

IL LIVELLO DI LINK

Prof. S. Marano

Università della Calabria

A.A. 2012-2013

Flow control

```
graph TD; A[Flow control] --> B[Stop and wait]; A --> C[Sliding window]; B --- D[Send one frame at a time]; C --- E[Send several frames at a time];
```

Stop and wait

**Send one frame
at a time**

Sliding window

**Send several frames
at a time**

Osservazioni sul controllo d'errore

Finestra di trasmissione

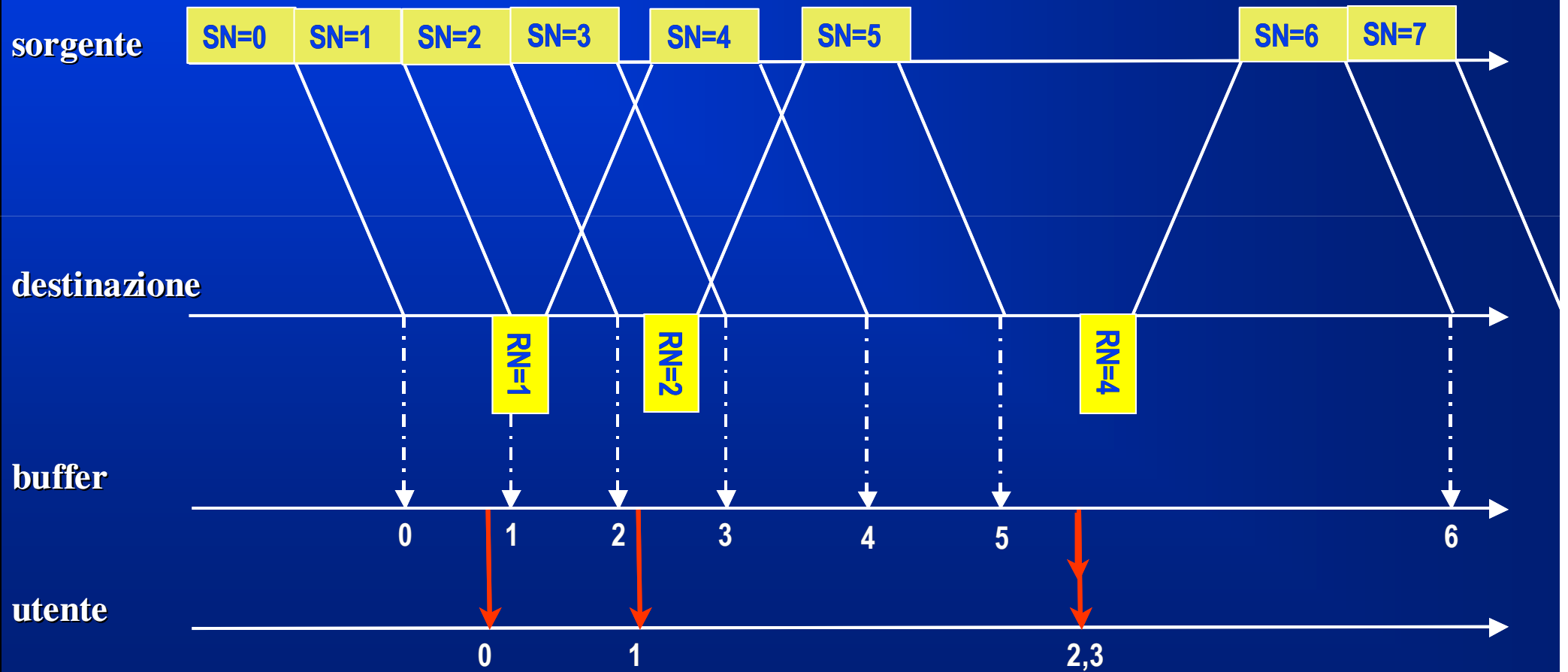
- il numero N dei protocolli go-back-N opera da freno al numero di trame inviate in sequenza
- ciò può essere utile per evitare di sommergere il ricevitore
- lo stesso principio è adottato nelle tecniche di controllo di flusso (controllo di flusso a finestra)

Controllo di flusso

Sliding window flow control

- è possibile usare un meccanismo come quello del *go back n*
- la sorgente non può inviare più di W trame (stessa funzione del parametro n) senza aver avuto il riscontro
- i riscontri vengono inviati dal ricevitore solo quando i pacchetti vengono assorbiti dall'utente

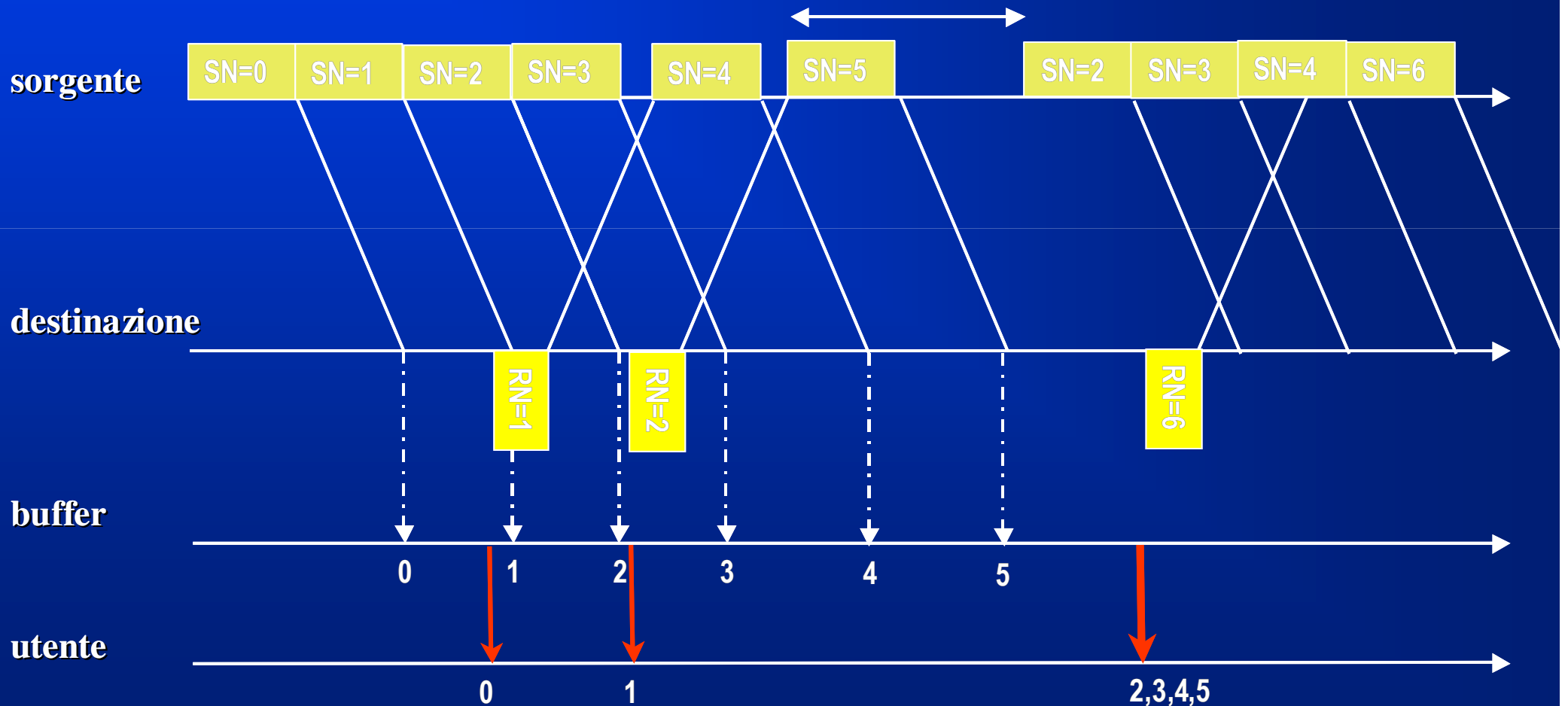
Sliding window flow control



Problema delle ritrasmissioni

- **il meccanismo descritto di controllo di flusso è strettamente legato al meccanismo di controllo d'errore e questo può essere fonte di problemi**
- **se il ricevitore ritarda molto l'invio dei riscontri, il trasmettitore inizia la ritrasmissione perché scade il time-out**
- **aumentare troppo il time-out non è ovviamente una soluzione radicale in quanto l'aumento del time-out aumenta i ritardi in caso di errore**

Problema delle ritrasmissioni



Uso del messaggio RNR

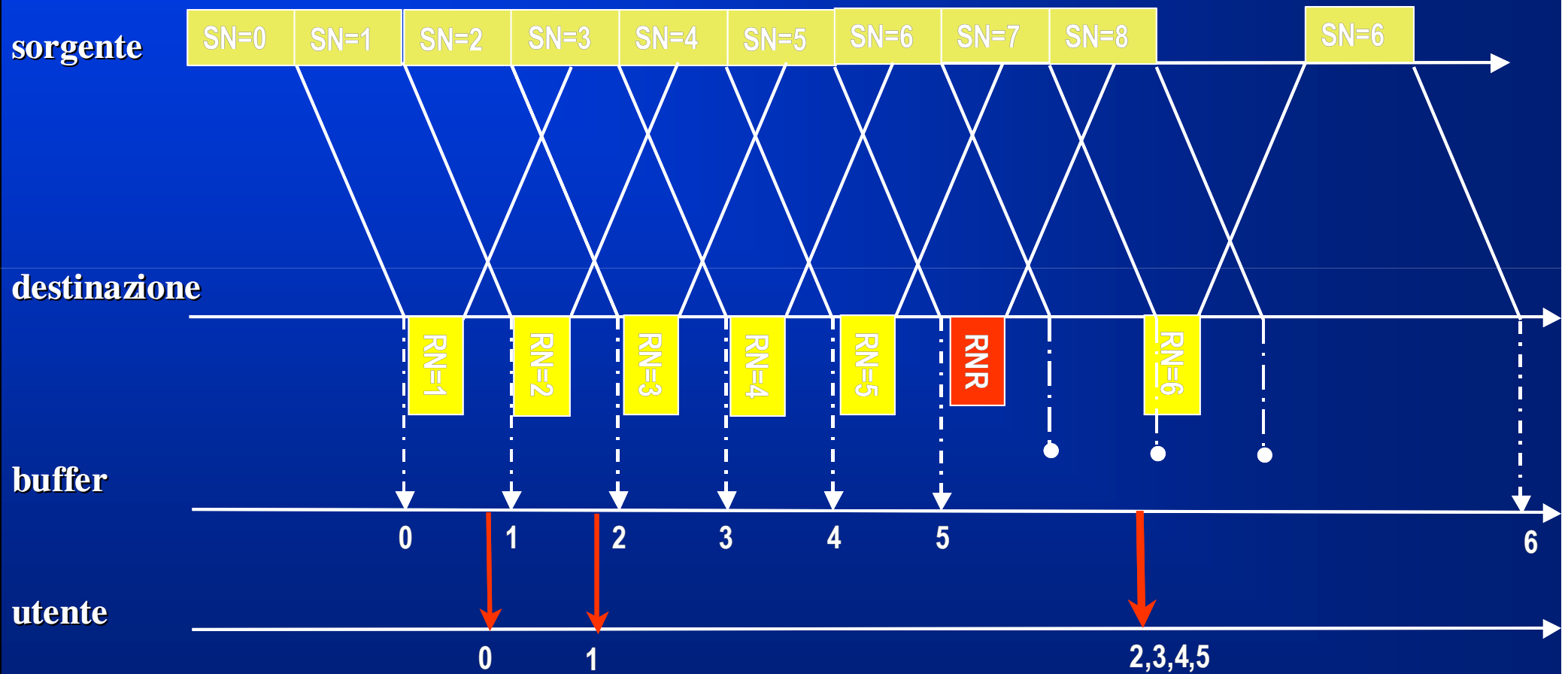
Il problema può essere affrontato

- trasmettendo regolarmente i riscontri all'arrivo dei pacchetti
- usando un messaggio speciale di RNR (Receiver Not Ready) per segnalare che il buffer è pieno

approccio ibrido:

- ritardare l'invio dei riscontri per un tempo massimo e poi usare il RNR

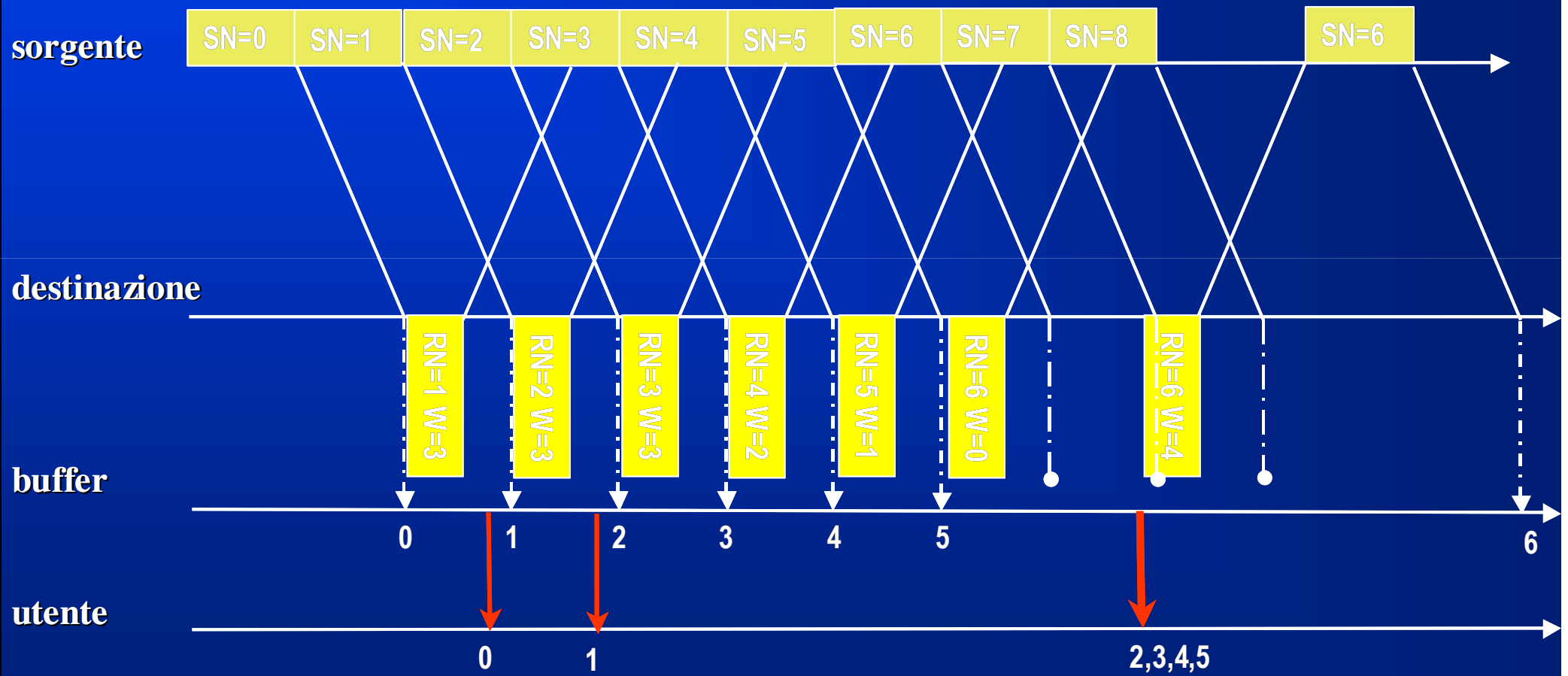
Uso del messaggio RNR



Uso del campo W

- Il problema può essere risolto in modo radicale separando i meccanismi di controllo d'errore e di controllo di flusso a finestra
- si inserisce nei riscontri (o nell'header delle trame in direzione opposta) un campo finestra W
- il ricevitore invia i riscontri sulla base dell'arrivo dei pacchetti
- usa il campo W per indicare lo spazio rimanente nel buffer
- è questo l'approccio usato nel TCP

Uso del campo W



Uso del campo W

gestione della finestra

- non è necessario che il ricevitore dica la “verità” sullo spazio restante R
- può tenersi un margine di sicurezza ($W=R-m$)
- può aspettare che il buffer si sia svuotato per una frazione (ad es. $W=0$ se $R < K/2$ ed $W=R$ altrimenti)
- può usare dei meccanismi adattativi

Osservazioni sul controllo d'errore

necessita' di inizializzare il protocollo

- I numeri SN e RN devono essere inizializzati
- deve esistere un momento di inizio non equivocabile
- occorre scambiare all'inizio informazione per l'inizializzazione
- vengono detti protocolli a connessione e fanno uso di procedure di instaurazione e rilascio della connessione

Procedure per connessioni

- utilizzate per attivare il canale e inizializzare i contatori (SN e RN)
- le procedure usate nello scambio di messaggi per l'instaurazione ed il rilascio fanno parte di un protocollo (formati, regole, ecc.)
- le procedure sono di uso saltuario (dopo l'inizializzazione del livello fisico e ogni volta che il protocollo ARQ debba essere reinizializzato in seguito alla caduta della connessione fisica)
- e' necessario proteggere i messaggi per evitare equivoci in caso di errore (Stop&Wait)
- problema principale: garantire che gli stati della connessione non vengano equivocati

Data link control

```
graph TD; A[Data link control] --> B[Line discipline]; A --> C[Flow control]; A --> D[Error control];
```

Line
discipline

**Who should send
now?**

Flow
control

**How much data
may be sent?**

Error
control

**How can errors
be corrected?**

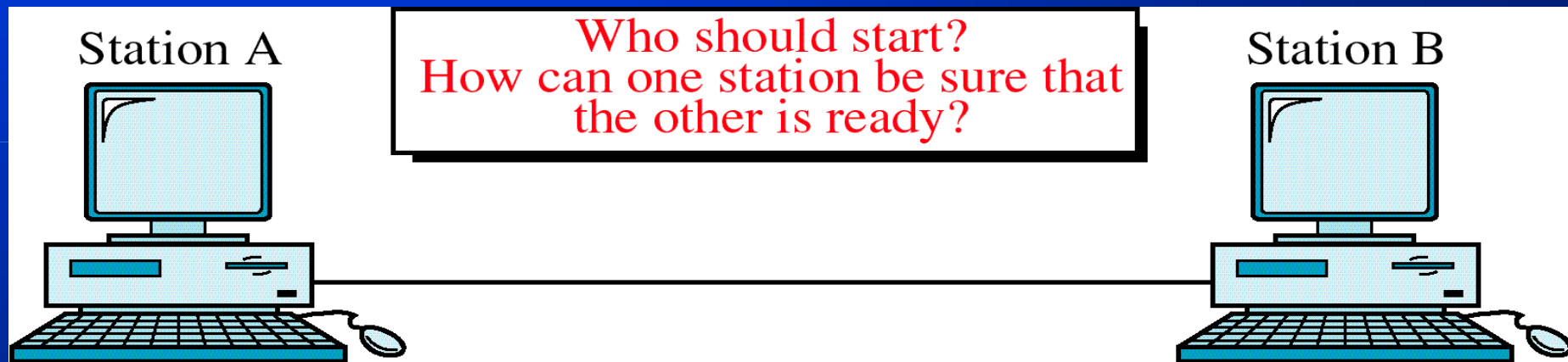
Line discipline

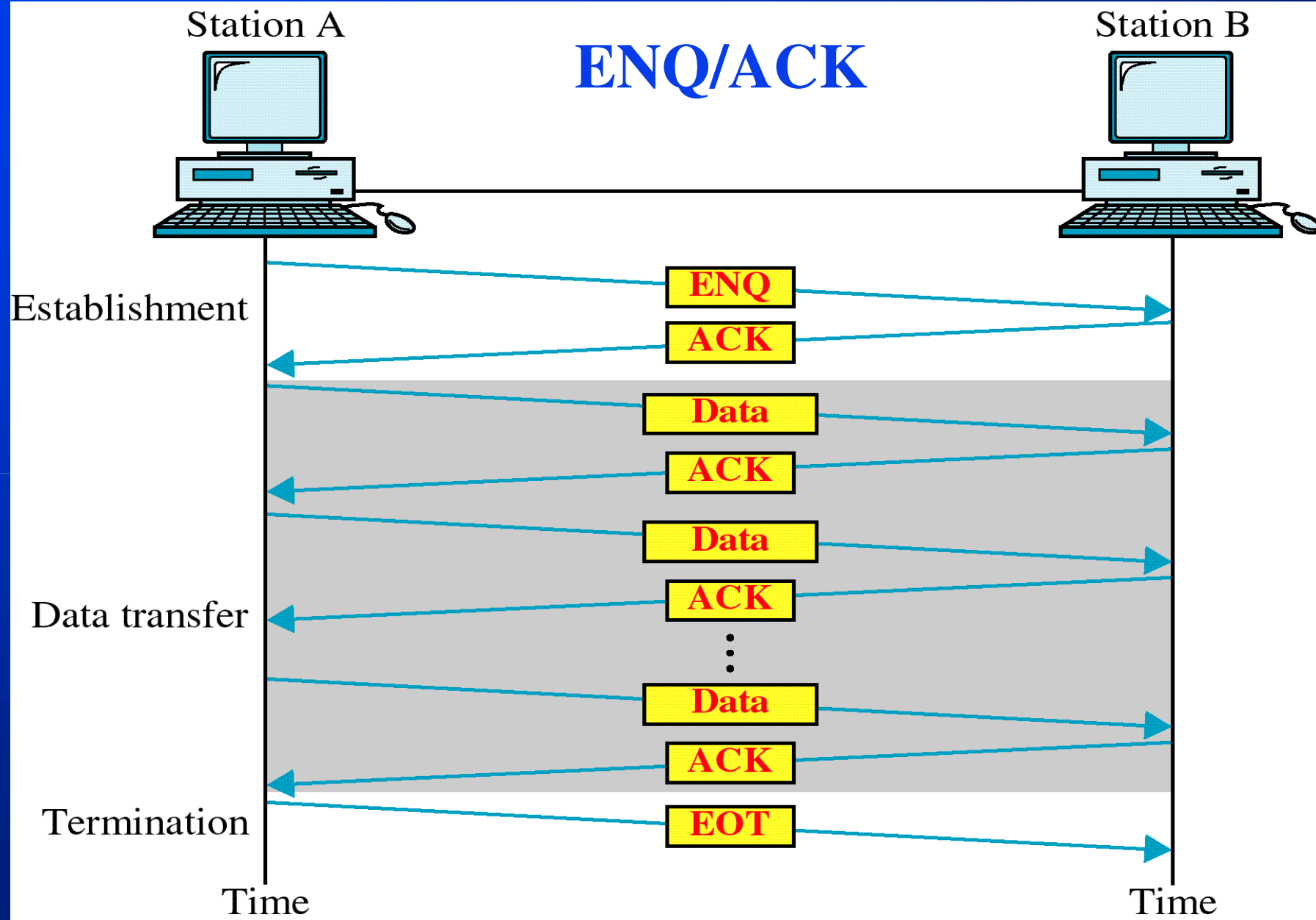
```
graph TD; A[Line discipline] --> B[ENQ/ACK]; A --> C[Poll/Select];
```

ENQ/ACK

Poll/Select

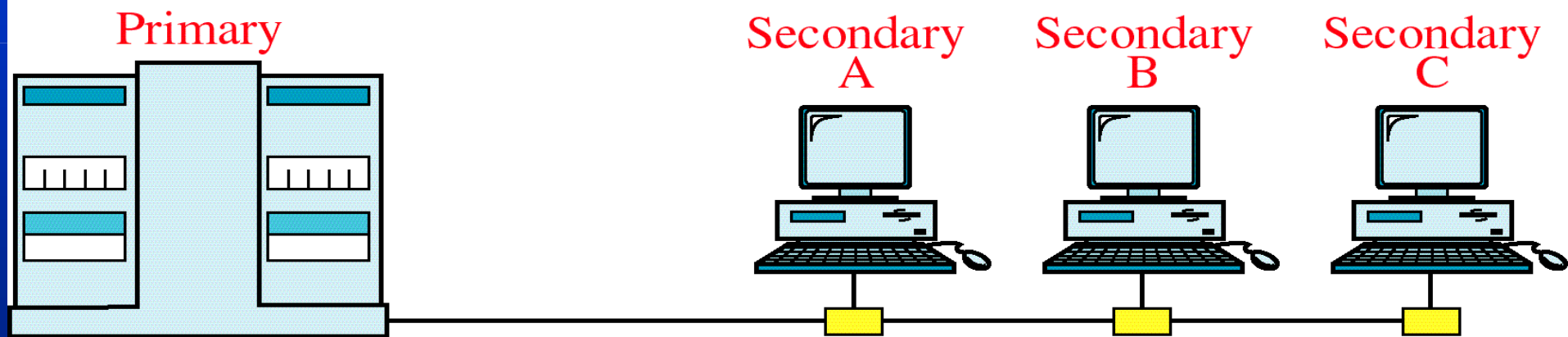
ENQ/ACK



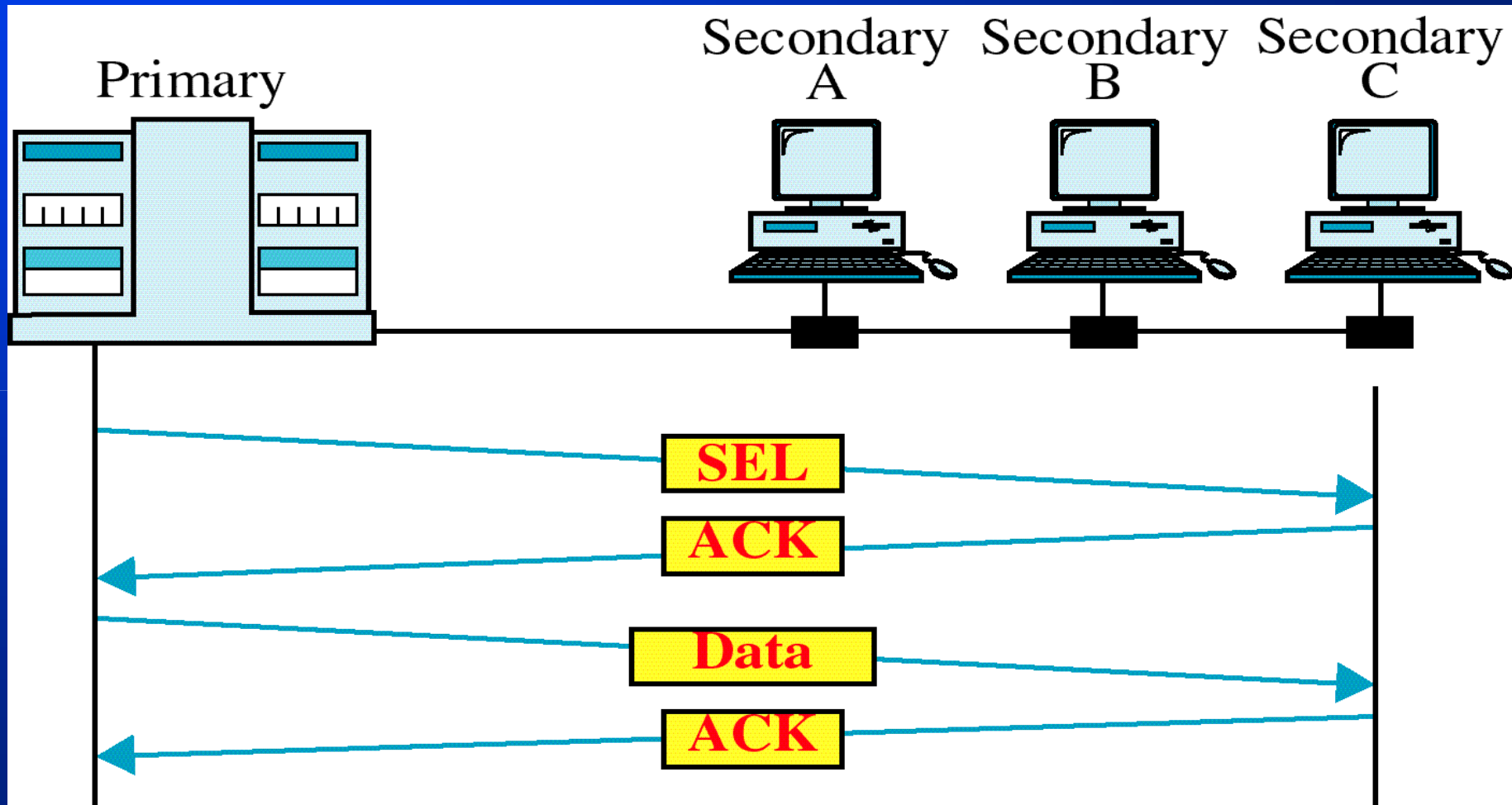


Multipoint Discipline

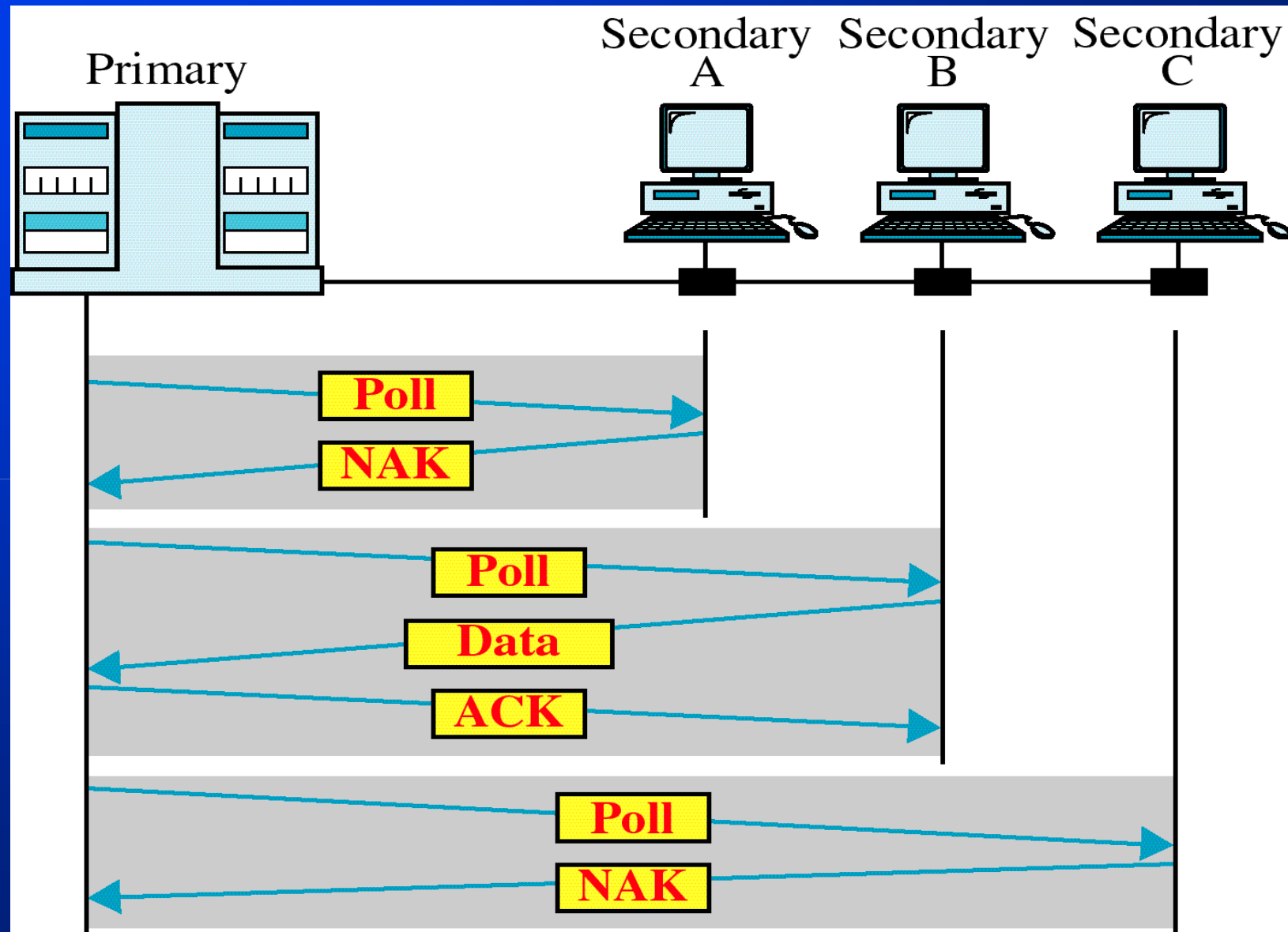
Who has the right to the channel?



Select



Poll

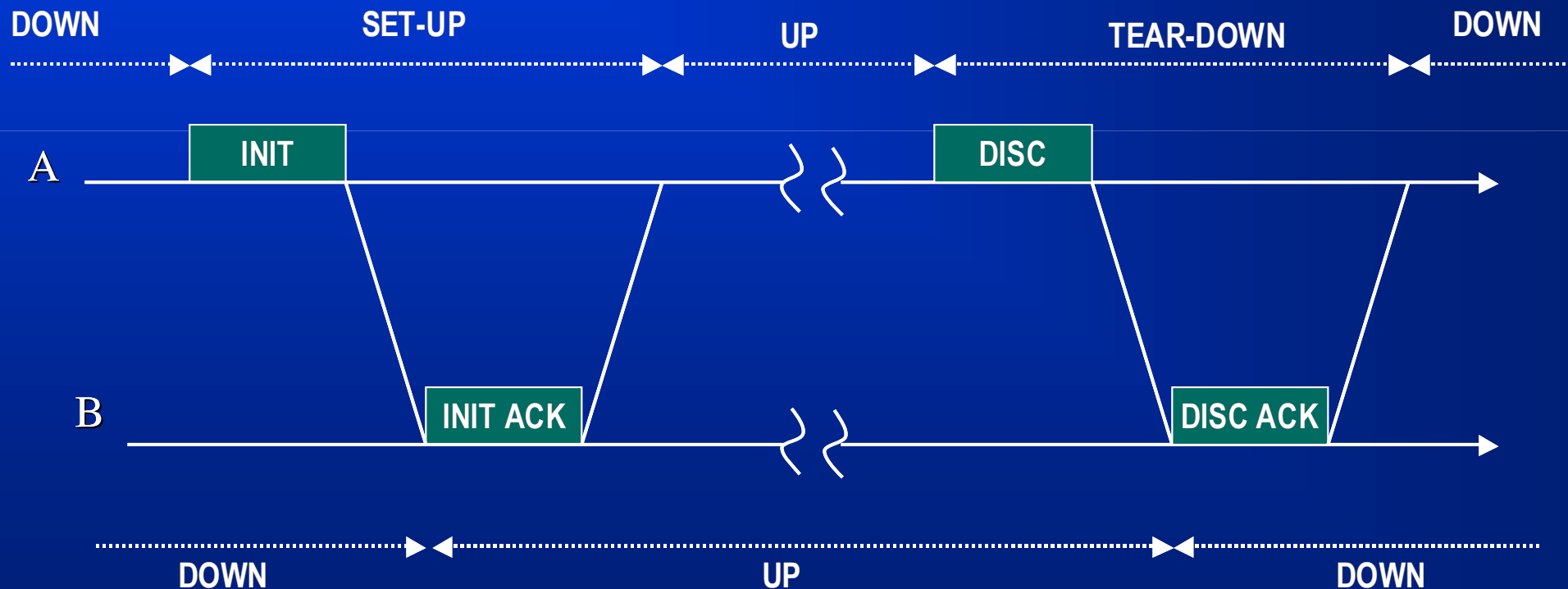


Unbalanced setup e tear-down

solo una stazione (primaria) puo' iniziare la procedura

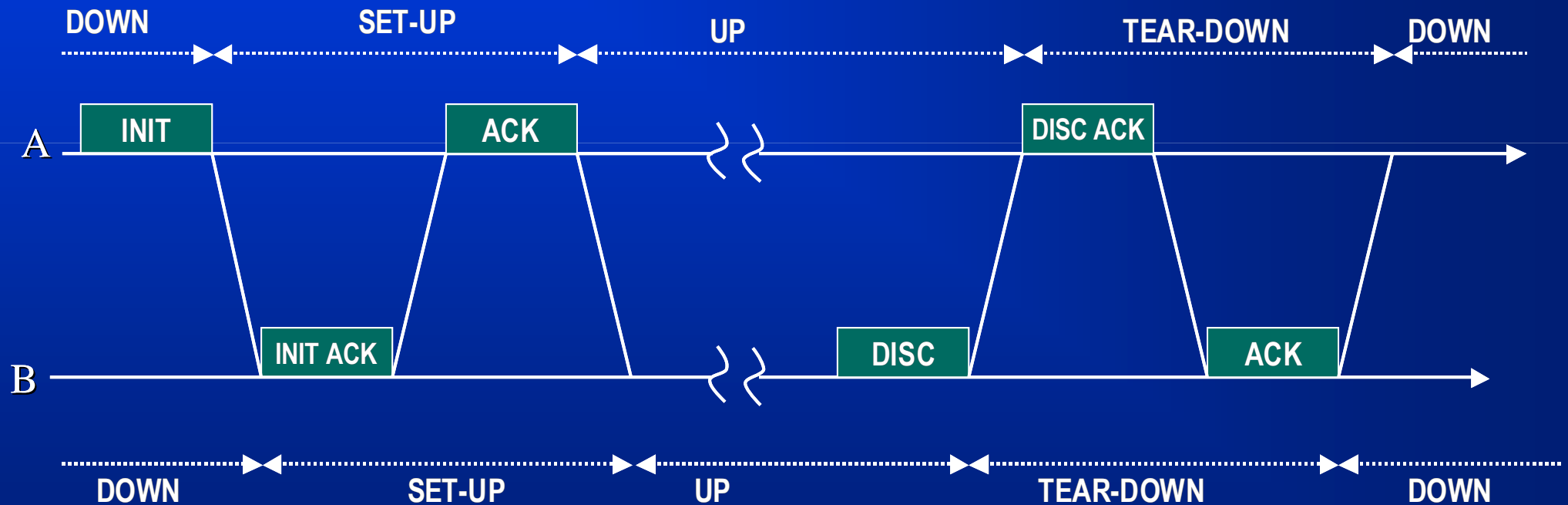
la procedura non puo' essere abortita

la stazione secondaria non puo' rifiutare la connessione



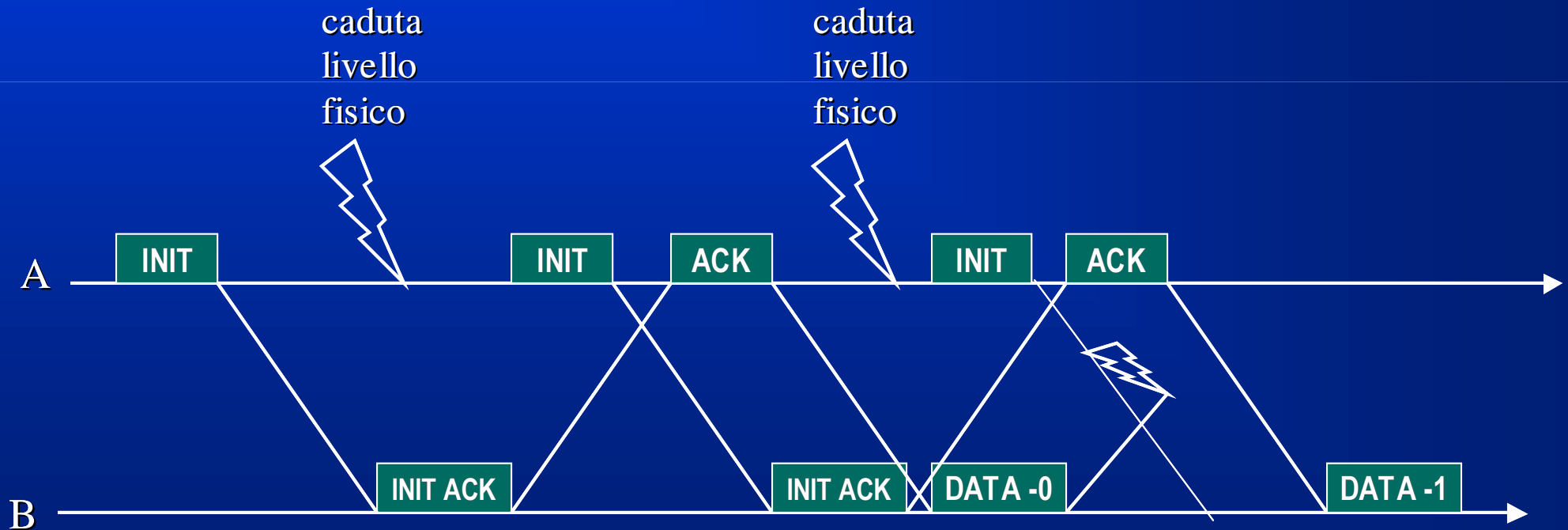
Three way handshake

tutte le stazioni possono mettere su la connessione
doppio riscontro del messaggio



Possibili inconvenienti

**se il livello fisico cade a ripetizione
e se dopo ogni caduta lo stato torna down:**



Protocollo HDLC

HDLC

High-level Data Link Communications

- **standard ISO**
- **deriva dal protocollo proprietario SDLC (Synchronous Data Link Control) di IBM per reti SNA**
- **può operare in molti modi differenti e con diversi meccanismi di controllo d'errore e di flusso**
 - **half-duplex o full-duplex**
 - **master-slave (sbilanciato) o peer-to-peer (bilanciato)**

HDLC

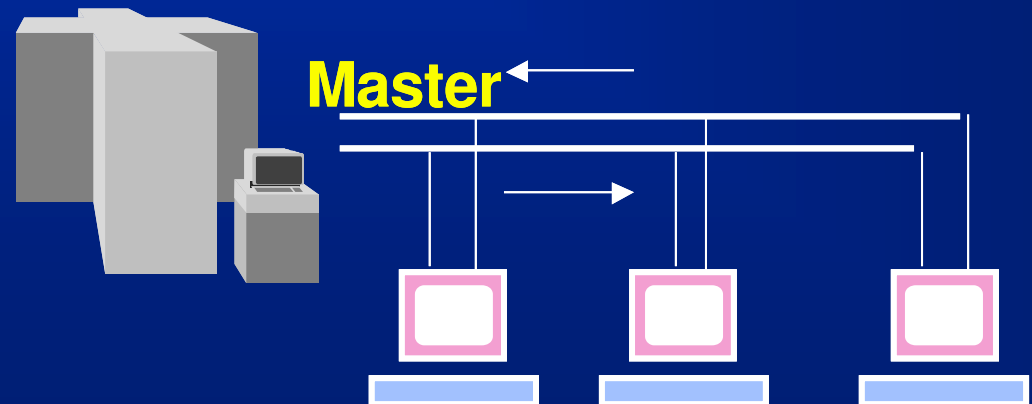
High-level Data Link Communications

- **L'HDLC è in grado di funzionare sia su canali punto-punto che su canali punto-multipunto e per questo provvede in ogni caso all'indirizzamento delle stazioni coinvolte nel colloquio**
- **Inoltre, è prevista la possibilità di scambiare informazioni in modalità con connessione o senza connessione. Nel primo caso è anche possibile usare un controllo di flusso a finestra e dei meccanismi di ritrasmissione che possono essere sia di tipo *go back n* che di tipo *selective reject***

HDLC

Modalità di funzionamento:

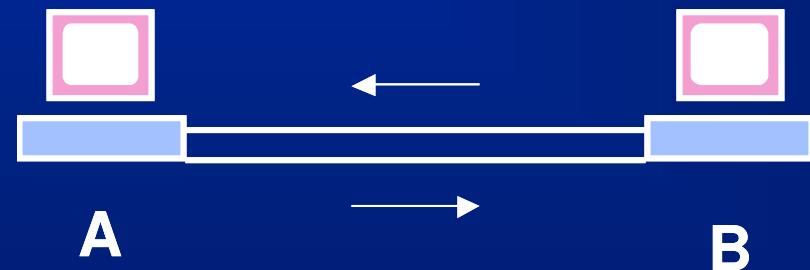
- **Normal Response Mode (NRM)**
 - Una stazione primaria è collegata a una o più stazioni secondarie tipicamente in modalità half-duplex. Solo la stazione primaria può inviare i comandi e le stazioni secondarie trasmettono solo a seguito di un permesso (polling) esplicito inviato dalla stazione primaria



HDLC

Modalità di funzionamento (... continua):

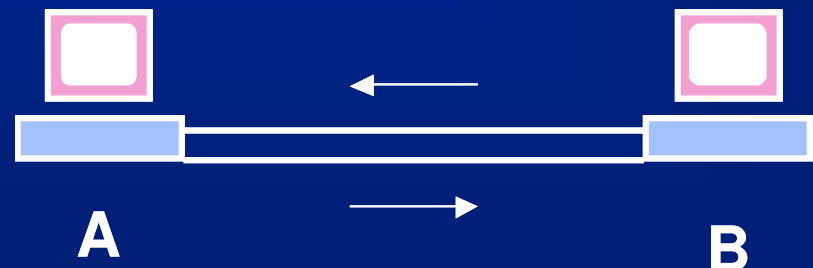
- **Asynchronous Response Mode (ARM)**
 - Anche in questo caso come nel NRM il colloquio è di tipo sbilanciato, ma la stazione secondaria ha la possibilità di iniziare una trasmissione senza il permesso esplicito della stazione primaria iniziando così un colloquio full-duplex. (poco usata)



HDLC

Modalità di funzionamento (... continua):

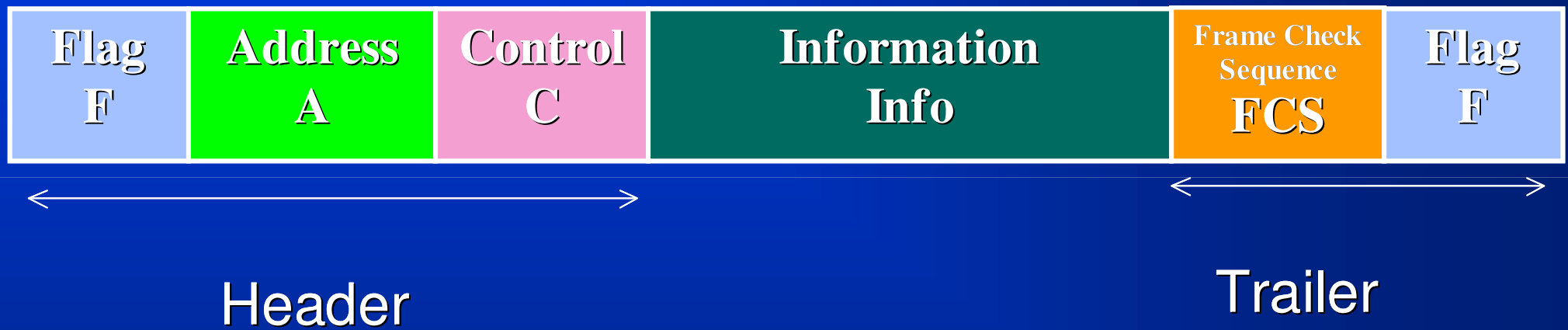
- **Asynchronous Balanced Mode (ABM)**
 - Fornisce una modalità di funzionamento bilanciato su configurazioni punto-punto tra stazioni “combinate” che possono, in modalità full-duplex, inviare informazioni in modo indipendente ed asincrono.
 - E' l'unico modo di funzionamento conforme con lo stack OSI!



HDLC Modes

	NRM	ARM	ABM
Station type	Primary & secondary	Primary & secondary	Combined
Initiator	Primary	Either	Any

Formato della trama HDLC



Formato della trama HDLC

1 byte

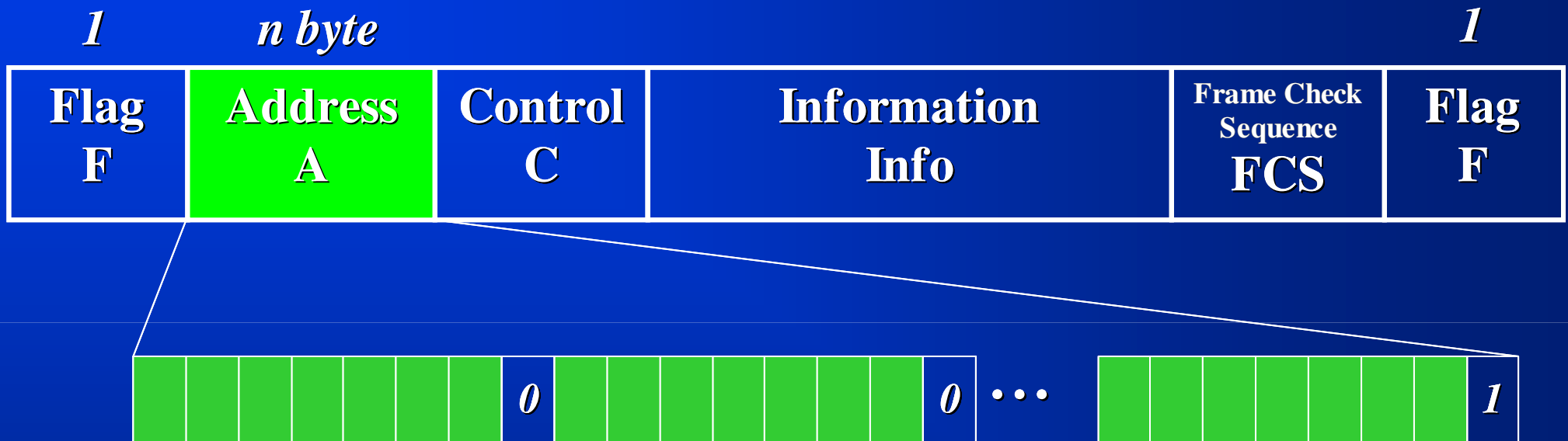
1 byte

Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F
-----------	--------------	--------------	---------------------	--------------------------------	-----------

Flag *01111110*

- uso del bit stuffing
- in alcune configurazioni trasmissione continua dei flag in caso di mancanza di informazione

Formato della trama HDLC



- normalmente di 8 bit, ma può essere di n byte
- l'ultimo bit di ogni byte è usato per indicare se segue un ulteriore byte del campo A

Formato della trama HDLC

<i>1</i>	<i>1 ÷ n</i>				<i>1</i>
Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F

- **L'indirizzo contenuto può essere quello della stazione destinataria o quello della stazione sorgente**
 - nelle modalità sbilanciate (NRM, ARM) è sempre quello della stazione secondaria (sia nei comandi sia nelle risposte)
 - nella modalità ABM è quello della stazione destinataria

Formato della trama HDLC

<i>1</i>	<i>1 ÷ n</i>	<i>1 o 2 byte</i>			<i>1</i>
Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F

- Il campo controllo distingue i tipi di trama e contiene le informazioni di controllo relative ad ogni tipo
- i primi bit distinguono il tipo
- gli altri contengono il controllo vero e proprio

Formato della trama HDLC

<i>1</i>	<i>1 ÷ n</i>	<i>1 ÷ 2</i>			<i>1</i>
Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F

Information (I)

- Sono trame numerate per la trasmissione di informazione d'utente contenuta nel campo I.

Supervisory (S)

- Sono trame numerate per il controllo dell'invio del flusso di informazione (ad es. riscontri non associati ad informazione in senso opposto).

Unnumbered (U)

- Sono trame non numerate usate per l'invio di informazione di controllo (ad es. per l'instaurazione delle connessioni) o per l'invio di informazione in modalità senza connessione.

Formato della trama HDLC

<i>1</i>	<i>1 ÷ n</i>	<i>1 ÷ 2</i>	<i>≥ 0</i>		<i>1</i>
Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F

- **Contiene l'informazione d'utente (dei livelli superiori)**
- **può non essere presente**
 - è presente solo nella trame I e nella trame U usate per trasferimento di informazione in modalità connectionless
- **lunghezza variabile**

Formato delle trame HDLC

<i>1</i>	<i>1 ÷ n</i>	<i>1 ÷ 2</i>	<i>≥ 0</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F

- **Contiene il codice rivelatore d'errore usato per riconoscere le trame errate**

Formato della trama HDLC

Flag F	Address A	Control C	Information Info	Frame Check Sequence FCS	Flag F
-----------	--------------	--------------	---------------------	--------------------------------	-----------

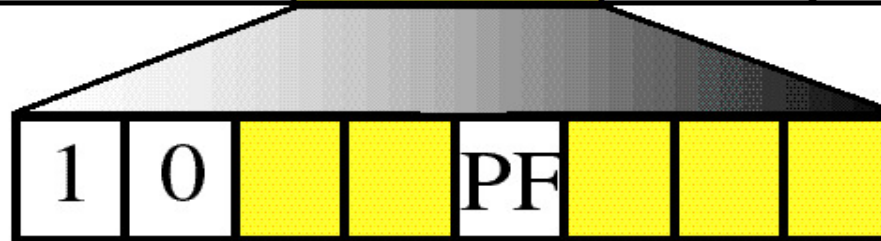
	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	c ₇	c ₈
frame I	0	SN			P/F	RN		
frame S	1	0	Type		P/F	RN		
frame U	1	1	M (1)		P/F	M (2)	X	

Trame S

trame S	1	0	Type	P/F	RN
---------	---	---	------	-----	----

- **Sono usate per inviare riscontri (senza piggyback) e controllo**
 - **RR (Receiver Ready)**, campo type 00, che è normalmente usato come ACK e il campo RN contiene la prossima trama attesa (riscontro delle trame fino a RN-1)
 - **RNR (Receiver Not Ready)**, campo type 10, serve a bloccare l'invio di trame da parte dell'altra stazione e, contemporaneamente a riscontare le trame fino a RN-1
 - **REJ (Reject)**, campo type 01, serve a richiedere la ritrasmissione delle trame da RN in avanti e, contemporaneamente, a riscontrare le trame fino a RN-1
 - **SREJ (Selective Reject)**, campo type 11, è usato per richiedere la ritrasmissione della sola trama con numero RN

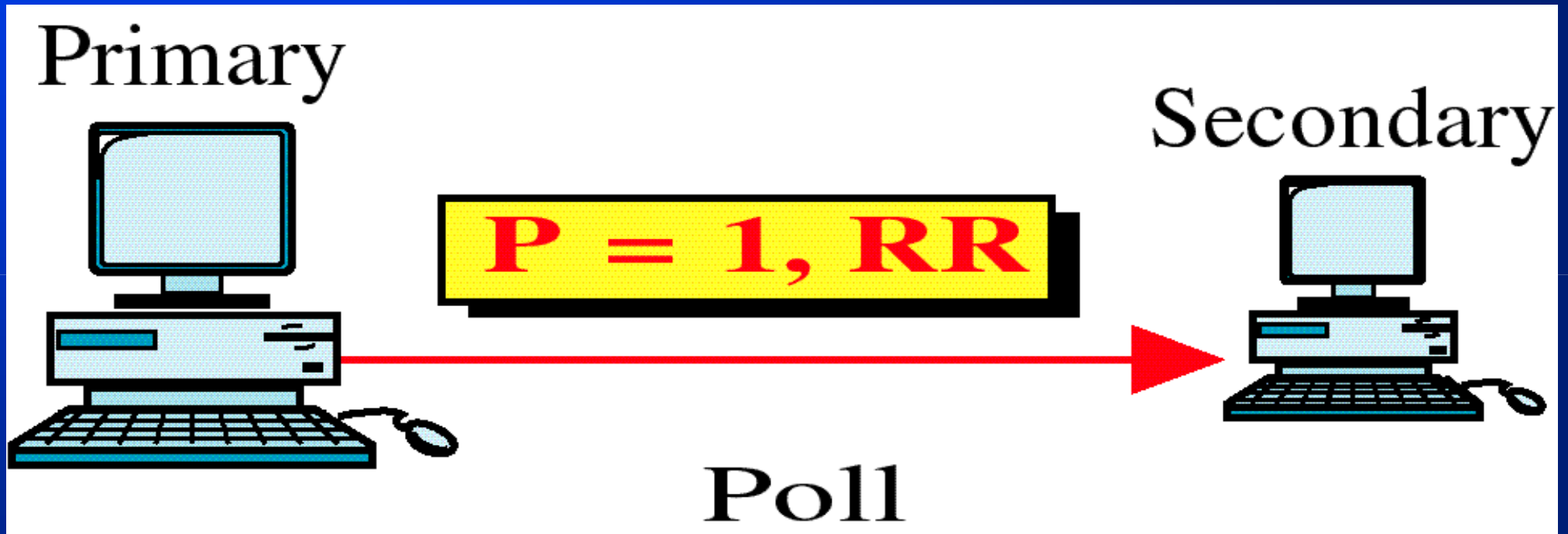
S-Frame



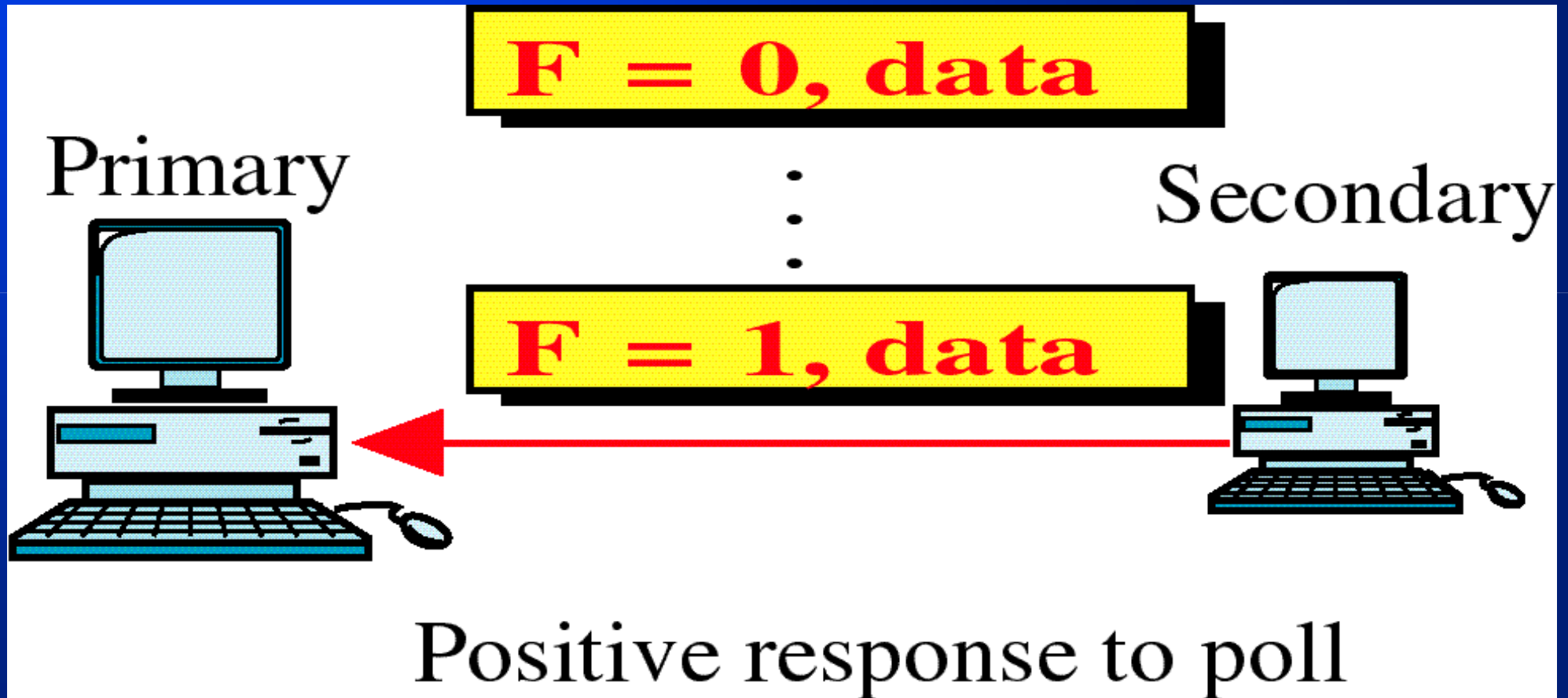
Code **N(R)**

<u>Code</u>	<u>Command</u>	
00	RR	Receive ready
01	REJ	Reject
10	RNR	Receive not ready
11	SREJ	Selective-reject

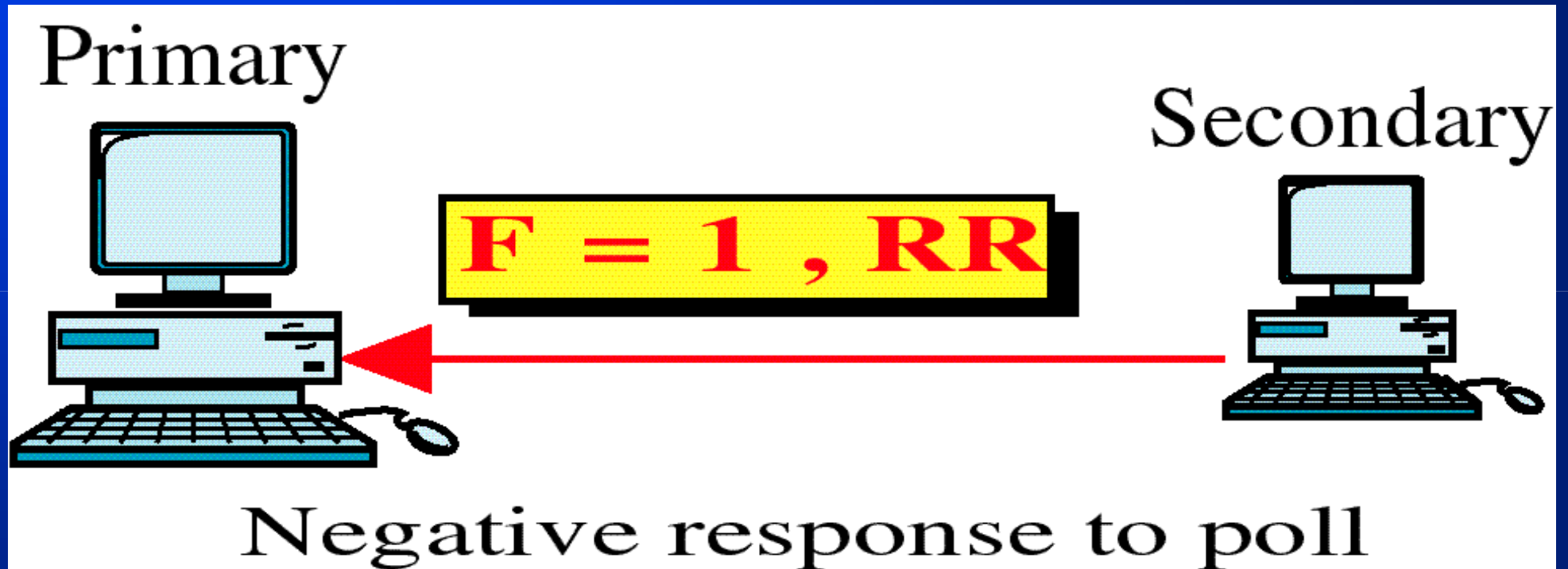
Use of P/F Field



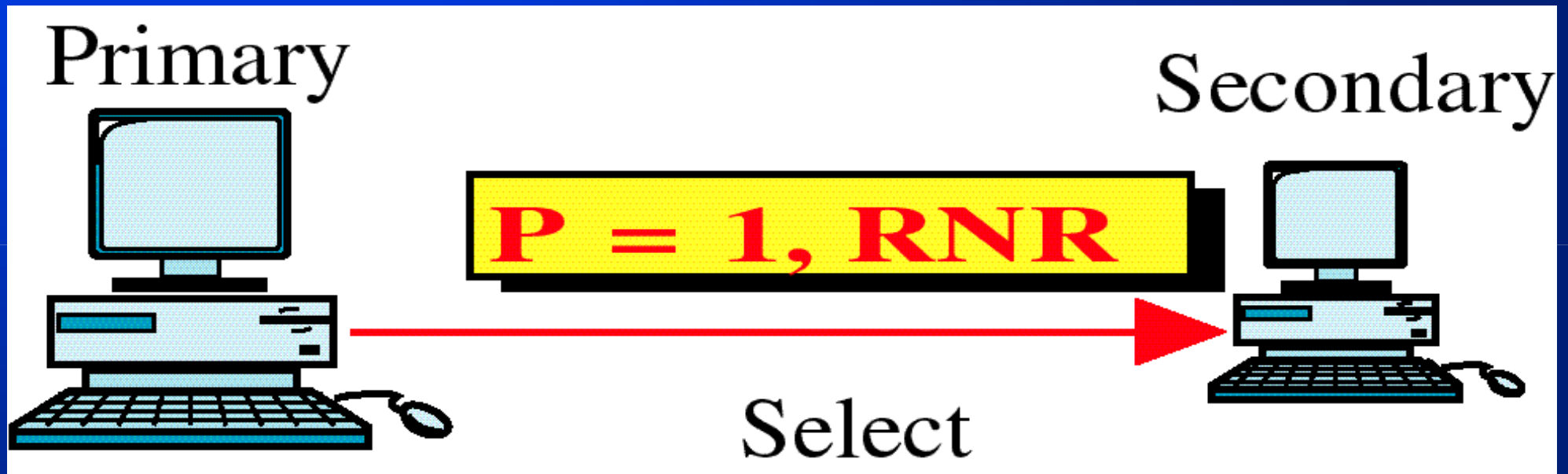
Use of P/F Field



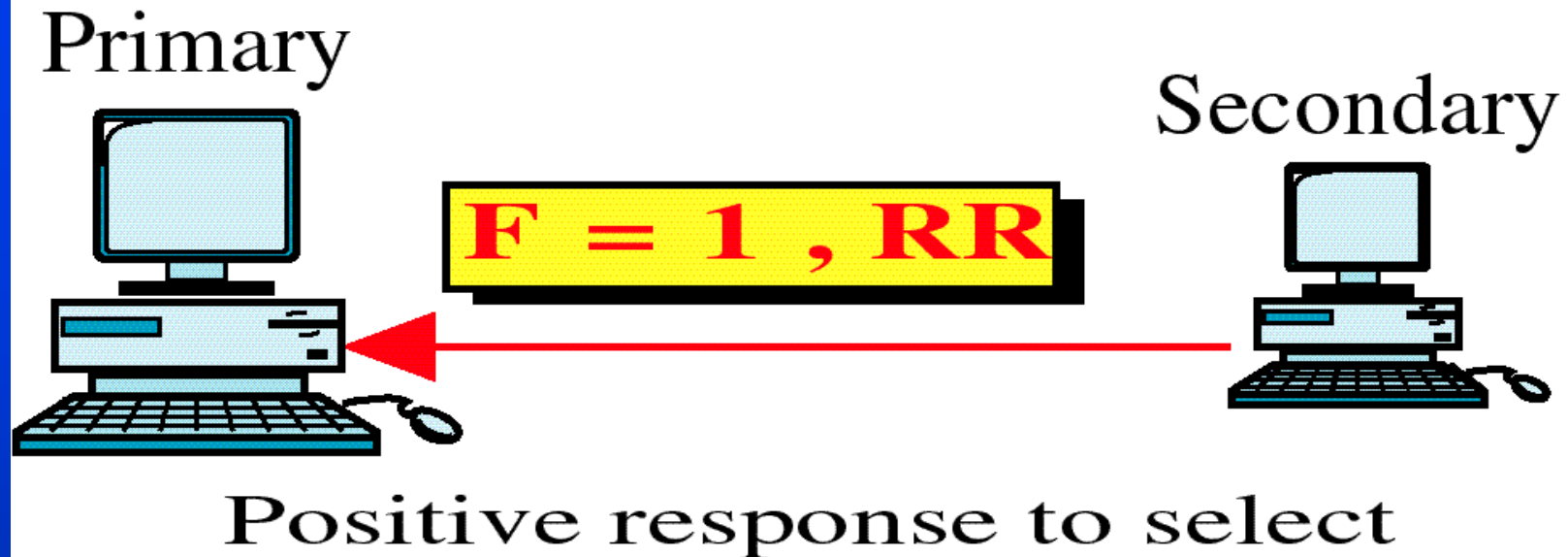
Use of P/F Field



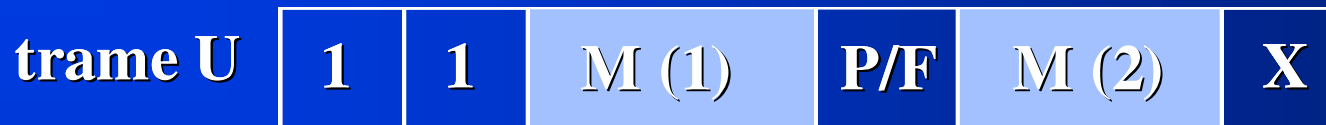
Use of P/F Field



Use of P/F Field



Trame U



- Le trame U hanno funzioni di controllo aggiuntivo (per esempio nell'instaurazione della connessione) e vengono usate anche per la trasmissione di informazione in modalità senza connessione e senza riscontro.
- Il campo M (di 4 bit divisi in due sotto-campi M(1) e M(2)) è usato per definire fino a 32 comandi (non tutti sono definiti ed usati), mentre il bit X non è definito.
- Un elenco dei comandi principali è mostrato in Tabella.

Trame U

trame U



Comandi di definizione del modo

SNRM	Set normal response mode (SNRME versione estesa)
SARM	Set asynchronous response mode (SARME versione estesa)
SABM	Set asynchronous balanced mode (SABME versione estesa)
SIM	Set initialization modo
DISC	Disconnect

Risposte

UA	Unnumbered acknowledgment
DM	Disconnect mode
RIM	Request initialization mode

Trasferimento di informazione

UI	Unnumbered information
UP	Unnumbered poll

Vari

RSET	Reset
XID	Exchange identification

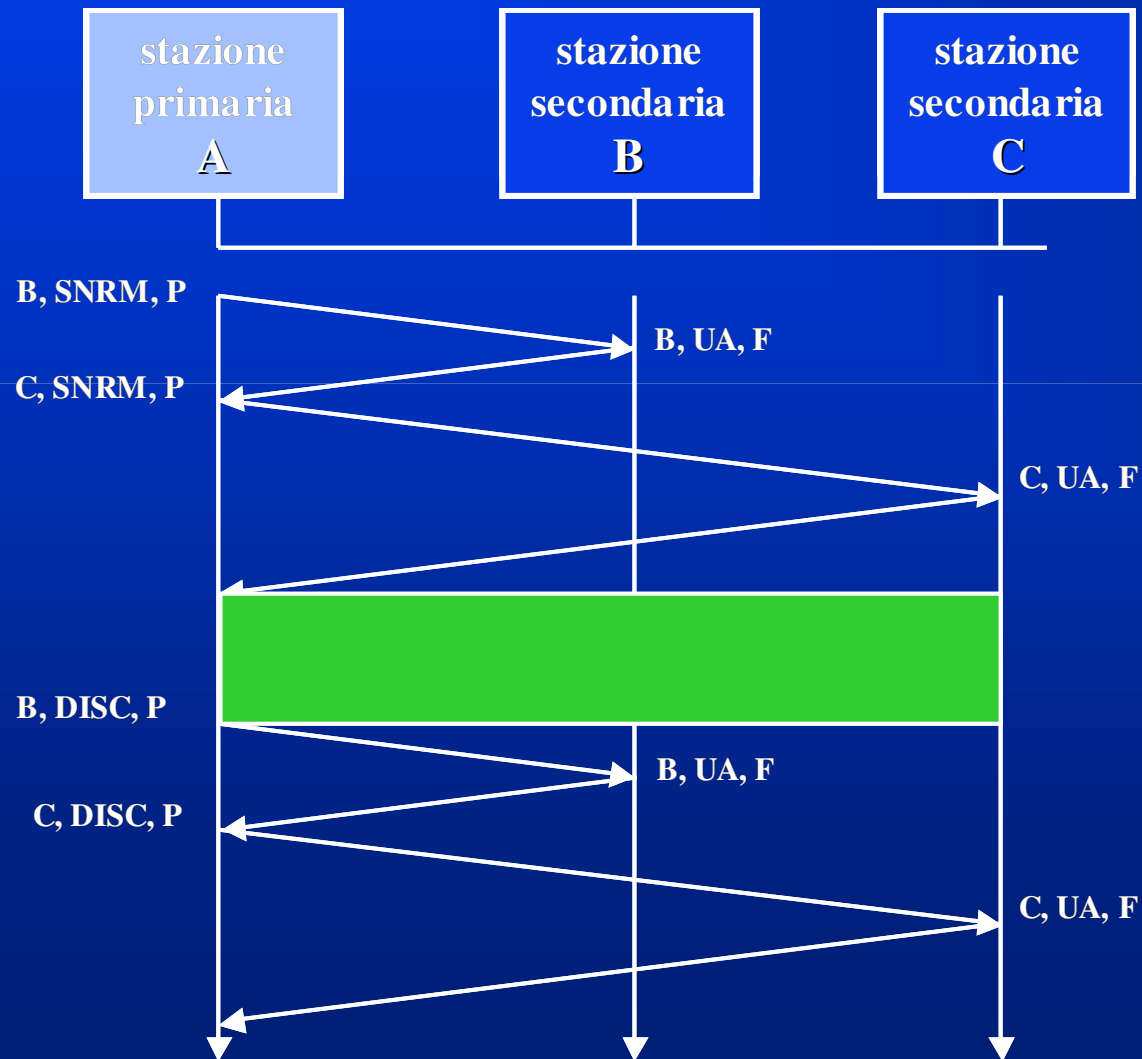
U-Frame Control Field

Code		Command	Response
00	001	SNRM	
11	011	SNRME	
11	000	SARM	DM
11	010	SARME	
11	100	SABM	
11	110	SABME	
00	000	UI	UI
00	110		UA
00	010	DISC	RD
10	000	SIM	RIM
00	100	UP	
11	001	RSET	
11	101	XID	XID
10	001		FRMR

Instaurazione della connessione

- La fase di **instaurazione della connessione** avviene mediante lo scambio i messaggi che consentono di definire il modo di trasferimento (SNRM, SARM, SABM).
- Alla fine della fase di trasferimento dati la connessione viene chiusa mediante il comando di DISC.

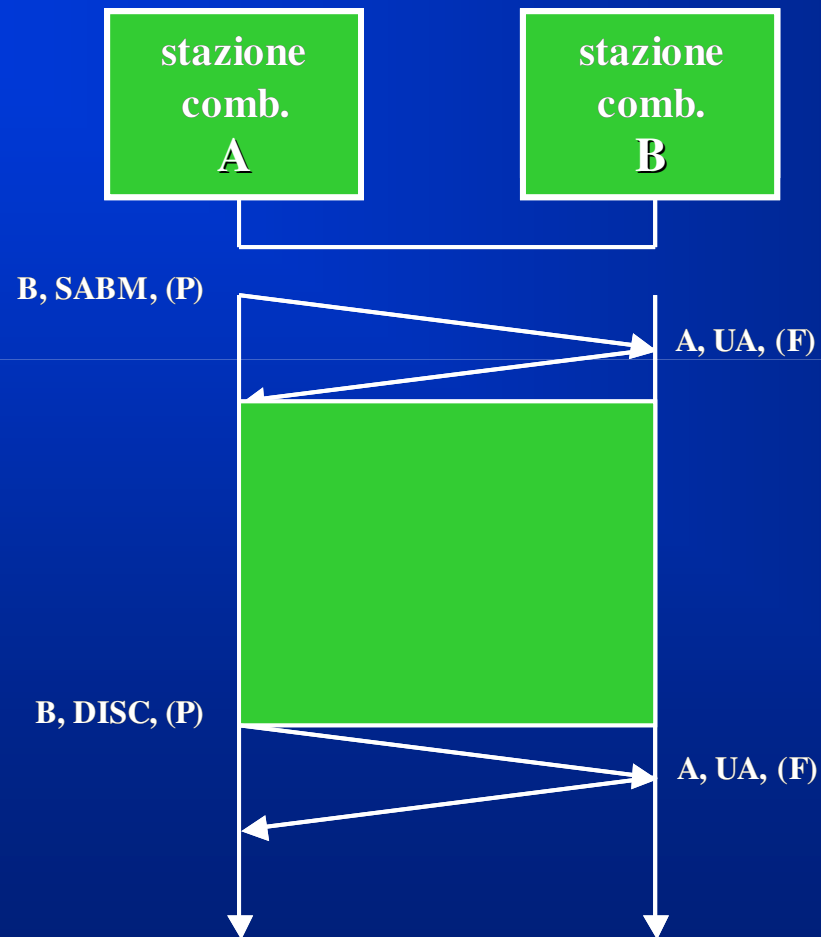
Instaurazione della connessione: modalità NRM



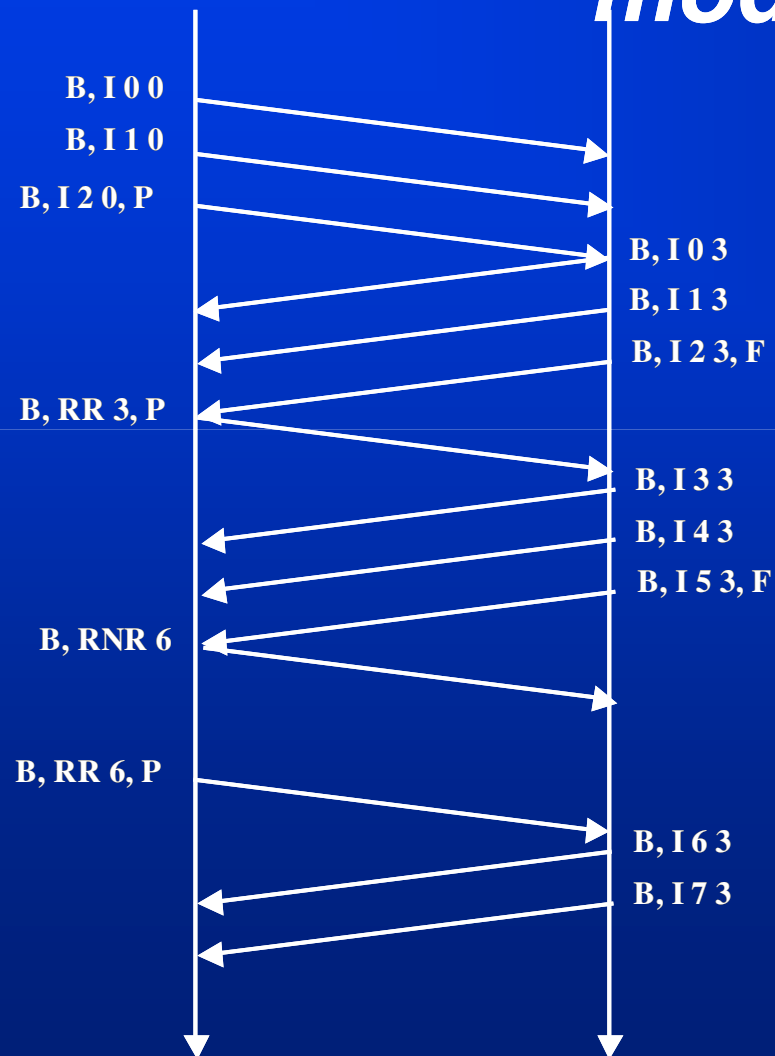
simbologia :
(address, command, P/F bit)

- il flag P/F è settato con significato di *polling* per sollecitare una risposta da parte della secondaria. Nella risposta della secondaria il bit è settato con significato di *final* ad indicare che il controllo ripassa alla stazione primaria.

Instaurazione della connessione modalità ABM

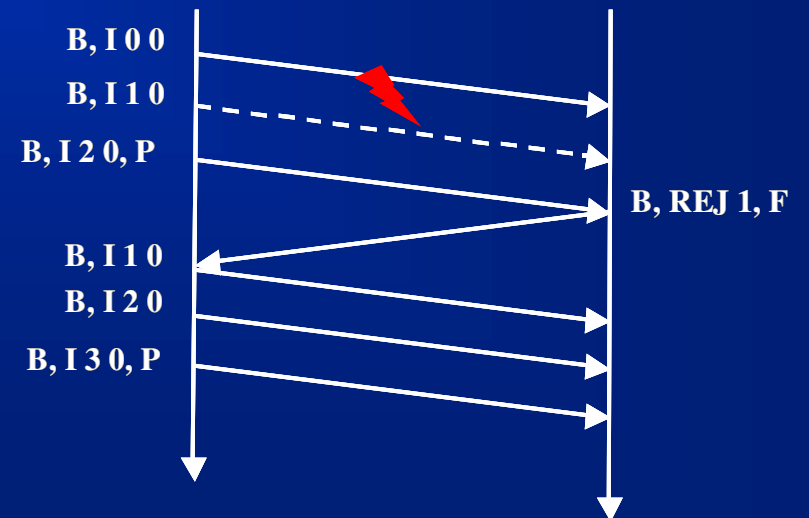
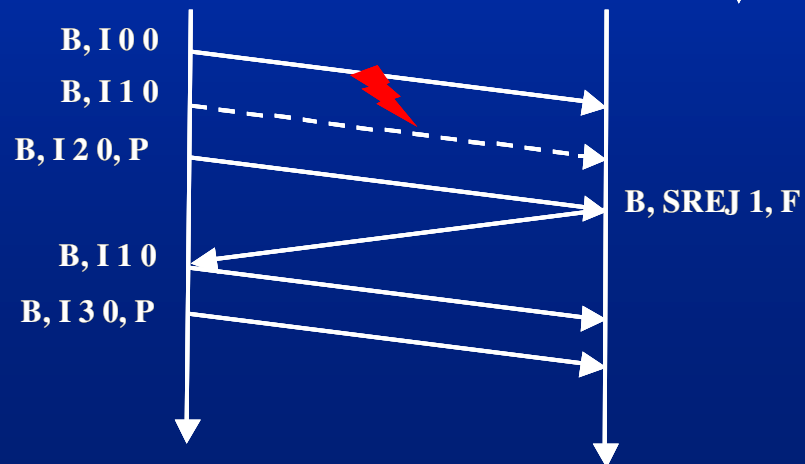
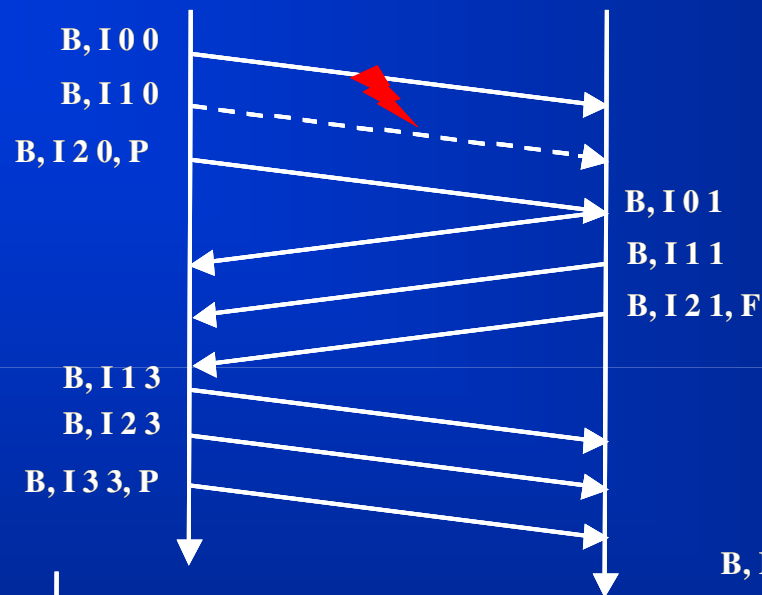


Esempi di trasferimento dell'informazione: modalità NRM

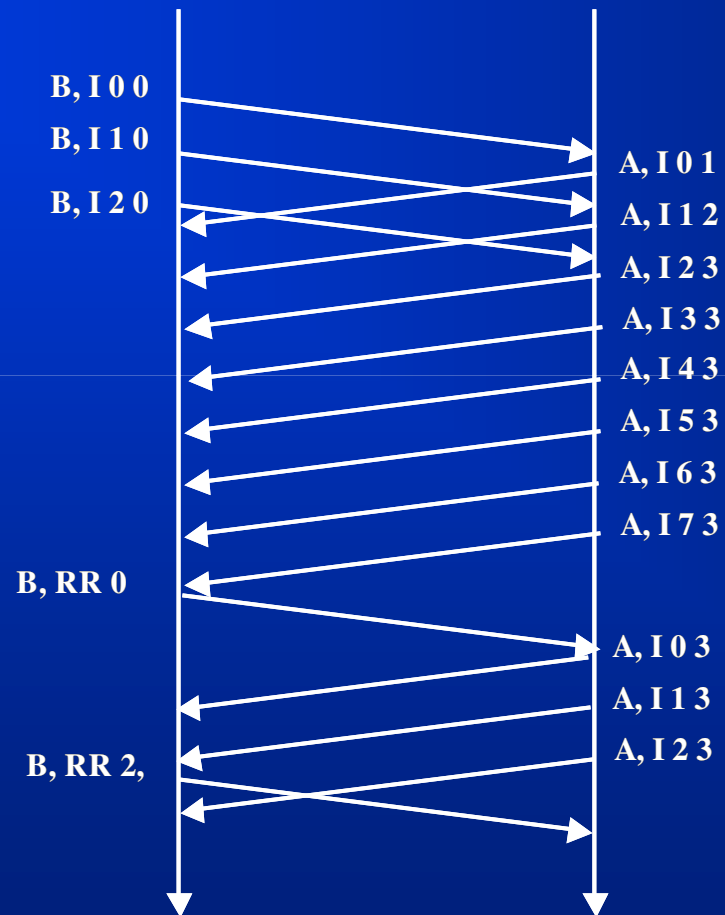


- **modalità half-duplex**
- **il bit P/F serve per passare il controllo dalla stazione primaria a quella secondaria e viceversa**

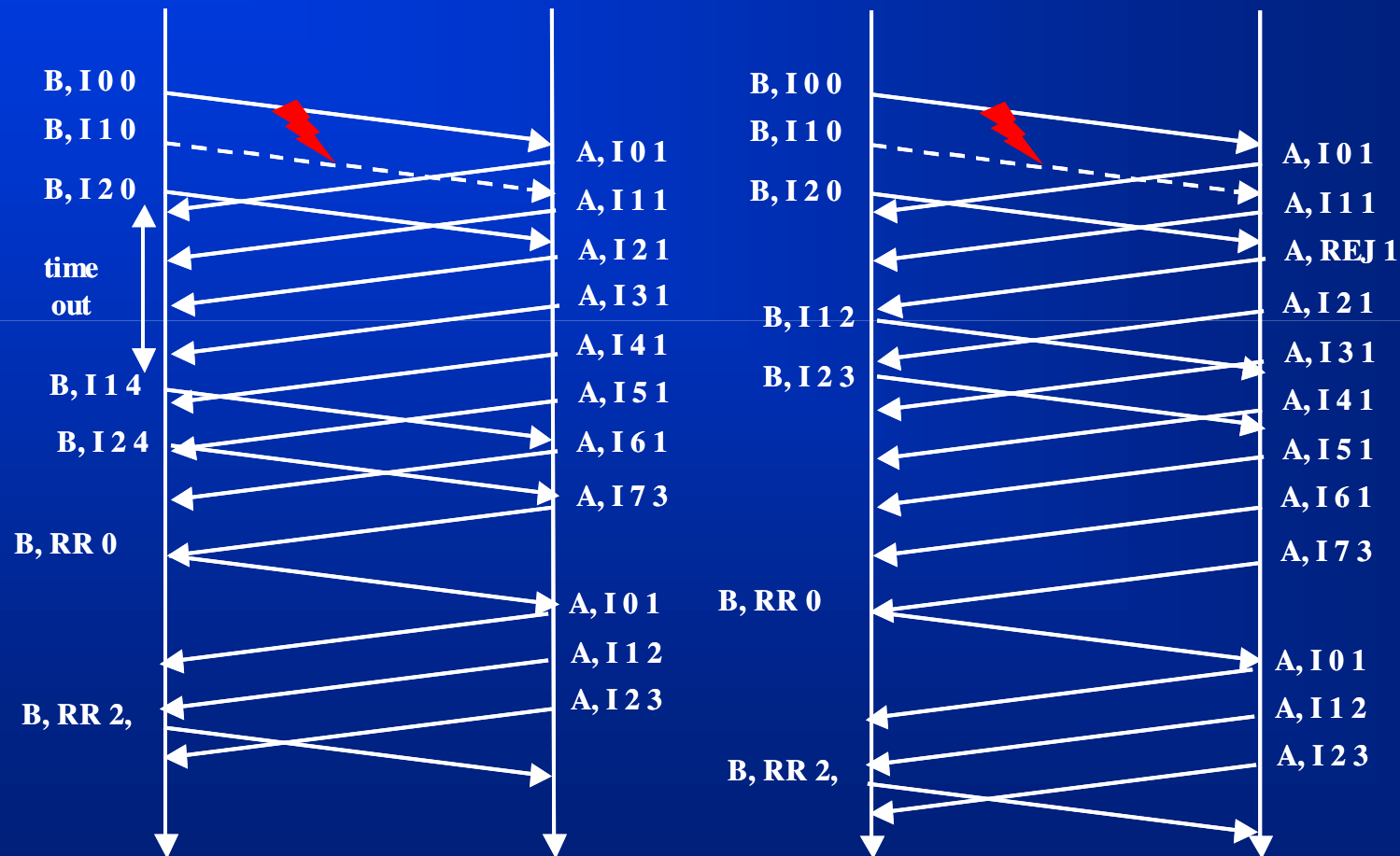
Esempi di trasferimento dell'informazione: modalità NRM



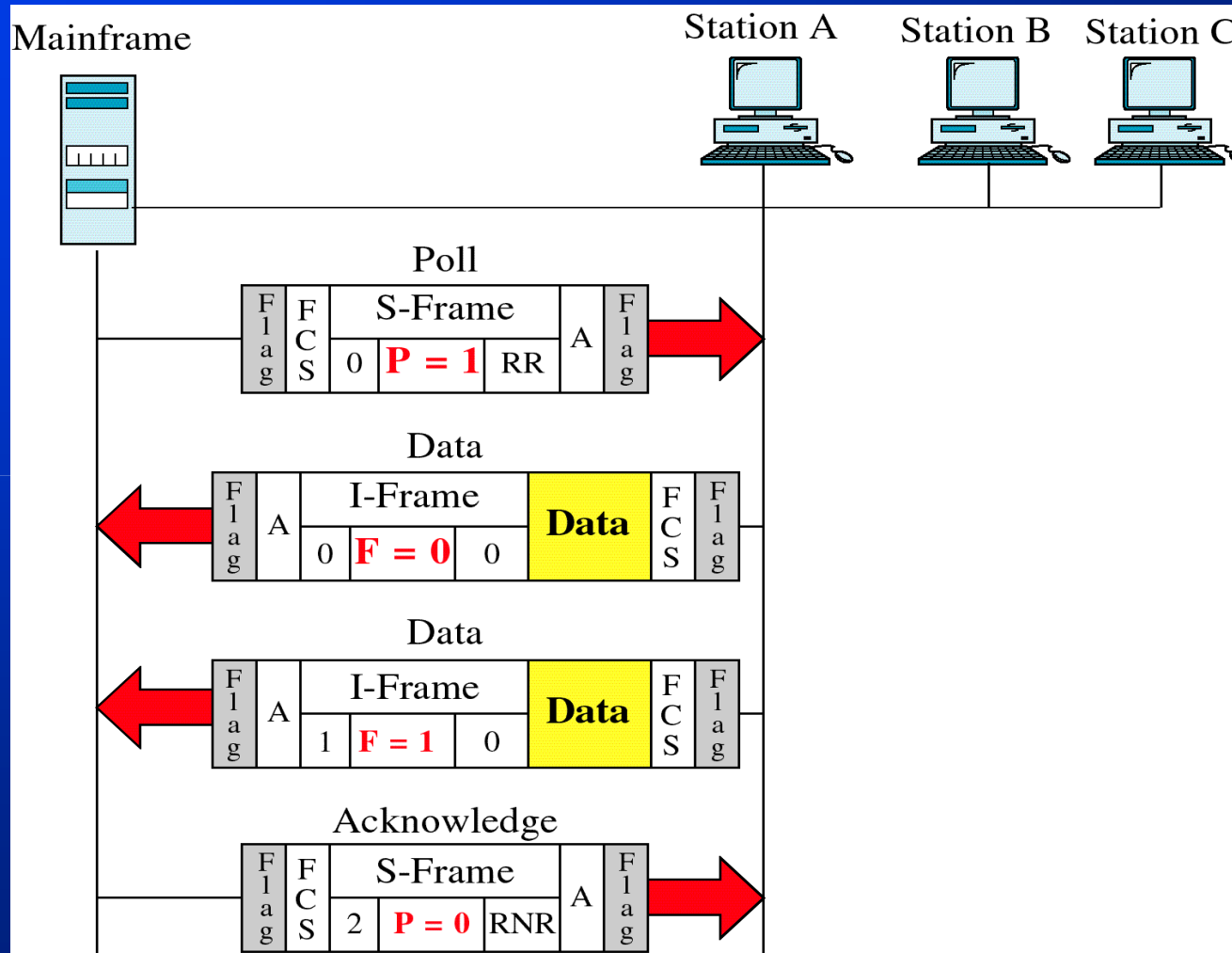
Esempi di trasferimento dell'informazione: modalità ABM



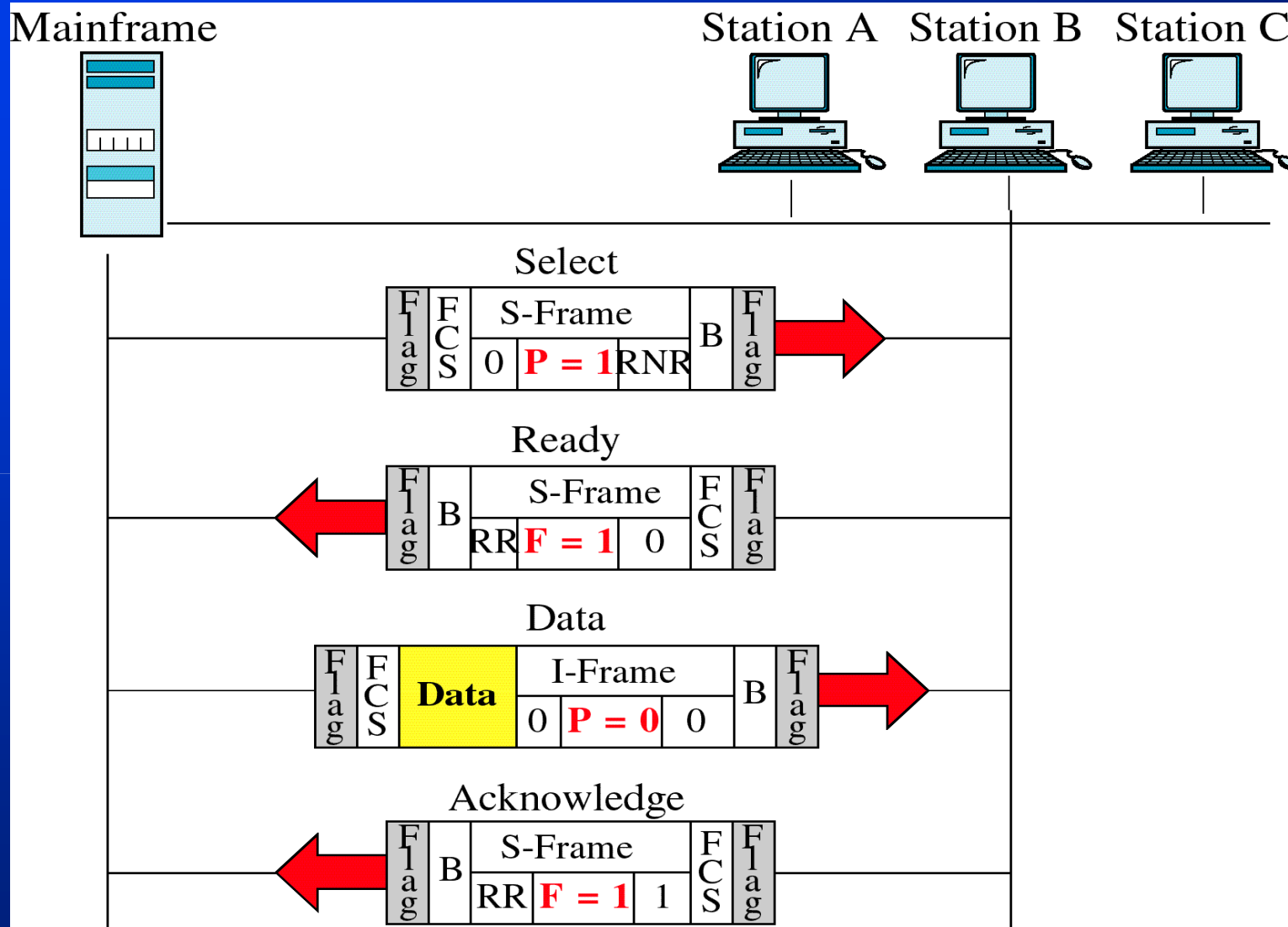
Esempi di trasferimento dell'informazione: modalità ABM



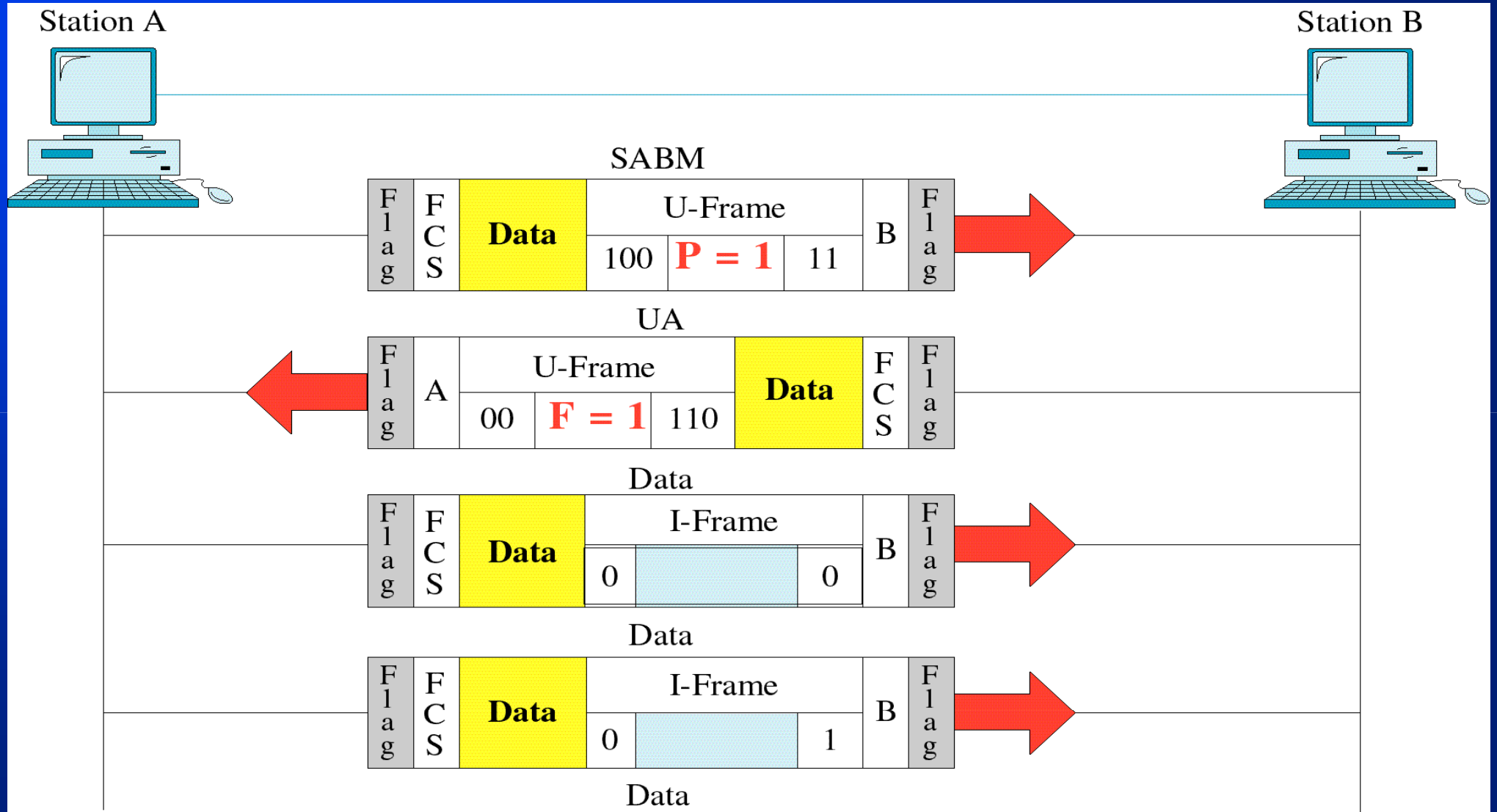
Polling Example



Selecting Example



Peer-to-Peer Example



Peer-to-Peer Example

