

# 一种基于滚动窗口的移动机器人局部路径规划方法<sup>①</sup>

韩 龙, 刘国栋

(江南大学 物联网工程学院, 无锡 214122)

**摘 要:** 区别于传统的栅格法, 提出了基于滚动窗口的移动机器人局部感知环境下的局部栅格法进行局部路径规划。这种方法使得机器人能够进行局部路径规划, 随着窗口的滚动进而达到全局的路径规划, 避免了传统的栅格法环境分辨率低、信息存储量大的缺点, 具有一定的研究和应用价值。该方法不仅适用于静态障碍物, 也适用于动态障碍物, 最后用 Bezier 曲线优化路径。仿真验证了算法的有效性。

**关键词:** 滚动窗口; 局部栅格法; 路径规划; Bezier 曲线

## A Local Path Planning Method for Mobile Robots Based on the Windows

HAN Long, LIU Guo-Dong

(Internet of Things Engineering Institute, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** This approach makes robot path planning distinguished from the traditional raster method, then with the window rolling it can achieve global path planning, avoiding the traditional method of grid environment, low resolution of information reserves big shortcoming, so it has certain research and application value. This method does not only adapt to the static obstacles, but also to the dynamic obstacles. Lastly, the path selected is optimized by Bezier curve. Simulation results prove the effectiveness of the proposed algorithm.

**Key words:** rolling window; local grid method; path planning; Bezier curve

## 1 引言

智能移动机器人是一类能够通过传感器感知环境和自身状态, 实现在有障碍物的环境中面向目标的自主运动。在移动机器人相关技术中, 路径规划是一个重要的研究环节和课题。所谓路径规划是指移动机器人按照某一性能指标(如距离、时间、能量等)搜索一条从起始状态到目标状态的最优或次优路径<sup>[1]</sup>。目前机器人路径规划的方法主要有以下三种:

### (1) 基于事例的学习规划方法

这种方法依赖于过去的经验进行学习机问题求解, 一个新的事例可以通过修改事例库中当前情况相似的旧的事例来获得, 通过修改、匹配以寻找一个最优的匹配事例。Ram<sup>[2]</sup>将基于实例的在线匹配和增强学习相结合, 提高了机器人的自适应性能, 较好的适应了环境的变化; Karefat<sup>[3]</sup>把基于实例的方法作为一

个特征辅助规划与全局规划结合从而提高了全局规划的效率。这种方法被广泛用于解决水下机器人的路径规划问题, 但这种方法也有缺点, 就是它过于依赖经验, 这些经验有时经验甚至是不准确的, 缺乏灵活性。

### (2) 基于行为的路径规划方法

基于行为的方法是由 Brooks 在他著名的包容式结构中建立的。它把导航问题分解为许多相对独立的行为单元, 比如跟踪、避碰、目标制导等。这些行为单元是由传感器和执行器组成的完整的运动控制单元, 各行为单元所采用的行为方式各不相同, 这些单元通过相互协调工作来完成导航任务。

### (3) 基于环节模型的规划方法

该方法首先需要建立一个关于机器人运动的环境模型。在很多时候移动机器人的工作环境具有不确定性, 是的移动机器人无法建立全局环境模型, 只能依

① 收稿时间:2010-11-16;收到修改稿时间:2010-12-13

靠自身传感器实时的建立局部环境模型。其典型代表就是四叉树建模法<sup>[4]</sup>及其扩展算法,也有一些比较成熟的方法比如可视图法、切线图法、Voronoi 图法、拓扑法、栅格法等。

## 2 基于滚动窗口的局部感知的栅格法路径规划

栅格法是移动机器人路径规划的一种有效的方法,只要设计合理,移动机器人就能够找到一条到达目标点无碰路径。但是这种方法要求对全局环境是已知的,而且信息存储量大<sup>[6]</sup>。本文提出的基于局部感知的局部栅格法就避免了全局栅格法缺点。因为移动机器人感知的是局部信息,因此存储量不会很大而且环境分辨率较高,并通过滚动窗口达到了局部不断优化,从而达到全局优化。

### 2.1 局部栅格法原理

局部栅格法的原理图,如图 1 所示:

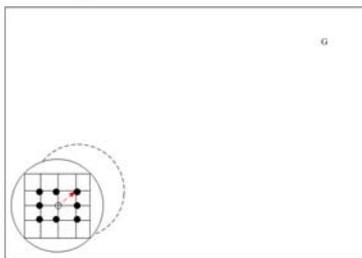


图 1 局部栅格原理图

其中矩形框为移动机器人工作环境,空心小圆表示移动机器人;实线大圆表示移动机器人在自身传感器下的感知范围,叫做窗口,记为 Win1;方格表示的是以移动机器人中心 R/2 为等间距的栅格, R 为移动机器人的传感器感知半径;如果栅格有障碍则为 1,空则为 0,因此方格中的环境信息对该移动机器人而言是已知的。虚线大圆为下一个周期的感知范围,记为 Win2,以此类推;红线为移动机器人下个周期的运动方向; G 为目标点。至于移动机器人下一个周期的方向受目标点和小方格中环境的影响,具体判断方法下面将会介绍。

### 2.2 基于局部栅格法的移动机器人运动方向选择

以机器人中心, R/2 为等间距的矩形周围八个点位参考点,判断每个点对目标点 G 的吸引大小来决定方向,并以逆时针从水平开始记为 w1,w2...w8,这

样剩余的栅格作为机器人缓冲区使用,以及时避开感知环境之外的动态障碍物,移动机器人选择的下个周期运动方向由吸引因子来衡量,吸引因子定义如下式:

$$w_{ij} = \left[ \sqrt{(x_{c_{ij}} - x_g)^2 + (y_{c_{ij}} - y_g)^2} \right]^{-1} \quad (1)$$

$i=1, 2 \dots N; \quad j=1, 2 \dots 8$

其中  $w_{ij}$  分别是这八个点的坐标和目标点的坐标,吸引因子越大,则机器人往那个点运动的可能性就越大,如果有两个点对应的吸引因子相等且为最大,则选择他们的中间点为运动方向。

为了保证移动机器人不会走入死点,这里对每个窗口的相关数据都将被记录下来,这就使得移动机器人可以退回到上一个窗口的位置,甚至是第一个窗口的位置,这些数据记录在窗口矩阵中,记为:

$$W = \begin{bmatrix} win_1 \\ win_2 \\ \dots \\ win_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{18}) \\ (w_{21}, w_{22}, \dots, w_{28}) \\ \dots \\ (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{i8}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中  $(w_{i1}, w_{i2} \dots w_{i8})$  为第 i 个窗口的八个参考点,这样就可以查询上个周期选择的哪个吸引因子,从而回到上一个窗口,实现路径的可逆,不至于走进死点。

此外移动机器人的运动方向还受栅格中有无障碍物的影响,比如某个周期内移动机器人选择  $w_{ij}$  为运动方向的参考点而这个方向的栅格又有障碍物 Obs,此时机器人就不能走该栅格的对角线了,而该走该栅格的边线,此时边线有两条,走吸引因子大的那个边线;如果该栅格无障碍物则移动机器人走所选参考点栅格的对角线,尽量达到路径最短。

基于以上的设计,移动机器人的运动方向可以综合表述如下:

$$Dir = \begin{cases} w_{ij_{\max}} & obs = 0 \\ sid_{big} & obs = 1 \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中的第一项是栅格无障碍时最大吸引因子对应的参考点的方向;第二项是在最大吸引因子参考点有障碍时,它的两条边中有较大吸引因子对应的参考点的边。

### 2.3 Bezier 曲线优化路径

虽然移动机器人可以到达目标点,但是路径也许

并不是最优的，因此对移动机器人的路径进行优化时很必要的。人工势场法虽然结构简单，易于实现，但也有缺点，比如局部极值点、目标不可达等<sup>[7]</sup>；而蚁群算法<sup>[8]</sup>不能较好的适应新环境。Bezier 曲线，又有人叫贝赛尔曲线或贝兹曲线，Bezier 曲线的形状是通过一组多边折线（称为特征多边形）的各顶点唯一地定义出来的。在多边形的各顶点中，只有第一点和最后一点在曲线上，其余的顶点则使用控制曲线的导数、阶次和形式。第一条和最后一条折线则表示出曲线在起点和终点处的切线方向。曲线的形状趋向仿效多边折线的形状。改变控制点与改变曲线形状有着形象生动的直接联系。

1) 一阶贝赛尔曲线

一阶贝赛尔曲线上的由两个点确定 P0 和 P1,当 t 在[0 1]区间上递增时，根据式（4）会得到多个点的坐标，其实这些的点就是一条直线上的点。

$$B(t)=(1-t)P_0+tP_1 \tag{4}$$

即：  $B(t).x = (1-t) P_{0.x} + tP_{1.x}$

$B(t).y = (1-t) P_{0.y} + tP_{1.y}$

2) 二阶贝赛尔曲线

二阶贝赛尔曲线由 3 个点确定，它可以理解成是

这样的一阶贝赛尔曲线：确定该一阶贝赛尔曲线的两个点是变化的。这两个点（设分别为 Pm,Pn）是怎样变化的呢，这两个点又分别是(P0,P1)确定的一阶贝赛尔曲线和(P1,P2)确定的一阶贝赛尔,于是有了 2 阶贝赛尔曲线的公式，如式（5）

$$P_m(t) = (1-t) P_0 + tP_1$$

$$P_n(t) = (1-t) P_1 + tP_2$$

$$B(t) = (1-t)P_m(t) + tP_n(t) = (1-t)^2 P_0 + 2(1-t)tP_1 + t^2P_2 \tag{5}$$

通过局部栅格法可以得到一条无障碍路径，但是移动机器人走的都是直线边，这种路线会影响移动机器人的速度，浪费时间。如果使用 Bezier 曲线对所走的路径进行优化，那么可以得到一条相对较光滑的无障碍路径，有利于移动机器人速度的提高而节俭时间。

3 仿真实验

实验设置在 100\*100 的矩形框中，起始点为 (0,0)，目标点为 (84,63)。实验中设置 20 个静态障碍物，每个障碍物用半径为 1 的圆来表示。对应路径的优化选用 2 阶 Bezier 曲线优化。障碍物的分布如表 1 所示：

表 1 障碍物分布

次数 \ 坐标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X	9	14	20	30	38	44	44	48	52	63	63	63	63	63	63	10	30	50	55	60
Y	10	20	29	34	48	48	55	55	55	58	62	66	70	74	78	30	55	70	77	30

初始化的障碍分布图和仿真图分别图 2、图 3 和图 4 所示：

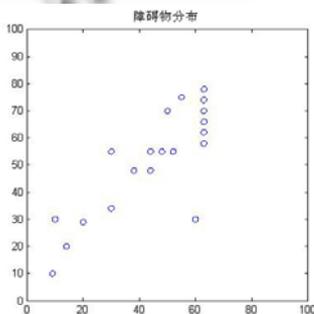


图 2 障碍分布图

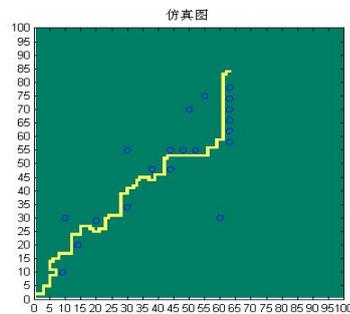


图 3 障碍分布仿真图

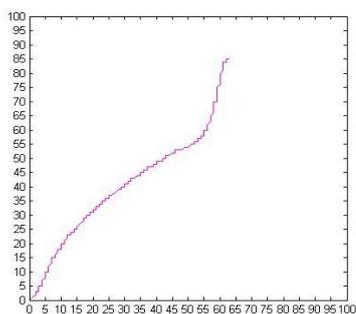


图 4 Bezier 曲线路径优化图

#### 4 结语

本文基于移动机器人局部感知环境,提出了滚动窗口局部栅格法的路径规划,避免了传统栅格法的缺点,通过实验验证取得了良好的效果。鉴于移动机器人路径规划方面的发展趋势,本人以后的工作会像这个方向进行研究。

#### 参考文献

1 李磊,叶涛,谭民等.移动机器人技术研究现状与未来.机器人,2002,24(5):478-480.

- 2 Ram A, Santamaria JC. Continuous case-based reasoning. *Artificial Intelligence*, 1997,90(1-2):25-77.
- 3 Marefat M, Britanik J. Case-based process planning using an object-oriented model representation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 1997,13(3):229-251.
- 4 席裕庚,李秀明.一种机器人路径规划的新方法.上海交通大学学报,1996,30(4):94-100.
- 5 Meed LA. Trends in Evolutionary. Jain LC, Fukuda T, Eds. *Soft Computing for Intelligent Robotic System*. New York: Physical Verlag, 1998.215-233.
- 6 Farritor S, Hacot H, Dubowsky S. Physics based planning for planetary exploration. *IEEE International Conf. on Robotics and Automation(ICRA)*, Leuven, Belgium, 1998.278-283.
- 7 吴宪祥,郭宝龙,王娟.基于粒子群的移动机器人路径优化算法.机器人,2009,31(6):257-260.
- 8 Wen Z, Cai Z. Global path planning approach based on ant colony optimization algorithm. *Journal of Central South University of Technology*, 2006,13(6):707-712.

(上接第 155 页)

: ontology bar code of book)

#### 4 结语

本文中我们在图书馆管理系统中引入人工智能的概念,并给出了基于多 Agent 的机器人系统在图书归类中的模型。智能机器人能自动识别图书条形码,并结合中国图书馆图书分类法给出归类算法。根据此算法可计算出图书的具体位置,将所有推车中同类书籍进行关联,机器人就可以一次性摆放所有同类书籍,而不需要多次折回,实现对图书的归类。改进 BUG 算法给出了路径规划方案,指导机器人沿着路径正确、快捷地找到各个目的地。通过机器人和多 Agent 技术的结合,极大地提高了图书管理的效率,减轻了工作人员繁重的整理工作,对将人工智能技术引入日常生活中产生深远的现实意义。

#### 参考文献

- 1 Wooldridge M. 多 Agent 系统引论.北京:电子工业出版社,2003.10,25,120-123.
- 2 苏钊颐,李琳,谢存禧,林颖.机器人的多 Agent 系统设计与分析.组合机床与自动化加工技术,2003,(5):46-49.
- 3 赵利辉.基于多 Agent 机器人系统合作与协调技术研究[博士学位论文].太原:中北大学,2008.
- 4 李智也.移动机器人路径规划问题的解决方案.计算机工程,2006,32(1):189-192.
- 5 李贻斌,李彩虹,刘鲁源.不确定环境下移动机器人路径规划算法研究.杭州电子科技大学学报,2005,25(2):10-13.
- 6 欧青立,何克忠.室外智能移动机器人的发展及其关键技术研究.机器人,2000,22(6):519-526.