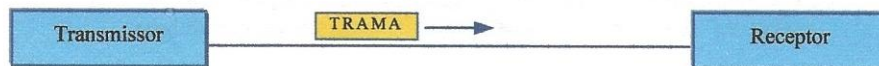


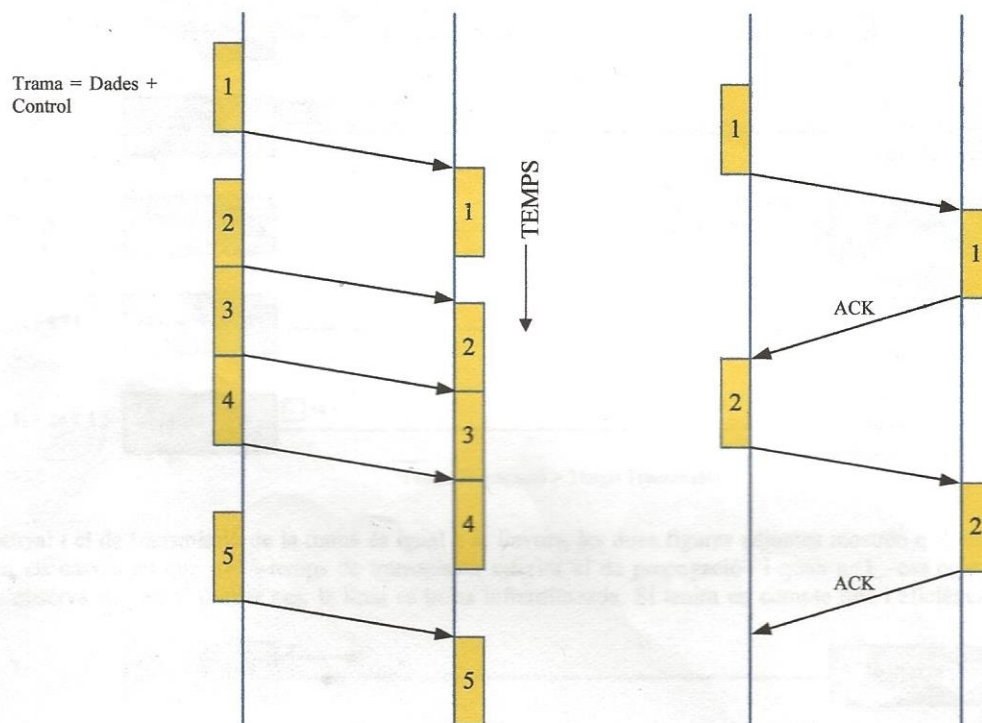
1.- CONTROL DEL FLUX. INTRODUCCIÓ.

En un sistema de comunicacions el **receptor** sol reservar un **buffer temporal** per tal d'**emmagatzemar** les dades que li **arriben** per part del **transmissor** abans de passar-les a un nivell superior. El **control del flux** és una **tècnica** dirigida a **assegurar** que el **transmissor no sobrecarregui** al **receptor**, ja que si no existís aquest control es podria ultrapassar la capacitat del buffer, i perdre alguna de les dades transmeses.

La figura mostra l'enllaç de dades entre un dispositiu transmissor i un de receptor, sistemes que es transmeten informació que podem considerar formada per un conjunt de trames que contenen tant les



dades a transmetre com elements de control. La segona figura presenta un model per a representar la transmissió, en el que es pot observar la distribució en el temps de les trames emeses i de les rebudes. Momentàniament, es considera que no hi ha errors en la transmissió.

**2.- CONTROL DE FLUX PER ATURADA I ESPERA.**

Aquest sistema de control, representat en la part dreta de la figura anterior opera en la forma següent:

- ☐ l'emissor transmet una trama i espera
- ☐ el receptor rep la trama
- ☐ el receptor indica al transmissor que vol una altra trama enviant confirmació respecte la dada rebuda
- ☐ l'emissor transmet la següent trama

El sistema presenta les següents característiques:

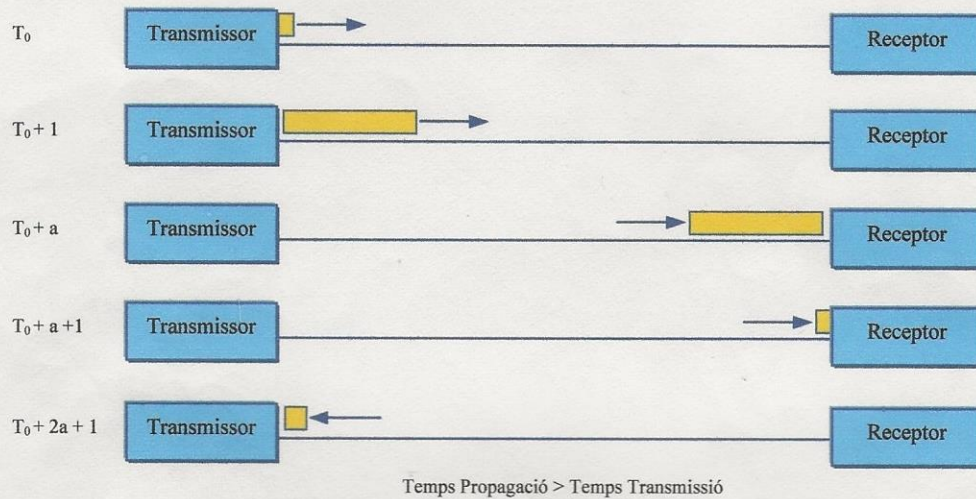
- ☒ circula una única trama per l'enllaç;

- ☑ el receptor pot controlar el flux tot retenint les confirmacions;
- ☑ presenta un bon rendiment quan s'envia un nombre reduït de trames de grandària elevada;
- ☑ en canvi, és ineficient quan la longitud de l'enllaç és superior a la de la trama.

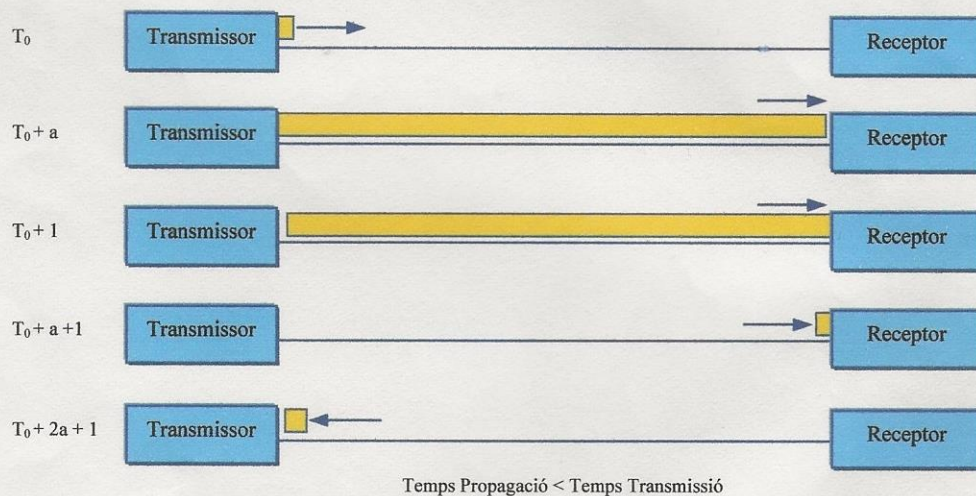
Ara bé, normalment l'emissor especeja el bloc de dades a transmetre en trames de tamany inferior al bloc per distints motius entre els que podem anomenar:

- ☑ buffer del receptor limitat;
- ☑ com més llarga és una transmissió, més alta és la probabilitat d'error i, cas de produir-se en aquest sistema, caldria enviar novament totes les dades;
- ☑ evitar en LAN's que una estació mantingui ocupat el mitjà molta estona.

Per tal de arribar a algunes conclusions respecte a aquest sistema de control, considerem que el temps de transmissió d'una trama és la unitat $-1-$, mentre la relació entre el temps de propagació d'un



senyal i el de transmissió de la trama és igual a a ; llavors, les dues figures adjuntes mostren què succeeix en els cassos en que $a > 1$ –temps de transmissió inferior al de propagació– i quan $a < 1$ –cas contrari–. S'observa que en el primer cas, la línia es troba infrautilitzada. Si tenim en compte que l'eficiència del



canal podem mesurar-la per a aquest sistema de control a través de la relació $1/1+2a$, i suposem els següents cassos:

- a) WAN amb enllaç per fibra òptica i distància de milers de quilòmetres, emprant ATM amb una longitud de trama de 424 bit i velocitat de 155,52 Mbps, obtenim:

$$T.\text{TRANSMISSIÓ: } 424 \text{ bit} / 155,52 \text{ Mbps} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ segons}$$

$$T.\text{PROPAGACIÓ: } 10^6 \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 0,33 \cdot 10^{-2} \text{ segons}$$

Amb la qual cosa:

$$a = \frac{0,33 \cdot 10^{-2} \text{ segons}}{2,7 \cdot 10^{-6} \text{ segons}} = 1222,22$$

$$\text{Eficiència} = \frac{1}{1 + 2444,44} = 0,0004089$$

- b) LAN amb enllaç per parell trenat i distància entre 100 metres i 10 quilòmetres, amb una longitud de trama de 1000 bit i velocitat de 10 Mbps, es demostra que $0,005 < a < 0,5$, tenint per tant una eficiència entre 0,5 i 0,99;

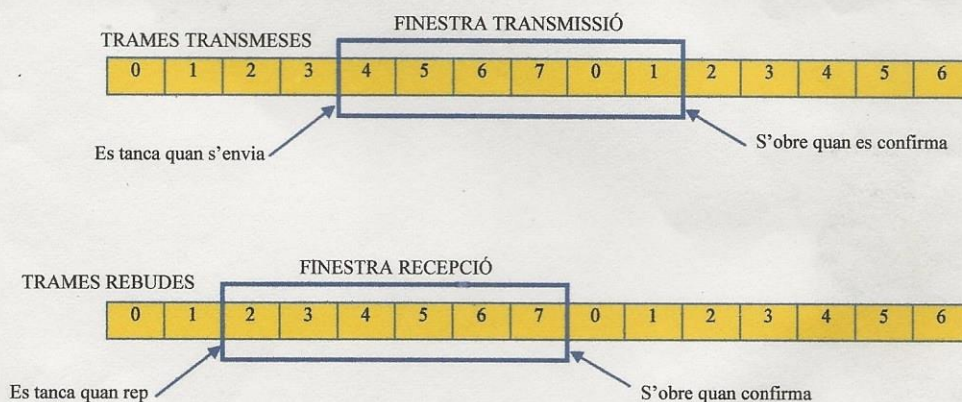
acabem deduint que en enllaços a gran distància i quan la velocitat és elevada la línia es utilitzada de forma ineficient, per la qual cosa és convenient l'ús d'un altre sistema de control.

3.- CONTROL DE FLUX PER FINESTRA LLISCANT.

Aquest sistema de control, anomenat **sliding window** en anglès, es basa en fer transitar per l'enllaç varies trames a l'hora d'acord amb els següents principis:

- ☐ el **receptor** disposa de la **memòria** suficient per **emmagatzemar n** trames, per la qual cosa pot **acceptar-les**;
- ☐ el **transmissor** en pot **enviar n sense confirmació**;
- ☐ per tal de saber quines **trames** es confirmen, cadascuna s'**etiqueta** amb un **nombre seqüencial**;
- ☐ el **receptor confirma** una **trama** enviant un senyal de **confirmació** que **inclou el número de la següent trama que espera rebre**;
- ☐ aquest fet li **indica** també al **transmissor** que el **receptor** està **preparat per rebre més trames**

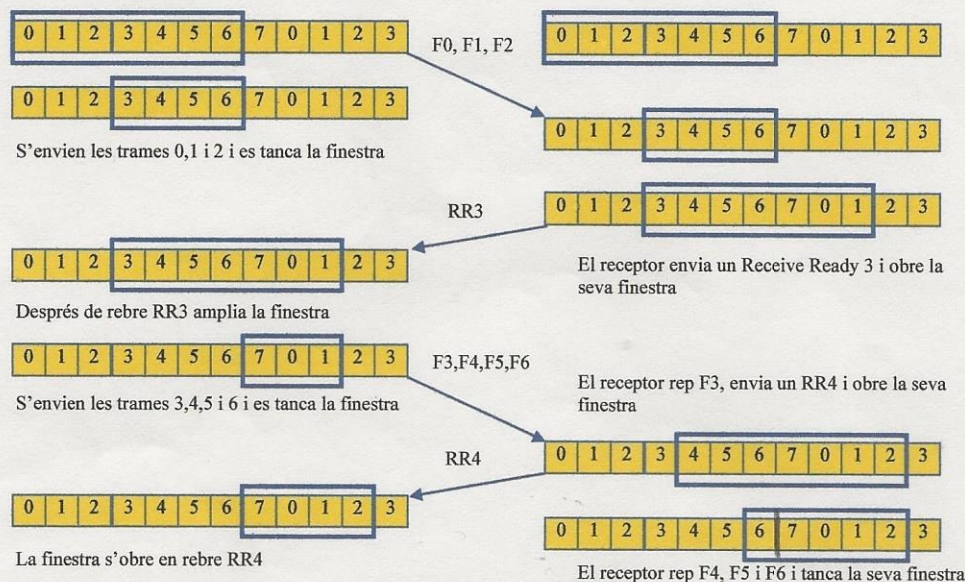
Per tal de poder controlar el flux d'informació, el transmissor manté una llista amb totes les trames que pot transmetre, mentre que el receptor fa el mateix amb els números de les trames que espera rebre.



Aquestes dues llistes s'anomenen finestres de trames i, conforme es va transmetent i rebent, aquestes llistes canvien de lloc i de tamany. D'aquí el nom del sistema, que es representa en la figura adjunta. Si

s'utilitzen $k-3$ en aquest cas— bit per a marcar el número de la trama, les trames es numeren en mòdul 2^k i els números usats van des del 0 a 2^k-1 .

Com a exemple de funcionament del sistema considerem el de la figura adjunta amb $k=3$ i una longitud màxima de finestra igual a 7 trames.



A més a més de tot el que s'ha esmentat en paràgrafs anteriors, cal tenir en compte per el control per finestra lliscant el següent:

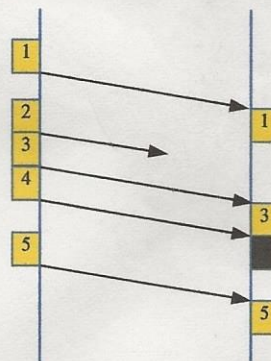
- ☑ els protocols que utilitzen aquest mètode permeten que una estació pugui tallar la transmissió enviant un Receive Not Ready –RNR–, mitjançant el qual es confirmen trames anteriors i s'indica al transmissor que no continuï la transmissió –així RNR5 indica que s'ha rebut bé fins la trama 4, i que es vol suspendre momentàniament la comunicació–;
- ☑ per a desbloquejar la transmissió s'envia un Receive Ready;
- ☑ quan es treballa en full-duplex, cada estació ha de mantenir dues finestres –una per a la recepció i una altra per a la transmissió–. Per a confirmar, quan s'envia, les dades rebudes es sol incorporar en cada trama un camp adicional de confirmació.

4.- CONTROL D'ERRORS. INTRODUCCIÓ.

El control d'errors tracta de com **detectar** i **corregir** els **errors** que apareixen en la **transmissió** de les **trames**. En principi, i tal com mostra la figura adjunta, els errors són de **dos tipus**: els que podem associar a **trames que es perden**, és a dir, aquelles que no arriben al receptor –trama 2 en la figura–; i els causats per les **trames danyades**, que són aquelles que no arriben al receptor tal com les ha enviat el transmissor –trama 4–.

Les **tècniques emprades** en el control d'errors estan relacionades amb el següents conceptes:

- ☐ com **detectar l'error**, aspecte que ja s'ha estudiat: paritat, BCC, CRC,...;
- ☐ **confirmació positiva** per part del receptor de la informació rebuda;
- ☐ **retransmissió** per part del transmissor de les **trames** no confirmades **després** d'exhaurir-se un determinat **temps**



d'espera;

- ❑ **confirmació negativa** per la banda del receptor i **posterior retransmissió** de la informació emesa.

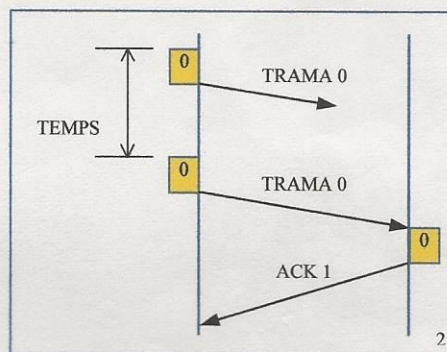
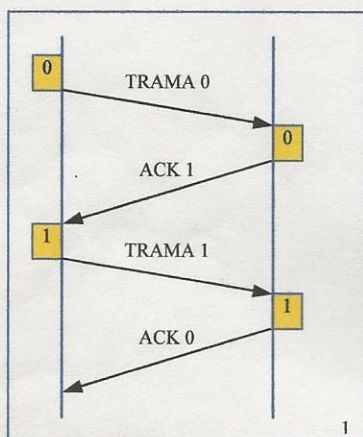
Aquestes tècniques s'identifiquen normalment mitjançant el mnemònic **ARQ –Automatic Repeat Request–**, és a dir, **Requeriment de Repetició Automàtic**, i n'existeixen tres variants normalitzats:

- ◆ ARQ amb aturada i espera
- ◆ ARQ avant-endarrera-N
- ◆ ARQ amb rebuig selectiu

5.- ARQ AMB ATURADA I ESPERA.

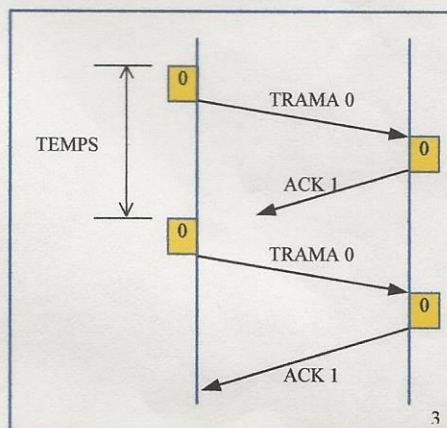
Aquest sistema, relacionat amb el de control de flux anomenada també d'aturada i espera, s'explica en els gràfics adjunts i es basa en el següent:

- ❑ l'emissor transmet una trama i espera rebre l'avis de recepció;
- ❑ mentrestant, **posa en marxa un control de temps**;
- ❑ el receptor rep la trama i **indica al transmissor que en vol una altra trama enviant confirmació** respecte la dada rebuda
- ❑ l'emissor transmet, llavors la següent trama



Si l'error que es produeix és de trama perduda o de trama amb danys, cas 2 en la figura:

- ❑ quan hi ha danys, el receptor ho detecta, descarta la trama i no envia, per tant, confirmació;
- ❑ en ambdòs cassos, en no rebre confirmació, el transmissor, quan s'ha exhaurit el temps, torna a reenviar la trama



Si l'error afecta al senyal de confirmació, perquè aquest no arriba o bé es deteriora –cas 3 de la figura–; en passar el temps, el transmissor reenviarà la trama i el receptor obtindria aquesta per duplicat. Per tal d'evitar això:

- ❑ les trames es numeren alternativament amb els números 0 i 1;
- ❑ les confirmacions es designen alternativament com ACK0 i ACK1, de forma que ACK1 confirma la recepció de 0, és a dir, demana la trama 1, i ACK0 confirma la recepció de la trama 1 –indica que vol la trama zero–.

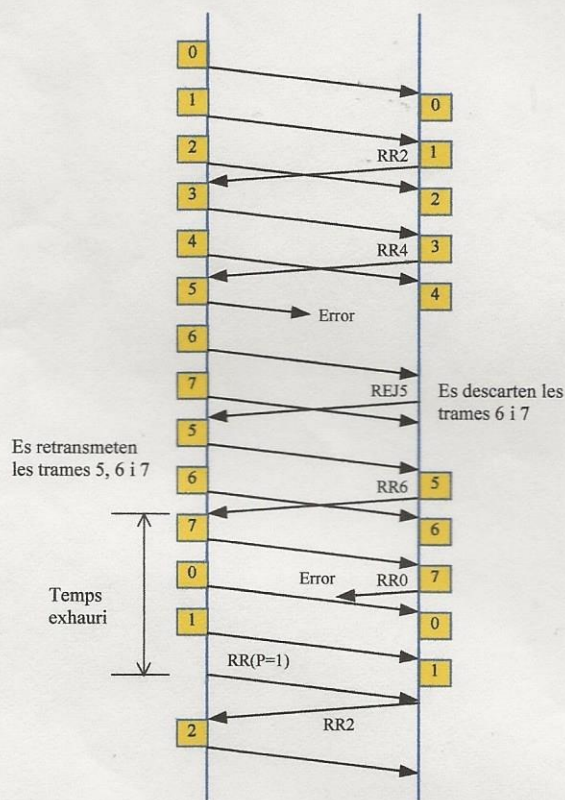
6.- ARQ AVANT-ENDARRERA-N.

Aquest sistema, utilitza el control de flux per finestra lliscant i es basa en el següent:

- ❑ si **no hi ha errors**, el **receptor** va enviant **RR** –Receive Ready– o bé **RNR** –Receive Not Ready– per tal de **controlar el flux**;
- ❑ si es **detecta algún error** de trama, el **receptor** envia un **REJ** –Reject–;
- ❑ el **receptor** descarta la **trama errònia** i les que la segueixen **fins que torna a rebre correctament la trama malmesa**;
- ❑ és a dir, **quan l'emissor rep un REJ**, ha de **retransmetre la trama errònia** i les que ha transmés posteriorment.

Veurem tot seguit com reacciona el sistema davant d'una sèrie d'anomalies –figura adjunta–. En el cas d'una trama que arriba al receptor deteriorada:

- ❑ si el transmissor emet T_i , i el receptor hi detecta un error havent rebut previament T_{i-1} en forma correcta, el receptor envia un **REJ_i**;
- ❑ el transmissor ha de tornar a retransmetre T_i i les que havia emés posteriorment.



si el que succeeix és que una trama – T_i – és perd:

- ❑ el transmissor envia en principi la trama següent T_{i+1} ;
- ❑ encara que el receptor rep aquesta trama, com no l'espera i no ha rebut T_i , envia un **REJ_i**;
- ❑ per tant, el transmissor ha de tornar a retransmetre T_i i les posteriors ja enviades.

Els dos cassos anteriors es tipifiquen en la figura mitjançant la trama 5. El receptor envia un **REJ5** i el transmissor retransmet les trames 5, 6 i 7.

En el cas de que una trama – T_i – és perdí, però el transmissor no n'envia d'adicionals:

- ☐ com el receptor no rep res, no envia ni el **RR** ni el **REJ**;
- ☐ per la qual cosa el temporitzador de control indica al transmissor que transmeti una trama especial **RR** amb un determinat bit igual a 1 **RR(P=1)**;
- ☐ el receptor respon a aquest fet amb un **RRi**, amb la qual cosa el transmissor retransmet la trama T_i .

Quan qui es deteriora és una resposta del receptor, per exemple un **RRi**:

- ☐ si es rep, posteriorment, la trama que havia demanat – T_i –, respon amb un **RRi+1**, amb la qual cosa, si aquest senyal arriba al transmissor abans no s'exhaureixi el seu temps de control, el problema en realitat s'ha arranjat sol;
- ☐ ara bé, si s'esgota el temps, el transmissor emet un **RR(P=1)** i reinicia el temporitzador;
- ☐ si el problema persisteix i és esgotat novament el temps, es torna a enviar un altre **RR(P=1)**;
- ☐ això es repeteix un determinat número de vegades i, cas de no haver-hi resposta, el transmissor comença un anomenat procés de reinicialització.

Si qui es deteriora és un **REJi**, com el transmissor no rep res reacciona tal com hem esmentat anteriorment:

- ☐ transmet un **RR(P=1)**;
- ☐ el receptor respon a aquest fet amb un **RRi**, amb la qual cosa el transmissor retransmet la trama T_i .

Part de la resposta del sistema a aquests tres darrers fets s'explica en la figura a través del que li passa a la segona de les trames amb número de seqüència 7:

7.- ARQ AMB REBUIG SELECTIU.

Aquest és un sistema que usa, igual que l'anterior, el control de flux per finestra lliscant. Ara bé, és un sistema més complicat i fa servir un ample de finestra inferior 2^{k-1} en aquest cas, 2^k-1 per l'ARQ avant-endarrera-N, essent k és el número de bits que s'empra per a numerar les trames.

El sistema, que s'anomena de rebuig selectiu perquè només es retransmeten les trames expressament rebutjades mitjançant un **SREJ** i aquelles per a les que s'exhaureix el temps de control, presenta les següents característiques:

- ☒ és més eficient que l'anterior en reduir el nombre de retransmissions;
- ☒ cal que el receptor reservi un buffer suficientment gran per tal d'emmagatzemar les trames rebudes després d'un **SREJ** fins que la trama es retransmet i, a més a més, ha de poder insertar-la en la posició correcta;
- ☒ també el transmissor ha de ser capaç d'enviar trames desordenades.

8.- EL CONTROL HDLC –CONTROL D'ENLLAÇ DE DADES D'ALT NIVELL–.

El protocol **HDLC –High Data Level Control–** és el més important a nivell d'enllaç de dades i està recollit en les normes ISO 3309 i ISO 4335. Defineix tres tipus d'estacions:

- ☐ **Primària**, que és qui té la responsabilitat de controlar el funcionament de l'enllaç. Les trames que genera s'anomenen **ordres**.
- ☐ **Secundària**, funciona dependent de la primària i genera trames anomenades **respostes**. Per a cada estació d'aquest tipus, l'estació primària estableix un enllaç lògic independent.
- ☐ **Combinades**, que són una mescla de les anteriors.

A més a més, es defineixen, també, dues configuracions d'enllaç:

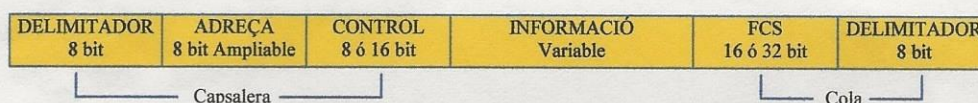
- ☐ **No balancejada**, amb una estació primària i vàries de secundàries amb transmissió half-duplex o full-duplex
- ☐ **Balancejada**, amb dues estacions combinades en transmissió half-duplex o full-duplex.

i tres modes de transferència:

- ☐ **NRM –Normal Response Mode-**, que usa configuració no balancejada. L'estació primària inicia la transferència, i la secundària només respón.
- ☐ **ABM –Asynchronous Balanced Mode-**, balancejada i en el qual qualsevol estació pot iniciar la comunicació sense tenir permís de cap altra.
- ☐ **ARM –Asynchronous Response Mode-**, amb configuració no balancejada en la que una estació secundària pot iniciar el diàleg sense el permís de la primària, però en el que aquesta continua tenint-ne el control.

El primer d'aquests modes s'utilitza en línies multipunt en que el mestre sondeja els distints terminals i, també, en algunes connexions punt a punt. ABM és el mode més emprat en connexions punt a punt en no necessitar-se el sondeig, mentre ARM gairebé no s'utilitza.

HDLC fa servir la transmissió síncrona mitjançant trames d'un format molt senzill, ja que aquest consta de la típica parella DADES+CONTROL.



La figura mostra els distints camps de la trama:

- ☐ el **delimitador** està format per la combinació **01111110**. Com tots els receptors intenten detectar aquesta seqüència, o bé per a sincronitzar-se, o bé per a detectar el final de la trama, si en algun altre lloc del missatge es detecten cinc 1 seguits, l'emissor inserta un 0 per tal d'evitar la confusió amb la seqüència delimitadora.
- ☐ l'**adreça** serveix per a identificar l'estació secundària destí o origen de les dades, no essent necessària en les comunicacions punt a punt, encara que també s'hi inclou. Normalment és de 8 bit, encara que és ampliable en múltiples de vuit. El menys significatiu és un 1 o un 0 segons el byte sigui el darrer o no del camp d'adreces. Els altres set bits formen la direcció. La combinació **11111111** s'usa per a indicar que un missatge s'adreça a totes les estacions.



- ☐ HDLC utilitza tres tipus de trama, cadascuna amb un format distint en el **camp de control**. Les trames d'informació –trames-I– porten la dades generades per l'usuari i adicionalment la informació referent als controls de flux i d'errors. El format de control és el indicat en la figura de la pàgina següent. Les trames de supervisió –trames-S– porten les confirmacions quan no és possible incorporar-les a la trama d'informació, mentre les trames no numerades –trames-U– proporcionen funcions de control suplementàries. Les trames I i S poden emprar un camp de control ampliat amb número de seqüència de 7 bits.

INFORMACIÓ	0	N(S)	P/F	N(R)	N(S)	Núm.sequència enviada
SUPERVISIÓ	1	S	P/F	N(R)	N(R)	Núm.sequència rebuda
NO NUMERADA	1	M	P/F	M	S	Bits trames supervisió
					M	Bits trames no numerades
					P/F	Bit de sondeig/final –poll/final–

- ☐ el **camp d'informació** només està present en les trames-I i en algunes U; pot contenir qualsevol seqüència de bits, però sempre en múltiple de 8. La longitud és variable i el valor màxim depèn de la definició del sistema en particular.
- ☐ el **FCS** es calcula a partir dels bits de la trama excloent-hi els delimitadors, emprant normalment CRC-CCITT 16 i a vegades CRC-CCITT 32.

Com funciona HDLC?

HDLC intercanvia trames I, S i N entre dues estacions. La comunicació s'efectua en tres fases:

- ◆ **Inici**, moment en el qual s'acorda com es realitzarà l'intercanvi
- ◆ **Transferència de dades**
- ◆ **Desconnexió**

- ☒ **Inici**: qualsevol estació pot iniciar la comunicació generant alguna de les ordres previstes per a fixar la forma. En aquest procés,

- s'avis a l'altra estació
- es fixa el mode: NRM, ABM o ARM
- s'indica el número de bits que s'emprarà en la numeració de la seqüència: 3 ó 7.

Si l'altre extrem accepta ho comunica mitjançant una trama no numerada –UA–. Si ho rebutja, envia un **DM**.

- ☒ **Transferència de dades**: els interlocutors s'envien trames-I començant per la seqüència 0 i numerant les trames en mòdul 8 –3 bit– ó 128 –7 bit–. En aquest procés,

- els conjunts de bits **N(S)** i **N(R)** –confirmació de trames rebudes– del camp de control serveixen per a controlar el flux i els errors;
- en aquest control s'usen, quan cal, trames S:
 - **RR**: confirmació
 - **RNR**, confirmació i suspensió momentània
 - **REJ**, rebuig en control avant-enrera-N
 - **SREJ**, rebuig selectiu

- ☒ **Desconnexió**: qualsevol estació pot iniciar la desconnexió transmetent una trama **DISC**. Si l'altre extrem ho accepta respon amb una trama **UA**.

Les dues figures de la pàgina següent mostren els comandaments emprats en HDLC, així com el funcionament del protocol en distints casos:

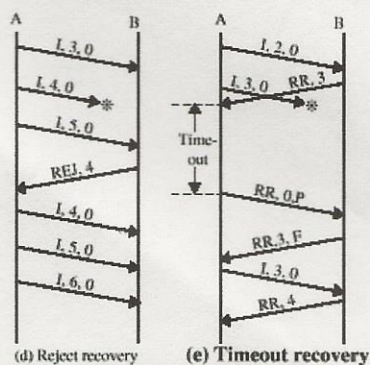
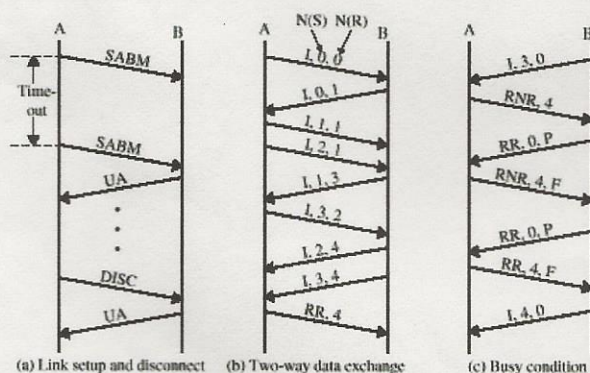
- ◆ Connexió i desconnexió
- ◆ intercanvi de dades
- ◆ terminal ocupat
- ◆ trama rebutjada i posterior recuperació
- ◆ temps de confirmació exhaurit

9.- EL CONTROL DE L'ENLLAÇ LÒGIC LLC –LOGICAL LINK CONTROL–

Aquest protocol forma part dels estàndards IEEE-802 emprats en xarxes d'àrea local –Ethernet–. Està basat en HDLC, però no utilitza totes les seves característiques i n'incorpora algunes de noves. En

HDLC Commands and Responses

Name	Command/ Response	Description
Information (I)	C/R	Exchange user data
Supervisory (S)		
Receive ready (RR)	C/R	Positive acknowledgment; ready to receive I-frame
Receive not ready (RNR)	C/R	Positive acknowledgment; not ready to receive
Reject (REJ)	C/R	Negative acknowledgment; go back N
Selective reject (SREJ)	C/R	Negative acknowledgment; selective reject
Unnumbered (U)		
Set normal response/extended mode (SNRM/SNRMIE)	C	Set mode; extended = 7-bit sequence numbers
Set asynchronous response/extended mode (SARM/SARMIE)	C	Set mode; extended = 7-bit sequence numbers
Set asynchronous balanced/extended mode (SABM, SABMIE)	C	Set mode; extended = 7-bit sequence numbers
Set initialization mode (SIM)	C	Initialize link control functions in addressed station
Disconnect (DISC)	C	Terminate logical link connection
Unnumbered Acknowledgment (UA)	R	Acknowledge acceptance of one of the set-mode commands
Disconnected mode (DM)	C	Terminate logical link connection
Request disconnect (RD)	R	Request for DISC command
Request initialization mode (RIM)	R	Initialization needed; request for SIM command
Unnumbered information (UI)	C/R	Used to exchange control information
Unnumbered poll (UP)	C	Used to solicit control information
Reset (RSET)	C	Used for recovery; resets N(R), N(S)
Exchange identification (XID)	C/R	Used to request/report status
Test (TEST)	C/R	Exchange identical information fields for testing
Frame reject (FRMR)	R	Reports receipt of unacceptable frame



aquest protocol, les funcions de control es divideixen i s'assignen a uns ents que s'anomenen capes. En concret, se'n contemplen dues: la capa d'accés al mitjà –MAC, Medium access control– i la que és

pròpiament LLC. Aquesta última funciona per sobre de MAC i utilitza els seus serveis. En la figura, que mostra l'estructura d'una trama, es pot observar la feina de les dues capes: MAC encapsula la informació que li passa LLC, afegint-hi una capsalera –adreces origen i destí en la xarxa, i un camp de control–; i una cua amb el FCS que permet efectuar el control d'errors. Per altra banda, LLC té cura d'identificar qui és

CONTROL MAC Variable	ADREÇA DESTÍ MAC 16 ó 48 bit	ADREÇA ORIGEN MAC 16 ó 48 bit	Punt Accés Servei Destí DSAP 8 bit	Punt Accés Servei Origen SSAP 8 bit	CONTROL LLC 8 ó 16 bit	INFORMACIÓ Variable	FCS 32 bit
----------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	--	---	------------------------------	------------------------	---------------

l'interlocutor en l'estació origen –SSAP, **Source Service Access Point**–, qui ho és en l'estació destí –DSAP, **Destination Service Access Point**–, i disposa d'un camp de control per tal d'identificar les distintes trames. Aquest camp té la mateixa estructura que en HDLC, però els números de seqüència estan limitats a 7 bits.

LLC ofereix a capes superiors tres tipus de serveis:

- ☐ **Mode Connexió**, es el mateix que ABM en HDLC, amb control de flux i d'errors.
- ☐ **No orientat a Connexió sense Confirmació**, orientat a datagrama i sense control de flux i d'errors, per la qual cosa no garanteix una transmissió segura.
- ☐ **No orientat a Connexió amb Confirmació**, barreja dels anteriors.