

文章编号:1674-2869(2011)10-0096-04

家庭安防系统中声音信号的小波分析与降噪

王会清^{1,2},程 勇^{1,2}

(1. 武汉工程大学智能机器人湖北省重点实验室,湖北 武汉 430074;
2. 武汉工程大学计算机科学与工程学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:在 LabVIEW 环境下,针对家庭安防系统所采集的声音数据进行了小波分析与降噪研究,通过试验较好地实现了现场声音采集和去噪处理. 系统运行表明,采用小波降噪方法达到了理想效果,在人的听觉范围内既没有感觉到噪声,又无失真现象.
关键词:家庭安防系统;LabVIEW;声音处理;小波降噪
中图分类号:TP311.53 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.10.022

0 引 言

在家庭智能报警系统中,当客户端进行设防的条件下,探测器通过数据采集卡向控制主机发出报警指令时,控制主机将通过相应功能模块来启动相应的拾音器和 USB 摄像头进行现场声音与图像信息采集,并把采集到的数据经过处理后与用户的具体信息一起通过 LabVIEW 中 Internet 工具包的 FTP 网络技术传送到服务器端,并通过 GRPS 彩信猫把采集的声音与图像以彩信的形式发向用户预先设定的手机. 由于在现场进行声音采集时会受到各

种噪声以及背景信号的干扰和影响,包括拾音器和声卡自身带来的噪声,要求采集声音信号之后,必须经过降噪处理,使传送到接收端的信号在人的听觉范围内既消除了噪声的干扰,又不存在失真现象. 本文就是在此背景下,基于 LabVIEW 平台,对现场语音信号采集与处理进行了研究和试验.

1 系统简介

该家庭智能报警系统客户端所需硬件主要由控制主机、数据采集卡、探测器、遥控器等组成^[1-2]. 整个系统组成如图 1 所示.

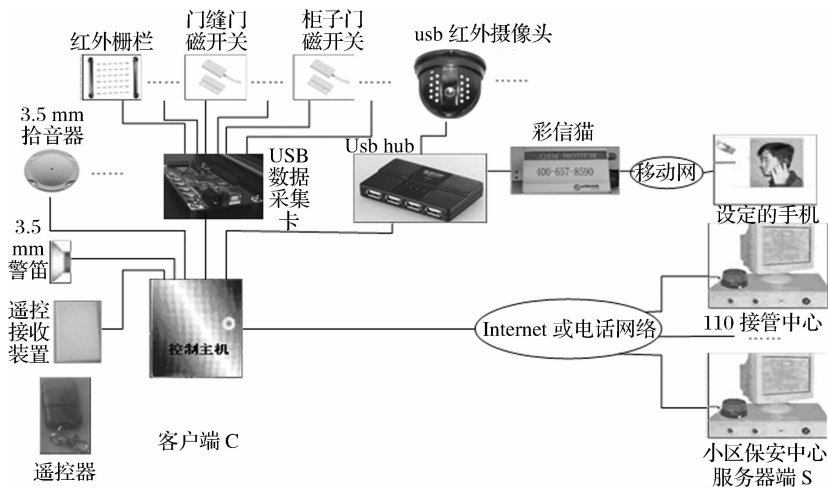


图 1 系统硬件连接图

Fig. 1 Connection diagram of the systematic hardware

系统中的遥控接收装置通过 USB 口与控制主机连接,将 3.5 mm 警笛插入声卡的 Line out 插孔,3.5 mm 拾音器并联后插在声卡的 Line in 插

孔. 红外栅栏的电源正、地线分别与所配带的电源正负线连接,信号线接在数据采集卡的 DI 相应的引脚,同时将地线接在数据采集卡的 GND 引脚.

门缝门磁开关,柜子门磁开关的两根线分别接在数据采集卡的 GND 和 DI 相应的引脚上. USB 红外摄像头以及 GPRS 彩信猫,直接插在与控制主机相连的 USB HUB 上 USB 母口. 当 SQL Server 数据库的彩信发送表 MSG OUTBOX 里有客户端相应的功能模块采集的现场数据时,彩信猫就会通过移动网络向用户预先设定的手机发送彩信. 客户端控制主机通过 Internet 或电话网络与服务器端的 110 接警中心、小区保安中心以及用户指定地点等进行数据通信.

系统所用的探测器为东尼 TONY-A7 拾音器,考虑到 Mic in 插孔有前置放大电路,容易引起噪声且会导致信号过负荷,而将其与 Line in 连接,但由于拾音器是高灵敏度的声音采集装置,声卡本身以及控制主机风扇等其它部件也容易形成噪声源,所以在实际运行中先把采集的声音放大,经过去噪等信号处理后再将采集的声音信号传送出去.

2 现场语音信号采集与处理

2.1 小波去噪原理

信号和噪声在小波域中有不同的形态表现,它们的小波系数幅值随尺度变化的趋势不同. 随着尺度的增加,噪声系数的幅值很快衰减为零,而真实信号系数的幅值基本不变. 小波去噪的机理就是基于信号与噪声的小波系数在尺度上的不同性质,采用相应的规则,对含噪信号的小波系数进行取舍、抽取或切削等非线性处理,以达到去除噪声的目的^[3-4].

小波去噪的本质是一个函数逼近的问题,就是如何在由小波母函数伸缩和平移版本所展成的函数空间中,根据提出的衡量准则,寻找对原信号的最佳逼近,以完成原信号和噪声信号的区分. 因此,小波去噪方法也就是寻找从实际信号空间到小波函数空间的最佳映射,以便得到原信号的最佳恢复. 在实际工程中,有用信号通常表现为低频部分或是一些比较平稳的信号,而噪声信号通常表现为高频信号. 所以,小波去噪实际上是特征提取和低通滤波的综合.

2.2 小波去噪方法研究

去噪的基本思路是带噪信号经过预处理,然后利用小波变换把信号分解到各尺度中,在每一尺度下把属于噪声的小波系数滤除掉,保留并增强属于信号的小波系数,最后再经过小波逆变换恢复信号.

相对于傅里叶变换滤波的等步长频谱去噪,小波变换去噪是二等分频谱去噪,只有进行小波

分解才能实现等步长频谱去噪. 在小波去噪处理中,选用的小波不一样,去噪效果也不一样. 小波去噪方法大致上可分为^[5-7]:①小波系数收缩法:分为阈值收缩和比例收缩;②投影方法:将带噪信号以一种迭代的方式投影到逐步缩小的空间. 由于最后的空间能更好地体现原信号的特点,所以投影法也能够有效地区分噪声和信号;③相关法:是基于信号在各层相应位置上的小波系数之间往往具有很强的相关性而噪声的小波系数则具有弱相关或不相关的特点来进行去噪的.

由小波消噪原理可知,利用小波变换进行去噪的基本方法为:首先选择一个小波并确定小波分解的层次 N ,然后对信号进行 N 层小波分解. 分解后的近似信号代表低频信号,它包含有用信号的主要成分;细节信号为高频部分,包含有用信号的高频成分和噪声成分. 在这个过程中,选择合适的小波基对降噪效果影响很大. 一个合适的小波基,能使信号能量分布在少数的几个基底上. 对于小波分解的尺度,若信号中噪声含量较多,小波变换尺度要大些;而噪声含量较少时,小波变换尺度可小一点. 其次,高频系数的阈值选取和量化. 在处理过程中,小波变换的近似信号全部保留,而对于从第一层到第 N 层的每一层的高频系数,选择一个阈值,并对高频系数用阈值函数进行量化处理. 最后根据小波分解的第 N 层的低频系数和经过量化处理后的第 1 层到第 N 层的高频系数,进行声音信号的小波重构.

2.3 基于 LabVIEW 的小波去噪实现

系统声音信号的采集、处理和传送是在 LabVIEW 平台下的子程序实现的. 录制声音的子 VI 程序运行时,先检测报警是否处于设置状态,若是,则检查存放采集声音文件的目录是否存在,存在就通过声音子 VI 进行声音采集,不存在则动态地创建此目录.

声音采集是通过声音子 VI 进行,如图 2 所示. 声音文件从 0 开始动态的每隔 20 s 就以下一个数字为文件名,以 .mid 为扩展名建立. 声音子 VI 左边的两个输入变量分别控制采集的采样数目和采集的硬件设备 ID. 程序运行时,首先通过 Sound File Open 函数打开声音文件,通过配置声音输入函数对采集的声音信息及参数进行配置,然后通过读取声音函数读取采集的声音数据进行放大 3 倍和小波降噪后存入到声音文件.

一个实用的现场声音信号采集系统不仅要具有声音信号的采集、传送和回放功能,还应具有进行复杂的声音信号分析和处理功能. 通常这些信

号处理的运算量比较大,而且又要满足实时的快速高效处理要求,以完成对声音信号的采集和处理任务.

在进行声音处理最初试验中,尝试着采用了

自适应滤波降噪、联合视频分析降噪和小波降噪等方法,效果都不太理想.用普通的滤波器几乎没有任何效果;自适应滤波降噪虽然噪.

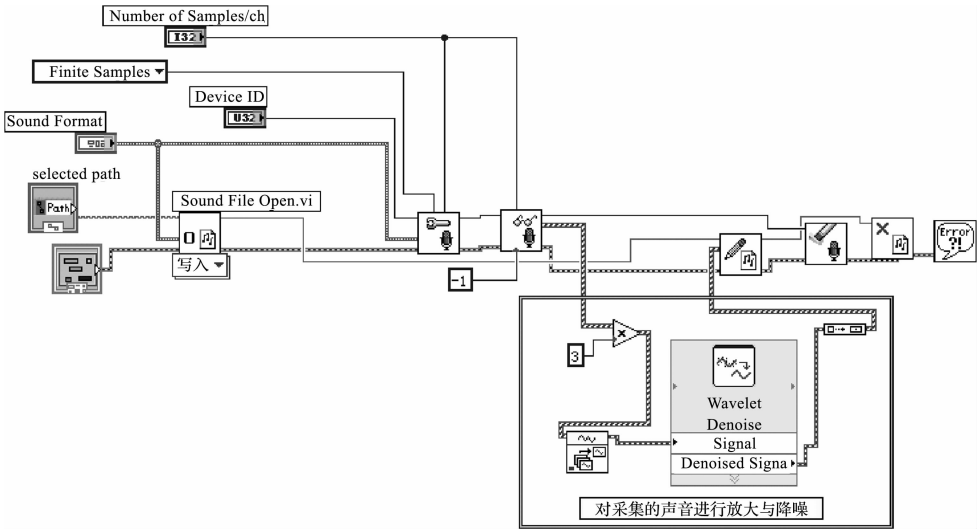


图 2 声音子 VI(对声音数据放大和降噪)

Fig. 2 Sound VI subroutine (amplification of sound data and noise reduction)

声降低了很多,但不够彻底.自适应分析因地点不同选取的背景参考噪声可能就不同,从而用在本文是行不通的;而联合时频分析在系统采集的声音降噪中有一定的失真.最终确定采用小波降噪方法.但在该方法中,小波分析所涉及的参数太多,需要经过大量的分析研究与试验才使得小波分析降噪法达到了理想效果.

在小波降噪处理过程中,所选的小波不一样,去噪效果也不同.先选取了小波函数中的 Daubechies、Symlets 和 Coiflet 小波族进行比较试验.通过对信号数据进行小波变换,然后将重构信号与原始信号的信噪比和峰值误差大小作比较,选取最优小波基.并进行了在选择同一个小波家族的情况下,比较不同的滤波器长度;在选择滤波器长度相同的情况下,比较不同家族的小波的研究.结果确定 Coif N 小波族较优.消噪过程是通过对小波分解系数进行阈值量化来实现的,它可以让用户选择自己的量化方案.经过试验比较,选定通用阈值形式,其大小是通过运算 $\sqrt{2 * \log(\text{length}(X))}$ 作为阈值.

声音降噪的实现是在 LabVIEW 环境下,系统采集到的原始数据通过 MATLAB Script 节点,进行小波阈值降噪.小波降噪的主要参数是小波个数、小波的分解层数及采用的小波类型等.测试中,确定小波分解级数的依据是,若信号的信噪比大些,即信号占主要成分,则分解级数就小一点;

反之,若信号的噪声占主要成分,分解级数就大些.具体参数设置: Transform type 为 undecimated wavelet transform (UWT); Wavelet 类型为 coif3; 小波分解层数为 3; 相应的 Threshold Settings: Thresholding rule 为 Universal; Rescaling method 为 Multiple; Option for approx 为 Threshold; Data type 为 waveform. 经过反复试验比较,以上的参数设置降噪效果为最佳,在人的听觉范围内没有感觉到噪声存在.其降噪前后的波形如图 3、4 所示.

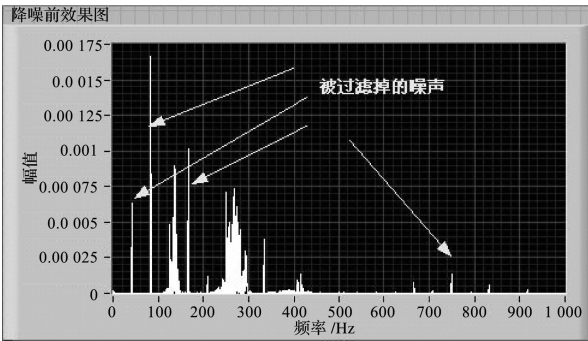


图 3 降噪声前的信号

Fig. 3 Sound signal before noise reduction

从原始声音信号的波形图中可以看出其中包含有噪声,先对其利用小波进行完全分解,最后重构信号,选用合适的小波函数,采用 3 层分解级数,从图 3、4 中可以明显的看出,处理后的声音信号基本不含任何噪声分量.

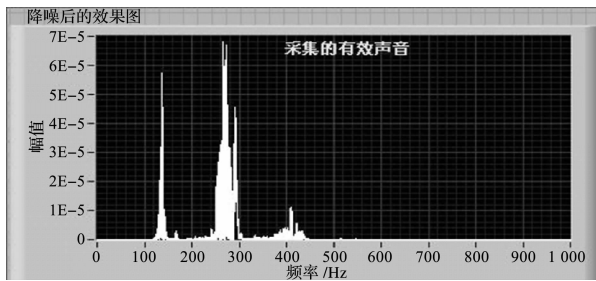


图 4 降噪后的效果

Fig. 4 Effect after the noise reduction

3 结 语

声音信号降噪是任何声音采集都会遇到的问题,需要大量反复的试验才能达到理想的效果.本文经过分析对比自适应滤波降噪、联合视频分析降噪和小波降噪等方法,最终确定了采用小波去噪.由于小波的特性,决定了只有小波降噪在本系统中的效果最为理想.小波分析虽然可行,但因涉及的参数太多,需要经过大量的分析研究与试验才使得小波分析降噪法达到了理想效果,即在人的听觉范围内没有感觉到有噪声存在,同时又无失真现象.在试验中还发现这个声音采集相关的

函数与小波分析降噪函数不能出现在同一个项目工程里,经过研究发现这是 LabVIEW2009 平台的一个 BUG 点(LabVIEW 平台自身的一个缺陷),后来在 LabVIEW2010 中解决了这个问题.

参考文献:

[1] 程勇. 基于 LabVIEW 的家庭智能报警系统研究[D]. 武汉:武汉工程大学,2011.

[2] 王会清,程勇. 基于 LabVIEW 的软件许可证系统设计[J]. 武汉工程大学学报,2011,33(4):81-84.

[3] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 6.5 辅助小波分析与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.

[4] 孙延奎. 小波分析及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

[5] 关履泰. 小波方法与应用[M]. 北京:高等教育出版社,2007:35-37.

[6] 权建峰,李艳,郭东敏. 小波变换模极大值方法对信号的奇异性检测[J]. 探测与控制学报,2009,31(2):46-49.

[7] 谈宏华,潘正春,腾达. 基于 Labvie 的液压站监控系统[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(12):94-97.

Research on wavelet denoising of sound signals in home safety precautions system

WANG Hui-qing^{1,2},CHENG Yong^{1,2}

(1. Hubei Province Key Laboratory of Intelligent Robot, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074,China;
2. School of Computer Science & Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074,China)

Abstract: sound data collected by the safety precautions system based on LabVIEW were analyzed and tested to denoise. Using wavelet denoising with adaptive parameters selected by experiments, the system achieved desired results. Within auditory range we haven't heard noise and distortion.

Key words: home safety precautions system;LabVIEW; sound processing;wavelet denoising

本文编辑:陈小平