ETSETB	Ingeniería de Telecomunicación	COM II;Cuatrimestre Primavera 3A
16 Junio 2003	Duración: 9h a 12h	
Profesores: Miguel A. Lagunas, Montserrat Nájar, Ana I. Pérez, Jaume Riba		

Fecha de publicación de notas provisionales 26 de Junio
Fecha límite para alegaciones 30 Junio
Fecha de publicación de notas definitivas 3 Julio

Entrega de apartados en hojas separadas los bloques: Ejercicio 1 (a,b,c,d), Ejercicio 1(e,f,g,h)
Ejercicio 2 (a,b,c), Ejercicio 2(d,e)

Ejercicio 1

En este ejercicio se analiza el diseño de sistemas de comunicación que, garantizando un mínimo de calidad o probabilidad de error P_ε, maximizan velocidad de transmisión, r_b. La forma de proceder consiste en dividir el ancho de banda disponible en subcanales más sencillos de tratar. En primer lugar se tratará el compromiso P_ε versus r_b en el caso de un sistema N-QAM con $N=2^b$, siendo b par.

Sabiendo que $\sum_{m=1}^{M/2}(2m-1)^2 = \frac{(M^2-1).M}{6}$

a.- Demuestre que la energía media por símbolo de un sistema N-QAM, con todos los símbolos equiprobables, viene dada por

$$E_s = 2A^2T_s\frac{N-1}{3}$$

siendo $2A\sqrt{T_s}$ la separación entre símbolos sobre componente i o q en la constelación.

b.- Calcule la tasa de error al símbolo P_ε en funcion de la energia media por símbolo y la densidad espectral de ruido N_0.

Considerando ahora:

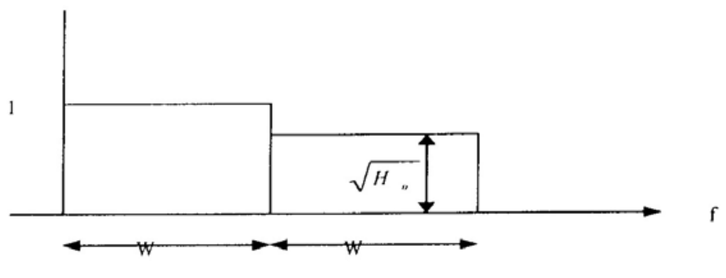
- Un canal de transmisión de ancho de banda $B_T=2W=\frac{1}{2T_s}$ de respuesta uniforme en el ancho de banda mencionado.
- Un numero de símbolos N elevado tal que se verifique que $\left(1-\frac{1}{\sqrt{N}}\right)\approx 1$
- Que la funcion Q(x) puede aproximarse por $\exp(-x^2/2)$

c.- Demuestre que la velocidad r_b (bps) viene dada por:

$$r_b = 4W.\log_2\left\{1+\frac{(3P/(8WN_o))}{(-Ln(P_\varepsilon/4))}\right\}$$

siendo P la potencia transmitida.

Considere a partir de ahora que el canal de transmisión presenta ISI con la siguiente respuesta en frecuencia:



d.- ¿Cómo se altera la velocidad del apartado anterior si en el receptor se suprime completamente la ISI con un ecualizador?

Considere a ahora que se emplean dos modulaciones QAM diferentes en un principio, en los dos canales de ancho de banda W. Para mantener la potencia total se utiliza αP en el primero y (1-α)P en el segundo, con α siempre menor o igual a la unidad.

e.- Manteniendo la probabilidad de error P_ε en cada uno de los dos subcanales, calcule la expresión de la r_b del nuevo sistema en funcion de α y de los mismos parámetros que en el apartado anterior.

Definiendo $\phi_0=\dfrac{(3P/4N_oW)}{(-Ln(P_\varepsilon/4))}$

f.- Encuentre la distribución optima de potencia en cada canal que maximiza la velocidad de transmisión.

g.- Demuestre que para valores de H_o por debajo de un umbral toda la potencia se suministra en el subcanal uno; mientras que para H_o tendiendo a la unidad la distribución se hace uniforme.

h.- Discuta las ventajas y/o desventajas que, en su caso, presentan las dos alternativas.

Ejercicio 2

Para comunicaciones espaciales son de interés modulaciones de envolvente constante y con alta eficiencia espectral, tal es el caso de las modulaciones OQPSK y MSK. Considere que se transmite la señal s(t)

$$s(t)=\sum_{i=-\infty}^{\infty} a_{2i}\,p(t-i2T_b)\cos 2\pi f_o t + a_{2i+1}\,p(t-(2i+1)T_b)\sin 2\pi f_o t$$

en donde $a_i=\pm 1$ son símbolos equiprobables, Tb es el tiempo de bit, $f_o=\dfrac{N}{T_b}$ (con N entero) y p(t) cumple que $\begin{cases} p(t)\neq 0 & |t|<T_b \\ p(t)=0 & resto \end{cases}$

Se define la modulación OQPSK como la obtenida cuando el pulso conformador en frecuencia es tal que $|P_{OQPSK}(f)|^2=2T_b\sin c^2(f2T_b)$ y la modulación MSK cuando se tiene $|P_{MSK}(f)|^2=\dfrac{16T_b(\cos(2\pi f T_b))^2}{\pi^2(1-16T_b^2f^2)^2}$

En el caso de canales limitados en banda interesa que la densidad espectral de s(t), Ss(f), presente bajo nivel de lóbulos secundarios.

a.- Halle y dibuje la densidad espectral de s(t) e indique cuál de las dos modulaciones bajo estudio es más adecuada si se compara el nivel de lóbulos secundarios a partir de $|f|>f_o+r_b \;\; y \;\; |f|<f_o-r_b$

b.- Diseñe el receptor óptimo cuando la señal s(t) es transmitida por canales ideales distorsionados por ruido Gaussiano blanco de densidad espectral de potencia Sw(f)=No/2 (canal AWGN). Halle la BER en función de la Eb/No.

En muchos casos de interés se desea transmitir el mayor número de usuarios en un determinado ancho de banda, generándose interferencias entre los mismos o problema denominado de "cross-talk". Considere a continuación que el factor principal de distorsión es el "cross-talk", que puede llegar a estar 20 dB por encima de la señal deseada, y que la señal recibida $r(t)=s(t)+s_I(t)$ se modela como la suma de la señal deseada s(t) y una señal interferente $s_I(t)$. Dicha señal interferente es de la misma modulación que s(t), con amplitud A y cuya frecuencia es $f_I=f_0+\Delta f$.
La distorsión que, debido al "cross-talk", hay en la rama de la componente en fase del receptor es $C=\int s_I(t)\,p(t)\cos w_o t\,dt$, con una potencia igual a

$$E\{C^2\}=A^2T_b\int\left|R_p(y)\right|^2\cos(2\pi\Delta f\ y)\quad dy \qquad (1)$$

siendo $R_p(y)$ la correlación del pulso p(t).

c.- Interprete frecuencialmente la expresión (1) e indique si interesa un pulso P(f) que decaiga rápidamente en frecuencia o no. ¿Qué pulso conformador $P_{MSK}(f)$ o $P_{OQPSK}(f)$ garantiza una potencia de "cross-talk" menor?

Un modo de combatir la interferencia es sustituyendo en cada rama del receptor óptimo para canal AWGN el filtro adaptado a P(f) por un filtro $H_R(f)$ que contrarreste los efectos de la densidad espectral de la señal interferente.
d.- Considere que el equivalente paso bajo de la señal recibida se simplifica al de un único pulso transmitido $r_b(t)=a_l p(t-2lT_b)+x_{Ib}(t)$. Donde $x_{Ib}(t)$ es el equivalente paso bajo de la interferencia, que presenta una densidad espectral $S_{Ib}(f)$. La señal $r_b(t)$ es filtrada por $H_R(f)$, que maximiza la SIR instantánea a su salida definida como $SIR=\dfrac{|a_l|^2\left|\int_{-\infty}^{\infty}P(f)H_R(f)\ df\right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty}S_{Ib}(f)\left|H_R(f)\right|^2\ df}$. Halle $H_R(f)$.

e.- Dibuje el esquema del receptor paso-banda que incorpora $H_R(f)$. Considere que el filtro $h_R(t)$ hallado en el apartado anterior es diferente de cero únicamente para $-T_b\le t\le T_b$. Si a la entrada del receptor la señal es $r(t)=s(t)+s_I(t)$, formule la señal después de muestrear en la rama 1 y 2 como

$$\mathbf{r}_k=\begin{bmatrix}r_1(t_{2k+1})\\ r_2(t_{2k+2})\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\gamma & \alpha_1 & \beta & 0\\ 0 & \gamma & \alpha_2 & \beta\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a_{2k-1}\\ a_{2k}\\ a_{2k+1}\\ a_{2k+2}\end{bmatrix}+\mathbf{s}_{IF}(k)$$

indicando el valor de $\alpha_1, \alpha_2, \gamma$ y β en función de p(t), $h_R(t)$ y las señales portadoras. El vector $\mathbf{s}_{IF}(k)$ contiene las muestras de interferencia $s_I(t)$ filtradas.
Interprete el problema de distorsión al que da lugar $H_R(f)$.

NOTA: $\left|\int v(x)g^*(x)\,dx\right|^2\le\int\left|v(x)\right|^2dx\quad\int\left|g(x)\right|^2dx$ La igualdad se obtiene cuando v(x) y g(x) son proporcionales.