

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 usualment 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)
 - MPLS (Multiprotocol Label Switch)
 - ATM (Asynchronous Transfer Mode)
 - X.25

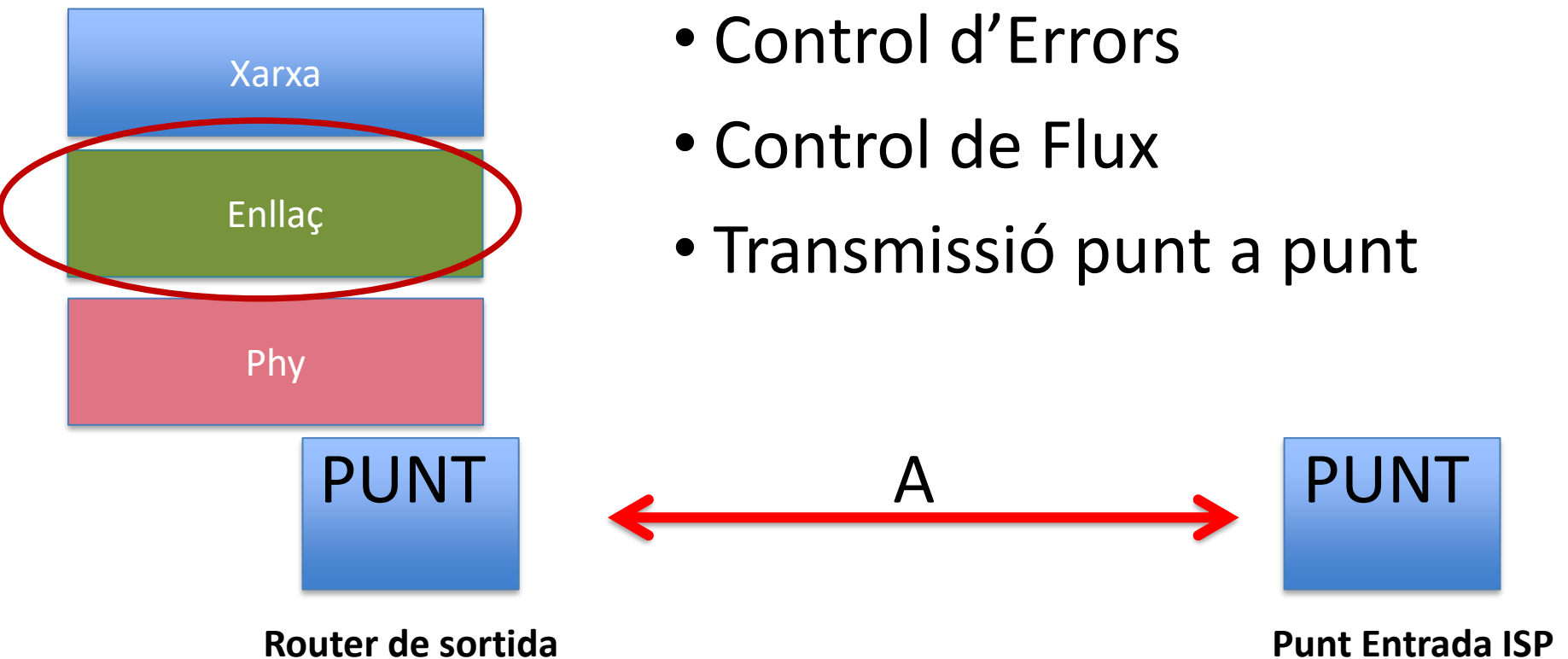
- Fases de la connexió:
 - Establiment de la connexió. Els dos dispositius contacten i negocien paràmetres relatius a l'enllaç que estan establint.
 - Autenticació (no obligatori)
 - Configuració de la Xarxa. Paràmetres dependents del protocol de xarxa utilitzat (típicament IP). En aquest cas es fa servir 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:

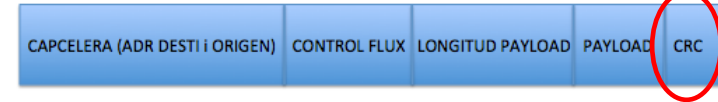


TRAMA CAPA ENLLAÇ

- Protocols d'encapsulació -> CAPA d'ENLLAÇ



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

Codis de redundància cíclica (3)

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

- 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)

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

- 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)

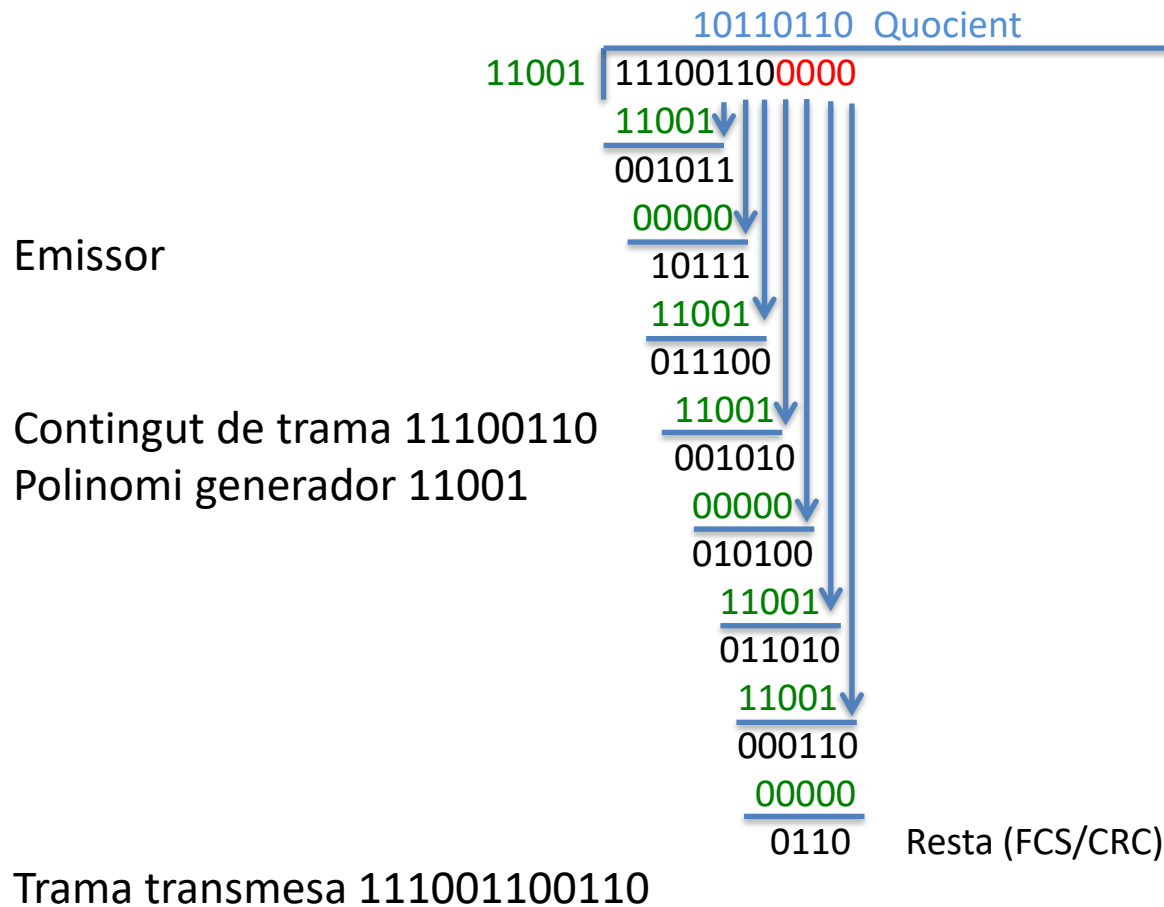
CAPÇALERA (ADR DESTÍ I ORIGEN)	CONTROL FLUX	LONGITUD PAYLOAD	PAYLOAD	CRC
--------------------------------	--------------	------------------	---------	-----

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

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

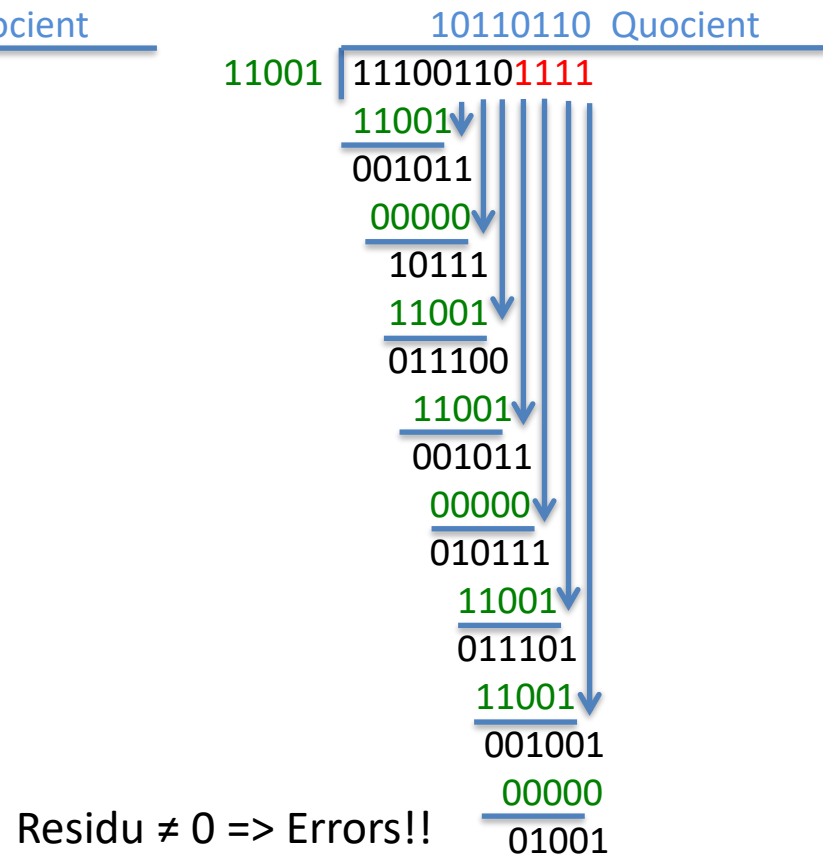
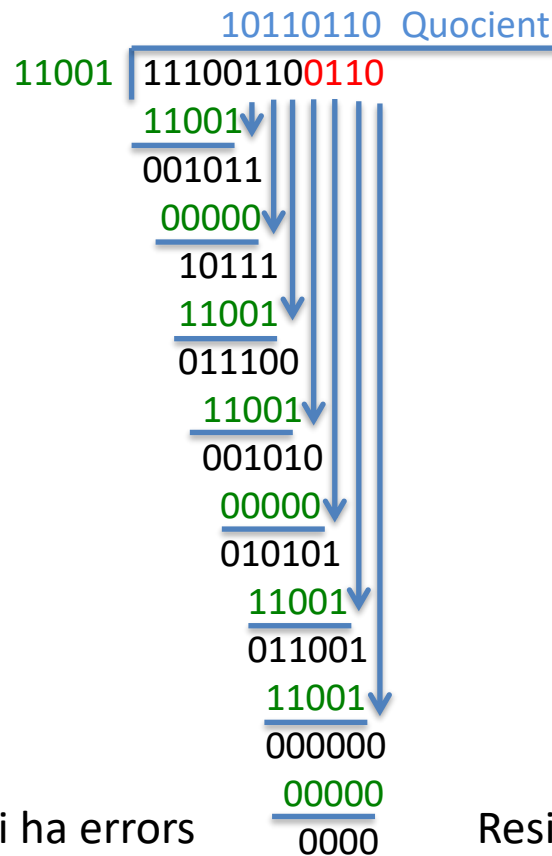
- Si no es presenten errors, el residu serà 0
- En cas d'error, es detectarà un residu no nul

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:

11000 0000 0000 0101

Control d'errors

- Protocol 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

- **ARQ** stands for **Automatic Repeat Request** also known as **Automatic Repeat Query**. ARQ is an error-control strategy used in a two-way communication system. It is a group of error-control protocols to achieve reliable data transmission over an unreliable source or service. These protocols reside in Transport Layer and Data Link Layer of the [OSI\(Open System Interconnection\) model](#) . These protocols are responsible for automatic retransmission of packets that are found to be corrupted or lost during the transmission process
- **Working Principle of ARQ**
- The main function of these protocols is, the sender receives an acknowledgment from the receiver end implying that the frame or packet is received correctly before a timeout occurs, timeout is a specific time period within which the acknowledgment has to be sent by the receiver to the sender. If a timeout occurs: the sender does not receive the acknowledgment before the specified time, it is implied that the frame or packet has been corrupt or lost during the transmission. Accordingly, the sender retransmits the packet and these protocols ensure that this process is repeated until the correct packet is transmitted

Font: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-arq-automatic-repeat-request/>

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

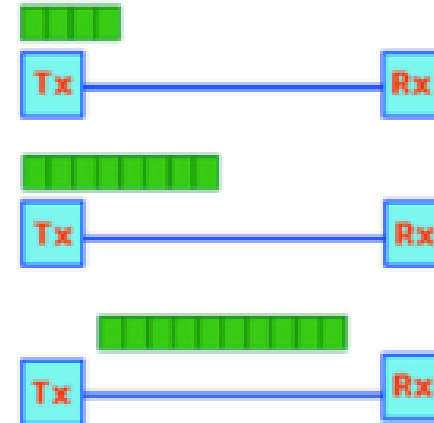
Per tant tenim

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

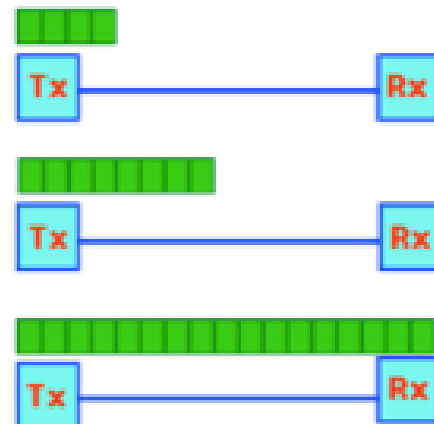
$$t_{prop} = \frac{d \text{ (m)}}{v \text{ (m/s)}}$$

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)

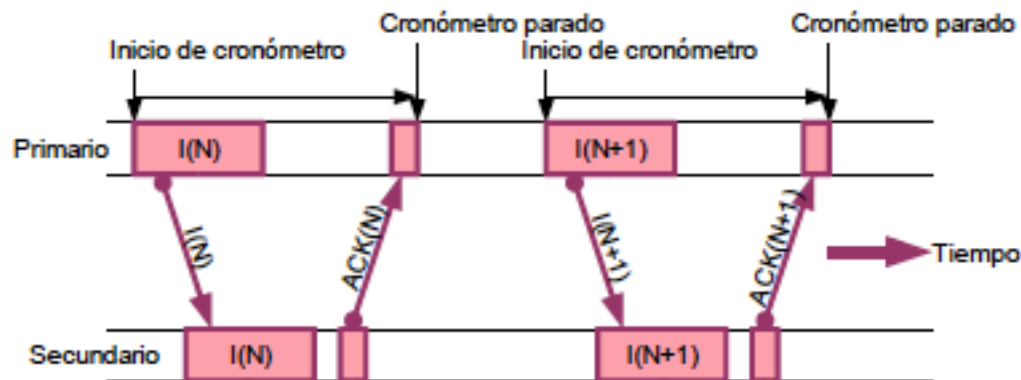
- Nomenclatura:
 - DTE: Data Terminal Equipment
 - DCE: Data Circuit Equipment
 - Equip Primari (P): Emet les trames d'informació
 - Equip Secundari (S): Reb les trames d'informació
- Les trames d'informació es denominen Trames I

RQ Inactiva (2)

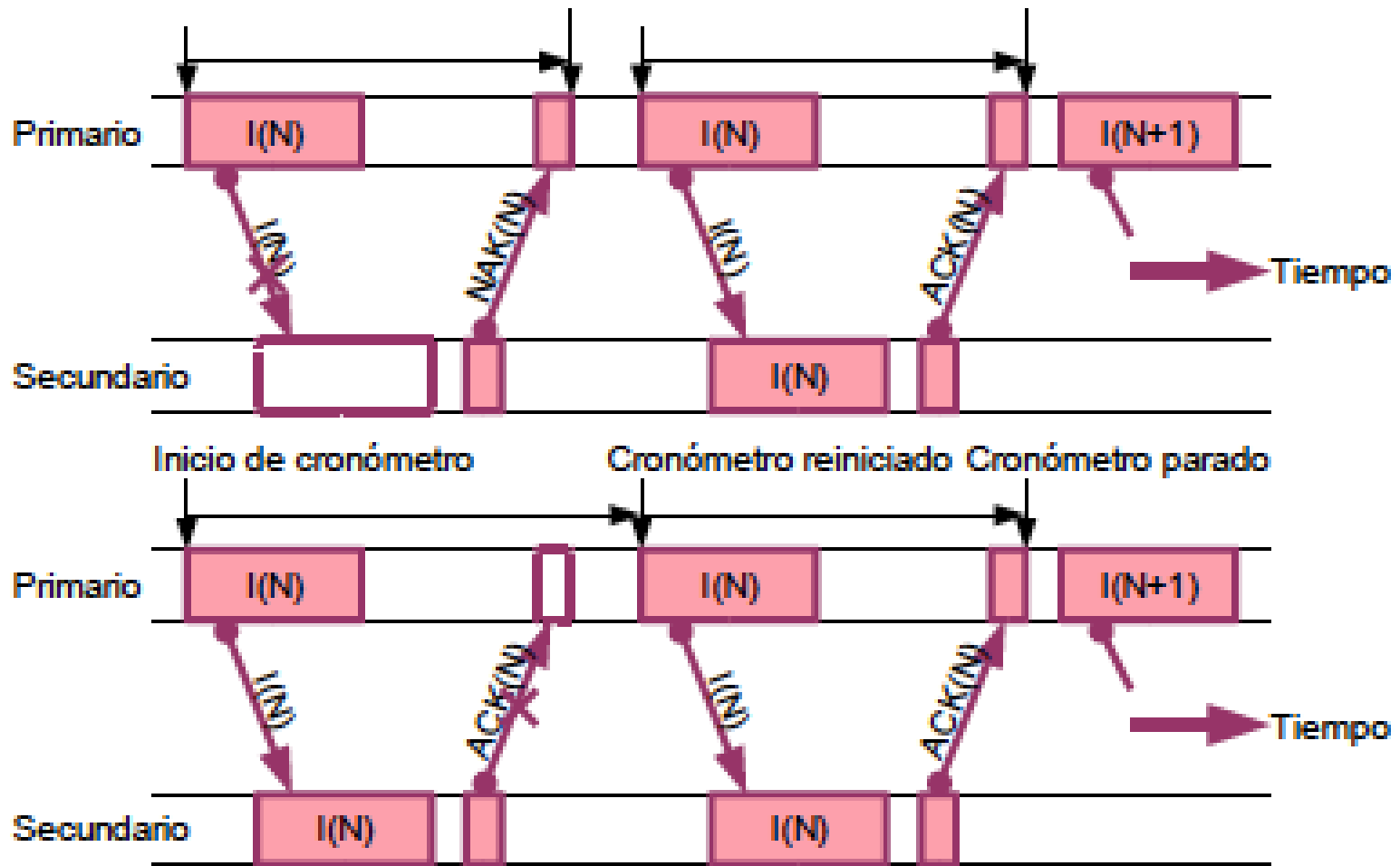
- En aquest protocol es fan servir comunicacions del tipus semiduplex
- El primari envia una Trama I i espera fins que el secundari li contesta per enviar la següent
- El secundari informa al primari de la correcta recepció de la Trama I enviant una confirmació o Trama ACK
- Si rep una trama incorrecta,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

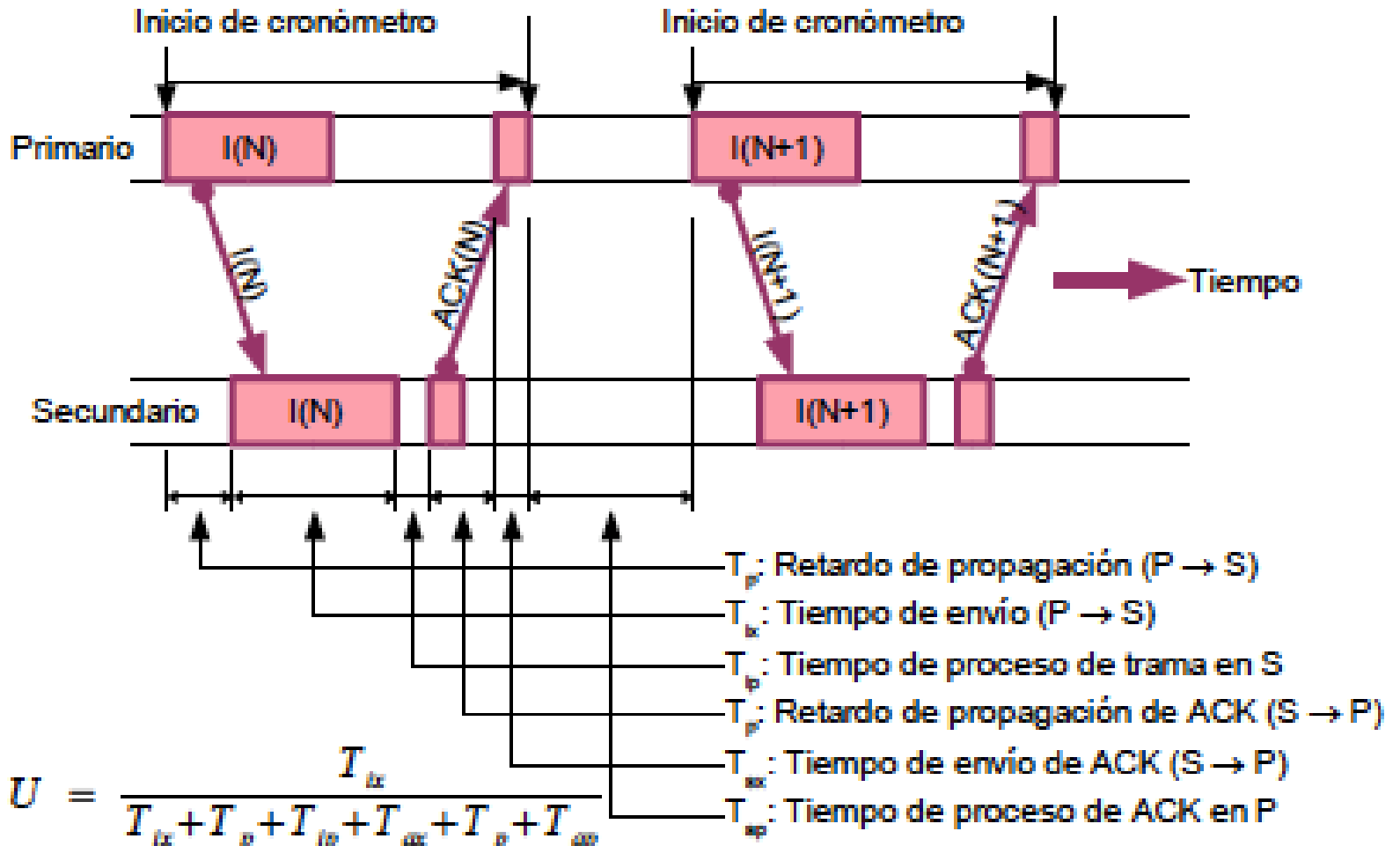
- Podem analitzar la utilització d'aquest enllaç
- L'eficiència de la utilització és:

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

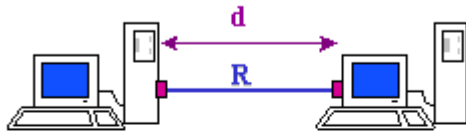
- On U ja sabem que es pot simplificar donant

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

RQ Inactiva (9)



RQ Inactiva

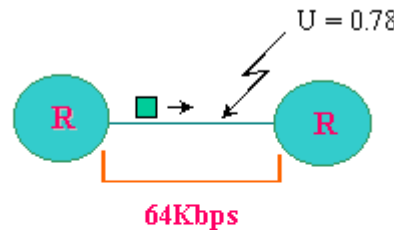


$$\alpha = \frac{T_{prop}}{T_{tx}} = \frac{\frac{d}{v}}{\frac{L}{R}} = \frac{Rd}{vL}$$

-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

$$C_{ef} = U \times V_{TRX}[\text{bps}]$$



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

RQ Inactiva (10)

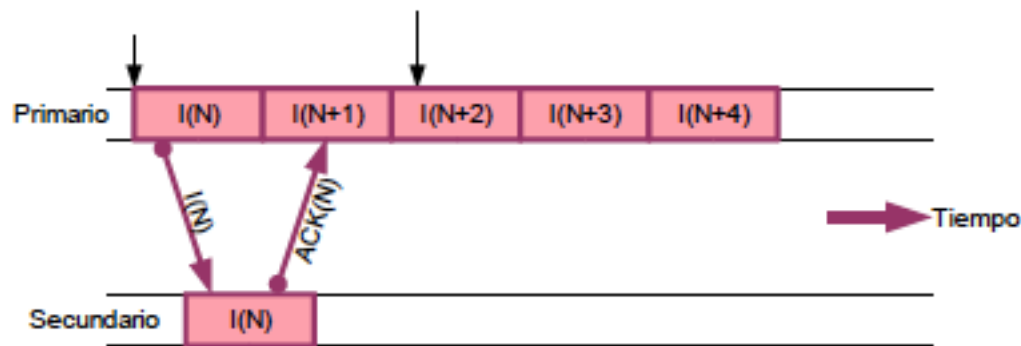
- El valor de a pot variar entre una fracció petita per enllaços de baixa velocitat i longitud a un número alt per enllaços de llarga distància i gran velocitat
- U varia entre el valor 1 i el 0 respectivament
- Exemple: S'envia un conjunt de 1000 bits fent servir RQ inactiva. Quina és la utilització 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)

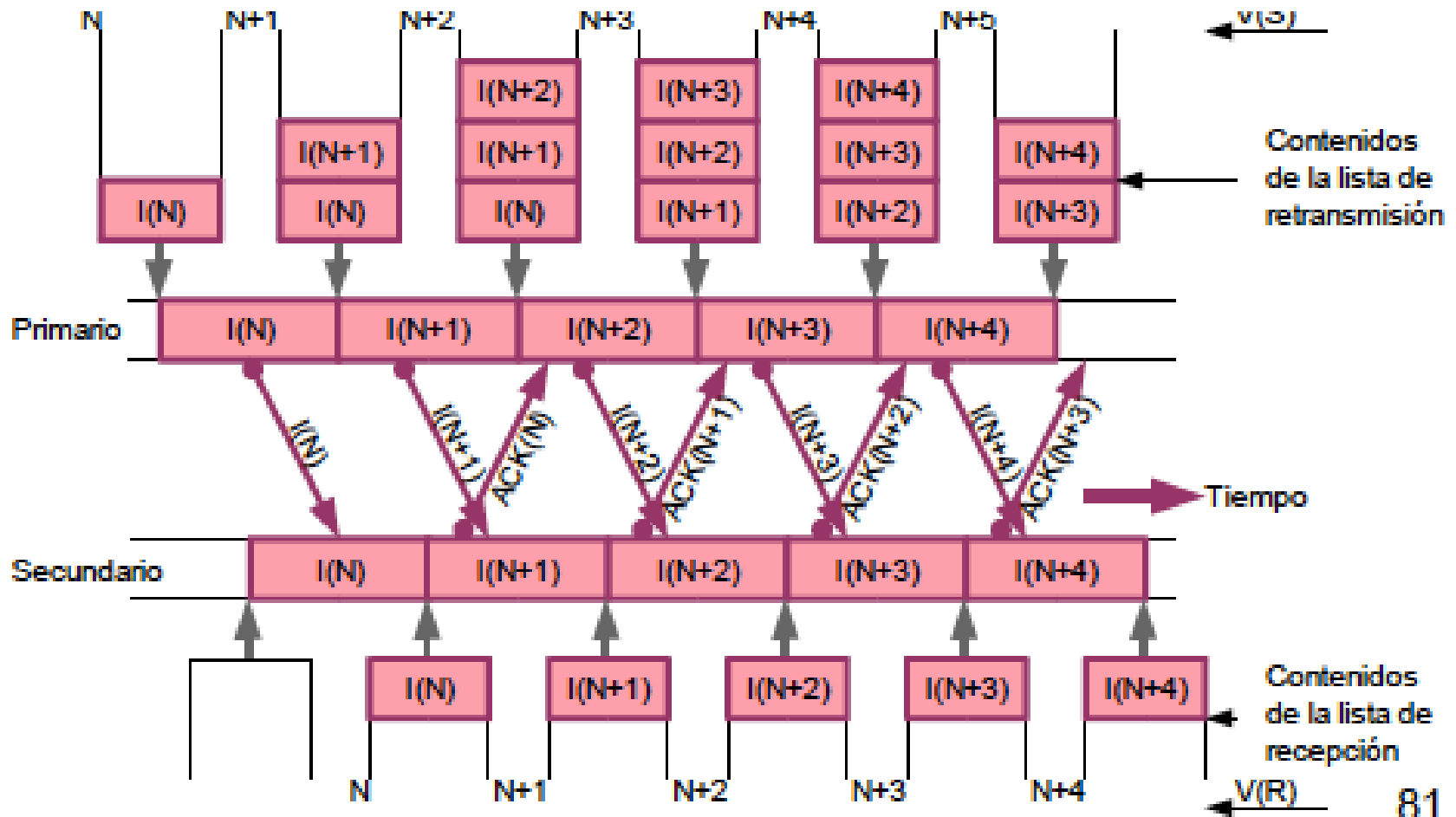
- Conclusions:
 - Aquest protocol és adequat per connexions de baixa velocitat
 - Quan les tasses de bit són altes i/o les distàncies elevades perd eficàcia

RQ 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)

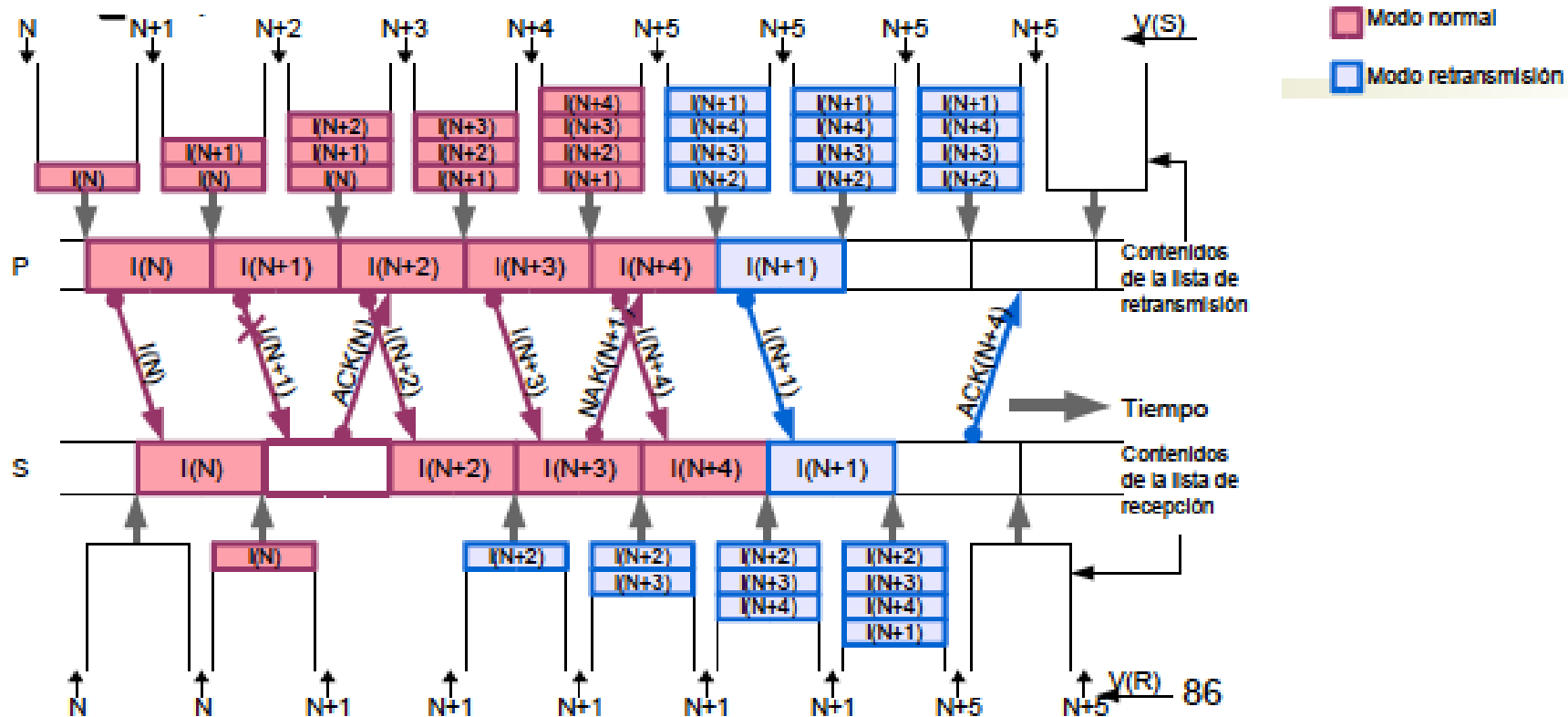
- Per implementar aquest esquema, P guarda la variable de seqüència de enviament $V(S)$
- Aquesta indica el número de seqüència $N(S)$ que s'ha d'enviar en la següent trama I
- S també ha de mantenir una variable de seqüència de recepció $V(R)$ que indica la següent trama I esperada

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

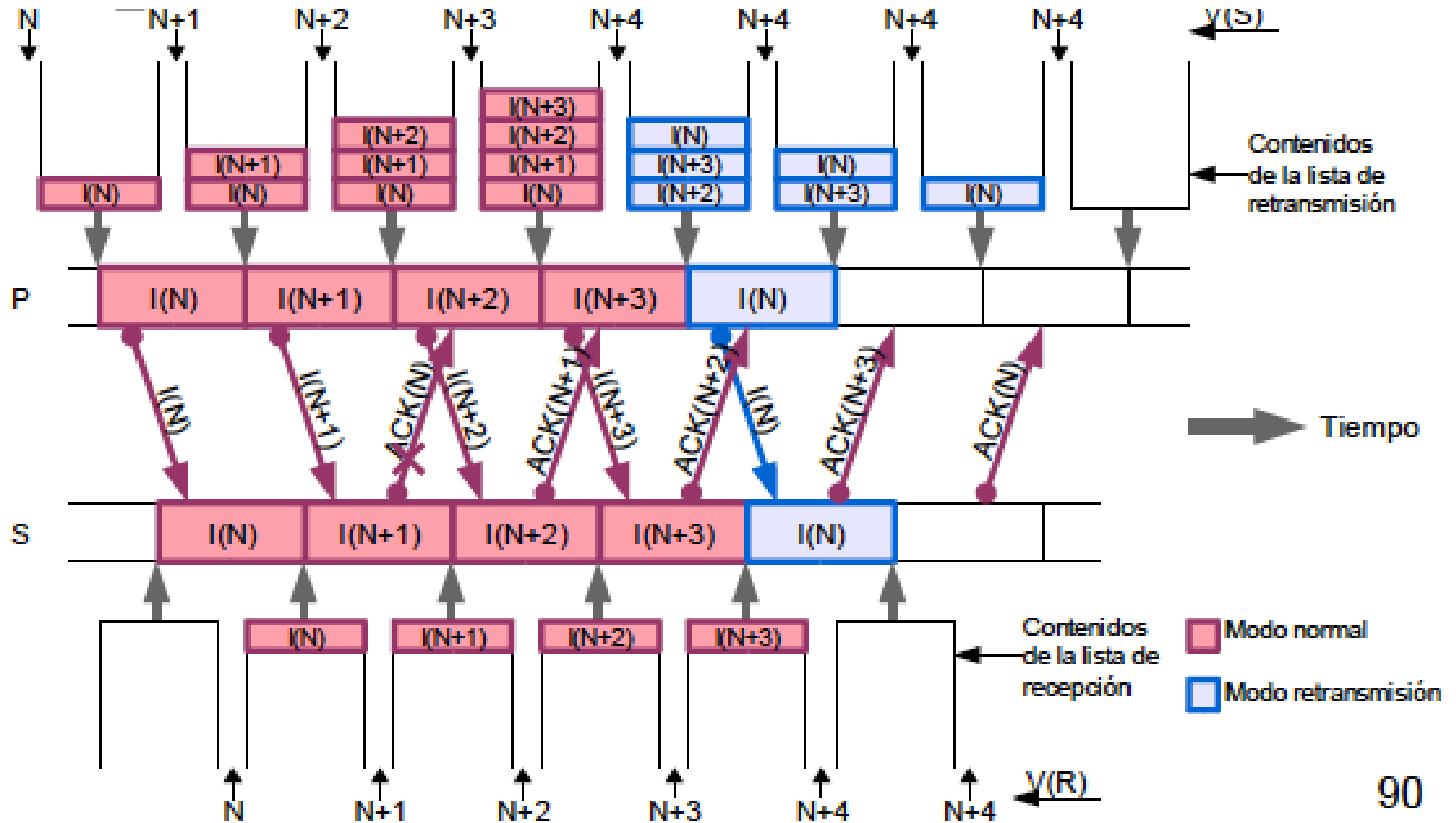
RQ continua (9)

- 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 P 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)

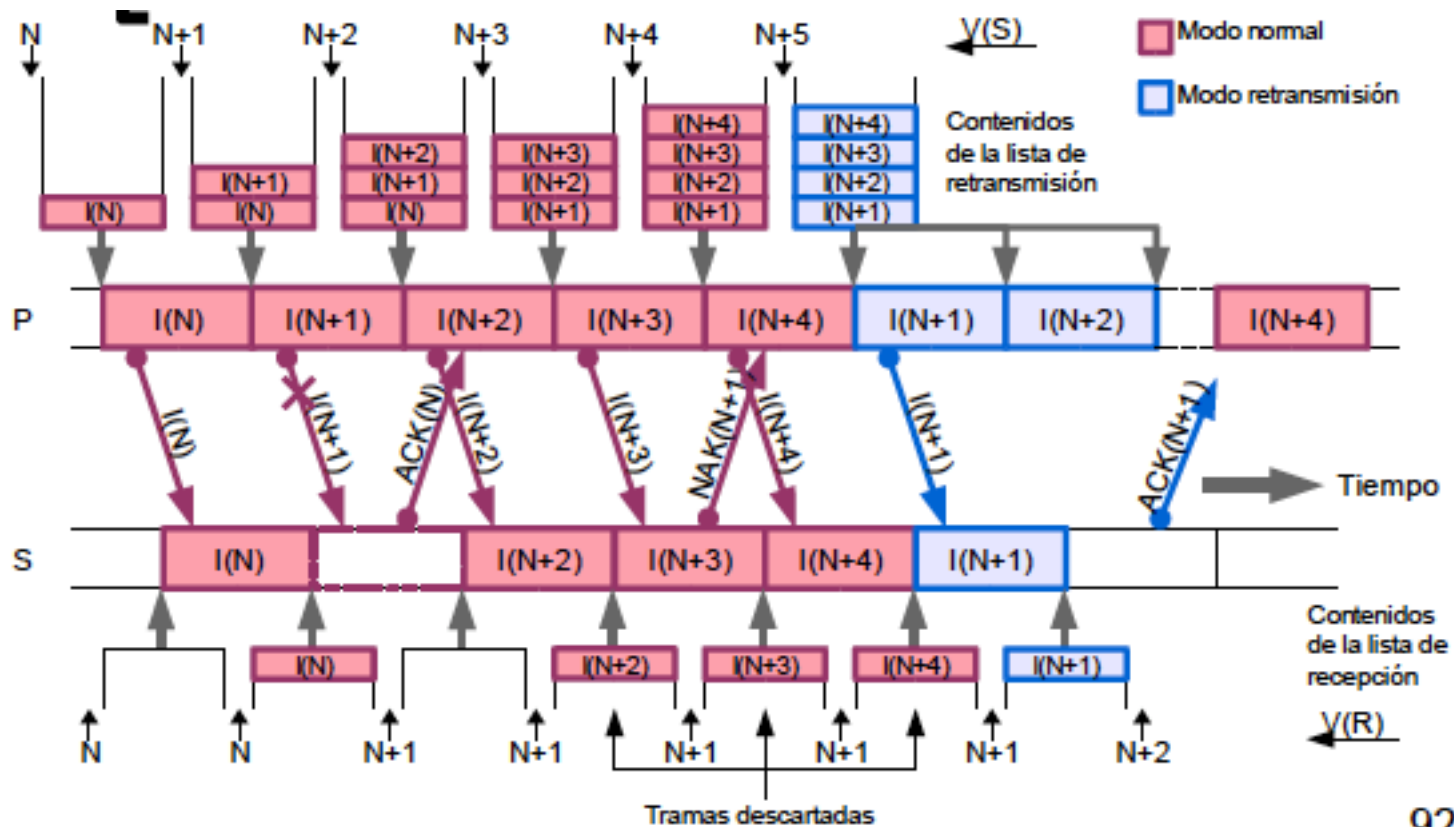


RQ continua (12)

- 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



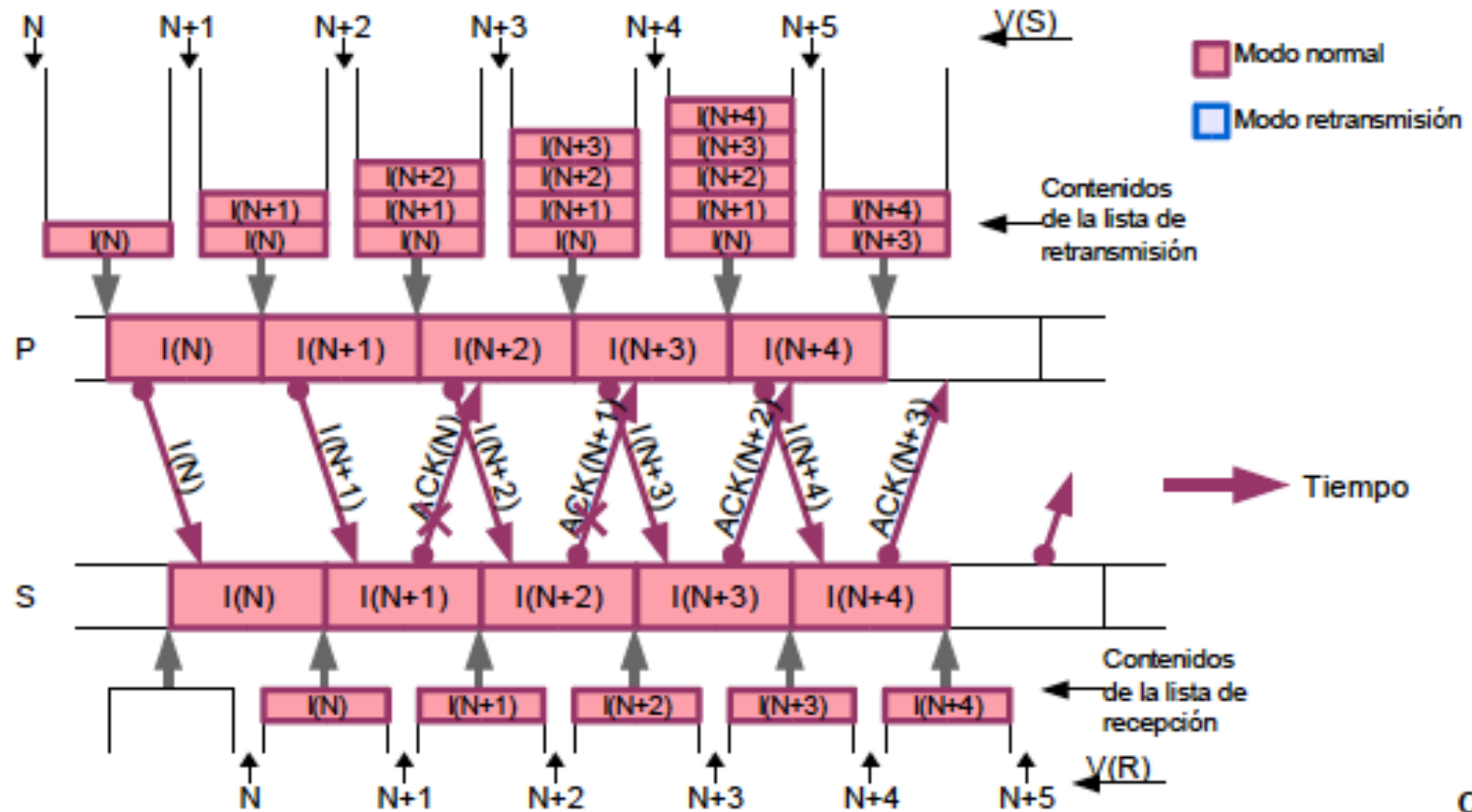
RQ continua (14)

- 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 sature el buffer de l'equip receptor
- El mètode utilitzat sol ser el de la finestra lliscant
- El protocol limita el nombre de trames L 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

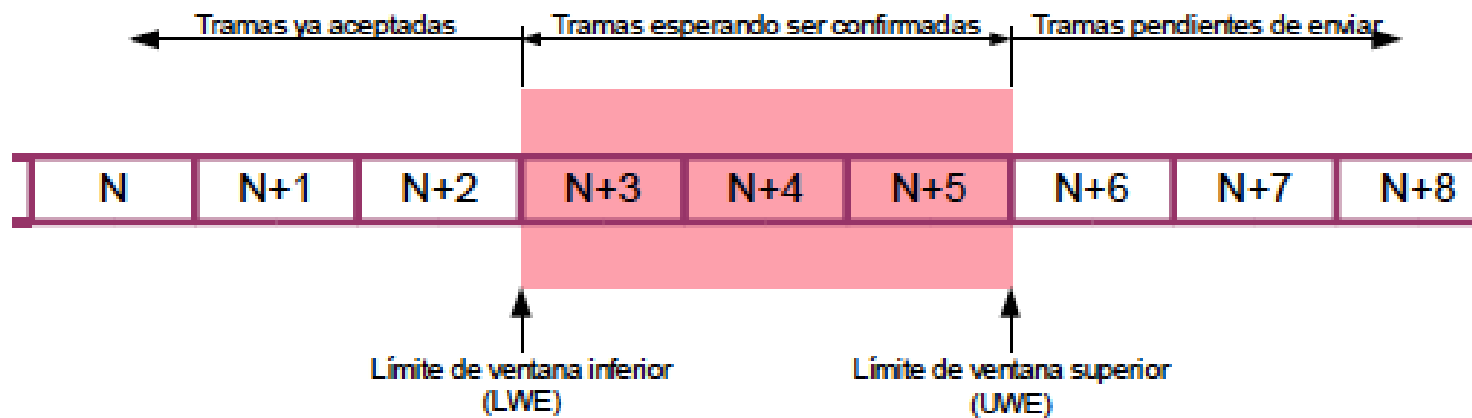
Control de flux (3)

- 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

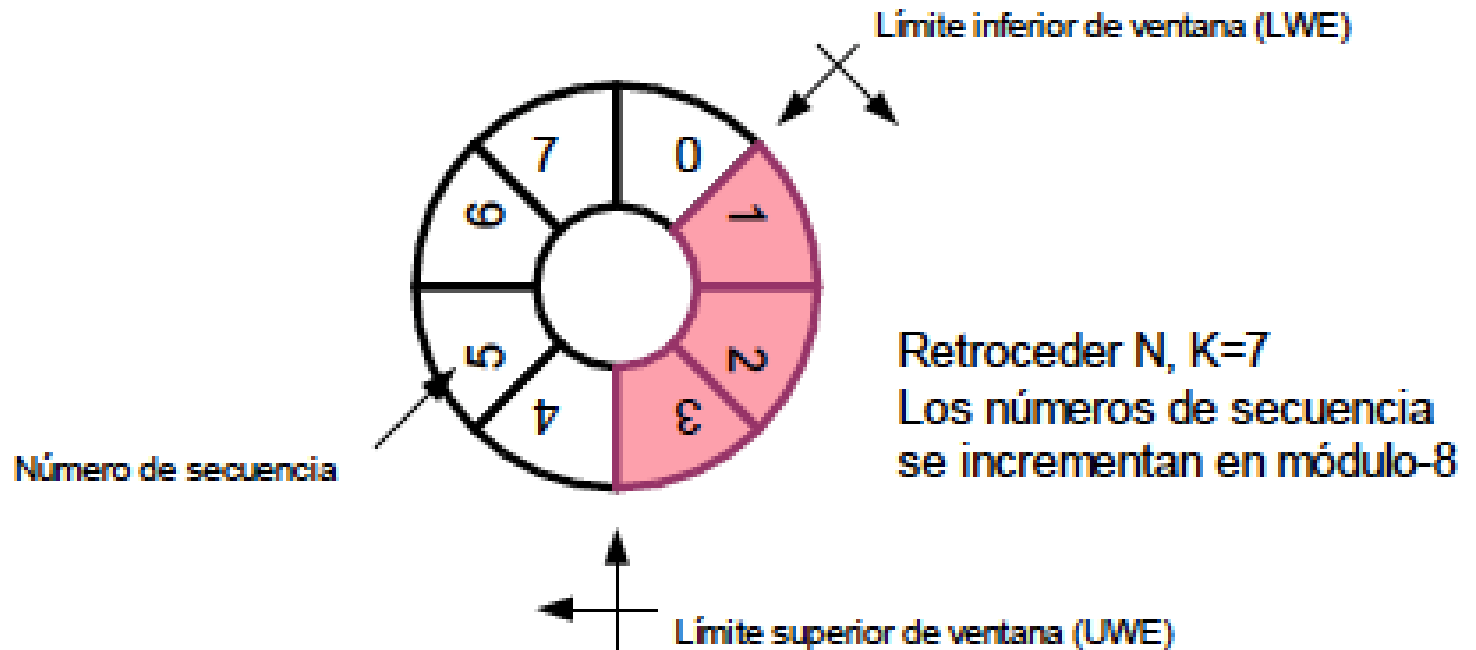
- Hipòtesis realitzades:
 - El nombre de seqüència introduït en cada trama per P és l'anterior més 1
 - Que els nombres disponibles són infinits
- Definir un nombre màxim de trames I que es poden transferir a través de l'enllaç limita
 - La mida de les llistes d'emissió i recepció
 - El rang de nombres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

Go-Back-N:

$$U = \frac{1-P_e}{1+2aP_e} \text{ si } K \geq 1+2a$$

o bé

$$U = \frac{K(1-P_e)}{(2a+1)(1-P_e+KP_e)} \text{ si } K < 1+2a$$

HDLC (1)

- Protocol de Control d'enllaç de dades d'alt nivell (HDLC) ISO 3009 i ISO 4335
- HDLC defineix tres tipus de nodes:
 - Estació primària
 - 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

Tipus de Nodes

- Estació Primària
- Estació Secundària
- Estació Balancejada

Configuració de l'enllaç

- Configuració no balancejada
- Configuració balancejada

Modes de transferència

- Mode de Resposta Normal (NRM)
- Mode Balancejat Asíncron (ABM)
- Mode de resposta Asíncrona (ARM)

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)

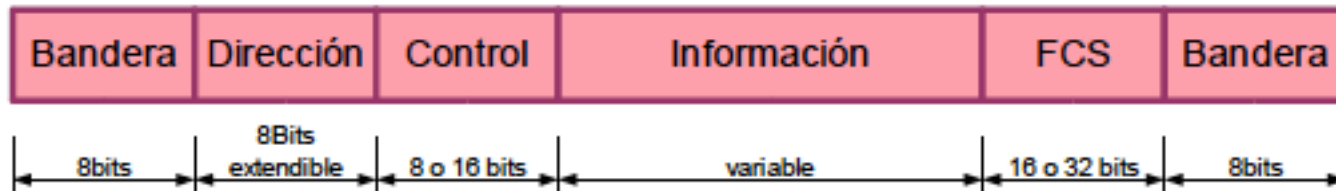
- Mode Balancejat Asíncron (ABM)
 - És el més utilitzat dels tres modes
 - Realitza un us més eficient en connexions punt a punt full-dúplex al no tenir que realitzar preguntes per obtenir entrades
- Mode de resposta asíncrona (ARM)
 - S'utilitza molt poc
 - Només en casos especials quan el secundari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

HDLC(8)

- La trama HDLC està orientada a bit i es compon dels 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:

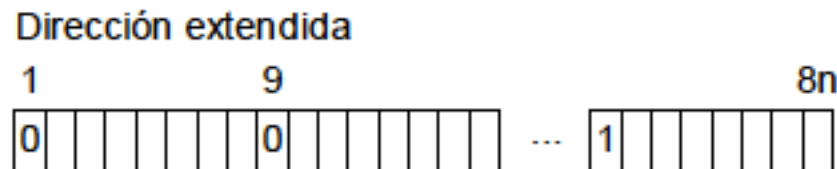


HDLC (9)

- 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

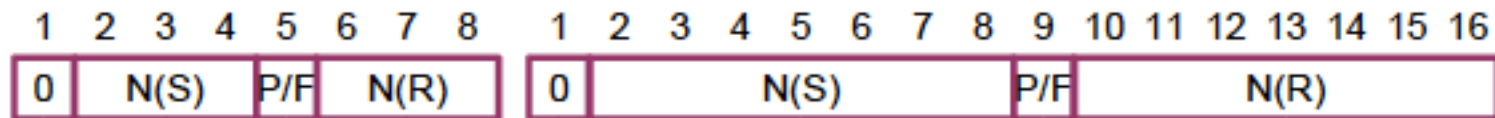
HDLC (11)

- 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



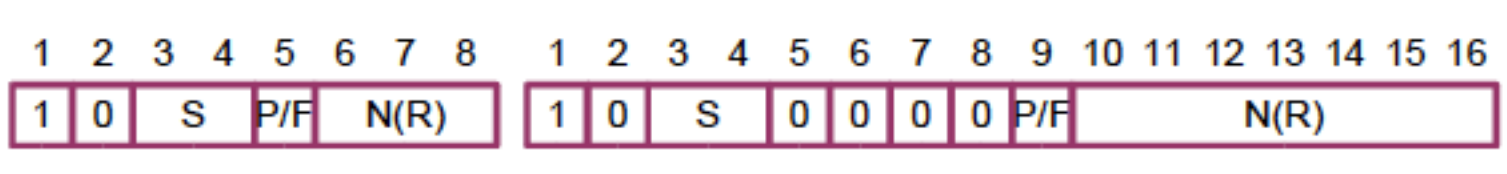
HDLC (12)

- 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

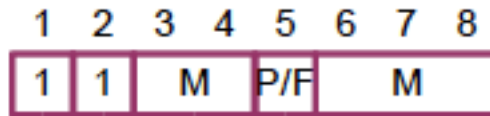


- Receptor Preparat (RR) → ACK i pots enviar
- Receptor No Preparat (RNR) → ACK i no enviis més
- Rebuig Go-Back-N (REJ) → NAK torna a enviar els N missatges anteriors
- Rebuig Selectiu (SREJ) → NAK en trama i

HDLC

- Trama no numerada

- Proporciona funcions de control de l'enllaç addicionals



- Petició mode inicialitz
- Selecció mode inicialització
- Selecció mode resposta normal/mode ampliat → (SNRM/SNRME)
- Selecció mode resposta asíncron/ampliat → (SARM/SARME)
- Selecció mode balancejat asíncron/ampliat → (SABM/SABME)
- Assentiment no numerat → (UA)
- Desconectar (DISC) ...

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)

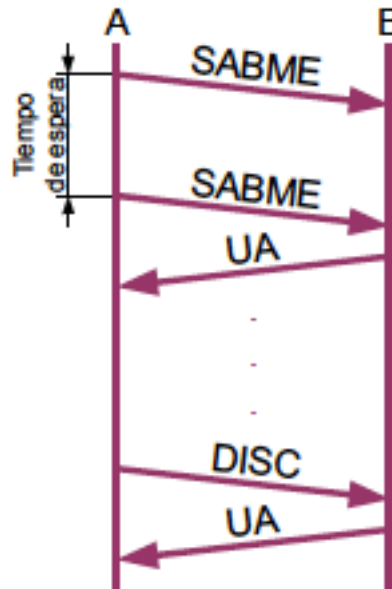
- Desconnexió
 - Qualsevol mòdul pot iniciar la desconnexió, per iniciativa pròpia o per petició d'una capa superior
 - S'inicia la desconnexió amb la comanda DISC
 - La entitat remota ha d'acceptar la desconnexió amb una trama d'assentiment no numerada
 - Les trames I no acceptades es poden perdre.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

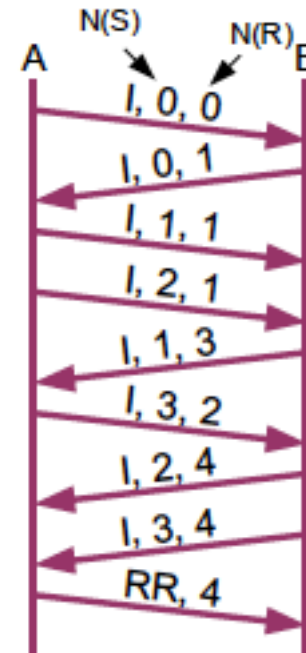
HDLC (23)

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



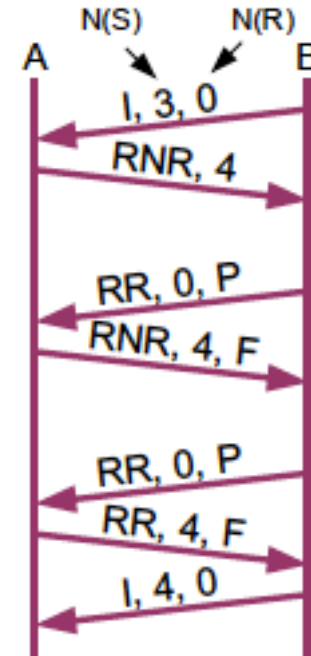
HDLC (24)

- 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



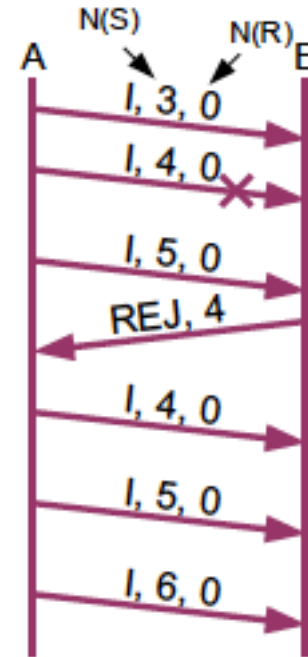
HDLC (25)

- 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



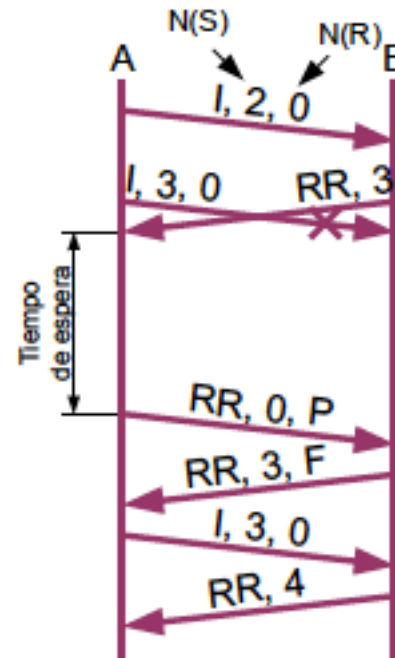
HDLC (26)

- 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)

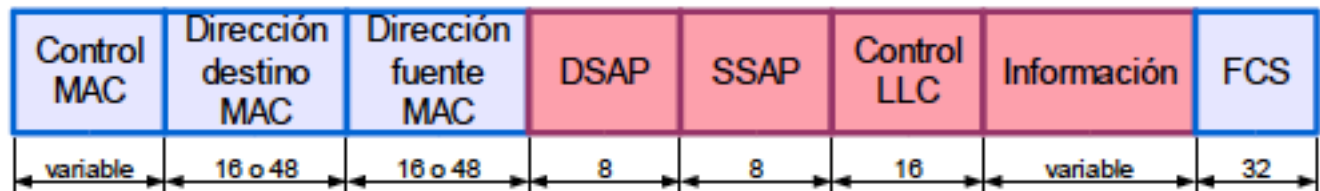
- LAPD sempre utilitza números de seqüència de 7 bits
- El FCS de LAPD és sempre un CRC de 16 bits
- El camp d'adreces és de 16 bits amb dos sub-adreces:
 - Identificar un dels possibles serveis en la banda de l'usuari (veu, dades, veu i dades)
 - Identificar el terminal que els proporciona
- Utilitza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