

7

LA RETE TOKEN RING E LO STANDARD IEEE 802.5

7.1 INTRODUZIONE

Token Ring nasce nei laboratori IBM nel 1976, come rete locale alternativa a Ethernet. Essa è concepita per operare su un cablaggio a stella, realizzato con cavo STP di tipo 1. La prima versione ha una velocità trasmissiva di 4 Mb/s.

Nel 1982 la IEEE crea il comitato IEEE 802.5, che ha lo scopo di redigere uno standard per Token Ring relativamente al livello 1 ed al sottolivello MAC del livello 2 (figura 7.1). Il comitato apporta alcune modifiche e introduce anche una versione a 16 Mb/s che utilizza concentratori passivi e cavi di tipo STP.

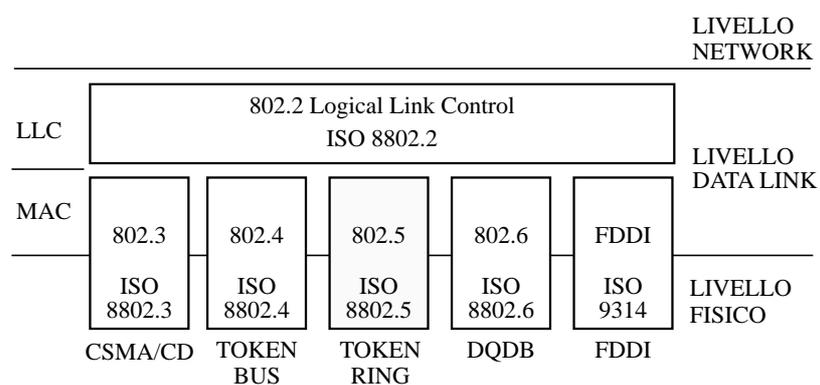


Fig. 7.1 - Il progetto IEEE 802.

Nel 1985 lo standard IEEE 802.5 viene adottato dal comitato 97 dell'ISO come ISO/DIS 8802.5 (Draft International Standard) e nel 1992 viene approvato come

standard ISO 8802.5.

Nel 1993 il comitato IEEE pubblica una bozza chiamata 802.5 Q/Draft 3 che espone in modo più chiaro e dettagliato diversi aspetti dello standard pubblicato precedentemente. In particolare, la bozza migliora alcuni aspetti del livello MAC, introduce la possibilità di utilizzare i cavi UTP e definisce nuovi concentratori di tipo attivo o parzialmente attivo.

Questa pluralità di standard introduce una certa confusione su cosa sia Token Ring, come funzioni e quali siano le regole di configurazione. Occorre tuttavia sottolineare che i costruttori di apparati si stanno adeguando rapidamente all'ultima versione del 1993, sebbene non sia stata ancora approvata come standard, in quanto risulta essere molto più flessibile e funzionale rispetto alle precedenti.

Nei successivi paragrafi si cercherà di fare chiarezza su tali problematiche, trattando in ordine il MAC, il livello Fisico e le regole di configurazione.

7.2 METODO DI ACCESSO A TOKEN

Una rete Token Ring consiste in un certo numero di stazioni collegate serialmente tramite un mezzo trasmissivo e richiuse ad anello. I pacchetti vengono trasferiti da una stazione ad un'altra serialmente; ogni stazione ripete e rigenera la trasmissione verso la stazione successiva.

Poiché le stazioni devono ripetere continuamente i pacchetti delle altre stazioni, per ragioni di affidabilità la rete viene cablata a stella, come spiegato nel paragrafo 3.5.2.

I collegamenti tra il centro stella e le stazioni prendono il nome di "lobi". Quando una stazione è spenta o guasta, il centro stella (concentratore) la esclude dalla rete (figura 7.2).

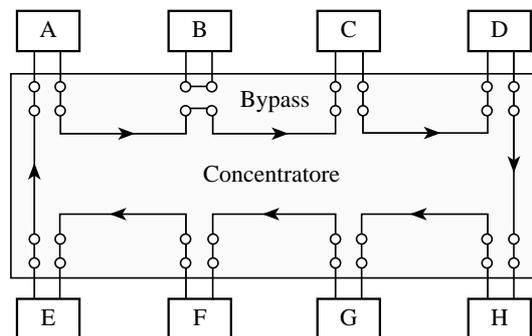


Fig. 7.2 - Schema logico di una rete Token Ring.

Il metodo di accesso (MAC) è di tipo a token. Il token (gettone) è un particolare pacchetto che circola sull'anello (ring), indicando che l'anello è libero. Una stazione che intenda trasmettere deve aspettare che arrivi il token, catturarlo e quindi trasmettere.

Il token circola continuamente sull'anello anche se le stazioni non hanno dati da trasmettere. Esso viene generato inizialmente dalla stazione che si è guadagnata il diritto di essere *l'active monitor* della rete e viene ripetuto da tutte le stazioni.

Quando una stazione cattura il token essa può trasmettere uno o più pacchetti, in funzione della loro lunghezza e di un parametro detto THT (*Timer Holding Token*) che indica il tempo massimo per cui una stazione può trattenere il token.

7.2.1 Formato del token e del pacchetto

La figura 7.3 mostra il formato del token e del pacchetto 802.5.

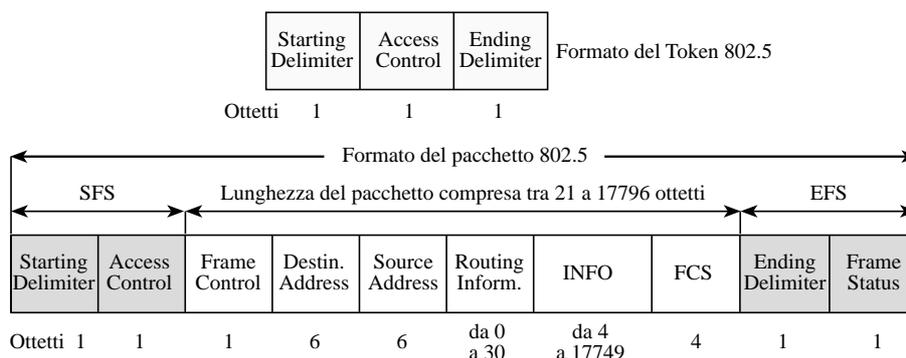


Fig. 7.3 - Formato del token e del pacchetto.

Il token è formato da 3 ottetti (24 bit): lo starting delimiter, l'access control, l'end delimiter. Questi tre campi hanno formato e funzioni analoghe per il token e per il pacchetto (figura 7.4).

Il pacchetto è delimitato da due sequenze:

- la *Start-of-Frame Sequence* (SFS) che indica l'inizio del pacchetto ed è formata da un ottetto di starting delimiter e da un secondo ottetto di access control;
- la *End-of-Frame Sequence* (EFS) che indica la fine di un pacchetto ed è formata da un ottetto di ending delimiter e da un secondo ottetto di frame status.

Il campo *Starting Delimiter (SD)* identifica in modo univoco l'inizio del token o del pacchetto. A tal fine, esso contiene dei bit identificati con J e K che violano il codice di Manchester.

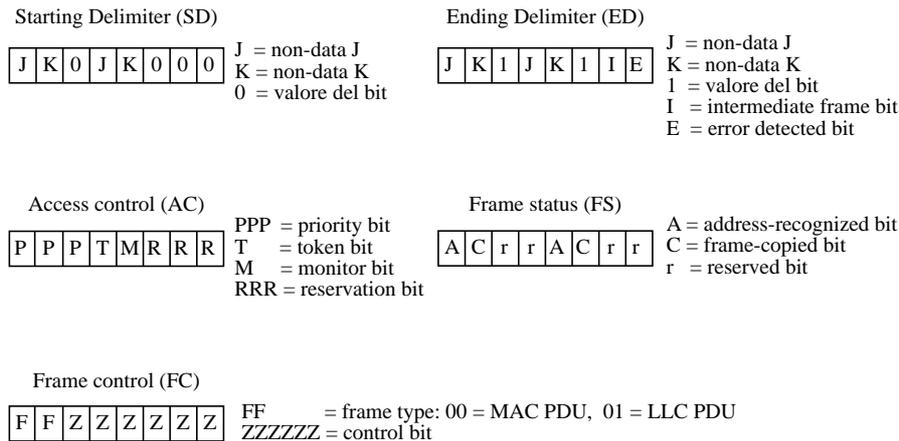


Fig. 7.4 - Formato di alcuni campi del pacchetto o del token.

Il campo *Access Control (AC)* contiene le informazioni di accesso al ring. Il *token bit* assume valore 0 nel caso del token e valore 1 nel caso di un pacchetto. I *reservation bit* indicano la priorità d'accesso richiesta. I *priority bit* indicano la priorità d'accesso attuale.

Il campo di *Ending Delimiter (ED)* indica la fine del pacchetto.

L'ottetto *Frame Status (FS)* contiene i bit di *address-recognized (A)* e *frame-copied (C)*. Le combinazioni di questi due bit indicano che:

- la stazione è inesistente o inattiva nel ring (A=0, C=0);
- la stazione esiste, ma il pacchetto non è stato copiato (A=1, C=0);
- il pacchetto è stato copiato (A=1; C=1).

Il pacchetto vero e proprio inizia dopo la SFS e può avere una lunghezza compresa tra 21 e 17796 ottetti, di cui al massimo 17749 per il campo dati (INFO).

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

Il campo *Routing Information (RI)* contiene le informazioni d'instradamento del pacchetto attraverso una rete locale estesa (si veda il paragrafo 10.20.1).

Il campo *Frame Control (FC)* definisce il contenuto del pacchetto: se il valore dei bit FF è 00 allora il pacchetto è una trama MAC (usata per scopi di management) che

deve essere ricevuta da tutte le stazioni (ad esempio, *beaconing frame* o *ring purge*; si vedano i paragrafi 7.2.8 e 7.2.10), se il valore è 01 allora il pacchetto contiene una LLC-PDU.

Il campo *Frame Check Sequence* (FCS) contiene il CRC calcolata sui campi descritti precedentemente.

7.2.2 Architettura di una stazione Token Ring

La figura 7.5 mostra l'architettura di una stazione Token Ring. Si noti il *repeat path* che è il cammino usato per ripetere i pacchetti ed è inserito direttamente tra ring-in e ring-out. I simboli ricevuti vengono anche passati al livello superiore.

Quando la stazione deve trasmettere essa stessa un pacchetto, disabilita il *repeat path* e preleva i simboli dal livello superiore.

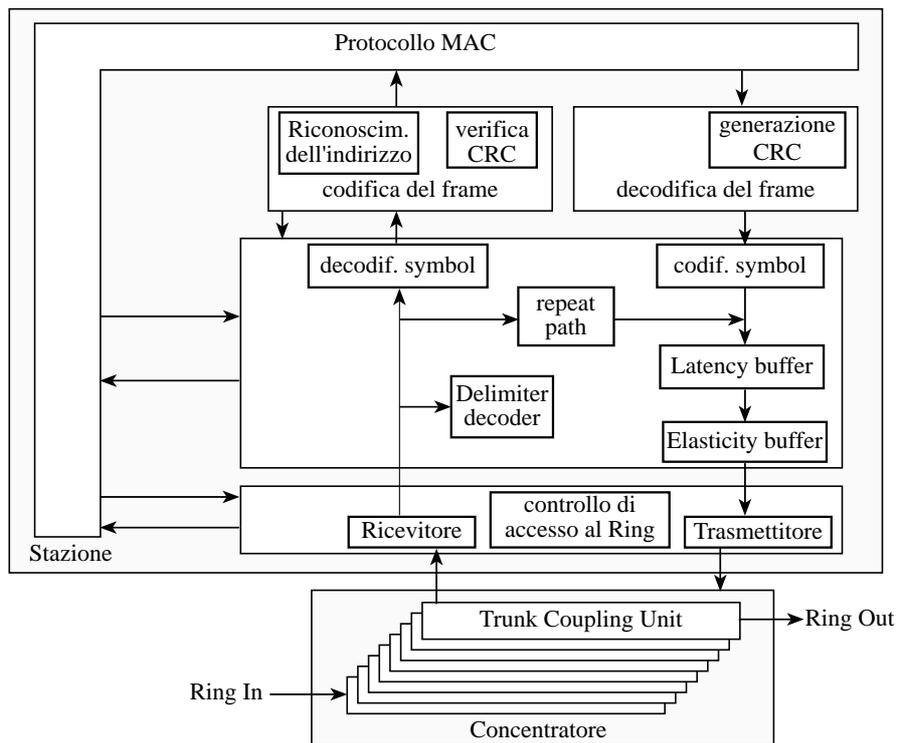


Fig. 7.5 - Architettura di una stazione 802.5.

7.2.3 Trasmissione, ripetizione e ricezione dei pacchetti

La trasmissione di un pacchetto dalla stazione A alla stazione C (figura 7.6) avviene nel seguente modo:

- A attende di ricevere il token dal ring-in e lo cattura. L'operazione di cattura avviene portando a 1 il *token-bit* del campo Access-Control (AC). Tale modifica trasforma il token in un pacchetto ed in particolare la parte già ritrasmessa sul ring-out diviene la Start-of-Frame Sequence (SFS);

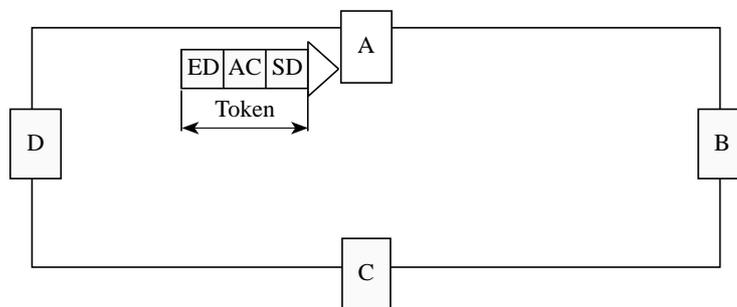


Fig. 7.6 - Trasmissione: fase 1.

- la stazione A inibisce il circuito di ripetizione dei bit (repeat path) tra ring-in e ring-out;
- la stazione A trasmette il Frame Control (FC), l'indirizzo di destinazione (DA), l'indirizzo di mittente (SA) ed eventualmente delle informazioni per i bridge source routing (RI);
- la stazione A trasferisce i dati nel campo INFO (figura 7.7);

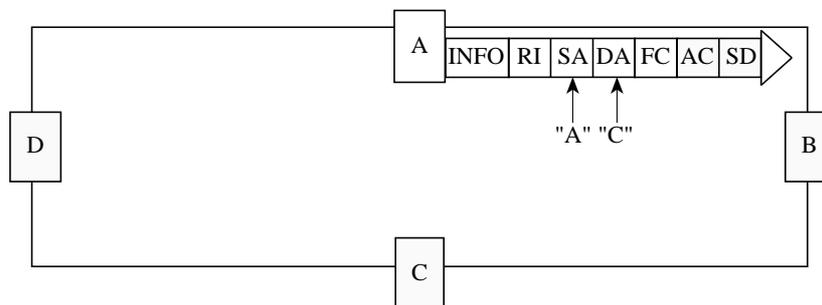


Fig. 7.7 - Trasmissione: fase 2.

- se la stazione A ha altri pacchetti da trasmettere e non ha ancora superato il THT, allora mette a uno l'*intermediate bit* dell'End Delimiter (ED) ed inizia la trasmissione del pacchetto successivo;
- quando la stazione A ha trasmesso l'ultimo pacchetto mette a zero l'*intermediate bit* dell'end delimiter;
- se A termina la trasmissione di un pacchetto prima di aver iniziato a riceverlo indietro da ring-in (la rete è ad anello), trasmette dei bit di riempimento (fill) su ring-out fino a quando non può generare il nuovo token;
- quando A riceve sulla porta di ring-in il campo di Source Address (SA) del pacchetto trasmesso (figura 7.8) e lo riconosce come proprio, toglie il pacchetto dall'anello e si predispone per emettere il token. Se la trasmissione dei pacchetti è terminata, genera immediatamente il nuovo token, in caso contrario attende il termine della trasmissione.

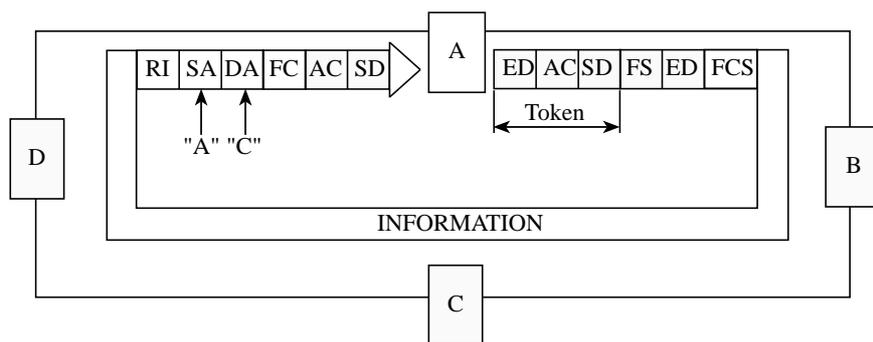


Fig. 7.8 - Generazione del nuovo token.

Tutte le stazioni che non hanno il possesso del token (in questo caso B, C e D) ripetono i bit che ricevono verso la stazione successiva. Se durante tale operazione verificano la presenza di errori, li evidenziano modificando in modo opportuno il bit E dell'Ending Delimiter.

Ogni stazione osserva i pacchetti che ripete per verificare se l'indirizzo di destinazione (DA) è uguale al proprio indirizzo MAC (figura 7.9). Tale uguaglianza si verifica unicamente sulla stazione cui è destinato il pacchetto. Essa, oltre a continuare a ripetere il pacchetto, ne effettua la ricezione e modifica in modo opportuno l'*address recognized bit* e il *copied bit*, nel campo Frame Status (FS).

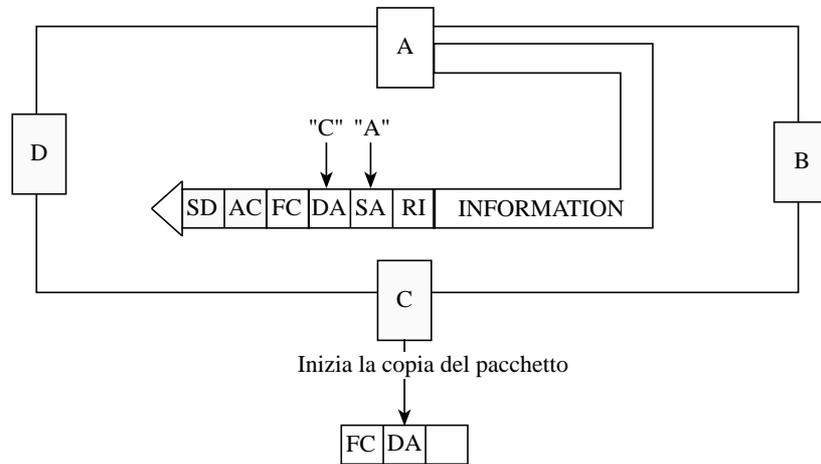


Fig. 7.9 - Ricezione del pacchetto.

Alla fine della ricezione dei propri pacchetti (figura 7.10), la stazione A riabilita la ripetizione dei bit ricevuti (circuitto di repeat path) tra la porta di ring-in e quella di ring-out.

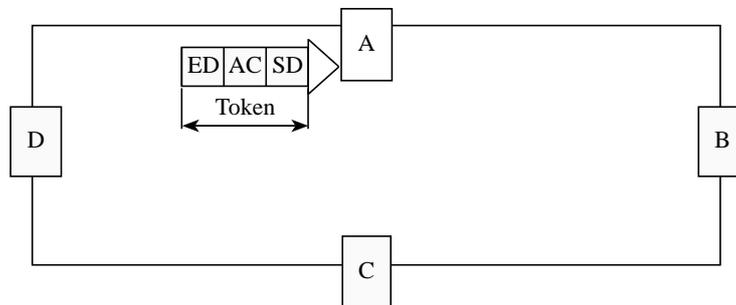


Fig. 7.10 - Riabilitazione della ripetizione.

7.2.4 Lunghezza massima dei pacchetti

La lunghezza massima del pacchetto, includendo i campi SFS e EFS, dipende dalla velocità trasmissiva e dal valore di THT (Timer Holding Token) che può essere al massimo di 8.9 ms.

Considerando che:

- a 4 Mb/s il tempo di trasmissione di un bit è di 250 ns;

- a 16 Mb/s il tempo di trasmissione di un bit è di 62,5 ns;

il risultato che si ottiene è il seguente:

- a 4 Mb/s la lunghezza massima del pacchetto è uguale a: $\frac{8.9 \cdot 10^{-3}}{250 \cdot 10^{-9} \cdot 8} = 4450$ ottetti;
- a 16 Mb/s la lunghezza massima del pacchetto è uguale a: $\frac{8.9 \cdot 10^{-3}}{62.5 \cdot 10^{-9} \cdot 8} = 17800$ ottetti.

7.2.5 Sincronizzazione

I pacchetti e i token sono normalmente consecutivi, cioè sono trasmessi in sequenza. In questo caso la sincronizzazione è mantenuta permanentemente tra le stazioni. Tuttavia, la presenza di guasti può far sì che le stazioni si desincronizzino a causa dell'assenza di trasmissione. Per ovviare a tale situazione il primo pacchetto o token di una sequenza è preceduto da un gruppo di 20 bit (una sorta di preambolo) che serve alla stazione ricevente per sincronizzare il proprio clock interno.

7.2.6 Indirizzi funzionali

Ci sono alcuni indirizzi MAC di multicast, amministrati localmente, che vengono detti indirizzi funzionali (*functional addresses*). Essi si servono a realizzare le seguenti quattro funzioni:

- *active monitor* è la funzione svolta dalla stazione che genera il token, stabilisce il clock di riferimento per tutte le altre stazioni, genera il processo periodico di notifica di vicinanza della stazione, recupera condizioni di token perso;
- *ring parameter server* è la funzione responsabile di inizializzare un gruppo di parametri relativi alle stazioni attive nel ring;
- *ring error monitor* è la funzione che colleziona gli errori delle stazioni, può inoltre analizzarli e registrarne le statistiche;
- *configuration report server* è la funzione che riceve le informazioni di configurazione dalle stazioni e le inoltra al network manager e, quando questo lo richiede, può verificare le configurazioni e cambiarle, oppure rimuovere una stazione dal ring.

La figura 7.11 mostra la rappresentazione degli indirizzi funzionali secondo la sintassi nativa IEEE 802.5 (*native order*, si veda il paragrafo 5.6.7).

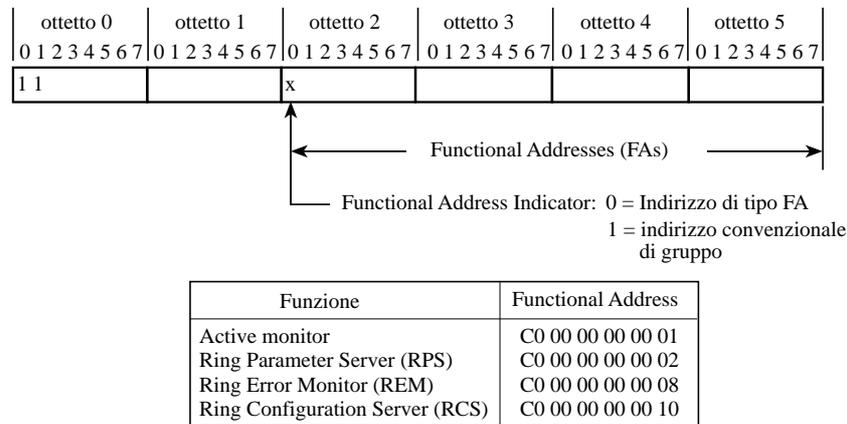


Fig. 7.11 - Indirizzi funzionali.

7.2.7 Elezione dell'active monitor

In un anello c'è una sola stazione che svolge funzioni di active monitor per la rete e viene designata per questa funzione a seguito di un processo di elezione (*token claim*). Le altre stazioni si mettono in uno stato di attesa (*standby monitor state*) pronte a diventare l'active monitor della rete nel caso di problemi all'active monitor.

Durante la fase di elezione tutte le stazioni che rilevano l'assenza dell'active monitor trasmettono continuamente dei pacchetti di claim attraverso cui propongono il proprio valore di claim (valore determinato dall'indirizzo della stazione) e controllano i pacchetti ricevuti; comparano quindi la proposta di claim ricevuta con il proprio valore proposto. Se una stazione riceve una proposta di claim superiore al proprio valore interrompe la generazione dei pacchetti di claim e ripete quelli ricevuti, se la proposta ricevuta è inferiore continua a generare i pacchetti di claim. Alla fine una sola stazione riceve il proprio pacchetto di claim ed è quella vincente che diventa l'active monitor.

Essa trasmette prima un pacchetto di azzeramento (*ring purge*) per ripulire il ring e poi genera un nuovo token.

L'active monitor comunica periodicamente la sua presenza a tutte le altre stazioni tramite un pacchetto AMP (*Active Monitor Presence*). Se una stazione in stato di standby monitor non vede transitare un pacchetto AMP per un tempo superiore a TSM (*Timer Standby Monitor*) essa inizia un processo di elezione di un nuovo active monitor.

7.2.8 Azzeramento del ring (ring purge)

Ogni stazione ha un *Timer Valid Transmission* (TVX) che indica il tempo massimo in cui deve avvenire una trasmissione di pacchetti e la conseguente generazione del nuovo token. Questo parametro è usato dall'active monitor per rilevare trasmissioni erroneamente lunghe o l'assenza del token.

Quando scade il TVX, l'active monitor trasmette dei pacchetti di azzeramento dell'anello (ring purge) ed incrementa il contatore di token-error usato per fini statistici. Se riceve un pacchetto di azzeramento con il proprio Source Address (SA), trasmette un nuovo token.

Se entro un tempo chiamato *Timer No Token* (TNT) l'active monitor non riceve il pacchetto di azzeramento con il proprio SA, entra in uno stato di standby monitor e allo scadere del tempo chiamato *Timer Standby Monitor* (TSM) inizia il processo di elezione dell'active monitor.

In presenza di un guasto anche il processo di token claim può fallire: in questo caso si attiva un processo di isolamento dei guasti (si veda il paragrafo 7.2.10).

7.2.9 Notifica della stazione vicina (neighbor notification)

L'active monitor invia periodicamente in broadcast, con periodo pari a TAM (*Timer Active Monitor*), dei pacchetti AMP che attivano anche il processo di notifica della stazione vicina. Tale processo permette ad ogni stazione di conoscere l'indirizzo della stazione collegata all'ingresso Ring-In, cioè la più vicina stazione "a monte" attiva, più vicina (NAUN: *Nearest Active Upstream Neighbor* o UNA: *Upstream Neighbor Address*).

La prima stazione attiva a valle dell'active monitor che riceve un pacchetto AMP esegue le seguenti operazioni:

- pone a 1 bit di address recognized e frame copied del pacchetto AMP;
- copia il pacchetto AMP ricevuto e memorizza l'indirizzo della stazione vicina da cui ha ricevuto il pacchetto in una locazione di memoria chiamata *Stored Upstream neighbor's Address* (SUA);
- trasmette in broadcast appena possibile un pacchetto chiamato SMP (*Standby Monitor Presence*) alla stazione successiva.

La stazione che riceve un pacchetto SMP memorizza a sua volta l'indirizzo della stazione vicina da cui ha ricevuto il pacchetto e trasmette un pacchetto SMP per poter notificare il proprio indirizzo alla stazione successiva.

Il processo di notifica continua fino a quando tutte le stazioni conoscono la propria stazione vicina, cioè il proprio UNA.

7.2.10 Isolamento dei guasti (beacon process)

Il processo di isolamento dei guasti viene attivato quando fallisce il processo di elezione dell'active monitor.

Una stazione D che abbia fallito il processo di claim token inizia il processo di isolamento dei guasti (figura 7.12) trasmettendo in broadcast un pacchetto di beacon che contiene l'indirizzo del proprio UNA (C) ed azzerando il *Timer Beacon Transmit* (TBT).

La stazione C verifica che il pacchetto di beacon ricevuto contenga come indirizzo del vicino (UNA) il proprio indirizzo MAC e poi entra in uno stato di test escludendosi dal ring.

Se la verifica indica la stazione C come ben funzionante allora la stazione stessa si immette nuovamente nel ring; in caso contrario la stazione rimane esclusa dal ring ed il guasto viene isolato.

Allo scadere del TBT la stazione D entra in uno stato di autoverifica escludendosi dal ring e verificando di non essere l'origine del guasto.

Entrambi i test comprendono anche la verifica delle connessioni con il concentratore.

Se sia C che D superano la fase di autotest, allora il guasto risiede nelle connessioni fisiche tra i concentratori o nei concentratori stessi.

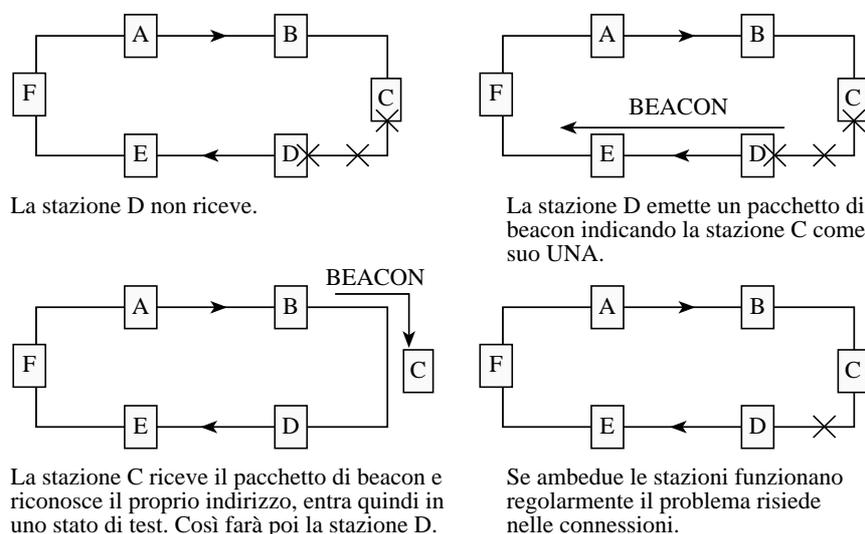


Fig. 7.12 - Esempio di processo di beacon.

7.2.11 Rilascio anticipato del token (early token release)

Al crescere della velocità trasmissiva, il MAC a token sin qui descritto non aumenta le sue prestazioni in modo lineare. Per comprendere il perché analizziamo l'efficienza del Token Ring a 16 Mb/s per la trasmissione di un pacchetto da 256 ottetti.

Supponiamo, per esempio, di avere una rete di 260 stazioni aventi ognuna una lunghezza di lobo di 100 m: ne consegue che lo sviluppo totale dell'anello è di $260 \times 200 \text{ m} = 52 \text{ Km}$. La trasmissione di 256 ottetti impiega $256 \times 8 \times 62.5 \text{ ns} = 128 \mu\text{s}$. La velocità di propagazione di un cavo rame è di circa $200 \text{ m}/\mu\text{s}$, ne consegue che un pacchetto da 256 ottetti occupa circa 25.6 Km del ring, in quanto $128 \times 200 = 25600 \text{ m}$. Quindi, nel caso preso in esame, avremo circa la metà dell'anello inutilizzata (bit di riempimento), con un'efficienza del MAC dimezzata.

Per superare tale limite è stata introdotta la possibilità, per il Token Ring a 16 Mb/s, di rilasciare il token alla fine della trasmissione del pacchetto, senza attendere che la stazione trasmittente riceva il campo di source address del pacchetto che ha trasmesso. Questa miglioria è detta *early token release*.

7.2.12 Priorità di accesso

La priorità di accesso consiste nella possibilità di trasmettere pacchetti a diverse priorità, a seconda dell'importanza della trasmissione, allo scopo di privilegiare applicazioni particolari, quali quelle real time.

La priorità di un token limita l'insieme delle stazioni che possono catturarlo a quelle con priorità maggiore o uguale a quella del token.

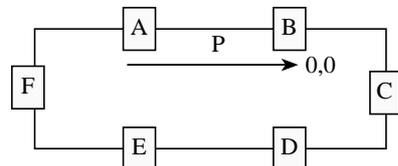
Una stazione che vuole trasmettere ad una data priorità deve richiedere che venga rilasciato un token a quella priorità, scrivendo la priorità richiesta nel sottocampo reservation bit del campo access control di un pacchetto in transito.

La stazione che genera il token può alzare la priorità, che normalmente è a zero, in base al valore dei bit di reservation del campo access control. Essa imposta i priority bit uguali ai reservation bit e poi azzeri i reservation bit.

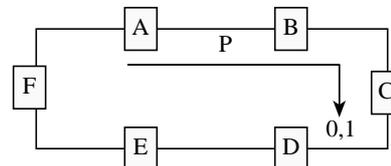
Durante il percorso di un pacchetto la priorità richiesta può crescere più volte: infatti una stazione può impostare una richiesta di priorità ad un certo valore e successivamente un'altra stazione può impostare una richiesta a priorità maggiore e quest'ultima rimpiazza quella precedente.

Soltanto la stazione che ha inizialmente elevato il valore di priorità d'accesso può successivamente riabbassarlo.

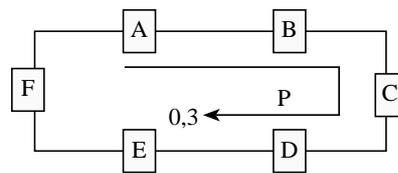
Le figure 7.13 e 7.14 mostrano le fasi di un processo di assegnazione della priorità.



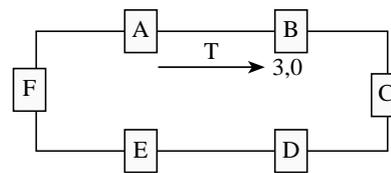
La stazione A sta trasmettendo un pacchetto per la stazione C, la stazione B vede passare il pacchetto P con priorità 0 e richiesta di priorità 0.



La stazione B imposta la richiesta di priorità a 1.

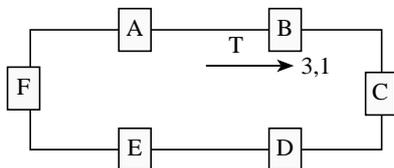


La stazione C copia il pacchetto. La stazione D imposta la richiesta di priorità a 3.

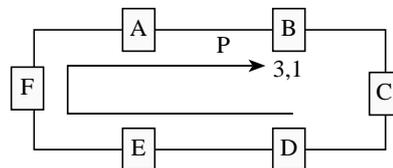


La stazione A rimuove il pacchetto ed emette un token con priorità 3.

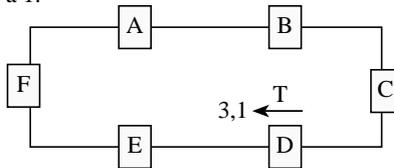
Fig. 7.13 - Esempio di assegnazione della priorità: prime 4 fasi.



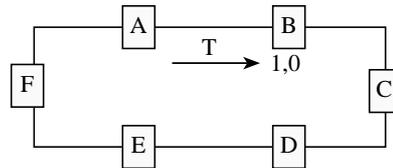
La stazione B (con priorità 1) vede il token con priorità 3, non può utilizzarlo, ma imposta nuovamente la richiesta di priorità a 1.



La stazione D cattura il token e trasmette un pacchetto con priorità 3.



La stazione D rimuove il pacchetto ed emette il token a priorità 3 e richiesta di priorità 1.



La stazione A riceve il token e cambia la priorità portandola a 1 ed ora la stazione B potrà trasmettere.

Fig. 7.14 - Esempio di assegnazione della priorità: ultime 4 fasi.

7.2.13 Inserzione della stazione sull'anello

Ogni stazione può richiedere al centro stella di essere inserita oppure no sull'anello. Tale richiesta viene effettuata con una differenza di potenziale continua che la stazione genera tra le coppie di Ring-In e Ring-Out. In assenza di differenza di potenziale (ad esempio, stazione spenta) la stazione è disinserita dall'anello (si veda il paragrafo 7.3.4).

7.2.14 Test della stazione

Prima dell'inserimento della stazione nel ring e durante il processo di isolamento dei guasti, la stazione si esclude dal ring e il concentratore richiude le coppie di Ring-In e di Ring-Out della stazione (stato di bypass in figura 7.2).

La stazione trasmette un pacchetto di *lobe media test* avente il destination address con valore zero; questo test serve per verificare il funzionamento globale del lobo che è costituito dalla stazione e dai cavi di collegamento al concentratore.

Se la stazione supera il lobe media test chiede al concentratore di essere inserita sull'anello.

7.2.15 Timer principali utilizzati da 802.5

Le principali funzioni del livello MAC sono governate da timer, allo scadere dei quali vengono intraprese le seguenti azioni:

- il *Timer Holding Token* (THT) indica il tempo massimo per cui una stazione può trattenere il token. Il valore massimo consentito è di 8.9 ms;
- il *Timer Valid Transmission* (TVX) indica il tempo massimo che può intercorrere tra due trasmissioni valide (di token o pacchetto). Il valore massimo consentito è di 10 ms;
- il *Timer No Token* (TNT) indica il tempo massimo di assenza del token, e viene usato per recuperare varie situazioni di errore relative al token. Il valore massimo ammesso è di 2.6 s;
- il *Timer Active Monitor* (TAM) indica l'intervallo di tempo che intercorre tra due richieste di notifica delle stazioni vicine provocate dall'active monitor. Il valore massimo consentito è di 7 s;
- il *Timer Standby Monitor* (TSM) è utilizzato dalle stazioni che sono in stato di standby monitor per rilevare la presenza dell'active monitor e dei token. Il valore massimo consentito è di 15 s;

- il *Timer Beacon Transmit* (TBT) indica il tempo in cui una stazione può rimanere nello stato di trasmissione di beacon prima di andare in una condizione di bypass. Il valore massimo consentito è di 160 ms.

7.3 IL LIVELLO FISICO

Il livello fisico di Token Ring varia in funzione dello standard considerato.

La versione ISO 8802.5 definisce l'utilizzo del cavo STP a 150 Ω (si veda il paragrafo 3.2.10) e di concentratori passivi chiamati MAU (*Multistation Access Unit*).

La bozza 802.5 Q/Draft 3 permette l'utilizzo di cavi UTP di categoria 3, 4, 5 (si veda il paragrafo 3.2.13) per la velocità di 4 Mb/s e di categoria 4 e 5 per la velocità di 16 Mb/s; introduce inoltre nuove famiglie di concentratori attivi e parzialmente attivi.

7.3.1 Il Jitter

Uno dei problemi più complessi a livello fisico che i costruttori di componenti elettronici hanno dovuto risolvere, è stato quello di compensare il *jitter*, cioè la variazione temporale spuria della fase del segnale causata principalmente dai componenti passivi quali i cavi, i connettori ed i concentratori passivi.

In una rete Token Ring è l'active monitor che genera il clock, tutte le altre stazioni si sincronizzano sul clock dell'active monitor durante la ricezione del token, dei pacchetti o dei bit di riempimento. Questi ultimi devono essere almeno 20 e precedono sempre qualunque tipo di trasmissione. La sincronizzazione viene effettuata da appositi circuiti della stazione ricevente che agganciano in fase il loro clock con quello della precedente stazione trasmittente.

Un jitter troppo elevato può comportare una non corretta sincronizzazione di una o più stazioni rispetto al clock dell'active monitor. Per questa ragione lo standard ha imposto regole di configurazione molto restrittive riguardanti il numero massimo di stazioni e di concentratori in un anello e la lunghezza massima dei lobi.

Per compensare i problemi di sfasamento dovuti al fenomeno del jitter è stato aggiunto un *elasticity buffer* (si veda figura 7.5) che può essere espanso a seconda della necessità, per mantenere costante la latenza totale.

7.3.2 Il cablaggio

Il percorso delle informazioni in una rete Token Ring è ad anello, ma il cablaggio tra le stazioni ed il concentratore è a stella. La connessione tra il concentratore e la stazione si

chiamata *lobo* ed include i cavi di cablaggio, i cavetti di permutazione ed i connettori. I concentratori sono collegati a doppio anello controrotante tramite un anello primario e uno di backup (si veda il paragrafo 3.5.2). La figura 7.15 mostra un esempio di rete Token Ring.

La connessione fisica della stazione al mezzo trasmissivo viene effettuata tramite un cavo STP che presenta dal lato stazione un connettore di tipo DB9 e dal lato concentratore un connettore ermafrodita (si veda il paragrafo 4.2.1).

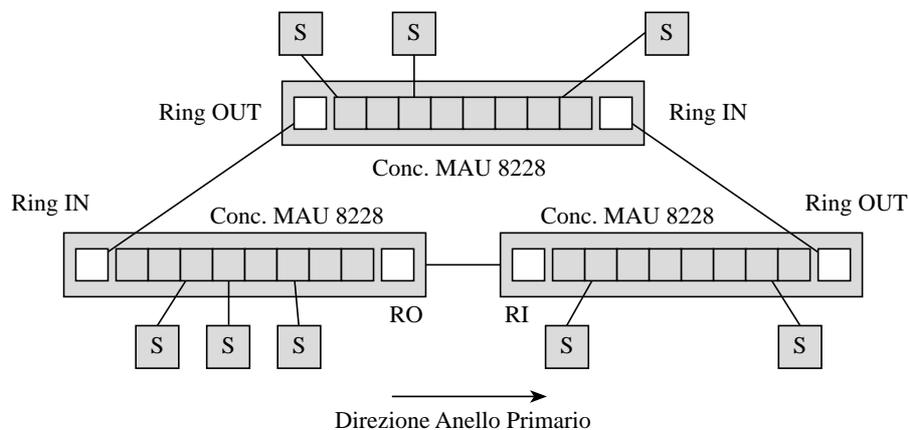


Fig. 7.15 - Esempio di una rete Token Ring.

Qualora il cablaggio venga realizzato con cavo UTP bisogna inserire un *media filter* tra la stazione ed il cavo, con lo scopo di adattare l'impedenza da 150 a 100 Ω e di ridurre l'emissione di disturbi elettromagnetici. Il media filter presenta due diversi tipi di connettori: un DB9 che va connesso alla stazione ed un RJ45 (si veda il paragrafo 4.4.5) a cui va connesso il cavo UTP.

Quando si usano i cavi UTP bisogna installare i media filter sulle stazioni, mentre dal lato concentratore non è necessario in quanto le porte o sono passive, o sono attive e hanno già l'impedenza corretta.

7.3.3 Interfacciamento al mezzo trasmissivo

Lo standard usa le seguenti abbreviazioni per indicare i componenti passivi utilizzati nell'interconnessione tra stazione e concentratore:

- *MIC (Medium Interface Connector)*. Si riferisce al connettore presente sulla stazione, sul concentratore e sui cavi;

- *CMIC*. MIC presente sul concentratore;
- *MIC_S*. Si riferisce al connettore per il cavo STP (connettore ermafrodita);
- *MIC_U*. Si riferisce al connettore per il cavo UTP (connettore RJ45);
- *Lobe cable*. È il cavo di connessione tra la stazione ed il concentratore;
- *Trunk cable*. È il cavo di interconnessione tra i concentratori;
- *TCU (Trunk Coupling Unit)*. È la porta di lobo del concentratore.

I concentratori vengono forniti con connettori di tipo ermafrodita nel caso di cablaggio STP, o con connettori di tipo RJ45 nel caso di cablaggio UTP.

La figura 7.16 mostra un esempio di connessione tra la stazione ed il mezzo trasmissivo.

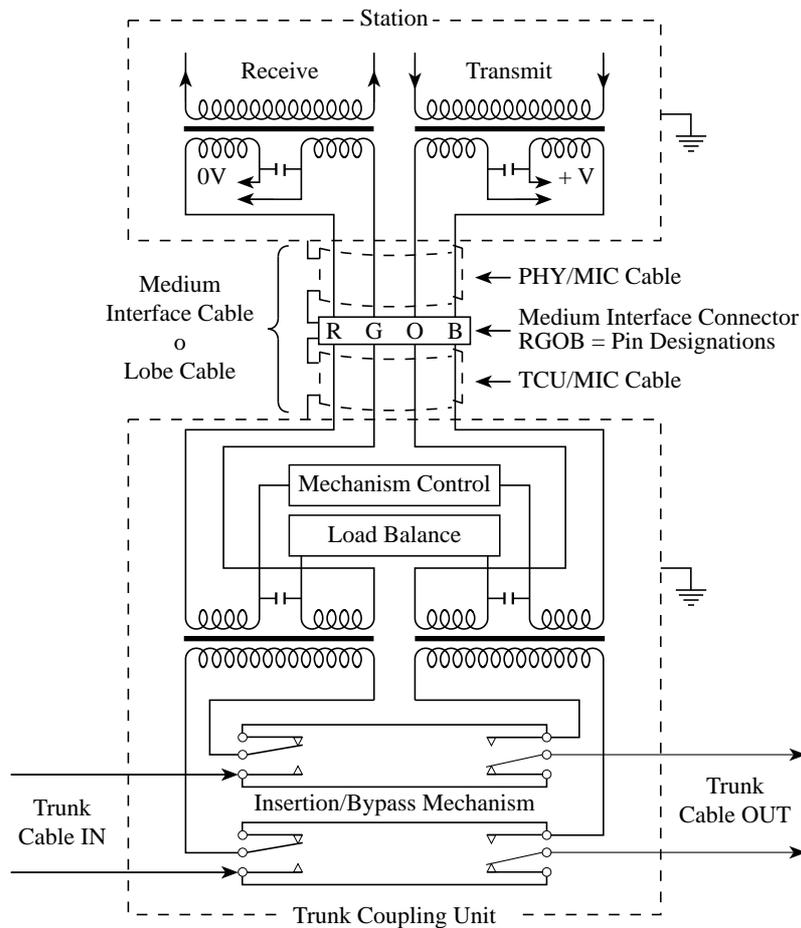


Fig. 7.16 - Esempio di interconnessione.

7.3.4 Controllo di accesso al ring fisico

Quando una stazione è attiva può richiedere al concentratore di essere inserita nell'anello. A tal fine genera una differenza di potenziale continua tra la coppia di Ring-In e la coppia di Ring-Out, compresa tra 3.5 e 7 V, detta tensione d'inserzione. Tale differenza di potenziale permette al relé di commutare dalla condizione di riposo (stazione esclusa), alla condizione di lavoro (stazione inserita).

La stazione ha un circuito di controllo di accesso all'anello che fornisce o rimuove la tensione d'inserzione a seconda che la stazione debba essere inserita nell'anello o debba essere in bypass per scopi di test o a causa di guasti (si veda la figura 7.5).

7.3.5 Ripetizione dei pacchetti ricevuti

La ripetizione dei pacchetti ricevuti è demandata al circuito di repeat path (si veda figura 7.5) il quale è controllato dal livello MAC che determina l'abilitazione o disabilitazione della funzione di ripetizione.

7.3.6 Codifica e decodifica dei segnali

Le stazioni Token Ring codificano e decodificano le trasmissioni secondo il metodo Manchester (si veda il paragrafo 3.1.2) che consente anche di ricavare il clock dai pacchetti ricevuti. Solo l'active monitor genera il clock con il proprio oscillatore interno.

Per assicurare una corretta circolazione del token nell'anello è necessario che il ring abbia un tempo di latenza minimo pari alla lunghezza del token. Per questa ragione le stazioni sono provviste di un circuito detto *latency buffer* che può introdurre ritardo pari a 24 bit time. La latenza di 24 bit time viene fornita dalla stazione che è l'active monitor.

7.3.7 I concentratori

I concentratori servono per connettere le stazioni all'anello tramite un cablaggio stellare, possono avere un numero di porte di lobo compreso tra 8 e 20 e sono in grado di operare a 4 e 16 Mb/s.

Ci possono essere tre tipi di concentratori :

- *Passivi*. Sono composti dai connettori e dai relay di bypass/inserzione sulle porte di lobo. Non hanno meccanismi automatici di bypass dei guasti sulle porte di dorsale. Esempio: IBM 8228.

- *Attivi*. Sono equipaggiati con circuiti di amplificazione e retiming su ogni porta e vengono utilizzati normalmente con i cavi UTP. Hanno meccanismi automatici di bypass dei guasti sulle porte di dorsale. Esempio: IBM 8230, modello 2 attivo.
- *Parzialmente attivi*. Hanno circuiti di amplificazione e retiming solo sulle porte di dorsale, mentre quelle di lobo sono passive. Hanno meccanismi automatici di bypass dei guasti sulle porte di dorsale. Esempio: IBM 8230 modello passivo.

I concentratori passivi (figura 7.17) sono i primi nati, ma sono ormai stati sostituiti dagli altri due tipi, in quanto, alla velocità di 16 Mb/s, imponevano comunque l'aggiunta di ripetitori .

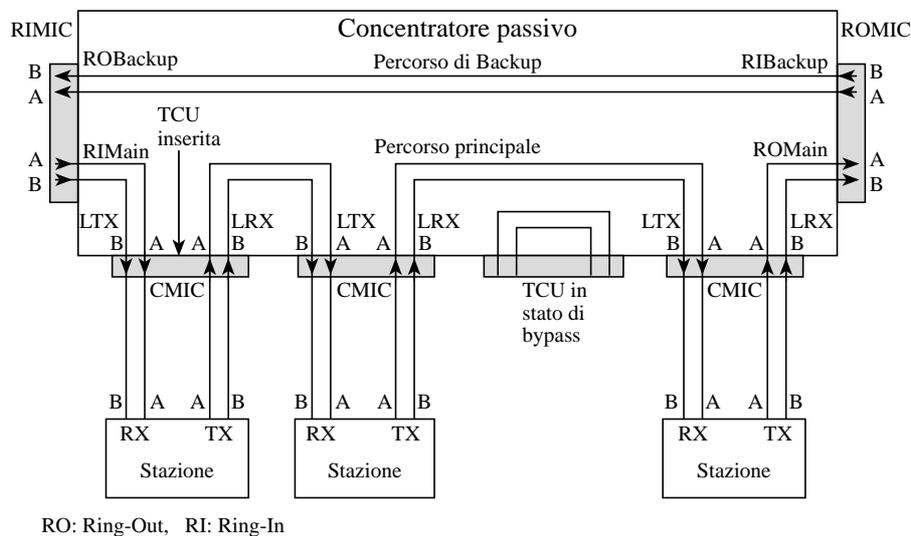


Fig. 7.17 - Concentratore passivo.

Nei concentratori passivi il percorso di backup può essere utilizzato solo se le porte di dorsale sono connesse a ripetitori. In tal caso è il ripetitore che ha la capacità in caso di guasto di richiudere automaticamente l'anello primario sul percorso di backup. In alternativa si può disconnettere manualmente il cavo da una porta di dorsale e il connettore stesso è costruito in modo da richiudere l'anello primario sul percorso di backup.

I concentratori attivi sono stati sviluppati per utilizzare i cavi UTP senza imporre grosse limitazioni di configurazione. Essi rappresentano la miglior soluzione per i sistemi di cablaggio in quanto offrono una grande flessibilità e semplificano molto le regole di configurazione. Essi vengono anche chiamati *Active Retimed Concentrator*

(ARC) in quanto tutte le porte sono equipaggiate con un ripetitore e quindi eseguono funzioni di amplificazione e retiming del segnale. Le porte dei concentratori attivi contengono anche il media filter (figura 7.18).

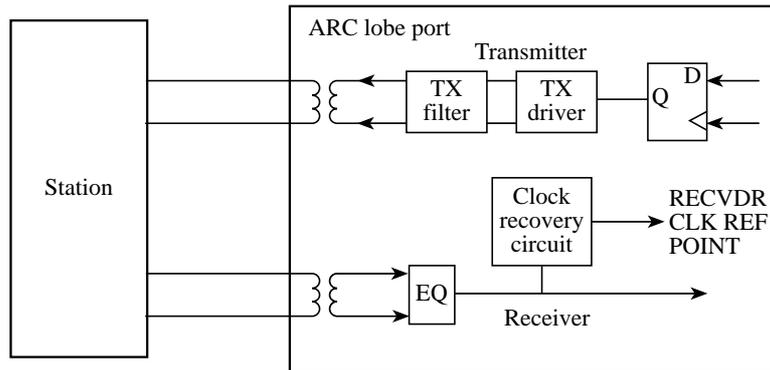


Fig. 7.18 - Porta di lobo attiva.

I concentratori parzialmente attivi rappresentano una buona soluzione per i sistemi di cablaggio basati su cavi STP o UTP ed impongono regole meno restrittive rispetto a quelli totalmente passivi.

La figura 7.19 mostra un esempio di concentratore parzialmente attivo.

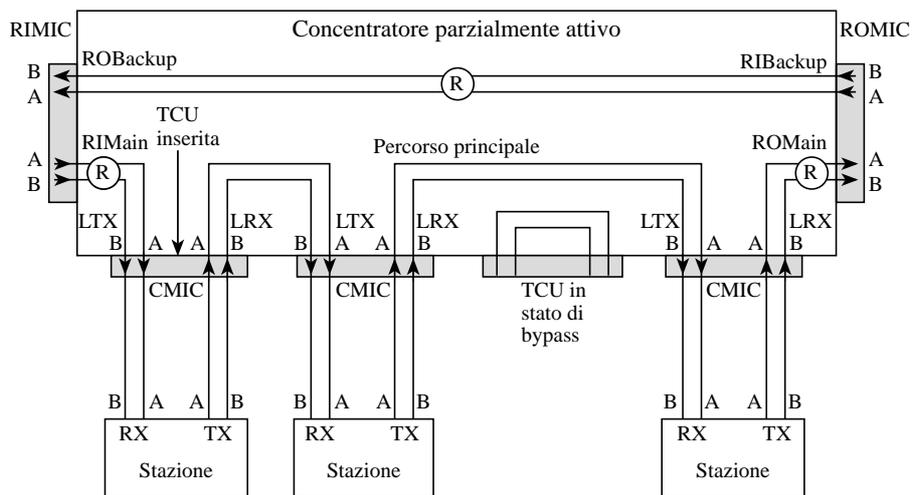


Fig. 7.19 - Concentratore parzialmente attivo.

Le connessioni tra concentratore e stazione sono riportate nella figura 7.20 e sono indipendenti dal tipo di concentratore.

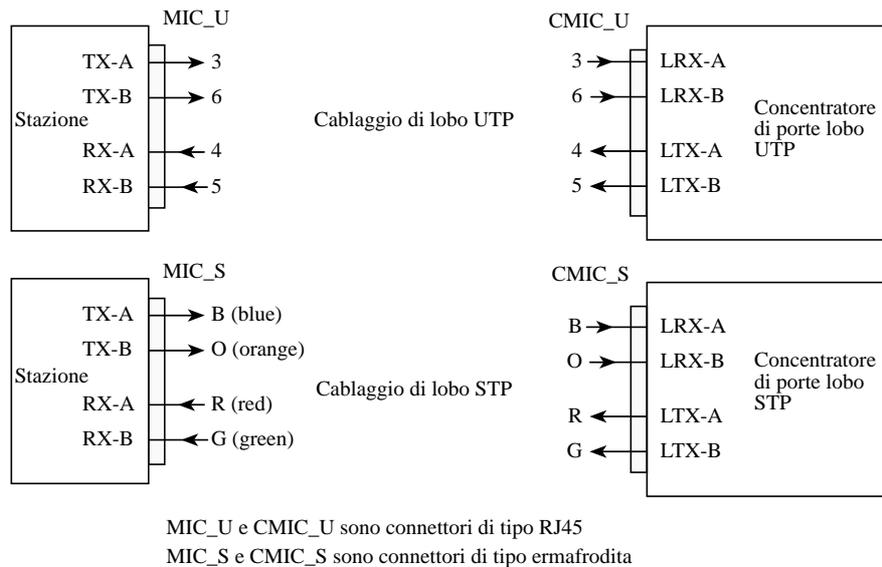


Fig. 7.20 - Connessioni fra stazione e concentratore.

Per interconnettere due concentratori distanti fra loro si possono utilizzare ripetitori in fibra ottica che permettono connessioni fino a 2 Km di distanza. Alcuni costruttori offrono dei ripetitori in fibra ottica con doppia connessione: una principale ed una ridondante, per ragioni di tolleranza ai guasti.

7.4 REGOLE DI CONFIGURAZIONE

Le prime regole di configurazione sono state sviluppate da IBM ed erano basate sull'utilizzo di una serie di tabelle che, a seconda delle velocità trasmissive, del numero di concentratori e delle distanze tra questi, fornivano la lunghezza massima di lobo.

Queste regole si sono rivelate imprecise, in quanto non consideravano una serie di parametri quali:

- l'attenuazione del concentratore causata dalla perdita di segnale sui contatti del relé e sui connettori;
- il valore di diafonia combinata (combined NEXT), che dipende dal numero di concentratori e componenti passivi che sono connessi fra loro in modalità seriale.

Il parametro principale per il corretto funzionamento della rete è il rapporto tra il segnale attenuato e il segnale indotto dalla coppia vicina (si veda il paragrafo 3.2.5). Questo parametro viene indicato col nome ACR (*Attenuation to Cross-talk Ratio*) dal comitato ISO/IEC e definito col nome NIR (*Next loss to Insertion loss Ratio*) dalla bozza 802.5 Q/D3.

Il comitato americano IEEE ha sviluppato in modo approfondito le problematiche associate al NIR ed ha imposto regole molto restrittive riguardanti il numero massimo di concentratori e di stazioni, e le distanze massime percorribili.

Una progettazione di rete deve considerare sempre le regole più restrittive per garantire un buon funzionamento in tutte le condizioni possibili. Per questa ragione è consigliabile progettare la rete in modo che possa funzionare correttamente sia a 4 sia a 16 Mb/s.

7.5 REGOLE IBM

Le regole da rispettare riguardano il massimo numero di stazioni e la distanza massima di lobo.

Il numero massimo di stazioni consentito è 260 e questa limitazione dipende dal livello MAC. Ogni ripetitore per cavo in rame riduce di una stazione il numero massimo consentito ed ogni convertitore in fibra ottica comporta una riduzione di due stazioni.

Nella terminologia IBM un MAU è contenuto all'interno di un armadio e più armadi adiacenti formano una *cabina*.

La distanza massima di lobo si calcola in modo diverso se la rete è realizzata con una cabina singola o con più cabine distanti fra loro.

Il caso peggiore si ha quando il doppio anello controrotante di dorsale si ripiega sul percorso di backup, per un guasto. Se il guasto è sul cavo di dorsale di lunghezza minore, allora l'anello assume la lunghezza maggiore.

Per questa ragione, in fase di progetto, è opportuno calcolare la lunghezza adattata dell'anello, chiamata ARL (*Adjusted Ring Length*), che si ricava sottraendo alla lunghezza totale del ring la distanza più breve tra due cabine.

Supponiamo ad esempio di avere 3 MAU concentrator su piani diversi di un edificio. Essi vanno considerati come tre cabine contenenti ciascuna un MAU. Se le tre distanze sono 10, 5, 15 m, la lunghezza adattata dell'anello è uguale a $10+5+15-5$, cioè 25 m.

Le formule riportate nel seguito evitano l'uso delle tabelle IBM ed offrono un risultato mediato un po' più restrittivo e quindi più sicuro. Si assume di utilizzare cavo di tipo 1 e MAU 8228.

NA indica il numero di armadi, NM indica il numero di MAU e NC indica il numero di cabine.

7.5.1 Cablaggio con cabina singola

A 4 Mb/s lunghezza di lobo = $390 - NA \cdot 5 - NM \cdot 5$

A 16 Mb/s lunghezza di lobo = $178 - NA \cdot 5 - NM \cdot 5$

7.5.2 Cablaggio con più cabine

A 4 Mb/s lunghezza di lobo = $395 - NC \cdot 5 - NM \cdot 9 - ARL$

A 16 Mb/s lunghezza di lobo = $189 - NC \cdot 5 - NM \cdot 9 - ARL$

Si osservi che per un Token Ring a 16Mb/s con 50 stazioni, 8 MAU, 3 cabine e ARL di 25 m, la lunghezza di lobo è di 77 m, inferiore a quella prevista dagli standard sul cablaggio strutturato. Per poter realizzare una rete di questo tipo bisogna ricorrere a ripetitori o a concentratori attivi o parzialmente attivi.

7.6 REGOLE 802.5

Lo standard 802.5 stabilisce i valori massimi di attenuazione e diafonia accettati per connettori, concentratori e cavi.

Per quanto riguarda i cavi fa riferimento allo standard EIA/TIA 568 ed ai successivi bollettini TSB 36 e 40.

Per i connettori richiede le seguenti caratteristiche minime:

- connettore per STP (ermafrodita): -62 dB minimo di diafonia nelle frequenze comprese tra 100 KHz e 4 MHz, -50 dB minimo di diafonia nelle frequenze comprese tra 4 e 16 MHz, 0.1 dB massimo di perdita d'inserzione nelle frequenze comprese tra 100 KHz e 16 MHz;
- connettore per UTP (RJ45): -56 dB minimo di diafonia nelle frequenze tra 0.1 e 16 MHz, 0.1 dB massimo di perdita d'inserzione nelle frequenze comprese tra 1 e 16 MHz.

Per i concentratori passivi l'attenuazione massima consentita è di 2 dB ed il valore minimo di diafonia deve essere -40 dB nelle frequenze comprese tra 4 e 24 MHz.

L'attenuazione riferita ai concentratori passivi viene anche detta 'flat attenuation', in quanto non è in funzione della frequenza, ma dipende principalmente dalla perdita d'inserzione dei contatti dei relé.

7.6.1 Attenuazione massima

La perdita massima ammessa nel percorso tra due elementi attivi, siano essi due stazioni, nel caso di utilizzo di concentratori passivi, o una stazione e una porta di un concentratore attivo, è la seguente:

- 19 dB a 4 e 16 Mb/s quando si utilizzano concentratori passivi;
- 19 dB a 4 Mb/s quando si utilizzano concentratori attivi;
- 16 dB a 4/16 e 16 Mb/s quando si utilizzano concentratori attivi.

Quando si parla di velocità 4/16 Mb/s ci si riferisce a stazioni che usano componenti elettronici che possono funzionare a 4 e 16 Mb/s.

7.6.2 Rapporto segnale/disturbo

I valori minimi richiesti di NIR in un percorso tra due elementi attivi sono i seguenti:

- 19 dB con l'utilizzo di cavi STP e concentratori attivi o passivi, a 4 Mb/s;
- 17.5 dB con l'utilizzo di cavi UTP e concentratori attivi o passivi, a 4 Mb/s;
- 17 dB con l'utilizzo di cavi STP e concentratori passivi, a 4/16 e 16 Mb/s;
- 15.5 dB con l'utilizzo di cavi STP e concentratori attivi, a 4/16 e 16 Mb/s;
- 15.5 dB con l'utilizzo di cavi UTP e concentratori passivi, a 4/16 e 16 Mb/s;
- 14 dB con l'utilizzo di cavi UTP e concentratori attivi, a 4/16 e 16 Mb/s.

7.6.3 Numero massimo di stazioni

La limitazione del numero di stazioni dipende da due fattori: il livello MAC, che limita ad un massimo di 260 stazioni, ed il jitter accumulato.

Quando si usano i concentratori passivi il numero massimo di elementi di ripetizione è 300, di cui:

- 260 possono essere stazioni;
- 40 possono essere altri elementi di ripetizione.

Quando si usano i concentratori attivi il numero massimo di elementi di ripetizione è 300, di cui:

- 144 possono essere stazioni;
- 144 possono essere le porte attive dei concentratori;

- 12 possono essere altri elementi di ripetizione.

Si noti che i concentratori attivi riducono il numero massimo di stazioni collegabili da 260 a 144, aumentando però, come vedremo nel seguito, la lunghezza massima del lobo. D'altro canto, gli esempi seguenti dimostrano come, utilizzando esclusivamente concentratori passivi e volendo mantenere la lunghezza di lobo pari a 100 m, non si riesca ad andare oltre le 40 stazioni.

7.6.4 Utilizzo di soli concentratori passivi

Utilizzando concentratori passivi la distanza di lobo massima è molto complessa da calcolare, poiché si sommano i valori di attenuazione dei vari elementi, ma soprattutto si combinano i valori di diafonia dei vari componenti.

Si considerino, ad esempio, i tre seguenti tipi di concentratori:

- a 8 porte avente un'attenuazione di 0.5 dB ed una diafonia di -40 dB;
- a 12 porte avente un'attenuazione di 0.8 dB ed una diafonia di -40 dB;
- a 20 porte avente un'attenuazione di 1.3 dB ed una diafonia di -40 dB.

Analizziamo il numero massimo di concentratori utilizzabili in una rete a cabina singola, a 16 Mb/s, per ottenere una lunghezza di lobo di 100 m.

Con il cavo STP a 150 Ω il numero massimo di concentratori è il seguente:

- 5 concentratori a 8 porte, oppure
- 4 concentratori a 12 porte, oppure
- 3 concentratori a 20 porte.

Con il cavo UTP di categoria 5 il numero massimo di concentratori è il seguente:

- 4 concentratori a 8 porte, oppure
- 3 concentratori a 12 porte, oppure
- 2 concentratori a 20 porte.

7.6.5 Cavi utilizzabili

Se si usano concentratori passivi o parzialmente attivi bisogna usare cavi STP o UTP di categoria 5.

Se si usano concentratori attivi si possono usare cavi STP o UTP di categoria 4 e 5.

7.6.6 Concentratori attivi o parzialmente attivi

Entrambi i tipi forniscono lunghezze di lobo maggiori o uguali ai 100 m previsti dagli standard di cablaggio strutturato e specificate dal costruttore del concentratore, in funzione del tipo di cavo. Ed esempio, il MAU IBM 8230, parzialmente attivo, quando usato con cavo STP di tipo 1 IBM, fornisce una lunghezza di lobo di 145 m.

Nel caso di concentratori attivi si ottengono le seguenti lunghezze di lobo:

- cavo STP 340 m;
- cavo UTP cat. 5 195 m;
- cavo UTP cat. 4 150 m.

BIBLIOGRAFIA

- [1] IBM Centro di competenza Telecomunicazioni, "Reti Locali IBM: Sistema di cablaggio IBM", Codice documento GA13-1536-01, Roma (Italia), settembre 1989.
- [2] IBM, "Token-Ring Network: Architecture Reference", Pub. No. SC30-3374-01, second edition, August 1987.
- [3] ISO/IEC 8802.5, IEEE Std 802.5, "Token ring access method and physical layer specifications", First Edition, June 1992.
- [4] P 802.5 Q/D3 Standard project, Token Ring STP/UTP revision, March 1993.
- [5] EIA/TIA-568, Commercial Building Telecommunications Wiring Standard (ANSI/EIA/TIA-568-91), July 1991.
- [6] TSB-36, Additional Cable Specifications for Unshielded Twisted Pair Cables, November 1991 (used in conjunction with EIA/TIA wiring standard.)
- [7] TSB-40, Additional Transmission Specification for Unshielded Twisted-Pair Connecting hardware, August 1992 (used in conjunction with EIA/TIA wiring standard and TSB36 above).