

基于 LabVIEW 的声音信号观察和分离

高峰

(复旦大学 物理系 200433)

摘要: 本文介绍了一种利用编程软件LabVIEW编写的声音信号分析程序。该程序用于采集或提取声音信号并对其进行分析和储存,以直观定量的形式展现一定时刻声音的强度和频率分布,分析声音的组成特点;并利用滤波的方法分离声音,或者将混合声中的噪音信号减轻甚至消除,达到降噪的目的。

关键词: LabVIEW 声音信号 强度 频率 滤波 降噪

1 引言

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 是一种图形化的编程语言开发环境。它包含了信号采集、测量分析与数据显示功能,提供了大量的信号处理函数和信号分析工具,并且极易与各种数据采集硬件无缝集成。利用LabVIEW的这种特点,可以对声音信号进行采集、分析和存储。

声音信号主要包含了声音强度和频率分布这两个主要信息。不同的声音具有不同的强度和频率分布;尤其是声音的频率分布,是衡量不同声音信号的重要量度。根据声音信号不同的性质,便可以分离出所需要的声音,去除无用信号。

2 实验内容

2.1 程序设计

利用 LabVIEW 采集和分析声音信号的程序包括前面板和程序框图两部分。

2.1.1 前面板

程序前面板如图 2.1 所示。

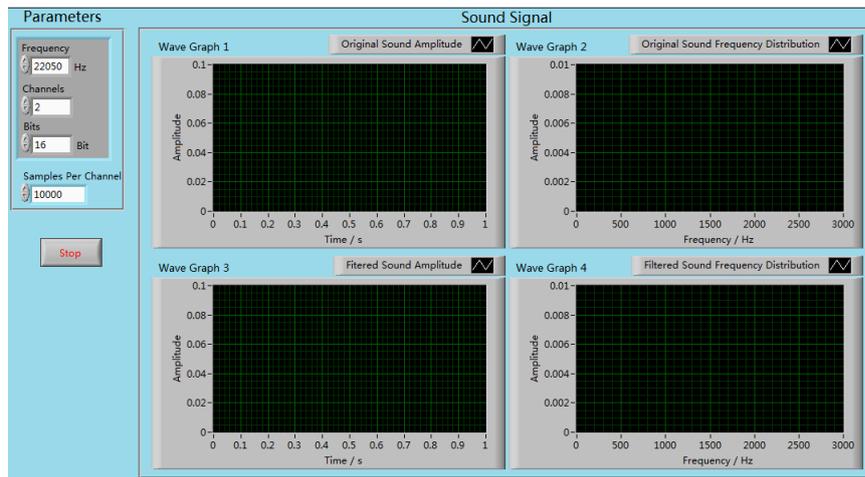


图 2.1 程序前面板

面板一共分为三个部分:

(1) 参数设置部分: 通常情况下可以设置采样频率为 22050Hz, 通道数为 2, 比率为 16。每通道采样数决定了程序在采样数目达到多少以后在面板上显示一次波形。根据实际效果, 推荐设置该参量为 10000。

(2) 波形显示部分: 该部分主要在声音分析以后, 输出声音的强度波形和频率波形。Wave

Graph 1 和 Wave Graph 3 分别输出原始信号和滤波后信号的强度，其横坐标为时间，单位为 s；纵坐标为强度，单位为任意单位。Wave Graph 2 和 Wave Graph 4 分别输出原始信号和滤波后信号在某一确定时刻的频率分布，其横坐标为频率，单位为 Hz；纵坐标为强度，单位为任意单位。

(3) 停止按钮：用于结束声音采样，并将采集的信号储存至音频文件。

2.1.2 程序框图

本实验的程序框图如图 2.2 所示。

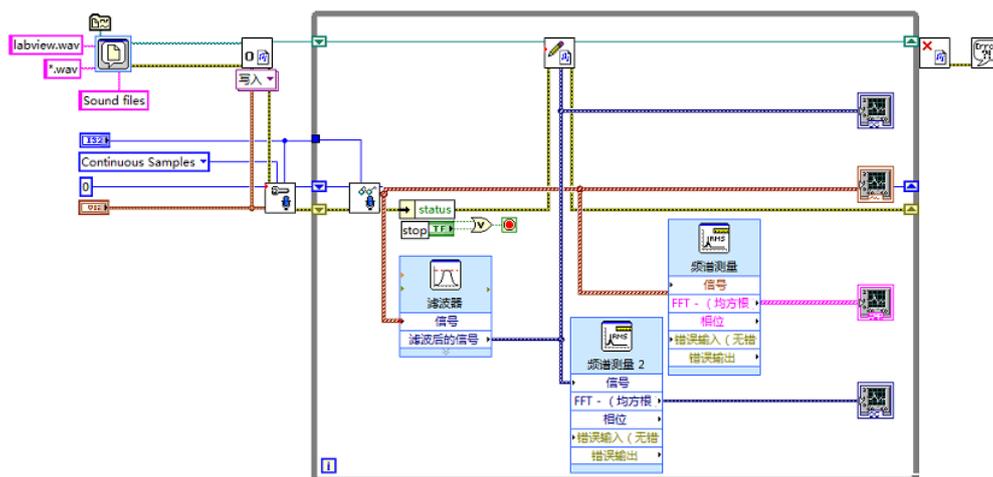


图 2.2 程序框图

整个程序的运行包含下列几个步骤：采集声音信号；读取声音信号，分析并输出波形；将声音信号写入文件；停止则程序结束。

2.2 实例分析

本程序既可以直接对原始声音信号进行分析，也可以对音频信号进行处理。下面分别进行介绍。

2.2.1 原始声音信号的分析

(1) 白噪音信号

图 2.3 所示的是白噪音（亦即电视屏幕在出现雪花时的噪音信号）声音强度随时间的变化（左图）以及 0s 时噪音的频率分布（右图）。

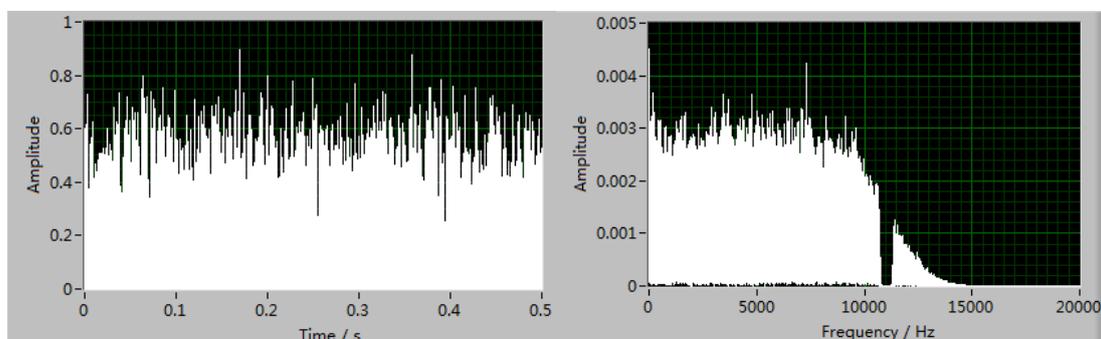


图 2.3 白噪音信号的声音强度和频率分布

从图 2.3 中不难看出，白噪音信号的声音强度随时间的变化基本上是随机的，没有什么规律性。在 0-9500Hz 的频率区间内，每一频率对应的强度基本也是随机的；从 9500Hz 开始，每一频率对应的强度基本随着频率的增加而减小，并且在 10500Hz-11500Hz 的区间内出现了频率空白，即每一频率所对应的强度均为 0。总体上而言，白噪音给人一种无规律的嘈杂感。

(2) “呼呼塞拉”声音信号

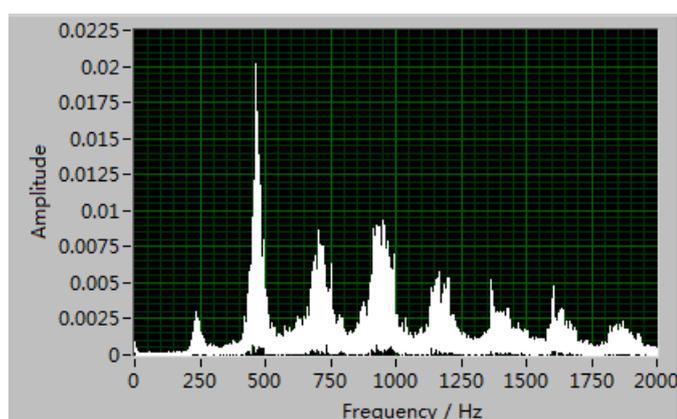


图 2.4 “呼呼塞拉”频率分布图

图 2.4 所示的是 2010 年南非世界杯上的典型噪音“呼呼塞拉”的频率分布。从图中可以看出，该声音实际是由多个频率的信号叠加而成。将图中前 5 个峰所对应的频率 f 对峰序号 n 作 $n \sim f$ 直线拟合，如图 2.5 所示。

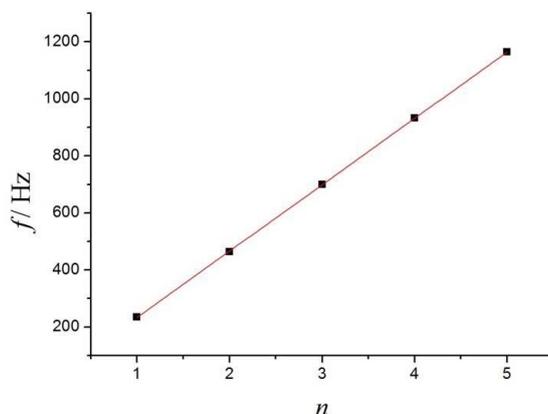


图 2.5 $n \sim f$ 直线拟合图

直线的线性相关系数 $R^2 = 0.9998$ ，直线方程为

$$f / \text{Hz} = 232.8n + 0.4$$

亦即两个相邻峰所对应的频率间隔约为 233Hz。由于纵截距非常小，可以认为“呼呼塞拉”峰值频率出现在

$$f = (233n)\text{Hz} \quad (n=1,2,3\cdots)$$

这事实上与“呼呼塞拉”的发声特点相吻合。“呼呼塞拉”是一种吹奏乐器，类似于喇叭。它发声时应满足开管驻波的条件：

$$f = n \frac{v}{2L} \quad (n=1,2,3\cdots)$$

其中, f 为声音频率; v 为空气中声速, 数值上取 340m/s; L 为开管长度, 对于“呜呜塞拉”而言可取 0.7m。于是可以估算发生频率应为:

$$f = (243n)\text{Hz} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

这与测量结果还是比较一致的。一般情况下, 将 $n = 1$ 的频率称为基波频率; 将 $n > 1$ 的频率称为谐波频率。于是“呼呼塞拉”某一时刻的声音强度满足傅里叶展开的形式

$$F(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n \geq 1} [a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)]$$

其中, $\omega = 2\pi f = 1.46 \times 10^3 \text{s}^{-1}$, a_n 、 b_n 可以通过实验测定。

需要说明的是, 从图 2.4 中可以看出, 声音信号在峰频率处并非很好的线形, 而是有一个展宽。这可能是因为不同的“呜呜塞拉”规格 (即管长 L) 不同, 所对应的驻波频率也就有所不同。管长 L 不同导致的峰频率展宽可以用下式来表示:

$$\Delta f = \frac{1}{2}nv \left(\frac{1}{L_{\min}} - \frac{1}{L_{\max}} \right) = \frac{1}{2}nv \frac{\Delta L}{L^2 - \Delta L^2} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

其中, Δf 表示峰频率展宽; v 表示空气中的声速; L_{\max} 、 L_{\min} 分别表示最大和最小管长; $\Delta L = L_{\max} - L_{\min}$ 为管长间隔; L 为信号强度最大所在频率对应的管长, 或者平均管长。从上式可以看出, 随着峰序数的增加, 峰频率展宽会加大; 这与图 2.4 基本是一致的。

2.2.2 滤波信号的分析

滤波事实上是利用 LabVIEW 的“滤波器”函数将相应频率的信号去除或保留, 可以用于信号分离和降噪。图 2.6 左显示的是一段声音信号在某一时刻的频率分布。该段声音信号

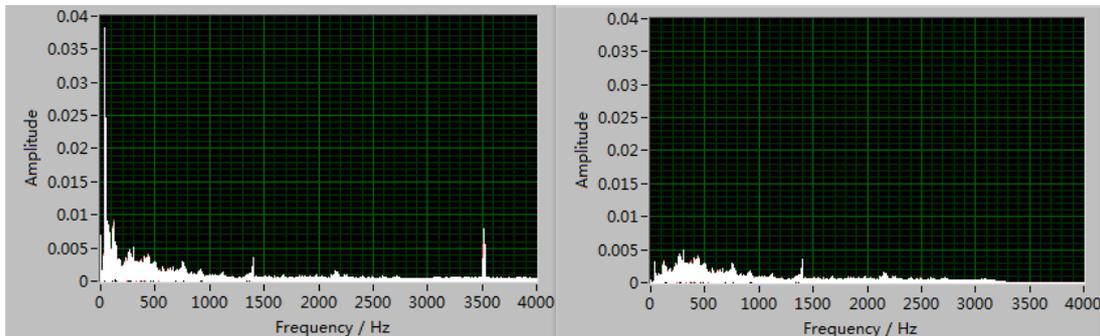


图 2.6 滤波前后声音信号频谱图

的主体是人的说话声, 频率分布在 200~1000Hz (1400Hz 处的峰位可能是人说话声音的谐波); 另外夹杂两处噪音信号, 一处位于 3500Hz 附近, 另一处位于 40Hz 附近。使两个滤波器串联, 一个滤波器设置为去除 100Hz 以下的所有信号, 另一个滤波器设置为去除 3500Hz 以上的所有信号 (这种设置对于人声而言没有任何损失)。滤波后得到的频率分布如图 2.6 右所示。对比左右两图不难发现, 两处噪音信号被很好的滤除而人声得以很好的保留, 从而达到降噪的目的。从实际的声音效果来看, 去噪目的也基本达到。

3 实验结论

利用 LabVIEW 编写的“观察和处理声音信号”程序可以很好的观测任意时刻音频信号的强度和频率分布, 进而对音频信号进行分析处理, 发现其中规律并加以利用。利用滤波功能可以去除声音信号中的噪音信号, 或者将不同频率分布的声音信号加以分离; 但是该种滤波方法需要一定的条件: 待分离信号和保留信号的频率分布间隔比较大, 或者待分离信号的频率分布比较窄。事实上本程序不仅仅对声波有效, 对于光波、电流信号等各种可以接收的

信号都可以进行分析处理，这具有非常广阔的应用前景。

致谢

感谢俞熹老师以及其他老师在实验过程中给予的大力帮助，尤其感谢合作者张咪同学在实验过程中的讨论并在程序编写方面的帮助。

参考文献：

- [1]周爱军等. 基于声卡的LabVIEW数据采集与分析系统设计[J]. 微计算机信息（测控自动化）. 2005, 21(9).
- [2]吕家苻等. 基于LabVIEW的声强测量分析系统的研究[J]. 内蒙古农业大学学报. 2008, 29(2).
- [3]马慧英等. 管中的驻波：管乐器与簧乐器. 物理通报[J]. 2004, 4.
- [4]陈锡辉等. LabVIEW8. 20程序设计从入门到精通[M]. 北京：清华大学出版社. 2007.

The observation and separation of sound signals based on LabVIEW

Gao Feng (07300190053)

(Physics Department, Fudan University 200433)

Abstract This article describes a program developed with LabVIEW which is used to collect, analyze and record the sound signals. The qualities of the signals such as the amplitude and frequency distribution can be observed straightforwardly and quantitatively with this program. Besides, the program provides a function of filtering wave which can be used to separate sound signals and through this method, noise can be reduced or removed.

Keywords LabVIEW Sound Signal Amplitude Frequency Filtered Wave
Noise Reduction