

基于蚁群算法的双链传输路由改进算法

宋艳琴¹, 王华倩², 张晓东¹, 乔学工¹

(1 太原理工大学 信息工程学院, 山西 太原 030024;

2 太原理工大学 电气与动力工程学院, 山西 太原 030024)

摘 要: 提出了一种基于优化蚁群算法的双链传输路由算法 ADCT. 首先采用双重选簇的方法进行簇头选举, 考虑了节点的剩余能量、网络平均能量、簇的大小等因素. 其次采用基于优化蚁群算法的双向链式数据传输方式进行簇头与汇聚节点之间的通信. 仿真实验结果表明: 改进的协议显著地提高了网络性能, 延长了网络寿命, 均衡了网络能耗.

关键词: 无线传感器网络; LEACH; 蚁群算法; 路由协议; 能耗均衡

中图分类号: TN92

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)04-0142-04

An Improved Routing Algorithm of Double Chain Transmission Based on Ant Algorithm

SONG Yan-qin¹, WANG Hua-qian², ZHANG Xiao-dong¹, QIAO Xue-gong¹

(1 College of Information Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2 Institute of Electrical and Power Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: A double chain transmission routing algorithm based on Ant Algorithm (ADCT) is proposed. Firstly, it uses the double selected cluster method to choose cluster heads, which takes many factors such as residual energy of nodes, average energy of network and the size of the cluster into consideration. Secondly, it uses Two-way transmission way based on optimized ant algorithm to communicate cluster heads with the sink-node. The simulation results show that the proposed algorithm significantly improves the network performance, prolongs the network lifetime and balances the network energy consumption.

Key words: wireless sensor network; LEACH; ant algorithm; routing protocol energy consumption balance

1 引言

无线传感器网络具有广阔的应用前景, 可以应用于环境监测、军事国防、抢险救灾、危险区域的远程监控等诸多领域. 但由于大多数传感器节点长时间在恶劣和无人看守的环境中工作, 能量不能进行二次补充, 因此高效、低功耗路由算法在无线传感器网络中的应用至关重要. 为此, 本文提出了基于蚁群算法的双链传输路由改进算法 (ADCT). 仿真结果表明: ADCT 算法在延长网络寿命、均衡网络能耗方面取得了很好的效果.

2 ADCT 算法

2.1 算法的描述

基于蚁群的双链传输算法与 LEACH 算法^[1-2]实现机制相似, 都引入了轮的概念, 每轮都要进行簇的建立和数据稳定传输. 但在两个阶段所使用的具体方法是不同的.

2.1.1 簇的建立阶段

在簇的建立阶段, ADCT 算法与 LEACH 算法的不同之处在于簇头的选举机制. 本算法在选举概率中外加考虑了节点剩余能量以及网络平均能量, 分簇完成之后需根据簇内节点能量以及节点的分布

收稿日期: 2014-08-16; 修回日期: 2014-10-03

基金项目: 山西省自然基金项目 (2012011013-5); 国家自然科学基金项目 (51279122); 山西省软科学项目 (2014041048-4)

进行簇内节点第二次选簇过程,很大程度提高了网络能量的均衡性.

首先选簇的阈值 $T(n)$, 如式(6)所示, 要考虑簇头当前能量与全局剩余能量.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p * \left[\text{rmod}\left(\frac{1}{p}\right) \right]} \times \frac{E_{\text{current}}}{E_{\text{sum}}/S_{\text{alive}}}, n \in G \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中, E_{current} 是当前节点的能量, E_{sum} 是所有存活节点的能量, S_{alive} 是存活节点的总数.

其次, 初步簇头的选举结束后, 为了更好地均衡网络节点的能耗, 我们提出在簇内按照式(7)对节点进行二次筛选, 具体方法是, 首先在簇内找到能量大于当前簇头的所有节点, 然后计算出此节点集合中所有节点到汇聚节点的距离, 最终用距离最短的节点取代当前的簇头节点.

$$C_{\text{cluster}} \leftarrow D_{\min}(E^g > E_{\text{cluster}}) \quad g \in S \quad (2)$$

式中, C_{cluster} 是簇内初始簇头, $D_{\min}$ 是距离汇聚节点距离最短的节点, g 是簇内节点编号, E^g 是簇内第 g 个节点的剩余能量, E_{cluster} 是簇头节点能量, S 是簇的编号.

2.1.2 数据稳定传输阶段

在 LEACH 算法中簇头与汇聚节点是单跳通信, 这种通信方式会消耗很大的能量, 从而导致网络过早瘫痪以及网络能量的严重不均衡. 本算法中簇头与汇聚节点间的通信采用基于 ACO 的双向链式多跳传输, 成链方式是基于蚁群优化算法^[3-4]. 首先利用改进蚁群算法得到所有簇头以及汇聚节点的最佳路由, 然后从距离汇聚节点最远的节点开始, 分别沿两个方向, 将数据传输到汇聚节点, 传输方法如图1所示.

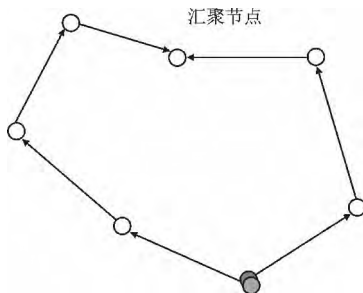


图1 数据传输示意图

首先是初始化, 蚂蚁的数量为簇头的数量和汇聚节点数量之和. 蚂蚁的初始位置对应簇头和汇聚节点的位置.

接着蚂蚁开始移动, 它从自己当前节点移动到下一个节点的规则如下:

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^{\alpha} [\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{u \in \text{allowed}_k(t)} [\tau_{ij}]^{\alpha} [\eta_{ij}]^{\beta}} & j \in \text{allowed}_k(t) \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式中, τ_{ij} 是在 t 时刻的节点 i 到节点 j 的路径上信息素的浓度值, η_{ij} 是簇头能量相关的启发信息, α 和 β 是分别控制信息素浓度和启发信息相对重要性的参数, $\text{allowed}_k(t)$ 是第 k 只蚂蚁维护的路由表即蚂蚁下一跳可以选择的节点集合. 目前研究表明: $\alpha = 1$ 和 $\beta = 2$ 时得到的性能比较好.

信息素的更新对于蚁群算法来说是一个关键, 在实际蚁群中蚂蚁能够快速地找到食物源与蚁巢的最短距离, 主要依靠的就是信息素浓度变化, 因此很好地模拟出信息素浓度的更新方法, 对于缩短找到最优路径的时间, 从而降低数据传输的延迟是至关重要的. 因此本文主要对蚁群算法的信息素更新方式做出改进.

在生物蚁群中路径上信息素随时间在挥发, 以及在搬运食物过程中会留下信息素, 但是这种信息素更新机制要求所有路径上的信息素更新方法相同. 假如蚁巢和食物源之间有两条路 A 和 B , A 的路程要比 B 的长, 在相同的时间内两只蚂蚁分别通过两条路来回运输食物, 在短路径上蚂蚁来回的次数会比较多, 留下的信息素也会比较多. 因此如果用相同的机制更新路径上的信息素, 就会明显降低正反馈的优势, 同时也延长了寻找到最优路径的时间. 因此, 我们在整体更新的同时, 对每轮所得到的最佳路径的信息素更新进行修正, 其更新规则如式(4)所示.

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \rho\Delta\tau_{ij}(t) + e \times \frac{1}{D_{ij}} \quad (4)$$

式中, $\tau_{ij}(t)$ 是在 t 时刻的节点 i 到节点 j 的路径上信息素的浓度值, ρ 是路径上信息素的挥发系数, e 是最优路径上信息素增值系数, 一般常数值 5, D_{ij} 是节点 i 到节点 j 的路径长度.

2.1.3 能量损耗模型

该算法采用的能量损耗模型是一阶无线电模式中的自由空间模型^[5]. 传感器节点接收 m bit 的数据所消耗的能量如式(5)所示. 传感器节点发送 m bit 数据所消耗的能量分为两部分, 一部分是信号发射电路所消耗的能量, 另一部分是信号放大电路所消耗的能量, 如式(6)所示.

$$E_{RX} = E_{RX_elec}(m) = E_{elec} \times m \quad (5)$$

$$E_{TX}(m, d) = E_{TX_elec}(m) + E_{TX_amp}(m, d) \\ = E_{elec} \times m + \epsilon_{amp} \times m \times d^2 \quad (6)$$

式中, ϵ_{amp} 是信号放大器的放大倍数, E_{elec} 是发送或接收数据的电路能量, d 是信号传输的距离. 参数的取值为 $E_{elec} = 50 \text{ nJ/bit}$, $\epsilon_{amp} = 10 \text{ pJ} \cdot \text{bit}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

2.2 算法的设计

该算法具体实现流程如图 2 所示.

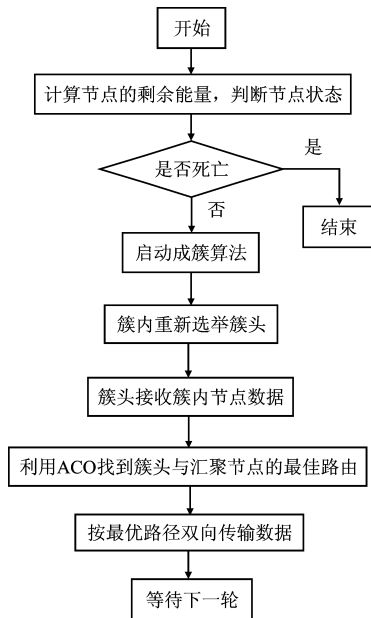


图 2 ADCT 算法的流程图

3 ADCT 算法的仿真与分析

3.1 模拟实验环境建立与参数设置

本文采用 MATLAB2012 作为仿真软件. 仿真参数的设置见表 1.

表 1 仿真参数值设定

参数	取值
节点总数	100
网络范围	100 m * 100 m
汇聚节点位置	(50, 70)
数据包长度	4 000 bit
控制包长度	100 bit
节点初始能量	0.1 J
循环轮数	2 000
蚁群轮数	200

在设计无线传感器网络路由协议时, 网络的生命周期以及能量负载均衡是重要的考虑因素, 因此

本文选择节点的存活周期以及节点状态分布图作为仿真的重点. 由于每次仿真结果不同, 为避免偶然性, 我们选择每次实验做 30 次, 然后求平均值.

3.2 仿真结果分析

由仿真数据得出, 当所有节点的初始能量都为 0.1 J 时, LEACH 协议在 132 轮时出现第一个死亡节点, ADCT 协议在 1 654 轮时出现第一个节点死亡. 采用 ADCT 协议的网络存活周期与 LEACH 相比延长了 1 522 轮, 可见 ADCT 协议在很大程度上延长了网络的生命周期, 提高了网络的运行效率, 均衡了网络的能耗.

图 3 所示为 LEACH 和 ADCT 协议在运行过程中, 剩余存活节点数以及簇头数随轮数的变化情况. 由图 3 可以看出, LEACH 协议在 250 轮时, 大约 80% 的节点已经死亡, 整个网络已经处于瘫痪的状态. ADCT 协议算法运行到 1 900 轮时候有 80% 的节点死亡, 可见 ADCT 协议高效地延长了网络的生存周期.

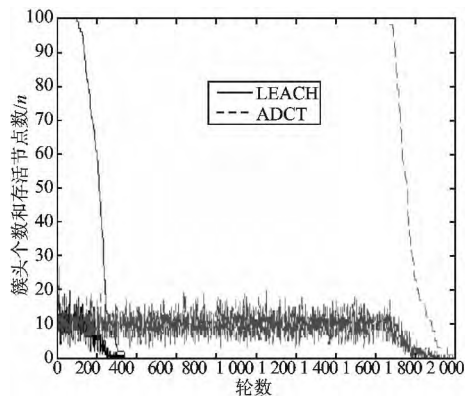


图 3 存活节点数随着轮数的变化

图 4 与图 5 分别是 ADCT 协议与 LEACH 协议运行到第 150 轮时节点的分布图, 从图中可以看出, 在程序运行到 150 轮的时候, LEACH 协议已经

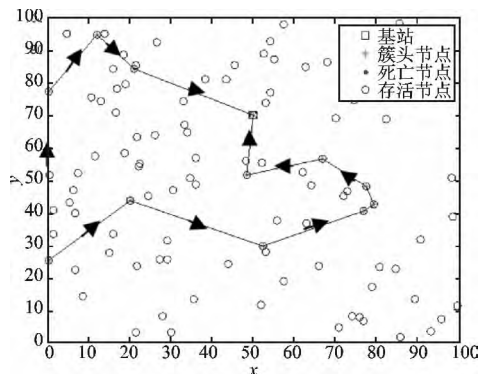


图 4 ADCT 第 150 轮时节点状态分布
出现了节点的死亡, 而 ADCT 算法所有节点都存

活. 簇头与汇聚节点间数据传输的方式, 相比于 LEACH 协议, ADCT 协议的链式双向路径数据传输, 传输距离短, 数据在传输线路上不断融合, 从而减少了网络中发送的数据量, 整个网络消耗的能量大幅度降低, 同时也有效地均衡了网络能量.

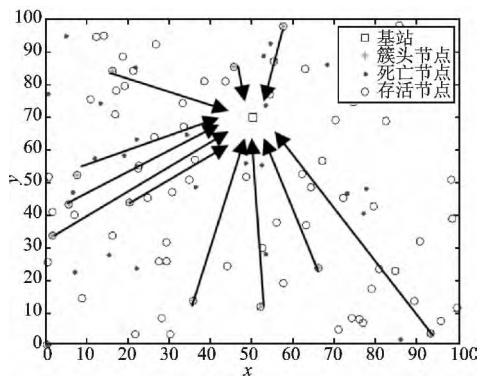


图5 LEACH 在第150轮时节点状态分布

图6是网络剩余能量、存活节点数随轮数变化的三维趋势图, 从图中可以看出在相同网络总能量的前提下, ADCT 协议运行的前1645轮, 网络中所有节点都存活, 这表明了网络收集并传输整个监控区域的信息的时间显著增长, 因此这不仅表明 ADCT 协议在延长网络生命周期中有显著的效果,

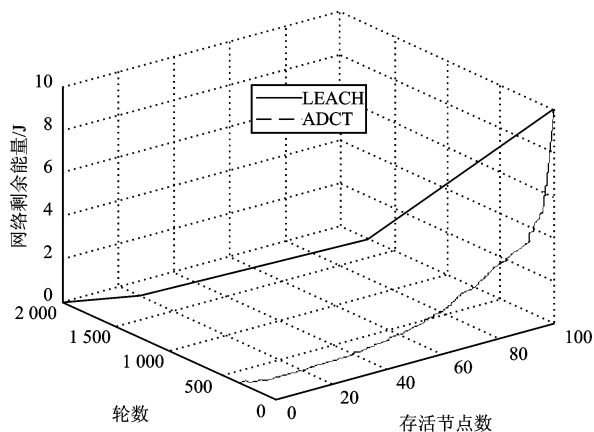


图6 网络剩余能量、存活节点随轮数变化趋势图

在高效获取网络传输数据与均衡网络能耗方面的优势更是非常明显.

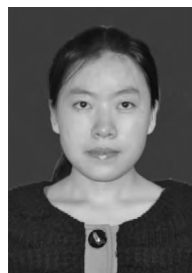
4 结束语

本文提出了双链传输路由算法 ADCT 协议, 并进行了性能仿真. 与 LEACH 协议相比, ADCT 的网络生存周期提高了7倍而且在均衡能耗方面有更好的性能, 今后将对网络的数据时效性进行深入研究.

参考文献:

- [1] 徐世武, 王平, 施文灶. 无线传感器网络分簇路由协议综述[J]. 网络新媒体技术, 2013, 2(5): 1-8.
- [2] 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. Maui: IEEE Computer Society, 2000: 3005-3014.
- [3] 吴庆洪, 张颖, 马宗民. 蚁群算法综述[J]. 微计算机信息, 2011(3): 1-5.
- [4] 郭剑, 孙力娟, 王汝传. 基于最佳簇数的无线传感器网络粒子群分簇协议[J]. 南京邮电大学学报, 2010, 30(2): 36-40.
- [5] 崔永锋, 刘伟. 一种基于无线传感器网络的动态拓扑能量有效成簇增量算法[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(12): 151-155.

作者简介:



宋艳琴 女, (1988-), 硕士生. 研究方向为无线传感器网络. E-mail: 87443608@qq.com.

乔学工 女, (1968-), 博士, 副教授, 研究方向为无线传感器网络、物联网技术、智能控制.