



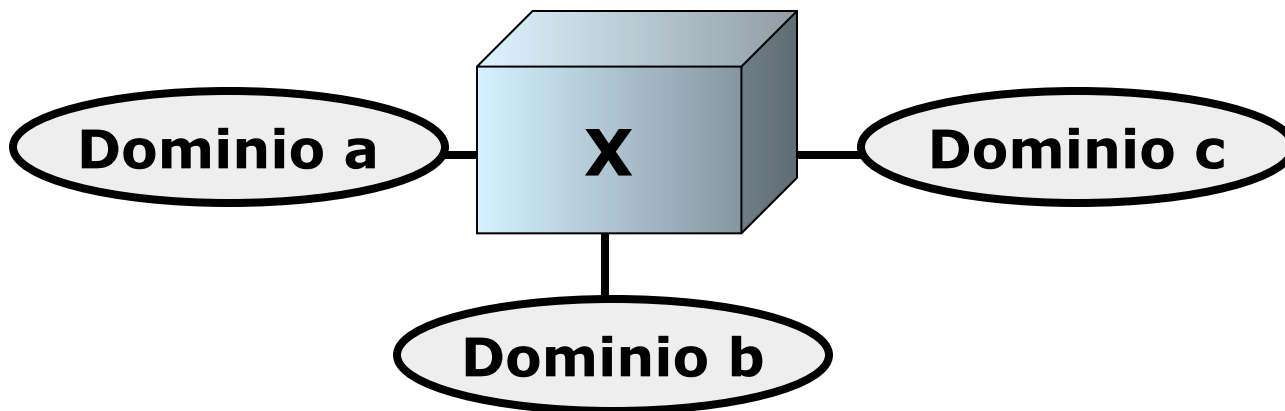
Politecnico di Milano

Facoltà di Ingegneria dell'Informazione

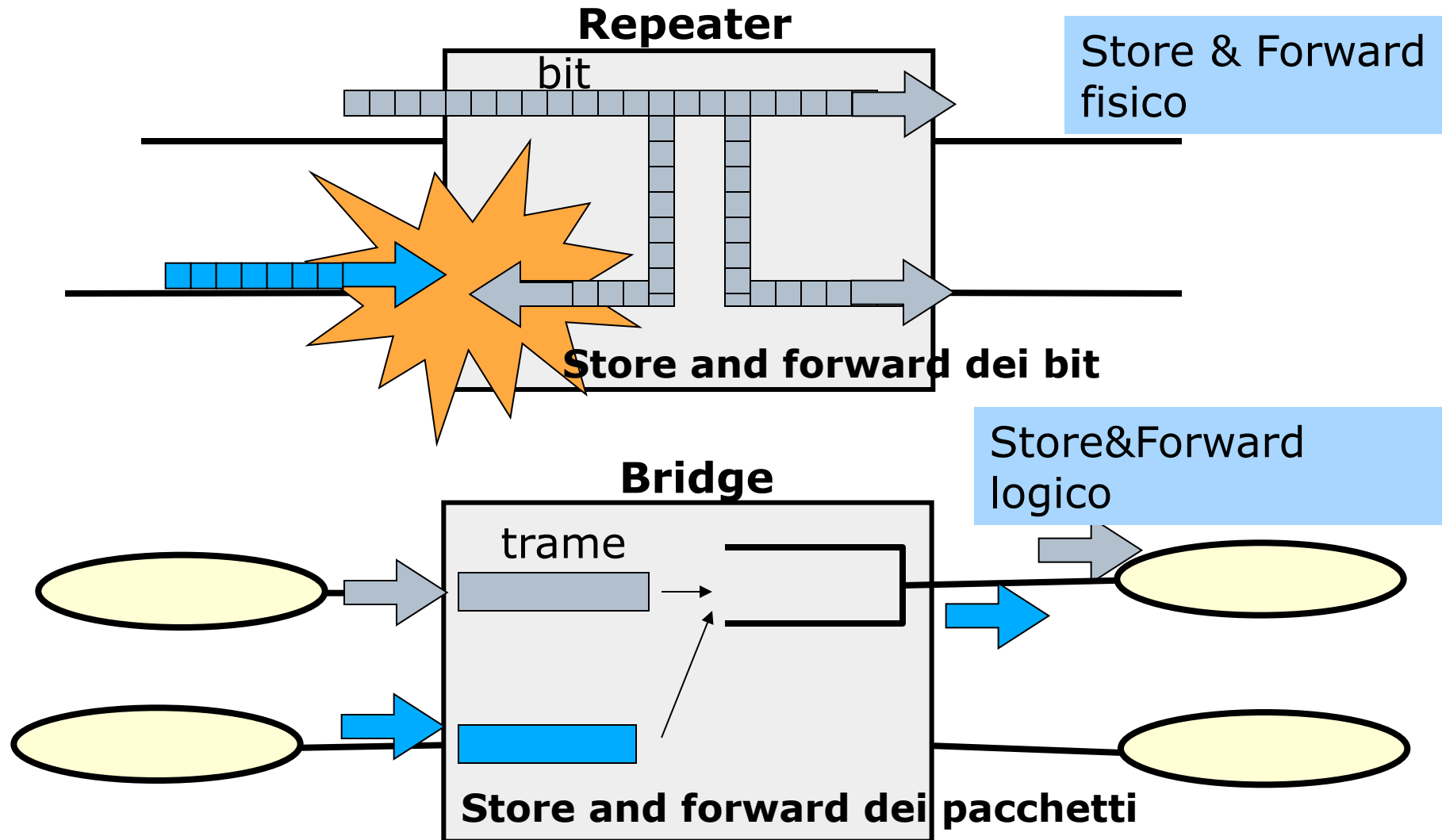
Interconnessione di LAN

Problema di Interconnessione di LAN

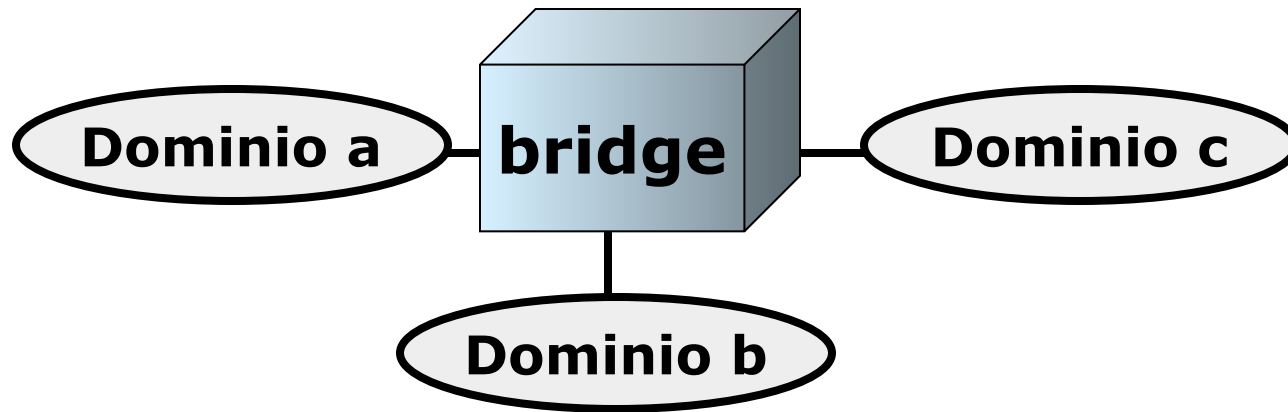
- Limitazioni:
 - Propagazione
 - Disturbi
 - Protocollo di Accesso Multiplo
- Occorrono meccanismi per estendere le LAN
 - Dispositivi
 - Tecnologie (protocolli)



Dispositivi di Interconnessione

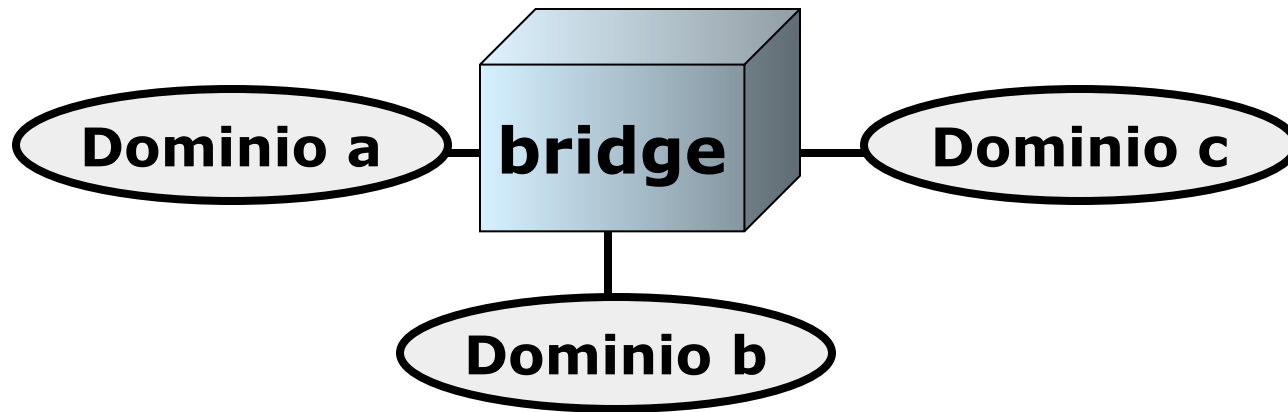


Transparent Bridging 802.1D



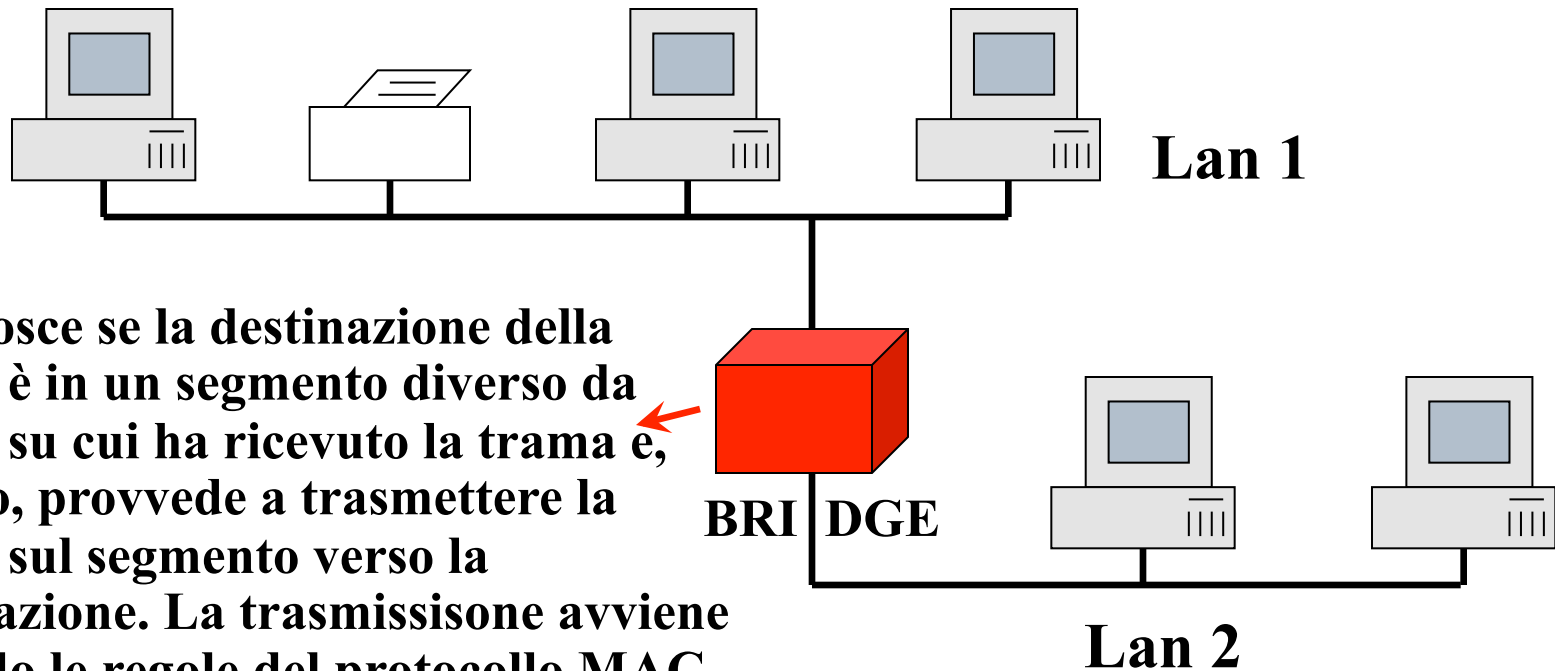
- Trasparenza rispetto all'utente
 - Nessuna configurazione necessaria alla macchina se cambia porta del Bridge
- Non va introdotto alcuno strato di rete
 - Non è possibile fare un vero è proprio instradamento

Possibili modalità di unioni di rete



- Mantenere l'instradamento broadcast
- o effettuare routing, instradamento selettivo (filtraggio) sulla base dell'indirizzo MAC di destinazione

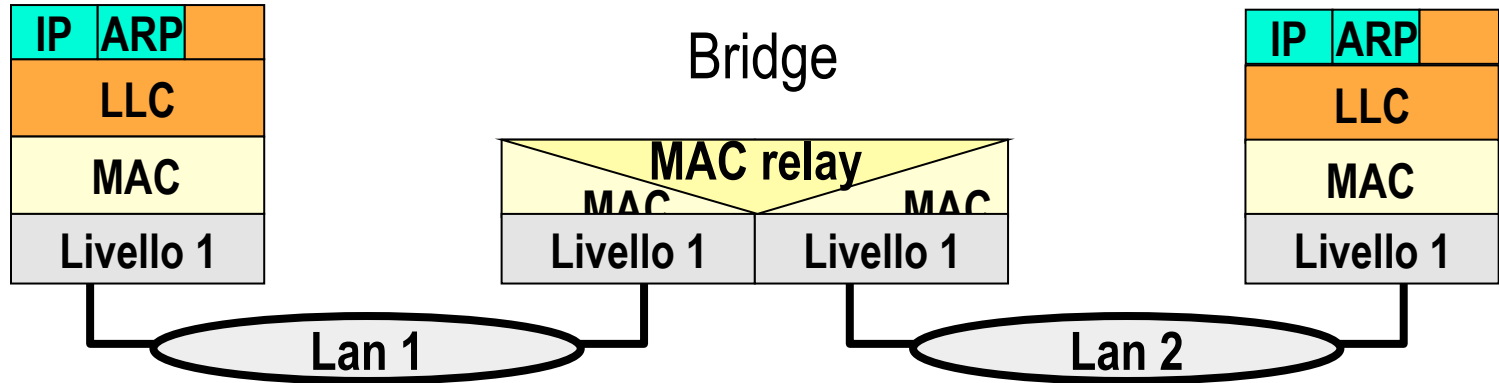
Interconnessione di reti locali



Riconosce se la destinazione della trama è in un segmento diverso da quello su cui ha ricevuto la trama e, in caso, provvede a trasmettere la trama sul segmento verso la destinazione. La trasmissione avviene secondo le regole del protocollo MAC usato sul segmento.

- L'interconnessione di LAN tramite bridge è un *dominio di broadcast* ma non un *dominio di collisione* (solo trasmissioni contemporanee sullo stesso segmento causano una collisione)

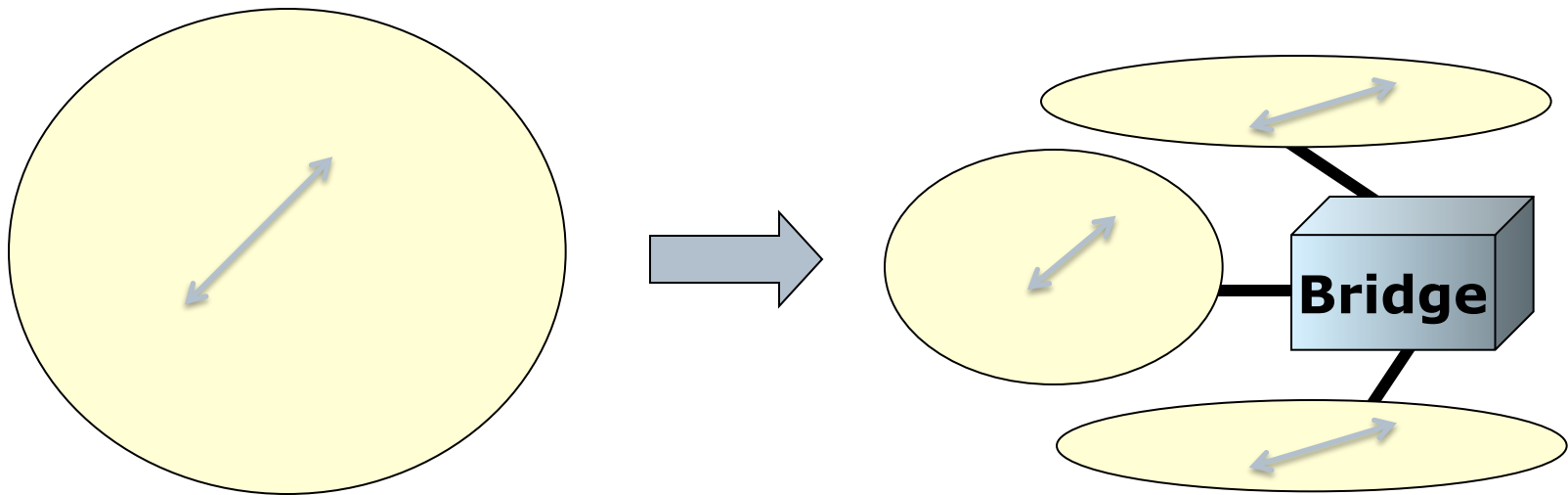
Bridge



- Espleta funzioni di
 - *Filtering*: se una trama ricevuta da Lan 1 è indirizzata ad una stazione di Lan 1.
 - *Relay*: se una trama ricevuta da Lan 1 è indirizzata ad una stazione di Lan 2 la trama viene trasmessa su Lan 2 secondo le regole del protocollo MAC corrispondente.

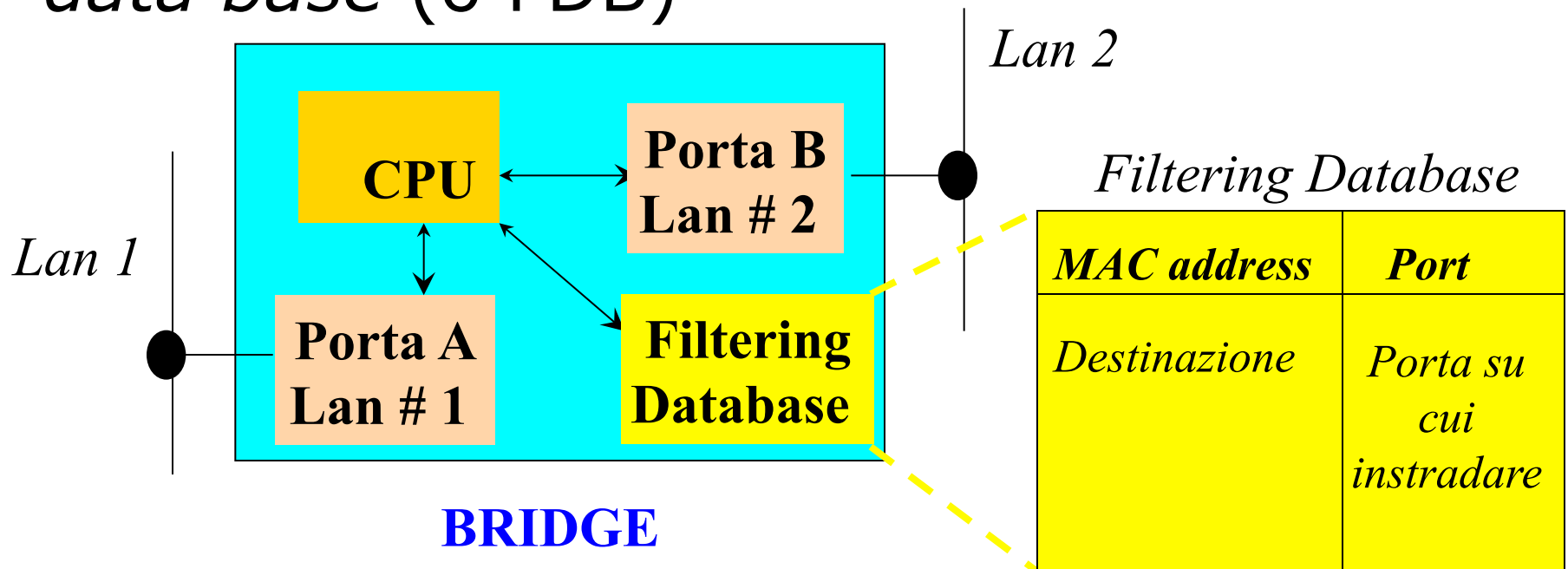
Bridge e traffico

- ❑ Il bridging è usato anche per segmentare domini di accesso multiplo
- ❑ La segmentazione consente di aumentare il traffico smaltibile



Architettura di un bridge

- Per stabilire se filtrare/instradare una trama si consulta una tabella di instradamento locale chiamata *forwarding data base* (o FDB)



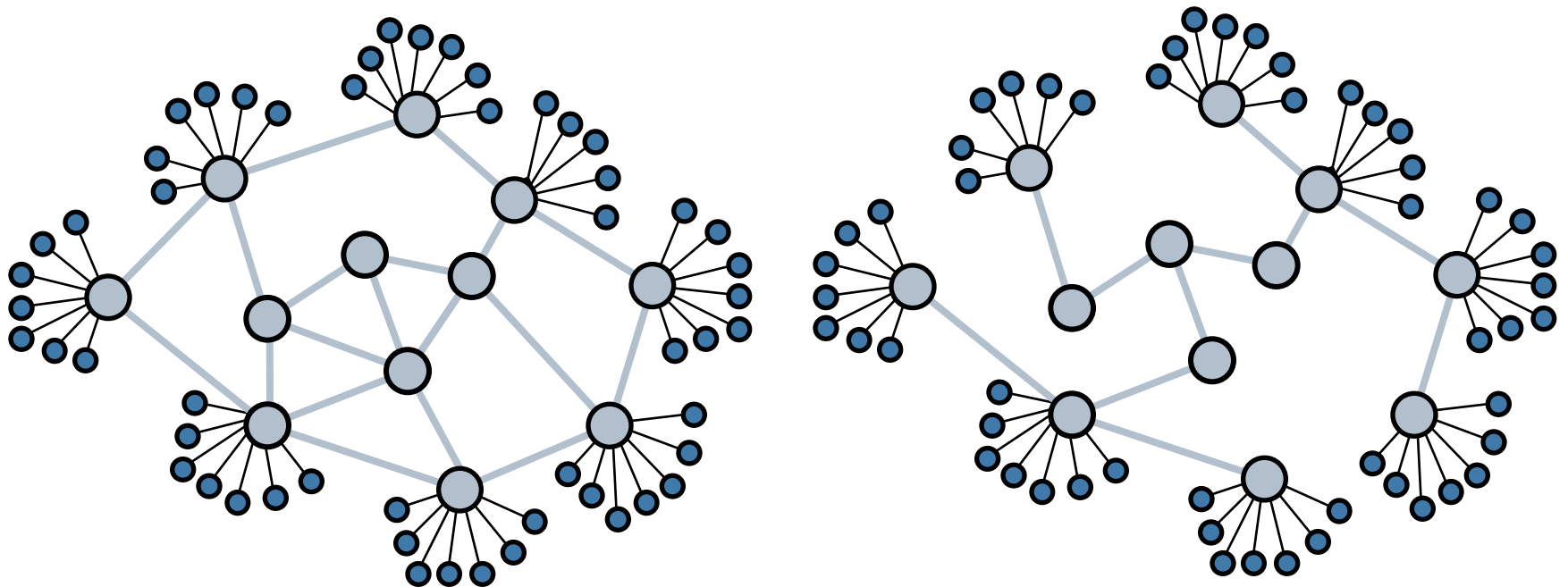
Transparent Bridging

Tabella di routing	
MAC address 1	porta di uscita A
MAC address 2	porta di uscita B
MAC address 3	porta di uscita C

- ❑ L'utente deve essere raggiunto ovunque nella LAN (mobilità dei terminali) in modo trasparente
- ❑ Per effettuare instradamento servono le tabelle di routing (o forwarding)
- ❑ L'informazione delle tabelle di routing deve essere aggiornata dinamicamente e automaticamente
- ❑ Se le tabelle di routing sono vuote l'inoltro è broadcast
- ❑ Per distinguerlo dall'instradamento a livello 3, si preferisce parlare di tabelle di forwarding

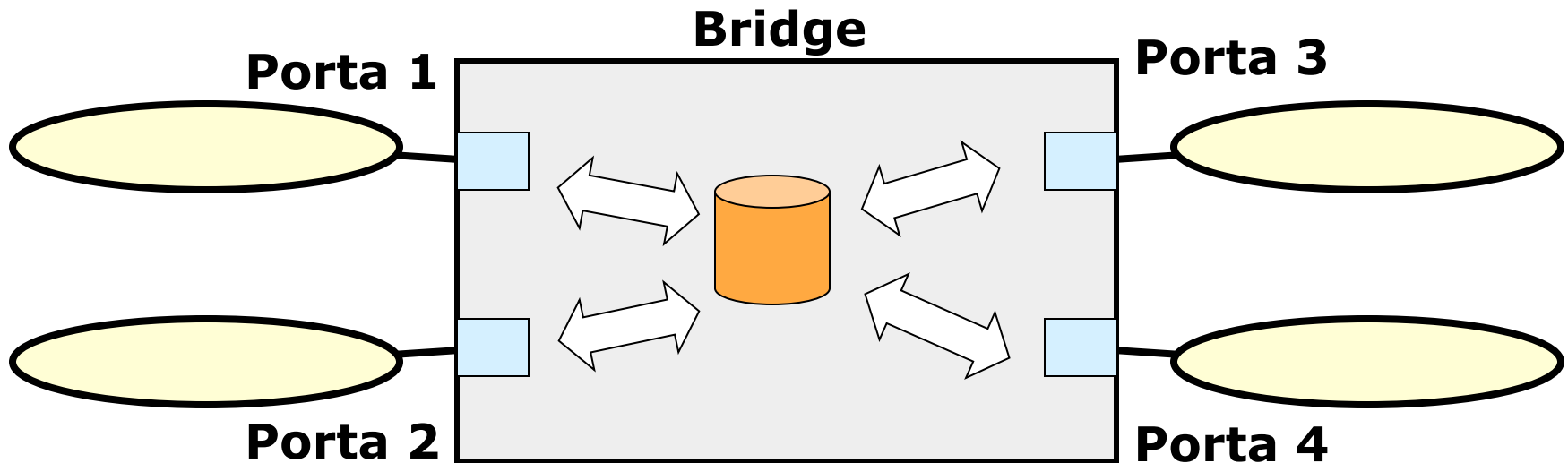
Transparent Bridging

- ❑ Come può un router conoscere dove è situato l'utente (ossia quale sia la porta migliore per effettuare l'instradamento)?
- ❑ O effettuare instradamento broadcast
- ❑ O facile se la rete è ad albero!



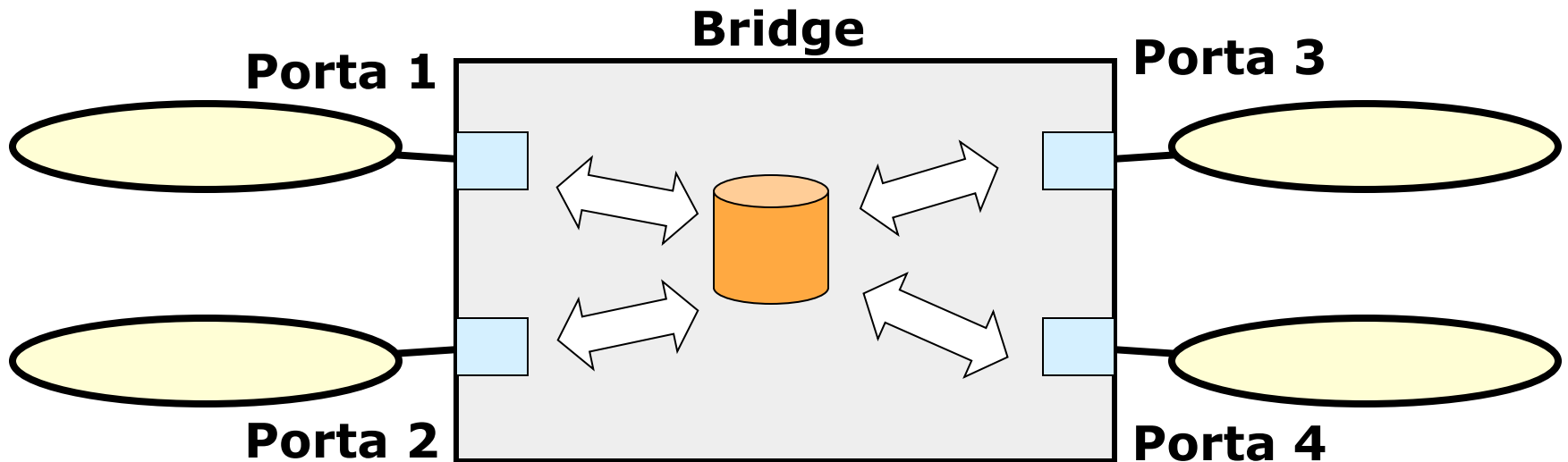
Bridge: apprendimento

- Il bridge vede tutte le trame sul Dominio verso il quale ha una porta e registra nelle tabelle gli indirizzi MAC sorgente e la porta attraverso il quale il traffico è osservato la registrazione ha una validità limitata nel tempo

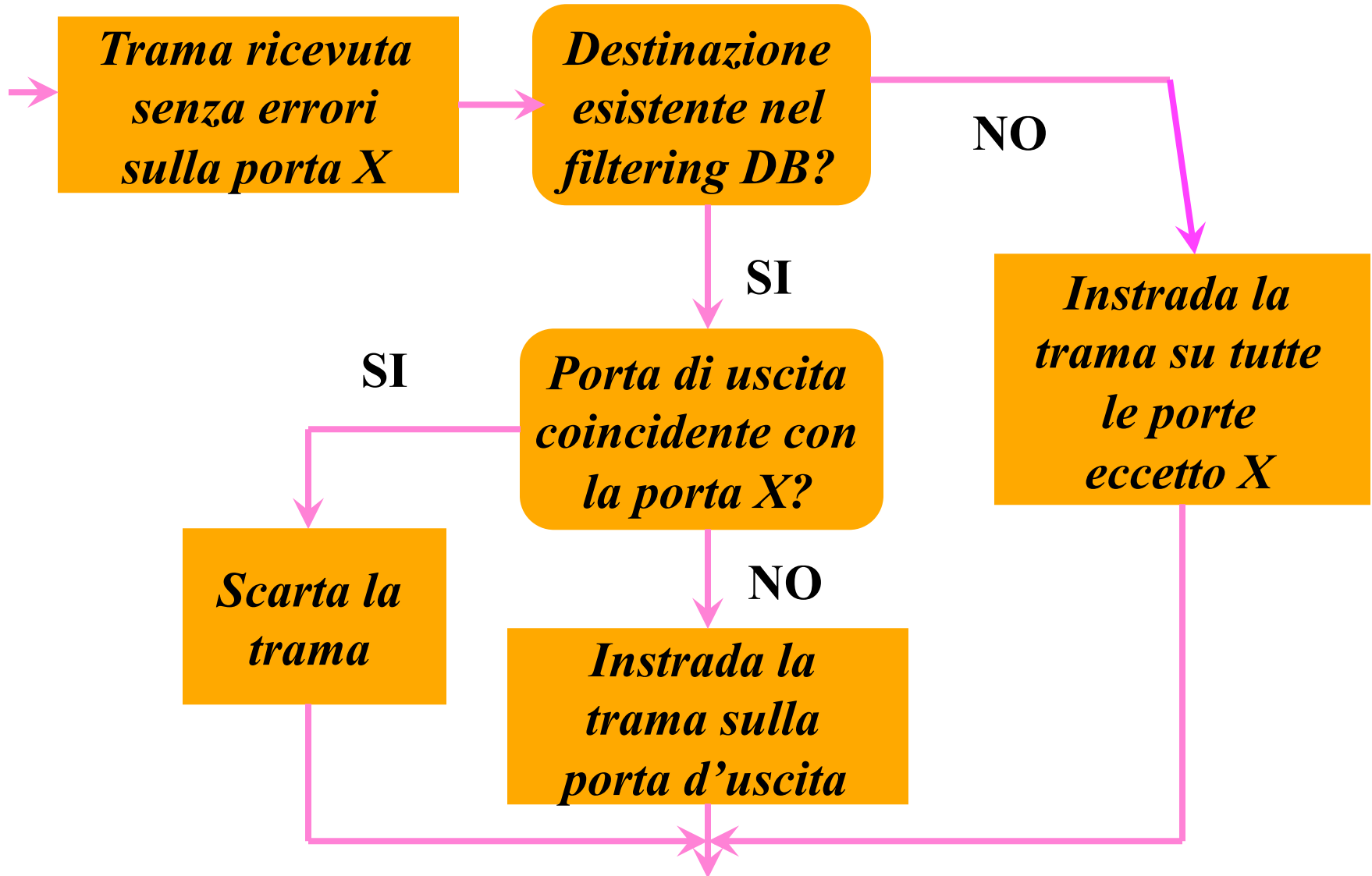


Bridge: forwarding

- Per ogni trama ricevuta si verifica se il MAC di destinazione è nelle tabelle.
 - Se sì, effettua l'instradamento (se è il caso) sulla porta corretta.
 - Se no, la trama è inviata su tutte le altre porte

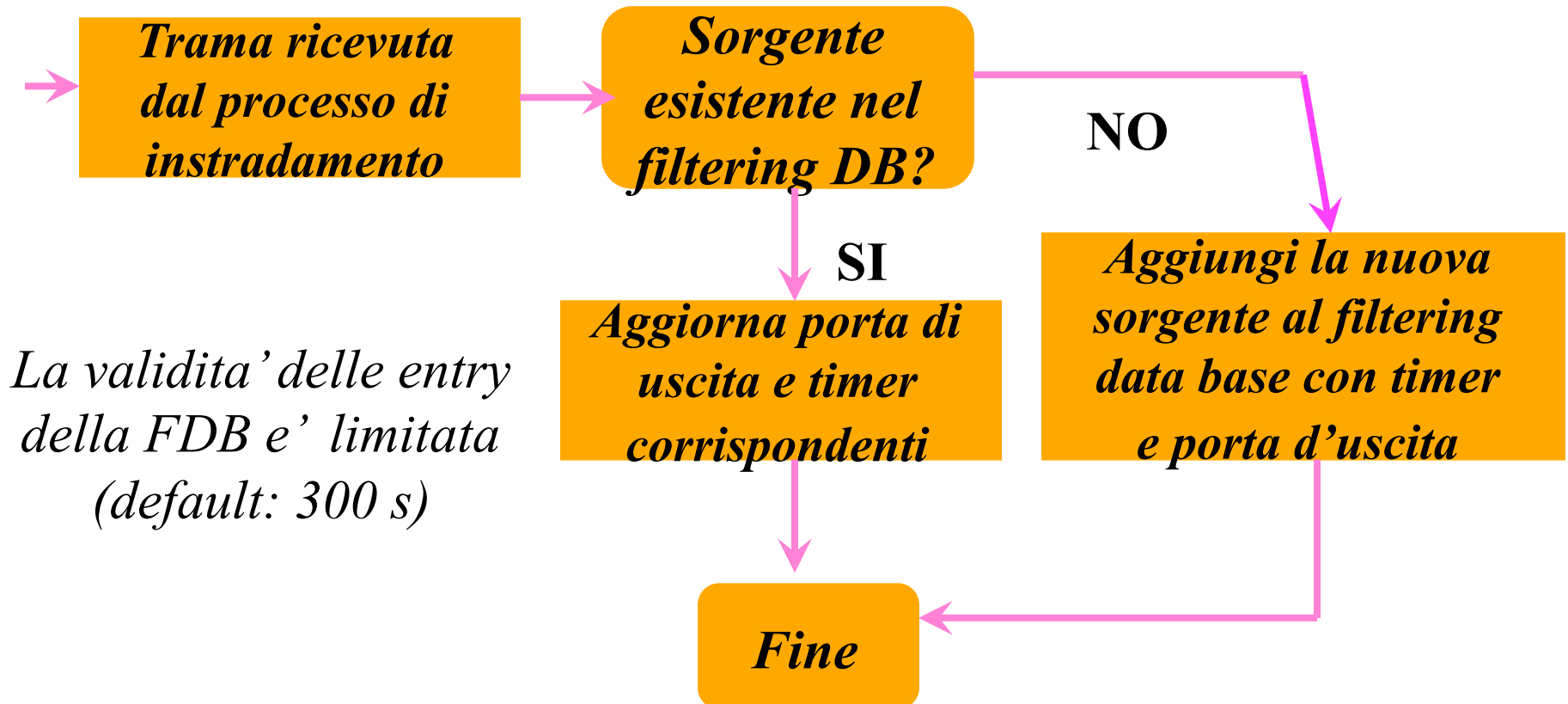


Bridge Forwarding

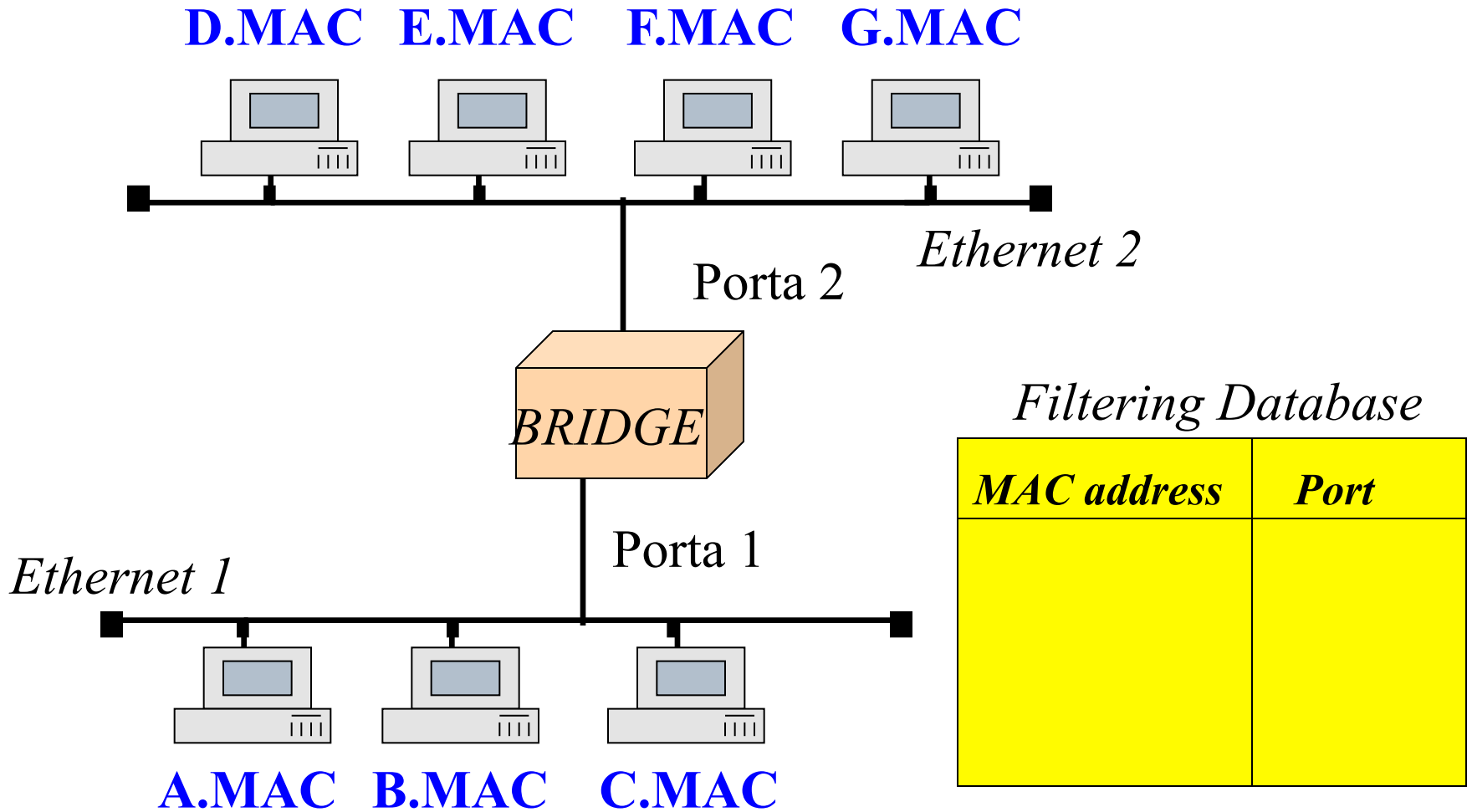


Backward Learning

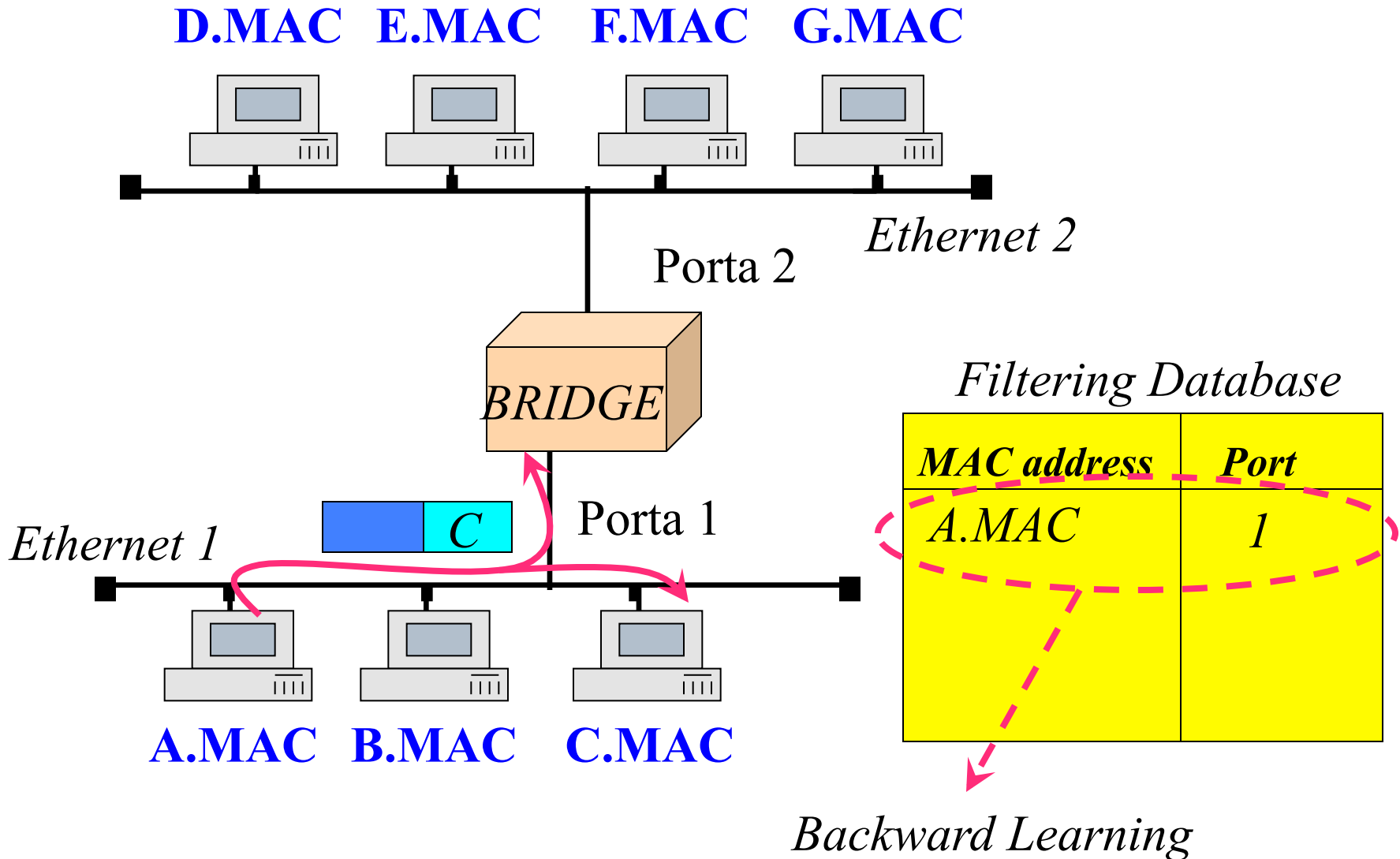
- Metodo rapido ed efficace per riempire la FDB basato sull'osservazione delle trame in direzione opposta



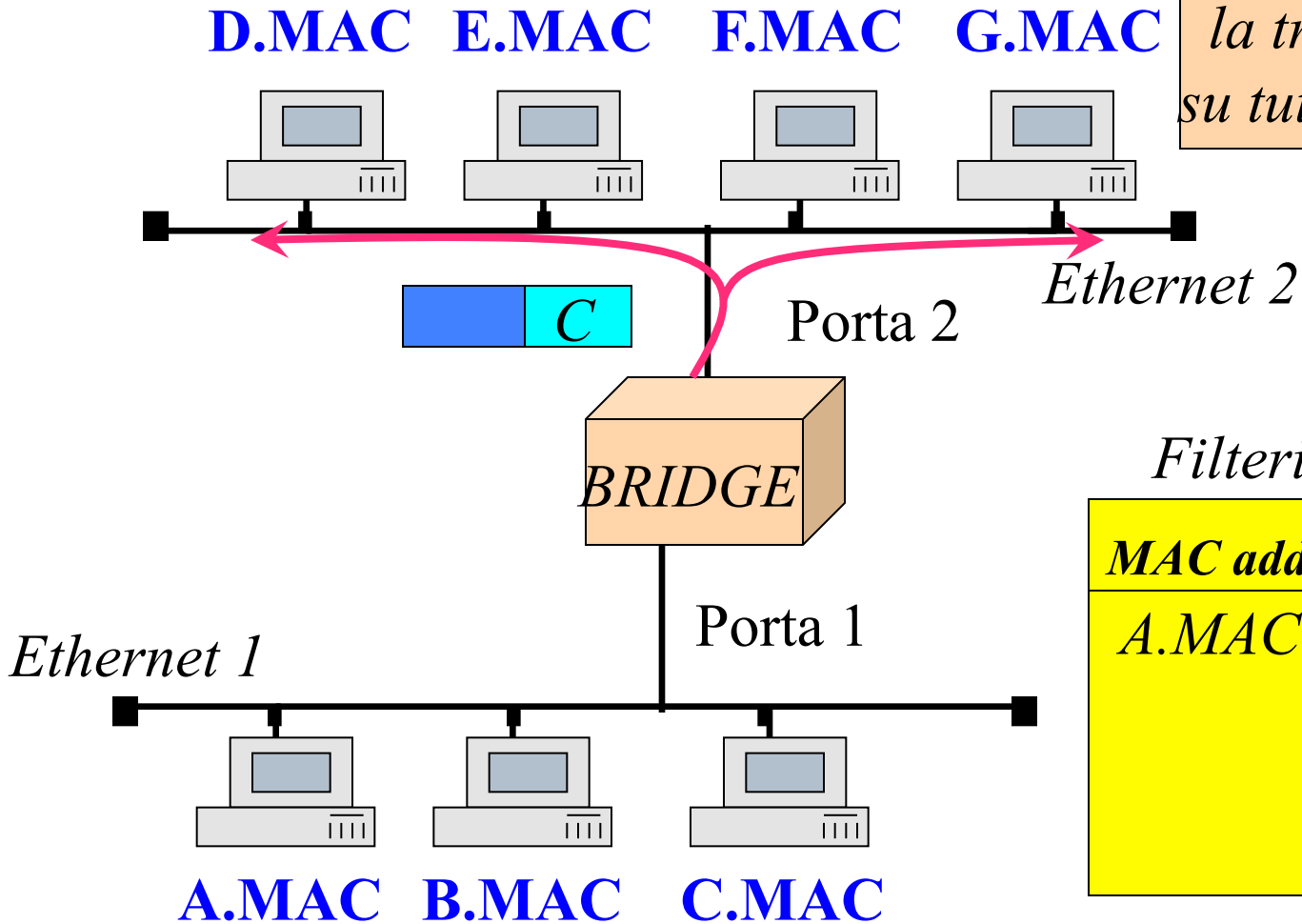
Esempio



Esempio



Esempio

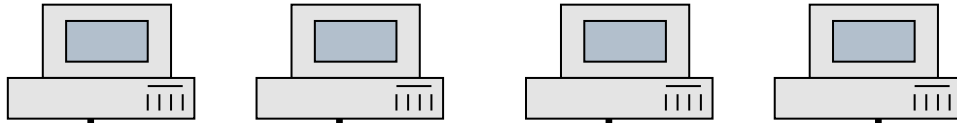


Non avendo C nel filtering database la trama e' inviata su tutte le altre porte

Esempio

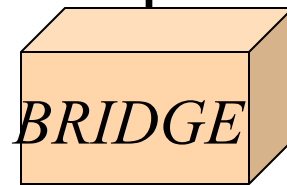
A e' raggiungibile tramite la stessa porta da cui e' stata ricevuta la trama: filtering

D.MAC E.MAC F.MAC G.MAC



Ethernet 2

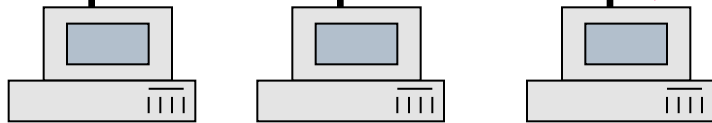
Porta 2



Porta 1



Ethernet 1



A.MAC B.MAC C.MAC

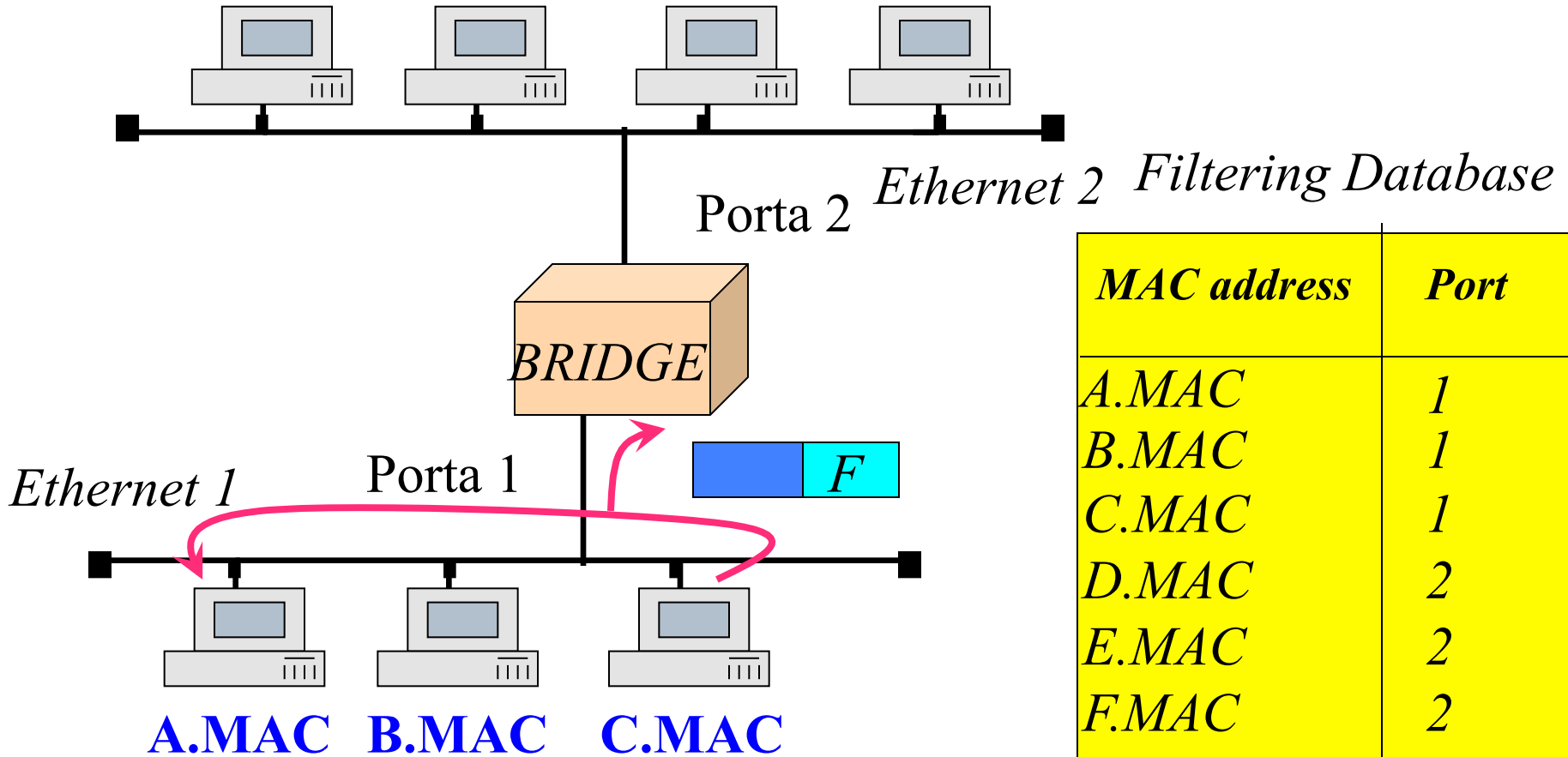
Filtering Database

<i>MAC address</i>	<i>Port</i>
<i>A.MAC</i>	<i>1</i>
<i>C.MAC</i>	<i>1</i>

Backward Learning

Esempio: FD completo

D.MAC E.MAC F.MAC G.MAC

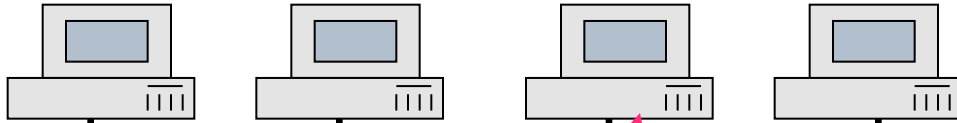


MAC address	Port
A.MAC	1
B.MAC	1
C.MAC	1
D.MAC	2
E.MAC	2
F.MAC	2
G.MAC	2

Esempio

F non e' raggiungibile tramite la stessa porta da cui e' stata ricevuta la trama: forwarding

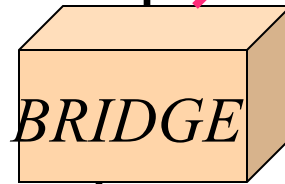
D.MAC E.MAC F.MAC G.MAC



Ethernet 2

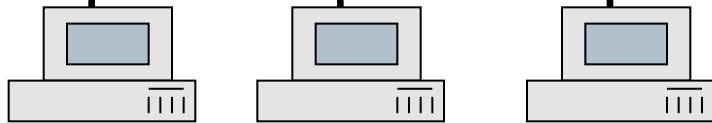


Porta 2



Porta 1

Ethernet 1



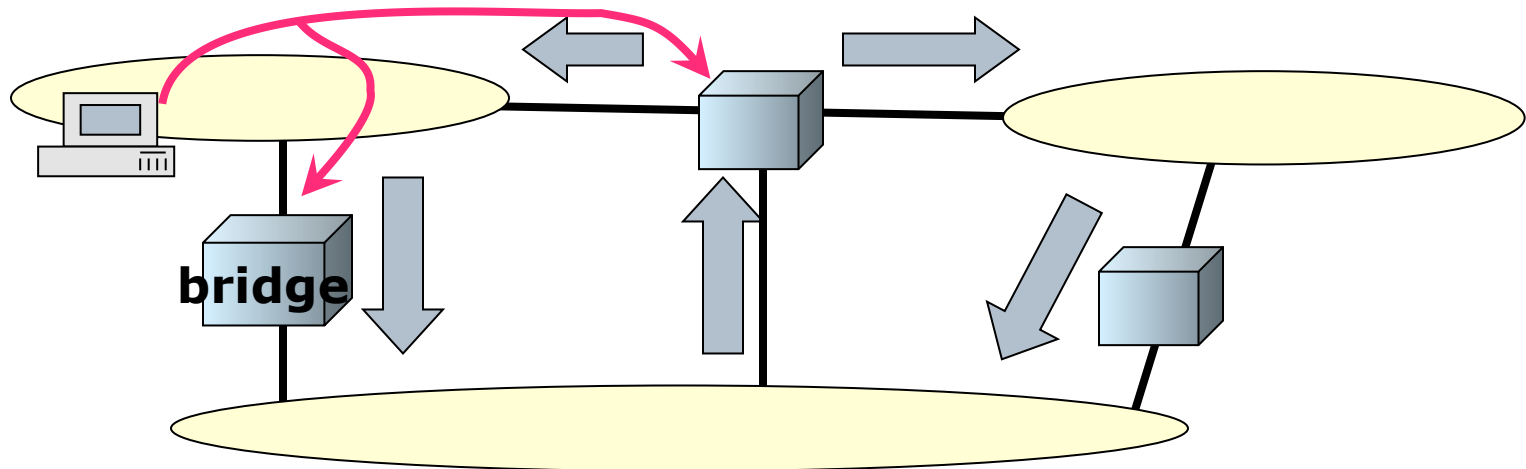
A.MAC B.MAC C.MAC

Filtering Database

<i>MAC address</i>	<i>Port</i>
<i>A.MAC</i>	<i>1</i>
<i>B.MAC</i>	<i>1</i>
<i>C.MAC</i>	<i>1</i>
<i>D.MAC</i>	<i>2</i>
<i>E.MAC</i>	<i>2</i>
<i>F.MAC</i>	<i>2</i>
<i>G.MAC</i>	<i>2</i>

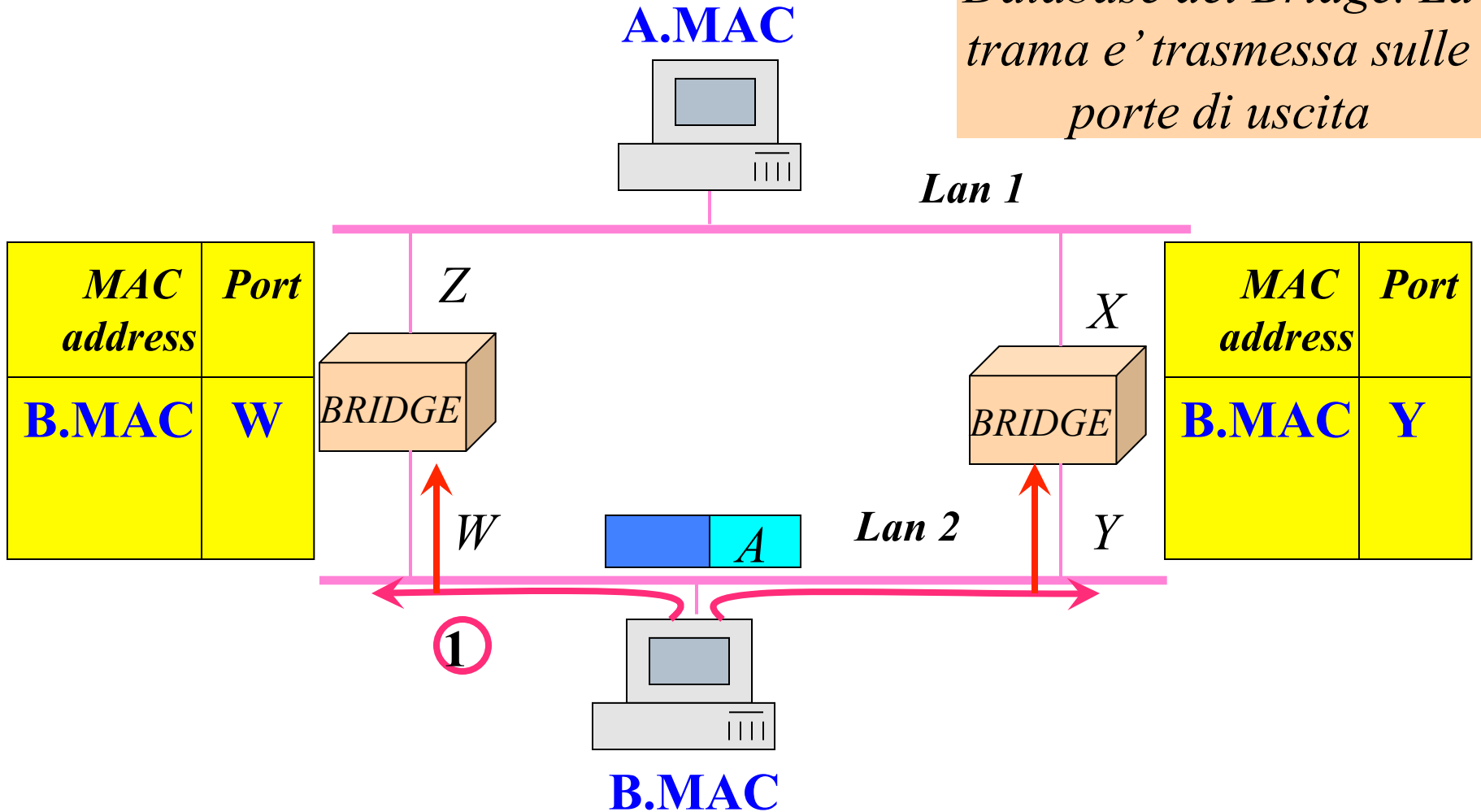
Bridge: rete ad albero

- ❑ La procedura funziona se la rete di LAN ha una topologia ad albero (nessun cammino chiuso)
- ❑ Altrimenti le trame broadcast e le trame la cui destinazione non è nel database vengono ritrasmesse indefinitamente
- ❑ Può nascere il "broadcast storm" quando le trame si moltiplicano



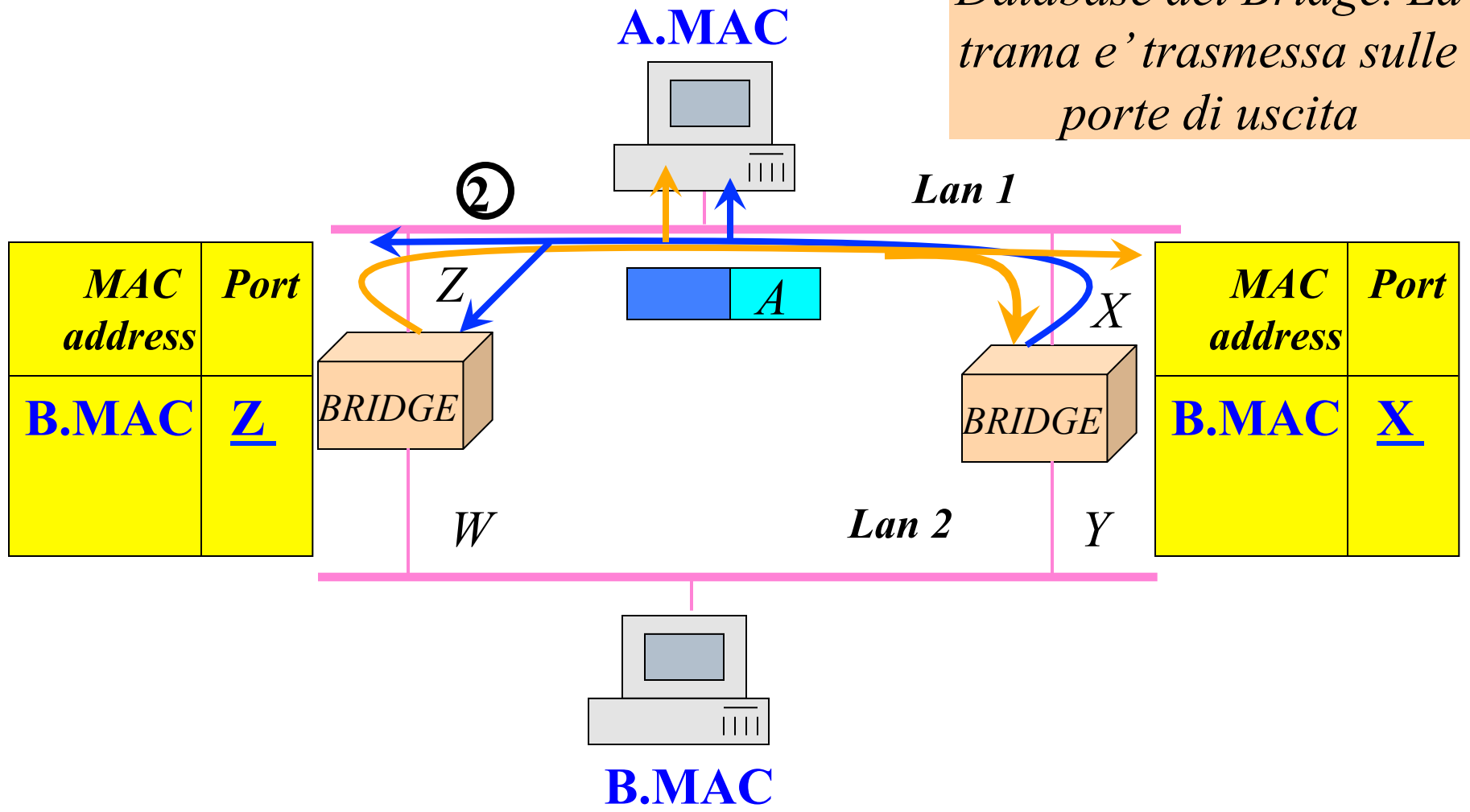
Broadcast Storm

B non e' nei Forwarding Database dei Bridge. La trama e' trasmessa sulle porte di uscita



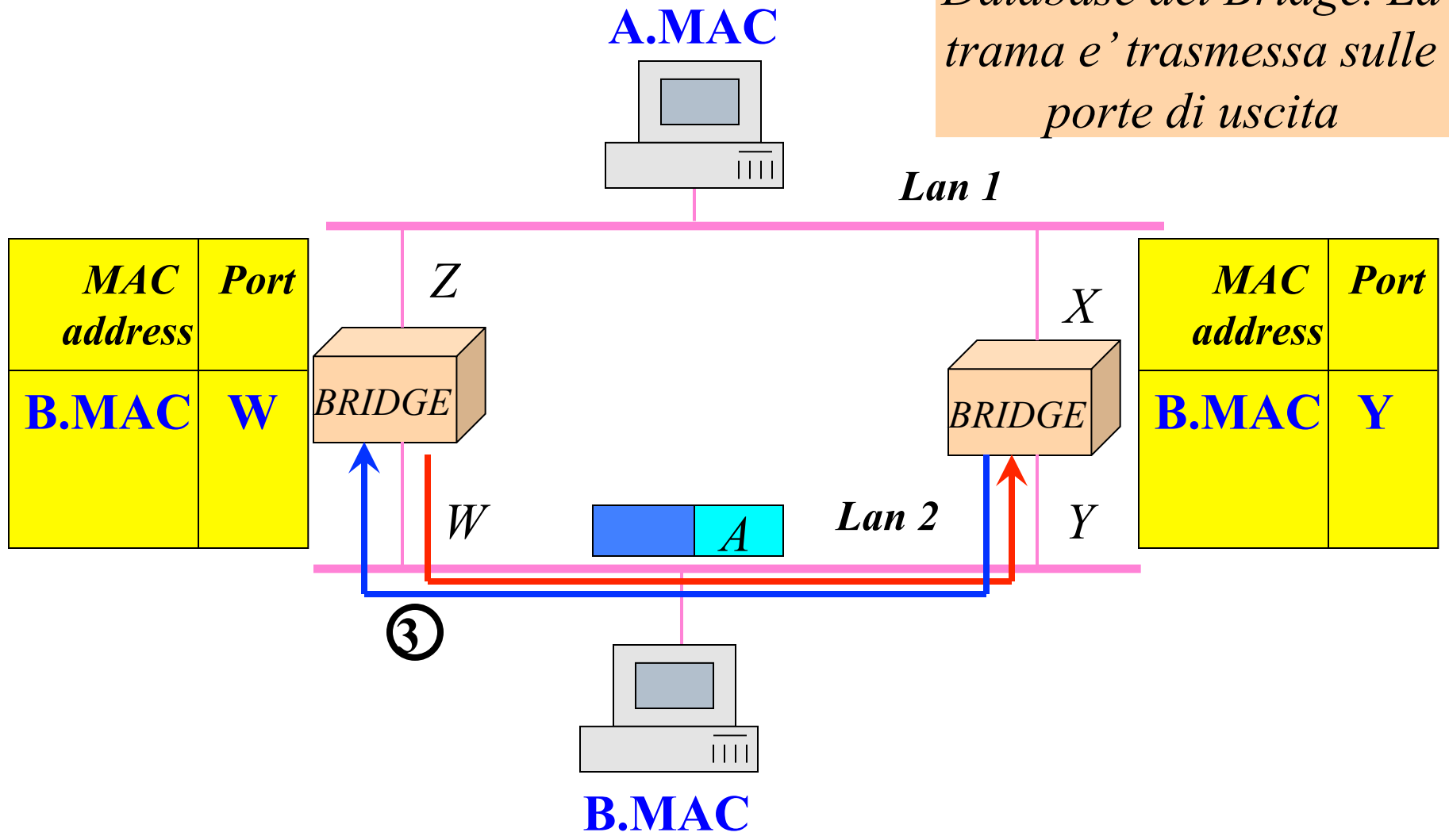
Broadcast Storm

B non e' nei Forwarding Database dei Bridge. La trama e' trasmessa sulle porte di uscita



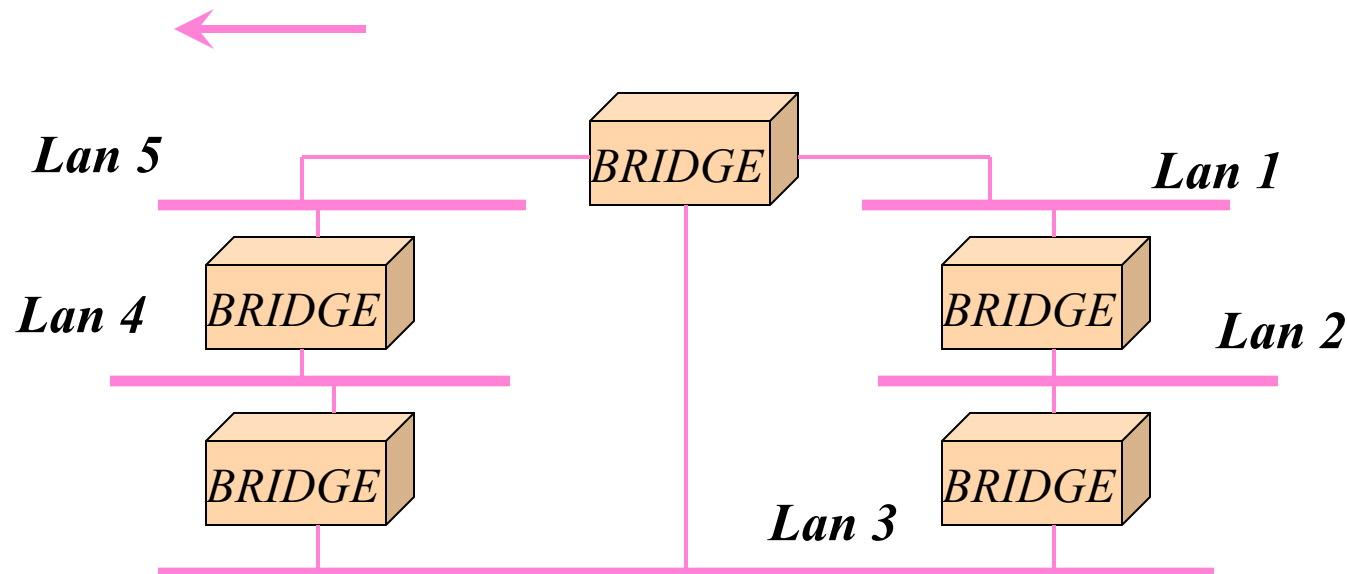
Broadcast Storm

B non e' nei Forwarding Database dei Bridge. La trama e' trasmessa sulle porte di uscita



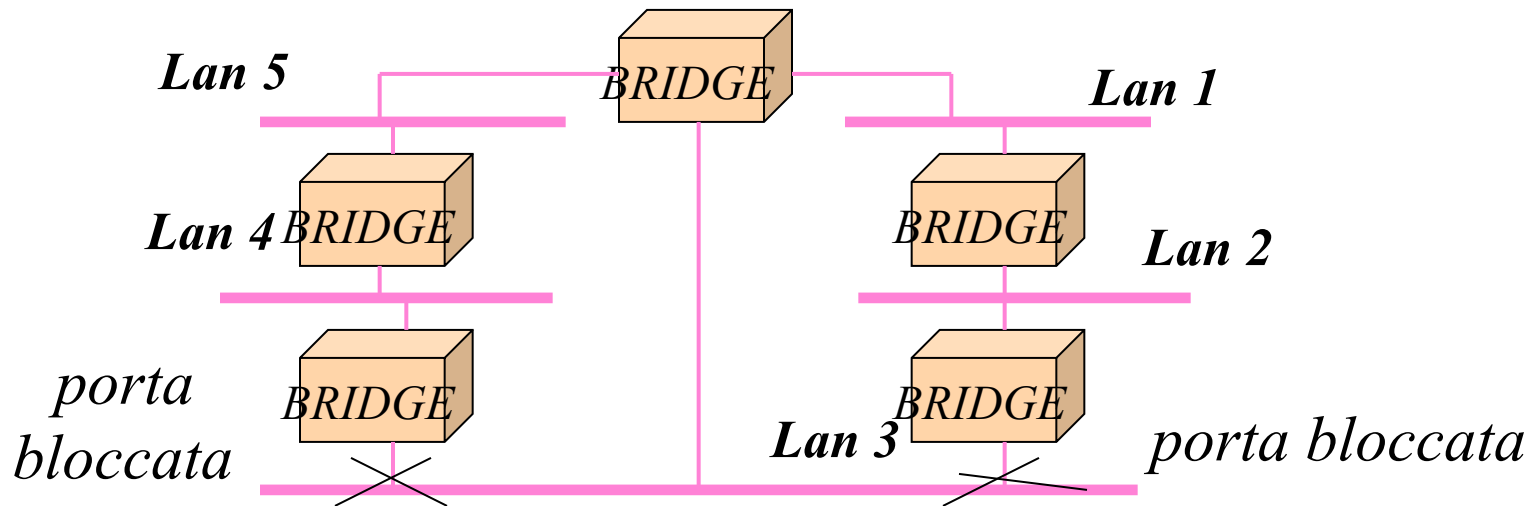
Spanning Tree

- ❑ Problema: l'interconnessione di LAN e' di solito una topologia magliata per una migliore fault tolerance
- ❑ Soluzione: i bridge rendono inattive alcune porte in modo da ridurre la rete ad albero nel funzionamento normale eseguendo periodicamente (tipicamente ogni 2 secondi) un protocollo (spanning tree 802.1D)

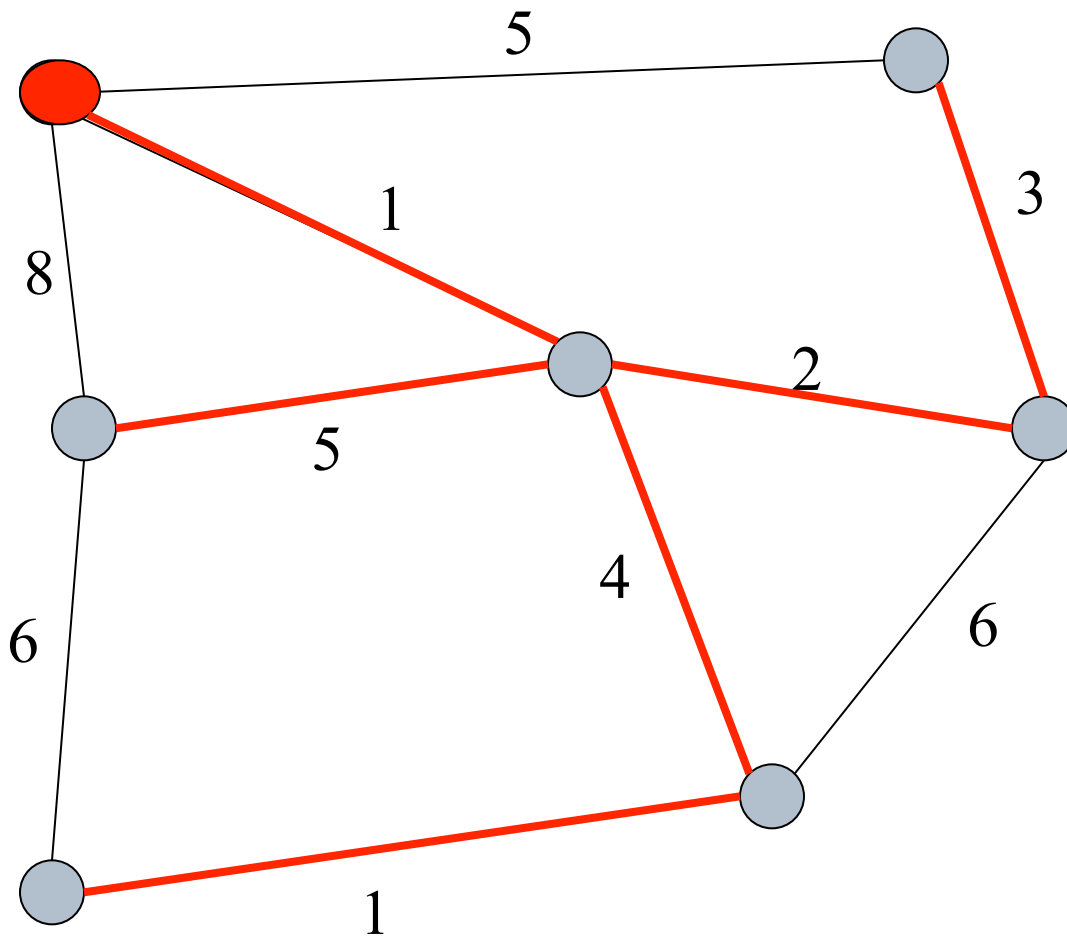


Algoritmo di Spanning Tree

- Permette di ricavare, a partire da una topologia fisica magliata, una topologia logica ad albero.
- La topologia logica ad albero e' realizzata ponendo in stato di 'blocco' delle porte.
- Una porta bloccata lascia passare i messaggi del protocollo di spanning tree ma non le trame dati.



Algoritmo di Spanning Tree



Algoritmo di Spanning Tree

- Viene eletto il root bridge (la radice dello spanning tree)
- Ciascun bridge individua la root port (la porta a distanza 'minore' dal root bridge)
- Per ciascuna LAN si sceglie il 'designated bridge' di interconnessione con il root bridge. La porta di connessione del designated bridge con la LAN e' detta 'designated port'.
- Le root port e le designated port sono lasciate attive, mentre tutte le altre porte sono messe in uno stato di blocking la topologia logica risultante e' un albero ricoprente.

Selezione della Root Port

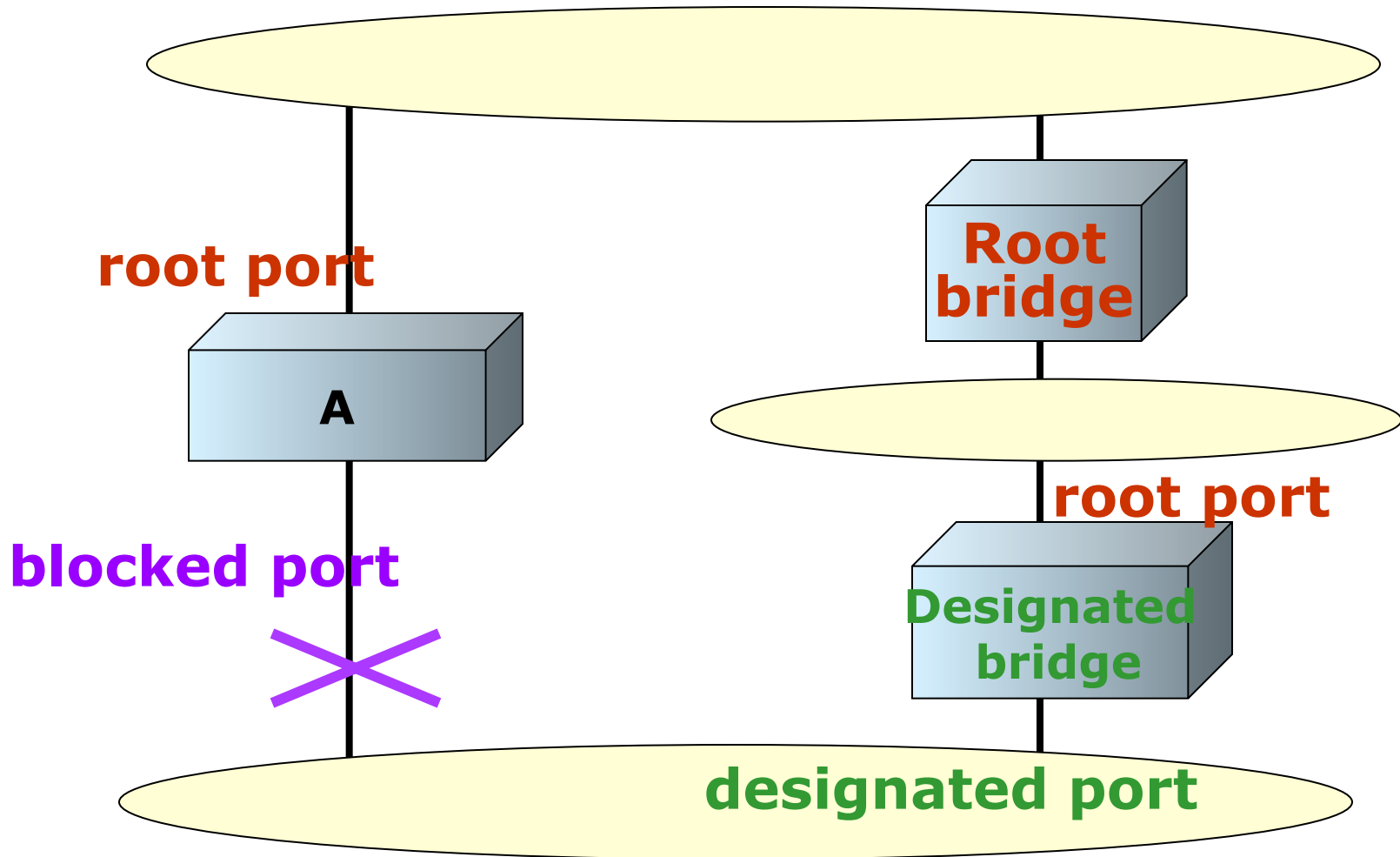
- Una volta completata l'elezione del Root Bridge, ciascun Bridge identifica la sua porta 'piu' vicina' al Root Bridge come Root Port.
- La distanza e' espressa in termini di costo tramite il parametro Root Path Cost, e, a parita' di costo dei diversi link (situazione comune nelle reti locali) corrisponde al numero di hop attraversati

Selezione della Designated Bridge Port

- Su ciascuno dei segmenti di LAN a cui siano connessi più di un Bridge viene eletto un Designated Bridge incaricato di inoltrare le trame nella direzione del root Bridge
- La porta tramite cui il Designated Bridge è connesso alla LAN prende il nome di Designated Bridge Port.
- Viene scelto come Designated Bridge il Bridge a distanza minima dal Root Bridge e, a parità di distanza, il Bridge con minor Bridge ID.

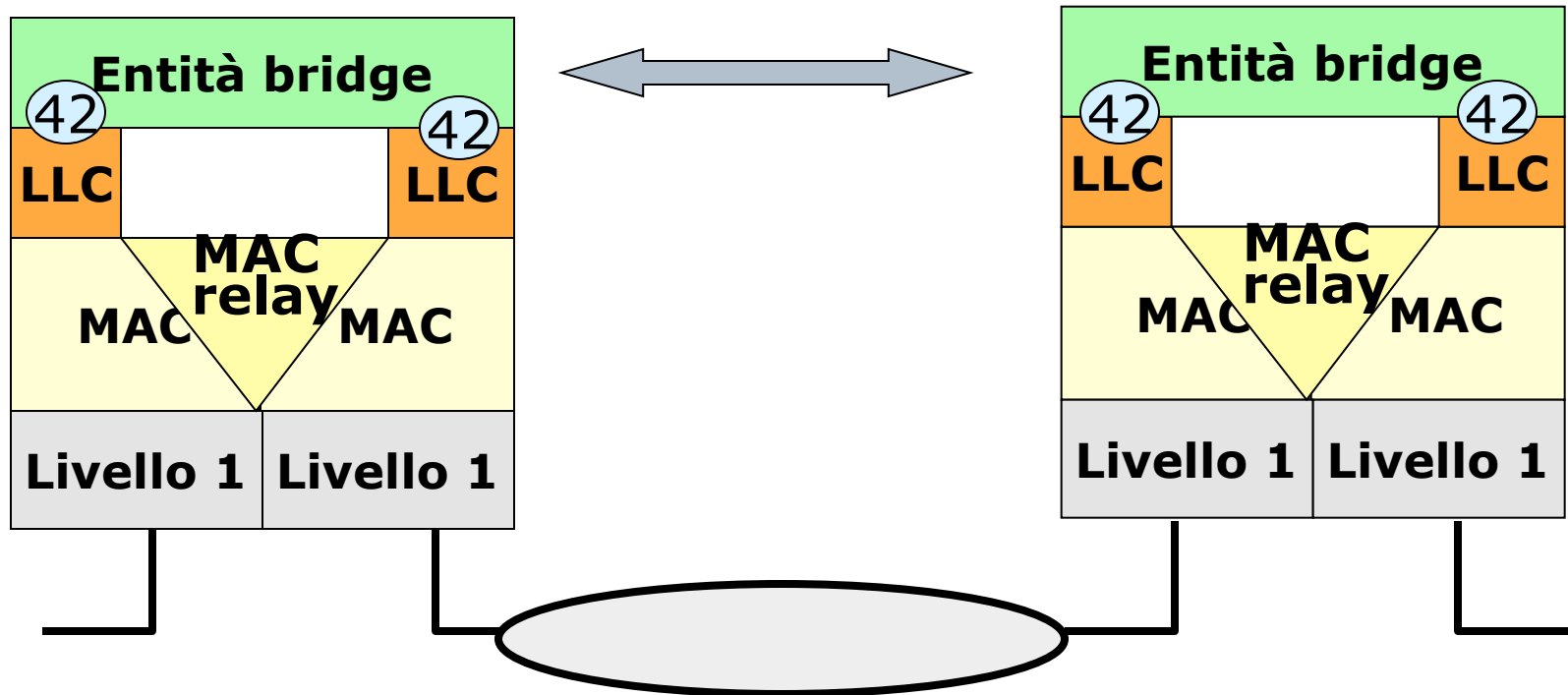
Le porte del Root Bridge sono Designated Bridge Ports !

Meccanismo di definizione dell'albero



Entità Bridge

- ❑ Le entità che eseguono il protocollo Spanning Tree accedono al SAP LLC con indirizzo 42
- ❑ si assegna anche un indirizzo MAC multicast 01-80-c2-00-00-00

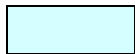


Entità Bridge

- Al posto dell'indirizzo multicast potrebbe usare l'indirizzo unicast della scheda di ogni bridge
 - ma forzerebbe tutti a conoscere in anticipo la topologia e gli indirizzi
- Al posto dell'indirizzo multicast si potrebbe usare l'indirizzo broadcast
 - ma la trama broadcast è inoltrata dal MAC e causerebbe un broadcast storm se la rete non è ancora resa ad albero
 - mentre la trama multicast non è inoltrata dal MAC relay.

Messaggi dell'entità Bridge

- I messaggi che le entità si scambiano sono chiamate Bridge PDU
 - Configuration BPDU
 - TCN BPDU



Campi aggiornati

Trama MAC

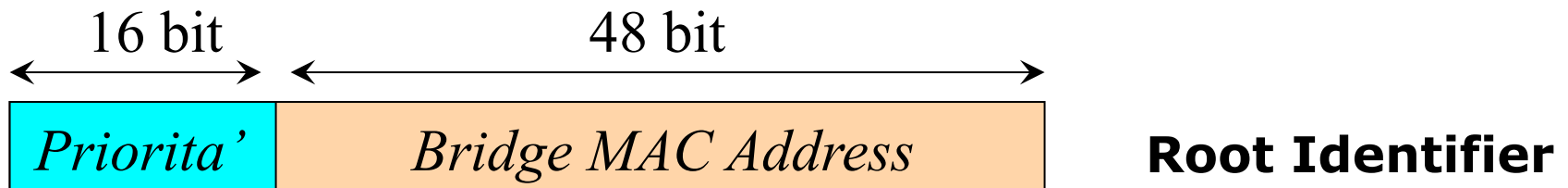
Protocol ID
Version
BPDU type
Flags
Root identifier
Root path cost
Bridge identifier
Port ID
Message Age
Max Age
Hello time
Forward delay

Configuration BPDU

7	1	6	6	2	1	1	1			4
Sync	SD	Destinaz. Multicast 01-80-c2 00-00-00	Sorgente	Length	DSAP 42	SSAP 42	Contr.	BPDU		FCS

Bridge: passi dello spanning tree

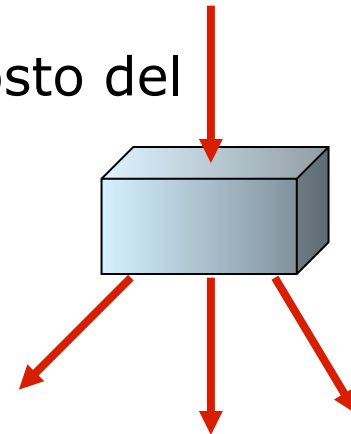
- ❑ La configuration BPDU viene emessa dal root bridge
- ❑ Se arrivano BPDU con root identifier diversi viene considerato root bridge quello che ha identificativo minore



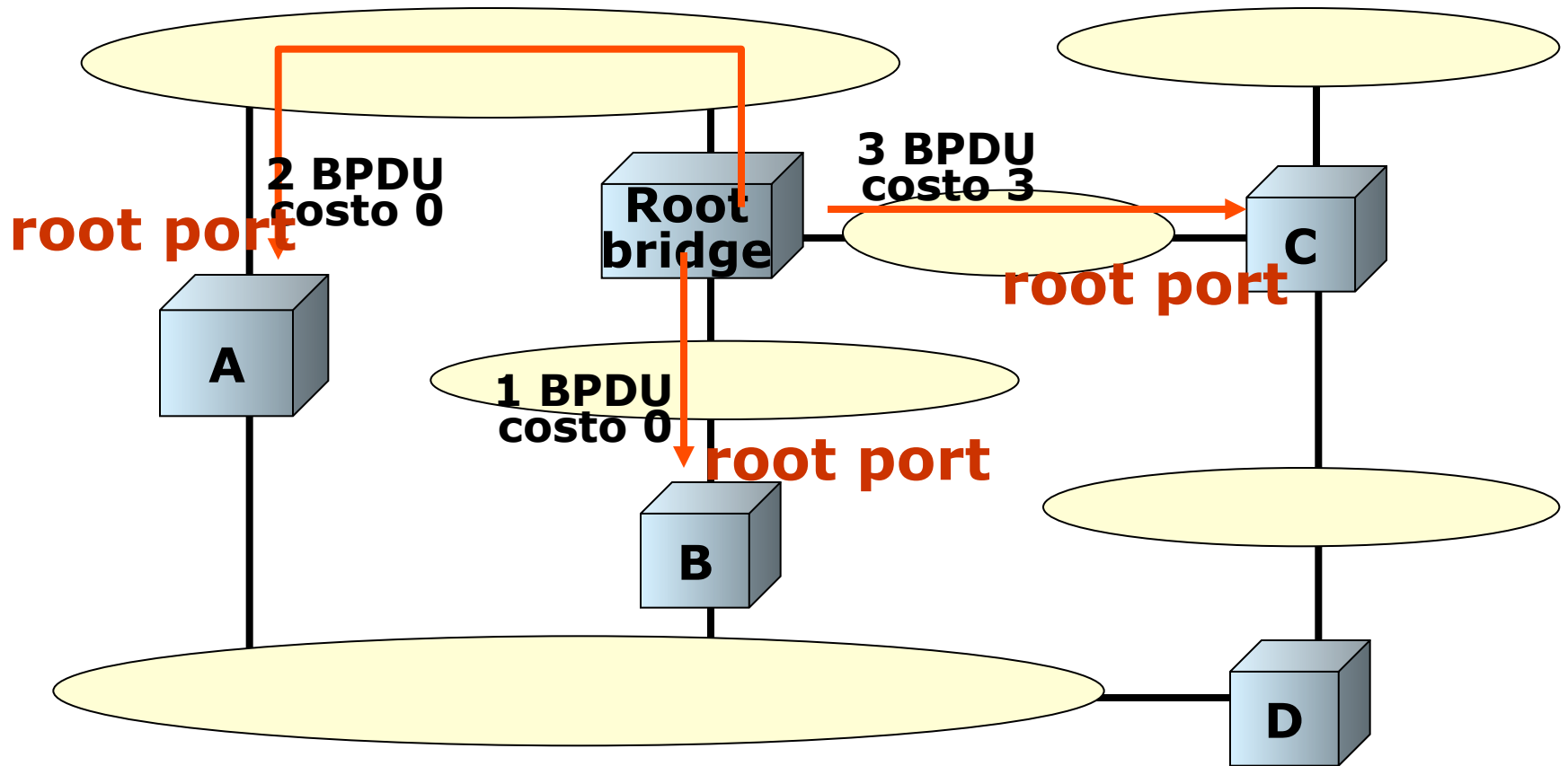
- ❑ Il campo Priorità è impostabile dall'amministratore di rete.
- ❑ Il Bridge MAC Address corrisponde al più piccolo tra i MAC Address unicast delle porte del Bridge.

Selezione della Root Port

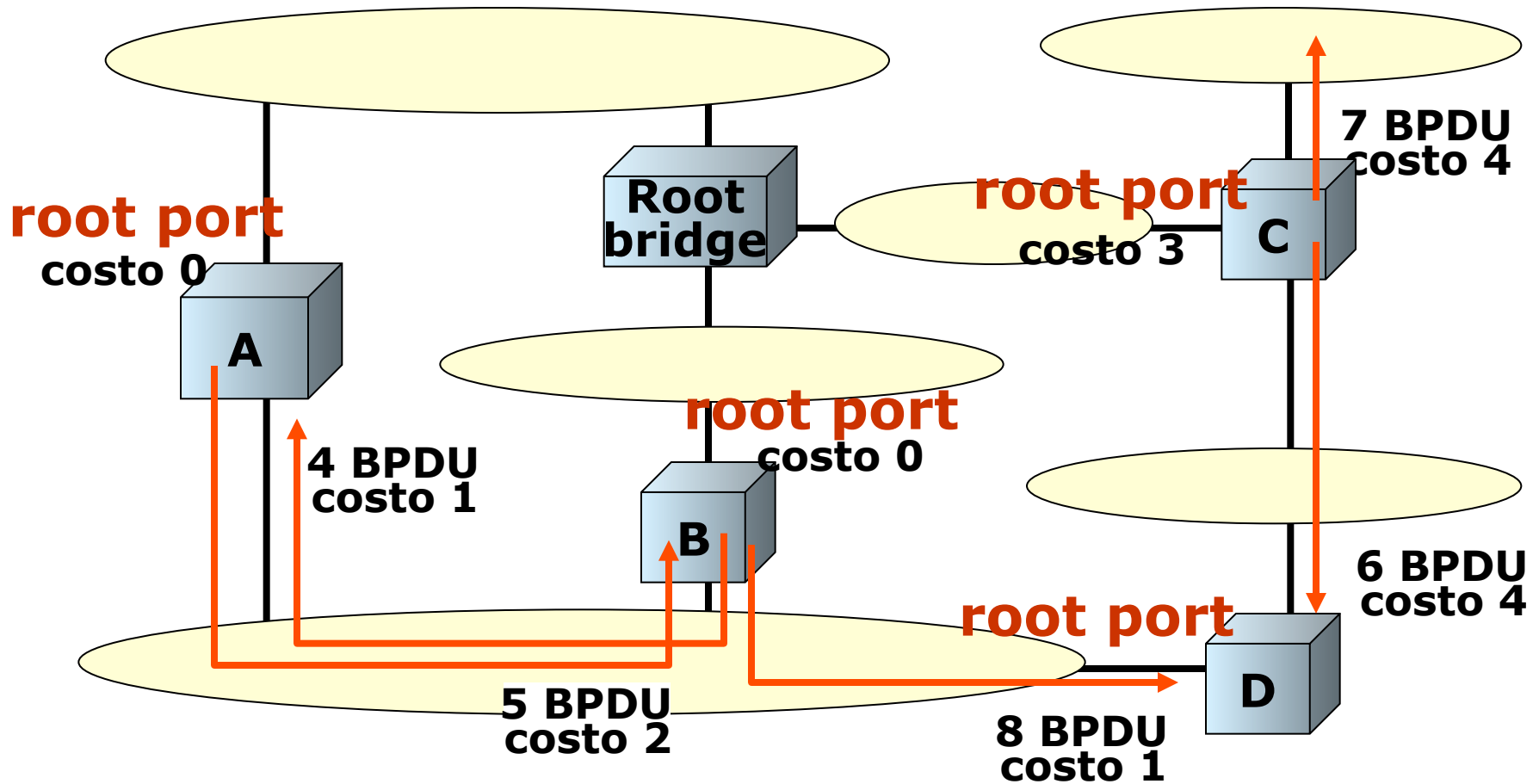
- Dalle BPDU ricevute ciascun Bridge identifica la sua porta "più vicina" al Root Bridge Root Port.
- La distanza è espressa in termini di costo tramite il parametro Root Path Cost, e, a parità di costo dei diversi link (situazione comune nelle reti locali), corrisponde al numero di hop attraversati
- Effettua il forwarding delle BPDU aggiornando il root path cost
 - $(\text{Root path cost})_{Tx} = (\text{Root path cost})_{Rx} + \text{costo del nuovo hop}$



Esempio: selezione delle root port



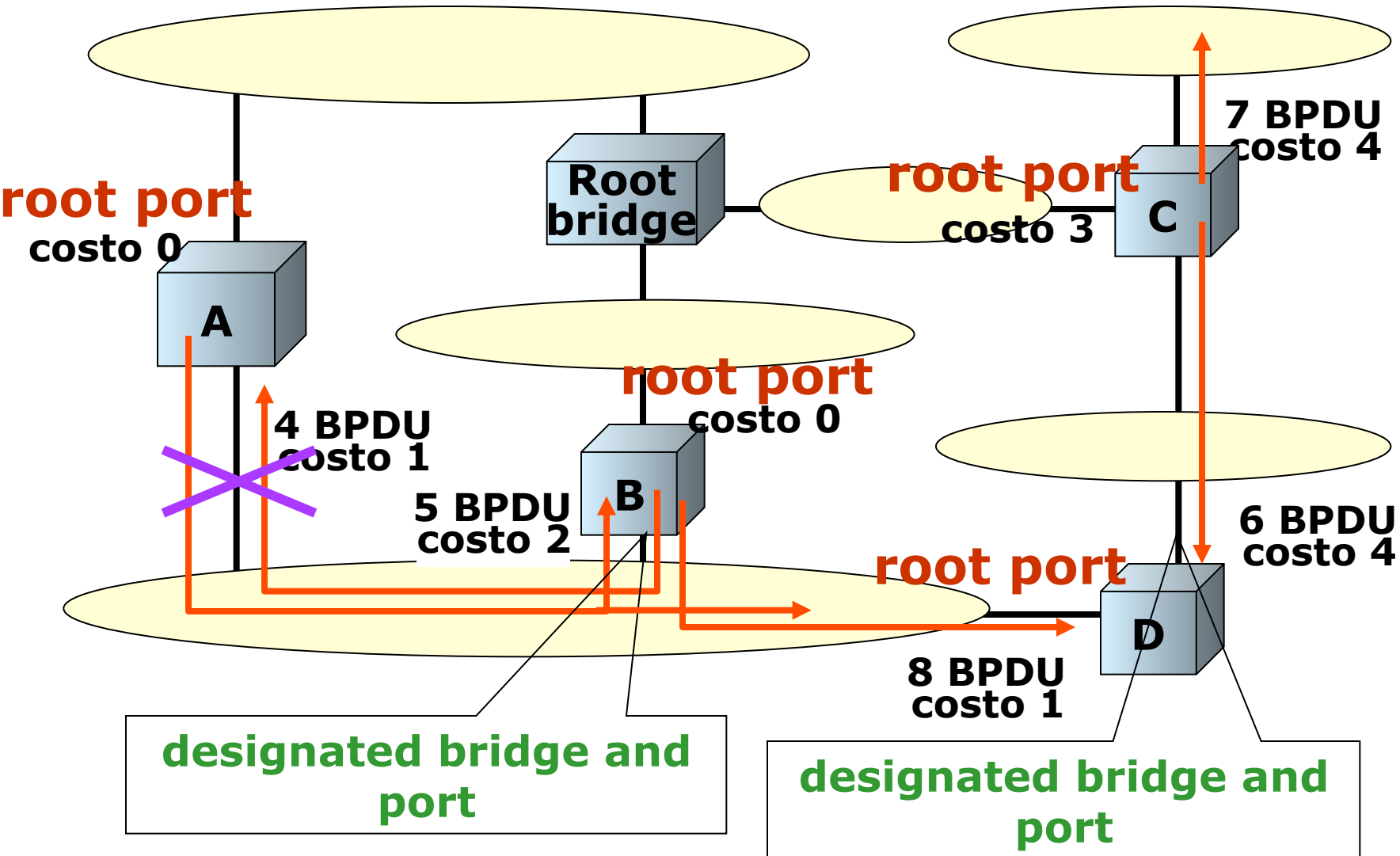
Esempio: selezione delle root port



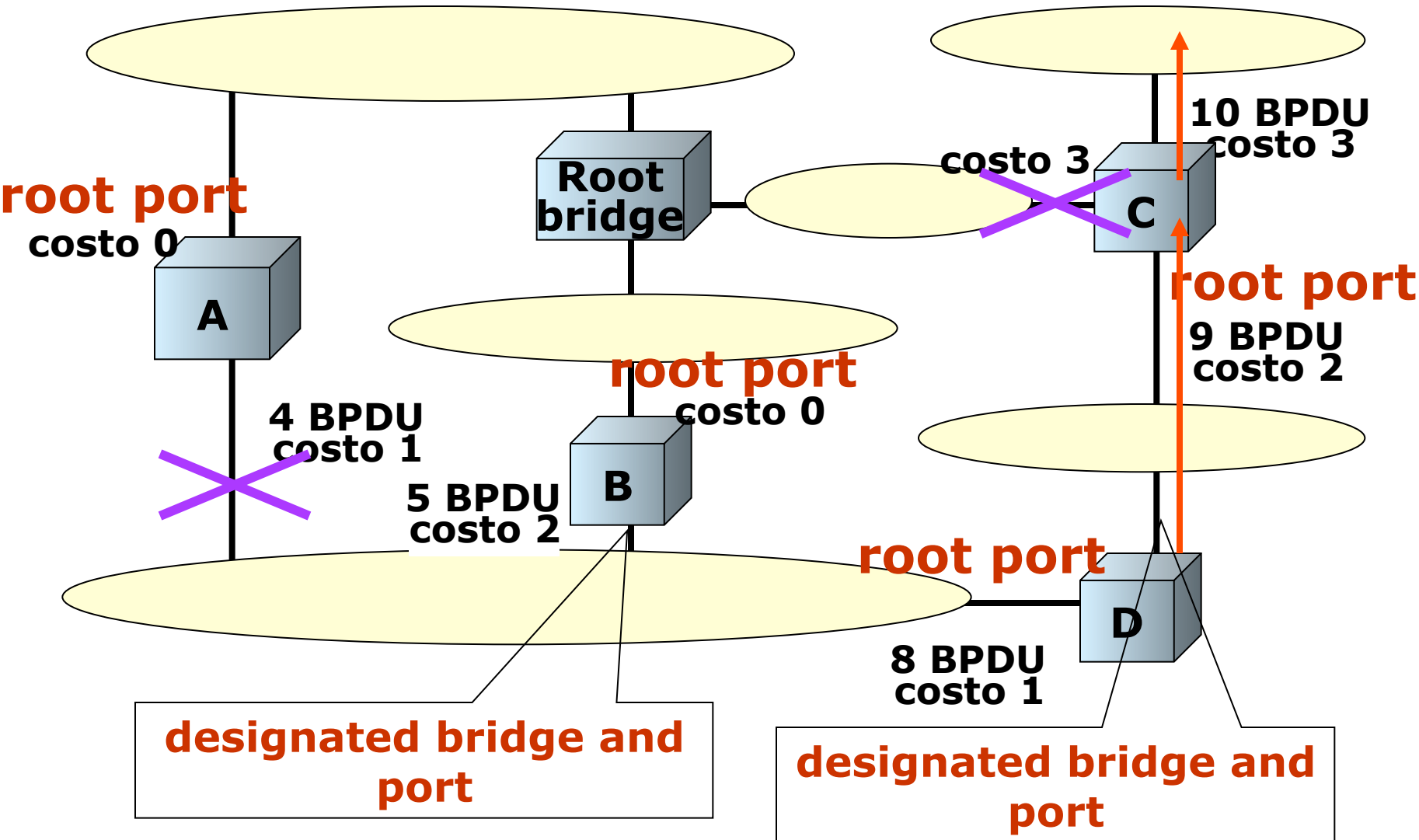
Selezione della Designated Port

- ❑ Per i messaggi ricevuti sulle port non root il bridge conosce le distanze dal Root dei bridge adiacenti.
- ❑ Se possiede una porta con distanza minore quella diventa la Designated Port e lui il Designated Bridge, cioè il bridge che inoltra da quel segmento di LAN
- ❑ A pari distanza si sceglie il bridge con minor ID
- ❑ Tutte le altre porte (né root, né designated) sono bloccate

Esempio: selezione delle root port



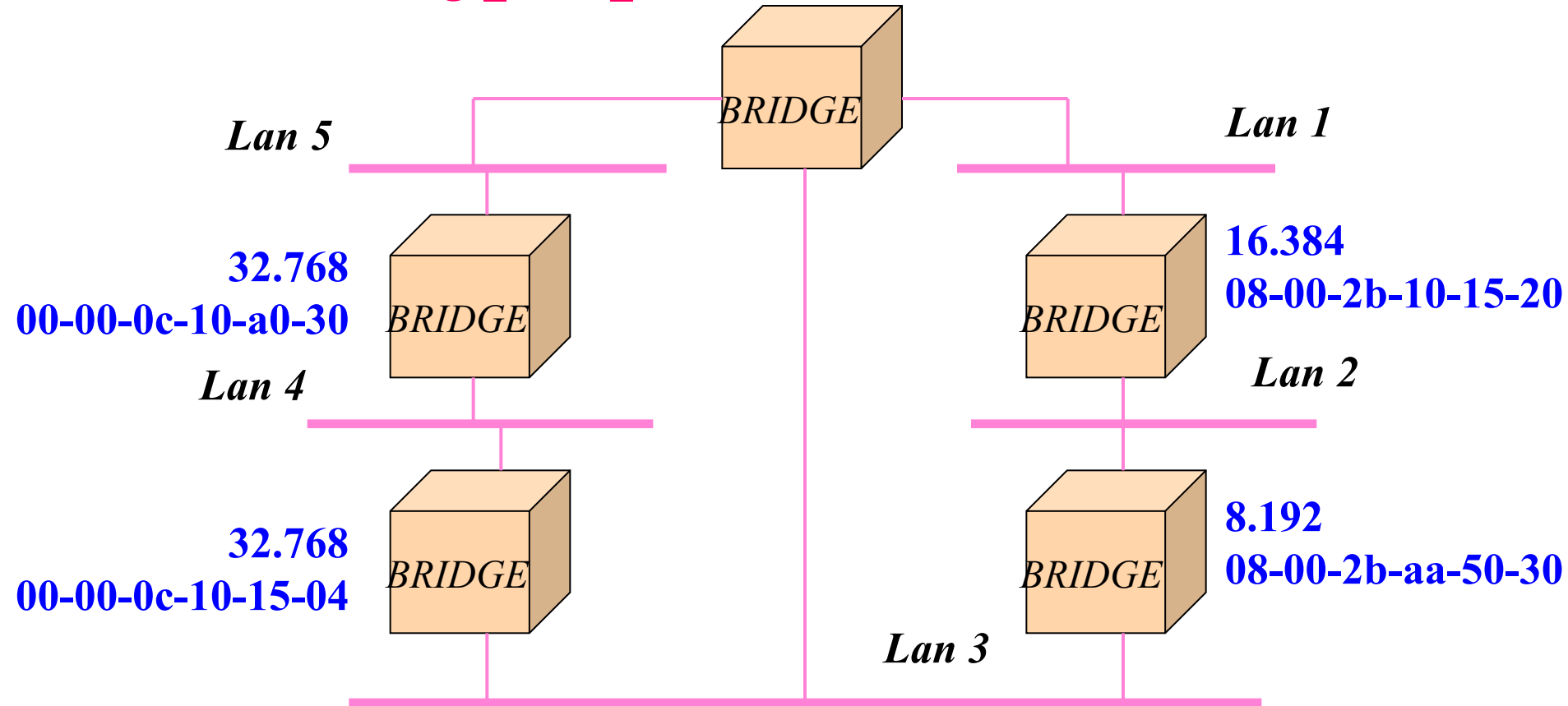
Esempio: selezione delle root port



Esempio: protocollo di Spanning Tree

Bridge_Prio: 16.384

Bridge_MAC_address: 08-00-2b-51-11-21

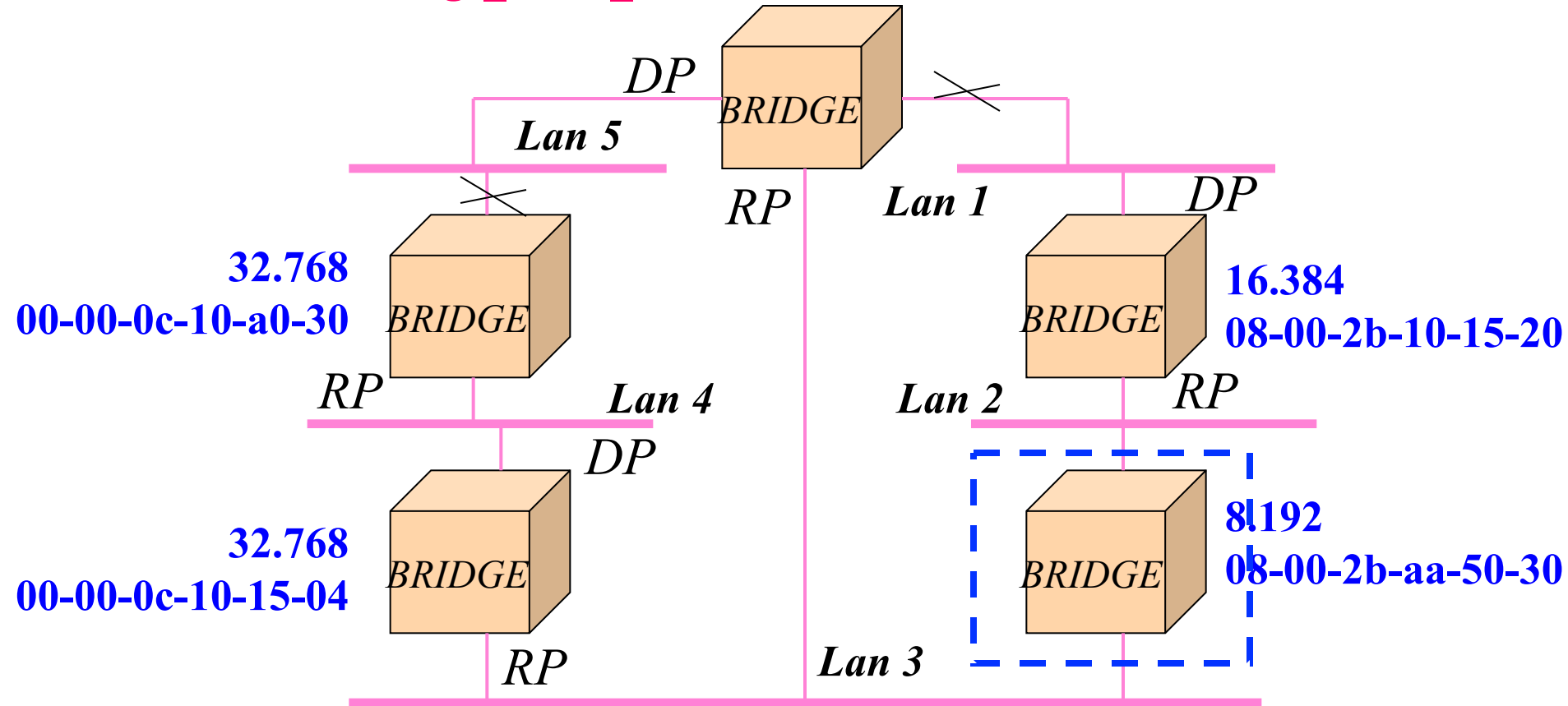


Maglia prima del calcolo dello ST

Esempio: protocollo di Spanning Tree

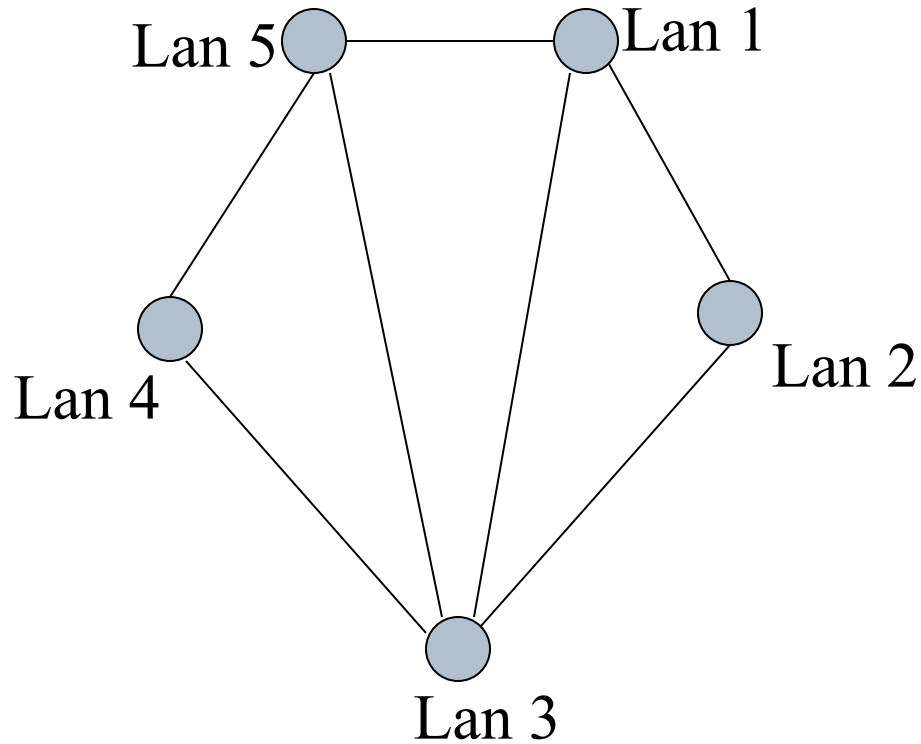
Bridge_Prio: 16.384

Bridge_MAC_address: 08-00-2b-51-11-21

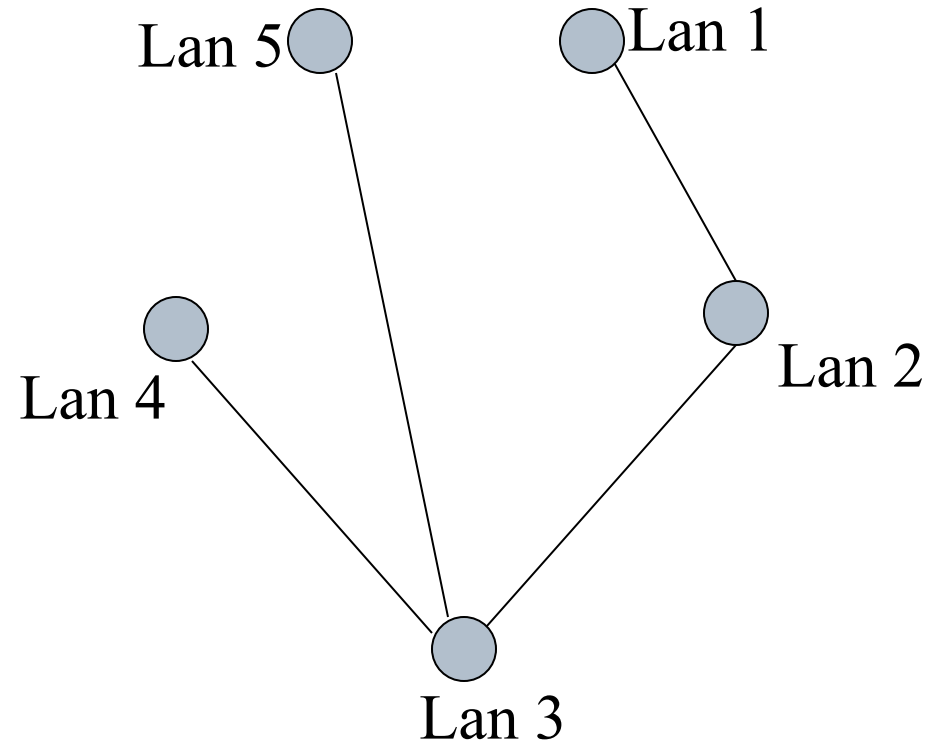


Spanning Tree calcolato dall'algoritmo

Grafi Logici di bridging



Topologia iniziale



Topologia Logica creata
Dallo Spanning Tree

Protocollo spanning tree

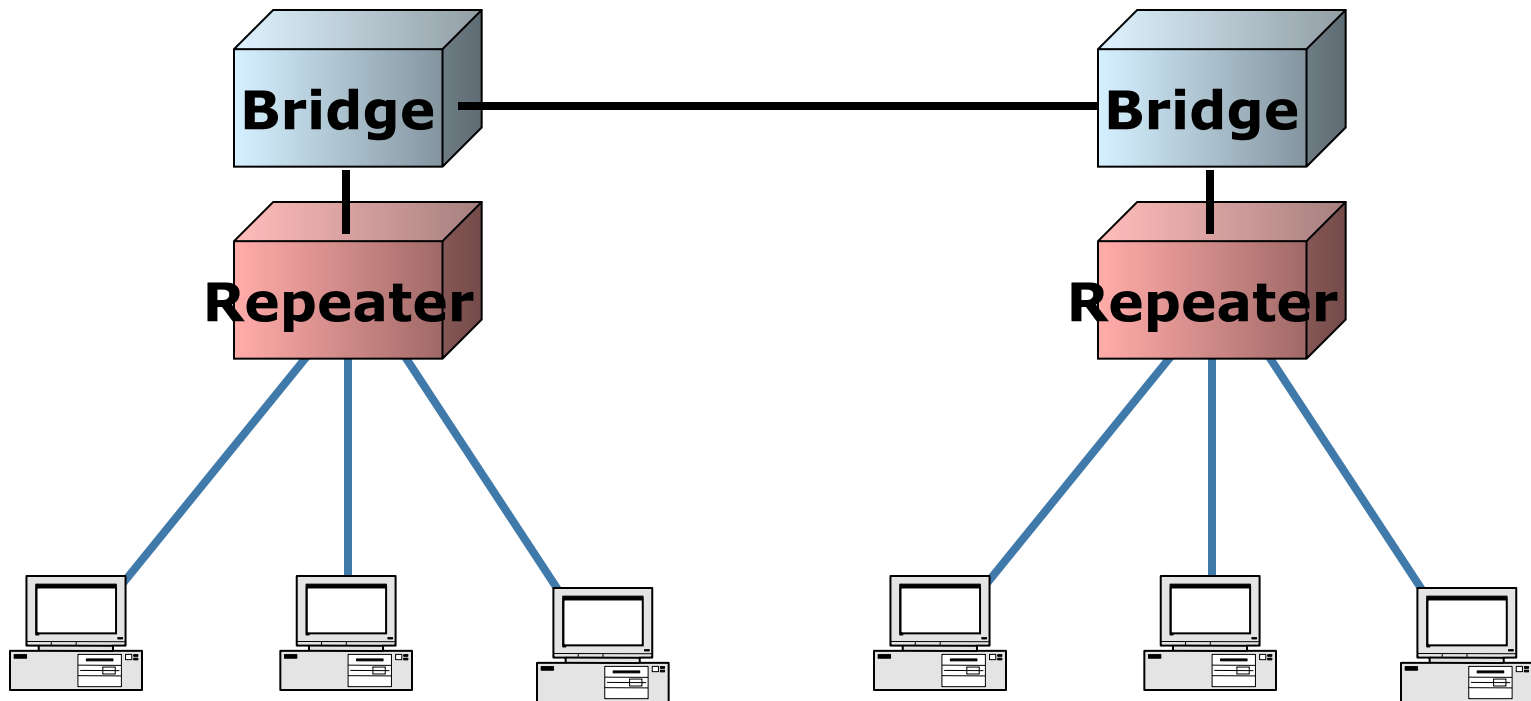
- ❑ I parametri dello spanning tree sono memorizzate per un certo tempo (tipico 20 s)
- ❑ Le Configuration BPDU vengono generate periodicamente (tipico ogni 2s)
- ❑ Vengono inoltrate con un ritardo minimo di 1 s dalla precedente
- ❑ Se i parametri memorizzati scadono la procedura riparte, il bridge ritiene di essere il root bridge ed emette BPDU

Protocollo spanning tree

- ❑ Se un bridge si accorge di un cambiamento nella topologia emette una trama detta Topology Change Notification (BPDU type 80-00) che viene propagata al root, il quale rigenera le Configuration BPDU con un flag alzato
- ❑ Lo sblocco delle porte è temporizzato (tipico 15 s)
- ❑ I ritardi nelle varie fasi limitano il diametro della bridged LAN in numero di bridge attraversati (raccomandati max 7)
- ❑ Procedure di questo genere sono difficilmente applicabili a grandi reti

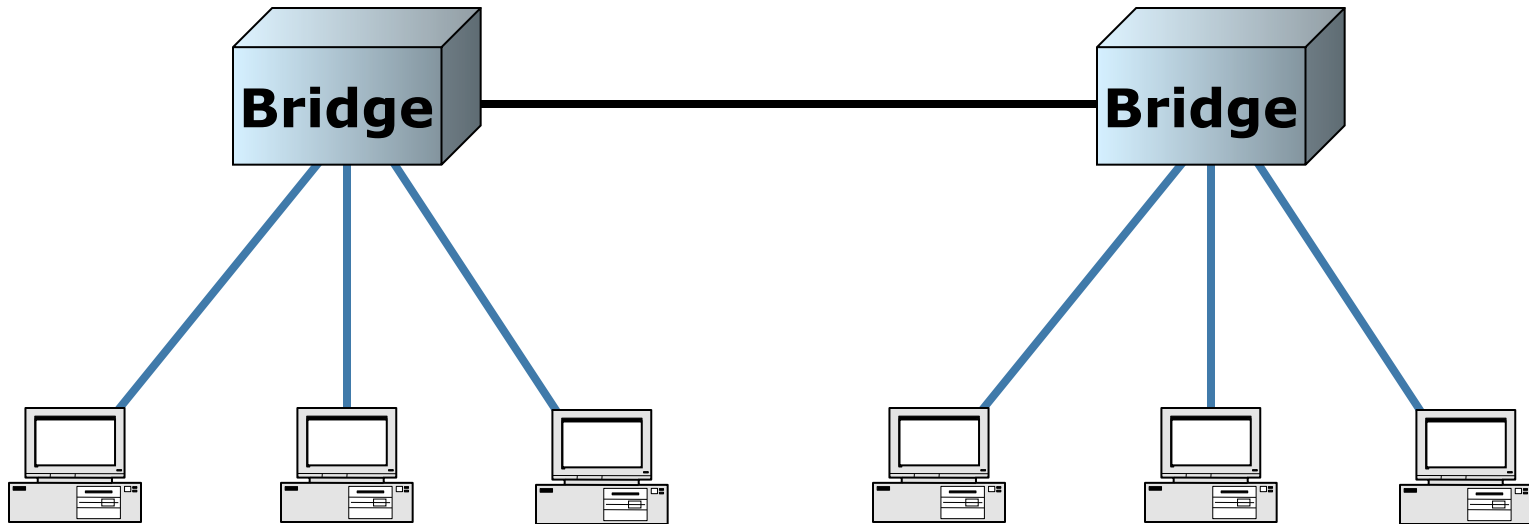
Collocazione dei bridge

- ❑ I bridge spesso trovano posto nell'HUB insieme al (ai) repeater
- ❑ e sono connessi da backbone



Layer two switches

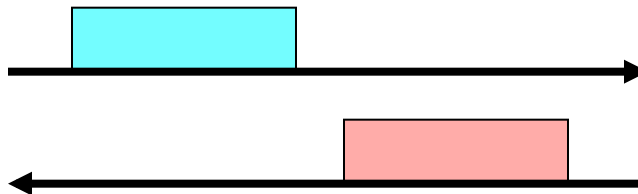
- In alcune soluzioni commerciali i terminali sono connessi direttamente ai bridge (switch) eliminando i ripetitori



Layer two switches

- ed è stata introdotta, con i mezzi trasmissivi che lo consentono, es. con doppini, la modalità di funzionamento in full-duplex (802.3x), previa disabilitazione del CD e loopback
- Questa modalità può essere usata anche in collegamenti backbone punto-punto

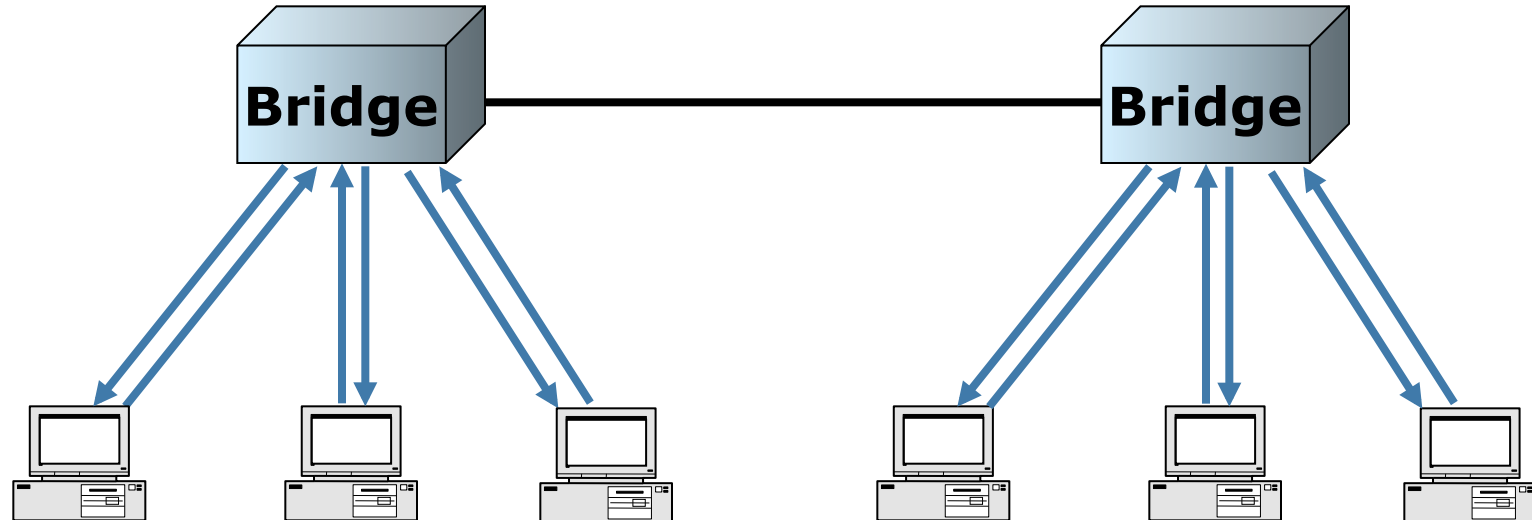
**Funzionamento normale
half-duplex**



Funzionamento full-duplex

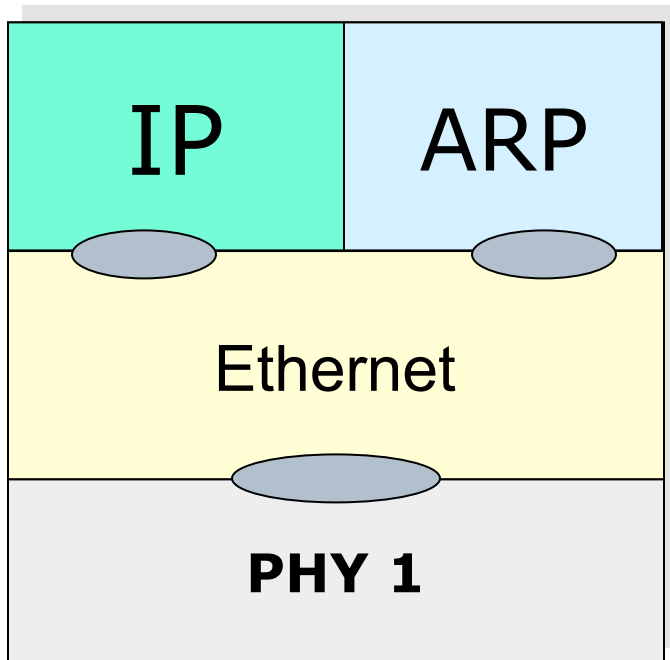
Layer two switches

- In questo modo il dominio di accesso multiplo viene eliminato e il traffico a disposizione del singolo utente è di 10 Mb/s pieni (all'interno del bridge)
- Soluzione "completamente switched"

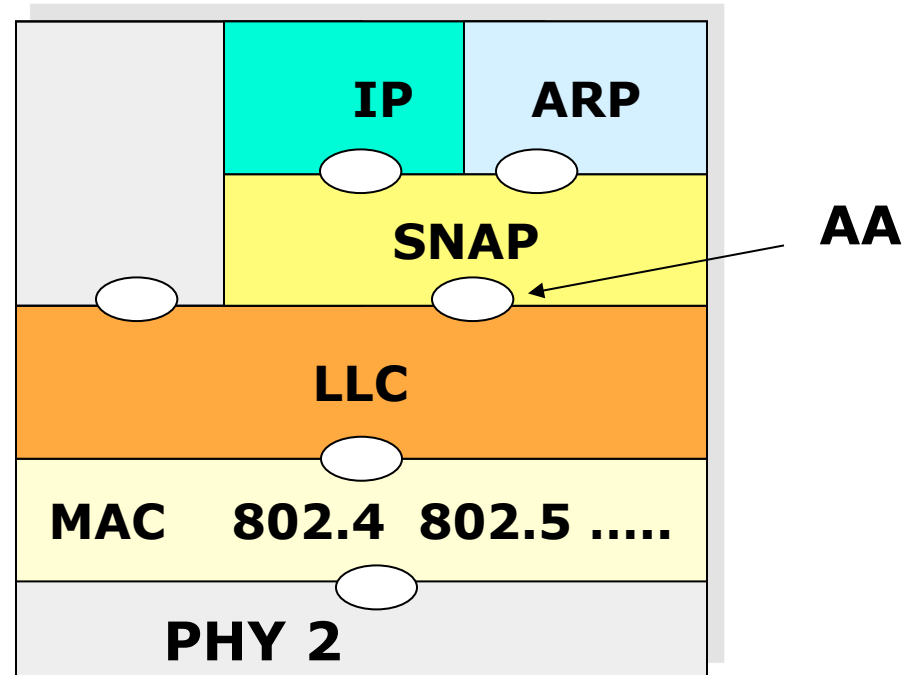


Incapsulamento IP su 802.xx

Ethernet



802.xx



IEEE 802.3 LLC

6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	1	1	1	Variable 43-1497 Bytes	4 Bytes
Destination Address	Source Address	Length	DSAP	SSAP	Ctrl	Data	FCS

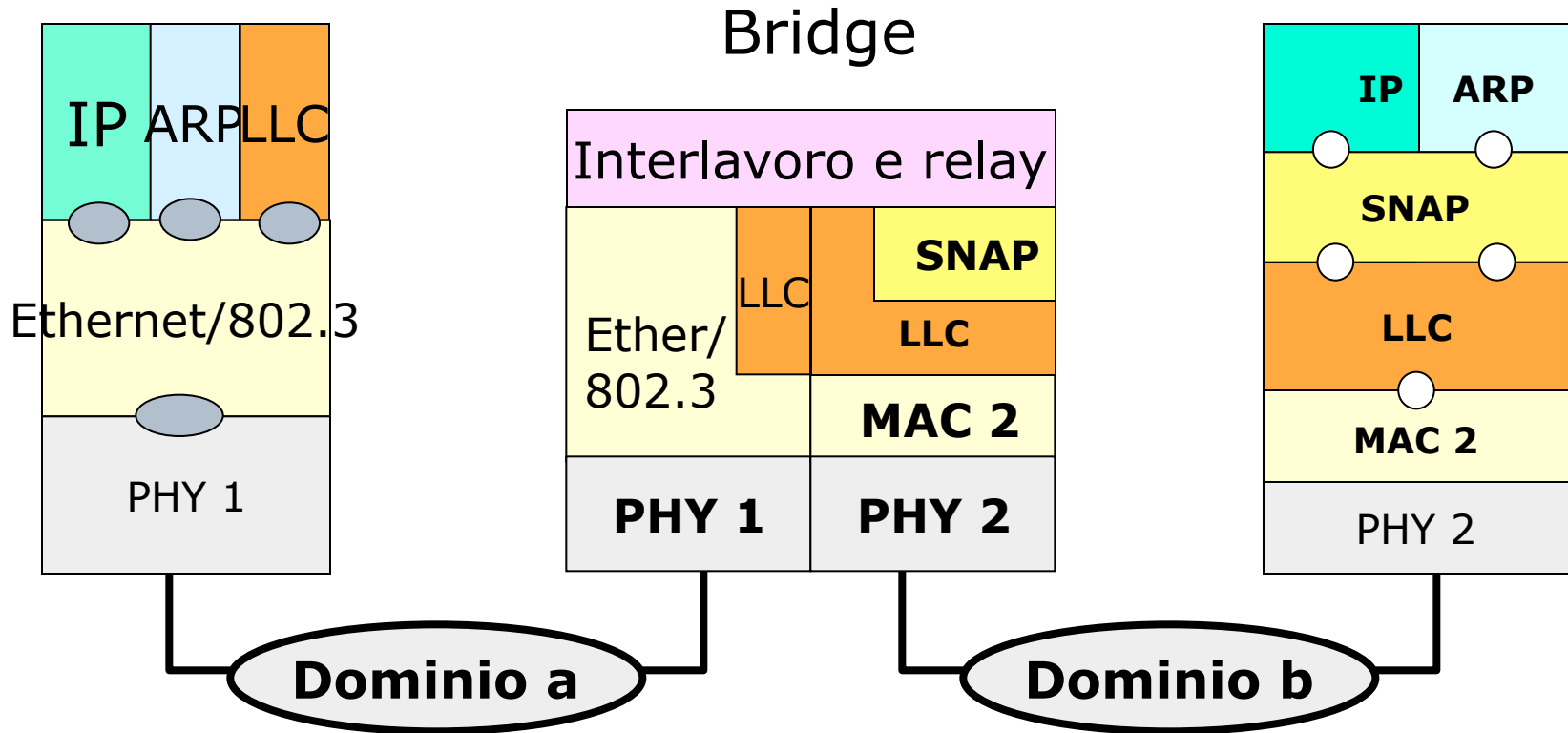
IEEE 802.3 SNAP

6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	1	1	1	5	Variable 38-1492 Bytes	4 Bytes
Destination Address	Source Address	Length	DSAP 0xAA	SSAP 0xAA	Ctrl	SNAP	Data	FCS

Bridge con MAC diversi

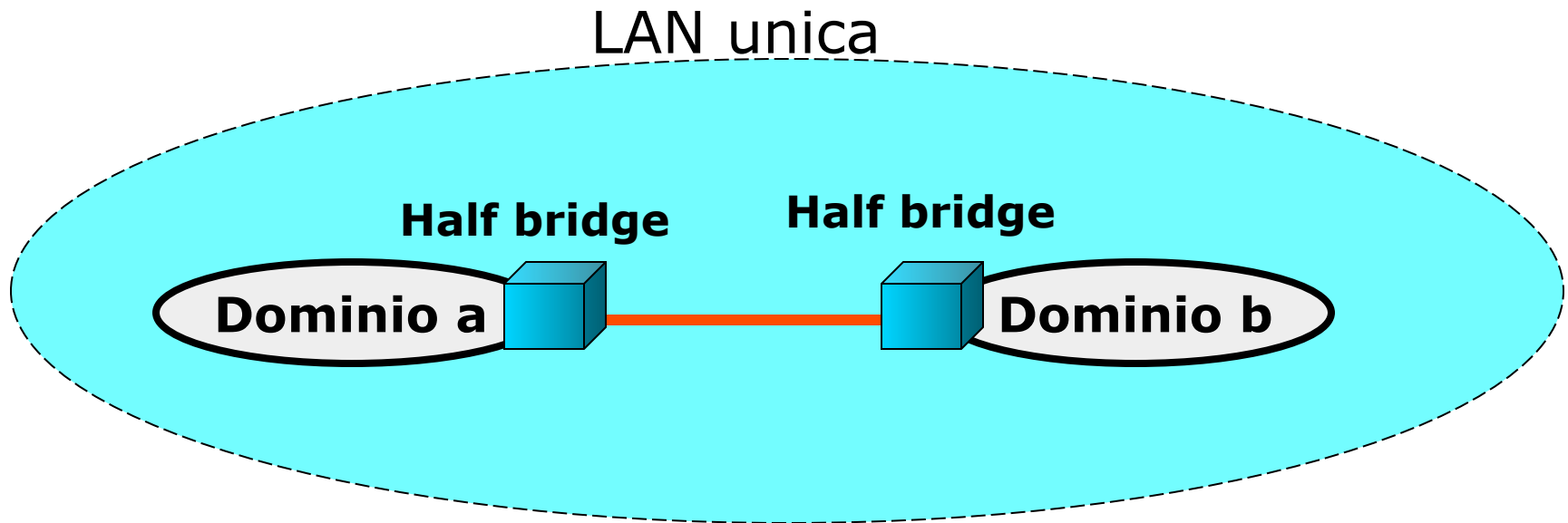
- 802.4, 802.5, ... 802.11... usano protocolli e trame MAC diversi
- La funzione relay deve operare il cambiamento di trama MAC e il ricalcolo del FCS

Interlavoro – 802.1H



Half Bridge

- ❑ Creano una LAN a estensione geografica
- ❑ Connette due metà di un bridge a lunga distanza tramite tunnel punto-punto o con reti esistenti (X.25, Frame Relay, IP, HDLC)



Half Bridge

- Imbusta la trama MAC nei servizi offerti da collegamenti a lunga distanza

