

Tema 1

Curso 2018/19 Semestre 1

Supuesto 1.

Un fabricante de equipos informáticos está diseñando una red de alta velocidad, para ello, ha diseñado las correspondientes tarjetas de red que emplean enlaces de dos pares de hilos (un par de hilos para transmitir y otro para recibir). Las características de los enlaces son las siguientes:

- Relación señal ruido: 63dB
- Ancho de Banda: 100Mhz

Responda razonadamente a las siguientes preguntas:

- 1.1 Para la codificación de los datos, se ha seleccionado la codificación unipolar. ¿Cuál es la máxima velocidad de transmisión alcanzable?
- 1.2 Para la codificación de los datos, se ha seleccionado la codificación *polar* con retorno a cero. ¿Cuál es la máxima velocidad de transmisión alcanzable?
- 1.3 Sin modificar la relación señal-ruido de los enlaces, proponga una codificación que permita alcanzar una velocidad de 2Gbps. Razone la adecuación de la codificación propuesta a las características de la línea.
- 1.4 La misma cuestión que en el apartado 1.3 pero para una velocidad de 2.000 Gbps.

Supuesto 2.

Los ingenieros de una empresa de Formula1 están diseñando una red de datos basada en hardware de diseño propio para la transmisión de la telemetría, radio y video de baja calidad desde el coche hasta donde se encuentre su centro de control en el circuito donde estén.

Para ello utilizan una emisora de radio y un módem, cuyas características de transmisión de datos medidas por los ingenieros han sido las siguientes:

- La potencia de la señal recibida cuando el coche está a una distancia de 1Km es de 100mW.
- La potencia de la señal recibida cuando la distancia es de 11Km es de 1mW.
- La atenuación por kilómetro de la señal (expresada en decibelios) es prácticamente constante.

Además, el ruido de fondo en el canal que piensan emplear es de 0.01mW mientras que la emisora de radio proporciona un ancho de banda de 100KHz.

En base a estos datos anteriores, responda **razonadamente** a las siguientes preguntas:

- 2.1 Por cada kilómetro de distancia entre el coche y el centro de control, ¿en cuántos decibelios se atenúa la señal?
- 2.2 ¿A qué distancia máxima podrá estar el coche para que la velocidad sea de al menos 1Mbps?
- 2.3 Suponiendo que los módems emplean una modulación multinivel, ¿cuántos estados puede tomar la señal si el coche se encuentra a una distancia de 4 kilómetros? ¿Cuál es la velocidad máxima de modulación a la que pueden funcionar los equipos de transmisión de datos? ¿Y la velocidad máxima de transmisión de datos?

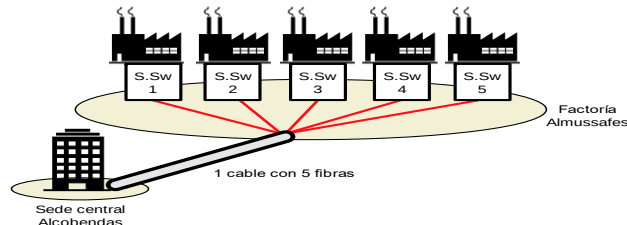
Problemas 3.

La empresa multinacional Ford Motor Company dispone en España de una factoría de automóviles, cuya cadena de producción localizada en Almussafes, realiza cinco tareas concretas: creación del chasis, creación del motor, ensamblaje, pintura y lavado de vehículos.

Cada una de estas tareas se realiza por un conjunto de robots, de forma totalmente automatizada, en

diferentes edificios. Cada uno de los cinco conjuntos de robots está gestionado por un sistema software (S.Sw), el cual se monitoriza y configura desde la oficina central de la empresa situada en Alcobendas, Madrid. Para ello, ambas localizaciones están conectadas entre sí mediante un sistema de transmisión dúplex.

El sistema de transmisión está constituido por “fibra óptica” alquilada a Red Eléctrica de España. En concreto mediante un cable dotado de 5 fibras ópticas, una por cada sistema software o tarea, tal y como se muestra en la figura siguiente.



Las fibras disponen de un ancho de banda en la segunda ventana de 570 GHz, realizándose la transmisión con una relación señal/ruido de 102 dB. Los equipos de transmisión, que Ford ha comprado a la empresa española OPTRAL, se encargan de adaptar la señal a la fibra (convertidores de medios) y permiten una velocidad de modulación por lambda de 4 GBaudios. En el medio de transmisión se emplean dos niveles de señal: luz y no luz; multiplexación **DWDM**, con bandas de guarda de 1 GHz y codificación 6B8B. La atenuación de la señal a lo largo de la longitud de las fibras es de 90 dB.

En base al escenario y datos anteriores, conteste **RAZONADAMENTE** a las siguientes cuestiones:

- 3.1 ¿Cuál es la velocidad máxima de transmisión de información que ofrece el sistema de transmisión en cada lambda entre Alcobendas y los sistemas software de la cadena de producción de Almussafes?
- 3.2 Cada una de las fibras ópticas, ¿cuántas lambdas puede multiplexar?
- 3.3 ¿Cuál es la velocidad de transmisión de información que proporciona una única fibra? ¿Y la velocidad total que proporciona el cable?

En el edificio de pintura se llevan a cabo tareas especializadas de tuneado de vehículos que requieren el intercambio de **M** señales analógicas de 50 MHz y otras **M** señales digitales de 200 Mbps, en ambos sentidos, entre Alcobendas y Almussafes:

Para la transmisión de estas señales se dedica una lambda en cada sentido. Previamente a su transmisión, se combinan dichos flujos mediante un multiplexor orientado a bit.

- 3.4 ¿Cuál es el régimen binario de las señales analógicas, suponiendo que cada muestra se codifica con 8 bits?
- 3.5 ¿Cuál es el número de tramas por segundo en la salida del multiplexor?. Indique también la estructura de la trama de multiplexación, en concreto el nº de canales por trama y el nº de bits por canal

Supuesto 4.

Una empresa dispone de un enlace basado en dos fibras ópticas para conectar dos edificios cercanos. Cada fibra se emplea para las transmisiones en una única dirección entre los encaminadores a la entrada de cada edificio.

Sabiendo que:

- Los encaminadores disponen de un transmisor en fibra óptica que emplea una codificación 64B66B a 10Gbps.
- Los láseres empleados emiten con una potencia de 0.5 mW

- Independientemente del ruido y por limitaciones en los receptores empleados, éstos no pueden recibir la transmisión de forma fiable si ésta no llega con al menos $0.5 \mu\text{W}$ de potencia
- La fibra empleada atenúa la señal transmitida en 0,35dB por cada kilómetro

Responda **razonadamente** a las siguientes preguntas:

4.1 ¿Cuál es el ancho de banda consumido sobre cada fibra óptica?

4.2 ¿Cuál será la distancia máxima a la que se pueda producir de forma fiable la transmisión?

Como consecuencia del crecimiento de las necesidades de transmisión de datos, se necesita ampliar la capacidad disponible. Para ello, se ha adoptado la solución de emplear tecnología basada en DWDM.

Sabiendo, adicionalmente, que:

- El ancho de banda disponible es de aproximadamente 2THz
- Por limitaciones en los equipos empleados, la banda de guarda entre lambdas es **de** 4,84375GHz
- Los multiplexores DWDM cuando multiplexan, combinan los distintos lambdas sobre la fibra de salida (sin sumar sus potencias originales ya que cada lambda tiene una longitud de onda distinta)
- Los multiplexores DWDM cuando demultiplexan los lambdas, dividen la potencia de cada lambda a partes iguales entre los distintos receptores (ya que son multiplexores ópticos pasivos). A su vez, cada receptor decodificará un único lambda.

Responda **razonadamente** a las siguientes preguntas adicionales:

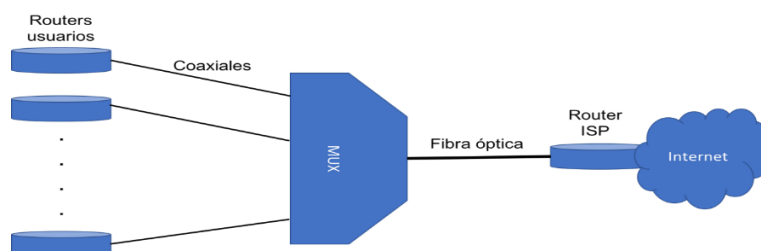
4.3 ¿Cuántas lambdas se podrían emplear como máximo? (No tenga en cuenta la atenuación de la señal) (3p)

4.4 Suponiendo que el número de lambdas empleado fuese 20. ¿Cuál será la distancia máxima a la que se puede recibir de forma fiable la transmisión?

4.5 Si se pudiese fabricar un transmisor que, con un solo lambda, y empleando la codificación indicada originalmente (64B66B), usase todo el ancho de banda posible. ¿Cuál sería su velocidad de modulación? y ¿cuál sería su velocidad de transmisión de datos?

Supuesto 5

Un proveedor de acceso a Internet (ISP) está diseñando una red de acceso basada en fibra óptica y cables coaxiales. En esta red de acceso los routers de los clientes se conectan a un cable coaxial que termina en un multiplexor. El multiplexor está diseñado para conectarse a una fibra óptica realizando una multiplexación por división en el tiempo de los canales de los usuarios y una multiplexación por longitud de onda de los dos sentidos de la transmisión. Finalmente, la fibra óptica se conecta a su vez con en el router del ISP (que realizará el encaminamiento de los paquetes y las multiplexaciones/demultiplexaciones necesarias). Esta conexión se representa en la figura adjunta.



Sabiendo que:

- Los cables coaxiales tienen una atenuación de 5dB por kilómetro y un ancho de banda de 3GHz
- El multiplexor y los routers de los usuarios transmiten sobre el cable coaxial con una potencia de 100mW

- La potencia del ruido sobre el cable coaxial es de 0,1mW
- La codificación empleada en los cables coaxiales es una bipolar con retorno a cero
- La velocidad de transmisión en cada cable coaxial es de 1Gbps bidireccionales
- Cada lambda sobre la fibra óptica emplea una velocidad de señalización de 12,5 Gbaudios, una codificación 8B10B y requiere una banda de guarda de 13,75GHz
- La fibra empleada tiene un ancho de banda de 1THz

Teniendo en cuenta todo lo anterior, **responda, RAZONADAMENTE, a las siguientes preguntas:**

- 5.1 ¿A qué distancia puede situarse el multiplexor de los routers de los clientes? ¿Cuál será la velocidad de señalización empleada (en el cable coaxial)? ¿Qué ancho de banda se emplea (en el cable coaxial)?
- 5.2 ¿Cuántos usuarios podrían compartir una única fibra?
- 5.3 Suponiendo que la multiplexación por división en el tiempo de cada lambda está orientada a **Byte** y que cada trama de multiplexación incluye un código de redundancia cíclica que se calcula con el siguiente polinomio generador (CRC-32) $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$. ¿Diseña la trama de multiplexación que se emplearía sobre cada uno de las dos lambdas? En este caso, ¿cuántos usuarios podrían compartir una única fibra?
- 5.4 ¿Cuántas lambdas se podrían transmitir teóricamente sobre la fibra óptica empleada? En este caso, ¿cuántos usuarios podrían compartir la fibra? (tenga en cuenta la suposición del apartado 3)
- 5.5 Si se limita la distancia de los cables coaxiales a 1Km y se mantiene la velocidad de señalización. ¿A qué velocidad máxima se podría transmitir entre el multiplexor y los routers de los usuarios?
- 5.6 Si se limita la distancia de los cables coaxiales a 1Km y se emplea la máxima velocidad de señalización posible. ¿A qué velocidad máxima se podría transmitir entre el multiplexor y los routers de los usuarios?

Supuesto 6.

Un aficionado a la electrónica ha decidido conectar un puerto serie bidireccional a un cable UTP estándar de categoría 7 (600MHz de ancho de banda) para interconectar dos ordenadores de desarrollo propio.

Sabiendo que:

- La conexión emplea dos pares de cables (uno por sentido)
- La codificación a usar es la 8B10B
- La potencia de la señal transmitida es de 10mW
- El ruido presente en la línea es de 10^{-10} W
- La atenuación de la señal es de 10dB por kilómetro

Responda razonadamente a las siguientes preguntas:

- 6.1 ¿Cuál será la máxima velocidad posible de señalización?
- 6.2 ¿Cuál será la máxima velocidad posible de transmisión con la codificación indicada (8B10B)? ¿Hasta qué distancia máxima es posible la transmisión?
- 6.3 En caso de emplear una codificación multinivel ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible a una distancia de 1Km? ¿Cuántos niveles se emplean?

Suponiendo que, en lugar del cable UTP se emplea una fibra óptica con un ancho de banda de 1THz y manteniendo la codificación original (8B10B).

- 6.4 Considerando una banda de guarda de 10GHz ¿Cuántos canales del mismo ancho de banda empleado sobre el cable UTP se pueden multiplexar mediante DWDM? ¿Cuántas conexiones bidireccionales se pueden usar?

Si ahora se emplea una codificación multinivel y la misma potencia de transmisión y de ruido que sobre el cable UTP pero con una atenuación de 0,35dB por kilómetro.

6.5 ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible para uno de los lambdas anteriores a 50 Km de distancia? ¿Qué codificación emplearía? (8p)

6.6 ¿A qué distancia se puede mantener la velocidad calculada en el apartado 6.2?

Con la misma fibra óptica indicada anteriormente. Si se emplean lambdas de 5,15625GHz de ancho de banda, 4,84375GHz de banda de guarda y la codificación (64B66B).

6.7 ¿Cuántos canales de 1 Gbps se pueden multiplexar por división en el tiempo sobre un único lambda? Diseña la trama de multiplexación orientada a byte apropiada, indicando el número de canales por trama y el número de bytes por canal.

6.8 Empleando todas las lambdas posibles. ¿Cuántos canales de 1 Gbps bidireccionales se pueden multiplexar?

Supuesto 7.

Un aficionado a la robótica quiere diseñar un dispositivo para poder controlar varios robots (de forma centralizada). Para ello parte de un PC al que instalará una tarjeta de red Ethernet y de una serie de interfaces serie de diseño propio (una por robot).

Sabiendo que:

- Las conexiones entre el PC y cada robot emplean una velocidad de señalización de 125Kbaud
- La transmisión entre el PC y cada robot se codifica empleando la codificación 8B10B
- La transmisión se realiza a 32mW de potencia
- La recepción requiere una potencia mínima de 2mW para funcionar adecuadamente
- El cable empleado entre el PC y cada robot presenta una atenuación de 1,2dB cada 10m

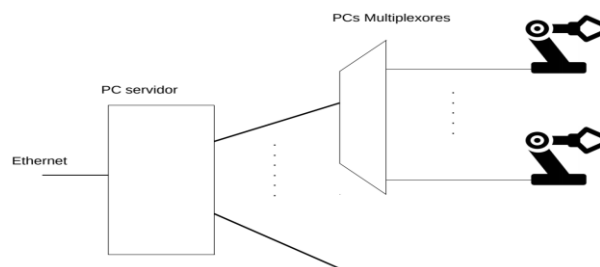
Responda, **RAZONADAMENTE** a las siguientes preguntas:

7.1 ¿Cuál será el ancho de banda mínimo requerido en los cables que conecten el PC con los robots? ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión de datos para cada robot?

7.2 ¿Cuál será la atenuación máxima de la señal? ¿A qué distancia es posible la transmisión? ¿Afectaría a la distancia una reducción en la velocidad de modulación?

7.3 Indique, las características (ancho de banda y atenuación por Km) del cable necesario para alcanzar una distancia de 1Km a la misma velocidad de transmisión y sin modificar la codificación.

Con el objetivo de poder gestionar un número elevado de robots, el aficionado a la robótica, ha decidido modificar el esquema inicial de la siguiente forma:



En donde:

- La conexión entre los PCs es una conexión bidireccional síncrona a 2Mbaud
- La codificación de datos entre los PCs es 2B1Q
- La delimitación de trama entre los PCs se hace mediante guiones (01111110) (un guión por trama)
- La trama de multiplexación entre los PCs se diseñará orientada a bit

Responda, **RAZONADAMENTE**, a las siguientes preguntas adicionales:

- 7.4 ¿Cuál es la velocidad de transmisión entre los PCs? ¿Cuál es el ancho de banda mínimo para el cable a emplear entre los PCs?
- 7.5 Diseñe la trama de multiplexación por división en el tiempo a emplear entre los PCs. Indique, número de tramas por segundo, el número de canales por trama, el tamaño de cada canal y la longitud total de la trama.
- 7.6 Compare las ventajas e inconvenientes de las dos codificaciones empleadas (2B1Q y 8B10B)

Supuesto 8.

Un fabricante de equipos electrónicos está diseñando una red para interconectar una serie de robots industriales con un ordenador de control. Para ello está considerando emplear cableado estandar UTP de categoría 6 (250MHz de ancho de banda). Cada robot se conectará con el ordenador de control mediante dos pares de hilos (uno para transmitir y otro para recibir) empleando la codificación Mánchester

Sabiendo que:

- La señal se transmite con una potencia de 100mW
- El ruido presente en cada par es de 0,1mW
- La atenuación en los pares es de 12,5 dB/Km

Responda, **RAZONADAMENTE** a las siguientes preguntas:

- 8.1 ¿Qué velocidad de modulación se tendría que emplear? ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión de datos para cada robot?
- 8.2 ¿Qué relación señal ruido sería necesaria para que los equipos funcionasen adecuadamente? ¿Cuál sería la distancia máxima entre los robots y el ordenador que los controla?
- 8.3 Para una distancia máxima de 1Km y empleando una codificación distinta a la de Mánchester ¿Sería posible mejorar la velocidad de transmisión calculada en el apartado 1? ¿Con qué codificación? ¿Cuál sería la nueva velocidad máxima?

Una vez diseñado el sistema y puesto en marcha en una fábrica piloto se ha visto que la ubicación del ordenador de control en la fábrica no es ideal (problemas de temperatura, polvo, ruido...). Como consecuencia se ha decidido trasladar el ordenador a unas oficinas exteriores. Para mantener el esquema inicial con los mínimos cambios posibles se ha instalado un multiplexor en el lugar donde antes estaba el ordenador de control. El multiplexor se conectará con los robots de la misma forma que lo hacía el ordenador de control y continúa empleando la codificación de Mánchester para ello. Por otro lado, el multiplexor se comunica con el ordenador de control, ahora situado en la oficina externa, mediante una fibra óptica sobre la que se transmiten dos lambdas (uno por sentido).

Suponiendo, adicionalmente que:

- Sobre la fibra se emplea la codificación 8B10B
- El ancho de banda de la fibra es de 1,1THz
- Cada lambda requiere de una banda de guarda de 1GHz
- En cada lambda se multiplexara por división en el tiempo un sentido de la transmisión de “n” robots
- La trama de multiplexación se ha diseñado orientada a byte e incluye un canal adicional de 4 bytes para detección de errores

Responda **RAZONADAMENTE**, a las siguientes preguntas adicionales:

- 8.4 Si se pretenden controlar 10 robots. ¿Cuál es la velocidad de transmisión y el ancho de banda necesario para cada lambda?

8.5 Suponiendo que los láseres empleados pueden modular a una velocidad máxima de 20 Gbaudios. ¿Cuántos robots se podrían multiplexar empleando dos lambdas (uno por sentido)? Diseñe dicha trama de multiplexación indicando además los tamaños de cada campo y la longitud total de la trama

Supuesto 9.

Un aficionado a la electrónica ha decidido conectar un puerto serie bidireccional a un cable UTP estándar de categoría 7 (600MHz de ancho de banda) para interconectar dos ordenadores de desarrollo propio.

Sabiendo que:

- La conexión emplea dos pares de cables (uno por sentido)
- La codificación a usar es la 8B10B
- La potencia de la señal transmitida es de 10mW
- El ruido presente en la línea es de 10^{-4} W
- La atenuación de la señal es de 10dB por kilómetro

Responda razonadamente a las siguientes preguntas:

9.1 ¿Cuál será la máxima velocidad posible de señalización?

9.2 ¿Cuál será la máxima velocidad posible de transmisión con la codificación indicada (8B10B)? ¿Hasta qué distancia máxima es posible la transmisión?

9.3 En caso de emplear una codificación multinivel ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible a una distancia de 1Km? ¿Cuántos niveles se emplean?

Suponiendo que, en lugar del cable UTP se emplea una fibra óptica con un ancho de banda de 1THz y manteniendo la codificación original (8B10B).

9.4 Considerando una banda de guarda de 10GHz ¿Cuántos canales del mismo ancho de banda empleado sobre el cable UTP se pueden multiplexar mediante DWDM? ¿Cuántas conexiones bidireccionales se pueden usar?

Si ahora se emplea una codificación multinivel y la misma potencia de transmisión y de ruido que sobre el cable UTP pero con una atenuación de 0,35dB por kilómetro.

9.5 ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible para uno de los lambdas anteriores a 50 Km de distancia? ¿Qué codificación emplearía?

9.6 ¿A qué distancia se puede mantener la velocidad calculada en el apartado 1.2?

Con la misma fibra óptica indicada anteriormente. Si se emplean lambdas de 5GHz de ancho de banda, 10GHz de banda de guarda y la codificación original (8B10B).

9.7 ¿Cuántos canales de 960 Kbps se pueden multiplexar por división en el tiempo sobre un único lambda? Diseñe la trama de multiplexación orientada a byte apropiada, indicando el número de canales por trama y el número de bytes por canal.

Nota: Si queda una capacidad sobrante (después de multiplexar los canales de entrada) asigne dicha capacidad a un canal de relleno