

Separación De Flauta Dulce De Un Archivo De Audio Compuesto Por Piano Y Flauta Dulce

Morales Benítez Víctor¹, López Fuentes Valentino², Chávez Burbano Patricia³
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica de Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador
victor_morales31@hotmail.es¹, samael19861@hotmail.com², pachabu@gmail.com³

Resumen

El siguiente trabajo trata de resolver la separación de sonidos dentro de un archivo de audio. Se explica la teoría del sonido de los instrumentos musicales, lo que permite diferenciar un instrumento de otro y que problema se tienen cuando se tocan varios instrumentos a la vez. Luego se explica cómo podemos usar los filtros digitales para lograr la separación y cuáles son los problemas que se tienen al usar los filtros convencionales como por ejemplo la atenuación de las señales, la dificultad de encontrar un filtro que permita obtener bandas de frecuencias muy cortas útiles para rescatar armónicos.

Se muestran algunas técnicas de filtrado desarrolladas usando MATLAB sin emplear filtros convencionales. Aprovechar las muestras del sonido de las notas de un instrumento para a través de la convolución de señales obtener el sonido individual del instrumento. El uso de pulsos de frecuencia para simular el comportamiento en frecuencia de un instrumento y usar el resultante tren de impulsos para recuperar el sonido del instrumento a través de la convolución. Aprovechar el tratamiento de arreglos que ofrece MATLAB para tomar porciones del espectro de frecuencia del archivo de prueba que pertenecen al espectro del instrumento musical de interés. Finalmente se ofrece conclusiones de cada uno de los métodos usados y se recomienda el método que ofreció mejores resultados.

Palabras Claves: Separación, Filtros, Matlab.

Abstract

The next Project is about separations of audio signals from a music file. It explains the theory of the sounds of the music instruments, which is how you can look for differences between instruments and which is the problem when playing many instruments at the same time. It explains how we can use digital filters in order to separate this sounds and see the problem when we use these filters like how the signal loses intensity, how difficult it is to find a filter that allows you to look very short frequency bands.

It shows some techniques of filtering developed using MATLAB without using digital filters like. Use the sound samples of an instrument and using the convolution of signals to obtain the sound of the instrument. Use frequency pulse to simulate the behavior of an instrument and use it to look the sound of the instrument through the convolution. Use array treatment offered by MATLAB to take regions of the spectrum of the musical instrument of interest. Finally it shows conclusions of each method used and it decides the best one that had good results.

Key Words: Separation, Filters, Matlab.

1. Introducción

En la actualidad no existe ningún software que permita la separación de los instrumentos dentro de una pieza musical. Y esto sería de gran ayuda para las personas que estudian música ya que poder escuchar un solo instrumento a la vez permitiría saber que arreglos se han hecho para ese único instrumento. También otra aplicación sería separar la voz de toda la pieza musical y esto serviría como un karaoke y sería mejor que cualquier otro que exista en el mercado ya que sería con la instrumentación original de la canción que queremos.

La separación es verdaderamente compleja, y se necesitan técnicas y conocimiento teóricos muy avanzados, por lo que en este trabajo se hace una separación muy básica de instrumentos musicales.

Para nuestro proyecto hemos condicionado nuestros archivos de audio; han sido creados por nosotros y con sólo dos instrumentos que son el piano y la flauta dulce; las piezas que se han grabado se trató que los instrumentos toquen en octavas musicales separadas para evitar que las notas se traslapen en frecuencia y así facilitar la separación.

Toda el procesamiento digital se lo ha hecho con la ayuda del software MATLAB 2007A.

2. Teoría del Sonido en los Instrumentos Musicales.

Cualquier sonido sencillo, como una nota musical, puede describirse en su totalidad especificando tres características de su percepción: el tono, la intensidad y el timbre. Estas características corresponden exactamente a tres características físicas: la frecuencia, la amplitud y la composición armónica o forma de onda.

Intensidad (Depende de la amplitud): Distingue un sonido fuerte de uno débil.

Tono (Depende de la frecuencia): Distingue a un sonido agudo (tono alto) de un sonido grave (tono bajo).

Timbre (Depende de la forma de onda): Distingue dos sonidos de la misma intensidad y tono, pero producido por distintas fuentes.

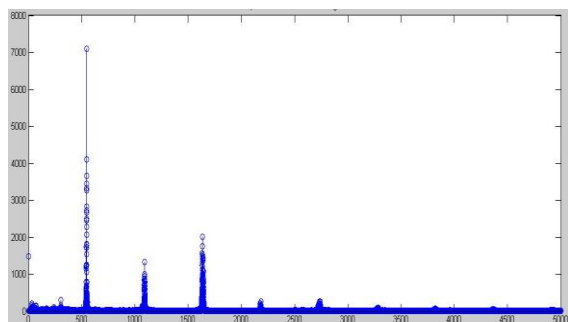


Figura 2.1. Espectro de Nota Do de la Flauta

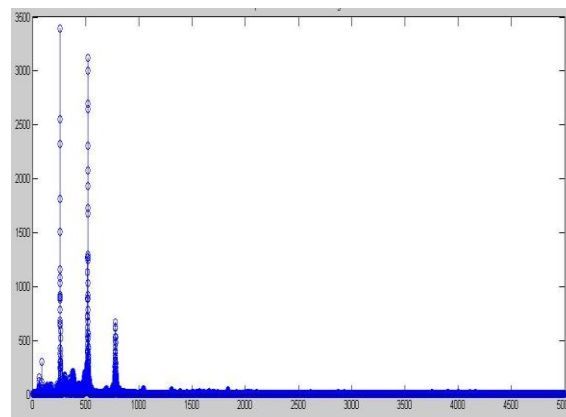


Figura 1.2. Espectro de la Nota Do del piano

En la siguiente tabla se muestra los instrumentos musicales con sus respectivas frecuencias fundamentales y también la de sus armónicos.

Tabla 1. Frecuencias de Instrumentos Musicales

Instrumento	Fundamental	Armónicos
Flauta	261-2349	3-8 KHz
Oboe	261-1568	2-12 KHz
Clarinete	165-1568	2-10 KHz
Fagot	62-587	1-7 KHz
Trompeta	165-988	1-7.5 KHz
Trombón	73-587	1-4 KHz
Tuba	49-587	1-4 KHz
Tambor	100-200	1-20 KHz
Bombo	30-147	1-6 KHz
Platillos	300-587	1-15 KHz
Violín	196-3136	4-15 KHz
Viola	131-1175	2-8.5 KHz
Cello	65-698	1-6.5 KHz
Bajo acústico	41-294	1-5KHz
Bajo eléctrico	41-300	1-7 KHz
Guitarra acústica	82-988	1-15 KHz
Guitarra eléctrica (amplif.)	82-1319	1-3.5 KHz
Guitarra eléctrica (directa)	82-1319	1-15 KHz
Piano	28-4196	5-8 KHz
Saxo Soprano	247-1175	2-12 KHz
Saxo alto	175-698	2-12 KHz
Saxo tenor	131-494	1-12 KHz

Como se mostró en la Tabla 1 casi todos los instrumentos tienen frecuencias que se traslapan ya sea en su frecuencia fundamental o en sus armónicos y esto es un gran problema al momento de separar ya que al filtrar rangos de frecuencias no se va a poder fácilmente separar cada instrumento sino que al aplicar filtros se recuperarían un conjunto de instrumentos y no uno solo como fuese lo esperado.

Para este proyecto lo que se hizo fue grabar canciones con sólo dos instrumentos (Piano y Flauta) y tratando que estos dos instrumentos estén tocando en octavas que tengan bastante separación en frecuencia, es decir, uno que toque notas muy agudas y el otro notas graves con la finalidad de evitar lo menor posible que se traslapen frecuencias de los dos instrumentos.

3. Muestras de Audio Usadas Para La Separación

La flauta dulce tiene muy pocas notas por lo que las muestras de audio son canciones infantiles. La flauta realiza la melodía y el piano realiza el acompañamiento.

Las melodías grabadas son:

Los Pollitos.

Cumpleaños Feliz.

Se anexan los espectros de las melodías grabadas, tanto para el piano como para la flauta por separado y los dos tocando a la vez.

3.1. Cumpleaños Feliz

Por la observación del rango de frecuencias en las figura 3.1 y 3.2 se concluye que va a existir rangos de frecuencias que se traslapen. Este genera un gran problema al momento de la separación. En la figura 2.3 observamos el espectro de los dos instrumentos tocando a la vez.

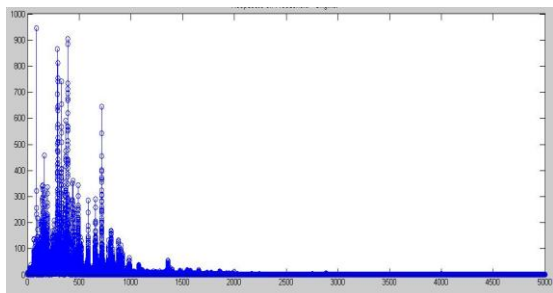


Figura 3.1. Espectro del Piano (Cumpleaños Feliz)

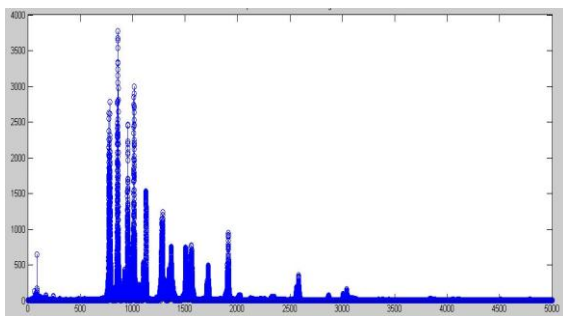


Figura 3.2. Espectro Flauta (Cumpleaños Feliz)

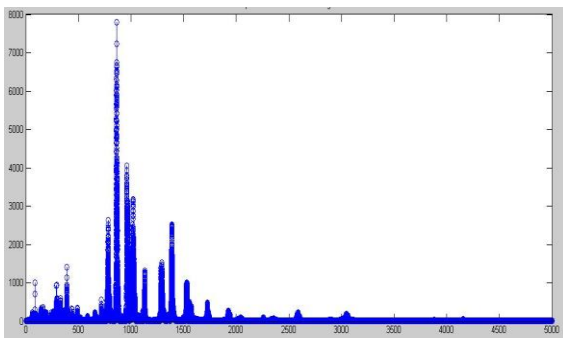


Figura 3.3. Espectro Piano y Flauta (Cumpleaños Feliz)

3.2. Los Pollitos

Por la observación del rango de frecuencias en las figura 3.4 y 3.5 se concluye que va a existir rangos de frecuencias que se traslapen. Este genera un gran problema al momento de la separación. En la figura 3.6 observamos el espectro de los dos instrumentos tocando a la vez.

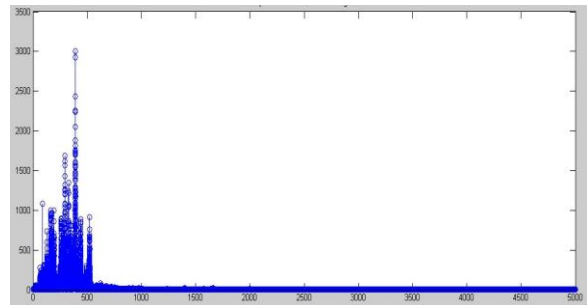


Figura 3.4 Espectro del Piano (Los Pollitos)

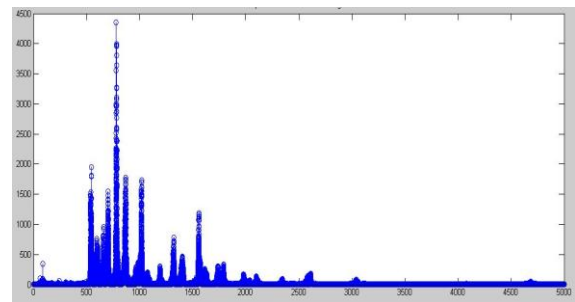


Figura 3.5 Espectro de la Flauta (Los Pollitos)

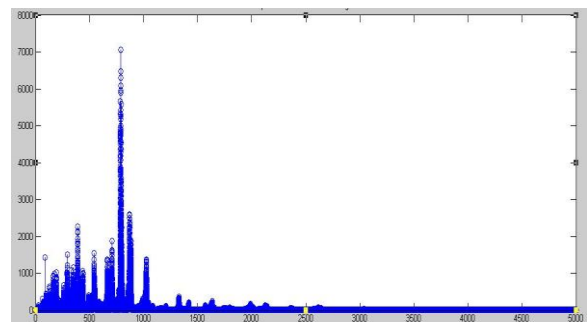


Figura 3.6 Espectro del Piano y Flauta (Los Pollitos)

4. Métodos para la Separación de Sonidos

4.1. Uso de Filtros Convencionales

El primer experimento para la recuperación de la flauta de uno de los archivos de música, fue la utilización de uno de los filtros con los que cuenta MATLAB.

Para diseñar este filtro se utilizó la herramienta FDATOOL de MATLAB.

La herramienta FDATOOL se muestra en la figura 4.1

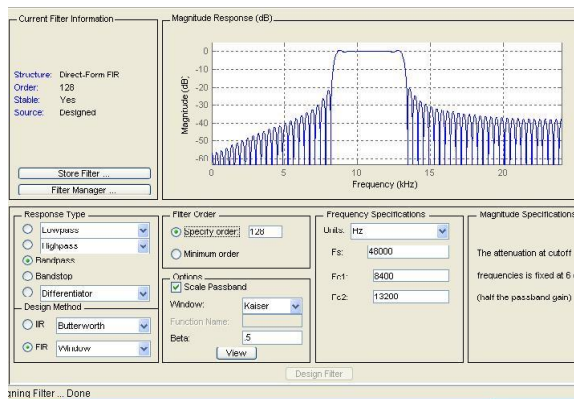


Figura 4.1 Diseño del Filtro Kaiser con la ayuda de la Herramienta FDATOOOL

Los archivos de audio que se grabó se trató de separarlos bastante en frecuencia y se hicieron dos filtros uno para la flauta donde ésta tenía mayor potencia y se hizo lo mismo para el sonido del piano.

Si analizamos el espectro de la canción los pollitos en las figuras 3.4 y 3.5 nos damos cuenta que el piano tiene sus frecuencias con mayor potencia en el rango de 0 a 500 Hz y la flauta en el rango de 500 a 2500 Hz; razón por la cual se crearon dos filtros un Paso Banda para el piano y un Paso Alto para la Flauta con las respectivas frecuencias de cada uno.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

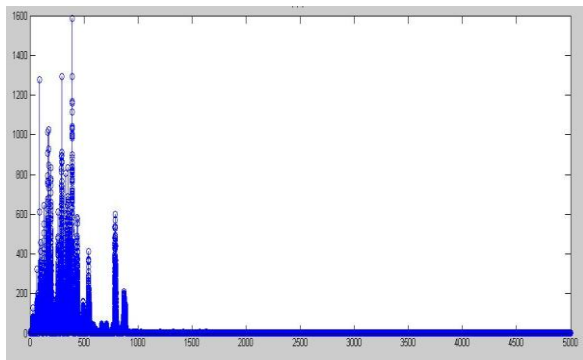


Figura 4.2 Espectro de la canción Los Pollitos después del filtro Paso Bajo hasta 500 hz.

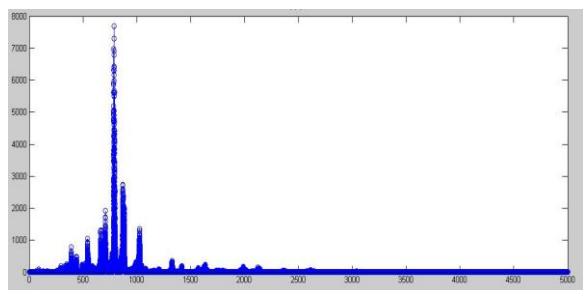


Figura 4.3 Espectro de la canción Los Pollitos después del filtro Paso Alto desde 500 hz.

Como se observa en la figura en las figuras 4.2 y 4.3 a pesar que aplicamos los filtros Paso Bajo y Paso Alto aun se siguen viendo componentes de armónicos que no se esperaban y al momento de reproducir cada

uno de los archivos de audio se va a escuchar aun presente el instrumento que queríamos eliminar.

Se intentó aplicar dos veces cada filtro pero se perdía la calidad del sonido y tampoco se pudo eliminar el otro instrumento.

4.2. Convolución del Archivo de Audio con las notas de la Flauta.

La idea básica es buscar crear un tipo de filtro más selectivo que el anterior, y no habría un mejor filtro que las propias notas de la flauta. Con esta idea se hicieron dos experimentos:

4.2.1. Convolución con las Notas Reales.

Se grabó cada una de las notas de la flauta por separado por un corto instante de tiempo y a cada una de ellas se las normalizó con el objetivo que al convolucionar no produzcan ninguna ganancia. Cada sonido de la flauta se convolucionó por separado con el archivo original de música y al final se hizo una suma de cada resultado de convolución para así obtener la flauta filtrada.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

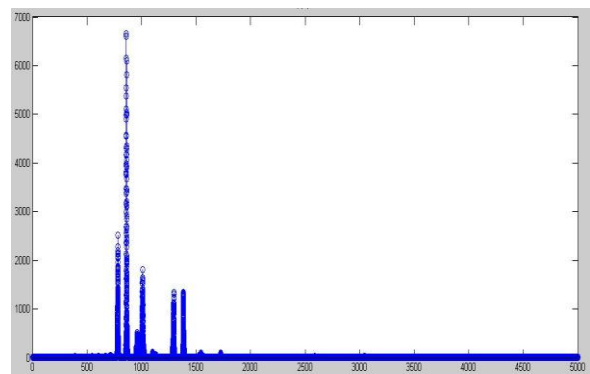


Figura 4.4. Resultado de la Canción Cumpleaños Feliz después del Filtrado

En la Figura.4.4 se observa que la mayoría de los componentes de la flauta fueron eliminados y esto hace que al momento de escuchar se pierda la calidad del sonido de la flauta. El tiempo procesamiento es bastante largo, alrededor de diez a quince minutos.

4.2.2. Convolución con Notas Creadas.

Se analizó en que ubicación en frecuencia está cada uno de los componentes de cada una de las notas de la flauta y se creó una reconstrucción de cada una de ellas. Al crearlas nosotros mismos podemos darle a los componentes el ancho que deseamos y así poder ser más selectivos. Las notas creadas tienen la amplitud de la unidad con el objetivo que no produzca ninguna ganancia en el resultado del espectro.

En la Tabla 2 se muestra la ubicación en frecuencia de cada fundamental y de los armónicos de la flauta.

Tabla 2. Ubicación en Frecuencia del Fundamental y los Armónicos de la Flauta

Nota	Fundamental (Hz)	1ra Armónico (Hz)	2do Armónico (Hz)	3er Armónico (Hz)
Do	539-554	1080-1100	1625-1650	2170-2195
Re	596-615	1195-1211	1794-1840	2390-2450
Mi	655-684	1325-1349	1985-2030	2650-2690
Fa	694-721	1390-1432	2100-2160	2805-2865
Sol	768-804	1550-1580	2322-2370	3100-3160
La	849-877	1710-1732	2569-2591	3425-3460
Si	920-985	1885-1918	2825-2871	3780-3830
Do*	987-1030	2310-2030	2990-3045	4010-4060

Las notas creadas muestran el siguiente espectro:

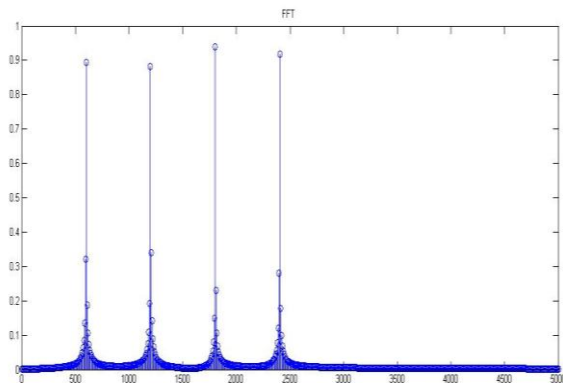


Figura 4.5. Espectro De La Nota RE Creada

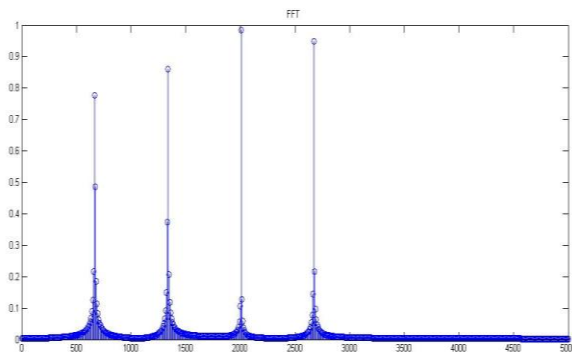


Figura 4.6. Espectro de la Nota MI creada

Los resultados obtenidos después de la convolución con cada una de las notas es la siguiente:

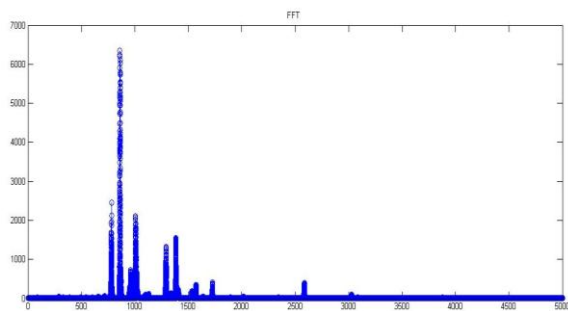


Figura 4.7. Espectro Resultante Después De La convolución Con Las Notas Creadas (Cumpleaños Feliz)

Como se observa en la figura 4.7 se mantienen algunos de los armónicos de la flauta y es un resultado bastante bueno al momento de escuchar aunque la flauta pierde algo de la calidad pero el piano es eliminado de manera completa.

3.3. Modificando Directamente El Espectro De Nuestro Archivo De Audio

El software MATLAB es de gran ayuda para el procesamiento digital con señales de audio. En este experimento simplemente realizando la transformada de Fourier se obtiene un arreglo de transformada al cual le podemos hacer las modificaciones a nuestra conveniencia.

Con la información que tenemos en la tabla II podemos crear un algoritmo para que sólo seleccione las frecuencias de las notas de la flauta y al resto del arreglo lo llenamos con ceros así tendríamos la flauta separada del archivo de audio.

La figura 4.8 muestra la comparación entre el espectro de la canción de Cumpleaños Feliz y el espectro después de haber hecho cambios en su espectro. La flauta conserva la mayoría de sus armónicos por lo que no pierde la calidad, es un resultado bastante bueno.

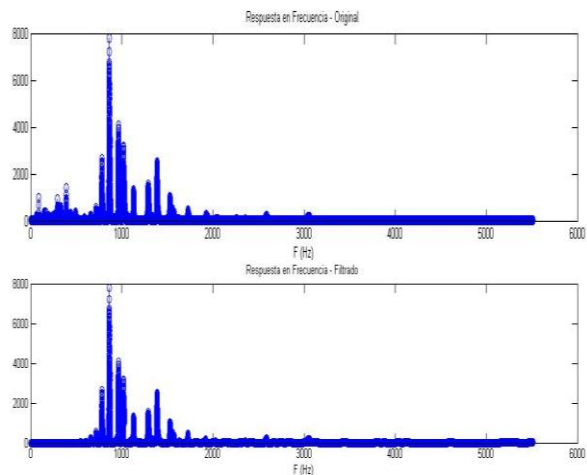


Figura 4.8. Resultado Al Modificar El Espectro De Manera Completa de Cumpleaños Feliz

5. CONCLUSIONES

Con el uso de filtros convencionales para recuperar el sonido de la flauta del archivo con mezcla de piano y flauta, no fueron satisfactorios porque por más que se aplicaba un filtro bien selectivo, este atenuaba regiones importantes de la señal por culpa de las caídas del filtro, perdiendo la calidad de la flauta, además no se lograba eliminar por completo el sonido del otro instrumento. Se intentó pasar el archivo dos veces por el mismo filtro y se logró eliminar las frecuencias de trabajo del piano pero atenuaba con

mucha irregularidad los armónicos de la flauta, y como resultado no se obtuvo una calidad buena del sonido de la flauta.

Al aplicar el método de la convolución del archivo con arreglos que contenían los sonidos de la flauta de sus notas musicales principales, se esperaba un modelamiento de la señal tal que obtuviese solo aquellos sonidos que se pareciesen a las notas musicales emitidas por la flauta. Pero con lo que no se conto es que este método requería mucho procesamiento y tiempo, lo cual fue la primera desventaja y además los resultados no fueron muy fiables.

Un método que ofreció resultados aceptables e interesantes fue el de simular comportamientos de las notas musicales de la flauta con pulsos de frecuencia que se encontraran centrados en la frecuencia fundamental y sus armónicos para luego convolucionarlos con el archivo que contiene la mezcla. Finalmente sumar los resultados de cada una de las convoluciones para obtener un archivo resultante que contendría la señal filtrada. Este resultado final logra eliminar señales de audio como la voz y ruidos de ambiente, pero no ofrece un sonido claro de la flauta, se pierden armónicos y la intensidad de la señal se ve atenuada.

El último método que ofreció resultados favorables y aceptables fue usar el espectro de frecuencias de la señal instrumental contenida en un arreglo para escoger las porciones del arreglo que deben estar presentes en el archivo resultante de acuerdo a las bandas de frecuencia de interés(en este caso las frecuencias fundamentales y armónicos que corresponden a la flauta). De esta manera se logro hacer un filtro muy selectivo que solo tomaba porciones del espectro que pertenecen a una flauta.

Para cada nota musical de la flauta se decidió recuperar la frecuencia fundamental y tres armónicos porque basta con estas bandas de frecuencia para diferenciar el sonido de esa nota en flauta. Una vez que se cumple todo el proceso almacenando cada porción del espectro necesario, se obtiene un archivo resultante que contiene el sonido de la flauta. Al efectuar este método se recupera considerablemente el sonido de la flauta, sin perder la intensidad ni los armónicos escogidos para el procedimiento del filtraje, a pesar de que hay una leve presencia de de los armónicos del piano, se puede escuchar con gran facilidad el sonido de la flauta.

6. Referencias

[1] Eugenio Trías, El canto de las sirenas: argumentos musicales, Galaxia Gutenberg, España, 2007.

[2] Ulrich Michels, Atlas de música, Alianza Editorial, España, 1985.

[3] Peter Kivy , Nuevos ensayos sobre la comprensión musical, Paidós, España, 2001.

Guayaquil, Marzo 9 del 2009

Separación De Flauta Dulce De Un Archivo De Audio Compuesto Por Piano Y Flauta Dulce

Ing. Patricia Chávez Burbano

Valentino Samael López Fuentes

Víctor Emmanuel Morales Benítez