

协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配方法

傅 望

(浙江警官职业学院 信息技术与管理系, 浙江 杭州 310018)

摘 要: 节点是控制网络系统的基本构成单元, 无尺度网络节点的分布对无尺度网络工作效果存在直接影响. 为了优化无尺度网络节点的自适应分配, 提出人工蜂群和差分进化相结合的差分蜂群算法对协同性攻击下无尺度网络节点进行优化调整, 实验证明, 所提方法能够提高协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配的效率和合理性, 为无尺度网络节点自适应分配提供借鉴, 具有良好的使用价值.

关键词: 协同性攻击; 无尺度网络; 节点自适应分配

中图分类号: TP212

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)12-0121-04

Adaptive Assignment of Scale-free Network Node under Cooperative Attack

FU Wang

(Department of Information Technology and Management, Zhejiang Police
Vocational Academy, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The node is the basic constituent element of the control network system. The distribution of the scaleless network node has a direct influence on the work of the scaleless network. In order to optimize the adaptive allocation of scale-free network nodes, a differential bee colony algorithm combining artificial bite and differential evolution is proposed to optimize the dimensionless network nodes under the cooperative attack. By using the dimensionless network node coverage as the evaluation function The evolution of the solution is determined, Experiments show that the proposed method can improve the efficiency of adaptive allocation of scale-free network nodes under synergistic attacks, improve the rationality of adaptive allocation of scale-free network nodes, provide reference for adaptive allocation of scale-free network nodes, and has a good use value.

Key words: cooperative attack; scale - free network; node adaptive allocation

1 引言

随着计算机互联网技术的发展, 数据共享越来越受到人们重视, 协同性攻击是一种非常常用的网络攻击手段, 协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配就是在无尺度网络受到协同性攻击时, 无尺度网络节点通过调整其分布, 保护网络免遭协同性攻击的破坏^[1], 因此协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配需要具有及时性、准确性等优点^[2], 为此提出一种基于量子衍生方法的无尺度网络节点自适应分配方法^[3-4], 通过分析无尺度网络节点分布优化的

内容及意义, 给出基于量子衍生方法的无尺度网络节点分布优化的过程, 根据分布优化结果, 完成无尺度网络节点自适应分配. 这种方法虽然由于计算过程复杂, 难以被推广使用^[5], 但在相关专家学者中引起较大反响, 这个问题也成为其研究的重要课题, 随着研究内容的深入, 产生了许多研究成果^[6-7].

文献[8]提出了一种基于新量子遗传算法的节点自适应分配方法, 通过对协同性攻击下无尺度网络节点分布进行描述, 感知无尺度网络节点覆盖问题, 然后给出量子遗传算法进行节点自适应分配的过程, 从而完成节点自适应分配. 但这种方法由于其

对节点的整体感知能量较差,分配策略的可行性可能较差.文献[9]提出一种基于混沌萤火虫优化算法进行无尺度网络节点自适应分配方法.在保证无尺度网络节点相互连通的前提条件下,建立无尺度网络中节点覆盖模型,通过将节点自适应分配转化为最大函数值的求解问题,通过萤火虫算法的寻优能量,来实现最优节点自适应分配,并通过立方映射混沌算子来提高算法的局部搜索能力和保持种群的多样性.但这种方法存在计算过程复杂的问题.文献[10]提出一种基于差分算法的无尺度网络节点自适应分配方法,将无尺度网络中节点的有效覆盖率作为分配目标,指导种群进化,从而实现无尺度网络节点自适应分配,但这种方法的节点有效覆盖率还需要提高.

针对上述问题,提出人工蜂群和差分进化相结合的差分蜂群算法对协同性攻击下无尺度网络节点进行优化调整,通过将无尺度网络节点覆盖率作为评价函数引导解的进化,确定优化目标,分析差分蜂群算法进行协同性攻击下无尺度网络节点优化调整过程,从而实现协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配.实验证明,所提方法能够提高协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配的效率,提高无尺度网络节点自适应分配的合理性,为无尺度网络节点自适应分配提供借鉴,具有良好的使用价值.

2 协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配方法

2.1 协同性攻击下无尺度网络节点覆盖模型

设定将无尺度网络 A 划分成 $m \times n$ 的网格,无尺度网络中节点的集合表示为:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_N\} \quad (1)$$

式中, $c_i = \{x_i, y_i, r_i\}$ 表示节点 i 的覆盖模型, (x_i, y_i) 表示无尺度网络节点 i 的坐标, r_i 表示无尺度网络节点 i 的感知半径.本文中利用二元感知模型,将节点的覆盖范围转化为节点坐标为圆心,半径为 r 的圆形区域,该圆形区域被称为节点的感知圆盘.节点感知单元的能量特效决定着 r 的大小.

设定 I_i 表示任意格点 (x, y) 被无尺度网络节点 i 所覆盖的事件.根据上述描述,该事件发生的概率 $P\{I_i\}$ 表示格点 (x, y) 被无尺度网络节点 i 所覆盖的概率 $P_{\text{cov}}(x_i, y_i, r_i)$.则该概率可以表示为

$$P\{I_i\} = P_{\text{cov}}(x_i, y_i, r_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \leq r^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

当格点 (x, y) 到无尺度网络节点 i 的距离不大于无尺度网络覆盖范围 r ,则说明该格点 (x, y) 被无尺度网络节点 i 覆盖,且存在关系:

$$P\{\bar{I}_i\} = 1 - P\{I_i\} = 1 - P_{\text{cov}}(x_i, y_i, r_i) \quad (3)$$

式中, $\bar{I}_i$ 表示 I_i 的补,说明格点 (x, y) 未被无尺度网络节点 i 覆盖的事件.假设 I_i 与 I_j 无关,则存在关系式:

$$P\{I_i \cup I_j\} = 1 - P\{\bar{I}_i \cap \bar{I}_j\} = 1 - P\{\bar{I}_i\} \cdot P\{\bar{I}_j\} \quad (4)$$

节点集 C 中只要存在一个节点覆盖点 (x, y) ,则可以认定该格点 (x, y) 被无尺度网络节点集覆盖,所以格点 (x, y) 被节点集覆盖的概率与 I_i 为并集关系,设定所有的随机事件 I_i 是相互独立的,则节点集 C 的覆盖率可以表示为:

$$P_{\text{cov}}(x, y, C) = P\left\{\bigcup_{i=1}^N I_i\right\} = 1 - P\left\{\bigcap_{i=1}^N \bar{I}_i\right\} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{\text{cov}}(x, y, c_i)) \quad (5)$$

从上式可以看出,如果节点集中所有节点都没有覆盖到格点 (x, y) ,则称该格点 (x, y) 为未覆盖格点,否则则称该格点 (x, y) 被节点集覆盖.

无尺度网络 A 划分成 $m \times n$ 的网格, $\Delta x \times \Delta y$ 表示每个网格的面积大小,当 $\Delta x \times \Delta y = 1$ 时,通过节点集覆盖率 $P_{\text{cov}}(x, y, C)$ 来衡量网格是否被覆盖.设定 $R_{\text{area}}(C)$ 表示节点集 C 的区域覆盖率,说明节点集 C 的覆盖面积 $A_{\text{area}}(C)$ 与无尺度网络 A 总面积 A_S 的比值,用公式表示为

$$R_{\text{area}}(C) = \frac{A_{\text{area}}(C)}{A_S} = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n P_{\text{cov}}(x, y, C)}{m \times n} \quad (6)$$

设定 $P_{\text{overlap}}(x, y, c_i)$ 表示无尺度网络节点 i 与无尺度网络节点 j 在网格点 (x, y) 重叠的概率,则起侧翼表示为

$$P_{\text{overlap}}(x, y, c_i) = \begin{cases} 1, & \text{若 } (x, y) \in c_i, \text{ 且 } (x, y) \in c_j, \\ & i, j \in [1, N], i \neq j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

根据上述论述,得到无尺度网络的冗余覆盖面积 $S_{\text{redundant}}$ 可以表示为

$$S_{\text{redundant}} = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n \left(\sum_{i=1}^N P_{\text{overlap}}(x, y, c_i) - 1 \right) \quad (8)$$

通过上述论述,实现对协同性攻击下无尺度网

络节点覆盖问题描述.

2.2 协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配方法

协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配问题可以转化为协同性攻击下无尺度网络节点分布优化问题. 设定无尺度网络 A 中存在 N 个无尺度网络节点, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_N\}$, 协同性攻击下无尺度网络节点根据分布优化算法对自身位置进行调整, 从而提高对无尺度网络的覆盖率, 优化目标可以表示为公式(6)的最大值, 即

$$R_{\text{area}}(C) = \max \left[\frac{A_{\text{area}}(C)}{A_S} \right] = \max \left[\frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n P_{\text{cov}}(x, y, C)}{m \times n} \right] \quad (9)$$

为了完成优化目标, 本文选用人工蜂群和差分进化相结合的差分蜂群算法对协同性攻击下无尺度网络节点进行调整, 通过将无尺度网络节点覆盖率作为评价函数引导解的进化, 即选取无尺度网络节点覆盖率作为适应度函数, 利用维数 $D = 2N$ 的向量 $[XY]$ 表示一种无尺度网络节点分布方案, 其中, $X = [x_1, x_2, \dots, x_N]$, $Y = [y_1, y_2, \dots, y_N]$. 设定 $f([XY])$ 表示该节点分布方案的适应度值, 其中

$$f = \frac{\text{节点所覆盖的网格数}}{\text{无尺度网络中网格总数}} \quad (10)$$

根据上述论述, 得到编码方案如图 1 所示.

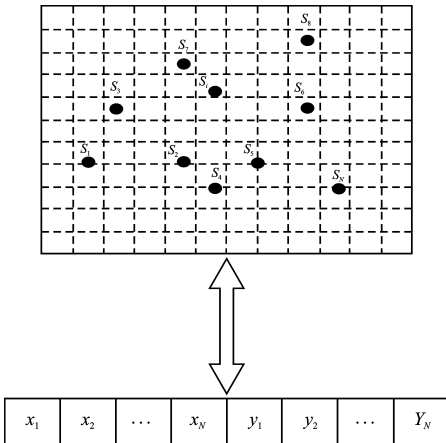


图 1 节点集编码方案

利用差分蜂群算法的节点分布问题优化具体过程如下所述.

设定待优化节点分布问题解的种群规模为 NP , 个体解向量的维数为 D , 个体解的搜索的空间为 $\Omega = (X_{\text{max}}^j - X_{\text{min}}^j)^D$, X_{min}^j 和 X_{max}^j 分别表示问题第 j 维的最小值和最大值. 若 $X_i \in \Omega$, $i = 1, 2, \dots$,

NP , 则 $\vec{X} = (X_1, X_2, \dots, X_{NP})$ 表示一个待优化节点分布问题解的种群, $\vec{X}(0)$ 表示初始种群, $\vec{X}(n)$ 表示第 n 代种群, $n = 1, 2, 3, \dots, G_{\text{max}}$. G_{max} 表示全局最大迭代次数, limit 表示局部循环次数.

首先生成初始种群, 分别计算各解向量适应度值, 其计算方法如下:

$$X_i^j = X_{\text{min}}^j + \text{rand}(0, 1)(X_{\text{max}}^j - X_{\text{min}}^j) \quad (11)$$

式中, $j \in \{1, 2, \dots, D\}$, X_i^j 表示 D 维解向量的第 i 个分量, $\text{rand}(0, 1)$ 表示 0 和 1 之间均匀分布的随机数.

对 n 代种群 $\vec{X}(n)$ 每个解向量 X_i , 雇佣蜂采用差分进化操作, 通过式(12)和式(13)产生新的解向量 X_i' , 同时确保新产生的解在参数范围内, 即 $X_i' \in \Omega$, 并计算新解向量的适应度值 $f(X_i')$.

$$V_i^j = X_{r1}^j + F(X_{r2}^j - X_{r3}^j) \quad (12)$$

$$(X_i^j)' = \begin{cases} V_i^j & \text{if } \text{rand}() \leq CR \text{ or } j = sn \\ X_i^j & \text{if } \text{rand}() > CR \text{ or } j \neq sn \end{cases} \quad (13)$$

式中, $r1, r2, r3$ 表示随机选择的 3 个解向量并且与 i 不同, F 表示节点适应度值的缩放因子, CR 表示交叉概率, sn 表示一个随机产生的维度.

比较新位置向量 X_i' 和原向量 X_i 的适应度值, 如果 $f(X_i')$ 大于 $f(X_i)$, 则用 X_i' 更新, 否则保持 X_i 不变.

$$X_i = (n+1) = \begin{cases} X_i(n)' & \text{if } f(X_i(n)') < f(X_i(n)) \\ X_i(n) & \text{if } f(X_i(n)') \geq f(X_i(n)) \end{cases} \quad (14)$$

计算 X_i 的适应度 $f(X_i)$, 然后根据下式各解向量的对应概率值 p_i . 根据 p_i 的大小, 优化协同性攻击下无尺度网络节点分布, 从而实现协同性攻击下无尺度网络节点分配.

3 实验结果与分析

为了证明本文提出的基于差分蜂群算法的协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配方法的有效性和可行性, 进行了一次仿真实验, 通过将本文提出的无尺度网络节点自适应分配方法与文献[7]和文献[8]所提无尺度网络节点自适应分配方法进行对比, 为保证实验的准确性, 进行了 800 次实验, 从而完成本次实验.

首先对三种方法的响应时间进行对比, 设响应时间为在协同性攻击开始到无尺度网络节点开始进行分配的时间, 设其单位为秒(s), 其计算可以通过

下式来完成.

$$T = \frac{\sum_{i=1}^N \sum (\alpha \times \beta)}{R_{\text{area}}(C)}$$

(15)

式中, $\alpha \times \beta$ 表示无尺度网络中每个节点覆盖的面积. 根据上式, 得到三种方法的响应时间对比, 对比结果如图 2 所示.

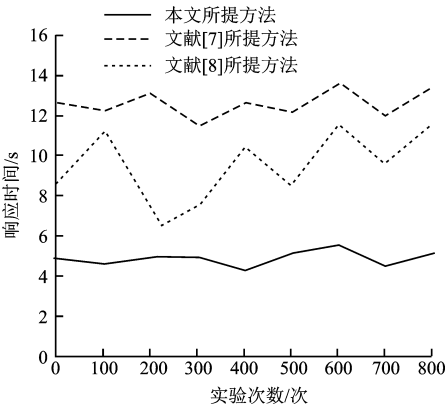


图 2 三种方法进行节点自适应分配响应时间对比

从图 2 可以看出, 本文所提方法进行节点自适应分配响应时间较短, 且本文所提方法的响应时间曲线与文献[7] 和文献[8] 相比, 波动较为平缓, 说明本文所提方法进行节点自适应分配响应时间较为平稳.

然后对三种方法进行节点自适应分配的速度进行对比, 设定自适应分配速度指节点完成自适应分配需要花费的时间, 其单位为分 (min), 其计算公式如下:

$$T' = \frac{\vec{X}(0) \sum_{x=1, y=1}^{m \in R, n \in R} P_{\text{cov}}(x, y, C)}{f(X_i(n))}$$

(16)

根据上式, 得到三种方法节点自适应分配速度对比, 对比结果如图 3 所示.

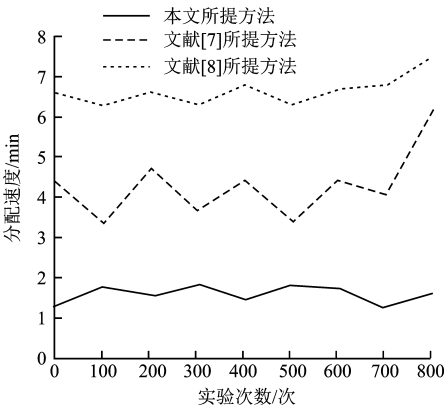


图 3 三种方法进行节点自适应分配的分配速度对比

通过图 2 可以看出本文所提方法能够提高节点自适应分配的分配速度, 且本文所提方法的分配速度较平均, 说明本文所提方法的分配稳定性较好.

最后对节点自适应分配后无尺度网络节点集的覆盖率进行对比, 设覆盖率 (%) 的计算方法如式 (6) 所示.

根据式 (6) 得到三种方法进行节点自适应分配后节点集的覆盖率对比, 对比结果如图 4 所示.

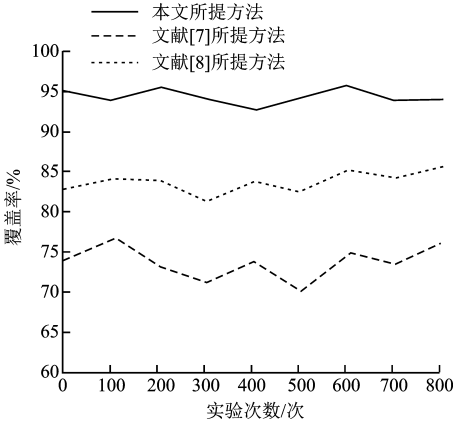


图 4 三种方法节点分配后节点集的覆盖率对比

从图 4 可以看出, 本文所提方法进行节点自适应分配后, 节点集的覆盖率较高, 根据 2.1 节所述, 节点集的覆盖率是节点自适应分配效果的重要指标, 节点集的覆盖率越高, 分配效果越好, 所以说本文所提方法进行节点自适应分配, 分配效果较好, 综上所述, 本文所提方法能够较好提高无尺度网络节点分配效果, 具有较好的使用价值.

4 结束语

协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配是网络节点分配研究中的重要内容, 无尺度网络节点自适应分配的效果直接影响无尺度网络性能, 本文提出的基于差分蜂群算法的协同性攻击下无尺度网络节点自适应分配方法, 能够有效降低分配的响应时间及分配速度, 较大幅度地提高无尺度网络节点集的覆盖率, 具有良好的使用价值.

参考文献:

[1] 魏政磊, 赵辉, 韩邦杰, 等. 基于自适应 GWO 的多 UCAV 协同攻击目标决策[J]. 计算机工程与应用, 2016, 52(18):257-261.

[2] 肖庆, 马士华, 唐尧. 存在三重属性节点的物流网络选址分配问题研究[J]. 运筹与管理, 2016, 25(5):59-67.

实验表明,PSO-DAC 算法的精度比标准的粒子群算法精度至少提高了 30.28%,迭代次数至少降低了 51.28%。因此,本文所给出的 PSO-DA 算法比标准粒子群算法的收敛速度以及精度均有较大幅度的提升,并且更加稳定。下一阶段将围绕在 PSO-DA 算法中引入 Tent 混沌序列以提高初始粒子群的多样性开展相关研究。

参考文献:

[1] Kennedy J , Eberhat R C. Particle swarm optimization [C]//IEEE International Conference on Neural Networks, Perth, Australia, 1995:1942-1948.

[2] Yildiz A R, Solanki K N. Multi-objective optimization of vehicle crashworthiness using a new particle swarm based approach [J]. Int. J. Advanced Manufacturing Technology ,2012,59:367-376.

[3] 阳同光,桂卫华. 基于粒子群优化自适应反推光伏并网逆变器控制研究[J]. 中国电机工程学报,2016,36(11):3030-3044.

[4] 孟庆宽,张漫,杨耿煌,等. 自然光照下基于粒子群算法的农业机械导航路径识别[J]. 农业机械学报,2016,47(6):11-20.

[5] 李菁华,张峥,方达,等. 基于混合差分蜂群算法的城市电动汽车充电站布局规划[J]. 东北电力大学学报,2016,36(4):84-90.

[6] 延丽平,曾建潮. 具有自适应随机惯性权重的 PSO 算法[J]. 计算机工程与设计,2016,27(24):4677-4679.

[7] 王洪涛,任燕. 基于改进惯性权重的粒子群优化算法[J]. 计算机应用与软件,2011,28(10):271-274.

[8] Borowska B. PAPSO algorithm for optimization of the coil arrangement[J]. Przegląd Elektrotechniczny(Electrical Review),2013,89:272-274.

[9] 龙文,梁昔明,董淑华,等. 动态调整惯性权重的粒子群优化算法[J]. 计算机应用,2009,29(8):2240-2242.

[10] 潘峰,周倩,李位星,等. 标准粒子群优化算法的马尔科夫链分析[J]. 自动化学报,2013,39(4):381-389.

[11] 刘志雄,梁华. 粒子群算法中随机数参数的设置与实验分析[J]. 控制理论与应用,2010,27(11):1489-1496.

[12] 王迪,吴鑫强,王振浩. 基于改进遗传算法的含分布式电源配电网故障定位[J]. 东北电力大学学报,2016,36(1):1-7.

作者简介:

滕志军 男,(1973-),博士,教授. 研究方向为无线通信技术. E-mail:tengzhijun@163.com.

吕金玲 女,(1993-),硕士研究生. 研究方向为无线通信技术.

郭立文 男,(1991-),硕士研究生. 研究方向为无线通信技术.

王志新 男,(1969-),助理工程师. 研究方向为电力通信技术.

许恒 男,(1973-),高级工程师. 研究方向为电力通信技术.

袁丽红 女,(1970-),工程师. 研究方向为电力通信技术.

(上接第 124 页)

[3] 陶洋,白璐. 基于节点传输性能的机会网络自适应转发策略[J]. 计算机应用研究,2014,31(7):2156-2158.

[4] 熊伟丽,刘欣,陈敏芳,等. 基于差分蜂群算法的无线传感器网络节点分布优化[J]. 控制工程,2014,21(6):1036-1040.

[5] 董晓丹,丁力. 一种混沌萤火虫算法的 WSN 节点分布优化研究[J]. 电光与控制,2017,24(3):73-76.

[6] 廖洁,张磊,马飒飒. 一种低能耗的 WSN 覆盖控制优化策略[J]. 计算机工程,2016,42(11):109-113.

[7] 封岸松,王宏,张彦武. 无线 HART 网络节点变速率资源调度算法实现[J]. 电子技术应用,2016,42(3):95-97.

[8] 刘向东,刘奎,王聪. 基于离散粒子群的节点可重用虚拟网络映射算法[J]. 计算机工程与科学,2015,37(2):276-280.

[9] 徐昌彪,吕顺. ICN 中基于节点权重的缓存大小分配方案研究[J]. 计算机应用研究,2017,34(1):214-216.

[10] 张传锦,李璐璐. 基于模糊 C 均值聚类的无线传感器网络节点定位算法[J]. 电子设计工程,2016,24(8):58-60.

作者简介:

傅望 女,(1976-),硕士研究生,讲师. 研究方向为司法信息技术、信息安全. E-mail:fuwang@zjzy.com.cn.