

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



Laboratorio N 2 Redes de Computadores

Integrantes: Catalina Morales Rojas
Benjamin Muñoz Tapia
Curso: Redes de Computadores
Profesor(a): Carlos González Cortés

4 de Mayo de 2019

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
3. Desarrollo de la experiencia	3
4. Análisis de los resultados	5
5. Conclusiones	9
Bibliografía	10

1. Introducción

Las señales analógicas son una gran fuente de información, ya que se encuentran presentes en el diario vivir, por ejemplo el audio analizado en el presente laboratorio. Una desventaja de estas señales es que el ruido producido por interferencia durante la transmisión es difícil de eliminar, lo cual se puede solucionar aplicando filtros. Los filtros se basan en la convolución de una señal con otra, donde una deja pasar ciertos rangos de frecuencia de la otra.

Dentro de los filtros que serán presentados se encuentra el de paso bajo, alto y banda. Cada uno de los filtros tiene una frecuencia de corte y un criterio para dejar pasar cierto rango de frecuencias.

Dependiendo del tipo de función utilizada para filtrar será la salida de la señal de audio, para este caso, se implementa mediante la función "butter", la cual debido a que es suave no modifica de manera drástica la señal.

A continuación se presenta la implementación, desarrollo y conclusiones del análisis realizado a una señal de audio mediante el lenguaje de programación Python (versión 3.7.3), con los módulos de Numpy, Scipy y Matplotlib, utilizando filtros altos, banda y bajos. Además, se analizan los componentes de la señal mediante el uso de espectrogramas, ya que implementando este gráfico es posible ver como varía la frecuencia y amplitud en el tiempo. Con esto se puede realizar el respectivo análisis de resultado para así poder finalmente dar a conocer las conclusiones del trabajo.

2. Marco Teórico

1. FIR: es un tipo de filtro digital caracterizado por tener una respuesta infinita al impulso y presentan una frecuencia de corte.

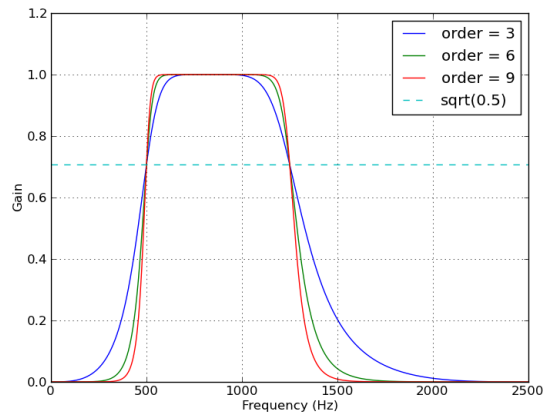


Figura 1: Filtros FIR

En este caso, son usados tres tipos de filtros:

- a) Filtro pasa bajos: Solo deja pasar las frecuencias que se encuentran bajo el rango de corte, el resto de los valores son atenuados.
- b) Filtro pasa altos: Funciona similar al filtro pasa bajos pero solo permite que las frecuencias mayores al corte pasen.
- c) Filtro pasa banda: Similar a los anteriores, pero en este caso deja que las frecuencias que se encuentran fuera de un rango no pasen.

Para efectos de este trabajo, en Python se aplica la función `butter`, la cual se caracteriza por ser suave, por lo que no modifica de manera drástica la señal al ser aplicado un filtro. Esta función al momento de recibir una señal acepta como parámetros el orden del filtro, la frecuencia de corte, el tipo de filtro que puede ser bajo, banda o alto y la cantidad de muestras que tiene la señal siguiendo el teorema de Nyquist. Finalmente para aplicar el filtro con Python se usa la función `filtfilt`, que recibe los datos del filtro y las amplitudes de la señal.

3. Desarrollo de la experiencia

Para el desarrollo del experimento fueron realizados los siguientes procedimientos:

1. En primera instancia fue utilizado el módulo de Python 'Scipy', el cual mediante la función 'read' permite importar una señal de audio, entregando como resultado la cantidad de muestras que tiene la señal en un segundo y la amplitud, al igual que en la experiencia anterior. Utilizando estos datos, es posible obtener el espectro de la función al importar el módulo 'signal' de 'Scipy', junto con la funcionalidad 'spectrogram'. Esta función retorna las frecuencias, los tiempos y el respectivo espectrograma, el cual es graficado con 'pcolormesh' de 'Matplotlib'. Para efectos de este trabajo, el espectrograma entrega la información en un fondo azul con las frecuencias en el eje y, el tiempo en el eje x y las amplitudes con un rango de colores, en donde el azul representa bajas amplitudes, y a medida que estas aumentan, el color toma valores más claros.

2. En segundo lugar, se procedió a calcular tres filtros tipo FIR, uno bajo(Low), uno alto(High) y uno banda (band) mediante la función 'butter' de la biblioteca 'Scipy', la cual entrega la función con que será filtrado el audio. Se elige esta función debido a que es suave, por lo que los cambios aplicados a la señal no son drásticos.

Los tres filtros son creados con un orden de $N=3$, el cual corresponde a la suavidad que tiene la función que realiza el filtro (a menos N la señal es más suave), un tope de frecuencias de 1000 para el caso del filtro pasa bajos, 3000 para el pasa altos y un rango de 2000-3000 para el pasa banda, el último parámetro ingresado corresponde a la frecuencia de muestreo de la señal.

Estos filtros finalmente son aplicados sobre la señal de audio en el dominio del tiempo utilizando la función 'filtfilt', que recibe los parámetros entregados por la función 'butter' y el sonido original. La salida corresponde a un arreglo con las muestras de audio. Es importante destacar que también es posible filtrar en el dominio de la frecuencia, ya que ambos dominios contienen los valores del otro, solo es necesario realizar la conversión mediante el uso de la transformada de Fourier o la inversa de Fourier.

3. Una vez aplicados los filtros, se vuelven a calcular y graficar los espectrogramas, donde se muestra uno con el filtro Low, otro con el filtro High y el último con el filtro Band. Además, se calcula la transformada de Fourier de la función luego de aplicar el filtro y se grafica, de esta manera es posible apreciar de manera clara que rangos de frecuencias fueron eliminados.
4. Finalmente usando el módulo 'waves' de la biblioteca 'Scipy', se toman todas las muestras filtradas y se escriben archivos con 'wav.write', para realizar la comparación de los audios filtrados con el original.

4. Análisis de los resultados

En primera instancia, para la señal original se obtiene el siguiente espectrograma:

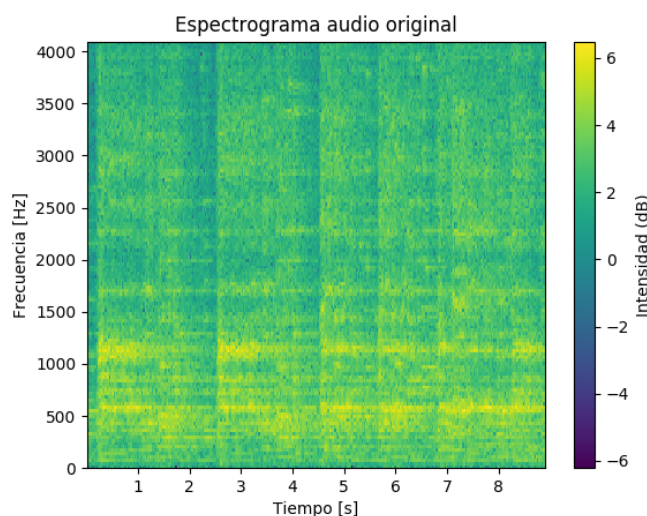


Figura 2: Espectrograma de la Señal Original

En el espectrograma es posible apreciar que la Intensidad de la señal se encuentra concentrada en las frecuencias menores (hasta 1000 Hz) durante la duración del audio, ya que el color amarillo en este punto se encuentra intensificado.

Luego, es obtenida la función con la cual es generado el filtro, haciendo uso de 'Butter' de 'Scipy' de carácter Low, orden 3 (suavidad de la función con la cual se filtra) y frecuencia de tope 1000 HZ. Por último, con la función `filtfilt` es posible aplicar dicho filtro al sonido, obteniendo los siguientes gráficos:

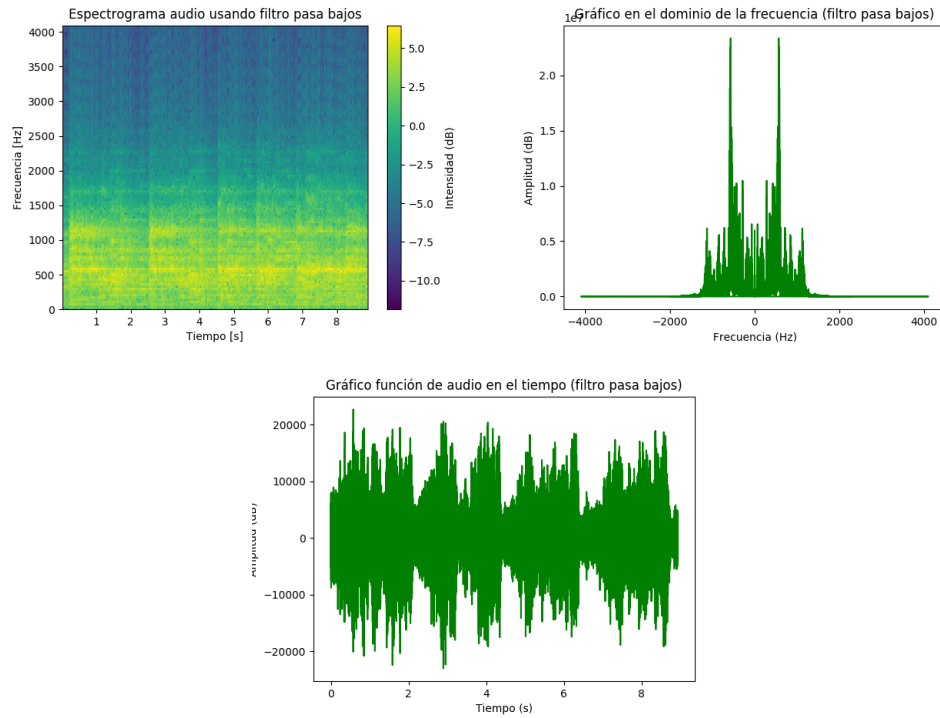


Figura 3: Espectrograma y Transformada de Fourier una vez aplicado el filtro Low

De esto se observa que efectivamente, el filtro se aplicó con un límite de 1000 HZ, ya que las frecuencias del primer gráfico que sobrepasan este valor se vuelven 0. También es posible apreciar esto en el espectrograma, ya que se concentra todo en el primer rango de frecuencias con el límite de 1000 HZ. Al escuchar el audio se percibe un sonido distorsionado con respecto al original y grave, pero que es entendible.

Por otro lado, al aplicar el filtro High, también con 'Butter', se pone un límite mínimo de frecuencias de 3000 HZ, lo que gráficamente se puede ver de la siguiente forma:

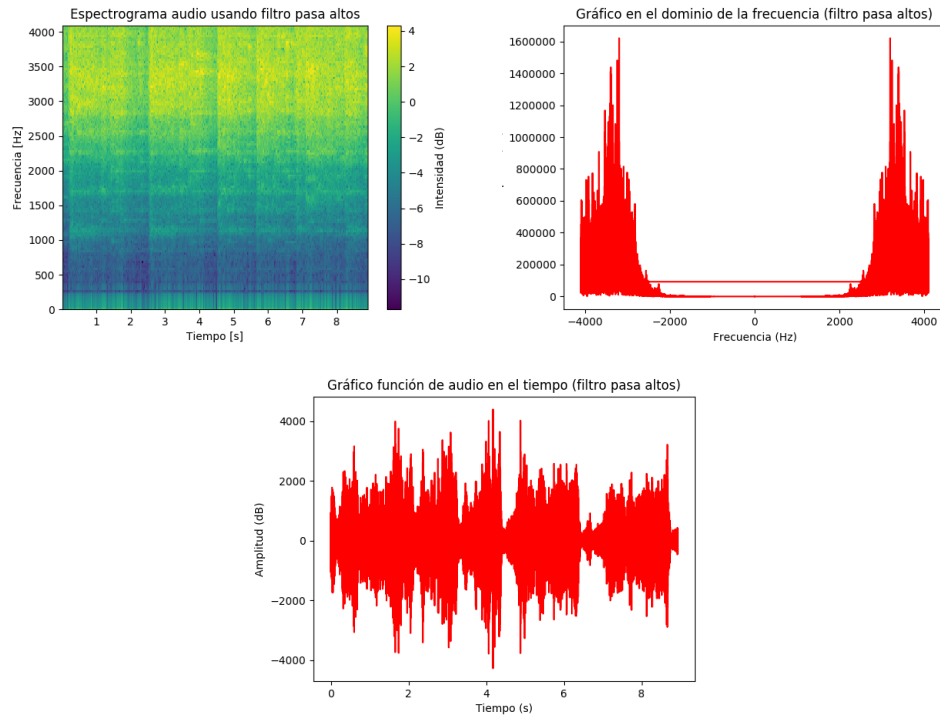


Figura 4: Espectrograma y Transformada de Fourier una vez aplicado el filtro High

Analizando el espectrograma y el gráfico de la transformada de Fourier aplicado al filtro, es posible apreciar que las frecuencias que fueron eliminadas son aquellas que presentan un valor menor a 3000 Hz. Para el caso del espectrograma se puede ver lo mismo, ya que las mayores intensidades (amplitud) se presentan durante todo el tiempo de duración de la señal con una frecuencia mayor a 3000Hz.

En el caso de este audio, los sonidos que se escuchan son agudos y distorsionados con respecto al original.

Finalmente, fue aplicado un filtro de las mismas características de los anteriores, pero ahora con un intervalo entre 2000 HZ y 3000 HZ.

En el gráfico es posible apreciar que la concentración de energía en el espectrograma se produce en el centro, entre los valores de 2000 y 3000 Hz, por lo que se eliminan las frecuencias de menor y mayor valor. Para este caso, el audio se escucha más agudo que con el filtro Low, pero con respecto a los audios anteriores es menos entendible, tiene una mayor distorsión y ruido.

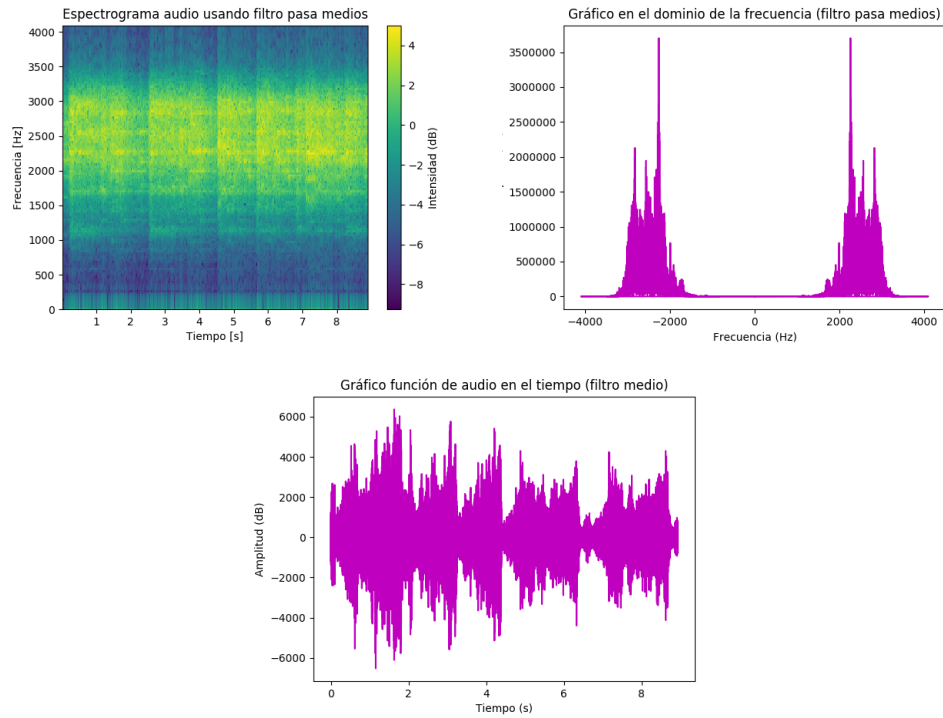


Figura 5: Espectrograma y Transformada de Fourier una vez aplicado el filtro Banda

Además, el audio con filtro de paso bajo se escucha mejor debido a que las amplitudes más importantes se encuentran en las frecuencias menores, por lo que al hacer el filtro, no se pierde tanta información.

Con respecto a los gráficos de la señal en el tiempo, es posible determinar que la amplitud a medida que es aplicado cada uno de los filtros varía, esto es debido a que se eliminan amplitudes según los componentes de frecuencia específicos.

5. Conclusiones

En esta experiencia fue posible ver el resultado de la aplicación de variados filtros para regular la información entregada por señales mediante la convolución de una con otra. En base a esto, se aprecia que los rangos de frecuencias que son eliminados por el filtro no lo hacen de manera repentina, si no que dependen de la función que se aplica al filtro (de su suavidad). Con respecto a los datos obtenidos en el laboratorio anterior se determina que los filtros tienen una gran importancia, ya que impide que se eliminen rangos de frecuencias que si aportan a la señal y no son ruidos, es por esto que los audios obtenidos en este laboratorio tienen una mejor calidad, siendo más claros y entendibles.

También se puede destacar que realizar un espectrograma es de mucha ayuda para lograr analizar como evoluciona la frecuencia y la amplitud durante la duración de una señal, ya que no es necesario realizar la Transformada o inversa de Fourier para obtener los distintos parámetros que cada una entrega.

Nuevamente se pudo ver la utilidad de la transformada de Fourier para apreciar mejor los cambios de amplitud al usar el dominio de la frecuencia, rescatando también los módulos de Python que facilitaron el desarrollo de la experiencia.

Finalmente, se considera que fue posible comprender el funcionamiento de los filtros, el motivo por el cual son implementados, el uso de la transformada de Fourier y lo útil que resulta analizar señales en base a un espectrograma.

Bibliografía

- (2008-2009). `scipy.fftpack.fftfreq`. [Online] https://docs.scipy.org/doc/scipy-0.13.0/reference/generated/scipy.fftpack.fftfreq.html?fbclid=IwAR1SmEoF3_48Xl2JN2j-h8KXuLBg29SMBwgccodSZnKxWbyf89KCcBK2cU.
- (2019). Enunciado laboratorio 2. [Online] http://www.udesantiagoovirtual.cl/moodle2/pluginfile.php?file=%2F250970%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FLaboratorio%201%20Enunciado.pdf.