

基于节点度的拓扑构造的仿真设计

翟 丽

(南京审计大学实验中心, 江苏 南京 211815)

摘 要: 拓扑控制是无线传感器网络中的常见控制方法。从节点度的角度进行拓扑构造设计, 对网络性能如连通性、覆盖性等具有显著影响。基于此, 重点研究典型算法 LMA, 通过 OMNeT4.0++ 平台, 设计并调节每个节点的发射功率, 从而优化节点之间的拓扑连接, 延长网络的生命周期。仿真实验表明: LMA 算法能够自适应地实现网络节点度的调节, 在满足网络连通的前提下降低全网的能耗, 该对数极坐标变换 LMA 算法具有一定的推广应用价值。

关键词: 无线传感器网络; 拓扑控制; 功率控制; 节点度

中图分类号: TN92

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2019)04-0025-04

Simulation Design of Topology Structure Based on Node Degree

ZHAI Li

(Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China)

Abstract: Topology control is a common control method in wireless sensor networks. The topology structure design from the angle of node degree has significant influence on the network performance such as connectivity and coverage. Based on it, the typical algorithm LMA is mainly studied. Through OMNeT4.0++ platform, the transmission power of each node is designed and adjusted so as to optimize the topological connection between nodes and extend the life cycle of the network. Simulation results show that the LMA algorithm can adaptively adjust the degree of network nodes and reduce the energy consumption of the whole network under the premise of satisfying the connectivity of the network. The LMA algorithm of log-polar coordinate transformation has a certain value of promotion and application.

Key words: wireless sensor network; topology control; power control; node degrees

拓扑控制是指在满足网络覆盖度和连通度的前提下构造一个优化的拓扑结构, 通过功率控制和骨干网选择, 剔除节点之间不必要的通信链路, 形成一个数据转发的优化网络结构, 使网络具有最优的能耗效率, 兼顾通信干扰、网络延迟、鲁棒性等其他性能。研究如何构造出一个高性能的拓扑网络以延长网络生命周期成为一项挑战性的课题。此外, 肖雪等提出运用 Louvain 划分方法与余弦相似度方法计算相结合, 利用节点相似度完成网络数据划分^[1]。罗桂兰等提出利用三维拓扑结构, 定义节点变化程度, 生成数据传输链, 从而提高系统的拓扑综合性能^[2]。谢枫等提出利用虚拟网络节点映射, 通过考虑节点位置约束实现链路映射^[3]。基于此可以看出, 以典型算法 LMA (Levenberg-Marquardt Algorithm) 为例基于节点度的

收稿日期: 2019-09-06

基金项目: 江苏省高校哲学社会科学基金项目(2019SJA0342)

作者简介: 翟丽(1984—), 女, 江苏大丰人, 助理实验员, 主要从事教育管理、实验室建设与管理研究。

功率调节拓扑控制算法,采集节点的节点度、传输半径、功率等相关数据,分析节点度对功率的影响,以及所生成的网络的各项拓扑性质,能够进一步分析算法的性能。

1 LMA 算法研究与仿真模型

1.1 目标

本文设计的 LMA 算法实现的具体目标如下:1)通过功率调整,保证大部分的节点的节点度落在范围 $[\text{NodeMinThresh}, \text{NodeMaxThresh}]$ 内;2)通过功率调整,形成的网络拥有较好的拓扑性质,如连通性、覆盖性等;3)网络总的发射能耗有明显的降低。

1.2 模块关系架构

整个模块中有 4 种子模块:LMA 策略模块、节点模块(Node)、Timer 定时器模块和 Manger 管理模块^[4],如图 1 所示。其中 LMA 策略模块是实施节点度调整方案的策略模块;Timer 模块是事件触发或休眠的管理模块;Node 模块是实现节点初始化、收发邻居信息和调整功率的模块;Manger 模块是收集网络节点度、平均功率等信息的管理节点,可根据情况发送 LMA 策略等信息。

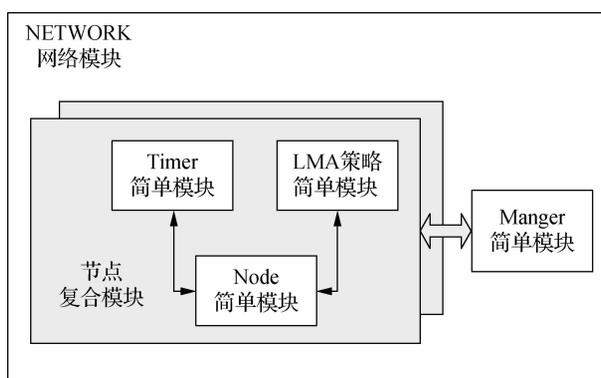


图 1 OMNeT++ 中的模块关系

节点度采集模型采用分布式的广播方式,获得邻居节点,并将所有节点的邻居信息提交给网络管理节点,以此判断采集节点度的频度^[5]。

1.3 模块算法

输入参数:网络的所有节点的位置信息。发射功率信息输出参数:网络所有节点的邻居表、节点度、当前发射功率。算法步骤如下。

Step 1:网络初始化阶段,各个节点以最大功率初始化网络,形成初始拓扑。

Step 2:每个节点广播发送“Hello”消息,该消息中包含节点自身的编号。

Step 3:节点侦听无线信道,判断接收到的消息类型。若是邻居节点发来的 LifeMsg 消息,转 Step 4。若是邻居节点发回自己的应答消息,转 Step 5。

Step 4:发应答消息 LifeAckMsg,应答消息包含发送 LifeMsg 消息的节点编号和应答该消息的节点编号。转 Step 6。

Step 5:能收到回应消息,说明此节点是邻居,更新邻居表对应项,转 Step 6。

Step 6:对邻居表进行统计,计算邻居数,将邻居数与给定的阈值进行比较。如果节点 u 发现其邻居数 $|N(u)|$ 大于邻居上限 NodeMaxThresh ,那么节点在这轮发送中将降低发射功率;反之,若小于邻居下限 NodeMinThresh ,增大发射功率。各个参数与 LMA 算法所用参数相同^[6]。但是,增大后的功率不得超过节点功率的最大值。

Step 7:断开当前连接,根据新功率重新连接。

Step 8:判断当前网络中各个节点的度数是否均落在给定区间内,或仿真是否超时,如果是,算法结束;否则,转 Step 2 继续。

流程如图 2 所示:

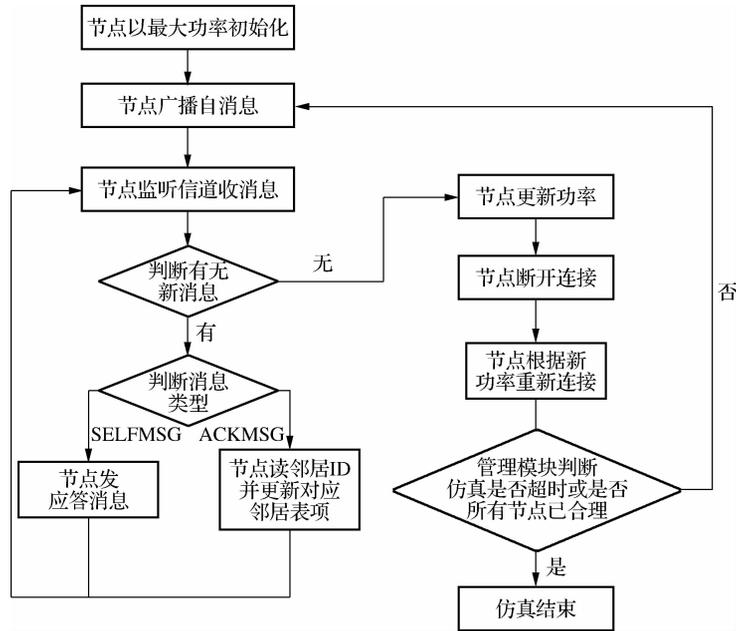


图 2 程序仿真流程

2 LMA 算法结果仿真模拟

2.1 网络仿真环境

将 50~200 个静止的传感器节点随机分布在 1 000×1 000 的单位长度区域内。每个节点最大通信距离均为 500 个单位,LMA 算法中各个参数与文献[4]相同,即 NodeMinThresh=4,NodeMaxThresh=7,参数 Ainc=10%,Adec=2%,Bmax=2,Bmin=1/2。

2.2 节点度采集与收敛速度

以 100 个节点为例,实验以轮次为背景,每个轮次中对所有节点进行邻居节点采集和汇总,计算其平均节点,显示节点度的变化情况,如图 3 所示。开始的轮次中平均节点度数较高,达到 40 多,因此网络会引起较大冗余。经过调整,最终得到的拓扑中,平均节点度为 6,最大节点度为 9,最小节点度为 3,表明 LMA 算法确实能将节点度控制在比较合理的范围内。

以 100 个节点为例,对节点按照轮次进行了收敛速度的分析,达到节点度阈值范围的节点被认为是合理节点,否则为不合理节点,实验结果如图 4 所示。最后的拓扑中,80%的节点达到了合理节点度,表明 LMA 算法中多数节点能在较短的周期里收敛。

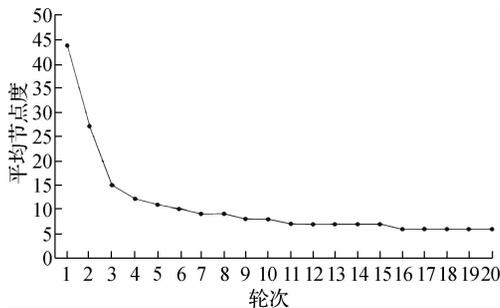


图 3 平均节点度与轮次关系图

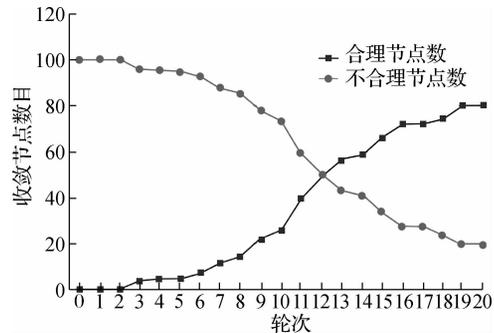


图 4 节点合理趋势图

2.3 节点度与能耗及发射功率

以 100 个节点为例,实验以轮次为背景,每个轮次进行一次功率调整,以适应节点度要求,全网平均功率变化如图 5 所示。最终全网的平均功率为 36.4 W,相比较初始的 200 W,功率降低且适应网络的连通

覆盖要求,网络效率得到了很大的提高。图 6 为节点功率,随平均节点度的变化情况,其趋势说明了网络拓扑结构一定的情况下,可以实现功率与平均节点度的平衡。

如图 7 所示,以调整节点密度为实验场景,当节点密度增加时要保持同样的节点度。实验表明:节点越密集,节点所需的能量越少,能耗呈现下降趋势。反之,节点越稀疏,能量消耗越大。对于某些网络,可综合节点密度和节点能量要素进行网络部署设计。图 8 显示了经 LMA 算法调节后的节点发射功率与最大功率情况的对比情况。如果节点工作在最大功率上,随着节点数的增加,发射功率越来越大。但经 LMA 调节后所形成的拓扑里,随着节点数的增加,发射功率不但不会增加,反而有所减少,LMA 的算法优越性体现在此。

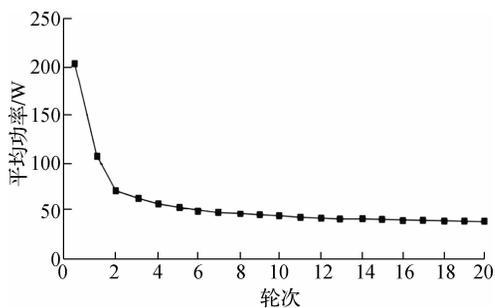


图 5 轮次与平均功率变化

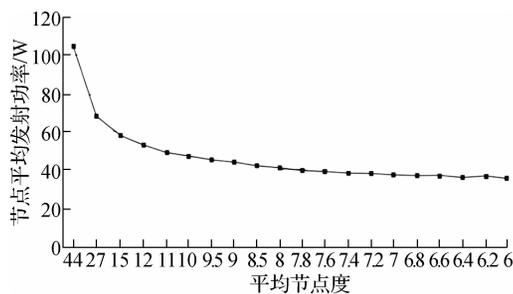


图 6 平均节点度与功率关系

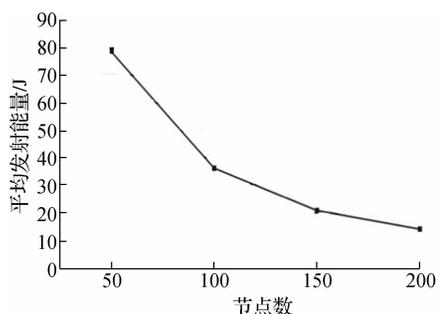


图 7 节点密度与能耗的关系

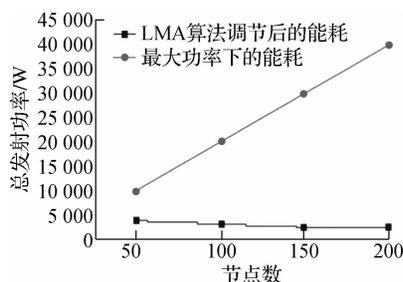


图 8 最大功率与 LMA 算法的发射功率比较

3 结 语

本文提出的算法阐述了功率控制、拓扑图、节点度等概念,说明了节点度对于网络性能的影响以及节点度的控制方法。以典型的基于节点度算法 LMA 为例,详细地给出了其算法流程和 OMNeT4.0 平台下的仿真模型,并通过实验分析了其性能。拓扑控制是无线传感器网络的关键技术之一,其中节点度控制是一种重要的方法。仿真结果显示该算法保证了网络的连通性,并在一定程度上优化了拓扑结构,减少了发射功率,均衡了整个网络的能量消耗,延长了网络的生命周期。

参考文献:

- [1] 肖雪,陈云伟,邓勇. 基于节点内容及拓扑结构的引文网络社团划分[J]. 图书情报知识,2017(1):89-97
- [2] 罗桂兰,苏鹏,张梅,等. 基于节点度估计的三维 WSN 拓扑控制算法[J]. 计算机工程,2017(9):56-61
- [3] 谢枫,孟相如,赵志远,等. 基于邻接节点与拓扑结构感知的虚拟网络映射算法[J]. 计算机工程,2018(9):107-112
- [4] 叶礼邦,郭新海,齐伟伟. 基于节点度约束的无线通信网拓扑模型[J]. 指挥控制与仿真,2017,39(5):37-40
- [5] 徐焱. 社交网络拓扑结构实证研究——以科学网博客为例[J]. 软件导刊,2017,16(11):176-179
- [6] 冯申杰,李冰,程良伦. 基于温度感知任务调度的 3D NoC 混合拓扑结构[J]. 计算机应用研究,2017,34(8):2395-2398

(责任编辑:湛 江)