

DOI: 10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2018.6.05

# 改进 RRT 移动机器人路径规划算法

宋 宇, 王志明\*

(长春工业大学 计算机科学与工程学院, 吉林 长春 130012)

**摘 要:** 以 RRT 算法规划路径过程中碰撞检测函数得到的碰撞点坐标作为人工势场法中的障碍物坐标, 在树枝扩展函数中引入向合力方向移动机制, 再从目标点向起始点搜索最终路径的过程中加入“改线”机制。仿真实验表明, 改进算法较传统 RRT 算法得出的路径长度减少了 16%, 采样点减少了 74%。

**关键词:** RRT; 人工势场法; 路径规划

**中图分类号:** TP 301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2018)06-0546-05

## Mobile robot path planning based on improved RRT

SONG Yu, WANG Zhiming\*

(College of Computer Science and Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

**Abstract:** During the path planning, collision points detected from collision function are used as the obstacle coordinates in the artificial potential field. The moving mechanism toward resultant force is introduced into the branch extension function, and then the rewire mechanism is added in the process of searching final path from the beginning. Simulation results show that the path length is decreased by 16% and sampling points reduced by 74%, compared with the traditional RRT algorithm.

**Key words:** RRT; artificial potential field method; path planning.

## 0 引 言

由于具有广泛的应用场景, 如机械臂运动规划、机器人运动规划等, 近年来路径规划得到国内外学者的关注, 路径规划的相关算法被不断提出。其中人工势场法由于简便、高效而受到许多学者的青睐, 但人工势场法存在局部极值点的问题。

RRT 算法具有概率完备性, 在给定任意随机地图的情况下, 总能得到一条从起点到终点的路径, 但由于此路径往往不是最优, 即与最优路径长度相比长度过长。文献[1]结合贪婪算法(树枝每次向随机点移动的过程中尝试多步移动, 直到与障碍物碰撞或到达随机点为止)与双向搜索机制(同时从起点与目标点生长 2 颗树)提出了 RRT-

收稿日期: 2018-05-25

基金项目: 吉林省青年科研基金资助项目(20160520020JH)

作者简介: 宋 宇(1969—), 男, 汉族, 黑龙江呼兰人, 长春工业大学教授, 硕士, 主要从事嵌入式系统及应用方向研究, E-mail: songyu@ccut.edu.cn. \* 通讯作者: 王志明(1991—), 男, 汉族, 山西神池人, 长春工业大学硕士研究生, 主要从事路径规划方向研究, E-mail: 120354157@qq.com.

connect算法;文献[2]在RRT树枝扩展过程中引入了改线机制(比较经由距离随机点最近点的树枝点的某邻域内的树枝点到达新点是否得到更小的新点代价以及经由新点到达此邻域内的点是否产生更小的代价),提出了RRT-star算法;文献[3]通过智能采点与路径优化多次迭代RRT算法得到了更短的最终路径;文献[4]结合目标偏向采样与角度度量函数,并进行了剪枝操作与路径平滑。

通过引入树枝节点向合力方向扩展的机制提出了改进RRT算法,仿真实验分别对比了传统RRT算法、RRT-connect算法、RRT-star算法,结果表明,改进算法得到的路径更优。

## 1 人工势场法与RRT算法

人工势场法是通过计算合力机器人在一个虚拟势场环境中受到的合力来决定机器人的下一步方向,目标点在环境中任一点 $x$ 产生的吸引力势场值为:

$$U_{x_d}(x) = \frac{1}{2}k_p(x - x_d)^2 \quad (1)$$

式中: $x_d$ ——目标点坐标;

$k_p$ ——引力增益系数。

如电场力等于电势的负梯度一样,引力为吸引力势场的负梯度,方向由机器人指向目标点,吸引力的大小为:

$$F_{att}(x) = -\text{grad}[U_{x_d}(x)] = -k_p(x - x_d) \quad (2)$$

单个障碍物在环境中任一点 $x$ 产生的排斥力势场值为:

$$U_o(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}\epsilon\left(\frac{1}{\rho(x)} - \frac{1}{\rho_0}\right)^2, & \rho(x, x_{obs}) \leq \rho_0 \\ 0, & \rho(x, x_{obs}) > \rho_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: $x_{obs}$ ——目标点坐标;

$\epsilon$ ——斥力增益系数;

$\rho(x, x_{obs})$ ——机器人与障碍物之间的距离。

如电场力等于电势的负梯度一样,斥力为斥力势场的负梯度,方向由障碍物指向机器人,机器人排斥力的大小为:

$$F_{rep}(x) = -\text{grad}[U_o(x)] = \begin{cases} \epsilon\left(\frac{1}{\rho(x)} - \frac{1}{\rho_0}\right)\frac{1}{\rho(x)^2}\frac{\partial\rho(x)}{\partial x}, & \rho(x, x_{obs}) \leq \rho_0 \\ 0, & \rho(x, x_{obs}) > \rho_0 \end{cases} \quad (4)$$

式中: $\frac{\partial\rho}{\partial x}$ ——距离函数的梯度。

RRT算法是一种随机采样算法,首先将起始点加入树中,然后随机取一个点,选择距离此随机点最近的树节点作为待生长节点,向此随机点方向移动一步,若与障碍物相撞则重新选择随机点重新移动,重复此过程直到有树枝节点到达目标点附近为止。

## 2 改进RRT算法

### 2.1 改进算法流程图

改进算法在树枝节点扩展的过程中加入了向合力方向移动的步骤。首先随机产生一个点,选择距离此点最近的树枝节点作为待生长节点,然后让这个被选择的树节点按照合力方向移动(此时的引力是由目标点产生的,斥力是由落在障碍物中的随机点产生的),合力方向中的斥力是由每次落在障碍物中的随机点或树节点的所有坐标提供的,即将所有随机点产生在障碍物中的点记录下来当作障碍物位置,每移动一步,同时记录当前节点的父节点与移动代价(移动代价等于父节点到当前节点的直线距离加父节点的代价值),直到此树枝节点与障碍物碰撞或陷入局部极值而停滞不前为止。若此情况(树枝节点与障碍物碰撞或停滞不前)出现,则随机产生点选择最近的树枝节点,将最近的树枝节点向此随机点方向成功移动一步,同时记录当前节点的父节点(即距离此随机点最近的树枝节点)与移动代价(移动代价等于父节点到当前节点的直线距离加父节点的代价值),之后此扩展过程结束,产生下一个随机点,循环执行上述过程。

改进算法流程如图1所示。

### 2.2 检测是否陷入局部最优

通过判断人工势场法执行时产生的下一点的坐标与当前距离最近的树节点的距离,若小于给定值 $d$ ,如 $d=1$ ,则判断为此节点陷入局部最优。

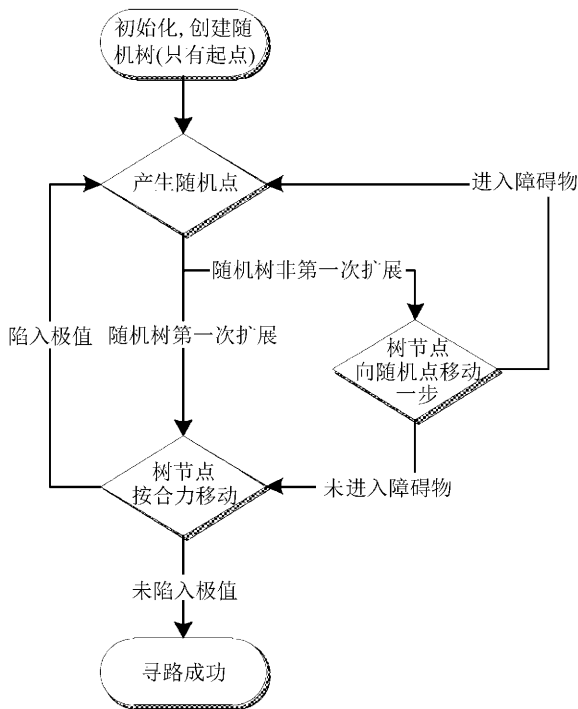


图 1 改进算法流程图

### 2.3 改线

上述过程执行完毕后,在从目标点向起点不断找父节点的过程中,基本 RRT 算法不断遍历父节点直到起始点,这里改为从目标点开始,检测所有与当前节点直线连通的树节点,找到满足条件即与当前节点直线连通的所有树节点中代价最小的节点作为当前节点的父节点,然后令此父节点为当前节点,直到起始点。这里的代价指的是从起始点到这个点的目前发现的经过的树枝路径长度代价。

### 3 仿真实验

利用 Matlab2014a 分别比较了改进算法与传统人工势场法在步长为 10 的情况下,得到了传统 RRT 算法、RRT-connect 算法、RRT-star 算法,改进 RRT 算法的路径长度与算法运行时间。起点坐标为左下角的点(5,5),终点坐标为右上角的点(95,95),黑线代表最终路径,给定地图下各算法运行结果如图 2 所示。

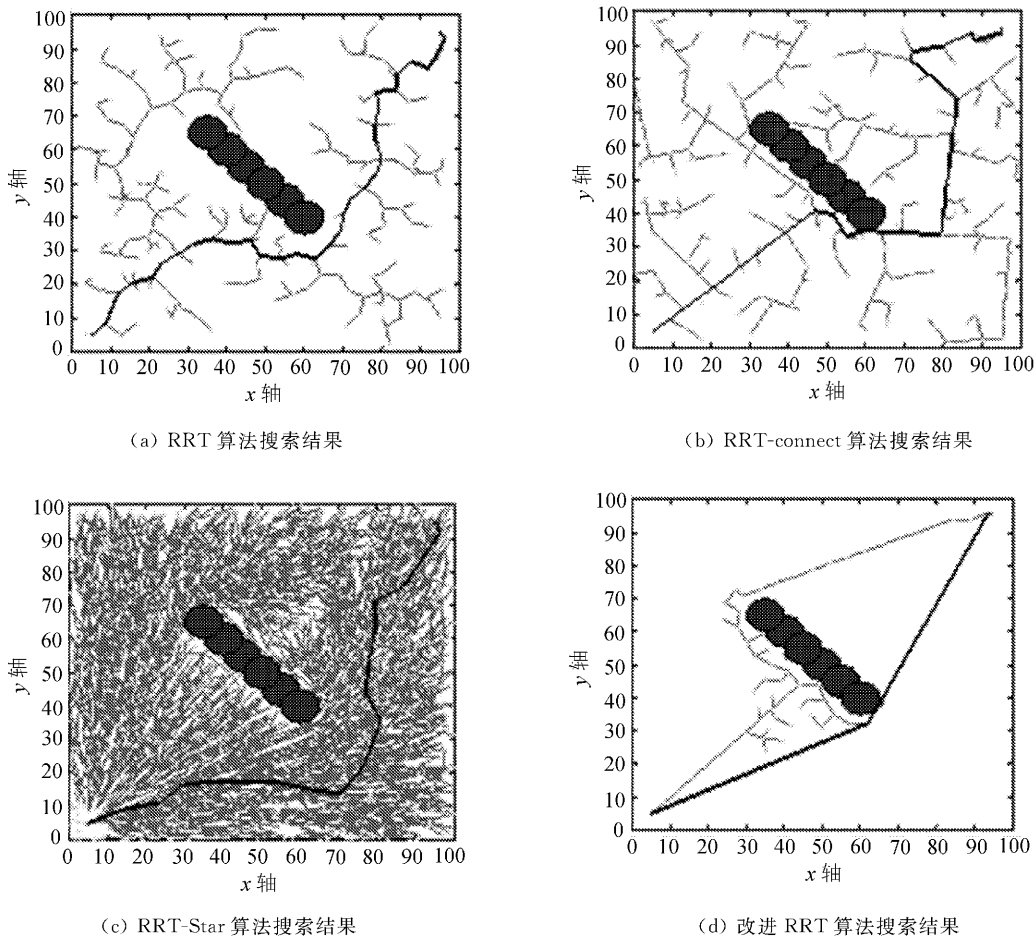


图 2 给定地图下各算法运行结果

随机地图下各算法运行所得到的树枝与路径如图 3 所示。

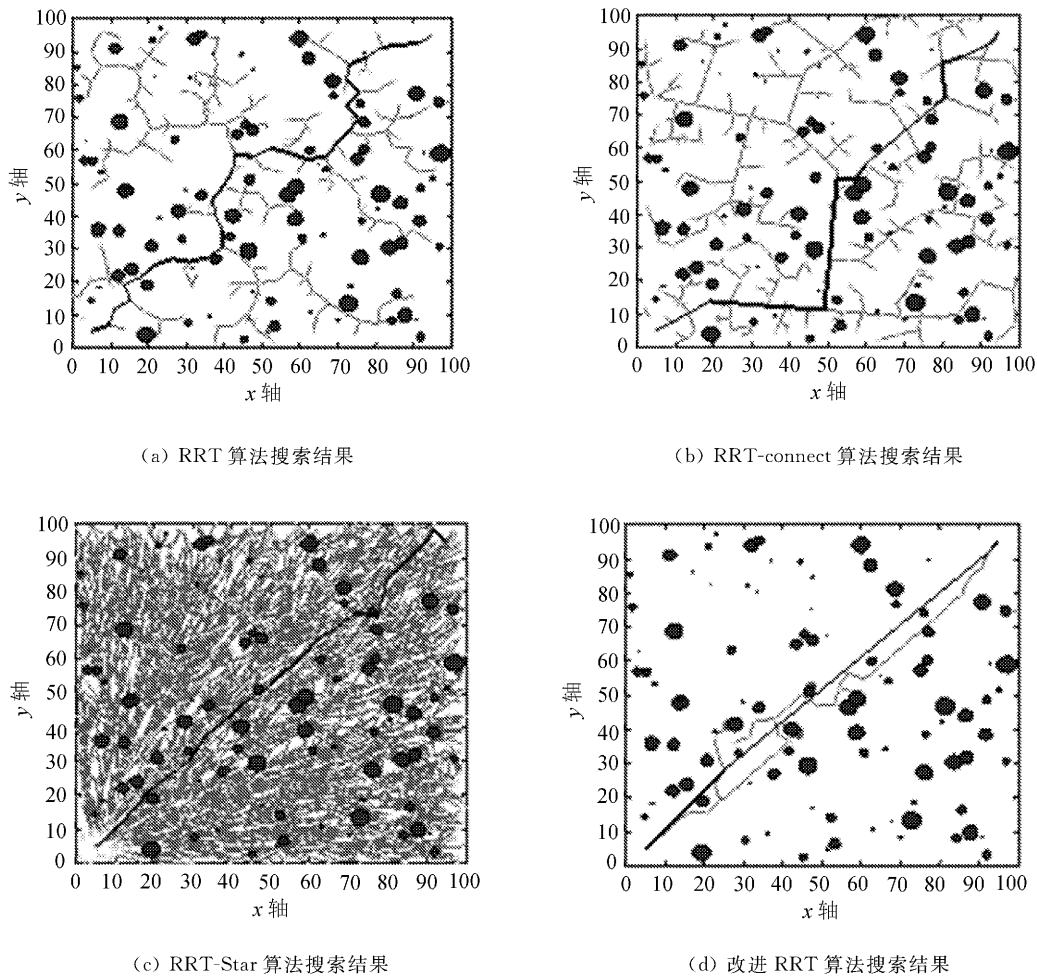


图 3 随机地图下各算法运行结果

图 2 算法结果对比见表 1。

表 1 算法结果对比

算法	路径长度	运行时间/s	采点个数
RRT	162	0.07	246
RRT-connect	179	0.10	331
RRT_star	161	45.00	4 000
改进 RRT	135	2.40	62

图 3 算法结果对比见表 2。

表 2 算法结果对比

算法	路径长度	运行时间/s	采点个数
RRT	155	0.30	225
RRT-connect	475	0.19	152
RRT_star	135	290.00	4 000
改进 RRT	127	1.80	40

## 4 结 语

将合力引导机制加入 RRT 算法的树节点扩展过程中,以 RRT 算法中检测到的障碍物坐标为产生排斥力的坐标位置,采用了改线机制。仿真结果显示,改进算法在路径长度、采样点数量、算法运行时间方面都得到了可行的运行结果。

### 参考文献:

- [1] Kuffner J J, Lavelle S M. RRT-connect: An efficient approach to single-query path planning[C]// IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2000. [S.l.]: Proceedings, ICRA. IEEE, 2002:995-1001.
- [2] Karaman S, Frazzoli E. Incremental sampling-based algorithms for optimal motion planning[J]. International Journal of Robotics Research, 2011, 30(7):

- 5326-5332.
- [3] Islam F, Nasir J, Malik U, et al. RRT-Smart: Rapid convergence implementation of RRT towards optimal solution[C]// International Conference on Mechatronics and Automation. [S.l.]: IEEE, 2012: 1651-1656.
- [4] 杜明博,梅涛,陈佳佳,等.复杂环境下基于 RRT 的智能车辆运动规划算法[J].机器人,2015,37(4): 443-450.
- [5] 宋金泽,戴斌,单恩忠,等.一种改进的 RRT 路径规划算法[J].电子学报,2010,38(S1):225-228.
- [6] 莫栋成,刘国栋.改进的 RRT-Connect 双足机器人路径规划算法[J].计算机应用,2013,33(8):2289-2292.
- [7] 刘成菊,韩俊强,安康.基于改进 RRT 算法的 RoboCup 机器人动态路径规划[J].机器人,2017,39(1): 8-15.
- [8] 宋宇,王志明.基于 WDO 的无人机全局路径规划方法[J].长春工业大学学报,2017,38(6):555-559.