

基于动态人工鱼群优化的 WSN 分簇算法

刘向东, 宋 欣, 王翠荣

(东北大学 秦皇岛分校, 河北 秦皇岛 066004)

摘 要: 将群智能优化算法引入无线传感器网络分簇路由协议的设计能有效地节约节点能量和提高分簇效率. 针对基本人工鱼群算法在运算速度方面的不足, 提出了一种基于动态人工鱼群优化的无线传感器网络分簇算法, 算法为了同时具有较好的全局搜索和局部寻优能力, 更快地得到最优分簇结果, 在一次迭代进化中除了考虑人工鱼的觅食行为、聚群行为和追尾行为的寻优结果之外, 还动态调整人工鱼的视野范围和前进步长两个重要参数. 仿真结果证明, 与 LEACH, LEACH-C, AFSO 算法比较, 由于计算量的减少和计算速度的提高, 此算法能有效地延长网络生命周期和减少能量消耗.

关键词: 无线传感器网络; 分簇算法; 动态人工鱼群优化

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)08-0043-04

A Dynamic Artificial Fish Swarm Optimization Based Cluster Algorithm for Wireless Sensor Networks

LIU Xiang-dong, SONG Xin, WANG Cui-rong

(Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: The swarm intelligence optimization algorithms are effective measures on saving node energy and improving cluster configuration for WSN routing protocol research. In order to decrease runtime of basic artificial fish swarm optimization, in this paper, a dynamic artificial fish swarm optimization based cluster algorithm for WSN was proposed. The algorithm achieve more appropriate cluster and better global/local optimization through dynamic adjusting visual and step parameters of artificial fish. The simulation results show that the total number of alive nodes is greater and the node energy dissipation is more decreasing than that is LEACH, LEACH-C and basic AFSO.

Key words: Wireless sensor networks; cluster algorithm; dynamic artificial fish swarm optimization

1 引言

利用分簇技术已经被证明对于无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSN) 的层次路由协议设计来说是一种有效的方法, 基于分簇的层次路由协议能有效提高网络的扩展性和平衡传感器节点的能量消耗. 传感器网络以分簇形式组织后, 传感器节点分为簇头节点 (Cluster Head, CH) 和簇内节点. 簇头节点负责收集簇内节点传感信息, 进行必要的融合处理后传送给基站, 簇头节点要求有较

多的能量, 实现与基站的通信, 由此可知, 簇头的选举和簇区域的划分对网络生命周期和能量消耗有很大影响. LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 协议是最早提出的应用于无线传感器网络的层次路由协议, 采用随机循环的选取簇头节点的方式实现网络能量负载的均衡, 虽然与平面多跳路由协议相比, LEACH 延长了网络生命周期, 但是算法在选择簇头时没有考虑节点当前能量和分布位置等情况, 使得在能量较低节点担当簇头或簇头节点位置处于网络边缘时, 加快节点的死亡和增大与

收稿日期: 2011-05-15; 修回日期: 2011-06-23

基金项目: 东北大学“九八五”工程信息化基础结构关键技术科技创新平台项目

基站通信时能量的消耗^[1]. LEACH-C (LEACH-Centralized) 是一种集中式的簇头选择协议, 将节点当前能量作为簇头选取的条件, 在高于全网平均能量的节点中应用模拟退火算法寻找最佳的分簇方案、最小化通信能量消耗. LEACH-C 比 LEACH 协议在簇头选取、簇形成方面有所改进, 簇结构更合理和优化, 但协议需要所有节点的当前能量信息和当前全网的拓扑结构, 对于无线传感器网络来说, 在规模较大的部署情况下, 不但增加了通信开销而且很难实现. 近年来, 随着群智能优化算法研究的深入, 结合群智能算法具有较好的自组织、自适应性, 鲁棒性强和可扩展性好等特点, 基于群智能优化算法的无线传感器网络路由协议的研究取得了大量成果^[2-3]. 人工鱼群优化 (Artificial Fish Swarm Optimization, AFSO) 算法作为一种较新的群智能优化算法, 具有简单易实现, 搜索空间的自适应能力, 初值参数选择不敏感, 鲁棒性强, 收敛性好, 能取得全局极值避免陷入局部极值等优点^[4], 将其引入到无线传感器网络层次路由协议的设计中, 能获得较优的簇结构, 对延长网络生命周期和节约能量消耗方面有一定的改善, 但是基本的人工鱼群算法在运算速度和计算量方面还存在不足^[5-7].

本文采用能对人工鱼视野和步长等算法参数进行动态调整, 同时执行人工鱼的觅食、聚群和追尾行为的动态人工鱼群 (Dynamic Artificial Fish Swarm Optimization, AFSO) 算法对无线传感器网络节点进行分簇优化, 以更小的计算量和更快的搜索速度得到较好的分簇结构和更优的簇头节点. 仿真实验结果证明了执行该分簇优化算法比 LEACH、LEACH-C 和基本人工鱼群优化算法的网络生命周期长, 消耗能量少.

2 人工鱼群优化算法简介

2.1 人工鱼群优化算法基本思想

人工鱼群算法是 2002 年李晓磊提出的一种基于模拟鱼群行为的随机搜索优化算法, 算法通过初始化人工鱼执行觅食、聚群和追尾行为改变自身状态, 经过一段时间的迭代计算各人工鱼在各自群极值处聚集, 这样就可以通过人工鱼的局部寻优找到全局最优解.

2.2 人工鱼行为描述

人工鱼在寻优的过程中, 包括觅食、聚群、追尾和随机移动四种典型行为, 每条人工鱼通过对周围环境的感知, 在每次迭代计算中执行其中一种行为,

最优解在迭代过程中凸显. 每种行为规则描述如下:

(1) 觅食行为. 模仿生物趋向食物游动的一种活动, 一般可以认为它是通过视觉或味觉来感知水中的食物量或浓度来选择活动趋向的. 人工鱼在其可视领域内随机选择一个状态, 如果该状态的食物浓度大于当前状态, 则向该状态前进一步, 如何不大于, 重新随机选择另一种状态, 如果重新选择设定次数后, 仍不满足, 则人工鱼随机移动一步.

(2) 聚群行为. 为保证群体的生存和躲避危害, 鱼在游动中自然聚集成群. 人工鱼探索其视野邻域内伙伴个数, 如果不超过拥挤设定因子而且中心位置的状态食物浓度高于人工鱼当前状态, 则向中心位置方向前进一步, 否则执行觅食行为.

(3) 追尾行为. 在鱼群游动的过程中, 如果其中有一条鱼或者几条鱼发现食物, 则邻居的鱼就会尾随到达食物点. 人工鱼探索其视野邻域内伙伴个数, 如果不超过拥挤设定因子而且其中最优伙伴的状态食物浓度高于人工鱼当前状态, 则向该伙伴方向前进一步, 否则执行觅食行为.

(4) 随机行为. 鱼儿在水中自由的游动, 基本上随机的, 利于更大范围的寻觅食物和伙伴. 人工鱼在视野邻域内随机选择一个状态, 然后向该方向前进一步, 是觅食行为的一种缺省行为.

3 基于动态人工鱼群聚类的 WSN 分簇算法

3.1 动态人工鱼群优化思想

假设无线传感器网络部署在 D 维的空间中, 节点初始化为 n 条人工鱼组成的群体, 人工鱼的状态表示为向量 $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_r)$, 其中 $x_i (i = 1, 2, \dots, r)$ 为寻优变量, 两条人工鱼 X_i 和 X_k 的距离可以定义为 $d_{ik} = \|\mathbf{X}_i - \mathbf{X}_k\|$, AF_{visual} 表示人工鱼的视野范围, AF_{number} 表示人工鱼在觅食行为中的重复选取次数, AF_{step} 表示人工鱼每次前进的步长, ρ 表示拥挤度. 如果分簇的数目设为 k , 则可以将 k 个簇集合设为 $S_j, j = 1, 2, 3, \dots, k$, 那么人工鱼按式(1)计算当前食物浓度.

$$Y = f(x) = \min \sum_{j=1}^k \sum_{\mathbf{X} \in S_j} \|\mathbf{X} - m_j\| \quad (1)$$

式中, m_j 表示簇聚类中心, 在算法运行过程中随着新的最优聚类的出现而改变, 新聚类中心确定后, 将各人工鱼按最近原则重新聚类, 也就是说各簇聚类中心取当前人工鱼数据点与各聚类中心点距离最短的. 人工鱼寻优的过程中, 起初是全局搜索, 但是一

定位到最优解的大致位置后,算法应该增强局部搜索能力,因此,动态人工鱼群算法在执行基本人工鱼群寻优行为的同时,对人工鱼的视野范围 AF_{visual} 和人工鱼前进的步长 AF_{step} 按式(2)进行动态的调整,使得在寻优的过程中使得两个变量逐渐由大变小,最后保持最小,这样加快了算法的收敛速度又提高了算法的精度。

$$\begin{cases} AF_{\text{visual}} = AF_{\text{visual}} \times \lambda + AF_{\text{min_visual}} \\ AF_{\text{step}} = AF_{\text{step}} \times \lambda + AF_{\text{min_step}} \\ \lambda = \exp(-30 \times (\text{itera}/\text{max_itera})^\gamma) \end{cases} \quad (2)$$

算法设置一个公告板,每条人工鱼在执行某一行行为后,与公告板的适应值比较,如果优于公告板值则替换,使得公告板记录搜索到的最优状态和该状态的适应值。最终,人工鱼集结在几个局部极值的周围。

3.2 动态AFSO分簇优化过程描述

根据上述算法描述,利用动态人工鱼群算法对无线传感器网络分簇结构进行优化,考虑节点剩余能量,节点距离等因素将传感器网络节点初始化为人工鱼,人工鱼的坐标就是传感器的位置,每次迭代记录人工鱼优化向量信息、局部群相似度,算法达到设定迭代次数之后,根据剩余能量、通信距离等优化参数形成个人工鱼聚集区,即形成的簇结构。算法如Algorithm1描述如下。

Algorithm 1. 2AFSO Based Cluster Algorithm

Cluster_2AFSO(struct AF, int n)

```
{ Initialize all AF patameters;
// 初始化迭代次数和最大迭代次数
Itera = 0; max_itera = 100;
For(; itera < 100 || AFS_best_solution; itera++)
{
for (i = 0; i < n; i++)
{
for(j = 0; j < n & j != i; j++)
{
Preying(Elemtype X[i], Elemtype X[j]);
}
Swarming(Elemtype X[i], Elemtype X[j]);
Following(Elemtype X[i], Elemtype X[j]);
}
Update(AF_visual, AF_step);
Itera++;
}
```

4 实验测试结果分析

为测试基于动态视野和步长的人工鱼群算法在无线传感器网络分簇优化处理方面的性能,在 ns2 平台下,设定在(0,0)到(100,100)二维坐标平面随机部署 100 个传感器节点,基站位置在(50,80),如

图 1 所示。

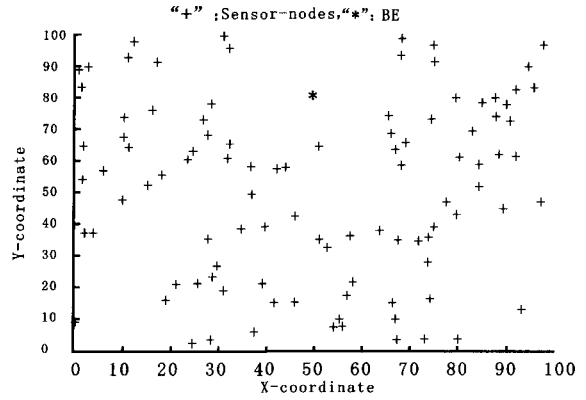


图 1 随机部署的 100 个无线传感器节点

所有节点的初始能量为 2 J,仿真时间 500s,在 WSN 应用中,测试一种算法是否节省能量,除了计算网络的整体能量消耗之外,另一个比较直观的方法就是判断算法是否延长了网络的生命周期,也就是说,在同一时间测试网络节点的存活数量。选择典型的无线传感器网络分簇协议 LEACH, LEACH-C 以及基本人工鱼群算法 AFSO 优化分簇的实验结果与动态人工鱼群优化分簇算法进行比较,仿真测试结果如图 2、图 3 所示。

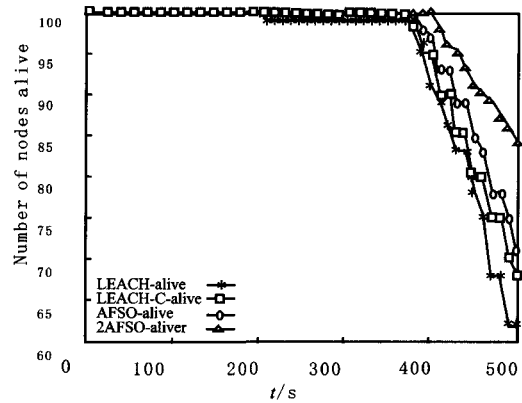


图 2 每轮网络节点存活数比较结果

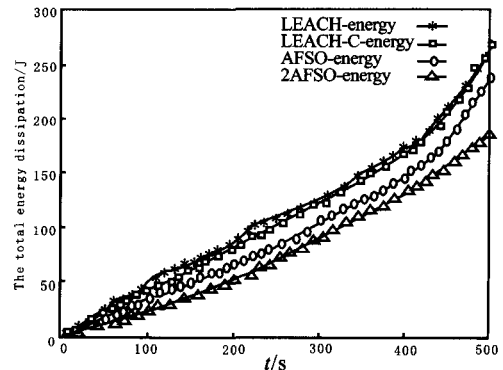


图 3 每轮网络整体能量耗费比较结果

图 2、图 3 结果说明了经过基于动态的 2AFSO 进行分簇优化之后,比 LEACH, LEACH-C, 基本的

AFSO 算法的网络生命周期长,网络的整体能量消耗少,也就是说网络中出现第 1 个死亡节点的时间推迟,在以后的仿真时间中,节点存活的总数也比上述三种协议多,能量消耗方面每轮也节约了一定的能量.这是因为,算法通过人工鱼群三种行为的优化处理,比 LEACH 协议以随机概率的方式选择簇头进行分簇的思想成簇结构更加合理,考虑了节点的剩余能量和通信耗费等优化参数.另外,比集中式的 LEACH-C 协议中应用的模拟退火优化算法,人工鱼群优化算法能更快速地跟踪极值点,对初值和参数要求不高,计算速度更快等优点,相对于基本人工鱼群优化 AFSO 算法,基于动态的人工鱼群算法在每次迭代之后,动态调整聚类中心和人工鱼的视野范围和步长,使得算法在搜索最优解的过程中,提高了算法的收敛速度和算法的精度.

5 结束语

在深入研究了基本人工鱼群算法的基础上,本文提出了基于动态人工鱼群优化的无线传感器网络分簇算法,在簇的建立阶段,节点模仿人工鱼的觅食,聚群,追尾三种行为,对待优化向量参数进行寻优计算,从而优化了无线传感器网络簇结构,实验证明了算法能有效的延长网络生命周期和节约网络能量.在未来的工作中,除了研究人工鱼群算法的其他改进方法之外,还将继续深入研究其他有效的、简化的生物群智能算法应用与无线传感器网络协议设计中的有效性和可行性,寻找更简单,有效和快速的智能优化分簇方法,以便于更适用于能量受限的无线传感器网络.

参考文献:

- [1] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2002, 1(4):660-670.
- [2] Ren H, Meng M H. Biologically inspired approaches for wireless sensor networks[C]// Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Luoyang, Henan; IEEE, 2006: 762 - 768.
- [3] Pauwels E, Salah A, Tavenard R. Sensor networks for ambient intelligence[C]// proceedings of the IEEE 9th Workshop on Multimedia Signal 2007, MMSP 2007. Grete; IEEE, 2007: 13-16.
- [4] Zhou Y, Liu B. Two novel swarm intelligence clustering analysis methods[C]// Proceedings of The Fifth International Conference on Natural Computation. Tianjing: IEEE, 2009(4): 497-501.
- [5] Min Xiang, Ren ShiWei, et al. Energy efficient clustering algorithm for maximizing lifetime of wireless sensor networks[J]. Int J Electron Commun, 2010(64): 289-298.
- [6] Ali Chamam, Samuel pierre: a distributed energy-efficient clustering protocol for wireless sensor networks [J]. Computers and Electrical Engineering, 2010(36), 303-312.
- [7] Kemal Akkaya, Fatih Senel, Brian McLaughlan. clustering of wireless sensor and actor networks based on sensor distribution and connectivity[J]. J Parallel Distrib Comput, 2009(69): 573-587.

作者简介:

刘向东 男,(1966-),讲师.研究方向为软件工程管理、计算机网络、数据库技术.

宋欣 女,(1978-),博士,讲师.研究方向为传感器网络、分布式数据管理、智能信息处理.

王翠荣 女,(1963-),博士,教授.研究方向为计算机网络技术.

(上接第 42 页)

- [8] Wu KL. Convergence and competition on the way toward 4G[J]. IEEE Microwave magazine, 2008, 9(2): 6-10.
- [9] Alfredsson S, Brunstrom A, Sternad M. Transport protocol performance over 4G links: Emulation methodology and results[C]// Proceedings of the 3rd International Symposium on Wireless Communication Systems.

Valencia SPAIN: [s. n.], 2006: 327-332.

作者简介:

庞倩超 女,(1966-),硕士,副教授.研究方向为智能信息系统.

李熙春 男,(1973-),博士.研究方向为移动通信网络.