

Comentarios ejercicio propuesto 1:

a) Aplicar cota BER de ortonormales vista en clase. En particular: $2Q(\sqrt{2E_b/N_0})$. Nota: es $2Q$ y no $3Q$ ya que se trata de la probabilidad de error de bit, y no la de símbolo.

b) Cada uno de los 4 símbolos originales queda afectado por un factor $\cos(\theta_m)$. Al ser los símbolos originales equi-energéticos, las fronteras de decisión ML (encontradas en el apartado a) pasan por el origen del espacio de señal es decir, son subespacios de dimensión 3.

Por ello, las distancias entre cada uno de los nuevos símbolos y las fronteras originales queda reducida en un factor $\cos(\theta_m)$ (que es distinto para cada símbolo).

Nota: puede verse lo anterior más fácilmente si considera y dibuja el caso de $M=2$ y una frontera ML que es una recta de 45° que pasa por el cero.

Así, la condicionada de cada símbolo queda afectada por un término de $(\cos(\theta_m))^2$ sobre el término E_b/N_0 . Finalmente, la probabilidad global es $1/4$ por la suma de las condicionadas.

c) Cada uno de los símbolos queda ahora multiplicado por 1 o por -1 aleatoriamente. El receptor ML debe modificarse simplemente tomando valor absoluto previo a calcular el máximo sobre cada rama.

Nota: podría generalizarse el resultado para complejos (como ha realizado un alumno), donde en este caso el valor absoluto se convierte en una operación de módulo, y el receptor obtenido sería el clásico receptor FSK no coherente. Lo único que se complica en este caso es el cálculo de la BER ya que después del módulo, la estadística del ruido deja de ser gaussiana. En valor absoluto, sin embargo, si que es tratable, ya que simplemente hay que considerar las dos colas de la gaussiana (en lugar de solo una). Por lo comentado, la probabilidad de error queda duplicada (en cota) respecto al caso ideal.

Comentarios ejercicio propuesto 2:

General: en esencia este problema examina el sistema denominado SIMPLEX, consistente en una ortogonal a la que se resta el centroide (lo cual es óptimo energéticamente). En este sentido, es interesante que revise el problema 2.7 del fichero "Comunicaciones II. Ejercicios resueltos" (que corresponde al control de abril de 2004), donde encontrará todos los detalles.

a) La BER es la misma que la ortonormal (ya que la distancia entre símbolos es la misma) pero el término de E_b/N_0 queda afectado por un factor que es 1 para $\gamma=0$, y puede ser mayor que 1 para otros valores de γ . Es decir, hay valores de γ que ofrecen ganancia.

b) El valor óptimo de γ se obtiene maximizando el factor que acompaña la E_b/N_0 en la expresión anterior. Se calcula derivando respecto a γ e igualando a cero. Otro modo de hacerlo directamente es calcular la energía de símbolo en función de γ , y encontrar la γ que la minimiza. Es lo mismo. El valor óptimo es $\gamma=1$, y entonces en la fórmula de la BER, la E_b/N_0 queda afectada por un factor favorable de $4/3$ (que en general es $M/(M-1)$), propio de la ganancia energética de la modulación SIMPLEX.