

基于单目视觉的机器人人工势场法路径规划研究

陈祥章

(徐州工业职业技术学院信息管理学院, 江苏 徐州 221140)

[摘要] 本文对国内外智能移动机器人的研究现状和发展趋势进行了分析,介绍了机器人单目视觉场景的基本单目视觉,分析了传统人工势场法在路径规划上存在的问题,为进一步研究单目视觉控制下的机器人进行人工势场法路径规划的问题作了准备.其次重点介绍了改进后的人工势场法的基本原理,对现有算法进行了优化,公式推导结果显示其解决了传统人工势场法中对于目标点不可到达的问题,并且进行实验仿真,仿真结果表明本文方法达到预期的目标.

[关键词] 移动机器人,单目视觉,人工势场法,路径规划

[中图分类号] TP309 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2014)01-0061-05

Study on Artificial Potential Field Path Planning of Robot Based on Monocular Vision

Chen Xiangzhang

(College of Information Management, Xuzhou College of Industrial Technology, Xuzhou 221140, China)

Abstract: Present situation and development trend of intelligent mobile robot at home and abroad to introduce the basic monocular vision, the robot monocular visual scene analysis of the problems of the traditional artificial potential field method, preparations were made for further research on the robot path planning problem. Second focuses on the basic principle of the artificial potential field method improvements, existing algorithms optimized, solving the problem of traditional artificial potential field method unreachable target point, and simulation can achieve the desired goals.

Key words: mobile robot, monocular vision, artificial potential field, path planning

自主路径规划的机器人一直是国际上研究的热点,而障碍物检测躲避能力是其基本的重要功能,大多数机器人都是从传感器获得相关数据进行障碍物感知,再进行路径规划.机器人的视觉信息采集设备包括激光传感器和摄像头,在现在的科学领域中,激光传感器的测距技术已经得到广泛的应用.相比于红外、超声等传感器,激光测距具有精度高、受环境干扰小等优点^[1].视觉信息的采集获取,主要有两种方式:单视觉和多视觉.单视觉方式有结构简单、无需视觉数据融合、实现方便、实时监测等优点.文献[2-4]提出了根据环境参数来实现单目视觉障碍物检测的方法,但环境参数法也限制了其只能在特定的环境和条件下才能完成障碍物的检测.文献[5-8]提出了在未知环境中的单目视觉的机器人导航方法,但只是利用摄像机视觉范围内的局部环境信息,所以只能较好完成局部路径规划.借鉴上述研究工作,本文讨论了一种基于单目视觉的机器人利用改进的人工势场法进行路径规划的问题.

1 机器人单目视觉场景的基本问题

1.1 机器人单目视觉场景的基本单目视觉

在智能技术中的机器人单目视觉场景的过程中,需要解决非常多的问题.首先要解决的问题为机器人单目视觉的判断选择性问题.选择匹配的单目视觉直接影响了机器人系统执行任务的性能,例如在障碍物

收稿日期:2013-06-21.

基金项目:国家 863 计划重点项目(2006AA040202)、徐州市工业科技计划项目(XX10A045).

通讯联系人:陈祥章,副教授,研究方向:人工智能与模式识别、计算机网络技术、物联网应用技术. E-mail: chenxz@mail.xzcit.cn

非常多的地区,此时单目视觉为柱形的可以轻松地避开室内场景.一般情况下,机器人单目视觉场景的基本单目视觉有线形、柱形、菱形和楔形4种对称的形状,如图1所示.

各种单目视觉在不不同的环境下呈现的效果也是不相同的.

1.2 单目视觉场景中的躲避行为

单目视觉场景控制过程中,必须对机器人的行进路径进行整体的优化处理,对路径选择分为静态和动态两种,以确保在整个控制结构过程中可以很好地对参数进行量化,然后对所得到的各个指标进行全面分析与计算,达到提高机器人的信息管理水平.室内障碍物的识别过程主要采取人工势场分析方法,对系统所输出的数值进行给定的转角处理,保证能够参照规避算法的具体要求进行切角分析,提高场内障碍物的识别效率.单目视觉识别需要针对目标所在的具体位置进行全方位控制,使机器人在整体视觉识别效果上位于一个合理的状态.

2 人工势场法

2.1 人工势场法原理

人工势场法的主要思想为:首先将机器人运动的环境当作在一种抽象的人造受力场中的运动,也就是在机器人所在的环境中创建一个目标点引力场和障碍物斥力场共同作用的人工势场,通过搜索势函数的下降方向来确定可行路径.实施的方法为:首先在机器人的运动环境中创建一个人工势场,所述的人工势场包括两部分:(1)引力场,目标点对该环境中的机器人产生一定的引力,引力的方向指向目标点;(2)斥力场,室内障碍物对该环境中的机器人产生一定的斥力,斥力的方向指向远离室内障碍物的方向.所以说整个人工势场其实就是其引力部分和斥力部分的合力.机器人就是通过这种合力来控制运动.机器人就沿着合成的人工势场力方向,避开室内的障碍物,一直向目标点运动,直至目标点.人工势场如图2所示.

如果从避开障碍物的角度来考虑,引力势场所涉及的范围较大.但是人工势场也有本身的局限性,即只作用在局部范围内,只要障碍物距离机器人较远,即不受障碍斥力的影响.因此这种方法也叫做局部方法.

2.2 人工势场法模型

在传统人工势场法中,环境参数为一个二维空间,机器人当前的位置可以表示为 $t = [x, y]^T$, 目标位置为 $t_g = [x_g, y_g]^T$.

传统人工势场法中,目标的引力场函数可以表示如下:

$$s_a(t) = \frac{1}{2} \xi \phi^n(t, t_g). \quad (1)$$

其中 ξ 为引力场的增益系数,当前位置为 t , 目标位置为 t_g . $\phi(t, t_g)$ 是机器人与目的地之间的相对距离, n 取值范围为1或2.则可以得到其引力为:

$$f_a = -\Delta s_a(t) = \xi(t, t_g). \quad (2)$$

斥力场函数表示如下:

$$s_r(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } \phi(t, t_o) > \phi_o; \\ \frac{1}{2} \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right)^2, & \text{if } \phi(t, t_o) \leq \phi_o. \end{cases} \quad (3)$$

其中 α 为斥力场的增益系数, $\phi(t, t_o)$ 为当前机器人位置 t 与障碍物表面之间的最小距离, t_o 为距离机器人最近的障碍物表面坐标, ϕ_o 为障碍物表面斥力的影响距离,相应的斥力为:

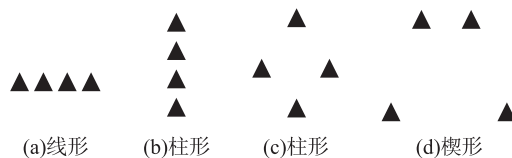


图1 机器人基本单目视觉

Fig.1 The robot monocular vision

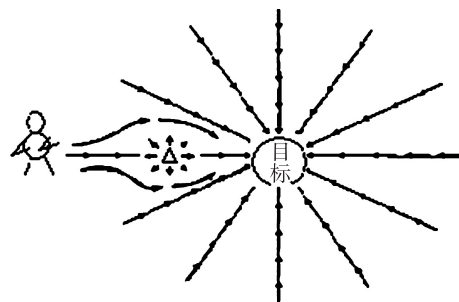


图2 人工势场法模型图

Fig.2 Model of artificial potential field method

$$f = -\Delta s_r(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } \phi(t, t_o) > \phi_o; \\ \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right) \frac{1}{\phi^2(t, t_o) \Delta \phi(t, t_o)}, & \text{if } \phi(t, t_o) \leq \phi_o. \end{cases} \quad (4)$$

2.3 改进的人工势场函数

2.3.1 传统的人工势场法存在的问题

应用传统的人工势场法,如果机器人的运行环境变得复杂,所述的机器人很有可能寻找不到一条可以使之顺利且无碰撞到达目标点的路径,这是由于所采用的传统人工势场法存在一些问题:(1)目标点不可到达,首先机器人对目标控制的过程需要判断室内障碍物和目标点位置进行具体的分析,保证该机器人能够在引力的环境下可以对室内障碍物进行准确的控制,确保机器人在运行的过程中能够具有一定的认知能力,机器人在对于室内所有障碍物的位置分析过程中需要根据障碍物的斥力情况控制运行,如果在控制过程中斥力大于引力,此时总的人工势场处于目标点的位置,因此人工势场在附近的力最小,此时机器人就不能按照正常的控制模式到达目标点。(2)陷入局部极小值点,在人工势场作用下,机器人在下降速度最快的方向上从人工势场强度高的区域往人工势场强度低的区域运动。

2.3.2 改进的人工势场方法

根据前面所述的传统人工势场存在的问题,对人工势场法中的斥力场函数进行改进,当机器人接近目的地附近时,引力场的引力变得越来越小,同时在接近目标的过程中,人工势场力中的斥力也在减少,通过这种方法可以解决机器人最终目标路径规划的精确度问题。其人工势场函数表达式为:

$$s_r(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } \phi(t, t_o) > \phi_o; \\ \frac{1}{2} \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right)^2 \phi^m(t, t_g), & \text{if } \phi(t, t_o) \leq \phi_o. \end{cases} \quad (5)$$

式中,相关参数意义已在公式(1)做出解释。其中 ϕ_o 表示一个常数,即障碍物所能影响到的距离, m 也是一个常数。

根据公式(5)所示,在机器人的运行过程中,当其靠近目的地时,机器人的引力值会相应地变小,同时障碍物对机器人的斥力也在不断变小。因此当机器人到达目的地时,两者之和就会变成0。

当机器人没有达到目的地,即在进行过程中时,也就是说参数 $t \neq t_g$,此时斥力的表达式可以表示为:

$$f = -\Delta V_r = \begin{cases} 0, & \text{if } \phi(t, t_o) > \phi_o; \\ f_{r1}i + f_{r2}j, & \text{if } \phi(t, t_o) \leq \phi_o m. \end{cases} \quad (6)$$

其中,

$$f_{r1} = \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right) \frac{\phi^m(t, t_g)}{\phi^2(t, t_o)}. \quad (7)$$

$$f_{r2} = \frac{m}{2} \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right)^2 \phi^{m-1}(t, t_g). \quad (8)$$

$i = -\Delta \phi(t, t_g)$ 和 $j = \Delta \phi(t, t_o)$ 是2个单位向量,前者是目的地与机器人的关系,后者是障碍物与机器人的关系。其受力分析如图3所示,可以看出斥力分量 $f_{r1}i$ 作用于机器人,使其可以躲避障碍物;分量 $f_{r2}j$ 作用于机器人,使其可以靠近目的地。

由公式可知,传统的人工势场函数 m 的取值是0,因此本文的 m 不能取0,建议选择 $m=1$ 。

当 $m=1$ 时, $\phi(t, t_o) < \phi_o$ 且 $\phi(t, t_o) \neq 0$,斥力两分量为:

$$f_{r1} = \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right) \frac{\phi(t, t_g)}{\phi^2(t, t_o)}. \quad (9)$$

$$f_{r2} = \frac{1}{2} \alpha \left(\frac{1}{\phi(t, t_o)} - \frac{1}{\phi_o} \right)^2. \quad (10)$$

在机器人不断接近目的地的过程中, $\phi(t, t_g)$ 逐渐变化,并最终为0,同时可以看出分量 f_{r1} 会逐渐为0,另外一个分量

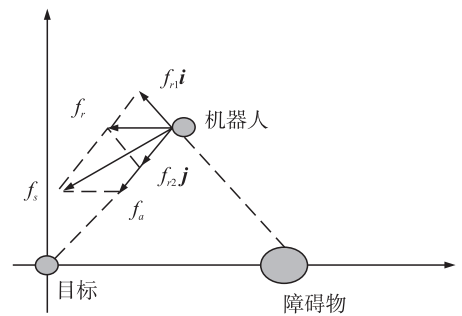


图3 机器人在改进的斥立场函数作用下的受力分析

Fig.3 The analysis of repelling force robot in improved position function

f_2 会逐渐变为一个常量,两者相互作用吸引着机器人不断靠近目的地.所以当 $m=1$ 时可以保证机器人向目标点运动.

3 设计结果

3.1 仿真环境

为了验证改进算法的有效性,本文设计并实现了基于单目视觉控制的机器人,躲避障碍物场景仿真实验.在仿真实验中,用到的工具是 Visual C++6.0 和 Matlab R2009a,2 个软件的结合可以更好地对其进行仿真.

3.2 单目视觉控制下机器人路径规划仿真实验分析

3.2.1 机器人单目视觉形成仿真

机器人单目视觉场景中的协调控制主要表现在 2 个阶段:(1)单目视觉形成;(2)单目视觉控制.先讨论单目视觉的形成,单目视觉形成主要研究的是使机器人系统从一个杂乱的状态变成一个整体的开发环境,在此过程中采取分布式技术,使之能够在有序的状态环境下测试,如图 4 所示.

3.2.2 机器人有效避障仿真

本文中采用人工势场法使多个机器人能够完成避开室内障碍物的行为.在本文的仿真实验中以 4 个机器人组成菱形为例子,为了避免机器人在通过困难环境时,单目视觉出现发散状况,设置机器人在遇到困难环境时,改变机器人的视觉方式,即由菱形单目视觉转变成蛇形单目视觉顺利通过障碍.当传感范围内机器人探测到室内障碍物的数目大于某值时(本文设为 5 个),机器人的单目视觉变化,距离目标点最近的机器人自动成为“领导者”,“领导者”按与“跟随者”距离顺序关系启动,“跟随者”组成蛇形单目视觉,整个过程中“跟随者”根据“领导者”所规划的路径前行,加快速度与避开障碍物的准确性.在避开障碍物后,机器人恢复原来的单目视觉继续向目标前进.蛇形单目视觉如图 5 所示.

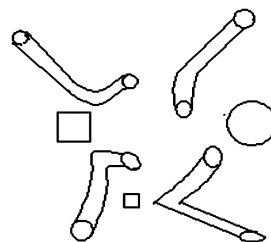


图 4 机器人形成菱形单目视觉

Fig.4 The formation of the diamond robot monocular vision

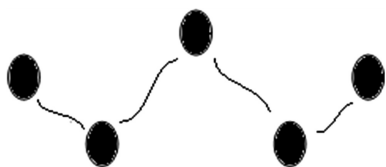


图 5 蛇形单目视觉

Fig.5 A snake monocular vision

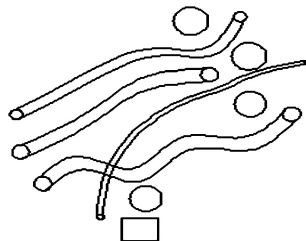


图 6 机器人改变单目视觉绕过室内场景

Fig.6 The robot changes of monocular vision around the indoor scene

如图 5 和图 6 所示,实验仿真中的机器人队列改变了队形,由菱形转成蛇形,并根据改进的人工势场法成功躲避了多个障碍物.本文采用的人工势场法成功改善了机器人目标不可达的问题,如图 7 所示,4 个机器人均绕过多个障碍物,成功到达目标地完成路径的规划.

4 总结

本文在多个机器人单目视觉场景控制仿真实验的基础上,重点对机器人单目视觉控制后的路径规划和避障问题进行了分析,结果发现:为了避免单目视觉控制下的机器人,使用传统人工势场法进行路径规划时,出现最终目标不可达的问题,本文通过改进的算法,修正机器人的斥力场,并给出建议参数值,从而

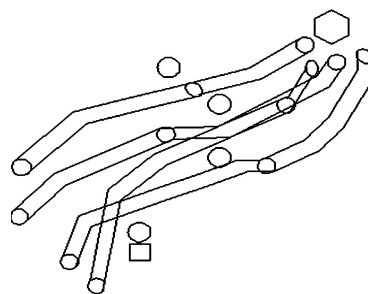


图 7 机器人成功到达目标点

Fig.7 The robot successfully reach the target point

完成路径规划,达到目标.本文的单目视觉控制的路径规划系统,可以结合云计算平台应用,以便克服数据准确性差、视频容量大等弱点,使得高速并行计算与海量存储成为可能.这样该系统除了视频采集设备等无需另外安装高速计算和大规模存储设备.展望未来,人工智能将普及应用,不再神秘.智能机器人的整体是一个大家族,可以相互联络沟通.

[参考文献]

- [1] 全敬辰. 移动机器人基于三维激光测距与单目视觉的室内场景认知[D]. 大连:大连理工大学计算机科学与技术学院,2010.
- [2] Leonard J J, Durrant-Whyte H F. Mobile robot localization by tracking geometric beacons[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1991, 7(3): 376-382.
- [3] Sangwoo M, Unghui L, David H S. Study on real-time obstacle avoidance for unmanned ground vehicles[C]//International Conference on Control, Automation and Systems. Taipei:IEEE, 2010.
- [4] DeSouza G N, Kak A C. Vision for mobile robot navigation a survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(2): 237-26.
- [5] 姚靖靖, 邱于兵, 敖俊宇. 移动机器人避障路径规划改进人工势场法[J]. 科学技术与工程, 2011, 13(11): 1 671-1 851.
- [6] 于红斌, 李孝安. 基于栅格法的机器人快速路径规划[J]. 微电子学与计算机, 2005, 22(6): 98-100.
- [7] 禹建丽, 程思雅, Kroumov V. 一种移动机器人三维路径规划算法[J]. 中原工学院学报, 2008, 19(2): 37-40.
- [8] 厉茂海, 洪炳炼. 移动机器人同时定位和地图创建的一种新方法[J]. 南京理工大学学报:自然科学版, 2006, 3(30): 302-305.

[责任编辑:黄 敏]

(上接第 60 页)

- [3] 饶丽丽, 刘雄辉, 张东站. 基于特征相关的改进加权朴素贝叶斯分类算法[J]. 厦门大学学报:自然科学版, 2012, 51(4): 682-685.
- [4] 刘林. 基于词语权重改进的朴素贝叶斯分类算法的研究与应用[D]. 广州:中山大学软件学院, 2009.
- [5] 管瑞霞, 陆蓓. TFLD:一种中文文本关键词自动提取方法[J]. 机电工程, 2010, 27(9): 123-126.
- [6] 李艳美, 张卓奎. 基于贝叶斯网络的数据挖掘方法[J]. 计算机仿真, 2008, 25(2): 117-119.
- [7] Sarah Petersen, Mari Ostendorf. Assessing the reading level of web pages[C]//Proceedings of Interspeech (poster). Pittsburgh, 2006: 833-836.
- [8] Christopher D Manning, Prabhakar Raghavan, Hinrich Schutze. Introduction to Information Retrieval[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008: 96-100.
- [9] Harry Zhang, Shengli Sheng. Learning weighted naive bayes with accurate ranking[C]//Fourth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'04). Brighton, 2004. DOI:10.1109/ICDM. 2004. 10030
- [10] 卫洁, 石洪波, 冀素琴. 基于 Hadoop 的分布式朴素贝叶斯文本分类[J]. 计算机系统应用, 2012, 212: 210-212.
- [11] 胡局新, 鞠训光. 自学习分词算法在科研项目查重系统中的应用[J]. 科技通报, 2013, 29(6): 14-19.
- [12] 胡局新, 鞠训光. 基于贝叶斯推理和 TFIDF 算法的中文关键词智能抽取[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(9): 197-200.

[责任编辑:丁 蓉]