

Señales y Sistemas

Segundo Cuatrimestre 2024

Trabajo Practico Especial - Parte 2

Análisis de grabaciones musicales

El sonido es una vibración que se propaga a través de un medio elástico, como el aire, el agua o un sólido. Estas vibraciones generan ondas mecánicas que nuestros oídos perciben como diferentes tonos, volúmenes y timbres. En el contexto de la ingeniería de señales, el sonido es fundamental, ya que representa una señal que puede ser capturada, procesada y analizada para diversas aplicaciones.

Cuando hablamos de sonidos musicales, nos referimos a una categoría específica de sonidos que se distinguen por su organización en patrones rítmicos y armónicos. A diferencia del ruido, que es una combinación desordenada de frecuencias, los sonidos musicales son el resultado de combinaciones de frecuencias bien definidas y controladas, que generan una experiencia auditiva placentera y estructurada. Estos sonidos son la base de la música, una forma de arte que no solo entretiene, sino que también comunica emociones y conceptos a través de vibraciones organizadas.

Los instrumentos musicales se pueden clasificar en diferentes categorías según su modo de producción sonora. Dos de las categorías más importantes son los instrumentos armónicos y los de percusión.

1. **Instrumentos Armónicos:** Los instrumentos armónicos son aquellos que pueden producir notas con una altura definida, lo que permite la creación de melodías y armonías. Estos instrumentos generan sonidos que tienen una frecuencia fundamental clara, acompañada de una serie de armónicos que le dan un timbre característico. Ejemplos típicos incluyen el piano, la guitarra, el violín y el órgano. Estos instrumentos son fundamentales en la música, ya que permiten la construcción de acordes y la interpretación de piezas musicales con estructura tonal compleja.
2. **Instrumentos de Percusión:** Los instrumentos de percusión, por otro lado, se centran principalmente en la producción de ritmos y patrones rítmicos. Aunque algunos instrumentos de percusión, como el xilófono o los timbales, pueden producir sonidos con una altura definida, la mayoría generan sonidos cuya

frecuencia fundamental no es claramente perceptible, lo que les otorga un carácter más rítmico que melódico. Ejemplos comunes de instrumentos de percusión incluyen el tambor, la batería, los platillos y el cajón. Estos instrumentos son esenciales para establecer el tempo y la dinámica en la música, proporcionando la base rítmica sobre la cual se construyen las demás capas musicales.

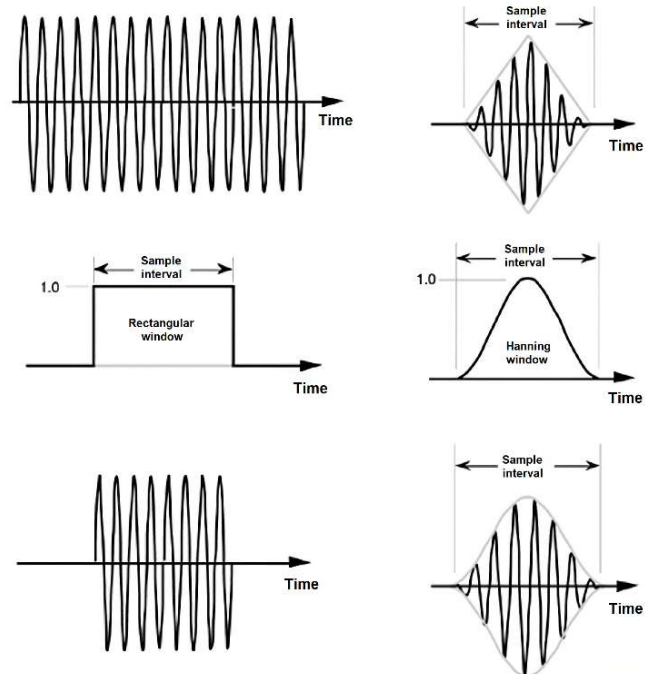
Ejercicios:

1. Graficar la señal de audio “InASentimentalMood.wav” etiquetando adecuadamente los ejes. Extraiga y grafique fragmentos de notas musicales correspondientes a distintos instrumentos. Calcule la frecuencia fundamental de los mismos y trate de identificar a que notas corresponden.
2. Graficar la señal de audio “Zombie.wav”. ¿Qué tipos de instrumentos aparecen en este caso? ¿Qué diferencias existen en las formas de onda de los sonidos correspondientes a instrumentos armónicos y de percusión?

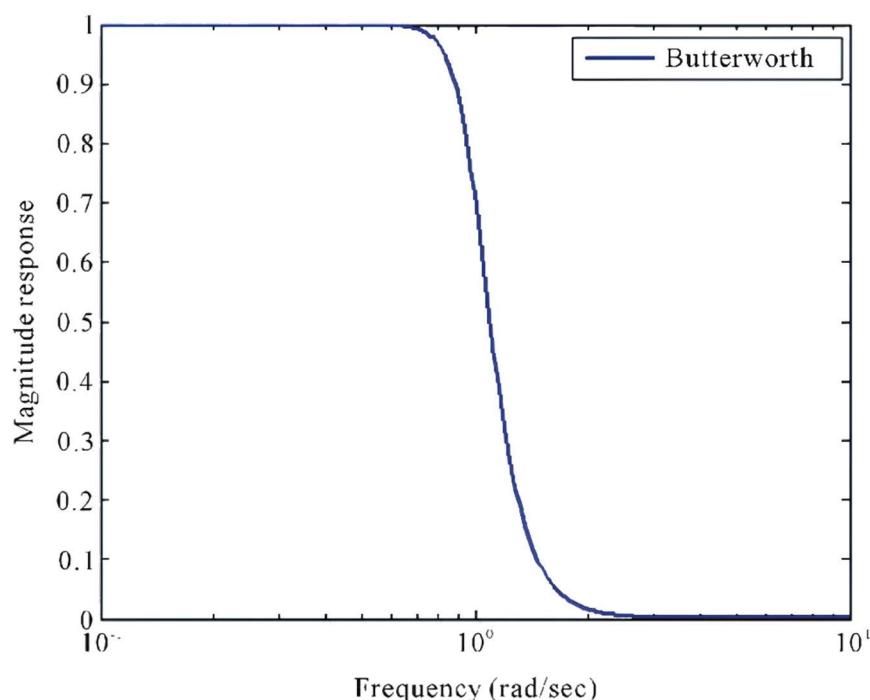
El análisis en frecuencia es una técnica en la que se transforma una señal al dominio frecuencial para identificar las distintas frecuencias presentes y la energía asociada a cada una de ellas. Esta técnica es fundamental en aplicaciones como el procesamiento de audio, telecomunicaciones y control, ya que revela información sobre el contenido armónico y ruidoso de la señal.

Además, en el análisis de señales de audio la aplicación de ventaneos temporales es esencial. Esto quiere decir que se multiplica la señal de entrada por una función ventana, permitiendo así seleccionar un intervalo temporal de la señal para analizarlo individualmente en el dominio de la frecuencia y facilitando la identificación de frecuencias fundamentales y armónicos presentes.

El ventaneo se puede hacer con distintos tipos de ventanas que poseen cualidades que pueden ser útiles dependiendo de las características del audio a analizar.



Por otro lado, un filtro es una herramienta que nos permite modificar la energía asociada a distintas frecuencias, eliminando o atenuando algunas y permitiendo el paso de otras. Utilizando filtros en una señal de sonido podemos modificar características del audio que de otra forma nos sería imposible, como por ejemplo eliminar el ruido blanco de fondo. Un filtro notable es el filtro Butterworth, conocido por su respuesta en frecuencia suave y monótona.



Ejercicios:

3. Utilizando ventanas rectangulares de distintas longitudes, realizar la FFT de las notas analizadas en los puntos anteriores. Verificar si las frecuencias fundamentales obtenidas anteriormente fueron correctas. ¿Como interviene el tamaño de la ventana en los distintos espectros obtenidos?
4. Seleccionar un intervalo de tiempo que contenga dos notas musicales distintas y realizar la FFT. ¿Qué ocurrió con los armónicos de ambas notas? Identificar la frecuencia fundamental de ellas.
5. Realizar espectrogramas de distintas porciones de las señales donde se puedan apreciar los cambios en la melodía (cambios en las notas musicales) y las distintas características espectrales de los instrumentos.
6. Utilizando filtros pasabajos Butterworth a distintas frecuencias, filtrar el audio "InASentimentalMood.wav". ¿Qué diferencias puede encontrar entre el audio original y los audios filtrados? ¿Se pierde información al realizar esta operación? Mostrar mediante espectrogramas el efecto del filtro sobre la señal de entrada. Seleccionar una nota y comparar como es afectada en el dominio temporal al aplicarle el filtro a distintas frecuencias.
* Utilizar frecuencias de corte de 500Hz, 1000Hz y 2000Hz para los filtros.

El procesamiento digital de señales (DSP, por sus siglas en inglés) es una disciplina fundamental en la ingeniería y la ciencia de la computación que permite analizar, manipular y sintetizar señales de manera eficiente y precisa. En el caso de las señales musicales, el DSP es crucial para una amplia variedad de aplicaciones, como la producción de audio, la síntesis de sonidos, el análisis de características musicales, la corrección de afinación y la creación de efectos.

Las señales musicales, por su naturaleza compleja y rica en información armónica, requieren de métodos especializados de procesamiento para preservar su calidad y fidelidad. Mediante el uso de técnicas de DSP, es posible transformar digitalmente la información sonora para mejorar o modificar su calidad en tiempo real, analizar sus características (como el tono, la intensidad y el timbre) y convertir la señal analógica en una representación digital que pueda manipularse y almacenarse.

7. Identifique utilizando FFT y espectrogramas las notas musicales presentes en el archivo "notas_musicales.wav". Una vez localizadas, trate de aislarlas en señales separadas utilizando sus FFTs. Muestre en gráficos temporales y espectrales los resultados obtenidos.
8. Para cada nota obtenida en el ejercicio anterior, aumente un semitono la frecuencia utilizando la función *pitch_shift* de la librería librosa de Python. Muestre en gráficos temporales y espectrales los resultados obtenidos.
9. Utilizando decimación e interpolación,
 - a) Aumente la velocidad de la señal "InASentimentalMood.wav" en un factor de 1.25.
 - b) Disminuya la velocidad de la señal "InASentimentalMood.wav" en un factor de 0.75.
 - c) Analice que sucede con las notas presentes en el audio. Muestre en gráficos temporales y espectrales los resultados obtenidos.
10. Repita el ejercicio anterior pero esta vez utilizando la función *phase_vocoder* de la librería librosa de Python. Compare los resultados utilizando gráficos temporales y espectrales. Investigue como se implementa dicho algoritmo.
11. Separe componentes armónicos y percusivos en la señal "InASentimentalMood.wav" utilizando la función *hpss* de la librería librosa de Python.