

8

LA RETE FDDI E LO STANDARD ISO 9314

8.1 INTRODUZIONE

Nel 1982 il sottocomitato X3T9.5 dell'ANSI (*American National Standard Institute*) inizia lo sviluppo di una rete locale ad alta velocità (100 Mb/s) detta FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*, figura 8.1). FDDI nasce per operare sulla fibra ottica e successivamente introduce anche l'uso di doppini in rame per le connessioni tra le stazioni ed i concentratori.

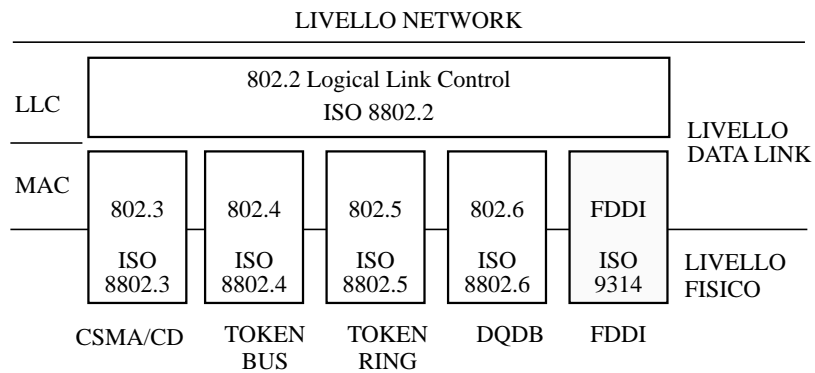


Fig. 8.1 - Relazioni tra i livelli OSI e FDDI.

Lo standard FDDI è costituito da 4 elementi (figura 8.2) a cui si riferiscono i relativi sotto-standard. Essi sono: il PMD (*Physical Medium Dependent*), il PHY (*livello fisico*), il MAC (*Media Access Control*), lo SMT (*Station Management*).

<p>MAC Media Access Control (X3.139)</p>	<p>SMT Station management (X3.229, ISO/IEC 9314-6)</p>
<p>PHY Physical layer (X3.148)</p>	
<p>PMD Physical medium dependent (X3.166, ISO/IEC 9314-3; X3.184; X3.237; TP-PMD)</p>	

Fig. 8.2 - Elementi componenti lo standard FDDI.

8.1.1 Gli standard di FDDI

Alla fine del 1986 il comitato ANSI approva lo standard X3.139, che tratta le specifiche FDDI del livello MAC, nella prima metà del 1988 approva lo standard X3.148, che tratta le specifiche del livello PHY, nella seconda metà del 1989 approva lo standard X3.166 che tratta le specifiche della parte PMD riguardante l'utilizzo della fibra ottica multimodale. Quest'ultimo viene adottato nel 1990 come standard internazionale ISO/IEC 9314-3.

La definizione del livello di gestione SMT ha richiesto più tempo degli altri livelli e quindi i costruttori di apparati FDDI hanno adottato le specifiche contenute nelle bozze di progetto disponibili al momento dello sviluppo del prodotto. Solamente alla fine del 1993 il comitato ANSI pubblica la bozza di standard X3.229 che include le precedenti bozze X3T9.5/84-49 e X3T9.5/92-67 e viene adottata anche dal comitato internazionale prendendo il nome di bozza ISO/IEC 9314-6. I prodotti FDDI installati possono quindi avere revisioni diverse del firmware relativo alla parte SMT e, per garantire una completa compatibilità, è preferibile che tutti i prodotti siano aggiornati all'ultima versione.

La necessità di aver a disposizione distanze maggiori tra le stazioni FDDI ha determinato lo sviluppo di un ulteriore standard che definisce le specifiche per l'utilizzo della fibra monomodale. Esso prende il nome di X3.184-1993 ed è stato approvato all'inizio del 1993.

Gli apparati FDDI non hanno avuto, negli anni passati, il successo sperato per due ragioni principali: la prima è che non si è verificata una grande necessità di banda

trasmissiva, la seconda è che i costi degli apparati erano troppo elevati. Per quest'ultima ragione sono stati sviluppati altri due standard che riducono i costi dei componenti e dell'installazione. Alla fine del 1992 il comitato ANSI pubblica la bozza di standard X3.237 che include le specifiche delle precedenti bozze X3T9.5/92 e LCF-PMD/079, e fornisce le specifiche per l'utilizzo di componenti per fibre ottiche multimodali a basso costo. All'inizio del 1994 viene pubblicata la bozza di standard TP-PMD che include le specifiche delle precedenti bozze X3T9/93-130, X3T9.5/93-022 e TP-PMD/306, e fornisce le specifiche per l'utilizzo di cavi STP e UTP.

8.1.2 Le stazioni FDDI

Le stazioni di una rete FDDI possono essere dei seguenti tipi:

- schede di interfaccia per calcolatori (mainframe, minicomputer, workstation, PC);
- Bridge FDDI/(Ethernet e IEEE 802.3), FDDI/802.5, FDDI/FDDI;
- Router/Brouter;
- Gateway;
- *Dual Attachment Concentrator (DAC)*.

8.1.3 PMD

Il PMD è lo strato più basso del livello Fisico della pila OSI e descrive le specifiche hardware per la connessione delle stazioni FDDI ed in particolare le interfacce verso i mezzi trasmissivi, i livelli dei segnali, le caratteristiche dei circuiti ricevitori e trasmettitori, le caratteristiche dei connettori e dei mezzi trasmissivi.

8.1.4 PHY

Il PHY è lo strato più alto del livello Fisico e si occupa principalmente della codifica e decodifica dei pacchetti, della sincronizzazione, della combinazione e separazione di clock e dati, della compensazione di differenze di clock tra stazioni adiacenti.

8.1.5 MAC

Il MAC è lo strato più basso del livello Data Link e fornisce i servizi di accesso all'anello, inizializzazione dell'anello e isolamento dei guasti.

8.1.6 SMT

Lo SMT fornisce i servizi di monitoraggio e controllo di una stazione FDDI, ed in particolare si occupa dell'inserzione e rimozione di una stazione dall'anello, dell'inizializzazione di una stazione, della gestione della configurazione della stazione, dell'isolamento dei guasti, del recupero della funzionalità globale della rete e della raccolta di statistiche.

8.2 METODO DI ACCESSO TIMED TOKEN PASSING

Il MAC di FDDI viene comunemente chiamato *timed token passing* in quanto indica un sistema a token controllato da timer. I dati vengono trasmessi serialmente come stringhe di simboli da una stazione ad un'altra ed ogni stazione ripete le stringhe di simboli ricevute a quella successiva.

Il *simbolo* è l'elemento di rappresentazione più piccolo usato dal MAC e consiste in un quartetto (4 bit) che viene codificato/decodificato in un gruppo di 5 bit dal livello fisico in fase di trasmissione/ricezione (codifica 4B/5B, paragrafo 3.1.3). Si possono avere simboli di dato o di controllo.

Una rete FDDI ha le seguenti caratteristiche:

- la velocità di trasmissione è di 100 Mb/s al livello Data Link e 125 Mb/s sul mezzo trasmissivo a causa della codifica 4B/5B;
- la topologia è ad anello, ma può essere riportata a stella tramite l'uso di concentratori attivi.

L'anello FDDI offre inoltre caratteristiche di tolleranza ai guasti e di elevata affidabilità, ragioni per le quali si presta ad essere utilizzato come dorsale interconnettente altre sottoreti quali Ethernet e Token Ring.

La topologia logica è costituita da un anello monodirezionale, quella fisica è costituita da un *doppio anello controrotante*, avente un anello primario (*primary ring*) utilizzato per trasmettere i dati ed un anello secondario (*secondary ring*) che serve come percorso di backup (si veda il paragrafo 3.5.2). In condizioni normali (figura 8.3) le informazioni viaggiano sull'anello primario, mentre quello secondario si trova in uno stato di stand-by caldo (IDLE).

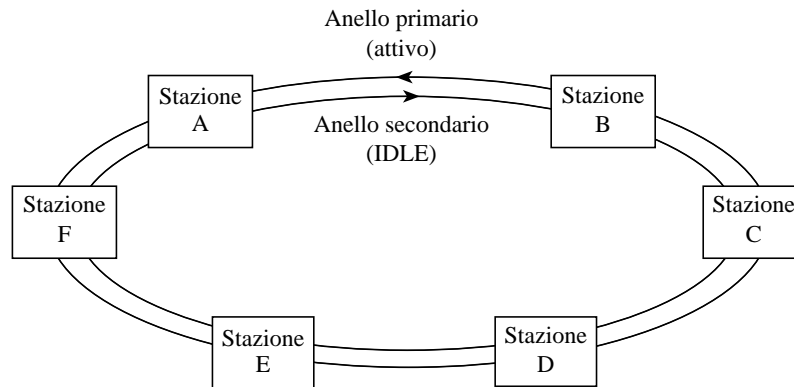


Fig. 8.3 - Anello FDDI.

In condizioni di guasto l'anello primario si richiude sul percorso di backup (figura 8.4) che abbandona lo stato di idle e fa fluire le informazioni: queste viaggiano lungo un percorso costituito dalla porzione di anello primario funzionante più quella dell'anello secondario (si veda anche il paragrafo 3.5.2).

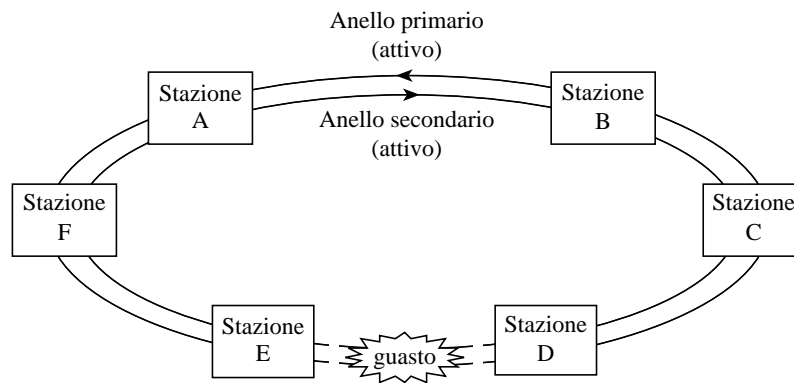


Fig. 8.4 - Caso di guasto dell'anello FDDI.

8.2.1 Trasmissione dei pacchetti

La trasmissione può essere di due tipi:

- sincrona, quando esiste l'esigenza di un tempo di risposta o di una banda garantiti (trasmissione voce e video);

- asincrona, quando la banda viene allocata in modo dinamico; questa modalità è quella più comune in quanto è utilizzata per la trasmissione dati.

La modalità sincrona è prioritaria rispetto alla asincrona. Quando una stazione cattura il token trasmette sempre prima eventuali trame sincrone e poi, se rimane tempo, altre trame asincrone.

La modalità asincrona è molto simile al MAC di IEEE 802.5 con early token release: una stazione che ha dei pacchetti da trasmettere attende di ricevere il *token*, e quando lo cattura inizia la trasmissione dei pacchetti che deve completarsi entro un tempo limite definito dal timer THT (*Token Holding Timer*). In IEEE 802.5 il valore di THT è fisso, mentre in FDDI THT viene inizializzato dinamicamente ad un opportuno valore (si veda il paragrafo 8.2.10) in modo da garantire un tempo di rotazione massimo del token e quindi assicurare la banda necessaria alla trasmissione sincrona. Se il valore di THT risulta essere zero la stazione deve attendere il prossimo passaggio del token per poter trasmettere. Alla fine della trasmissione la stazione emette un nuovo token in modo da offrire la possibilità di trasmettere ad altre stazioni. Quando la stazione trasmittente riceve il pacchetto da essa generato lo rimuove dal ring. Durante la fase di trasmissione la funzione di ripetizione viene inibita.

La figura 8.5 e la figura 8.6 mostrano un esempio di trasmissione e ricezione di pacchetti lungo un'ipotetica rete FDDI.

- Nella fase 1 la stazione A ha un pacchetto da trasmettere alla stazione C, attende il token e lo cattura.
- Nella fase 2 la stazione A inizia a trasmettere il pacchetto F1.
- Nella fase 3 la stazione A, alla fine della trasmissione del pacchetto, riemette il token; nel frattempo il pacchetto F1 si è propagato lungo l'anello ed ha raggiunto la stazione C la quale, osservando il campo destination, riconosce che il pacchetto è destinato ad essa e quindi inizia la copia del medesimo; alla fine della copia la stazione C imposta il bit di copied nel campo di frame status di F1.
- Nella fase 4 la stazione B, che aveva da trasmettere il pacchetto F2 alla stazione D, cattura il token ed inizia a trasmettere.
- Nella fase 5 la stazione B, alla fine della trasmissione del pacchetto, riemette il token; nel frattempo i pacchetti si sono ulteriormente propagati lungo l'anello e quello F2 raggiunge la stazione D la quale, osservando il campo destination, riconosce che il pacchetto è destinato ad essa e quindi inizia la copia del medesimo; alla fine della copia la stazione D imposta il bit di copied nel campo di frame status di F2.

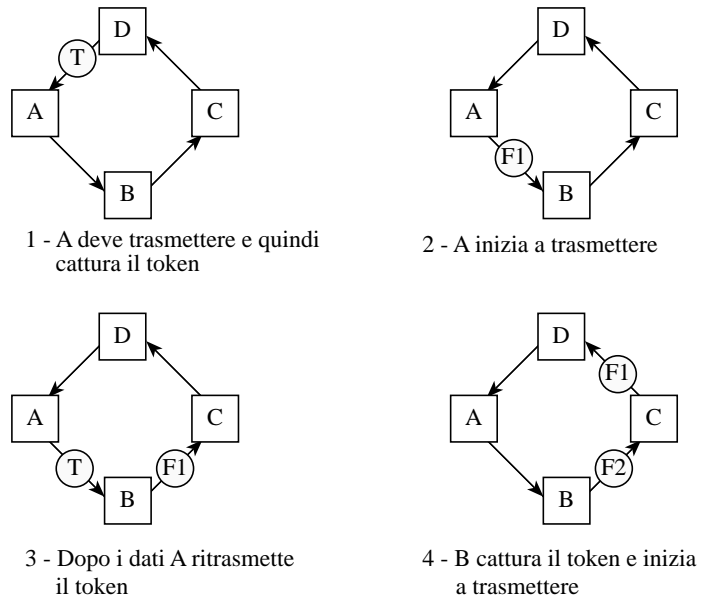


Fig. 8.5 - Esempio di trasmissione dati (fasi 1, 2, 3, 4).

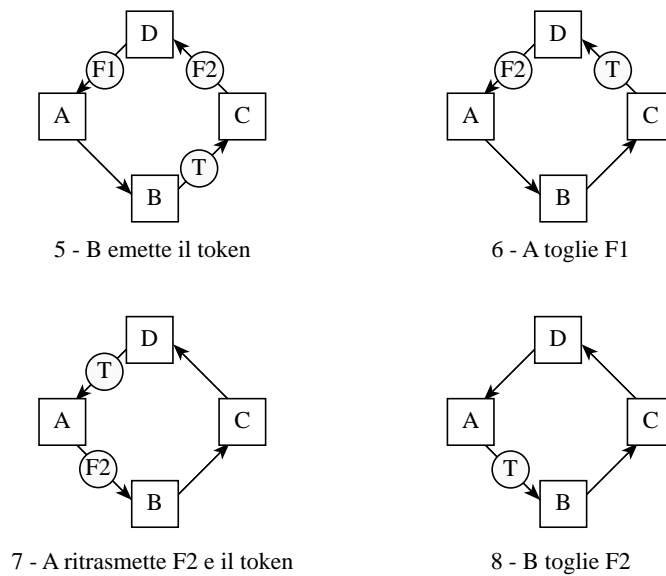


Fig. 8.6 - Esempio di trasmissione dati (fasi 5, 6, 7, 8).

- Nella fase 6 la stazione A riceve il pacchetto da essa trasmesso, lo riconosce confrontando il campo di source address con il proprio indirizzo e quindi lo rimuove dall'anello.
- Nella fase 8 la stazione B riceve il pacchetto da essa trasmesso e quindi lo rimuove dall'anello.

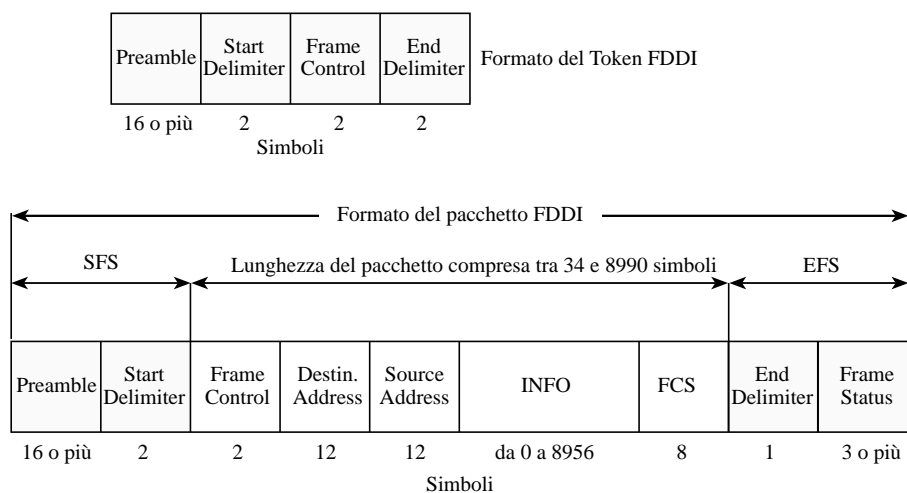
Alla fine di tutte le fasi descritte nell'esempio, nell'anello circola soltanto il token in quanto non c'è nessuna stazione che necessita di trasmettere dei pacchetti.

8.2.2 Ricezione dei pacchetti

Una stazione che non sta trasmettendo un pacchetto ripete tutti i simboli ricevuti alla stazione successiva ed ispeziona continuamente tutto ciò che vede transitare. Ogni stazione compara il campo di destination address dei pacchetti in transito con il proprio indirizzo per verificare se il pacchetto è destinato ad essa o è un pacchetto di multicast o di broadcast; in caso positivo, esegue una copia del pacchetto ed imposta il bit di copied nel campo di *Frame Status (FS)*.

8.2.3 Formato del token e del pacchetto

La figura 8.7, mostra il formato del token e del pacchetto FDDI.



Nota: 2 simboli MAC corrispondono ad un otteetto

Fig. 8.7 - Formato del token e del pacchetto.

Il pacchetto è delimitato da:

- lo *Start-of-Frame Sequence* (SFS) che ne indica l'inizio ed è a sua volta composto dal preambolo e dallo start delimiter;
- l'*End-of-Frame Sequence* (EFS) che ne indica la fine ed è a sua volta composto dall'end delimiter e dal frame status.

Il *preambolo* (PA: Preamble) è composto da 16 o più simboli di idle ed è collocato in testa sia al token sia al pacchetto; esso è utilizzato dalla stazione ricevente per sincronizzare il proprio clock con quello della precedente stazione trasmittente.

Il campo di *Start Delimiter* (SD) è comune sia al token sia al pacchetto ed è formato da un simbolo J ed un simbolo K (si veda il paragrafo 3.1.3). Esso delimita l'inizio di un token o di un pacchetto.

Il campo di *Frame Control* (FC) è comune sia al token sia al pacchetto e, a seconda del contenuto, indica se è riferito ad un token o ad un pacchetto. Quando si riferisce ad un pacchetto indica se questo è di tipo sincrono (trasmissione video o voce) o asincrono (trasmissione dati) ed in quest'ultimo caso indica se la parte *information* contiene LLC PDU (pacchetti di dati) o MAC PDU (pacchetti di servizio).

Il campo di *frame status* contiene almeno tre simboli che possono assumere i valori R o S:

- il primo si chiama *error detected indicator* ed indica se il pacchetto è errato; esso può essere impostato da una qualunque stazione che rilevi degli errori durante la fase di ripetizione del pacchetto;
- il secondo si chiama *address recognized indicator* ed è impostato dalla stazione che riconosce il destination address come il proprio indirizzo;
- il terzo si chiama *frame copied indicator* ed è impostato dalla stazione che ha copiato il pacchetto.

Nel campo di *Destination Address* (DA) è contenuto l'indirizzo della stazione a cui è destinato il pacchetto, nel campo di *Source Address* (SA) è contenuto l'indirizzo della stazione che ha generato il pacchetto.

Il campo *information* (INFO) può contenere LLC-PDU o MAC-PDU; queste ultime vengono utilizzate principalmente per scopi di gestione della rete, come ad esempio in caso di trasmissione di Claim-PDU e Beacon-PDU.

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

8.2.4 Funzione di ripetizione dei simboli

Ogni stazione che non sta trasmettendo pacchetti o emettendo il token ripete le stringhe

di simboli ricevuti alla stazione successiva. Quando una stazione deve trasmettere dei pacchetti attende di ricevere un token, ne modifica il campo Frame Control trasformandolo in un pacchetto e inibisce la ripetizione. Quando la stazione che ha originato un pacchetto riconosce nel campo di source address ricevuto il proprio indirizzo, rimuove dall'anello il pacchetto precedentemente trasmesso e riabilita la ripetizione.

8.2.5 Funzione di rimozione del pacchetto (frame stripping)

Ogni stazione è responsabile di rimuovere dall'anello i pacchetti che ha originato. In realtà, il pacchetto non viene completamente rimosso, ma rimangono dei residui che sono i campi di PA, SD, FC, DA e SA, e questo succede poiché la decisione di rimozione viene presa in base all'osservazione del campo SA e quindi nel frattempo quest'ultimo campo, più quelli precedenti, sono già stati ripetuti. I residui di un pacchetto vengono rimossi quando incontrano una stazione trasmittente.

L'algoritmo previsto dallo standard non è ritenuto efficiente nel caso in cui la stazione FDDI sia un bridge, in quanto il source address del pacchetto non è quello del bridge che sta trasmettendo, bensì quello della stazione trasmittente di un'altra LAN. Per questa ragione è stato sviluppato un algoritmo che si chiama *Frame Content Independent Stripping* (FCIS), basato sulla rimozione dello stesso numero di pacchetti che la stazione ha trasmesso dal momento in cui ha catturato il token. Questo sistema è quindi indipendente dal contenuto dei pacchetti.

8.2.6 Monitoraggio dell'anello (ring monitoring)

Ogni stazione controlla continuamente l'anello per rilevare eventuali condizioni operative non valide che richiedano la re-inizializzazione dell'anello. La re-inizializzazione avviene a seguito della rilevazione di inattività dell'anello o di attività scorretta. L'inattività dell'anello viene rilevata dalla stazione ricevente allo scadere del timer TVX. L'attività scorretta viene rilevata o dalla stazione trasmittente, attraverso il conteggio delle volte in cui è scaduto il timer TRT, o dal processo di SMT.

8.2.7 Accensione delle stazioni

All'accensione ogni stazione entra in una condizione di self-test durante la quale controlla la propria funzionalità. Successivamente inizia un processo di riconoscimento delle stazioni vicine, durante il quale le stazioni si scambiano informazioni circa le connessioni sulle porte. Alla fine di questo processo iniziale si passa alla fase di token claim.

8.2.8 Token claim e inizializzazione dell'anello

Ogni stazione che richiede l'inizializzazione dell'anello incomincia un processo di token claim. Durante questo processo le stazioni trasmettono continuamente dei pacchetti di claim attraverso i quali propongono il proprio valore di TTRT (*Target Token Rotation Timer*) e controllano i pacchetti ricevuti.

Le stazioni comparano la proposta di TTRT ricevuta con il valore da loro proposto. Se il valore ricevuto è inferiore a quello proposto la stazione interrompe la generazione dei pacchetti di claim e ripete quelli ricevuti. Se il valore ricevuto è uguale a quello proposto si comparano gli indirizzi MAC delle stazioni: quella con indirizzo inferiore interrompe la generazione dei pacchetti di claim e ripete quelli ricevuti. Alla fine, una sola stazione continuerà a trasmettere e ricevere i pacchetti di claim, e sarà quella vincente.

La stazione che ha vinto il token claim ha il diritto di inizializzare l'anello: trasmette il valore del TTRT determinato durante il processo di claim ed emette il token. Durante il primo giro di token tutte le stazioni salvano il valore negoziato di TTRT in T_{opr} ; dopo il terzo giro di token l'anello diventa completamente operativo.

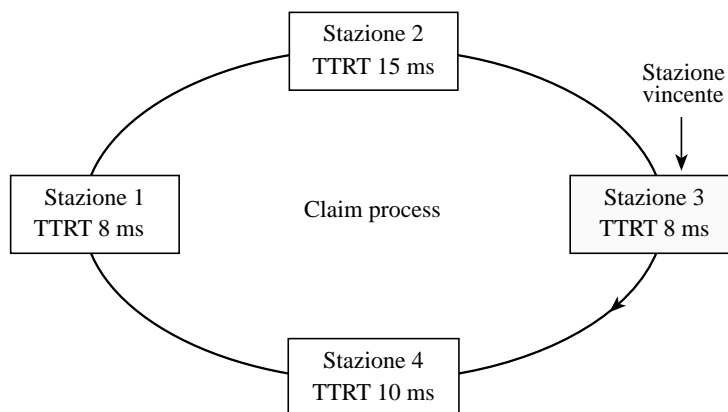


Fig. 8.8 - Esempio di token claim.

La figura 8.8 mostra un esempio di claim del token organizzato nelle seguenti fasi:

- fase 1: tutte le stazioni iniziano a trasmettere i pacchetti di claim;
- fase 2: le stazioni 2 e 4 ricevono un valore di TTRT più basso rispetto al loro e abbandonano il processo di claim, cioè interrompono la trasmissione dei pacchetti di claim e ripetono quelli ricevuti;
- fase 3: la stazione 3 riceve un valore di TTRT identico a quello da essa proposto (8 ms), ma proveniente dalla stazione 1 che ha indirizzo MAC inferiore e continua a trasmettere i pacchetti di claim;

- fase 4: la stazione 1 riceve un valore di TTRT identico a quello da essa proposto, ma dalla stazione 3 che ha indirizzo MAC superiore e abbandona il processo di claim;
- fase 5: la stazione 3 riceve il proprio pacchetto di claim e vince il processo di claim;
- fase 6: la stazione 3 emette il token.

8.2.9 Processo di isolamento dei guasti (beacon process e stuck beacon)

Il motivo per il quale una stazione non riesce a terminare con successo il processo di claiming può derivare da un guasto che causa l'interruzione dell'anello. In questo caso essa inizia un processo di isolamento del guasto trasmettendo in continuazione pacchetti di beacon. Se una stazione riceve un pacchetto di beacon, interrompe il processo di beaconing e ripete il pacchetto ricevuto a quella successiva. Se una stazione riceve il proprio pacchetto di beacon assume che l'anello sia stato ripristinato ed inizia quindi il processo di claim.

Questo meccanismo automatico è sufficiente a ripristinare piccole anomalie momentanee dell'anello. Se invece l'anomalia è seria e persistente si ha una condizione di stuck beacon e si rende necessario l'intervento dei processi controllati dallo SMT, il quale inizia una funzione di *trace*. La funzione di trace induce le stazioni sospette, che sono ai due limiti estremi del guasto, ad abbandonare il ring, entrare in una condizione di bypass ed iniziare il *path test*. Questo serve a verificare il corretto funzionamento di tutti i componenti. Se una stazione fallisce il path test significa che è guasta e quindi si autoesclude dall'anello.

L'esempio riportato nella figura 8.9 riassume le fasi di isolamento di un guasto persistente:

- fase 1: la stazione A è difettosa e non trasmette alla stazione B;
- fase 2: la stazione B inizia un processo di claiming che fallisce e quindi inizia un processo di beacon;
- fase 3: il processo di beacon non è sufficiente a ripristinare l'anello in quanto il guasto è persistente; la stazione B entra quindi in una condizione di stuck beacon ed inizia un processo di trace che trasmette un segnale di MLS (*Master Line State*) sull'anello secondario alla precedente stazione vicina (*upstream neighbor*);
- fase 4: le stazioni A e B abbandonano l'anello ed entrano in uno stato di path test;
- fase 5: il path test indica che la stazione A è guasta, quindi la esclude dall'anello;
- fase 6: la stazione B si riconnette all'anello ed inizia un processo di claim.

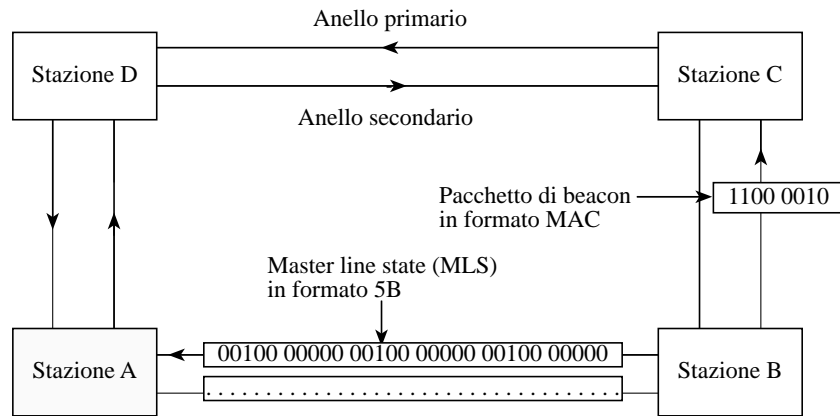


Fig. 8.9 - Esempio di isolamento di un guasto.

La figura 8.10 mostra due diversi esempi di guasto e ripristino dell'anello.

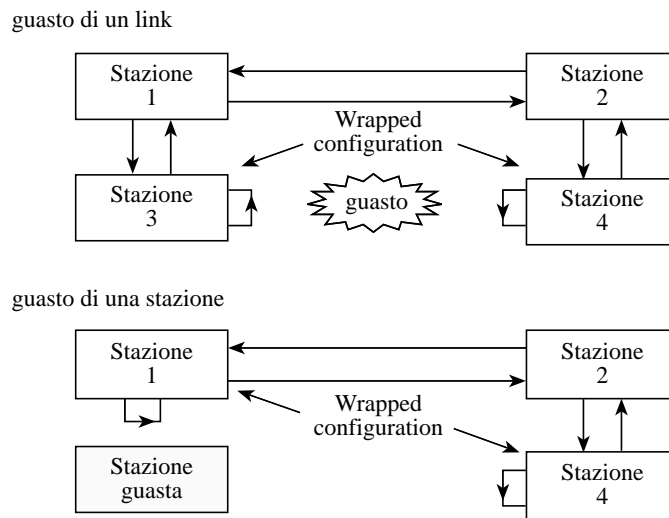


Fig. 8.10 - Esempio di guasti diversi e ripristino.

8.2.10 Parametri, contatori e timer

Tutte le operazioni del livello MAC sono controllate da parametri, contatori e timer che ne definiscono il comportamento.

I parametri principali sono:

- *M_Max* indica il numero massimo delle entità MAC (valore di default 1000). Esso limita il numero massimo di stazioni dell'anello FDDI a 500 in quanto, utilizzando delle stazioni DAS (descritte nel paragrafo 8.5), si hanno due entità MAC per ogni stazione;
- *D_Max* indica il massimo tempo di latenza sull'anello; il valore massimo è 1.773 ms;
- *T_opr* indica il valore del TTRT della stazione che ha vinto il processo di claim token.

Il principale contatore è:

- *Late_Ct* indica il numero di volte che è scaduto il TRT. Viene inizializzato a zero a ogni passaggio del token; se raggiunge il valore 2 determina l'attivazione del processo di claim token; se raggiunge il valore 3 determina l'attivazione del processo di beacon.

I principali timer sono i seguenti:

- *THT (Token Holding Timer)* indica il tempo massimo per il quale una stazione trasmittente può trattenere il token; esso viene inizializzato, quando il token è catturato, al valore di *T_opr* meno il valore corrente di TRT. THT indica il tempo ancora disponibile per la trasmissione di trame asincrone. Se il valore a cui viene inizializzato è minore o uguale a zero, il token non può essere utilizzato per la trasmissione di trame asincrone e la stazione deve attendere il prossimo passaggio del token per poter trasmettere;
- *TVX (Timer Valid Transmission)* indica il tempo massimo ammesso tra due trasmissioni valide; viene azzerato ad ogni passaggio del token e di pacchetto senza errori; allo scadere si inizia un processo di isolamento dei guasti; il valore minimo ammesso è di 2.5 ms, quello normalmente utilizzato è di 2.62 ms;
- *TRT (Token Rotation Timer)* indica quanto tempo è trascorso dall'ultimo passaggio del token nella stazione. Viene usato per controllare la schedulazione delle operazioni dell'anello durante una condizione normale oppure per rilevare e recuperare delle condizioni di errore. Viene inizializzato a zero ad ogni passaggio del token ed ogni volta che "scade", cioè supera *T_opr*;
- *TTRT (Target Token Rotation Timer)* indica il tempo di rotazione del token che la stazione propone durante il processo di claiming (normalmente questo valore è di 8 ms); il valore è compreso tra altri due valori che sono: *T_Min*, il cui valore massimo ammesso è 4 ms, e *T_Max* il cui valore minimo ammesso è 165 ms.

8.3 FUNZIONI DELL'ELEMENTO PHY

Le funzioni principali dell'elemento PHY sono le seguenti:

- la codifica (e decodifica) NRZ (*Non Return to Zero*) e NRZI (*Non Return to Zero Inverted on one*), descritte nel paragrafo 3.1.2;
- la codifica e decodifica 4B/5B (paragrafo 3.1.3);
- la determinazione degli stati della linea (line states) che serve allo SMT per verificare e mantenere l'integrità dell'anello. Essi sono: *Quiet Line State* (QLS), *Master Line State* (MLS), *Halt Line State* (HLS), *Active Line State* (ALS), *Noise Line State* (NLS) e *Idle Line State* (ILS). Quest'ultimo è particolarmente importante perché serve a stabilire e mantenere la sincronizzazione del clock sulla stazione ricevente.

Nella parte PHY rientrano una serie di circuiti responsabili di determinate funzioni che ricoprono una particolare importanza per il corretto funzionamento dell'anello FDDI.

Il circuito di elasticity buffer è utilizzato da ogni stazione per compensare le differenze di clock. Esso è di fatto un registro FIFO (*First-In First-Out*) in cui la minima capacità richiesta è di 5 bit.

Il circuito di smoothing assorbe il surplus di bit di preambolo e li ridistribuisce nei preamboli più corti in modo da mantenerli entro i limiti di tolleranza.

8.4 LE FUNZIONI DELL'ELEMENTO SMT

Ci sono tre famiglie di funzioni che sono:

- il *PCM* (*Physical Connection Management*) che si occupa dell'inserzione, rimozione o condizione di bypass di una stazione;
- il *RMT* (*Ring Management*) che si occupa della gestione dell'anello;
- il *CFM* (*Configuration Management*) tramite il quale è possibile intervenire sui parametri di configurazione della stazione.

La figura 8.11 mostra lo schema logico delle principali funzioni di SMT.

Periodicamente lo SMT si occupa di inviare i pacchetti di notifica delle stazioni vicine chiamati NIF (*Neighbor Information Frame*) che sono usati dalla stazione per annunciare il suo indirizzo ed una sua descrizione.

Nel caso si sospetti un guasto della stazione, essa entra in uno stato di path test.

In caso di guasto persistente dell'anello, lo SMT si occupa della funzione di tracce che serve ad isolare il guasto e a ripristinare l'anello (si veda il paragrafo 8.2.9).

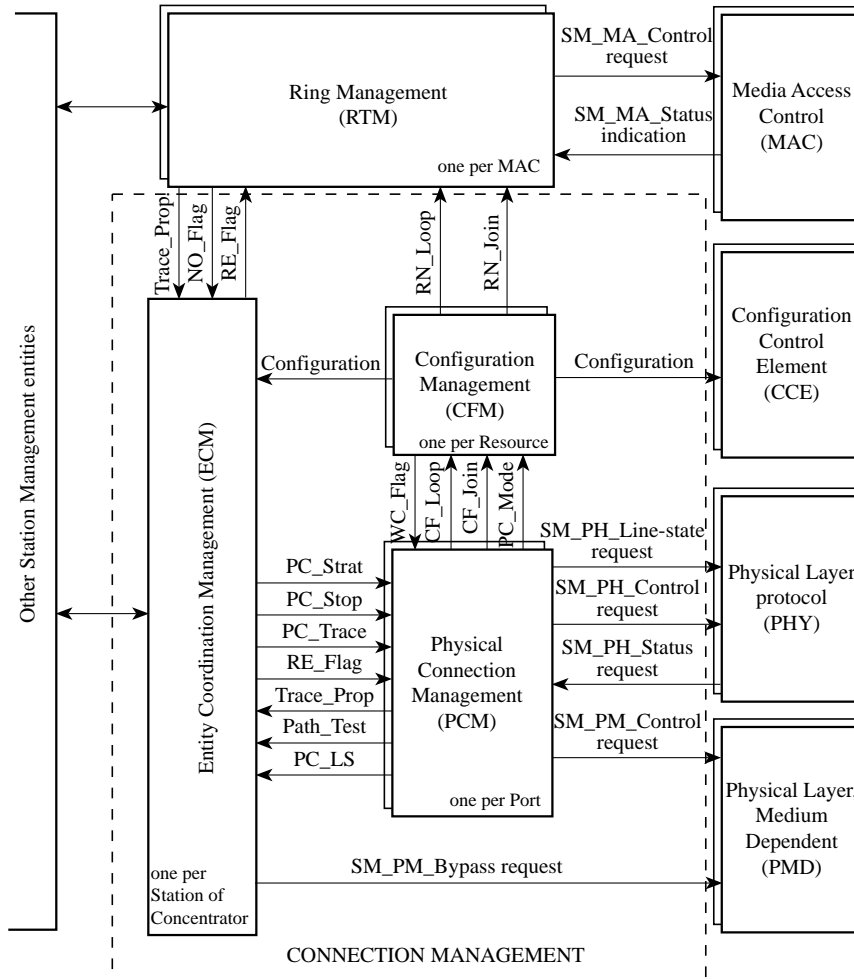


Fig. 8.11 - Schema logico delle principali funzioni di SMT.

8.5 TIPI DI STAZIONI

Esistono tre tipi di stazioni FDDI:

- la stazione *DAS* (*Dual Attachment Station*) che si collega direttamente all'anello primario e a quello secondario, può disporre di un relé ottico di bypass, offre un'ottima tolleranza ai guasti, ma ha costi elevati (figura 8.12);

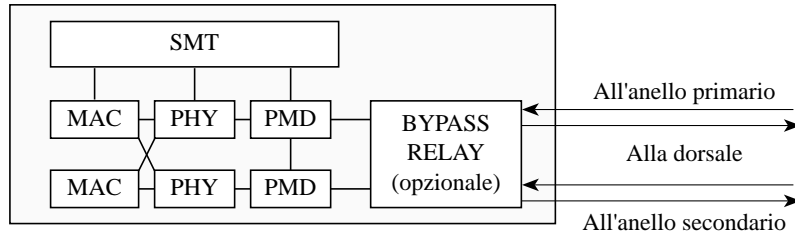


Fig. 8.12 - Stazione DAS.

- la stazione *SAS* (*Single Attachment Station*) che si collega all'anello tramite il concentratore DAC (*Dual Attachment Concentrator*), fornisce una sola connessione all'anello FDDI, delega parte del controllo dei guasti al concentratore, ha costi relativamente bassi ed è l'unica soluzione possibile nel caso che la stazione utilizzi cavi STP o UTP (figura 8.13);

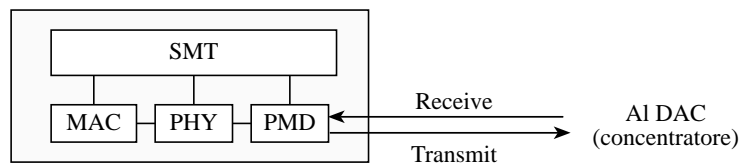


Fig. 8.13 - Stazione SAS.

- la stazione *DAC* (*Dual Attachment Concentrator*) che è un concentratore attivo che permette la connessione di stazioni SAS all'anello e controlla la topologia della rete, inserendo o rimuovendo le stazioni ad essa connesse tramite l'uso di switch elettronici; ogni elemento PHY è gestito separatamente dall'elemento SMT (figura 8.14). Il DAC può essere usato come radice di un albero di stazioni.

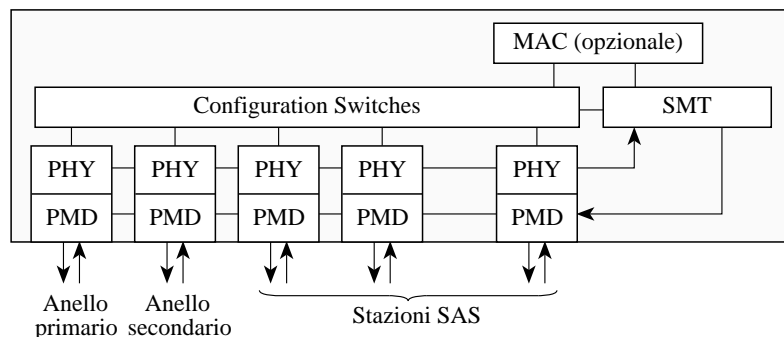


Fig. 8.14 - Concentratore DAC.

8.6 GLI STANDARD PMD

8.6.1 Lo standard ANSI X3.166 - ISO/IEC 9314-3

Questo è il primo standard PMD approvato ed è anche il più diffuso e conosciuto. Si basa sull'utilizzo della fibra ottica multimodale 62.5/125 e dei LED che lavorano in seconda finestra (1300 nm). Esso stabilisce le caratteristiche della fibra ottica e dei componenti del cablaggio.

La fibra ottica deve rispondere ai requisiti dello standard EIA/TIA 568 o ISO/IEC 11801 (si veda il capitolo 4).

Il link costituito dalla fibra ottica più tutti gli eventuali connettori, giunti o splice, non deve attenuare più di 11 dB.

La distanza massima ammessa tra due stazioni FDDI è di 2 Km; questa distanza massima può essere ridotta qualora l'attenuazione globale del link superi gli 11 dB.

Il connettore MIC (*Medium Interface Connector*) utilizzato dagli apparati FDDI è il connettore duplex ST riportato nella figura 8.15.

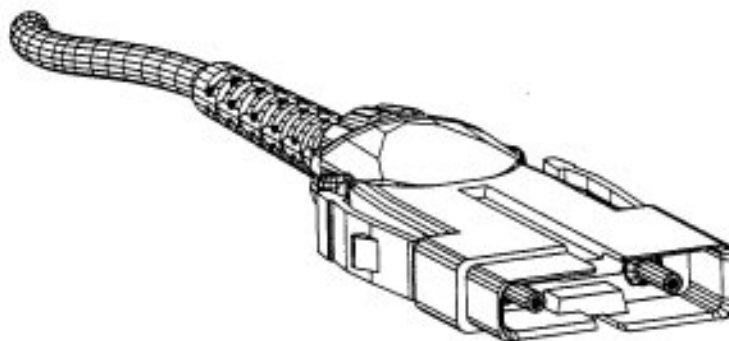


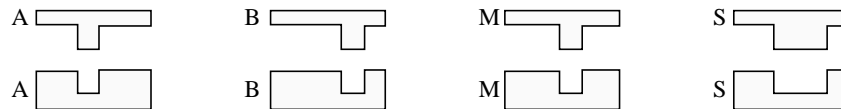
Fig. 8.15 - Connettore FDDI.

Esso possiede una chiave d'inserzione configurabile dall'utente che serve a specializzare il tipo di connessione e, a seconda delle posizioni, può essere usata per l'inserzione nella porta A, B, M, S di una stazione (figura 8.16).

Il bypass switch ottico è opzionale e serve a prevenire sezionamenti multipli dell'anello a seguito dello spegnimento di alcune stazioni. Esso deve avere un'attenuazione massima di 2.5 dB, sia in condizione normale sia in condizione di bypass. Il bypass switch è basato su un principio elettromeccanico a specchi e quando viene a mancare la tensione di alimentazione commuta in posizione di bypass. Esso non è

quasi mai utilizzabile a causa dell'elevata attenuazione.

La funzione dei bypass switch ottici viene meglio effettuata dai concentratori DAC, i quali rimuovono in modo elettronico le stazioni SAS che vengono spente.



Connector keying:

MIC A Primary in/secondary out-DAS A port
 MIC B Primary out/secondary in-DAS B port
 MIC M Concentrator M port
 MIC S SAS S port

Fig. 8.16 - Chiavi d'inserzione dei connettori MIC.

8.6.2 Lo standard ANSI X3.184

Questo standard, chiamato SMF-PMD (*Single Mode Fiber PMD*), si basa sull'utilizzo della fibra ottica monomodale e fa uso di laser che lavorano in seconda finestra (1300 nm). Esso stabilisce le caratteristiche della fibra ottica e dei componenti del cablaggio.

La fibra ottica monomodale deve soddisfare i seguenti principali requisiti:

- diametro del core da 8.2 a 10.5 μm ;
- diametro del cladding 125 $\mu\text{m} \pm 2$;
- attenuazione massima 0.4 dB/Km;
- non circolarit  del cladding 2% max;
- assenza di dispersione della lunghezza d'onda da 1300 a 1322 nm;
- dispersione dello slope $\leq 0.095 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \text{ Km})$;
- errore di concentricit  tra core e cladding $\leq 1 \mu\text{m}$;
- cut-off della lunghezza d'onda del cavo $\leq 1270 \text{ nm}$.

Lo standard definisce due classi di lavoro per i laser emettitori chiamati AOI (*Active Output Interface*) e per i ricevitori chiamati AII (*Active Input Interface*). Si possono utilizzare componenti di entrambe le classi in tutte le possibili combinazioni.

I trasmettitori e di ricevitori devono avere le caratteristiche riportate nella tabella 8.1.

	Descrizione del parametro	Categoria I		Categoria II		Unità di misura
		Min	Max	Min	Max	
A	Central wavelength	1270	1340	1290	1330	nm
O	RMS spectral width	--	15	--	5	nm
I	Average power	-20	-14	-4	0	dBm
A	Central wavelength	1270	1340	1290	1330	nm
I	Average power	-31	-14	-37	-15	dBm

Tab. 8.1 - Caratteristiche dei laser.

A seconda delle combinazioni dei trasmettitori e dei ricevitori laser si possono avere i seguenti valori di perdita nel link:

- AOI_I con AII_I da 0 a 10 dB;
- AOI_I con AII_II da 1 a 16 dB;
- AOI_II con AII_I da 14 a 26 dB;
- AOI_II con AII_II da 15 a 32 dB.

Quando il valore minimo di perdita è superiore a zero, sta ad indicare la minima attenuazione del link necessaria per evitare la saturazione del ricevitore; in taluni casi, se la tratta è corta, si rende necessario inserire un attenuatore ottico.

Con trasmettitori e ricevitori di classe I si può avere una distanza massima di circa 10 Km, in quanto la fibra introduce un'attenuazione di 4 dB ed ulteriori 4 dB vanno normalmente persi tra i connettori e i cavetti di permutazione; si consideri infine che un cavo in fibra ottica viene fornito normalmente in pezzature da 2 Km e che ogni giunzione introduce una perdita di circa 0.2 dB.

Il connettore utilizzato è molto simile al connettore MIC FDDI del precedente standard; cambiano soltanto le chiavette d'inserzione per evitare di collegare una porta per fibra multimodale con una di tipo monomodale.

Alcuni costruttori, ad esempio la Digital, preferiscono utilizzare i connettori FC-PC poiché sono più adatti ad applicazioni con fibre monomodali, sono inoltre lappati con un angolo di circa 8 gradi e presentano un valore di return loss migliore dei connettori MIC. Il return loss rappresenta la potenza ottica riflessa, che è particolarmente dannosa per gli emettitori laser.

8.6.3 La bozza di standard ANSI X3.237

Questa bozza di standard LCF-PMD (*Low Cost Fiber PMD*) si basa sull'utilizzo della fibra ottica multimodale 62.5/125 e dei LED che lavorano in seconda finestra (1300 nm) come il primo standard, ma a differenza di questo utilizza componentistica di basso costo e accetta tutti i tipi di fibra multimodale graded index. Questo standard stabilisce le caratteristiche della fibra ottica e dei componenti del cablaggio.

La fibra ottica deve avere come requisito elettrico minimo una banda passante di almeno 500 MHz · Km.

Il link costituito dalla fibra ottica, più tutti gli eventuali connettori, giunti o splice, non deve attenuare più di 7 dB.

La distanza massima ammessa tra due stazioni FDDI è di 500 m e può essere ridotta qualora l'attenuazione globale del link superi i 7 dB.

I connettori utilizzati sono gli SC duplex.

8.6.4 La bozza di standard ANSI TP-PMD

Questa bozza di standard TP-PMD (*Twisted Pair PMD*) si basa sull'utilizzo di cavi STP e UTP e permette soltanto connessioni di stazioni SAS al concentratore DAC.

La distanza massima consentita è di 100 m tra il concentratore e la stazione, di cui 90 m per il cablaggio e 10 m per i cavetti di permutazione.

Lo standard utilizza la codifica MLT-3 per ridurre l'attenuazione e, nel caso di utilizzo di cavi UTP, anche gli effetti di emissione di radiofrequenze (EMC). La funzione di trasmissione riceve dal PHY delle stringhe di dati codificati secondo il metodo standard NRZI, li converte in NRZ, poi esegue la codifica MLT-3 e li trasmette sul mezzo trasmissivo. La funzione di ricezione riceve dal mezzo trasmissivo delle stringhe di dati codificati secondo il metodo MLT-3, li decodifica, ottiene dei dati codificati in NRZ e poi li converte in NRZI per poterli presentare al PHY.

I connettori permessi sono i seguenti:

- STP-MIC per cavo STP: è un connettore DB9 conforme alle specifiche EIA/TIA 574 del 1990;
- UTP-MIC per cavo UTP: è un connettore RJ45 conforme alle specifiche EIA/TIA TSB 40.

Il cavo UTP deve essere di categoria 5, il cavo STP deve rispecchiare le caratteristiche del cavo di tipo 1 IBM. Nel caso di utilizzo di cavo UTP tutta la componentistica deve essere di categoria 5 e l'installazione deve essere eseguita

rispettando le specifiche di categoria (si veda il capitolo 4 ed in particolare le specifiche EIA/TIA 568, TSB 36 e 40 e quelle ISO/IEC 11801).

Per migliorare le caratteristiche di non emissione di radiofrequenze (EMI) nel caso di utilizzo di cavi UTP, lo standard propone due tecniche di terminazione:

- la prima tecnica richiede una terminazione resistiva all'interno della stazione;
- la seconda tecnica impone di collegare alla massa della stazione le coppie inutilizzate.

La figura 8.17 mostra queste due tecniche di terminazione.

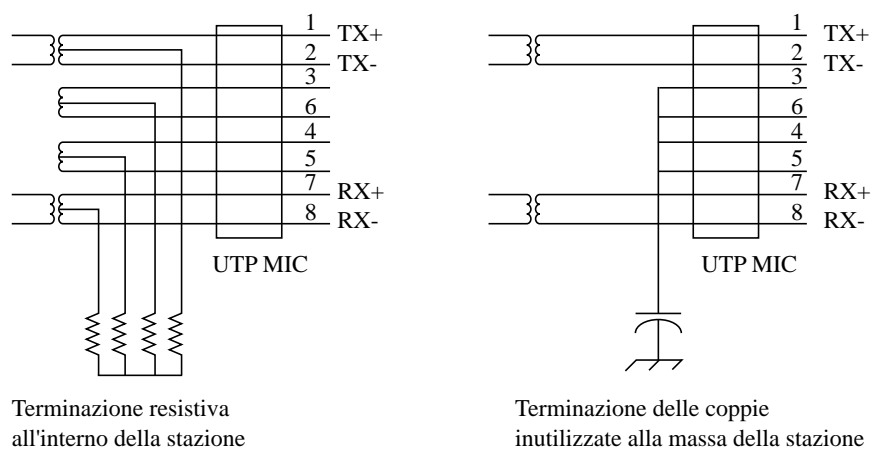


Fig. 8.17 - Terminazione delle coppie inutilizzate.

8.7 REGOLE DI CONFIGURAZIONE

8.7.1 Topologie

Una rete FDDI può essere realizzata secondo le seguenti topologie:

- completamente ad anello, utilizzando soltanto stazioni di tipo DAS;
- completamente a stella o ad albero, utilizzando soltanto concentratori DAC e stazioni SAS;
- con una dorsale ad anello che interconnette i concentratori e con cablaggio stellare dal concentratore alle stazioni. Questa topologia è quella più usata.

La figura 8.18 mostra un esempio di topologia stellare ad albero.

di concentratori diversi, in cui una connessione è primaria ed attiva e l'altra è secondaria ed in stato di backup caldo.

La figura 8.20 mostra le possibili combinazioni e connessioni tra i concentratori e le stazioni indicando i tipi di porte utilizzate.

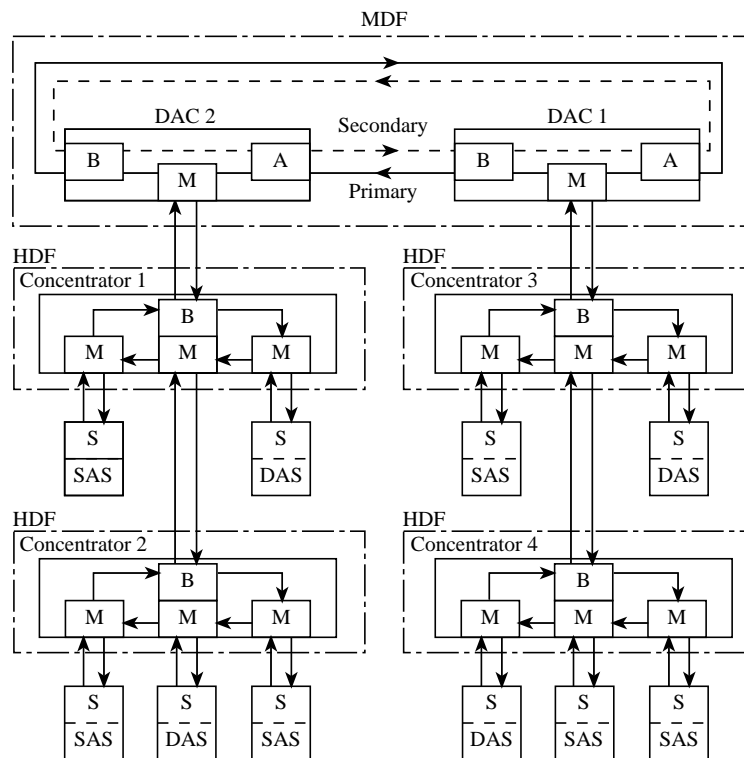


Fig. 8.20 - Possibili connessioni fra le stazioni FDDI.

8.7.2 Regole di configurazione

La distanza massima percorribile da un segnale è di 200 Km ed include anche il percorso dell'anello secondario utilizzato in caso di guasto. Ne consegue che, se in un anello si utilizzano soltanto stazioni DAS, la circonferenza massima è di 100 Km. Se si usano i concentratori e le stazioni SAS bisogna calcolare il percorso peggiore in caso di guasto, che non deve superare i 200 Km.

In una rete FDDI si possono avere al massimo 1000 connessioni fisiche e, considerando che una stazione DAS ha 2 connessioni fisiche (porta A e porta B), ne

conseguenze che, se in un anello si utilizzano soltanto stazioni DAS, il numero massimo di stazioni è 500. Se si utilizzano stazioni SAS si hanno due connessioni fisiche per link, di cui una connessione alla porta S della stazione e una connessione alla porta M del concentratore. Inoltre per ogni concentratore ci sono tipicamente due connessioni fisiche sull'anello primario (porta A e porta B); in questo caso il numero delle connessioni fisiche è uguale a: $2 \times \text{DAC} + 2 \times \text{SAS}$. Il risultato del calcolo delle connessioni fisiche deve essere minore o uguale a 1000.

La distanza massima tra due stazioni dipende dal tipo di PMD utilizzato per cui si ha:

- PMD standard per fibra ottica multimodale: è ammessa un'attenuazione massima di 11 dB sul link e se questa condizione è soddisfatta la distanza massima è di 2 Km;
- LCF-PMD standard per fibra ottica multimodale a basso costo: è ammessa un'attenuazione massima di 7 dB sul link e se questa condizione è soddisfatta la distanza massima è di 500 m;
- SMF-PMD standard per fibra ottica monomodale: la distanza dipende dalle combinazioni delle due classi di emettitori/ricevitori utilizzati, ma comunque, nel caso di peggiore combinazione, si possono coprire distanze di 10 Km e, nel caso di migliore combinazione, si possono coprire distanze di 50 Km;
- TP-PMD standard per cavi UTP e STP: la distanza massima tra la stazione SAS ed il concentratore è di 100 m.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fiber Distributed Data Interface, System Level Description, document nr. EK-DFSLD-SD-002, Digital Equipment Corporation.
- [2] FDDI BASIC, Standards ANSI X3.139, X3.148, X3.166, X3.229, 1994 Global Engineering Documents, ISBN: 1-57053-002-5.
- [3] FDDI PMD Set, Standards ANSI X3.166, X3.184, X3.237 and TP-PMD, 1994 Global Engineering Documents, ISBN: 1-57053-004-1.