

Primeras 26 reflexiones tempranas de una caja de zapatos

Author : leonardoparadavalencia@gmail.com

Una sala puede ser considerada a modo didáctico como una **caja de zapatos** de grandes dimensiones, en la cual se puede imaginar el fenómeno acústico producido al reflejarse la onda producida por una **fente emisora** y que genera una serie de **reflexiones acústicas** que arriban en diferentes tiempo en otro punto de la **caja de zapatos**.

El fenómeno acústico en una **caja de zapatos** puede ser considerado como una **casa de los espejos**, donde en cada superficie se ve reflejada de manera infinita la **fente acústica**.

A modo de análisis de la situación geométrica, se propone el siguiente desarrollo matemático y su implementación en código computacional OCTAVE / MATLAB que al considerar la distancia geométrica, en un ambiente 3D, de la fuente emisora y las **fuentes virtuales** que aparecen como consecuencia de la reflexión en esta casa de los espejos, al receptor dentro de la caja de zapatos, nos permite obtener los tiempos de arribo de las primeras 26 reflexiones.

Análisis geométrico:

Para este análisis consideramos un paralelepípedo el cual genera **26 reflexiones**. El estudio se generaliza considerando la **onda directa**, por lo que obtendremos **27 eventos sonoros** arribando a diferentes tiempos a nuestro punto receptor. La distancia geométrica de las fuentes virtuales se calculo utilizando el clásico **Teorema de Pitágoras**.

Definimos las siguientes variables

$R=(R_x,R_y,R_z)$ que corresponde al vector posición del **receptor**

$E=(E_x,E_y,E_z)$ que corresponde al vector posición del **emisor**

$P=(P_x,P_y,P_z)$ que corresponde a las dimensiones de la **caja de zapatos (sala)**

Definimos los siguientes cambios de variable para simplicidad de los cálculos presentados finalmente.

$$R_x+E_x=S_x$$

$$R_y+E_y=S_y$$

$$R_z+E_z=S_z$$

$$R_x-E_x=D_x$$

$$R_y-E_y=D_y$$

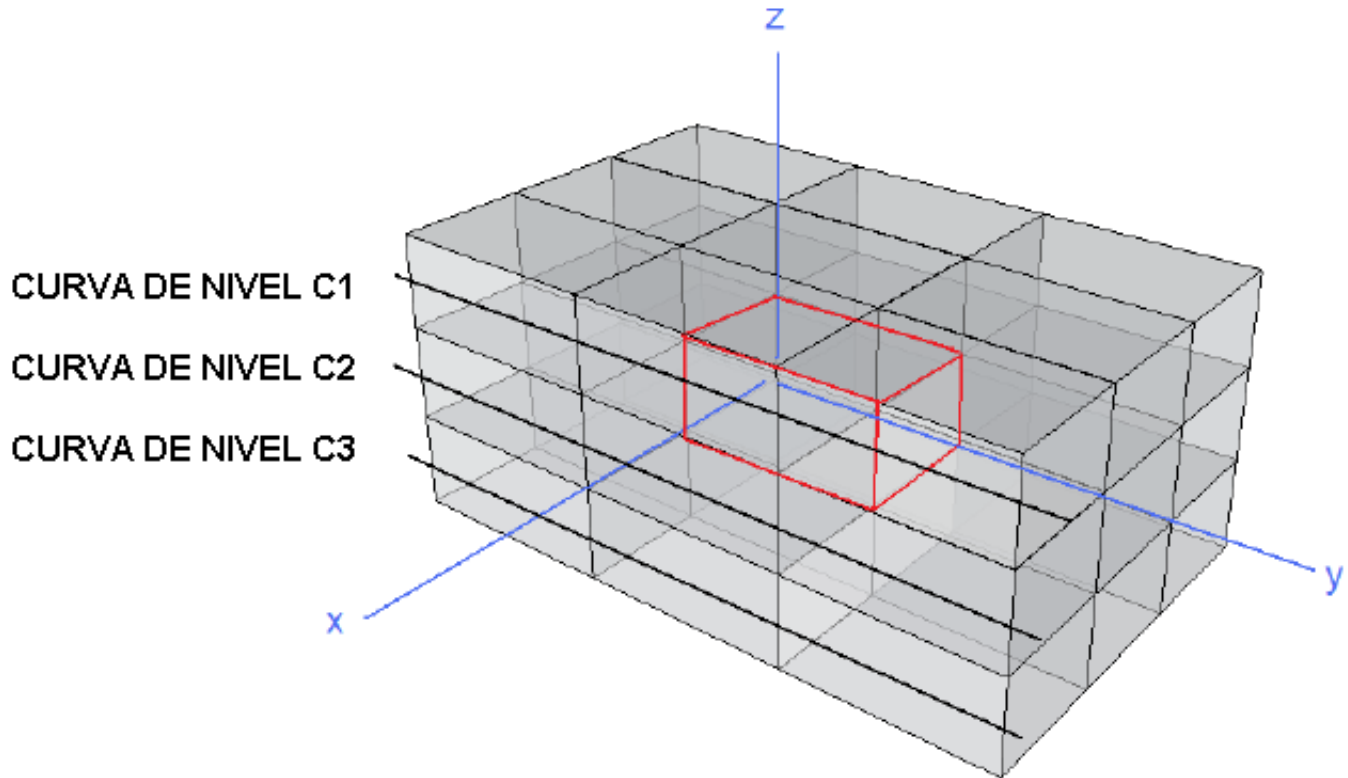
$$R_z-E_z=D_z$$

$$2P_x-S_x=M_x$$

$$2P_y-S_y=M_y$$

$$2Pz - Sz = Mz$$

Sean entonces **C1**, **C2** y **C3** las curvas de nivel en el **eje Z** que definen los planos donde están contenidas las fuentes virtuales desde donde provienen las reflexiones.



Desde **C1** provienen las reflexiones desde abajo, desde **C2** las que provienen a nivel medio y desde **C3** las que provienen desde arriba. Para cada una de ellas definimos una **matriz de 3x3** para así obtener las **primeras reflexiones**.

Matriz **C1**

$$\begin{pmatrix} \sqrt{(Sx)^2 + (My)^2 + (Sz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (My)^2 + (Sz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (My)^2 + (Sz)^2} \\ \sqrt{(Sx)^2 + (Dy)^2 + (Sz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2 + (Sz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (Dy)^2 + (Sz)^2} \\ \sqrt{(Sx)^2 + (Sy)^2 + (Sz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (Sy)^2 + (Sz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (Sy)^2 + (Sz)^2} \end{pmatrix}$$

Matriz **C2**

$$\left(\begin{array}{ccc} \sqrt{(Sx)^2 + (My)^2 + (Dz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (My)^2 + (Dz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (My)^2 + (Dz)^2} \\ \sqrt{(Sx)^2 + (Dy)^2 + (Dz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2 + (Dz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (Dy)^2 + (Dz)^2} \\ \sqrt{(Sx)^2 + (Sy)^2 + (Dz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (Sy)^2 + (Dz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (Sy)^2 + (Dz)^2} \end{array} \right)$$

Matriz **C3**

$$\left(\begin{array}{ccc} \sqrt{(Sx)^2 + (My)^2 + (Mz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (My)^2 + (Mz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (My)^2 + (Mz)^2} \\ \sqrt{(Sx)^2 + (Dy)^2 + (Mz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2 + (Mz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (Dy)^2 + (Mz)^2} \\ \sqrt{(Sx)^2 + (Sy)^2 + (Mz)^2} & \sqrt{(Dx)^2 + (Sy)^2 + (Mz)^2} & \sqrt{(Mx)^2 + (Sy)^2 + (Mz)^2} \end{array} \right)$$

Implementación en **OCTAVE / MATLAB** (parcial utilizando valores constantes)

Cosas por hacer aun:

1. Implementar en el código la opción de dar como datos de entrada las dimensiones de la pieza (sala) y las posiciones del emisor y el receptor, para luego con los algoritmos matemáticos calculados, obtener las distancias de las **fuentes virtuales**, las cuales al multiplicarlas por la **velocidad del sonido** permitirán obtener los **27 tiempos de arribo** correspondientes.
2. Implementar un código para ordenar de menor a mayor los **27 tiempos de arribo**, ya que es requerimiento para la **concatenación de los ecos** y obtener el archivo con la mezcla final.