

Laboratorio N 3

Integrantes: Franco Leal Guarda
Nicolás Romero Flores
Curso: Redes de Computadores
Profesor(a): Carlos González Cortés
Ayudante: Dany Rubiano

30 de Julio de 2018

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Herramientas	1
1.3. Estructura del informe	1
1.4. Problema	2
2. Marco teórico	3
3. Desarrollo	4
4. Resultados	6
4.1. AM	6
4.2. FM	6
4.3. Ejemplo modulación animada	8
5. Análisis de Resultados	9
5.1. Preguntas	10
6. Conclusiones	12

1. Introducción

La modulación corresponde al conjunto de técnicas que permiten transportar información mediante una onda portadora. De esta manera se logran sobreponer señales en las ondas portadoras.

El tercer laboratorio del curso de Redes de computadores consiste en la aplicación de una modulación sobre una señal de audio entregada en formato WAV, se debe aplicar una modulación AM y una modulación FM, variando el índice de modulación en cada uno. Para esto se desarrollara un programa en Python 3 con las librerías Scipy, Numpy y Matplotlib. Se deberán analizar las transformadas de Fourier de las señales obtenidas

1.1. Objetivos

1. Aplicar modulación AM/FM a una señal
2. Analizar las señales y resultados obtenidos.

1.2. Herramientas

Se ocupa Python 3 con las siguientes librerías:

1. SciPy
2. NumPy
3. Matplotlib

1.3. Estructura del informe

En el informe se describe un marco teórico, seguido del desarrollo y características de la aplicación. Luego, se encuentra el análisis de los resultados obtenidos de trabajar con la señal y finalmente las conclusiones obtenidas del desarrollo de la experiencia.

1.4. Problema

El principal tema de este laboratorio consiste en aplicar una modulación AM y FM una señal de audio entregada en formato WAV y hacer un análisis de esta, revisando su transformada de Fourier. Par lograr esto se utiliza el lenguaje de programación Python en su versión 3 (con las bibliotecas SciPy, NumPy y Matplotlib).

2. Marco teórico

1. **Transformada de Fourier:** Aplicación matemática que sirve para analizar señales, cambiando ésta del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, lo cuál permite un generar un análisis más exhaustivo y desde una perspectiva distinta de la señal estudiada. Por ejemplo, nos permite saber cuales son las señales mas importantes o mas presentes en la señal.
2. **Transformada inversa de Fourier:** Aplicación matemática que nos permite realizar el cambio de dominio de la frecuencia al tiempo de una señal.
3. **Función Specgram:** función que pertenece a la biblioteca Matplotlib. Se utiliza para obtener un espectrograma de una señal para su posterior gráfico.
4. **Filtro FIR:** Es un tipo de filtro digital el cual su respuesta a la señal impulso es de duración finita porque pone el 0 en un numero finito de muestra.
5. **Modulación:** conjunto de técnicas que se utilizan para transportar información mediante una onda portadora.
6. **Función cumtrapz:** función que pertenece a la biblioteca Scipy. Se utiliza para calcular la integral acumulada mediante el método de los trapecios.

3. Desarrollo

La solución, como anteriormente se dijo, fue desarrollada usando Python 3 con las librerías Scipy, Numpy y Matplotlib.

Para cumplir con los objetivos del laboratorio, se procede a realizar la implementación del programa.

Primero, se procede a intentar abrir el archivo y obtener los datos necesarios. Si es exitoso, se procede a desplegar el menú de interacción con el usuario. En caso contrario, se despliega un mensaje de error por consola, informando que no se pudo abrir el archivo. Una vez en el menú, las siguientes opciones al usuario:

1. **Mostrar señal original y señal portadora:** Muestra en una ventana el gráfico de la señal original, la señal portadora y de la señal modulada
2. **Mostrar transformada de Fourier de la modulación AM:** Muestra el gráfico de la transformada de Fourier de la señal original y muestra el gráfico de las transformadas de Fourier de las modulaciones al 15 %, al 100 % y al 125 %.
3. **Mostrar transformada de Fourier de la demodulación AM:** Muestra el gráfico de la señal demodulada de AM sin filtrar y también del la señal demodulada filtrada
4. **Mostrar transformada de Fourier de la modulación FM:** Muestra la transformada de Fourier de la señal original y muestra el gráfico de las transformadas de Fourier de las modulaciones FM al 15 %, al 100 % y al 125 %.
5. **Ejemplo animado:** Muestra las animaciones de un coseno de frecuencia 5, de una señal portadora de frecuencia 20 y de la señal modulada.

Para el análisis efectivo de la señal, se hizo necesario usar una función de interpolación, para aumentar la tasa de muestreo de ésta. Las entradas de la función son:

1. **data:** Corresponde a los datos de la señal a interpolar.
2. **rate:** Corresponde a la frecuencia de muestro de la señal.

Para aplicar los filtros se usaron en conjuntos dos funciones de Scipy, `firwin` y `lfilter`.

La función `firwin` nos entrega los coeficientes del filtro de respuesta finita al impulso (FIR), sus parámetros de entrada son:

1. **numtaps:** Largo del filtro, es decir la cantidad de coeficientes a calcular
2. **cutoff:** Corresponde a la frecuencia de corte del filtro
3. **window:** Señal que desea ocuparse como ventana en el filtro
4. **pass_zero :** *Booleano que si esta en True la ganancia en la frecuencia 0 es 1 y en caso contrario es 0. Se pone en False*

La función `lfilter` filtra una señal dados los coeficientes del FIR. Los parámetros de entrada son:

1. **a:** Arreglo con los coeficientes del filtro FIR.
2. **axis:** El eje de la señal de entrada en la cual aplicar los datos.
3. **x:** La señal a ser filtrada

Finalmente esta función nos entrega la señal filtrada.

La función `cumptrapz` calcula la integral acumulada mediante el método de los trapecios de una función, entre intervalos entregados. Los parámetros son:

1. **y** Arreglo con los datos a integrar.
2. **x:** Arreglo con los datos sobre el cuál se integra. Se utiliza como diferencial la distancia entre los elementos de este arreglo.
3. **dx:** Determina el espaciado de los elementos de `y`. Solo se usa si `x` no está presente.
4. **axis:** Determina el eje a acumular. Por defecto se usa -1 (último eje)
5. **initial:** Si se entrega, se inserta este valor al comienzo del resultado retornado. Por lo general se usa con valor igual a 0.

4. Resultados

4.1. AM

Se aplica una modulación AM al 15 %, al 100 % y al 125 % a la señal de entrada. Aquí es posible observar el desplazamiento de la señal hacia la frecuencia que corresponde a la señal portadora, tanto positiva como negativamente.

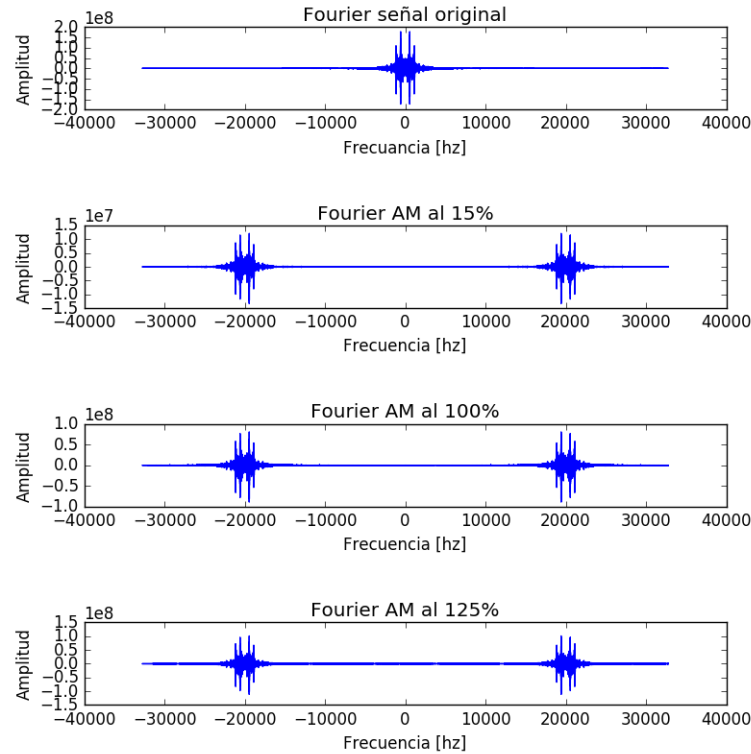


Figura 1: Gráfico señal original y modulaciones AM.

Una vez modulada la señal, es posible recuperar la señal original. Para esto, se aplica una demodulación a la señal.

4.2. FM

Se aplica modulación FM a la señal, también al 15 %, 100 % y 125 %. Aquí es posible apreciar como aumenta la presencia de las señales al modular al 125 % y como disminuyen al hacerlo al 15 %.

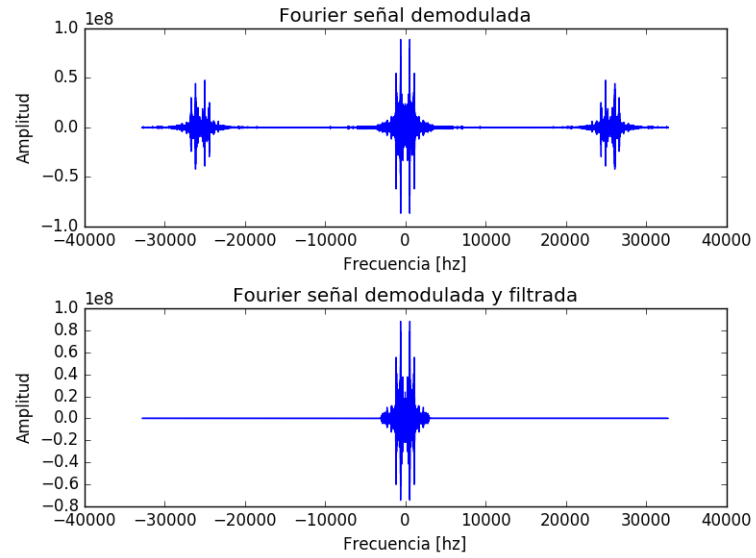


Figura 2: Gráfico demodulación AM y filtro de la misma.

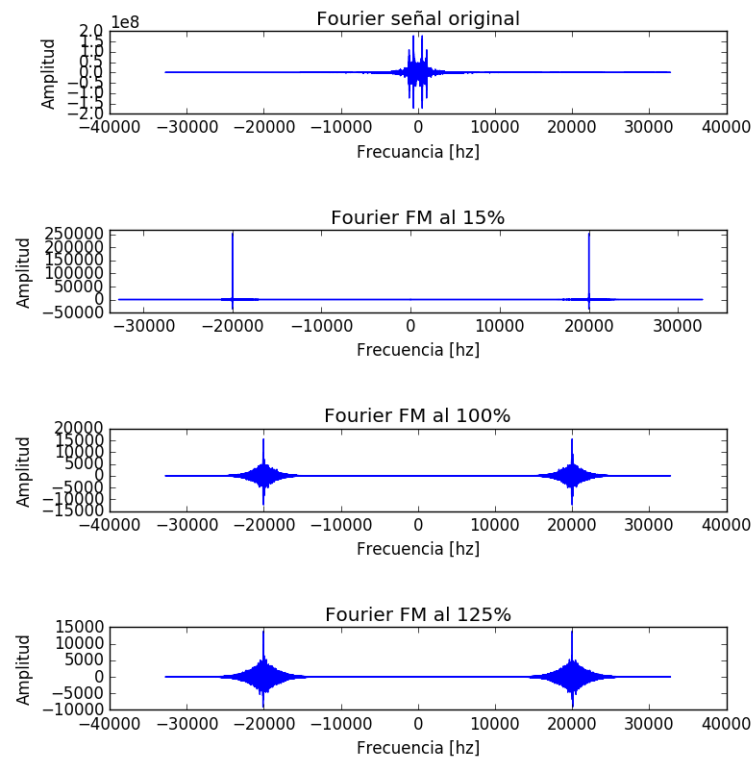


Figura 3: Gráfico señal original y modulaciones FM.

4.3. Ejemplo modulación animada

También, se presenta una funcionalidad que permite ver animadamente una modulación AM. Se utiliza como señal un coseno de frecuencia 5 y como portadora un coseno de frecuencia 20.

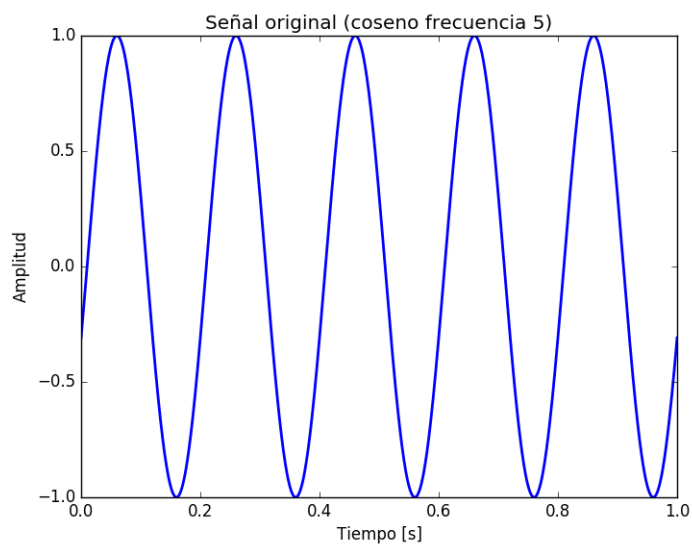


Figura 4: Gráfico señal original.

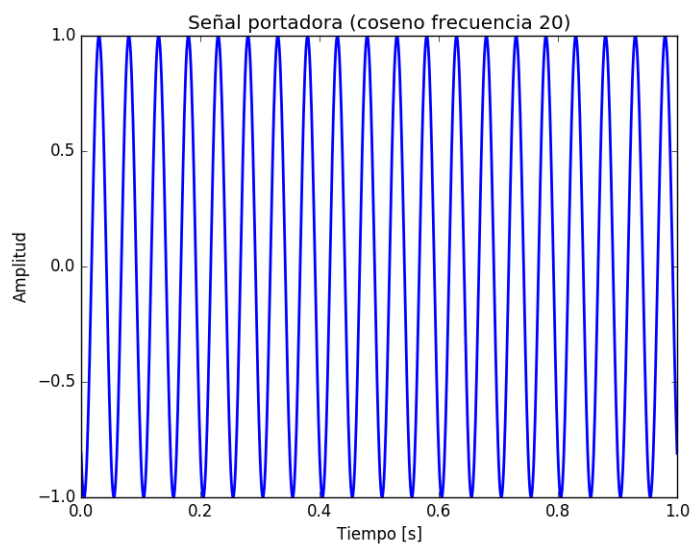


Figura 5: Gráfico de señal portadora.

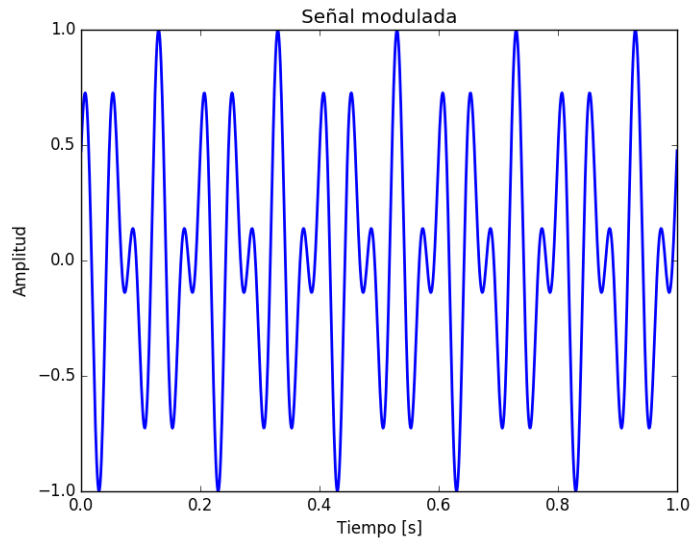


Figura 6: Gráfico de señal modulada.

5. Análisis de Resultados

Como bien se explico, el objetivo de la modulación es poder transportar una señal mediante una onda portadora. En el caso de la modulación AM, esto se logra apreciar claramente en la figura 1, se ve como la señal original es desplazada, quedando centrada en la frecuencia de la señal portadora (en este caso 20000 hz). Tambien se ve reflejada la señal en el -20000, esto sucede porque la transformada de Fourier de un coseno corresponde a dos impulsos, uno ubicado en la frecuencia positiva y otro en la negativa.

En la figura 2, se puede ver luego la demodulación AM de esta señal, quedando así nuevamente centrada en 0. Luego se aplica un filtro paso bajo para eliminar las frecuencias residuales de la modulación. Es importante notar que la amplitud máxima disminuye a la mitad de la amplitud original.

En el caso de la modulación FM, la señal es puesta en la frecuencia de la señal portadora. En la figura 3 se puede ver la modulación FM aplicada con distintos índices de modulación. Se ve en cada caso como las frecuencias se mueven en torno a las frecuencias de la señal portadora.

Finalmente, en la figura 6 se muestra un ejemplo animado de una señal simple (coseno frecuencia 5) modulada en una señal portadora coseno de frecuencia 20 en la am-

plitud. En esta animación se puede ver como la frecuencia de ambas señales es superpuesta, otorgando así la señal modulada, es decir, desplazada en frecuencia.

5.1. Preguntas

1. **¿Cuáles son los principales usos para la modulación AM? ¿Por qué?** El poder desplazar las frecuencias y así poder transportarlas de manera mas fácil en antenas de menor tamaño. Ejemplos de esto es la radio AM. Es fácil de modular y de demodular, sin embargo la señal se ve mas fácilmente afectada por ruido.
2. **¿Cuáles son los principales usos para la modulación FM? ¿Por qué?** El objetivo de la modulación FM es el mismo que de la AM, sin embargo este tipo de modulación tiene mejor inmunidad al ruido. Sin embargo el proceso de modulación y demodulación es mas complejo, y por lo tanto, mas costoso. Además, el ancho de banda necesario es mayor en comparación a AM.
3. **¿Cuáles son los problemas de una sobremodulación? Apóyese gráficamente para argumentar** Al sobremodular una señal se producen distorsiones en esta, produciendo así frecuencias no deseadas. En la figura 7 se puede ver la señal original marcada con una línea y como esta no coincide con la envolvente de la señal modulada.
4. **¿Por qué no modular siempre en un 100 %?** Al modular con $m = 1$, habrá partes de la señal envolvente que queden muy cercanas a 0, las cuales son fácilmente afectadas por el ruido y por lo tanto pudiendo quedar por debajo del cero, provocando sobremodulación y por lo tanto distorsión de la señal. Generalmente se modula entre 90 % y 95 %.

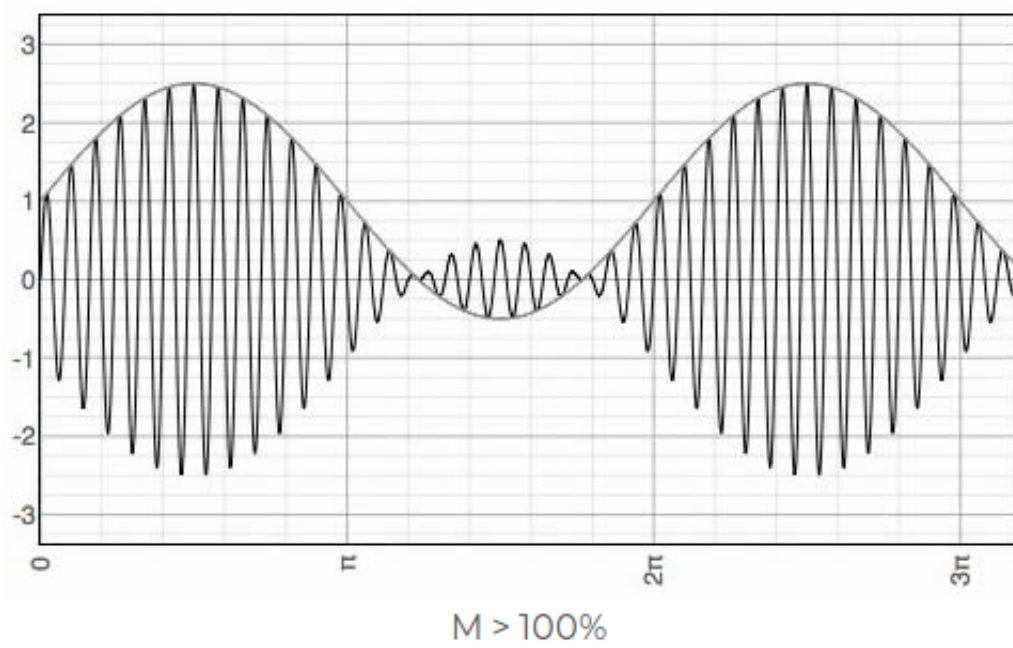


Figura 7: Ejemplo de sobremodulación.

6. Conclusiones

Es posible visualizar en las figuras de los gráficos anteriores como se ve afectada la señal al aplicar la modulación con la señal portadora, esta se ve desplazada a la frecuencia de la portadora. Para aplicar las modulaciones, fue necesario interpolar la señal original, de esta manera aumentar la tasa de muestreo y así respetar el teorema de Nyquist. En la figuras 4,animPort y 6 se puede ver de mejor manera como la señal original con la señal portadora se superponen, generando así la señal modulada.

Para demodular en AM, solo fue necesario multiplicar nuevamente por la señal portadora, quedando así la señal nuevamente centrada en 0, también es necesario aplicar un filtro para eliminar las frecuencias residuales, tal cual se muestra en la figura ??.