

无线传感器网络 LEACH 算法的改进研究

王丽红, 于光华, 刘平

(黑河学院 计算机与信息工程学院, 黑龙江 黑河 164399)

摘要 : 针对LEACH算法节点生命周期短和能耗不均衡的问题, 提出了一种改进的LEACH算法。算法在簇头节点选择时综合考虑节点剩余能量和当前位置问题, 使簇头的分布更均匀; 同时在估算最优簇头数的基础上, 改进了分簇方法, 减少了分簇次数, 节省了网络能量消耗。仿真实验表明, 改进的LEACH算法使整个网络能耗更加均衡, 延长了无线传感器网络的生命周期。

关键词: 无线传感器网络; LEACH 算法; 能耗均衡

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1007-984X(2017)02-0018-05

无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSN) 是由随机分布的大量传感器节点组成的无线通信网络^[1]。传感器节点小, 能量非常有限, 且后期难以补充^[2]。WSN 的能耗主要分通信能耗、感知能耗和计算能耗三部分, 其中通信过程消耗的能量最多, 因此降低通信能耗可以延长网络寿命^[3]。

LEACH^[4-7]是经典的分簇路由协议, 对簇首节点进行随机选择, 而随机选择簇首的方式会使得个别节点过早失效, 导致网络生存周期缩短^[8]。文献[9]通过估算剩余能量对簇头选举机制进行了优化, 将传感器节点的休眠与工作状态通过演化规则进行, 延长了无线传感器网络的存活时间, 提高了数据的发送量。文献[10]在簇首选择时进行了改进, 考虑了节点剩余能量和网络平均剩余能量, 并引入加权因子。文献[11]和文献[12]在 LEACH 协议基础上引入蚁群算法改进路由方案, 寻找簇首节点与基站之间的最优传输路径, 从而均衡簇首节点的能量消耗。为了减少网络通信能耗, 延长网络寿命, 本文在簇头节点选择时综合考虑节点剩余能量和当前位置问题, 同时在估算最优簇头数的基础上, 改进了分簇方法, 减少了分簇次数。

1 WSN 拓扑结构

无线传感器网络在监测区域内随机分布了 N 个传感器节点, 这些传感器节点分为汇聚节点 (sink 节点或基站) 和普通节点, 该无线传感器网络能够周期性的进行数据的采集处理。sink 节点位于监测区域外, 能量可以补充。监测区域内的所有传感器节点 (普通节点) 能量是相同的且能量有限不可补充。所有节点都能相互通信, 也能与基站通信。WSN 的网络拓扑结构如图 1 所示。

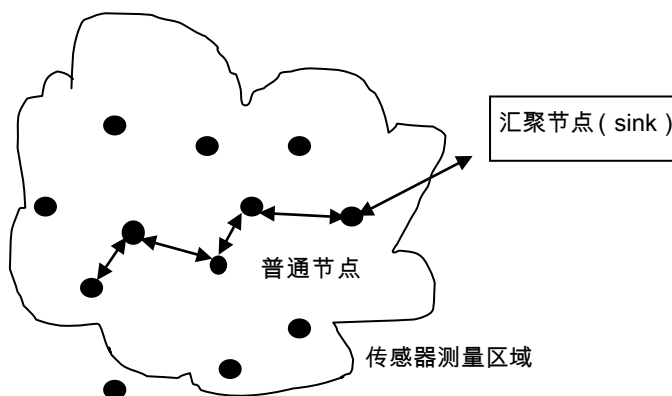


图 1 WSN 网络拓扑结构

2 LEACH 算法工作原理

2.1 簇头选择方法

在无线传感器网络中, 为避免传感器节点因能耗过多而过早死亡, LEACH 协议周期性的随机选取簇头节点, 选定簇头节点后, 其它传感器节点根据一定的规则选择相应的簇头并加入形成簇。LEACH 协议在选

收稿日期: 2017-09-19

基金项目: 黑龙江省教育厅科研业务费青年创新人才研究专项 (2017-KYYWF-0360); 黑河学院校级课题 (KJZ201601)

作者简介: 王丽红 (1983-), 女, 内蒙古赤峰人, 讲师, 硕士, 主要从事无线传感器网络、算法研究, 116560629@qq.com。

择簇头时, 每个传感器节点随机生成一个 $[0,1]$ 之间的数, 将该数与设置的阈值比较, 若该数小于阈值 $T(n)$, 则对应的节点将会被选为簇头^[13]。当过簇头的节点, 将阈值置为 0。阈值 $T(n)$ 的计算公式如下:

$$T(n) = \begin{cases} 0 & n \in G \\ \frac{p}{1 - p * [r \bmod (1/p)]} & n \notin G \end{cases} \quad (1)$$

其中, G 为某一轮循环中未当选过簇头的节点集合, p 是指簇头在所有节点当中所占的百分比, r 是选取的轮数。

2.2 簇的形成过程

当节点成为簇头节点后, 将广播一条消息告知其它节点自己成为本轮中的簇头, 该消息中包含簇头节点的位置信息。非簇头节点在收到多条消息中选择接受强度最好的节点来源作为簇头, 并给簇头节点发送加入的请求消息。簇头在接收到成员节点的请求之后, 为各节点建立 TDMA 时间表, 并把时间表传输给各成员节点, 具体流程如图 2 所示。

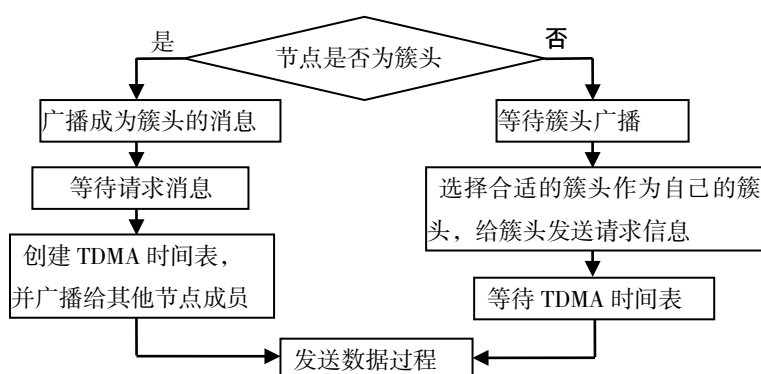


图 2 LEACH 算法簇形成过程示意图

2.3 数据传输过程

节点按 TDMA 时间表将采集到的数据传输给簇头, 每个节点在在分配给自己的时隙内发送数据信息, 在非时隙内为了节省能量要保持休眠状态。簇头节点为保障接收数据的准确, 一直处于活跃状态。簇头接收完数据进行数据融合, 去除冗余信息然后发送到 sink 节点, 具体流程如图 3 所示。

2.4 LEACH 的不足之处

LEACH 协议尽可能将能耗分摊到整个网络的所有传感器节点上, 可以降低网络的能耗, 提高网络性能, 但仍然存在一些不足, 主要为:

(1) 未能考虑节点的位置, 通过设置阈值来选择簇头, 使得簇头节点无法均摊到整个网络中, 不能形成最优。

(2) 未能考虑节点的剩余能量, 每个节点被选作簇首的随机概率均等, 若低能量的节点被选作为簇头, 导致其过早死亡, 影响整个网络的寿命。

(3) 簇头节点与 sink 节点直接通信, 数据信息融合不多, 距离基站越远的簇头节点能量消耗越快, 导致网络生命周期缩短以及覆盖面积变小。

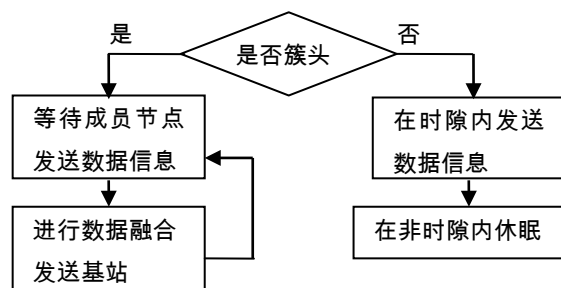


图 3 LEACH 算法数据传输示意图

3 分簇协议的改进算法 LEACH

3.1 改进的簇头选择方法

为了使 WSN 中每个节点的能量损耗相对均衡, 在簇头节点选择时增大剩余能量相对较多和位置较佳的节点的阈值, 即在簇头选择的计算公式中融入节点剩余能量和到 sink 节点距离的考虑, 具体计算公式如

下

$$T(n) = \begin{cases} 0 & n \in G \\ \frac{p}{1-p*[r \bmod (1/p)]} [\rho \frac{E_i}{E_0} + (1-\rho) \frac{D_i}{D_{\max}}] & n \notin G \end{cases} \quad (2)$$

其中, ρ 是能量和距离的加权因子, E_0 是节点初始化能量, D_{\max} 为传感器节点到 sink 节点的最大距离。

3.2 最优簇头数

LEACH 算法应用中的一个关键参数是簇头节点的个数, 簇头节点个数少即分簇个数太少, 簇头节点任务加重, 通信能耗就会过大, 网络寿命变短; 分簇个数太多, 传递给汇聚节点的数据量大, 降低数据融合率, 而由于簇头节点消耗的能量远大于簇内节点, 就会增加每轮网络的能量消耗, 加快网络的灭亡。

LEACH 协议中, 最优簇头个数选择的思路为: N 个传感器节点随机分布在半径为 R 的一个区域内, 将其划分为 k 个分簇, 且每个簇内节点个数相等, 则最优簇头个数 k 为

$$k = \sqrt{\frac{\pi N}{2}} \sqrt{\frac{\xi_{fs}}{\xi_{mp}}} \frac{R^2}{d_{toBS}^2} \quad (3)$$

其中, $\sqrt{\frac{\xi_{fs}}{\xi_{mp}}}$ 为一常数, 与所选信道模型相关; d_{toBS} 为簇头节点到基站的距离。

3.3 改进的分簇方法

改进的分簇方法具体流程如下, 流程图如图 4 所示。

Step1: 根据式 2 结合无线传感器网络中节点分布的具体情况估算最优簇头数目 k , 设置分簇结构中节点数最高值 M , 统计网络中各节点的邻节点数目 M_j ,

Step2: 若 $M_j > M$, 放弃该组节点自动成簇; 若 $M_j < M$, 根据各节点的邻节点数目的大小进行排序。

Step3: 判断序列中是否有互邻节点, 若没有转步骤 4; 若有将邻节点个数最少的节点舍弃, 转步骤 4。

Step4: 根据序列中邻节点数的大小顺序将整个网络划分为 K 个分簇。

初始布置网络时运行一次分簇算法, 得到稳定的分簇结构, 当网络中加入新节点、失效节点退出或者簇头节点的剩余能量不足时, 才会重新分簇。

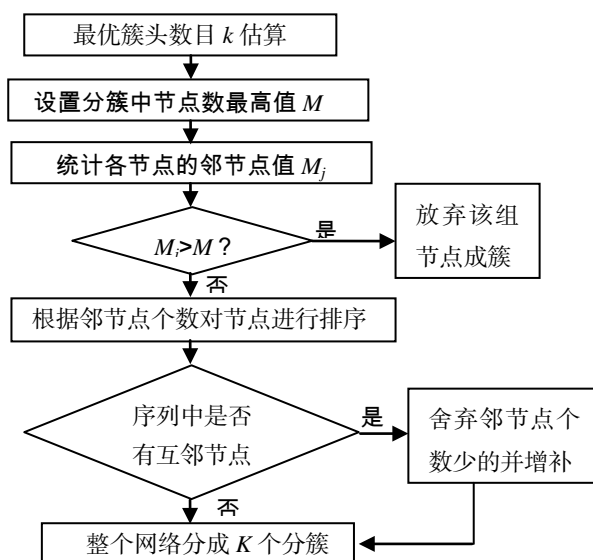


图 4 改进的分簇流程

4 仿真实验及结果分析

本文仿真实验场景设计如下: 监测区域大小为 $100\text{m} \times 100\text{m}$, 传感器节点数量为 100 个, 所有传感器节点的初始能量相同、汇聚节点坐标为 $(55, 170)$, 节点分布如图 5 所示, 图中的 “○” 代表普通节点, “*” 代表汇聚节点。

在网络运行一段时间后, 部分节点由于能量消耗完毕而死亡, 图 6 为 LEACH 算法的死亡节点分布, 图 7 为改进的 LEACH 算法死亡节点分布, 图中 ○ 中带红色 + 的为死亡节点 (能量消耗完毕的节点), 蓝色 ○ 代表有剩余能量的节点。

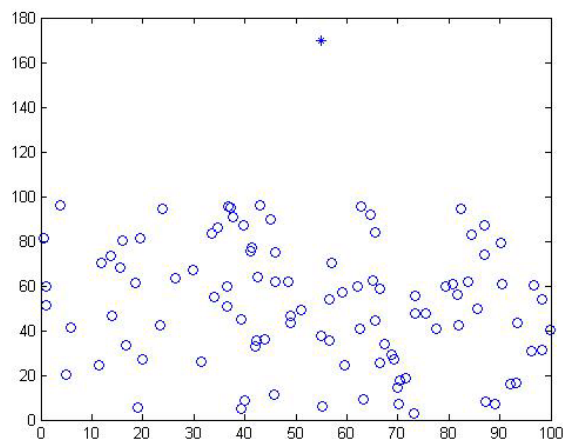


图 5 监测区域传感器节点分布图

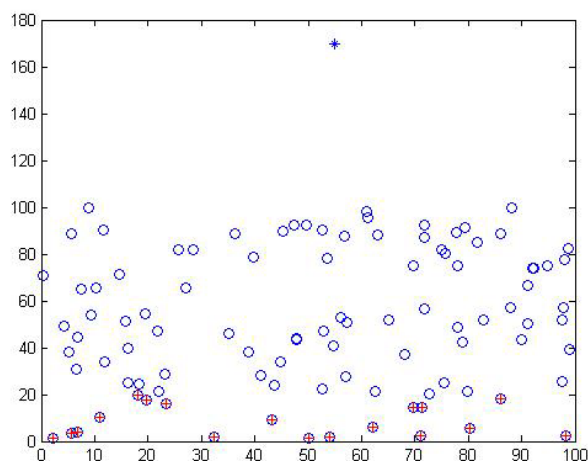


图 6 LEACH 算法死亡节点分布图

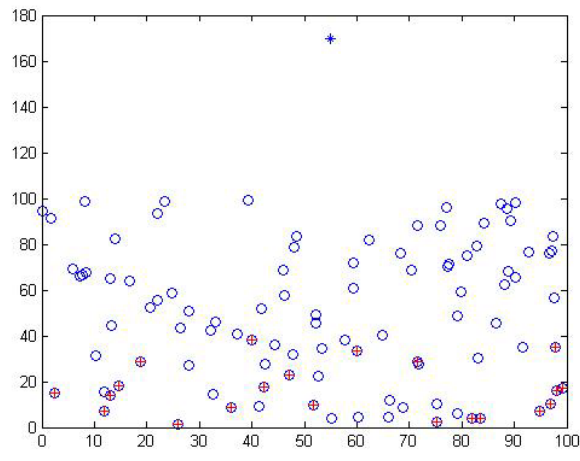


图 7 改进 LEACH 算法死亡节点分布图

由对比图图 8 可知, LEACH 算法的死亡节点都是距离 sink 节点最远的, 即由于簇头节点选择未考虑到汇聚节点的距离, 而造成远离汇聚节点的传感器节点由于能耗消耗殆尽过早死亡。改进的 LEACH 算法考虑了到汇聚节点的距离, 死亡节点分布相对较分散。

本文针对死亡节点个数进行了对比, 由图 8 可知 LEACH 算法第一个节点死亡时间大概出现在 600 轮左右, 改进的 LEACH 算法第一个节点死亡时间大约在 800 轮左右, 由此可知改进 LEACH 算法的节点失效慢, 网络生存周期长。

5 结束语

针对 LEACH 算法对簇头节点选择存在的不足和分簇方法进行改进, 设计了基于改进 LEACH 算法的无线传感器网络路由协议, 通过仿真实验与 LEACH 算法进行了对比, 由对比结果可知, 改进的 LEACH 算法延缓了节点的死亡时间, 提高了节点的生存率; 分散了死亡节点的位置, 使网络能量负载更均衡, 延长了网络的生命周期。

参考文献:

- [1] 盛志方. 基于概率触发的 WSN 能量有效拓扑控制算法[D]. 衡阳: 南华大学, 2010:11-12
- [2] LIN Y H, CHANG S Y, SUN H M. CDAMA: Concealed data aggregation scheme for multiple applications in wireless sensor[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2013, 25(7): 417-483
- [3] 李兰英, 刘昌东. 一种无线传感器网络路由协议 LEACH 的改进算法[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2015, 20(2): 75-79
- [4] Heinzelman W R, Handrakaxan A, Alakrishnan. Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks[A]. HICSS 2000: Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences[C]. Maui: IEEE Computer Society, 2000: 305-314
- [5] 董国勇, 彭力, 吴凡, 等. 一种采用蚁群优化的 WSN 能量均衡非均匀分簇路由算法[J]. 小型微型计算机系统, 2015, 36(7): 1565-1568
- [6] 刘林锋, 郭平, 赵娟, 等. 无线传感器网络中一种基于改进的 LEACH 协议的数据收集方案[J]. 计算机科学, 2015, 42(6): 299-302
- [7] 陈炳才, 么华卓, 杨明川. 一种基于 LEACH 协议改进的簇间多跳路由协议[J]. 传感器技术学报, 2014, 27(3): 373-377
- [8] 赵菊敏, 张子辰, 李灯熬, 等. 基于 LEACH 路由协议的多跳节能路由算法[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(5): 1506-1509

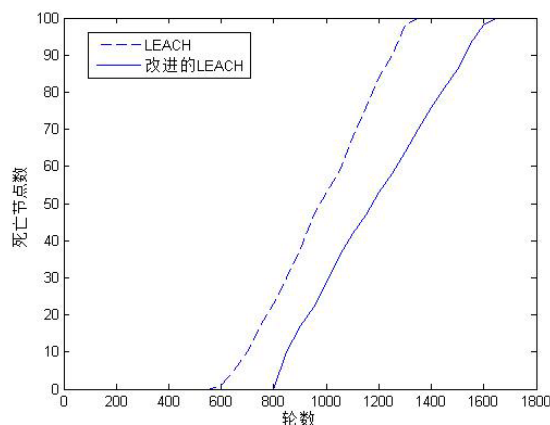


图 8 不同 LEACH 节点死亡时间对比

- [9] 吴昊, 刘金刚. 无线传感器网络中 LEACH 协议的改进[J]. 北京邮电大学学报, 2013, 36(1): 105–109
- [10] 张扬, 杨松涛, 张香芝. 簇首选择改进的 LEACH 无线传感器路由协议[J]. 计算机应用与软件, 2015, 32(6): 171–173
- [11] 产斌亨, 刘军, 刘广斌, 等. 基于改进蚁群算法的 LEACH 协议研究[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(12): 136–138
- [12] 周智勇, 陈晖, 王海涛, 等. 基于蚁群算法和能耗均衡的改进 LEACH 协议[J]. 通信技术, 2016, 49(4): 446–451.
- [13] 孔玉静. 基于神经网络的无线传感器网络数据融合算法研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2013: 22–25

Research on improvemen of LEACH algorithm for wireless sensor networks

WANG Li-hong, YU Guang-hua LIU Ping

(School of Computer and Information Engineering, Heihe University, Heilongkiang Heihe 164399, China)

Abstract: Aiming at the defects of LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) nodes short life cycle and consumption imbalance, the paper proposes an improved algorithm of LEACH. The algorithm considers the residual energy and current position of the node in the selection of cluster head node, which can be more evenly distributed cluster head. On the basis of estimating the optimal cluster number, the clustering method is improved, the number of clustering is reduced, and the network energy consumption is saved. The simulation experiment shows that the improved LEACH algorithm makes the whole network energy consumption more balanced and increases the life cycle of the wireless sensor network.

Key words: wireless sensor network; LEACH algorithm; energy balance

(上接第 6 页)

Study on imprinting based patterning method on Polyimide substrate and CuSn In-situ electrodeposition for hydrogen sensor application

SHEN Lin-jun, HUANG Chun, ZHANG Jian, TAO Bai-rui

(Department of Electronic Engineering, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: This paper introduced a patterning method on off-the shelf flexible substrate combining imprinting and polyimide (PI) surface-modified technology. Lines of micron width are fabricated. Hydrogen sensors are prepared through CuSn in-situ electrodeposition. PMMA barriers are patterned on the PI film with pressure-assisted imprinting using PDMS soft stamp. Combined with this PI-modified patterning process, we achieve bendable and corrosion-resistant nickel interdigital electrodes on a flexible PI substrate. By electrodeposition technique, CuSn dendritic structure is formed in the micron gap of the interdigital electrodes, and the metal oxide gas sensor is prepared through high temperature thermal oxidation in the air. Experimental results show well response to hydrogen.

Key words: polyimide; imprint; pattern; hydrogen sensor; electrodeposition CuSn