

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

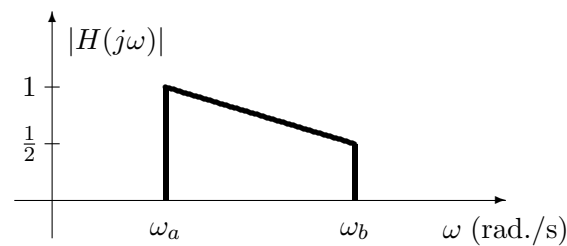
Una modulación OFDM en tiempo discreto ocupa un ancho de banda de 32 kHz en la banda de 80 kHz - 112 kHz. Dicha modulación se utiliza para dar servicio de comunicaciones a N usuarios, cada uno de los cuales transmitirá sus datos en una portadora distinta de la modulación.

- a) Dibuje los diagramas de bloques del transmisor y del receptor que se usan en la práctica para implementar un sistema OFDM en tiempo discreto de N portadoras y un prefijo cíclico de longitud M muestras.
- b) Si el número de usuarios (portadoras) es $N = 16$, obtenga la máxima tasa de servicio (tasa de símbolo) que se le podría dar a cada usuario, en los siguientes casos:
 - I) La modulación no usa prefijo cíclico.
 - II) La modulación usa un prefijo cíclico de 4 muestras.
- c) Si se transmite por un canal con respuesta al impulso $h(t)$, y se utiliza prefijo cíclico para eliminar la interferencia entre símbolos y la interferencia entre portadoras
 - I) Explique cuál es la mínima longitud del prefijo cíclico que permite eliminar por completo la interferencia entre símbolos y la interferencia entre portadoras (relacione dicha longitud con el efecto de $h(t)$).
 - II) Escriba las expresiones de todos los canales discretos equivalentes, $p_{\ell,i}[n]$, en el caso de tener un prefijo de longitud adecuada, identificando cada término de las expresiones.
 - III) Explique qué portadora, de entre las N posibles, tendrá las mejores prestaciones (relacionándolo con el efecto del canal $h(t)$).

(1,5 puntos)

Cuestión 2

- a) En un sistema digital de comunicaciones el transmisor utiliza un filtro transmisor en raíz cuadrada de coseno alzado con factor de caída $\alpha = 0.25$, el receptor utiliza un filtro adaptado al transmisor, la modulación es una 4-PAM, y tiene asignado para su utilización el rango de frecuencias entre 0 y 5 MHz. Asumiendo que el comportamiento del canal en el rango de frecuencias utilizable es ideal
- I) Obtenga la máxima velocidad de símbolo y la máxima velocidad binaria para la transmisión sin interferencia intersimbólica (ISI) en estas circunstancias.
 - II) Represente la densidad espectral de potencia de la señal modulada transmitida al canal, si la secuencia de datos $A[n]$ es blanca. Etiquete adecuadamente los dos ejes de la representación.
- b) Repita el apartado anterior si el rango de frecuencias utilizable es entre 10 y 15 MHz, y la modulación utilizada es una 16-QAM.
- c) Se tiene ahora un canal con una respuesta como la de la figura.



Si en el transmisor y en el receptor se utilizan filtros en raíz cuadrada de coseno alzado, con un factor de caída α

- I) Demuestre si es posible o no la transmisión sin ISI.
- II) Diga si el ruido discreto a la salida del receptor, $z[n]$, es o no blanco y explique por qué.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

Responda a las siguientes preguntas relativas a distintas modulaciones angulares

a) Indique cuál es mínima separación entre frecuencias de los pulsos de información en las siguientes modulaciones de frecuencia, y explique cómo se consigue la continuidad de fase en cada caso.

I) Modulación CPFSK (*Continuous Phase Frequency Shift Keying*).

II) Modulación MSK (*Minimum Shift Keying*).

b) ¿Cómo se consiguen eliminar los saltos de 180° en una modulación OQPSK?

c) Una modulación CPM con índice de modulación $h = 2$ utiliza el siguiente pulso transmisor

$$g(t) = \begin{cases} A \cdot t, & \text{si } 0 \leq t < T \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}.$$

I) Calcule el valor de A si el pulso está normalizado (con la definición de normalización empleada en modulaciones CPM), y diga si se trata de una modulación CPM de fase completa o de fase parcial, explicando claramente la diferencia entre ambos tipos.

II) Para la modulación CPM del apartado anterior, represente el árbol de fases para 2 períodos de símbolo etiquetando adecuadamente ambos ejes del gráfico, si la secuencia de símbolos enviada es una secuencia cuaternaria $I[n] \in \{\pm 1, \pm 3\}$.

(1 punto)

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: 40px;"></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 tiene el siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \frac{1}{8}\delta[n] + \delta[n - 1] + \frac{1}{8}\delta[n - 2].$$

La modulación utilizada es una 2-PAM (o BPSK), $A[n] \in [\pm 1]$, y el ruido es blanco, gaussiano y con densidad espectral de potencia $N_0/2$. En este caso $N_0 = 2 \cdot 10^{-2}$.

- a) Calcule la probabilidad de error obtenida con un decisor símbolo a símbolo sin memoria y con el retardo óptimo para la decisión, y diga cuál es dicho retardo óptimo.
- b) Dibuje, con las correspondientes etiquetas, el diagrama de rejilla asociado al decisor de secuencias de máxima verosimilitud para este sistema, y calcule las prestaciones (estima de la probabilidad de error), si se utiliza dicho detector de secuencias de máxima verosimilitud¹.
- c) Calcule la respuesta de un igualador lineal ZF sin limitación de coeficientes, explique cómo se obtendría el valor óptimo del retardo de decisión d , y calcule su probabilidad de error.
- d) Diseñe el igualador lineal MMSE de 5 coeficientes y retardo $d = 3$ símbolos².
- e) Calcule las prestaciones si se utiliza un igualador lineal de 3 coeficientes, siendo estos coeficientes

$$w[0] = -1/8, \quad w[1] = +1, \quad w[2] = -1/8,$$

NOTA: Para $a \geq b$ se tienen las siguientes integrales definidas

$$\int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{a \pm b \cdot \cos(\omega)} d\omega = \frac{2\pi}{\sqrt{a^2 - b^2}}, \quad \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{(a \pm b \cdot \cos(\omega))^2} d\omega = \frac{2\pi a}{\sqrt{(a^2 - b^2)^3}}$$

(3 puntos)

¹Puede asumir que la secuencia $A[n] = +1$ para todo n tiene asociado un suceso erróneo de mínima distancia euclídea.

²Formule el sistema matricial a resolver, con todos los elementos claramente identificados, pero no es necesario que resuelva dicho sistema.

Problema 2

- a) Se tiene un código de repetición que para codificar un bit repite bit correspondiente dos veces más, es decir, que tiene la siguiente asociación entre bits sin codificar (b_i) y bits codificados o palabras código (c_i)

b_i	c_i
0	000
1	111

- I) Obtenga la capacidad de corrección del código (número de errores que puede corregir), y diga si es o no un código sistemático y por qué.
 - II) Obtenga la matriz generadora del código.
 - III) Obtenga la matriz de chequeo de paridad del código y la tabla de síndromes del mismo.
- b) Ahora se tiene un código convolucional cuya matriz generadora es

$$\mathbf{G} = [1, 1 + D + D^2, 1 + D^2] .$$

- I) Obtenga su representación esquemática y su diagrama de rejilla.
- II) Si se transmite la secuencia de bits 10100, represente dicha secuencia como un camino a través de la rejilla y obtenga la correspondiente secuencia codificada (asuma que los bits transmitidos anteriormente eran todos ceros).
- III) Decodifique la siguiente secuencia de bits asumiendo que la secuencia de bits sin codificar, $B[n]$, cumple que $B[n] = 0$ para $n < 0$ y para $n \geq 3$, siendo $n = 0$ el índice del primer bit a decodificar.

101 111 101 001 111

(3 puntos)