

Lucidi di Antonio Capone-  
Politecnico di Milano

Reti e Sistemi Operativi

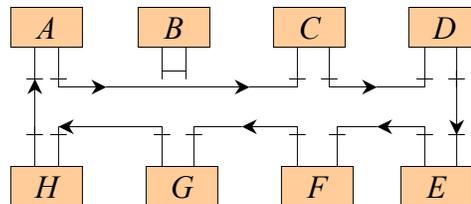
## Reti Locali parte B

1

## 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.

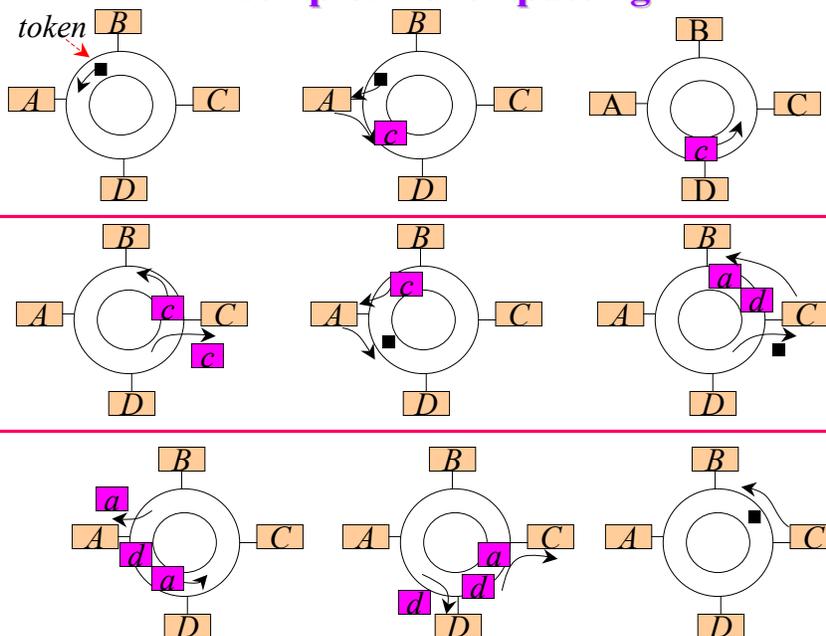
2

## 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 stazione 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 una stazione eletta ad essere **Active Monitor**

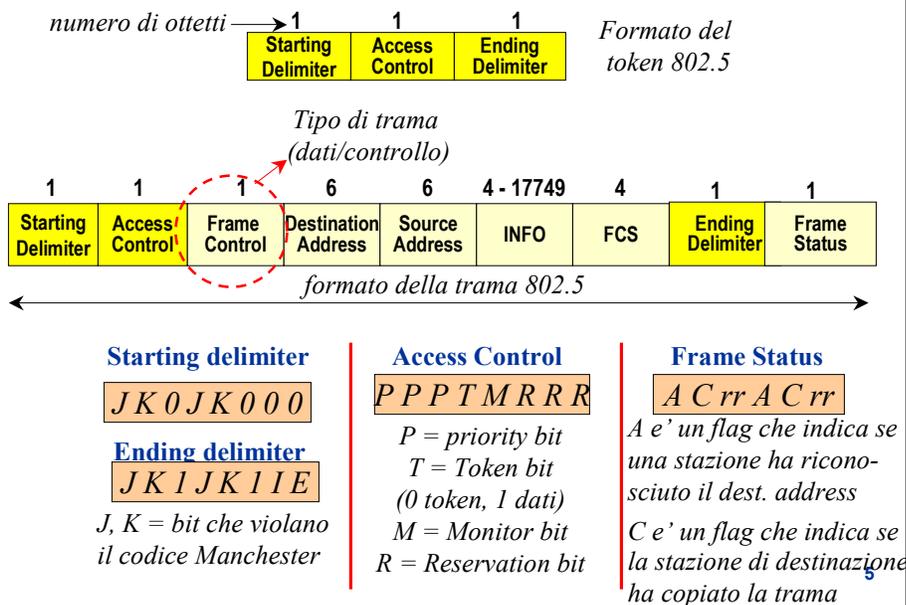
3

### Esempio: Token passing

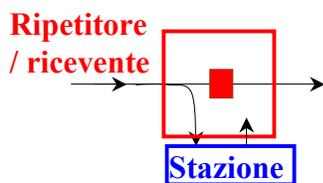


4

## IEEE 802.5: formato del pacchetto



## Stato delle stazioni del token ring

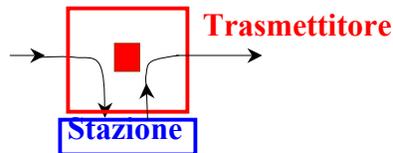


### ■ Funzionamento come ricevitore/ricevente

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 e' pari al MAC address della stazione setta opportunamente i flag del Frame Status:

*(A = 1, C = 1) trama ricevuta correttamente dalla destinazione*

## Stato delle stazioni del token ring



- **Funzionamento come trasmettitore**

Dopo aver catturato un token la stazione trasmette le proprie trame in coda fino ad un certo numero massimo. Quando le trame trasmesse sono ricevute dalla stazione questa provvede a rilanciare il token che viene trasmesso sul canale verso la stazione successiva.

7

## Transizioni di stato

- **Ripetitore** → **Trasmettitore**

Avviene in seguito alla cattura di un token.

**Cattura di un token:** quando un ripetitore in stato ricevente attaccato ad una stazione con trame da trasmettere riceve

Starting delimiter Access Control

`JK0JK000|PPP0`

↑  
*token bit*

cambia il token bit da 0 a 1 e appende le sue trame.

- **Trasmettitore** → **Ripetitore**

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

8

## Strategia di generazione del token

- **Single token**

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

- **Single token with early release**

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

- **Multiple token**

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

9

## Funzioni di supervisione dell'Active Monitor

- **Active Monitor:**

E' eletta come Active Monitor la stazione con indirizzo piu' 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 estratta.

**Action:**

Il Monitor marca 1 il bit M delle trame. Se riceve una trama con  $M=1$ , questo significa che la trama ha gia' fatto almeno un giro completo e viene rimossa dal Monitor.

10

## Funzioni di supervisione dell'Active Monitor

### ■ Active Monitor:

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

### ESEMPIO 2

#### Problema: perdita di token

Se la stazione che trattiene il token per eseguire la trasmissione non lo ritrasmette si osserva assenza di attivita' 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 trasmette un nuovo token.

11

## IEEE 802.5: prioritá' di accesso

- Utile per privilegiare applicazioni real time.
- La prioritá' indicata nel campo **Access Control (AC)** del token limita l'accesso alle stazioni che abbiano da trasmettere trame con prioritá' maggiore o uguale di quella specificata.
- Una stazione che vuole trasmettere ad una data prioritá' richiede che venga rilasciato un token con tale prioritá' utilizzando il sottocampo reservation bit nell' AC di un pacchetto in transito. In particolare una stazione scrive in AC la prioritá' richiesta purché il valore corrente dei reservation bit sia minore della prioritá' da richiedere.
- La stazione che genera il prossimo token ricevuta la segnalazione imposta i priority bit uguali ai reservation bit e azzerata i reservation bit.

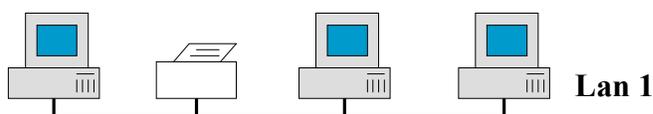
12

## Token Ring: prestazioni

- Affidabilità ← Mezzo trasmissivo attivo (soluzioni: bypass stazioni, cablaggio a stella)
- MAC centralizzato
- 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 il meccanismo a prioritá'. Adatto per applicazioni con vincoli sul ritardo di trasmissione.

13

## 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)

14

## Bridge

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

15

## Differenza fra Repeater e Bridge

16

## Vantaggio dell' interconnessione di reti locali

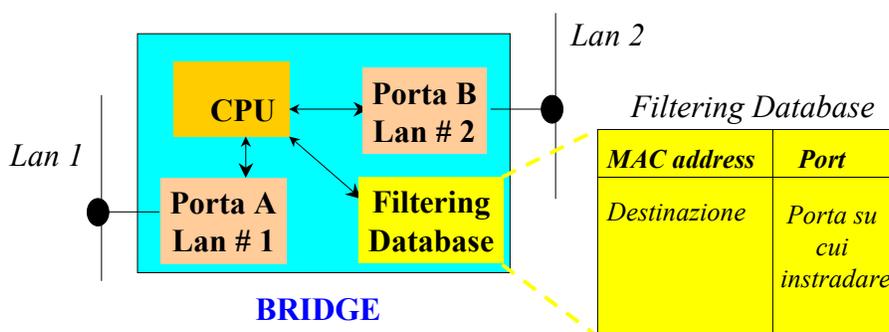
- Possibile interconnettere apparecchiature in aree geograficamente piu' estese (es. rete di campus)
- Throughput piu' elevato
  - trasmissioni contemporanee su piu' segmenti di LAN sono possibili e non generano collisioni.
- Reliability
- Sicurezza

- **VLAN**

17

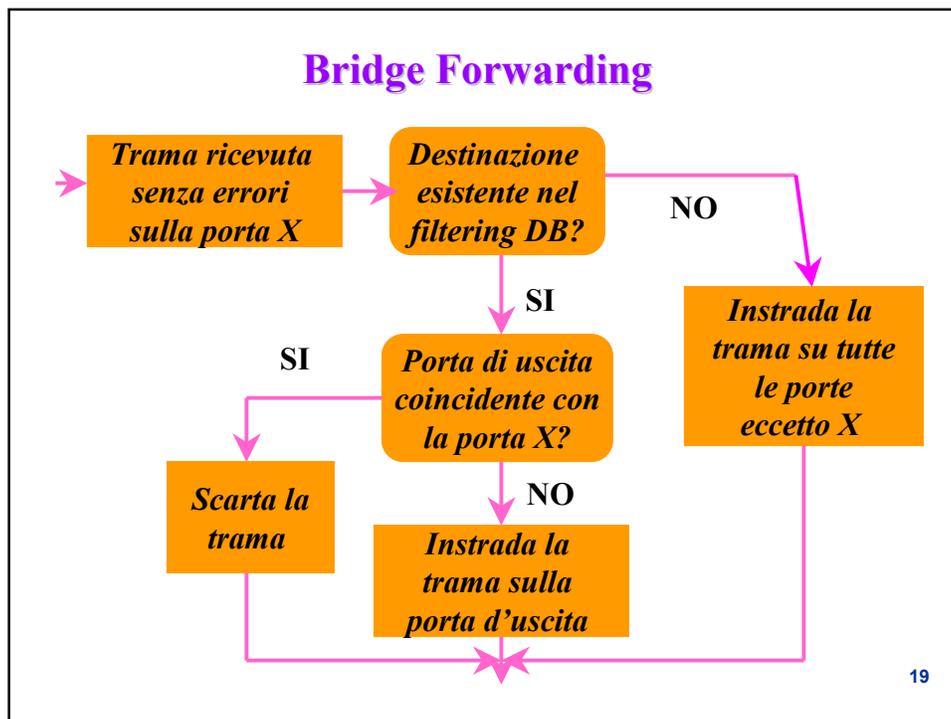
## Architettura di un bridge

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



18

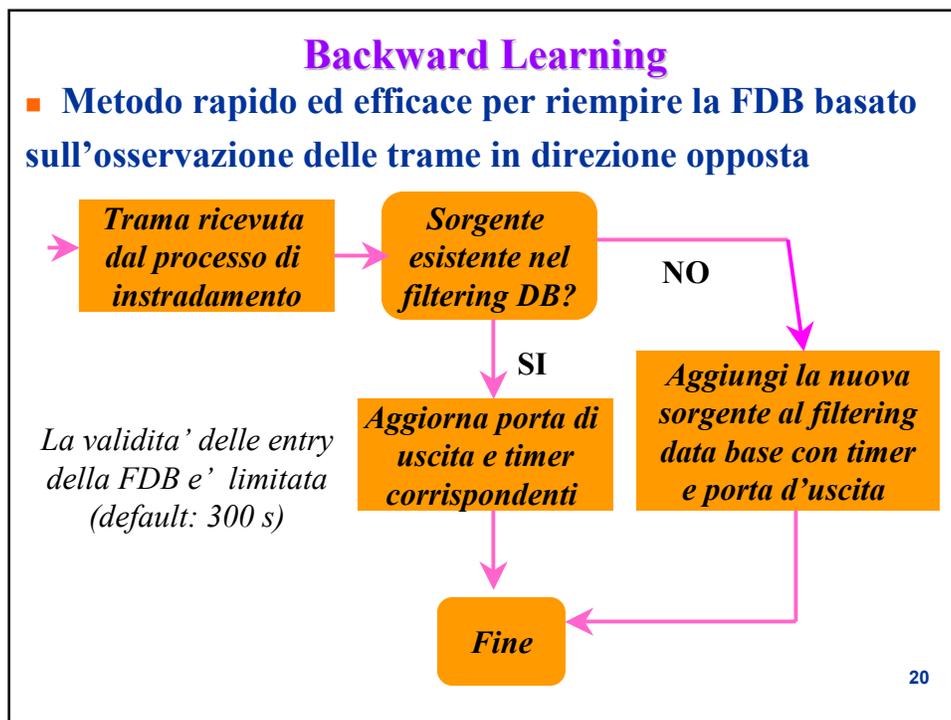
## Bridge Forwarding



19

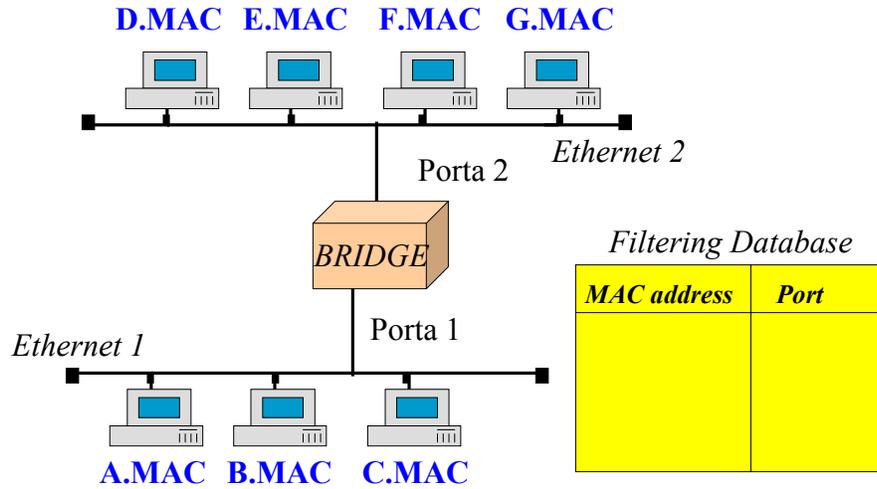
## Backward Learning

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



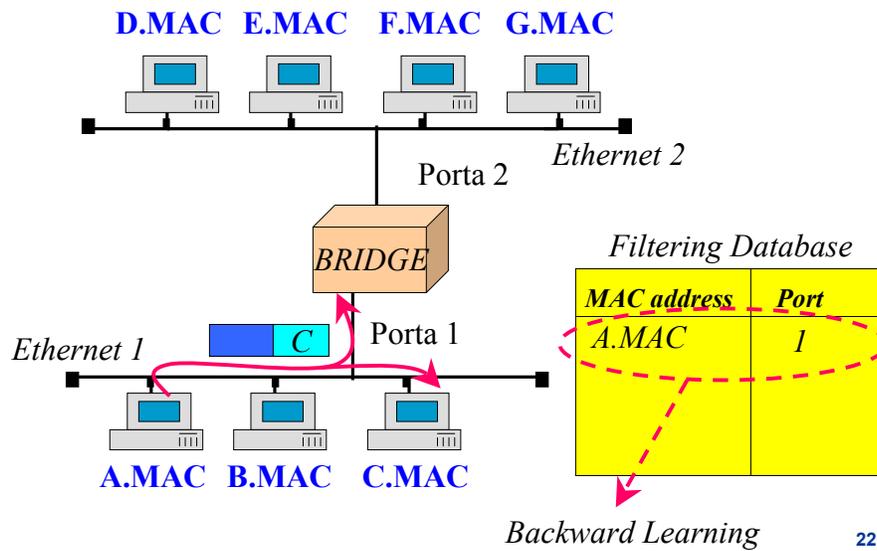
20

## Esempio

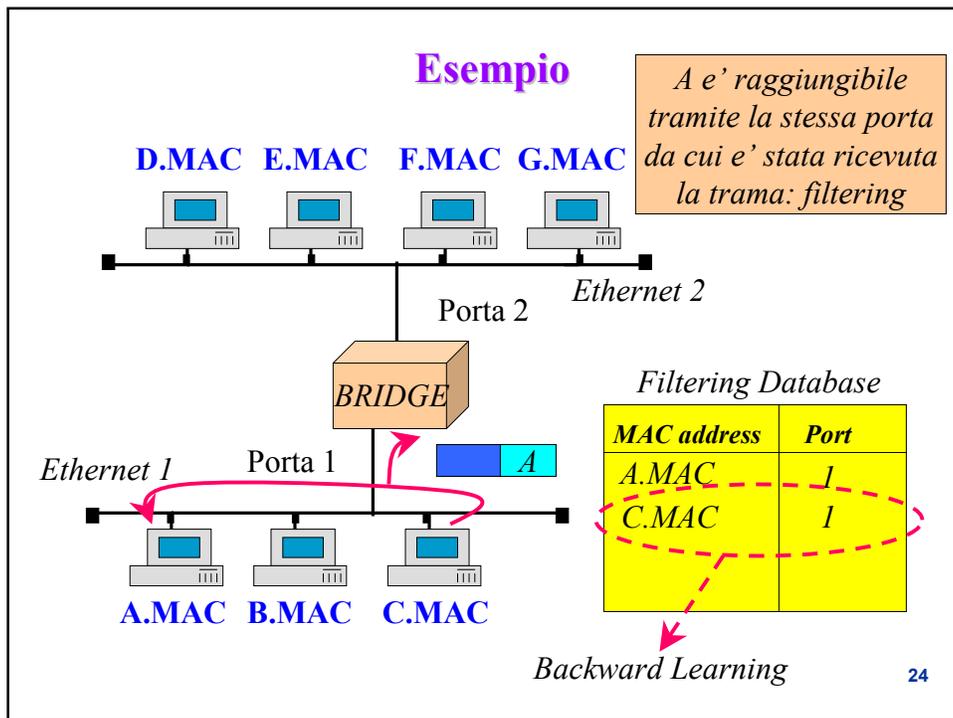
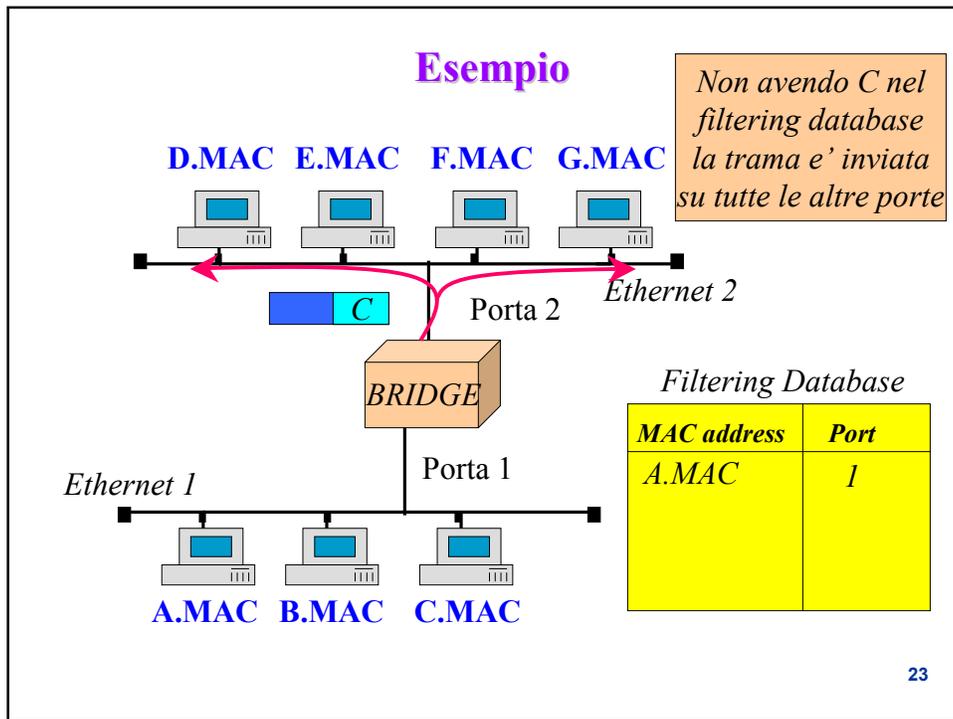


21

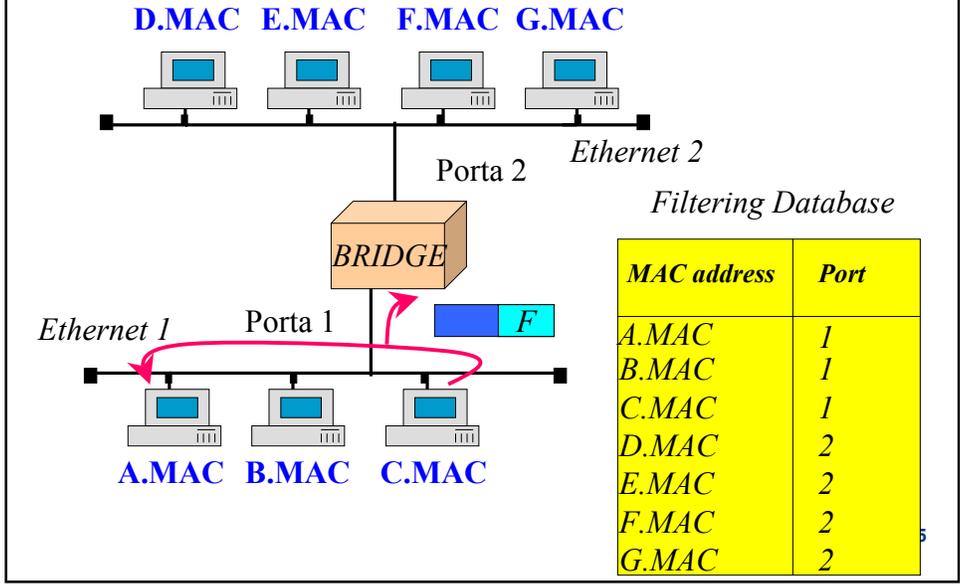
## Esempio



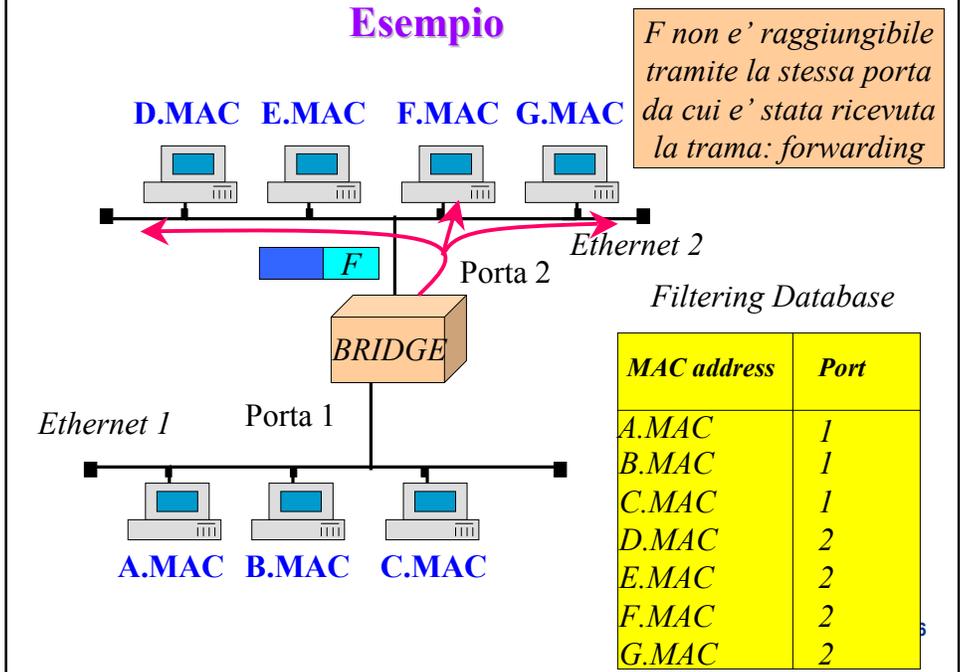
22



### Esempio: FD completo

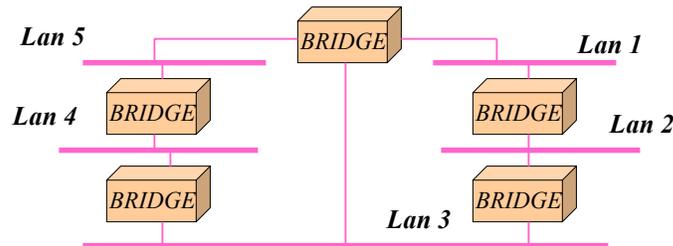


### Esempio



## Spanning Tree

- L'interconnessione di LAN e' di solito una topologia magliata ← miglior fault tolerance

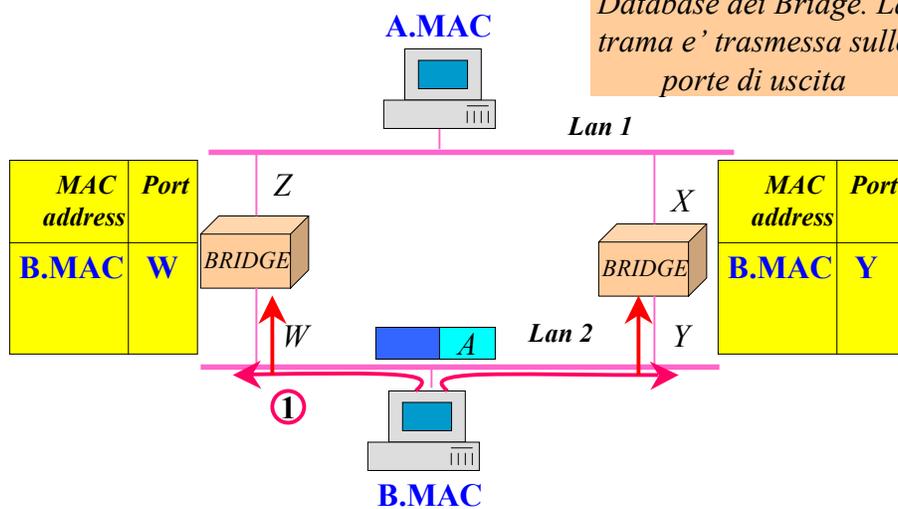


- Per funzionare correttamente l'algoritmo descritto in precedenza deve operare su una topologia ad albero.
- Se sono presenti cicli in pochi attimi si bloccano tutti i sistemi connessi alla rete (Broadcast Storm).

27

## Broadcast Storm

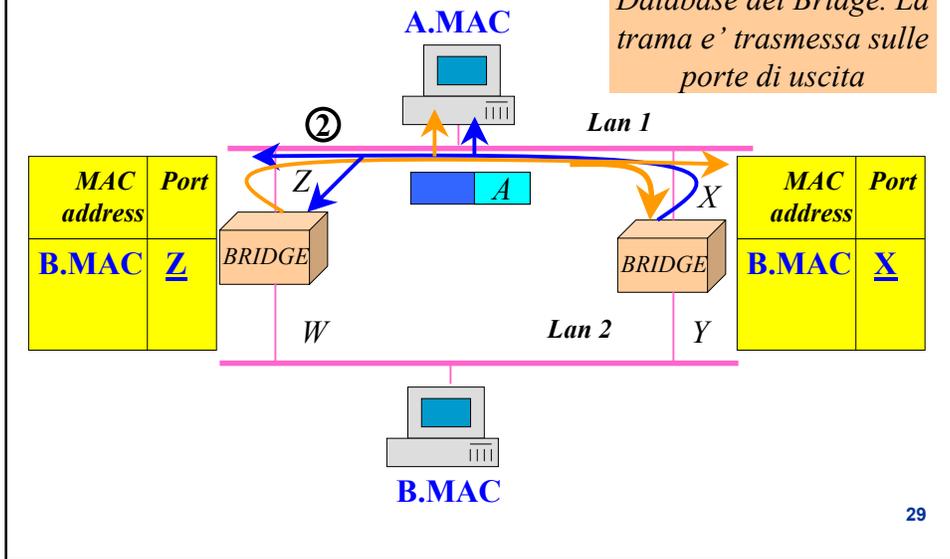
*B non e' nei Forwarding Database dei Bridge. La trama e' trasmessa sulle porte di uscita*



28

## Broadcast Storm

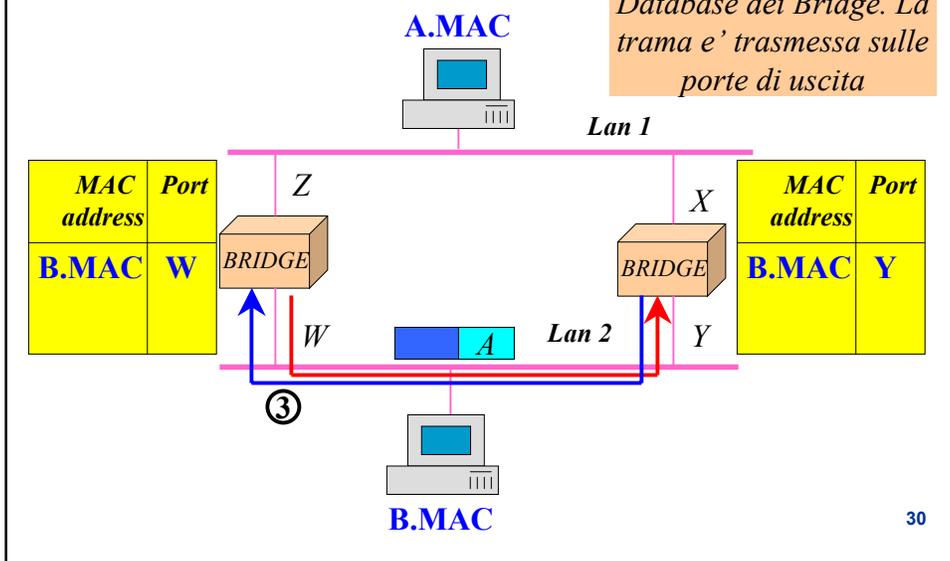
*B non e' nei Forwarding Database dei Bridge. La trama e' trasmessa sulle porte di uscita*



29

## Broadcast Storm

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



30



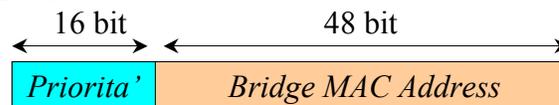
## Algoritmo di Spanning Tree

- 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.

33

## Elezione del Root Bridge

- Il primo passo compiuto dallo STP e' la selezione del Root Bridge.
- Per eleggere il Root Bridge si utilizza il **Bridge ID**, identificativo univoco di 64 bit dei Bridge Presenti sulla rete.



- Il campo Priorita' e' settabile dall'amministratore di rete.
- Il Bridge MAC Address corrisponde al piu' piccolo tra i MAC Address delle porte del Bridge.
- Al termine del processo di elezione viene scelto come Root Bridge il Bridge con Bridge ID minore.

34

## 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

35

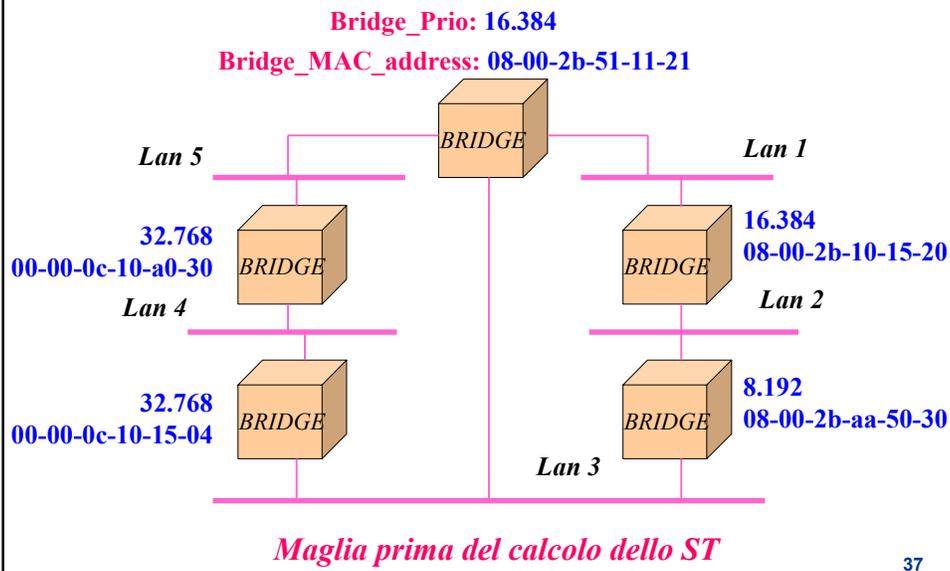
## Selezione della Designated Bridge Port

- Su ciascuno dei segmenti di LAN a cui siano connessi piu' 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 e' 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 parita' di distanza, il Bridge con minor Bridge ID.

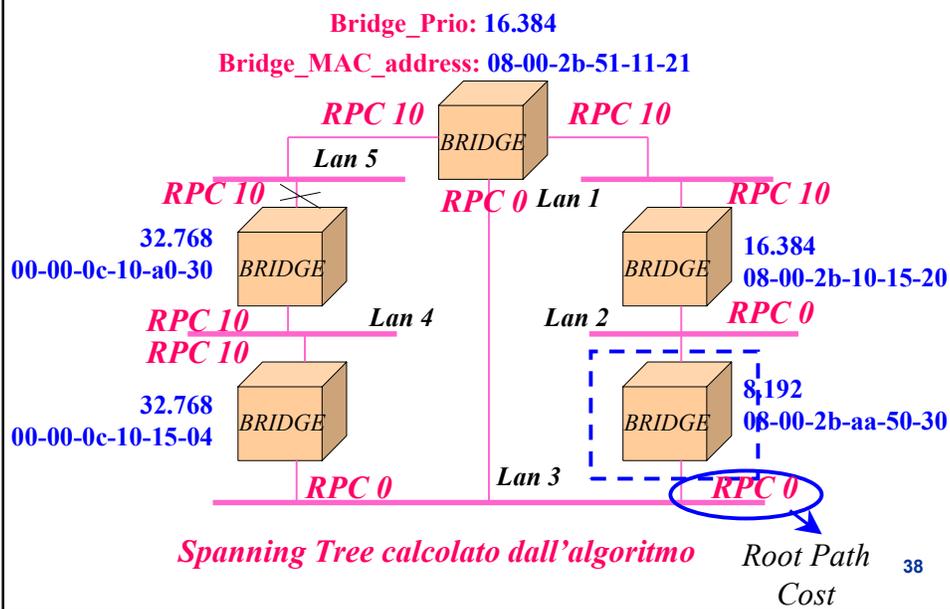
*Le porte del Root Bridge sono Designated Bridge Ports !*

36

## Esempio: protocollo di Spanning Tree



## Esempio: protocollo di Spanning Tree



## Tipi di bridge

- I bridge che abbiamo descritto sono denominati **transparent bridging**
  - L'interconnessione di LAN e' del tutto trasparente all'utente
- **Transparent bridging e' 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

39

## 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.

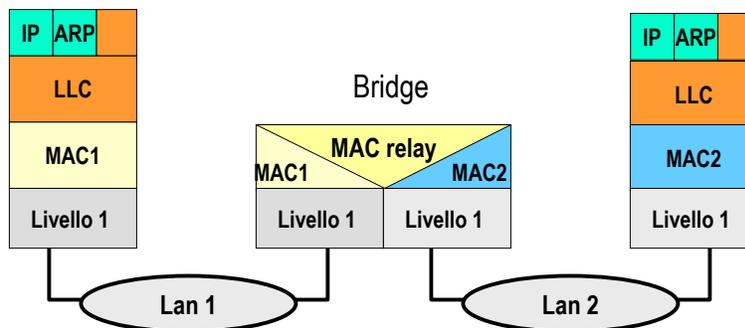
40

## Source bridging

- **Pro:**
  - Possibilita' 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 e' un bridging trasparente)

41

## Bridge con MAC diversi

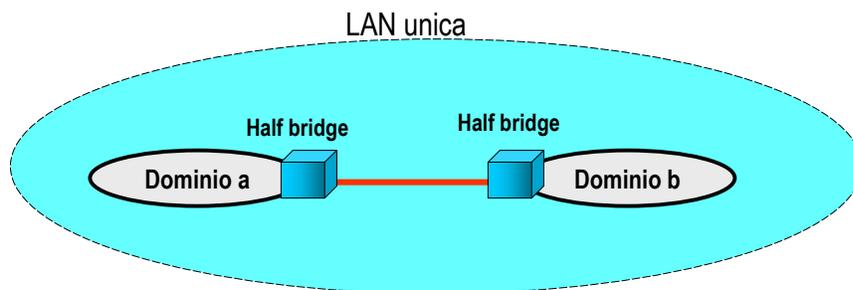


- **Il bridge deve opportunamente modificare la trama MAC e ricalcolare il FCS**
- **Non puo' effettuare la segmentazione**

42

## Half Bridge

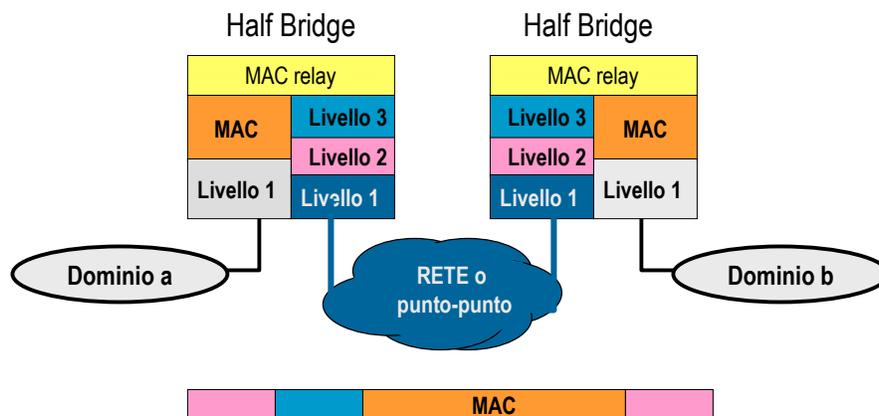
- ◆ Creano una LAN a estensione geografica
- ◆ Connette due metà di un bridge a lunga distanza tramite tunnel punto-punto o con reti esistenti (X.25, Frame Relay, IP, HDLC)



43

## Half Bridge

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



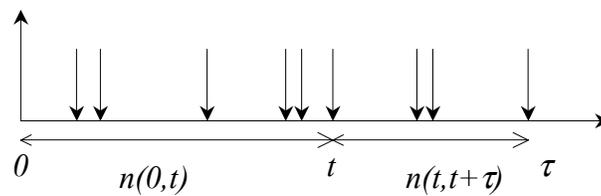
44

## Accesso Multiplo Casuale: prestazioni

45

## 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  $[t,t+\tau]$



46

## 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).

47

## 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 un intervalli di tempo disgiunti sono variabili causali indipendenti.

48

## Richiamo sui processi casuali

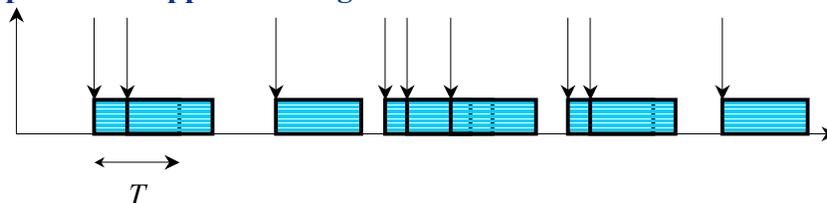
- **Processo di Poisson:**
  - La probabilità che vi siano  $k$  punti di Poisson in un intervallo temporale  $\tau$  è pari a:

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

49

## 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.



50

## 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



51

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

52

## Prestazioni dell'ALOHA puro

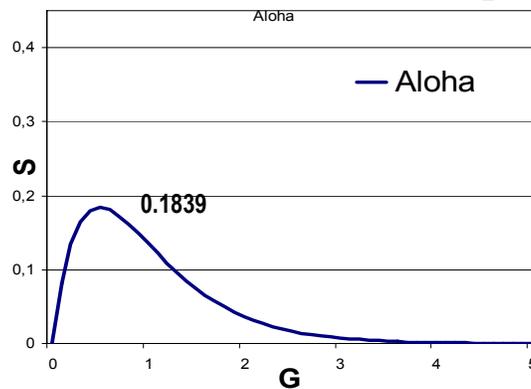
- Il numero medio di pacchetti trasmessi con successo in un intervallo di tempo T risulta allora essere:

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

- 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).

53

## Prestazioni dell'ALOHA puro

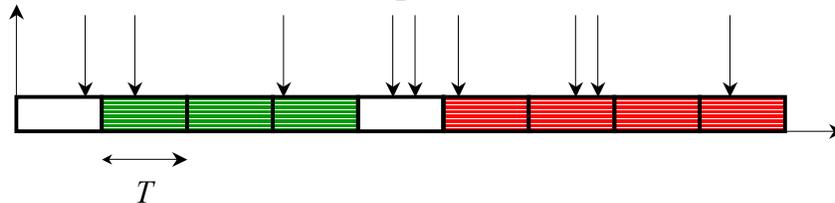


- Sarà stabile?
- Il processo  $G$  è stazionario?

54

## 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  $0, T, 2T, \dots$



55

## Prestazioni dello slotted-ALOHA

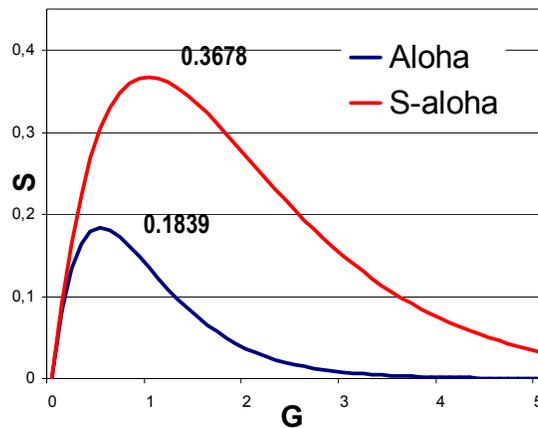
- Appare chiaro che il sincronismo evita il caso di sovrapposizioni parziali delle trasmissioni e quindi la collisioni si ha solo se altri pacchetti partono nello stesso istante del pacchetto scelto
- Dunque, col modello semplificato visto prima, la probabilità di non avere collisione è data da:

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

56

## Prestazioni dello slotted-ALOHA

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



57

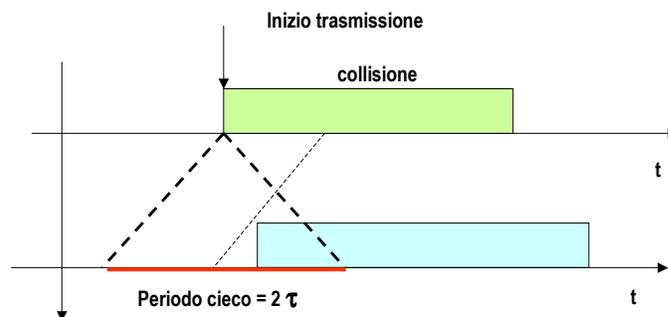
## Prestazioni del CSMA

- 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.

58

## 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



59

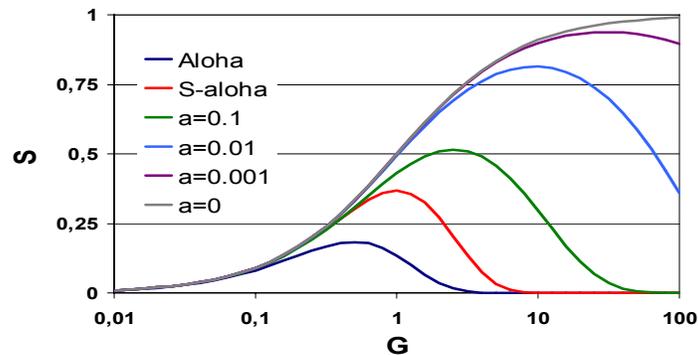
## Prestazioni del CSMA

- 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)

60

## Prestazioni del CSMA

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



61

## 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
- si assume sempre la modalità non-persistent

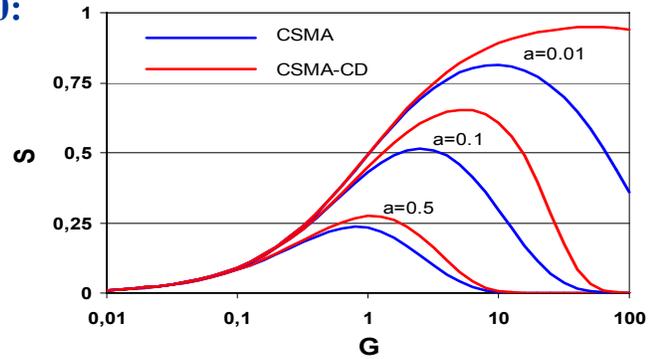
62

## Prestazioni del CSMA-CD

■ Si ha:

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

■ per  $\delta=0$ :



63