

基于相对速度的选择性避障方法的研究

王建国,孟祥甫,江 绛

WANG Jian-guo, MENG Xiang-fu, JIANG Jiang

东北电力大学 自动化工程学院,吉林 132012

College of Automation Engineering, Northeast Dianli University, Jilin 132012, China

E-mail: mengxiangpu200@yahoo.com.cn

WANG Jian-guo, MENG Xiang-fu, JIANG Jiang. Selectivity obstacle_avoidance research based on relative speed. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(3): 207-209.

Abstract: The reason of the collision in kinematics is analyzed, and the obstacle_avoidance problem fundamentality is resolved. Filtered the obstacle in obstacle avoidance area by the angle of the relative speed and the robot's heading direction, so as to avoid unnecessary obstacle avoidance action and increase the opportunity of approaching the target. This method's usability and effectiveness have been proved in practice.

Key words: relative speed; angle; obstacle avoidance

摘要:从运动学的角度分析了碰撞的原因,从碰撞问题的根本上着手解决避障问题。利用相对速度和机器人前进方向的夹角对避障区内的障碍物进行筛选,很大程度上避免了不必要的避障动作,增加了机器人接近目标的机会。实践证明了该方法的可用性和有效性。

关键词:相对速度;夹角;避障

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.03.062 **文章编号:**1002-8331(2009)03-0207-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP18

路径规划的主要内容就是在机器人的工作空间中找到一条恰当的从给定起点到目标点的运动路径,使机器人在运动的过程中能安全的、无碰撞的绕过所有障碍物,到达目标点。

根据机器人的工作环境路径规划模型可分为两种:基于模型的全局路径规划,作业环境的全部信息已知,又称静态或离线路径规划;基于传感器的局部路径规划,作业环境信息全部未知或部分未知,又称动态或在线路径规划。

用于路径规划的方法多种多样,如传统的自由空间法、构型空间法、栅格法、模糊算法、人工神经网络以及蚁群算法等等^[1-3]。

目前比较活跃的领域是研究在环境未知情况下的局部规划,且多移动机器人系统的路径规划,协调路径规划已成为新的研究热点。

1 目前存在的问题

以较为常用的人工势场法为例,通过划定避障区,当障碍物进入避障区后,根据障碍物相对于机器人的距离采取相应的避障动作,从这个意义上来说,避障行为是距离的响应。

随着研究的深入,研究人员发现这种距离响应式的避障方法难以适应日益复杂的机器人作业环境,如环境信息完全未知的情况下,很容易与动态障碍物发生碰撞。

王肖青等提出在引入障碍物速度和加速度矢量的基础上再引入机器人自身的速度和加速度矢量^[4],即通过机器人和障碍物

的速度、加速度矢量对机器人施加修正力,实验中证明是有效的。

然而,在有些情况下,机器人和障碍物由于速度的大小及方向的原因,即使机器人不做出避障动作,两者也不会发生碰撞^[5-8]。如图1所示。

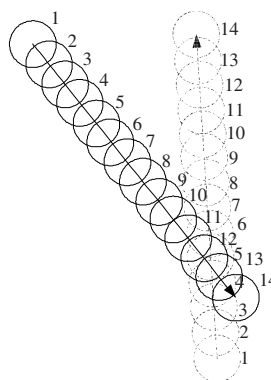


图1 机器人不采取避障动作也不会发生碰撞

避免这种不必要的避障行为,有助于增加机器人接近目标的机会。基于此,从运动学的角度出发,提出了基于相对速度的选择性避障方法。

2 基于相对速度的选择性避障

在运动学中,两个做直线的物体A、B,相对速度大小相等,

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)(the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2007CB206900)。

作者简介:王建国,博士,教授,主研领域:智能控制与专家系统、工程软测量技术;孟祥甫,硕士研究生,主研领域:移动机器人路径规划。

收稿日期:2008-01-04 修回日期:2008-04-07

方向相反。在运动过程中,如果 B 对于 A 的相对速度指向 A ,同时 A 对于 B 的相对速度也必然指向 B ,则 A 、 B 必发生碰撞,反之,如果 B 对于 A 的相对速度不指向 A ,即 A 对于 B 的相对速度也不指向 B ,那么 A 、 B 就不会发生碰撞。

因此,提出用相对速度的指向作为判断障碍物和机器人是否会发生碰撞的依据,即通过判断障碍物对于机器人的相对速度是否指向机器人,来决定是否启用避障行为。

2.1 相对速度的求取

用博创旅行者 II 机器人平台对基于相对速度的选择性避障问题开展研究,在其正前方安装 13 个扫描范围 15° 的声呐,保证机器人正前方 180° 无盲区覆盖。用声呐探测进入机器人避障区的障碍物,并计算障碍物的距离、障碍物相对于机器人的相对速度的大小及方向、和相对速度指向机器人的障碍物的速度大小及其速度和机器人速度的夹角。声呐每隔 500 ms 扫描一次,其间可以近似的认为机器人和障碍物都是做匀速直线运动。

把超声传感器两次采集的障碍物信息在以机器人自身为参照物的机器人坐标系中叠加以求取相对速度,如图 2 所示。

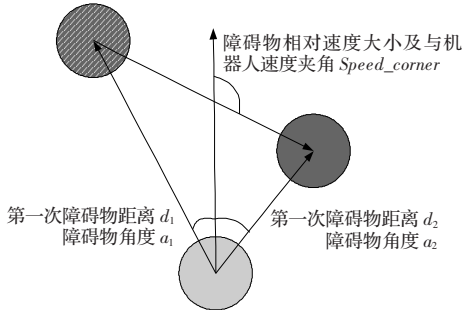


图2 求取障碍物相对速度示意图

从图 2 中抽象出速度矢量三角形,如图 3 所示。

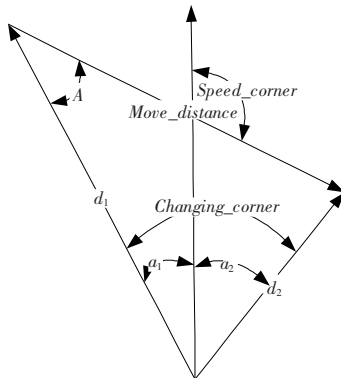


图3 矢量三角形

则障碍物移动的相对角度:

$$\text{Changing_corner} = a_1 + a_2 \quad (1)$$

根据余弦定理求得机器人走过的相对距离:

$$\text{move_distance} = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2 \cos(\text{changing_corner})} \quad (2)$$

根据正弦定理求得中间变量角:

$$A = \frac{d_2}{\text{move_distance}} \sin(\text{changing_corner}) \quad (3)$$

根据三角形的性质求得障碍物的相对速度与机器人速度的夹角:

$$\text{speed_corner} = \pi - \alpha_1 - A \quad (4)$$

2.2 选择性避障

为了进一步减小碰撞的风险系数,对机器人进行膨化处理。膨胀半径为 2 倍机器人半径 ($2r$)。由障碍物向膨化后的机器人做切线,与机器人速度及其延长线相交,构成上、下避障角 $Up\text{Safe_corner}/Down\text{Safe_corner}$,如图 4 所示。

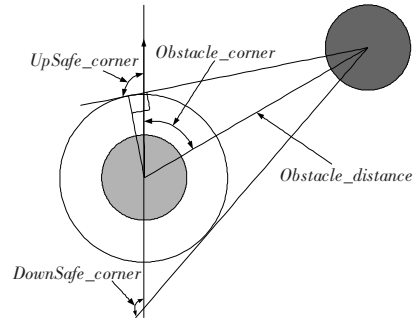


图4 各角度构成

根据三角形性质求得上避障角:

$$Up\text{Safe_corner} = \text{Obstacle_corner} + \arcsin\left(\frac{2r}{\text{distance}}\right) \quad (5)$$

$$Down\text{Safe_corner} = Up\text{Safe_corner} + 2\arcsin\left(\frac{2r}{\text{distance}}\right) \quad (6)$$

对障碍物的选择性避障如图 5 所示。

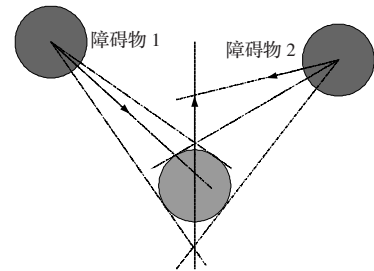


图5 选择性避障

如果: $Up\text{Safe_corner} < \text{Speed_corner} < Down\text{Safe_corner}$,则机器人进入 $Obstacle_avoidance$ (避障行为);否则,机器人进入 $Mission_behavior$ (接近目标)行为。

障碍物 1 相对速度与机器人速度交角大于上避障角且小于下避障角,因此机器人对障碍物 1 进行避障;障碍物 2 相对速度与机器人速度交角小于上避障角,因此机器人对障碍物 2 不需要进行避障。

3 避障区的划定

如果障碍物距离机器人比较远,而且障碍物对于机器人的相对速度也指向机器人,这种情况下机器人采取了避障动作,而障碍物却转向其它方向,那么机器人的避障动作是无意义的而且有可能是无益的。为了避免这种情况,因此划定避障区,防止机器人对较远的障碍物做出无意义的避障动作。

选用以与机器人自身速度相关的正弦避障区,即:

$$VBd = Bd + K * Vr * \sin(a), a \in [-90 \ 90] \quad (7)$$

其中, VBd 为调整后的避障区范围, Bd 为机器人静止时的避障区的半径, Vr 为机器人自身速度, K 为可调参数, a 为与机器人运动方向的夹角。如图 6 所示,避障区沿机器人自身速度方向增加了斥力产生的距离,提前了在运动方向斥力产生的距离,即提前了正前方的避障时间。

表1 部分实验数据表

障碍物距离/m	1.37	1.04	4.5	4.5	2.74	1.04	2.04	1.43	0.70	2.89	1.87	2.07	1.28	1.35
障碍物角度/(°)	0	0	15	15	30	30	45	45	60	60	75	75	90	90
上避障角/(°)	156	150	157	157	138	134	119	112	76	108	87	89	65	66
相对速度角度/(°)	99	180	180	165	246	150	228	135	268	120	180	105	203	90
下避障角/(°)	234	157	173	173	163	166	151	158	164	132	122	121	115	114
左/右电机转数/转	1 500/ 1 500	1 344/ 576	1 500/ 1 500	1 014/ 1 384	1500/ 1500	1 196/ 1 203	1 500/ 1 500	950/ 1 448	1 500/ 1 500	1 053/ 1 345	1 500/ 1 500	1 039/ 1 360	1 500/ 1 500	1 066/ 1 332
避障行为	否	是	否	是	否	是	否	是	否	是	否	是	否	是

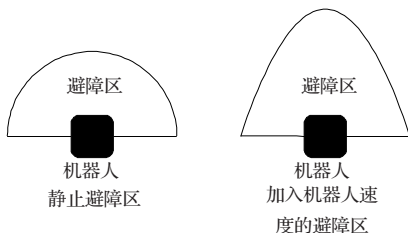


图6 加入机器人自身速度参数的避障区

4 仿真实验

将上述方法应用在博创旅行者II机器人上,避障行为中的避障方法选择常用的人工势场法,实验数据如表1所示,机器人的避障动作只取决于3个角度的大小关系,即当障一机的相对速度与机器人速度的夹角(即表中相对速度角度)在上避障角和下避障角之间的时候,机器人作出避障动作,而与障碍物的距离无关。

该方法实现了对避障区内障碍物的选择性避障,而且取得了较好的实验效果,如图7所示,其中图7(a)~图7(d)为几种情况下的实验结果,其中图7(a)为对正前方障碍物的避障、图7(b)为垂直方向上的避障、图7(c)为对斜向拦截的躲避和图7(d)为不避障的情况,在这些情况中通过相对速度的指向对避障区内的障碍物进行筛选,尽早的结束避障行为,转而进入目标接近行为,在保证机器人安全的情况下,缩短了机器人到达目标的时间。

5 结论

在势场法的基础上通过传感器信息计算出避障区内的障碍物和机器人的相对速度及其指向,并以此判断障碍物和机器人碰撞的可能性,进而进行有选择的避障,避免了对障碍区内障碍物的不必要的避障,增加了机器人接近目标的机会。该方法简单易行,不需要深厚的数学功底,运算速度快。

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碰控制[J].机器人,2002,24(1):12-15.

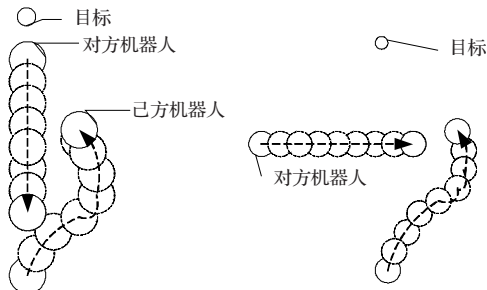


图7(a) 正前方避障

图7(b) 侧向避障

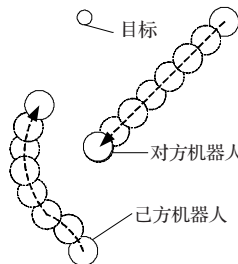


图7(c) 斜向拦截避障

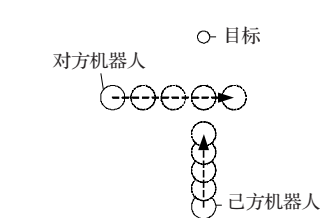


图7(d) 不避障

[2] Jing Xing-jian, Wang Yue-chao, Tan Da-long. Artificial coordinating field and its application to motion planning of robots in uncertain dynamic environments[J]. Science in China Ser E Engineering & Materials Science, 2004, 47(5): 577-594.

[3] Koren Y, Borenstein J. Potential field methods and their inherent limitations for mobile robot navigation[C]// Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, Sacramento, California, 1991: 1398-1404.

[4] 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.

[5] 张建英,赵志萍,刘曦.基于人工势场法的机器人路径规划[J].哈尔滨工业大学学报,2006,38(8):1307-1309.

[6] 黄炳强,曹广益.基于人工势场法的移动机器人路径规划研究[J].计算机工程与应用,2006,42(27):26-28.

[7] 毕盛,闵华清,朱金辉,等.基于动态人工势场法的路径规划[J].机电产品开发与创新,2006,19(4):25-26.

(上接 206 页)

[3] Wang K, Stolfo S J. One-class training for masquerade detection[C]// 3rd ICDM Workshop on Data Mining for Computer Security, Florida, 2003.

[4] Maxion R A, Townsend T N. Masquerade detection using truncated command lines[C]// Proceedings of the International Conference on Dependable Systems and Networks (DNS-02), Washington D C, USA, 2002: 219-228.

[5] Maxion R A. Masquerade detection using enriched command lines[C]// International Conference on Dependable Systems and Networks (DNS-03), San Francisco, CA, USA, 2003.

[6] Maxion R A. Masquerade detection using enriched command lines[C]// International Conference on Dependable Systems and Networks (DNS-03), San Francisco, CA, USA, 2003.