

# 语音小波去噪效果的复倒谱分析

Complex Cepstral Analysis In Wavelet Based Speech Denoising

(1.福州外语外贸学院;2.福建船政交通职业学院;3.厦门大学) 吴为民<sup>1,2</sup> 吴文兵<sup>1,3</sup>  
WU Wei-min WU Wen-bing

**摘要:**小波阈值去噪方法是一种实现简单、效果较好的小波去噪方法。本文在对所采集的带噪语音信号进行了小波阈值去噪以后,利用复倒谱对去噪前后的效果进行了对比,结果显示去噪后的语音信号的复倒谱相对于去噪前的相比,明显降低了峰值,说明小波去噪取得了良好效果。

**关键字:**小波; 阈值去噪; 复倒谱

中图分类号: TP311 文献标识码: A

**Abstract:** Wavelet threshold denoising method is a simple and efficient way in speech denoising. In the paper, we reduce the noise in the sampled speech signal using wavelet threshold denoising approach, and complex cepstrum is calculated for both original signal and denoised signal. Comparison shows complex cepstrum peak value of denoised signal is significantly lowered. The results indicate that wavelet threshold denoising approach is effective and works well.

**Keywords:** Wavelet; Threshold Denoising; Complex Cepstrum

## 1 引言

小波分析从理论上克服了傅立叶变换的缺点。由于小波系数随时间变化,所以,不论是平稳信号还是非平稳信号得到的小波频谱与实际的物理频谱,都十分接近。由于小波具有紧支撑的性质,局部突变信息的作用能很好地反映出来,处理、捕捉突变信号,灵敏度很高。

信号去噪是信号处理领域的经典问题之一。传统的去噪方法主要包括线性滤波方法和非线性滤波方法,如中值滤波和wiener滤波等。传统去噪方法的缺点在于使信号变换后的熵增高、无法刻画信号的非平稳特性并且无法得到信号的相关性。小波去噪能有效克服上述缺点。复倒谱是一个函数的傅里叶变换的对数的傅里叶反变换。对褶积信号的线性分离作用,在实际信号处理中很有用处,例如可应用于通信、建筑声学、地震分析、地质勘探和语音处理等领域。尤其在语音处理方面,应用复倒谱算法可制成同态预测声码器系统,用于高度保密的通信。

本文对采集的带噪语音信号进行了小波去噪,然后用倒谱和复倒谱进行效果观察。

## 2 小波去噪

小波变换具有下列良好特性:

- (1) 低熵性:小波系数的稀疏分布,使信号变换后的熵降低;
- (2) 多分辨率特性:可以非常好地刻画信号的非平稳特性,如边缘、尖峰、断点等;
- (3) 去相关性:可取出信号的相关性,且噪声在小波变换后有白化趋势,所以比时域更利于去噪;

吴为民: 副教授 高级工程师 学士

基金申请人: 吴为民; 项目名称: 语音识别中去噪方法研究;

基金颁发部门: 福建省教育厅; 编号: JA10296

(4) 选基灵活性:由于小波变换可以灵活选择基函数,因此可根据信号特点和去噪要求选择适合小波。

小波在信号去噪领域已得到越来越广泛的应用。阈值去噪方法是一种实现简单、效果较好的小波去噪方法。阈值去噪方法的思想就是对小波分解后的各层系数中模大于和小于某阈值的系数分别处理,然后对处理完的小波系数再进行反变换,重构出经过去噪后的信号。常用的阈值函数主要是硬阈值函数和软阈值函数。本文采用的是默认阈值函数去噪方法。

## 3 倒谱与复倒谱

复倒谱是  $\hat{x}(n)$  的 Z 变换取对数后的逆 Z 变换,其表达式如下:

$$\hat{x} = Z^{-1} [\ln Z[x(n)]] \quad (1)$$

倒谱  $c(n)$  定义为  $x(n)$  取 Z 变换后的幅度对数的逆 Z 变换,即

$$c(n) = Z^{-1} [\ln |X(z)|] \quad (2)$$

在时域上,语音产生模型实际上是一个激励信号与声道冲激响应的卷积。对于浊音,激励信号可以由周期脉冲序列表示;声道系统相当于参数缓慢变化的零极点线性滤波器。这样经过同态处理后,语音信号的复倒谱,激励信号的复倒谱,声道系统的复倒谱之间满足下面的关系:

$$\hat{s}(n) = \hat{e}(v) = \hat{v}(n) \quad (3)$$

由于倒谱对应于复倒谱的偶部,因此倒谱与复倒谱具有同样的特点,很容易知道语音信号的倒谱,激励信号的倒谱以及声道系统的倒谱之间满足下面关系:

$$C_s(n) = C_e(n) + C_v(n) \quad (4)$$

为了处理语音信号,需要对语音信号进行加窗,也就是一次仅处理窗中的数据。因为实际的语音信号是很长的,本文采用的是汉明窗。

## 4 实验结果分析

本文采用的语音数据是用 cooledit 录的一段音,在录音时开动了电动剃须刀以产生噪音效果。采样率为 8KHZ,量化精度为 16 比特线性码。带噪声的原始信号如图 1 所示。对原始信号采用小波消噪后的信号如图 2 所示。对原始信号进行加汉明窗后的倒谱和复倒谱的分析如图 3 所示,对小波消噪后的信号进行加汉明窗后的倒谱和复倒谱的分析如图 4 所示。对比图 3 和图 4,可以发现,小波消噪后的信号和原始信号的倒谱和复倒谱相比,其峰值出现明显的降低,特别是复倒谱,这种现象说明小波去除噪声的效果可以通过信号的复倒谱明显表示出来。

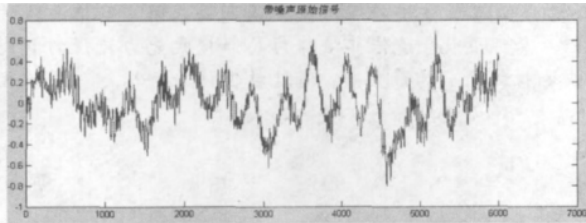


图 1 带噪声原始信号  
Fig. 1. Original Speech Signal with Noise

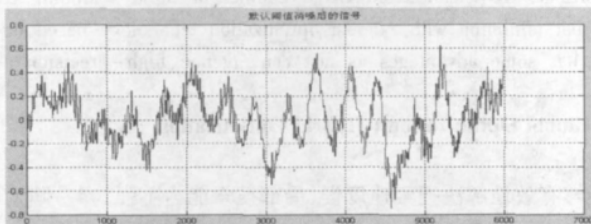


图 2 小波消噪后的信号  
Fig. 2. Denoised Speech Signal by Wavelet-threshold Denoising Approach

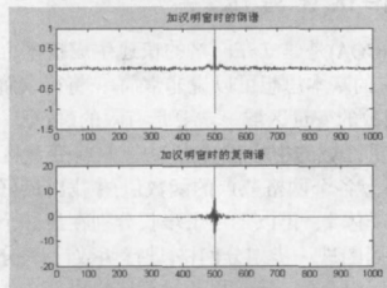


图 3 带噪声信号的倒谱和复倒谱  
Fig. 3. Complex Cepstrum Plot of Speech Signal with Noise

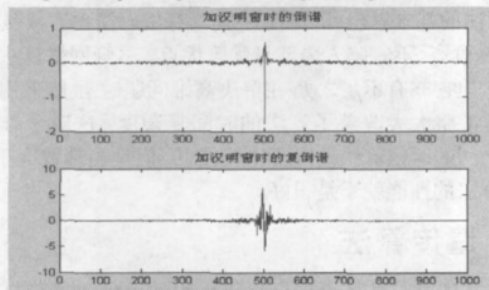


图 4 小波消噪后信号的倒谱和复倒谱  
Fig. 4. Complex Cepstrum Plot of Denoised Speech Signal

## 5 总结

本文在对所采集的带噪信号进行了小波去噪以后,利用倒谱对去噪前后的效果进行了对比,可以清晰看到去噪后的语音信号的复倒谱相对于去噪前的相比,明显降低了峰值,去噪后的

信号和录制的无噪声信号具有类似的倒谱结构,对于去噪后的信号实际试听的效果也和无噪声信号效果差不多,说明小波去噪取得了良好效果。

本文无抄袭,作者全权负责版权事宜。

参考文献:

- [1] 张雄伟,陈亮,杨吉斌. 现代语音处理技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
  - [2] 刘雅琴,智爱娟. 基于小波变换语音组合特征参数的提取[J]. 微计算机信息, 2010(16): 184-185+157..
  - [3] 杨行竣,迟惠生. 语音信号数字处理[M]. 电子工业出版社, 1995,49-80.
  - [4] 李宏松,苏健民,黄英来,于慧伶. 基于声音信号的特征提取方法的研究[J]. 信息技术,2006,26(6):91-94.
  - [5] 谢霞,李宏,郑俊. 基于 GMM 的说话人辨认系统及其改进[J]. 电脑与信息技术,2006, 14(2):48-51.
  - [6] 陈白. 基于小波包变换和小波阈值消噪的语音特征提取[J]. 机电工程, 2008(9): 28-30.
  - [7] Shore J E, Burton D K Discrete Utterance Speech Recognition Without Time Alignment. IEEE Trans Info Theory. 1983, 07 I T-29:473-491.
  - [8] Rajeev Aggarwal et al. Noise Reduction of Speech Signal using Wavelet Transform with Modified Universal Threshold[J]. International Journal of Computer Applications. Volume 20 - No.5, April 2011
  - [9] Welch, P.D. (1967). The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, AU-15, 70-73.
  - [10] Hsieh, C. T., Lai, E., Wang, Y. C. Robust speech features based on wavelet transform with application to speaker identification. IEE Proc. Vis. Image Signal Process. 2002, 149, 149:108-114.
- 作者简介: 吴为民(1970-),男,福建福州人,福建船政交通职业学院信息技术和工程系副教授,高级工程师,学士,主要从事嵌入式系统、信号处理等研究。吴文兵(1968-),男,江西临川人,福州外语外贸学院文化产业系讲师,硕士,主要从事信号处理、嵌入式系统等研究。

**Biography:** WU Wei-min (1970-), Male, Fujian Province, Fujian Communication Technology College, Associate Professor, Computer Science, Research area: Embedded System, Signal Processing.

(350018 福建 福州 福州外语外贸学院) 吴为民 吴文兵  
(350007 福建 福州 福建船政交通职业学院信息技术和工程系) 吴为民

(361000 福建 厦门 厦门大学信息科技学院) 吴文兵  
(Fuzhou Foreign Studies College, Fuzhou, Fujian 350018, china) WU Wei-min WU Wen-bing

(Fujian Communication Technology College, Dept. of Information Technology, Fuzhou, Fujian 350007, china) WU Wei-min  
(Xiamen University, School of Information Science and Technology, Xiamen, Fujian 361000, china) WU Wen-bing

通讯地址: (350007 福建省福州市仓山区首山路 80 号) 吴为民

(收稿日期:2011.09.28)(修稿日期:2011.12.28)