

文献编号:1000-582X(2003)03-0049-03

基于蚂蚁算法的机器人路径规划^{*}

董玉成,陈义华

(重庆大学 数理学院,重庆 400044)

摘要:蚂蚁算法是近几年问世并逐步引起重视的一种新的全局优化仿生算法,它模仿昆虫王国中蚂蚁搜索食物的行为特征,是一种通用型随机优化方法。移动机器人在进行工作时,往往要求根据某一准则,在工作空间沿一条最优(或近似最优)的路线行走。因此首先对移动机器人的规划空间进行链接图表示,然后采用 Ford 算法求出移动机器人的初始路径,最后运用蚂蚁算法对初始路径进行优化,取得了较好的效果。

关键词:移动机器人;路径规划;链接图;Ford 算法;蚂蚁算法
中国分类号:O221.7 **文献标识码:**A

移动机器人在进行工作时,往往要求根据某一准则(如行走路线总长度最短、能量消耗最少等),在工作空间沿一条最优(或近似最优)的路线行走,人们提出了路径规划的可视图法、人工势场法等。但是,可视图法的搜索路径复杂,效率不高;而人工势场法有可能产生极小路径点,使得机器人停滞不前,无法从全局上把握路径的质量。

蚂蚁算法是近几年问世并逐步引起重视的一种新的仿生算法,已陆续应用于一些不同的学科领域。作为通用型随机优化方法,它吸收了昆虫王国中蚂蚁的行为特征,有时也称为蚂蚁系统(Ant System)。生物世界中的蚂蚁在搜索食物时,能在其走过的路径上释放一种信息激素(Hormone),使得一定范围内的其它蚂蚁能够觉察到并影响其行为。当某些路径上通过的蚂蚁越多,留下的信息素轨迹(Trail)也越多,以致信息素强度增大,后来的蚂蚁选择该路径的概率也越高。这种选择过程被称为蚂蚁的自催化行为(Auto catalytic Behavior)。

笔者采用蚂蚁算法这种新的全局优化的仿生算法,探讨利用它解决机器人路径规划的可能性。

1 规划空间的链接图建模^[1-2]

进行移动机器人路径规划时,首先必须对其自由空间进行描述,即进行规划空间建模。链接图法(MAKLINK Graph)是自由空间建模的一种较好的方法,它在构造规划空间时使用了下述假设:

1) 移动机器人在二维平面中运动,不考虑高度信息;

2) 规划环境的边界及障碍物可用凸多边形描述;
3) 适当缩小规划环境的边界,适当扩大障碍物的范围,机器人用点来表示,即所谓“点机器人”。

链接图法对自由空间进行建模的过程是:

1) 用直线(称为链接线)划分自由空间为凸多边形区域;

2) 设置各链接线的中间点为可能路径点;

3) 将机器人移动时的起点和终点分别链接到所在凸多边形区域的各个可能路径点上。

对图1所示含有障碍物的规划空间,经过上述算法处理后,可得到图2所示的链接图。图中,阴影所示为障碍物,S为起点,E为终点。

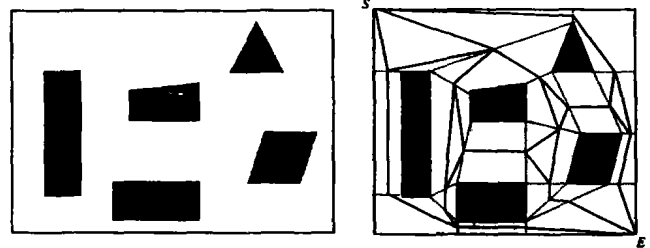


图1 规划空间

图2 规划空间的链接

2 基于蚂蚁算法的路径规划方法

经上述自由空间建模后,机器人路径规划问题转化为链接图的最短路径问题,可用图论中的成熟算法(如 Ford 和 Dijkstra),但上面所求路径只是链接图的最短路径。因为机器人可以沿着边界行走。这样,上面所产生的最短路径就不一定是整个规划空间的最优

* 收稿日期:2002-11-08

作者简介:董玉成(1979-),男,湖北枝江人,重庆大学硕士研究生,研究方向:评价理论、智能计算。

路径。

于是,综合 Ford(或 Dijkstra)算法和蚂蚁算法,提出了求解机器人路径规划问题的基本思想:

1) 先用 Ford(或 Dijkstra)算法求链接图的最短路径,得到初始路径点;

2) 用蚂蚁算法来调整各个初始路径点,得到最优的或近似最优的移动路径点。

上述蚂蚁算法具体的构成要素如下。

2.1 路径编码方法

如图 3,假设通过 Ford(或 Dijkstra)算法找到了链接图的最短路径 $P_0P_1 \cdots P_i \cdots P_nP_{n+1}$,其中 $P_0 = S$ 为路径起点, $P_{n+1} = G$ 为路径终点,优化工作就是:通过对 $P_i(i=1,2,\dots,n)$ 的位置在 P_{i1} 、 P_{i2} 两点所组成的直线段上进行调整,从而得到机器人在规划空间的最优(或近似最优)的移动路径。

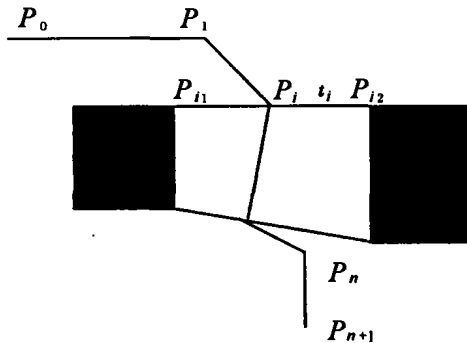


图 3 路径编码方法

让 P_i 点在 P_{i1} 、 P_{i2} 两点所组成的直线段上变动,其具体位置可由下述参数方程的来决定^[1,3]:

$$P_i = P_{i1} + (P_{i2} - P_{i1})t_i$$

$$(t_i \in [0,1], i=1,2,\dots,n)$$

对每个路径点都这样处理后,这些新的路径点就组成了一条新的机器人移动路径,对于这样一条新的路径,可由 n 个取值在 $[0,1]$ 范围内的值的排列来唯一确定。这样,机器人移动路径的编码形式为:

$$P = t_1t_2 \cdots t_i \cdots t_n$$

2.2 蚂蚁转移概率的确定

对每个 t_i 可取 $[0,1]$ 进行 N 等分后的离散值,并由一只蚂蚁来确定 t_i 在这 N 个等分点上进行调整。在给出蚂蚁转移概率之前,先对有关变量和常数说明如下:

1) n 为蚂蚁个数;

2) d_{ij} 为在其它蚂蚁不动,而第 i 只蚂蚁转移到第 j 个等分点时,新的移动路径长度;

3) a_{ij} 为第 i 个蚂蚁在第 j 个等分点时的能见度,在这里取 $a_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$;

4) b_{ij} 为第 i 只蚂蚁移动的直线段在第 j 个等分点的轨迹强度(intensity);

5) Δb_{ij} 为第 i 只蚂蚁移动到第 j 个等分点时所留下的轨迹信息量,对于 Δb_{ij} ,有蚂蚁圈(Ant-Cycle)模型、蚂蚁密度(Ant-Density)模型、蚂蚁数量(Ant-Quantity)模型^[4],这里根据实际的问题,选择蚂蚁密度模型,即:

$$\Delta b_{ij} = \begin{cases} C & (\text{所选路径上与}(i,j)\text{相连的路径点为} \\ 0 & \text{常数 } C, \text{其它为 } 0); \end{cases}$$

6) P_{ij} 为第 i 只蚂蚁转移到第 j 个等分点时的转移概率,在这里取:

$$P_{ij} = \frac{[a_{ij}]^\alpha \times [b_{ij}]^\beta}{\sum_{k=1}^N [a_{ik}]^\alpha \times [b_{ik}]^\beta}$$

其中: α 为能见度的相对重要性($\alpha \geq 0$), β 为迹的重要性($\beta \geq 0$)。

2.3 移动机器人路径规划中的蚂蚁算法

下面,对移动机器人路径规划中的蚂蚁算法按伪码形式如下:

Begin

初始化:

$nc \leftarrow 0$ (nc 为搜索次数);

对各直线的每个分点 (i,j) ;

置 $b_{ij} \leftarrow \text{constant}$ (较小的常数);

置 $\Delta b_{ij} \leftarrow Q$ (一只蚂蚁一次留下的信息量);

在每条调整线段中点置一只蚂蚁,并记录此种情况为初始路径和已知最优路径;

end

loop:

将所有蚂蚁的初始出发点置当前解集中;

for $k \leftarrow 1$ to n do

begin

按概率 P_{ij} 选择顶点 j ;

移动蚂蚁 k 到顶点 j ;

将规划路径中与 j 相连的点

加 Δb_{ij} ;

将顶点 j 置于当前解集;

end

将新的路径置为初始路径;

将新的路径与已知最优路径相比较

若更优,则更新已知最优路径;

$nc \leftarrow nc + 1$;

若 $nc <$ 预定的迭代次数且无退化行为(即找到的解都是相同解),则

goto Loop;

输出近似最优路径;

Dorigo 等对蚂蚁算法进行研究的经验结果表明,上述算法的时间复杂度为 $O(nc \times N \times m^3)^{[4-6]}$ 。

3 仿真计算

对图 2 所示的路径规划问题,使用上述算法可以

得到图4所示的仿真结果。图4中次粗的为用Ford算法求出的调整前的路径;最粗的实线为路径调整后机器人的移动路径。这是设定蚂蚁算法的运行参数 $\{n, N, \alpha, \beta, C\} = \{6, 100, 0.9, 0.1, 0.05\}$ 后迭代了10次后的结果,用路径编码表示为 $P = 0.4, 0, 0.26, 1, 1, 0.73$ 。由于图2的规模较小,采用枚举法可以证明该路径是机器人移动的最优路径。

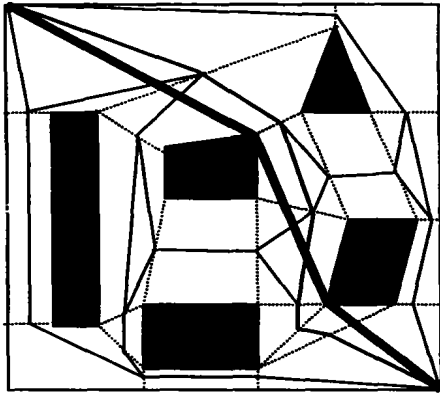


图4 仿真结果

由于是在初始路径上的调整优化,并且每次迭代都保留最佳路径,所以调整后的新路径总比用Ford算法得到的路径短,具有较好的可使用性。而且经过大量数据模拟(限于篇幅,不列出),效果都很好。

4 结 论

蚂蚁算法是一种来自大自然的随机搜索寻优方法,是生物界的群体启发式行为,现已经陆续应用到组合优化、通讯等多个领域。蚂蚁算法的正反馈性和协同性使其可用于分布式系统,隐含的并行性更使其具有极强的发展潜力。从数值模拟结果来看,它比风行一时的遗传算法、模拟退火法有更好的适应性。将该方法应用到移动机器人的路径规划是一个尝试,更多的工作有待展开。

参考文献

- [1] 周明,孙树栋. 遗传算法原理与应用[M]. 北京:国防工业出版社,1999. 161-166.
- [2] 刘文镛,杨灿军,陈鹰. 基于遗传算法的自动导引机器人全局路径规划[J]. 机械科学与技术,2001,20(3):380-383.
- [3] 周明,孙树栋,彭炎午. 基于遗传模拟退火算法的机器人路径规划[J]. 航天学报,1998,19(1):118-120.
- [4] 马良,蒋馥. 多目标旅行售货员问题的蚂蚁算法求解[J]. 系统工程理论方法运用,1999,8(4):23-17.
- [5] DORIGO M, GAMBARDELLA L M. Ant colony System: cooperation Learning Approach to the Traveling Salesman Problem [J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation,1997,1(1): 53-66.
- [6] 周正,刘泽民. 智能蚂蚁算法及其在电信网动态路由优化中的应用[J]. 电信科学,1998,14(11):10-13.

Layout about Motion of Robot basedon Ant Algorithm

DONG Yu-cheng¹, CHEN Yi-hua

(College of Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Over the last few years, ant algorithm has come out and gradually got much attention. This algorithm, which is stochastic and all-purpose, simulates the characteristics of action ants searching for food in nature. When working, a mobile robot is required to walk along an optimized (or approximately optimized) route according to a certain rule. By making graph, the moving space of Robot is described. Using Ford algorithm, a preliminary route is gained. Then, exerting Ant algorithm, we optimize the preliminary route and acquire satisfactory effect.

Keyword: motion of robot; route-layout; maklink graph; Ford Algorithm; Ant Algorithm

(责任编辑 张 革)