

改进的自适应物联网技术节能优化控制仿真

钱晓军¹, 蒋云贵²

(1 南京师范大学 计算机科学与技术学院, 江苏 南京 210097;

2 江苏省信息安全保密技术工程研究中心, 江苏 南京 210097;

3 中国移动通信集团 江苏有限公司 南京分公司, 江苏 南京 210029)

摘 要: 研究异构传感网节能优化拓扑控制优化问题. 在异构传感器网络中, 每个传感器节点普遍存在初始能量异构, 节点在无线通信过程中通信链路异构等异构现象. 为了延长网络的生存期, 提出一种自适应优化异构无线传感器网络拓扑结构控制算法. 算法主要难点技术问题在于对参数 E 的选择控制问题. 该算法基于传输数据跳数和相邻传感器之间通信距离, 依据相似三角形几何原理, 结合具体应用场景对传感器节点的分簇、成簇等操作进行自适应优化控制. 仿真实验表明, 改进的算法可以高效控制给定数据采集监测区域所有节点的网络拓扑同时极大地延长了异构传感网的生命周期.

关键词: 异构; 传感器网络节点; 拓扑控制; 节能; 自适应

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)09-0143-04

Research of an Adaptive Energy—Saving and Optimization Topology Control Technology for Heterogeneous Sensor Networks

QIAN Xiao-jun¹, JIANG Yun-gui²

(1 Computer Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;

2 Information Security Technology, Jiangsu Province Engineering Research Center, Nanjing 210097, China;

3 China Mobile Group Jiangsu Co., Ltd. Nanjing Branch, Nanjing 210029, China)

Abstract: In the Heterogeneous sensor networks, each be initial energy sensor node widespread in Heterogeneous wireless communication, the nodes in the process such as communications link heterogeneous phenomenon. In order to prolong the network life period, this paper proposes an Adaptive optimization heterogeneous wireless sensor network topology structure control algorithm (Adaptive VAP — ED). The algorithm, based on data transmission experience of hop and between adjacent sensors, according to a jump communication distance geometry theory, combined with similar triangle concrete application of sensor nodes scene clumps, clusters operation are adaptive optimal control. Simulation experiments show that the algorithm can efficiently control the given data acquisition monitoring area all nodes network topology and greatly extend the life cycle of heterogeneous sensor network.

Key words: heterogeneous; sensor networks node; topology control; energy—saving; adaptive

1 引言

随着无线传感器网络技术的发展, 异构传感网 (Heterogeneous sensor networks) 的应用非常广泛, 对其进行拓扑控制的研究得到了国内外的广泛关注, 并取得了一系列研究成果^[1-3], 例如, 低能耗

分簇算法 LEACH^[4-5]、基于图论的拓扑发现算法 TopDise、基于混合能量有效分簇算法 HEED (Hybrid energy—efficient Distributed cluster)^[6] 等. 文献[1]、[2]和[3]主要考虑在异构传感网中, 如何最大限度地延长网络的生命周期, 采用的主要技术是功率控制和睡眠调度. 功率控制是减小传感器节点

的发射功率,节约数据传输时消耗的能量;睡眠调度是传感器节点根据所采集的数据信息,调节自身的状态,主要是在工作状态和睡眠状态之间进行转换,以便节约能量。

但是以上拓扑控制技术并未充分考虑节点间的通信距离和节点失效后重新分簇等问题,因此,文中旨在建立一种能够满足不同实际应用的自适应拓扑控制技术,降低异构传感网整体能耗同时优化拓扑结构延长其生命周期。

2 网络拓扑控制原理

2.1 网络拓扑控制

所谓异构网络是一种类型的网络,其是由不同制造商生产的计算机,网络设备和系统组成的,大部分情况下运行在不同的协议上支持不同的功能或应用。网络拓扑是指采用传输媒体互连各种设备的物理布局,特别是计算机分布的位置以及电缆如何通过它们,在设计网络的时候,应该根据自己的实际情况选择正确的拓扑方式,拓扑是指集合体的一种接触关系,当几何体发生变形时,其接触关系会保持不变,所以必须要对拓扑进行控制。本节首先描述了 VAP-ED 分簇算法流程,进一步分析、研究后发现其存在的不足,并对分簇操作进行优化控制。异构网络拓扑图如图 1 所示。

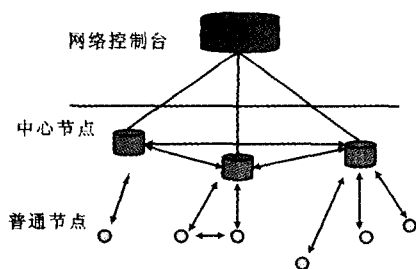


图 1 异构网络拓扑图

2.2 VAP-ED 分簇算法

逐块执行能量和传输距离 VAP-ED 分簇算法流程如下所示:

- (1) 计算最优簇头数 $Cluster_{opt}$;
- (2) 从数据采集监测圆形区域的圆心为出发,随机选择分簇起始通信半径;
- (3) 根据 $2\pi/Cluster_{opt}$ 对给定数据采集监测区域进行等角分块;
- (4) 在每一次的簇头节点选择中,根据节点执行能量和传输距离进行。第一次簇头节点选择后,将有 $Cluster_{opt}$ 个节点被用作簇头节点;
- (5) 某一传感器节点用作簇头节点后,向同一

分簇监测区域内其他传感器节点发送洪泛消息;

(6) 传感器节点收到洪泛消息后,依据自身坐标,判断与簇头节点的通信距离选择加入的分簇区域。

假设每个节点的坐标信息已通过某种定位技术获知,文中重点是如何对传感器节点进行优化分簇以便延长网络生存时间。

通过对目标监测区域虚拟划分为若干个分簇后,参考节点能耗和数据传输通信距离,进一步细化分簇。综上,该分簇算法选择具有较大剩余能量且与基站具有较近的通信距离的节点优先用作簇头。因此,异构传感器网络中,任一传感器节点 $Node(j)$ 用作簇头节点的概率 $P_{cluster}(Node(j))$ 如下:

$$\begin{cases} P_{cluster}(Node(j)) = P_{cluster_{opt}} \\ (1+k) \frac{En(\eta)}{En(\eta)} - k \frac{dist_AP(Node(j))}{dist_AP} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $dist_AP(Node(j))$ 表示传感器节点 $Node(j)$ 到基站 AP 的通信距离; k 表示异构传感网络权重系数且在区间 $[0, 1]$ 中取值,具体取值可以根据实际应用中的监测区域的节点部署方案进行调整。

2.3 VAP-ED 优化分簇算法

依据前文所述, VAP-ED 分簇算法控制过程中,没有充分考虑节点之间的通信距离对成簇过程的影响,此外,没有对于簇节点和传感器节点能耗进行分级处理,本节在此基础上,为了优化异构无线传感器网络拓扑,充分考虑传感器节点在异构无线传感器网中的坐标状态和能耗状态,以及相邻节点之间的通信距离下,建立基于传感器节点通信距离及能耗状态的优化拓扑控制算法。具体描述如下:

(1) 簇头初始化阶段。若网络中存在剩余能量充足的传感器节点即大于采集数据和数据转发能耗总和和门限值,则直接洪泛发布簇头通告;否则,所有传感器节点同时使用最大发射功率洪泛自身剩余能量值,进行竞争;

(2) 依据相邻节点通信距离对簇头和分簇区域内传感器节点之间进行链路优化。分簇内传感器节点收到来自区域内其他节点的洪泛消息后,对所有消息进行编号,形成簇内节点消息二维表,并向所有节点反馈 ACK 确认消息,然后依据消息二维表,采用定位技术,获得相邻节点间一跳通信距离,建立簇头节点竞争二维表;

(3) 簇头节点循环竞争。当被选中的上一次簇头节点能耗低于分簇内所有传感器节点的平均剩余能量时,该簇头节点洪泛自身能量消息,激活新一轮

其中, $P_{AP_success}(p)$ 表示基站正确收到来自异构传感网数据的概率.

4 仿真实验与结果分析

文中采用 NS-2 仿真实验和数学分析的方法对本文提出的自适应异构传感网拓扑控制技术进行性能分析与评价. 数据采集监测区域范围设定为 $80\text{m} \times 100\text{m}$, 随机部署 50 个能量不同的传感器节点, 仿真试验中, 设定分簇内传感器节点和簇头节点采用相同的发射功率和数据通信半径. 仿真试验相关参数如表 1 所示.

表 1 实验参数参数设置

名称	数值
参考点的功率损耗	65 dB
发射功率	1 dBm
噪声功率	-100 dBm
传感器节点通信距离	25 m
接收灵敏度	85
节点初始化能量	1.5 J
仿真时间	1500 s
MAC 层协议	IEEE 802. 15. 4
路由协议	DSR

基于上述试验平台, 针对 VAP-ED 分簇算法和本文提出的自适应优化拓扑控制技术进行能耗、死亡节点数等性能上的分析. 如图 3 所示.

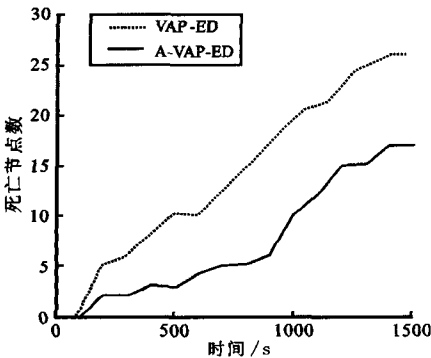


图 3 死亡节点数对比分析

从图 3 可以看出, 在初始化阶段, VAP-ED 分簇算法的死亡节点数与 A-VAP-ED 技术保持一致, 经过一段分簇和簇头竞争后, VAP-ED 分簇算法的死亡节点数有明显增加且高于 A-VAP-ED 技术. 特别是, 从 1000 秒开始, 二者死亡节点数相差 10 以上, 对于 VAP-ED 分簇算法已有 25 个即有一半以上的节点失效, 对于整个异构网的通信将会造成极大的影响, 此时, A-VAP-ED 技术的死亡

节点数为 15 即只有三分之一的节点失效, 根据 A-VAP-ED 技术的自适应分簇和簇头竞争机制, 异构网中的剩余节点将会重新分簇和竞选簇头节点, 网络通信仍然可以继续. 图 3 表明了 A-VAP-ED 拓扑控制技术可以选择剩余能量大, 且与周围节点通信距离相对较优的传感器节点担当簇头节点, 以便在异构传感器节点随机部署后呈现不均匀的分布时, 建立合理的分簇区域.

图 4 表明, VAP-ED 分簇算法的网络总体能耗一直高于 A-VAP-ED 拓扑控制技术. 此外, 在 1000 秒时, 因为异构传感网部分簇头节点失效, 需重新分簇和簇头竞选, 所以 A-VAP-ED 拓扑控制技术的能耗有明显增加, 但仍然小于 VAP-ED 分簇算法, 此后虽然 VAP-ED 分簇算法不断消耗节点能量, 但因为失效节点占总结点数比例较大, 大部分节点无法正常传输数据即整个网络无法正常通信, 使得很多节点浪费了剩余的能量而直接消亡. 而 A-VAP-ED 拓扑控制技术消耗部分能量后重新建立网络拓扑, 使得整个网络可以正常通信即分簇内的传感器节点可以继续向簇头节点发送采集到的数据, 簇头节点可以将数据汇聚后转发给基站.

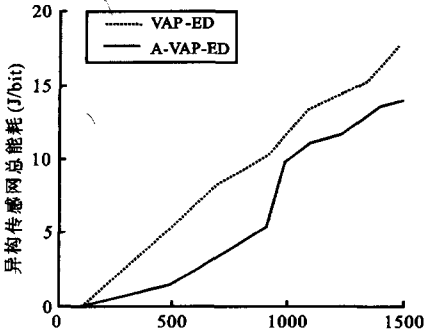


图 4 异构传感网总能耗对比分析

综上仿真试验表明, 在异构传感网中^[7], 部分簇头节点失效后, 需自适应重新分簇和选择簇头节点, 构建新的网络拓扑, 否则将造成网络的部分分簇的传感器节点无法连通, 导致网络瘫痪. 从图 3、图 4 可以看出, A-VAP-ED 拓扑控制技术可以解决该问题, 延长异构传感网的生命周期.

5 结束语

文中针对异构无线传感器网络拓扑控制技术难以自适应满足不同实际应用场景的需要和分簇时能耗较大的问题, 提出一种自适应异构传感网优化拓扑控制技术. 该技术基于网络中所有传感器节点的

(下转第 150 页)

采用上述两种方法进行的分割图像的三维效果如图 4 所示. 可以看出, 与图像天空和草坪对应的两个图像较为理想, 两者的细微差别是图 4(b) 图像中草坪板块有些弯曲. 在其他细节方面没有发现显著差异. 与文献[3] 算法相比, 文中算法的优势在于简单性. 在自动分割过程中, 文中算法非常实用.

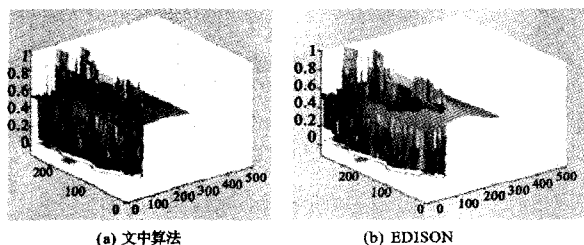


图 4 均值漂移分割的三维可视化

图 5 显示的是采用上述两种方法进行的分割实例. 对两个图像进行视觉分析发现分割理想, 可以观察到一些细节差异但均不显著. 不同参数(h_r , h_s) 的使用可导致这些差异. 在这种情况下, 使用文中算法进行 10 次迭代达到了收敛点. 与使用 EDISON 算法进行分割图像结果相同, 达到收敛点后, 使用文中



图 5 校园图像分割结果图

(上接第 146 页)

剩余能量、通信距离和三角形几何原理, 建立自适应的分簇机制和簇头竞选机制, 合理并充分利用网络剩余节点的能量, 发挥簇头节点的汇聚能力和管理能力, 提高数据采集和转发的实时性、可靠性. NS-2 仿真实验和数学分析表明, 该自适应拓扑控制技术能够有效提高异构传感网的能量利用率, 极大地延长网络的生存周期.

参考文献:

- [1] Akyildiz LF, Su WL. survey on sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102-114.
- [2] 陈瑶, 梁加红, 邹顺, 等. 无人机 Ad Hoc 网络拓扑控制算法研究[J]. 计算机仿真, 2010, 27(7): 33-37.
- [3] Erranilli V, Bestavros A. On the interaction between data aggregation and topology control in wireless sensor networks[C]// 2004 First Annual IEEE Communications Soci-

ety Conference. Boston: IEEE, 2004: 557-565.

5 结束语

文中提出了一种基于均值漂移过滤迭代过程的分割算法. 实验结果证明该算法易于收敛, 且通过三位可视化测试, 证明该收敛性存在于不同对象的均匀区域. 这一算法还可以被应用到彩色图像的分割. 研究结果表明该方法是有用的.

参考文献:

- [1] 纪则轩, 陈强, 孙权森, 等. 各向异性权重的模糊 C 均值聚类图像分割[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2009, 21(10): 1451-1459.
- [2] 卓茗, 孙增圻. 一种新型的基于遗传算法的进化模糊推理系统[J]. 计算机工程, 2006, 32(3): 180-182.
- [3] 王晓飞, 郭敏. 结合模糊 C 均值聚类与分割的图像分割方法[J]. 计算机应用, 2009, 29(7): 1918-1920.
- [4] 王玥玥, 王秋光. 基于图像边缘信息的 2 维阈值分割方法[J]. 中国图像图形学报, 2007, 12(1): 78-81.
- [5] 黎燕, 樊晓平, 李刚. 一种新的图像阈值分割算法[J]. 计算机仿真, 2006, 23(06): 50-53.
- [6] 钱晓军. 粒子群算法在二维 Otsu 图像分割中的应用研究[J]. 计算机仿真, 2010, 29(12): 279-281.
- [7] 金聪, 彭嘉雄. 基于遗传策略的图像灰度多阈值选择方法[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(8): 23-26.

作者简介:

蒋菱女, (1989-), 硕士研究生, 研究方向为机器智能.

- [4] 吴臻, 金心宇. 无线传感器网络的 LEACH 算法的改进[J]. 传感技术学报, 2006, 19(1): 34-36.
- [5] Heinzelman WR, Chandrakasa AP. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks[J]. Proc of the Hawaaiian Int'l Conf on System Science (HICSS). Washington: IEEE Press, 2000: 3005-3014.
- [6] 尹安, 汪秉文, 戴志诚, 等. 无线传感器网络 HEED 分簇协议的研究与改进[J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31(10): 2002-2006.
- [7] 孙发军, 吴昊. 一个基于 TOSSIM 的异构传感器网络仿真方案[J]. 计算机仿真, 2007(10): 126-130.

作者简介:

钱晓军 男, (1971-), 硕士, 副教授. 研究方向为物联网、数据库.

蒋云贵 男, (1971-), 硕士, 高级工程师. 研究方向为电器自动化、物联网.