

理想规则房间中的房间混响系统设计

一、 实验描述

本实验研究并设计一个理想条件下（室内无物品，墙壁各个面吸声系数为常数，声源和收声在同一位置）的房间混响系统。实现通过输入房间参数（长、宽、高）对音频进行不同的房间混响处理并输出为与输入相同采样率的 wav 文件。

通过参考 Moorer 模型和赛宾公式得到该系统。

二、 实验原理

假设：

1. 室内空旷无杂物
2. 墙壁各个面的吸声系数相同
3. 声源和收声在同一位置，直达声无延迟

原理：

1. 通过长方体表面积体积公式计算房间体积、表面积以及混响时间和混响参数。

表面积、体积实现代码

$$v=L*W*D$$

$$s=L*W*2+L*D*2+W*D*2;$$

$$T_{60} = (0.16*v)/(0.1*s);$$

赛宾公式

$$T_{60} = \frac{-0.161V}{S(-a)} = \frac{0.16V}{aS}$$

2. 通过 Moorer 模型模拟房间混响：

◆ 模拟早期反射：抽头延迟

通过 19 个串联延迟器加权后取和得到早期反射信号。权值为衰减因子，

通过参考文献获得。延迟时间 t 也通过参考文献获得。延迟点数 N 计算公式为 $N = f_s \cdot t$, f_s 为采样率。

- **模拟混响声：4 个并联的梳状滤波器子系统和 2 个串联的全通滤波器子系统**

☆ **梳状滤波器模块子系统：一个梳状滤波器和 1 个低通滤波器串联**

梳状滤波器：

由于每次反射都会因为墙壁、障碍物等吸收一部分能量，所以声音信号的能量呈指数衰减。因此混响信号可以看成由直达声与许多逐步衰减、不断延迟的回声信号叠加而成，很自然的想到可以利用等比数列求和来进行模拟混响

$$y(n) = x(n) + ax(n-t) + a^2x(n-2t) + \dots$$

其中 a 为衰减系数, t 为延迟时间, 通过查表获得; $x(n)$ 为输入信号, $y(n)$ 为混响信号, 其传递函数可写为

$$H(z) = \frac{1}{1 - az^{-t}}$$

恰好为一个 IIR 梳状滤波器。

低通滤波器：

考虑空气对高频信号据有衰减作用, Morrer 模型中采用了在梳状滤波器中增加一个低通滤波器的方法来模拟空气对高频信号的衰减作用。

☆ **全通滤波器子系统：**

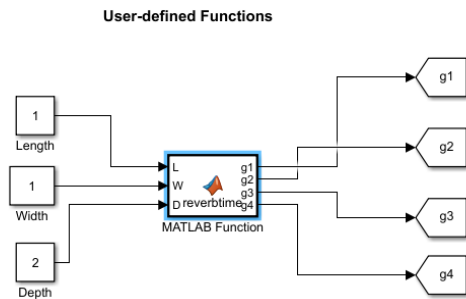
由于梳状滤波器频谱曲线不平坦, 呈现明显的梳状效应, 从而对不同的频率成分幅度产生波动, 导致有金属声染色效应, 听起来不够自然, 另外, 单纯使用梳状滤波器, 其回声密度相比真实情况还是不够多。使用全通滤波器可以使得声音密度提高并减效声音染色效应。输入参数通过查表, 其传递函数为

$$\frac{z^{-L} - a}{1 - az^{-L}}$$

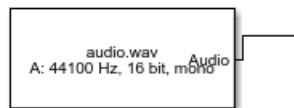
三、 实现步骤

1. 设置初始房间参数计算混响时间和参数

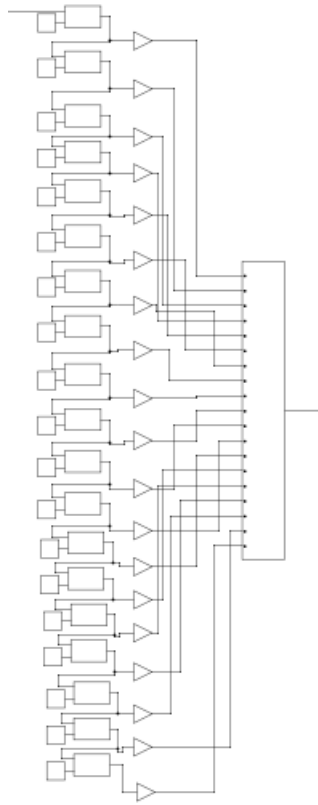
设置模拟房间的长宽高，输入 user_defined function 中，编写 m 文件通过公式计算混响时间、梳状滤波器参数等，将梳状滤波器参数作为输出



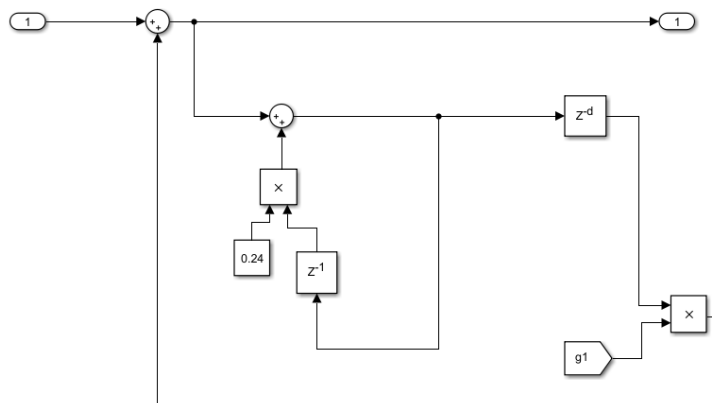
2. 导入用于测试的长度为 2s，采样率为 44100Hz 位深度 16bit 的 wav 文件并设置测试时长（设置与导入音频长度相同为 2s）

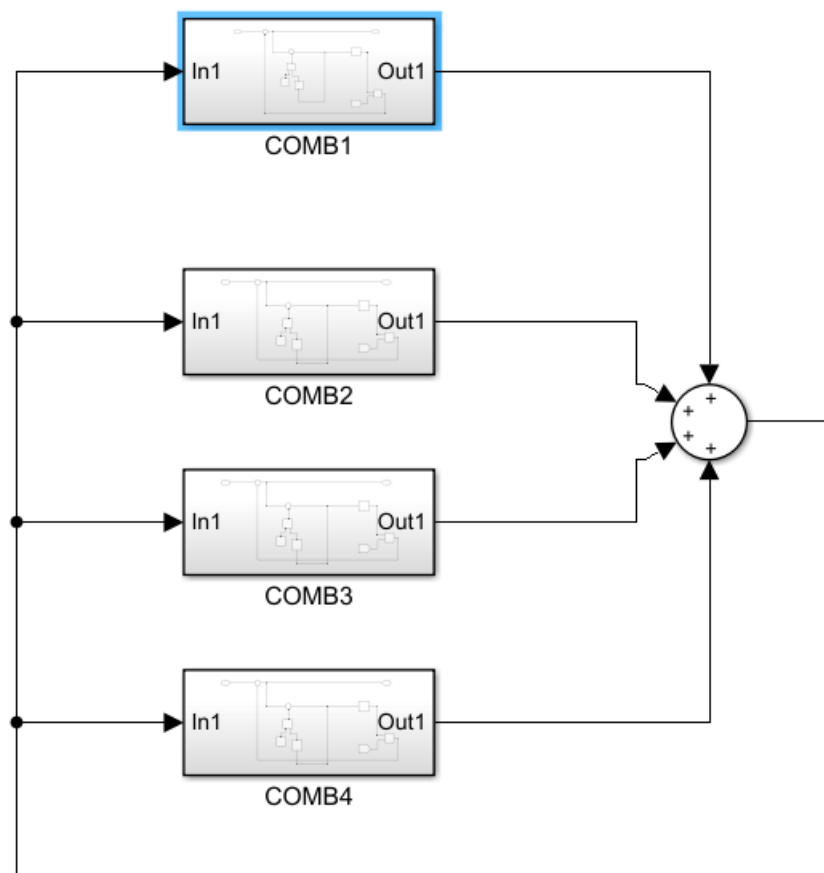


3. 设置前期混响声延迟模块及参数

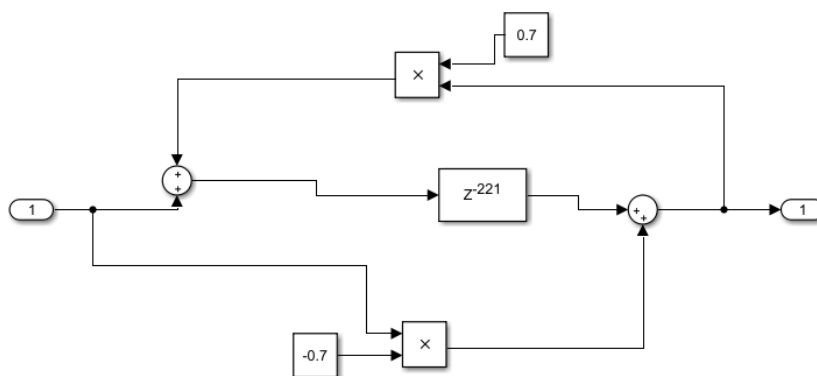
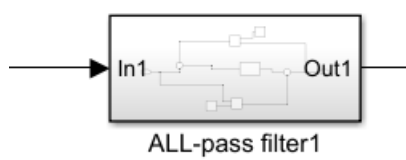


4. 设置后期混响声梳状滤波器的子系统模块，在子系统中通过 goto-from 调用 1 中求得参数



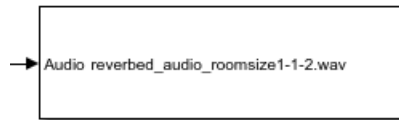


5. 设置后期混相声全通滤波器的子系统模块。

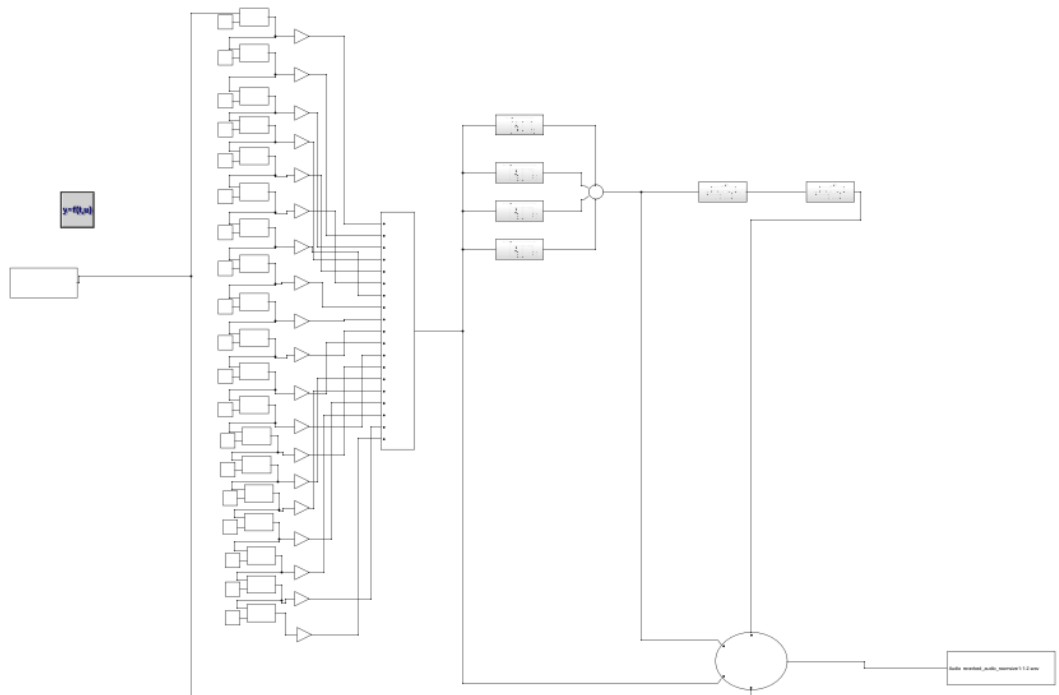




6. 设置音频输出模块



7. 连接以上模块，并设置参数



四、 进度安排

5 月：熟悉 MATLAB 操作，了解混响相关知识，查阅相关文献

6 月 24~7 月 2 日：进行实验

7 月 2 日~7 月 3 日：写实验报告