

Tema 1

Curso 2017/18 Semestre 2

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?

Supuesto 3.

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

Sabiendo que:

- Los router disponen de un transmisor en fibra óptica que emplea una codificación 4B5B y transmisión de señales binarias a 2,5 Gbps.
- Los láseres empleados emiten con una potencia de 0.5 mW en cada lambda

- El ruido en la fibra es de $0.01 \mu\text{W}$
- 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 $0,45\text{dB}$ por Km.

Responda **razonadamente** a las siguientes **7 preguntas**:

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

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 1THz
- El ancho de banda de cada lambda es de 10GHz
- En cada extremo de la fibra (en cada edificio) hay un multiplexor/demultiplexor que:
 - al multiplexar combina los distintos lambdas sobre la fibra de salida (sin sumar sus potencias ya que cada lambda es una señal de frecuencia distinta)
 - al demultiplexar divide la potencia de cada lambda a partes iguales entre los distintos receptores y éstos decodifican un único lambda, lo que implica una atenuación demultiplexando de 20dB dado el número de lambdas

3.2 ¿Cuántas lambdas se podrían emplear como máximo?

3.3 ¿Cuál será la distancia máxima a la que se puede recibir de forma fiable la transmisión?

Aprovechando la infraestructura óptica instalada la compañía, ha considerado ofrecer servicios adicionales utilizando uno de los lambda. Sobre este lambda (λ) se desean multiplexar por división en el tiempo (MDT) los siguientes flujos de información:

- 60 Canales a 95Mbps
- 50 Canales a 35Mbps
- Un número por determinar de canales de 300Mbps
- 40 Canales a 45Mbps
- 30 Canales a 85Mbps

3.4 ¿Cuál es el máximo número de canales que se podrán multiplexar de 300Mbps ?

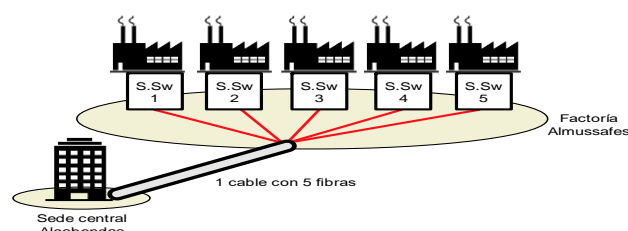
3.5 Calcule el número de tramas por segundo a la salida del multiplexor y diseñe una trama de multiplexación orientada a bit adecuada para los requisitos indicados

Problemas 4.

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:

- 4.1 ¿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?
- 4.2 Cada una de las fibras ópticas, ¿cuántas lambdas puede multiplexar?
- 4.3 ¿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.

- 4.4 ¿Cuál es el régimen binario de las señales analógicas, suponiendo que cada muestra se codifica con 8 bits?
- 4.5 ¿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 5.

Una empresa de implantación nacional cuenta con una sede central y múltiples delegaciones repartidas por toda España. Con el fin de mejorar la cualificación de sus empleados ha decidido realizar cursos de formación que se impartirán presencialmente en un aula que se ha creado en la sede central. Una vez iniciado el programa de cursos se ha visto que sería necesario que los empleados de las delegaciones también pudiesen disfrutar de ellos. Para que esto sea posible se ha instalado un aula remota en cada delegación que recibe simultáneamente las imágenes y sonido recogido por las siguientes cámaras y micrófonos (los alumnos de las aulas remotas pueden seleccionar que quieren ver y escuchar):

- **Tres** cámaras: la del profesor, la del proyector y la de los asistentes a la sede central (para ver al alumno que está haciendo una pregunta)
- **Dos** micrófonos: el del profesor y el de los asistentes a la sede central (para escuchar al alumno que está haciendo una pregunta)

Las imágenes del profesor y/o los alumnos se codifican de forma que requieren una capacidad de 800Kbps y para que la imagen del proyector tenga más resolución se codifica empleando una capacidad de 2Mbps.

El sonido captado por cada micrófono se codifica para poder transmitir una señal de audio de ancho de banda de 20KHz empleando 16bits por muestra.

Para conectar el aula de la sede central con cada una de las aulas remotas se ha pensado contratar líneas dúplex de 10Mbps (una por cada aula remota)

Desde el aula de la sede central, sobre cada línea se multiplexarán por división en el tiempo todas las señales indicadas junto con un canal de datos que permita aprovechar la capacidad sobrante.

Se pide responder, de forma razonada, a las siguientes preguntas:

- 5.1 Diseñe una trama de multiplexación (orientada a bit) apropiada. ¿Cuál será su longitud en bits? ¿Cuál será el número de tramas por segundo que se transmitirán por la línea?
- 5.2 Para mejorar la fiabilidad de la transmisión se ha decidido incluir un código de redundancia cíclica al final de la trama. Este código se generará empleando el siguiente polinomio $(x^{16} + x^{12} + x^5 + 1)$. Diseñe la nueva trama de

multiplexación (orientada a bit) apropiada (no modifique la capacidad requerida por los canales de video y/o audio). ¿Qué capacidad queda disponible para el nuevo canal de datos?

Visto el éxito del programa de cursos se ha decidido extenderlo dentro de la sede central a un edificio relativamente cercano en la fábrica de la empresa. Para ello se ha considerado instalar un cable que una los dos edificios (en lugar de contratar una línea). El cable seleccionado presenta un ancho de banda de 5MHz y una atenuación de 12Db por kilómetro de longitud. Si el transmisor emplea una potencia de transmisión de 100mW y el ruido presente en la línea es de 0.01mW.

5.3 ¿A qué distancia máxima se puede garantizar la velocidad prevista de 10Mbps sobre el citado cable?

5.4 ¿Cuál es el número máximo de bits que se podrán codificar por cada cambio de la señal si el cable tiene 1Km? ¿y si tiene 2Km? ¿Aproximadamente cuántos bits se pierden por Km de distancia?

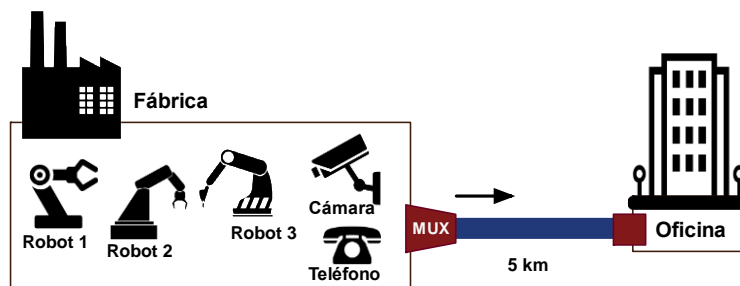
Supuesto 6.

La empresa Acquil, localizada en el polígono industrial del Carralero, cuenta con una fábrica y una oficina separadas entre sí 5 km. Para soportar las necesidades de comunicación entre ambas localizaciones se dispone de una línea de comunicaciones, en la cual se utiliza previamente un multiplexador orientado a Byte para transmitir la información sobre ella.

En la fábrica existe un teléfono analógico cuyas muestras se codifican con 8 bits por muestra, una cámara analógica que produce una señal de salida de 800 KHz y cuyas muestras se codifican con 4 bits por muestra

Además, se disponen de 3 robots que producen la siguiente información:

- Robot 1: 24 KBps (Kilobytes/seg)
- Robot 2: 64 KBps
- Robot 3: 128 KBps



En base al escenario planteado, y considerando únicamente la transmisión desde la fábrica a la oficina, responda **razonadamente** a las siguientes preguntas:

6.1 Diseñe la trama de multiplexación, indicando en número de canales por trama y el número de bytes por canal.

6.2 Calcule la velocidad de salida del multiplexador en tramas por seg y en bits por seg.

La transmisión se realiza con señales multinivel y en el medio de transmisión el ruido es de $1 \cdot 10^{-8}$ W. En recepción la relación S/R es de 48 dB. La potencia de transmisión en la salida del multiplexor es de 65 mw.

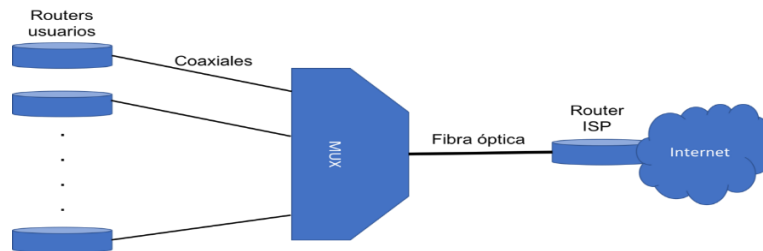
6.3 Calcule el ancho de banda necesario en el medio de transmisión, la velocidad en Baudios y los niveles que debería tomar la señal para obtener dicha velocidad.

6.4 Calcule la atenuación por km en el medio de transmisión

6.5 Si en un futuro se necesitase cambiar de oficina a una más grande situada a 7km ¿se podría garantizar la velocidad en bps anteriormente calculada?

Supuesto 7.

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 12,5Gbaudios, 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:**

- 7.1 ¿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)?
- 7.2 ¿Cuántos usuarios podrían compartir una única fibra? (en el supuesto de emplear un solo lambda)
- 7.3 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) $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$. ¿Diseñe la trama de multiplexación que se emplearía sobre cada uno de las dos lambdas? En este caso, ¿cuántos usuarios podrían compartir una única fibra? (en el supuesto de emplear un solo lambda)
- 7.4 ¿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 7.3) (emplee todos los lambdas posibles)
- 7.5 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?
- 7.6 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 8.

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 8B10B 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:

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

8.2 ¿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 13,75GHz
- 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:

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

8.4 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?

8.5 Si se pudiese fabricar un transmisor que, con un solo lambda, y empleando la codificación indicada originalmente (8B10B), usase todo el ancho de banda posible. ¿Cuál sería su velocidad de modulación? y ¿cuál sería su velocidad de transmisión de datos?

Para mejorar los servicios de comunicaciones de la empresa, se ha decidido emplear un lambda para multiplexar (por división en el tiempo orientada a byte) una serie de redes de área local Ethernet (a distintas velocidades).

8.6 Diseñe la trama de multiplexación adecuada para soportar “n” redes GigaEthernet, 9 redes FastEthernet a 100Mbps y 10 redes Ethernet a 10Mbps. La trama se diseñará para que “n” sea el mayor posible. Indique, ¿cuál es el valor de “n”?