

语音信号的频谱分析与噪声抑制

语音信号是最常见的信号之一，对其进行研究具有重要的理论意义和实用价值。对语音信号进行频谱分析是语音信号处理中常见的方法。在本实验中，我们将对离散时间语音信号样本进行频谱分析，观察语音信号的频谱特性，并根据语音信号的频谱特点设计离散时间滤波器进行噪声抑制处理，并同时考察经过相应处理后的语音信号的特性。与此同时，本实验还将对语音信号进行抽取和内插等处理。通过本实验可以了解语音信号的特性，加深对傅里叶分析的理解。

1、实验简介

本实验对已录制的语音信号样本进行频谱分析及处理。给定两个离散语音信号（采样率为 22.05 KHz），分别对应同一个语音信号的纯净无噪版本和叠加了单音正弦噪声的版本。将加噪语音基于频域分析进行噪声抑制处理后通过扬声器播放。人耳可以感知滤波处理后语音信号发生的相应变化。本实验还将对语音信号进行抽取和内插等处理，实现基本的变速率处理。整个实验的原理框图如图 1 所示。

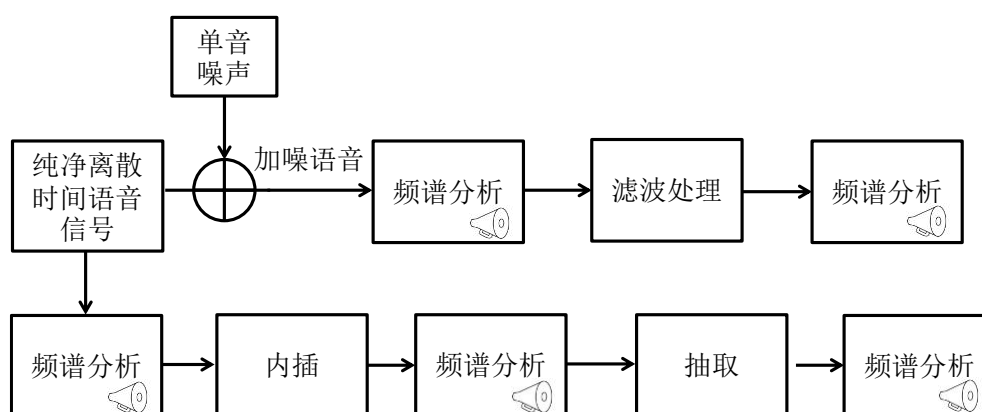


图 1 实验原理框图

2、实验内容

(1) 通过扬声器感知纯净语音与加噪语音样本之间的差异。利用 MATLAB 编程，绘制语音信号样本的幅频特性，比较纯净语音与加噪语音样本的频谱差异。

(2) 设计离散时间滤波器，对加噪语音信号进行滤波处理，实现噪声抑制。观察噪声抑制后的语音信号频谱，并用人耳感知噪声抑制效果。

(3) 对语音信号内插与抽取处理，观察内插和抽取过程中的信号频谱的变化，并用人耳感知处理过程中的语音效果。

3、实验步骤

(1) 实验前查阅相关资料，学习 MATLAB 编程的基本方法。编写 MATLAB 子函数，实现离散时间语音信号的频谱特性绘制功能。调用该子函数绘制纯净语音与加噪语音信号的幅频特性。通过纯净语音信号频谱确定该语音样本频谱分布大致范围。通过纯净语音与加噪语音的幅频特性对比，判断单音干扰的频率位置。图 2 给出绘制信号幅频曲线的基本步骤，其中 Q 可取 20000。

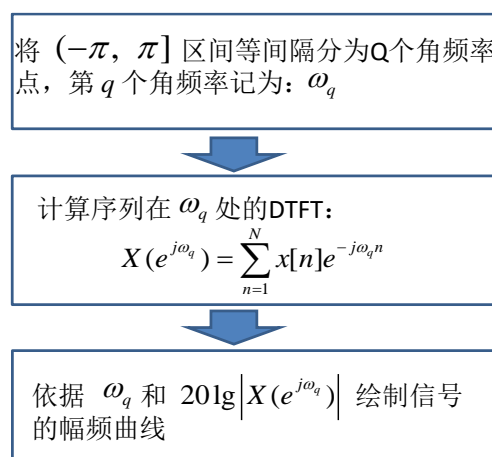


图 2 绘制信号幅频曲线的步骤

(2) 依据上述判断的语音频谱范围以及单音噪声的频率，设计低通 FIR 滤波器，绘制所设计 FIR 滤波器的频率响应。对加噪语音信号进行滤波处理，实现噪声抑制。观察滤除噪声抑制后的语音信号频谱，并用人耳感知噪声抑制效果。低通 FIR 滤波器设计可参考教材 6.7.2 节离散时间非递归滤波器举例。

(3) 依据上述判断的语音频谱范围以及单音噪声的频率，设计 FIR 带阻（陷波）滤波器，绘制所设计 FIR 滤波器的频率响应。对加噪语音信号进行滤波处理，实现噪声抑制。观察滤除噪声抑制后的语音信号频谱，并用人耳感知噪声抑制效果。FIR 带阻滤波器设计可以通过在单位圆设置零点方式来实现。

(4) 对纯净的语音信号首先进行 2 倍内插实现增采样，然后进行 5 倍抽取实现减采样。观察内插和抽取过程中的信号频谱的变化。并用人耳感知处理过程中的语音效果。

4、思考题

(1) 语音信号在离散时间域的频率与连续时间域的频率是如何对应的？试判断叠加的单音噪声对应的连续时间频率。

(2) 本实验的噪声叠加的是单音正弦波。如果噪声是多音正弦波，即由多个不同频率的正弦波构成。此时的噪声抑制滤波器应该如何设计？

(3) 如果给语音样本再叠加随机的白噪声信号，其频谱分布在整个频段，此时的噪声抑制滤波器应如何设计？

(4) 通过内插抽取处理可以调整语音信号采样速率。试针对给定的纯净语音信号样本，在不发生频谱混叠条件下，通过变速率处理尽可能得到采样率最低的样本序列。

(5) 你在实验中发现了什么问题，试用掌握的理论知识对其做出分析和讨论。

(6) 通过实验你有哪些收获，对进一步改进实验有什么建议。

5、MATLAB 函数

以下给出了可能会用到的 MATLAB 函数。在 MATLAB 命令行通过输入 `help name`，可以查看关于 `name` 的具体帮助信息。

- (1) 音频文件读取函数：`[y, Fs] = audioread(filename);`
- (2) 音频样本播发函数：`sound(y, Fs)`
- (3) 绘制 XY 曲线函数：`plot(X,Y)`
- (4) 离散时间卷积函数，可用于滤波处理：`y = conv(x,h)`
- (5) `length(y)`：给出矢量 `y` 的样本点的个数
- (6) `abs(x)`：对 `x` 中每个元素进行取模值运算
- (7) `log10(x)`：以 10 为底取对数运算