

Proyecto programado:
Sistema de modulación y demodulación analógico

Etapas 1: **Simulador de ruido y herramientas misceláneas**

Profesora:
Dra.-Ing. Laura Cabrera Quirós

Estudiantes:
Alexander Castro Lara
2017153854
Gabriel Hernández Calderón
2017238935
Josué Rojas González
2017112581

1. Introducción

Este documento comprende el desarrollo de la primera etapa del Proyecto programado de un sistema de modulación y demodulación del curso de Comunicaciones Eléctricas de la carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Esta primera etapa comprenderá el desarrollo de un simulador de ruido en señales eléctricas así como herramientas misceláneas que ayudarán con el estudio y análisis de la influencia de estos ruidos en las señales que se desean emitir, recibir o manipular de alguna manera.

Se hará una descripción global del sistema sobre el cual se hará el estudio de comportamiento, influencia y alteración de señales debido al ruido presente en cada etapa del sistema. Esto, con el fin de entender los objetivos que se desean alcanzar en el desarrollo de este proyecto programable.

A su vez, este documento condensa la descripción de funcionamiento del módulo simulador de canal así como las herramientas misceláneas programadas en *Python* con su respectiva implementación y análisis del comportamiento generado a partir del esperado teóricamente en la alteración de las señales en estudio debido al ruido.

2. Generalidades del sistema

El sistema el cual se estudiará corresponde a un sistema básico de comunicaciones eléctricas para la transmisión local de radiodifusión. Este sistema se ilustra a continuación:

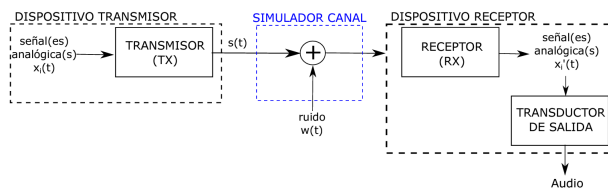


Figura 1: Sistema básico de comunicación analógica. [1]

De este sistema de la figura 1, la sección de interés específica para el desarrollo de esta primer etapa corresponde al bloque azul de simulador de canal (Fig.2) con su respectiva señal de ruido $w(t)$.

3. Módulo simulador de Canal

En cuanto al módulo simulador de canal, se busca que la simulación desarrollada genere de la manera más fiel posible el comportamiento natural de la transmisión de señales en un canal físico real.

Del simulador de canal (Fig.2) se tiene a $s(t)$ como una única señal de entrada al canal, la cual recibirá todas las alteraciones posibles debido al ruido presente en el canal el cual a su vez, está representado como $w(t)$. Por lo que la señal de salida del subbloque sumador será la señal resultante de la interacción de la señal original enviada por el canal ($s(t)$) y el ruido ($w(t)$).

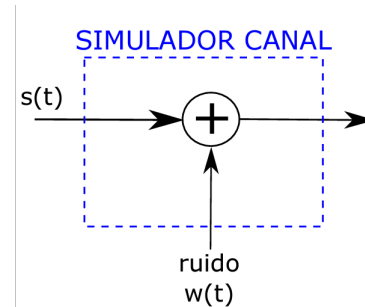


Figura 2: Bloque simulador de canal. [1]

Cada uno de los efectos relevantes que pueda tener la señal $s(t)$ debido al ruido serán programados para modelar correctamente esta influencia y modificación presente en la señal transmitida. Estos efectos relevantes están limitados por 3 características restrictivas que se describen en la guía del proyecto [1] las cuales se listarán a continuación:

1. Transmisión simplex (SX) entre el bloque transmisor (TX) y el receptor (RX).
2. El ruido, será un ruido blanco Gaussiano $w(t)$ de $\mu = 0$ y $\sigma = 0,1$.
3. El canal no tiene atenuaciones por distancia ni otro tipo de interferencias.

4. Herramientas Misceláneas

Esta sección hace referencia a los instrumentos que facilitarán una representación visual de las señales convenientes. Por una parte, se pretende la obtención de un módulo que entregue la graficación de la señal contra el tiempo (semejante a un osciloscopio). Por otro lado, se requiere la graficación de la Densidad Espectral de Potencial o PSD (tal cual como un analizador de espectros).

Por consiguiente, para lograr el primer objetivo será necesario contar con la biblioteca '*matplotlib*' y para la PSD se necesita '*Scipy*' para calcularla y '*matplotlib*' para 'plotearla'.

En la Fig. 3 se muestra la manera en que se implementó el llamado de las librerías en cuestión, para esta primera etapa del proyecto programado.

```
#-----Libraries-----
from scipy.io.wavfile import read
import matplotlib.pyplot as plot
import numpy as np
#-----
```

Figura 3: Herramientas Misceláneas

5. Implementación

En cuanto a la implementación y para verificar el funcionamiento adecuado de la programación diseñada, se utilizaron las herramientas mencionadas en la sección anterior las cuales permiten tener esa visualización gráfica de las señales reales de audio así como la densidad espectral de potencia. Estas gráficas implementadas se observan a continuación:

5.1. Prueba de Tono

En la Fig. 4, se observa la gráfica de la señal de entrada ($s(t)$) contra el tiempo. Esta visualización es importante para comprender la naturaleza y el comportamiento de la señal de antemano.

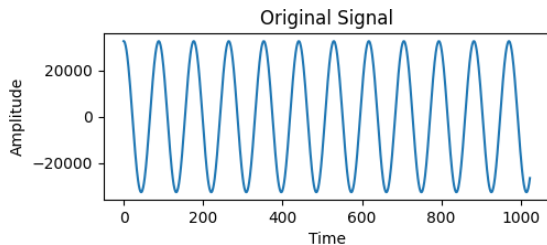


Figura 4: Señal de entrada "tono de prueba" como $s(t)$ en el dominio del tiempo.

Asimismo, en la Fig. 5, se puede apreciar la Densidad Espectral de Potencial del tono de entrada mencionado.

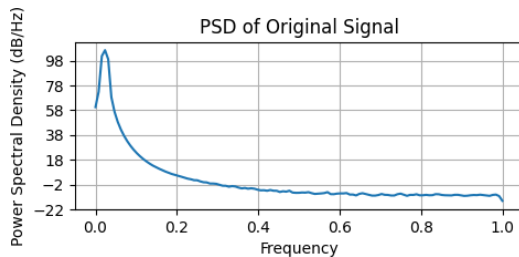


Figura 5: PSD de la señal de tono en el dominio de la frecuencia.

5.2. Señales de audio reales

Para los tres archivos .wav de audio brindados para la implementación se utilizó para el informe, el archivo "vowel_1.wav" el cual se muestra a continuación:

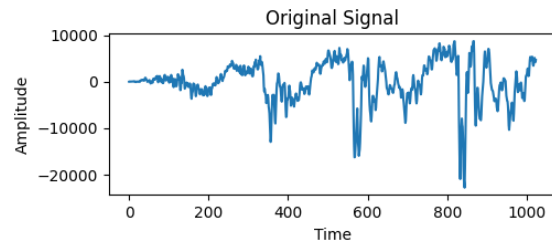


Figura 6: Señal de entrada "vowel_1" como $s(t)$ en el dominio del tiempo.

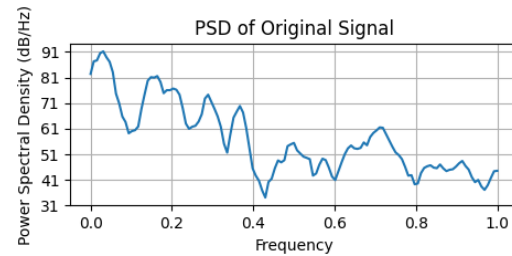


Figura 7: PSD de la señal real "vowel_1" en el dominio de la frecuencia.

6. Análisis de resultados

Respecto al análisis de los resultados se observan los resultados obtenidos debido a la influencia del ruido $w(t)$ sobre las curvas generadas de los archivos de audio .wav suministrados para la implementación del proyecto. Estos resultados serán en el dominio del tiempo y de la frecuencia en sus respectivas gráficas de "Time Domain" y "PSD".

Primeramente, se tiene la señal de ruido blanco $w(t)$ generado, el cual será el factor modificador de la señal de entrada y en estudio $s(t)$, presente en el bloque de canal (Fig. 2) el cual se ilustra a continuación:

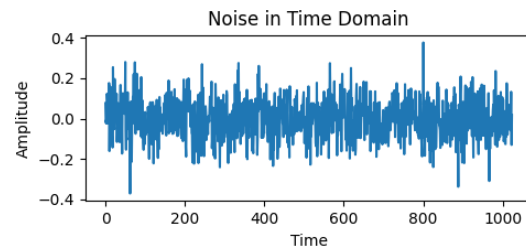


Figura 8: Señal del ruido $w(t)$ en el dominio del tiempo.

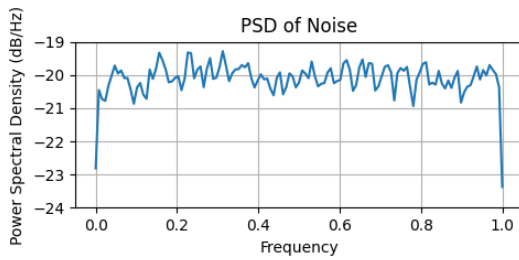


Figura 9: PSD del ruido $w(t)$ en el dominio de la frecuencia.

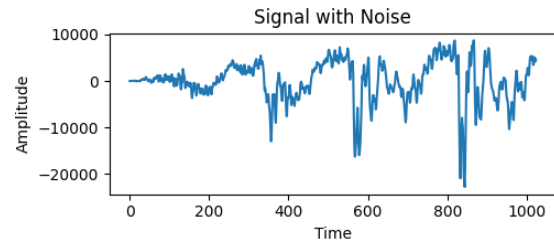


Figura 12: Señal de entrada "vowel_1" como $s(t)$ más el ruido $w(t)$ presente en el dominio del tiempo.

Seguidamente, se observa la salida del bloque de canal el cual es la influencia que tuvo el ruido sobre la señal de entrada que en este caso fue la señal de tono.

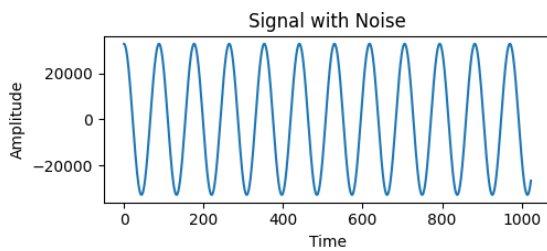


Figura 10: Señal de entrada "tono" como $s(t)$ más el ruido $w(t)$ en el dominio del tiempo.

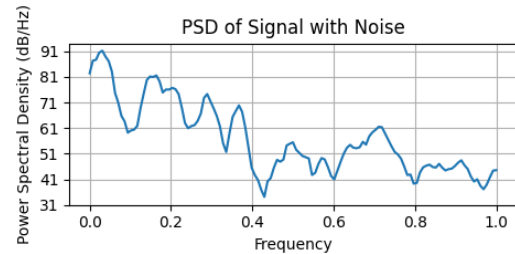


Figura 13: PSD de la señal "vowel_1" a la salida afectada por el ruido en el dominio de la frecuencia.

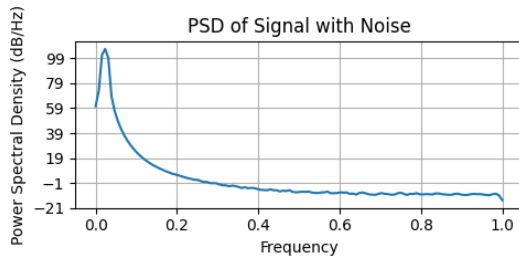


Figura 11: PSD de la señal de tono a la salida afectada por el ruido en el dominio de la frecuencia.

Por último, se muestran las gráficas correspondientes a la salida del canal con la entrada de audio real dada por el archivo "vowel_1.wav", con "vowel_1" como $s(t)$ y manteniendo la señal de ruido $w(t)$ anterior.

En cada uno de los casos donde se analiza el resultado de la influencia del ruido sobre la señal de entrada, se observa un cambio principalmente en las gráficas de *PSD* y no tanto en las del dominio del tiempo.

Esto se debe a que el ruido generado parece no tener una ganancia lo suficientemente alta para alterar visualmente estas señales sin embargo, como se mencionó anteriormente sí se observa un cambio en las PSD, especialmente en la gráfica del tono como $s(t)$ más el ruido $w(t)$ de la figura 11.

7. Conclusión

En esta primera etapa del proyecto programado del curso de Comunicaciones Eléctricas I, se realizó un simulador de canal y se pusieron en práctica las herramientas misceláneas. Consecuentemente se puede concluir:

- El simulador de canal implementado lleva a cabo su objetivo de manera exitosa. Se genera ruido gaussiano y se suma a la señal de entrada, semejante al comportamiento de un canal físico y real de transmisión.
- En ambos casos, en las pruebas de tono y en las pruebas de señales reales, después de añadido el ruido a la señal, se percibió poca modificación en las gráficas en el dominio del tiempo, sin embargo, sí se percibe una pequeña diferencia en las gráficas

de la PSD, demostrando así el efecto ocasionado por el ruido en las señales.

- La implementación de las herramientas misceláneas fue igualmente correcta. Se pudo diseñar el algoritmo que permite graficar las señales en el dominio del tiempo, así como su respectiva Densidad Espectral de Potencia.
- En las pruebas de tono se evidenció la propiedad de dualidad, dado que se ve cómo el tono se extiende en todo el eje real del tiempo, mientras que su PSD está mayormente concentrada en una franja.

Referencias

- [1] Cabrera, L. "Proyecto programado Sistema de modulación y demodulación analógico Etapa 1 (simulador de ruido y herramientas misceláneas)" *Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica*, (2023). [En línea]. Disponible en: https://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/E/EL5513/S-2-2023.CA.EL5513.2/file-storage/view/Proyectos%2FProyecto_instructivo_Etapa01.pdf. Accedido el 22 de agosto de 2023.
- [2] Cabrera, L. "Variables aleatorias y probabilidad" *Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica*, (2023). [En línea]. Disponible en: https://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/E/EL5513/S-2-2023.CA.EL5513.2/file-storage/view/Apuntes%2FLeccion02_1_repasoProbabilidad.pdf. Accedido el 7 de agosto de 2023.