

# 声音信号采用小波去噪和小波包去噪的比较

潘颖辉<sup>1,2</sup>

(1. 内蒙古工业大学信息工程学院, 呼和浩特 010080; 2. 内蒙古科技大学包头师范学院信息学院计算机系, 内蒙古 包头 014030)

**摘要:** 受外界条件等因素的影响, 采集到的声音信号中不可避免存在着大量的突变信号, 因此需要对其进行降噪处理。传统的傅里叶分析不能同时分析信号在时域和频域的全貌和局部化特征, 而这些局部化信息恰恰是表征声音信号的关键特质。小波变换在突变信号分析中得到广泛的应用, 在声音去噪应用中取得了良好的效果, 比较了小波分析和小波包分析两种去噪方法。

**关键词:** 去噪; 小波去噪; 小波包去噪; 声音信号

在声音信号的采集过程中由于外界环境等因素的影响, 必然会含有一定的噪声, 这些噪声对声音信号的分析 and 处理的准确度造成很大的影响。因此, 对声音信号进行降噪处理就显得格外重要, 早期的降噪处理主要是使用频谱滤波技术, 该技术对声音信号中的许多尖峰或突变等非平稳信号的降噪处理无计可施。随着小波理论的发展与实际应用中的不断检验, 小波去噪和小波包去噪的方法越来越被人们所接受。

## 1 小波分析

### 1.1 连续小波变换

小波即长度有限的波, 它有两个特点: 一个是“小”, 另一个是“波动性”<sup>[1]</sup>。提到连续小波变换, 则首先要引入基小波, 假如函数  $\psi(t)$  是平方可积函数, 即满足  $\psi(t) \in L^2(R)$ , 傅里叶变换为  $\psi(\omega)$ , 且满足公式 1:

$$C_{\psi} = \int_R \frac{|\psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (1)$$

则称  $\psi(t)$  为基小波, 简称小波。

它的逆变换为公式 2:

$$f(t) = \frac{1}{C_{\psi}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a^2} W_f(a, b) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) da db \quad (2)$$

$W_f(a, b)$  即为  $f(t)$  以  $\psi(t)$  为小波基的连续小波变换, 其中  $a \in R^+$ ,  $b \in R$ ,  $a$ 、 $b$  分别反映出函数的伸缩情况和平移情况。从小波变换的定义式中可以看出, 小波变换是将以为时间函数  $f(t)$  映射成二维的  $W_f(a, b)$  函数, 从而实现了函数的时频域分析<sup>[2]</sup>。

第一层小波变换将原始声音信号分为低频部分和高频部分, 第二层小波变换继续将上一层分解的低频部分做进一步的分解, 依次类推。小波分解算法只能实现对信号低频部分的细化, 对信号中的高频成分没有实现相应的分解。

### 1.2 离散小波变换

在实际应用中, 通常将信号  $f(t)$  进行离散化处理, 即为离散小波变换, 简称 DWT。由于离散小波变换只是提取了连续信号中的部分离散点数据, 因此可以大大简化信号分析和处理的工作量。

离散小波变换即将尺度参数  $a$  和平移参数  $b$  离散化, 取

$$a = a_0^j, \quad b = ka_0^j b_0, \quad j \in Z, a_0 \neq 1。$$

由连续小波函数式可以推出, 尺度参数和平移参数离散化后的分析小波见公式 3:

$$\psi_{j,k}(t) = a_0^{-j/2} \psi\left(\frac{t - ka_0^j b_0}{a_0^j}\right) = a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j} t - kb_0) \quad (3)$$

离散化后的小波系数见公式 4:

$$c_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi_{j,k}(t)} dt \quad (4)$$

逆变换见公式 5:

$$f(t) = c \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (5)$$

取  $a_0=2$ ,  $b_0=1$  为对应二进小波即  $\psi_{j,k}=2^{-j/2}\psi(2^{-j}t-k)$ 。其中,  $j$  为伸缩参数或尺度参数,  $k$  为平移参数。

## 2 小波包分析

小波包分析是在小波分析理论基础上的进一步延伸, 通过对小波变换中没有分解的高频部分进行了相似的小波分解, 进一步细化了信号的局部特征, 更有助于分析信号的时频与特征<sup>[3]</sup>。

小波包分解对信号低频成分进行了二剖分的同时, 对信号高频成分也进行了细化, 使分析信号在时频域具有了更加清晰的局部化特征, 而这些局部化信息恰恰是表征声音信息中的关键特质。相较于小波变换, 小波包变换所具有的突出优势一目了然, 小波包变换对于高频部分的进一步分解, 使得信号的特征分析更加全面细致。

## 3 小波去噪和小波包去噪方法对比

采集了电机运转时的声音信号, 将该声音信号进行小波去噪和小波包去噪, 图 1 为两种去噪方法的对比。

相对于小波去噪, 小波包去噪能够在时频域中对信号进行分析, 更能有效区分信号的突变部分和噪声<sup>[4]</sup>。通过图 1 的波形图对比可以发现, 小波去噪只保留低频上的有用信

(下转第 88 页)

**基金项目:** 包头师院青年基金。

**作者简介:** 潘颖辉 (1980-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 人工智能与模式识别。

**收稿日期:** 2016-04-19

已发送一封 E-mail，查看是否会收到第二封未属标题及附带程序的邮件。针对存储设备的病毒传播，用户应当谨记不随意在陌生电脑上插 U 盘、光盘等，不随意复制程序或文件，先使用杀毒软件扫描一次再复制<sup>[4]</sup>。

## 5 结语

计算机网络的快速发展和广泛应用让计算机病毒的种类越来越多，病毒的传播渠道也更加广泛，计算机用户正遭受越来越严峻的网络安全环境。因此，应当采取科学有效的策略对计算机病毒予以防范，尽可能地降低计算机病毒带来的危害和影响，构建一个和谐安全的互联网环境，进而真正为

广大计算机用户提供高效的服务。

## 参考文献

- [1] 孙殿武. 计算机网络安全与计算机病毒的防范 [J]. 中国新通信, 2015, (23): 77.
- [2] 王晓茹. 计算机病毒的危害及防范 [J]. 民营科技, 2015, (11): 18.
- [3] 丰丹. 计算机病毒及其防范措施探究 [J]. 数字技术与应用, 2015, (11): 86.
- [4] 许强. 计算机网络安全和计算机病毒的防范措施 [J]. 信息通信, 2015, (11): 51.

(上接第 83 页)

息，很容易将中频以及高频上的有用信息去掉。小波包分析方法则同时保留了各个频段上的有用信息，因此是一种更为精细的去噪方法<sup>[5]</sup>。

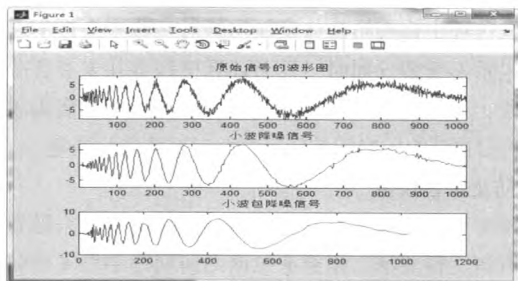


图 1 小波去噪和小波包去噪的对比

为了进一步对比两种去噪方法，分别采集电机在正常工作 and 故障状态下的两类声音信号，并分别使用小波去噪和小波包去噪方法去除声音信号中的噪声，并在 Matlab 下仿真。两种状态下去噪前后仿真结果如图 2、图 3 所示。

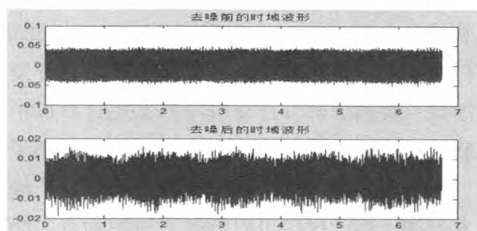


图 2 正常声音信号在去噪前后的波形对比

(上接第 79 页)

## 参考文献

- [1] 程秀英, 侯卫周. 基于 Multisim 的高频电子线路同步检波器的设计与仿真分析 [J]. 实验技术与管理, 2015, (7): 116-119.
- [2] 倪德克, 师亚莉, 朱旭花, 等. EDA 技术在数字电路课程教学改革中的探索与研究 [J]. 大学教育, 2016, (4): 118-119.
- [3] 叶群. 基于电子仿真技术的高职《高频电子技术》课程改

从图 2、图 3 可以看出两种状态下去噪前的时域波形并无显著差别。然而两种状态下去噪后的时域波形图就出现众多显著的差别。因此，对采集到的声音信号有必要对其进行去噪处理，并且小波包去噪方法较理想。

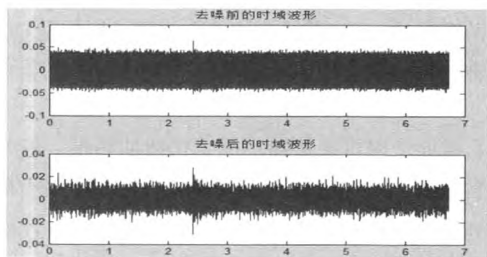


图 3 故障声音信号在去噪前后的波形对比

## 参考文献

- [1] 张林. 基于小波和小波神经网络的机车牵引电机齿轮故障诊断系统的研究 [D]. 南昌: 华东交通大学, 2012.
- [2] 刘明才. 小波分析及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 5-7.
- [3] 曹衍龙, 程实, 郑华文, 等. 基于小波包的松动件质量估计方法 [J]. 机械工程学报, 2010, 46 (22): 1-5.
- [4] 兰芸, 樊可清. 基于小波阈值去噪方法的研究 [J]. 科技信息, 2008, 25 (2): 209-210.
- [5] 章浙涛, 朱建军, 匡翠林, 等. 小波包多阈值去噪法及其在形变分析中的应用 [J]. 测绘学报, 2014, 43 (1): 13-20.

- 革 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2015, (2): 57-58, 71.
- [4] 姜凤利, 陈春玲, 黄蕊. Multisim 仿真在电工与电子技术实验中的应用 [J]. 实验室科学, 2015, 18 (5): 89-91, 96.
- [5] 林春方. 高频电子线路 [M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [6] 李素玲. 基于 Multisim 的 RC 积分电路仿真实验教学研究 [J]. 实验技术与管理, 2015, (3): 129-132.