

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、 测试环境

硬件：

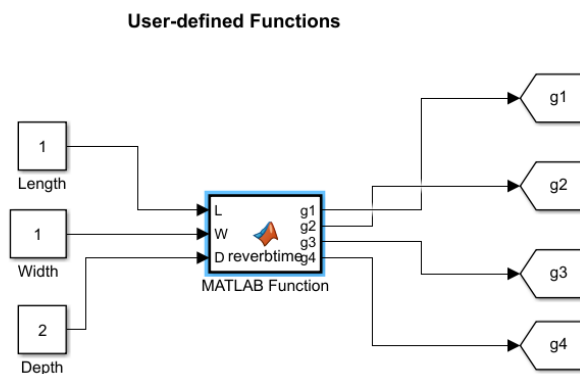
设备规格	
设备名称	DESKTOP-RPMN9KS
处理器	Intel(R) Core(TM) i7-8750H CPU @ 2.20GHz 2.20 GHz
机带 RAM	8.00 GB (7.82 GB 可用)
设备 ID	36EC678C-DB46-4047-9B82-764274CE752A
产品 ID	00342-30262-00002-AAOEM
系统类型	64 位操作系统, 基于 x64 的处理器
笔和触控	没有可用于此显示器的笔或触控输入

图表 1

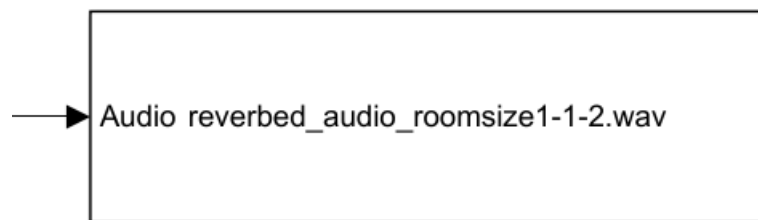
软件：MATLAB R2018a Adobe Audition 2020

三、 测试步骤

1. 在 user_defined functions 中输入房间参数运行并保存含参数的文件名的音频文件



图表 2



图表 3

```
function [g1,g2,g3,g4]= reverbtime(L,W,D)
%generate the parameters in relevance of reverb time
%L:length W:width D:depth
%calculate T_60: reverb time,based on Sabine eqation
v=L*W*D;
s=L*W*2+L*D*2+W*D*2;
T_60 = (0.16*v)/(0.1*s);

%generate a: attenuation coefficient for lp filter
a=[0.24 0.26 0.29 0.32]

%calculate g:feedback coefficient,based on Moorer model
g1=(1-0.366/T_60)*(1-a(1,1));
g2=(1-0.366/T_60)*(1-a(1,2));
g3=(1-0.366/T_60)*(1-a(1,1));
g4=(1-0.366/T_60)*(1-a(1,1));
```

图表 4 该图为插入 MATLAB function 代码

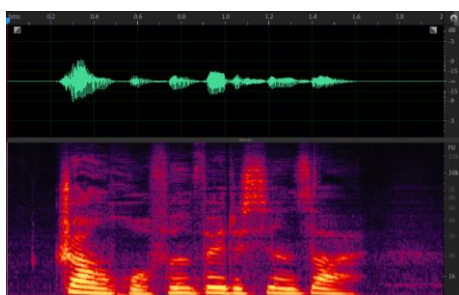
2. 用 Adobe Audition 2020 播放得到的 wav 音频文件听效果。查看通过系统前的音频文件的时域波形图和频谱图和通过系统后的时域波形图和频谱图

5. 使用不同的房间参数重新编译运行并保存为不同的文件名，进行实验
6. 对比收听多个文件、用 Adobe Audition 2020 查看频谱图

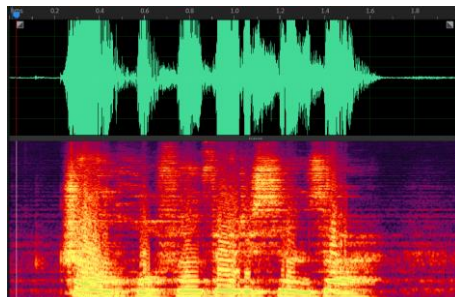
四、 测试结果

不同房间参数的输出音频听感上有很大空间感差别。

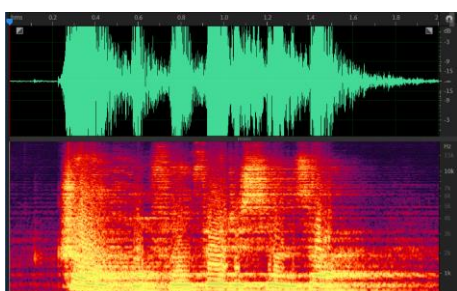
五、 结果分析与讨论



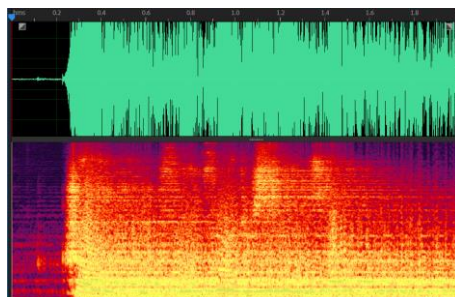
图表 5 原音频 audio.wav



图表 6 1-1-2 大小房间混响文件
reverbed_audio_roomsize1-1-2.wav



图表 8 5-5-2 大小房间混响文件
reverbed_audio_roomsize5-5-2.wav



图表 7 10-10-20 大小房间混响文件
reverbed_audio_roomsize10-10-20.wav

在声音增幅上来看，所有经过混响系统的音频信号都增强了，房间越大，音频信号增幅越明显。

在声音清晰度上来看，房间尺寸越大，声音信号越浑浊，混响效应越明显。

六、 遇到的问题、解决方法

首先遇到的问题是模型选取。混响现有模型有梳状滤波器、Schroeder 模型、Moorer 模型，搭建难度逐次递增。在选哪个上纠结了很久。最后因为相关参数（在抽头滤波部分延迟时间是经过前人实验的参数）的问题选择了参考数据最多的 Moorer 模型。

然后遇到的问题是因对 MATLAB 中 sumulink 板块不熟悉，导致不知道怎么用模块搭建模型。sum 和 add 两个模块居然不能通用，导致很长一段时间怀疑模型设计有问题，无法用 multisim 实现。因为没有实验需要的传递函数模板，导致最后按照结构图用延迟器和加法器乘法器搭建了几个子系统。最后这个问题是通过不断查 MATLAB 说明文档和百度解决的。还参考了文章搭建系统。

最后遇到的问题是搭建模型超过 MATLAB 的计算能力，MATLAB 弹出窗口说超过最大延迟器可以计算的点数。解决方法是在读取原音频文件的时候在 output 中减少 samples per audio channel（写为了 1），使得仿真时间变长。但是在音频更长的时候可能会不好用。

七、 实验体会与心得

实践是真理的唯一途径。看上去简单的系统搭起来很难。选择实验题目的时候觉得自己选了个简单的，结果操作起来还是很困难。应该好好掌握 DSP 理论知识。时间安排应该给自己留下更大的弹性空间。

在家学习应该更加自律。