

PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE

HDLC

(HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL)

E' questo un altro protocollo orientato al bit, sviluppato da parte dell'ISO come standard di comunicazione che ricalca per molti aspetti un suo predecessore l'SDLC, ma che contiene interessanti estensioni per permettere dei collegamenti non solo tra una stazione primaria e una o più secondarie, ma anche tra due stazioni che comunicano tra loro dividendosi il controllo del «link», in un sistema non gerarchico.

Alcune parti sono uguali, o molto simili, a quelle già descritte per lo standard SDLC. Queste parti saranno trattate con minori dettagli, non saranno comunque omesse, anche se si incorrerà in ripetizioni, per permettere una lettura indipendente.

I due standard sono praticamente identici per quanto riguarda la struttura del «frame».

FLAG	ADDRESS	CONTROL	INFORMATION FIELD	FCS	FLAG
------	---------	---------	-------------------	-----	------

Struttura del frame HDLC

L'unica parte opzionale è quella che porta le informazioni vere e proprie, cioè i dati, da un punto ad un altro del sistema, quindi ogni « frame » deve essere costituito da almeno 32 bit.

I « flag » sono i delimitatori del « frame ». Ogni apparecchiatura collegata su un « data link » esegue in continuazione il test sui bit in arrivo per verificare se arriva la sequenza di « flag ». Quando questa viene riconosciuta le apparecchiature si sincronizzano sul « frame » in arrivo. Tra due sequenze contigue può essere utilizzato un solo « flag » impiegato come chiusura per la prima e apertura per la seconda.

Viene utilizzato lo stesso meccanismo descritto per lo SDLC per inserire e togliere uno « 0 » dopo una sequenza di cinque « 1 », onde evitare che nei campi di informazione, di controllo o di indirizzo compaia la sequenza di « flag », senza porre limiti ai messaggi da trasmettere.

Il campo indirizzo individua la stazione a cui il messaggio è destinato. La struttura dell'indirizzo e il modo in cui viene costruito non è determinato ed è quindi « application-dependent ».

Il campo controllo è usato, nel sistema gerarchico, per inviare comandi dalla stazione primaria alla secondaria, e risposte dalla secondaria alla primaria.

Il campo informazioni è di formato libero, cioè la sequenza di bit può essere interpretata in vari modi, benché si usino spesso dei raggruppamenti in byte o word al momento dell'interpretazione della sequenza. È libera anche la lunghezza del « frame », non è fissata dallo standard, ma dal sistema o dalla particolare applicazione.

Il campo in cui viene inserita la sequenza di check per verificare la correttezza del « frame » trasmesso è chiamato FCS.

Il CRC viene costruito dalla stazione trasmittente, e verificato dalla ricevente, utilizzando il polinomio generatore seguente:

$$G(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 .$$

I campi del « frame » vanno trasmessi nell'ordine indicato nella tabella di fig. 5.3. e sono previste anche alcune regole per l'ordine di trasmissione dei bit nei singoli campi. Precisamente nei campi di indirizzo e di controllo va inviato prima il bit meno significativo, cioè con peso 20.

Per il « flag » non ci sono problemi in quanto la sequenza è simmetrica. Nel campo informazioni non è stabilito dallo standard l'ordine di trasmissione. Per lo FCS si deve effettuare la trasmissione incominciando dal coefficiente del termine più elevato.

Sono previste alcune « facility » per segnalare condizioni particolari:

- a) una sequenza di almeno 7 bit a « 1 » segnala un ABORT della trasmissione, e la stazione ricevente ignora il « frame »;
- b) se è richiesta la segnalazione di canale non impegnato, questa può essere fornita al ricevitore con una sequenza di almeno 15 bit a « 1 ». Alla ricezione di questa sequenza il canale entra nello stato « idle » e torna nello stato attivo all'arrivo di un « flag »;

b) nel tempo che intercorre tra l'invio di due « frame » si possono trasmettere sul canale delle sequenze di « flag » contigue.

Sono previste possibilità di estensione per i campi indirizzo e controllo.

Per l'indirizzo sono usati normalmente, come visto, 8 bit, quindi si possono indirizzare fino a 256 stazioni.

Se questo numero non è sufficiente si possono usare 2 o più byte.

L'estensione viene segnalata ponendo a « 0 » il primo bit di ogni byte, ciò indica che quello successivo è ancora parte dell' indirizzo. In questo modo restano disponibili per l'indirizzamento solo 7 bit di ogni byte.

Sono previste estensioni anche per il campo di controllo ma queste non sono ancora standardizzate. Non si escludono future estensioni anche per lo FCS.

Descritta la struttura del « frame » e le « facility » ad essa collegate, si vedono ora le procedure ammesse dallo HDLC.

Il ciclo base consiste nell' invio di « frame » da una stazione ad un' altra e successivo « acknowledgement » dalla seconda alla prima.

La trasmittente deve conservare le informazioni fino alla ricezione dello « acknowledgement » nel caso in cui si richieda una ritrasmissione.

È possibile avere pure un sistema gerarchico con una stazione primaria e una o più secondarie; le procedure ora descritte si riferiscono tale sistema e coprono applicazioni in half-duplex o full-duplex, con collegamenti punto-punto o multi punto e connessioni rigide o commutate. Non tutti i punti descritti (procedure, comandi, ecc.) devono essere implementati in ogni sistema, in alcuni può bastare un sottoinsieme e la scelta è lasciata al progettista.

Lo standard prevede due modi diversi in cui una stazione secondaria può rispondere ad una primaria: NRM (Normal Response Mode) e ARM (Asynchronous Response Mode).

In NRM la stazione secondaria può rispondere solo dopo aver ricevuto un esplicito permesso a farlo. La risposta può essere costituita da più « frame » e l'ultimo deve essere marcato come tale dalla stazione.

In ARM la stazione secondaria può inviare la sua risposta senza attendere un permesso dalla primaria; è quindi una trasmissione di tipo asincrono. Anche utilizzando questo modo possono essere inviati messaggi di più « frame », sia per trasferimento di dati che per informazioni di stato.

Anche per lo HDLC come per lo SDLC sono previsti tre diversi formati di « frame » distinguibili dalla configurazione del campo di controllo, resta quasi la stessa anche la nomenclatura: formato informazione (I), formato supervisore (S) e formato non numerato U), come indicato in figura seguente:

Formato	bit	7	6	5	4	3	2	1	0
U			M		P/F	M		1	1
S			Nr		P/F	S		0	1
I			Nr		P/F	Ns			0

Il campo I caratterizza naturalmente un « frame » che porta dei dati, vi sono inoltre sempre due informazioni indipendenti sulle sequenze di « frame » Ns e Nr, e un bit che ha significato di PolI se proviene dalla stazione primaria e di Fine se proviene dalla secondaria. Il modulo del conteggio delle sequenze resta 8 ma può essere effettuata l'estensione del campo di controllo portando il conteggio su 7 bit, anziché su 3, e quindi inviare fino a 128 « frame » in sequenza prima di riavviare il contatore.

Il formato supervisore è utilizzato per funzioni quali lo « acknowledge » su un « frame » I, richiesta di ritrasmissione e così via.

Il « frame » nel formato non numerato è utilizzato per fornire funzioni di controllo supplementari. Il campo C in questo formato non ha i numeri di sequenza e restano disponibili 5 bit (M) che danno 32 possibilità di inviare ulteriori codici di controllo.

Il bit P / F ha un significato univoco nei tre formati. Se usato dalla primaria, il bit P richiede una risposta dalla stazione secondaria.

Nel modo NRM la stazione secondaria non può trasmettere finché non ha ricevuto un « frame » con il bit P posto a « 1 », che può essere un « frame » di informazione o di formato supervisore. In ARM il « frame » di informazione può essere inviato dalla stazione secondaria in modo asincrono. Il bit P è utilizzato per forzare delle risposte. Per esempio la stazione primaria può inviarlo per richiedere un'informazione sull'esito dell'invio di un messaggio.

La stazione secondaria inizia l'invio di un « frame » di risposta con il bit F a « 1 ».

È quindi da notare che in ARM la secondaria non pone F a « 1 » nel campo di controllo per segnalare fine della trasmissione (ultimo « frame » trasmesso), come avviene invece in NRM, ma solo per indicare che sta inviando una risposta al comando ricevuto.

I bit P e F hanno una precisa relazione tra loro in quanto per ogni « frame » con P a « 1 », la stazione primaria ne attende uno con F a « 1 ». Ciò può venire sfruttato per verificare se sono avvenuti errori nella sequenza di « frame ».

FORMATO SUPERVISORE "S"

Si descrivono ora i significati che assumono numerato rispettivamente i campi S e M, inseriti significati assunti sono praticamente i comandi inviati.

Nel formato supervisore, i 2 bit di S possono assumere i quattro significati indicati nella tabella di fig. 5.10.

RR (Receive Ready): è utilizzato per indicare una condizione di pronto a ricevere o per dare lo « acknowledge » sui « frame » ricevuti fino a N-1 o ancora per togliere una condizione di occupato segnalata con RNR.

REJ (Reject): viene usato per richiedere la ritrasmissione dei frame a partire da quello numerato con Nr. La stazione ricevente lo invia quando ha verificato la cattiva ricezione di un frame o comunque una condizione di errore.

SREJ (Selective Reject): è usato per chiedere la ritrasmissione selettiva di un « frame », esattamente quello numerato Nr.

Come si vede i due comandi REJ e SREJ hanno uno stesso scopo: permettere il recupero di una parte del messaggio, in modo da avere un'azione di « recovery » a livello di protocollo, senza dover interessare in questa azione un livello superiore. SREJ essendo selettivo è normalmente più efficiente in quanto provoca una minore occupazione addizionale della linea. Naturalmente si deve cercare di inviarlo quando si è perso un solo « frame ».

RNR (Receive Not Ready): è usato per indicare una condizione di occupato e quindi la incapacità di ricevere ulteriori informazioni.

Se viene inviato RNR, la ricevente riconosce solo i « frames » fino a Nr-1 mentre ignora quello numerato Nr e i seguenti. Questa condizione viene annullata alla ricezione di RR, REJ, SREJ o anche di un comando SARM o SNRM.

Bit	3	2	Command
	0	0	RR
	0	1	REJ
	1	0	RNR
	1	1	SREJ

FORMATO NON NUMERATO "U"

Come si è già detto il formato non numerato viene utilizzato per estendere le possibilità di controllo.

Vi sono 32 possibili condizioni sui 5 bit di M, ma di queste solo 5 sono utilizzate: 3 per comandi e 2 per risposte, riportate nella tabella di fig. 5.11.

SNRM (Set Normal Response Mode): viene inviato dalla stazione primaria per predisporre la secondaria nel modo NRM. Con questo comando non può coesistere nel « frame » un campo I.

SARM (Set Asynchronous Response Mode): pone la stazione secondaria a cui è indirizzato nel modo ARM. Anche con questo comando non può esistere un campo I.

DISC (Disconnect): pone fine ad un modo operativo preventivamente attivato da un comando, viene comunicato alla stazione secondaria che la primaria sospende le operazioni con essa.

U A (Unit Acknowledge): è una risposta inviata dalla stazione secondaria come « acknowledge » a uno dei comandi SNRM, SARM e DISC.

CMDR (Command Reject): è la risposta utilizzata per segnalare alcune condizioni conseguenti alla ricezione di un « frame » senza errori rivelati dallo FCS.

Nel « frame » che contiene la risposta CMDR vi è un campo I in cui vengono indicate le ragioni per cui il comando non è stato accettato. Tali ragioni possono essere:

- ricezione di un comando errato o non eseguibile dalla ricevente;
- ricezione di un comando in un frame con un campo informazione non ammesso;
- ricezione di un frame con il campo I più lungo di quello massimo accettabile;
- ricezione di un frame avente, nel campo controllo, un Nr non valido.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
SARM	0	0	0	1	1	1	1	1
SNRM	1	0	0	1	0	0	1	1
DISC	0	1	0	1	0	0	1	1
UA	0	1	1	F	0	0	1	1
CMDR	1	0	0	F	0	1	1	1
	M	M	M	P/F	M	M		

Configurazione di bit M per il formato Non Numerato U

Quando accade che una stazione riceve un « frame » I che risulta errato o che per qualche motivo non può accettare e questo « frame » non è seguito da altri, la stazione non può effettuare la verifica sui successivi numeri di sequenza e quindi non invia né RE] né SRE]. Di fronte a questa situazione la stazione secondaria, che aveva inviato il « frame », in modo ARM può far partire un Time-Out e, in mancanza dello « acknowledge », avviare delle azioni di recupero

Quanto fin qui visto si riferisce a procedure utilizzate per sistemi gerarchici (« unbalanced »), che prevedono una stazione primaria e una secondaria e si adattano sia a sistemi punto-punto, sia multi-punto.

Un documento di lavoro dell'ECMA prende in considerazione la possibilità di standardizzare anche delle procedure per collegamenti punto-punto (« balanced class of procedure ») tra stazioni paritetiche, che condividono cioè una stessa responsabilità nel collegamento.

Viene pertanto definito un nuovo modo di funzionamento: *ABM (Asynchronous Balanced Mode)* e le stazioni che operano in questo modo sono dette « stazioni combinate ».

Il modo ABM richiede l'introduzione nel nuovo comando *SABM (Set Asynchronous Balanced Mode)*.

Con queste estensioni ogni stazione può praticamente avere sia le funzioni di una stazione primaria sia quelle di una secondaria, può quindi inviare sia comandi che risposte verso l'altra stazione combinata.

Il sistema è costituito da due stazioni combinate che comunicano su di una linea full-duplex; è previsto e adatto per situazioni in cui vi sono grandi quantità di dati da scambiare e le due apparecchiature hanno quasi le stesse capacità.

Le stazioni che operano nel modo ABM utilizzano tutti i comandi e le risposte descritti per i sistemi non bilanciati con una stazione primaria e una secondaria. In questo caso però ogni stazione ha tutti i compiti e le capacità: trasmissione di « frame » nel formato **S**, **D** e **I**, controllo dei « frame » ricevuti e azioni di « recovery » al verificarsi di errori.

Ognuna delle due stazioni può prendere l'iniziativa di stabilire un colloquio con l'altra, inviando il comando SABM nel campo di controllo di un « frame » con il bit P a « 1 », l'altra stazione risponde inviando la risposta DA con F a « 1 » dopo di che il collegamento è inizializzato e può avvenire lo scambio di informazioni con le stesse modalità viste prima.

Per ogni « frame » I ricevuto viene inviato un « frame » di « acknowledge » che può essere di formato I o S, con l'opportuno valore di Nr.

In figura il riepilogo delle configurazioni relative ai vari formati **I**, **S**, **U**:

Format	Command	Response	7	6	5	4	3	2	1	0
U	SARM		0	0	0	P/F	1	1	1	1
U	SABM		0	0	1	P	1	1	1	1
U	DISC		0	1	0	P	0	0	1	1
U		UA	0	1	1	F	0	0	1	1
U		CMDR	1	0	0	F	0	1	1	1
S	RR	RR	Nr	Nr	Nr	P/F	0	0	0	1
S	RNR	RNR	Nr	Nr	Nr	P/F	0	1	0	1
S	REJ	REJ	Nr	Nr	Nr	P/F	1	0	0	1
S	SREJ	SREJ	Nr	Nr	Nr	P/F	1	1	0	1
I			Nr	Nr	Nr	P/F	Ns	Ns	Ns	0