

Trabajo Práctico de Simulación 1

Simulación de Modulaciones Digitales

1. Introducción

Este trabajo práctico tiene por objetivo calcular y comparar los desempeños de las modulaciones típicas de dos maneras: analítica y numéricamente. Consideraremos las modulaciones PAM, QAM, PSK y FSK utilizando sus descripciones en banda base en el espacio de señales correspondiente. Es decir, en este trabajo no utilizaremos las formas de onda temporales de las señales, sino sus constelaciones. Consideraremos a las constelaciones con símbolos equiprobables, el canal es ideal y el receptor recibe una señal perturbada con ruido aditivo blanco Gaussiano (AWGN). Es decir, la señal recibida en el período i -ésimo, a partir de la cual el receptor determina el símbolo transmitido es $y_i = x_i + w_i$, donde x_i es el símbolo transmitido y w_i es el ruido blanco Gaussiano.

De acuerdo a la dimensionalidad de cada modulación tenemos:

- Modulación ASK: w_i posee varianza $\sigma^2 = \frac{N_o}{2}$
- Modulación QAM y PSK: w_i posee varianza $\sigma^2 = N_o$
- Modulación FSK: w_i posee varianza $\sigma^2 = \frac{N_o}{2}$ en cada dimensión.

Para cada una de las modulaciones consideraremos que el orden o tamaño de la constelación M es 2, 4, 8 y 16.

2. Análisis teórico

1. Grafique las constelaciones de símbolos para las modulaciones mencionadas (cuando sea posible) asumiendo una distancia mínima $d = 2$ y $M = 16$. Indique un posible etiquetamiento de los símbolos y justifique su elección. Dibuje las regiones de decisión de cada símbolo, considerando que los mismos son equiprobables.
2. Confeccione una tabla indicando la energía promedio de símbolo y de bit, E_s y E_b , de cada constelación en función de la distancia mínima, d , y del orden de la constelación, M .
3. En la misma tabla, indique, para cada modulación, la probabilidad de error de símbolo y la probabilidad de error de bit, P_e y P_b , en función de $\frac{E_b}{N_0}$ y de M . Utilice la cota de vecinos cercanos.

3. Simulación de Montecarlo

1. Implemente en Matlab/Octave un script para estimar con el método de Montecarlo las probabilidades de error de símbolo y de bit en función de $\frac{E_b}{N_0}$, variando esta relación entre 0 y 10 dB en pasos de 1 dB (modificando N_0 y manteniendo E_b fija).
2. En cuatro figuras distintas, una para cada modulación, grafique la probabilidad de error de símbolo teórica y la estimada en el punto anterior, en función de $\frac{E_b}{N_0}$, para $M = 2; 4; 8$ y 16. Compare el comportamiento de las modulaciones ASK, QAM y PSK con FSK.
3. En otras cuatro figuras, una para cada modulación, grafique ahora la probabilidad de error de bit teórica y la estimada en el primer punto, en función de $\frac{E_b}{N_0}$, para $M = 2; 4; 8$ y 16. Compare el comportamiento de las modulaciones ASK, QAM y PSK con FSK.
4. En otra figura, grafique la probabilidad de error de bit teórica y la estimada en función de $\frac{E_b}{N_0}$ para las cuatro familias de modulaciones con $M = 16$. ¿Cuál tiene el mejor desempeño?
5. Para las mismas constelaciones graficadas en el análisis teórico, superponga los símbolos recibidos en la simulación con una relación $\frac{E_b}{N_0}$ de 0 dB, 3 dB, 6 dB, y 10 dB.

4. 2-ASK no equiprobable

1. Considere la modulación 2-ASK con dos símbolos con probabilidades a priori p y $q = 1 - p$. Grafique la constelación, indicando el umbral de decisión del detector óptimo y explique conceptualmente como varía el mismo en función de p y q .
2. Calcule la probabilidad de error teórica exacta, P_e , en función de $\frac{E_b}{N_0}$ y del umbral obtenido en el punto anterior.
3. Considere dos símbolos de amplitud unitaria, $p = \frac{1}{4}$ y $q = \frac{3}{4}$. Implemente un script en Matlab/Octave para estimar P_e usando el método de Montecarlo. Grafique en una misma figura la probabilidad de error teórica y la estimada en función de $\frac{E_b}{N_0}$.