

Internetworking



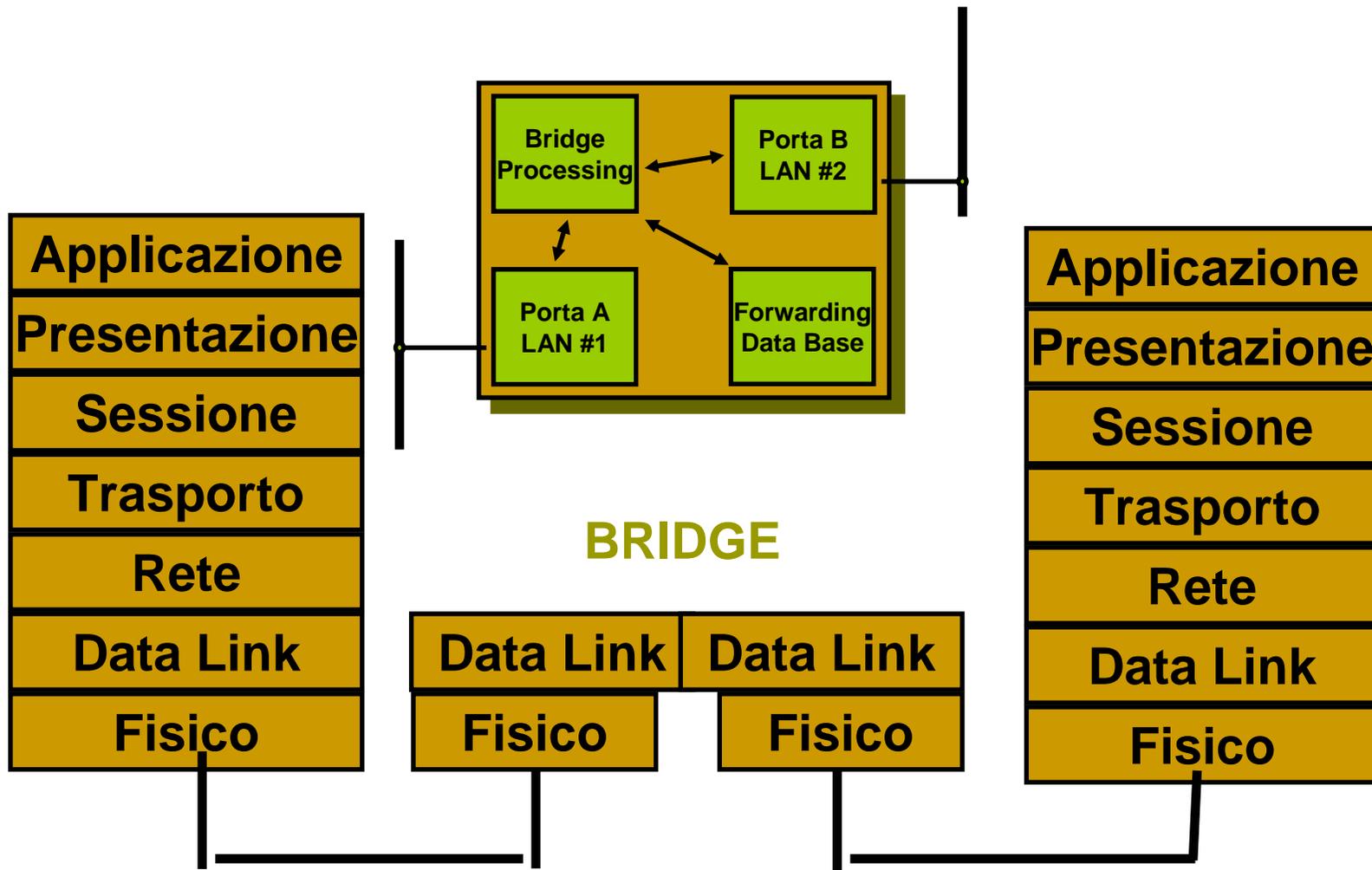
Internetworking

- Bridge, Router, Brouter e Gateway servono ad interconnettere reti diverse.
- L'interconnessione può avvenire su base locale o remota.
- Si collocano a livelli diversi del modello di riferimento OSI:
 - I Bridge a livello 2;
 - I Router e Brouter a livello 3;
 - I Gateway a livello 7.

Differenze

- I Bridge:
 - hanno algoritmi di instradamento molto semplici;
 - si utilizzano normalmente per interconnessioni locali.
- I Router:
 - hanno algoritmi di instradamento sofisticati;
 - si utilizzano normalmente per interconnessioni geografiche.
- I Brouter:
 - Per ogni protocollo è possibile definirne il funzionamento come:
 - Router (solo per i protocolli di cui implementano l'algoritmo di routing);
 - Bridge.
- I Gateway:
 - si utilizzano per interconnettere architetture di rete diverse (es. SNA e TCP/IP).

BRIDGE



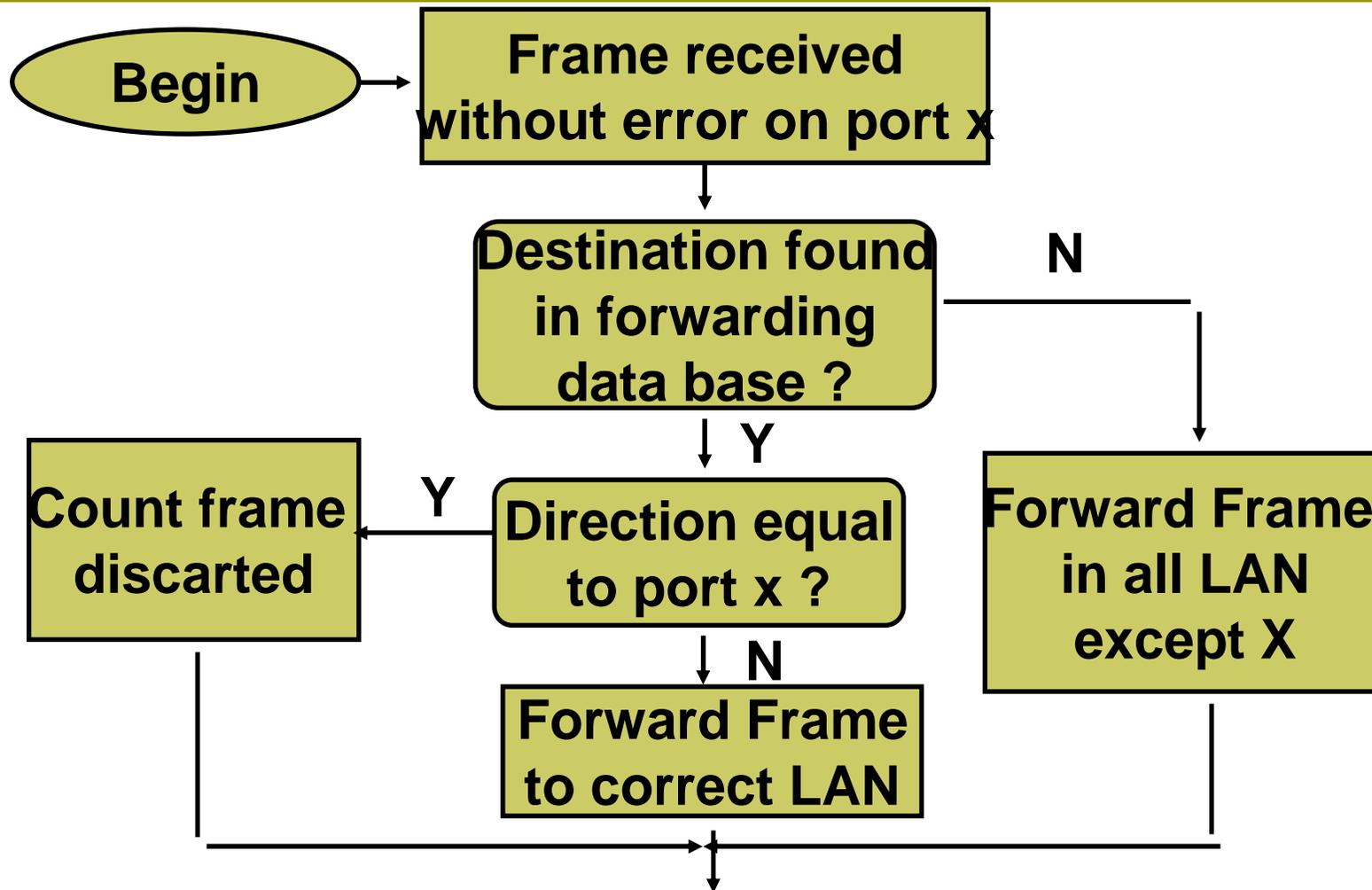
Bridge: Instradamento

- ❑ I bridge calcolano **tabelle di instradamento** usando un algoritmo molto semplice che funziona solo su reti con topologia ad albero.
- ❑ I bridge per operare su topologie magliate devono riportarle ad albero, eliminando i cammini eccedenti tramite un **algoritmo di spanning tree**.
- ❑ L'algoritmo di spanning tree opera periodicamente e in presenza di guasti riattiva automaticamente cammini precedentemente eliminati.

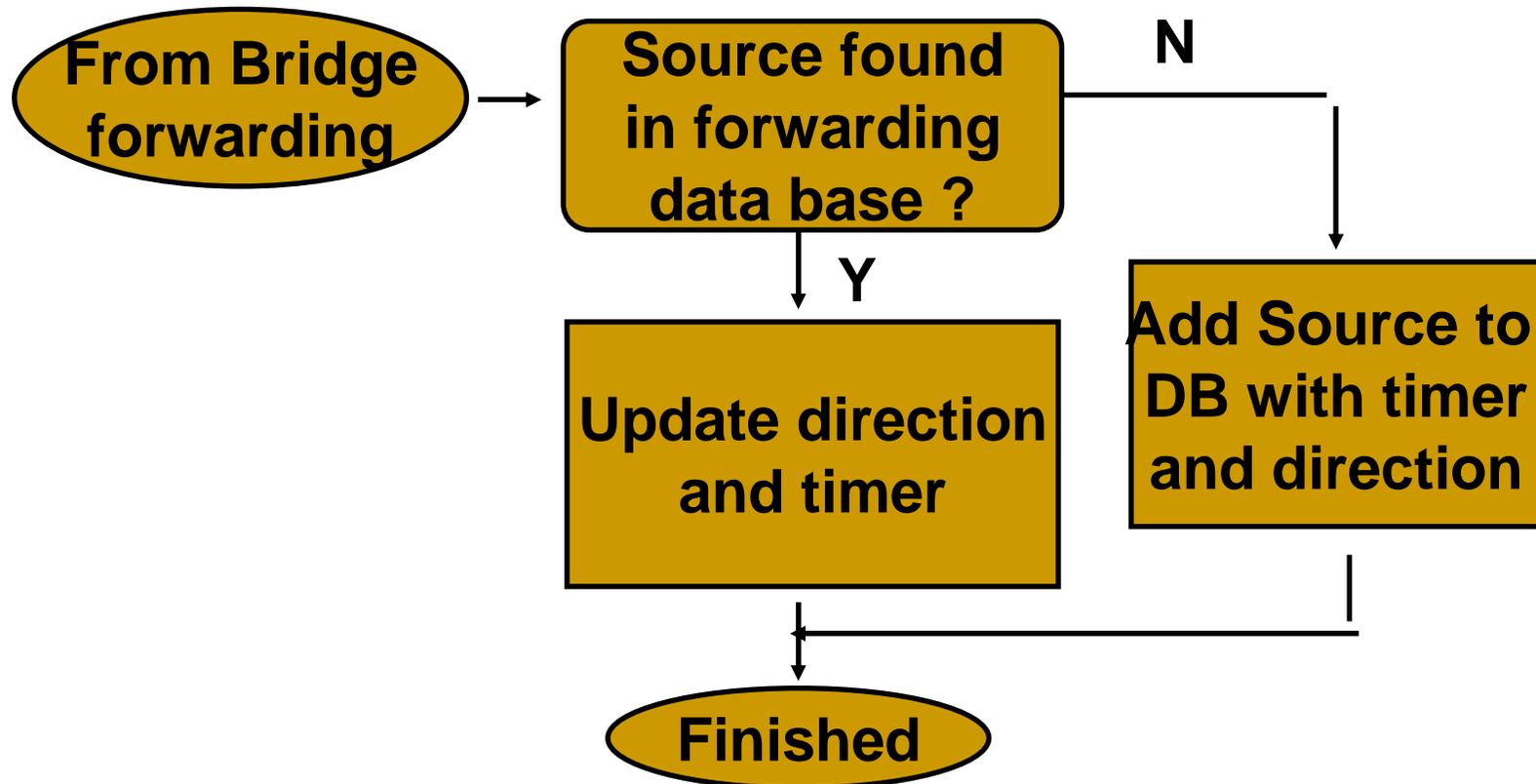
Transparent Bridge

- I transparent bridge non richiedono alcuna modifica del software di rete degli end node.
- I transparent bridge svolgono tre funzioni base:
 - Ritrasmissione di pacchetti;
 - Apprendimento di stazioni;
 - Risoluzione di possibili maglie partecipando all'algoritmo di spanning tree.

Bridge Forwarding



Bridge Learning



Algoritmo di Spanning Tree

- ❑ Lo Spanning Tree (IEEE 802.1D) trasforma dinamicamente (periodicamente) una topologia qualsiasi in un albero.
- ❑ L'algoritmo opera nei seguenti passi:
 - Root Bridge selection;
 - Root Port selection;
 - Designated/Blocking Port selection.
- ❑ 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 (Configuration Message).
 - 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 le BPDU.

Algoritmo di Spanning Tree

□ Root Port selection

- Per ogni non-root bridge si identifica la root port, cioè la porta che ha il cammino di costo minimo con il root bridge.
- I costi sono associati alle porte.
- I costi dei cammini sono propagati tramite le BPDU originate dal root bridge.

□ Designated/Blocking Port selection

- Qualora più porte non root siano collegate sulla stessa LAN solo quella con costo di percorso minore rimane attiva (forwarding), le altre vanno in blocking state.

Source Routing

- I **Bridge Source Routing** sono non trasparenti:
 - 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.
- 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.
- Quando una stazione vuole "imparare" l'instradamento verso un'altra stazione invia un pacchetto di *route location* a cui il destinatario risponde.
- Il meccanismo ammette sino a 8 bridge in cascata.

Source Routing

- ❑ Campo opzionale RI (Routing Info) nel pacchetto MAC posto dopo i due indirizzi.
- ❑ Per indicare la presenza o l'assenza del campo RI si usa il primo bit a 1 del source address.
- ❑ Il primo bit a 1 ha normalmente il significato di indirizzo di multicast, cosa impossibile per un source address.



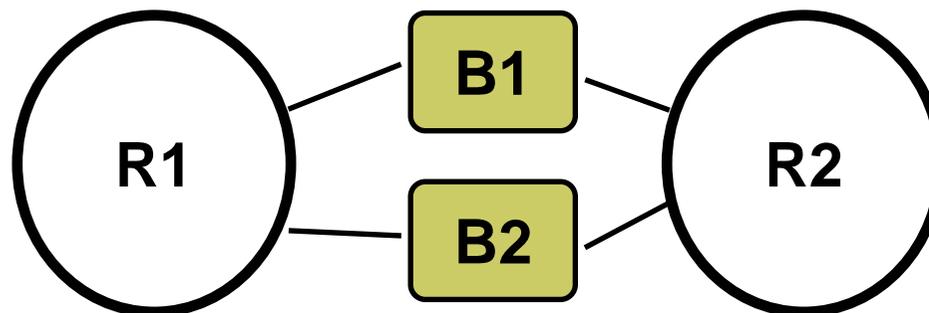
Routing Info

- ❑ É composto da un campo RC (Route Control) e n campi SN (Segment Number o Route Designator) con $0 \leq n \leq 8$.
- ❑ RC contiene varie informazioni quali:
 - Valore di n;
 - Direzione (da source a destination o viceversa);
 - Broadcast: pacchetto destinato a tutti i ring.
- ❑ Esempio con $n = 3$.

ROUTE CONTROL	SEGMENT NUMBER 1	SEGMENT NUMBER 2	SEGMENT NUMBER 3
--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Segment Number

- É 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.



Translating Bridge

- ❑ I Bridge conformi a IEEE 802.1D devono essere translating, cioè tradurre la busta di livello 2 ricevuta da una LAN nella busta di livello 2 da trasmettersi nell'altra LAN.
- ❑ Questo è critico quando si utilizzano bridge per interconnettere LAN di tipo diverso (es: 802.3 con 802.5) con lunghezza massima dei pacchetti diversa.
- ❑ La frammentazione dei messaggi è un compito tipico del livello 3.

Frammentazione

- ❑ I problemi si verificano principalmente passando da 802.5 o FDDI a 802.3:
 - 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.
- ❑ Altri, quali Il TCP/IP, devono realizzare la frammentazione a livello di bridge.

Filtri

- Quasi tutti i bridge hanno la capacità di filtrare il traffico in base al contenuto del pacchetto.
- I campi usati per il filtraggio sono:
 - Indirizzo sorgente;
 - Indirizzo destinatario;
 - Protocol Type.
- I filtri possono essere:
 - esclusivi;
 - inclusivi.

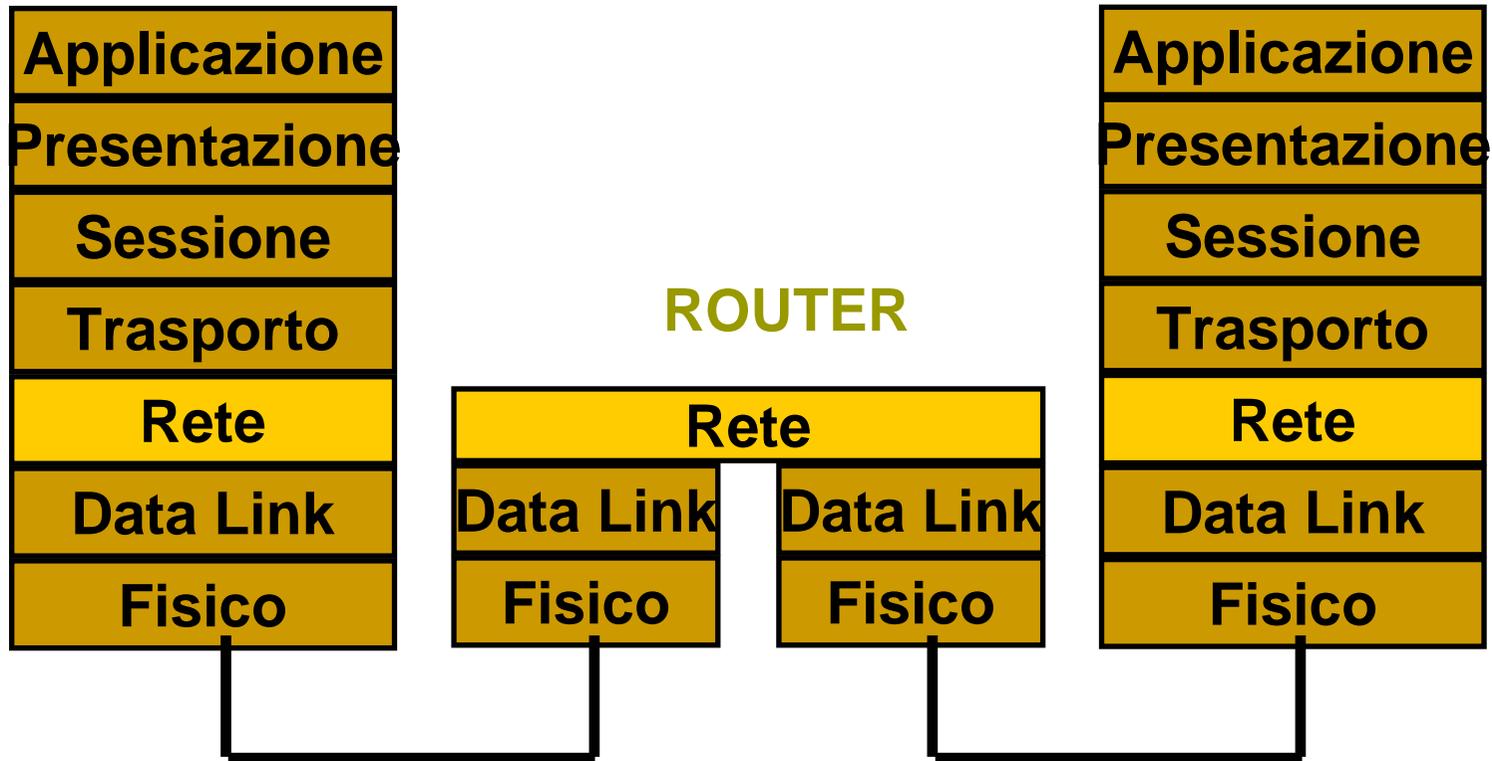
Prestazioni di un Bridge

- Un bridge è caratterizzato da due parametri:
 - il numero di pacchetti/secondo che può ricevere e processare;
 - il numero di pacchetti/secondo che può inoltrare.
- 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.

Bridge Remoti

- I bridge possono essere utilizzati per collegare reti geografiche utilizzando:
 - fibra ottica (sino a 40Km nel caso FDDI);
 - linee telefoniche con velocità maggiori o uguali a 64kb/s ;
 - fasci di microonde (difficile in Italia) sino a 10km;
 - raggi laser (difficile in Italia del Nord) sino a 2km;
 - reti veloci a commutazione di pacchetto: frame relay, SMDS, ATM.
- Vengono spesso utilizzati in luogo dei router:
 - Sono trasparenti a tutti i protocolli (anche a quelli senza un livello 3!).
- Rispetto ai router:
 - Non gestiscono topologie di complessità molto elevata;
 - Non confinano i messaggi di multicast/broadcast;
 - Non offrono il bilanciamento ottimale del traffico su rete geografica;
 - Non gestiscono algoritmi sofisticati per uso di più link in parallelo.

ROUTER



Router: caratteristiche

- ❑ Sono gli oggetti *teoricamente* più adeguati ad interconnettere LAN.
- ❑ Lavorano a Livello 3 (Network) del modello OSI.
- ❑ Sono limitati ad un solo o a pochi protocolli.
- ❑ Sono adeguati a gestire topologie anche molto complesse.
- ❑ Funzionano bene anche con linee lente.
- ❑ Utilizzano tutte le linee a disposizione nella rete.
- ❑ Non trasmettono il traffico di broadcast di livello 2 sulle linee.
- ❑ Permettono un routing di tipo gerarchico suddividendo la rete in aree.

Protocolli di livello network

- IP:
 - appartiene allo standard TCP/IP;
 - adottato nella rete Internet;
 - riscuote i maggiori consensi.
- IS-IS Intermediate System to IS:
 - è il protocollo standardizzato da OSI;
 - è usato in Decnet fase V.
- Decnet fase IV:
 - protocollo proprietario Digital;
 - usato dall'omonima rete.
- SNA Systems Network Architecture
 - protocollo proprietario IBM
 - usato dall'omonima rete

Protocolli di livello network

- XNS
 - protocollo proprietario Xerox
 - usato dall'omonima rete
 - usato dalle prime reti di PC
- AppleTalk
 - protocollo sviluppato dalla Apple per le reti di Macintosh
- IPX:
 - protocollo sviluppato da Novell derivandolo da XNS;
 - usato come protocollo di default nelle reti Novell Netware (3.11, 3.12, 4.0, Lite).
- NETBEUI;
 - protocollo di default nelle reti di PC IBM;
 - protocollo di default nelle reti Microsoft Lan Manager (Windows NT, Windows for Workgroup).

Il livello Network

- Instrada i messaggi sulla rete.
- Provvedere a trovare instradamenti alternativi in caso di guasti.
- È molto sviluppato sugli IS (Intermediate System), meno sugli ES (End System).
- Può fornire sia servizi non connessi sia servizi connessi:
 - Servizi connessi (CONS: Connection Oriented Services). Il CCITT e le PTT li implementano in reti dati a pacchetto quali quelle conformi al protocollo X.25 (ISO 8208), anche per ragioni di tariffazione a volume.
 - Servizi non connessi (CLNS: Connectionless Services) o datagram. Sono adottati nelle reti proprietarie quali DECNET e TCP/IP e anche nelle reti OSI (ISO 8473).

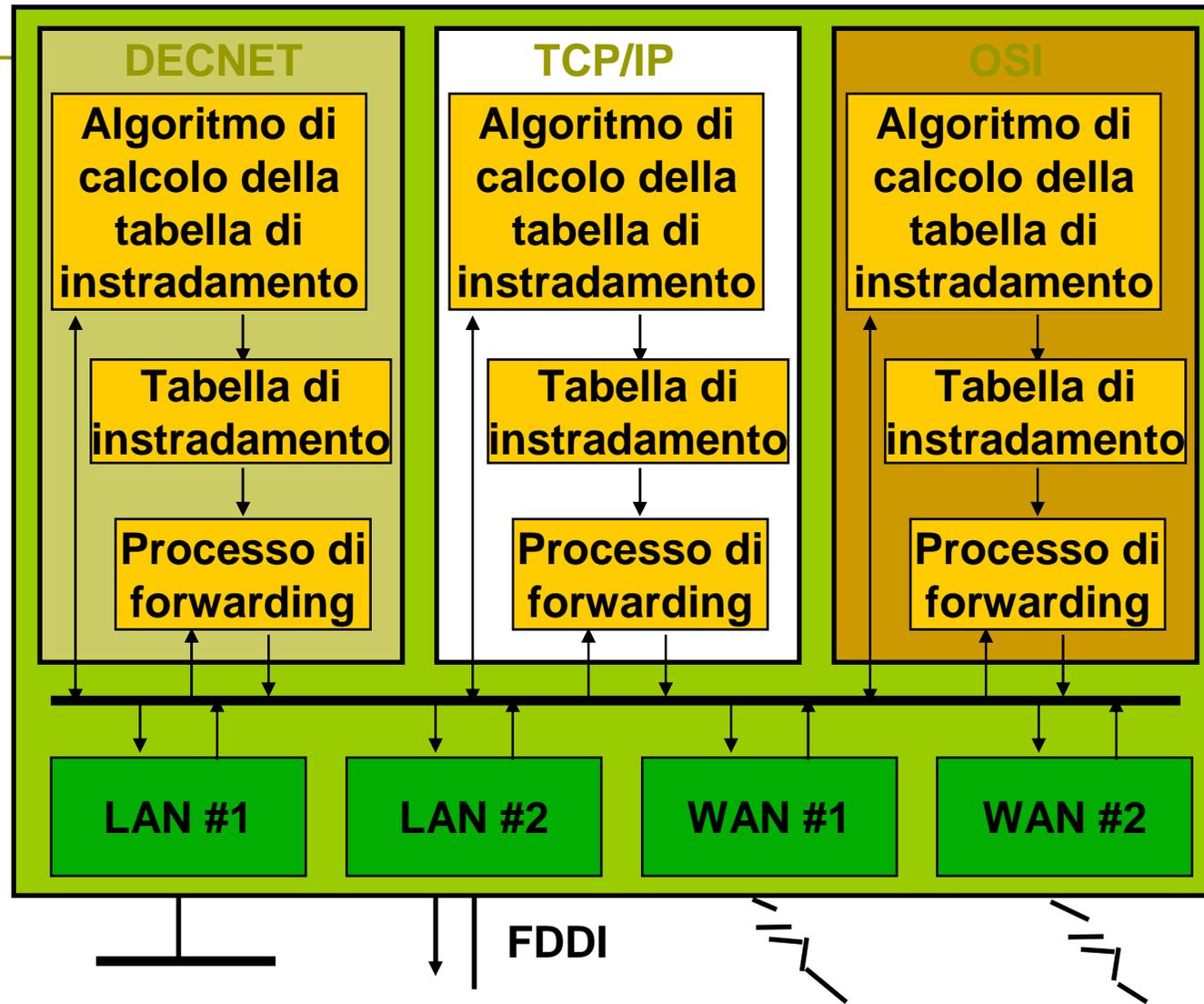
End System ES ed Intermediate System IS

- ❑ ES realizzano tutti i sette livelli OSI
- ❑ ES è il termine ISO per "End Node"; DTE usato in X.25; Host usato in IP
- ❑ IS realizzano tipicamente fino al terzo livello OSI
- ❑ Tra due ES possono esserci diversi altri nodi che agiscono da intermediari e svolgono funzioni di instradamento; sono detti Intermediate System IS o router

Servizi Offerti

Caratteristica	CONS	CLNS
Connessione	Richiesta	Non possibile
Indirizzi pacchetto	In fase di conness.	In ogni
Ordine dei pacchetti	Garantito	Non garantito
Controllo di Errore Transport	A livello Network	a Livello
Controllo di Flusso	Fornito	Non Fornito
Negozi. Parametri	Sì	No
ID di connessione	Sì	No

Multiprotocol Router



Router e Bridge a confronto

- Indirizzamento:
 - I router sono indirizzati esplicitamente, la presenza dei bridge (non source-routing) è ignorata dai nodi.
- Instradamento:
 - I router 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 frammentare i messaggi per adattarli a reti con diverse lunghezze dei pacchetti (ethernet, token-ring, ...). I bridge non toccano mai il campo dati.
- Forwarding:
 - I router inviano i messaggi cambiando gli indirizzi di livello 2. I bridge no.
- Priority:
 - I router possono differenziare i messaggi per priorità.
- Security:
 - In generale i router sono più sicuri poiché utilizzano più l'informazione.

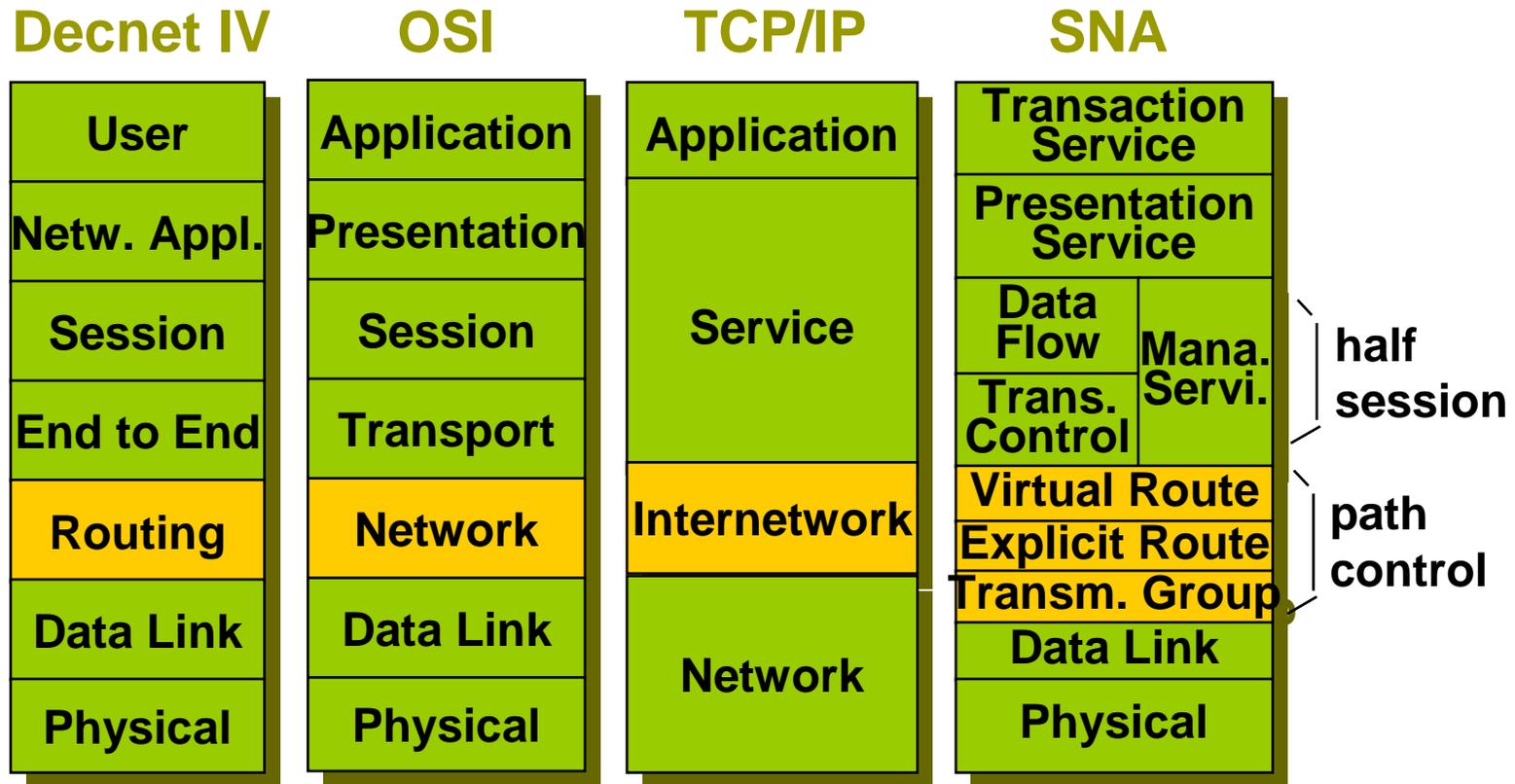
Tecniche di instradamento

- Variano in funzione dell'architettura di rete.
- Esistono tre tecniche principali:
 - Routing by network address
 - Label swapping
 - Source Routing
- Routing by network address
 - Mittente e Destinatario del pacchetto vengono specificati scrivendo nel pacchetto di livello 3 il loro indirizzo.
 - Gli IS usano l'indirizzo di mittente come chiave di accesso alla tabella di instradamento.
 - Tecnica usata in IP, Decnet e OSI.
 - Source routing.

Tecniche di instradamento

- Label swapping
 - Generalmente usata nei protocolli connessi.
 - L'instradamento viene deciso in fase di connessione ed identificato da una label.
 - La label viene inserita nel pacchetto di livello 3 invece degli indirizzi.
 - Ogni IS utilizza la label come chiave di accesso alla tabella di instradamento e la sostituisce con una nuova label.
 - Adottata da APPN Advanced Peer-toPeer Networking e ATM.
- Source Routing
 - L'instradamento viene deciso dalla stazione mittente.
 - È una tecnica simile a quella usata nei bridge token ring.
 - È impiegata in APPN+/HPR.

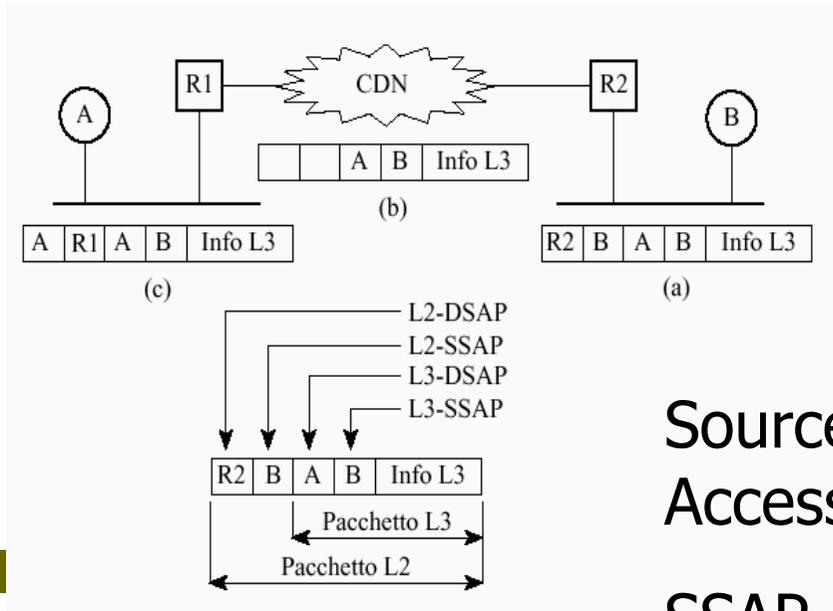
Architetture di rete



Le varie architetture di rete sono tra loro incompatibili a livello network

Indirizzi

- ❑ L'indirizzo di livello 2 MAC serve a discriminare il destinatario finale di un pacchetto nell'ambito di una LAN.
- ❑ L'indirizzo di livello 3 serve invece ad identificare il destinatario finale del pacchetto nell'ambito dell'intera rete.
- ❑ Un indirizzo MAC per ogni scheda di LAN.
- ❑ Un indirizzo di livello 3 per ogni nodo di rete (eccetto il TCP/IP che ha un indirizzo di livello 3 per ogni scheda di rete).



ES B invia un pacchetto all'ES A

Source/Destination Service Access Point

SSAP DSAP

Content Delivery Network CDN

Quattro fasi e tre diversi pacchetti (a) , (b) , (c)

- 1) B genera un pacchetto di Liv3 con L3-DSAP=A e L3-SSAP=B ; B verifica che A non è sulla stessa LAN e quindi invia il messaggio a R2 specificando L2-DSAP=R2 e L2-SSAP=B (a)
- 2) R2 (IS) riceve il pacchetto (a) e lo instrada sul CDN senza Liv2 perché il collegamento è punto-punto (b)
- 3) R1 (IS) riceve il pacchetto (b) e lo invia sulla LAN indicando L2-DSAP=A (ottenuto mediante ARP da L3-DSAP) e L2-SSAP=R1 (c)
- 4) A riceve il pacchetto (c) e lo rende disponibile al proprio livello 3

Calcolo delle tabelle di instradamento

ARCHITETTURA
→
ROUTER

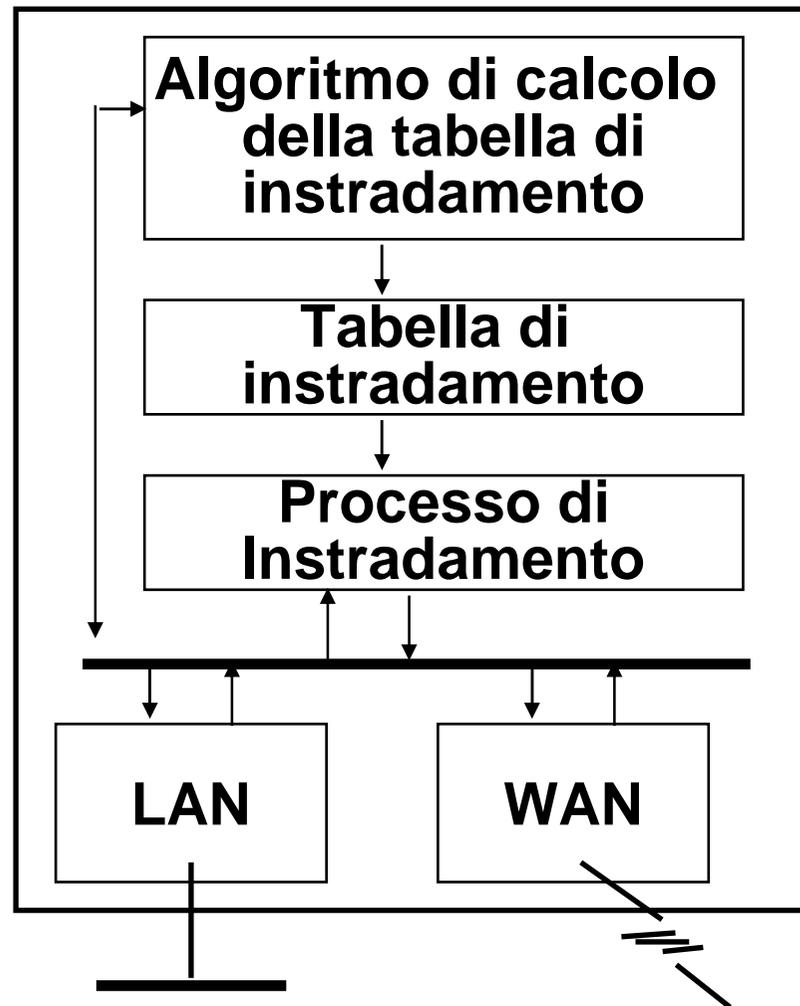


Tabelle di instradamento

- ❑ Il livello network per instradare i pacchetti si basa sull'indirizzo del destinatario finale e su tabelle di instradamento presenti negli IS.
- ❑ Le tabelle di instradamento possono essere scritte manualmente o calcolate da algoritmi che imparano la topologia della rete e si adattano ai suoi cambiamenti.
- ❑ Solo gli IS sono tipicamente sede di tabelle di instradamento.

Scelta dell'Algoritmo

- ❑ Non semplice: più **criteri di ottimalità** spesso contrastanti. Ad esempio:
 - minimizzare il ritardo medio di ogni pacchetto,
 - massimizzare l'utilizzo delle linee.
- ❑ Complicata dalla presenza di un elevato numero di nodi collegati con una topologia qualsiasi.
- ❑ Algoritmi troppo complessi, operanti su reti molto grandi, potrebbero richiedere tempi di calcolo inaccettabili.