

# 微弱信号检测方法研究

高科,孙晶华

(哈尔滨工程大学 理学院,黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:** 噪声是限制微弱信号检测系统的首要因素。对于微弱信号检测来说,如能有效克服噪声,就可提高信号检测的灵敏度。研究利用自适应滤波和小波分析来对微弱信号进行降噪,通过 Matlab 仿真证明,自适应滤波和小波分析对噪声有着很强的抑制作用。

**关键词:** 自适应滤波;小波分析;噪声

中图分类号: TN957

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)21-0067-02

## Research in the method of detecting for weak signal

Gao Ke, Sun Jinghua

(College of Science, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

**Abstract:** The noise is the most important factor to limit the system of weak signal detection. Regarding the weak signal detection, if can overcome the noise effectively, may enhance the signal detection the sensitivity. This article studies uses the adaptive filtering and the wavelet analysis carries on the noise reduction to the weak signal. Have the very strong inhibitory action through the MATLAB simulation certificate adaptive filtering and the wavelet analysis to the noise.

**Key words:** adaptive filtering; wavelet analysis; noise

微弱信号检测的目的是利用电子学、信息论以及物理学的方法,分析噪声产生的原因,规律及被测信号的特点,检测被背景噪声淹没的弱信号<sup>[1]</sup>。但是由于微弱信号的信噪比低、信号幅度较小、噪声特性不稳定等原因,不适合用常规的滤波方法对信号进行降噪。如何对微弱信号进行有效的降噪,使微弱信号信噪比得到提升,就显得尤为重要。自适应滤波和小波分析在信号处理方面有着巨大的优势,并均能增强微弱信号的信号特征,有利于提高对有用信号的识别率。

### 1 自适应滤波

#### 1.1 自适应滤波概述

自适应滤波理论和技术是统计信号处理和非平稳随机信号处理的主要内容,它可以在无需先验知识的条件下,通过自学习适应或跟踪外部环境的非平稳随机变化,并最终逼近维纳滤波和卡尔曼滤波的最佳滤波性能。因而,自适应滤波不但可以用来检测确定性信号,而且可以检测平稳的或非平稳的随机信号。

#### 1.2 自适应滤波 MATLAB 降噪仿真

应用自适应滤波对被噪声所污染的微弱信号进行

降噪处理,在 Matlab 软件中进行仿真实验。自适应滤波 Matlab 降噪仿真如图 1 所示,序列号  $n$  强调的是数的前后顺序,而淡化顺序表示为物理意义。图中可以看到被均值为零、信噪比为 3 dB 的高斯白噪声污染的微弱信号经过一段自适应时间之后,噪声逐渐降低,波形逐渐向原信号恢复,最后达到和原信号几乎一致,去噪效果明显。图 2 所示为在最初的时候自适应滤波均方误差较大,然后逐渐减小,说明自适应滤波正在起到降低噪声的作用,最后均方误差变得十分微小,高斯白噪声被大范围滤除,滤波后的信号已经和原信号几乎一致。图 3 是从频谱的角度分析高斯白噪声被自适应滤波所抑制。这里,自适应滤波采用 LMS 算法,滤波器阶数为 128 阶。

通过 Matlab 仿真验证结果可知,自适应滤波可以有效抵消随机噪声和其他频率的干扰信号,从而提升微弱信号信噪比。

### 2 小波分析

#### 2.1 小波分析概述及去噪原理

小波分析属于时频分析的一种,它具有多分辨率分

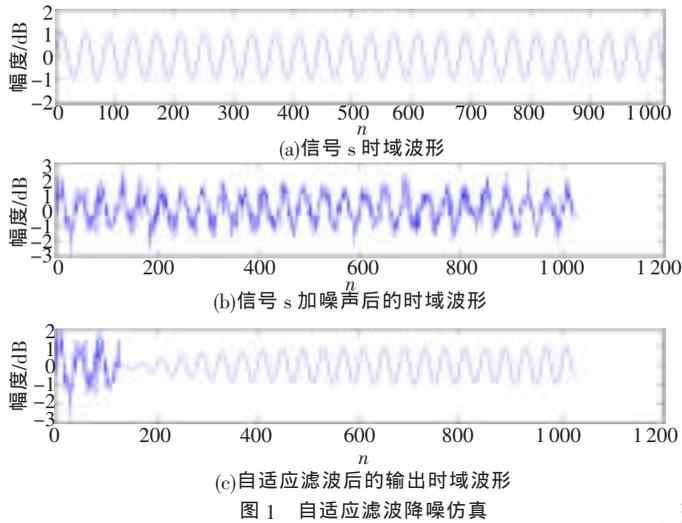


图1 自适应滤波降噪仿真

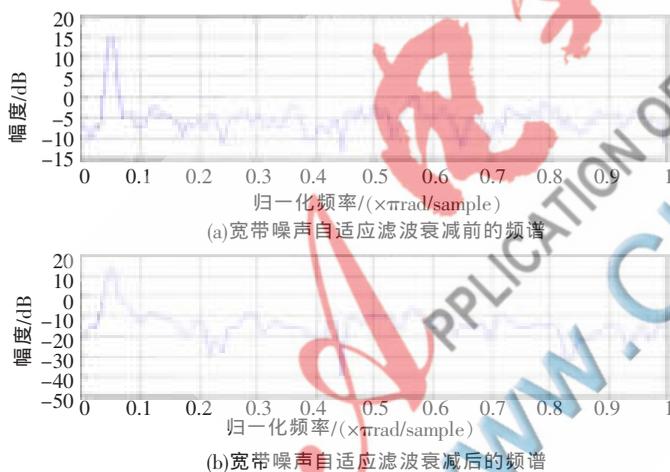
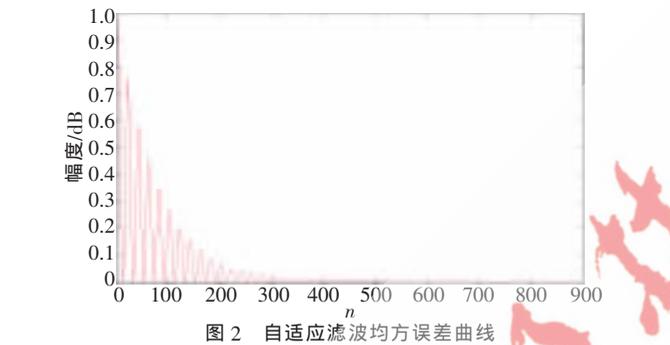


图3 宽带噪声被自适应滤波衰减前后频谱对比

析的特点,而且在时、频两域都具有表征信号局部特征的能力,是一种窗口大小固定不变、但其形状可改变,及时间窗和频率窗都可以改变的时域局部化分析方法。小波分析可以有效消除噪声,提取有用的信号,目前在众多研究领域已得到重视与应用。利用小波分析的优点,对获取的弱信号进行分析,结果表明微弱的信号可以在小波分析下得到显现,增强了目标特征,有利于提高对有用信号的识别率<sup>[2]</sup>。

小波分析去噪是将原始信号和噪声信号进行叠加,然后通过多尺度小波变换到小波变换域中,得到小波分解后的低频系数和高频系数,对得到的高频小波系数进

行处理,在各尺度下尽可能提取出信号的小波系数而去除属于噪声的小波系数。因为小波分析可以使信号的能量在小波变换域中集中于少数系数上。小波系数较大者,携带信号能量也较多;小波系数较小者,携带信号能量也较少。基于这一点对小波系数进行相应的处理,从而去除或减弱属于噪声的小波系数,增强属于有用信号的小波系数。最后,采用逆小波变换处理低频系数和处理后的高频系数重构原始信号,达到去噪的目的<sup>[3]</sup>。

## 2.2 小波分析 MATLAB 降噪仿真

图4为小波分析与傅里叶分析降噪的对比,从图中可看出在同等条件下小波分析的降噪效果要优于傅里叶分析的降噪效果。

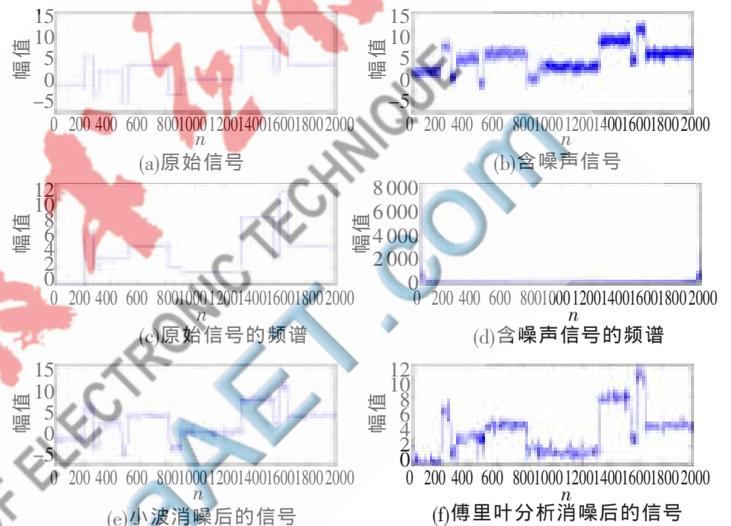


图4 小波分析与傅里叶分析降噪对比

应用小波分析对被噪声所污染的微弱信号进行降噪处理,在 Matlab 软件中进行仿真实验,如图5所示。图5为用小波分析对被噪声严重污染的微弱信号进行降噪,小波分解的层数为四层,并且将小波分解后的第三层、第四层的高频系数全部置0。通过修改小波分解系数,再将修改后的小波分解系数结构值进行合成,最终滤波的结果可恢复出原始信号。

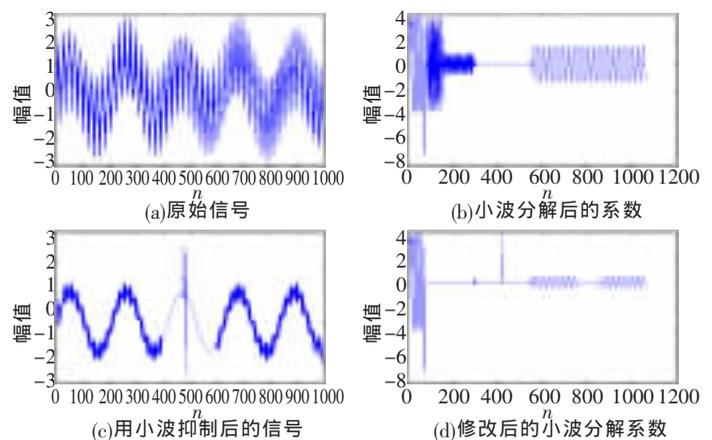


图5 小波分析降噪仿真

本文研究利用自适应滤波和小波分析对信号进行消噪处理。研究了自适应滤波和小波分析的降噪原理,通过 Matlab 仿真充分证明自适应滤波和小波分析能有效去除强干扰信号,提取弱信号,并对噪声有很强的抑制作用。自适应滤波和小波分析具有实用性强的特点,适合于实际应用,可有效增强微弱信号信噪比。

参考文献

- [1] 刘俊,张斌珍.微弱信号检测技术[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [2] 王健.星载激光测距仪测距信号检测与算法研究[D].秦

皇岛:燕山大学,2008.

- [3] 王丽娜.基于小波变换的激光雷达弱信号处理方法的研究[D].黑龙江:黑龙江大学,2009.

(收稿日期:2011-05-13)

作者简介:

高科,男,1984年生,硕士,主要研究方向:光电检测与信号处理。

孙晶华,男,1963年生,博士,教授,硕士研究生导师,主要研究方向:信号检测与处理。

