

Laboratorio 1: Muestreo,
Decimación y Expansión de Señales
Laboratorio de Señales y Sistemas

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Informática y
Telecomunicaciones

1. Introducción

El muestreo de señales es uno de los aspectos fundamentales de la teoría de señales y sistemas. Un muestreo realizado de manera adecuada permite ahorrar recursos de telecomunicaciones (procesamiento computacional, ancho de banda, entre otros). Existe una gran variedad de algoritmos para procesar señales, de manera de obtener como resultado un efecto de sonido o un paso intermedio para adaptar las señales. Así, es posible mejorar la calidad de señales muestreadas de manera inadecuada, o bien realizar ciertas características de especial interés. No obstante, todo algoritmo considera como base el muestreo de las señales, debido a la limitación inherente de la tecnología digital, para la cual no es posible procesar señales continuas.

2. Descripción

Este laboratorio tiene como objetivo introducir al alumno al procesamiento digital de señales a partir de la realización de un proyecto en GNU Radio de un conjunto de algoritmos básicos. El alumno, además, deberá resumir y presentar los resultados, explicando de manera correcta y con lenguaje técnico el comportamiento de los algoritmos aplicados.

GNU Radio es un software GNU disponible para plataformas Windows y Linux, que permite procesar señales con una alta gama de herramientas e instrumentos virtuales, y con interfaces a archivos y dispositivos de hardware externos. Existe una amplia variedad de documentos y medios audiovisuales que permiten introducirse en el uso de GNU Radio. Adicionalmente, el sitio web de GNU Radio (<https://www.gnuradio.org>), posee información de releases, instalación y un Wiki.

Durante la experiencia se trabajará procesando señales generadas por los módulos existentes en GNU Radio, y adicionalmente se utilizarán archivos .wav provistos como parte de esta guía (Nota: cada grupo puede utilizar un archivo .wav de su preferencia, aun cuando no sea provisto por el profesor).

3. Desarrollo

El desarrollo de esta Experiencia debe realizarse utilizando la herramienta GNU Radio.

3.1. Primera Parte

1. Genere dos señales sinusoidales de frecuencias 50 Hz y 500 Hz, ambas de 1 segundo de duración, con la misma fase inicial y una amplitud unitaria. Seleccione una sola frecuencia de muestreo, apropiada para ambas. Justifique la elección de la frecuencia de muestreo. Determine cuántas muestras se requieren para que las señales duren 1 segundo.
2. Cambie la fase de las señales solicitadas en el punto previo, agregando un retardo de $\pi/2$. Grafique para cada señal ambos casos, con distintos colores de línea. Presente sólo los primeros 50 ms. ¿Se aprecia alguna diferencia con este cambio?
3. Reproduzca el sonido que se genera con los casos solicitados en los puntos previos. Indicar las diferencias entre ambos, si que las hay.
4. Sume las señales sinusoidales señaladas en el punto 1 y grafique los primeros 50 ms de la señal resultante. Escuche y comente el sonido producido por esta nueva señal. De igual manera, escuche y comente la señal resultante de sumar:

- Una sinusoidal de 200 Hz y otra de 300 Hz.
 - Una sinusoidal de 200 Hz y otra de 203 Hz.
5. Genere una señal aleatoria con una distribución uniforme que varíe entre [-1, 2], utilizando la misma frecuencia de muestreo y duración que las señales anteriores (Nota: puede utilizar la caja Random Uniform Source para este efecto). Sume esta señal con la señal sinusoidal de 500 Hz y grafique los primeros 10 ms. ¿Qué sucede al incrementar la frecuencia de muestreo? Justifique.
 6. Modifique la señal sinusoidal original de 500 Hz de modo que su amplitud máxima varíe aleatoriamente entre [0.5, 1]. Grafique los primeros 10 ms.
 7. De igual forma, modifique la señal sinusoidal original de 500 Hz de modo que su fase inicial varíe aleatoriamente entre $[-\pi/2, \pi/2]$. Grafique los primeros 10 ms.
 8. Describa las diferencias entre las señales obtenidas en los tres puntos anteriores. Comente las diferencias auditivas entre estos casos.

3.2. Segunda Parte

1. Cree un proyecto que permita modificar dinámicamente la frecuencia de muestreo de la señal contenida en el archivo .wav. Debe reproducir y graficar las señales obtenidas. Conteste las siguientes preguntas:
 - ¿Cuál sería la frecuencia máxima de la señal? ¿Cuál es la frecuencia ideal de muestreo, considerando eficientar el uso de los recursos de telecomunicaciones y computacionales?
 - Analice el efecto de utilizar muy pocas muestras (submuestrear) la señal. ¿Qué efectos observa y cuáles impactos pueden tener?
 - ¿Qué es lo que se aprecia al utilizar demasiadas muestras (sobremuestrear) para la señal?
2. Realice las siguientes operaciones:
 - Agregar ceros entre una muestra y la otra.
 - Eliminar muestras cada 2, 5 y 10 muestras.
3. Reproduzca el sonido de la señal una vez aplicadas las operaciones solicitadas en el punto anterior. ¿Qué diferencias nota?

4. Informe Final

Redacte un Informe Final, **que no sobrepase las 3.000 palabras (aproximadamente 6 páginas)**, que contenga:

1. Carátula.
2. Resumen.
3. Introducción que describa cada una de los problemas planteados en esta guía.
4. Descripción de los algoritmos desarrollados.
5. Resultados (numéricos y gráficos). Adjuntar archivos con el código Python, y otros archivos multimedia según corresponda.
6. Análisis de resultados, incluyendo explicaciones sobre los efectos del procesamiento sobre las señales de entrada, posibles impactos y aplicaciones.
7. Dificultades encontradas.
8. Conclusiones.
9. Bibliografía.

5. Pauta de Corrección

Para la corrección del Informe Final de esta Experiencia se tomará en cuenta:

- Condición necesaria, pero no suficiente de aprobación: Los códigos y proyectos generados deben operar de manera correcta.
- Ortografía: No se tolerarán más que 2 errores ortográficos como máximo (descuento de 1 décima por error ortográfico adicional).
- Presentación: Todas las secciones mencionadas deben existir en el informe.
- Extensión y formato: Debe respetarse la extensión máxima. Se descontará punaje por informes que excedan la restricción de cantidad de palabras. No debe usarse Wikipedia como cita bibliográfica.
- Calidad del análisis de los resultados: Debe contener de manera clara y precisa la explicación de por qué se observan los comportamientos, de acuerdo a los resultados.
- Presentación de gráficos: Las figuras y tablas deben tener ejes en las unidades y etiquetas correspondientes. Adicionalmente, todo gráfico y tabla debe poseer la numeración y etiquetas correspondientes, y deben ser generadas con gráficos vectoriales. No se deben generar en formato tipo pixel.
- Claridad y especificidad en la explicación de la metodología en la introducción y su coherencia con los resultados mostrados.
- Las conclusiones deben resumir los puntos importantes del informe, así como sus hallazgos, evidencias y observaciones más relevantes, a la luz del marco teórico que sustenta la Experiencia. Expresiones del tipo "se cumplieron los objetivos de la Experiencia", sin mayor evidencia, no son un aporte a las Conclusiones, y no recibirán calificación.