

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 que utiliza una modulación MSK desea transmitir información con una tasa binaria $R_b = 10$ kbits/s en la frecuencia de portadora $\omega_c = 2\pi 10^6$ rad/s. Si el sistema puede utilizar una modulación cuaternaria $M = 4$ determine:

- a) La separación en rad/s entre frecuencias permitida.
- b) El valor de las frecuencias asociadas a cada uno de los símbolos MSK.

_____ (1 punto)

Cuestión 2

Una modulación paso banda con símbolos $A[n] \in \{\pm 1, \pm j\}$ y pulso conformador causal y rectangular normalizado en energía se transmite por un canal discreto equivalente $h_{eq}(t) = j\delta(t - T/2)$.

- a) Calcule el canal discreto equivalente si en el receptor se utiliza un filtro adaptado al filtro transmisor. Determine si existe o no ISI.
- b) Para el receptor anterior calcule la distancia mínima de la constelación recibida.
- c) Calcule el canal discreto equivalente si en el receptor se utiliza un filtro adaptado a la convolución del filtro transmisor y el canal $(g(t) * h_{eq}(t))$. Determine si existe o no ISI.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

Una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado con $N = 4$ utiliza la secuencia de ensanchado

$$x[m] = \delta[m] + \delta[m - 1] + \delta[m - 2] - \delta[m - 3]$$

El pulso transmisor a tiempo de chip, $g_c(t)$, es un pulso causal de duración el tiempo de chip, $T_c = T/N$, y normalizado. Considerando este pulso transmisor a tiempo de chip, el pulso receptor a tiempo de chip, que es un filtro adaptado a $g_c(t)$, y el canal analógico empleado, la respuesta equivalente en tiempo discreto a tiempo de chip $T_c = T/N$ es:

$$d[m] = \delta[m] - \frac{1}{2}\delta[m - 6]$$

La secuencia de símbolos de información transmitida es la siguiente:

n	0	1	2	3	4	5	6	7
$A[n]$	+1	-1	-3	+1	+3	-3	-1	+3

Considere que todos los símbolos anteriores, para $n < 0$, son $A[n] = +1$.

- Represente la señal modulada correspondiente a la transmisión de los 4 primeros símbolos, $A[n]$ desde $n = 0$ hasta $n = 3$.
- Obtenga el canal discreto equivalente a tiempo de símbolo, $p[n]$.
- En ausencia de ruido, determine el valor de las observaciones a la salida del receptor para los 4 primeros símbolos $q[0]$, $q[1]$, $q[2]$ y $q[3]$.

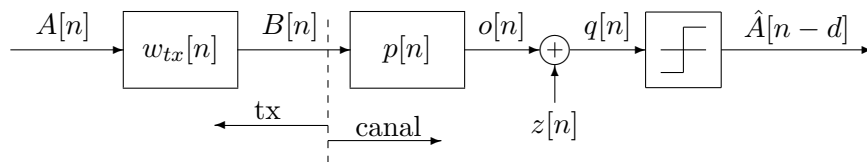
(1,5 puntos)

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;"> <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 digital transmite la información de un usuario mediante una modulación binaria $A[n] \in \{\pm 1\}$ a través de un canal discreto equivalente $p[n] = 0.1\delta[n] + 0.9\delta[n - 1]$. El método tradicional para cancelar la ISI utiliza un igualador $w[n]$ en el receptor. Otra opción para cancelar la ISI es actuar en el transmisor, modificando la constelación $A[n]$ antes de transmitir con un filtro lineal de tal forma que cuando dicha constelación modificada $B[n]$ pase por el canal se minimice la ISI según un criterio ZF. Se traslada el igualador del receptor al transmisor, como puede observarse en la figura. En este caso se usa un filtro de dos coeficientes $w_{tx}[n] = a\delta[n] + b\delta[n - 1]$.



- a) Obtenga la constelación transmitida en $B[n]$ en función de los coeficientes del filtro transmisor.
- b) Obtenga el filtro transmisor $w_{tx}[n]$ según un criterio ZF para un retardo $d = 1$ (recuerde que ZF busca $o[n] \approx A[n - d]$, es decir $c[n] = w_{tx}[n] * p[n] \approx \delta[n - d]$).
- c) Calcule de forma exacta la probabilidad de error del sistema si en el receptor se usa un detector símbolo a símbolo sin memoria para el valor óptimo de retardo d que venga dado por la respuesta conjunta $c[n]$ resultante. Si no ha obtenido la respuesta $c[n]$ en el apartado anterior suponga $c[n] = 0.1\delta[n] + \delta[n - 1] + 0.01\delta[n - 2]$ y obtenga el valor d óptimo. Suponga que la varianza del ruido $z[n]$ es σ^2 .
- d) En el mismo escenario de ruido del apartado anterior, calcule de forma exacta la probabilidad de error en caso de que no se utilice el filtro $w_{tx}[n]$ en el transmisor y comente si supone alguna ventaja el utilizar dicho filtro o no.

Nota:

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

(3 puntos)

Problema 2

En este ejercicio se van a considerar dos códigos de canal que trabajarán sobre la salida dura del demodulador de un sistema digital de comunicaciones con una tasa de error binario $BER = 10^{-4}$.

a) En primer lugar se considera un código bloque lineal cuya tabla de síndromes es

e								s		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

- I) Calcule la matriz de chequeo de paridad asociada a esa tabla de síndromes, y las matrices generadoras de un código sistemático y de otro código no sistemático que utilicen dicha tabla. ¿Cuál de los dos códigos tendrá mejores prestaciones?
- II) Para el código sistemático, calcule la mínima distancia de Hamming del código, explicando claramente cómo se obtiene dicho valor, y la probabilidad de error en la decodificación de una palabra recibida.
- III) Decodifique para el código sistemático, utilizando el algoritmo de decodificación basado en síndrome e indicando claramente cada paso del procedimiento, la siguiente palabra recibida

$$\mathbf{r} = [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$$

b) En segundo lugar, se considera un código convolucional con matriz generadora

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

- I) Dibuje la representación esquemática y el diagrama de rejilla para este código, y obtenga las prestaciones del mismo.
- II) Decodifique, utilizando el algoritmo de decodificación óptimo para este tipo de códigos, la siguiente secuencia recibida

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C[n]$	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0

Asuma que sólo se transmiten 3 bits de información entre cabeceras cíclicas de ceros, y que en este caso los bits $B[-1] = B[-2] = 0$ y $B[3] = B[4] = 0$ son los correspondientes a las dos cabeceras entre los bits de información.

NOTA: se debe proporcionar evidencia clara de la aplicación del algoritmo óptimo de decodificación.

(3 puntos)