

A decorative vertical strip on the left side of the slide, featuring a repeating pattern of network-related symbols such as nodes, arrows, and geometric shapes in a light gray color.

# **Reti di Calcolatori**

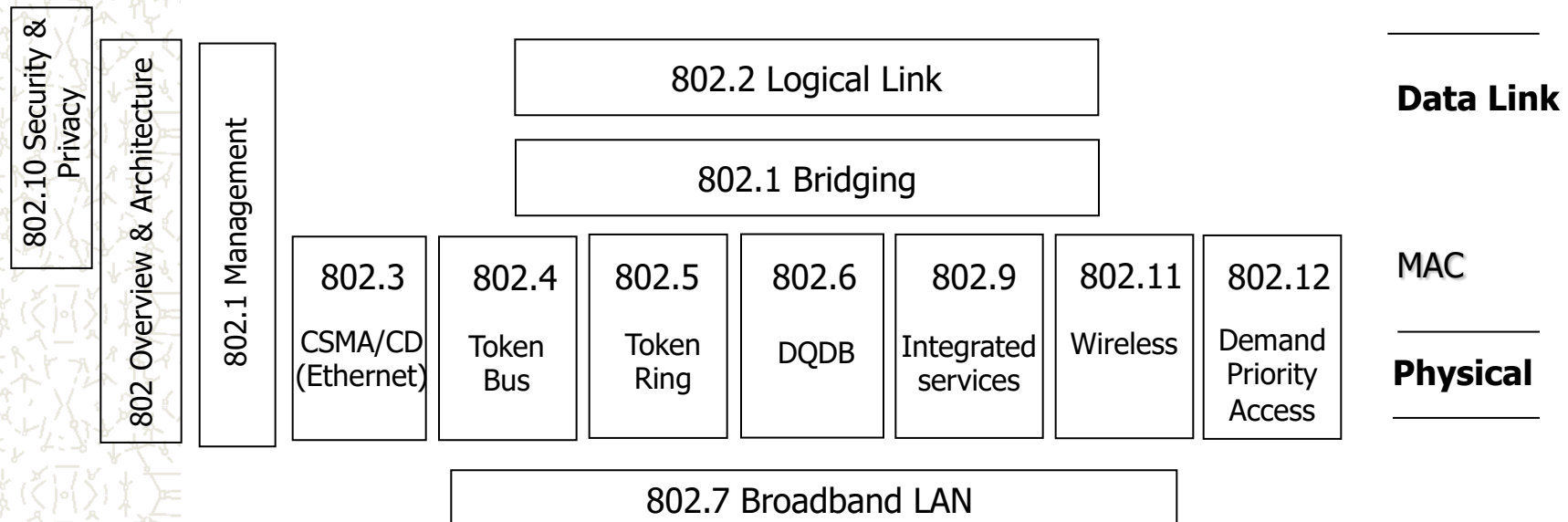
La Rete Ethernet

A horizontal yellow bar at the bottom right of the slide, consisting of two adjacent rectangular segments.

# Standard IEEE 802

Il progetto IEEE 802 definisce un insieme di standard per le LAN e le MAN, relativamente ai livelli data link e fisico.

- Standard LAN che includono CSMA/CD, token bus, token ring
- I vari standard hanno differenze al livello fisico e MAC ma compatibilità al livello data link
- <http://standards.ieee.org/getieee802/>



# Il progetto IEEE 802

Quando le prime LAN cominciarono a diffondersi (ARC, Ethernet, Token Ring, ecc.), l'IEEE decise di costituire sei comitati per studiare il problema della standardizzazione delle LAN e delle MAN, complessivamente raccolti nel progetto IEEE 802.

Tali comitati sono:

- 802.1 Overview, Architecture, Bridging and Management;
- 802.2 Logical Link Control;
- 802.3 CSMA/CD (*Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection*);
- 802.4 Token Bus;
- 802.5 Token Ring;
- 802.6 Metropolitan Area Networks - DQDB (*Distributed Queue, Dual Bus*).

# Il progetto IEEE 802

A tali comitati in seguito se ne sono aggiunti altri tra cui:

- 802.3u 100BaseT;
- 802.3z 1000baseX
- 802.3ae 10GgbaseX
- 802.7 Broadband technical advisory group;
- 802.8 Fiber-optic technical advisory group;
- 802.9 Integrated data and voice networks;
- 802.10 Network security;
- 802.11 Wireless LAN networking;
- 802.16 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access);

Il lavoro di tali comitati procede in armonia con il modello di riferimento OSI, e la relazione esistente tra il progetto OSI, il progetto IEEE 802 e lo standard EIA/TIA

# IEEE 802.1

- È lo standard contenente le specifiche generali del progetto 802;
- esso è composto da molte parti, tra cui:
  - 802.1 *Part A* (Overview and Architecture);
  - 802.1 *Part B* (Addressing Internetworking and Network Management);
  - 802.1 *Part D* (MAC Bridges).

# IEEE 802.1

- IEEE 802 introduce l'idea che le LAN e le MAN devono fornire un'interfaccia unificata verso il livello Network (livello rete), pur utilizzando tecnologie trasmissive differenziate.
- Per ottenere tale risultato, il progetto IEEE 802 suddivide il livello Data Link in due sottolivelli:
  - LLC (*Logical Link Control*);
  - MAC (*Media Access Control*).

# IEEE 802.1

- Il sottolivello LLC è comune a tutte le LAN, mentre il MAC è peculiare di ciascuna LAN, così come il livello fisico al quale è strettamente associato.
- Il sottolivello LLC è l'interfaccia unificata verso il livello Network ed è descritto nell'apposito standard IEEE 802.2, mentre i vari MAC sono descritti negli standard specifici di ogni rete locale (ad esempio il MAC CSMA/CD è descritto nello standard IEEE 802.3).
- Nel seguito, per facilità di lettura, si parlerà solo di reti locali (LAN), ma quanto detto vale ovviamente anche per le reti metropolitane (MAN), comprese anch'esse nel progetto IEEE 802.

# MAC

- Il sottolivello MAC è specifico di ogni LAN e risolve il problema della condivisione del mezzo trasmissivo.
- Esistono vari tipi di MAC, basati su principi diversi, quali la contesa, il token, la prenotazione e il round-robin.
- Il MAC è indispensabile in quanto a livello 2 (Data Link) le LAN implementano sempre una sottorete trasmissiva di tipo broadcast in cui ogni sistema riceve tutti i frame inviati dagli altri.



# MAC

Trasmettere in broadcast, cioè far condividere un unico canale trasmissivo a tutti i sistemi, implica la soluzione di due problemi:

- in trasmissione, verificare che il canale sia libero prima di trasmettere e risolvere eventuali conflitti di più sistemi che vogliano utilizzare contemporaneamente il canale;
- in ricezione, determinare a quali sistemi è effettivamente destinato il messaggio e quale sistema lo ha generato.

# MAC

- La soluzione del primo problema è data dai vari algoritmi di MAC che, per poter soddisfare il requisito "apparecchiature indipendenti", devono essere algoritmi distribuiti su vari sistemi e non necessitare di un sistema master.
- La soluzione del secondo problema implica la presenza di indirizzi a livello MAC (quindi nella MAC-PDU) che trasformino trasmissioni broadcast in:
  - trasmissioni punto-a-punto, se l'indirizzo di destinazione indica un singolo sistema;
  - trasmissioni punto-gruppo, se l'indirizzo di destinazione indica un gruppo di sistemi;
  - trasmissioni effettivamente broadcast, se l'indirizzo di destinazione indica tutti i sistemi.

# Indirizzi MAC e ARP

- Indirizzo IP a 32 bit:

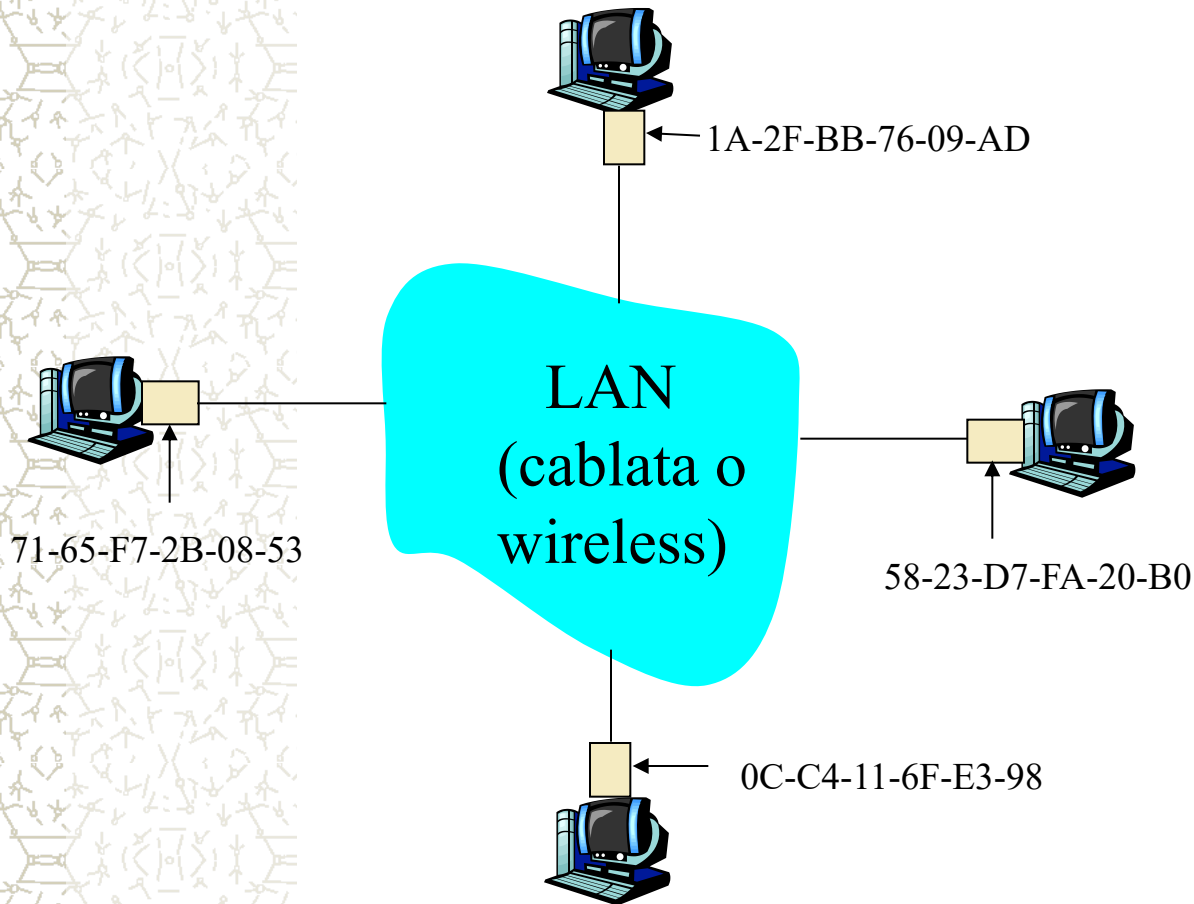
- Indirizzo a *livello di rete*.
- Analogo all'indirizzo postale di una persona: hanno una struttura gerarchica e devono esser aggiornati quando una persona cambia residenza.

- Indirizzo MAC (o LAN o fisico o Ethernet):

- Analogo al numero di codice fiscale di una persona: ha una struttura orizzontale e non varia a seconda del luogo in cui la persona si trasferisce.
- Indirizzo a 48 bit (per la maggior parte delle LAN) .

# Indirizzi LAN e ARP

Ciascun adattatore di una LAN ha un indirizzo LAN univoco .



Indirizzo broadcast =  
FF-FF-FF-FF-FF-FF

 = adattatore

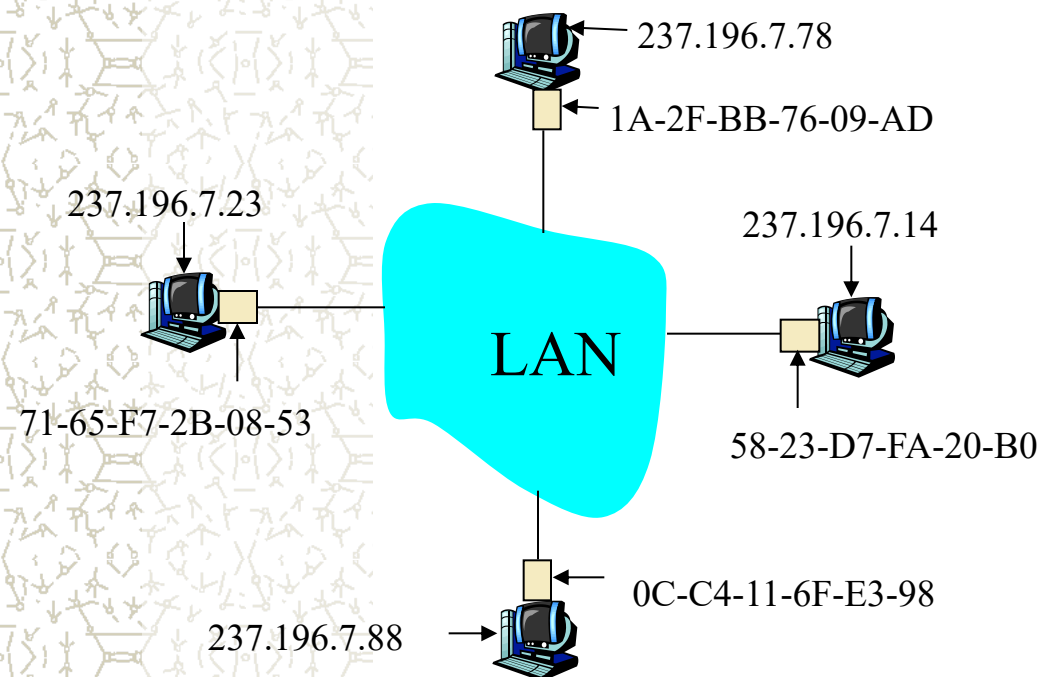
# Protocollo per la risoluzione degli indirizzi (ARP)

Domanda: come si determina l'indirizzo MAC di B se si conosce solo l'indirizzo IP di B?

- Ogni nodo IP (host, router) nella LAN ha una **tabella ARP**.
- Tabella ARP: contiene la corrispondenza tra indirizzi IP e MAC.

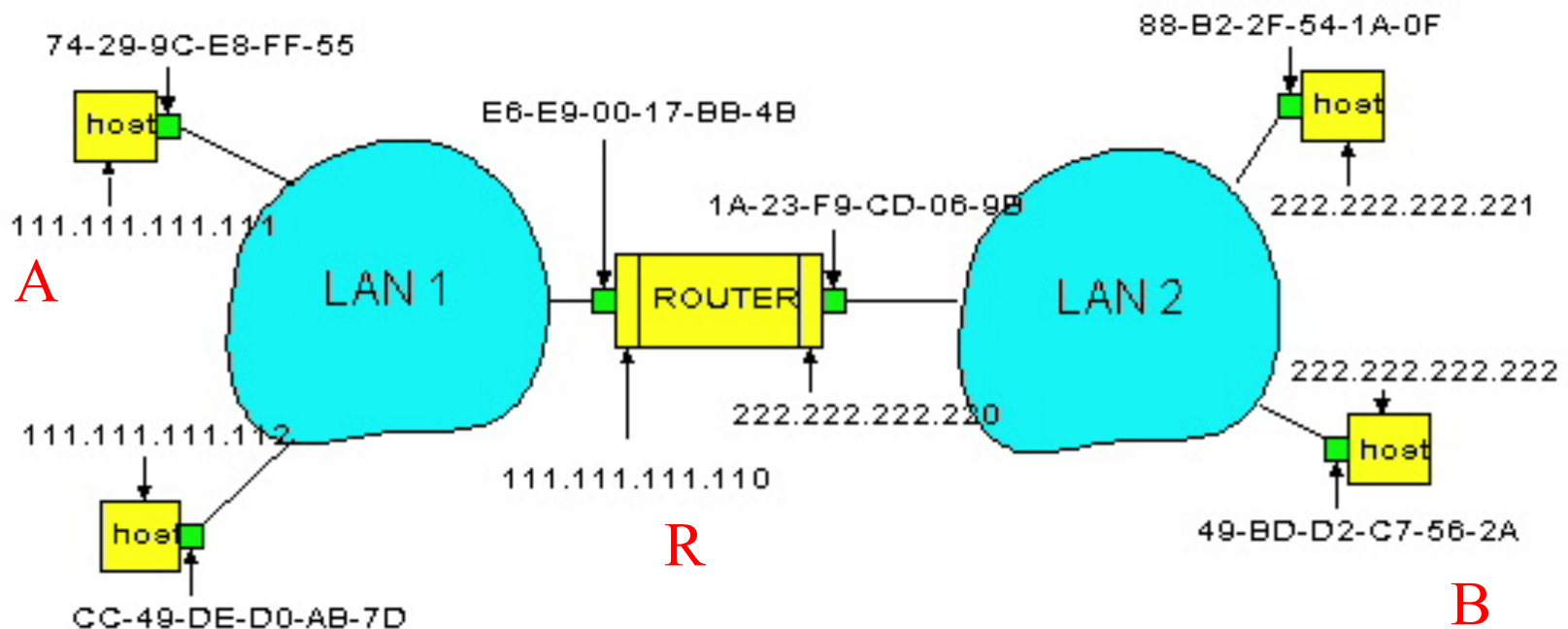
< Indirizzo IP; Indirizzo MAC; TTL >

- TTL (tempo di vita): valore che indica quando bisognerà eliminare una data voce nella tabella (il tempo di vita tipico è di 20 min).



# Invio verso un nodo esterno alla sottorete

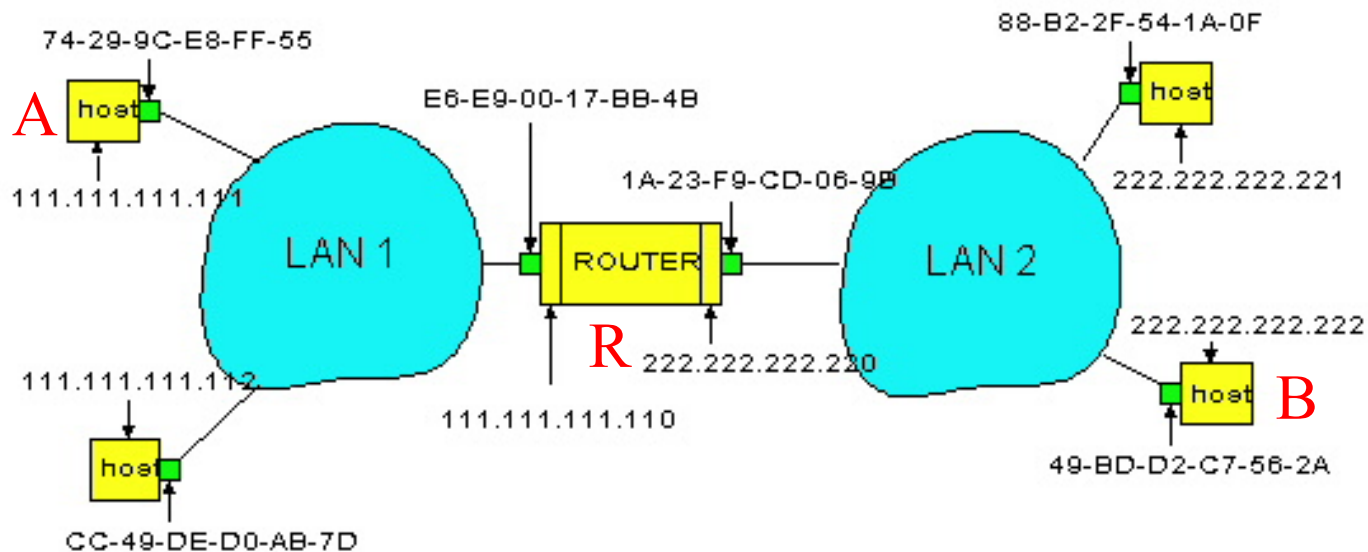
Invio di un datagramma da A a B attraverso R, ipotizzando che A conosca l'indirizzo IP di B.



- Due tabelle ARP nel router R, una per ciascuna rete IP (LAN).

# Invio verso un nodo esterno alla sottorete

- A crea un datagramma con origine A, e destinazione B.
- A usa ARP per ottenere l'indirizzo MAC di R.
- A crea un collegamento a livello di rete con l'indirizzo MAC di destinazione di R, il frame contiene il datagramma IP da A a B.
- L'adattatore di A invia il datagramma.
- L'adattatore di R riceve il datagramma.
- R rimuove il datagramma IP dal frame Ethernet, e vede che la sua destinazione è B.
- R usa ARP per ottenere l'indirizzo MAC di B.
- R crea un frame contenente il datagramma IP da A a B IP e lo invia a B.





# MAC

- Il MAC deve anche tener conto della topologia della LAN, che implica leggere variazioni sulle possibili modalità di realizzazione del broadcast: con topologie a bus, è un broadcast a livello fisico (elettrico), mentre con topologie utilizzando canali punto-a-punto, quali l'anello, è un broadcast di tipo logico.
- Le reti locali hanno canali sufficientemente affidabili, quindi non è in genere necessario effettuare correzione degli errori. Se ciò fosse richiesto, sarebbe il sottolivello LLC ad occuparsene essendo il MAC sempre connectionless.



# MAC PDU

- Nelle reti locali, al livello 2 OSI, sono presenti due tipi di PDU corrispondenti ai due sottolivelli LLC e MAC.
  - Una Protocol Data Unit (**PDU**) è l'unità d'informazione o pacchetto scambiata tra due peer entities in un protocollo di comunicazione di un'architettura di rete a strati.
- Il formato della LLC-PDU è comune a tutte le reti locali, mentre quello della MAC-PDU è peculiare di ogni singolo MAC.
- Tuttavia alcuni campi principali, rappresentati in figura, sono presenti in tutte le MAC-PDU. In particolare una MAC-PDU contiene due indirizzi (SAP), uno di mittente (MAC-SSAP) e uno di destinatario (MAC-DSAP), un campo INFO contenente la LLC-PDU (cioè il pacchetto di livello LLC) e una FCS (*Frame Control Sequence*) su 32 bit, cioè un codice a ridondanza ciclica (CRC) per l'identificazione di errori di trasmissione.

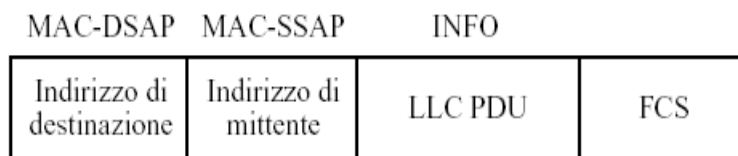
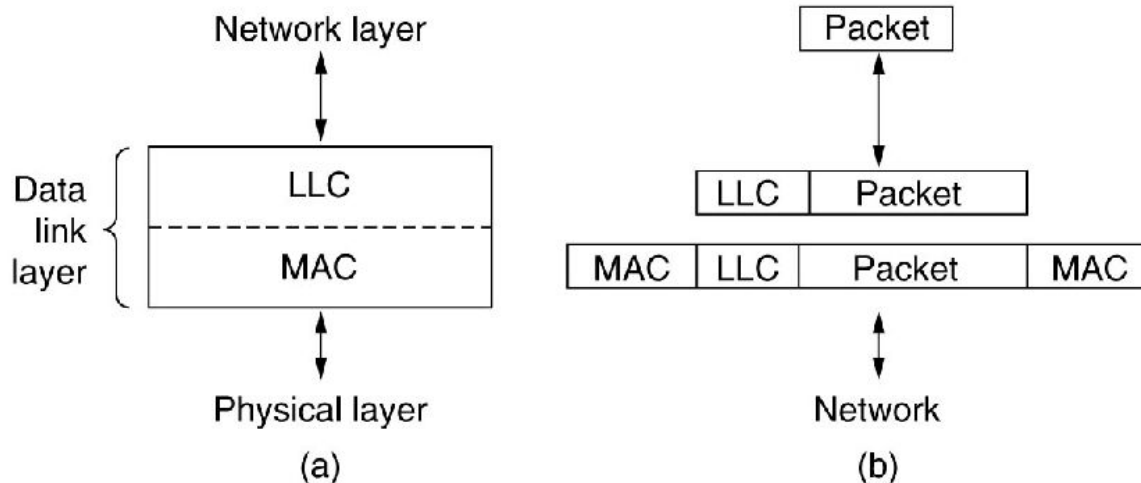


Fig. 5.4 - MAC-PDU.

# LLC (IEEE 802.2)

- I protocolli MAC visti fin qui **non esauriscono** le funzioni del data link layer
- Le specifiche dei protocolli MAC devono essere filtrate per poter offrire allo strato di rete una **interfaccia** analoga ai protocolli delle linee punto-punto
- IEEE ha definito le specifiche di un **sottostrato** del data link layer che fornisce verso l'alto questa interfaccia, appoggiandosi sopra il sottostrato MAC: il **Logical Link Control**

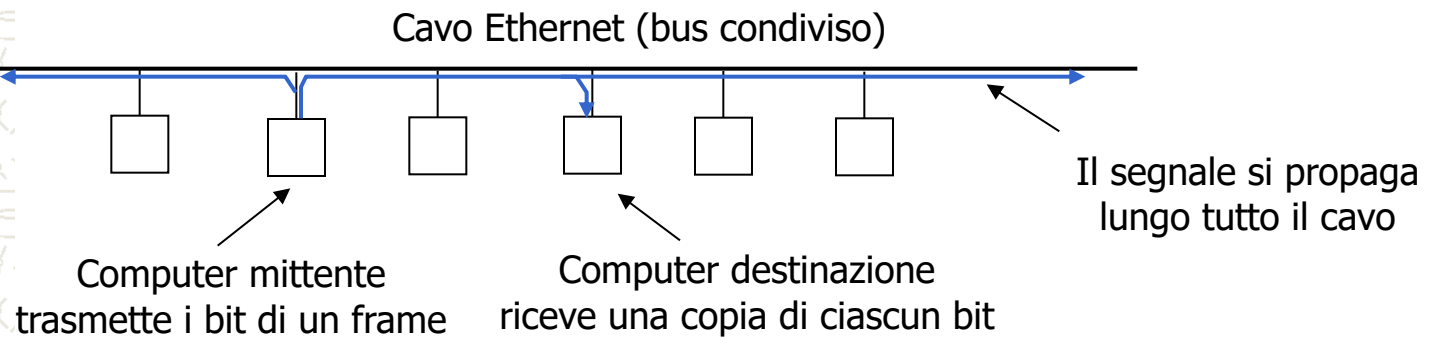


# Funzioni del LLC

- La funzione principale del LLC definito da IEEE è di mascherare allo strato di rete le **specifiche** dei protocolli **802** utilizzati a livello di MAC, in modo da offrire allo strato superiore una **interfaccia uniforme**
- Un esempio del suo utilizzo è quello di implementare un servizio **orientato alla connessione**, o non connesso ma affidabile per la comunicazione a livello 2
- Lo strato di rete passa i suoi dati al LLC, che aggiunge un suo **header** con le informazioni di numerazione del frame, riscontro etc.
- Quindi il LLC passa al sottostrato MAC il campo dati che il MAC gestisce con le sue specifiche
- In ricezione il MAC **recapita** il frame al LLC che rimuove l'header e passa i dati allo strato di rete
- Il formato dell'header ed i meccanismi di funzionamento del LLC ricalcano quelli **dell'HDLC**

# IEEE 802.3 e Ethernet

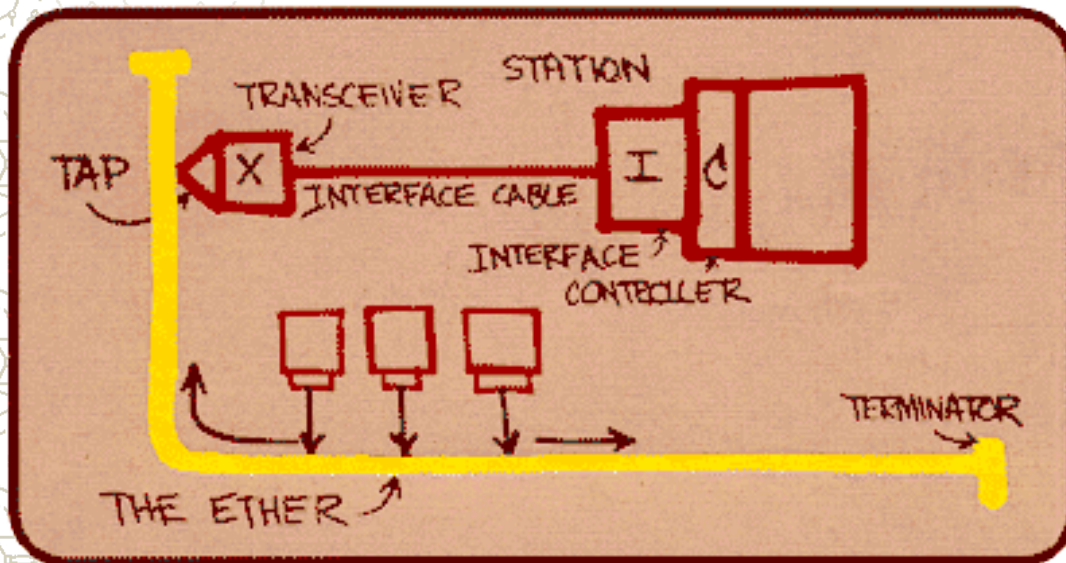
- Standard per una LAN CSMA/CD 1-persistente (fino a 100Mbps)
- Ethernet è un prodotto che implementa (più o meno) IEEE 802.3



# Ethernet

Detiene una posizione dominante nel mercato delle LAN cablate.

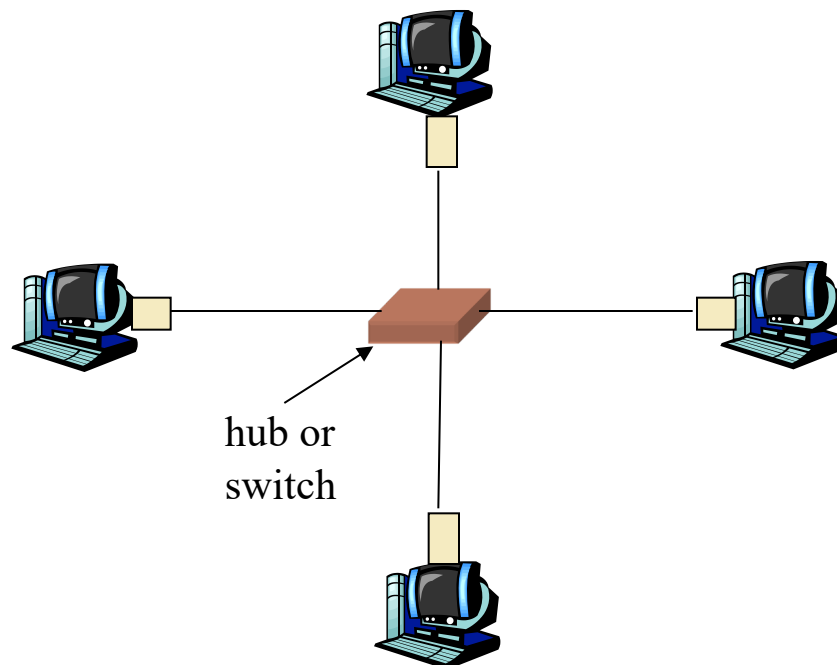
- È stata la prima LAN ad alta velocità con vasta diffusione.
- Più semplice e meno costosa di token ring, FDDI e ATM.
- Sempre al passo dei tempi con il tasso trasmissivo.



Il progetto originale di Bob Metcalfe che portò allo standard Ethernet.

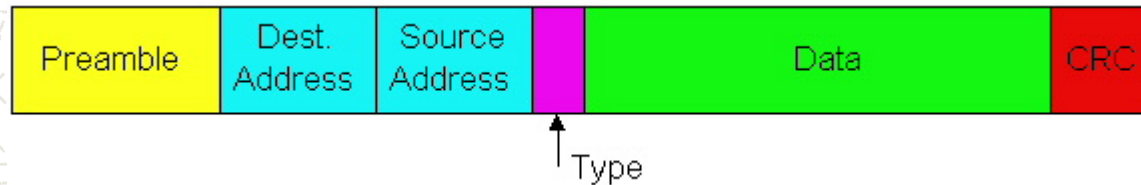
# Topologia a stella

- La topologia a bus era diffusa fino alla metà degli anni 90.
- Quasi tutte le odierne reti Ethernet sono progettate con topologia a stella.
- Al centro della stella è collocato un hub o commutatore (*switch*).



# Struttura dei pacchetti Ethernet

L'adattatore trasmittente incapsula i datagrammi IP in un **pacchetto Ethernet**.



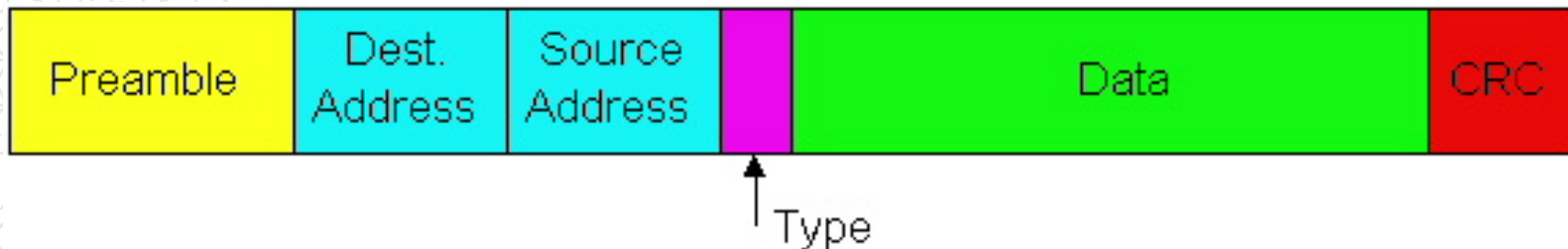
## Preambolo:

- I pacchetti Ethernet iniziano con un campo di otto byte: sette hanno i bit 10101010 e l'ultimo è 10101011.
- Servono per “attivare” gli adattatori dei riceventi e sincronizzare i loro orologi con quello del trasmittente.



# Struttura dei pacchetti Ethernet

- **Indirizzo di destinazione:** 6 byte
  - Quando un adattatore riceve un pacchetto contenente l'indirizzo di destinazione o con l'indirizzo broadcast (es.: un pacchetto ARP), trasferisce il contenuto del campo dati del pacchetto al livello di rete.
  - I pacchetti con altri indirizzi MAC vengono ignorati.
- **Campo tipo:** consente a Ethernet di supportare vari protocolli di rete (in gergo questa è la funzione di “multiplexare” i protocolli).
- **Controllo CRC:** consente all'adattatore ricevente di rilevare la presenza di un errore nei bit del pacchetto.

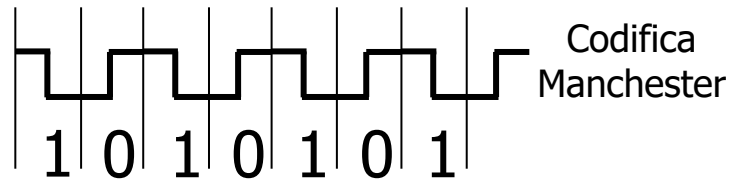




# Formato del frame IEEE 802.3

## Preambolo (7 byte)

Vengono trasmessi 7 byte 10101010  
Produce un'onda quadra a 10MHz per  $5.6 \mu s$   
(56 bit x  $0.1 \mu s/\text{bit}$ )  
Permette la sincronizzazione del clock del mittente e del ricevente

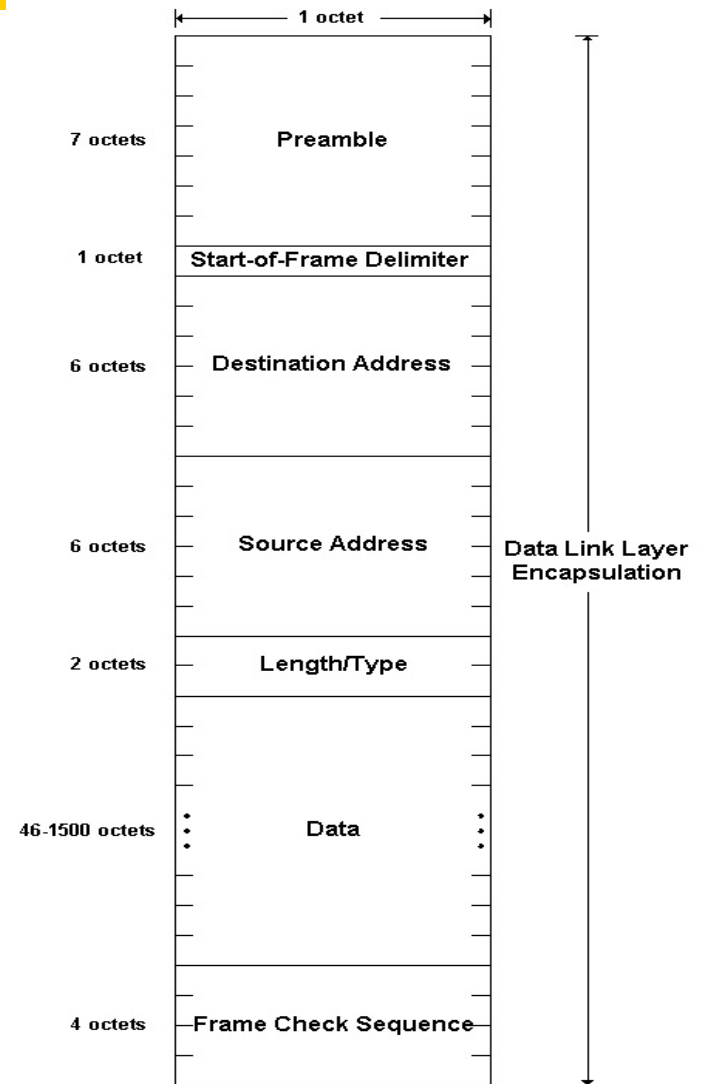


## Start of frame (1 byte)

Vale 10101011  
Indica l'inizio del pacchetto

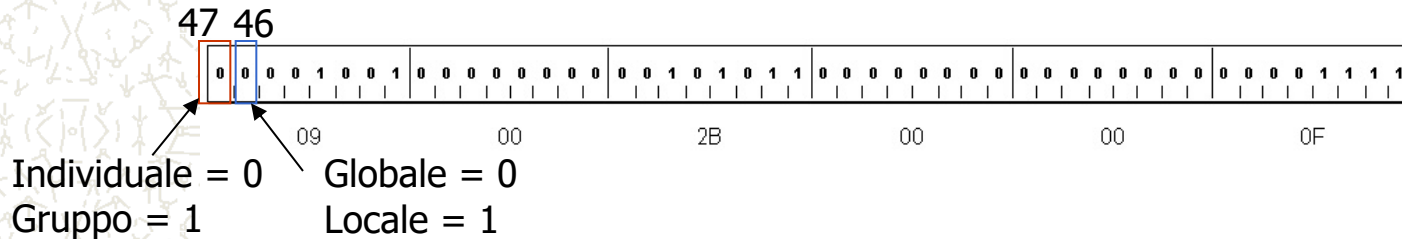
## Indirizzi

Seguono due campi di indirizzo relativi alla destinazione ed alla sorgente del frame costituiti da 2 blocchi da 6 byte



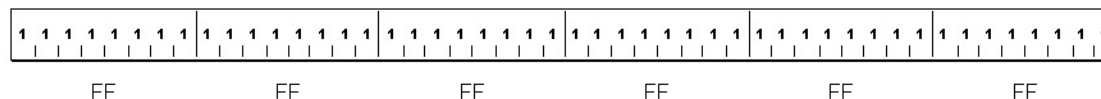
# Indirizzamento Ethernet

- Gli indirizzi sono rappresentati su 6 byte (48 bit)
- Il frame contiene l'indirizzo del mittente e del destinatario



**Il bit IG definisce se il frame è indirizzato ad una singola stazione (**unicast**) o a un gruppo di stazioni (**multicast**)**

**Un indirizzo composto da tutti 1 è riservato per il **broadcast** (il frame è ricevuto da tutte le stazioni)**



# Indirizzi Ethernet

**Il bit 46 distingue gli indirizzi locali da quelli globali**

**Gli indirizzi globali sono assegnati dalla IEEE per assicurare l'unicità degli indirizzi**

- Tutte le stazioni vedono il frame e lo accettano se l'indirizzo destinazione è compatibile con quello a loro assegnato
- Se la trasmissione è unicast solo la stazione con l'indirizzo specificato nel campo destinazione del frame accetta il pacchetto. Le altre stazioni lo scartano
- Il riconoscimento dell'indirizzo è a livello hardware
- Se l'interfaccia è configurata in **modo promiscuo**, accetta tutti i pacchetti (snoop di rete)

# Campo di tipo

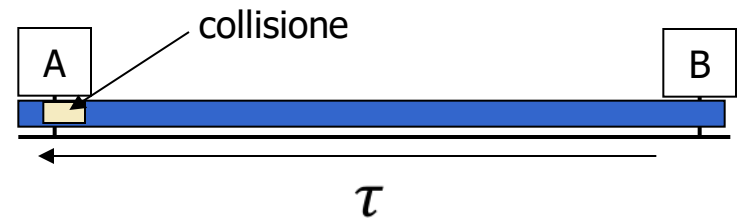
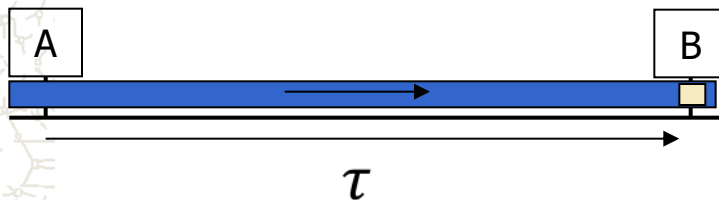
- Segue un campo di **2 byte** che serve ad indicare al ricevente cosa deve fare del frame ricevuto
  - generalmente il livello 2 viene utilizzato da **più protocolli** dello strato di rete simultaneamente
  - il campo type indica al ricevente **a quale processo** deve essere recapitato il frame

# Campo dati e riempimento

- Il **campo dati** trasporta le **informazioni** del protocollo di livello 3 ed ha dimensione **variabile**, con un **limite superiore**
- La sua dimensione massima è di **1500 byte**, e fa sì che la lunghezza massima del frame Ethernet sia 1518 byte (preambolo escluso)
  - il valore massimo è determinato dal fatto che il transceiver deve **ospitare** l'intero frame **in RAM**, ed al momento della definizione dello standard la RAM era più costosa di oggi
- Lo standard prevede che un frame Ethernet non possa essere **inferiore a 64 byte**
- In caso di necessità il campo dati è seguito da un campo di **riempimento** costituito da tutti 0 per fare in modo che la somma **dati+riempimento** sia di almeno **46 byte**
  - è compito dei livelli superiori forzare il campo dati ad essere almeno di 46 byte, od introdurre un **indicatore di lunghezza** per discriminare i dati dal riempimento

# Lunghezza del frame

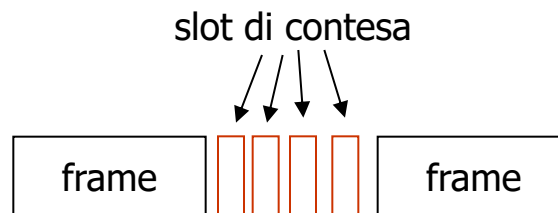
- Un frame valido deve essere lungo almeno 64 byte
- Se si tolgono i 6+6 riservati agli indirizzi, i 2 per il campo length e i 4 del checksum, il campo dati deve avere almeno 46 byte (eventuale padding)
- La lunghezza minima di un pacchetto deve garantire che la trasmissione non termini prima che il primo bit abbia raggiunto l'estremità più lontana e sia tornata indietro una eventuale collisione (per rilevare la collisione)



**Per una LAN a 10 Mbps di 2.5 Km con 4 ripetitori un pacchetto deve durare almeno 51.2  $\mu$ s (64 byte)**

# Exponential Back-off

- Calcolo del tempo di attesa dopo una collisione
- Lo slot di contesa è pari a  $2\tau$  (512 bit - 51.2  $\mu$ s per 10Mbps)



**Prima collisione: aspetta 0 o 1 slot**

**Seconda collisione: aspetta 0,1,2 o 3 slot**

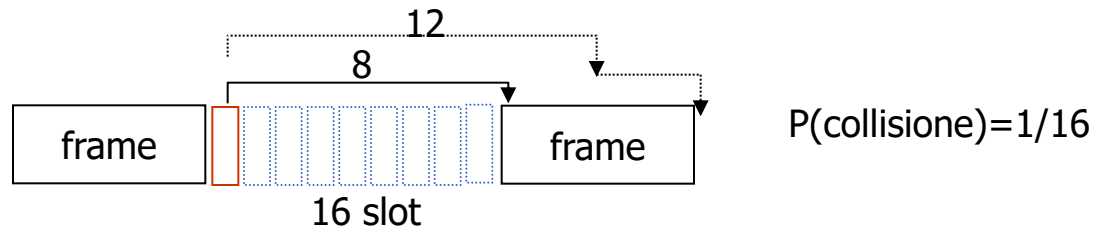
**Collisione n: aspetta r slot con r scelto in modo casuale nell'intervallo  $0 \leq r \leq 2^k - 1$**   
**dove  $k = \min(n, 10)$**

**Collisione 16: si notifica l'errore di trasmissione**



# Exponential Back-off [continua]

- L'algoritmo adatta l'attesa al numero di stazioni che vogliono trasmettere
- Un intervallo di slot di attesa alto diminuisce la probabilità che due stazioni collidano di nuovo ma introduce un ritardo medio elevato



**Un intervallo di slot di attesa basso rende improbabile la risoluzione della collisione quando molte stazioni collidono**

2 slot  
100 stazioni

99 su slot 0 e 1 su slot 1  $\rightarrow P(\text{non collisione}) = (0.5)^{99}$



# Prestazioni di Ethernet

- Come gli altri protocolli CSMA anche Ethernet presenta le seguenti caratteristiche
  - in condizioni di **basso carico** i tempi di ritardo sono **contenuti** e l'efficienza assomiglia al **CSMA 1-persistente** con la miglioria legata al fatto che c'è rilevazione della collisione
  - in condizioni di **carico elevato** crescono le collisioni, ma l'algoritmo di backoff esponenziale fa sì che le stazioni mutino il loro comportamento rendendo il protocollo simile ad un **CSMA p-persistente** con p sempre più piccolo
  - quindi al crescere del carico l'andamento dell'efficienza tende ad **appiattirsi** su una percentuale di valore non nullo
  - c'è una forte **dipendenza** dalla **dimensione media dei frame** trasmessi; più piccolo è il frame, più pesa l'overhead del periodo di contesa rispetto al periodo di trasmissione riuscita

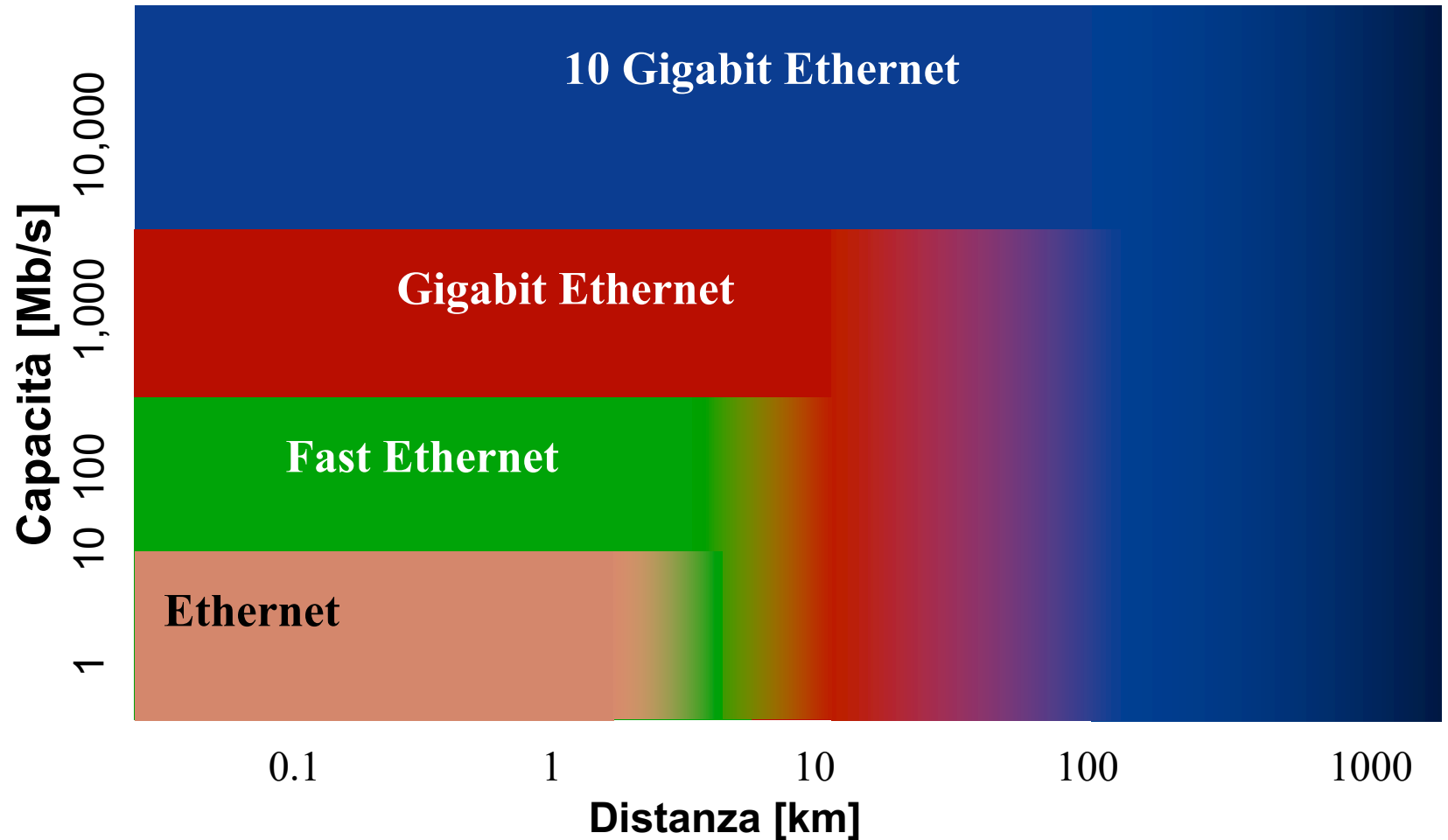
# Tecnologie Ethernet

- L'insieme di protocolli Ethernet domina tuttora saldamente il mercato delle LAN
- La velocità di trasmissione originariamente era 10 Mbit/s su cavo coassiale
- Ethernet è evoluta su diversi mezzi trasmissivi (coassiale, doppino, fibra) fino a 10 Gbit/s (Gigabit Ethernet), passando da trasmissioni nel dominio elettrico a trasmissioni su fibra
- Ethernet, alle diverse velocità e per i diversi mezzi trasmissivi, è sempre stata standardizzata per permettere schede di interfaccia a basso costo, pensate per essere utilizzate in un PC

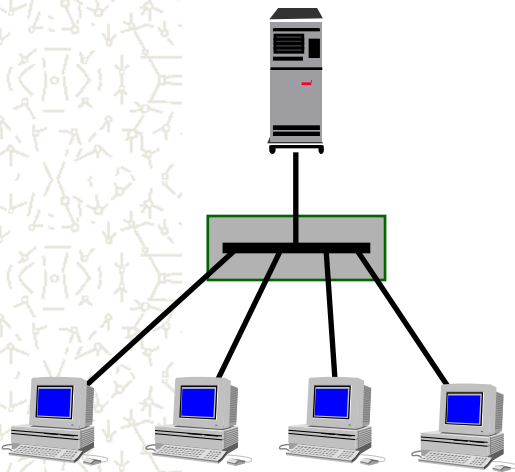
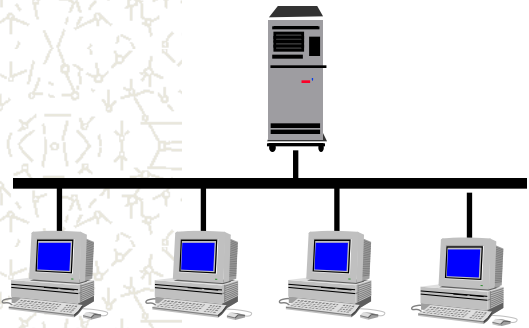
# Codifica

- Sul mezzo condiviso la condizione di “**assenza di trasmissione**” è necessariamente identificata da **assenza di segnale**
- Non sono quindi possibili codifiche che utilizzino il segnale a **0 volt** per identificare un bit
- La necessità di trasferire l'informazione di clock assieme al segnale ha portato alla invenzione della codifica **Manchester** già vista
- Lo standard Ethernet utilizza la codifica Manchester con segnali a  $+0.85\text{ V}$  e  $-0.85\text{ V}$  (altri protocolli, come token ring, fanno uso della codifica **Manchester differenziale**)

# Evoluzione di Ethernet

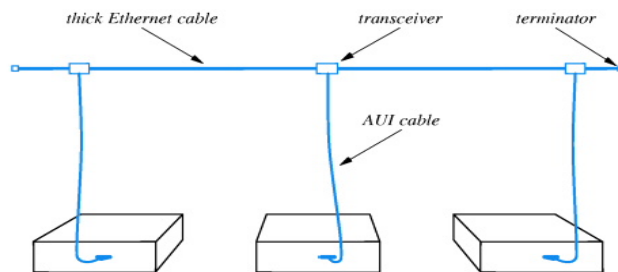
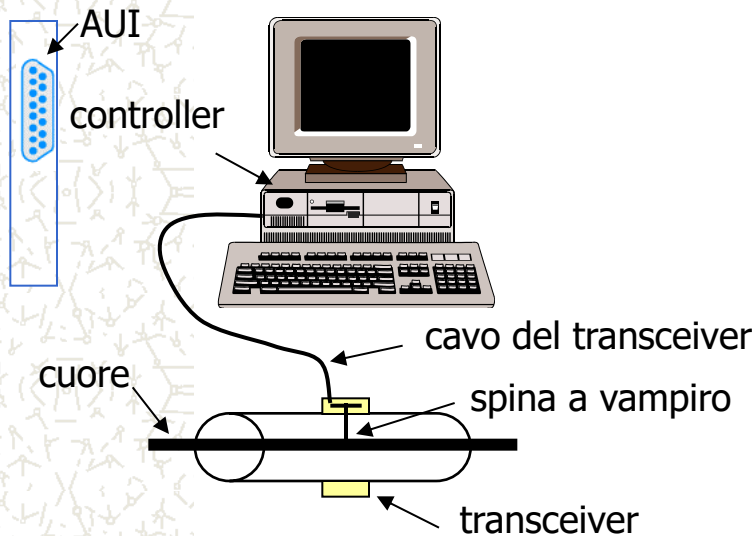


# Ethernet a 10, 100, 1000, ... Mb/s

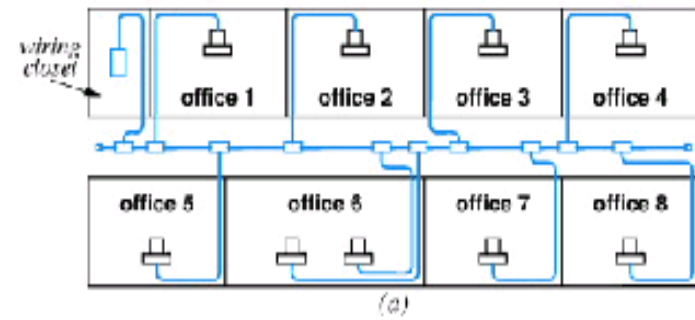


- Banda confrontabile con la velocità interna dei terminali
- Cavo coassiale condiviso
- Distanza limitata ( $\sim 1$  km) da attenuazione e ritardi di propagazione
- Bassi costi dovuti a semplicità ed economia di scala
- Hub o switch: banda e cavi condivisi o dedicati ai terminali

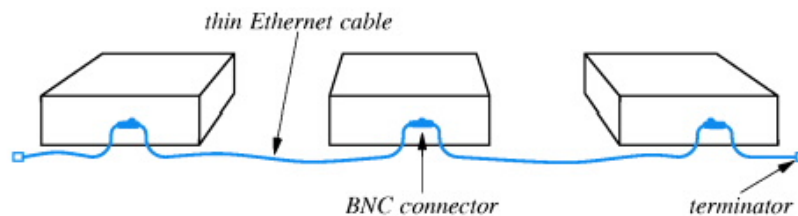
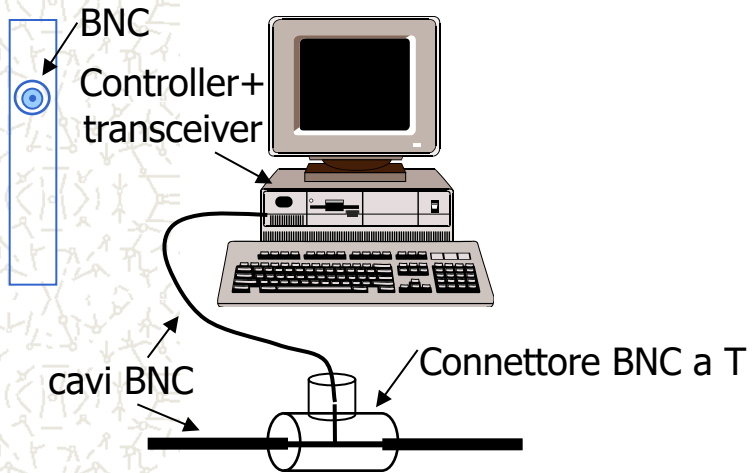
# 10Base5



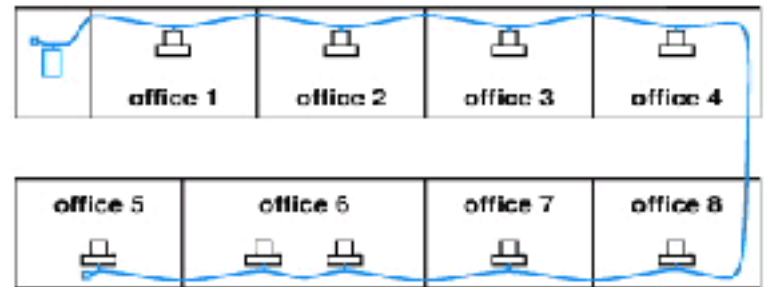
- Thick Ethernet
- Cavo giallo con tacche ogni 2.5 m a indicare i punti di aggancio delle spine
- Il transceiver è un circuito elettronico che rileva la portante e le collisioni
- Il cavo del transceiver ha 5 doppini schermati (dati in ingresso, dati in uscita, controllo in e out, alimentazione)



# 10Base2



- Thin Ethernet
- Il cavo è flessibile
- Il transceiver è in genere sul controller





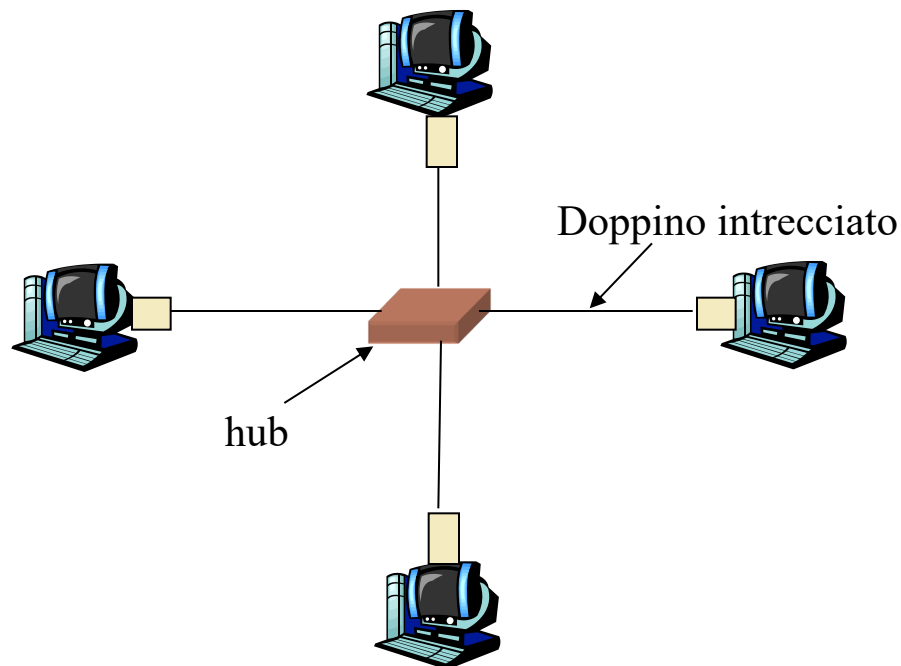
# AUI Transceiver



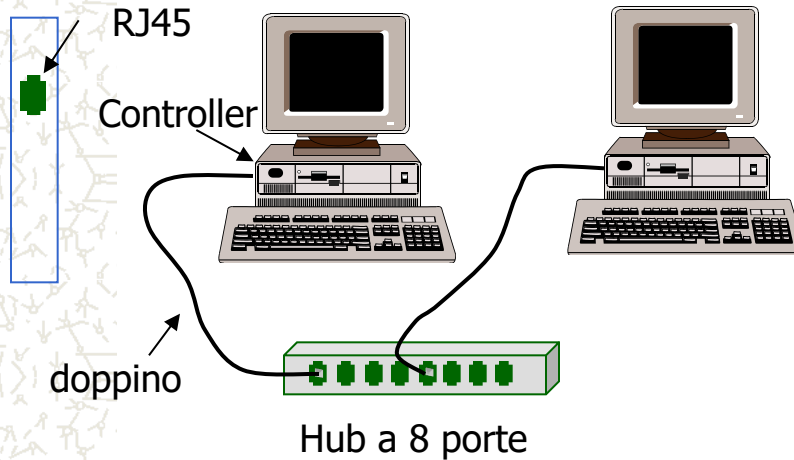


# Tecnologie 10BaseT e 100BaseT

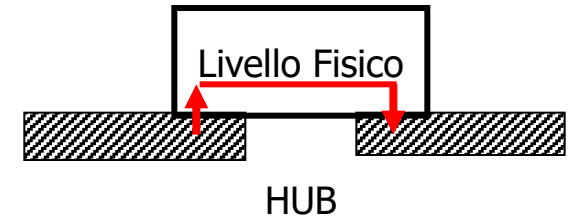
- Attualmente, molti adattatori Ethernet sono a 10/100 Mbps; possono quindi utilizzare sia 10BaseT sia 100BaseT
- La lettera **T** è l'iniziale di **Twisted Pair** (doppino intrecciato).
- Ogni nodo ha una diretta connessione con l'hub (topologia a stella); la massima distanza tra un adattatore e il centro stella è di 100m.



# 10BaseT

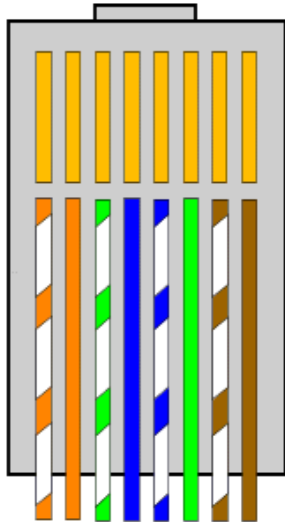


- Topologia a stella
- Semplicità di manutenzione
- Distanza massima dall'hub: 100m
- Tutte le stazioni collegate ad un hub sono nello stesso **dominio di collisione**
- Gli hub sono solo ripetitori del segnale (lavorano al livello fisico)

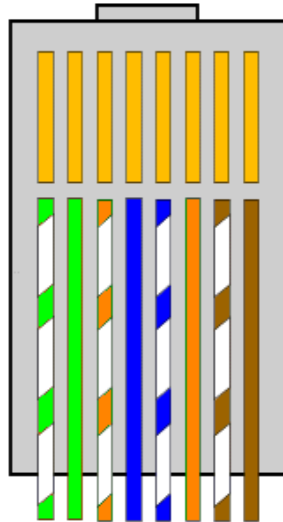


# Connettore RJ-45 [Doppino]

A



B



Pin	Signal	Description
1	RxD (+)	Receive Data (+)
2	RxD (-)	Receive Data (-)
3	TxD (+)	Trasmit Data (+)
4	NC	
5	NC	
6	TxD (-)	Transmit Data (-)
7	NC	
8	NC	

# Fast Ethernet (100BaseT)

- Riduce il tempo di bit a 100ns a 10ns
- Tutti i sistemi Fast Ethernet usano Hub
- Richiede una banda di 200 MBd (100 Mbps codifica Manchester)

## 100Base-T4

- Utilizza una velocità di 25 MHz su 4 doppini cat 3
  - ↙ Un doppino trasmette verso l'hub
  - ↘ Un doppino riceve dall'hub
  - ↔ Due doppini sono orientabili a seconda del verso della trasmissione
- Non utilizza codifica Manchester
- Si utilizzano 3 livelli 0,1,2
- Si trasmette un "trit" su 3 doppini (27 simboli = 4 bit + ridondanza)
- Si ha un canale nell'altro verso a 33.3 Mbps

# Fast Ethernet :100Base-TX e 100Base-FX

## 100Base-TX

Utilizza una velocità di 125 MHz su 2 doppini cat 5 (full-duplex)

- Un doppino trasmette verso l'hub
- Un doppino riceve dall'hub

Utilizza una codifica 4B5B (4 bit in 5 periodi di clock)

100 Mbps bidirezionali

## 100Base-FX

Utilizza due cavi di fibra multimodale (full-duplex)

- Un cavo trasmette verso l'hub
- Un cavo riceve dall'hub

100 Mbps bidirezionali

# Gigabit Ethernet

- Uso formato di trama 802.3
- Uso protocollo MAC CSMA-CD (trasmissione punto punto con switch)
- Operazioni half duplex e full duplex
- Backward compatibility con mezzi fisici già installati (fibre mono e multimodali, doppino)
- Aumenta di un fattore 10 dimensione minima di pacchetto con padding di simboli speciali

# Codifiche in Gigabit Ethernet

- Su fibra si utilizza una codifica nota come **8B/10B**: una sequenza di 8 bit e' codificata utilizzando 10 bit:
  - 1024 codeword per 8 bit: c'e' margine per scegliere opportunamente le codeword in modo che
    - **non** ci siano mai piu' di **4 bit uguali consecutivi**
    - **non** ci siano mai piu' di **sei 0 o sei 1**
  - spesso una sequenza ha **piu' codeword associate**, e viene scelta la migliore in funzione delle precedenti inviate per mantenere **alternanza** tra 0 ed 1 ed **annullare** la componente **continua** che passa nell'elettronica di conversione ottico/elettrico
- Su rame si utilizzano **tutte le quattro coppie** del cavo UTP in modalita' **duplex** con un simbolo a 5 livelli
  - ogni ciclo di clock trasmette 5 simboli per coppia: 2 bit piu' un bit usato per segnali di controllo su ciascuna coppia
  - **8 bit per ciclo a 125 MHz** danno il throughput di 1 Gbps
  - la modalita' di trasmissione duplex si realizza con una **elettronica** complessa finalizzata al trattamento del segnale per **separare** l'ingresso dall'uscita



# Gigabit Ethernet

- IEEE 802.3z specifica tre tipi di interfacce fisiche:
  - 1000Base LX: fibra multimodale o monomodale
  - 1000Base SX: fibra multimodale
  - 1000Base CX: cavo di rame schermato
  - 1000Base T: cavo STP o UTP (doppino in rame con 4 coppie schermato o non)
- Prevede le seguenti opzioni:

**SX: short-wavelength  
(850 nm)**

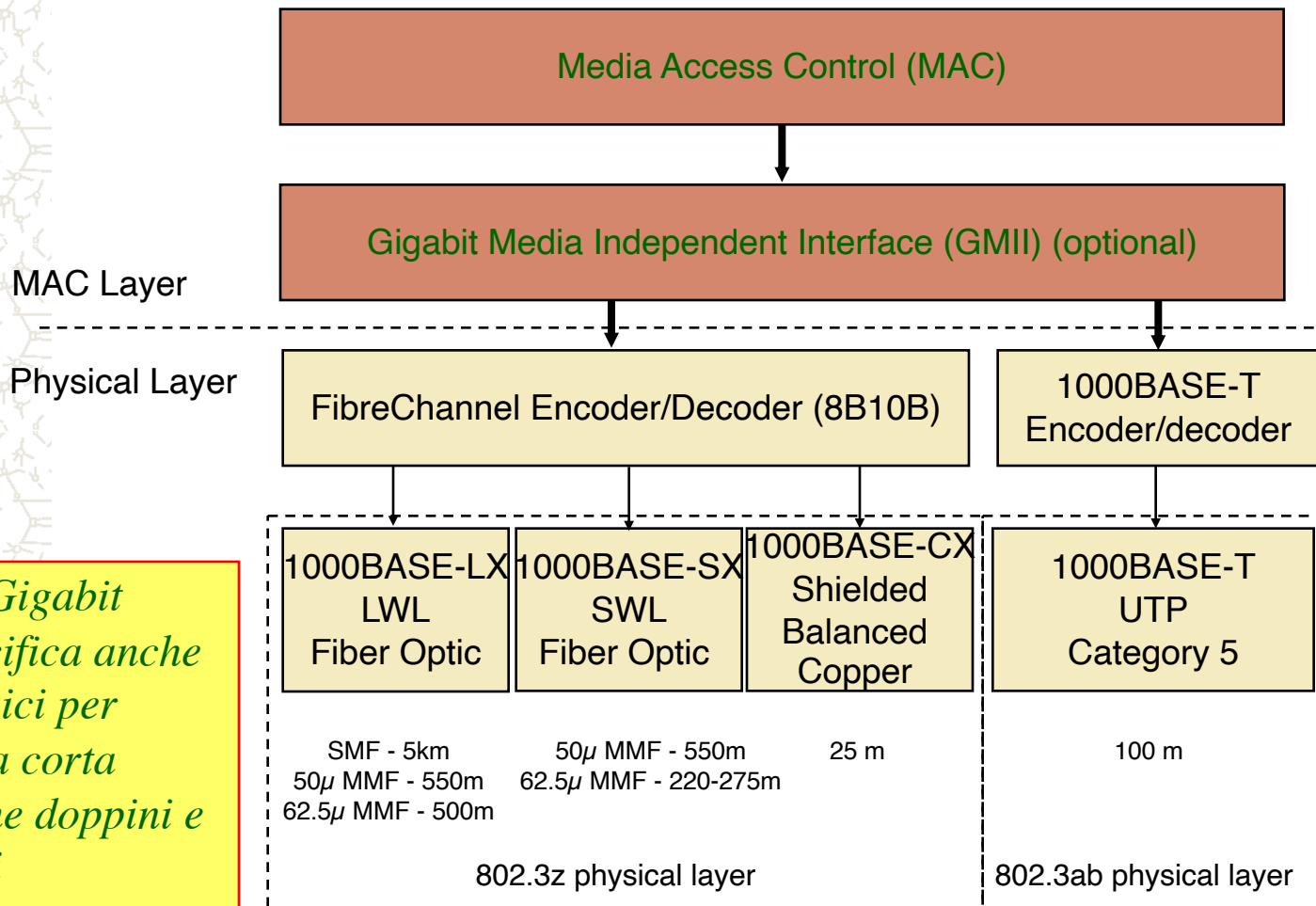
**LX: long-wavelength  
(1300 nm)**

standard	tipo di fibra	diametro ( $\mu\text{m}$ )	BW modale (MHz/km)	distanza minima (m)
1000BASESX (850 nm)	MM	62.5	160	2 to 220
	MM	62.5	200	2 to 275
	MM	50	400	2 to 500
	MM	50	500	2 to 550
1000BASELX (1300 nm)	MM	62.5	500	2 to 550
	MM	50	400	2 to 550
	MM	50	500	2 to 550
	SM	9	NA	2 to 10000

# Controllo di flusso

- Poichè lo standard ammette la connessione di una stazione GE con una FE o Ethernet, è stato introdotto un meccanismo per il **controllo di flusso** a livello MAC
- Lo switch comunica all'interfaccia GE della stazione di **sospendere** le trasmissioni di frame utilizzando un frame Ethernet normale, con tipo 0x8808 (seguito da parametri nel campo dati, indicanti tra l'altro **per quanto tempo** sospendere la trasmissione)
- Un meccanismo analogo esiste nelle specifiche di **Fast Ethernet**

# Livelli Gigabit Ethernet



*Lo standard Gigabit Ethernet specifica anche altri livelli fisici per trasmissioni a corta distanza, come doppini e cavi coassiali*

# Tipici 1 Gigabit Optical XCVRs



**Pin in Hole**



**1x9**

**SFF**



**GBIC**



**Pluggable**

**SFP**



# 10 Gigabit Ethernet

- Un comitato IEEE 802.3 è attivo nella standardizzazione di 10 Gbit/s Ethernet
- Solo la modalità full duplex, senza CSMA-CD
- Soluzioni proposte:
  - Seriale, con framing Ethernet, su distanze da LAN fino a 40 Km
    - 650 m su fibra multimodo (MMF)
    - 300 m su MMF installata
    - 2 km su fibra monomodo (SMF)
    - 10 km su SMF
    - 40 km su SMF
  - Seriale, su SONET, per distanze maggiori di 40 Km
- Per maggiori informazioni:
  - [www.10gea.org](http://www.10gea.org)
  - [www.ieee802-org](http://www.ieee802-org)

# Obiettivi IEEE P802.3ae

- Mantenere il formato di trama di 802.3 Ethernet
- Mantenere le dimensioni min/max del frame 802.3
- Funzionamento solo Full duplex
- Supportare solo cavi in fibra ottica
- 10.0 Gbps all'interfaccia MAC-PHY
- Capacità in ambiente LAN PHY di 10 Gbps
- Capacità in ambiente WAN PHY di ~9.29 Gbps (compatibile con SONET)



# Ethernet [Cablaggio]

Ecco una tassonomia dei principali standards con le loro limitazioni in distanza

Nome	Cavo	Max segmento	Nodi/ segmento
10Base5	coassiale grosso	500m	100
10Base2	coassiale sottile	200m	30
10Base-T	doppino	100m	1024
10Base-FL	fibra ottica	2000m	1024

10 Mbps

Nome	Cavo	Max segmento
10GBASE-SR	fibra ottica multimode	300m
10GBASE-LX4	fibra ottica multimode	300m
10GBASE-LR	fibra ottica singlemode	10Km
10GBASE-ER	fibra ottica singlemode	40Km

10000 Mbps (10 Giga Ethernet)

Nome	Cavo	Max segmento
100Base-T4	4 doppini cat 3	100m
100Base-TX	doppino cat 5	100m
100Base-FX	fibra ottica	2000m

100 Mbps (fast Ethernet)

Nome	Cavo	Max segmento
1000Base-T	4 doppini cat 5e	100m
1000Base-SX	fibra ottica multimode	220m
1000Base-LX	fibra ottica multimode	500m
1000Base-LX	fibra ottica singlemode	10Km

1000 Mbps (Giga Ethernet)