Comunicaciones Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación Universidad de Cantabria

Problemas Tema 8

- **1.** Calcule el ancho de banda necesario para transmitir una señal de voz digitalizada a razón de 8 Kmuestras/s y 8 bits por cada muestra utilizando las siguientes modulaciones:
 - a) NRZ polar banda base.
 - b) BPSK con filtro NRZ.
 - c) BPSK, QPSK y 256QAM con filtros en raíz cuadrada de coseno alzado (r = 0.25).
- **2.** Se pretende construir un modem que permita transmitir tanto voz digitalizada y comprimida hasta 4.8 Kbps como datos sobre un canal telefónico en la banda que abarca de 300 Hz a 3400 Hz.
 - a) Obtener el factor de comprensión de la voz, de acuerdo con el estándar de voz digital.
 - b) Para la transmisión de la voz se dedica la parte baja del canal utilizando una modulación del tipo 64QAM con conformación en raíz cuadrada de coseno alzado con r = 0.15. Se requiere transmisión bidireccional simultánea con separación de 160 Hz entre el canal de ida y el de vuelta. Obtener el ancho de banda que ocupará la transmisión de voz y dibujar el espectro indicando las frecuencias de portadora para ambos canales así como el ancho de banda a -3 dB.
 - c) Los datos se disponen en la banda situada entre 2.4 KHz y 3.4 KHz y se transmiten con una modulación de fase de 4 estados con conformación en raíz cuadrada de coseno alzado con r = 0.5. ¿Cuál es la velocidad máxima de transmisión de los datos suponiendo transmisión full-duplex con una banda de guarda de 100 Hz? ¿Y si fuese semiduplex? Dibujar el espectro completo (voz+datos) para ambos casos indicando las frecuencias de portadora y los anchos de banda de -3dB entorno a las portadoras.
- 3. El satélite Astra 1F difunde televisión digital siguiendo el estándar DVB-S empleando una modulación QPSK con filtros en raíz cuadrada de coseno alzado y roll-off r = 0.35. El transpondedor del satélite tiene un ancho de banda W = 27 MHz, la frecuencia central es $f_c = 12$ GHz, la potencia transmitida es $P_{TX} = 20$ dBW y la ganancia de la antena es $G_{TX} = 33$ dB. Un receptor doméstico situado en España sufre unas pérdidas de propagación típicas de $L_p = 207$ dB al encontrase a una distancia del satélite próxima a los 38000 Km. Emplea una antena parabólica de ganancia $G_{RX} = 37$ dB y la figura de ruido del LNB (LNA+down-converter) es tal que la densidad espectral de potencia (DEP) de ruido es $N_0 = 4 \cdot 10^{-21}$ W/Hz.
 - a) Calcule el régimen binario y dibuje en detalle la DEP de la señal transmitida.
 - b) Obtenga la probabilidad de error de bit que proporciona el receptor.
 - c) Discuta los pros y los contras de emplear 8PSK en lugar de QPSK.
- **4.** Un sistema de distribución de televisión por cable (estándar DVB-C) puede emplear cualquier modulación M-QAM siendo M = 16, 64 ó 256 con filtros en raíz cuadrada de coseno alzado con r = 0.25. El ancho de banda máximo disponible es de 10MHz y la potencia transmitida es $P_{TX} = 10$ dBm.
 - a) Calcule el régimen binario máximo que proporciona cada modulación.
 - b) El cable introduce una atenuación de 90 dB y el receptor presenta una densidad espectral de ruido de $N_0 = 10^{-20}$ W/Hz. Si se precisa una probabilidad de error de bit menor o igual que $3 \cdot 10^{-5}$, calcule el régimen binario que es capaz de proporcionar cada modulación¹. ¿Cuál elegiría?

¹ En las expresiones de la probabilidad de error, desprecie las constantes multiplicativas externas a Q().

Soluciones Tema 8

- **1.** a) *W*=64KHz
 - b) *W*=128KHz
 - c) W=80KHz, W=40KHz, W=10KHz
- 2. a) factor de compresión 3:40=0.075
 - b) $W_{\text{voz}}=920\text{Hz}$
 - c) FullDuplex: *R*_{bdatos}=600bits/s. SemiDuplex: *R*_{bdatos}=1333.3bits/s
- 3. a) $R_b=40$ Mbits/s
 - b) $P_e(bit) \approx 3.10^{-7}$
 - c) $R_b = 60 \text{Mbits/s}, P_e(\text{bit}) \approx 2.10^{-3}$
- **4.** a) R_b^{16QAM} =32Mbits/s, R_b^{64QAM} =48Mbits/s, R_b^{256QAM} =64Mbits/s
 - b) $R_b^{16QAM} \le 50 \text{Mbits/s} \ (W^{16QAM} \le 15.625 \text{MHz})$

 $R_b^{64QAM} \le 17.857 \text{Mbits/s} (W^{64QAM} \le 3.72 \text{MHz})$

 $R_b^{256QAM} \le 5.88 \text{Mbits/s} \ (W^{256QAM} \le 918.7 \text{KHz})$

Elegiría 16QAM @ R_b =32Mbits/s (W=10MHz) y P_e (bit) \approx 3·10⁻⁷

