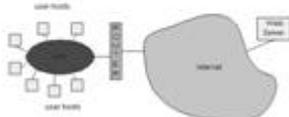


## Tecnologie LAN

- Indirizzamento
- Ethernet
- Hub, bridge, switch
- wireless Ethernet 802.11
- PPP



II Livello DataLink 5a-1

## Indirizzi LAN e ARP

Indirizzi IP a 32-bit:

- o Indirizzi del livello network
- o Usati per portare un datagram alla rete di destinazione

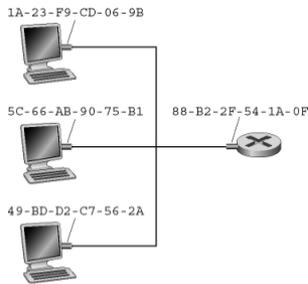
Indirizzi LAN (o MAC o fisici) :

- o Usati per portare un datagram da una interfaccia ad un'altra interfaccia fisicamente connessa (stessa rete)
- o Indirizzo MAC a 48 bit (per le LAN 802) cablato nella ROM dell'adattatore

II Livello DataLink 5a-2

## Indirizzi LAN e ARP (2)

Ogni adattatore di una LAN ha un indirizzo LAN unico



II Livello DataLink 5a-3

## Indirizzo LAN

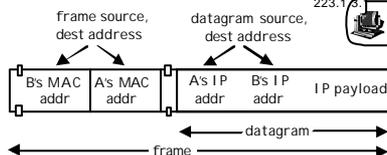
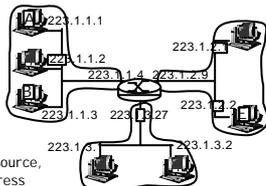
- o Allocazione indirizzi MAC gestita dall'IEEE
- o I produttori acquistano porzioni dello spazio di indirizzamento MAC (per assicurare l'unicità)
- o Analogia
  - (a) indirizzo MAC: come un Codice Fiscale
  - (b) indirizzo IP: come un indirizzo postale
- o indirizzo MAC "Flat" => portabilità
  - Si può spostare una scheda LAN da una LAN all'altra
- o Indirizzo IP gerarchico NON portabile
  - dipende dalla rete a cui si è collegati

II Livello DataLink 5a-4

## Ricordiamo il routing

Voglio inviare un certo pacchetto IP da A a B:

- o Guardo l'indirizzo network di B, trovo B sulla stessa rete di A
- o Il livello link invia il datagram a B in un frame



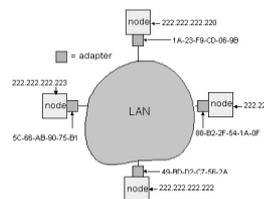
II Livello DataLink 5a-5

## ARP: Address Resolution Protocol

Domanda: come individuare l'indirizzo MAC di B dato l'indirizzo IP di B?

- o Ogni nodo IP (Host, Router) sulla LAN ha un modulo e una tabella ARP

- o Tabella ARP: corrispondenze IP/MAC per alcuni nodi LAN < IP address; MAC address; TTL >
  - TTL (Time To Live): tempo dopo il quale il mapping degli indirizzi verrà dimenticato (tipicamente 20 min)



II Livello DataLink 5a-6

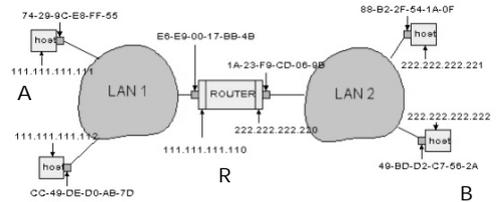
## Protocollo ARP

- o A conosce l'indirizzo IP di B, vuole scoprire l'indirizzo fisico di B
- o A invia in broadcast un pkt di query ARP che contiene l'indirizzo IP di B
  - Tutte le macchine sulla LAN ricevono la query
- o B riceve il pacchetto ARP, risponde ad A con il suo indirizzo fisico
- o A salva in cache la coppia di indirizzi IP-fisico finché l'informazione diviene obsoleta (time out)
  - soft state: informazione che scade (viene persa) a meno di un refresh

II Livello DataLink 5a-7

## Routing verso un'altra LAN

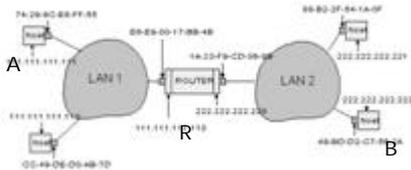
walkthrough: routing da A a B via R



- o In routing table at source Host, find router 111.111.111.110
- o In ARP table at source, find MAC address E6-E9-00-17-BB-4B, etc

II Livello DataLink 5a-8

- o A crea un pkt IP con mittente A, destinazione B
- o A usa ARP per ottenere l'indirizzo fisico di R (111.111.111.110)
- o A crea una frame Ethernet con l'indirizzo fisico di R come destinazione che contiene il datagram IP da A-a-B
- o Il datalink di A invia la frame Ethernet
- o Il datalink di R riceve la frame
- o R toglie il datagram IP dalla frame Ethernet, valuta dest. B
- o R usa ARP per ottenere l'indirizzo fisico di B
- o R crea un frame che contiene il datagram IP da A-a-B e lo invia a B

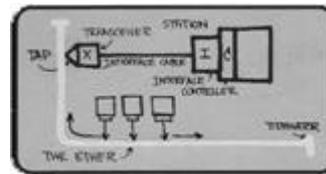


II Livello DataLink 5a-9

## Ethernet

tecnologia LAN "dominante"

- o €7 per 100Mbps!
- o Prima tecnologia LAN largamente usata
- o Più semplice ed economica delle LAN a token e ATM
- o Evoluzione: 10, 100, 1000, 10000 Mbps

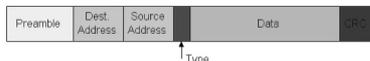


Lo sketch di Metcalfe della Ethernet

II Livello DataLink 5a-10

## Struttura del Frame Ethernet

La scheda mittente incapsula il datagram IP (oppure il pkt di un altro protocollo di livello network) in un Ethernet frame



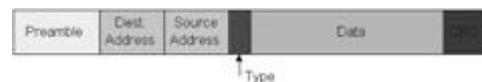
Preambolo:

- o 7 byte con pattern 10101010 seguiti da un byte con pattern 10101011
- o usato per sincronizzare le velocità di clock di mittente e destinatario

II Livello DataLink 5a-11

## Struttura Frame Ethernet (2)

- o Indirizzi : 6 byte, il frame è ricevuto da tutte le schede di una LAN e scartato se l'indirizzo non corrisponde
- o Tipo: indica il protocollo di livello superiore (IP, Novell IPX, AppleTalk)
- o CRC: controllato al destinatario



II Livello DataLink 5a-12

## Ethernet: usa CSMA/CD

```

A: ascolto il canale, se libero
then {
  trasmetti e ascolta il canale;
  if rilevi altra trasmissione
  then {
    interrompi ed invia un segnale di "jam";
    Incrementa # collisioni;
    Attendi come specificato dall'algoritmo di
    exponential backoff;
    goto A
  }
  else {frame OK; poni a zero le collisioni}
}
else {aspetta che si liberi il canale goto A}
    
```

II Livello DataLink5a-13

## Ethernet: CSMA/CD (2)

Jam Signal: per assicurarsi che tutti abbiano rilevato la collisione; 48 bit;

Exponential Backoff:

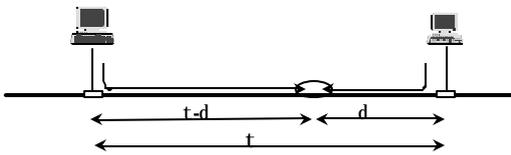
- o *obiettivo*: adattare i tentativi di ritrasmissione al carico corrente
  - alto livello di carico: l'attesa casuale sarà maggiore
- o prima collisione: scegli K tra {0,1}; ritardo =  $K \times$  tempo di trasmissione di 512
- o dopo la seconda collisione: scegli K tra {0,1,2,3}...
- o dopo 10 o più collisioni, scegli K da {0,1,2,3,...,1023}

II Livello DataLink5a-14

## Regolazione dell'accesso: CSMA/CD

- Quello che nella realtà accade è che due stazioni distanti tra loro nella rete tentano di trasmettere entrambe convinte di poterlo fare in quanto a causa della distanza non rilevano sulla rete la presenza della portante.

**Tempo massimo per rilevare una collisione  
round trip collision delay**



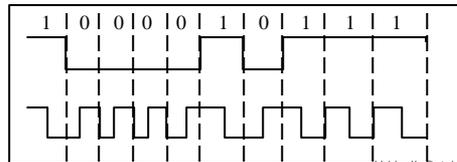
**Tempo massimo = 2t**

Nel caso peggiore Eth su coassiale di 2,5 Km  $t = 25$  microsec.

II Livello DataLink5a-15

## Codifica MANCHESTER

- Una possibilità è quella di far viaggiare sul cavo da una estremità ad un'altra dei segnali elettrici rappresentati da onde quadre.
- In ciascuna onda quadra il livello alto di tensione indica la codifica di un bit 1 quella bassa di un bit 0.
- Ethernet usa la codifica MANCHESTER.
- In questo tipo di codifica la trasmissione di un bit 1 corrisponde alla trasmissione nello stesso slot di tempo di un valore alto di tensione seguito da un valore basso, mentre la trasmissione di un bit 0 corrisponde alla trasmissione di un valore basso di tensione seguito da un alto. (Inversione di polarità)

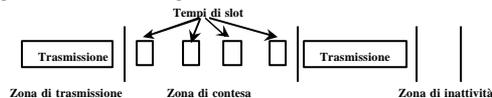


II Livello DataLink5a-16

## Regolazione dell'accesso: CSMA/CD

In caso di collisione, vediamo come avviene la ritrasmissione:

- Il protocollo CSMA divide il tempo in intervalli discreti, in ciascun intervallo si può risiedere in uno tra tre possibili stati: in contesa, in trasmissione, in inattività.

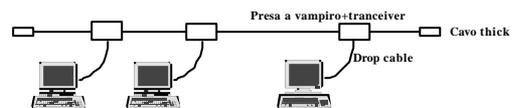


- Dopo una collisione l'intervallo di tempo viene suddiviso in slot discreti la cui durata è pari al tempo di propagazione, andata e ritorno, di un segnale elettrico sull'intera rete pari cioè a  $2\tau$  (~51.2  $\mu$ sec).
- L'algoritmo di attesa (**backoff binario esponenziale**) prevede che al tentativo  $i$  ciascuna stazione deve ritrasmettere dopo  $N$  tempi di slot, ove  $N$  viene scelto in modo casuale nell'insieme  $\{0, 2^i - 1\}$ .
- **ATTENZIONE**: Per  $i > 10$  l'intervallo di scelta casuale è congelato al valore massimo di 1023 tempi di slot, per  $i > 16$  si desiste.

II Livello DataLink5a-17

## Ethernet 10Base5

- La ETH 10Base5 è la prima nata:

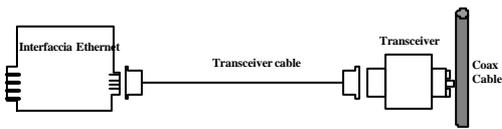


- Il cavo è ininterrotto tramite i terminatori (adattatori di impedenza a 50 Ohm).
- La presa a vampiro garantisce robustezza ma può causare corto circuiti. In alternativa ci sono tronconi di cavo con connettori serie N da usare in accoppiata ai barrel connector)
- La circuiteria elettronica è contenuta nel transceiver.
- Il Drop cable connette il transceiver alla scheda di rete e fornisce l'alimentazione al transceiver, è necessario perché il Thick è rigido e perché ogni transceiver deve risiedere a 2,5 m. di distanza (bande nere di segnalazione).
- Su ogni singolo segmento è possibile collegare fino ad un massimo di 100 stazioni.

II Livello DataLink5a-18

## Transceiver

- Il transceiver è l'elemento che consente la trasmissione/ricezione dei pacchetti tra l'interfaccia Ethernet ed il cavo coassiale.

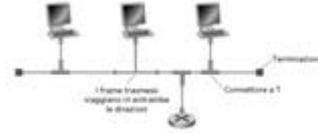


- Il transceiver esegue le seguenti funzioni:
- trasmette all'interfaccia Eth i dati prelevati dal cavo
- riceve i dati dall'interfaccia e li trasmette sul cavo sotto forma di segnali elettrici
- invia all'interfaccia il segnale di collisione
- invia all'interfaccia l'heartbeat (test circuito di collisione)
- riceve dall'interfaccia l'alimentazione per i suoi circuiti
- non si occupa di dell'im/depacchettamento dei dati, di della codifica Manchester, queste cose le fa l'interfaccia.

II Livello DataLink5a-19

## Tecnologie Ethernet : 10Base2

- o 10: 10Mbps; 2: limite dei 200 metri max lung. cavo
- o Cavo coassiale sottile (thin) in una topologia a bus



- o ripetitori usati per connettere segmenti multipli
- o un ripetitore ripete i bit che ascolta su una interfaccia all'altra (dispositivo di livello fisico)

II Livello DataLink5a-20

Figura 5.26  
Topologia a stella per Ethernet 10Base T e 100BaseT



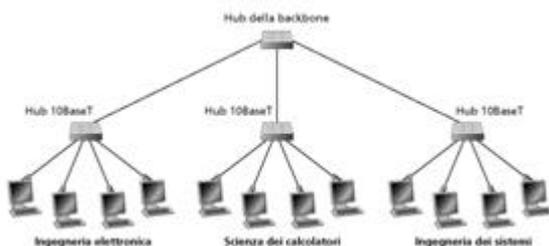
II Livello DataLink5a-21

## 10BaseT e 100BaseT

- o Velocità 10/100 Mbps; la seconda detta "fast ethernet"
- o T sta per Twisted Pair
- o I nodi sono connessi tramite doppini a degli HUB, quindi la topologia è "stellare"
- o Il CSMA/CD è implementato nell'hub
- o Max distanza da un nodo all'Hub è 100 metri
- o L'Hub può scollegare un adattatore malfunzionante
- o L'Hub può raccogliere informazioni di monitoring per l'amministratore della LAN

II Livello DataLink5a-22

Figura 5.27  
Le reti Ethernet di tre dipartimenti collegate da un hub



II Livello DataLink5a-23

## Gbit Ethernet

- o Usa il formato standard della Ethernet frame
- o Consente collegamenti punto-punto e canali condivisi broadcast
- o in modalità condivisa si utilizza il CSMA/CD; per garantire l'efficienza sono consentite distanze brevi
- o usa hub detti "Buffered Distributors"
- o Garantisce un canale Full-Duplex a 1 Gbps per i link punto-punto

II Livello DataLink5a-24

## Interconnessione di LAN

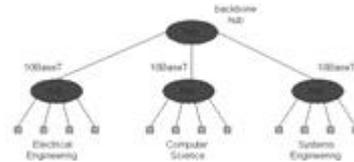
D: Se facessimo una sola LAN molto grande?

- o Ammontare di traffico supportabile limitato: su una singola LAN, tutte le stazioni dividono la banda
- o Lunghezza limitata: 802.3 specifica una lunghezza massima del cavo
- o "dominio di collisione" grande (possibilità di collisioni con molte stazioni)
- o Numero di stazioni limitato: per es., i protocolli a token passing introducono un ritardo ad ogni stazione

II Livello DataLink5a-25

## Gli Hub

- o Dispositivi di livello Fisico: sono essenzialmente repeater che operano al livello di bit: ripetono il bit ricevuti su una interfaccia a tutte le altre
- o Gli Hub possono essere connessi in architettura gerarchica (anche detta multi-tier), con un hub di backbone



II Livello DataLink5a-26

## Gli Hub (2)

- o Ogni LAN connessa è denominata **segmento di LAN**
- o Gli Hub non separano i domini di collisione: un nodo può collidere con un qualsiasi nodo che risieda su un qualunque segmento nella LAN
- o Vantaggi degli Hub:
  - semplici, economici
  - Le architetture multi-tier sono robuste: porzioni della LAN continuano a funzionare anche se un hub si guasta
  - estendono la massima distanza tra nodi (100m per Hub)

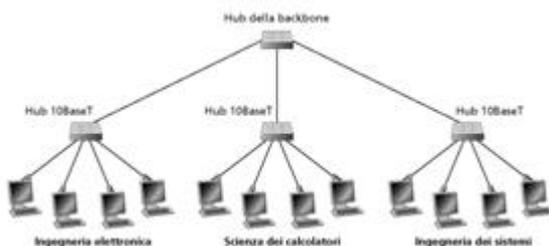
II Livello DataLink5a-27

## Limitazioni degli Hub

- o Un singolo dominio di collisione non consente di incrementare il max throughput
  - il throughput multi-tier è lo stesso del throughput di un singolo segmento
- o I vincoli delle singole LAN limitano il numero di nodi nello stesso dominio di collisione e l'estensione geografica
- o Non possono connettere differenti tipi di Ethernet (per es., 10BaseT e 100baseT)

II Livello DataLink5a-28

**Figura 5.27**  
**Le reti Ethernet di tre dipartimenti collegate da un hub**



II Livello DataLink5a-29

## I Bridge

- o Dispositivi di Livello Link: operano sulle frame Ethernet, esaminano gli header e inoltrano selettivamente le frame sulla base della destinazione
- o I Bridge isolano i domini di collisione perchè bufferizzano le frame
- o Quando un frame deve essere inoltrato su un segmento il bridge usa il CSMA/CD per accedere al segmento e trasmettere

II Livello DataLink5a-30

## I Bridge (2)

- o Vantaggi dei Bridge :
  - Isolano i domini di collisione ottenendo un max throughput totale più alto, non limitano il numero di nodi e l'estensione geografica
  - possono collegare diversi tipi di Ethernet perchè sono dispositivi store and forward
  - sono Trasparenti: non sono necessari cambiamenti agli adattatori LAN degli host

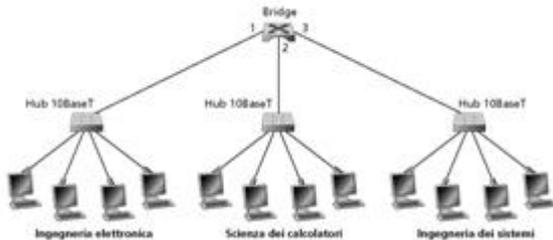
II Livello DataLinkSa-31

## Bridge: frame filtering, forwarding

- o Un bridge filtra i pacchetti
  - I frame di uno stesso segmento non sono inoltrati agli altri segmenti LAN
- o forwarding:
  - come sapere quale è il segmento LAN cui inoltrare (forward) la frame?
  - sembra un problema di routing

II Livello DataLinkSa-32

**Figura 5.28**  
Tre LAN dipartimentali interconnesse da un bridge



II Livello DataLinkSa-33

**Figura 5.33**  
Un esempio di LAN priva di backbone



- o Sconsigliata per due motivi :
  - Punto critico all'hub di Computer Science
  - Tutto il traffico tra EE e SE deve passare per il segmento CS

II Livello DataLinkSa-34

## Bridge Filtering

- o I bridge *imparano* quali host possono essere raggiunti da una interfaccia: hanno delle tabelle di filtering
  - quando riceve un frame, il bridge "impara" la posizione del mittente: segmento LAN entrante
  - Registra le posizioni nella filtering table
- o Linee della filtering table:
  - (Node LAN Address, Bridge Interface, Time Stamp)
  - le entry non rinfrescate scadono (TTL fino a 60 minuti)

II Livello DataLinkSa-35

## Bridge Filtering

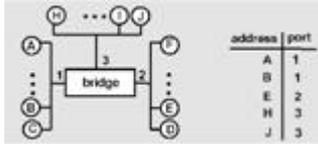
- o Procedura di filtering :

```
if destinazione sulla LAN da cui il frame proviene
then scarta la frame
else { cerca nella filtering table
      if trovata entry per la destinazione
      then inoltra la frame sull'interfaccia indicata;
      else flood; /* inoltra dovunque tranne che
                  sulla interfaccia di
                  provenienza*/
    }
```

II Livello DataLinkSa-36

## Bridge Learning: esempio

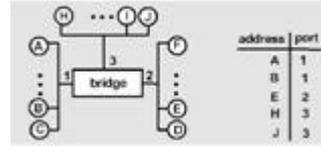
Supponiamo che C invia frame a D e D risponde con frame a C



- o C invia frame, il bridge non ha info su D, così fa flooding ad entrambe le LAN
  - bridge ricorda che C è sulla porta 1
  - frame ignorata sulla LAN superiore
  - frame ricevuta da D

11 Livello DataLinkSa-37

## Bridge Learning: esempio

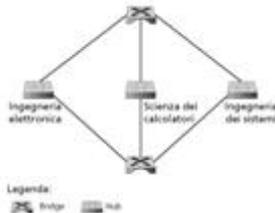


- o D genera una risposta per C, invia
  - Il bridge vede una frame da D
  - Il bridge rileva che D è sull'interfaccia 2
  - Il bridge sa che C è sulla interfaccia 1, quindi inoltra *selettivamente* la frame sulla interfaccia 1

11 Livello DataLinkSa-38

## Bridge: Spanning Tree

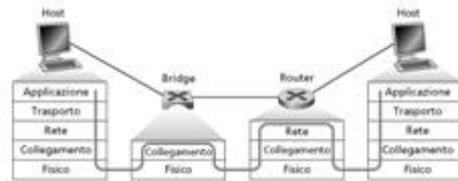
- o Per aumentare l'affidabilità è desiderabile che vi siano percorsi alternativi tra i nodi
- o Questo può produrre dei cicli infiniti
- o soluzione: organizzare i bridge in uno spanning tree disabilitando un subset di interfacce



11 Livello DataLinkSa-39

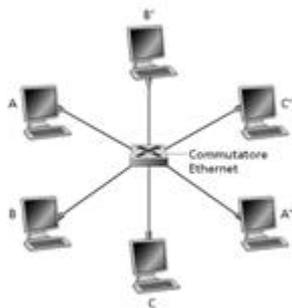
## Bridges vs. Routers

- o Entrambi dispositivi store-and-forward
  - router: dispositivi network layer (esaminano gli headers network layer)
  - i bridge sono dispositivi Link Layer
- o i router hanno tabelle di routing, usano algoritmi di routing
- o i bridges hanno tabelle di filtering, usano algoritmi di filtering, learning e spanning tree



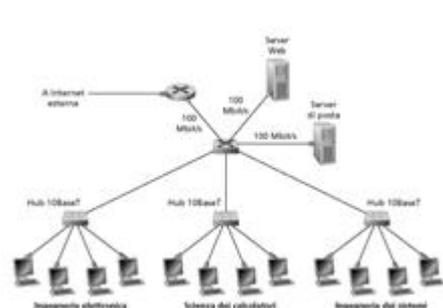
11 Livello DataLinkSa-40

**Figura 5.34**  
 Un commutatore Ethernet che fornisce accessi Ethernet dedicati a sei host



11 Livello DataLinkSa-41

**Una rete di un'istituzione che usa una combinazione di hub, commutatori Ethernet e un router**



11 Livello DataLinkSa-42

## Routers vs. Bridges

Bridge: + e -

- + le operazioni di un Bridge sono più semplici e richiedono meno banda
- Con i bridge le Topologie sono limitate : occorre costruire uno spanning tree per evitare cicli
- I Bridge non offrono protezione da sovraccarichi broadcast (un broadcasting infinito da un host verrà comunque inoltrato)

II Livello DataLinkSa-43

## Routers vs. Bridges

Router: + and -

- + possono supportare topologie arbitrarie, i cicli sono limitati dal TTL (e dai protocolli di routing)
  - + forniscono protezione di tipo firewall dai broadcast infiniti
  - Richiedono la configurazione degli indirizzi IP (no plug and play)
  - Richiedono maggiore banda
- o i bridges funzionano bene con reti piccole (poche centinaia di host) mentre i router sono usati nelle reti grandi (migliaia di host)

II Livello DataLinkSa-44