

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Corso di Reti di Calcolatori
a.a. 2009/10

Roberto Canonico (roberto.canonico@unina.it)
Antonio Pescapè (pescapè@unina.it)

Lo strato di collegamento:
Ethernet – Hub – Bridge – Switch

Tecnologie per le LAN

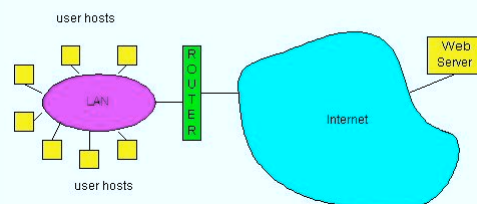


Riepilogo dei compiti del livello Data link:

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

Agenda: tecnologie per le LAN

- Indirizzamento
- Ethernet
- Hub, bridge, switch



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):

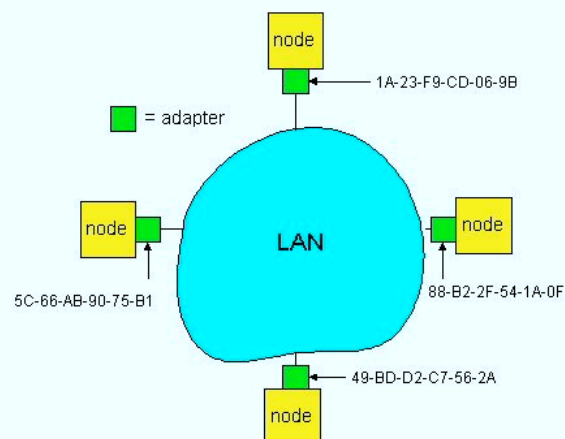
- usati per permettere la trasmissione di una frame da una scheda di rete ad un'altra scheda con cui sussiste un collegamento diretto (stessa rete fisica)
- indirizzi MAC di 48 bit (per la maggior parte delle LAN) cablati nelle ROM delle schede di rete

3

Indirizzi LAN



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



4

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

5

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



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:

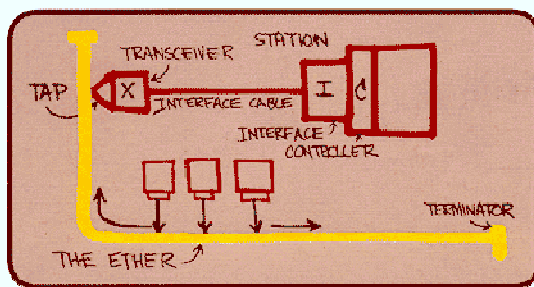
- **Broadcast:** sempre
- **Single:** se il DSAP è uguale a quello hardware della scheda (scritto in una ROM) o a quello caricato da software in un apposito buffer
- **Multicast:** se ne è stata abilitata la ricezione via software

Ethernet



Tecnologia “dominante” per le LAN:

- Economica: 20€ per 100Mbps!
- 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



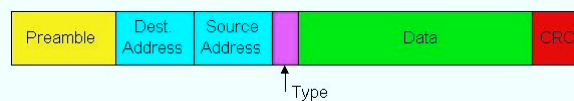
Uno schizzo del progetto di Metcalfe per la rete Ethernet

9

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):

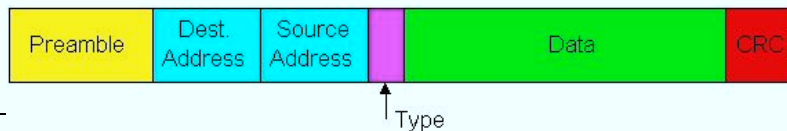
- 7 byte con una sequenza 10101010 seguiti da un byte con la sequenza 10101011
- utilizzato per sincronizzare i clock del mittente e del destinatario

10

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 Novell IPX e AppleTalk) sono supportati
- **CRC (4 byte):** controllo effettuato alla destinazione:
 - se l'errore è rilevato, la frame viene scartata



11

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}
```

12

CSMA/CD



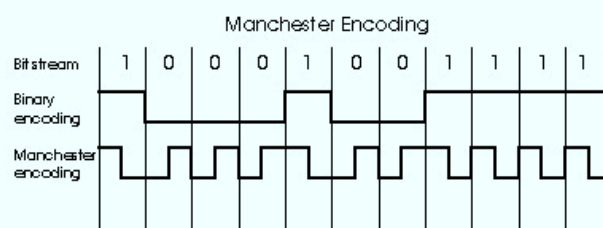
Jam Signal: consente alle altre stazioni di accorgersi dell'avvenuta collisione (48 bit)

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 $K \times 512$ 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

13

Codifica Manchester

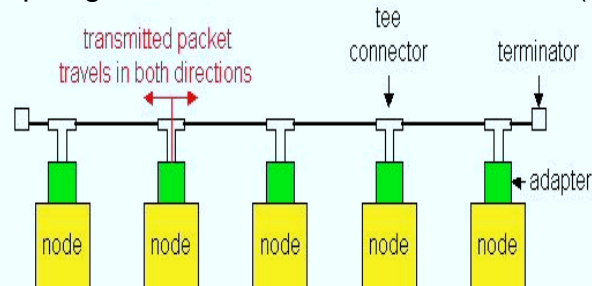


- Usata in 10BaseT, 10Base2
- Ogni bit ha una transizione
- Permette ai clock dei nodi riceventi e trasmittenti di sincronizzarsi
 - Non è richiesto un clock centralizzato e globale tra tutti i nodi
- E' una problematica di livello fisico

Ethernet Technologies: 10Base2



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



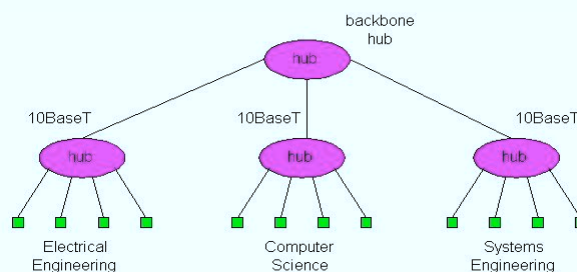
- Impiego di ripetitori per collegare più segmenti
- I ripetitori ritrasmettono i bit in entrata da un'interfaccia verso le altre interfacce:
 - entità di livello fisico

15

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



16

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

17

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

18

Token Passing: standard IEEE 802.5



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

SD	AC	FC
----	----	----

SD	AC	FC	dest addr	src addr	data	checksum	ED	FS
----	----	----	-----------	----------	------	----------	----	----

- **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 impossessarsi del token quando quest'ultimo diventa libero

19

Token Passing: standard IEEE 802.5



SD	AC	FC
----	----	----

SD	AC	FC	dest addr	src addr	data	checksum	ED	FS
----	----	----	-----------	----------	------	----------	----	----

- **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

20

Interconnettere più LAN



D: Perché non creare un'unica grande LAN?

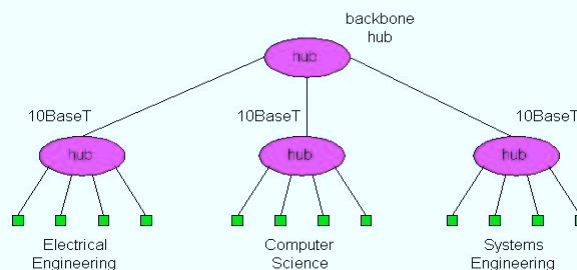
- Limitata quantità di banda disponibile, considerato che su una singola LAN tante stazioni dovrebbero condividere la banda
- Estensione limitata: ad esempio, 802.3 specifica la massima lunghezza del cavo
- “Dominio di collisione” troppo ampio (una trasmissione può collidere con molte altre)
- Numero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

21

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



22

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)

23

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)

24

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

25

Bridges (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

26

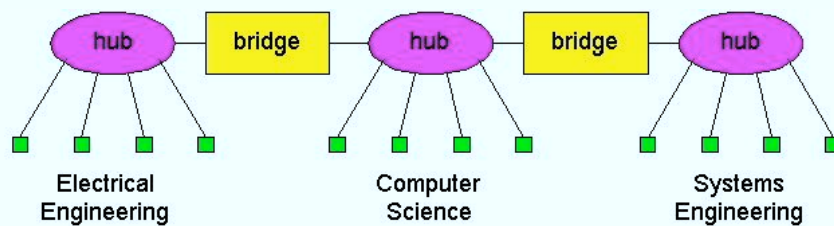
Bridge: frame filtering & forwarding



- 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

27

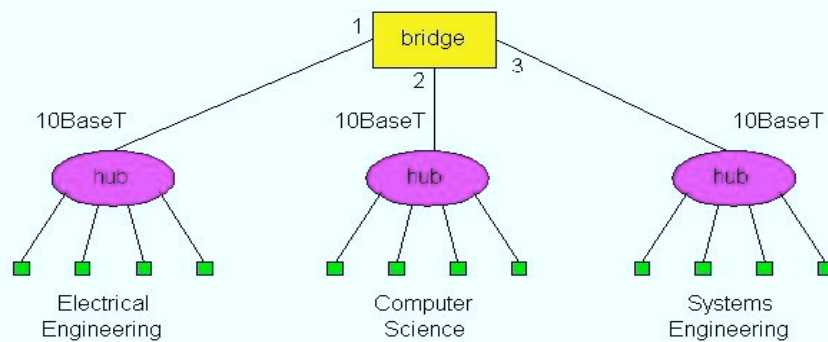
Interconnessione senza backbone



- 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

28

Backbone Bridge



29

Bridge Filtering



- I bridge eseguono un algoritmo di *auto apprendimento* per scoprire a quali interfacce sono collegati gli host:
 - Tali informazioni 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)

30

Bridge Filtering



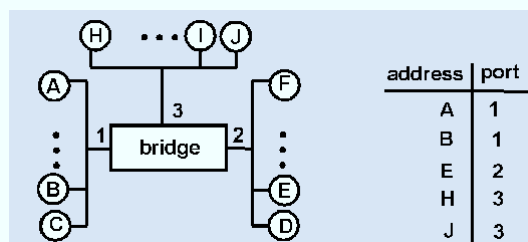
- filtering procedure:
 - if destination is on LAN on which frame was received
 - then drop the frame
 - else { lookup filtering table
 - if entry found for destination
 - then forward the frame on interface indicated;
 - else flood; /* forward on all but the interface on which the frame arrived*/

31

Bridge Learning: esempio (1/2)



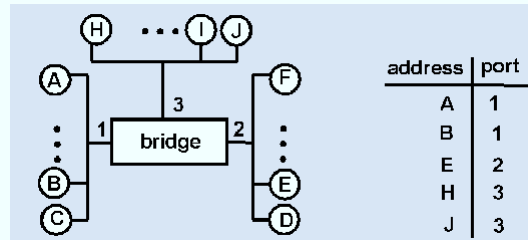
Supponendo che C invii una frame a D e che D risponda con una frame a C



- 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

32

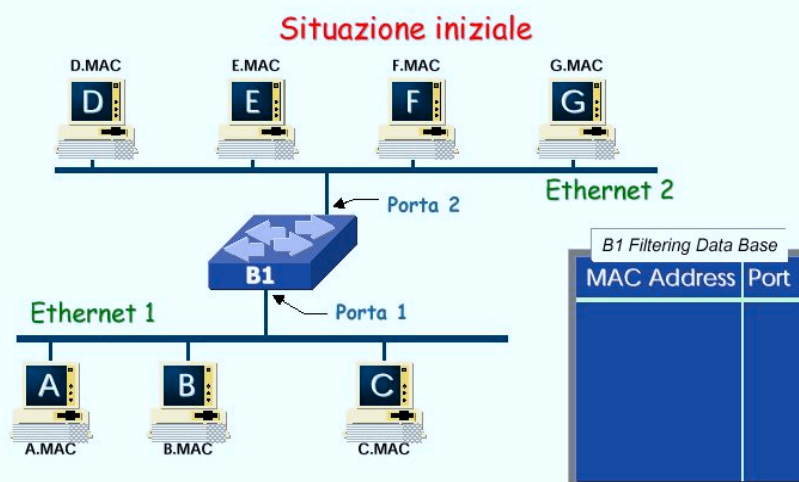
Bridge Learning: esempio (2/2)



- 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

33

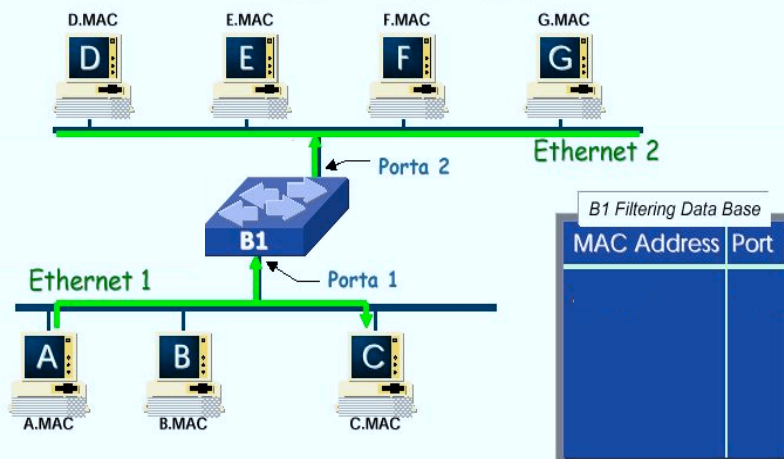
Bridge Learning: esempio (1/5)



Bridge Learning: esempio (2/5)



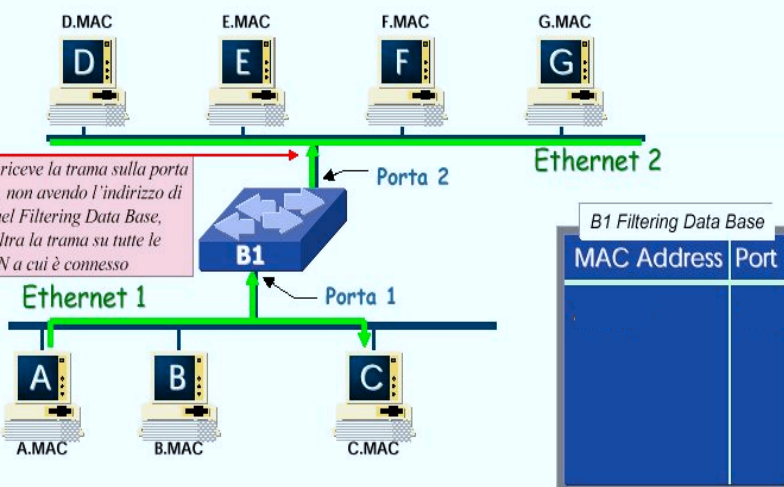
A trasmette una trama a C



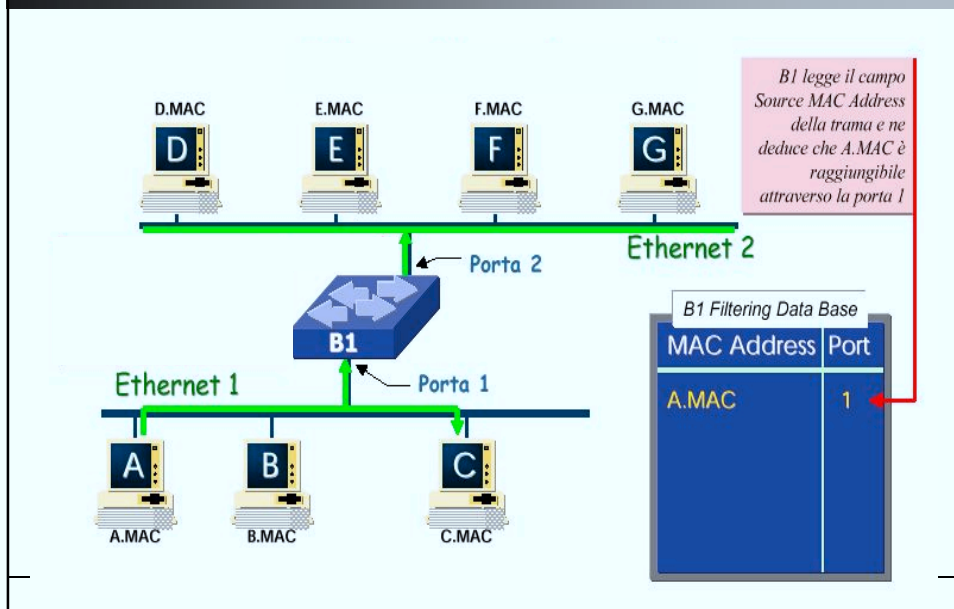
Bridge Learning: esempio (3/5)



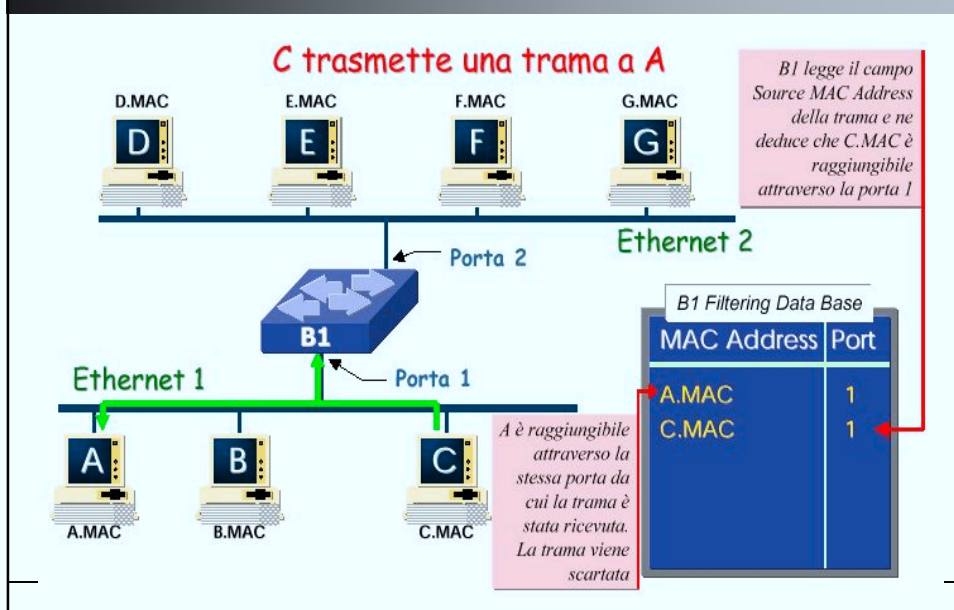
B1 riceve la trama sulla porta 1 e, non avendo l'indirizzo di C nel Filtering Data Base, inoltra la trama su tutte le LAN a cui è connesso



Bridge Learning: esempio (4/5)



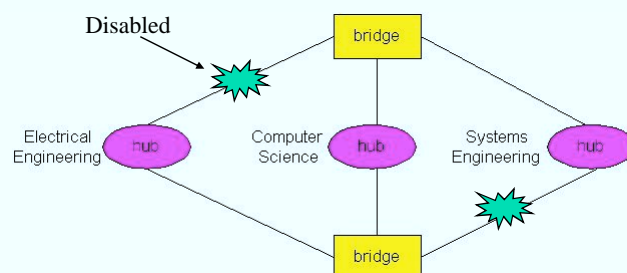
Bridge Learning: esempio (5/5)



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

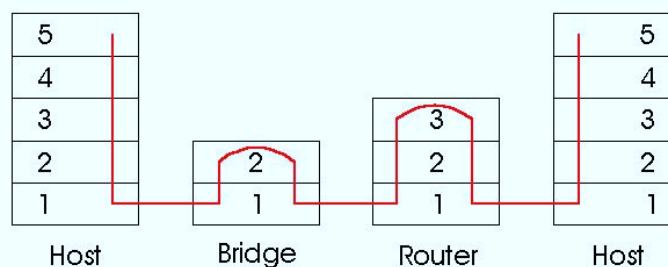


39

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



40

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)

41

Router vs Bridge



Router: pro (+) e contro (-)

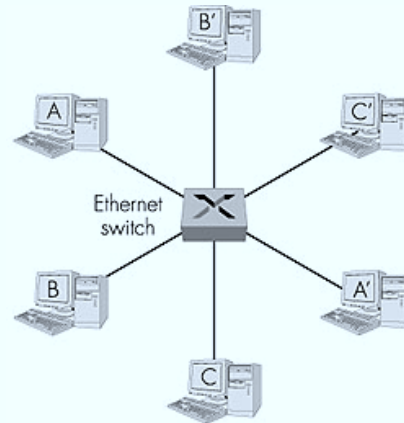
- + possono essere realizzate differenti topologie, i loop sono limitati grazie al contatore TTL (ed all'impiego di buoni protocolli di routing)
- + forniscono una naturale protezione contro le tempeste broadcast
- richiedono configurazione al livello IP (non sono *plug and play*)
- richiedono capacità 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)

42

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!



43

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 ?

44

Switch Ethernet 3/3

