

Laboratorio 4 - Procesamiento de señales

Mohamed Al-Marzuk ,
Departamento de Ingeniería Informática
Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile
 mohamed.al-marzuk@usach.cl

I. SOLUCIÓN PROPUESTA

El propósito de este experimento radica en desarrollar un método preciso para detectar y clasificar notas musicales en archivos de audio, mediante el procesamiento de señales en el dominio de la frecuencia. La detección precisa de tonos y frecuencias fundamentales es esencial en el análisis y la educación musical, y en la creación de herramientas de accesibilidad para personas con discapacidades auditivas o visuales.

La FFT es ideal para este propósito porque convierte una señal temporal en sus componentes frecuenciales, proporcionando un espectro que destaca las frecuencias presentes en la señal y sus respectivas intensidades. Esto facilita la identificación de las frecuencias fundamentales que definen las notas musicales.

En el experimento, el método para detectar la frecuencia fundamental se basa en identificar los picos más prominentes en el espectro de magnitud obtenido tras aplicar la FFT. Un umbral proporcional a la magnitud máxima (0.15) se utiliza para filtrar los picos relevantes, lo que ayuda a reducir el impacto de ruidos o frecuencias menos significativas.

Posteriormente, la frecuencia fundamental detectada se convierte a una nota MIDI, un estándar que representa las notas musicales en valores enteros. Esta nota MIDI calculada se compara con la nota MIDI original proporcionada en el conjunto de datos, y si son iguales, se suma un acierto.

II. EXPERIMENTOS REALIZADOS

Para realizar este experimento, se selecciona un conjunto de señales de audio emitidas por distintos instrumentos musicales. Cada archivo de audio se procesa individualmente siguiendo estos pasos: primero, se elimina el componente DC y se normaliza la amplitud de la señal. Luego, se aplica una ventana de Hamming para reducir efectos de bordes, seguida de la transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener el espectro de frecuencias.

En el espectro, se suavizan las magnitudes y se filtran las frecuencias fuera del rango válido (27.5 Hz a 4186 Hz). Los picos se detectan usando un umbral de cierto porcentaje de la magnitud máxima. Finalmente, se selecciona la frecuencia fundamental basándose en relaciones armónicas entre los picos, y esta frecuencia se convierte a su nota MIDI equivalente para compararla con la nota original esperada. A continuación, se observan los resultados aplicando distintos umbrales.

Notas detectadas correctamente: 1412 de 1784
 Precisión: 79.147982%

Figura 1: Resultados umbral de 10 %

Notas detectadas correctamente: 1441 de 1784
 Precisión: 80.773543%
 >>

Figura 2: Resultados umbral de 15 %

Notas detectadas correctamente: 1433 de 1784
 Precisión: 80.325112%
 >>

Figura 3: Resultados umbral de 20 %

III. CONCLUSIONES

El experimento demostró la efectividad de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para determinar la frecuencia fundamental de señales de audio emitidas por instrumentos musicales. Al procesar los datos con diferentes valores de umbral para la detección de picos, se observó que un umbral del 15 % proporciona la mayor precisión, alcanzando un 80.77 %. Esto sugiere que dicho valor balancea adecuadamente la sensibilidad del sistema.

El análisis de los resultados evidencia que, con un umbral menor al 15 %, como el 10 %, se incluyen frecuencias que no son armónicamente relacionadas, lo cual disminuye la precisión. Por otro lado, con un umbral mayor al 15 %, como el 20 %, se eliminan picos relevantes para la detección de la frecuencia fundamental, lo que también afecta negativamente la precisión. Esto valida que un umbral del 15 % es óptimo dentro de los valores evaluados.

Entre las ventajas del experimento, destaca la simplicidad y eficacia del método, ya que no requiere algoritmos complejos ni generación de señales adicionales. Además, el procedimiento es fácilmente replicable para diferentes conjuntos de datos. Sin embargo, una desventaja radica en que el sistema depende significativamente de parámetros ajustables, como el umbral y la suavización del espectro, lo que podría limitar su generalización a otros contextos o señales con características distintas.

En resumen, el experimento logró cumplir con su objetivo de identificar notas musicales con un alto grado de precisión, respaldado por el análisis de los parámetros.