

Avances en desarrollo de software bajo norma ISO 3382

Galván, Agustín¹, Roman, Juan Manuel², Epullan, Calquin Facundo³

Señales y Sistemas, Ingeniería de sonido

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

¹ agusgalvan1098@gmail.com, ² juanmanuelroman1991@gmail.com, ³ calco.epu@gmail.com,

Resumen

En el presente trabajo se propone la creación de un software modular que permita calcular los parámetros acústicos definidos en la normativa ISO 3382 (UNE-EN ISO 3382-1:2010). Se optó por la creación de diversas funciones utilizando MATLAB y se obtuvo, de esta manera, herramientas para generar audios de ruido rosa y sine sweep logarítmico con su respectivo filtro inverso, así como la capacidad de reproducirlos, grabarlos y procesarlos. A la fecha de redacción del presente informe no se han obtenido resultados satisfactorios para la sintetización de respuesta al impulso y la creación de filtros conforme a la norma IEC 61260.

Keywords: ISO 3382

1. INTRODUCCIÓN

En los siguientes capítulos se detallará la creación de un código en MATLAB cuya finalidad es la de evaluar los parámetros acústicos de los recintos a partir de las respuestas impulsivas. El código se encarga primero de generar el ruido rosa, sine sweep y su correspondiente filtro inverso. Luego, mediante otra función, se reproduce el sonido generado y se lo graba para así obtener, mediante una nueva función, la respuesta al impulso.

2. MARCO TEORICO

A continuación se presentan los conceptos teóricos aplicados al código

2.1. Ruido Rosa

Es un sonido aleatorio que tiene el mismo nivel energético por banda de octava y que presenta un decaimiento de 3dB/Oct en su densidad espectral a una razón inversamente proporcional a la frecuencia, es decir, que decrece a medida que la frecuencia aumenta. Se utiliza este ruido específico para ajustar los equipos a utilizar en las grabaciones según indica la norma ISO 3382:1997 [1].

2.2. Sine Sweep y Filtro Inverso

[2] El sine-sweep es un barrido de frecuencias y tiene la característica de excitar solo una frecuencia

a la vez a diferencia de otras señales impulsivas, las cuales excitan todas las frecuencias en simultáneo. Esta característica del sine-sweep permite concentrar toda la energía en un ancho de banda muy estrecho. El sine-sweep se genera mediante las siguientes ecuaciones:

$$x(t) = \sin(\theta(t)) = \sin(K \frac{t}{T} - 1) \quad (1)$$

Donde:

$$K = \frac{T w_1}{\ln \frac{w_2}{w_1}}, L = \frac{T}{\ln \frac{w_2}{w_1}} \quad (2)$$

Siendo w_1 y w_2 las frecuencias angulares inferior y superior respectivamente. El filtro inverso es el resultado de aplicar ciertos ajustes al sine-sweep, en donde se variará su modulación para obtener una pendiente espectral inversa a la del sine-sweep, la cual decrece a una razón de 3dB/Oct. El filtro inverso $k(t)$ viene definido por:

$$w(t) = \frac{K}{L} e^{\frac{t}{L}} \quad (3)$$

$$m(t) = \frac{w_1}{2\pi w(t)} \quad (4)$$

$$k(t) = m(t)x(-t) \quad (5)$$

2.3. Respuesta al Impulso

Los sistemas LTI se pueden caracterizar a través de su respuesta al impulso. Para el caso particular de un recinto entendido como un sistema, esta respuesta se traducirá en la evolución en el tiempo de la presión sonora luego de realizado el estímulo. Se

entiende como impulso a la función delta de Dirac. Si bien la función de Dirac no es reproducible físicamente, existen diversos métodos para aproximarla. Como alternativa es posible utilizar un sine sweep logarítmico ya que en general los otros métodos como aplauso o explosión de globo, tienen problemas de reproducibilidad. Una señal sine-sweep $x(t)$ convolucionada con una respuesta al impulso $h(t)$ dará como resultado una señal $y(t)$:

$$y(t) = x(t) * h(t) \quad (6)$$

Si le aplicamos la transformada de Fourier a esta convolucion se obtiene:

$$x(t) * h(t) = X(jw)H(jw) \quad (7)$$

Ahora podemos despejar la respuesta de impulso en este nuevo dominio frecuencial

$$\frac{Y(jw)}{X(jw)} = H(jw) \quad (8)$$

Ahora podemos aplicar la anti transformada de Fourier para volver al dominio temporal

$$F^{-1}[H(jw)] = h(t) \quad (9)$$

[2]

3. DESARROLLO

Se procederá a detallar las funciones creadas para el programa modular de sintetización de respuesta a impulso:

3.1. Sintetización de Ruido Rosa

A la hora de sintetizar ruido rosa o ruido $1/\sqrt{f}$ (f denota frecuencia en $[Hz]$), como primer paso se deben definir la cantidad de muestras que serán afectadas, seleccionándose para un resultado correcto un total de 2^{16} muestras. Luego es necesario determinar los coeficientes al filtro de 3 dB de caída, los cuales servirán para calcular nT60, valor que corresponde a la cantidad de muestras asociadas al tiempo que lleva a la señal decaer de 0 dB a -60 dB. Posteriormente se genera un vector de valores aleatorios entre 1 y la suma entre la cantidad de muestras y el valor de nT60. Como anteuúltimo paso se aplica un filtrado correspondiente a $1/f$ a la señal aleatoria, el cual depende de los coeficientes previamente mencionados y el vector aleatorio generado. Finalmente se quitan del vector los valores anteriores a nT60 ya que los mismos corresponden al transitorio de la señal. [2]

3.2. Generación de Sine Sweep y Filtro Inverso

Para la creación de un Sine Sweep se emplea la Ec. (1) cuyos coeficientes mostrados en Ec. (2) dependerán de los parámetros a ingresar en la función, que serán: duración en $[Seg]$ deseada del barrido sinusoidal; valores de frecuencia en $[Hz]$ tanto inicial como final que se abarcarán; y la frecuencia de muestreo en $[Hz]$ para la discretización de la señal digital.

La generación del filtro inverso para el sine sweep logarítmico se forma a partir de una modulación expresada por las Ec. (4) y Ec. (3). Así el filtro inverso queda definido por la Ec. (5).

Con todo lo trabajado, a la salida de la función se obtienen 2 arrays cuyos valores se componen por las amplitudes tanto del sine sweep como del filtro inverso, correspondientemente, y la frecuencia de muestreo en $[Hz]$ con la cual se está trabajando.

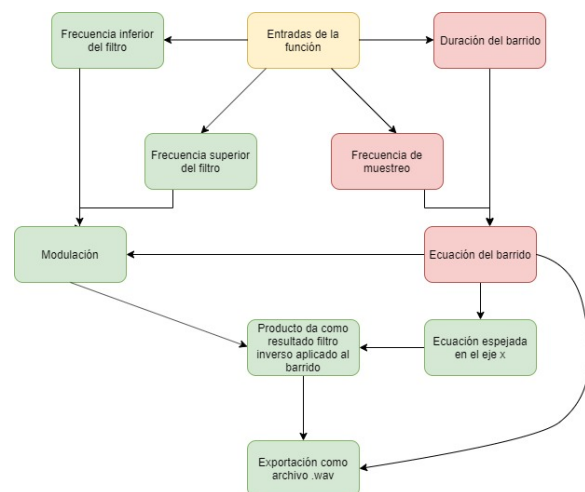


Figura 1: Signal-Flow barrido con filtro inverso

3.3. Adquisición y reproducción

La finalidad de esta función es reproducir los sonidos previamente generados mediante una interfaz, que a su vez sea capaz de grabar el lugar a medir con un micrófono según las especificaciones de la norma ISO 3382. Para ello se utiliza un código sencillo utilizando la herramienta de AUDIO SYSTEM TOOLBOX disponible en MATLAB. Se crean los objetos que permitirán la reproducción y grabación en simultaneo y luego se utiliza el siguiente fragmento:

```

while ~isDone(fileReader)
    audioData=fileReader();
    adw(audioData);
    fileWriter(adr());
end
  
```

Con este código nos aseguramos de terminar la grabación en cuanto termine el audio a reproducir. Una vez terminada la grabación el código recorta el principio de la señal para eliminar ruido no deseado en el audio adquirido producto de la latencia. Finalmente, el código exporta en formato .wav la grabación adquirida.

3.4. Función de carga de archivos (dataset)

Una vez que se han hecho todas las tomas necesarias se utiliza esta porción de código para cargar todas las grabaciones y poder procesarlas posteriormente. Esta función despliega una ventana de dialogo donde se le pide al usuario que seleccione todos los archivos a procesar. ~~Luego mediante un loop "for" los archivos se guardan en una variable tipo "cell".~~

```
for i = 1:length(FileName)
data{i,1} = FileName{i};
data{i,2} = audioread(FileName{i});
end
```

3.5. Función de sintetización de respuesta al impulso

Considerando las frecuencias centrales, banda de octava y tercio de octava tal como lo establece la norma IEC 61260, será posible obtener la sintetización buscada. En primer lugar se definirá una respuesta al impulso para una frecuencia central f_i expresada por la siguiente ecuación:

$$y_i = A_i e^{\pi_i t} \cos(2\pi f_i t) \quad (10)$$

Luego, será definida como π_i la función de decaimiento exponencial en función de T_{60} (tiempo de reverberación):

$$\pi_i = \frac{-\ln(10^{-3})}{T_{60}} \quad (11)$$

La suma de varias frecuencias centrales es representada por:

$$y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (12)$$

siendo n la cantidad de frecuencias centrales del filtro. [2]

3.6. Obtención de respuesta al impulso

Como se expuso en el marco teórico esta función toma la sintetización de la respuesta de impulso de

las tomas grabadas y también toma el filtro inverso logarítmico para aplicarles la transformada de Fourier y luego aplicando la ecuación (8) se obtiene una señal $H(t)$ para luego aplicarle la operación inversa a la transformada de Fourier y así obtener $h(t)$ que es lo que se está buscando.

3.7. Función filtros norma IEC 61260

La función en cuestión tendrá como objetivo realizar un filtrado pasa banda por octava o tercio de octava con la finalidad de calcular los parámetros acústicos discriminando las frecuencias. El mismo responde a las norma IEC 61260. Las entradas de la función deberán especificar información de la señal a filtrar, la frecuencia de muestreo y el ancho de banda. Será posible observar mediante un gráfico generado la respuesta del filtro en función de los parámetros previamente ingresados.

4. Resultados y Análisis

Se comprobaron las funciones generadoras del Ruido Rosa y el Sine Sweep con su respectivo filtro inverso en el programa Audacity para ~~ver~~ que su espectro coincidiera con lo que se espera de estas funciones. A continuación, se muestran los resultados:

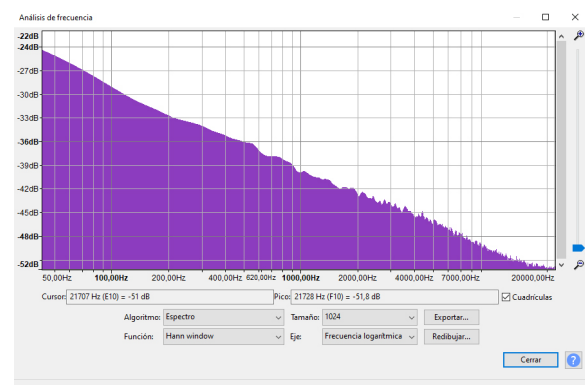


Figura 2: Grafico Ruido Rosa en software Audacity

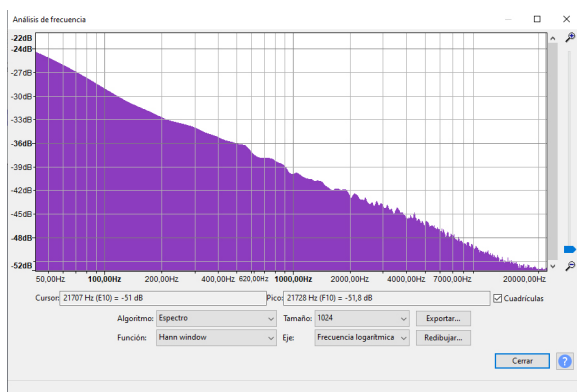


Figura 3: Grafico Sine Sweep en software Audacity

La función para reproducir y adquirir el audio grabado funciona como es esperado. La salida de esta función devuelve correctamente el archivo [.wav] de la misma duración que el audio reproducido.

En cuanto a la función de filtros no se ha podido probar adecuadamente dado que no quedo claro cuáles son los lineamientos del filtro a utilizar según la norma. Puntualmente con el orden del filtro a elegir por banda. La función sigue en desarrollo. Otros problemas están relacionados con la incompatibilidad entre las entradas y las salidas de determinadas funciones como es la función de carga de archivos y la de sintetización de respuesta al impulso. La primera devuelve una variable de tipo

“cell” y la segunda no fue diseñada para trabajar con este tipo de entrada. Aún se encuentra en proceso de desarrollo al igual que la función para la aplicación de filtros según norma IEC 61260.

5. Conclusiones

Como se expuso anteriormente aún falta desarrollar y continuar depurando las funciones de sintetización y respuesta al impulso, así como la función de filtros para poder continuar con el posterior análisis de la señal. También hace falta mejorar la función desarrollada para la adquisición y reproducción agregando la posibilidad de dar a elegir al usuario con que dispositivo se hará la reproducción y captura de la señal. **El modo que está actualmente obliga al usuario a conocer el nombre del dispositivo previamente.**

Referencias

- [1] ISO. 3382. *Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*. 1997.
- [2] Señales y sistemas. *Apuntes para desarrollo de software para el cálculo de parámetros acústicos ISO 3382*. 2019.