

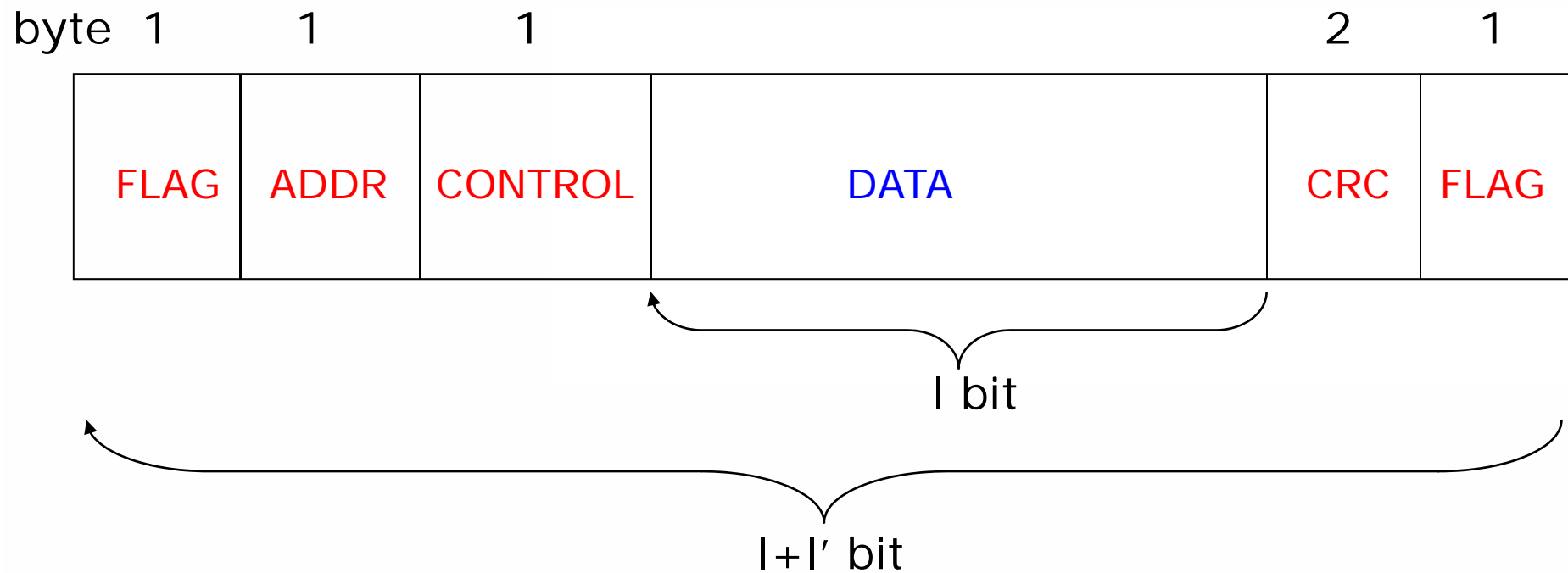
# High level Data Link Control, *HDLC* e Point-to-Point Protocol, *PPP*

*M.L. Merani*

# HDLC

- ❑ Si tratta di uno specifico protocollo di linea sviluppato dall'ISO (International Standard Organization)
- ❑ Accettato come standard internazionale a questo scopo
- ❑ "Progenitore"
  - PPP
- ❑ Prime caratteristiche tecniche evidenziabili
  - Protocollo **ORIENTATO AL BIT**  
Impiega una specifica struttura di frame che elimina ogni dipendenza da un formato a byte
  - Protocollo **CONNECTION-ORIENTED**

# Formato del frame HDLC



## Descrizione del formato


- ❑ Il numero di bit destinati al controllo è esattamente  $l'=48$ !
- ❑ Il frame si apre e si chiude con un byte di **FLAG**
  - 01111110
  - Si tratta del delimitatore di inizio e fine frame
    - ✓ La sequenza di 6 uni consecutivi NON può apparire in nessun altro punto entro il frame
    - ✓ A tale scopo si impiega una tecnica detta di

### **BIT STUFFING**

Il trasmettitore, dopo 5 uni consecutivi nella sequenza da inviare sul link, *provvede ad inserire forzatamente uno zero "spurio", che verrà rimosso in fase di ricezione*

01111110 ... 101010 11111 10101010 ... sequenza da trasmettere

01111110 ... 101010 11111 **0** 1010101 ... sequenza inviata sul link


- 
- ❑ Un qualsiasi frame ricevuto che contenga, al di fuori dei flag di inizio e di fine 6 uni consecutivi è dichiarato ERRATO
  - ❑ Se in ricezione appaiono 7 uni consecutivi, in una qualunque posizione del frame, il frame è dichiarato ERRATO
  
  - ❑ In HDLC esistono tre diversi tipi di frame
    - Frame di tipo **I** (**I**nformation)
    - Frame di tipo **U** (**U**nnumbered)
    - Frame di tipo **S** (**S**upervisory)
  
  - ❑ I frame di tipo U ed S NON contengono l'information field, in quanto si tratta dei frame destinati alla supervisione e controllo

## Control field corrispondente

### CONTROL FIELD

I	0	N(S)			P/F	N(R)		
S	1	0	S	S	P/F	N(R)		
U	1	1	M	M	P/F	M	M	M

- ❑ I primi bit di tale campo consentono di discriminare il tipo di frame
- ❑ N(S) individua il numero di sequenza del frame
  - Di default si numera **modulo 8**
  - Ogni frame successivamente inviato vede incrementato di 1 il proprio N(S)




❑ Il valore caricato in  $N(R)$  consente – tra le diverse funzionalità – di fornire l'ACK

➤ **CONVENZIONE:**  $N(R)$  fornisce l'ACK sull'avvenuta ricezione per il frame  $N(R) - 1$  e per ogni altro frame, con numero di sequenza precedente a quel valore, per il quale non era ancora stato dato l'ACK. In altri termini, il valore di  $N(R)$  indica che il ricevitore sta aspettando il frame I con numero di sequenza  $N(R)$

➤ **ESEMPIO:**

$N(R) = 5$ , in binario 101, fornisce l'ACK dell'avvenuta ricezione del frame di tipo I con numero di sequenza 4, ed indica al trasmettitore che il ricevitore è in attesa del frame di tipo I numero 5

- 
- ❑ I campi  $N(S)$  e  $N(R)$  possono essere estesi a sette bit per consentire la numerazione delle sequenze di frame modulo 128
  - ❑ Il trasmettitore conserva in un buffer tutti i frame per cui non ha ancora ricevuto un ACK
  - ❑ Ogni volta che ciò accade il frame viene eliminato dal buffer ed il suo numero di sequenza utilizzato nuovamente





- ❑ I due bit S in posizione 3 e 4 del frame S consentono 4 diversi tipi per tale frame
- ❑ È invece possibile avere 32 diversi tipi di frame U, individuati da 32 distinte combinazioni dei bit M

# Modalità operative dell'HDLC

## ❑ HDLC prevede tre distinte modalità operative

### 1. NORMAL RESPONSE MODE **NRM**

- Modalità adottata in un contesto centralizzato
- Una singola stazione primaria interroga periodicamente una o più stazioni secondarie, alle quali è consentito di iniziare una trasmissione solo in risposta ad un comando primario

### 2. ASYNCHRONOUS RESPONSE MODE **ARM**

- Simile alla precedente, tranne che la stazione secondaria non necessita del permesso della primaria per iniziare la trasmissione

### 3. **ASYNCHRONOUS BALANCED MODE ABM**


- Utilizzata esclusivamente per la trasmissione punto-punto, in un contesto in cui le due stazioni poste alle due estremità del collegamento abbiano ruoli paritetici
- Una classe di procedure di tale modalità costituisce la base per il protocollo di livello di linea X.25

## Modalità ABM

- ❑ Per tale modalità, ci limitiamo a descrivere l'impiego dei frame di tipo I ed S
- ❑ I frame di tipo U sono quelli impiegati nelle fasi di apertura e chiusura della connessione
  - Dunque stiamo facendo riferimento ad un protocollo che implementa un servizio di tipo *connection-oriented*!
- ❑ Ma vediamo i frame di tipo S

## In modalità ABM

Nome	Simbolo	SS	Funzione
<i>Ready to Receive</i>	<b>RR</b>	<b>00</b>	Dà l'ACK su tutti i frame fino all' $N(R)-1$ incluso
<i>Not Ready to Receive</i>	<b>RNR</b>	<b>10</b>	Idem, ma indica un condizione di "busy" del ricevitore
<i>Reject</i>	<b>REJ</b>	<b>01</b>	Rifiuta tutti i frame da $N(R)$ in avanti (Dà l'ACK fino all' $N(R)-1$ incluso)

- 
- ❑ Osservazione: anche il generico frame di tipo I contiene il campo  $N(R)$ 
    - Consente di fornire l'ACK per tutti i frame fino all' $N(R)-1$  incluso
    - L'HDLC in modalità ABM consente pertanto sia di dare gli acknowledgment *in modalità piggy-backing*, sia di fornirli in modo esplicito, attraverso i frame S di tipo RR
    - Quest'ultimo può essere impiegato per dare un riscontro positivo sulla avvenuta – corretta – ricezione di un frame di tipo I o per accelerare la consegna di un ACK
  - ❑ Il frame REJ fornisce invece, se lo si desidera, un NAK
  - ❑ La modalità ABM dell'HDLC utilizza lo schema GO-BACK-N: il frame REJ rifiuta tutti i frame *da  $N(R)$  in avanti*, che devono pertanto essere ritrasmessi

## Procedure BAC in ABM

- ❑ In corrispondenza a ciascuna modalità operativa prevista per l'HDLC, esiste una classe di procedure con funzioni ed opzioni ben precise
- ❑ Per la modalità ABM, si tratta delle procedure di ***Balanced Asynchronous Class***
- ❑ Tra queste ne compaiono due particolarmente importanti
  - L'*opzione 2*, che introduce l'uso del REJ
  - L'*opzione 8*, che impiega il bit di Poll/Final per implementare un meccanismo di risposta ai comandi
- Come la terminologia suggerisce, si tratta di funzionalità opzionali per l'HDLC operante in modalità ABM
  - ✓ è demandata al progettista la decisione di farne uso o meno

## Opzione 8

### ❑ Alcune regole

1. Un frame di tipo I è per l'opzione 8 un **COMANDO** e l'indirizzo che tale frame reca è quello della stazione ricevente
2. I frame di tipo RR e RNR possono invece essere sia **COMANDI**, sia **RISPOSTE**
  - Nel primo caso, l'indirizzo che il frame reca è quello della stazione ricevente
  - Nel secondo, i frame recano l'indirizzo della stazione sorgente
3. I frame REJ sono invece sempre delle **RISPOSTE**, ed in quanto tali recano l'indirizzo della stazione sorgente
4. **Un COMANDO con il bit P/F settato esige immediatamente una RISPOSTA con il bit P/F settato**
  - Ulteriore convenzione: il bit P/F settato in un comando è una P, è una F se settato in una risposta

## Opzione 8

- ❑ Dunque un frame I inviato con  $P=1$  (un comando!) richiede come risposta un frame S (RR, RNR, REJ) con  $F=1$
- ❑ Un RR con il bit P settato (dunque un comando) forza una risposta attraverso un frame S con  $F=1$
- ❑ Si realizza così una procedura di checkpointing, utile per
  1. Forzare l'invio di un ACK immediato
  2. Forzare la trasmissione di un REJ in caso di errore, senza dover attendere lo scadere del time-out
  3. Verificare se un collegamento dati è operativo
  4. Preparare la fase di disconnessione
    - In questo caso l'uso del P/F checkpointing fornisce il "clear" per eventuali ACK sospesi o altri segnali di controllo



## Notazione impiegata nell'esempio

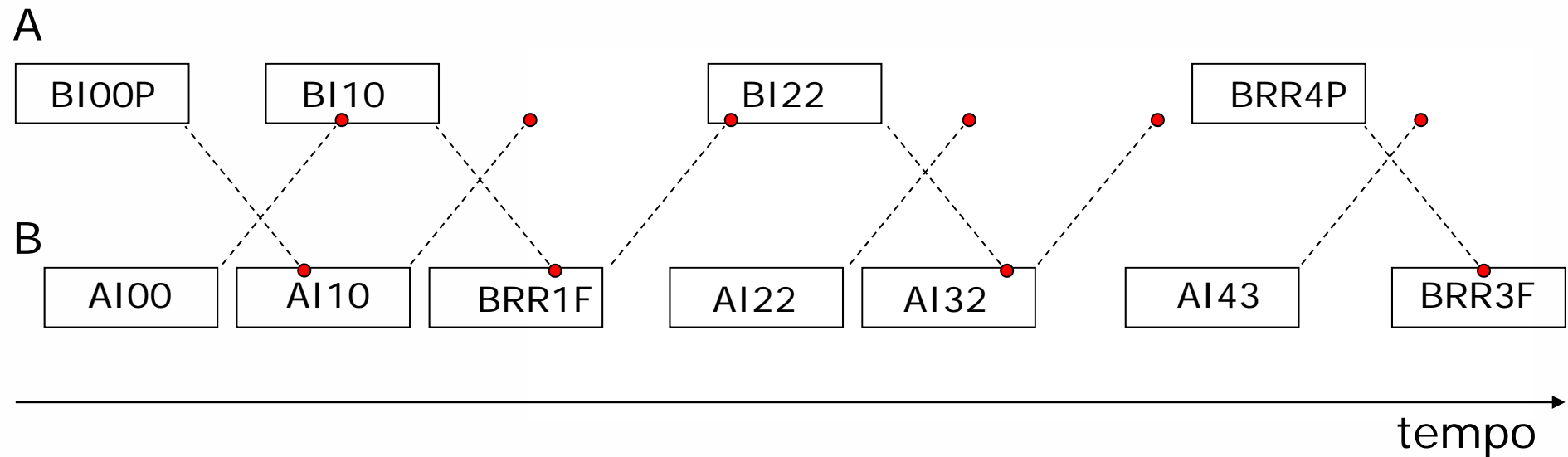
❑ Frame di tipo I – indirizzo, I, N(S), N(R), P (opzionale)

▪ Esempio: AI10P

❑ Frame di tipo S – indirizzo, id, N(R),P/F

▪ Esempio: ARR2, BRNR1F

## Esempio di utilizzo dell'opzione 8



Ipotesi: trasmissione full-duplex su link error-free

## Sulla numerazione di sequenza in HDLC

- ❑ Il numero di sequenza  $N(S)$  può assumere valori interni al seguente range

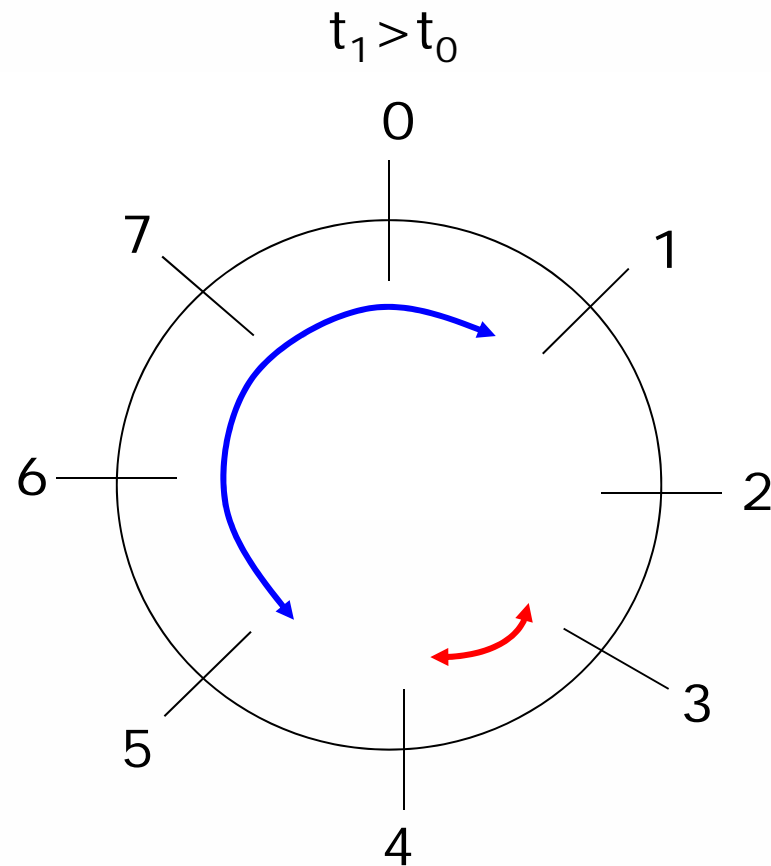
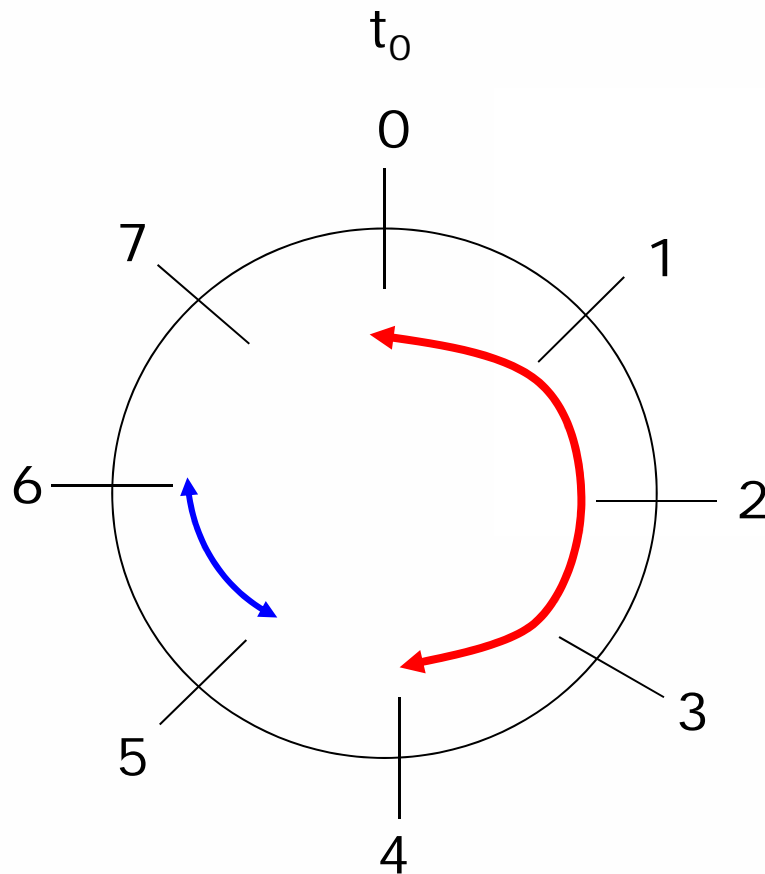
$$0 \leq N(S) \leq M - 1$$

dove per l'HDLC operante in modalità normale,  $M=8$   
mentre se l'HDLC opera in modalità estesa,  $M=128$

- ❑ Q: qual'è il numero massimo di frame che il trasmettitore può inviare, prima di doversi bloccare perchè non ha ancora ricevuto l'ACK dal ricevitore per i primi frame costituenti la sequenza inviata?

# Meccanismo della finestra scorrevole in HDLC

□ Caso  $M=8$



# PPP Point-to-Point Protocol

- ❑ È un protocollo di livello di linea (data-link layer) che opera ESCLUSIVAMENTE su collegamenti di tipo punto-punto, con i due nodi comunicanti posti alle due estremità del collegamento
- ❑ PPP è orientato al CARATTERE
  - Tutti i frame sono costituiti da un numero intero di byte
- ❑ Il link punto-punto può essere
  - Una linea telefonica di tipo seriale (utilizzante un modem)
  - Un link SONET/SDH
  - Una connessione X.25
  - Un circuito ISDN



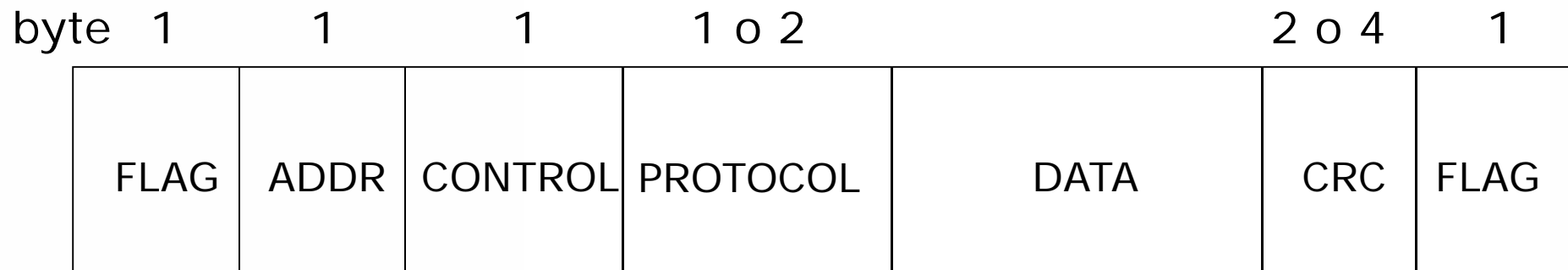
## Principali caratteristiche

- ❑ Possibilità di impiego su link con caratteristiche eterogenee
  - Link elettrici o ottici
  - Low-speed o high-speed
  - Link seriali o paralleli
  - Link sincroni (viene trasmesso un segnale di clock insieme ai dati) o asincroni
- ❑ Lato sender: incapsulamento in frame dei pacchetti ricevuti dal sovrastante livello di rete (framing)
- ❑ Lato receiver: rilevazione di errore
- ❑ Verifica operatività sul link
  - Rileva il fuori servizio del collegamento e lo notifica a livello di rete
- ❑ Trasparenza e Supporto multiprotocollo per quel che attiene il livello di rete
- ❑ Negoziazione delle opzioni (indirizzi) di livello rete
- ❑ Semplicità

## Che cosa non fa PPP

- ❑ Correzione d'errore
- ❑ Non ne è possibile l'impiego su link multipunto
  - Al contrario di HDLC ...
- ❑ Controllo di flusso
  - È demandato ai livelli sovrastanti
- ❑ Consegna dei frame non deve necessariamente avvenire in sequenza

## Formato del frame PPP



FLAG = 01111110

ADDRESS = 11111111

CONTROL = 00000011



# Byte stuffing

- ❑ Viene attuato dal PPP con un byte speciale, 01111101
  - Se il byte di FLAG compare in una posizione arbitraria del frame che non sia nè l'inizio, nè la fine, PPP fa precedere a tale sequenza la sequenza di controllo 01111101
  - Indica che il successivo byte 01111110 non rappresenta un flag, ma dati
  - Come per l'HDLC, il ricevitore si fa carico di rimuovere la sequenza di controllo e ricostruisce lo stream dati originario
  - Una coppia di sequenze di controllo adiacenti indica che una delle due era effettivamente presente nei dati originari da inviare



## Descrizione

- ❑ I campi Address e Control possono contenere solo un ben preciso valore
  - Le specifiche del PPP (RFC 1662) affermano che potranno essere definiti ulteriori valori in un secondo tempo ...
  - PPP consente comunque alla sorgente di negoziare con la destinazione l'invio o meno dei due byte corrispondenti
  
- ❑ Campo Protocol: il valore caricato in tale campo indica al modulo PPP ricevente a quale protocollo appartengono i dati contenuti nel frame
  - IP (21 in esadecimale)
  - AppleTalk (29)
  - PPP LCP (C021)
  - IPCP (IP Control Protocol) (8021)
  - ...

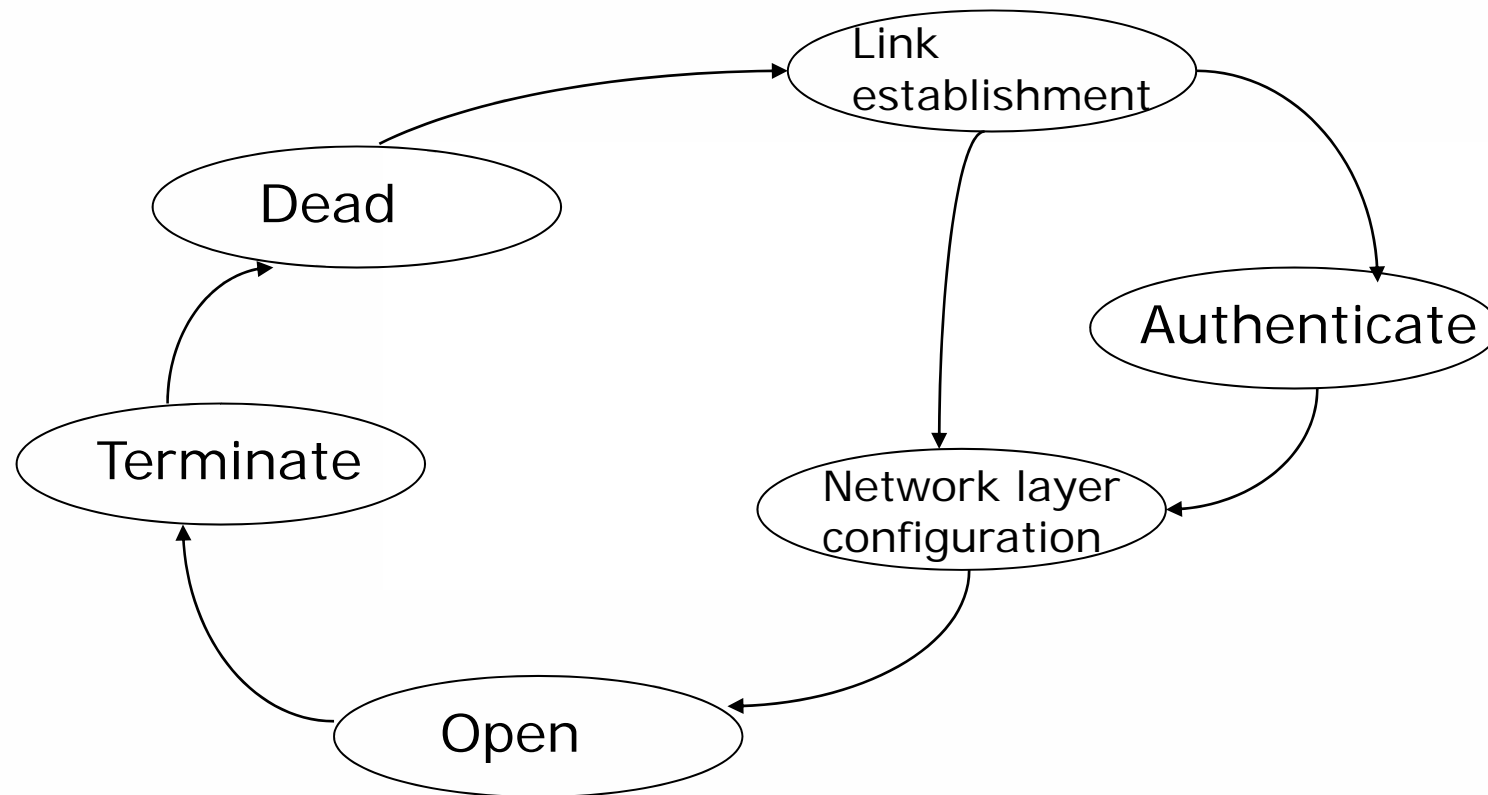
## Continua ...

- ❑ Il campo dati contiene ciò che il PPP interpreta come payload
  - Lunghezza massima di default: 1500 byte
  - È possibile modificarla all'atto dell'inizializzazione della comunicazione sul link
    - ✓ Padding ...
- ❑ Il campo checksum è impiegato per rilevare bit errati
  - Impiega un codice a ridondanza ciclica a 2 o 4 byte, da standard HDLC
    - ✓ Negoziabile in fase di inizializzazione di connessione

# LCP Link Control Protocol

- ❑ Le fasi di inizializzazione con relativa negoziazione di parametri, manutenzione, segnalazione anomalie e chiusura di un link PPP sono realizzate impiegando il Link Control Protocol LCP di PPP
- ❑ Alcuni dei pacchetti che LCP prevede
  - Configure-request
  - Configure-ack
  - Configure-nak
  - Configure-rej
  - ...
  - Echo-request
  - Echo-reply

# Attivazione e disconnessione





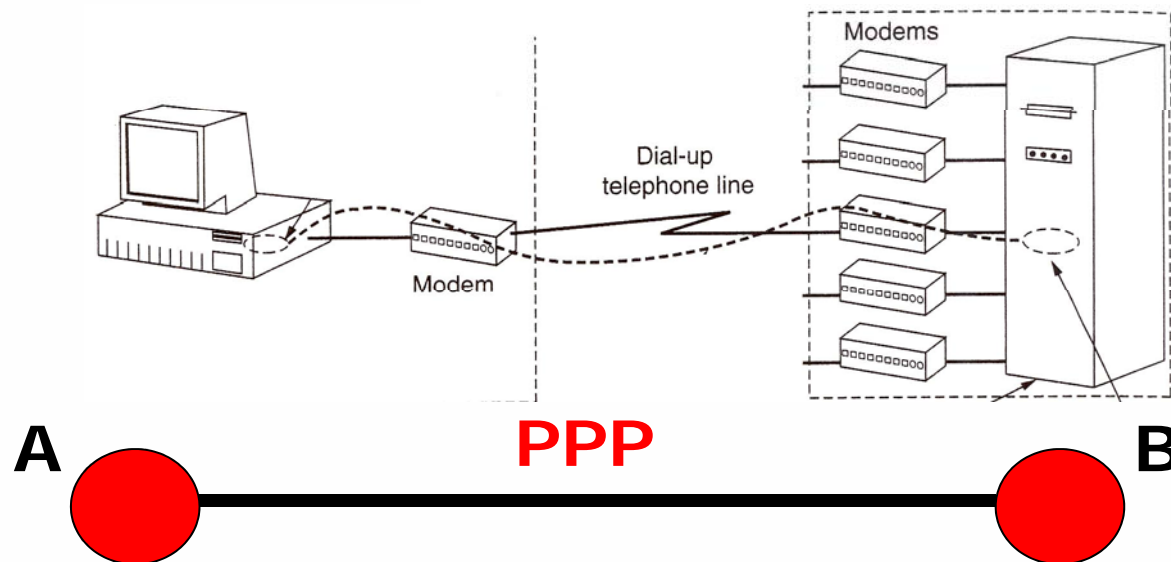
## Alcune opzioni negoziabili

- ☐ Abilitazione all'utilizzo di un protocollo per l'autenticazione
- ☐ Abilitazione della verifica della qualità della linea durante le normali operazioni
- ☐ Scelta di un eventuale metodo di compressione per l'header del frame
- ☐ Rimozione del campo Address e Control
- ☐ Impostazione della massima dimensione del campo dati

# Esempio tipico di utilizzo

## ❑ Scenario:

- Utente che da casa, via modem, si connette ad un ISP





## Descrizione

1. Via modem, si stabilisce una connessione fisica con il provider
2. Il PC manda al router una serie di pacchetti LCP nel campo dati di uno o più frame PPP per negoziare i parametri da impiegare durante la comunicazione
3. Dopo che questi sono stati stabiliti, vengono inviati una serie di pacchetti NCP per configurare lo strato di rete
  1. Il PC necessita di un indirizzo IP
  2. Tipicamente un ISP ne ha a disposizione un blocco, che assegna dinamicamente agli utenti che si connettono per la sola durata della sessione di comunicazione
  3. NCP viene impiegato per assegnare gli indirizzi IP
  4. Il PC è un host connesso ad Internet
  5. ...
4. Quando l'utente termina la connessione all'ISP, NCP termina la connessione a livello di rete e libera l'indirizzo di rete
5. LCP chiude la connessione di livello di linea
6. Il modem chiude la connessione e la rilascia a livello fisico