

引用格式:王楚柯,陆安江,吴意乐. 自适应果蝇优化算法在 WSN 节点覆盖优化中的应用 [J]. 微电子学与计算机,2019,36(2):11-15. [WANG C K, LU A J, WU Y L. Application of adaptive fruit fly optimization algorithm in WSN node coverage optimization [J]. Microeletronics & Computer,2019,36(2): 11-15.]

自适应果蝇优化算法在 WSN 节点覆盖优化中的应用

王楚柯,陆安江,吴意乐

(贵州大学 大数据与信息工程学院,贵州 贵阳 550025)

摘 要: 为了解决无线传感器网络(WSN)的覆盖优化问题,提出了一种自适应果蝇优化算法.该算法在原迭代步长算子的基础上增加了自适应能力,并针对后期最优解连续几代没有变化的情况,提出了利用降维、增大步长的方法来提高收敛精度,使算法在具有很强的全局优化性能的同时又不易陷入局部最优,可以快速并高效的实现 WSN 网络节点布局优化,得到更高的网络覆盖率.通过仿真实验对比,可以看出本文提出的自适应果蝇优化算法,在寻优性能方面不仅优于原始的果蝇算法,与其他的改进算法相比也有一定的优势.

关键词: WSN;果蝇算法;覆盖优化;自适应

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2019)02-0011-05

Application of Adaptive Fruit Fly Optimization Algorithm in WSN Node Coverage Optimization

WANG Chu-ke, LU An-jiang, WU Yi-le

(College of Big Data & Information Engineering , GuiZhou University, Guiyang 550025 , China)

Abstract: In order to solve the problem of wireless sensor network (WSN) coverage optimization, an adaptive fruit fly optimization algorithm was proposed. The algorithm increases the self-adaptive ability on the basis of the original iterative step operator, and proposes the method of reducing the dimension and increasing the step size to improve the convergence accuracy for the case where the subsequent optimal solution does not change for several consecutive generations. With strong global optimization performance, it is not easy to fall into local optimum, and the layout optimization of the WSN network node can be implemented quickly and efficiently, resulting in higher network coverage. Through the comparison of simulation experiments, it is proved that the adaptive fruit fly optimization algorithm proposed in this paper is not only better than the original fruit fly algorithm in the optimization performance, but also has certain advantages compared with other improved algorithms.

Key words: WSN; drosophila algorithm; coverage optimization

1 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是一种分布式传感,面对多节点、多任务的无线自组织网络.无线传感器网络是通过大量部署在监测区域内的传感器节对监测区域的信息进行实时

采集、传输^[1].

近年来,大量的学者利用粒子群算法、萤火虫算法、鱼群算法、蚁群算法等对 WSN 节点覆盖优化进行了探索与研究.

但这些算法存在结构复杂、早熟收敛、覆盖率低和精度不高等问题.研究者们陆续提出各种改进方

法. 文献[2]提出了一种基于自适应动态步长的改进果蝇算法, 具有较好的全局勘查能力, 又不容易陷入局部最优, 但此算法复杂度高. 文献[3]提出的算法是使步长随着迭代次数的增加逐渐减小, 这种方式太过单一, 且稳定性不高. 文献[4] 基于移民操作及精英库的多种群协同进化机制引入自适应步长的分类嗅觉随机搜索模式, 覆盖率有所提高, 但边缘盲区较多, 算法复杂度提升.

针对以上算法的不足, 本文提出一种具有自适应步长、自适应降维功能的改进的果蝇优化算法, 并用于 WSN 网络中, 实现网络覆盖的优化.

2 WSN 节点覆盖模型

2.1 问题分析

(1) WSN 网络中每个传感器节点的覆盖区域都是以自身为圆点, 以感知距离为半径的圆内, 在覆盖区域内的信息都能被感知到. 但是传感器节点之间覆盖区域会有重叠的部分, 所有传感器节点对目标监测区域的总覆盖率难以用公式求解, 所以, 为了简化区域内的覆盖问题, 所以本文选择网格覆盖模型, 把目标监测区域划分成 $M \times N$ 个网格点, 若监测区域有 x 个网格点被传感器节点覆盖, 则总覆盖率为 $x/M \times N$.

(2) 假设目标检测区域内 WSN 网络所有传感器节点具有相同的感知半径 R_s 和通信半径 R_c , 且在通信半径 R_c 大于等于 2 倍的感知半径时 R_s , 若 WSN 网络能够实现对监测区域的感知范围全覆盖, 则所有传感器节点必然连通^[5], 节点连通才能保证每个节点收集到的信息准确无误的传输出去.

2.2 模型描述

我们把目标检测区域看作是一个二维区域; 有 N 个移动节点随机部署在这个区域, 节点集合可以表示为 $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$, 第 i 个节点位置表示为 $\alpha_i = (x_i, y_i) (i = 1, 2, \dots, n)$, 每个传感器节点 α_i 和网格点 $p(x, y)$ 之间的欧式距离定义如下:

$$d_{ip} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (1)$$

传感器检测模型一般分为二元检测模型和概率模型检测. 传感器节点到网格点的欧式距离越近, 被检测的网格点被感知的几率就越大, 所得到数据也就越可靠. 本文采用二元检测模型. 二元检测模型的定义如下:

$$P = \begin{cases} 1 & d_{ip} \leq r \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中, r 是传感半径 ($r = R_s - R_c$); d_{ip} 是欧氏距离.

覆盖优化的目标是利用有限的传感器达到最大的覆盖率, 因此, 传感器布置要均匀合理. 覆盖率被用来评估覆盖性能, 它是需要优化的无线传感器网络覆盖控制的目标函数.

我们假设监测区域被划分为 $M \times N$ 网格点, 一旦网格节点被任何传感器节点覆盖, 则此网格此网格点被覆盖成功, 定义被覆盖的总网格数为 N_* , 则节点对目标监测区域的覆盖率为:

$$P = \frac{N_*}{M \times N} \quad (3)$$

式(3)就是 WSN 网络覆盖优化模型的目标函数.

为方便讨论, 我们提出以下假设: (1) 每个传感器节点的通信半径均匀, 两倍感知半径; (2) 每个传感器节点可以通过 GPS 获取其坐标信息; (3) 传感器节点自由移动的能力, 可以移动到指定位置.

3 基本果蝇优化算法

3.1 算法原理

果蝇优化算法 (FOA) 是台湾的大学教师潘文超博士提出的一种新型的全局优化的群智能算法, 它的灵感来自果蝇群体觅寻食物的行为. 相关研究表明, 果蝇有群体觅食行为, 并能分享食物的信息. 由于果蝇的嗅觉和视觉优与其他的物种, 并能迅速锁住食物源的位置. 果蝇的觅食行为分为两个阶段: 利用嗅觉器官收集漂浮在空气中的气味并接近食物; 利用其敏感的视觉准确的向食物的所在地飞去. FOA 在模拟觅食行为的过程中, 每个果蝇都有自己的位置和气味浓度的判断值, 气味浓度的判断值是由气味浓度的判断函数确定, 果蝇群连续跟踪位置, 不断地向目前气味浓度最高的果蝇飞去.

3.2 算法步骤

果蝇群体迭代搜寻食物的步骤如下^[6]:

(1) 初始化果蝇种群大小为 $Sizepop$, 最大迭代次数为 $Maxgen$. 随机初始化果蝇群体位置.

$$\begin{cases} X_axis \\ Y_axis \end{cases} \quad (4)$$

(2) 根据果蝇群体位置坐标, 赋予每个果蝇利用嗅觉搜寻食物的随机距离与方向.

$$\begin{cases} X_i = X_axis + H_{i1} \\ Y_i = Y_axis + H_{i2} \end{cases} \quad (5)$$

式中, $H = 2 * step * rand - step$; $rand$ 为 0—1 之间的随机数。可以看出, H 为 $-step$ 到 $step$ 之间的随机数, 在基本果蝇优化算法中 $step = 1$ 。

(3) 由于果蝇群体无法获知食物的位置, 因此先估计第 i 个果蝇与原点的距离 ($Dist_i$), 再计算味道浓度判定值 (S_i), 此值为距离的倒数。

$$\begin{cases} Dist_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2} \\ S_i = \frac{1}{Dist_i} \end{cases} \quad (6)$$

(4) 将味道浓度判定值 S_i 代入味道浓度判定函数 ($Fitness$ function) 可求得该果蝇个体的味道浓度 ($Smelli$)。

$$Smelli = Function(S_i) \quad (7)$$

(5) 找出该果蝇群体中味道浓度最高的个体以及其相应的浓度值。

$$[bestSmell \ bestIndex] = \max(Smell) \quad (8)$$

(6) 保留味道浓度最高的果蝇个体的 x 、 y 坐标, 随后果蝇群体利用视觉向该位置飞去。

$$\begin{cases} Smellbest = bestSmell \\ X_axis = X(bestIndex) \\ Y_axis = Y(bestIndex) \end{cases} \quad (9)$$

(7) 重复执行步骤(2) — (5), 进行迭代寻优过程, 并判断味道浓度是否优于前一代味道浓度, 若是, 则执行步骤(6)。

3.3 算法参数

果蝇初始化位置、种群大小、迭代步长这 3 个参数是影响果蝇算法收敛精度和计算速度主要因素。一般来说, 初始化位置越精确、种群大小越大, 果蝇越容易找到最优位置。但是初始化位置随机设定的, 无法通过算法改进; 种群越大, 算法的计算量也相应增大。因此, 选择适当的步长是改进果蝇算法的关键。

4 改进果蝇优化算法

由于本文算法的优化目标是对 WSN 网络在监测范围内的 N 个传感器节点的横坐标和纵坐标进行优化, 目标函数中有 $2N$ 个自变量, 因此, 算法每次迭代的初始果蝇群体每个果蝇的横坐标和纵坐标位置都是长度为 $2N$ 的数组, 如下所示:

$$\begin{cases} X_axis(2N) \\ Y_axis(2N) \end{cases} \quad (10)$$

在基本的果蝇算法中, 果蝇个体是以随机范围固定的步长为半径的区域搜索, 即果蝇在整个迭代过程中都在固定的范围内搜索, 产生随机结果, 果蝇群体调节能力大大受限。显然, 在果蝇的群体数一定时, 步长随机范围越大, 每个果蝇的搜索范围越大, 全局搜索的能力越强, 收敛速度越快, 但容易陷入局部最优, 收敛精度会降低, 算法每次寻优的结果也会不稳定。步长随机范围越小, 搜索的精度会提高, 局部开发能力变强, 但收敛速度较慢。

4.1 自适应步长

在运用果蝇优化算法解决 WSN 覆盖优化问题时, 本文通过自适应改变步长的方式, 使得算法在优化初期获得较大的随机步长, 有效提高算法的全局搜索能力, 加快收敛速度, 同时, 在算法优化的后期获得较小的步长以提高算法的局部搜索能力, 使算法能够更有效的跳出局部最优, 并收敛得到更优的 WSN 节点分布。

因此, 本文提出改进果蝇优化算法的自适应步长公式如下所示:

$$H_{i,j,k} = 2 * \frac{0.3M}{g^{0.6}} * rand - \frac{0.3M}{g^{0.6}} \quad (11)$$

果蝇个体的改进位置更新公式如下所示:

$$\begin{cases} X_{i,j} = X_axis(j) + H_{i,j,1} \\ Y_{i,j} = Y_axis(j) + H_{i,j,2} \end{cases} \quad (12)$$

式中, i 为 1 到 $Sizepop$ 之间的整数, 表示果蝇群中第 i 个果蝇; j 为 1 到 $2N$ 之间的整数, 表示第 i 个果蝇的第 j 个自变量的横坐标分量和纵坐标分量; k 为 1 或 2, 分别表示果蝇不同自变量的横坐标和纵坐标的步长; $g \in [1, Maxgen]$; g 表示算法当前迭代次数, M 表示监测区域的横坐标长度或纵坐标长度 (当 $j \in [1, N]$, M 为横坐标长度, 当 $j \in [N+1, 2N]$, M 为纵坐标长度)。

4.2 自适应降维

在迭代过程中若最优解连续 G 代不变, 则在迭代过程中降低维度 (果蝇中进行步长修正的横纵坐标长度降低), 以提高算法局部搜索能力, 同时适当增加搜索步长, 提高果蝇群每个果蝇的搜索范围, 以保证果蝇群的多样性。具体算法如下:

若当前迭代次数中已经连续 G 代没有找到最优解, 则选择优化目标函数 $2N$ 个自变量中的 L 个自变量进行更新, 其它自变量不变。

更新的自变量集公式如下:

$$L = \begin{cases} \text{randi}[\text{ceil}(2N+1-G0.8), 2N] & G \neq 0, \text{ceil}(2N+1-G0.8) \geq 1 \\ \text{randi}(1, 2N) & G \neq 0, \text{ceil}(2N+1-G0.8) < 1 \\ 2N & G = 0 \end{cases}$$

(13)

接着对选中自变量的横纵坐标步长进行如下改变:

(1) 若当前迭代时的 $G \leq Maxgen/g$, 自变量步长公式更新为:

$$\begin{cases} X_{i,j} = X_{axis(j)} + 2 * \frac{0.3M}{g^{0.6}} * rand - \frac{0.3M}{g^{0.6}} \\ Y_{i,j} = Y_{axis(j)} + 2 * \frac{0.3M}{g^{0.6}} * rand - \frac{0.3M}{g^{0.6}} \end{cases}$$

(14)

(2) 若当前迭代时 $G > Maxgen/g$, 则当前迭代时的步长范围为原来步长范围的 $G^{0.3}$ 倍, 自变量步长公式更新为:

$$\begin{cases} X_{i,j} = X_{axis(j)} + 2 * G^{0.3} * \frac{0.3M}{g^{0.6}} * rand - \\ G^{0.3} * \frac{0.3M}{g^{0.6}} \\ Y_{i,j} = Y_{axis(j)} + 2 * G^{0.3} * \frac{0.3M}{g^{0.6}} * rand - \\ G^{0.3} * \frac{0.3M}{g^{0.6}} \end{cases}$$

(15)

5 仿真实验

5.1 实验环境及参数设置

考虑到监测区域、传感器节点个数、传感器感知半径对实验结果的影响, 实验将用 3 组数据进行仿真, 实验中果蝇种群大小 $Sizepop=50$, 迭代次数 $Maxgen=1\ 000$, 各组实验参数如表 1 所示.

表 1 实验参数

实验序号	检测区域(m ²)	传感器节点个数	感知半径(m)
1	50×50	40	5
2	50×50	50	5
3	100×100	30	13

5.2 实验结果分析

4.1 节中第一组实验参数本文改进算法优化的节点覆盖率达到到了 97.54%, 比基本果蝇算法的 93.50% 提升了 4.04%.

4.1 节中第二组实验参数本文算法的 WSN 节

点覆盖率达到到了 99.58%, 比基本果蝇算法的 97.27% 提升了 2.31%.

4.1 节中第三组实验参数本文算法的 WSN 节点覆盖率达到到了 99.95%, 比基本果蝇算法的 99.79% 提升了 0.16%

由以上 3 组实验可以看出, 本文算法在不同实验参数下对 WSN 覆盖率进行优化均能达到较高的覆盖率, 很好的说明了改进后的算法的高效性和稳定性. 图 1 为本文改进算法节点覆盖分布.

5.3 与其他改进的果蝇优化算法比较

在检测区域为 40 m×40 m 的的监测区域内设置 20 个传感器, 每个传感器感知半径为 4 m.

在与文献[1]相同环境中, 应用本文算法, 通过图 2 可以发现在迭代次数到达 111 次时, 盖率就达到了 61.30%, 比原文的最大覆盖率 60.9% 高, 而且还继续在增加, 最终覆盖率达到 61.79%, 比文献有大概 1% 的提升.

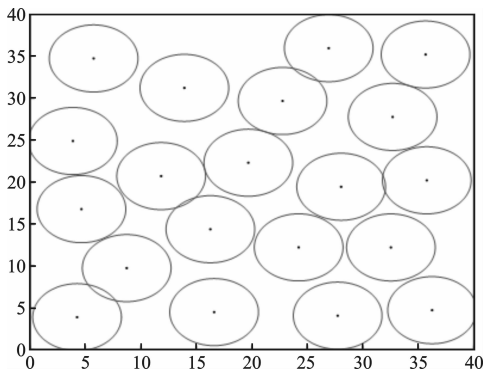


图 1 本文改进算法节点覆盖分布

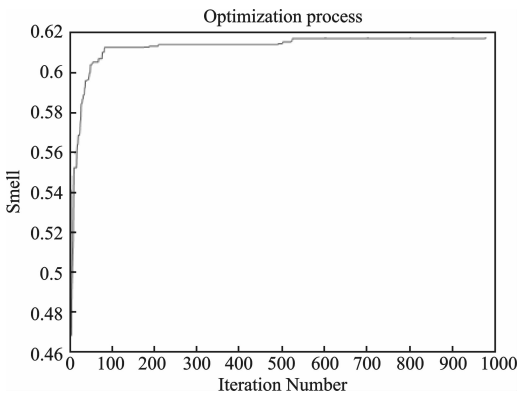


图 2 本文算法覆盖率曲线

6 结束语

本文对果蝇优化算法算法在迭代过程中的步长及维度进行改进, 使算法具有很强的自适应能力, 有

效提高果蝇群体对监测空间的搜索性能,最终应用于 WSN 节点覆盖优化.与其它文献 WSN 覆盖优化算法相比,本文算法对 WSN 网络优化后的覆盖率均有 0.16%到 4.04%的提升,在保持果蝇算法结构简单易实现的情况下,使其应用适应性变强.从优化后传感器节点分布图可以很明显看出 WSN 网络传感器节点分布更加均匀,监测区域边缘盲区大大减少,基本达到了监测区域全覆盖.因此,本文提出的自适应果蝇优化算法能够在一定程度上提高 WSN 网络的性能.

参考文献:

[1] 吴良超,郭星. 基于改进果蝇算法的无线传感网络布局研究[J]. 微电子学与计算机,2016,(12):152-155.

[2] 郭晓东,王丽芳,张学良. 基于自适应步长的果蝇优化算法[J]中北大学学报(自然科学版),2016,37(6):570-575.

[3] 宁剑平,王冰,李洪儒,等. 递减步长果蝇优化算法及

应用[J]. 深圳大学学报(理工版),2014,31(4):367-373.

[4] 霍慧慧,李国勇. 改进的离散果蝇优化算法在 WSNs 覆盖中的应用[J]. 传感器与微系统,2016,35(2):157-160.

[5] Zhang H,Hou J C. Maintaining Sensing Coverage and Connectivity in Large Sensor Networks[C]// Ad Hoc and Sensor WirelessNetworks. 2005:89-124.

[6] 徐跃州,张欣. 基于混沌果蝇算法的 WSN 优化布局[J]. 计算机工程与设计,2015,36(4):901-905.

作者简介:

王楚柯 女,(1993-),硕士研究生. 研究方向为数据融合、无线传感器.

陆安江(通信作者) 男,(1978-),博士,副教授. 研究方向为信号传输与信号处理、大数据应用.
E-mail:39146565@qq.com.

吴意乐 男,(1991-),硕士研究生. 研究方向为智能算法、无线传感器网络.

(上接第 10 页)

[8] 冯翔,陈国龙,郭文忠. 粒子群优化算法中加速因子的设置与试验分析[J]. 集美大学学报(自然科学版),2006(2):146-151.

作者简介:

全秋娟 女,(1977-),博士,教授. 研究方向为矩阵理论在信息处理中的应用等. E-mail:xiaotong0929@163.com.

赵 邕 女,(1995-),硕士研究生. 研究方向为信号与信息处理.

李 萌 女,(1992-),硕士研究生. 研究方向为信号与信息处理.