

TEMA3. CONTROL DEL ENLACE DE DATOS: Índice

1. Introducción.

2. Direccionamiento.

- a. Implícito.
- b. Maestro-Esclavo.
- c. Multidifusión.

3. Control de Flujo

- a. Parada y Espera
- b. Ventana deslizante
- c. Sincronización

4. Control de Errores.

- a. Detección.
- b. Paridad.
- c. Checksum.
- d. CRC.

5. Análisis de Rendimiento.

- a. Parada y Espera
- b. Ventana deslizante.
- c. Fibra óptica.
- d. Radio

Control del Enlace de Datos



Es una capa lógica adicional sobre el nivel físico para controlar y gestionar el intercambio de información.

Objetivos:

- Sincronización de la trama.
- Control del flujo.
- Direccionamiento
- Datos y control sobre el mismo enlace.
- Gestión del enlace.

Protocolos Sencillos



Para la transmisión de datos entre DTE y DCE por ejemplo solo son necesarios protocolos muy simples. Podemos encontrar los siguientes:

- **Protocolos orientados a carácter:** Se emplean códigos de 8 bits para el control del enlace.
- **Protocolos orientados a bit:** Se emplean códigos especiales como secuencias de bits determinadas denominadas “*Flag*”.

En estos protocolos se hace necesaria la “transparencia” del código, que es un acuerdo entre emisor y receptor para diferenciar los códigos de control de los propios datos a transmitir.

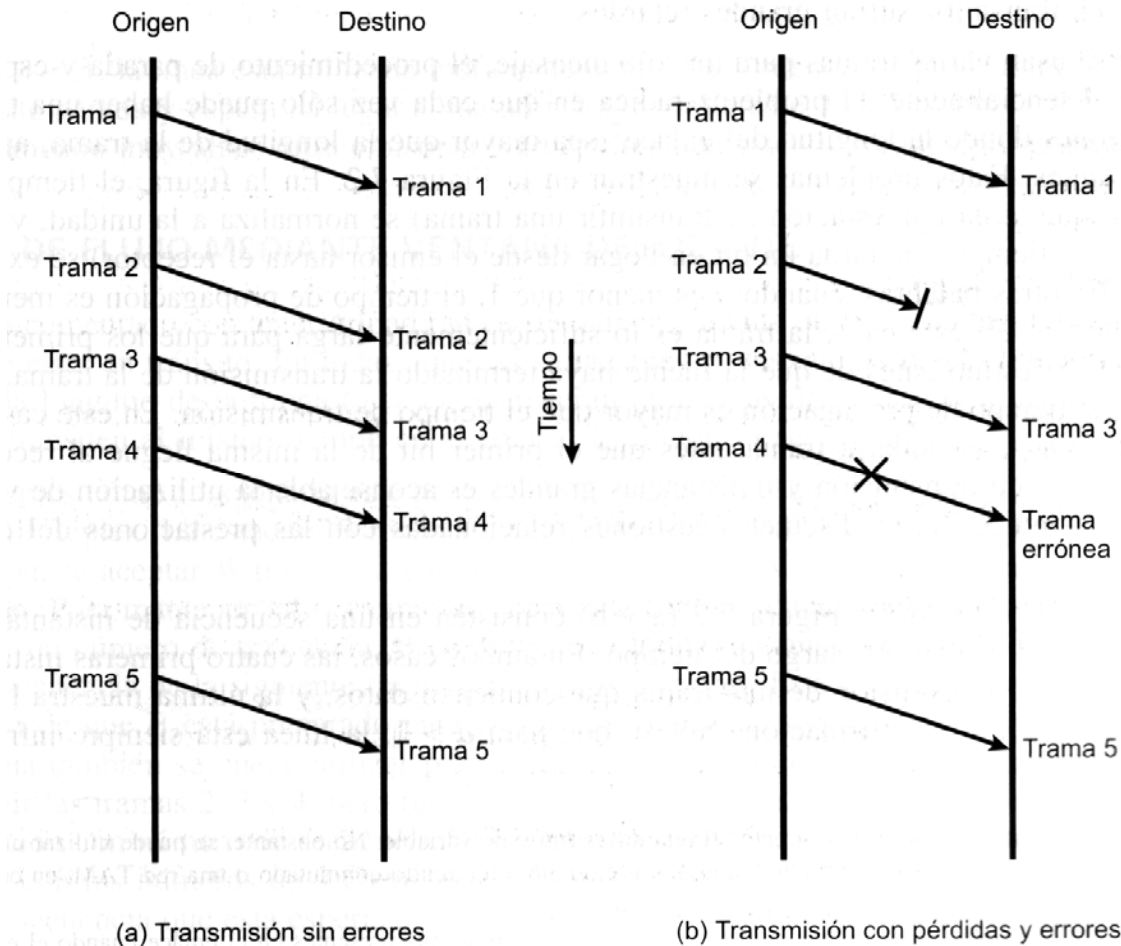
Direccionamiento



El direccionamiento permite identificar el origen y el destino del enlace. Podemos encontrar los siguientes:

- **Direccionamiento implícito:** en conexiones punto a punto se sabe quien es el origen y quien el destino.
- **Direccionamiento por preselección:** uno de los nodos actúa como controlador y preselecciona el origen y destino. Ej. IEEE-488.
- **Direccionamiento maestro-esclavo:** se emplea en muchos sistemas industriales.
- **Direccionamiento Multidifusión:** Se envían tramas dirigidas a varios nodos: *multicast*, varios nodos, *broadcast*, todos los nodos.

Control del Flujo. Introducción.



Problemas:

- *Tramas perdidas.*
- *Tramas duplicadas.*
- *Tramas fuera de secuencia.*

Control de flujo. Introducción.

Tipos de errores:

- Tramas perdidas
- Tramas dañadas

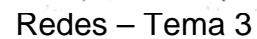
Técnicas más usuales de control (ARQ – Automatic repeat request – Solicitud de repetición automática):

- Detección de errores
- Confirmaciones positivas
- Retransmisión después de la expiración de un intervalo
- Confirmación negativa y retransmisión

Variantes del ARQ normalizadas:

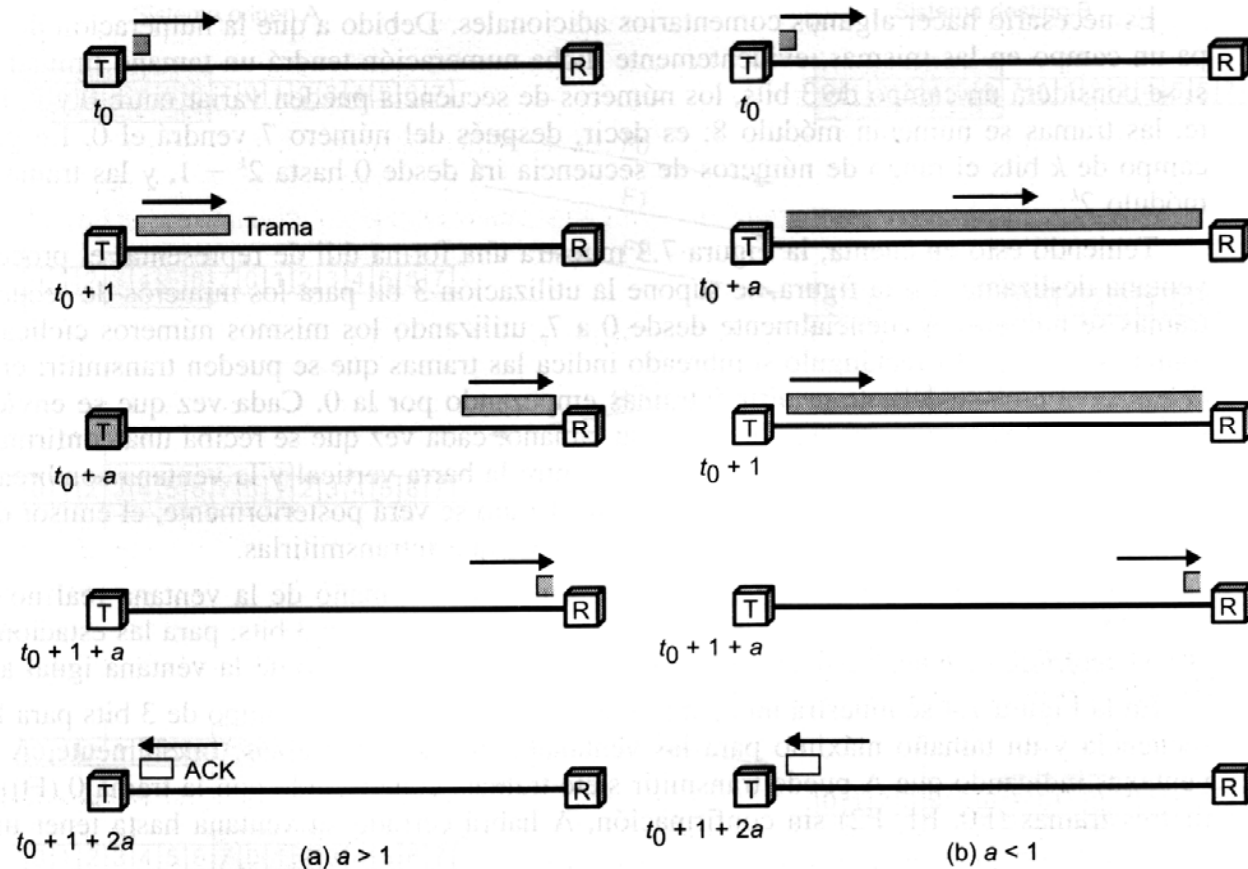
- ARQ con parada y espera
- ARQ con adelante atrás N
- ARQ con rechazo selectivo

ARQ con parada y espera



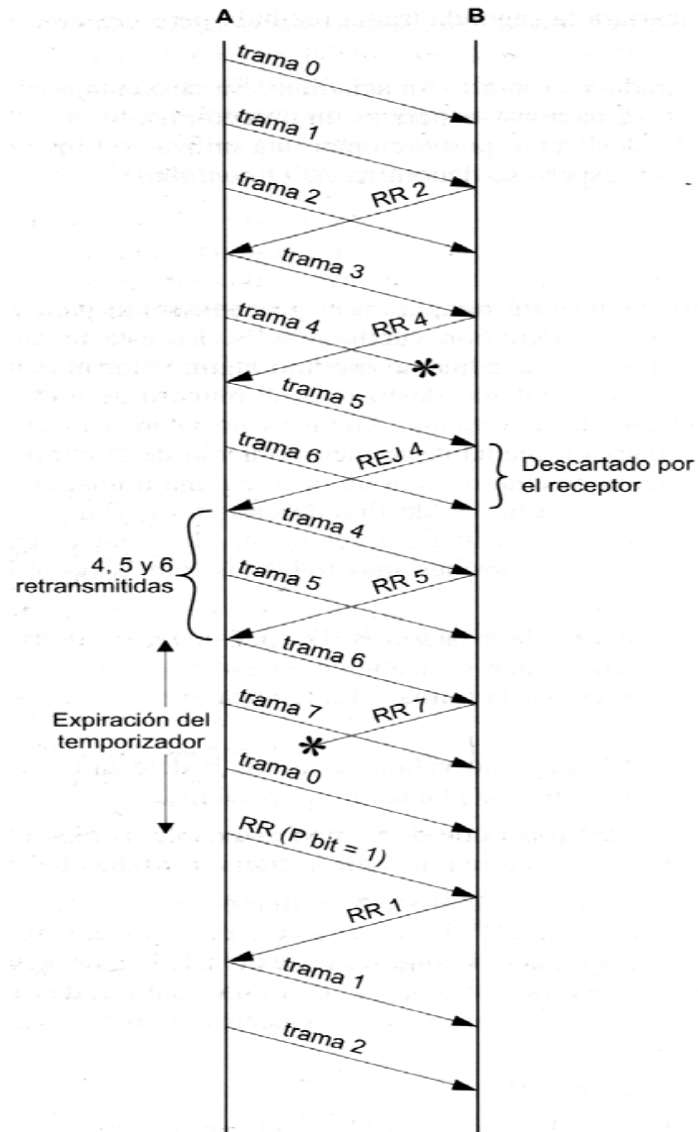
Protocolo de Parada y Espera (II)

Utilización del enlace mediante parada y espera (tiempo de transmisión=1;
tiempo de propagación= a).



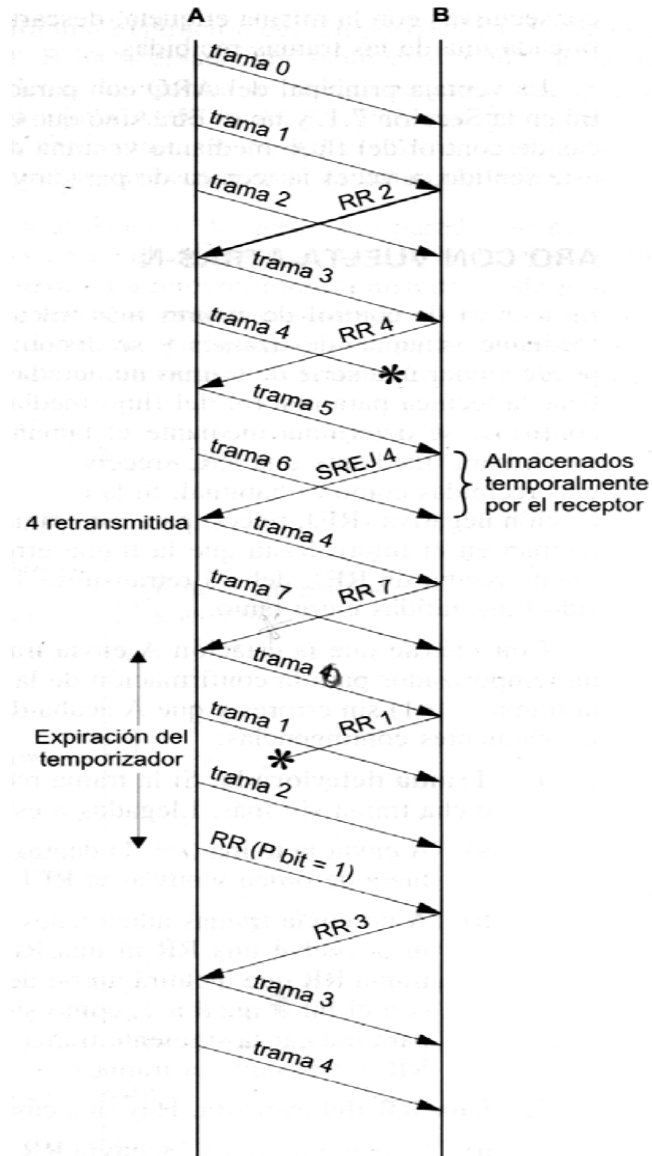
Acuse de Recibo negativo. Go-back n.

ARQ con adelanta-
atrás-N

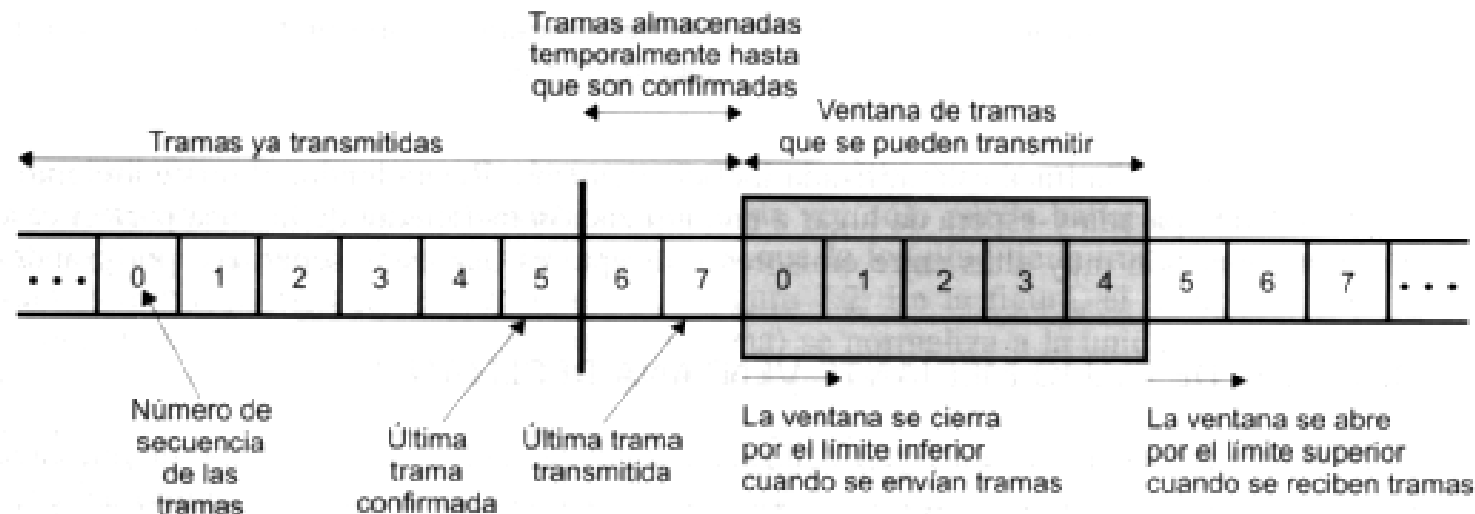


Repetición Selectiva

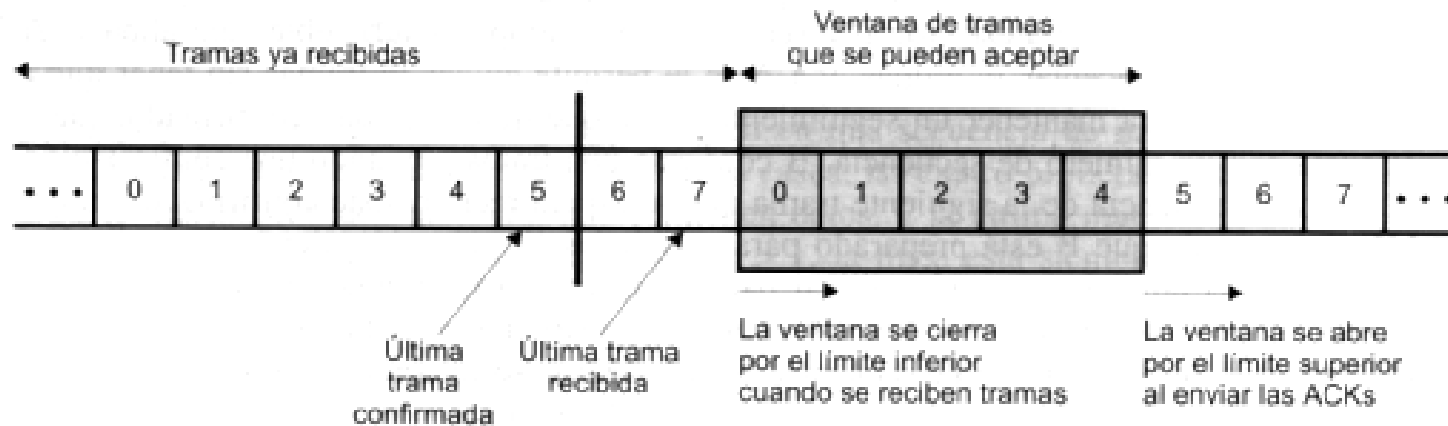
ARQ con rechazo selectivo



Control de flujo mediante ventana deslizante

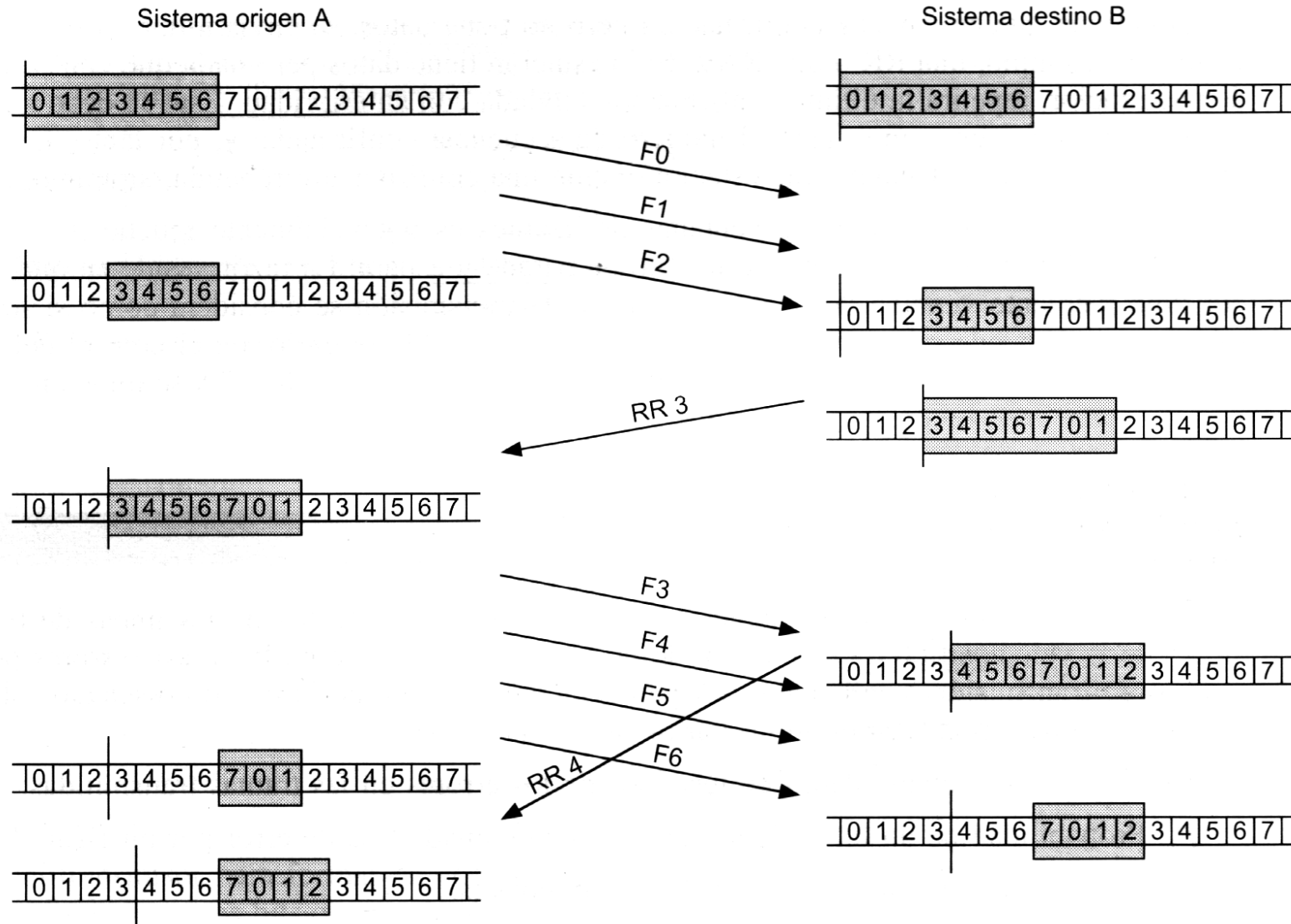


(a) Desde el punto de vista del transmisor

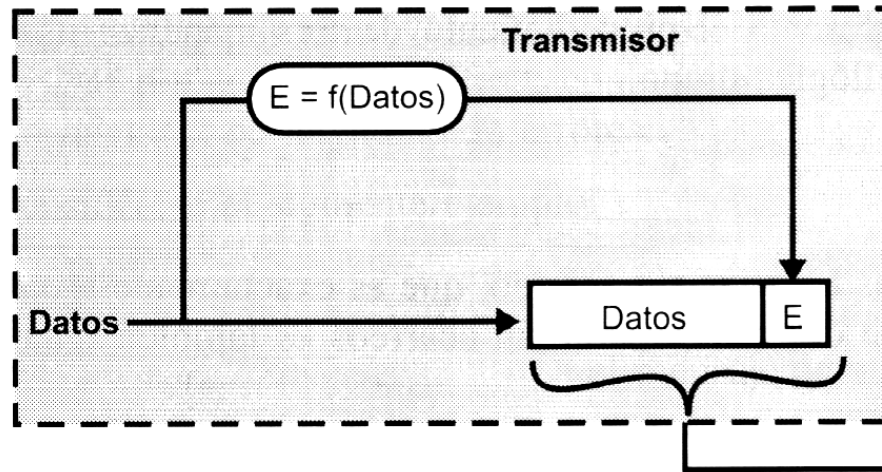


(b) Punto de vista del receptor

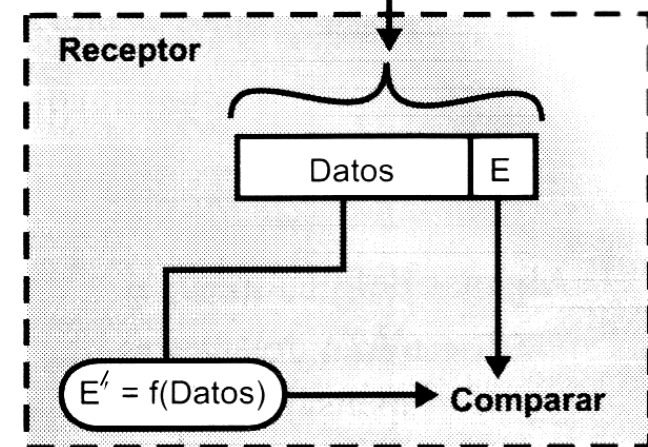
Control del flujo mediante ventana deslizante



Control de errores



E, E' = códigos de detección de errores
 f = función código de detección de errores



Detección de Errores

Comprobación de paridad

Comprobación de redundancia cíclica (CRC “cyclic redundancy check”):

Dado un bloque o mensaje M de k bits, el transmisor genera una secuencia F de n bits, denominada secuencia de comprobación de la trama (FCS: Frame Check Sequence), de tal manera que la trama resultante, con n + k bits, sea divisible por algún número, y si no hay resto en la división, se supone que no ha habido errores.

La trama es: $T = 2^n M + F$

El objetivo es que la división T/P dé resto cero.

Algunos polinomios de cálculo de CRC:

$$\text{CRC-16} = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$$

$$\text{CRC-CCITT} = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$$

Cálculo de CRC (I)

1. Dado

el mensaje M = 1010001101 (10 bits)

el patrón P = 110101 (6 bits)

la FCS R = de 5 bits

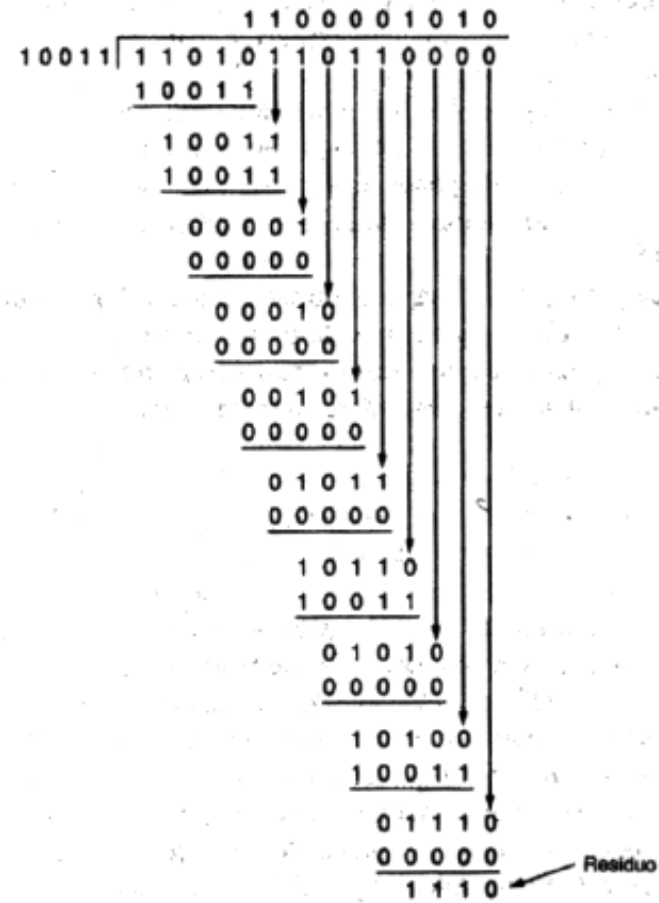
2. El mensaje M se multiplica por 2^5 , resultando 101000110100000

3. El resultando anterior se divide por P :

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c} 11010101110 \leftarrow Q \\ 10100011101000000 \leftarrow 2^n M \end{array} \\
 P \rightarrow 110101 \overline{) 10100011101000000} \\
 \underline{110101} \\
 111011 \\
 \underline{110101} \\
 111010 \\
 \underline{110101} \\
 111110 \\
 \underline{110101} \\
 101100 \\
 \underline{110101} \\
 110010 \\
 \underline{110101} \\
 01110 \leftarrow R
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c} 11010101110 \leftarrow Q \\ 1010001110101110 \leftarrow 2^n M \end{array} \\
 P \rightarrow 110101 \overline{) 1010001110101110} \\
 \underline{110101} \\
 111011 \\
 \underline{110101} \\
 111010 \\
 \underline{110101} \\
 111110 \\
 \underline{110101} \\
 101111 \\
 \underline{110101} \\
 110101 \\
 \underline{110101} \\
 0 \leftarrow R
 \end{array}$$

Mensaje tras anexas 4 bits cero: 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0



Marco transmitido: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0

Análisis de rendimiento: parada y espera

- El tiempo de transmisión = 1
- El tiempo de propagación = a
- Para $a > 1$ el enlace está infrautilizado.
- Para $a < 1$ el uso del enlace es ineficiente, porque solo viaja una trama. Esto sucede para velocidades altas o distancias grandes. Varias tramas en transito mejora la eficiencia del enlace.

$$T = nTF$$

$$TF = T_{prop} + T_{trama} + T_{proc} + T_{prop} + T_{conf} + T_{proc} = 2 T_{prop} + T_{trama}$$

$$U = \frac{n \cdot T_{trama}}{n(2T_{prop} + T_{trama})} = \frac{T_{trama}}{2T_{prop} + T_{trama}}$$

$$U = \frac{1}{1 + 2a}$$

$a = \frac{R \cdot d}{v \cdot L}$, donde R es la velocidad de transmisión, d la distancia, v la velocidad de la luz y L la long. de trama. WAN: 0,027%, LAN: 50-99%, Telef: 26%.

Análisis de rendimiento: ventana deslizante

Tamaño de ventana: W
Tiempo propagación: a

$$T=2a+1$$

$$\begin{cases} W \geq 2a+1 & \text{Utilización: } 100\% \\ W < 2a+1 & \text{Utilización: } U = \frac{W}{2a+1} \end{cases}$$

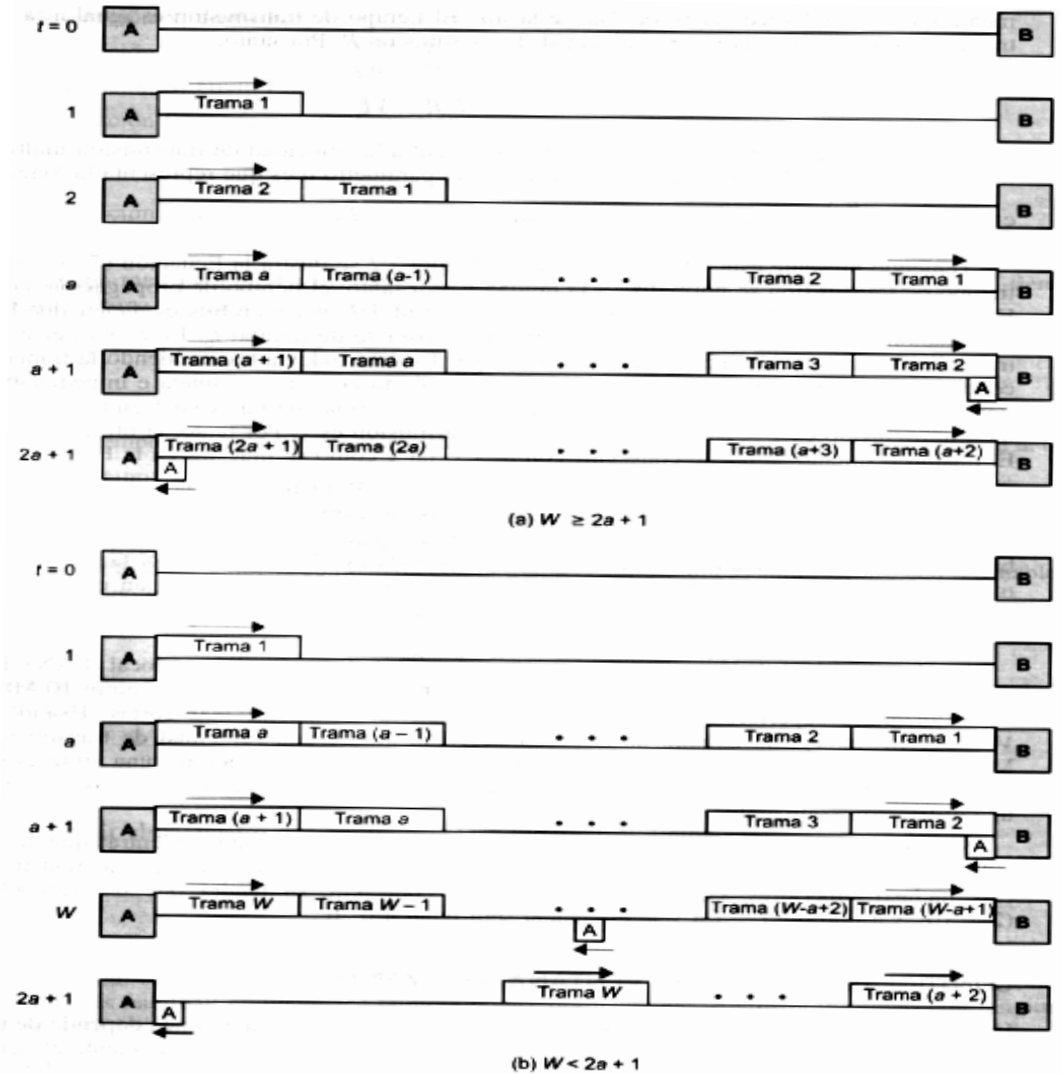


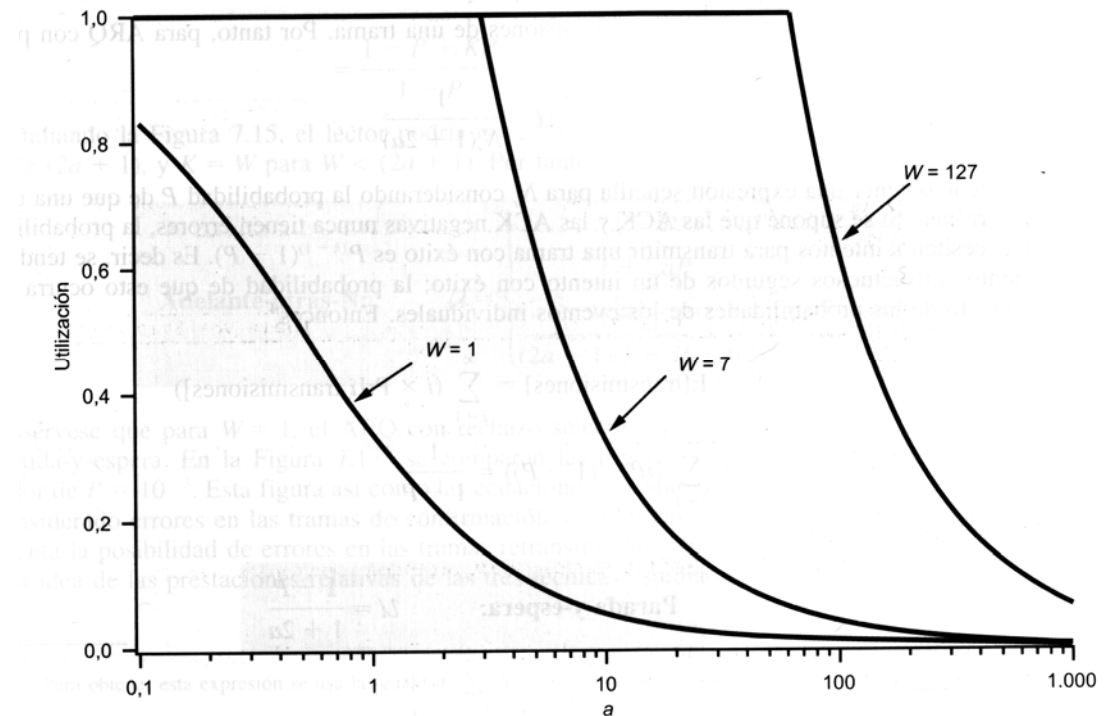
Figura 7.15. Temporización de un protocolo de ventana deslizante.

Analisis de rendimiento: ventana deslizante

Máxima eficiencia que se puede conseguir para ventanas de tamaño 1, 7 y 127 en función de a .

Una ventana de tamaño 1 corresponde con parada y espera.

Una ventana grande es adecuada para valores grandes de a como en WAN de alta velocidad.



Ejemplo CED: Protocolo PPP

Protocolo para comunicaciones punto a punto (Point to Point Protocol) de la red Internet.

Incluye mecanismos para el establecimiento, negociación y liberación de enlaces.

Basado en HDLC, mejora y simplifica funciones del HDLC. Recogido en el RFC1331.