

基于人工鱼群与粒子群融合算法的 WMSN 覆盖优化研究

王秀全,冯秀芳,郑惠月

(太原理工大学 计算机科学与技术学院,山西 晋中 030600)

摘 要: 采用人工鱼群与粒子群融合算法,解决无线多媒体传感器网络中,当节点随机部署时存在的能量利用率低和覆盖盲区的问题.该算法将快速收敛的人工鱼群算法与搜索效率高的粒子群算法结合起来运用到 WMSN 的覆盖中,首先用人工鱼群算法调整传感器节点分布,使节点分布均匀;其次用粒子群算法进行快速的局部搜索,调节传感器节点的位置和方向,使网络中的节点分布合理,以达到覆盖的最大化,弥补了人工鱼群算法后期收敛不足和粒子群过早陷入“早熟”的缺点.实验结果表明,该算法在提高覆盖性能优化中表现出优越性.

关键词: 无线多媒体传感器网络;覆盖优化;粒子群算法;人工鱼群算法

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2016)10—0106—05

Wireless Multimedia Sensor Network Coverage Optimization Based on Ant Colony Algorithm and PSO Algorithm

WANG Xiu-quan, FENG Xiu-fang, ZHENG Hui-yue

(College of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Jinzhong 030024, China)

Abstract: To solve the problem of low energy utilization ratio and coverage blind area in the wireless multimedia sensor networks when nodes are randomly deployed, An algorithm which fusion by artificial fish swarm algorithm and particle swarm optimization algorithm is proposed. This algorithm combines the fast convergence of the artificial fish swarm algorithm and the search efficiency of the particle swarm algorithm to apply to WMSN coverage. Firstly the artificial fish swarm algorithm is used to adjust the distribution of sensor nodes, so that the nodes are distributed evenly, then the particle swarm optimization algorithm is used to adjust the position and direction of the sensor nodes, so that the distribution of the nodes in the network is reasonable, so as to maximize the coverage of the sensor nodes, to make up for the lack of convergence of artificial fish school algorithm and the shortcomings of premature convergence of particle swarm. Experimental results show that the proposed algorithm is more advantageous in improving the performance of coverage optimization.

Key words: wireless multimedia sensor networks; coverage optimization; particle swarm optimization algorithm; artificial fish swarm algorithm

1 引言

近年来,国内外学者在 WMSN 覆盖控制方面进行了大量研究,文献[1]利用混沌人工蜂群算法改善人工蜂群算法陷入局部最优、收敛慢等问题,提高了算法收敛速度和精度,对节点覆盖模型进行求解,得出网络最

优覆盖方案.文献[2]将混沌运动与粒子群算法结合,利用混沌运动的遍历性和随机性,克服了粒子群算法后期陷入局部最优的缺点,仿真结果表明,该算法比基本粒子群算法具有更好的覆盖优化效果.文献[3]利用粒子群算法研究无线传感器网络中容错覆盖,使得网络故障发生后,能迅速完成覆盖修复.针对粒子群算法

的缺点,文献[4]提出了基于改进 PSO 的 WMSN 覆盖增强算法,对各节点的感知方向进行调整,提高网络的覆盖率。对于无线传感器网络覆盖优化还有许多其他的算法,其中典型的有人工鱼群算法^[5,6],文献[7]采用人工鱼群算法对模型进行求解,得到无线传感器网络的最优覆盖方案,但其收敛速度慢。文献[6]针对人工鱼群收敛速度慢的缺点,对其进行改进,对人工鱼群视野范围和步长自适应调整,提高了算法的寻优精度收敛速度以及稳定性。

本文基于人工鱼群与粒子群算法的优缺点,提出了人工鱼群与粒子群融合覆盖算法(HAPCO)。

2 模型定义

2.1 有向传感器节点的感知模型

有向传感器节点的感知模型一般采用四元组 $\langle S_i, r, \mathbf{V}, \alpha \rangle$ 表示。其中, $S_i = (x_i, y_i)$ 表示传感器节点的位置坐标; r 为节点的最大感知距离; 单位向量 $\mathbf{V}$ 为节点的感知方向, 是扇形感知区域的中轴线; α 为感知夹角, 即边界偏移感知向量 $\mathbf{V}$ 的角度, 2α 则为感知区域的视角, 通常记为 FOV , 如图 1 所示。

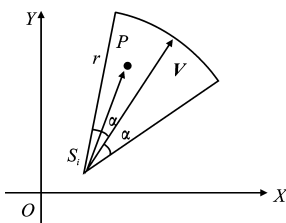


图 1 有向传感器节点感知模型

2.2 传感器网络模型

针对无线多媒体传感器网络特性, 对网络作如下假设:

- (1) 所有节点具有相同的感知半径和感知角度, 即传感器节点同构;
- (2) 所有节点位置保持不变, 覆盖增强的提高通过调整节点的主感知方向而实现。
- (3) 所有节点能够了解自身位置和某一时刻主感知方向。

3 相关算法介绍

3.1 粒子群算法

粒子群优化算法 (Particle Swarm Optimization, 简称 PSO) 的基本思想: 假设一个种群中有 n 个粒子, 对于每个粒子 $i (i = 1, 2, \dots, n)$, 在 D 维空间的坐标表示为 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{id})$, 速

度表示为 $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{id})$, 微粒 i 在某个 t 时刻所经历的最好位置记为 $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{id})$, 也就是个体所经历过的最优位置 $kbest$ 。群体中所找的最优位置用 P_g 表示, 也就是全局最优值 $lbest$ 。

在粒子进行每一次迭代的时候, 每个粒子通过式(1)来更新自己的速度及位置:

$$\begin{cases} v_{ij}(t+1) = \omega * v_{ij}(t) + c_1 * r_1 * (p_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2 * r_2 * (p_{gj}(t) - x_{ij}(t)) \\ x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + v_{ij}(t+1) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $v_{ij}(t)$ 表示微粒 i 的 j 维的第 t 代; ω 为惯性权重; c_1, c_2 被称为学习因子, 通常取 $[0, 2]$ 之间的常数; r_1, r_2 为 $[0, 1]$ 之间服从均匀分布的随机数。

从式(1)可以看出粒子更新速度公式总共由三部分构成: 第一是粒子的飞行惯性; 第二是粒子自身获得的经验, 反映了粒子所经历过的历史最好位置; 第三是群体经验, 反映了粒子间通过相互协作和信息共享。粒子群算法在这三部分的共同作用下, 不断迭代更新, 最终找到最优解。

3.2 人工鱼群算法

人工鱼群算法 (Artificial Fish Swarm Algorithm, AFSA) 是一种基于群体智能的优化算法, 其基本思想: 在一片水域中, 鱼可以自行或尾随其他鱼找到营养物质多的地方, 因而鱼生存数目最多的区域即本水域中营养物质丰富的区域。人工鱼群算法根据这一特点, 通过构造人工鱼来模仿鱼群的觅食、聚群及追尾行为, 从而实现寻优。以下是鱼的几种典型行为: 觅食行为、聚群行为、追尾行为、公告板。

人工鱼群算法流程如图 2 所示。

4 AFSA-PSO 融合覆盖算法 HAPCO

由文献[8]在监测区域内实现网络覆盖最大化是一个 NP 完全问题, 现有的文献中可以从两方面提高网络的覆盖率: 一种是调整传感器节点的主感知方向使其覆盖更多的区域; 一种是调整传感器节点的位置, 使节点分布均匀。本文从调整传感器节点的工作方向和位置两方面来研究覆盖增强算法, 将人工鱼群算法 (AFSA) 和粒子群算法 (PSO) 结合后引入到 WMSNs 中, 提出了人工鱼群与粒子群融合覆盖算法 (Hybrid algorithm with artificial fish swarm and particle swarm for coverage optimization, HAPCO), 通过调整传感器节点的位置和方向, 逐步消除区域内的覆盖重叠区和盲区, 使监测区域覆盖率达到最大化。

人工鱼群和粒子群融合优化覆盖算法 (HAP-

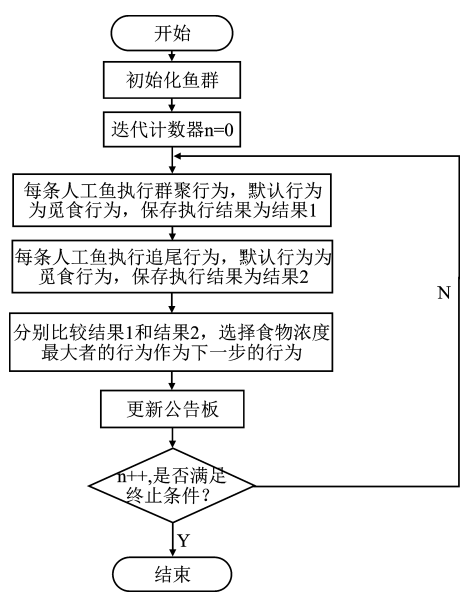


图2 AFSA 算法的流程图

CO)分为三个阶段:首先是对网络进行初始化;然后用人工鱼群算法调整传感器节点位置和方向,每一条人工鱼代表一个传感器节点的部署方法;最后将人工鱼群算法达到最大迭代次数时优化的结果(即传感器节点当前的位置和方向)作为输入赋给对应粒子群中的粒子,继续用粒子群算法对网络进行优化,每一个微粒代表一种传感器节点的部署方法。

AFSA-PSO 融合覆盖算法的基本步骤如下。

- (1)初始化 WMSNs 中传感器节点的位置和感知方向,并计算网络的初始覆盖率。
- (2)在可行域内随机初始化人工鱼群数目 N ,人工鱼视野为 $visual$,最大步长为 $step$,每次觅食最大的试探次数 try_number ,拥挤度因子 δ ,粒子群的学习因子 c_1 和 c_2 ,最大迭代次数 n 。
- (3)设置公告板,计算每条人工鱼的适应度值(即监测区域内的网络覆盖率),并与公告板进行比较,若优于公告板,则用它此时的值替代公告板的值。
- (4)每条人工鱼通过觅食行为、聚群行为和追尾行为来更新自己的位置。
- (5)算法终止条件. 如果达到初始设定的最大迭代次数,则停止. 将最优值、最优位置在公告板更新,转(6),否则转(3)。
- (6)将人工鱼群算法达到最大迭代次数时优化的结果(即传感器节点当前的位置和方向)作为输入赋给对应的粒子群中的粒子。
- (7)将公告板最优值赋值给 $kbest$,最优位置赋值给 $lbest$ 。
- (8)根据适应度函数,按式(2)计算每个粒子的

适应值,即监测区域内的网络覆盖率。

$$f_i = \eta(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}) \tag{2}$$

(9)对于每个粒子,将其适应值(即网络覆盖率)与历史的最优位置 $kbest$ 作比较,如果较好,则将其作为当前的最好位置 $kbest$ 。

(10)对于每个粒子,将其适应值(即网络覆盖率)与群体最好位置 $lbest$ 作比较,如果较好,则将其作为群体最好位置 $lbest$ 。

(11)依据式(1)来调整当前粒子的位置和速度。

(12)算法终止条件. 若达到初始设定的最大迭代次数,则停止,输出最优解,算法终止;否则返回(3)。

5 算法仿真与性能分析

5.1 主要参数设置

本文在 MATLAB 7.0 的环境下,对 WMSN 覆盖优化进行仿真实验. 在 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的监测区域内随机部署 100 个传感器节点,节点的感知半径为 12 m,感知夹角为 60° ,实验参数如表 1 所示。

表 1 相关参数设置

参数名称	参数值
粒子群算法加速因子	$c_1 = c_2 = 2$
粒子数	$m = 10$
人工鱼群算法鱼群数量	$n = 10$
可视域	$visual = 20$
最大移动步长	$step = 2$
觅食试探次数	$try_number = 10$
拥挤度因子	$\delta = 0.618$

5.2 覆盖效果对比

图 3 为在监测区域内随机部署 100 个传感器节点的初始分布图,覆盖率仅为 37.05%,从图中可以看出有大量的覆盖重叠区和覆盖盲区,节点分布不均匀,不仅造成了传感器节点能量的浪费,还达不到覆盖的要求。

采用 AFSA、PSO、HAPCO 覆盖算法对网络进行覆盖优化,算法迭代 100 次的覆盖效果分别如图 3~6 所示,与初始分布相比,节点的覆盖效果均上升,覆盖率分别达到了 67.33%,69.59%,77.27%。HAPCO 覆盖算法的区域覆盖率比初始覆盖提升了 40.22%,覆盖率上升速度快,说明 HAPCO 覆盖算法具有良好的全局搜索能力和收敛速度。

5.3 迭代次数对覆盖效率的影响

迭代次数对算法效率的影响比较突出,分别采用人工鱼群算法(AFSA)、粒子群算法(PSO)和 AFSA-PSO 融合覆盖算法(HAPCO)对网络进行覆

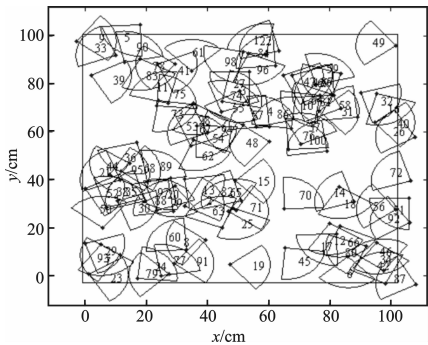


图 3 节点初始部署覆盖效果

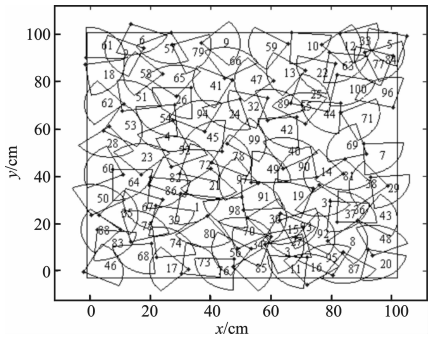


图 4 AFSA 算法覆盖效果

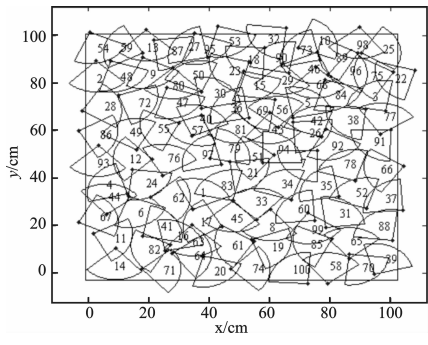


图 5 PSO 算法覆盖效果

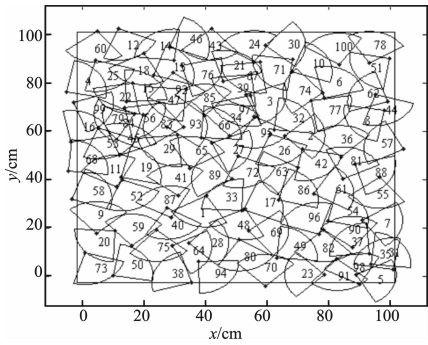


图 6 HAPCO 算法覆盖效果

盖优化,表 2 显示了各算法随着迭代次数的增加其对应覆盖率的变化.采用同一种覆盖算法时,覆盖率随着迭代次数的增加而上升.当迭代次数相同时,采用 HAPCO 算法比采用单一的 AFSA 算法和 PSO 算法覆盖效果更好.

表 2 迭代次数对覆盖率的影响

迭代次数	覆盖率/%		
	AFSA 算法	PSO 算法	HAPCO
10	56.59	54.99	55.49
30	58.63	57.97	60.5
50	65.14	63.53	68.96
100	67.33	69.59	77.27
150	72.47	71.5	80.25

图 7 中显示了初始节点数为 100 时,采用 HAPCO 算法进行迭代过程中,随迭代次数的变化,网络的覆盖率变化的曲线图,从图中可以看出,随迭代次数的增加覆盖率不断上升,覆盖率提升速度很快,原因是初始部署后区域的覆盖重叠区和盲区比较多,而采用人工鱼群算法调整后时节点分布均匀,最后用粒子群算法在局部进行寻优达到了更好的覆盖效果.

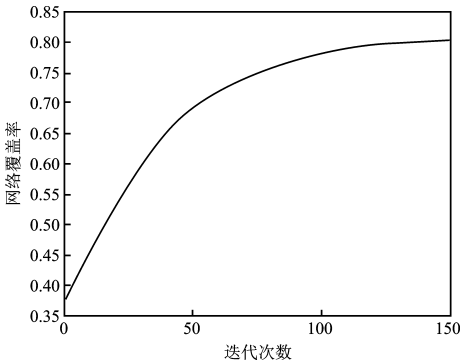


图 7 迭代次数对覆盖率的影响

5.4 传感器节点数目对覆盖效率的影响

传感器节点数目对网络覆盖率的影响也很大.图 8 为三种算法在节点数目不同的情况下迭代 30 次对网络覆盖率的影响.从图中可以看出,随着节点数目的增多,三种算法的覆盖效果均得到提高,而在节点数目相同的条件下,相比于 AFSA 算法和 PSO 算法,采用 HAPCO 融合覆盖算法时覆盖率提升较大.

5.5 传感器节点感知半径对覆盖效率的影响

传感器节点感知半径对覆盖率具有至关重要的作用.图 9 为三种覆盖算法在传感器节点感知半径不同的情况下迭代 30 次对网络覆盖率影响的效果图.从图可以看出,随着感知半径的增加,网络覆盖提升率都有所上升,同时相比与 AFSA 算法和 PSO 算法,HAPCO 融合覆盖算法在 WMSN 覆盖率提升方面有较好的表现.

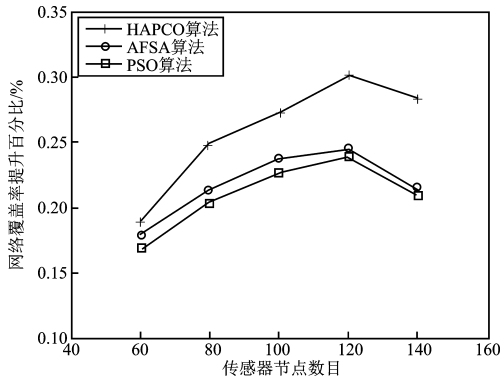


图8 节点数目对覆盖率的影响

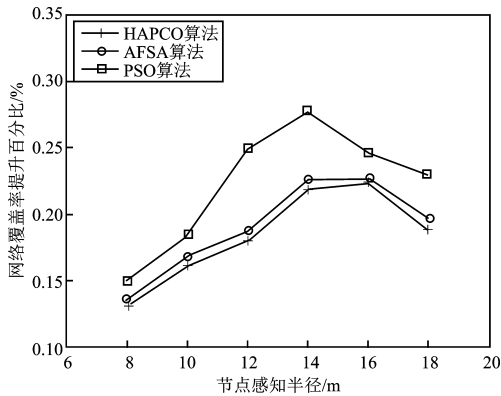


图9 感知半径对覆盖率的影响

6 结束语

本文针对 WMSN 中存在覆盖重叠区和覆盖盲区的问题,采用了人工鱼群与粒子群融合覆盖算法(HAPCO)对监测区域进行覆盖优化,利用人工鱼群全局性好的优点先对传感器节点的位置和方向进行调整,使节点分布均匀,然后通过粒子群算法局部调整传感器节点的位置和方向,优化网络覆盖效果,最后对人工鱼群与粒子群融合覆盖算法进行了一系列的仿真实验,通过改变迭代次数、传感器节点半径、节点数目对算法的性能进行分析,实验表明该算

法较大地提升了网络覆盖率.

参考文献:

- [1] 文政颖, 翟红生. 基于混沌人工蜂群算法的无线传感器网络覆盖优化[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(5): 1609-1612.
- [2] 刘维亭 范洲远. 基于混沌粒子群算法的无线传感器网络覆盖优化[J]. 计算机应用, 2011, 31(2): 338-340.
- [3] Peng L, Liu K, Liu G. Research on wireless sensor networks fault-tolerant coverage algorithm base on particle swarm optimization[C] // IET International Conference on Wireless Sensor Network 2010 (IET-WSN 2010). [s. l.]: IEEE, 2010: 286-290.
- [4] 郭剑, 孙力娟, 韩崇, 等. 基于改进 PSO 的 WMSNs 覆盖增强算法[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(5): 1-5.
- [5] Tao D, Tang S, Liu L. A coverage enhancement algorithm based on constrained artificial fish-swarm in directional sensor networks [J]. Journal of Internet Technology, 2014, 15(1): 43-52.
- [6] 黄瑜岳, 李克清. 基于人工鱼群算法的无线传感器网络覆盖优化[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(2): 554-556.
- [7] 李丽, 李会, 张天丽, 等. 基于改进鱼群算法的 WSN 覆盖优化策略[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(2): 83-86.
- [8] Lee D T, Lin A K. Computational complexity of art gallery problems [J]. Information Theory, IEEE Transactions on, 1986, 32(2): 276-282.

作者简介:

王秀全 男, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络. E-mail: 1252764291@qq.com

冯秀芳 女, (1966-), 博士, 教授. 研究方向为无线传感器网络、人工智能.

郑惠月 女, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络.

(上接第 105 页)

- [7] 毛红梅, 甘晟科. 求关系图中源点到各结点所有路径的一种实用算法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(3): 128-130.
- [8] 李方敏, 刘新华, 旷海兰. 无线传感器网络中一种高效低延时的泛洪算法研究[J]. 通信学报, 2007, 28(8): 46-53.
- [9] Sundaresan N, Yi J. Mining the Web for relations[J]. Computer Networks, 2000, 233(1-6): 699-711.
- [10] Granovetter. The strength of weak ties[J]. The American Journal of Sociology, 1973, 78(6): 1360-1380.

作者简介:

王月 女, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为计算机网络与数据库.

滕桂法(通讯作者) 男, (1963-), 教授, 博士生导师. 研究方向为计算机网络与智能信息处理研究.

E-mail: tguifa@hebau.edu.cn.

王春山 男, (1978-), 副教授. 研究方向为智能农业装备.

张璠 女, (1983-), 讲师. 研究方向为计算机网络与智能信息处理.