

基于簇首概率优化的 LEACH 协议改进

单剑锋, 庄琴清, 陈 明

(南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003)

摘 要: LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 是一种经典的无线传感网络路由协议, 已得到了广泛的认可。文中基于 LEACH 算法提出了一种改进的无线传感网络路由协议, 利用了节点的属性, 如距离、密度等, 给予不同的节点以不同的簇首概率, 让节点的簇首概率符合节点的实际情况, 使簇首的选择更加合理。同时, 增加传输选择, 使部分节点将数据直接发送给基站, 进一步减少能量消耗, 从而延长无线传感网的寿命。仿真结果表明, 该算法能更好地选出簇首和减少能量消耗, 延长了整个无线传感网络的寿命。

关键词: LEACH 协议; 无线传感网; 路由协议

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)02-0138-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.02.034

Improvement of LEACH Algorithm Based on Optimized Percentage of Cluster Heads

SHAN Jian-feng, ZHUANG Qin-qing, CHEN Ming

(College of Electronic Science and Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China)

Abstract: LEACH, all known as Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy, is a classic wireless sensor network routing protocol and has been widely recognized. In this paper, an improved wireless sensor network routing protocol based on LEACH algorithm is presented, uses the attributes of node, such as distance and density, giving its different cluster probability for different nodes to make a more reasonable distribution of cluster head node. And add transmission choice, to further reduce the energy consumption and extend the life of the wireless sensor network. The simulation results show that this algorithm can effectively select the clusters in all nodes and reduce the energy consumption, extending the life of wireless sensor network.

Key words: LEACH protocol; wireless sensor network; routing protocol

0 引 言

目前, 无线传感器网能应用于国防军事、环境检测、工农业控制、生物医疗、抢险救灾、城市管理、危险区域远程控制等领域, 是一种具有十分广阔应用前景的传感技术^[1]。无线传感网用于监测特定区域, 收集信息并传送给基站。在一般情况下, 无线传感器网络由大量的小型和廉价的传感器节点组成。受环境和传感器本身的影响, 每个节点能量有限并且电池很难被替换。

因此, 无线传感器网络的首要设计目标是能量使用有效^[2]。基于分簇的路由算相比不分簇路由算法有

更好的能量效率^[3]。分簇的路由主要是在簇首处进行数据融合来减少传输的数据量, 降低通信中的能量耗散, 从而实现减少传感器节点能量消耗的目的。

在所有分簇算法中, LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)^[4]协议是具有代表性的。在 LEACH 协议中, 所有的传感器节点具有相同的概率成为簇首, 这使得在网络中的节点在一个相对平衡的方式消耗能量, 从而延长网络寿命。文中主要针对 LEACH 协议簇首选择方面的一些不足, 利用了节点的属性, 例如距离、密度, 使节点的簇首概率更加符合节点情况, 并且增加节点的传输选择, 提出了一种改进的 LEACH 算法。仿真结果表明, 改进的 LEACH 算法相比 LEACH 协议在延长网络寿命方面有较大改进。

1 LEACH 路由协议

LEACH^[4]协议的主要思想: 选择一些节点成为簇首, 这些簇首收集附近节点的数据将其汇总融合并传

收稿日期: 2012-05-16; 修回日期: 2012-08-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61071089)

作者简介: 单剑锋 (1967-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为无线通信系统中的信号处理技术; 庄琴清 (1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为无线传感网络路由协议。

送给基站。由于簇首要将汇总的数据传送给基站,会消耗很多能量,协议让每个节点轮转着成为簇首。这种轮转,可以平衡各个节点的能量消耗,从而延长网络寿命。让节点轮转着成为簇首和进行数据融合,则是 LEACH 协议能够节能和延长生命周期的重要所在。

LEACH 的每一轮,即无线传感网节点每隔一段时间进行一次信息收集并传送给基站。每一轮分为 2 个阶段:簇形成阶段和稳定的数据传输阶段。

在簇形成阶段,LEACH 协议计算出最佳簇首概率 P ,一般为 5%^[2]。在簇首形成时,每个节点选择一个的随机数,在 0~1 之间。如果这个随机数小于阈值 $T(n)$ ^[4],则该节点成为簇首。反之,如果随机数大于阈值 $T(n)$,则为普通节点。以下则是阈值 $T(n)$ 计算公式,

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P(r \bmod \frac{1}{P})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

其中, P 是簇首概率, r 是轮数, G 则是在过去 $1/P$ 轮中没有被选为簇首的节点的集合。因此,在 $1/P$ 轮时, $T(n) = 1$ 。这样可以确保在每 $1/P$ 轮,每个节点成为一次簇首并且只能做一次。节点在成为簇首之后,将广播一次。而没有成为簇首的节点通过收到簇首传来的广播信息,选出距离最近的簇首,加入该簇。

在稳定的数据传输阶段,没有成为簇首的节点将数据信息发送给各自簇的簇首。簇首将所有收到的信息进行数据融合后,再将融合后的数据发送给基站(Sink 节点)。

通过文献[5]所提供的能量消耗模型,了解普通节点和簇首节点的能量消耗情况,得知节点与簇首的距离和簇首与基站的距离是整个网络的能量能耗的关键因素。网络负载的平衡程度下降^[6]是因为确定簇首的随机性会引起每轮簇首位置和总数都不同,可能导致一小部分簇首节点的负担过重,引起个别节点的能量过早耗尽。

2 LEACH 协议的改进

近年来,根据 LEACH 算法的改进算法提出了很多,主要有:根据剩余能量调整 $T(n)$ 的计算^[7]、模糊逻辑的运用^[8]、多跳分簇^[9,10]、实时性的变强^[11]、将网络分区域^[12]、增加助理簇头^[13]、基于最小跳数^[14]、增加备用节点^[15]等方面。

而文中提出的算法主要通过考虑节点的密度,到基站的距离等因素,使该节点的簇首概率更加符合该节点的实际情况。同时在策略上,增加节点到最近簇首的距离与基站的距离进行比较,如果节点到簇首的

距离比节点到基站的距离远,则节点直接将信息发给基站,以此减少节点及网络的能量消耗,从而延长网络生命周期。

文中提出一种新的簇首选举算法,通过利用节点的密度和距离,修正其簇首概率,使簇首概率更加符合节点的实际情况,让选出的簇首更加合理。同时增加传输选择,减少能量消耗,来延长网络寿命。在该算法中,影响节点成为簇首将有 2 个重要参数。这 2 个参数分别是:

1. 密度:当一个节点与相邻的节点的距离小于某个阈值时,该节点的密度加 1。每个节点的密度揭示了周围节点的数量。选择密度大的节点作为簇首节点更有利于延长网络寿命。

2. 距离:该距离是指节点与基站的距离。选择距离小的节点作为簇首则更加合理。

算法工作流程如图 1 所示:

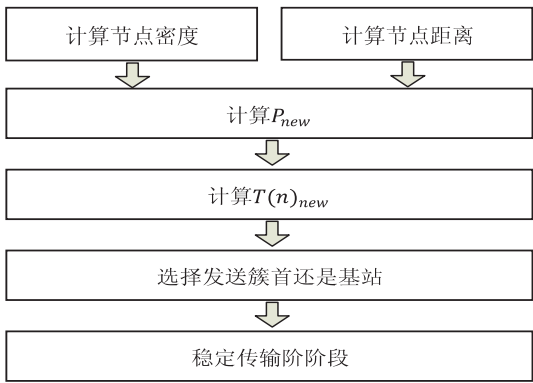


图 1 改进算法流程图

阶段 1(计算节点密度):在这个阶段中,所有节点计算它的密度。每个节点都知道它的坐标和 ID,每个节点有不同 ID。在计算密度中,所有节点通过本地广播发送自己的 ID 和坐标给本地的其它节点。很显然,本地广播并不需要很大的能量。然后,计算密度(Density),通过计算其它节点的坐标与该节点的坐标的距离。如果有节点距离该节点在一定范围内,则该节点密度加 1。在这个阶段中,所有节点都知道自己节点的密度。

阶段 2(计算节点距离):在这个阶段中,基站做一次广播,每个节点通过自己坐标与基站的坐标进行计算,计算出到基站的距离(Distance)。

阶段 3(计算):现在,所有的节点都知道他们的密度、距离。在这个阶段中,每个节点计算自己的簇首概率公式:

$$P_{new} = P + a + b \quad (2)$$

其中, P 是簇首概率, a 是与密度(Density)有关的系数, b 是与距离(Distance)有关的系数。对于密度大和距离基站近的节点,将给予更高的簇首概率。

阶段 4(计算):现在每个节点都知道该节点的簇首概率,从而可以计算其阈值。

$$T(n)_{new} = \begin{cases} \frac{P_{new}}{1 - P_{new}r \bmod \frac{1}{P_{new}}} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

为了选出簇首,每个节点会产生一个随机数,在 0 和 1 之间。如果随机数小于这个节点所对应的阈值,则这个节点在这轮作为簇首。

阶段 5(选择发送基站还是簇首):普通节点选出距离最近的簇首之后,将最近簇首的距离和到基站的距离比较,如距离基站的距离更近,则将信息直接发给基站。如距簇首的距离更近,则将数据发给簇首。

阶段 6(稳定传输阶段):在这个阶段,簇首将收集到的数据,融合并将其发送给基站。这个阶段类似 LEACH 协议的稳定数据传输阶段。

3 仿真及结果分析

3.1 仿真模型及参数选择

为了测试和分析改进算法,在 MATALB 环境下仿真,将 LEACH 协议和改进的 LEACH 协议做了比较。为了计算和比较传感网络的生命长度,使用参数 FND(第一个节点死亡时间)、HND(一半节点死亡时间)和 LND(最后节点死亡时间)^[6]。

这个仿真网络含有 100 个节点随机分布在 100 * 100 的区域,实验参数如表 1 所示,能量消耗模型则参考文献^[3]。

表 1 仿真实验数据

参数	数据值	参数	数据值
区域大小	100 * 100	/(nJ/bit)	50
节点数量	100	/(pJ/bit/)	10
基站位置	(50,50)	/(pJ/bit/)	0.0013
数据包长度 (bit)	4000	Eo	0.5
控制数据包长度 (bit)	32	P	0.1

同时公式(2)中的 a,b 分别为

$$a = \begin{cases} 0.015 & \text{Density}>5 \\ -0.015 & \text{Density}<5 \end{cases} \quad (4)$$

$$b = \begin{cases} -0.025 & \text{Distance}>5 \\ 0.025 & \text{Distance}<5 \end{cases} \quad (5)$$

3.2 仿真结果分析

文中用 FND,HND,LND 来比较 LEACH 算法与改进的 LEACH 算法的生命周期长短。

在 LEACH 中,簇首选举概率是 0.1。而在改进算法中,簇首选举概率依靠各个节点的因素,节点密度、距离等属性,给予不同的簇首选举概率,使位置更好节点拥有更高的簇首概率,让其有更多的机会成为簇首,

从而减少数据传输时的能量消耗。同时,改进算法增加了传输选择,让节点在满足到簇首距离比到基站距离远的条件下,可以直接将数据传给基站,进一步减少能量消耗。

仿真结果如图 2,图 3 所示。LEACH 的 FND,HND 和 LND 分别为 769,949 和 1298。而改进 LEACH 的 FND,HND 和 LND 分别为 981,1195 和 1590,比 LEACH 分别增加了 27.6%,25.9% 和 22.5%。通过仿真表明改进的 LEACH 算法在生命周期上明显比 LEACH 算法长。

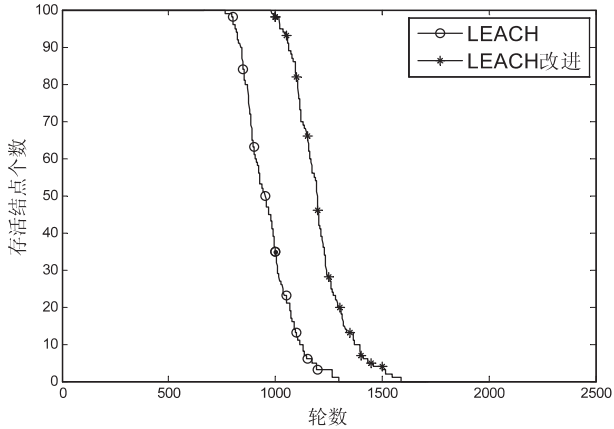


图 2 改进算法与 LEACH 比较

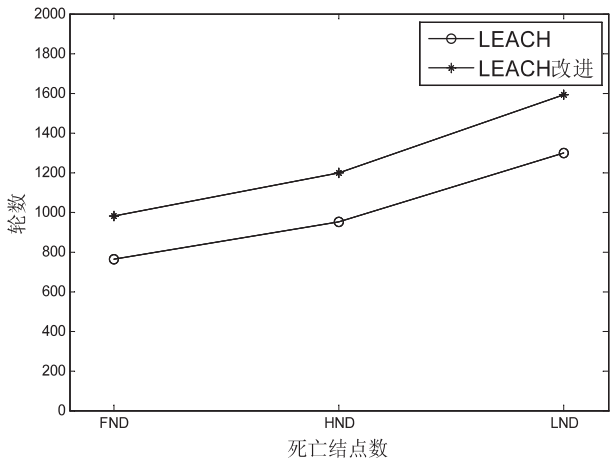


图 3 改进算法与 LEACH 的 FND,HND,LND 的比较

4 结束语

相对于 LEACH,在文中所提出的改进算法中,通过运用节点的密度和距离,给予节点不同的簇首概率,选出的簇首变得更加合理,并考虑了普通节点的传输选择,进一步减少能量损耗。理论分析和仿真证明了改进算法取得了很好的节能效果,有效地延长了无线传感网络的生命时间。

参考文献:

[1] Estrin D,Culler D,Pisterk K,et al. Connecting the Physical

5 结束语

为了降低系统的中断概率,文中给出了在两发送端两接收端模型下的网络编码协作方案。在该方案中,不同于以往的二进制异或网络编码,文中使用非线性网络编码方案,即各用户自身的信息和接收到的能被正确解码的外来用户信息进行线性叠加,然后发送给接收端,接收端利用多用户检测技术来分离和恢复出需要的信息。各用户根据能否正确解码接收到的非自身信息来决定是否进行网络编码。对不同传输方案下的中断概率进行分析和仿真结果表明文中提出的方案能有效地降低系统的中断概率,具有更好的性能。文中提出的方案可应用于对中断概率要求比较严格的协作通信方案中。

参考文献:

- [1] Proakis J G. 数字通信[M]. 张力军,张宗橙,郑宝玉,等译. 第4版. 北京:电子工业出版社,2006.
- [2] Ahlswede R, Cai N, Li S Y R, et al. Network information flow[J]. IEEE Trans. on Inf. Theory, 2000, 46(4): 1204–1216.
- [3] 李世唐,郑宝玉. 机会式网络编码的用户协作[J]. 南京邮电大学学报(自然科学报), 2010, 30(2): 27–30.
- [4] Xiao L, Fuja T E, Klieaer J, et al. A network coding approach to cooperative diversity[J]. IEEE Trans on Information Theo-

ry, 2007, 53(10): 3714–3722.

- [5] 徐娜,汪翔,倪卫明. 一种提高协作通信性能的新方法[J]. 信息与电子工程, 2010, 8(6): 742–745.
- [6] 黄琼,倪铭璟,唐伦,等. 蜂窝小区内基于网络编码技术的中继协作传输机制研究[J]. 计算机应用研究, 2001(1): 275–278.
- [7] 李世唐,郑宝玉,黄川,等. 机会是网络编码的系统中断性能[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(9): 2242–2246.
- [8] Li S Y R, Yeung R W, Cai Ning. Linear network coding[J]. IEEE Trans on Info Theory, 2003, 49(2): 371–381.
- [9] Xiao M, Medard M S. M-user cooperative wireless communications based on nonbinary network codes[C]//Proc. of IEEE Int. Symp. on Inf. Theory Workshop. [s. l.]: [s. n.], 2009: 316–320.
- [10] Xiao M, Medard M S. M-user cooperative communications based on linear network codes[J]. IEEE transactions on communications, 2010, 58(12): 3345–3351.
- [11] Rebelatto J L, Uchoa-Filho B F, Li Yonghui, et al. Generalized Distributed Network Coding Based on Nonbinary Linear Block Codes for Multi-user Cooperative Communications[C]//IEEE ISIT 2010. Austin, Texas, USA: [s. n.], 2010.
- [12] 施玉晨,白宝明,王静. 基于机会网络编码的多用户协作通信方案设计[J]. 西安电子科技大学报(自然学报), 2011, 38(2): 36–41.

(上接第 140 页)

- Word with Pervasive Networks[J]. IEEE Pervasive Computing, 2002, 1(1): 59–69.
- [2] Latiff N M A, Tsimenidis C C, Sharif B S. Performance Comparison of Optimization Algorithm for Clustering in Wireless Sensor Networks[C]//IEEE International Conference on Mobile Ad hoc and Sensor Systems. [s. l.]: [s. n.], 2007: 1–4.
- [3] Nam Do-hyun, Min Hong-Ki. An Energy-Efficient Clustering Using a Round-Robin Method in a Wireless Sensor Network[C]//5th ACIS International Conference on Software Engineering Research. [s. l.]: [s. n.], 2007: 54–60.
- [4] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrisham H. Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks[C]//Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences. [s. l.]: [s. n.], 2000.
- [5] Heinzelman W B, Chandrakasan A P, Balakrisham H. An Application-specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communication, 2002, 1(4): 660–670.
- [6] 孙利民,叶驰,廖勇. 传感器网络的路由机制[J]. 计算机科学, 2004, 31(3): 54–57.
- [7] Handy M J, Hasse M, Timmermann D. Low energy clustering hierarchy with deterministic cluster-head selection[C]//4th International Workshop on Mobile and Wireless Communica-

tions Network. [s. l.]: [s. n.], 2002: 368–372.

- [8] Ran Ge, Zhang Huazhong, Gong Shulan. Improving on LEACH Protocol of Wireless Sensor Networks Using Fuzzy Logic[J]. Journal of Information & Computational Science, 2010, 7(3): 767–775.
- [9] Muruganathan S D, Ma D C F, Bhasin R I. A Centralized Energy-Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2005, 43(3): 8–13.
- [10] 李岩,张曦煌,李彦中. LEACH-EE-基于 LEACH 协议的高效聚类路由算法[J]. 计算机应用, 2007, 27(5): 1103–1105.
- [11] Manjeshwar A, Agrawal D P. TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks[C]//Proceeding of the 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium. [s. l.]: [s. n.], 2001: 2009–2015.
- [12] 刘园莉,李腊元,卢迪. 节能的无线传感器网络分簇路由协议的研究[J]. 传感技术学报, 2010, 23(12): 1792–1797.
- [13] 龙际珍,陈沅涛,邓冬梅,等. 基于 LEACH 协议的助理簇头分簇算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(7): 103–105.
- [14] 杨琴,孙李. 基于最小跳数的无线传感器网络路由协议[J]. 计算机工程, 2008, 34(22): 129–131.
- [15] 邢云冰,史浩山,赵洪钢. 基于备用节点的无线传感器网络 LEACH 协议的改进[J]. 传感技术学报, 2007, 20(7): 1592–1596.

基于簇首概率优化的LEACH协议改进

作者: [单剑锋](#), [庄琴清](#), [陈明](#)
作者单位: [南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013 (2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201302037.aspx