

一种动态未知环境下的机器人路径搜索方法

游 维,李枚毅,吴 琼,胡 剑

YOU Wei,LI Mei-yi,WU Qiong,HU Jian

湘潭大学 信息工程学院,湖南 湘潭 411105

College of Information Engineering,Xiangtan University,Xiangtan,Hunan 411105,China

YOU Wei,LI Mei-yi,WU Qiong,et al.Method of path-finding for mobile robot in unknown dynamic environment. Computer Engineering and Applications,2009,45(19):201-203.

Abstract: An improved model of neural network named "tactile sensation perception" is proposed for mobile robot to find a path in unknown environment with static and dynamic obstacles.In the proposed model,robots only need distance and orient of the target and information of neighbors,which is collected by inner sensors without the information of map.BP neural networks is the decision center of robot.Robot can provide a proper trail with free-collision in the process of exploring in both static and dynamic environments after training.With simulations,the experimental results demonstrate the efficiency of the method.

Key words: neural networks;robot;path-finding;dynamic environment

摘 要:提出了一种新的路径搜索算法——“触觉感知法”来实现机器人在未知静态与动态环境情况下的路径搜索。该方法不需要提供地图信息,机器人仅收集目标点的距离和方位信息以及通过自带传感器作为触觉器收集周围局部环境信息。机器人以BP神经网络作为决策器,经过训练,可以在静态和动态环境中搜索出一条光滑无碰撞且便捷并能有效避开动态障碍物的运动轨迹。对所提出的方法进行了仿真实验,仿真结果表明算法在静态和动态环境下均能有高效率的路径搜索表现。

关键词:神经网络;机器人;路径搜索;动态环境

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.19.062 **文章编号:**1002-8331(2009)19-0201-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP18

1 引言

路径规划是移动机器人自主导航中一个十分重要的问题,由于在传统机器人学和人工智能方法中,移动机器人路径规划方法都是基于外部环境的结构化以及符号推理,那么当机器人处于动态的、非结构化的环境中的时候,传统的路径规划就缺乏必要的实时性与鲁棒性。近年来,随着移动机器人的应用领域不断扩大,传统的已知环境条件下的路径规划已不能满足实际工作的需要。机器人如何在未知的动态环境中自动实现路径规划开始成为人们的研究热点。要在未知环境中完成路径搜索,需要机器人具有自主搜索环境的能力,因此,机器人自身要具备路径搜索、环境感知、动态避障、自身定位的能力。目前,机器人的局部路径规划方法主要有人工势场法^[1]、遗传算法^[2]和神经网络法^[3-4]等,而且也提出了一些未知环境下的路径规划方法^[5]。

目前国内外在基于神经网络的机器人路径规划方面已经做了大量的研究工作^[6],提出了许多用于路径规划的神经网络模型。通常的神经网络的路径规划算法需要先将环境地图映射成神经元网络,并设置神经元的值来表征不同的地图状况,再通过对神经网络的训练来获取最优的神经元集合以组成路径。

这样就是需要已知整个环境,而对于动态环境,就需要实时更新整个地图的信息,在实际中应用传感器也很难做到这一点,并且生成的路径也是由若干线段组成,而不是平滑的曲线。

针对这些问题,改变了以往神经网络用于路径规划的思路,提出了一种针对动态及未知环境的“触觉感知”方法,在运动中机器人不需要获取整个地图的信息,仅通过自带的传感器获得局部环境信息以及与目标点的距离以及方位信息,在环境中对机器人神经网络训练和优化,从而达到搜索理想路径的效果。本文将从算法描述和实验仿真等方面来证明算法的有效性。

2 “触觉感知”算法描述

对于一个有目标点的路径规划来说,本算法通过机器人携带的传感器探测周围的环境并获取目标点之间直线距离以及目标点在机器人相对方位的信息。然后把这些信息映射入神经网络,由神经网络判断如何进行下一步的走向,从而避开障碍物达到目标点。行进过程中机器人只接受通过传感器接受局部的环境信息和目标点的距离及方位信息。

2.1 机器人模型描述

定义机器人的模型为一个两轮式移动机器人,该移动机器

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60773047);湘潭大学博士基金项目(No.05QDZ23);湖南省重点学科项目资助。

作者简介:游维(1984-),男,硕士,研究领域:机器人路径智能搜索与导航;李枚毅(1962-),男,博士,教授,硕士生导师,研究领域:计算智能、机器学习及其应用、智能系统和移动机器人;吴琼(1982-),女,硕士研究生;胡剑(1984-),男,硕士研究生。

收稿日期:2008-09-26 **修回日期:**2008-12-16

人具有两个独立的驱动后轮和一个承重前轮,承重前轮仅用来承载机械结构和保持平衡,两个后轮分别由独立的电机驱动,用来控制机器人的行进和转向。由于与机器人运动方向夹角在 $\pm\pi/2$ 弧度之间的障碍物可能会影响到机器人的运动,在机器人正前方 $\pm\pi/2$ 弧度范围内均匀的装有5个长度为 l 的触觉器,如图1所示。触觉器能够感知一定距离内的障碍物,障碍物与触觉器所在直线的交点到触觉器末梢的距离为 R ,那么触觉器的返回值 $f(R)$ 可以表示为:

$$f(R) = \begin{cases} -1 & (\text{触觉器没有接触障碍物}) \\ \frac{R}{l} & (\text{触觉器接触了障碍物}) \end{cases}$$

距如果这个数值大于某个预定的安全值,则认为机器人与障碍物发生了接触,机器人应当立即停下并转向以确保安全。

机器人还接受每个触觉器的末梢相对于目标点距离的输入以及机器人视线方向相对于目标点方向的夹角。这样,通过训练,机器人就能在路径搜索的过程中选择更接近目标点的方向行走。

2.2 人工神经网络结构

实验采取神经网络的结构为BP神经网络,只选取了一层隐藏层,其每层的神经元个数如表1所示。

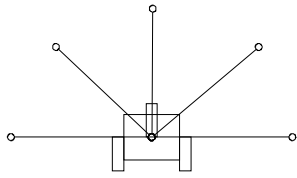


图1 机器人模型

表1 神经网络各层的神经元个数

神经网络层	神经元个数
输入层	11
隐藏层	25
输出层	2

神经网络的每个神经细胞的权重在进化开始随机生成,每进化一代,对其适应度值进行评价,神经网络的输入对应机器人触觉器的返回值以及目标点方位信息,输出对应机器人左右轮的驱动力。这样机器人在训练学习中就不但能有效的避开障碍物,而且能够感知目标点的方向并选择向目标点靠近的方向行进从而最终安全快捷的抵达目标点。

神经网络的输出激励函数为S型函数:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x}{p}}}$$

选取 p 值为2,由于S型函数总是非负的,所以机器人只能平滑的转向,而不能后退或者大幅度的转弯。

2.3 工作空间

首先假设机器人的工作空间有如下特征

- (1)移动机器人在有限二维空间中运动;
- (2)把机器人可看作为半径为 r 的圆,如果机器人中心距障碍物的距离小于或等于 r ,认为机器人和障碍物发生了接触;
- (3)工作空间中的障碍物可用多边形来描述。

设机器人在时刻在工作空间中的位置为 (x_i, y_i) ,正方向上的朝向角为 θ_i ,左右轮上的驱动力分别为 $force_l, force_r$ 。

那么机器人当前的速度为:

$$speed = force_l + force_r$$

且机器人 t_{i+1} 时刻的朝向角为:

$$\theta_{i+1} = \theta_i + (force_r - force_l)$$

此时机器人在工作空间中的坐标为:

$$(x_{i+1}, y_{i+1}) = (x_i + speed \times \cos \theta_{i+1}, y_i + speed \times \sin \theta_{i+1})$$

这样,机器人就可以在工作空间中有向且连续的运动,而不会出现倒退和急转的现象。

2.4 遗传算法

本实验采用多个机器人同时搜索路径,以每个机器人的神经网络的权值构成一个染色体,把神经网络的每一层的权值依次连接构成一条染色体,编码方式如图2所示。

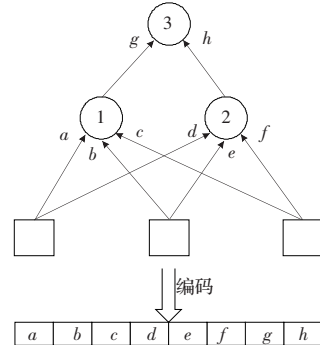


图2 染色体编码方式

每个个体的适应度值的评价分为三个方面:一个是机器人每一次到达终点前发生碰撞的次数 n ;另一个是机器人到达目标点所消耗的时间 t ;还有一个是每一代的搜索时间用完时每个机器人距离目标点的距离 d ,如果机器人到达了目标点,那么距离就为零,如果没有到达,就依照其与目标点之间的距离对其惩罚。

适应度函数表示为:

$$fit = k \times (T - t) + l \times (D - d) - e^n$$

其中 T 为每一代的运行时间, D 为起点与目标点之间的距离, k, l 分别为两个比例系数。

(1)选择操作

每个个体按照适应度值的大小决定其是否被选择到下一代,采用赌轮选择法。同时考虑到最优个体在进化中可能受到破坏,对于新的种群中适应度最小的个体用上一代种群中最大的个体代替,使得群体中的优良个体数目增加,进化过程向着更优的方法发展。

(2)交叉操作

将选择操作产生的新个体两两进行两点式交叉,对匹配的个体按杂交概率进行交叉繁殖,产生一对新的个体。在实际的操作中,把一个神经细胞作为完整的单元来看待,选择两个神经细胞之间的点进行切断,从而避免了神经细胞在此前获得的任何改良被干扰。

(3)变异操作

采用非均匀变异,每次变异对每一个条染色体随机选择一个基因位按变异率进行突变,越到进化结束,变异幅度越小。

2.5 算法流程

整个路径规划的算法流程如下:

- (1)多个机器人从起始点出发,最开始的神经网络权值在 $[-1, 1]$ 内随机生成;
- (2)依靠神经网络的判断进行路径搜索,如果某个机器人达到目标点,停止,并记录下这个机器人到达目标点所消耗的时间;
- (3)当达到预先设定每一代运行帧数的时候,对每一个个体的适应度值进行评价;

(4)对整个种群进行进化操作,用生成新一代的新个体取代老个体;

(5)重复(1)~(4)步直到运行代数达到预设值;

(6)记录最优个体机器人搜索到的路径。

3 实验仿真

为验证算法的正确性和有效性,在 Visual C++ 6.0 环境下对算法进行了仿真实验。取交叉概率为 0.6,变异概率为 0.02,最大子代数为 200,每代运行帧数为 1000 帧,每隔 5 帧记录机器人的位置,比例系数 k 、 l 分别设为 3 和 2。分别在静态和动态环境下进行实验。

3.1 静态环境

先让机器人在静态环境下搜索路径,在 30 代左右的时候,机器人已经搜索到了如图 3 的路径,并且随着进化的继续进行,机器人会沿着该路径越走越快。

在图中间的空旷区域加入两个方形障碍物,机器人仍然能很好的避开障碍物到达目标点,如图 4 所示。

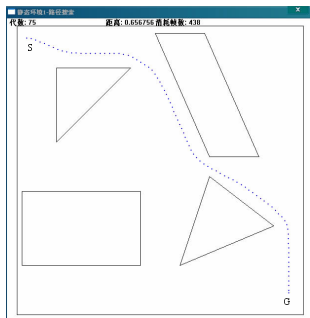


图3 机器人在静态环境下搜索到的路径

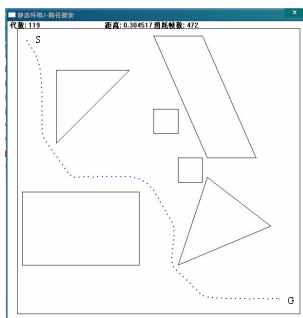


图4 机器人在增加了障碍物的环境下搜索到的路径

3.2 动态环境

使图 4 中两个方形障碍物分别沿水平和垂直方向往返匀速运动,经过 200 代左右的进化,机器人就已经能很好的避开动态障碍物并安全的到达目标点,图 5 为最优个体在动态环境中搜索路径的过程。

3.3 仿真结果讨论

(1)在没有障碍物的空旷区域,机器人朝向目标点的方向行走以尽快缩短与目标点之间的距离;

(2)触觉器接触到障碍物以后,机器人会进行有效的转向绕开障碍物并在确保安全的前提下接近目标点;

(3)由于机器人的运动是有向并且连续的,不会产生倒退和突然转向的情况,所以生成的路径是非常光滑的;

(4)由于机器人的速度是变化的,机器人可以在空旷区域提高速度而在接近障碍物时降低速度以确保安全,这比某些算法假定机器人匀速运动且转向不产生减速更具灵活性;

(5)静态环境中,机器人搜索出最佳路径之后,在之后的进化中会沿着该路径越走越快;

(6)动态环境中,只要动态障碍物的速度小于机器人最高速度的 $1/6$,机器人都能实现较好的动态避障。

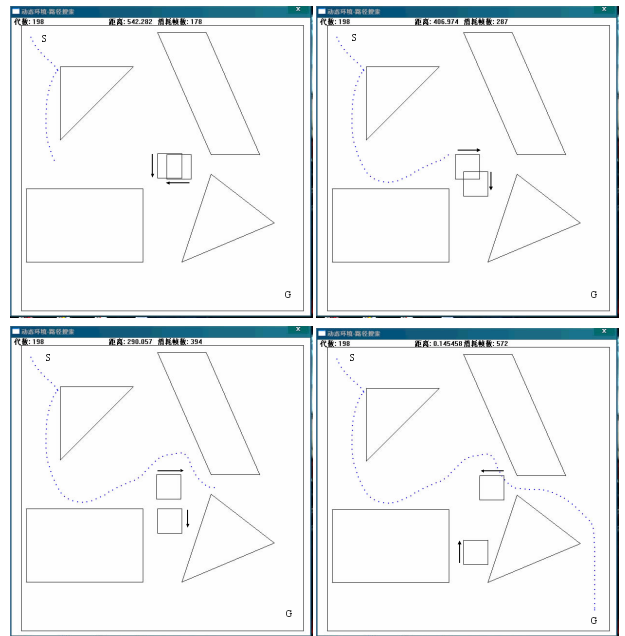


图5 机器人在动态环境中的路径搜索

4 结束语

提出了一种基于遗传算法优化神经网络权值的动态未知环境下的移动机器人路径规划的方法。机器人的“大脑”由神经网络组成,在路径搜索过程中,机器人仅凭借着触觉器对周围一定范围内环境的感知,以及获取当前位置相对于目标点的距离和方位的信息,然后由机器人通过神经网络判断下一步的走向。由于机器人仅接受局部的环境信息,所以对动态和静态环境均有很好的适应性。经过训练以后,机器人能很好的适应动态和静态环境。

参考文献:

- [1] Hwang Y K,Ahuja N.A potential field approach to path planning[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation,1992,8(1):23-32.
- [2] Sadati N,Taheri J.Genetic algorithm in robot path planning problem in crisp and fuzzified environments[C]//IEEE International Conference on Industrial Technology,2002(1):11-14.
- [3] Yang S X,Luo C.A neural network approach to complete coverage path planning[J].IEEE Transactions on Systems,Man and Cybernetics,2004,1(34):718-724.
- [4] Del H A R,Medrano M N,Martin D B B.A simple approach to robot navigation based on cooperative neural networks [C]//IEEE 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society, 2002,3:2421-2426.
- [5] 朱庆保.全局未知环境下多机器人运动蚂蚁导航算法[J].软件学报,2006,17(9):1890-1898.
- [6] 樊长虹,陈卫东,席裕庚.未知环境下移动机器人安全路径规划的一种神经网络方法[J].自动化学报,2004,30(6):816-823.