



Desarrollo de software para el cálculo de parámetros acústicos ISO 3382

Martin Hojman¹, Rodolfo Elguezabal², Julian Lezcano³, Ian Gonzalez Zayas⁴

Señales & Sistemas, Ingeniería de sonido

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

¹ martin@hojman.com.ar, ² loislane@gmail.com, ³ julian201.jl1@gmail.com, ⁴ iangzayas@gmail.com,

Resumen

En el presente trabajo se presentan los módulos del software para el cálculo de parámetros acústicos según la ISO 3382. Estos, se componen de funciones que sintetizan ruido rosa, barridos de frecuencia y respuestas al impulso. Además, permite la reproducción y grabación en simultáneo a fin de poder registrar la respuesta del recinto a caracterizar. Luego, calcula los parámetros acústicos del recinto después de procesar la señal con los métodos necesarios para suavizarla y así obtener los valores correspondientes

Keywords: ISO 3382, IR

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, realizado en el marco de la materia Señales y Sistemas, consta de realizar un software modular que permita la sintetización de la respuesta al impulso de un recinto por medio de la síntesis y reproducción de Sine Sweeps y Ruido Rosa. Luego con esa respuesta al impulso se obtienen algunos parámetros acústicos característicos de dicho recinto.

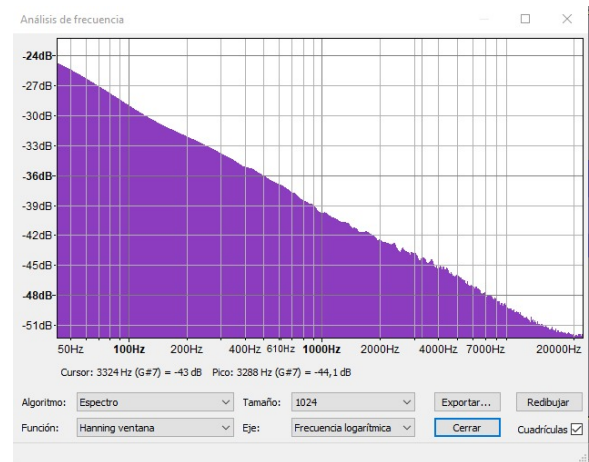


Figura 1:
Espectro de ruido rosa en escala logarítmica

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ruido Rosa

El ruido rosa o ruido $\frac{1}{\sqrt{f}}$ es un ruido el cual su nivel por banda de tercio de octavas es constante. También se caracteriza por tener un decaimiento de 3dB/Oct en su espectro. Este ruido se suele utilizar para analizar el comportamiento de salas, altavoces, equipos de sonido, entre otros.

2.2. Sine Sweep

El Sine Sweep es el método más indicado para generar el impulso por medio de la convolución. Dado que métodos tales como: explosión de globo, aplauso, disparo con pistola de salva, paper gun, golpe entre maderas, petardos, entre otros, carecen de reproducibilidad. Esto es debido a su nivel sonoro, duración y características espectrales, además de una muy baja relación señal ruido, la cual difícilmente se solucione filtrando o promediando con muchas mediciones. En cambio, el Sine

Sweep es una señal que se caracteriza por ser un barrido de frecuencias y como es posible sintetizarlo, da la posibilidad de la reproducibilidad, además en cuanto a la relación señal ruido, al ser una señal sintetizada se puede aumentar su amplitud tal que supere de forma considerable el piso de ruido del ambiente. Se suele utilizar con mayor frecuencia el barrido de frecuencias logarítmico debido a que se aproxima de mejor manera al funcionamiento del oído humano. Comencemos por ver cómo generar el Sine Sweep logarítmico $x(t)$ que posee la siguiente forma:

$$x(t) = \sin[\theta(t)] = \sin[K \cdot (e^{\frac{t}{L}} - 1)]$$

con $K = Tw1/\ln w2/w1$ y $L = T/\ln w2/w1$ siendo $T = \text{duracion}$ y $w1, w2 =$ frecuencias angulares inferiores y superiores

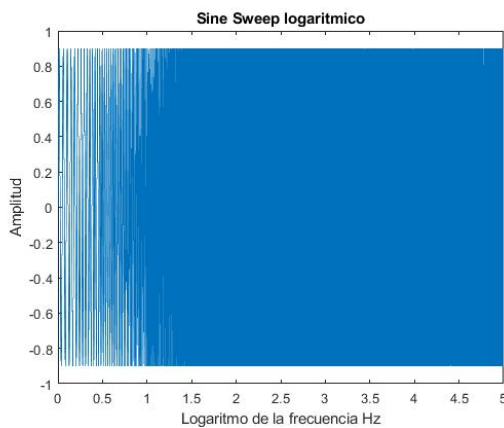


Figura 2:
Sine Sweep logarítmico

2.3. Respuesta al Impulso

Se la define como la respuesta en el dominio del tiempo (tiempos vs amplitud) del sistema analizado bajo un estímulo sonoro de corta duración y energía en todas las bandas de frecuencia. La misma será calculada mediante la siguiente ecuación:

$$h(t) = F^{-1}[H(jw)] = F^{-1}[Y(jw)K(jw)]$$



2.4. Filtro según norma IEC 61260

Los filtros de banda de fracción de tercio de octava y octava destinados a mediciones acústicas se encuentran normalizados por la norma IEC 61260. En la misma se dan, entre otras cosas, las plantillas que debe satisfacer la respuesta en frecuencia de uno de tales filtros, es decir, los límites inferior y superior de la respuesta en frecuencia. Por otro lado el filtro requiere de cierto orden de pendiente para que el filtrado de la banda correspondiente sea claro e intervenga la menor cantidad de energía de otras bandas. Dicho orden del filtro se lo eligió de forma empírica luego de experimentar y analizar varias opciones.

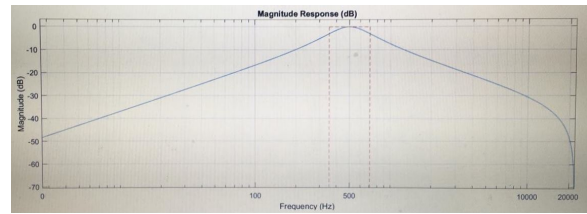


Figura 3:
Filtrado de la banda de 500 Hz de orden 2

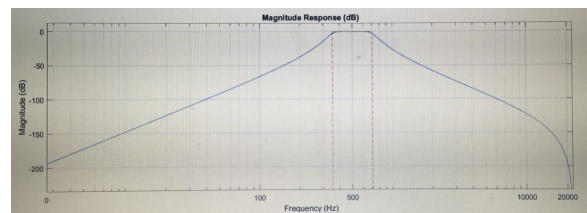


Figura 4:
Filtrado de la banda de 500 Hz de orden 8

2.5. Sintetización de la respuesta al impulso

La respuesta al impulso se define como la respuesta del sistema, en este caso el recinto, ante una señal impulsiva. Esta respuesta es fundamental debido a que caracteriza al recinto por sí mismo. La sintetización matemática de la respuesta al impulso, en este caso, se utiliza únicamente para probar el resto del software y la misma está dada por la siguiente ecuación:

$$y_i = A_i e^{\pi_i t} \cos(2\pi f_i t) \text{ Siendo } f_i \text{ la frecuencia del T60 y } \pi_i = -\ln(10^{-3})/T60$$

2.6. Conversión a escala logarítmica

La escala logarítmica se utiliza para trabajar todas las señales y valores en dB. La misma viene dada por la siguiente ecuación: $20\log|A|/\max(A)$

2.7. Suavizado de la señal

Los distintos suavizados de la señal son fundamentales para los cálculos de los parámetros acústicos temporales debido a que se calculan luego de que la señal sea suavizada. Los suavizados son:

La transformada de Hilbert = Es una herramienta matemática que da como resultado la envolvente compleja de una señal.

El filtro de media móvil = Es un filtro que saca el promedio de una ventana de puntos, dando como resultado un suavizado de la señal en la cual será distinto el suavizado según la ventana elegida. Para este software la ventana se determinó de forma empírica comparando el suavizado con diferentes valores de ventana.

Integral de Schroeder = La integral suaviza la caída de la señal integrando, lo que facilita la medida del tiempo de reverberación. Esta integral se la llama también "integral hacia atrás" por el método que utiliza. Es

importante la elección del intervalo de integración, el cual se obtuvo a través del método de Lundeby.

Lundeby = Método de obtención del extremo de la integral de Schroeder. Este extremo es importante debido a que llegado un punto de la señal, la misma no logra superar el piso de ruido y por lo tanto, hacer la integral de Schroeder en esa zona no otorga información útil para calcular los parámetros acústicos.

2.8. Cuadrados mínimos

Es un procedimiento de análisis numérico en la que, dados un conjunto de puntos, se intenta determinar la función continua lineal que mejor se aproxime a dichos puntos y su respectivo error cuadrático medio.

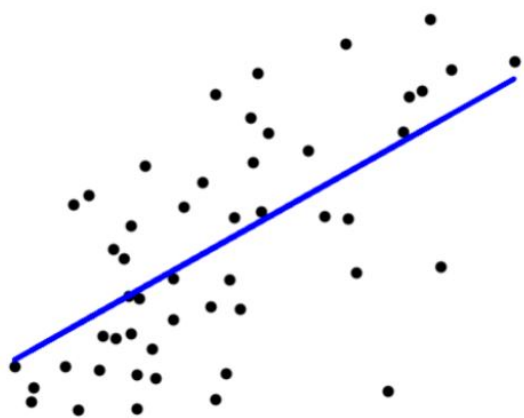


Figura 5:
Aproximación de puntos por métodos de cuadrados mínimos

2.9. Cálculo de los parámetros acústicos

Los parámetros acústicos a calcular son EDT, T10, T20, T30, C80 y D50. Estos parámetros caracterizan al recinto en su acústica y dan información importante para tomar decisiones sobre el acondicionamiento del mismo, los mismos son definidos según la norma ISO 3382. Los parámetros C80 y D50 son parámetros de energía a diferencia del resto que son parámetros temporales.

- EDT: Early Decay Time, es 6 veces el tiempo que tarda en caer 10 dB la señal.
- T10: Es el tiempo que tarda la señal en decaer de 10 dB una vez que la señal ya decayó inicialmente 5 dB
- T20: Es el tiempo que tarda la señal en decaer de 20 dB una vez que la señal ya decayó inicialmente 5 dB
- T30: Es el tiempo que tarda la señal en decaer de 30 dB una vez que la señal ya decayó inicialmente 5 dB

- C80: Es la claridad del recinto, definida como el logaritmo de una integral cuyo intervalo de tiempo es 80 ms, de ahí el 80 en su nombre.
- D50: Es la definición del recinto, definido como el una integral cuyo intervalo de tiempo es 50 ms, de ahí el 50 en su nombre.

3. RESULTADOS

Como resultado obtuvimos distintas funciones creadas y ejecutadas en MatLab, las cuales dan como resultado final el cálculo de los parámetros acústicos ya comentados según la norma ISO 3382. Esos mismos valores de parámetros obtenidos, luego se compararon con los valores del software comercial REW y con esa comparación se armaron tablas de valores de las cuales se muestran el ejemplo de 250 Hz y 500 Hz a continuación:

Fc = 250 Hz	Valor calculado	Valor Obtenido con REW
EDT	2.7015	2.716
T20	2.2787	3.137
T30	2.3561	4.005
C80	-2.2611	-0.8
D50	14.8	37.9

Tabla de comparación de valores entre los parámetros obtenidos con nuestro software y los parámetros obtenidos con el software comercial REW para la banda de frecuencias de 250 Hz

Fc = 500 Hz	Valor calculado	Valor Obtenido con REW
EDT	2.6264	2.753
T20	2.8923	2.911
T30	2.8813	2.794
C80	-1.994	0.09
D50	30.4275	39.2

Tabla de comparación de valores entre los parámetros obtenidos con nuestro software y los parámetros obtenidos con el software comercial REW para la banda de frecuencias de 500 Hz

4. CONCLUSIONES

Concluimos a partir de los resultados y la comparación con los valores obtenidos por el software comercial REW, que el software creado para el presente trabajo tiene fallos en el cálculo de errores debido a fallos en el código. El código presenta errores en el suavizado de la integral de Schroeder debido a que la función de Lundeby genera mal el intervalo de la integral de Schroeder porque se ejecuta una sola vez cuando Lundeby tiene en sí una parte recursiva la cual no se logró concretar.

5. Referencias

- <https://la.mathworks.com/matlabcentral/answers/114442-how-to-design-a-moving-average-filter>

- <https://dsp.stackexchange.com/questions/17121/calculation-of-reverberation-time-rt60-from-the-impulse-response/17123>
- Normativa IEC 61260, 1995
- Normativa ISO 3382
- Farina A. (2000) "Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique..Audio Engineering Society Convention 108. Audio Engineering Society.