6

LA RETE ETHERNET E LO STANDARD IEEE 802.3

6.1 INTRODUZIONE

Nei primi anni '70 tre industrie di alta tecnologia formarono il consorzio DIX per lo sviluppo di una rete locale. DIX, dalle iniziali dei tre membri, Digital Equipment Corp., Intel Corp. e Xerox Corp., lavorò per circa 10 anni su una prima versione di Ethernet, la 1.0, operante a 10 Mb/s.

Nell'anno 1982 DIX pubblicò le specifiche di Ethernet versione 2.0: in quel momento nacque quella che sarebbe diventata la rete locale per antonomasia.

In parallelo il comitato americano IEEE iniziò lo sviluppo dello standard 802.3 che è basato su Ethernet, ma che differisce da questo per alcune caratteristiche logiche, riferite al livello Data Link, ed elettroniche (livello Fisico) riferite ai transceiver ed ai repeater. Nel 1985 lo standard IEEE 802.3 è stato adottato dal comitato tecnico 97 dell'ISO come DIS (*Draft International Standard*) ISO/DIS 8802.3 e nel 1989 approvato come standard ISO 8802.3.

Negli anni successivi il comitato IEEE ha lavorato per migliorare le caratteristiche e la flessibilità del livello fisico del 8802.3, aggiungendo l'uso di diversi mezzi trasmissivi; l'ultimo supplemento è stato pubblicato il 13 ottobre 1993.

I costi ridotti degli apparati e la grande facilità di progettare e realizzare reti di piccole dimensioni sono state le chiavi di successo di Ethernet e, sebbene ormai quasi tutti gli apparati in commercio siano conformi alle specifiche 802.3, essi vengono spesso identificati con il nome originale *Ethernet*.

Nei successivi sottoparagrafi tratteremo:

- il metodo di accesso CSMA/CD in quanto è comune sia ad Ethernet sia a 802.3 (si veda il paragrafo 6.2);
- le principali caratteristiche di Ethernet versione 2.0, in quanto è possibile

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

trovare in vecchie installazioni di rete apparati conformi a queste specifiche (si veda il paragrafo 6.3);

- le caratteristiche di 802.3 in modo approfondito ed i supplementi relativi ai diversi mezzi trasmissivi ammessi (si veda il paragrafo 6.4);
- le regole per configurare correttamente una LAN IEEE 802.3 (si vedano i paragrafi 6.5, 6.6 e 6.7);
- la convivenza dei due standard in reti locali miste (si veda il paragrafo 6.8).

6.2 METODO DI ACCESSO CSMA/CD

Le reti Ethernet e 802.3 sono nate con una topologia a bus basata su cavo coassiale, con velocità trasmissiva di 10Mb/s, e coinvolgono il livello 1 della pila OSI ed il sottolivello MAC del livello 2 (figura 6.1).

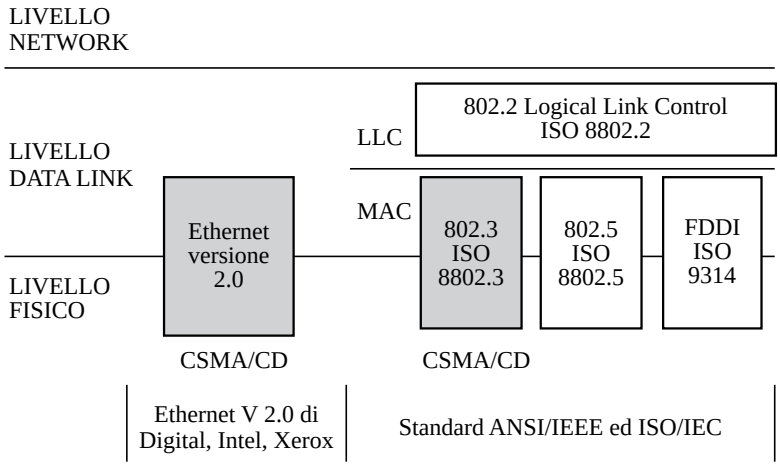

Fig. 6.1 - Relazioni tra i livelli OSI ed Ethernet e 802.3.

Il MAC (Media Access Control), cioè il metodo usato per arbitrare l'utilizzo del canale trasmissivo tra le stazioni della rete, è il CSMA/CD, identico in Ethernet e in 802.3. Esso è stato progettato per l'utilizzo del cavo coassiale come mezzo trasmissivo, ma è stato mantenuto inalterato anche in seguito all'introduzione di altri mezzi trasmissivi quali la fibra ottica ed il doppino. CSMA/CD significa Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection e consiste in un protocollo

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

totalmente distribuito, senza stazioni master, per permettere alle stazioni di condividere l'utilizzo del mezzo trasmissivo comune. Poiché mediante il collegamento a bus i trasmettitori delle stazioni si trovano ad essere "in parallelo", è necessario evitare che più stazioni trasmettano contemporaneamente. Tuttavia, il protocollo non esclude che ciò possa comunque avvenire, e prevede un meccanismo di riconoscimento di tale evento da parte delle stazioni coinvolte in modo che possano ritentare la trasmissione in un tempo successivo.

Il protocollo opera in tre diverse fasi:

- *carrier sense* (rilevazione della trasmissione): ogni stazione che deve trasmettere ascolta il bus e decide di trasmettere solo se questo è libero (*listen before talking*);
- *multiple access*: nonostante il carrier sense è possibile che due stazioni, trovando il mezzo trasmissivo libero, decidano contemporaneamente di trasmettere; la probabilità di questo evento è aumentata dal fatto che il tempo di propagazione dei segnali sul cavo non è nullo, e quindi una stazione può credere che il mezzo sia ancora libero anche quando un'altra ha già iniziato la trasmissione;
- *collision detection*: se si verifica la sovrapposizione di due trasmissioni si ha una "collisione"; per rilevarla, ogni stazione, mentre trasmette un pacchetto, ascolta i segnali sul mezzo trasmissivo, confrontandoli con quelli da lei generati (*listen while talking*).

Le figure 6.2 e 6.3 illustrano una trasmissione senza collisioni ed una trasmissione con collisione. Occorre evidenziare che la collisione non è un errore trasmissivo, ma è banda impiegata per arbitrare il canale. La presenza di un numero limitato di collisioni su una rete locale di questo tipo non è quindi un sintomo di malfunzionamenti, ma è funzionale all'arbitraggio della rete stessa (si veda il paragrafo 6.2.3).

A seguito di un'avvenuta collisione si intraprendono le seguenti azioni:

- la stazione trasmittente sospende la trasmissione e trasmette una sequenza di *jamming* (interferenza trasmissiva) composta da 32 bit per 802.3 ed un numero di bit compreso tra 32 e 48 per Ethernet v.2.0; questa sequenza permette a tutte le stazioni di rilevare l'avvenuta collisione;
- le stazioni in ascolto, riconoscendo il frammento di collisione costituito dalla parte di pacchetto trasmessa più la sequenza di jamming, scartano i bit ricevuti;
- la stazione trasmittente ripete il tentativo di trasmissione dopo un tempo pseudo-casuale per un numero di volte non superiore a 16.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

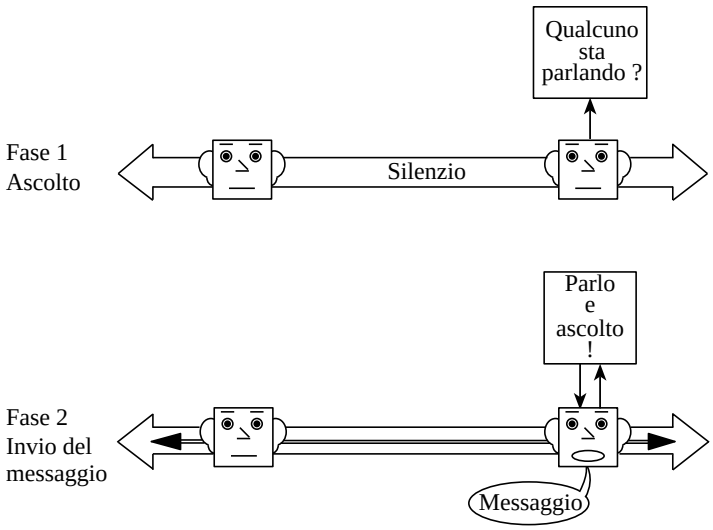

Fig. 6.2 - Trasmissione senza collisione.

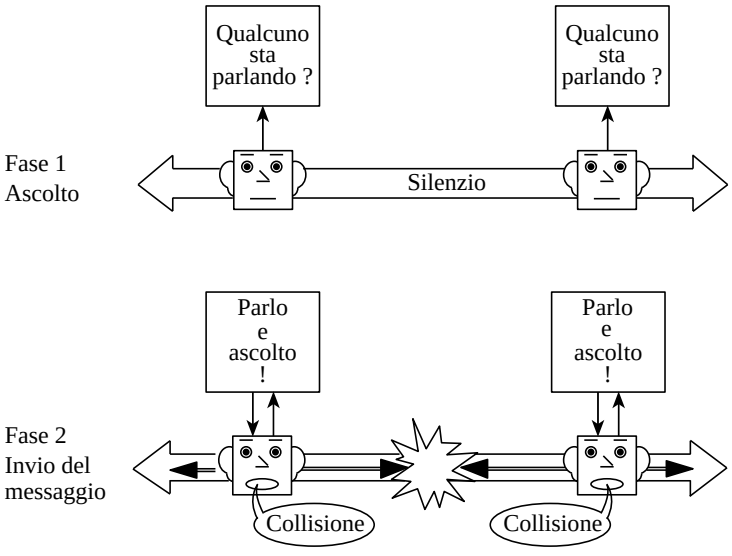

Fig. 6.3 - Trasmissione con collisione.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

La schedulazione della ritrasmissione in base ad un tempo di attesa pseudo-casuale evita che dopo una collisione le stesse stazioni che l'hanno generata ritrasmettano contemporaneamente; il tempo di attesa è determinato da un algoritmo di back-off detto *truncated binary exponential backoff*. Il ritardo è un multiplo intero dello slot time (512 bit, cioè 51.2 μs) preso come tempo base, e all'*n*-esimo tentativo di ritrasmissione il numero di tempi base *r* da attendere è scelto casualmente nell'intervallo $0 \leq r < 2^k$, dove $k = \min(n,10)$.

6.2.1 Parametri del protocollo

Affinché le stazioni siano sempre in grado di rilevare le eventuali collisioni è necessario che siano rispettati alcuni vincoli tra i parametri di progetto della rete. In particolare, per garantire che la stazione trasmittente possa accorgersi della presenza di una qualsiasi collisione, è necessario che essa rimanga in trasmissione per un tempo sufficientemente lungo per permettere a tutte le possibili trasmissioni che generano collisione di propagarsi fino ad essa (si osservi che la collisione può essere rilevata soltanto durante la trasmissione, e non dopo).

È sufficiente analizzare il caso peggiore, cioè quello in cui due stazioni, A e B, sono alle estremità opposte di una rete di estensione massima. Si supponga che A debba trasmettere e trovi il mezzo libero. Si supponga che anche B debba trasmettere, e verifichi la disponibilità del mezzo un istante prima che il primo bit della trasmissione di A la raggiunga. Non appena B inizia a trasmettere rileva la collisione, e invia la sequenza di jamming. Ma affinché anche A si accorga della collisione, la sua trasmissione deve durare finché l'inizio della trasmissione di B non si è propagato fino a lei. Quindi una trasmissione deve durare almeno il tempo necessario ad un bit per propagarsi da un estremo all'altro (da A a B) e poi al contrario (da B ad A). Questo tempo prende il nome di *round trip delay*, ed è uno dei parametri di progetto delle reti CSMA/CD. Altri parametri sono la dimensione massima della rete, la velocità di trasmissione (in bit/s), il numero minimo di bit per ogni pacchetto, la distanza minima tra i pacchetti.

Nota la velocità di propagazione dei segnali sul cavo (circa 2/3 della velocità della luce nel vuoto) e decisa la velocità di trasmissione è possibile definire uno degli altri parametri e calcolare i rimanenti. In Ethernet la velocità di trasmissione è di 10 Mb/s, e la dimensione minima del pacchetto è fissata in 512 bit più 64 bit di preambolo per la sincronizzazione e di *start frame delimiter*; la durata della trasmissione di un pacchetto è quindi di almeno 57.6 μs, e questo è il massimo round trip delay ammissibile. La metà di tale tempo è il massimo tempo di propagazione di

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

un segnale da un estremo all'altro della rete, che, alla velocità di propagazione di circa $2 \cdot 10^8$ m/s, corrisponderebbe ad una estensione massima di oltre 5 Km. In pratica, però, l'attenuazione introdotta dai cavi non consente di realizzare una rete di tale estensione senza ripetitori. Essi, insieme ai vari elementi attivi e passivi di collegamento, introducono dei ritardi nella propagazione dei segnali. Tali ritardi impongono, per non superare il massimo round trip delay, una riduzione dell'estensione totale dei cavi. È anche necessario introdurre un certo margine di sicurezza nei parametri temporali per considerare le tolleranze dei componenti. Il calcolo accurato del round trip delay e le varie versioni delle regole di configurazione di Ethernet e di 802.3 basate su di esso saranno discussi nei paragrafi 6.6 e 6.7.

6.2.2 Caratteristiche funzionali

Il metodo di accesso CSMA/CD è responsabile delle seguenti operazioni:

- trasmissione dei pacchetti: durante questa fase il MAC accetta un pacchetto dal livello superiore e fornisce una stringa seriale di bit al livello fisico per la loro trasmissione sul mezzo fisico;
- ricezione dei pacchetti: durante questa fase il MAC riceve una stringa seriale di bit dal livello fisico e fornisce il pacchetto al livello superiore. Nel caso in cui il pacchetto non sia indirizzato alla stazione ricevente (singolo o multicast), né sia un pacchetto broadcast, viene scartato;
- trasmissione in modalità differita di un pacchetto, quando il canale è occupato;
- generazione del campo FCS per i pacchetti trasmessi;
- controllo del campo FCS in ricezione: il MAC verifica che non ci siano errori nel pacchetto ricevuto confrontando il valore contenuto nel campo FCS del pacchetto ricevuto con quello calcolato localmente. In caso di errori scarta il pacchetto senza richiederne la ritrasmissione: il MAC gestisce infatti sempre un protocollo non connesso;
- spaziatura dei pacchetti: il MAC garantisce che tra due pacchetti consecutivi intercorra un lasso di tempo minimo pari al parametro che viene identificato con i nomi di *Inter Frame Spacing* (IFS) o *Inter Packet Gap* (IPG). Questo tempo serve a delimitare la fine di un pacchetto e a separarlo da quello successivo;
- rilevazione delle collisioni: il MAC interrompe la trasmissione quando rileva una collisione;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

- schedulazione delle ritrasmissioni: il MAC schedula la ritrasmissione a seguito di un'avvenuta collisione dopo il periodo di tempo calcolato tramite l'algoritmo di backoff;
- jamming: il MAC trasmette un messaggio di jamming a seguito della rilevazione di una collisione e dopo aver interrotto la trasmissione del pacchetto;
- verifica della lunghezza minima del pacchetto: il MAC scarta i pacchetti ricevuti che hanno una lunghezza inferiore al valore minimo ammesso (64 byte);
- generazione del preambolo: in trasmissione il MAC prepone un preambolo al pacchetto che deve essere trasmesso;
- rimozione del preambolo: in ricezione il MAC rimuove il preambolo.

6.2.3 Collision domain

In una singola rete CSMA/CD il mezzo trasmissivo è condiviso tra tutte le stazioni che se ne contendono l'utilizzo mediante il protocollo appena visto. Al crescere del numero di stazioni e/o del traffico aumenta la probabilità di collisioni e quindi diminuisce l'efficienza della rete. È possibile suddividere la rete in più sottoreti in modo che la contesa del mezzo avvenga soltanto tra le stazioni appartenenti ad una singola sottorete. Si dice che ciascuna sottorete rappresenta un singolo *collision domain*. Le stazioni separate da repeater fanno parte dello stesso collision domain, mentre fanno parte di collision domain diversi le stazioni separate da apparecchiature di rete che lavorano a livelli OSI superiori al Fisico (bridge, router o gateway) e che quindi sono in grado di decodificare gli indirizzi MAC e filtrare i pacchetti.

6.2.4 Prestazioni

La natura non deterministica del CSMA/CD rende complessa la valutazione delle prestazioni. I valori che si trovano in letteratura sono abbastanza diversi in funzione del fatto che l'autore sia un sostenitore o un detrattore del CSMA/CD.

È opinione degli autori che il CSMA/CD si sia sempre comportato in campo molto meglio di quanto previsto dai modelli teorici. Prova ne sia il fatto che è stato ampiamente usato anche in ambiti dove sono importanti le caratteristiche di tempo reale, quale quello di fabbrica.

È conservativo suggerire che CSMA/CD possa sopportare un carico medio del 30% (3 Mb/s come prestazione media effettiva) con picchi del 60% (6 Mb/s). È

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

però indubbiamente vero che bisogna anche considerare il numero di stazioni attive sulla LAN e la direzione dei flussi di traffico. A parità di traffico totale, se vi sono poche stazioni molto attive le prestazioni sono migliori di quando vi sono molte stazioni mediamente meno attive. Nel caso limite di due sole stazioni le prestazioni possono raggiungere il 90%.

Con un carico medio del 30% è stato osservato che il 50% dei pacchetti sono *initially deferred*, cioè nella fase di listen before talking trovano il mezzo trasmissivo occupato e, atteso che questo si liberi, vengono quindi trasmessi con successo al primo tentativo. Il 2-3% dei pacchetti hanno una *single collision*, cioè durante il primo tentativo di trasmissione entrano in collisione con un altro pacchetto e al secondo tentativo vengono trasmessi con successo. Infine qualche pacchetto su diecimila ha una *multiple collision*, cioè richiede più di due tentativi per essere trasmesso.

In una rete ben funzionante con un carico del 30% è altamente improbabile osservare un pacchetto che non può essere trasmesso perchè supera il limite di 16 tentativi.

6.3 ETHERNET VERSIONE 2.0

Lo standard Ethernet si colloca nei primi due livelli della pila OSI senza seguire gli standard IEEE 802 ed in particolare senza adottare il protocollo IEEE 802.2 LLC.

La differenza principale è nel diverso tipo di imbustamento, differenza che è importante comprendere in quanto molti protocolli di livello 3 usano questa metodologia di imbustamento invece di usare quella 802.3. L'utilizzo di imbustamento Ethernet è comune anche su hardware 802.3 in quanto è elevato il livello di interoperabilità e di convivenza tra i due standard.

In questo paragrafo vengono descritte le LAN Ethernet così come specificate nello standard v.2.0. La descrizione dell'utilizzo molto comune di imbustamento Ethernet su hardware 802.3 viene demandato al paragrafo 6.8.

Le figure 6.1 e 6.4 mostrano le relazioni tra Ethernet e i livelli di riferimento OSI.

6.3.1 Livello Fisico

Le principali caratteristiche relative al livello fisico sono:

- velocità trasmissiva 10 Mb/s;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

- 2.8 km di distanza massima ammessa tra le due stazioni più distanti;
- 1024 stazioni al massimo in una LAN;
- cavo coassiale di tipo thick (tipo RG213, si veda in proposito il paragrafo 3.2.7) come unico mezzo trasmissivo ammesso;
- topologia a bus.

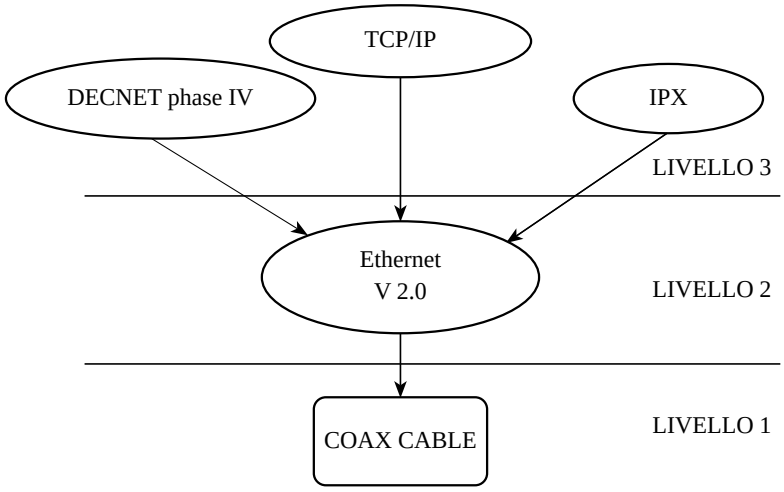

Fig. 6.4 - Relazione tra Ethernet v. 2.0 e i livelli OSI.

6.3.2 Livello Data Link

Le principali funzioni di Ethernet relative al livello Data Link sono quelle già descritte nel paragrafo 6.2. I parametri principali del livello Data Link sono riportati in tabella 6.1.

Il pacchetto Ethernet (figura 6.5) ha una lunghezza variabile compresa tra 64 e 1518 ottetti.

In testa al pacchetto c'è un preambolo di 7 ottetti (sequenza alternata di uni e di zeri) che serve alla stazione ricevente per sincronizzarsi sul clock di quella trasmittente; immediatamente dopo c'è un ottetto di *SFD* (*Start Frame Delimiter*, corrispondente alla sequenza di bit 11010101) che indica l'inizio del pacchetto.

Nel campo di *destination address* è contenuto l'indirizzo della stazione a cui è destinato il pacchetto, e nel campo di *source address* è contenuto l'indirizzo della stazione che ha generato il pacchetto.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Slot time	512 bit time (51.2 μs)	Tempo base di attesa prima di una ritrasmissione
Inter Packet Gap	9.6 μs	Distanza minima tra due pacchetti
Attempt limit	16	Massimo numero di tentativi di ritrasmissione
Backoff limit	10	Numero di tentativi oltre al quale non aumenta più la casualità del back-off
Jam size	da 32 a 48 bit	Lunghezza della sequenza di jam
Max frame size	1518 ottetti	Lunghezza massima del pacchetto
Min frame size	64 ottetti (512 bit)	Lunghezza minima del pacchetto
Address size	48 bit	Lunghezza indirizzi MAC

Tab. 6.1 - Ethernet: principali parametri.

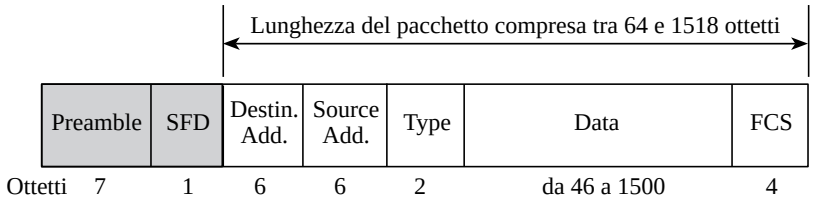

Fig. 6.5 - Formato del pacchetto Ethernet.

Nel campo *type* è contenuto il codice associato al protocollo di livello superiore che ha generato la PDU contenuta nel campo *data* (i valori possibili per tale campo sono riportati in appendice A, paragrafo A.2).

Il campo FCS (*Frame Check Sequence*) contiene il valore di CRC calcolato sulla base dei campi descritti precedentemente.

Si noti che non esiste un segnalatore di fine pacchetto: tale ruolo è assunto dall'Inter Packet Gap, la cui durata non può quindi scendere sotto il valore minimo fissato in 9.6 μs.

6.3.3 Cavo coassiale

Il cavo coassiale è l'unico mezzo trasmissivo ammesso per collegare le stazioni. Esso viene considerato "segmento" ("segmento coax"), mentre la fibra

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

ottica viene considerata solo come un mezzo per estendere la connessione tra due segmenti coax tramite l'uso di una coppia di half-repeater. Un segmento può essere costituito da un unico spezzone di cavo o da più spezzoni connessi con un giunto di tipo "N"; in quest'ultimo caso gli spezzoni devono avere una lunghezza definita in modo che, in una qualunque combinazione, la giunzione non capiti ad una distanza pari ad un multiplo dispari intero della lunghezza d'onda a 5 MHz. Per questa ragione sono state definite tre lunghezze di spezzoni: 23.4, 70.2 e 117 m.

Le caratteristiche minime richieste riguardanti il cavo coassiale sono le seguenti:

- impedenza 50 ± 2 Ω;
- velocità di propagazione minima 0.77 c, dove c è la velocità della luce;
- attenuazione massima del segmento (500 m) 8.5 dB misurata a 10 MHz e 6 dB misurata a 5 MHz.

6.3.4 Transceiver

Il transceiver è l'elemento che permette la trasmissione/ricezione dei pacchetti tra l'interfaccia (Ethernet controller) ed il mezzo trasmissivo (cavo coassiale). L'interfaccia è collegata al transceiver tramite un cavo transceiver (figura 6.6).

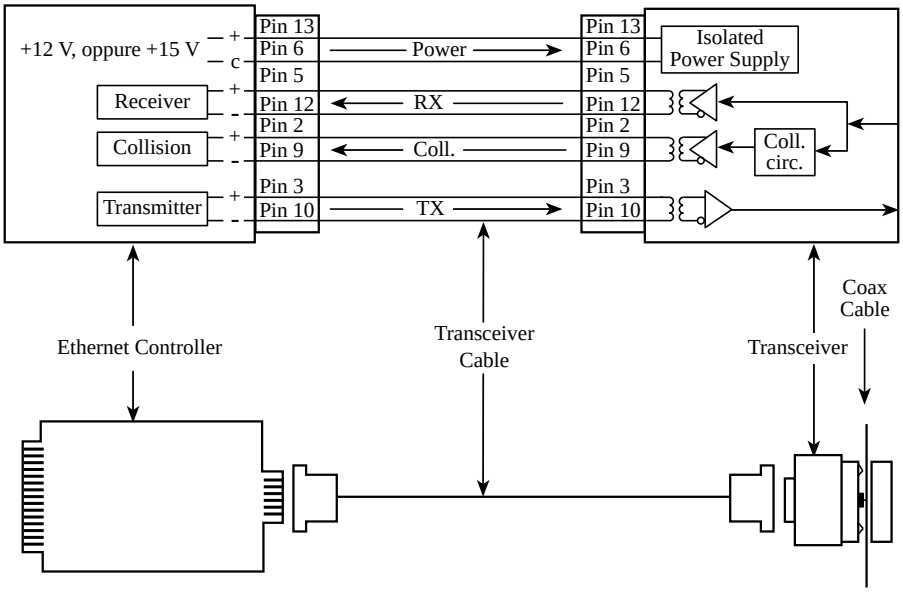

Fig. 6.6 - Connessioni tra interfaccia e transceiver.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Il transceiver è costituito principalmente da:

- due driver di cui:
  - uno trasmette all'interfaccia i dati ricevuti dal mezzo trasmissivo;
  - l'altro invia all'interfaccia un segnale di collisione nel caso in cui questa sia avvenuta; inoltre il driver di collisione invia all'interfaccia, alla fine di ogni trasmissione, un segnale chiamato *Collision Presence Test* (CPT o *Heartbeat*) il cui scopo è testare il circuito di collisione ed avvisare l'interfaccia del corretto funzionamento di tale circuito;
- un receiver che riceve i dati dall'interfaccia e li trasmette, tramite ulteriori circuiti, sul mezzo trasmissivo;
- un alimentatore (convertitore DC/DC) che riceve l'alimentazione dall'interfaccia e genera l'alimentazione per i circuiti elettronici interni al transceiver, senza creare continuità tra le masse elettriche.

Il transceiver si collega al cavo coassiale tramite un sistema di accoppiamento meccanico detto tap, che perfora il cavo tramite una punta dorata e va a toccare il conduttore centrale. Tale connessione, anche detta a vampiro, è mostrata in figura 6.7.

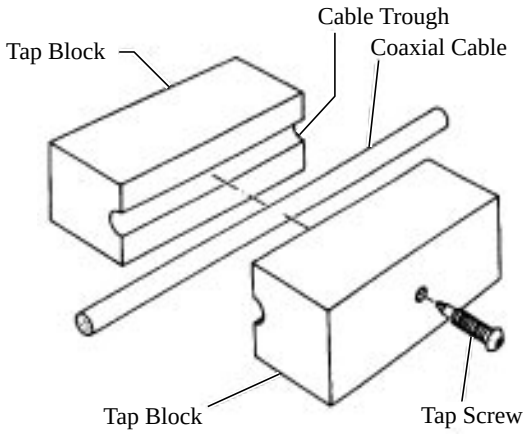

Fig. 6.7 - TAP connector (connessione a vampiro).

6.3.5 Interfaccia Ethernet

L'interfaccia Ethernet o Ethernet controller è il modulo d'interfaccia tra il bus interno della stazione ed il transceiver (figura 6.8).

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

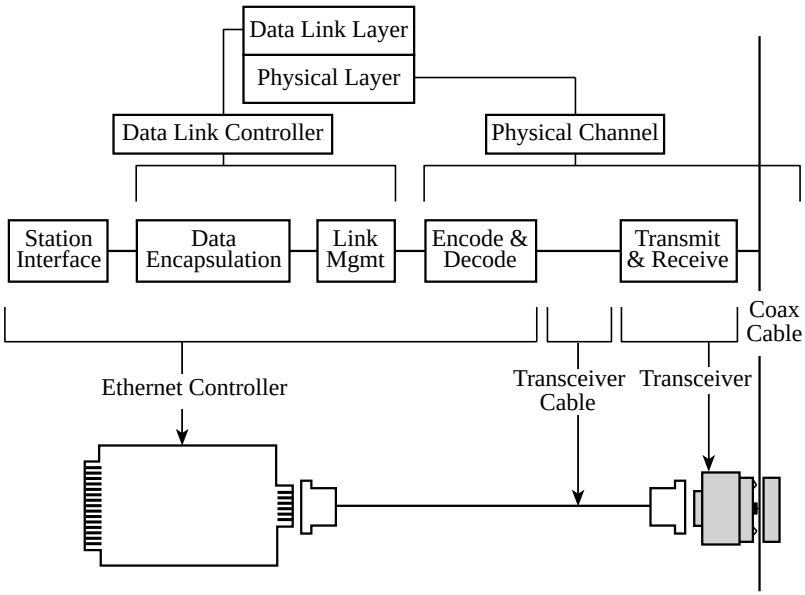

Fig. 6.8 - Funzioni logiche dell'interfaccia Ethernet.

L'interfaccia si occupa delle seguenti funzioni:

- incapsulamento e decapsulamento dei dati;
- link management;
- codifica e decodifica Manchester dei bit: per trasmettere il segnale di clock insieme ai dati, ad ogni bit viene applicata una codifica Manchester che garantisce almeno una transizione del segnale elettrico in ogni bit (si veda il paragrafo 3.1.2). Questo permette ad appositi circuiti del ricevitore di agganciare in fase il loro clock a quello del trasmettitore durante la ricezione del preambolo e quindi di effettuare una ricezione del pacchetto con la corretta temporizzazione.

6.3.6 Cavo transceiver

Il cavo transceiver, detto anche cavo drop o AUI, interconnette un transceiver ad un'interfaccia Ethernet o ad un ripetitore. Si tratta di un cavo schermato con connettori a 15 poli. La trasmissione dei segnali è bilanciata.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.3.7 Repeater

Il repeater (ripetitore) serve ad estendere la lunghezza del canale trasmissivo e realizzare topologie ad albero. Viene definito ripetitore l'elemento attivo che interconnette due cavi coassiali. Esso richiede due transceiver per connettere i due segmenti. I transceiver possono essere connessi al ripetitore tramite due cavi transceiver.

Le funzioni principali di un ripetitore Ethernet v.2.0 sono le seguenti:

- ripete le stringhe di bit ricevuti su un segmento e le trasmette sugli altri segmenti con un'ampiezza di segnale appropriata;
- assicura che la simmetria dei segnali sia entro la tolleranza richiesta dalle specifiche del transceiver;
- decodifica, secondo il metodo Manchester, le stringhe seriali di bit ricevute su una porta e le ricodifica prima di ritrasmetterle sulle altre porte, ritemporizzando quindi tutti i bit da trasmettere (*reclock* dei bit o funzione di *retiming*);
- si occupa della gestione della collisione: se una collisione viene rilevata su una qualunque porta, il ripetitore la ritrasmette, presentando una serie di transizioni non ben specificate, su tutte le altre porte.

Le funzioni del ripetitore possono essere separate in due parti attive distinte che vengono interconnesse tramite una fibra ottica e che prendono il nome di half-repeater (mezzo ripetitore).Una coppia di half-repeater o ripetitori remoti serve ad interconnettere due segmenti coassiali tramite un link in fibra ottica.

A differenza del ripetitore 802.3, quello Ethernet non rigenera il preambolo, quindi "taglia" la parte del preambolo che impiega per sincronizzarsi. In tal modo il preambolo si accorcia ogni volta che attraversa un ripetitore e quindi bisogna porre un limite massimo al numero di ripetitori che un pacchetto può attraversare su una rete Ethernet più stringente di quando non avvenga nel caso 802.3.

6.3.8 Regole di configurazione

Le regole riguardanti il segmento coassiale sono:

- la lunghezza massima del segmento coassiale è di 500 m;
- la lunghezza massima di un cavo transceiver è di 50 m;
- la distanza minima tra due transceiver è di 2.5 m;
- il numero massimo di transceiver collegabili in un segmento è 100.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Le regole riguardanti il numero dei ripetitori sono:

- in un qualsiasi percorso tra due stazioni si possono attraversare al massimo 2 ripetitori;
- il ripetitore in fibra ottica conta come mezzo ripetitore;
- la lunghezza massima di un link in fibra ottica è di 1000 m;
- qualora in una LAN ci siano più link in fibra ottica, la lunghezza aggregata di due qualunque di essi non deve superare i 1000 m.

Per facilitare il compito di chi progetta, si consiglia di considerare un segmento coax come dorsale, a cui si collegano sia dei segmenti locali tramite ripetitori locali sia dei segmenti remoti tramite delle coppie di half-repeater.

La violazione delle regole sopra esposte può comportare dei malfunzionamenti della rete e la presenza di pacchetti corrotti (ad esempio, *misaligned packet* o *giant packet*).

Le figure 6.9 e 6.10 mostrano degli esempi di configurazione.

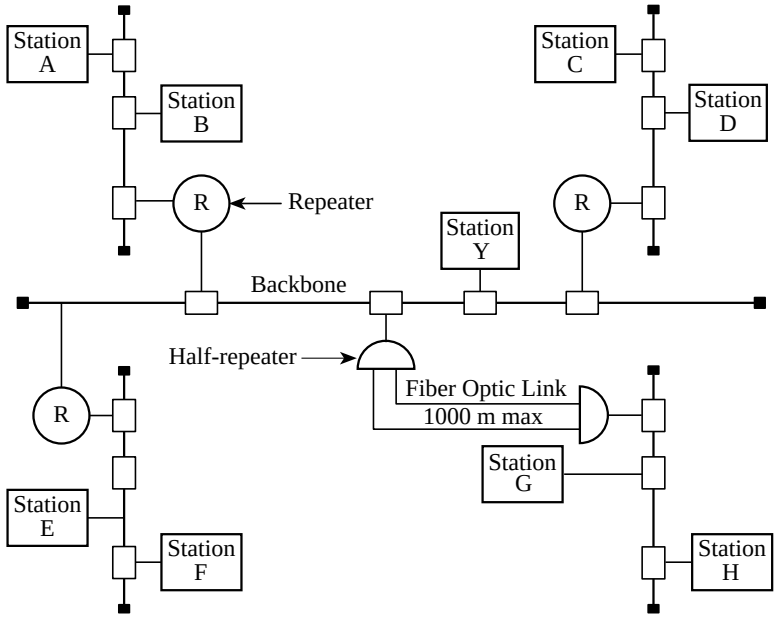

Fig. 6.9 - Esempio di configurazione massima con Ethernet.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

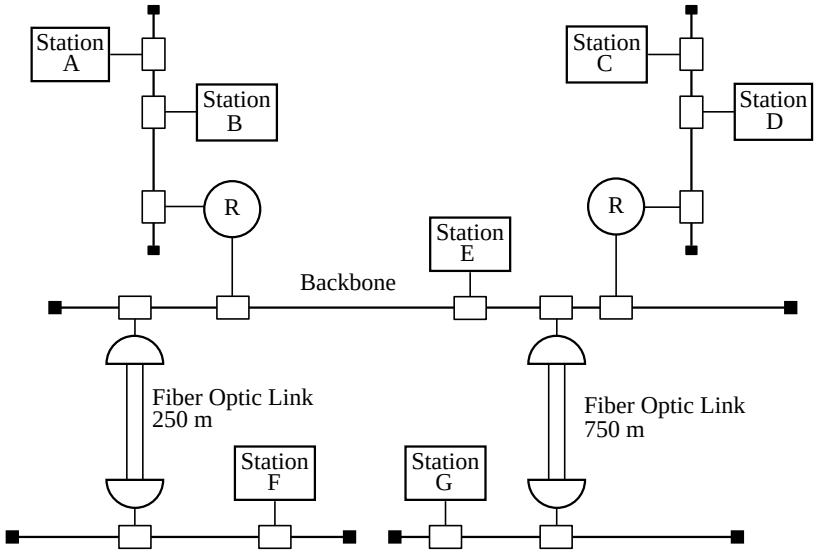

Fig. 6.10 - Esempio di configurazione con due coppie di half-repeater.

6.4 LO STANDARD IEEE 802.3/ISO 8802.3

Lo standard 8802.3 si colloca al livello 1 della pila OSI e al sottolivello MAC del livello 2, mentre il Logical Link Control è demandato allo standard 8802.2. Le figure 6.1 e 6.11 mostrano le relazioni tra i livelli di riferimento OSI.

IEEE 802.3 nasce come architettura a bus su cavo coassiale ed evolve successivamente verso topologie a stella basate sull'utilizzo di cavi UTP e fibre ottiche. Le velocità trasmissive sono 1 Mb/s (versione 1Base5) e 10 Mb/s (versioni 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseF, 10Broad36), e il metodo di accesso è il CSMA/CD.

In questo paragrafo tratteremo soltanto la trasmissione a 10 Mb/s che è quella più usata e conosciuta. Non tratteremo la versione 10Broad36, che utilizza tecniche in radio frequenza su cavo CATV (CAble TV), in quanto è una tecnica molto costosa ed attualmente in disuso.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

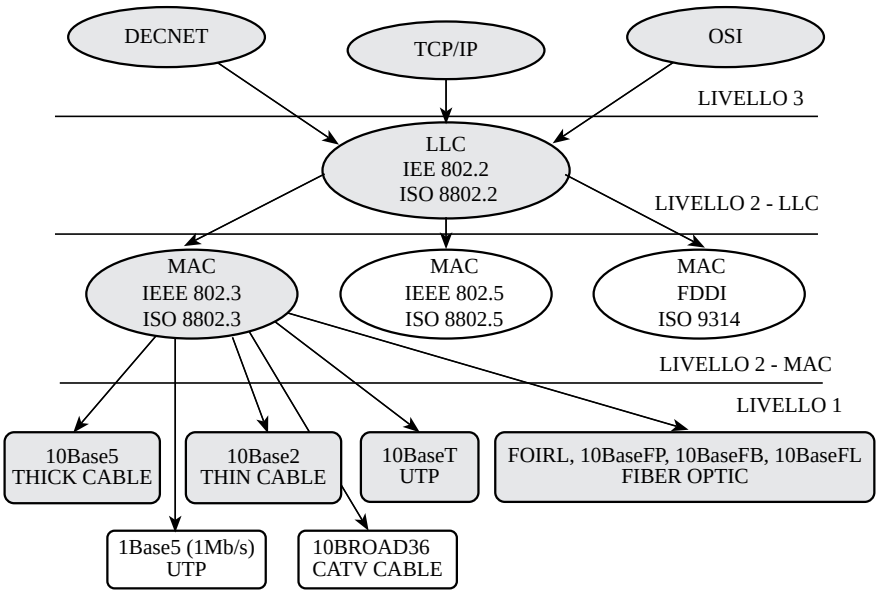

Fig. 6.11 - Relazioni tra 802.3 e i livelli OSI.

6.4.1 Livello Fisico

Il livello Fisico si occupa principalmente di codificare i pacchetti in stringhe seriali di bit e decodificare stringhe seriali di bit in pacchetti secondo la codifica Manchester (si veda il paragrafo 3.1.2). Nel livello Fisico sono contenute le caratteristiche dei segnali e degli elementi che vi operano quali transceiver, ripetitori, cavi e connettori.

Le principali caratteristiche relative al livello Fisico sono:

- velocità trasmissiva 10 Mb/s;
- 4 km di distanza massima ammessa tra le due stazioni più distanti (caso di 2 link in fibra ottica 10BaseFL da 2 km ciascuno, con due stazioni connesse agli estremi ed un ripetitore interposto tra i link in fibra ottica);
- un massimo di 1024 stazioni collegabili;
- mezzi trasmissivi ammessi: cavo coassiale di tipo thick, cavo coassiale di tipo thin, doppini, fibre ottiche multimodali, cavo CATV;
- topologie ammesse: bus, punto-punto, stella.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.4.2 Sottolivello MAC

Le principali funzioni dello standard 802.3 relative al sottolivello MAC sono quelle già descritte nel paragrafo 6.2.

I parametri principali del sottolivello MAC sono i riportati in tabella 6.2.

Slot time	512 bit time (51.2 μs)	tempo base di attesa prima di una ritrasmissione
Inter Packet Gap	9.6 μs	distanza minima tra due pacchetti
Attempt limit	16	massimo numero di tentativi di ritrasmissione
Backoff limit	10	numero di tentativi oltre il quale non aumenta più la casualità del back-off
Jam size	32 bit	lunghezza della sequenza di jam
Max frame size	1518 ottetti	lunghezza massima del pacchetto
Min frame size	64 ottetti (512 bit)	lunghezza minima del pacchetto
Address size	48 bit	lunghezza indirizzi MAC

Tab. 6.2 - IEEE 802.3: principali parametri.

Il pacchetto 802.3 (figura 6.12) ha una lunghezza variabile compresa tra 64 e 1518 ottetti, in testa al pacchetto c'è un preambolo di 7 ottetti che serve alla stazione ricevente per sincronizzarsi sul clock di quella trasmittente, immediatamente dopo c'è un ottetto di SFD (*Start Frame Delimiter* codificato con la sequenza di bit 11010101) che indica l'inizio del pacchetto.

Nel campo di *destination address* è contenuto l'indirizzo della stazione a cui è destinato il pacchetto, nel campo di *source address* è contenuto l'indirizzo della stazione che ha originato il pacchetto.

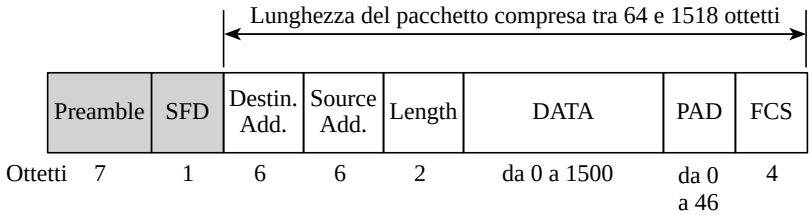

Fig. 6.12 - Formato del pacchetto 802.3.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Il campo di *length* indica il numero di ottetti contenuti nel campo *data*, il *PAD* viene appeso in coda al precedente campo solo se quest'ultimo è più corto di 46 ottetti e contiene un numero di ottetti calcolato in modo da garantire che venga rispettata la lunghezza minima del pacchetto (64 ottetti).

Il campo *data* contiene le LLC-PDU, il campo FCS (*Frame Check Sequence*) contiene il valore di CRC calcolato sulla base dei campi descritti precedentemente.

Come in Ethernet 2.0 non esiste un segnalatore di fine pacchetto: tale ruolo è assunto dall'Inter Packet Gap, la cui durata non può quindi scendere sotto il valore minimo fissato in 9.6 μs.

6.4.3 Mezzi trasmissivi

I diversi mezzi trasmissivi ammessi verranno trattati nei relativi paragrafi dedicati alle varie versioni dello standard, e cioè 10Base5 e 10Base2 per i cavi coassiali, 10BaseT per i doppini e 10BaseF per le fibre ottiche.

6.4.4 Transceiver

I transceiver variano a seconda del mezzo trasmissivo che interfacciano ed a seconda delle specifiche relative ai supplementi di 802.3. Le funzioni principali sono le stesse già spiegate nel paragrafo 6.3.4, ad eccezione della differenza di tempistica del segnale di heartbeat che ora assume anche un altro nome - SQE test (*Signal Quality Error test*) - e della possibilità di abilitare o disabilitare questo segnale. I transceiver sono anche detti MAU (*Medium Attachment Unit*) e sono composti da due parti: la PMA (*Physical Medium Attachment*) e la MDI (*Medium Dependent Interface*).

6.4.5 Interfaccia 802.3

Il controller 802.3 ha le stesse funzioni del controller Ethernet, ma a differenza di questo può avere il transceiver integrato al suo interno.

Il segnale di SQE test è incompatibile tra un transceiver Ethernet v.2.0 e un controller 802.3 e viceversa; nel caso di connessione tra due elementi incompatibili si possono verificare delle false collisioni ed è quindi preferibile disabilitare l'heartbeat sul transceiver, pur perdendo così la verifica del test di collisione.

La figura 6.13 mostra le differenze di tempistica dell'Heartbeat tra Ethernet e 802.3.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

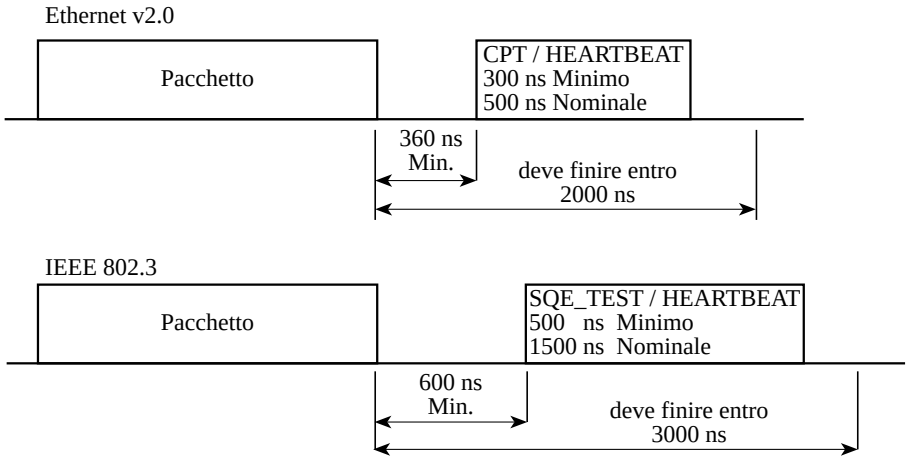

Fig. 6.13 - Tempistiche dell'heartbeat.

6.4.6 Cavo AUI

Il cavo AUI (*Attachment Unit Interface*) ha le stesse funzioni del cavo transceiver per Ethernet, ma a differenza di questo ha un più appropriato collegamento degli schermi (calza e foglio di alluminio) per cui è più immune ai disturbi.

6.4.7 Repeater 802.3

Il ripetitore lavora a livello Fisico e ripete i segnali, ricevuti su un segmento, a tutti gli altri segmenti; la figura 6.14 mostra il ruolo di un ripetitore per l'interconnessione di due segmenti all'interno del modello di riferimento OSI.

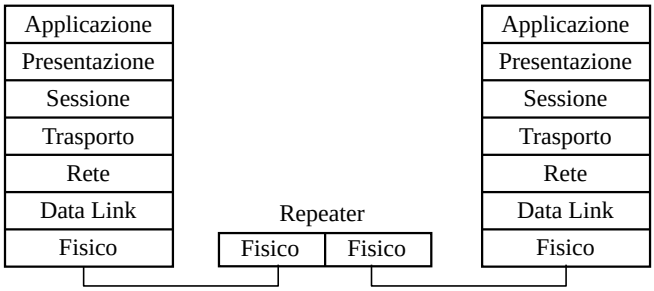

Fig. 6.14 - Relazione tra un ripetitore ed i livelli OSI.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Il ripetitore 802.3 è diverso da quello Ethernet in quanto rigenera il preambolo e richiede che il SQE test venga disabilitato sui transceiver ad esso connessi.

Le funzioni principali di un ripetitore 802.3 sono le seguenti:

- ripete le stringhe di bit ricevuti su un segmento e le trasmette sugli altri segmenti con un'ampiezza di segnale appropriata;
- assicura che la simmetria dei segnali sia entro la tolleranza richiesta dalle specifiche del MAU (transceiver);
- decodifica, secondo il metodo Manchester, le stringhe seriali di bit ricevute su una porta e le ricodifica prima di ritrasmetterle sulle altre porte, ritemporizzando quindi tutti i bit da trasmettere;
- si occupa della gestione della collisione: se viene rilevata su una qualunque porta, il ripetitore trasmette la sequenza di jam di 96 bit su tutte le porte; tale sequenza serve a garantire la propagazione della collisione su tutti i segmenti;
- rigenera il preambolo: il ripetitore deve trasmettere un minimo di 56 bit di preambolo seguiti dallo SFD;
- quando riceve un frammento di collisione inferiore a 96 bit incluso il preambolo, estende questo frammento con una sequenza di jam in modo che il numero di bit ritrasmessi sia uguale a 96;
- protegge i segmenti connessi ad esso da errori di *jabber* (pacchetti troppo lunghi); quando si accorge che sta trasmettendo una stringa di bit per un periodo continuativo superiore a 5 ms interrompe la trasmissione e la riabilita dopo un tempo che va da 9.6 a 11.6 ms;
- può opzionalmente isolare una porta (e quindi partizionare la rete), per un determinato periodo di tempo, quando su questa si verificano più di 30 collisioni consecutive;
- il ripetitore può ospitare al suo interno i transceiver integrati.

Le figure 6.15 e 6.16 mostrano esempi di circuiti logici di un ripetitore multiporta.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

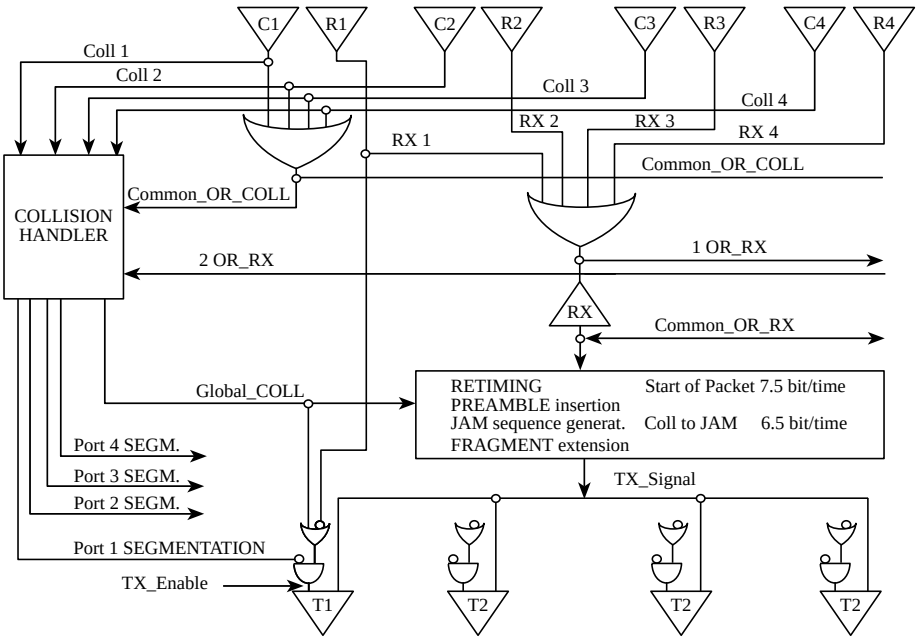

Fig. 6.15 - Esempio di ripetitore multiporta.

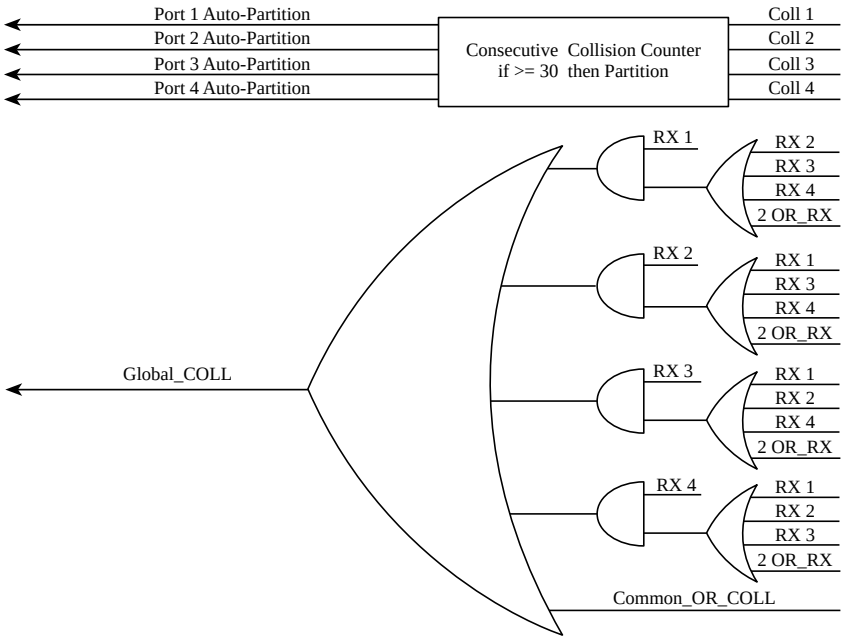

Fig. 6.16 - Circuito di un ripetitore per la gestione della collisione.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.4.8 10Base5 - Coax

Le specifiche di questo standard riguardano le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi che sono relative alla velocità trasmissiva di 10 Mb/s (numero indicato nel primo campo del nome dello standard) e sono basate su un segmento di 500 m (5 unità da 100 m, numero indicato nel secondo campo del nome dello standard) dove si connettono le stazioni.

Il MAU 10Base5 è in grado di trasmettere e ricevere dei segnali elettrici lungo un segmento coassiale thick di 500 m. Le caratteristiche principali sono quelle riportate nel paragrafo 6.3.4. L'elemento MDI (Medium Dependent Interface) è costituito dai circuiti driver e receiver per il cavo coassiale (figura 6.6) e da un sistema di accoppiamento meccanico chiamato tap (figura 6.7).

Il segmento 10Base5 è costituito da un cavo coassiale da 50 Ω di tipo RG213 (chiamato anche "cavo thick" o "cavo giallo" o "cavo Ethernet"), le cui specifiche sono le stesse richieste dall'Ethernet v. 2.0, riportate nel paragrafo 6.3.3.

Le regole di configurazione riguardanti il singolo segmento da 500 m sono le stesse di Ethernet v. 2.0 e sono riassunte nella figura 6.17.

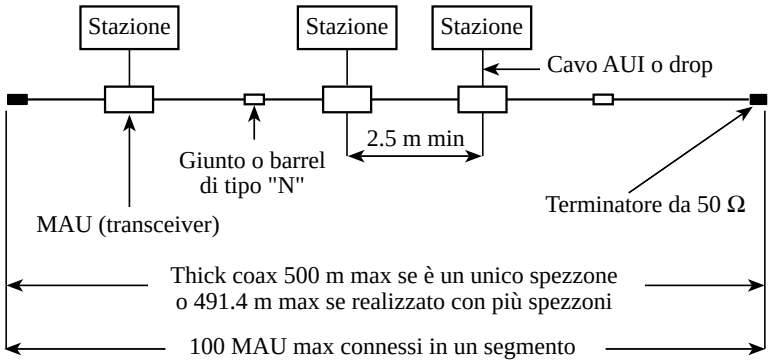

Fig. 6.17 - Regole di configurazione del segmento 10Base5.

6.4.9 10Base5 - FOIRL

Alternativamente al cavo coassiale e al relativo MAU è possibile utilizzare fibra ottica e un FOMAU (Fiber Optic MAU). Il FOMAU (chiamato normalmente MAU o transceiver FOIRL) è in grado di trasmettere e ricevere segnali ottici lungo un segmento in fibra ottica di lunghezza massima pari a 1000 m; questo segmento è di tipo link e viene chiamato con il nome di FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link). Il FOMAU è composto da un FOPMA (Fiber Optic Physical Medium

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Attachment) e da un FOMDI (Fiber Optic Medium Dependent Interface) che è costituito dagli emettitori basati su LED, dai ricevitori e dai connettori che sono utilizzati per connettere fisicamente la fibra ottica (figura 6.18).

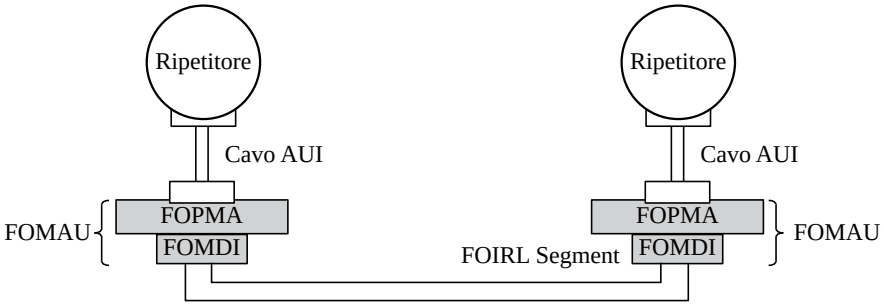

Fig. 6.18 - Interconnessione FOIRL.

Le fibre ottiche ammesse sono le seguenti: 50/125, 62.5/125, 85/125 e 100/140; quella preferita è 62.5/125. Le caratteristiche richieste sono quelle specificate dallo standard EIA/TIA 568.

Le funzioni principali del FOMAU sono le seguenti:

- funzione di trasmissione: la stringa di bit ricevuta dal ripetitore viene trasmessa sulla fibra ottica;
- funzione di ricezione: la stringa di bit ricevuta dalla fibra ottica viene trasmessa al ripetitore;
- funzione di rilevamento della collisione;
- funzione di *optical-idle*: in assenza di dati trasmette un segnale di idle che consiste in una sequenza periodica di impulsi ottici aventi una frequenza di 1 MHz con tolleranza +25% -15%;
- funzione di *jabber*: quando il FOMAU riceve dall'interfaccia una stringa di bit di lunghezza superiore alla massima interrompe la funzione di trasmissione;
- funzione di *low light level detection*: quando riceve dei segnali ottici di intensità inferiore ad una certa soglia di sicurezza interrompe la funzione di ricezione.

Le caratteristiche ottiche del FOMAU sono le seguenti:

- trasmissione sulla fibra ottica tramite l'impiego di LED che lavorano alla lunghezza d'onda di 850 nm;
- valore di picco del segnale ottico trasmesso: -12 dBm ± 2 dB misurato con un accoppiamento tramite fibra ottica 62.5/125 μm;
- sensibilità del ricevitore: da -27 a -9 dBm;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Il *power budget* che si ha a disposizione sul link è di 13 dB; questo è il risultato della differenza tra il segnale di picco trasmesso con il limite di tolleranza peggiore, e la sensibilità massima del ricevitore: 27 - 14 = 13 dB. A questo valore bisogna sottrarre 1 dB di tolleranza sull'accoppiamento della fibra ottica, più 3 dB di margine per il degrado della sorgente ottica dovuto al tempo di vita del LED, per cui si ottiene un budget reale di 9 dB.

I connettori utilizzati sono il tipo "ST" per le fibre ottiche con il cladding da 125µm (50/125, 62.5/125) e il tipo "F-SMA" per la fibra 100/140.

6.4.10 10Base2

Le specifiche di questo standard riguardano le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per la velocità di 10 Mb/s (numero indicato nel primo campo del nome dello standard) e sono basate su un segmento di 185 m (circa 2 unità da 100 m, numero indicato nel secondo campo del nome dello standard) dove si connettono le stazioni.

Il MAU (transceiver) 10Base2 è in grado di trasmettere e ricevere dei segnali elettrici lungo un segmento coassiale thin di 185 m. Le caratteristiche principali sono quelle riportate nel paragrafo 6.3.4. L'elemento MDI (Medium Dependent Interface) è costituito dai circuiti driver e receiver per il cavo coassiale (figura 6.19) e da un sistema di accoppiamento meccanico basato sul connettore a "T" di tipo BNC

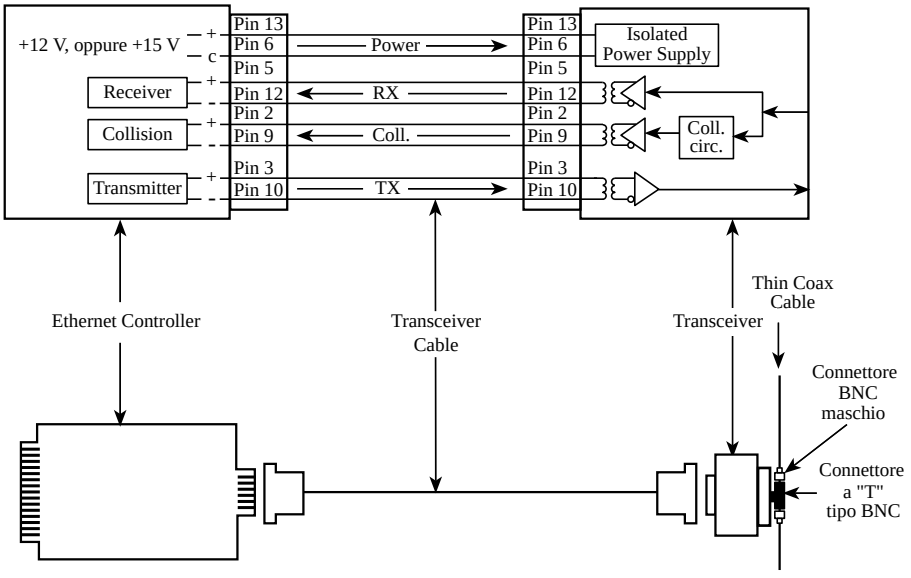

Fig. 6.19 - Connessioni del transceiver 10Base2.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Il segmento 10Base2 è costituito da un cavo coassiale da 50 Ω di tipo RG58 A/U o C/U (chiamato anche cavo "thin" o "Ethernet sottile"), le cui specifiche minime richieste sono le seguenti:

- impedenza 50 ± 2 Ω;
- velocità di propagazione minima 0.65 c, dove c è la velocità della luce;
- attenuazione massima del segmento (185 m) 8.5 dB a 10 MHz e 6 dB a 5 MHz.

Le regole di configurazione riguardanti il segmento coassiale sono:

- la lunghezza massima del segmento coassiale è di 185 m;
- la lunghezza massima di un cavo transceiver è di 50 m;
- la distanza minima tra due transceiver è di 0.5 m;
- il numero massimo di transceiver collegabili in un segmento è 30.

La figura 6.20 mostra le regole di configurazione del segmento 10Base2.

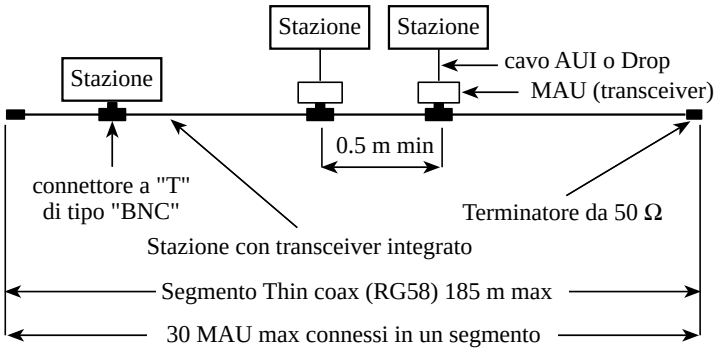

Fig. 6.20 - Regole di configurazione del segmento 10Base2.

6.4.11 10BaseT

Le specifiche di questo standard riguardano le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi alla velocità di 10 Mb/s (numero indicato nel primo campo del nome dello standard) su un segmento di Twisted Pair (doppino) come indicato dalla "T" presente nel secondo campo del nome dello standard. 10BaseT ammette la connessione di due sole stazioni in modalità punto-punto. La particolarità di questo standard implica l'utilizzo di ripetitori multiporta per poter connettere più di due stazioni in rete e la topologia è quindi di tipo stellare. Pertanto, data l'esatta corrispondenza di specifiche con gli standard per i cablaggi strutturati sia in termini

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

di topologia che in termini di caratteristiche elettriche dei mezzi trasmissivi, lo standard 10BaseT è particolarmente adatto per essere utilizzato in tali installazioni.

Il MAU (transceiver) 10BaseT è in grado di trasmettere e ricevere dei segnali elettrici lungo un segmento di doppino (normalmente UTP di categoria 3 o superiore) di circa 100 m. L'elemento MDI (Medium Dependent Interface) è costituito dai circuiti driver e receiver per il doppino e da una presa RJ45 (jack a 8 contatti con chiave centrale). La figura 6.21 mostra l'assegnazione dei contatti (assegnazione che corrisponde alle coppie 2 e 3 degli standard per i cablaggi strutturati).

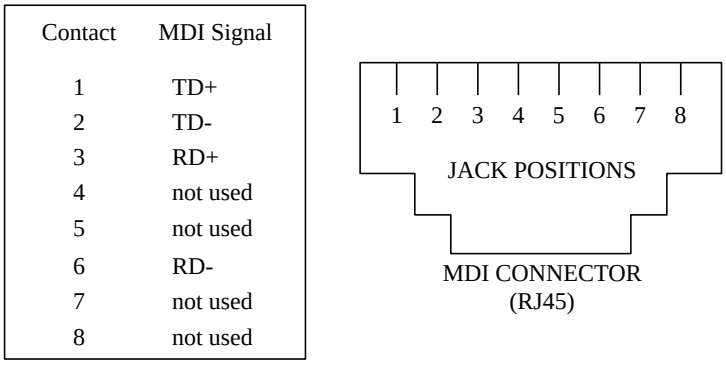

Fig. 6.21 - Assegnazione dei contatti su RJ45.

Le funzioni principali del MAU 10BaseT sono:

- funzione di trasmissione: trasferisce i dati codificati secondo la codifica Manchester dal circuito DO (*Data Output*) alla coppia di trasmissione TD (*Transmit Data*); se sul circuito DO non c'è alcuna trasmissione in corso trasmette sulla coppia TD un segnale di idle detto TP_IDL;
- funzione di ricezione: trasferisce i dati codificati ricevuti sulla coppia RD (*Receive Data*) al circuito DI (*Data In*);
- funzione di rilevamento della collisione: quando rileva simultaneamente la presenza di dati sia sulla coppia RD che sul circuito DO, riporta un segnale di collisione sul circuito CI (*Collision In*);
- *SQE test*: invia un segnale di test del circuito di rilevazione delle collisioni sul circuito CI alla fine della trasmissione del pacchetto;
- funzione di *jabber*: quando riceve una stringa di dati da DO superiore alla lunghezza massima ammessa del pacchetto 802.3 interrompe la funzione di trasmissione;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

- funzione di *loopback*: durante il trasferimento dei dati dal circuito DO alla coppia TD esegue anche lo stesso trasferimento dei dati verso il circuito DI;
- funzione di *link integrity test*: protegge la rete dalle conseguenze di un'eventuale rottura del link RD; se in un intervallo di tempo compreso tra 50 e 150 ms il MAU non riceve dei dati oppure il segnale TP_IDL, entra in uno stato di *link test fail*.

Il segnale di TP_IDL è composto da uno *start of TP_IDL* seguito da un'alternanza di silenzi aventi un periodo compreso tra 8 e 24 ms e di impulsi di *link test*. La figura 6.22 mostra il segnale TP_IDL.

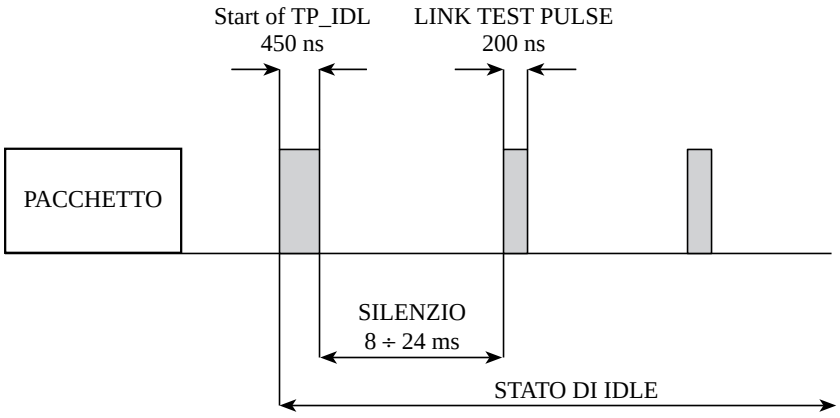

Fig. 6.22 - Segnale di idle.

Quando il MAU è integrato dentro un ripetitore multiporta è consigliabile che adotti l'incrocio delle coppie (crossover) così si può eseguire un cablaggio senza inversioni tra il ripetitore ed il MAU della stazione (figura 6.23).

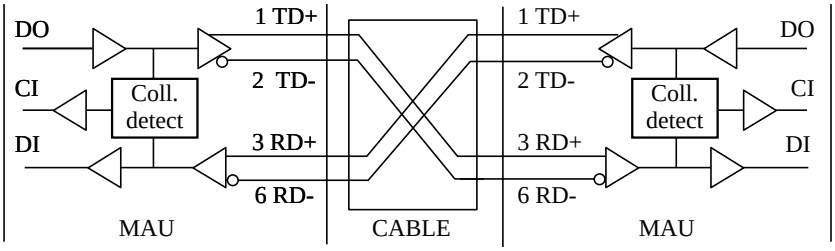

Fig. 6.23 - Connessioni tra due MAU 10BaseT.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Il segmento 10BaseT è costituito da un cavo avente come minimo due coppie ritorte da 100 Ω con le seguenti caratteristiche minime:

- impedenza 100 ± 15 Ω misurata alle frequenze comprese tra 1 e 16 MHz;
- velocità di propagazione minima 0.585 c, dove c è la velocità della luce;
- attenuazione massima del segmento, includendo cavi e connettori, 11.5 dB nelle frequenze comprese tra 5 e 10 MHz;
- valore minimo richiesto di attenuazione di diafonia tra le coppie (NEXT) per un cavo UTP a 4 coppie: 26 - 15 $\log_{10}(f/10)$ dB nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 10 MHz, dove "*f*" è la frequenza espressa in MHz;
- valore minimo richiesto di attenuazione di diafonia tra le coppie (NEXT) per un cavo UTP a 25 coppie: 30 - 15 $\log_{10}(f/10)$ dB nell'intervallo di frequenza compreso tra 5 e 10 MHz, dove "*f*" è la frequenza espressa in MHz.

Normalmente la lunghezza del segmento da considerare è di 100 m, ma potrebbe anche aumentare qualora i valori relativi alla somma di tutte le attenuazioni dei singoli componenti e le considerazioni sulla diafonia combinata di tutti i componenti rientrino nei limiti sopra descritti. Ad esempio, utilizzando dei cavi di categoria 5 e dei connettori di cat. 4 o 5 il segmento 10BaseT può raggiungere una lunghezza di 160 m.

Il modello di riferimento di una connessione 10BaseT è mostrato in figura 6.24.

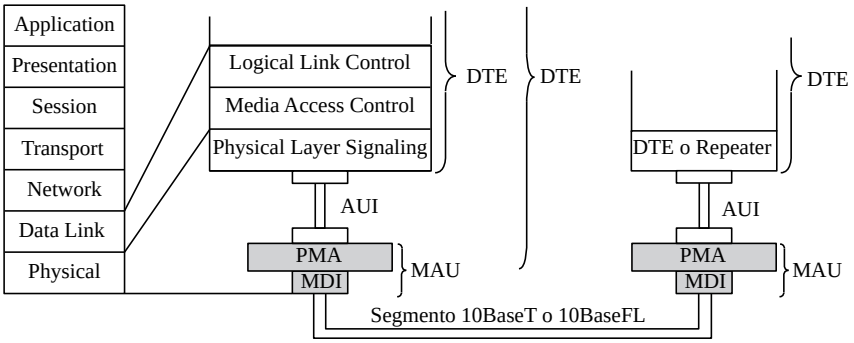

Fig. 6.24 - Interconnessione 10BaseT o 10BaseFL.

6.4.12 10BaseF

Lo standard 10BaseF si occupa di regolamentare l'utilizzo della fibra ottica come mezzo trasmissivo per LAN 802.3. Esso si suddivide in tre sotto-standard che sono:

- 10BaseFP basato sull'utilizzo di stelle ottiche passive;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

- 10BaseFB basato su una trasmissione sincrona sulla fibra ottica;
- 10BaseFL compatibile con il precedente standard FOIRL, ma notevolmente migliorato.

A ciascuno di questi verrà dedicato un apposito paragrafo.

Tutti i tre sotto-standard si uniformano alle specifiche EIA/TIA 568 per ciò che riguarda la fibra ottica ed i componenti passivi; i LED utilizzati lavorano sulla lunghezza d'onda di 850 nm.

6.4.13 10BaseFP

Le specifiche di questo standard riguardano le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per la velocità di 10 Mb/s (numero indicato nel primo campo del nome dello standard) su segmenti in fibra ottica connessi tramite una stella passiva (FP: *Fiber Passive*).

I promotori di questo standard, tra cui ricordiamo la Codenoll, hanno pensato di adottare una soluzione che fosse un'alternativa al cavo coassiale in cui però gli unici elementi attivi del segmento fossero i transceiver ottici. Con la fibra ottica si possono realizzare solo collegamenti punto-punto: quindi per poter connettere più di due stazioni si è fatto uso di stelle passive. Una stella passiva è basata sul concetto dello splitter ottico, ovvero un ripartitore di segnale luminoso; questa tecnica implica che gran parte del segnale luminoso vada perso nella stella e per questo motivo è necessario che i transceiver abbiano un'elevata dinamica. La lunghezza massima di fibra ottica che si può avere tra la stella ottica passiva ed il MAU è di 500 m, la distanza massima tra due MAU che sono interconnessi tramite una stella è di 1000 m.

La figura 6.25 mostra il modello di riferimento dello standard 10BaseFP.

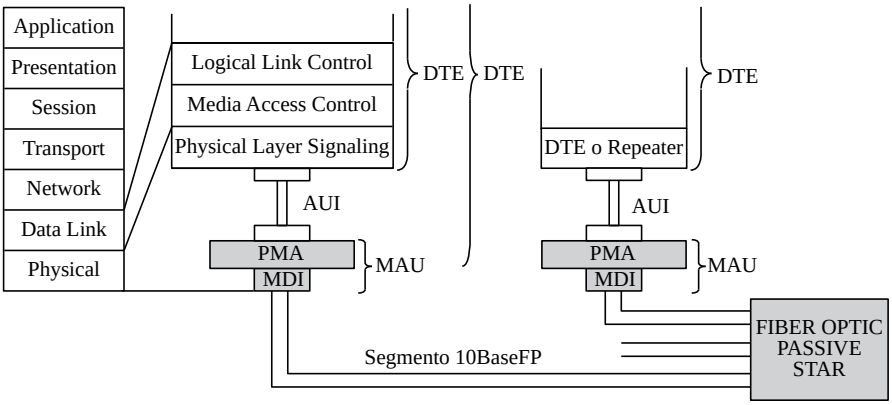

Fig. 6.25 - Interconnessione 10BaseFP.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.4.14 10BaseFB

Le specifiche di questo standard riguardano le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per la velocità di 10 Mb/s (numero indicato nel primo campo del nome dello standard) su segmenti in fibra ottica con funzione di dorsale tra due ripetitori (FB: *Fiber Backbone*).

I promotori di questo standard, tra cui ricordiamo la Chipcom e la Lannet, hanno pensato di adottare una soluzione che fosse un'alternativa al cavo coassiale in cui però gli elementi attivi del segmento fossero sia i transceiver ottici, sia le stelle attive.

Una delle prime bozze identificava questo standard con il nome 10BaseFA (*Fiber Active*) in quanto permetteva sia la connessione di ripetitori, sia di stazioni. Il comitato IEEE ha poi limitato lo standard definitivo a semplici funzioni di dorsale: è quindi possibile utilizzare dei segmenti 10BaseFB soltanto per interconnettere due ripetitori. Questa limitazione non ha ragioni di tipo funzionale e aziende come la Chipcom e la Lannet producono ancora oggi transceiver compatibili alle specifiche 10BaseFB che servono per interconnettere le stazioni alle stelle attive.

Lo standard 10BaseFB, essendo di tipo sincrono, si presta meglio di altri alla costruzione di transceiver fault-tolerant; questi transceiver sono dotati di 2 porte in fibra ottica, di cui una *main* ed una *backup*. Nel caso di un guasto sul main link il transceiver commuta in breve tempo (circa 20 ms) sulla porta di backup.

Non è possibile scindere fisicamente il MAU dal ripetitore in quanto formano un unico insieme, come mostrato in figura 6.26.

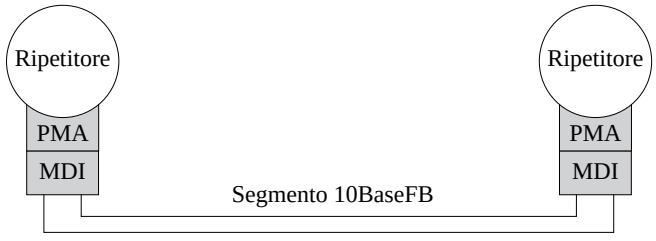

Fig. 6.26 - Modello di riferimento 10BaseFB.

Le caratteristiche principali del MAU 10BaseFB sono le seguenti:

- la velocità trasmissiva è di 10 Mb/s;
- opera su un segmento in fibra ottica che può avere una lunghezza massima di 2000 m;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

- trasmette i dati ed il segnale di idle in modo sincrono con i bit di clock e quindi riceve i dati senza aver bisogno di risincronizzarsi su ogni pacchetto;
- prevede una connessione point-to-point tra due ripetitori, e permette dei cablaggi a topologia stellare quando è utilizzato con ripetitori multiporta.

Le funzioni principali del MAU sono le seguenti:

- trasmette i messaggi ricevuti dal ripetitore sulla fibra ottica; questa funzione si suddivide in tre sottofunzioni: conversione dei segnali elettrici in ottici, generazione del segnale SIDL (*Synchronous IDLe*) quando riceve il messaggio di output idle dal ripetitore, generazione del segnale RF (*Remote Fault*) in caso di guasto del link;
- in assenza di dati trasmette il segnale di synchronous idle che serve per mantenere sempre agganciati in frequenza i transceiver posti ai due estremi di un segmento in fibra ottica; esso ha una frequenza costante di 2.5 MHz (figura 6.27);
- in caso di ricezione con presenza di anomalie quali: *jabber* (pacchetto di lunghezza superiore al massimo consentito), *low-light* (segnale ottico insufficiente), *invalid data* (dati non validi), *lock-lost* (perdita della sincronizzazione), trasmette il segnale di *remote-fault* che ha una frequenza di 1.667 MHz (figura 6.27);
- riceve i segnali ottici dalla fibra ottica e trasmette i messaggi al ripetitore; questa funzione si suddivide in due sottofunzioni: conversione dei segnali ottici in elettrici, rilevazione dei segnali di SIDL e RF e interpretazione di quelli RF;
- rileva la collisione nel caso in cui ci sia simultaneità di ricezione del segnale d'ingresso del ripetitore e di quello di uscita verso il MAU;
- le funzioni di *jabber* e di *loopback* sono simili a quelle degli altri tipi di MAU;
- la funzione di gestione delle condizioni di guasti (*fault condition*) che possono essere: *low light, receive jabber, invalid data* e *remote fault*.

Caratteristiche ottiche del MAU 10BaseFB sono:

- trasmissione sulla fibra ottica tramite l'impiego di LED che lavorano alla lunghezza d'onda di 850 nm;
- valore del segnale ottico trasmesso: da -20 a -12 dBm misurato con un accoppiamento tramite fibra ottica 62.5/125;
- sensibilità del ricevitore: da -32.5 a -12 dBm.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

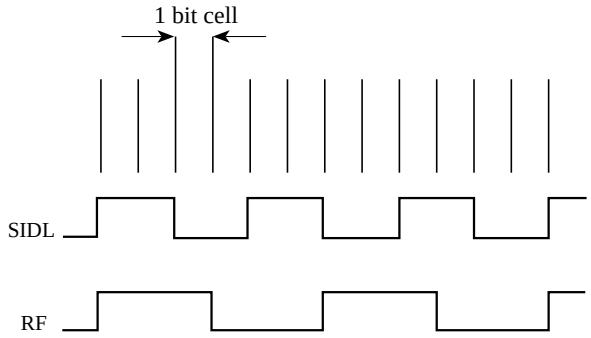

Fig. 6.27 - Codifica dei segnali SIDL e RF.

Il power budget che si ha a disposizione sul link è di 12.5 dB; questo è il risultato della differenza tra il segnale di picco trasmesso con il limite di tolleranza peggiore, e la sensibilità massima del ricevitore: 32.5 - 20 = 12.5 dB.

Le regole di configurazione riguardanti il segmento 10BaseFB sono:

- può solo interconnettere due ripetitori e quindi le connessioni alle stazioni non sono ammesse;
- la lunghezza massima del segmento è di 2000 m.

Dal momento che non è necessario risincronizzarsi su ogni pacchetto ricevuto, il ripetitore non necessita di rigenerare i bit persi del preambolo poiché, essendo il MAU ricevente agganciato perfettamente in frequenza con quello trasmittente, non si ha perdita di bit. Non c'è il rischio di riduzione dell'Inter Packet Gap dovuta alla perdita di alcuni bit del preambolo, e questo permette di poter avere parecchi segmenti 10BaseFB in cascata.

6.4.15 10BaseFL

Le specifiche di questo standard riguardano le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per la velocità di 10 Mb/s (numero indicato nel primo campo del nome dello standard) su segmenti in fibra ottica di tipo link (FL: *Fiber Link*) cioè per interconnettere ripetitori e stazioni in modalità punto-punto e stellare.

Il modello di riferimento di una connessione 10BaseFL è mostrato in figura 6.24.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Le caratteristiche principali del MAU 10BaseFL sono le seguenti:

- la velocità trasmissiva è di 10 Mb/s;
- opera su un segmento in fibra ottica che può avere una lunghezza massima di 2000 m;
- permette al DTE o al ripetitore di verificare la connessione al MAU e di questo al mezzo trasmissivo tramite un segnale OPT_IDL;
- prevede una connessione punto-punto tra due MAU, e permette dei cablaggi a topologia stellare quando è utilizzato con dei ripetitori multiporta.

Funzioni principali del MAU 10BaseFL:

- funzione di trasmissione: trasferisce i dati codificati secondo la codifica Manchester dal circuito DO (*Data Output*) alla fibra ottica trasmittente (OTD, figura 6.28); se sul circuito DO non c'è alcuna trasmissione in corso trasmette sulla fibra ottica un segnale di idle detto OPT_IDL;
- funzione di ricezione: trasferisce i dati codificati ricevuti sulla fibra ottica (ORD) al circuito DI (*Data Input*);
- funzione di rilevamento della collisione: quando rileva simultaneamente la presenza di dati sia sulla fibra ottica ricevente (ORD) che sul circuito DO, riporta un segnale di collisione sul circuito CI (*Collision Input*);
- *Signal Quality Error (SQE) test*: invia un segnale di test del circuito di rilevazione delle collisioni sul circuito CI alla fine della trasmissione del pacchetto;
- funzione di *jabber*: quando riceve una stringa di dati da DO superiore alla lunghezza massima ammessa del pacchetto 802.3 interrompe la funzione di trasmissione;
- funzione di *loopback*: durante il trasferimento dei dati dal circuito DO alla fibra ottica trasmittente OTD esegue anche lo stesso trasferimento dei dati verso il circuito DI;
- funzione di *link integrity test*: protegge la rete dalle conseguenze di un'eventuale rottura del link ORD; se si verifica una condizione di *low-light level*, entra in uno stato di *link test fail*;
- segnalazione di *low-light level*: diventa attiva quando il segnale ottico in ricezione (ORD) scende sotto la soglia di -32.5 dBm.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

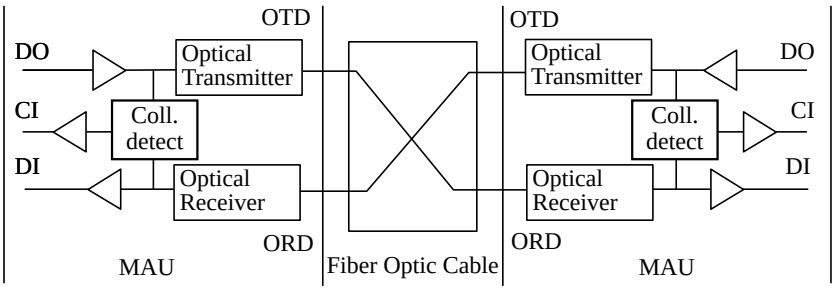

Fig. 6.28 - Connessioni tra due MAU 10BaseFL.

Il segnale di OPT_IDL è composto da uno *start of OPT_IDL* seguito da una sequenza di impulsi ottici periodici aventi una frequenza di 1 MHz con tolleranza +25% -15%.

Il segmento 10BaseFL consiste in una connessione punto-punto in fibra ottica tra due MAU, le cui regole di configurazione sono:

- può interconnettere sia ripetitori, sia stazioni;
- la lunghezza massima del segmento è di 2000 m.

Il MAU 10BaseFL è compatibile con il MAU FOIRL, ma quando è connesso ad esso la lunghezza del segmento si riduce a 1000 m. Le caratteristiche ottiche sono uguali a quelle dei MAU 10BaseFB.

6.5 PARAMETRI DI CONFIGURAZIONE PER LE RETI IEEE 802.3

Per configurare correttamente una LAN 802.3, oltre a rispettare la lunghezza massima di ogni tipo di segmento, occorre porre dei limiti sul numero e sulla tipologia dei segmenti e sul numero dei ripetitori.

Tali limiti sono dettati da alcune considerazioni sui due parametri principali su cui si basa il protocollo, e cioè l'*Inter Packet Gap* e il *Round Trip Delay*.

6.5.1 Inter Packet Gap

Come già visto, nelle reti locali Ethernet/IEEE 802.3 i pacchetti MAC non hanno un delimitatore di fine trama, ma è l'*Inter Packet Gap* (IPG) che li delimita. Se l'IPG subisce una forte riduzione questo può portare due pacchetti

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

ad incollarsi e a diventare indistinguibili. La riduzione dell'IPG può avvenire perché i pacchetti possono venire ritardati in modo diverso da un ripetitore. Infatti il ripetitore non impiega sempre lo stesso numero di bit di preambolo per sincronizzare il suo ricevitore sul clock del trasmettitore. Quindi il numero di bit "persi" nel preambolo da un ripetitore, e che devono da questo essere rigenerati introducendo un ritardo di trasmissione, varia da pacchetto a pacchetto.

Quando si hanno due pacchetti consecutivi e il primo subisce un ritardo maggiore del secondo l'IPG tra i due si riduce.

6.5.2 Round Trip Delay

Per un corretto funzionamento dell'algoritmo CSMA/CD è necessario che la stazione trasmittente si accorga di un'eventuale collisione entro una finestra temporale chiamata *collision window* la quale assicura di rilevare una collisione prima di aver trasmesso completamente il pacchetto più corto. Inoltre il frammento di collisione, costituito dalla somma della parte di pacchetto trasmessa più la sequenza di jamming che viene posta in coda, deve avere una lunghezza inferiore a 576 bit time (57.6 μs, impiegati per la trasmissione degli 8 ottetti di preambolo e di SFD, e dei 64 ottetti del pacchetto di lunghezza minima, 576 bit in totale); ciò significa che l'ultimo bit di jamming deve essere trasmesso entro 575 bit-time (57.5 μs) dall'inizio della trasmissione.

La lunghezza massima del frammento di collisione pone però dei limiti più restrittivi sul tempo di ritardo della rete rispetto a quelli della collision window; infatti, se la collisione venisse rilevata dopo 511 bit time dalla trasmissione dello SFD e quindi la stazione interrompesse la trasmissione per trasmettere la sequenza di jamming, ne risulterebbe un frammento di collisione superiore a 576 bit time.

I frammenti di collisione con lunghezza superiore al massimo consentito non vengono visti come tali dalle stazioni in ascolto, bensì come pacchetti contenenti errori quali *CRC error* o *alignment error*. Se la stazione trasmittente rileva la collisione entro un tempo superiore alla collision window, incrementa il contatore delle *late collision*.

Il tempo di ritardo massimo che può intercorrere da quando la stazione ha trasmesso il primo bit del preambolo a quando viene propagato l'ultimo bit di jamming nel segmento su cui essa è collegata viene chiamato *round trip delay*. Esso non deve essere superiore al massimo frammento di collisione cioè 575 bit time (si veda la figura 6.29). Nel calcolo del round trip delay si considera sempre

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

una rete di estensione massima, e quindi contenente dei repeater; pertanto si prende in esame la sequenza di jamming del repeater che è di 96 bit, più lunga di quella della stazione che è di 32 bit.

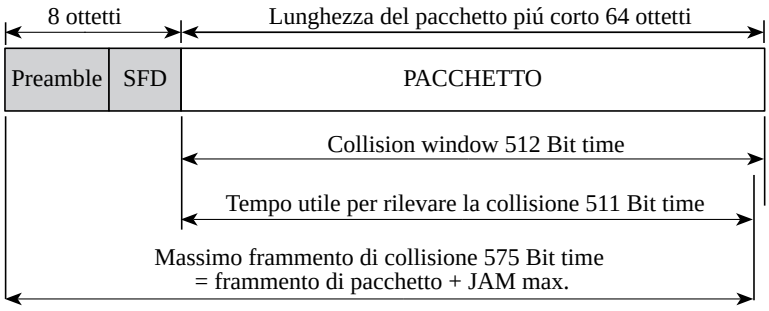

Fig. 6.29 - Collision window e massimo frammento di collisione.

Il caso più critico si verifica quando due stazioni sono connesse agli estremi di una LAN con dei ripetitori (figura 6.30) e accadono i seguenti fatti:

- la stazione DTE 1 inizia a trasmettere un pacchetto e questo si propaga verso DTE 2;
- quando il pacchetto è prossimo alla stazione DTE 2 questa inizia a trasmettere;
- avviene una collisione in corrispondenza della stazione DTE 2;
- i bit del pacchetto della stazione DTE 2 che hanno generato la collisione si propagano lungo il segmento 2 e raggiungono il repeater Rep. 1 il quale trasmette una sequenza di 96 bit di jamming sul segmento 1;
- la sequenza di jamming originata dal repeater si sovrappone al pacchetto trasmesso dalla stazione DTE 1, che rileva così la collisione;
- la stazione DTE 1 interrompe la trasmissione del pacchetto e trasmette una sequenza di 32 bit di jamming;
- l'ultimo bit della sequenza di jamming del repeater si propaga lungo il segmento 1, mentre la sequenza di jamming della stazione DTE 1 era terminata prima, in quanto più corta.

Si osservi che l'assimetria nel tempo di propagazione in figura 6.30 è dovuta al fatto che il repeater viene attraversato in un senso dal pacchetto di dato e in senso opposto dalla collisione.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

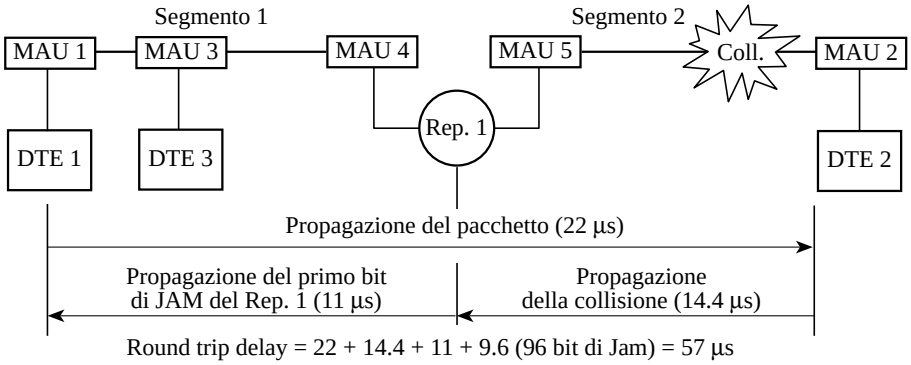

Fig. 6.30 - Round trip delay.

6.6 REGOLE DI CONFIGURAZIONE: PRIMA VERSIONE

Le prime versioni dello standard imponevano regole di configurazione piuttosto restrittive e talvolta imprecise o poco chiare. Questo è dovuto al fatto che l'introduzione di nuovi mezzi trasmissivi ha richiesto l'aggiunta di addendum allo standard originale, con nuove regole di configurazione. Tali regole sono qui riportate, in quanto ampiamente usate dai progettisti di LAN, anche se sconsigliate in quanto ormai superate dalla nuova versione.

Si definiscono due tipi di segmenti:

- segmento di tipo *coax* che può essere 10Base5 o 10Base2;
- segmento di tipo *link* che può essere FOIRL o 10BaseT.

Sono fissati i seguenti limiti al numero massimo di ripetitori e di segmenti che si possono avere in un percorso tra due stazioni:

- 4 ripetitori;
- 5 segmenti, di cui al massimo 3 coax;
- se si hanno 4 ripetitori, ogni singolo segmento FOIRL non deve eccedere i 500 m;
- se si hanno 3 ripetitori, ogni singolo segmento FOIRL non deve eccedere i 1000 m.

La presenza dei ripetitori connessi a diversi tipi di segmenti può ridurre in modo diverso l'IPG, e comunque, se si rispettano le regole sopra riportate, sebbene siano un po' restrittive, non si verificano problemi di IPG troppo corto o di round trip delay eccessivo.

La figura 6.31 mostra un esempio di configurazione massima con 4 ripetitori in cui i segmenti di FOIRL devono essere limitati a 500 m.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

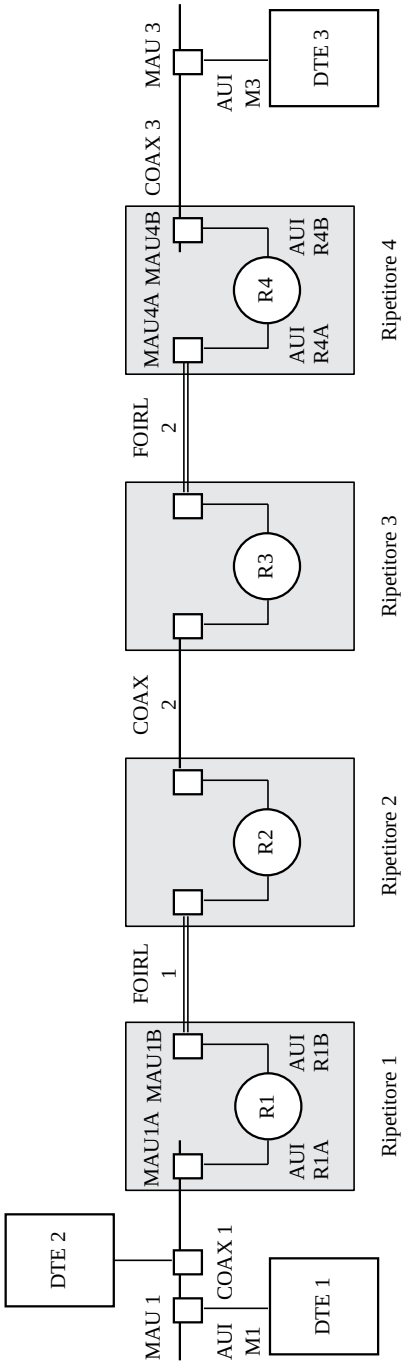

Fig. 6.31 - Interconnessione FOIRL.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

La figura 6.32 mostra un esempio con quattro ripetitori in cui i segmenti di tipo link utilizzati per interconnettere le stazioni sono 10BaseT.

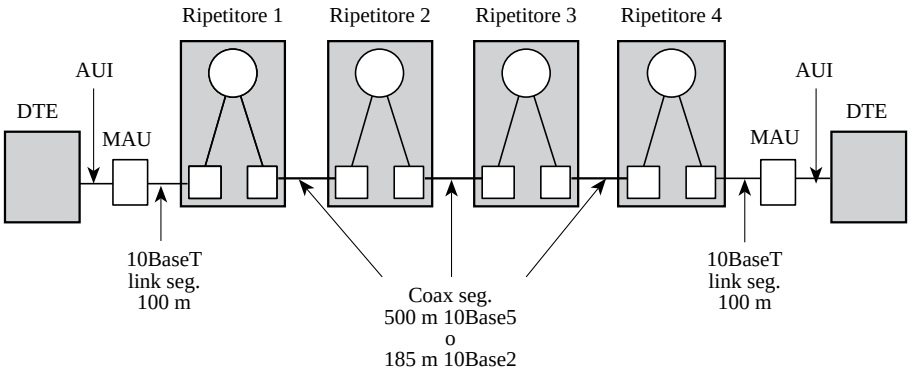

Fig. 6.32 - Esempio di configurazione massima n. 2.

La figura 6.33 mostra un altro esempio con quattro ripetitori e segmenti link sia di tipo FOIRL (massimo 500 m) sia di tipo 10BaseT.

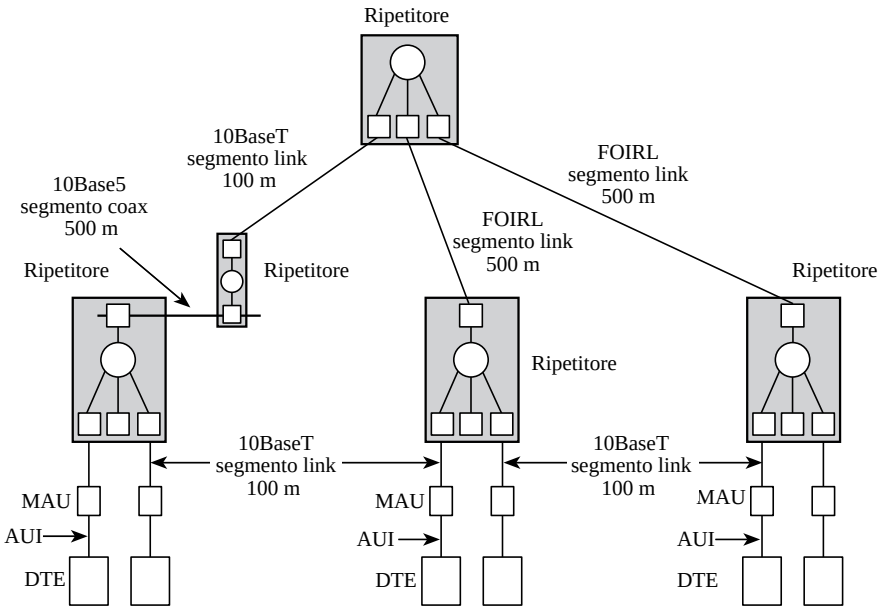

Fig. 6.33 - Esempio di configurazione massima n. 3.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

La figura 6.34 mostra un esempio con tre soli ripetitori in cui i segmenti FOIRL possono raggiungere la lunghezza di 1000 m.

Infine, la figura 6.35 mostra un esempio di configurazione non valida in quanto, pur avendo solo 3 ripetitori in cascata, il cammino tra le stazioni A e B ha 4 segmenti di tipo coax.

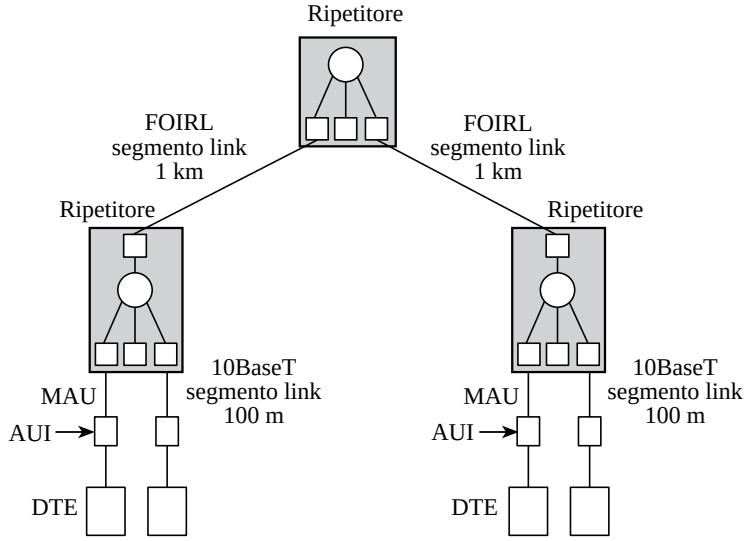

Fig. 6.34 - Esempio di configurazione massima n. 4.

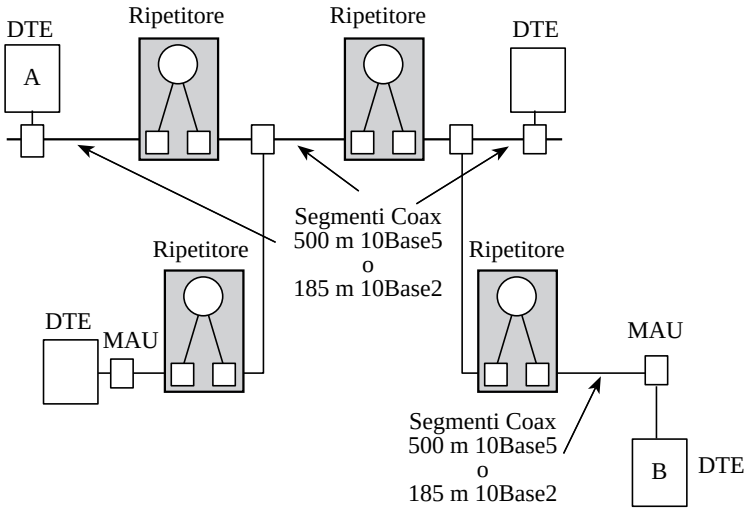

Fig. 6.35 - Esempio di configurazione non valida.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.7 REGOLE DI CONFIGURAZIONE: SECONDA VERSIONE

Queste regole sono tratte dalla quarta edizione dello standard datata 8/7/1993. I parametri da considerare sono i seguenti:

- la lunghezza dei segmenti ed i ritardi di propagazione ad essi associati;
- i ritardi associati a ciascuna *repeater unit*, cioè all'insieme di un ripetitore, dei transceiver ad esso collegati e dei cavi AUI (detto nel seguito ripetitore per semplicità);
- il ritardo associato ai MAU delle stazioni;
- il ritardo del DTE associato al metodo di accesso CSMA/CD;
- la riduzione dell'IPG dovuta ai ripetitori.

6.7.1 Definizioni

Il termine *link segment* indica una connessione punto-punto tra due transceiver FOIRL, 10BaseT, 10BaseFB o 10BaseFL.

Il termine *mixing segment* indica un segmento in grado di interconnettere più di 2 transceiver di tipo 10Base5, 10Base2 o 10BaseFP.

Il *path* è il percorso tra due DTE che attraversa segmenti, ripetitore, MAU.

Il *Segment Delay Value (SDV)* è il ritardo di un dato segmento; comprende sempre anche il ritardo introdotto dal ripetitore.

Il *Segment Variability Value (SVV)* è un numero associato ad un dato segmento, incluso un ripetitore, che rappresenta la variabilità del ritardo, ovvero l'entità di riduzione dell'IPG per quel segmento.

Il *Path Delay Value (PDV)* è la somma di tutti i SDV riferiti ai segmenti che costituiscono un percorso tra due DTE.

Il *Path Variabilty Value (PVV)* è la somma di tutti i SVV riferiti ai segmenti che costituiscono un percorso tra due DTE.

Un segmento 10BaseFP è composto da due qualunque link in fibra ottica più la stella passiva che li interconnette, quando presente.

6.7.2 Parametri associati ai segmenti

La tabella 6.3 riporta per i vari tipi di segmenti la massima lunghezza ammessa, il massimo numero di transceiver collegabili, la minima velocità di propagazione ammessa e il ritardo massimo introdotto.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Tipo di segmento	Max. num. di MAU per segm.	Lungh. max. segm.	Velocità min. di propagaz.	Ritardo max. per segm. (ns)
Mixing segment				
10Base5	100	500	0.77 c[1]	2165
10Base2	30	185	0.65 c	950
10BaseFP	33[3]	1000[2]	0.66 c	5000
Link segment				
FOIRL	2	1000	0.66 c	5000
10BaseT[4]	2	100	0.59 c	565
10BaseFB	2	2000	0.66 c	10000
10BaseFL	2	2000	0.66 c	10000

1 - c = 3 x 10^8 m/s (velocità della luce nel vuoto)
2 - la connessione MAU-to-star non deve superare i 500 m
3 - il numero di MAU dipende dalle caratteristiche della star passiva
4 - la lunghezza max. del segmento dipende dalle caratteristiche del cavo

Tab. 6.3 - Parametri associati ai segmenti.

6.7.3 Primo modello di configurazione

Questo modello ha delle regole semplici, ma un po' restrittive:

- il numero massimo di ripetitori ammesso in un percorso tra due stazioni è 4;
- il numero massimo di segmenti è 5, di cui 3 possono essere mixing segment;
- i cavi AUI per i MAU 10BaseFP e 10BaseFL non devono eccedere i 25 m;
- quando in un path sono presenti 5 segmenti in fibra ottica:
  - i segmenti FOIRL, 10BaseFB e 10BaseFL non possono superare i 500 m;
  - il segmento più lungo 10BaseFP non deve eccedere i 300 m;
- quando sono presenti 4 segmenti e 3 ripetitori in un path:
  - ogni segmento inter-repeater in fibra ottica non deve eccedere i 1000 m se riferito a un link di tipo FOIRL, 10BaseFB o 10BaseFL e i 700 m se il segmento è di tipo 10BaseFP;
  - la lunghezza massima di un segmento di fibra ottica che interconnette una stazione ad un ripetitore non deve superare i 400 m nel caso 10BaseFL e 300 m nel caso 10BaseFP.

La figura 6.36 mostra un esempio di configurazione che comprende una stella ottica passiva con tre ripetitori.

La figura 6.37 mostra la stessa configurazione di figura 6.36 con l'aggiunta di un quarto ripetitore e la conseguente riduzione delle lunghezze dei segmenti in fibra ottica.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

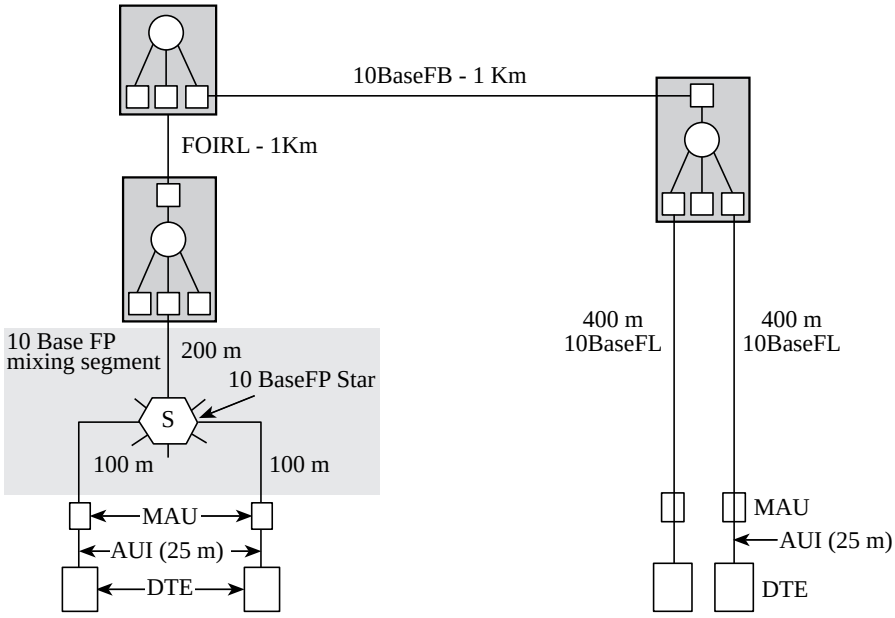

Fig. 6.36 - Esempio di configurazione massima n. 5.

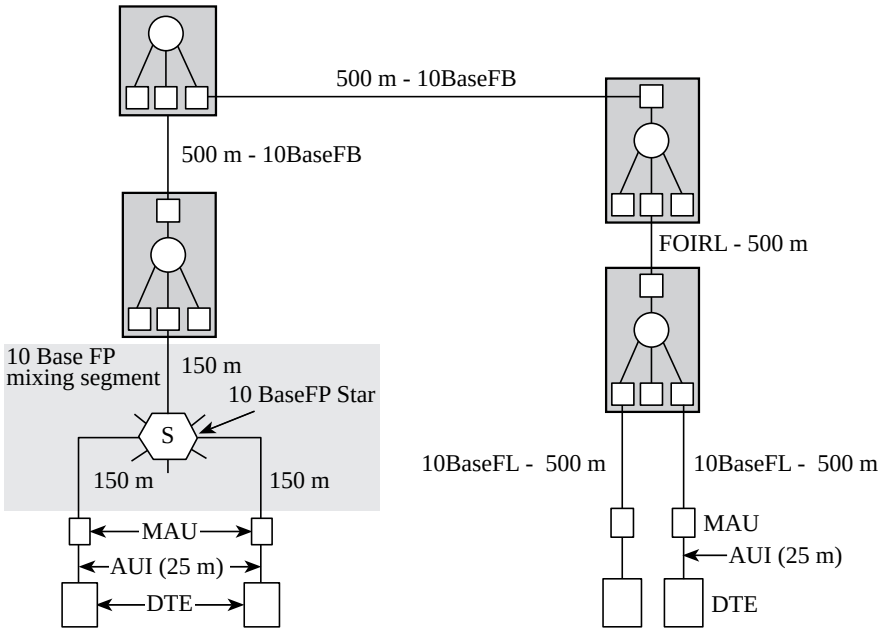

Fig. 6.37 - Esempio di configurazione massima n. 6.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.7.4 Secondo modello di configurazione

Questo modello permette numerose configurazioni che devono essere dimensionate utilizzando il modello mostrato in figura 6.38.

Il modello si basa sui seguenti presupposti:

- il DTE 1 deve percepire la collisione entro la collision window;
- il round trip delay non deve essere superiore al massimo frammento di collisione, cioè 575 bit time (si veda il paragrafo 6.5.2);
- la variabilità di sincronizzazione sul preambolo introdotta dai ripetitori deve garantire un IPG minimo di 47 bit time (4.7 μs).

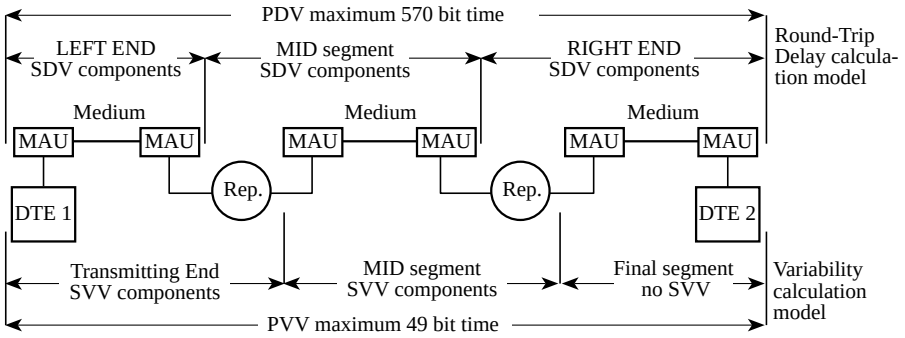

Fig. 6.38 - Modello di riferimento per il calcolo.

Prima regola di configurazione:

- il caso peggiore per il PDV non deve superare 570 bit time (575 bit - 5 bit di margine di sicurezza);
- il PDV è la somma di tutti i SDV associati ai segmenti che compongono un path; nella somma devono essere inclusi anche gli eventuali cavi AUI;
- per determinare il valore di SDV bisogna considerare i valori dei parametri riportati nella tabella 6.4 ed utilizzare la seguente formula:

$$SDV = base + [length \cdot (round\ trip\ delay/meter)]$$

I valori riportati nella tabella 6.4 sono mediati ed hanno il seguente significato:

- *Base* è il valore base di ogni segmento e indica la somma dei ritardi dei vari componenti attivi (DTE, MAU, ripetitore) più 2 m per ogni cavo AUI connesso ai MAU presenti nel percorso;

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

- *Max* è il valore massimo ed è il risultato della somma del valore base più il ritardo inserito dal segmento di lunghezza massima.
- *Round trip delay/meter* è l'incremento di ritardo introdotto da ogni metro di cavo o fibra.

Qualora i cavi AUI abbiano lunghezze maggiori di 2 m, bisogna aggiungere il ritardo dell'eccedenza di cavo AUI per ogni SDV. In pratica si aggiunge spesso tutta la lunghezza del cavo AUI e non solo l'eccedenza, poiché la differenza è minima ed il risultato finale è più restrittivo e quindi più sicuro.

Round-trip delay values in Bit time (PDV max. 570)								
Segment type	Max. lenght	Left end		Mid-segment		Right end		RT delay/meter
		Base	Max.	Base	Max.	Base	Max.	
10Base5 coax	500	11.75	55.05	46.5	89.8	169.5	212.8	0.0866
10Base2 coax	185	11.75	30.731	46.5	65.48	169.5	188.48	0.1026
FOIRL	1000	7.75	107.75	29	129	152	252	0.1
10BaseT	100*	15.25	26.55	42	53.3	165	176.3	0.113
10BaseFP	1000	11.25	111.25	61	161	183.5	284	0.1
10Base FB	2000	N/A**	N/A**	24	224	N/A**	N/A***	0.1
10BaseFL	2000	12.25	212.25	33.5	233.5	156.5	365.5	0.1
Excess lenght AUI	48	0	4.88	0	4.88	0	4.88	0.1026

* La lunghezza massima del segmento dipende dalle caratteristiche del cavo.
** N/A non applicabile poiché il 10BaseFB non supporta la end-connection.

Tab. 6.4 - Path Delay Value.

Esempio di calcolo

Prendiamo la figura 6.38 e supponiamo che il segmento a cui è connesso DTE 1 sia un coassiale 10Base5 lungo 350 m, supponiamo poi che il MID segment sia un link da 800 m di tipo FOIRL e che il segmento connesso al DTE 2 sia un cavo UTP da 50 m; supponiamo inoltre che i due DTE siano connessi tramite cavi AUI da 20 m.

Consideriamo prima come left end il segmento DTE 1 e come right end il segmento DTE 2.

SDV Left end = 11.75 + [350 · 0.0866] + 20 · 0.1026 = 44.11
SDV MID seg. = 29 + [800 · 0.1] = 29 + 80 = 109
SDV Right end = 165 + [50 · 0.113] + 20 · 0.1026 =172.7
PDV = 44.11 + 109 + 172.70 = 325.81 bit time

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

Consideriamo ora come left end il segmento DTE 2 e come right end il segmento DTE 1; non ricalcoliamo più il MID segment poiché il valore di SDV rimane invariato.

SDV Left end = 15.25 + [50 · 0.113] + 20 · 0.1026 = 22.95
SDV Right end = 169.5 + [350 · 0.0866] + 20 · 0.1026 = 201.86
PDV = 22.95 + 109 + 201.86 = 333.81 bit time

Tra i due casi di calcolo bisogna considerare il caso peggiore e quindi il PDV dell'esempio sarà 333.81 bit time.

Seconda regola di configurazione:

Per evitare che il valore di valore dell'IPG scenda al di sotto dei limiti accettabili è necessario che il valore di PVV nel caso peggiore sia inferiore a 49 bit time.

Il PVV è la somma di tutti i valori di SVV, e il valore di SVV si determina tramite la tabella 6.5.

Segment variability values in bit time (PVV max 49)		
Segment type	Transmitting end	Mid-segment
Coax	16	11
Link except 10BaseFB	10.5	8
10BaseFB	N/A**	2
10BaseFP	11	8

** N/A non applicabile poiché il 10BaseFB non supporta le end-connection

Tab. 6.5 - Segment Variability Value.

Riprendiamo il precedente esempio e calcoliamo il PVV.

Consideriamo prima come transmitting end il segmento DTE 1.

PVV = 16 + 8 = 24 bit time.

Consideriamo ora come transmitting end il segmento DTE 2.

PVV = 10.5 + 8 = 18.5 bit time.

Il valore di PVV da considerare deve essere quello peggiore e quindi il PVV dell'esempio sarà 24 bit time.

Una configurazione è valida quando entrambe le regole di configurazione sono rispettate e quindi quando il caso peggiore di PDV è inferiore a 570 bit time ed il caso peggiore di PVV è inferiore a 49 bit time.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

6.8 CONVIVENZA DI ETHERNET E IEEE 802.3

Sino a questo punto le reti locali Ethernet v.2.0 e IEEE 802.3 sono state descritte come delle realtà simili, ma distinte. In pratica è però molto comune trovare delle reti miste ed in particolare è oggi molto diffusa la situazione in cui l'hardware è conforme al più recente standard IEEE 802.3, ma il formato dei pacchetti continua ad essere quello di Ethernet v.2.0.

Questo non crea alcun problema alle schede poiché in fase di ricezione si è comunque in grado di distinguere i due tipi di pacchetti.

Per meglio comprenderere questo punto consideriamo come i protocolli di livello superiore si appoggiano sulle due reti locali (figura 6.39).

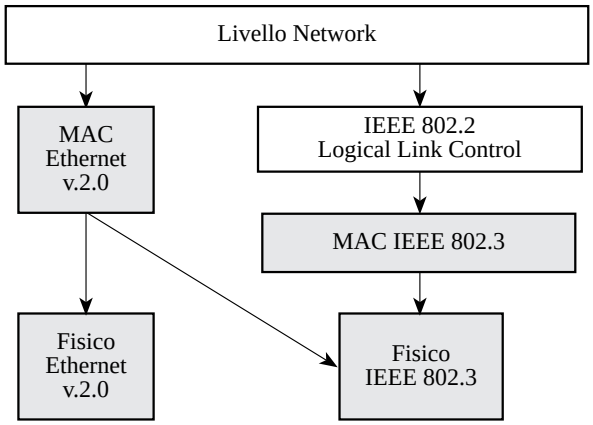

Fig. 6.39 - Pile di protocolli Ethernet e 802.3.

Come risulta evidente dalla figura, nel caso di Ethernet la PDU di livello 3 è contenuta direttamente nel pacchetto MAC, mentre nel caso 802.3 la PDU di livello 3 è contenuta nella PDU di livello LLC e quest'ultima è contenuta nel campo dati MAC.

Esempi di tali imbustamenti sono presenti in appendice B; in B.5 è riportato un imbustamento Ethernet e in B.7 un imbustamento 802.3.

Per capire come una scheda di rete locale discrimina in fase di ricezione i pacchetti Ethernet da quelli 802.3 si analizzi la figura 6.40 che mostra entrambi i pacchetti. Il primo campo diverso è quello lungo 2 byte che in Ethernet assume il significato di protocol type e in 802.3 quello di length. Gli insiemi di valori ammissibili nei due casi sono disgiunti, come appare anche evidente dall'appendice A, paragrafo A.2. Infatti, in 802.3 il campo length può assumere valori nell'intervallo 0-1500, mentre le codifiche di protocol type in Ethernet sono tutte maggiori o uguali a 1536.

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA

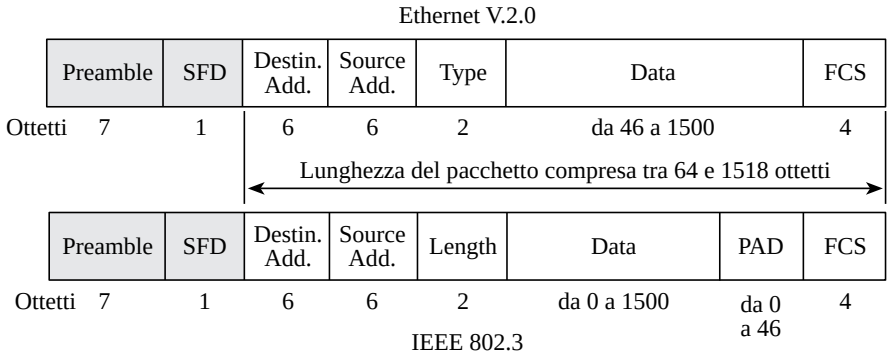

Fig. 6.40 - Pacchetti Ethernet e 802.3.

Quindi una scheda durante la ricezione di un pacchetto verifica il contenuto di quei due byte:

- se il contenuto è superiore a 1500 si tratta di un pacchetto Ethernet e il contenuto è il protocol type, e quindi si può direttamente passare il pacchetto al livello 3 corrispondente;
- se il contenuto è minore o uguale a 1500 allora si tratta di un pacchetto 802.3 e il contenuto è la length del campo dati. Il tipo di protocollo di livello 3 è contenuto in questo caso nella busta LLC, eventualmente di tipo SNAP, in accordo con quanto descritto nel paragrafo 5.7.4.

BIBLIOGRAFIA

[1] "The Ethernet. A Local Area Network Data Link Layer and Physical Layer Specification," Version 2.0, November 1982, document no. AA-K759B-TK, Digital Equipment Corporation Maynard (MA), Intel Corporation Santa Clara (CA), Xerox Corporation Stamford (Ca).

[2] ISO/IEC 8802.3, ANSI/IEEE Std 802.3 fourth edition 1993-07-08, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications.

[3] IEEE Std 802.3j-1993 Supplemento Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications. Fiber Optic Active and Passive Star-Based Segment, type 10BASE-F (Sections 15-18).

Cortesia della ssgrr.it - Creative Commons - CC-BY-SA