

Tema 1

Curso 2016/17 Semestre 2

Supuesto 1.

Un fabricante de dispositivos móviles está diseñando un equipo que emplea un sistema de transmisión inalámbrico para comunicarse. Sabiendo que el medio físico empleado tiene un ruido de $5 \cdot 10^{-12}$ W de potencia, un ancho de banda de 20 MHz, que la potencia de la señal a transmitir es de 100 mW

Responda razonadamente a las siguientes preguntas:

- 1.1 ¿Cuál es la velocidad máxima teórica a la que se puede transmitir la información en el medio citado? ¿Cuál sería la velocidad de modulación? ¿Cuántos bits por cambio de la señal se podrían emplear?
- 1.2 Suponiendo que la señal reduce su potencia a la mitad cada 6m de distancia ¿Hasta qué distancia se podrían mantener una velocidad de 300 Mbps? ¿Cuál sería la velocidad de modulación? ¿Cuántos bits por cambio de la señal habría que emplear?

Supuesto 2.

Un fabricante de cables de interconexión está diseñando un cable para ser usado como interfaz digital de alta velocidad entre dos equipos. Con el fin de ofrecer un cable lo más fino, manejable y atractivo posible y al mismo tiempo reducir el coste de producción ha decidido emplear la menor cantidad posible de cobre (material caro). Como consecuencia de esta decisión el cable seleccionado presenta un ancho de banda relativamente escaso lo que se solucionará mediante la incorporación de unos pequeños chips (de muy reducido coste de fabricación) incorporados en el interior de los conectores de los dos extremos.

Sabiendo que:

- Los chips diseñados son codificadores/decodificadores (codecs)
- La velocidad prevista del interfaz es de 10Gbps
- El ancho de banda del cable empleado es de únicamente 300MHz
- La relación señal/ruido medida en el cable empleado es de 90dB
- El interfaz emplea únicamente un par de hilos para transmisión y otro para recepción

Responda razonadamente a las siguientes preguntas:

- 2.1 Si en lugar de emplear la solución propuesta se emplease un cable convencional (sobre el que se ha medido la misma relación señal ruido que en el cable propuesto anteriormente) para transmitir por el cable convencional (sin usar los chips codificadores/decodificadores) una señal binaria unipolar sin retorno a cero. ¿Cuál sería el ancho de banda requerido?
- 2.2 ¿Cuál es la velocidad máxima que se obtendría si los codificadores emplean 1024 niveles significativos? ¿Qué relación señal/ruido sería necesaria?
- 2.3 ¿Cuál será el número mínimo de niveles que ha de tomar la señal para obtener la velocidad pedida? ¿Cuántos bits se transmitirán con cada cambio de la señal?
- 2.4 ¿Cuál es la velocidad real que se alcanza en el cable seleccionado? Interprete el significado de resultado obtenido

Supuesto 3.

Una organización industrial cuenta con una fábrica y un centro informático situados en lugares diferentes. Para soportar las necesidades de comunicaciones de la sede central y de su centro informático se ha contratado una línea de datos de 2Mbps (**2,048 Mbps**) de capacidad.

Con motivo de la instalación en la fábrica de dispositivos automáticos (robots), surge la necesidad de realizar su control desde los ordenadores situados en el centro informático. Para ello la empresa se ha dotado de la siguiente infraestructura.



Sabiendo que:

- La transmisión sobre la línea de datos se realiza a **128 Kbaud**
- La potencia del ruido en la línea de datos (en recepción) es de $1 \cdot 10^{-9}$ W
- Los multiplexores trabajan a nivel de bit.
- Los equipos (robots) cuyos datos hay que multiplexar son:
 - 1 robot que requiere 16Kbps
 - 2 robots que requieren 32Kbps cada uno
 - 3 robots que requieren 8Kbps cada uno
 - 1 robot que requiere 20Kbps
- La capacidad sobrante se empleará como una línea de datos entre la fábrica y el centro informático.

En función de lo indicado conteste razonadamente a las cuestiones propuestas:

- 3.1 ¿Cuál será la potencia con que se tiene que recibir la señal transmitida sobre la línea de datos? ¿Cuál será la relación señal ruido (en dB)? ¿Cuántos niveles habrá que emplear para la transmisión de la señal?
- 3.2 ¿Cuál sería el número de tramas por segundo que se transmitirían con el formato propuesto?
- 3.3 Diseñe la trama de multiplexación óptima para la transmisión de los datos pedidos. No asigne a ningún robot más capacidad de la requerida.
- 3.4 Suponiendo que se emplease una codificación 8B6T (8 símbolos binarios se transmiten mediante 6 símbolos ternarios). ¿Cuál sería la máxima velocidad alcanzable? ¿Qué ancho de banda se necesitaría si se quiere mantener la velocidad inicial?

Supuesto 4.

Una empresa dispone de un enlace basado en fibra óptica para conectar dos edificios cercanos. Sobre este enlace se han multiplexado por longitud de onda una serie de señales digitales que transmiten, cada una, datos a una velocidad de 10 Gbps, codificadas mediante codificación 8B10B y utilizando señales binarias.

Responda RAZONADAMENTE a las siguientes 6 cuestiones:

- 4.1 ¿Cuál será el ancho de banda consumido por cada señal?

Si la banda de transmisión empleada en la fibra presenta un ancho de banda de 6 TeraHz y las bandas de guarda usadas para multiplexar ocupan 1GHz cada una

- 4.2 ¿Cuántas señales se pueden multiplexar?
- 4.3 Suponiendo una relación señal ruido de 12dB, y transmitiendo en cada longitud de onda con el máximo de niveles de señal posibles, ¿cuál es la velocidad máxima de transmisión de datos que se podría obtener?

Como la velocidad de 10Gbps es muy elevada para algunas aplicaciones. Se ha pensado en diseñar un equipo que permita multiplexar en el tiempo una serie de señales de menor velocidad.

- 4.4 Teniendo en cuenta que los equipos de transmisión de datos se han diseñado empleando láseres que transmiten con una potencia de 100mW, que el ruido en la fibra se estima en 1mW y que la fibra seleccionada presenta una atenuación de 0,24dB por km. ¿A qué distancia es posible emplear la codificación propuesta?

Supuesto 5.

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**:

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

5.2 ¿Cuántas λ s se podrían emplear como máximo?

5.3 ¿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 λ s. Sobre este λ (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

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

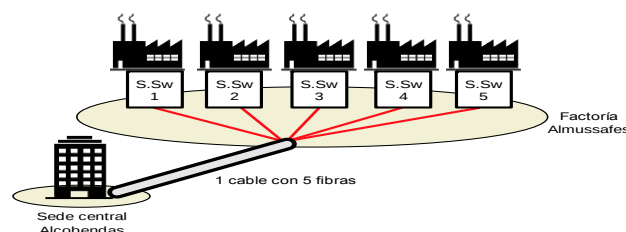
5.5 Calcule el número de tramas por segundo a la salida del multiplexor y diseñe una trama de multiplexación orientada a bit adecuada para los requisitos indicados

Problemas 6

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 λ 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:

- 6.1 ¿Cuál es la velocidad máxima de transmisión de información que ofrece el sistema de transmisión en cada λ entre Alcobendas y los sistemas software de la cadena de producción de Almussafes?
- 6.2 Cada una de las fibras ópticas, ¿cuántas λ s puede multiplexar?
- 6.3 ¿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 λ en cada sentido. Previamente a su transmisión, se combinan dichos flujos mediante un multiplexor orientado a bit.

- 6.4 ¿Cuál es el régimen binario de las señales analógicas, suponiendo que cada muestra se codifica con 8 bits?
- 6.5 ¿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 7.

Un usuario aficionado a la electrónica e informática quiere diseñar un equipo de transmisión de datos para poder enviar por un único cable: Los datos de una red de área local, la señal de un decodificador de TV de pago y la imagen del portero automático. De esta forma, pretende poder acceder a todas las señales desde una habitación en la que ahora no cuenta con ninguno de los tres servicios.

Para facilitar la instalación ha decidido emplear un único cable que tiene un ancho de banda de 100MHz. Sobre el citado cable, multiplexará los dos sentidos de transmisión por división en frecuencia empleando una banda de guarda de 1MHz.

Suponga que las señales a transmitir presentan las siguientes características:

- Red de área local de 100Mbps bidireccional
- TV de pago 6Mbps unidireccional (solo en sentido hacia la habitación)
- Portero automático (Video) 200Kbps unidireccional (solo en sentido hacia la habitación)
- Portero automático (Audio) 64Kbps bidireccional

En función de lo indicado **conteste razonadamente a las cuestiones propuestas**:

- 7.1 Diseñe las tramas de multiplexación orientadas a bit que permitan la transmisión de las señales pedidas en el sentido **hacia y desde** la habitación

Para el diseño del circuito, ha seleccionado un chip que codifica cada grupo de 6 bits de datos de entrada usando una señal que toma 64 niveles significativos distintos.

- 7.2 Calcule el ancho de banda necesario en **cada sentido** de la transmisión.
- 7.3 Calcule el ancho de banda total consumido por los dos sentidos de transmisión.

Supuesto 8

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:

- 1.1 Por cada kilómetro de distancia entre el coche y el centro de control, ¿en cuántos decibelios se atenúa la señal?
- 1.2 ¿A qué distancia máxima podrá estar el coche para que la velocidad sea de al menos 1Mbps?
- 1.3 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?

Una vez instalado y funcionando el sistema a una velocidad de 5.120 kbps, se pretende multiplexar en el tiempo el enlace para transmitir:

- 4 canales de voz digitalizada y comprimida de 32 Kbps para la radio entre el piloto y sus ingenieros.
- 2 canales de video de 1024 Kbps de la vista del piloto.
- 46 canales de datos que ocupe la capacidad sobrante para la telemetría del coche.

Para hacer funcionar el nuevo sistema, los ingenieros deben diseñar una trama de multiplexación orientada a bit.

- 1.4 Diseñe dicha trama de multiplexación, indicando además los tamaños de cada campo. ¿Cuántas tramas se transmitirán en un segundo?

Supuesto 9

Un alumno de Redes de Computadores quiere sincronizar, de forma inalámbrica, el contenido de su ordenador portátil con una nube privada creada mediante una Raspberry Pi 3 dotada de una interfaz inalámbrica USB y un disco duro.



Sabiendo que la transmisión se realiza de la siguiente manera:

- Se utilizan 48 portadoras en paralelo
- Cada portadora utiliza modulación 64 QAM
- Velocidad de señalización de cada portadora 250Kbaudios
- Para reducir el número de errores de transmisión emplea un codificador que añade un bit por cada grupo de 3 bits de datos a transmitir en cada portadora.

y que el medio físico inalámbrico empleado tiene las siguientes características:

- Nivel de ruido: $0,244 \cdot 10^{-9}$ W en la banda de cada portadora
- Potencia de la señal transmitida a la salida del emisor: 1mW para cada portadora
- La relación señal/ruido en la banda de cada portadora empeora en 0,3 db cada metro de distancia

Responda **razonadamente** a las siguientes preguntas:

- 9.1 ¿Cuál es la velocidad de modulación total? ¿Cuál es la velocidad máxima a la que se puede transmitir la información en el medio citado?
- 9.2 ¿Cuál es el ancho de banda de cada portadora?
- 9.3 ¿Hasta qué distancia se podrían mantener la velocidad máxima de transmisión?

- 9.4 Proponga una modificación que permita ampliar la velocidad máxima de transmisión de información hasta 90 Mbps, manteniendo el mismo ancho de banda por portadora y total; el mismo método de corrección de errores, el mismo nivel de ruido por portadora y un alcance de 133,33m.
- 9.5 A una distancia máxima prevista de 204m ¿Cuál será la velocidad máxima a la que se puede transmitir la información en el medio citado? ¿Cuántos bits por cambio de la señal habría que emplear?