Corsi di Laurea in Ingegneria Informatica
Ingegneria delle Telecomunicazioni
Ingegneria dell'Automazione
Corso di Reti di Calcolatori

Simon Pietro Romano (spromano@unina.it)
Antonio Pescapè (pescape@unina.it)
Giorgio Ventre (giorgio@unina.it)

Lo strato di collegamento:

Ethernet – Hub – Bridge – Switch

Nota di Copyright

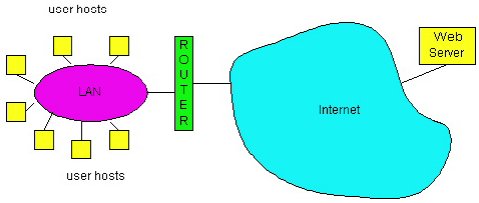
Tecnologie per le LAN

Riepilogo dei compiti del livello Data link:

- servizi, rilevamento/correzione degli errori, accesso al canale

Agenda: tecnologie per le LAN

- Indirizzamento
- Ethernet
- Hub, bridge, switch



3

Indirizzi IP ed indirizzi LAN

Indirizzi IP a 32-bit:

- Indirizzi di *livello rete*
- Usati per permettere la corretta consegna del pacchetto ad un destinatario collegato alla rete

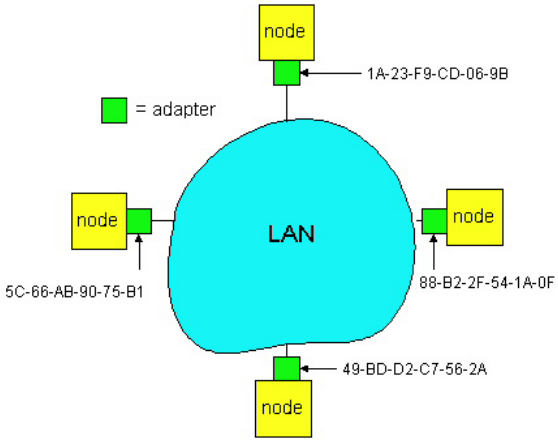
Indirizzi LAN (o MAC o fisici):

- usati per permettere la trasmissione di una frame da una scheda di rete ad un'altra scheda con cui sussiste un collegamento diretto (stessa rete fisica)
- indirizzi MAC di 48 bit (per la maggior parte delle LAN) cablati nelle ROM delle schede di rete

4

Indirizzi LAN

Ogni scheda di rete su una LAN ha un indirizzo LAN univoco



5

Indirizzi LAN

- Distribuzione degli indirizzi MAC gestita da IEEE
- I produttori di schede di rete detengono una porzione degli indirizzi MAC (per garantire l'univocità)
- Analogie:
  - (a) MAC address: come il Codice Fiscale
  - (b) IP address: come l'Indirizzo di Posta
- MAC "flat" address → portabilità
  - è possibile spostare una scheda di rete da una LAN ad un'altra
- Classi gerarchiche di indirizzi IP
  - NON SONO portabili
  - dipendono dalla rete alla quale si è collegati

6

Gli indirizzi MAC (1)

- Si compongono di due parti grandi 3 Byte ciascuna:
  - I tre byte più significativi indicano il lotto di indirizzi acquistato dal costruttore della scheda, detto anche *vendor code o OUI (Organization Unique Identifier).*
  - I tre meno significativi sono una numerazione progressiva decisa dal costruttore

0	8	0	0	2	b	3	c	0	7	9	a

OUI assegnato dall'IEEE — Assegnato dal costruttore

Gli indirizzi MAC (2)

Alcuni OUI:

Organization	Address Block
Cisco	00000Ch
DEC	08002B (et. al.)
IBM	08005A (et. al)
Sun	080020h
Proteon	000093h
Bay-Networks	0000A2h

Tipi di Indirizzi MAC

Sono di tre tipi:

- **Single: di una singola stazione**
- **Multicast: di un gruppo di stazioni**
- **Broadcast: di tutte le stazioni (ff-ff-ff-ff-ff-ff)**

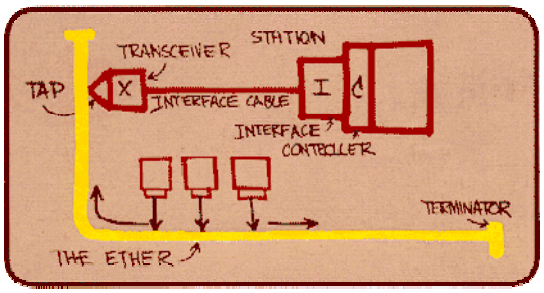
Ogni scheda di rete quando riceve un pacchetto lo passa ai livelli superiori nei seguenti casi:

- **Broadcast: sempre**
- **Single: se il DSAP è uguale a quello hardware della scheda (scritto in una ROM) o a quello caricato da software in un apposito buffer**
- **Multicast: se ne è stata abilitata la ricezione via software**

Ethernet

Tecnologia “dominante” per le LAN

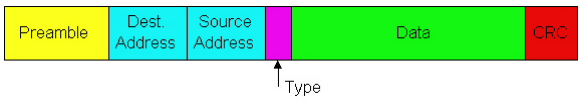
- Economica: 20€ per 100Mbs!
- La prima tecnologia LAN ampiamente diffusa
- Più semplice ed economica rispetto alle LAN “a token” e ad ATM
- Aggiornata nel corso degli anni: 10, 100, 1000 Mbps



Uno schizzo del progetto di Metcalfe per la rete Ethernet

Struttura della Frame Ethernet 1/2

L'interfaccia di rete del mittente incapsula i datagrammi IP (o altri pacchetti di livello rete) in frame Ethernet

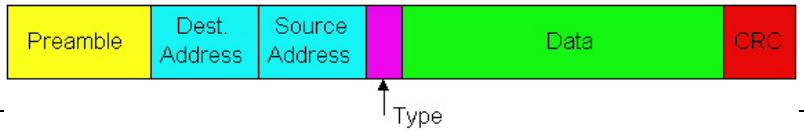


Preambolo (8 byte):

- 7 byte con una sequenza 10101010 seguiti da un byte con la sequenza 10101011
- utilizzato per sincronizzare i clock del mittente e del destinatario

Struttura della Frame Ethernet 2/2

- Indirizzi (6 byte): La frame è ricevuta da tutti gli adattatori di rete presenti sulla LAN, e scartata se l'indirizzo destinazione non coincide con quello della scheda stessa – (indirizzo broadcast: **ff:ff:ff:ff:ff:ff**)
- Type (2 byte): indica il protocollo di livello rete sovrastante, principalmente IP, ma altri protocolli (ad esempio ARP e AppleTalk) sono supportati
- CRC (4 byte): controllo effettuato alla destinazione
  - se l'errore è rilevato, la frame viene scartata



Ethernet: impiego del CSMA/CD

A: ascolta il canale, **if** idle

then {

transmit and monitor the channel;

If detect another transmission

then {

abort and send jam signal;

update # collisions;

delay as required by exponential backoff algorithm;

goto A

}

else {done with the frame; set # collisions to zero}

}

else {wait until ongoing transmission is over and goto A}

13

CSMA/CD

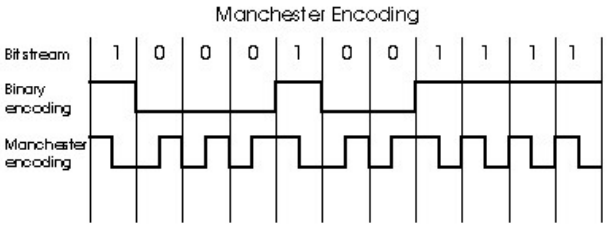
Jam Signal: consente alle altre stazioni di accorgersi dell'avvenuta collisione (48 bit)

Exponential Backoff

- *Obiettivo*: algoritmo per adattare i successivi tentativi di ri-trasmissione al carico corrente della rete
  - in presenza di sovraccarico il tempo d'attesa casuale sarà maggiore
    - prima collisione: scegli K tra {0,1}; il ritardo di trasmissione è pari ad un intervallo K x 512 bit (pari a 51.2 usec in una Ethernet a 10 Mbps)
    - dopo la seconda collisione: scegli K tra {0,1,2,3}…
    - dopo 10 o più collisioni, scegli K tra {0,1,2,3,4,…,1023}
- Segnale: in banda base, codifica Manchester

14

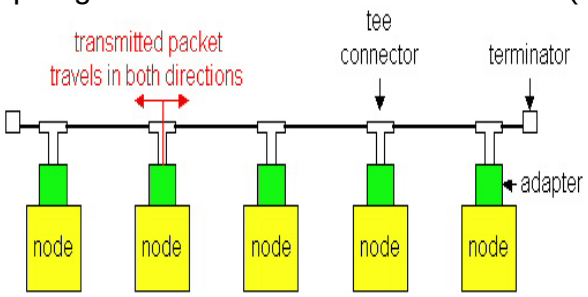
Codifica Manchester



- Usata in 10BaseT, 10Base2
- Ogni bit ha una transizione
- Permette ai clock dei nodi riceventi e trasmittenti di sincronizzasi
  - Non è richiesto un clock centralizzato e globale tra tutti i nodi
- E' una problematica di livello fisico

Ethernet Technologies: 10Base2

- 10: 10Mbps; 2: massima lunghezza del cavo: 200 metri
- Topologia a bus su cavo coassiale sottile (thin)

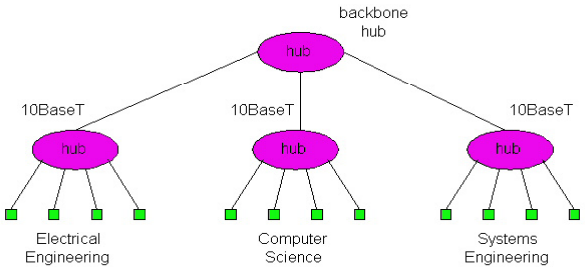


- Impiego di ripetitori per collegare più segmenti
- I ripetitori ritrasmettono i bit in entrata da un'interfaccia verso le altre interfacce
  - entità di livello fisico

16

10BaseT e 100BaseT (1/2)

- 10/100 Mbps
- La versione a 100Mbps è nota come “fast ethernet”
- T sta per Twisted Pair (doppino intrecciato)
- Topologia “a stella”, mediante un concentratore (hub) al quale gli host sono collegati con i doppini intrecciati



17

10BaseT e 100BaseT (2/2)

- Massima distanza tra nodo e hub pari a 100 metri
- Gli hub possono disconnettere le schede malfunzionanti
  - “jabbering”
- Gli hub possono
  - fornire informazioni utili al monitoraggio
  - collezionare statistiche per effettuare previsioni, agevolando il compito degli amministratori della LAN

18

Gbit Ethernet

- Usa il formato delle frame di Ethernet standard
- Funziona in modalità collegamento point-to-point ed a canale broadcast condiviso
- In modalità condivisa, è utilizzato il protocollo CSMA/CD
  - le distanze tra i nodi sono ridotte al minimo per aumentare l'efficienza
- Usa gli hub, che in questa tecnologia prendono il nome di "Buffered Distributors"
- Full-Duplex a 1 Gbps nel caso di collegamento di tipo point-to-point

19

Token Passing: standard IEEE 802.5

- 4 Mbps
- max token holding time: 10 ms (limita la massima lunghezza del frame)

- SD, ED rappresentano inizio e fine del frame
- AC: access control byte:
  - token bit: valore 0 significa che il token può essere preso, valore 1 indica che dei dati seguono il FC
  - priority bits: priorità della frame
  - reservation bits: una stazione può configurare questi bit per evitare che le stazioni con una priorità più bassa possano impossesarsi del token quando quest'ultimo diventa libero

20

Token Passing: standard IEEE 802.5

- FC: frame control utilizzato per effettuare monitoraggio e gestione della rete
- source, destination address: 48 bit per gli indirizzi fisici, così come in Ethernet
- data: pacchetto proveniente dal livello rete
- checksum: CRC
- FS: frame status: impostato dal **receiver** e letto dal **sender**
  - set per indicare che il ricevente è attivo, e che il frame è stato prelevato dall'anello
  - ACK di livello DLC

21

Interconnettere più LAN

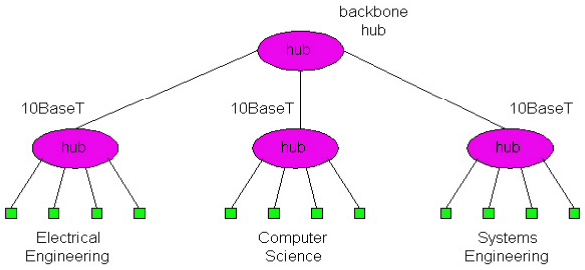
D: Perchè non creare un'unica grande LAN?

- Limitata quantità di banda disponibile, considerato che su una singola LAN tante stazioni dovrebbero condividere la banda
- Estensione limitata: ad esempio, 802.3 specifica la massima lunghezza del cavo
- "Dominio di collisione" troppo ampio (una trasmissione può collidere con molte altre)
- Numero limitato di stazioni: ad esempio, 802.5 introduce un ritardo in ogni stazione dovuto al passaggio del token

22

Hub

- Dispositivi di Livello Fisico:
  - sostanzialmente si tratta di ripetitori di bit
    - riproducono i bit in ingresso ad un'interfaccia su tutte le altre interfacce
- Gli hub possono essere organizzati in una gerarchia (o architettura multi-livello), con un backbone hub al livello più alto



23

Hub: caratteristiche

- Ogni LAN collegata è considerata come un **segmento di LAN**
- Gli hub non isolano i domini di collisione
  - le stazioni possono subire una collisione per una trasmissione simultanea con qualunque stazione presente su qualunque segmento
- Vantaggi degli hub
  - Sono dispositivi semplici e poco costosi
  - L'organizzazione Multi-livello garantisce una parziale tolleranza ai guasti: porzioni di LAN continuano a funzionare in caso di guasto ad uno o più hub
  - Estende la massima distanza esistente tra i nodi (100m per ogni Hub)

24

Limiti degli hub

- La creazione di un singolo dominio di collisione non comporta alcun aumento del throughput massimo
  - Il throughput complessivo in una rete multi-livello è lo stesso di una rete con un unico segmento
- La realizzazione di un'unica LAN impone un limite al numero massimo di stazioni che è possibile collegare, nonché all'estensione geografica che è possibile raggiungere
- Solo una tipologia di Ethernet (per esempio, 10BaseT e 100baseT)

25

Bridge (1/2)

- Dispositivi di livello 2: in grado di leggere le intestazioni di frame Ethernet, ne esaminano il contenuto, e selezionano il link d'uscita sulla base dell'indirizzo destinazione
- I bridge isolano i domini di collisione, grazie alla loro capacità di porre le frame in un buffer (dispositivi store & forward)
- Non appena una frame può essere inoltrata su un link d'uscita, un bridge usa il protocollo CSMA/CD sul segmento LAN d'uscita prima di trasmettere

26

Bridge (2/2)

- Vantaggi dei bridge
  - Isolano i domini di collisione, determinando un aumento complessivo del throughput massimo
  - Non introducono limitazioni sul numero massimo delle stazioni, né sull'estensione geografica
  - Possono collegare differenti tecnologie, dal momento che sono dispositivi di tipo store & forward
  - Trasparenti: non richiedono alcuna modifica negli adattatori dei computer

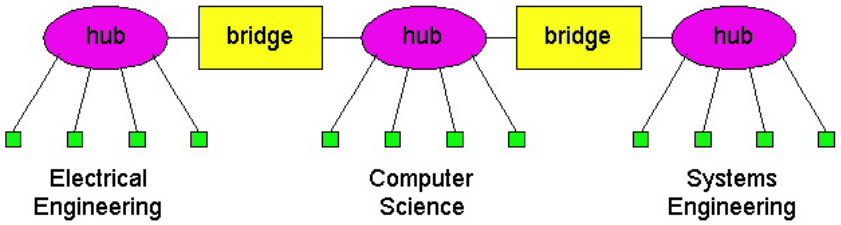
27

Bridge: frame filtering & forwarding

- Forwarding:
  - Come fare a sapere su quale segmento una frame deve essere inoltrata?
- I bridge filtrano i pacchetti
  - Stesso segmento di LAN
    - le frame non sono inoltrate su altri segmenti di LAN

28

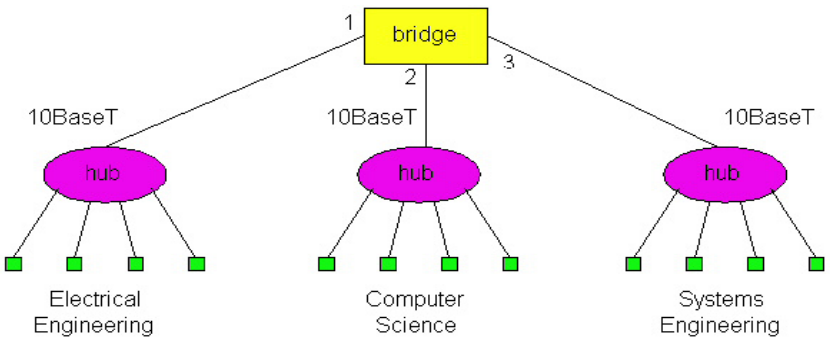
Interconnessione senza backbone



- Soluzione non consigliata a causa di due motivi
  - esiste un punto critico presso l'hub di Computer Science, in caso di rottura dello stesso
  - il traffico tra EE e SE deve necessariamente attraversare il segmento CS

29

Backbone Bridge



30

Bridge Filtering

- I bridge eseguono un algoritmo di *auto apprendimento* per scoprire a quali interfacce sono collegati gli host
  - Le informazioni raccolte sono salvate in delle “filtering tables”
    - Quando una frame è ricevuta, il bridge “prende nota” del segmento di LAN di provenienza
    - L’interfaccia di provenienza è memorizzata in una filtering table
      - filtering table entry
        - » (Node LAN Address, Bridge Interface, Time Stamp)
      - dati della Filtering Table obsoleti vengono cancellati (TTL tipicamente pari a 60 minuti)

31

Bridge Filtering

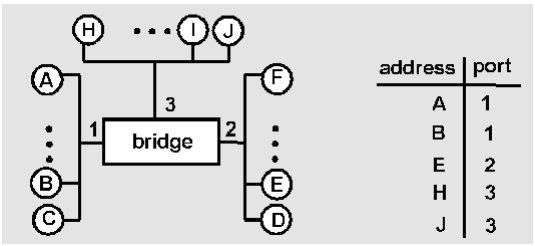
- filtering procedure

```
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*/
    }
```

32

Bridge Learning: esempio (1/2)

Supponendo che C invii una frame a D e che D risponda con una frame a C

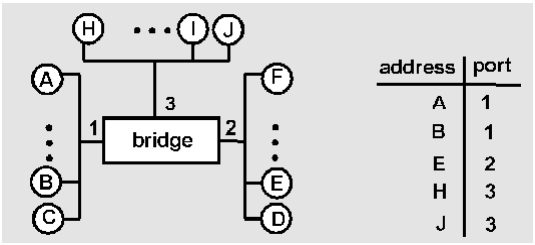


address	port
A	1
B	1
E	2
H	3
J	3

- C invia la frame, il bridge non ha alcuna informazione circa D, pertanto invia in flooding
  - Il bridge annota C sul porto 1
  - La frame è ignorata nella LAN in alto
  - La frame viene ricevuta da D

33

Bridge Learning: esempio (2/2)

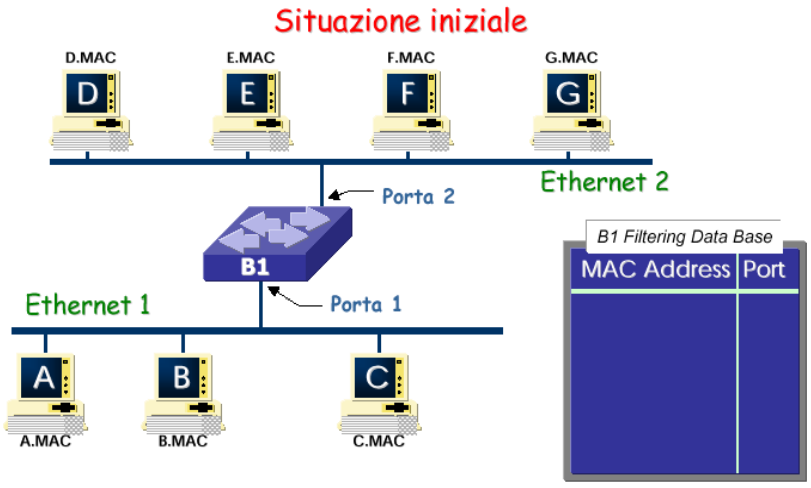


address	port
A	1
B	1
E	2
H	3
J	3

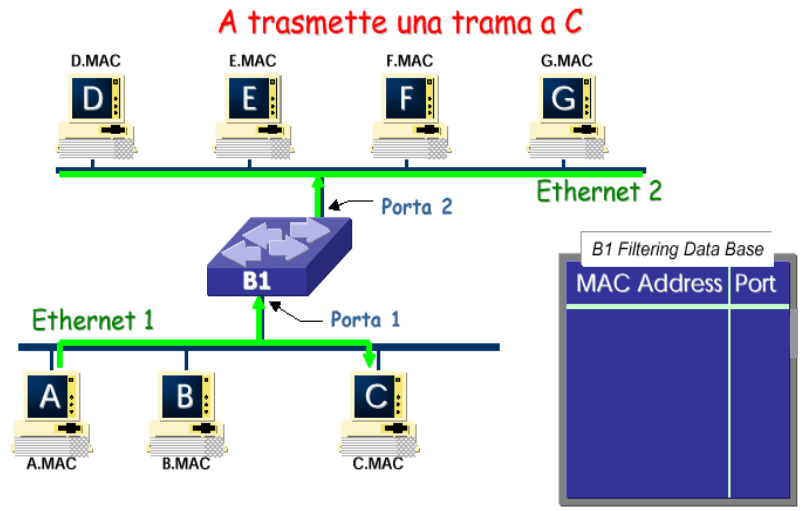
- D genera una risposta destinata a C e la invia
  - Il bridge vede la frame proveniente da D
  - Il bridge annota D sul porto 2
  - Il bridge sa che C è sul porto 1, quindi invia *esclusivamente* la frame sul porto 1

34

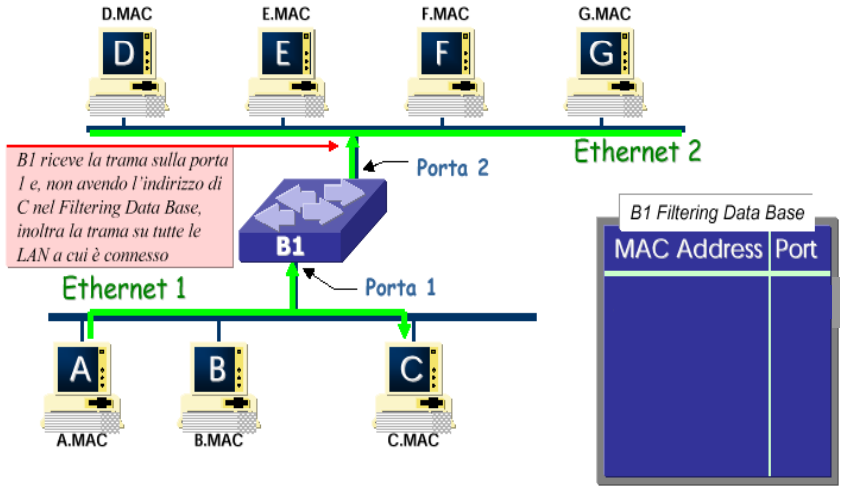
Bridge Learning: esempio (1/5)



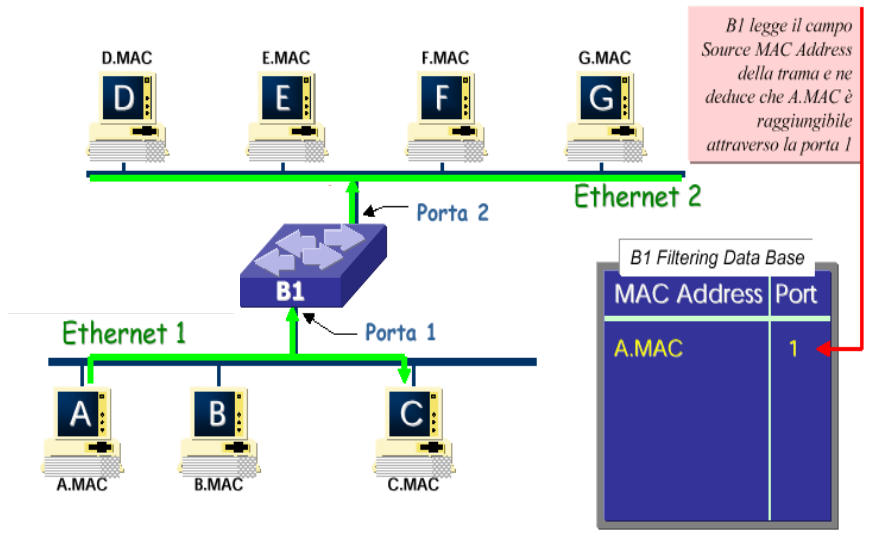
Bridge Learning: esempio (2/5)



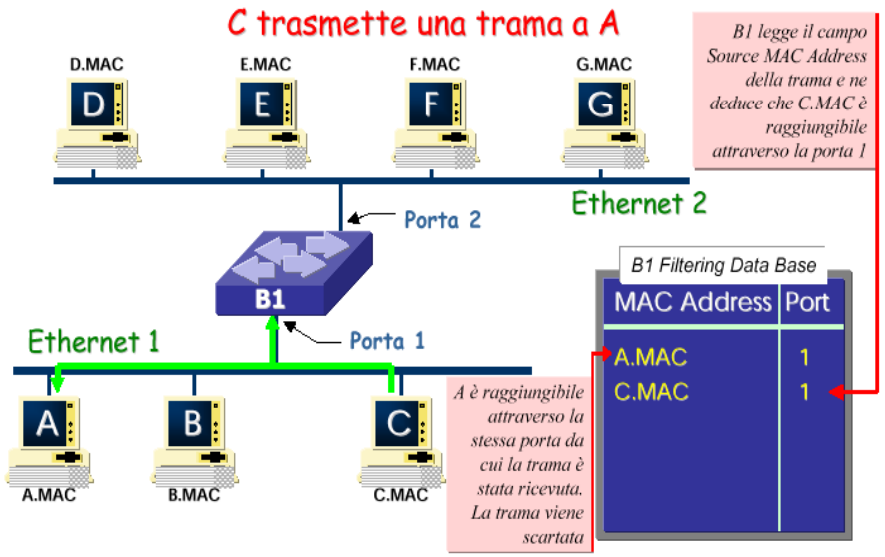
Bridge Learning: esempio (3/5)



Bridge Learning: esempio (4/5)

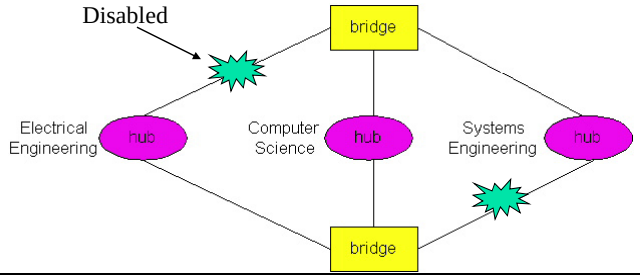


Bridge Learning: esempio (5/5)



Bridge Spanning Tree

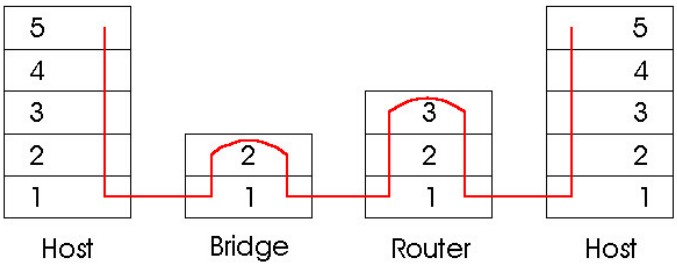
- Per incrementare l'affidabilità, può essere utile introdurre un certo grado di ridondanza:
  - percorsi alternativi
- In presenza di percorsi alternativi simultanei, vengono create copie molteplici delle frame (loop)
- SOLUZIONE: organizzare i bridge mediante uno spanning tree, disabilitando alcune interfacce



40

Bridge vs Router

- Sono entrambi dispositivi di tipo store-and-forward
  - router: dispositivi di livello rete (esaminano il contenuto dell'header di livello 3)
  - Bridge: sono dispositivi di livello Data Link
- I router si basano sulle *routing table* ed implementano algoritmi di routing
- I bridge si basano sulle *filtering table* ed implementano algoritmi di filtering, learning e spanning tree



41

Router vs Bridge

Bridge: pro (+) e contro (-)

+ Le operazioni nei bridge sono più semplici

+ I bridge processano meno richieste

- Le topologie sono limitate: è necessario uno spanning tree per prevenire i cicli

- I bridge non offrono alcuna protezione contro le tempeste broadcast (il broadcast ininterrotto generato da un host è normalmente inoltrato da un bridge)

42

Router vs Bridge

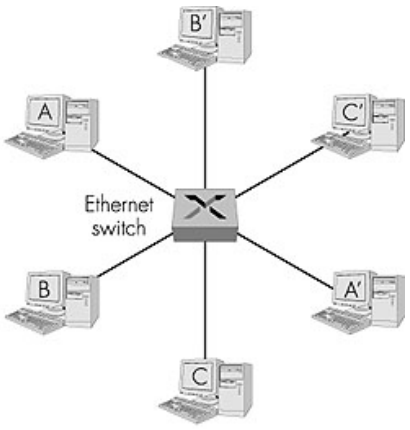
Router: pro (+) e contro (-)

+ possono essere realizzate differenti topologie, i loop sono limitati grazie al contatore TTL (ed all'impiego di buoni protocolli di routing)
+ forniscono una naturale protezione contro le tempeste broadcast
- richiedono configurazione al livello IP (non sono *plug and play*)
- richiedono capacità adeguata per processare una grande quantità di pacchetti
- I bridge sono maggiormente utili in caso di reti piccole (con poche centinaia di host) mentre i router sono usati nelle grandi reti (migliaia di hosts)

43

Switch Ethernet1/3

- Effettuano l'inoltro di frame a livello 2
  - filtraggio mediante l'uso di indirizzi LAN
- Switching: da A a B e da A' a B' simultaneamente:
  - non ci sono collisioni
- Alto numero di interfacce
- spesso: host singoli, topologia a stella con collegamento ad uno switch:
  - È Ethernet, ma senza collisioni!



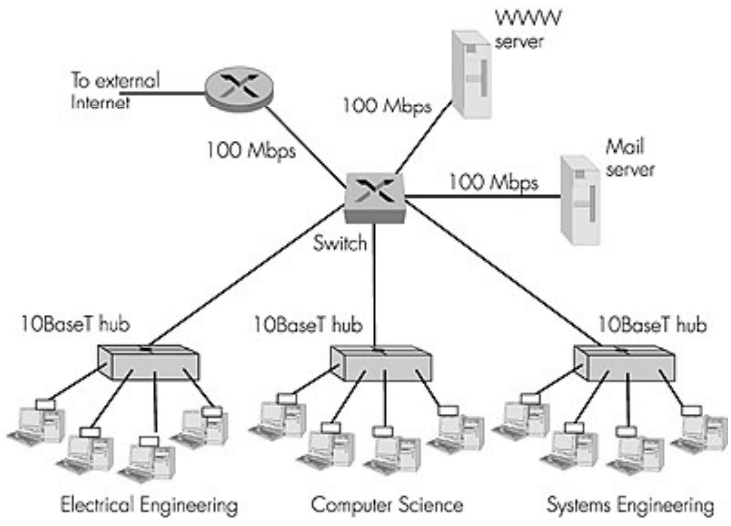
44

Switch Ethernet 2/3

- Cut-through switching:
- Pro
  - frame inoltrate dall'ingresso all'uscita senza attendere l'assemblamento dell'intera frame
  - Leggera diminuzione della latenza
  - Consentono la combinazione di interfacce condivise/dedicate, a 10/100/1000 Mbps
- Contro
  - E le frame affette da errore ?

45

Switch Ethernet 3/3



46