

# 基于标点定位的清扫机器人遍历算法研究<sup>\*</sup>

杨竹丰<sup>1</sup>, 张赤斌<sup>2</sup>, 颜肖龙<sup>2</sup>

(1. 同济大学机电厂, 上海 200092; 2. 东南大学机械系, 江苏 南京 210096)

**摘要:**分析了清扫机器人控制系统各个功能模块的功能。提出清扫机器人的一种新的遍历算法。首先,对环境栅格建模,每个栅格中心即为代表该栅格的标点,并对环境矩形建模。接着建立一条能遍历所有标点的路径,每搜索到某一标点就遍历对应的矩形区域,最终完成环境遍历。最后,通过仿真证明该算法的有效性。

**关键词:**完全遍历;路径规划;标点;清扫机器人

**中图分类号:** TP242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-5300(2006)01-0059-03

## A Study on Complete Coverage Navigation Algorithm Based on Landmark Location for Cleaning Robot

YANG Zhu-feng<sup>1</sup>, ZHANG Chi-bin<sup>2</sup>, YAN Xiao-long<sup>2</sup>

(1. Mechanical and Electrical Factory, Tongji University, Shanghai 200092, China)

(2. Department of Mechanical Engineering, SouthEast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract** This paper introduces an intelligent cleaning robot and describes the structure of control of the control system on the basis of functional frame. A novel algorithm for navigation of cleaning robots in an unknown workspace is introduced. First, we analyze a rectangle cell map representation. The center point of each square cell is a landmark, which represents a rectangle cell. Then, we search for a path, which would pass all landmarks. A rectangle cell will be covered when the relevant landmark is found. Finally, we verify the effectiveness of the proposed algorithm through computer simulations.

**Key words** complete coverage navigation; path planning; landmark; cleaning robot

## 0 引言

机器人用于家政服务的研究始于20世纪80年代。至90年代,西方发达国家已相继成功地研制出各类家政服务的机器人。我国继清华大学于1994年通过智能清扫机器人鉴定之后,陆续有中国科学院沈阳自动化所研制了全方位移动式机器人视觉导航系统;香港城市大学完整地研究了地面清扫机器人的导航、控制及整个硬件系统;哈尔滨工业大学与香港中文大学合作,联合研制开发出一种全方位清扫机器人。此外,浙江大学、苏州大学也对清扫机器人的机械机构及控制展开了研究。

目前,用于清扫的机器人在导航、避障、路径规划以及人机交互等诸多功能的研究领域都有不同程度的

进展。但是,依然存在机器人的坐标定位困难、系统成本高、难以实用化等问题。本文以清扫机器人的坐标定位为目标,根据多超声波传感定位原理,采用相对坐标定位和路径规划结合算法,研究了机器人对清扫空间的遍历问题。

## 1 系统设计

避障是行走型机器人的基本功能。向行走路径发射信号,然后根据接收的返回信号来判断障碍物则是机器人避障的前提。本文利用超声波作为信号脉冲,以单片机作为核心控制器,对脉冲的发射和接收进行选通控制,判断和处理返回的脉冲信号,选定相应的控制策略,并通过驱动程序控制驱动轮,从而实现避障和路径遍历功能。行走中,若启动吸尘器控制程序,则可

\* 收稿日期: 2005-06-15

对机器人经过的地面进行吸尘、清扫。图 1 即为文中所述清扫机器人控制系统,包括:主控制器、位置检测、电机控制、吸尘四个模块。

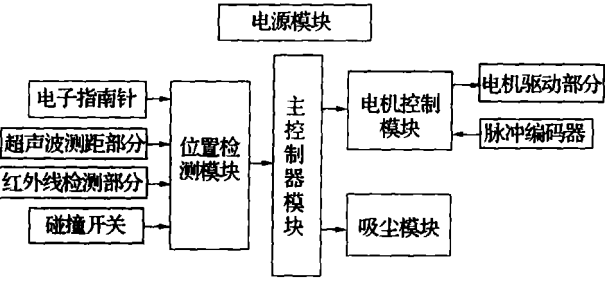


图 1 系统结构框图

主控制器模块由 ARM7 芯片组成嵌入式系统,承担接收和储存位置检测模块输入的位置信息、运行遍历算法,并向电机驱动程序发出指令,执行路径遍历。清扫机器人在遍历路径的同时则可对地面进行吸尘、清扫。

位置检测模块包括:电子指南针、超声波测距、红外线检测、碰撞开关等子模块。电子指南针利用地磁场判断机器人的运动方向和姿态,并在超声波测距之前为控制器自动调整相对地磁场方向的固定姿态,准确的测距提供基准坐标;清扫机器人四周安装了八对超声波收发探头,用于对不同方向障碍物的测距;红外线检测用于补偿超声波探头的盲区;机器人的前后左右四个方向上分别安装碰撞开关,用于机器人的碰撞检测。

电机控制模块接收主控制器的运动指令,协调完成直流电机的调控。该模块包括电机驱动和脉冲编码器位置检测两个部分,通过直流电机的闭环控制,实现清扫机器人的直线移动或曲线运动。

吸尘器承担移动过程中的吸尘和清扫。电源模块则是高效地将自配电池的电压转换成模块工作电压,并具有低电压报警功能。

2 遍历算法

许多学者从不同的角度提出了机器人清扫过程的完全遍历路径规划算法<sup>[1~8]</sup>。根据机器人对清扫环境的了解程度,这些算法又可分为两种类型:环境信息完全已知的全局路径规划和环境信息完全未知或部分未知的局部路径规划。在路径规划中,通常期望获得全局定位。但是,由于环境信息往往是动态的或者不确定的,以及定位技术的复杂性和不完善性,使得对环境进行全局精确定位困难很大。因此,许多算法大多建立在对环境信息已知的基础上。

文中提出一种等单元分解法,可在不进行全局定位的条件下,实现在未知环境中进行完全遍历的路径规划算法。所谓等单元分解法,是将环境划分为若干趋近相等的矩形栅格,建立栅格模型;以每个栅格的中心为该栅格的标点(即特征点),建立一条能遍历所有标点的路径。每搜索到一个标点就对所在的矩形区域进行遍历,最终完成环境遍历。

采用等单元分解算法的清扫机器人主要有两种运动:单元间的运动(即标点间的运动)和局部区域遍历运动,以及完全遍历路径规划的两个层次:全局路径规划层和局部路径规划层(见图 2)<sup>[2]</sup>。在全局路径规划层中,机器人完成标点间的运动;而在局部路径规划中则是完成局部区域遍历运动。

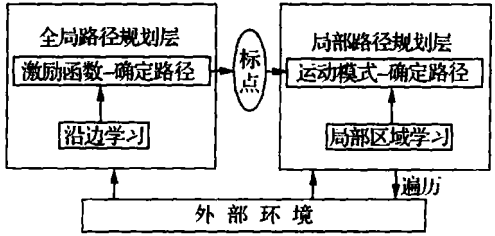
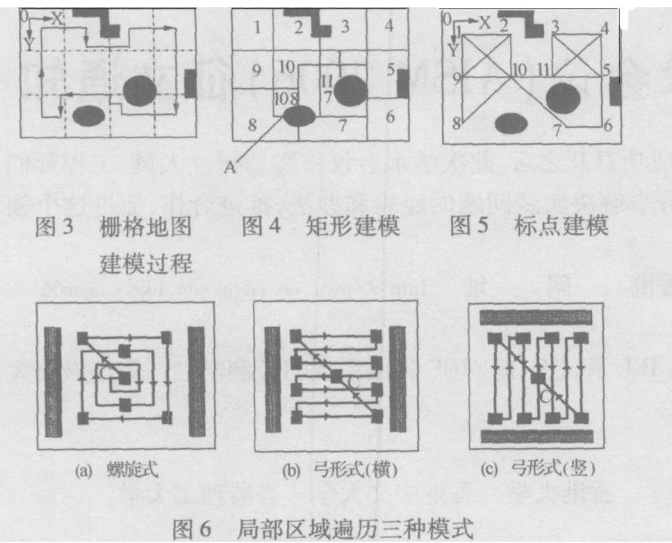


图 2 遍历路径规划图

路径规划的第一步是建立环境模型。环境建模可以通过遍历之前的沿边学习(图 3)实现。沿边学习是机器人了解环境的一个学习过程,方法是在距墙壁半个单位长度的位置移动一周,即得到一个环境轮廓,以确定整个环境空间的栅格数并建立各栅格中的标点。若栅格中心为障碍物,则定义该栅格中的标点为“虚标点”。

栅格地图(图 3)是建立矩形化模型的基础,用于确定环境中的标点坐标。由于环境中往往存在许多障碍物,使得按照栅格地图进行完全遍历困难很大。因此,本算法中给出的栅格地图仅是一个概念,用于限定局部遍历的范围。在实际遍历时,由于机器人是在各个矩形化模型中移动,因此,有必要结合现实环境建立如图 4 所示的基于栅格地图的矩形化地图。在矩形化地图中,每个矩形中只有一个标点,它是在栅格地图基础上把障碍物附近的栅格放大所得。提取环境中的所有标点,则根据标点间的距离长短即可建立标点模型(图 5)。

局部区域遍历包括寻找局部区域起始点、终止点、避碰和直线导航等基本移动形式。在局部区域,通常有三种基本遍历运动模式:螺旋式,弓形式(横)和弓形式(竖)(图 6),清扫机器人将根据环境学习的结果选择合适的局部区域遍历模式。



建立可遍历全局的激励函数是本算法的另一个重要特征。机器人遍历了某个局部区域后,只有在激励函数的引导下才能准确地走向邻近尚未遍历的局部区域,从而完成整个遍历路径的规划。因此,激励函数的效率和正确与否决定了完全遍历的有效性。

3 仿真结果

基于清扫机器人遍历路径规划控制算法,进行了大量的仿真实验。图 7(A)~(F)分别表示各个局部区域遍历结果。

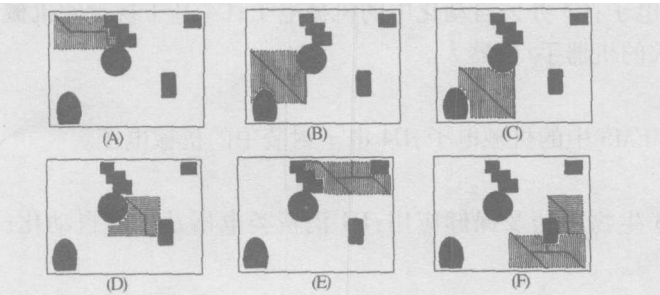


图 7 各局部区域遍历仿真结果

(上接第 13 页)

采用一个运输单元,实现了一塔翻举完成所有天线系统的架撤升降,同时满足了三个天线系统在各自的高度上独立工作。

该雷达车结构紧凑,空间利用率高,布局合理;该雷达系统已研制成功,通过军方鉴定,并投入批量生产。

参考文献:

[1] 机械工程手册 [M]. 第 12 卷. 北京:机械工业出版社,

由仿真结果可见,该算法具有很强的适应性。由于算法只关注标点的信息以及标点的有限性,因此本算法的计算量大为减少。而完全遍历过程是机器人自主完成的,具有很高的智能。尽管在障碍物附近区域难以避免重复遍历,但比以往的遍历算法有了很大的改善,遍历过程中很少有遗漏区域。

对于特别复杂的环境,文中在局部区域的遍历算法有待进一步改进。另外,如何更合理的进行矩形化建模将另文表述。

参考文献:

[1] 马兆青,袁曾任. 基于栅格的移动机器人实时导航和避障 [J]. 机器人, 1996(6): 344—348  
[2] 孙树栋,林茂. 基于遗传算法的多移动机器人协调路径规划 [J]. 自动化学报, 2000, 26(5): 672—676  
[3] 朴松昊,洪炳熔. 一种动态环境下移动机器人的路径规划方法 [J]. 机器人, 2003, 25(1): 18—21  
[4] 田春颖,刘瑜,等. 基于栅格地图的移动机器人完全遍历算法——矩形分解法 [J]. 机械工程学报, 2004, 40(10): 56—61  
[5] Joon Seop Oh, Yoon Ho Choi. Complete Coverage Navigation of Cleaning Robots using Triangular-Cell-Based Map [J], IEEE, 2004, 51(3): 718—726  
[6] M Schofield. A Practical Case Study in the Development and Employment of Cleaning Robots [J]. in Proc. of IEEE Intl Conf on ETFA '99, 1999, 2: 1427—1434  
[7] Christian Hofner, Gunther Schmidt. Path Planning and Guidance Techniques for an Autonomous Mobile Cleaning Robot [J]. Robotics and Autonomous Systems 1995(42): 199—212  
[8] M Khatib, B Bouilly. Indoor Navigation with Uncertainty Using Sensor-Based Motions in proc [J]. of IEEE Intl Conf on Robotics and Automation, 1997, 7: 3380~3384

作者简介:杨竹丰(1966—),女,工程师,1988年毕业于电子科技大学。

1982年 8 月版

[2] 朱钟淦,叶尚辉. 天线结构设计 [M]. 1980年 9 月版  
[3] 程辉明. 军用地面雷达装载设计技术探讨 [J]. 电子机械工程, 2002(3)

作者简介:周晓伟(1975—),男,工程师,在读工程硕士生,主要从事结构总体工作。

赵智聪(1967—),男,工程师,主要从事结构总体工作。