

COMUNICACIONES DIGITALES

PARTE A

(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									

Ejercicio 1

Una modulación de frecuencia utiliza 8 frecuencias para la transmisión de la información. Discuta si las 8 frecuencias son válidas para una modulación CPFSK y/o para una modulación MSK, explicando claramente la razón para cada modulación, y en caso de respuesta afirmativa indique la tasa de símbolo y la tasa binaria para dicha modulación cuando

a) Las 8 frecuencias son:

f_1 (kHz)	f_2 (kHz)	f_3 (kHz)	f_4 (kHz)	f_5 (kHz)	f_6 (kHz)	f_7 (kHz)	f_8 (kHz)
1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200

b) Las 8 frecuencias son:

f_1 (kHz)	f_2 (kHz)	f_3 (kHz)	f_4 (kHz)	f_5 (kHz)	f_6 (kHz)	f_7 (kHz)	f_8 (kHz)
1500	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900

(1 punto)

Ejercicio 2

Se tienen las siguientes secuencias

$$\begin{array}{c|cccc} n & 0 & 1 & 2 & 3 \\ \hline A[n] & +1 & -3 & +1 & -1 \end{array} \quad \begin{array}{c|cccc} m & 0 & 1 & 2 & 3 \\ \hline v[m] & +1.1 & -0.9 & -0.8 & +0.7 \end{array}$$

- a) Se utiliza una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado $N = 4$, secuencia de ensanchado

$$\begin{array}{c|cccc} m & 0 & 1 & 2 & 3 \\ \hline x[m] & +1 & -1 & -1 & +1 \end{array}$$

y frecuencia de portadora $f_c = 1$ MHz. El filtro transmisor a tiempo de chip es un filtro en raíz cuadrada de coseno alzado normalizado y con factor de caída $\alpha = 0.2$.

- i) Calcule las muestras a tiempo de chip asociadas a transmitir la secuencia de datos $A[n]$ a una tasa de 5 kbaudios, identificando para cada muestra su instante discreto asociado (de forma similar a las tablas anteriores), y obtenga el ancho de banda de la señal modulada.
 - ii) Calcule las observaciones a tiempo de símbolo $q[n]$ asociadas a procesar las muestras obtenidas a tiempo de chip a la salida del filtro receptor, $v[m]$, identificando el índice discreto n para cada una de ellas.
- b) Se utiliza ahora una modulación OFDM con 4 portadoras para transmitir la secuencia $A[n]$ a una tasa total de 4 baudios y frecuencia de portadora $f_c = 1$ MHz.
- i) Si no se utiliza prefijo cíclico, calcule las muestras a T/N de la señal transmitida asociadas a la secuencia de datos $A[n]$, identificando para cada muestra su instante discreto asociado (de forma similar a las tablas del enunciado), y obtenga el ancho de banda de la señal modulada.
 - ii) Si se utiliza un prefijo cíclico de longitud $C = 1$ muestra, calcule las muestras a $T/(N+C)$ de la señal transmitida asociadas a la secuencia de datos $A[n]$, identificando para cada muestra su instante discreto asociado (de forma similar a las tablas del enunciado), y obtenga el ancho de banda de la señal modulada.

(1 punto)

Ejercicio 3

Un sistema de comunicaciones que tiene asignada la banda de frecuencias entre 0 Hz y 5 kHz, utiliza filtros adaptados en transmisión y recepción. El ruido aditivo del canal es blanco y gaussiano, con densidad espectral de potencia $N_0/2$. La secuencia de datos transmitida es blanca.

- Si la respuesta del canal en la banda asignada es ideal, diseñe el filtro transmisor normalizado para obtener la máxima tasa de símbolo de transmisión sin interferencia intersimbólica (ISI), y utilizando dicho filtro, calcule dicha tasa máxima, y diga si el ruido muestreado a la salida del filtro receptor, $z[n]$, es o no blanco explicando claramente la razón.
- Diseñe ahora el filtro transmisor normalizado y la constelación a transmitir si se desea transmitir sin ISI a una tasa binaria de 32 kbits/s, utilizando todo el ancho de banda disponible, y asumiendo de nuevo un canal ideal.
- Represente la densidad espectral de potencia de la señal modulada del sistema diseñado en el apartado anterior (debe etiquetar adecuadamente ambos ejes, incluyendo los valores numéricos relevantes), y calcule la potencia de dicha señal.
- El canal tiene ahora la siguiente respuesta en frecuencia

$$H(j\omega) = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega|}{2\pi \times 10^4} & \text{si } |\omega| \leq 2\pi \times 10^4 \text{ rad/s} \\ 0 & \text{si } |\omega| > 2\pi \times 10^4 \text{ rad/s} \end{cases}$$

Diseñe un filtro transmisor que permita transmitir sin interferencia intersimbólica en este caso. NOTA: recuerde que el sistema sólo puede usar la banda de frecuencias entre 0 y 5 kHz.

(2 puntos)

COMUNICACIONES DIGITALES
 PARTE B
 (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;">4</td> <td style="width: 60px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	4		5		T	
4							
5							
T							

Ejercicio 4

Un sistema digital de comunicaciones en banda base tiene el siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \delta[n] + \frac{1}{4} \delta[n - 1] - 4 \delta[n - 2]$$

el ruido muestreado a la salida del demodulador es blanco y gaussiano con varianza $\sigma_z^2 = 0.2$, y se utilizan constelaciones M -PAM con niveles normalizados.

- a) En este apartado se utiliza un detector símbolo a símbolo sin memoria.
- I) Si la constelación transmitida es una 4-PAM, diseñe el detector símbolo a símbolo óptimo indicando claramente todas sus características (retardo, regiones de decisión,...), y obtenga las decisiones $\hat{A}[n]$ para $n \in \{0, 1, 2, 3\}$ si las observaciones son:

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q[n]$	+0.7	+3.8	+1.3	-7.4	-12.1	+2.5	-15.3	+17.4	-0.1	+0.25
 - II) Si la constelación transmitida es una 2-PAM con niveles normalizados, diseñe el detector símbolo a símbolo óptimo indicando claramente todas sus características, y obtenga la probabilidad de error exacta del sistema.
- b) Ahora se utiliza un igualador de canal con 3 coeficientes y la constelación es una 4-PAM.
- I) Obtenga el igualador con criterio MMSE y retardo $d = 2$.
 - II) Calcule el retardo óptimo para la decisión (indicando cómo se ha obtenido) y calcule la probabilidad de error si el igualador es $w[n] = -0.3 \delta[n] + 0.1 \delta[n - 1] - 0.2 \delta[n - 2]$.
- c) Finalmente, transmitiendo una 2-PAM se utiliza un detector de secuencias de máxima verosimilitud. Todos los símbolos de la cabecera cíclica necesaria toman el valor $A[n] = +1$.
- I) Obtenga el diagrama de rejilla del sistema.
 - II) Estime la probabilidad de error de este receptor.

(3 puntos)

Ejercicio 5

a) Un código bloque lineal tiene la siguiente matriz de chequeo de paridad

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- I) Obtenga una matriz generadora compatible con la matriz \mathbf{H} en tres casos:
 - o El código es sistemático por el principio (matriz generadora \mathbf{G}_1).
 - o El código es sistemático por el final (matriz generadora \mathbf{G}_2).
 - o El código no es sistemático (matriz generadora \mathbf{G}_3).
- II) Para el código sistemático por el principio (matriz generadora \mathbf{G}_1) obtenga
 - o Tasa y diccionario del código.
 - o Mínima distancia del código, explicando cómo se ha obtenido.
 - o Número de errores que el código es capaz de detectar y de corregir trabajando sobre salida dura.
 - o Indique si el código es o no perfecto, explicando claramente por qué.
- III) De nuevo para el código con \mathbf{G}_1 , obtenga la tabla de síndromes y utilizando el método de decodificación basado en síndrome (detallando cada paso), decodifique la siguiente palabra

$$\mathbf{r} = 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$$

b) Un codificador convolucional tiene la siguiente matriz generadora

$$\mathbf{G}(D) = [1 + D + D^2 \quad 1 + D^2 \quad 1 + D]$$

- I) Obtenga la representación esquemática del codificador.
- II) Obtenga el diagrama de rejilla del codificador.
- III) Codifique la secuencia de 3 bits de datos

$$\frac{m}{B[m]} \left| \begin{array}{ccc} 0 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \right.$$

asumiendo que cabeceras de ceros de la longitud apropiada se han transmitido antes y después de estos bits. Debe proporcionar la secuencia codificada $C[m]$ desde $m = 0$ hasta el último valor relevante de m (último bit que depende de los bits de datos).

- IV) Decodifique los bits $B[0]$, $B[1]$ y $B[2]$ aplicando el algoritmo óptimo y asumiendo que cabeceras de ceros de la longitud apropiada se han transmitido antes y después de estos 3 bits de datos, si la secuencia recibida (decisiones duras) es

$$\frac{m}{R[m]} \left| \begin{array}{cccccccccccccccccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right.$$

NOTA: debe proporcionar evidencias claras de la aplicación del algoritmo óptimo.

(3 puntos)