

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

COMUNICACIONES DIGITALES

(3^{er} curso - Enero 2011)

Apellidos:

Nombre:

Nº de matrícula o DNI:

Grupo:

Se ha presentado al examen

Firma

COMUNICACIONES DIGITALES
CUESTIONES
(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

Apellidos: Nombre: Nº de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación	
	1	
	2	
	3	
	T	

Cuestión 1

Un sistema de comunicaciones digital tiene asignado para su utilización el rango de frecuencias entre 30 y 40 MHz. El tipo de modulación que se empleará será una modulación M -QAM. Tanto el transmisor como el receptor utilizarán filtros en raíz de coseno alzado con factor de caída (*roll-off*) α .

- a) Obtenga la máxima velocidad de símbolo para la transmisión sin interferencia intersimbólica (ISI) por dicho canal, e indique el valor de α que permite obtener dicha velocidad.
- b) Si se desea sobre dicho canal transmitir a una velocidad binaria de 36 Mbits/seg, obtenga el mínimo orden de la constelación (número de símbolos, M , de la misma) necesario para su transmisión.
- c) Si se transmite a la máxima velocidad de símbolo posible sin ISI, represente la densidad espectral de potencia de la señal modulada en los siguientes casos:
 - I) Si la secuencia transmitida, $A[n]$, es blanca
 - II) Si la secuencia transmitida tiene la siguiente función de autocorrelación

$$R_A[k] = 2 \cdot \delta[k] + \delta[k - 1] + \delta[k + 1].$$

(1,5 puntos)

Cuestión 2

Una modulación de fase continua (CPM), con índice de modulación $h = 2$, y constelación 2-PAM ($I[n] \in \{\pm 1\}$), utiliza el siguiente pulso normalizado

$$g(t) = \begin{cases} A, & 0 \leq t < \frac{T}{3} \\ A, & \frac{2T}{3} \leq t < T \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

- Determine el valor de A , explique si se trata de una modulación CPM de fase completa o de fase parcial, y explique la diferencia entre ambas.
- Represente el árbol de fases para esta modulación, para cuatro períodos de símbolo, etiquetando adecuadamente los ejes de la representación, y resalte sobre el árbol la fase correspondiente a la secuencia $I[0] = +1, I[1] = -1, I[2] = -1, I[3] = +1$.

(1 punto)

Cuestión 3

Un sistema de comunicaciones utiliza una modulación multiportadora con $N = 4$ portadoras. La señal modulada se transmite por un canal con ISI y respuesta impulsiva

$$d[m] = \delta[m] - 0,3\delta[m - 1]$$

- a) Determine la longitud del prefijo cíclico que anulará los efectos de la ISI del canal $d[m]$.
- b) Obtenga la salida del demodulador óptimo en cada una de las ramas $q_i[n]$ con $i = \{1, 2, 3, 4\}$ para el caso del apartado anterior.
- c) Determine la probabilidad de error a la salida de cada rama si la constelación de entrada al modulador OFDM es una constelación 16-QAM que tiene distancia mínima d_{min} .

(1,5 puntos)

COMUNICACIONES DIGITALES
PROBLEMAS
(Tiempo: 120 minutos. Puntos 6/10)

Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación						
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 60px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		T	
1							
2							
T							

Problema 1

Un sistema de comunicaciones en banda base utiliza como filtro transmisor un pulso causal de duración T segundos y normalizado en amplitud, y una constelación 2-PAM, para transmitir sobre un canal lineal gaussiano con densidad espectral de potencia $N_0/2$, con $N_0 = 0.02$ y la siguiente respuesta el impulso

$$h(t) = \delta(t) - 4 \cdot \delta\left(t - \frac{3T}{2}\right) + \frac{5}{2} \cdot \delta(t - 2T).$$

- a) Calcule el canal discreto equivalente, $p[n]$ si en el receptor se utiliza un pulso adaptado al filtro transmisor.
- b) En lo sucesivo, considere que el canal discreto equivalente es

$$p[n] = \delta[n] - 2 \cdot \delta[n - 1] + \frac{1}{2} \cdot \delta[n - 2].$$

Calcule la probabilidad de error que se tiene con el mejor detector símbolo a símbolo sin memoria para $d = 0$.

- c) Diseñe un igualador lineal de 3 coeficientes con el criterio forzador de ceros (ZF), considerando un retardo en las decisiones $d = 1^1$.
- d) Diseñe un igualador lineal de 3 coeficientes y retardo $d = 3$ con el criterio de mínimo error cuadrático medio (MMSE)¹.
- e) Si los coeficientes del igualador son

$$w[0] = -0.2, w[1] = -0.6, w[2] = -0.1,$$

estime el retardo óptimo para la decisión, y calcule la probabilidad de error que se tiene en este caso.

(3 puntos)

¹No es necesario que resuelva el sistema de ecuaciones, pero ha de proporcionar los valores numéricos de todos y cada uno de los términos incluidos en el sistema.

Problema 2

Se pretende implementar un sistema de comunicaciones protegido frente a errores mediante un código de tasa $1/2$, y se tienen 2 posibilidades:

- Un código bloque lineal con la siguiente matriz generadora

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- Un código convolucional con polinomios generadores:

$$\mathbf{g}_1^{(1)} = [010] \text{ y } \mathbf{g}_1^{(2)} = [111]$$

En ambos casos, después del codificador se utiliza una modulación BPSK con distancia entre símbolos d_{min}^{BPSK} .

- Obtenga el conjunto de palabras codificadas del código bloque, su matriz de chequeo de paridad y la distancia mínima.
- Calcule la probabilidad de error del sistema con el codificador bloque si emplea decisiones duras. Obtenga dicha probabilidad de error en función de la distancia mínima del código y la distancia de la constelación BPSK d_{min}^{BPSK} .
- Obtenga el diagrama de rejilla del código convolucional.
- Calcule la probabilidad de error de un sistema compuesto por el codificador convolucional. Obtenga la probabilidad de error tanto con decisiones blandas como con decisiones duras asumiendo en este caso que $d_{min}^{BPSK} = 1$.
- Calcule la secuencia transmitida con el código bloque para el mensaje $m = [100110]$. Suponga que de los doce bits transmitidos se producen errores en los bits primero, sexto y noveno. Obtenga la secuencia de bits recuperada a la salida del decodificador.
- Calcule la secuencia transmitida con el código convolucional para el mensaje $m = [100]$. Asuma que a este mensaje, como es habitual, se le añade una secuencia de bits nulos, tanto anteriores como posteriores para conseguir que la transmisión comience y termine en el estado cero. Suponga que de los bits transmitidos se producen un error solo en el primer bit. Obtenga la secuencia de bits recuperada utilizando decodificación dura.

(3 puntos)