

文章编号:1005-0523(2009)05-0035-04

# 基于小波基函数的语音增强研究

刘 馨

(兰州交通大学 电子与信息工程学院,甘肃 兰州 730070)

**摘要:**小波分析理论是一种新兴的信号处理理论,在时间上和频率上都有很好的局部性,小波变换可同时进行时域和频域分析,具有多分辨率特性,特别适合于处理非平稳信号。小波基是由小波函数经过平移和伸缩得到,具有简单、灵活、随意的特性和多分辨率分析的功能。通过计算机仿真小波基函数对语音去噪的实现,并分析了不同阈值函数在语音处理中的效果,仿真结果表明,这些方法的运用能有效改善语音的失真程度,具有一定的实践指导意义。

**关键词:**语音增强;小波基函数;阈值函数

**中图分类号:**TN92

**文献标识码:**A

小波阈值语音增强是当含噪声语音信号经过小波变换由时域变换到小波域时,信号的小波系数相对集中在有限的区域内,而噪声的小波系数将分散到整个小波域,有用语音信号和随机噪声信号由于各自相关性不同,在小波的分解过程中有不同的衰减性能,即使输入信噪比较低,信号变换后的小波系数也要大于噪声的小波系数,选取适当的阈值,在小波域内去除噪声系数,保留语音信号的系数,再将剩余的系数进行小波重构,恢复原始信号,达到语音去噪的目的。本文将介绍小波基函数的选取以及实现小波阈值去噪的过程,利用 Matlab 仿真几种小波基和阈值消噪的结果,并对结果进行对比分析,具有一定的指导意义。

## 1 小波基函数的选取与对比

### 1.1 影响小波基函数选取的因素<sup>[1]</sup>

(1) 支撑长度。当时间或者频率趋向无穷大时,尺度函数  $\Phi$  和小波函数  $\Psi$  从一个有限值收敛到 0 的长度。支撑长度越长,一般需要耗费更多的计算时间,而且产生更多高幅值的小波系数。

(2) 对称性。 $\Phi, \Psi$  具有对称性的小波,在信号处理中可以很有效地避免相位畸变。

(3) 消失矩。对于数据压缩和特征提取来说, $\Phi, \Psi$  的消失矩阶数是有用的。消失矩越大,就使更多的小波系数为零,但在一般情况下,消失矩越高,支撑长度也越长,因此,在消失矩和支撑长度上,我们必须折中处理。

(4) 正则性。正则性好的小波,能在信号或图像的重构中获得较好的平滑效果,减少量化或舍入误差的视觉影响。但正则性好,支撑长度就长,计算时间也越大。因此,在正则性和支撑长度上,也要有所权衡。

(5) 相似性。选择和信号波形相似的小波,对于压缩和消噪是有参考价值的。合适的小波基函数应使信号能量能够分布在少数的几个基底上,小波的这种性质主要依赖于信号函数  $f$  的正则性、小波函数的消失矩阶数和支集的大小。如果信号函数  $f$  的孤立奇异点极少且在奇异点之间非常光滑,就必须选择有高阶消失距的小波以产生最多接近零的小波系数,如果奇异点的密度较大,则应该以降低消失距阶数为代价来减少支集密度。

### 1.2 小波基函数对比

目前小波基函数有很多,本文选取最有代表性的四种小波基函数系进行比较。表 1 列出四种小波基函数(Symlets 小波、Daubechies 小波、Coiflet 小波和 Biorthogonal 小波)的主要特性及其比较。

收稿日期:2009-05-08

作者简介:刘馨(1983-),女,甘肃兰州人,硕士研究生,研究方向为通信工程。

表1 四种小波基函数的主要特性比较

	小波函数			
	Symlets	Daubechies	Coiflets	Biorthogonal
表示形式	symN	dbN	coifN	biorNr, Nd
正交性	有	有	有	无
双正交性	有	有	有	有
紧支撑性	有	有	有	有
CWT	可以	可以	可以	可以
DWT	可以	可以	可以	可以
支撑长度	2N - 1	2N - 1	6N - 1	重构: 2Nr - 1
滤波器长度	2N	2N	6N	分解: 2Nd + 1
$\psi$ 消失阶数	N	N	2N	Max(2Nr, 2Nd) + 2
$\varphi$ 消失阶数	—	—	2N - 1	—

## 2 小波去噪的基本原理和实现步骤

### 2.1 小波去噪的基本原理

一个含噪的一维信号模型可表示为如下形式<sup>[2]</sup>

$$s(k) = f(k) + e(k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

式中:  $s(k)$  为含噪信号;  $f(k)$  为有用信号;  $e(k)$  为噪声信号。在实际工程中, 有用信号通常表现为低频信号或较平稳的信号, 噪声信号则表现为高频信号, 所以去噪过程可按以下方法进行处理: 首先对实际信号进行小波分解, 选择小波并确定分解层次为  $N$ , 则噪声部分通常包含在高频中, 然后对小波分解的高频系数进行门限阈值量化处理, 最后根据小波分解的第  $N$  层低频系数和经过量化后的  $1 \sim N$  层高频系数进行小波重构, 达到消除噪声的目的。

### 2.2 小波去噪的实现步骤

由于小波变换是线性变换, 因此经小波变换后信号的小波系数是信号小波系数和噪声小波系数的和; 变换后信号的离散逼近部分和离散细节部分分别是信号变换后的离散逼近部分和离散细节部分与噪声变换后的离散逼近部分和离散细节部分的和。而噪声  $e(k)$  是一个平稳的高斯白噪声, 其小波系数的平均功率与尺度成反比, 并且它的离散细节信号的幅值随着小波变换级数的增长而不断减少<sup>[3]</sup>。因此在消噪过程中, 利用信号与白噪声在小波变换后, 它们各自的小波系数性质不同, 在不同分辨率下设定不同阈值门限, 调整小波系数, 从而达到去除噪声的目的。

带噪语音信号采用小波变换法实现语音增强的步骤为<sup>[4]</sup>

(1) 选择合适的小波基函数和小波分解层数, 对被噪声污染的信号进行小波分解, 得到相应的小波分解系数, 即小波变换之后的逼近部分  $c_{j,k}$  和细节部分  $d_{j,k}$ ;

(2) 对分解得到的小波系数进行阈值处理, 得到原始信号小波系数的估值, 即取出第  $j$  层的细节部分  $d_{j,k}$ , 根据选定的阈值  $\delta_j$ , 用下列的公式进行处理<sup>[5]</sup>

$$d_{j,k} = \begin{cases} d_{j,k} & \text{当 } |d_{j,k}| > \delta_j \\ 0 & \text{当 } |d_{j,k}| \leq \delta_j \end{cases}$$

若小于阈值的模极大值, 认为是噪声发起的, 予以删除不参加重构。

(3) 进行小波逆变换, 利用经阈值处理过的逼近部分  $c_{j,k}$  和细节部分  $d_{j,k}$  进行重构, 得到恢复的原始语音信号。

## 3 仿真实现

在实验中, 纯净语音是在安静的夜晚环境下, 女生读“ENGLISH”, 时间大约为 5 秒钟, 背景噪声是用两种方式产生的: 一种是录制的, 包括了计算机自己的“嗡嗡”声, 这不是严格意义上的高斯白噪声; 另一种为 Matlab 函数 `randn()` 产生随机数, 这是真正意义上的高斯白噪声。在算法仿真实现上, 采用了 Matlab 6.5 小波分析工具箱。在仿真中进行 5 层小波分解, 选用 `sym3`, `sym5`, `sym7` 小波函数得到相应的小波系数, 并用 `heursure` 和 `minimax` 阈值去噪, 同时用 `db3`, `db5`, `db7` 小波函数进行同样的去噪实验, 由时域原始、加噪及结

果语音信号图形分别如图 1~7 所示,图中横坐标为时间轴,单位为秒,纵坐标为幅度值,单位为 dB。

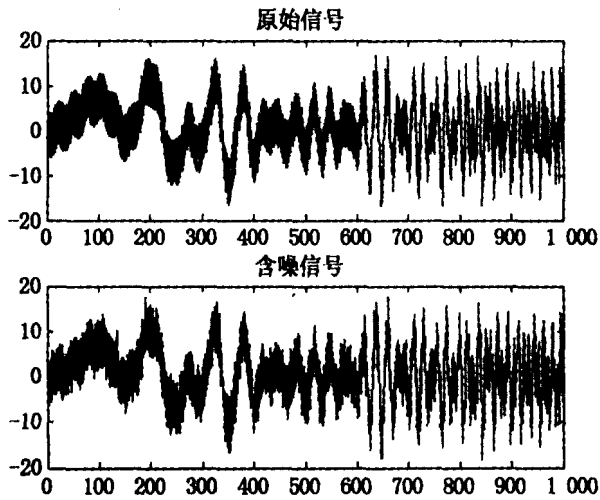


图 1 原始及含噪语音信号

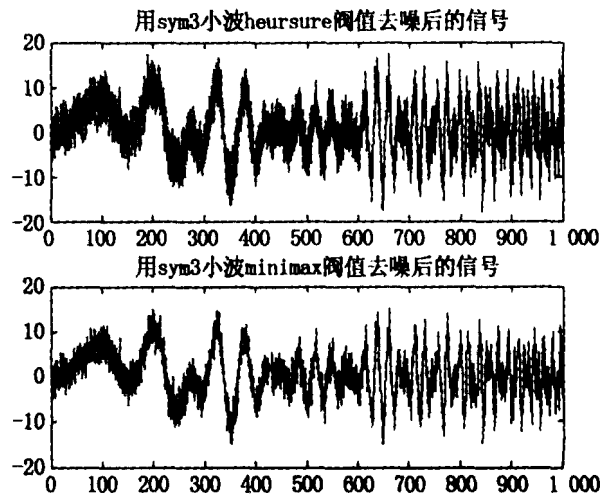


图 2 用 sym3 小波 heursure 阈值和 minimax 阈值去噪后语音增强仿真图

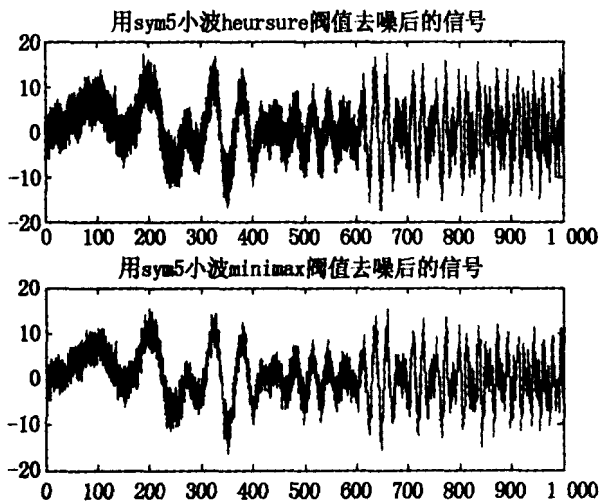


图 3 用 sym5 小波 heursure 阈值和 minimax 阈值去噪后语音增强仿真图

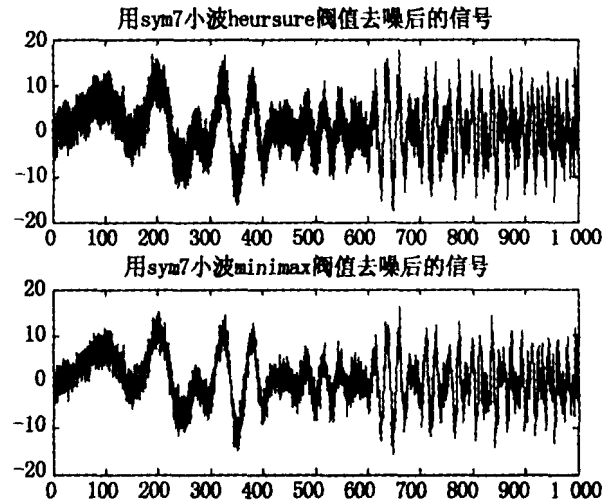


图 4 用 sym7 小波 heursure 阈值和 minimax 阈值去噪后语音增强仿真图

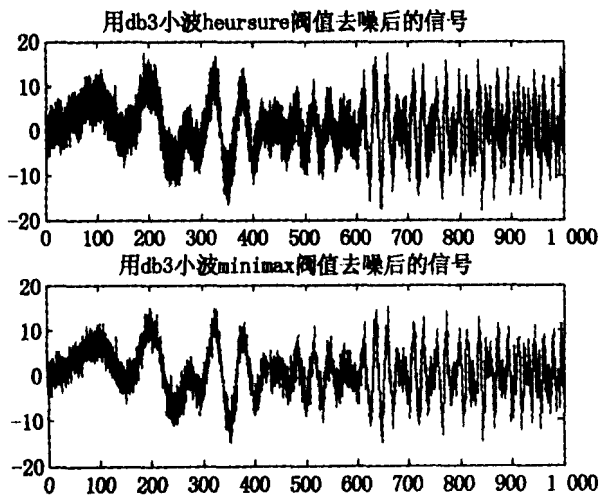


图 5 用 db3 小波 heursure 阈值和 minimax 阈值去噪后语音增强仿真图

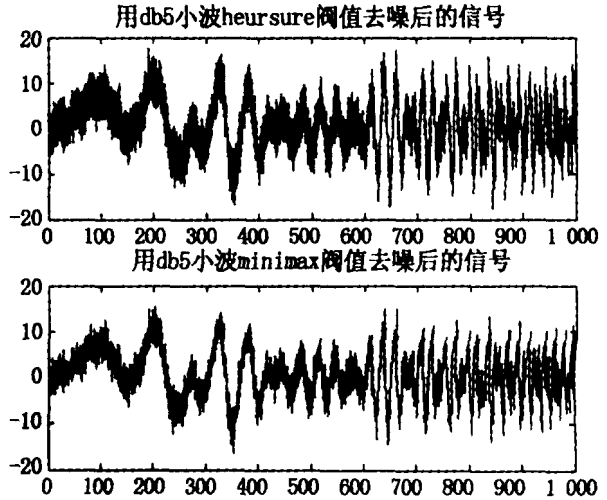


图 6 用 db5 小波 heursure 阈值和 minimax 阈值去噪后语音增强仿真图

从仿真结果可看出:随着尺度的增加,分解结果中的近似系数也就包含越来越少的高频成分,噪声成分逐步减少;从小波函数分解来看,对于同一小波族的小波函数,db7的分解效果好于db5和db3,sym7的分解效果好于sym5和sym3,但是db小波和sym小波的分解效果差别不大;从重构效果来看,minimax阈值仅将部分系数置为零,不容易丢失真实信号,可以将弱小信号提取出来,能更好的恢复原始信号;heursure阈值可以折中噪声和有用信号的高频部分,减少有用信号的丢失。

#### 4 结论

经过仿真可以看出,进行分解后选用不同的小波函数和阈值函数获得效果不同,从处理后的语音信号波形中有许多有用信号成分丢失得很严重,故必须综合信噪比以及具体条件、具体情况等多种因素进行全盘分析和选择,由于实验条件的限制,更低输入信噪比及非高斯白噪声的情形将有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] Mallat S. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation[J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, 1989, 11(7): 674 - 693.
- [2] 程正兴, 杨守志, 冯晓霞. 小波分析的理论 方法 进展和应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [3] 关履泰. 小波方法与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [4] 苏 秦, 赵鹤鸣. 基于小波变换的多尺度多阈值语音信号去噪[J]. 苏州大学学报, 2003, 12(23): 18 - 22.
- [5] 唐向宏, 李齐良. 时频分析与小波变换[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

## A Research of Speech Enhancement Based on Wavelet Base Function

LIU Xin

(School of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** Wavelet analysis theory, a new theory of signal process, has good localization in both frequency and time domains. Wavelet transforming can be carried out in time domain and frequency domain analysis at the same time and has properties of multi-resolution, so it is particularly suited to handle the non-stationary signals. Wavelet is obtained through translation and stretch, it has the characteristics of simplicity, flexibility and random and the function of multi-resolution analysis. In this paper, a computer simulation of wavelet function is used to realize noise-removal, and effects of speech processing in different threshold functions. The simulation results show that the use of these methods can effectively improve the level of voice distortion, with some practical guiding significance.

**Key words:** speech enhancement; wavelet base function; threshold function

(责任编辑:王建华)

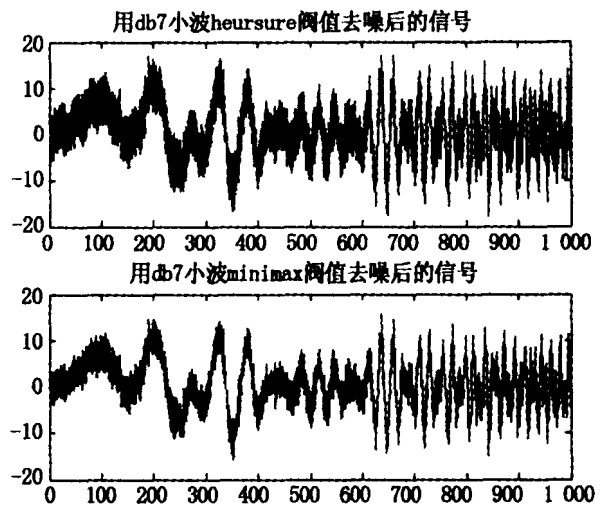


图7 用db7小波 heursure 阈值和 minimax 阈值去噪后语音增强仿真图