

BRIDGE - SWITCH ROUTER - GATEWAY

Silvano GAI

Silvano@polito.it

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

e

Piero Nicoletti

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.

Generalità

- **Bridge, Router e Gateway servono per interconnettere tra loro reti con diverse:**
 - **tipologie (ad es. reti locali e geografiche)**
 - **tecnologie (ad es. Ethernet e token-ring)**
 - **architetture di rete (ad. es. SNA e TCP/IP)**
 - **e per aumentarne la dimensione (ad es. reti locali estese)**

- **I Bridge**
 - **operano a livello 2**
 - **hanno algoritmi di instradamento molto semplici**
 - **si utilizzano normalmente per interconnessioni locali**

Generalità

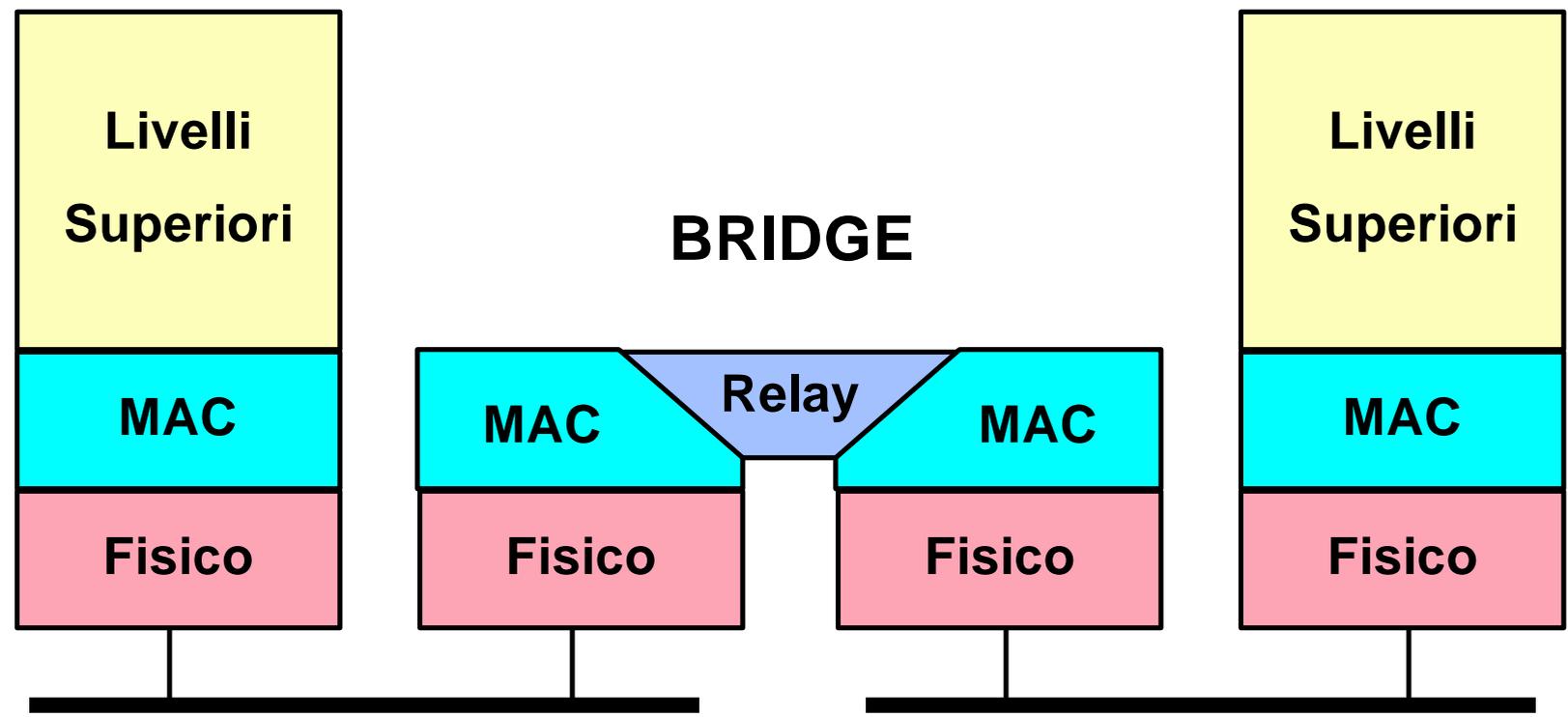
■ I Router

- operano a livello 3
- hanno algoritmi di instradamento sofisticati
- si utilizzano normalmente per interconnessioni geografiche

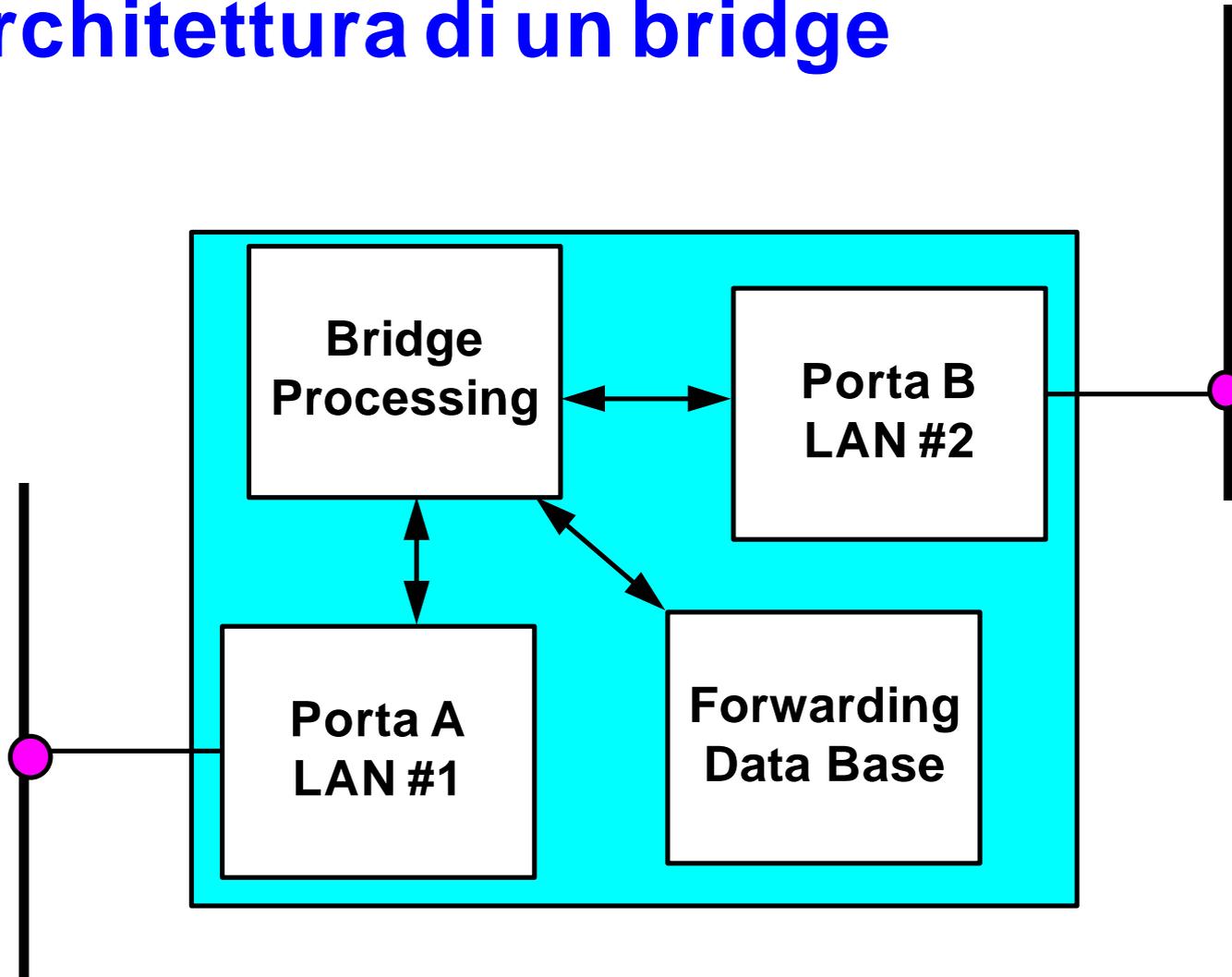
■ I Gateway

- operano a livello 7
- si utilizzano per interconnettere architetture di rete diverse (ad es. SNA e TCP/IP)

I Bridge



Architettura di un bridge



Instradamento

- Le tabelle di instradamento sono calcolate tramite:
 - **routing isolato - backward learning**
 - **osservazione degli indirizzi MAC**
- **Il backward learning**
 - funziona solo su reti con topologia ad albero
 - le topologie magliate sono trasformate in topologie ad albero tramite un algoritmo di **spanning-tree**
- **L'algoritmo di spanning tree**
 - opera periodicamente (ogni secondo)
 - decide quali porte porre in stato di forwarding e quali in stato di blocking

Transparent Bridge

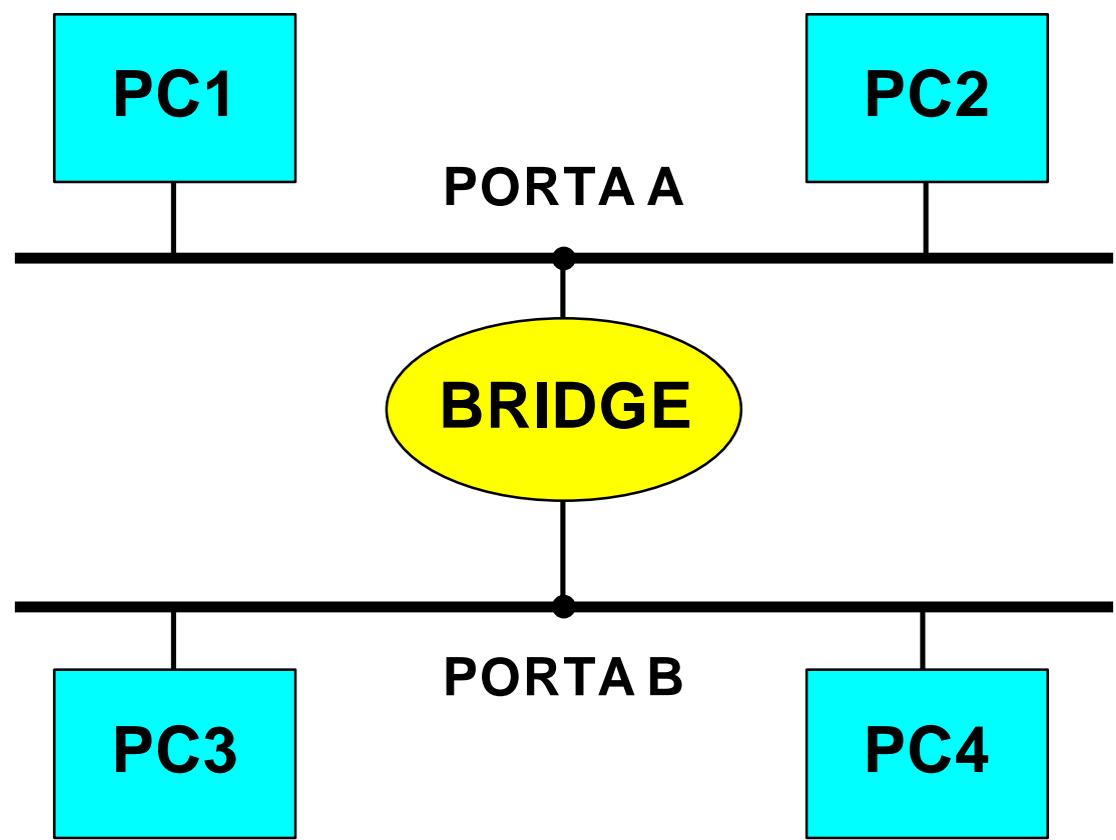
- La IEEE ha standardizzato i bridge con lo standard 802.1D. Tali bridge noti anche con il nome di **transparent spanning-tree bridge**:
 - sono derivati da Ethernet
 - hanno tabelle di instradamento locali
 - non necessitano di tabelle/modifiche sui nodi della LAN

- I transparent bridge svolgono tre funzioni base:
 - forwarding di pacchetti
 - apprendimento di stazioni
 - risoluzione di possibili maglie partecipando all'algoritmo di spanning tree

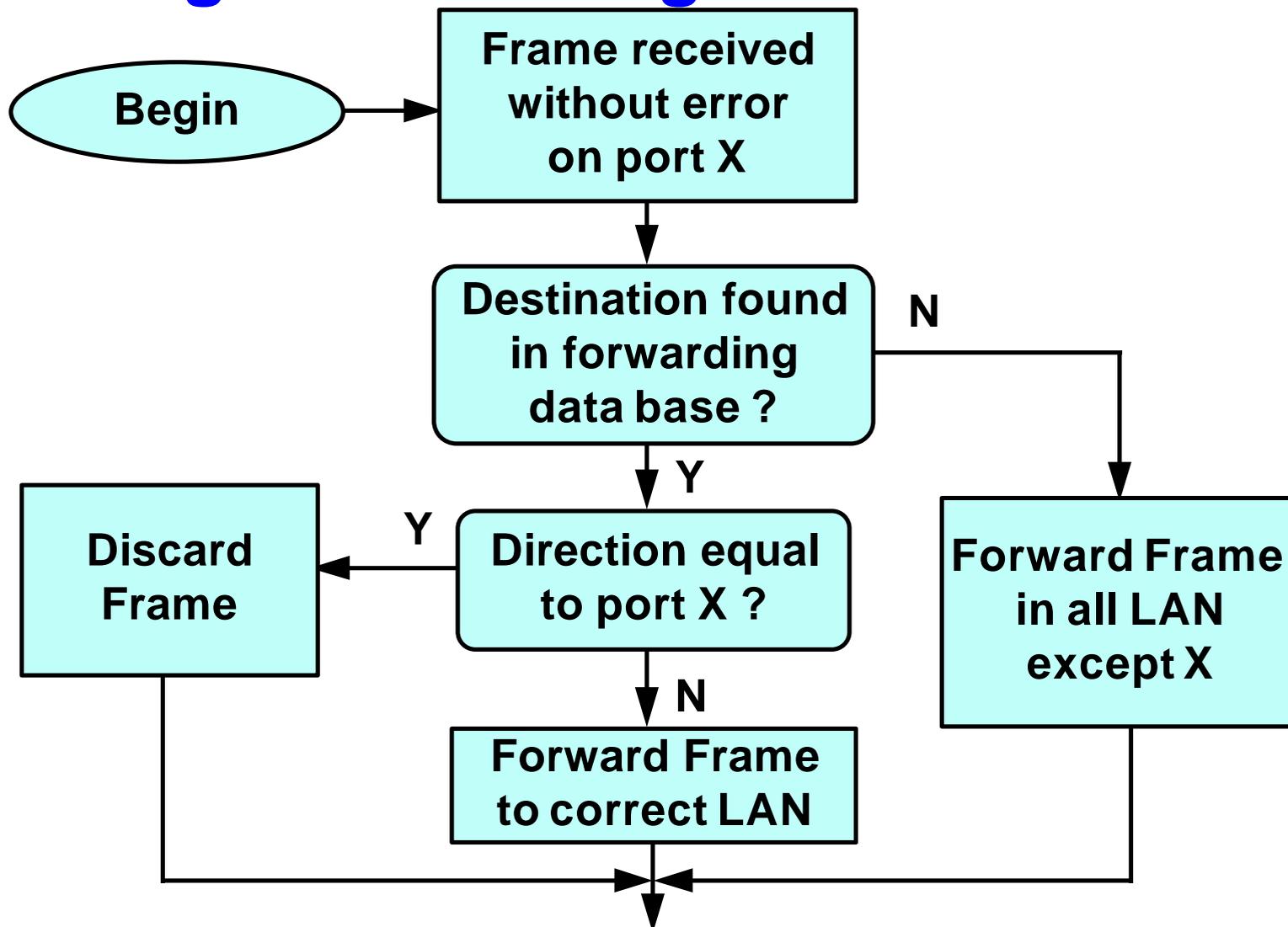
Source Routing Bridge

- **Esistono anche i Bridge Source Routing**
 - **derivati da Token Ring**
 - **non hanno tabelle di instradamento locali**
 - **necessitano di tabelle di instradamento sui nodi della LAN e quindi una modifica del software di rete**
- **Specifici protocolli MAC (in particolare l'802.5) potranno mantenere schemi interni di bridging diversi purchè implementino anche l'802.1D**

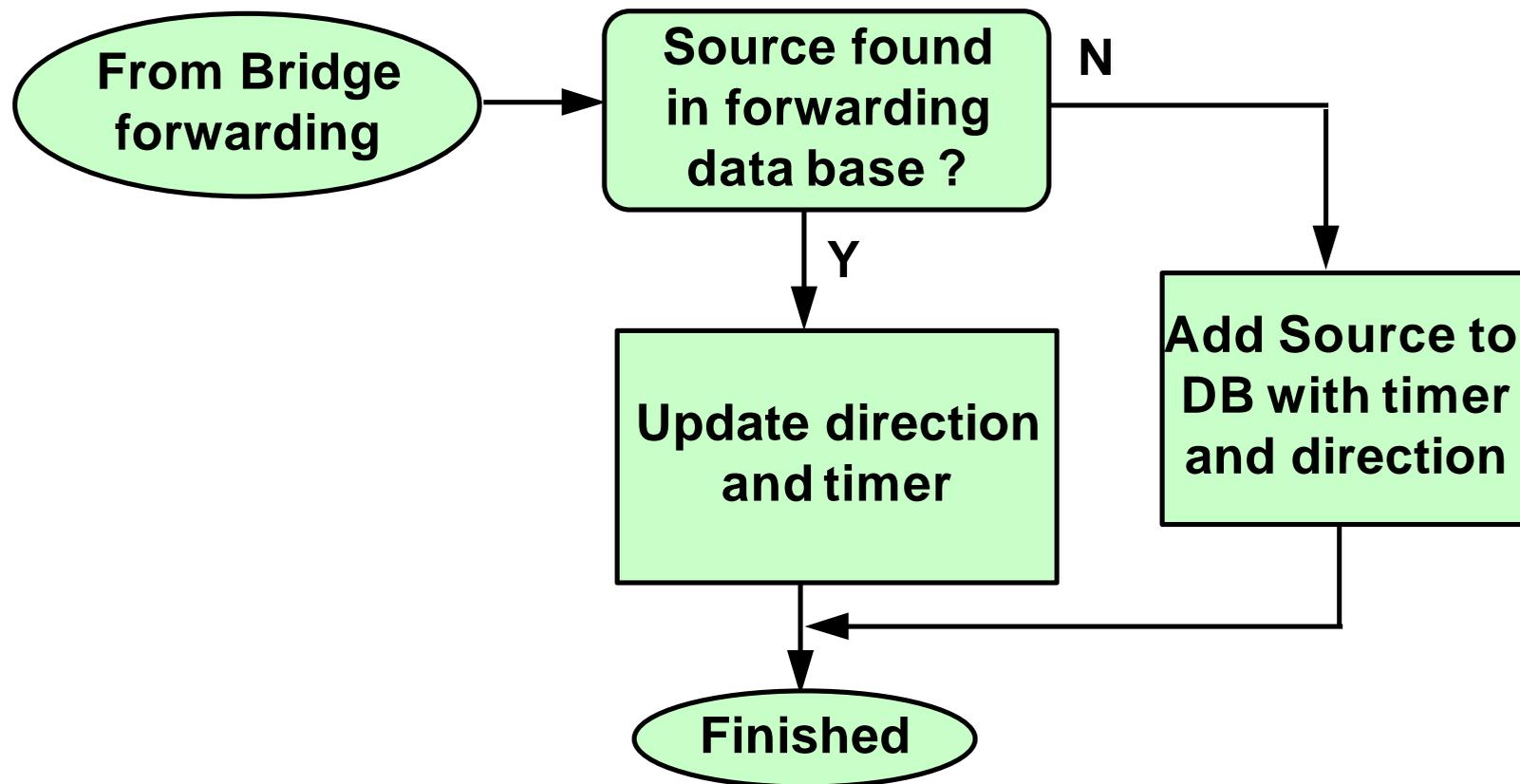
Transparent Bridge



Bridge Forwarding



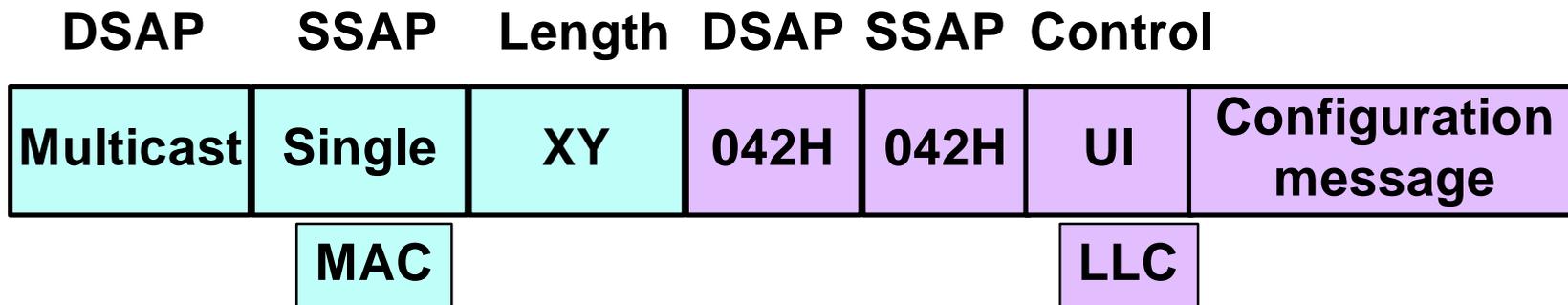
Bridge Learning



Spanning Tree

- L'algoritmo di Spanning tree trasforma dinamicamente (periodicamente) la maglia in un albero
- Tutti i bridge della rete devono avere uno spanning tree conforme alle specifiche IEEE 802.1D
- L'algoritmo opera nei seguenti passi
 - Root Bridge selection
 - Root Port selection
 - Designated/Blocking Port selection
- L'algoritmo utilizza una Configuration-BPDU definita nello standard IEEE 802.1D

Configuration-BPDU



■ **Campi principali del Configuration Message:**

- **ROOT_ID:** è l'ID del bridge assunto come root
- **COST_OF_PATH_TO_ROOT:** è il costo totale per raggiungere il bridge che ha originato il Configuration Message
- **BRIDGE_ID:** è l'ID del bridge che ha originato il Configuration Message
- **PORT_ID:** è l'identificativo della porta del bridge che ha originato il Configuration Message, insieme al costo associato alla porta stessa

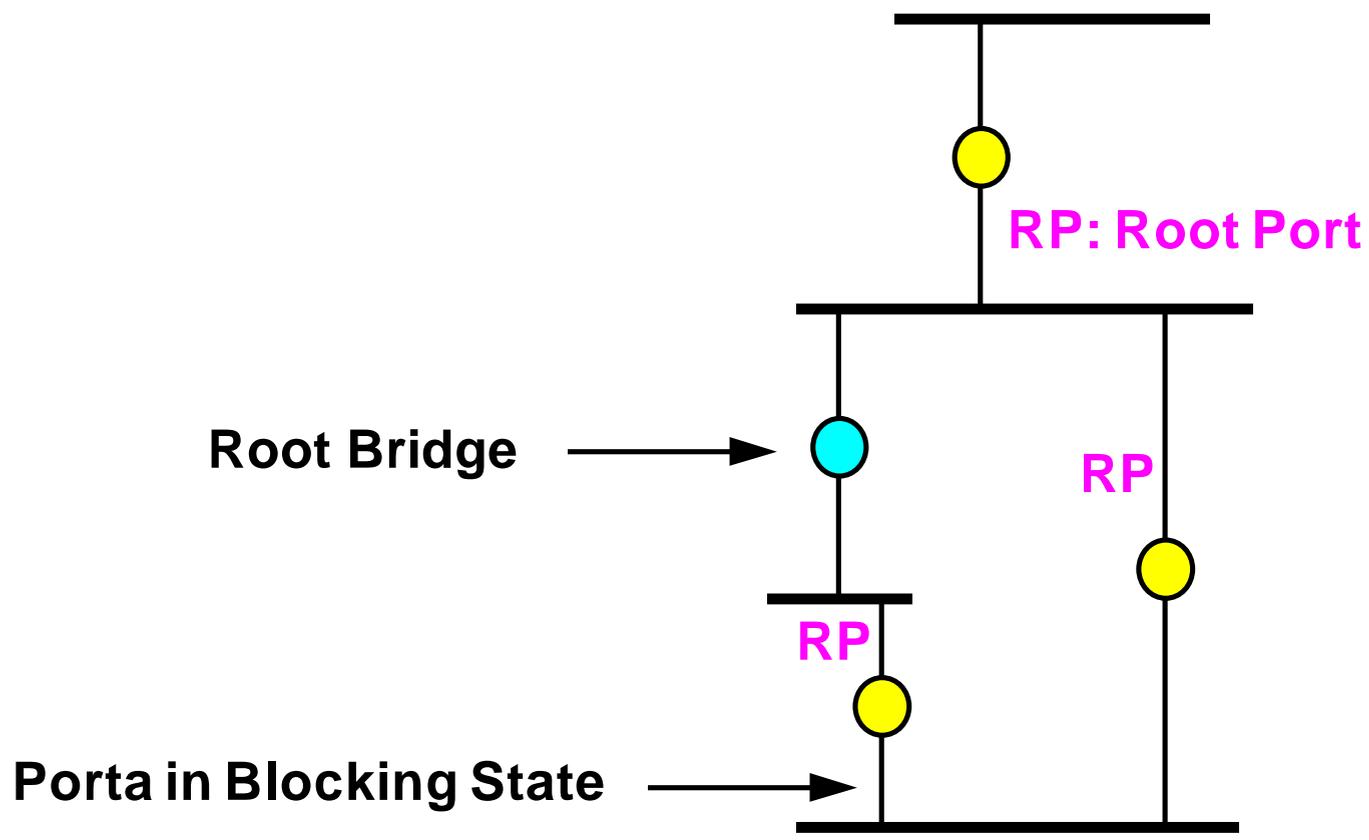
Root Bridge Selection

- Ogni bridge è caratterizzato da una root priority e da un indirizzo MAC (quello di una delle sue porte)
- È designato root bridge quello che ha root priority minore. In caso di parità quello che ha indirizzo MAC minore
 - inizialmente ogni bridge assume di essere root ed invia le BPDU
 - quando un bridge riceve una BPDU con priority minore assume che il bridge mittente sia il root bridge
 - solo il root-bridge continua a originare BPDU
- Il root bridge è la radice dell'albero

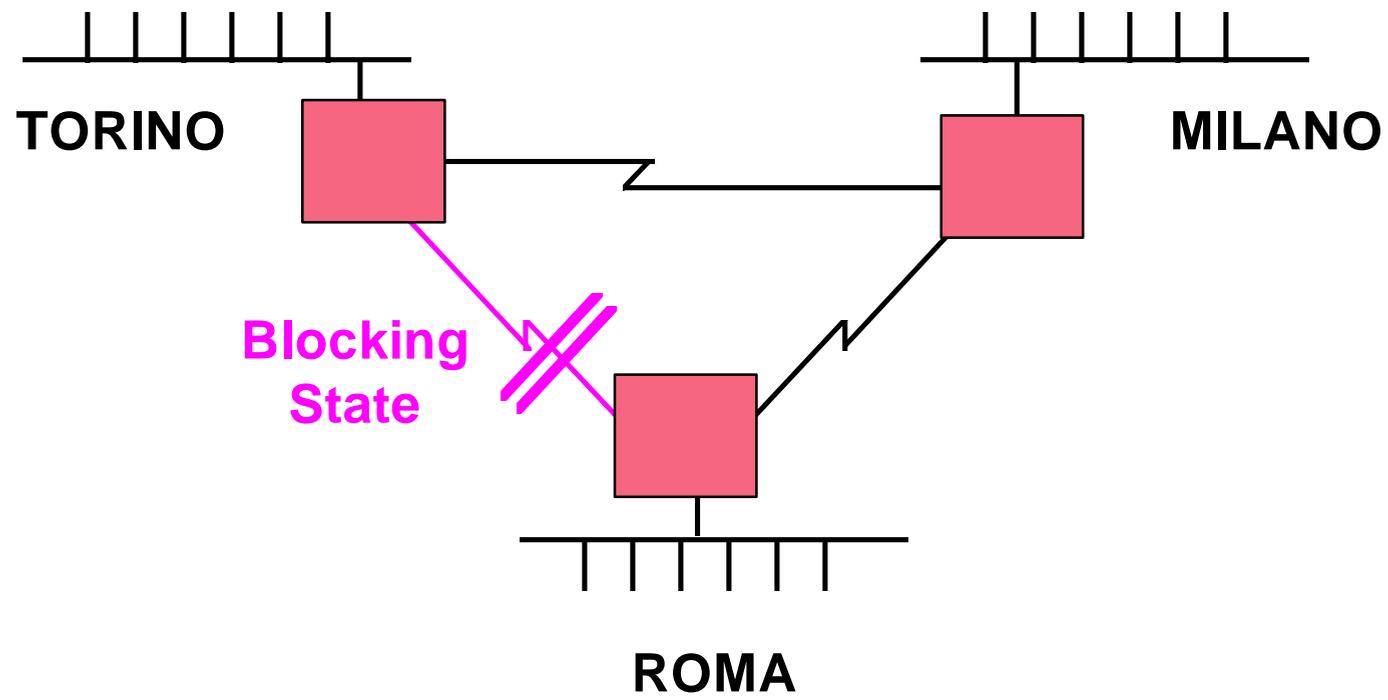
Port Selection

- Ogni bridge identifica la sua root port, cioè la porta che ha il cammino di costo minimo verso il root bridge
 - i costi sono associati alle porte
- I costi dei cammini sono propagati tramite le BPDU originate dal root bridge
- Qualora più porte non-root siano collegate sulla stessa LAN solo quella con costo di percorso minore rimane attiva (forwarding), le altre vengono messe in blocking state

Esempio



Spanning Tree su LAN estese



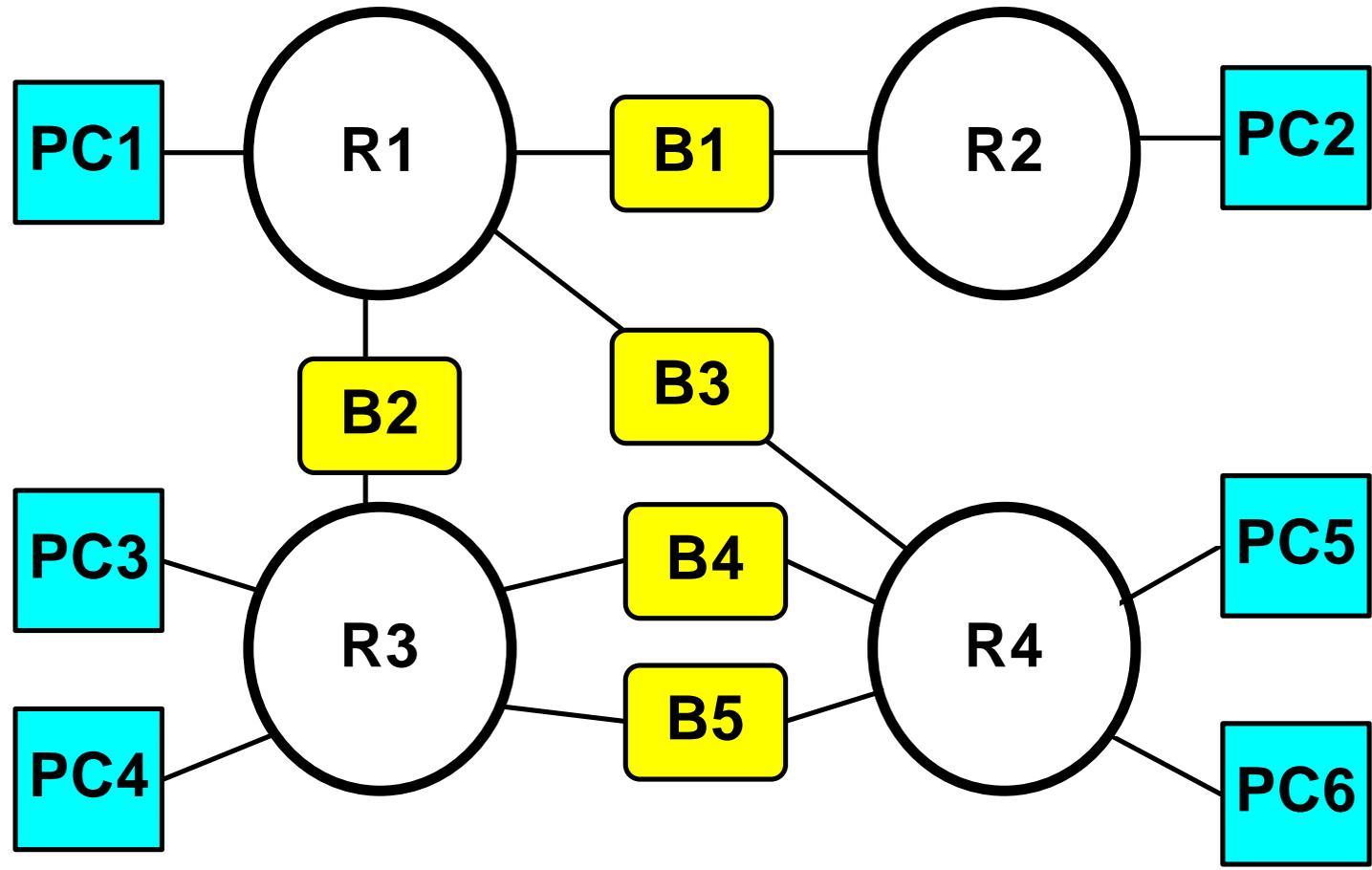
Algoritmi proprietari

- **Sulle WAN non è accettabile che le linee in blocking state non portino traffico:**
 - **alcuni costruttori propongono algoritmi proprietari per usare le linee in blocking state**
- **Anche con questi algoritmi i bridge sono poco idonei a fare internetworking su scala geografica:**
 - **è difficile garantire il comportamento FIFO e la non generazione dei duplicati durante le fasi di transizione dello spanning tree**
 - **possono innescarsi pericolosi loop**
 - **si propaga comunque il traffico di broadcast e multicast**

Source Routing

- La stazione mittente determina a priori l'instradamento del messaggio includendolo in ogni pacchetto
- L'instradamento è espresso come una serie di identificatori di anello e di bridge
- I bridge non hanno tabelle che sono invece mantenute dai nodi (es: calcolatori)
- Quando una stazione vuole imparare l'instradamento verso un'altra stazione invia un pacchetto di *route location*
- Il meccanismo ammette sino a 8 bridge in cascata

Source Routing



Source Routing

- I MAC che usano il source routing hanno un campo opzionale RI (Routing Info)



- La presenza del campo è indicata dal primo bit del source address detto RII:
 - RII=1 indica la presenza di Routing Info
 - questo bit normalmente ha il significato di I/G e indica un indirizzo di multicast, cosa priva di significato per un source address

Routing Info

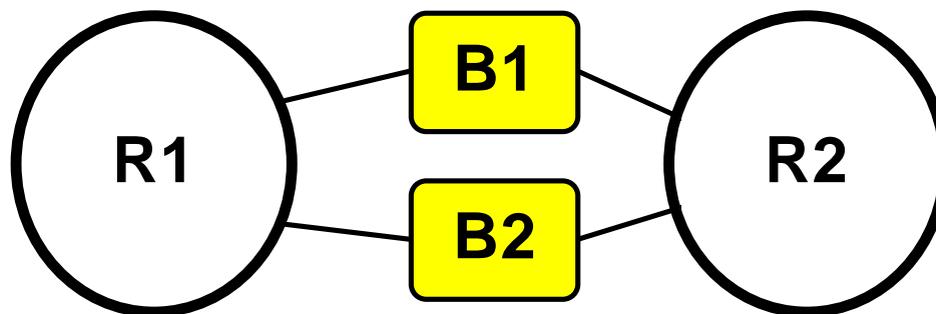
- È composto da un campo RC (Route Control) e N campi SN (Segment Number o Route Designator) con $0 \leq N \leq 8$
- Esempio con N = 3



- RC contiene varie informazioni quali:
 - Valore di N
 - Direzione (da source a destination o viceversa)
 - Broadcast: pacchetto destinato a tutti i ring

Segment Number

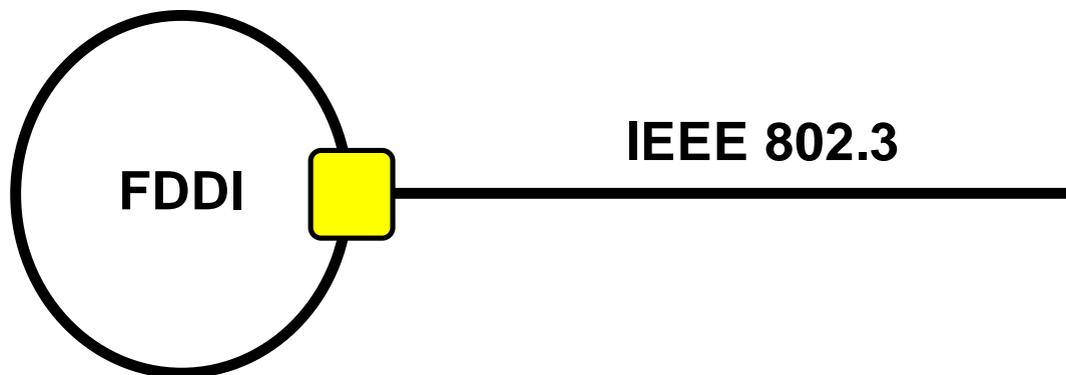
- È un campo di 16 bit diviso in:
 - 12 bit di RN (Ring Number)
 - 4 bit di BN (Bridge Number)
- RN è assegnato dal network manager diverso per ogni ring
- BN serve per discriminare tra bridge paralleli (che connettono gli stessi ring)



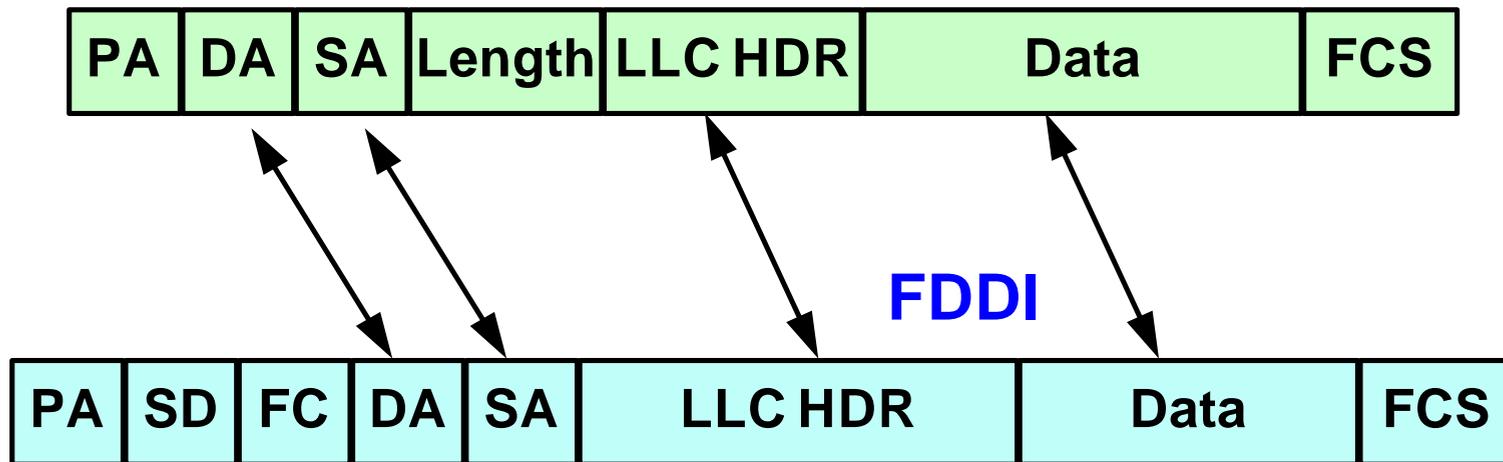
Translating Bridge

- I Bridge conformi a IEEE 802.1D devono essere **translating**
 - devono tradurre la busta di livello 2 ricevuta da una LAN nella busta di livello 2 da trasmettersi nell'altra LAN
 - complicato quando si utilizzano bridge per interconnettere tipi di LAN diverse (ad es: 802.3 con 802.5)
 - complicato quando si debbano trattare messaggi di lunghezza maggiore di quella supportata sulla rete di destinazione
 - La frammentazione dei messaggi è un compito tipico del livello 3!

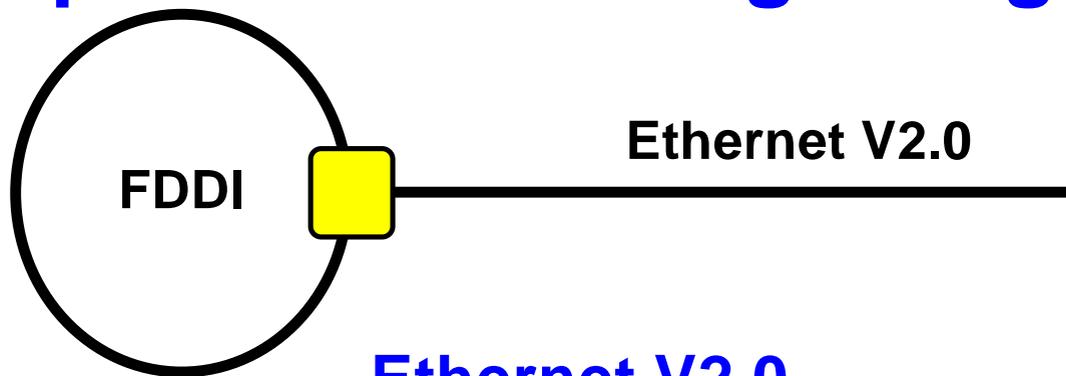
Esempio di Translating Bridge



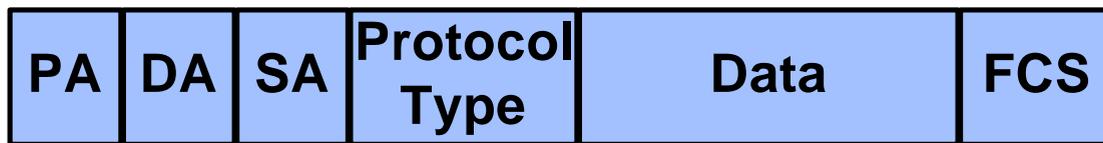
IEEE 802.3



Esempio di Translating Bridge



Ethernet V2.0



FDDI



AA AA 03 000000

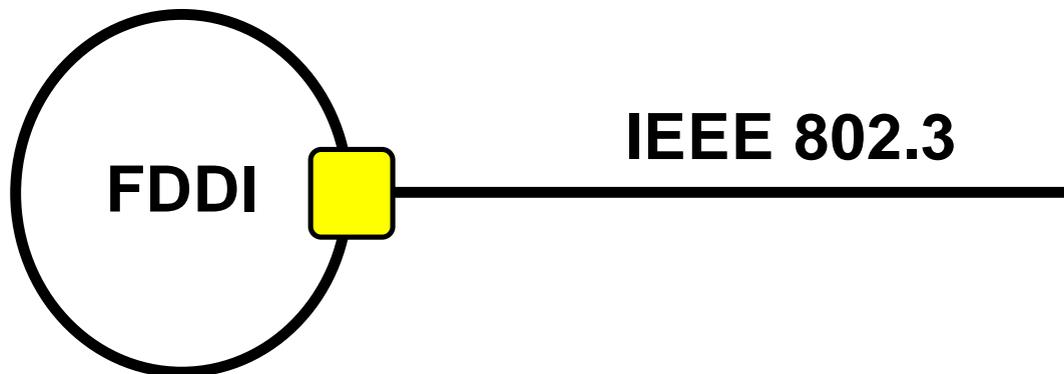
Frammentazione

- I problemi si verificano principalmente passando da 802.3 a 802.5 o FDDI:
 - 802.3 ha un pacchetto max 1500 byte
 - 802.5 ha un pacchetto max 17946 byte
 - FDDI ha un pacchetto max 4500 byte
- Ci sono protocolli quali il DECNET che non hanno questo problema in quanto non generano messaggi di lunghezza superiore a quella di 802.3
- Il TCP/IP ha invece questo problema
 - occorre fare l'IP fragmentation in accordo allo standard RFC 791 a livello di bridge

Encapsulating Bridge

- Sono Bridge previsti per collegamenti ad un backbone:
 - il messaggio ricevuto dalla LAN viene imbustato in una ulteriore busta di livello 2 e trasmesso sul backbone
 - non è possibile la connessione diretta di stazioni sul backbone (dovrebbero mettere due buste di livello 2!)
- Evoluzione storica:
 - primo approccio utilizzato
 - sorpassato dai translating bridges
 - reintrodotta come packet-tagging nelle VLAN (Virtual LAN)

Esempio di Encapsulating Bridge



IEEE 802.3

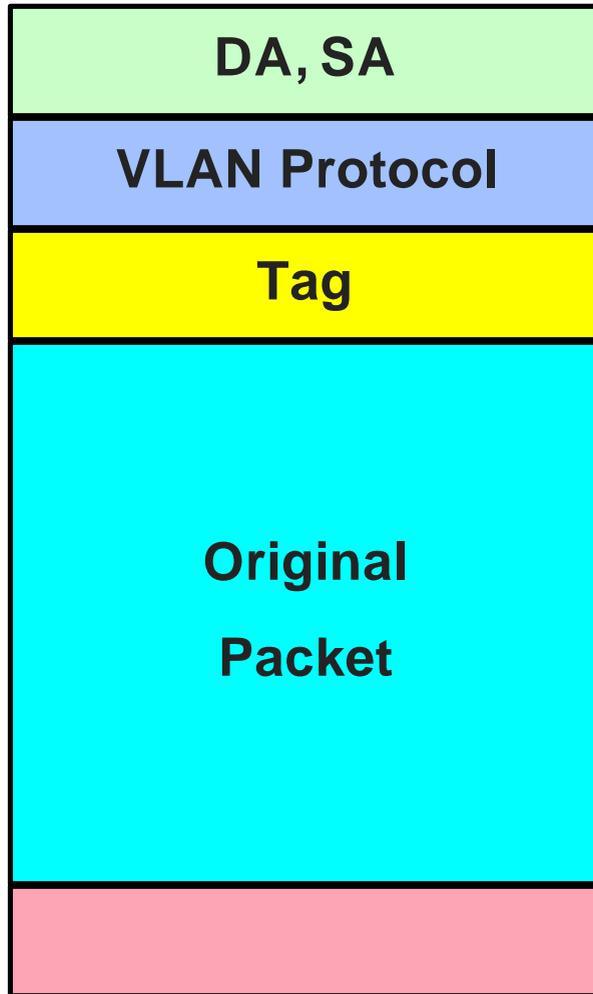


Il pacchetto 802.3 è incapsulato nel campo dati del pacchetto

FDDI



VLAN Encapsulation



→ Indica a quale VLAN appartiene il pacchetto

Filtering

- Oggi quasi tutti i bridge hanno la capacità di filtrare il traffico
- I campi usati tipicamente nelle operazioni di filtraggio sono:
 - Indirizzo sorgente
 - Indirizzo destinatario
 - Protocol Type
- I filtri possono essere:
 - esclusivi
 - inclusivi
- Su alcuni bridge è possibile disabilitare il learning e scrivere a mano le tabelle

Prestazioni di un Bridge

- Un bridge è caratterizzato da due parametri:
 - il numero di pacchetti/secondo che può ricevere e processare
 - il numero di pacchetti/secondo che può forwardare
- In generale il primo numero è maggiore del secondo (si pensi a un bridge FDDI-802.3)
- Si parla di bridge *full-speed* quando questi due numeri sono uguali al massimo traffico teorico ricevibile contemporaneamente da tutte le porte

Prestazioni di un Bridge 802.3

Dimensione pacchetto	Pacchetti al secondo	
	carico 50%	carico 100%
1518	403	812
1024	603	1206
512	1192	2385
256	2332	4664
128	4464	8928
64	8223	14880

Bridge Remoti

- I bridge remoti possono essere interconnessi utilizzando:
 - fibra ottica (sino a 50Km nel caso FDDI)
 - linee telefoniche con velocità maggiori o uguali a 64kb/s (anche via satellite)
 - fasci di microonde (difficile in Italia) sino a 10km
 - trasmissioni spread spectrum sino a qualche centinaio di metri
 - raggi laser (difficile in Italia del Nord) sino a 2km
 - reti frame relay
 - reti a larga banda: SMDS, ATM

Bridge Remoti

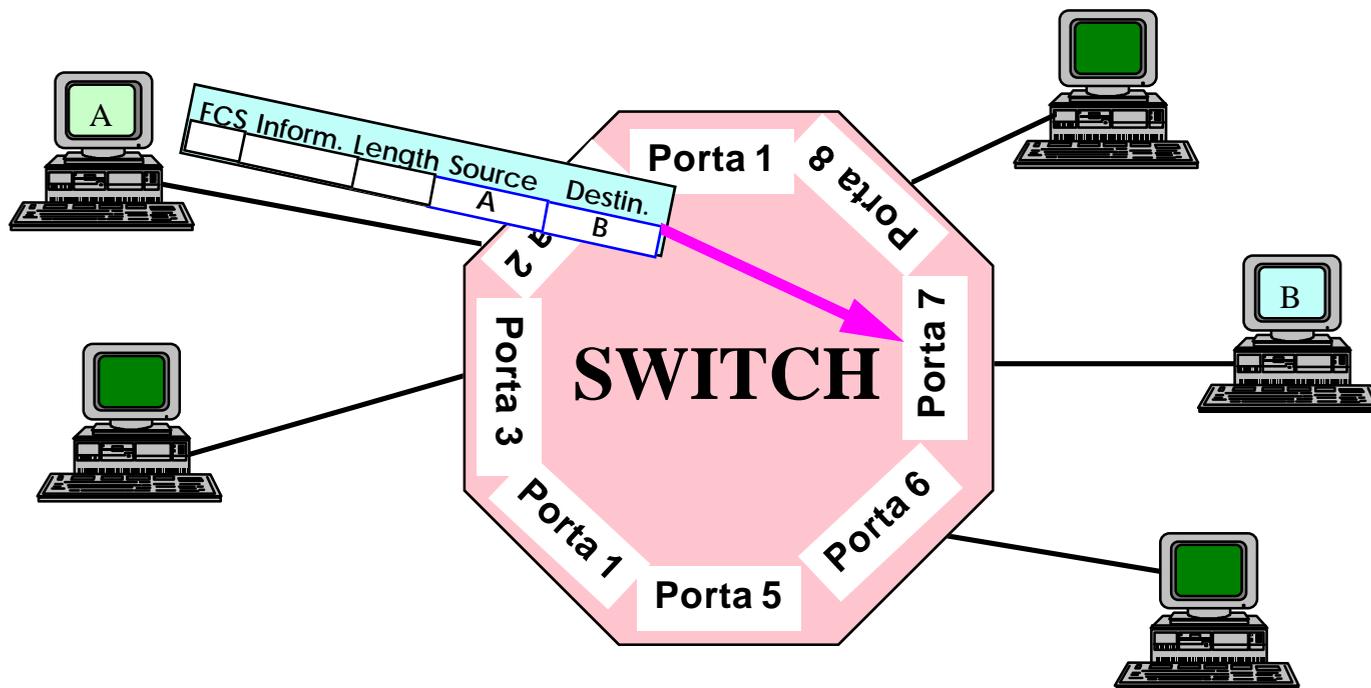
- Spesso utilizzati in sostituzione dei router
 - hanno il vantaggio di essere trasparenti a tutti i protocolli (anche a quelli, quale il LAT che non hanno un livello 3!)
- Non gestiscono topologie di complessità molto elevata
- Non confinano i messaggi di multicast e broadcast
- Non permettono il bilanciamento ottimale del traffico su rete geografica
- Non gestiscono algoritmi sofisticati per uso di più link in parallelo

Switch

- Sono dei bridge multi-porta
 - realizzazione in hardware dell'algoritmo
 - molto veloci
- Concepiti inizialmente da Kalpana come Ethernet Switch hanno spesso la capacità di fare il cut-through switching (detto anche *On-The-Fly Switching*):
 - ricevuti i campi di DSAP e SSAP lo switch decide se e dove ritrasmettere il pacchetto mentre la ricezione è ancora in corso
 - lascia passare eventuali pacchetti corrotti e frammenti di collisione poiché non può controllare la FCS
- Ora disponibili anche per token-ring e FDDI

Esempio di Ethernet Switching

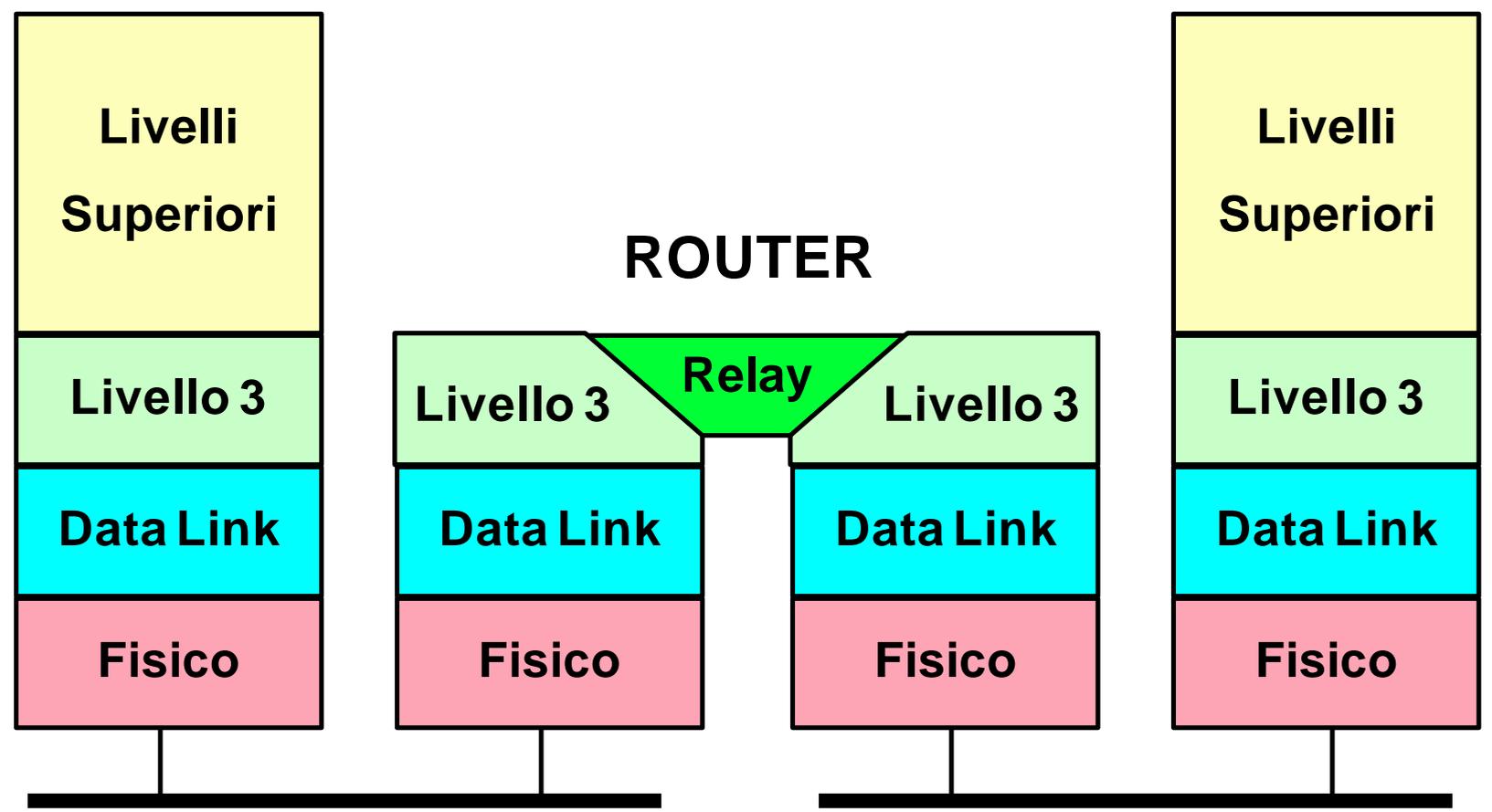
- I tempi di latenza sono molto bassi 40÷60μs
 - Quando lo Switch legge il campo Destination decide dove inoltrare il pacchetto



Limiti del cut-through

- Ha le seguenti limitazioni:
 - tutte le porte devono avere lo stesso MAC
 - tutte le porte devono essere alla stessa velocità
 - serve a poco o nulla se il pacchetto è corto
- Lo switch fa store and forward se:
 - la porta di destinazione è occupata
 - il DSAP è multicast o broadcast
 - se la porta di ricezione ha troppi errori
- Molti switch aspettano di ricevere almeno 64 byte per non propagare frammenti di collisione
 - modalità fragment-free

I Router



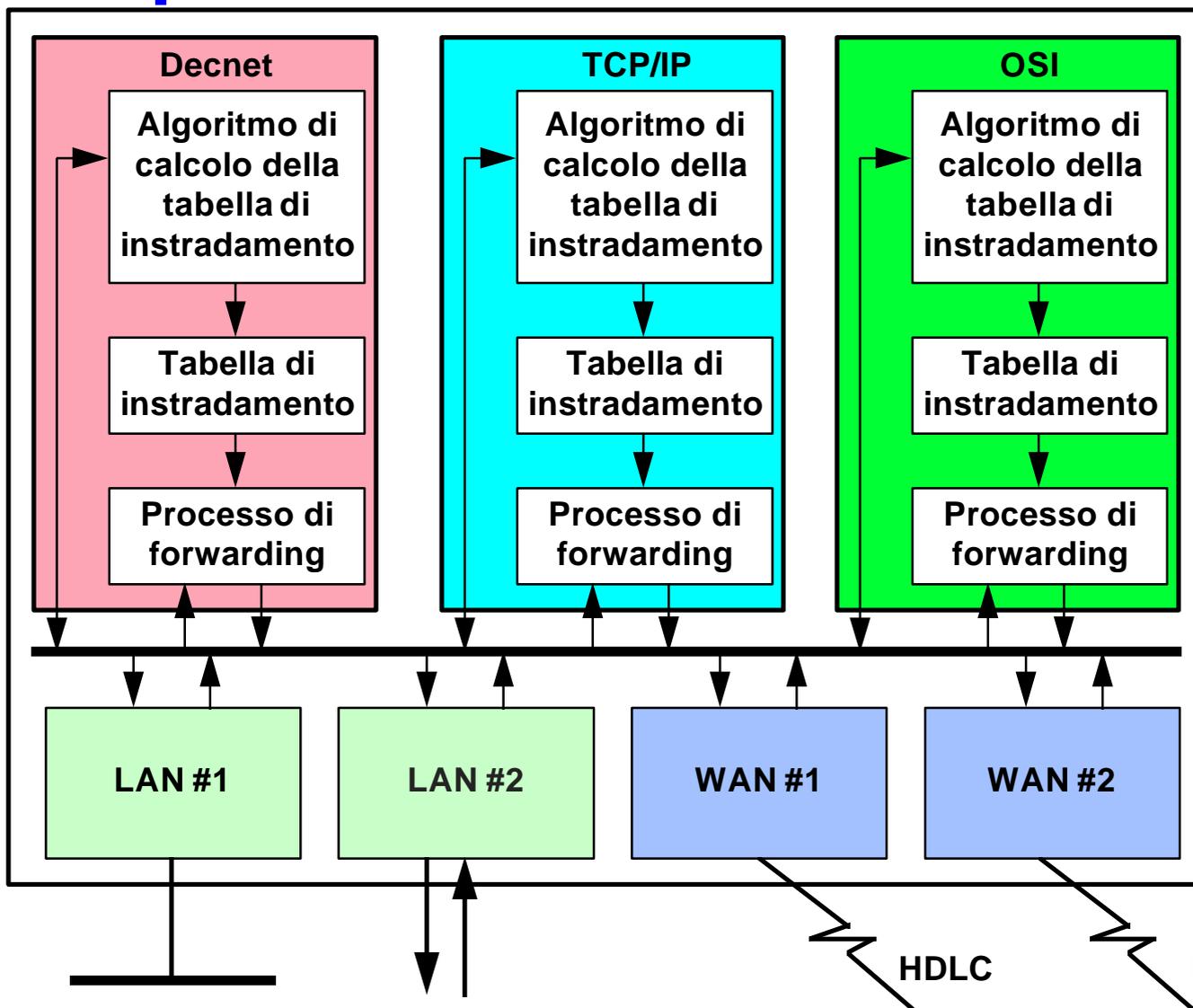
Router

- Sono gli oggetti più idonei ad interconnettere LAN
- Lavorano a livello 3 (Network)
- Sono limitati ad un solo o a pochi protocolli
- Sono adeguati a gestire topologie anche molto complesse, utilizzando tutte le linee a disposizione
- Funzionano bene anche con linee lente
- Non trasmettono il traffico di broadcast e di multicast
- Permettono un routing di tipo gerarchico suddividendo la rete in aree

Routing Protocol

- IP: appartiene allo standard TCP/IP
 - versione attuale IPv4 (RFC 791)
 - dal 1997 introduzione di IPv6 (RFC 1883)
- CLNP (ISO 8473): standardizzato da OSI ed usato in Decnet fase V
- Decnet fase IV: usato dall'omonima rete
- XNS: usato sulle reti Xerox
- IPX: sviluppato da Novell derivandolo da XNS
- AppleTalk: il protocollo dei Macintosh
- SNA: la principale rete IBM

Multiprotocol Router



PPP

- Point-to-Point Protocol
- È un HDLC modificato per consentire il multiprotocollo su linea seriale
- È standard



Brouter

- Per ogni protocollo è possibile definirne il funzionamento come:
 - Router (solo per i protocolli di cui implementano l'algoritmo di routing)
 - Bridge
- I principali costruttori di Brouter sono:
 - Cisco
 - Bay Networks
 - 3Com
 - Proteon
 - Retix
- DEC e IBM hanno dei Brouter

Router vs. Bridge

■ Addressing

- I router sono indirizzati esplicitamente, la presenza dei bridge (non source-routing) è ignorata dai nodi

■ Calcolo tabelle di instradamento

- I router ricevono e usano molti tipi di informazioni, i bridge solo gli indirizzi di mittente e destinatario di livello 2

■ Buste

- I router operano sulle buste di livello 3 e possono dividere o riunire i messaggi in frammenti, per adattarli a reti con diverse lunghezze dei pacchetti (es. ethernet e token-ring). I bridge non toccano mai il contenuto del campo dati.

Router vs. Bridge

■ Feedback

- I router possono fornire informazioni sullo stato della rete all'utente finale, i bridge no.

■ Forwarding

- I router ritrasmettono i messaggi cambiando gli indirizzi di livello 2, i bridge non modificano gli indirizzi.

■ Priority

- I router possono differenziare i messaggi per priorità.

■ Security

- I router implementano tecniche di Firewall.

GATEWAY

Architettura di rete A



GATEWAY

Architettura di rete B



GATEWAY

- I Gateway servono a collegare due applicativi con funzionalità simili appartenenti ad architetture di rete diverse
- Lavorando a livello di applicativo si collocano a livello 7 OSI
- Esempio classico di gateway è quello per la posta elettronica
- Esistono gateway efficienti tra i tre applicativi principali (terminale virtuale, file transfer e posta elettronica) delle principali architetture di rete (SNA, DECNET, TCP/IP, IPX).

Esempio di Gateway

