

Encapsulació, Xarxes d'accés i Nivell d'Enllaç

Xarxes

LA PILA OSI



- Connexió entre la xarxa local i el proveïdor de serveis: La xarxa d'accés.
 - Estableix una connexió directa entre dos nodes: El router de sortida de la xarxa LAN i el dispositiu del proveïdor.
 - Existeixen diferents protocols que permeten encapsular les dades:
 - PPP (Point-to-Point Protocol) amb dos derivats que son PPPoE (PPP sobre Ethernet) i PPPoA (PPP sobre ATM)
 - Es fan servir comunment pels ISP per establir una DSL de serveis d'Internet per a clients
 - HDLC (High-level Data Link Control)

- Configuració en router de sortida
(Exemple HDLC encapsulation)

Router (config) # interface s0/0/0

Router (config) # encapsulation hdlc

- Altres “encapsulacions” són:
 - Frame Relay
 - Serial Line Internet Protocol (SLIP)
 - ATM
 - X.25

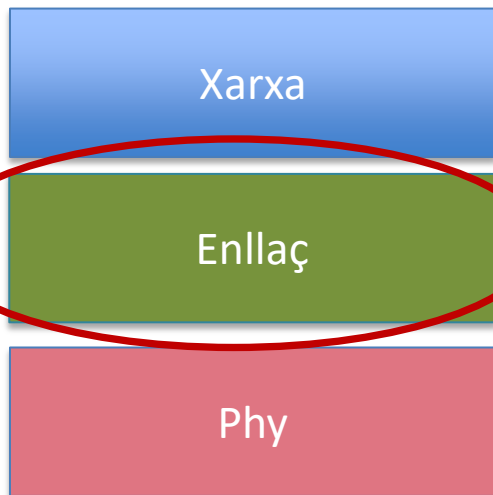
- Fases de la connexió:
 - Establiment de la connexió. Els dos dispositius contacten i negocien paràmetres relatius a l'enllaç que estan establint.
 - Autenticació (no obligatori)
 - Configuració de la Xarxa. Paràmetres depenents del protocol de xarxa utilitzat (típicament IP). En aquest cas es fa servir IPCP (IP Control Protocol) per tal d'assignar IP del client i els servidors DNS
 - Transmissió de la informació. Es comprova que la línia estigui activa
 - Terminació

- Encapsulació. Nivell d'Enllaç:
 - S'encarrega de gestionar la transferència fiable de dades entre dos equips veïns connectats directament (control d'errors, flux, capçaleres, ...)
 - Servei orientat a connexió
 - El format en que s'envien les dades és el següent:



TRAMA CAPA ENLLAÇ

- Protocols d'encapsulació -> CAPA d'ENLLAÇ



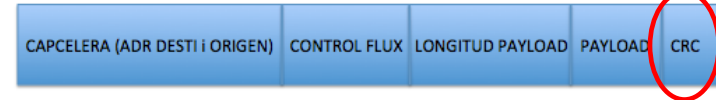
- Control d'Errors
- Control de Flux
- Transmissió punt a punt

ORIGEN



DESTÍ

Algoritmes de detecció d'errors



- Quan es transmet informació per una línia s'inclou informació per detectar possibles errors.
- En base a les dades rebudes el detector estableix (amb una alta probabilitat) si hi ha hagut errors
- Hi ha dos tipus d'errors:
 - Errors de bit, que es mesuren amb el BER (bit error rate)
 - Errors de ràfega que modifiquen grups de bits

Algoritmes de detecció d'errors (2)

CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- Si tenim un BER (Bit Error Rate) de 10^{-3} significa que, en mitjana, un de cada 1000 bits serà erroni.
- Exemple:
 - Es transmeten bytes individuals amb un bit d'inici i un de final (10 bits) amb un BER de 10^{-3}
 - La probabilitat d'error en un bit serà $P_{\text{err}} = 10^{-3}$
 - La probabilitat de que el bit sigui correcte serà

$$P_{\text{success}} = 1 - P_{\text{err}} = 1 - 10^{-3}$$

Algoritmes de detecció d'errors (3)

CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- Si el caràcter és de 10 bits la probabilitat de que el caràcter sigui correcte serà:

$$P_{\text{success_caràcter}} = P_{\text{success_bit0}} \times P_{\text{success_bit2}} \times \dots \times P_{\text{success_bit9}}$$

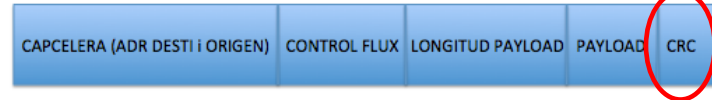
$$P_{\text{success_caràcter}} = (1 - P_{\text{err}})^{10}$$

- Per tant la probabilitat d'error del caràcter serà:

$$P = 1 - (1 - P_{\text{err}})^{10} \approx 10^{-2}$$

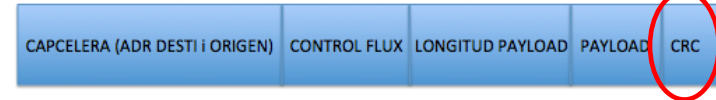
- Si transmetem 125 bytes, és molt probable que un bit de cada trama sigui erroni

Algoritmes de detecció d'errors (4)



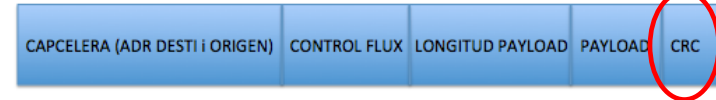
- Una probabilitat d'error de 1 bit en cada trama és molt elevada, per tant s'ha de reduir la longitud de trama de forma que ajusti el BER
- És important establir els tipus d'errors que afecten la línia
- Els diferents algoritmes per a detectar-los permeten identificar diferents tipus d'errors
- En funció de la línia s'escollirà un algoritme o un altre

Paritat (1)



- És el mètode més simple per detectar errors de bit en transmissions asíncrones orientades a caràcter
- El bit de paritat és una funció de tots els bits que formen el caràcter
- Quan es reben els bits, el receptor aplica la mateixa funció i si el resultat divergeix s'estableix que hi ha hagut un error de transmissió

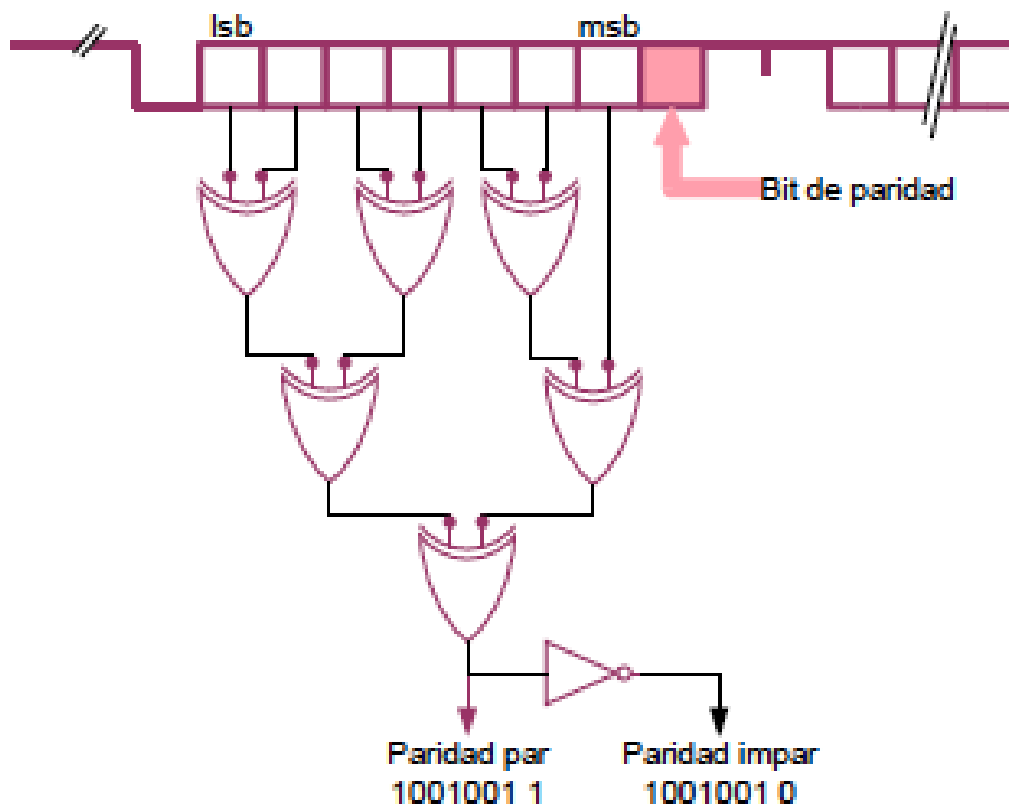
Paritat (2)



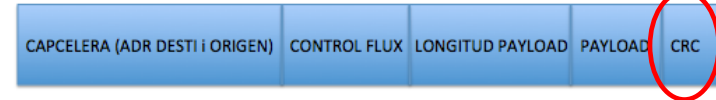
- Per establir el càlcul de la paritat es realitza la suma en mòdul 2 de tots els bits del caràcter
- Si es desitja paritat parell, el nombre de bits transmesos amb valor 1 (incloent el bit de paritat) ha de ser parell
- Si es desitja senar, el nombre total de 1s serà senar.
- Per això es realitza una XOR de tots els bits del caràcter

Paritat (3)

CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGIN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----



Paritat (4)



- El conjunt de informació i els bits de detecció d'errors es denomina paraula de codi
- El mínim número de bits en que difereixen dos paraules de codi es denomina distància Hamming
- Aquesta distància permet establir el número de errors que es poden detectar amb un determinat codi

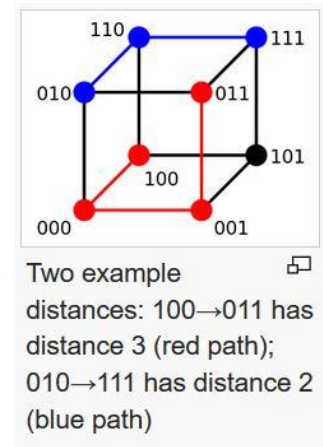
https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming_distance

Paritat (5)

CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- Si analitzem una llista de paraules de codi:

- 0000000 0
- 0000001 1
- 0000010 1
- 0000011 0



- En aquest cas la distància Hamming és dos
- És capaç de detectar errors de un bit o de un número senar de bits

Imatge de wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming_distance

Verificació de suma de bloc (1)

CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- Quan es transmet un conjunt de caràcters o bytes, és possible que hi hagi un error en un d'ells
- La probabilitat de que un bloc de caràcters o de bytes tingui un error es coneix com Tassa d'errors de bloc
- Quan es transmet un bloc d'informació es pot millorar la detecció d'errors incloent una detecció de columnes i una de files

Verificació de suma de bloc (2)

CAPCELERA (ADR DESTI I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

	P _R	B ₆	B ₅	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	
Paridad de fila (impar)	0	0	0	0	0	0	1	0	=STX
	1	1	0	1	0	1	0	1	
	0	0	0	1	1	0	0	1	
	0	0	1	1	0	1	0	0	
	1	0	0	1	0	1	0	0	
	1	0	0	1	0	0	0	1	
	1	1	0	0	1	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	1	1	=ETX
	0	0	1	1	0	1	0	0	=BCC

Paridad de fila (par)

Ejemplo de combinación no detectada

P_R Bit de paridad de fila

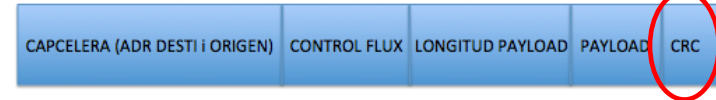
BCC Carácter de control de bloque

Verificació de suma de bloc (3)

CAPCELERA (ADR DESTI I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- A l'exemple es veu que tot i que dos errors en una fila poden passar desapercebuts, aquests són detectats en la columna
- També es cert que si es modifiquen dos bits en una fila i els mateixos en una altra fila, el error passa inadvertit, tot i que aquesta situació és molt menys probable

Codis de redundància cíclica (1)



- Els esquemes anteriors són útils en situacions on els errors són només d'un bit
- Si tenim un error de ràfega es precisa un mètode més segur i rigorós.
- Un error de ràfega es defineix per el nombre de bits entre bits erronis, incloent aquests

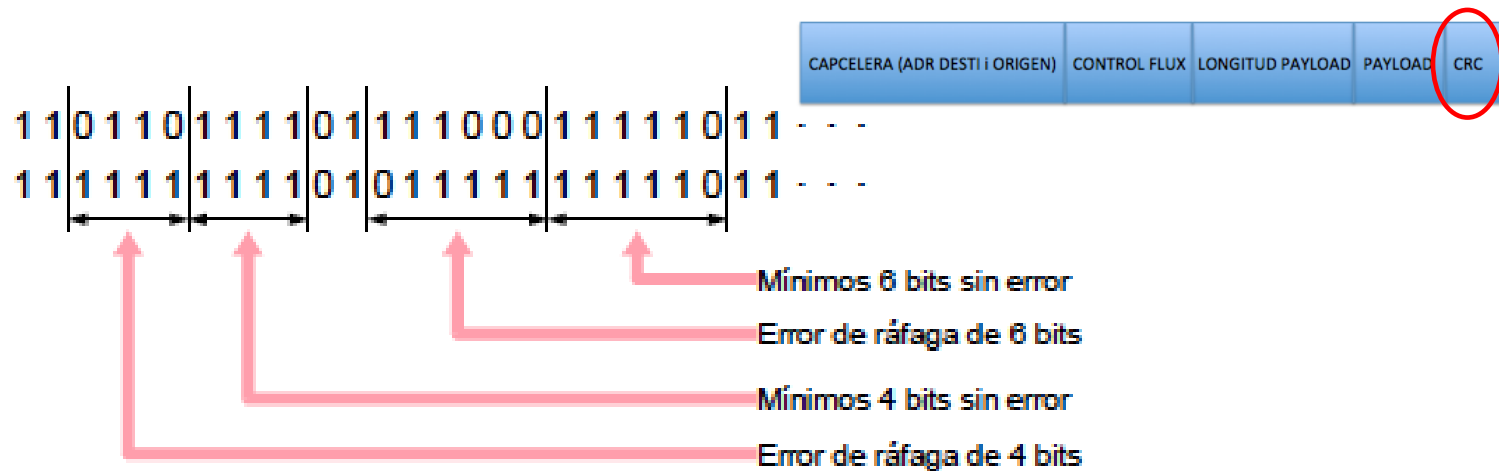
1011110011101111001111001

1011100010100000101111001

- A més s'ha de satisfer la condició següent:

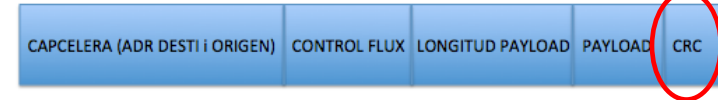
Si la ràfega anterior era de B bits, fins al següent error han d'haver uns B bits correctes per considerar que no és la mateixa ràfega

Codis de redundància cíclica (2)



- Els mètodes més fiables per a la detecció d'errors en ràfega són els basats en codis polinòmics
- Aquests codis es fan servir en la transmissió de trames o blocs
- Es busca sempre bit d'inici i bit de final

Codis de redundància cíclica (3)



- El codi es calcula a partir de les dades de la trama i s'afegeix en la cua de la mateixa
- El numero de dígit utilitzat per trama es selecciona en base als tipus d'errors de transmissió esperats
- En general es solen fer servir 16 ó 32 bits
- Els dígit de verificació es denominen Seqüència de Verificació de Trama (FCS: Frame Check Sequence) o dígit de Codi de Redundància Cíclica (CRC)

Codis de redundància cíclica (4)

CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- El mètode utilitzat funciona de la següent forma:
 - $M(x)$ és un nombre de k bits (missatge)
 - $G(x)$ és un nombre de $(n+1)$ bits anomenat divisor o generador
 - $R(x)$ és un nombre de n bits, tal que $k > n$ (el residu de la divisió)

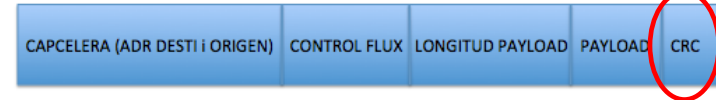
$$\frac{M(x) \cdot 2^n}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$$

On Q és el quocient

$$\frac{M(x) \cdot 2^n + R(x)}{G(x)} = Q(x)$$

Fem servir aritmètica mòdul 2

Codis de redundànci cíclica (5)



- Per aprofitar això, el contingut total de la trama es desplaça cap a l'esquerra tants zeros com dígit de FCS es van a generar
- Això equival a multiplicar el missatge per 2^n , on n són els nombres de dígit de FCS
- Aquest número es divideix en mòdul 2 per el polinomi generador
- El residu serà el FCS que es transmet al final de la trama

Codis de redundància cíclica (6)

CAPÇALERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- En el receptor es divideix la trama completa, incloent el FCS obtingut amb el polinomi generador

$$\frac{M(x) \times 2^n + R(x)}{G(x)}$$

- Si no es presenten errors, el residu serà 0
- En cas d'error, es detectarà un residu no nul

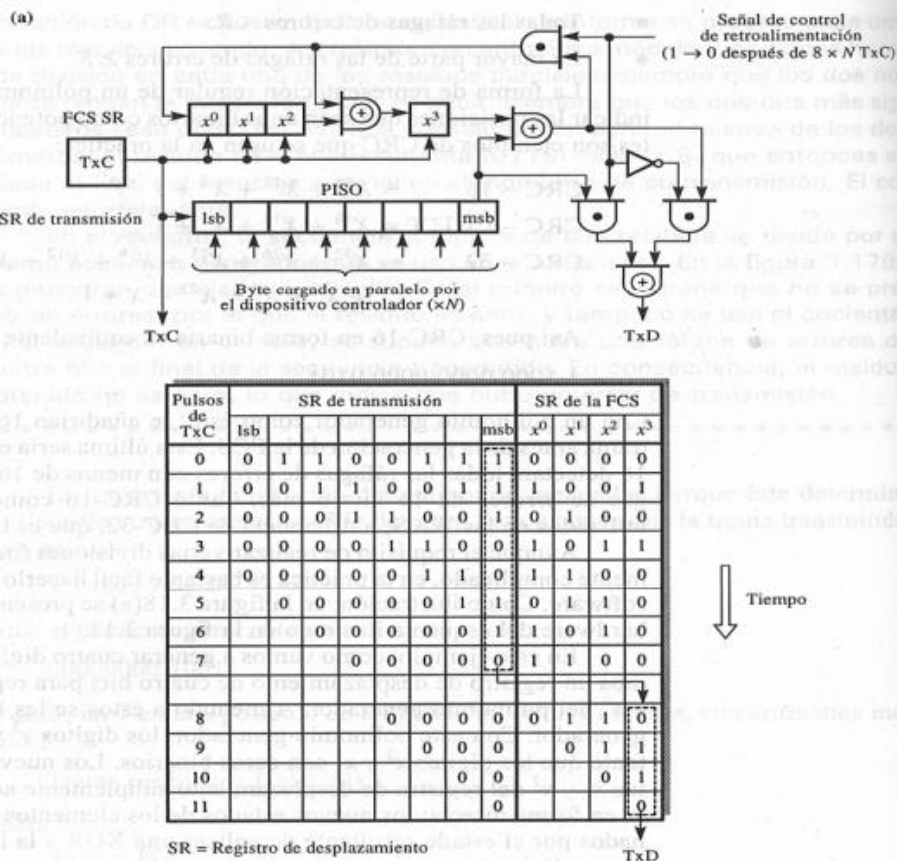


Figura 4.6 Diagrama de CRC por hardware del transmisor (generación).

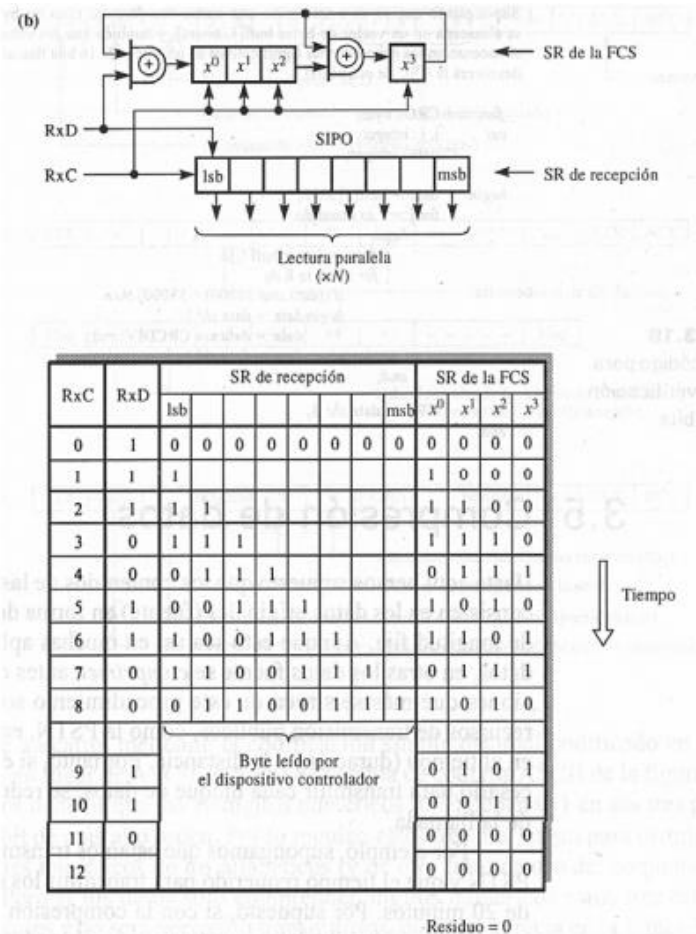
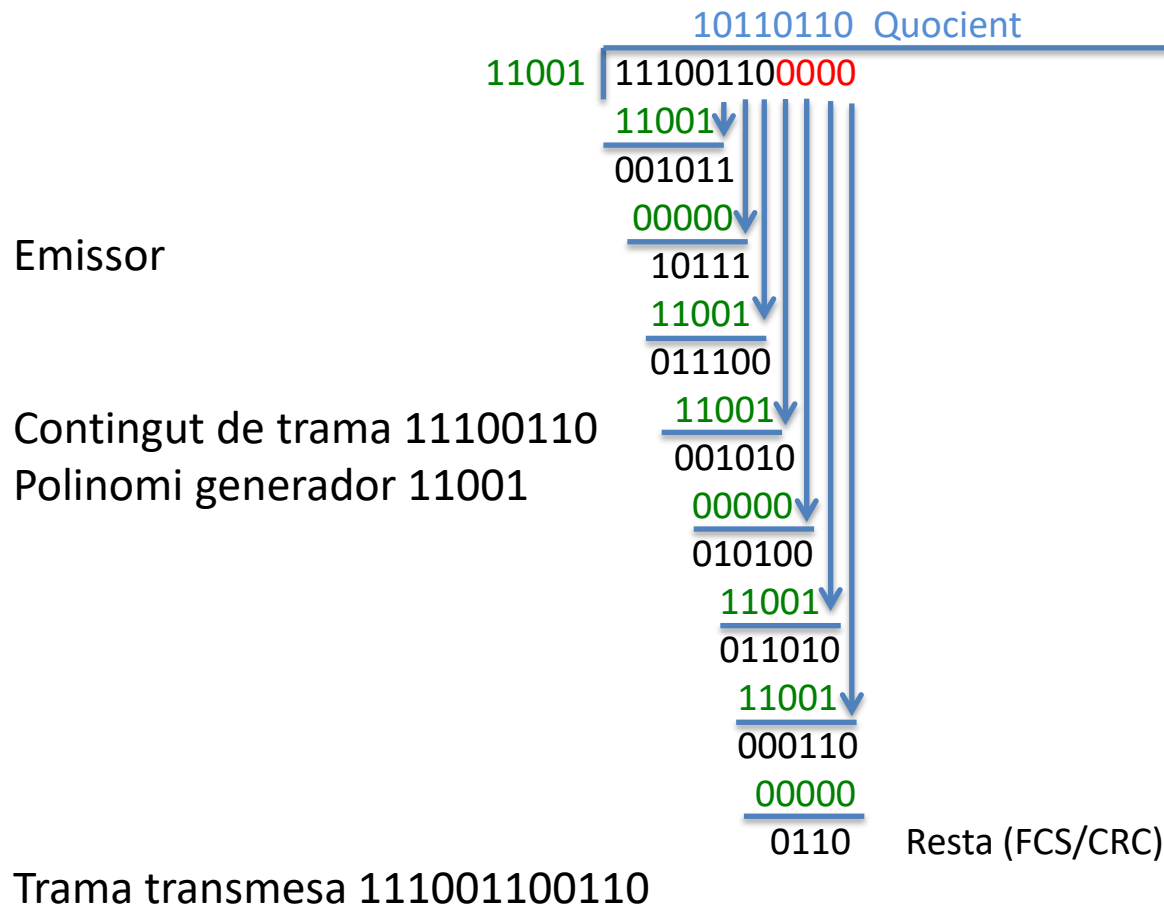


Figura 4.7 Diagrama de CRC del receptor (verificación).

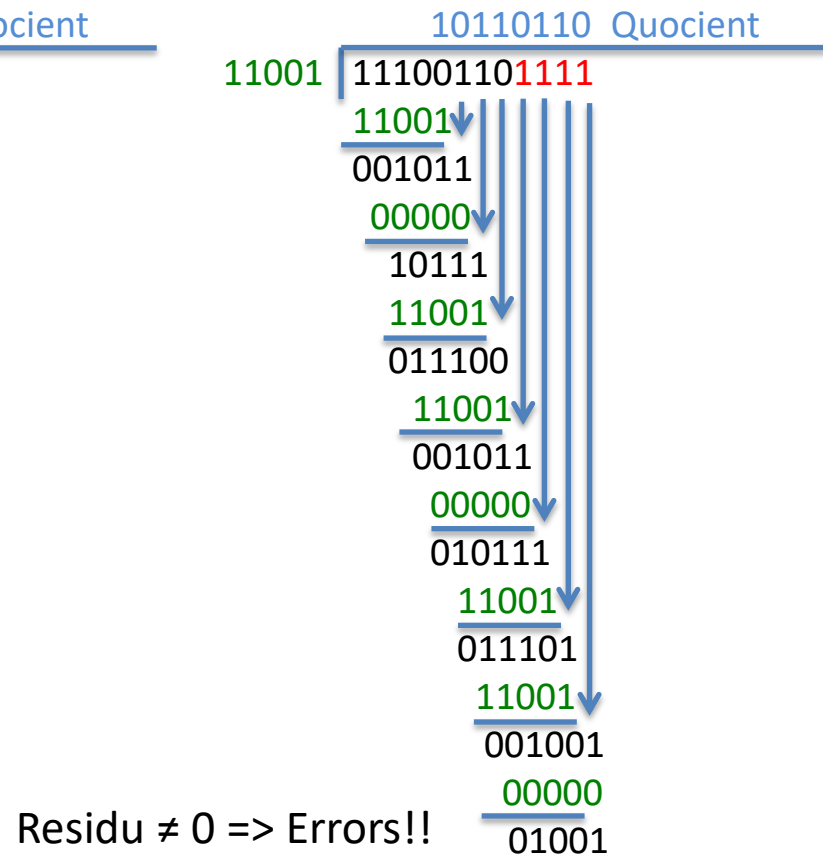
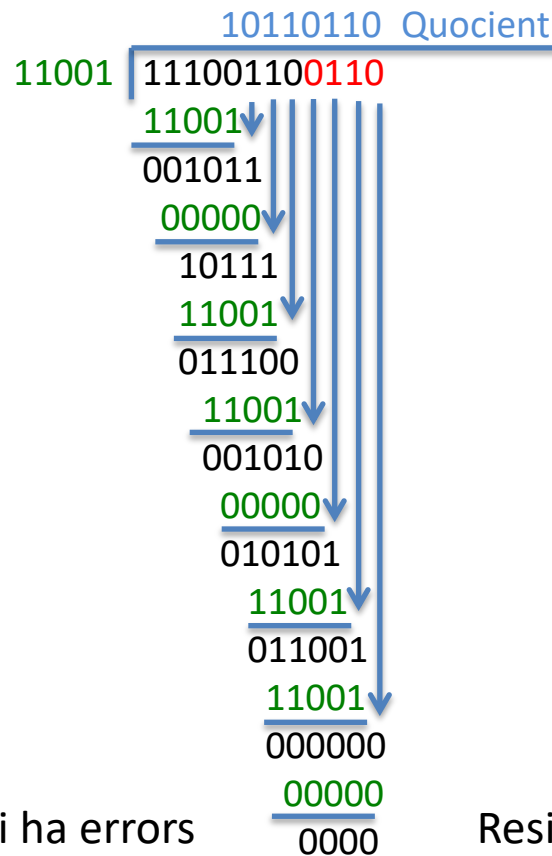
Font de dades: "Comunicaciones de datos, redes de computadores y sistemas abiertos". Fred Halsall, Addison Wesley, ISBN 968 444 331 5

Codis de redundància cíclica (7)



Codis de redundància cíclica (8)

Receptor



Codis de redundància cíclica (9)

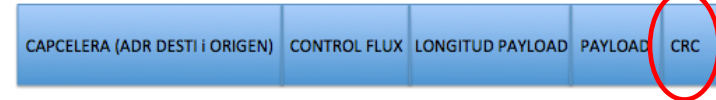
CAPCELERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

- Alguns dels CRCs més utilitzats són:
 - CRC-16 $= X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$
 - CRC-CCITT $= X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
 - CRC-32 $= X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

El CRC-16 és equivalent al número:

1 1000 0000 0000 0101

Codis de redundància cíclica



- El CRC-16 detecta:
 - Errors de ràfega de menys de 16 bits
- CRC-16 i CRC-CCITT es fan servir de forma extensiva en el sistema ISDN (en català XDSI), mentre que la CRC-32 es fa servir generalment en LANs
- Les divisions en mòdul-2 s'implementen en hardware dins dels circuits de comunicacions.

Control d'errors (1)

- Existeixen diferents mètodes utilitzats per detectar l'existència d'errors en la transmissió
- En alguns casos, quan es detecta un error en una trama, aquesta es descarta
- En aquests casos són les capes superiors (transport) qui s'encarrega d'establir si la trama és important i si ha de tornar a ser sol·licitada
- En aquest apartat analitzem aquests protocols

Control d'errors (2)

- Aquest tipus de protocol es denomina de petició automàtica de repetició (ARQ, Automatic Repeat reQuest)
- **ARQ s'aplica tant a nivell d'enllaç com a nivell 4 (TCP)**
- **L'objectiu és proporcionar un enllaç fiable**
- En aquest context la **fiabilitat significa**:
 - Els paquets són proporcionats per la capa d'enllaç **en el mateix ordre en que van ser emesos** per l'emissor, sense còpies duplicades
 - Hi ha una alta probabilitat de que **els paquets no continguin errors**

Control d'errors

-El **retard** d'un determinat senyal en el medi físic es degut a dos fenòmens:

- 1.- El temps de propagació
- 2.- El temps de transmissió

1.- Temps de propagació: temps que triga una unitat de informació en passar d'un extrem del canal a l'altre. (Es defineix com la relació entre la distància de l'enllaç i la velocitat del medi de transmissió)

2.- Temps de transmissió: temps que triga en passar una trama al medi des de el primer bit fins a l'últim. (Serà la relació entre la mida de trama i la taxa de transferència)

Control d'errors

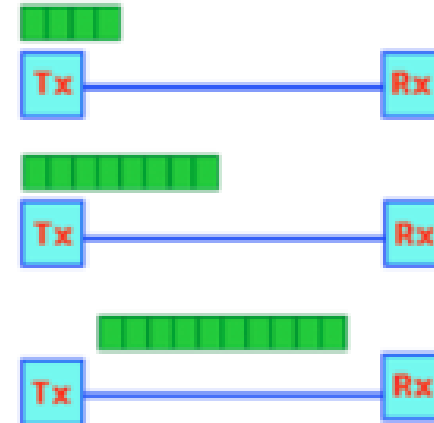
Per tant tenim

$$t_{TX} = \frac{L \text{ (bits)}}{V_{TRX} \text{ (bps)}}$$

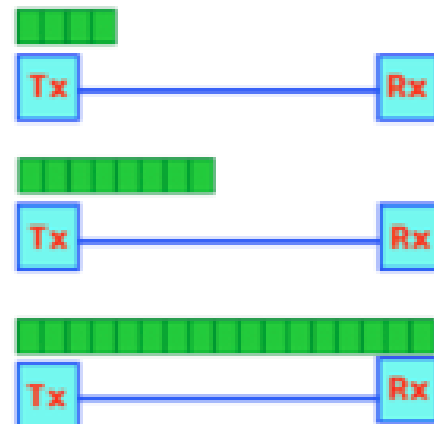
$$t_{prop} = \frac{d \text{ (m)}}{v \text{ (m/s)}}$$

Es poden donar 2 casos:

$$t_{TX} < t_{prop}$$



$$t_{TX} > t_{prop}$$



Aquí s'observa que el canal s'aprofita més eficientment quan $t_{TX} > t_{prop}$

RQ Inactiva (1)

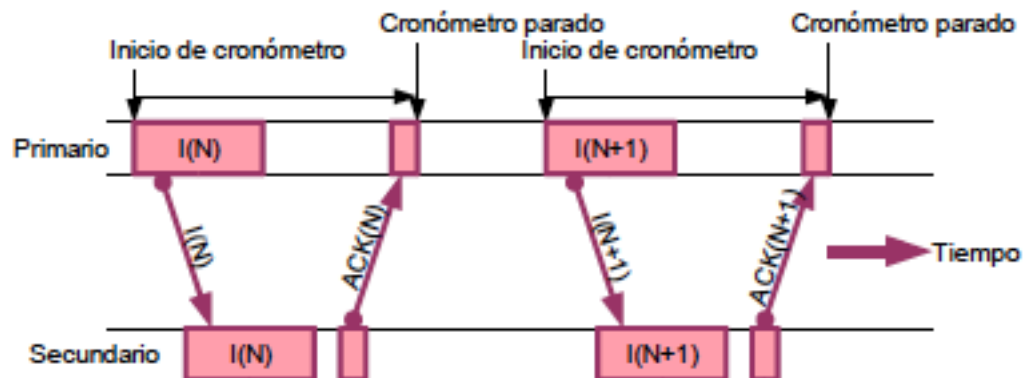
- Nomenclatura:
 - DTE: Data Terminal Equipment
 - DCE: Data Circuit Equipment
 - Equip Primari (P): Emet les trames d'informació
 - Equip Secundari (S): Reb les trames d'informació
- Les trames d'informació es denominen Trames I

RQ Inactiva (2)

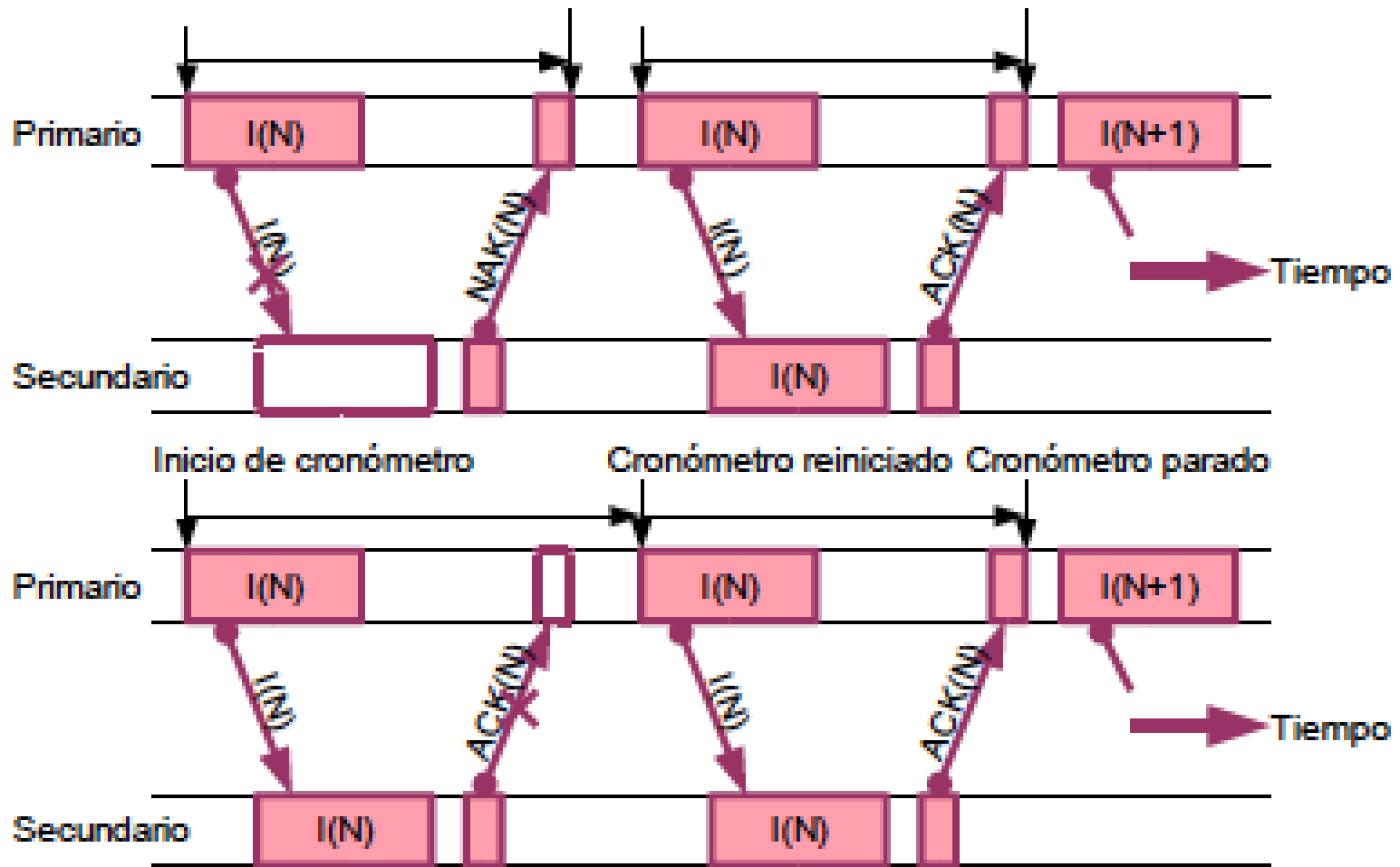
- En aquest protocol es fan servir comunicacions del tipus semiduplex
- El primari envia una Trama I i espera fins que el secundari li contesta per enviar la següent
- El secundari informa al primari de la correcta recepció de la Trama I enviant una confirmació o Trama ACK
- Si rep una trama incorrecta, el secundari pot enviar una confirmació negativa (Trama NAK)

RQ Inactiva (3)

- En funció de la trama rebuda, el primari envia la següent trama o retransmet l'anterior



RQ Inactiva (4)



RQ Inactiva (5)

- Per interpretar les figures s'ha de tenir en compte:
 - P només pot tenir una trama l pendent (en espera de confirmació)
 - Al rebre una trama l sense errors, S envia un ACK a P
 - Al rebre una trama ACK sense errors, P transmet la següent trama l

RQ Inactiva (6)

- Si S rep una trama I amb errors tornarà una trama NAK a P, qui tot seguit retransmetrà de nou la trama I
- Si P no rep una trama ACK o NAK en un determinat interval de temps, P retransmet la trama I
- Si S detecta que la trama està duplicada la rebutja i envia de totes formes una trama ACK

RQ Inactiva (7)

- Per tal de detectar possibles duplicats, cada trama enviada per P conté un identificador únic anomenat número de seqüència de transmissió $N(S)$
- S guarda el número de la darrera trama rebuda i si coincideix amb l'actual indica un duplicat.
- El nº de cada ACK o NAK es denomina número de seqüència de recepció $N(R)$
- Aquest esquema es coneix també com Parada i Espera

RQ Inactiva (8)

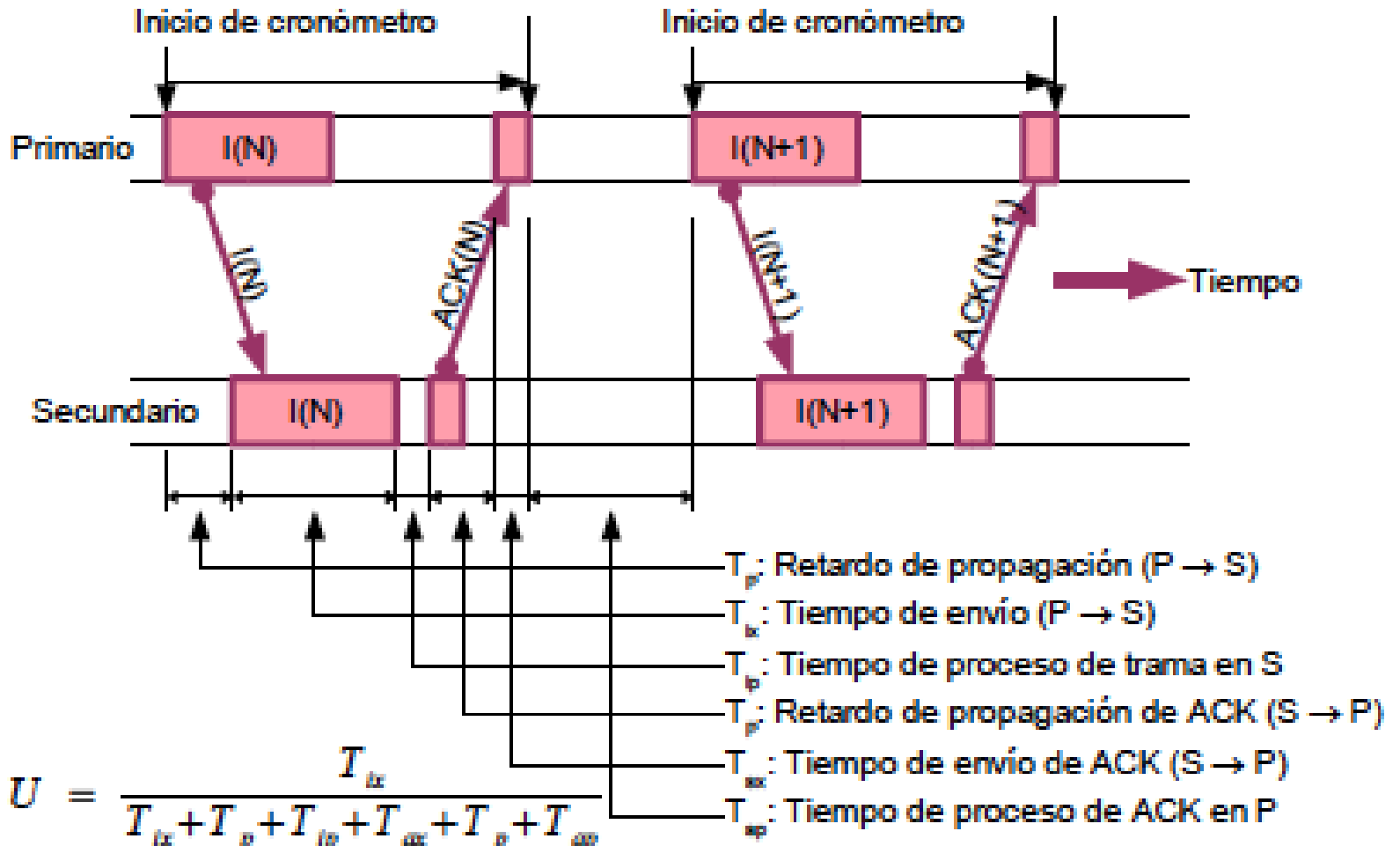
- Podem analitzar la utilització d'aquest enllaç
- L'eficiència de la utilització és:

$$U = \frac{T_{TX}}{T_{total}} = \frac{T_{TX}}{T_{TX} + 2 \cdot T_{prop} + T_{ACK} + 2 \cdot T_{proc}}$$

- On U ja sabem que es pot simplificar donant

$$U = \frac{T_{TX}}{T_{TX} + 2 \cdot T_{prop}} = \frac{1}{1 + 2a}$$

RQ Inactiva (9)



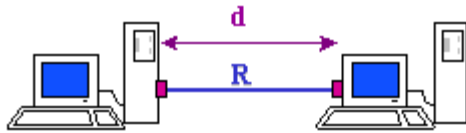
RQ Inactiva (10)

- El valor de a pot variar entre una fracció petita per enllaços de baixa velocitat i longitud a un número alt per enllaços de llarga distància i gran velocitat
- U varia entre el valor 1 i el 0 respectivament
- Exemple: S'envia un conjunt de 1000 bits fent servir RQ inactiva. Quina és la utilització de la línia per tasses de bit de 1kbps i 1 Mbps. Medis:
 - 1km de parell trenat ($v=2 \cdot 10^8$ m/s)
 - 200 km de línia llogada ($v=2 \cdot 10^8$ m/s)
 - 50.000 km d'enllaç satèl·lit ($v=3 \cdot 10^8$ m/s)

RQ Inactiva (11)

- Conclusions:
 - Aquest protocol és adequat per connexions de baixa velocitat
 - Quan les tasses de bit són altes i/o les distàncies elevades perd eficàcia

RQ Inactiva

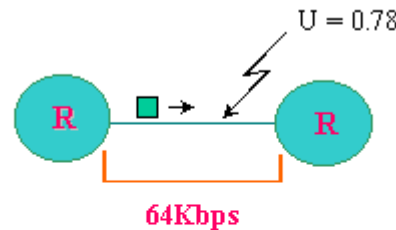


$$\alpha = \frac{T_{prop}}{T_{tx}} = \frac{\frac{d}{v}}{\frac{L}{R}} = \frac{Rd}{vL}$$

-Una altra forma d'expressar el paràmetre α en funció de les definicions dels temps de propagació i transmissió

Finalment, a partir de l'eficiència podem calcular la taxa binària real amb la que estem transferint dades per un enllaç. Definirem la **Capacitat Eficax** com la taxa binària de desplaçament dels bits per la línia

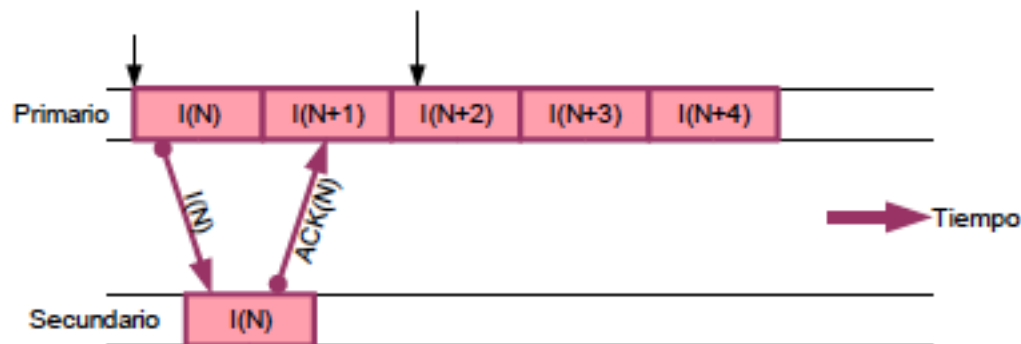
$$C_{ef} = U \times VTRX[bps]$$



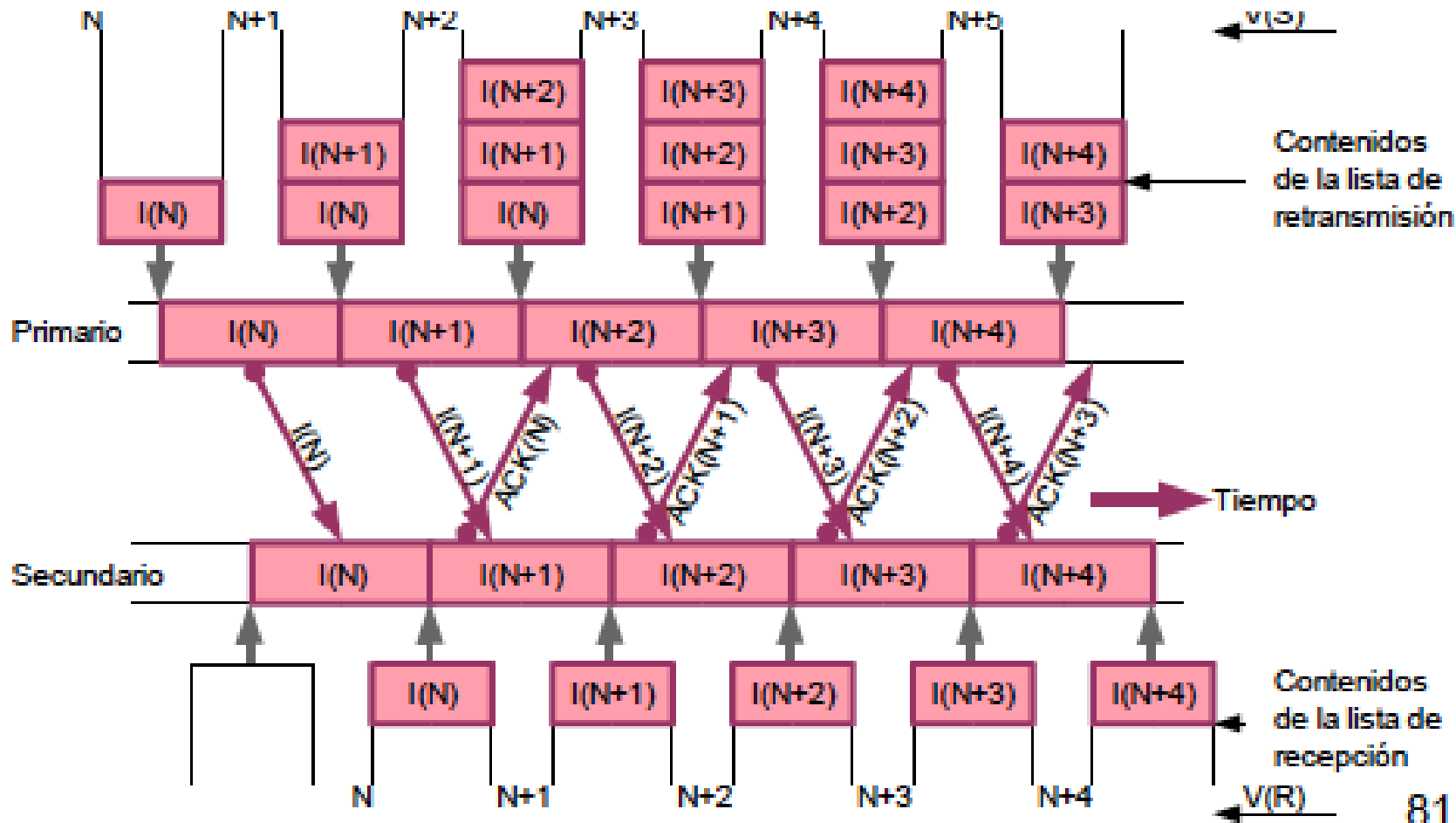
$$C_{ef} = U \times R = 0.78 \times 64Kbps = 35.8Kbps$$

RQ continua (1)

- Per millorar la utilització de l'enllaç s'introdueix la RQ continua
- En aquest cas és necessari un buffer més gran per guardar les trames i una línia duplex



RQ continua (2)



RQ continua (3)

- Aspectes a tenir en compte per interpretar el diagrama:
 - P envia trames I de forma contínua, sense esperar la recepció de la trama ACK
 - P manté les trames I enviades en una llista de retransmissió que funciona com una FIFO
 - S envia una trama ACK quan rep correctament una trama I
 - Cada trama I conté un identificador únic que es retornat en la respectiva ACK

RQ continua (4)

- Quan es rep una trama ACK, la corresponent trama l és eliminada de la llista
- Les trames que es reben sense errors són guardades en la llista de recepció per al processat posterior
- Quan es rep una trama l en la seqüència esperada, és enviada cap a la capa superior (xarxa)

RQ continua (5)

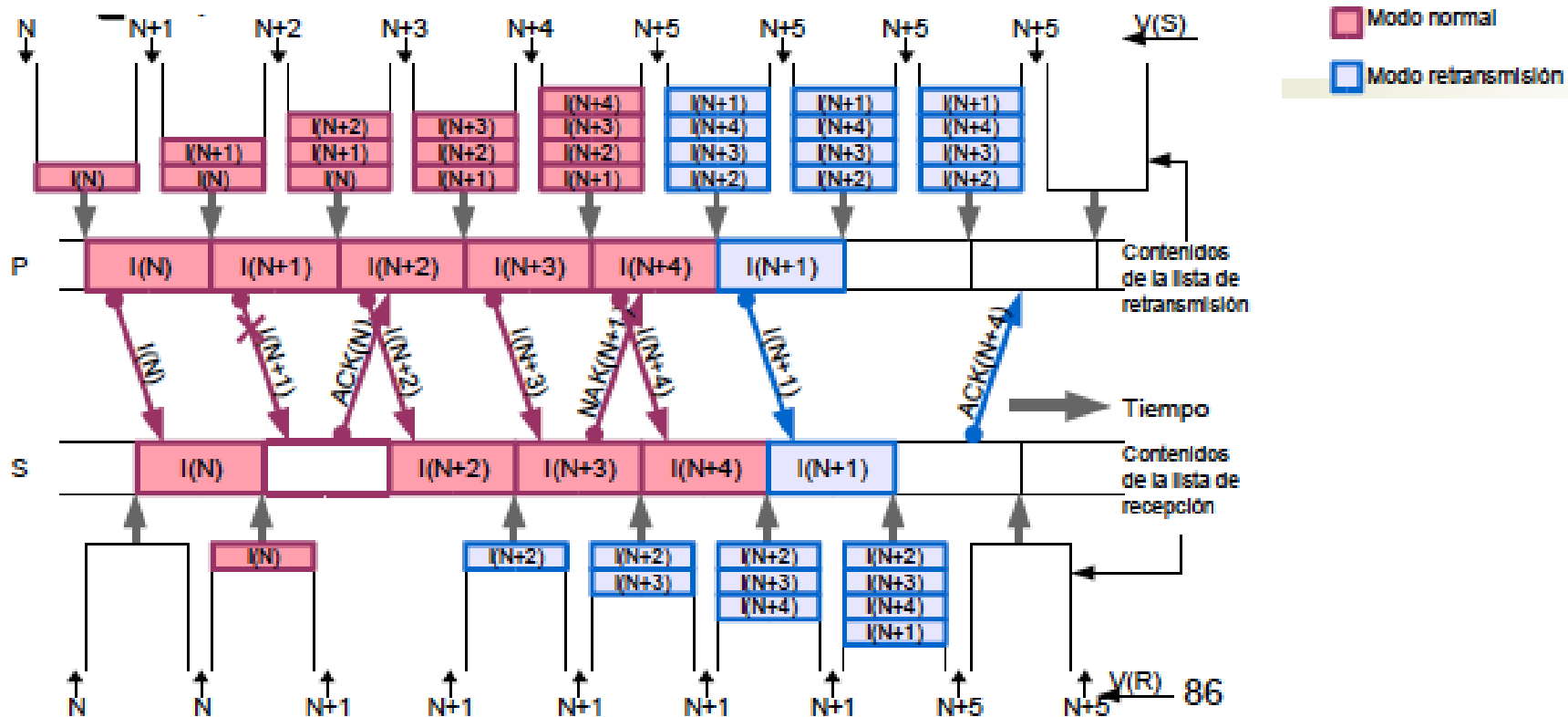
- Per implementar aquest esquema, P guarda la variable de seqüència de enviament $V(S)$
- Aquesta indica el número de seqüència $N(S)$ que s'ha d'enviar en la següent trama I
- S també ha de mantenir una variable de seqüència de recepció $V(R)$ que indica la següent trama I esperada

RQ continua (6)

- Quan es detecta un error s'ha d'optar per una de les següents estratègies:
 - Repetició selectiva: S detecta i sol·licita la retransmissió únicament de les trames incorrectes
 - Retransmissió N: S detecta que una trama I no segueix la seqüència i sol·licita la retransmissió de totes les trames I a partir de la darrera rebuda correctament i acceptada.

RQ continua (7)

- Repetició selectiva



RQ continua (8)

- Repetició selectiva
- Una trama ACK accepta totes les trames de la trama de retransmissió incloent la trama l que la seqüència ACK indica
- Suposem que la trama l N+1 és errònia
- S envia un ACK per a la trama l N
- Quan S rep la trama l N+2 detecta que la trama l N+1 no es troba en $V(R)$ per la qual cosa envia un NAK amb l'identificador perdut N+1

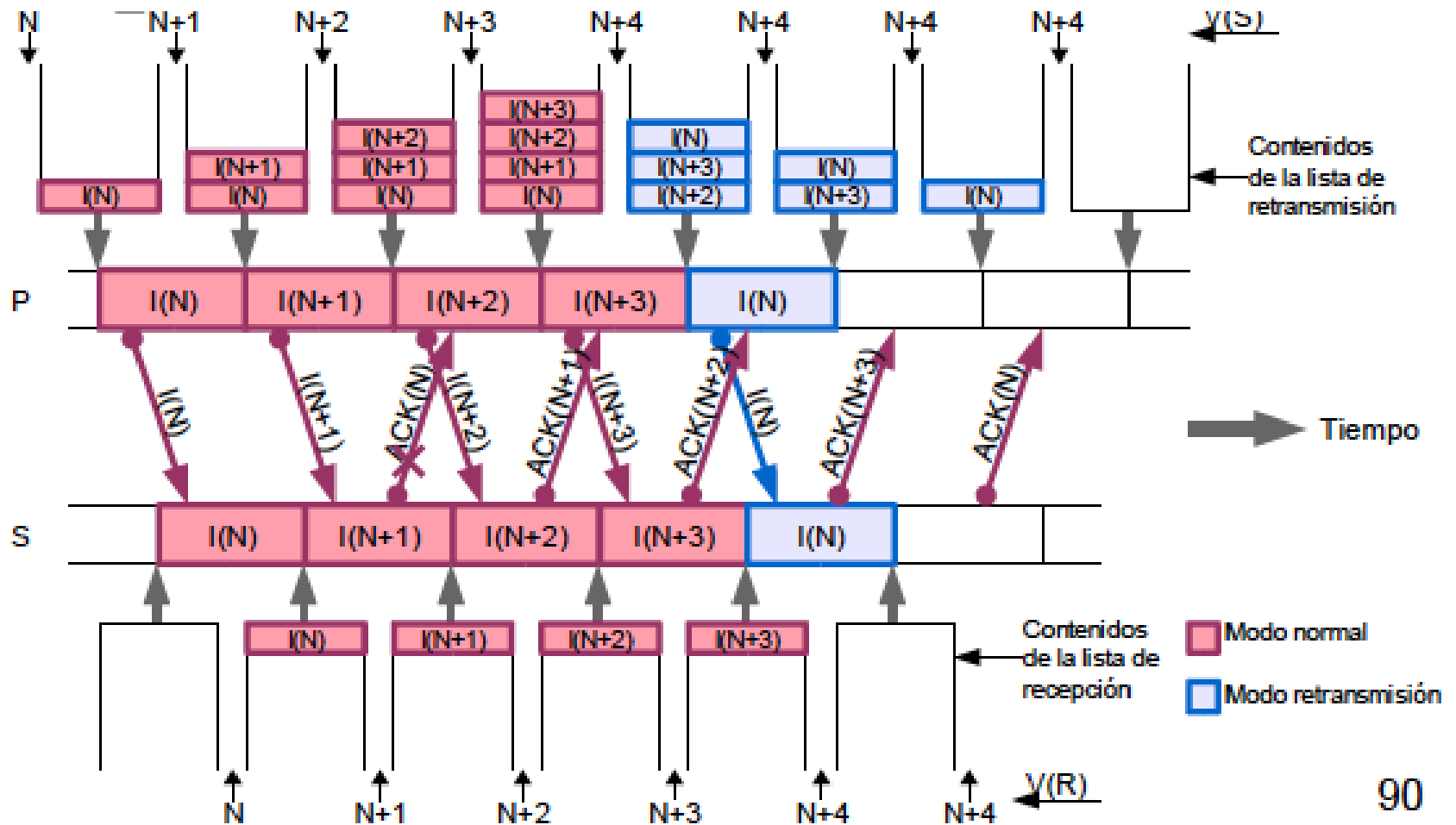
RQ continua (9)

- Repetició selectiva
- Al rebre la trama NAK N+1, P interpreta que S està encara esperant la trama I N+1 i passa a reenviar-la.
- Quan P retransmet la trama I N+1 entra en l'estat de retransmissió
- En aquest estat deixa de enviar qualsevol trama nova i espera un interval de temps per rebre el ACK N+1
- Si es supera el temps d'espera, P torna a enviar la trama I N+1

RQ continua (10)

- Repetició selectiva
 - Quan P rep el ACK N+1 deixa l'estat de retransmissió i torna a enviar trames noves
 - Quan S envia una trama NAK passa a l'estat de retransmissió i deixa d'enviar trames ACK
 - Al rebre la trama ACK de N+1 surt del mode de retransmissió
 - La trama ACK de N+4 valida totes les trames rebudes, incloent la N+4
 - Un temporitzador es llença amb cada NAK per assegurar que en cas de pèrdua es reenvii

RQ continua (11)

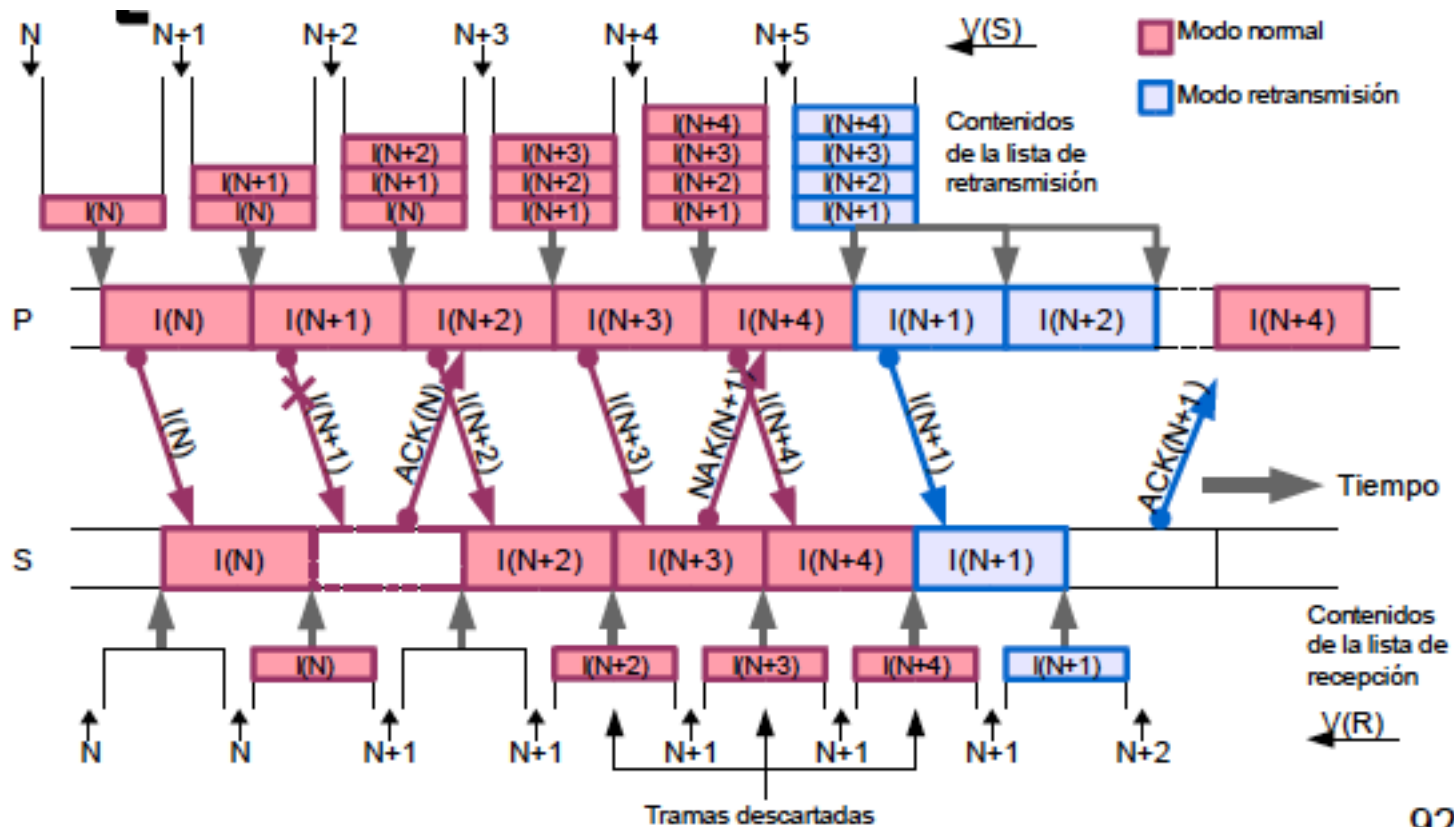


RQ continua (12)

- Repetició selectiva
- Aspectes necessaris per interpretar la figura
 - Suposem que la trama ACK N és errònia
 - Al rebre la trama ACK de N+1 P detecta que la trama I N encara espera assentiment i per tant la retransmet
 - Al rebre la trama I N, S detecta que està duplicada
 - S rebutja la trama però torna a enviar un ACK per assegurar que P esborra la trama I N de la llista de retransmissió

RQ continua (13)

- Retrocedir N



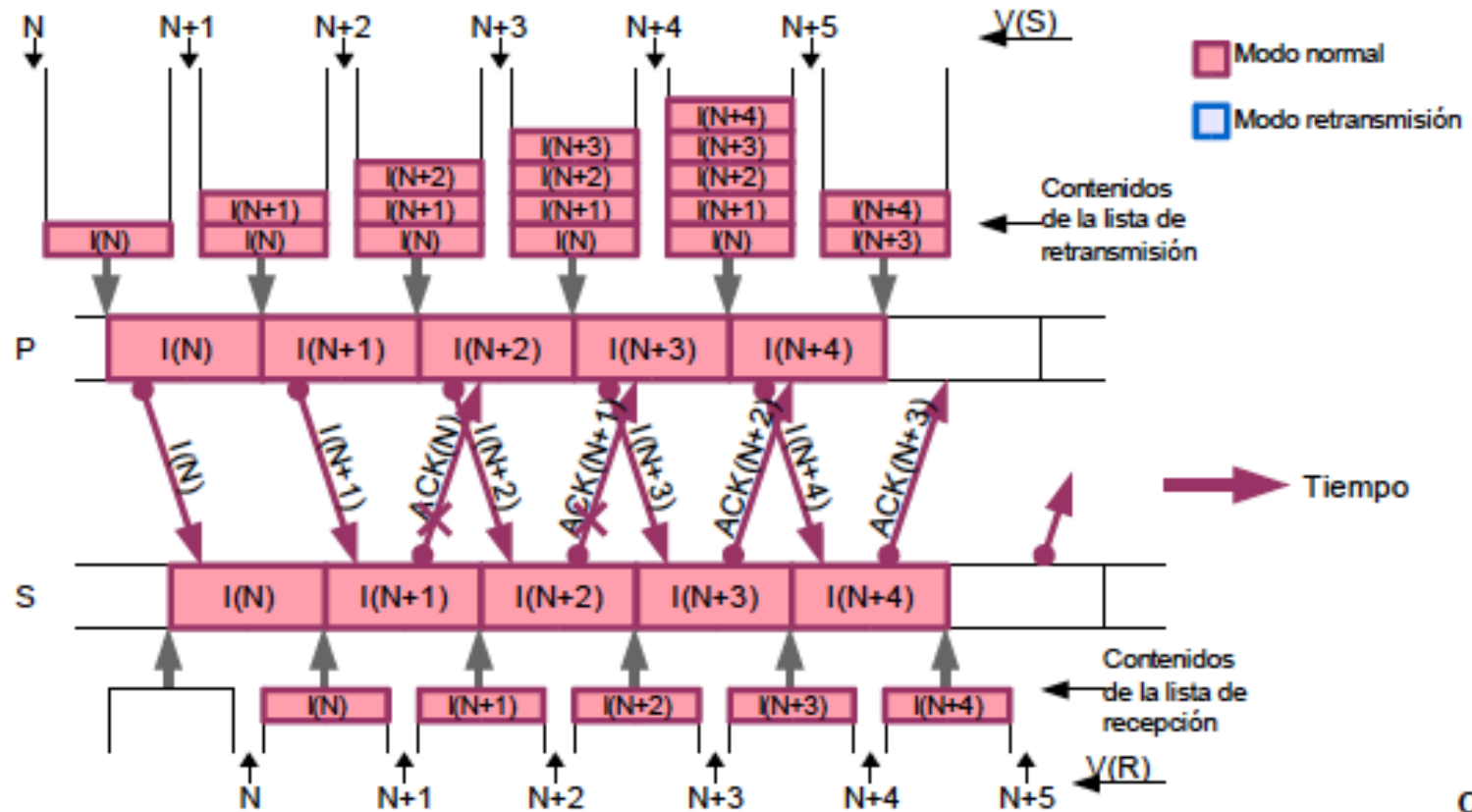
RQ continua (14)

- Retrocedir N
- Interpretació de la figura
 - Suposem que la trama I N+1 té errors
 - S rep la trama I N+2 fora de seqüència
 - Al rebre la trama I N+2, S envia un NAK N+1 informant a P que ha d'endarrerir el seu comptador fins a la trama I N+1 i retransmetre a partir d'aquesta trama
 - Al rebre el NAK N+1, P entra en mode retransmissió, deixa d'enviar trames noves i reenvia les que estan a la llista de retransmissió

RQ continua (15)

- Retrocedir N
 - S rebutja les trames fins que rep la trama l N+1
 - Al rebre la trama l N+1, S torna a acceptar les trames i envia els ACKs corresponents
 - S aplica un temps d'espera a les trames NAK i un segon NAK es enviat de nou en cas que no es rebi la trama l esperada

RQ continua (16)



RQ continua (17)

- Interpretació de la figura
 - S rep cada trama l correctament
 - Suposem que les trames ACK de N i N+1 no arriben correctament
 - Al rebre la trama ACK N+2, P detecta que hi ha dos trames prèvies en la llista de retransmissió (N i N+1)
 - Com que és una trama ACK i no una NAK, P suposa que les trames ACK de N i N+1 se han corromput i accepta el ACK de N+2 per a totes

Control de flux (1)

- El control de flux permet controlar la velocitat de transmissió per evitar que es saturi el buffer de l'equip receptor
- El mètode utilitzat sol ser el de la finestra lliscant
- El protocol limita el nombre de trames I que envia P abans de rebre confirmació

Control de flux (2)

- P monitoritza el nombre de trames I no confirmades en la llista de retransmissió
- Si S no pot tractar més trames, deixa d'enviar trames d'ACK
- Quan la llista de retransmissió de P s'omple, si no rep ACKs, deixa de emetre
- Quan tornen a arribar els assentiments, P torna a enviar de nou trames I

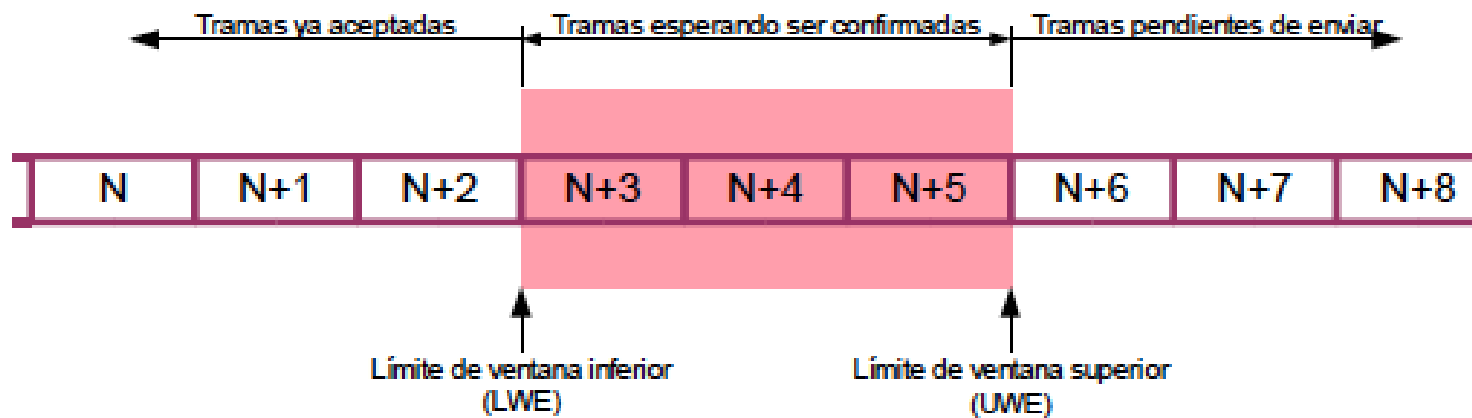
Control de flux (3)

- Per implementar aquest esquema s'ha de determinar el nombre de trames màxim que estaran en espera
- Aquest nombre es coneix com finestra de enviament (K)
- Si K és 1, el mètode de transmissió és el de RQ inactiva
- El valor de K es determina de forma que si S accepta totes les trames I, l'eficiència de l'enllaç no es veu danyada

Control de flux (4)

- Els factors a tenir en compte per establir la mida de l finestra són:
 - Mida màxima de la trama
 - Mida del buffer de recepció
 - Temps de propagació màxim de la trama
 - Tassa de transmissió de bit
- Tots aquests paràmetres s'han de considerar al definir la mida de la finestra

Control de flux (5)



Protocolo	Ventana de envío	Ventana recepción
RQ inactiva	1	1
Repetición selectiva	K	K
Retroceder N	K	1

Nombres de seqüència

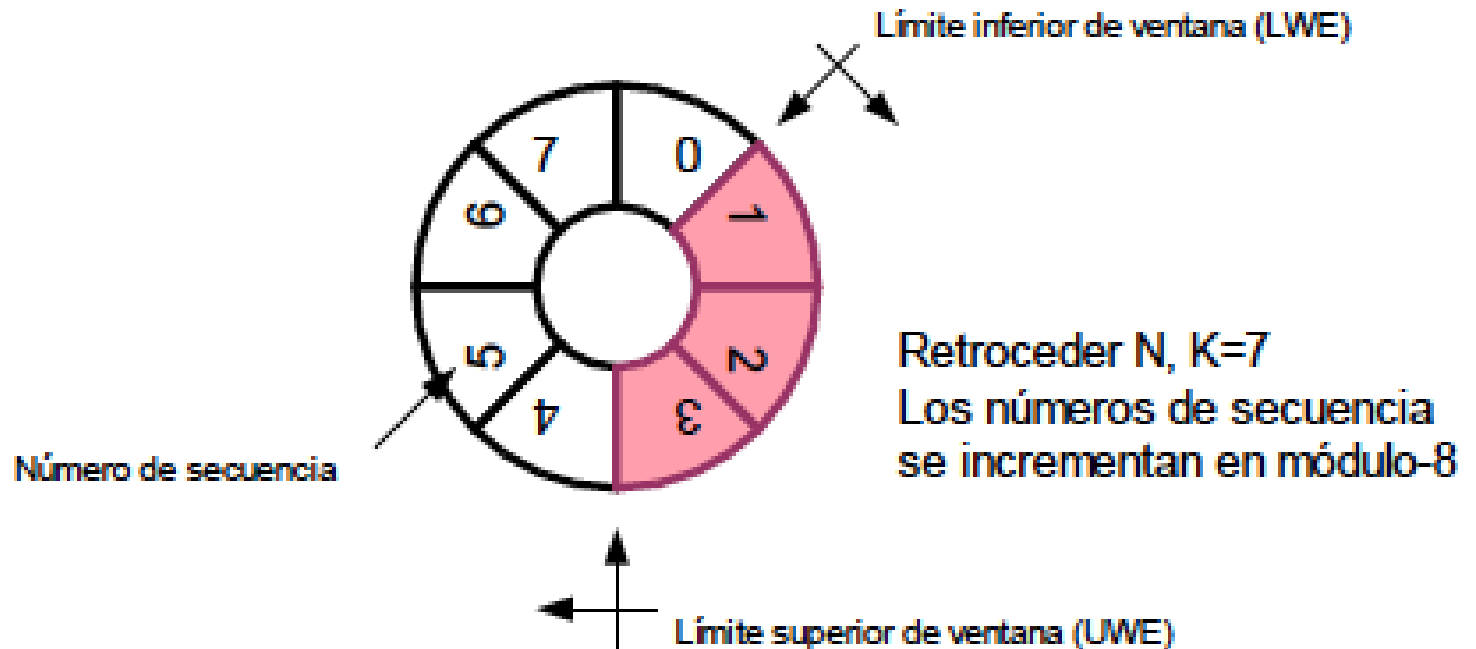
- Hipòtesis realitzades:
 - El nombre de seqüència introduït en cada trama per P és l'anterior més 1
 - Que els nombres disponibles són infinits
- Definir un nombre màxim de trames I que es poden transferir a través de l'enllaç limita
 - La mida de les llistes d'emissió i recepció
 - El rang de nombres de seqüència necessaris per determinar una trama de forma unívoca

Nombres de seqüència (2)

- Per exemple, en el cas de RQ inactiva, la finestra d'emissió i recepció té valor 1, per tant només es precisen dos nombres de seqüència
- Amb retrocedir N la finestra d'enviament té valor K, i el nombre d'identificadors ha de ser $K+1$
- En el cas de repetició selectiva, el nombre d'identificadors passa a ser $2K+1$

Nombres de seqüència (3)

Protocolo	Número máximo de identificadores de trama
RQ inactiva	2
Repetición selectiva	$2K+1$
Retroceder N	$K+1$



Anàlisi d'eficiència (1)

- L'eficiència del mètode RQ contínua si el canal no té errors es defineix com:

$$U = \begin{cases} 1 & K \geq 1+2a \\ \frac{K}{1+2a} & K < 1+2a \end{cases}$$

- L'eficiència amb repetició selectiva dependrà de la probabilitat d'error P_f

$$U = \begin{cases} 1 - P_f & K \geq 1+2a \\ \frac{K(1 - P_f)}{1+2a} & K < 1+2a \end{cases}$$

Anàlisi de l'eficiència (2)

- L'eficiència de retrocedir N es pot estimar a partir de les fórmules:

$$U = \begin{cases} \frac{1 - P_f}{1 + P_f(K - 1)} & K \geq 1 + 2a \\ \frac{K(1 - P_f)}{1 + 2a(1 + P_f(K - 1))} & K < 1 + 2a \end{cases}$$

HDLC (1)

- Protocol de Control d'enllaç de dades d'alt nivell (HDLC) ISO 3009 i ISO 4335
- HDLC defineix tres tipus de nodes:
 - Estacions primàries
 - Responsable de controlar el funcionament de l'enllaç
 - Les trames es denominen comandes
 - Estació secundària
 - Opera sota el control de l'estació primària
 - Les trames enviades pel secundari es denominen respostes
 - El primari manté un enllaç lògic amb cada secundari connectat

HDLC (2)

- Estació combinada
 - Combina les característiques de una estació primària i una secundària
 - Aquesta estació pot enviar comandes i respostes
- Configuracions de l'enllaç
 - Configuració no balancejada
 - Consisteix en un primari i una o més estacions secundàries
 - Suporta transmissions full-dúplex i semi-dúplex

HDLC (3)

– Configuració balancejada

- Consisteix en dos estacions combinades
- Suporta transmissions full-dúplex i semi-dúplex

HDLC (4)

- Hi ha tres modes de transferència
 - Mode de resposta normal (NRM)
 - Utilitza una configuració no balancejada
 - El primari pot iniciar una transferència al secundari
 - El secundari només pot contestar a una comanda del primari
 - Mode balancejat asíncron (ABM)
 - Treballa en configuració balancejada
 - Qualsevol estació combinada pot iniciar la transmissió

HDLC (5)

- Mode de resposta asíncrona (ARM)
 - Treballa en configuració no balancejada
 - El secundari pot iniciar una transmissió sense permís explícit del primari
 - El primari segueix sent el responsable de la línia incloent:
 - Recuperació d'errors
 - Desconnexió lògica

HDLC (6)

- NRM
 - Se utilitza en línies “multidrop” on un conjunt de terminals es connecta a un servidor
 - El servidor pregunta a cada terminal per dades d’entrada
 - També s’utilitza en enllaços punt a punt quan l’enllaç es dona entre un terminal o un perifèric i el servidor

HDLC(7)

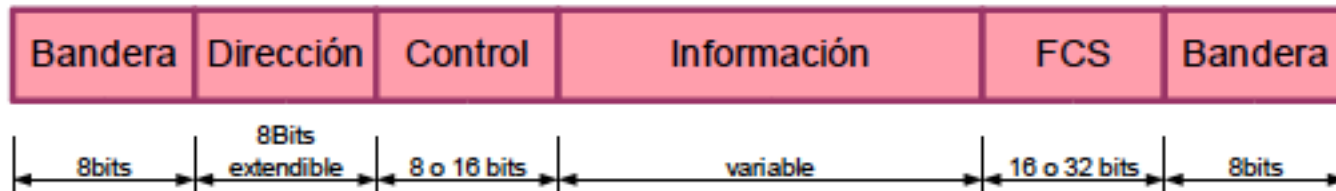
- Mode Balancejat Asíncron (ABM)
 - És el més utilitzat dels tres modes
 - Realitza un us més eficient en connexions punt a punt full-dúplex al no tenir que realitzar preguntes per obtenir entrades
- Mode de resposta asíncrona (ARM)
 - S'utilitza molt poc
 - Només en casos especials quan el secundari pot necessitar iniciar la transmissió

HDLC(8)

- La trama HDLC està orientada a bit i es compon de següents camps:
 - Flag (bandera): delimita l'inici de la trama
 - Adreça: identifica l'estació secundària
 - Control: Defineix el tipus de trama
 - Informació: Porta les dades
 - FCS: Codi de detecció d'errors
 - Flag: delimita el final de la trama

HDLC (9)

- Format de la trama:

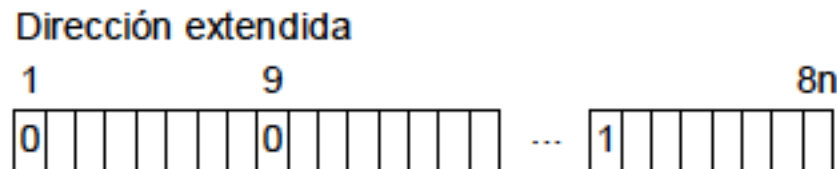


HDLC (9)

- Camp d'adreça
 - Serveix per identificar l'estació secundària que va enviar o va a rebre la trama
 - No és necessari per a transmissions punt a punt, però s'inclou per mantenir el format de la trama
 - Sol ser de 8 bits. En cas necessari, es pot ampliar el camp. En aquest cas la longitud passa a ser un múltiple de 7 bits

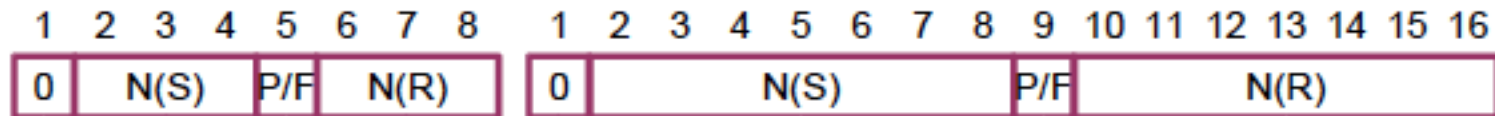
HDLC (11)

- El bit més a l'esquerra de cada byte d'adreces indica si és (1) o no és (0) l'últim octet de l'adreça
- L'adreça 11111111 és un "broadcast". S'envia a totes les estacions



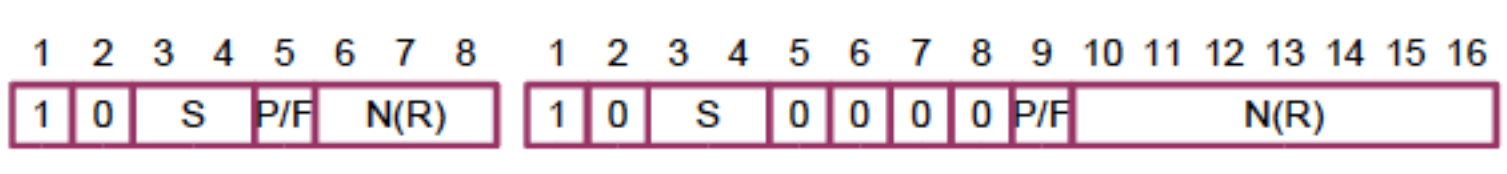
HDLC (12)

- El camp de control depèn del tipus de trama
 - Trama de Informació
 - Porta el nombre de seqüència d'enviament
 - Pot portar el nombre de seqüència de recepció si s'adjunta el assentiment de l'altra trama
 - El bit més significatiu (més a l'esquerra) té el valor 0
 - Els nombres de seqüència són de 3 o 7 bits

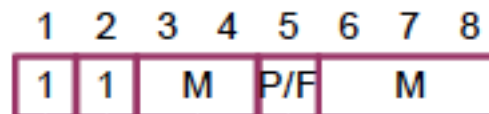


HDLC (13)

- Trama de supervisió
 - S'utilitza per realitzar el mecanisme ARQ quan no s'adjunten trames I



- Trama no numerada
 - Proporciona funcions de control de l'enllaç addicionals



HDLC (14)

- Totes les trames inclouen en el camp de control el bit P/F
 - En la trama de comanda es denomina bit P (Pregunta o Poll) i quan està a 1 indica que s'espera resposta del secundari
 - En les trames de resposta es denomina F (Final) i quan està a 1 indica que dona resposta a una comanda de sol·licitud anterior

HDLC (15)

- Camp d'informació
 - El camp d'informació només es troba en les trames I i en algunes U
 - El camp pot contenir qualsevol seqüència de bit, però ha de ser un nombre enter d'octets
 - La mida del camp d'informació és variable i pot arribar a un màxim establert a nivell de sistema

HDLC (16)

- Camp de la seqüència de comprovació de trama
 - Aquest camp sol utilitzar tots els bits de la trama menys els de flag
 - El mètode utilitzat sol ser el CRC-CCITT
 - Es pot utilitzar CRC-32 quan la longitud de la trama o la fiabilitat de la línia ho fan aconsellable.

HDLC (17)

- El funcionament del HDLC es basa en tres fases:
 - Inicialització: Un dels nodes inicialitza l'enllaç de dades i estableix les opcions
 - Transferència de dades: Les dos parts intercanvien dades i informació de control de flux i errors
 - Desconnexió: Una de les parts indica el final de l'enllaç

HDLC (18)

- Inicialització
 - Es sol·licitada per una de les parts a través d'una comanda de modificació d'estat
 - Aquestes comandes tenen tres funcions:
 - Sol·licita a l'altra part la petició d'inicialització
 - Estableix quin mode de treball es sol·licita (NRM, ABM o ARM)
 - Especifica si es fan servir seqüències de 3 o 7 bits
 - Si s'accepta, s'envia un assentiment no numerat (UA). En cas contrari un mode desconnectat (DM)

HDLC (19)

- Transferència de dades
 - Un cop acceptada la inicialització, s'estableix la connexió lògica
 - Totes dues parts poden enviar dades d'usuari a través de trames I, començant per el nº de seqüència 0
 - En funció de la utilització de nºs de seqüència de 3 o 7 bits, aquests s'incrementen en mòdul 8 o 128

HDLC (20)

- Les trames S també s'utilitzen per al control de flux i de errors
 - RR accepta la darrera trama indicant quina s'espera rebre
 - RNR accepta la darrera trama igual que RR, i indica que no pot acceptar més trames
 - Per continuar amb un nou procés s'envia una nova RR
 - REJ inicia un RQ de retrocedir N
 - SREJ inicia un RQ selectiu

HDLC (21)

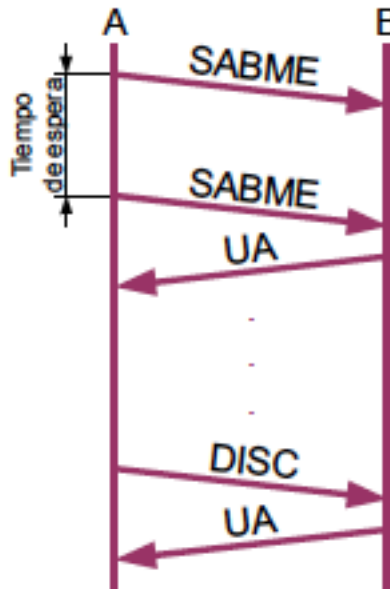
- Desconnexió
 - Qualsevol mòdul pot iniciar la desconnexió, per iniciativa pròpia o per petició d'una capa superior
 - S'inicia la desconnexió amb la comanda DISC
 - La entitat remota ha d'acceptar la desconnexió amb una trama d'assentiment no numerada
 - Les trames I no acceptades es poden perdre. Ve gestionat per les capes superiors

HDLC (22)

Nombre	Comando/ Respuesta	Descripción
Información (I)	C/R	Intercambio de datos de usuario
Supervisión (S)		
Receptor preparado (RR)	C/R	Asentimiento positivo, preparado para recibir tramas I
Receptor no preparado (RNR)	C/R	Asentimiento positivo, no preparado para recibir
Rechazar (REJ)	C/R	Asentimiento negativo, retrocede N
Rechazo selectivo (SREJ)	C/R	Asentimiento negativo, rechazo selectivo
No numerado (U)		
Seleccionar respuesta normal / modo extendido (SNRM/SNRME)	C	Cambiar modo, extendido = números de secuencia de 7 bits
Seleccionar modo de respuesta asincrónico / modo extendido (SARM/SARME)	C	Cambiar modo, extendido = números de secuencia de 7 bits
Seleccionar modo balanceado asincrónico / modo extendido (SABM/SABME)	C	Cambiar modo, extendido = números de secuencia de 7 bits
Seleccionar modo de inicialización (SIM)	C	Iniciar las funciones de control de enlace en la estación escogida
Desconectar (DISC)	C	Terminar la conexión del enlace lógico
Asentimiento no numerado (UA)	R	Asentimiento aceptando uno de los comandos de cambio de modo
Modo desconectado (DM)	R	Petición de comando DISC
Petición de modo de inicialización	R	Se precisa inicialización, petición de comando SIM
Información no numerada	C/R	Utilizado para intercambiar información de control
Pregunta no numerada	C	Utilizado para solicitar información de control
Reset (RSET)	C	Utilizado para restablecer conexión, inicializa N(R) y N(S)
Intercambiar identificación (XID)	C/R	Utilizado para solicitar/proporcionar el estado
Test (TEST)	C/R	Intercambiar campos idénticos de información para test

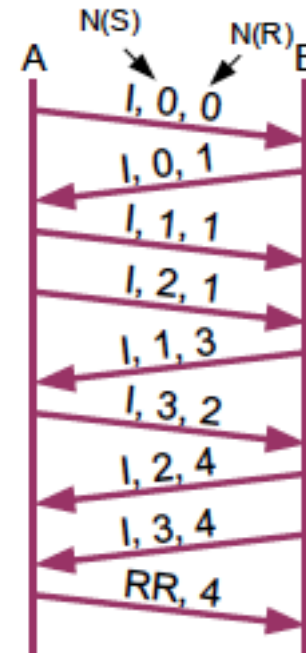
HDLC (23)

- Connexió i desconnexió de l'enllaç
 - Es sol·licita una connexió en mode ASM extens



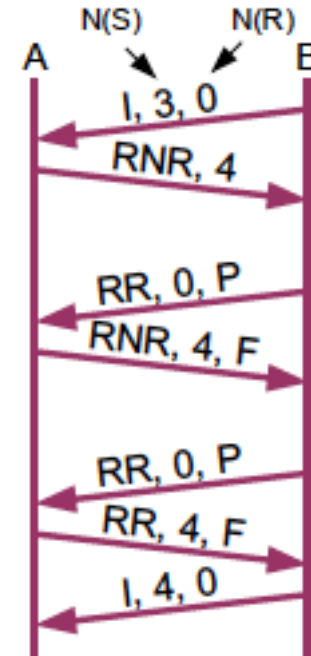
HDLC (24)

- Intercanvi de dades en els dos sentits
 - S'envien trames I amb assentiment adjunt
 - La darrera trama és de tipus S per assentir la darrera trama rebuda per A



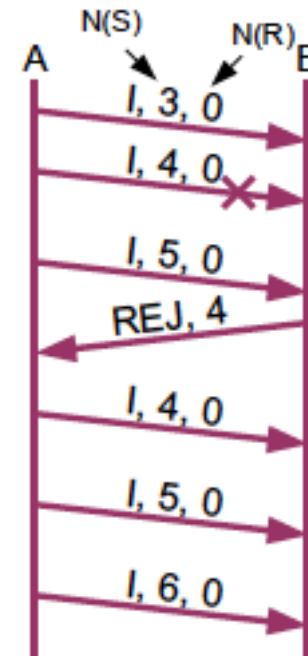
HDLC (25)

- Condició d'ocupat
 - A esta ocupat i envia RNR
 - B va preguntant (P) cada cert temps
 - A respon (F) cada cop
 - Finalment envia un RR



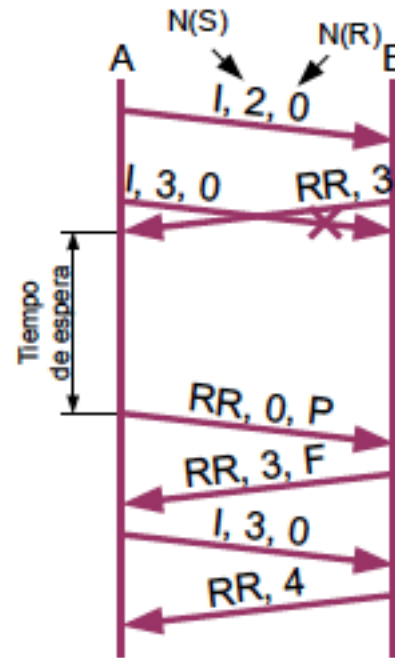
HDLC (26)

- Recuperació de rebuig
 - A transmet trames 1
 - La trama 4 és errònia
 - B rep la trama 5 i determina que li falten a partir de la 4
 - B rebutja la trama 4 (REJ)
 - A torna a enviar les trames



HDLC (27)

- Recuperació de “timeout”
 - A envia les trames I 2 i 3.
La darrera es perd
 - B confirma la 2
 - A al cap d’una estona pregunta (P) a B la darrera trama rebuda
 - B respon (F) que la 2
 - A reenvia la trama I 3
 - B confirma la trama I 3



LAPB

- Procediment d'accés a l'enllaç, balancejat
- Va ser definit per la ITU-T com a part de la xarxa de commutació de paquets X.25
- És un subconjunt del HDLC que proporciona només el mode d'accés síncron balancejat
- Està dissenyat per accessos punt a punt entre el sistema de l'usuari i la xarxa de commutació de paquets
- Format de trama igual al HDLC

LAPD

- Procediment d'accés a l'enllaç de canal D
- Va ser definit per la ITU-T com a part de la Xarxa Digital de Serveis Integrats
- Aquest protocol proporciona el control de l'enllaç de dades a través del canal D que és un canal lògic de la interfase d'usuari XDSI
- Existeixen notables diferències entre HDLC i LAPD
 - Com el LAPB, només fa servir el mode ABM

LAPD (2)

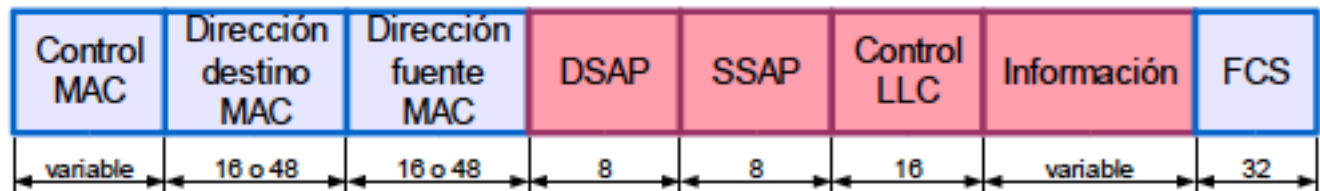
- LAPD sempre utilitza números de seqüència de 7 bits
- El FCS de LAPD és sempre un CRC de 16 bits
- El camp d'adreces és de 16 bits amb dos sub-adreces:
 - Identificar un dels possibles serveis en la banda de l'usuari (veu, dades, veu i dades)
 - Identificar el terminal que els proporciona
- Utilitza el format de trama HDLC, però amb la longitud de camps anteriorment indicada

LLC

- Control de l'enllaç lògic
- Forma part de la família IEEE 802 de estàndards
- Esta destinat a les xarxes d'àrea local
- El canal és compartit entre múltiples estacions, però no hi ha un master que les coordini
- LLC estableix la comunicació entre processos “peer to peer”

LLC (2)

- Les funcions de la capa d'enllaç en els protocols IEEE 802 es divideixen en dos subcapes
 - MAC
 - LLC
- La trama en aquest cas, recull la informació que es precisa transmetre de ambdues subcapes



LLC (3)

- La capa LLC inclou quatre camps més
 - Els camps de punt d'accés a servei font i destí (DSAP i SSAP) identifica l'usuari lògic del LLC en els sistemes origen i destí
 - El camp de control LLC, semblant a l'utilitzat per HDLC
- LLC proporciona tres tipus de servei
 - Servei orientat a connexió
 - Servei sense connexió no confirmat
 - Servei sense connexió confirmat