



Escola Politècnica Superior  
de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Colección de problemas de la Asignatura

# Introducción a la Ingeniería

## Tema 5

## Índice

Tema 5. Transmisión de Señales Digitales. Redes	3
Problema 5.1 Codificador de fuente y codificador de canal	3
Problema 5.2 Transmisión de audio digital. Capacidad de canal.	3
Problema 5.3 Transmisión de audio digital en tiempo real	4
Problema 5.4 Cálculo velocidad de transmisión digital	4
Problema 5.5 Capacidad de canal	5
Problema 5.6 Velocidad de transmisión digital y frecuencia de muestreo	5
Problema 5.7 Velocidad de transmisión digital	5
Problema 5.8 Diseño de trama	6
Problema 5.9 Velocidad de transmisión digital y capacidad de canal	7
Problema 5.10 Sistema de videovigilancia. Integración de conceptos	7
Problema 5.11 Velocidad de transmisión. Mecanismo de parada y espera	8

## Tema 5. Transmisión de Señales Digitales. Redes

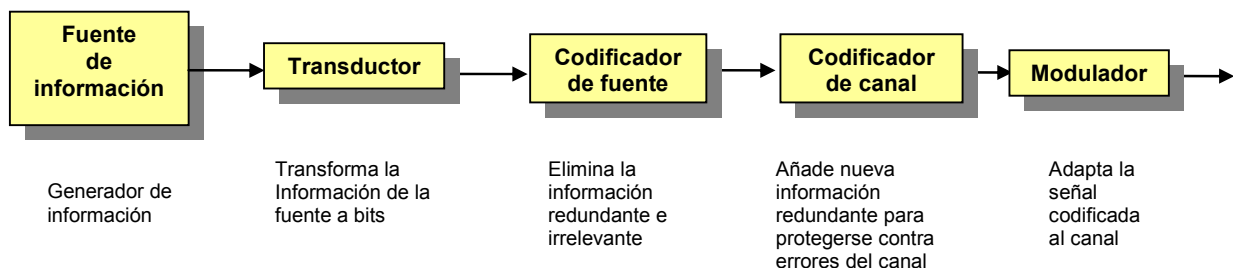
### Objetivos

Al terminar este tema, el estudiante estará en capacidad de:

- conocer la motivación básica de la telemática, como disciplina que funde la telecomunicación y la informática, respecto al tratamiento clásico de los sistemas, centrado en los principios físicos de la telecomunicación;
- describir un sistema de telecomunicación mediante un diagrama de bloques jerárquico, frente a los diagramas electrónicos estudiados hasta el momento;
- definir los conceptos de conmutación y multiplexado, como elementos esenciales para la comunicación multiusuario;
- entender la necesidad de las regulaciones y los acuerdos para llegar a consensos en la definición de la arquitectura de los sistemas;
- entender la filosofía y los niveles de una torre OSI;
- conocer el tratamiento digital que sufre la información desde la fuente de datos hasta el receptor, atendiendo a los niveles jerárquicos, y los controles de congestión, flujo y errores que recibe;
- enumerar los tipos básicos de comunicación y de redes existentes, atendiendo a diferentes criterios de clasificación (tipo de usuarios, ámbito geográfico, etc);

### Problema 5.1 Codificador de fuente y codificador de canal

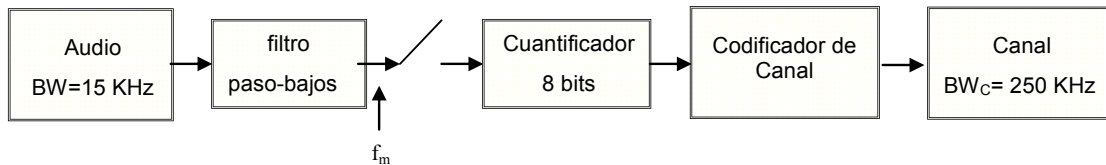
El siguiente diagrama de bloques reproduce un diagrama funcional simplificado de un emisor:



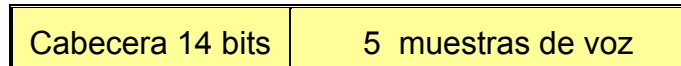
¿Cuál es la diferencia entre la información redundante que elimina el codificador de fuente y la que añade el codificador de canal? Indíquelo con algún ejemplo.

### Problema 5.2 Transmisión de audio digital. Capacidad de canal.

Se desea transmitir audio digital a través de un canal asignado con ancho de banda disponible  $BW_C$  de 250 KHz. La señal digital se obtiene muestreando una señal analógica a frecuencia  $f_m$  y cuantificando cada muestra con 8 bits.



Tras el codificador de canal, la señal se envía con la siguiente estructura de trama:



La velocidad de transmisión de cada trama es de 2 Mbps.

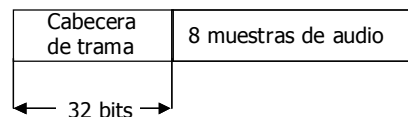
- Calcule la relación señal a ruido ( $P_{\text{señal}}/P_{\text{ruido}}$ ) en dB necesaria para poder enviar esa información a través del canal.
- Si el ancho de banda de la señal analógica es de 15 KHz, ¿es posible realizar la transmisión sin errores dado el número de bits empleado?

Nota: Capacidad del canal  $C = W \cdot \log_2(1 + P_{\text{señal}}/P_{\text{ruido}})$ , donde  $W$  es el ancho de banda y  $P_{\text{señal}}$ ,  $P_{\text{ruido}}$  son las potencias de señal y ruido respectivamente.

### Problema 5.3 Transmisión de audio digital en tiempo real

Considérese un sistema de transmisión de audio digital. La señal digital se obtiene muestreando la señal analógica a una frecuencia  $f_m$  y cuantificando cada muestra con 8 bits.

Las muestras digitalizadas se estructuran con la siguiente configuración de trama.



El tiempo (total) entre tramas ( $t_T$ ) es de 125  $\mu\text{s}$  si se transmiten de forma continua y sin esperas.

- Determine el número total de bits de la trama.
- Calcule la velocidad de transmisión en bits por segundo.
- ¿Cuál debe ser la frecuencia de muestreo  $f_m$  para poder enviar las señales en tiempo real?

Nota: para poder enviar las señales en tiempo real la velocidad de transmisión debe ser mayor o igual a al flujo de bits calculado a partir de la frecuencia de muestreo y los bits de cuantificación)

### Problema 5.4 Cálculo velocidad de transmisión digital

Se desea transmitir un fichero de 30 Mbytes entre dos ordenadores que tienen establecida una conexión punto a punto. La transmisión del fichero se descompone en tramas que tienen una cabecera de 64 bits y 512 bytes de información (datos). Para realizar la transmisión se utilizará un mecanismo de control de flujo basado en el método de parada y espera. La velocidad de transmisión de los ordenadores es de 128 kbps (kilobits por segundo). La distancia entre los ordenadores es de 50 Km y la velocidad de propagación de los datos es de 0,3 veces la velocidad de la luz. Se supone que los tiempos de

proceso de las tramas y la duración de la trama de reconocimiento son despreciables. Se pide:

- Determinar el tiempo de transmisión de una trama.
- Determinar el tiempo total que transcurre entre el envío de una trama y la siguiente suponiendo que no se producen errores en la transmisión.
- Determinar el tiempo total de transmisión del fichero.

### Problema 5.5 Capacidad de canal

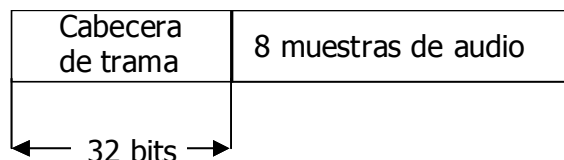
Se desea utilizar la red de acceso de la red telefónica básica para transmitir información digital. Dicha red está constituida por un par de cobre que conecta el teléfono con la central local con un ancho de banda de 3.1 kHz.

- Cuál debe ser la relación señal a ruido (en dBs) necesaria para obtener una capacidad máxima de 42 kbps.
- Si la señal de información que ha de digitalizarse y transmitirse por el canal telefónico tiene un ancho de banda de 3 KHz . ¿Cuál es el número máximo de niveles de cuantificación que se pueden considerar para tener una transmisión sin errores?

Nota:  $C = W \cdot \log_2(1 + P_{\text{señal}} / P_{\text{ruido}})$

### Problema 5.6 Velocidad de transmisión digital y frecuencia de muestreo

Considérese un sistema de transmisión de audio digital. La señal digital se obtiene muestreando la señal analógica a una frecuencia  $f_m$  y cuantificando cada muestra con 8 bits. Las muestras digitalizadas se estructuran con la siguiente configuración de trama:



Si el tiempo total entre tramas ( $t_T$ ) es de 125  $\mu$ s.

- Determine el número total de bits de la trama.
- Calcule la velocidad de transmisión en bits por segundo.
- Cuál debe ser la frecuencia de muestreo  $f_m$  para poder enviar las señales en tiempo real (Nota: para poder enviar las señales en tiempo real la velocidad de transmisión debe ser mayor o igual a al flujo de bits calculado a partir de la frecuencia de muestreo y los bits de cuantificación).

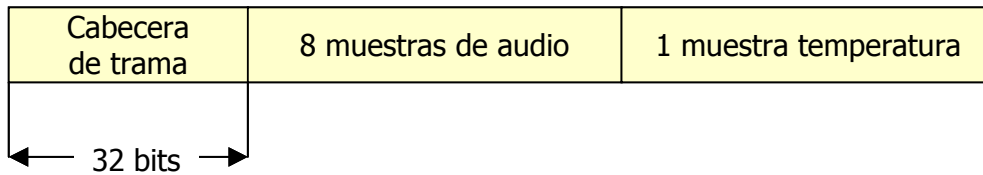
### Problema 5.7 Velocidad de transmisión digital

Considere un sistema en el que se desean transmitir las siguientes señales multiplexadas en el tiempo:

- Señal procedente de un micrófono. La señal se muestrea a una frecuencia de 8 KHz con 8 bits por muestra.

- Señal procedente de un sensor de temperatura. La señal se muestrea a 1KHz con 16 bits por muestra.

Para multiplexar las dos señales en el tiempo con una estructura de trama común se propone la siguiente configuración:



Se pide:

- Cual debe ser la duración de toda la trama para poder enviar las señales en tiempo real.
- Determine el número total de bits de la trama.
- Calcule la velocidad de transmisión en bits por segundo de este multiplex temporal.

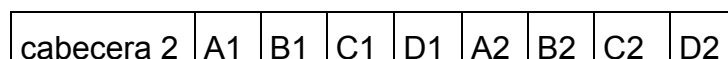
### Problema 5.8 Diseño de trama

Se desea transmitir la información proveniente de 4 canales digitales distintos (A,B,C,D) multiplexando las muestras de los canales. Cada una de las muestras se ha codificado con 16 bits. Para la implementación de las tramas correspondientes, se analizan dos posibles soluciones.

La primera opción plantea generar las tramas a partir de una única muestra de cada canal y la correspondiente cabecera



En la segunda opción, la trama se genera incluyendo dos muestras de cada canal, y la correspondiente cabecera



Teniendo en cuenta las siguientes especificaciones

	opción 1	opción 2
Longitud de la cabecera (bits)	16	24
frecuencia de trama (tramas/s)	4000	2000

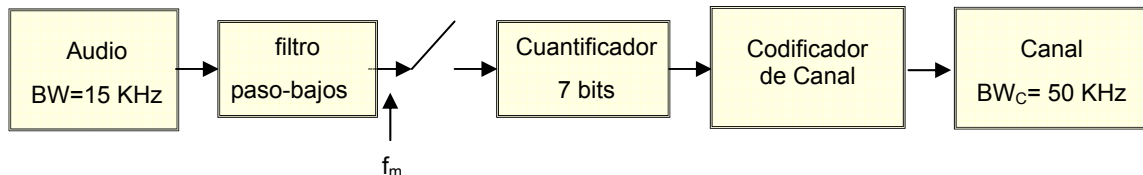
Determinar

- Longitud total de la trama para cada una de las dos opciones
- Tasa mínima (bit/s) que se requiere en cada caso
- Calcular el apartado anterior suponiendo que pueden existir errores de transmisión y pérdidas de trama que obligan a retransmitir un 10% de las tramas (en el caso de la opción 1) o un 18% (en el caso de la opción 2)

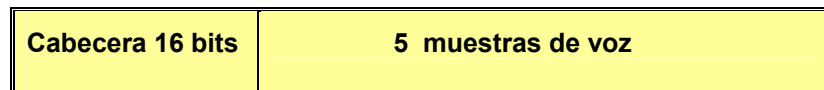
- d) Justificar en cada caso (b y c) cual de las dos opciones es la más adecuada para la transmisión de la información

### Problema 5.9 Velocidad de transmisión digital y capacidad de canal

Se desea transmitir audio digital a través de un canal asignado con ancho de banda disponible  $BW_C$  de 50 KHz. La señal digital se obtiene muestreando una señal analógica a frecuencia  $f_m$  y cuantificando cada muestra con 7 bits.



Tras el codificador de canal, la señal se envía con la siguiente estructura de trama:



El tiempo de transmisión de cada trama es de 100  $\mu$ s.

Se pide:

- Calcule la velocidad de transmisión de la trama en bits por segundo
- Calcule la relación señal a ruido ( $P_{\text{señal}}/P_{\text{ruido}}$ ) en dB necesaria para poder enviar esa información a través del canal.
- Si el ancho de banda de la señal analógica es de 15 KHz, ¿es posible realizar la transmisión sin errores dado el número de bits empleado?

Nota: Capacidad del canal  $C = W \cdot \log_2(1 + P_{\text{señal}}/P_{\text{ruido}})$ , donde  $W$  es el ancho de banda y  $P_{\text{señal}}$ ,  $P_{\text{ruido}}$  son las potencias de señal y ruido respectivamente.

### Problema 5.10 Sistema de videovigilancia. Integración de conceptos

Un sistema de vigilancia consta de una cámara de TV (B/N) generando un flujo digital de salida de 70 Mbps. El sistema se compone de una cámara analógica que genera una señal de vídeo de 500 líneas y 10 cuadros por segundo con un ancho de banda de 5 MHz., un filtro paso bajo, un muestreador y un cuantificador.

- Hallar la frecuencia de muestreo del sistema, y dibujar esquemáticamente el espectro a la salida del muestreador.
- ¿Cuál debe ser la frecuencia de corte del filtro paso bajo?
- Hallar el número de elementos de imagen (pixels) por línea.
- Si el cuantificador tiene un margen dinámico de 1Vpp. ¿Cuántos niveles tiene el cuantificador?. ¿Cuál es el máximo error de cuantificación (voltios)?.

- e) Si la información resultante se transmite por un canal que tiene una relación señal a ruido de  $S/N=1000$  (Potencia Señal/Potencia Ruido). Hallar el mínimo ancho de banda del canal necesario.

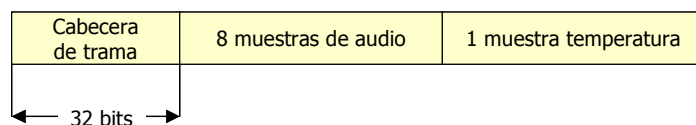
Notas: Capacidad del canal  $C = W \cdot \log_2(1 + P_{\text{señal}}/P_{\text{ruido}})$ , donde  $W$  es el ancho de banda y  $P_{\text{señal}}$ ,  $P_{\text{ruido}}$  son las potencias de señal y ruido respectivamente.

### Problema 5.11 Velocidad de transmisión. Mecanismo de parada y espera

Considere un sistema en el que se desean transmitir las siguientes señales multiplexadas en el tiempo:

- Micrófono: la señal se muestra a una frecuencia de 8 KHz con 8 bits por muestra.
- procedente de un sensor de temperatura: la señal se muestra a 1KHz con 16 bits por muestra.

Para multiplexar las dos señales en tiempo con una estructura de trama común se propone la siguiente configuración:



Se pide:

- a) Cual debe ser la duración de toda la trama para poder enviar las señales en tiempo real.
- b) Determine el número total de bits de la trama.
- c) Calcule la velocidad de transmisión en bits por segundo de este multiplex temporal.

Se desea realizar tal transmisión entre dos dispositivos que tienen establecida una conexión punto a punto. Para realizar la transmisión se utilizará un mecanismo de control de flujo basado en el método de parada y espera. La distancia entre los sistemas es de 50 Km y la velocidad de propagación de los datos es de 0,3 veces la velocidad de la luz. Se supone que los tiempos de proceso de las tramas y la duración de la trama de reconocimiento son despreciables. Se pide:

- d) Determinar el tiempo total que transcurre entre el envío de una trama y la siguiente suponiendo que no se producen errores en la transmisión.
- e) Determinar el tiempo total de transmisión de 30 Mbytes de información.

**Nota:** para uniformar criterios respecto al extendido uso en informática de la cantidad de  $2^{10} = 1024$  equivalente al prefijo "k" o "kilo", o de  $2^{20} = 1024^2$  como equivalente al prefijo "M" o "mega", se seguirá como estándar la equivalencia aprobada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, *the International Electrotechnical Commission*):

$$1 \text{ kilobit (kbit)} = 10^3 \text{ bit} = 1000 \text{ bit} \qquad 1 \text{ megabyte (MB)} = 10^6 \text{ B} = 1\,000\,000 \text{ B}$$



### **Bibliografía bàsica:**

John Robinson Pierce, A. Michael Noll, “Señales. La ciencia de las telecomunicaciones”, Ed. Reverté, S.A., Barcelona, 1995

Wright, P.H. Introducción a la Ingeniería. Addison Wesley, 1993.

### **Bibliografía complementària:**

Ángel Cardama, “Las Telecomunicaciones en la Sociedad de la Información”, CIMNE, Reial Acadèmia de Doctors, Barcelona, 2002

Nicholas Negroponte, “El mundo digital”