

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

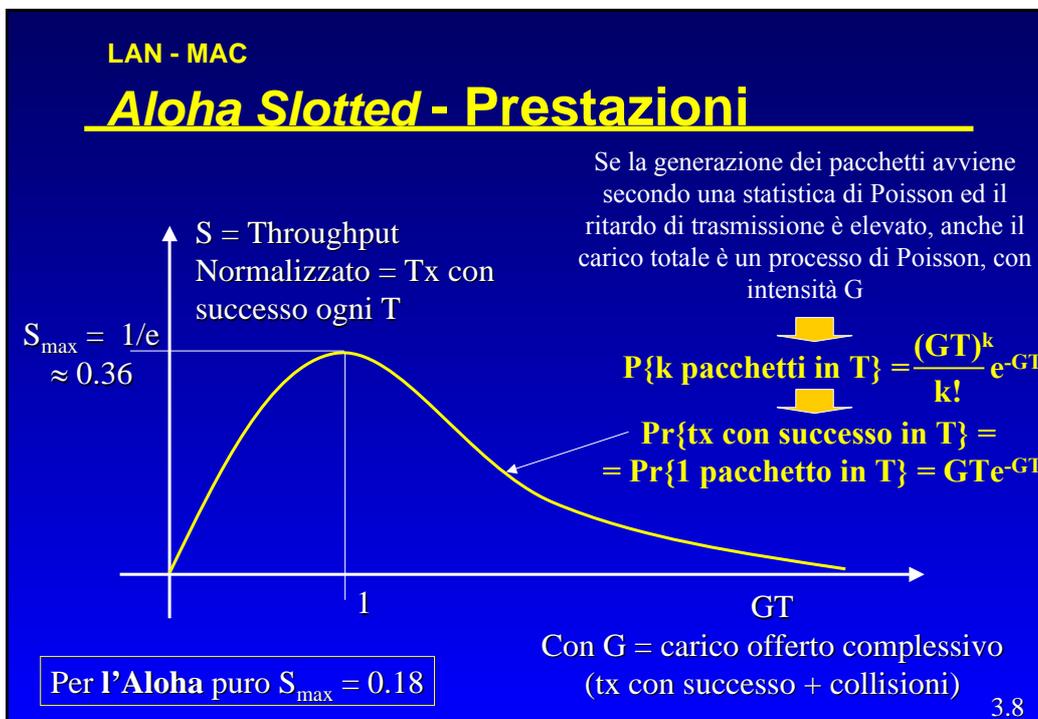
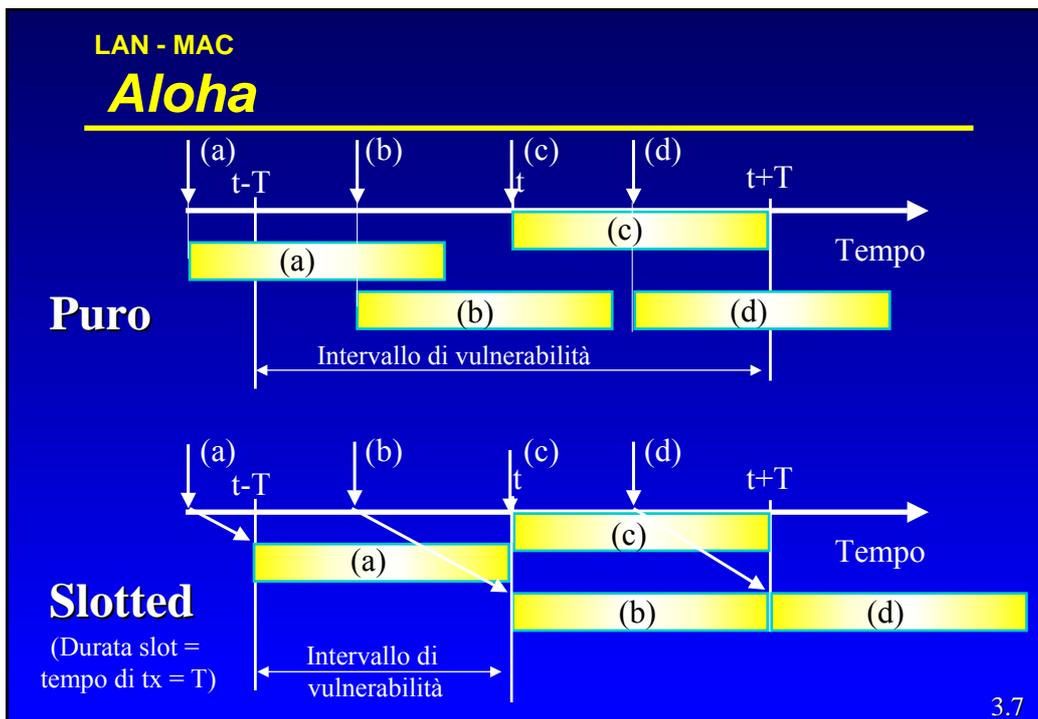
LAN

## 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*

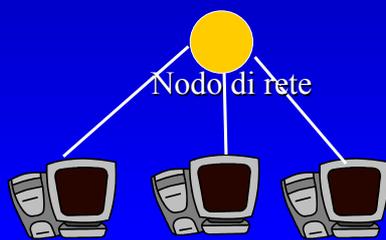
3.10

LAN - MAC

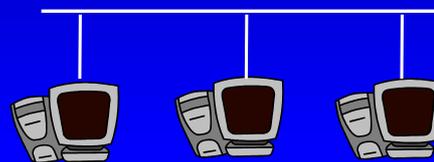
## CSMA/CD

- 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)  $< \tau$  (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  $T \leq 2\tau$  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.

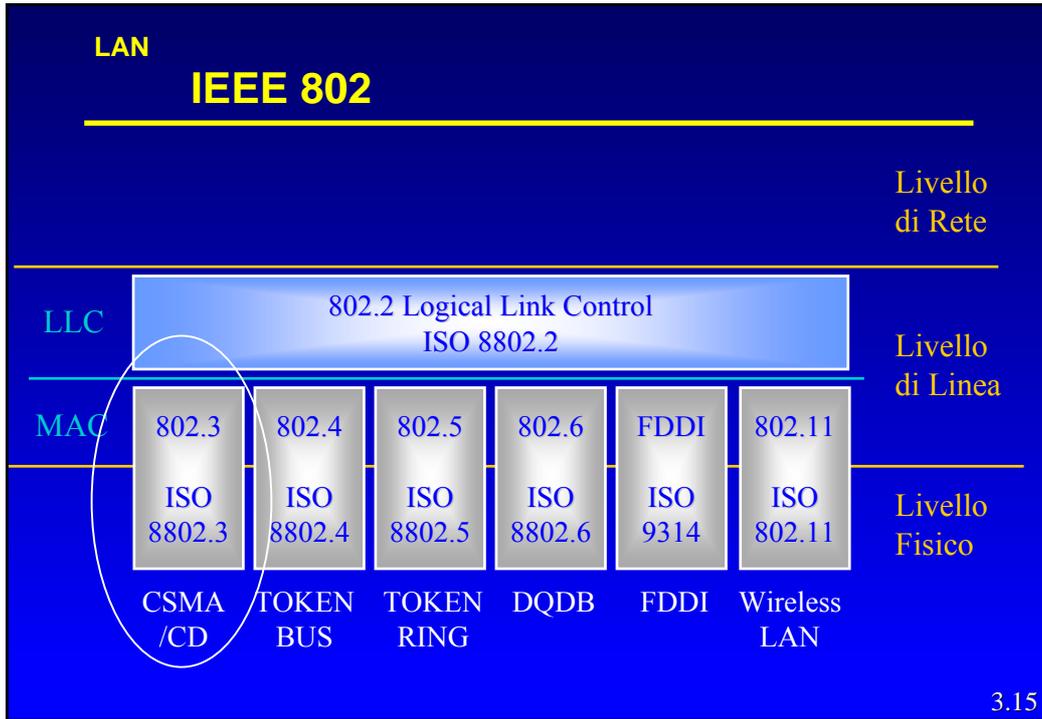
3.13

## 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
<i>(inter-frame spacing)</i>	
(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  $2\tau$
- 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  $57.5 \mu\text{s}$  (*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  $57.5 \mu\text{s}$  (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

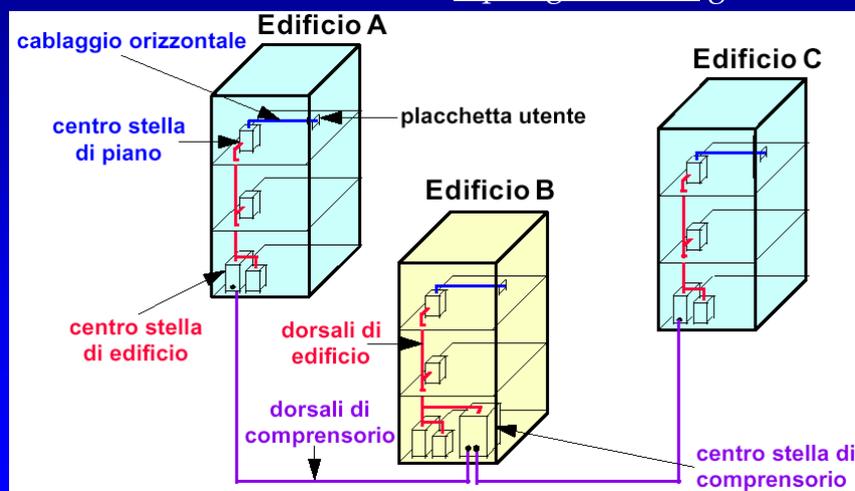
- Gli standard di cablaggio strutturato forniscono le specifiche minime per il cablaggio di un gruppo di edifici costruiti su un unico appezzamento di suolo privato, detto comprensorio (campus)
- Specificano:
  - mezzi trasmissivi
  - topologie
  - distanze
  - connettori
  - norme per l'installazione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

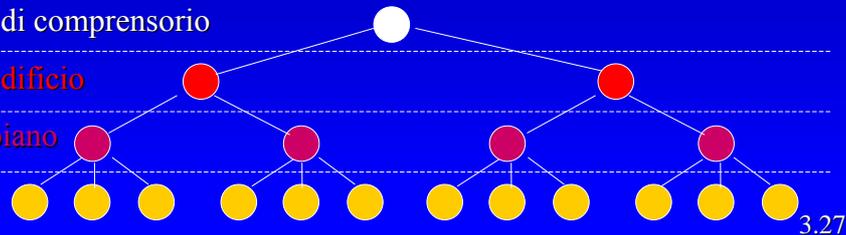
- Gli armadi sono, in sostanza, dei punti di raccolta di cavi e apparecchiature e operano da permutatori che consentono di interconnettere i cavi fra loro e con le apparecchiature in essi contenute.
- La scelta di una topologia a stella gerarchica deriva dalla necessità di mantenere la massima flessibilità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

Armadio di comprensorio

Arm. di edificio

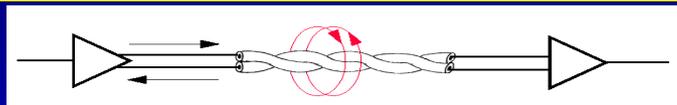
Arm. di piano

PC



3.27

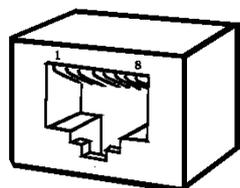
## LAN-IEEE802

**Doppino (UTP)**

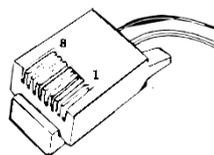
- **Categoria 1:** per telefonia analogica
- **Categoria 2:** per telefonia digitale a trasmissione dati a bassa velocità (linee seriali)
- **Categoria 3:** reti locali che non producano frequenze fondamentali superiori a 12.5 MHz: Ethernet 10BaseT e 100BaseT4, Token Ring 4 Mb/s
- **Categoria 4:** reti 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



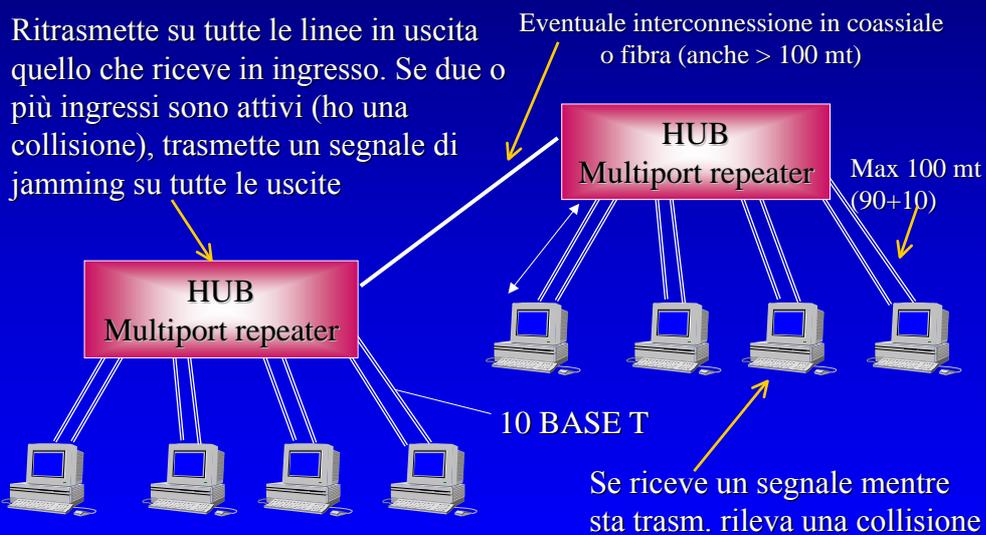
Spinotto (plug) maschio volante

Connettori RJ45 a otto fili



3.29

LAN-IEEE802

**10 BASE T e HUB**

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)**

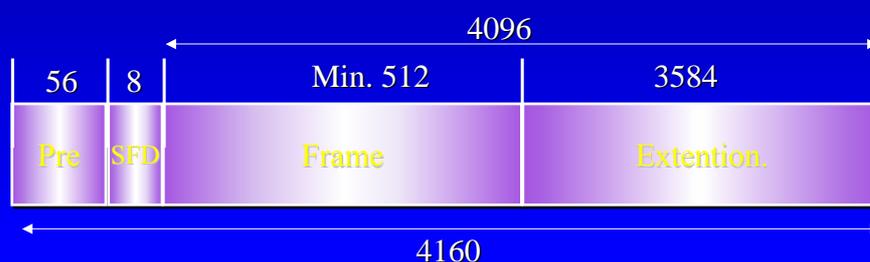
- Un'ulteriore evoluzione dello standard ancora in fase di completa definizione porta la velocità a 1 Gbit/s.
- Per non dover ridurre eccessivamente la lung. max della rete tale standard aggiunge al termine del *frame* una estensione che garantisce una lunghezza minima di 4096 bit, pari ad una slot di 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



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

3.35