Universidad Carlos III de Madrid

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Comunicaciones digitales

Examen convocatoria febrero

13 de febrero de 2007

Nombre:

Apellidos:

DNI:

Firma:

Se ha presentado al examen.

Tiempo total: 1 hora 15 minutos
Puntos totales: 4/10

Apellidos:	1
Nombre:	
Grupo:	2
D.N.I.:	
Firma:	3
	Total

1. Un sistema de comunicaciones en banda base utiliza una constelación BPSK, $A[n] \in [\pm 1]$, y el siguiente pulso conformador

$$g(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}}, & -\frac{T}{2} < t < 0 \\ -\frac{1}{\sqrt{T}}, & 0 \leq t < \frac{T}{2} \\ 0 & |t| \geq \frac{T}{2} \end{cases}$$

La señal modulada se transmite a través de un canal lineal con respuesta al impulso

$$h(t) = \delta(t) + \delta(t - T/2),$$

y el receptor emplea un filtro adaptado al filtro transmisor. El ruido a la entrada del receptor es blanco, gausiano, y con densidad espectral de potencia $N_0/2$.

a) Calcule el canal discreto equivalente del sistema de comunicaciones.

b) Obtenga la densidad espectral de potencia de la secuencia de ruido discreto $z[n]$ presente a la salida del demodulador (explique bien el procedimiento), y calcule la probabilidad de error con un decisor símbolo a símbolo.

(1,5 puntos)

2. Considere una CPM binaria ($I[n] \in \{\pm 1\}$) de repuesta completa con índice de modulación $h = 0{,}25$ y pulsos rectangulares.

   a) Dibuje su árbol de fase y determine el número de estados del diagrama de rejilla.

   b) Dibuje la trayectoria que genera la secuencia de símbolos $+1, +1, -1, +1, -1$ sobre el árbol de fase.

   c) Repita el Apartado 2*a* para una CPM de respuesta parcial con $L = 2$ y los mismos parámetros.

(1 punto)

3. Considere una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con $N = 10$, $\tilde{x}[m] = (-1)^m$ y $g_c(t) * g_c^*(-t)$ que cumple el criterio de Nyquist a periodo T/N. El canal equivalente en banda base es $h_{eq}(t) = \delta(t - \tau)$. Determine el canal discreto equivalente, $p[n]$, (si no es posible simplificar la expresión resultante, déjela en función de $g_c(t)$) y si existirá o no ISI en los siguientes casos:

   a) $\tau = T$

   b) $\tau = T/2$

   c) $\tau = T/4$

(1,5 puntos)

Tiempo total: 1 hora 45 minutos
Puntos totales: 6/10

Apellidos:	1
Nombre:	
Grupo:	2
D.N.I.:	
Firma:	Total

1. Un sistema de comunicaciones tiene el siguiente canal discreto equivalente

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

La modulación utilizada es una BPSK, $A[n] \in [\pm 1]$, y el ruido es blanco, gausiano 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 de secuencias.

b) Decodifique las siguientes observaciones si $A[n] = -1$ para $n < 0$ y $n \geq 3$

$$q[0] = -1{,}5 \quad q[1] = +1 \quad q[2] = +3 \quad q[3] = +2 \quad q[4] = -1{,}5$$

c) Calcule el igualador lineal ZF sin limitación de coeficientes y su probabilidad de error.

d) Diseñe, obteniendo los valores de los coeficientes de los dos filtros, un igualador DFE con el criterio ZF, con dos coeficientes en el filtro precursor y tantos como sea necesario en el filtro de realimentación para un retardo $d = 1$. Obtenga la probabilidad de error suponiendo que las decisiones realimentadas son correctas. Compárela con la de los apartados anteriores.

e) Diseñe un igualador DFE con el criterio MMSE con dos coeficiente en el filtro precursor y dos coeficientes en el filtro de realimentación y un retardo $d = 0$ (se ha de plantear el sistema de ecuaciones a resolver para el canal discreto equivalente y los tamaños dados para los filtros, pero no es necesario resolverlo).

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

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

(3 puntos)

2. Un sistema de comunicaciones permite tres tipos de codificación de canal:

   - Código de repetición 1/3.
   - Convolucional 1/2 con distancia mínima de Hamming 5.
   - Convolucional 1/3 con distancia mínima de Hamming 10.

   El modulador emplea codificación Gray y según los requisitos de calidad de servicio emplea modulaciones 16-QAM o 64-QAM. En recepción se toman decisiones duras sobre los símbolos de la constelación.

   Para el código de repetición 1/3:

   a) Obtenga la matriz generadora, la matriz de control de paridad y la tabla de síndromes asociados a cada uno de los patrones de error.

   b) Calcule las prestaciones de dicho código en función de la probabilidad de error del BSC equivalente p.

   Para los códigos convolucionales:

   a) Obtenga la probabilidad de error de bit en función de la E_b/N_0 para las cuatro combinaciones codificador-modulador posibles y establezca la configuración que le parezca más adecuada.

      1) Convolucional 1/2 - 16-QAM
      2) Convolucional 1/3 - 16-QAM
      3) Convolucional 1/2 - 64-QAM
      4) Convolucional 1/3 - 64-QAM

      Aproxime la probabilidad de error de bit del modulador (sin codificación):

$$P_B^{\text{M-QAM}} \approx \frac{1-1/\sqrt{M}}{\log_2 M} Q\left(\sqrt{\frac{3\log_2 M}{M-1}\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

(3 puntos)