

CCNA_1 (Versione 3.1) Networking basics

Cap. 7 Tecnologie Ethernet

ithum

Marco Ciampi
m.ciampi@ithum.it



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

Ithum Learning License

Licenza d'uso del materiale didattico

Questo documento e tutto il materiale prodotto da Ithum S.r.l. e dai suoi collaboratori in qualità di autori originari costituisce una “opera” intellettuale protetta dal diritto d’autore e/o dalle altre leggi applicabili.

Tale opera (si veda anche l’appendice *Materiale allegato*) è messa a disposizione sulla base dei termini della presente *Ithum Learning License* ovvero della *Licenza concessa da Ithum Srl per l’utilizzo del materiale prodotto*.

È proibita ogni utilizzazione dell’opera che non sia autorizzata ai sensi della presente licenza o del diritto d’autore.

Ithum Srl e gli autori originari, in qualità di licenzianti, concedono l’utilizzo dell’opera con i diritti ed i doveri di seguito elencati.

Con il semplice esercizio sull’opera di uno qualunque dei diritti di seguito elencati, si accetta e ci si impegna a rispettare integralmente ed a far rispettare a terzi i termini e le condizioni della presente licenza.

L’opera può essere riutilizzata così come è oppure riadattata alle proprie esigenze come specificato da quanto segue.

Ithum S.r.l. e gli autori originari concedono:

- L’utilizzo dell’opera per fini educativi ed informativi personali;
- La riproduzione, distribuzione, comunicazione e/o esposizione in pubblico, rappresentazione, esecuzione o recitazione dell’opera;
- La creazione di opere derivate;

Alle seguenti imprescindibili condizioni:

1. riconoscere sempre e comunque il contributo di Ithum S.r.l. e dell’autore originario, dandone sempre evidenza scritta o comunque documentabile;
2. tener traccia sempre e comunque dei soggetti cui l’opera viene distribuita e comunicarla tempestivamente ad Ithum ed all’autore originario;
3. chiarire e far sottoscrivere agli altri sempre e comunque, in occasione di ogni atto di utilizzo o distribuzione, i termini della presente licenza;
4. contattare preventivamente sempre Ithum S.r.l. e l’autore originario per negoziarne coinvolgimento e compensi in caso di utilizzo ai fini commerciali;
5. Se si ottiene il permesso documentato dal titolare del diritto d’autore (Ithum S.r.l. e l’autore originario) è possibile rinunciare ad alcune o tutte le precedenti condizioni.

Le utilizzazioni libere e gli altri diritti non sono in nessun modo limitate da quanto sopra.

Per qualsiasi informazione è possibile scrivere a formazione@ithum.it.



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

Contenuti

- **Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps**
 1. Ethernet a 10-Mbps
 2. 10BASE5
 3. 10BASE2
 4. 10BASE-T
 5. Architettura e cablaggio 10BASE-T
 6. Ethernet a 100-Mbps
 7. 100BASE-TX
 8. 100BASE-FX
 9. Architetture Fast Ethernet
- **Ethernet a 1-Gigabit e 10-Gigabit**
 1. Ethernet a 1000-Mbps
 2. 1000BASE-T
 3. 1000BASE-SX e LX
 4. Architetture Gigabit Ethernet
 5. Ethernet a 10-Gigabit
 6. Architetture 10-Gigabit Ethernet
 7. Futuro di Ethernet



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

Obiettivi

- Saper distinguere: 10BASE5, 10BASE2, e 10BASE-T
- Introdurre il metodo di codifica Manchester
- Presentare i fattori che influenzano la tecnologia Ethernet
- Illustrare i parametri caratteristici di 10BASE-T
- Descrivere le caratteristiche chiave e le varietà di Ethernet a 100-Mbps
- Descrivere l'evoluzione di Ethernet
- Spiegare il livello MAC ed il formato del frame Ethernet
- Illustrare i processi di trasmissione, i mezzi fisici, la codifica utilizzata e le varie implementazioni delle Gigabit Ethernet
- Effettuare considerazioni di base sulle architetture di Gigabit e 10 Gigabit Ethernet, ponendole a confronto



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

Introduzione

Il successo di Ethernet è dovuto ai seguenti fattori:

- Semplicità di implementazione rispetto ad altre tecnologie
- Flessibilità, cioè capacità di adattamento alle nuove esigenze ed all'evoluzione dei mezzi fisici

Esistono molte varietà di Ethernet ad es.:

- 10-Mbps, la cui affermazione risale ai primi anni '80;
- 100-Mbps Fast Ethernet, standard annunciato dall'IEEE nel 1995;
- 1000-Mbps Gigabit Ethernet e 10 Gigabit Ethernet, standard emersi recentemente grazie all'incremento della velocità supportata dai mezzi fisici;

Al di là delle specifiche dettagliate di ognuna di queste tipologie Ethernet, è importante individuare le caratteristiche comuni a tutte.

Ad es. sono rimasti invariati fattori come il formato del frame, la presenza di un indirizzamento basato sul MAC e l'utilizzo del protocollo CSMA/CD



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.1 - Ethernet a 10-Mbps (1/4)

Legacy Ethernet: 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T

Caratteristiche comuni:

● Parametri di timing:

Bit time, 1 bit time a 10 Mbps = 100 nsec = 0.1 µsec;

Slot time, 512 bit times;

..

Parameter	Value
Bit Time	100 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

I limiti di timing dipendono da:

- lunghezza del cavo e ritardo di propagazione,
- ritardo introdotto dai ripetitori presenti,
- ritardo introdotto dai transceivers,
- ritardo interno del nodo che usa il mezzo (host, router etc.)



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1.1 EtI

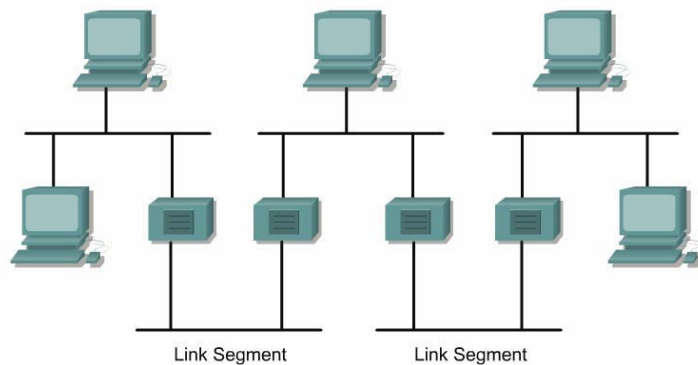
7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.1 - Ethernet a 10-Mbps (2/4)

Per poter rispettare i limiti di timing delle Ethernet a 10-Mbps è necessario osservare la cosiddetta:

regola del 5 – 4 – 3

cioè, non più di 5 segmenti separati da 4 ripetitori tali che tra due stazioni non ci siano più di 3 segmenti popolati da host (quest'ultima affermazione equivale alla presenza di max 2 ripetitori tra due stazioni remote)



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1.1 EtI

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.1 - Ethernet a 10-Mbps (3/4)

- **Formato del frame ethernet:**

Ethernet Frame							
Preamble	SFD	Destination	Source	Length Type	Data	Pad	FCS
7	1	6	6	2	46 to 1500		4

- **Regole di base per la progettazione di reti ethernet:**

gli standard per le Legacy Ethernet (10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T) sono tali da garantire l'interoperabilità in reti miste, basate su mezzi fisici diversi.



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1.1 Et

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

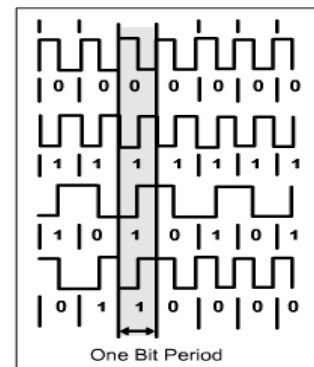
7.1.1 - Ethernet a 10-Mbps (4/4)

- **Processo di trasmissione:** consiste nelle attività svolte per trasmettere il frame e cioè:
 - a. il sottolivello MAC esegue la **conversione** del frame da esadecimale a binario e passa gli ottetti binari al livello fisico,
 - b. il livello fisico esegue l'attività di **codifica** (o line encoding) cioè la traduzione dei bit in segnali da inviare attraverso il mezzo.
Per le Ethernet a 10-Mbps si utilizza il sistema di codifica **Manchester**:

0 logico → fronte di **discesa** del segnale

1 logico → fronte di **salita** del segnale

- c. il segnale viene generato e trasferito sul mezzo fisico.



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.2 – 10 Base 5

- **Primo mezzo utilizzato per Ethernet negli anni '80**
- **Incluso nello standard 802.3**
- **Economico** e non richiede configurazione
- **Difficile da installare a causa del cavo (pesante e spesso)**
- **Componenti difficili da reperire**
- **Ad oggi sconsigliato nelle installazioni di reti**
- **Lunghezza max del segmento: 500 m**
- **I sistemi hanno singolo point of failure**
- **Velocità Max: 10 Mbps su cavi coassiali di tipo thick**
- **Half-duplex (il mezzo è un cavo singolo)**
- **Codifica Manchester**

Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.3 – 10 Base 2

- Introdotta per Ethernet nel 1985
- Economico
- Semplice da installare (cavo leggero e flessibile)
- Componenti difficili da reperire
- Ad oggi in parte utilizzato nelle reti odierne
- Lunghezza max del segmento: 185 m
- I sistemi sono costituiti da una serie di cavi coassiali di tipo **thin** collegati alle stazioni tramite connettori BNC e connettori a T
- Velocità Max: 10 Mbps su cavi coassiali di tipo thick
- Half-duplex (il mezzo è un cavo singolo)
- Max 30 stazioni su un unico segmento
- Limiti ulteriori
- Codifica Manchester

[Animazione: 10base2](#)



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.4 – 10 Base T

- Introdotta per Ethernet nel 1990
- Più **economico** dei precedenti 10BASE5 e 10BASE2
- **Semplice da installare**
- I cavi TP supportano protocolli multipli senza la necessità di nuovi cablaggi
- Lunghezza max del segmento: 90 m
- Utilizza cavi UTP (Unshielded Twisted Pair) **Cat 3, Cat 5, Cat 5e** o superiori
- Utilizza connettori RJ-45 ad 8 pin
- Nato come half-duplex (10-Mbps), supporta il full-duplex (20-Mbps)
- Codifica Manchester

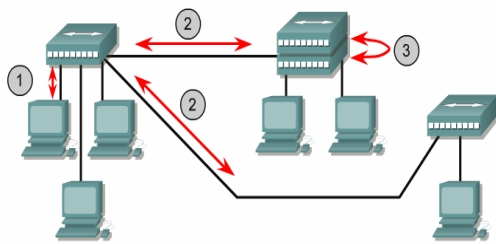
[Animazione: 10baseT](#)



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.5 – Architettura e cablaggio 10 Base T



- max 100 m di segmento senza ripetitore (ad es. tra pc e hub) ①
- per la regola 5 – 4 – 3:
 - ogni hub va contato come un ripetitore ②
 - gli hub montati in stack ③ vanno considerati come un solo ripetitore

In un'architettura 10BASET il limite dei 100m per un segmento può essere superato introducendo apparati di rete come:

- ripetitori
 - hub
- } estendono la lunghezza del segmento senza separare i domini di collisione (per questo collegare molti hub in cascata è sconsigliato)
- bridge
 - switch
- } separano i domini di collisione, il limite dei 100m riguarda la distanza tra pc e switch e tra switch.



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.6 - Ethernet a 100 Mbps

- Le tecnologie Ethernet a 100-Mbps si basano sullo stesso formato del frame delle reti a 10-Mbps

Ethernet Frame							
Preamble	SFD	Destination	Source	Length Type	Data	Pad	FCS
7	1	6	6	2	46 to 1500		4

- **100-Mbps:**
 - il segnale è trasmesso ad una frequenza maggiore delle 10-Mbps ed è quindi più suscettibile al rumore. Per questo viene utilizzata una codifica mista basata sia sulla tecnica 4B/5B sia sul metodo di codifica proprio del mezzo (rame o fibra)
- Utilizza tecnologie 100BASE-TX e 100BASE-FX:
 - entrambe hanno in comune i parametri temporali e parte del processo di trasmissione (ad es. la codifica 4B/5B)
- 100BASE-TX: il segnale è trasmesso su cavi UTP
- 100BASE-FX: il segnale è trasmesso su fibra ottica multimodale
- E' nota come **Fast Ethernet**



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.7 – 100 BASE TX

- Introdotta nel 1995 come standard, ha avuto molto successo soprattutto dopo il 1997 quando Ethernet venne estesa per supportare il full-duplex
- Il pinout, cioè la corrispondenza tra il numero del pin ed il segnale trasportato, è identico a quello utilizzato nelle 10BASE-T:

Pin Number	Signal
1	TD+ (Transmit Data, positive-going differential signal)
2	TD- (Transmit Data, negative-going differential signal)
3	RD+ (Receive Data, positive-going differential signal)
4	Unused
5	Unused
6	RD- (Receive Data, negative-going differential signal)
7	Unused
8	Unused

- La presenza di due canali differenti per trasmettere (tx) e ricevere (rx) permette l'utilizzo del 100BASE-TX in full-duplex, raggiungendo così i 200-Mbps
- Oltre alla codifica 4B/5B, utilizza la codifica [MLT-3](#) (Multi Level Transmit-3) che si basa su un segnale a 3 livelli e fa corrispondere ad ogni transizione di l'1 logico e ad ogni permanenza lo 0 logico



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.8 – 100 BASE FX

- Introdotta per sostituire il rame nell'ambito di connessioni ad alta velocità come [dorsali tra edifici](#), non ha avuto molto successo perché sorpassato dagli standard Gigabit Ethernet
- Il pinout è il seguente:

Fiber	Signal
1	Tx (LED and laser transmitters)
2	Rx (high-speed photodiode detectors)

- Essendo una Fast Ethernet, è caratterizzata dagli stessi [parametri temporali](#) del 100BASE-TX
- La presenza di due canali differenti per trasmettere (tx) e ricevere (rx) permette l'utilizzo del 100BASE-FX in full-duplex, raggiungendo così i 200-Mbps
- Oltre alla codifica 4B/5B, utilizza la codifica [NZR1](#) che si basa su un segnale a 2 livelli e fa corrispondere ad ogni transizione l'1 logico e ad ogni permanenza lo 0 logico



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.1 Ethernet a 10-Mbps e 100-Mbps

7.1.9 - Architetture Fast Ethernet

Nelle architetture Fast Ethernet sono presenti pc, hub, switch.

Disegnare un'architettura di rete significa scegliere gli apparati e le modalità con cui connetterli.

E' importante conoscere i vincoli di distanza (ad es. il limite di 100m di distanza tra apparati con cavi UTP) ed i ritardi introdotti dagli apparati.

Architecture	100BASE-TX	100BASE-FX	100BASE-TX and FX
Station to Station, Station to Switch, Switch to Switch (half or full duplex)	100 m	412 m	N/A
One Class I Repeater (half duplex)	200 m	272 m	100 m (TX) 160.8 m (FX)
One Class II Repeater (half duplex)	200 m	320 m	100 m (TX) 208 m (FX)
Two Class II Repeaters (half duplex)	205 m	228 m	105 m (TX) 211.2 m (FX)

[Animazione: vincoli di distanza](#)

Ad es. i ritardi introdotti possono variare in funzione del ripetitore:

- Ripetitori di Classe I: cambiano con le implementazioni di Ethernet e permettono l'interoperabilità tra velocità diverse;
- Ripetitori di Classe II: inseriscono rispettivamente un ritardo fino a 140 bit-time e 92 bit-time. Il valore meno elevato per i ripetitori di Classe II rende possibile il collegamento in cascata di due ripetitori purché siano sufficientemente vicini tra loro.

Labs

[Forma d'onda di un frame Ethernet](#)

[Fluke Network Inspector lab.1](#)

[Fluke Network Inspector lab.2](#)

Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.2 Ethernet a 1 e 10 Gigabit

7.2.1 - Ethernet a 1.000 Mbps

- Note come [Gigabit Ethernet](#), utilizzano mezzi in rame e fibra e sono sfruttate per connessioni ad alta velocità, tra infrastrutture di rete e nell'installazione di dorsali (backbone)
- Le tecnologie corrispondenti sono: 1000BASE-TX, 1000BASE-CX, 1000BASE-SX e 1000BASE-LX

Parameter	Value
Bit Time	1 nsec
Slot Time	4096 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	65,536 bits

- Esse hanno in comune gli stessi **parametri temporali**:

- Si basano sullo stesso formato delle reti a 10-Mbps e 1000-Mbps per il frame Ethernet:

Ethernet Frame							
Preamble	SFD	Destination	Source	Length Type	Data	Pad	FCS
7	1	6	6	2	46 to 1500		4

- 1000-Mbps:

il segnale è trasmesso ad una frequenza maggiore delle 100-Mbps ed è ancora più suscettibile al rumore. A livello fisico vengono utilizzati **due livelli di codifica** ed il flusso di bit viene convertito dal livello MAC in simboli di controllo e simboli di dati.



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.2 Ethernet a 1 e 10 Gigabit

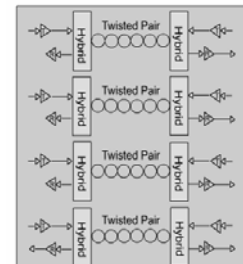
7.2.2 - 1.000 BASE T

- Lo standard di riferimento è l'**IEEE 802.3ab** le cui specifiche riguardano la trasmissione di 1-Gbps in modalità full duplex su rame (l'half duplex introdurrebbe il ritardo dell'arbitraggio per l'accesso al mezzo e ridurrebbe la lunghezza max del cavo)
- Lo standard garantisce l'interoperabilità con i precedenti: 10BASE-T e 100BASE-TX
- Per poter raggiungere 1 Gbps, utilizzano 4 coppie di cavi di Categoria 5e:
 - 4 coppie x 2 fili x 125 Mbps per fili di Cat 5e = banda di 1000 Mbps
- I frame vengono suddivisi in 4 flussi di simboli, trasmessi in parallelo sui 4 doppi. Sia in fase di trasmissione sia in fase di inattività, si rilevano sul mezzo molti livelli di voltaggio (17 in attività, 9 in assenza) che, con gli effetti di rumore, portano il segnale digitale ad assomigliare a quello analogico:



- il metodo di codifica utilizzato è **4D-PAM5** (Pulse Amplitude Method)

Logical Link Control Sublayer 802.3 Media Access Control	
10BASE-S (500m)	10BASE-T (100m)
50-Ohm Coax N-Type	50-Ohm Coax BNC
10BASE-T (100m)	100-Ohm UTP RJ-45
10BASE-TX (100m)	100-Ohm UTP RJ-45
10BASE-F (204-412m)	MM Fiber SC
10BASE-T (100m)	100-Ohm UTP RJ-45
100BASE-SX (220-500m)	MM Fiber SC
100BASE-LX (500-5000m)	MM Fiber SC
100BASE-T4 (100m)	MM Fiber SC
100BASE-TX (100m)	MM Fiber SC



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.2 Ethernet a 1 e 10 Gigabit

7.2.3 - 1.000 BASE SX e LX (1/2)

- Lo standard di riferimento è l'**IEEE 802.3z** le cui specifiche riguardano la trasmissione di 1-Gbps in modalità full duplex su fibra
- Vantaggi:

Benefits of Gigabit Ethernet on Fiber
• Noise immunity
• No grounding potential problems
• Excellent distance characteristics
• Many 1000BASE-X device options
• Can be used to connect widely dispersed Fast Ethernet segments

- Le tecnologie utilizzate sono:
 - 1000BASE-SX, se la sorgente luminosa (laser o LED) genera un segnale a bassa lunghezza d'onda (850 nm, la S sta per *Short wavelength*) trasmesso su fibra multimodale
 - 100BASE-LX, se il segnale generato è caratterizzato da una lunghezza d'onda più alta (1310 nm) trasmesso su fibra multimodale o monomodale (su monomodale la distanza raggiunta arriva a 5 Km)

Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.2 Ethernet a 1 e 10 Gigabit

7.2.3 - 1.000 BASE SX e LX (2/2)

- Il livello MAC considera il collegamento sottostante come **point-to-point** poiché due fibre separate sono utilizzate per trasmettere e ricevere (la connessione è intrinsecamente **full-duplex**)
- Le 1000BASE-X utilizzano i due livelli di codifica:
 - **8B/10B** (simile alla 4B/5B su cui si basano le 100-Mbps) e
 - **NRZ** (Non-Return Zero) che individua 1 e 0 logico in base al livello del segnale (non in base alle transizioni come l'NZRI delle 100BASE-FX)

[Animazione: vantaggi delle Gigabit Ethernet](#)



Cap. 7 Tecnologie Ethernet

7.2 Ethernet a 1 e 10 Gigabit

7.2.4 - Architetture Gigabit Ethernet

Nella realizzazione di reti Gigabit Ethernet è importante conoscere i vincoli di distanza da rispettare per connettere gli apparati di rete.

Se i collegamenti sono full-duplex, tali vincoli **dipendono esclusivamente dalla distanza supportata dal mezzo trasmissivo.**

Distanze supportate dai mezzi:

1000BASE-T: il cablaggio UTP di Cat 5e o superiori ha le stesse limitazioni vista per 10BASE-T e 100BASE-T cioè lunghezza max del segmento di 100m

1000BASE-SX:

Medium	Modal Bandwidth	Maximum Distance
62.5µm Multimode Fiber	160	220 m
62.5µm Multimode Fiber	200	275 m
50µm Multimode Fiber	400	500 m
50µm Multimode Fiber	500	500 m

1000BASE-LX:

Medium	Modal Bandwidth	Maximum Distance
62.5µm Multimode Fiber	500	550 m
50µm Multimode Fiber	400	550 m
50µm Multimode Fiber	500	550 m
10µm Multimode Fiber	N/A	5000 m



7.2.5 - Ethernet a 10 Gigabit (1/2)

- Note come **10Gigabit Ethernet**, lo standard di riferimento proposto nel 2002 è l'**IEEE 802.3ae** le cui specifiche riguardano la trasmissione di 10-Gbps in **full duplex esclusivamente su fibra** (scompare la necessità del CSMA/CD)
- Le Ethernet viste finora sono nate in ambito LAN ma gli standard di livello fisico per 10-Gigabit Ethernet, permettono distanze fino a 40 km su fibra monomodale e garantiscono compatibilità con reti SONET (Synchronous Optical Network) ed SDH (Synchronous digital network). **Questo colloca le 10-Gigabit in ambito WAN.**
- Le **tecnologie** (implementazioni) corrispondenti sono:
 - 10GBASE-SR, su fibra multimodale arriva a distanze tra 240 e 300 m
 - 10GBASE-LX4, si comporta come la precedente su fibra multimodale mentre arriva a distanze di 10 km su fibra monomodale
 - 10GBASE-LR e 10GBASE-ER, fino a 40 km su fibra monomodale
 - 10GBASE-W, si tratta di 10 Gigabit Ethernet compatibili con gli apparati SONET/SDH per WAN



7.2.5 - Ethernet a 10 Gigabit (2/2)

- Si basano sullo stesso formato del frame visto nelle altre Ethernet (Legacy, Fast e Gigabit) con le quali lo standard garantisce compatibilità

Ethernet Frame							
Preamble	SFD	Destination	Source	Length Type	Data	Pad	FCS
7	1	6	6	2	46 to 1500		4

- I parametri temporali caratteristici sono:

Parameter	Value
Bit Time	0.1 nsec
Slot Time	not applicable *
Interframe Spacing	96 bits *8
Collision Attempt Limit	not applicable *
Collision Backoff Limit	not applicable *
Collision Jam Size	not applicable *
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	not applicable *
Interframe Spacing Stretch Ratio	104 bits ***

* 10-Gbps Ethernet does not permit half duplex operation, so parameters related to slot timing and collision handling do not apply.

** The value listed is the official interframe spacing.

*** The Interframe Spacing Stretch Ratio applies exclusively to 10GBASE-W definitions.

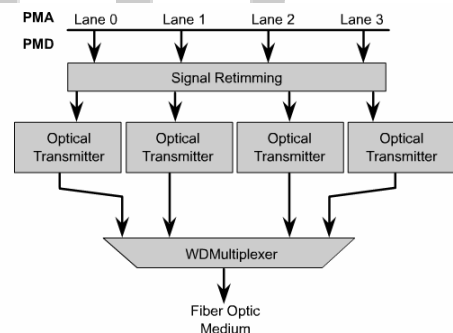


7.2.6 - Architetture 10 Gigabit Ethernet

Nelle architetture 10-Gigabit il segnale è trasmesso ad una frequenza maggiore rispetto a tutte le Ethernet viste finora (bit time di 0,1 ns). Conseguentemente la suscettibilità al rumore è tale che distinguere tra segnale e rumore può divenire estremamente difficoltoso.

Per superare questo limite ed ottenere un rapporto segnale/rumore elevato, a livello fisico vengono utilizzati due livelli di codifica, il primo basato su simboli mentre a livello più basso si realizzano flussi di bit organizzati in maniera complessa.

La tecnologia 10GBASE-LX4 si basa su un meccanismo che permette di trasferire simultaneamente 4 flussi di bit su 4 lunghezze d'onda diverse usando il multiplexing WDM (Wide Wavelength Division Multiplex)



7.2.7 - Futuro di Ethernet

L'evoluzione di Ethernet è avvenuta grazie allo sviluppo di nuovi standard e nuove tecnologie:

Legacy → **Fast → Gigabit** → **MultiGigabit**
(ancora utilizzate) (le più utilizzate) (sempre più diffuse)

Attualmente sono in fase di studio Ethernet a fino a 160 Gbps.

Le problematiche legate alle Ethernet oggetto di maggiore studio non sono più solo quelle legate alle collisioni che avvengono in half duplex (per le quali esistono anche altri protocolli per la gestione dell'accesso al mezzo, oltre al CSMA/CD) e le soluzioni che ci cercano per raggiungere maggior banda riguardano tutti i mezzi trasmissivi: rame, fibra e tecnologie wireless.

L'ambito in cui maggiormente si possono ancora ottenere incrementi significativi della banda sono le fibre ottiche per le quali le limitazioni sono costituite dal processo di realizzazione della fibra e dalla tecnologia con cui si realizzano le sorgenti ed i ricevitori posti alle estremità della fibra stessa.