

室内移动机器人路径规划技术研究

巩慧 张玉* 刘爽

山东工程职业技术大学

DOI:10.12238/acair.v3i1.11885

[摘要] 随着科学技术的飞速发展,室内移动机器人在智能家居、仓储物流、医疗护理、安全监控等领域的应用日益广泛。路径规划技术作为室内移动机器人实现自主移动和高效作业的核心技术之一,其重要性不言而喻。路径规划技术旨在根据给定的起点和终点,为机器人规划出一条或多条最优路径,确保机器人能够自主、安全、高效地完成任

[关键词] 室内移动机器人; 路径规划; 技术

中图分类号: TP242 **文献标识码:** A

Research on the path planning technology of indoor mobile robot

Hui Gong Yu Zhang* Shuang Liu

Shandong Engineering Vocational and Technical University

[Abstract] With the rapid development of science and technology, indoor mobile robots are increasingly widely used in intelligent home, warehousing and logistics, medical care, security monitoring and other fields. As one of the core technologies for indoor mobile robots to realize autonomous movement and efficient operation, path planning technology is self-evident. The path planning technology aims to plan one or more optimal paths for the robot according to a given starting point and end point, to ensure that the robot can complete tasks autonomously, safely and efficiently. Therefore, this paper deeply studies the path planning technology of indoor mobile robots, explores more efficient, real-time and adaptive path planning methods, to improve the autonomous movement ability and intelligent level of robots, and promote the application of indoor mobile robots in more fields.

[Key words] indoor mobile robot; path planning; technology

引言

室内移动机器人路径规划技术涉及多个方面,包括环境感知、障碍物识别与避障、路径搜索与优化等。环境感知主要通过传感器和摄像头等信息技术手段,实时获取室内环境信息;障碍物识别与避障则依赖于先进的算法和计算技术,使机器人能够准确判断并避开障碍物;路径搜索与优化则通过数学建模和算法设计,在已知或未知环境中为机器人找到最优或次优路径。

1 室内移动机器人路径规划的基本概念

1.1 路径规划定义

室内移动机器人的路径规划重点在于为机器人制定从起始点到目标点的合理、安全、有效轨迹。在此过程中,需要选择最佳路线以避免碰撞,并提高效率,应对复杂环境带来的挑战,例如狭窄空间和障碍物分布不均。此外,还需应对可能发生的环境变化如家具移位或人类活动,同时满足机器人特定运动特性与

任务需求。相比较为开阔且界限模糊的室外,室内虽然边界清晰但控制问题更加细致。设计时须考虑各类物理参数,如转弯半径、加速度上限及行进速度等,以适应频繁改变的复杂情景。全局规划利用已知地图信息(如室内建筑图)计算机器人从起点到目标点的整体路径。局部规划依据当前环境感知数据,实时调整优化路径应对障碍物或其他不可预见因素。提高路径规划效率和可靠性时,通常融合多种算法技术,并采用深度学习等先进方法增强精准度、响应速度及适应能力。

1.2 室内环境特点

室内因充满家具、墙壁和门窗等多种障碍物,布局常常不规则。这要求机器人在路径规划时要小心避开障碍并高效利用通行空间。与此同时,光照条件与视觉情况比较复杂,导航和定位通常依赖于视觉传感器。不同房间及楼层的光线强弱可能影响传感器精度;此外,房间中反射面和材质的复杂性也可能干扰机

机器人的准确路线制定,并导致位置偏移或感知系统的不稳定。物品移动以及设备激活或关闭会在不同时间影响机器人的行进方向。相比户外环境,室内环境由于其多变性,需要路径规划系统具备实时感知能力以相应调整路线动态更新。地面材料如地毯、木地板和瓷砖等影响机器人摩擦力与速度,从而可能降低路线规划准确性及效率。加上坡度变化和障碍物细微差异,提高了路径规划难度,因此需要先进的适应技术及精准控制功能。在空间有限并充满障碍物情况下,电子助手设计行动轨迹时需避开固定障碍,同时敏捷处理复杂情况,以确保狭小空间中顺利完成任务。此外,应对楼梯口等场景,该系统必须展示出强大的导航精确性来实现操作目标。

1. 3路径规划问题的分类

路径规划依据性质,可分为离散及连续两类。离散型在固定网格或点集上,机器人移动受限于确定数量的点或路径段;而连续型在无界空间中使用,自主选择任意两点间路线,需要更精确控制计算。从优化目标看,问题可归为最短与最优策略。寻找最短路径通常意味着发现连接起始至结束位置之间距离最小轨迹,以减少时间消耗或长度;相对地,在考虑最佳路时,不仅需关注路径长度,还要兼顾避障和节能等因素影响其平滑程度,多重目标处理此问题。路径规划问题因环境特性变化分为静态和动态两类。静态路径规划基于固定障碍物位置与形状不变的假设,进行机器人路线设计。相对而言,动态路径规划在不断变化的环境中实施,例如障碍物可能出现位移或机器人任务标与起点发生改变,这种情况要求算法随时调整路线以适应环境更新。全局路径规划依赖整体地图充分了解,通过深度分析确定最佳行进线路;而局部路径规划则限于当前位置及其附近信息,并在感知受限或未知场景下运行,经常应用于动态或未探明环境。

2 室内移动机器人路径规划的技术基础

2.1地图构建与环境感知技术

环境感知过程中,机器人使用激光雷达、RGB-D摄像头、超声波传感器等各种传感设备获取周围信息。机器人对这些数据进行分析处理,识别静态或动态对象如障碍物、墙壁及门窗。这一技术帮助机器人理解所处空间的状态,从局部到整体,并为路径规划提供支持。随着传感技术的发展,现代机器人物合多种传感源的数据来提高环境认知的准确性和可靠性;例如,通过激光雷达提供高精度距离信息,而RGB-D摄像头生成深度图以便复杂环境结构辨识。

地图构建技术利用感知数据模型化室内环境,生成地图模型。常见表示包括栅格、拓扑和特征三种地图。栅格将环境划分为固定大小网格单元,记录空间信息,适合静态情况下精确建图;而拓扑则用节点和连接关系描述空间结构,更适合复杂多变的情境。这些基础上机器人可更新定位位置并实现精准服务。路径规划中机器人寻找从起点到目标的最佳路线,并避开障碍物,同时考虑动力学限制与实时性要求,因此连贯路径及速度调整成为移动机器人的关键要素。

2.2路径规划算法概述

经典路径规划算法包含三种类型:网格、图和采样。网格方法如A算法,将环境划分为多个窗格,计算起点到目标点的最短距离。这类算法结合启发式搜索与Dijkstra,通过代价函数与启发式函数寻找最佳路径。Dijkstra在建立好图模型后也会寻求两点间简洁路线。采样策略,如快速随机树(RRT)及概率地图(PRM),通过随机抽取方式探索机器人可达空间,在高维复杂环境下效果突出。

技术进步促使现代优化算法广泛用于室内机器人路径规划。这些算法在动态环境中表现有效。人工智能中的强化学习通过交互逐渐掌握路径规划技能。生物启发的遗传算法、粒子群优化等也被应用于复杂大空间以找到近似最佳解决方案。不再局限单一目标,多目标优化应对能耗、避障、安全性等多个约束条件问题已变得流行。在实践需求中,为了复杂性和实时响应,许多路线规划方法不断改进,以增强其智能性、自适应能力与鲁棒性。例如,将动态规划结合局部轨迹调整,有助于即时规避障碍。

2.3动态环境与实时路径规划

在动态环境中规划路径,机器人需识别障碍物并根据环境信息更新路线。通常方法包括图搜索算法,将局部与全局路径规划结合,这种策略将前者用于机器人当前位置的即时优化,后者关注整体路线。实时路径规划的核心挑战是保证计算时间内做出合理选择。在此过程中,机器人需具备高效传感器系统,如激光雷达、摄像头和深度传感器等,利用这些设备收集环境数据,通过算法模型动态分析处理。机器学习与深度学习技术帮助机器人在操作时积累经验,提高路径规划智能化和鲁棒性表现。室内移动机器人应对动态环境的路径规划并非简单寻找起点到终点间路线,而是涵盖复杂决策过程,需要关注即时感知输入、环境变量不确定性及优化目标等多个要素。

3 常见的室内路径规划算法

3.1 SLAM法

一种常见的基于深度学习的室内路径规划算法是结合视觉SLAM(即时定位与地图构建)和深度强化学习的策略。这种策略首先利用视觉SLAM技术构建室内的栅格地图,并通过全局路径规划算法(如A*算法)生成一个大致的全局路径。然后,构建基于深度强化学习的局部路径规划模型,该模型通过不断学习和优化,能够根据实时的视觉观测(包括彩色图、深度图和特征点图)以及当前位置到局部目标点的位移矢量,做出前进、左转或右转的决策。这种方法的优势在于能够充分考虑机器人避障、防止视觉SLAM跟踪丢失以及行走效率等多方面因素,从而在复杂多变的室内环境中实现更加稳健和高效的路径规划。

3.2基于采样的算法

通过生成节点并连接形成路径,随机快速扩展树从起点逐步扩大搜索至目标区域,同时调整策略避免重复和无效计算。在复杂环境中,概率路网高效运作,在空间产生大量随机样本点并连线构建网络,然后使用图搜索找到最佳路径。毫无疑问,基于采样的路径规划算法展示出了极高的灵活性和适应能力,可以

很好地面对复杂且动态多变的环境。在室内机器人路径规划中,这种环境不仅包括静态障碍物(例如墙壁、家具等固定不动的东西),还可能出现动态障碍物(比如移动的人群、开关门等不断变化的位置)。基于采样的方法通过逐步扩展搜索空间并实时更新采样点,有效地应对这些变化,提供合理而切实可行的路径选择。随着技术的发展进步,基于采样的方法也在持续优化。例如,引入一些新的优化策略可以提高路径规划的效率和精度,也可能结合其他创新方法,如深度学习和强化学习,以增强算法在复杂且动态环境中的适应性。尽管如此,基于采样的方法在实际应用中仍然面临着计算复杂度较高以及采样密度不足的问题,需要根据具体情况进行进一步细致而全面的优化改进。

3.3 基于优化的路径规划

室内的环境通常具有狭小、障碍物复杂以及动态变化等多重特点,因此传统的路径规划方法往往面临效率低下、计算量大或无法应对动态变化的问题。基于优化的路径规划方法则通过构建适应特定环境和任务需求的优化模型,来实现对路径的精确控制和优化,避免了许多传统方法所存在的一些局限性。具体而言,基于优化的方法进行路径规划需要通过数学模型对环境进行建模,通常会考虑室内环境中地图的信息、障碍物分布的位置、起点与目标之间的位置关系等信息。接着,通过利用诸如粒子群优化算法、遗传算法、蚁群算法以及模拟退火算法等不同类型且有效率高超的方法,对机器人的最优路径进行求解。而目标函数通常包括多个方面,例如最小化总路径长度、降低能耗、防止碰撞,以及最大化安全距离等等。此外,由于随着整个环境在不断发生动态变化,这类卓越的优化算法还需具备一定程度上的适应性,即能够实时调整更新机器人行进路线,以便应对新的障碍物或者是目标位置变动带来的挑战。

在优化过程的整个过程中,智能算法会在各种约束条件下仔细搜索一个最优解,这些复杂且多样的约束条件不仅仅包括简单障碍物的巧妙避免,还可能涵盖诸如机器人的运动模型、严格而具体的速度限制、大到转弯半径等种种物理限制。优化过程中的关键点是如何完美平衡路径质量与计算效率两者之间的重要关系,尤其是在实时性要求高的一些应用场景中,高效能算法必须能够在很短的时间内迅速给出可行解答。为了实现这一目标,一部分深入研究还结合了启发式方法与复杂优化算法,以进

一步显著提高路径规划速度和系统鲁棒性。基于全面优化的方法,在路径规划方面具有明显优势,因为它可以综合考虑多种因素(例如路径平滑度、执行可行性以及规划效率等),并根据特定需求灵活调整优化目标,从而使得机器人能够在复杂且动态变化的室内环境中灵活、高效地完成各类任务。基于深度优化的方法在室内移动机器人的实际应用前景变得越来越广阔,特别是在智能家居、仓储物流以及无人配送这些领域,将发挥越来越重要且日益显著的作用。

4 结束语

综上所述,室内移动机器人路径规划技术是实现机器人自主移动和高效作业的关键技术之一。近年来,随着科学技术的不断进步和算法的不断优化,路径规划技术取得了显著进展,为室内移动机器人在智能家居、仓储物流、医疗护理等领域的广泛应用提供了有力支持。然而,室内移动机器人路径规划技术仍面临诸多挑战和不足。例如,在复杂多变的室内环境中,如何确保机器人能够准确感知环境信息并实时避障;在传感器精度受限的情况下,如何提高路径规划的准确性和鲁棒性;在多机器人协同作业的场景中,如何实现高效、公平的路径规划等。这些问题都需要我们进一步深入研究和探索。

[基金项目]

山东工程职业技术大学校内科研基金项目“室内智能物流机器人路径规划技术研究”(项目编号:SDGCZK2326)。

[参考文献]

- [1]王殿君.基于改进A*算法的室内移动机器人路径规划[J].清华大学学报:自然科学版,2022(8):5-7.
- [2]吴登峰,梅志千,尹力伟,等.一种未知环境下室内移动机器人路径规划新算法[J].机电工程,2022(3):4-6.
- [3]陈雪超,开超,卢飞宇.室内环境下移动机器人地图构建与路径规划技术[J].电子技术与软件工程,2022(20):2-6.

作者简介:

巩慧(1996--),女,汉族,山东临沂人,硕士研究生,研究方向:机器人路径规划。

*通讯作者:

张玉(1997--),女,汉族,山东济南人,硕士研究生,研究方向:模式识别。