

基于移动 Agent 的无线传感器网络 拓扑发现机制

凡高娟^{1,2}, 王汝传²

(1. 河南大学 计算机与信息工程学院, 河南 开封 475004;

2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘要:对监测区域中部署的传感器节点的拓扑发现是传感器网络应用的前提,它反映了传感器网络的监测能力。考虑目前拓扑发现算法中能量消耗过多、网络连通性不强等问题,文中结合移动 Agent 的特点,提出了一种基于移动 Agent 的无线传感器网络拓扑发现机制,通过建立数学模型,利用相关邻近图(relative neighborhood graph)理论生成网络拓扑。实验结果表明,基于移动 Agent 的拓扑发现机制相对于当前存在的拓扑发现算法具有很好的稳定性和良好的节能效果,该算法可以解决节点拓扑请求信息过多导致过多能量消耗的问题。

关键词:无线传感器网络;移动 Agent;拓扑发现

中图分类号:TP393

文献标识符:A

文章编号:1673-629X(2012)09-0041-04

A Mobile Agent Based Topology Discovery Scheme for Wireless Sensor Networks

FAN Gao-juan^{1,2}, WANG Ru-chuan²

(1. School of Computer and Information Engineering, Henan University, Kaifeng 475004, China;

2. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Discovering topology in the sensor nodes of monitoring region, which reflects the monitoring capability of wireless sensor networks (WSN), is a prerequisite issue for WSN applications. For the consideration that existing topology discovery methods consume overly large energy and have poor network connectivity, design a mobile Agent based topology discovery scheme for WSN which utilizes the characteristics of mobile agents. Build a mathematical model for topology discovery and propose a topology method upon relative neighborhood graph theory. Experiments show that the proposed mechanism achieves better performance and stability than existing methods, which can solve the problem of consuming excessive energy caused by lots of node topology information request.

Key words: wireless sensor networks; mobile Agent; topology discovery

0 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是由部署在监测区域内部的大量传感器节点组成,这些节点通过自组网和多跳传输技术,把采集到的监测信息协作地发送给观察者^[1,2]。在环境监测、医疗健康

等领域已得到广泛应用^[3~5]。在无线传感器网络中,建立和维护一个有效的网络拓扑结构是应用的前提。通过对监测区域中部署的网络节点进行拓扑发现,实现网络的拓扑控制与节能管理功能^[6]。在保证网络连通性及监测要求的前提下,延长网络的生存时间。

由于路由协议、MAC 协议、数据融合、时间同步和目标定位等都需要良好的拓扑结构来提供基础,所以,拓扑发现是研究无线传感器网络的重要基础之一。文献[7]在信息融合、能耗、带宽和健壮性方面进行权衡的基础上,提出了无线传感器网络拓扑发现的flooding方法。文献[8]设计了一个节能的TopDisc拓扑发现算法,每个节点通过监听广播域内的消息的方式获取邻居节点的信息。然而该方法所形成的分层型网络结构灵活性差,且每个节点只得到自己的能量消耗信息,

收稿日期:2012-02-14;修回日期:2012-05-22

基金项目:国家自然科学基金(60973139, 60773041);现代通信国家重点实验室基金(9140C1105040805);国家和江苏省博士后基金(0801019C, 20090451240, 20090451241);江苏高校科技创新计划项目(CX08B-085Z, CX08B-086Z);江苏省六大高峰人才项目(2008118);江苏省无线传感网高技术研究重点实验室项目(BM2010577)

作者简介:凡高娟(1983-),女,河南周口人,副教授,主要研究方向是无线传感器网络;王汝传,教授,博士生导师,主要研究方向是计算机软件、计算机网络、信息安全、移动代理和虚拟现实技术等。

节点的剩余能量问题尚未考虑在内。另外,运行该算法的开销比较大,导致网络间的能量消耗不均衡。

移动 Agent 技术在无线传感器网络已充分发展^[9~11],并应用于数据融合、拓扑发现等关键技术中^[10]。但这些算法无法产生实时的网络拓扑信息,网络拓扑信息的采集在时间上采用集中式的管理方法,无法适用于无线传感器网络中。

无线传感器网络拓扑发现存在三方面问题:

(1)请求/回答机制是 WSN 的发现网络拓扑所采用的机制,该机制会引起网络中产生过多的能量消耗问题,且拓扑发现请求/回答消息会由多个节点发起,导致传输的冗余与信息的冲突。

(2)网络延迟是采用移动 Agent 洪泛法发现网络拓扑信息时,没有考虑到的因素。

(3)拓扑初始形成时网络的连通情况,上述算法也没有涉及。

在实际的无线传感器网络应用环境中,网络拓扑建立过程中的能量消耗平衡、拓扑结构的健壮性和网络拓扑形成的网络连能性等三要素的不同,会对网络的生存时间有不同的影响^[12]。针对上述拓扑发现中存在的问题及应用要求,文中采用移动 Agent 机制获取本地信息,建立网络模型,利用相关邻近图(Relative Neighborhood Graph)理论生成网络拓扑,设计了一种基于移动 Agent 的拓扑发现算法(AgentTopDisc)。该方案生成的无线传感器网络拓扑具有较强的网络整体连通性和较小的网络能耗等优点。

1 基于移动 Agent 的 WSN 拓扑发现机制

传感器网络中的节点需要协同采集监测信息时,网络就发起拓扑发现请求,进行组网。拓扑发现机制的要求是:网络拓扑结构形成过程能量消耗要尽量少,网络生存时间要尽量长;在包含能量有效路径的前提下,拓扑结构要尽量稀疏;生成网络拓扑结构管理信息要尽可能的少。为实现上述目标:文中进行节点拓扑发现时有选择地派发移动 Agent,解决多个节点发起拓扑发现消息引起的信息冲突问题;并且利用节点的剩余能量参数,形成分层的网络拓扑结构形式,在网络拓扑结构连通性保证的前提下达到节能的目的。

1.1 问题描述

无线传感器网络可抽象为一个二维平面内的无向图 $G(V, E)$, 每个节点 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_n\}$ 为无线传感器。每个节点/传感器具有网内唯一的标识符 N_{id} 并监测某一特定区域 R 内的目标 $F(v_i)$, 且满足 $\bigcup_{i=1}^n F(v_i) = R$, $E \subseteq V \times V$ 。Sink 节点是拓扑信息的发起节点, V_i 节点的邻居节点为一跳范围内的节点集

合,记作 $H_i = \{V_i', E_i'\}$, 其能量最大节点记作 $V_{\max i}$ 。

WSN 发现网络拓扑的目标:使网络中的所有节点形成连通性的网络,且形成网络的过程中网络中节点的能量消耗要尽可能的少。相关邻近图 $RNGT = (V', E')$ 是图 $G = (V, E)$ 的一个子图,在这里 $V' = V$, 且 $(v_i, v_j) \in E'$ 当且仅当没有节点 $p \in V$ 使得 $w(v_i, p) < w(v_i, v_j)$ 且 $w(v_j, p) < w(v_i, v_j)$ 。在这里 $w(v_i, v_j)$ 是边 (v_i, v_j) 的权重, v_i 与 v_j 是图中的节点。

1.2 问题分析与模型建立

文中采用洪泛移动 Agent 的方法来发现网络中的节点信息,在一次洪泛中选择其剩余能量最大的父节点作为下一轮洪泛的发起节点。这种策略既可以减少对每个邻居节点进行洪泛所造成的过大的拓扑信息量,且选择剩余能量最大的节点作为簇首节点,达到了网络中能量消耗的平衡,在此目标下,实现整个网络的连通性要求。

1.3 算法描述

假定每个传感器都可以运行移动 Agent;提出了 AgentTopDisc 拓扑结构发现算法。该算法采用启发式洪泛移动 Agent 的机制。算法主要有拓扑请求发现阶段、分簇阶段和 RNG 建立三个阶段。

(1)拓扑请求发现阶段。网络中的拓扑请求消息由 Sink 节点发起,获取一跳范围内邻居节点信息如节点能量和当前状态等,进行节点拓扑发现。

(2)分簇阶段。本轮发起节点选择未收到移动 Agent 拓扑信息邻居节点中剩余能量最大的一个节点作为下一轮洪泛的发起节点。

(3)RNG 建立。由每轮洪泛的发起节点形成簇首一级的具有最大连通性的 RNG 图。

2 仿真分析

本实验考虑的指标主要是能量消耗与网络连通性,在 TOSSIM 仿真环境中实现了 AgentTopDisc 算法,并与现有的拓扑发现算法 TopDisc、Flooding 做实验结果对比分析。

仿真场景一:在 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 的监测区域内部署 100 个节点,通过 AgentTopDisc 算法实施后来观察网络的连通性情况,在仿真中,0 号节点为 Sink 节点。运行结果如图 1 和图 2 所示。

在本次仿真过程中,采用 AgentTopDisc 进行网络拓扑结构发现。共产生以节点号为 0、22、25、37、27、44、51、46、72、74、84、78、98、29 等 16 个节点作为簇头节点。在此基础上,运用相关邻近图的理论来保证网络的连通性。

仿真场景二:在监测区域内改变节点的部署密度,比较 AgentTopDisc 算法与 TopDisc 算法在簇头数目上

的变化情况。其仿真结果如图 3 所示。

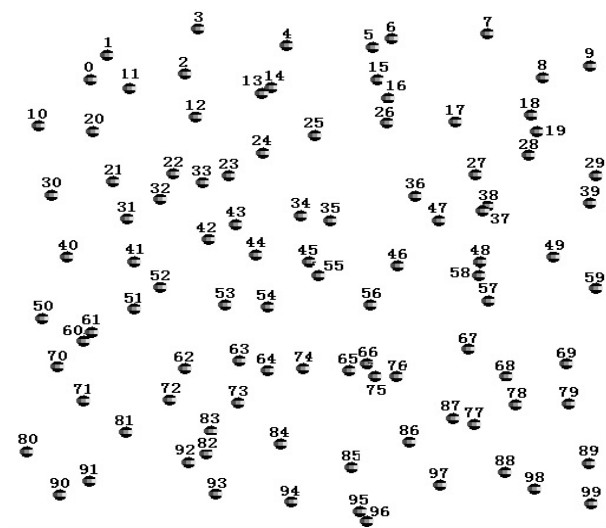


图 1 节点部署初期

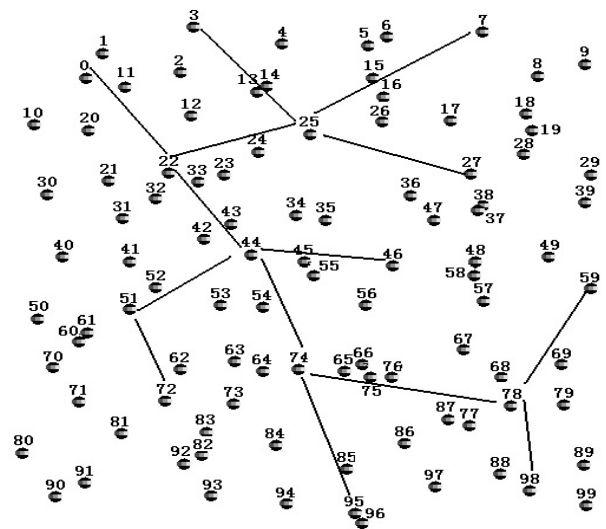


图 2 拓扑发现后连通性

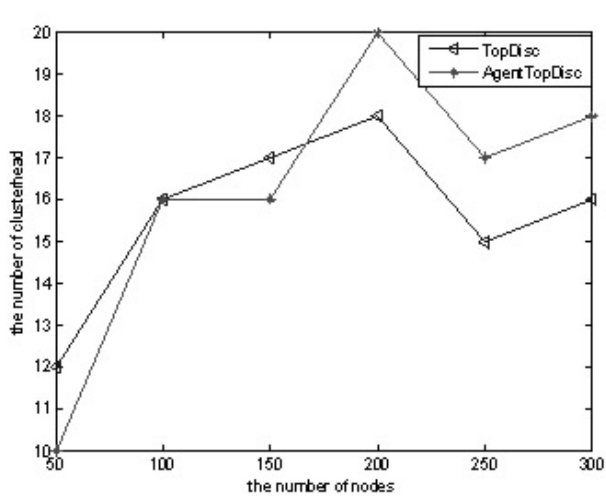


图 3 簇头个数比较

在监测区域内采用 AgentTopDisc 进行拓扑发现时,簇头节点收集各节点能量信息,选择能量最大的节点进行一跳范围内簇头选择。从图中可以看出, AgentTopDisc 算法与 TopDisc 算法在簇头个数的形成

上比较相近。随着监测区域中部署节点数量的增加, AgentTopDisc 算法形成的簇头个数呈上升趋势。

仿真场景三:比较 AgentTopDisc 拓扑发现机制与 flooding 算法在全网能量消耗、CPU 消耗、Radio 消耗等性能指标,如图 4~6 所示。

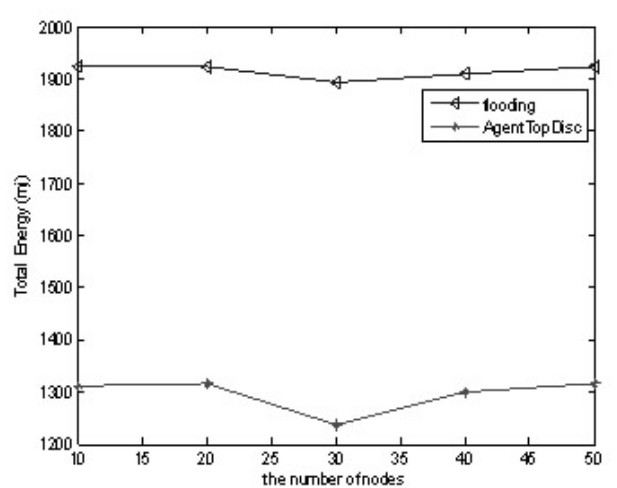


图 4 Total Energy 消耗

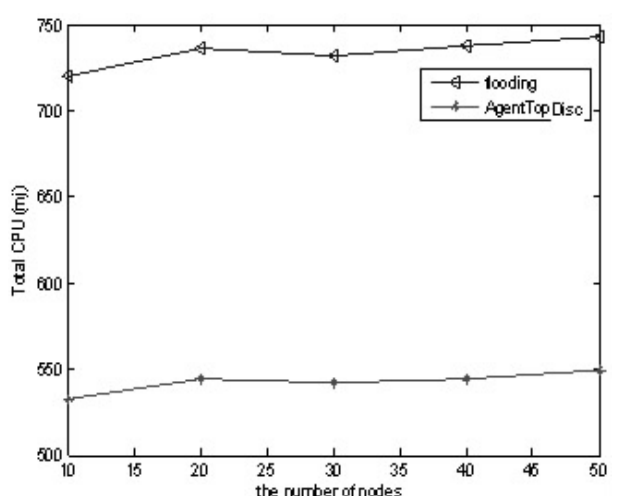


图 5 Total CPU 消耗

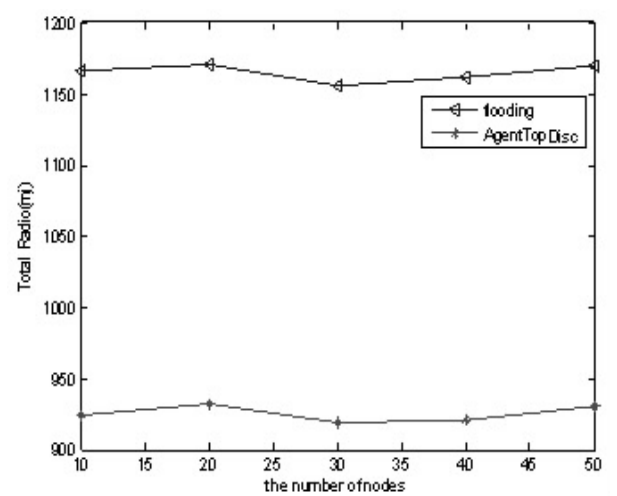


图 6 Total Radio 消耗

从上述实验结果看出,实验采用 10 个节点运行

AgentTopDisc 进行拓扑发现消耗的能量为 1310.6mj, flooding 算法消耗的能量为 1924.9mj。因此,与 flooding 算法相比,AgentTopDisc 能够节省 30% 的能耗。因而 AgentTopDisc 算法在节能方面有较大优势。

3 结束语

为了解决无线传感器网络拓扑结构发现过程中,节点拓扑请求信息过多导致过多能量消耗问题,提出了 AgentTopDisc 算法。算法利用移动 Agent 的移动和计算特性,迭代进行网络拓扑发现:最开始以 Sink 节点为簇头,发现簇头一跳范围内的邻居中剩余能量最大的节点作为下一轮的簇头进行网络拓扑发现。最后由这些簇头连接形成网络拓扑。实验结果表明,相对于目前的 flooding 算法,AgentTopDisc 算法能够节约 30% 的能量,同时具有更好的网络连通性。

参考文献:

- [1] 孙利民,李建中,陈渝. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] Zhao Mingchen, Lei Jiayin, Wu Minyou, et al. Surface Coverage in Wireless Sensor Networks[C]//Proceedings of the IEEE INFOCOM 2009. [s. l.]: [s. n.], 2009:109-117.
- [3] 蒋鹏. 基于无线传感器网络的湿地水环境远程实时监测系统关键技术研究[J]. 传感技术学报, 2007, 20(1):183-186.
- [4] 杨树森,周小佳,阎斌. 无线传感器网络在环境监测中的

应用[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(9):170-172.

- [5] Paul J L. Smart sensor web; web-based exploitation of sensor fusion for visualization of the tactical battlefield[J]. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2001, 16(5):29-36.
- [6] Polastre J. Design and implementation of wireless sensor networks for habitat monitoring[D]. Berkeley: University of California, 2003.
- [7] Ni S, Tseng Y, Chen Y, et al. The broadcasting storm problem in a mobile Ad Hoc network[C]//ACM MOBICom'99. [s. l.]: [s. n.], 1999.
- [8] Deb B, Bhatnagar S, Nath B. A topology discovery algorithm for sensor networks with applications to network management[C]//Proceedings of the IEEE CAS Workshop on Wireless Communications and Networking. Pasadena, USA: [s. n.], 2002.
- [9] 陈晶. 基于 Agent 的无线传感器网 QoS 管理机制研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(11):230-232.
- [10] Li Yongzhong, Xu Jing, Zhao Bo, et al. A new mobile agent architecture for wireless sensor networks[C]//The 3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. [s. l.]: [s. n.], 2008:1562-1565.
- [11] 张宇晴,郑小建,胡旦华. 无线传感器网络中基于 Agent 的高效路由算法的研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(9):120-122.
- [12] 卞永钊,于海斌,曾鹏. 无线传感器网络中的拓扑控制[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(10):3128-3133.

(上接第 40 页)

上采用的是不均匀分块考虑了视频帧内容分布不均的情况,两个阈值是根据两个系数和镜头内平均帧差值的乘积,体现了自适应性,闪光检测模块用隔帧帧差法来判断,在渐变帧检测模块使用窗口计数器来检测镜头的渐变。文中的算法在镜头边界的检测方面取得了不错的效果,并且计算复杂度较低。

参考文献:

- [1] 钱刚,曾贵华. 典型视频镜头分割方法的比较[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(32):51-55.
- [2] 金红,周源华. 基于内容检索的视频处理技术[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(4):276-283.
- [3] Li S, Lee M. Effective detection of various wipe transitions[J]. IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol, 2007, 17(6):663-673.
- [4] 章毓晋. 中国图像工程及当前的几个研究热点[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(6):489-500.
- [5] 印勇,侯海珍. 基于直方图帧差的自适应镜头分割算法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(9):186-189.

- [6] 丁洪丽,陈怀新. 基于累积直方图的视频镜头边界检测方法[J]. 电讯技术, 2008, 48(3):65-69.
- [7] 潘磊,吴小俊,尤媛媛. 基于聚类的视频镜头分割和关键帧提取[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(3):341-344.
- [8] Qu Zhongshui, Wang Jianwei. A Color YUV Image Edge Detection Method Based on Histogram Equalization Transformation[C]//2010 Sixth International Conference on Natural Computation. [s. l.]: [s. n.], 2010:3546-3549.
- [9] Yuan J, Wang H, Xiao L. A formal study of shot boundary detection[J]. IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol, 2007, 17(2):168-186.
- [10] Cotsaces C, Nikolaidis N, Pitas I. Video shot detection and condensed representation: a review[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2006, 23(2):28-34.
- [11] Zabih R, Miller J, Mai K. A feature-based algorithm for detecting and classifying scene breaks[C]//Proc of ACM Multimedia. San Francisco, CA: [s. n.], 1995:189-200.
- [12] 田玉民,吴自力. 基于帧间联合直方图帧差的镜头边界检测算法[J]. 计算机应用, 2008, 21(10):49-50.