

# 传统人工势场的改进

王肖青, 王奇志

(北京交通大学 计算机与信息技术学院, 北京 100044)

**摘要:**文中在分析足球机器人避碰的特点及传统人工势场法的不足的基础上,提出了引入障碍物和机器人自身的速度和加速度来改进人工势场法,并提前对规避动作做出预判来实现优化人工势场的方法。仿真试验表明,这种方法是可行的,可以有效地弥补传统人工势场的缺陷。

**关键词:**移动机器人;路径规划;人工势场

**中图分类号:** TP18

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3751(2006)04-0096-03

## An Evolutionary Method of Traditional Artificial Potential Field

WANG Xiao-qing, WANG Qi-zhi

(Institute of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Investigates the characteristics of mobile robot collision avoidance, and points out the disadvantages of traditional artificial potential field. An evolutionary artificial potential field is presented, in which the velocity and acceleration of both robot and obstacle are considered. While it can identify the next action in advance. The simulation is carried out to verify the reliability of this method, which can enhance the efficiency of traditional artificial potential field.

**Key words:** mobile robot; path planning; artificial potential field

### 0 引言

移动机器人的路径规划问题可以描述如下:对于一个给定的机器人和它所处的工作环境,在两个指定的位置之间规划出一条无障碍的路径,并且这条路径要满足一定的最优化的标准。障碍环境中机器人的无碰撞路径规划是智能机器人研究的重要课题之一,由于在障碍空间中机器人运动规划的高度复杂性使得这一问题至今未能得到很好的解决。如今对于路径规划的研究大致可以分为以下几个方面:神经网络结合其他的学习策略;基于规则的决策方法;基于势场法的策略。

文中阐述的人工势场的方法更加易于理解,而且方法简单,对于研究人员的数学功底没有特别高的要求,从算法的实现上讲比较容易。

### 1 传统的人工势场以及相关的改进

采用势场原理求解路径规划的基本方法是:移动机器人在一个力场中运动,其中要达到的位置对移动机器人来说是一个引力极,而障碍物是斥力面,按各个障碍物和目标位置产生的人工势能的总和,取极小值决策运动路径。

人工势场法是由 Khatib 于 1986 年提出来的,基本思想是:构造目标位置引力场和障碍物周围斥力场共同作用

的人工势场,搜索势函数的下降方向来寻找无碰撞路径。人工势场的方法在机器人的运动空间中创建了一个势场,如图 1 所示。该势场由两部分组成:一个是引力场,随着机器人与目标物的距离的增加而单调递增,且方向指向目标物;另一个是斥力场,在机器人处于障碍物位置的时候有一个极大值,并随与障碍物距离的增大而单调减少,方向指向远离障碍物方向;整个势场力是其引力部分和斥力部分的叠加。

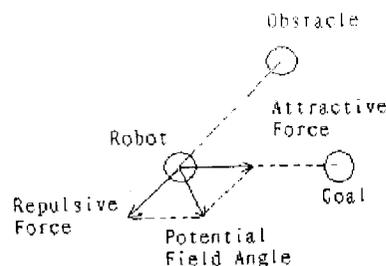


图 1 传统人工势场示意图

经过长时间的研究与实践,研究人员发现,传统的人工势场能对某些规则的障碍物进行规避,但如果存在运动不规则的障碍物或竞争性障碍物,它的适应能力很差,容易相碰,这就是足球机器人比赛中虽然采用了人工势场进行避碰控制,却仍然产生碰撞的原因。

张祺、杨宜民提出了引入障碍物的速度和加速度矢量的改进的人工势场法<sup>[1~3]</sup>,也就是应用速度和加速度对人工势场的合力进行修正,并最终得到修正后的合力。这在

收稿日期:2005-08-01

作者简介:王肖青(1981-),男,浙江宁海人,硕士研究生,研究方向为移动机器人的路径规划;王奇志,副教授,博士后。

实验中被证明是可行的,但是对于一个动态的势场环境,文中考虑了障碍物的速度和加速度矢量,是否也应该把机器人本身的速度和加速度矢量也考虑进来,可以避免由于不必要的增加修正力而使得机器人的规避路径无谓的增加。

## 2 加入选择策略的路径规划算法

文中实现了加入选择策略的路径规划算法,使机器人在每步的动作之前对下一步动作做出预判,以增加下一步动作的效率。也就是说期望使得机器人可以以最小的代价规避障碍物到达目标点,而且这个代价不仅仅体现在速度上,而且也体现在规避障碍物的效率上。

### 2.1 算法的原理

根据上面的分析,上述的算法并没有考虑机器人自身的速度和加速度,现将机器人自身的速度和加速度矢量引入人工势场法。引入障碍物与机器人的位置偏移量在  $x$  轴方向和在  $y$  轴方向的分量:  $dx$  和  $dy$ , 障碍物与机器人的速度矢量在  $x$  轴方向的矢量和  $\Delta V_x$ ; 障碍物与机器人的速度矢量在  $y$  轴方向的矢量和  $\Delta V_y$ 。其中假设障碍物  $O$  的坐标  $P_o = (x_2, y_2)$ , 机器人  $R$  的位置坐标  $P_r = (x_1, y_1)$ , 障碍物  $O$  的速度为  $v_2$ , 机器人  $R$  的速度为  $v_1$ , 则可导出如下的公式:

$$dx = |x_1 - x_2| \quad (1)$$

$$dy = |y_1 - y_2| \quad (2)$$

$$\Delta V_x = [V_2 - V_1]^T n_x \quad (3)$$

$$\Delta V_y = [V_2 - V_1]^T n_y \quad (4)$$

$$t_{\text{相撞}} = \frac{dy - (r_1 + r_2)}{\Delta V_y} \quad (5)$$

公式(5)表示了假设按照此刻的速度和方向运动,障碍物和机器人发生碰撞所需要的时间。

●分析如果发生碰撞的情况下,所要考虑的临界点的情况。

1) 若障碍物的速度较大,则障碍物有可能在机器人的右侧与机器人发生碰撞。大概的轨迹如图 2 所示。

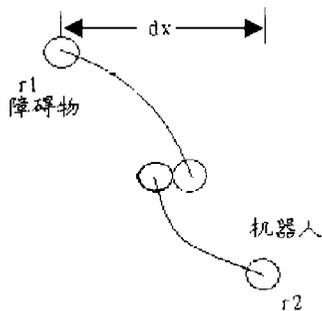


图 2 机器人向左规避示意图

2) 若障碍物的速度相对较小,则障碍物可能在机器人的左侧与机器人发生碰撞。大概的轨迹如图 3 所示。

由此,可以得到  $\Delta V_x$  的两个临界值  $A$  和  $B$ 。按照情况 1 和情况 2 的分析,此时,应该分别满足公式:

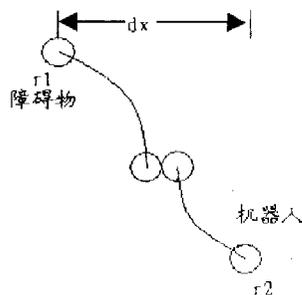


图 3 机器人向右规避示意图

$$\Delta V_x t_{\text{相撞}} + dx > r_1 + r_2 \quad (6)$$

$$\Delta V_x t_{\text{相撞}} - dx > r_1 + r_2 \quad (7)$$

由公式(6)、(7)推出

$$A = \frac{dx - (r_1 + r_2)}{t_{\text{相撞}}}, B = \frac{dx + r_1 + r_2}{t_{\text{相撞}}}$$

在确定了临界点之后,就可以对机器人所处的状态进行判断,并对下一步的动作做出预判。

●机器人下一步行为的集合为  $\Omega = \{\text{left\_avoid, right\_avoid, normal, straight}\}^{[4]}$ , 具体判断方法如下:

1) 若  $A < \Delta V_x < B$ , 存在发生碰撞的可能性,所以机器人需要做出规避的动作。但是由于障碍物对机器人存在速度上的优势,所以即使机器人做出了规避动作,却仍然存在碰撞的可能。在这种情况下,就需要机器人根据速度的差值对合力方向进行修正,以达到规避障碍物的目的。

2) 若  $\Delta V_x > B$ , 由于障碍物对机器人在  $x$  轴正方向速度上所拥有的巨大的优势,所以机器人从  $x$  轴正方向规避障碍物是没有可能的。这个时候,就需要换一种角度考虑机器人所应该做出的规避动作,即将  $x$  轴正方向规避障碍物改为  $x$  轴逆方向规避障碍物。

3) 若  $\Delta V_x < A$ , 由于障碍物在  $x$  轴的正方向上对机器人所存在的优势不足以使得机器人与障碍物存在碰撞的可能性,所以这个时候就可以用正常的人工势场的方法实现对障碍物的规避。

4) 若障碍物与机器人之间的距离大于 200(单位与机器人的半径单位相同,此处略去)时,这个距离超出了障碍物的作用范围,所以这个时候机器人会径直向目标物运动而无须考虑障碍物的存在。

### 2.2 算法的实现

结合上文所论述的原理,首先要分析这个修正力的大小和如何实现这个修正力。

可以看到,在机器人需要向右做出规避动作的时候,需要对机器人施加一个向  $x$  轴正方向的修正力,以使得机器人摆脱障碍物对它的拦截,这个修正力需要抵消一部分障碍物对机器人在  $x$  轴正方向上的速度优势,即  $\Delta V_x$ 。所以这个修正力要结合  $\Delta V_x$  考虑。假设这个修正力如下定义:

$$F_{\text{mod}} = \frac{1}{c \Delta V_x t_{\text{相撞}}} n_x \quad (8)$$

这里的  $c$  是与修正力相关的一个参数。这个修正力

的方向应该就是与  $\Delta V_x$  同向。最后的合力的方向应该是人工势场的合力与修正力的合力方向。最后可以得到合力的定义:

$$F_{\text{合力}} = F_{\text{合力}} + F_{\text{mod}} \quad (9)$$

当机器人需要向左做出规避动作时,需要对机器人施加一个向  $x$  轴负方向的修正力,以使得机器人摆脱障碍物。可以看到,在传统的人工势场中,障碍物的排斥力和目标物的吸引力的合力的方向仍然使得机器人做出向右规避的动作。虽然由于障碍物在  $x$  轴正方向上的速度优势较大,使得机器人在向右规避的过程中不可能从右侧绕过障碍物。这个时候,持续向右的规避动作显然是徒劳的,违背了路径最短的原则。此时,就需要机器人聪明地“分析”一下当前的形势,做出向左规避的动作。

这里仅仅需要机器人做出这个向左规避的动作,而不需要考虑当前障碍物机器人具体的位置,即不考虑当前的障碍物  $i$  对机器人的排斥力的大小。这时考虑的修正力的大小就是目标物的引力和除去当前障碍物以外的其他障碍物对该机器人的排斥力之和的合力,这个力的方向指向  $x$  轴的负方向。公式如下:

$$F_{\text{mod}} = - \left( \sum_{j=0, \dots, n, j \neq 1} F_{\text{rep}(j)} + F_{\text{att}} \right) n_x \quad (10)$$

$$F_{\text{合力}} = F_{\text{mod}} + \sum_{j=0, \dots, n, j \neq 1} F_{\text{rep}(j)} + F_{\text{att}} \quad (11)$$

其中  $F_{\text{att}}$  表示目标物对机器人的吸引力;  $F_{\text{rep}(j)}$  表示第  $j$  个障碍物对机器人的排斥力。

综上所述,在每个仿真周期的开始,需要根据障碍物、目标物、机器人的位置以及速度矢量对机器人的下一步的动作做出预判,这样能更好地消除无谓的避障或者说是徒劳的避障。

### 3 仿真结果

将上述改进的人工势场方法应用于搭建的 Simulator-APF 平台,结果令人满意。如图 4~图 6 所示,在将机器人的自身速度和加速度矢量引入人工势场法后,应用了选择算法的人工势场法能很好地根据当前的机器人、障碍物、目标物的位置对下一步的动作做出预判,分别做出向左规避(图 4)、向右规避(图 5)以及正常人工势场规避(图

6)的动作,能很好地实现动态环境下的障碍物的规避。

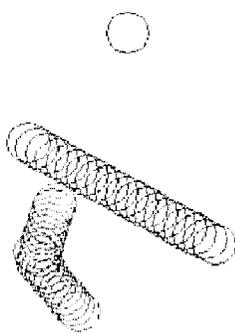


图 4 机器人做出向左的规避动作

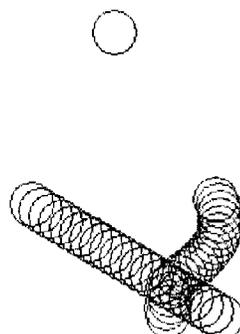


图 5 机器人做出向右的规避动作

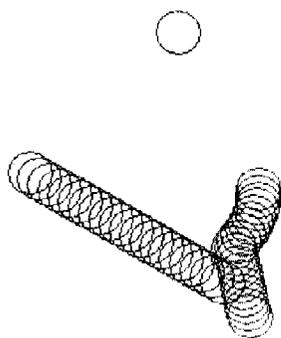


图 6 正常人工势场的情况

### 参考文献:

- [1] 张 祺,杨宜民.基于改进人工势场法的足球机器人避障控制[J].机器人,2002,24(1):12-15.
- [2] Vadakkepat P, Tan K C, Wang Ming-Liang. Evolutionary Artificial Potential Fields and Their Application in Real Time Robot Path Planning [Z]. Singapore: National University of Singapore, 1998.
- [3] Vadakkepat P, Tong Heng, Liu Xin. Application of Evolutionary Artificial Potential Field in Robot Soccer System [Z]. Singapore: National University of Singapore, 2001.
- [4] Simmons R, Apfelbaum D, Burgard W, et al. Coordination for Multi-Robot Exploration and Mapping [Z]. [s. l.]: Carnegie Mellon University, 1999.

(上接第 95 页)

### 4 结束语

文中对 Oracle9i 中的查询特性进行了分析,给出了在开发过程中如何编写高效查询语句的方案,并着重对影响 SQL 查询性能的表连接进行了分析。开发者在实际应用中,可以以此为参考,避免编写出不良查询语句从而影响系统的性能。当然,Oracle9i 中查询过程是非常复杂的,文中只是对其中比较有影响的关键部分进行了介绍,其它的如远程表的连接、数据仓库中的连接等并没有在文中涉及到。

### 参考文献:

- [1] Whalen E, Schroeter M. Oracle 性能调整与优化 [M]. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [2] Niemiec R J. Oracle 9i 性能调整 [M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [3] Ault M. Oracle 数据库管理与维护技术手册 [M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] Green C D. Oracle9i Database Performance Tuning Guide and Reference [EB/OL]. <http://download-west.oracle.com/docs/cd/B10501-01/server.920/a96533.pdf>, 2002.
- [5] Lawson C. Oracle 性能优化科学与艺术 [M]. 北京:清华大学出版社,2004.