

9

LA RETE DQDB E LO STANDARD IEEE 802.6

9.1 INTRODUZIONE

La problematica delle reti metropolitane (MAN: *Metropolitan Area Network*) è sempre stata di interesse sia per i costruttori di elaboratori e di apparati di telecomunicazione, sia per le PTT nazionali.

Vari sono stati gli sforzi nel tentativo di giungere ad uno standard per le MAN. Tra questi ricordiamo la proposta della Burroughs basata su una tecnologia slotted ring, poi abbandonata, e la proposta sviluppata dalla University of Western Australia con il contributo della Telecom Australia per una rete detta QPSX (*Queued Packet and Synchronous Exchange*).

Questa proposta è alla base dello standard IEEE 802.6 *Distributed Queue Dual Bus* (DQDB) *Subnetwork of a Metropolitan Area Network* che ha ottenuto un largo consenso dalle compagnie telefoniche nord-americane (BOC: *Bell Operating Company*) ed una più tiepida accoglienza in Europa, dove è stato adottato da Inghilterra, Germania e Italia, e rifiutato dalla Francia.

Lo standard 802.6 è stato approvato dal comitato IEEE alla fine del 1990 e dal comitato ANSI nella prima metà del 1991.

DQDB è l'unico standard IEEE 802 (figura 9.1) che sia stato riconosciuto dal CCITT ed utilizzato in reti pubbliche.

Lo standard DQDB si occupa in particolare del sottolivello MAC del livello 2, in quanto a livello Fisico si adottano standard consolidati nell'ambito delle reti di telecomunicazioni pubbliche. Lo standard tratta una singola sottorete DQDB e la connessione di un insieme di sottoreti DQDB a formare una MAN. Questa ha numerose affinità logiche con una LAN estesa.

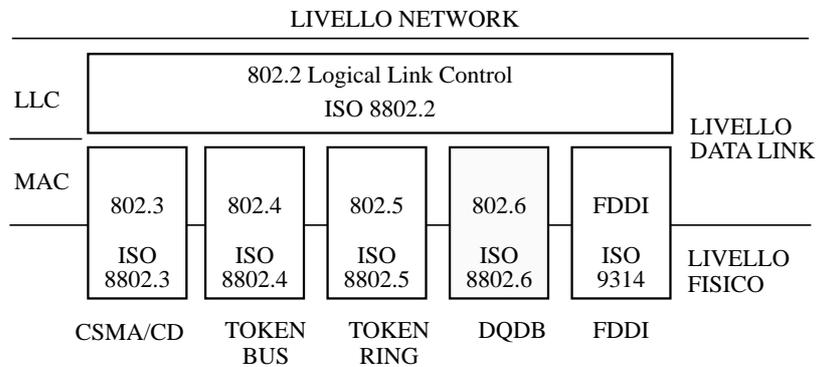


Fig. 9.1 - Relazioni tra i livelli OSI e DQDB.

L'interconnessione tra le sottoreti DQDB all'interno di una MAN si può realizzare utilizzando bridge multiporta, router o gateway (figura 9.2). Il bridge multiporta per l'interconnessione di sottoreti DQDB non è un normale bridge IEEE 802.1D, ma è conforme alle specifiche dei bridge remoti per le MAN che sono oggetto di una bozza di standard denominata IEEE 802.6F-D5 e datata 1993.

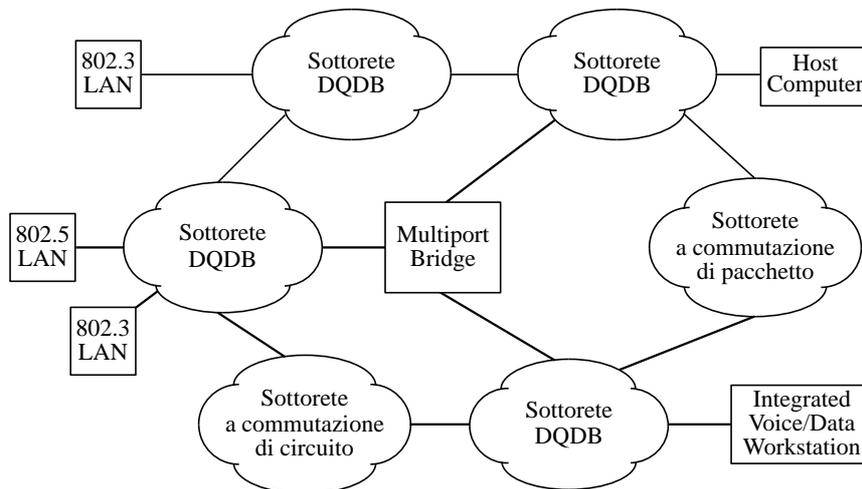


Fig. 9.2 - Metropolitan Area Network.

9.2 IL LIVELLO MAC

9.2.1 Metodo di accesso

Il metodo di accesso, come la sigla DQDB ricorda, si basa su un algoritmo distribuito di accodamento delle richieste di trasmissione, detto anche coda distribuita. In pratica, quando una stazione DQDB deve trasmettere, accoda la sua richiesta di trasmissione sulla rete e, quando saranno terminate le trasmissioni delle stazioni che hanno fatto richiesta precedentemente, la stazione potrà trasmettere. La coda delle richieste è unica per tutte le stazioni ed è gestita in modo distribuito.

Una sottorete DQDB è realizzata tramite due bus seriali che trasmettono i dati in direzioni opposte (figura 9.3). Sui due bus i nodi vengono connessi tramite le *Access Unit* (AU) che realizzano il protocollo DQDB.

I nodi che si trovano ai due estremi del doppio bus prendono il nome di *head-of-bus*. Essi sono il punto di generazione del flusso di dati per un bus (*start of data flow*) ed il punto di terminazione del flusso di dati per l'altro bus (*end of data flow*).

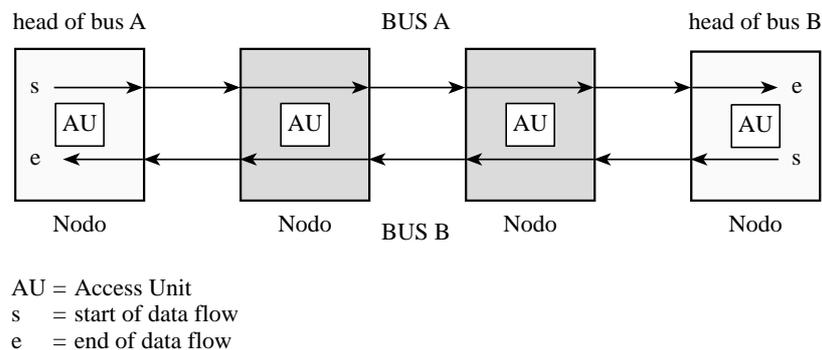


Fig. 9.3 - Sottorete DQDB: topologia open bus.

Una sottorete DQDB può essere configurata con due topologie:

- *open bus*. Si tratta di un doppio bus con le estremità aperte (figura 9.3). In caso di guasto la sottorete si divide in due sottoreti che rimangono isolate;
- *looped bus*. Si tratta di un doppio bus chiuso ad anello che offre buone caratteristiche di tolleranza ai guasti (figura 9.4).

Nella topologia looped bus l'head-of-bus A e l'head-of-bus B sono presenti all'interno nello stesso nodo. In caso di rottura fisica di una connessione, i due nodi posti agli estremi del guasto diventano le due nuove head-of-bus dei bus e la sottorete si riconfigura quindi in modalità open bus (figura 9.5).

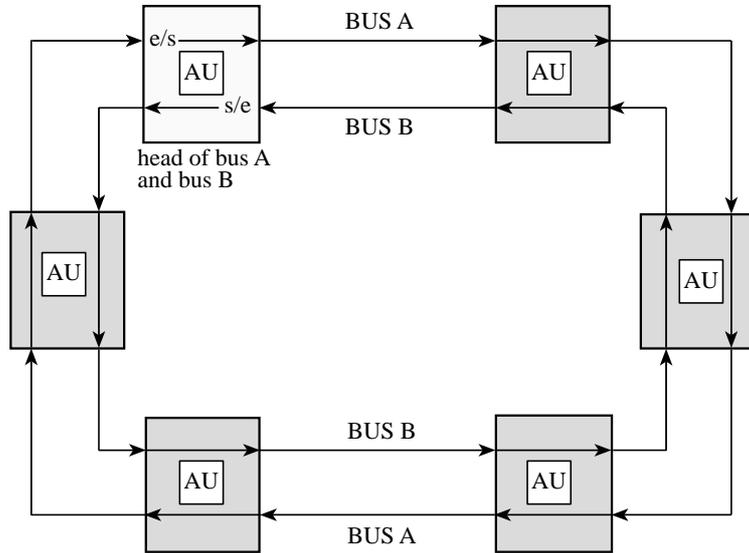


Fig. 9.4 - Sottorete DQDB: topologia looped bus.

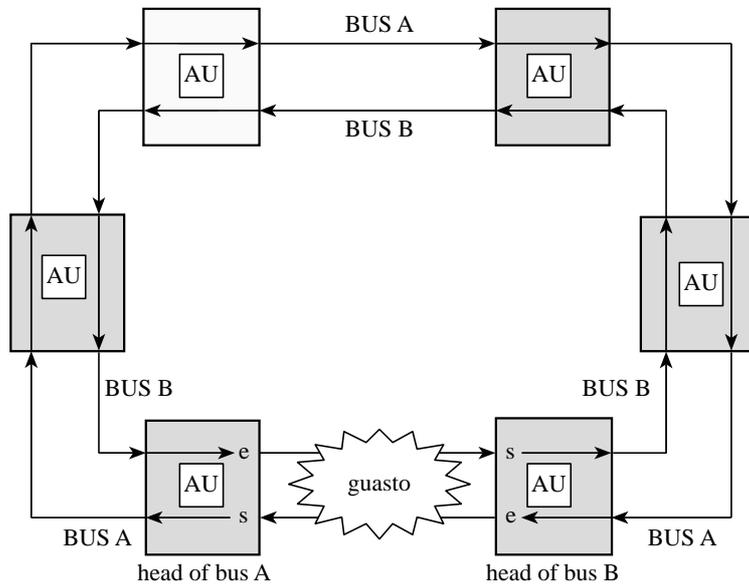


Fig. 9.5 - Riconfigurazione di un looped bus a seguito di un guasto.

Ogni nodo ha una *Access Unit* (AU) che realizza le funzionalità del protocollo DQDB e si connette ai bus A e B tramite due connessioni: una di read (lettura) e una di write (scrittura). La scrittura o trasmissione dei dati sul bus avviene tramite un OR logico con i dati provenienti dal nodo precedente (figura 9.6).

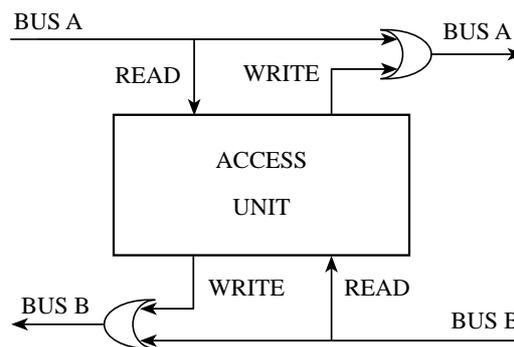


Fig. 9.6 - Connessione di una Access Unit.

Si noti che la connessione di lettura o ricezione dei dati è messa sequenzialmente prima di quella di scrittura, perciò la Access Unit può copiare i dati, modificarli se ciò è permesso dal MAC, ma non rimuoverli.

Le Access Unit sono connesse ai bus in modo non condizionante, per cui possono essere inserite o rimosse senza conseguenze funzionali per la sottorete DQDB. Una Access Unit che si guasta, senza comportare danni distruttivi sul bus, non compromette il funzionamento della sottorete.

Le uniche unità che, a seguito di una rimozione dal doppio bus o di un guasto non distruttivo, condizionano il funzionamento della sottorete sono gli head-of-bus, in quanto si occupano di generare e terminare i flussi di dati.

La determinazione del nodo *head-of-bus* viene effettuata dalle DQDB LME (*Layer Management Entities*), cioè dalle unità di gestione dei nodi DQDB che si scambiano opportuni messaggi di gestione.

9.2.2 Servizi della sottorete DQDB

I servizi forniti dalla sottorete DQDB sono di tre tipi:

- servizio isocrono (ISU: *Isochronous Service User*) per trasporto di informazioni che necessitano di un trasferimento sincrono a velocità costante, quali la voce e le immagini digitali;

- servizio MAC non connesso: tramite delle MSDU (*Mac Service Data Unit*) di lunghezza variabile si trasportano dati tra le entità LLC, senza stabilire una connessione tra le entità MAC; il protocollo LLC potrà naturalmente essere connesso o non connesso;
- servizio connesso di tipo asincrono per trasporto di dati tra entità diverse da quelle LLC.

L'unità base per il trasferimento di informazioni è lo *slot*. Gli head-of-bus generano in continuazione degli slot che possono essere utilizzati dalle Access Unit. I criteri per arbitrare l'utilizzo di tali slot, cioè per accedere al doppio bus, sono due (figura 9.7):

- *Pre-Arbitrated (PA)* utilizzato per fornire i servizi isocroni. Gli slot PA vengono riservati in fase di generazione per essere utilizzabili solo da determinate Access Unit;
- *Queued Arbitrated (QA)* utilizzato per fornire i servizi non isocroni. Gli slot QA vengono generati vuoti e possono essere utilizzati da tutte le Access Unit secondo le modalità del protocollo MAC a coda distribuita.

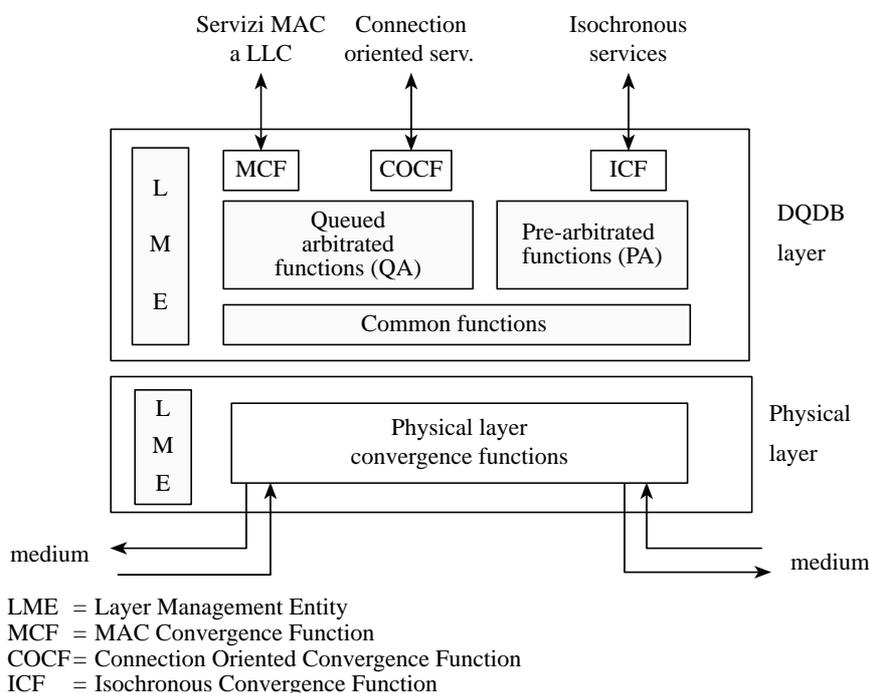


Fig. 9.7 - Schema logico a livelli di un nodo DQDB.

9.2.3 Unità base di trasferimento delle informazioni (slot)

Lo slot può contenere dati o informazioni di gestione. La figura 9.8 mostra il formato dello slot.

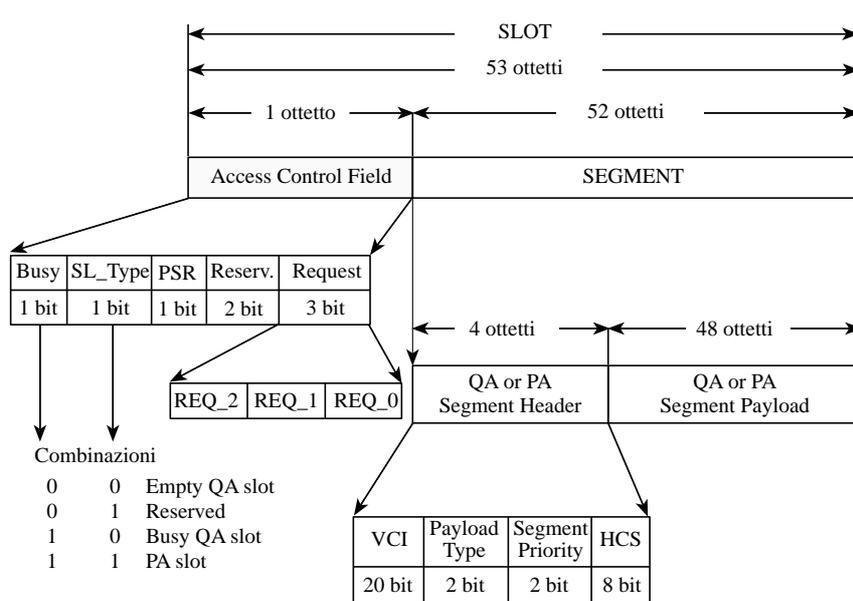


Fig. 9.8 - Formato dello slot.

Si noti che lo slot ha lunghezza fissa pari a 53 byte ed è stato progettato per avere un elevato grado di compatibilità con la cella ATM (si veda paragrafo 19.2).

Gli slot vengono generati in continuazione su entrambi i bus dai nodi head-of-bus. All'atto della generazione sono vuoti (non contengono dati) e possono essere riempiti dalle Access Unit dei nodi che hanno necessità di trasferire informazioni.

Lo slot è formato da due parti principali: l'*Access Control Field* (ACF) ed il *segmento*.

I bit dell'ACF controllano l'accesso allo slot ed in particolare:

- i due bit *Busy* e *SL_Type* definiscono lo stato dello slot che può essere:
 - slot QA vuoto;
 - slot QA occupato;
 - slot PA;
- i tre bit di *request* indicano una richiesta di accesso QA ad uno dei tre livelli di priorità disponibili.

I segmenti possono essere di tipo PA, quando sono riferiti ad uno slot di tipo *pre-arbitrated*, o di tipo QA quando sono riferiti ad uno slot di tipo *queued arbitrated*.

Il segmento è suddiviso in due ulteriori campi:

- il *segment header* contiene le informazioni relative al payload e al tipo di connessione;
- il *segment payload* è il campo dati, lungo 48 ottetti.

Il segment header è a sua volta composto da:

- *VCI (Virtual Channel Identifier)*, che identifica il canale virtuale a cui appartiene il segmento. Il servizio MAC non connesso fornito al livello LLC è identificato tramite il VCI con tutti i bit a uno;
- *Payload Type e Segment Priority*, che hanno sempre valore zero; altri valori saranno oggetto di definizioni future;
- *HCS (Header Check Sequence)*, che è un CRC calcolato sull'header.

Durante il normale funzionamento tutte le stazioni sono sincronizzate su un'unica sorgente che genera il tempo base di slot (*slot timing*) per una sottorete DQDB. Questo serve a garantire che tutti i nodi della sottorete identifichino correttamente la tempistica degli slot.

9.2.4 Metodo di accesso Queued Arbitrated (QA)

Questo metodo di accesso utilizza gli slot di tipo QA e fornisce un accesso deterministico per i servizi di trasferimento dati.

Il protocollo utilizza i bit di busy e SL_Type per verificare la disponibilità dello slot e il campo request per richiedere un accesso ad un dato livello di priorità.

Ogni nodo deve tenere conto di quali altri nodi sono raggiungibili tramite il bus A e quali tramite il bus B. Lo standard IEEE 802.6 non definisce la metodologia per fare ciò, ma suggerisce di utilizzare le tecniche già adottate con successo dallo standard IEEE 802.1D relativamente alla gestione delle tabelle di instradamento dei MAC bridge (si veda paragrafo 10.6).

Il nodo che vuole trasmettere decide, in funzione dell'indirizzo di destinazione, se utilizzare il bus A o il bus B, e il bus scelto diventa il suo *forward bus*, mentre l'altro bus diventa il suo *reverse bus*, per quella trasmissione.

Con riferimento all'esempio di figura 9.9 supponiamo che il nodo X debba trasmettere un segmento al nodo Z. Per detta trasmissione il forward bus di X è il bus A, mentre il reverse bus di X è il bus B.

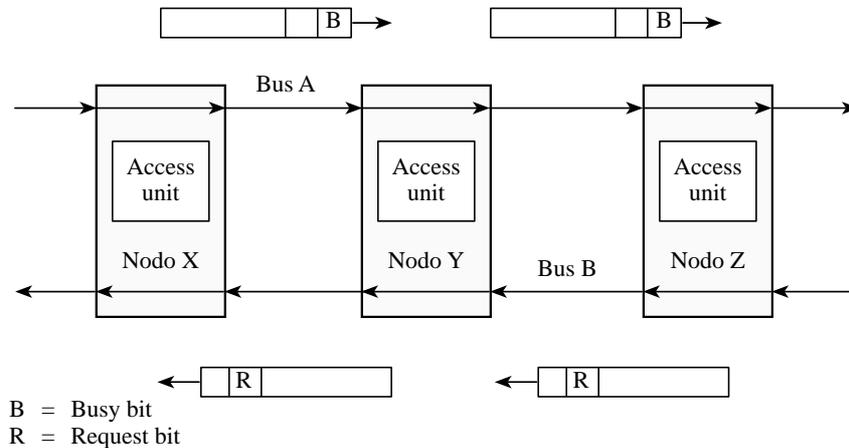


Fig. 9.9 - Esempio di Forward e Reverse BUS.

Il nodo non può trasmettere utilizzando il primo slot QA libero sul forward bus, in quanto questo avvantaggerebbe i nodi vicini allo head-of-bus a danno di quelli più lontani, ma deve prima prenotare la trasmissione usando il reverse bus. Questo equivale a gestire una coda di prenotazioni distribuita.

Solo quando saranno state servite le prenotazioni precedenti nella coda, il nodo potrà trasmettere. A tal fine ogni nodo mantiene un conteggio del numero di prenotazioni dei nodi successivi sul forward bus non ancora servite, come differenza tra il numero di prenotazioni che ha visto transitare sul reverse bus e il numero di slot QA liberi che ha visto transitare sul forward bus.

Questo algoritmo è ulteriormente complicato dalla presenza di tre livelli di priorità e quindi dalla necessità di gestire non una, ma tre code distribuite. Per analizzare più nel dettaglio il funzionamento dell'algoritmo supporremo per ora di avere una sola coda distribuita.

Le informazioni necessarie all'accesso sono contenute in due contatori:

- il *Request Count* (RQ);
- il *Countdown* (CD).

Esistono due coppie di contatori, per ogni priorità, in ogni Access Unit. Una coppia è utilizzata quando il forward bus è A, mentre l'altra quando il forward bus è B.

Il contatore RQ si incrementa ad ogni richiesta di accesso ricevuta sul reverse bus e si decrementa ad ogni slot QA libero che transita sul forward bus (figura 9.10).

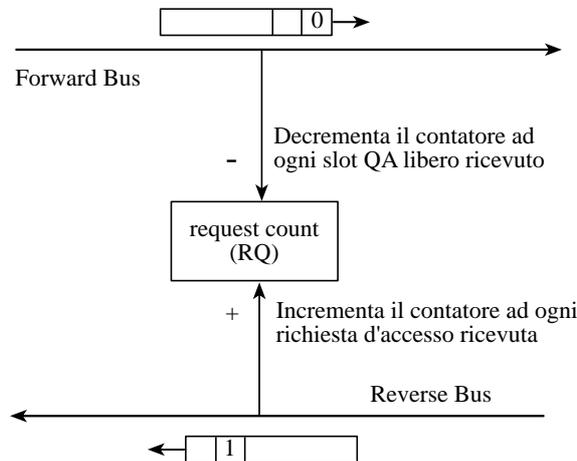


Fig. 9.10 - Nodo privo di segmenti da trasmettere.

Quando una Access Unit ha un segmento da trasferire esegue le seguenti operazioni:

- in funzione della localizzazione del nodo destinatario, determina quale bus è il forward bus e quale il reverse;
- mette il segmento da trasferire nella coda di accesso del forward bus;
- imposta una richiesta di accesso sul reverse bus;
- copia il valore corrente del contatore RQ nel contatore CD (figura 9.11);
- azzerà il contatore RQ e ricomincia a contare le richieste di accesso successive;
- inizia a contare gli slot QA liberi che transitano sul forward bus ed al passaggio di ognuno di questi decrementa il contatore CD;
- quando il contatore CD arriva a zero il segmento può essere trasferito;
- al passaggio del primo slot QA imposta il bit di busy per indicare che lo slot è stato utilizzato e trasferisce il segmento che era in coda.

DQDB prevede tre livelli di priorità: 0, 1 e 2. Il livello 0 è il più basso e deve essere utilizzato per i segmenti di dati di tipo non connesso. Gli altri livelli di priorità sono riservati per usi futuri.

Per gestire tre code a priorità diversa nell'ACF (figura 9.8) sono presenti tre bit di richiesta e i contatori RQ e CD sono replicati per ogni livello di priorità. I contatori operano in modo simile a quanto descritto per il caso di priorità singola, con l'eccezione che occorre considerare anche le richieste di priorità superiore.

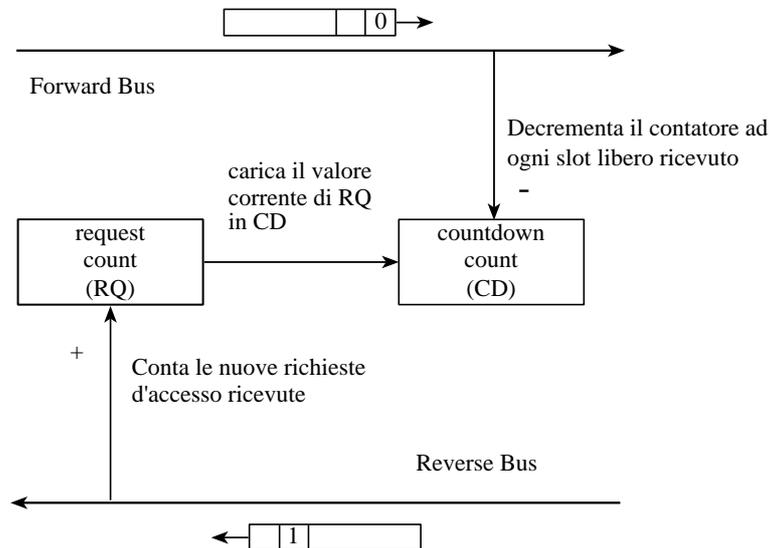


Fig. 9.11 - Nodo con segmenti da trasmettere.

Questo implica che quando uno slot in transito sul reverse bus contiene una richiesta di trasmissione ad una data priorità, occorre incrementare non solo il contatore RQ di quella priorità, ma anche i contatori RQ delle priorità inferiori.

Anche la gestione di CD è modificata, in quanto CD deve incrementarsi a fronte di una richiesta a priorità superiore sul reverse bus.

Occorre infine considerare che il transito di uno slot QA vuoto sul forward bus decrementa tutti i contatori RQ e CD.

9.2.5 Controllo d'accesso pre-arbitrato

Il controllo di accesso pre-arbitrato utilizza gli slot di tipo PA. Tali slot vengono generati dal nodo di head-of-bus che li marca di tipo PA.

Il segmento PA consiste in un insieme di ottetti, ognuno dei quali può essere usato da due o più Access Unit, cioè più Access Unit possono condividere l'accesso allo stesso slot.

Il nodo head-of-bus assegna lo slot ad un canale virtuale tramite la scrittura del campo VCI e assicura inoltre che per ogni canale virtuale sia disponibile una banda sufficiente per il servizio isocrono.

L'accesso ad uno slot PA da parte di una Access Unit inizia con l'osservazione del campo VCI. La Access Unit mantiene una tabella che indica, per ogni Virtual Channel, quali ottetti devono essere scritti o letti.

9.2.6 Servizi forniti dal MAC a LLC

Lo standard DQDB è stato progettato per fungere da dorsale di interconnessione di LAN diverse, quali IEEE 802.3, 802.4 e 802.5. DQDB è quindi in grado, in ambito urbano, di interconnettere tra loro più LAN installate in edifici non contigui.

A tal fine DQDB fornisce un servizio MAC non connesso al livello LLC sovrastante. Le MAC Service Data Unit (MSDU) vengono segmentate dal nodo DQDB mittente, i segmenti trasmessi sulla rete DQDB e ricevuti al nodo DQDB destinatario che li riassume, ricostruendo le MSDU.

La componente logica di un nodo che ha il compito di operare la segmentazione e il riasssemblaggio di un messaggio MAC si chiama MCF (MAC Convergence Function). Essa ha funzione di adattamento tra il formato dello slot DQDB ed i formati dei messaggi di altre LAN 802.x (figura 9.7).

Il trasferimento di una MSDU viene effettuato secondo le seguenti fasi (figura 9.12):

- creazione della IMPDU (*Initial MAC PDU*) che contiene nella parte INFO la MSDU da trasportare;
- segmentazione della IMPDU in parti lunghe 44 ottetti;
- aggiunta di uno header (2 ottetti) e di un trailer (2 ottetti) e formazione delle DMPDU (*Derived MAC PDU*), con lunghezza pari a 48 ottetti.

In funzione della lunghezza della IMPDU si possono porre tre casi:

- se la IMPDU ha una lunghezza inferiore o uguale a 44 ottetti si ha una singola DMPDU che è identificata con Segment Type uguale a SSM (*Single Segment Message*);
- se la IMPDU ha una lunghezza inferiore o uguale a 88 ottetti si hanno due DMPDU di cui la prima ha Segment Type uguale a BOM (*Beginning Of Message*) e la seconda ha Segment Type uguale a EOM (*End Of Message*);
- se la IMPDU ha una lunghezza superiore a 88 ottetti si hanno più DMPDU di cui la prima ha Segment Type uguale a BOM, quelle intermedie hanno segment type uguale a COM (*Continuation Of Message*), l'ultima ha segment type uguale a EOM.

Si noti che l'IMPDU header è totalmente contenuto nella prima DMPDU e cioè in una DMPDU SSM o BOM.

La figura 9.13 mostra il formato di una IMPDU. Si noti che i campi di destination address e source address sono di 8 ottetti, cioè 64 bit. Questa lunghezza consente di contenere sia gli indirizzi MAC che hanno lunghezza pari a 48 bit, sia gli indirizzi E.164 di derivazione telefonica (ISDN), con lunghezza pari a 60 bit.

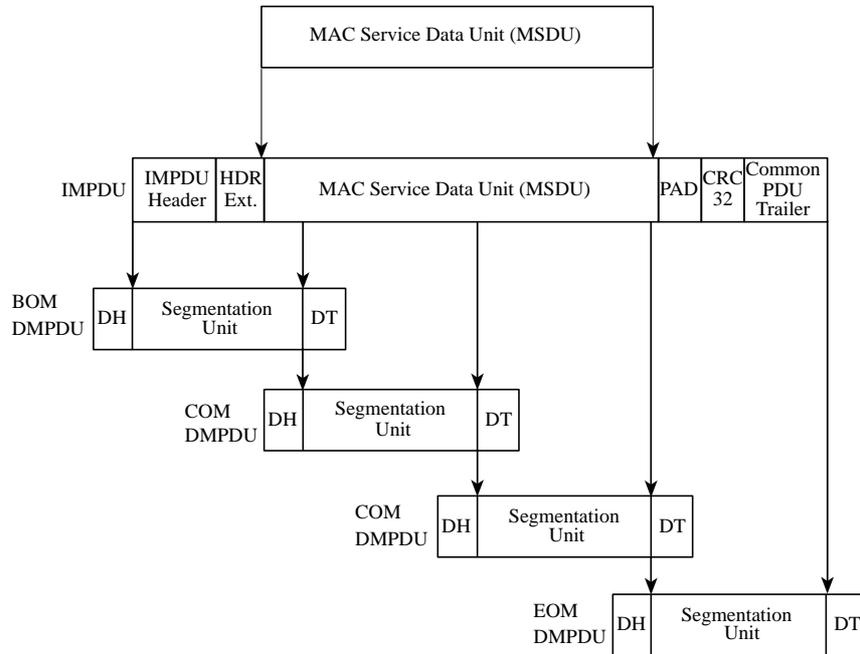


Fig. 9.12 - Segmentazione di una IMPDU.

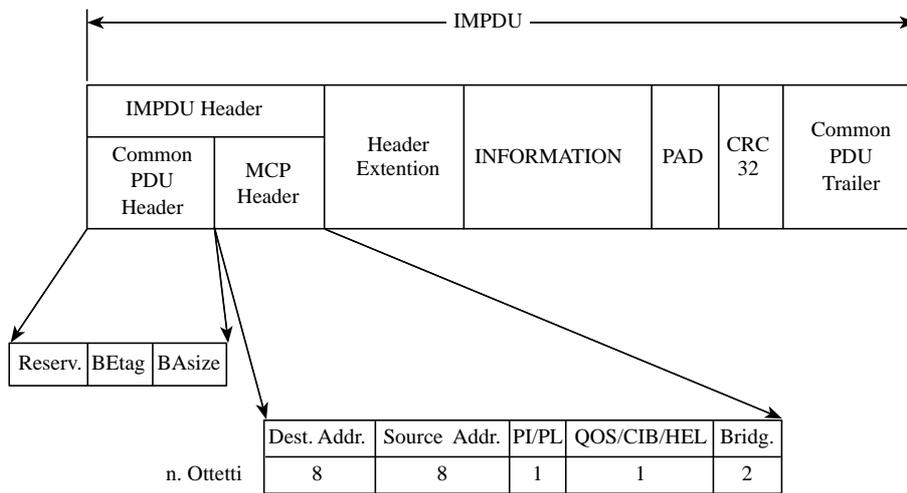


Fig. 9.13 - Formato di una IMPDU.

La figura 9.14 mostra il formato di una DMPDU. Si noti che la lunghezza di una DMPDU è pari a 48 ottetti, in modo da riempire totalmente il campo di segment payload (si veda figura 9.8).

In fase di ricezione una Access Unit verifica il campo VCI nell'header del segmento; per le MSDU contenenti una LLC-PDU il campo VCI contiene tutti uno. Se il valore di VCI è uno di quelli che la Access Unit è abilitata a ricevere si analizza il segment payload, cioè la DMPDU. Per prima cosa si verifica la payload CRC, se questa è errata il segmento viene scartato.

Per ogni DMPDU valida con Segment Type uguale a BOM si inizia un processo di riassettaggio della IMPDU. Il riassettaggio viene effettuato controllando il *sequence number* (le DMPDU hanno numeri crescenti modulo 16) e il MID (*Message Identifier*) nell'header della DMPDU. Il MID contiene l'identificativo assegnato all'IMPDU in fase di segmentazione.

Sulla segmentazione e riassettaggio di una MSDU vengono effettuati i seguenti controlli:

- lunghezza del messaggio, per evitare l'inserimento anomalo o la perdita di COM DMPDU;
- etichette Bntag (*Beginning-End tag*) delle BOM DMPDU e delle EOM DMPDU ricevute, per evitare di assemblare insieme due messaggi differenti;
- temporale (time-out), per verificare che l'EOM DMPDU arrivi entro un determinato tempo.

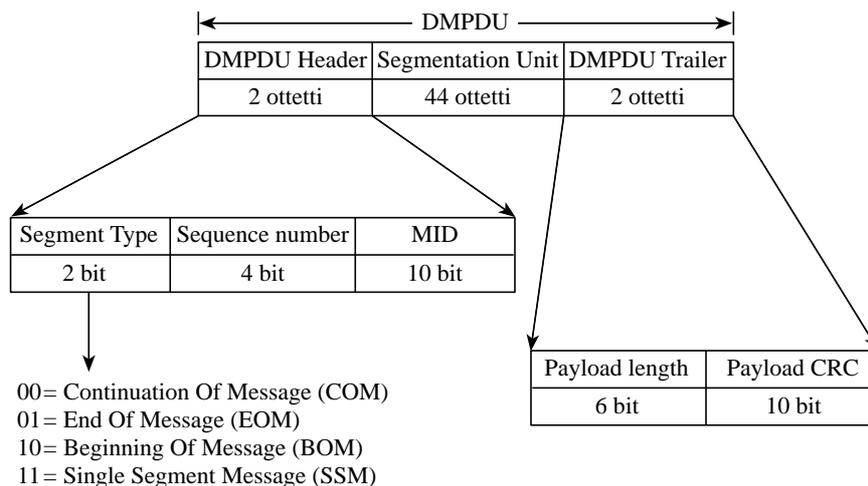


Fig. 9.14 - Formato di una DMPDU.

9.3 IL LIVELLO FISICO

La parte relativa al livello fisico dello standard IEEE 802.6 si occupa delle seguenti funzioni:

- interfacciamento con gli standard trasmissivi per le reti pubbliche;
- adattamento tra gli standard trasmissivi e il livello MAC, compito affidato alla funzione di PLCP (*Physical Layer Convergence Procedure*);
- controllo dello stato delle connessioni tramite la funzione di PLCSM (*Physical Layer Connection State Machine*).

Gli standard trasmissivi su rete pubblica attualmente previsti sono i seguenti:

- ANSI DS3 operante alla velocità di 44.736 Mb/s e definito nelle normative ANSI T1.102 e T1.107;
- CCITT G.703 operante alle velocità di 34.368 o 139.264 Mb/s;
- CCITT G.707, G.708 e G.709 SDH operante alla velocità di 155 Mb/s.

BIBLIOGRAFIA

- [1] IEEE Std 802.6-1990, Distributed Queue Dual Bus (DQDB) Subnetwork of a Metropolitan Area Network (MAN).
- [2] IEEE Std 802, "Overview and Architecture", IEEE, Piscataway N.J. (USA).
- [3] ISO 8802-2 (ANSI/IEEE Std 802.2), "Logical Link Control".