国 防 科 技 大 学 学 报
第21卷 第5期　JOURNAL OF NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY　Vol. 21 No. 5 1999

DJ 去噪法在语音信号处理中的应用*

何焰兰　高永楣　苏勇

(国防科技大学应用物理系　长沙　410073)

摘　要　对被污染的语音信号的去噪进行了讨论与分析, 应用异于 DJ 硬、软门限的新门限法对语音信号进行了去噪的仿真计算, 结果确实优于 DJ 软、硬门限的去噪法。

关键词　去噪, 小波, 语音信号

分类号　O423

The Application of DJ´s methed in Speech Signal Denoising

He Yanlan　Gao Yongmei　Su Yong

(Department of Applied Physics, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract　A new method for speech denoising is presented which uses a new threshold different from DJ´s thresholds. Preliminary computer simulations were performed on speech signals and resulted in better performance than that by using DJ´s thresholds.

Key words　denoise, wavelet, speech signal

语音信号数字处理是一门涉及面很广的交叉科学, 而今对语音信号进行研究的公司或专业人员也越来越多, 这主要是基于信息业的飞速发展以及它在信息中所占的重要地位而决定的。众所周知, 语言是人类进行相互通信和交流的最方便快捷的手段。在高度发达的信息社会中用数字化的方法进行语音的传送、储存、识别、合成、增强……是整个数字化通信网中最重要、最基本的组成部分之一。但是, 人们在语音通信过程中不可避免地会受到来自周围环境、传输媒介引入的噪声、通信设备内部电噪声、乃至其它讲话者的干扰。这些干扰最终将使接收到的语声已非纯净的原始语音信号, 而是受噪声污染的带噪语音信号。例如, 安装在汽车、飞机或舰船上的电话, 街道、机场的公用电话, 常受到很强背景噪声的干扰, 严重影响通话质量。这里我们将用 Donoho 和 Johnstone(简称 DJ) 小波新门限去噪法对其进行处理。

1　DJ 小波去噪法中的新门限法[2]

通常说, 文献[3]中的 DJ 软、硬门限法有一相似的特性, 它们在大尺度上同时压缩了源信号和噪声的小波系数。如[3]中所述, 如果源信号足够光滑, 由于仅仅一小部分系数对信号有贡献, 而噪声分量则完全均匀地分配于每一个小波系数上, 因此, 这种门限技术当然很有效。但是, 某些实际信号在一些点上并不光滑, 所以要特别留意那些与携带源信号重要信息有联系的奇异点的小波系数。如果这些点被忽略了, 恢复后的信号有可能严重失真, 同时关键值 j_0 有时很难确定, 特别对于语音信号, 因为实际上信号是带通的, 相应的小波谱主要分布于中间。这里, 利用 Neyman－Pearson 思想介绍另一种门限技术。首先有如下二元假设:

$$H_0: \omega(j,k) \sim N(0,\sigma^2) \tag{1}$$

或

$$H_1: \omega(j,k) \sim N(\omega(j,k),\sigma^2)$$

如果 $\dfrac{P\{\omega(j,k)\ \ H_1\}}{P\{\omega(j,k)\ \ H_0\}} > \dfrac{P\{H_0\}}{P\{H_1\}}$, 则 H_1 成立, 否则 H_0 成立。这一检验的意义就在于当分量 $\omega(j,k)$ 相对

* 1999 年 2 月 10 日收稿
第一作者: 何焰兰, 女, 1962 年生, 博士后

较大时,我们宁愿保持 $\omega(j,k)$。由于小波变换的正交性,小波系数的分布将为 $N(\omega(j,k),\sigma^2)$。选显著水平 $\alpha = P(|\omega(j,k)| \le \lambda)$ 的置信区间$[-\lambda,\lambda]$,如果 $\omega(j,k) \in [-\lambda,\lambda]$,那么在显著水平 α 下,就认为它是噪声,也就是说,噪声系数被这些软门限压缩。众所周知,对于任意给定的 $\alpha \in (0,1)$,在 Neyman - Pearson 意义上,相应的 λ 是最优的。

设 $\alpha_j \in (0,1)$,且 $\lambda_j = \sqrt{2}\sigma \mathrm{erfinv}(\alpha_j)$[9](这里 erfinv(*)是函数 $\mathrm{erf}(y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int \exp(-t^2)\,dt$ 的反函数)替换 DJ 门限,定义另一新门限如下:

$$\bar{\omega}(j,k) = \begin{cases} \omega(j,k)\exp\left(-\dfrac{\lambda_j}{|\omega(j,k)| - \lambda_j}\right), & \text{如果 } |\omega(j,k)| \ge \lambda_j \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \tag{2}$$

这种门限,虽然也相似于 DJ 硬门限准则,但却有着本质的不同。当 λ_j 小时,该门限的作用类似于硬门限准则,却更具有灵活性。特别是当 $|\omega(j,k)|$ 非常接近 λ_j 时,它容许 $\bar{\omega}(j,k)$ 取 $\omega(j,k)$ 的近似值,而不是将它置为零。因此,它能更好地抑制某些特殊区间的 Gibbs 现象。当噪声较强时,使用该门限准则的效果更好。

2 仿真计算与结果分析

这里,我们将这种去噪法用于语音信号,并假设语音信号在传输过程中受到高斯噪声污染。选取两段女声的纯净录音:“他去无锡市”与“我去黑龙江”,在其上迭加不同指数的高斯白噪声,采样点数为 32768,并将其结果与[3]中方法的结果加以比较。仿真信号仍然用上二句女音录音。我们选取 $\alpha_j = \alpha = 0.1$,由误差函数计算出 $\lambda_j = \lambda = 1.2\sigma$,其中 σ 为叠加在这两句纯净语音信号上的高斯白噪声的噪声指数因子。

在对两种女音进行比较处理时,取同样的信噪比值,先考虑去噪后的相对均方误差,将 DJ 软、硬门限与这里所用方法进行比较。表 1 是“他去无锡市”录音的去噪结果,而表 2 是“我到黑龙江”录音的去噪结果。

表 1

(a) $S/N = 13.4$dB

不同门限	DJ 软门限	DJ 硬门限	新门限
相对均方差	0.8376	0.8718	0.6571

(b) $S/N = 7.4$dB

不同门限	DJ 软门限	DJ 硬门限	新门限
相对均方差	0.6751	0.6700	0.5376

(c) $S/N = -6.6$dB

不同门限	DJ 软门限	DJ 硬门限	新门限
相对均方差	0.4302	0.3845	0.3351

可以看出,三种女音录音的去噪方法中,用新门限去噪后的相对均方误差值要小些,也说明了这种方法的优越性。

下面,再比较一下三种方法去噪后的语音效果。可以听出用新门限方法最好,其次是 DJ 软门限法,在 $S/N = 13.4$dB 与 7.4dB 时,DJ 硬门限法效果与前两种方法接近,但是当信噪比降低时,效果差得多,以至于根本分辨不出到底是发的什么音。

表 2

(a) S/N = 13.4dB

不同门限	DJ 软门限	DJ 硬门限	新门限
相对均方差	0.6300	0.7461	0.6113

(b) S/N = 7.4dB

不同门限	DJ 软门限	DJ 硬门限	新门限
相对均方差	0.5387	0.6348	0.5067

(c) S/N = -6.6dB

不同门限	DJ 软门限	DJ 硬门限	新门限
相对均方差	0.3818	0.3621	0.3308

3 结论

从仿真计算分析看出, 用 DJ 新门限去噪法对语音信号去噪的效果确实优于用 DJ 去噪的软、硬门限法。

参考文献

1 杨行峻, 迟惠生. 语音信号数字处理. 北京: 电子工业出版社, 1995
2 Ching P C, Wu S Q. On Wavelet Denoising and Its Applications to Time Delay Estimation, 1993
3 Donoho D L, Johnstone I M. Ideal spatial adaptation by wavelet shrinkage. Biometrika, 1994, 81(3): 425～455
4 李世雄, 刘家奇编著. 小波变换和反演数学基础. 北京: 地质出版社, 1992
5 Daubechies I. Ten Lectures on Wavelets. SIAM, 1992
6 徐佩霞, 孙功宪. 小波分析与应用实例. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996
7 Donoho, Johnstone. Adapting to Unknown Smoothness via Wavelet Shrinkage, 1994
8 张贤达. 现代信号处理. 北京: 清华大学出版社, 1995
9 数学手册编写组. 数学手册. 北京: 人民教育出版社, 1979
10 吴东南. 数据压缩的原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 1995