

基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法研究

沈海洋

(江苏食品职业技术学院, 江苏 淮安 223003)

摘 要: 针对基于标准粒子群算法的网络覆盖存在收敛速度慢、易早熟等问题, 提出一种基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法. 以无线传感器最大覆盖率为目标函数, 通过运用加入自适应交叉变异因子的遗传算法搜索解空间, 利用 PSO 粒子群强大的全局搜索能力加大搜索范围, 使粒子覆盖更有效率, 加强算法的寻优能力, 提高节点的覆盖率, 解决早熟问题. 仿真实验表明, 与传统遗传算法、新量子遗传算法相比, 其覆盖率分别提高了 2.28% 和 0.65%, 收敛速度也有所提高, 因此该方法能有效地实现无线传感网络覆盖优化.

关键词: 无线传感网络; 覆盖优化; POS; 遗传算法

中图分类号: TN402

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)03-0148-04

Based on Genetic PSO Wireless Sensor Network Coverage Optimization Algorithms

SHEN Hai-yang

(Jiangsu Food Science College, Huaian 223003, China)

Abstract: According to the standard particle swarm algorithm based on the existing network cover slow convergence speed, easy early, is proposed based on the genetic PSO of wireless sensor network coverage optimization algorithm. In wireless sensor maximum coverage as the objective function, through the application of join adaptive crossover and mutation factor genetic algorithm to search the solution space, using the PSO (particle swarm optimization) powerful global search ability increase search scope, make particle cover more efficient, strengthen algorithm optimization ability, improve the node coverage, solve premature problem. Simulation results show that, with the standard traditional genetic algorithm, the PSO algorithm optimization results were compared, and the coverage increased by 2.28% and 0.65% respectively; and convergence speed increased, so this method can effectively realize the wireless sensor network coverage optimization.

Key words: wireless sensor network; cover optimization; POS; genetic algorithm

1 引言

无线传感器网络是由大量安置在检测区域中的传感器节点构成, 采用无线通信方式进行数据通信的网络机制. 网络中的各种传感器节点可以协同感应、收集和分析网络覆盖区域中相关对象的信息. 覆盖问题是无线传感器网络的重点问题, 传感器节点的分布区域, 决定了网络检测的有效性. 高效的网络覆盖能够确保无线传感器网络的空间资源得到合理的分配^[1-2].

当前, 学者研究出了多种用于优化传感器网络覆盖率的算法, 包括分布式算法、近似最小节点集算法、集合覆盖算法、遗传算法以及标准粒子群算法等^[3-4]. 这些算法都存在相应的缺陷, 如: 分布式算法虽然具有较长的网络周期, 但其仅能求解单位圆问题, 不能求解不规则几何区域问题, 具有一定的局限性; 近似最小节点集算法未全面考虑节点的分布情况, 不能确保实现最优传感网络覆盖率; 集合覆盖算法通过中心节点与周围节点的关系运算覆盖率, 存在节点负载分布不均问题; 遗传算法通过并行搜索

方法寻找最优解,但其收敛速度慢,无法及时提取动态节点;标准粒子群算法提前进入检测区域搜索最优解,导致粒子搜索区域缩小,节点网络覆盖率降低^[5-6]。

为了解决传统算法存在的问题,本文提出一种基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法。以无线传感器最大覆盖率为目标函数,通过运用加入自适应交叉变异因子的遗传算法搜索解空间,利用 PSO 粒子群强大的全局搜索能力加大搜索范围,使粒子覆盖更有效率,提高了算法的寻优能力,提高了节点的覆盖率。

2 无线传感器网络覆盖原理

2.1 构建无线传感器网络

无线传感器的节点具备自身特定的传感半径,处于传感半径以内的检测区域称为覆盖区,处于传感半径以外的节点区域称为盲区。构建无线传感器网络的目标是:合理分配网络资源,实现网络覆盖率的极大化^[7-8]。无线传感器网络节点覆盖物理模型用图 1 描述。

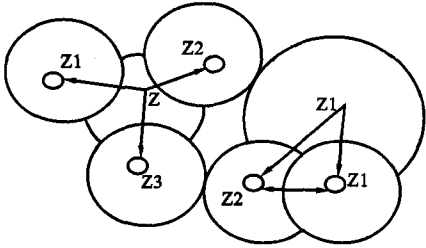


图 1 无线传感器网络节点覆盖模型

图 1 所示的无线传感器网络节点覆盖区域是以节点 Z 为圆心, R_z 为半径的传感区域内的全部信息集合。通信覆盖区域中的任何两个节点 R_E 以及 R_F 的距离应保持在 R_H 的分散区域内,确保两个节点感应到的信息可进行有效的通信。连通覆盖是指节点 Z 的邻居节点依据特有的方法排列,确保被传感节点感应^[9]。

2.2 覆盖优化目标的选取

无线传感器网络的最终目标是最大化网络覆盖范围。在确保顺利完成网络通信的情况下,考虑如何安置传感器节点,实现运用最少的网络节点实现网络覆盖最大化的目的。依据传感节点的覆盖率和区域覆盖率两个指标判断无线传感器网络的覆盖情况。

2.2.1 节点覆盖率

设待检测区域用 W 表示,对其进行数字离散化

处理,则其包括 $p \times q$ 个像素。 W 中包括 Q 个具有相同参数的传感器节点,且已知各传感器节点的坐标 $\{x_i, y_i\}$,感应半径是 r ,通信半径 $R = 2r$ 。 $W_i = \{x_i, y_i, r\}$ 表示以传感节点坐标 $\{x_i, y_i\}$ 为圆心,检测半径 r 为半径的圆。设置像素点用 (x, y) 表示,目标像素点和传感器节点的距离用 $h(w_i, k) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}$ 表示, $K\{r_i\}$ 表示像素点 (x, y) 被传感器节点 W_i 覆盖的概率。传感器节点检测模型由于受到周围环境的影响,会呈现一定的概率分布,如下:

$$K_{wpg}(x, y, w_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } (d(w_i, k) \leq r - r_u) \\ u(-\frac{a_1 \theta \beta_1}{\theta_2 \beta_2} + a_2) & \text{if } r - r_u < d(w_i, k) < r + r_u \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

式中, r_u ($0 < r_u < r$) 表示传感节点检测的有效性参数, $a_1, a_2, \beta_1, \beta_2$ 分别表示同传感节点特征相关的检测参数, θ_1 和 θ_2 表示输入参数,且有:

$$\theta_1 = r_u - r + d(w_i, k) \quad (2)$$

$$\theta_2 = r_u - r + d(w_i, k) \quad (3)$$

通过多个传感节点协同测量目标,能够提高目标测量的概率,协同测量的概率如下:

$$K_{wpg}(W_{pg}) = 1 - \prod_{w_i \in w_{pg}} (1 - K_{wpg}(x, y, w_i)) \quad (4)$$

2.2.2 区域覆盖率

监测区域 W 内包含 $p \times q$ 个像素,节点集综合检测概率 $K_{wpg}(W_{pg})$ 可以分析各像素是否被覆盖。设置节点集 W 的区域覆盖率如下:

$$Q_{ame}(w) = \frac{\sum K_{wpg}(W_{pg})}{p \times q} \quad (5)$$

3 遗传 PSO 优化节点覆盖算法

3.1 传统遗传算法的改进

遗传操作包含选择(selection)、交叉(cross-over)和变异(mutation)三种算子。其中交叉和变异算子对遗传算法具有重要的作用。交叉可提取两个父代的有效结构组成新个体,变异可调整集合中的某个个体基因值。融入交叉和变异算子能够增强遗传算法的搜索能力,将交叉算子作为主要算子,变异算子作为次要算子。传统的遗传算法主要通过固定的交叉和变异概率进行迭代运算,当遗传算子较小时会导致算法收敛速度过快或过慢;当遗传算子较

大时会导致算法不能收敛。

为了解决传统算法的弊端,运用一种自适应算子的遗传算法,使个体能够自适应调整交叉和变异概率.要求减少相似度较高的父代个体的交叉概率,增加相似度低的父代个体的交叉概率,从而增强交叉处理的准确性,完成全局搜索;同时对适应度高的个体使用低交叉概率,对适应度低的个体使用高交叉概率,能够确保集合的多样性,提高收敛速度.自适应交叉和变异算子的运算方法为:

$$w_{i,j,q+1} = w_{i,j,q} / \ln(u + z_{i,j})$$

(6)

$$p_{i,q+1} = (1 - \ln g_{i,q}) * p_{i,q}$$

(7)

其中,第*i*和第*j*个父代在第*q*代的交叉概率用 $w_{i,j,q}$ 描述,第*i*和第*j*个父代的近似度用 $z_{i,j}$ 描述,第*i*个个体在第*q*代出现变异的概率用 $p_{i,q}$ 描述,第*i*个个体在第*q*代的适应度用 $g_{i,q}$ 描述.

3.2 PSO 遗传优化算法

遗传算法在进行节点覆盖的过程中,存在一定的弊端,为了克服这种弊端,引入 PSO 遗传算法.这种算法融合了 PSO 粒子群的全局搜索功能以及遗传算法的局部的寻优功能,具有较强的非线性映射能力. PSO 算法先在一定的空间维度中设置多种粒子,最佳的粒子坐标值就是算法目标函数的最优解.粒子基于当前的坐标适应值,不断的调整自身的速度和坐标.本文的空间维度由节点覆盖率和区域覆盖率组成,包括 2 组权重系数和 2 个维度的适应值,将每组的权重系数融入到遗传算法模型中进行不断的调整优化.本文算法设置了 60 个搜索粒子,寻优目标函数的解就是各粒子的空间维度坐标值.

如果第*i*个粒子的位置是:

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i60})$$

(8)

粒子的空间寻优的速度是:

$$U_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{i60})$$

(9)

粒子群自身最优位置是 $K_i = (K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{i60})$,整体粒子群的最优位置是 $L_i = (L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{i60})$.粒子群采用公式(10)调整位置:

$$U_d^{t+1} = wU_d^t + d_1r_1(ke_d^t - x_d^t) + w_2r_2(fb_d^t - x_d^t)j$$

$$X_d^{t+1} = X_d^t + U_d^{t+1}$$

(10)

式中前半部分用于调整粒子的速度,后半部分表示粒子的自学习过程.该式能够优化粒子的认知能量,避免算法出现“早熟”现象.粒子群的自学习能力可以提高粒子群的全局寻优能力.通过上述公式能够提高阶段覆盖优化的有效性和效率.

4 仿真实验及分析

4.1 仿真环境设置

仿真实验在半径是 10m 的圆形测量范围中设置 50 个无线传感器节点,传感区域是以 $r = 4m$ 为半径的圆形区域,且传感节点的通信覆盖区域是以 $U = 2r = 8m$ 为半径的圆形区域^[9].实验设置传感器节点检测模型的参数是 $u_1 = u_2 = 2$,模型检测有效性参数为 $r_u = 0.5u = 2m$,不同的节点特征参数分别为 $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0, \beta_1 = 1, \beta_2 = 0.5, number_{max} = 50$.实验采用主频为 2.6GHz 的计算机在 Matlab 条件下对设置的无线传感网络的覆盖问题进行仿真测试.

4.2 对比分析本文算法和传统算法的性能

为了验证本文提出的基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法的优越性,通过仿真实验对比本文算法与传统的标准粒子群算法(PSO)的覆盖性能.两种算法的覆盖性能测试数据用表 1 描述.

表 1 PSO 和本文算法覆盖性能的测试数据

半径/m	PSO		本文算法	
	迭代次数	覆盖率 (%)	迭代次数	覆盖率 (%)
1.5	1621	32.65	1576	34.35
2	836	55.79	797	56.97
2.5	473	75.97	394	83.77
3	343	86.74	256	94.98
4	295	95.24	227	99.95
5	234	100	213	100

依据表 1 中的实验测试数据,可得本文算法与传统算法的覆盖率以及迭代次数随节点感应半径的变化趋势矩形图,分别用图 2 和图 3 描述.

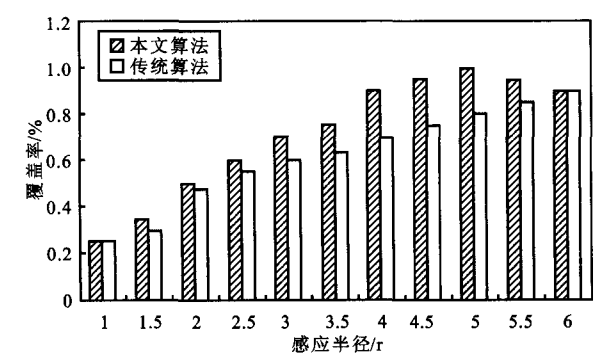


图 2 覆盖率随节点感半径变化矩形图

分析图 2 可得,覆盖率和感应半径具有正相关性,感应半径越大覆盖率也越大,并且本文算法的覆盖率高于传统遗传算法.当感应半径较小时,覆盖率

矩形图呈现显著的上升趋势;当感应半径不断增大时,覆盖率矩形图的变化趋势较为平稳,当感应半径达到一定值时可实现全面覆盖,覆盖率是 100%。

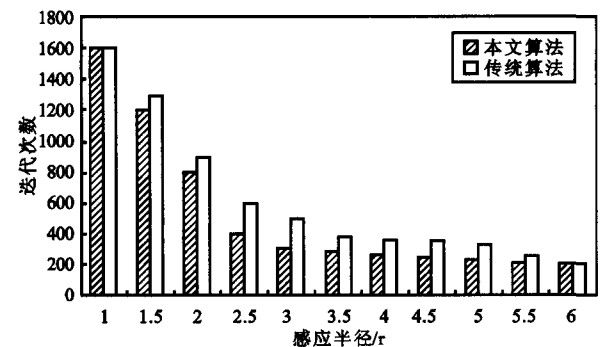


图 3 迭代次数随节点感半径变化矩形图

分析图 3 可得,迭代次数与感应半径具有负相关性,感应半径越大迭代次数越小,且本文算法的迭代次数小于传统遗传算法。当感应半径较小时,迭代次数矩形图变化趋势比较明显,两种算法的收敛速度都有较大的提升;当感应半径不断增大时,算法的迭代次数变化较为平稳,算法的收敛速度逐渐下降。

最终通过图 2 和图 3 可得,本文算法比传统标准粒子群算法的覆盖率高、迭代次数低,说明本文算法的寻优性能强、覆盖性能更优。

4.3 与其它无线传感器覆盖算法的性能比较

为了进一步验证本文算法的优越性,分别采用本文算法以及传统遗传算法(CGA)和新量子遗传算法(NQGA)对传感器网络进行覆盖测试,获取的测试结果如表 2 所示。

表 2 不同算法的覆盖性能结果

	本文算法	CGA	NQGA
覆盖率/%	92.26	89.19	91.13
迭代次数	650	700	700

分析表 2 可得,本文算法的覆盖率是 92.26% 高于其它两种算法 2.28% 和 0.65%,并且本文算法的迭代次数小于其它两种算法。因此说明本文算法的能够通过较小的运算次数实现最大的网络覆盖率,具有较高的网络覆盖优化性能。

5 结束语

无线传感网络覆盖优化有利于改善网络性能,

提高网络有效覆盖率。本文提出一种基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法。以无线传感器最大覆盖率为目标函数,通过运用加入自适应交叉变异因子的遗传算法搜索解空间,利用 PSO 粒子群强大的全局搜索能力加大搜索范围,使粒子覆盖更有效率,加强算法的寻优能力,提高节点的覆盖率,解决早熟问题。与其他算法相比,在有效覆盖率和收敛速度上都有了明显的提高,与传统遗传算法和新量子遗传算法相比也有一定的优越性。

参考文献:

[1] 毛莺池. 无线传感器网络覆盖控制技术[J]. 计算机科学,2007(3):20-22.

[2] 汪学清. 无线传感器网络中基于网格的覆盖问题研究[J]. 计算机科学,2006,33(11):38-39,78.

[3] 屈斌,胡访宇. 高效节能的无线传感器网络路由协议研究[J]. 计算机仿真,2008,25(5):113-116.

[4] 周永华,李鹏,毛宗源. 一种新的混合杂交方法及其在约束优化中的应用[J]. 计算机工程与应用,2006:48-50.

[5] Platt J C. Using analytic QP and sparseness to speed training of support vector machines[C]// Kearns M, Solla S, Cohn D. Advances in Neural Information Processing Systems II. Cambridge, MA: MIT Press, 1999: 557-536.

[6] 王雪,王晟,马俊杰. 无线传感网络移动节点位置并行微粒群优化策略[J]. 计算机学报,2007,30(4):563-568.

[7] KreBerl U. Pairwise classification and support vector machines[C]// Advances in Kernel Methods-Support Vector Learning Cambrige, MA: MIT Press, 1999: 255-268.

[8] 付华,韩爽. 基于新量子遗传算法的无线传感器网络感知节点的分布优化[J]. 传感技术学报,2008,21(7):1259-1263.

[9] 夏建涛,何明一. 支持向量与纠错编码相结合的多类分类算法[J]. 西北工业大学学报,2003,21(4):443-446.

作者简介:

沈海洋 男,(1981—),硕士. 研究方向为计算机应用。