

水下通信网络中纠结入侵信号的检测仿真

鲁 莹¹, 杨胜全², 徐全元¹, 柳继勇³

(1 西南林业大学 计算机与信息学院, 云南 昆明 650224; 2 昆明船舶设备研究试验中心, 云南 昆明 650051;
3 昆明物理研究所, 云南 昆明 650023)

摘 要: 提出一种基于多属性集成模型的水下通信网络中纠结入侵信号检测方法. 根据最小二乘法相关理论, 对水下通信网络中的纠结信号特征进行提取, 运用约束条件, 根据噪声与入侵信号特征比率不同这一特点进行特征分割, 实现水下通信网络中纠结信号的入侵检测. 实验结果表明, 该方法可以有效地对水下通信网络中纠结入侵信号检测, 有效提高水下网络中入侵检测的准确性.

关键词: 水下网络通信; 入侵信号; 最小二乘法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)04-0092-04

Underwater Communication Network with Invading Signal Detection in Simulation

LU Ying¹, YANG Sheng-quan², XU Quan-yuan¹, LIU Ji-yong³

(1 School of Computer and Information, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;
2 Kunming Ship Equipment Research and Test Center, Kunming 650051, China;
3 Kunming Institute of Physics, Kunming 650023, China)

Abstract: Put forward a model based on multiple attribute integration with invasion of signal detection method in underwater communication network. Related theory, based on least-square method to tangle in underwater communication network signal characteristic extraction, using the constraint conditions, according to the different characteristics with the invasion of signal noise ratio of the characteristic feature segmentation, tangled signal in underwater communication network intrusion detection. The experimental results show that the method can be effective in underwater communication network with invasion of signal detection, effectively improve the accuracy of the underwater in the network intrusion detection.

Key words: Underwater network communication; The invasion of signal; The least square method

1 引言

在世界各国的海军计划中, 通过水下通信网络将潜艇、无人潜航器、水下传感器与浮标、水面舰艇、飞机等各种平台连成一体化网络的呼声越来越高. 随着“网络中心战”概念的发展和不断完善, 网络向水下的延伸将是一个必然的趋势, 一方面, 水下战场是立体战争不可或缺的一个重要环节; 另一方面, 水下通信网络的逐渐成熟为其提供了实现的可能. 毫

无疑问, 这将使水下空间发生翻天覆地的变化, 并对海军的作战思想与装备建设产生深远影响. 随着通信技术的不断发展, 水下通信技术的应用范围也越来越广泛^[1-2]. 如何保证水下通信网络通信的安全, 已经成为通信领域需要研究的热点问题, 对通信安全起着至关重要的作用, 受到了很多专家和学者的广泛关注^[3-5].

利用传统算法进行水下网络通信, 能够有效检测到该网络中的纠结入侵信号^[6-8], 保证网络安

收稿日期: 2013-07-18; 修回日期: 2013-09-11

基金项目: 云南省教育厅基金(2011C136)

全^[9].但是,在纠缠入侵信号检测过程中,由于水下网络通信与传统通信不同,受到水下噪声和外部干扰较强,其外部入侵特征呈明显的纠缠特征,出现不定特征失真^[10].传统的入侵检测方法以模式阈值匹配为主,一旦出现纠缠特征造成特征失真,将降低检测的准确率.

2 水下网络入侵检测原理及弊端分析

利用量子神经网络算法,可以对水下网络中的纠缠入侵信号进行有效的检测,为水下网络安全提供保障.水下网络的组网原理如图1所示.

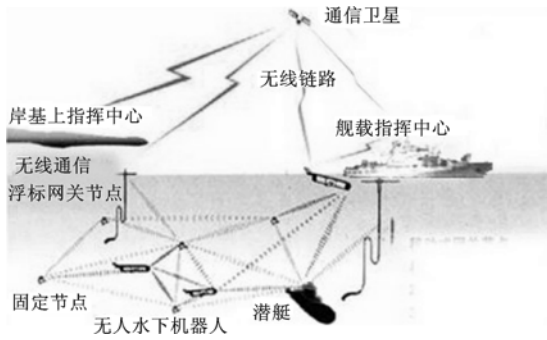


图1 水下网络原理描述

其详细内容如下所述:

在水下网络通信过程中,通信数据量极为庞大,造成纠缠入侵信号检测的复杂性过高,所以,需要利用主成分分析法,对水下网络通信数据进行降低维度的处理.根据下述公式可以对水下网络通信数据进行初始化处理:

$$c_{mi} = \frac{b_{mi} - \bar{b}_n}{\omega_n} \in C \quad (1)$$

在上述公式中, $\bar{b}_n$ 能够用来描述水下网络中的信号特征, ω_n 能够用来描述纠缠入侵信号特征的方差, $b_m \in B, n = 1, 2, \dots, S$.

根据下述公式可以计算水下网络通信过程中纠缠信号特征的协方差矩阵:

$$W = \frac{1}{S} [C - \overline{Cq}] [C - \overline{Cq}]^T \quad (2)$$

根据下述公式可以计算水下网络通信过程中的纠缠信号特征关联度:

$$(xq - W)Y = 0 \quad (3)$$

设置水下网络通信过程中所有的信号特征构成的种群中元素的数目是 $s = 300$,迭代处理次数是 $J = 180$.针对该种群中的所有元素进行交叉、变异处理,得到水下网络中全部信号的初始种群.纠缠入侵信号检测的详细步骤如下所述:

(1) 在根据量子神经网络相关理论进行水下网

络中纠缠入侵信号检测时,应该将全部通信状态数据输入到量子神经网络模型中,获取这些数据之间的关联性.量子神经网络模型的输出结果与期望值之间存在一定的差异,这种差异称为入侵检测误差.水下网络中纠缠入侵信号检测的初始阈值可以用 γ 描述.根据检测误差能够计算该阈值的适应性.

(2) 根据水下网络中纠缠入侵信号特征,能够得到对应的特性.对所有的纠缠入侵信号依次进行扫描,如果该纠缠入侵信号检测判别已经完成,则停止计算,否则,执行下一个步骤.

(3) 根据水下网络中纠缠入侵信号适应性,能够判断入侵信号特征是否满足检测条件,如果满足上述约束条件,则停止计算,否则,执行下一个步骤.

(4) 在水下网络通信过程中,需要对所有的特征进行选取、交叉、变异处理,获取纠缠入侵信号种群.

对水下网络中纠缠入侵信号特征分类问题求解,能够得到 $\delta' = (\delta'_1, \delta'_2, \dots, \delta'_p)^T$,得到最优纠缠入侵信号特征分类函数如下:

$$i(a) = \text{sgn} \left\{ \sum_{m=1}^p \delta_m^* b_m N(a, a_m) + e^* \right\} \quad (4)$$

在上述公式中,

$$f^* = b_l - \sum_{m=1}^p b_m \delta_m N(a_m, a_m)$$

$$l \in \{l | 0 < \delta_l^* < x(a_m) F\}.$$

根据上面阐述的方法,能够进行水下网络中纠缠入侵信号检测.但是,在检测的过程中,由于水下网络通信与传统通信不同,受到水下噪声和外部干扰较强,其外部入侵特征呈明显的纠缠特征,出现不定特征失真.传统的入侵检测方法以模式阈值匹配为主,一旦出现纠缠特征造成特征失真,将降低检测的准确率.

3 纠缠入侵信号特征分离优化检测

利用传统的算法进行水下网络入侵信号检测,以模式阈值匹配为主,一旦出现纠缠特征造成特征失真,将降低检测的准确率.为此,提出了一种基于多属性集成模型的水下网络中纠缠入侵信号检测方法.

3.1 水下网络中纠缠入侵信号特征分离

根据最小二乘法相关理论,能够在大量的水下网络中提取纠缠入侵信号,为纠缠入侵信号检测提供依据.设置水下网络中全部状态信号构成的序列

能够用 $\{b_l\}$ 进行描述. 根据下述公式, 能够对水下网络通信过程中的状态信号进行拟合变换:

$$S_{-1}(a) = d_0 + d_1 a + d_2 a_2 + \cdots + d_{r-1} a_{r-1} \quad (5)$$

在水下网络通信状态信号拟合变换的过程中, 需要满足下述约束条件:

$$\begin{cases} q < r \\ q < 20 \end{cases}$$

设置水下网络通信过程中, 全部状态信号拟合结果能够用 $T(a)(m = 0, 1, \cdots, q-1)$ 表示, 根据下述公式能够计算水下网络中纠缠入侵信号的空间位置:

$$S_{-1}(a) = f_0 T_0(a) + f_1 T_1(a) + \cdots + f_{q-1} T_{q-1}(a) \quad (6)$$

设置 $f = \sum_{k=0}^{q-1} S_l^2(z_k), l = 0, 1, \cdots, p-1$, 则能够得到下述公式:

$$\begin{aligned} d_{m+1} &= \frac{1}{g_m} \sum_{l=0}^{r-1} a_l T_m^2(a_l) \\ \epsilon_m &= \frac{f_m}{f_{m-1}} \end{aligned} \quad (7)$$

根据上面阐述的方法, 能够获取水下网络中纠缠入侵信号的特征:

$$f_m = \frac{1}{g_m} \sum_{l=0}^{r-1} b_l T_m(a_l) \quad (8)$$

设置水下网络中初始阈值是 λ , 根据下述公式能够实现纠缠入侵信号特征的分离:

$$\begin{cases} f_m > \kappa \text{ 该特征属于纠缠入侵信号特征} \\ f_m \leq \kappa \text{ 该特征不属于纠缠入侵信号特征} \end{cases} \quad (9)$$

根据上面阐述的方法, 可以完成水下网络中的纠缠入侵信号特征分离提取, 为纠缠入侵信号检测提供基础.

3.2 约束分类下的纠缠入侵信号检测

利用多属性集成模型, 能够将水下网络中的信号进行有效的分类, 得到正常信号和纠缠入侵信号. 其详细内容如下所述:

设置水下网络通信过程中的特征空间中输入数据能够用 $(z_1, a_1), (z_2, a_2), \cdots, (z_p, a_p)$ 进行描述, 则对应的输出结果的取值区间是 $a_k \in \{-1, 1\}$. $h(z)$ 能够用来描述水下网络中的纠缠入侵信号分类函数. 如果输出结果是 $a_k = -1$, 则判断水下网络中存在纠缠入侵信号, 如果输出结果是 $b_l = -1$, 则判断水下网络中不存在纠缠入侵信号. 在上述公式中, $h(z)$ 的取值可以用下述公式计算:

$$a = h(z) = y^T \gamma(z) + d \quad (10)$$

在上述公式中, γ 能够用来描述水下网络通信过程中的信号特征映射联系, y 能够用来描述上述纠缠入侵信号特征的比率, $d \in T$ 能够用来描述对应的偏置值. 针对上述纠缠入侵信号进行分类, 能够得到最优解如下所述:

$$\min_{y, d, g} L(y, g) = \frac{1}{2} y^T y + \frac{1}{2} \kappa \sum_{k=1}^p g_k^2 \quad (11)$$

上述纠缠入侵信号分类问题求解时的约束条件如下所述:

$$a_k [y^T \gamma(z_k) + d] + g_k = 1 \quad (12)$$

通过上面阐述的方法, 能够根据最小二乘法相关理论, 对水下网络中的纠缠信号特征进行提取, 为纠缠入侵信号检测提供依据. 根据信号特征, 建立多属性集成模型, 实现水下网络中纠缠信号的入侵检测.

4 实验结果分析

为了验证本文提出的基于多属性集成模型的水下网络中纠缠入侵信号检测方法的有效性, 需要进行一次实验. 在实验的过程中, 为了提高水下网络中纠缠入侵信号检测的检测率, 降低漏检率, 同时缩短检测时间, 需要分别利用人工鱼群算法、蚁群算法、量子神经网络算法和多属性集成模型进行水下网络中纠缠入侵信号检测. 将实验数据分成 4 组, 数据的选择如表 1 所示. 水下网络中的全部实验数据都来自于 kddcup99 的检测评判数据, 上述数据中包含纠缠入侵信号, 入侵类型能够用表 1 进行描述.

表 1 实验数据

入侵类型	训练数据	测试数据
DOS	566	965
Probing	223	349
U2R	524	852
R2L	461	438

根据无穷方差检验相关理论, 能够判断水下网络通信相关数据是否含有噪声. 如果上述数据存在较高信噪比, 则水下网络节点是均匀分布的, 才能符合纠缠入侵信号检测的实验条件. 具有高斯性的水下网络中相关数据的样本信噪比曲线能够用图 2 进行描述.

在存在较强信噪比的水下网络通信数据方差曲线图中, 数据量呈现逐渐上升的趋势. 在上图中, 通信数据的方差值在指定位置收敛, 代表上述数据拥有较强的信噪比, 满足水下网络中纠缠入侵信号检测的实际需求. 具有压缩比的水下网络中相关数据

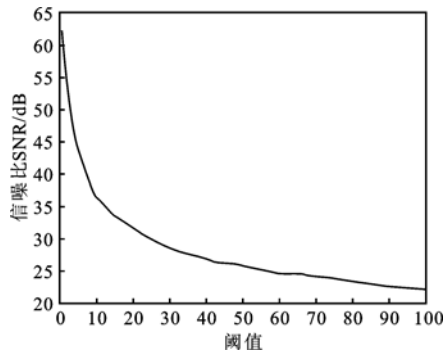


图2 高斯特性信噪比曲线图

的样本方差曲线能够用图3进行描述。

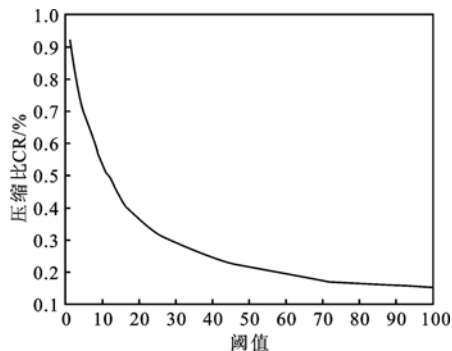


图3 压缩比曲线图

在满足一定压缩比的水下网络通信数据曲线中,通信压缩比呈逐渐下降的趋势.根据上图能够得知,压缩比曲线具有较强的发散性,因此,可以判断上述通信数据具有较强的非高斯性,则代表上述数据不符合水下网络中纠缠入侵信号检测的约束条件,需要从实验数据中删除.对纠缠信号的提取结果如图4所示.

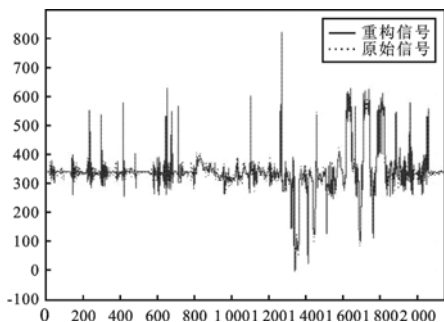


图4 直方统计概率密度曲线图

根据上述曲线图4可以得知,本文方法可以很好的提取纠缠入侵特征,分离效果较为明显,具体的检测结果如表2所示.

根据上表中的数据可以得知,利用本文算法进行水下网络中纠缠入侵信号检测,检测率高于其余三种算法,而误检率和漏检率低于其余三种算法,充分展示了本文算法的优越性.

表2 不同算法检测效果比较

入侵类型	人工鱼群算法	蚁群算法	量子神经网络算法	多属性集成模型
DOS	457	495	476	443
Probing	198	189	213	202
U2R	456	412	438	449
R2L	419	438	450	417
检测率/%	88	86	91	96
误检率/%	7	9	3	3
漏检率/%	5	5	6	1

5 结束语

本文提出了一种基于多属性集成模型的水下网络中纠缠入侵信号检测方法.根据最小二乘法相关理论,对水下网络中的纠缠信号特征进行提取,为纠缠入侵信号检测提供依据.根据信号特征,建立多属性集成模型,实现水下网络中纠缠信号的入侵检测.实验结果表明,利用本文算法进行水下网络中纠缠入侵信号检测,能够有效提高检测率,降低误检率和漏检率,满足实际生产的需求.

参考文献:

- [1] Mohammad Saniee Abadeh, Jafar Habibi, Zeynab Barzegar, et al. A parallel genetic local search algorithm for intrusion detection in computer networks[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2007, 20(8): 1058-1069.
- [2] 马燕, 范植华. 基于神经网络的基因分类器[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(2): 308-311.
- [3] 张海春, 李媛, 张自立. 一种智能入侵检测系统设计与模拟实现[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(6): 162-169.
- [4] 刘韬, 皮国强. 人工免疫算法在网络入侵检测中的应用[J]. 计算机仿真, 2011(11): 91-94.
- [5] Tarun Ambwani. Multi Class Support Vector Machine Implementation to Intrusion detection[C]//2003 International Joint Conference on Neural Network. [s. l.]: IEEE, 2003: 2300-2305.
- [6] Waters B. Efficient identity-based encryption without random oracles[C]//Advances in Cryptology-EUROCRYPT 2005. Berlin: Springer-Verlag, 2005: 114-127.
- [7] 王丽苹, 安娜, 吴晓南, 等. 入侵检测系统中的行为模式挖掘[J]. 通信学报, 2004, 25(7): 168-172.
- [8] 罗敏, 王丽娜, 张焕国. 基于无监督聚类的入侵检测方法[J]. 电子学报, 2003, 31(11): 1713-1716.

(下转第99页)

正常接收了数据字且从 169 ns 开始将其发送给了子系统,并且 RT2 未对此广播命令返回状态字,符合协议要求,实现了外部设置非法命令字的功能。

时间	同步头	RT解码得到的字	RT1发送的字	RT1传给子系统的字
128 ns	000111	11111000010000111	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
162 ns	XXXX	11111000010000111	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
167 ns	XXXX	11111000010000111	1110000000110000000001	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
168 ns	XXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	1110000000110000000001	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
169 ns	XXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
时间		RT2发送的字	RT2传给子系统的字	
168 ns		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
169 ns		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	10100101001100001	
170 ns		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	01110101001001110	
171 ns		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	01000101011001001	

图7 外部设置非法命令字和消息差错位设置

(4) 双重冗余总线设计

A 和 B 两条总线只有在替换有效命令字操作时才同时活动,其它情况下最多只有一条总线处于活动状态,这里对这一操作进行仿真。假设 RT1 正在使用总线 A、解码单元 1 和检错单元 1 构成的通路处理发送命令时,总线 B 在最小消息间隔(4 ns)内(3 ns)发送了一条有效的接收命令,RT1 的响应如图 8 所示,RT1 在 48 ns 时将正在处理的总线 A 发送的发送命令替换成了总线 B 发送的接收命令,并从 88 ns 开始接收总线 B 发送的数据字,RT1 于 131 ns 处返回了状态字并在 133 ns 和 134 ns 时将数据字传递给了子系统,完成了替换有效命令字操作。

时间	通路选择后的命令字	通路选择后的数据字
46 ns	00001100010000110	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
47 ns	00001100010000110	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
48 ns	00001000010000100	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
88 ns	00001000010000100	01110101001001110
128 ns	00001000010000100	01000101011001001
时间	RT发送的字	RT传给子系统的字
128 ns	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	0000000001000110
131 ns	11100000010000000000	0000000001000110
133 ns	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	01110101001001110
134 ns	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	01000101011001001

图8 替换有效命令字仿真图

5 结束语

本文设计了 1553B 系统挂载 SoC 的模型中的远程终端,仿真结果表明所设计的远程终端实现了协议规定的数据传输和错误处理,支持广播模式传输。另外所进行的优化设计均得到了仿真实验验证,其中双冗余总线结构提高了远程终端的可靠性,允许设置非法命令字和消息差错位功能提高了远程终端的可配置性,命令字和状态字的区分方法未使用测试手段位使得远程终端可连接最大数目的子系统,而可输出状态字功能使子系统的数据传输更加可靠。

参考文献:

- [1] 马贵斌,周国奇,田珂. 军用数据总线技术发展综述[J]. 电光与控制, 2010,17(6):45-53.
- [2] Condor Engineering. MIL-STD-1553 Tactoria [EB/OL]. [2013-04-20]. CA: condor, 6, 39. <http://defense.ge.ip.com/download/white-papers-mil-std-1553-tatorial-gtt-711a/11743>.
- [3] Michael Hegarty. MIL-STD-1553 Evolves with the Times [EB/OL]. [2013-04-20]. NY: www. ddc. web. com/commercial/default. html
- [4] 唐剑,王勇. MIL-STD-1553B 总线曼彻斯特码编码器的 CPLD 实现[J]. 技术与市场, 2008(5):52-53.
- [5] 孔璐,吴武臣,侯立刚,等. 基于 LEON3 的 SOC 平台设计与 SPI 嵌入[J]. 微电子学与计算机, 2010,27(3):173-176.

作者简介:

张玉女, (1989—), 硕士研究生. 研究方向为集成电路设计.

(上接第 95 页)

- [9] 黄晓涛,李莎. 基于危险理论的多代理异常入侵检测研究[J]. 计算机仿真, 2008, (1):42-47.
- [10] 刘安伦. 基于反馈平衡的铁路通信网络优化调度算法[J]. 科技通报, 2013, 4(29):82-84.

作者简介:

鲁莹女, (1981—), 硕士, 讲师. 研究方向为电子与通信

技术.

杨胜全男, (1975—), 高级工程师. 研究方向为水下武器弹道跟踪、水声信号处理.

徐全元男, (1979—), 硕士, 副教授. 研究方向为语音信号处理.

柳继勇男, (1977—), 硕士, 高级工程师. 研究方向为图像处理.