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

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

Cuestión 1

Las modulaciones en frecuencia CPFSK y MSK M-árias (con M símbolos) utilizan ambas M pulsos de la forma

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

donde $w_T(t)$ es un pulso causal de amplitud unidad y duración T segundos. Para un cierto sistema de comunicaciones, el rango utilizable para las frecuencias de cada pulso está limitado entre dos frecuencias, tal que $\omega_a \leq \omega_i \leq \omega_b$, y donde $\omega_a = 2\pi f_a$ y $\omega_b = 2\pi f_b$, siendo en este caso $f_a = 950$ MHz y $f_b = 1250$ MHz.

Para el caso $M = 4$, calcule la máxima tasa de símbolo posible, y los valores para las cuatro frecuencias (ω_i o f_i, $i = 0, 1, 2, 3$) utilizando:

a) La modulación MSK.

b) La modulación CPFSK.

(1 punto)

Cuestión 2

Un sistema de comunicaciones digitales tiene asignado para su uso el rango de frecuencias (canal) comprendido entre 800 MHz y 950 MHz. En este rango de frecuencias, el comportamiento del canal se considera ideal (no introduce ninguna distorsión lineal, sólo ruido aditivo blanco y gausiano con densidad espectral de potencia $N_0/2$). La modulación transmitida es una 16-QAM con niveles normalizados, y la secuencia $A[n]$ es blanca. El filtro transmisor $g(t)$ es un filtro en raíz de coseno alzado, normalizado y con factor de caída (*roll-off*) α. Como filtro receptor, se consideran dos posibilidades:

- El filtro $f_a(t)$, un filtro en raíz de coseno alzado con factor de caída α.
- El filtro $f_b(t)$ dado por la expresión $f_b(t) = \frac{1}{\sqrt{T}}$ para $|t| \leq T/2$ y $f_b(t) = 0$ para $|t| > T/2$.

a) Para $\alpha = 0.25$ y con filtro receptor $f(t) = f_a(t)$, calcule las máximas tasa de símbolo y tasa de bit posibles, indicando cual es el valor de la frecuencia de portadora ω_c que se debe utilizar para poder alcanzar dichas tasas transmitiendo en el canal especificado.

b) Para $\alpha = 0.25$, represente la densidad espectral de potencia de la señal modulada transmitida $x(t)$. Debe etiquetar adecuadamente ambos ejes con los correspondientes valores numéricos, y puede representar únicamente el rango positivo de frecuencias (para $\omega \geq 0$ rad/s.).

c) Para $\alpha = 0$, demuestre por un lado si existe o no interferencia intersimbólica (ISI) en la transmisión y por otro lado si el ruido muestreado en el receptor, $z[n]$, es o no blanco, en los siguientes casos:

   I) El filtro receptor es $f(t) = f_a(t)$.
   II) El filtro receptor es $f(t) = f_b(t)$.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

Respecto a las modulaciones multipulso (OFDM y espectro ensanchado por secuencia directa), conteste a las siguientes preguntas:

a) Explique la motivación que en el caso de OFDM y de espectro ensanchado nos lleva a trabajar en el transmisor con la señal en tiempo discreto $s[m]$. Razone su respuesta individualmente para los dos casos.

b) Para un canal dado $h_{eq}(t) \neq \delta(t)$ donde el canal discreto equivalente a tiempo $\frac{T}{N}$ genera ISI ($d[m] \neq \delta[m]$) explique qué opciones de diseño tenemos para que no exista ISI a tiempo de símbolo T. Detalle su respuesta para los dos casos, OFDM y espectro ensanchado.

c) En una modulación espectro ensanchado por secuencia directa, con secuencia de ensanchado $x[m]$ se decide utilizar en el receptor como filtro a tiempo de símbolo, $f(t)$, un filtro adaptado a la convolución del filtro transmisor a tiempo de símbolo, $g(t)$, y el canal. Siendo la respuesta impulsiva del canal $h_{eq}(t) = h_1\delta(t) + h_2\delta(t - \tau_2)$, siendo $\tau_2 = C \cdot T_c$, con C entero, en ausencia de ruido formule matemáticamente (no es necesario que lo desarrolle) cómo sería el proceso a partir de las muestras a tiempo de chip para obtener las observaciones a tiempo de símbolo, $q[n]$, es decir, cómo dependería este valor de la secuencia de ensanchado, el pulso conformador a tiempo de chip $g_c(t)$, la señal recibida en banda base $v(t)$ y de los parámetros de la respuesta impulsiva del canal a tiempo de chip.

(1,5 puntos)

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

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

Problema 1

En un sistema de comunicaciones digital se dispone de tres codificadores bloque y es posible utilizar dos de los códigos bloque concatenados para mejorar las prestaciones de cada código por separado.

El primero de los codificadores bloque es el código de repetición de tasa 1/3. El segundo codificador es un código bloque lineal y sistemático por el principio (los primeros k bits de los n bits codificados coinciden con los k bits de información sin codificar), que tiene como palabras código $\mathcal{C}_2 = \{0000, 1001, 0101, 0011, 1100, 1010, 0110, 1111\}$. El tercer código bloque tiene como matriz de control de paridad:

$$\mathbf{H}_3 = \left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{array}\right]$$

a) Obtenga las matrices generadoras de los tres códigos.

b) Obtenga la capacidad de detección y corrección de errores de los códigos 2 y 3 por separado. Desde el punto de vista de corrección de errores determine cual es el codificador con mejores prestaciones.

c) Obtenga las palabras código resultantes de la concatenación de los códigos 1 y 2 (por este orden), y el tamaño del código concatenado (parámetros k y n del mismo). ¿Supone esta concatenación alguna ventaja frente a utilizar los códigos por separado?

d) Obtenga la matriz generadora del código resultante de concatenar los códigos 2 y 3 (por este orden), y el tamaño del código concatenado (parámetros k y n del mismo). Compare las prestaciones de este código concatenado con la concatenación del código anterior.

e) Obtenga la tabla de síndromes del código 3, y decodifique, proporcionando los k bits de información decodificados y detallando cada paso del método de decodificación por síndrome, la siguiente observación recibida:

$$\boldsymbol{r} = 11111.$$

(3 puntos)

Problema 2

Un sistema de comunicaciones que transmite una modulación 2-PAM, $A[n] \in \{\pm 1\}$, tiene el siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \frac{3}{4} \cdot \delta[n] + \frac{5}{4} \cdot \delta[n-1].$$

El ruido discreto muestreado a la salida del demodulador, $z[n]$, es gausiano con varianza $N_0/2$. En el receptor, se van a utilizar dos configuraciones posibles, en función de si se utiliza o no antes del decisor el siguiente igualador lineal

$$w[n] = -\frac{12}{25} \cdot \delta[n] + \frac{4}{5} \cdot \delta[n-1].$$

a) Si NO se emplea el igualador, y el decisor es un decisor símbolo a símbolo sin memoria, seleccione el retardo óptimo para la decisión, d, y calcule la probabilidad de error que se obtiene para dicho retardo.

b) En la estructura del receptor que SÍ incluye el igualador, si el decisor es un decisor símbolo a símbolo sin memoria, seleccione el retardo óptimo para la decisión, d, y calcule la probabilidad de error que se obtiene para dicho retardo (para este caso sencillo, se puede calcular dicha probabilidad de forma exacta, sin recurrir a la aproximación habitual para la probabilidad de error con igualadores lineales).

c) Si el decisor es un ahora un detector de secuencias de máxima verosimilitud, que se aplica en la estructura que SÍ incluye el igualador, aplicándolo a la salida del mismo, $u[n]$, dibuje el diagrama de rejilla del detector, y obtenga la probabilidad de error aproximada, asumiendo que la secuencia $A[n] = +1, \forall n$, tiene un suceso erróneo a mínima distancia euclídea.

d) En la estructura con igualador más detector de secuencias, obtenga la secuencia de máxima verosimilitud de $L = 3$ símbolos, $\mathbf{A} = [A[0], A[1], A[2]]$, aplicando el algoritmo óptimo de decodificación, si la secuencia recibida a la salida del igualador es

$$u[0] = +1.11,\ u[1] = +1,\ u[2] = +1.26,\ u[3] = -1.16,\ u[4] = -1$$

asumiendo que entre cada bloque de $L = 3$ símbolos se envía una cabecera de dos símbolos $+1$ para resetear cíclicamente el estado del sistema.
NOTA: Tiene que dejar evidencia clara del desarrollo del algoritmo empleado para la decodificación.

(3 puntos)