

基于网格和遗传算法的移动代理路由算法研究

刘欢笑¹, 杨晓飞²

(1 镇江高等职业技术学校 信息系, 江苏 镇江 212016; 2 南京理工大学 自动化学院, 江苏 南京 210094)

摘 要: 针对一类基于移动代理的无线传感器网络内移动代理的迁移路由问题, 提出了一种基于网格和遗传算法的移动代理迁移路由算法. 该方法通过改进的自适应遗传算法获取迁移的基本路径信息, 再结合网络网格化和路由修复策略来实现路由节点失效时的路由修复, 从而有效降低能耗和实现成功迁移.

关键词: 无线传感器网络; 路由算法; 移动代理; 自适应遗传算法; 网格

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)04-0114-04

Mobile Agent Routing Algorithm Based Grid and Genetic Algorithm

LIU Huan-xiao¹, YANG Xiao-fei²

(1 Commerce Department, Zhenjiang High Vocational Technical School, Zhenjiang 212016, China;

2 Automation School, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: For mobile agent's migration path issue in mobile agent-based wireless sensor networks, a mobile agent routing algorithm based on grid and genetic algorithm is proposed in this paper. It adopts the improved adaptive genetic algorithm to obtain basic migration path, grids sensor networks and adds routing repair scheme to repair migration path when nodes are failure. It can efficiently cut down energy consumption and make migration to achieve.

Key words: wireless sensor networks; routing algorithm; mobile agent; adaptive genetic algorithm; grid

1 引言

基于移动代理(mobile agent, MA)的无线传感器网络是无线传感器网络研究领域一个较为新颖的研究方向, 它与基于客户端/服务器模式(Client/Server, C/S)网络最大的不同之处在于: 它通过派发移动代理进入网内处理数据和将结果带回汇聚节点(sink node), 而非将所有数据带回进行处理. 移动代理在网内的迁移路径对网络整体性能有较大影响, 因此获得了广泛关注. 文献[1]中提出了局部最近优先(Local Closest First, LCF)的算法, 每次选取距离当前节点最近的邻居节点作为下跳节点, 但只能获得局部最优路由. 文献[2]中通过遗传算法(genetic algorithm, GA)获得全局最优路由. 文献[3]用网格方法划分网络, 并用二叉树方法建立路由. 上述方法虽能获得迁移路由, 但均未涉及路由节

点存在失效时的情况.

针对网络低能耗的要求和节点存在失效的情况, 本文提出一种基于网格和改进的自适应遗传算法(Improved Adaptive Genetic Algorithm, IAGA)的移动代理迁移路由算法, 将移动代理的迁移路由问题转化为网格化网络的路由寻优问题, 并通过增加修复策略来增强算法适应网络拓扑变化的能力.

2 无线传感器网络的网格化

由于网络节点众多, 分簇(Cluster)管理能极大地提高网络效率和为数据融合处理提供便利. 因此, 可将网络进行网格化分簇管理, 每簇选择合适簇头(Cluster Head)节点, 利用簇头构建虚拟网络, 可以增加网络连通稳定度. 分簇方法很多, 形状也多种多样, 如三角形、正六边形和任意形状等, 但这些方法需复杂的簇管理机制来更新虚拟连通以适应拓扑结

构的变化,带来能耗增加^[4]. 本文采用正四边形划分网络,简单且与正六边形性能相差不大^[5].

网络初始化时,节点可通过携带定位装置或其它节点定位算法^[6-7]获得自身位置坐标. 汇聚节点能获得网中所有簇头节点坐标信息. 通过网格化整个网络被划分为一个两维的网格集合,如图1所示. 每一网格是 $L \times L$ 的正方形区域,并用坐标值对编码. 节点获知自身坐标 (n_x, n_y) 后,通过式(1)获得所处网格区域信息 (G_x, G_y) .

$$\begin{cases} G_x = \lfloor \frac{n_x}{L} \rfloor \\ G_y = \lfloor \frac{n_y}{L} \rfloor \end{cases} \quad (1)$$

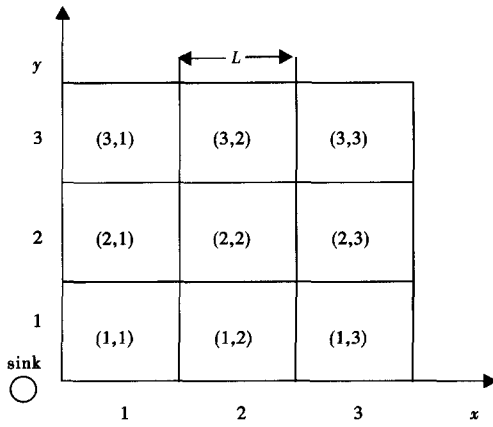


图1 网格划分方法示意图

3 基于遗传算法求移动代理迁移基路径

移动代理在网内沿基路径进行迁移,汇聚节点获取基路径能减少网内的路径计算损耗和时延. 本文将寻找基路径问题转化为网内迁移通信代价最小的路由优化问题. 寻找基路径时还要满足簇头只与水平和垂直方向邻居网格通信的限制条件^[5].

基本遗传算法的交叉概率 P_c 和变异概率 P_m 取值固定,无法反映进化过程的变化,易发生早熟收敛和收敛缓慢的问题. 但改进的自适应遗传算法中个体交叉概率和变异概率随群体及个体适应度值的变化而自适应调整,进而在进化过程中保持群体多样性和算法的收敛性.

3.1 初始种群和参数编码

初始种群个体通过随机选取符合限制条件的路由获得. 网内所有网格簇头节点采用两层编码. 第一层是簇头节点ID号;第二层是二进制值,代表移动代理是否经过该节点,'1'代表经过,'0'代表不经过.

3.2 适应度函数

遗传算法仅以适应度值来度量个体在优化计算中达到最优解的优良程度. 本文选取的适应度函数如式(2)所示.

$$f(P) = \frac{1}{\sum_{i,j \in V, i \neq j} \omega(i,j) C_{ij}} \quad (2)$$

式中, i, j 为经过路由 P 的簇头节点. 目标函数是使路径 P 上所有节点间通信代价最小.

3.3 交叉和变异

轮盘赌选择方式用来确定要交叉的个体和两点交叉作用于二进制编码. 为避免交叉概率 P_c 过大导致的遗传模式破坏,过小时搜索过程缓慢的问题;变异概率 P_m 过大变为纯粹随机搜索,过小不易产生新个体结构的问题,本文采用改进的自适应遗传算法^[8]来适应调整 P_c 和 P_m ,其表达式为:

$$P_c = \begin{cases} P_{c1} - \frac{(P_{c1} - P_{c2})(f' - f_{avg})}{f_{max} - f_{avg}}, & f' \geq f_{avg} \\ P_{c1}, & f' < f_{avg} \end{cases}$$

$$P_m = \begin{cases} P_{m1} - \frac{(P_{m1} - P_{m2})(f_{max} - f)}{f_{max} - f_{avg}}, & f \geq f_{avg} \\ P_{m1}, & f < f_{avg} \end{cases}$$

式中, f_{max} , f_{avg} , f' , f 分别表示最大适应度值、平均适应度值、要交叉两个个体中较大的适应度值和要变异个体的适应度值.

3.4 精英保留策略和次优路径保留

为避免每代最大适应度值路径被破坏和无法进入下一代,算法加入了精英保留策略. 保留最大适应度值的路径,并与下一代最大适应度值比较. 如果大于下一代最大适应度值就将该路径直接替换下一代适应度值最小的个体. 最后适应度值最大的个体将被保留并将其作为最佳路径输出.

4 迁移路由修复策略

网格化获得虚拟连通虽能提高路由稳定性,但链路不可靠和常用于恶劣环境的特点决定了路由节点仍会出现彻底或暂时失效的情况. 针对此问题,路由算法中增加了利用已有信息进行迁移路由修复的策略,使得迁移路由算法具有较强的拓扑变化适应能力. 即当基路径出现失效节点导致迁移路由中断时,移动代理能通过携带的基路径和网格信息寻找到达目标节点的新路由. 由于基路径是通信代价最小的路由,在寻找新路由时如果能够避开失效节点和将基路径剩余未失效节点连到新路由中,便能使

路由修复导致增加的能耗和引起的时延较小。

路由节点失效时,本文修复策略是充分利用已有路由信息,同时借助网格化带来的便利。首先,通过比较携带路由中目标节点和移动代理所在节点网格信息来确定下一步迁移方向。图2中,目标节点所处网格为(7,5),而移动代理所处网格为(3,3),通过比较基路径可获知目标节点位于自身右上方,易推知剩余未失效节点将主要位于该区域。因此,移动代理主要通过向右上方运动来靠近其余基路径节点。移动过程通过不断调整方向来尽量向未失效基路径节点靠拢,以便利用已有基路径,这样不但可减少计算量,也使新路径与基路径相比能耗增加量较少。图2网格(7,5)中黑点为目标节点,小圈为簇头,带叉小圈为失效节点。Sink节点采用IAGA算法获得迁移代价最小的基路径 $\{(1,1), (1,2), (2,2), (2,3), (3,3), (4,3), (5,3), (6,3), (7,3), (7,4), (7,5)\}$ 。假定MA迁移到(3,3)网格簇头时,查询其邻居列表发现下跳路由网格(4,3)中节点失效,迁移路径中断,需启用修复策略以绕开失效节点。图2中目标网格在MA所处网格右上方,MA主要向右和向上迁移,并不断调整方向直到发现基路径中包含的路由节点为止。图2中MA先沿水平向右迁移一个节点,然后向上迁移,迁移至网格(5,4)时发现邻居列表中有基路径节点(5,3),则迁移到网格(5,3),路由修复完成,剩下路径仍按移动代理先前基路径迁移。图2中实箭头路径为MA携带的基路径信息,虚线为出现失效节点时,经过修复并最终迁移的路径。MA网内实际迁移路径为 $\{(1,1), (1,2), (2,2), (2,3), (3,3), (3,4), (4,4), (5,4), (5,3), (6,3), (7,3), (7,4), (7,5)\}$ 。

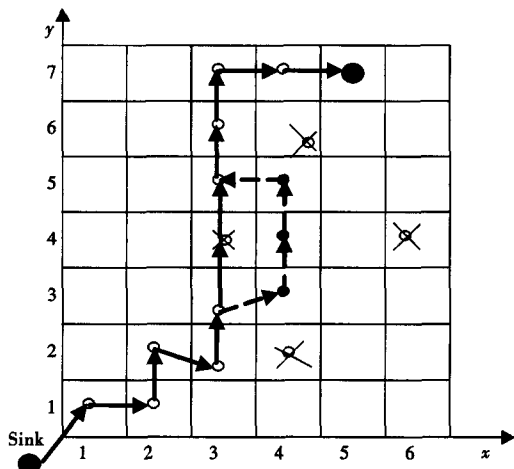


图2 MA路由修复过程示意图

5 仿真实验与分析

本文采用MATLAB 7.0仿真验证算法,参数设置如下:网格长度20 m,网络从 $80\text{ m} \times 80\text{ m}$ 到 $200\text{ m} \times 300\text{ m}$ 变化。节点随机设置,但每个网格至少一个节点,节点通信半径 $R_{\max} = 44.7\text{ m}$ 。sink节点位于网络左下方,目标位于右上方。MA代码和所携带数据量固定为100 Byte和400 Byte。采用一阶能量模型,单位数据收发功耗 $E_{\text{elec}} = 50\text{ nJ/bit}$,放大电路单位数据发送功耗 $E_{\text{amp}} = 100\text{ pJ}/(\text{bit} \cdot \text{m}^2)$ 。IAGA算法初始种群40,最大迭代数150, $P_{c1} = 0.9, P_{c2} = 0.6, P_{m1} = 0.1, P_{m2} = 0.001$ 。

首先仿真本文算法与LCF在不同网络规模下的能耗情况。由于通常认为sink节点能量无穷,故不考虑sink节点计算基路径的能耗,只计算移动代理迁移所产生的能耗,结果如图3所示。总体来看,当网络规模从16网格扩大到150时,两算法所需能耗均增加,但LCF算法在各规模时的能耗均高于本文算法。随着网络规模扩大,LCF自身能耗规模增大了3.5倍多,而本文算法仅增加了一倍多。当前结果表明本文算法在能耗方面要优于LCF算法。

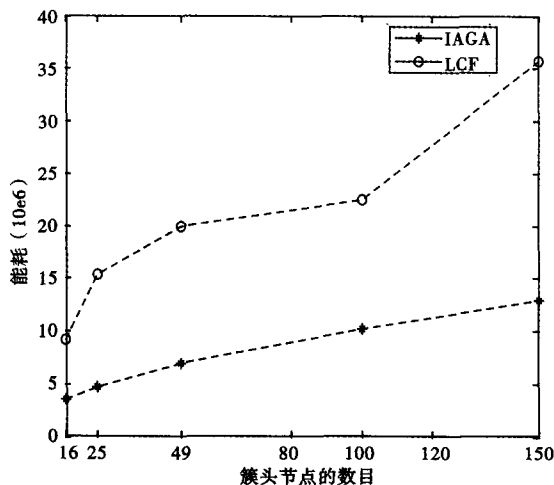


图3 不同规模下的能耗对比

其次,仿真了算法在不同失效率下的平均路由跳数变化量和能量消耗情况。限于篇幅,文中仅给出100网格规模仿真结果,节点失效率从0~0.3变化,结果如图4所示。sink计算获得的基路径为19跳,失效率小于0.1时跳数未发生明显变化。但随失效率增加平均路由跳数有所增加,失效率0.2时跳数增长到22跳多,相比基路径仅增长16%。分析认为失效率小于0.1时,由于失效节点较少,路由修复相对容易,跳数变化不大。随着失效率增加,失效节

点增多,路由修复难度加大,平均跳数自然增加.对于大于0.2时,路由跳数减少的情况,分析认为当失效节点增多时,一次可能会绕过多个失效节点,路由跳数才未明显增加.图5显示了不同失效率下MA迁移能耗情况.虽经历修复过程,但仿真结果表明能耗并未明显增加,失效率0.2时仅增加18%.当前结果表明算法具有路由修复和低能耗的优点.

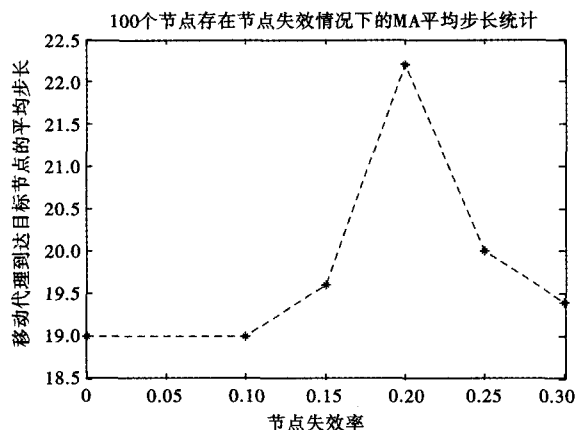


图4 不同失效率下的平均路由跳数

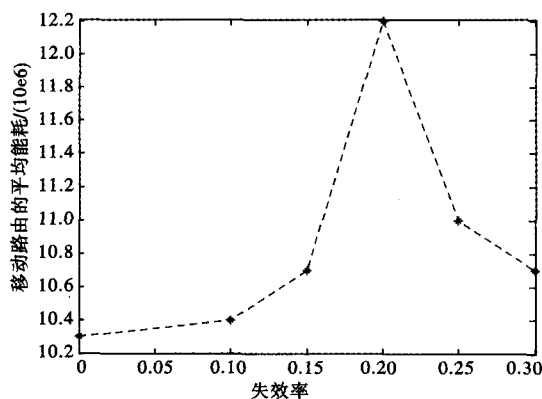


图5 不同失效率下MA路由平均路由能耗

6 结束语

针对基于移动代理的无线传感器中移动代理的

迁移路由问题,本文提出一种基于改进的自适应遗传算法的路由获取算法,并通过网格化和增加路由修复策略来提高算法适应网络拓扑变化的能力.但算法还需进一步优化处理,以获得更好的性能.

参考文献:

- [1] Hai-rong Q, Fei-yi W. Optimal itinerary analysis for mobile agents in ad hoc wireless sensor networks [C] // Proc 13th International Conference on Wireless Communications, Wireless' 2001. [s. l.]: IEEE, 2001: 147-153.
- [2] 李志宇,史浩山. 一种基于网格和移动代理的无线传感器网络数据融合算法[J]. 传感技术学报, 2008, 7(21):1232-1236.
- [3] Nen-Chung W, Yung-Fa H, Joug-shin C, et al. Energy-aware data aggregation for grid-based wireless sensor networks with a mobile sink [J]. Wireless pers. Commun. 2007, 43(2007): 1539-1551.
- [4] 刘向东,宋欣,王翠荣. 基于动态人工鱼群优化的 WSN 分簇算法[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(8):43-46.
- [5] Al-Karaki J N, Kamal A E. Efficient virtual-backbone routing in mobile ad hoc networks [J]. Computer networks, 2008, 52(2008):327-350.
- [6] 周艳,李海成. 基于 RSSI 无线传感器网络空间定位算法[J]. 通信学报, 2009, 30(6):75-79.
- [7] 王森,白文乐. 基于无线传感器网络的 TDOA-CTLS 定位算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(4): 149-152.
- [8] 王小平,曹立明. 遗传算法-理论、应用与软件实现 [M]. 西安:西安交通大学出版社, 2002.

作者简介:

刘欢笑 女, (1983—), 硕士. 研究方向为软件工程、计算智能(移动代理方向).

杨晓飞 男, (1983—), 博士. 研究方向为无线传感器网络、电路设计.

(上接第113页)

- [3] Pons P, Latapy M. Computing communities in large networks using random walks[J]. Journal of Graph Algorithms and Applications, 10(2):191-218, 2006.
- [4] 史变霞,张明新. 一种改进的层次聚类算法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(12): 87-89.
- [5] 王慧,申石磊. 一种改进的特征加权 K-means 聚类算法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(7): 161-163.
- [6] 崔军,郭春艳,贾宗维. 一种连通非加权图的快速聚类

方法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(7):179-181.

作者简介:

任巍英 女, (1986—), 硕士研究生. 研究方向为图聚类算法.

高媛 女, (1972—), 副教授, 硕士生导师. 研究方向为人工智能与知识发现、软件设计方法及应用、网络技术应用.