

改进的生物激励神经网络的机器人路径规划

范莉丽,王奇志

(北京交通大学 计算机与信息技术学院,北京 100044)

摘要:介绍了基于生物激励神经网络的移动机器人路径规划。机器人的路径生成过程是由神经网络组成动态变化的神经元活性值状态路线图实现的。通过神经元活性值的传播,机器人被吸引到目标点,而同时障碍物使自己处在活性值最低点,起到推开机器人避碰的目的。仿真研究表明该方法生成的由起始点到目标点的路径是连续的、平滑的、避障的,不会陷入U形障碍物,与障碍物形状和所处位置无关,能对快速变化的环境做出迅速反应。但在当前位置邻近位置中具有最大活性值的位置不惟一的情况下,产生路径可能不理想,即到达目标点的避障路径是较长的,而不是最短或者是接近最短的。文中对该不足进行了分析,并提出了改进方法,使生成路径是最短的或是接近最短。对改进方法进行了仿真,实验结果证明该方法是有效的和可行的。

关键词:移动机器人;路径规划;神经网络;神经元活性值;障碍回避

中图分类号: TP24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2006)04-0019-03

Robot Path Planning of Modified Biologically Inspired Neural Networks

FAN Li-li, WANG Qi-zhi

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

Abstract: The biologically inspired neural networks based path planning approaches of mobile robot were introduced. The generated path of mobile robot is realized by the dynamics neural activity landscape consisting of networks. Robot was attracted to the target through the neural activity propagation, while the obstacles put away the robot to avoid collision by making themselves stay at the valley of the activity landscape. Simulation demonstrated that the generated path was continuous, smooth, and obstacle avoidance, not trapped in concave U-shaped obstacle, has nothing to do with the shape and location of the obstacles, can respond quickly to the fast changing environment. But the generated path may not be ideal, in the sense that the obstacle avoided path is not the shortest or approximately shortest but relatively long in the situation that the number of the neighboring position possessing the max activity of current position is not sole. This disadvantage was analyzed in the paper, and a modified method was proposed to make the generated path is the shortest or approximately shortest. Simulate the modified method, the simulation results show that the method is valid and feasible.

Key words: mobile robot; path planning; neural networks; neural dynamics; obstacle avoidance

0 引言

自主路径规划是按照性能指标搜索一条从起始状态到目标状态的最优或是近似最优的无碰路径。根据移动机器人对环境信息知道的程度来划分,目前路径规划方法主要有两种类型:一种是在环境信息完全知道的情况下的全局路径规划,另一种是在环境信息完全未知或部分未知情况下的局部路径规划^[1]。

目前,全局路径规划中比较成功的方法有人工势场法等,但传统的人工势场法存在几大缺陷:存在陷阱区;在相近障碍物之间不能发现路径;在障碍物前震荡;在狭窄通

道中摆动;当目标点附近处有障碍物时机器人无法到达目标点^[2]。一些遗传算法在环境中存在大量复杂的不规则障碍物时,通常不能有效求解或搜索效率很低、速度较慢,而一些神经网络模型仅能处理在静态环境下没有障碍物的情况,一些神经网络模型能产生避障轨迹,如BP神经网络模型等,但需要学习,速度较慢,还有的神经网络模型像人工势场方法一样会陷入U型障碍物中^[3]。Glasius提出用Hopfield神经网络模型来解决在动态环境下产生实时的避障轨迹生成,不会陷入U形障碍物,但是反应速度较慢,不能适应快速变化的环境^[4]。

由Simon X. Yang提出的生物激励神经网络路径规划方法被用来在动态环境中生成实时的避障路径。与其它模型相比,它不需要任何对环境的先验知识,不受环境中障碍物的形状和所处位置影响,不会陷入U形障碍物中,而且不需要学习过程,不用故意去搜索自由空间和碰撞路径,在网络结构中各神经元之间只存在局部的侧连接,在

收稿日期:2005-08-08

基金项目:清华大学智能技术与系统国家重点实验室开放课题资助(0413)

作者简介:范莉丽(1978-),女,江西南昌人,硕士研究生,研究方向为移动机器人路径规划;王奇志,副教授,博士,研究方向为机器人智能控制、路径规划、多机器人协调等。

计算上是有效率的,反应速度较快,能对动态环境中的变化做出迅速反应,生成实时避障路径^[5]。

1 原方法模型和仿真分析

1.1 原方法模型

该方法的原理是:移动机器人的运动空间是由神经网络组成的拓扑状态空间,所有神经元的活性值初始化为 0,其中每一个神经元活性值变化由转移方程来表示^[5]:

$$\frac{dx_i}{dt} = -Ax_i + (B - x_i)([I_i]^+ + \sum_{j=1}^k w_{ij}[x_j]^+) - (D + x_i)[I_i]^-$$

其中变量 x_i 为第 i 个神经元的活性值, A 为正常数,代表衰减率, B 为神经元活性值的上界, $-D$ 为神经元活性值的下界, E 是一个远远大于 B 的很大的正常数, I_i 为第 i 个神经元的外部输入,如果 i 处为目标点,则 $I_i = E$,如果 i 处为障碍物,则 $I_i = -E$,否则 I_i 为 0, $[I_i]^+ + \sum_{j=1}^k w_{ij}[x_j]^+$ 和 $[I_i]^-$ 分别表示兴奋输入和抑制输入, $[a]^+ = \max\{a, 0\}$, $[a]^- = \max\{-a, 0\}$, k 代表邻近神经元的个数, $w_{ij} = f(d_{ij})$, $f(a) = u/a$, u 是一个正常数。

机器人的具体路径生成过程如下:从起始点出发,判断当前位置邻近神经元的活性值,如果都不大于当前神经元的活性值,则机器人在原处不动,否则下一个位置为邻近神经元中具有最大活性值的神经元所处的位置。机器人由新的位置到达下一位置后,下一位置成为新的当前位置,再由同样方法到达下一位置,直到到达目标点。在路径生成过程中,由于神经元间只存在局部的兴奋侧连接,目标点通过神经元活性值的传播,在整个状态空间中全局地吸引机器人,而由于没有抑制侧连接,障碍物只是局部地将机器人推开以避免碰撞。从路径生成过程可知,没有学习过程,也并不需要故意去搜索障碍物和自由空间,且由于只存在局部的侧连接,就计算而言是有效率的,能实时地生成避障路径,对动态环境做出迅速反应。

1.2 仿真分析

为了验证该方法的有效性并对其作出分析,图 1~3 给出了原生物激励神经网络的路径规划典型的仿真结果。仿真环境是在 Java 下开发的,其中参数 $A = 10$, $B = D = 1$, $E = 100$, $u = 1$ 。如图 1 所示,神经元活性值状态路线图是由 30×30 的单元方格组成的,每个单元格代表一个神经元,其中灰色小球代表机器人,黑色小球代表障碍物,白色小球代表目标点。仿真结果表明该算法生成的由起始点到目标点的路径是连续的、平滑的、避障的,能有效地解决如图 1 所示 U 形障碍物和如图 2 所示迷宫型问题,如图 3 所示能处理复杂环境中大量不规则障碍物的情况。

但是在机器人当前邻近位置中具有最大活性值的位置可能不惟一,原生物激励神经网络的路径规划方法并没有对这种情况下如何决策下一步位置给出具体的解决方案。假设在当前邻近位置中具有最大活性值不惟一时,在

具有最大活性值的神经元中取最左上角的神经元的位置为下一步机器人的位置,并对此种情况进行了仿真。仿真结果如图 3 所示:机器人虽然避障地到达了目标点,但是所走路径较长,明显不符合最短路径或接近最短。

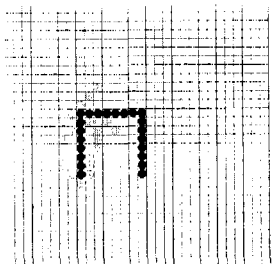


图 1 U 形障碍物问题

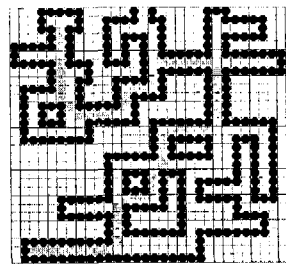


图 2 迷宫型问题

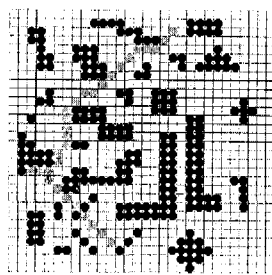


图 3 不理想的路径生成

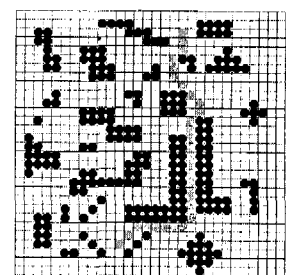


图 4 改进后的路径生成

经过对实验数据的分析表明:当机器人离目标点比较远时,由于活性值是由目标点随着时间的推移向周围整个状态空间逐步传播的,在开始阶段,由于各神经元初始活性值为 0,机器人邻近位置还未受到来自目标点活性值传播的影响,仍保持 0 状态。故一直往左上角走,而不是朝着目标点较近的方向走,偏离了目标点。但是随着时间的推移,目标点的活性值最终将波及到整个状态空间。由于目标点始终处于活性值最高峰,而且离目标点愈近的神经元具有的活性值愈大,另一方面障碍物始终处在活性值最低谷,所以机器人最终还是能够避障地逐步受吸引到达目标点。但生成的避障路径可能不理想,是较长的,而不是最短或者是接近最短的。

原算法是基于对环境情况完全未知情况下的,机器人在整个路径生成过程中并不知道目标点的位置,而是随着时间的推移、活性值的波及,逐渐被吸引到目标点,由于没有目标制导作用,使生成的路径可能不是最优或次优的。这就违背了路径规划通常要遵循的原则:在保证避障的情况下,还要使机器人的能耗最低,生成路径最短或接近最短。

2 改进方法和仿真分析

2.1 改进方法

针对原基于生物激励神经网络的移动机器人路径规划的上述缺陷,引入目标制导来解决。具体解决方法如下:在机器人当前邻近位置中具有最大活性值的位置不惟一时,下一步位置取在当前邻近位置具有最大活性值位置中离目标点最近的位置。

2.2 仿真分析

为了验证改进后方法的有效性和可行性,对改进后的方法进行了仿真实验,图4所示为改进后的仿真结果。结果显示运用改进后方法生成的路径仍可避障到达目标点,但生成路径大大缩短,是最短或是接近最短的。进一步根据改进后的算法对动态不确定环境下机器人的路径生成过程进行仿真。机器人、目标点和障碍物的初始位置如图5(a)所示,长方形区域为静态障碍物,然后目标点以60个单元格/分钟的速度向左运动,动态障碍物以60个单元格/分钟的速度向左下方运动。如图5(b)所示,机器人以60个单元格/每分钟的速度开始向右上方运动,在即将碰上迎面而来的障碍物时,机器人迅速地转向正上方避开了运动的障碍物。而后机器人如图5(c)所示转向运动目标点,最终机器人如图5(d)所示到达目标点。仿真结果表明该方法能对迅速变化的环境做出快速的反应,生成连续、平滑的避障路径。

由于只是在当前邻近位置中具有最大活性值的位置不惟一时,才需计算邻近位置具有最大活性值位置与目标点的距离,而不是每步都要计算,计算量虽有所增加,但复杂度仍是较低的,与其它目标制导方法相比,更加灵活,具有原神经网络模型的优点,通过引入目标制导,使生成避障路径大大缩短,所以改进方法是有效、可行的。

3 结论

文中对原有基于生物激励神经网络方法进行了仿真验证的同时也发现了该方法的不足:在当前邻近位置具有最大活性值的位置不惟一时,产生路径可能不理想,到达目标点的避障路径是较长的,而不是最短或接近最短。文中对该不足进行了分析,并对改进方法进行了仿真,仿真结果说明了该方法生成避障路径最短或是接近最短,是有效的、可行的。

(上接第18页)

对比图2(c)、(d)可见,仅仅错误一个比特的错误密钥就不能解密图像,表明序列对密钥参数敏感,因此,所产生的序列对图像加密具有较强的安全性。

4 结论

文中提出了一种24比特的线性同余伪随机序列发生器,并应用于图像加密。通过自相关特性的二值性说明了其独立性好,通过假设检验证明了分布均匀性。将其应用于图像加密解密,表明对初始密钥敏感,有利于增强图像加密的安全性。该序列密码可以用于最大像素为 2896×2896 的图像加解密。

参考文献:

[1] 陈 帅,钟先信,李晓毅,等.基于队列结构的嵌入式系统

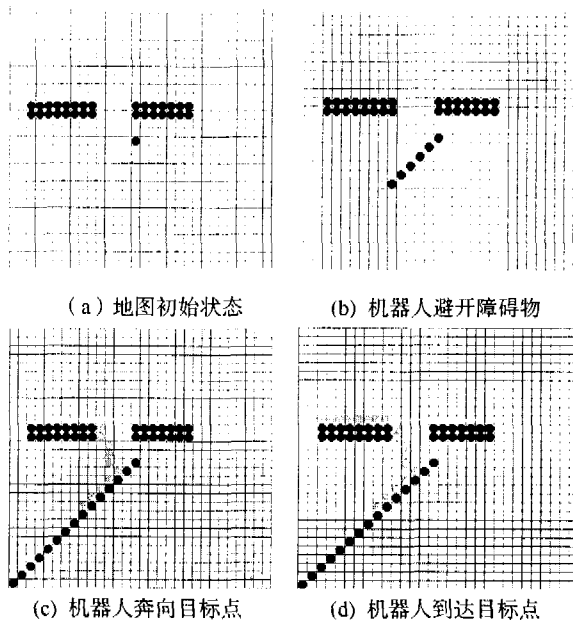


图5 避开动态障碍物追踪动态目标点的路径生成

参考文献:

- [1] 陈宗海,陈 锋.一种不确定环境下移动机器人的避障规划算法[J]. 机器人,2002,24(4):358-361.
- [2] 童 亮,陆际联.仿真机器人足球学习方法研究综述[J]. 计算机仿真,2004,21(6):1-5.
- [3] 郭 琦,洪炳熔.基于人工神经网络实现智能机器人的避障轨迹控制[J]. 机器人,2002,24(6):508-512.
- [4] 马向玲,田宝国. Hopfield 网络应用实例分析[J]. 计算机仿真,2003,20(8):64-66.
- [5] Meng M, Yang X. A neural network approach to real-time trajectory generation[A]. in IEEE Proc Int Conf Robot Automat[C]. Leuven, Belgium: [s. n.], 1998. 1725-1730.
- [6] 多进程应用[J]. 微机发展,2004,14(11):49-51.
- [7] 陈 帅,钟先信,李晓毅,等. Linux 嵌入式网络仪器的远程图像通信系统实现[J]. 自动化与仪器仪表,2005(1):59-62.
- [8] Qi Dongxu, Zou Jiancheng, Han Xiaoyu. A new class of scrambling transformation and its application in the image information covering[J]. Chinese in Science (Series E), 2000, 43(3): 304-312.
- [9] 鲍官军,计时鸣,张 利,等.一种基于位运算的图像加密算法[J]. 浙江工业大学学报,2003,31(3):315-318.
- [10] 杨 波. 网络安全理论与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [11] 孙淑玲. 应用密码学[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [12] 陆 璇. 数理统计基础[M]. 北京:清华大学出版社,1998.