

割草机器人全覆盖遍历路径规划及避障算法的研究

袁致焕 邬学谦 刘 浩 王 宇 朱 剑

(苏州市产品质量监督检验院 江苏 苏州 215000)

【摘 要】当前国内外自动化领域的热点之一为割草机器人的研究,许多国家都针对各种类型的割草机进行研发,将清洁、排雷和吸尘等诸多方面作为其中关键技术。关于割草机器人的研究具有重要的商业价值和学术价值,而且能够对我国的自动化技术和相关行业发展程度进行明确,所以开展割草机器人研究工作具有极其重要的作用和意义。如果能够开发出符合国内市场需求,且具有自主知识产权的割草机器人,将会有效推动我国的经济发展和科技发展。但是,目前在该领域还有许多技术难题需要解决。因此,本文针对割草机器人关键技术和割草机器人全覆盖遍历路径规划及避障算法进行深入探讨。

【关键词】割草机器人;全覆盖遍历;路径规划;避障算法

割草机器人和传统的割草机不同,它属于一个综合性系统,其中功能主要包括动态决策与规划、环境感知和行为控制与执行。在对割草机器人进行设计和研究过程中,核心技术为定位技术和导航技术,而避障控制和路径规划是机器人完成任务的前提和基础,这也是割草机器人最直观的智能化体现。为了使草坪养护的费用得到有效降低,同时草坪修剪的工作量,很多国家都在深入研究机器人的改造和优化,他们使用一种将现代电子技术与智能控制技术相结合的全新的方式,在机器人改造方面取得了重大突破。希望随着这一技术的发展和完善能够完全取代传统割草机来开展草坪维护工作。

一、割草机器人关键技术

割草机器人的整体结构较为复杂,加速、减速、后退、前进以及转弯等都是其中常规功能,还需具备一定的智能功能,例如信息感知、任务分析、路径规划和自主避障能力等。另外,割草机器人还必须能够辨别已经收割的和未收割的范围界限,并且能够辨别躲避草地障碍。在此基础上,将割草机器人视为一个有机整体,其主要由行为控制器、机械装置、传感系统和知识库共同构成,在实际研究过程中会涉及到人工智能、控制、机械和传感器等诸多领域。在对割草机器人进行研究过程中,需要在没有人为介入或少量人为介入的情况下,根据所设定的路线,安全且不发生冲突地完成所给出的任何

形状的草坪,并不重复,且高效的完成全区域覆盖^[1]。为了实现这一目标,以下几方面为除草机器人必须要突破的核心技术:

(一) 定位技术

为了确保割草机器人能够顺利完成导航和控制任务,需要提高割草机器人准确定位能力。因此,在对草坪进行修剪时,需要实时获取草坪上高准确度的位姿数据,然后根据实际情况做好下一步决策运动。为了使机器人的室内定位问题得以有效解决,安雷等研究人员利用 RSS 技术,对卡尔曼滤波定位算法进行创造。杨居义学者将卡尔曼滤波定位算法和蒙特卡罗定位算法进行有效结合,为机器人的自主定位功能提供技术支持。

(二) 导航技术

在割草机器人中,一个不可或缺的关键部分就是导航系统,它的存在能够对以下问题进行有效解决:第一,准确检测割草机器人在空间中所处的位置、及周围的环境信息和运动方向。第二,信息进行及时获取和分析,并构建出环境模型。第三,合理规划机器人的安全移动路径。从 1986 年有学者对行为分解的机器人结构进行提出以来,人们对其进行了深入的探索和研究,其中 M. Dose 和 G. Schner 等学者运用动力学的分岔稳定原理,对路径规划中的竞争动力学模型和行为状态动力学模型进行建立,使静态环境中的机器人也能够进行有效导航。

南京科技大学石杏喜教授等,将无色卡尔曼滤波算法应用于机器人中,并以此实现组合导航。张米娜教授与乔俊飞教授,将动态神经网络算法用于多个移动机器人中,从而达到了多个目标的协同定位和自主导航^[2]。

(三) 避障控制技术

在机器人的路径规划中,最基本和最重要的一项内容就是避障,同时也是其他一些具体应用的前提。割草机器人所工作的大部分环境都有多种静止障碍物,这就需要其具有较强的避障能力^[3]。但是,在机器人实际作业过程中,也会存在一些突发性障碍物,比如人或者一些移动物体,所以在机器人设计和制造中还需要对突发性障碍物的避障控制问题进行研究。Reid Simmou 曾提出过一种以曲率速率为基础的局部避障方案,以此来实现局部避障,并在此基础上,章苏书等学者曾在传统 VFH 避障方法的基础上,提出了一种改良版的 VFH#,并将其推广到了避障方案当中,目前单一的方案和算法并不能有效对避障问题进行有效解决,因此,很多学者都将多种方案组合起来,并对其进行优化,从而研究出多种新型的机器人动态避障规划(如图1)。

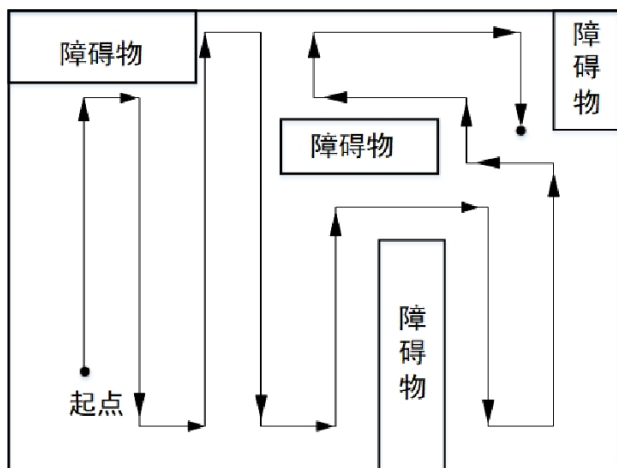


图1 割草机器人避障规划

二、割草机器人全覆盖遍历路径规划

(一) 子区域内部遍历

将对应区域分割为若干子区域,然后将其按一定的次序进行遍历,从而实现对对应区域进行全面覆盖遍历。而子区域的内部遍历,主要有三种常见的遍历方式,分别为往复前进式遍历、随机式遍历和螺旋式遍历。

由于随机性遍历需要花费大量的时间,且遍历效率较差,所以仅需要对往复前进式遍历和螺旋遍历进行研究。因为在所构建的环境映射模型中,障碍形态比较复杂,而且经过分割后产生的子区形态各异,部分单元区的边界为弧形,若要在子区内进行螺旋遍历,就要求栅格映射环境建模具有更高的分辨率。另外,由于机器人的转向阶段,需要经历减速、转弯、加速等过程,所以机器人能耗要比直接前进更大。而在同等环境、区域、面积下,往复前进式遍历的转弯次数比螺旋式遍历更少,而且往复前进式遍历的运动模式所形成的子区间连接路径比螺旋式遍历的运动模式路径更短。因此以使用往复前进式遍历(见图2)来实现每个子区内的覆盖^[4]。

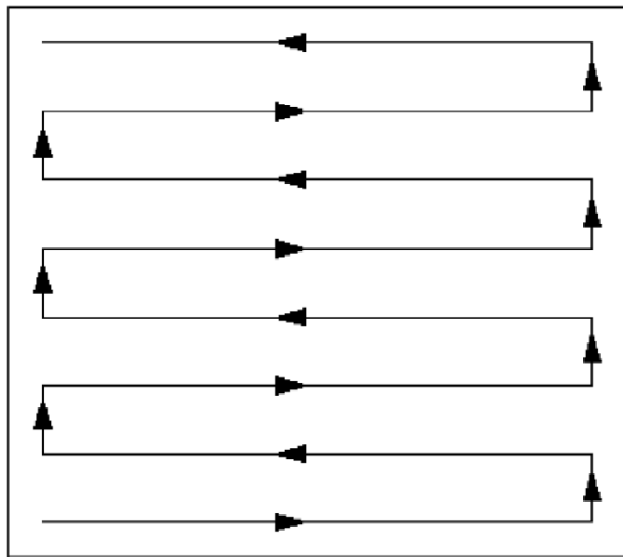


图2 往复前进式遍历

(二) 仿真实验

本项目拟采用改进的 A* 与 DFS 相结合的方式,研究适用范围广、覆盖度低、重复率高的割草机器人的覆盖遍历路径规划,以解决割草机器人整体覆盖遍历路径规划中所面临的覆盖度低、重复率高、普适性差等问题。基于已有的地理位置信息,可以采用牛耕式分解方法将目标区分为若干无障碍的子区,并基于子区间的邻接关系构建连通性图。利用 DS 算法来对各个子区域的遍历次序进行规划,最终运用了改良 A* 算法来对各个小区域进行路线规划,并在各个小区域的内部进行往复前进式遍历。

（三）结果分析

为了解决割草机器人大范围工作时所面临的遍历路线规划中存在的诸多问题,本文以改良A*算法和DFS算法为基础,对新型全覆盖遍历路线规划方法进行研究,目的是为了使机器人工作效率和工作质量得到提高。在此基础上提出了一种基于FS的子区跨越次序的新思路,以此来实现多个不同类型区域的连接。通过相关实验证明,该方法具有较高的覆盖率和较小的重复性,是切实可行的。开展基于A*的全覆盖遍历路径规划方法的多个领域间的连接比较试验,并通过模拟试验,验证该方法的正确性^[5]。

三、割草机器人避障算法研究

（一）割草机器人避障算法优势

在草坪修剪过程中,割草机器人全覆盖遍历和避障是互相关联、互相补充的,也就是整体和局部两个方面。在整体路线规划中,机器人利用所得到的路线图,采用整体优化方法,对整个路线进行全覆盖遍历路径规划,这是一种预先规划,该方法具有最优性和全局性,但是在遇到未知的障碍时,该方法难以处理。而在部分路径规划中,重点关注的是如何充分利用机器人所处的区域环境的信息,使其拥有良好的避障能力,利用传感器来监控其周围的环境,获得障碍的位置、形状信息,从而持续的对环境的地图模型进行修正,这就需要较强的信息处理技术与计算技术,同时还需要较小的环境误差以及较好的抗电磁干扰的性能。但是,由于部分路径规划中缺少区域环境信息,所以它所得到的路线并不是最佳的,也不是全程路径。所以,通常情况下,当遇到障碍物时,对其设定局部对象,使其避开障碍物,最后返回。因此,避障是割草机器人成功完成遍历任务的关键,也是其智能程度的充分体现。

（二）人工势场法避障

人工势场法避障法最早是为了求解机器人在运动过程中的障碍物规避问题而提出的,并在机器人运动过程中得到了广泛的应用。并在此基础上提出了一种可扩展的、基于位势的、多自由度的智能控制方法。本项目提出一种基于重力和排斥力的新型势场,利用引力势场和排斥力分别对目标和障碍分别施加排斥力和引力,在两个力的协同作用下,机器人能够绕过障碍物,朝目标移动,避免与障碍物发生碰撞^[6]。

在人工势场法中,有多种势场模式可以用来表示虚拟势场,一般是以物理中的静电场模式为参照进行构建。在电场中能够生成势能的正负电荷与在人工势场中的障碍物和目标点相对应,而将二者都看作是同一类电荷,所以在势的作用下,目标会对移动物体产生一定引力。在物理学的电场中,电荷与电荷之间所产生的力是库伦力,它可以通过矢量运算法则计算出电荷所受到力的方向和大小。根据这一原理,在人工势场内,可以得出移动物体到障碍物之间和目标点之间的斥力和引力,将这两个力的矢量叠加起来,就是物体受到的牵引力,通过这种方法可以产生有效避障路径。

四、结束语

总体而言,目前我国各行业都逐渐朝着智能化方向发展,更多的服务机器人进入人们的生活,割草机器人就是其中之一。由于割草机器人其具有省时、省力等优点,已逐步替代了传统割草机,而割草机器人的路径规划为核心技术,也是割草机器人的重要组成部分。因此,本文针对割草机器人关键技术、割草机器人全覆盖遍历路径规划和割草机器人避障算法研究进行详细分析,以此来提高割草机器人的覆盖率,也能够引导机器人更好地执行避障任务。

参考文献:

- [1]陈镜宇,郭志军,尹亚昆.基于混合算法的智能割草机全覆盖遍历路径规划及其系统设计[J].计算机科学,2021(z1):633-637.
- [2]王新彦,盛冠杰,张凯,等.基于改进A*算法和DFS算法的割草机器人遍历路径规划[J].中国农机化学报,2023(2):142-147.
- [3]郭典新,高龙琴,李志昂,等.割草机器人全覆盖式路径规划平台设计与实现[J].现代制造工程,2018(11):50-53.
- [4]谢逢博,李君,李振伟,等.果园割草机器人路径规划与轨迹跟踪控制研究[J].中国热带农业,2021(1):17-24,16.
- [5]张东涛,周莹莹,吴东林.基于物联网的智能割草机器人运动控制系统研究[J].农机化研究,2020(10):37-41.
- [6]马耀锋,李红丽.割草机器人自动控制系统——基于智能视觉和人工算法[J].农机化研究,2020(8):222-226.