

Logical Link Control

Mariano Severi

Lo standard IEEE 802 riporta l'insieme di regole e raccomandazioni per la realizzazione di reti in ambito locale e metropolitano; la figura 1 mostra schematicamente l'organizzazione delle diverse sezioni della specifica.

IEEE 802.2, in particolare, definisce il livello LLC (Logical Link Control) dell'intera architettura che, facendo riferimento al

il servizio viene specificato in termini di flusso di informazioni e parametri tra 'N-service provider' e 'N-service user'. Il primo rappresenta in modo astratto lo strato N dell'architettura e l'insieme dei livelli inferiori che forniscono il servizio in oggetto, mentre si indica con il termine N-service user (o più semplicemente N-user) l'entità di livello N+1 che acce-

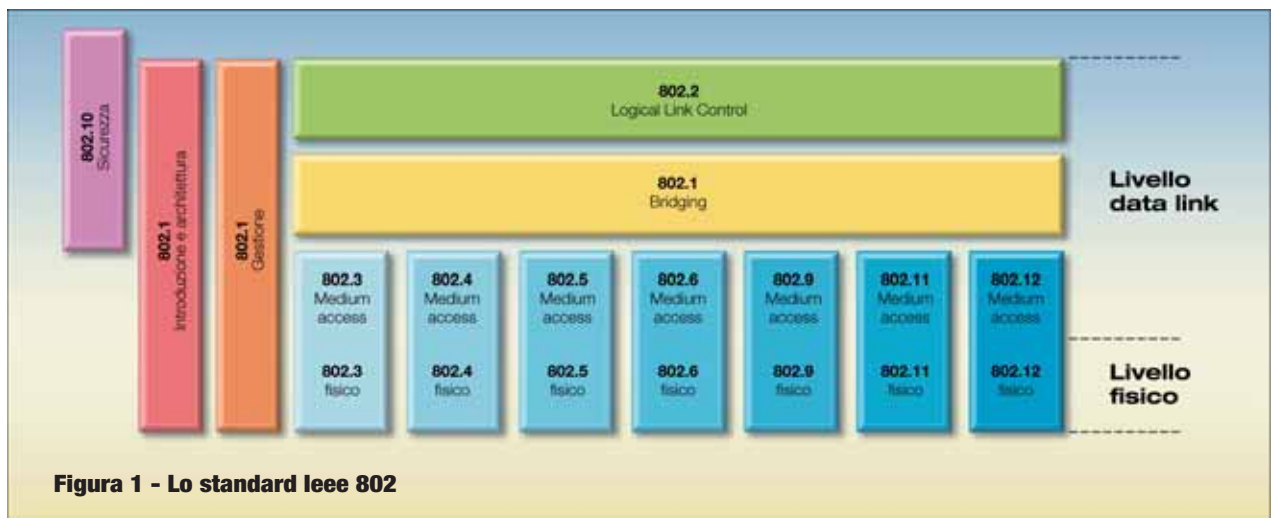


Figura 1 - Lo standard IEEE 802

Il livello LLC fornisce i servizi di base verso il livello di rete da un lato, e verso il MAC dall'altro

modello ISO/OSI, costituisce la sezione di livello più alto dello strato di linea (Data Link Layer) e che è comune a tutte le diverse specifiche di accesso al mezzo fisico. Funzionalità principali dell'LLC sono la gestione delle procedure di scambio dei messaggi di controllo, l'organizzazione del flusso di dati, l'interpretazione dei comandi ricevuti e la generazione delle appropriate risposte, il supporto delle azioni per il controllo e il ripristino in presenza di errore. L'LLC fornisce quindi i servizi di base verso il livello di rete, da un lato, e il MAC (Medium Access Control) dall'altro, come di seguito specificato.

I servizi di base

In base al modello ISO/OSI, un generico servizio definisce i modi di interazione tra i diversi livelli dell'architettura di rete;

de a esso. Le informazioni sono trasferite allo strato N mediante (N)-Service Data Unit (SDU) e quindi scambiate tra le diverse entità allo stesso livello con Protocol Data Unit (PDU) dopo opportuna formattazione secondo uno schema di principio del tipo riportato in figura 2.

Le modalità di servizio possono essere di tipo 'connection-oriented', qualora presuppongano che una qualche connessione logica sia stata stabilita tra le entità in comunicazione, o 'connection-less', laddove invece siano fornite per ogni accesso al servizio tutte le informazioni necessarie alla comunicazione senza bisogno di appoggiarsi a una connessione sottostante. Il modello OSI definisce inoltre, in maniera astratta e indipendente dall'implementazione della rete, i tipi delle primitive di servizio, ovvero richiesta ('request': da N-user a N-service provider per richiedere l'inizio di un servizio), indicazione ('indication': da N-service provider a N-user per indicare un evento significativo per esso, evento che può essere logicamente legato a una richiesta di servizio remota o può essere causato da un altro evento interno al livello N), risposta ('response': da N-user a

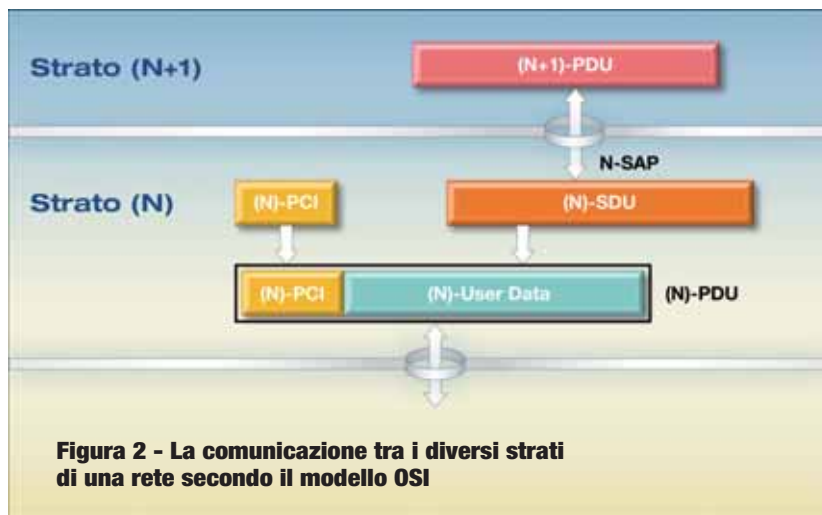


Figura 2 - La comunicazione tra i diversi strati di una rete secondo il modello OSI

N-service provider per completare una procedura precedentemente invocata da un servizio di tipo indicazione), conferma ('confirm': da N-service provider a N-utente per comunicare il risultato di una o più richieste associate al servizio precedente). Ogni servizio può essere costituito da una o più primitive, ognuna delle quali può supportare o meno parametri di configurazione. Nell'interfaccia con lo strato di rete, il livello LLC specificato dallo standard IEEE 802.2 supporta servizi per connessioni di tipo connection-oriented, denominati 'connection mode service', e connection-less; questi ultimi si distinguono quindi in 'acknowledged connectionless-mode service' e 'unacknowledged connectionless-mode service' a seconda che prevedano o meno l'accettazione della richiesta di trasferimento della Lsdu (Link layer DSU) da parte della stazione di destinazione. Le primitive di servizio associate a una comunicazione di tipo unacknowledged connectionless-mode sono DL-UnitData request, per richiedere al livello LLC l'invio della Lsdu, e DL-UnitData indication, per segnalare invece la ricezione di questa; entrambe le primitive specificano indirizzo sorgente e destinazione del messaggio, priorità di questo e informazione associata. Le primitive acknowledged connectionless-mode service comprendono invece i metodi DL-Data-ACK request, DL-Data-ACK indication, DL-Data-ACK-Status indication per il trasferimento dei dati e DL-Reply request, DL-Reply indication, DL-Reply-Status indication per il riconoscimento di questi. DL-Reply-Update request, DL-Reply-Update-Status indication servono, invece, per gestire la ritrasmissione del messaggio qualora non accettato. Per le comunicazioni connection-oriented,

infine, sono definiti, per stabilire la connessione, i servizi DL-Connect request, DL-Connect indication, DL-Connect response, DL-Connect confirm; per il trasferimento dei dati, DL-Data request, DL-Data indication; per terminare la connessione, DL-Disconnect request e DL-Disconnect indication. DL-Reset request, DL-Reset indication, DL-Reset response e DL-Reset confirm sono le procedure per il reset del link; DL-Connection-Flowcontrol request e DL-Connection-Flowcontrol indication sono, infine, i metodi per il controllo di flusso. Solo servizi di tipo richiesta e indicazione sono invece previsti per l'interfaccia

con lo strato MAC. MA-UnitData request, ad esempio, serve a richiedere il trasferimento della Msdu (MAC layer Service Data Unit), specifica indirizzi sorgente e destinazione del messaggio, la priorità di questo e le eventuali classi di servizio associate, le informazioni sul routing da seguire, i dati da inviare. La primitiva MA-UnitData indication, invece, segnala la ricezione di un 'frame' presso la locale entità MAC. Il servizio MA-UnitData-Status indication, infine, viene generato dal livello MAC in seguito a una richiesta per indicare lo stato di questa. Informazioni più dettagliate sui metodi di sopra elencati, sulla loro struttura e sulle modalità di utilizzo sono riportati nello standard.

Tipologia di PDU e classi di LLC

Come mostrato nella precedente figura 2, in base al modello OSI, le SDU che rappresentano le unità per lo scambio di informazioni tra N-user e N-service provider sono tradotte

TABELLA 1 - PDU PREVISTE AL LIVELLO LLC

PDU	Descrizione	Tipo	Formato	Modo operativo
<i>I</i>	<i>Informazione</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>I</i>	<i>2</i>
<i>RR</i>	<i>Ricevitore pronto</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>S</i>	<i>2</i>
<i>RNR</i>	<i>Ricevitore non pronto</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>S</i>	<i>2</i>
<i>REJ</i>	<i>Rigetto</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>S</i>	<i>2</i>
<i>UI</i>	<i>Informazione non numerata</i>	<i>Comando</i>	<i>U</i>	<i>1</i>
<i>DISC</i>	<i>Riconoscimento non numerato</i>	<i>Comando</i>	<i>U</i>	<i>2</i>
<i>Sabme</i>	<i>Imposta modalità estesa ABM</i>	<i>Comando</i>	<i>U</i>	<i>2</i>
<i>XID</i>	<i>Scambio identificazione</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>U</i>	<i>1</i>
<i>Test</i>	<i>Test</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>U</i>	<i>1</i>
<i>ACO</i>	<i>Informazione con riconoscimento senza connessione - Seq.0</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>U</i>	<i>3</i>
<i>AC1</i>	<i>Informazione con riconoscimento senza connessione - Seq.1</i>	<i>Comando/risposta</i>	<i>U</i>	<i>3</i>
<i>UA</i>	<i>Riconoscimento non numerato</i>	<i>Risposta</i>	<i>U</i>	<i>2</i>
<i>DM</i>	<i>Modalità disconnessa</i>	<i>Risposta</i>	<i>U</i>	<i>2</i>
<i>Frmr</i>	<i>'Frame' rigettato</i>	<i>Risposta</i>	<i>U</i>	<i>2</i>

in PDU per la comunicazione tra entità sullo stesso livello. La formattazione di SDU in PDU prevede eventualmente la segmentazione del messaggio e l'introduzione di campi di controllo specifici (Protocol Control Information) del livello al quale il messaggio viene fatto circolare. Coerentemente con i servizi resi accessibili verso lo strato di rete, lo standard IEEE 802 prevede tre diversi tipi di comunicazione tra entità al livello LLC: il tipo 1 implica il trasferimento di PDU senza necessità di connessione e senza riconoscimento, controllo di flusso o supporto per procedure di riconoscimento e recupero da errore; il tipo 2 prevede il trasferimento di PDU in base a una connessione prestabilita tra entità sorgente e destinazione con riconoscimento della validità della transazione da parte del destinatario; il tipo 3 implica il trasferimento di PDU senza necessità di connessione ma con meccanismo di riconoscimento della transazione. In funzione dei tipi di comunicazione supportata, le entità al livello LLC si distinguono quindi in quattro classi: le entità di classe I supportano solo trasferimento di tipo 1; quelle di classe II e III invece implementano modalità operative, rispettivamente, di tipo 1 e 2 e di tipo 1 e 3; tutte le operazioni sono invece supportate in entità di classe IV. La tabella 1 riassume le PDU previste dallo standard allo strato LLC: sono riportati la tipologia (comando o risposta), il formato (secondo quanto discusso in seguito) e la modalità operativa (tra le tre descritte sopra) in cui sono accessibili.

Struttura di una PDU

Il campo Dsap (Destination Service Access Point) identifica l'indirizzo (singolo o di gruppo) di destinazione; l'indirizzo sorgente è indicato, invece, nel campo Ssap (Source Service Access Point), unitamente a una 'flag' che qualifica il messaggio come comando o risposta. Entrambi i campi di indirizzo hanno lunghezza pari a 1 byte; gli indirizzi sorgente e destinazione sono rappresentati quindi su 7 bit. Il segmento 'informazioni', che contiene le informazioni associate alla SDU, ha invece lunghezza variabile; la dimensione massima dipende dalla modalità di controllo di accesso al mezzo fisico che è utilizzata nella particolare implementazione della rete. Il campo 'controllo', infine, specifica il formato della PDU. Come mostrato in figura 3 esistono tre diversi tipi di formato cui corrispondono altrettante strutture diverse del campo di controllo, ovvero il formato Informazione, utilizzato per PDU per la sola modalità operativa di tipo 2 per trasferimenti sequenziali e numerati di informazioni; il formato Supervisore, utilizzato per PDU per la sola modalità operativa di tipo 2 per funzionalità di controllo e supervisione della connessione (ad esempio per riconoscere come valide PDU di formato I, richiederne la trasmissione o la temporanea sospensione); il formato Non numerato, utilizzato per PDU in tutte le modalità operative per funzionalità di controllo di connessione accessorie a quanto già previsto dalle PDU di formato S e per il trasferimento non sequenziale di informazio-

ni. In funzione del tipo di formato e della modalità operativa, come mostrato ancora in figura 3, sono previsti diversi parametri configurabili all'interno del campo di controllo: nel caso di PDU di tipo 1 e 3, che supportano solo il formato U, l'unico parametro configurabile è rappresentato dalla flag P/F; nelle PDU di comando, tale flag assume l'accezione di 'poll' e può essere attiva solo nelle PDU XID e Test per sollecitare la corrispondente risposta; in tale risposta, la flag è attiva nell'accezione di 'final'. Nel caso, invece, di PDU di tipo 2, che supportano, come abbiamo detto, tutti i formati, sono configurabili questo stesso campo P/F (per tutte le PDU) con le modalità descritte in precedenza e i parametri N(R) (per le PDU di formato I e S) e N(R) (per le sole PDU di formato I) secondo lo schema seguente: lo standard IEEE 802.2 prevede che ogni stazione implementi due variabili di stato V(S) e V(R) che denotino numeri di sequenza; V(S), in particolare, rappresenta il numero della successiva PDU nella sequenza da spedire su una specifica connessione; tale valore deve essere incrementato di uno a ogni trasferimento di una PDU ma non deve superare l'N(R) dell'ultima PDU ricevuta di una differenza maggiore di 127. Per PDU di formato I, il campo N(S) viene quindi configurato con il valore corrente di tale variabile. V(R) invece rappresenta il numero di sequenza della successiva PDU che deve essere ricevuta su una specifica connessione: come nel caso precedente, deve incrementarsi di uno a ogni PDU ricevuta senza errore e il cui numero di sequenza N(S) corrisponda al valore attuale della variabile. Il campo N(R) nei messaggi di formato I e S viene configurato in base al valore di tale variabile V(R); il controllo di N(R) permette quindi di verificare che la stazione di destinazione abbia ricevuto correttamente tutte le PDU di formato I numerate da 0 fino N(R)-1.

	Indirizzo Dsap	Indirizzo Ssap	Controllo							Informazione		
	8 bit	8 bit	8 or 16 bit							M*8 bit		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-16
Formato informazione	0					N(S)					P/F	N(R)
Formato supervisore	1	0	S	S	X	X	X	X	X	P/F	N(R)	
Formato non numerato	1	1	M	M	P/F	M	M	M				

Figura 3 - Formato generico di una PDU

Le tre tipologie

Le PDU di tipo 1 supportano, come già accennato in precedenza, solo formati di tipo U. Non presuppongono una connessione tra le entità tale per cui, una volta che il servizio è stato abilitato al punto di accesso, consentono di scambiare informazioni con una entità remota al livello LLC.

Le PDU di tipo UI servono esclusivamente a trasferire l'informazione; tuttavia, non essendo previsto alcun meccanismo di controllo, non può essere verificata la corretta ricezione del messaggio alla destinazione. Diversi utilizzi hanno, invece, le PDU di tipo XID. Impostando, ad esempio, Dsap e Ssap nulli, è possibile sollecitare una risposta da qualsiasi nodo presente sulla rete e identificare così la classe di ogni LLC connessa; indicando invece indirizzi specifici possono essere riconosciuti i tipi di servizio supportati da un certo punto di accesso. Una LLC, in alternativa, può segnalare la propria presenza sulla rete, inviando una PDU XID con indirizzo DA globale. La risposta a un comando PDU è mandataria. Allo stesso modo, ogni LLC deve essere in grado di rispondere a un comando di tipo test; l'implementazione del comando da parte di ogni punto di accesso non è tuttavia necessaria: il comando può, ad esempio, essere utilizzato per verificare le connessioni sulla rete; l'LLC invia la PDU di test con un particolare campo di informazione verso una destinazione e attende la risposta da questa con lo stesso campo configurato.

Il modo operativo di tipo 2 prevede due diverse modalità, ABM e ADM. In modalità ABM (Asynchronous Balanced Mode) è previsto che sia stabilita una connessione tra i due punti di accesso di servizio; ognuna delle entità connesse può inviare comandi in un istante qualunque e iniziare la trasmissione di una risposta senza dover per questo ricevere prima un permesso esplicito dall'altra LLC. La modalità ABM prevede quindi le fasi di connessione, trasferimento dell'informazione, reset della connessione e disconnessione delle entità. In modalità ADM (Asynchronous Disconnected Mode), invece, la connessione del link dati è logicamente disconnessa dal mezzo, per cui in definitiva non è possibile inviare o ricevere dati utente; tipiche situazioni che comportano tale modalità operativa si verificano, ad esempio, in seguito all'accensione del sistema o al reset manuale del 'data link'. In modalità ADM, l'LLC deve verificare la segnalazione proveniente dal livello MAC per poter accettare o rispondere alle PDU di comandi di modo Sambe e Disc. In generale, la procedura per stabilire una connessione tra entità al livello LLC è la seguente: l'LLC che intende creare appunto tale connessione invia una PDU di tipo Sabme e inizializza un orologio interno; se non riceve risposta valida entro un tempo stabilito, è consentito che riprovi a stabilire una connessione un numero predefinito di volte prima di riportare il fallimento al livello superiore. Le uniche risposte consentite al comando Sabme sono UA e DM che indicano l'accettazione o il rigetto del tentativo di connessione. In caso

di successo, l'LLC che ha inviato il comando arresta l'orologio e inizializza a zero le variabili V(S) e V(R); entra quindi nella fase di trasferimento delle informazioni. Per spedire informazioni sono utilizzate le PDU di formato I; come accennato in precedenza l'LLC deve configurare i campi N(S) ed N(R) in accordo alle proprie variabili V(S) e V(R). È possibile spedire un certo numero di comandi in sequenza senza dover necessariamente attendere prima la risposta per ognuno. Presso la stazione ricevente, se è disponibile una PDU di risposta al comando, questa deve essere inviata configurando il campo N(R) con il valore locale della variabile di stato V(R); in caso contrario può essere inviata semplicemente una PDU di tipo RR. Durante la fase di trasferimento delle informazioni, entrambe le LLC sono abilitate a richiedere la disconnessione del link inviando una PDU di tipo Disc. Come per la procedura di connessione, anche in questo caso, è previsto che la stazione che intende disconnettere il link possa reinviare automaticamente un certo numero di volte la richiesta se non riceve risposta valida entro un tempo prefissato. La stazione ricevente la richiesta, da parte sua, deve inviare una risposta di tipo UA alla ricezione del comando e passare alla fase di link disconnesso; anche la stazione che ha iniziato la procedura passerà nello stesso stato quando avrà ricevuto la risposta. Nella modalità disconnessa, è previsto quindi che ogni LLC possa accettare una successiva richiesta di connessione secondo lo schema appena descritto; intanto, deve rispondere con PDU di tipo DM a comandi che riportino attiva la flag P. Qualunque altra PDU non deve invece essere tenuta in considerazione.

La modalità operativa di tipo 3 prevede infine, come già detto, un trasferimento di PDU senza necessità di connessione, ma con meccanismo di riconoscimento e accettazione della transazione. Lo standard prevede che, in risposta a una richiesta di servizio di tipo DL-Data-ACK da parte del livello di rete, l'LLC invii un comando di tipo ACn contenente la Lsdu specificata e che riporti il bit P a '0'. Se non esiste già associata ai parametri del messaggio in oggetto (indirizzo destinazione, indirizzo locale e priorità), viene creata una variabile V(S) che viene quindi inizializzata a zero; diversamente viene usato il valore corrente. In base a tale valore, viene scelto quale PDU spedire tra AC0 e AC1. Laddove non sia ricevuta risposta entro un tempo stabilito, lo standard prevede che l'LLC provi automaticamente a ritrasmettere il messaggio per un numero prefissato di volte prima di segnalare il fallimento al livello superiore. L'LLC che riceve un comando ACn deve verificare il tipo di PDU ricevuta rispetto al valore della variabile locale V(RI) associata ai parametri del messaggio; come in precedenza, qualora tale variabile non esista deve essere creata all'atto della ricezione della PDU associata. Se il tipo di PDU ricevuta è coerente con il valore corrente di V(RI), la PDU è riconosciuta come non duplicata; la variabile V(RI) viene aggiornata e viene spedita una risposta contenente tale nuovo valore. ■