

基于 ROS 的医院服务机器人导航系统研究与仿真

Research and Simulation of Hospital Service Robot Navigation System Based on ROS

梅鑫源（吉林化工学院信息与控制工程学院,吉林 吉林 132022）
侯哲生（吉林化工学院机电工程学院,吉林 吉林 132022）

摘要: 针对患者对医院环境不熟悉的问题,提出了一种适用于医院内复杂动态的障碍物环境下的服务机器人自主导航方案。首先创建机器人模型并在 Gazebo 仿真平台搭建实验所需的仿真环境。然后使用 SLAM 建图技术与仿真环境中的激光雷达,构建一张仿真环境的二维栅格地图。最后利用 ROS 中的导航功能包,进行路径规划,实现了机器人移动到目的地。其中全局路径规划算法选择 D*Lite 算法,适用于动态的环境且具有高效的重新规划路径的能力,满足医院内复杂环境导航的需求。

关键词: 机器人;ROS;复杂环境;路径规划

Abstract: This paper proposes a service robot autonomous navigation scheme suitable for complex and dynamic obstacle environments in hospitals, addressing the issue of patients being unfamiliar with the hospital environment. Firstly, create a robot model and set up the simulation environment required for the experiment on the Gazebo simulation platform. Then use SLAM mapping technology and LiDAR in the simulation environment to construct a two-dimensional grid map of the simulation environment. Finally, using the navigation function package in ROS for path planning, the robot is able to move to its destination. The global path planning algorithm selected the D*Lite algorithm, which is suitable for dynamic environments and has the ability to efficiently replan paths, meeting the needs of complex environment navigation in hospitals.

Keywords: robot, ROS, complex environment, path planning

随着机器人技术的迅猛发展,医院服务机器人已经成为医疗服务领域的一种新型的智能化设备,它主要服务对象是对医院环境不熟悉的患者,节省就医时间,提高就医效率^[1]。ROS 是一个可以为机器人提供通信、感知、导航等多种功能的系统。本文基于 ROS 系统对医院服务机器人导航系统进行研究和仿真^[2],利用 Gazebo 仿真平台进行医院场景的搭建,选择适用于动态环境的 D*Lite 算法规划出一条全局路径,若路径上出现障碍物可快速进行重新规划,以提高医院服务机器人的工作效率和质量。

1 机器人模型与仿真环境设计

在 ROS 系统中,URDF 是一种 XML 格式的文件,它用于描述可视化的机器人模型。它可以由多个标签组成,如<robot>、<joint>、<link>等。如果需要用其描述一辆四轮小车模型,就需要为小车的四个轮子编写相似的程序,导致程序太多,不容易维护。Xacro 文件是一种宏语言,是在 URDF 文件的基础上扩展的,使得 URDF 文件更加模块化和易于维护^[3]。本文使用 Xacro 格式文件对医院服务机器人进行模型搭建,结构为四轮差速结构机器人,包括底盘、驱动轮、雷达以及 IMU 等。模型搭建完毕后需要对其进行控制,使用 ros_control 功能包完成对模型运动的控制,对机器人需要运动的关节都应配置相应的传动系统^[4]。

在 Gazebo 仿真平台搭建仿真环境地图,单击应用菜单栏 Edit 选项中的 Building Editor 进行建筑物模型的创建,建筑物平面图可以根据实际情况进行搭建或者导入之前设计好的,本文建筑物是自主绘制。仿真环境与机器人模型如图 1 所示。

2 软件设计

2.1 地图构建

本文采用 SLAM 中的 Gmapping 算法建立环境的二维地图。Gmapping 算法用栅格表示当前环境,一张地图具有多个栅格,其可以表示是否被障碍物占据。机器人模型中的激光雷达传感器对附近环境进行监测,获取到周围障碍物的信息,Gmapping 算法接收这些信息并对地图进行更新。Gmapping 算法是

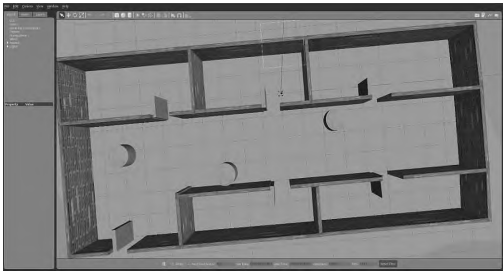


图 1 仿真环境与机器人模型

在 RBpf 粒子滤波算法的基础上对选择性重采样与提议分布进行改进,占用资源少,提高了运算效率^[5]。启动 Gazebo 仿真平台与地图构建的 launch 文件,在 rviz 中可以实时显示 Gmapping 算法发布的二维栅格地图数据。启动键盘控制节点,控制机器人在仿真环境中运动建图,建图完成后将地图保存在磁盘^[6]。地图构建如图 2 所示:

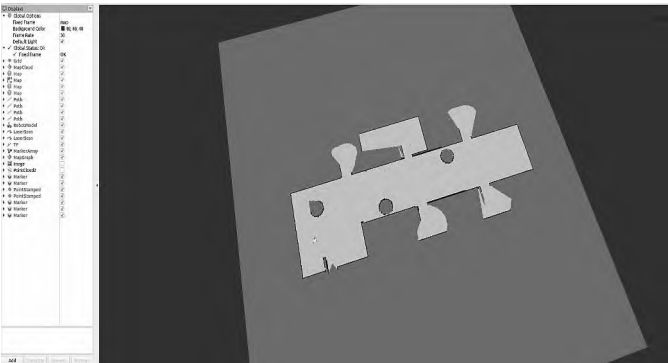


图 2 地图构建

2.2 路径规划

医院服务机器人的全局路径规划采用 D*Lite 算法,它适用于动态的环境且具有高效的重新规划路径的能力。局部路径规

划采用 TEB 算法,该算法将全局路径根据时间进行分段,并且考虑了机器人的动力学约束,适用于动态的环境。

D*Lite 算法是由 Sven Koenig 和 Maxim Likhachev^[7]提出的一种增量式动态路径规划算法,主要针对动态的环境。它的搜索方式为从目标点到起始点,是一种逆向搜索算法,可以在复杂动态的环境下规划出一条最优的安全路径^[8]。当发现地图中某个节点的状态发生改变时,节点的状态改变即由原来没有障碍物的节点变为障碍节点,或者由原来有障碍物的节点变为没有障碍物的节点,此时算法会结合上次规划的数据,对改变状态的节点和它之后的节点信息重新进行计算,重新规划出一条合理的路径,并不直接重新计算所有节点,提高了规划的效率,节省了时间。在 MATLAB 中对 D*Lite 算法进行仿真验证,如图 3 所示:

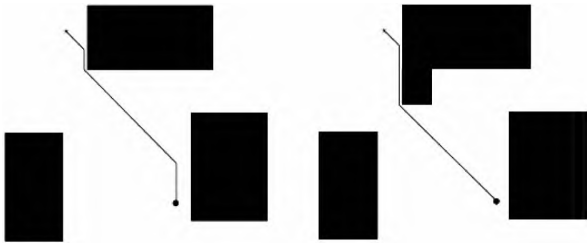


图 3 D*Lite 算法仿真验证

D*Lite 算法中有一些基本概念。其中启发函数表示机器人当前所处位置节点到出发点的估算距离,这个估算距离在传统算法中是采用欧氏距离公式计算得出。算法中 $g(s)$ 与 $rhs(s)$ 都表示机器人当前位置节点到终点的距离值。在算法运算过程中, $rhs(s)$ 会比 $g(s)$ 优先得到更新, $rhs(s)$ 通常赋值给 $g(s)$, 公式如下:

$$rhs(s) = \begin{cases} 0, & s = s_{goal} \\ \min_{s' \in succ(s)} (g(s') + c(s, s')), & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $succ(s)$ 表示当前 s 节点通向的节点 s' 即后继节点的集合, $c(s, s')$ 表示由节点 s 到 s' 的代价值^[9]。当环境发生改变时,终点到当前节点的代价值会发生变化, $rhs(s)$ 会发生变化, $g(s)$ 会过时,如果两者数值相等,则为一致状态,若不相等,则需要计算一条新路径。

$key(s)$ 值表示节点 s 的键值,是一个二维矩阵,在优先队列中节点按照这个值大小进行排序,其数值越小表示该点所在路径优先级越高。

3 系统功能测试

本实验选用的操作系统版本为 Ubuntu 18.04, ROS 系统版本为 ROS-Melodic。在 launch 文件中启动 Gazebo 仿真环境以及相关节点,打开 rviz,对 rviz 左侧 Displays 中的选项进行配置,点击菜单栏中的 2D Nav Goal 选项在地图中选择导航的目标点,机器人此时会规划出从起始点到目标点的路径^[10],如图 4 所示。

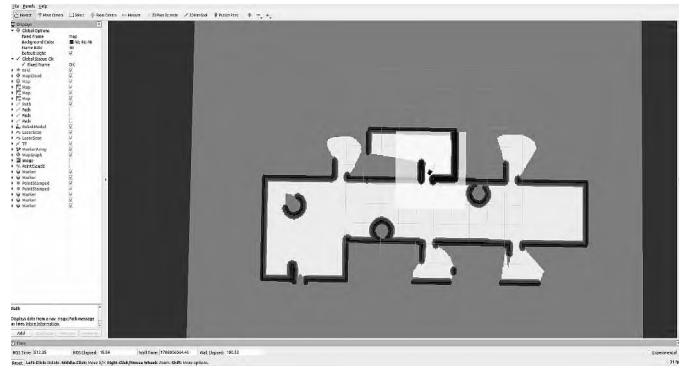


图 4 导航仿真测试

4 结束语

本文基于 ROS 系统对医院服务机器人导航系统进行研究和仿真,主要包括对医院服务机器人进行模型的搭建,在 Gazebo 仿真平台搭建相对应的仿真环境,二维地图的建立以及机器人的自主导航。机器人导航的全局路径规划算法采用 D*Lite 算法,它更适用于医院动态变化的环境且具有高效的重新规划路径能力,满足医院内复杂环境导航的需求,可以帮助对医院环境不熟悉的患者,节省就医时间,提高就医效率。今后会在硬件平台进行实验测试,以提高机器人在复杂动态环境下导航的准确性。

参考文献

- [1] 罗振华. 医院服务机器人室内导航算法与自主充电系统研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016
- [2] 赵伟成, 毛恩兵, 莫仁函, 等. 基于 ROS 无人车配送系统设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(18): 10-14
- [3] 刘新悦, 汪永敏, 孙宇豪, 等. ROS 机器人校园仿真场景设计与开发[J]. 福建电脑, 2023, 39(7): 78-83
- [4] 王迪, 黎冠, 于腾, 等. 基于 ROS 的移动机器人导航系统研究与仿真[J]. 华北科技学院学报, 2021, 18(4): 54-60
- [5] 王嵘, 万永菁. 一种基于 SLAM 的多功能探索机器人设计[J]. 机械与电子, 2019, 37(9): 51-53, 58
- [6] 熊安, 卞春江, 周海, 等. 基于 ROS 的机器人定位与导航系统的仿真设计[J]. 电子设计工程, 2018, 26(24): 188-193
- [7] KOENIG S, LIKHACHEV M. Fast Replanning for Navigation in Unknown Terrain[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2005, 21(3): 354-363
- [8] 王军, 乔丽颖, 撒昊展, 等. 基于改进 D*Lite 算法的移动机器人路径规划[J]. 中国科技论文, 2023, 18(7): 699-705
- [9] 程志, 张志安, 乐伟扬, 等. 基于 D*Lite 算法的三维路径规划研究[J]. 传感器与微系统, 2020, 39(12): 71-73, 77
- [10] 石学文, 赵晓晨, 王庆兰, 等. 基于 ROS 的差分轮式机器人系统的设计[J]. 自动化仪表, 2020, 41(9): 89-93, 97

[收稿日期: 2024-03-02]

(上接第 70 页)

升训练效果。同时,也将致力于推广元宇宙技术在其他高风险环境中的应用,以期在更广泛的领域实现安全训练的革新。

参考文献

- [1] 陈海申. 虚拟现实技术下船舶航行环境视景三维仿真[J]. 舰船科学技术, 2023, 45(13): 146-149
- [2] 陈超, 闫艳. 应用灾害数字孪生体的应急预案演练系统[J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(7): 90-96
- [3] 张昭, 郭玉杰, 赵晓宁, 等. 军事元宇宙刍议与展望[J]. 系统仿真学报, 2023, 35(7): 1421-1437

- [4] 王文喜, 周芳, 万月亮, 等. 元宇宙技术综述[J]. 工程科学学报, 2022, 44(4): 744-756.
- [5] 李荣洋, 万月亮, 宁焕生. 元宇宙驱动的新技术及应用[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2023, 35(4): 571-583
- [6] 郭嘉. 虚拟数字人在图书出版领域的多元身份构建研究[J]. 科技与出版, 2022, 332(8): 56-63
- [7] 何泽浩, 曹良才. 面向沉浸式元宇宙的显示、交互和应用[J]. 科技导报, 2023, 41(5): 6-14
- [8] 郭园, 童倩倩, 郑宇铠, 等. 融合多元触觉和沉浸式视觉的可移植 VR 软件框架[J]. 系统仿真学报, 2020, 32(7): 1385-1392

[收稿日期: 2023-12-13]