

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.08.022

基于改进蚁群算法的移动机器人路径规划

温如春, 汤青波, 杨国亮
(江西理工大学 机电工程学院, 江西 赣州 341000)

摘要: 针对移动机器人路径规划中传统蚁群算法容易出现停滞现象、收敛较慢的问题进行研究。采用局部更新规则和自适应方法, 构建了移动机器人在迷宫中的动态路径规划模型。通过计算机仿真和电脑鼠机器人实际行走实验表明, 在场地复杂的情况下, 该算法可以有效地规划出全局最优路径, 加快规划速度, 满足实际应用需要。

关键词: 蚁群算法; 路径规划; 移动机器人; 迷宫

中图分类号: TP302; TP242 **文献标识码:** A

Mobile Robot's Path Planning Based on Improved Ant Colony Algorithm

Wen Ruchun, Tang Qingbo, Yang Guoliang
(School of Mechanical & Engineering, Jiangxi University of Science & Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: Aiming at the problem that the traditional ant colony algorithm for mobile robot path planning easier to stagnation behavior and slower convergence. Local update rule and self-adaptive method construction of dynamic path planning of mobile robot in the maze model are made. Computer simulation and micro-mouse walking robot actual experiments show that the optimal path planning algorithms can effectively work under any complicated situation.

Keywords: ant colony algorithm; path planning; mobile robot; maze

0 引言

IEEE 国际电工和电子工程学会电脑鼠走迷宫竞赛^[1]的目的是制作一个微型机器人, 使电脑鼠^[1]能在最短的时间内穿越迷宫到达终点。在 20 世纪 90 年代, 意大利学者 M. Dorigo 等人通过模拟自然界蚂蚁寻径的行为, 提出了一种全新的模拟进化算法^[2-3]—人工蚁群算法。该算法具有并行计算、鲁棒性等特点。但传统蚁群算法也存在易出现停滞现象、收敛缓慢等缺陷, 故对其进行改进, 提出一种适用于栅格式路径规划问题的新型启发式算法。

1 移动机器人动态路径规划算法

栅格法^[4]是对平面移动机器人运动路径规划的一个抽象模型, 是目前研究最广泛的路径规划方法之一。栅格法由 M. B. Metea 提出, 用于解决分等级地形的自动化路径规划问题。为了实现机器人的动态路径规划, 模型首先是要机器人从给定栅格图的起点, 绕过障碍, 找出通往终点的路线: 要求极小化该条路线所经过的栅格数。

2 改进蚁群算法原理在迷宫问题中的实现

2.1 迷宫最短路径

路径规划的任务是为机器人规划一条从起始点到目标点的无碰撞路径。一般来讲, 路径规划方法

大致可分为传统方法和智能方法 2 类。传统方法有可视图法、栅格法、人工势场法等^[5], 这些算法在搜索效率及路径优化方面有待改善。智能路径规划方法包括遗传算法、模糊方法和蚁群算法等^[5]。智能算法可提高移动机器人路径规划的避障精度, 加快规划速度。从减少算法时空消耗的角度出发, 作者引入蚁群系统的思想求解栅格式路径规划问题。

迷宫由 256 个 18 cm × 18 cm 大小的方格组成, 迷宫的规模为 16 行 × 16 列。在迷宫区域内, 对位于节点 (i, j) 的蚂蚁 (其中 $1 \leq i \leq 16; 1 \leq j \leq 16$), 下次的可能目标是节点 (u, v) : 即 $(i-1, j)$ 、 $(i, j+1)$ 、 $(i+1, j)$ 和 $(i, j-1)$, 代表着蚂蚁每次只能按图 1 的“向左”, “向上”, “向右”和“向下”4 个方向移动。迷宫最短路径问题的目标函数可表示为:

$$L = \sum_{i=2}^{n_p} \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \quad (1)$$

其中: (x_i, y_i) 为路径点坐标信息, n_p 为路径点数目, L 为路径长度。

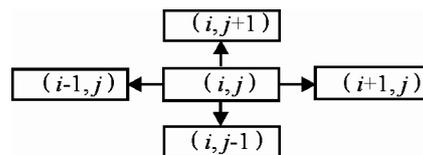


图 1 位于节点 (i, j) 的蚂蚁四方位移动图

收稿日期: 2010-02-18; 修回日期: 2010-04-16

基金项目: 2009 年度江西省教育厅科技项目立项资助 (项目批准号: GJJ09253)

作者简介: 温如春 (1972-), 女, 副教授, 从事嵌入式系统与智能控制方面的研究。

2.2 蚁群算法模型

设 m 为蚁群中蚂蚁的数量。在栅格地图初始化时，赋予每个节点相等的信息素 $\tau_{ij} = C$ (C 为常数)，以尽量扩大蚂蚁最初的搜索范围。每只蚂蚁在运动时，根据各条路径上的信息量决定转移方向。

例如，对位于节点 (i, j) 处的蚂蚁 k ，选择下一个可行节点 (u, v) ，构造决断概率函数如式 (2)。

$$P_{ij \rightarrow uv}^k = \begin{cases} \tau_{ij \rightarrow uv}^\alpha / \sum_{(x,y) \in allowed_k} \tau_{ij \rightarrow xy}^\alpha; & \text{可行节点} \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (2)$$

其中， $P_{ij \rightarrow uv}^k$ 为在 t 时刻蚂蚁由位置 (i, j) 转移到 (u, v) 的转移概率； α 为信息素的重要程度，且 $\alpha > 0$ ； $allowed_k$ 为蚂蚁 k 当前可到达的点集，其元素为 $allowed(i, j)$ 中的点除去蚂蚁 k 已走过的点； $\tau_{ij \rightarrow uv}$ 为点 (i, j) 与点 (u, v) 之间的 σ 信息素，随着算法的运行将会逐渐改变。

2.3 改进蚁群算法在迷宫可行解中的构造

为使每只蚂蚁能以尽可能高的概率生成可行解，采用两组数量相等的蚁群分别从迷宫的起点和终点同时出发，每只蚂蚁按式 (2) 确定的概率在迷宫中漫游。为避免生成无效路径，为蚂蚁 k 分配一张禁忌表，记录蚂蚁 k 当前走过的路径点集，以避免选择已经走过的点。在移动过程，对任意一只蚂蚁定义 3 种生命周期：1) 蚂蚁走进死角，除非沿原路返回一步或多步，不能再朝前移动，否则将该蚂蚁从系统中删除；2) 蚂蚁到达另一组蚁群的出发点，此时该蚂蚁走过的路径为一条可行路径；3) 蚂蚁碰到另一组的某只蚂蚁。如果这 2 只蚂蚁所经过的点没有重复（相遇点除外），则将 2 只蚂蚁所经过的路径相连以构成迷宫的一条可行路径。因此，从蚁群的产生到生命周期的结束，会有部分蚂蚁找到问题的可行解，但可行解的数量小于蚁群数的一半。

2.4 信息素的更新

随着时间的推移，前一代蚂蚁留下的信息素逐渐消失。经过 N 个时段，蚂蚁完成一次搜索，当蚂蚁由节点 (i, j) 转移到节点 (u, v) 时，信息素根据式 (3) 进行调整。

$$\begin{cases} \tau_{ij \rightarrow uv}(g+1) = (1-\rho) \times \tau_{ij \rightarrow uv}(t) + \Delta\tau_{ij \rightarrow uv}(t) & \rho \in (0,1) \\ \Delta\tau_{ij} = \sum_0^m \tau_{ij} k \end{cases} \quad (3)$$

其中， ρ 为调节信息素挥发速度的参数； g 为蚂蚁繁殖的代数； $\Delta\tau_{ij}$ 是蚂蚁在本次循环中留在节点 (i, j) 上的信息量； m 为蚂蚁的数量。

依据比赛规则，机器人寻找的是耗时最少的最优路径而不是最短路径。但是在算法中并不适于直接考虑“转弯”事件，因此作者采用将转弯耗费的事件折算到路程上，最终表现在路径的信息素上。当 k 只蚂蚁完成一条搜索路径时，按照局部更新规则对信息素进行更新，更新模块如式 (4)。

$$\Delta\tau_{ij \rightarrow uv}^{lb} = \begin{cases} Q / (L_k + K_1 \sum T_{turn}) & \text{蚂蚁在行进的路径上} \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

其中： Q 为常量； L_k 为第 k 只蚂蚁在本次循环中搜索到的路径长度； $K_1 (K_1 \geq 0)$ 为其权重系数； T_{turn} 表示在这条路径上的转弯次数。

由于迷宫环境复杂，问题规模比较大。信息量挥发系数 ρ 过大，算法的全局搜索能力会降低；但 ρ 过小，将会降低算法的收敛速度。算法改进的方面是：设 ρ 初始值为 1；当算法求得的最优值在 N 次循环内没有明显改进时， ρ 改变为 ρ_{min} (ρ 的最小值)，用于防止 ρ 过小而降低算法的收敛速度。

$$\rho = \begin{cases} 0.95\rho & \text{如果 } 0.95\rho \geq \rho_{min} \\ \rho_{min} & \text{其它} \end{cases} \quad (5)$$

3 结束语

机器人实际行走试验表明：当它遇到障碍时，能在不到 0.5 s 的时间内迅速规划出新的路径。新算法解决了蚂蚁在搜索过程中过早陷入局部最优解的问题，扩大了蚂蚁的搜索空间，提高避障精度，满足了实际应用的需要。

参考文献：

- [1] <http://www.eece.maine.edu/sc2006/2006MicromouseRules.pdf>
- [2] Dorigo M, Caro G.D. Ant Colony Optimization: a New Meta-heuristic[C]. Proceeding of the 1999 Congress on Evolutionary Computation, 1999: 1470-1477.
- [3] Dorigo M, Manieazo V, A Colorni. Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics, 1996, 26(1): 1-23.
- [4] YinYee M, Jaco V. A grid-based proposal for efficient global localization of mobile robots[C]. U.K. Cambridge, CB2 1PZ, ICASSP, 2005(5): 217-220.
- [5] 梁毓明, 徐立鸿. 移动机器人路径规划技术的研究现状与发展趋势[J]. 机电一体化, 2009(3): 35-38.