ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION UPC
Asignatura: COMUNICACIONES II (Cuatrimestre 3A)
Examen Final **18 de enero de 2000**
Profesores: M. Cabrera, J. Fernández-Rubio, G. Vázquez **Duración: 3h30'**

- Recuerde que su nombre debe figurar "claramente" en todas las hojas de examen.
- No se corregirá ningún ejercicio presentado fuera del aula correspondiente.
- Entregue los ejercicios en hojas separadas.

Ejercicio 1

Sea una modulación QPSK de símbolos equiprobables i estadísticamente independientes entre sí:

$$s(t) = A_c \sum_{i=-\infty}^{+\infty} I[i]p(t-iT)\cos(2\pi f_c t) - A_c \sum_{i=-\infty}^{+\infty} Q[i]p(t-iT)\operatorname{sen}(2\pi f_c t)$$
$$= i_s(t)\cos(2\pi f_c t) - q_s(t)\operatorname{sen}(2\pi f_c t)$$

Considere :

Símbolo	I[i]	Q[i]
1	+1	+1
2	-1	+1
3	-1	-1
4	+1	-1

Pulso base $p(t) = \Pi\left(\frac{t}{T}\right)$ y se cumple $f_c = Nr = \frac{N}{T}; N >> 1$

a) De una expresión para las componentes en fase y cuadratura de la señal s(t). Es decir, identifique las señales $i_s(t), q_s(t)$ en la expresión dada para *s(t).* Obtenga una base ortonormal generadora del espacio de señal. Obtenga las coordenadas de señal respecto a la base dada y dibuje el espacio de señal.

b) Dibuje el esquema receptor óptimo resultante. Si la señal se transmite por un canal ideal de ruido aditivo blanco y gaussiano w(t), $S_w(f) = \frac{N_0}{2}$, obtenga la *Probabilidad de error* P_e en función de E_b/N_0, siendo E_b la energía media que se transmite por bit.

c) Suponga a partir de ahora que el canal por el que se transmite esta señal produce distorsión que se puede modelar mediante el siguiente equivalente paso bajo para su respuesta impulsional:
$b_h(t) = (2 + j0.5)\delta(t) + 0.5\delta(t-T)$
Recuerde que por tanto el equivalente paso bajo de la señal recibida es
$0.5(i_s(t) + jq_s(t)) * b_h(t)$
Obtenga la expresión de las componentes en fase y cuadratura de la señal recibida.

d) Para la hipótesis de haber transmitido el símbolo 1, calcule la expresión de los vectores de señal recibidos respecto a la base ortonormal calculada en el apartado a:
$Y[k/S_1] = S_1[k] + S_{ISI}[k] + N[k]$ y dibújelos en ausencia de ruido sobre el espacio de señal. Es decir, represente vectorialmente $S_1[k] + S_{ISI}[k]$.

e) Considerando que el espacio de señal resultante es simétrico en los 4 cuadrantes y que por tanto la Pe total coincide con la probabilidad de error condicionada al símbolo 1 (Pe/S_1), calcule de nuevo la P_e en función de la E_b/N_0. Para ello utilice las mismas regiones de decisión del apartado b y la misma definición para E_b (Energía media transmitida por bit).

f) Observe que después del muestreo, la respuesta total equivalente del sistema es
$h[n] = 0.5(2\delta[n] + 0.5j\delta[n] + 0.5\delta[n-1])$ y que por tanto para diseñar un ecualizador complejo (Forzador de ceros) de dos coeficientes C_0 y C_1 que disminuya la ISI, los coeficientes deben

verificar las ecuaciones de diseño: $h[n]*(C_0\delta[n]+C_1\delta[n-1])=\begin{cases}1 & n=0\\ 0 & n=1\end{cases}$

Calcule los dos coeficientes complejos: C_0, C_1.

g) Obtenga el vector de ISI residual

h) Calcule las autocovarianzas y covarianzas cruzadas del nuevo vector de ruido. ¿Continúan las coordenadas del vector de ruido siendo estadísticamente independientes entre sí? Justifique la respuesta. NOTA: En este apartado obtenga los resultados en función de $C_0=C_{0R}+j\,C_{0I}$ y $C_1=C_{1R}+j\,C_{1I}$ y sustituya por su valor numérico únicamente al final.

i) Para justificar la mejora de la P_e dibuje de nuevo la representación vectorial de las señales ecualizadas en ausencia de ruido para el caso de haber transmitido el símbolo 1. Calcule el aumento de la distancia entre puntos de señal y límites de la correspondiente región de decisión. Compare con la situación sin ecualizar del apartado e.

Ejercicio 2

NO APARECE EN ESTE DOCUMENTO