

Capitolo

ETHERNET

1. Introduzione

Ethernet rappresenta oggi la rete più nota e più diffusa in tutto il mondo. La nascita di Ethernet risale al 1976 quando Xerox utilizzò il protocollo CSMA/CD per realizzare una rete locale con una velocità di 2,94 Mbit/s per collegare oltre 100 stazioni. Ethernet incontrò subito un notevole successo per la sua semplicità realizzativa e le elevate prestazioni; per questo motivo Digital, Intel e Xerox formarono un consorzio DIX per elaborare le specifiche della rete Ethernet a 10 Mbit/s. Negli stessi anni il comitato IEEE 802 iniziò a sviluppare uno standard di rete locale basato su CSMA/CD e simile alla rete Ethernet, noto come IEEE 802.3.

Ethernet e IEEE 802.3 sono molto simili, anche se esistono differenze significative. Oggi si realizzano soltanto reti IEEE 802.3 ma in molti casi si continua ad utilizzare la denominazione di rete Ethernet. In questo capitolo i due termini saranno usati indifferentemente per indicare IEEE 802.3.

Le reti Ethernet e IEEE 802.3 si basano su una struttura a bus con una velocità di 10 Mbit/s. Lo standard IEEE 802.3 specifica il livello fisico e il livello MAC.

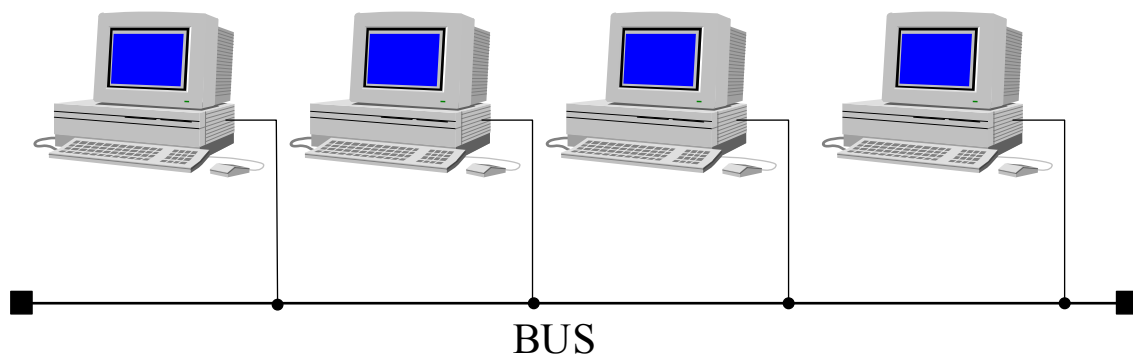


Figura 1. Struttura della rete Ethernet

La topologia di una rete Ethernet o IEEE 802.3 è costruita, da un punto di vista concettuale, attorno ad un bus condiviso, come mostrato nella figura 1. Il bus può essere costituito da vari tipi di cavo coassiale, quale cavo doppino telefonico e fibra ottica.

Il metodo di accesso multiplo CSMA/CD utilizza una struttura completamente distribuita, per cui non è necessaria la presenza di una stazione master.

Questa caratteristica, insieme alla semplicità del protocollo CSMA/CD, sono i motivi della grande diffusione di Ethernet.

2. Caratteristiche del livello MAC in 802.3

Il livello MAC in 802.3 definisce le caratteristiche del sistema di accesso multiplo CSMA/CD e la struttura dei dati. Nell'algoritmo CSMA/CD una stazione che deve inviare un pacchetto dati ascolta il canale o bus (carrier sense - CS): se il canale è libero, la stazione può iniziare a

trasmettere. Nonostante il meccanismo di carrier sense, è possibile che due stazioni interferiscano tra loro (collisione). Questo inconveniente è determinato dal fatto che il tempo di propagazione del segnale nel bus non è nullo, per cui una stazione A non può sentire l'occupazione del canale da parte di un'altra stazione B fino a quando il segnale generato da B non arriva ad A.

Per rivelare il verificarsi di queste collisioni, una stazione in fase di trasmissione continua ad ascoltare i segnali sul bus, confrontandoli con quelli da lei generati. Nel caso in cui sia rivelata una collisione sono effettuate le seguenti azioni:

- la stazione trasmittente sospende la trasmissione e invia una sequenza di **jamming** composta da 32 bit per avvertire le altre stazioni della collisione;
- la stazione in ascolto, intercettando il jamming, scartano i bit ricevuti;
- la stazione trasmittente ripete il tentativo di trasmissione dopo un tempo generato in modo casuale utilizzando l'algoritmo di **back - off**. Il numero massimo di tentativi di ritrasmissione è 16.

Indichiamo con T il tempo di propagazione del segnale tra due qualsiasi stazioni presenti sulla rete A e B. Supponiamo che A inizi a trasmettere all'istante t . La stazione B non si accorgerà che il canale è occupato da un'altra stazione fino all'istante $t+T$ e quindi può inviare un proprio messaggio prima di tale istante. All'istante $t+T$ la stazione B rivela la collisione, cessa di trasmettere il messaggio ed invia un pacchetto di jamming. La stazione A riceve il pacchetto di jamming all'istante $t+2T$ e soltanto a questo istante, cioè dopo un intervallo di $2T$, essa è in grado di rivelare la sovrapposizione del proprio messaggio con quello generato da un'altra stazione.

Se indichiamo con T il tempo massimo di propagazione del segnale tra due qualsiasi stazioni presenti sulla rete, $2T$ rappresenta il tempo massimo di trasmissione per una stazione prima di accorgersi di una collisione. Il tempo $2T$ prende il nome di round-trip delay. La durata di un qualsiasi messaggio deve essere superiore a $2T$ in modo che la stazione che trasmette sia in grado di rivelare una sua eventuale sovrapposizione con altri messaggi. Questa condizione impone, come vedremo successivamente, una limitazione sulla minima lunghezza consentita per un messaggio.

Formato del frame IEEE 802.3

Il formato del frame nella rete IEEE 802.3 è mostrato nella figura 2, in cui sono evidenziati i diversi campi che lo compongono:

- **Preambolo.** Questo campo ha una lunghezza di 7 byte, ognuno costituito dalla sequenza 10101010.
- **Delimitatore di inizio del frame.** Questo campo è formato dal byte 10101011 e serve ad indicare l'inizio del frame.

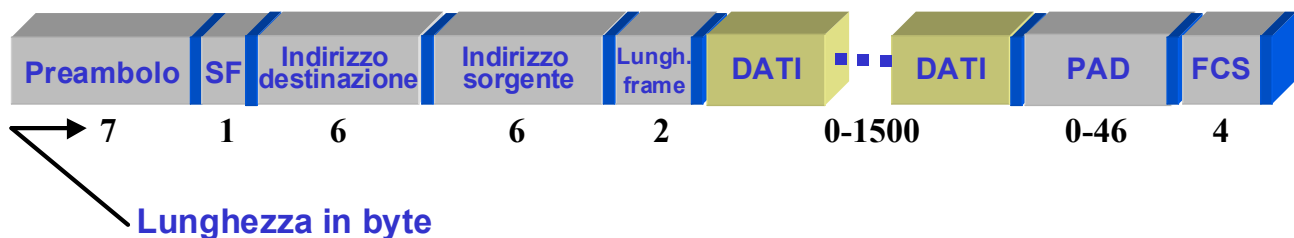


Figura 2. Formato del frame della rete IEEE 802.3

- **Indirizzo della stazione di destinazione e sorgente.** Questo campo può avere una lunghezza di 2 o 6 byte; tuttavia, attualmente sono prevalentemente utilizzati indirizzi formati da 6 byte. Se il bit più significativo del campo indirizzo della stazione di destinazione è uguale a 0, il campo contiene un indirizzo MAC *ordinario*, mentre se tale bit è uguale a 1 allora si ha una trasmissione *multicast*. Al contrario, se l'indirizzo della stazione di destinazione è formato da bit

uguali a 1, allora si ha una trasmissione *broadcasting*. Il bit 46 (accanto a quello più significativo) serve a distinguere indirizzi locali e globali (come indicato nel capitolo precedente).

- **Lunghezza del campo dati.** Questo campo indica la lunghezza in byte del campo dati contenuti nel pacchetto.
- **Campo Dati.** Questo campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 1500 byte.
- **PDA.** Questo campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 46 byte e viene introdotto per garantire che la lunghezza minima del pacchetto non sia inferiore a 64 byte. Come vedremo, questo valore minimo del pacchetto è necessario per un corretto funzionamento del protocollo CSMA/CD.
- **FCS.** Questo campo, formato da 2 byte, consente di effettuare il controllo degli errori sul pacchetto utilizzando un codice ciclico.

Requisiti imposti a livello MAC dal CSMA/CD

Per una corretta gestione delle collisioni, occorre rispettare nel caso della rete Ethernet 802.3 le seguenti regole fondamentali:

1. la trasmissione può essere iniziata soltanto quando il canale è sentito libero;
2. la collisione con un'altra stazione deve essere rivelata prima che il pacchetto sia stato completamente trasmesso;
3. la fine di un pacchetto è caratterizzato da un periodo di silenzio ITP (Inter Packet gap) uguale a 9,6 μ s.

Nella tabella 1 sono riportati i valori tipici per alcuni parametri della rete IEEE 802.3.

La seconda regola impone una condizione sulla lunghezza minima del messaggio, fissato il mezzo di propagazione (e quindi la velocità di propagazione) e la massima distanza della rete. Nella tabella 1 sono riportati i valori tipici per alcuni parametri della rete IEEE 802.3.

ITP	9,6 μ s
N. tentativi di ritrasmissione	16
N. tentativi prima di limitare il Back-off	10
Pacchetto di Jamming	32 byte
Lunghezza minima del pacchetto	64 byte
Massima lunghezza del pacchetto	1518 byte

Tabella 1. Alcuni parametri della rete IEEE 802.3.

Consideriamo ad esempio il pacchetto di lunghezza minima uguale a 512 bit. Il tempo necessario per la trasmissione di tale pacchetto è 51,2 μ s, che risulta uguale al round-trip delay 2T. Si ottiene perciò $T \approx 25 \mu$ s e quindi con una velocità di trasmissione uguale a $2 \cdot 10^9$ m/s (2/3 della velocità della luce), si ha una distanza massima uguale a 5 Km. Nelle applicazioni pratiche il valore di distanza massima deve essere diminuita a causa delle attenuazioni. Nel caso si desideri realizzare una rete con velocità maggiore di 10 Mbit/sec, è necessario aumentare la lunghezza minima del frame oppure diminuire la lunghezza massima del cavo. Ad esempio, se si vuole progettare una rete

che operi ad una velocità di un 1 Gbit/s, la lunghezza minima del frame è 6400 byte se si vuole mantenere una distanza massima di 2,5 Km, mentre se la lunghezza minima del frame è portata 640 byte la distanza massima è di 250 m.

Caratteristiche dell'algoritmo di Back-off

Nel caso di collisione tra due o più stazioni il protocollo CSMA/CD sceglie in modo casuale l'istante di ritrasmissione per ciascuna stazione utilizzando l'algoritmo di Back-Off. Dopo una collisione il tempo è diviso in slot discreti di durata uguale al round-trip delay $2T$ e quindi uguale a $51,2 \mu s$; in questo modo in un time slot possono essere trasmessi 512 bit (e quindi un pacchetto di lunghezza minima).

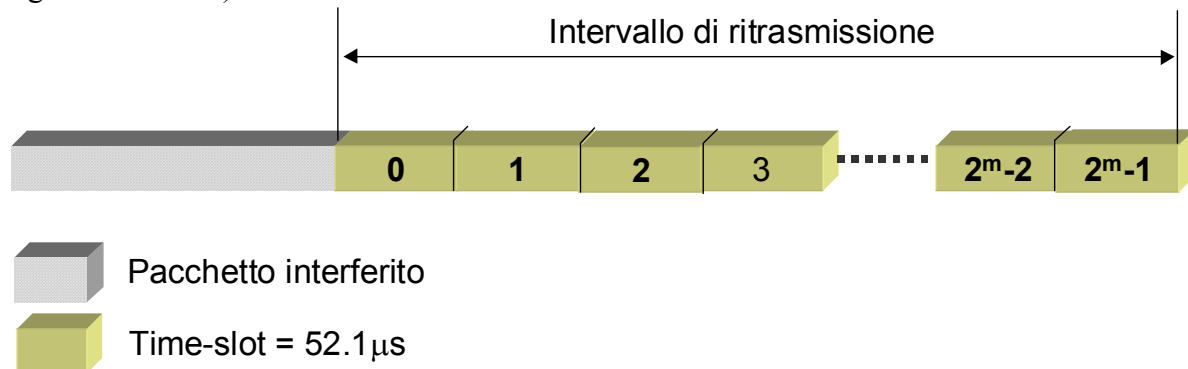


Figura 3. Intervallo di ritrasmissione per le collisioni.

Ogni stazione sceglie in modo casuale la slot in cui iniziare la ritrasmissione tra lo slot 0 (posto alla fine del proprio messaggio interferito) e lo slot 2^m-1 , con m intero.

La scelta di m è importante in quanto può influenzare prestazioni del sistema in modo significativo: se m è troppo piccolo la probabilità di nuove collisioni può essere elevata, mentre se m è grande risulta elevato il ritardo introdotto dalle ritrasmissioni.

L'algoritmo di Back-Off esponenziale sceglie m in modo adattivo a seconda del numero n di collisioni che un pacchetto ha subito; in particolare:

- se $n \leq 10$ si pone $m=n$;
- se $10 < n \leq 16$ si pone $m=10$;
- dopo 16 tentativi senza successo il pacchetto viene eliminato.

Compiti del livello MAC

I servizi svolti dal livello MAC risultano i seguenti:

Stato di trasmissione

- il MAC accetta un pacchetto dal livello superiore e fornisce una stringa di bit al livello fisico;
- osserva il canale;
- genera il preambolo e i campi di controllo del pacchetto;
- garantisce che tra due pacchetti consecutivi trasmessi intercorra un tempo minimo uguale all'IPT (Inter packet gap) e che serve per riconoscere la fine di un pacchetto.

Stato di ricezione

- il MAC riceve una stringa di bit dal livello fisico e invia un pacchetto al livello superiore;
- verifica la lunghezza minima del pacchetto (64 byte) e lo scarta se tale valore non è rispettato;
- controlla la presenza di errori nel pacchetto mediante il campo FCS. *Se sono rivelati errori il pacchetto viene scartato senza richiederne la ritrasmissione;*
- rimuove il preambolo contenuto in ogni pacchetto.

Stato di collisione

- il MAC interrompe la trasmissione se rivela una collisione;
- ritrasmette il pacchetto dopo un tempo stabilito dall'algoritmo di back-off;
- trasmette la sequenza di jamming.

3. Livello fisico

Le principali funzioni svolte dal livello fisico sono:

- trasforma i bit da trasmettere in segnali elettrici codificati con il codice di Manchester;
- trasmette e riceve i bit.

Tutte le versioni di IEEE 802.3, definite per i diversi tipi di supporto fisico, utilizzano la codifica di Manchester. Ogni periodo di bit è diviso in due intervalli uguali e i segnali associati ai simboli 0 e 1 sono mostrati nella figura 4. Questa codifica assicura che ogni periodo τ di bit è presente una transizione nel mezzo di τ e quindi facilita il sincronismo tra trasmettitore e ricevitore.

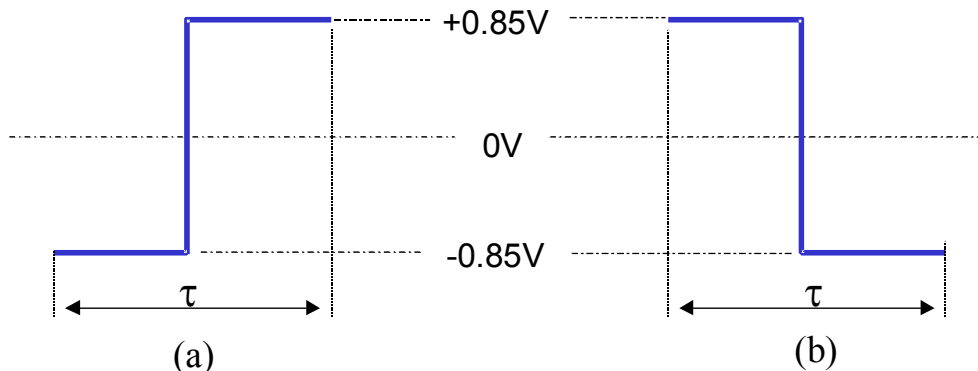


Figura 4. Codifica di Manchester : a) segnale associato a 0; b) segnale associato a 1.

Mezzi trasmissivi

Lo standard IEEE 802.3 è stato definito per diversi mezzi trasmissivi, per esistono varie versioni dello standard. Queste versioni, sono riportate schematicamente nella figura 5 e con più dettaglio nella tabella 2.

Interfaccia o controller Ethernet

Questo dispositivo, realizzato su un'apposita scheda, viene generalmente inserito nell'interno della apparecchiatura da connettere in rete. Esso svolge le seguenti funzioni:

- codifica (o decodifica) i singoli bit in segnali utilizzando il codice di Manchester;
- sincronizza il trasmettitore e il ricevitore utilizzando le transizioni del segnale dal livello alto al livello basso o viceversa contenute nella codifica di Manchester;
- gestisce il collegamento.

Cavo transceiver o AUI (Attachment Unit Interface)

Questo cavo serve a collegare l'interfaccia Ethernet al transceiver e quindi alla rete Ethernet. La lunghezza massima del cavo è di 50 m. Il cavo è di tipo schermato con connettori a 15 poli.

Transceiver

Il transceiver o MAV (Medium Access Control) è un dispositivo che si collega alla presa AUI di una scheda Ethernet e al cavo di trasmissione; esso svolge le seguenti funzioni:

- trasmette e riceve i segnali della rete;
- rileva la portante ed eventuali collisioni;
- invia la sequenza di jamming quando viene rivelata una collisione.

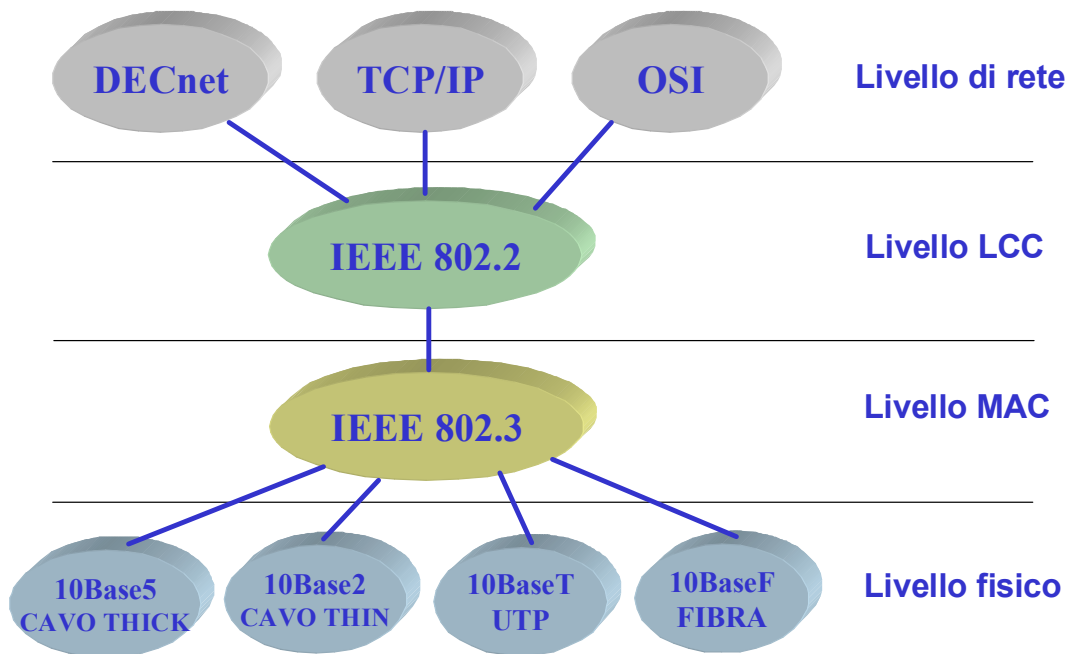


Figura 5. Differenti versioni dello standard IEEE 802.3 a seconda del tipo di mezzo trasmissivo utilizzato

Ripetitori

Una repeater serve ad estendere la lunghezza della rete superando i limiti imposti dagli standard per la singola rete locale a causa dell'attenuazione introdotta dai mezzi trasmissivi. Un repeater opera a livello fisico e ha lo scopo di ricevere, amplificare e ritrasmettere i segnali.

I repeater possono essere divisi in due classi:

- *Repeater di classe I.* Questo tipo di repeater rigenera i simboli ricevuti, per cui deve elaborare i segnali e quindi introduce un ritardo di trasmissione. Infatti il segnale analogico ricevuto da una porta viene trasformato in digitale, rigenerato e trasmesso sull'altra porta in forma analogica. Per realizzare queste operazioni di rigenerazione del segnale è necessario un buffer, che introduce un ritardo (circa 5 ms). Per evitare che il ritardo introdotto dai repeater possa portare alla sovrapposizione tra due pacchetti adiacenti eliminando l'Inter-Packet Gap di 9,6 ms, è necessario imporre che tra due qualunque transceiver si possono avere al massimo quattro repeater. Questo tipo di repeater può essere utilizzato per collegare tra loro due segmenti di rete realizzati con mezzi fisici diversi (cavo, doppino o fibra ottica).
- *Repeater di classe II.* Questo tipo di repeater amplifica il segnale ricevuto all'ingresso di una porta e lo ritrasmettono su tutte le altre porte senza effettuarne una rigenerazione. Per questo motivo questi dispositivi possono collegare soltanto segmenti della rete realizzati con lo stesso tipo di mezzo fisico. Anche in questo caso il numero di repeater che si possono trovare tra due qualsiasi transceiver è limitato. Infatti quando un pacchetto viene ricevuto su una porta di ingresso, il repeater inizia a leggere il preambolo e a sincronizzare la sua trasmissione; una volta recuperato il sincronismo, il repeater inizia a trasmettere il segnale amplificato sulla porta di uscita, ma i simboli serviti per la sincronizzazione sono persi, per cui il repeater distrugge una parte del preambolo.

Collegamento di una stazione ad una rete Ethernet a 10 Mbit/s.

La struttura generale del collegamento di una stazione terminale ad una rete Ethernet è mostrata nella figura 6. In questo schema possono essere distinti i seguenti elementi:

- **Mezzo fisico:** rappresenta il mezzo trasmissivo, che può essere di vario tipo (figura 5).
- **MDI (Medium Dependent Interface):** consente di collegare la stazione al mezzo fisico e quindi di ricevere o trasmettere i segnali sulla rete. Il dispositivo utilizzato dipende dal mezzo fisico utilizzato. Ad esempio MDI può essere un BNC o un attacco a vampiro nel cavo coassiale.
- **MAU o transceiver.**
- **Cavo AUI.**
- **Scheda Ethernet.**

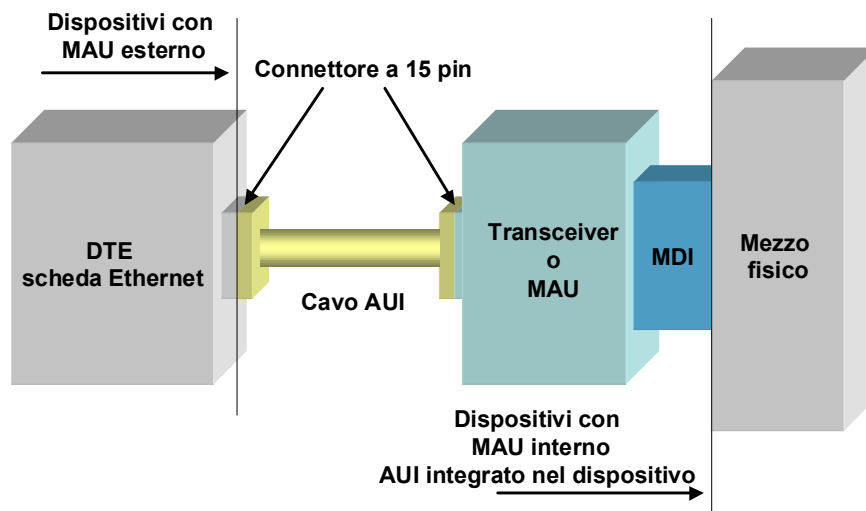


Figura 6. Schema del collegamento di una stazione terminale alla rete Ethernet

Caratteristiche dei diversi tipi di cablaggio

10Base5

Il cablaggio 10Base5, indicato anche come **thick Ethernet**, utilizza un cavo coassiale RG8. Lo schema del collegamento di una stazione di rete è mostrato nella figura 5. La struttura della rete è tipicamente a bus ed è mostrata nella figura 6.

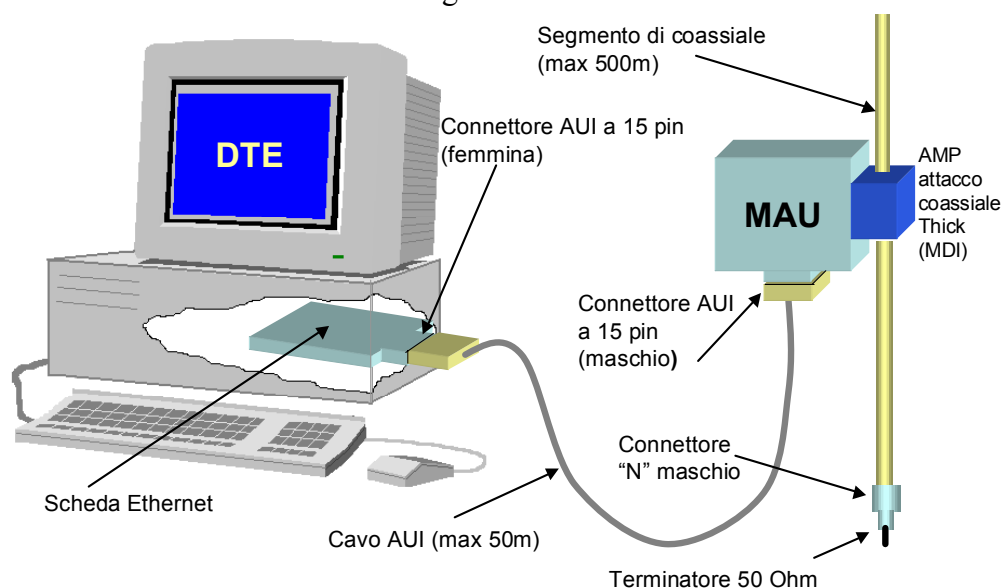


Figura 7. Schema del collegamento di una stazione ad una rete Ethernet 10Base5.

Il transceiver o MAU è in grado di trasmettere e ricevere segnali su un segmento di cavo coassiale di 500 m. il MAU è connesso al cavo coassiale mediante una connessione a vampiro, per cui esso è a diretto contatto con l'anima del cavo. Questa connessione può essere fatta ogni 2,5 m

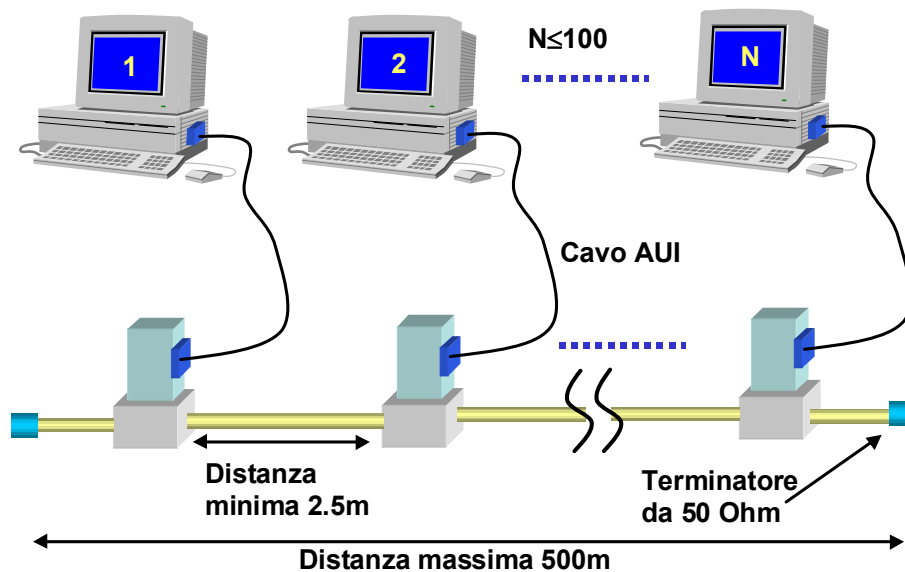


Figura 8. Configurazione di un sistema 10Base5.

e per questo sul cavo giallo sono presenti dei segni neri che individuano tali punti. Il transceiver è un dispositivo che contiene tutta l'elettronica necessaria per il rilevamento della portante e delle collisioni. Quando si verifica una collisione, il transceiver invia la sequenza di jamming. Un transceiver può essere condiviso da vari computer (fino ad un massimo di 8). Il transceiver è connesso alla stazione mediante un cavo di transceiver o AUI, che non può essere più lungo di 50 m. il cavo AUI è connesso alla scheda di interfaccia mediante un apposito connettore con 15 piedini. Le principali attività svolte dall'interfaccia sono:

- ricezione e trasmissione dei frame;
- controllo degli errori.

Le principali caratteristiche dello standard 10Base5 sono le seguenti:

- *Mezzo di trasmissione* : cavo coassiale schermato (RG8, cavo giallo), codifica di Manchester in banda base.
- *Velocità di trasmissione* : 10 Mbit/s.
- *Lunghezza di un segmento*: 500m.
- *Numero massimo di segmenti*: 5.
- *Numero massimo di stazioni per segmento*: 100.
- *Numero massimo di stazioni sulla rete*: 1023.
- *Distanza massima tra due stazioni sulla rete*: 2.8 Km.
- *Distanza minima tra due stazioni adiacenti sulla rete*: 2.5 m.
- *Numero massimo di repeater tra due qualsiasi stazioni sulla rete*: 2.

10Base5 FOIRL

Questo standard, utilizzato soprattutto agli inizi della rete Ethernet, è stato definito per estendere le dimensioni di una rete Ethernet 10Base5 (attualmente non è più utilizzato). IL sistema utilizza la fibra ottica e un FOMAU (Fiber Optic MAU), indicato spesso in forma sintetica come MAU. Esso utilizza una connessione di tipo link (punto-punto), in cui la massima lunghezza della fibra è 1000 m.

10Base2

Il cablaggio 10Base2, noto anche con il nome di thin Ethernet, utilizza un cavo coassiale fine RG-58A/U o coax thin. Ciascun segmento ha una lunghezza massima di 185 m. Lo schema del collegamento di una stazione alla rete è mostrato nella figura 9.

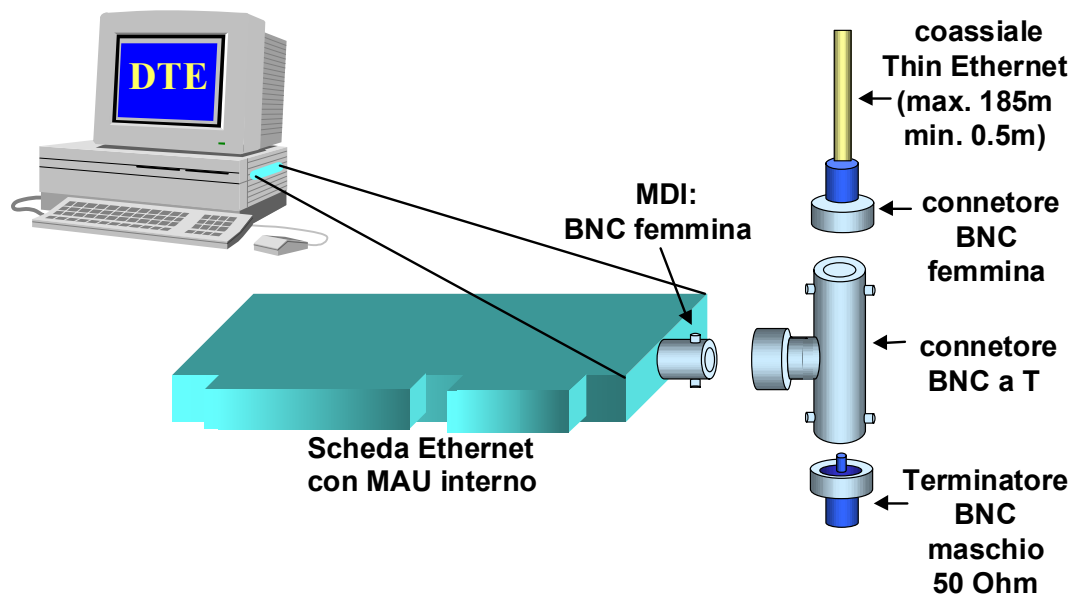


Figura 9. Schema del collegamento di una stazione ad una rete Ethernet 10Base2.

La connessione di ciascuna stazione al cavo è realizzata mediante connettori BNC passivi, formando una giunzione a T. La struttura della rete è di tipo a bus, come mostrato nella figura 10.

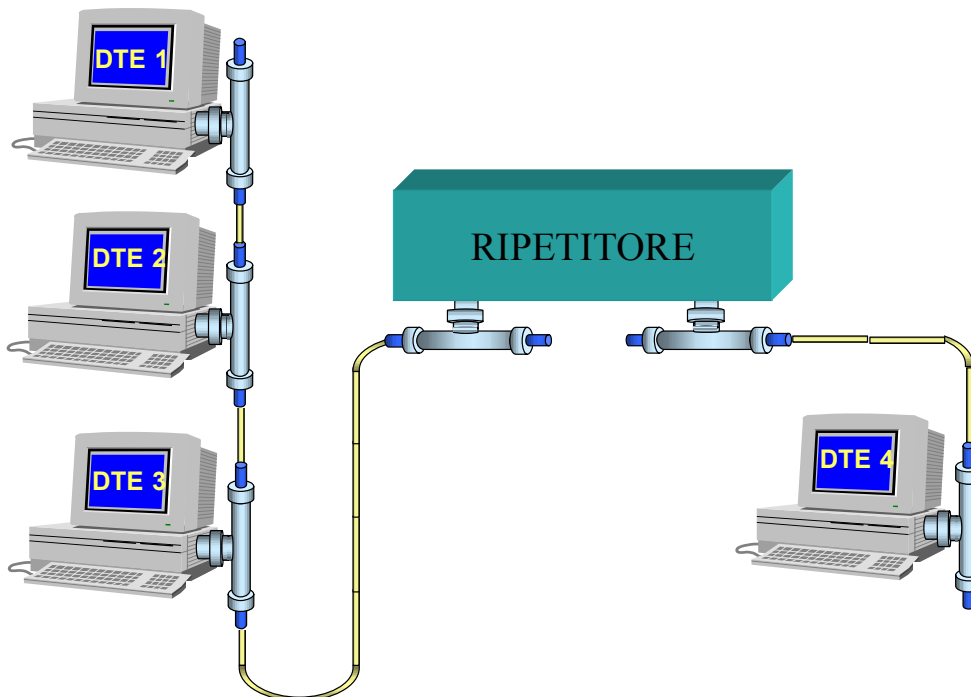


Figura 10. Configurazione della rete Ethernet 10Base2.

Poiché il cavo ha uno spessore ridotto, le distanze sono minori (185 m per ogni spezzone) e può permettere la connessione di un numero minore di stazioni (30 per ogni segmento) rispetto alla

rete 10Base5. Tuttavia, le dimensioni ridotte rendono il cavo più maneggevole e quindi facilitano il cablaggio.

Le principali caratteristiche della rete 10Base2 sono le seguenti:

- *Topologia* : bus;
- *Mezzo di trasmissione* : cavo coassiale schermato (RG58), codifica di Manchester in banda base;
- *Velocità di trasmissione* : 10 Mbit/s;
- *Lunghezza massima del cavo di collegamento alla rete* : 50 m;
- *Lunghezza massima di un segmento* : 185 m;
- *Numero massimo di stazioni per segmento* : 30;
- *Distanza minima tra due stazioni adiacenti sulla rete* : 0,5 m.

10BaseT

Lo standard 10BaseT utilizza il doppino telefonico UTP per realizzare i collegamenti e secondo lo standard ammette la connessione di due sole stazioni nella modalità punto-punto. Lo schema per il collegamento di una struttura alla rete è mostrato nella figura 11.

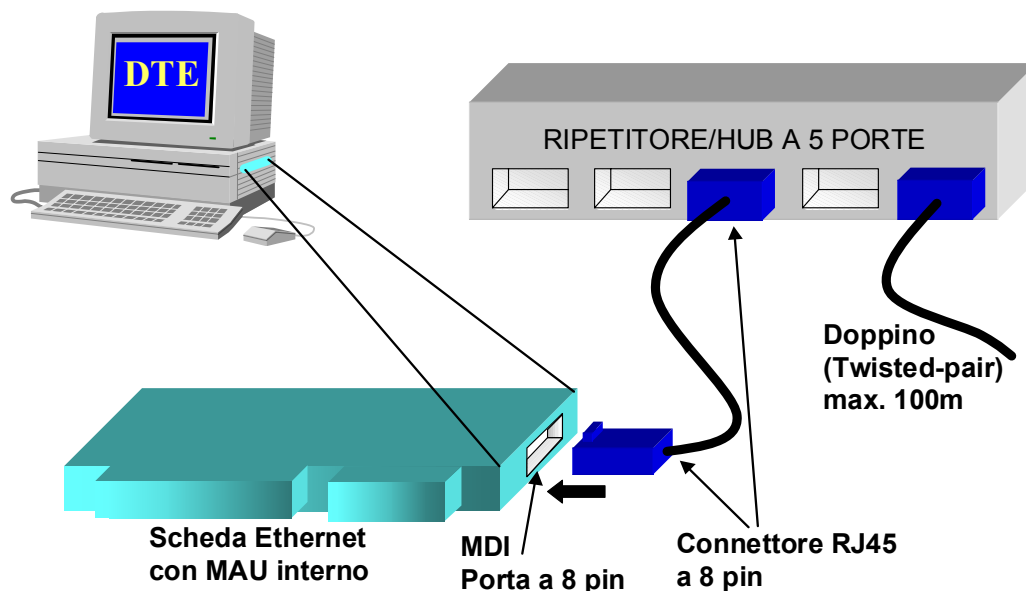


Figura 11. Schema del collegamento di una stazione ad una rete Ethernet 10BaseT.

A causa delle caratteristiche dello standard, la struttura della rete 10BaseT è di tipo stellare (come mostrato nella figura 12). Le diverse stazioni sono collegate ciascuna ad una porta di un HUB di un ripetitore multi porta.

La struttura 10BaseT ha incontrato un notevole successo per i numerosi vantaggi che offre, quali:

- il doppino telefonico è semplice da installare e presenta un ingombro e un costo ridotto;
- la connessione di tipo stellare consente di modificare in modo semplice la rete, poiché le diverse stazioni sono collegate in modo indipendente.

Le principali caratteristiche dello standard 10BaseT sono le seguenti:

- *Topologia della rete* : stella
- *Mezzo di trasmissione* : doppino telefonico non schermato (UTP) a due o quattro fili di categoria 3,4 e 5; codifica di Manchester in banda base;
- *Velocità di trasmissione* : 10 Mbit/s;

- *Lunghezza di un segmento: 100 m.*

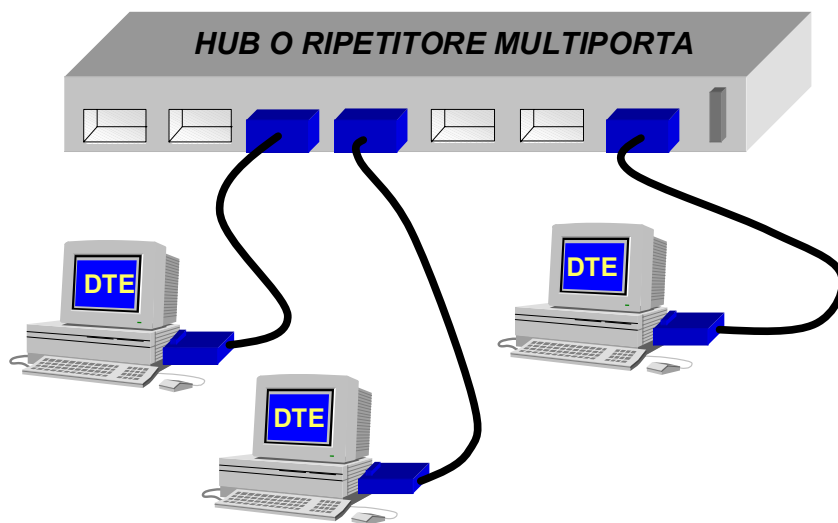


Figura 12. Configurazione di una rete Ethernet 10BaseT

10BaseF

Lo standard 10BaseF utilizza le fibre ottiche per la trasmissione del segnale e quindi garantisce elevate prestazioni e maggiori distanze. La distanza massima di un segmento è 2 Km. Il cablaggio 10BaseF è diviso in 3 standard:

- 10BaseFB (Fiber Backbone);
- 10BaseFL (Fiber Link);
- 10BaseFP (Fiber Passive).

10BaseFB

Questo standard è relativo a segmenti in fibra ottica che la connessione punto-punto di due ripetitori in un dorsale. Tuttavia spesso può essere utilizzato anche in una struttura stellare mediante ripetitori multiporta. Le regole di configurazioni impongono che il segmento di 10BaseFB può interconnettere due ripetitori e non stazioni terminali; ogni segmento può avere una lunghezza massima di 2 Km.

10BaseFL

Questo standard specifica le modalità di connessione tra un concentratore e una stazione periferica mediante un collegamento punto-punto. Per collegare più stazioni terminali è necessario utilizzare una configurazione a stella. Lo schema del collegamento di una stazione è mostrato nella figura 13.

Il segmento FL collega il concentratore o hub al MAU della stazione terminale e può avere una lunghezza massima di 2 Km. Il MAU, indicato in questo caso con FOMAU (Fiber Optic MAU), è connesso all'interfaccia Ethernet mediante un cavo AUI.

10BaseFP

Lo standard 10BaseFP definisce una rete a topologia stellare, costituita da vari segmenti in fibra ottica connessi ad un concentratore passivo. La stella passiva divide il segnale ottico entrante

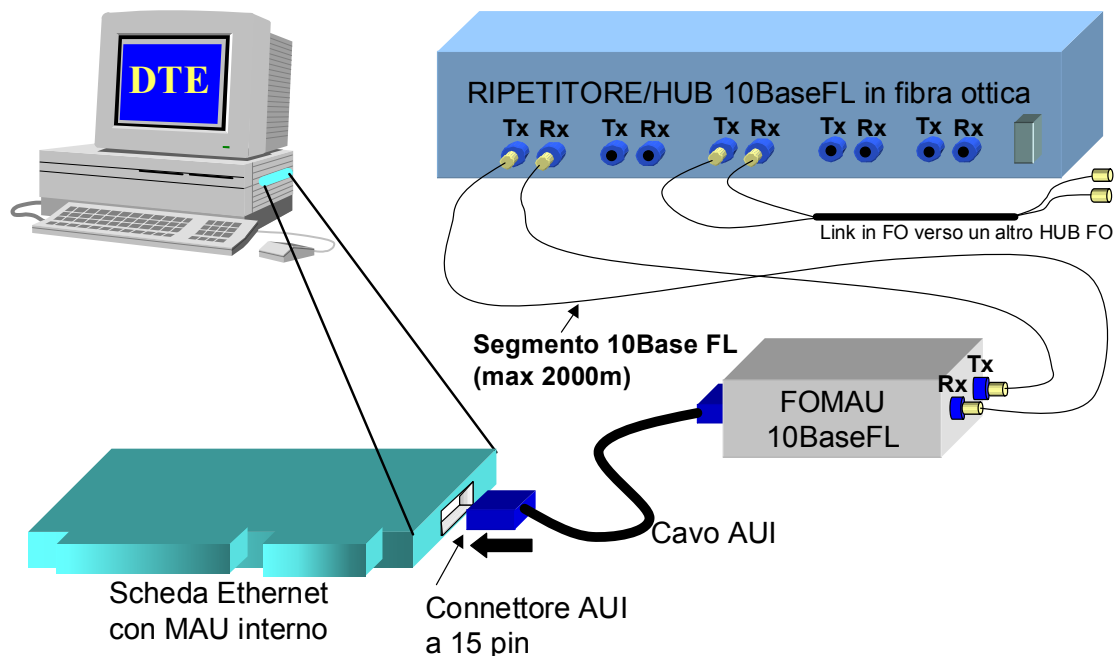


Figura 13. Schema del collegamento di una stazione ad una rete 10BaseFL.

da una porta su tutte le altre porte di uscita. In questo modo a ciascuna uscita viene inviato un segnale uguale a quello incidente, ma fortemente attenuato rispetto a quello entrante. Lo schema della struttura è mostrato nella figura 13. La massima lunghezza di un segmento 10BaseFP è 500 m.

4. Configurazione di una LAN Ethernet in un singolo dominio di collisione

La struttura di una LAN Ethernet è influenzata da vari parametri, quali:

- l'attenuazione dei cavi di trasmissione;
- i disturbi e i ritardi introdotti dai repeater;
- i parametri che definiscono il funzionamento del protocollo CSMA/CD quali *l'inter packet gap* e il *round-trip delay*.

Questi fattori, oltre ad imporre un valore massimo di lunghezza per ogni segmento della rete, limitano anche il numero dei segmenti, la loro configurazione e il numero di ripetitori che possono essere utilizzati.

In questo paragrafo descriviamo i principali parametri che limitano le dimensioni di una LAN Ethernet all'interno dello stesso dominio di collisione.

Si definisce **dominio di collisione** una singola rete CSMA/CD in cui avviene una collisione se due computers trasmettono nello stesso istante. Un esempio di dominio di collisione è mostrato nella figura 15. I repeater, gli hub e i transceiver sono dispositivi che operano a livello 1 e quindi non sono in grado di suddividere una LAN Ethernet in più domini di collisione. Per suddividere

una LAN Ethernet in più domini di collisione è necessario utilizzare dispositivi in grado di operare a livelli OSI superiori e rispetto a primo, quali bridge, switch e router.

Calcolo della massima distanza tra due stazioni Ethernet

La massima distanza tra due stazioni è limitata dai seguenti parametri:

- un pacchetto ha una lunghezza minima di 64 byte = 512 bit;
- la fine di un pacchetto è marcata da una periodo di assenza di trasmissione (IGP) uguale a 9,6 μ s;
- la collisione tra stazioni deve essere rivelata prima che il pacchetto sia stato trasmesso completamente.

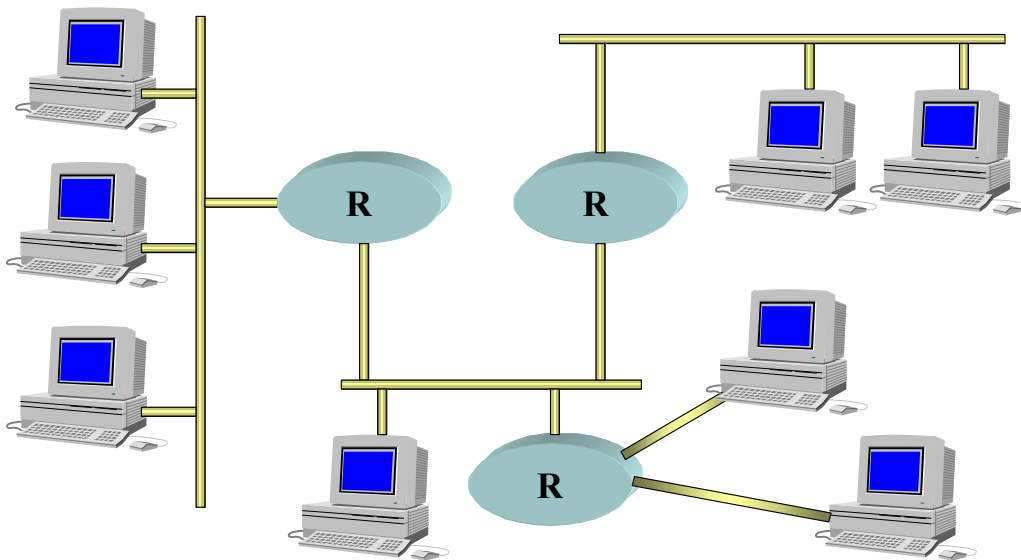


Figura 14. Esempio di un dominio di collisione Ethernet.

Come abbiamo visto in precedenza, questi parametri determinano una distanza massima di circa 5 Km. In realtà a causa dei rumori e delle attenuazioni la distanza massima consentita per gli standard è molto minore (al massimo intorno a 2 Km).

Limiti sul massimo numero di repeater nell'interno di un dominio di collisione

Il frame Ethernet (figura 2) non possiede un delimitatore di fine pacchetto; tuttavia, la presenza dell'intervallo IGP consente di effettuare tale riconoscimento. Una riduzione di tale intervallo tra due pacchetti successivi può portare a non riconoscere la fine del primo pacchetto ed alla loro fusione in un unico frame

I principali responsabili di una riduzione dell'IGP sono i repeater. Infatti ciascun repeater deve sincronizzarsi sul clock del trasmettitore e quindi può distruggere parte del preambolo prima di agganciare il sincronismo. Per eliminare questo inconveniente il repeater deve rigenerare il preambolo, per cui introduce un ritardo variabile da pacchetto a pacchetto. Per risolvere questo inconveniente, *si limita il numero di repeater all'interno di uno stesso dominio di collisione.* Occorre notare che *i repeater che collegano fibre ottiche sono considerati nel conteggio come mezzo repeater.*

Lunghezze massime per i cavi

Le lunghezze massime e il numero massimo di stazioni per segmento sono riassunti nella tabella 2.

TABELLA 2

Regole per la configurazione di una rete Ethernet in un dominio di collisione

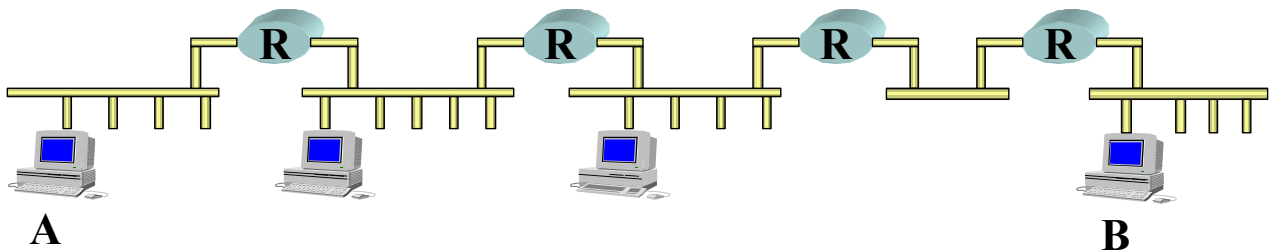
Le regole stabilite da IEEE 802.3 impongono un insieme di limiti nella progettazione di una rete Ethernet. Esistono sostanzialmente i seguenti due tipi di regole:

Regola 1

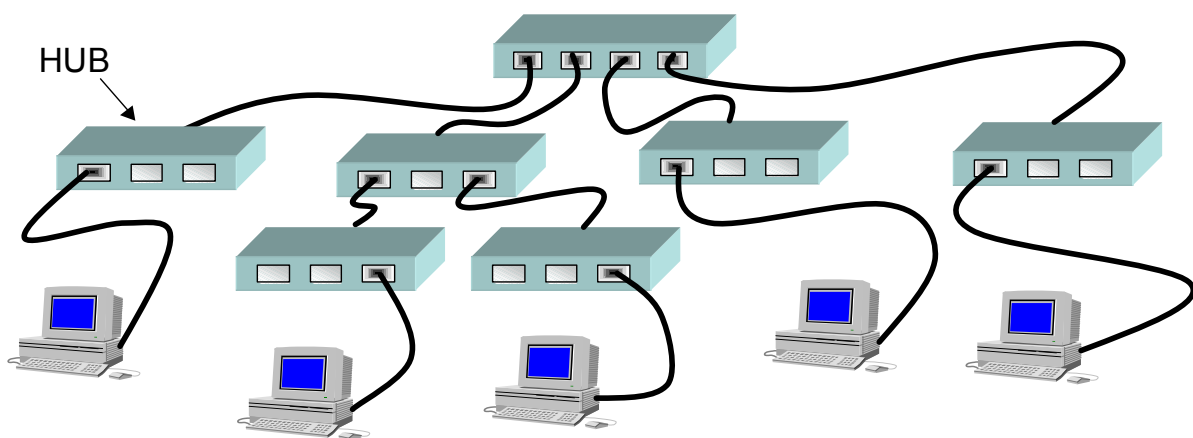
- il numero massimo di segmenti Ethernet tra due stazioni qualsiasi sulla rete LAN non deve essere superiore a 5, di cui tre al massimo in cavo coassiale.
- il numero massimo di repeater tra due stazioni qualsiasi sulla rete non deve essere superiore a 4. La rete può contenere anche un numero superiore di repeater, ma deve essere rispettata la regola precedente. L'insieme delle due regole precedenti, viene indicata anche con il nome di **regola 5-4-3**. Un esempio è mostrato nelle figure 15.a e 15.b sono mostrati due esempi di rete

correttamente progettate. Nella figura 16 è riportato un esempio non corretto di rete Ethernet, poiché si incontrano 5 repeater e 6 segmenti nel collegamento tra la stazione A e la stazione B.

- se sono presenti 4 ripetitori ogni singolo segmento di cavo coassiale non deve superare i 500 m;
- se sono presenti 3 ripetitori, ogni singolo FOIRL non deve superare 1 Km.



a



b

Figura 15. Due configurazioni ammissibili per la rete Ethernet.

Regola 2

Una serie di regole meno restrittive delle precedenti sono le seguenti:

- 4 repeater al massimo;
- 5 segmenti, di cui al massimo 3 mixing;
- i cavi AUI per i MAU 10BaseFB e FL non devono eccedere i 25 m.
- quando si ha un path con 5 segmenti in fibra ottica:
 - i segmenti FOIRL, 10BaseFB, 10BaseFL non possono superare i 500 m;
 - il segmento più lungo non deve eccedere i 300 m;
- se si hanno 4 segmenti e 3 ripetitori in un path
 - ogni segmento inter-repeater in fibra non deve superare i 1000 m per FOIRL, 10 Base FB o FL e 700 m per 10 Base FP;
 - la lunghezza massima di un segmento in fibra ottica che interconnette una stazione a un repeater non deve superare i 400 m nel caso 10 Base FL e 300 m nel caso 10 Base FP.

Estensione di una rete mediante bridge e router

I dispositivi di livello superiore al primo, quali bridge o router, consentono di realizzare su ogni porta un dominio di collisione diverso. Per ogni dominio di collisione deve essere rispettata la regola 5-4-3 esposta in precedenza.

Principali applicazioni di 10Base5

Lo standard 10Base5 è utilizzato oggi essenzialmente per realizzare il *back bone* di una rete LAN. Un esempio tipico è mostrato nella figura 18; in cui 10Base5 viene utilizzato come backbone, mentre la connessione di ogni singola stazione è realizzata mediante 10BaseT (UTP e concentratori).

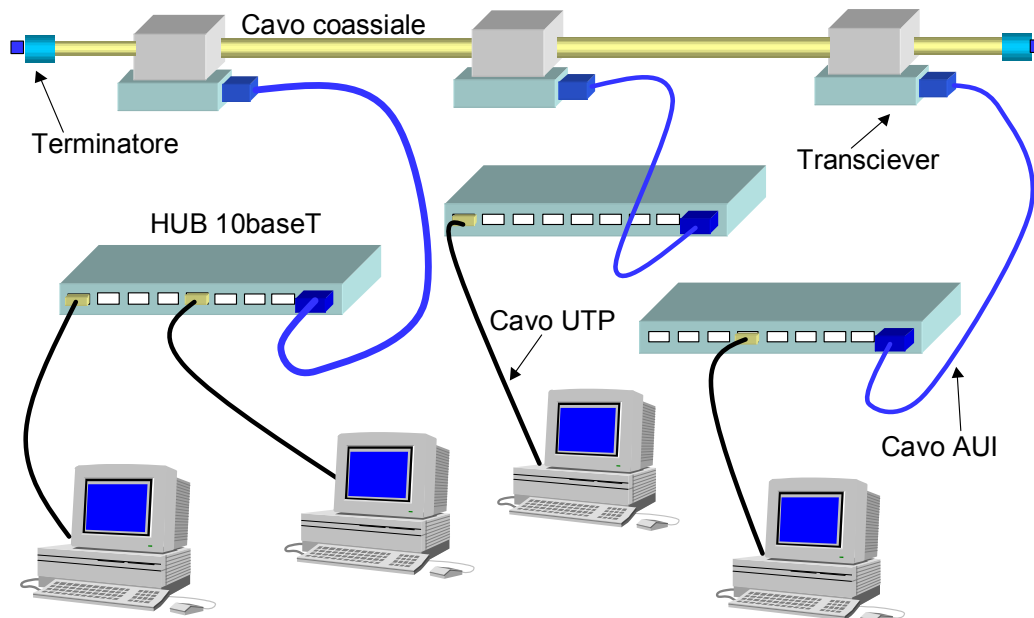


Figura 18. Esempio di utilizzo di 10Base5 come backbone di una rete LAN.

10Base2 o thin Ethernet

Vantaggi

- presenta una struttura molto semplice formata da cavo coassiale e BNC. Non sono generalmente presenti hub o altri dispositivi;
- il cavo coassiale utilizzato è molto ben schermato, per cui è abbastanza immune ad interferenze e disturbi.

Svantaggi

- qualunque cambiamento della rete (inserzione o eliminazione di una stazione terminale) impone l'interruzione di tutta la rete per un certo periodo di tempo;
- qualunque guasto determina l'interruzione del funzionamento di tutta la rete.

Principali applicazioni di 10Base2

La tecnologia 10Base2 viene utilizzata per realizzare piccole reti, che non subiranno grandi cambiamenti dopo la realizzazione. In alcuni casi viene utilizzata anche come backbone con diramazioni del tipo 10BaseT, come mostrato nella figura 19.

10BaseT

Questa standard consente di realizzare una *topologia a stella* mediante l'utilizzo di un hub o concentratore. Tuttavia, può consentire anche una *topologia ad albero*, come mostrato nello schema nella figura 20.

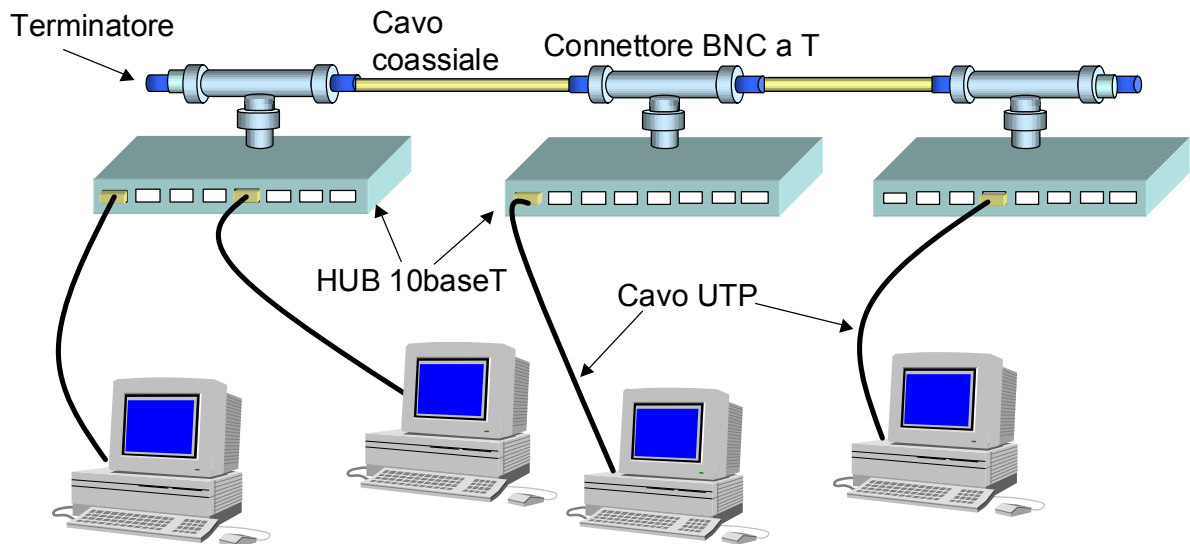


Figura 19. Esempio di utilizzo di 10Base2 come backbone.

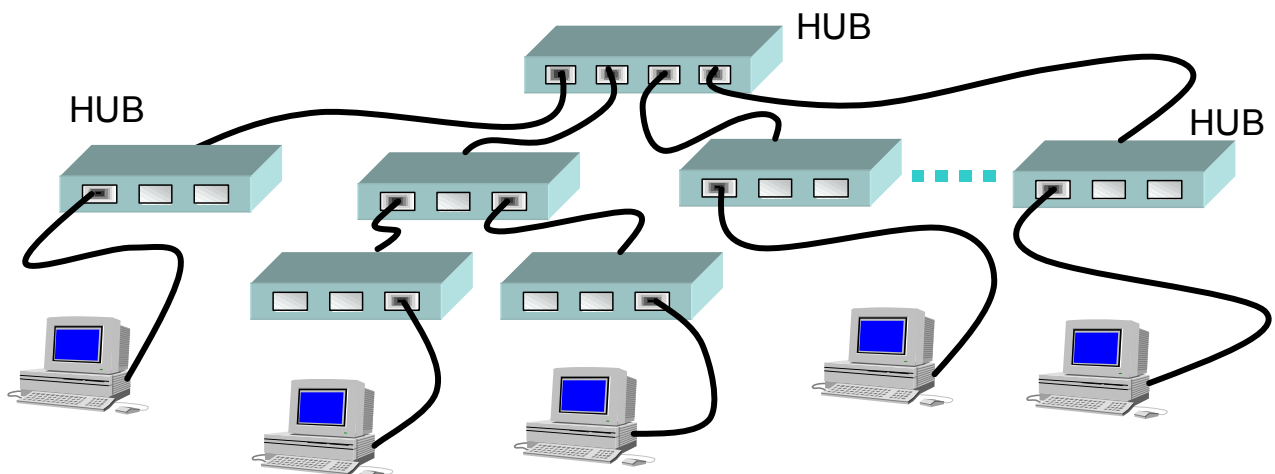


Figura 20. Configurazione ad albero di una rete 10BaseT.

Vantaggi

- presenta un'elevata affidabilità. Infatti ogni stazione è connessa mediante il proprio cavo al concentratore e quindi qualunque guasto nella stazione o nel cavo non influenza le altre stazioni. Nello stesso tempo il concentratore può isolare una o più porte difettose e quindi anche in questo caso il sistema può continuare a funzionare correttamente;
- la rete può essere facilmente riconfigurata inserendo od eliminando stazioni senza per questo dover interrompere il funzionamento della rete;
- utilizza il doppino telefonico, che risulta molto semplice da installare.

Svantaggi

- la distanza massima possibile è limitata (circa 100 m) ed in alcune installazioni questo rappresenta un problema;
- il doppino UTP, essendo non schermato, è molto sensibile a disturbi ed interferenze.

10BaseFL

Questo standard utilizza una struttura a stella o ad albero, come 10BaseT (figura 20). Presenta le stesse caratteristiche di 10BaseT, per cui nel seguito riportiamo solo i vantaggi aggiuntivi rispetto a tale struttura.

Vantaggi aggiuntivi

- risulta immune a disturbi ed interferenze poiché utilizza le fibre ottiche;
- consente di ottenere distanze massime maggiori (2 Km) rispetto al 10BaseT;
- risulta utile per interconnettere edifici in un campus.

Svantaggi

- il costo della fibra è maggiore rispetto al cavo UTP.

Switched Ethernet

La struttura a stella rappresenta oggi una soluzione molto utilizzata per i numerosi vantaggi che offre, tra cui occorre ricordare che gli standard relativi al cablaggio strutturato degli edifici presuppongono tale soluzione. In questa struttura ogni stazione è collegata mediante una linea punto-punto a 10Mbit/sec con il concentratore. Un concentratore, che opera come un ripetitore soltanto a livello 1, può elaborare soltanto un pacchetto per volta proveniente da una delle sue porte, per cui la velocità massima complessiva della rete è globalmente di 10 Mbit/sec. Questa deve essere suddivisa tra i diversi utenti, anche se ciascun utente ha una capacità trasmissiva di 10 Mbit/sec.

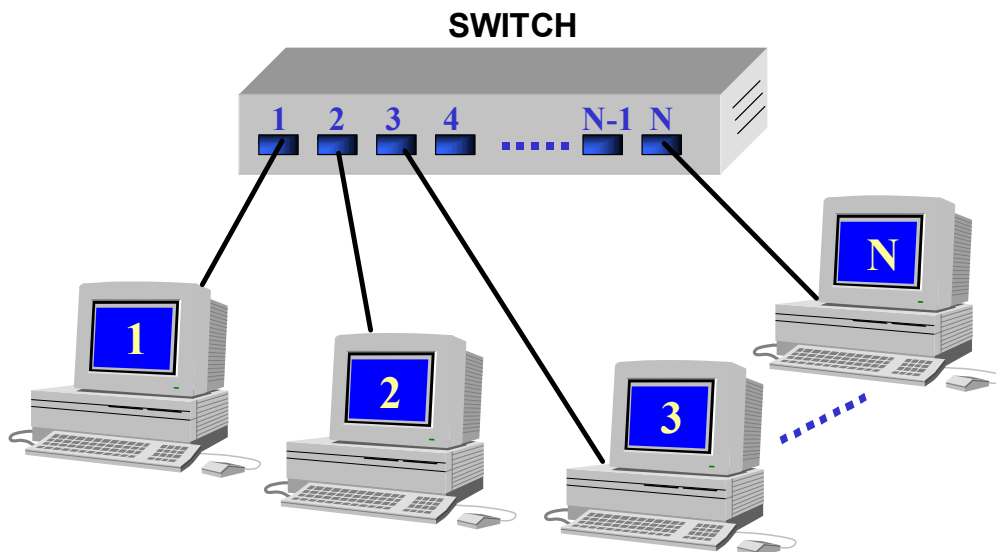


Figura 21. Switched Ethernet

La situazione può essere migliorata utilizzando come centro stella un dispositivo di livello 2 (o livello MAC), quale ad esempio uno switch come mostrato nella figura 20. Un dispositivo di livello 2 è in grado di processare contemporaneamente più di un pacchetto. In questo modo uno switch con una velocità sufficientemente grande è possibile fare in modo che ciascuna stazione ad esso connessa possa operare ad una velocità effettiva di 10 Mbit/sec. Ad esempio supponiamo che lo switch nella figura ... abbia n 0 16 e tutte le stazioni siano attive e scambino dati tra loro (quindi sono 8 coppie di stazioni) alla velocità massima di 10 Mbit/s. Il sistema è in grado di garantire queste velocità se lo switch ha una velocità interna di 80 Mbit/s o maggiore.

Attualmente esistono switch con bande molto ampie (qualche centinaia di Mbit/s), che possono consentire di realizzare reti switched Ethernet con grandi prestazioni.