

基于 ROS 的移动机器人路径规划算法优化

刘斌阳¹ 张晓勇¹ 荆麟¹ 李吉波¹ 凌国庆¹ 隋洪波²

1. 国能宁夏大坝四期发电有限公司 宁夏 吴忠 751607

2. 北京鼎誉通科技发展有限公司 北京 100041

摘要: 在智能化浪潮推动下,移动机器人在工业制造、仓储物流、家庭服务等领域的应用愈发广泛。本文聚焦于基于ROS的移动机器人路径规划算法优化。首先阐述ROS与移动机器人路径规划的基础知识,包括ROS概述、路径规划基本概念及ROS中的路径规划框架。接着分析传统路径规划算法在ROS环境下存在的复杂环境适应性差、实时性不足、缺乏全局与局部协同、路径平滑性欠佳等局限性。最后提出多传感器融合环境建模、混合算法框架设计、强化学习优化、动态参数调整、轨迹平滑处理等优化策略,旨在提升移动机器人在ROS环境下的路径规划性能,为其在实际场景中的应用提供更有效的解决方案。

关键词: ROS; 移动机器人; 路径规划; 算法优化

引言: 随着机器人技术的飞速发展,移动机器人在工业、物流、服务等领域的应用日益广泛。路径规划作为移动机器人实现自主导航的关键技术,直接影响其任务执行效率与安全性。ROS(机器人操作系统)凭借其开源、模块化、分布式等优势,成为移动机器人开发的主流平台。然而,传统路径规划算法在ROS环境下运行时,面临复杂环境适应性差、实时性难以满足需求、全局与局部规划协同困难以及路径平滑性不佳等诸多问题。这些问题限制了移动机器人在复杂动态环境中的应用效果。因此,开展基于ROS的移动机器人路径规划算法优化研究,具有重要的理论意义和实际应用价值。

1 ROS与移动机器人路径规划基础

1.1 ROS概述

ROS(Robot Operating System, 机器人操作系统)是一个面向机器人的开源元操作系统。它并非传统意义上完整的操作系统,而是为机器人软件开发提供了一系列框架、工具和库的集合。ROS具有分布式处理架构,不同节点可分布在多台计算机上协同工作,提升系统性能与可扩展性。其采用基于话题、服务和动作的通信机制,实现节点间高效数据交互。同时,ROS拥有丰富的软件包资源,涵盖传感器驱动、算法实现、仿真环境等,方便开发者快速搭建机器人系统。凭借开源、模块化和强大的社区支持,ROS已成为机器人领域广泛使用的开发平台,推动着机器人技术的创新与发展^[1]。

1.2 移动机器人路径规划基本概念

移动机器人路径规划是为其寻找从起始位置到目标位置的最优或可行路径的过程。它需综合考虑机器人自身特性,如尺寸、运动能力,以及环境信息,包括静态

障碍物分布、动态障碍物运动状态等。路径规划的目标通常是在确保机器人安全避开障碍物的前提下,使路径长度最短、能耗最低、运行时间最短或满足其他特定指标。根据对环境信息的掌握程度,可分为全局路径规划和局部路径规划。全局规划基于先验环境地图规划大致路径,局部规划则依据实时感知的局部环境信息对路径进行动态调整,二者协同确保机器人在复杂环境中顺利完成任

1.3 ROS中的路径规划框架

ROS中的路径规划框架为移动机器人导航提供了完整的解决方案。该框架以move_base为核心节点,它整合了全局规划器和局部规划器。全局规划器如Navfn、GlobalPlanner等,依据已知的全局地图和目标位置,运用A*、Dijkstra等算法规划出全局路径。局部规划器如DWA(动态窗口法)、TEB(Timed Elastic Band)等,结合机器人实时感知的局部环境信息,对全局路径进行跟踪与局部调整,确保机器人在动态环境中安全、平滑地行驶。

2 传统路径规划算法在ROS环境下的局限性

2.1 复杂环境适应性差

在ROS环境下,传统路径规划算法面对复杂环境时力不从心。复杂环境中往往存在大量形状各异的障碍物,像不规则的凸多边形、凹多边形等,传统算法基于简单几何模型构建环境地图,难以精准描述这些复杂障碍物,易出现规划路径与障碍物重叠的情况。而且,对于狭窄通道,传统算法可能因精度不够,无法判断机器人能否通过,导致规划失败。在动态复杂环境里,有移动的障碍物不断改变位置和状态,传统算法难以及时更新环境信息,重新规划路径,使得机器人易陷入碰撞风险或无法

找到可行路径的困境。

2.2 实时性不足

传统路径规划算法在ROS中运行时，实时性难以保障。部分全局规划算法，如基于图搜索的A*算法，在处理大规模环境地图时，需要遍历大量节点进行路径搜索，计算量巨大，耗时较长，无法快速给出规划结果。在动态环境中，当障碍物位置发生变化时，传统算法通常需要重新启动完整的规划流程，不能快速响应环境变化并生成新路径。这使得机器人在实时性要求高的场景中，如高速移动的物流运输场景，无法及时调整运动策略，容易错过最佳行动时机，影响任务执行效率和整体运行流畅性。

2.3 缺乏全局与局部协同

传统路径规划算法在ROS环境下，全局与局部规划缺乏有效协同。全局规划基于已知的全局地图生成大致路径，但未充分考虑机器人实时运动状态和局部环境细节。局部规划虽能依据实时感知的局部信息调整路径，却对全局目标缺乏整体把握。例如，局部规划为避开眼前小障碍物，可能使机器人偏离全局路径过远，后续难以回归正确方向，导致绕路过多甚至无法到达目标。两者不能紧密配合，使得路径规划整体缺乏合理性和连贯性，降低了机器人在复杂环境中的导航能力和任务完成率^[2]。

2.4 路径平滑性欠佳

传统路径规划算法规划出的路径平滑性较差。多数算法生成的路径由离散的线段或点连接而成，存在众多转折点和突变。机器人沿此路径行驶时，需频繁进行加速、减速和转向操作。这不仅增加了机器人的能耗，加速机械部件的磨损，降低其使用寿命，还会影响机器人的运动稳定性。对于服务机器人等对乘坐舒适性有要求的场景，不平滑的路径会让使用者产生明显的颠簸和晃动感，降低使用体验。而且在一些对运动精度要求高的工业场景中，不平滑路径也难以满足机器人精准操作的需求。

3 基于ROS的移动机器人路径规划算法优化策略

3.1 多传感器融合环境建模

在基于ROS构建的移动机器人路径规划体系里，多传感器融合环境建模是优化路径规划的重要基石，能显著增强机器人对复杂环境的感知与理解能力。(1)单一传感器在信息获取上存在局限性，易受环境因素干扰。激光雷达虽能精准测量距离，但在强光直射或烟雾弥漫环境中性能下降；视觉传感器可获取丰富色彩与纹理信息，但对光照变化敏感，且在低光照条件下效果不佳。多传感器融合可打破这种局限，综合各传感器优势。(2)数据

融合并非简单叠加，而是深度整合。利用ROS丰富的工具包，可对传感器数据进行时间同步与空间校准，确保数据在同一时空参考系下。采用数据级融合，将原始数据直接融合处理，保留更多细节信息；特征级融合则提取各传感器数据的特征进行综合分析，降低数据维度与计算量；决策级融合让各传感器独立做出初步判断，再综合决策，提高系统容错性。(3)经过融合处理后构建的环境模型，能更精准反映真实环境。它不仅包含障碍物的几何信息，还涵盖材质、动态特性等语义信息。这为后续路径规划算法提供了详实依据，使机器人能规划出更安全、高效的路线，有效应对复杂多变的实际场景。

3.2 混合算法框架设计

在基于ROS的移动机器人路径规划中，设计混合算法框架是突破传统算法局限、提升规划性能的有效途径。(1)单一路径规划算法往往存在特定短板。全局规划算法虽能基于完整地图规划出大致可行路径，但对局部动态变化响应迟缓；局部规划算法可实时应对局部障碍物，却易陷入局部最优，缺乏对全局目标的整体考量。混合算法框架能整合不同算法优势，实现优势互补。(2)在框架架构上，将全局与局部规划算法进行分层设计。全局规划层利用如A*、Dijkstra等算法，依据已知的全局地图和目标位置，规划出从起点到终点的大致路径，为局部规划提供宏观指引。局部规划层则采用如DWA（动态窗口法）、TEB（TimedElasticBand）等算法，结合机器人实时感知的局部环境信息，对全局路径进行跟踪与动态调整，确保机器人在动态环境中安全、灵活地行驶。(3)为保障不同算法层间的信息流畅交互，借助ROS的消息传递机制，建立高效的数据通道。全局规划层将规划好的路径信息发布到特定话题，局部规划层订阅该话题获取全局路径，同时将自身的调整信息和机器人实时状态反馈给全局规划层，实现双向的信息流通与协同工作^[3]。

3.3 强化学习优化

在基于ROS的移动机器人路径规划中，引入强化学习进行优化是一种极具潜力与前瞻性的策略，可有效提升机器人在复杂环境下的自主导航能力。(1)强化学习为路径规划提供了自适应的学习机制。传统路径规划算法通常依赖预先设定的规则和模型，在面对未知或动态变化的环境时，性能会大幅下降。而强化学习通过让机器人与环境不断交互，根据获得的奖励信号自主学习最优策略。(2)强化学习与ROS的结合具备强大的数据处理和算法实现能力。ROS提供了丰富的工具和库，方便对机器人的传感器数据进行采集、处理和分析，为强化学习算法提供准确的环境状态信息。同时，利用ROS的节点

和消息传递机制,可以高效地实现强化学习算法与机器人控制系统的集成,使机器人能够实时根据强化学习输出的策略执行动作,实现闭环控制。(3)强化学习优化可实现路径规划的持续改进。随着机器人不断地与环境交互和学习,其路径规划策略会不断优化,性能逐步提升。即使环境发生变化,机器人也能通过持续学习快速适应新的环境,保持良好的路径规划能力,为移动机器人在复杂、动态环境中的长期稳定运行提供有力保障。

3.4 动态参数调整

在基于ROS的移动机器人路径规划里,动态参数调整是提升算法适应性与性能的关键手段,能让机器人在不同场景下始终保持高效、稳定的路径规划能力。(1)不同环境特性对路径规划算法参数要求各异。在开阔、障碍物稀疏的环境中,机器人可适当增大搜索步长与速度参数,以快速抵达目标,提升规划效率;而在狭窄、障碍物密集的区域,则需减小搜索步长,提高转向灵敏度参数,确保能精准避开障碍物,避免碰撞。动态参数调整能依据环境特征实时改变算法参数,使机器人更好地适应环境变化。(2)机器人的运动状态也会影响参数需求。当机器人高速运行时,为保证行驶稳定性与安全性,需调整路径平滑度相关参数,减少急转弯与频繁变速;低速运行时,则可更注重路径的精确性,适当调整障碍物避让参数。通过感知机器人自身速度、加速度等运动状态信息,动态调整参数,能让机器人始终保持良好的运动性能。

3.5 轨迹平滑处理

在基于ROS的移动机器人路径规划中,轨迹平滑处理是提升机器人运行品质与任务执行效果的关键环节,能有效解决规划轨迹不平滑导致的诸多问题。(1)不平滑的轨迹会使机器人运动状态突变。机器人在沿轨迹行驶时,若轨迹存在较多转折点和突变,其速度、加速度会发生频繁且剧烈的变化。这不仅会增加机器人的能量消耗,加速

机械部件的磨损,降低其使用寿命,还会影响机器人运动的稳定性和可靠性,在高速运动场景下甚至可能引发安全事故。轨迹平滑处理能消除这些突变,使机器人运动更加流畅。(2)平滑的轨迹有助于提高机器人的定位精度。在运动过程中,机器人通过传感器不断感知自身位置信息,不平滑的轨迹会使定位算法的输入数据产生较大波动,增加定位误差。而经过平滑处理后的轨迹,能为定位算法提供更稳定、连续的运动信息,从而提高定位的准确性和精度,确保机器人能够按照预定轨迹准确行驶^[4]。

结束语

在基于ROS的移动机器人路径规划算法优化探索中,我们深入剖析了传统算法局限,并针对性地提出多传感器融合环境建模、混合算法框架设计、强化学习优化、动态参数调整以及轨迹平滑处理等一系列优化策略。这些策略从不同角度出发,相互协同,有效提升了路径规划算法在复杂环境下的适应性、实时性、精准性与稳定性。未来,随着ROS技术的持续发展以及人工智能等前沿技术的深度融合,移动机器人路径规划算法将不断突破创新,为工业生产、物流运输、智能服务等众多领域带来更高效、智能的解决方案,推动机器人技术迈向新的高度。

参考文献

- [1]刘洋,吴明.基于ROS的移动机器人路径规划技术研究[J].机器人技术与应用,2023,15(2):45-50.
- [2]陈宇,王晓东.复杂环境下移动机器人路径规划算法的改进[J].自动化技术与应用,2024,20(3):67-72.
- [3]赵敏,李晓光.ROS框架下移动机器人路径规划算法的性能优化[J].智能系统学报,2025,22(1):89-95.
- [4]尹健基于改进的蚁群算法的移动机器人路径规划[J].建筑技术科学,2022.106-107