

doi: 10.16576/j.cnki.1007-4414.2018.04.049

基于蚁群算法的移动机器人路径规划研究^{*}

林伟民¹, 邓三鹏¹, 祁宇明¹, 周鸿超¹, 王 鹏¹, 权利红², 薛 强²

(1.天津职业技术师范大学 机器人及智能装备研究所,天津 300222; 2.天津博诺智创机器人技术有限公司,天津 300350)

摘要: 针对蚁群算法的特点,把蚁群算法应用到移动机器人的路径规划中,在 Matlab 中建立移动机器人仿真系统,运用格栅法创建移动机器人的工作环境,设置蚁群算法中的参数,运行程序得出了移动机器人的运动轨迹,得到了蚁群从起始点运动目标点的最优路径。仿真结果表明,蚁群算法能够准确得到移动机器人的最优路径,在移动机器人的路径规划中具有很好的实用性。

关键词: 移动机器人; 蚁群算法; 地图创建; 路径规划

中图分类号: TP242

文献标志码: A

文章编号: 1007-4414(2018)04-0144-02

Research on the Path Planning of Mobile Robot Based on Ant Colony Algorithm

LIN Wei-min¹, DENG San-peng¹, QI Yu-ming¹, ZHOU Hong-chao¹,WANG Peng¹, QUAN Li-hong², XUE Qiang²

(1. Institute of Robotics and Intelligent Equipment, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, China;

2. Tianjin Bono Zhichuang Robot Technology Co., Ltd, Tianjin 300350, China)

Abstract: According to the characteristics of ant colony algorithm, the ant colony algorithm is applied to the path planning of mobile robots; then the mobile robot simulation system is established in the Matlab. The grid method is used to create the working environment for the mobile robots, and parameters of the ant colony algorithm are set. The trajectory of the mobile robot is obtained after running the program, and the optimal path for the ant colony to move from the starting point to the target point is then obtained. The simulation results show that the ant colony algorithm can accurately obtain the optimal path of the mobile robot and has a good practicality in the path planning for mobile robot.

Key words: mobile robot; ant colony algorithm; map creation; path planning

0 引言

移动机器人是机器人研究领域最前沿的问题之一^[1],它是集机械、电子、自动化、传感器和人工智能等多学科先进技术相融合的智能制造系统重要的自动化单元,具有自主导航、避障、多传感器控制和网络信息交互等功能^[2],主要应用于柔性装配系统和柔性加工系统,同时在物流分拣运输和自动驾驶等领域得到广泛应用,甚至在太空探索、军事等领域进行更加深入的研究,以上领域均可以体现自动化程度水平的高低,同时也可体现一个国家智能化水平的高低^[3]。移动机器人的关键技术是路径规划的研究,国内外均做了大量的研究,常用的算法有:人工势场法、遗传算法、人工神经网络法、人工免疫算法、禁忌搜索法等,这些算法虽然在路径优化控制方面具有较强实用性,但是无法在全局中寻求最优路径。

蚁群算法是一种模拟进化算法,具有较强的鲁棒性和环境适应性^[4],通过正反馈式的过程找到最佳

路径,对于算法中的早熟性收敛对实验结果造成的不准确性可以通过分布式计算消除,同时还能方便的与其他算法结合,针对以上优点,把蚁群算法应用到移动机器人的路径规划中,并进行仿真验证,为移动机器人路径规划的研究提供参考。

1 算法基本原理

对所研究的路径规划,可采用蚁群算法,其算法遵循蚂蚁觅食原理,其算法是一种群智能算法^[5]。信息素是蚂蚁分泌的一种特殊物质,这种物质是蚂蚁在觅食过程中留下的,蚂蚁通过感知此物质,从而知道自己经过的路径,此物质浓度的大小决定蚂蚁运动的方向,信息素所涉及的正反馈现象视为蚂蚁集体觅食的表现。在蚂蚁经过的某条路径上,蚂蚁越多,路径越短,所留下的信息素越多,同时浓度也越高,基于此种情况的路径,蚂蚁经过此路径的概率也会越大,如此构成正反馈的过程,最终找到最优路径^[6]。

2 地图创建

* 收稿日期: 2018-05-02

基金项目: 天津市智能制造科技重大专项: 混凝土智能布料机器人系统研发(编号: 15ZXZNGX00260); 天津市科学技术普及研发项目: 工业机器人半实物虚拟仿真科普教学系统(编号: 17KPXMSF00190); 天津市科学技术普及研发项目: Delta 并联型人机对弈机器人科普系统研发(编号: 17KPXMMSF00180)。

作者简介: 林伟民(1991-),男,山东昌乐人,硕士,研究方向: 智能机器人及其应用技术。

研究移动机器人最优路径时,需建立环境地图,其工作环境的维度为二维,其中物流货架作为移动机器人的障碍物,且其本体形状大小不发生变化。在地图创建时需要对二维空间进行划分,可以通过采用格栅法,地图中的每一区域都可以看做是某个栅格,大小相等,坐标唯一。另外,每个栅格都有自己的颜色属性,来表征区域的身份,白色区域表示可通行的区域,黑色区域表示不可通行,看作障碍物。

在创建地图的二维空间中,按照特定的顺序对每一个格栅进行编号,标记规则可采用从左到右、从上到下的顺序,依次为1,2,3,4...,N。为满足创建的环境模型和真实环境相符合,可将障碍物放大,障碍物在占有自身格栅的同时,再占用障碍物附近格栅。建立格栅集 $S = \{1, 2, 3, \dots, N\}$,令 $G(0,0)$ 为序号1,依次 $G(x,y)$ 为序号N。规定起始点位置和目标位置均为任意格栅且都属于S(但不能在同一栅格内)。

3 算法实现

3.1 蚁群算法

算法流程图如图1所示。

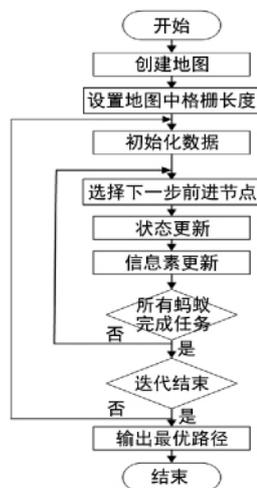


图1 蚁群算法流程图

蚁群算法执行步骤:

(1) 蚁群算法中用格栅法建立移动移动机器人工作环境,环境信息用0和1组成的矩阵表示,1表示无障碍区域,0表示障碍区域,不可通过。

(2) 随后要输入信息矩阵,但前提是此矩阵需要初始化,需要确定初始点和终止点,并且还需要我们确定多个相关参数,此外,还需要确保使每一个位置的初始信息素一定要相等。

(3) 需要在确定的初始点的基础上,确定下一步可以到达的节点,由此我们可以根据某节点信息素浓度知道蚂蚁到达某节点的概率情况,利用轮盘算法选

择出下一步的初始点,可以通过下式计算得出:

$$pk_{ij} = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}, & j \in \{N-tabu_k\} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

式中: $\tau_{ij}(t)$ 为获得弧 (i,j) 信息素浓度参数信息; η_{ij} 为与弧 (i,j) 相关联的启发式信息; α, β 为分别为 $\tau_{ij}(t)$ 、 η_{ij} 的权重参数。

(4) 更新路径和路程长度。

(5) 可以多次反复进行步骤(3)和(4),最终结果是让蚂蚁到达目标点或者是蚂蚁已经走完所有可走的路。

(6) 可以反复多次进行步骤(3)~(5),最终使蚂蚁迭代计算完成为止。

(7) 更新信息素矩阵,没有到达目标点的蚂蚁不在计算范围内,可以通过下式计算得出更新的信息素矩阵。

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) * \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}$$

$$\Delta\tau_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k(t)}, & \text{蚂蚁 } k \text{ 经过 } i, j \\ 0, & \text{蚂蚁 } k \text{ 不经过 } i, j \end{cases}$$

(8) 重复(3)~(7),直到第n代蚂蚁迭代结束,选择循环中的最优路径,同时输出最优路径曲线。

3.2 Matlab 仿真实验

在 Matlab 仿真实验中, $M, \alpha, \beta, \rho, Q$ 等参数可以达到验证蚁群算法在路径规划中的实际效果,我们可以通过 $M, \alpha, \beta, \rho, Q$ 等参数在 MATLAB 中建立实验系统。创建的格栅地图,格栅序列编号从1~1024,蚁群运动起始点位置序号为65,可以设置目标点的位置序号为1020,从而所建立仿真系统的参数为: $M=30, K=50, \alpha=1, \beta=15, \rho=0.95$,运行仿真程序,能够显示出所有蚁群在工作环境中的移动机器人运行轨迹,如图2所示,可以从图3中清晰看到最优轨迹,还可以得到图4中最小路径的变化趋势曲线,从图4可以看出,大约在迭代35代时,最小路径长度基本稳定在48左右。

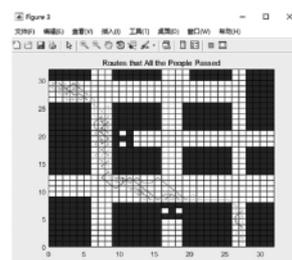


图2 所有蚁群运行轨迹

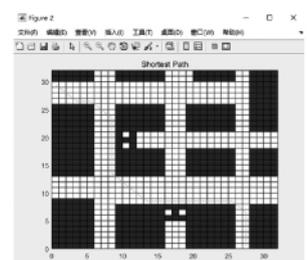


图3 最优路径

(下转第148页)

(6) 找到残差临界点,选取大于临界点的故障残差作为样本,利用加权的方法建立控制限;根据得到的控制限绘制控制图^[8],将机器人监测系统实时产生的监测数据建立时间序列 $R(t)$,代入表达式 Z_t 产生拟合值 $Z_r(t)$,并计算对应时刻的残差 $S_r(t)$ 绘制在控制图上,一旦有残差点越过控制限,则发出故障警告,实现机器人的故障预测。

5 结语

先前,在研究工业机器人故障方面大多是从环境因素、设备缺陷、人为操作失误、防护不当等外部方面来分析故障发生的原因并提出相应的措施。现在,工业机器人故障具有自组织临界性的提出让我们可以从故障发生的内部机制来分析解释工业机器人故障发生的原因,为我们寻找工业机器人故障的整体行为特征提供了一个有效的工具。在本文研究的基础上,下一步的主要工作是:理论结合实践,用实验验证这一方法对工业机器人故障预测的可行性及准确度,从

(上接第145页)

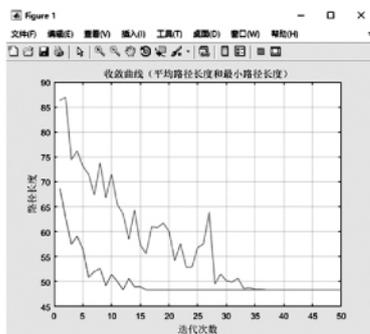


图4 收敛曲线

4 结语

通过蚁群算法对移动机器人的路径规划进行研究。运用格栅法创建移动机器人的工作环境,在仿真系统中蚁群可以避开障碍物从起始点运动到目标点,

而进一步地完善理论基础。

参考文献:

- [1] Luh G C, Cheng W C. Immune model-based fault diagnosis [J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2005(67) : 515-539.
- [2] MichałZajac. Online fault detection of a mobile robot with a particle filter [J]. Neurocomputing, 2014, 126(27) : 151-165.
- [3] Ikbaleki, SelcukErkaya, Sertaç. Fault detection on robot manipulators using artificial neural networks [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2011, 27(1) : 115-123.
- [4] P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld. Self-organized criticality: an explanation of $1/f$ noise [J]. Physical review letters, 1987, 59(4) : 381-384.
- [5] 成思危. 复杂性科学探索 [M]. 北京: 民主与建设出版社, 1999.
- [6] 何越磊. 沙堆模型复杂性现象及自组织临界性系统研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2005.
- [7] 周道涵. 基于在线监测数据的设备突发大故障预测建模及实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2014.
- [8] 王瑞芳, 刘林, 徐方. 机器人系统的故障预测技术研究 [J]. 制造业自动化, 2008, 30(11) : 15-19.

并能寻找出最优路径。在经过进行真实可靠的实验后,根据实验结果可以得出,此研究所提出的用于计算最优路径的算法是可行的,并且较好的实用性。

参考文献:

- [1] 郭玉, 李士勇. 基于改进蚁群算法的机器人路径规划 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(1) : 187-189.
- [2] 徐思. 基于蚁群算法的移动机器人智能路径规划应用 [J]. 信息通信, 2015(10) : 30-31.
- [3] 赵娟平. 移动机器人路径规划的蚁群优化算法研究 [D]. 沈阳: 东北大学, 2012.
- [4] 何小平. 蚁群算法在移动机器人中的应用研究 [J]. 中国高新技术企业, 2017(9) : 74-75.
- [5] 徐军. 复杂环境下移动机器人路径规划方法研究 [D]. 天津: 天津理工大学, 2017.
- [6] 朱天宇. 移动机器人路径规划的研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2014.