



Universidad  
de Huelva

DA  
iESi

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Huelva

Departamento de Ing. Electrónica,  
Sistemas Informáticos y Automática

## Problemas de Redes

TERCER CURSO. REDES

Manuel Sánchez Raya  
Versión 0.1  
15 de Enero de 2003

ÍNDICE

Problemas del Tema 1: Introducción.....	2
Problemas del Tema 2 : Interfaz Eléctrica y transmisión de datos.....	3
Problemas del Tema 3: Control de enlace de datos.....	8
Problemas del Tema 4 : Redes de Área Local.....	19
Problemas del Tema 5 : Redes de Área Extensa .....	22
Problemas del Tema 6 .....	25

Fuente:

Elaboración propia.

Exámenes Universidad de Málaga, año 1990-1994.

Exámenes Universidad Carlos III, años 2000-2001.

Exámenes Universidad de Huelva, año 2002.

## Problemas del Tema 1

### Introducción

P1. ¿Qué es el punto de acceso al servicio (SAP)?

Solución:

Es un identificador usado por la capa de Transporte para distinguir entre diferentes aplicaciones que comparte un mismo enlace para la transmisión de datos.

P2. ¿Cuál es la finalidad de un MODEM? ¿Cuándo es necesario?

Solución:

Un modem tiene la finalidad de adaptar las señales digitales de transmisión que generan los computadores al transmitir datos a señales analógicas para poder ser transmitidas de forma adecuada por un medio analógico a grandes distancias.

Es necesario cuando se desea transmitir datos a largas distancias sobre medios analógicos: Cables de larga distancia, ondas de radio, teléfono, etc.

P3. ¿Cómo se encapsulan las PDU (Protocol Data Unit)?

Solución:

La capa de aplicación trocea los datos a enviar y cada capa siguiente presente en la arquitectura de comunicaciones hasta el nivel físico añade una información a los datos para poder procesarla. De esta forma cada capa dialoga de igual a igual con la correspondiente capa del otro equipo a través de esta información adicional. Los datos así empaquetados se denominan datagramas, paquetes, tramas o bits dependiendo del nivel de la capa que lo procese.

P4. ¿Cuál es el órgano de normalización de telecomunicaciones en el mundo? ¿Cuál es su finalidad?

Solución:

Es el UIT-T, Unión Internacional de Telecomunicaciones. Realiza normas para poner de acuerdo a fabricantes y usuarios y asegura la interoperatividad de los equipos de diferentes fabricantes.

## Problemas del Tema 2

### Interfaz Eléctrica y transmisión de datos

P1. Se desea transmitir la señal '110110110...' a través de un cable coaxial, con un ancho de banda de 3000 Hz, utilizando codificación Manchester con voltaje  $\pm V$ . ¿Cuánto tardaremos en transmitir un fichero de 1 Mbyte, suponiendo que el cable está dedicado exclusivamente a esta transmisión, que la transmisión se efectúa a la máxima velocidad posible, y que para una correcta identificación de la información el receptor necesita obtener una señal con 10 armónicos?

Determinar además los términos  $A_0$ ,  $A_n$  y  $B_n$  de la serie de Fourier de la señal anterior en función de  $\pm V$  y  $T$  (periodo de la señal).

Solución:

La frecuencia fundamental es  $f = \frac{v_{tx}}{3}$  Hz y, con un canal de 3000 Hz, para que pasen 10 armónicos tendremos que  $\frac{10 v_{tx}}{3} \leq 3000$ , es decir  $v_{tx} = 900$  bps como máximo y con un fichero de 1 Mbyte ( $8 \times 2^{20}$  bits), el tiempo de transferencia será 9320,6 segundos.

$$A_0 = 0$$

$$A_n = \frac{V}{\pi n} (\sin(0) - 2 \sin(2\pi n/6) + 2 \sin(2\pi n/3) - 2 \sin(\pi n) + 2 \sin(10\pi n/6) - \sin(2\pi n))$$

$B_n = \text{idem}$ , con cos en lugar de sin y signos invertidos.

P2. Tenemos una conexión punto a punto entre dos routers basada en 10Base2 con cable coaxial. El cable coaxial tiene una pérdidas de 0.5 dB por 100 metros a 10MHz, el enlace tiene una distancia de 1300m. Calcular el valor de la señal recibida en dBm teniendo en cuenta las pérdidas que introduce el cable en la señal si tenemos una señal de salida de 10dBm.

Solución:

Como la señal a transmitir tiene un ancho de banda en el caso de señalización ethernet de menos de 10MHz, el cable introduce unas pérdidas de  $\frac{1300}{100} \cdot 0.5 = 6.5 \text{ dB}$ . Por tanto la señal en el extremo final del cable será:  $10\text{dBm} - 6.5\text{dB} = 3.5\text{dBm}$

P3. Calcular la ganancia del amplificador analógico CATV (televisión por cable) no regenerador (no realiza regeneración de señal digital) necesario para amplificar la señal en banda ancha transmitida por un cable coaxial que ocupa un ancho de banda de 6MHz. La señal llega con una relación S/N de 80dB a la entrada del amplificador y a su salida tiene que atravesar un cable de 2000 m de longitud con una atenuación de 1 dB por 100m a la frecuencia de trabajo, para llegar con la misma relación S/N al receptor.

¿Sería esto posible si la máxima señal que puedo transmitir por el cable es de 2 dBm sin problemas de distorsión?

¿Cuántos vatios podría medir a la salida del amplificador? Suponer solo ruido térmico a 25°C.

Solución:

El nivel de ruido a 25°C es de  $N = 10 \log(kTW) = 10 \log(1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 6 \text{ MHz}) = -136 \text{ dB}$ .

La potencia de la señal a la entrada del amplificador es de:  $P_e = -136 + 80 = -56 \text{ dBm}$

La atenuación del cable es de 20 dB, o sea, al receptor llegan -76 dBm, habrá que amplificar lo mismo que pierde el cable, o sea 20dB. La señal por tanto valdrá -36dBm a la salida del amplificador, o sea  $P_s = -36 \text{ dBm} \Rightarrow P_s = 10^{(-36/10)} = 0,25 \text{ mW}$ .

Esta potencia es ínfima comparada con la límite del cable que es de  $P_C = 2 \text{ dBm} \Rightarrow P_C = 10^{(2/10)} = 1,58 \text{ W}$ .

P4. Calcular la relación S/N a la entrada del receptor de datos de banda ancha del ejercicio anterior si la señal no se amplifica y pasa por la misma longitud del cable.

Solución:

En este caso la señal a la entrada del receptor tendrá un valor de:  $-56 - 20 = -76 \text{ dBm}$ , el nivel de ruido será el mismo, el de -136 dB y la relación S/N será de 60dB, suficiente sin embargo para algunos sistemas de comunicación.

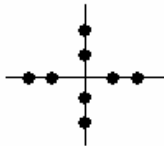
P5. Tenemos un canal telefónico de ancho de banda de 3400 Hz por el que transmitimos datos usando FSK. Calcular la capacidad del canal si la relación S/N en el receptor es de 20 dB.

Solución:

La ecuación es independiente del método escogido para la codificación del mensaje y supone un límite superior de tasa de transmisión:

$$C = W \log_2(1 + S/N) = 3400 \cdot \log_2(1 + 20) = 3400 \cdot (\ln 21 / \ln 2) = 14933 \text{ bps}$$

P6. Para transmitir datos por un canal de 3400 Hz de ancho de banda se emplea modulación PSK según el diagrama adjunto. Calcula la capacidad del canal.



Solución:

La capacidad del canal en caso de ausencia de ruido será:

$$C = 2W \log_2 M = 2 \cdot 3400 \log_2 8 = 20400 \text{ bps}$$

P7. Teniendo en cuenta que la voz humana tiene un rango de frecuencias entre 0 y 3400 Hz, y que ésta se codifica y envía usando modulación delta por un enlace digital T1 de capacidad 1,544 Mbps, ¿cuántas conversaciones pueden transmitirse simultáneamente por este enlace?

Solución:

Según el teorema del muestreo, para capturar toda la información de una señal de frecuencia máxima H, es necesario tomar 2H muestras por segundo. Así, si consideramos únicamente los 3400 Hz de la voz, sin bandas de salvaguarda para evitar interferencias entre canales de voz adyacentes, tendremos que tomar  $3400 \times 2 = 6800$  muestras por segundo. Con codificación delta se necesita un bit por muestra, lo cual supone la necesidad de transmitir 6800 bps por cada canal de voz. Finalmente, puesto que el canal físico por el cual queremos transmitir tiene una capacidad de 1,544 Mbps, dividiendo obtenemos que es posible transmitir, aproximadamente, 227 señales de voz, o 227/2 conversaciones, si consideramos que la transmisión debe ser bidireccional.

P8. Se transmite a 300 Mbps la secuencia '010010010...' a través de un par trenzado utilizando codificación bipolar AMI con  $\pm 5V$ . Si el par trenzado tiene un ancho de banda efectivo de 1MHz, ¿cuántos armónicos llegan al receptor?

Solución:

En una codificación bipolar AMI (0V para el 0 y  $\pm 5V$  para el 1, alternativamente), la secuencia en cuestión se repite cada 6 bits. Puesto que la velocidad de transmisión es de 300 Mbps tendremos una frecuencia de la señal  $f = 300 \times 10^6 / 6 = 50 \text{ MHz}$ , que es también la frecuencia del primer armónico. Es decir, que con un ancho de banda efectivo de 1 MHz no pasará ningún armónico de la señal.

P9. Si utilizamos un generador de señales para obtener una señal cuadrada de 15 MHz y 4 voltios pico a pico, transmitida a través de un cable coaxial y observada mediante osciloscopio.

- Representa gráficamente la señal observada, indicando claramente en el dibujo su amplitud y periodo, y las posibles distorsiones apreciadas debidas al ancho de banda limitado del canal (15-30MHz).
- ¿Qué ocurriría si cortocircuitáramos el terminador del cable y mediamos la señal muy cerca del punto del cortocircuito?
- ¿Qué ocurriría si desconectáramos el terminador del cable y mediamos la señal muy cerca del punto de desconexión?
- ¿Se habría observado el mismo resultado en el apartado anterior de haber realizado la medida más lejos del punto de desconexión? ¿Por qué?

Solución:

- La señal que observamos será puramente senoidal pues sólo pasará un armónico, con amplitud de 4 voltios y frecuencia de 15MHz.
- La señal rebota en contratase anulándose en el punto de medida (solo se pueden apreciar ruidos).
- La señal rebota en fase, doblando su amplitud.
- Podíamos observar desde una señal anulada a una que doblaba su amplitud dependiendo de la frecuencia y distancia del punto de medida al punto de la discontinuidad en el canal.

P10. Disponemos de una animación que consta de imágenes compuestas, cada una de ellas, por 480 x 500 pixeles donde cada píxel puede tomar 1 de entre 32 valores de color diferentes. Si se desea transmitir la animación a razón de 30 imágenes por segundo a través de un enlace,

- ¿cuál debe ser la capacidad (en bits por segundo) de este enlace?
- En ausencia de errores, ¿cuál debe ser el ancho de banda (en Hz) del canal si utilizamos 8 niveles de señalización diferentes para transmitir los datos?
- Si suponemos que hay errores, con una relación señal-ruido de 15 dB, ¿cuál debe ser el ancho de banda (en Hz) del canal si utilizamos QPSK para transmitir los datos?

Solución:

- La tasa de datos que necesitamos enviar es de 30 imágenes/seg x 480 x 500 pixels/imagen x 5 bits/píxel (32 colores que se codifican usando 5 bits) = 36 Mbps.
- Utilizando la fórmula de Nyquist:

$$C = 2H \log_2 V \text{ bits/seg}$$

tenemos que  $H = C / 2 \log_2 V = 6 \text{ MHz}$ .

c) Utilizando en este caso la fórmula de Shanon

$$C = H \log_2(1 + SNR) \text{ bits/seg}$$

tenemos que  $H = C / \log_2(1 + SNR) = 9 \text{ MHz}$ . La tasa en este caso es independiente del tipo de codificación utilizada (QPSK).

P11. Representar gráficamente la señal observada en el osciloscopio al emplear modulación AM con una moduladora sinusoidal de frecuencia  $f_m = 10 \text{ Hz}$  y una portadora también sinusoidal de frecuencia  $f_p = 1 \text{ KHz}$ . Indica claramente en el dibujo los periodos de las señales modulada, moduladora y portadora. ¿Qué ocurriría si  $f_m > f_p$ ?

Solución:

La forma la hemos visto en clase de teoría.

Los periodos de las señales modulada, moduladora y portadora son:  $1/f_m$ ,  $1/f_m$  y  $1/f_p$ , respectivamente.

Si  $f_m > f_p$  no podría transmitirse la señal.

P12. Comenta la transmisión en banda ancha.

Solución:

La transmisión en banda ancha es una transmisión analógica frente a la transmisión en banda base que es digital principalmente. Esto quiere decir que en banda ancha tenemos la necesidad de modular la señal digital a transmitir empleando distintas señales portadoras. Tenemos la posibilidad de compartir el mismo medio físico con varios canales.

En banda ancha la señal es unidireccional y necesitamos de un circuito para la transmisión y otro en sentido contrario para la recepción.

Las ventajas de la banda ancha es que tiene un alcance de hasta decenas de kilómetros, a diferencia de la banda base, una gran velocidad de transferencia, se puede emplear sobre redes de distribución de televisión por cable (CATV) y resulta fácil la configuración. También tenemos la posibilidad de enviar voz, datos y video sobre el mismo elemento físico.

Las desventajas de la banda ancha se encuentran los retrasos de propagación y la complejidad de la instalación y mantenimiento, así como el coste añadido de la utilización de un modem.

P13. ¿Cuál es el principal parámetro del canal que influye en la velocidad de transmisión? ¿Qué fenómeno físico limita la velocidad de transmisión?

Solución:

El ancho de banda del medio. La velocidad de transmisión está limitada a causa de la interferencia intersímbolos.

P14. ¿Cuál es el principal parámetro del canal que influye en la probabilidad de error en un bit?

Solución:

La relación entre la señal emitida y el ruido presente en el canal (S/N).

P15. ¿Cuál es el principal problema de la fibra óptica en el aspecto técnico (no económico)?  
¿Y cuál es el principal inconveniente técnico de los enlaces por satélite?

Solución:

Los empalmes entre segmentos son difíciles de hacer y provocan pérdidas en la señal mucho más importantes que las debidas a la simple atenuación del medio.

El tiempo de propagación es mucho mayor que el de cualquier enlace terrestre y provoca problemas en aplicaciones que requieren una respuesta rápida.

P16. ¿Por qué el nivel de enlace transmite tramas de control del protocolo cada cierto tiempo cuando no hay datos para transmitir?

Solución:

Para mantener informado al equipo en el otro extremo del enlace que el enlace sigue funcionando y de que la conexión lógica sigue activa.

P17. a) En una transmisión síncrona, ¿cómo se consigue el sincronismo al carácter?  
b) ¿Y en una transmisión asíncrona?

Solución:

- a) El sincronismo se hace a nivel de bloques con los bits de control. Los caracteres se distinguen dentro del bloque de bits por su posición relativa respecto al inicio.
- b) Cada carácter lleva un bit de comienzo que marca con una transición el inicio de la transmisión del carácter.

P18. De qué sistema de modulación analógica de señales digitales estamos hablando cuando utilizamos para la transmisión:

- a) Para el “0”  $A \sin(2\pi f t)$  y para el “1”  $-A \sin(2\pi f t)$ .
- b) Para el “0”  $A \sin(2\pi f t)$  y para el “1”  $B \sin(2\pi f t)$ .
- c) Para el “0”  $A \sin(2\pi f_a t)$  y para el “1”  $A \sin(2\pi f_b t)$ .

Solución:

- a) PSK
- b) ASK
- c) FSK

P19. Necesitamos un modem telefónico que soporte la modalidad de funcionamiento Bidireccional Full Duplex (FDX) sobre un solo medio de transmisión. ¿Qué modo de transmisión usará: banda base o banda ancha? ¿Por qué?

Solución:

Banda Ancha, porque es necesario multiplexar en frecuencia el canal para transmitir simultáneamente en ambos sentidos.

P20. Tenemos una línea destinada a la transmisión de datos binarios entre dos terminales que usa un cable coaxial. Los dos DCEs se comunican usando una codificación digital (Manchester). Como la línea es bastante larga, debido a la atenuación se hace imposible que la señal emitida por el DCE emisor llegue al otro extremo sin la ayuda de algún dispositivo intermedio, como un amplificador o un regenerador digital.

- a) ¿Cuál de los dos dispositivos elegirías? ¿Por qué?



- b) ¿Y si se usara una modulación analógica (ASK) en lugar de una codificación digital?  
¿Cuál elegirías en este caso? ¿Por qué?

Solución:

- a) El regenerador digital, porque vuelve a emitir una señal idéntica a la original independientemente del estado en que llegó la señal recibida.
- b) También un regenerador digital, porque los datos son digitales, puedo emitir de nuevo una señal idéntica a la original porque conozco los niveles originales de amplitud de esta modulación.

### Problemas del Tema 3

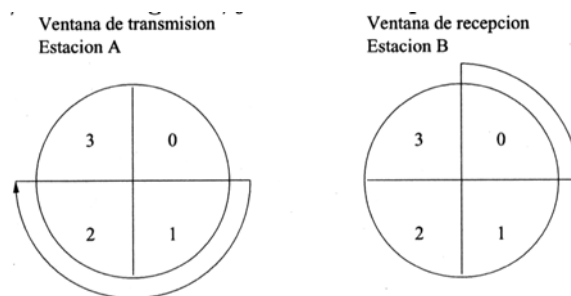
## Protocolos de Control de enlace de datos

P1. En una red con un nivel de utilización bajo, que protocolo de asignación de canal tiene más eficiencia, CSMA o paso de testigo. Justifica la respuesta.

Solución:

CSMA tiene más rendimiento que paso de testigo. El orden queda claro al llevar a su extremo máximo la consideración de que la carga es baja; por ejemplo, si consideramos que en un instante determinado sólo un usuario está intentando transmitir.

P2. Considera el protocolo de control de enlace de datos basado en ventana deslizante o corrediza, con ventana de transmisión múltiple y ventana de recepción de 1 bit ¿es posible la situación mostrada en la siguiente figura? En caso afirmativo, ilustra tu respuesta mediante un ejemplo de los eventos que han llevado a tal situación; en caso negativo, justifica tu respuesta.



Solución:

No es posible. Según A la trama 0 ha sido enviada y reconocida por B. Pero según B esa trama todavía no ha llegado así que no es posible que B haya enviado a A el correspondiente reconocimiento.

P3. Describe el funcionamiento del rellenado de bits como método de delimitación de tramas. Usa como ejemplo para ilustrar tu respuesta una secuencia de datos a transmitir entre emisor y receptor compuesta por '0100011111110000001'. ¿Es este el método escogido en Ethernet?

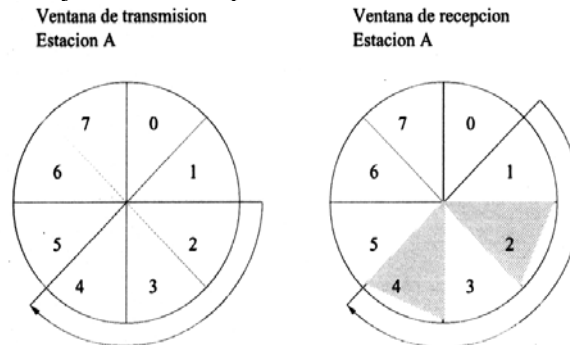
Solución:

El rellenado de bits funciona como un método para delimitar una trama mediante un patrón de 8 bits, habitualmente '01111110', que se inserta en el inicio y en el fin de los datos, en éstos, cada vez que aparece la secuencia '011111', el emisor inserta un '0' a continuación. En el receptor, si se encuentra una secuencia como '0111110', el último '0' se elimina pues no forma parte de los datos. En cambio, si se encuentra la secuencia '0111111', seguro que a continuación viene un

'0' y es el fin de la trama. La secuencia ejemplo del enunciado se enviaria como: '01111110 0100011111 0 110000001 01111110'.

En Ethernet se usa un método diferente, con un patrón de 8 bytes (los 7 primeros como '10101010' y el último como '10101011') para marcar el inicio de trama. El fin de trama se detecta cuando el cable pasa a estar inactivo (no hay campo de longitud de trama en Ethernet; sí lo hay, en cambio, en IEEE 802.3).

P4. Considera el protocolo de control de enlace con ventana de transmisión y ventana de recepción múltiples (protocolo de repetición selectiva). Suponiendo que se parte de la situación habitual inicial de las ventanas en las estaciones A y B, ¿es posible llegar a la siguiente situación de las ventanas de la estación A? En caso afirmativo ilustra tu respuesta mediante un ejemplo o, en caso negativo, justifica tu respuesta.



Nota: los números de secuencia sombreados corresponden a tramas recibidas por no pasadas al nivel de red.

#### Solución:

Es completamente lógica la situación mostrada en la figura y correspondería a una evolución normal de las ventanas en las que la estación A ha enviado las tramas 0, 1, ..., hasta la 4 pero sólo ha recibido reconocimiento hasta el momento para las dos primeras. Además, la ventana de recepción de esta estación indica que B ha enviado las mismas tramas, que la 0 ha llegado y se ha pasado al nivel superior, que la 2 y la 4 han llegado pero están en espera y que la 1 y la 3 se han perdido.

P5. En una red con carga alta, ordena de mayor a menor eficiencia los siguientes mecanismos de control de enlace: Aloha, CSMA y CSMA/CD.

#### Solución:

Podemos ordenar los tres mecanismos en función de la probabilidad de colisión pues, cuánto mayor sea esta probabilidad, menor será la eficiencia del mecanismo. En nuestro caso, la ordenación es CSMA/CD, CSMA y Aloha.

P6. Sobre una línea telefónica se utiliza un protocolo de control del enlace basado en parada y espera para transmitir tramas PPP de entre 0 y 4000 bytes de un emisor a un receptor separados por 80 Km.

- ¿Cuál es el máximo grado de utilización del canal?
- ¿Cuánto tiempo tardaremos en transmitir un fichero de 100 Mbytes?
- ¿Cuál es el máximo grado de utilización del canal si la probabilidad de error por bit transmitido es del 0,0005% y se supone que las tramas de reconocimiento no pueden verse afectadas por estos errores?

#### Solución:

En un protocolo de parada y espera por cada trama que se envía se espera un reconocimiento en el emisor. Supondremos, mientras no se afirme lo contrario, que no hay errores en la

transmisión. El máximo grado de utilización se dará para las tramas de mayor tamaño (4000 bytes) pues en tal caso minimizaremos el sobrecoste debido a las tramas de reconocimiento y a la velocidad de propagación (tiempo durante el cual el canal no se está utilizando para enviar verdadera información).

Recordemos que el grado de utilización de un canal viene dado por:

$$U = \frac{T_{tx}}{(T_{tx} + 2T_{prop})}$$

donde  $T_{tx}$  es el tiempo que cuesta introducir los bits de la trama en el canal ( $4000 \times 8/v_{tx}$ ),  $T_{prop}$  es el tiempo de propagación de la señal ( $80 \times 1000/(2 \times 10^8) = 0,4$  mseg) y hemos considerado el tamaño de la trama de reconocimiento y los tiempos de procesamiento en emisor y receptor como despreciables. Sustituyendo en la fórmula anterior obtenemos la respuesta a la primera pregunta.

Un fichero de  $100 \times 220 \times 8$  bits necesitará 262144 tramas de 4000 bytes para su transmisión. Cada una de estas tramas necesita  $T_{tx} + 2T_{prop}$  para transmitirse, obteniéndose de este modo el tiempo total necesario para enviar las tramas, que éstas se propaguen al receptor, y que los correspondientes reconocimientos hayan vuelto.

Los errores disminuyen el grado de utilización del canal, pues parte de la información enviada llega al receptor dañada. (Usar un temporizador en este caso reduciría aún más la utilización del canal). Supondremos asimismo tramas de 4000 bytes. (En realidad, el tamaño de la trama también juega un papel fundamental: Cuánto mayor es la trama, mayor es la probabilidad de error, y por tanto, su retransmisión supone una mayor pérdida. Por otro lado, tramas muy pequeñas suponen un sobrecoste por los reconocimientos generados. Si quisiéramos responder a la pregunta con total precisión deberíamos plantearnos la respuesta a un problema de optimización.)

Con tramas de 4000 bytes, la probabilidad de error en la trama es de  $4000 \times 8 \times 0,0005 = 16\%$ . Es decir, en una consideración muy simplista, de cada 100 tramas enviadas, 16 contienen un error, por lo que deben ser reenviadas. Si el canal sin errores tenía un grado de utilización máximo de  $U$ , cuando aparecen los errores, el 16% de este tiempo se pierde, por lo que la utilización desciende hasta  $U \times (1-0,16)$ .

P7. Dos estaciones A y B, unidas por dos fibras ópticas (velocidad de propagación de  $3 \times 10^8$  m/seg), distan entre sí 600 metros. La transmisión de datos se realiza en un único sentido, de A a B, a una velocidad de 10 Mbps. Suponiendo que utilizamos el protocolo de ventana deslizante, con dos bits para los números de secuencia, para la transmisión de tramas de datos de A a B de 100 bytes por una de las fibras, que la otra fibra se utiliza para devolver los reconocimientos de B a A de tamaño despreciable, y en ausencia de errores, ¿cuál es el grado de utilización de la fibra que se usa para transmitir datos de A a B durante los primeros 250 µseg?

#### Solución:

En las condiciones descritas, la primera trama es inyectada completamente en el canal en 80 µseg y, al cabo de otros 2 µseg, el último bit de esta trama ha llegado a su destino; antes de que A introduzca completamente la segunda trama (y no necesita esperar puesto que se trata del protocolo de ventana deslizante), el reconocimiento de la primera trama ya ha vuelto a A. Este suceso se repite para el reconocimiento de esta segunda trama y el envío de la tercera y así sucesivamente. Así pues, el canal siempre está utilizándose para enviar tramas, por lo que la utilización durante los primeros 250 µseg es del 100%.

P8. Responde a las siguientes preguntas sobre protocolos de enlace:

- ¿Bajo qué condiciones la eficiencia del protocolo bidireccional con ventana deslizante de 1 bit (VD1) se aproxima a la del protocolo bidireccional con ventana deslizante de más de un bit y reenvío (VDR) en un enlace punto a punto?
- ¿Bajo qué condiciones puede ser más interesante utilizar el protocolo VD1 en lugar del protocolo VDR en un canal compartido por gran número de estaciones?
- ¿Bajo qué condiciones puede presentar mayor eficiencia el protocolo VDR sobre el bidireccional con ventana deslizante de más de un bit y retransmisión selectiva (VDS)?

Solución:

- En una situación en la que emisor y receptor están separados por una distancia tal que los reconocimientos de trama vuelven al origen antes de que se haya transferido completamente la trama, el protocolo VDR no tiene ninguna ventaja sobre el VD1.
- Si los errores son frecuentes, la llegada en desorden de tramas a su destino provoca que éstas no se acepten en el protocolo VDR y su obligada retransmisión que supone un desperdicio de la capacidad del canal.
- A igualdad de rangos de números de secuencia, la ventana de transmisión del protocolo VDR es mayor que la del protocolo VDS (recordar que no se podía utilizar toda) por lo que, en ausencia de errores, este protocolo puede resultar más eficiente para una combinación de tamaño de trama y distancia adecuadas.

P9. En un escenario de transmisiones usando el protocolo de ventana deslizante con reenvío, con números de secuencia de 0 a 4, se produce lo siguiente (ns: número de secuencia, ack: trama recibida y confirmada):

Trama	Sentido	Control	Suceso
0	➔	ns=0 ack=3	
			1 ← ns=4 ack=4
2	➔	ns=1 ack=3 se pierde	
3	➔	ns=2 ack=3	
4	➔	ns=3 ack=3	
5		llega trama ns=4 ack=4	
			6 llega trama ns=0 ack=3
7	➔	ns=4 ack=3 se pierde	
			8 llega trama ns=2 ack=3
			9 ← ns=0 ack=0
10		llega trama ns=0 ack=0	
11	➔	ns=5 ack=0	

Detecta dos situaciones en las que el protocolo no ha actuado correctamente.

Solución:

En la trama 7 se debería reconocer la trama 4 y no la 3.

En la trama 11 el proceso de la izquierda excede el tamaño máximo de su ventana de transmisión.

P10. En un escenario de transmisiones usando el protocolo de ventana deslizante con reenvio, con números de secuencia de 0 a 4, se produce lo siguiente (ns: número de secuencia, ack: trama recibida y confirmada). Todas las tramas enviadas llegan inmediatamente a su destino excepto las que se pierden.

Trama	Sentido	Control	Suceso
0	➔	ns=    ack=	
			1    ⬅   ns=2   ack=3
2	➔	ns=    ack=	
3	➔	ns=    ack=	
			4    ⬅   ns=    ack=
5	➔	, ack=4	
7	➔	RR, ack=   , F	
			6    ⬅   RR, ack=   , P
			8    ⬅   ns=    ack=
			9    ⬅   ns=    ack= se pierde
			10   ⬅   RR, ack=   , P
11	➔	RR, ack=   , F	
			12   ⬅   ns=    ack=

Completa los números que faltan para un funcionamiento correcto del protocolo.

Solución:

0	➔	ns=3   ack=2	
			1    ⬅   ns=2   ack=3
2	➔	ns=4   ack=3	
3	➔	ns=0   ack=3	
			4    ⬅   ns=3   ack=0
5	➔	RNR, ack=4	
			6    ⬅   RR, ack=0, P
7	➔	RR, ack=4, F	
			8    ⬅   ns=4   ack=0
			9    ⬅   ns=0   ack=0 se pierde
			10   ⬅   RR , ack=0, P
11	➔	RR, ack=0, F	
			12   ⬅   ns=0   ack=0

P11. La simulación de un protocolo de enlace produce el siguiente resultado:

```

0  ➔ ns=0 ack=3
                                1  ◀ ns=4 ack=7
2  ➔ ns=1 ack=3 se pierde
3  ➔ ns=2 ack=3
4  ➔ ns=3 ack=3
5  llega trama ns=4 ack=7
6  ➔ ns=4 ack=4 se pierde
                                7  llega trama ns=0 ack=3
                                8  ◀ ns=5 ack=0
                                9  llega trama ns=2 ack=3
                                10 ◀ ns=6 ack=0
11 ➔ ns=1 ack=4
12 ➔ ns=2 ack=4

```

- Realiza un diagrama temporal de los eventos anteriores donde se indique claramente el instante en que se envía y se recibe cada trama, junto con su número de secuencia, número de reconocimiento y el paquete de datos que contiene.
- ¿Qué protocolo se ha usado (Unidireccional, Bidireccional con ventana deslizante de un bit, Bidireccional con ventana deslizante de más de un bit o Bidireccional con ventana deslizante de más de un bit y reenvío selectivo? Recuerda que debes justificar la respuesta.
- ¿Por qué se reconoce la trama 0 en el momento T=10?
- ¿Qué combinación de eventos produce que en T=11 se envíe una trama con número de secuencia 1, reconocimiento de la trama 3 y el paquete 1?

Solución:

a)

```

0  ➔ T(0,3,P0) trama con número de secuencia 0, número de
reconocimiento 3 y paquete 0.
                                1  ◀ Sale T(4,7,P4)
2  ➔ T(1,3,P1) sale pero se pierde
3  ➔ Sale T(2,3,P2)
4  ➔ Sale T(3,3,P3)
5  Llega T(4,7,P4)
6  ➔ T(4,4,P4) sale pero se pierde
                                7  Llega T(0,3,P0)
                                8  ◀ Sale T(5,0,P5)
                                9  Llega T(2,3,P2)
                                10 ◀ Sale T(6,0,P6)
11 ➔ Sale T(1,4,P1)
12 ➔ Sale T(2,4,P2)

```

- Bidireccional con ventana deslizante de más de un bit, porque dada la ventana de transmisión de 3 bits del protocolo hay un instante en el que el proceso de la izquierda tiene 5 tramas enviadas pendientes de reconocimiento (desde P0 hasta P4) y esto no es posible en los restantes protocolos (en el caso de reenvío selectivo la ventana de transmisión, usando números de secuencia de 3 bits, es como máximo de 4).
- Porque todavía no ha llegado la trama 1 y la 2 está fuera de secuencia (Protocolo ventana deslizante).

- d) Es una situación ilógica. Aunque pueda parecer que es una retransmisión debido a que ha vencido el temporizador asociado a la trama 1, de ser así, realmente debería haber vencido el temporizador de la trama 0, pues todavía no se ha reconocido ésta, y por tanto la retransmisión debía haber empezado por la trama 0.

P12. Responde a las siguientes preguntas si se produce el intercambio de tramas indicado en el ejercicio anterior.

- Suponiendo una situación inicial en la que ambos procesos no tienen tramas pendientes de reconocimiento, dibuja ambas ventanas de transmisión en esta situación.
- De acuerdo con tu respuesta al apartado b) del ejercicio anterior, dibuja la situación inicial de las ventanas de recepción de ambos extremos si la primera trama que los extremos están dispuestos a aceptar son, respectivamente, la 4 y la 0.
- Indica paso a paso cuál es la evolución que sufren las ventanas de transmisión y recepción de ambos extremos.
- ¿Cuál es el conjunto de paquetes que el extremo de la derecha pasa a la capa de red?

Solución:

- Ambas ventanas están cerradas, la de la izquierda a punto de abrirse para englobar a la trama 0 y la de la derecha para englobar a la trama 4.
- El de la izquierda engloba con su ventana de recepción únicamente a la trama 4 y el de la derecha únicamente a la 0.
- 0 → ventana tx engloba a trama 0.

1 ← ventana tx engloba trama 4

2 → ventana tx engloba a trama 1.

3 → ventana tx engloba a trama 2.

4 → ventana tx engloba a trama 3.

5 ventana rx engloba a trama 5 y deja de englobar trama 4.

6 → ventana tx engloba a trama 4.

7 ventana rx engloba trama 1 y deja a trama 0.

8 ← ventana tx engloba trama 5.

9 Sin cambios

10 ← ventana tx engloba trama 6.

11 → Sin cambios.

12 → Sin cambios.
- Solo se pasa el paquete 0.

P13. Usando el polinomio generador del CCITT  $16x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$  generar el código CRC de 16 bits de un mensaje que consiste en un uno seguido de 15 ceros.

Solución:

Se deja como ejercicio.

P14. Comenta como se consigue la transparencia de datos en el protocolo de enlace de datos HDLC.

Solución:

En HDLC el método se logra introduciendo un bit a cero después de la aparición de 5 bits a uno consecutivos. Esta técnica es conocida como bit stuffing y tiene muy poca sobrecarga en la red y es independiente del código de representación de caracteres usado. La longitud de la trama debe ser múltiplo del carácter.

P15. Sea un enlace de datos por Satélite que utiliza tramas de 1000 bits a 1 Mbit/seg y un tiempo de propagación total de 20 ms. Suponer probabilidad de error de 0 y de 0,25. ¿Cuál es el factor de utilización del enlace para los siguientes casos:

- Protocolo parada y espera.
- Protocolo de ventana deslizante de tres bits de números de secuencia.
- Protocolo de ventana deslizante de ocho bits de números de secuencia.

Solución:

Suponemos probabilidades de error  $p_1=0$  y  $p_2=0.25$ .

a) Protocolo parada y espera.

$T_i$  = tiempo de transmisión,  $t_p$  tiempo de propagación

$$\text{La eficiencia es } U = \frac{t_i}{t_v} = \frac{1-p}{1+2a} \quad a = \frac{t_p}{t_i}$$

$$\left. \begin{aligned} t_{total} &= t_i + 2t_p = 20 \text{ ms} \\ t_i &= 1000/1M = 1 \text{ ms} \end{aligned} \right\} \text{despejando } t_p = 9,5 \text{ ms}$$

$$a = \frac{t_p}{t_i} = 9,5 \quad \text{distancia en bits: } t_p \cdot \text{vel} = 9,5 \text{ ms} \cdot 1 \text{ Mbit/seg} = 9500 \text{ bits.}$$

$$\text{Sustituyendo: } U = \frac{1 \text{ ms} (1-P)}{20 \text{ ms}} = \begin{cases} 1/20 \text{ para } p_1 \\ 0,037 \text{ para } p_2 \end{cases}$$

b) Protocolo ventana deslizante de 7 con retransmisión

$T_i$  es el mismo y  $a$  es la misma.

$$\text{Sustituyendo: } U = \frac{1-P}{1+2aP} = \frac{1-P}{1+2 \cdot 9,5 \cdot P} = \begin{cases} 1 \text{ para } p_1 \\ 0,1304 \text{ para } p_2 \end{cases}$$

c) Protocolo ventana deslizante de 255 con retransmisión

P16. Se quiere diseñar un enlace de datos para una red local con protocolo CSMA/CD con un bus de 2000 m de longitud, siendo  $2/3c$  la velocidad media de propagación de las OEM(ondas electromagnéticas) en el mismo y su atenuación despreciable. La velocidad de transmisión es de 100Mbit/seg. Calcular la longitud mínima de trama de Enlace de Datos en los siguientes casos:

- a) Se trabaja en Banda Base.
- b) Se trabaja en Banda Ancha con un terminador activo de intercambio de frecuencia que introduce un retraso de 20 microsegundos.

Solución:

- a) Como el bus tiene 2000 m y la velocidad de propagación en el mismo es  $2/3 c$  y la velocidad de transmisión 100Mbit/seg un bit tardará en llegar de un extremo a otro 1 microsegundo.

Si la velocidad de transmisión es 100Mbits/s en 1 microsegundo se habrán mandado 1000 bits. Si el tiempo de propagación de la señal de extremo a extremo es de 1  $\mu\text{seg}$ , el tiempo necesario para detectar una colisión en el peor caso es de 2  $\mu\text{seg}$ .

Por lo tanto en CSMA/CD banda base la longitud mínima de la trama deberá ser el número de bits que se puede mandar en 2  $\mu\text{seg}$ , o sea 2000 bits.



- b) En banda ancha solo tenemos que tener en cuenta el retardo introducido por el terminador que se añade al tiempo necesario para detectar una colisión. En el peor caso (ambos equipos muy lejanos) el tiempo que tarda en detectarse será  $4 \cdot T_p + T_{\text{RETRASO}}$ . Es decir, 24  $\mu\text{seg}$ . En ese tiempo nuestro emisor ha mandado 24000 bits.

P17. Por un enlace vía satélite donde el tiempo de propagación es de 270 mseg, se transmiten tramas de 1000 bits a una velocidad de 1 Mbps. Se utilizan tres bits para numerar las tramas y las confirmaciones viajan dentro de las propias tramas de datos. Suponiendo que el número de bits de la cabecera de cada trama es insignificante frente al número de bits de la trama:

- ¿Cuál es la dimensión de la ventana de transmisión?
- ¿Cuál es la eficiencia del protocolo de parada y espera?
- ¿Cuál es la eficiencia del protocolo de retransmisión continua (Ventana deslizante)?
- ¿Cuál es la eficiencia del protocolo de ventana deslizante con retransmisión selectiva?

Solución:

- a)  $N=2^3-1 = 7$  tramas. Es decir, una trama menos que el máximo número de combinaciones posibles de 3 bits.

b)

$$U = \frac{t_f}{T_{\text{total}}} = \frac{t_f}{2t_f + 2t_p} = \frac{1}{2(a+1)} \quad a = \frac{t_p}{t_f} = 270 \quad t_f = \frac{n - \text{bits}}{v_t} = \frac{1000}{10^4} = 1 \text{ mseg}$$

$$U = \frac{1}{2 \cdot 271} = 1.845\%$$

- En este caso se puede aplicar  $U_v = N \cdot U_{\text{par-esp}}$  donde N es el tamaño de la ventana, ya que la ventan no cubre el tamaño del enlace. De esta forma:  $U = 12,91\%$ .
- En el caso de retransmisión selectiva al suponer que la probabilidad de error es cero, obtenemos el mismo valor anterior.

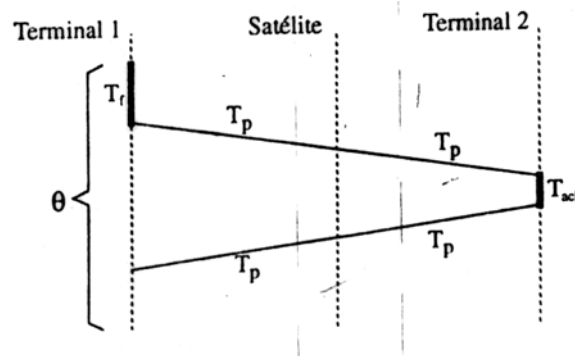
P18. Un sistema de transmisión de datos que enlaza dos terminales punto a punto “full duplex” y vía satélite, utiliza un protocolo del tipo “parada y espera”, tiene las características siguientes:

- Velocidad de transmisión 4800bps.
- Distancia entre terminales, 72000Km.
- El satélite es un elemento pasivo (hace simplemente de reflector).
- Las tramas de información constan de un campo de datos de 300bits y un campo de control de 8 bits, y no contemplan la inclusión de secuencia de numeración pero si un mecanismo para conseguir la transparencia de las secuencias de control presentes en el campo de datos.  
Las tramas de reconocimiento son de un solo carácter para cada una de las posibilidades (ACK o NACK).
- La temporización de retransmisión del primario se ha establecido en 300 milisegundos.

- Comprobar que el sistema, tal y como se ha descrito, no puede funcionar bien, aunque se haga la hipótesis de que las tramas de reconocimiento no se pierden nunca ni llegan erróneamente (ayudarse de un diagrama de tiempos). Recordar que la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio libre es de 300000 Km/seg.
- Sugerir las modificaciones que habría que hacer para conseguir el funcionamiento correcto del protocolo, aunque se pierda eficiencia.
- Aunque se haya podido hacer que el sistema funcione, ¿parece el diseñador haber adoptado una buena solución?

Solución:

a)



$$v_p = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} ; \text{ La trama tiene } 300 + 8 = 308 \text{ bits}; T_f = \frac{308}{4800} = 65,8 \text{ mseg}$$

$$\text{El tiempo de propagación de la señal es: } T_p = \frac{d}{v_p} = \frac{36 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} = 120 \text{ mseg};$$

$$\text{El tiempo que tarda en realizarse el reconocimiento es de: } T_{ack} = \frac{8}{4800} = 480 \text{ mseg}$$

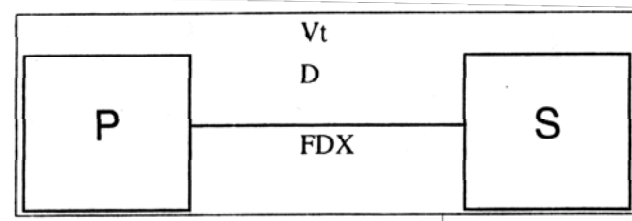
$$\text{El tiempo total vale: } \theta = T_f + 4T_p + T_{ack} = 546 \text{ mseg}$$

Se necesita un tiempo mínimo de 545 mseg para que la trama llegue al terminal 2 y la confirmación vuelva al terminal 1. Si el timeout es de 300 mseg, todas las tramas serán retransmitidas por lo menos una vez. El enlace no está bien diseñado.

- Esta situación se arreglaría aumentando el valor del temporizador de retransmisión como mínimo a 545 mseg.
- El diseñador tendría que haber elegido un protocolo de transmisión continua con ventana deslizante, ya que con un tiempo de propagación tan grande, parada y espera es muy ineficiente.

P19. Dos estaciones separadas D Km están interconectadas a través de un enlace FDX que funciona a una velocidad de transmisión  $v_t$  y el protocolo de comunicación que han adoptado para comunicarse está basado en la técnica de ventana deslizante con retransmisión continua. El destinatario dispone de dos alternativas para realizar la confirmación:

- Mediante una trama de supervisión (ACK/NACK) de q bits que le envía T segundos después de haber recibido el último bit de la primera trama de datos no confirmada.
- Incluida dentro de una trama de datos de retorno. Cuando el destinatario tiene datos para enviar, puede añadir confirmaciones, y al transmitir las desactiva el temporizador y anula el mecanismo anterior.

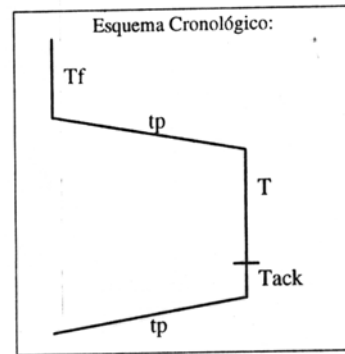


Contestar a las preguntas sabiendo que en ambos casos se confirmarán todas las tramas que se pueda.

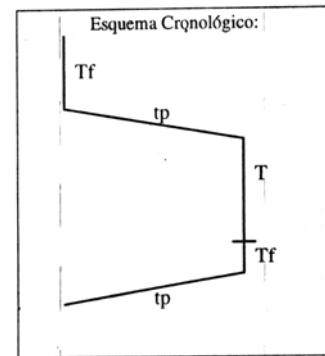
- a) ¿Cuál será la expresión de la ventana óptima de trabajo teniendo en cuenta que no hay limitaciones por culpa de la secuencia de numeración? Suponer que las tramas de datos son de  $L$  bits y que el número de bits de control que contienen y la longitud de las tramas de supervisión ( $q$ ) son insignificantes.
- b) Calcular el número de bits necesarios para la secuencia de numeración de las tramas si  $D=1000\text{Km}$ ,  $v_p=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $v_t=1\text{Mbps}$ ,  $L=1000\text{bits}$ ,  $T=23\text{ms}$  y  $q=8 \text{ bits}$ .

Solución:a) Caso 1: Trama de supervisión

El receptor envía una trama de supervisión en el caso en que no tenga datos para enviar al cabo de  $T$  segundos después de haber recibido la trama del emisor.

Caso 2: Piggy-Backing en trama de datos

El receptor dispone de datos para transmitir antes de que pasen  $T$  segundos desde que recibió la última trama de datos. En el peor de los casos, estos están disponibles justo en el límite del Time Out  $T$ .



Para calcular el tamaño de ventana óptimo tomamos el caso peor, así la ventana será válida para ambos casos.

$$T_f = \frac{L}{V_t} \quad T_{ack} = 0$$

Sabemos que  $N_t$  tiene que ser mayor o igual que la parte entera de  $\frac{\text{tiempo total}}{T_f}$  más una

unidad, luego:  $N_t$  será mayor o igual que la parte entera de  $\frac{T_f + 2t_p + T}{T_f}$  más uno.

b) Los bits necesarios para la secuencia de numeración serán:

$$T_f = \frac{L}{V_t} = \frac{1000 \text{ bits}}{10^6 \text{ bps}} = 10^{-3} \text{ s} \quad ; \quad t_p = \frac{D}{v_p} = \frac{1000000 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 0.333 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

$$T = 23 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$N_t \geq 32$ , pero como Tamaño de ventana < Numeración, entonces la numeración necesaria es 33 (0..32), por tanto se hacen necesarios 6 bits.

## Problemas del Tema 4

### Redes de Área Local

P1. ¿Qué relación hay entre la velocidad de señalización (o modulación) y la velocidad de transmisión en 100BaseT4? Razona porqué y cómo se reduce la velocidad de señalización en este tipo de redes.

Solución:

En 100BaseT4 se utilizan los 4 pares trenzados del cable de categoría 3. Uno de éstos se utiliza para la transmisión, otro para la recepción, y los dos restantes de forma reversible. Esto nos reduce los 100Mbps de velocidad de transmisión a 33Mbps por cada cable (100/3 cables). Además, al utilizar la codificación 8B6T, cada 8 símbolos binarios (0 y 1) se convierten en 6 símbolos ternarios (+, 0 y -) y la velocidad se reduce a 25Mbps =  $33 \cdot 6/8$  (ojo, tps no bps), una velocidad adecuada para el cable de categoría 3. Es decir, necesitamos 25Mbaudios.

P2. Al aumentar la velocidad de transmisión de los 10Mbps en Ethernet a los 100Mbps de Fast Ethernet también se redujo la distancia máxima entre estaciones a menos de los 2,5 Km originales de Ethernet. ¿En que medida se produjo esta reducción (aproximadamente) y por qué?

Solución:

La relación entre la velocidad de transmisión de Ethernet (10Mbps), la distancia máxima entre estaciones (2,5Km), y el tamaño mínimo de trama (64 bytes) venía determinada por la restricción del mecanismo de detección de colisión. Para poder detectar una colisión antes de haber introducido en el cable una trama completa era necesario que ésta, al menos, durase 51,2 µseg, lo que determinaba el tamaño mínimo de la trama. Al multiplicar la velocidad por 10, para mantener el mismo tamaño mínimo de trama, se tuvo que dividir la distancia máxima entre estaciones por 10, reduciéndose ésta a unos 100-200 metros.

P3. Indica la función y características de las direcciones físicas de la trama Ethernet. ¿De qué partes consta una de estas direcciones?

Solución:

La función es, evidentemente, identificar al emisor y al destinatario de la trama. En cuanto a sus características, el primer bit permite distinguir entre una dirección individual y una de multidifusión. Además, una dirección puede constar de 16 (dirección local) o 48 bits (dirección global), dependiendo del valor del segundo de los bits de dirección. Finalmente, en el segundo caso, las direcciones son asignadas de la siguiente forma. El IEEE asigna un conjunto de 24 bits distinto a cada fabricante, que forman los primeros 24 bits de la dirección. Los 24 bits restantes son utilizados por el propio fabricante para identificar unívocamente cada una de las tarjetas que construye.

P4. ¿Qué problemas de seguridad plantea conectar los equipos a un concentrador(hub) frente a hacerlo a un conmutador (switch)?

Solución:

Es un problema de seguridad pues cualquier estación conectada al mismo concentrador puede inspeccionar el contenido de las tramas de las otras estaciones.

P5. Se desea transmitir la secuencia binaria '0001000' repetidamente sobre una red de área local que sigue el estándar 100BaseTX de IEEE 802.3.

- a) Representa gráficamente la señal eléctrica que se transmite repetidamente por el cable sabiendo que el esquema de codificación 4B5B utiliza la tabla de correspondencias siguiente:

4B	→	5B	4B	→	5B	4B	→	5B	4B	→	5B
0000		11110	0001		01001	0010		10100	0011		10101
0100		01010	0101		01011	0110		01110	0111		01111
1000		10010	1001		10011	1010		10110	1011		10111
1100		11010	1101		11011	1110		11100	1111		11101

Asume además que NRZI utiliza codificación bipolar de +V y -V voltios.

- b) ¿Cada cuantos bits se repite la señal eléctrica transmitida?
- c) ¿Cuál es el periodo de esta señal teniendo en cuenta la velocidad de transmisión para el estándar 100BaseTX?
- d) ¿Cuántos armónicos pasarán por un par trenzado de categoría 5 si el ancho de banda de este cable es de 1 GHz?

Solución:

- a) Con la codificación 4B5B esta misma señal se transmite transformando 4 bits en 5 según la tabla y transmitiendo usando NRZI; basta con dibujar los primeros 15 bits de la señal transmitida, después se repite continuamente.
- b) Agrupando cada 4 bits, la señal a transmitir se repite cada 12 bits, y la señal transmitida en 4B5B cada 15 bits.
- c)  $T = 15 \text{ bits/ciclo} \times 1 / (125 \times 10^6) \text{ seg/bit} = 120 \text{ nseg}$ . Hay que recordar que en 100BaseTX, la señal se transmite a 125Mbps para lograr 100Mbps de transmisión de datos reales.
- d) A partir de la frecuencia fundamental de la señal  $f = 1/T$ ,  $10^9 \text{ Hz} \times 120 \times 10^{-9} = 120$  armónicos.

P6. Realiza una descripción de la arquitectura FDDI.

Solución:

La arquitectura FDDI se basa en la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, la topología que usa es la de anillo con testigo. Algunas características importantes son:

- La distancia máxima entre dos estaciones consecutivas sin repetidores intermedios es de 2 Km.
- Ofrece en condiciones normales una tasa de error menor de  $10^{-9}$ .
- La longitud máxima del anillo puede llegar a los 100Km, pudiendo estar conectadas 500 estaciones a él.
- La velocidad de transmisión en el anillo de fibra puede llegar hasta los 100Mbps.

Esta arquitectura para añadir seguridad ante posibles cortes en el anillo recurre a la redundancia de fibra en los enlaces, teniendo de esta forma dos anillos, uno primario, que enlaza a todas las estaciones y un segundo anillo de seguridad al cual van conectadas únicamente algunas estaciones y que entrará en funcionamiento en caso de rotura del primero.

Teniendo en cuenta lo último se distinguen dos tipos bien diferenciados de estaciones:

- a) Primarias, las que están conectadas a los dos anillos.
- b) Secundarias, solo están conectadas a uno de los dos.

P7. ¿Qué ventaja tiene una topología LAN en estrella con repetidor (HUB-multipuerto) sobre un bus de cable coaxial si la de estrella es más cara por tener que adquirir un dispositivo repetidor?

Solución:

La topología en estrella es tolerante a fallos debidos al corte de un cable. Mientras el bus queda inutilizado en su totalidad si se corta en cualquier punto, en una estrella, solo queda inutilizado el equipo conectado a esa rama del repetidor.

P8. En una interface de acceso a una LAN con topología en anillo, ¿cuál es el propósito del registro de desplazamiento que introduce N bits de retardo?

Solución:

Sirve para poder leer completamente la dirección de destino de la trama antes de que se haya comenzado a emitir ningún bit de dicha trama en el enlace de salida, y de este modo poder retirarla del anillo.

P9. ¿En cuáles de los siguientes métodos de control de acceso al medio en LAN puede ocurrir que una estación se apropie de manera indefinida del canal sin dejar transmitir al resto de estaciones? Decir en cada caso si hace falta violar el protocolo para hacerlo y en que consistiría la trasgresión.

- a) CSMA/CD
- b) Bus con testigo con transmisión continua
- c) Anillo ranurado (transmisión en ranuras de tiempo con testigo)

Solución:

- a) Si una estación transmite en modo de transmisión continuo sin dejar ninguna separación entre las distintas tramas. Las demás estaciones se abstendrán de transmitir ya que detectan una portadora presente continuamente. No hace falta violar el protocolo si está permitido el modo continuo de transmisión.
- b) Si la estación que tiene el testigo transmite indefinidamente sin liberar el testigo las demás no podrán usar la red. Tendría que violar el protocolo solo en el caso en que retuviera el testigo sin tener tramas para transmitir.
- c) Si la estación que vacía las ranuras es la misma de origen, puede reutilizar de nuevo las ranuras hasta llegar a tenerlas todas ocupadas, sin necesidad de violar el protocolo para ello.

P10. En un protocolo de control de acceso al anillo (de cualquier tipo), ¿cómo se puede implementar la confirmación de las tramas enviadas?

- a) Si la trama es retirada del anillo por la estación destinataria.
- b) Si la trama es retirada del anillo por la estación originadora de la trama.

Solución:

- a) La estación destinataria debe enviar una nueva trama conteniendo una confirmación. Para enviar esta nueva trama debe seguir lo indicado por el protocolo correspondiente para transmitir una trama cualquiera, es decir, esperar un testigo, o una ranura vacía o insertar un registro.
- b) La confirmación se hace modificando unos bits de control situados al final de la misma trama de datos (detrás del CRC). La trama de datos continua su camino pero con los bits de control modificados. El originador puede comprobar estos bits para saber si se ha recibido bien.

## **Problemas del Tema 5**

### **Redes de Área Extensa**

P1. Comenta las diferencias entre Circuitos Virtuales y Datagrama en cuanto al enrutamiento de los paquetes de datos en una red de conmutación de paquetes.

Solución:

El concepto de circuito virtual define a cada una de las conexiones lógicas que se pueden establecer por una misma línea física para aprovechar de este modo el medio de transmisión.

Para poder disponer de varias comunicaciones lógicas con un circuito físico necesitamos asignar un CVC (circuito virtual conmutado) a cada elemento que quiera conectar con otro distante. Esa asignación le dará un número de circuito virtual que le servirá para mandar la información y que no le será asignado en el momento que haya más CVCs asignados que el número total de CVCs disponible, caso en el que esperará hasta que se pueda cursar su petición.

A todos los efectos el usuario de dicho CVC tendrá la impresión de poseer la línea en exclusiva, aunque ésta estará compartida por varios CVCs. Esta conexión se encontrará en funcionamiento durante todo el tiempo que dure la transmisión de datos hasta que esta finalice y se libere el Circuito Virtual.

Un datagrama es la representación en forma gráfica de la conexión entre dos nodos, y representa las posibles alternativas a seguir para realizar la conexión. El emisor puede enviar datos inmediatamente sin realizar ningún tipo de conexión. La información del destino se encuentra en el propio datagrama.

Un encaminamiento de los paquetes de datos es básicamente la asignación de la ruta física que debe elegir un nodo de red cuando intenta comunicarse con otro. Normalmente esta asignación se realiza analizando la dirección de destino del paquete de solicitud de llamada y puede ser de dos tipos:

- a) Asignando siempre la misma línea física de salida para una llamada. Asignación fija.
- b) Funcionando como en modo a cuando la línea esté en servicio y eligiendo una ruta alternativa en el caso de que la línea física de salida se encuentre fuera de servicio (asignación alternativa).

En ambos casos es lo mismo puesto que la red se trata de una red de conmutación de paquetes. Tanto los paquetes del circuito virtual como los datagrama circulan por el mismo medio físico y/o por las mismas rutas.

P2. Supongamos una red de gran alcance (WAN) extremadamente sobrecargada:

- a) ¿Qué notaría el usuario si se trata de una red de conmutación de circuitos?
- b) ¿Qué notaría el usuario si se trata de una red de conmutación de paquetes?

Solución:

- a) No podría o tardaría mucho tiempo al intentar establecer un nuevo circuito virtual. Los usuarios de los circuitos ya establecidos no notarían absolutamente nada.
- b) El establecimiento de circuitos virtuales tardaría muchísimo, aunque se pueden seguir estableciendo. Los paquetes de datos (ya sean sobre circuitos virtuales o como Datagramas) tardarían bastante en llegar a su destino e incluso se perderían.

P3. ¿Cuál es la principal ventaja de la conmutación de circuitos frente a la de paquetes, que la hace más apropiada para transmitir señales como la del teléfono?

Solución:

El tiempo que los datos tardan en llegar al destino es constante (solo el tiempo de propagación) frente a la conmutación de paquetes en que el retardo depende del estado de la red (tráfico, congestión, ...).

P4. Un enlace primario en RDSI se desea conectar a una centralita RDSI. Calcula el número máximo de llamadas entrantes o salientes que puede satisfacer la centralita simultáneamente.

Solución:

El acceso primario permite hasta 30 enlaces tipo B bidireccionales a 64Kbps, por tanto hasta 30 comunicaciones de voz simultáneas.

P5. Realiza un diagrama de instalación de un Acceso Básico. ¿Qué elementos son de la compañía y cuales del usuario?

Solución:

Lo hemos visto en teoría. El TR1 o NT es propiedad de la compañía, el bus pasivo es propiedad del abonado.

P6. ¿Es posible emplear RDSI para enlazar con la red IBERPAC? Justifica tu respuesta.

Solución:

Si es posible, así como el enlace con otras redes tanto de voz(RTB, móviles) como de transmisión de datos (IBERMIC, IBERPAC, FRAME RELAY). Esto se realiza a través de pasarelas cuya función es mantener la compatibilidad de los usuarios de RDSI con la del resto de usuarios. Estas pasarelas adaptan las señales analógicas o digitales según el caso, perdiendo la transparencia a nivel de bit, característica más interesante de la RDSI y evitando aprovechar todas las posibilidades digitales.

P7. Especificación de acceso primario.

Solución:

Esta en las transparencias y Apéndice del Stallings.

P8. ¿Qué es un dispositivo UTR? ¿Para qué se emplea?

Solución:

Es un adaptador de señal digital similar exteriormente a un MODEM. Adapta la señal proveniente de una interfaz serie síncrono (normalmente V.35) a un código de línea similar a los empleados en 100BaseTX. Esto posibilita la transmisión de datos digitales (Hasta unos 512Kbits) a lo largo de grandes distancias (Hasta unos 3Km) a través del par de hilos del bucle de abonado que termina en la central. De esta forma se puede dar servicio desde la central de Frame Relay, IBERMIC, IBERPAC u otro servicio de WAN digital.

P9. Los enlaces dedicados punto a punto denominados "Ibermic", ¿en qué casos se emplean por la compañía del servicio?

Solución:

Se emplean cuando no es posible atender a la demanda del usuario de un enlace digital hacia una red WAN como Frame Relay o IBERPAC y es necesario establecer un enlace punto a punto entre la central que no presta el servicio y otra central lo más próxima posible que si disponga del servicio WAN. Para ello se emplea la misma RDI (Red Digital Integrada) que se emplea para los enlaces telefónicos, reservando para ello alguna o algunas ranuras TDM en los enlaces entre centrales de la RDI.