

# 基于信息融合度传递的频域徙动入侵特征挖掘算法

米晓萍 李雪梅

(山西大学计算机工程系 太原 030013)

**摘要** 在功率自激混合组合网络中,路由之间的相群特征相异性会产生谐振信号,因此需要有效挖掘入侵信号的频域徙动特征来实现对入侵信号的拦截。传统方法采用混合蛙跳算法挖掘入侵特征并且聚类中心矢量向模糊边缘贴近,因此搜索和挖掘精度不高。提出了一种基于混合蛙跳最优模因组信息融合度传递的频域徙动入侵特征挖掘算法。构建功率自激组合网络的系统模型和入侵信号数学模型,基于频域谐振慢衰落幅度均衡原理,得到多源网络攻击源信号在相干点积功率累积尺度坐标,采用多普勒频移模糊搜索对入侵信号进行平滑处理,计算入侵信号的多普勒频移状态空间固有模态函数,得到入侵信号的频域特征包络幅度估计值。采用 IIR 滤波算法,对信号进行降噪滤波处理,提高信号的纯度,提出基于信息融合度传递的混合蛙跳入侵信号检测算法,优化特征挖掘结果,完成入侵信号的频域徙动特征挖掘算法改进。仿真实验结果表明,该算法能准确挖掘入侵信号的频域徙动特征,特征的波脊亮点明显,在低信噪比下提高了入侵信号的检测性能。

**关键词** 混合蛙跳算法,频域徙动,数据挖掘,网络

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.3.046

## Mining Algorithm of Frequency Domain Migration Intrusion Feature Based on Information Fusion Transfer

MI Xiao-ping LI Xue-mei

(Department of Information Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030013, China)

**Abstract** In the power self incentive networks, the difference property of routing phase group characteristics produces resonance signal, therefore frequency domain migration feature needs to be mined for intrusion signal interception. Traditional methods use shuffled frog leaping algorithm for data mining, and the clustering center vector is close to fuzzy edge, resulting in low search and mining accuracy. An improved mining algorithm of frequency domain migration intrusion feature was proposed based on shuffled frog leaping optimal mode information fusion transfer. The power self combination network system model and mathematical model of intrusion signal are constructed. On the basis of frequency resonant slow fading amplitude equalization principle, the multi-source network attack source signals in the coherent point integrated power accumulation scale coordinate are obtained. The Doppler frequency shift fuzzy search algorithm is used for intrusion signal smoothing processing. The intrusion signal state space modal function of Doppler frequency shift is calculated. Amplitude estimation value is obtained. IIR filtering algorithm is used for signal filtering processing to improve the signal purity. The shuffled frog leaping intrusion detection algorithm based on information fusion of transfer is obtained. Feature mining results are optimized. The frequency domain migration intrusion signal feature mining algorithm is completed. The simulation results show that the algorithm can accurately mine the frequency domain migration feature of intrusion signal. The wave ridge highlight is obvious, and it can improve the detection performance of the intrusion signal in low SNR.

**Keywords** Shuffled frog leaping algorithm, Frequency domain migration, Data mining, Network

### 1 引言

在无线传感器网络和 Internet 网络混合组网的网络设计中,需要设计一种高效的功率自激网络,提高网络的生存能力和数据传输能力。功率自激网络即是建立在以主机为中心的端到端的通信模式之上,把无线传感器网络技术和功率自激网络技术结合起来构建的一个大数据交换和信息服务平台。

功率自激网络具有功率自激能力,生存性强,信息交换量大,因此容易受到网络入侵信号的攻击,导致信息泄露,影响功率自激混合组网的安全。通常,对组合网络采用防火墙抵御恶意攻击和网络入侵,但是在设计防火墙时,不得不面对设计准则和信息链的差异化需求,特别是商业防火墙,比如 Cisco PIX 和 FreeBSD 等,由于采用了大量的协议和准则模型实现正确匹配,导致效益不高。事实上,在功率自激混合组合网络

到稿日期:2014-08-30 返修日期:2014-11-11 本文受山西省自然科学基金项目(2011011014-3)资助。

米晓萍(1976-),女,硕士,讲师,主要研究方向为数据库与数据挖掘、物联网,E-mail:mixiaoping@163.com;李雪梅(1962-),女,教授,CCF 高级会员,主要研究方向为数据库与数据挖掘,E-mail:gmao@163.com。

中,由于路由之间的相群特征相异性为网络入侵带来漏洞,网络入侵信号表现为一种具有频域徙动特征的谐振信号,需要有效挖掘入侵信号的频域徙动特征,实现对入侵信号的拦截。对这种入侵信号的特征挖掘算法的研究决定着功率自激混合组合网络的安全,相关的算法研究受到了广大专家的重视<sup>[1]</sup>。

当前,对于具有功率自激的混合组合网络的网络入侵谐振信号的特征挖掘和信号检测的研究处于起步阶段,相关的理论研究尚不成熟。但随着现代信号处理技术和信号特征提取技术的发展,人们对网络入侵信号的特征挖掘技术也在不断进步和深入,并取得了一定的研究成果,其中,文献[2]提出一种采用 IntServ 综合服务控制、DiffServ 区分服务控制功率自激混合组合网络入侵信号频域谐振特征合成和检测算法,采用单频脉冲信号检测理论,结合高阶统计量信号检测技术,实现对入侵特征的挖掘和信息融合,取得了一定的检测性能收益,但算法的计算构成复杂,适用性不好。文献[3]提出一种基于关联维特征提取的网络入侵信号频域徙动特征挖掘算法,提高了对入侵信号的时频域空间特征挖掘和处理性能,检测概率较为优越,但该算法无法有效抵御对高频入侵信号的攻击,普适性不好。文献[4]提出一种基于高阶谱分析的单谱脉冲响应信号畸变检测方法,用以检测无线传感器组合网络的时频入侵信号特征,但对高阶谱的求解复杂,算法实时性不好。文献[5]提出一种任意大频率的微弱信号随机共振检测算法,采用自相关函数时变特征挖掘方法实现对入侵信号检测,入侵特征挖掘性能较好,但对功率自激组合网络的入侵特征挖掘性能不佳。文献[6]提出一种基于最小二乘算法的混合蛙跳优化聚类的数据挖掘算法实现对入侵特征的检测,引入模糊集合贴近度运算,对聚类中心矢量执行全局更新,提高检测性能,但算法没有采用抗干扰设计,无法有效滤除合法信息的烦扰,容易导致误判和误删,影响网络的稳定性。文献[7]结合遗传算法,采用自适应变异的思想,提出一种基于差分进化的混合蛙跳入侵特征挖掘算法,由于挖掘检测的聚类中心矢量向模糊边缘贴近,导致搜索精度不高,挖掘效能受限。文献[8]通过设计鉴频器,采用小段接收和信号编码的方法实现对突发衰落信号的跟踪和补偿,并实现对传统算法的改进,但检测概率降低,实时性不好。

针对上述问题,本文在综合上述文献研究成果的基础上,对此传统的功率自激组合网络的入侵特征挖掘算法进行改进,提出一种基于混合蛙跳最优模组信息融合度传递的频域徙动入侵特征挖掘算法,首先对功率自激组合网络的系统模型和入侵信号数学模型进行构建,并对入侵信号的频域徙动特征进行数据信号采集和分析,然后进行信号预处理和特征提取,采用混合蛙跳最优模组信息融合度传递策略实现对频域徙动特征挖掘算法的改进,最后通过仿真实验进行性能验证。实验结果展示了算法在网络入侵信号特征挖掘和信号检测中的优越性能,在功率自激混合组合网络安全设计中具有较好的应用性能。

## 2 功率自激混合组合网络入侵信号模型与问题描述

在采用无线传感器网络和 Internet 网络混合组网的功率自激网络中,网络交互中心冗余性随着内容请求者向网络发送 Interest 报文而实现信息交互,用户节点通过云服务器进

行对等的网络连接,实现网络信息资源的存储、服务和信息调度。在上述过程中,功率自激混合组合网络容易遭受最近邻链的缓存污染与网络病毒信号的攻击和入侵,这些入侵信号具有频域谐振性和徙动性,传统的网络入侵信号检测算法无法对其有效检测,对这类入侵信号的准确检测的首要一步是实现对入侵信号的频域徙动特征的有效挖掘。本文在设计改进的信号检测和特征挖掘算法之前,首先需要构建网络系统和入侵信号模型,并对信号进行滤波降噪等预处理,为实现特征挖掘算法改进提供前提基础。

### 2.1 网络系统与入侵信号数学模型构建

入侵信号特征挖掘算法设计之前,需要首先给出无线传感器网络和 Internet 网络混合组网的网络结果模型,为分析入侵信号特征提供模型基础,功率自激网络主要有 3 个组件:转发信息表 FIB、内容存储 CS 和 PIT 表。当某个功率自激网络路由器无法满足某个 Interest 报文时,该路由器就会把该 Interest 报文所请求的内容名以及它到达的端口信息记录在 PIT 表中。无线传感器网络的网络探测包包含一个跳数字节 HC(Hop Count)和一个父节点 ID 字节 PNID(Par-ent Node ID),HC 初始化值为 1,PNID 值为 sink 节点 ID 号<sup>[9]</sup>,根据上述分析,建立具有功率自激网络的网络拓扑结构,拓扑结构分为 3 个区域,最终建立起一个三跳梯度的环状网络,并且网络中所有节点都有一条与 sink 节点相连的最少跳数通信路径<sup>[10]</sup>,由此得到无线传感器网络和 Internet 网络混合组网的功率自激网络的网络拓扑结构,在功率自激网络拓扑结构中,域间传输阈值的设定具有直接相关的特性,功率自激网络路由的内容流行度服从 Zipf 分布,梯度环信息(GR)指导功率自激区域在本梯度环内工作,防止其迁移到其它梯度环内进行网络信息交互<sup>[11]</sup>。以上述网络拓扑结构为基础,构建入侵信号模型,入侵信号时具有高斯色噪声的频域谐振信号模型,谐振信号模型表达式为:

$$\begin{aligned} z(t) &= s(t) + js(t) \otimes h(t) \\ &= s(t) + j \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{s(u)}{t-u} du \\ &= s(t) + jH[s(t)] \end{aligned} \quad (1)$$

式中, $a(t)$ 称为复信号  $z(t)$  的瞬时幅度,有时也称为包络, $\phi(t)$ 称为频域谐振幅度, $Z(f)$ 可由  $S(f)$ 通过高斯滤波得到, $H(f)$ 为网络谐振信号的相群合成传输函数,基于频域谐振慢变衰落时域幅度均衡原理,得到多源网络攻击源信号在相干点积功率累积尺度坐标的描述为:

$$(x, v)x = t/S, v = f * S \quad (2)$$

在混合组网的功率自激网络模型中,由于入侵信号的信源数目未知,因此需要进行信源坐标区域限制,此时功率自激混合组合网络的攻击信号入侵源近场信号在新坐标下的限定区间为: $[-\Delta t/(2S), \Delta t/(2S)]$ 和 $[-\Delta f * S/2, \Delta f * S/2]$ 内。其中, $S = \sqrt{\Delta t/\Delta f}$ , $\Delta t$ 表示空间欠采样时间间隔, $\Delta f$ 为欠采样周期。选择均匀遍历历经的方法恢复观测信号向量,对多元突发衰落信号重写,得到入侵信号的频域特性为:

$$X(u) = \sqrt{\frac{1-j\cot\alpha}{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \exp\left[j\frac{t^2+u^2}{2}\cot\alpha - jcsc\alpha\right] dt \quad (3)$$

式中,入侵信号的载波相差为  $\alpha$ , $x(t)$ 为入侵信源的联合时频

特征向量,  $u$  为慢变衰落频率。以此设计出了入侵信号数学模型, 为实现对入侵信号的频域徙动特征的数据挖掘提供信号分析样本模型。

## 2.2 入侵信号的频域徙动特征分析与信号预处理

由上述构建的入侵信号数学模型和网络系统模型发现, 由于功率自激混合组网的路由之间的相群特征相异性, 产生了入侵漏洞, 产生了谐振信号, 这种谐振信号具有频域徙动特征, 频域徙动即是信号的时频分布特征在通过脉冲多普勒频移产生的一种频域变标脉冲压缩形, 该频域徙动模态表现信号包络表现形式如图 1 所示。

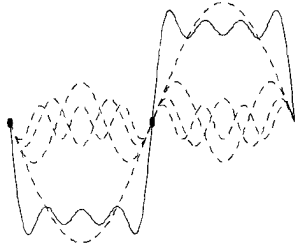


图 1 网络入侵信号的频域徙动包络模态

本文需要对上述的网络入侵信号的频域徙动特征进行有效挖掘, 实现对入侵信号的准确检测, 假设入侵信号的初始频率均值为  $\hat{\mu}$ , 标准差为  $\hat{\sigma}$ , 在频域徙动状态下执行更新平滑, 按下式进行入侵信号的状态空间更新迭代:

$$\hat{\mu}_{k+1} = \hat{\alpha}\hat{\mu} + (1 - \hat{\alpha})\hat{\mu}_k \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}_{k+1} = \hat{\beta}_k\hat{\sigma} + (1 - \hat{\beta}_k)\hat{\mu}_k \quad (5)$$

采用多普勒频移模糊搜索对入侵信号进行平滑处理, 提高对频域徙动特征的挖掘精度, 入侵信号的多普勒频移状态空间固有模态函数为:

$$y(t) = \frac{1}{\pi} P \int \frac{x(\tau)}{t - \tau} d\tau = x(t) * \frac{1}{\pi t} \quad (6)$$

式中,  $P$  为功率谱密度函数,  $x(t)$  表示入侵信号的原始频域徙动特征,  $*$  表示求卷积, 如果任意特征数据项  $x$  满足  $\sup(x) > \min \text{Support} * K$ , 其中  $\min \text{Support}$  为支持度阈值, 那么可以得到入侵信号的频域特征包络幅度估计值为:

$$\hat{\beta}_k = \hat{\beta} - \hat{\beta} \left(1 - \frac{1}{k}\right)^q + n_i \quad (7)$$

在上述实现入侵信号的频域徙动特征分析和包络估计的基础上, 进一步采用 IIR 滤波算法, 对信号进行降噪滤波处理, 提高信号的纯度, 设计 IIR 滤波器, 滤波函数表示为:

$$H(z) = \frac{N(z)}{N(z/r)} = \frac{1 + az^{-1} + z^{-2}}{1 + arz^{-1} + r^2 z^{-2}} \quad (8)$$

当该多项式的零点在单位圆上, 选取不同的 IIR 滤波器频率参数  $a$  和带宽参数  $r$  所得的幅频响应曲线,  $r$  被称为陷波器带宽参数, 是一个小于 1 的数, 它可以使极点在稳定的区域内, 得到入侵信号经滤波后的频率为:

$$\omega_0 = \arccos(-a/2) \quad (9)$$

其中,  $|a| < 2$ ,  $a$  被称为 IIR 滤波器的频率参数, 本文考虑如下二阶全通函数, 实现对滤波算法的改进。

$$V(z) = \frac{\sin\theta_2 + \sin\theta_1(1 + \sin\theta_2)z^{-1} + z^{-2}}{1 + \sin\theta_1(1 + \sin\theta_2)z^{-1} + \sin\theta_2 z^{-2}} \quad (10)$$

滤波函数的幅频响应曲线如图 2 所示。

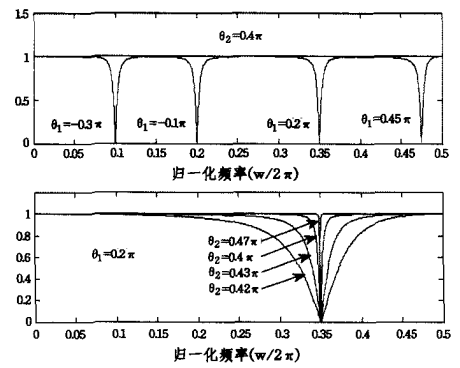


图 2 滤波函数的幅频响应曲线

从图 2 可以看出, 改进的滤波器的陷波频率只与  $\theta_1$  有关, 而与参数  $\theta_2$  无关, 陷波频率固定时,  $\theta_2$  的变化将引起陷波带宽的变化, 由此提高了对入侵信号的频域徙动特征挖掘能力。将功率自激混合网络的入侵信号进行上述滤波预处理, 滤除信号中的高斯色噪声, 提高了信号的纯度, 为下一步实现基于混合蛙跳最优模组信息融合度传递的频域徙动入侵特征挖掘算法提供了较高信噪比的信号源。

## 3 算法改进描述与频域徙动入侵特征挖掘实现

在上述构建的信号和网络系统模型的基础上, 通过对入侵信号的预处理, 针对传统算法中采用混合蛙跳算法挖掘入侵特征, 聚类中心矢量向模糊边缘贴近, 导致搜索精度不高、挖掘效能受限的问题, 进行频域徙动入侵特征挖掘算法的改进设计。

### 3.1 基于信息融合度传递的混合蛙跳入侵信号检测

本文提出采用改进的混合蛙跳算法进行功率自激混合网络的入侵信号检测, 实现对频域徙动特征数据的挖掘。假设目标数据由  $N$  个样本序列组成, 数据序列表示为:  $F = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , 混合蛙跳群模因组的每次进化过程中, 允许青蛙移动的最大距离可分解为子集, 其表达式为:

$$\mu_{d_{1a}d_{2a}\dots d_{na}}, \alpha \in \{L, R\} \quad (11)$$

设定蛙群的局部位置更新门限, 把入侵信号的频域徙动特征数据集分为  $2^n$  个子集, 分别为:

$$D = \mu_{d_{1L}d_{2R}}, \mu_{d_{1R}d_{2R}}, \mu_{d_{1L}d_{2L}}, \mu_{d_{1R}d_{2L}} \quad (12)$$

对上述数据子集进行线性平稳柯西主频特征提取, 得到信号的特征时间尺度为  $\tau$ , 对于任意原始信号  $x(t)$ , 本文采用一种信息融合度传递思想, 提高对入侵信号的频域徙动特征的聚类能力, 提高挖掘性能, 本文构建最小二乘圆心模糊集合贴近度函数为:

$$\min_Q \|Q\|_* \quad \text{s.t. } \|Q|_{\Omega} - P|_{\Omega}\|_F^2 \leq \#(\Omega)\sigma^2 \quad (13)$$

其中,  $\|\cdot\|_*$  表示核范数,  $\#(\Omega)$  表示集合  $\Omega$  的尺寸, 取欧氏距离进行尺寸度量, 采用高斯变异对其进行扰动以代替随机产生新青蛙个体的操作, 得到蛙群信息融合适应度矩阵为  $X$ , 定义 Frobenius 范数为:

$$\|X\|_F = \sigma \left( \sum_{i,j} |x_{i,j}|^2 \right)^{1/2} \quad (14)$$

式中,  $\hat{\sigma}$  表示蛙群在执行局部位置更新时在集合  $\Omega$  中频域徙动特征的标准差的估计值。

假设入侵信号的频域徙动参数的多普勒扩散补偿模式满足条件:

$$\left(\frac{G_{x_1 x_2}(f)}{G_{x_1 x_1}(f)}\right)\left(\frac{G_{x_2 x_1}^*(f)}{G_{x_2 x_2}(f)}\right) = H_{12}(f)H_{21}^*(f) \quad (15)$$

入侵信号对功率自激网络进行攻击的过程中,模拟采用混合蛙跳聚类算法再进行差分进化,其传递给候选数据的信息融合度  $\Gamma_i$  与  $\Gamma_j$  互质,其中  $1 \leq i \neq j \leq L$ ,如果  $N \leq M\Gamma_1 \Gamma_2 \dots \Gamma_L$ ,且  $M > 4\tau$ ,则聚类中心矢量向模糊边缘贴近,本文通过求解最小二乘问题来优化青蛙个体的适应度值,此时入侵特征的聚类概率向量集合  $S$  仅包含 1 个元素  $n_1$ ,通过拉格朗日变形处理,得到:

$$\min_Q \frac{1}{2} \|Q|_{\Omega} - P|_{\Omega}\|_F^2 + \mu \|Q\|_F \quad (16)$$

通过中心极限对偶原理得到的一些  $\mu$  值,在非独立相关变量无约束条件下,得到入侵信号的频域徙动特征的聚类个体之间的距离为:

$$dist(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{ik} - x_{jk})^2 + (f(X_i) - f(X_j))^2} \quad (17)$$

结合上式通过求解速度模糊搜索结合解,得到改进的基于信息融合度传递的入侵信号检测结果。

### 3.2 频域徙动入侵特征挖掘算法实现

基于信息融合度传递思想,在进行入侵特征挖掘搜索中,以信息融合度为传递介质,形成以高斯变异适应度值为圆心的聚类分布圆,优化特征挖掘结果。假设输入的非平稳时变谐振网络入侵信号采用矩阵表达式为  $X, n_r(k)$  的实部  $n_r(k)$  和虚部  $n_i(k)$  分别为独立的色噪声,信号通过 IIR 滤波后的频率为:

$$\omega_0 = \arccos(-a/2) \quad (18)$$

把复杂的具有频域徙动特征的入侵信号通过 SVD 分解,得到单频信号组成:

$$X = USV^T = U \begin{pmatrix} \sum_r & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} V^T \quad (19)$$

上述矩阵  $X \in R^{m \times n}, U \in R^{m \times m}, V \in R^{n \times n}$ ,两个矩阵正交。在整个混合蛙种群进行特征挖掘的搜索中,表示频域徙动特征的特征向量为青蛙位置最优解的对角向量矩阵,即为:

$$\sum_r = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_r) \in R^{r \times r} \quad (20)$$

对入侵信号的频域特征的挖掘的稳态概率可以通过计算得到:

$$WD_x(t, f) = \int x(t + \frac{\tau}{2}) x^*(t - \frac{\tau}{2}) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (21)$$

采用对角向量表述青蛙距离目标解的远近,当满足:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r > 0 \quad (22)$$

则得到最优的频域徙动入侵特征挖掘结果,通过  $k$  次分解迭代,判断是否满足结束条件(达到全局最大迭代次数或者满足精度要求),若满足则输出最优解后,完成入侵信号的频域徙动特征挖掘算法改进。

## 4 仿真实验与结果分析

为了验证本文提出的基于混合蛙跳最优模因组信息融合度传递的频域徙动入侵特征挖掘算法在网络入侵信号检测与

特征挖掘中的性能,进行仿真实验。实验中,算法设计采用 Matlab 进行编程实现,仿真实验的硬件环境为 Intel Core3-530 1G 内存,操作系统为 Windows 7,网络信号采集于 KDD Cup2012 网络病毒数据库,类型数据集分为 3 类。网络设计中,共有 10 个簇,每个簇 5 个节点,设置链路容量为 4Mbps,网络谐振信号的延时取值为 20ms,用融合参数  $\phi$  和  $\varphi$  表示这两种预测结果权重分布,参数选择为:  $\phi = \varphi = 0.5$ ,分别在谐振信号码元 1/3 和 2/3 处进行抽样,提取入侵信号样本数据。混合蛙跳群检测算法设计中,参数设定为:青蛙数量  $N$  为 200 个,模因组数 20 个,模糊结合贴近度惯性权重  $\omega$  为 0.4,固定全局迭代次数为 500 次,变量的维数  $n$  为 30,算法独立运行 30 次,测试特征挖掘性能。

入侵信号的中心频率测试为  $f_0 = 1000\text{Hz}$ ,离散采样率为  $f_s = 10 * f_0 \text{Hz} = 10\text{kHz}$ ,带宽  $B = 1000\text{Hz}$ ,入侵信号中混杂的噪声为高斯色噪声,实验中选取信噪比为  $-3\text{dB}$ ,得到入侵信号源波形如图 3 所示。从图 3 可见,入侵信号对功率自激混合网络进行攻击入侵,信号几乎完全淹没在噪声背景中,入侵信号具有频域谐振性和徙动性,无法有效对入侵信号进行特征挖掘和信号检测,拦截和识别难以直接实现。

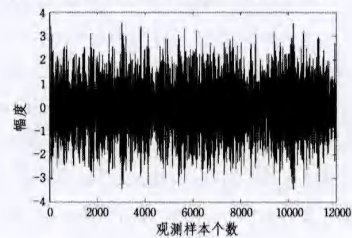


图 3 信号时域波形

采用本文算法构建入侵信号数学模型,采用 IIR 滤波算法进行滤波处理,并得到网络入侵信号的频域徙动包络模态时频空间分布结果,如图 4 所示。

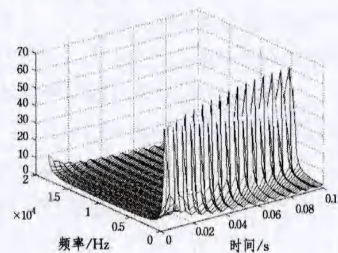


图 4 频域徙动包络模态时频空间分布

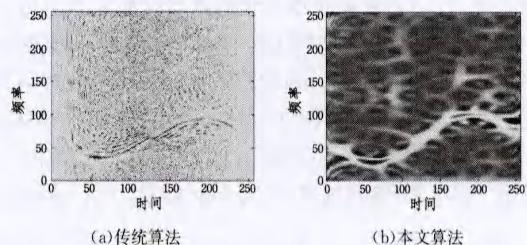


图 5 频域徙动入侵特征挖掘结果

分析图 4 结果可知,通过频域徙动包络模态时频空间分布仿真,可以得到明显的信号层析结构特征,能有效描述信号的内部细节。以上述信号模型和预处理结果为基础,采用本

(下转第 232 页)

下降,但重复运算几次可以很好地改善其性能。10次重复运算可以消去比次优结果差的解,且把最短加法链的正确率从85%提高到97%,加之其计算快速,随机幂树法可以作为其它精确解的上界计算方法,比如把它应用于回溯法可以提升计算效率45%到66%,而且对于大数效果更好。对于 $n \leq 160000000$ 的数,随机幂树法作为最短加法链的近似计算方法也是一个不错的选择。

## 参 考 文 献

- [1] 周平,寇应展,王韬,等.一种改进的针对滑动窗口模幂运算实现的密码数据 Cache 计时攻击[J].计算机学报,2013,40(3):201-205
- [2] Nedjah N, de Macedo Mourelle L. High-performance SoC-based implementation of modular exponentiation using evolutionary addition chains for efficient cryptography[J]. Applied Soft Computing, 2011, 11(7):4302-4311
- [3] Bleichenbacher D, Flammenkamp A. An efficient algorithm for computing shortest addition chains[OL]. [http://www.homes.uni-bielefeld.de/achim/addition\\_chain.html](http://www.homes.uni-bielefeld.de/achim/addition_chain.html), 1997
- [4] Zhu Da-xin, Wang Xiao-dong. An Efficient Algorithm for Optimal Addition Chains[J]. TELKOMNIKA, 2013, 11(11):6447-

6453

- [5] Clift N M. Calculating optimal addition chains [J]. Computing, 2011, 91:265-284
- [6] Knuth D E. The art of computer programming: seminumerical algorithms(3rd ed)[M]. Addison-Wesley, Reading, 1997: 461-485
- [7] Thurber E G. Efficient generation of minimal length addition chains[J]. SIAM J Comput, 1999, 28:1247-1263
- [8] Bahig H M. Star reduction among minimal length addition chains [J]. Computing, 2011, 91:335-352
- [9] 瞿云云,包小敏,刘花,等.大整数模幂的固定基窗口组合算法[J].计算机应用研究,2013,30(3):679-681
- [10] Adan J, Hillel R M, Cindy G, et al. A Simulated Annealing Algorithm for the Problem of Minimal Addition Chains[C]//EPIA '11 Proceeding of the 15th Portuguese Conference on Progress in Artificial Intelligence; Lecture Notes in Computer Science. 2011: 311-325
- [11] Saúl D I, Efrén M M, Luis Guillermo O H. Addition chain length minimization with evolutionary programming[C]//GECCO '11 Proceedings of the 13th Annual Conference Companion on Genetic and Evolutionary Computation. ACM New York, NY, USA. 2011:59-60

(上接第 227 页)

文算法和传统算法对入侵信号的频域徙动特征进行挖掘,得到本文改进的基于信息融合度传递的混合蛙跳算法和传统的混合蛙跳算法进行网络入侵信号的频域徙动特征挖掘结果,如图 5 所示。

分析图 5 中结果可知,采用本文算法滤波降噪等预处理,并采用信息融合度传递方案,入侵信号的频域徙动特征能够得到准确挖掘,特征的波脊亮点明显,而传统算法不能有效滤除噪声干扰,特征挖掘的聚类中心矢量向模糊边缘贴近,导致搜索精度不高、挖掘效能受限。上述实验从直观上展示了本文算法当进行入侵信号的频域徙动特征挖掘时的优越性能。以此为基础,通过 1000 次 Monte Carlo 实验,测试基于本文的特征挖掘算法对网络入侵信号的检测性能,测试结果得出,采用本文算法当信噪比为-3dB 时检测概率在 98%以上,而传统方法仅为 45%,证明本文算法在提高入侵信号检测性能上具有同样优势。

**结束语** 无线传感器网络和 Internet 网络混合组网的网络为一种高效的功率自激网络,功率自激混合组合网络攻击的入侵信号表现为一种具有频域徙动特征的谐振信号,对这种入侵信号的特征挖掘算法的研究决定着功率自激混合组合网络的安全。本文提出一种基于混合蛙跳最优模组信息融合度传递的频域徙动入侵特征挖掘算法,首先对功率自激组合网络的系统模型和入侵信号数学模型进行构建,并对入侵信号的频域徙动特征进行数据信号采集和分析,设计改进的 IIR 滤波器进行抗干扰滤波处理,提高信号的纯度。基于最优模组信息融合度传递策略,实现对频域徙动入侵特征挖掘算法的改进。通过实验得出本文算法能准确挖掘入侵信号的频域徙动特征,特征的波脊亮点明显,在低信噪比下提高了

入侵信号的检测性能。

## 参 考 文 献

- [1] 郑纪彬,符渭波,苏涛,等.一种新的高速多目标检测及参数估计方法[J].西安电子科技大学学报:自然科学版,2013,40(2):82-88
- [2] 靳晓艳,周希元,张琬琳.多径衰落信道中基于自适应 MCMC 的调制识别[J].北京邮电大学学报,2014,37(1):31-34
- [3] Zhu Q Y, Yang X F, Yang L X, et al. Optimal control of computer virus under a delayed model[J]. Applied Mathematics and Computation, 2012, 218(23):11613-11619
- [4] 邓兵,陶然,平殿发,等.基于分数阶傅里叶变换补偿多普勒徙动的动目标检测算法[J].兵工学报,2009,30(10):1034-1039
- [5] 叶青,黄炎磊.非均匀分布入侵检测模型的研究与仿真[J].科技通报,2013,29(8):169-171
- [6] 赵鹏军,邵泽军.一种新的改进的混合蛙跳算法[J].计算机工程与应用,2012,48(8):48-50
- [7] 张伟,师奕兵,周龙甫,等.基于改进粒子群算法的小波神经网络分类器[J].仪器仪表学报,2010,31(10):2203-2209
- [8] 张永铮,肖军,云晓春,等.DDoS 攻击检测和控制[J].软件学报,2012,23(8):2258-2072
- [9] 夏秦,王志文,卢柯.入侵检测系统利用信息熵检测网络攻击的方法[J].西安交通大学学报,2013,47(2):14-19
- [10] 吴春琼.基于特征选择的网络入侵检测模型[J].计算机仿真,2012,29(6):136-139
- [11] 王睿.一种基于回溯的 Web 上应用层 DDOS 检测防范机制[J].计算机学报,2013,40(11A):175-177
- [12] 李振刚,甘泉.改进蚁群算法优化 SVM 参数的网络入侵检测模型研究[J].重庆邮电大学学报:自然科学版,2014,26(6):785-789