

## Data Link (collegamento dati) o protocollo di linea

Si occupa della trasmissione/ricezione dei dati fra due nodi collegati direttamente tramite un canale fisico.

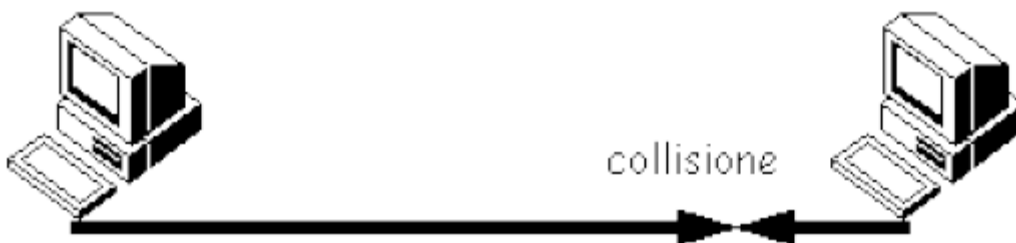
Il mezzo appare una linea esente da errori (colloquio logico tra due nodi).

Organizza i dati in pacchetti (*frames*) di lunghezza variabile da qualche byte al migliaio di bytes aggiungendo delimitatori (**FRAMING**): i protocolli di linea assicurano la trasparenza e provvedono ad evitare che nel campo dati compaiano caratteri o sequenze di bit scelti come delimitatori (tecnica "*character stuffing*" o "*bit stuffing*").

Verifica la presenza di errori aggiungendo in coda al pacchetto da trasmettere una FCS, (*Frame Control Sequence*) ed aspetta riscontro (*ACK*) per ogni frame inviato, realizzando il controllo di flusso.

Serve, quindi, per gestire procedure di correzione di errore facendo una richiesta di ritrasmissione.

In tecnologia *broadcast* controlla l'accesso al canale condiviso con [gestione delle collisioni](#).



## Formati di frame

Su linee pubbliche (con master che gestisce in modo *polling/selecting* in reti multi-punto o con metodo a contesa in reti punto a punto) si inviano due possibili formati di frame:

- **orientati al byte** - come il BSC dell'IBM con caratteri ASCII come delimitatori

SYN	SYN	SOH	Header	DLE	STX	Testo	DLE	ETX	BCC	BCC	SYN
-----	-----	-----	--------	-----	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----

### Formato dei messaggi con testo nel protocollo BSC

#### Protocollo BSC (Binary Synchronous Communication)

Il protocollo BSC risale al 1968 ed è stato quello più seguito nelle comunicazioni **half-duplex asincrone**. Ogni messaggio deve iniziare e finire con un carattere SYN di sincronismo, cioè un carattere che permette al ricevente di sincronizzarsi correttamente sui segnali che arrivano.

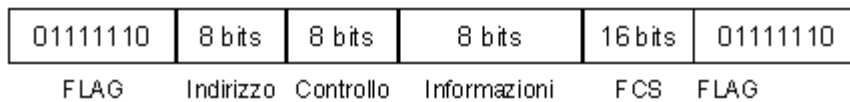
Il testo vero e proprio è preceduto dal carattere SOH (*Start of Header*) e dalla cosiddetta intestazione (*header*) che contiene dei parametri di controllo. Il testo è preceduto dai caratteri DLE (*Data Link Escape*) e STX (*Start of Text*) e seguito dalla coppia DLE e ETX (*End of Text*). Il messaggio termina con i caratteri BCC (*Block Check Character*) di ridondanza generati con un algoritmo a controllo di ridondanza ciclica per verificare la correttezza di trasmissione del messaggio.

- **orientati al bit**: tra questi si ricordano HDLC e PPP

### HDLC (High-Level Data Link Control)

Progettato per canali geografici di tipo punto-punto o multi-punto, può perciò collegare due o più stazioni. È il protocollo previsto esplicitamente dallo standard OSI per trasmissioni **sincrone full-duplex** anche se esistono altri protocolli di linea, che sono varianti di HDLC.

Lo scambio delle informazioni avviene con messaggi di formato fisso detti *frames* o *trame*. Per trama si intende una particolare sequenza di bit arrangiati in opportuni campi secondo regole ben stabilite. Tali campi possono essere riservati a compiti di controllo, che servono per realizzare tutte le funzioni proprie della procedura, e campi informazione, contenenti i dati veri e propri spediti dall'utente della procedura.



#### Formato dei messaggi nel protocollo HDLC

Nel protocollo HDLC ogni trama è composta dai seguenti campi:

- **Flag**, due particolari sequenze di 8 bit che racchiudono ogni trama. Un Flag ha il codice 01111110. Essi hanno quindi il compito di stabilire la sincronizzazione, inoltre vengono trasmessi in modo continuativo quando non ci sono altre informazioni da trasmettere (la linea è idle). Accorgimenti particolari devono essere perciò usati nella trasmissione di sequenze di bit in cui figurino più di cinque bit 1 consecutivi. In particolare in trasmissione viene inserito un bit 0 dopo cinque bit 1 consecutivi (*bit stuffing*); in ricezione questo bit viene tolto in modo da ricostituire la sequenza originale;
- **un campo indirizzo**, di 8 bit che individua il nodo a cui è diretto il messaggio;
- **un campo controllo**, di 8 bit che serve ad identificare univocamente il tipo di trama, possiamo avere trame non numerate, di supervisione ed informative;
- **un campo informativo**, che contiene il pacchetto dati che viene fornito dal livello OSI tre (Si veda per questo il paragrafo successivo "Livelli di Protocolli. Standard OSI."). Non esistono limiti di lunghezza per questo campo visto che sarà la sequenza Flag a determinare la fine della trama (NB: l'operazione di *bit stuffing*, vista precedentemente, consente di evitare la trasmissione di sequenze di bit 1 superiori a 5, evitando qualsiasi confusione con la sequenza di *flag*);
- **un campo di ridondanza FCS** (*Frame Check Sequence*), di 16 bit, cioè un codice di ridondanza ciclica (CRC), che viene utilizzato dal ricevitore per controllare la bontà di quanto ricevuto.

Questo protocollo sfrutta un sistema di trasmissione **a credito con finestra**, cioè il dispositivo trasmittente, definito con terminologia OSI: DTE (*Data Terminal Equipment*), ad esempio un terminale, ha la possibilità di spedire delle trame senza avere ottenuto il riscontro di un certo numero di quelle spedite in precedenza. Il numero massimo di trame non riscontrabili viene detto appunto finestra.

Questo modo di procedere permette un incremento della velocità generale del sistema in quanto, i tempi di trasmissione possono essere relativamente lunghi e perciò conviene spedire più trame in base alla considerazione che è assai più probabile che una trama risulti ricevuta correttamente piuttosto che distrutta o alterata.

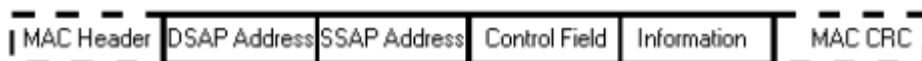
Il raggiungimento del massimo numero di trame trasmesse e non riscontrate (finestra) porta al blocco della trasmissione finché dal ricevitore non arriva la conferma della spedizione corretta di un certo numero di queste. Il dimensionamento della finestra deve essere effettuato caso per caso poiché non è sempre vero che "più" è meglio. Se è troppo piccola rispetto al tempo medio di volo (di trasmissione) può succedere che il DTE trasmittente sia costretto all'inattività per un tempo non indifferente. Mentre una finestra troppo grande non potrebbe comunque migliorare le prestazioni del sistema

poiché i primi riscontri arriverebbero prima della spedizione dell'ultima trama (quella che chiuderebbe la finestra). Per un [confronto](#) con il cosiddetto **frame Ethernet** che costituisce l'unità elementare di informazione per il sottolivello MAC di [IEEE 802.3](#) (lunghezza minima di un frame è di 64 byte).

Struttura del frame Ethernet

Campo	PRE	SFD	DA	SA	L/T	Dati	PAD	FCS
Byte	7	1	2-6	2-6	2	0 - 1500	0-46	4

Il campo **SFD** è lo Starting Frame Delimiter, **PAD** è il campo di riempimento utilizzato per garantire la lunghezza minima di 64 byte (può variare da 0 a 46 byte, essendo 18 i byte sempre presenti nella trama), **L/T** (Length/Type) esprime la lunghezza o tipo del frame. Possono esistere diversi tipi di frame. Il tipo normale serve a trasferire dati, ma in certi casi è necessario trasmettere informazioni estranee ai dati veri e propri, per segnalare qualche particolare situazione creatasi nella rete locale. In questo caso il campo L/T assume un valore da 1536 in su; valori differenti superiori o uguali a 1536 determinano un tipo diverso di frame. Se invece il valore è inferiore a questa soglia (al massimo 1500), questo indica esattamente il numero di byte di dati forniti dal livello superiore (il *MAC client*) che saranno trasmessi in questo frame. Evidenziando la trama di incapsulamento:



## PPP

Il protocollo HDLC ha la grave carenza di non avere una modalità standard per trasmettere sullo stesso canale pacchetti generati da diversi protocolli di livello superiore. Per questo motivo è stato creato un nuovo protocollo come **estensione di HDLC** detta **PPP** (*Point to Point Protocol*).

FLAG	ADDRESS	CONTROL	PROTOCOL	INFO	FCS	FLAG
1 byte	1 byte	1 byte	2 byte	Da 512 a 1500 byte	2 byte	1 byte

Il campo informativo, insieme ai dati costituenti il messaggio a trasmettere, contiene le intestazioni (*header*) dei protocolli di livello superiore per un totale di 32 byte.

La differenza principale rispetto ad HDLC risiede nella presenza di un campo **protocol** lungo 2 ottetti. Si noti inoltre che PPP pone **limitazioni** ai valori leciti per alcuni altri campi ed in particolare:

- Il campo *address* deve sempre contenere la sequenza binaria 11111111 che corrisponde alla codifica *broadcast*. PPP non assegna indirizzi alle stazioni essendo un protocollo punto-punto.
- Il campo *control* deve sempre contenere la sequenza 11000000, cioè la trama deve essere un U-frame di tipo UI (Unnumbered Information). La trasmissione è sempre di tipo non connesso e la lunghezza del campo control è sempre un otteetto.
- Il campo *information* ha una lunghezza compresa tra 0 e 1500 ottetti. La lunghezza massima può essere cambiata di comune accordo alle stazioni.
- Il campo FCS ha una lunghezza di 2 ottetti, ma può essere portato a 4 di comune accordo dalle stazioni.

PPP fornisce un metodo standard per trasmettere pacchetti provenienti da più protocolli diversi, sullo stesso collegamento seriale. Per fare ciò utilizza:

- il protocollo ausiliario *LCP* (*Link Control Protocol*) per creare, configurare e verificare la connessione a livello data link;
- una famiglia di protocolli *NCP* (*Network Control Protocol*) per configurare i diversi protocolli di livello network.

Il PPP permette di stabilire in modo dinamico una connessione "TCP/IP" piena utilizzando un collegamento di tipo 'punto/punto', che connette direttamente una macchina chiamante a un *host* già connesso in rete.

Rientrano in questo tipo di collegamenti le linee parallele, le linee seriali e il loro successore *Universal Serial Bus* (USB).

Poiché attraverso queste linee è possibile connettere un computer ad una linea telefonica commutata (analogica o digitale), il protocollo PPP consente di collegare un computer alla rete anche senza disporre di una infrastruttura di rete dedicata e permanente.

In effetti di norma esso viene utilizzato proprio per effettuare collegamenti Internet mediante modem e linea telefonica analogica, o adattatore ISDN e linea telefonica digitale.

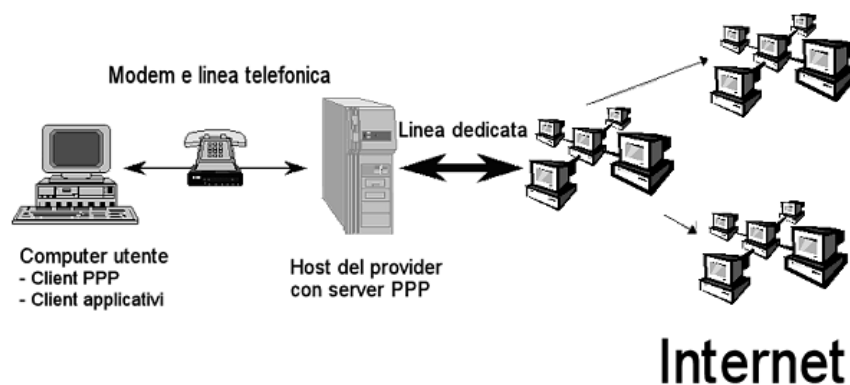


Figura: schema di un collegamento PPP su linea commutata

Il PPP è un protocollo che si basa su una interazione [client-server](#).

Il **server PPP** viene installato su un computer dotato di una connessione diretta ad Internet e di una serie di modem connessi ad altrettante linee telefoniche. Esso inoltre deve avere a disposizione un certo 'pacchetto' di indirizzi IP disponibili.

Il PPP infatti consente l'**assegnazione dinamica degli indirizzi IP**: quando un utente effettua la connessione, riceve un indirizzo che rimane assegnato al suo computer solo per il tempo della connessione, e che rimane poi libero per altri utenti.

Il **client PPP** invece risiede sul computer che 'chiede' il collegamento. Tutti i sistemi operativi moderni ne sono dotati, e dispongono di interfacce notevolmente semplificate per configurare i parametri necessari alla connessione, alla portata anche di utenti inesperti. Esso si occupa di effettuare la telefonata al server e di gestire le transazioni di autenticazione: ogni client infatti è associato ad una coppia nome utente/password che gli permette di utilizzare i servizi del fornitore di accesso.

Fintanto che la connessione rimane attiva, il computer chiamante diviene un nodo della rete a tutti gli effetti, con un suo indirizzo e dunque visibile dagli altri nodi.

In teoria è possibile anche fornire dei servizi di rete, pur se a tale fine un computer dovrebbe essere sempre in linea. Poiché il collegamento con linea commutata si paga in ragione del tempo (almeno in tutte le nazioni europee) anche se la chiamata è urbana, mantenere aperta una connessione per periodi prolungati fa immediatamente alzare i costi delle bollette ben oltre le (pur care) tariffe dei collegamenti permanenti. Inoltre la linea commutata viene usata anche per le normali chiamate vocali, e dunque non può essere occupata troppo a lungo.

Ma soprattutto la connessione su linea telefonica commutata presenta dei forti limiti in termini di velocità. Le linee analogiche permettono di arrivare con i modem più moderni ed efficienti alla velocità teorica di circa 50 mila bps in entrata e 33 mila bps in uscita. Questi limiti, a dire il vero, si fanno sentire anche se il computer viene utilizzato per accedere ai servizi di rete. Infatti, la trasmissione di informazioni multimediali richiede lo spostamento di centinaia o migliaia di kilobyte, che, anche alle velocità massime attualmente supportate dalle connessioni via modem, obbligano ad attese molto lunghe.

### Terminologia

Nell'illustrare la soluzione di alcuni **problemi operativi** fissando **protocolli** cioè le regole per disciplinare il colloquio tra nodi standardizzando il formato ed il significato delle informazioni:

- FRAMING (frame o cornice): determinare quale numero di bit costituisce un carattere e quale gruppo di caratteri costituisce un messaggio o una porzione (pacchetto o *data unit*);
- Controllo degli ERRORI: rilevare gli errori, accettare solo messaggi corretti, richiedere ritrasmissione di messaggi errati;
- Controllo di SEQUENZA: numerazione dei messaggi per eliminare duplicati, evitare perdite, identificare correttamente i ritrasmessi;
- Controllo di FLUSSO: regolare la velocità di trasmissione in base alla capacità del ricevitore (livello data link) ad esempio i protocolli STOP AND WAIT che usano l'ACK per il flow-control;
- Controllo di LINEA: determinare da quale stazione si deve trasmettere e ricevere se linea *Half-Duplex* o multipoint (la gestione del dialogo mono o bidirezionale è a livello sessione con gestione del *token* per mutua esclusione);
- Controllo di TIME-OUT: per evitare attese illimitate nel caso di protocolli *STOP AND WAIT* (a livello di data link e trasporto) e sincronizzazione con minor tempo nella trasmissione di messaggi se gravi malfunzionamenti (livello sessione);
- Controllo di START-UP e di percorso: come iniziare il processo di trasferimento dei messaggi e decidere il percorso di ogni pacchetto (*ROUTING* statico o adattivo) ed il metodo (*DATAGRAM* o *VIRTUAL CHANNEL*);
- Casi speciali: cosa trasmettere in assenza di dati da trasmettere, come rendere *sicura* e *privata* la connessione;
- Trasparenza*: trasferire dati anche se assumono la forma di caratteri di controllo

### Bibliografia

“Sistemi di Elaborazione: Reti I” del PROF. G. BONGIOVANNI tratti dal testo “Computer Networks” di A.Tanenbaum, terza edizione, ed Prentice-Hall

Data Link <http://www.dsi.uniroma1.it/Reti1/Cap3.pdf>  
con home del corso: <http://www.dsi.uniroma1.it/Reti1/>

“Reti di calcolatori e applicazioni telematiche” di Pier Luca Montessoro  
[http://web.diegm.uniud.it/pierluca/public\\_html/teaching/rceat\\_netuno/pdf/15.pdf](http://web.diegm.uniud.it/pierluca/public_html/teaching/rceat_netuno/pdf/15.pdf)