

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学 号: 31520081153344

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 OpenCog 的移动机器人路径规划研究

Research on Path Planning for Mobile Robot Based on  
OpenCog

杨 晔

指导教师姓名: 周昌乐 教授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2011 年 5 月

论文答辩日期: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 5 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

随着机器人技术的快速发展，移动机器人在军事、工业、农业和科学研究等许多方面都得到了广泛的应用，在抢险救灾、科学探测等方面都具备着人类所无法比拟的巨大优势。路径规划问题一直是移动机器人领域的重要研究方向，也是机器人实现自主导航的关键，集中体现了机器人的感知能力和智能水平。虽然我国在移动机器人的研究上有所成就，相比一些发达国家的研究和应用都还有很大的差距。因此，进行移动机器人的路径规划研究具有一定理论意义和工程应用意义。本文针对移动机器人路径规划问题展开研究，并通过 3D 仿真实验验证证明了所提出理论及方法的有效性。论文的主要研究工作如下：

本文在已有的研究基础上，首先介绍了基于栅格地图表示的 A\*搜索算法和快速随机搜索树算法的基本原理，对两类路径搜索算法做了系统的分析，详细探讨了两类搜索算法的实现和各自的优缺点，并对两类算法进行实验和对比。然后，根据实验的对比结果，利用 OpenCog 智能软件平台为基础，将 OpenCog 系统中的 A\*搜索算法替换为连接型快速随机搜索树算法，节省了规划时间，从而保证了路径规划的实时性。我们还将 OpenCog 中的自然语言处理、逻辑推理等人工智能领域方法与路径规划相结合，提升了路径规划的智能水平。在此基础上开发出了一套机器人导航系统，并且在 NAO 机器人的 Webots 3D 仿真平台下进行路径规划实验，从而实现了对路径规划算法的理论研究和工程应用。

总之，本文的研究工作主要是，分析和对比了两类路径规划算法，并基于 OpenCog 智能软件平台开发出一套机器人导航系统，并在 3D 仿真环境下进行实验，对于推动有关移动机器人路径规划算法及其实现技术的进步，做出了贡献。对于加快我们机器人自主导航技术更新发展，研究工作有着一定学术价值和实际应用价值。

**关键词：**路径规划；移动机器人；搜索算法

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## Abstract

With the rapid development of robotics, mobile robots have now been widely used in the area of military, industry, agricultural, science and so on. Compared with human beings, the mobile robots have many more impressive advantages in the field of disaster relief and scientific exploration. During various kinds of technologies of robotics, path planning is the key issue for the mobile robots. It is not only the key point to achieve the goal of autonomous navigation, but also the important way to show the perception ability and the intelligence of the robots. However, in China, some research on mobile robots has achieved a lot. There is still a big gap compared with the developed countries' relevant researches and applications. Therefore, the research on the path planning of mobile robot has a certain theoretical and engineering significance. This thesis focuses on the current problems of the path planning for the mobile robots, which many other related researches still don't solve. Besides that, we prove the effectiveness of the theories and approaches we proposed in the thesis, via the 3D simulation experiments. The mainly comment and achievements of the thesis are as follows:

This thesis introduced the basic mechanism of grid-map based A\* searching algorithm and Rapidly-exploring Random Tree, made a compare of these two searching algorithms, analyzed the advantages and disadvantages of each algorithm, resulting from comparison of experiments. OpenCog system is used as an experiment environment, based on the previous experiment results, the default A\* searching algorithm in OpenCog is replaced with Rapidly-exploring Random Tree algorithm thus to save planning time, and ensure the path planning to be done real time. The NLP, reasoning functions are combined with the path planning procedure, to enhance the intellect of this path planning system, based on which robot navigation system is developed, which has been tested on "NAO" humanoid robot as well as "Webots 3D" simulating systems, thus to achieve the theoretical and application research of path

planning algorithms.

In conclusion, this thesis mainly analyzed and compared two kinds of path planning algorithm, developed a robot navigation system base on OpenCog software platform, and made an experiment on 3D simulated environment. It makes a contribution to the development of the path planning algorithms and their implementation. This research on the path planning of mobile robot has a certain theoretical and engineering significance on autonomous navigation technology.

**Key Words:** Path planning; Mobile robots; Search algorithm

厦门大学博硕士学位论文摘要



## 目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 引言 .....	1
1.2 移动机器人的国内外发展现状 .....	2
1.3 移动机器人的路径规划 .....	2
1.3.1 人工势场法 .....	3
1.3.2 神经网络法 .....	4
1.3.3 模糊逻辑法 .....	5
1.3.4 遗传算法 .....	6
1.3.5 蚁群算法 .....	7
1.4 本论文创新点 .....	8
1.5 论文篇章结构 .....	9
<b>第二章 机器人平台以及智能软件平台介绍.....</b>	<b>11</b>
2.1 引言 .....	11
2.2 NAO 机器人介绍 .....	11
2.2.1 硬件平台 .....	12
2.2.2 软件平台 .....	12
2.3 OpenCog 软件平台 .....	16
2.3.1 OpenCog 系统设计四个关键方面的设计 .....	16
2.3.2 OpenCog 中的基本概念 .....	17
2.3.3 OpenCog 的主要组成部分 .....	18
2.3.4 使用 OpenCog 软件平台的意义 .....	21
2.4 ROS 软件平台 .....	21
2.4.1 ROS 中基本概念介绍 .....	22
2.4.2 使用 ROS 的意义 .....	23
2.5 小结 .....	23
<b>第三章 两类基于栅格地图的路径规划算法.....</b>	<b>25</b>

3.1 引言 .....	25
3.2 栅格法 .....	25
3.3 基于 A*算法的路径规划 .....	27
3.3.1 A*启发式搜索算法 .....	27
3.3.2 A*算法估价函数的选择 .....	28
3.3.3 A*算法的优点与不足 .....	29
3.4 基于快速随机搜索树算法的路径规划 .....	30
3.4.1 标准的快速随机搜索树 (RRT) .....	30
3.4.2 连接型快速随机搜索树(RRT-Connect) .....	32
3.5 算法实验结果的对比与分析 .....	33
3.6 小结 .....	35
<b>第四章 基于 OpenCog 平台的 NAO 机器人路径规划实验 .....</b>	<b>37</b>
4.1 引言 .....	37
4.2 仿真平台 .....	37
4.3 实验设计 .....	40
4.4 实验仿真结果 .....	44
4.5 小结 .....	45
<b>第五章 总结与展望 .....</b>	<b>47</b>
5.1 全文总结 .....	47
5.2 今后的工作 .....	47
<b>参 考 文 献 .....</b>	<b>49</b>
<b>攻读硕士期间发表的论文 .....</b>	<b>53</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>55</b>

## Contents

<b>Abstract in Chinese .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English.....</b>	<b>III</b>
<b>Chapter 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Preface .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Development of mobile robot.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Path planning of mobile robot.....</b>	<b>2</b>
1.3.1 Artificial potential field.....	3
1.3.2 Neural network.....	4
1.3.3 Fuzzy logic .....	5
1.3.4 Genetic algorithm.....	6
1.3.5 Ant colony algrithm .....	7
<b>1.4 Innovation of this thesis .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Framework of this thesis.....</b>	<b>9</b>
<b>Chapter 2 Introduction of robot platform and AI software platform.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Preface .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Introduction of NAO robot.....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Hardware platform .....	12
2.2.2 Software platform .....	12
<b>2.3 OpenCog software platform .....</b>	<b>16</b>
2.3.1 Four key designs of OpenCog architecture.....	16
2.3.2 Basic concept in OpenCog.....	17
2.3.3 Main parts of OpenCog.....	18
2.3.4 Significance of OpenCog.....	21
<b>2.4 ROS software platform .....</b>	<b>21</b>
2.4.1 Basic concepts in ROS .....	22
2.4.2 Significance of ROS.....	23
<b>2.5 Summary .....</b>	<b>23</b>
<b>Chapter 3 Two path planning algorithm base on grids map.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Preface .....</b>	<b>25</b>

<b>3.2 Grids .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Path planning base on A* algorithm.....</b>	<b>27</b>
3.3.1 A* heuristically search algorithm .....	27
3.3.2 Selection of evaluation function in A* algorithm .....	28
3.3.3 Advantages and disadvantages of A* algorithm .....	29
<b>3.4 Path planning base on Rapidly-exploring Random Trees algorithm .....</b>	<b>30</b>
3.4.1 Rapidly-exploring Random Trees (RRT) .....	30
3.4.2 RRT-Connect.....	32
<b>3.5 The analysis and comparison of algorithm experimental results.....</b>	<b>33</b>
<b>3.6 Summary .....</b>	<b>35</b>
<b>Chapter 4 Path planning experiment of NAO robot base on OpenCog.....</b>	<b>37</b>
4.1 Preface .....	37
4.2 Simulation platform .....	37
4.3 Experimental design .....	40
4.4 Simulation results .....	44
4.5 Summary .....	45
<b>第五章 Chapter 5 Conclusion and Future Work .....</b>	<b>47</b>
5.1 Conclusion .....	47
5.2 Future Work.....	47
<b>Reference.....</b>	<b>49</b>
<b>Publications.....</b>	<b>53</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>55</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 引言

随着计算机和自动化的不断发展,以及原子能的开发利用,从20世纪中期人们便开始了现代机器人的研究。根据其发展进程,机器人可分为以下三代:第一代是工业机器人。这些工业机器人的控制方式与数控机床很相似,但外形特征迥异,类似人的手和臂。这类机器人只能根据事先编好的程序来工作,无法处理外界的信息,很难适应变化的环境。第二代是带有"感觉"的机器人。随着传感器的问世及传感技术的逐步发展,人们开始试着在机器人上安装各种各样的传感器,使得机器人的可操作性得到很大的提升。这类机器人对外界环境有一定的感知能力,具有了触觉、视觉、听觉等众多功能,能够根据感觉器官,即传感器获得的信息,灵活调整自己的工作状态,保证在适应环境的情况下完成工作。第三代是智能机器人。智能机器人不仅具有多种技能,能够感知外面的世界,而且它还能够不断自我学习,用自己的思维来决策该做什么和如何去做,甚至在自身发生故障时还可以自我诊断并修复[1]。

机器人的应用越来越广泛,几乎渗透到所有领域。移动机器人是机器人学中的一个重要分支。具有移动功能的机器人就是移动机器人。移动机器人的基本原理是:作为移动机器人心脏的中央处理器利用多传感器信息融合技术,把由多个传感器获取的机器人自身及其所处环境的各种信息综合起来,对这些信息进行融合处理,使机器人能够理解自己的状态和自己所处的环境,并实时作出运动控制的决策,从而实现躲避障碍物、寻找最优路径、进行自主移动和轨迹跟踪等基本功能[2]。

移动机器人是一种能够在复杂的环境下工作的,具有自规划、自组织、自适应能力的机器人,它集机械、电子、计算机、传感器技术、控制技术等多种学科的多项技术于一体,是人类智慧发展和机器进化飞跃的里程碑。由于它能够获取、处理和识别多种信息,自主地完成较为复杂的操作任务,因此具有很大的灵活性、机动性和广泛的应用领域,常常用于代替人完成人所不适或力所不及的各种工作。例如外星球表面的无人探测,交通上的安全辅助驾驶,帮助残疾人行走的智能轮椅,农业上植物喷药、除虫等作业,深海下的海底勘测探工作,矿井中的煤

炭挖掘、石油、天然气勘探等等。

## 1.2 移动机器人的国内外发展现状

早在 60 年代末, 美国就已经开始了移动机器人的研究。斯坦福研究院(SRI)的 Nils Nilsson 和 Charles Rosen 等人, 于 1966 年至 1972 年间研制了名为 Shakey[3]的自主移动机器人, 研究了机器人系统在复杂环境下的自主推理、规划和控制。与此同时, 以 General Electric Quadraped [4] 为代表的操作式步行机器人也研制成功, 继而开始了机器人步行方面的研究。到了 70 年代末, 计算机的应用和传感技术的发展将移动机器人的研究推向了新的高潮。从 80 年代开始, 美国国防高级研究计划局(DARPA)专门立项, 制定了地面无人作战平台的战略计划。从此, 在全世界掀起了全面研究室外移动机器人的序幕, 如 DARPA 的"战略计算机"计划中的自主地面车辆(ALV)计划(1983—1990), 能源部制定的为期 10 年的机器人和智能系统计划 RIPS(1986—1995), 以及后来的空间机器人计划; 其他的还有日本通产省组织的极限环境下作业的机器人计划以及欧洲尤里卡中的机器人计划等[5]。日本不仅加紧研制移动机器人, 更把发展重点放在移动机器人的应用上, 以替代人在各种环境下为人类服务(如在医院、家庭、恶劣的环境和核反应堆、核废料清理和排雷等危险环境下工作)[6]。

我国的移动机器人研究由于起步比较晚, 因此大多数的研究工作还处于模仿和追赶国外的阶段。目前我国比较有代表性的研究工作主要有以下几个: 清华大学的智能移动机器人 THMR-V 智能车研究[7]; 浙江大学控制系的十五 211 国家重点学科建设项目及浙江大学机器人重点实验室的竞赛机器人研究[8]; 香港城市大学智能设计、自动化及制造研究中心的自主导航车、服务机器人以及中国科学院自动化所自行设计和制造的全方位移动式机器人视觉导航系统等。

## 1.3 移动机器人的路径规划

移动机器人路径规划是实现移动机器人智能的一个关键技术, 也是移动机器人实际应用中的一项重要技术。例如, 在执行装配、焊接及抢险救灾等任务时, 采用良好的机器人路径规划技术能够节省大量机器人作业时间, 减少机器人的磨

损,同时也可以节约人力资源,减少资金投入,为移动机器人在多种行业中的应用奠定良好的基础[9]。

为了实现让移动机器人在一个存在固定或者移动障碍物的环境中正确和快速地找到从起始点移动到目标点而不会碰上障碍物的最优路径,科学家们花了无数心血研究出了多种路径规划方法,按照其规划方式可分为全局路径规划法和局部路径规划法。全局路径规划指的是机器人工作环境等信息已知的情况下进行路径规划,又称静态或离线路径规划;局部路径规划指的是作业环境信息全部未知或部分未知,即障碍物形状、尺寸和位置等信息必须通过机器人自身传感器在线获取,也称为动态或在线路径规划[10]。以下介绍的就是几种常用的路径规划方法。

### 1.3.1 人工势场法

人工势场法是用一种虚拟力来控制机器人运动的方法。这种方法首先由Khatib[11]提出,他提出将机器人所在的环境视为一种由斥力及引力构成的虚拟的人工受力场,即在移动机器人的工作环境中构造一个人工势场,在势场中包括斥力极和引力极,将不希望机器人进入的区域或者障碍物定义为斥力极(如图1.1-a所示),目标及建议机器人进入的区域定义为引力极(如图1.1-b所示)[12],引力和斥力的合力作为机器人的加速力,来控制机器人的运动方向和计算机器人的位置,进而朝目标前进。

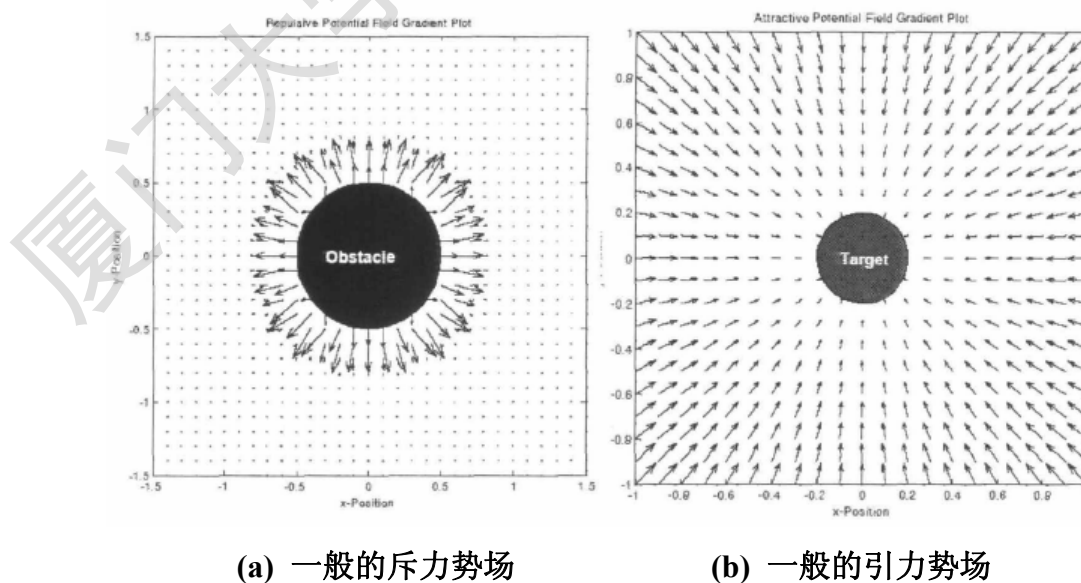


图 1.1 人工势场法的两种势场

人工势场法的原理简单, 便于实现移动机器人系统低层的实时控制, 而且可以使移动机器人的运动变得比较平滑、自然和安全。但是由于这种方法没有考虑到机器人运动路径的优化问题, 所以只适用于简单的环境中。若在复杂的多障碍物环境中采用人工势场法, 则有可能产生一些局部极值点, 在这些点上人工势场的合力为零, 以致机器人停在某处, 而到达不了目标点。而且当两个障碍物离得很近时, 也可能出现机器人无法从狭窄通道穿越的问题。此外, 如果机器人、障碍物和目标点在同一条直线上, 机器人受到势场中合力的控制只能在直线上反复运动, 却不能到达目标点。如果障碍物位于目标点附近, 也可能出现排斥力大于吸引力, 导致移动机器人永远达不到目的地。

### 1.3.2 神经网络法

人工神经网络[13]的研究可以追溯到上个世纪 40 年代。随着近年来对生物神经系统的深入研究, 人工神经网络已经取得了长足的发展。神经网络法是根据人类的认识过程开发出来的一种算法, 也是一种常用的学习方法。神经网络模型用于模拟人脑神经元活动的过程, 其中包括对信息的加工、处理, 存储和搜索等过程。目前, 人们已经将神经网络的工作原理引入到智能移动机器人的路径规划研究中, 并取得了显著的成果。

神经细胞即神经元, 是神经系统的基本单元, 它们按不同的结合方式构成了复杂的神经网络。通过神经元及其联接的可塑性, 使得大脑具有学习、记忆和认知等各种智能。人们通过对生物神经系统进行研究, 探寻和研究其工作机制, 把神经细胞进行模型化, 从而构造出了神经元模型。事实上, 神经元是一种多输入、单输出的信息处理单元, 在同一时间内, 单个神经元可以从别的神经元那里接收多达上千个突触的输入, 而这些输入到达神经元的分布不同, 对该神经元产生的影响的权重也不同。所以, 单个神经元对于空间上来自四面八方的输入信息具有进行加工处理、进行空间总和的功能。虽然单个神经元的结构和功能都很简单, 但是当大量形式相同的神经元连接在一起, 组成神经网络时, 就构成了一个高度非线性的动力学系统[14]。它不仅具有一般非线性系统的共性之外, 还具有自己的特点, 如分布式存贮信息、并行处理信息、自组织性和自学习性等。神经网络的动态行为十分复杂, 用神经网络可以表达出实际物理世界中的各种现象。

用神经网络对机器人进行路径规划, 其目标是使整个运动路径的长度尽量



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库