

Ejercicio 1

Se va a diseñar un sistema digital de comunicaciones en banda base que transmite una tasa binaria de 6 Mbits/s y para ello dispone de un ancho de banda de 1.5 MHz. El transmisor y el receptor usan filtros normalizados en raíz de coseno alzado. Además, se utiliza una constelación M -PAM con niveles $\{\pm a, \pm 3a, \dots, \pm(M-1)a\}$ y la secuencia transmitida $A[n]$ es blanca.

- a) Calcule el orden de la constelación, M , el valor de a para minimizar la P_e y el ancho de banda de la señal modulada si la potencia máxima que se puede transmitir es 1 W y
 - i) El factor de caída es $\alpha = 0.25$.
 - ii) El factor de caída es $\alpha = 0.75$.
- b) Suponiendo un canal que amplifica y retarda, es decir, $h(t) = \beta\delta(t - 3T/2)$, donde T es el periodo de símbolo y $|\beta| > 1$, determine si existe ISI.
- c) Calcule y represente la densidad espectral de potencia de la señal transmitida en el sistema diseñado en el Apartado a.I) de este ejercicio.

(1,5 puntos)

Ejercicio 2

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

$$p[n] = \delta[n] + 1.5\delta[n-1] + c\delta[n-3],$$

la secuencia de símbolos transmitida es blanca y el ruido térmico tiene una densidad espectral de potencia $N_0/2$.

- a) Para $c = 0$ y una modulación 2-PAM con niveles normalizados, obtenga el retardo óptimo del decisor símbolo a símbolo sin memoria y calcule su probabilidad de error.

Considere ahora que $c = 0.25j$ y que la modulación empleada es una 4-PAM con niveles normalizados.

- b) Diseñe un igualador lineal sin limitación de coeficientes con el criterio forzador de ceros (ZF) y obtenga su probabilidad de error.
- c) Ahora se analizará un igualador lineal con limitación de coeficientes.
- Presente el sistema a resolver para obtener un igualador de 4 coeficientes y con un retardo $d = 1$ bajo el criterio de mínimo error cuadrático medio (MMSE).
 - Calcule la probabilidad de error aproximada para el mejor retardo, indicando el valor de dicho retardo, si los coeficientes del igualador son

$$\begin{array}{c|cc} n & 0 & 1 \\ \hline w[n] & 1 & -1/5 \end{array}$$

NOTA: No es necesario que resuelva los sistemas de ecuaciones, pero debe proporcionar los valores numéricos de todos los términos involucrados.

NOTA 2: Si alguna integral definida no aparece en la lista proporcionada, no es necesario que la calcule.

_____ (3 puntos)

Ejercicio 3

Un sistema digital de comunicaciones va a utilizar una modulación de frecuencia 8-ária. Las frecuencias que definen los pulsos de los distintos símbolos deben estar entre 2700 MHz y 4100 MHz. Calcule la máxima tasa binaria (bits/s) a la que es posible transmitir, y las 8 frecuencias que lo permiten, en los siguientes casos:

- a) Se utiliza una modulación de frecuencia de fase continua (CPFSK).
- b) Se utilizar una modulación de mínima separación en frecuencia (MSK).

_____ (1,5 puntos)

Ejercicio 4

Un sistema digital de comunicaciones utiliza una modulación OFDM con $N = 4$ portadoras para transmitir información en la banda entre 50 kHz y 100 kHz.

- a) Si el sistema NO utiliza prefijo cíclico, ¿cuál es la máxima tasa de símbolo (baudios) que puede alcanzar cada portadora?
- b) El sistema da soporte a un sistema de llamadas VoIP, que requiere un mínimo de 128 kbits/s totales (32 kbits/s por portadora). Calcule el mínimo orden de la constelación a utilizar.
- c) La señal se envía a través de un canal inalámbrico multicamino. El canal discreto equivalente resultante a tiempo $T/(N + C)$ es $d[m] = \delta[m] + 0.5\delta[m - 2]$. ¿Cuál es la mínima longitud del prefijo cíclico necesaria para evitar la interferencia entre símbolos y la interferencia entre portadoras?
- d) Como resultado del canal y del prefijo cíclico, los símbolos transmitidos en la primera portadora se recibirán con una potencia diferente a la de la segunda portadora. Calcule la relación entre la potencia recibida en estas dos portadoras.
- e) En lugar de utilizar una modulación OFDM, que transmite múltiples símbolos en paralelo sobre distintas portadoras, sería posible reducir el tiempo de símbolo por un factor $N = 4$ y transmitir la información con una única portadora. Explique las ventajas que ofrece la modulación OFDM respecto a esta alternativa.

_____ (2 puntos)

Ejercicio 5

Se tienen dos códigos convolucionales con las siguientes matrices generadoras:

$$G_1(D) = \begin{bmatrix} D^2 + 1 & D^2 + D + 1 \end{bmatrix}$$
$$G_2(D) = \begin{bmatrix} 1 & D & D^2 \end{bmatrix}$$

- a) ¿Son estos códigos sistemáticos? Justifique la respuesta para cada código.
- b) Calcule la tasa de codificación de ambos códigos.
- c) La distancia mínima para el primer código ($G_1(D)$) es 5. Calcule la distancia mínima del segundo código ($G_2(D)$).
- d) Explique cuál de los dos códigos considera que es mejor, y por qué.
- e) Si el transmisor utiliza el segundo código ($G_2(D)$), transmitiendo las cabeceras necesarias para comenzar y finalizar en el estado todo ceros, decodifique la siguiente secuencia recibida:

$$R[m] = [100 \ 110 \ 101 \ 010 \ 001 \ 000].$$

(2 puntos)