

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE DATOS - 8 de Febrero de 2003

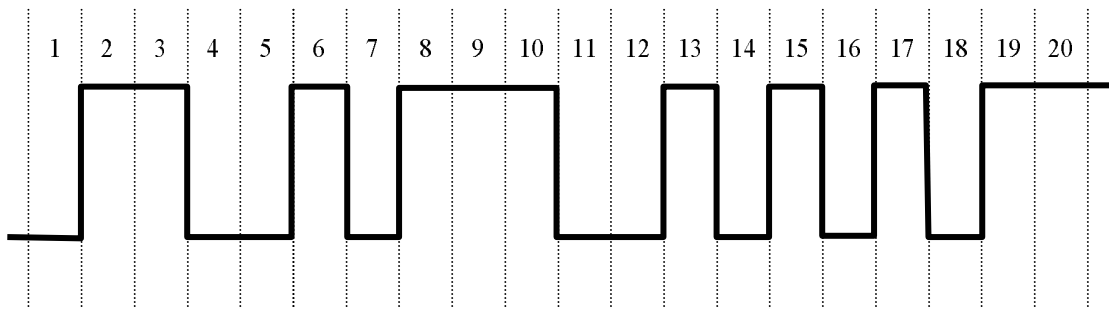
EXAMEN DE TEORÍA (8 puntos sobre la calificación global) - Duración 90 minutos

**Pregunta 1 (2 puntos)**

En las redes locales IEEE 802.3 100Base-FX, los datos se codifican para su transmisión aplicándoles primero una codificación 4B5B y a continuación una NRZI. La codificación 4B5B viene definida por la siguiente tabla:

4B	5B	4B	5B
0 0 0 0	1 1 1 1 0	1 0 0 0	1 0 0 1 0
0 0 0 1	0 1 0 0 1	1 0 0 1	1 0 0 1 1
0 0 1 0	1 0 1 0 0	1 0 1 0	1 0 1 1 0
0 0 1 1	1 0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 1 1 1
0 1 0 0	0 1 0 1 0	1 1 0 0	1 1 0 1 0
0 1 0 1	0 1 0 1 1	1 1 0 1	1 1 0 1 1
0 1 1 0	0 1 1 1 0	1 1 1 0	1 1 1 0 0
0 1 1 1	0 1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 0 1

a) ¿Qué secuencia de bits se decodificará si se recibe la siguiente señal? (1 punto)



b) Suponiendo ausencia total de ruido, ¿qué ancho de banda como mínimo debería tener el medio de transmisión para transmitir esta señal? (1 punto)

**Solución**

a) En primer lugar, deshaciendo la codificación NRZI obtenemos la secuencia 01010111001011111110

Aplicando ahora la decodificación 4B5B (es decir, de cada 5 bits paso a los 4 originales) obtenemos: 0100111010110000

b) 100Base-FX transmite a 100 Mbit/s. Al hacer la codificación 4B/5B obtenemos 125 Mbit/s. Al codificarla NRZI (dos niveles,  $M=2$ ) por Shannon necesitamos como mínimo un  $BW = 62,5$  MHz

## Pregunta 2 (2 puntos)

Se quiere transmitir el mensaje "1000" a través de un canal ruidoso. Como medida frente a errores se implementa una doble protección tal y como se representa en la siguiente figura:



- Calcula cuál sería la cadena de bits a transmitir si el método A es una protección CRC que emplea el polinomio  $x^4+x^3+1$ , y el método B es una protección que implementa código Hamming. (0,75 puntos)
- Calcula cuál sería la cadena de bits a transmitir si el método A es código Hamming, y el método B es una protección CRC con polinomio  $x^4+x^3+1$  (0,75 puntos)
- Determina razonadamente qué combinación es más eficiente desde el punto de vista de caudal de datos a transmitir (0,5 puntos).

### Solución

- Aplicando primero CRC se obtiene 10000111 (8 bits), y aplicando luego Hamming 011100010111 (12 bits)
- Aplicando primero Hamming se obtiene 1110000 (7 bits), y aplicando luego CRC 11100000001 (11 bits)
- La segunda es más eficiente pues usa 11 bits frente a los 12 de la primera

d)

### Pregunta 3 (2 puntos)

a) Comente el control de errores que se realiza en el protocolo HDLC. Justifique sus respuestas haciendo referencia a la trama de HDLC. (0,5 puntos)

b) Suponga que se realiza un intercambio de información entre dos estaciones A y B utilizando el protocolo HDLC con modo de transferencia normal, rechazo selectivo y tamaño máximo posible de ventana, teniendo en cuenta que el campo de control es de un byte.

Represente en un diagrama las distintas fases, sabiendo que durante la transferencia de información tiene lugar lo siguiente: (1,5 puntos)

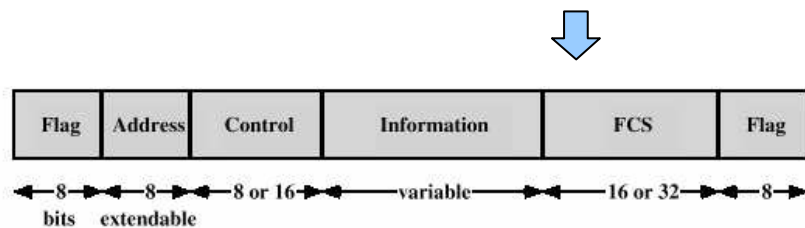
- A envía 10 tramas de información a B.
- B detecta que la 5ª trama enviada llega con errores.
- B envía 4 tramas de información y le indica a la estación A que no está preparada para aceptar más tramas.
- Cuando A detecta que B está de nuevo disponible, le envía 3 tramas de información.
- B no tiene nada que enviar a A.

### Solución

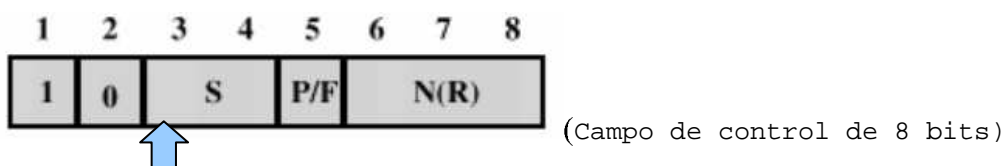
a) Comente el control de errores que se realiza en el protocolo HDLC. Justifique sus respuestas haciendo referencia a la trama de HDLC. (0,5)

El control de errores consta de dos partes: detección y recuperación.

- La **detección** de errores se realiza mediante un mecanismo de CRC. La trama HDLC presenta un campo destinado a una FCS de 16 ó 32 bits.



- En cuanto a la **recuperación** de errores, HDLC implementa ARQ de todos los tipos, existiendo tramas REJ y SREJ para rechazo simple y selectivo, que se distinguen mediante dos bits del campo de control de la trama HDLC.



Para realizar la numeración necesaria, las tramas de información y supervisión presentan campos para su identificación que pueden ser de 3 ó 7 bits, dependiendo del tamaño de ventana que se esté utilizando. Estos campos son N(R) y N(S), estando presente este último únicamente en las tramas de información.

b) Suponga que se realiza un intercambio de información entre dos estaciones A y B utilizando el protocolo HDLC con modo de transferencia normal, rechazo selectivo y tamaño máximo posible de ventana, teniendo en cuenta que el campo de control es de un byte. Represente en un diagrama las distintas fases, sabiendo que durante la transferencia de información tiene lugar lo siguiente: (1,5)

- A envía 10 tramas de información a B.
- B detecta que la 5ª trama enviada llega con errores.
- B envía 4 tramas de información y le indica a la estación A que no está preparada para aceptar más tramas.
- Cuando A detecta que B está de nuevo disponible, le envía 3 tramas de información.
- B no tiene nada que enviar a A.

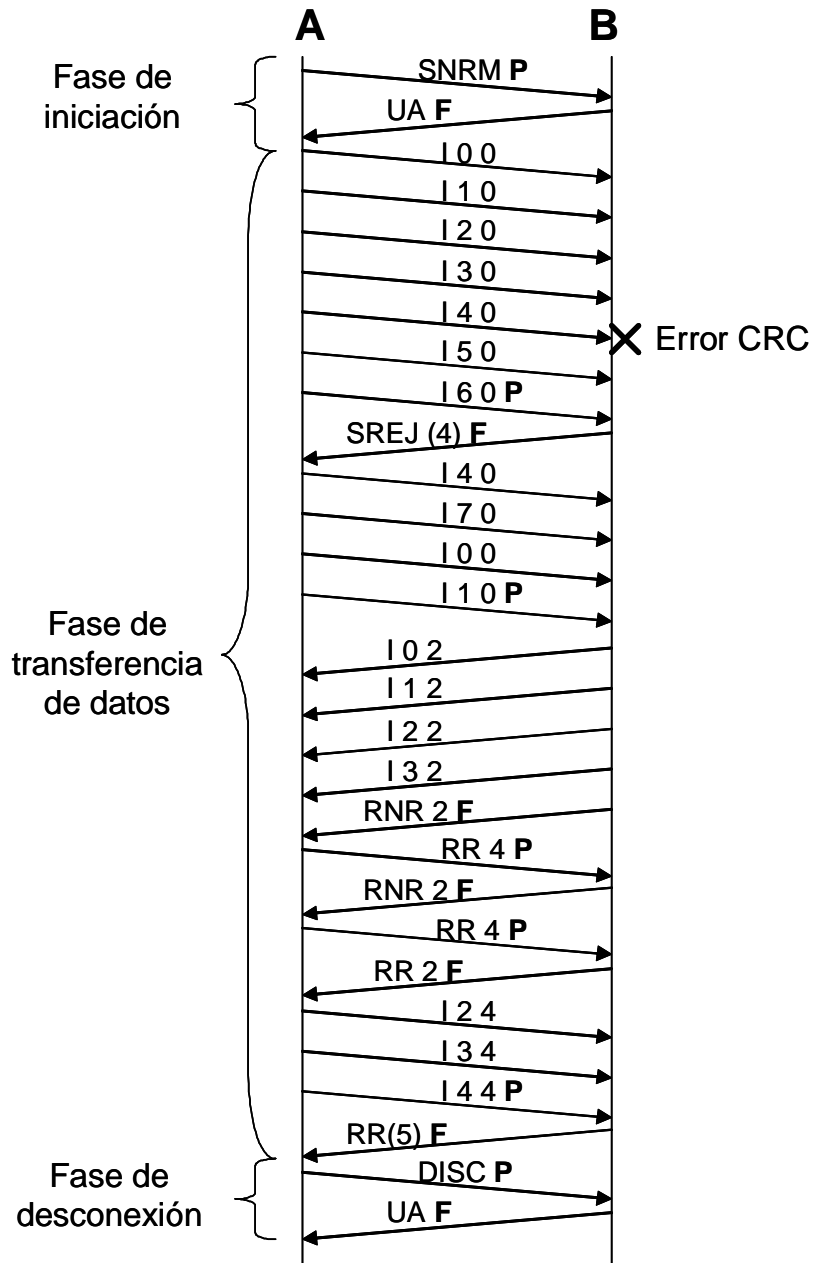
Según el enunciado, el modo de transferencia de datos es NRM y por tanto, se trata de una configuración no balanceada, donde la estación secundaria sólo podrá transmitir datos cuando tenga “permiso” de la primaria. Este mecanismo se regula mediante la utilización del bit P/F, presente en el campo de control de la trama HDLC.

Es decir, la estación secundaria no podrá transmitir hasta que la primaria no ponga a ‘1’ el bit P. A partir de entonces, podrá transmitir una o más tramas hasta que en la última transmitida ponga el bit F a ‘1’.

Además, se dice que el campo de control tiene una longitud de un byte, y por tanto los números de secuencia utilizarán  $k=3$  bits (no estamos ante el caso de modo extendido). Este dato se tiene en cuenta en el cálculo del tamaño de ventana  $W$ .

Se indica que el tamaño de ventana utilizado sea el máximo posible. En el caso general, con rechazo selectivo  $W_{\max} = 2^{k-1}$ . Sin embargo, debido a la utilización del bit P/F,  $W_{\max} = 2^k - 1$  coincidiendo con la expresión para rechazo simple. En este problema, como  $k=3$ , el tamaño de ventana que se utilizará es  $W_{\max} = 7$ .

Se pide representar las tres fases de transferencia, es decir, iniciación, transferencia de información y desconexión. En la siguiente figura aparece el intercambio de tramas solicitado.



#### Pregunta 4 (2 puntos)

Una gran población de estaciones comparten un canal ALOHA puro de 64Kbits/s. Esta población genera en media una trama de 100 bits cada 2ms, incluyendo tramas nuevas y retransmisiones.

- Calcule el tráfico total ofrecido por las estaciones a la red ALOHA. (0,25 puntos)
- Calcule el tráfico cursado por la red ALOHA. (0,25 puntos)
- Calcule la probabilidad de transmitir una trama con éxito en el primer intento. (0,25 puntos)
- Calcule la probabilidad de transmitir una trama con éxito justo en el tercer intento. (0,25 puntos)
- Calcule el número medio de intentos necesarios para transmitir correctamente una trama. (0,25 puntos)
- Si quisiéramos obtener el rendimiento máximo de esta red ALOHA, ¿deberíamos añadir o quitar estaciones? Razone su respuesta. (0,25 puntos)
- Comente las ventajas y desventajas que nos supondría utilizar un canal ALOHA ranurado en lugar del canal ALOHA puro. (0,5 puntos)

#### Solución

$$a) G = \frac{(n^{\circ} \text{ tramas nuevas} + \text{retransmisiones}) / \text{seg}}{\text{Velocidad tx. tramas}} = \frac{1}{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{64 \cdot 10^3}} = \frac{1}{100} = 0.78$$

$$\text{donde } \text{Velocidad tx. tramas} = \frac{\text{Capacidad del canal}}{\text{Tamaño trama}}$$

$$b) S = G \cdot e^{-2G} = 0,164$$

$$c) P_0 = e^{-2G} = 0,21$$

21% probabilidades de éxito en el primer intento

$$d) P_3 = (1 - P_0) \cdot (1 - P_0) \cdot P_0 = (1 - P_0)^2 \cdot P_0 = 0,13$$

13% probabilidades de éxito en el tercer intento

$$e) E = e^{2G} = 4,76 \text{ intentos para transmitir una trama}$$

f) Para saber si la red está saturada o infrautilizada, nos fijamos en el valor de  $G$ . En este caso,  $G = 0,78$  y sabemos que el máximo rendimiento para una red ALOHA se obtiene para  $G = 0,5$ . Por tanto, para mejorar el rendimiento hay que reducir  $G$ , que se consigue quitando estaciones de la población.

g) Ventajas:

- Mayor rendimiento
- Menor periodo vulnerable a colisiones

Desventajas:

- Aumenta la complejidad
- Necesidad de un reloj común a todas las estaciones
- En situaciones de poca carga, ALOHA puro presenta un menor retardo