

Desarrollo De Un Sistema Para La Obtención Automática Del Círculo Armónico De Una Canción

Diego Alejandro López Calvache
diegoalopez@javerianacali.edu.co

*Departamento de electrónica y ciencias de la computación, facultad de ingeniería,
Pontificia Universidad Javeriana Cali*

Resumen

El desarrollo musical ha progresado significativamente a la par de la tecnología, siguiendo esa línea, en este proyecto se quiso desarrollar un sistema que logre detectar los acordes que forman el círculo armónico de una canción para canciones que tengan el mismo círculo armónico durante toda la pieza musical.

Entonces, en principio se tiene la señal digitalizada para poder proceder con los tratamientos digitales. Posteriormente se realiza un filtrado y una segmentación. Esto con el fin de analizar pequeños fragmentos de la señal a la vez. Cuando ya se tienen los fragmentos se obtiene el espectro de cada uno de ellos por separado, teniendo esto se procede a buscar que patrones de notas, correspondientes a distintos acordes, están presentes en cada segmento y así detectar el acorde que se está tocando. Para esto se utilizaron las distintas herramientas de Matlab, incluyendo la que permite desarrollar una interfaz gráfica. En ese orden de ideas se desarrolló una interfaz cómoda y clara para el usuario, donde se puede extraer la canción y detectar los acordes rápidamente, de tal manera que pueda ser utilizada sin necesitar de manuales o instrucciones.

Abstract

The musical development has progressed significantly with the technology, in that sense, in this project the thing to be done is a system that allowed finding the chords that make the harmonic circle in a song, it is for songs with the same circle during all musical piece.

Then in principle the signal is digitalized to proceed with the digital treatments. Later a filter and a segmentation are performed. This is done to analyze short fragments in the signal at once. When every fragment is ready then every segment's spectrum is obtained separately to find what pattern of notes, corresponding to different chords, are present in every segment and finally detecting the chord that is being played. To do this the different Matlab tools were used including the graphical interface. In that sense a clear and comfortable interface was developed where the user can extract the song and detecting the chords, so the user can use it without instruction.

Introducción

Cuando se trata de encontrar tecnologías innovadoras que permitan mejorar el nivel de vida de las personas en diferentes aspectos, la investigación realizada es un paso fundamental para la consecución de los objetivos propuestos, que en esta ocasión tienen que ver con el tratamiento de señales de audio. En el caso de este proyecto, lo que se buscó fue obtener el círculo armónico de una determinada canción. Esto se hace con un enfoque principalmente orientado a la enseñanza de nuevos músicos, ya que existiría una herramienta más didáctica para que los estudiantes de música puedan entender si lo que hacen solos en la práctica está bien o deben corregir errores.

En ese orden de ideas el presente documento muestra lo que se ha logrado y los métodos desarrollados para la consecución de un proyecto exitoso.

Fundamentación teórica

El estudio de la música ha llevado al desarrollo de escalas, está la escala natural de DO, de siete notas, que con sus bemoles y sostenidos presenta una escala, de 12 notas, temperada con temperamento uniforme en la cual se puede hallar la relación entre semitonos multiplicando por $\sqrt[12]{2}$. Entonces $f_{Sib} = \sqrt[12]{2} \cdot f_{La}$ así, si $f_{La} = 440 \text{ Hz}$, resulta $f_{Sib} = 466.16 \text{ Hz}$. [1]

En el caso de este proyecto se analizan canciones comerciales con el mismo círculo armónico durante toda la pieza musical, además los acordes analizados están compuestos por 2 o 3 notas, en casos muy atípicos 4 notas para acordes con 7ª (se incluye el séptimo grado de la tonalidad en el acorde), se puede ver una gama amplia de composición de acordes con 3, 4, 5 o más notas y todas sus normas y características en [2], pero en este proyecto como ya se ha mencionado serán acordes de 2 o 3 notas, en un caso muy atípico 4 notas. Para esto se va a hacer el análisis en un rango que va desde el Mi más grave de la guitarra hasta el Si más agudo de esta.

En este proyecto se trabajó con señales digitales. Si la señal a procesar es analógica, se convierte a digital muestreándola en el tiempo y obteniendo por tanto una señal en tiempo discreto. [3] Sin embargo en el sistema la señal que entra ya es digital lo que permite agilizar un poco el procesamiento.

Para realizar el procesamiento de la señal se utilizó una frecuencia de muestreo de 44100 Hz. Al tener la señal en el sistema se aplica un filtro Pasa-banda en el rango de Mi (164.81) Hz a Si (990 Hz).

Para esto se diseñó un filtro IIR a partir de un filtro Butterworth con las herramientas de diseño, Butterd y Butter, que Matlab ofrece. Se eligió porque el filtro Butterworth o maximally flat se caracteriza por tener una respuesta plana en la banda de paso [4]. Para poder hacer el filtro digital las frecuencias deben estar normalizadas entre 0 y 1, estos valores para el proyecto son 0.0075 y 0.045, con estos valores que representan la banda de

paso se diseñó el filtro Pasa-banda con la siguiente función de transferencia, donde los coeficientes del numerador están multiplicados por 10^{-4} .

$$H(z) = \frac{0.1142 - 0.4566z^{-2} + 0; 6849z^{-4} - 0.4566z^{-6} + 0.1142z^{-8}}{1 - 7.672z^{-1} + 25.77z^{-2} - 49.49z^{-3} + 59.44z^{-2} - 45.73z^{-5} + 22z^{-6} - 6.053z^{-7} + 0.7292z^{-8}} \quad (1)$$

En las figura 2 se puede observar el comportamiento del filtro diseñado y en la figura 3 se puede observar el diagrama de polos y ceros en el plano z.

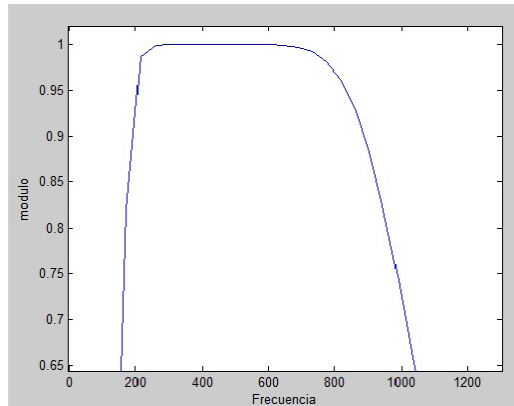


Figura 2: Respuesta del Filtro pasa-bandas

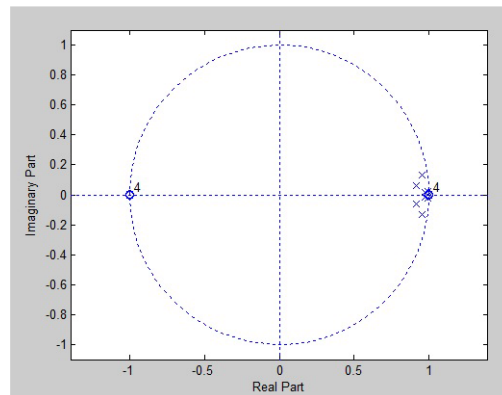


Figura 3: Polos y ceros en el plano z

Cuando el filtro está listo se le aplica a una canción (señal) determinada para hacer los análisis correspondientes. En la figura 4 se puede ver el espectro de una canción sin filtrar superpuesto con el espectro filtrado.

Cuando la canción se ha filtrado se realiza una segmentación para buscar que patrón de notas, que forman distintos acordes, se encuentran en determinado instante de tiempo. Esto se hace mediante la transformada discreta de Fourier, en la práctica, el costo computacional del cálculo de la DFT se reduce utilizando la transformada rápida de Fourier (FFT) [5].

La transformada discreta de Fourier viene dada por la expresión (2):

(2)

$$X(k) = \sum_{n=1}^{N-1} x(n)e^{-j2nk\pi/N}$$

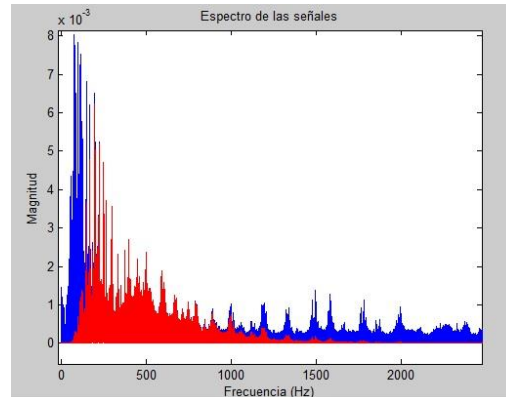


Figura 4: Espectro de la señal original y filtrada

La segmentación de las canciones se hizo por tiempo cada segundo para lograr reconocer el acorde presente. Si se hace una segmentación más larga de 2, 3 o más segundos el sistema reconoce notas de un acorde y de otro y como están en el mismo segmento se crean confusiones llegando a reconocer un acorde que no es el real.

En este campo ya se están haciendo investigaciones y distintos proyectos, se pueden ver algunos estudios similares pero con distintos enfoques en [6, 7, 8], de donde se tienen también buenas bases para continuar con estudios en el tema.

Resultados

Los acordes que se obtuvieron se presentaron en forma de cifrado americano por ser un estándar utilizado en la música, entonces la notación no será Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si sino C, D, E, F, G, A, B, respectivamente. En la figura 5 se puede ver la comparación entre los acordes esperados y los acordes obtenidos correctos.



Figura 5: Grafica de comparación de resultados

En la gráfica se observa que las curvas tienen una tendencia similar aunque en algunos casos no se alcanzaron todos los acordes correctos. Sin embargo según las canciones estudiadas se analizaron 58 acordes de los cuales 43 fueron correctos por lo que se obtuvo una precisión del 74,12%.

Discusión y conclusiones

A pesar de que se han obtenido unos resultados que se consideran satisfactorios hay factores que no han permitido una precisión del 100%. Estos factores van muy ligados a la práctica musical en sí, es decir las canciones no están compuestas solo por acordes, hay arreglos musicales y diferentes ritmos y muchos de estos arreglos utilizan escalas similares a las de otras tonalidades, esto hace que el sistema pueda llegar a reconocer una nota que no hace parte de un acorde como parte de uno por lo que se puede llegar a tener inconvenientes. Sin embargo con el procesamiento y por el estilo de canciones se ha obtenido un buen resultado, pero sería importante continuar con estudios para llegar a reconocer cualquier tipo de acordes en cualquier canción.

Referencias

- [1] F. Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR, 2000
- [2] E. Herrera, Teoría Musical y Armonía Moderna - Vol. II. Antoni Bosch editor, S.A., 1995.
- [3] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, Tratamiento Digital de Señales, Prentice Hall, 1998.
- [4] M. Durán and S.Viader. Diseño e Implementación de un Filtro Paso Banda De Banda Estrecha con Topología Interdigital A Frecuencias Uhf Y Microondas. Universitat Autònoma de Barcelona, 2007.
- [5] G. Saráchaga, V. Sartori, and L. Vignoli, Identificación Automática de Resumen en Canciones, Universidad de la República, 2005.
- [6] J. M. Macías, Diseño e implementación de un detector automático de acordes, Technical report, Universidad Carlos III De Madrid, 2012.
- [7] L. Ortiz Berenguer, Identificación Automática De Acordes Musicales, Phd Thesis, Universidad Politécnica De Madrid, 2002.
- [8] Rffstation, Riffstation. url<http://www.riffstation.com/chords-forguitar.html>.