

Desarrollo de Software para el cálculo de parámetros acústicos según ISO 3382

Casas Nahuel¹, Pantano Lucas², Robledo Juan³

Señales y Sistemas, Ingeniería de Sonido

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina.

¹ nahuel0697@gmail.com, ² lukas.pantano@gmail.com, ³ robledojuanm@gmail.com

Resumen

En el siguiente informe se describe el trabajo de investigación realizado para generar un sistema de software modular, el cual permite analizar determinados parámetros y fenómenos acústicos, teniendo en cuenta las indicaciones de la normativa ISO 3382 (UNE-EN ISO 3382,2001). Para esto, se desarrollan las herramientas necesarias para la grabación y generación sintética de sine sweep; además de la adquisición de la respuesta impulsiva (IR) de ciertos parámetros en función a su ancho de banda de frecuencia, aplicándose a la misma diferentes métodos de filtrado y suavizado de la señal. Todo esto es plasmado en una interfaz gráfica, programada en conjunto a cada una de sus funciones modulares en lenguaje MATLAB.

Keywords: ISO3382, IEC61200, Tiempo de Reverberación, Respuesta al Impulso

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente trabajo, es lograr el análisis mediante diversos métodos matemáticos y digitales de ciertos parámetros acústicos, aplicando conceptos teóricos y comparándolos con los resultados otorgados, dentro del entorno de programación MATLAB. El software desarrollado divide sus tareas en tres etapas de trabajo: adquisición (grabación y reproducción de una señal, importación de archivos externos al sistema), procesamiento (filtrado y suavizado de la señal, por medio de diferentes métodos) y resultados (cálculo de parámetros e interfaz gráfica). Las técnicas y análisis cuantitativos aplicados se encuentran regularizados bajo la norma ISO 3382 (UNE-EN ISO 3382,2001)¹.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ruido Rosa

Señal aleatoria caracterizada por tener igual magnitud de energía en toda banda de octava. De esta manera, presenta una densidad espectral inversamente proporcional a cada frecuencia. Esta característica se refleja en un decaimiento no lineal de 3 [dB] por octava.

2.2. Tiempo de reverberación (TR)

Se define el tiempo de reverberación como aquel requerido para que el nivel de presión sonora (SPL) decaiga cierta cantidad de nivel [dB] luego de que la fuente emisora deje de actuar. Se puede calcular el T20, T30 y T60; donde se observa el tiempo necesario para que la señal caiga 20, 30 o 60 [dB] respectivamente².

2.3. Respuesta al impulso

La respuesta al impulso se define como la evolución en el tiempo de la presión sonora observada en un determinado punto, como el resultado de la emisión de un impulso de Dirac efectuado en otro punto³.

2.4. Sine-sweep y filtro inverso

El sine-sweep exponencial es una señal sinusoidal cuya frecuencia varía en función del tiempo, manteniendo constante su energía. Es caracterizado por excitar una frecuencia a la vez de manera ascendente, además de por su espectro que presenta una disminución de 3 [dB] por octava.

El filtro inverso consiste en la inversión en tiempo del Sine-Sweep. A su vez, conlleva una modulación en amplitud que compensa la diferencia de energías respecto de la señal de entrada original.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

El software cuenta con tres etapas de trabajo, las cuales son: adquisición, procesamiento y resultados.

A través de la Figura 3.1, podemos observar el desarrollo del programa realizado en MATLAB, y cómo interactúan cada una de sus diferentes etapas.

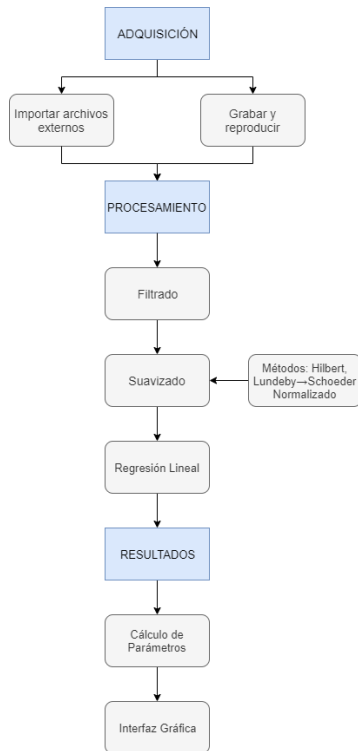


Figura 1: Diagrama de flujo del procedimiento de trabajo realizado por el software.

3.1. Adquisición

En esta primera etapa, se procede a generar y agrupar distintos tipos de señales que serán la base del proceder de nuestro sistema. Inicialmente, el programa permite la reproducción de un ruido rosa sintético para la calibración de los dispositivos. Luego, se genera un Sine Sweep logarítmico. Se utiliza el toolbox de audio incorporado en MATLAB, y se reproduce y graba en simultáneo, el sinesweep resultante. El filtro inverso del sinesweep se genera a partir de un algoritmo para ajustar el espectro del mismo. Al realizar la convolución del sinesweep con su filtro inverso correspondiente se obtiene un impulso.

Por otro lado, el programa permite la carga de archivos externos al sistema. Se utilizan las matri-

ces de DataSet para recopilar datos de los archivos de audio ingresados, se ajustan las longitudes de los mismos y se obtiene una única variable contenedora con el promedio de todas las señales ingresadas. Se utilizan las respuestas al impulso proporcionadas por *isophonics.net* del Octagono, una estructura que actualmente funciona como sede de conferencia³. Los archivos de Sine Sweep grabados que se utilizan son proporcionados por los docentes de la materia "Señales y Sistemas" en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (Argentina).

3.2. Procesamiento

La etapa de procesamiento representa la sección más compleja de nuestro sistema, ya que cada una de sus funciones ocupan gran parte de los recursos de trabajo del software. Partiendo desde el Filtrado por tercios y octavas de frecuencia; el objetivo de esta función es generar un banco con los coeficientes de los filtros en una variable de clase Cell¹ (Celda). Se diseña un filtro del tipo pasabanda de orden 20 por cada frecuencia central dispuesta por la norma IEC 61260, siendo de 10 filtros para el caso de octava, y 30 para el caso de tercios de octava⁴.

Una vez definido el filtrado de nuestra señal, se procede al suavizado de la misma. En esta parte se desarrollan metodológicamente, la aplicación de la transformada de Hilbert, la integral de Schroeder⁵ y el filtro de promedio móvil. Este proceso da como resultado la envolvente de la señal suavizada, tanto en parte real como en imaginaria; es decir que para obtener la envolvente deseada hay que normalizar los datos recopilados. Para aproximar los valores de la curva en los distintos intervalos temporales, se utiliza el método de regresión lineal por cuadrados mínimos. Dicho método consiste en la generación de la recta que mejor aproxima a la curva que existe entre los extremos de los intervalos de cada descriptor.

3.3. Resultados

Finalmente, en esta última etapa se procede a calcular los parámetros acústicos definidos por la Normativa ISO 3382. Para esto, se determina el valor de EDT como el tiempo que tarda en caer la señal de 0 dB a -10 dB, T10 como el tiempo que tarda en caer la señal de -5 dB a -15 dB, T20 como el tiempo que tarda en caer la señal de -5 dB a -25 dB, y T30 como el tiempo que tarda en caer la señal de -5 dB a -35 dB.

Se hacen aproximaciones por cuadrados mínimos entre todos los puntos en el intervalo definido por los descriptores de EDT, T10, T20 y T30 res-

¹Un arreglo de celdas es un tipo de dato con contenedores de datos indexados

pectivamente. De aquí se obtienen los índices de las rectas que mejor aproximan a cada intervalo. Luego se calcula un promedio general entre los resultados obtenidos para cada audio procesado (En caso de haber cargado mas de uno). Este proceso se realiza con el fin de obtener resultados más sólidos. Finalmente, todos estos datos son volcados en una tabla, la cual se muestra en la pantalla principal de la interfaz gráfica, así como los plots de la señal suavizada y su correspondiente regresión lineal.

4. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa el analisis espectral realizado en *Audacity* para el ruido rosa sintetizado, y su caída de 3 dB por Octava.

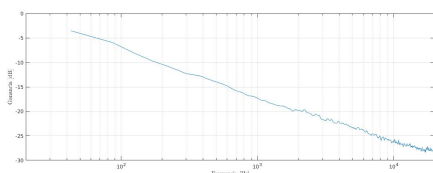


Figura 2: Ruido Rosa con una pendiente de 3 dB/Octava.

En la aplicación de adquisición y reproducción simultanea se experimenta una perdida de 1024 muestras, producto de una demora de 0,023 segundos en iniciar el grabador. Puede considerarse insignificante frente a .

En la Figura 3 se detalla la respuesta del filtro, usando la frecuencia central de 1 kHz como ejemplo

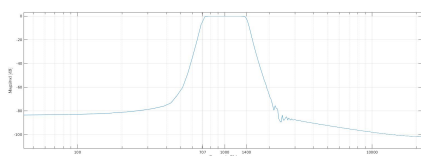


Figura 3: Filtro de una octava con f_c en un 1000 Hz

Cabe destacar que frente a esta pendiente de orden 20, se requiere un tiempo considerable de cálculo informático.

Una vez finalizada esta etapa, se procede a trabajar con los archivos cargados al sistema. Se registra un total de 169 grabaciones realizadas en la sala. Estas fueron tomadas con el fin de analizar la respuesta al impulso en el recinto. Las frecuencias centrales de dichos archivos son registradas por el sintetizador, el cual luego de procesarlas da como resultado una suma de frecuencias centrales igual a 51768 Hz.

5. CONCLUSIÓN

Frente a un mal aprovechamiento de recursos informáticos, se discute la posibilidad de efectuar cambios en la etapa de suavizado y reducir la cantidad de métodos a ejecutar, teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para lograr una señal de salida óptima. También se analiza la posibilidad de dejar establecida y fija para todas las funciones un Sample Rate de 44100 muestras/segundo. De este modo, se limitan los datos de entrada de cada función, siendo esta tasa, suficiente para representar el rango audible con una resolución óptima para el análisis. Respecto a la calibración temporal en la función de adquisición y reproducción simultanea, se decide efectuarla para una única computadora, con driver ALSA, para optimizar tiempo de desarrollo de software y enfocarlo en el estudio del recinto, y no del computador en sí. Sin embargo, no se descarta la propuesta de extender el funcionamiento del programa a demás computadoras que trabajen con otros tipos de drivers.

Los valores obtenidos de los descriptores acústicos, se consideran, a partir de distintas pruebas preliminares, que son acertadas. Sin embargo, cabe destacar que ciertos valores presentan un error, y que la mejora de dichos valores se encuentra todavía en desarrollo.

Resulta imprescindible avanzar con una interfaz grafica que anexe todas las funciones. Asimismo, limitar las entradas por parte del usuario, y dejar en segundo plano algunas funciones que generan en sus salidas celdas de datos repetitivos.

6. REFERENCIAS

- [1] ISO.3382:1997.Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters
- DSP Stack Exchange. Calculation of Reverberation Time (RT60) from the Impulse Response @ <http://dsp.stackexchange.com>
- [2] Farina, Angelo. Advancements in impulse response measurements by sine sweeps. @ *Audio Engineering Society Convention 122*. Audio Engineering Society. 2007.
- [3] <http://isophonics.net/content/room-impulse-response-data-set>
- Venturi, Farina, Tronchin. Architectural Acoustics. Session 1aAAa: Advanced Analysis of Room Acoustics: Looking Beyond ISO 3382 I. ICA 2013 @ Canada. 2 - 7 June 2013
- [4] CEI. 61260:2001. Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters., 2001.
- [5] M.R. Schroeder. New Method of Measuring Reverberation Time. JASA, 1965.