Universidad Carlos III de Madrid

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Comunicaciones digitales

Examen convocatoria septiembre

7 de Septiembre de 2005

Nombre:

Apellidos:

DNI:

Firma:

Se ha presentado al examen.

Tiempo total: 60 minutos
Puntos totales: 4/10

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

1. Un sistema de comunicaciones digitales en banda base, transmite una modulación PAM a través de un canal AWGN limitado en banda (W) con respuesta en frecuencia plana.

   a) Dibuje el diagrama completo del sistema: modulador, canal y demodulador óptimo. Justifique la elección del demodulador óptimo, teniendo en cuenta el tipo de canal por el que va a transmitir la señal.

   b) Calcule el canal discreto equivalente, asumiendo que ha diseñado los filtros transmisor y receptor para que no exista ISI.

   c) Qué tipo de filtros elegiría en transmisión y en recepción para poder conseguir una velocidad de transmisión máxima? Dibuje $P(j\omega)$.

   d) Justifique que tipo de decisor emplearía para un sistema con las características del enunciado.

(1,5 puntos)

2. Una modulación MSK binaria se puede escribir como

$$x(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \sum_n \operatorname{sen}\left(\omega_c t + I[n]\frac{\pi t}{2T} + \theta[n]\right) w_T(t - nT),$$

donde $I[n] \in \{-1, +1\}$ es la secuencia de símbolos a la salida del codificador, ω_c es la frecuencia central o frecuencia nominal de la portadora, $w_T(t)$ es un pulso rectangular causal de duración T, y $\theta[n]$ es una fase que tiene como misión forzar la continuidad de fase.

a) Obtenga la expresión de $\theta[n]$ para mantener la fase de la señal $x(t)$ continua.

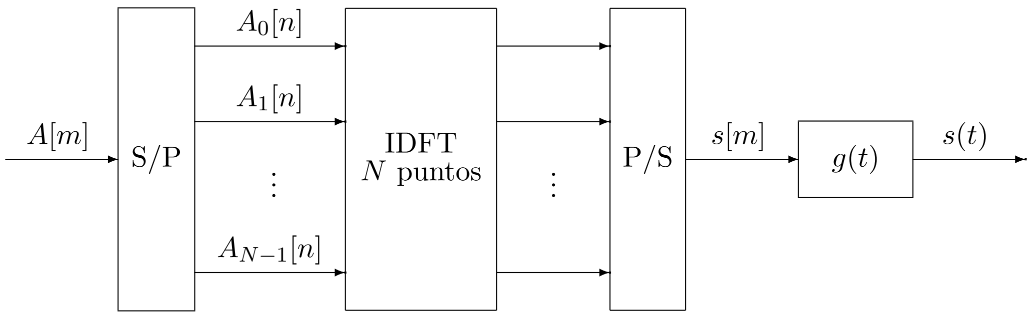
b) Calcule las expresiones que habrían de tomar la frecuencia central, ω_c, la salida del codificador, $I[n]$, y la fase, $\theta[n]$, para conseguir que la señal $x(t)$ obtenida sea equivalente a una modulación CPFSK binaria.

(1 punto)

3. La señal compleja en banda base para una modulación OFDM responde a la expresión
$$s(t) = \sum_n \sum_{\ell=0}^{N-1} A_\ell[n]\phi_\ell(t - nT),$$
donde las funciones base $\phi_\ell(t)$, $\ell = 0, 1, \cdots, N-1$, que forman una base ortonormal, son de la forma
$$\phi_\ell(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} e^{j\frac{2\pi\ell t}{T}} \cdot w_T(t),$$
siendo $w_T(t)$ un pulso causal de amplitud unidad y duración T segundos.

   a) Demuestre que las funciones base, $\phi_\ell(t)$, $\ell = 0, 1, \cdots, N-1$, forman una base ortonormal.

   b) Demuestre que la señal $s(t)$ se puede generar mediante el siguiente esquema, y explique que forma tiene el filtro $g(t)$.



NOTA: La expresión de la IDFT de N puntos de $X[k]$ es
$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{j\frac{2\pi}{N}kn}$$

(1,5 puntos)

Tiempo total: 2 horas
Puntos totales: 6/10

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

1. Deseamos transmitir símbolos de una constelación QPSK (para facilitar los cálculos asuma que los símbolos son $\{1, -1, j, -j\}$) y símbolos equiprobables por un canal AWGN con $\frac{N_o}{2} = 1/8$ y respuesta impulsiva del canal discreto equivalente, $p[n]$,

$$p[n] = \delta[n] + 0{,}8j\delta[n-1]$$

y queremos evaluar las prestaciones que obtendríamos con distintos receptores. Se pide:

a) Si el receptor está compuesto por un decisor MAP sin memoria que no tiene en cuenta la ISI,

1) Dibuje la constelación a la entrada del decisor.
2) Obtenga una estimación de la probabilidad de error de símbolo, P_e, a partir de la distancia mínima de la constelación a la entrada del decisor.

b) Si el receptor está compuesto por un igualador lineal ZF sin limitaciones de complejidad seguido de un decisor MAP sin memoria,

1) Obtenga la función de transferencia del igualador.
2) Estime P_e.

c) Si el receptor está compuesto por un decisor de secuencias ML,

1) Obtenga el diagrama de rejilla y la distancia mínima de un evento erróneo (asuma que la distancia mínima de un evento erróneo es la misma para cualquier secuencia y que la longitud de este evento erróneo es 2).

2) Estime P_e y compárela con las probabilidades de error de símbolo obtenidas con los dos receptores anteriores.

Fórmulas de interés:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \frac{d\omega}{a + b\sin(\omega)} = \frac{2\pi}{\sqrt{a^2 - b^2}} \quad (a > b)$$

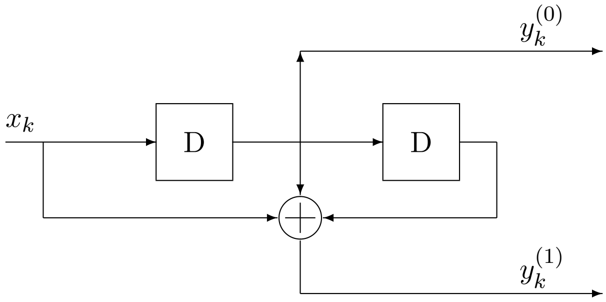
(3 puntos)

2. Se pretende implementar un sistema de comunicaciones a través de un canal gaussiano protegido frente a errores mediante un código de tasa 1/2, y se tienen 2 posibilidades:

   - Un código bloque lineal con la siguiente matriz generadora

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

   - El código convolucional cuya representación esquemática se muestra a continuación



   a) Calcule la probabilidad de error de un sistema compuesto por el codificador bloque más un modulador BPSK con energía media por símbolo $E_s = a^2$ y varianza de ruido σ^2.

   b) Calcule la probabilidad de error de un sistema compuesto por el codificador convolucional seguido de un modulador BPSK, con energía media por símbolo $E_s = a^2$, si se emplea decodificación blanda y una relación señal a ruido elevada (con una varianza de ruido σ^2).

   c) Calcule la secuencia transmitida con los dos sistemas para el mensaje $m =$ [101110]. Suponga que de los doce bits se producen errores en los bits tercero, noveno y duodécimo, y obtenga la secuencia de bits recuperada con los dos sistemas utilizando decodificación dura.
   NOTA: para el sistema basado en el convolucional, cuando sea necesario, suponga que los bits anteriores y posteriores a los seis bits del mensaje son todos cero, y que los bits recibidos a continuación de los 12 codificados toman el valor [0100].

(3 puntos)