

文章编号: 1674-8085(2019)04-0052-05

基于拓扑区域一体化成型映射机制的物联网快速收敛算法

*刘颜颜¹, 计成超²

(1. 六安职业技术学院信息与电子工程学院, 安徽, 六安, 237000; 2. 滁州学院计算机与信息工程学院, 安徽, 滁州, 239000)

摘 要: 为解决物联网快速收敛算法存在的收敛性能较差、网络稳定时间较短的不足, 提出了基于拓扑区域一体化成型映射机制的物联网快速收敛算法。首先, 根据物联网节点分布具有的随机分布特性及泊松分布特性, 通过聚类方式来构建聚合度-权重值裁决模型, 以实现路由的稳定收敛, 消除因簇头节点失效而导致的区域上传缓慢的现象; 随后, 采用退避机制来提升簇头节点的传输性能, 有效降低因能量受限而导致的网络传输缓慢的现象, 优化路由收敛性能, 降低因路由抖动而导致的网络瘫痪概率。仿真实验结果表明: 与常见的时间度一体化物联网收敛算法 (Convergence Algorithm for Time-Integrated Internet of Things, TI-IOT 算法)、路由集中度快速收敛算法 (A Fast Convergence Algorithm for Routing Concentration Degree, RCD 算法) 相比, 所提算法具有更高的网络稳定工作时间及较快的收敛速度, 以及更小的路由冗余度。

关键词: 物联网; 网络收敛; 聚类方法; 泊松分布; 信道退避; 路由抖动

中图分类号: TP393.04

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2019.04.010

FAST CONVERGENCE ALGORITHMS FOR INTERNET OF THINGS BASED ON MAPPING MECHANISM OF TOPOLOGICAL AREA INTEGRATION

*LIU Yan-yan¹, JI Cheng-chao²

(1. School of Information and Electronic Engineering, Lu'an Vocational and Technical College, Lu'an, Anhui 237000, China;

2. College of Computer and Information Engineering, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000, China)

Abstract: In order to solve the shortcomings of the current fast convergence algorithm of the Internet of Things (IoT), such as poor convergence performance and short network stability time, a fast convergence algorithm based on the mapping mechanism of the integration of topological regions is proposed. Firstly, according to the random distribution and Poisson distribution characteristics of the node distribution in IoT, the aggregation degree-weight decision model is constructed by clustering method to achieve the stable convergence of routing, eliminate the slow upload of the region caused by the failure of cluster-head nodes, and enhance the convergence performance of the algorithm. Then, the back-off method is used to improve the transmission performance of cluster-head nodes and further degrade the convergence performance. Low energy constraints lead to slow network transmission, improve routing convergence performance and reduce the probability of network paralysis caused by routing jitter. The simulation results show that compared with the common convergence algorithms for Time-Integrated IoT and fast convergence algorithms for routing concentration degree, the proposed algorithm has

收稿日期: 2019-03-05; 修改日期: 2019-06-10

基金项目: 安徽省高校优秀青年人才支持计划项目(gxyq2017239); 安徽省职业与成人教育学会教育科研规划课题(azjxh17022)

作者简介: *刘颜颜(1982-), 女, 山东宁阳人, 讲师, 硕士, 主要从事计算机应用、网络通信、物联网技术等方面的研究(E-mail:liuyy288@tom.com); 计成超(1980-), 男, 安徽全椒人, 副教授, 硕士, 主要从事网络通信、物联网技术、Ad-Hoc 等方面的研究(E-mail:JicChao1980qz@163.com).

the advantages of short network convergence time, high residual energy of nodes, etc. Routing redundancy is small, and the network works stably for a long time, which is of high practical value.

Key words: Internet of Things; network convergence; Poisson distribution; clustering; channel back-off; routing jitter

0 引言

物联网技术作为“中国制造2025”的重要组成部分,正日益成为支撑国民经济体系的新骨干技术之一^[1]。当前物联网节点具有高密度及高实时性特性,特别是节点具有能量受限的特点,需要以较快速度实现传输收敛,以便能够确保传感数据的实时性及完整性质量要求^[2]。快速收敛技术由此成为物联网的核心技术之一,极大地推动了物联网技术的快速发展^[3]。

由于物联网节点具有的能量受限特性,学者们在物联网快速收敛算法中主要针对该特性进行研究,以便能够在能量受限的情况下取得较好的快速收敛效果。Andrei等^[4]提出了一种基于链路能量稳定机制的物联网快速收敛算法,该算法主要通过预设网络监测节点的方式进行链路监控,当链路传输性能出现下降时将及时获取监控数据并进行节点更换,能够实现对网络传输链路的快速收敛,具有很强的收敛性能。然而,该算法的监测节点预设数量较多,切换过程具有非平滑特性,网络收敛质量较差。Monika等^[5]提出了一种基于广播报文路由感知机制的物联网快速收敛算法,该算法主要通过广播hello数据分组并通过分析报文延时的方式动态捕捉路由联通性能,具有较好的实时拓扑感知能力,能够迅速修补因链路抖动造成的网络宕机现象,收敛速率较高。但是,该算法也具有明显的缺陷,特别是广播报文的频率较高,容易造成严重的网络拥塞现象。Suresh等^[6]提出了一种基于混沌度联合裁决机制的物联网快速收敛算法,算法主要依托路由-能量均值混沌建模方式实现对网络状态实时裁决,具有很强的收敛性能,实践意义较高。但是,该算法对网络节点质量要求较高,难以适应高流动性物联网应用场景。

针对上述不足,本文基于拓扑区域一体化成型映射机制提出了一种新的物联网快速收敛算法,该

算法由权重值-聚合度的区域一体化收敛成型方法和基于退避机制的簇头更新方法两部分构成。基于物联网节点具有分区成型的特性提出了区域一体化收敛成型方法,采取簇头节点权值递归及节点聚合度采集等方式,降低因簇头节点失效的现象,增强网络的收敛性能。基于退避机制的簇头更新方法主要引入信道退避机制,通过该方法能够有效避免簇头节点因充电而难以发挥簇头节点的问题,提高区域成型质量,强化数据传输性能。最后使用NS2仿真实验环境,证明了本文算法的优越性能。

1 移动物联网节点分布及调度模型

不妨设矩形区域内以随机方式布撒若干物联网节点,见图1,任意节点的能量及芯片处理性能均相同^[7]。整个矩形区域内设置sink节点作为中央处理节点,区域内任意物联网节点均可通过频率加密方式(通过PSK调制方式达到隐藏子信道频率)与sink节点进行数据通信并接受sink所下发的调度管理指令^[8]。

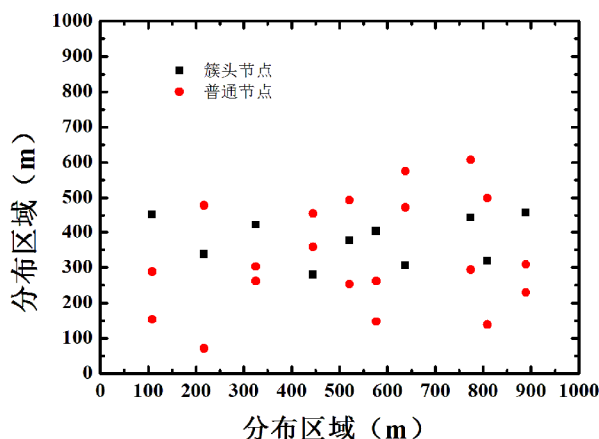


图1 节点分布

Fig.1 Node distribution

由于节点间通信均采用无线方式进行,当前多以LTE-5G信号模式完成数据发射^[9]。发送过程中网络节点能量损失主要与初始功率 E_0 、传输距离 d 、

传输带宽 B 三者密切相关。考虑到目前以LTE-5G节点均支持能量无线快充模式, 可通过sink节点补充电池能量^[9], 则对于任意一个网络节点而言, 能量消耗 $E(B)$ 满足如下模型:

$$E(B) = dE_0 + d^2B \quad (1)$$

当仅当传输距离 d 在节点覆盖范围内时成立。

$$E(B) = dE_0 + d^4B \quad (2)$$

当仅当传输距离 d 在节点覆盖范围外时成立。

由模型 (1)、(2) 可知, 节点进行数据发射时耗能水平主要与传输距离 d 、传输带宽 B 相关, 特别是当传输距离 d 显著大于节点覆盖范围时, 数据传输耗能将会显著下降。

对于接收节点而言, 根据文献[10]可知能量消耗 $E(B)$ 满足:

$$E(B) = dE_0 \quad (3)$$

物联网节点运行时, 同一时刻可能有多个节点首先传输给区域内的簇头节点, 然后由簇头节点与sink节点进行数据通信, 若节点数据发送满足泊松分布时, 网络整体耗能 E 满足:

$$E = \sum_{x=1}^i dx E_0 + dx^2 B + \sum_{y=1}^j dy E_0 + dy^4 B + \sum_{z=1}^k dz E_0 \quad (4)$$

其中 x 、 y 、 z 分别表示满足模型 (1)、(2)、(3) 的三类不同节点。一般地, y 即为簇头节点个数。

不妨设网络中节点总数为 N , 即:

$$x + y + z = N \quad (5)$$

联立模型 (4)、(5) 并设节点满足泊松分布可得^[10]:

$$y = \frac{\sqrt{2N}}{4\pi} \quad (6)$$

即当仅当网络中簇头节点个数满足模型 (6) 时, 网络平均耗能水平最低。

2 本文物联网快速收敛算法

当前实践中的若干解决方案虽然能够部分解决物联网快速收敛难题, 然而一般均在路由层面上通过广播数据报文的方式实现对网络状况的快速捕捉, 容易导致网络出现严重的拥塞并带来精确度不高等难题。对此, 本文提出了拓扑区域一体化成型映射机制 (Mapping Mechanism of Topological

Region Integration Shaping, TRIS机制)。

2.1 基于权重值-聚合度的区域一体化收敛成型方法

物联网节点中簇头节点可用于数据汇聚及上传, 实践中一般需要在网络中布设较多的簇头节点, 以便能够迅速完成网络收敛过程。由模型 (6) 可知, 当网络中簇头节点个数满足该模型时, 整体能耗将维持在较低水平, 网络的收敛性能达到最优。因此, 以模型 (6) 计算出的簇头个数为权值, 考虑到簇头节点具有的泊松分布及随机分布特性^[10], 区域一体化收敛成型方法的步骤如下:

Step 1: sink节点从区域内随机选取若干能量最优的节点作为簇头节点, 簇头节点个数满足模型 (6) 所示。

Step 2: 区域内其余节点发送HELLO数据分组并与簇头节点间建立路由, 并计算聚合度 $JH(i, j)$, 聚合度获取方式如下:

$$JH(i, j) = 1 \text{ when } \|CH(i) - Node(j)\| > 0 \quad (7)$$

$$\bigcup JH(i, j) = 1 \quad (8)$$

其中, CH 表示簇头节点, $Node$ 表示任意待传输数据的节点。

Step 3: 联立模型 (7)、(8) 获取离散聚类函数 $JM(i, j)$ 。

$$JM(i, j) = \prod CH(i) - Node(j) \quad (9)$$

Step 4: 根据离散聚类函数进行簇头聚类更新:

$$\|CH(i)\| = \frac{\sum CH(i) - Node(j)}{\prod CH(i) - Node(j)} \quad (10)$$

Step 5: 按照模型 (10) 进行簇头聚类更新后, sink节点处于待命状态, 此时无发射功率的需求, 其处于休眠状态, 方法结束。

2.2 基于退避机制的簇头更新方法

虽然簇头节点可通过无线充电方式补充电量, 但是, 在当前簇头节点完成充电前, 该节点处于失效状态。因此, 当sink节点监测到网络中存在充电状态的节点时, 将优先考虑该节点的剩余能量是否足以维持下一轮网络收敛。不妨设该节点的初始功率为 E_0 , 剩余功率为 E , 因能量受限而导致网络信道发生碰撞的概率为 η 。显然, 若当前网络信道发生碰撞的概率越大, 则该簇头节点需要及时得到

更换，以免网络收敛过程出现故障。在此过程中，该节点需要及时通知网络中其余节点，并由网络按照模型（7）-（10）重新完成簇头的更新，退避时间 T 可由如下模型唯一地确定：

$$T = \eta \frac{E}{E_0} Time \tag{11}$$

其中， $Time$ 表示网络传输数据的时间。

3 仿真实验

仿真实验采用随机分布的网络模型，节点分布在矩形区域内，节点信号制式为LTE-5G信号制式，预成型采用128-PSK星座成型方案^[11]。为便于对比，仿真对照组采用当前常见的时间度一体化物联网收敛算法（Convergence Algorithm for Time-Integrated Internet of Things, TI-IOT算法）^[12]、路由集中度快速收敛算法（A Fast Convergence Algorithm for Routing Concentration Degree, RCD算法）^[13]。使用NS2仿真实验环境，指标选取网络收敛时间、节点剩余能量、路由冗余度、网络稳定工作时间四个指标。仿真参数表如下：

表 1 仿真参数表

Table 1 Simulation parameter table

参 数	数 值
矩形范围 (m ²)	20000×20000
节点分布模型	泊松分布
节点传输速率(Mbps)	不高于 0.512 Mbps
节点信号制式	LTE (128-PSK)
节点初始能量	8 J
节点密度	不低于 12 个/m ²

3.1 网络收敛时间

图2为不同算法的网络收敛时间测试结果。由图可知，随着节点密度的不断增加，网络收敛时间均出现上升的态势，这是因为节点密度与网络复杂度呈现正比关系，因此网络收敛难度也增大。但是，本文算法的网络收敛时间始终处于较低水平，具有明显的优势。这是由于本文算法采用拓扑区域一体化成型映射机制，能够通过权值及聚类机制实现簇头节点的快速更新，可实现节点与sink节点间无中断数据通信，且路由质量较佳，故而网络收敛时间

较短。TI-IOT算法主要通过路由探测机制进行簇头节点更新，由于探测过程中未考虑簇头节点的能量退避因素，当簇头节点处于充电状态时难以发挥簇头节点的功能，因而网络收敛时间较长。RCD算法虽然通过设置备用路由方式，能够降低簇头节点更新过程中出现的路由障碍现象，然而由于该算法在LTE-5G环境下的路由拓扑变动剧烈，难以实现路由层面的一体化成型，因此网络收敛时间较长。

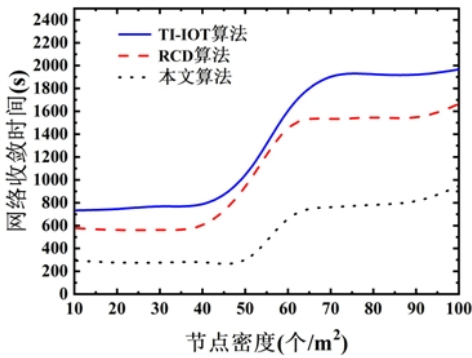


图2 网络收敛时间

Fig.2 Network convergence time

3.2 网络平均剩余能量

图3为不同算法的节点平均剩余能量测试结果。由图可知，随着节点密度的不断增加，网络平均剩余能量呈现先增加，后降低，最终趋于稳定的状态。这是由于随着节点密度的不断增加，网络路由质量也随之提升，但由于网络数据传输量也随之提高，会造成一定的网络拥塞，因此超过一定阈值后网络平均剩余能量将出现下降态势。但是，本文网络平均剩余能量始终处于较高的水平，节点密度的阈值也要高于对照组算法，这是由于本文算法网络收敛时间较短，能够快速达到稳定状态。此外，本文算法通过拓扑区域一体化成型映射机制可快速实现簇头节点的收敛，因此网络拥塞程度较低，减少了节点能量的消耗。TI-IOT算法单纯采用路由探测机制优化节点剩余能量，当节点密度大幅度增加时难以优化网络中传输报文，因此节点能量消耗水平要高于本文算法。RCD算法没有针对节点剩余能量进行必要的降耗处理，因此网络平均剩余能量要低于本文算法。

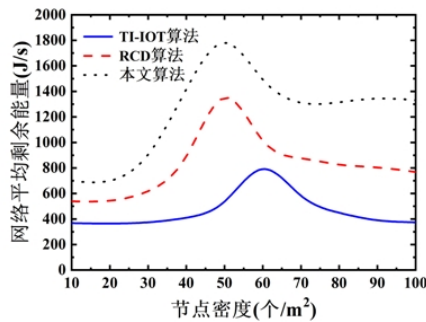


图3 网络平均剩余能量

Fig.3 Average remaining energy of nodes

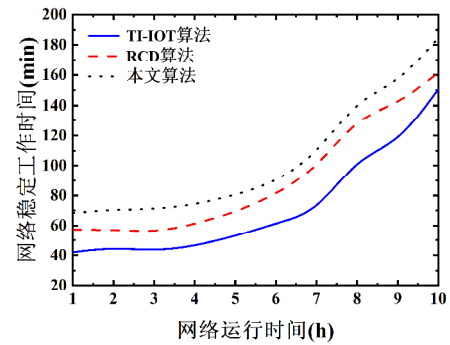


图5 网络稳定工作时间

Fig.5 Network Stable Working Time

3.3 路由冗余度

图4为不同算法的路由冗余度的测试结果。由图可知,随着网络运行时间的不断增加,本文算法的路由冗余度始终处于较低的水平,且波动程度较小。这是由于本文算法采用了拓扑区域一体化成型映射机制,能够显著优化簇头节点的运行质量,路由收敛速度较快,因而具有较低的路由冗余度。较TI-IOT算法和RCD算法具有明显的优势。

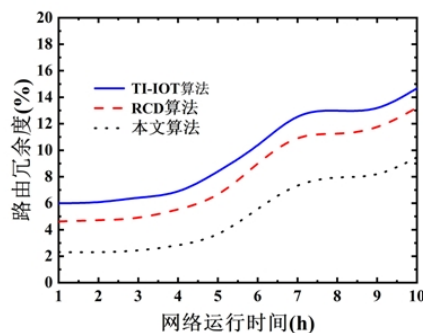


图4 路由冗余度

Fig.4 Routing redundancy

4.4 网络稳定工作时间

图5为不同算法的网络稳定工作时间测试结果。由图可知,本文算法的网络稳定工作时间始终处于较高水平,且波动较小。这是由于本文算法使用的拓扑区域一体化成型映射机制可通过稳定簇头节点的方式,进一步改善网络波动性能,提高网络稳定工作时间,具有显著的优势。TI-IOT算法及RCD算法由于具有较高水平的路由冗余度,且节点剩余能量要低于本文算法,容易因节点能量受限而产生严重的网络抖动现象,因而网络稳定工作时间要低于本文算法。

4 结束语

本文提出了一种基于拓扑区域一体化成型机制的物联网快速收敛算法。该算法主要由权重值-聚合度的区域一体化收敛成型方法和基于退避机制的簇头更新方法构成,可显著提高网络收敛质量,增强网络稳定运行水平,改善网络收敛过程中节点能量受限的现象,具有很强的实际部署性能。

下一步,将针对本文算法难以适用超高速LTE部署环境的不足,考虑采取超欧里几何立体拓扑稳定机制,改善高抖动环境下无法快速收敛网络路由的问题,进一步提高本文算法在实践中的应用价值。

参考文献:

- [1] 吕敬祥,廖海红. 分区大规模无线传感网络多跳LEACH协议[J]. 井冈山大学学报:自然科学版, 2017(6):38-42.
- [2] Chang J Y. A Distributed Cluster Computing Energy-Efficient Routing Scheme for Internet of Things Systems[J]. Wireless Personal Communications, 2015, 8(2): 277-285.
- [3] Wen S J, Huang C, Chen H X, et al. Energy-efficient and delay-aware distributed routing with cooperative transmission for Internet of Things[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2018, 1(18):1611-1618.
- [4] Andrei G, Joan G, Florin D. A New Vision Over Agile Project Management in the Internet of Things Era[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2018, 2(38): 757-776.

(参考文献[5]- [13]转第71页)

及车辆位移峰值下降,整体波动幅度较小。改进神经网络 PID 控制器能够提高车辆行驶的稳定性,避免车辆发生侧翻现象。

参考文献:

- [1] 曹培雷,王吉龙,刘卫华. 工程车辆主动悬架控制器的设计与仿真[J]. 流体振动控制,2014(3):22-25.
- [2] 刘前结. 基于 MRD 的 1/4 车辆半主动悬架系统混合控制研究[D]. 南昌:华东交通大学,2018.
- [3] 孟杰,陈庆樟,张凯. 基于粒子群算法的汽车悬架 PID 控制仿真[J]. 计算机仿真,2013,30(4):155-158.
- [4] 李洁,黄艳宾,杨静,等. 汽车悬架的 PID 控制仿真研究[J]. 系统科学学报,2018,26(2):101-104.
- [5] 刘凯,廖然. 基于 RBF 神经网络的 PID 车辆主动悬架控制[J]. 制造业自动化,2018,40(9):87-89.
- [6] 蒋培露. 车辆主动悬架的控制与仿真研究[D]. 上海:上海工程技术大学,2015.
- [7] Ashkan Haji Hosseinloo, Nader Vahdati, Fook Fah Yap. Performance of spade-less wheeled military vehicles with passive and semi-active suspensions during mortar firing[J]. Vehicle System Dynamics, 2012, 50(10): 1517-1535.
- [8] Zhong J, Fan Z, Zhu Y H, et al. One nonlinear PID control to improve the control performance of a manipulator actuated by a pneumatic muscle actuator[J]. Advances in Mechanical Engineering, 2014, 125(5):369-378.
- [9] Li T H, He P. Research on the Automotive Suspension Based on BP Neural Network[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 341(10):478-481.
- [10] 王伟倩. 基于改进粒子群的双层规划求解算法研究[D]. 南宁:广西大学,2014.
- [11] Narges N, Mohsen S A, Reza T K M. Modified particle swarm optimization in a time-dependent vehicle routing problem: minimizing fuel consumption[J]. Optimization Letters, 2017, 11(1):123 -132.
- [12] 时培磊,时培成. 二级减速式轮边驱动系统设计与仿真[J]. 井冈山大学学报:自然科学版,2018,39(1):72-76.

(上接第 56 页)

- [5] Monika K Y, Vidushi S, Neeti G, et al. Taking MQTT and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things[J]. Procedia Computer Science, 2018, 2(12):46-56.
- [6] Suresh M J, Neema M, et al. Hardware Implementation of Blowfish Algorithm for the Secure Data Transmission in Internet of Things[J]. Procedia Technology, 2016, 12(1):248-255.
- [7] Wu Z, Liu L H. A Community Health Service Architecture Based on the Internet of Things on Health-Care[J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2016, 25(03):114-120.
- [8] Shen W Z. Design of Greenhouse Environment Control System Based on Internet of Things[J]. Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), 2018, 25(02):54-64.
- [9] Praveen K R, Rajasekhara B B. Energy Efficient Cluster Head Selection for Internet of Things[J]. New Review of Information Networking, 2017, 22(1):266-273.
- [10] Zhang Y J, He J S, Muhammad S P. An Asymmetric Transport Protocol for Internet of Things[J]. Procedia Computer Science, 2017, 10(7):636-641.
- [11] Jenifer S. Surveillance in ubiquitous network societies: normative conflicts related to the consumer in-store supermarket experience in the context of the Internet of Things[J]. Ethics and Information Technology, 2014, 16(1):27-41.
- [12] Slavyana K, Miroslav G, Vladislav V, et al. On Modeling the Psychology of Wireless Node Interactions in the Context of Internet of Things[J]. Wireless Personal Communications, 2015, 8(1): 101-136.
- [13] Xuan X Y, Zhi C, Ye T. A lightweight attribute-based encryption scheme for the Internet of Things[J]. Future Generation Computer Systems, 2015, 4(9):104-112.