

Tema 6

Transmisión digital paso banda

1 Problemas básicos

Este primer bloque de problemas son problemas extraídos de la bibliografía de la asignatura, y consisten en algunos cálculos básicos que es necesario dominar.

Problema 6.1

[Sklar2001] Calcule el valor esperado del número de errores de bit cometidos en un día por el receptor BPSK coherente especificado más abajo, cuando opera continuamente.

La velocidad de datos es de 5000 bits/s . Las señales digitales de entrada son $s_1(t) = A \cdot \cos(\omega_p t)$ y $s_2(t) = -A \cdot \cos(\omega_p t)$, donde $A = 1 \text{ mV}$ y la densidad espectral unilateral de potencia de ruido es $N_0 = 10^{-11} \text{ W/Hz}$.

RESULTADOS DEL PROBLEMA

2338 bits

Problema 6.2

[Sklar2001] Un sistema BPSK coherente que opera continuamente comete errores a razón de 100 errores al día como promedio. La velocidad de los datos es de 1000 bits/s . La densidad espectral unilateral de potencia de ruido es $N_0 = 10^{-10} \text{ W/Hz}$.

- Si el sistema es ergódico, ¿cual es la probabilidad media de error?
- Si el valor de la potencia media recibida se ajusta a 10^{-6} W , ¿será suficiente esta potencia para mantener la probabilidad de error calculada en el apartado a)?

RESULTADOS DEL PROBLEMA

- $1.16 \cdot 10^{-6}$
- No

Problema 6.3

[Haykin2001] La componente de señal de un sistema PSK coherente está definida por la expresión

$$s(t) = A_c k \sin(\omega_p t) \pm A_c \sqrt{1 - k^2} \cos(\omega_p t)$$

donde $0 \leq t < T_b$, y el signo más corresponde al símbolo 1 y el signo menos corresponde al símbolo 0. El primer término del segundo miembro de la igualdad representa una componente de portadora, incluida para facilitar la sincronización entre el receptor y el transmisor. Se pide:

- a) Dibujar la constelación de las señales descritas. ¿Qué observaciones pueden hacerse acerca de este diagrama?
- b) Mostrar que en presencia de ruido gaussiano aditivo de media nula y densidad espectral de potencia $N_0/2$, la probabilidad media de error es:

$$P_e = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}(1 - k^2)} \right)$$

con $E_b = \frac{1}{2}A_c^2T_b$

- c) Suponga que el 10% de la potencia transmitida está ubicada en la componente de portadora. Determinar el valor de E_b/N_0 necesario para obtener una probabilidad de error de 10^{-4} .
- d) Compare este valor de E_b/N_0 con el requerido en un sistema PSK convencional con la misma probabilidad de error.

RESULTADOS DEL PROBLEMA

- a) Constelación de una PSK
- b) Demostración
- c) $\frac{E_b}{N_0} = 8.02$
- d) $\frac{E_b}{N_0} = 7.22$

Problema 6.4

[Haykin2001] Se desea comparar dos sistemas paso-banda de transmisión de datos. Uno de ellos utiliza 16-PSK y el otro 16-QAM. Ambos sistemas deben obtener una probabilidad media de error de símbolo igual a 10^{-3} . Compare los requisitos de relación señal-ruido de estos dos sistemas.

RESULTADOS DEL PROBLEMA

$$\Delta \left(\frac{E_s}{N_0} \right) = 3.68dB$$

Problema 6.5

[Sklar2001] Si el criterio de rendimiento de un sistema es la probabilidad de error de bit, ¿Cuál de los dos esquemas de modulación siguientes será el elegido para operar en un canal AWGN? Muestre los cálculos.

- a) FSK binaria ortogonal coherente con $E_b/N_0 = 13dB$.
- b) PSK binaria coherente con $E_b/N_0 = 8dB$.

RESULTADOS DEL PROBLEMA

FSK binaria ortogonal coherente

2 Problemas adicionales

Estos problemas son algo más elaborados que los anteriores, en muchos casos extraídos de exámenes antiguos.

Bibliografía

[Haykin2001] Simon Haykin. Communication Systems, 4th Ed. John Wiley and Sons, 2001.

[Sklar2001] Bernard Sklar. Digital Communications, 2nd Ed. Prentice Hall, 2001.