

Ejercicio 1

Un sistema de comunicación digital funciona en la banda de 1 a 4 kHz, donde la respuesta del canal es ideal.

- a) Diseñe el sistema (codificador de símbolos, usando una constelación QAM, filtros transmisor y receptor, $g(t)$ y $f(t)$, y frecuencia portadora ω_c) para realizar una transmisión sin ISI a una velocidad binaria de 9600 bits/s y utilizando todo el ancho de banda.
- b) Dibuje la densidad espectral de potencia de la señal modulada.

_____ (2 puntos)

Ejercicio 2

El canal discreto equivalente para el sistema de comunicación es

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

El sistema utiliza una constelación 2-PAM $A[n] \in \{\pm 1\}$. La varianza del ruido discreto $z[n]$ es $\sigma_z^2 = 0.1$.

- a) Si se utiliza un detector símbolo por símbolo sin memoria, elija el retardo óptimo d para la decisión y calcule la probabilidad de error.
- b) Diseñe un igualador ZF lineal sin restricciones y calcule la probabilidad de error correspondiente.

(2 puntos)

Ejercicio 3

Responda las siguientes preguntas relacionadas con las modulaciones angulares:

- a) Las frecuencias de unas modulaciones de frecuencia para un sistema 4-ario deben estar comprendidas en el intervalo entre 750 MHz y 1050 MHz.
- i) Para una modulación MSK, calcule las 4 frecuencias para obtener la máxima tasa binaria de transmisión, indicando dicha tasa, y el ancho de banda efectivo de la modulación.
 - ii) Repita el apartado para una modulación CPFSK.
- b) Una modulación CPM (*Continuous Phase Modulation*) con un índice de modulación $h = 2$ usa el siguiente pulso transmisor

$$g(t) = \begin{cases} A t, & \text{si } 0 \leq t < T \\ 0, & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}.$$

- i) Obtenga el valor de A si el pulso está normalizado de acuerdo con los criterios de normalización necesarios para las modulaciones CPM. Explica si la modulación definida con ese pulso es una CPM de respuesta completa o una CPM de respuesta parcial (explicando claramente la diferencia entre ambas modalidades).
- ii) Para la CPM de la sección anterior obtenga el árbol de fases para dos períodos etiquetando adecuadamente los ejes y todas las transiciones si la secuencia de información es cuaternaria $I[n] \in \{\pm 1, \pm 3\}$.

(2 puntos)

Ejercicio 4

Se conocen las siguientes secuencias

n	0	1	2	3
$A[n]$	+1	-3	+1	-1

m	0	1	2	3
$v[m]$	+1.1	-0.9	-0.8	+0.7

- a) Una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchamiento $N = 4$, secuencia de ensanchamiento

m	0	1	2	3
$x[m]$	+1	-1	-1	+1

emplea una frecuencia de portadora $f_c = 1$ MHz. El filtro transmisor a tiempo de chip es un filtro en raíz de coseno alzado normalizado con un factor de caída $\alpha = 0, 2$.

- i) Obtenga las muestras a la tasa de chip asociada a la transmisión de la secuencia de datos $A[n]$ a una velocidad de símbolo de 5 kbauds, haciendo explícito el instante discreto asociado a cada muestra (de manera similar a las tablas dadas anteriormente), y obtenga el ancho de banda de la señal modulada.
 - ii) Calcule las observaciones a tasa de símbolo $q[n]$ asociadas al procesamiento de las observaciones a tasa de chip obtenidas a la salida del filtro receptor, $v[m]$, haciendo explícito el instante discreto n asociado a cada observación.
- b) Ahora se utiliza una modulación OFDM con 4 portadoras para transmitir la secuencia de datos $A[n]$ a una velocidad de símbolo total de 4 baudios con una frecuencia portadora $f_c = 1$ MHz.
- i) Sin prefijo cíclico, calcule el valor de las muestras de la señal transmitida en múltiplos de T/N asociadas a la secuencia de datos $A[n]$, haciendo explícito el instante discreto asociado a cada muestra (de manera similar a como en las tablas dadas anteriormente), y obtenga el ancho de banda de la señal modulada.
 - ii) Con un prefijo cíclico de longitud $C = 1$ muestra, calcule el valor de las muestras de la señal transmitida en múltiplos de $T/(N + C)$ asociadas a la secuencia de datos $A[n]$, haciendo explícito el instante discreto asociado a cada muestra (de manera similar a las tablas dadas anteriormente), y obtenga el ancho de banda de la señal modulada.

(2 puntos)

Ejercicio 5

Considere los dos siguientes códigos de tasa 1/2:

- Un código bloque lineal con matriz generadora

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

- Un código convolucional con matriz generadora

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

a) Para el código bloque lineal:

- Calcule la distancia mínima de Hamming.
- Obtenga la matriz de chequeo de paridad y la tabla de síndromes.
- Decodifique la siguiente palabra recibida utilizando decodificación basada en síndrome (indique cada paso del proceso):

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

b) Para el código convolucional:

- Obtenga el diagrama de rejilla
- Calcule la distancia mínima de Hamming.
- Asumiendo que el estado inicial y el final son ambos el estado todos ceros, i.e., $\psi_0 = [0 \ 0]$, decodifique utilizando el algoritmo de Viterbi la siguiente secuencia recibida

$$\mathbf{r} = [00 \ 11 \ 11 \ 11 \ 01].$$

(2 puntos)