

水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘方法仿真

彭 辉

(浙江警官职业学院, 浙江 杭州 310018)

摘 要: 在水下通信中, 海洋混响将对舰艇通信网络产生破坏性干扰, 导致通信网络故障和通信信道失衡, 传统方法采用相邻数据段匹配滤波方法进行故障数据挖掘, 识别性能不好. 对提出基于分段预白化匹配检测的水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘算法. 构建了水下通信信道模型, 通过分段预白化处理, 把故障数据信号解析模型分解为多个窄带信号, 对故障数据进行匹配检测, 求得通信网络中的干扰特征幅度和相位信息, 用 AR 模型估计不同时刻的混响频谱, 对当前数据段进行平滑处理, 对每段故障数据型进行分段匹配滤波检测, 对当前数据段的处理结果与前一数据段的处理结果进行分段预白化匹配相关检测, 实现故障数据有效识别. 仿真结果表明, 采用该算法能有效提高故障数据准确识别率, 通过合理配置分段预白化匹配参数, 提高水下舰艇通信网络中的故障数据的准确检测概率, 改善了舰艇对潜水下通信的质量.

关键词: 海洋混响; 舰艇; 通信网络; 故障数据挖掘

中图分类号: TN911

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2016)02-0083-04

Simulation of Fault Data Recognition Method in Underwater Ship Communication Network

PENG Hui

(Zhejiang Police Vocational Academy, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The ocean reverberation has time variability and non stationary. The sea reverberation will have a destructive interference to the underwater communication network. Communication network fault and communication channel imbalance, the need for the underwater ship communication network fault data for effective identification, and improve the stability and reliability of the submarine communication. In the traditional method, the fault data is identified by using the matched filtering method. The performance is not good with the nonlinear variation of the ocean reverberation. A new method of fault data recognition based on sub-pre whitening matching detection of underwater ship communication network is proposed. The model of underwater ship communication network model and communication channel model is built. The fault data signal is decomposed into multiple narrowband signals. The signal is detected by using AR model. The results are compared with the data of different time. The method is used to detect the different time of the data. Simulation results show that the proposed algorithm can effectively improve the accuracy of fault data, and can improve the accuracy of the fault data in the communication network, and improve the quality of the underwater communication.

Key words: Ocean reverberation; ship; communication network; fault data recognition

1 引言

在水下舰艇通信网络中, 海洋的声传播损失会导致海洋混响产生强烈的干扰, 且海洋混响具有时变性和非平稳性, 所以海洋混响将对舰艇的水下通

信网络产生破坏作用, 导致故障发生. 研究水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘方法, 可以提高水面舰艇对潜通信的稳定性和可靠性, 相关的算法研究具有重要意义^[1].

水下舰艇通信网络主要采用水声信道进行通

信. 水下通信是一件非常困难的事情, 通道的多径效应、时变效应使得水下舰艇通信网络信号衰减严重. 海水对电磁波吸收系数较大, 且距离较远, 再加上水下通信采用的是声波而非无线电波, 所以存在较大的传递损失和传输衰减, 从而导致故障数据的发生. 传统方法中, 对水下舰艇通信网络的故障数据挖掘方法主要采用的是多径分量重组的码间干扰抑制方法、基于时频特征提取的故障数据挖掘算法和基于傅里叶频谱检测的故障数据挖掘方法等. 由于水下舰艇通信网络在整个互联网体系中体现为一个异构网元, 承载着不同的协议和网络信道, 传统的故障数据挖掘方法难以对强混响背景下的通信故障数据进行有效识别, 对此相关文献进行了改进设计^[2-3]. 文献[4]提出一种基于宽平稳随机过程分析和时间-频率联合分布特征提取的水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘方法, 实现对水下舰艇通信网络信道优化分配, 但是该算法计算量较大, 适应性不好. 文献[5]提出一种基于 OFDM 扩频通信频谱检测的水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘方法, 在长距离传输中提高了水下对潜通信的扩频性能, 提高了通信信道的抗干扰性, 但该算法在进行故障数据挖掘过程中由于包络线失真引起的水声通信信道的边界控制误差, 且存在实时性和收敛性不高的问题. 文献[6-10]采用相邻数据段匹配滤波方法进行故障数据挖掘, 随着海洋混响的非线性变化, 识别性能不好.

针对上述问题, 本文提出一种基于分段预白化匹配检测的水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘算法. 首先进行了水下舰艇通信网络模型和通信信道模型构建, 对通信网络中的故障数据进行高频信号模型模拟, 对每段故障数据按高斯色噪声背景下的混响模型进行分段匹配滤波检测, 对当前数据段的处理结果与前一数据段的处理结果进行分段预白化匹配相关检测, 实现对故障数据的有效识别, 仿真实验进行了性能验证, 展示了本文算法在实现水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘中的优越性能, 提高了对故障数据的准确检测概率.

2 分段预白化匹配检测算法及故障数据实现算法改进实现

2.1 通信信号分段预白化匹配检测算法

由于海洋混响的存在, 对舰艇对潜水下通信网络产生强干扰, 导致通信网络故障和通信信道失衡, 需要对水下舰艇通信网络中的故障数据进行有效识别, 提高水面舰艇对潜通信的稳定性和可靠性. 传统

方法采用相邻数据段匹配滤波方法进行故障数据挖掘, 随着海洋混响的非线性变化, 识别性能不好, 为了克服这些弊端, 本文提出一种基于分段预白化匹配检测的水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘算法. 进行故障数据挖掘算法设计, 需要首先构建故障数据信号模型, 引入现代信号检测技术, 在多个已知干扰中, 为了使故障数据信号离散数据解析化, 构建了水下舰艇通信网络的故障数据信号解析模型:

$$\begin{cases} H_0: x_{k+1}(t) = r_{k+1}(t) \\ H_1: x_{k+1}(t) = s(t - \tau) + r_{k+1}(t) \end{cases} \quad 0 \leq t \leq T_B \quad (1)$$

式中, $r_{k+1}(t)$ 表示故障数据信号, $x(t)$ 表示故障数据信号解析模型的实部, $r_{k+1}(t)$ 表示故障数据的脉宽为 T_p 的线性调频回波信号, 选取高阶累积量对故障数据进行匹配滤波检测, 在对混响数据进行了合理分段后, 检测混响背景中是否有回波信号, 对回波信号进行预白化处理. 水下舰艇通信网络模型满足局部平稳高斯色噪声混响模型, 设水下舰艇通信网络的故障数据为时变 AR 模型, 阶数为 p , 参数为 $a_i(t)$, 干扰噪声 $n(t)$ 满足局部平稳高斯色噪声混响背景模型, 可用下式表示.

$$n(t) = - \sum_{i=1}^p a_i(t) n(t-i) + \sigma(t) w(t) \quad (2)$$

至此, 得到 $w(t)$ 为均值为 0, 方差为 1 的高斯白噪声, 混响数据 $r(t)$ 由下式获得:

$$r(t) = \alpha n(t) \quad (3)$$

通过分段预白化处理, 把故障数据信号解析模型分解为多个窄带信号, 对故障数据进行匹配检测, 求得水下舰艇通信网络中的干扰特征幅度和相位信息, 为故障数据挖掘提供数据基础, 水下舰艇通信故障数据的分段预白化匹配检测器设计框图如图 1 所示.

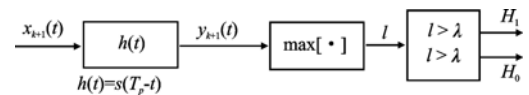


图 1 分段预白化匹配检测器设计框图

2.2 故障数据挖掘算法改进实现

在对潜水声通信中, 采用换能器将电信号转换为声信号, 实现对通信网络中的故障数据进行高频信号模型模拟, 对每段故障数据按高斯色噪声背景下的混响模型进行分段匹配滤波检测, 故障数据干扰频率特征表达式为

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \times \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (4)$$

式中, t 为信号采样时间间隔, $\theta(t)$ 为相位信息, 在舰艇对水下网络通信过程中, 受到混响背景干扰, 大量数据不断传输产生故障数据, 在故障数据挖掘过程中, 在估计第 k 段故障数据的频谱时, 为了便于检测算法实现, 用 AR 模型估计 k 时刻混响频谱, 对当前数据段进行平滑处理, 即:

$$r_k(t) = - \sum_{i=1}^{p_k} a_{k,i} r(t-i) + w_k(t) \quad (5)$$

式中, $w_k(t)$ 为水下舰艇通信网络故障数据的权重, 它表示一个方差为 $\sigma_{w,k}^2$ 的高斯白噪声, $a_{k,i}$ 为第 k 段故障数据的 Lattice 递推模型参数, 计算每个信道的信号干扰比 SIR, 按最终预测误差 (FPE) 准则, 则 $r_k(t)$ 的频谱为

$$S_k(\omega) = \frac{\sigma_{w,k}^2}{|A_k(e^{j\omega})|} \quad (6)$$

式中, A_k 为信号幅值, 对当前数据段的处理结果与前一数据段的处理结果进行分段预白化匹配相关检测, 对数据进行分段后, 对第 $k+1$ 段数据的检测问题可以被描述为如图 2 所示形式。

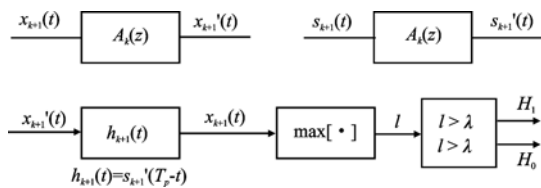


图 2 故障数据分段预白化匹配相关检测

通过图 2 中的检测器设计, 对完成分段的数据逐段用匹配滤波的方法进行检测, 提高了故障数据的识别性能, 改进算法的实现流程如图 3 所示。

3 仿真实验与结果分析

为了测试本文设计的故障数据挖掘算法在实现水下舰艇通信网络中通信信道改善中的性能, 进行仿真实验。基于 Matlab 仿真实验平台进行仿真实验, 选取了 3 000 个水听器节点, 340 000 个通信数据传输对象, 通信节点的数据传输协议采用 CDMA 协议, 水声通信信道分为 8 个子信道, 在水下对潜通信中, 采用 5.450 ~ 5.922 kHz 之间 75 Hz 的频段用于对潜水声通信。仿真过程中相关参数的取值: $f_s = 1\,000$ Hz, $T_p = 0.2$ s, $f_1 = 150$ Hz, $f_2 = 250$ Hz, $\sigma_w^2 = 1$, $r = 0.8$, $\theta = 0.4\pi$, 虚警概率 $P_f = 0.05$, 蒙特卡罗试验次数为 20 000 次。根据上述仿真环境和参数设

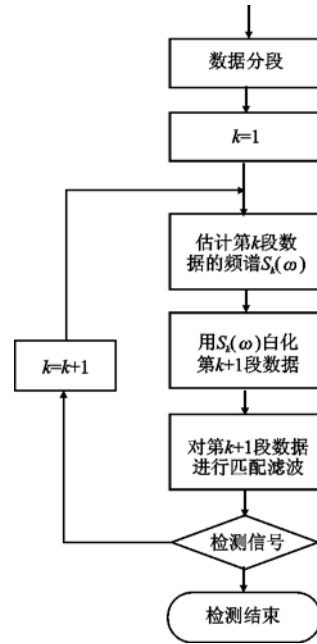


图 3 改进算法实现流程

计, 进行水下舰艇通信网络的故障数据挖掘仿真实验, 仿真得到满足局部平稳高斯色噪声下的水下通信海水混响背景信号模型如图 4 所示。

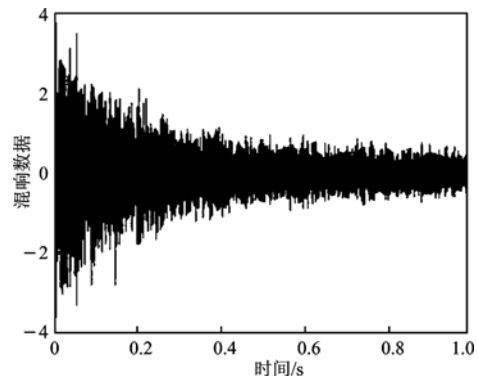


图 4 水下通信海水混响背景信号模型

以图 4 的混响背景信号模型为基础, 对水下舰艇通信网络的故障数据进行特征提取和识别, 采用本文算法对故障数据进行合理有效地分段处理, 对通信网络中的故障数据进行分段预白化匹配检测, 得到检测结果如图 5 所示。

从图 5 结果可见, 采用本文算法进行故障数据分段预白化匹配检测, 频率范围约束在 2 ~ 2.5 kHz. 故障数据的回波信号位于 $t = 300$ ms 的位置, 在 $t = 300$ ms 处, 在数据段编号为 9, 10 的位置处具有明显的突变现象, 由此可见分段预白化匹配检测方法在处理故障数据挖掘问题是具有较好的识别能力。最后, 为了对比算法性能, 采用不同算法在虚警

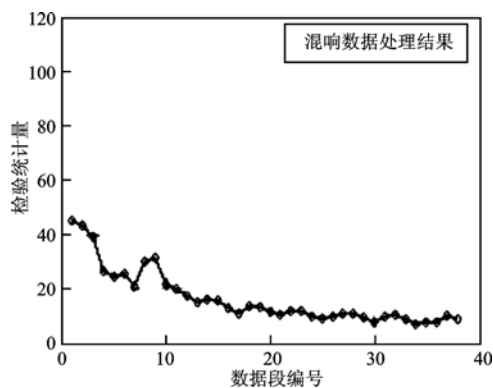


图5 通信网络中的故障数据分段预白化匹配检测结果

概率 $P_f = 0.05$ 条件下,在 $-30 \sim 10$ dB 的信混比下,采用 20 000 次蒙特卡洛实验进行故障数据挖掘仿真,得到水下舰艇通信网络中的故障数据的准确检测概率对比结果如图 6 所示。从图可见,采用传统的 MF 算法,检测概率最低,采用本文算法 PWMF,通过合理配置分段预白化匹配参数 α, β ,有效提高了检测概率,对故障数据的准确识别率提高明显,展示了较好的故障数据挖掘性能,从而改善通信网络的数据传输性能,降低数据丢包率。

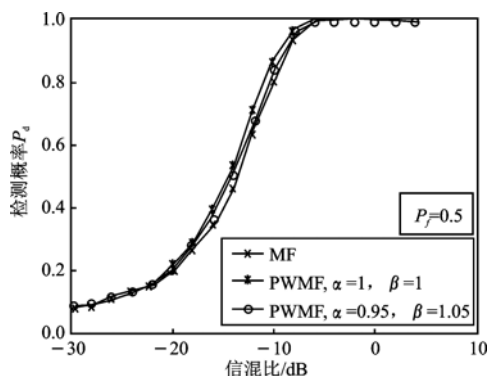


图6 故障数据准确检测概率对比

4 结束语

在水下舰艇通信网络中,海洋的声传播损失导致海洋混响产生强烈的干扰,且海洋混响具有时变性和非平稳性,所以海洋混响将对舰艇对潜水下通信网络产生破坏作用,导致故障发生。研究水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘方法,可以提高水面舰艇对潜通信的稳定性和可靠性,对此本文提出一种

基于分段预白化匹配检测的水下舰艇通信网络中的故障数据挖掘算法。进行了水下舰艇通信网络模型和通信信道模型构建,对每段故障数据按高斯色噪声背景下的混响模型进行分段匹配滤波检测,对当前数据段的处理结果与前一数据段的处理结果进行分段预白化匹配相关检测,实现对故障数据的有效识别,仿真结果表明,采用该算法能有效提高故障数据准确识别率,故障检测概率较高,改善了舰艇对潜水下通信的性能。

参考文献:

- [1] 程艳合,杨文革. 压缩域直扩测控通信信号伪码跟踪方法研究[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(8): 2028-2032.
- [2] 余晓东,雷英杰,岳韶华,等. 基于粒子群优化的直觉模糊核聚类算法研究[J]. 通信学报, 2015, 32(5): 117-121.
- [3] 梁华东,韩江洪. 采用双谱多类小波包特征的雷达信号聚类分选[J]. 光子学报, 2014, 43(3): 0307001.
- [4] 石鑫,周勇. 基于信号峰脊陡变调制的雷达测距算法[J]. 物联网技术, 2015, 5(4): 12-14.
- [5] 侯森,罗兴国,宋克. 基于信息源聚类的最大熵加权信任分析算法[J]. 电子学报, 2015, 43(5): 993-999.
- [6] 王瑞,马艳. 基于分数阶傅里叶变换的线性调频脉冲信号波达方向估计[J]. 兵工学报, 2014, 35(3): 421-427.
- [7] 焦义文,王元钦,马宏,等. 群时延失真对天线组阵合成信噪比的影响分析[J]. 信号处理, 2015, 31(2): 145-153.
- [8] 孙志. 卫星信道判决反馈模糊控制多模盲均衡算法[J]. 科技通报, 2014, 30(8): 173-175.
- [9] 彭文杰,李岳衡,薛团结,等. 复合衰落信道下分布式 MIMO 系统中断概率及信道容量分析[J]. 通信学报, 2015, 32(2): 134-138.
- [10] 徐晓斌,张光卫,孙其博,等. 一种误差可控传输均衡的 WSN 数据融合算法[J]. 电子学报, 2014, 42(6): 1205-1209.

作者简介:

彭 辉 女,硕士,讲师. 研究方向为图像处理、数据挖掘、数据恢复与数字取证、计算机仿真、计算机基础教学.

E-mail: 47437998@qq.com.