

5

LE LAN E IL MODELLO DI RIFERIMENTO IEEE 802

La fine degli anni '70 vede la comparsa sul mercato statunitense delle LAN. Si tratta di reti di calcolatori che si propongono come scopo una soluzione più idonea al problema dell'interconnessione di sistemi su base locale di quanto non fossero le soluzioni progettate per le reti geografiche (WAN). Esse si basano sull'ipotesi che in ambito locale siano disponibili dei canali trasmissivi ad alta velocità, basso costo e non vincolati dalla conformità agli standard CCITT.

Una definizione che identifica gli aspetti peculiari delle LAN è la seguente:

5.1 DEFINIZIONE

Una LAN è un sistema di comunicazione che permette ad apparecchiature indipendenti di comunicare tra di loro, entro un'area delimitata, utilizzando un canale fisico a velocità elevata e con basso tasso d'errore.

5.1.1 Apparecchiature indipendenti

Le reti geografiche costruite alla fine degli anni '70 erano quasi sempre basate sul concetto di master-slave. Il mainframe, o in generale l'elaboratore centrale, era il master della comunicazione, e i terminali, o le stazioni, gli slave. Tutti i sistemi connessi alla LAN diventano invece paritetici, cioè della stessa importanza. La "risorsa LAN" viene equamente ripartita tra tutti i sistemi ad essa connessi. Non conta la dimensione: per una LAN un mainframe è importante come un PC; non conta la

funzionalità: per una LAN un server è importante come un client. Inoltre, il funzionamento della LAN non dipende da alcun sistema in particolare. Essa continua a mantenere inalterate le sue funzionalità anche in presenza di guasti delle stazioni o dei mainframe, oppure nel caso in cui questi vengano collegati o scollegati.

5.1.2 Area delimitata

Le LAN non sottostanno agli standard CCITT, considerati troppo restrittivi, e quindi non possono prevedere l'attraversamento di suolo pubblico. Quindi il progetto delle LAN tiene conto che esse possono coprire solo un'area delimitata, cioè essere adibite ad uso esclusivo di una determinata persona o ente e posate all'interno di uno o più fondi contigui o collegati da opere aventi carattere permanente in conformità alle norme CEI 103-1 Ed. 1987.

5.1.3 Un canale fisico a velocità elevata

L'idea di usare un solo canale fisico di trasmissione per realizzare una LAN può a prima vista sembrare restrittiva, ma così non è. Quando le LAN fecero la loro comparsa sul mercato, spinte dai costruttori di calcolatori, i costruttori di sistemi di telecomunicazione cercarono di ostacolarle, proponendo come alternativa i PABX digitali. Questi sono dei centralini privati numerici in grado di commutare un grande numero di circuiti digitali a 64 Kb/s (velocità standard per un canale telefonico numerico). Fu un clamoroso fallimento e la diffusione delle LAN crebbe sempre più velocemente.

La causa di tale fallimento è da ricercarsi nella modalità operativa dell'utente di LAN. Egli infatti, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, per la maggior parte del tempo non utilizza la rete. Quando però la utilizza, chiede alla rete di avere prestazioni altissime. Tale modalità di utilizzo viene detta "a burst". Questo mal si accorda con il modello del PABX numerico che alloca permanentemente a ciascun utente 64 Kb/s che sono inutilizzati per la maggior parte del tempo e di prestazioni troppo limitate quando l'utente decide di utilizzare la rete.

Il successo delle LAN è proprio da ricercarsi nell'aver compreso quanto sopra, ed effettuato la scelta progettuale rappresentata in figura 5.1.

Le LAN hanno quindi sempre un solo canale trasmissivo ad alta velocità condiviso nel tempo da tutti i sistemi collegati. Quando un sistema trasmette diventa proprietario temporaneamente (per la durata di uno o pochi pacchetti) dell'intera

capacità trasmissiva della rete. La trasmissione è sempre di tipo broadcast: un sistema trasmette e tutti gli altri ricevono. Tale organizzazione ha enormi vantaggi, ma impone anche alcune complicazioni: è necessaria la presenza di indirizzi per stabilire chi sono il reale destinatario e il mittente della trasmissione e occorre arbitrare l'accesso all'unico mezzo trasmissivo tra tutti i sistemi che hanno necessità di trasmettere.

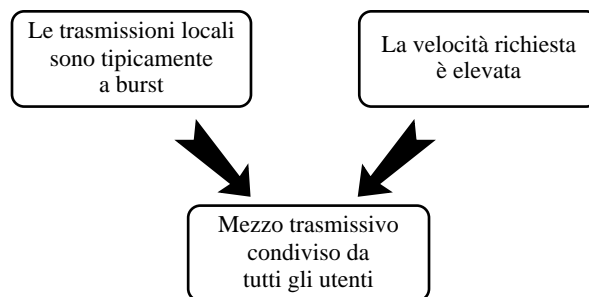


Fig. 5.1 - La scelta progettuale delle LAN.

5.1.4 Basso tasso di errore

L'unico canale trasmissivo presente deve anche essere caratterizzato da un basso tasso di errore. Questo è ottenibile abbastanza facilmente in un'area delimitata usando mezzi trasmissivi di buona qualità, come discusso nei capitoli 3 e 4. L'effetto ottenuto è quello che le LAN, essendo intrinsecamente affidabili, non hanno la necessità di correggere gli errori a livello 2 OSI e quindi normalmente utilizzano protocolli di livello 2 connectionless ad alte prestazioni.

5.2 PROTOCOLLI E CABLAGGI

Il progetto iniziale delle LAN affronta sia problematiche relative ai protocolli di livello 2 sia problematiche relative al cablaggio delle LAN stesse. Una visione più moderna tende invece a separare i due problemi (figura 5.2).

Il problema del cablaggio strutturato degli edifici è già stato affrontato nel precedente capitolo 4. Ciò che occorre garantire è che le LAN siano in grado di usufruire dei mezzi trasmissivi accettati nello standard EIA/TIA 568. A tal scopo negli anni '90 tutte le LAN sono state modificate per soddisfare tale requisito.

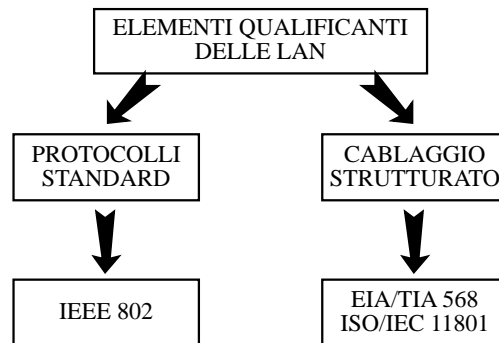


Fig. 5.2 - Protocolli e cablaggi.

5.3 ATTRIBUTI DI UNA LAN

Gli attributi che deve possedere una LAN sono quelli classici delle reti di calcolatori e cioè:

- *affidabilità*: oggi la tecnologia delle LAN è assolutamente consolidata e consente di ottenere affidabilità elevatissime, tali da permettere a molti costruttori di produrre schede di rete locale con garanzia illimitata;
- *flessibilità*: oggi le LAN sono utilizzate per applicazioni molto disparate, dalle LAN di soli PC all'integrazione PC-mainframe, fungendo da supporto unificato per più architetture di rete, tra loro incompatibili ai livelli superiori del modello OSI;
- *modularità*: le LAN possono essere realizzate utilizzando componenti di molti costruttori diversi, perfettamente intercambiabili;
- *espandibilità*: le LAN sono strutture appositamente concepite per fornire una crescita graduale nel tempo, secondo le esigenze dell'utente;
- *gestibilità*: la maggior parte dei componenti delle LAN prodotti negli ultimi anni sono concepiti per essere gestiti mediante accessi remoti utilizzando il protocollo SNMP (*Simple Network Management Protocol*), che è un protocollo applicativo basato su UDP/IP (si veda il paragrafo 16.12.9).

Affinché queste ed altre proprietà vengano soddisfatte è comunque indispensabile un accurato progetto a priori che tenga conto delle esigenze attuali dell'utilizzatore e delle possibili evoluzioni.

Le proprietà precedentemente elencate, unite all'*economicità*, sono state elemento chiave per la diffusione delle LAN e delle reti di calcolatori. Il soddisfacimento di

tali proprietà ha permesso di realizzare sistemi distribuiti concorrenziali con i mainframe non solo dal punto di vista economico, ma anche da quelli dell'affidabilità e delle prestazioni.

5.4 IL PROGETTO IEEE 802

Quando le prime LAN cominciarono a diffondersi (ARC, Ethernet, Token Ring, ecc.), l'IEEE decise di costituire sei comitati per studiare il problema della standardizzazione delle LAN e delle MAN, complessivamente raccolti nel progetto IEEE 802. Tali comitati sono:

- 802.1 Overview, Architecture, Bridging and Management;
- 802.2 Logical Link Control;
- 802.3 CSMA/CD (*Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection*);
- 802.4 Token Bus;
- 802.5 Token Ring;
- 802.6 Metropolitan Area Networks - DQDB (*Distributed Queue, Dual Bus*).

La struttura generale del progetto IEEE 802 è riportata in figura 5.3.

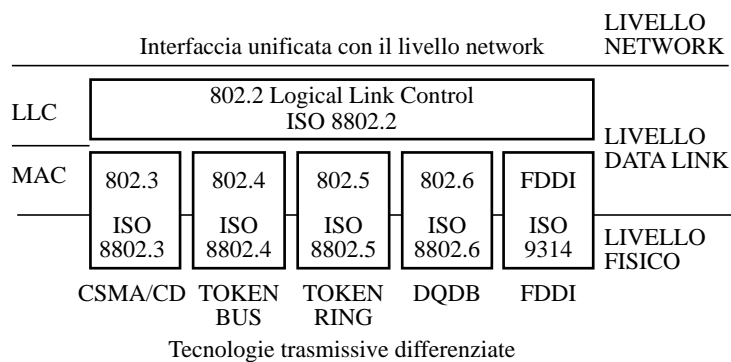


Fig. 5.3 - Il progetto IEEE 802.

A tali comitati in seguito se ne sono aggiunti altri tra cui:

- 802.3u 100BaseT;
- 802.7 Broadband technical advisory group;

- 802.8 Fiber-optic technical advisory group;
- 802.9 Integrated data and voice networks;
- 802.10 Network security;
- 802.11 Wireless network;
- 802.12 100VG AnyLAN;
- 802.14 Cable-TV based broadband communication network.

Il lavoro di tali comitati si svolge in armonia con il modello di riferimento OSI, e la relazione esistente tra il progetto OSI, il progetto IEEE 802 e lo standard EIA/TIA 568 è già stata evidenziata nel capitolo 2 (figura 2.12).

5.5 IEEE 802.1 HIGHER LAYER AND MANAGEMENT

È lo standard contenente le specifiche generali del progetto 802; esso è composto da molte parti, tra cui:

- *802.1 Part A* (Overview and Architecture);
- *802.1 Part B* (Addressing Internetworking and Network Management);
- *802.1 Part D* (MAC Bridges).

I concetti descritti dalle parti A e B sono stati già in parte introdotti e verranno ulteriormente dettagliati nel seguito di questo capitolo, mentre per quanto concerne 802.1-D esso verrà descritto approfonditamente nel capitolo 10.

IEEE 802 introduce l'idea che le LAN e le MAN devono fornire un'interfaccia unificata verso il livello Network (livello rete), pur utilizzando tecnologie trasmissive differenziate. Per ottenere tale risultato, il progetto IEEE 802 suddivide il livello Data Link in due sottolivelli:

- LLC (*Logical Link Control*);
- MAC (*Media Access Control*).

Il sottolivello LLC è comune a tutte le LAN, mentre il MAC è peculiare di ciascuna LAN, così come il livello fisico al quale è strettamente associato. Il sottolivello LLC è l'interfaccia unificata verso il livello Network ed è descritto nell'apposito standard IEEE 802.2, mentre i vari MAC sono descritti negli standard specifici di ogni rete locale (ad esempio il MAC CSMA/CD è descritto nello standard IEEE 802.3).

Nel seguito, per facilità di lettura, si parlerà solo di reti locali (LAN), ma quanto detto vale ovviamente anche per le reti metropolitane (MAN), comprese anch'esse nel progetto IEEE 802.

5.6 MAC

Il sottolivello MAC è specifico di ogni LAN e risolve il problema della condivisione del mezzo trasmissivo. Esistono vari tipi di MAC, basati su principi diversi, quali la contesa, il token, la prenotazione e il round-robin. Il MAC è indispensabile in quanto a livello 2 (Data Link) le LAN implementano sempre una sottorete trasmissiva di tipo broadcast in cui ogni sistema riceve tutti i frame inviati dagli altri.

Trasmettere in broadcast, cioè far condividere un unico canale trasmissivo a tutti i sistemi, implica la soluzione di due problemi:

- in trasmissione, verificare che il canale sia libero prima di trasmettere e risolvere eventuali conflitti di più sistemi che vogliono utilizzare contemporaneamente il canale;
- in ricezione, determinare a quali sistemi è effettivamente destinato il messaggio e quale sistema lo ha generato.

La soluzione del primo problema è data dai vari algoritmi di MAC che, per poter soddisfare il requisito 5.1.1 "apparecchiature indipendenti", devono essere algoritmi distribuiti su vari sistemi e non necessitare di un sistema master.

La soluzione del secondo problema implica la presenza di indirizzi a livello MAC (quindi nella MAC-PDU) che trasformino trasmissioni broadcast in:

- trasmissioni punto-punto, se l'indirizzo di destinazione indica un singolo sistema;
- trasmissioni punto-gruppo, se l'indirizzo di destinazione indica un gruppo di sistemi;
- trasmissioni effettivamente broadcast, se l'indirizzo di destinazione indica tutti i sistemi.

Il MAC deve anche tener conto della topologia della LAN, che implica leggere variazioni sulle possibili modalità di realizzazione del broadcast: con topologie a bus, è un broadcast a livello fisico (elettrico), mentre con topologie utilizzando canali punto-punto, quali l'anello, è un broadcast di tipo logico.

Le reti locali hanno canali sufficientemente affidabili, quindi non è in genere necessario effettuare correzione degli errori. Se ciò fosse richiesto, sarebbe il sottolivello LLC ad occuparsene essendo il MAC sempre connectionless.

I seguenti sottoparagrafi passano in rassegna brevemente i principali MAC, alcuni dei quali verranno descritti in dettaglio nei seguenti capitoli loro dedicati.

La tabella 5.1 riporta alcune date importanti per i tre principali standard.

LAN	Progetto Iniziale	Primo Standard	Prodotti Standard	Ampia Diffusione
802.3	1973	1980	1983	1985
802.5	1976	1982	1985	1987
FDDI	1981	1983	1989	1992

Tab. 5.1 - Date principali.

5.6.1 IEEE 802.3 (CSMA/CD)

IEEE 802.3 è l'evoluzione della rete Ethernet proposta da Digital, Intel e Xerox (DIX). Utilizza un MAC di tipo CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access - Collision Detection*) in cui l'arbitraggio del canale trasmissivo avviene tramite un meccanismo di contesa non deterministico, che non garantisce un tempo di attesa limitato superiormente. IEEE 802.3 prevede una topologia logica a bus, con cablaggio a bus o a stella. La velocità trasmissiva è di 10 Mb/s e il throughput massimo di circa 4 Mb/s.

5.6.2 IEEE 802.4 (Token Bus)

IEEE 802.4 è uno standard di rete locale concepito appositamente per applicazioni di automazione di fabbrica, nell'ambito del progetto MAP (*Manufacturing Automation Protocol*). IEEE 802.4 ha una topologia logica e fisica a bus, ma l'arbitraggio del canale trasmissivo avviene tramite un token e quindi il protocollo è deterministico, con tempo di attesa limitato superiormente. La velocità trasmissiva è di 10 Mb/s e il throughput massimo di 8 Mb/s.

5.6.3 IEEE 802.5 (Token Ring)

IEEE 802.5 è l'evoluzione della rete locale Token Ring proposta da IBM in alternativa ad Ethernet. Lo standard prevede una topologia ad anello, con cablaggio stellare o a doppio anello. L'arbitraggio del canale trasmissivo avviene tramite token e quindi il protocollo è deterministico, con tempo di attesa limitato superiormente. La velocità trasmissiva è di 4 o 16 Mb/s e il throughput massimo di 3 o 12 Mb/s.

5.6.4 IEEE 802.6 (DQDB)

IEEE 802.6 è lo standard per reti metropolitane MAN, approvato anche in sede di CCITT. Utilizza una topologia logica a doppio bus, con cablaggio a doppio bus o a doppio anello. L'arbitraggio del canale trasmissivo avviene tramite prenotazioni gestite dall'algoritmo DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*) e la tipologia del protocollo risulta deterministica. La velocità trasmissiva varia da 34Mb/s a 140 Mb/s con throughput massimi pari a circa l'80% della velocità trasmissiva.

5.6.5 FDDI

FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) è una rete locale ad alte prestazioni inserita nel progetto IEEE 802, ma standardizzata dall'ISO con la sigla 9314. Lo standard prevede una topologia logica ad anello, con cablaggio stellare o a doppio anello. L'arbitraggio del canale trasmissivo avviene tramite token e quindi la tipologia del protocollo è deterministica, con tempo di attesa limitato superiormente. La velocità trasmissiva è di 100 Mb/s e il throughput massimo di 80 Mb/s. FDDI è il primo standard per reti locali concepito esplicitamente per operare su fibra ottica, anche se oggi se ne hanno anche realizzazioni su rame.

5.6.6 MAC PDU

Nelle reti locali, al livello 2 OSI, sono presenti due tipi di PDU corrispondenti ai due sottolivelli LLC e MAC. Il formato della LLC-PDU è comune a tutte le reti locali e verrà discusso nel paragrafo 5.7.2, mentre quello della MAC-PDU è peculiare di ogni singolo MAC. Tuttavia alcuni campi principali, rappresentati in figura 5.4, sono presenti in tutte le MAC-PDU. In particolare una MAC-PDU contiene due indirizzi (SAP), uno di mittente (MAC-SSAP) e uno di destinatario (MAC-DSAP), un campo INFO contenente la LLC-PDU (cioè il pacchetto di livello LLC) e una FCS (*Frame Control Sequence*) su 32 bit, cioè un codice a ridondanza ciclica (CRC) per l'identificazione di errori di trasmissione.

MAC-DSAP	MAC-SSAP	INFO	
Indirizzo di destinazione	Indirizzo di mittente	LLC PDU	FCS

Fig. 5.4 - MAC-PDU.

5.6.7 Indirizzi MAC

Gli indirizzi MAC sono lunghi 6 byte, si scrivono per convenzione in esadecimale e sono univoci a livello mondiale. Essi sono scritti in una ROM dal costruttore della scheda di rete e possono essere eventualmente sostituiti via software da indirizzi scritti in un apposito buffer. Essi si compongono di due parti di 3 byte ciascuna:

- i 3 byte più significativi indicano il lotto di indirizzi assegnato al costruttore della scheda di rete locale o all'organizzazione che ha progettato una data architettura di rete; essi vengono detti OUI (Organization Unique Identifier);
- i 3 byte meno significativi sono una numerazione interna progressiva decisa dal costruttore stesso.

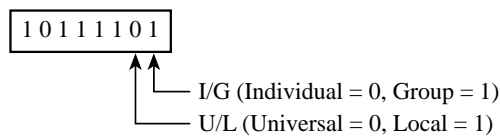
Ad esempio una scheda con indirizzo MAC 08-00-2B-3C-07-9A è una scheda prodotta dalla Digital Eq. Corp., in quanto il lotto 08-00-2B è l'OUI di tale ditta. Per una lista completa degli OUI si veda l'appendice A.

I primi due bit trasmessi sul canale hanno un'importanza particolare: il primo si chiama I/G (*Individual/Group*) ed indica se l'indirizzo è di un singolo sistema o di un gruppo di sistemi, il secondo U/L (*Universal/Local*) indica se l'indirizzo è stato assegnato ufficialmente o è stato deciso su base locale.

Vi sono purtroppo problemi di non standardizzazione nell'indirizzamento a livello MAC: in 802.3 e 802.4 il primo bit trasmesso sul filo è il meno significativo del primo byte, mentre in FDDI e 802.5 il primo bit trasmesso sul filo è il più significativo del primo byte. In figura 5.5 è illustrata tale disomogeneità.

Il primo bit trasmesso sul filo (I/G) è:

- in IEEE 802.3 e IEEE 802.4 il bit meno significativo del primo Byte



- in IEEE 802.5 e FDDI il bit più significativo del primo Byte

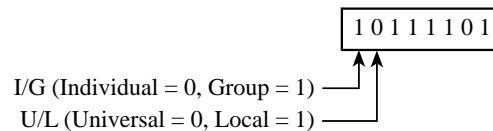


Fig. 5.5 - Bit I/G e U/L.

Per superare i problemi introdotti da tale disomogeneità la IEEE ha introdotto il concetto che gli indirizzi devono sempre essere scritti e presentati all'esterno in un formato canonico (*canonical order*) indipendente dal tipo di rete locale. Il canonical order scelto è quello di 802.3 in cui i byte sono trasmessi nell'ordine di scrittura (da sinistra verso destra) e i bit all'interno dei byte vengono trasmessi dal meno significativo (destra) al più significativo (sinistra).

Le reti locali che usano una rappresentazione interna (*native order*) diversa, poiché trasmettono i bit da sinistra verso destra, devono farsi carico delle opportune conversioni. In tabella 5.2 sono riportati alcuni esempi di indirizzi MAC.

Canonical Order	Significato	Native Order 802.3 e 802.4	Native Order 802.5 e FDDI
08-00-2b-3c-56-fe	Individual Universal	08-00-2b-3c-56-fe	10-00-d4-3c-6a-7f
01-00-e5-7f-00-02	Multicast Universal	01-00-e5-7f-00-02	80-00-7a-fe-00-40
aa-00-04-00-65-27	Individual Local	aa-00-04-00-65-27	55-00-20-00-a6-e4
03-00-00-20-00-00	Multicast Local	03-00-00-20-00-00	c0-00-00-04-00-00
ff-ff-ff-ff-ff-ff	Broadcast	ff-ff-ff-ff-ff-ff	ff-ff-ff-ff-ff-ff

Tab. 5.2 - Esempi di indirizzi MAC.

Gli indirizzi MAC possono essere di tre tipi:

- *single*, se riferito ad un singolo sistema;
- *multicast*, se riferito ad un gruppo di sistemi;
- *broadcast*, se riferito a tutti i sistemi.

Il broadcast è un tipo particolare di multicast con codifica esadecimale FF-FF-FF-FF-FF-FF.

Quando una scheda di rete locale riceve un pacchetto, non lo passa automaticamente al livello superiore (LLC), ma effettua una serie di controlli. Per prima cosa verifica che il pacchetto sia integro (cioè abbia una FCS corretta) e di dimensioni ammesse. Quindi analizza l'indirizzo di destinazione (MAC-DSAP). Si possono porre tre casi:

- se il MAC-DSAP è broadcast, il pacchetto viene sempre passato al LLC;
- se il MAC-DSAP è single, il pacchetto viene passato al LLC solo se il MAC-DSAP è uguale all'indirizzo hardware della scheda o a quello caricato da software nell'apposito buffer;

- se il MAC-DSAP è multicast, si verifica se la ricezione di quel multicast è stata abilitata dal software di livello superiore, cioè se la scheda appartiene al gruppo indirizzato. Poiché non è noto a priori a quanti gruppi possa appartenere una scheda, si usano delle tecniche di hash per mantenere la lista dei gruppi abilitati.

Gli indirizzi di gruppo servono principalmente per scoprire quali altri sistemi sono collegati alla rete locale, quali servizi questi mettono a disposizione e le relazioni esistenti tra gli indirizzi MAC e gli indirizzi di livello 3. La trasmissione in multicast ha due diverse modalità d'impiego:

- *Solicitation*, un sistema che necessita di accedere ad un dato servizio richiede, trasmettendo un pacchetto all'indirizzo di multicast di tale servizio, quali sistemi siano in grado di offrirlo. I sistemi che offrono il servizio rispondono alla richiesta;
- *Advertisement*, i sistemi che offrono un servizio trasmettono periodicamente tale informazione in multicast. Un esempio semplice è il messaggio di "Hello" con cui ogni sistema comunica periodicamente la sua esistenza e quindi la sua raggiungibilità sulla rete locale.

L'utilizzo di questi messaggi di multicast verrà descritto nel dettaglio nei capitoli sui protocolli di livello 3.

5.6.8 Relazioni tra L3, LLC e MAC

In figura 5.6 vediamo le relazioni tra le PDU di livello 3 (Network), le LLC-PDU e le MAC-PDU.

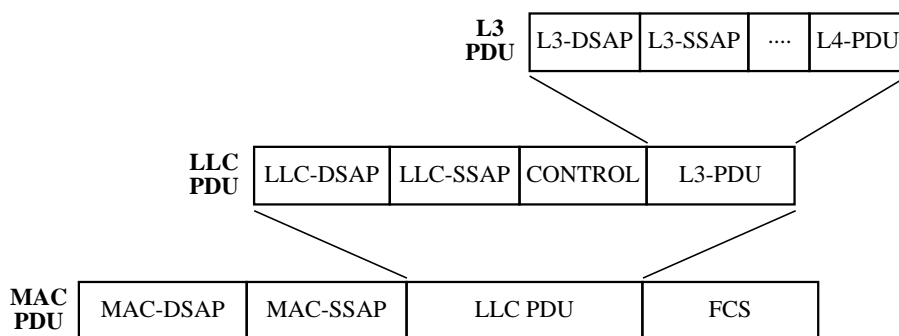


Fig. 5.6 - Relazione tra MAC-PDU e LLC-PDU.

Ogni interfaccia di rete locale è gestita da un suo livello MAC. Su tale livello MAC si appoggia un livello LLC. Il livello MAC è implementato nell'hardware della

scheda di rete locale, mentre il livello LLC è di solito realizzato in software. Ogni livello LLC può gestire un solo livello MAC: questo significa che un livello LLC non può avere funzionalità di "relaying" (non può inoltrare pacchetti) tra più MAC. Tale funzionalità di instradamento dei pacchetti è delegata al livello 3.

5.7 IEEE 802.2: LOGICAL LINK CONTROL

IEEE 802.2 è lo standard del sottolivello LLC. Esso definisce sia i servizi forniti dal livello LLC, sia il protocollo che li implementa.

5.7.1 Il protocollo LLC

LLC ha lo scopo di fornire un'interfaccia unificata con il livello network, il più simile possibile a quella delle reti geografiche. Per queste ultime l'OSI ha accettato come standard i protocolli della famiglia HDLC e quindi LLC è stato progettato come una variante di HDLC per le reti locali.

La differenza principale tra LLC e HDLC è che, mentre HDLC si appoggia direttamente sul livello fisico e quindi deve occuparsi della delimitazione delle trame e della trasparenza del campo dati, LLC si appoggia sul livello MAC cui viene demandata la soluzione di tali problemi. Quindi LLC è una versione semplificata di HDLC: non gestisce, ad esempio, la problematica del "bit stuffing", ma ha esattamente lo stesso formato del campo di controllo, per una descrizione del quale si rimanda al paragrafo 13.2.

LLC può operare sia come protocollo connesso che non connesso, anche se la modalità non connessa è quella più diffusa.

5.7.2 LLC-PDU

LLC ha una sua PDU (*LLC-PDU*), simile a quella di HDLC (figura 5.7). Si osservi che nel contesto dei protocolli per reti locali si suole usare il termine otetto al posto di byte.

DESTINATION ADDRESS	SOURCE ADDRESS	CONTROL	INFORMATION
1 OTTETTO	1 OTTETTO	1 o 2 OTTETTI	m OTTETTI

Fig. 5.7 - LLC-PDU.

In funzione dei valori assunti dal campo control, si distinguono tre tipi di PDU di cui il primo è il più importante:

- *Unnumbered PDU* (U-PDU). Si utilizzano per trasportare i dati di utente (nella modalità non connessa) per scopi di inizializzazione e per ragioni diagnostiche;
- *Information PDU* (I-PDU). Sono usate nella modalità connessa per trasportare i dati di utente;
- *Supervisory PDU* (S-PDU). Sono usate nella modalità connessa per trasportare le informazioni di controllo del protocollo.

Le U-PDU hanno un campo control di un byte, mentre le S-PDU e le I-PDU hanno un campo control di due byte.

In particolare si identificano tre sottotipi di U-PDU:

- *Unnumbered Information* (UI). Sono utilizzate per i dati di utente;
- *eXchange Identification* (XID). Sono usate per scambiare informazioni relativamente ai tipi di servizi LLC disponibili;
- TEST. Sono usate per effettuare delle procedure di loopback test tra due sistemi.

Per un'analisi più approfondita dei vari tipi di LLC-PDU si veda il paragrafo 13.2.

5.7.3 Gli indirizzi LLC

Scopo di LLC è anche quello di fornire un supporto standard alla convivenza di più protocolli di livello superiore (ad esempio, DECnet, TCP/IP) sulla stessa LAN (figura 5.8). A tal fine LLC ha un suo SAP (*LLC-SAP*) che viene utilizzato per distinguere tra i protocolli di network che su di esso si appoggiano.

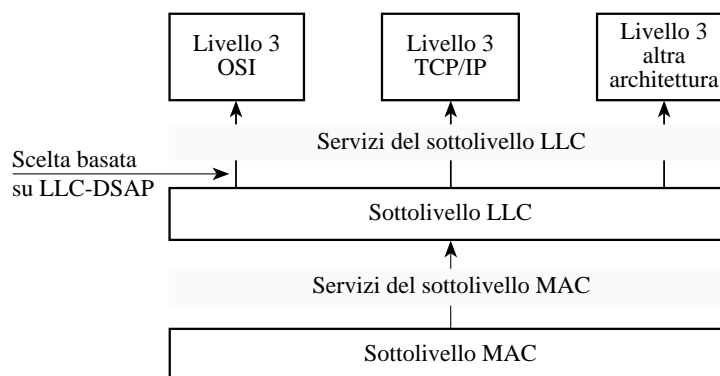


Fig. 5.8 - Supporto multiprotocollo offerto da LLC.

I SAP di LLC sono grandi un byte (figura 5.9) e i due bit meno significativi sono I/G (significato identico a quello di livello MAC) e U (attenzione: qui le codifiche sono scambiate: U = 0 indirizzo definito dall'utente, U = 1 indirizzo assegnato dall'IEEE).

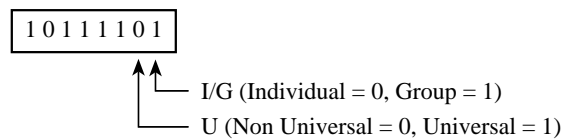


Fig. 5.9 - LLC SAP.

FF è l'indirizzo di broadcast e 00 indica il livello Data Link stesso. Rimangono quindi solo 63 codifiche utili ad indicare quale protocollo di livello superiore ha originato il pacchetto.

Visto che tale numero è insufficiente, ISO ha stabilito di attribuire una codifica ufficiale solo a quei protocolli approvati da un ente riconosciuto di standardizzazione. Ad esempio la codifica 0FEH indica il protocollo ISO 8473 (Internet Protocol connectionless di OSI) e la codifica 042H il protocollo IEEE 801.2D (Spanning Tree Configuration). Per un elenco esaustivo si veda l'appendice A.

5.7.4 Le SNAP-PDU

Quando i campi LLC-SAP assumono il valore 0AAH si ha un particolare pacchetto LLC, detto SNAP (*SubNetwork Access Protocol*), schematizzato in figura 5.10. I pacchetti SNAP servono per contenere le PDU di livello 3 dei protocolli proprietari e quindi non riconosciuti dall'ISO.

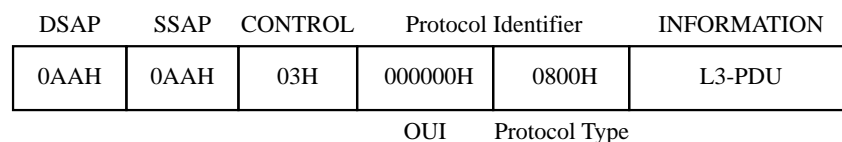


Fig. 5.10 - LLC SNAP-PDU.

In tal caso il campo *Control* indica una U-PDU ed è seguito da un campo *Protocol Identifier* composto da due parti:

- i primi 3 byte contengono l'OUI dell'organizzazione che ha proposto il protocollo;
- i secondi 2 byte identificano il protocollo all'interno dell'organizzazione. Se i primi 3 byte sono a zero la codifica usata per questi 2 byte è quella del Protocol Type di Ethernet v.2.0, riportata in appendice A.

L'esempio di figura 5.10 indica un pacchetto con codifica Ethernet contenente dati TCP/IP, essendo 0800 la codifica per IP. Le codifiche Ethernet dei protocolli più comuni sono contenute nell'appendice A.

Un altro esempio è quello di un pacchetto con Protocol Identifier 08-00-2B-80-3C: si tratta di una SNAP-PDU usata da Digital (08-00-2B) per un protocollo proprietario utilizzato da applicativi di "name server".

Il livello LLC, quando riceve un pacchetto, analizza LLC-DSAP: se questo è diverso da 0AAH allora ha immediatamente il codice del protocollo di livello 3 a cui passare il pacchetto, altrimenti (è il caso di una SNAP-PDU) decide a quale livello 3 inoltrare il pacchetto in base al campo Protocol Identifier.

5.7.5 Servizi LLC

LLC offre al livello Network tre tipi di servizi:

- *Unacknowledged connectionless service* (LLC Type 1). In questa modalità il trasferimento dati è non connesso senza conferma. È la modalità preferita da molte architetture di rete proprietarie tra cui DECnet e TCP/IP;
- *Connection oriented service* (LLC Type 2). Questa modalità crea dei circuiti virtuali tra mittenti e destinatari prima di effettuare la trasmissione. È una modalità connessa, molto spesso adottata nelle architetture di rete IBM;
- *Semireliable service* (LLC Type 3). In questa modalità il trasferimento dati è non connesso, ma con conferma. È una modalità pensata per i protocolli da utilizzarsi in ambito di fabbrica.

I sistemi possono realizzare uno o più tipi di servizi LLC secondo la seguente classificazione:

- Classe I: realizza solo i servizi LLC tipo 1;
- Classe II: realizza i servizi LLC tipo 1 e 2;
- Classe III: realizza i servizi LLC tipo 1 e 3;
- Classe IV: realizza tutti i tre tipi di servizi LLC.

La grande diffusione di LLC tipo 1 è legata alle caratteristiche intrinseche delle LAN. Come visto nel paragrafo 5.14, uno dei requisiti fondamentali delle LAN è quello di avere un canale trasmissivo con un basso tasso di errore. È quindi il livello 1 (fisico) a garantire la qualità della trasmissione e non serve avere protocolli connessi a livello 2, come invece avviene nelle WAN, per le quali si utilizzano mezzi trasmissivi meno affidabili. Errori residui, sempre possibili, vengono corretti ad un livello superiore, quasi sempre a livello 4 (trasporto).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cisco Systems, "Internetworking Technology Overview", Codice documento DOC-ITO13 78-1070-01, 1993.
- [2] J. Martin, J. Leben, "DECnet Phase V: An OSI Implementation", Digital Press, Bedford MA (USA), 1992.
- [3] R.P. Davidson, N.J. Muller, "Internetworking LANs: Operation, Design and Management", Artech House, London (UK), 1992.
- [4] U. Black, "Computer Networks: Protocols, Standard and Interfaces", Prentice Hall, Englewood Cliffs N.J. (USA), 1987.
- [5] F. Halsan, "Data Communications, Computer Networks and OSI", Addison Wesley Workinghan (UK), 1988.
- [6] IEEE Std 802, "Overview and Architecture", Piscataway NJ (USA).
- [7] ISO 8802-2 (ANSI/IEEE Std 802.2), "Logical Link Control".
- [8] J. Reynolds, J. Postel, "RFC 1340: Assigned Number", July 1992.
- [9] T. Pusatery, "RFC 1469: IP Multicast over Token-ring Local Area Network", June 1993.
- [10] D. Katz, "RFC 1390: Transmission of IP and ARP over FDDI Networks", January 1993.