

GRADO EN INGENIERÍA TELEMÁTICA

TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

(2º curso - Enero 2011)

Apellidos:

Nombre:

Nº de matrícula o DNI:

Grupo:

Se ha presentado al examen

Firma

TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN
CUESTIONES
(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

Apellidos: Nombre: Nº de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación	
	1	
	2	
	3	
	T	

Cuestión 1

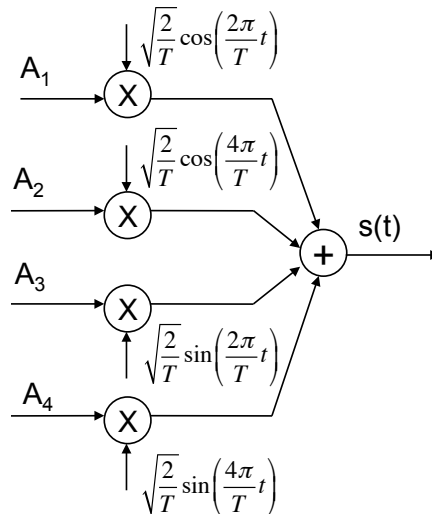
Se define el proceso estocástico $Z(t) = X + Y$, donde X e Y son variables aleatorias uniformes e independientes con $\mu_X = \mu_Y = 0$ y $\sigma_X^2 = \sigma_Y^2 = 2$.

- a) Calcule la media y varianza del proceso $Z(t)$.
- b) Compruebe si el proceso es estacionario en sentido amplio.
- c) Compruebe si el proceso es ergódico en la media.

(1,5 puntos)

Cuestión 2

Un sistema de comunicaciones digital transmite un conjunto de señales $s(t) = \{s_1(t), s_2(t), \dots, s_M(t)\}$. La entrada del modulador $\mathbf{A} = [A_1, A_2, A_3, A_4]$ se convierte en $s(t)$ según el siguiente esquema



donde $\sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{2\pi}{T}kt\right)$ y $\sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{2\pi}{T}kt\right)$ con $k = \{1, 2\}$ están definidas en el intervalo de tiempo $t \in (0, T)$. Cada una de las componentes A_k ($k = \{1, 2, 3, 4\}$) del vector \mathbf{A} se modela mediante una variable aleatoria discreta y equiprobable que toma el valor ± 1 . Toda las componentes son independientes entre sí.

- Determine el número total de señales que va a transmitir el sistema, M , y la probabilidad de transmisión de cada una de ellas.
- Identifique qué condiciones tiene que cumplir el conjunto de señales

$$\left\{ \sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right), \sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{4\pi}{T}t\right), \sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right), \sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{4\pi}{T}t\right) \right\},$$

definidas en el intervalo $0 \leq t \leq T$, para ser una base generadora del conjunto de señales transmitido, y compruebe si cumple dichas condiciones.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

En un sistema de comunicaciones analógico la señal a transmitir (señal de información, $m(t)$) es una señal en banda base de ancho de banda de B Hz ($W = 2\pi B$ rad/s).

- a) Proporcione la eficiencia espectral (dando también el ancho de banda de la señal modulada) de una modulación AM convencional.
- b) Proporcione la eficiencia espectral (dando también el ancho de banda de la señal modulada) de una modulación de amplitud de banda lateral única.
- c) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda de la señal modulada) de una modulación de frecuencia (FM) con índice de modulación $\beta = 6$.
- d) ¿Cuál de las modulaciones es más adecuada para una transmisión donde tenemos limitado el ancho de banda disponible?

(1 punto)

TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN
PROBLEMAS
 (Tiempo: 120 minutos. Puntos 6/10)

Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación						
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 40px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		T	
1							
2							
T							

Problema 1

Un canal discreto sin memoria (DMC) con alfabeto de entrada $\mathcal{A}_X = \{x_0, x_1, x_2, x_3\}$ y alfabeto de salida $\mathcal{A}_Y = \{y_0, y_1, y_2, y_3\}$ viene dado por la siguiente matriz de canal

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 1 - \varepsilon_1 & \varepsilon_1 & a & b \\ \varepsilon_1 & 1 - \varepsilon_1 & c & d \\ a & c & 1 - \varepsilon_0 & \varepsilon_0 \\ b & d & \varepsilon_0 & 1 - \varepsilon_0 \end{bmatrix}.$$

- a) Determine el valor de las constantes a , b , c y d , y ponga un ejemplo de sistema digital de comunicaciones (teniendo en cuenta la constelación transmitida) para el que esta matriz de canal sea una buena aproximación.
- b) Para el caso en el que los símbolos x_0 y x_1 se transmiten con igual probabilidad, $p_X(x_0) = p_X(x_1) = p/2$, y los símbolos x_2 y x_3 también tienen la misma probabilidad, distinta en general de las de los otros dos, calcule $H(X)$, $H(Y)$, $H(X, Y)$, $H(Y|X)$, y $H(X|Y)$, en función de ε_0 , ε_1 y p .
- c) Represente las entropías del apartado anterior en función de p (en su rango de posibles valores), para los valores concretos $\varepsilon_0 = \varepsilon_1 = 0.25$, e interprete los resultados.
- d) Calcule la capacidad del canal en función de ε_0 y de ε_1 .

(3 puntos)

Problema 2

Un sistema de comunicaciones digitales emplea la siguientes señales de forma equiprobable:

$$\begin{aligned} s_0(t) &= \cos\left(\frac{\pi t}{T}\right) & 0 \leq t \leq T \\ s_1(t) &= \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & 0 \leq t \leq T \\ s_2(t) &= \cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right) & 0 \leq t \leq T \\ s_3(t) &= \cos\left(\frac{8\pi t}{T}\right) & 0 \leq t \leq T \end{aligned}$$

Se transmite sobre un canal gaussiano con densidad espectral de potencia $N_0/2$.

Se pide:

- Calcule una base ortonormal para este conjunto de señales para cualquier T .
- Acote la probabilidad de error en función de la energía media de la constelación empleando la cota de la unión.
- Dibuje en un diagrama de bloques el demodulador y obtenga el decisor para este conjunto de señales.
- ¿Qué transformación permite disminuir la energía promedio de símbolo de sin modificar la distancia mínima de la constelación? Haga dicha transformación e indique cuál serían los nuevos vectores de entrada al modulador.
- Acote la probabilidad de error en función de la energía promedio de símbolo empleando la cota de la unión para el nuevo conjunto de señales definido en el apartado anterior. Compárelo con el resultado obtenido en el Apartado b).
- Si tuviese que construir un sistema de comunicaciones digitales que solo transmite un bit por símbolo, ¿qué par de señales elegiría para ello? Explique su respuesta.
- Se construye el siguiente sistema de comunicaciones digitales binario a partir de las señales $s_0(t)$, $s_1(t)$, $s_2(t)$ y $s_3(t)$:

$$\begin{aligned} s'_0(t) &= +s_0(t) + s_1(t) - s_2(t) - s_3(t) & 0 \leq t \leq T \\ s'_1(t) &= -s_0(t) - s_1(t) + s_2(t) + s_3(t) & 0 \leq t \leq T \end{aligned}$$

Calcule la probabilidad de error de símbolo en función de la energía promedio de símbolo.

_____ (3 puntos)