

基于纹理特征的背景噪声提取的应用研究

冯 霞¹, 龚晓峰¹, 张利丹¹, 武瑞娟²

(1. 四川大学电气信息学院, 四川成都 610065;

2. 成都华日通讯技术有限公司, 四川成都 610045)

摘 要: 无线电频谱监测中, 背景噪声的检测滤波和提取是影响频谱监测的最关键因素之一. 文中提出了一种基于纹理特征的背景噪声提取方法, 该方法采用平滑滤波阈值限定法实现背景噪声纹理特征的提取, 从而实现背景噪声的提取, 达到信噪分离的目的. 通过大量的试验和工程应用证明, 该方法对背景噪声提取的有效性不受硬件设备、频段背景噪声分布和信号带宽等影响, 能够很好地提取背景噪声, 实现信噪分离.

关键词: 背景噪声; 特征提取; 纹理; 平滑滤波

中图分类号: TN911.7

文献标识码: A

文章编号: 0372-2112 (2009) 09-2092-04

Research of Background Noise Extraction Based on Texture Feature

FENG Xia¹, GONG Xiao-feng¹, ZHANG Li-dan¹, WU Rui-juan²

(1. College of Electrical Engineering and Information Technology, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China;

2. Huari Communication Technology Co., Ltd. Chengdu, Sichuan 610045, China)

Abstract: The rapid growth of demand for wireless transmission has placed great pressure on the background noise extraction and detection. This paper puts forward a new method to extract background noise based on the texture feature. To separate the signals from background noise, it utilizes the method of smoothing filtering and threshold limit to achieve the background noise texture feature. Experiments and statistical analyses about background noise extraction were conducted with using the method of smoothing filtering and threshold limit. The measurement results and analyses prove that this method is robust and can extract various kinds of background noise in a wide spectrum range, and also it can overcome the influence of the distribution of background noise and signal bandwidth.

Key words: background noise; feature extraction; texture; smoothing filtering

1 引言

随着现代信号处理技术以及通信技术的发展和需求, 研究从噪声干扰的环境中检测和提取有用信号具有重要意义. 背景噪声的滤除和检测提取一直是信号处理领域的基本问题, 比如提取信道热噪声^[1], 采用盲信号提取来估计背景噪声^[2], 提取器件背噪参数^[3]等. 然而, 由于无线电监测中基于频谱监测的需求, 需要在频域实现信号和背景噪声的分离, 从而进行占用度测量、频谱测量等信号分析工作.

在无线电频谱监测中, 常采用傅里叶变换对时域信号进行处理, 从而在频域下对信号进行分析. 接收到的空中无线电信号, 噪声的频谱与信号的频谱混叠, 具有不同的纹理特征. 纹理分析是图像处理中最重要的方法之一^[4], 纹理不仅反映图像的灰度统计信息, 而且反映频谱图上信号的分布信息^[5]. 我们把噪声和信号视为不

同的独立源^[6], 根据噪声和信号的不同纹理特征, 将背景噪声提取出来, 从而达到信噪分离的目的.

2 信号分析

随着虚拟仪器和软件技术的发展, 通过软件的方法来实现信号处理成为人们研究的重点之一. 信号处理的目的在于分析并利用信号的特征, 信号处理主要包括频谱分析、数字滤波及信号的识别等. 其中, 频谱分析主要用于识别信号中的周期分量, 分析信号幅值、相位、功率、能量等^[7]. 噪声信号的特点是频带很宽且无规律、随机性强, 而有用的信号频带固定, 并有较好的周期性和规律性^[8].

在无线电监测任务中, 通过天线、接收机等硬件系统对空中的无线电射频信号进行衰减、滤波、变频、数字化、I/Q 信道化等, 最后通过频谱分析将时域信号转换成频域信号, 形成频谱图, 从而方便对信号进行分析

和处理. 我们用接收机扫描空中一个频段 (137~167MHz) 信号的频谱图如图 1 所示. 从图中可以看出, 信号和背景噪声叠加在一起, 每个信道的背景噪声不同, 而且整个频段上的噪声分布会随时间地点发生变化. 要分析和处理有用信号, 我们就需要把信号和背景噪声分离开来.

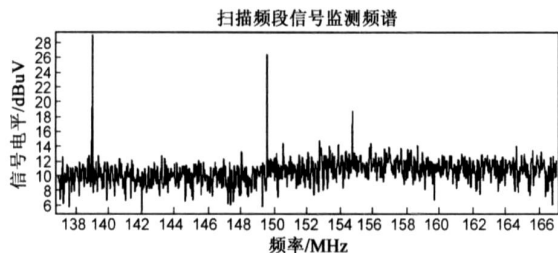


图1 137~167MHz频段信号频谱图

在信号分析领域, 往往采用概率论统计学方法和随机过程理论对信号进行处理. 在工程中, 实际系统中产生的主要噪声来源是热噪声, 而热噪声是典型的高斯白噪声, 服从正态分布. 背景噪声是随时间随机变化的, 服从正态分布, 而空中的无线电信号则是比较稳定的, 因此, 我们可以用背景噪声的矩特征 (均值和方差) 来表征背景噪声, 从而可以通过统计一段时间噪声和信号的均值和方差等矩特征来有效地提取背景噪声.

以我们采集一段时间内监测的航空频段 (108~137MHz) 的信号电平值为例, 通过计算监测时间内整个频段上的信号均值形成的频谱图如图 2 所示.

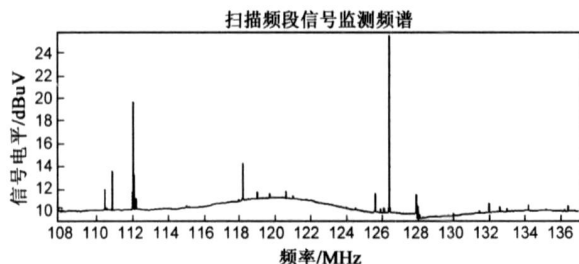


图2 108~137MHz频段信号均值频谱图

从图中可以看出, 整个频段上背景噪声具有一定形貌特征, 人眼可以轻易识别和分析, 而计算机却难以对其进行表征和描述. 从图 2 可以看出, 背景噪声的纹理特征具有分段连续性, 无线电信号相邻信道的噪声被认为是连续的, 信号叠加在背景噪声之上, 而信号的频谱是突变的. 因此, 我们可以根据信号和背景噪声纹理特征的不同进行信噪分离.

3 背景噪声提取算法的设计与实现

3.1 背景噪声提取算法设计

背景噪声一般为高斯白噪声, 是一个具有零均值的平稳随机过程. 但是在实际接收监测系统中, 由于监测环境、接收机性能和参数设置的影响, 扫描频段的背

景噪声具有不同的纹理特征. 另外, 接收到的有用信号也具有不同的特征, 如宽信号等, 需要全面考虑各种出现的情况, 这给背景噪声的提取增加了复杂性和多样性.

我们利用接收机监测采集了大量的监测数据, 对各种背景噪声纹理特征进行分析, 通过各种方法的试验比较后, 选取了一种提取背景噪声的算法——分段平滑滤波阈值限定法. 该算法基本上适合所有频段的背景噪声提取, 具有普适性.

分段平滑滤波阈值限定法的基本设计思想: 以平滑滤波窗函数的思想, 先判断平滑窗中每个特征值与此窗中特征均值的绝对差值是否在预定阈值之内, 是则认为此纹理段均为背景噪声, 跳到下一个窗继续平滑限定; 否则将该特征点标记为信号点, 再跳到下一个特征点继续平滑限定. 最后将连续标记为信号的特征点记录为一个信号段, 并计算出每个信号段前后两噪声段的窗体特征均值, 用此噪声特征均值作为信号段的背景噪声纹理.

3.2 背景噪声提取算法实现

频段背景噪声的提取整个实现步骤如图 3 总体流程图所示. 首先, 扫描一定时间内的频段信号, 对信号幅度谱在一定时间内计算矩特征 (均值、方差等), 得到信号的特征谱线, 这样整个频段上接收的信号就用特征谱来表征. 然后基于背景噪声纹理特征, 采用分段平滑滤波阈值限定法从频段特征谱线中找出信号段. 根据信号段前后的噪声特征值平滑信号段, 得到此信号段的背景噪声特征值. 最后, 对得到的背景噪声特征谱线进行平滑滤波, 从而提取出背景噪声.

对背景噪声的提取关键算法是分段平滑滤波阈值限定法, 分段平滑滤波阈值限定法的流程图如图 4 所示.

背景噪声提取流程中, 要选取合适的阈值和平滑窗体的大小, 这个是根据信号的均值和方差等特征修正

的. 平滑窗的尺寸越大, 纹理越平坦, 容易丢失纹理信息, 一般工程经验值为 20. 另外, 在频段提取背景噪声中, 设计和实现提取算法时, 还需要注意考虑频段边界点的处理等问题, 主要依据为无线电信号相邻信道的噪声被认为是连续的, 大小基本相同.

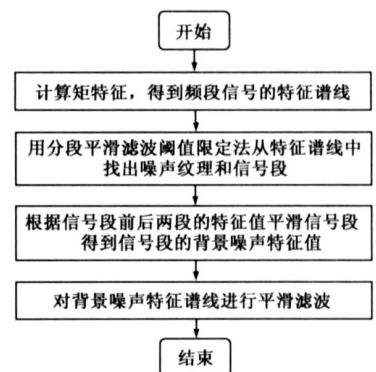


图3 背景提取总体流程图

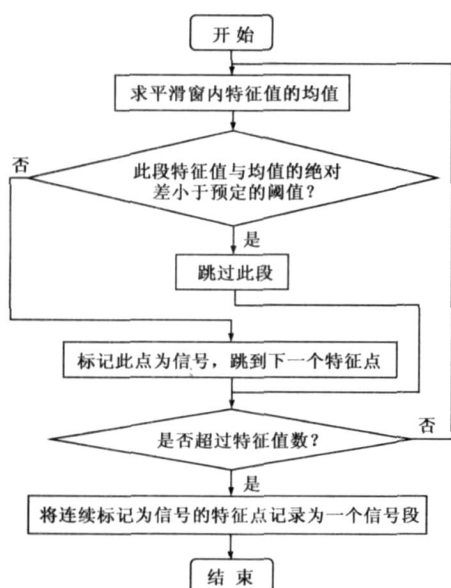


图4 分段平滑滤波阈值限定法流程图

4 背景噪声提取实验与分析

为了检验基于纹理特征的背景噪声提取算法的有效性和准确性,我们通过搭建一个测试系统平台进行了长时间大量的测试试验。测试平台由接收天线、ESMB接收机与计算机等硬件系统和背景噪声提取算法的软

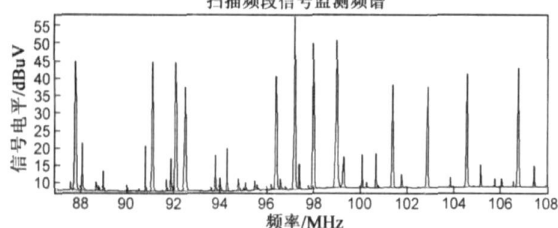
件组成。另外,为了进一步验证基于纹理特征的背景噪声提取算法的实用性,我们对天津市十几个监测站整整半年的监测数据,通过背景噪声提取算法的软件平台进行了背噪提取和分析统计。分析统计结果表明,应用该提取算法能够准确提取不同监测频段不同监测时间的无线电背景噪声。下面我们以其中的几笔监测数据为例,来具体分析背景噪声的提取。

首先,通过接收机扫描监测空中不同频段的信号频谱,得到扫描频段的原始监测数据。然后对原始监测数据进行分析处理,计算提取均值、方差等信号特征,得到频段信号特征谱线。最后通过提取背景噪声的纹理特征来实现信噪分离。下面我们以频段信号的均值特征谱线为例来提取背景噪声均值。图5中是监测的各个频段的信号均值特征谱线,其中,纵坐标代表监测时间内的信号电平均值,横坐标是频率;蓝色的线代表信号电平均值,红色的线是我们提取的整个频段上的背景噪声。

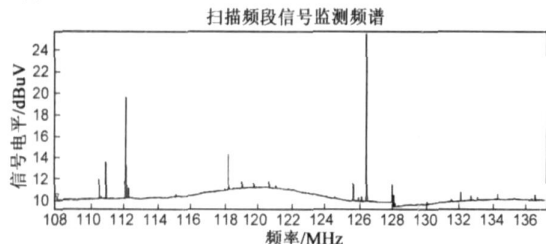
由图5中各个频段的信号特征谱线可以看出,背景噪声的纹理变化很大,具有不规则的分布,有些频段变化比较平缓,基本是一条直线,变化不大(87~108MHz);有的频段背景噪声起伏较大并出现分段连续的情况(108~137MHz);有些频段出现较宽的信号段。针对这些纹理复杂变化的背景噪声,我们通过分段平滑滤波阈值限定法一步一步找出纯背景噪声段,然后对信号段用边界信道的背景噪声值代替。图中的红线代表提取的背景噪声纹理,误差很小,基本上与实际背景噪声一致。

为了进一步检验基于纹理特征的背景噪声提取算法的实用性和普适性,我们采用成都华日通讯技术有限公司的HR-100接收机,德国R&S公司的ESMB接收机和法国泰雷兹(Thales)的一款接收机对30~3000MHz整个频段上的信号进行频谱扫描。通过大量的实验和数据分析,表明基于纹理特征的背景噪声提取算法可以准确地提取整个接收机扫描频段上的背景噪声,实现信噪分离;而且算法的有效性和准确性不受信号和接收机的影响。

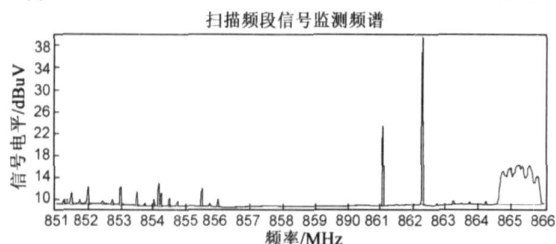
以Thales接收机扫描的30~3000MHz信号频谱为例,1个小时内监测的数据作平均得到均值频谱图,然后对其进行背景噪声均值提取,为了便于观察,我们截



(a) 2008年3月19日天津靖江路监测站87~108MHz广播频段监测频谱



(b) 2008年1月15日天津机场监测站108~137MHz航空频段监测频谱



(c) 2008年1月14日天津汉沽监测站851~866MHz集群频段监测频谱

图5 频段背景噪声提取谱线

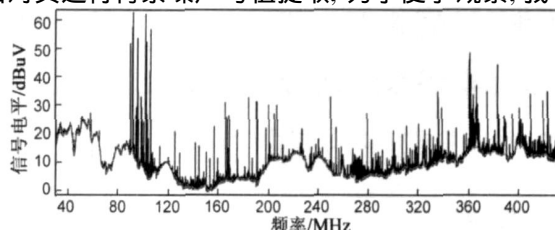


图6 背景噪声均值提取谱线

取其中的一部分频段(30~430MHz)显示如图6所示。从图中可以看出,红色的背景噪声均值纹理特征曲线与实际纹理一致,表明该算法可以有效地提取了背景噪声,很好地实现了信噪分离。

5 结束语

本文提出了一种基于纹理特征的背景噪声提取方法,该方法通过用分段平滑滤波阈值限定法来提取背景噪声的纹理特征,达到信噪分离的目的。通过大量的实验表明,该方法可以准确地提取整个接收机扫描频段上的背景噪声,而且对背景噪声提取的有效性不受硬件设备、频段背景噪声分布和信号带宽等因素的影响,能够很好地实现信噪分离,对以后的频谱占用度测量、信号带宽测量和频谱监测等信号分析提供了重要手段。

参考文献:

- [1] CHEN Chir Hung, DEEN M J, et al. Extraction of the induced gate noise, channel noise, and their correlation in submicron MOSFETs from RF noise measurements[J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2001, 48(12): 2884–2892.
- [2] EVEN J, SARUWATARI H, et al. Frequency domain blind signal extraction: application to fast estimation of diffuse background noise[A]. James L F. Hands Free Speech Communication and Microphone Arrays(HSCMA 2008)[C]. Piscataway NJ: IEEE Signal Proceedings Society, 2008. 212–215.
- [3] Giannini F, Bourdel E, et al. A new method to extract noise parameters based on a frequency and time domain analysis of noise power measurements[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008, 57(2): 261–267.
- [4] SOFOU A, et al. Soil image segmentation and texture analysis: a computer vision approach[J]. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, 2005, 2(4): 394–398.
- [5] 李素, 李金屏, 等. 基于纹理分析的图像形貌特征提取[J]. 济南大学学报. 2004, 18(3): 218–221.
LI Su fang, LI Jin ping, et al. Texture based feature extraction of image micromorphology[J]. Journal of Jinan University. 2004, 18(3): 218–221. (in Chinese)
- [6] 黄晓斌, 刘海涛, 等. 强噪声背景下基于子空间的盲信号提取[J]. 电子与信息学报. 2006, 28(11): 2037–2040.

HUANG Xiao bin, LIU Hai tao, et al. Blind signal extraction based on subspace over high noise source background[J]. Journal of Electronics & Information Technology. 2006, 28(11): 2037–2040. (in Chinese)

- [7] HUNT M, et al. Spectrum monitoring handbook[M]. Geneva, Switzerland International Telecommunication Union (ITU), 2002. 172–180.
- [8] 谷炳海, 张友鹏, 徐项. 强噪声背景下的信号提取[J]. 科技资讯, 2007, (2): 22–23.

作者简介:



冯 霞 女, 1984年6月出生于四川省广安市, 2006年毕业于四川大学电气信息学院, 现为四川大学电气信息学院在读硕士研究生, 从事控制理论与控制工程和无线电监测方面的研究工作。
E-mail: fengxia1958@163.com



龚晓峰 男, 1965年1月出生于浙江省金华市, 现为四川大学电气信息学院教授, 硕士生导师。近年来, 致力于无线电短波和超短波频段信号的频谱监测、测向定位技术的研究和开发, 获四川省科学技术进步奖3项, 在国内外发表学术论文50余篇。主要研究方向: 检测技术与自动化装置、无线电监测。

E-mail: yostgxf@hotmail.com



张利丹 女, 1984年2月出生于湖南省醴陵市, 2006年毕业于四川大学电气信息学院, 现为四川大学电气信息学院在读硕士研究生, 从事控制理论与控制工程和无线电监测方面的研究工作。

E-mail: zhanglidan_26@163.com



武瑞娟 女, 1982年11月出生于河北省石家庄市, 2007年毕业于四川大学电气信息学院, 硕士。现为成都华日通讯技术有限公司的一名研发工程师。主要研究方向: 检测技术与自动化装置、无线电监测。

E-mail: wunuijuan1@163.com