

基于栅格法的机器人快速路径规划

于红斌 李孝安

(西北工业大学计算机学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 在栅格法表示的机器人路径规划问题研究中, 定义出路径记忆量、路径方位的重要性等概念, 通过可行路径中两两结点之间关联程度的改变, 按照比例选择概率确定下一结点, 由此得到一条新的可行路径。路径和关联程度之间形成一种正反馈机制, 二者相互激励, 从而简化了路径搜索方法, 提高了路径搜索的效率。仿真研究表明, 该算法能有效地提高路径搜索的效率。

关键词: 栅格法, 路径规划, 避障

中图分类号: TP24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7180(2005)06-098-03

Fast Path Planning Based on Grid Model of Robot

YU Hong-bin, LI Xiao-an

(College of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072 China)

Abstract: A new and fast path planning method based on grid model is proposed for robot. Through our research, the concept of memory quantity and importance of path direction are put forward. The choice of next node is solved with proportional select probability by the change between the relations of two nodes in a feasible path, and a new feasible path can be finally fixed. So, A positive feedback exists between paths and the relations of two crunodes, they inspire with each other. The simulation result indicates that our method is efficient for improving the efficiency of path searching.

Key words: Grid model, Path planning, Obstacle-avoidance.

1 引言

路径规划是移动机器人研究的一个重要问题。解决该方法的方法已有很多。薄喜柱等^[1]提出的通过改变障碍物地图的初值和减函数来调整路径的安全性和优化路径, 能有效地搜索到一条无碰撞路径, 但是不能保证搜索到的为最优路径。胡玉兰等^[2]提出用遗传算法求解机器人路径规划, 虽然保证能寻到一条最优路径, 但是实时性能不高。

本文在研究基于栅格法^[3]表示的机器人路径规划问题过程中发现, 只要给每次可行路径经过的结点之间增加一个记忆量 Π ($\Pi \geq 0$), 并通过由该量作用的关联程度的反馈, 就可以很好地搜索到一条可行路径。据此提出的路径规划方法, 不仅可以搜索到一条最优路径, 而且其搜索时间明显优于基于遗传算法的搜索时间。该项研究对足球机器人路径规划问题的解决同样具有借鉴意义。

2 系统描述

2.1 栅格表示模型

按照机器人及其有限的活动场地大小进行栅格的定义和场地的栅格划分。为便于讨论, 假设机器人的有限活动场地为矩形, 机器人在场地上占据的空间也为小矩形, 将矩形场地平均划分为多个小矩形栅格, 以保证机器人可以在其中自由移动。对栅格划分好的场地进行编号, 这里, 采用序号法^[3]对每个小栅格进行编号。于是, 用栅格法表示的机器人活动场地如图1所示。图中, 具有小方块的栅格表示有障碍物, 假设障碍物为规格相同的其它机器人。

91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

图1 用栅格法表示的机器人活动场地

收稿日期: 2004-12-06

基金项目: 西北工业大学研究生创业种子基金(Z20040048)

西北工业大学创新工程项目资助(M002204)

针对每个栅格位置的不同,将栅格分为两大类:边界栅格、中间栅格。

对于中间栅格,假设其邻接周围没有障碍物,下一步可以向邻接的8个方位搜索,8个方位分别为:右下、右、右上、上、左上、左、左下、下。按照栅格编号规律,容易预知这8个方位的序号及其与当前位置栅格序号的差值。于是,对当前栅格位置,下一步搜索的方位可用如下数组表示:

$$\text{next_orientation}[i]=[-9, 1, 11, 10, 9, -1, 11, -10] \quad 1 \leq i \leq 8 \quad (1)$$

其中,数组元素依此对应于从当前栅格位置右下角开始、逆时针旋转排放的8个邻接方位,其值为当前栅格序号与邻接栅格序号之差。

对于边界栅格,下一步搜索的方位表中要去掉不可达栅格序号。如对于图1中的左边界栅格21,其下一步可能的走向栅格表示为:

$$\text{next_orientation}[i]=[-9, 10, -10], \quad 1 \leq i \leq 3 \quad (2)$$

即代表可以向右下、上、下3个方向搜索。

2.2 障碍物地图矩阵

将场上障碍物地图用一个数组矩阵表示,称为障碍物地图矩阵。例如,图1所示栅格为100个,则相应的障碍物地图矩阵为100×100的二维数组。该矩阵元素值表示栅格图中两个栅格之间是否可达,或称两个栅格是否关联。不失一般性,用 $\text{map}_i(u, v)$ 表示第*i*条路径中*u*,*v*之间的关联程度,则:

$$\text{map}_i(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{从 } u \text{ 到 } v \text{ 之间没有通路} \\ C & \text{从 } u \text{ 到 } v \text{ 之间有通路} \end{cases} \quad (3)$$

其中, *C* 为大于0的常数。

2.3 方位的重要性和距离

假设路径起始位置在图中第1个栅格处,目标位置为第100个栅格。为了使每次的路径寻优都尽量向接近目标点的方向运动,当前栅格邻接方位的位置显得极为重要。对于8个邻接方位,按照目标栅格所处位置,给出方位重要性的定义如下:

$$w[i]=[3, 6, 10, 6, 3, 2, 1, 2], \quad 1 \leq i \leq 8 \quad (4)$$

其中,数组中的每一个值都是经验值。可以看出,当前栅格右上方的栅格因为距离目标点最近,具有最高的重要性值10;而左下方的栅格因为会使得路径远离目标栅格,其重要性值最小。

方位距离表示当前栅格到它的邻接栅格的距离。定义为两个栅格之间的中心距离。可以看出,当前栅格和它相邻的8个方位的距离为定义为:

$$\delta[i]=[\sqrt{2}, 1, \sqrt{2}, 1, \sqrt{2}, 1, \sqrt{2}, 1], \quad 1 \leq i \leq 8 \quad (5)$$

注意:定义时,*w*数组、*δ*数组的分量均需与next_orientation数组的分量保持一致对应。

3 算法描述

3.1 算法思想

在基于栅格法的机器人路径规划研究中,我们发现,只要给每次可行路径经过的结点之间增加一个量 $\Pi \geq 0$,并通过由该量作用的关联程度的反馈,就可以很好地搜索到一条可行路径。因为这个量记忆了路径所经过的结点,所以称之为记忆量。于是,第*i*-1条路径中栅格*u*和*v*的关联程度 $\text{map}_{i-1}(u, v)$ 的更新方程为:

$$\text{map}_i(u, v) = \text{map}_{i-1}(u, v) + \Pi, \quad \Pi \geq 0 \quad (6)$$

这样,当第*i*条路径搜索到结点*u*时,由于结点*u*和*v*关联程度的增加,第*i*条路径从*u*选择*v*通过的概率将会增大。同时,如果从*u*选择*v*通过的路径数目不断增加,*u*和*v*的关联程度也会随之增加。而关联程度的增加又会使更多的路径从*u*选择*v*通过,从而形成一种正反馈机制,最终使得可以得到一条最优路径。

3.2 路径选择概率

假设在第*i*条路径中寻到的当前结点为*u*。若*u*的下一个可行结点集合为*V*,*v*为*V*中任一结点,这里,*u*,*v*同时表示它们在障碍物地图中的栅格序号,则按如下式子决定*V*中一个结点被选择的概率:

$$P_w = \frac{\text{map}_i(u, v) \times w(j_v) \times \delta(j_v)}{\sum_{v \in V} \text{map}_i(u, k) \times w(j_k) \times \delta(j_k)} \quad (7)$$

式中,*j_v*, *j_k*由下式决定:

$$\text{next_orientation}[j_v] = u - v, \quad v \in V \quad (8)$$

需要注意:在搜索*u*的下一个结点时,要避免选择的结点是*u*的上一个结点,即避免回退。

3.3 算法流程

① 初始化。设置计数器*i*=0, *j*=0, 定义初始障碍物地图矩阵 $\text{map}_i(u, v)$, $\text{next_Orientation}[i]$, $w[i]$, $\delta[i]$; 设定参量*C*、 Π 和循环次数*m*, *n*;

② 从起始结点开始,按照式(7)决定下一结点;

③ 若当前结点*u*为目标结点,则转步骤④;否则,由式(7)和(8)计算它的下一个可行结点集合*V*中某个结点*v*的概率 P_w ,据此选择*u*的下一可行结点。本步骤循环执行,直到选出目标结点;

④ $i \leftarrow j+1$, 保存找到的可行路径。如果*i*<*m*,则转步骤②;否则,从保存的路径中选择最优路径,依此,按式(6)修改障碍物地图中两个相邻结点之间的

- 关联程度 $j \leftarrow j+1$;
- ⑤ 如果 $j < n$, 则转步骤②; 否则, 转步骤⑥;
- ⑥ 将当前的最优路径输出, 算法结束。

4 算法性能分析

4.1 最优路径的保证

从两个方面保证搜索到的是最优路径:

(1) 概率选择。在式(7)中, 因为每次都是按照比例概率选择下一个结点, 所以每一个可行方向上的栅格都可能被选择到。

(2) 路径选择多样性。如果每寻到一条可行路径都修改障碍物地图, 那么经过若干代后, 因为某些结点的选择概率过大, 而使得路径会相对集中, 从而不利于路径的多样性选择, 可能无法得到最优路径。这里, 我们解决的办法是: 将搜索过程分为 m 组, 每一组得到的 n 条可行路径中, 只有距离最小的路径才能修改障碍物地图中相应栅格之间的关联程度, 而下一组将在修改后的障碍物地图上搜索可行的路径。这样, 不会导致某些结点的关联程度增长过快, 保证路径选择的多样性。

4.2 算法搜索效率分析

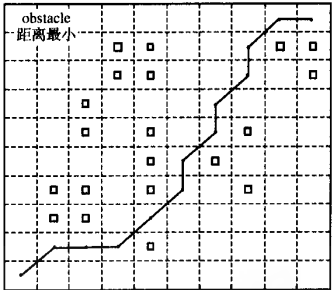
本文算法根据障碍物地图中栅格之间的关联程度, 对每组可行路径直接操作, 即相当于在遗传算法产生初始群体的过程中, 就开始优化搜索路径, 省略了遗传算法中遗传算子的操作, 所以其搜索效率优于遗传算法。

5 仿真结果

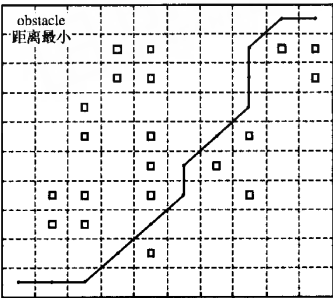
按照本文路径规划算法, 在 MATLAB 下进行仿真试验。假设障碍物栅格数目为 20 个, $C=10$, $\Pi=2.5$, $m=10$, $n=3$, 相当于我们搜索 $m \times n$ 条路径。在相同的问题环境下, 将遗传算法中的初始种群也定为 30 个, 分别将本文的算法和遗传算法进行对比实验, 得到的两条路径的距离是一样的, 但本文算法的搜索时间比遗传算法的少, 本文算法的搜索效率优于遗传算法。表 1 所示为多次实验统计结果, 图 2 是本文规划方法与基于遗传算法得到的有效路径。可见, 本文算法均表现出搜索效率的提高。

表 1 路径搜索时间对比

	最小值	最大值	平均值
本文算法	0.4840s	0.8120s	0.6686s
遗传算法	1.2980s	2.1260s	1.5487s



(a) 本文算法搜索到的路径



(b) 遗传算法搜索到的路径

图 2 有效路径

6 结束语

本文在基于栅格法表示的路径规划问题研究中, 通过引入和定义描述可行路径状况记忆量的概念, 修改两个结点之间的关联程度, 使得算法进行路径寻优过程简化有效, 通过按比例选择概率随机选择下一个可行结点的方法, 使得算法能找到最优的路径。仿真试验表明, 该算法对静态路径规划问题的解决是可行的、有效的。算法不足之处是参数需要靠经验确定。如何使得参数确定便于操作, 是下一步要解决的问题。

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): 407~410.

[2] 胡玉兰, 朱立中. 基于遗传算法的机器人运动路径规划的应用研究[J]. 机械设计与制造, 2002(5): 109~111.

[3] 张颖, 吴成东, 于谦. 基于遗传算法的机器人路径规划. 沈阳建筑工程学院学报[J], 2002, 18(4): 302~305.

[4] 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. 机器人[J], 2003, 25(1): 18~21, 43.

于红斌 女, (1979-), 硕士. 研究方向为人工智能、机器人足球。

李孝安 男, (1965-), 副教授, 博士, 西北工业大学足球机器人设计竞赛项目负责人。研究方向为人工智能系统、足球机器人、实时智能系统研究。