

基于小波去噪算法的光缆识别系统应用研究

The Application Research of Optical Cable Identification System Based on Wavelet Denoising Algorithm

李倩云 侯志伟

湖南人文科技学院 能源与机电工程学院, 中国·湖南 娄底 417000

Qianyun Li Zhiwei Hou

School of Energy and Mechanical and Electrical Engineering, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi, Hunan, 417000, China

【摘要】针对目前光缆识别仪在复杂环境下识别准确率不高的情况,提出了一种传统的信号振幅饱和告警的方式配合扰动定位技术,以排除其他微振动的影响。论文介绍了基于 Sagnac 干涉原理的干扰定位技术以及基于小波算法的信号处理方法。

【Abstract】In view of the fact that the accuracy of optical cable recognition instrument is not high in complex environment, a traditional signal amplitude saturation alarm method combined with disturbance location technique is proposed, which can exclude the effects of other micro-vibrations. The paper introduces the interference location technology based on Sagnac interference principle and signal processing method based on wavelet algorithm.

【关键词】光缆识别;扰动定位;小波去噪算法;LabVIEW

【Keywords】optical cable identification; interference location; wavelet denoising algorithm; LabVIEW

【DOI】<http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v2i1.661>

1 引言

由于城市规划等原因,不同用途、不同通信运营商的光缆常常放在同一人井或者管道中,加之各家所用光缆的生产厂家不尽相同,因此光缆检修维护中的识别问题十分重要。且随着光缆使用年数的增加,部分光缆上原有的标签已然模糊或者脱落,同时,由于混乱的光缆数据管理、限定的成本及不规范的人员操作都会造成光缆在辨别时的失误。

因此,如何提高光缆识别系统的识别效率和精确度成为亟待解决的问题。

2 光缆识别系统

光缆识别系统一般可分为三部分:基于 Sagnac 干涉的相位调制解调部分、信号处理识别部分和可视信号及音频信号的输出部分。论文中采用基于 Sagnac 干涉原理的光纤检测系统,这种光纤干涉仪的主体结构是一个由 2×2 的光纤耦合器为核心构成的 Sagnac 环。由于顺时针和逆时针传播的光经过传感臂扰动作用点的时间不同而形成相位差,在耦合器内两束光重新回合发生干涉。通过分析干涉信号可以解调得到扰动信息。

基于 Sagnac 干涉的分布式系统的定位是通过分析 Sagnac 环干涉光强的频谱(对接收到的光信号进行快速傅里叶变换),干涉系统的频率响应包括一系列具有固定周期的极值点(陷波点频率),而极值点的频率由扰动点的位置决定,从

而可以准确计算出扰动发生的位置。

3 信号处理

信号处理的两个关键环节是:第一,频谱处理方法研究及实现,即小波去噪算法方法研究及程序实现;第二,获取零频值方法的研究。能否进行有效的信号处理取决于这两个环节的成败。

3.1 小波去噪算法

信号降噪是信号处理中最为重要的环节。传统的降噪方法主要有两种类型:线性滤波方法和非线性滤波方法,过滤信号滤调其他频段,只保留特定频带的信号。但是,如果信号和噪声频谱重叠,那么经典的滤波器是毫无用处的,是失效的,对待这样的情况只能束手无策。而在小波域的表现形式中,信号和噪声是非常不同的。小波去噪的基本思路是根据噪声和信号在每个规模(频率)小谱,不同形式的特点每个规模小谱组件产生的噪音,尤其是占主导地位的噪声谱的噪声谱组件一个接一个的出去,保留原始信号频谱,再使用小波重建算法重构原始信号,这个过程称为小波重建和恢复。

Sagnac 干涉仪单点干扰定位实验中,时域采集信号经过预处理后所得的频谱信号,作为小波去噪的原始处理信号。然后将频域中尖峰或突变部分滤除,保留频谱中近似部分和其他有效的细节信息。

3.2 获取零频值方法

观察经过小波去噪处理后的频谱图后可发现,信号曲线

有类似一元二次曲线的特征,最低点的出现有良好的规律。可通过拟合曲线的方式,找到曲线的最低点,也就是获取零频值。由此确定获取零频值的关键环节就是找出信号零频值所在区间,也就是找到频谱图中信号曲线的最低点所在区间^[1]。

可以使用阈值收缩法寻找零频值点。具体来说,就是将信号各元素的平均值设置为阈值,寻找小于该平均值的信号元素值。倘若无法找到较为明显的包含有零频点的区间,则再次求取缩小区间内的平均值作为新的阈值,最终找到理想的零频点所在区间。

4 基于 LabVIEW 与 MATLAB 的小波算法实现

4.1 小波去噪的设计思路及原理

虚拟仪器具有信息处理功能,但 MATLAB 软件特别擅长数值分析和处理,所以在虚拟仪器嵌入式 MATLAB 脚本节点方式调用 MATLAB 是一种十分可靠又便捷的方式。通过这种方式,用户可以在虚拟仪器中选择性调用嵌入的 MATLAB 强大的数值计算功能。在 MATLAB 小波分析工具箱中提供了通用函数和小波函数,可对信号和图像做去噪和压缩等。利用 MATLAB 工具箱,虚拟仪器可极大地改进小波包的虚拟仪器的信号处理。

4.2 小波去噪算法及传统去噪算法在 LabVIEW 中的比较

这里以原始信号为一维信号,因此,传递参数通过虚拟仪器和 MATLAB 接口。小波去噪程序,用 MATLAB 编写脚本节点 `wden` 函数的调用 MATLAB 中的小波去噪函数,它是主要的一维小波去噪函数。

可以使用信噪比和均方根误差表示去噪效果。设原始信号为 $x(n)$,去噪后的信号为 $x(n)'$,则信噪比的定义为:

$$SNR=10\log\left[\frac{\sum_n x(n)^2}{\sum_n [x(n)-x(n)']^2}\right] \quad (1)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_n [x(n)-x(n)']^2} \quad (2)$$

传统去噪方法是将噪声信号过滤掉噪声频率成分,用于处理一般普通信号,并无很大不妥。但对非平稳信号过程中,仍有一定的局限性。小波去噪时可以完整的保留图像的所有特征信息,比传统的低通滤波器的处理效果更为优良。为了突出小波去噪的优秀,以含均匀白噪声的正弦波为例,分别使用巴特沃斯滤波器、切比雪夫滤波器、椭圆滤波器和三种常见一维连续小波(Daubenchies 小波、Symlets 小波、Coiflets 小波)对其进行去噪,并计算出信噪比 SNR,同时将结果与小波去噪后

的结果同步显示于仪器前面板上,这样可以直观的比较滤波效果。图 1、图 2 为实现该例程的前面板和程序框图。

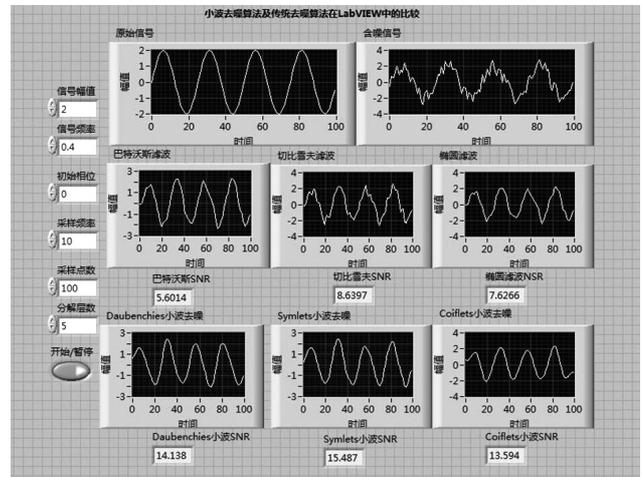


图 1 小波去噪算法与传统滤波去噪算法在 LabVIEW 中的比较 (前面板)

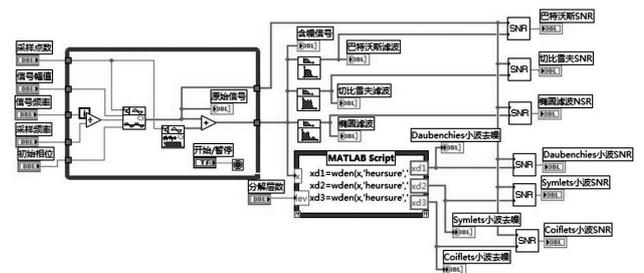


图 2 小波去噪算法与传统滤波去噪算法在 LabVIEW 中的比较 (程序框图)

由图 1、图 2 对巴特沃斯滤波器、切比雪夫滤波器、椭圆滤波器和三种常见一维连续小波(Daubenchies 小波、Symlets 小波、Coiflets 小波)进行去噪后比较信噪比 SNR 可看出,小波去噪处理过的信噪比 SNR 传统滤波器大得多,其处理过的信号更接近原始信号,去噪效果明显优于传统的滤波器,这也是该识别系统采用小波去噪法的原因。

5 结语

通过对引入 Sagnac 干涉原理的定位技术和小波去噪算法的光缆识别系统与原光缆识别系统进行实验结果的数据分析和比对后,可以得出结论,在光缆识别系统中引入基于 Sagnac 干涉原理的定位技术和小波分析法,能够降低周围复杂环境引起的小幅振动和机械扰动带来的误判,提高光缆识别系统的辨别准确度。

参考文献:

[1]J. L. Brooks, et al. Coherence multiplexing of fiber-optic interferometric sensors [J]. Light wave Technology,1985,vol.LT-3:pp. 1062-1071.