

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**Corso di laurea in Ingegneria
Informatica/Elettronica**


**Corso di Sistemi
Telematici**

**Livello DATALINK e tecniche di accesso al mezzo:
Ethernet e CSMA/CD**

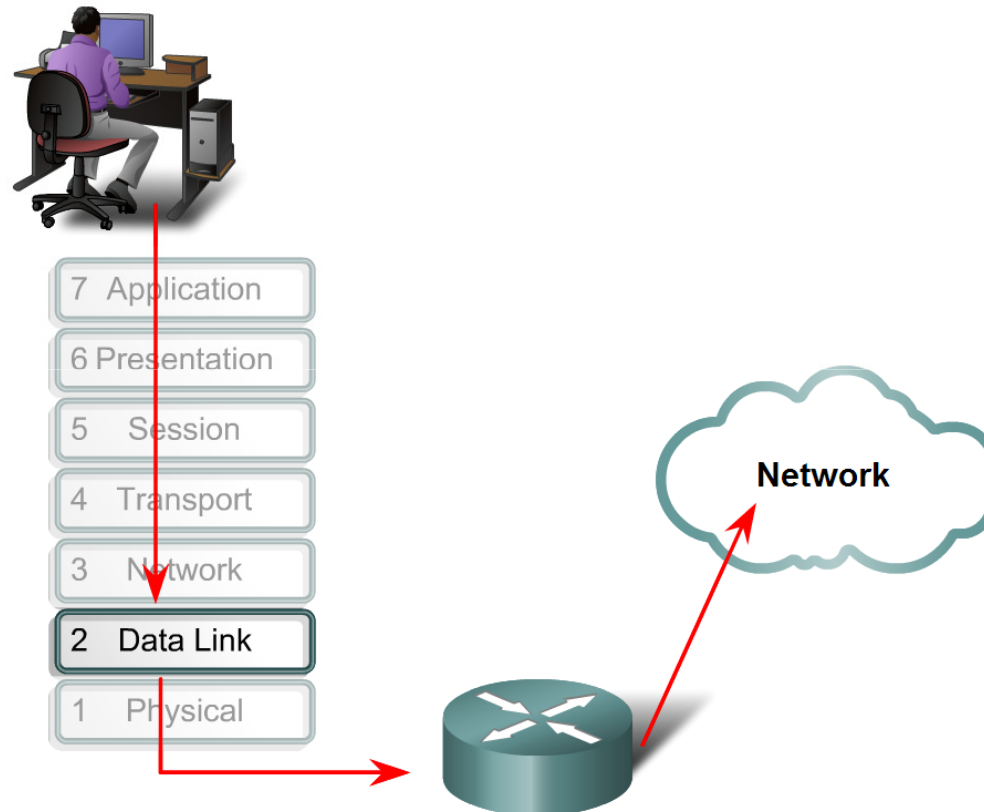
Ing. Socievole Annalisa
socievolea@deis.unical.it

ANNO ACCADEMICO 2010/2011

Obiettivi

- 
- Spiegare il ruolo dei protocolli del livello Data Link nella trasmissione dei dati.
 - Descrivere come il livello Data Link prepara i dati per la trasmissione sul mezzo di rete.
 - Descrivere i diversi tipi di metodi per il controllo di accesso al mezzo.
 - Identificare diversi tipi di topologie di rete logiche e descrivere come la topologia logica determini il metodo di controllo di accesso al mezzo.
 - Spiegare il ruolo dell'incapsulamento dei pacchetti in frame per facilitare l'accesso al mezzo.
 - Descrivere la struttura della trama di livello 2 e identificare i campi generici.
 - Decrivere le caratteristiche principali di Ethernet.
 - Decrivere il funzionamento del CSMA/CD.

Data Link Layer – Accesso al mezzo



The Data Link layer prepares network data for the physical network.

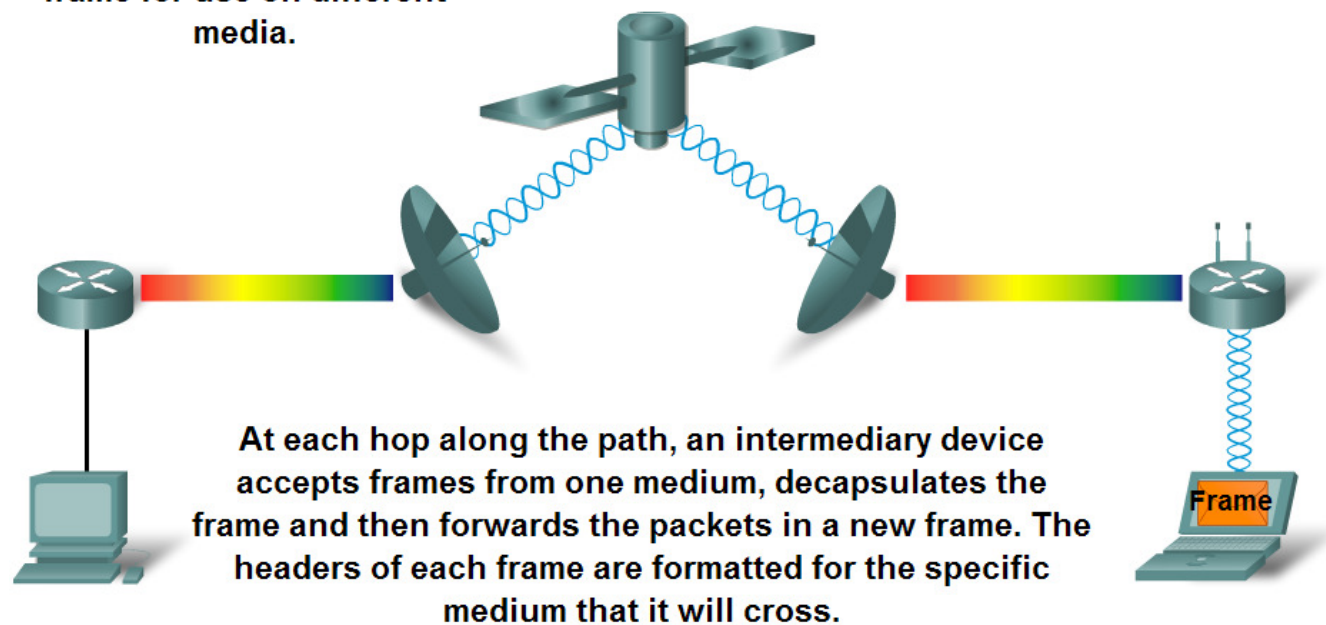
Data Link Layer – Accesso al mezzo

- I protocolli di livello Data Link si rendono necessari per il controllo di accesso al mezzo.

The Data Link Layer

Data link layer protocols govern how to format a frame for use on different media.

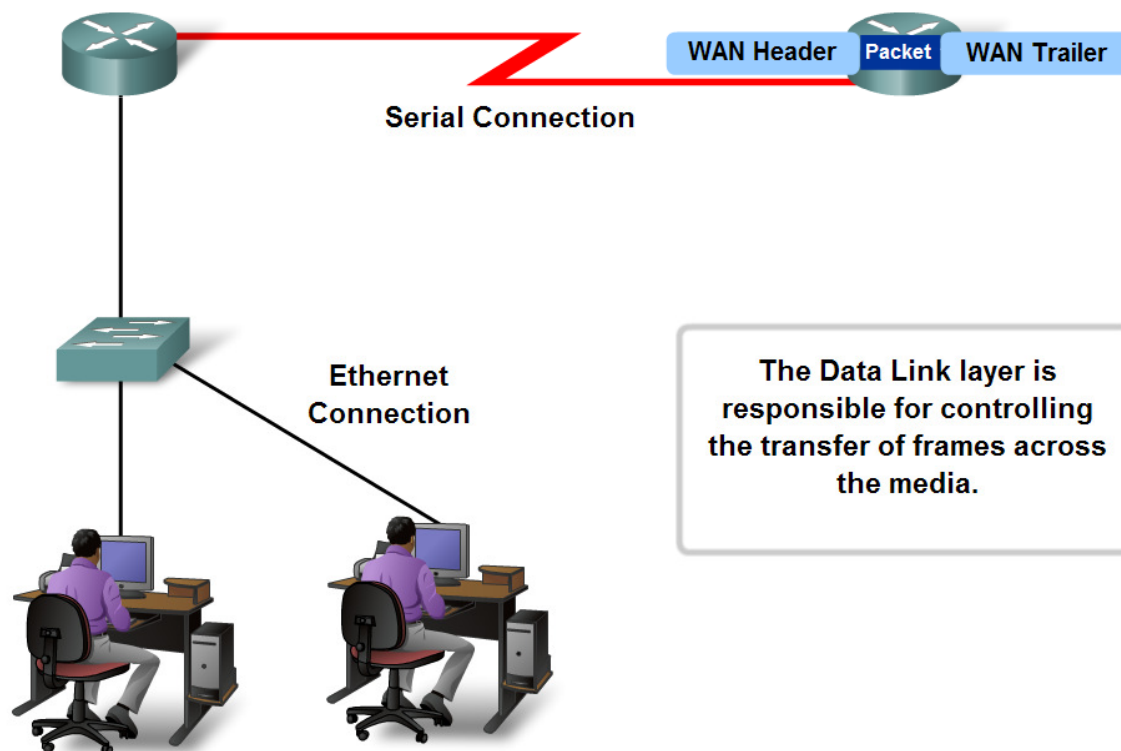
Different protocols may be in use for different media.



Data Link Layer – Accesso al mezzo

- L'operazione di 'framing' prepara un pacchetto per la trasmissione su un determinato mezzo.

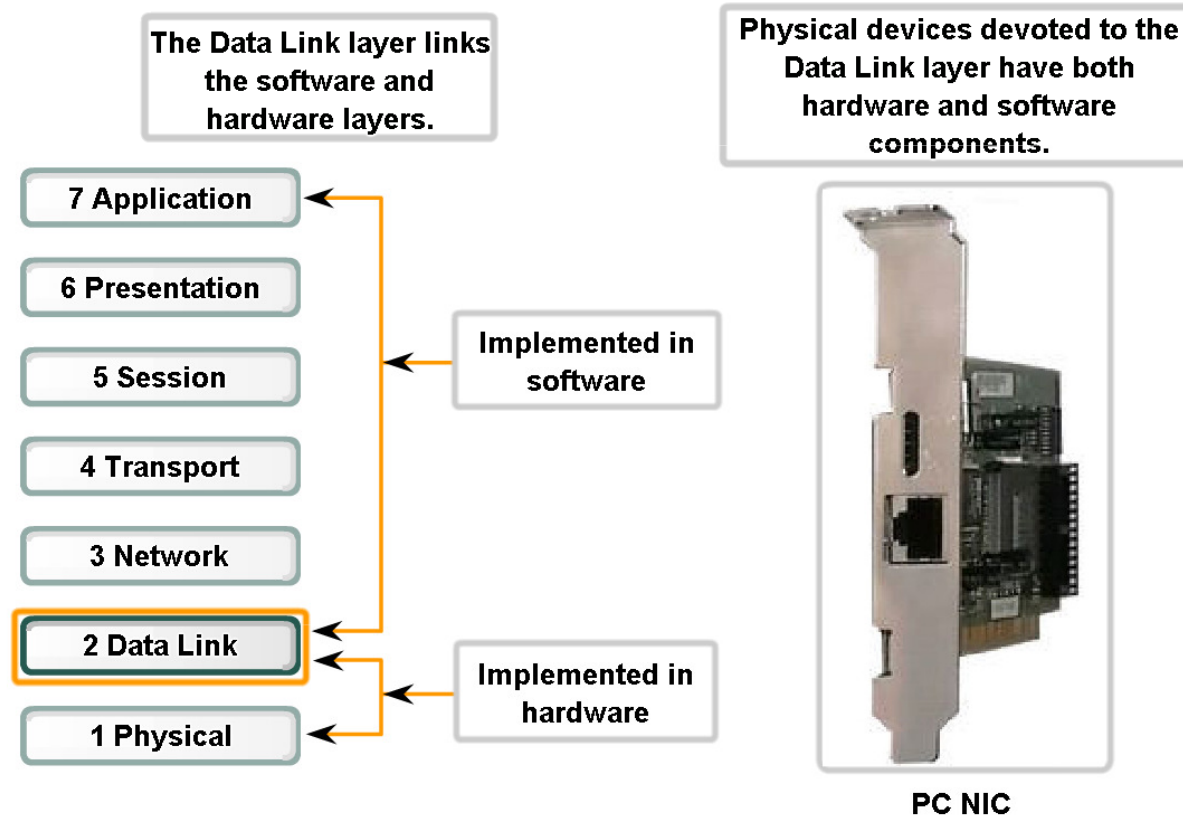
Transfer of Frames

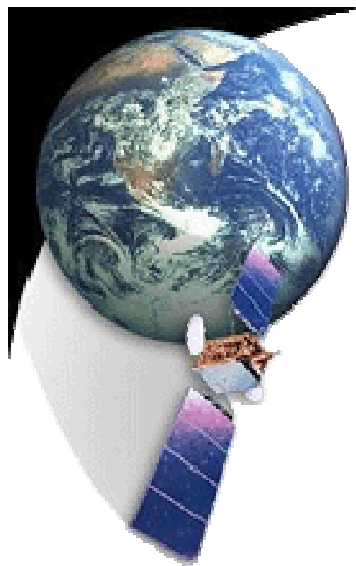


Data Link Layer – Accesso al mezzo

- Il livello Data Link gioca un ruolo fondamentale nel collegare livelli implementati in software e hardware.

Connecting Upper Layer Services to the Media





Data Link Layer – Accesso al mezzo

Standards for the Data Link Layer

ISO:	HDLC (High Level Data Link Control)
IEEE:	802.2 (LLC), 802.3 (Ethernet) 802.5 (Token Ring) 802.11(Wireless LAN)
ITU:	Q.922 (Frame Relay Standard) Q.921 (ISDN Data Link Standard) HDLC (High Level Data Link Control)
ANSI:	3T9.5 ADCCP (Advanced Data Communications Control Protocol)

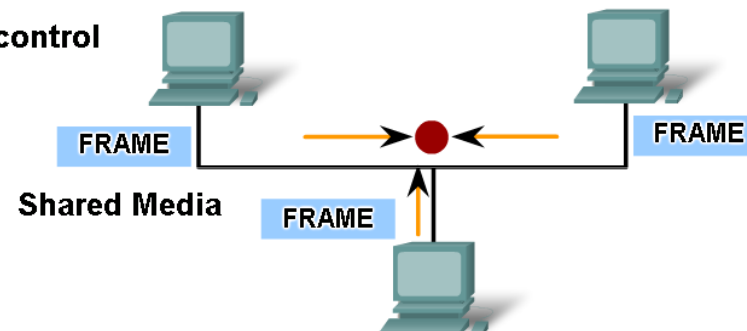
Controllo di accesso al mezzo

• Perché è necessario?

Media Access Control Methods

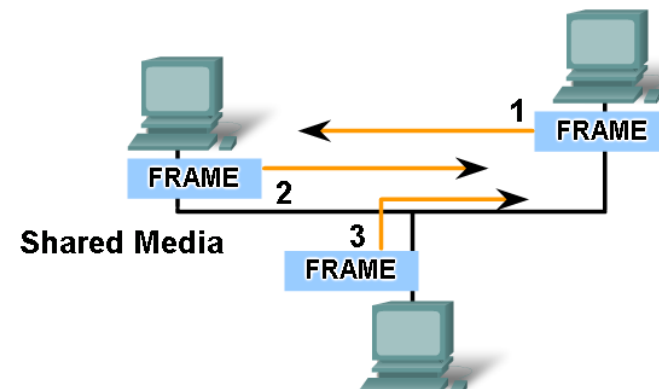
No control at all would result in many collisions. Collisions cause corrupted frames that must be resent.

No control



Methods that enforce a high degree of control prevent collisions, but the process has high overhead.

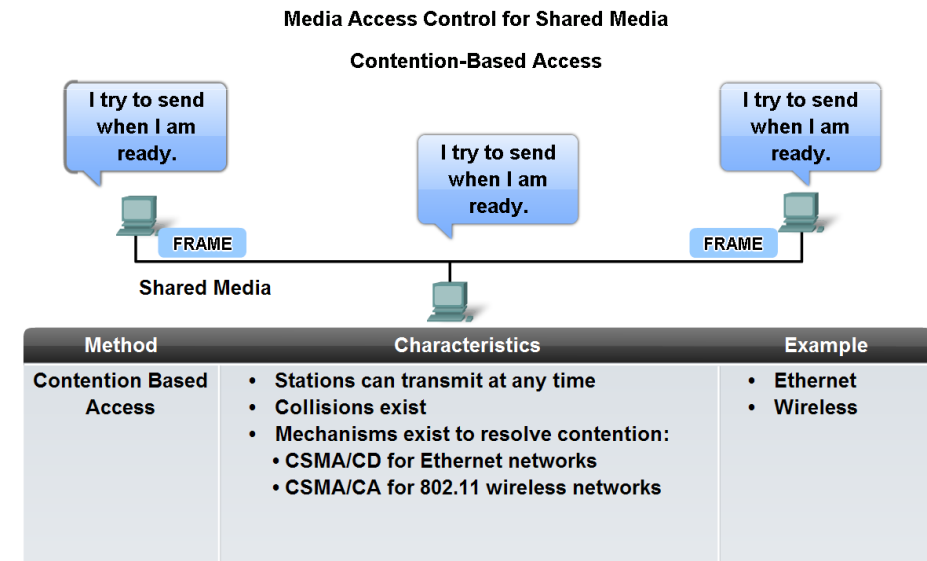
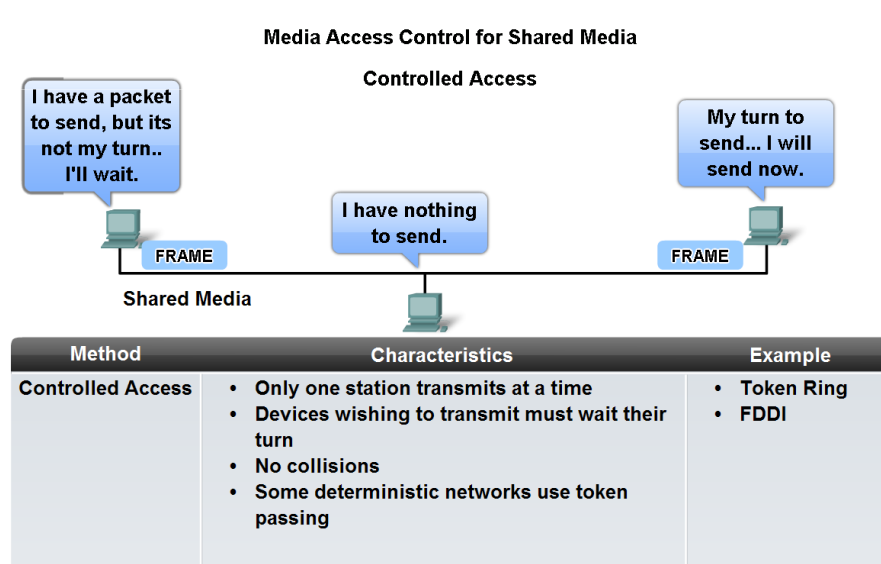
Take turns



Methods that enforce a low degree of control have low overhead, but there are more frequent collisions.

Tecniche di controllo di accesso al mezzo

- Due sono le tecniche principali di controllo di accesso al mezzo condiviso: controllato e a contention-based.

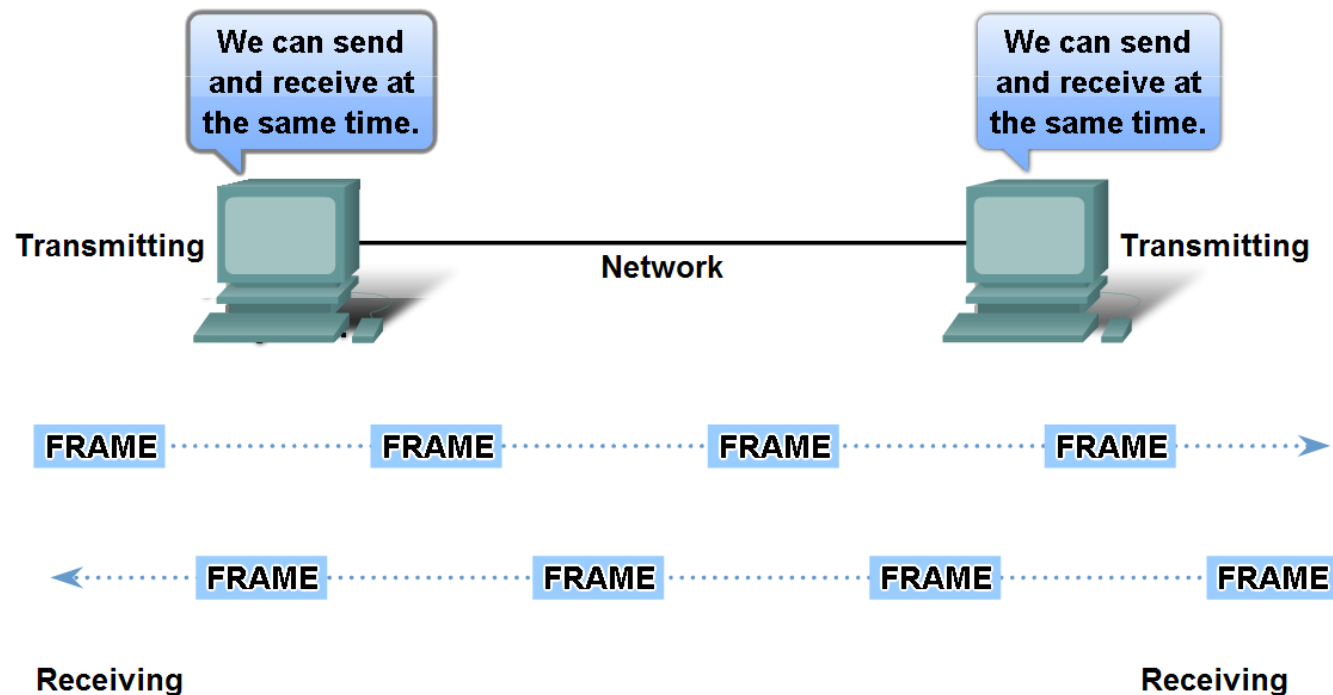




Tecniche di controllo di accesso al mezzo

- Full Duplex e Half Duplex per mezzo non condiviso:

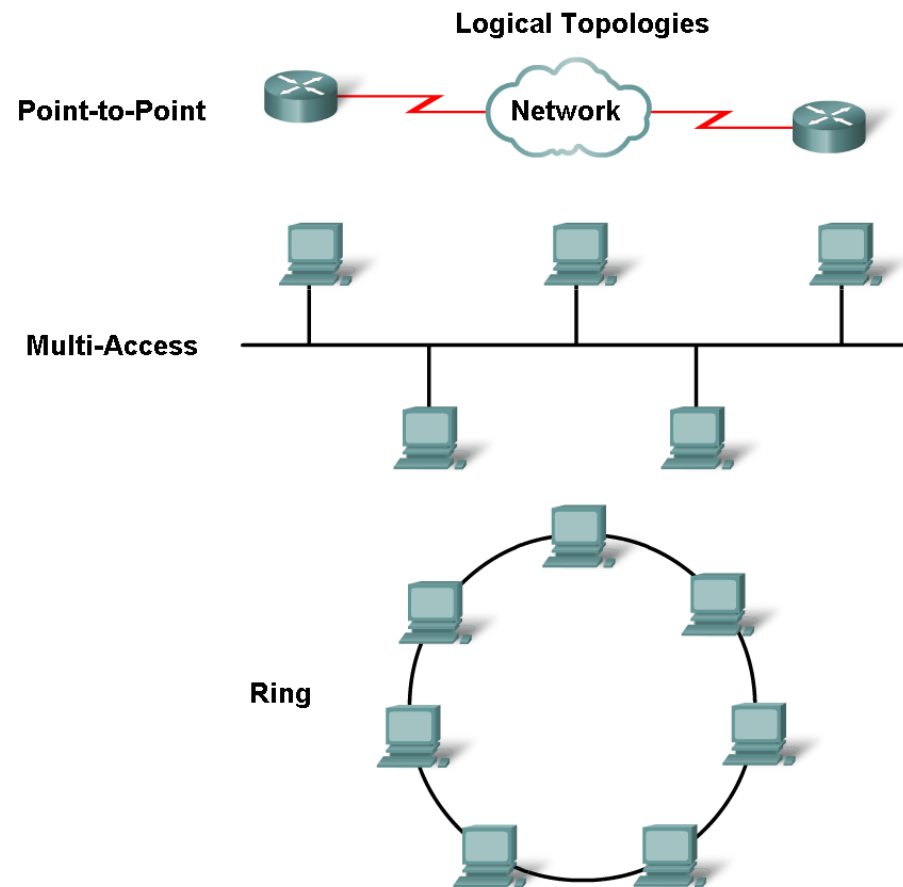
Media Access Control for Non-shared media

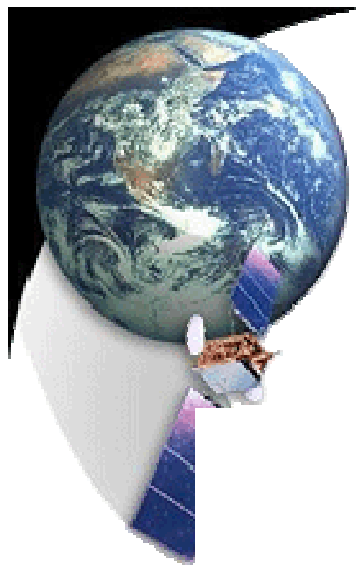




Tecniche di controllo di accesso al mezzo

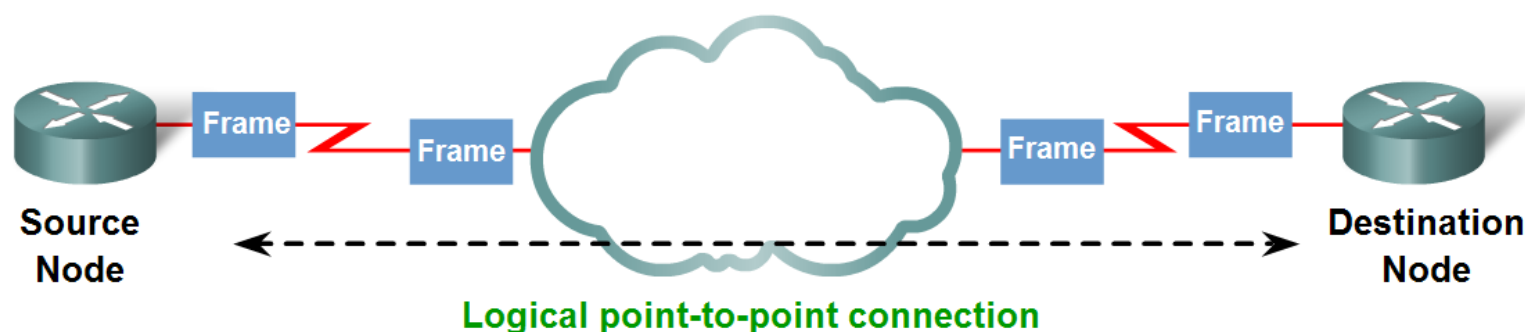
- Topologia fisica vs. topologia logica:

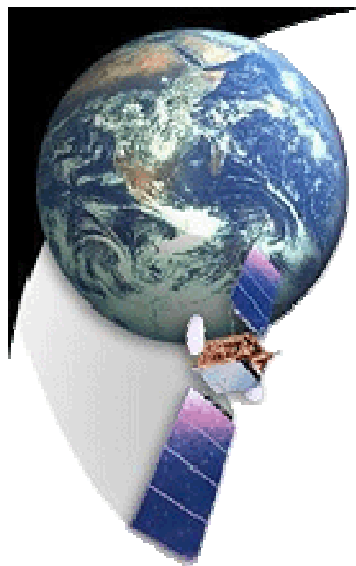




Tecniche di controllo di accesso al mezzo

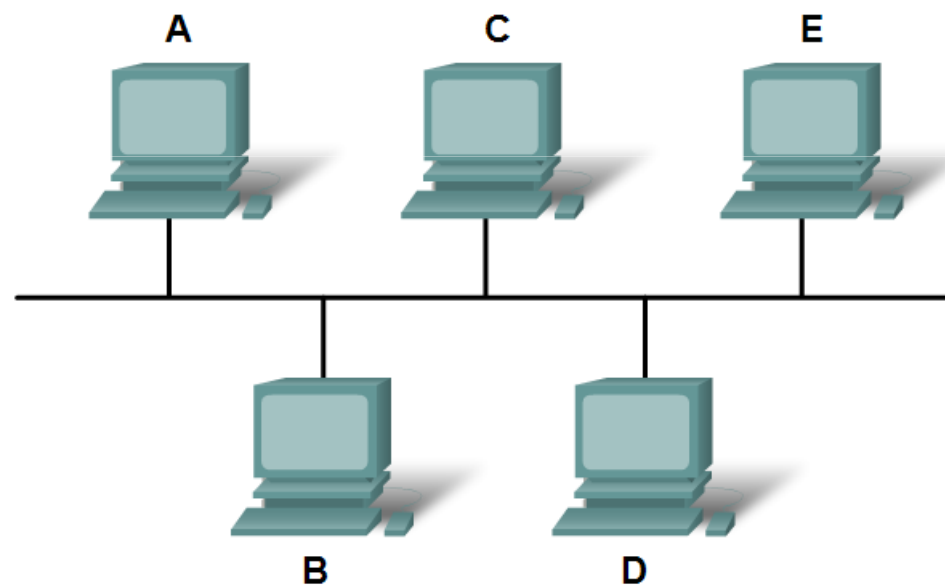
Logical Point-to-Point Topology





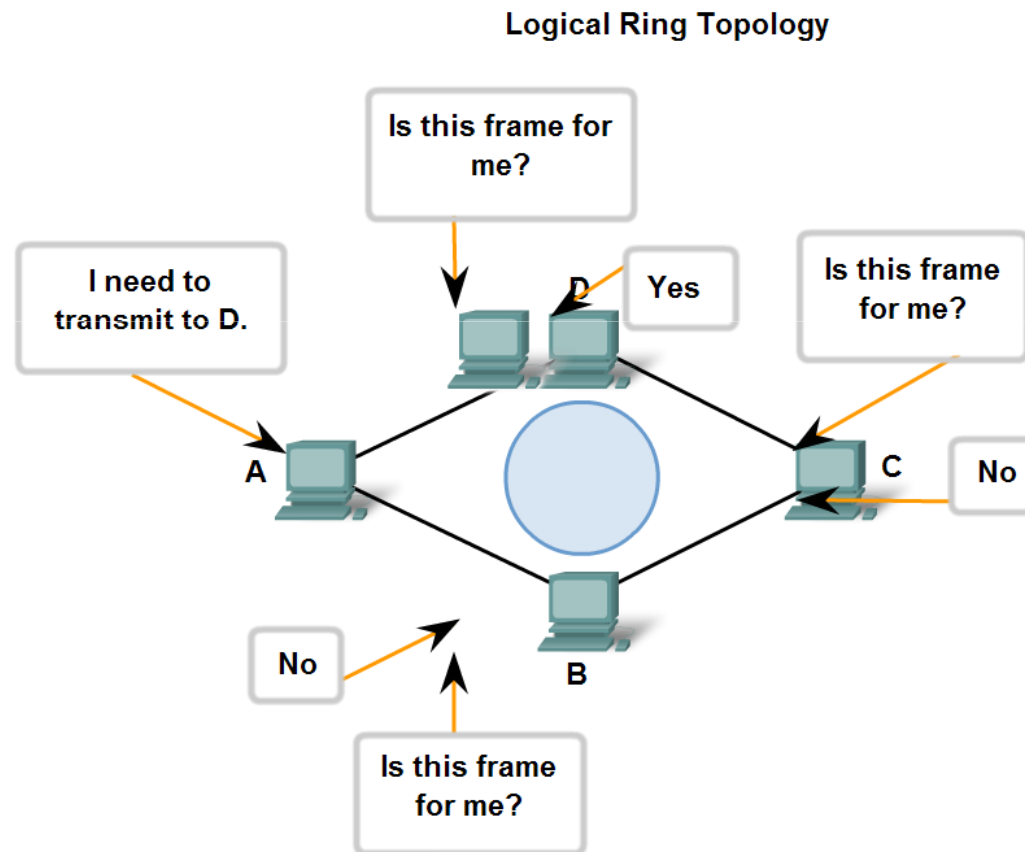
Tecniche di controllo di accesso al mezzo

Logical Multi-Access Topology





Tecniche di controllo di accesso al mezzo



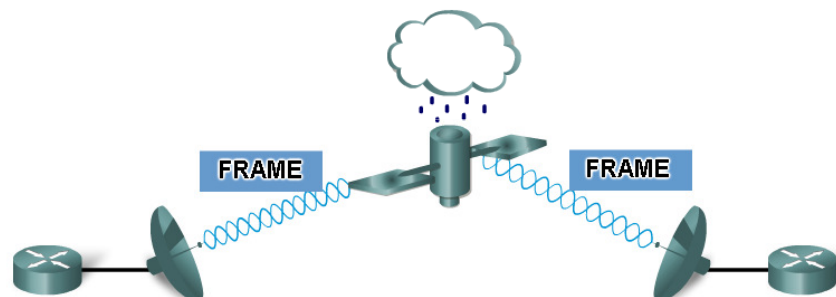
Framing dei dati

- L'incapsulamento dei pacchetti in frame facilita l'entrata e l'uscita dei dati sui diversi mezzi.

Data Link Layer Protocols - The Frame

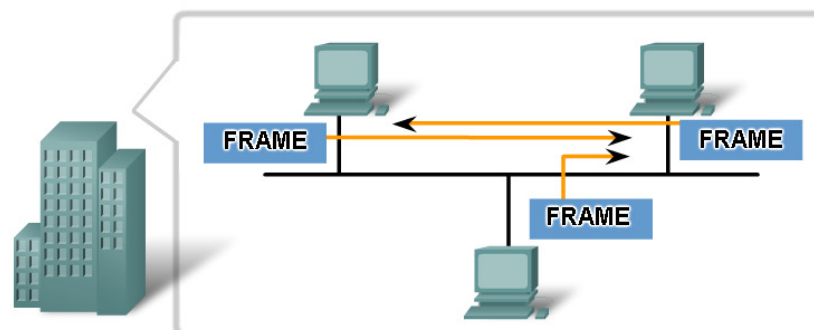
In a fragile environment, more controls are needed to ensure delivery. The header and trailer fields are larger as more control information is needed.

Greater effort needed to ensure delivery = higher overhead = slower transmission rates



In a protected environment, we can count on the frame arriving at its destination. Fewer controls are needed, resulting in smaller fields and smaller frames.

Less effort needed to ensure delivery = lower overhead = faster transmission rates

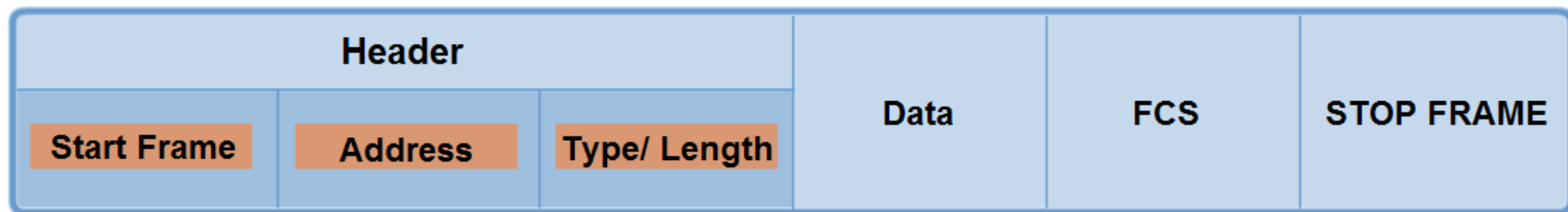




Framing dei dati e indirizzamento

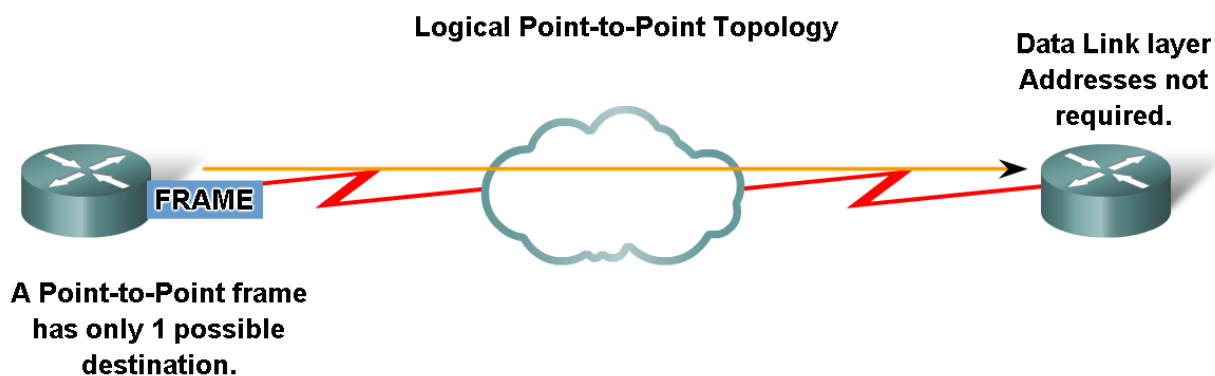
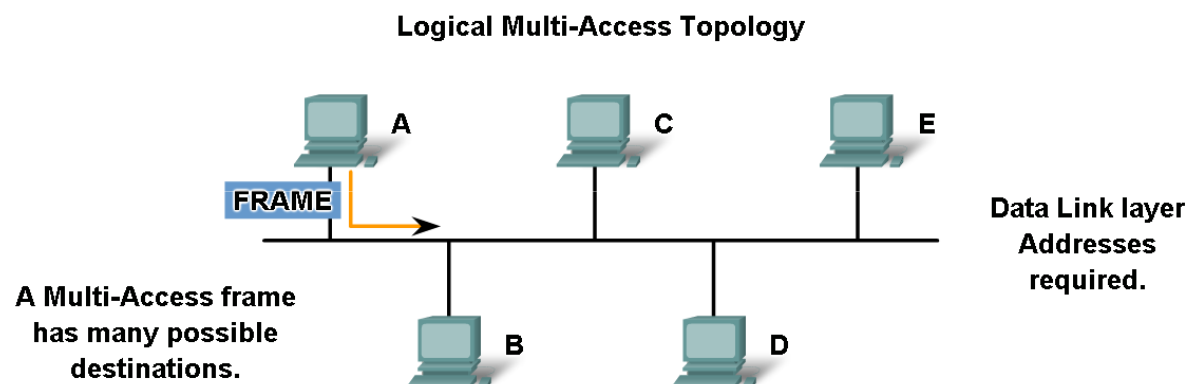
- La struttura dell'header di livello Data Link si compone di alcuni campi comuni ai diversi protocolli di questo livello:

The Role of the Header



Framing dei dati e indirizzamento

- Diversi indirizzi sono sempre necessari?

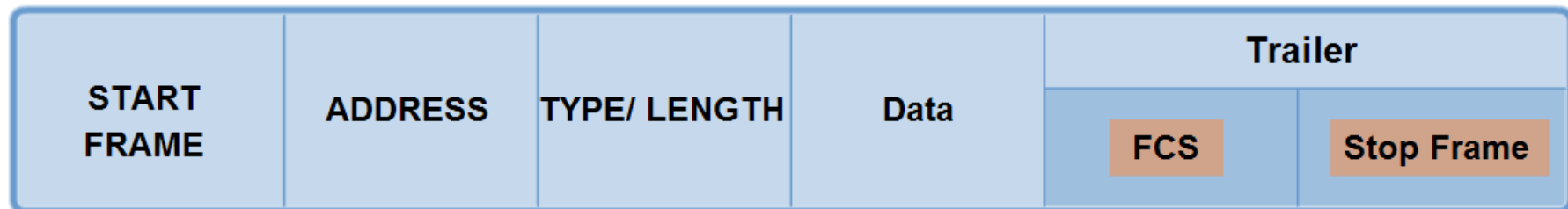




Framing dei dati e indirizzamento

- Il ruolo del *trailer* nel livello Data Link è fondamentale in un mezzo "non-reliable" come Ethernet.

The Role of the Trailer

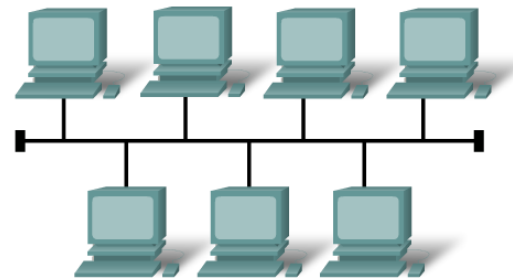




Ethernet e caratteristiche del mezzo

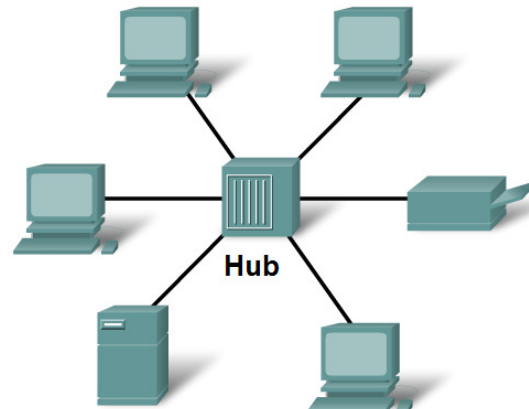
Early Ethernet Media and Topology

Topology
Physical: Bus
Logical: Bus



Migration to

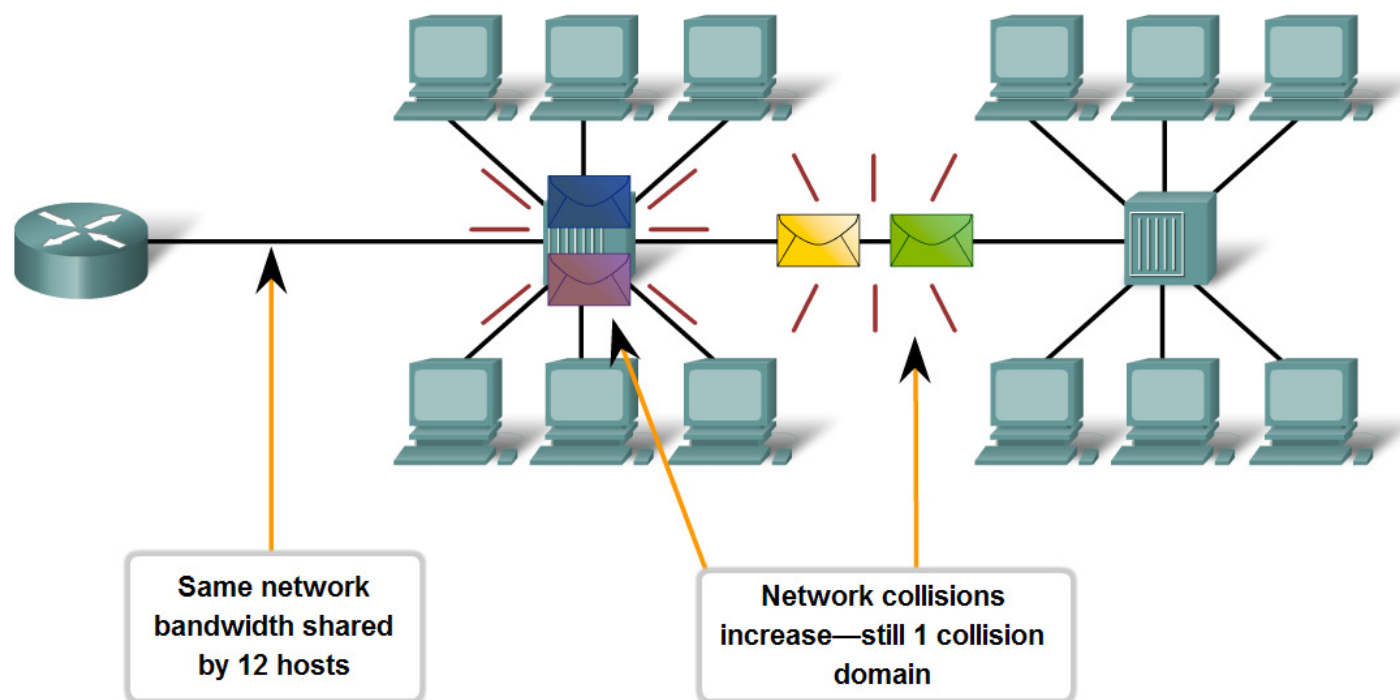
Topology
Physical: Star
Logical: Bus



Ethernet e caratteristiche del mezzo

• Legacy Ethernet

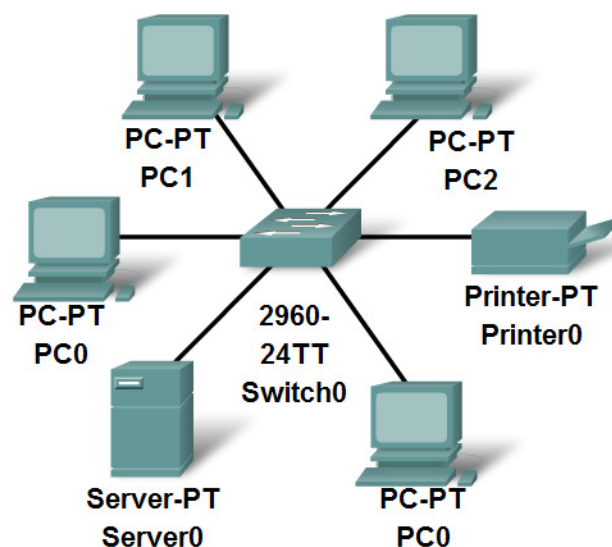
Poor Performance of Hub-based LANs



Ethernet e caratteristiche del mezzo

- L'introduzione dello switch in Ethernet è stata l'innovazione chiave.

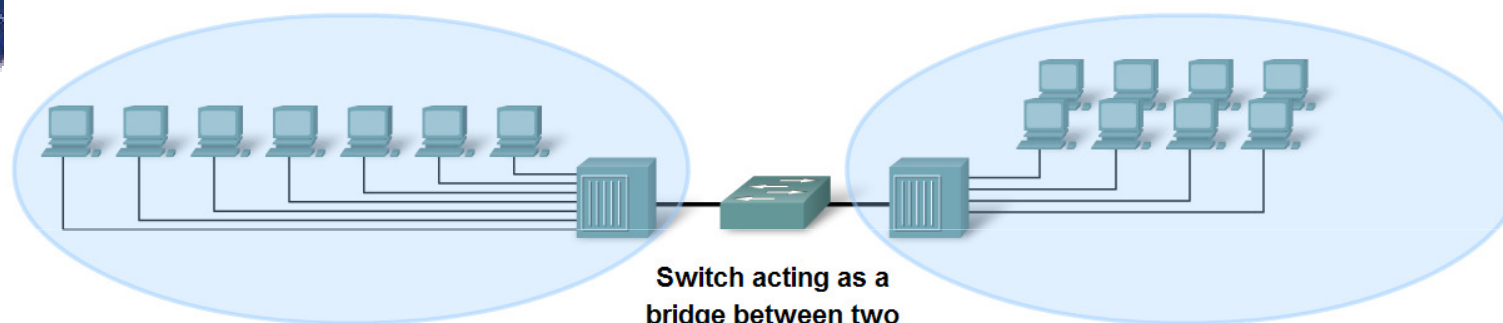
Migration to Ethernet Switches



Ethernet e caratteristiche del mezzo

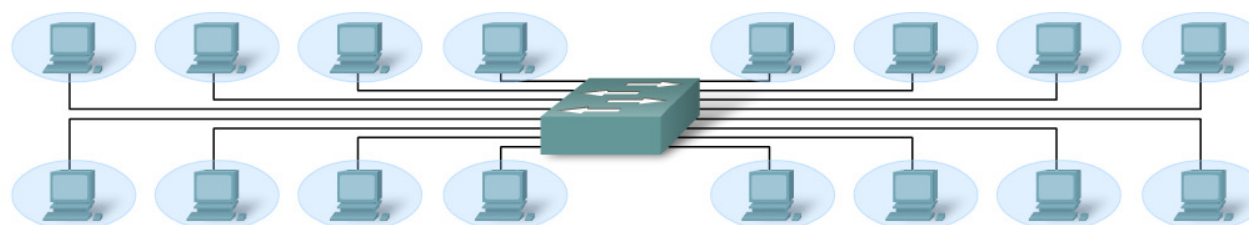
• Ethernet e switch:

Switch Uses



Switch acting as a
bridge between two
shared-media hubs

Two collision domains—one for
each shared media LAN.



Switch at the
center of a LAN

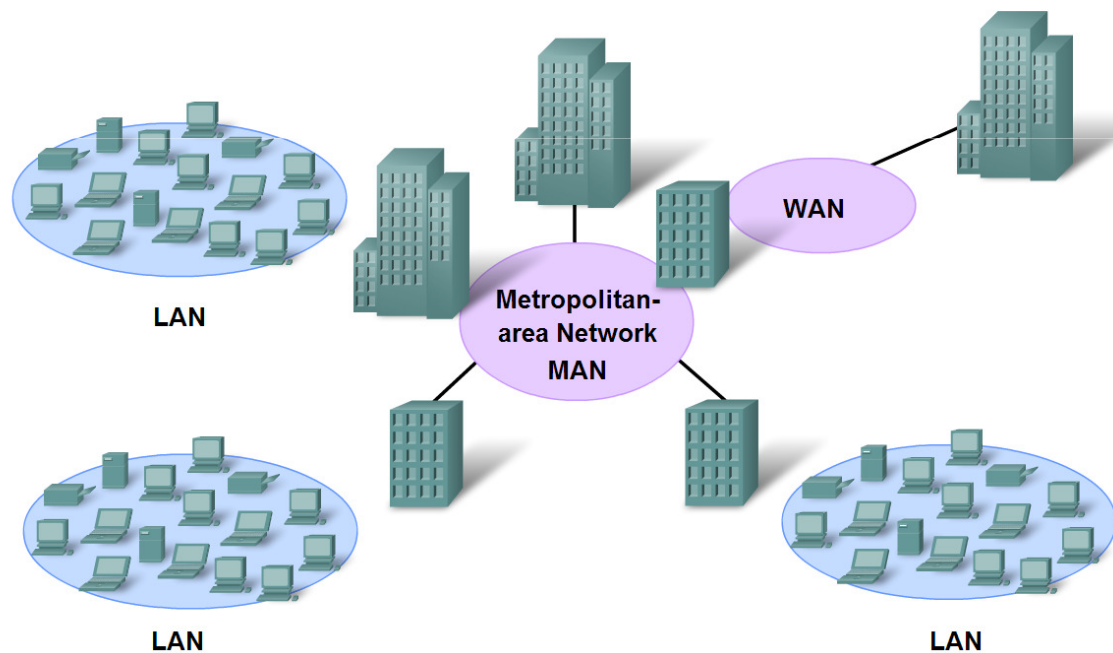
Each computer has its own
collision domain.



Ethernet e caratteristiche del mezzo

Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet technology is applied beyond the enterprise
LAN to MAN and WAN-based networks.

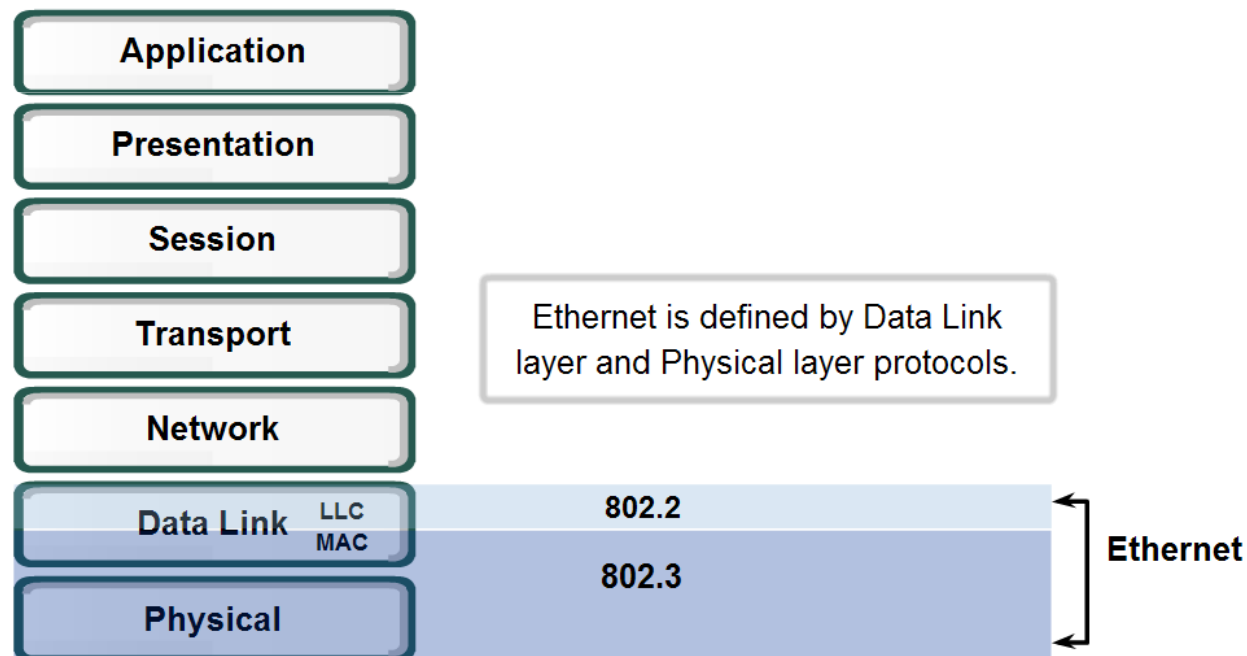




Caratteristiche del livello fisico e Data Link in Ethernet

- Standard e implementazione:

Ethernet

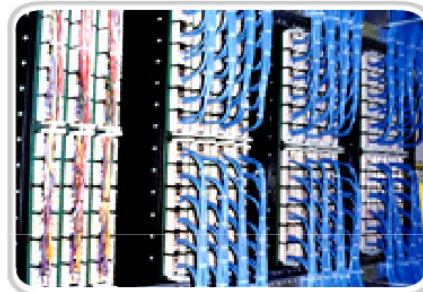




Caratteristiche del livello fisico e Data Link in Ethernet

• Implementazioni fisiche di Ethernet:

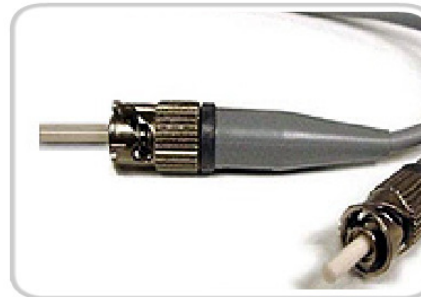
Physical Devices Implementing Ethernet



UTP patch panels in a rack



Ethernet switches



Ethernet fiber connectors



Ethernet switch



Caratteristiche del livello fisico e Data Link in Ethernet

- Perché lavorare su due livelli del modello OSI?

Layer 2 Addresses Layer 1 Limitations

Layer 1 Limitations	Layer 2 Functions
Cannot communicate with upper layers	Connects to upper layers via Logical Link Control (LLC)
Cannot identify devices	Uses addressing schemes to identify devices
Only recognizes streams of bits	Uses frames to organize bits into groups
Cannot determine the source of a transmission when multiple devices are transmitting	Uses Media Access Control (MAC) to identify transmission sources

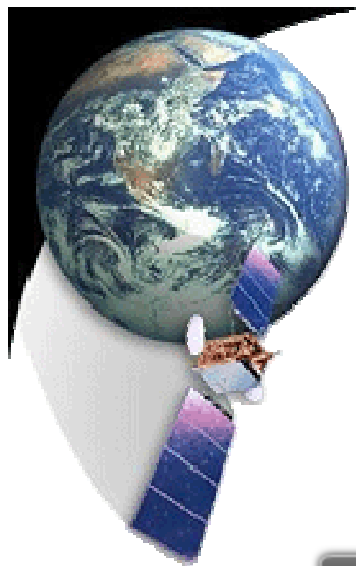


Il livello LLC

Logical Link Control (LLC)

- Makes the connection with the upper layers
- Frames the Network layer packet
- Identifies the Network layer protocol
- Remains relatively independent of the physical equipment

Logical Link Control Sublayer								
802.3 Media Access Control								
Physical Signaling Sublayer	10BASE5 (500m) 50 Ohm Coax N-Style	10BASE2 (185m) 50 Ohm Coax BNC	10BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	100BASE-TX (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-CX (25m) 150 Ohm STP mini-DB-9	1000BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-SX (220-550m) MM Fiber SC	1000BASE-LX (550-5000m) MM or SM Fiber SC
Physical Medium								



Tipologie Ethernet

Types of Ethernet	Bandwidth	Cable Type	Duplex	Maximum Distance
10Base-5	10 Mbps	Thicknet Coaxial	Half	500 m
10Base-2	10 Mbps	Thinnet Coaxial	Half	185 m
10Base-T	10 Mbps	Cat3/Cat5 UTP	Half	100 m
100Base-T	100 Mbps	Cat5 UTP	Half	100 m
100Base-TX	200 Mbps	Cat5 UTP	Full	100 m
100Base-FX	100 Mbits	Multimode Fiber	Half	400 m
100Base-FX	200 Mbps	Multimode Fiber	Full	2 km
1000Base-T	1 Gbps	Cat 5e UTP	Full	100 m
1000Base-TX	1 Gbps	Cat 6 UTP	Full	100 m
1000Base-SX	1 Gbps	Multimode Fiber	Full	550 m
1000Base-LX	1 Gbps	Single-Mode Fiber	Full	5 km
10GBase-CX4	10 Gbps	Twinaxial	Full	15 m
10GBase-T	10 Gbps	Cat6a/Cat7 UTP	Full	100 m
10GBase-LX4	10 Gbps	Multimode Fiber	Full	300 m
10GBase-LX4	10 Gbps	Single-mode Fiber	Full	10 km



Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

• Media Access Control (MAC)

MAC—Getting Data to the Media

MEDIA ACCESS CONTROL

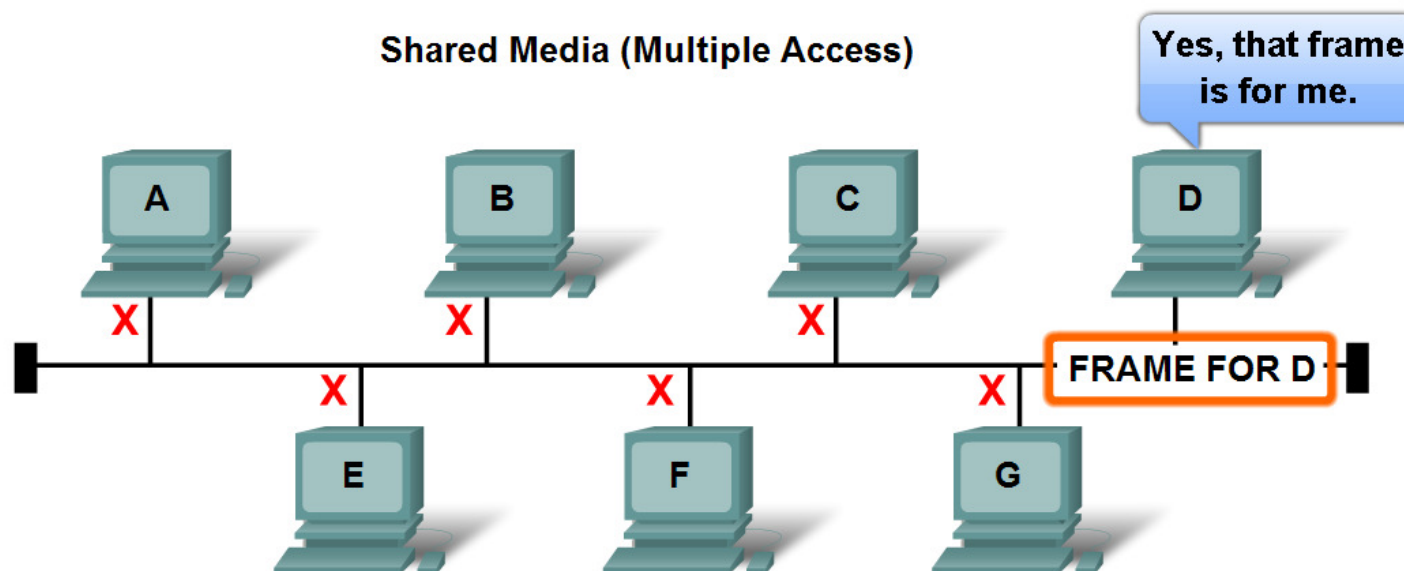
- **Data Encapsulation**
 - Frame delimiting
 - Addressing
 - Error detection
- **Media Access Control**
 - Control of frame placement on and off the media
 - media recovery

Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

• Ethernet MAC Address:

The MAC Address—Addressing in Ethernet

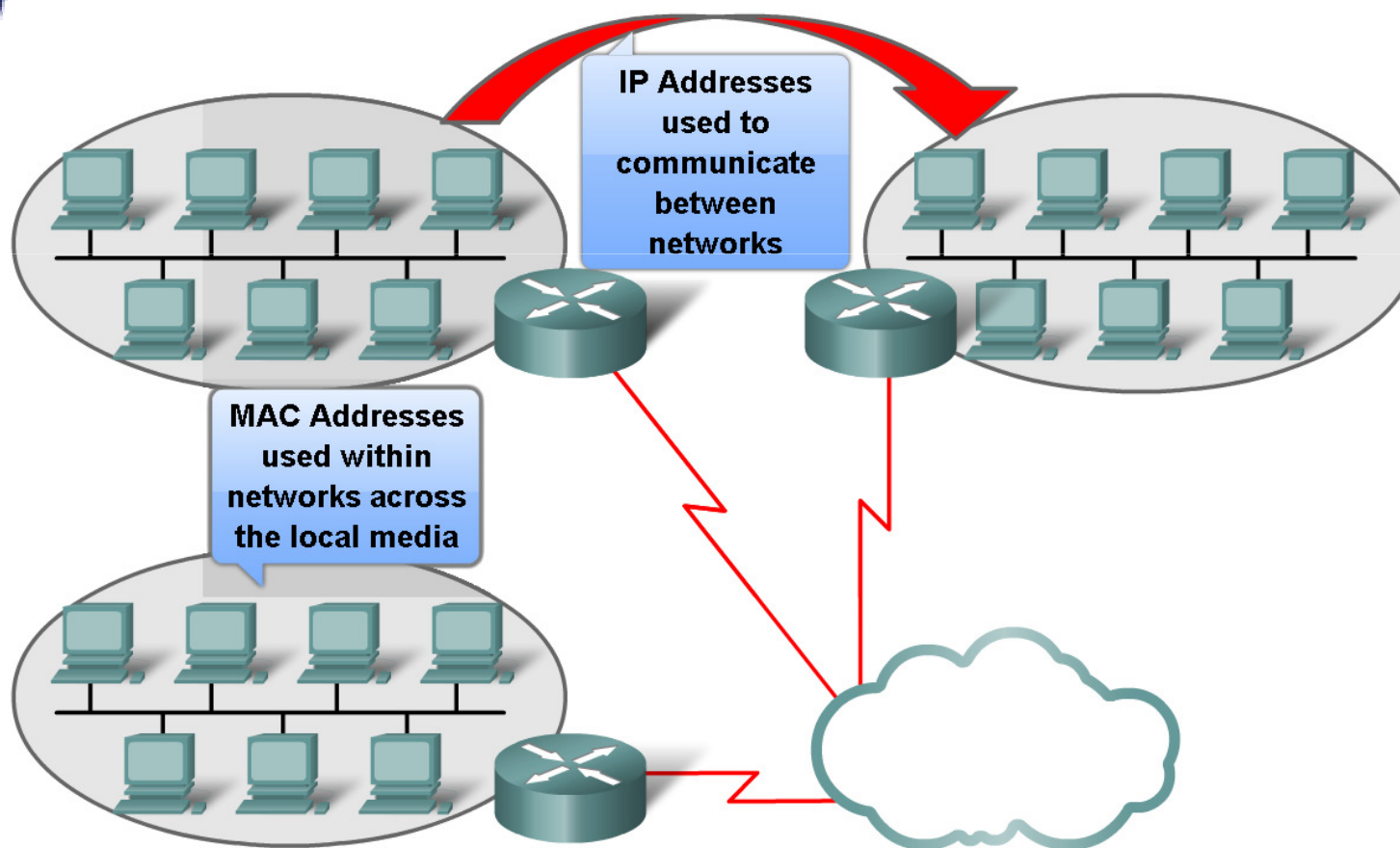
All Ethernet nodes share the media.
To receive the data sent to it, each node needs a unique address.



Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

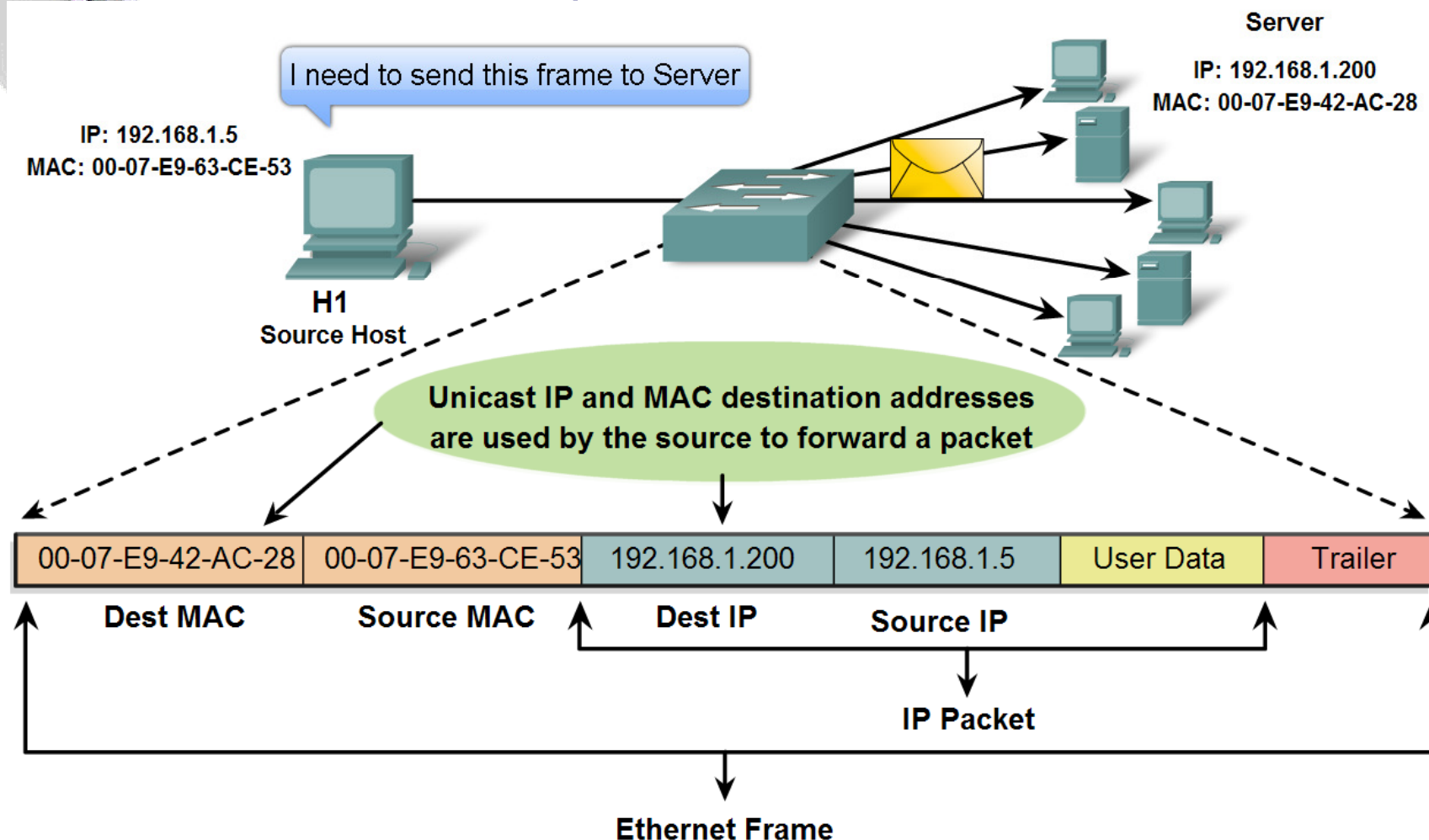
- Un altro livello di indirizzamento...

Different Layers of Addressing



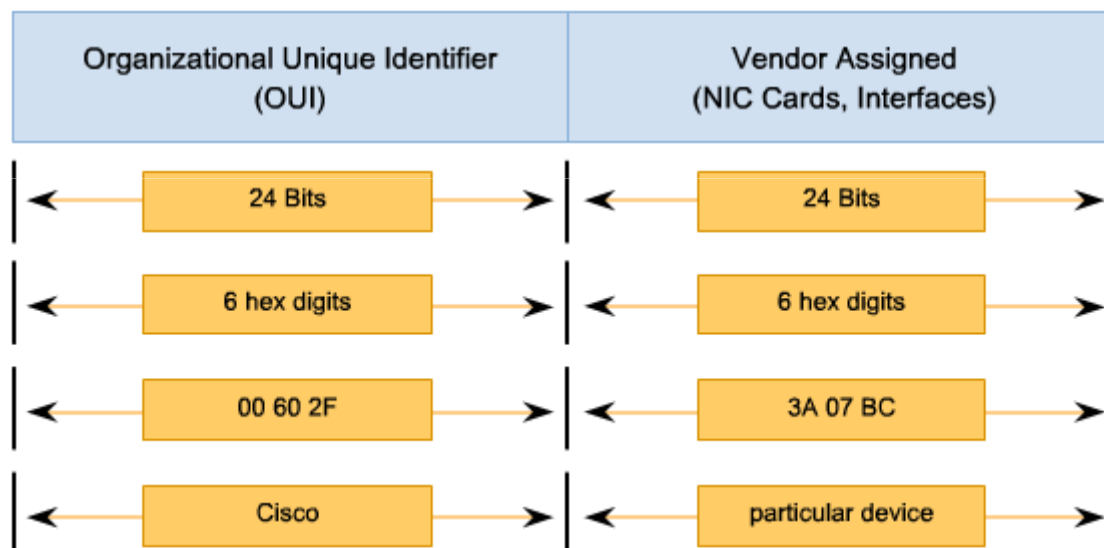
Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

• Ethernet Unicast, Multicast e Broadcast



Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

• Struttura dell'indirizzo MAC:



Different representations of MAC
Addresses

00-60-2F-3A-07-BC
 00:60:2F:3A:07:BC
 0060.2F3A.07BC

Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

• 1 frame Ethernet:

Comparison of 802.3 and Ethernet Frame Structures and Field Size

IEEE 802.3						
7	1	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Start of Frame delimiter	Destination Address	Source Address	Length/Type	802.2 Header and Data	Frame Check Sequence

Ethernet					
8	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Frame Check Sequence

Field size in
bytes

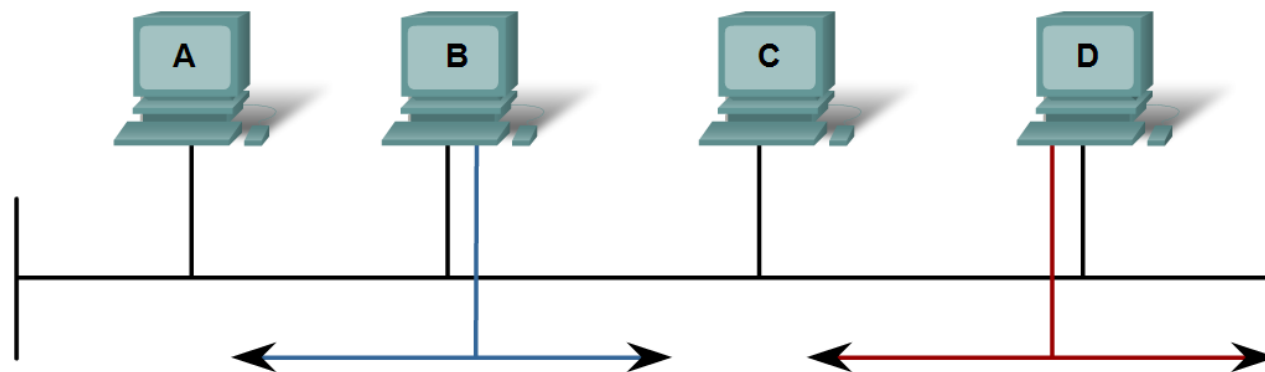


Caratteristiche del livello MAC in Ethernet

- **Controllo di accesso al mezzo in Ethernet:**

Media Access Control in Ethernet

**Carrier Sense Multiple Access with
Collision Detection (CSMA/CD)**



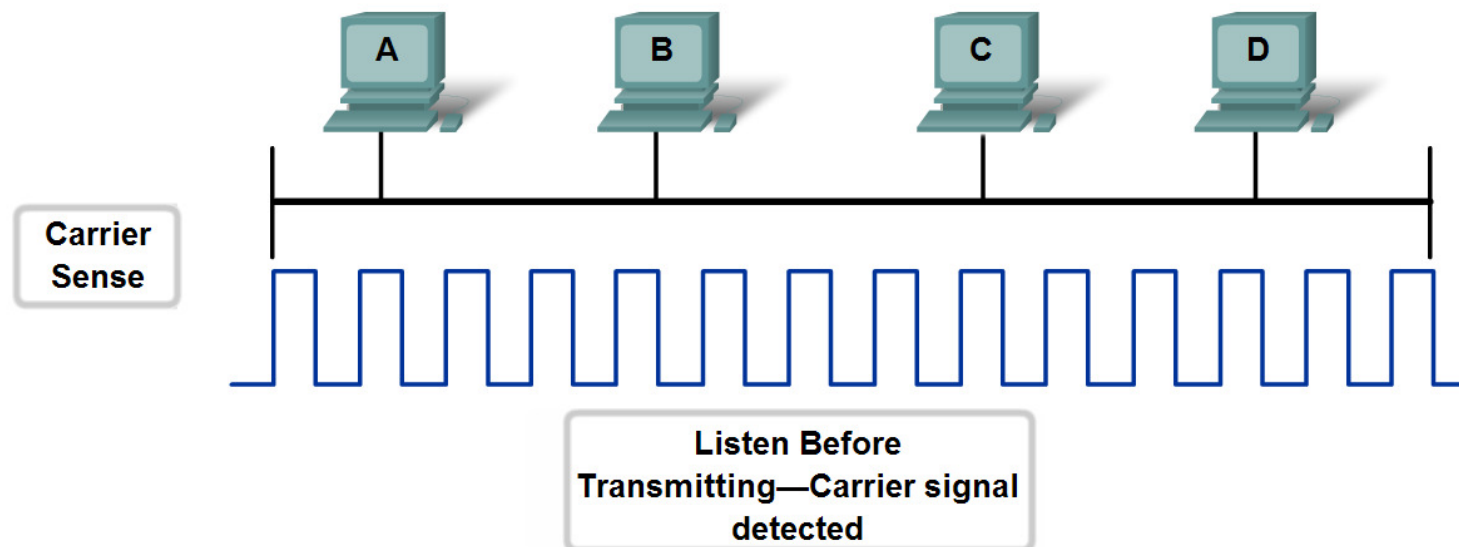
CSMA/CD controls access to the shared media. If there is a collision, it is detected and frames are retransmitted.

CSMA/CD in Ethernet

- **Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**

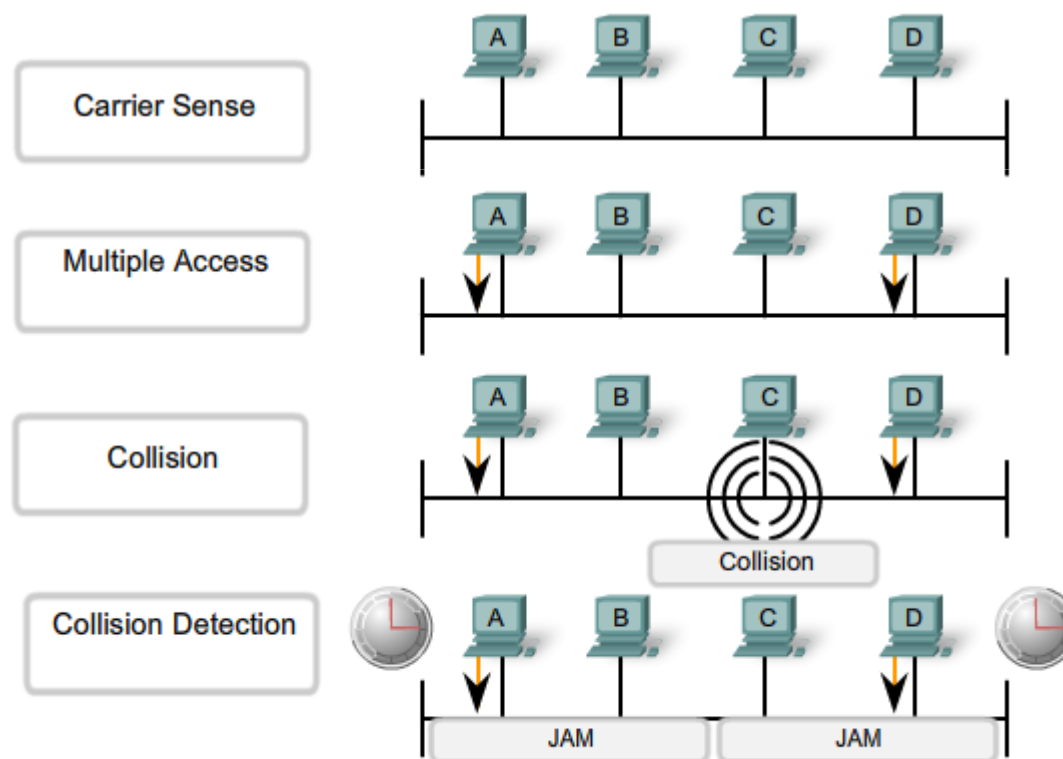
Media Access Control in Ethernet

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)



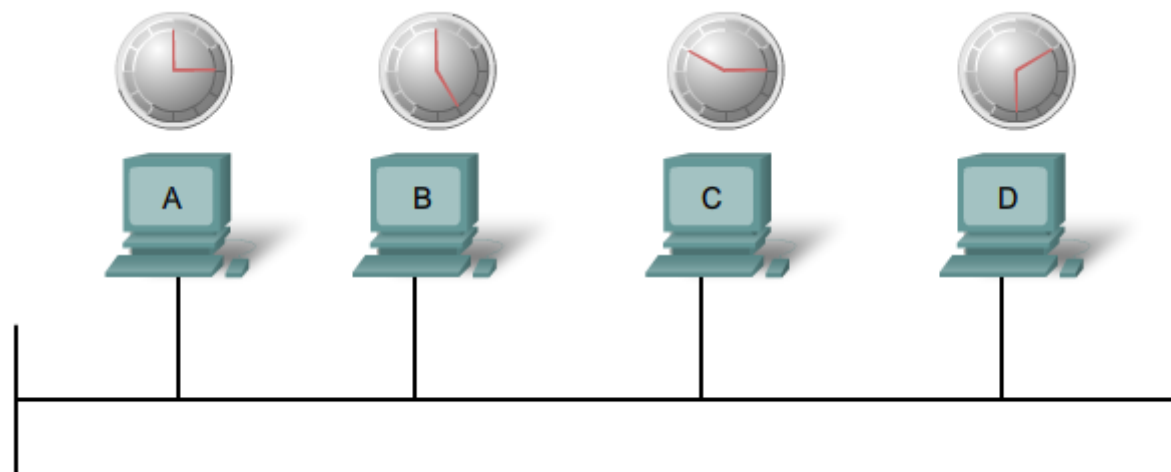
CSMA/CD in Ethernet

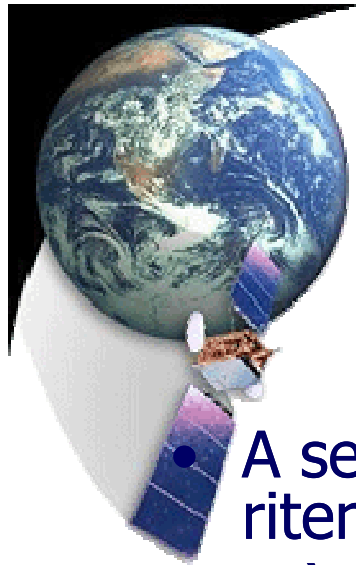
- Le stazioni che rilevano una collisione inviano un segnale di JAM.



CSMA/CD in Ethernet

- Backoff timing: dopo aver ricevuto il segnale di JAM, tutte le stazioni cessano di trasmettere e attendono un periodo random (settato dal *backoff timer*) prima di ritentare la trasmissione.





CSMA/CD in Ethernet

- A seguito di una collisione la trasmissione viene ritentata dopo X time slot.
- X è scelto uniformemente fra 0 e $2^{\lceil \min(K, 10) \rceil}$ (backoff esponenziale binario) con K numero di collisioni consecutive.
- Sono consentiti fino a **16** tentativi di ritrasmissione dopodichè la trama viene eliminata dal buffer di livello MAC che notifica l'evento al livello superiore (in Ethernet c'è la possibilità che una trama non venga trasmessa per congestione sul canale).
- Il ritardo di backoff massimo è di 2^{10} slot cioè **52 ms**.



Esercizio 1

- Si consideri un sistema CSMA-CD con distanza massima tra le stazioni di 500 m.
- Si calcoli la lunghezza minima della trama L affinché il rapporto τ / T sia pari a 0.1 nel caso di canale
 - a 10 Mbit/s
 - A 100 Mbit/s
- Si assuma che la velocità di propagazione sia pari a $2 \cdot 10^8$ m/s.



Soluzione

- Si ha che il tempo di propagazione è pari a
 $\tau = 500 / (2 \cdot 10^8) = 2.5 \mu s$
- E quindi il tempo di trasmissione si ricava
come $T = \tau / 0.1 = 25 \mu s$
- Nel caso di 10 Mbit/s:
 $T = L / C = L / 10 = 25 \Rightarrow L = 250 \text{ bit}$
- Nel caso di 100 Mbit/s:
 $T = L / C = L / 100 \Rightarrow L = 2500 \text{ bit}$



Esercizio 2

- Due nodi A e B sono connessi agli estremi di un cavo di 900 m e ciascuno di essi ha un frame di 1000 bit (comprese le intestazioni e i preamboli) da trasmettere all'altro.
- Tra A e B sono collocati 4 hub, ciascuno dei quali introduce un ritardo di 20 bit.
- Si assuma che il tasso di trasmissione sia di 10 Mbit/s e che si usi il CSMA/CD con intervalli di backoff che siano multipli di 512 bit.
- Entrambe i nodi tentano la trasmissione al tempo $t=0$. Dopo la prima collisione, A estrae $k=0$ e B estrae $K=1$ nel backoff esponenziale.
- Si ignorino i segnali di JAM.
- Si calcoli
 - A. Il ritardo di propagazione (compresi i ritardi introdotti dai ripetitori) fra A e B.
 - B. L'istante di tempo nel quale la trama di A sarà consegnata completamente a B.



Soluzione

- A. Il ritardo di propagazione tra A e B è dato dalla somma dei ritardi di propagazione sul cavo e dei ritardi introdotti dagli hub.
 - ritardo di propagazione sul canale di 900 m
 $T = 900 / (2 \cdot 10^8) = 4.5 \mu s$
 - ritardo di ciascun hub
 $20 \text{ bit} / C = 20 / 10^7 = 2 \mu s$Quindi il ritardo totale tra A e B è:
 $T_{AB} = 4.5 + 4 \cdot 2 = 12.5 \mu s$
- B. Dopo la collisione, A ritrasmette nello slot successivo ($K=0$), quindi il tempo affinché la trama venga completamente ricevuta da B è pari a:
 $T_{tot} = 1 \text{ slot time} + T + \tau_{AB} =$
 $512 / (10 \cdot 10^6) + 1000 / (10 \cdot 10^6) + 12.5 \cdot 10^{-6} = 63.71 \mu s$