast IP**
- **MultiProtocol Label Switching (MLPS)**
 - **IETF**

Dove usare IP su ATM

- IP su ATM si può utilizzare su:
 - LAN ATM
 - WAN ATM utilizzanti PVC
 - WAN ATM utilizzanti SVC
- È importante il concetto di *IP Subnet*
 - In una IP subnet due host sono in grado di comunicarne direttamente senza utilizzare router.
 - Detta anche *LIS (Logical IP Subnet)*.

LAN ATM

- Ha un numero di host non elevato
 - massimo poche centinaia
- Costituisce un'unica LIS, identificata da un prefisso di rete a livello IP
- Può fornire sia SVC che PVC
- Forma un singolo dominio amministrativo nel quale la sicurezza non è essenziale:
 - l'accesso dal mondo esterno avviene unicamente per mezzo di router (firewall)

WAN ATM con PVC

- Ha un elevato numero di host
 - fino a qualche decina di migliaia
- È costituita da una pluralità di LIS
 - non possiede un unico prefisso di rete a livello IP
- Supporta unicamente PVC
- Non è un singolo dominio amministrativo
 - la sicurezza non è di fondamentale importanza, data la natura di permanenza dei VC
- Può eventualmente attuare una politica di tariffazione per l'utilizzo delle risorse di rete

WAN ATM con SVC

- Ha un numero di host estremamente elevato
- È costituita da una pluralità di LIS
 - non possiede un unico prefisso di rete a livello IP
- Supporta sia SVC che PVC
- Fornisce un indirizzamento ATM E.164
- Non è associata ad un singolo gruppo di lavoro:
 - la sicurezza è di fondamentale importanza
- Può attuare una politica di tariffazione per l'utilizzo delle risorse

IP su ATM

- La realizzazione di IP su ATM deve tener conto delle seguenti problematiche:
 - incapsulamento del pacchetto IP all'interno della AAL5-SDU
 - definizione della Maximum Transport Unit (MTU) di IP
 - risoluzione degli indirizzi IP in indirizzi ATM (e viceversa)
 - supporto del multicasting/broadcasting
 - procedure di segnalazione
 - utilizzo di approccio connesso o non connesso

IP su ATM

- Nelle ATM WAN con SVC è inoltre necessario:
 - definire un insieme di procedure di sicurezza;
 - ottimizzare il routing tra LIS mappate sulla stessa subnet fisica;
 - ottimizzare le SVC (es. time out delle VC inutilizzate)

Metodologie comuni

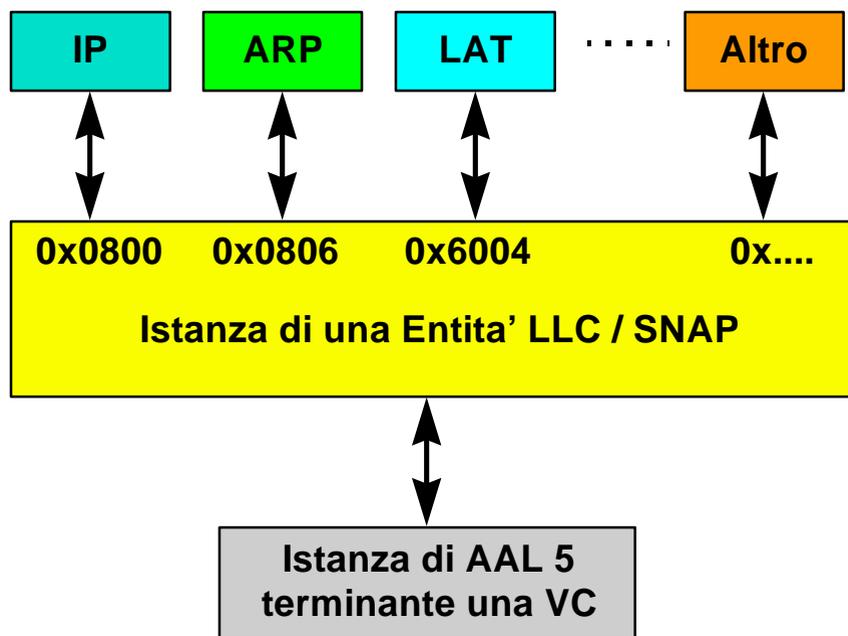
- Tutte le soluzioni di IP su ATM devono affrontare i seguenti problemi:
 - Incapsulamento
 - MTU massima

Incapsulamento

- Lo RFC 1483 stabilisce le modalità di trasporto delle:
 - PDU del livello di rete (routed PDU)
 - PDU del livello MAC (bridged PDU)
- Su una rete ATM è possibile veicolare tali PDU mediante:
 - Incapsulamento LLC/SNAP
 - VC Multiplexing
- RFC 1483 stabilisce che il metodo di default per il trasporto di pacchetti IP sia l'incapsulamento LLC/SNAP

Incapsulamento LLC/SNAP

- Tra due Sub-ES si utilizza una singola VC sulla quale vengono trasmesse tutte le PDU

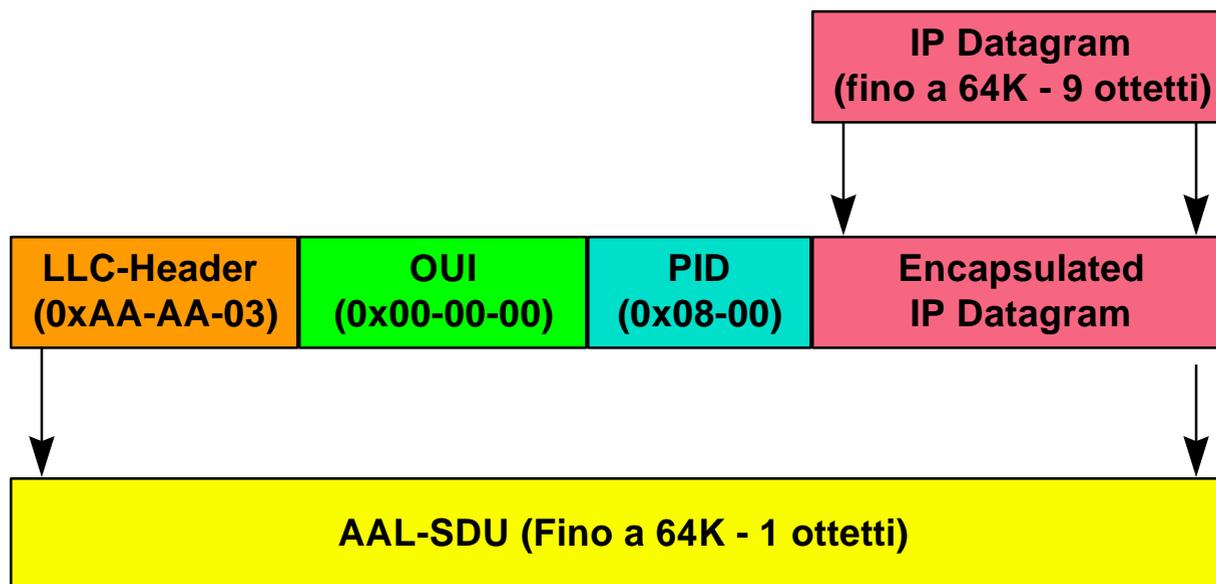


Incapsulamento LLC/SNAP

- I protocolli a cui tali PDU appartengono vengono identificati mediante incapsulamento delle PDU stesse con:
 - un header IEEE 802.2 LLC tipo 1
 - un header IEEE 802.1a SNAP
 - I due header introducono un overhead di 8 ottetti.
- Adatto all'utilizzo in ambienti ove sia onerosa oppure impossibile la gestione delle SVC (ad esempio, ATM WAN)

LLC SNAP

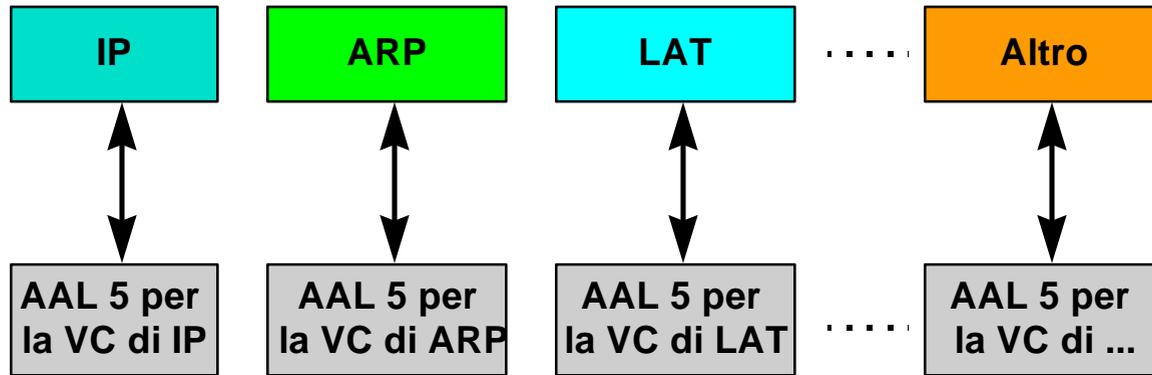
- La IP-PDU e gli 8 byte di overhead dovuti agli header LLC/SNAP vengono mappati nel campo Payload CPCS-PDU di AAL5.



VC multiplexing

- Tra due Sub-ES si utilizzano tante VC quanti sono i protocolli da trasportare:
 - ciascun protocollo viene veicolato ed implicitamente identificato da una determinata VC
- VC multiplexing è adatto all'utilizzo in ambienti ove sia agevole ed economico stabilire una pluralità di VC (ATM LAN o SVC ATM WAN private)
- La terminazione della SVC viene stabilita a livello di UNI 3.0/3.1 nel messaggio di SETUP specificando l'Information Element B-LLI (Broadband Low Layer Information).

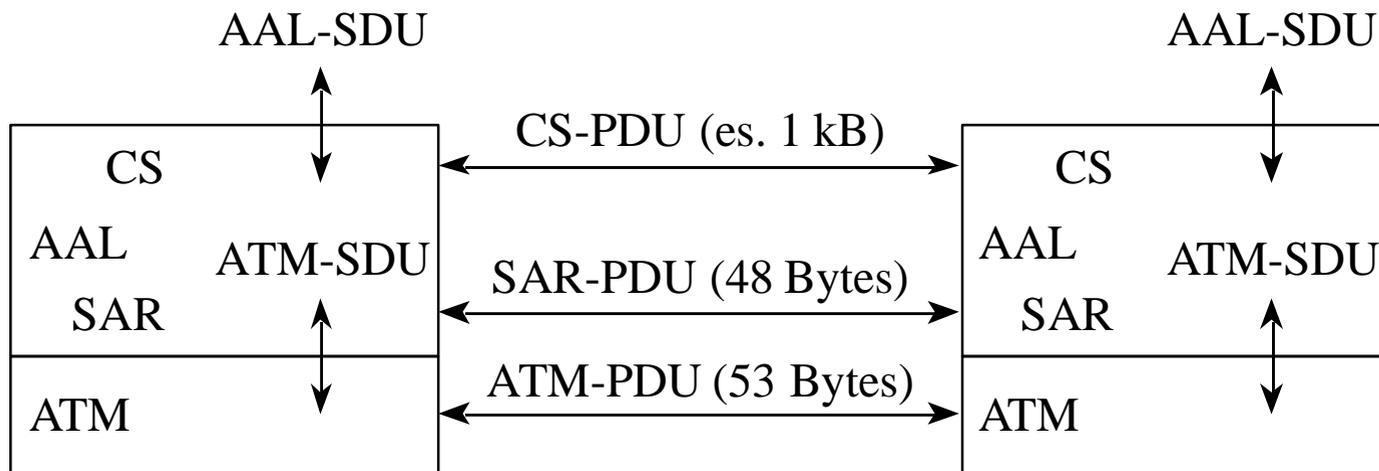
VC multiplexing



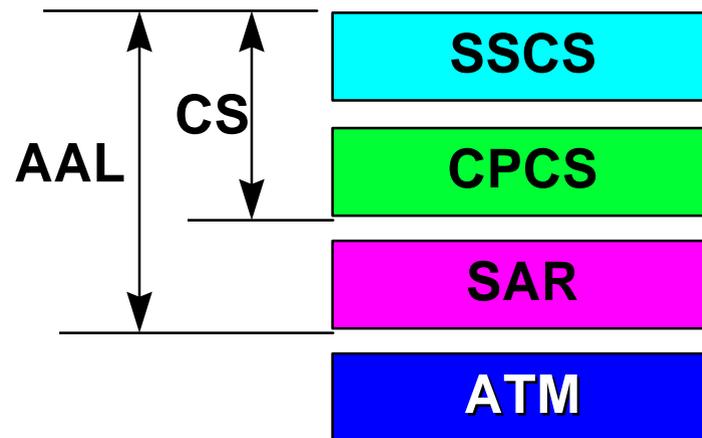
Segmentazione dei pacchetti IP

- Indipendentemente dalla soluzione precedentemente scelta la cellizzazione avviene tramite AAL5
- AAL5 è suddiviso nei seguenti sotto-livelli:
 - Service Specific Convergence Sublayer (SSCS), nullo in AAL5
 - Common Part Specific Sublayer (CPCS), che insieme a SSCS forma il Convergence Sublayer (CS)
 - Segmentation And Reassembly (SAR).
- SSCS (nullo) passa la AAL5-SDU direttamente al livello sottostante come CPCS-SDU.

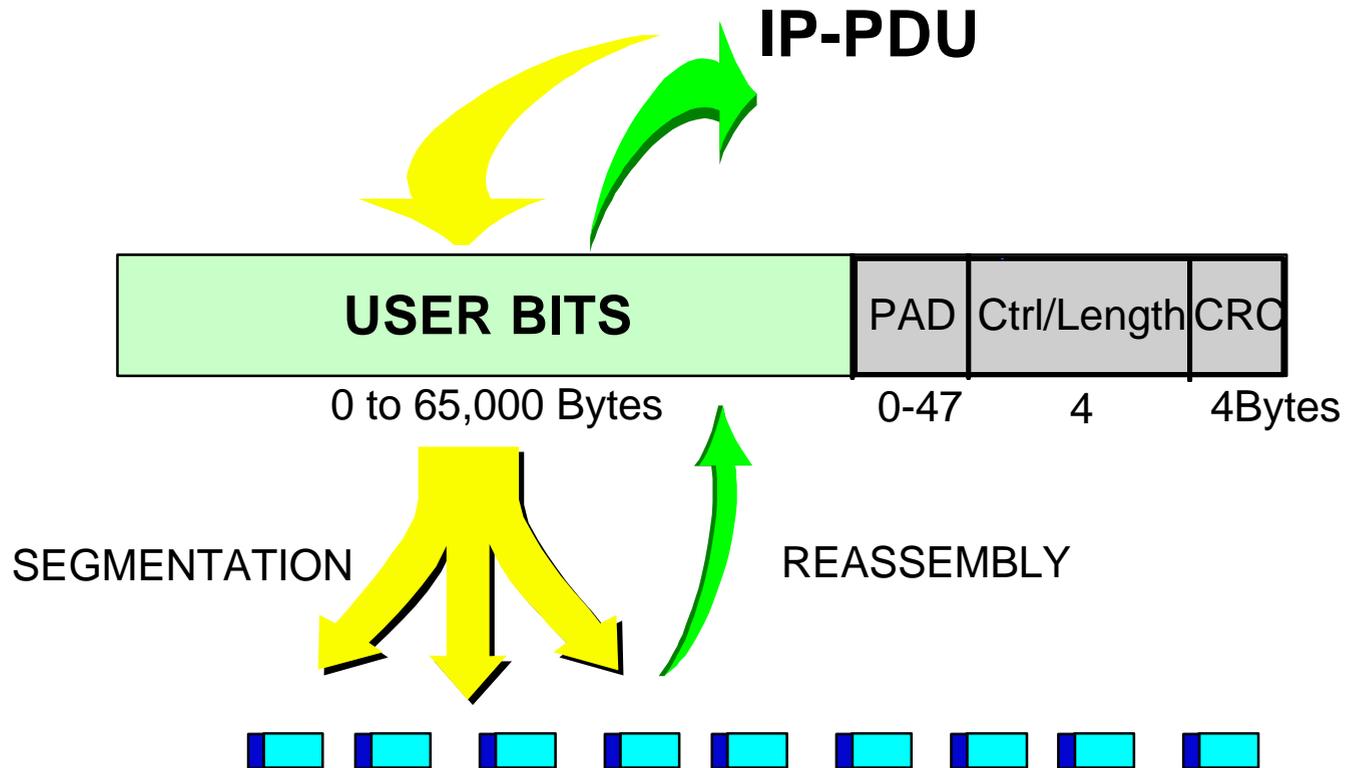
Incapsulamento di IP su ATM



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



SAR in AAL 5



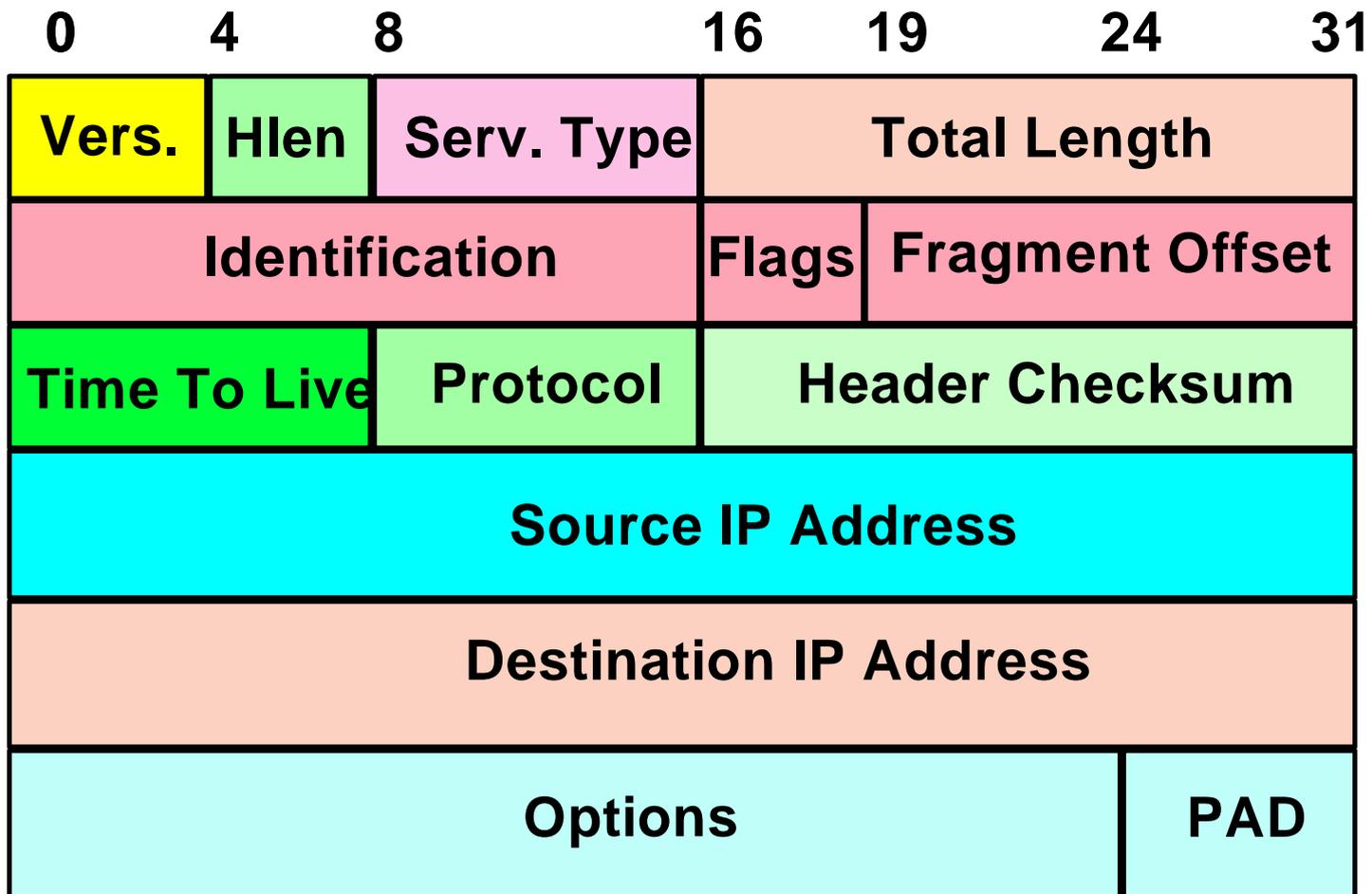
MTU di IP su ATM

- Lo RFC 1626 fissa la dimensione di default della MTU del pacchetto IP su ATM a 9180 ottetti, poiché:
 - la MTU di IP su SMDS è stata definita dalla RFC 1209 pari a 9180
 - ai fini dell'interoperabilità SMDS - ATM è opportuno che i pacchetti IP abbiano le stesse dimensioni
 - la maggior parte dei protocolli e degli applicativi che si appoggiano su IP generano delle PDU di grosse dimensioni (sino a 8 KB)
 - i router IP offrono migliori prestazioni se operano su pacchetti di grosse dimensioni

Dimensione della CPCS-SDU

- Nel caso di PVC, l'impostazione avviene in sede di configurazione degli stessi
- Nel caso di SVC, all'atto della chiamata, si imposta la dimensione della CPCS-SDU:
 - dimensione CPCS_PDU pari a 9188 ottetti:
 - 9180 ottetti per il pacchetto IP
 - 8 ottetti di overhead LLC/SNAP
 - Vengono utilizzati due campi dell'Information Element *AAL Parameters* nei messaggi di segnalazione SETUP e CONNECT:
 - Forward Maximum CPCS-SDU Size
 - Backward Maximum CPCS-SDU Size

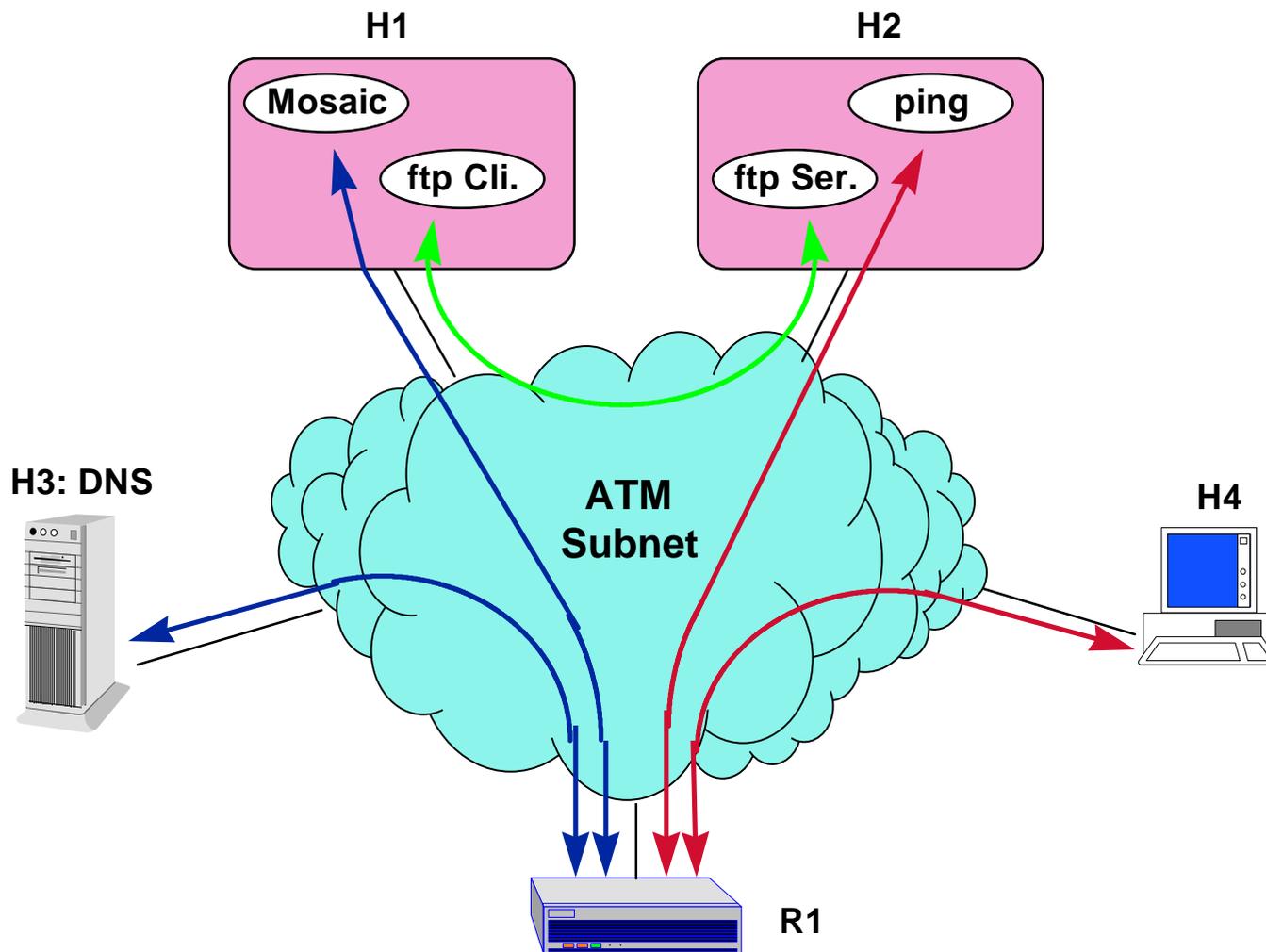
La PDU di IP v.4



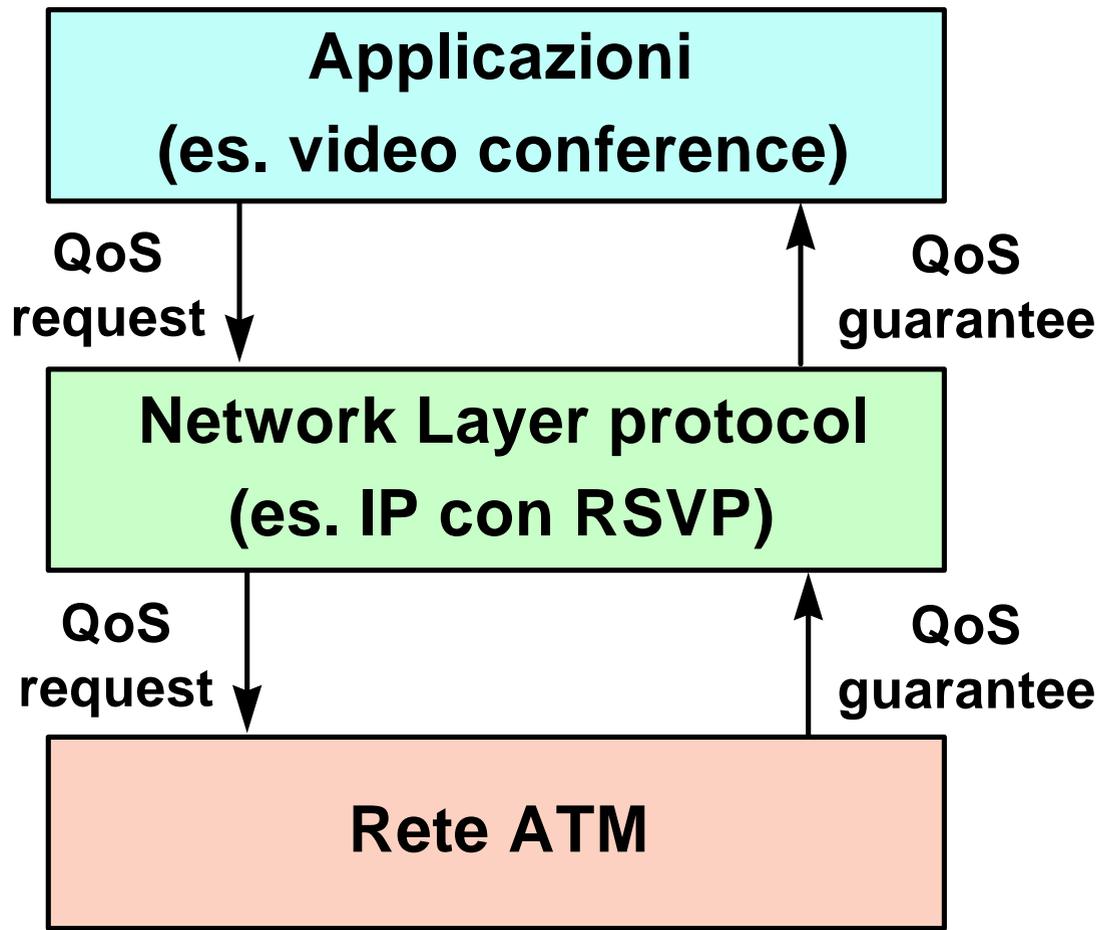
Modelli Lightweight

- Si propongono di eliminare l'overhead dovuto all'header del pacchetto IP
 - TULIP (TCP and UDP over Lightweight IP)
 - trasporta solo il campo protocol
 - TUNIC (TCP and UDP over Nonexistent IP Connection)
 - elimina l'header IP
 - di tutti i parametri viene fatto il bind in fase di call-setup

Connesso o Non Connesso ?

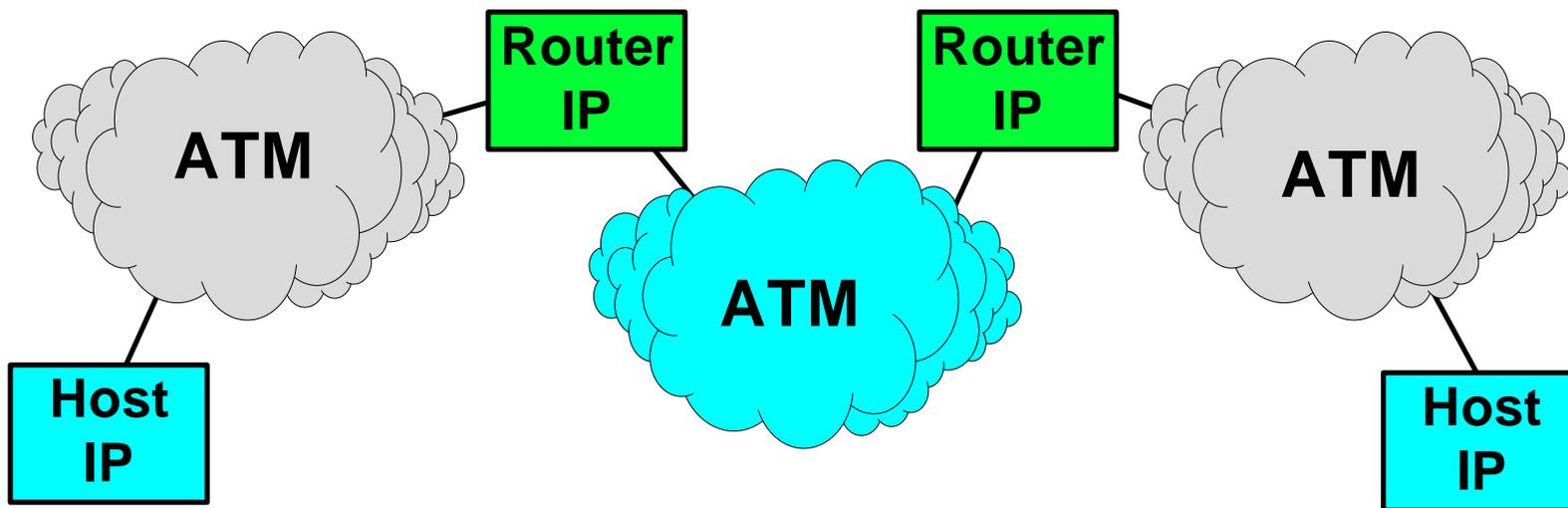


QoS



Modello IP Classico

- Insieme di reti ATM interconnesse per mezzo di router IP
 - Il routing viene effettuato esattamente come nelle reti IP convenzionali
 - Topologia a maglia arbitraria

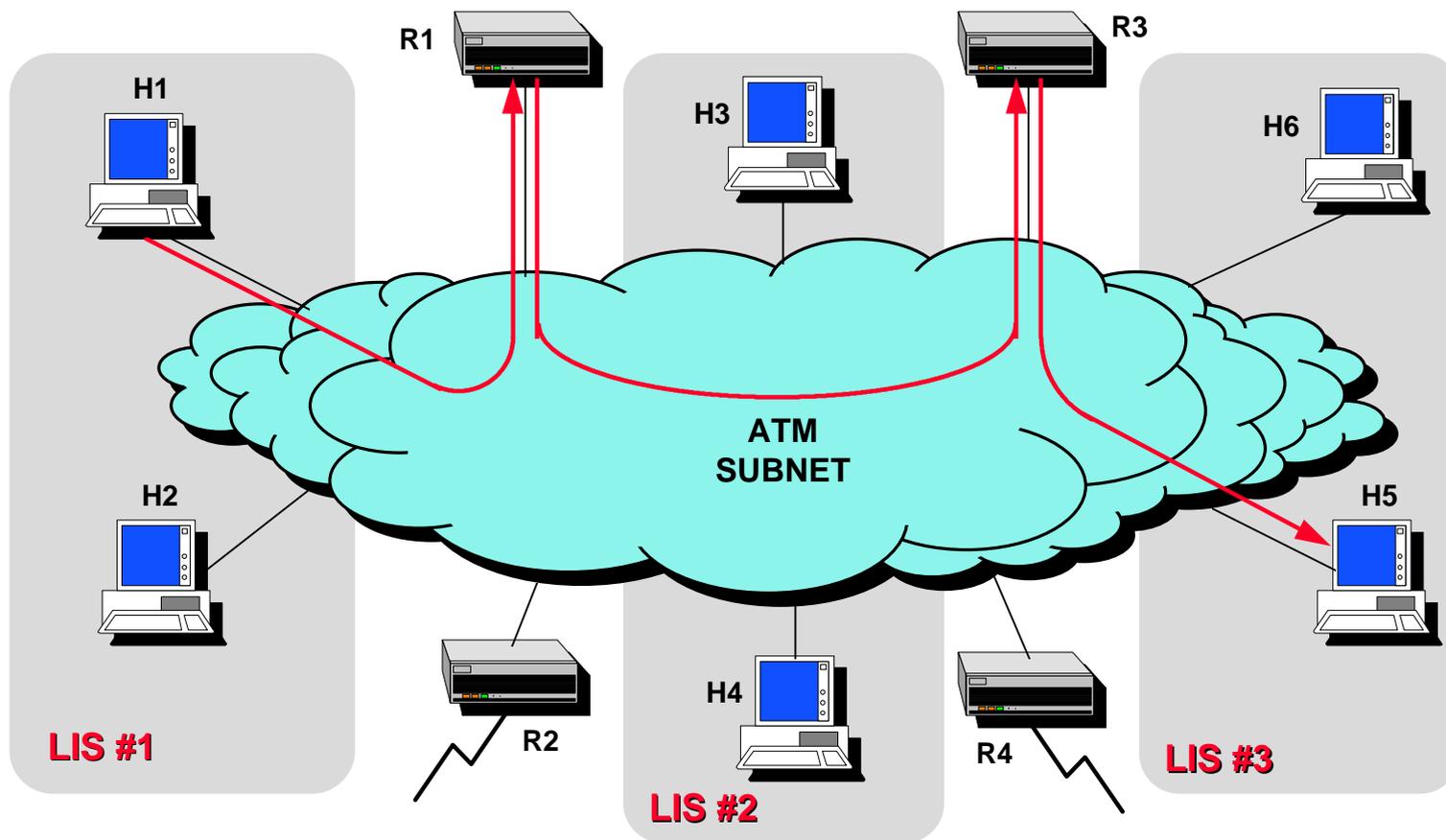


Corrispondenza tra reti ATM e LIS

Modello IP Classico

- **Mantiene l'organizzazione classica che prevede la ripartizione di una rete IP in varie LIS**
- **Opportuno in una fase iniziale poiché:**
 - **vi sono difficoltà da parte dei gestori delle subnet IP a passare ad un nuovo modello di internetworking;**
 - **l'intero sistema di sicurezza è basato sui router IP (firewall). ATM, almeno attualmente, non offre gli stessi standard di sicurezza;**
 - **semplifica la coesistenza di reti con tecnologie eterogenee (non solo ATM).**

Modello IP Classico



Modello IP Classico

■ Host appartenenti alla stessa LIS

- condividono lo stesso prefisso di network/subnetwork IP e la stessa address mask
- devono essere collegati direttamente alla subnet ATM affinché possano stabilire VC tra loro
- devono poter accedere ad un router di default per poter comunicare con destinazioni esterne alla LIS
- comunicano direttamente attraverso VC

■ Host appartenenti a LIS diverse

- comunicano attraverso router IP, anche quando sia possibile stabilire VC dirette

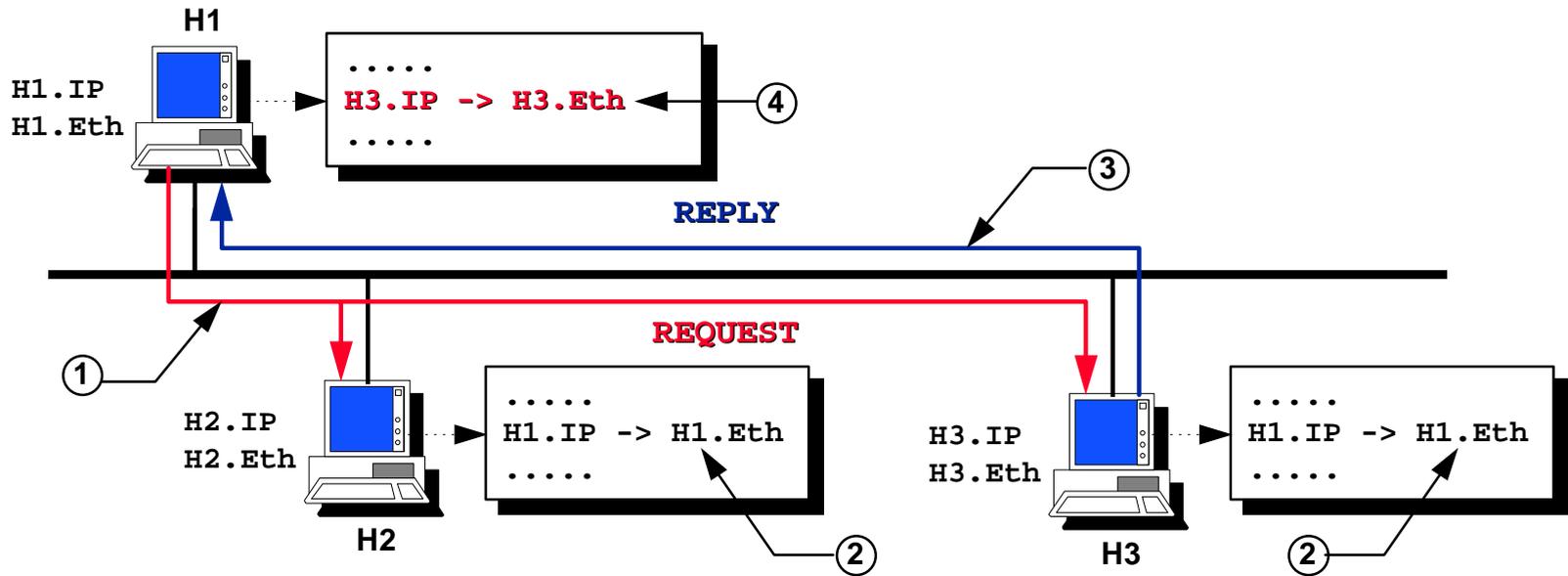
Standard di riferimento

- Per il modello classico di IP su ATM gli standard di riferimento sono:
 - RFC 1483 Multiprotocol Encapsulation
 - RFC 1577 Classical IP and ARP over ATM
 - RFC 1626 Maximum Transmission Unit
 - RFC 1755 Signaling for IP over ATM

Risoluzione degli indirizzi

- La RFC 1577 stabilisce che la corrispondenza tra gli indirizzi IP di una LIS e gli indirizzi ATM sia gestita dai protocolli:
 - ATM Address Resolution Protocol (ATMARP)
 - Inverse ATMARP (InATMARP)
- Le differenze con i classici ARP ed InARP sono:
 - ARP ed InARP sono basati su trasmissioni broadcast
 - ATMARP ed InATMARP devono ricorrere ad un server, dal momento che operano in un ambiente (ATM) caratterizzato da connessioni punto-punto

ARP e RARP



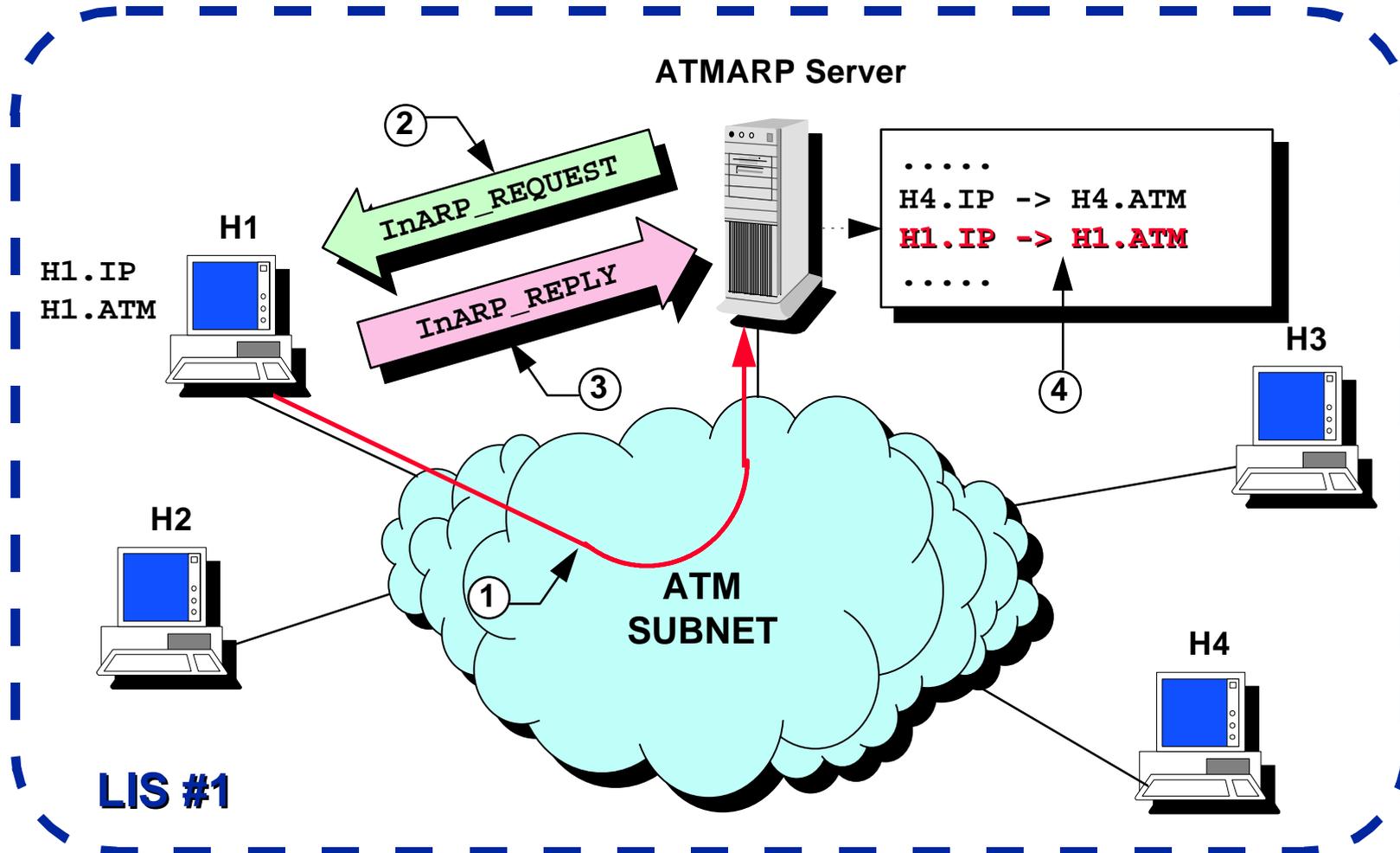
Reti ATM basate su PVC

- **ATMARP (IP \Rightarrow VCI/VPI) non è necessario:**
 - esiste una tabella di corrispondenza fissa tra indirizzi IP di destinazione e VC
- **InATMARP (VCI/VPI \Rightarrow IP) è indispensabile:**
 - ogni stazione deve:
 - inviare una richiesta InATMARP su ciascun VC per ottenere l'indirizzo IP della stazione all'altro capo
 - per ogni risposta inserire o aggiornare una entry nella tabella di corrispondenza del tipo: `<VCI/VPI, IP_ADDRESS>`
 - Le entry della tabella sono sottoposte ad ageing:
 - la procedura di aggiornamento deve essere ripetuta periodicamente.

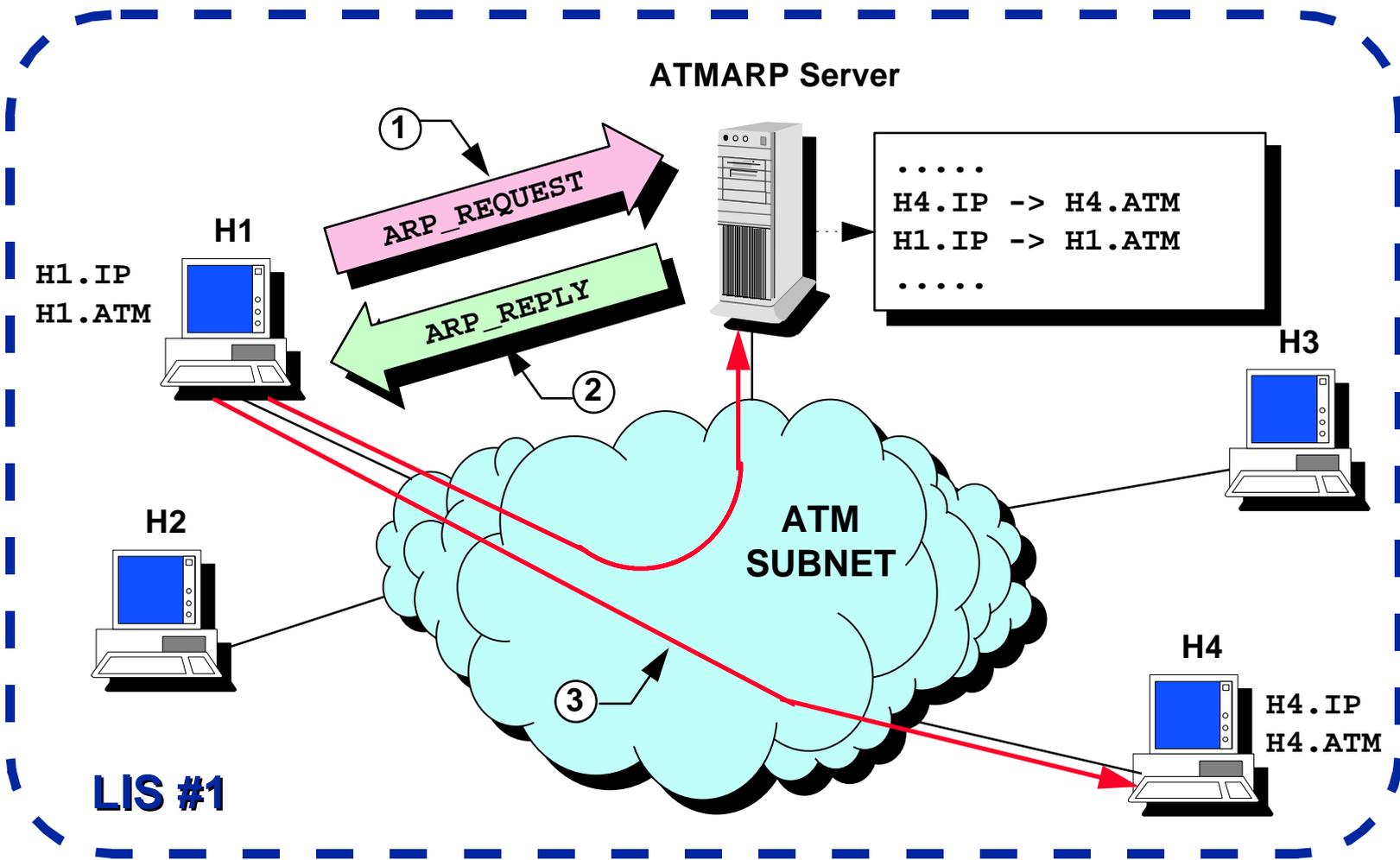
Reti ATM basate su SVC

- **ATMARP e InATMARP sono indispensabili ai fini del routing IP intra-LIS.**
- **In ogni LIS deve essere installato un server ATMARP, il quale:**
 - **è la sede della tabella di corrispondenza tra indirizzi IP ed indirizzi ATM di tutti i membri della LIS**
 - **deve rispondere alle richieste di risoluzione di indirizzo proveniente dai client**
 - **esiste un solo server ATMARP in una LIS, il quale può essere condiviso da più LIS**
 - **il server ha la responsabilità di costruire ed aggiornare dinamicamente le tabelle di corrispondenza**

ATMARP: Registrazione di un client



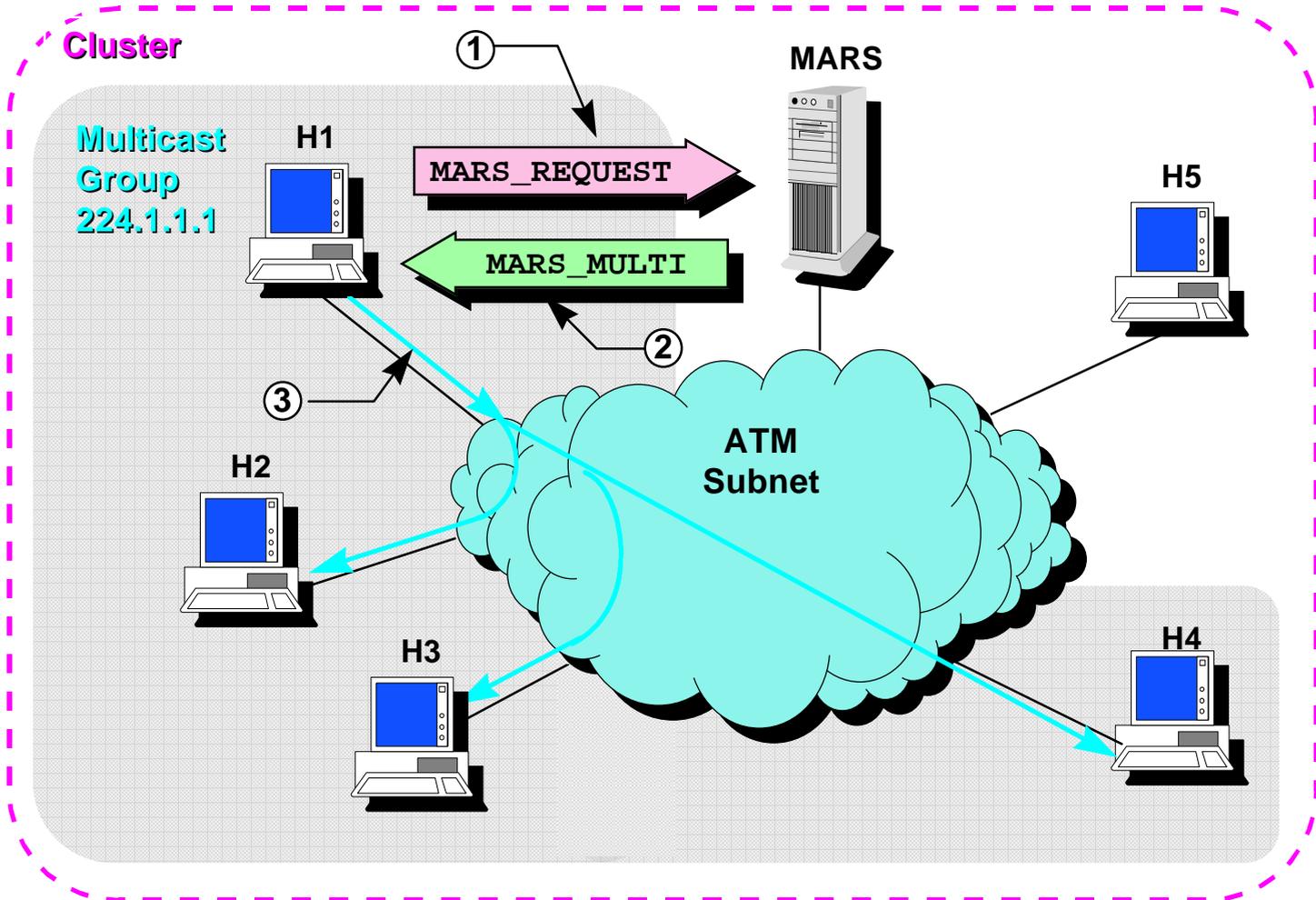
ATMARP: risoluzione di un indirizzo



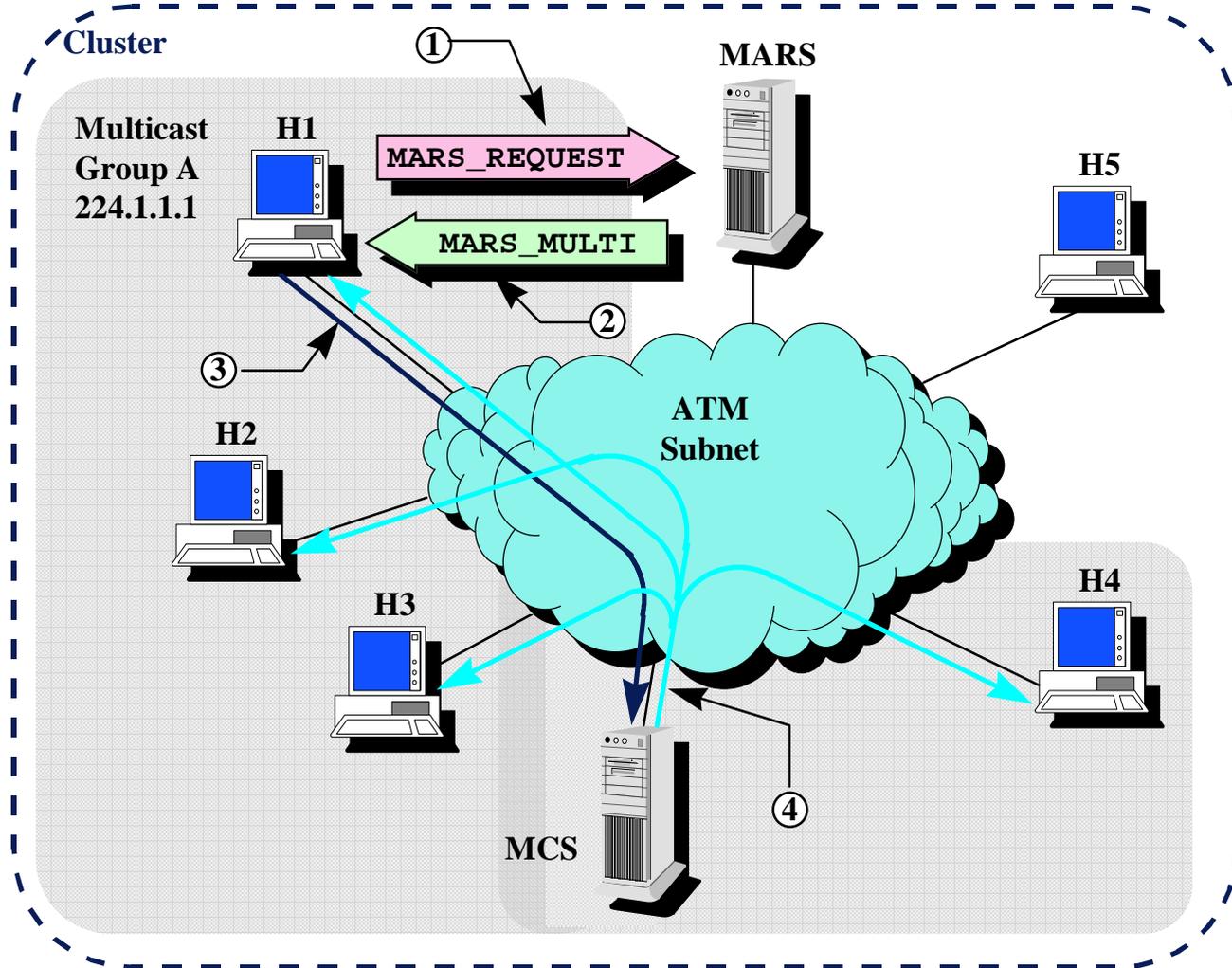
Reti ATM basate su SVC

- Quando il server riceve una ARP_REQUEST, può generare due tipi di risposte:
 - ARP_REPLY: indirizzo ATM richiesto
 - ARP_NAK: risposta negativa
 - il client non ha ancora contattato il server
 - il client non fa parte della LIS
 - ogni client deve avere una cache locale al fine di minimizzare le richieste
- Sia il server che i client devono implementare un meccanismo di ageing delle tabelle di corrispondenza e delle cache

Multicast Group



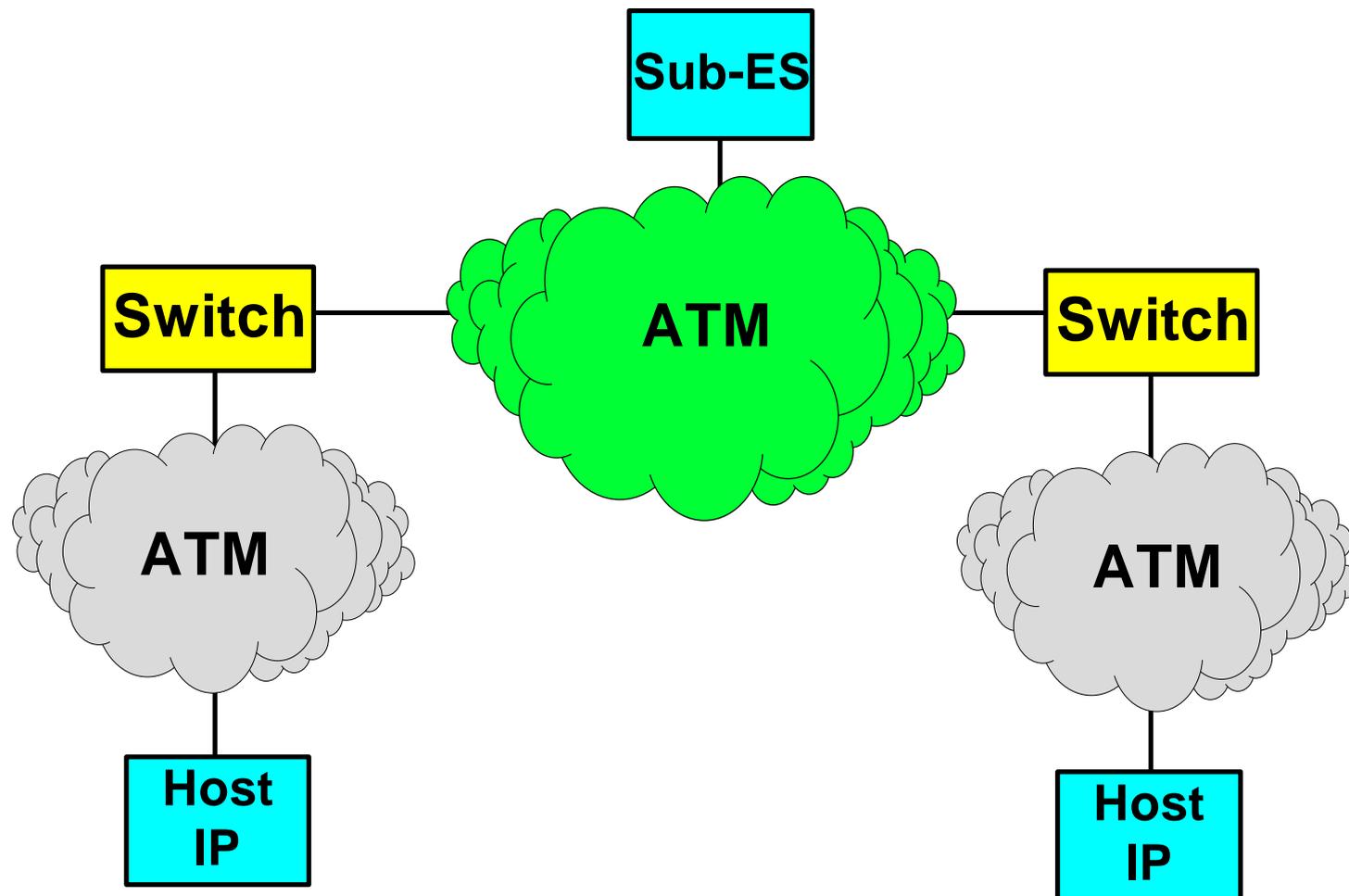
Multicast Group



Limiti del modello IP Classico

- Il modello IP Classico impone che host appartenenti a LIS differenti, mappate sulla stessa rete ATM, debbano comunicare obbligatoriamente attraverso un router, anche se tra questi è possibile instaurare una VC diretta
- Problemi
 - Pesante overhead se un cammino end-to-end attraversa più LIS
 - Non è possibile sfruttare la capacità della rete ATM di stabilire VC end-to-end caratterizzate da una determinata QoS

Reti ATM interconnesse da switch



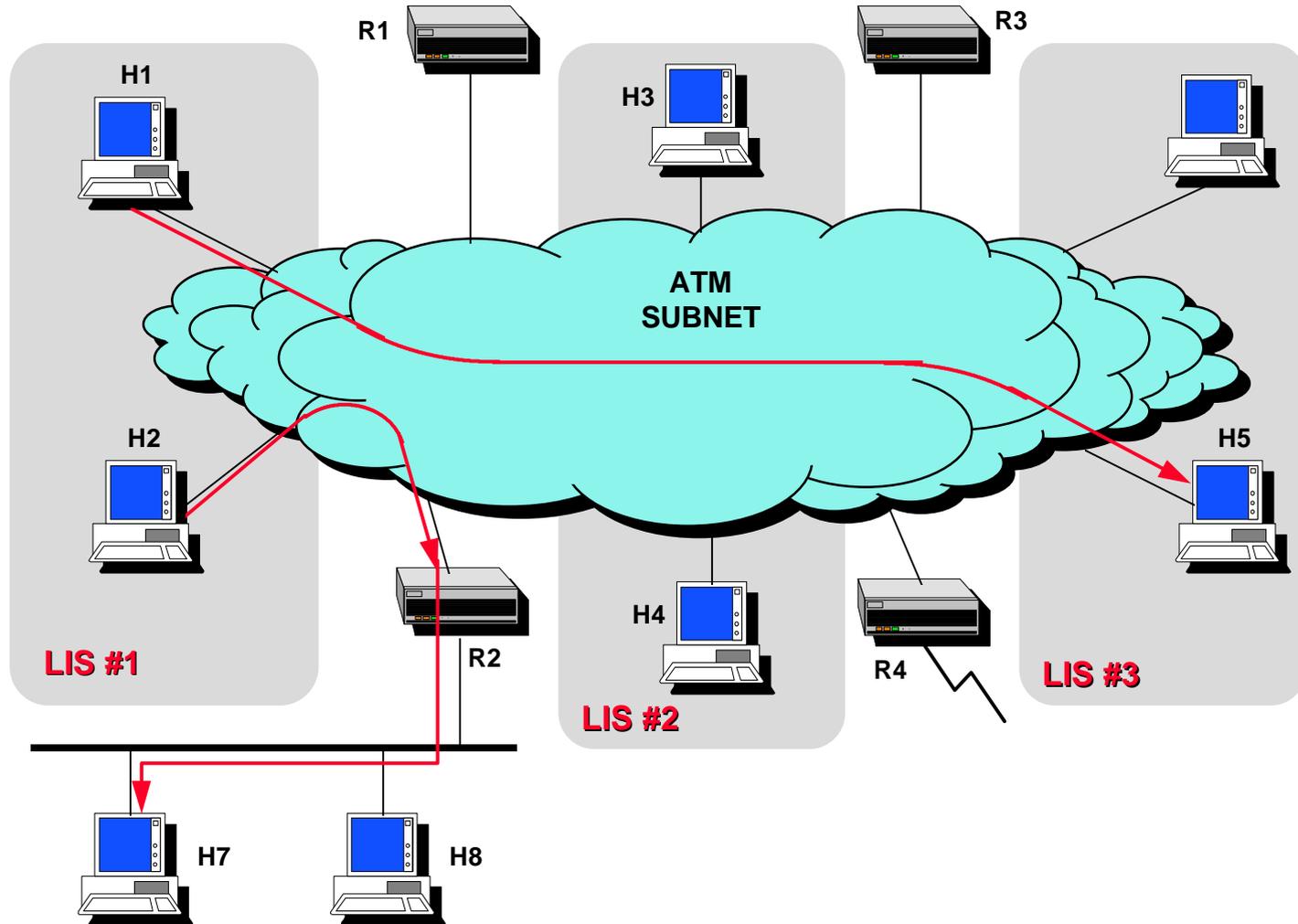
Reti ATM interconnesse da switch

- Quando più reti ATM sono connesse tramite switch è possibile stabilire una SVC tra due qualsiasi Sub-ES
- Sono tipicamente presenti più LIS
 - ATMARP non è in grado di risolvere gli indirizzi IP in indirizzi ATM
- È necessario un modello più sofisticato
 - NHRP

NHRP

- **NHRP: Next Hop Resolution Protocol**
- **NHRP, proposto dal WG ROLC, è adatto a tutti i tipi di subnet NBMA**
- **NHRP consente ad una stazione sorgente di determinare l'indirizzo ATM del next hop verso la destinazione**
- **L'indirizzo del next hop è:**
 - **quello della destinazione, se essa appartiene alla stessa rete ATM della sorgente (short-cut routing)**
 - **quello del router di uscita dalla rete ATM che si trova lungo il cammino più breve in caso contrario**

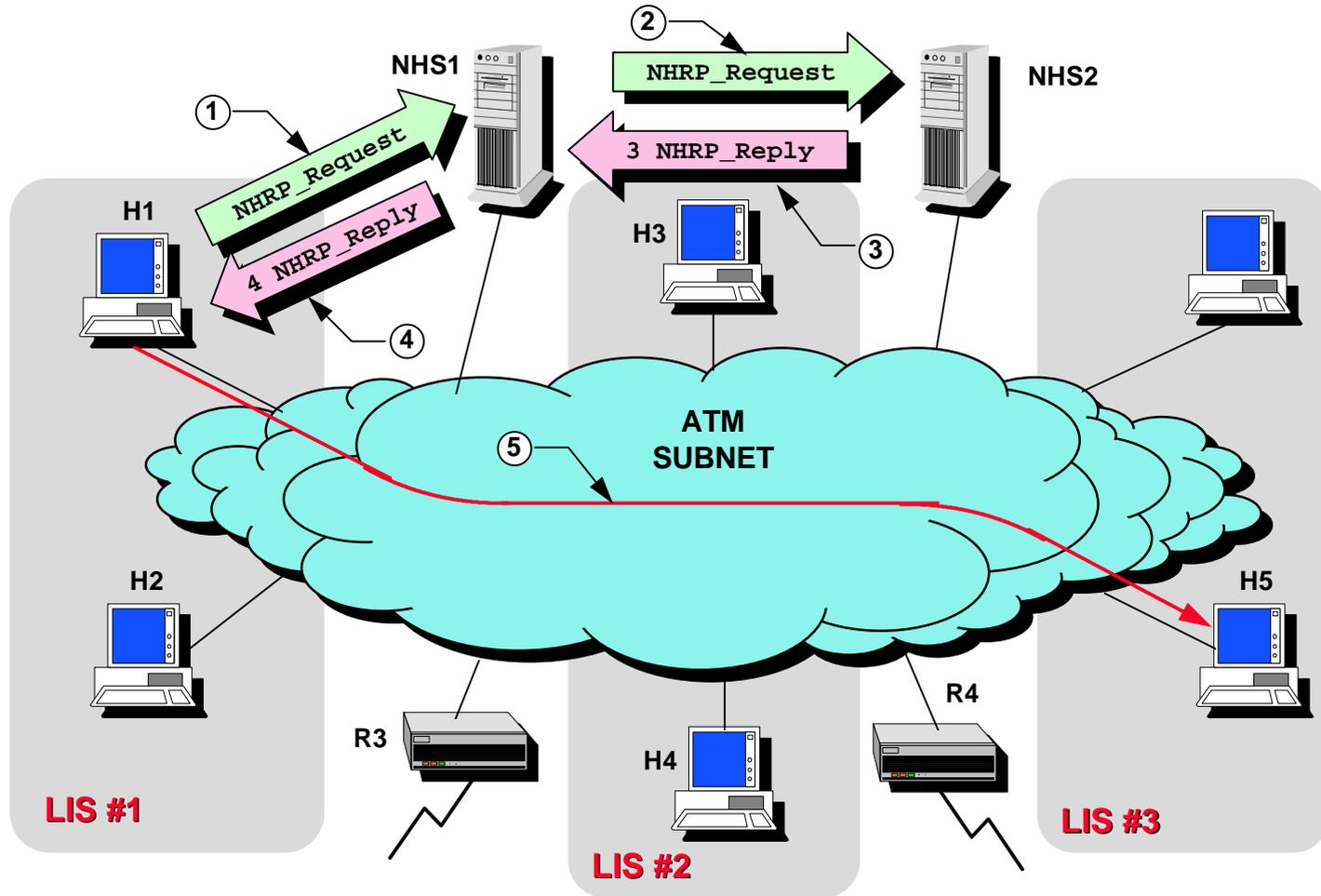
NHRP: esempio



NHRP: implementazione

- **Necessità di un Next Hop Server (NHS) all'interno di ogni LIS**
 - Ogni NHS serve le stazioni che fanno parte della LIS in cui è localizzato
 - Gli NHS di una rete ATM collaborano tra loro nella risoluzione degli indirizzi
 - Tutte le stazioni di una LIS devono conoscere gli indirizzi IP ed ATM del loro NHS
 - Ogni NHS deve conoscere gli indirizzi ATM ed IP di tutti gli altri NHS operanti all'interno della rete ATM
 - Ogni stazione deve registrarsi presso il proprio NHS

NHRP



Funzionalità di un router

■ Route Processing:

- elaborazione del protocollo di instradamento (ad esempio, EIGRP, OSPF, BGP)

■ Packet Forwarding:

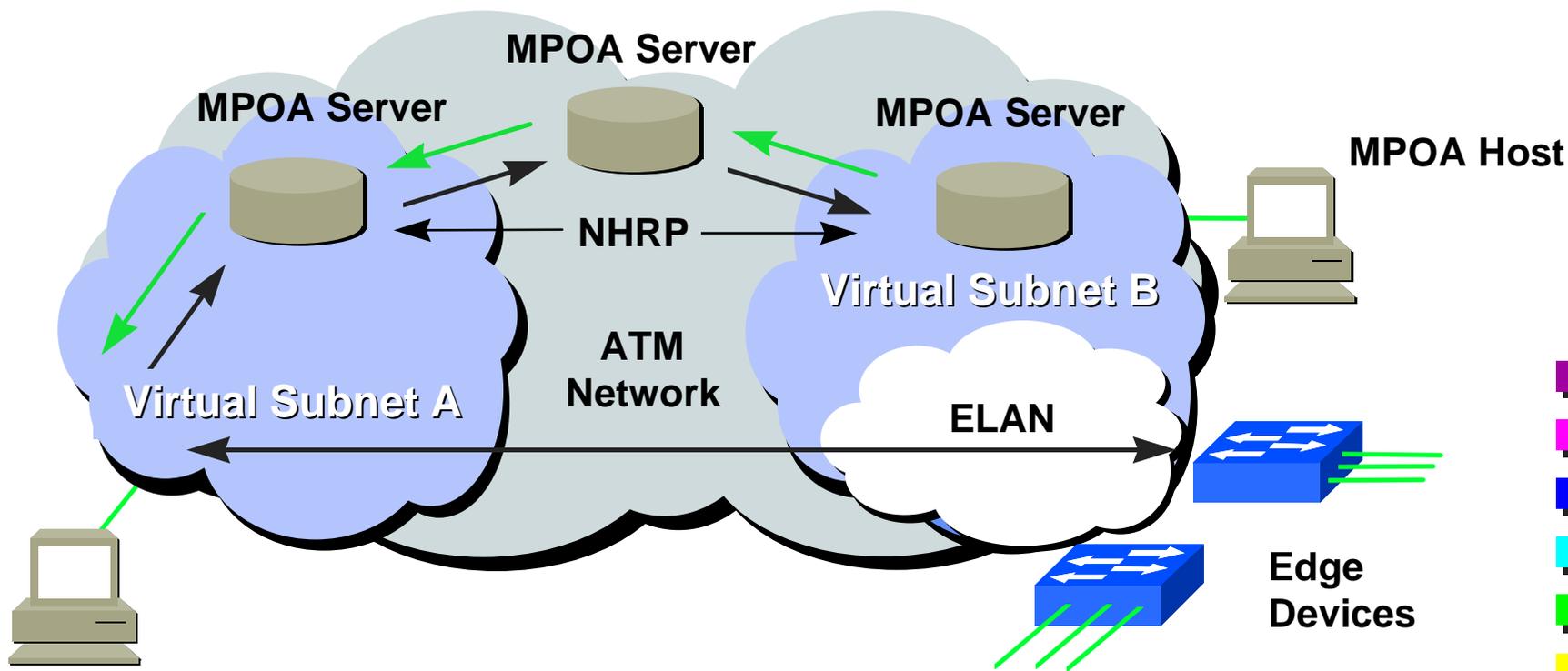
- funzionalità di forwarding sulla base di:
 - indirizzi di livello Network
 - indirizzi MAC
 - VLAN
 - attributi dei livelli più alti (ad esempio supporto della QoS)

MPOA: Multi Protocol Over ATM

- Un ambiente “routed” basato su ATM
- Connettività end-to-end attraverso la rete ATM:
 - Internetworking di host connessi ad ATM
 - Internetworking di host connessi a LAN tradizionali
 - Internetworking di host in presenza di VLAN
- Gestisce sia bridging che routing
- Separa il Route Processing dal Packet Switching

MPOA: Multi Protocol Over ATM

- Supporta sia host che switch
- Si basa su NHRP e LANE



I Servizi di MPOA

■ Configuration Server

- inizializzazione

■ NHS/MARS

- risoluzione degli indirizzi

■ Default forwarder

- trasmissione non connessa di pacchetti unicast

■ MCS: MultiCast Server

- trasmissione di pacchetti multicast

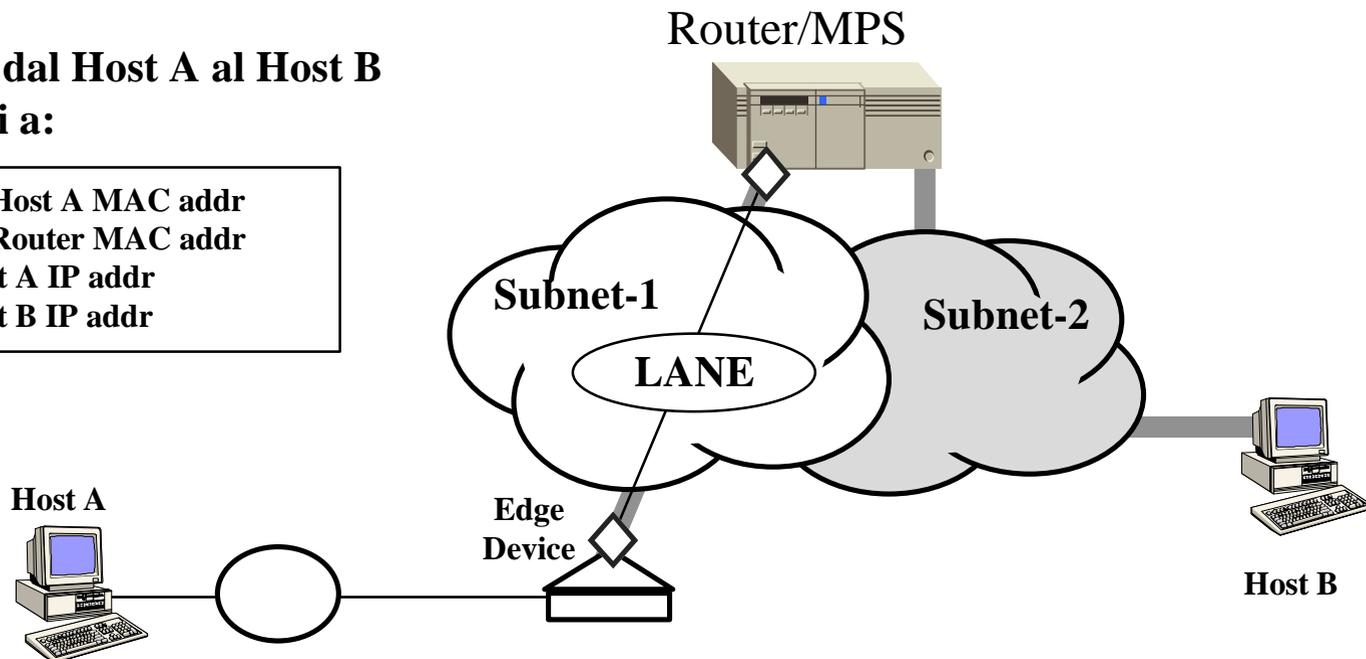
■ Route Server

- distribuzione di informazioni di routing

Identificazione dei Routed Packet

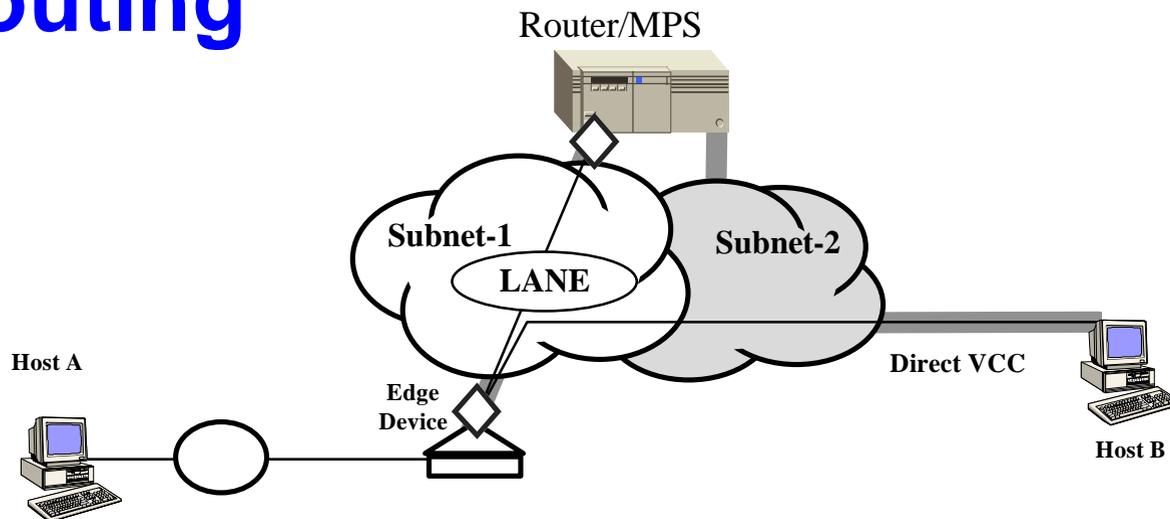
IP Packet dal Host A al Host B
sono simili a:

Src MAC: Host A MAC addr
 Dst MAC: Router MAC addr
 Src IP: Host A IP addr
 Dst IP: Host B IP addr



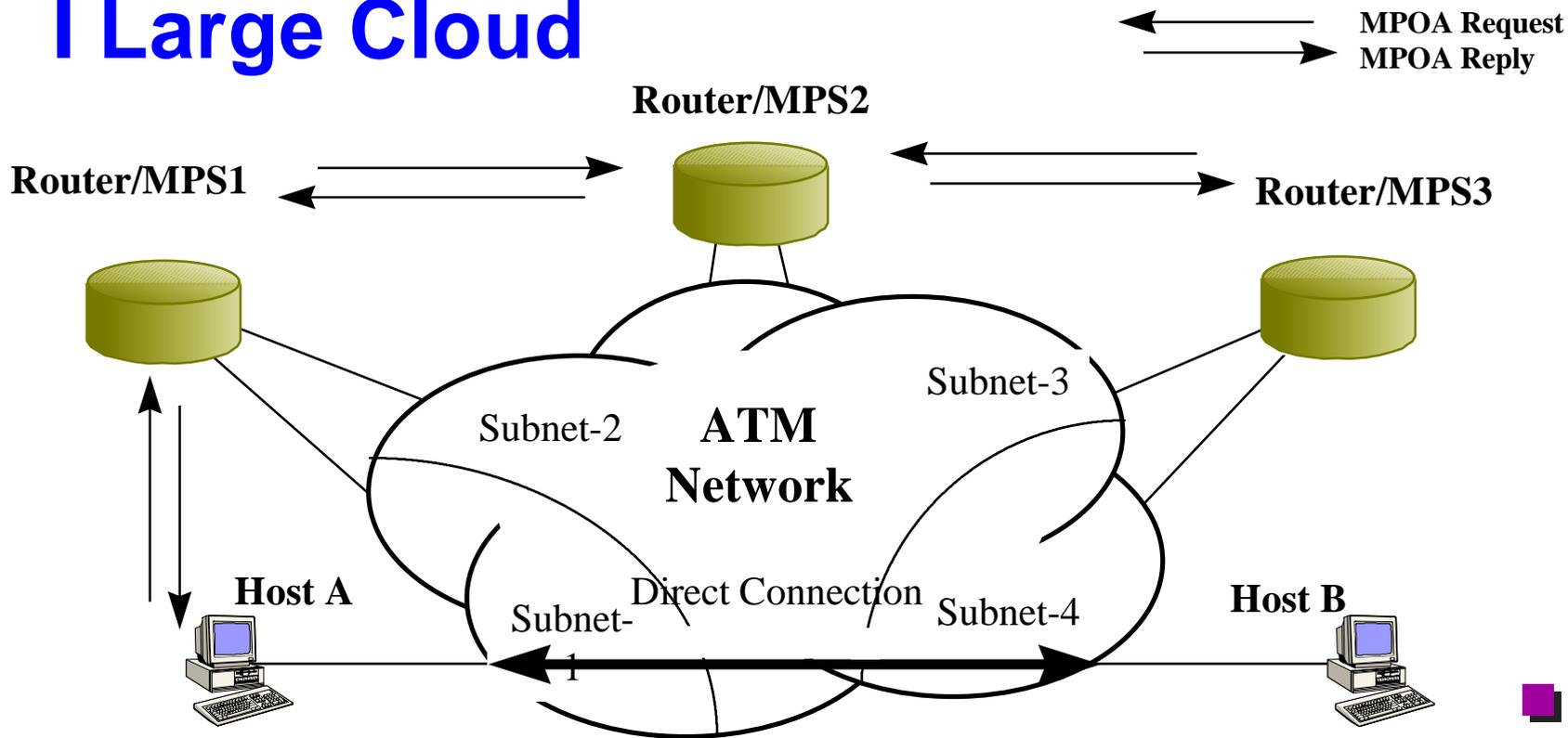
- I normali meccanismi di routing inviano il traffico inter-subnet al MAC address del router
- Gli edge device possono riconoscere questo traffico identificando i MAC address dei router

La separazione di Switching e Routing



- Query per ottenere l'indirizzo ATM del destinatario
- Gli Edge Device creano una corrispondenza tra indirizzi MAC dei router + indirizzo di livello 3 del destinatario e VCC

I Large Cloud



- Le richieste MPOA seguono il Routed Path
- Sono ammesse le connessioni dirette tra i dispositivi MPOA

CSR: Cell Switching Router

■ Possono operare:

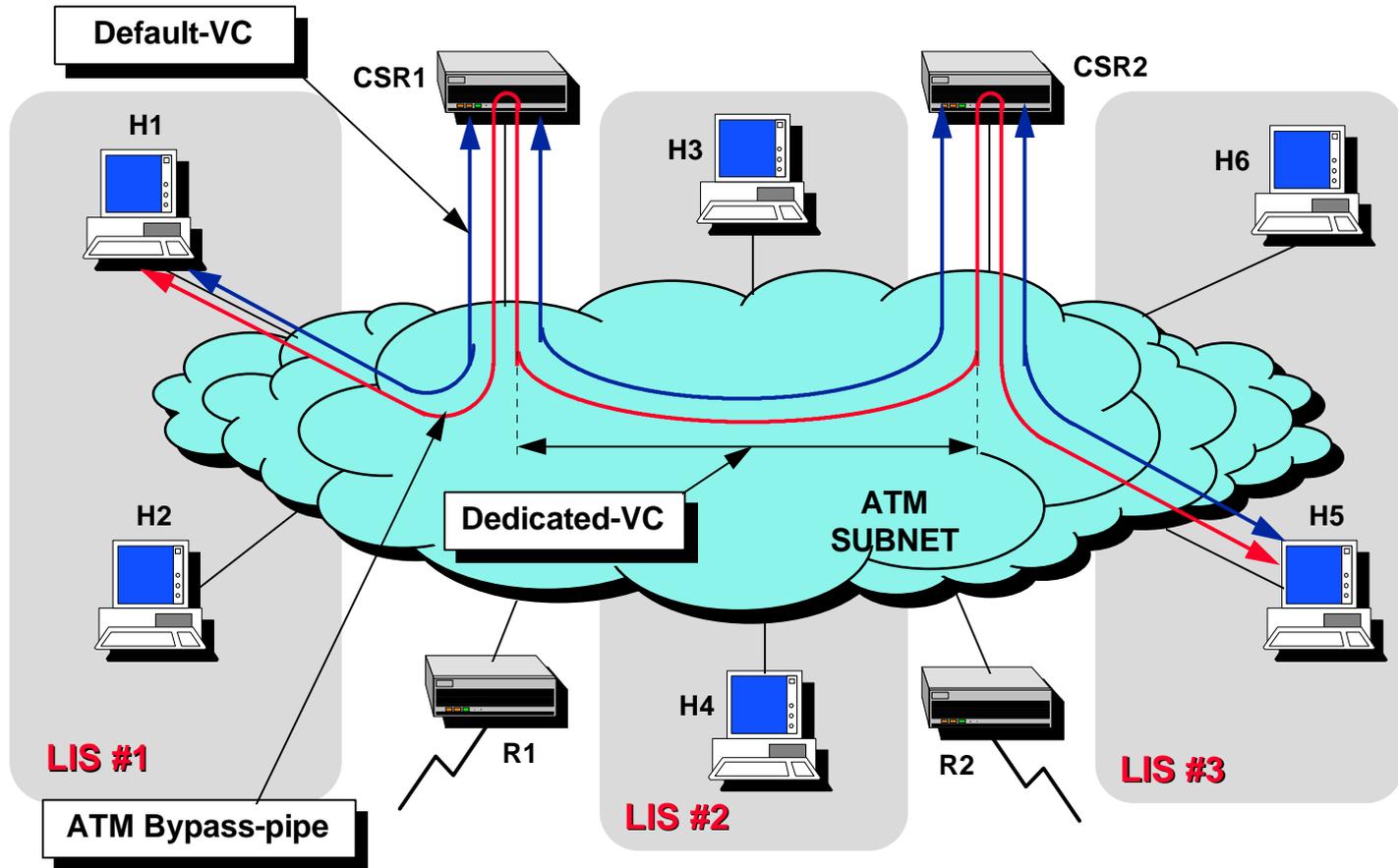
- come router → VC condivise interconnettono i router
- come switch → VC dedicate (bypass pipe) per flussi di traffico significativi

■ Routing basato su protocolli classici, ad esempio RIP e OSPF

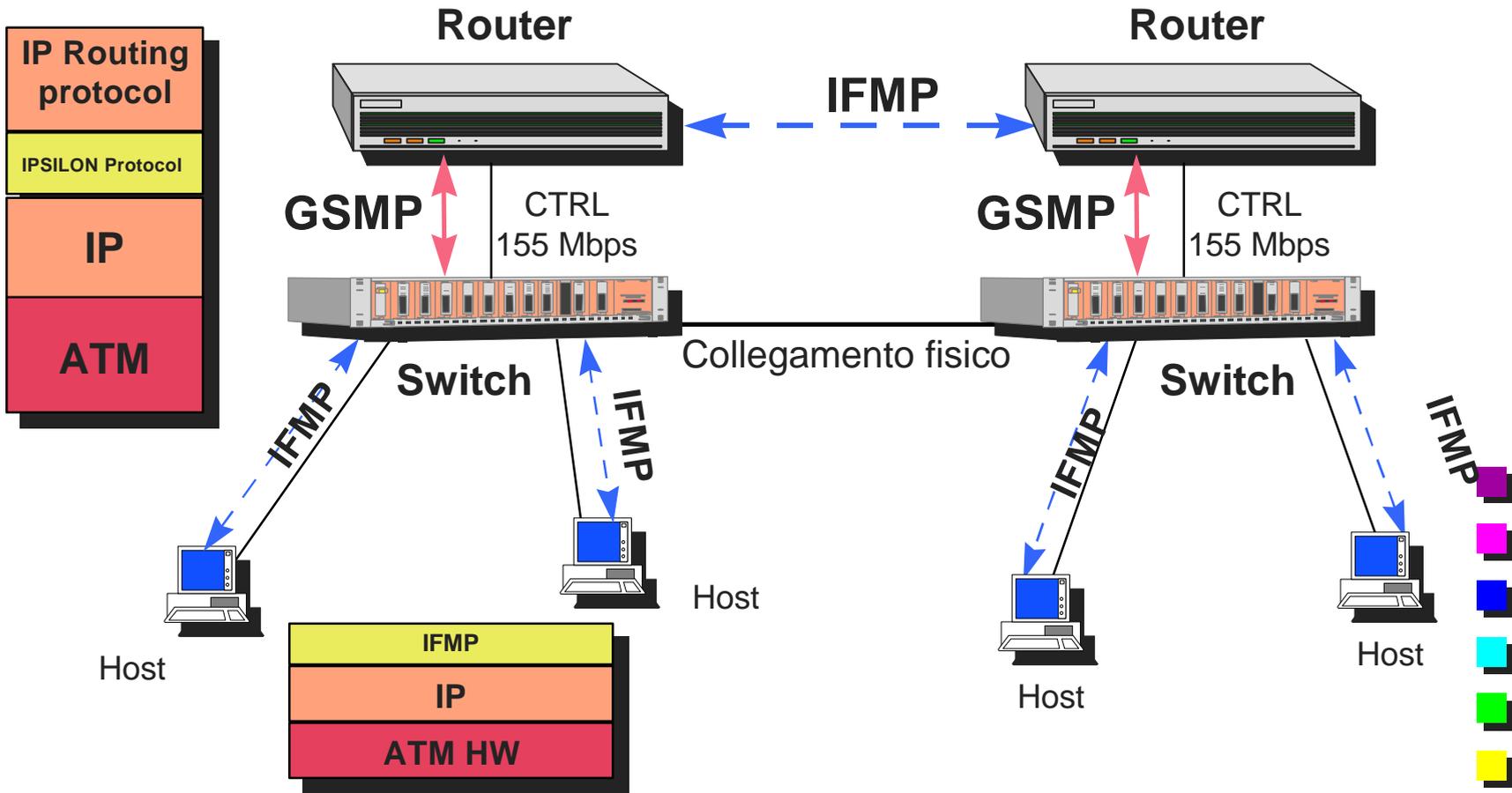
■ Supporto delle procedure di sicurezza

■ Un prodotto commerciale: Ipsilon

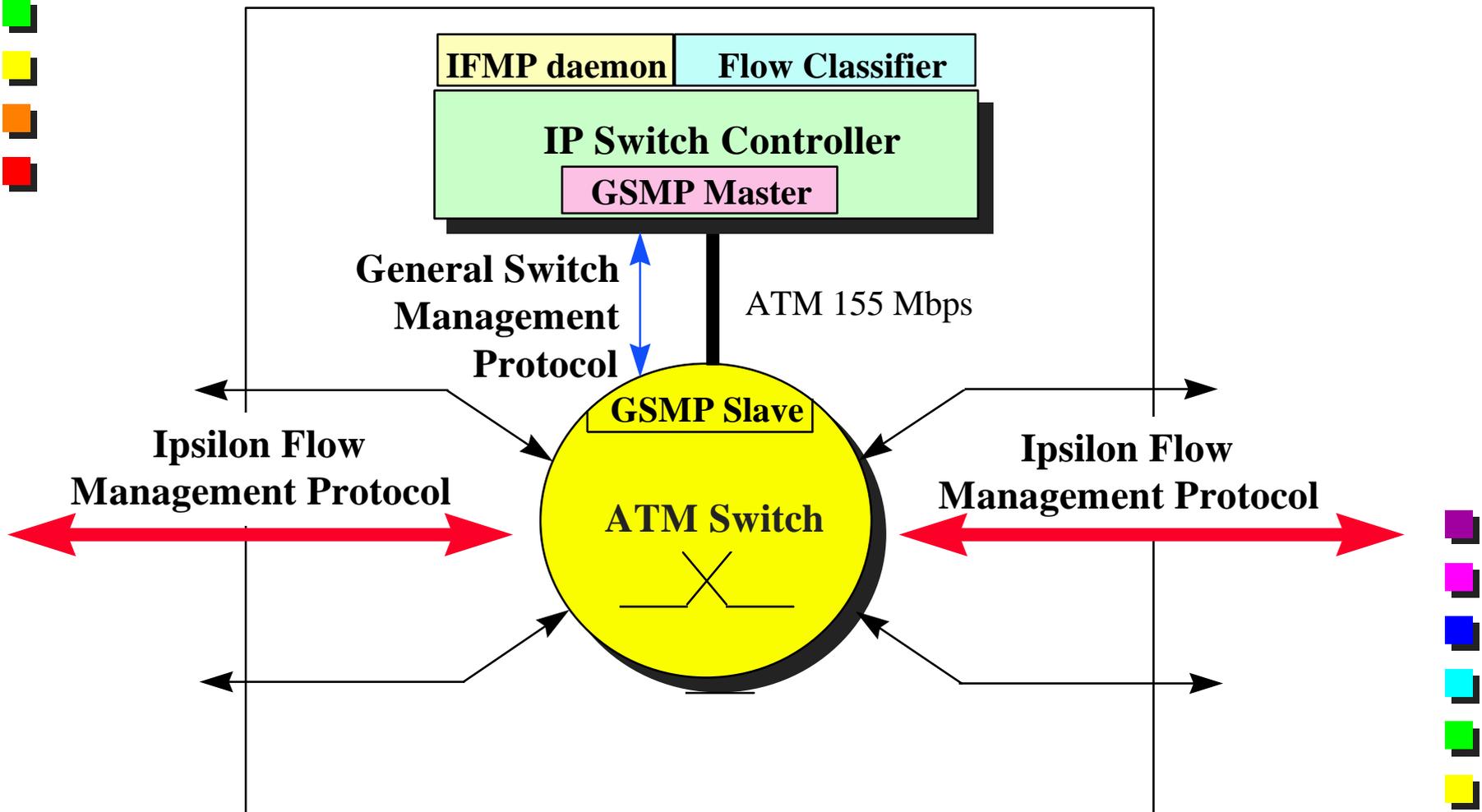
CSR



Architettura di Rete

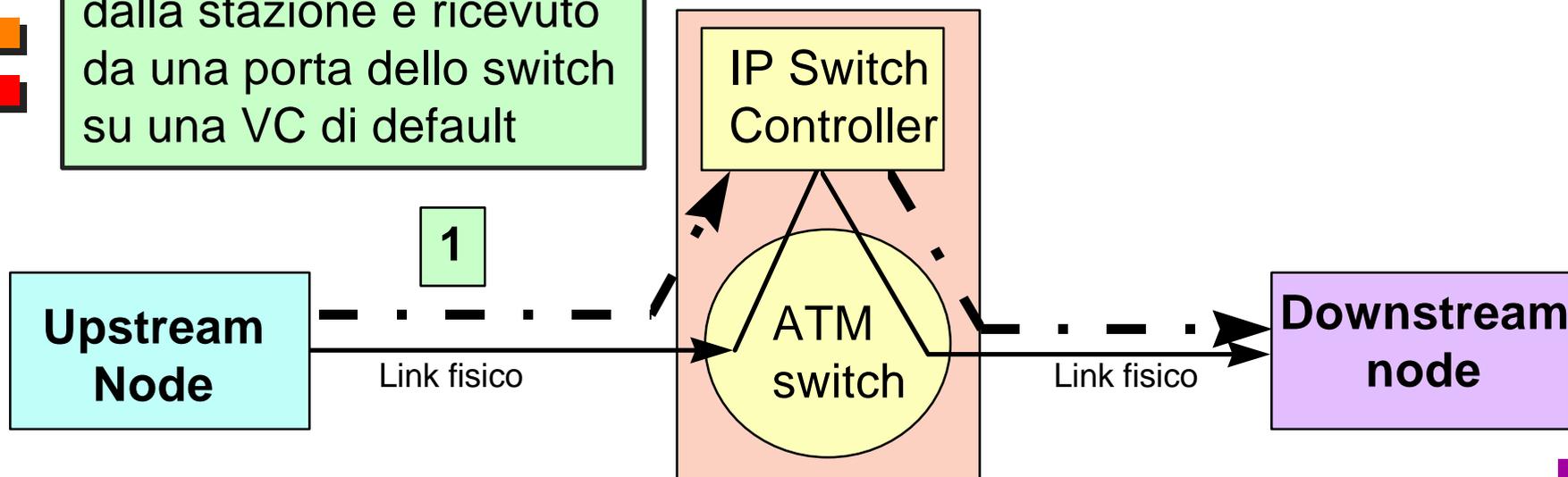


Ipsilon IP switching



Default VC

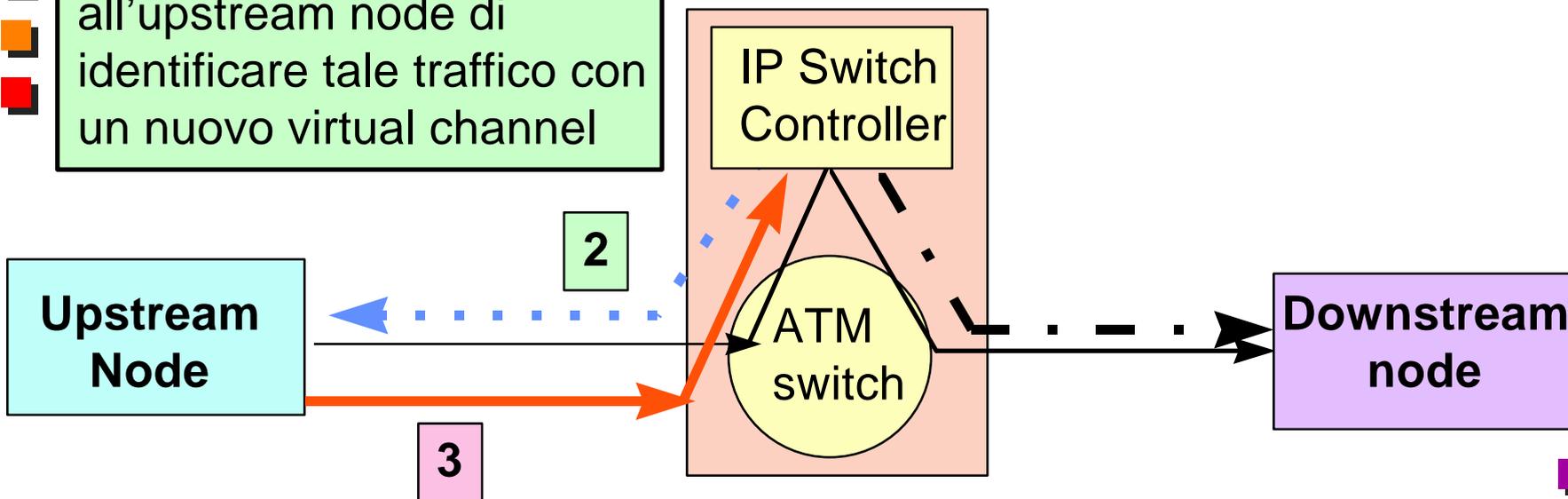
1) Il flusso IP generato dalla stazione è ricevuto da una porta dello switch su una VC di default



- - - VC Default
 — VC Dedicata
 . . . Messaggi IFMP

Prima nuova VC

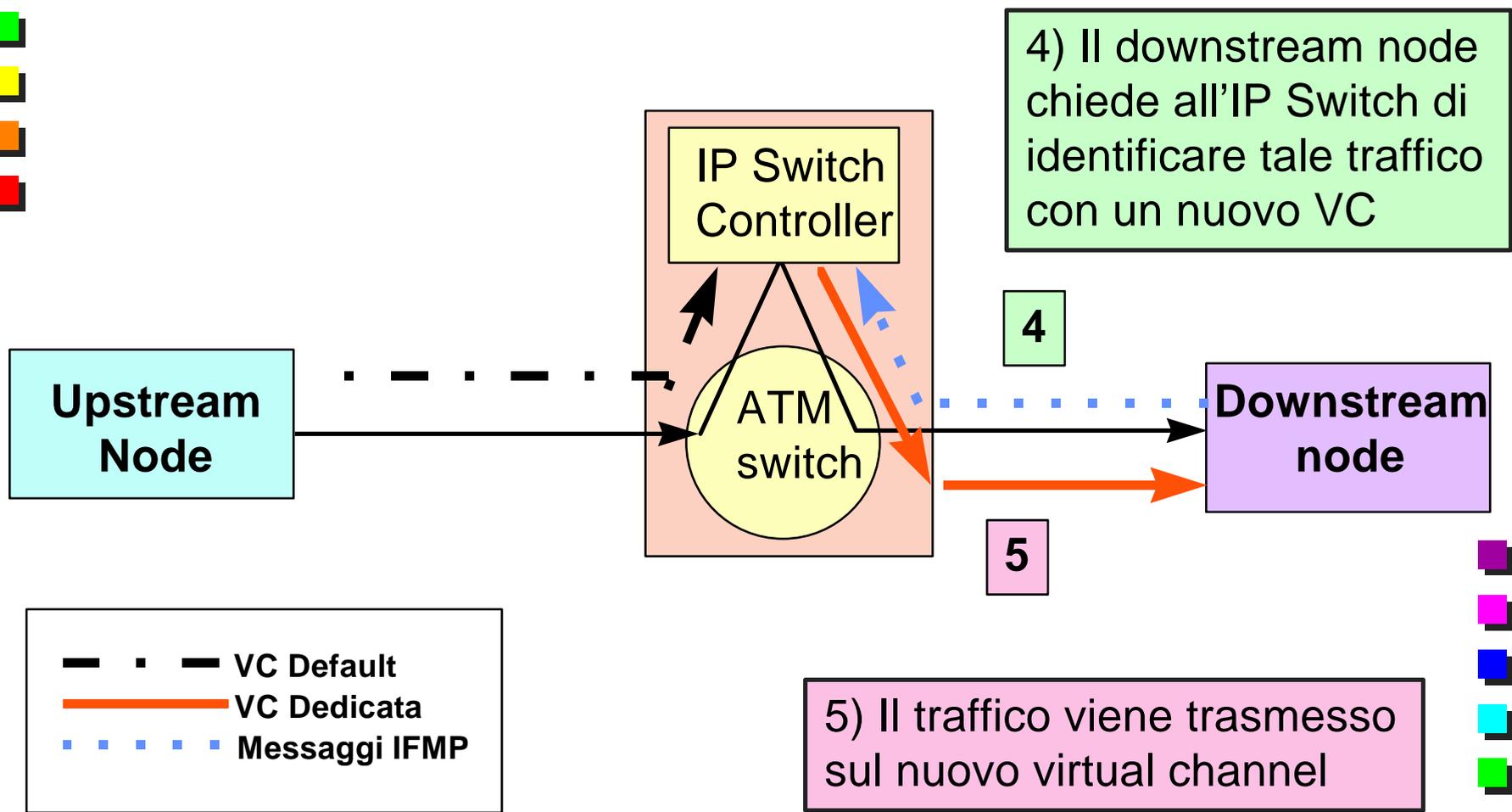
2) L'IP Switch chiede all'upstream node di identificare tale traffico con un nuovo virtual channel



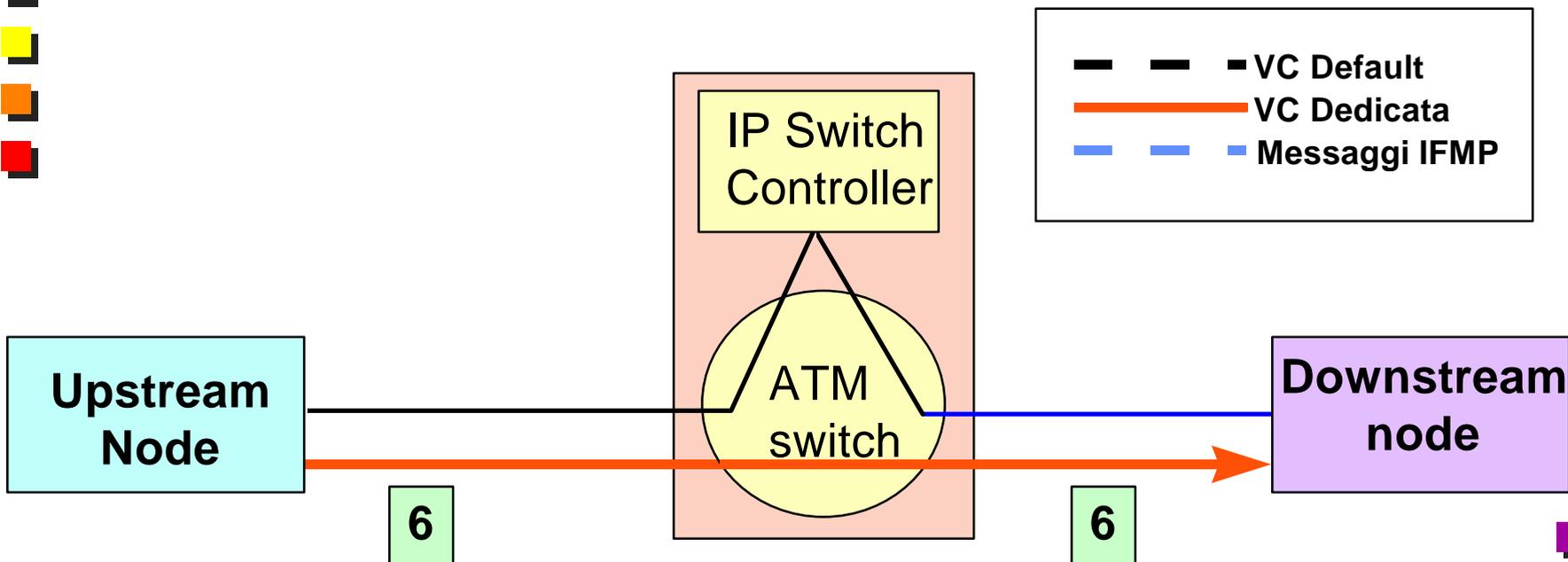
3) Il traffico viene trasmesso sul nuovo virtual channel

- VC Default
- VC Dedicata
- ... Messaggi IFMP

Seconda nuova VC

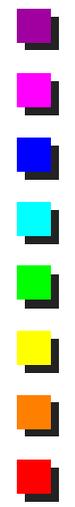
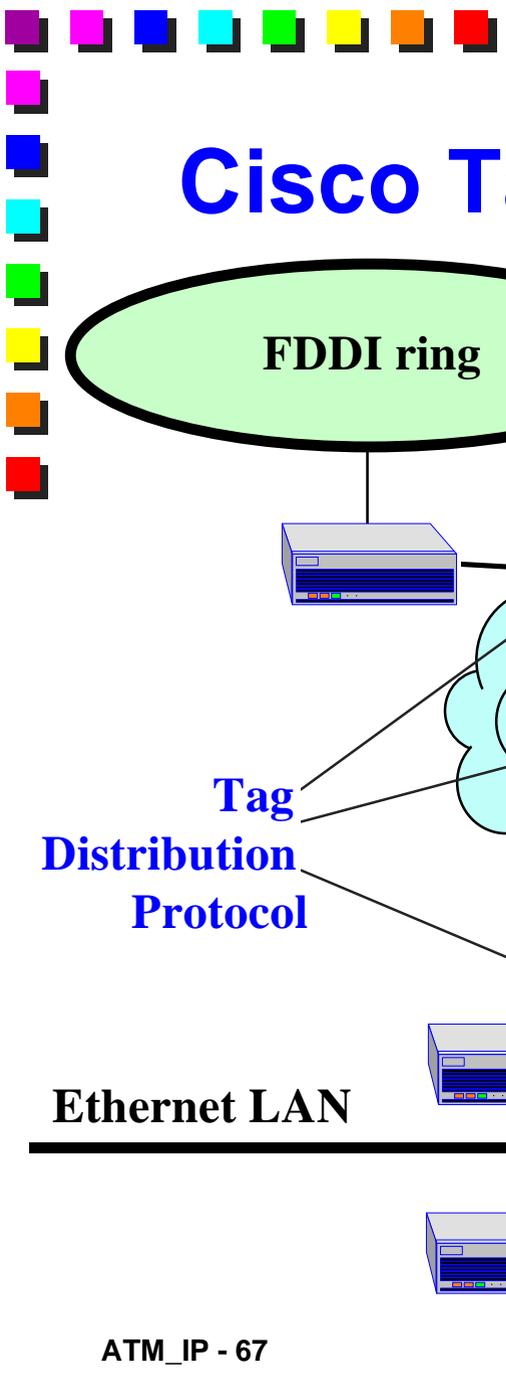
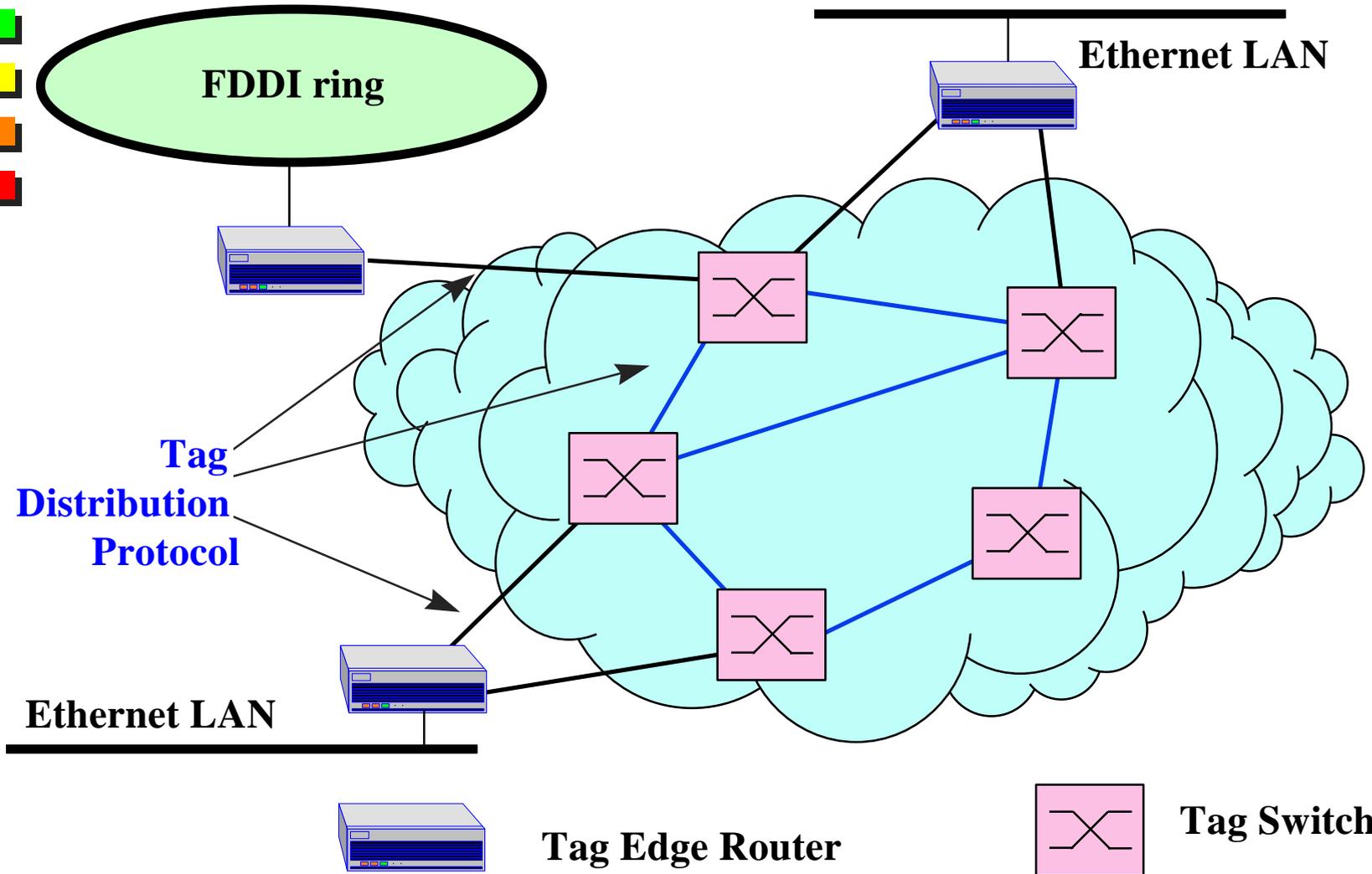


Bypass Pipe



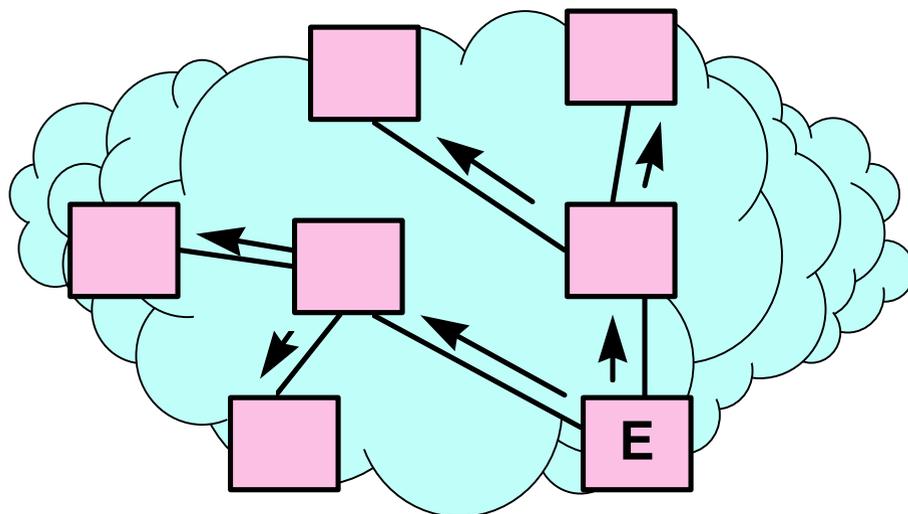
6) Da questo momento il traffico viaggia sulla Bypass Pipe dedicata

Cisco Tag switching



IBM ARIS

- Aggregate Route-Based IP Switching
- Costruisce degli alberi di distribuzione inversi verso gli "Egress Node"
 - un cammino switched per ogni egress node
 - i cammini switched seguono i cammini di instradamento IP



- ✱ le frecce indicano la direzione del protocollo
- ✱ i dati seguono la direzione inversa

3Com Fast IP

- Riduce il numero di layer 3 Hop
- Basato su:
 - NHRP
 - IEEE 802.1Q
 - meccanismi di registrazione basati su GARP
 - IEEE 802.1p
- Non limitato ad ATM
- Shortcut tra VLAN
- Richiede un upgrade hw/sw degli host
- Policy management

MPLS: MultiProtocol Label Switching

- IETF working group
- Using labels
 - as a means to aggregate forwarding information
 - to identify particular traffic and provide QoS
 - to optimize network performance
 - simplify integration of routers with cell switching based technologies

For more information:

General Discussion: mpls@external.cisco.com

To Subscribe: mpls-request@cisco.com

In Body: [subscribe](#) ([unsubscribe](#))

Archive: <ftp://ftpeng.cisco.com/mpls/mpls>

IPv6 e ATM

- IPv6 ha una capacità di Neighbor Discovery che:
 - utilizza trasmissioni multicast
 - rimpiazza ARP (che non è parte integrante di IPv4)
- IPv6 ha inoltre:
 - l'address autoconfiguration
 - security
- IPv6 semplifica il mapping delle connessioni introducendo il campo Flow Label

Il pacchetto IPv6

