

文章编号:2095-0411(2016)05-0074-04

基于改进人工势场法的移动机器人避障路径规划算法

倪天伟¹, 江 红², 林金珠¹

(1.河海大学 文天学院,安徽 马鞍山 243031;2.河海大学 计算机与信息学院,江苏 南京 210098)

摘要:路径规划是移动机器人系统的重要组成部分,及时有效的避开障碍物到达目标点是路径规划中非常重要的一个研究方向。在研究移动机器人避障控制特点的同时,把改进的人工势场法引入到移动机器人的避障路径规划中来,有效缓解传统人工势场法在路径规划中可能陷入的局部极小点问题。经仿真实验和实践,证明了该算法的可行性和有效性。

关键词:移动机器人;避障路径规划;人工势场法;局部极小点

中图分类号:TP 18

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.2095-0411.2016.05.013

An Anti-Collision Path Planning Algorithm Based on Improved Artificial Potential Field Method for Mobile Robot

NI Tianwei¹, JIANG Hong², LIN Jinzhu¹

(1.Wentian College, Hohai University, Maanshan 243031, China; 2.School of Computer and Information, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Path planning is an important part of the mobile robot system, and it is very important to avoid obstacles to reach the goal point in time. In this paper, an improved artificial potential field algorithm is proposed to plan the anti-collision path, which is based on the study of the control characteristics for mobile robots. It can effectively alleviate the local minimum problem of the traditional artificial potential field method in path planning. The result of simulation and application proves the feasibility and effectiveness of this algorithm.

Key words: mobile robot; anti-collision path planning; artificial potential field method; local minimum

移动机器人的路径规划是指在具有障碍物的环境中,为移动机器人寻求一条从起始点到目标点的安全路径^[1]。根据对环境信息掌握的程度不同,可以采用适当算法找寻合适的路径规避障碍物,并控制移动机器人的行驶速度和角度偏移量,快速通过前方所有的障碍物,从而能够自主躲避并能顺利完成任务。常用的算法有 A* 算法^[2]、D* 算法^[3]、Bug1 算法、Bug2 算法^[4]、人工势场法^[5]等。目前,

人工势场法是移动机器人路径规划中普遍使用的一种算法。移动机器人在抽象的人造引力场中运动时,目标点对它产生“引力”,周围障碍物对它产生“斥力”,最后计算出来的合力将决定移动机器人的运行方向。但是,传统人工势场法对于分布比较分散的障碍物能够比较好地规划出路径,但是在障碍物分布密集的时候,所规划出的路径可能陷入局部极小点。

收稿日期:2016-03-18。

基金项目:河海大学文天学院校级科研项目(WT15001)。

作者简介:倪天伟(1981—),男,河南信阳人,硕士,讲师,主要从事计算机软件与理论、人工智能研究。

针对这种情况,文献[6]提出了沿墙跟踪方法来解决目标点不可到达的问题。文献[7]提出了极限环法,通过机器人走圆弧状路径轨迹来环绕障碍物,达到避障的目的。上述方法虽在一定程度上缓解了局部极小点问题,但也存在着规划速度慢、避碰效果不理想等缺陷。本文主要针对这种情况,提出了一种基于改进人工势场法的移动机器人避障算法,采用构建连锁网络模型避免无规则碰撞现象发生概率,同时联合应用扇形扫描法,使移动机器人在行驶过程中出现局部极小点时能及时逃离局部极小点。

1 传统人工势场法受力分析

Khatib 等^[8]于1986年提出人工势场法,其基本思想是通过构造机器人在周围环境运动中的人造引力场,建立统一势能函数找寻无碰撞路径,目标点产生“引力”,周围障碍物产生“斥力”。假如机器人在场地中的方位为 $\mathbf{X} = (x, y)^T$, 则引力势函数可定义为

$$U_{\text{gra}} = \frac{1}{2}k(\mathbf{X} - \mathbf{X}_g)^2 \quad (1)$$

式中: k 指大于零的引力势场常量, \mathbf{X} 指机器人位置向量, \mathbf{X}_g 指机器人的目标位置。Khatib 等人采用FIARS(force inducing an artificial repulsion on the surface)函数定义斥力势函数,则斥力势函数可定义为

$$U_{\text{rep}} = \begin{cases} \frac{1}{2}\eta \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p_0} \right)^2, & \rho \leq \rho_0 \\ 0, & \rho > \rho_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: η 是一个常量系数, ρ 指移动机器人在势场中与障碍物的最短距离, ρ_0 是指单个障碍物在势场中影响的距离范围。

引力和斥力的合力用于控制机器人的运动方向,传统人工势场法受力分析如图1所示。当移动机器人在运动中时,合力可能会出现等于0的现象,该机器人没有了合力指引会在当前位置停下来,也有可能直接冲向阻挡在前行方向中的障碍物,致使路径规划失败,从而导致移动机器人无法到达目标,这就存在着局部最小点问题^[9]。当机器人、目标点和障碍物在同一直线上,移动机器人靠近目标时,通过引力和斥力计算出来的合力为零,使移动机器人不能到达目标点,如图2所示。

2 人工势场法改进方法实现

在以往很多研究中,如果机器人离目标点和障

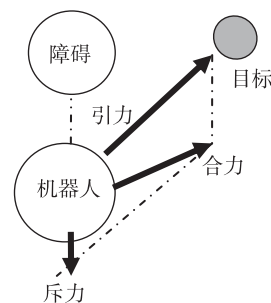


图1 传统人工势场法受力合成分析

Fig.1 Synthetic analysis of force by the traditional artificial potential field method

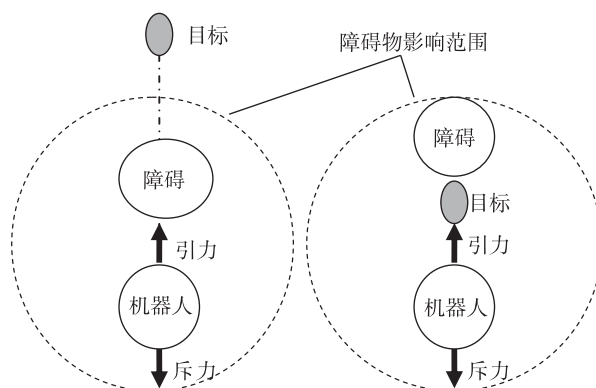


图2 传统人工势场法的局部最小点问题

Fig.2 Local minimum of the traditional artificial potential field method

碍物都很远,当逼近目标点时,障碍物对机器人的斥力就会变的很小,机器人将只受引力作用直达目标点。在实际比赛环境中,机器人行走路径上每一点受力的合力都与路径相切,由于人工势场法的这一特性,本文无须计算多步路径,只需计算出将来一帧的速度即可。机器人每一帧速度都通过人工势场法计算出来,再将这些速度序列连起来,机器人就走出一条势场路径出来。

2.1 避障路径规划范围

移动机器人在移动中,只做到局部范围内的路径规划,因为移动机器人在运动中并不需要考虑场内所有的障碍物,只需要考虑阻拦机器人前行的障碍物即可,在部分障碍物后面看不到的路径不做规划。同时,由于人工势场算法已经运用的很成熟,本文只针对采用该算法时出现局部最小点问题采取避障措施提出避障路径规划。避障路径规划范围规定:以机器人所在位置中心为原点 o 建立直角坐标系,与目标点相切并平行于 x 轴创建一条切线 l ,以坐标原点 o 到目标点切点长度为半径构造直角扇

形,划分为 A 和 B 区域,A 和 B 区域即为避障路径规划范围,如图 3 所示。

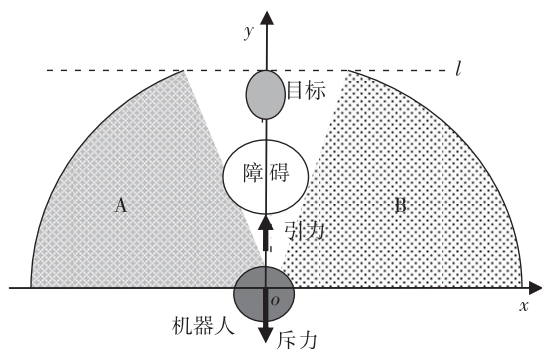


图 3 机器人避障路径规划范围

Fig.3 The range of anti-collision path planning for robot

2.2 人工势场法改进算法描述

在移动机器人实物比赛中,机器人本身造价昂贵,一旦彼此发生大规模强烈碰撞现象,既可能导致机器人本身零部件损毁,又可能使机器人原位置发生移位从而需视觉采集系统重新定位而耽搁时间,进而失去了最佳进攻目标点的机会。为此,本文采取构建连锁网络模型解决问题,即设定一个最大连锁距离 D , D 原则上等于以机器人中心点为圆点,旋转一周的直径。当若干障碍物之间的距离小于等于 D 时,就认定这若干障碍物为一个大的障碍物,这样既可避免了无规则碰撞现象发生,又可减少局部最小点出现的频率。

在确定避障范围后,主要针对出现局部最小点问题进行编写避障路径规划算法。假设机器人的位置在 $R(x_1, y_1, \theta_1)$, 目标点的位置在 $A(x_2, y_2)$, 阻挡在机器人前进道路上的某个障碍物(第 n 个)位置信息为 $W(x_{3n}, y_{3n}, \theta_{3n})$, 机器人长度为 L , 障碍物长度为 M 。编写具体算法如下:

第 1 步:判断 A 和 B 避障区是否有障碍物。

如果至少有一个避障区无障碍物,继续第 2 步,否则,转第 3 步。

第 2 步:分别计算机器人与目标点和对面障碍物的距离,以正对面一个障碍物(第 n 个)为例:

$$D(R, W) = \sqrt{(y_{3n} - y_1)^2 + (x_{3n} - x_1)^2} \quad (3)$$

$$D(W, A) = \sqrt{(y_2 - y_{3n})^2 + (x_2 - x_{3n})^2} \quad (4)$$

假如 $D(R, W) \leq 2D(W, A)$, 根据比赛经验,机器人移动方向偏离 y 轴角度可选 $45^\circ \sim 70^\circ$ (随机选择)从无障碍区逃离局部最小点。假如 $D(R, W) > 2D(W, A)$, 机器人移动方向偏离 y 轴角度可选 15°

$\sim 45^\circ$ (随机选择)从无障碍区逃离局部最小点。

第 3 步:如果 A 区和 B 区都有障碍物,继续第 4 步,否则转第 5 步。

第 4 步:通过目标点、障碍物坐标确定出 A 和 B 区域中就近目标点的障碍物,分别求出该障碍物的坐标向量,通过输入机器人坐标向量、目标点坐标向量和势场常数等参数,计算出就近目标点障碍物对机器人产生的斥力,此斥力即为对机器人产生的新斥力,重新计算出合力,确定出合力方向,如图 4 所示。通过求出 A、B 区中合力方向偏离量值(指偏离 y 轴角度),选择合力方向偏离量值小的区域进行逃离。在图 4 实例中, B 区中调整后的合力方向偏离量值小于 A 区,则系统计算出目标点对移动机器人产生的引力和 B 区中该障碍调整后的新斥力,将转化为移动机器人的左右轮速,从 B 区逃离局部最小点。

第 5 步:避障区无障碍物,转第 2 步。

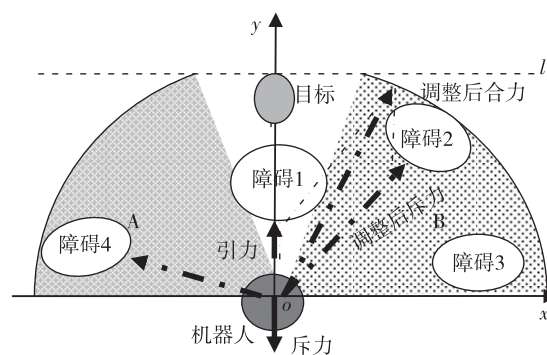


图 4 改进人工势场法受力分析

Fig.4 Synthetic analysis of force by the improved artificial potential field method

3 仿真结果与分析

为了检验算法的可行性,选择在 FIRA Simuro-Sot 5vs5 仿真平台上进行仿真实验,该仿真实验是为了模拟移动机器人在行驶中可能出现局部最小点时采取的适当应对机制,所以,在实验平台中需事先调整机器人方位,并设定以下参数:实验场地长 \times 宽为 $1\,130 \times 788$ 像素的长方形,移动机器人为 10×10 像素的正方形,目标点直径为 5 像素,最大连锁距离 $D = 14$ 像素,当 $D(R, W) \leq 2D(W, A)$ 时,机器人移动方向偏离 y 轴角度为 50° ,反之选择 30° 。下图是我方(蓝队)机器人躲避对方(黄队)机器人顺利踢球的仿真。图 5 是我方球员想越过黄队一个球员踢球时,正好出现局部最小点问题。图 6 是我方采用

改进的避障路径规划算法成功逃离局部最小点,较好地顺利的完成了任务。

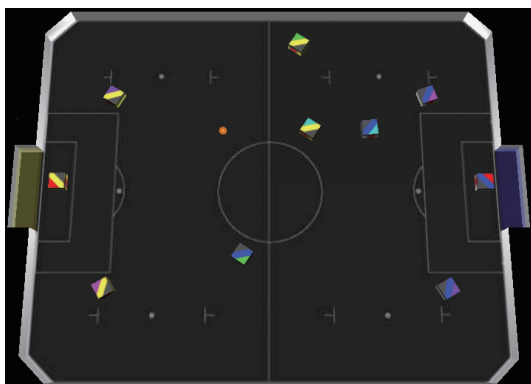


图5 我方(蓝队)球员准备越过黄队一名球员踢球

Fig.5 A blue team player is ready to play football over the yellow team player

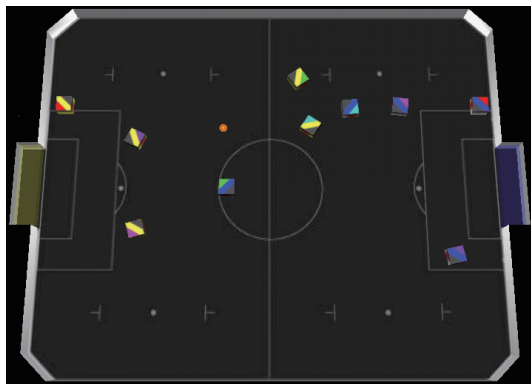


图6 我方(蓝队)球员正从黄队球员左边越过

Fig.6 A blue team player is crossing from the left side of a yellow team player

经过仿真平台的测试,在移动机器人避障路径规划时,当场地障碍物的数量不太多并且分布情况不太复杂时,应用改进的人工势场法进行避障路径规划效率高,所规划出的路径比较平滑且安全,能够较好满足移动机器人自身的运动特性。

4 结 论

通过应用连锁网络模型和改进人工势场法来解决传统人工势场法用于机器人路径规划时出现路径规划失败的问题。经仿真实验证明,改进的算法既

避免了无规则碰撞现象的发生,又减少了局部极小点出现的频率。但在实际比赛中,往往会出现周围障碍物围成一圈包围着我方机器人,在不违反比赛规则的情况下,我方机器人灵活处理,在碰撞中避重就轻,逃离包围圈。随着移动机器人技术研究的不断深入,将持续推动视觉模式识别、人工智能、网络通信技术、自动化控制等领域的不断发展和完善。

参考文献:

- [1]刘祥,陈建新. 一种基于有限视场的移动机器人避障路径规划算法[J]. 空间控制技术与应用, 2008, 34(4): 11-16.
- [2]NILSSON N J. Principles of artificial intelligence [M]. Palo Alto: Tioga Press,1980.
- [3]STENTZ A. Optimal and efficient path planning for partially known environments[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'94). Piscataway: IEEE, 1994: 3310-3317.
- [4] LUMELSKY V, STEPANOV A. Path-planning strategies for a point mobile automation moving amongst unknown obstacles of arbitrary shape[J]. Algorithmica, 1987,2:403-430.
- [5] KHATIB O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots[J]. International Journal of Robotics Research(IJRR), 1986, 5(1): 90-98.
- [6]FAZLI S, KLEEMAN L. Wall following and obstacle avoidance results from a multi-DSP sonar ring on a mobile robot[C].Niagara Falls: Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics and Automation. Piscataway: IEEE, 2005:432-437.
- [7]程拥强,蒋平,朱劲,等. 用势场法改进的极限环导航方法在移动机器人中的应用[J]. 机器人, 2004, 26(2): 133-138.
- [8]王肖青,王奇志. 传统人工势场的改进[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4): 96-98.
- [9]罗乾义,张华,王姮,等. 改进人工势场法在机器人路径规划中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(4): 1411-1418.

(责任编辑:李艳)