

基于向心法则的电脑鼠走迷宫算法设计与优化^①

贺少波, 孙克辉

(中南大学 物理与电子学院, 长沙 410083)

摘要: 电脑鼠是一个集自主迷宫搜索、搜索完后最短路冲刺、传感与控制于一体的自主移动机器人系统. 具体设计和实现了基于向心法则迷宫搜索算法, 并对算法和迷宫搜索流程进行优化, 实验证明优化后的算法, 在保持原有算法高效的基础上具有更加好的局部效应, 相比同类型的算法, 优化后的向心法则是一种非常高效的迷宫搜索算法.

关键词: 电脑鼠; 迷宫搜索; 自主移动机器人; 向心法则

Design and Optimization of Micro-mouse Solving the Maze Algorithm Based on Central Method

HE Shao-Bo, SUN Ke-Hui

(School of Physics and Electronic, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Micro-mouse is an autonomous mobile robot(AMR) with self-maze search, the short sprint after the search, sensing and controller. In this paper, the maze search algorithm is designed and implemented based on the central method. The method and maze search process was optimized. Experimental results proved that the optimized algorithm improves on the efficient of the original method, and it has a better local effect. Finally, compared with other algorithms, we found that the central method is a very efficient maze search algorithm

Key words: micro-mouse; maze search; autonomous mobile robot; central method

1 引言

迷宫电脑鼠的概念最早由 IEEE Spectrum 杂志在 70 年代提出, 就是使用嵌入式微控制器、传感器和机电运动部件构成的一种智能行走装置, 可以在“迷宫”中自动记忆和选择路径, 寻找出口, 最终达到所设的目的地^[1]. 目前电脑鼠走迷宫比赛在许多国家都很受关注, 迷宫电脑鼠在我国起步较晚, 直到 2007 年才在我国上海地区举行了首届电脑鼠比赛^[2]. 文献[1-3]给出了有关迷宫电脑鼠的比赛规则和要求.

迷宫求解是一个经典求解问题, 现有的迷宫求解算法主要可以分为两大类, 传统算法及其改进的算法、新兴智能算法. 新兴智能算法如遗传算法^[4]、蚁群算法^[5]、粒子群算法^[6]等, 这类算法适用于解大型迷宫, 由于算法存在随机性, 得到的结果不一定是最优解;

传统算法最基本的是深度搜索和广度搜索^[7], 传统算法存在搜索效率不高的问题, 在很多情况下都有可能遍历整个迷宫才能找到解, 所以许多人在传统算法的基础上, 进一步改善这些算法, 经过改进后的算法有 Flood Fill 算法^[8]、Dijkstra's^[9]等, 这些算法在搜索效率上有了较大的提高. 向心法则算法^{[3][10]}是一种新型的深广结合的迷宫搜索算法. 文献[3][10]指出了向心法则的思想, 即以指向迷宫中心的方向为优先的前进方向, 但文献[3]中算法只能以迷宫中心为中心, 局限性很大, 文献[10]中没有给出向心法则具体实现方法, 且算法中心为迷宫中心, 所以, 本文把向心法则的中心扩展为任意目标点, 并具体实现和对其进行优化. 现阶段的文献中都只提到如何从起点搜索到迷宫目标点, 并没有提及到达目标点后如何继续往回搜索, 并回到起点, 本文提出对迷宫进行回程二次搜索的概念,

^① 收稿时间:2011-12-20;收到修改稿时间:2012-01-17

以使所得到的解接近最优解。

本文实验用的电脑鼠硬件是广州周立功单片机公司提供的 MicroMouse615, 其微处理器是 Luminary 公司生产的基于 Cortex-M3 内核的 ARM 处理器——LM3S615, 具有许多优点, 在尺寸上也完全符合比赛要求^[3]。

2 迷宫环境建模

电脑鼠在迷宫中行走时必须知道自己的位置和行走方向, 因此需要建立坐标系对迷宫方格进行标记和定义电脑鼠行走的方向变量。为了方便迷宫信息存储, 迷宫墙壁数据采用 16*16 矩阵表示, 并初始化为 0, 电脑鼠每走到新的一格, 就要根据传感器的检测结果更新当前位置的墙壁信息, 这里采用数组 MouseBlock[i][j] 表示方格 (i, j) 的墙壁信息, 其中 bit0~bit3 分别表示该方格上、下、左、右有无墙壁信息(1 为有路, 即没有墙壁; 0 为无路, 即有墙壁), 这样当电脑鼠到过某一格并记录墙壁信息后, 该坐标处墙壁信息肯定不为 0, 这也可以作为是否到过某一节点的判断依据。

设置迷宫方向变量 MouseDir, MouseDir=0~3 分别表示电脑鼠向上、右、下、左前进, 每当电脑鼠转动 90 度或 180 度, 方向变量 MazeDir 就做相应的调整, 这样电脑鼠就始终能知道自己的前进方向。当某个节点具有两个或三个可行方向时, 本文定义其为分支节点, 并入栈对其进行保存, 当该节点的两个或三个可行方向都走过时, 节点出栈。可见, 当栈长度为 0 时全迷宫搜索完毕。分支节点的保存是非常重要的, 当电脑鼠无路可走时, 得回到分支节点处继续搜索。

寻找最优路径在整过迷宫搜索过程中非常重要, 当电脑鼠无路可走时, 则要选取一条最短路跑到最近的分支节点堆栈处继续迷宫搜索, 同时电脑鼠迷宫搜索完毕后还得计算出从起点到终点的最短路进行冲刺。最优路径计算算法可采用文献[11]中的加权等高图法。

3 向心法则实现及改进

3.1 向心法迷宫搜索算法原理

当电脑鼠处于某个坐标位置时, 首先检测墙壁, 获取墙壁信息, 统计电脑鼠的前方、左方和右方可行走情况, 当存在可行方向时, 按照向心法则选择前

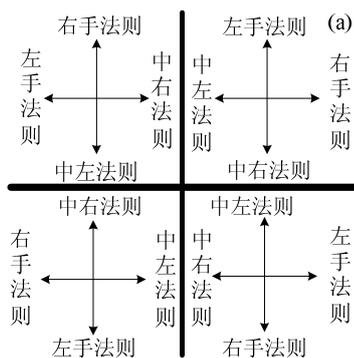
进的方向, 并到达下一格。向心法则是由右手法则、左手法则、中左法则和中右法则按照一定的规则有机组合起来, 使得搜索方向始终以目标点所在方向为最优方向, 属于启发式算法的一种。

右手法则: 首先检测电脑鼠右边是否可行, 可行则右转, 否则检测前面是否可行, 可行则不转向, 否则左转;

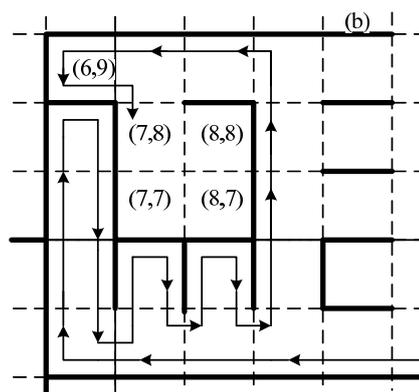
左手法则: 首先检测电脑鼠左边是否可行, 可行则左转, 否则检测前面是否可行, 可行则不转向, 否则右转;

中右法则: 首先检测电脑鼠前面是否可行, 可行则不转向, 否则检测右边是否可行, 可行则右转, 否则左转;

中左法则: 首先检测电脑鼠前面是否可行, 可行则不转向, 否则检测左边是否可行, 可行则左转, 否则右转;



(a)向心法则策略



(b)迷宫搜索演示

图 1 向心法则迷宫搜索

向心法则在搜索策略上采用如图 1(a)所示的方法(原始向心法则思想)进行, 以目标点(比如迷宫目标点

(7, 7))将搜索区域分成四部分, 在每个区域根据当前电脑鼠的行走方向决定搜索策略, 可见向心法则是始终以离中心最近的方向前进的. 图 1(b)为采用向心法则迷宫搜索路径示意图, 电脑鼠近贴着目标点搜索, 寻找效率是非常高效的, 但如果(6, 9)处左侧挡板没有, 电脑鼠将错失进入终点的机会, 所以现在的向心法则也有需要优化的地方.

3.2 向心法迷宫搜索算法的优化

如图 2(a)所示, 如果此时电脑鼠搜索策略不进行调整的话, 电脑鼠由于处于右上方, 将采用中左法则, 即会前进一格到达(6, 9)处, 直接“忽略”终点, 由于入口只有一个, 错失后将要经过很多步才能再返回此处到终点, 这样使得搜索效率大大下降, 所以这里根据实践经验对向心法进行改进. 改进后如图 2(b)所示, 当电脑鼠位于左上方、右上方和右下方如图 2(b)所处的位置时, 且当电脑鼠的行走方向如图 2(b)所示时, 对搜索法则进行调整, 由原来的中左法则、中右法则调整为左手法则、右手法则, 这样就可大大提高电脑鼠的局部搜索效率. 由于电脑鼠到达阴影处四个位置的任意一个即可判定为电脑鼠到达终点, 所以调整区域每次为 2 格, 在实际运行中, 目标点可能只有中心处一格, 则相应的调整区域为 1 格, 当然, 调整区域可以适当往外围扩展, 以增大调整区域, 无论如何, 调整后同样是以目标点方向为最优先方向, 且具有更好的局部效应.

在实际迷宫中, 可能会有很多如图 2(c)所示的 U 型口, 当 U 型口外墙壁三个位置墙壁信息已知, 则可以把该处墙壁信息预测出来, 减少无谓的搜索, 且电脑鼠在此类 U 型口一进一出很容易碰壁出错, 即减少此类无谓搜索可提高电脑鼠运行的稳定性和搜索的高效性.

根据比赛规则, 电脑鼠首先从起点出发, 找到目标点(图 2(b)阴影)后再回到起点, 在实际比赛中, 可以在搜索到目标点后根据已知的迷宫信息直接计算出一条最短路回到起点, 这样做可以节省搜索时间, 但是由于只搜索了一条路, 往往这条路不是最短的. 为了提高迷宫搜索的有效性, 出发时应当以(7, 7)为中心进行向心法则搜索, 找到目标后再继续往回搜索并回到起点. 这里往回搜索时可以从起点或前文所述的第一个分支节点为中心进行向心法则搜索, 当检测到往回搜索的路径与原来路径重合时, 直接回到起点准备

冲刺.

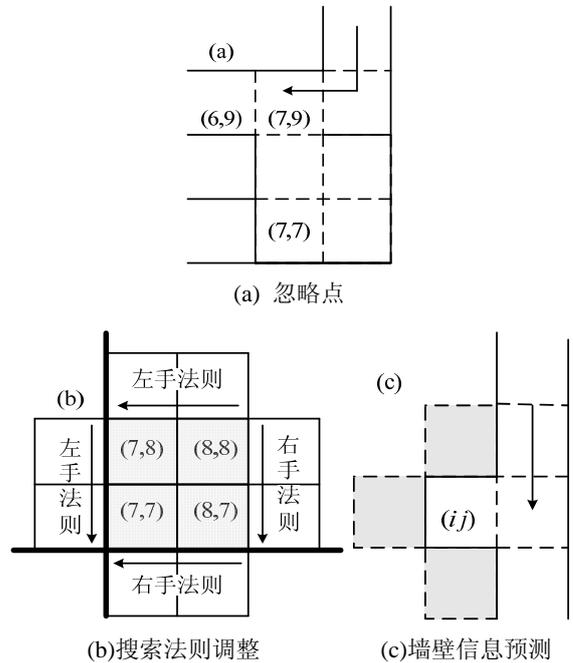


图 2 算法改进示意图

4 迷宫求解结果

4.1 向心法则迷宫

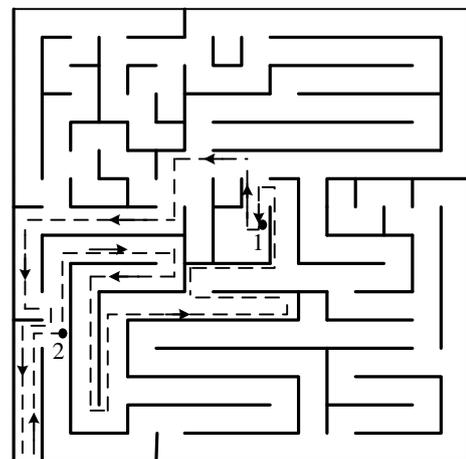


图 3 向心法则迷宫搜索结果

为了实际展示算法的性能, 本文搭建如图 3 所示的迷宫, 并模拟一次完整的比赛. 首先以迷宫终点之一(7, 7)为中心进行向心法则迷宫搜索, 电脑鼠判断已搜索到迷宫终点(图中黑点 1 处), 电脑鼠向后转, 并调整算法中心为第一个分支节点(1, 5), 即图中黑点 2 处, 继续利用向心法则进行迷宫搜索. 由于第一分支节点

在不同迷宫中所处位置一般不同,可见本文对向心法则的改进能实现任一点为中心的向心法则搜索.当电脑鼠到达(0, 6)时,电脑鼠判断已和之前的路径连接起来,此时直接回到起点,利用加权等高图法计算出最短路径准备冲刺到(7, 7),冲刺完毕后回到起点,即完成一次比赛.利用本文向心法则,电脑鼠的搜索结果如图3所示,可见,电脑鼠回程第二次搜索时搜到了一条更短的路.

4.2 与其它算法对比

与其它迷宫搜索算法比较,对图3所示迷宫进行起点到终点的搜索,其搜索结果如表1所示.左手法则、右手法则、中左法则和中右法则不属于启发式搜索算法,所以其搜索效率也是最低的,从表1中左手法则和右手法则的搜索结果来看,搜到目标点所需的搜索时间最长,Dijkstra's搜索算法和Flood Fill搜索算法是电脑鼠比赛中使用较多的算法,它们的效率也是很高的,从表1中可以看出,两者搜索的步数和拐弯次数一样.向心法则与这两者一样,效率很高,其搜索效率略优于Dijkstra's搜索算法和Flood Fill搜索算法.回程二次搜索后,利用等高图法计算出冲刺时的最短路径步数为23步,拐弯数8次,明显优于Flood Fill和Dijkstra's的最短路径49步和拐弯次数16次.

表1 不同搜索算法性能比较

搜索算法	搜索步数	拐弯次数
左手法则	>100	>50
右手法则	>100	>50
Flood Fill	49	16
Dijkstra's	49	16
向心法则	45	15

需要指出的是,在比赛中或实际情况下迷宫是随机的,在不同的迷宫中,不同的搜索算法搜索的路径一般是不相同的,且效率也不一样,也就是说两种不同的高效算法A和B,在这个迷宫中A比B搜到的路径短,换个迷宫,搜到的路径就可能变长,也可能一样;如果做的不是全迷宫搜索,而只是部分的,就无法保证所得的最短路径是迷宫真正的最短路径.

5 结论

本文研究和实现了基于向心法则的电脑鼠走迷宫算法,并结合实验测试对其进行了优化,提出了一些能提高比赛效率的方法.与现有常用算法比较后发现,本文算法在搜索步数、拐弯次数,以及冲刺路径方面具有一定的优势.实验测试表明,优化后的搜索算法在保证原有算法高效的前提下,能更好的处理一些特殊迷宫,提高了算法效率和实用性.

参考文献

- 1 UK Micromouse Championship. UK Micromouse Championship Rules. UK Micromouse Championship, 2006. <http://www.tic.ac.uk/micromouse/toh.asp>
- 2 IEEE 国际电工和电子工程学会. IEEE 电脑鼠(迷宫)竞赛规则和介绍. 嵌入之梦. 2009. <http://www.embedream.com/xgzl/2007-08-28/24.html>
- 3 周立功. IEEE 电脑鼠开发指南. 广州致远电子有限公司, 2008.
- 4 王科俊, 徐晶, 王磊, 张燕. 基于可拓遗传算法的机器人路径规划. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1135-1138.
- 5 张美玉, 黄翰, 郝志峰, 杨晓伟. 基于蚁群算法的机器人路径规划. 计算机工程与应用, 2005, 41(5): 34-37.
- 6 刘关俊. 基于粒子群算法的移动机器人路径规划研究. 长沙: 中南大学, 2007.
- 7 张公敬, 杨厚俊, 刘征. 注水法求解迷宫最优路径. 计算机仿真, 2007, 24(8): 171-208.
- 8 Manoj Sharma, Kaizen Robeconomics. Algorithms for Micromouse. International Conference on future Computer and Communication, 2009, (38): 581-585.
- 9 Mishra S, Bande P. Maze solving algorithms for micro mouse. IEEE International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems, 2008, (104): 86-93.
- 10 张新谊. 一种电脑鼠走迷宫的算法. 单片机与嵌入式系统的应用, 2007, (5): 84-85.
- 11 王凤林, 王宜怀. 一种电脑鼠走迷宫算法的设计与实现. 计算机应用与软件, 2010, 27(12): 270-273.