

# ***Interconnessione di LAN***

**Domanda:** Perché non si usa un'unica grande LAN?

- **Quantità limitata di traffico supportabile: su una sola LAN, tutte le stazioni devono condividere la banda**
- **Lunghezza limitata: 802.3 specifica una max lunghezza del cavo**
- **Grande "dominio di collisione" (si può collidere con molte stazioni)**
- **Numero di stazioni limitato: 802.5 ha ritardi dovuti al passaggio del token a ogni stazione**

# ***Interconnessione di LAN***

- ***Prof. S. Marano***
- ***Università della Calabria***
- ***A.A. 2012-2013***

# ***Hub, bridge e router***

- **Hub**

- » Interconnette reti omogenee (stesso tipo e stessa velocità)
- » Opera al livello 1 (Fisico)

- **Bridge**

- » Interconnette LAN omogenee e/o eterogenee
- » Opera a livello 2 (Data Link): instradano i pacchetti sulla base degli indirizzi di livello MAC
- » Alcuni dispositivi commerciali sono chiamati "Switch LAN" o "Switch di livello 2"

- **Router**

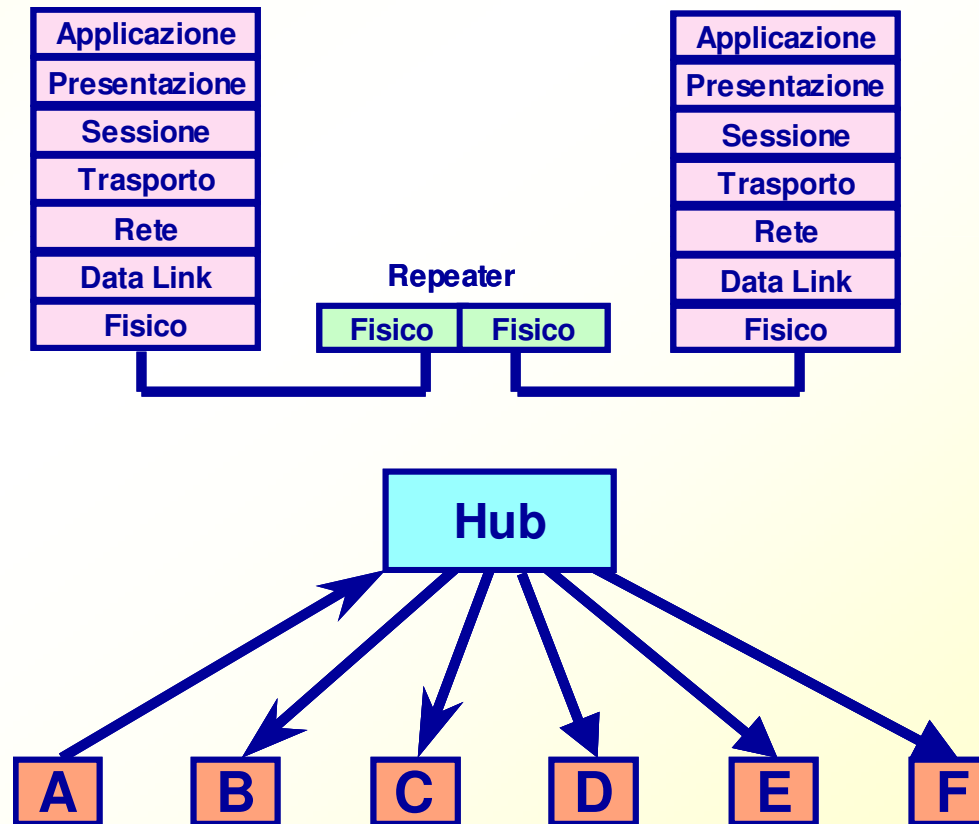
- » Interconnette reti (LAN o WAN) omogenee e/o eterogenee
- » Opera a livello 3 (Network): instradano i pacchetti sulla base degli indirizzi di livello network (es. IP)
- » Alcuni dispositivi commerciali sono chiamati "Switch di livello 3"

# Hub

- **Dispositivo di livello fisico: ripetitore che opera a livello di bit; ripete i bit ricevuti da un'interfaccia su tutte le altre (broadcast)**

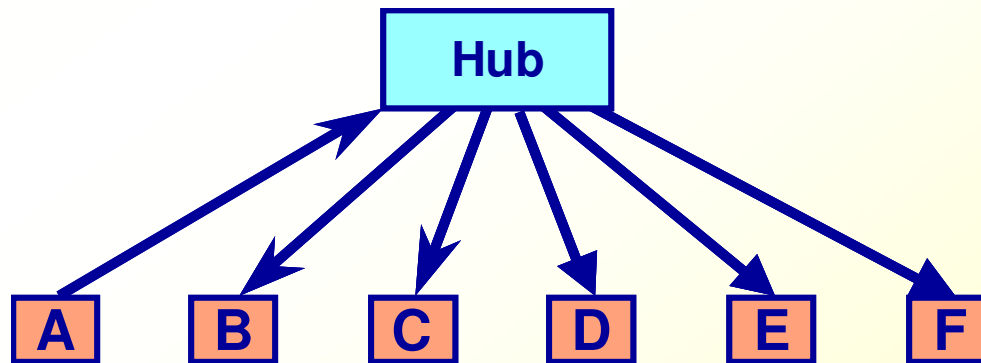
» **repeater**: quando è costituito da 2 porte

» **hub o multiport repeater**: quando è costituito da più di 2 porte



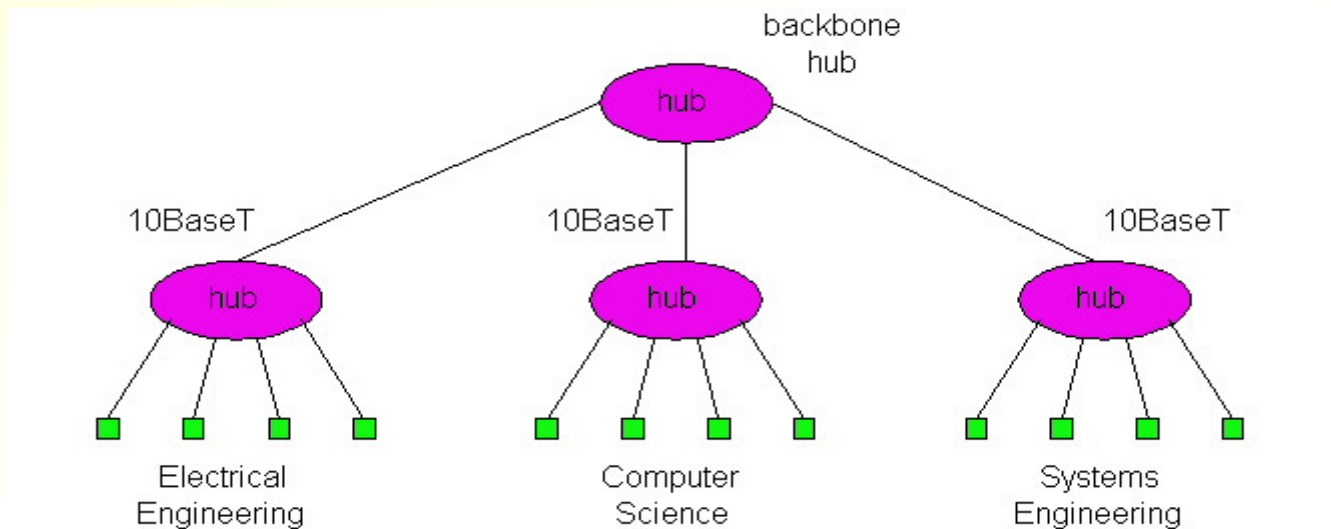
# Hub

- **Le funzioni principali di un ripetitore/hub sono:**
  - » ripete le stringhe di bit ricevuti da un segmento e le trasmette sugli altri segmenti
  - » decodifica le stringhe seriali di bit ricevute su una porta e le ricodifica sulle altre porte, ritemporizzando tutti i bit da trasmettere
  - » si occupa della gestione della collisione
  - » può opzionalmente isolare una porta, per un determinato periodo di tempo, quando su questa si verificano più di 30 collisioni consecutive



# Hub

- **Gli Hub possono essere organizzati in modo gerarchico (o multi-tier)**



**L'hub della dorsale (backbone hub) ha connessioni punto-punto con gli hub dei dipartimenti e permette l'interconnessione delle 3 LAN**

# ***Hub***

- **Ogni LAN connessa viene chiamata** segmento LAN
- **Gli Hub non isolano i domini di collisione: un nodo può collidere con qualsiasi altro nodo che risiede su un qualsiasi segmento LAN**
- **Vantaggi degli Hub:**
  - » semplici, poco costosi
  - » estende la max distanza tra coppie di nodi (100m per Hub)
  - » gerarchia di hub: segmenti LAN continuano a funzionare anche se un hub non funziona (es. se l'hub di CS va fuori servizio, l'hub di dorsale può rilevare il problema e scollegarlo dalla LAN; mentre i restanti dipartimenti possono continuare a funzionare mentre l'hub malfunzionante viene riparato)

# ***Limiti degli Hub***

- **un dominio di collisione unico non incrementa il max throughput**
  - » il throughput del caso gerarchico è lo stesso che nel caso di un solo segmento
- **vincoli sui singoli segmenti LAN pongono dei limiti sul numero di nodi e sull'estensione geografica dell'unica LAN interconnessa**
- **non possono connettere Ethernet di tipo diverso (es., 10BaseT e 100BaseT)**
  - » assenza di buffer per memorizzare trame inviate tra segmenti che operano a velocità diversa

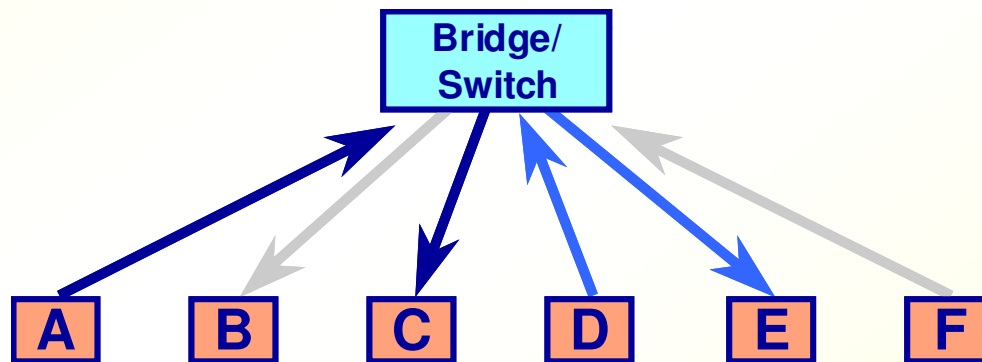


# ***Bridge***

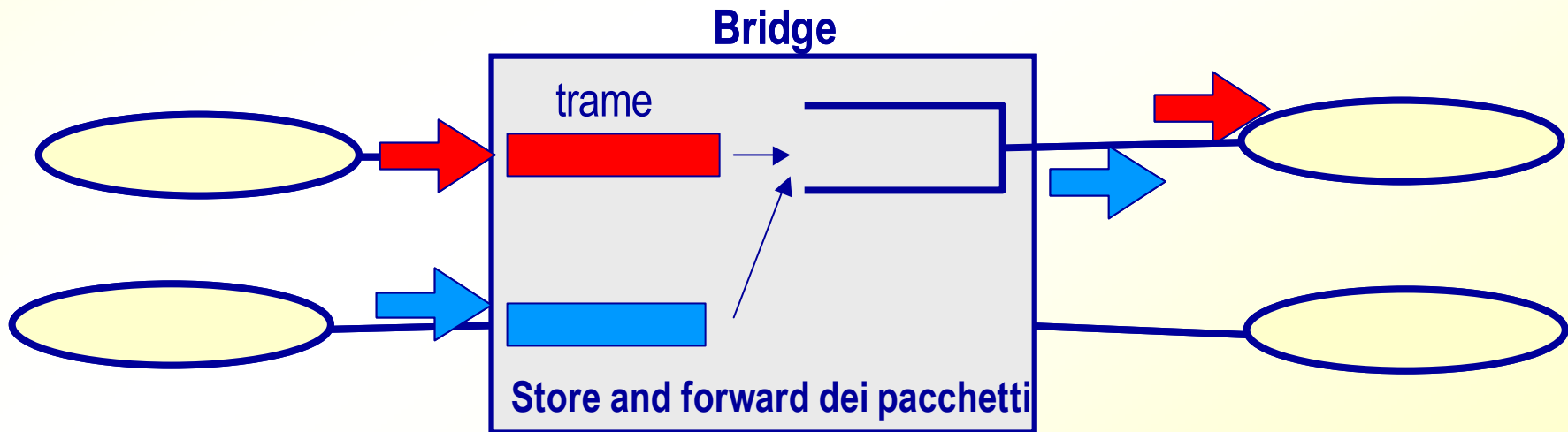
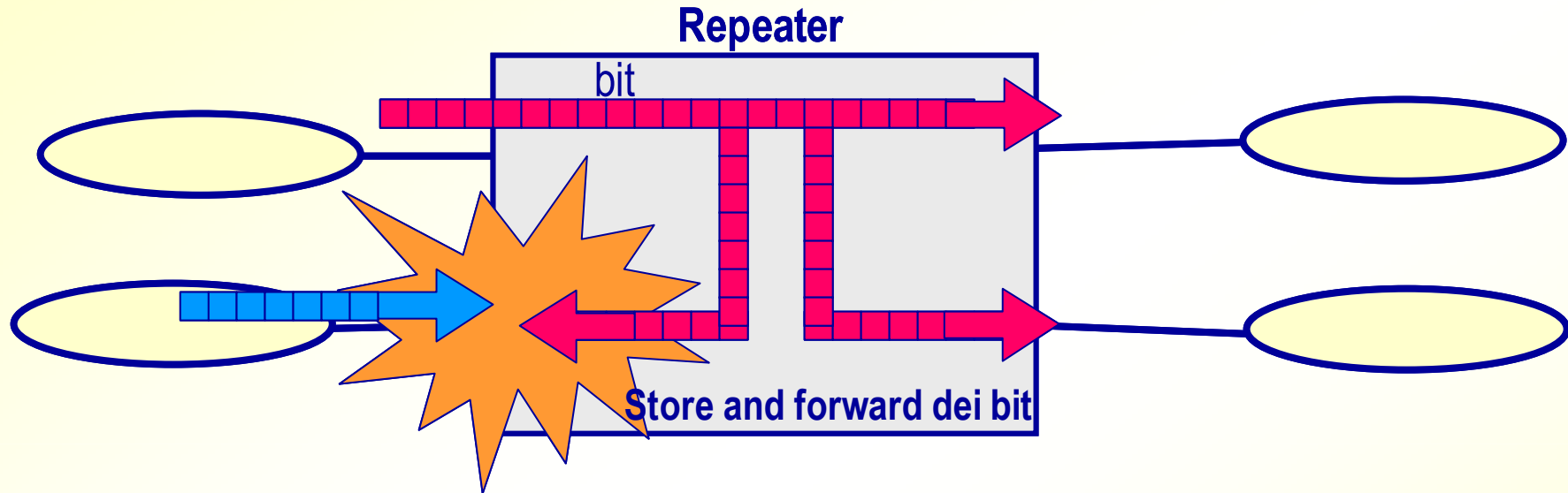
- **Dispositivi di livello Link:** operano sulle trame, ne esaminano le intestazioni e le inoltrano sulla base dell'indirizzo MAC della destinazione
- I bridge ritrasmettono la trama soltanto sulla porta alla quale è collegata la stazione di destinazione della trama (identificata dall'indirizzo MAC)
- Il Bridge **isola i domini di collisione** dato che memorizza le trame

# ***Bridge***

- **Hanno una banda aggregata molto superiore a quella della singola porta**
  - » Molte trasmissioni in contemporanea



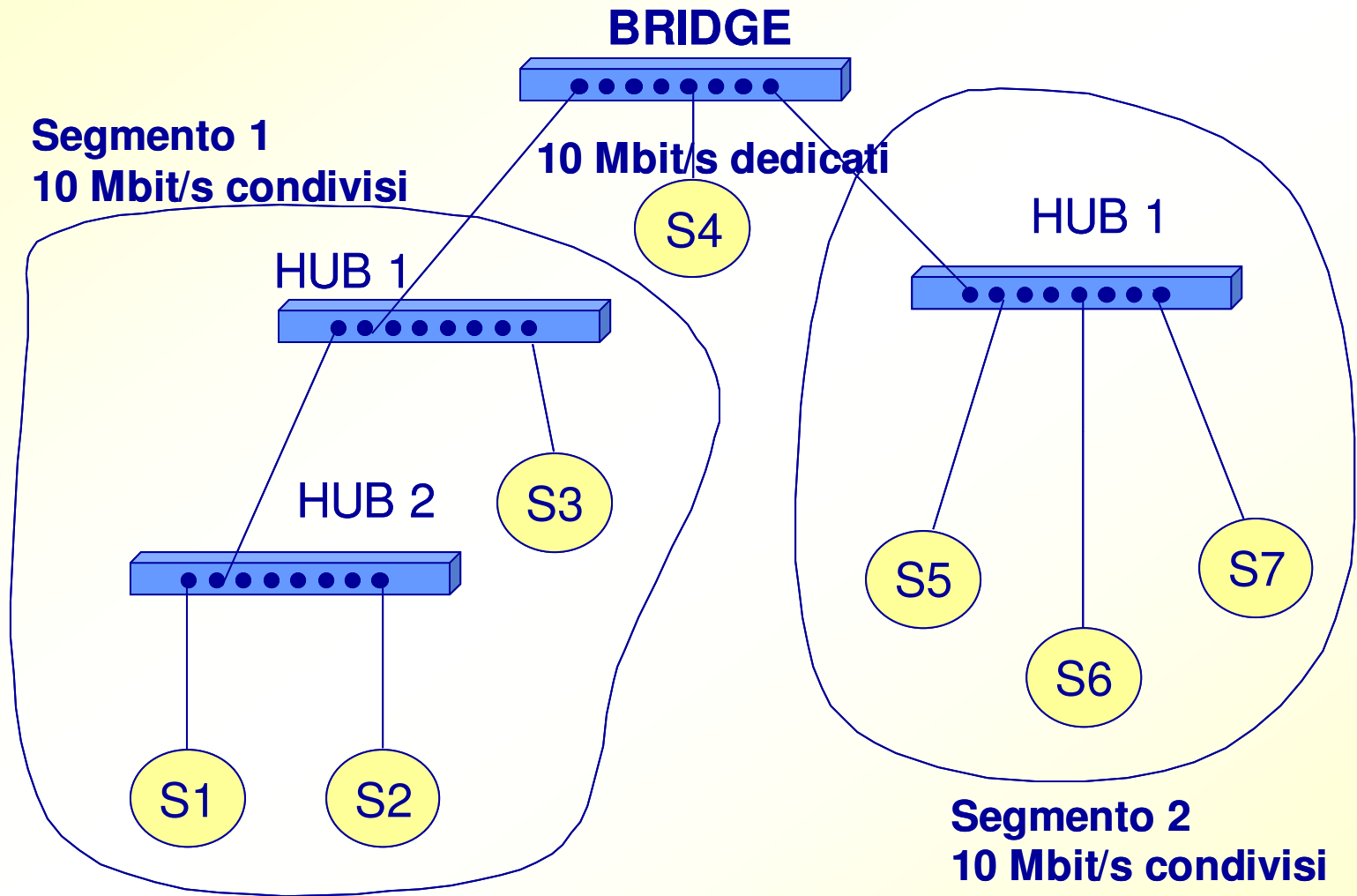
# ***Repeater e Bridge***



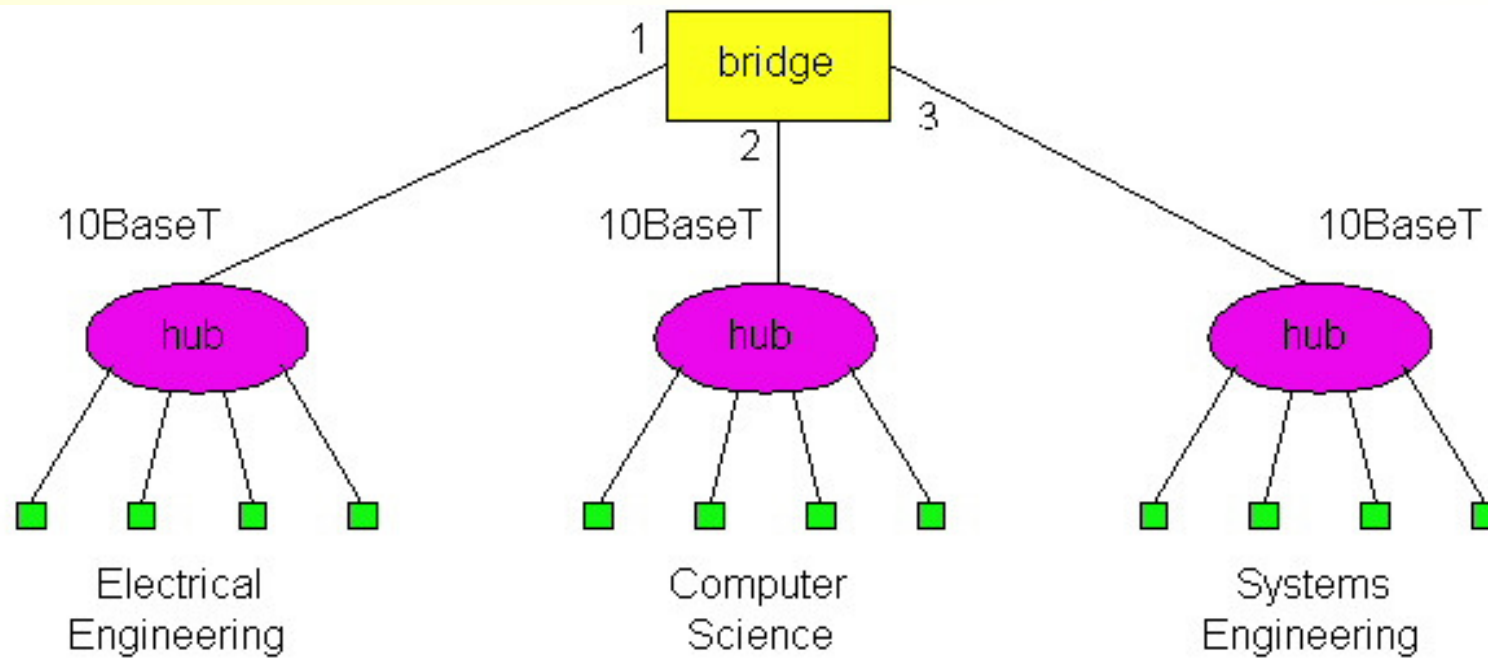
# ***Bridge***

- **Quando una trama deve essere inoltrata su un segmento LAN, il bridge mette in atto il protocollo di accesso MAC (es. CSMA/CD) per accedere al segmento e trasmettere**
  - » al contrario dell 'hub che invia i bit della trama sul link senza preoccuparsi se vi siano altre trasmissioni in corso, il bridge tralascia di trasmettere se rileva che qualche altro nodo sta trasmettendo sul segmento LAN in cui vuole inviare la trama; inoltre in caso di collisione usa l'attesa esponenziale
  - » quindi il comportamento delle interfacce dei bridge è molto simile a quello degli adattatori del nodo, ma esse NON sono adattatori, perché nè il bridge nè le sue interfacce hanno indirizzi MAC
- **Un bridge non inserisce il suo indirizzo come indirizzo sorgente nei frame, nè è possibile indirizzare un bridge!**

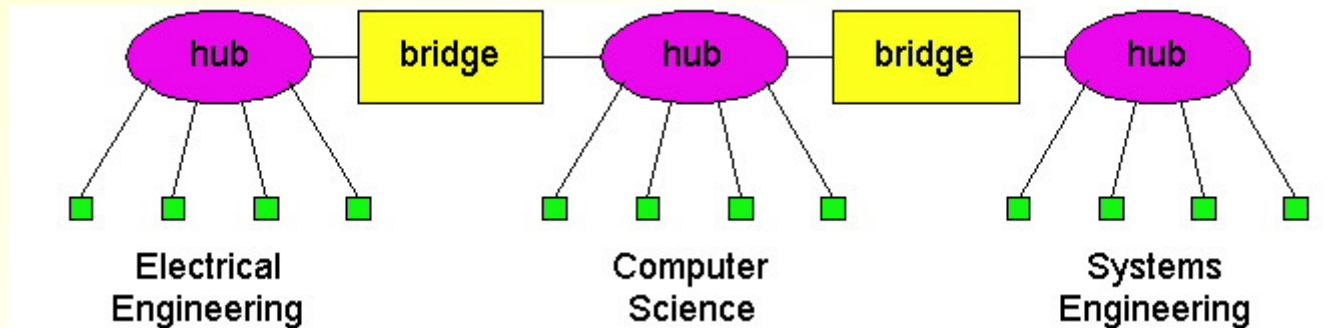
# ***Estensione della rete tramite dispositivi BRIDGE***



# ***Backbone Bridge***



# ***Interconnessione senza Backbone***



- **Non raccomandata per due ragioni:**
  - tutto il traffico tra EE e SE deve passare attraverso il segmento CS
  - se l'hub di Computer Science va fuori servizio?

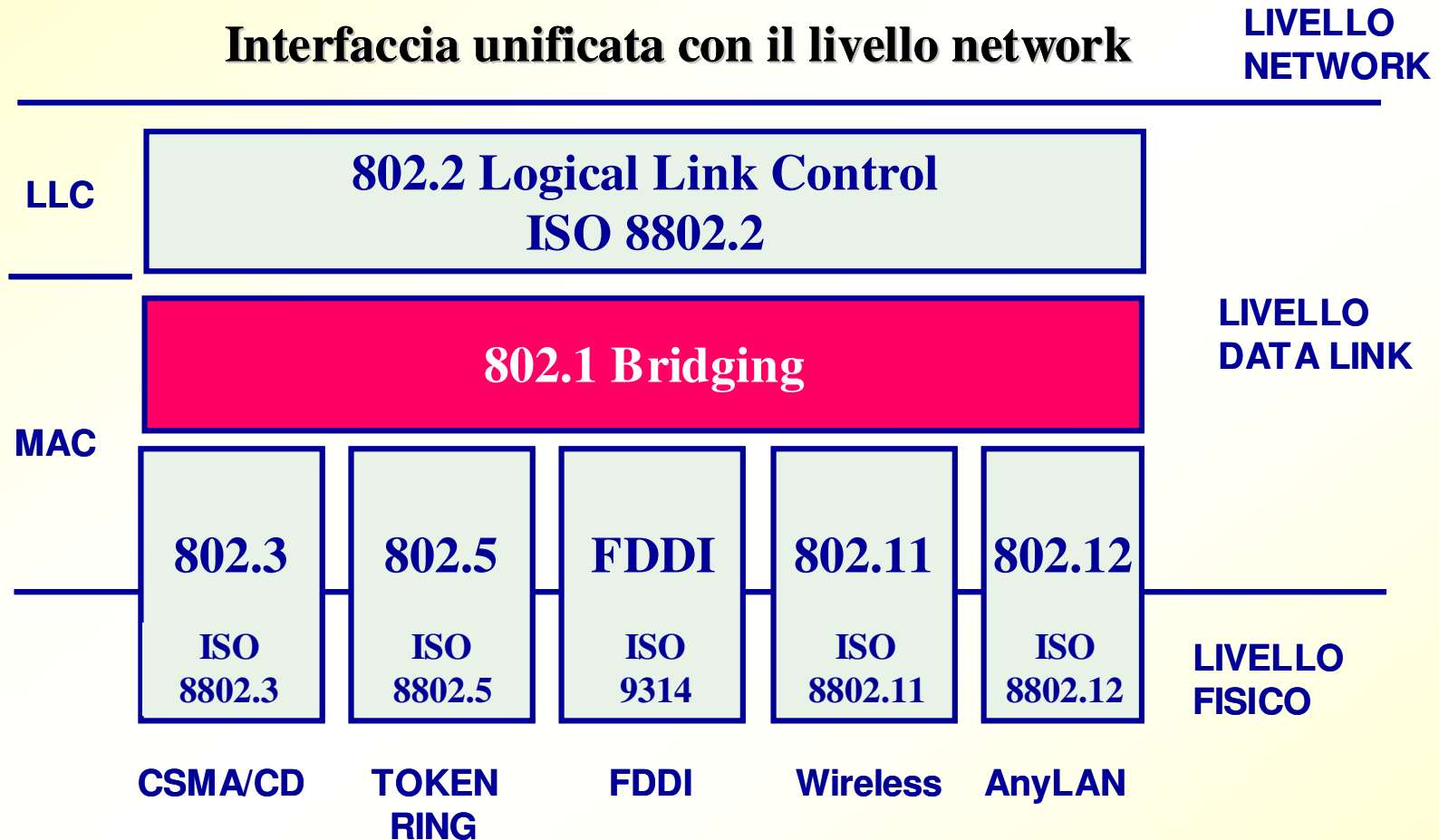
# ***Bridge***

- **Vantaggi del Bridge:**

- » Isola i domini di collisione e incrementa il max throughput totale
- » Non pone limiti sul numero di nodi ne' sull'estensione geografica della LAN interconnessa
- » Può interconnettere diversi tipi di LAN dato che è un dispositivo store and forward
- » Trasparente: non c'è bisogno di cambiare nulla negli adattatori degli host connessi alla LAN

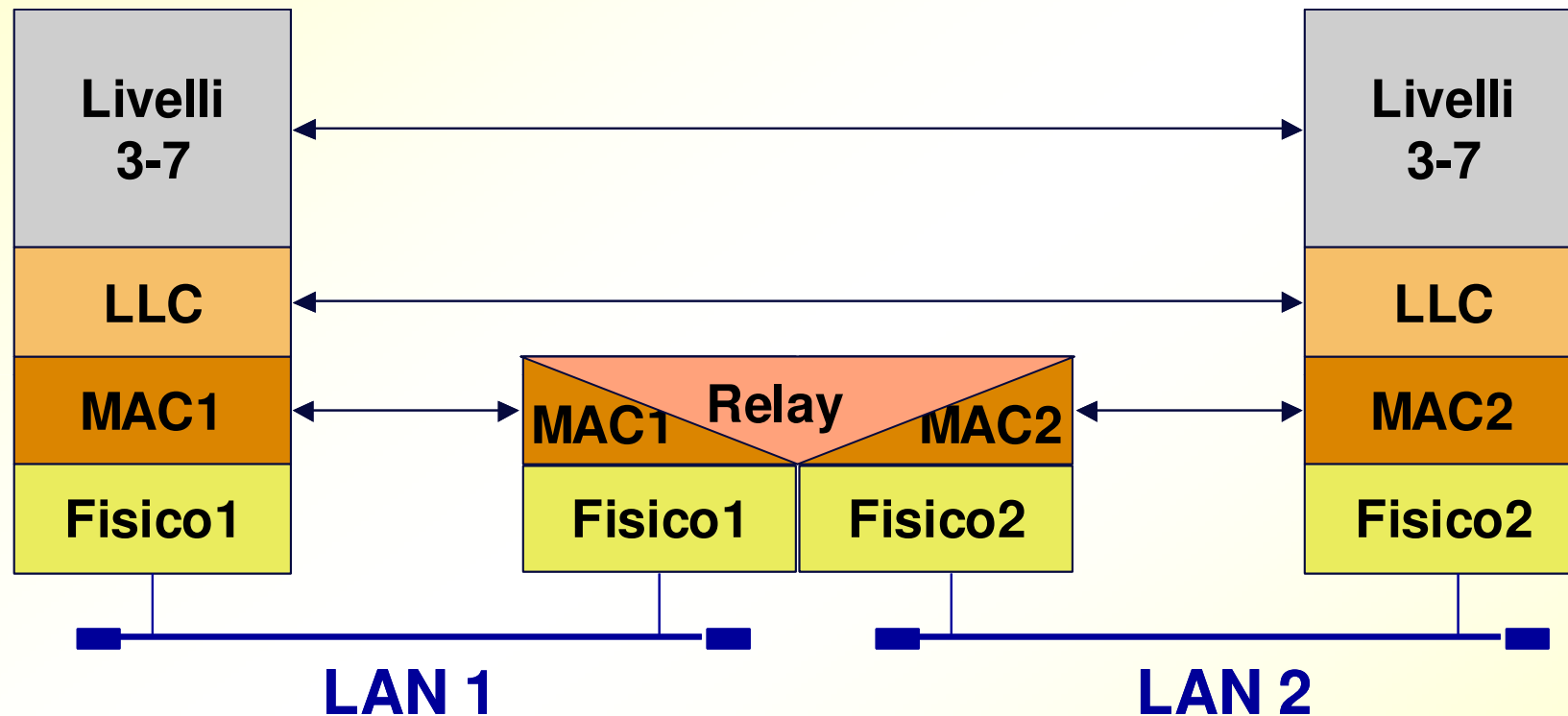


# ***Il bridging***



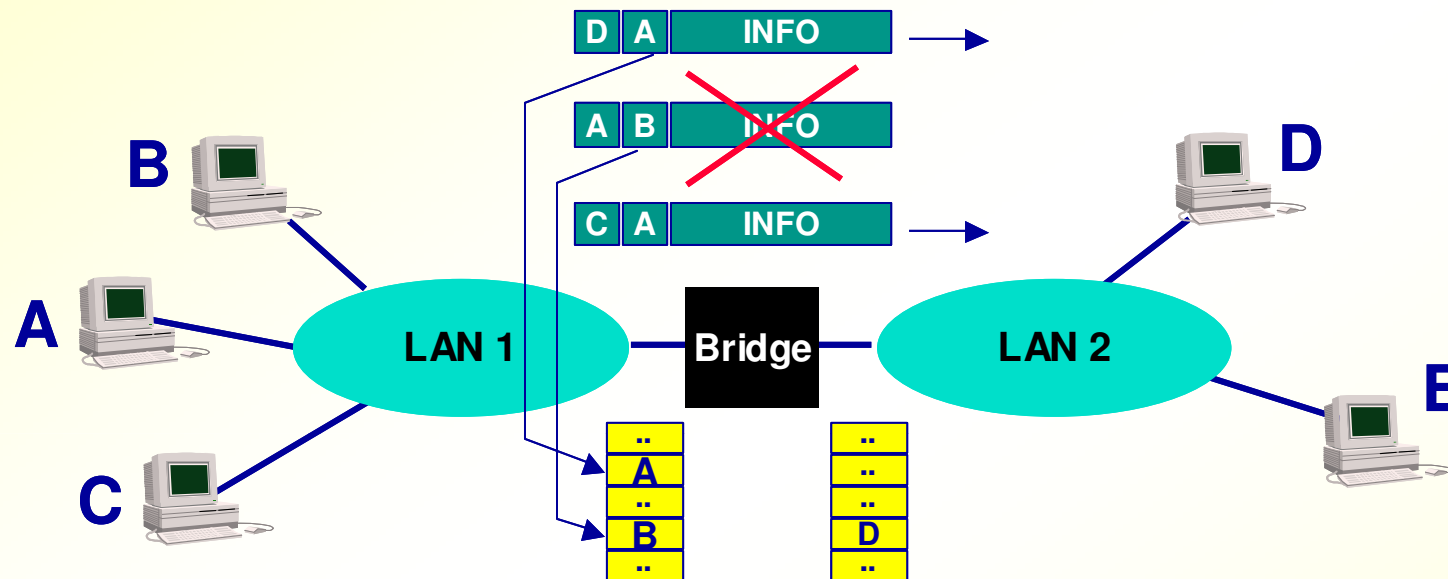
**Lo standard IEEE 802.1 descrive anche le modalità di funzionamento dei bridge**

# ***Interconnessione di LAN tramite Bridge***



- I bridge operano a livello 2 OSI (MAC)
- Possono interconnettere LAN con livelli MAC e PHY diversi

# ***Interconnessione di LAN tramite Bridge***



- I bridge non sono indirizzati esplicitamente
- Fanno transitare solo le trame non indirizzate a nodi già conosciuti e connessi sulla LAN di origine (filtraggio)
- 'Apprendono' la struttura di rete osservando il campo 'Source Address' delle trame ricevute (learning)

# ***Bridge: frame filtering, forwarding***

- **Filtraggio delle trame**

- » decidere se una trama deve essere inoltrata su qualcuna delle interfacce o no: trame destinate allo stesso segmento-LAN non vengono inoltrate verso altri segmenti LAN, ma sono scartate

- **Inoltro (forwarding) delle trame:**

- » come sapere su quale segmento LAN inoltrare una trama?
- » si presenta come un problema di routing!

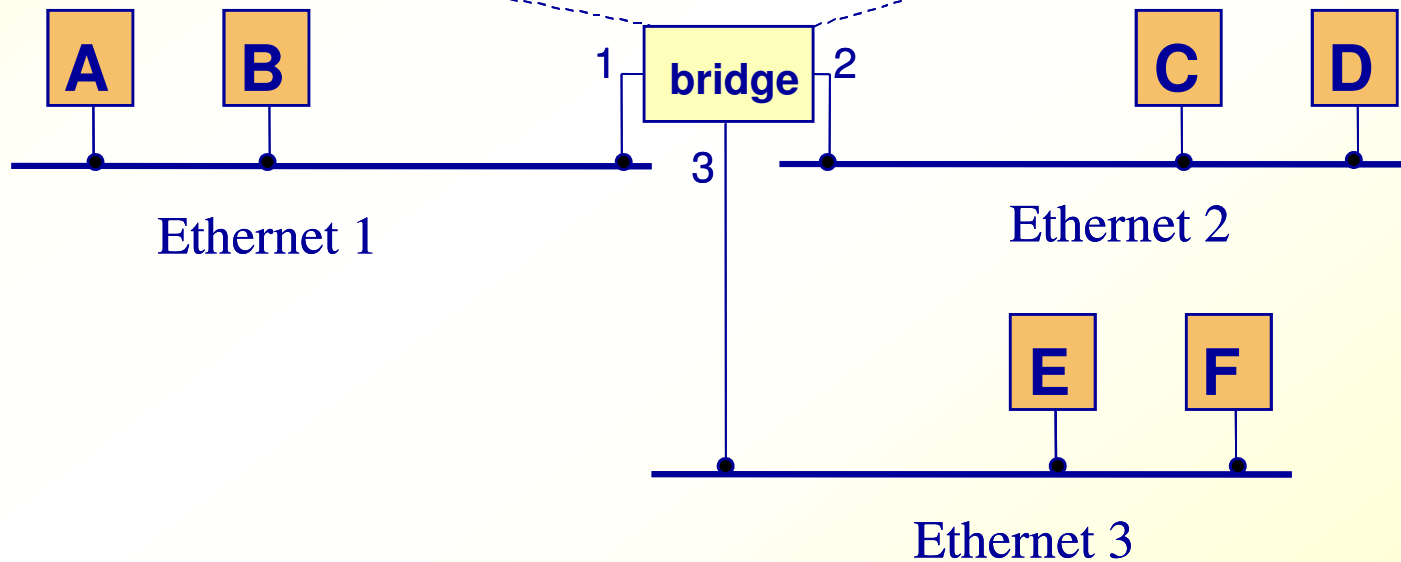
# ***Bridge Filtering***

- Il bridge ***impara*** attraverso quali delle sue interfacce i vari host possono essere raggiunti: mantiene tabelle di “filtering”
  - » quando riceve una trama, il bridge “impara” quale sia la posizione del nodo sender: il segmento LAN entrante
  - » registra la posizione del nodo sender nella *filtering table*
- **Entry relativa a un nodo nella filtering table:**
  - » indirizzo MAC del Nodo, interfaccia del Bridge che conduce al nodo, Time Stamp (tempo in cui la entry relativa al nodo è stata inserita)
  - » dati scaduti vengono rimossi dalla Filtering Table (tempo di vita può essere di 60 minuti)

# ***Bridge: tabella di filtering/forwarding***

MAC address	Porta
A	1
B	1
C	2
D	2
E	3
F	3

**Tabella  
del bridge**



# Bridge Filtering

- **Procedura di filtering:**

**if** destination is on LAN on which frame was received

**then** drop the frame

**else {** lookup filtering table

**if** entry found for destination

then forward the frame on interface indicated;

else flood;    */\* forward on all but the interface on  
which the frame arrived\*/*

**}**

# ***Bridge forwarding***





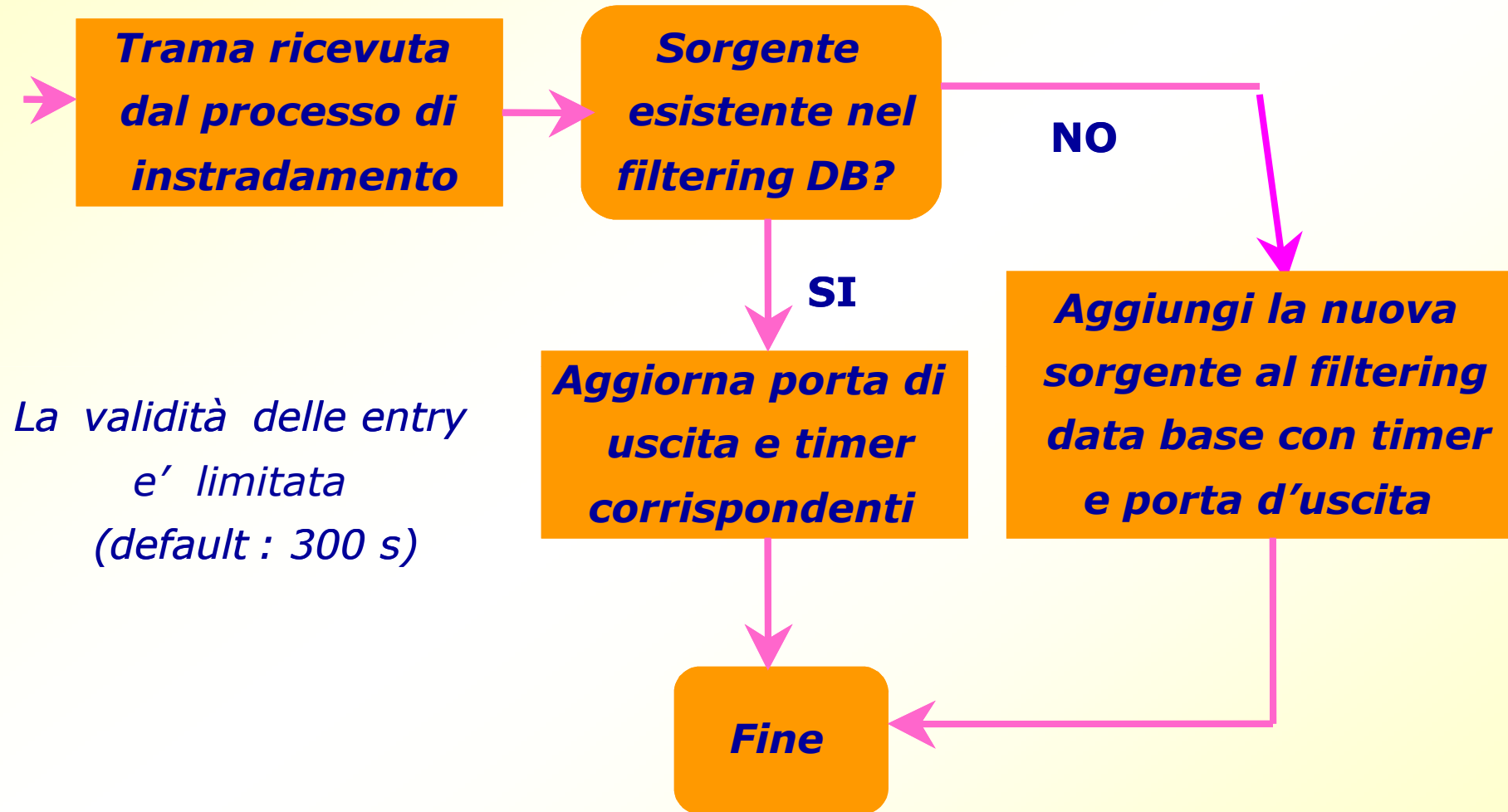
# ***Bridge learning***

- **Il bridge ha la grande proprietà di costruire la sua tabella automaticamente, dinamicamente e in modo autonomo**
  - » senza l'intervento di un gestore di rete o di un file di configurazione
- **I bridge "auto-apprendono"!**
- **I bridge sono dispositivi "plug&play" perché non richiedono interventi del gestore di rete o dell'utente, perciò sono detti anche bridge "trasparenti"**
  - » basta collegare i segmenti di LAN alle interfacce del bridge
  - » l'amministratore di rete non deve configurare le tabelle dei bridge al momento dell'installazione o quando un host è rimosso da un segmento LAN

# ***Bridge learning***

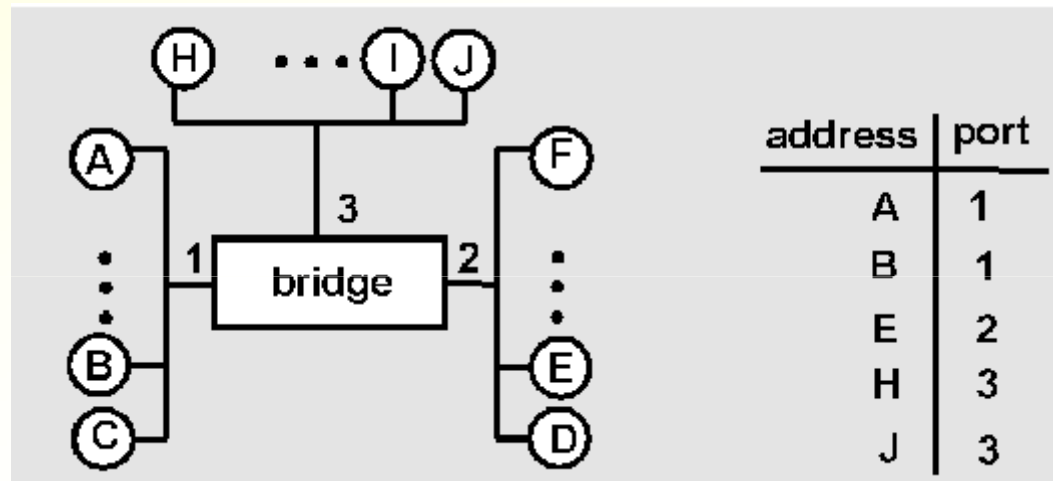
- **Il bridge osserva l'indirizzo MAC sorgente delle trame ricevute su ogni porta e crea o aggiorna dinamicamente le entry della sua tabella**
  - » il MAC - SSAP indica al processo di apprendimento che la stazione con quell'indirizzo è raggiungibile attraverso la porta dalla quale il bridge ha ricevuto la trama
- **Tale metodologia di apprendimento è anche detta di *backward learning***

# ***Backward Learning***



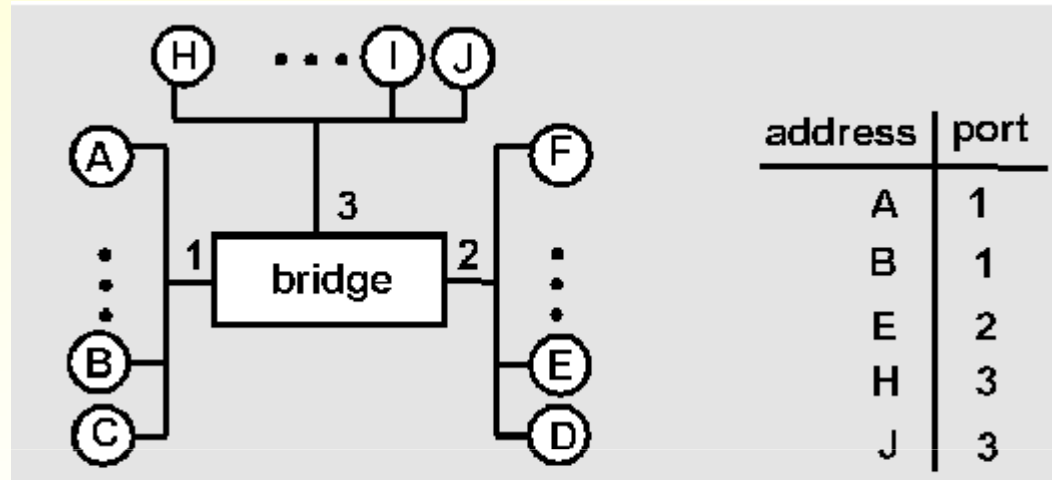
# Bridge Learning: esempio

Si supponga che C invii trame a D e D replichi inviando trame a C



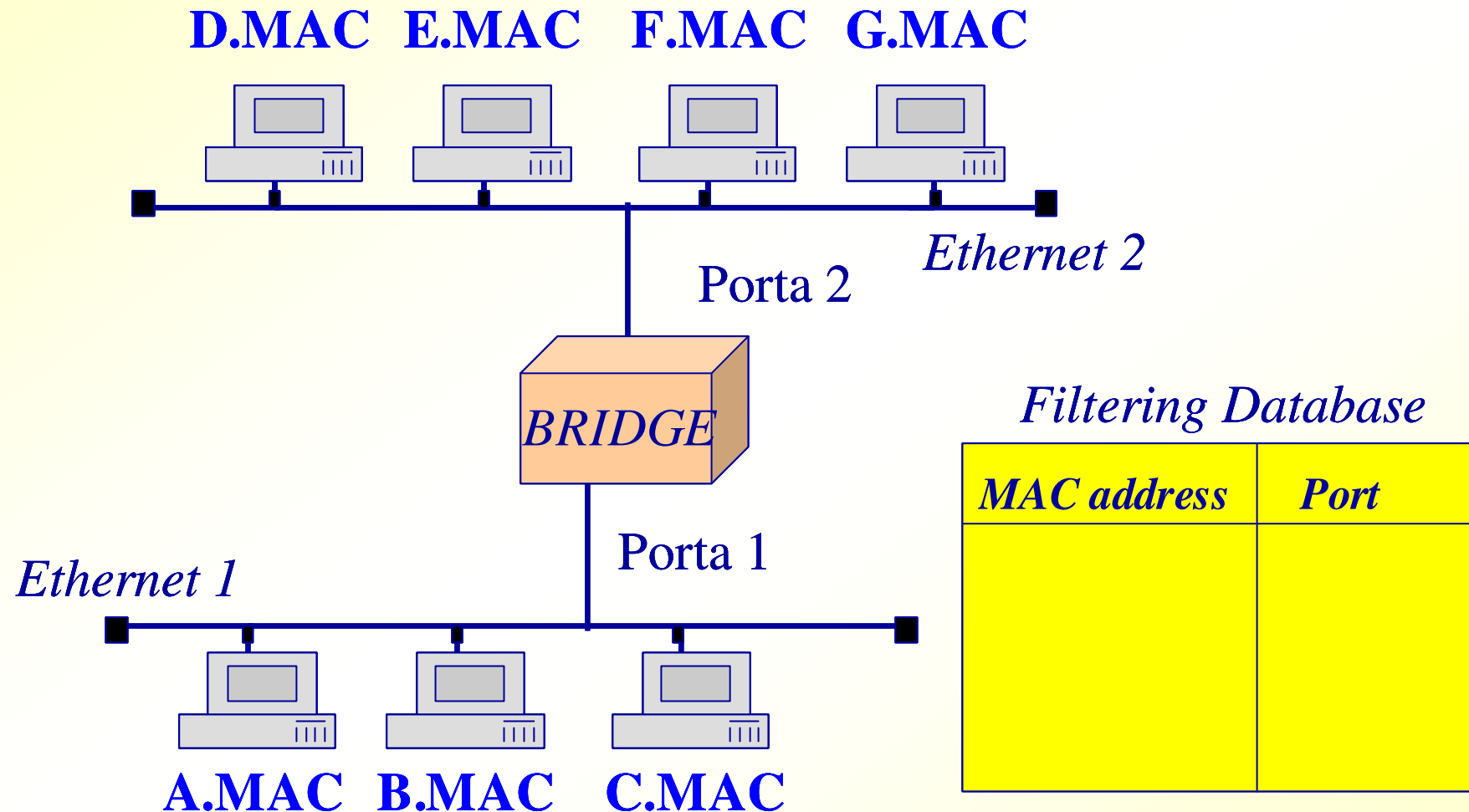
- **C invia una trama, il bridge non ha info su D, quindi invia la trama in flooding su entrambe le LAN**
  - » il bridge nota che C è sulla porta 1
  - » il frame è ignorato nella LAN superiore
  - » il frame è ricevuto da D

# Bridge Learning: esempio

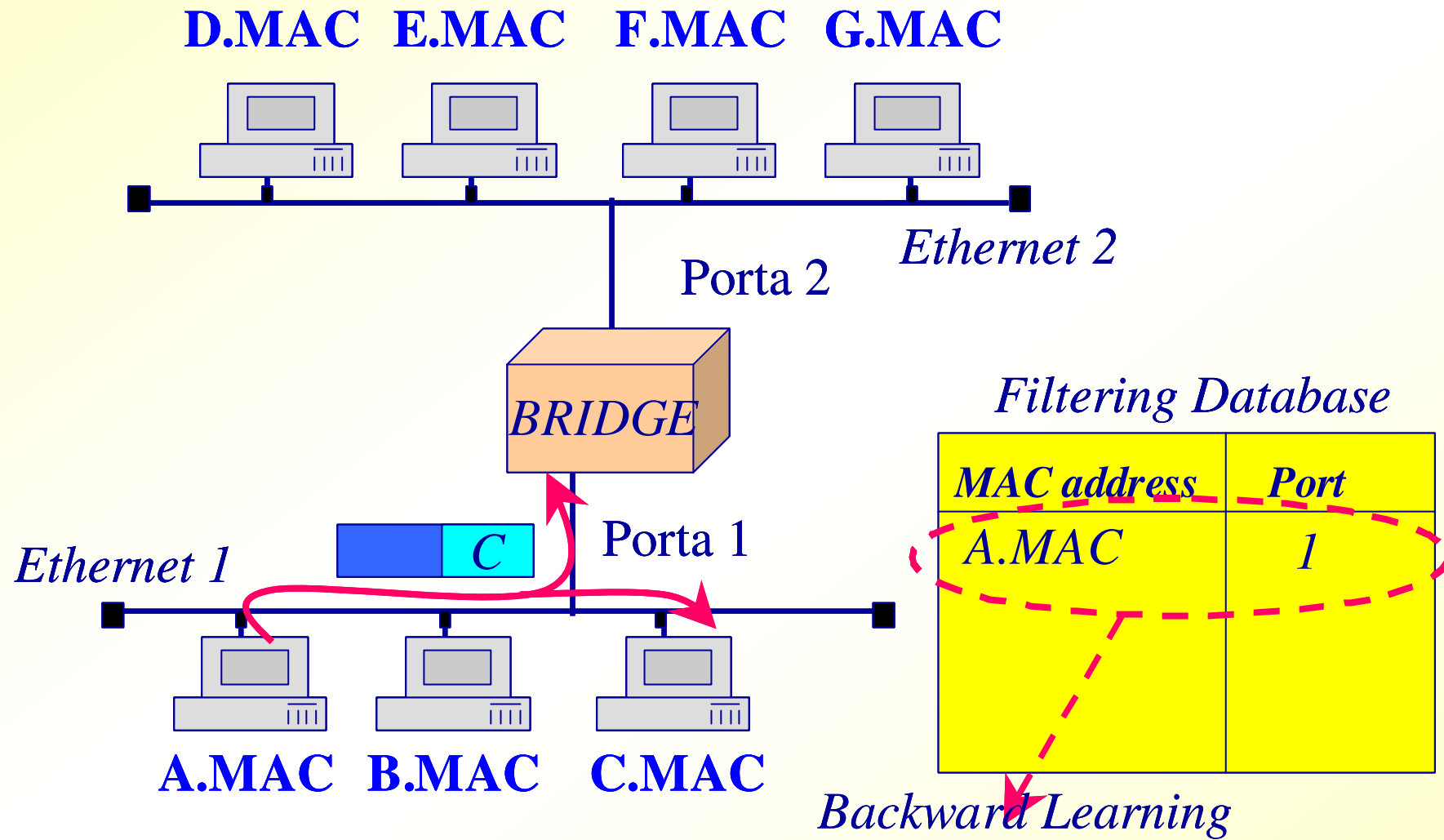


- **D risponde a C e invia una trama**
  - » il bridge vede la trama proveniente da D
  - » il bridge nota che D è sull'interfaccia 2
  - » il bridge sa che C è sull'interfaccia 1, così *selettivamente* inoltra la trama verso l'interfaccia 1

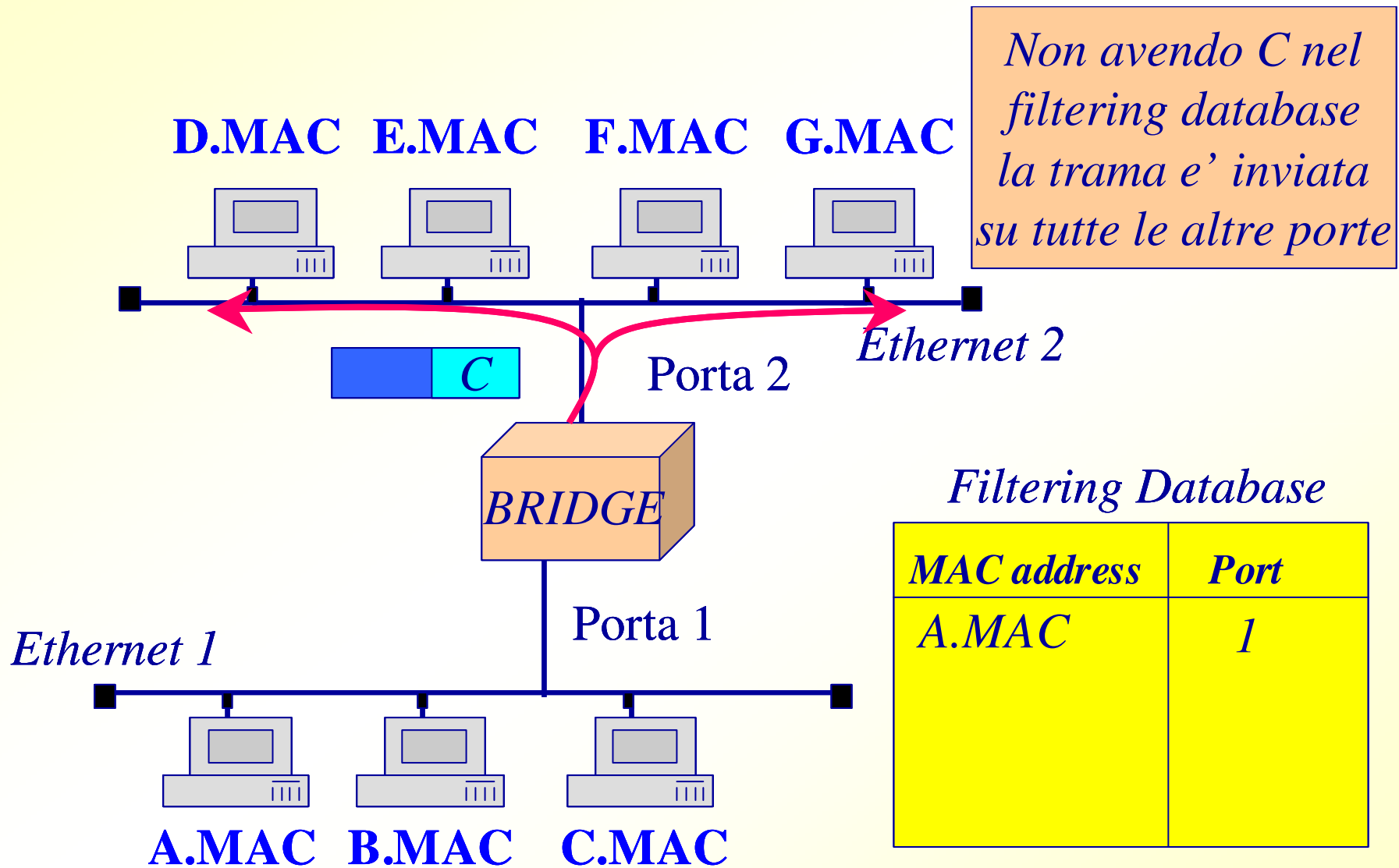
# ***Esempio***



# ***Esempio***

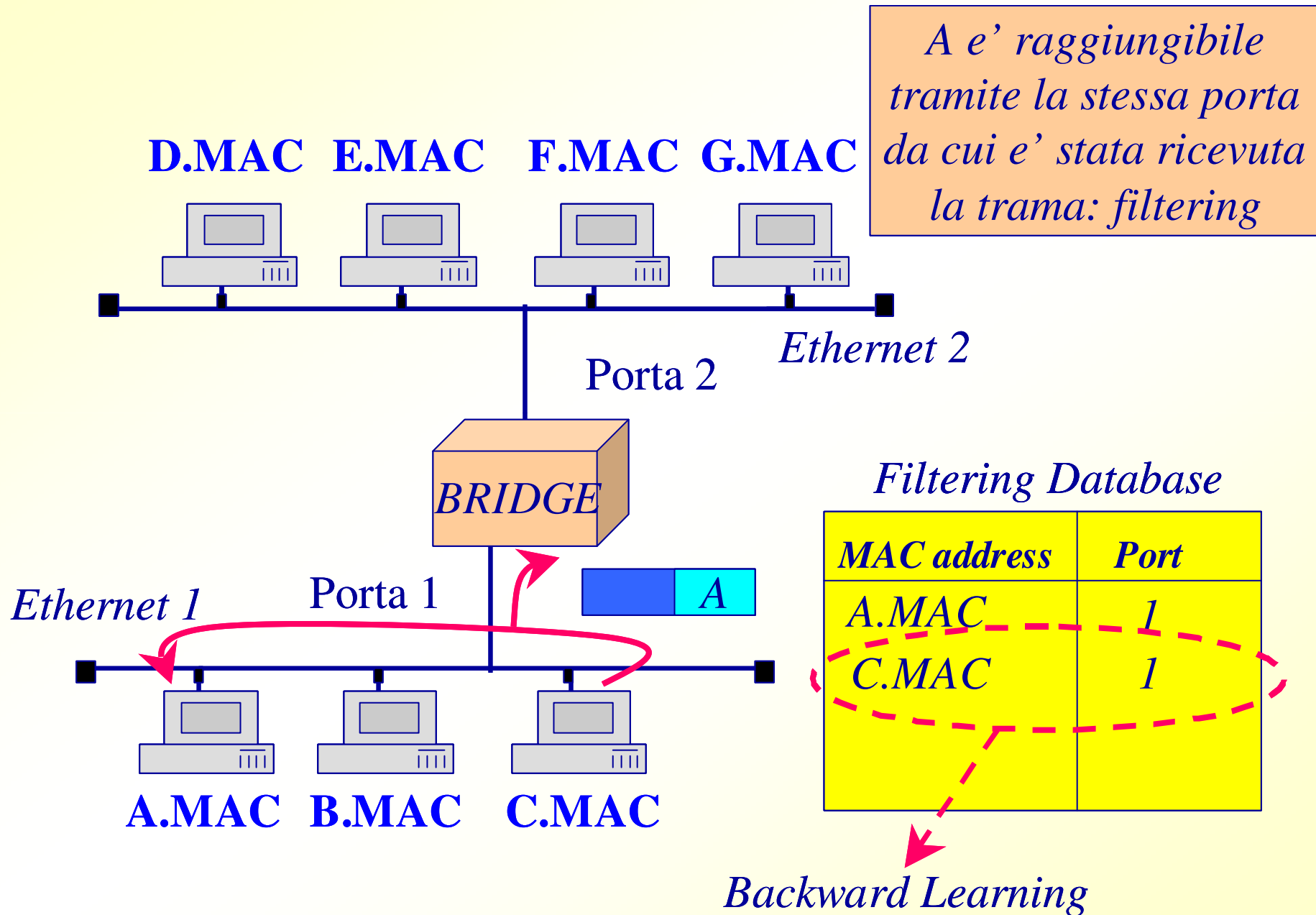


## Esempio

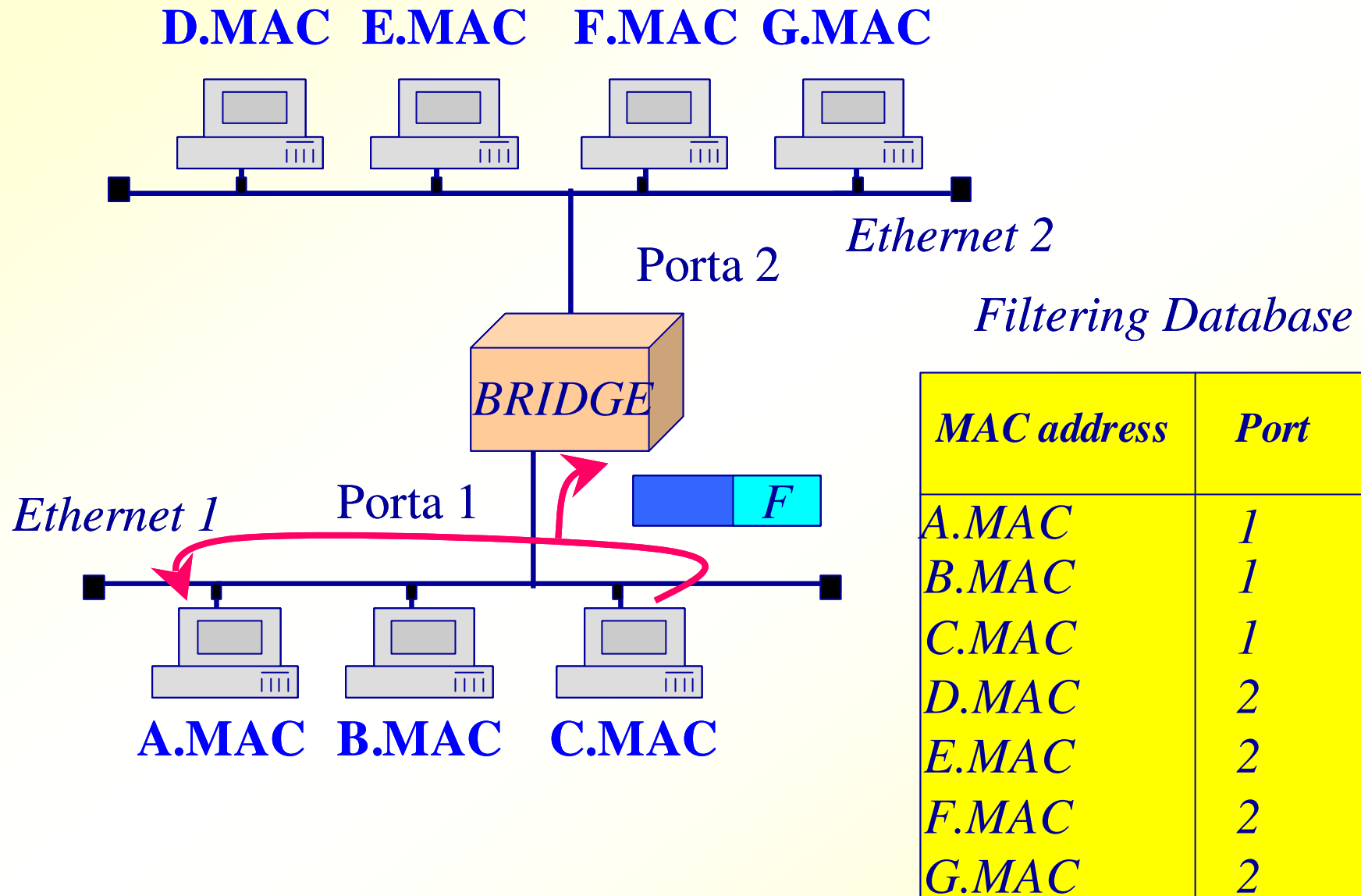




# Esempio

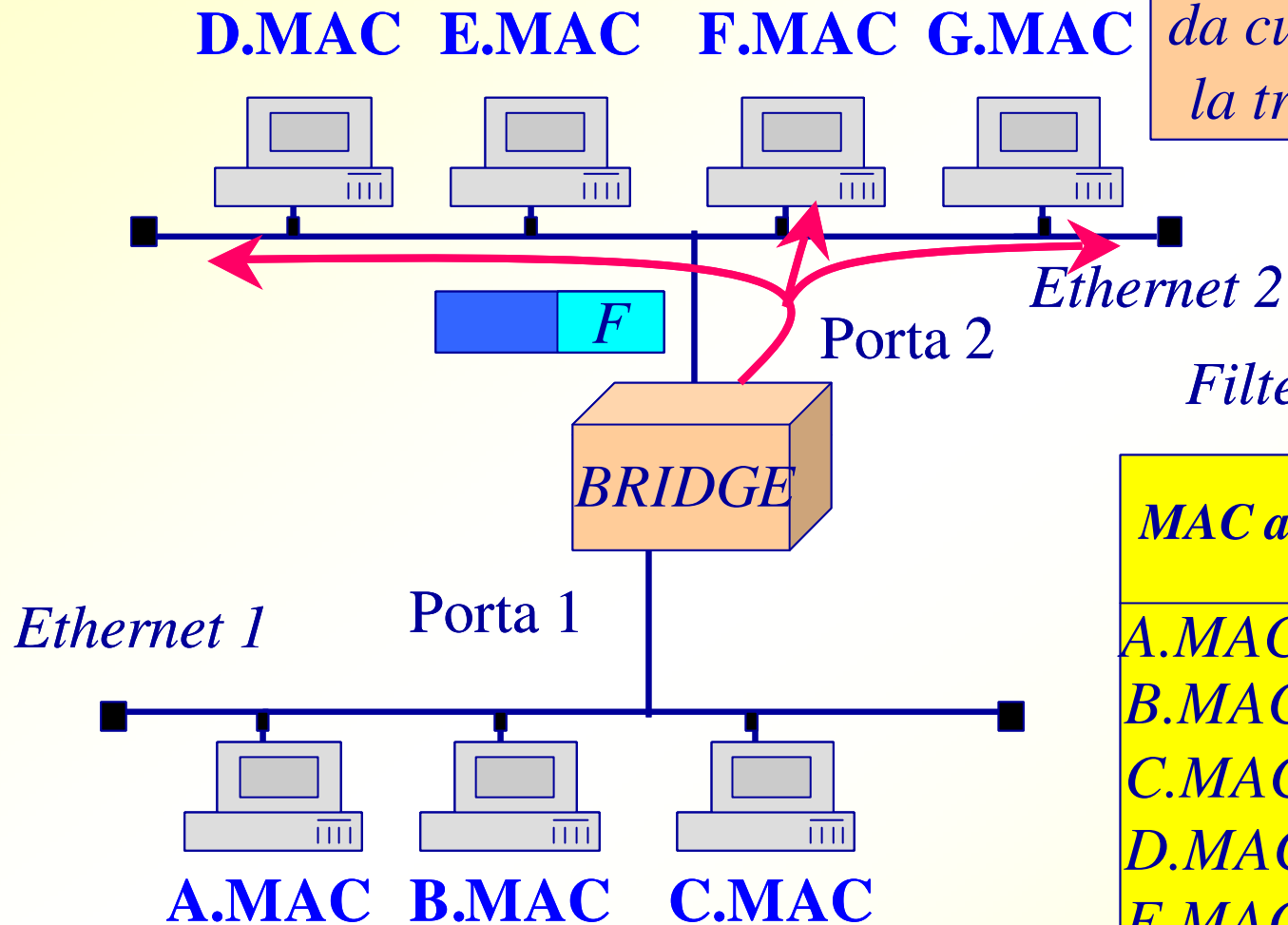


# ***Esempio***



## Esempio

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

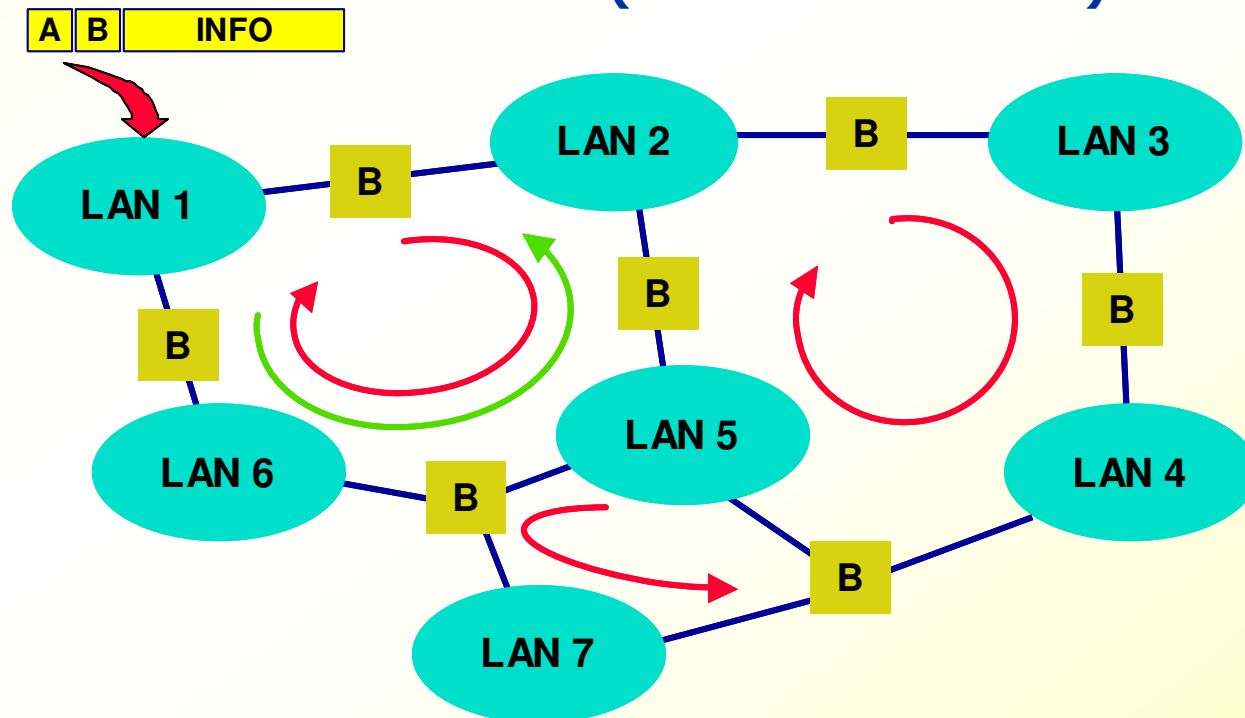


*Filtering Database*

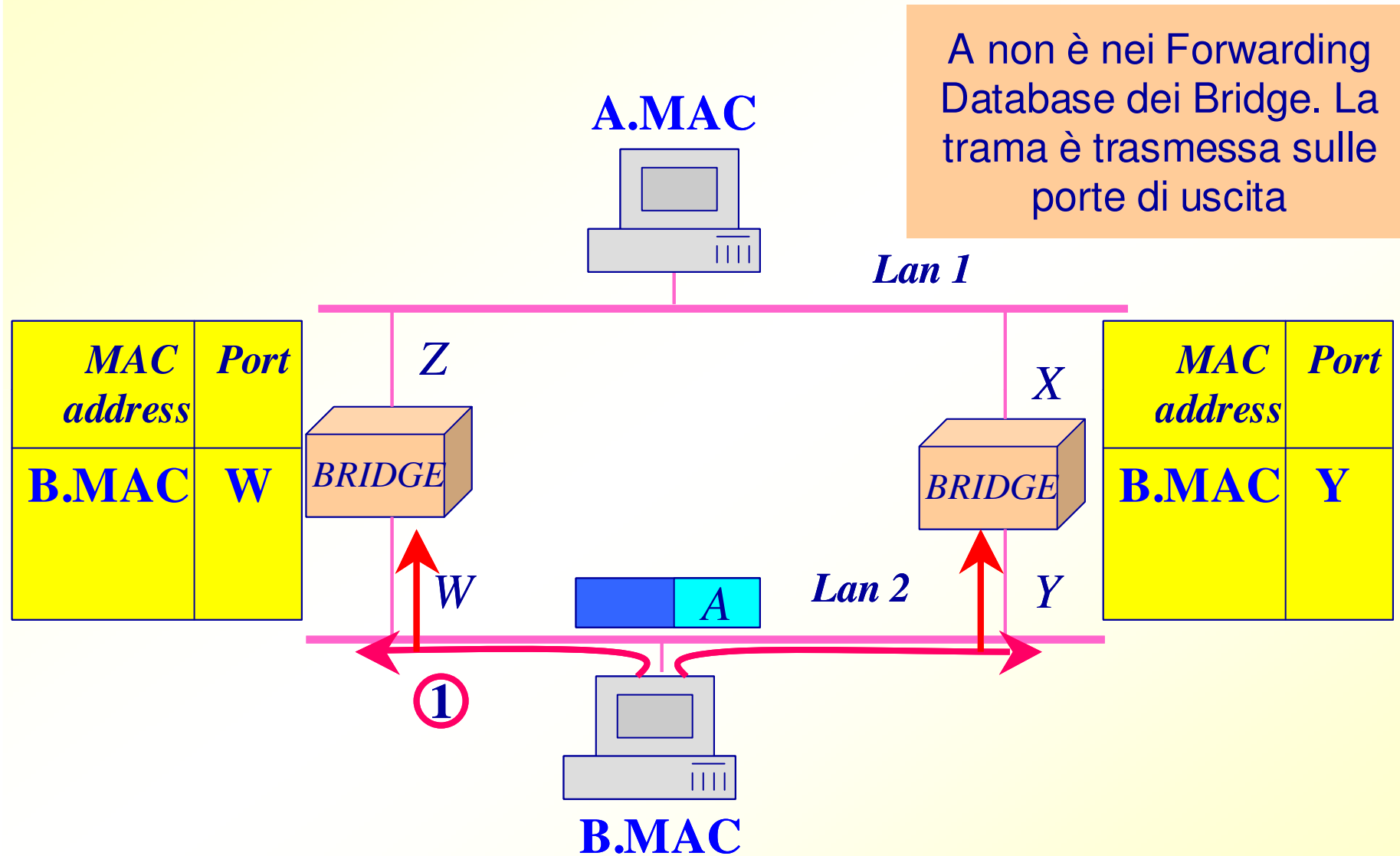
<i>MAC address</i>	<i>Port</i>
<i>A.MAC</i>	<i>1</i>
<i>B.MAC</i>	<i>1</i>
<i>C.MAC</i>	<i>1</i>
<i>D.MAC</i>	<i>2</i>
<i>E.MAC</i>	<i>2</i>
<i>F.MAC</i>	<i>2</i>
<i>G.MAC</i>	<i>2</i>

# Bridge Spanning Tree

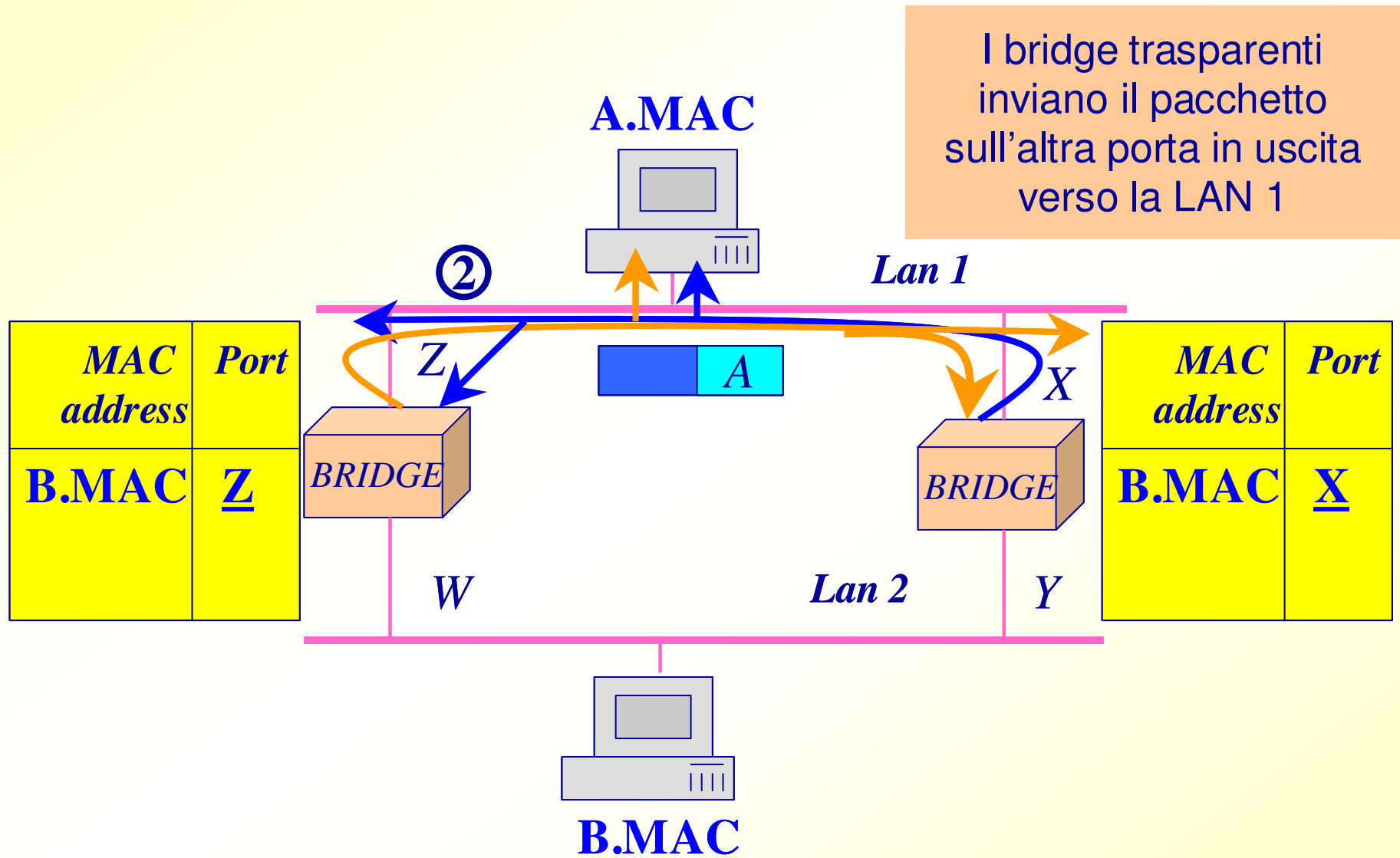
- per ragioni di affidabilità, conviene avere percorsi ridondanti, alternativi da sorgente a destinazione
- però con più percorsi simultanei, possono realizzarsi cicli – i bridge possono moltiplicare e inoltrare le trame per sempre
- se sono presenti cicli in pochi attimi si bloccano tutti i sistemi connessi alla rete (Broadcast Storm)



# Broadcast Storm

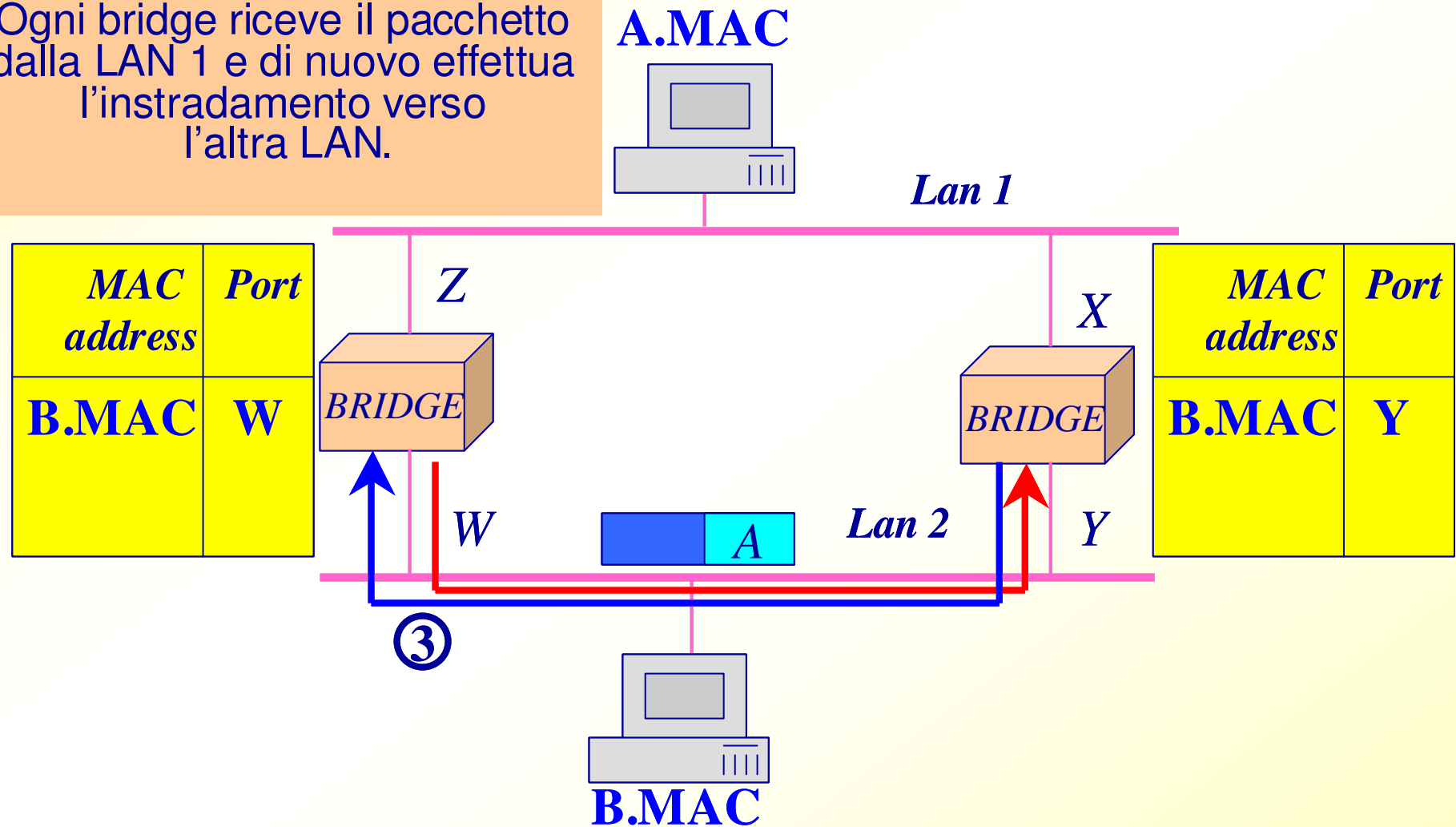


# Broadcast Storm



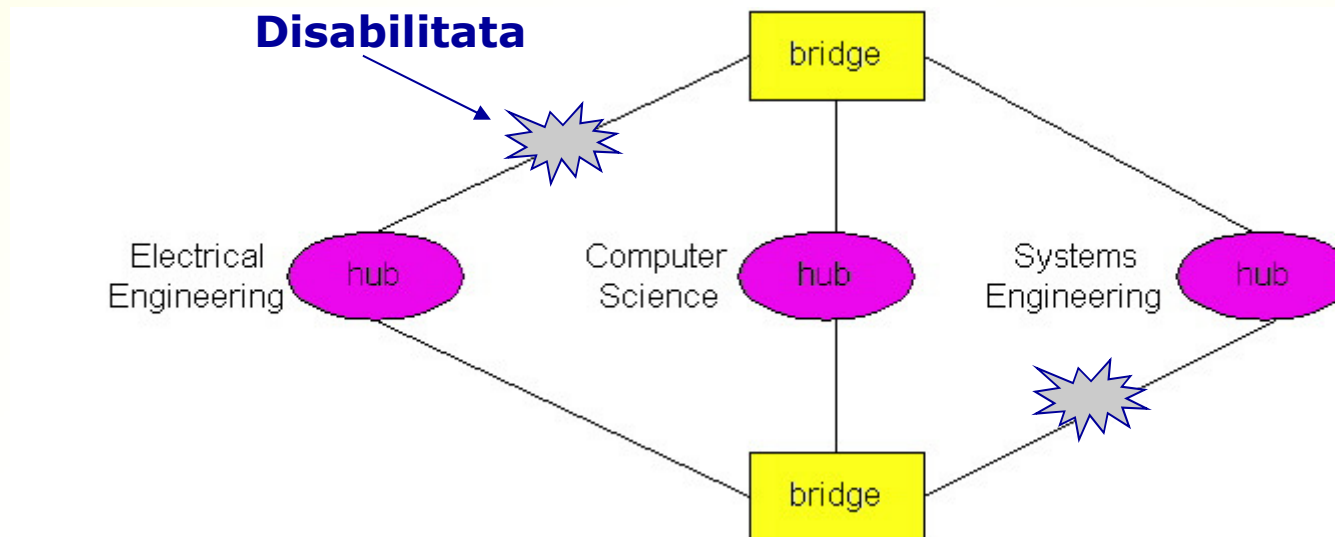
# Broadcast Storm

Ogni bridge riceve il pacchetto dalla LAN 1 e di nuovo effettua l'instradamento verso l'altra LAN.



# ***Bridge Spanning Tree***

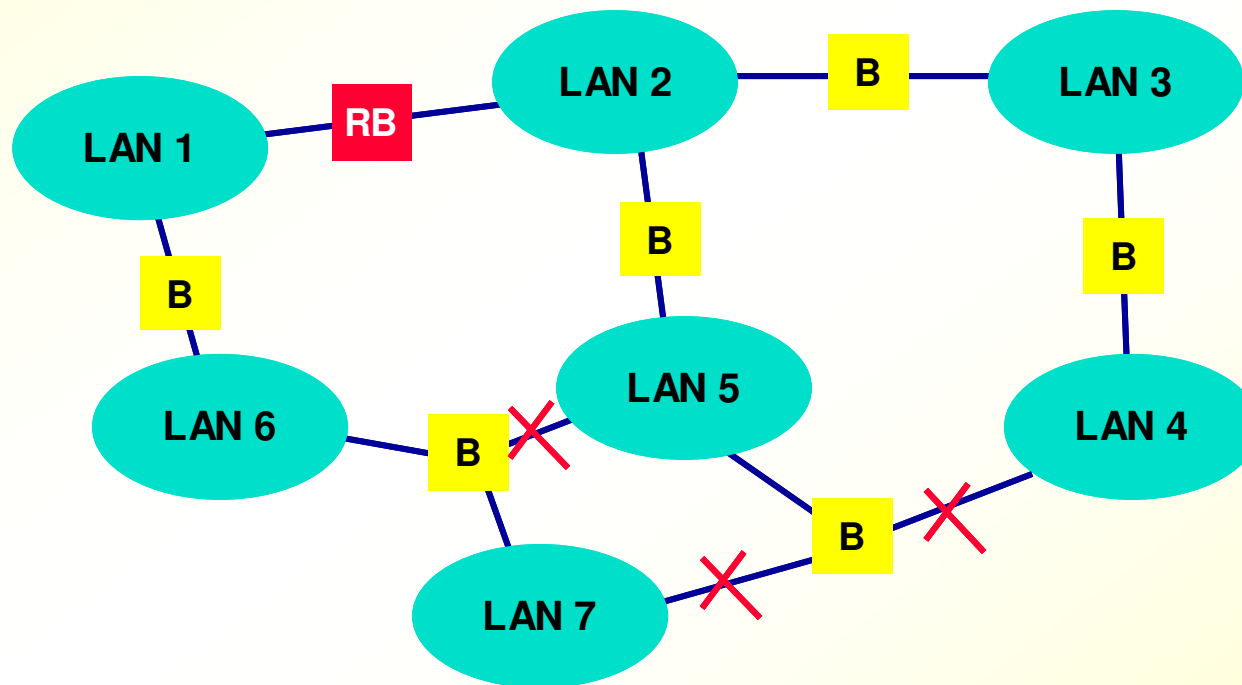
- **La rete magliata deve essere trasformata in albero**
- **Soluzione: organizzare i bridge in uno spanning tree disabilitando un sottoinsieme di interfacce**





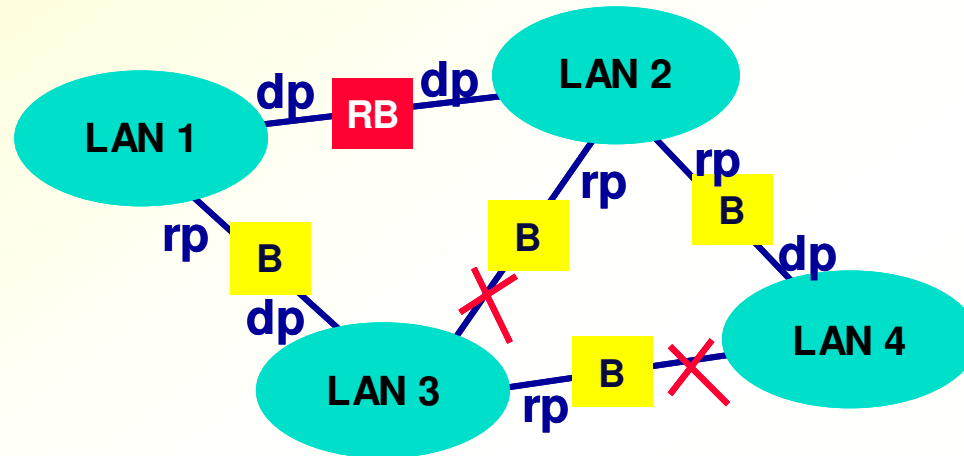
# Spanning Tree

- **protocollo di 'spanning tree' (IEEE 802.1D)**
  - » individua un sottogruppo della topologia originale privo di anelli
  - » instradamenti non ottimali



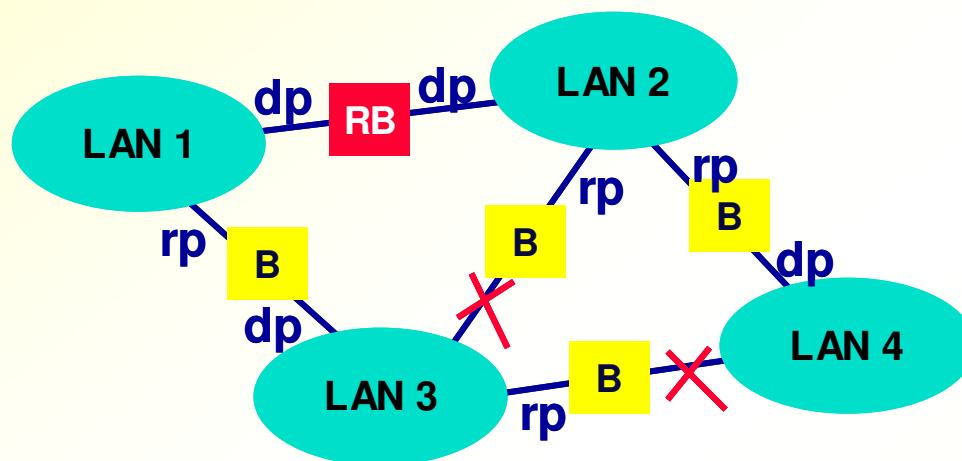
- **Una porta bloccata lascia passare i messaggi del protocollo di spanning tree ma non le trame dati**

# *Algoritmo di 'spanning tree'*



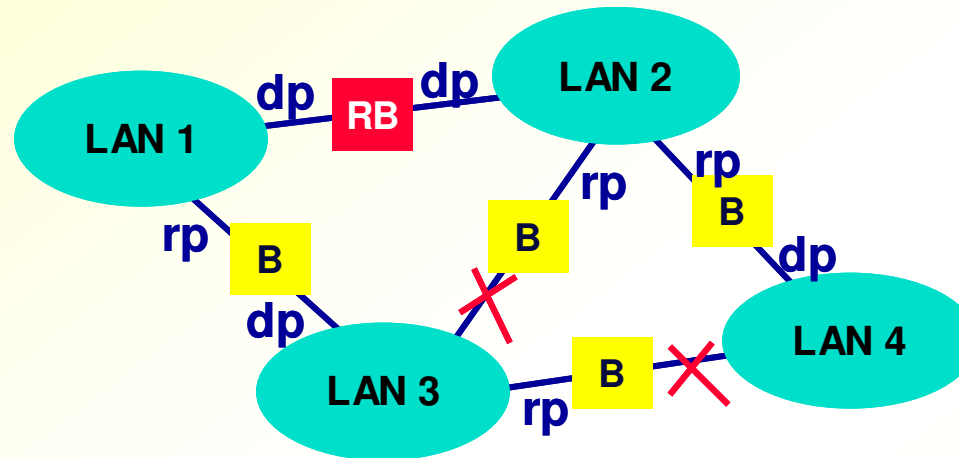
- **elezione del 'Root Bridge' (bridge-ID minore)**  
(radice dello spanning tree)
- **determinazione della 'Root Port' per ogni bridge**  
(quella con costo minore per raggiungere il root-bridge)
- **determinazione del 'Designated Bridge' per ogni LAN**  
(quello con costo minore per raggiungere il root-bridge)
- **determinazione della 'Designated Port'**  
(la porta di connessione del designated bridge con la LAN)
- **disattivazione delle porte nè root nè designed**

# Algoritmo di 'spanning tree'



- **Ogni bridge trasmette regolarmente dei messaggi di servizio (B-PDU) sulle LAN alle quali è connesso che vengono catturati solo dai bridge connessi alle stesse LAN. In tali messaggi è indicato:**
  - » ID del bridge mittente (bridge ID)
  - » ID del bridge radice (RB) provvisorio per lo spanning tree (root ID)
  - » numero di hop fino al bridge radice (cost)
- **Ogni bridge all'inizio considera se stesso come radice e pone a zero il numero di hop. Quando riceve un messaggio da un altro bridge con un ID della radice più basso aggiorna la sua informazione e ritrasmette il messaggio.**
- **Se la topologia della rete non varia la procedura converge all'albero con il minimo numero di hop.**

# Algoritmo di 'spanning tree'



- Dopo che il **root bridge (RB)** è stato stabilito, si determina il costo dei percorsi da RB a tutte le porte di tutti gli altri bridge
- Ogni bridge determina quale delle sue porte fa parte del cammino a costo minimo verso il RB; questa porta è detta **Root port (rp)**
  - » nel caso di porte con uguale costo si sceglie quella con l'ID minore
- Un unico bridge è eletto per inoltrare le PDU ricevute da RB su una data LAN, il **designated bridge (DB)**; la scelta viene fatta in base al costo minimo per raggiungere RB
  - » nel caso di bridge con uguale costo si sceglie il bridge con ID minore
- La porta che connette la LAN al DB è detta **designated port (dp)**
  - » una rp non compete per diventare dp
  - » il RB ha solo porte dp

# Elezione del Root Bridge: esempio

**D:** designated port

**ID di B1 :** 1

**ID di B2 :** 2

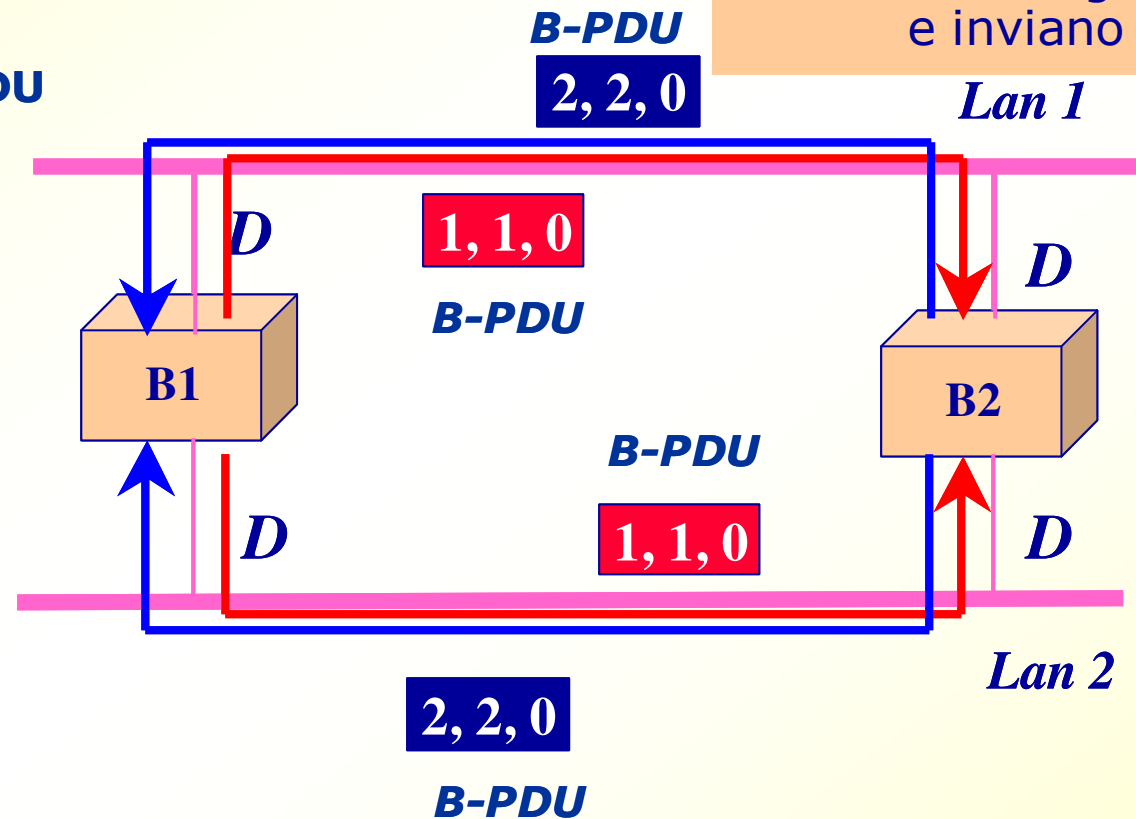
**X, Y, Z** B-PDU

**X:** source  
bridge ID

**Y:** root ID

**Z:** cost

All'inizio sia B1 che B2 credono di essere root bridge, marcano le loro porte come designated (D) e inviano B-PDU



# Elezione del Root Bridge: esempio

B: blocked port, R: root port

D: designated port

ID di B1 : 1

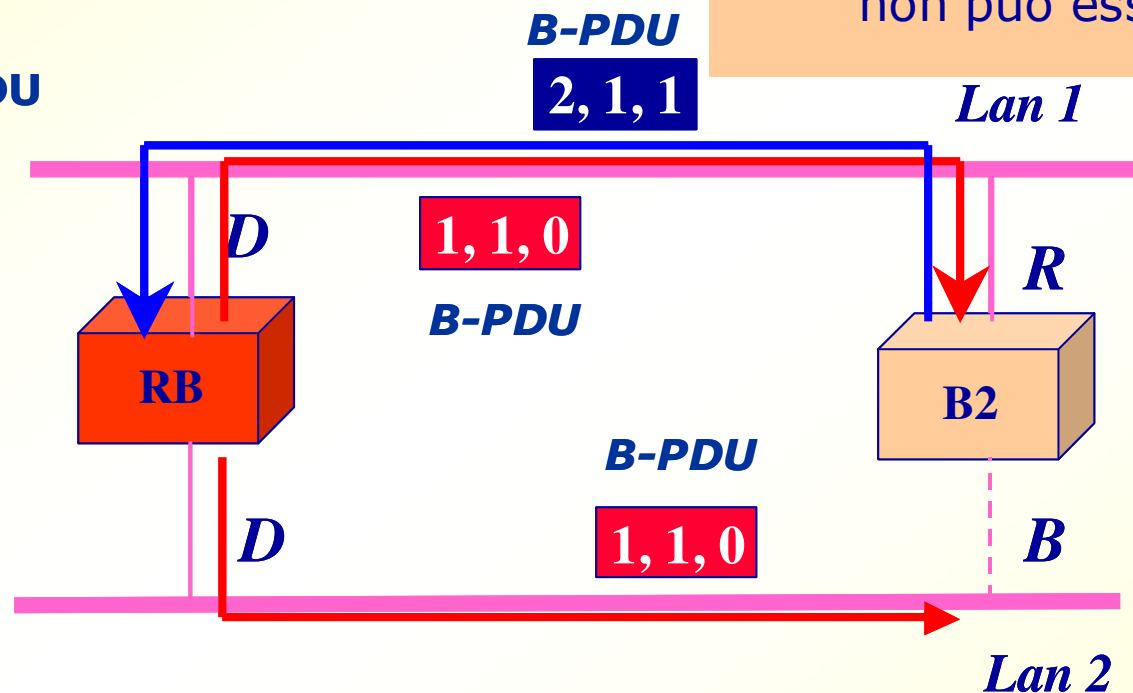
ID di B2 : 2

**X, Y, Z** B-PDU

*X: source  
bridge ID*

*Y: root ID*

*Z: cost*



B2 riceve B-PDU con root ID inferiore al proprio, quindi capisce che non può essere root

*Se un bridge riceve più B-PDU con uguale costo, la porta designated sarà quella da cui arriva la B-PDU con source bridge ID più piccolo. Nel caso in figura viene scelta a caso una delle due porte.*

# Elezione del Root Bridge: esempio 2

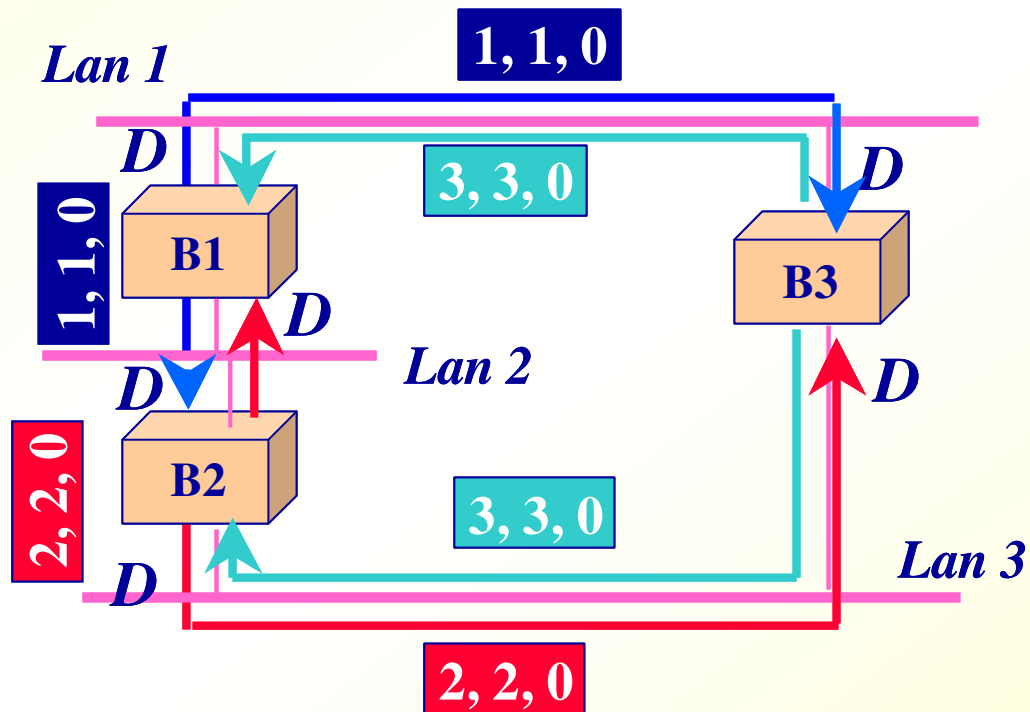
**X, Y, Z** B-PDU

**X:** source  
bridge ID

**Y:** root ID

**Z:** cost

All'inizio B1, B2 e B3 credono di essere root bridge, marcano le loro porte come designated (D) e inviano B-PDU



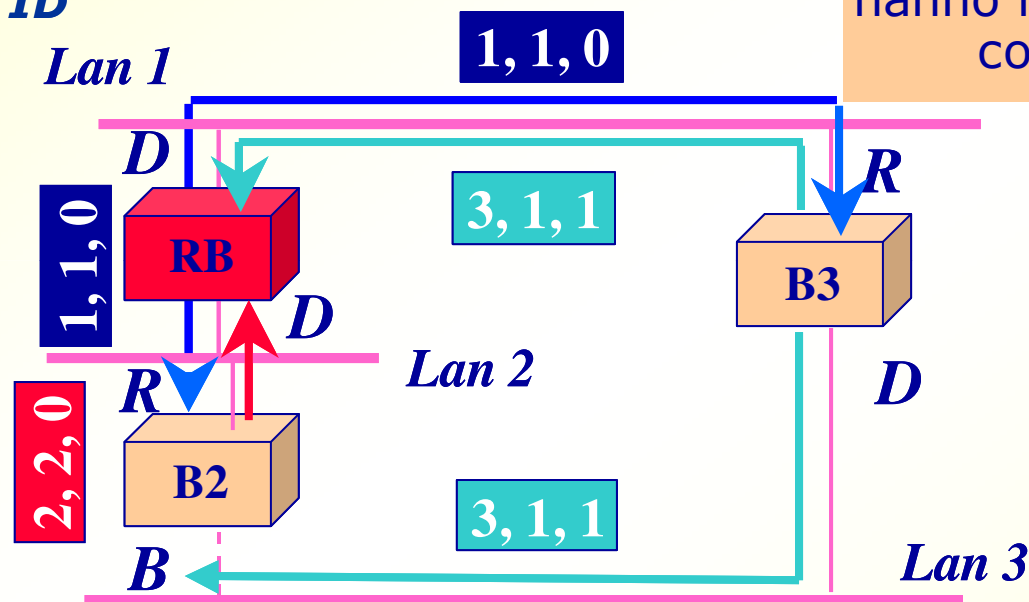
# Elezione del Root Bridge: esempio 2

**X, Y, Z** B-PDU

**X:** source  
bridge ID

**Y:** root ID

**Z:** cost Lan 1



B2 e B3 capiscono di non poter essere root bridge, e marcano le porte dalle quali hanno ricevuto le B-PDU di B1 come Root (R) port.

Una porta è designata se la B-PDU ricevuta ha un source bridge ID inferiore a quello del bridge ricevente. In questo caso, B3 vede arrivare una B-PDU con bridge ID=2, mentre B2 con ID=3, quindi B2 blocca la sua porta sulla Lan3.



# ***Elezione del Root Bridge***

- Ogni bridge è caratterizzato da una root priority e da un indirizzo MAC (quello di una delle sue porte)
- **Bridge ID**, identificativo univoco di 64 bit dei Bridge sulla rete



- Il campo Priorità è settabile dall'amministratore di rete.
- Il Bridge MAC Address corrisponde al più piccolo tra i MAC Address delle porte del Bridge.
- È designato root bridge quello che ha root priority minore. In caso di parità quello che ha indirizzo MAC minore

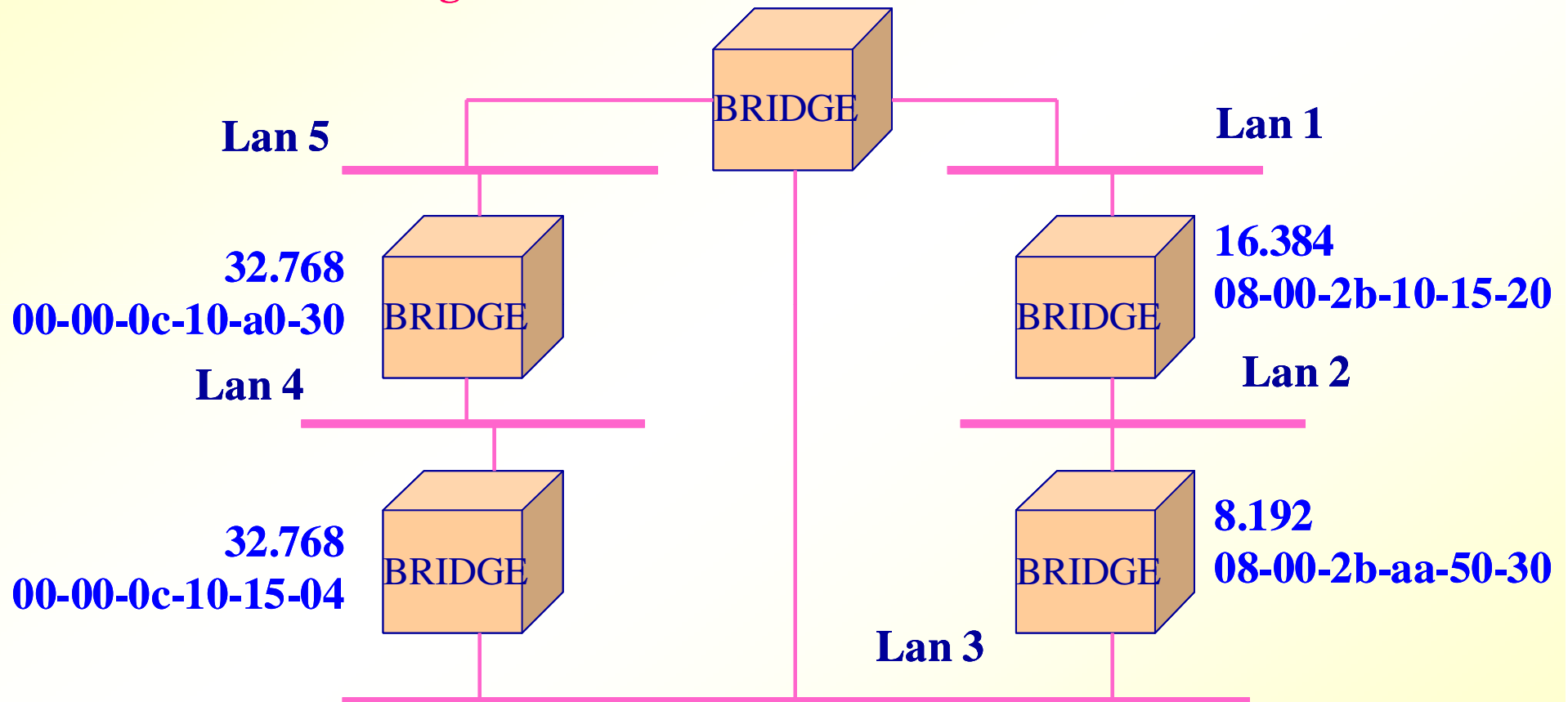
# ***Variazioni di topologia***

- Ad ogni variazione di topologia (es. una porta passa dallo stato di **blocking** a quello di **forwarding**) viene inviata verso il Root Bridge, attraverso le root port dei vari bridge sul path, una BPDU del tipo **Topology Change Notification**
- Tutti i bridge sul percorso verso il Root Bridge saranno messi a conoscenza della variazione di topologia
- In seguito alla variazione di topologia, qualche stazione connessa al segmento di LAN potrebbe essere raggiunta attraverso una porta diversa da quella riportata nel Data Base di forwarding del bridge
  - » il Root Bridge notifica la variazione di topologia ai bridge
    - le entry nel database di forwarding dei bridge sono cancellate e le nuove entry vengono create appena ogni stazione genera una nuova trama

# ***Esempio: protocollo di Spanning Tree***

**Bridge\_Prio: 16.384**

**Bridge\_MAC\_address: 08-00-2b-51-11-21**

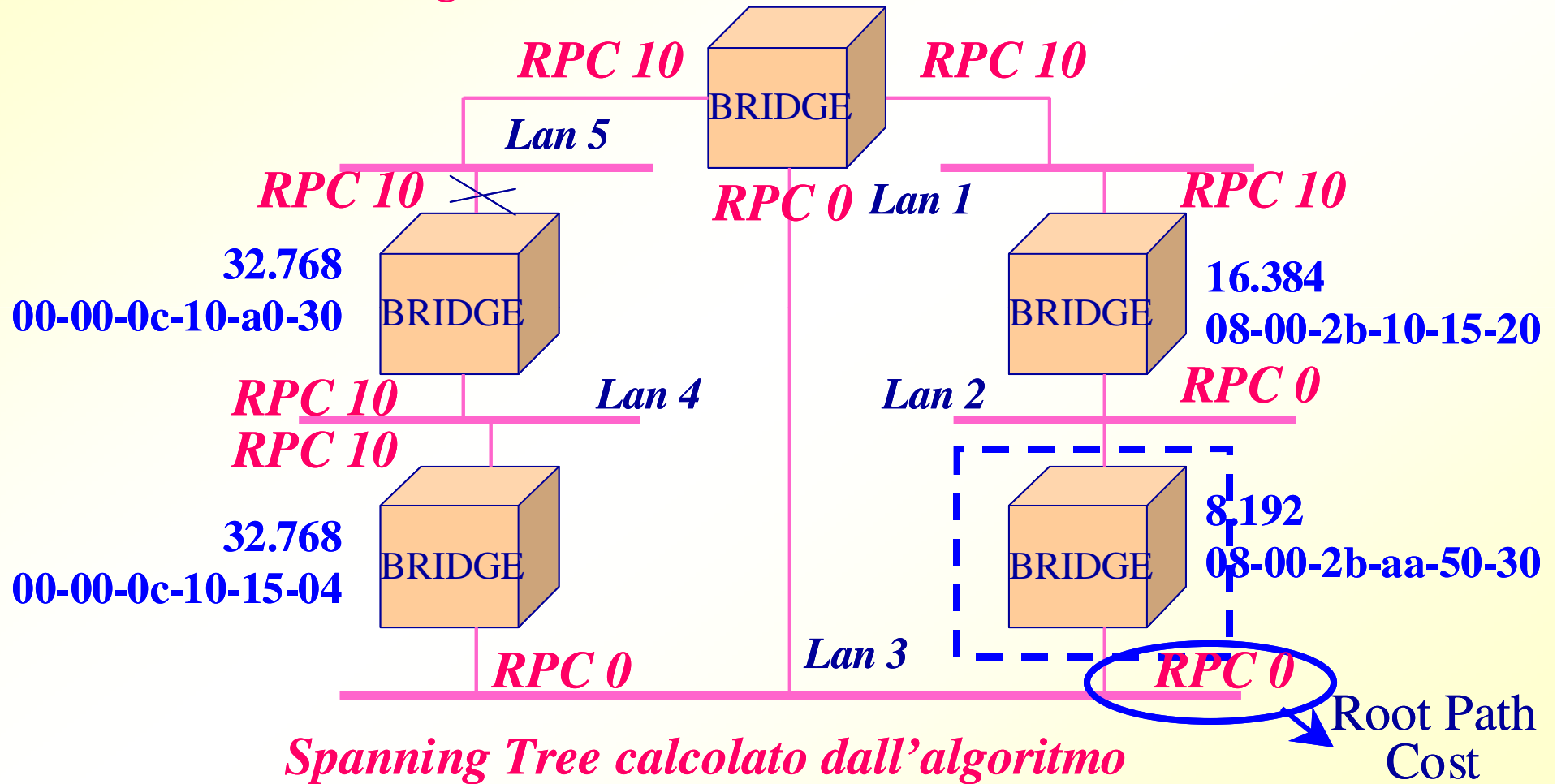


***Maglia prima del calcolo dello ST***

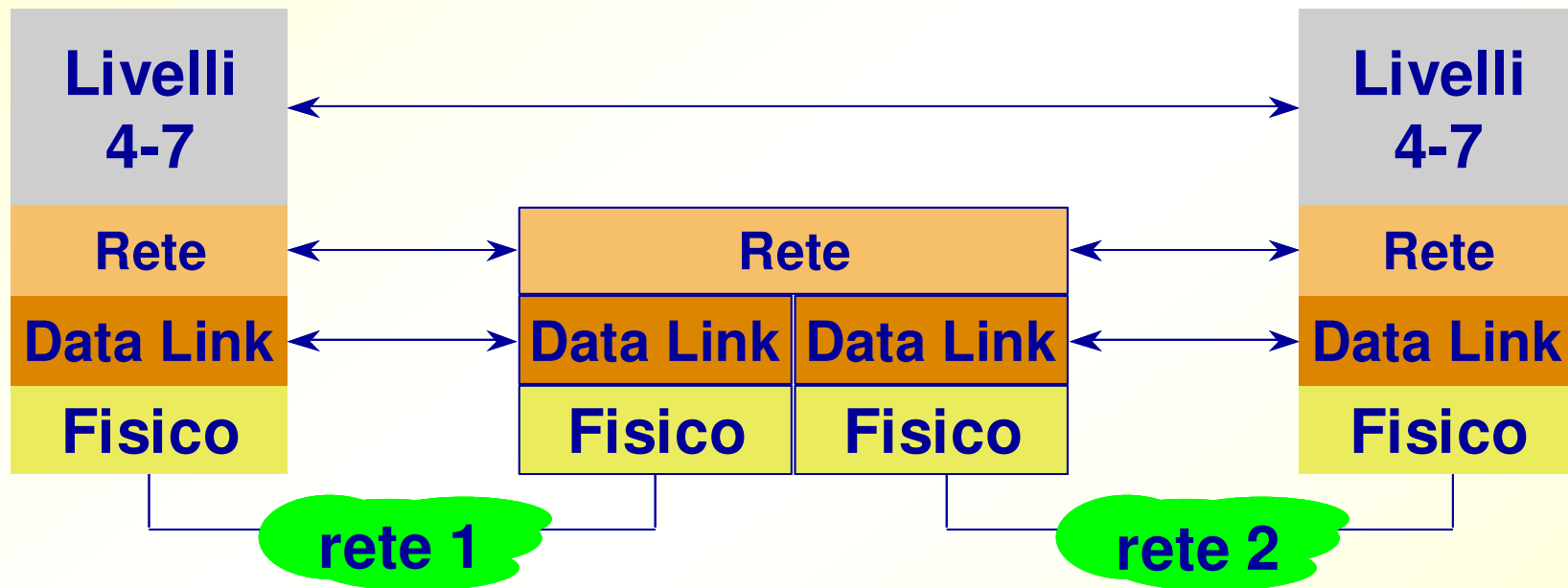
# Esempio: protocollo di Spanning Tree

Bridge\_Prio: 16.384

Bridge\_MAC\_address: 08-00-2b-51-11-21

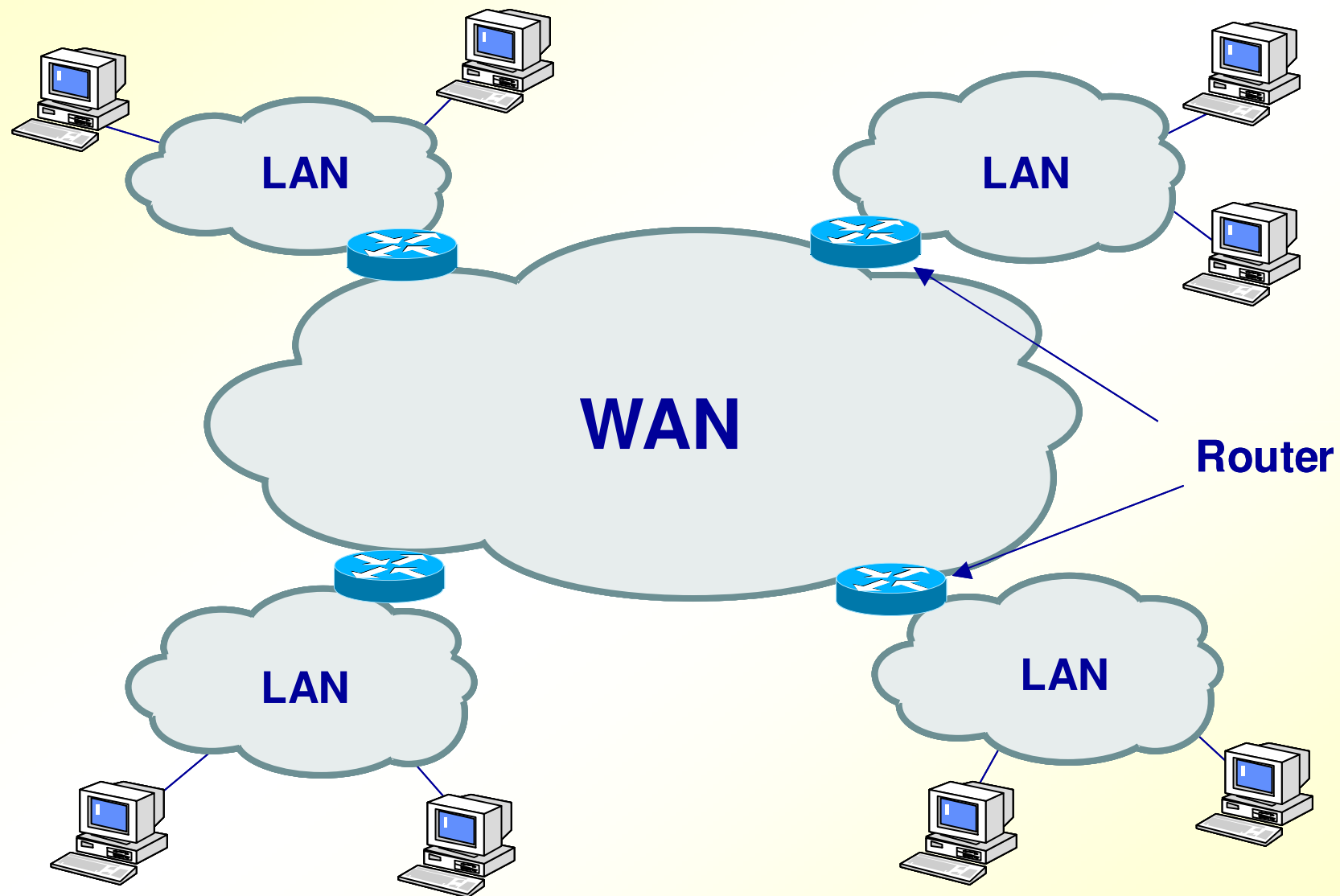


# ***Router***



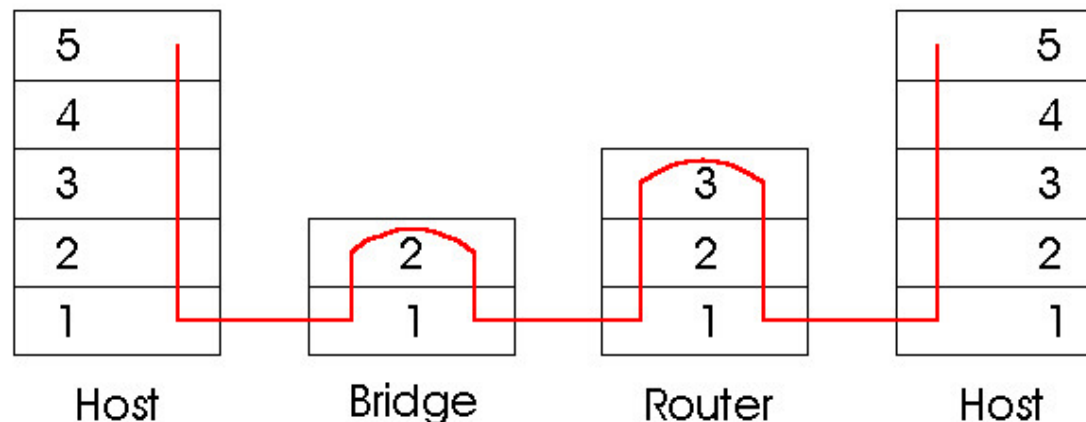
- **I router lavorano al livello 3 OSI (livello di rete)**

## ***Router: interconnessione di LAN***



# Bridge vs. Router

- **entrambi dispositivi store-and-forward**
  - » router: dispositivi di livello Network (esaminano le intestazioni del livello rete)
  - » bridge: dispositivi del livello Link
- **router mantengono tabelle di routing, implementano algoritmi di routing**
- **bridge mantengono tabelle di filtering, implementano algoritmi di filtering, learning e spanning tree**



# ***Router vs. Bridge***

## **Bridge + e -**

- + funzionamento dei Bridge più semplice e plug&play**
- + richiede meno banda per il processing (elaborazione fino a livello 2)**
- Topologia effettiva della rete limitata a quella dello spanning tree per evitare i cicli**
  - =>instradamento non ottimizzato**
  - =>sovraccarico sui link dello spanning tree**
- Bridge non offrono protezione dalle cosiddette "broadcast storm" (broadcasting senza fine da parte di un host viene inoltrato da un bridge portando al collasso dell'intera rete)**



# ***Router vs. Bridge***

## **Router + e -**

- + supportano topologie arbitrarie, i cicli sono limitati da contatori TTL (e buoni protocolli di routing)**
- + fornisce protezione firewall dalle broadcast storm**
- richiede la configurazione dell'indirizzo IP (non plug and play)**
- richiede più banda per il processing (elaborazione fino al livello 3)**
- bridge funzionano bene in reti piccole small (poche centinaia di host) mentre i router sono usati in reti grandi (migliaia di host)**