

自动导引小车局部智能避障的 A^* 算法

胡正兴, 李一民, 詹跃东

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650051)

摘要: 实时局部智能避障是反映自动导引小车自主能力的关键, 研究利用二叉树和四叉树表示环境信息, 提出了自主导引小车在多障碍物下的智能局部避障的 A^* 算法. 并给出仿真结果.

关键词: 自动导引小车; 二叉树; 避障; A^* 算法; 四叉树; 移动机器人

中图分类号: TP24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2005) 05 - 0051 - 03

An Intelligent Obstacle Avoidance A^* Algorithm of Automatic Guided Vehicles in Local Environment

HU Zheng-xing, LI Yi-ming, ZHAN Yue-dong

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

Abstract: Intelligent obstacle avoidance is important technology to show the ability of automatic guided vehicles. Both quad - tree and binary - tree representation are used to express environment information, and an obstacle avoidance A^* algorithm of automatic guided vehicles among multi - obstacles is put forward. The simulation results of A^* algorithm are given.

Key words: automatic guided vehicle; binary - tree; obstacle avoidance; A^* algorithm; quad - tree; mobile robot

0 引言

自动化物流系统中自动导引小车 AGV (Automatic Guided Vehicle) 是一种物料自动化搬运车辆. 障碍环境中 AGV 小车的无碰撞避障^[1]是智能 AGV 小车研究的重要课题之一, 由于在障碍空间中 AGV 小车运动规划的高度复杂性使得这一问题至今未能很好地解决. 避障问题根据机器人的工作环境模型可以分为两种, 一种是基于模型的避障, 作业环境的全部信息都是预知的^[2]; 另一种是基于传感器的避障, 作业环境的信息是全部未知或部分未知的.

对 AGV 小车的避障研究, 世界各国的专家学者们提出了许多不同的避障方法, 主要可分为全局避障和局部避障方法. 全局路径规划方法有位形空间法、广义锥方法、顶点图像法、栅格划归法; 局部路径规划方法主要有人工势场法、约束传播算法、Roadmap 避障算法. 这些方法都各有优缺点^[3], 也没有一种方法能够适用于任何场合.

论文提出基于二叉树和四叉树^[4]描述局部环境的视觉导引 AGV 小车, 在存在多障碍物环境中的局部智能避障的 A^* 算法. 并给出仿真结果. 该 A^* 算法结合了栅格划归法和人工势场法优点, 能够快速计算出 AGV 小车的最佳避障路径. 首先给出用视觉导航的自动导引车的模型, 然后介绍用二叉树和四叉树描述局部环境, 最后提出自动导引小车局部智能避障的 A^* 算法.

1 自动导引车模型

AGV 按导引方式可分为: 地磁导引、激光导引、视觉导引和将以上 3 种相互结合的导引. 近几年来, 计算机图像处理能力和技术的飞速发展, 以及大量的数字图像处理设备性能价格比的提高, 加之视觉系统具

收稿日期: 2004 - 09 - 03. 基金项目: 自主式智能 AGV 视觉导向避障规划与控制器研制 (项目编号: 2003F1048M).

第一作者简介: 胡正兴 (1974 ~), 男, 在读硕士研究生. 主要研究方向: AGV 小车的智能避障研究. E - mail: ynknhzx@

有信号探测范围宽、目标信息完整等优势,视觉传感器在AGV导航中的应用越来越受到人们的重视.同时,自动导引小车是一个带有调速和转向控制的电动小车.速度控制通过调节直流伺服电动机的供电电压完成;方向控制则由一个直流伺服电机组成的随动系统完成,改变该随动系统的结定量,即可实现方向控制.是四轮驱动,前面两轮为转向轮,后面两轮为驱动轮.如图1所示,方框表示自动导引小车,以两后轮轴线的中心为参考点建立运动坐标系.其中 x, y 为 O_A 的坐标,是 x_A 与固定参考系 x 轴之间的夹角,是自动导引小车当前的运动方向.由于轮子与地面的纯滚动约束^[5].

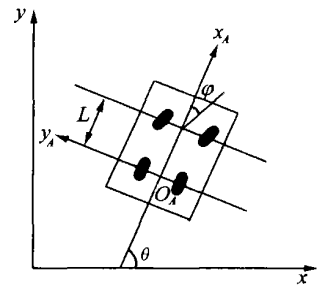


图1 AGV小车模型
Fig.1 Mode of AGV

$$-x\dot{\sin} + y\dot{\cos} = 0 \quad (1)$$

考虑到自动导引小车沿某一预定轨迹 $y_p = f(x_p)$ 运行时由式(1)可得:

$$\tan = \dot{y}_p / \dot{x}_p \quad (2)$$

当前轮的转向角为 γ 时,自动导引小车的运动轨迹为半径为 r 的圆弧,满足:

$$\tan = L / r \quad (3)$$

其中 L 为前后轮的轴距见图1.受自动导引小车的机构限制.

$$\tan_{\max} = L / r_{\min} \quad (4)$$

2 用二叉树和四叉树描述局部环境

2.1 路径规划

对于工作环境较好的描绘是确保自动导引小车正常工作的首要条件.自动导引小车工作的车间的各个工作平台间由划有两条导航线连接,导航线与背景及小车的颜色有明显的区别,这样有利于计算机图像处理.小车在两条导航线间移动.导航线上有导航标志.

当自动导引小车在 S 点接到任务,移动到 G 点的工作平台后,由全局规划出从 S 点到 G 点的最佳路径的标志位的有顺集合 $\{k\}$,自动导引小车按标志位有序前进.小车由 k 点移动到 $k+1$ 点过程由局部规划决定.如果视觉传感器可直接探测到下一个子目标,即在该局部路段没有障碍物.自动导引小车按全局规划的路径向这个子目标前进;如果视觉传感器因未知的障碍而无法探测到下一个子目标,在这种情况下,移动机器人不能向一个指定的子目标直接移动,那么局部规划器就必须产生暂时的避碰点,运用视觉传感器探测到的关于障碍物周围环境的信息,如自由空间等,并决定避碰点,接着自动导引小车向避碰点移动,到达避碰点后,移动机器人总是向下一个子目标的方向移动.在避障中,对局部环境的快速描述尤为重要.

2.2 用二叉树和四叉树描述局部环境

20世纪80年代,卡内基梅隆大学提出一栅格法,是用一种栅格形状的物理模型(Certainty Grid)表示障碍出现的可能性.每个栅格包括一个确定值,表示一个障碍物存在于一个网格中的可能性.通过栅格法,机器人可以在静态环境中实现准确导航,作出有效避障动作.然而,栅格法计算量太大,不利于实时动态环境下的避障.论文结合二叉树和四叉树快速搜索特点,实现快速栅格法描述.

定义1 完全被障碍物充满的网格,命名为A;

定义2 部分被障碍物占有,有一部分可供小车移动的网格,命名为B;

定义3 没有障碍物,小车可自由移动的网格,命名为C.

对视频传感器的图像先进行一系列的预处理,因为自动导引小车不能在导航线外运行,所以删除导航线以外的信息,减少信息处理量.处理后的图像的视域仍很大,先对图像进行二叉树分解,再对分解后的图像再进行二叉树分解,接着对分解后的图像进行四叉树的分解.

如果存在如图2的局部环境,先对图像垂直方向进行二叉树分解,再对B类进行水平二叉树分解,再对B类进行水平四叉树分解.其二叉树和四叉树描述见图3.

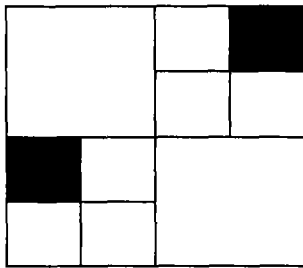


图2 局部环境
Fig.2 Local environment

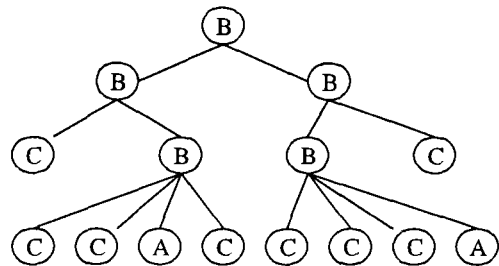


图3 图2的二叉树和四叉树描述
Fig.3 Description of Fig.2 by quad-tree and binary-tree

3 AGV基于二叉树和四叉树环境描述局部 A* 避障

3.1 避障策略

当自动导引小车的视频传感器感知到,在前进视场有障碍物时,首先与上位机进行通讯,查询是否为其它自动导引小车?若是,按照预先设定的“交通规则”移动,特别是在十字路口和丁字路口,依照优先原则通行.若不是其它自动导引小车,用二叉树和四叉树描述环境.若影响小车运行,找出第一避障点,用 A* 算法算出到达第一避障点最优路径.用同样的方法算出第二避障点(若有),周而复始,直到找到前进序列中的最近点,局部避障完成.

3.2 A* 算法

A* 算法是一种最好优先的搜索算法,它能在有限步内终止,并找到最优值^[6]. A* 算法的估价函数表示为:

$$f^*(n) = g^*(n) + h^*(n) \tag{5}$$

$f^*(n)$ 是估价子函数, $g^*(n)$ 是起点到任意节点 n 的最短路径值, $h^*(n)$ 是 n 到目标的最短路径的启发值.

在工作环境有运动的障碍物,要考虑在同一时间段内,障碍物和自动导引小车进入同一区域的可能性.设障碍物 O_n 进入区域 n (n 为 C 型区域) 的时间 $T_o(n, O_n)$. 自动导引小车进入区域 n 的时间为 $T_r(n, R)$. 基于二叉树和四叉树描述环境的 A* 算法的描述: 初始化 OPEN = {S}, CLOSED = , S 为初始结点; 若 OPEN 为空,则不存在寻最佳路径的问题,结束.否则继续; 将二叉树或四叉树中不为 A 类的区域点放入 OPEN; 计算函数 $f(\cdot)$ 的值; 从 OPEN 中选出 $f(\cdot)$ 值最小的区域,令 OPEN = OPEN - {n}, CLOSED = CLOSED + {N}; 如果 n 是 C 类区域,同时目标点在区域内时有 2 种情况: a. 如果 $T_r(l, R) > T_o(l, R)$ 时成功; b 否则,将 ns 从 OPEN 中删除,同时将 n 分成两个区域,将 n 的后继区域不是 A 类的放入 OPEN 中,转到 ;

如果 n 是 C 类区域,同时目标点不在区域内时,将 n 从 OPEN 中删除,转到 ; 如果 n 不是 A 类区域,目标点在区域内,将 n 从 OPEN 中删除,将 n 的后继区域不是 A 类的放入 OPEN 中,转到 ; 修改 $f(\cdot)$ 值重新计算 OPEN 中 C 类的 $f(\cdot)$ 值,返回 .

4 仿真结果

仿真条件,自动导引小车长 80 cm,宽 60 cm,前后轮轴间距 $L = 60$ cm,最大转角为 80° ,装有超声波测距仪.导航线的间距为 2 m.图 4 是有二个静态障碍物,有 2 台自动导引小车同时要避障的情况.图中导航线上的上直线代表标志位.小车甲与下一障碍物的直线距离为 5 m,与上一障碍物的距离为 6 m.小车乙与上一障碍物的距离为 5 m,与下一障碍物的直线距离为 7 m.在自动导引小车系统中,小车甲级别高于乙.

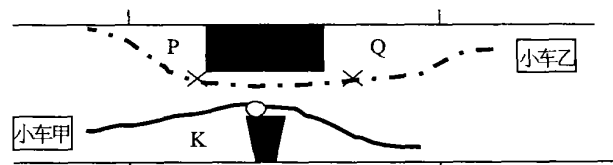


图4 静态局部避障
Fig.4 Local Avoid Obstacle

(下转第 68 页)

7还可以得出,就收敛后的稳态误差而言,DCT-LMS算法要比LMS算法好得多.特别是当 $w = 3.5$ 时,在LMS算法收敛后其均方误差起伏很大,均衡性能已经很差.

参考文献:

- [1] Manolakis Dimitris G, Ingle Vinay K, Kogon Stephen M. Statistical and Adaptive Signal Processing[M]. The McGraw-Hill Companies, Inc, 2000. 476~591.
- [2] 徐明远,林华芳,邱恭安.基于LMS算法的自适应均衡系统的仿真研究[J].北京:系统仿真学报,2003,(2):176~178.
- [3] 张贤达,保铮.通信信号处理[M].长沙:国防工业出版社,2000.261~265.
- [4] Proakis John G.数字通信[M].张力军,张宗橙,郑玉宝,译.北京:电子工业出版社,2002.443~461.
- [5] 龚耀寰.自适应滤波-时域自适应滤波和智能天线[M].北京:电子工业出版社,2003.58~66.
- [6] 张贤达.现代信号处理(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2002.237~245.
- [7] 王庆平,徐明远.基于RLS算法的自适应均衡系统的计算机仿真研究[J].计算机科学,2004,31(9):337~338.

(上接第53页)

小车甲的视觉传感器将下一障碍物的右面摄成障碍物.由二叉树和四叉树分析,小车甲以K点为第一避障点.当小车甲按照 A^* 算法移动到K点,同时,小车乙移动到Q点.如两车同时前进,有相撞的可能.此时,按“交通规则”级别低的小车乙只有等待.当小车甲到K点后,能“看到”下一标志点,故以K点为为起点以标志点为终点进行局部智能避障,完成避障后轨迹线中的后续标志点继续前进.

5 结束语

自动导引小车局部智能避障的 A^* 算法是在启发搜索的前提下,进一步对其估价函数进行某些限制,能在有限步内终止,并且能找到最优解,提高了搜索的效率.用二叉树和四叉树描述环境能快速地建立空间路径图.将两者结合,能实时感知障碍物,及时避障.从仿真结果来看,该算法较为优良.但该算法因视觉传感器存在摄影角度,造成自动导引小车前方左右各有一小部分死区,要解决该问题,可将死区视为小车的一部分.

参考文献:

- [1] 王伟,储林波,马玉林.一种改进的机器人路径规划算法[J].哈尔滨工业大学学报,1998,30(2):97~98.
- [2] 席志红,原新,许辉.基于视觉的移动机器人实时避障和导航[J].哈尔滨工业大学学报,2002,23(5):107~109,106.
- [3] 邵宜斌,席裕庚,李秀明.一种机器人路径规划的新方法[J].上海交通大学学报,1996,30(4):94~100.
- [4] Fan li, Shun gang. Study on algorithm A^* of intelligent path planning based on method of representation environment with both quad tree and binary tree[J]. Control Theory&Application, 2003, 20(5): 770~773.
- [5] 朱森良,杨建刚.自主式智能系统[M].杭州:浙江大学出版社,1999.237~243.
- [6] 樊莉,孙继银.人工智能中的 A^* 算法应用及编程[J].微机发展,2003,3(5):33~35.