

# 蚁群算法在 LEACH 路由协议中的应用

段 军,张清磊

(内蒙古科技大学 信息工程学院,内蒙古 包头 014010)

**摘要:**减少网络能量损失,增加网络的生成时间是无线传感网络的重要研究内容。LEACH 是针对无线传感网络设计的低功耗自适应的路由算法。但是传统 LEACH 路由算法存在簇首开销过大,簇规模分布不均匀等问题。针对 LEACH 算法存在的缺点,从成簇方式和簇头路由拓扑提出改进方案,成簇半径随着距离 Sink 节点的增加而减小,簇首间采用蚁群算法进行路由优化。实验从网络节点存活的节点数目和节点的平均耗能两个指标对仿真结果进行评价,仿真结果显示改进算法网络的生存时间比传统结果提高了 15%,节点平均能耗降低 20%。改进算法可有效减少网络的总能量消耗,均衡网络的负载。

**关键词:**无线传感网络;路由算法;LEACH;蚁群算法

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)01-0065-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.01.017

## Application of Ant Colony Algorithm Based on LEACH Routing Protocol

DUAN Jun, ZHANG Qing-lei

(School of Information and Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China)

**Abstract:** It is an important problem that reduce energy consumption and prolong the life of wireless sensor network. LEACH is a low energy adaptive clustering hierarchy algorithm for wireless sensor networks. However, it has many disadvantages such as the cluster head of LEACH spending more energy and the clusters distribution is not uniform. An improved routing algorithm is proposed according to the disadvantage of LEACH routing algorithm. The routing algorithm focuses on the building of clusters and routing topology. The radius of the cluster that was far away from the sink node was smaller than the radius of the cluster that was close to the sink node. The ant colony algorithm is chose for the routing topology of cluster headers. The experiment, from the network node number survived and the average energy consumption, evaluates the results of simulation, the simulation results show that the improved algorithm's network life time increased by 15%, higher than that of traditional result, the node average energy consumption reduced by 20%. The improved algorithm can effectively reduce the network consumption, balance the network load.

**Key words:** wireless sensor network; routing algorithm; LEACH; ant colony algorithm

## 0 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Network)是一种自组网络,由大量传感节点构成,节点之间通过无线通信技术自组织构成网络。作为一种新的信息采集和处理技术,广泛用于森林火险、军事国防和抗震救灾等众多领域<sup>[1-3]</sup>。传感器节点通常使用电池进行供电,但是在一些极端环境中更换电池是不现实的,例如地震现场。因此,网络耗能成为无线传感网中重要的研

究方向。传感器节点能量消耗模块主要包括传感器模块、数据处理模块和通信模块。随着科技的发展处理器以及传感器模块的能量消耗都非常低。因此传感器的能量消耗主要集中在通信模块上。实践表明数据传输的距离与能耗成正比,传输的距离越远,消耗的能量也就越多。因此传感器网络的路由设计应有效地利用传感器节点能量,以延长网络的生命周期<sup>[4-5]</sup>。

无线传感网络路由协议主要包括平面路由算法和

收稿日期:2013-03-14

修回日期:2013-06-20

网络出版时间:2013-11-12

基金项目:教育部春晖计划项目(00110310)

作者简介:段 军(1962-),男,内蒙古凉城人,教授,博士,硕士研究生导师,研究方向为人工智能与人工生命方面的理论研究及其在实际中的应用;张清磊(1986-),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为人工智能。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20131112.1650.040.html>

层次路由算法。对于平面路由,网络中的每个阶段地位都是相等的。平面路由由算法的特点是路由简单,而且易于实现,其缺点是由于缺乏分层机制而不易拓展。网络的规模和灵活性在一定程度上受到限制。层次路由采用分簇的概念把网络进行分层。网络由若干簇组成,每一个簇包含一个簇首和若干个节点。LEACH<sup>[6-7]</sup> (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 算法是一种典型的分层算法。

## 1 LEACH 算法和蚁群算法

### 1.1 LEACH 算法

LEACH<sup>[8-9]</sup>路由算法采用了轮的概念:每一轮就是一个周期,每个周期包括两个阶段:建簇阶段和稳定传输阶段。建簇阶段和稳定传输阶段所持续的时间总和为一周期。为减少协议开销,稳定传输阶段所需的时间要大于建簇时间。

建簇阶段,每个节点随机生成一个随机数,随机数在(0,1)之间,并与阈值  $T(n)$  做比较,如果该随机数比阈值小,则该传感器阶段称为簇首。 $T(n)$  按照公式(1)计算:

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

式中,  $p$  为节点成为簇头节点的百分数;  $r$  为当前轮数;  $G$  为在最近的  $1/p$  轮中未当选簇头的节点集合。节点当选为簇头后,广播自己成为簇头的消息,非簇头节点根据接收到的消息的强度决定是否加入该簇,并返回是否加入该簇的信息,完成簇的建立过程。簇头节点采用时分多址的方式,为簇内成员分配时隙进行数据传输。

### 1.2 蚁群算法的基本思想

蚁群算法<sup>[10-12]</sup> (Ant Colony Algorithm), 是一种渐进式智能进化算法,由意大利学者 Dorigo M 等人提出,通过对自然界中蚂蚁寻找食物的行为进行观察,发现蚂蚁总能寻找到一条食物到蚁穴之间的最短路径。蚂蚁借助其他蚂蚁在通过的路径上留下的信息素进行通信。每个蚂蚁可以嗅到其他蚂蚁残留的信息素,通过残留信息素蚂蚁可以引导自己的移动方向。由于信息素会随着时间的流逝而挥发。因此,这条路径上的信息素的浓度会受到这条路径的长度以及这条路径上蚂蚁数量的影响。由于蚂蚁倾向于向信息素浓度高的方向移动,如果有很多蚂蚁经过这条路径,那么蚂蚁选择这条路径的概率就很高。通过这种正反馈机制蚂蚁最终会寻找到一条最优路径<sup>[13-14]</sup>。

## 2 基于蚁群算法的 LEACH 算法

### 2.1 基于蚁群优化的 LEACH 的基本思想

- 1) 无线传感器网络初始化阶段。通过聚集节点 Sink 来获取无线传感器网络的网络拓扑和网络的分布能量情况,为簇建立提供一定的参考条件;
- 2) 按要求预先假定的簇头数划分出固定的簇,同时距离越远,簇的半径就越小,从而完成成簇工作,并使簇内节点数分布均匀并且达到负载均衡;
- 3) 簇头广播信息素,其余簇头根据收到信息的强度更新路由表,计算该簇头所在路径信息素浓度;
- 4) 在一个簇内簇头节点与非簇头节点直接通信,由于通信半径小,有利于减少能耗;
- 5) 簇头节点完成数据的融合,根据信息素的浓度选择下一跳,将数据发送给 Sink 节点。

算法的流程图如图 1 所示。

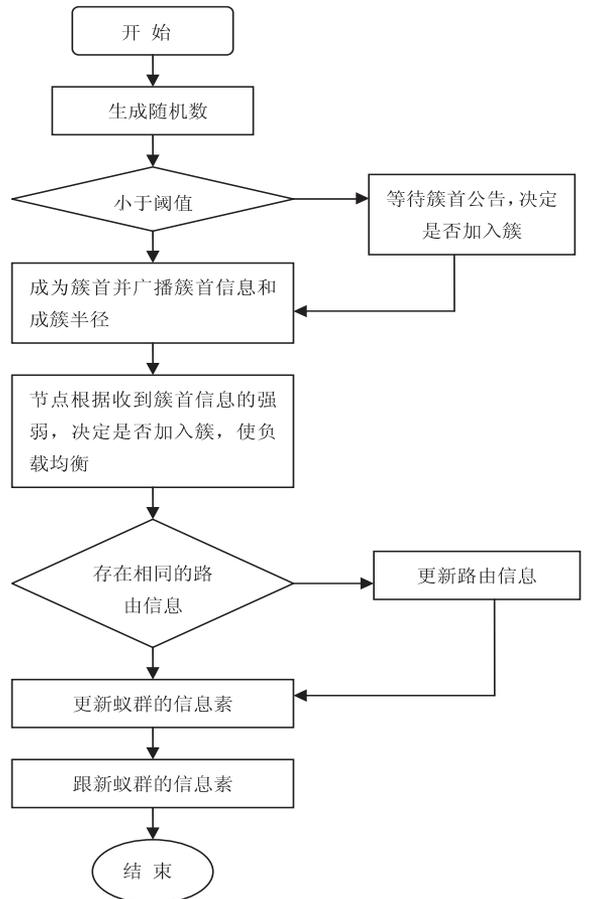


图 1 改进算法流程图

### 2.2 基于蚁群优化的 LEACH 算法的实现

在簇形成阶段,首先产生一个随机数,随机数产生方法与 LEACH 算法一样。生成的随机数与阈值进行比较,如果小于阈值,节点成为簇首。同时计算成簇的半径  $R_c$ , 计算公式如下:

$$R_c = R_c^0 \left( 1 - c \frac{d_i - d_{\min}}{d_{\max} - d_{\min}} \right) \quad (2)$$

并发送簇首公告信息。若随机数大于阈值则等待簇首的公告信息。并根据所收到信息的强弱决定是否加入该簇。

在无线传感网络中,每个节点都可以看作为一个蚂蚁。当一个节点升级为簇首时,簇首节点会查看该节点是否有他相邻的簇首的路由信息。若没有则创建一个相邻簇首的路由信息,若有则更新路由信息。第  $k$  个节点的信息从节点  $i$  转移到节点  $j$  的可能性如式 (3):

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{s \in \text{allowed}_k} [\tau_{is}(t)]^\alpha [\eta_{is}(t)]^\beta}, & j \in \text{allowed}_k \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

其中,  $\tau_{ij}$  表示为边  $(i,j)$  上的信息素;  $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$  为从簇首  $i$  到簇首  $j$  的启发因子;  $\text{allowed}_k$  为蚂蚁  $k$  下一步被运行访问的集合;  $\alpha$  为信息因子,其值越大信息素对蚂蚁运动轨迹影响越大;  $\beta$  为期望启发因子,表示路由的可见性,其值越大表示启发信息越重要。

在一轮搜索结束之后,在路径上的信息素浓度要进行更新。

更新公式(4)如下。

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \times \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t) + \gamma E_n \quad (4)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} 1/d_{ij}, & \text{如果边}(i,j) \text{在路径} T^k \text{上} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

根据公式可知,蚂蚁的构建路径  $d_{ij}$  越小,剩余的能量  $E_n$  越大,则路径的各条边上就会获得更多的信息素,在以后的迭代中更有可能被其他蚂蚁选择。

蚂蚁完成一次循环后,清空禁忌表,准备下一次周游。

### 3 实验模拟及结果分析

为了验证算法的性能,采用 Matlab 作为算法的仿真平台。感知区域为  $(0,0)$  到  $(200,200)$  的平面正方形监测区域,随机布撒 100 个传感器节点。在设计无线路由协议时,将网络的生命周期作为首要的考虑因素。同时采用 VC 仿真改进算法的效果图。

仿真算法发送电路和消耗电路消耗的能量信息启发因子  $\alpha = 1$ ,期望启发因子  $\beta = 5.0$ ,传感器节点的数目为 100,随机分布在  $200 \times 200$  区域。Sink 节点位于  $(100,100)$ ,每个节点的初始能量为 4 J。每个传感器发送数据的大小为 100,发送电路和消耗电路消耗的能量  $E_{elec} = 50 \text{ nJ/bit}$ ,节点成为簇头的概率  $p = 0.1$ ,信息素挥发系数  $\rho = 0.6$ 。

### 3.1 基于蚁群算法的 LEACH 的效果图

为了更好地理解改进算法,采用 VC 仿真改进算法 LEACH-ANT 实时仿真效果图,如图 2 所示。

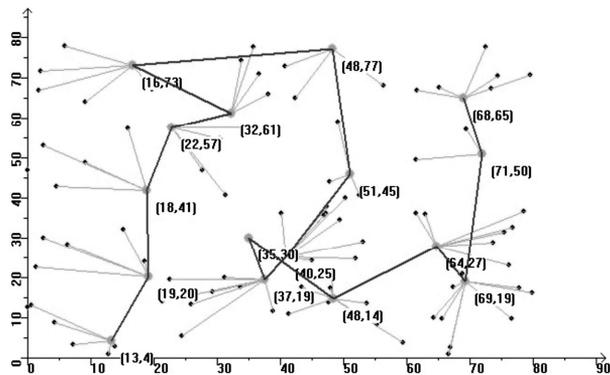


图 2 实时仿真效果图

图 2 中,较小的节点代表非簇头节点,较大的节点代表簇头节点。非簇头节点与所在簇的簇头之间采用单跳进行通信。簇头之间通过蚁群算法优化通信路径。

### 3.2 改进算法性能及其结果分析

通过仿真实验,观察存活的节点随着轮数的变化,如图 3 所示。

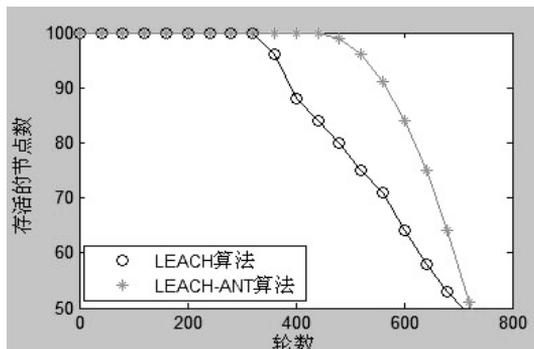


图 3 节点的存活数目

改进后的算法 LEACH-ANT 比 LEACH 算法性能上有明显的改善。改进算法 LEACH-ANT 中第一个死亡节点明显接近于最后一个死亡节点。说明改进算法更均匀地使每个节点分担能耗。

这是因为传统 LEACH 算法中成簇半径不变,随机分配节点不均,以及簇头到 Sink 节点的距离过长容易造成距离远的簇头能量损耗过大,导致第一个死亡节点出现的比较早。

网络平均能耗是指网络所有节点在网络运行过程中消耗的总能量与存活节点的比值,由图 4 可知 LEACH-ANT 协议的平均网络能耗增长速度要慢于 LEACH 协议的平均网络能耗。这是因为节点发送数据比接收和融合数据更消耗能量,改进算法成改进成簇方法,使更远的簇头节点发送的数据相对较少,从而减少了能量损耗。

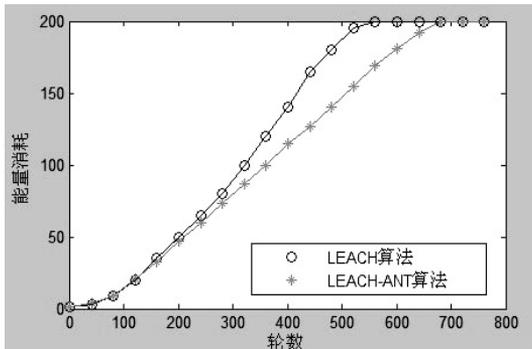


图 4 节点的平均能耗

### 4 结束语

由于无线传感器网络自身特有的性质,使得其应用过程中,能量消耗受到了一定的限制,成为制约传感器网络发展的一个关键性问题。针对无线传感器网络路由协议的设计要求,文中在 LEACH 算法的基础上,从节省能量和延长网络生命周期两个方面对 LEACH 算法进行了改进,提出了一种基于蚁群优化的无线传感网络路由算法。创新点在于成簇方式中成簇半径随着簇首距离 Sink 越远而越小以及通过蚁群算法指导 LEACH 中簇首节点间建立簇间路由,用剩余能量与路由长度确定遗留信息素。通过仿真表明改进算法可以有效延长节点的生存时间、减少能量消耗。

### 参考文献:

[1] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. Wireless sensor networks; A survey [J]. Computer networks, 2002, 38 (4): 393-422.

[2] 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.

[3] Barnsley M F, Sloan A D. A better way to compress images [J]. BYTE, 1988(1): 215-223.

[4] Jacquin A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations [J]. IEEE transactions on image processing, 1992, 1(1): 18-30.

[5] 高文. 多媒体数据压缩技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1994.

[6] 姚敏. 数字图像处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[7] 陈守吉, 张立明. 分形与图像压缩 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 1998.

[8] Davis G M. A wavelet-based analysis of fractal image compression [J]. IEEE trans on image processing, 1998, 7(2):

[9] 王殊, 阎毓杰, 胡富平, 等. 无线传感器网络的理论及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.

[10] 曹建玲, 任智. 无线传感器网络路由协议综述 [J]. PLC 技术应用 200 例, 2010(26): 3-5.

[11] 胡钢, 谢冬梅, 吴元忠. 无线传感器网络路由协议 LEACH 的研究与改进 [J]. 传感技术学报, 2007, 20(6): 1391-1396.

[12] 姜华, 郑春雷, 刘海涛. 无线传感网络中链路级能量有效策略的研究 [J]. 传感技术学报, 2006, 19(6): 2738-2742.

[13] Lindsey S, Raghavendra C, Sivalingam K M. Data gathering algorithms in sensor networks using energy metrics [J]. IEEE transactions on parallel and distributed systems, 2002, 13(9): 924-935.

[14] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks [C] // Proceedings of the 33rd Hawaii international conference on system sciences. [s. l.]: IEEE Computer Society, 2000: 30-47.

[15] 王国芳, 李腊元. 基于 LEACH 和 PEGAS IS 的节能可靠路由协议研究 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(11): 115-118.

[16] 张倬. 改进的 Ant 算法在 ZigBee 网络路由中的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.

[17] 马良, 项培军. 蚂蚁算法在组合优化中的应用 [J]. 管理科学学报, 2001, 4(2): 32-37.

[18] Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. Ant system: Optimization by a colony cooperating agents [J]. IEEE transactions on systems, man and cybernetics-Part B, 1996, 26(1): 1-13.

[19] 郝晓青. 基于蚁群优化的无线传感器网络路由算法 [J]. 电脑知识与技术, 2010(1): 34-36.

[20] 邬春学, 肖丽. 基于蚁群算法的低能耗 LEACH 协议分析 [J]. 上海理工大学学报, 2010, 32(1): 99-102.

[21] 纪秀花. 适于低码率图像编码的 DCT 快速算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(10): 1355-1359.

[22] 谢敏, 黄贤武, 李秋菁, 等. 一种快速 DCT 图像压缩算法的研究 [J]. 计算机应用研究, 2002(2): 150-152.

[23] 丛爽, 蒲亚坤, 王军南. DCT 图像压缩方法的改进及其应用 [J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(18): 160-163.

[24] 张爱华, 杨培, 盛飞, 等. 基于快速分形的 DCT 补偿图像压缩编码算法 [J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(5): 153-156.

[25] 张爱华, 盛飞, 杨培, 等. 基于相似比的快速分形编码算法 [J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(11): 176-178.

(上接第 64 页)

Press, 1988.

# 蚁群算法在LEACH路由协议中的应用

作者: 段军, 张清磊, DUAN Jun, ZHANG Qing-lei  
作者单位: 内蒙古科技大学 信息工程学院, 内蒙古 包头, 014010  
刊名: 计算机技术与发展

---

ISTIC

英文刊名: Computer Technology and Development

---

年, 卷(期): 2014(1)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201401017.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201401017.aspx)