

Trabalho 2 – Ambientes Imersivos – Simulação do campo sonoro – Audição Binaural

Licenciatura em Engenharia Informática e Multimédia – LEIM - 2023

1. Objectivos

Audição no interior de um espaço aberto ou fechado considerando várias fontes sonoras, binaural e com sistema multicanal de altifalantes.

Pretende simular-se o som resultante de várias fontes colocadas à volta do ouvinte, em espaços abertos e fechados, de forma a criar a sensação de imersividade com a espacialização de som. O conjunto de fontes consiste em 7 pistas de áudio (audio tracks) em ficheiro WAVE que são um excerto da música da Fragile Thoughts BigStoneCulture, ver link em baixo. Assim, se somarmos todas as pistas obtemos a música (os sons podem ser escolhidos à sua escolha).

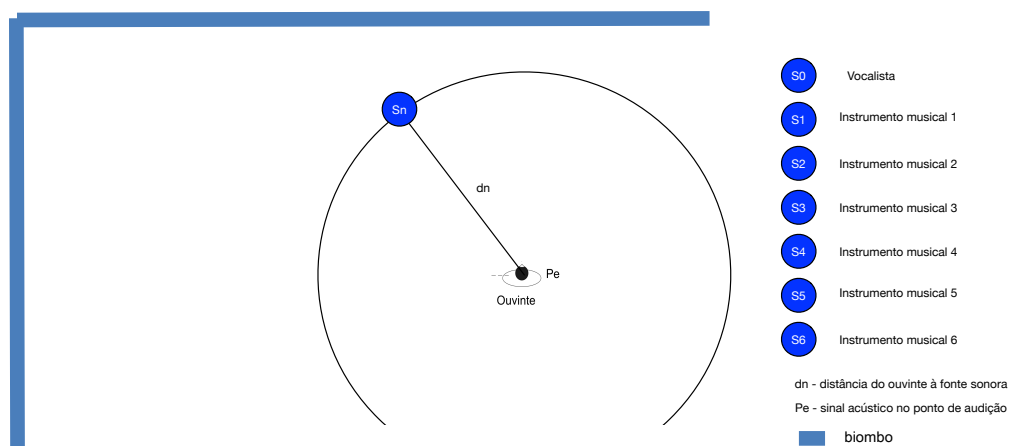
A colocação dos sons à nossa volta e a distâncias diferentes, faz alterar a imersividade do som total, entrando em conta com a atenuação com a distância e a direção das fontes sonoras e a reverberação da sala.

A sala para audição tem uma reverberação que pode ser ajustada a cada situação, variando o Tempo de Reverberação, RT60. Assim, podemos simular vários ambientes sonoros (espaço aberto, auditório, catedral, etc.).

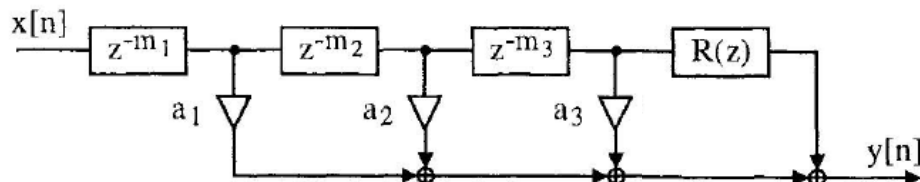
Dentro da sala encontram-se dois biombos que refletem as ondas sonoras. O material constituinte destes dispositivos tem coeficiente de absorção sonora, α , que varia entre 0 e 1, podendo ser alterado pelo utilizador. A distância dos biombos ao utilizador é arbitrária, podendo ser ajustada pelo utilizador

A figura ilustra um esquema onde as fontes sonoras (vocalista + instrumentos musicais) estão colocadas em círculo à volta do ouvinte, contudo, a colocação das fontes sonoras pode ser arbitrária.

Todos os cálculos devem ser desenvolvidos em função dos parâmetros geométricos e acústicos dos materiais, para que, de uma forma fácil, possam ser alterados pelo utilizador, seguindo as boas práticas de programação.



Queremos simular a pressão sonora no interior da sala, utilizando o modelo de filtro digital dado pela seguinte figura (slide 31). Onde m_1 é o atraso da onda sonora direta, os restantes m_i são os atrasos relativos das primeiras reflexões nos biombos (atrasos do filtro FIR) e os a_i é a soma das atenuações devidas à atenuação geométrica do som e à absorção sonora nas paredes (coeficientes do filtro FIR). $R(z)$ refere-se ao campo reverberante, decaimento da energia sonora da sala, sendo implementada com o filtro de Schroeder (Comb filter, pág. 33 slides).



2. Implementação

Questão 1 – Sinal sonoro em um ponto (audição monaural) no plano horizontal, com sala

Utilizando o modelo apresentado na figura, sintetize o sinal sonoro na saída, (guarde em ficheiro WAVE), para as seguintes situações:

- Campo direto
- Primeiras reflexões (ordem 1)
- Campo Reverberante para os seguintes valores de RT60: 0s, 0.5s, 2s e 10s.
- Campo total = Campo direto + Primeiras reflexões + Campo Reverberante

Nota: RT60 = 0s, indica que estamos em espaço livre (câmara anecoica), não existe reverberação.

Questão 2 – Sinal sonoro nos ouvidos do ouvinte (audição binaural) no plano horizontal, com sala

Utilizando sinais de áudio, queremos simular o ouvinte no interior da orquestra, com os instrumentos musicais à sua volta. Apresente o sinal binaural utilizando as funções HRTF (guarde em ficheiro WAVE) para as seguintes situações:

- Resolva a alínea anterior com coeficiente de absorção sonora, α , igual a 0, 0.5, 0.8 e 1.
- Resolva a alínea anterior com Campo Reverberante para os seguintes valores de RT60: 0s, 0.5s, 2s e 10s.

Questão 3 – Reprodução de som em sistema multicanal de altifalantes utilizando a abordagem Ambisonic, no plano horizontal, com sala

Pretende-se codificar os sons da orquestra para serem reproduzidos em sistema de altifalantes existente na Sala de Som Imersivo do Laboratório de Áudio e Acústica do ISEL.

Vamos codificar/decodificar as fontes sonoras no formato Ambisonic (ver slides 36 a 40). O procedimento é o seguinte:

- Codificar as fontes sonoras nas componentes W, X, Y (slide 39), para as mesmas localizações obtidas na Questão 1 (ondas diretas e ondas refletidas);
- Definir a geometria de localização dos altifalantes (vamos utilizar a circular com 8 altifalantes, podem não estar igualmente espaçados!);
- Criar um microfone virtual localizado no ouvinte e que aponta na direção de cada altifalante (slide 38, com $p=0.5$);

- 4- Adiciona-se a cada canal o efeito da reverberação (filtra-se o sinal de cada canal com o filtro $R(z)$);
Obtêm-se assim os sinais que vão ser aplicados a cada altifalante;
- 5- Para efeitos de comparação, obter um som binaural (slide 40), para ouvir em auscultadores, com a aplicação das HRTFs ao sinal de cada altifalante e soma dos canais L e R.

Questão 4 – Reprodução de som em sistema multicanal de altifalantes utilizando a abordagem Ambisonic, no plano horizontal, com o ficheiro de som ambisonic gravado na aula

Pretende-se descodificar o som gravado com o microfone ambisonic Zoom H3VR para serem reproduzidos em sistema de altifalantes existente na Sala de Som Imersivo do Laboratório de Áudio e Acústica do ISEL.

- 1- O ficheiro de som ambisonic disponibilizado está no formato A (a correspondência entre os canais do ficheiro wave é: canal1 -> FLU; canal2 -> FRD; canal3 -> BLD; canal3 -> BRU).
Converta o formato A para o formato B – W, X, Y, Z (slide 37);
- 2- Utilize os scripts Python dos pontos 2, 3 e 5 da Questão 3, com o novo som, para obter os sinais que vão ser reproduzidos por cada altifalante e/ou pelos auscultadores.

Nota1: implemente o código de forma a ser possível fazer o MUTE qualquer uma das fontes sonoras.

Nota2: utilize ficheiros de áudio no formato WAVE com 16 bits/amostra e $F_s = 48000$ Hz.

Nota3: utilize o Método das Imagens para calcular as reflexões das ondas sonoras nos biombos.

Nota4: a implementação é realizada com linguagem de programação Python.

Nota5: os resultados obtidos por cada grupo serão validados na Sala de Som Imersivo do Laboratório de Áudio e Acústica do ISEL, no início de janeiro de 2024.

Datas de entrega do trabalho:

Até dia 07 de janeiro de 2024

Fontes diversas:

- Conjunto de sons disponibilizados. ‘Fragile Thoughts’ Edited Excerpt
<https://cambridge-mt.com/ms/mtk/#BigStoneCulture>