

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

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;">3</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		3		T	
1									
2									
3									
T									

Cuestión 1

Responda a las siguientes cuestiones relativas a distintas variantes de modulaciones angulares:

- a) La modulación OQPSK (“*Offset Quadrature Phase Shift Keying*”) es una variante de modulación angular derivada a partir de la modulación QPSK. Explique con claridad qué efecto indeseado de la modulación QPSK trata de eliminar, y qué modificación se realiza en el mecanismo de generación de la señal modulada para conseguir eliminar dicho efecto.
- b) Las modulaciones CPFSK (“*Continuous Phase Frequency Shift Keying*”) y MSK (“*Minimum Shift Keying*”), son modulaciones de frecuencia en las que para una modulación M -ária se utilizan M pulsos de distintas frecuencias

$$g_i(t) = \text{sen}(\omega_i t) \cdot w_T(t), \text{ para } i \in \{0, 1, \dots, M - 1\},$$

siendo $w_T(t)$ una ventana causal de duración T segundos. Explique las condiciones que deben cumplir las frecuencias ω_i en cada una de las dos modulaciones.

- c) Una modulación de fase diferencial utiliza como constelación base una 4-PSK, cuyos símbolos son

$$\mathbf{a}_0 = \begin{bmatrix} +1 \\ +1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ +1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_3 = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \end{bmatrix}.$$

Realice una asignación binaria óptima para el sistema, y obtenga la secuencia de símbolos $A[n]$ que genera la siguiente secuencia de información binaria a transmitir, si se asume que el símbolo $A[-1] = \mathbf{a}_0$.

$$\begin{array}{c|cccccccc} m & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline B_b[m] & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{array}$$

- d) Explique qué diferencia hay entre una modulación CPM (“*Continuous Phase Modulation*”) de respuesta completa y una modulación CPM de respuesta parcial, indicando claramente, para cada una de las variantes, los valores que toma el parámetro o parámetros que las distinguen.

(1 punto)

Cuestión 2

Un sistema de comunicaciones transmitirá sobre un ancho de banda disponible de 5 kHz. El transmisor utilizará un filtro en raíz cuadrada de coseno alzado con factor de caída α . El receptor utilizará un filtro adaptado al transmisor.

- a) Si la transmisión se realiza en banda base sobre un canal gaussiano, con densidad espectral de potencia $N_0/2$, demuestre si el sistema tiene o no interferencia intersimbólica y diga si el ruido muestreado a la salida del receptor, $z[n]$, es o no blanco explicando por qué.
- b) Calcule las máximas tasa de símbolo y tasa de bit a las que es posible transmitir sin ISI, e indique el valor del factor de caída α para el que se consiguen dichas tasas, en los siguientes casos:
- I) Se transmite en banda base utilizando una constelación 4-PAM con niveles normalizados.
 - II) Se transmite paso banda utilizando una constelación 16-QAM con niveles normalizados.
- c) Si se transmite en banda base, el factor de caída es $\alpha = 0$, y la secuencia transmitida, $A[n]$, tiene la siguiente función de autocorrelación

$$R_A[k] = \delta[k] - \frac{1}{2}\delta[k - 2] - \frac{1}{2}\delta[k + 2],$$

calcule y represente la densidad espectral de potencia de la señal transmitida, etiquetando adecuadamente ambos ejes con los valores numéricos correspondientes.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

Un sistema de comunicaciones utiliza una modulación OFDM con $N = 4$ portadoras. En cada portadora se transmite una constelación 16-QAM con niveles normalizados. El ruido es blanco, gaussiano, y con densidad espectral de potencia $N_0/2$. Si C es la longitud del prefijo cíclico elegido, y T el tiempo de símbolo OFDM, el canal discreto equivalente a tiempo $T/(N + C)$ es

$$d[m] = \delta[m] - 0.3\delta[m - 2].$$

- Explique en qué consiste el efecto de la interferencia intersimbólica o ISI (“*Inter-Symbol Interference*”) y el efecto de la interferencia entre portadoras o ICI (“*Inter-Carrier Interference*”) en una transmisión con OFDM.
- Determine la longitud del prefijo cíclico para que no exista ni ISI ni ICI en el sistema. Obtenga para los canales discretos equivalentes resultantes la probabilidad de error si utiliza un decisor símbolo a símbolo sin memoria a la salida de cada una de las portadoras en el receptor.
- Suponga que transmite la señal OFDM por un canal diferente, para el que no consigue definir la longitud del prefijo cíclico adecuadamente. Los canales discretos equivalentes a tiempo de símbolo T que se obtienen son:

$$p_{k,i}[n] = (\delta[n] - 0.3\delta[n - 1]) \delta[k - i] + 0.7\delta[n]\delta[k - i - 1] - 0.3\delta[n]\delta[k - i + 1].$$

Obtenga $q_k[n]$ en ausencia de ruido e identifique claramente las componentes de ISI y de ICI.

(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 transmite una constelación 2-PAM con niveles normalizados, $A[n] \in \{\pm 1\}$. Se transmite sobre un canal lineal de tal modo que el sistema completo tiene el siguiente canal discreto equivalente

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

El ruido que aparece en la señal recibida es blanco y gaussiano, con densidad espectral de potencia $N_0/2 = 0.01$, y el filtro receptor es un filtro normalizado cuya función de ambigüedad temporal cumple el criterio de Nyquist a tiempo de símbolo.

- a) Si se utiliza un receptor símbolo a símbolo sin memoria, obtenga el retardo óptimo para la decisión y calcule la probabilidad de error que se obtiene con dicho receptor.
- b) En este caso se va a utilizar un igualador de canal para el receptor.

- 1) Diseñe el igualador de canal de 3 coeficientes correspondiente al criterio MMSE para un retardo en la decisión $d = 2$.

NOTA: Plantee el sistema de ecuaciones a resolver para obtener los coeficientes, indicando claramente los valores numéricos de todos y cada uno de los términos involucrados en el sistema, pero no es necesario que resuelva dicho sistema para obtener los coeficientes del igualador.

- II) Si los coeficientes del igualador son

$$w[0] = -0.4, w[1] = +1.2, w[2] = -0.4,$$

calcule de forma aproximada la probabilidad de error del sistema.

- c) Si se utiliza un detector de secuencias de máxima verosimilitud, asumiendo que entre cada bloque de L símbolos de datos se envía una cabecera de 2 símbolos conocidos, en este caso $[+1, +1]$, decodifique, utilizando el algoritmo óptimo de decodificación, la secuencia de símbolos de longitud $L = 3$, $\{A[0], A[1], A[2]\}$, si las observaciones a la salida del demodulador son

n	0	1	2	3	4
$q[n]$	1.6	0.2	0	-0.1	1.3

NOTA: debe dejar clara evidencia de la aplicación del algoritmo empleado.

(3 puntos)

Problema 2

Un sistema de comunicaciones dispone de dos códigos convolucionales para mejorar las prestaciones del mismo.

El primer código \mathcal{C}_1 tiene la siguiente matriz generadora

$$\mathbf{G}(D) = [1, D]$$

El segundo código \mathcal{C}_2 tiene la siguiente matriz generadora:

$$\mathbf{G}(D) = \begin{bmatrix} 1, & 1 + D, & 0, & 0 \\ 0, & 0, & 1, & 1 + D \end{bmatrix}$$

- a) Calcule las prestaciones de los códigos \mathcal{C}_1 y \mathcal{C}_2 por separado si se trabaja sobre la salida dura del receptor.
- b) Obtenga el diagrama de rejilla del código resultante de la concatenación de ambos \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2 .

(3 puntos)