

Improved Arithmetic of Wireless Sensor Network Based on OMNET*

FENG Youhong¹, GUAN ke^{2*}

(1. College of Physics and Electronic Information, Anhui Normal University, Wuhu Anhui 241000, China;
2. School of Information Engineering, Chang'an university, Xi'an 710064, China)

Abstract: Based on the extensive analysis of typical routing protocols such as Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH), a novel clustering algorithm LEACH-D according to the energy of nodes, distance to the base stations and the base station's directions has been put forward in this paper, and a modified multi-hop approaches was also introduced to the communication between clusterhead and BS. The results of simulation show that the improved protocol can balance energy consumption of nodes and prolong the lifetime of the whole networks.

Key words: WSN(wireless sensor network); LEACH algorithm; distance and direction; round
EEACC: 6150P

基于 OMNET 的无线传感器网络算法的改进*

冯友宏¹, 关可^{2*}

(1. 安徽师范大学物电学院, 安徽 芜湖 241000;
2. 长安大学信息工程学院, 西安 710064)

摘要: 分析了基于低能量自适应聚类层次(LEACH)协议, 针对 LEACH 路由协议存在簇头选择不合理和节点能耗不均衡的缺点, 提出了一个基于能量和到基站距离以及到基站方向的分簇算法 LEACH-D, 并在簇首的数据发送中适当引入了改进的多跳路由算法, 仿真结果表明, 改进后的协议能均衡节点的能耗, 有效地延长了整个网络的生存期。

关键词: 无线传感器网络; LEACH 算法; 距离与方向; 轮

中图分类号: TN915.02

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2010)06-0859-04

与传统无线网络不同, 无线传感器网络(Wireless Sensor Networks)中节点带宽, 内存等资源更为匮乏, 尤其是其有限的能量直接影响传感器网络的生命周期以及网络的信息质量, 由于节点的能量通常无法得到补充, 节点通信协议应该能有效地利用节点有限的能量, 以延长网络的生命周期。目前, 对无线传感器网络的研究主要集中在网络层和链路层, 而路由协议已经成为无线传感器网络的核心技术之一。

根据网络中各个节点的地位和功能是否相同, 路由协议可以分为平面路由协议和分簇路由协议, LEACH 协议是比较成熟且常用的分簇路由协议, 许多路由协议如 TEEN^[1] (Threshold Sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol)、PEGASIS^[2] (Power Efficient Gathering in Sensor Information Dystems) 等都是它的基础上发展而来, 因而选择 LEACH

协议作为研究的对象具有很好的代表性。

1 LEACH 协议与改进描述

LEACH^[3] (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 是一种为无线传感器网络设计的自适应聚类路由协议, 是一种典型的基于单层簇以数据为中心的协议。LEACH 协议分为两个阶段: 簇的建立阶段和传输数据的稳定阶段, 为了节省资源开销, 稳定阶段的持续时间要大于建立阶段的持续时间。簇的建立过程可分为 4 个阶段: 簇首节点的选择, 簇首节点的广播, 簇首节点的建立和调度机制的生成。

簇首节点的选择依据网络中所需要的簇首节点总数迄今为止每个节点已成为簇首节点的次数来决定。具体的选择办法是: 每个传感器节点随机选择 0~1 之间的一个值, 如果选定的值小于某一个阈值

项目来源: 安徽省教育厅自然科学基金资助(kj2009B035); 芜湖市重点科技计划项目资助(2008320); 安徽省自然科学基金项目资助(KJ2010B362)

收稿日期: 2009-12-13

修改日期: 2010-01-26

$T(n)$, 那么这个节点成为簇首节点。 $T(n)$ 的计算方法如下:

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

其中: p 为节点成为簇头节点的百分数, r 是当前的轮数, G 是在过去的 $1/p$ 轮没有被选择为簇头节点的集合, \bmod 是求模运算符。

选定簇首节点后, 通过广播告知整个网络, 网络中的其它节点根据接收信息的信号强度决定从属的簇, 并通知相应的簇首节点, 完成簇的建立, 最后, 簇首节点采用 TDMA 方式为簇中每个节点分配向其传递数据的时间点。

稳定阶段中, 传感器节点将采集的数据进行信息融合后再传送给汇聚节点。稳定阶段持续一段时间后, 网络重新进入簇的建立阶段, 进行下一回合的簇重构, 不断循环, 每个簇采用不同的 CDMA 代码进行通信来减少其他簇内节点的干扰。LEACH 的运行过程如图 1 所示^[4]:

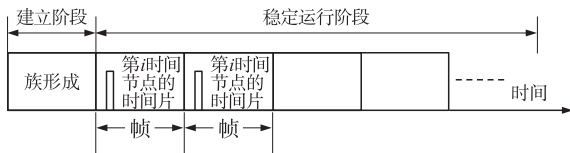


图 1 LEACH 运行过程

1.1 存在问题

(1) LEACH 算法是让网络中的节点自组织地形成簇, 簇头是随机产生的, 簇头的选择没有考虑节点的剩余能量, 选择剩余能量小的节点作为簇头, 可能导致某些节点的能量提早耗尽, 降低了网络的生存时间。

(2) 簇头的分布由于完全依赖于随机数, 容易产生簇头在某一区域特别集中, 某一区域又特别稀疏, 簇头集中区域内每个簇头分配的普通节点很少, 失去了分层的意义, 簇头稀疏区的簇头负责节点过多的数据, 且节点离簇头距离较远传输信号能量消耗过大^[5]。

(3) 在 LEACH 协议中, 没有考虑簇头与基站距离的因素, 当簇头离基站较远时, 要以较大的功率发送数据, 这会造成簇头节点能量的过快消耗, 网络负载不均衡。

(4) 对于具体的簇的形成, LEACH 仅仅考虑了成员节点与簇头之间的距离, 而没有综合考虑节点相对基站方向的位置。

1.2 具体改进

LEACH 一样本算法也是按轮进行的, 每轮分为簇建立阶段和数据传输阶段^[6-9], 算法流程图如图 2。

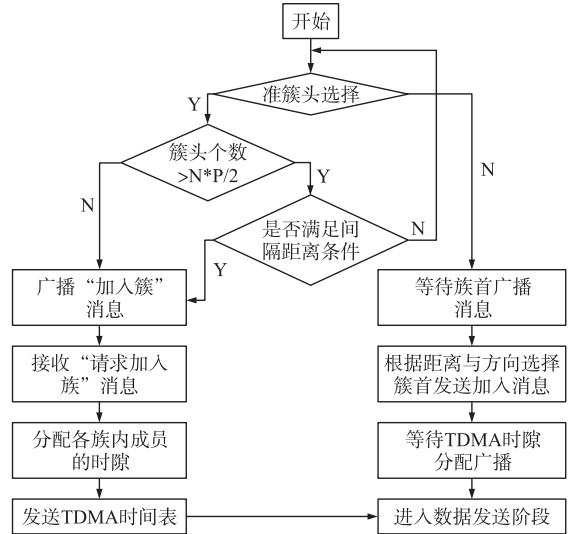


图 2 改进算法流程图

(1) 准簇头的选择 针对 LEACH 算法中选择簇头的阈值没有考虑到剩余能量的不足, 为了达到每个节点平均消耗能量的目标, 必须满足两个要求: ①每个节点的初始能量相同; ②每个节点担任簇头期间消耗的能量均等^[10-11]。然而, 在实际中很难使得每个节点的初始能量相同, 其次由于每个簇的大小以及簇头到 sink 节点的距离不一样, 要求②显然也难以实现, 考虑节点剩余能量的 $T'(n)$ 如式(2)所示:

$$T'(n) = \frac{p}{1 - p[r \bmod (1/p)]} \frac{E_{n_current}}{E_{n_init}} \quad (2)$$

但公式(2)存在缺陷, 即产生簇头的概率与 sink 距离没有关系, 为了均衡网络负载, 在多跳的簇头通信中距离基站远的簇头相对距离基站近的簇头应有更大的覆盖范围, 即距离基站近的节点有更大的概率成为簇头^[10], 在簇头选择时, 把节点的当前能量和节点距离汇聚节点 Sink 之间的距离综合考虑进去, 修改后的阈值计算公式如下:

$$T'(n) = \frac{p}{1 - p \times [r \bmod (1/p)]} \left[\frac{E_{n_current}}{E_{n_init}} + k \left(1 - \frac{E_{n_current}}{E_{n_init}} \right) \frac{d_{Dmix}}{d_{toBS}} \right] \quad n \in G \quad (3)$$

其中, p 为节点成为簇头节点的百分数, r 是当前的轮数, G 是过去的 $1/p$ 轮没有被选择为簇头节点的集合, \bmod 是求模运算符, $E_{n_current}$ 表示节点的当前能量, E_{n_init} 表示节点的初始能量, d_d 在此表示监测区域离 Sink 的最近距离, d_{toBS} 表示节点离 Sink 的距离, k 为距离修正系数(在此取 0.3)。当前能量大, 距离基站近的节点有更大的概率成为簇头节点, 使能耗平均分配到每个节点。不难看出:

$$\frac{E_{n_current}}{E_{n_init}} + k \left(1 - \frac{E_{n_current}}{E_{n_init}} \right) \frac{d_{Dmix}}{d_{toBS}} \leq 1 \quad (4)$$

因此满足 $0 < T(n) < 1$ 。

(2) 簇头的最终确定 当簇首距离过近将导致能量的无谓消耗, 故簇头的分部应在充分覆盖整个感应区域的同时应大于某一距离, 由图 3 可知, 设监测区域面积为 s , 根据 LEACH 在理想的情况下系统的簇头应为 $N * p$ 个簇, 簇的半径为 R , 在半径为 R 的区域内, 有且只有一个簇头, 即能保证簇的覆盖率, 又可平衡簇的负载, 即 $R = \frac{D_d}{\sqrt{2}}, R = \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{2 \cdot N \cdot p}}$ 。从另一个角度来衡量, 就是要求簇头直接的距离大于阈值, 在改进的协议中保证充分覆盖整个网络应对距离阈值进行修正 $D' = \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{2 \cdot N \cdot p}}$ 。

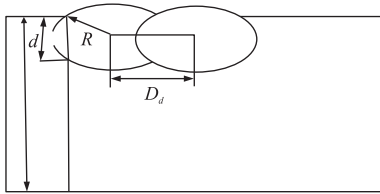


图 3 簇分布情况图

由于在改进算法中考虑了距离阈值的因素, 增加了簇头的选择时间和簇的形成时间, 为减少增加的网络能量开销, 对于公式(1)确定的准簇头, 若簇头的个数小于等于 $\frac{1}{2} \cdot N \cdot p$ 时候, 准簇头就是实际的簇头, 当准簇头的个数大于 $\frac{1}{2} \cdot N \cdot p$ 时候, 才对准簇头利用公式 $D' = \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{2 \cdot N \cdot p}}$ 进行筛选。从图 4 与图 5 的比较可以看出 LEACH 协议簇头随机分布, 呈不均匀状态, 从而导致某些地区簇头过少, 极端情况甚至某些节点无法连接任何簇头, 使网络未完全连通。改进后算法对簇头的地理分布优化结果明显, 簇头分布情况显著改善, 分布较均匀, 保证网络完全连通。

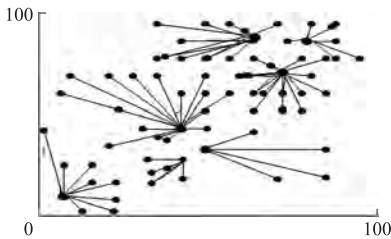


图 4 LEACH 算法的簇头分布及分簇情况

(3) 簇的形成过程(成员节点的加入) 当簇头确定过后, 为了最大限度的减少网络节点的总能耗, 对于普通成员节点选择加入某个簇的主要依据是, 首先计算与各个簇头的距离, 然后选择靠 Sink 节点方向的簇加入; 对于在其 Sink 方向上没有簇头的节点则加入距离最小的簇头成为其成员节点。

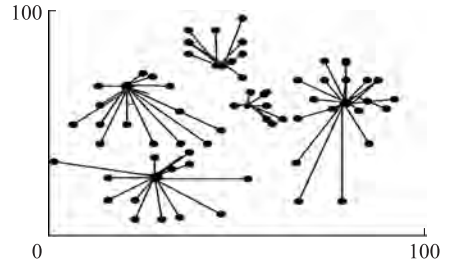


图 5 改进算法的簇头分布及分簇情况

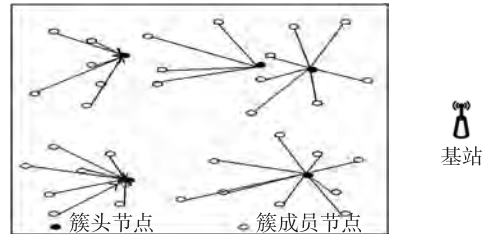


图 6 成员节点的加入

(4) 簇头节点之间的通信 在 LEACH 协议中, 簇头负责与基站的通信, 当簇头离基站较远时, 要以较大的功率发送数据, 这会造成簇头节点能量的过快消耗^[12]。本文解决的方法是, 当簇头距离基站较近时, 簇头节点直接与基站通信, 当簇头节点距离基站较远时, 簇头节点把融合后的数据发送到适宜的邻近簇头节点, 邻近簇头节点再把数据转发给它的下一个适宜转发的簇头节点, 以此类推, 直到把数据交付给基站。这样可以减少单个节点能耗, 平衡网络负载的作用, 可以有效避免某些簇头节点距离基站较远而导致过早死亡, 从而延长了网络的生存周期。

2 仿真结果分析(表 1)

表 1 仿真实验的各个参数

仿真中实验参数	参数值
节点数	100
分布区域	100 m × 100 m
Sink 节点位置	(50, 175)
带宽	2 MHz
消息长度	500 byte
信息包长度	25 byte
节点初始能量	200 mJ
最佳簇首数	5 个

本文仿真工具采用近年来在科学和工业领域非常流行的 OMNET ++ 仿真软件, OMNET ++ 拥有开源的, 基于组件的, 模块化得开放式仿真环境, 具有强大的完善的可嵌入仿真内核和图形界面接口, 可在 Windows 和 Linux 两种操作系统平台上运行, 能简便的定义网络拓扑结构, 具有编程, 调试, 跟踪支持等功能。因此, 与其它的仿真平台相比, 使用

OMNET ++ 来完成无线传感器网络 (wireless sensor networks, WSN) 路由协议的仿真具有独特的优势。

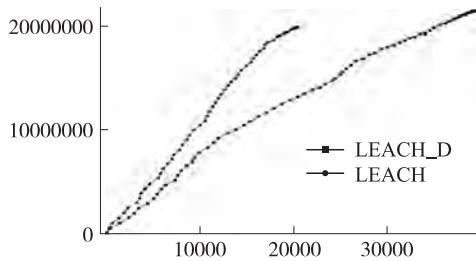


图 7 网络总能耗

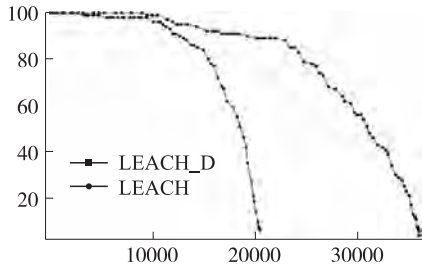


图 8 网络存活节点数目

本文用网络总能耗,网络存活节点数目两个指标对比传统的 LEACH 与 LEACH-D,由图 4 可知改进的 LEACH-D 协议总能耗低于传统的 LEACH,这是由于对簇头之间的距离在一定程度上作了相关的限制,使簇头分布尽量均衡,同时对成员节点的加入引入一定的限制,对远距离簇头节点通信采用多跳方式和基站进行通信,有效的节省了总能耗。图 5 可以很好说明改进的协议在网络生存时间上有很大的提高,LEACH-D 比传统的 LEACH 存活节点数目多,网络生存周期(当死亡节点站总节点的 50%)也比传统的 LEACH 长,生存周期提高 80% 以上。

3 总结

本论文对传统的 LEACH 路由算法进行了分析,指出了 LEACH 路由算法中存在的问题:簇头选择没有考虑剩余能量问题,簇头之间分布不均衡,成员节点的加入以及簇头与基站的单跳通信问题,针对这些问题,对 LEACH 的路由算法进行了改进,通

过仿真结果分析,LEACH-D 路由算法有效节省了网络的总能量消耗,大大延长了网络的生存时间。

参考文献:

- [1] Manjeshwar A, Agrawal DP. TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks[C]// Proceedings of the 15th Parallel and Distributed Processing Symposium. San Francisco: IEEE Computer Society, 2001: 2009-2015.
- [2] Lindsey S, Raghavendra C S. PEGASIS: Power Efficient Clustering in Sensor Information Systems[C]//Proc. of the IEEE Aerospace Conf. San Francisco: IEEE Computer Society, 2002: 1-6.
- [3] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks [C]//Proc. of the 33rd Annual Hawaii Int'l Conf. on System Sciences[s. l.]: IEEE Computer Society, 2000: 3005-3014.
- [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,2006,2,19(1):34-36.
- [5] 张华忠,刘志杰,于鹏程. WSN 中负载均衡的 LEACH 通信协议研究[J]. 计算机工程与设计,2007,28(18):4403-4406.
- [6] Huang Chi-Fu. The Coverage Problem in a Wireless Sensor Network[C]//Proc. of WSNA//San Diego: ACM Press, 2003. 115-121.
- [7] Siva D M G, Ma D C F. A Centralized Energy-Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Network[J]. IEEE Radio Communications, 2005, 43(3): 8-13.
- [8] Akyildiz F, Su W, Sankarasubramanian Y. Wireless Sensor Networks: A Survey [J]. Computer Networks, 2002, 38(4): 393-422.
- [9] 阎新芳,安娜. 无线传感器网络中分级簇的维护和更新算法[J]. 传感技术学报,2007,20(9):2085-2088.
- [10] LI C F, YE M, CHEN G H, et al. An Energy-Efficient Unequal Clustering Mechanism for Wireless Sensor Networks[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor System. Washington, DC, USA, 2005.
- [11] 马玉刚,周群彪. 基于 LEACH 的无线传感器网络节能算法[J]. 计算机应用,2009,29(6):1514-1517.
- [12] 王选政,李腊元,张伟华,等. 无线传感器网络路由协议的研究[J]. 计算机应用研究, 26(4):1453-1455.
- [13] Perillo M A, Zhao Cheng, Heinzelman W B. An Analysis of Strategies for Mitigating the Sensor Network Hot Spot Problem [C]// Proc. of the 2nd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services [S. l.]: IEEE Press, 2005.



冯友宏(1979-),男,硕士研究生,安徽师范大学物电学院通信工程系青年教师。研究方向为网络通信,图象处理,yhfeng0215@126.com;



关可(1962-),男,长安大学信息工程学院硕士生导师,副教授;研究方向为交通信息及通信工程。