

改进 A* 算法在 AGV 小车路径规划中的应用

王立春¹, 罗守品², 吴继浩²

(1. 四川中烟工业有限责任公司, 四川 绵阳 621000; 2. 西南科技大学信息工程学院, 四川 绵阳 621010)

摘要 自动引导小车 AGV(Automated Guided Vehicle)广泛应用于现代物流运输、精密设备制造及物料运输等行业。为优化 AGV 在实际工作中的路径搜索与规划过程,研究了一种基于改进 A* 算法的路径规划方法,修改了传统 A* 算法中的启发函数,对未知节点的启发函数添加加权因子,使得算法在路径搜索过程中获得次优解,且次优解随加权值的不同而不同,从而缩短路径搜索规划时间。针对连续折线路径和直角转弯,采用优化的直线替代法和短边曲线直角转弯,减少 AGV 小车的运行总行程和直角转弯数量。仿真实验表明,在搜索时间、路径总行程、直角转弯数量上改进的 A* 算法优于传统算法,可提高 AGV 的实际运行效率。

关键词 AGV; 路径规划; 启发函数; 次优路径

中图分类号 TP391

文献标识码 A

0 引言

无人化是现代物流的一大趋势,特别是在对生产工作环境要求较高的精密仪器制造和烟厂等行业,将移动机器人与生产运输相结合,使其得到了快速的发展^[1]。现今大多数企业在线运行的 AGV 小车,有效提高了生产效率,但同时也存在一些问题,如路径规划响应时间过长、频繁进行不必要的折线转弯、累计转弯角大等问题。

为解决路径规划中出现的问题,目前已有许多算法在工程实践中得到应用,如遗传算法、Dijkstra 算法、人工神经网络算法、蚁群算法以及模拟退火算法等^[2]。其中遗传算法对于规模过大的问题,会出现求解效率低、编码复杂及早熟等问题^[3];Dijkstra 算法在路径搜索过程可得到最优路径,但需预先得到所有节点信息,响应时间长,算法运行效率较低^[4]。而 A* 算法作为一种启发式的路径规划搜索算法,已经得到比较成熟的应用,其实现较为简单,可操作性较强^[5]。本文对传统的 A* 算法的启发函数做出部分优化,减少其响应时间同时对其路径进行了平滑处理等。

1 地图建模

包括 AGV 小车在内的移动机器人运动路径的搜索与规划必须先采集其工作环境信息后进行建模处理,然后在已有地图模型上进行相关的路径规划^[6]。常见的地图模型有栅格模型、拓扑图等。栅格模型结构简单,空间数据的重叠和组合容易,易于用算法实现,但同时也存在图形数据量大、地图输出不精确等问题。拓扑图的模型结构清晰简洁,易于扩充,对于节点的增设和减少容易实现,但其无规则的节点连接往往不能满足实际工作要求,同时增加了算法实现难度。

根据现场对 AGV 小车的实际工作环境进行考察,AGV 在卷烟厂的物料运输环节采用不同站点进行分布式工作的运输调度方式。为此,本文采用栅格地图建模,

栅格信息直接与其工作环境相对应,栅格节点为其工作过程中可能的不同站点,栅格地图边框表示其实际可能的运行路径,每个栅格表示实际 1m 距离,地图模型中的灰色区域为障碍物信息,如图 1 所示。采用栅格地图建模,可最大限度地减少不必要的地图信息,提高计算机对路径规划的处理速度与能力,且便于创建与维护。

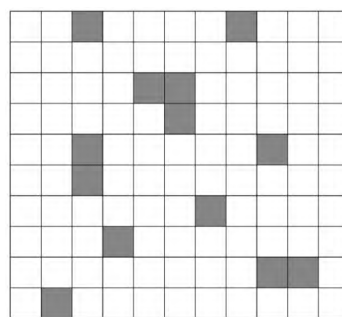


图 1 栅格地图模型

2 标准 A* 算法及其改进

A* 算法是一种启发式算法,同时也是静态网络中求解最短路径最有效的直接搜索方法^[7]。传统的 A* 算法的启发函数如公式(1)所示:

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (1)$$

设当前节点到目标节点的欧氏距离为 $d(n)$,则有

$$d(n) = \sqrt{(x_L - x_n)^2 + (y_L - y_n)^2} \quad (2)$$

其中: $f(n)$ 是从初始状态经由状态 n 到目标状态的代价估计; $g(n)$ 是在状态空间中从初始状态到状态 n 的实际代价; $h(n)$ 是从状态 n 到目标状态的最佳路径的估计代价; (x_L, y_L) 为目标节点坐标, (x_n, y_n) 为当前节点坐标。

在 $h(n) < d(n)$ 的条件下,A* 算法遍历所有节点后可找到最短路径。

在栅格地图模型基础上,A* 算法对路径节点的遍历过程中,其搜索过程如下^[8]:

收稿日期:2017-10-28

作者简介:王立春(1974—),男,本科,工程师,主要研究方向为设备管理及技术改造;罗守品(1994—),通信作者,男,硕士研究生,主要研究方向为自动控制系统、嵌入式技术;吴继浩(1992—),男,硕士研究生,主要研究方向:机电系统、移动机器人技术。

(1)首先创建一个 open list 列表,用于存储遍历节点,但首先创建时此列表为空,在指定初始节点 A 后,将 A 节点放入 open list 列表。

(2)查看与节点 A 相邻的 8 个节点,若可到达则将其放入 open list 列表中,同时将节点 A 设置为父节点。

(3)创建 close list 列表,将 A 节点放入 close list 列表中,选取上次扫描中 F 值最小的节点 B,将其设为父节点。

(4)将节点 B 从 open list 列表中取出,放入 close list 列表。遍历与其相邻的所有节点,若该节点不在 open list 列表,将其放入 open list 列表中。

(5)如果某个相邻的节点已经在 open list 中,则检查这条路径是否更优,也就是说经由当前节点到达那个节点是否具有更小的 g 值。如果没有,不做任何操作。相反,如果 g 值更小,则把那个节点的父节点设为当前节点,然后重新计算那个节点的 f 值和 g 值。

(6)重复上述步骤,直至将目标节点放入 open list 列表,表明在此启发函数条件下遍历结束,将所有父节点连接即为当前条件下的最优路径,保存路径。

在许多传统的路径规划过程中,往往更加注重最短路径的规划,而忽略了其响应时间^[9]。就 A^* 算法而言,在算法寻找到最短路径的同时,其算法耗费时长增加,牺牲了效率。对 AGV 工作环境的实地考察后,其实际工作时对路径要求较低,但对实时响应要求较高,以应对不同的工作任务。针对上述情况,本文提出一种改进型 A^* 算法,对启发函数 $h(n)$ 赋予加权因子 β ,得到新的启发函数如式(3)所示。在新的启发函数下,保持 A^* 算法的基本结构和节点遍历方式不变,添加加权因子后算法将舍弃最优解,但同时缩短响应时间,次优解随加权值得不同而不同。

$$f(n) = g(n) + \beta \cdot h(n) \quad (3)$$

其中 β 取值范围为 1.5~2.0,使用增加加权因子后的启发函数规划路径,最终得到的为次优解,但算法效率得到提高。

3 路径优化

在以栅格地图模型为基础的路径规划中,往往存在着连续折线路径和大量直角转弯等情况,增加了实际运行总行程,同时使得 AGV 的运行状态显得机械僵硬^[10-11]。为解决上述实际工作运行中路径出现的问题,本文提出了优化的直线替代法和短边曲线直角转弯用以平滑实际运行路径。

3.1 直线替代法

在以栅格为地图模型中,当最后得到的路径出现连续两次在同一方向折线路径,同时检测路径上下两个栅格内是否存在障碍物,若栅格为空,则系统则判定满足优化条件,将此条折线路径上的最前与最后两节用直线连接。如图 2 所示,出现连续折线路径,判定满足条件后,将节点 A 与节点 B 连接,作为新路径。

3.2 短边曲线替代法

在以 A^* 算法生成 AGV 运行路径过程中,往往会存

在许多直角转弯的情况,导致 AGV 在实际运行工作时运动显得僵硬,且增加行程与损耗。为此,本文采用一种短边曲线替代法用于优化 AGV 的直角路径。所谓短边曲线替代法,即当路径出现直角转弯且两边长度 a 和 b 不同,栅格无障碍时,以短边作为圆弧半径 R ,画圆用于平滑路径,如图 3 所示。

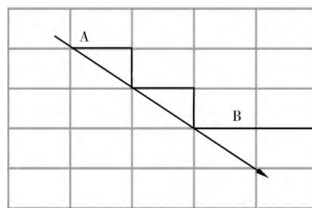


图2 直线替代法

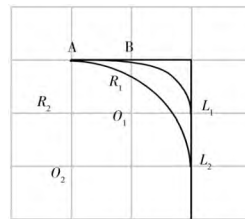


图3 短边曲线

如图 3 所示,首先设节点 A 为起始节点,对于图中的直角路径,系统首先判断直角路径两边长度(栅格数量)是否相等,若不相等,以短边作为半径 R_2 , O_2 作为圆心进行画圆,用四分之一圆弧 L_2 对路径进行平滑处理;以 B 节点作为直角路径节点与上述方法相同,最终可得到圆弧 L_1 对路径进行平滑处理。此路径优化方法只处理直角路径两边长度(栅格数量)不相同的条件,若两边长度相同,则按照原路径行驶。

4 仿真实验分析

此次仿真实验环境为: Intel i3-4170, 内存 4 GB; 算法实现工具为 Visual Studio 2013。以图 1 所示的栅格地图为例,针对本文中所提出的改进 A^* 算法进行仿真分析,此次仿真实验权值 β 设置为 1.5,通过与传统的 A^* 路径相对比,实际遍历节点后路径如图 4、图 5 所示。

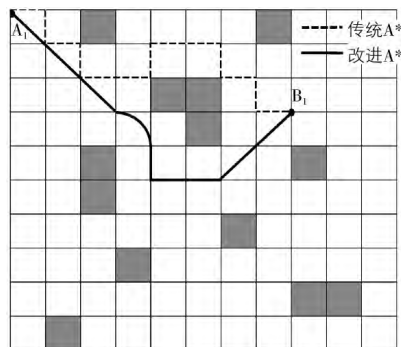


图4 仿真实验 1

此次仿真实验中权值 $\beta=1.5$,传统 A^* 算法得到的路径用黑色虚线表示,改进 A^* 算法得到的路径用黑色实线表示。在图 4 所示的仿真实验 1 中,初始节点为 A_1 节点,目标节点为 B_1 节点,采用改进 A^* 算法得到的路径总行程为 15 个栅格距离,大于标准 A^* 算法的 13 个栅格距离,行程增加 15.38%,但其响应时间为 0.091 s,相比于传统 A^* 算法的 0.112 s,缩短响应时间 18.75%。在图 5 所示的仿真实验 2 中,初始节点为 A_2 节点,目标节点为 B_2 节点,采用改进 A^* 算法得到的路径总行程为 17 个栅格距离,大于标准 A^* 算法的 14 个栅格距离,行程增加 21.42%,但其响应时间为 0.118 s,相比于传统 A^* 算法的 0.144 s,缩短响应时间 18.05%。在仿真实验中,通过对改进 A^* 算法得到的路径做出平滑处理,处理后总的行程距离基本相等,同时由于改进后的 A^* 算法不追求最短

径,缩短了算法响应时间,提高了算法运行效率。

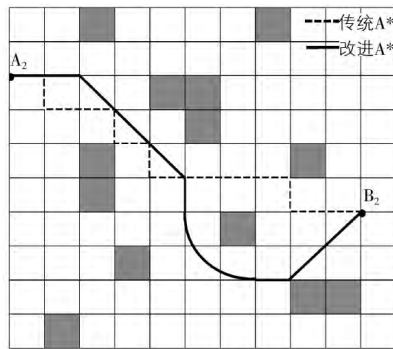


图5 仿真实验2

5 结论

为满足 AGV 小车的实际运行需求,本文主要对 A* 算法的启发函数进行修改,舍弃最短路径,提高算法效率,同时对规划出的路径进行优化,用以适应运行需要。实验仿真表明,采用改进的 A* 算法应用于 AGV 的路径规划,采取加权处理后,相比于标准 A* 算法路径总行程增加 17% 左右,但响应时间缩短 18% 左右,同时对路径进行优化后,减少了累计直角转弯运动的个数,更加适合实际工作需求。

参考文献

[1] 王殿君. 基于改进 A* 算法的室内移动机器人路径规划

[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2012(8): 1085-1089.

- [2] 宋斌斌, 金慧琴, 李启超. 改进 A* 算法在突防航迹规划中的应用[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(7): 85-89.
- [3] 石为人, 王楷. 基于 Floyd 算法的移动机器人最短路径规划研究[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(10): 2088-2092.
- [4] 李世晓, 朱凡, 张健, 等. 改进 A* 算法的多约束航迹规划[J]. 电光与控制, 2014, 21(7): 36-40.
- [5] 秦玉鑫, 王红旗, 杜翠杰. 基于双层 A* 算法的移动机器人路径规划[J]. 制造业自动化, 2014(24): 21-25.
- [6] 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.
- [7] 顾青, 豆风铅, 马飞. 基于改进 A* 算法的电动车能耗最优路径规划[J]. 农业机械学报, 2015, 46(12): 316-322.
- [8] 姚远, 周兴社, 张凯龙, 等. 基于稀疏 A* 搜索和改进人工势场的无人机动态航迹规划[J]. 控制理论与应用, 2010, 27(7): 953-959.
- [9] 王凡, 冯楠, 胡小鹏. 一种基于 RRT-ConCon 改进的路径规划算法[J]. 大连理工大学学报, 2014(6): 637-643.
- [10] Panda R. K. Choudhury B. B. An Effective Path Planning of Mobile Robot Using Genetic Algorithm [C]//IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology, 2015: 287-291.
- [11] Zamirian M, Kamyad A. V. Farahi M. H. A novel algorithm for solving optimal path planning problems based on parametrization method and fuzzy aggregation [J]. Physics Letters A, 2009, 373(38): 3439-3449.

(上接第 131 页)

表1 焊缝区域磁感应强度

磁光成像设备与工件 的距离 h (mm)	测量位置偏移量 X (mm)													
		磁感应强度 B (mT)												
0.4	X	-4.75	-3.75	-2.75	-1.75	-0.75	0	0.25	1.25	2.25	3.25	4.25	5.25	6.25
	B	11.58	12.5	13.61	14.39	10.7	0.052	-3.06	-8.77	-7.8	-6.33	-5.17	-4.32	-3.71
0.6	X	-4.75	-3.75	-2.75	-1.75	-0.75	0	0.25	1.25	2.25	3.25	4.25	5.25	6.25
	B	11.57	12.47	13.5	13.9	9.7	-0.009	-3.24	-8.36	-7.55	-6.22	-5.13	-4.27	-3.68
1.0	X	-4.75	-3.75	-2.75	-1.75	-0.75	0	0.25	1.25	2.25	3.25	4.25	5.25	6.25
	B	11.2	11.87	12.41	11.39	7.24	0	-1.67	-6.67	-6.6	-5.54	-4.79	-4.08	-3.54
3.0	X	-4.75	-3.75	-2.75	-1.75	-0.75	0	0.25	1.25	2.25	3.25	4.25	5.25	6.25
	B	8.43	8.129	7.44	6.2	4.34	2.62	2.13	0.159	-1.13	-1.72	-1.96	-2.05	-2

3 结论

试验结果表明,工件焊缝中心位置处磁感应强度近似为零,焊缝中心位置两侧磁感应强度呈对称趋势。磁光成像设备距离工件越近磁场越强,即磁光成像设备与工件的距离为 0.4 mm 时焊缝区域的磁场分布变化规律最显著。

参考文献

- [1] 题园园. 微间隙焊缝磁光图像恢复算法研究 [D]. 广州: 广东工业大学, 2016: 51-67.
- [2] 高向东, 题园园. 焊缝磁光图像全变分模型恢复方法 [J]. 焊接学报, 2016, 37(12): 1-4.
- [3] Gao Xiangdong, Liu Yonghua, You Deyong. Detection of micro-weld joint by magneto-optical imaging [J]. Optics & Laser Technology, 2014, 62: 141-151.