



# Università degli studi di Bergamo

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
e Metodi Matematici*

## **Reti di Calcolatori**

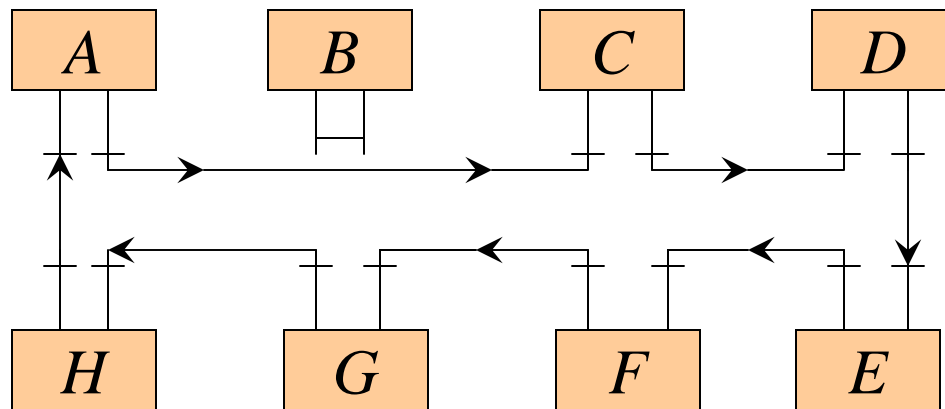
**prof. Fabio Martignon**

## **5 - Reti Locali parte B**

# Token Ring 802.5

## Topologia ad anello:

Le stazioni sono collegate serialmente tramite mezzo trasmissivo chiuso ad anello. Ogni stazione ripete la trasmissione verso la stazione successiva.

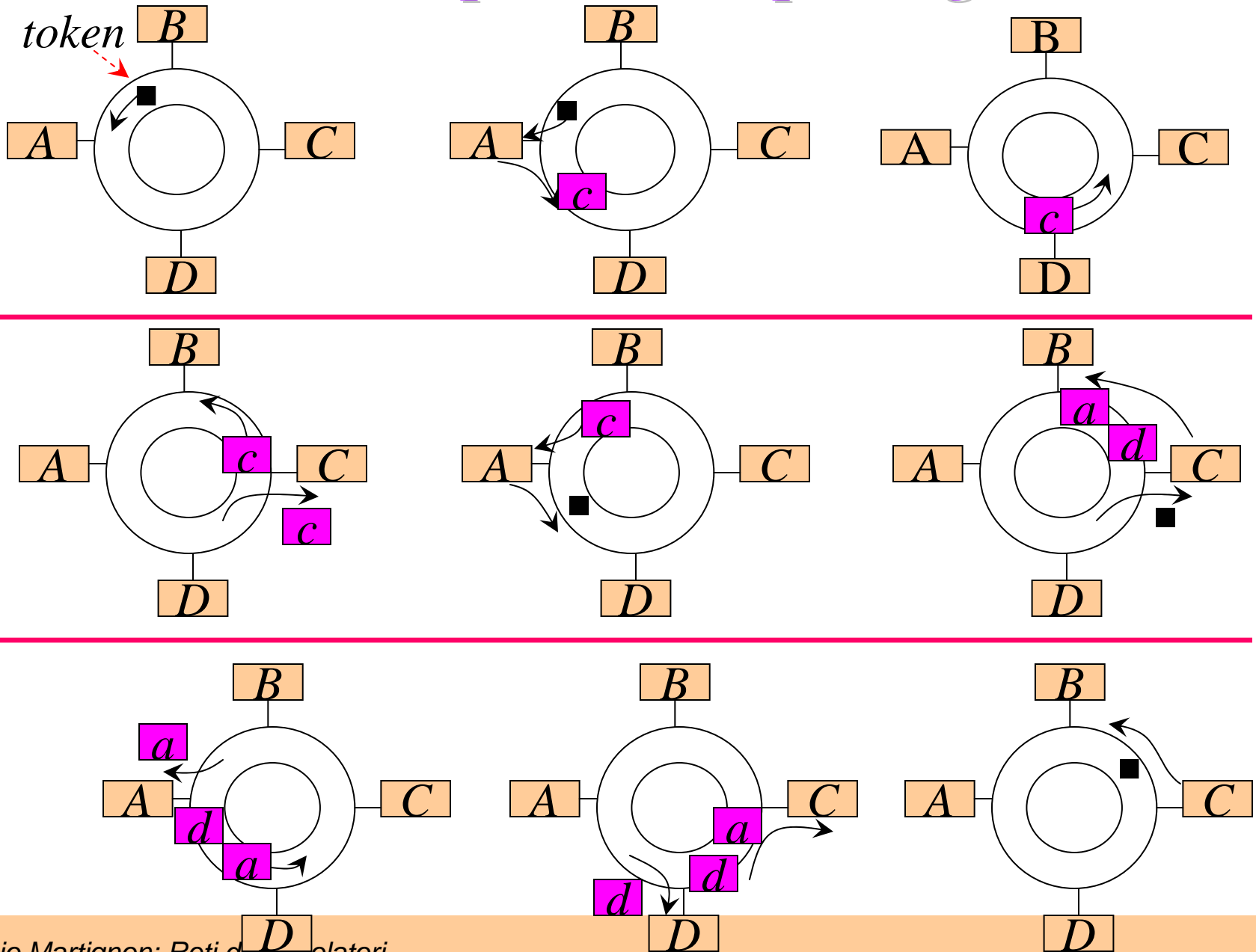


Per ragioni di affidabilità la rete è cablata a stella. Il centro stella (concentratore) esclude dalla rete le stazioni guaste o spente.

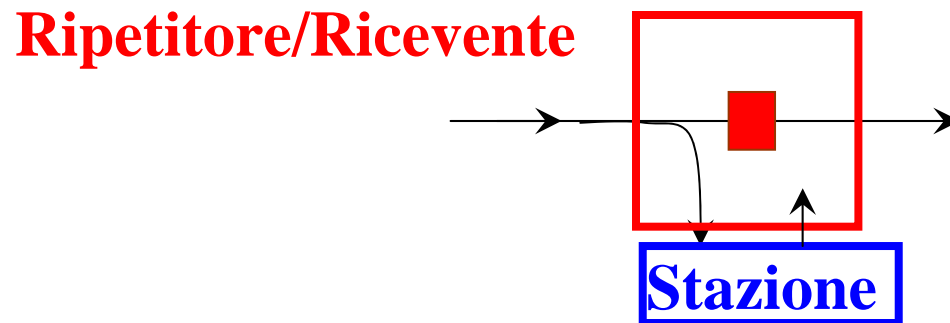
## Protocollo di accesso token passing (802.5)

- Corrisponde ad un protocollo di accesso round robin in cui il permesso di trasmettere viene passato da una stazione alla successiva tramite un particolare pacchetto che prende il nome di *token*.
- Una stazioni che vuole trasmettere deve aspettare che arrivi il token, catturarlo, assicurandosi così il permesso di trasmettere, trasmettere le trame in attesa, trasmettere il token.
- Originariamente il token è generato da un stazione eletta ad essere **Active Monitor**

# Esempio: Token passing



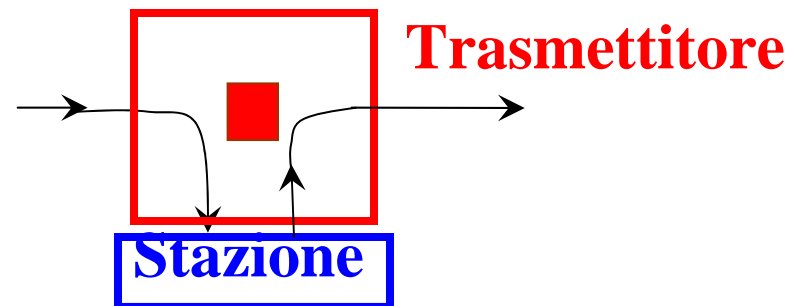
# Stato delle stazioni del token ring



- **Funzionamento come Ripetitore/Ricevente**

Il ripetitore si limita a passare sul link di uscita il segnale ricevuto sul link di ingresso. Tiene copia del pacchetto in transito. Se il destination address è pari al MAC address della stazione, questa viene passata ai livelli superiori.

# Stato delle stazioni del token ring



- **Funzionamento come Trasmittitore**

**Dopo aver catturato il token, la stazione trasmette le proprie trame in coda fino ad un certo numero massimo consentito.**

**Quando le trame trasmesse sono ricevute dalla stazione, questa provvede a rilasciare il token che viene trasmesso sul canale verso la stazione successiva.**

# Transizioni di stato

- **Ripetitore**  **Trasmettitore**

**Avviene in seguito alla cattura del token.**

- **Trasmettitore**  **Ripetitore**

**Avviene quando la stazione riceve l'ultimo bit delle trame trasmesse.**

# Strategie di generazione del token

- **Single token**

Il nuovo token viene generato dopo che la trama trasmessa è stata completamente ricevuta dalla stazione.

- **Single token with early release**

Il nuovo token viene generato dopo che è stato ricevuto l'header della trama trasmessa.

- **Multiple token**

Il nuovo token viene generato alla fine della trasmissione della trama.



# Funzioni di supervisione dell'Active Monitor

## ■ Active Monitor:

E' eletta come Active Monitor la stazione con indirizzo più grande.  
Svolge funzioni di supervisione e risoluzione di situazioni di errore.

## ESEMPIO 1

### Problema: circolazione indefinita di trame

Se la stazione sorgente si guasta dopo la trasmissione e prima della ricezione della trama questa non viene più estratta dall'anello.

### Action:

Il Monitor marca ad 1 un opportuno bit (*monitor bit*, M) delle trame.  
Se riceve una trama con il bit  $M = 1$ , questo significa che la trama ha già fatto almeno un giro completo dell'anello, e viene quindi rimossa dal Monitor.

# Funzioni di supervisione dell'Active Monitor

## ESEMPIO 2

### Problema: perdita di token

Se la stazione che trattiene il token per eseguire la trasmissione non lo ritrasmette, si osserva assenza di attività sull'anello.

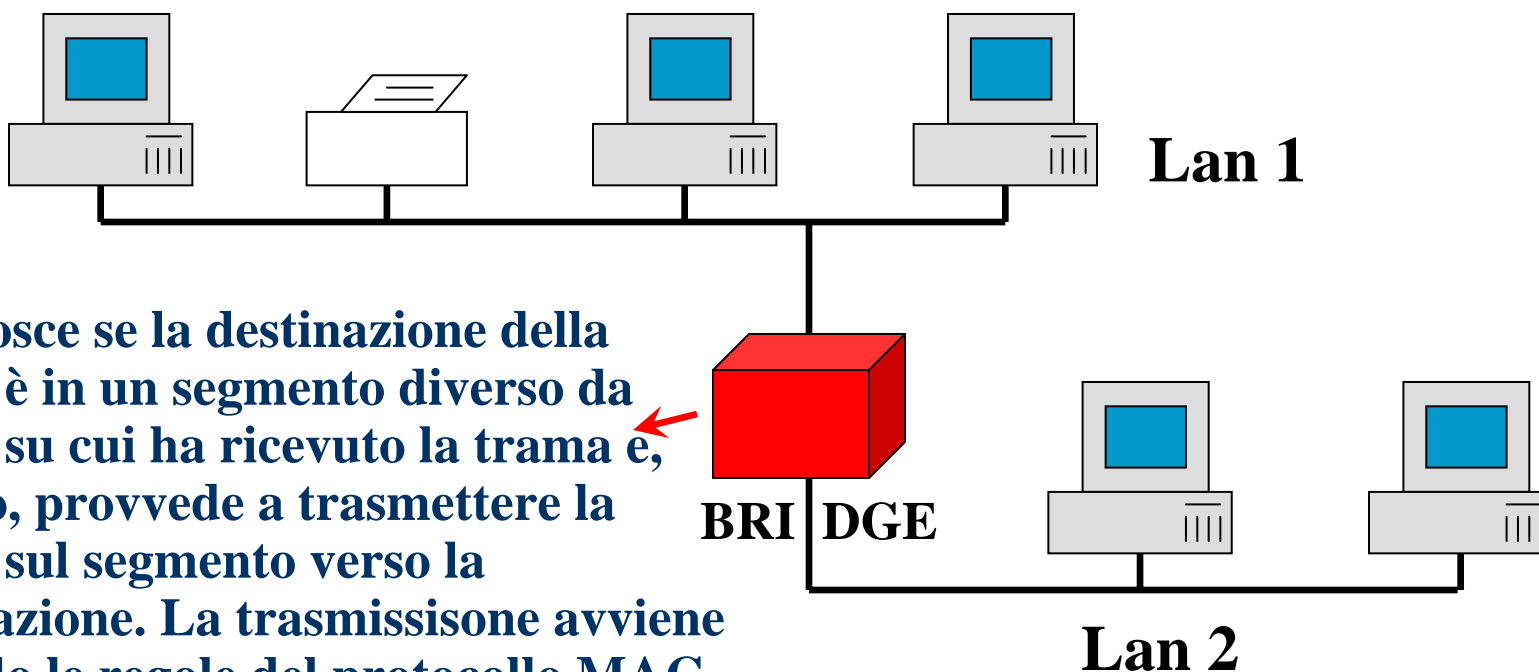
### Action:

Il Monitor ha un timer che viene azzerato ad ogni trama valida o token ricevuto. Se il timer supera un time-out il Monitor genera e trasmette un nuovo token.

# Token Ring: prestazioni

- **Affidabilità** ← Mezzo trasmissivo attivo (soluzioni: bypass stazioni, cablaggio a stella)
- **MAC centralizzato**
- **Presenza di un ritardo di accesso minimo anche in assenza di traffico**
- + **Accesso al canale ordinato**
- + **Efficienza di banda elevata anche per traffico elevato**
- + **Massimo ritardo di accesso garantito**
- + **Possibile differenziazione nell'accesso al canale tramite meccanismi di priorità. Adatto per applicazioni con vincoli sul ritardo di trasmissione.**

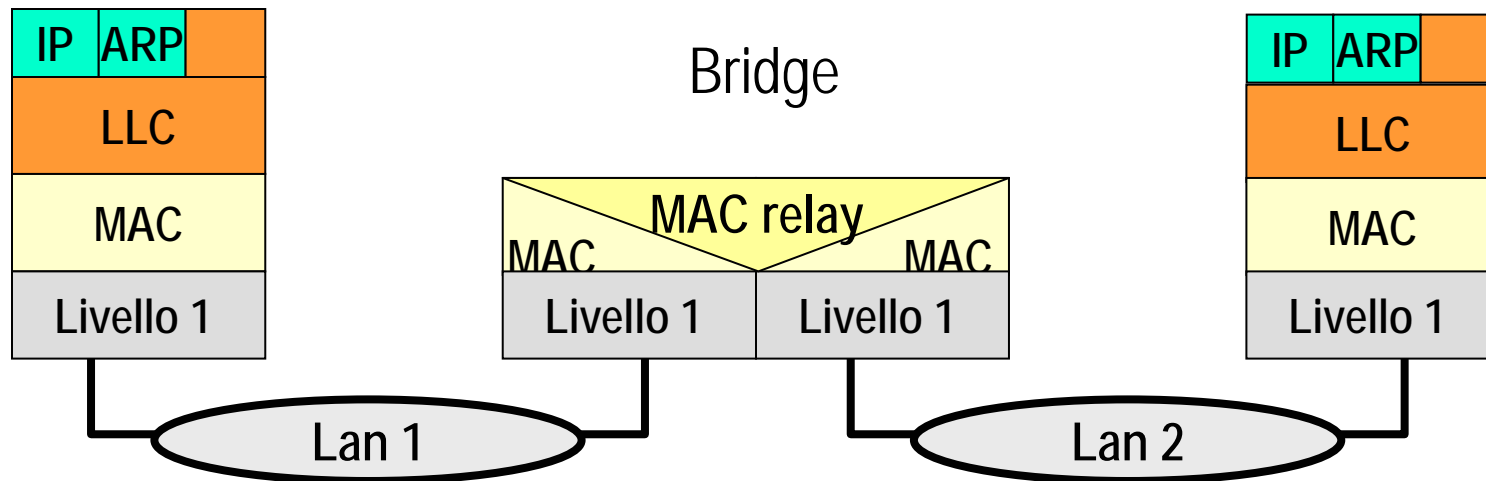
# Interconnessione di reti locali



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.

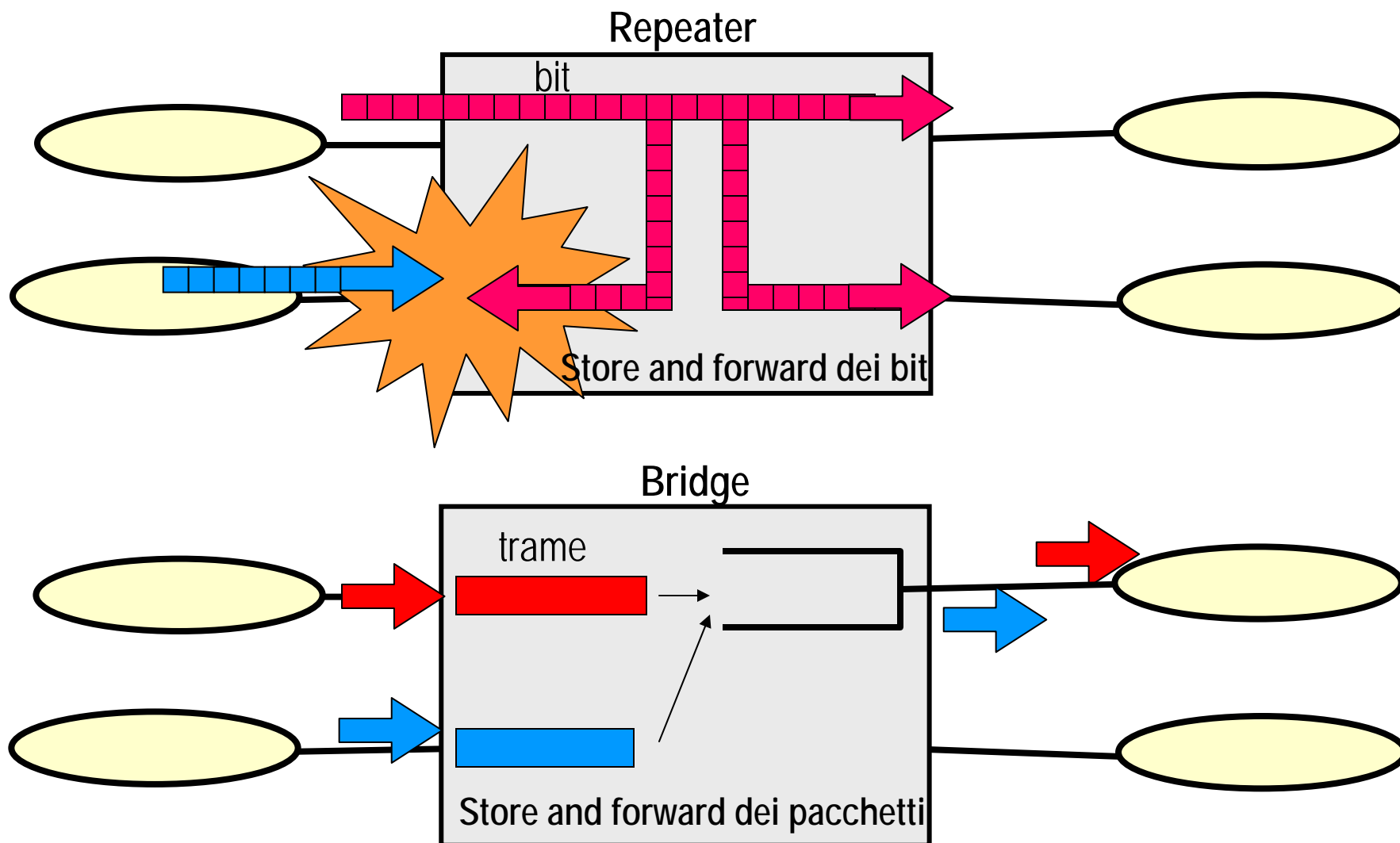
**L'interconnessione di LAN tramite bridge è un dominio di broadcast ma non un dominio di collisione (solo trasmissioni contemporanee sullo stesso segmento causano una collisione)**

# 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.

# Differenza fra Repeater e Bridge



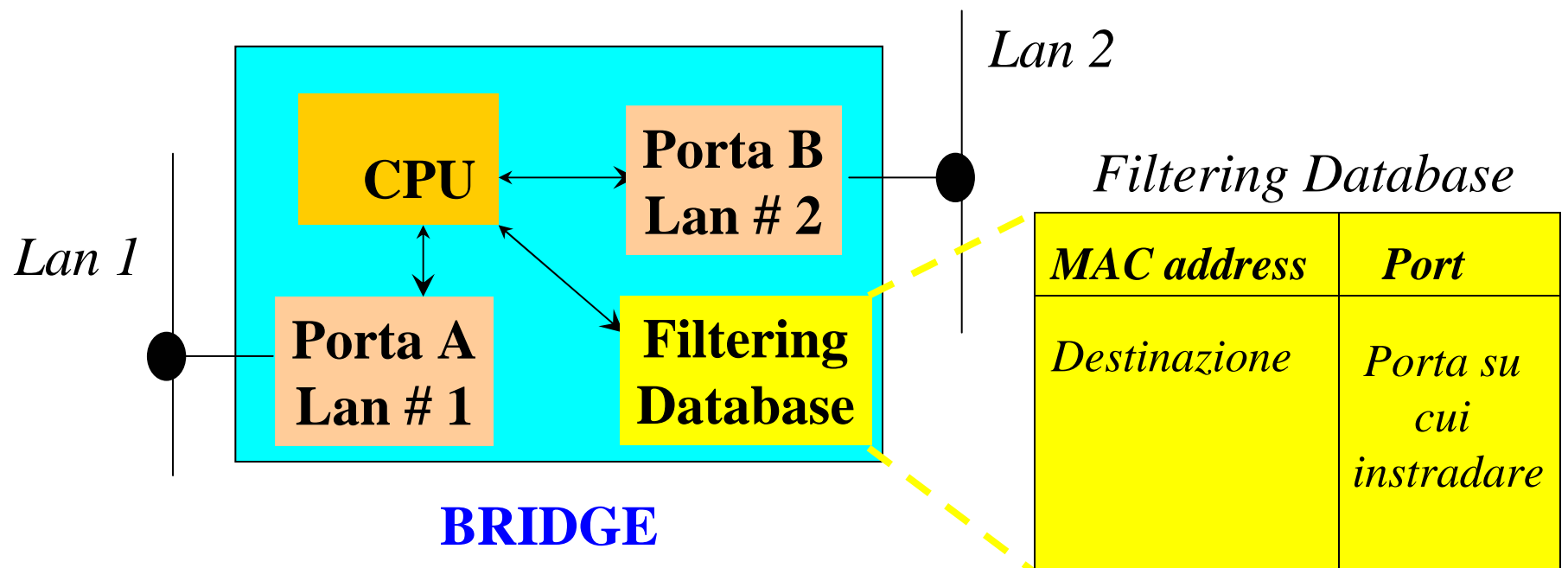
# Vantaggio dell'interconnessione di reti locali

- Possibile interconnettere apparecchiature in aree geograficamente più estese (es. rete di campus)
- Throughput più elevato
  - trasmissioni contemporanee su più segmenti di LAN sono possibili e non generano collisioni.
- Reliability
- Sicurezza

-  VLAN

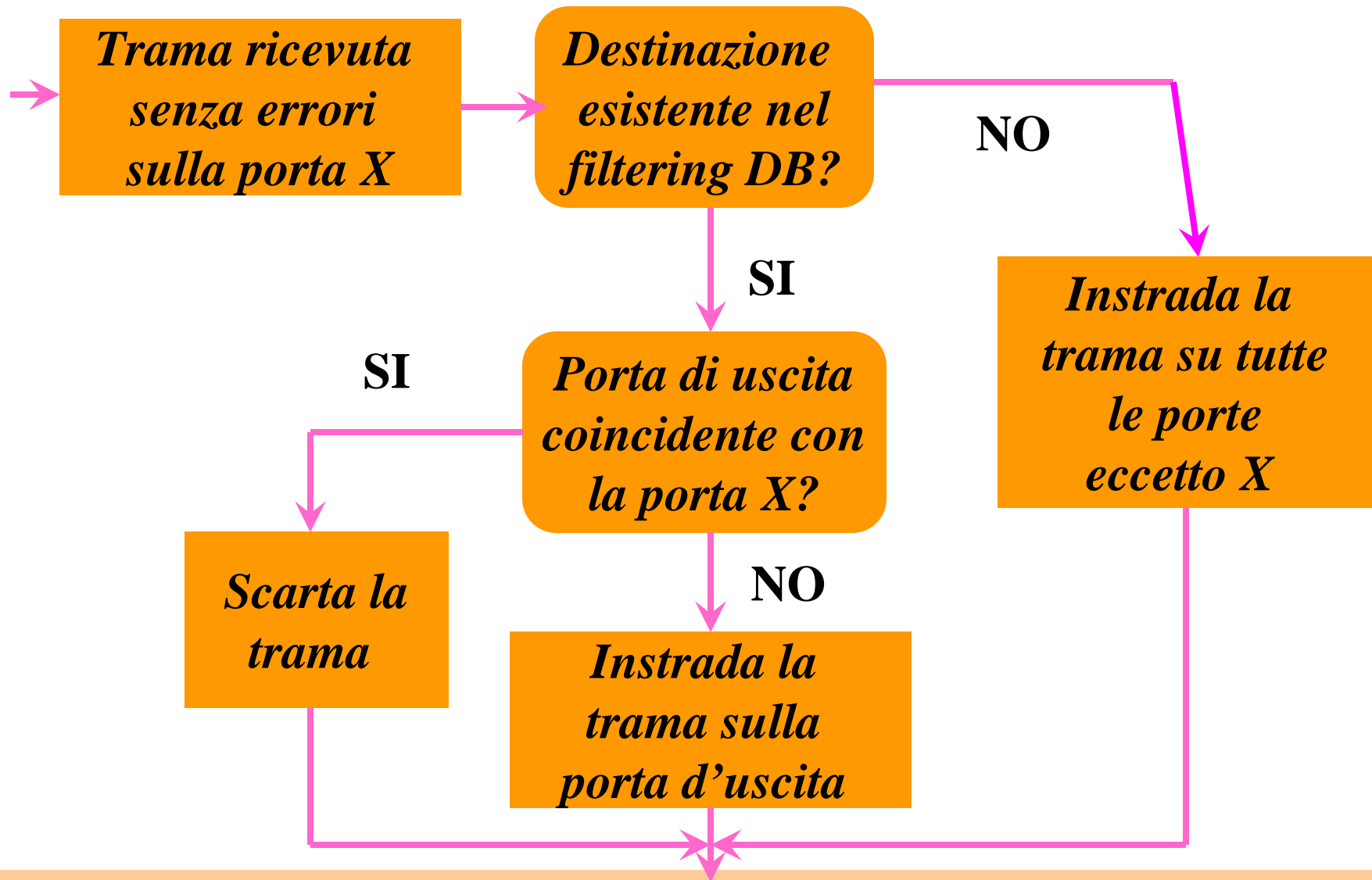
# Architettura di un bridge

- Per stabilire se filtrare/instradare una trama si consulta una tabella di instradamento locale chiamata Forwarding (o Filtering) Data Base (FDB)



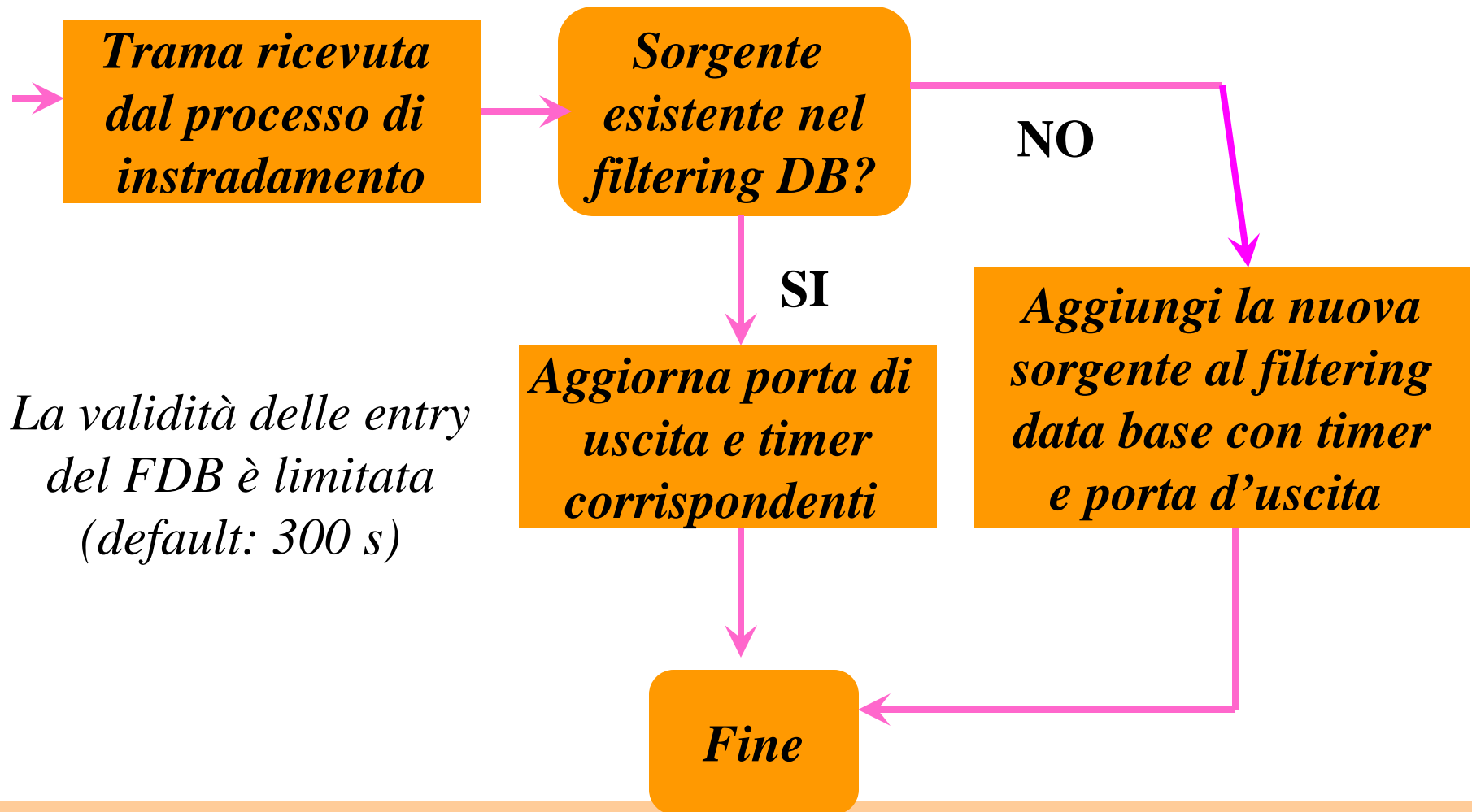


# Bridge Forwarding

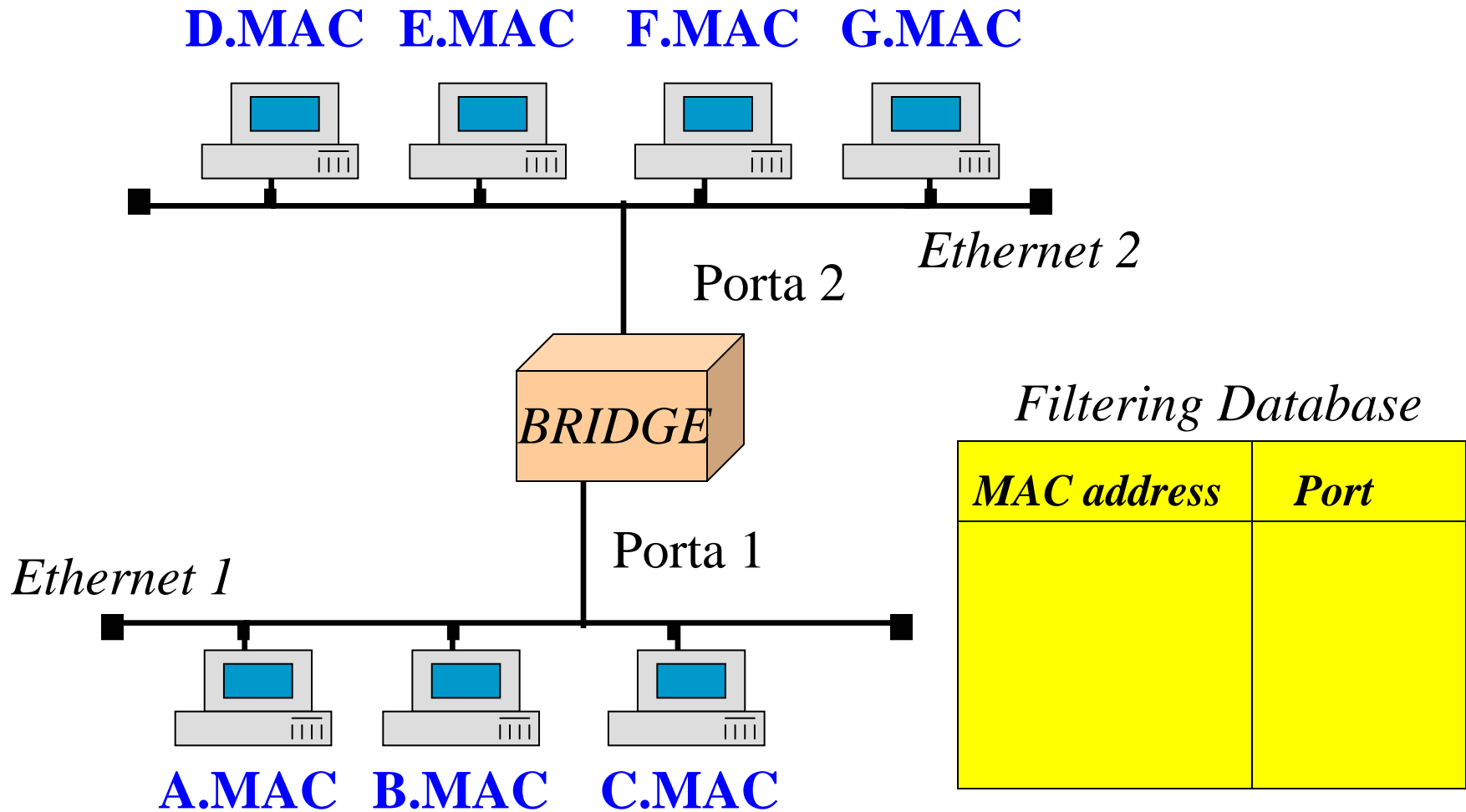


# Backward Learning

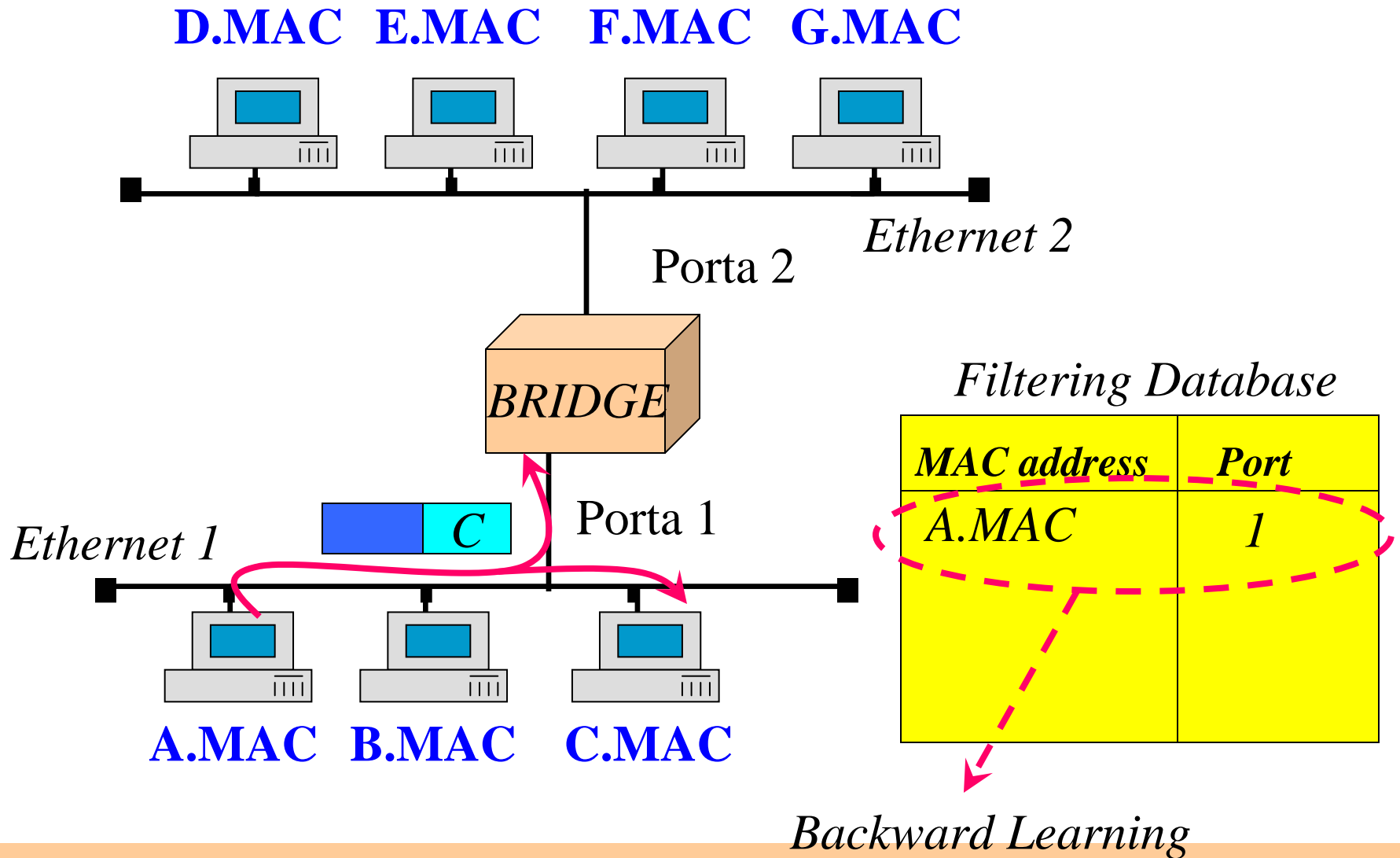
- Metodo rapido ed efficace per riempire il FDB basato sull'osservazione delle trame in direzione opposta



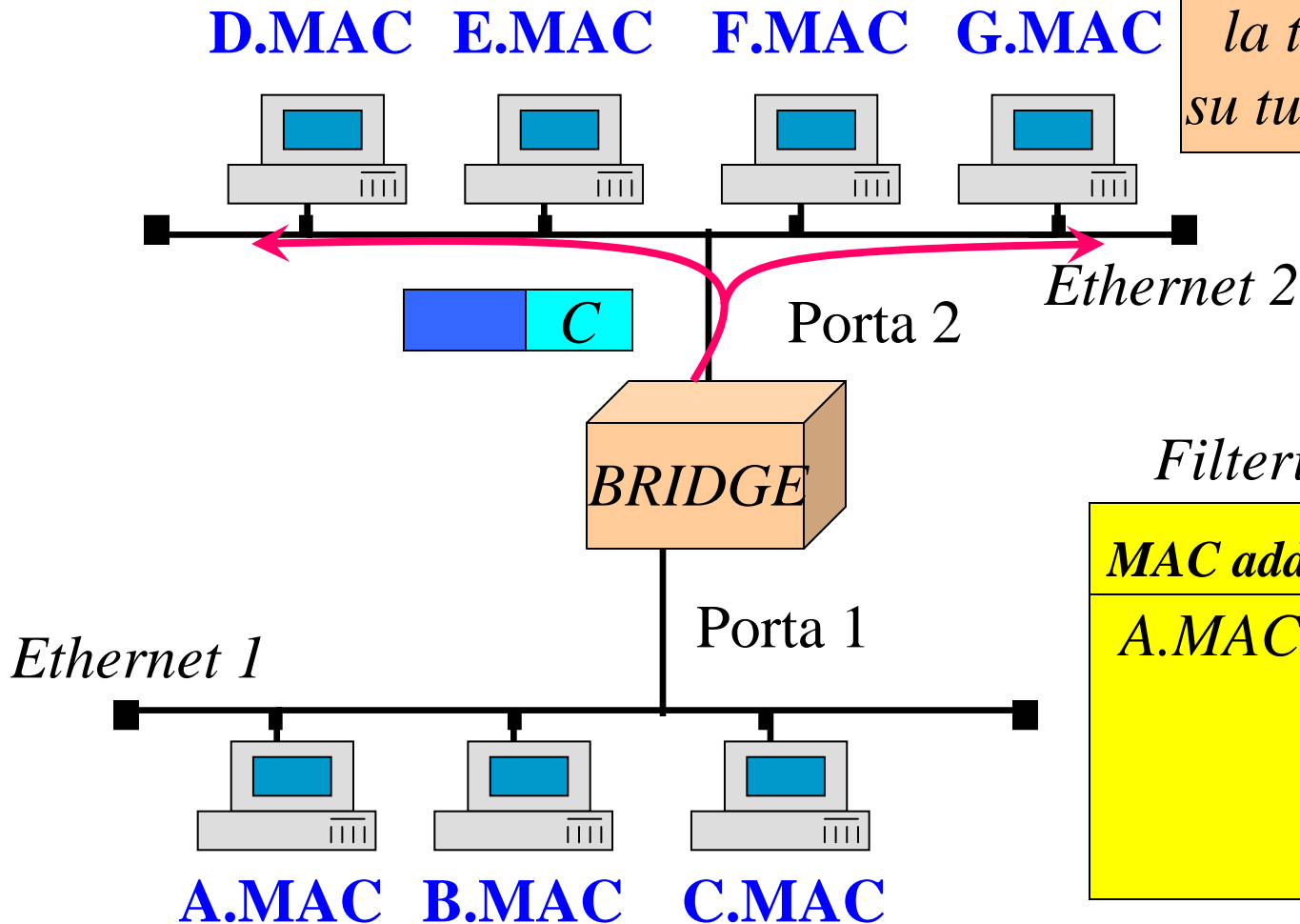
# Esempio



# Esempio



# Esempio



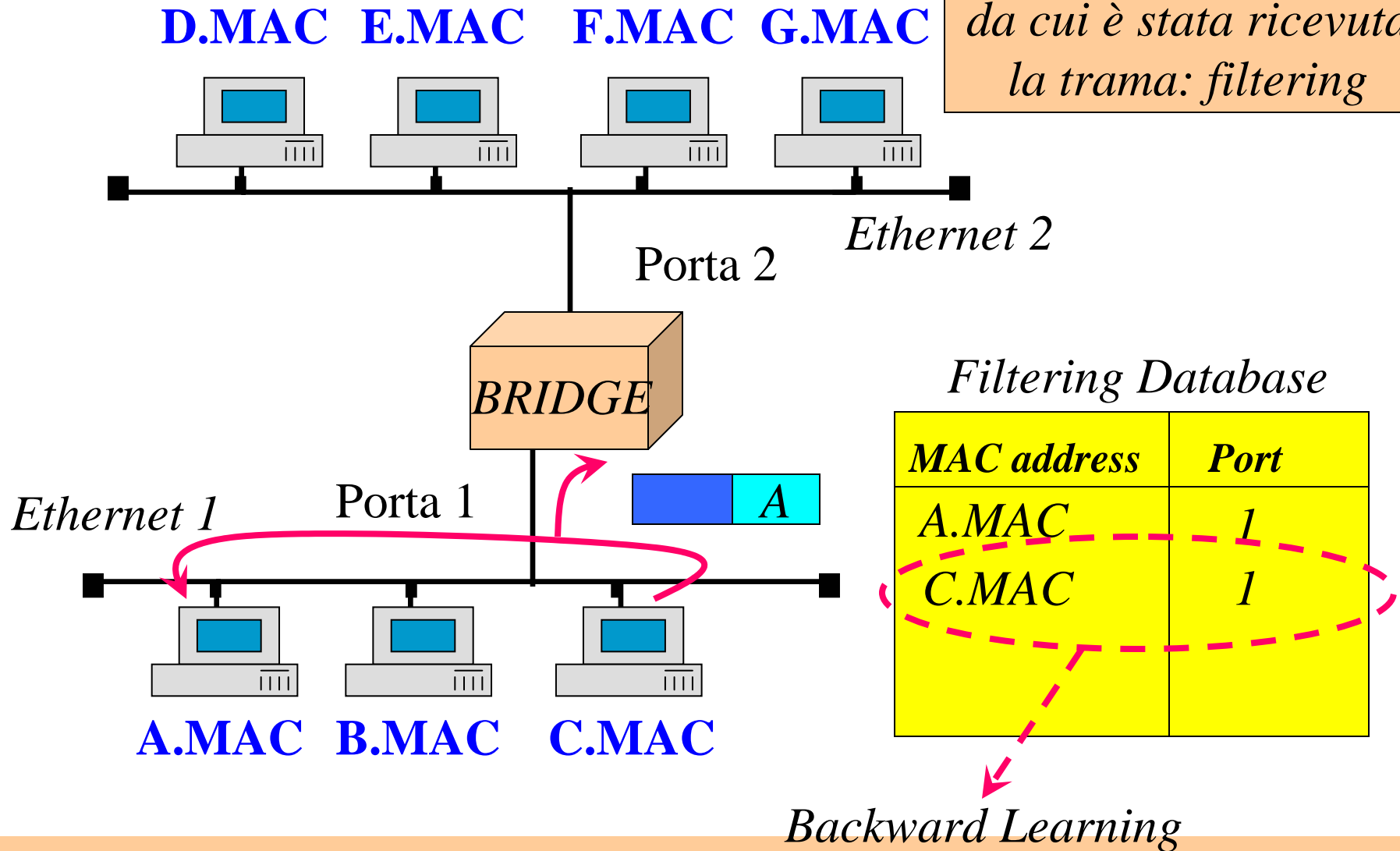
*Non avendo C nel filtering database la trama è inviata su tutte le altre porte*

*Filtering Database*

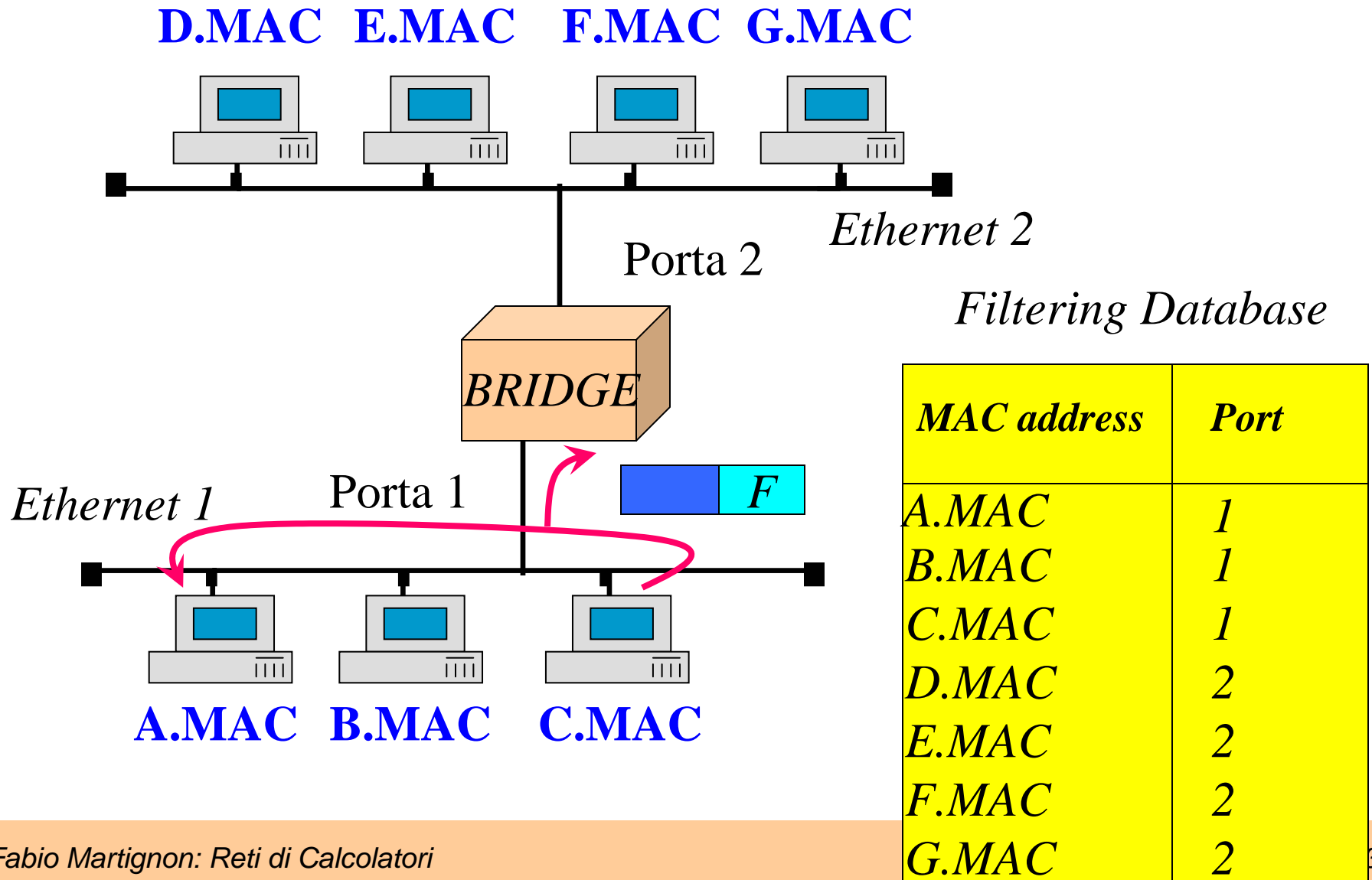
MAC address	Port
A.MAC	1

# Esempio

*A è raggiungibile tramite la stessa porta da cui è stata ricevuta la trama: filtering*

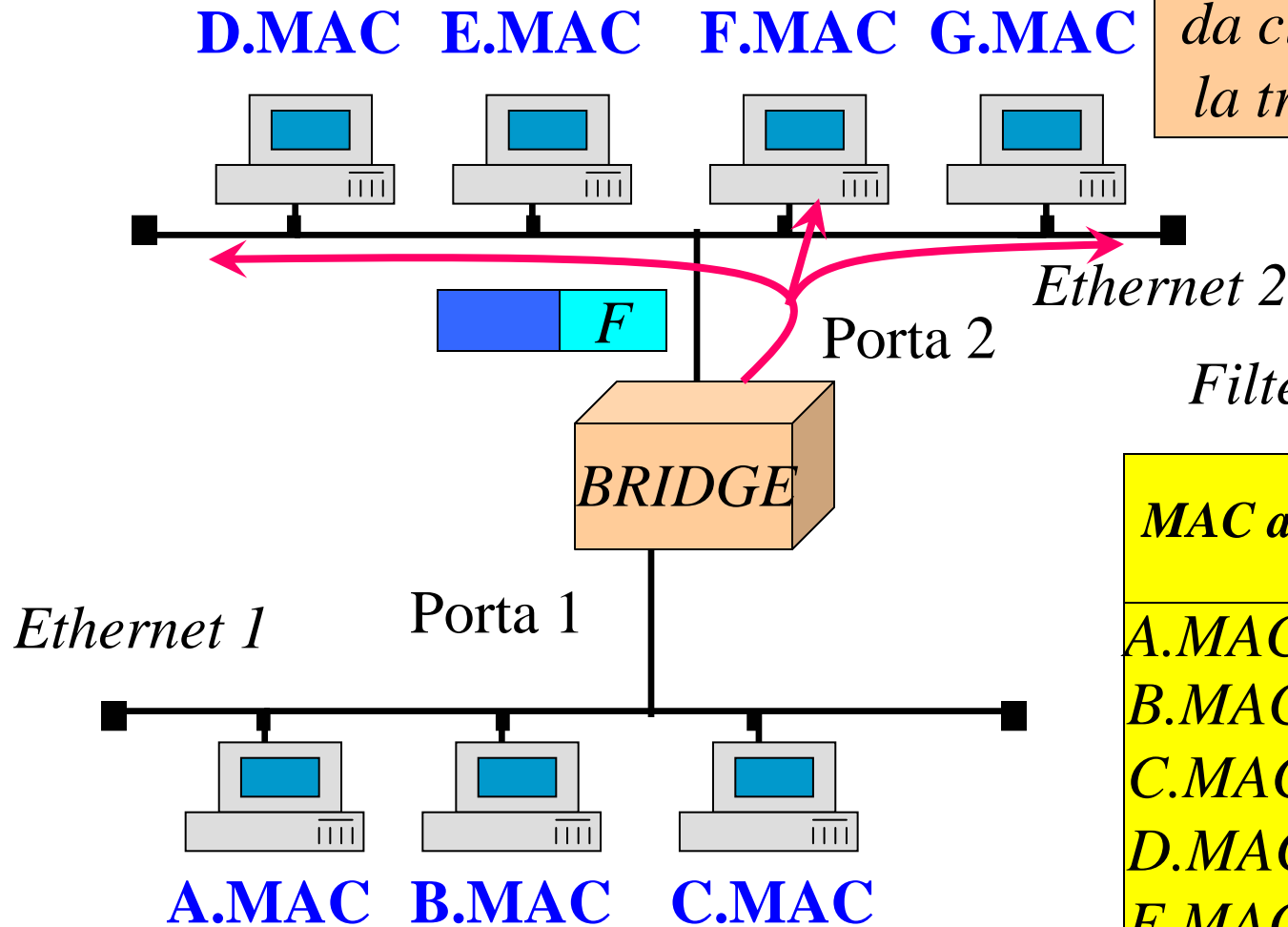


# Esempio: FD completo



# Esempio

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



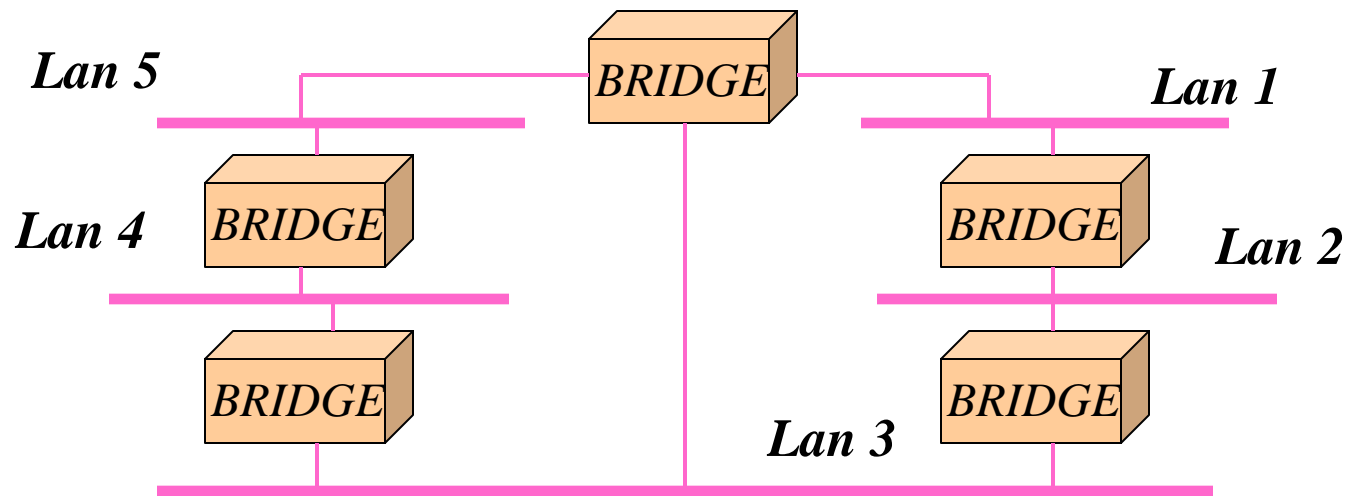
*Filtering Database*

<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>



# Spanning Tree

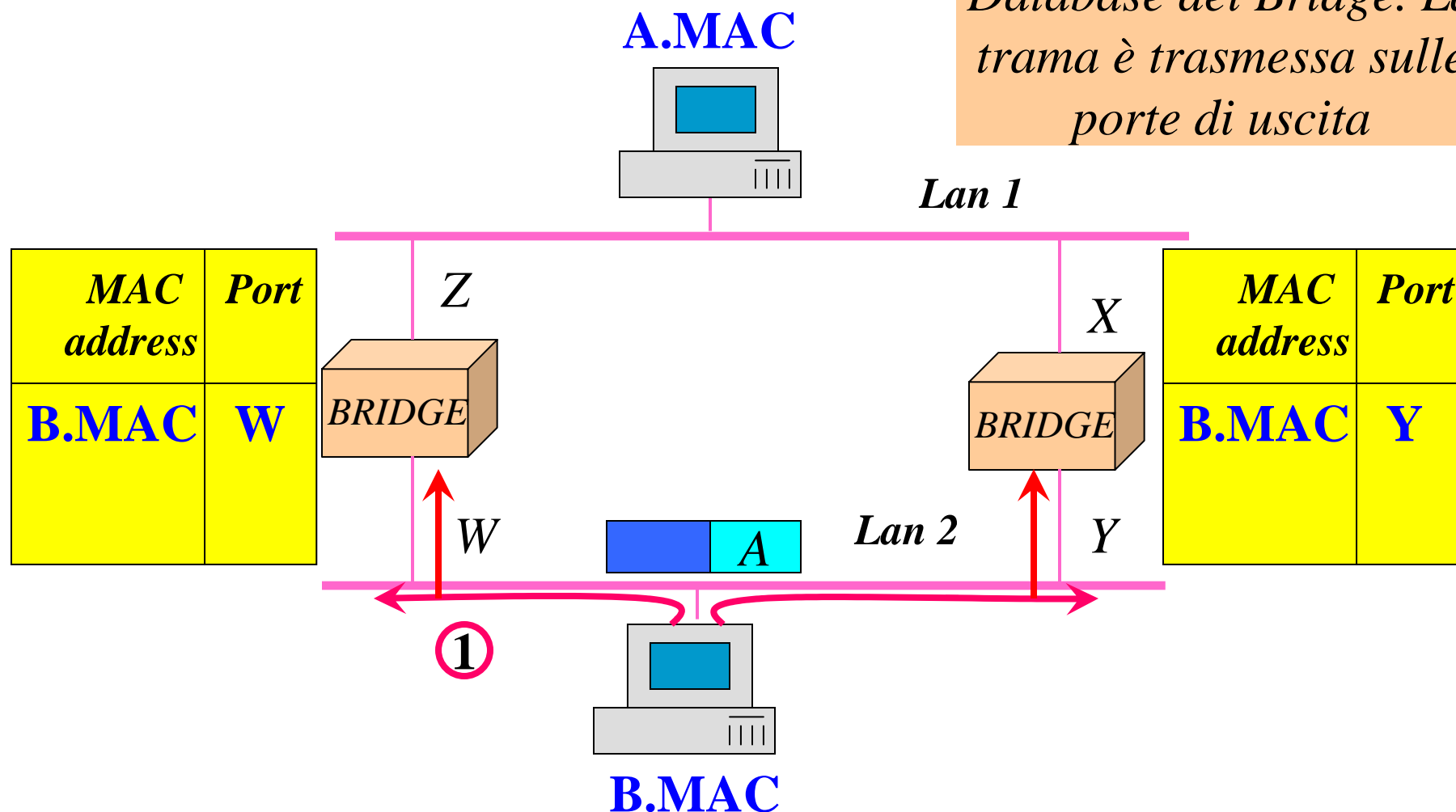
- L'interconnessione di LAN è di solito una topologia magliata ← garantisce una migliore *fault tolerance*



- Per funzionare correttamente l'algoritmo descritto in precedenza deve operare su una topologia ad albero.
- Se sono presenti cicli in pochi attimi si bloccano tutti i sistemi connessi alla rete (fenomeno di *Broadcast Storm*).

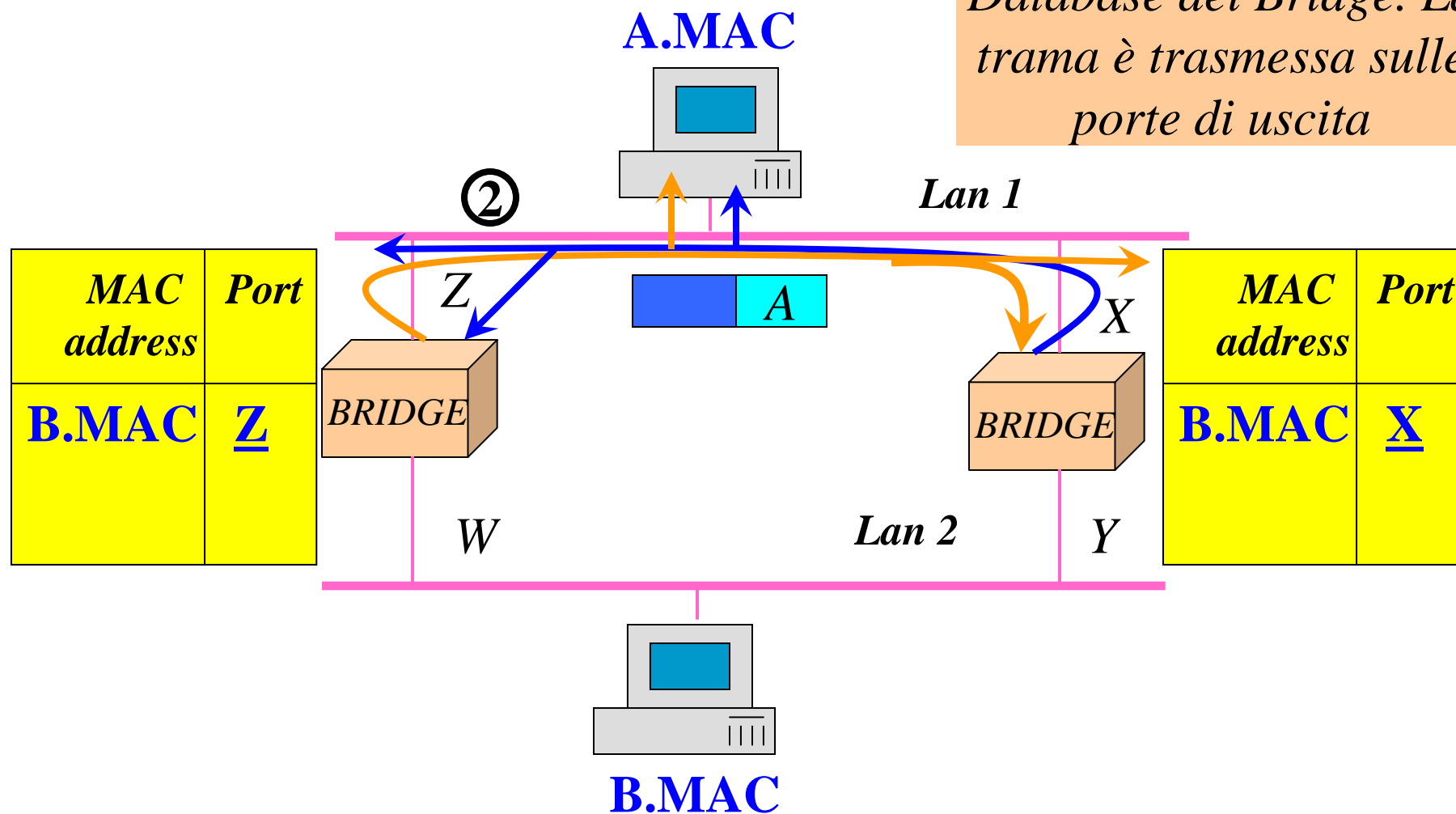
# Broadcast Storm

*A non è nei Forwarding Database dei Bridge. La trama è trasmessa sulle porte di uscita*



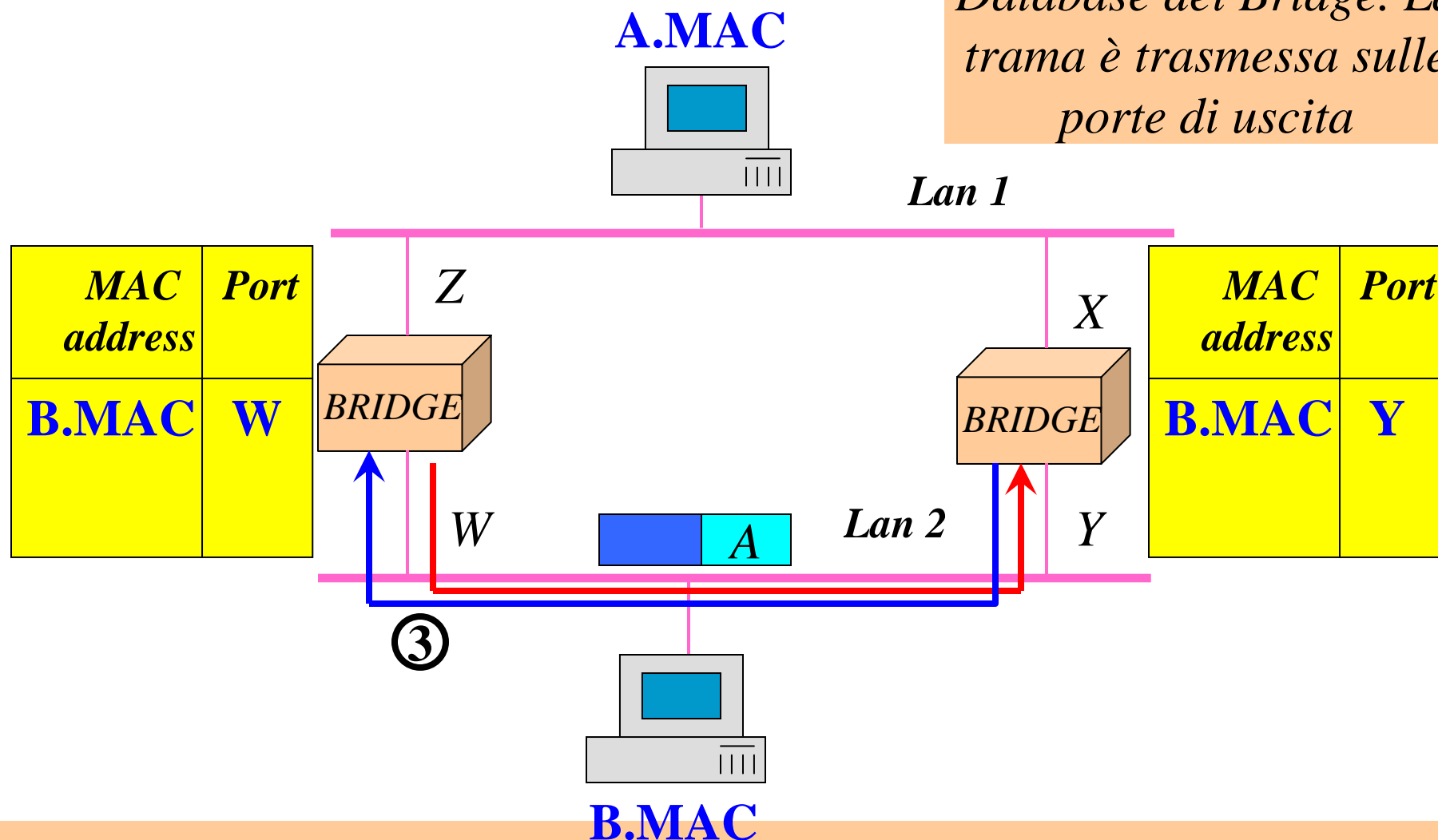
# Broadcast Storm

*A non è nei Forwarding Database dei Bridge. La trama è trasmessa sulle porte di uscita*



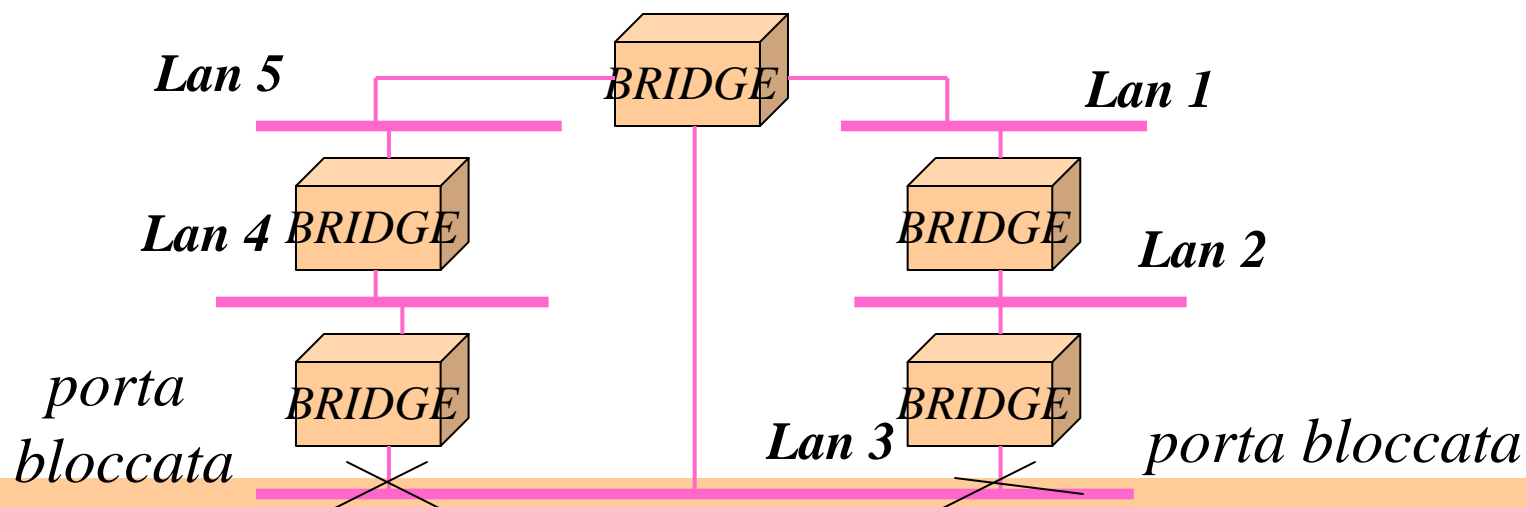
# Broadcast Storm

*A non è nei Forwarding Database dei Bridge. La trama è trasmessa sulle porte di uscita*

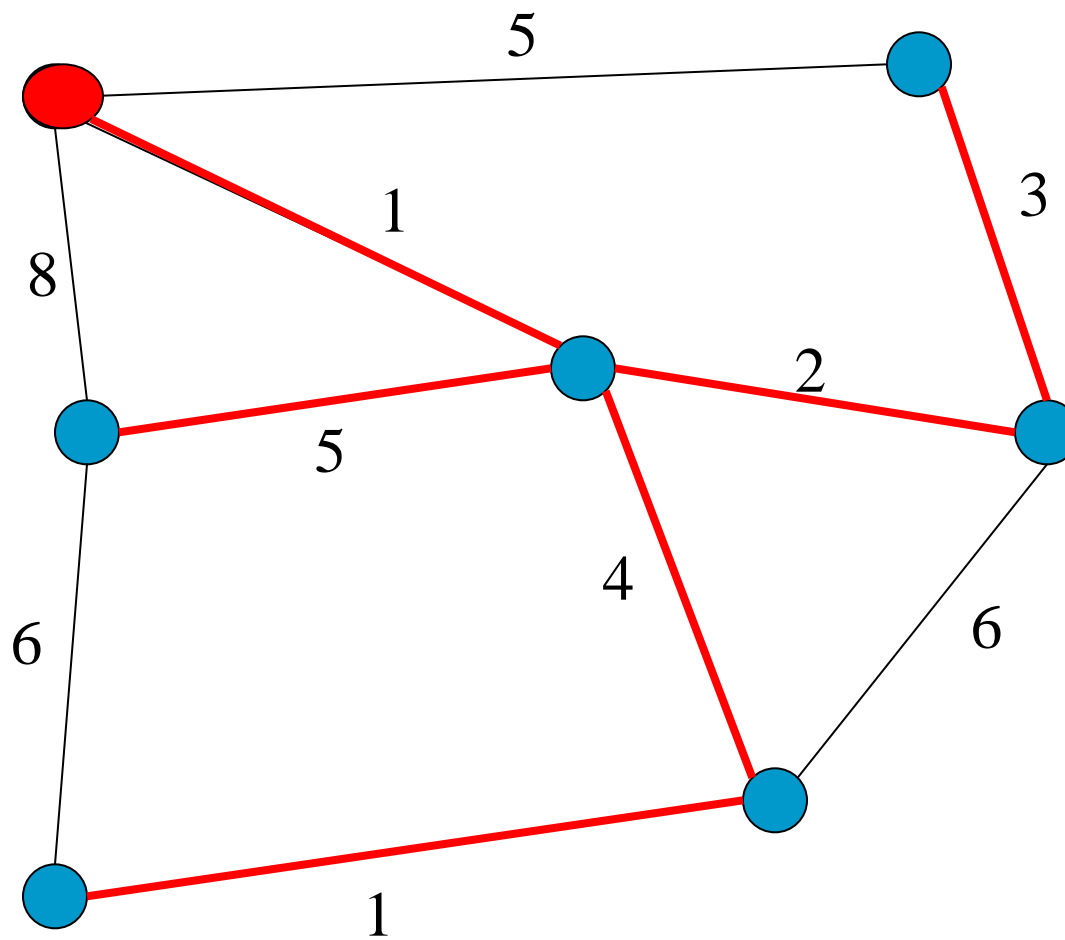


## Algoritmo di Spanning Tree

- Permette di ricavare, a partire da una topologia fisica magliata, una topologia logica ad albero.
- La topologia logica ad albero è 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



## Tipi di bridge

- I bridge che abbiamo descritto sono denominati **transparent bridges**
  - L'interconnessione di LAN è del tutto trasparente all'utente
- **Transparent bridging** è lo standard IEEE 802.1D
- Esiste anche il source bridging:
  - le stazioni indicano esplicitamente nella trama la sequenza di bridge da attraversare
  - per conoscere i cammini verso una destinazione la stazione effettua il broadcasting di una trama verso la destinazione

# Source bridging

- **Instradamento di una trama:**
  - le stazioni indicano esplicitamente nella trama la sequenza di bridge da attraversare
  - I bridge si limitano a seguire quanto indicato nella trama
- **Individuazione dei cammini verso una destinazione:**
  - se la stazione non conosce cammini verso la destinazione effettua il flooding di una trama di richiesta verso la destinazione. A mano a mano che attraversa bridge verso la destinazione ciascuna delle trame generate dal flooding aggiorna una lista di bridge attraversati. Le trame che raggiungono la destinazione contengono l'indicazione di tutti i vari cammini verso la destinazione. Vengono quindi riinviate alla sorgente che stabilisce quale cammino scegliere nella trasmissione delle trame.



# Source bridging

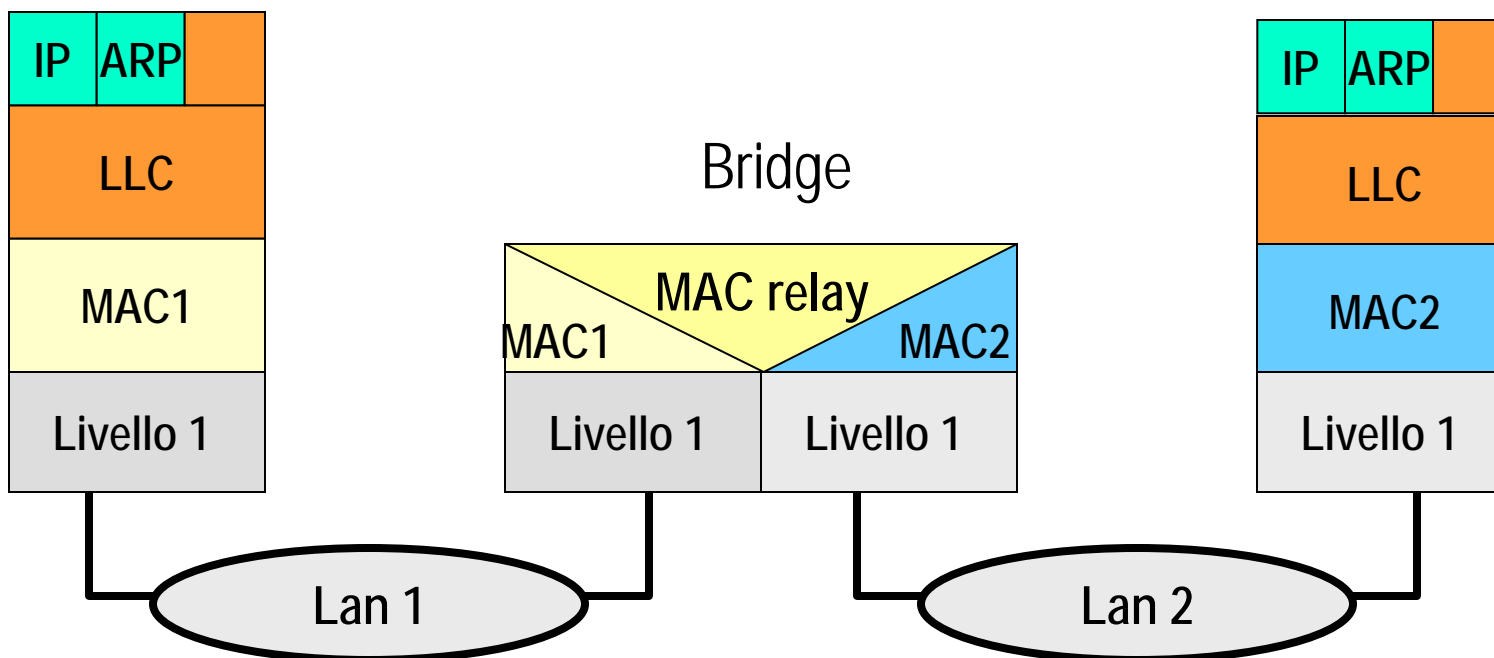
## ■ Pro:

- Possibilità di fare load balancing
- Selezione del cammino ottimo

## ■ Contro:

- Pesante overhead dovuto al processing ed alla trasmissione delle trame durante il processo di route discovery
- Operazioni aggiuntive richieste alle stazioni (non è un bridging trasparente)

## Bridge con MAC diversi

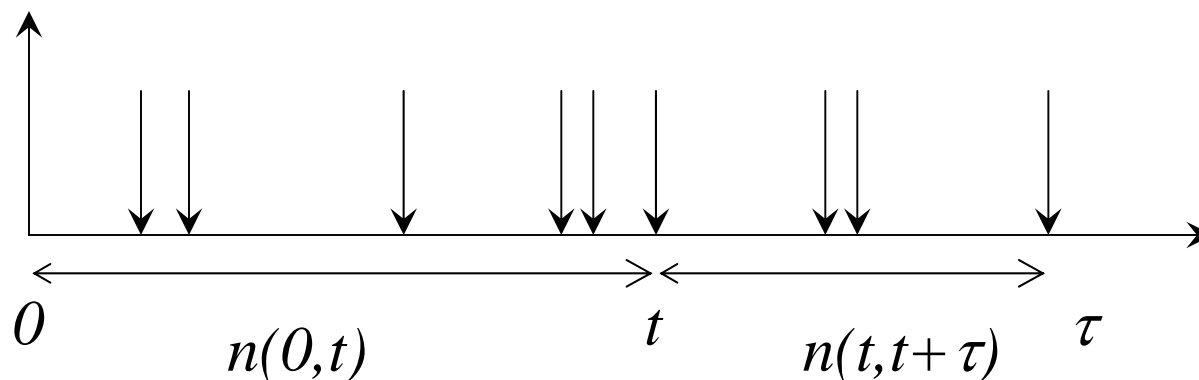


- **Il bridge deve opportunamente modificare la trama MAC e ricalcolare il FCS**

# **Accesso Multiplo Casuale: prestazioni**

# Richiamo sui processi casuali

- **Processo puntuale:**
  - **descrive la posizione di punti su un asse orientato (in generale l'asse temporale!)**
  - **descrizione:**
    - **$n(0,t)$  numero di punti nell'intervallo  $[0,t]$**
    - **$n(t,t+\tau)$  numero di punti nell'intervallo  $[t,t+\tau]$**



## Richiamo sui processi casuali

- **Processo di Poisson:**

- **1) La probabilità che ci sia un punto di Poisson in un intervallo infinitesimo  $dt$  è pari a:**

$$P[n(t, t + dt) = 1] = \lambda dt$$

- **dove il parametro  $\lambda$  rappresenta la frequenza del processo (in punti per unità di tempo).**

## Richiamo sui processi casuali

- **Processo di Poisson:**
  - **2) La probabilità che ci siano più punti in un intervallo infinitesimo  $dt$  è nulla**

$$P[n(t, t + dt) > 1] = 0$$

- **3) Il numero di punti presenti in intervalli di tempo disgiunti sono variabili casuali indipendenti.**

## Richiamo sui processi casuali

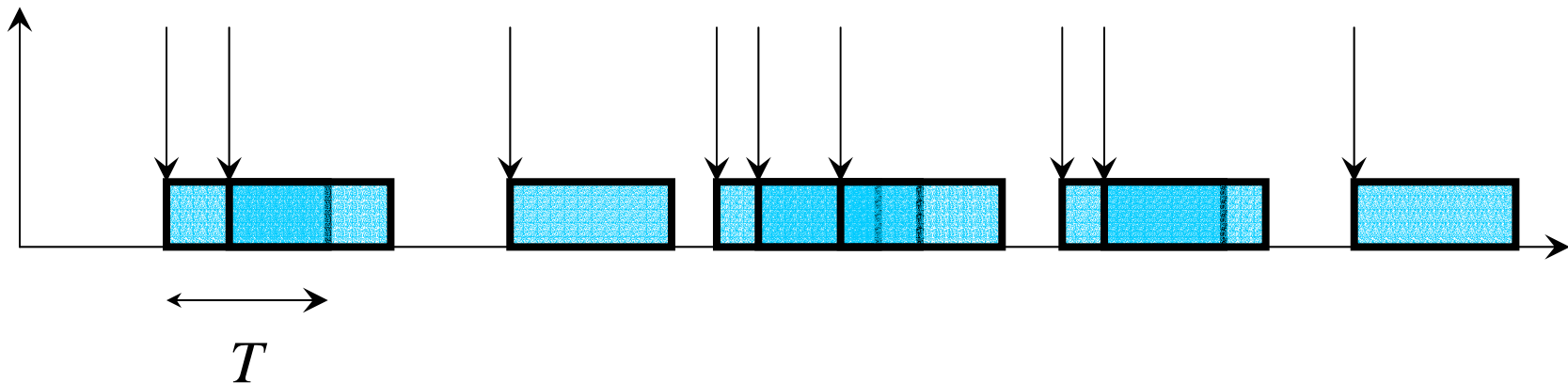
- **Processo di Poisson:**
  - **La probabilità che vi siano  $k$  punti di Poisson in un intervallo temporale  $\tau$  è pari a:**

$$P[n(t, t + \tau) = k] = \frac{(\lambda \tau)^k}{k!} e^{-\lambda \tau}$$

## Prestazioni dell'ALOHA puro

- si consideri il processo del traffico sul canale, ossia il processo puntuale dell'inizio delle trasmissioni che si possono osservare sul canale
- Si assuma che il processo del traffico di canale sia assimilabile a un processo di Poisson
- la frequenza del traffico, è indicata con  $G$  trasmissioni nell'unità di tempo  $T$  pari al tempo di trasmissione dei pacchetti, supposti di lunghezza costante.

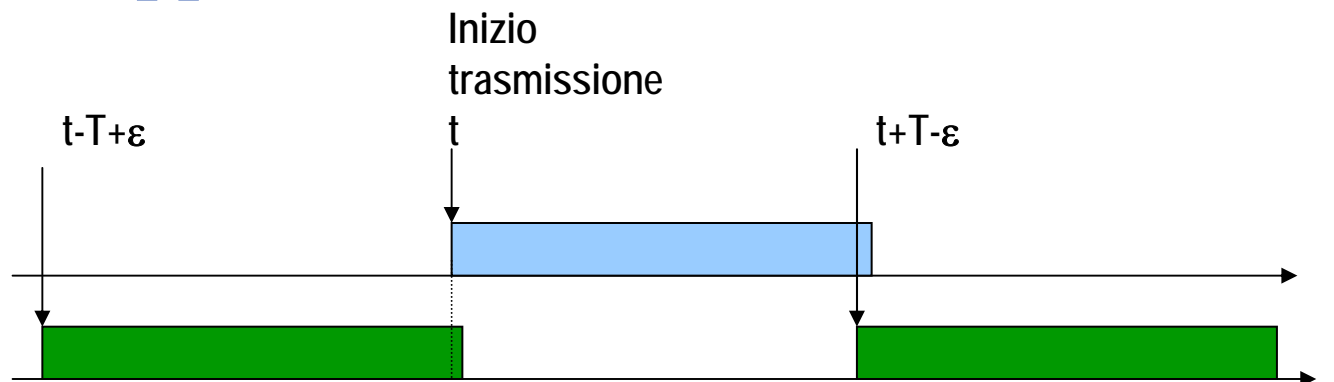
$$\lambda = \frac{G}{T}$$





## Prestazioni dell'ALOHA puro

- La probabilità che un pacchetto venga trasmesso senza essere disturbato da altri è pari alla probabilità che nessun altro pacchetto venga trasmesso  $T$  secondi prima e  $T$  secondi dopo l'inizio della trasmissione del pacchetto in oggetto
- in caso contrario le trasmissioni si sovrapporrebbero



## Prestazioni dell'ALOHA puro

- Per l'assunzione sul processo di Poisson sul traffico la probabilità che una trasmissione non venga interferita da altre (probabilità di successo  $P_s$ ) è data dalla probabilità che nell'intervallo  $2T$  non vi siano altre trasmissioni e quindi:

$$P_s = e^{-2G}$$

si ricordi che:  $P[n(t, t + \tau) = k] = \frac{(\lambda \tau)^k}{k!} e^{-\lambda \tau}$

E dunque:  $P[n(t, t + 2T) = 0] = \frac{(\frac{G}{T} \cdot 2T)^0}{0!} e^{-\frac{G}{T} \cdot 2T} = e^{-2G}$

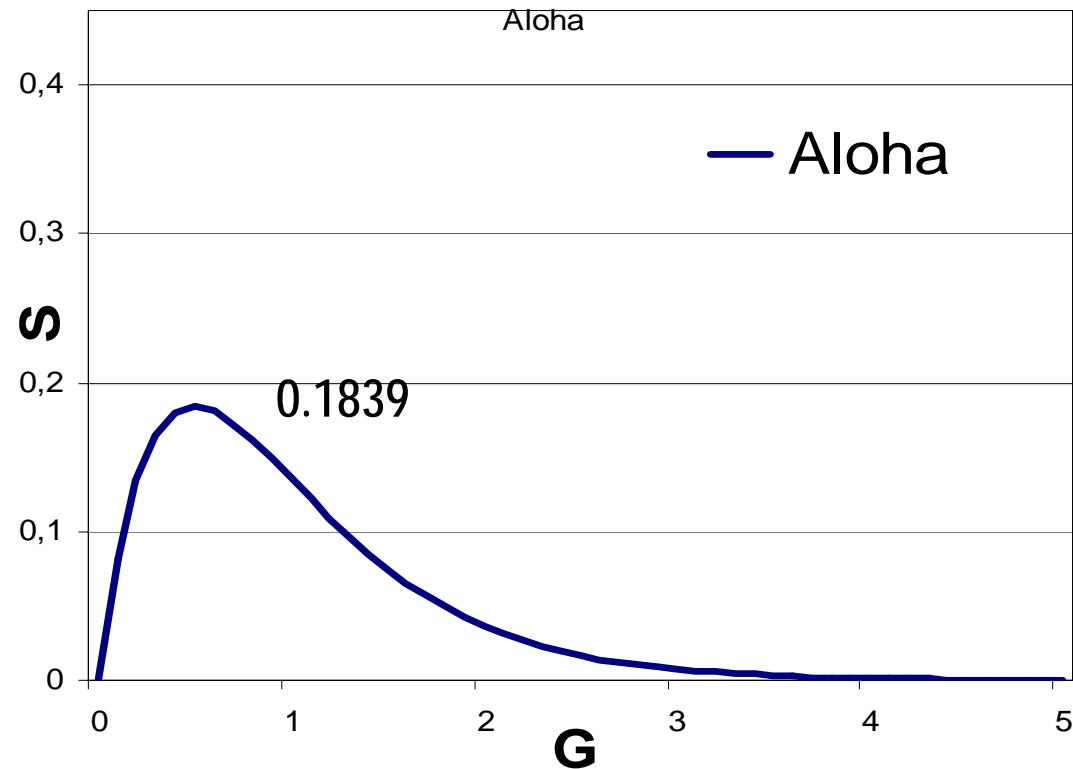
## Prestazioni dell'ALOHA puro

- Il numero medio di pacchetti trasmessi con successo in un intervallo di tempo T risulta allora essere:

$$S = Ge^{-2G}$$

- Tale valore definisce quello che viene indicato come *throughput* del sistema espresso appunto in pacchetti trasmessi nell'unità di tempo T (varia quindi tra 0 e 1).

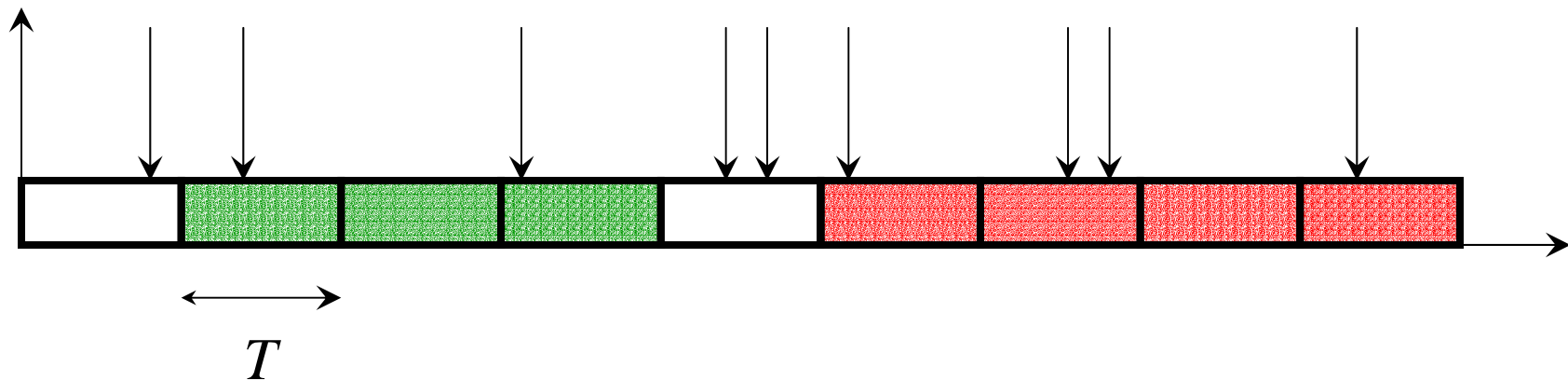
# Prestazioni dell'ALOHA puro



- Sarà stabile?
- Il processo  $G$  è stazionario?

## Prestazioni dello slotted-ALOHA

- si assume un parziale coordinamento fra le stazioni, consistente nel sincronismo dei possibili istanti di trasmissione, che distano  $T$  (slotting del tempo)
- le stazioni dunque hanno in comune un riferimento temporale e possono trasmettere solo iniziando al tempo  $0, T, 2T, \dots$



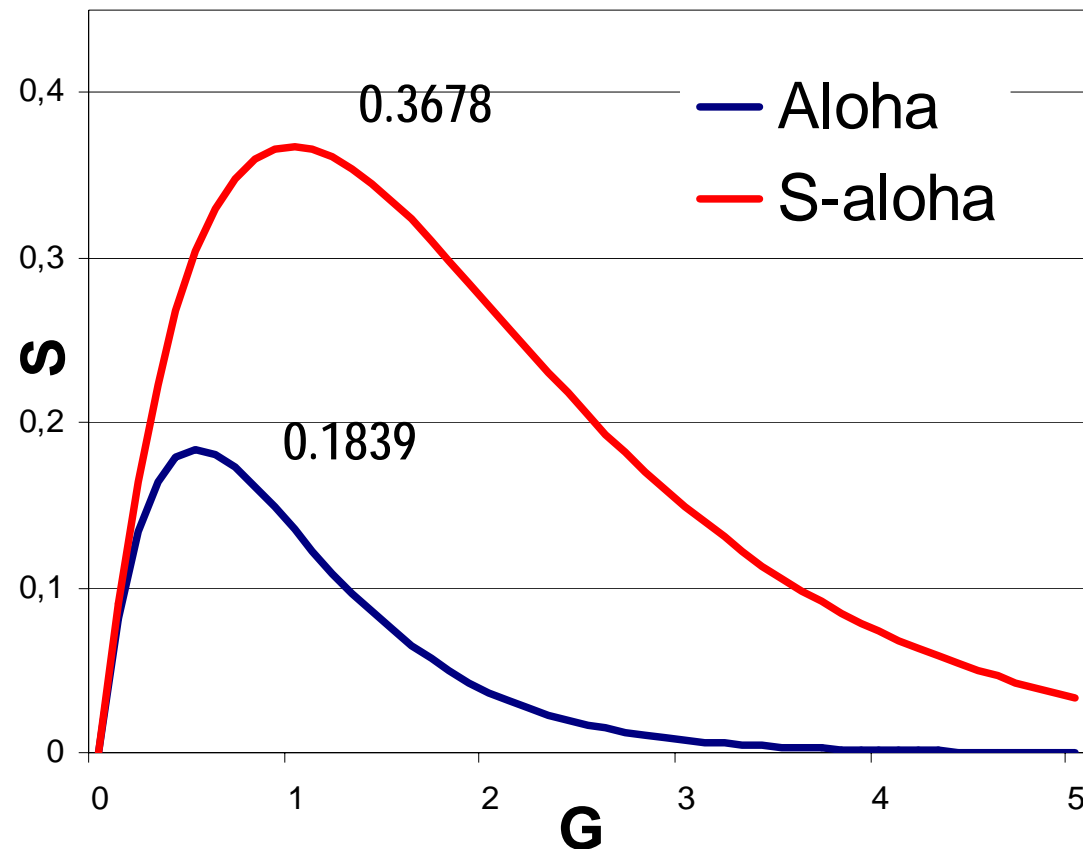
## Prestazioni dello slotted-ALOHA

- Appare chiaro che il sincronismo evita il caso di sovrapposizioni parziali delle trasmissioni e quindi la collisione si ha solo se altri pacchetti partono nello stesso istante del pacchetto scelto
- Dunque, col modello semplificato visto prima, la probabilità di non avere collisione è data da:

$$P_s = e^{-G}$$

# Prestazioni dello slotted-ALOHA

- E quindi il throughput:  $S = Ge^{-G}$



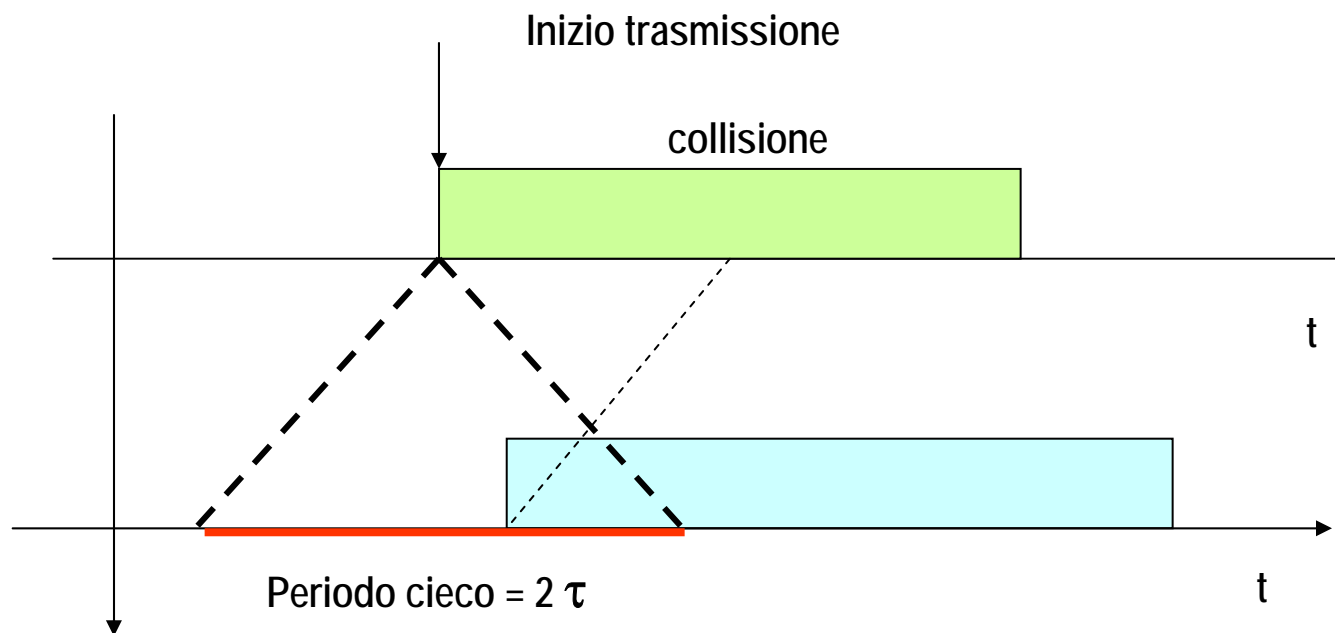
## Prestazioni del CSMA

- **L'operazione del CSMA consiste nel monitorare il canale e nell'astenersi da ogni trasmissione se il Carrier Sensing indica che il canale è già occupato.**
- **Se il canale è libero il protocollo agisce come l'ALOHA e trasmette appena pronto il messaggio.**
- **In caso di collisione un nuovo tentativo viene effettuato dopo un ritardo casuale.**



## Prestazioni del CSMA

- Si noti che nonostante l'ascolto del canale le collisioni sono ancora possibili se il tempo di propagazione fra una stazione e l'altra è  $\tau$  maggiore di 0, come avviene in pratica

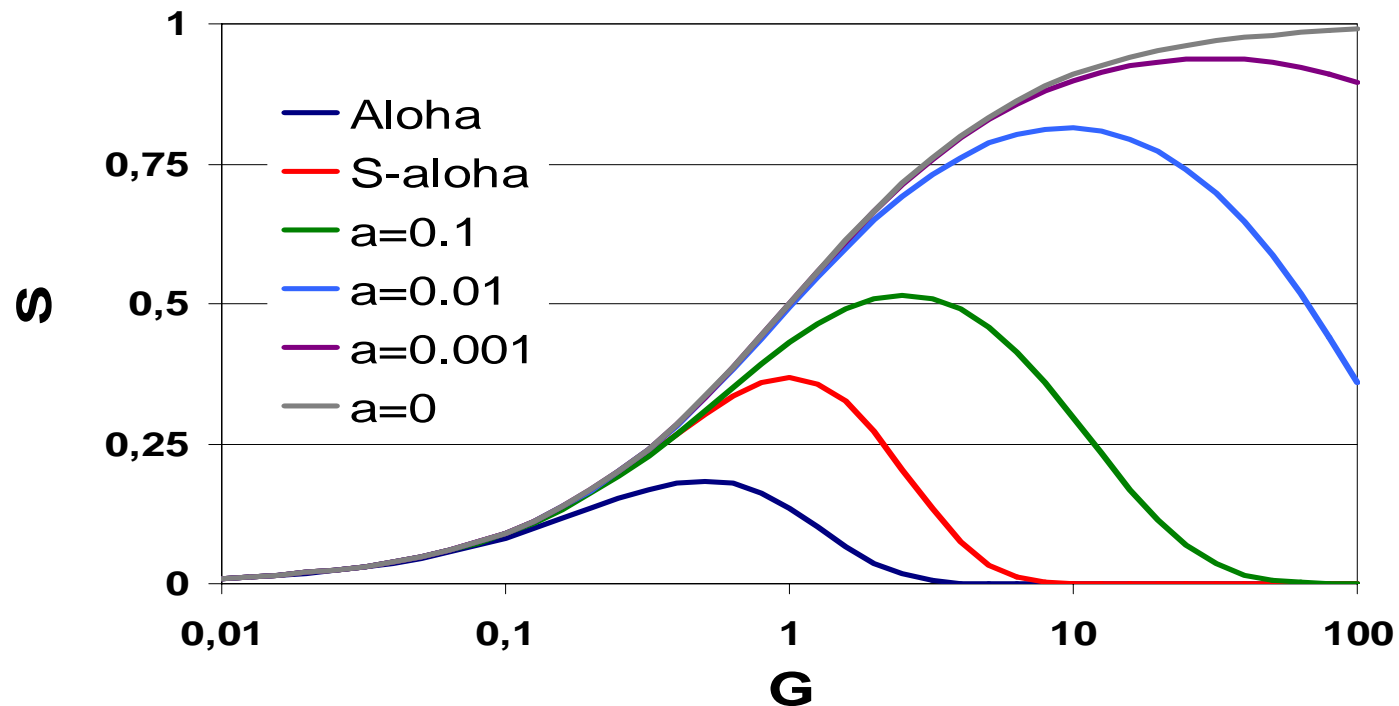


# Prestazioni del CSMA

- **Per le prestazioni si assuma lo stesso modello dell'ALOHA con**
  - **T tempo di trasmissione del pacchetto**
  - **$\tau$  tempo di propagazione**
  - **$a=\tau/T$**
- **si assume inoltre la modalità non-persistent (l'unica che consente di trattare facilmente il traffico sul canale)**

# Prestazioni del CSMA

- Si può mostrare che: 
$$S = \frac{Ge^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG}}$$



## Prestazioni del CSMA-CD

- Come nel CSMA ma con in più la possibilità di interrompere la trasmissione appena ci si accorge della collisione.
- Per le prestazioni si assume sempre lo stesso modello con
  - $T$  tempo di trasmissione del pacchetto
  - $\tau$  tempo di propagazione
  - $a = \tau/T$
  - $\delta$  tempo per accorgersi della collisione e interrompere la trasmissione
- si assume sempre la modalità non-persistent

## Prestazioni del CDMA-CD

■ Si ha:

$$S = \frac{Ge^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG} - G(1-\delta)(1-e^{-aG})}$$

■ per  $\delta=0$ :

