

Università di Genova  
Facoltà di Ingegneria

---

**Telematica**  
**3. LAN**

Prof. Raffaele Bolla



**Contenuti**

---

- LAN
  - *Multiple Access Control (MAC)*
  - **Standard IEEE 802**

3.2

## Local Area Network

---

- Si tratta di reti con estensione geografica limitata (qualche Km al massimo), velocità da medio-alte ad alte (10 - 1000 Mb/s) e costi relativamente bassi (specialmente in relazione alle prestazioni).
- Dovendo avere costi limitati, sono state realizzate tramite topologie semplici (bus e anello) che implicano una condivisione del mezzo trasmissivo da parte dei nodi terminali.



Medium Access Control  
(MAC)

3.3

LAN

## Medium Access Control

---

- I protocolli MAC sono quelle che gestiscono la condivisione di canali fisici ossia devono garantire la mutua esclusione dell'utilizzo del canale condiviso
- Risiedono nel sottolivello MAC del Livello Linea (che è quindi presente solo se si usano canali condivisi)
- Esistono diverse classi di tecniche MAC, le due più diffuse sono:
  - Accesso casuale
  - A richiesta (*token*)

3.4

## LAN

## MAC -Accesso Casuale

---

- Si tratta di tecniche che non eliminano la possibilità di trasmissioni sovrapposte di più stazioni (collisioni), ma che gestiscono la ritrasmissione quando queste avvengono.
- Ne esistono diverse, ne considereremo solo due che si applicano su topologie a bus:
  - Aloha
  - Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD)

3.5

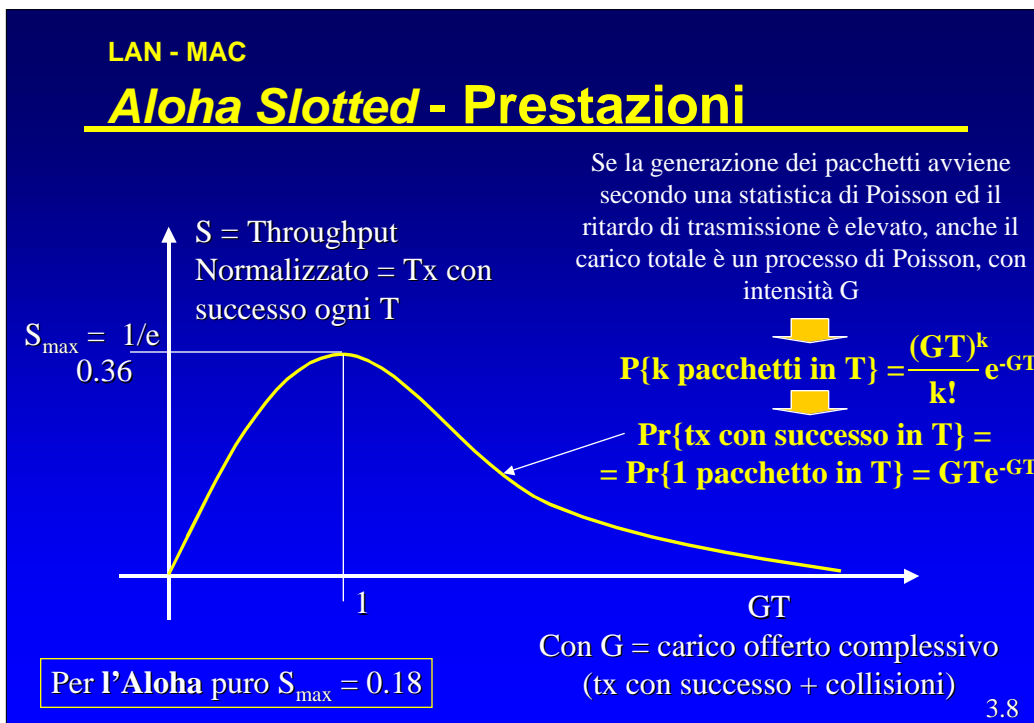
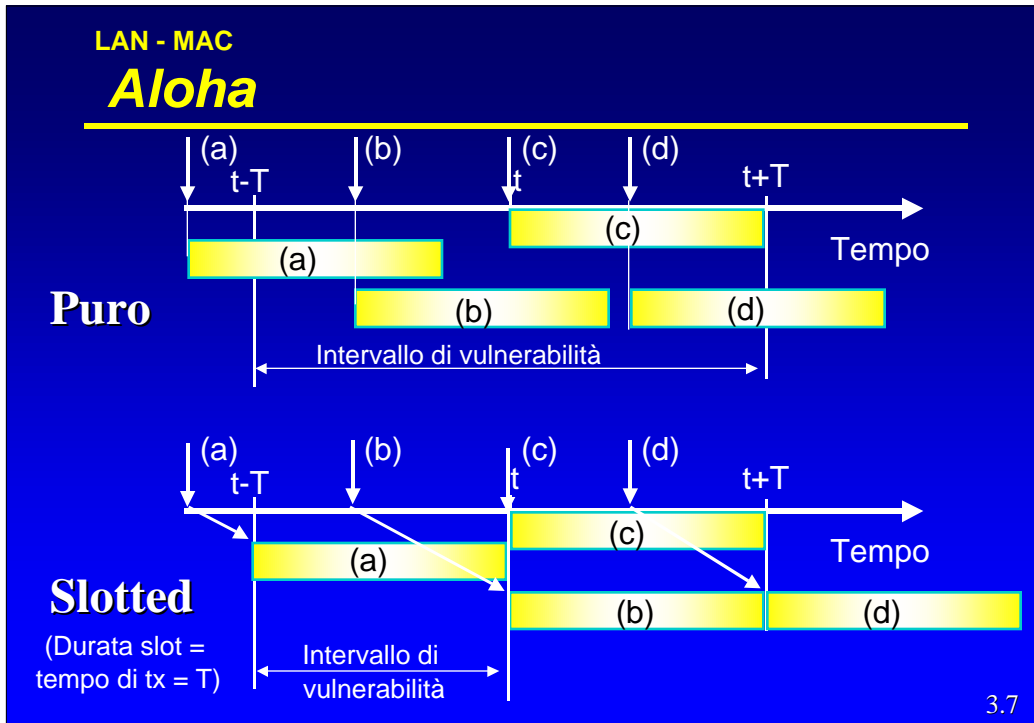
## LAN

## MAC -Aloha

---

- E' la tecnica più semplice.
- Ogni stazione prova a trasmettere un pacchetto appena questo diviene disponibile (e ne mantiene copia).
- Se avviene una collisione (rilevabile ad es. dal mancato arrivo di un ACK) le stazione coinvolte ripetono la trasmissione con un ritardo che ognuna genera in modo casuale ed indipendente.
- Esistono due diverse versioni
  - Puro
  - Slotted (le tx possono iniziare solo ad istanti fissati equidistanti fra loro)

3.6



LAN - MAC

## CSMA/CD

---

- La tecnica *Aloha* e' molto semplice ma non è efficace per carichi medio alti.
- Per migliorarla si è pensato di:
  - Ascoltare il canale prima di una trasmissione e trasmettere solo quando il canale risulta libero
  - Controllare il canale durante la trasmissione ed interromperla se si identifica una collisione.



3.9

LAN - MAC

## CSMA/CD

---

- A seconda di come una stazione che tenti di trasmettere si comporta una volta scoperto che il canale è occupato si hanno tre versioni diverse dell' algoritmo:
  - **1-persistent**
  - **Non persistent**
  - **p-persistent**

3.10

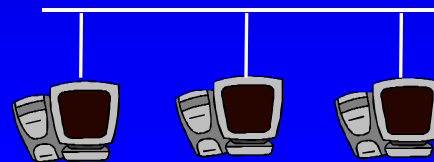
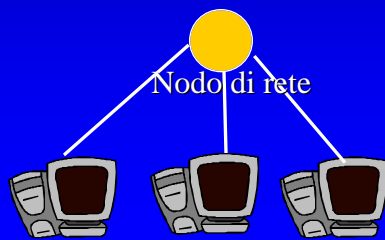
LAN - MAC

## CSMA/CD

- Si osservi che la presenza del mezzo condiviso permette di realizzare una commutazione “implicita” che elimina il bisogno di uno o più nodi di rete che eseguano una commutazione.

Commutazione esplicita

Commutazione implicita



3.11

LAN - MAC

## CSMA/CD

- Il controllo sulla presenza di tx in corso non evita completamente le collisioni a causa del tempo di propagazione
- Per assurdo, se  $T$  (tempo di tx del pacchetto) < (tempo di propagazione) osservare il canale non serve a nulla.
- La verifica dell'eventuale presenza di una collisione serve a ridurre la durata dei “periodi di collisione” (*collision window*) ad un valore di  $2 \tau$ .
- Ovviamente se  $T < 2 \tau$  non guadagno nulla da tale meccanismo.

3.12

## LAN - MAC

**CSMA/CD - Prestazioni**

- Dalle osservazioni precedenti e tramite alcuni calcoli specifici si può verificare come le prestazioni nel CSMA/CD dipendano da rapporto:

$$a = \tau / T$$

- In particolare si è verificato che in alcune situazioni di interesse si ha

$$S = 1 / (1 + 5a)$$

- Nei casi reali di utilizzo di tale tecnica le prestazioni raggiungono al massimo  $S = 0.6$ , ed in media si collocano intorno allo 0.3.

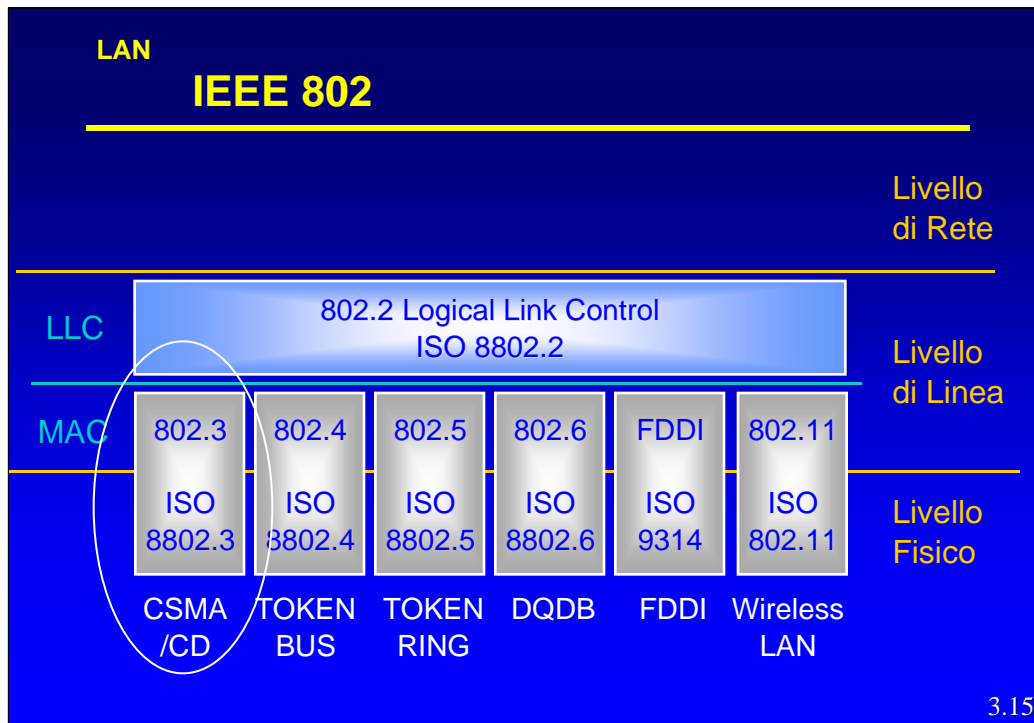
3.13

## LAN

**IEEE 802.3 - Ethernet**

- Il più diffuso standard per reti locali (usato da oltre il 90% delle LAN) usa una tecnica MAC di tipo CSMA/CD.
- Nasce dalla Digital, Intel e Xerox con il nome di Ethernet nei primi anni '80 e prevede l'uso solo di cavi coassiali.
- Successivamente viene standardizzato dall'IEEE e dall'OSI come 802.3 (8802.3 nell'OSI) in una forma leggermente diversa (seppur compatibile) che fra l'altro ne estende l'uso a diversi mezzi trasmissivi.
- La velocità originaria è di 10 Mb/s, a cui si è aggiunta una versione 100 Mb/s (*Fast-Ethernet*) e quindi recentemente una a 1 Gb/s (*Gigabit-Ethernet*).

3.14



LAN

## IEEE 802 -caratteristiche

- Se trova il canale impegnato, la stazione tenta la tx appena vede liberarsi il canale (1-persistent)
- Alla collisione numero  $k < 16$ , la stazione ritenta la tx dopo  $r * T_s$  (dove  $T_s$  è un intervallo chiamato slot);  $r$  è scelto a caso nell'intervallo
 
$$0 \leq r < 2^n \text{ dove } n = \min \{k, 10\}$$
- Dopo 16 collisioni, viene segnalato un errore di trasmissione al livello superiore.
- Questo meccanismo di calcolo del ritardo di ritrasmissione viene chiamato *Truncated Binary Exponential Back-off*, e serve a stabilizzare il MAC in caso di traffico elevato (altrimenti sarebbe instabile).

3.16



## LAN

**IEEE 802 - Caratteristiche (10 Mb/s)**

**Durata della slot**                    **51.2  $\mu$ s (512 bit)**

(la quantità minima di tempo considerata per la ritrasmissione)

**Distanza min fra frame**   **9.6  $\mu$ s**  
(*inter-frame spacing*)

(non esiste un delimitatore di fine trama, quindi la fine di una trama viene identificata tramite questo spazio di non tx)

**Lung. della seq. di jam**   **32/48 bit**

(sequenza emessa da una staz. in trasmissione appena rileva una collisione, per agevolare la rivelazione alle altre stazioni)

**Lung. max delle trame**       **1518 ottetti**

**Lung. min delle trame**       **64 ottetti (512 bit)**

**Lung. degli indirizzi**               **48 bit**

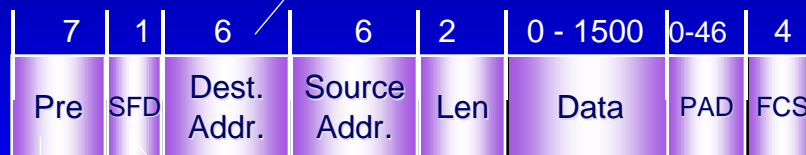
3.17

## LAN

**IEEE 802 - Frame**

- L'indirizzo di 48 bit è cablato nella scheda di rete
- Ci sono sia indirizzi broadcast che multicast

Ottetti



*Start of Frame Delimiter*

Il preambolo serve a sincronizzare il ricevitore

Eventualmente presenti per mantenere la minima lungh. del pacchetto pari a 64 ottetti

3.18

## LAN

**IEEE 802 - Dimensione**

- Come già visto le prestazioni di una rete in tecnica CSMA/CD dipendono dal parametro  $a = T/\tau$  ed il tempo massimo di rivelazione della collisione è pari a  $2a$
- In particolare un sistema funziona correttamente solo se tutte le stazioni sono in grado di identificare una collisione prima che termini la tx del pacchetto più corto.
- Nel caso 802.3 a 10 Mb/s il pacchetto più corto è lungo **512 bit + 56 bit di preambolo + 8 bit di SFD = 576 bit** quindi nel tempo di 576 bit ossia in **57.5  $\mu$ s (*Round trip delay*)** deve arrivare alla stazione in tx il segnale sovrapposto e quest'ultima deve poter di inviare l'intera sequenza di jamming.

3.19

## LAN

**IEEE 802 - Dimensione**

- La lunghezza massima di un singolo segmento dipende dal tipo e mezzo trasmissivo usato ed eventualmente dalla velocità scelta.
- La lunghezza complessiva massima della rete si ottiene imponendo che la somma di tutti i ritardi (anche quelli introdotti dalle interfacce e dai *repeater*) presenti fra le due stazioni più lontane sia minore di **57.5  $\mu$ s (10 Mb/s)**.
- Per una rete a 10 Mb/s questo si traduce in una estensione massima intorno ai **3 Km** circa.

3.20

## LAN-IEEE802

**Livello fisico ed evoluzione dello standard**

- Inizialmente l'unica velocità disponibile era 10 Mb/s, la topologia fisica corrispondeva realmente un bus e erano previsti due soli tipi di mezzi trasmissivi :
  - **Cavo coassiale**
    - » 10 BASE 2
    - » 10 BASE 5
  - **Fibra**
    - » 10 BASE FP (Fiber Passive)
    - » 10 BASE FL (Fiber Link)
    - » 10 BASE FB (Fiber Backbone)

3.21

## LAN

**IEEE 802 - Repeater**

- La potenza del segnale in tx e di quello in rx presso ogni stazione devono essere comparabili perché una collisione possa essere riconoscibile.
- Lo standard, non permette l'uso di un unico mezzo condiviso che connetta tutte le stazioni fino alla massima lunghezza possibile della rete.
- La rete deve essere divisa in **segmenti** di lunghezza massima prefissata e i diversi segmenti devono essere interconnessi attraverso *repeater*.
- Il *repeater* è, sostanzialmente, un rigeneratore di segnale e di sincronismi, che opera anche una rivelazione di collisione, genera una sequenza di *Jamming* (96 bit) e può convertire fra diversi standard di livello fisico (cavo coax, fibra, doppino) a parità di velocità

3.22

## LAN

**IEEE 802 - Repeater**

- Il *repeater* inizialmente era un apparato rigeneratore che serviva a interconnettere due segmenti.
- Le LAN originarie mantenevano quindi topologie fisiche a bus anche usando apparati di rete (anche se solo di livello fisico) come i repeater.
- L'affermarsi, però, degli standard di cablaggio strutturato e la volontà di utilizzare in "doppino" come mezzo trasmissivo ha contribuito a far evolvere la topologia fisica da "bus" a "stella".

3.23

## LAN-IEEE802

**Cablaggio**

- Il cablaggio è un insieme di componenti passivi posati in opera:
  - cavi, connettori, prese, permutatori, ecc. opportunamente installati e predisposti per poter interconnettere degli apparati attivi (computer, telefoni, stampanti, monitor, ecc.)
- I sistemi di cablaggio si suddividono in:
  - Proprietari: IBM Cabling System, Digital DECconnect, ecc.
  - Strutturati (conformi a standard nazionali o internazionali): TIA/EIA 568A, prEN 50173, ISO/IEC IS 11801

3.24

LAN-IEEE802

## Cablaggio

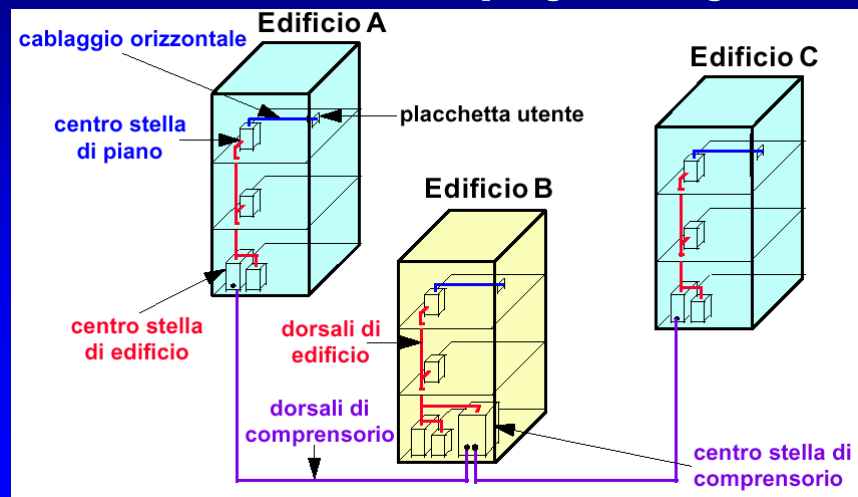
- Gli standard di cablaggio strutturato forniscono le specifiche minime per il cablaggio di un gruppo di edifici costruiti su un unico appezzamento di suolo privato, detto comprensorio (campus)
- Specificano:
  - mezzi trasmissivi
  - topologie
  - distanze
  - connettori
  - norme per l'installazione
  - norme per il collaudo

3.25

LAN-IEEE802

## Cablaggio

- Gli standard più importanti TIA/EIA 568A, ISO/IEC IS 11801 adottano la medesima topologia stellare gerarchica

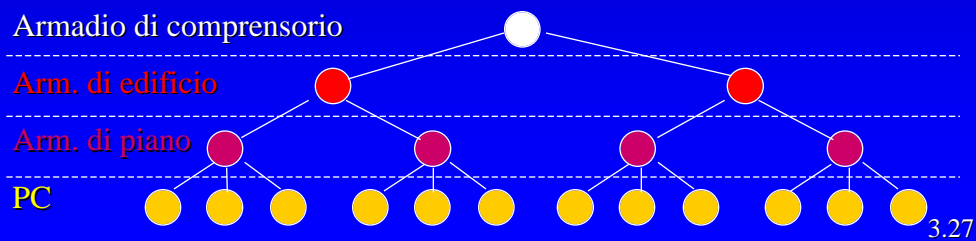


3.26

LAN-IEEE802

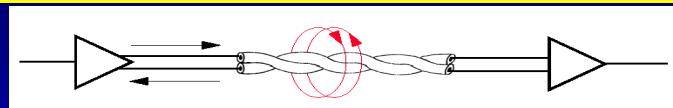
## Cablaggio

- Gli armadi sono, in sostanza, dei punti di raccolta di cavi e apparecchiature e operano da permutatori che consentono di interconnettere i cavi fra loro e con le apparecchiature in essi contenute.
- La scelta di una topologia a stella gerarchica deriva dalla necessità di mantenere la massima flessibilità (il cablaggio deve essere valido per almeno 10 anni)



LAN-IEEE802

## Doppino (UTP)

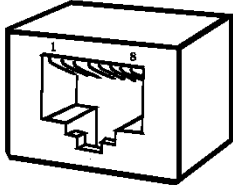


- **Categoria 1:** per telefonia analogica
- **Categoria 2:** per telefonia digitale a trasmissione dati a bassa velocità (linee seriali)
- **Categoria 3:** reti locali che non producano frequenze fondamentali superiori a 12.5 MHz: Ethernet 10BaseT e 100BaseT4, Token Ring 4 Mb/s
- **Categoria 4:** reti locali che non producano frequenze fondamentali superiori a 20 MHz: Token Ring 16 Mb/s
- **Categoria 5:** reti locali che non producano frequenze fondamentali superiori a 32 MHz: FDDI MLT-3, Ethernet 100BaseTX, ATM
- **Categorie 6-7.**

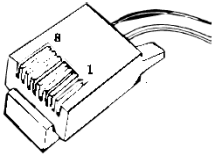
3.28

**LAN-IEEE802**  
**10 BASE T**

---



Presa Femmina da parete



Spinotto (plug) maschio volante

**Connettori RJ45 a otto fili**

TD+	TD-	RD+	RD-				
1	2	3	4	5	6	7	8
Coppia 3		Coppia 2		Coppia 1		Coppia 4	

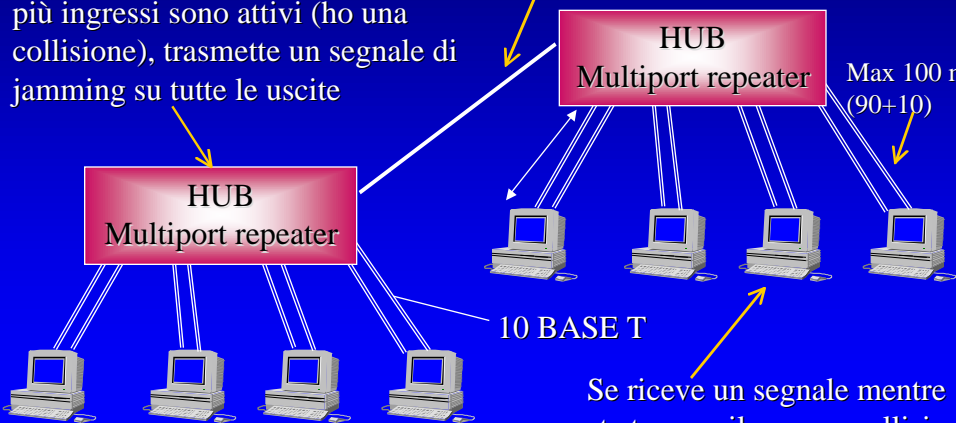
3.29

**LAN-IEEE802**  
**10 BASE T e HUB**

---

Ritrasmette su tutte le linee in uscita quello che riceve in ingresso. Se due o più ingressi sono attivi (ho una collisione), trasmette un segnale di jamming su tutte le uscite

Eventuale interconnessione in coassiale o fibra (anche > 100 mt)



Max 100 mt (90+10)

Se riceve un segnale mentre sta trasm. rileva una collisione

3.30

## LAN-IEEE802

**Fast Ethernet - 802.3u**

- Il miglioramento delle caratteristiche dei doppini e la richiesta di maggior banda ha portato allo standard a 100 Mb/s
- Non cambia nulla nel protocollo ma la velocità è 10 volte più alta, quindi tutte le temporizzazioni si riducono di 10 volte compresi la durata della slot (5.12  $\mu$ s) e il *Round trip delay* (5.75  $\mu$ S); quindi la dimensione max della rete diventa 200 mt circa.
- Gli standard definiti sono:
  - 100 Base TX (2 coppie STP o UTP cat. 5)
  - 100 Base T4 (4 coppie UTP cat. 3, (3 RD, 2 RX, 1-4 bidir.))
  - 100 Base FX

3.31

## LAN-IEEE802

**Gigabit Ethernet - 802.3z (ab)**

- Un'ulteriore evoluzione dello standard ancora in fase di completa definizione porta la velocità a 1 Gbit/s.
- Per non dover ridurre eccessivamente la lung. max della rete tale standard aggiunge al termine del *frame* una estensione che garantisce una lunghezza minima di 4096 bit, pari ad una slot di 4.096  $\mu$ s e ad un round trip time di 4.159  $\mu$ s.
- Per evitare sprechi di banda in presenza di pacchetti piccoli, si permette la tx consecutiva di più pacchetti (fino a raggiungere i 4096 bit trasmessi) senza rilasciare il canale.

3.32



LAN-IEEE802

### Gigabit Ethernet - 802.3z (ab)

	Ethernet	Fast Eth.	Gigabit Eth.
Velocità	10 Mb/s	100 Mb/s	1 Gbit/s
Bit Time	100 ns	10 ns	1 ns
Inter Packet Gap	9.6 $\mu$ s	0.96 $\mu$ s	96 ns
Slot Time	51.2 $\mu$ s	5.12 $\mu$ s	4.096 $\mu$ s
Round trip delay	57.5 $\mu$ s	5.75 $\mu$ s	4.159 $\mu$ s

Diagram illustrating the structure of an Ethernet frame:

- Pre: 56
- SFD: 8
- Frame: Min. 512
- Extension: 3584
- Total frame length: 4160
- Payload length (Frame + Extension): 4096

3.33

LAN-IEEE802

### Full-Duplex e 10Gb Ethernet

- Se l'802.3 viene usato su una linea punto-punto il protocollo di accesso multiplo diventa inutile e la comunicazione potrebbe avvenire nei due sensi contemporaneamente
- Gli standard a 100 Mb/s e a 1 Gb/s prevedono questo funzionamento in "full-duplex". In queste condizioni l'estensione del collegamento non viene più limitata da CSMA/CD ma solo da considerazioni fisiche di trasmissione.
- Solo per collegamenti full-duplex in fibra, anche in relazione alla assenza del MAC, è stato definito uno standard di Ethernet con velocità pari a 10 Gb/s.

3.34

**LAN-IEEE802**  
**802.3z (ab) - Livello fisico**

	<b>Mezzo</b>	<b>Distanze max</b>
1000 BASE SX 3z	MMF 50/125 $\mu\text{m}$ MMF 62.5/125 $\mu\text{m}$	550 m 300 m
1000 BASE LX 3z	MMF 50/125 $\mu\text{m}$ MMF 62.5/125 $\mu\text{m}$ SMF 9/125 $\mu\text{m}$	550 m 550 m 3 Km
1000 BASE CX 3z	STP 150	25 m
1000 BASE T 3ab	UTP Cat. 5 (4 coppie)	100 m

3.35