

果园移动机器人的全局最优路径规划研究

涂亮杰,李林升*,林国湘

(南华大学 机械工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘要:为了实现移动机器人在果园环境下自主行走,对果园移动机器人在复杂果园环境中的最优路径规划进行研究.首先,利用栅格法定义了移动机器人在栅格上的运动方向、障碍物及信息编码,模拟建立出果园的环境地图模型.然后分别编写 Dijkstra 算法、A* 算法,对果园机器人进行全局最优路径规划.通过分析比较,得出 A* 算法所规划的最优路径更为方便,搜索效率更高,更加满足果园机器人的实际工作需求,提高其工作效率.

关键词:果园机器人;全局最优路径规划;Dijkstra 算法;A* 算法

中图分类号:TP242 **文献标志码:**B

Orchard Global Optimal Path Planning for Mobile Robot Research

TU Liang-jie, LI Lin-sheng*, LIN Guo-xiang

(School of Mechanical Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: In order to realize mobile robot autonomous walking in orchard environment, the optimal path planning of the orchard mobile robot in complex orchard environment was studied. First of all, using the grid method, the movement direction of the mobile robot on the grid, obstacles and information coding was defined, the environment map model of the orchard was established by simulation. Then, write Dijkstra algorithm and A* algorithm, and carry out global optimal path planning for orchard robot. Through analysis and comparison, it's concluded that the optimal path planning by the A* algorithm was more convenient, efficiency of search was more higher, more satisfying the actual work demand of the orchard robot, and its working efficiency was improved.

key words: orchard robot; global optimal path planning; Dijkstra algorithm; A* algorithm

收稿日期:2017-07-03

基金项目:湖南省教育厅重点项目(15A160);衡阳市重点项目(2015KC06)

作者简介:涂亮杰(1993-),男,硕士研究生,主要从事农业机器人的研究.E-mail:1633248360@qq.com. * 通讯作者:
李林升,E-mail:1545928587@qq.com.

0 引言

农业机器人属于机器人的一种应用类型,目前已经在诸多方面的技术环节中得到应用,如草坪除草、田间喷药以及农作物的搬运等.就果园而言,为提高果园作业自动化程度,减少劳动力消耗,研究果园作业机器人,用于果园修剪、喷药和采摘成为农业发展的重要手段^[1-2].路径规划作为果园移动机器人的必备模块,一直是人们研究的重要内容.如何让移动机器人在果园这样的复杂环境中,实现自动避障,寻找其最优最短路径,是人们亟待攻克的重要难题^[3-5].目前,所能运用的机器人路径规划算法有很多,但都有其自身的局限性.如人工势场法一种是由 khatib 提出的将机器人周边环境想象成引力场,机器人对目标点产生引力,障碍点产生斥力的虚拟力法^[6].但该算法易陷于局部最优.而模拟人脑思维的神经网络算法和随机树算法,效率又太低,且太过复杂^[7-8].均很难运用于像果园这样复杂的环境当中.

针对所存在的难题,本文尝试采用 Dijkstra 算法、A* 算法对果园移动机器人进行最优路径规划.首先,根据果园的实际环境,利用 matlab 平台建立出果园的环境地图模型.然后分别利用 Dijkstra 算法、A* 算法在所建立的环境地图中仿真规划出各自的全局最优路径,并结合果园机器人的实际需求,以及算法本身的优缺点,选择出一条最佳的行进路线.从而实现果园机器人在果园环境中的自动寻径.

1 环境模型

在机器人的路径规划中,基于真实环境的地图建模十分重要.根据实际的 GIS 地图获知果园环境信息,以此对移动机器人行驶路径进行全局规划,最终确定移动起点到终点的最优运动路径.常用的环境地图构建方法有可视图法、maklink 图论法、栅格法等.考虑到用栅格方法表示的二维环境信息十分简便有效,应用也很广,因此本文利用栅格方法来建立果园的环境地图.图 1 是一个基于栅格法建立的一个 22 * 22 栅格环境地图.空白点表示机器人可以通过的自由空间点,果园中的果树、石头以及果园的边界采用六角形点表示,为障碍物空间点,移动机器人无法自由通过.图中点 (6,11)、(10,6)、(10,15)、(18,10) 设置为果园中的石头.另外,在障碍物的实际边界基础上加一个与移动机器人大小有关的安全距离,这样机器

人就可以被看作为环境中的一个点,可以不用考虑其尺寸大小.

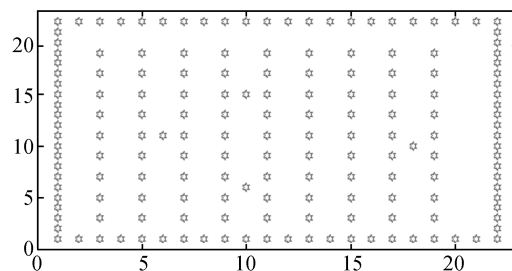


图 1 基于栅格法的果园环境地图

Fig.1 Based on the grid method of orchard environment map

2 算法描述与实现方法

根据上述所建立的果园环境模型,可以离线的获得机器人的最优路径规划.为此,本文提出将 Dijkstra 算法、A* 算法运用到果园机器人实际采摘当中来,实现移动机器人在果园环境下的全局最优路径规划.本次算法设计的具体流程图如图 2 所示.

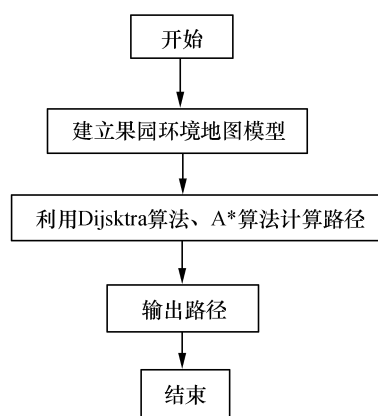


图 2 路径规划流程

Fig.2 Process of the path planning

2.1 Dijkstra 算法

Dijkstra 算法是一种典型的单源最短路径算法,即是搜索从一个点到该点周围所有其他点的最短距离.它是一种贪心算法,在执行每一步搜索时,都会选择局部最优解.故 Dijkstra 算法不仅求出了起点到终点的最短路径及长度,而且求出了起点到图中其他各节点的最短路径和长度.

执行过程:首先,对栅格地图中的栅格进行赋值,生成两个空的集合 OPEN 列表和 CLOSED 列

表.CLOSED 列表中存放已扩展的最短路径节点, OPEN 列表中储存待扩展的最短路径节点.初始状态时,将起点放入 CLOSED 列表中,然后不断从 OPEN 列表中选择到起始点路径最短的节点放入 CLOSED 列表中.每当一个新的节点加入到 CLOSED 列表后,都要修改从起始点到 OPEN 列表中剩余节点的当前最短路径长度值.新得到的最短路径值,即为从起点经过新加入节点到达该节点的长度值与原始最短路径长度的较小值.然后,不断重复以上过程,直到目标节点加入 CLOSED 列表,从目标节点沿着父节点的栅格连接的路径即为规划的最短路径.如果所有节点都计算过,OPEN 列表已空,则表示路径不存在^[9-10].

如图 3 所示,本文把 Dijkstra 算法运用到果园路径规划,在图 1 所示的果园环境地图模型中,仿真出最优路径.

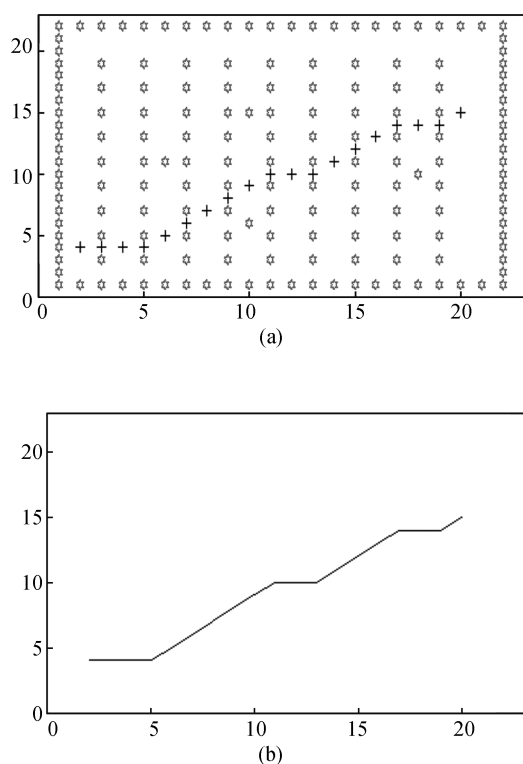


图 3 Dijkstra 算法仿真轨迹

Fig.3 Simulation Tracks of the Dijkstra algorithm

2.2 A * 算法

A * 算法在人工智能中是一种典型的启发式搜索算法,它与 Dijkstra 算法最大的区别在于 A * 算法存在估价函数.使得 A * 算法较 Dijkstra 算法运行更快,搜索效率更高.其表达式为:

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

其中: $f(n)$ 是节点 n 的估价函数; $g(n)$ 是初始节点到节点 n 的实际代价; $h(n)$ 是从 n 节点到目标节点的最优路径的估计代价.它在估价函数中起主要作用.正确的选取估价函数会直接关系到 A * 算法能否成功,而如何确定估价函数却与实际情形密切相关.就本文所建立的果园环境地图模型,我们采用比较复杂的对角线启发函数来确定 $h(n)$ 的值,计算方法如下式

$$\begin{aligned} h_{\text{diagonal}}(n) &= \min(\text{abs}(n.x - \text{goal}.x), \text{abs}(n.y - \text{goal}.y)) \\ h_{\text{straight}}(n) &= (\text{abs}(n.x - \text{goal}.x) + \text{abs}(n.y - \text{goal}.y)) \\ h(n) &= D2 * h_{\text{diagonal}}(n) + D * (h_{\text{straight}}(n) - 2 * h_{\text{diagonal}}(n)) \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $D2 = \sqrt{2} * D$, D 为估价函数从一个位置移动到邻近位置的最小代价^[10-11].利用 A * 算法在所建立的果园环境地图中规划的路径如图 4 所示.

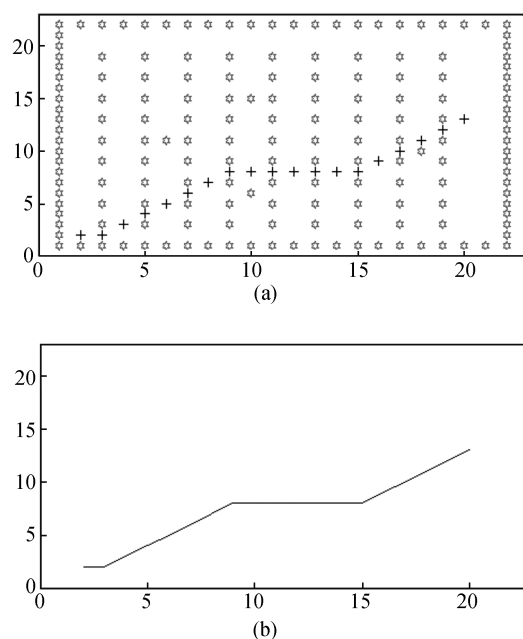


图 4 A * 算法仿真轨迹

Fig.4 Simulation Tracks of the A * algorithm

3 实验研究

为验证算法在果园环境中的有效性和可行性,选择出最符合果园实际要求的最优路径轨迹.在同一果园环境模型下,设置相同的起点和终点,用 Dijkstra 算法和 A * 算法对其进行最优路径规划模拟仿真.如图 5 所示,本文利用 matlab 平台建

立果园环境模型,并将点(2,2)设为起点,点(20,13)设为终点.然后,分别编写 Dijkstra 算法以及 A* 算法,模拟仿真出所需的最优运动轨迹.

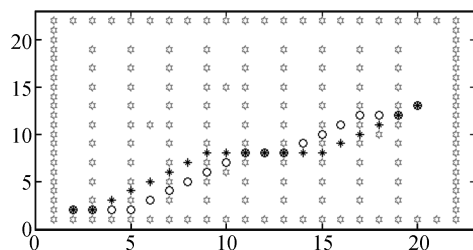


图 5 Dijkstra 算法与 A* 算法路径规划对比

Fig.5 The Dijkstra algorithm is compared to the A* algorithm of the path planning

图 5 中,星号点画线为 A* 算法规划的最优路线,圆形点画线为 Dijkstra 算法规划的最优路径.

由仿真结果可见,Dijkstra 算法和 A* 算法均可成功在所建果园环境地图中规划出最优路径.另对比可见,A* 算法规划的路径拐点较少更为方便,移动机器人在运行过程中所消耗的时间也较少,工作效率更高.且 Dijkstra 算法搜索总数为 116 步,而 A* 算法只需搜索 56 步即可完成.可见 A* 算法的搜索效率更高,更加满足果园移动机器人在果园环境中的工作需求,更易运用于果园移动机器人的最优路径规划.

4 结 论

1) 本文分别将 Dijkstra 算法, A* 算法运用到所建立的果园环境地图中,模拟仿真出所规划的最优路径.表明 Dijkstra 算法和 A* 算法可运用于果园移动机器人的全局最优路径规划.

2) 在同一果园环境地图中,设置相同的起点和终点,同时运行 Dijkstra 算法和 A* 算法,仿真出它们各自的最优路径.通过分析得出, A* 算法所规划的最优路径更为方便,搜索效率更高,更加

满足果园机器人的实际需求,从而提高果园机器人的实际工作效率. A* 算法在果园移动机器人中的运用也为果园机器人的全自主运动的研究和发展奠定基础.

参考文献:

- [1] 苑严伟,张小超,胡小安.苹果采摘路径规划最优化算法与仿真实现[J].农业工程学报,2009,25(4):141-144.
- [2] 顾宝兴.智能移动式水果采摘机器人系统的研究[D].南京:南京农业大学,2012.
- [3] 吴文军,张岩,吴为民,等.一种运输自动导引车路径规划研究[J].机器人技术与应用,2016(3):31-37.
- [4] 陈瑶,陈阿莲,李向东,等.变电站智能巡检机器人全局路径规划设计[J].山东科学,2015,28(1):114-119.
- [5] MIAO Y Q, KHAMIS A, KARRAY F O, et al. Global Optimal Path Planning for Mobile Robots Based on Hybrid Approach with High Diversity and Memorization [C]// AIS'11 Proceedings of the Second international conference on Autonomous and intelligent systems. Heidelberg: Springer Berlin, 2011:1-10.
- [6] 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.
- [7] 张殿富,刘福.基于人工势场法的路径规划方法研究及展望[J].计算机工程与科学,2013,35(6):88-95.
- [8] 刘建华,杨建国,刘华平,等.基于势场蚁群算法的移动机器人全局路径规划方法[J].农业机械学报,2015,46(9):18-27.
- [9] 陈乐,胡国清,杨光永.D* 算法在柔性输送系统路径规划中的应用研究[J].科学技术与工程,2014,14(3):200-203.
- [10] DAKULOVIĆ M, PAETROVIC I. Two-way D* algorithm for path planning and replanning[J]. Robotics and autonomous systems, 2011, 59(5):329-342.
- [11] 马静,王佳斌,张雪. A* 算法在无人车路径规划中的应用[J].计算机技术与发展,2016,26(11):153-156.
- [12] MENG C, WANG T M. A global optimal path planning algorithm for mobile robot[J]. Robot, 2008, 30(3):217-222.