

# 室内机器人服务目标避障路径优化分析

唐硕 王春华 曹睿

苏州工业园区服务外包职业学院, 江苏 苏州 215123

**摘要:** 针对工业机器人在服务过程中的障碍物躲避问题, 提出一种基于A\*算法和栅格地图的机器人避障路径优化方法。首先, 将室内环境分割成若干个小区域, 对每个小区域进行栅格地图建模。其次, 根据障碍物距离进行栅格地图简化, 通过A\*算法在每个小区域内生成一条最短的无障碍物路径。然后, 将A\*算法生成的最短路径进行优化得到一条避障路径。最后, 通过实验验证了所提出方法的有效性。实验结果表明, 该方法在机器人绕障过程中可以有效躲避障碍物, 避免了机器人重复扫描作业、能量损耗大、作业效率低等问题, 为工业机器人在服务领域中的应用提供了一种有效的解决方法。

**关键词:** 室内机器人; 避障路径; 优化

## Optimization Analysis of Obstacle Avoidance Path for Indoor Robot Service Target

Tang, Shuo Wang, Chunhua Cao, Rui

Suzhou Industrial Park Institute of Services Outsourcing, Suzhou, Jiangsu, 215123, China

**Abstract:** An optimization method based on A\* algorithm and raster map is proposed for solving the obstacle avoidance problem of industrial robots in the service process. Firstly, the indoor environment is partitioned into several small regions, and raster map modelling is performed for each small region. Second, the raster map is simplified according to the obstacle distance, and a shortest obstacle-free path is generated in each small region by the A\* algorithm. Then, the shortest path generated by the A\* algorithm is optimized to obtain an obstacle avoidance path. Finally, the effectiveness of the proposed method is verified by experiments. The experimental results show that the method can effectively avoid obstacles during the robot obstacle avoidance process, avoiding the problems of repeated scanning operation, high energy loss, and low operating efficiency of the robot, and providing an effective solution for the application of industrial robots in the service field.

**Keywords:** Indoor robot; Obstacle avoidance path; Optimize

DOI: 10.62639/sspis01.20240103

## 引言

A\*算法是由美国麻省理工学院的Chakraborty教授于1979年提出, 该算法具有简单、容易实现等优点。A\*算法在室内机器人的路径规划上可以避免重复扫描, 提高机器人作业效率。本文首先对机器人服务过程中的障碍物进行了分类, 并根据机器人与障碍物的相对位置关系建立了栅格地图模型。其次, 对A\*算法进行了改进, 提出一种新的改进算法来处理障碍物躲避问题。最后, 对新算法进行了实验验证。

## 一、机器人工作环境建模

在机器人避障路径优化过程中, 机器人工作环境建模是关键环节, 直接影响算法的有效性。本文利用栅格地图对机器人工作环境进行建模, 将整个室内空间划分成若干个栅格区域, 每个栅格区域被细分为若干个小区域, 小区域之间有一定的空间关系。每个小区域可以看做一个

栅格地图的一部分, 通过对每个栅格地图的分析可以获得机器人工作环境模型。另外, 通过对整个室内环境进行分析, 可以得到整个室内空间的拓扑结构<sup>[1-2]</sup>。机器人在工作过程中遇到障碍物时, 通过对障碍物周围区域的分析 and 处理, 可以将机器人周围环境划分成多个小区域并计算出其拓扑结构。

在整个机器人工作环境建模中, 基于栅格地图的方法最大优点是可以对环境进行实时监控, 并对障碍物进行实时定位。缺点是机器人需要不断重复扫描, 不仅造成能量消耗大, 还会导致机器人重复运动, 降低作业效率。因此, 本文采用栅格地图进行机器人工作环境建模, 如图1所示。利用栅格地图建立机器人工作环境模型后, 就可以用A\*算法进行机器人避障路径优化。

(稿件编号: IS-24-3-4004)

**作者简介:** 唐硕, 男, 汉族, 苏州工业园区服务外包职业学院, 信息工程学院 2022 级学生。

王春华(1985-02), 女, 汉族, 籍贯: 山东郓城, 信息工程学院, 职称: 讲师, 硕士学历, 研究方向: 图像处理, 数据分析, 高职教育。

曹睿, 男, 汉族, 苏州工业园区服务外包职业学院, 信息工程学院 2023 级学生。

**基金项目:** 2023 年江苏省职业院校学生创新创业培育计划项目: “室内机器人自动避障路径优化”(项目编号: G-2023-1393)。

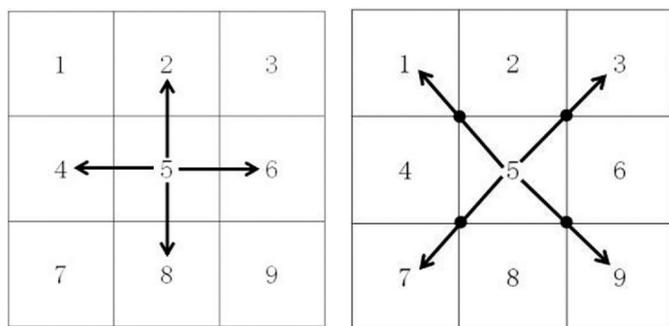


图 1

## 二、A\* 算法在小区域地图上的应用

A\* 算法是一种全局路径优化算法, 在实际应用中可以有效地解决机器人的避障问题。A\* 算法采用启发式搜索策略, 能够生成最优路径。为解决机器人在室内环境中的避障问题, 本文提出了一种基于 A\* 算法和栅格地图的避障路径优化方法, 机器人通过 A\* 算法生成最优路径并将其转化为一条最优避障路径。在机器人工作环境中, 可将其分解为若干个小区域, 每个小区域可根据障碍物距离进行栅格地图简化。对于简化后的栅格地图, 可通过 A\* 算法生成一条最优路径。接下来, 将机器人工作环境中生成的最优路径与所建立的栅格地图中的最优路径进行比较, 从而得出机器人在小区域环境中的避障路径。

A\* 算法的实现过程如下: 首先对机器人工作环境进行栅格地图建模; 其次根据所建立的栅格地图建立一个节点集, 对该节点集进行 A\* 算法搜索; 然后根据搜索到的节点集, 比较机器人工作环境中生成的最优路径与栅格地图中生成的最优路径; 最后通过比较得出最优避障路径<sup>[3]</sup>。通过上面的过程, 可以得到如下结果: 当机器人在工作环境中从起点开始沿着所建的栅格地图行走, 当遇到障碍物时, 通过 A\* 算法搜索最优路径, 并将其转化为一条避障路径。由上述结果可知, 当机器人从起点开始沿着所建的栅格地图行走时, 可避开所有的障碍物, 最终到达目标点。由于本文所建的栅格地图数量较少, 仅有 256 个栅格, 故本文中不对机器人的工作环境进行建模。由上述结果可知, 当机器人在室内环境中行走时, 通过 A\* 算法得到的最优路径与栅格地图中生成的最优路径相比没有出现较大误差。这说明在室内环境中机器人能够成功完成避障任务。

## 三、最短路径的优化

路径规划是指机器人在有障碍物的情况下, 通过自初始位置到目标点之间的最佳距离, 实现无冲突的路径规划。在移动过程中, 基于已有的室内环境信息, 建立并栅格化移动空间,

采用 A\* 路径搜索算法求解无障碍无障碍最优路线。当环境参数已知时, 采用 A\* 方法进行路径规划是一种简便、快捷的方法。

A\* 算法采用网格方法建立环境模型, 根据环境、障碍物边界、机器人尺寸等因素, 将机器人的工作范围分成若干个等长的网格网格。假定已知障碍物的位置、尺寸, 并且在移动过程中没有改变, 则将该机器人简化成一粒子, 将障碍物分解成正方形, 而不满足一个网格的情况则用网格来表示。将不规则的障碍延伸成规则的长方形; 将该图形的边界视为障碍<sup>[4]</sup>。A\* 法是一种具有代表性的启发式搜索法, 它利用评价函数求出每一个点的费用, 从而得到在状态空间中寻找最短路的方法。

为了使机器人在不碰到障碍物的情况下能够绕障完成任务, 对 A\* 算法生成的最短路径进行优化。首先, 通过对机器人进行控制, 使其在到达目标位置时不碰到障碍物; 然后, 根据障碍物的大小、形状等特点, 将障碍物抽象为点或者矩形。将障碍物的最短路径转化为点到矩形的最短路径。其次, 对点到矩形的最短路径进行优化, 在考虑机器人当前状态对矩形路径的影响前提下, 选择路径中最短的那一段作为避障路径。最后, 在机器人到达避障区域时, 将障碍物躲避到避障区域内。通过这种方法可以有效避免机器人在复杂环境中重复扫描作业、能量损耗大、作业效率低等问题。

如图为三种算法所规划的路径, 图 2 a) 是由常规的 A\* 算法所规划的路线, 这种路线最短, 但是在一些场合不能满足具有特定宽度的机器人的要求, 这种方法的路线结点最少, 拐点最多, 但是危险性也最大。图 2 b) 是根据栅格禁选原则进行改进的算法所设计的路线, 通过比较可以发现, 采用该方法的路线结点和路线数目都有了很大的提高, 但是危险性却是最小的, 只有传统的 A\* 法的 42.56%。图 2 c) 示出了根据路线禁选原则对其进行改进的算法所设计的道路 3 中的三个算法的轨迹, 通过比较可以看出, 根据机器人的实际尺寸来计算网格的轨迹是最短的, 而且转弯的次数更少, 危险性也更小, 比常规的 A\* 算法提高了 58.46%。



(a) 传统 A\* 算法规划路径



(b) 机器人尺寸未知算法规划路径



(c) 机器人大小已知算法规划路径

图2 三种算法规划路径如图

#### 四、实验分析

为了验证所提出方法的有效性,在实验室中搭建了一套环境,其中包括一个六自由度工业机器人,两个不同尺寸的障碍物,两个移动平台,一个圆形的托盘。为了便于实验效果,机器人在运行过程中没有对障碍物进行移动,仅在机器人转弯时对障碍物进行了一定程度的转向<sup>[5]</sup>。机器人移动平台为4轮驱动型机械臂,移动平台与障碍物之间距离为100 cm,机器人半径为200 cm。根据环境分割图构建栅格地图。

本文中采用增量A\*算法对其进行最短路径规划。设置矩阵图中的黑方格表示当机器人经过一定时间的移动之后,它将会被随机的障碍所包围。障碍物的数量、尺寸及分布是随机的。以(0,0)作为动作的起始点,(8.00米,16.50米)为目标点。其中,黑线为A\*算法在移动前预先规划好的路线,黑虚线代表移动过程中的移动轨迹。10个试验结束后,对每个点进行平均,并绘制轨迹图。通过比较两种方法所得到的路径长度、搜索网格的个数和时间,如表1所示。从表中可以看出,在10个试验条件下,增量式A\*算法所规划的路径长度仅稍大于常规方法,其平均网格数目和平均时间分别为13.98%和21.91%。

表1 传统A\*与增量A\*算法对比

名称	传统A*算法	增量A*算法
路径长度/m	24.52	24.75
搜索栅格数	48517	6782
耗时/s	0.178	0.039

结果表明,改进的避障算法与传统A\*算法相比,经过优化后的最短路径规划得到的最短路径可以通过机器人在障碍物周围绕过,避免了机器人重复扫描作业、能量损耗大、作业效率低等问题。规划路径节点和转弯次数有不同程度的增加,但危险度大大降低,避障效果较好。在动态障碍物环境下,采用增量式A\*方法进行再规划,其计算速度接近于传统方法的5倍。实验结果表明,该方法在保证安全、高效的前提下,减少了路径长度。

通过对比实验可以得出以下结论:(1)在机器人绕障过程中,障碍物在机器人绕过后会向机器人靠近,但在机器人进入障碍物后又快速离开。(2)在障碍物距离机器人较近的时候,机器人会有一个向左或向右的偏转角度,在偏转过程中会与障碍物发生碰撞。(3)在实验过程中发现,当机器人进入障碍物时,移动平台的速度变得较快,从开始运动到到达目的地仅用了0.51s。(4)根据以上结论得出,在实验过程中机器人可以绕过障碍物完成任务,而不需要重复扫描工作,避免了能量损耗和作业效率低等问题。

#### 五、结语

本文针对工业机器人在室内的避障问题进行研究,通过分析工业机器人在室内环境下的运动特征,设计了一种改进的人工势场法,通过对人工势场法进行改进,实现了在室内环境下对工业机器人的路径优化。由于人工势场法算法的复杂性,需要建立更多的数学模型。实际应用中需要对几个要素进行综合考虑,以提高算法的效率和性能。对于室内环境下机器人路径优化问题,还需要考虑其他因素,如环境复杂度、目标移动速度等,对其进行综合考虑才能得到最优的路径。

#### 参考文献:

- [1] 邢军, 李岳洪, 吴旻, 陈启彩, 胡恒莹, 周锋华. 室内智能服务机器人自主定位与导航性能测试技术研究[J]. 家用电器, 2023, (03): 11-19+23.
- [2] 韩竺秦. 基于室内自主导航的管家服务机器人设计与实现[J]. 电子质量, 2022, (04): 57-63.
- [3] 黄海卫, 孔令成, 谭治英. 室内服务机器人实时目标识别与定位系统设计[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(08): 2228-2232.
- [4] 黄金豪, 吴建悍. 基于改进A\*算法的室内服务机器人路径规划[J]. 技术与市场, 2020, 27(03): 62-63.
- [5] 孙月, 刘景泰. 基于RGB-D传感器的室内服务机器人舒适跟随方法[J]. 机器人, 2019, 41(06): 823-833.