



Objetivos

Esta experiencia tiene como objetivo ahondar en los conceptos de modulación análoga, para la transmisión de señales por un canal de comunicación y la importancia de esta técnica en el ámbito de las telecomunicaciones.

Introducción

La modulación es un conjunto de técnicas que se utilizan para transportar información mediante una onda portadora. La modulación es el proceso de variar una o más características de una onda portadora de acuerdo a una señal que transporta información. El propósito de este proceso es sobreponer señales en las ondas portadoras para adaptar la transmisión al medio. En este laboratorio analizaremos dos tipos de modulación analógica AM y FM, definidas como:

$$AM: y(t) = k \cdot m(t) \cos(2\pi f_c t)$$

$$FM: y(t) = \cos(2\pi f_c t + k \cdot \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

Donde $m(t)$ representa el mensaje, f_c la frecuencia de la portadora en Hz y k el índice de modulación o desviación en frecuencia (relación entre la amplitud de la portadora y la amplitud del mensaje).

Instrucciones

1. El trabajo es personal o en parejas.
2. Fecha de entrega: **6 de junio del 2022 hasta las 23:55 hrs.**
3. La entrega consta de un informe de laboratorio (en PDF) y el código fuente con que se hicieron las pruebas.
4. La entrega tanto del informe (en PDF) como del programa debe ser en un archivo comprimido a través del link publicado en el classroom correspondiente.
5. Cualquier copia detectada entre los trabajos será calificada con nota mínima.

Herramientas

Se utilizará el lenguaje de programación [Python 3](#) y algunos módulos de utilidad como: [Numpy](#), [Scipy](#), [Matplotlib](#).

Se recomienda utilizar algún IDE adecuado para el desarrollo de su trabajo por ejemplo: [PyCharm](#) o [Spyder](#), entre otros.

El libro “*Contemporary Communication Systems Using MATLAB*” es una buena referencia para encontrar implementaciones de sistemas de comunicación.

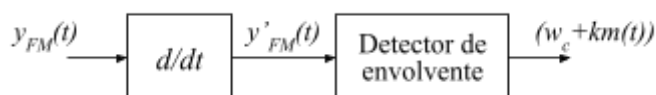
Si bien usar ejemplos y tutoriales encontrados en la web es una buena aproximación inicial, debe revisar o utilizar la documentación oficial del lenguaje y librerías. Debe citar los sitios web que usó como referencias.



Desarrollo

En clases se estudió la transmisión de información análoga por un canal de comunicaciones físico, y para un correcto aprovechamiento de éste, existen procesos denominados **modulación**, la que puede ser AM/FM en su forma análoga. Tomando como base lo estudiado en clases realizar:

1. Utilice la señal "handel.wav"
2. Implemente un modulador AM y un modulador FM. Defina un índice de modulación (k) igual a 1 y 1.25.
 - a. Module la señal "handel.wav"
 - b. Grafique los resultados obtenidos en el dominio del tiempo. Presente los resultados de manera que pueda concluir el correcto funcionamiento de los moduladores.
 - c. Para cada modulador (AM y FM), grafique el espectro de frecuencias de la señal original y la señal modulada. ¿Qué ocurre con el espectro de frecuencias de la señal original luego de modularla?
 - d. Determine el ancho de banda usado por la señal modulada en AM y en FM.
3. Implemente un demodulador para AM.
 - a. Demodule la señal del punto 2.
 - b. ¿Es posible recuperar la señal original independiente del índice de modulación utilizado?
4. Implemente un demodulador para FM.
 - a. Considere el siguiente diagrama de un demodulador derivativo FM ideal y la expresión para una señal FM. Obtenga una expresión para la derivada de la señal FM y explique cómo se puede implementar un detector de envolvente.



- b. Implemente el demodulador diferencial ideal y determine los parámetros adecuados para lograr demodular la señal del punto 2.
 - c. ¿Es posible recuperar la señal original?
5. Analice:
 - ¿Cuáles son los principales usos para la modulación AM? ¿Por qué?
 - ¿Cuáles son los principales usos para la modulación FM? ¿Por qué?
 - ¿Cuál es el costo, en términos de ancho de banda, de modular una señal?
 - ¿Qué problemas pueden ocurrir al demodular una señal?
 - ¿Qué sucede con la señal modulada AM al utilizar un índice de modulación mayor a 1?
 - ¿Qué parámetros se deben considerar al implementar el demodulador FM?



Informe

Se debe enviar un informe de laboratorio en formato PDF con todo el trabajo realizado y que incluya al menos las siguientes secciones:

- **Introducción** (0.5 - 1.0 página): Contexto, objetivos e información bibliográfica de relevancia (no es necesario repetir información que existe en la bibliografía, pero sí citar y/o sintetizar). *¿Qué se hará y por qué?*
- **Marco Teórico:** Explicaciones básicas sobre todos los temas y tópicos tratados en la actividad.
- **Desarrollo y resultados:** Explicación del trabajo realizado, exponiendo la señal creada originalmente, todas las modulaciones realizadas y todos los resultados obtenidos. Incluir algoritmos y/o códigos (extractos, resumen), diagramas, imágenes y tablas. *¿Qué se hizo y qué se obtuvo?*
- **Análisis de resultados:** Análisis de cada resultado, está correcto?, por qué salió ese resultado, relacionar resultados con los contenidos del curso. *¿Tienen sentido mis resultados, por qué obtuve estos resultados?*
- **Conclusiones** (0.5 - 1.0 página): Síntesis de los principales resultados encontrados y su relación con los contenidos. Problemas encontrados y cómo fueron solucionados. Conclusiones personales. *¿Qué aprendí con este trabajo?*
- **Bibliografía:** Listado de referencias usadas en el trabajo. ¡Todas!. Libros (indicando capítulos), publicaciones, sitios web y videos (enlace y fecha de última visita), material de clases, etc. Formato APA. *¿Qué fuentes utilicé en este trabajo?*

Se evaluará:

- Manejo de los contenidos, certeza de las aseveraciones.
- Calidad de la información presentada (gráficos, tablas, imágenes).
- Formato y redacción.
- Capacidad de síntesis y claridad.

Código

Se debe adjuntar el código del programa realizado, el cual debe cumplir con los principios de buenas prácticas de programación y documentación. Se evaluará:

- Completitud y correctitud: el código resuelve todo el laboratorio y funciona sin errores.
- Orden y documentación: el código está ordenado, es auto explicativo, presenta comentarios para explicar qué se resuelve en cada paso. (se valora/recomienda programar -funciones, variables- y comentar en inglés)
- Técnicas de programación: adecuado uso de paradigmas de programación (funcional, orientado a objetos, paralelismo, etc), estructura del código (correcto uso de funciones, clases, tipos de datos, estructuras de datos), testeo, documentación.
- Instrucciones de uso del código. Incluya instrucciones en el informe y/o en un archivo README.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
REDES DE COMPUTADORES
LABORATORIO 2: MODULACIÓN ANALÓGICA



Notas

- Preste atención a la frecuencia de muestreo de cada una de las señales con las que trabaje. Puede que necesite re-muestrear algunas señales.
- Grafique todas las señales (incluyendo las portadoras) tanto en el tiempo como en la frecuencia para verificar sus cálculos.

Dudas y consultas al ayudante y profesor de cátedra.