



Universidad de los Andes — Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Introd. a las Comunicaciones (I/2021)

Profesor: Jaime Anguita

PRUEBA 2 Parte 1 - Simulación de un Sistema de Comunicación Digital en banda base

Instrucciones: Este trabajo es individual y corresponde a la primera parte de la Prueba 2, con una ponderación del 50% de la nota de esta Prueba. Puede ayudarse con los *scripts* disponibles en Canvas. El trabajo consiste en **simular en Python** la modulación y demodulación de una secuencia digital en presencia de ruido aditivo Gaussiano blanco (AGB) y medir el desempeño de su sistema de comunicación. Organice su trabajo de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Genere una secuencia de números pseudo aleatorios binarios $[0, 1]$ equiprobables usando una semilla aleatoria equivalente a su número de RUT (incluyendo dígito verificador). El largo de la secuencia debe ser de $N = 10^5$ símbolos. Compruebe que siempre se genera la misma secuencia cada vez que ejecuta el *script*.
2. Modulación OOK. Usando la secuencia anterior, genere una señal de modulación OOK mediante una secuencia que contenga 8 muestras por símbolo binario. Su secuencia tendrá $8N$ elementos, con 8 muestras por periodo de bit.
3. Modulación NRZ. Usando la secuencia del punto 1, genere una señal de modulación NRZ mediante una secuencia que contenga 8 muestras por símbolo.
4. Modulación PPM binaria. Usando la secuencia del punto 1, genere una señal de modulación PPM binaria con 8 muestras por periodo de bit. El "0" se representa con un pulso rectangular, activo solo en las muestras 0 a 3 del periodo. El "1" se representa con un pulso rectangular, activo solo en las muestras 4 a 7 del periodo.
5. Determine el coeficiente de escalamiento en amplitud que debe aplicar a cada modulación particular para que la energía promedio por bit sea $E_b = 1$ (asumiendo $T = 1$) en todos los casos. Esto asegura ecuanimidad en la comparación posterior.
6. Escoja cinco valores para la relación señal a ruido E_b/N_0 entre 0 y 10 decibels (e.g., 2, 4, 6, 8, 10 dB). Determine la desviación estándar del ruido σ_n tal que se satisfaga los valores escogidos de E_b/N_0 . Genere una secuencia de ruido AGB para cada valor de σ_n determinado. Cada secuencia debe tener $8N$ elementos.
7. Genere las señales de tiempo ruidosas $r = s + n$. Grafique un segmento (e.g., primeros 10 símbolos) de cada tipo de modulación para un solo valor de E_b/N_0 (a elección). La representación gráfica debe ser comprensible.
8. Realice la detección de las señales con ruido usando los detectores basados en filtros óptimos correspondientes a cada tipo de modulación (vistos en clase). Recuerde que las secuencias moduladas tienen 8 muestras por tiempo de bit, pero usted solo debe estimar el valor del símbolo ("0" o "1"), es decir, debe estimar 10^5 bits para cada modulación.
9. El detector óptimo de PPM binario (NO visto en clase) debe diseñarlo a partir del detector de dos ramas. Realice la detección al igual que en los dos casos anteriores.
10. Determine el número de símbolos erróneos (*bit errors*) para cada modulación y cada valor de E_b/N_0 y calcule la tasa de error o *bit-error rate* (BER), graficando los resultados en un gráfico BER vs E_b/N_0 [dB].

11. Muestre todos sus resultados gráficos –en forma enumerada– en un archivo PDF generado con Word o Latex, intercalando sus códigos en cada respuesta. Si tiene funciones usadas en común para varias respuestas, póngalas al final del informe. Se evaluará el contenido y la calidad profesional del documento. Guarde las secuencias en un archivo con nombre **IntroCom-P2-secuencias-Apellido-Nombre.py** y súbalo junto con el informe, ya que serán evaluadas por el profesor.

Fecha de entrega: lunes 14 de junio hasta las 18:00 hrs. en Canvas.