

# 动态环境下移动机器人路径规划的一种方法

赵峰, 崔平远, 陈阳舟

(北京工业大学 电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

**摘要:** 研究障碍物的形状以及位置未知环境下的动态路径规划的问题, 采用栅格表示障碍物与机器人的大小、位置以及他们的运行环境地图, 给出了一种路径规划的算法. 该算法计算简单, 搜索速度快, 通过仿真试验发现, 用该方法规划的路径取得了比较好的效果.

**关键词:** 移动机器人; 动态环境; 路径规划; 避碰

**中图分类号:** TP24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)01-0064-03

## Approach to Collision Avoidance Plan for Robot in Dynamic Environment

ZHAO Feng, CUI Ping-yuan, CHENG Yang-zhou

(Electronic Information & Control Engineering College, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

**Abstract:** This paper studies the dynamic route-planning, in the uncertainty of the shapes and positions of obstacles in which the grid stands for the sizes and positions of obstacles and robots, and their running environment map. This method is simple in calculation and fast in search velocity, which proves quite effective through simulation test.

**Key words:** moving robot; dynamic environment; route-planning; collision avoidance

### 0 引言

路径规划一般分为离线路径规划和在线路径规划,前者是一种基于环境先验完全信息的全局路径规划,后者是一种基于传感器的局部路径规划方法,它是一种环境未知或者部分未知路径规划方法.在线的路径规划一般有可视图法<sup>[5]</sup>、图搜索法<sup>[5]</sup>等.但这些方法的搜索空间比较大,存在组合爆炸的问题,难以满足实时搜索的要求.另一种方法是采用人工势场法<sup>[2]</sup>,该方法算法虽然简单,但是存在局部极小值问题,使规划失败.文献<sup>[1]</sup>提出了一种根据人工势场法变形而来的路径规划方法,但是在复杂环境中难以达到满意的效果.故在上述方法中加入了一些控制策略,通过仿真试验我发现,使用该方法进行规划能在比较复杂的环境中能取得比较满意的效果.

### 1 路径规划算法

#### 1.1 模型的建立

考虑移动机器人在二维平面上运动,忽略机器人的旋转运动.则在线路径规划问题的一般表述如下:设A是一机器人,在空间 $W = R^2$ 中运动,机器人的位置可以用 $(x, y)$ 表示.采用网格表示 $W$ ,即把 $W$ 划分为一个个大小相同的方格,假设方格的大小与机器人的几何外形相等.运动空间中有静止障碍物 $B_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$ . $B_i$ 表示第 $i$ 个障碍物在 $W$ 中所占的区域的大小.依照不同的环境情况,障碍物的信息可能已知,也可能未知.在机器人运动的每个时刻,将障碍物 $B_i$ 映射入位置空间 $W$ ,则在位置空间 $W$ 中的避障空间表示为 $W \setminus B_i = \{q \in W \mid A(q) \cap B_i = \Phi\}$ ,其中 $q$ 为位置空间的一个点, $A(q)$ 表示机器人处于 $q$ 点.

收稿日期:2002-09-05.

第一作者简介:赵峰(1973.5-),男,硕士,副教授;主要研究方向:智能机器人.

路径规划就是寻找从 A 的初始位置  $q_{int}$  到目标位置  $q_{goal}$  的避障路径.

运动空间中每个栅格表示一个自由区域或者障碍区域, 这些区域用如下函数来描述:

$$f: W \rightarrow \{0, 1\}$$

$f(x) = 1$  表示  $x$  是障碍物;  $f(x) = 0$ , 表示  $x$  不是障碍物. 因此, 整个空间转换为一个二进制方阵, 即等价成一个二维数组, 记为  $BW$ . 障碍物在  $BW$  中被划分为一个个  $f(x) = 1$  的区域.

### 1.2 障碍物的处理

障碍物的位置一旦被传感器探测到, 则按照势场衰减的方式赋给障碍物本身及其周围栅格一定的值, 每个栅格的值代表了该位置有障碍物可能性. 通过这样的处理, 可以使机器人在移动的过程中对周围的信息作出及时的更新. 对障碍物的赋值过程如图 1.

西北(6)	北(8)	东北(6)
西(8)	障碍物(1000)	东(8)
西南(6)	南(8)	东南(6)

图 1 障碍物及其周围栅格的赋值

(1) 空间的划分. 将环境空间划分为独立的栅格空间.

(2) 障碍物的赋值. 以被检测到的障碍物为中心向周围八个方向进行传播, 障碍物所在的栅格的值最大, 其次是东、南、西、北四个方向(四个方向衰减的程度是一样的), 在西北、西南、东北、东南方向上的值最小(如图 1 所示的数字表示). 每个障碍物只对它周围相邻的八个方向有影响, 对其他位置没有影响. 注意, 每个栅格只能计算一次, 如图 2. 具体描述如下:

在  $a$  点的上下有两个障碍物, 而且这两个障碍物对  $a$  点都有影响, 但是当  $a$  点无论被哪个障碍物计算一次后, 就应该给它一个标记, 下次检测到该点时不许再次重复计算.

(3) 障碍物的合并. 当移动机器人检测如图 3 所示的情况时, 应进行合并.

当机器人在  $a$  点或者  $b$  点搜索时, 在其搜索半径内检测到  $c$ 、 $d$  点时, 发现其四周为障碍物, 这样  $c$ 、 $d$  就被当成障碍物, 同理可知  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  这四个点都被当成障碍物处理, 这就是所谓的障碍物合并.

(4) 相邻对角线上的障碍物的处理(如图 4).

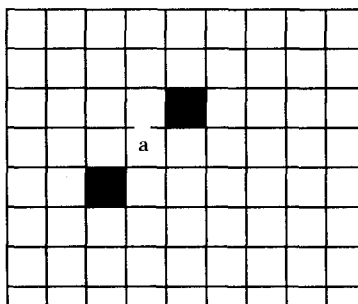


图 2 同一栅格值赋值一次

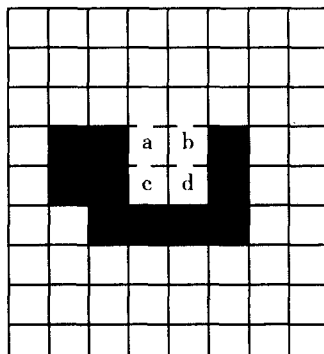


图 3 障碍物的合并

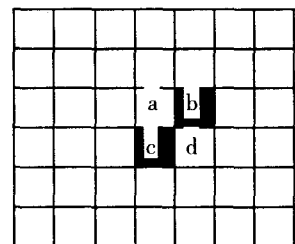


图 4 相邻对角线上的障碍物的处理

当  $b$ 、 $c$  为障碍物时, 现搜索到  $a$  点, 那么  $d$  点的值要加大. 同理, 由  $d$  搜索到  $a$  点时,  $a$  点的值要加大.

(5) 地图边界的处理. 将地图的边界当成障碍物处理.

(6) 初始地图信息的生成. 当给定起始位置和目标位置以后, 应该根据给定的目标点坐标对整个地图进行初始化. 具体方法如下: 每个栅格的初始值等于目标所在的行数减去该栅格所在的行数的绝对值与目标所在的列数减去该栅格所在的列数的绝对值之和.

### 1.3 搜索和无碰撞路径的生成

在这个搜索过程中, 机器人采用的搜索半径是两个栅格. 假设  $z$  点是机器人现在所在的栅格, 首先它要搜索与它相邻的八个方向, 即  $a, b, c, d, e, f, g, h$ . 按照事先规定的搜索方向, 它应该从  $d, e, f, g, h, a, b, c$  依次搜索, 当它搜索到第一个点  $d$  时,  $d$  接着要搜索它周围的八个方向  $n, o, e, f, z, b, c, m$ , 进行障碍物检测, 标明这些栅格的  $f(x) = 1$  or  $f(x) = 0$ , 然后根据图 1 所提供的方法进行计算栅格的值并且与地图的初始值进行叠加. 依此类推, 计算出  $z$  点周围半径为 2 以内的所有栅格的值. 然后, 逐个计算  $z$  点周围半径为 1 以内的所有栅格与它们周围的八个相邻的栅格中属于第二层的栅格的值相加(如  $d$  与  $d$  周围的八个相邻的栅格中属于第二

层的栅格  $m, n, o$  的值相加),记下这两个栅格之和最小值之值以及这两个栅格分别所在的行数、列数.依此方法,依次记下  $z$  点周围相邻的其他几个栅格与其相邻的第二层的栅格之和的最小值以及它们的行数、列数.最后,比较  $a, b, c, d, e, f, g, h$  与其相邻的第二层栅格之和最小值中的最小值,并记下这两个栅格的行数、列数,将行数、列数在第一层的栅格作为移动机器人的前进点.依此类推,直到最终找到目标点.要是有价值相同的点,选取与上一个点转动方向最小的点作为机器人的前进点(如下图5).

$z$  首先搜索到  $d$  点,然后由  $d$  点搜索  $n, o, e, f, z, b, c, m$ ,按照 1.2 的方式处理这些栅格,同时计算  $d1 = d + m, d + n, d + o$  的值,求出其中的最小值  $d1$ ,接着搜索  $e$  点,在  $e$  点搜索  $o, p, q, r, f, z, d, n$ ,并计算  $e + o, e + p, e + q, e + r$ ,求出其最小值  $e1$ ,依次求出  $d1, e1, f1, g1, h1, a1, b1, c1$ ,并且求出其中的最小值,记下行、列.从  $a, b, c, d, e, f, g, h$  中选出一个点作为  $z$  下一个要走的点.

X	I	J	K	L
W	A	B	C	M
V	H	Z	D	N
U	G	F	E	O
T	S	R	Q	P

图5 路径搜索

综上所述,整个路径规划可以分为如下几个步骤:

- (1) 初始化地图.每个栅格的初始值;
- (2) 采取 1.2 所示方法进行障碍物的搜索和障碍物的标记:

$$Val_{(i,j)} = |Row_{goal} - Row_i| + |Col_{goal} - Col_j|$$

- (3) 障碍物的合并;
- (4) 地图信息的更新;
- (5) 采取 1.3 所示的方法找出一个栅格作为机器人要到达的点,将这个点与目标点进行比较,相同,则搜索结束,否则以该点为基准返回到步骤(2)开始新一轮的搜索.

## 2 仿真结果

图6的仿真结果所采用的工作空间是由  $24 \times 30$  个栅格组成,每个栅格长宽均为 20 个像素,机器人的直径也为 20 个像素.仿真的结果表明,机器人找到了一条无碰撞路径,顺利到达了目标点,由于算法中采用了回溯,所以并没有发现死锁现象.

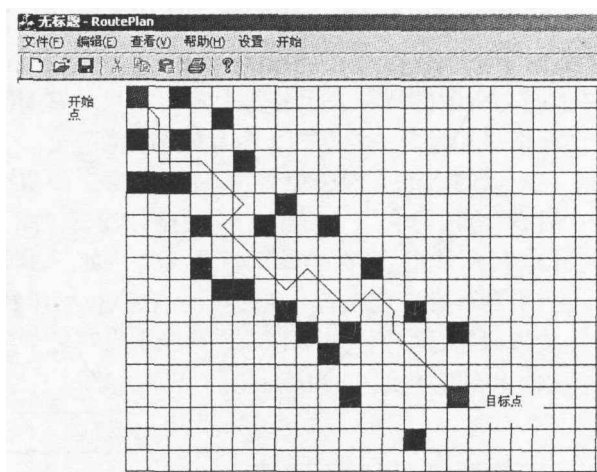


图6 规划的示意图

## 3 结论

本文提出了一种基于单机器人在动态环境下进行路径规划的方法,并且通过仿真试验发现结果不错.该方法同常规的方法相比有如下的优点:

- (1) 该方法计算量小,可实时计算机器人的位置,适应动态环境进行在线路径规划;
- (2) 通过改变障碍物地图的初始值和衰减函数来调整路径的安全性和优化路径.

本算法既可作为局部的在线路径规划,当加大机器人的搜索半径时,也可以作为全局的路径规划方法,更重要的是稍稍修改还可以作为障碍物是运动状态下的路径规划方法.

### 参考文献:

- [1] 薄喜柱,洪炳熔.动态环境下多移动机器人路径规划的一种新方法[J].机器人,2001,23(5):35~38.
- [2] Paolo Fiorini, Zvi Shiller. Motion planning in dynamic environments using velocity obstacles[J]. Int Journal of Robotics Research, 1998, 17(7): 760~772.
- [3] 李强,林良明,颜国正.一种新的移动机器人环境模型[J].机器人,1999,21(5):
- [4] 李秀明,席裕庚.复杂环境中移动机器人滚动规划策略于实现:上海交通大学博士论文[D].自动控制理论及应用,1998.
- [5] Staudte R G, Sheather S J, Robust Estimation and Testing[M]. Wiley, New York, 1990.