

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.03.019

# 一种未知环境下室内移动 机器人路径规划新算法\*

吴登峰,梅志千\*,尹力伟,李向国  
(河海大学 机电工程学院,江苏 常州 213022)

**摘要:**针对目前室内移动机器人的路径规划算法理论研究为主,实际应用较少的问题,通过建立了移动机器人的运动学模型,采用栅格化建模方法将室内环境进行了分块,再利用先锋机器人 P3-DX 及其配套的仿真软件 MobileSim,设计并且成功应用了一种未知环境下室内移动机器人路径规划的新算法。该算法在结合了机器人宽度信息的基础上,进行了栅格化模型建模,采用“点到点”的路径规划方法。最后在 MobileSim 和 P3-DX 真实机器人上分别进行了仿真和实验验证,研究结果表明,该方法有效,且具有很好的可操作性。

**关键词:** P3-DX; MobileSim; 未知环境; 路径规划; 栅格法

**中图分类号:** TP242; TH39

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-4551(2015)03-0389-04

## Novel algorithm about indoor mobile robot's path planning for unknown environment

WU Deng-feng, MEI Zhi-qian, YIN Li-wei, LI Xiang-guo

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Hohai University, Changzhou 213022, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that the path-planning algorithm of indoor mobile robot is most oriented in theory, less applied into practice, a kinematic model of the mobile robot was built, a grid-based modeling method was used to divide the indoor environment into blocks, a novel algorithm about indoor mobile robot's path planning for unknown environment was designed with the help of Pioneer P3-DX robot and its simulation software MobileSim. The grid mode was built based on the the width of the robot, then the "point to point" path planning method was adopted. The path-planning algorithm was simulated on MobileSim and experimented on the P3-DX. The results indicate that the method is effective, and has good operability.

**Key words:** P3-DX; MobileSim; unknown environment; path planning; grid-based modeling method

## 0 引 言

智能移动机器人是一类能够通过传感器感知外部环境和自身状态,实现在有障碍物的环境中面向目标的自主运动,从而完成一定作业功能的机器人系统<sup>[1]</sup>。在移动机器人相关技术的研究中,导航技术是

其研究的核心,而避障问题是导航技术研究中的一个基本问题<sup>[2]</sup>。因此,在路径规划中加入实时避障技术是目前研究的热点,具有很高的科研价值。

针对室内移动机器人的路径规划算法,国内外许多学者进行了大量研究,任盛怡等<sup>[3]</sup>提出利用简化栅格法建立环境地图并分块,基于广度优先和深度优先

收稿日期:2014-11-27

基金项目:常州市特种机器人及智能技术重点实验室基金项目资助(M20133004)

作者简介:吴登峰(1990-),男,江苏句容人,主要从事清洁机器人的路径规划算法方面的研究。E-mail:1204210430@qq.com

通信联系人:梅志千,男,教授,硕士生导师。E-mail:meizq@hhuc.edu.cn

算法对其进行生成树,最后使用 Dijkstra 算法得到最短路径。Dijkstra 算法在环境比较简单的情况下规划速度快,效率高,但在环境相对复杂的情况下规划速度慢,效率低。林丹<sup>[4]</sup>在机器人遍历过程中利用传感器随机采样环境信息,转换成相对应的栅格模型存入相应的数据结构,再利用启发式 A\* 搜索算法从所记录的栅格信息中搜索一条最优路径<sup>[5]</sup>。A\* 算法只有在掌握全部环境信息的基础上才能规划出正确的路径,对于未知环境的障碍物,依然无法做到实时避障。Stentz. A<sup>[6-7]</sup>提出了一种 D\* (DynamicA\*) 算法,该算法可以根据传感器信息在动态环境中为机器人规划出一条最短的路径,提高了 A\* 算法的适用范围,其缺点是算法占用大量内存资源,实时性不好。

本研究在分析上述几种算法在未知环境下进行路径规划存在不足的基础上,提出一种室内移动机器人路径规划新算法。这种算法在结合机器人宽度信息的基础上,进行栅格模型建模,再采用“点到点”的路径规划,即让机器人面向目标点并沿着起点到目标点直线方向向目标点移动。遇到未知障碍物时,该算法使机器人绕过障碍物后暂停运动,实时提取此时位置信息,将该点定为新的起点,再一次利用上述“点到点”的路径规划方法在该点与目标点之间进行路径重规划,不断靠近目标点,最终到达目标点。

## 1 机器人室内环境建模

实验所使用的机器人平台是 Pioneer3-DX 型机器人<sup>[8]</sup>(简称 P3-DX),该机器人携带前 8 后 8 共 16 个超声波传感器,可为机器人提供 360°无缝检测,测量距离范围为 10 cm ~ 4 m,满足室内环境探测要求。此外,机器人采用四轮直流电机驱动,每个电机上都装有高分辨率光学编码器,可以用来定位、速度测量。为了可以检测、补偿不能由车轮编码器检测到(例如车轮滑动)的机器人方向的变化,还配有陀螺仪。

### 1.1 移动机器人运动学模型建立

P3-DX 是基于车轮的运动来进行推算定位从而跟踪机器人的位置和方向,车轮的运动由编码器的读数获取,并可实时读取机器人的 X、Y 坐标值。

$$\theta = \arctan[(Y_2 - Y_1)/(X_2 - X_1)] \quad (1)$$

通过式(1),可使机器人在每次寻找目标点时,能准确计算出偏转角度,便于机器人的准确转向。

### 1.2 栅格模型建模

实验使用的房间面积是 5.6 m × 3.6 m,机器人直

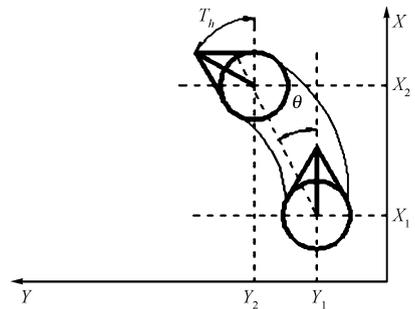


图 1 机器人坐标系

$\theta$ —过机器人目标点和出发点的直线与 X 轴正方向的夹角;  
 $T_h$ —机器人朝向相对于 X 轴正方向的绝对转角

径约为 39 cm,则可以把运动区域用栅格法划分为 14 × 9 的运动区域,这样每个栅格为 40 cm × 40 cm,约为一个机器人车身大小,此外,考虑到室内环境比较简单,障碍物均为规则矩形,故不考虑其他特殊形状。以机器人起始位置为坐标原点(1,1),对应的栅格坐标为(1,1),房间环境的栅格模型如图 2 所示。即环境中每个栅格对应的序号表示。

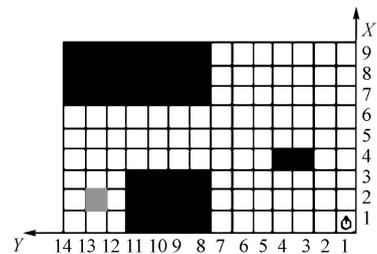


图 2 栅格模型

黑色部分—障碍物区域;灰色部分—目标点

## 2 未知环境下实时避障的路径规划新算法

针对之前几种方法不能在未知环境中进行有效实时避障的问题,本研究采用一种未知环境下实时避障的路径规划新算法。该算法在结合了机器人自身宽度信息的基础上,采用了“点对点”的二次路径规划策略,使机器人能够准确到达目标点。

### 2.1 结合机器人宽度信息策略

考虑到机器人车身的宽度约为 39 cm × 39 cm,设置遇到障碍物的安全距离为 20 cm,即当测得障碍物离机器人 40 cm 时,机器人会停下并转到 X 轴正方向,使机器人转向时不会碰到障碍物;当超声波传感器返回数据证明机器人已经越过障碍物时,机器人会继续按原方向行走 40 cm,再进行转向,同样保证了转向时不会与障碍物碰撞。

## 2.2 始终面向目标点的点对点二次路径规划策略

为了使机器人在遇到环境中的未知障碍物时能够智能地避开,能够移动到目标点,本研究采用了一种始终面向目标点的“点对点”的二次路径规划策略。该策略的主要思想是:首先,在起点时机器人会转向目标点方向并沿直线移动,当遇到障碍物时,机器人会转至 $X$ 轴正方向前进,并在前进过程中不断比较图3所示超声波传感器 $d_0$ 测得的障碍物距离,当到图3位置判断出将要越过障碍物时,机器人会继续移动40 cm,移动完成后,左转至 $Y$ 轴正方向,移动30 cm后,记录此时 $d_0$ 左侧的障碍物距离,根据此时机器人的 $X$ 坐标返回值,从而推算出障碍物的 $X$ 坐标,并与目标点 $X$ 坐标比较,若:①目标点在障碍物下方,则机器人继续直线前进,当到图3位置判断出将要越过障碍物时,机器人会继续移动40 cm,移动完成后,记录下此时坐标位置信息,并把它作为新的起点,按照之前的路径规划方法重新规划机器人到目标点的路径。②目标点在障碍物上方,则机器人记录此时坐标位置信息,直接重新规划机器人到目标点的路径。

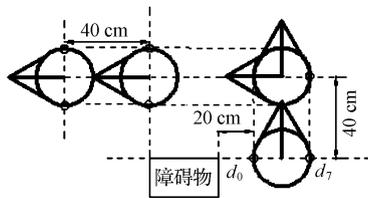


图3 结合宽度信息越障效果图

## 2.3 具体算法流程

未知环境下进行实时避障的路径规划新算法流程如下:

Step1: 机器人前进5 cm, 进入出发等待状态。

Step2: 目标点坐标记为 $(X_0, Y_0)$ , 由式(1)计算出经过目标点到出发点的直线与 $X$ 轴正方向的夹角 $\theta$ , 使机器人转到面向目标点方向, 并直线移动。

(1) 未遇到障碍物, 机器人一直运动到目标点, 算法结束。

(2) 遇到障碍物, 转向 Step3。

Step3: 当检测到前方20 cm处出现障碍物, 停止移动, 机器人转至 $X$ 轴正方向, 然后直线前进。

Step4: 当机器人左侧超声波传感器 $d_0$ 检测远到大于障碍物的距离时, 即视为将要离开障碍物, 机器人继续保持前进40 cm。

Step5: 机器人左转至 $Y$ 轴正方, 前进30 cm后, 记录此时 $d_0$ 测到的障碍物距离, 记为 $d$ , 同时得到机器

人 $X$ 坐标返回值, 记为 $X_1$ 。

(1)  $X_0 \leq (X_1 - d)$ 时, 转至 Step6。

(2)  $X_0 > (X_1 - d)$ 时, 转至 Step2。

Step6: 机器人继续前进, 并不断求出 $d_0$ 测得障碍物距离与 $d$ 的差值。当 $d_0 - d \geq 20$ 时, 机器人继续前进40 cm, 移动完成后, 记录此时的坐标位置信息, 转到 Step2。

本研究提供的算法在遇到未知障碍物时, 能够有效地绕过障碍物, 并考虑到了机器人的宽度信息, 保证了机器人在运动至目标点过程中不会与障碍物发生碰撞。

## 3 仿真与实验结果分析

MobileSim<sup>[9]</sup>是美国ActiveMedia公司生产的Pioneer系列移动机器人的离线仿真软件。该软件可以加载地图, 获取传感器信息, 研究人员编写的算法可以先在这个软件上进行调试, 成功后在真实的Pioneer机器人上运行, 能得到一样的效果。

### 3.1 MobileSim 仿真实验

机器人在室内环境遇到障碍物时进行实时避障的路径如图4所示。

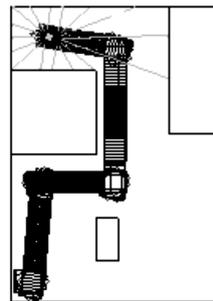


图4 实时避障仿真路径图

以上仿真结果清楚地证明: 本研究提出的未知环境下实时避障的路径规划算法是有效的, 不但考虑了机器人的宽度信息, 规划出了一条能被机器人执行不会发生碰撞的路径, 而且在遇到未知障碍物的情况下, 还能进行二次路径规划, 算法简单, 计算方便, 能正确引导机器人向目标点移动。

### 3.2 P3-DX 的真实环境实验

在真实环境下, 笔者利用P3-DX机器人, 对本研究所提出的算法进行了实验。实验完成后, 保存了机器人实时读取的坐标位置信息, 即机器人实时返回的 $X$ 、 $Y$ 坐标值以及机器人相对于 $X$ 轴正方向的实时转

角  $T_h$ 。本研究通过 Matlab 软件,对数据进行了处理,建立  $X - Y$  坐标系,即得到了机器人行走路径图;以  $T_h$  为  $y$  轴,考虑到机器人采样周期为  $1\text{ms}$ ,故可将时间  $t$  作为  $x$  轴,建立机器人朝向角-时间坐标图。实时避障实际效果图如图 5 所示。图 5 中的机器人行走路径和利用 MobileSim 仿真软件得到的图基本一致。机器人朝向角与时间关系图如图 6 所示,可以清楚地看到机器人的转角随时间变化的信息,与图 5 的实际路径中机器人转角次数、角度相一致。因此,本研究给出的算法在 P3-DX 机器人上也是有效的。

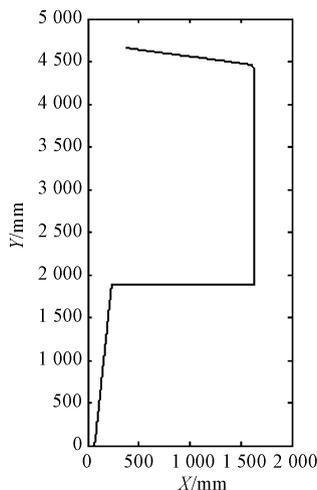


图 5 实时避障实际效果图

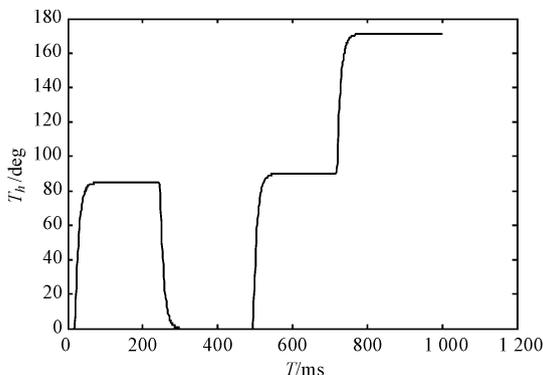


图 6 机器人朝向角度-时间坐标图

## 4 结束语

对始终面向目标点的移动机器人实时避障路径规划算法的研究,其目的在于丰富机器人避障算法,为机器人在未知环境下的实时避障提供一种行之有效的选择方法。该算法利用栅格化模型建模,采用“点到点”的路径规划,在遇到障碍物时,能有效绕过障碍物,并进行路径重规划,直至到达目标点。

该方法不需要复杂的计算,且容易实现;其考虑了机器人的宽度信息,不会让机器人在越障时与障碍物发生碰撞,不失为机器人实时避障方面的一个新算法。实验结果获得了一条从起点到终点的无碰撞路径,证实了该算法的有效性和可行性。

### 参考文献 (References) :

- [1] 闻帆,屈桢深,王常虹. 未知环境下的移动机器人实时避障研究[J]. 哈尔滨工程大学学报,2009(7):751-756.
- [2] 皮旷怡. 未知环境下移动机器人实时避障及定位研究[D]. 大连:大连海事大学轮机工程学院,2007.
- [3] 林丹. 一种室内清洁机器人返回路径规划算法[J]. 重庆科技学院学报:自然科学版,2010(1):110-113.
- [4] 岳龙旺,朱敬花. 基于轮式移动平台的新型湿式清洁机器人系统[J]. 轻工机械,2013,31(6):66-68.
- [5] 任盛怡,曹长修,马世文,等. 一种室内智能吸尘器充电返回算法[J]. 计算机应用,2009(6):1551-1553,1574.
- [6] STENTZ A. Optimal and Efficient Path Planning for Unknown and Dynamic Environments[R]. Pittsburgh: Carnegie Mellon Robotics Institute Technical Report,1993.
- [7] STENTZ A. Optimal and Efficient Path Planning for Partially-known Environments[C]// Proc of IEEE Int Conf on Robotics and Automation(ICRA1994),1994:3310-3317.
- [8] 利曼科技有限公司. Pioneer 3 移动机器人操作手册[Z]. 利曼科技有限公司,2007.
- [9] 利曼科技有限公司. Pioneer 3 用户培训手册[Z]. 利曼科技有限公司,2007.

[编辑:洪炜娜]

### 本文引用格式:

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,2015,32(3):389-392.

WU Deng-feng, MEI Zhi-qian, YIN Li-wei, et al. Novel algorithm about indoor mobile robot's path planning for unknown environment[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015,32(3):389-392.