

# 基于信任的无线传感器网络信息传播模型研究

王艳华, 刘亚秋\*, 高洋 (东北林业大学林业生态大数据存储与高性能计算工程技术中心, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** 提出一种基于信任的无线传感器网络信息传播模型。结合生物学中的 Logistic 模型以及信任策略, 建立无线传感器网络的信息传播模型, 并在信息传播模型的基础上, 对激励策略进行分析, 提出相应的激励策略。模拟试验表明, 该模型可有效地提高整个无线传感器网络的信任水平, 并加快信息传播速度。

**关键词** 信任; 无线传感器网络; 信息传播; Logistic 模型; 激励策略

**中图分类号** S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)16-05315-03

## Information Spreading Model of Wireless Sensor Network Based on Trust

WANG Yan-hua, LIU Ya-qi\* et al (Forestry Ecological Big Data Storage and High Performance Computing Engineering Technology Center, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** An information spreading model based on trust for wireless sensor network (WSN) was proposed. Combining the Logistic model of biology and trust strategy, information spreading model for WSN was build. In addition, corresponding incentive strategy were proposed by analyzing strategies on the basis of above information spreading model. From the simulation experiment result, we can see that this model can improve trust level of the whole WSN effectively, and accelerate the information spreading speed.

**Key words** Trust; WSN; Information spreading; Logistic model; Incentive strategy

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 是由大量的传感器以自组织和多跳的方式构成的无线网络, 以协作地感知、采集、处理以及传输网络覆盖地理区域内被感知对象的信息, 并最终把这些信息发送给网络的所有者<sup>[1-2]</sup>。

无线传感器网络具有自组织特性。在传感器网络的应用中, 传感器节点被放置在没有基础结构的地方, 传感器节点的位置不能预先精确设定, 节点之间的相互邻居关系预先也不知道, 如通过飞机播撒大量传感器节点到面积广阔的原始森林中<sup>[3]</sup>。这样就要求传感器节点具有自组织的能力, 能够自动进行配置和管理, 通过拓扑控制机制和网络协议自动形成转发监测数据的多跳无线网络系统。

而由于无线传感器网络的自组织特性, 要求传感器自动进行配置和管理, 传统的基于密码体系的安全机制主要用于抵抗外部攻击, 无法有效解决由于节点被俘获而发生的内部攻击, 从而影响无线传感器网络中的信息传播的可信性。因此, 如何提高无线传感器网络信息传播的可信性, 成为一个重要的研究领域。鉴于此, 笔者研究无线传感器网络的信任问题, 结合生物学相关理论, 在此基础上建立信息传播模型, 从而更加有效地预测信息传播的趋势。

## 1 无线传感网与可信信息传播概述

无线传感器网络是由大量广泛分布, 且具有通信与计算能力的微小传感器节点构成的自治网络系统, 是能根据环境自主完成指定任务的“智能”系统。由于传感器的部署方便, 自治力强, 因此其在军事领域、环境监测、灾难预防等方面都具有十分广阔的应用前景, 尤其在无人值守的环境监测<sup>[4-5]</sup>、灾害扑救等特殊领域, 具有传统技术无可比拟的

优势。

美国在 20 世纪 90 年代末期率先开展了对无线传感器网络的研究, 无线传感器网络首先被应用在军事领域中, 并取得了较大成果。2001 年, 第一个主题为无线传感器网络的国际会议为 IPSN (International Conference on Information Processing in Sensor Network), 该会议是由 ACM 和 IEEE 共同举办的, 主要研究无线传感器网络的信息处理技术。并且 ACM 还在 2005 年为无线传感器网络创建了期刊《ACM Transaction on Sensor Network》, 该期刊用来出版优秀的传感器网络方向的学术研究成果。美国多个大学也开始对无线传感器网络进行相关知识和理论的学术研究, 如麻省理工学院 (MIT)、加州大学伯克利分校 (UCB) 以及加州大学洛杉矶分校 (UCLA) 等知名学府。在此之后, 日本、英国以及意大利等国家也相继开展了对无线传感器网络的研究, 并且关于无线传感器网络的研究也逐渐成为了工业界和学术界的热点。

现有的传感节点具有很大的安全漏洞, 攻击者通过此漏洞, 可方便地获取传感节点中的机密信息、修改传感节点中的程序代码, 如使得传感节点具有多个身份 ID, 从而以多个身份在传感器网络中进行通信。另外, 攻击还可以通过获取存储在传感节点中的密钥、代码等信息进行, 从而伪造或伪装成合法节点加入到传感网络中<sup>[6]</sup>。一旦控制了传感器网络中的一部分节点后, 攻击者就可以发动很多种攻击, 如监听传感器网络中传输的信息, 向传感器网络中发布假的路由信息或传送假的传感信息、进行拒绝服务攻击等。随着 WSNs 应用的日益复杂, 其安全需求也呈现多样性, 传统的基于密码体系的安全机制主要用于抵抗外部攻击, 无法有效解决由于节点被俘获而发生的内部攻击<sup>[7]</sup>。在实际应用中, 节点被俘获的现象极易发生, 这就需要有效的机制来及时识别被俘获节点, 从而采取相应措施来减小系统的损失, 因此, 针对无线传感器网络中的此类问题, 该研究重点研究无线传感

**基金项目** 学位与研究生教育教学改革研究项目 (J1101210); 哈尔滨市科技创新人才研究专项 (2013RFXXJ089)。

**作者简介** 王艳华 (1981-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 助理研究员, 博士, 从事林业信息工程方面研究。\* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事林业信息工程方面的研究。

**收稿日期** 2014-05-08

器网络的信任问题,结合生物学中的 Logistic 模型<sup>[8]</sup>,建立无线传感器网络信息传播模型,从而更加有效地预测信息传播的趋势。

## 2 基于信任的信息传播模型

首先定义信任的相关概念,然后介绍 Logistic 模型的相关知识,并结合 Logistic 模型的相关知识研究无线传感器网络的信息传播模型。

定义 1 信任,是指在网络中,实体所提供的信息的可靠性和正确性水平<sup>[9-10]</sup>。

**2.1 Logistic 模型** Logistic 方程是研究生物学中种群增长的一种模型。由于 Logistic 增长曲线是一条符合事物发展一般规律的 S 型曲线,其在生物学领域和社会学领域中都有广泛的应用。如图 1 所示为 Logistic 模型的模拟曲线,其中横坐标表示种群的演化代数,纵坐标表示某类群体占总群体的比例。从图 1 可以看出,Logistic 模型中,种群的增长速度为先慢再快最终变慢的增长趋势,即呈现出 S 型的增长速度,最终达到稳定状态。由此,该研究用 Logistic 模型的该特点来预测无线传感器网络中信息的传播趋势,从而制定相应的策略来提高整个无线传感器网络的可信性。

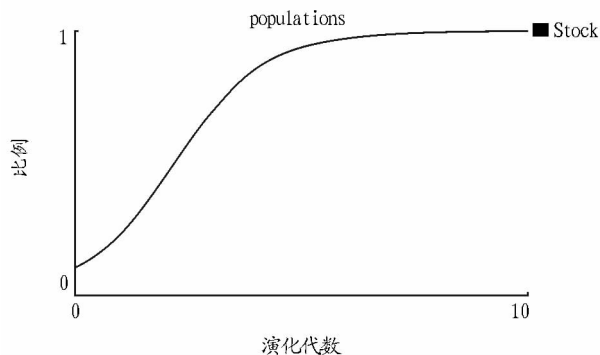


图 1 Logistic 模型模拟曲线

**2.2 基于 Logistic 的信息传播模型** 在无线传感器网络中,不同的信息具有不同的信任等级,则将不同信任等级的信息所传播到的传感器看作一个种群,其所传播到的传感器数量的演化正是符合这种 S 型曲线的增长过程。

下面基于 Logistic 模型,以无线传感器网络中某个信任等级的信息所传播到的传感器个体数量增长为例,介绍一下基于 Logistic 的信息传播模型。

假设无线传感器网络中的传感器总数量为  $N$ ,即无线传感器网络环境容纳量。将信息分为  $m$  个不同的信任等级,则具有不同信任等级信息的初始传播到的传感器数量集合为  $(n_1, n_2, \dots, n_m)$ ,则可以用微分方程来表示具有第  $i$  类信任等级信息所传播到的传感器数量  $n_i$  的变化情况。

$$\frac{dn_i}{dt} = r \cdot n_i \left( \frac{N - n_i}{N} \right) \quad (1)$$

式中,  $\frac{dn_i}{dt}$  表示具有第  $i$  类信任等级信息所传播到的传感器数量  $n_i$  的瞬时增长量;  $t$  为演化代数;  $r$  表示该类种群中的个体增长率。  $\frac{N - n_i}{N}$  表示 Logistic 系数,当  $N < n_i$  时,  $\frac{N - n_i}{N} < 0$ ,此

时,该类种群内个体数量呈下降趋势;当  $N > n_i$  时,  $\frac{N - n_i}{N} > 0$ ,此时,该类种群内个体数量呈上升趋势;当  $N = n_i$  时,  $\frac{N - n_i}{N} = 0$ ,此时,该类种群内个体数量保持不变。由式(1)可以看出,Logistic 系数可以反映种群数量的变化,可以使得某类种群的数量,即所传播到的传感器的数量,最终主导整个网络的演化趋势,即趋于无线传感器网络的环境容纳量,这种演化趋势便形成了 S 型增长曲线。

对式(1)进行积分,便可得到具有第  $i$  类信任等级信息所传播到的传感器个体数量的变化率。

$$n_i(t) = \frac{N}{1 + \left[ \frac{N}{n_i(0)} \right] \times e^{-r \times t}} \quad (2)$$

式中,  $n_i(t)$  表示当无线传感器网络演化到第  $t$  代时,具有第  $i$  类信任等级信息所传播到的传感器的个体数量;  $n_i(0)$  表示具有第  $i$  类信任等级信息所传播到的传感器初始数量。根据式(2)可以预测出无线传感器网络中具有第  $i$  类信任水平的信息的最终传播趋势。

**2.3 激励策略分析** 根据上述信息传播模型,可以预测无线传感器网络中信息的传播趋势。为了激励传感器对高可信策略的选取,该研究对传感器策略选取进行博弈分析,从而提高无线传感器网络的整体可信水平<sup>[11-12]</sup>。

在实际的无线传感器网络中,对信任等级高的传感器,系统将为其提供较高优先级的服务;反之,系统将提供较差的服务,甚至不为其提供服务。通过这种激励策略的制定,不但激励了传感器对高可信策略的选取,还惩罚了恶意节点,从而可有效地提高整个无线传感器网络的可信水平。

## 3 模拟试验与结果分析

通过模拟试验来验证该信息传播模型的有效性。该研究的硬件试验环境为 Intel Core(TM) Duo 2.66GHz CPU, 2GB 内存,采用 Windows XP 操作系统,用 Matlab 7.0 编程平台。模拟试验参数如表 1 所示。

表 1 模拟试验参数

| 参数类别 | 参数    | 缺省值   | 参数描述          |
|------|-------|-------|---------------|
| 运行参数 | $N$   | 1 000 | 传感器总数量        |
|      | $n_1$ | 400   | 信任等级 1 的传感器数量 |
|      | $n_2$ | 600   | 信任等级 2 的传感器数量 |
| 算法参数 | $r$   | 1.0   | 个体增长率         |

下面以信任等级 1 的传感器信息传播演化趋势为例,验证该模型的有效性,假设信任等级 1 的可信度要高于信任等级 2 的可信度。试验结果如图 2 所示。

从图 2 可以看出,具有较高可信等级的传感器所传播的信息最终能够主导整个网络的演化方向,并且当加入相应的激励策略时,加快了信息的传播速度。当没有加入相应的激励策略时,信息的传播趋势在 25 代左右时进入稳定状态;而加入相应的激励策略时,信息的传播趋势在 10 代左右时进入稳定状态。由此可见,适当地调整激励策略,可有效地加

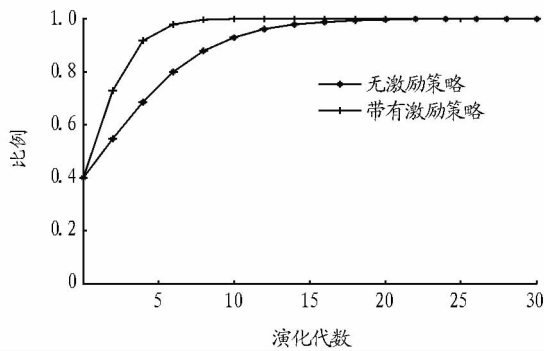


图2 信息传播演化趋势

快信息的传播速度,从而更加有效地提高整个无线传感器网络的可信水平,并且加快信息的演化速度。

#### 4 结论

该研究提出一种基于信任的无线传感器网络信息传播模型。结合生物学中的 Logistic 模型以及信任策略,建立无线传感器网络的信息传播模型,并在信息传播模型的基础上,对激励策略进行分析,提出相应的激励惩罚策略。通过模拟试验可以看出,该模型有效地提高了整个无线传感器网络的信任水平,并加快了信息传播速度,从而验证了该模型的有效性。

在未来的工作中,将进一步研究无线传感器网络的复杂

特性,提出更有效的激励策略,提高无线传感器网络的可信性和安全性。

#### 参考文献

- [1] YICK J, MUKHERJEE B, GHOSAL D. Wireless sensor networks survey [J]. *Computer Networks*, 2008, 52: 2292 - 2330.
- [2] HAN G J, JIANG J F, SHU L, et al. Management and applications of trust in Wireless Sensor Networks: A survey [J]. *Journal of Computer and System Sciences*, 2014, 80(3): 602 - 617.
- [3] 陆志平, 秦会斌, 王春芳. 无线传感器网络在森林火灾监测中的应用 [J]. *杭州电子科技大学学报*, 2006, 26(5): 48 - 51.
- [4] 杨治秋, 柴宝杰. 无线传感器网络在农业信息监控系统中的应用 [J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(35): 22160 - 22161.
- [5] 承洋洋, 王库, 刘超, 等. 基于无线传感器网络的农业环境智能监控系统的设计与开发研究 [J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(11): 5134 - 5137.
- [6] 蔡绍滨, 韩启龙, 高振国, 等. 基于云模型的无线传感器网络恶意节点识别 [J]. *电子学报*, 2012, 40(11): 2232 - 2238.
- [7] SUN Y, LUO H, SK D. A Trust-based framework for fault-tolerant data aggregation in Wireless Multimedia Sensor Networks [J]. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 2012, 9(6): 785 - 797.
- [8] PERLA R J. A long-term forecast of MRSA daily burden using logistic modeling [J]. *Clinical Laboratory Science*, 2009, 22(1): 1 - 5.
- [9] 荆琦, 唐礼勇, 陈钟. 无线传感器网络中的信任管理 [J]. *软件学报*, 2008, 19(7): 1716 - 1730.
- [10] 李小勇, 桂小林. 动态信任预测的认知模型 [J]. *软件学报*, 2010, 21(1): 163 - 176.
- [11] ZHAN G X, SHI W S, DENG J L. TARF: A Trust-aware routing framework for Wireless Sensor Networks [C]. *EWSN 2010*, 2010: 65 - 80.
- [12] TAE KYUNG KIM, HEE SUK SEO. A trust model using fuzzy logic in Wireless Sensor Network [J]. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2008, 2: 63 - 66.

(上接第 5314 页)

中心地,在地理上往往接近于物资产地或者是物资消费地,是由于物资产地和销地不同所设立的必要的中转站。这就要求蔬菜物流园区在经营中充分地考虑到自己在地区经济发展中所起到的作用,作为必要的物资中转站,蔬菜物流园区必须要了解自身所服务的整个市场,要通过构建本地的物流信息系统与本地的企业相连接,通过信息的分享蔬菜物流园区才能更好地为本地区的企业服务,为本地区经济发展服务。物联网技术在这其中可以起到关键性的作用,通过物联网技术的自动信息收集功能完成本地物流信息管理系统的构建,促进本地经济更好更快地发展<sup>[7]</sup>。

#### 5 结语

随着我国经济的发展,蔬菜物流园区在经济发展中的作用不断凸显,国内各地也兴起了建设蔬菜物流园区的热潮。随着蔬菜物流园区的建设,蔬菜物流园区的服务模式成为了制约蔬菜物流园区发展的关键因素,当前国内蔬菜物流园区的服务模式单一同质化严重,使得蔬菜物流园区的经营状况十分不理想。这就需要对蔬菜物流园区的服务模式进行调整,改变现在单一的服务模式,走多元化服务发展之路。物

联网技术作为当前世界技术的最新发展,其对于经济发展的重大作用受到了世界各国的广泛关注。物联网技术改变了蔬菜物流园区的经营环境,使得蔬菜物流园区面对更加复杂和多变的外部环境,同时也向蔬菜物流园区提供了改变自身服务模式的技术基础和市场机会。

#### 参考文献

- [1] BRIAN SLACK. Function orientation of logistics park [J]. *European Journal of Operational Research*, 2000, 3(6): 34 - 37.
- [2] TSAMBOULASA D A, KAPROS S. Freight village evaluation under uncertainty with public and private financing [J]. *Transport Policy*, 2003, 45(6): 23 - 27.
- [3] 李海婴. 第三方物流企业服务创新的动力分析 [J]. *物流技术*, 2006, 6(5): 15 - 18.
- [4] 国家发展和改革委员会经济运行调节局, 南开大学现代物流研究中心. 中国现代物流发展报告 [2011 年] [M]. 北京: 中国物资出版社, 2011.
- [5] 宋雅杰. 基于物联网技术的库存控制研究 [J]. *商业时代*, 2010, 24(8): 34 - 35.
- [6] 刘军, 王雁. 物流企业服务创新的路径与战略选择 [J]. *物流技术*, 2007, 26(1): 14 - 16.
- [7] 李清, 董葆茗. 中国物流产业发展的新趋势 [J]. *中国流通经济*, 2010, 4(7): 29 - 32.