

基于 A* 算法改进的机器人路径规划

曾欣悦 刘财勇

攀枝花学院, 中国·四川 攀枝花 617000

摘要: 为提高机器人的安全性和高效性, 提出了根据 A* 算法设计具有障碍物的路径并结合 ROS 中的 Rviz 和 Gazebo 进行仿真。路径规划的核心就是找到一条最优的路线, 这通常意味着在距离、时间或安全性等方面达到最优, 因此将 A* 算法进行改进以及通过改进的 A* 算法对路径进行规划。首先, 对 A* 算法进行了设计及改进, 它包含了起点与终点的定义、打开与闭合清单、选取最优的结点、对所选的结点进行扩充等。其次, 选用 PyCharm 进行编写, 进行路径仿真, 运用 ROS 中的 Rviz 和 Gazebo 等仿真软件, 建立机器人模型和仿真环境。最后, 通过仿真的可行性和有效性, 证明了改进的 A* 算法用于路径规划的应用前景。

关键词: 双向 A* 算法; 路径规划; 仿真实验

Improved Robot Path Planning Based on A* Algorithm

Xinyue Zeng Caiyong Liu

Panzhuhua University, Panzhuhua, Sichuan, 617000, China

Abstract: In order to improve the safety and efficiency of robots, a path with obstacles is designed based on the A* algorithm and simulated using Rviz and Gazebo in ROS. The core of path planning is to find the optimal route, which usually means achieving the best in terms of distance, time, or safety. Therefore, improving the A* algorithm and planning the path through the improved A* algorithm. Firstly, the A* algorithm was designed and improved, which includes defining the starting and ending points, opening and closing lists, selecting the optimal nodes, and expanding the selected nodes. Secondly, PyCharm is selected for writing, path simulation is carried out, and simulation software such as Rviz and Gazebo in ROS are used to establish a robot model and simulation environment. Finally, the feasibility and effectiveness of the improved A* algorithm for path planning were demonstrated through simulation, demonstrating its promising application prospects.

Keywords: bidirectional A* algorithm; path planning; simulation experiment

1 引言

机器人技术涉及了多个领域, 而路径规划作为其主要研究领域之一, 却经常被人们忽略。随着科技的进步, 路径规划作为机器人技术的重要领域之一。最佳路径规划问题是指在机器人在工作时, 基于某种标准(如最小工作成本、总体距离最短的路线或耗时最少等), 从路径起点到路径终点寻找一条没有障碍物的最符合标准的路线的问题。全局路径规划常用的算法包括 A* 算法^[1]、Dijkstra 算法^[2]、D* 算法^[3]等算法。而局部路径规划主要依赖于动态窗口法^[4]以及人工势场法^[5]等手段来实现。双向 A* 算法技术运行稳定, 是路径规划中广泛使用的算法, 该算法可以在指定时间内找到一条安全且高效的最优路径, 双向 A* 算法通过在搜索过程中结合实际情况, 有效降低成本并提高工作效率。它可以充

分应用于各种类型的路径规划问题, 包括机器人导航、无人机轨迹规划等场景。

2 A* 算法的设计及改正

2.1 传统 A* 算法设计

A* 算法^[6]存在着一些不足, 但也可以求出最优解。虽然 A* 算法在某一方面得到一定优化, 但计算量也很大, 且未考虑拐点转向不平滑等问题, 实用性仍需提高。A* 算法代价评价函数为: $f(n)=g(n)+h(n)$ ^[7]。f(n) 是从初始状态经由状态 n 到目标状态的代价估计, g(n) 是在状态空间中从初始状态到状态 n 的实际代价, h(n) 是从状态 n 到目标状态的最佳路径的估计代价。A* 算法的搜索流程具体如图 1 所示, A* 算法路径规划的仿真如图 2 所示。

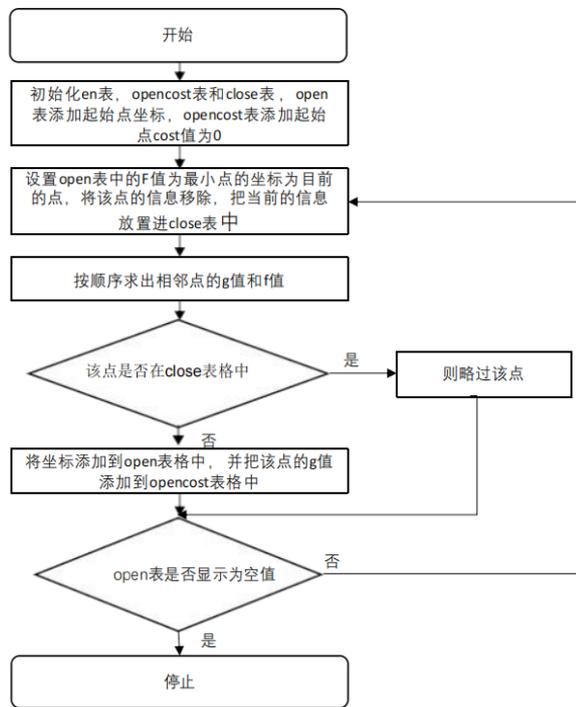


图 1 A* 算法的搜索流程图

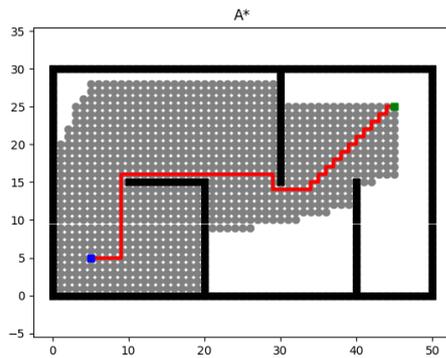


图 2 A* 算法的路径仿真

2.2 A* 算法改进

由于传统 A* 算法是单向搜索, 对于导航路径规划来说, A* 算法搜索速度较慢, 不能满足路径规划的高效性。在处理较大规模全局地图或起始点与目标点之间距离较远的情况时, 需要逐一搜索大量节点, 这导致搜索效率显著降低。为了解决这一问题, 因此把 A* 算法单向搜索改进为双向搜索, 以提高路径搜索的效率和速度。双向搜索 A* 算法的核心思想是起点和终点分别同时向对方进行搜索, 同时进行迭代, 直到两个搜索路径相遇。在每次迭代过程中, 双向 A* 算法会选择当前总代价最小的节点进行扩展, 同时更新两个方向上的实际代价 $g(n)$ 和预估代价 $h(n)$ ^[8]。双向搜索可以减少搜索范围, 避免无用的搜索, 提高搜索效率, 在搜索节点和搜索时间上都会有明显的优势。双向 A* 算法的搜索流程如图 3 所示^[9]。

双向 A* 算法引入两个搜索队列, 同时进行正反向搜索, 直至两者相遇, 是一种有效的图搜索算法。双向 A* 算法的

路径仿真如图 4 所示。

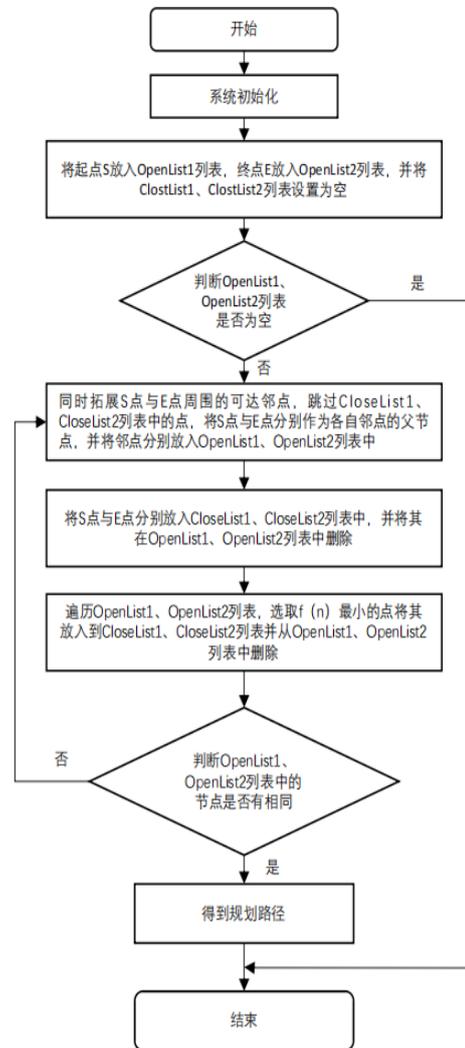


图 3 双向 A* 算法的搜索流程图

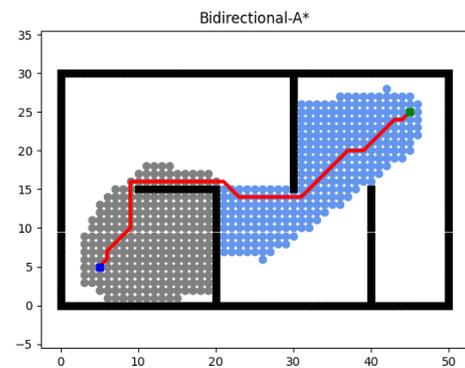


图 4 双向 A* 算法的路径仿真

分析估价函数 $f(n)$ 可知: 正向搜索节点和反向搜索节点之间的预估代价 $h(n)$ 为两点间的欧几里得距离, 如果在双向搜索的过程中, 能使双向搜索节点之间的预估代价 $h(n)$ 十分接近于实际代价, 就不会搜索到一些无用的节点。在该算法搜索初期, 由于双向搜索节点距离较远, 故预估代价

$h(n)$ 增大; 而在该算法搜索后期, 因双向搜索节点距离较近, 所以预估代价 $h(n)$ 减小。这样做可以在保证路径较优的情况下, 尽量减少搜索节点, 提高双向 A* 算法的搜索效率。由图 2 和图 4 可知, 双向 A* 算法找到的最优路径点比 A* 算法找到的路径点更准确, 更快速。

3 ROS 仿真实验及实验结果分析

3.1 实验环境与步骤

本实验主要采用如下设备, 处理器为 12th Gen Intel(R) Core(TM)i5-1240P CPU 1.70 GHz, 显卡为 NVIDIA GeForce GT630M, 显存容量为 128MB, 内存为 16G, 系统为 Ubuntu18.04.6 且使用的是 Gazebo9。PyCharm Community Edition 版本为 2020.3.2。

实验步骤如下: ①将改进的 A* 算法的编程加入 ROS 当中。②运用 URDF 和 XACRO 进行对环境的搭建和机器人模型的设计。③用编写好的文件启动 Gazebo 和 Rviz, 添加配置, 确定好起始点, 进行仿真实验。

3.2 机器人模型的搭建以及搭建好的仿真地图

机器人系统仿真能够在构建实体机器人之前对其行为进行模拟测试, 通过运用各种软件相互结合, 搭建出一个能满足实验需要的仿真机器人模型, 并让仿真机器人在虚拟场景中进行测试和优化, 从而节省时间以及降低成本。

使用这些配置软件创建了一个地盘为圆柱状, 半径 10cm, 高 8cm 的四轮圆柱机器人模型, 四轮由两个驱动轮和两个万向支撑轮组成, 两个万向轮半径为 3.25cm, 轮胎宽度 1.5cm, 两个万向轮为球状, 半径为 0.75cm, 底盘离地间距为 1.5cm。搭建好的机器人模型如图 5 所示。

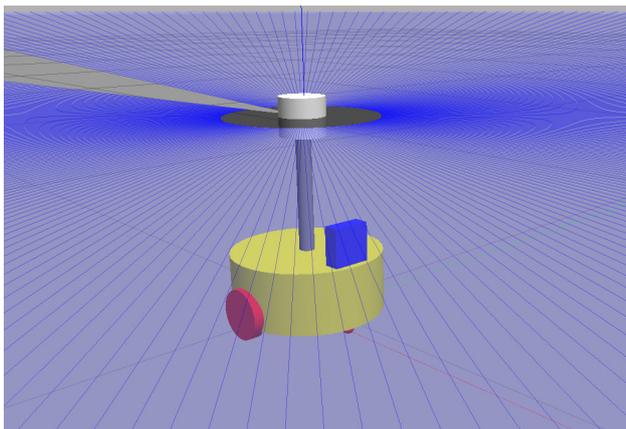


图 5 搭建好的机器人模型

SLAM 需要对外部环境有一定的感知, 特别是对周边环境的深度信息进行感知。这只是能实现地图构建和即时定位, 地图的保存还要依靠其他模型来实现。如果机器人在运动过程中遇到一些动态障碍物 (如突然出现的行人、出现的

汽车等), 就需要及时调整运动路线, 直到到达目标点。在机器人的导航系统中, 全局路径规划和局部路径规划是两个非常关键的组成部分, 它们协同工作以确保机器人能够准确地到达目标位置, 同时避开各种障碍物。使用 Gazebo 进行仿真。确定好起点和终点, 小车通过双向 A* 算法的判断行驶, 如图 6 所示的小车行驶图。

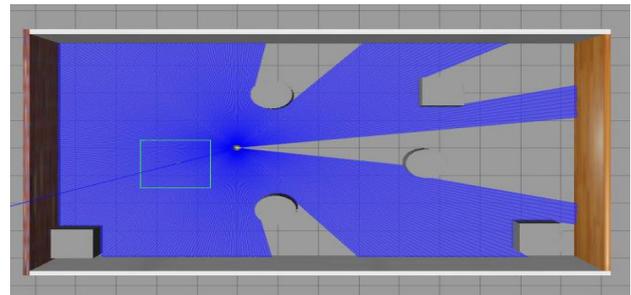


图 6 小车的行驶

3.3 实验及结果分析

A* 算法是从起始点开始向目标点进行单向搜索, 而双向 A* 算法则是同时从起始点和目标点进行双向搜索。双向 A* 算法在找到最短路径的过程中通常比单向 A* 算法更快。通过同时从起点和终点进行搜索, 双向 A* 算法能够有效地减少需要探索的节点数量。为了验证双向 A* 算法的高效性和灵活性, 在 PyCharm 环境下进行了仿真, 将平均转折角度定义为总的转折角度 (每次转折时角度改变量的和) 除以转折点的个数^[10]。可以对比路径长度和平均转折角度来验证, A* 算法长度与双向 A* 算法长度的比较以及各自转折角度的比较, 见表 1。

表 1 算法长度与平均转折角对比

算法	路径长度	平均转折角度
A* 算法	25.25	90.00
双向 A* 算法	24.88	56.00

实验结果表明: 运用双向 A* 算法进行路径规划更加便捷, 相同的起点和终点, 双向 A* 算法可以规划出较短的距离到达终点, 从平均转折的角度可以看出, 双向 A* 算法更有灵活性。

为了验证双向 A* 算法的有效性, 可以把到达时间和搜索节点作为主要评价指标, 将地图分别放在 4 种不同规模的栅格地图上进行仿真实验, 实验结果如图 7 所示。

实验结果表明: 双向 A* 算法在到达时间和搜索节点上分别比 A* 算法减少了 24.52% 和 62.48%。说明双向 A* 算法有效的提高了到达和搜索的效率。随着地图规模的扩大, 双向 A* 算法的优势也逐渐明显, 尤其是在搜索节点上。提高了搜索效率的同时提高了到达的时间。

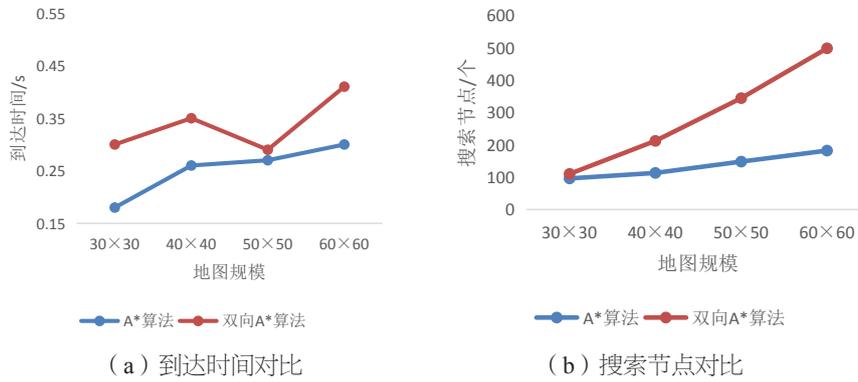


图 7 A* 算法、双向 A* 算法搜索到达性能比较

4 结论

论文提出基于 A* 算法改进的机器人路径规划的研究主要是在仿真环境下进行的，在仿真环境下得到的是一个最佳的路径，用 ROS 中的 Rviz 和 Gazebo 创建了机器人模型和路径规划的仿真，可应用于实际小车中进行实践。后续将会通过这个路径来进行机器人在实际环境中的部署，在进行了大量的实验模拟之后可能会将其运用到机器人当中，甚至是汽车行业中。根据实验数据对比，可以得出，双向 A* 算法具有较高的寻优性能。第一，在寻优效率方面，采用了从起始点到终点同步搜索的方式，有效地减少了搜索节点的数目，从而降低了搜索的空间和时间复杂度。与 A* 算法等单向算法的搜索方法相比，该方法对大规模的图或复杂网络具有更高的求解速度。第二，在路径规划方面，双向 A* 算法利用启发式函数的估计值来优先扩展与终点更接近的节点，从而更高效地引导搜索过程。

参考文献：

[1] HART P E, Nilsson N J, Raphael B. A formal basis for the heuristic determination of minimumcost paths[J]. IEEE transactions on Systems Sci-ence and Cybernetics,1968,4(2):100-107.
 [2] 先梦瑜.一种基于Dijkstra的物流配送路径优化算法设计[J].电子设计工程,2023,31(2):21-24.
 [3] 王飞鹏,张志安.基于双向D*算法的履带机器人路径规划[J].组

合机床与自动化加工技术,2023(5):65-67.

[4] 杨桂华,卫嘉乐.基于改进A*与DWA算法的物流机器人路径规划[J].科学技术与工程,2022,22(34):15213-15220.
 [5] 成昌巍,胡劲文,王策,等.基于改进型人工势场的路径规划方法[J].无人系统技术,2019,2(6):10-16.
 [6] TANG G, TANG C, CLARAMUNT C, et al. Geometric A-Star Algorithm: An Improved A-Star Algorithm for AGV Path Planning in a Port Environment[J]. Ieee Access,2021(9):59196-59210.
 [7] 李杰.基于改进A-star算法的移动机器人动态路径规划[J].黑龙江科学,2023,14(16):47-52.
 [8] 李云龙,梁波,薛新华,等.基于双向A*算法的路径规划问题研究[J].电子质量,2023,431(2):1-4.
 [9] 王影,王晨.基于改进A*算法的仓储移动机器人路径规划研究[J].吉林化工学院学报,2023,40(9):24-27.
 [10] 宋宇,王志明.改进A星算法移动机器人路径规划[J].长春工业大学学报,2019,40(2):139-141.

作者简介：曾欣悦(2004-)，女，中国四川内江人，本科，从事机器人工程研究。

基金项目：大学生创新创业项目“基于 A-star 的机器人路线规划研究”（项目编号：2023xcy276），攀枝花市先进制造技术重点实验室开放项目“复合服务机器人技术研究”（项目编号：2022XJYB02）。