

基于声卡和 MATLAB 的音频信号的采集和处理

陈璇¹, 李启海¹, 朱万彬², 张继勇³, 鲁秀娥³

(1. 长春理工大学, 长春 130022; 2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130022;

3. 吉林省文化科技研究所, 长春 130022)

摘 要: MATLAB 是数据分析和处理功能都非常强大的工程实用软件, 可以灵活地驱动声卡采集和处理音频信号。本文探讨了基于声卡和 MATLAB 的音频信号采集和数据处理方法, 并结合古琴音板音频检测的应用实例进一步证明: 利用声卡做主要硬件, MATLAB 做软件进行音频信号的采集和处理不仅简单可行, 而且编程处理方便, 可以广泛应用于音频检测等工程领域。

关键词: 声卡; MATLAB; 音频信号采集; 频谱分析

中图分类号: TG501; TG113.24+4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9870(2010)03-0071-04

Collecting and Processing of Audio Signal with MATLAB and Soundcard

CHEN Xuan¹, LI Qihai¹, ZHU Wanbin², ZHANG Jiyong³, LU Xiu'e³

(1. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022;

2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022;

3. Jilin Culture and Technology Institute, Changchun 130022)

Abstract: MATLAB can drive soundcard to collect and process the audio signal smartly with its huge function of data analyzing and processing. The method of collecting and processing of audio signal with soundcard and MATLAB software is discussed in this paper. A case of using audio signal to detect the soundboard of ancient qin is combined to prove that, this method have been widely applicated in the engineering fields for its simpleness and conveniency.

Key words: soundcard; MATLAB; collection of audio signal; analyzing of frequency

音频是多媒体信息的一个重要组成部分, 音频信号的频率范围大约是 20Hz~20kHz。音频信号的采集和处理已经广泛应用于材料无损检测、语音识别、噪声抑制等工程领域。对实时采集音频信号并进行分析处理的技术和方法进行探讨, 具有一定的意义。

MATLAB 是由美国 Mathworks 公司于 1984 年正式推出的一种将矩阵运算作为基础的交互式程序语言。它是一款数据分析和数据处理功能都十分强大的工程实用软件, 不仅方便编程而且可以实现信号可视化^[1]。目前一般的 PC 机声卡采样频率都达

到 44.1kHz 或 48kHz, 其 16 位的 A/D 精度比普通的 16 位 A/D 卡都要高, 是性价比很高数据采集卡, 完全能满足一般的音频信号的采集分析要求。将二者结合起来, 利用声卡作为音频信号采集和处理的主要硬件, 运用 MATLAB 驱动声卡进行实时采集, 并利用 MATLAB 的数据分析处理功能可实现音频信号的特征量提取。

1 音频信号的采集

Data Acquisition Toolbox 是 MATLAB 中主要用于数据采集的工具箱, 它提供了一套完整的工具

收稿日期: 2010-05-26

基金项目: 文化部科技创新项目(27_2009)

作者简介: 陈璇(1986-), 女, 硕士研究生, 主要从事虚拟设计的研究, E-mail: chenxuan3121@163.com。

通讯作者: 朱万彬(1963-), 男, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事激光应用方向的研究, E-mail: Wanbinzhu@163.com。

集,用于对基于 PC 的数据采集硬件进行控制和与之通讯,并将采集的数据写入 MATLAB 工作区进行分析。Data Acquisition Toolbox 通过 MATLAB 接口与硬件设备打交道,通过 MATLAB 编程来直接控制声卡进行数据采集^[2]。采集方法主要有以下两种:

方法一:将声卡作为一个模拟输入对象来进行采集,分四个步骤进行:

(1) 建立设备对象,进行初始化。MATLAB 将声卡等设备都作对象处理,通过对对象的操作来作用于硬件设备,并同时建立起模拟信号采集的对象:

```
ai = analoginput('winsound'); % 'winsound' 为声卡的驱动程序
```

(2) 给 ai 对象添加采集通道,设置音频采集的属性参数:

```
addchannel(ai, value); % 设置采集音频的通道
```

```
set(ai, 'SampleRate', value); % 设置音频信号采集的采样频率
```

```
set(ai, 'SamplesPerTrigger', value); % 设置采集音频信号的长度
```

```
set(ai, 'TriggerRepeat', value); % 设置连续采集的次数
```

```
set(ai, 'TriggerDelay', value); % 设置延长的时间长短
```

```
set(ai, 'TriggerType', value); % 设置音频信号采集的触发方式
```

```
set(ai, 'TriggerConditionValue', value); % 设置音频信号采集的触发临界值
```

```
set(ai, 'TimeOut', value); % 设置超时等待的时间长短
```

在进行数据采集时,可通过以上函数按照实际实验或工作要求来节制数据采集时的行为。其中采样频率是由声卡物理特性直接决定的参数,在对其进行设置时需根据采样定理选择声卡支撑的采样频率。

(3) 启动设备对象,开始采集数据:

```
start(ai);
```

```
[data, time] = getdata(ai, ai.SamplesPerTrigger); % 获得采样值向量
```

当声卡被触发后,声卡设备会自动将采集的数据存入 MATLAB data Engin 中,利用函数 getdata 即可从中提取所需数据,同时在 data Engin 中删除。也可以通过 save 函数直接将包含数据的变量存

成 MAT 文件保存于计算机中,并通过调用函数 load 进行数据加载,从而利用 MATLAB 中其他工具箱的函数做进一步数据分析和处理。

(4) 停止采集并清除设备对象:

```
stop(ai);
```

```
delete(ai);
```

方法二:直接调用 wavrecord 功能函数采集音频信号。wavrecord 是利用 windows 音频输入设备录制声音,函数调用方式为:

```
wavrecord(n, fs, ch, dtype);
```

n: 采样点数,决定录音长度;

fs: 采样频率,为 8000Hz、11025Hz、22050 Hz、44100Hz 之一,默认值为 11025Hz;

ch: 样本采集通道,1 为单声道,2 为双声道,默认值为 1;

dtype: 采样数据存储格式,即每个样本的解析度。

以上两种方法皆可很好的实现对音频信号的采集。

2 音频信号的处理

MATLAB 具有强大的矩阵运算能力,它提供了许多可用于音频信号分析和处理的工具箱,如:系统时域辨别、系统频域辨别、数值分析和统计等。利用 MATLAB 分析处理音频信号的基本方法主要是对采集得到的信号进行合适的滤波处理,时域分析、频域分析、等。分析处理后如果是音频数据,还可用 wavwrite 转换成 WAV 格式文件或用 sound wavplay 等函数直接回放。

音频频率范围一般可以分为四个频段:低频段(30-150Hz);中低频段(30-150Hz);中低频(150-500Hz);中高频段(500-5000Hz);高频段(5000-20000Hz)。受环境噪声和信号噪声比等方面的限制,在对声信号采集过程中,不可避免地会产生噪声。为剔除噪声等干扰信号,一般需通过滤波器对所采集的信号进行滤波。滤除无用的干扰信号从而准确确定频率成分是信号分析中的关键。数字滤波器设计是 MATLAB 信号处理工具箱一个重要的组成部分。在滤波器的设计中,既可以采用直接程序设计法,也可利用 MATLAB 中专门的设计工具 FDATOOL、SPTOOL 等进行设计。数字滤波器根据其单位冲激响应函数的时域特性可分为两类:无限长单位冲激响应(IIR)数字滤波器和有限长单位冲激响应(FIR)数字滤波器。就设计方法

而言, MATLAB 信号处理工具箱提供了各种滤波器设计函数和滤波器实现函数, 针对 IIR 滤波器的设计方法主要有巴特沃斯法、切比雪夫法、椭圆滤波法, FIR 滤波器设计方法有窗函数法、频率采样法和切比雪夫等波纹逼近的最优化设计方法^[3,4]。具体可根据频谱的特点和处理信号的目的, 设计出各种各样符合要求的数字滤波器。

音频信号在时域上只是基于时间轴上的一维数字信号, 通过时域分析只能反映信号的幅值随时间的变化情况, 相比之下, 频域中往往包含更多的信息, 所以一般常对音频信号进行频域内的研究。功率谱分析法可以反映能量在各个频率下的分布情况, 应用最为广泛。功率谱分析可以分为经典谱分析与现代谱分析。经典谱分析中最简单的就是周期图法, 又分为直接法与间接法。直接法是对采样信号的序列直接进行离散傅里叶变换, 然后去幅值的平方; 间接法先计算 N 点样本数据的自相关函数, 然后取自相关函数的傅里叶变换。在 MATLAB 中可用 `periodogram()`、`psd()`、`pwelch()` 等实现经典功率谱分析。现代谱分析可以分为参数模型谱估计和非参数模型谱估计。参数模型谱估计有 AR 模型, MA 模型, ARMA 模型等; 非参数模型谱估计有最小方差法和 MUSIC 法等^[5]。在 matlab 中, 现代谱估计的很多方法都可以实现。music 方法用 `pmusic` 命令实现; `pburg` 函数利用 `burg` 法实现功率谱估计; `pyulear` 函数利用 `yule-walker` 算法实现功率谱估计等等。另外, `sptool` 工具箱也具有功率谱估计的功能。窗口化的操作界面很方便, 而且有多种方法可以选择。

3 应用实例

笔者在古琴音板的声学振动特性研究中, 基于

木材的音频检测理论, 通过敲击装置使古琴音板产生音频信号, 并通过声音传感器将音频信号传入声卡, 利用声卡的 A/D 转换功能将数据存入计算机, 运用了 MATLAB 软件编制程序实现实时采集敲击古琴音板的音频信号, 并对该音频信号进行滤波处理以及功率谱分析, 提取该音频信号的基音频率, 即古琴音板的一阶共振频率, 根据木材声学振动理论, 可实现对古琴音板的初步音色评估。

实验中采用 PC 机普通声卡, 驻极体电容式传声器 WM61, 传声器到声卡之间是普通电线, 未采取任何屏蔽措施, 背景噪声控制 -20dB 以下。古琴音板试材为 1200mmx180mmx30mm 的白松, 正常气干, 含水率已调至平衡。

实验原理框图如图 1 所示。

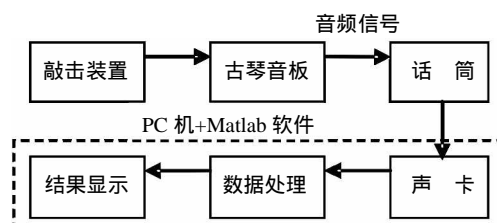


图1 古琴音板检测系统实验原理图

Fig.1 The schematic diagram of experimental setup of the detecting system for the ancient qin's soundboard

在音频信号的采集过程中, 采用人工触发方式启动, 采样率为 44100HZ (单通道), 采样时间为 3s。图 2 是采集音频信号的时域图, 表现了音板振动发出的声音自由衰减的整个过程。截取 200ms 内的数据进行观察, 如图 3 所示, 可发现在瞬态激励的前 40ms 内, 振动波形显得较为杂乱, 在后 40ms~140ms 内, 振动波形基本呈现规律, 波形衰减幅度也较小。此段振动发出的声音中泛音肯定很弱, 是最佳提取基音频率的阶段。图 4 为提取 40ms~140ms 时间段内的音频信号经滤波后再进行

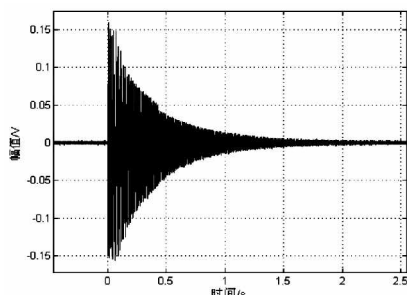


图2 古琴音板音频信号完整衰减的时域图

Fig.2 The time domain chart of the audio signal attenuation of ancient qin's soundboard

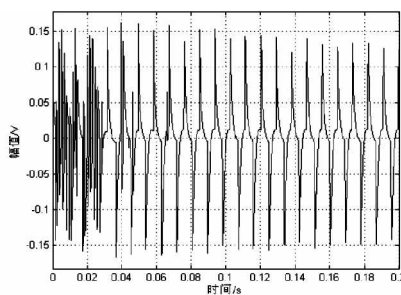


图3 200ms内古琴音板音频信号衰减的时域图

Fig.3 The time domain chart of the audio signal attenuation of ancient qin's soundboard in 200ms

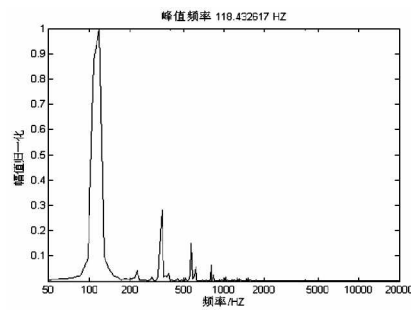


图4 古琴音板音频信号的频域图

Fig.4 The frequency domain chart of the audio signal of ancient qin's soundboard

频谱分析得到的频域图。图中峰值频率即古琴音板的一阶共振频率。

以下是音频信号采集和处理的部分程序：

```
ai=analoginput('winsound');
ch=addchannel(ai, 1);
----- ; % 设置音频信号采集的属性参数
start(ai);
[ data , time ] =getdata(ai);
stop(ai);
delete(ai);
plot(time , data , 'b');
xlabel('时间/s');
ylabel('幅值/V');
grid on;
timelength=0.2;
----- ; % 截取 200ms 内数据 ;
figure
plot(time , data , 'b');
axis( [ min(time) max(time) 1.1*min(data) 1.1*
max(data) ] );
xlabel('时间/s');
ylabel('幅值/V');
grid on;
stop(ai);
delete(ai);
----- ; 截取 40ms~140ms 内数据 ;
----- ; % 滤波处理 ;
----- ; % 功率谱分析处理 ;
figure
```

```
plot(f, F(1:length(f)), 'b');
xlabel('频率/HZ');
ylabel('幅值归一化');
axis( [ 50 20000 min(F(1:length(f))), max(F(1:
length(f))) ] );
set(gca, 'Xscale', 'log', 'Yscale', 'linear');
set(gca, 'Xtick', [ 50, 100, 200, 500,
1e+3, 2e+3, 5e+3, 1e+4, 2e+4 ] );
[ C, I ] =max(F(1:length(f)));
title(sprintf('峰值频率 %f HZ', f(I)));
```

4 结论

本文介绍了基于声卡和 MATLAB 的音频信号采集和处理技术。在实际应用中根据实验的具体情况,可运用 MATLAB 软件对各属性参数进行修改,在不同的实验条件下根据实验效果的对比得出最佳实验方案。经实例证明该音频信号采集和处理技术实现简单,人机界面友好,性价比高。

参考文献

- [1] 李亚微,郭敏.基于 MATLAB 的音频数据采集系统[J].电声技术,2007,31(3):57-58.
- [2] 付俊庆,李凤玲.MATLAB 环境下的实时数据采集方法[J].测控技术,2004,23(1):30-32.
- [3] 姜占才,袁海良.基于声卡和 MATLAB 的数据采集和分析系统[J].青海大学学报,2006,24(6):67-69.
- [4] 常春,倪铭.基于 MATLAB 和声卡的虚拟仪器设计[J].自动化与仪器仪表,2005(3):23-25.
- [5] 薛年喜.MATLAB 在数字信号处理中的应用[M].北京:清华大学出版社,2003.