|  |  |
| --- | --- |
| 收件编号 |  |
| 备案时间 | 20 年 月 日 |

****

**硕士研究生选题报告书**

题目：多移动机器人群体协同技术研究

姓 名 盛磊 学 号 1049721503649

学生类别 全日制学术型硕士

学科专业/类别/领域 电工理论与新技术

研究方向 汽车电子及信息化技术

选题来源 自选项目

校内导师 徐小强 校外导师 无

培养单位 武汉理工大学自动化学院

入学日期 2015.09 开题日期： 2017.06.26

**武汉理工大学研究生院制**

填写说明

1、填表前，请仔细阅读学校《武汉理工大学全日制研究生中期考核及开题实施办法》，在导师的指导下认真填写封面及导师意见以前的全部内容。

2、硕士研究生学生类别分为：全日制学术型硕士、全日制专业学位硕士、非全日制学术型硕士、非全日制专业学位硕士四类。请按招生录取时的类别准确填写。

3、选题来源请按照所列类别对应勾选，表内所列栏目均可另加附页。

4、校内导师栏请将主导师填在第一，其他副导师填在其后；无校外导师的填写“无”。

5、选题报告所列各栏内容要详细填写，要求文句通顺，表达明确、严谨，重点突出。选题报告所列各栏内容要详细填写，要求语句通顺，表达明确、严谨，重点突出。

6、本表一式一份，采取双面打印，纸张限用A4（页边距为上、下：2.5cm,左为2.6cm,右为2.1cm；字体为宋体小四，行间距为18磅），所列栏目需保持原格式不变，装订整齐。

7、考评结束，由答辩秘书汇总、登记选题报告成绩，经评委审核签字后，将本表集中移交学院研工办归档。选题报告答辩通过的研究生，应在答辩后1周内按答辩小组意见完成修改，将修订后的《选题报告书》1-4部分重新打印纸质版，到学院研工办进行替换，并将《选题报告书》电子版以pdf格式，在1周内上传至研究生管理信息系统（文件名：学号+表格名称）。

硕士研究生选题报告书

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 选题题目 | 多移动机器人群体协同技术研究 | | | | | |
| 校内导师（组） | 徐小强(副教授) | | | | | |
| 校外导师 | 无 | | 职 称 |  | 工作单位 |  |
| 选题分类 | □ 基础研究 □ 应用研究 □ 综合研究 □ 其他 | | | | | |
| 选题来源 | □ 973、863项目 □国家社科规划、基金项目  □教育部人文、社会科学研究项目 □国家自然科学基金项目  □中央、国家各部门项目 □省（自治区、直辖市）项目  □国际合作研究项目 □国防项目  □与港、澳、台合作研究项目 □企、事业单位委托项目  □外资项目 □自选项目 □非立项 □其他 | | | | | |
| 选题依托科研项目名称 | |  | | | | |
| 1. 文献综述：   本课题的主要任务是设计出基于ROS操作系统的多移动机器人平台，研究多移动机器人间的群体协同控制算法，然后根据系统控制算法对设计的多移动机器人进行任务控制，让多机器人进行协同工作。  本设计采用四轮全向轮小车，通过树莓派控制板对小车进行有效运动控制。采用全局摄像头进过图像处理算法对多移动机器人进行室内定位，多移动小车间采用超声波传感器、红外开关传感器等多种传感器进行有效的局部避碰。小车间的协同任务经过中央控制器进行调控，分解给各个智能小车进行协同控制。  本课题的研究内容主要涉: 数据采集与传感技术、数字信号处理技术、计算机控制技术、多智能体系统工作技术、嵌入式系统等。研究多智能机器人间的群体协同技术对实现未来的车辆网、机器人应用具有重要意义。通过对本课题的了解，我通过Internet查阅了相关的论文和专著，查阅了国内外对于本课题讨论和研究信息，着重查阅了以下几个关键方面的文献：   1. 室内机器人定位的相关文献 2. 路径规划算法相关文献 3. 多智能机器人协同作业的相关文献 4. 基于ROS操作系统仿真的相关文献 5. **室内机器人定位**   智能机器人的定位问题是机器人学中有重要实现意义的关键问题[1]。在现研究阶段，大部分的定位方法是基于单个智能机器人提出的，然后扩展推广应用到多个智能机器人中。但是在多个智能机器人系统中，完成避碰、队形保持、协同工作等复杂任务时，多个智能机器人之间需要保持相应的队形，或者根据任务的变化或环境的变化，这就需要多智能机器人系统中的定位系统要有比较高的适应性和实时性。定位方法通常可分为相对定位和绝对定位。相对定位通过传感器获取机器人在实验环境中的移动距离，通过计算机器人在上一时刻的坐标得到当前坐标。绝对定位是采用CCD等外部传感器，通过事先获取环境信息进行定位[2]。  目前相对定位的方法有：惯性导航法和测成法等方法。惯性导航法其主要运用智能机器人通过传感器（如陀螺仪、里程计等）计算测量机器人相对于初始状态的变化量来确定移动机器人当前的位置和姿态。这种定位方法根据运动学理论来建立机器人的运动模型来事先机器人航迹的推算，这种方法随着时间的推移，难免会存在航迹累计误差，使得机器人定位的精度收到严重的影响，甚至会导致定位不准使机器人的导航避碰等任务的失败。累计误差一般由系统与非系统因素造成，为了提高移动机器人的定位精度，国内外学者进行了大量的研究[3]。测程法是基于编码器测量信息的机器人定位方法总称。在测程法定位中,由于机器人驱动轮直径不相等及轮距不确定等系统误差的影响,导致定位误差以常量累积机器人移动过程中由于外界环境的时刻变化例如轮子打滑和地面不平等因素,导致机器人产生方向误差,严重影响定位精度因此需要借助外界传感器补偿测程法误差以提高定位精度[4-6]。利用卡尔曼滤波是用于融合编码器和外界传感器最广泛使用的数据融合算法,利用卡尔曼滤波器融合编码器和外界传感器信息时需要根据机器人导航环境的变化实时地、自适应地估计测程法的噪声统计特性，然后对利用传感器进行有效的校准，使得利用测成法可以消除制定误差。  由于相对定位存在定位精度不准，会有累计误差等多种问题，人们又研究出了全局的定位方法绝对定位，绝对定位的主要方法有:   1. 主动或被动标识定位 2. 视觉定位 3. 卫星定位 4. 概率定位 5. 导航信标定位   主动或被动标识定位方法中常见的一种是人工标识定位方法，这种方法主要是通过人为的在移动机器人的工作环境中设置一些已知坐标位置的标识，如激光反射板、超声波发射器、RFID定位标签等，机器人通过对标识的探测来确定自身的具体位置。标识定位是一种常见绝对定位技术，广泛采用三视法和三视角法来进行计算出机器人的具体位置。目前基于人工标识的定位技术已经比较成熟。例如超声波定位系统，超声波定位系统一般由多个超声波接收器和一个超声波发射器组成，发射器安装在移动载体上。通过测量发射器跟接收器的距离计算得出移动载体当前坐标[7]。  视觉定位就是利用摄像头、视频采集卡等视觉传感器进行图像采集，通过对预先设计好色标的形状、颜色等信息进行识别，获得机器人小车的位置，视觉定位具有实时性好，定位精度高等特性，用于实验室内机器人小车定位。其中，足球机器人比赛中就用此方法对小车、足球和环境中的其他有效标识进行定位[1]。该文 了一种基于视觉的全局定位方法，通过一台用于视频采集的CCD摄像头和一台装有定位软件的PC机，对多个移动机器人进行定位处理。基于视觉定位的成本相对较低，无需太多的传感器，可扩展性强，可以根据软件仿真实验的需要自主设计点位算法和定位软件，有较强的应用场景。  卫星定位主要采用全球定位系统(GPS)进行定位,这种技术已经得到了广泛的运用。其中GPS技术是适用于室外移动机器人的一种全局定位，它能够提供全天候的连续定位服务。由于全球定位系统的定位精度有限，目前人们广泛采用的一种方法是利用差分GPS进行有效定位。伪差分GPS定位是差分GPS 定位技术中应用最为广泛的方法[2]。  导航信标定位中目前研究比较广泛的基于WIFI指纹的定位方法。基于 Wi Fi 的室内定位技术中主要采用的方法有三种：场景分析法（Scene Analysis）、几何法（Geometry）和近似法（Proximity）[3]。位置指纹识别法(Fingerprint)是对定位空间内的环境特征进行抽象和形式化描述，使用定位环境中各个 AP 接入点的 RSSI 序列描述定位环境中的位置信息，并汇集这些 RSSI 序列构成位置指纹数据库(Radio Map)。最后，使用用户实时测量的RSSI 值与位置指纹数据库中的位置指纹进行匹配，选取相似度最佳的位置作为估计位置。基于WIFI的指纹定位定位方法定位精度比较高，但是比较复杂。  综合以上对室内定位技术的文献查询，本多移动机器人系统中的定位采用摄像头视觉定位。根据视觉全局定位技术相对比较成熟，成本低，可扩展性强，应用比较广泛，鉴于本论文重点不是研究定位技术，最终选中基于摄像头进行对移动机器人进行全局定位。移动机器人定位后的另外一个关键问题是在运动过程中的对障碍物进行避碰，能够绕开障碍物到达目的地。   1. **路径规划算法**   路径规划是移动机器人导航技术中不可缺少的重要组成部分，它要求机器人根据给予的指令及环境信息自主地决定路径，避开障碍物，实现任务目标.路径规划是移动机器人完成任务的安全保障，同时也是移动机器人智能化程度的重要标志[4]。移动机器人路径规划方法，根据环境信息的已知程度，可以分为两种类型: 基于全局地图信息的路径规划，简称全局路径规划和基于局部地图信息的路径规划，简称局部路径规划[5-7]。  全局路径规划算法是基于已知的环境信息，为机器人从起始位置到目标位置，按一定的性能指标，寻找一条最优路径。全局路径规划算法有启发式搜索算法、以及各种智能算法。   1. 启发式搜索算法: 启发式搜索的最初代表是由Dijkstra算法发展来的A\*算法。A\*算法是目前最有影响的、针对状态空间的启发式图搜索算法。除了基于状态空间的问题求解以外，常用于机器人的路径规划。近年来，众多文献对A\*算法进行改进研究得到了很多其他的启发式搜索方法，例如文献[14]提出一种Focussed Dynamic A\* Lite (D\* Lite ) 算法。文献[15]提出一种two-way D\* (TWD\*)算法。文献[16]提出一种lazy A\* search算法。文献[17]提出一种Limited-Damage A\*算法。 2. 基于智能的路径规划算法 :如今研究学者将各种智能算法应用于移动机器人的路径规划算法中，取得了大量的成果。例如:文献[18]提出一种用于移动机器人全局路径规划的基于协作进化思想的粒子群优化算法，减少了路径搜索的耗时。文献[19]提出将遗传算法和模拟退火算法应用于移动机器人路径规划的研究中，利用遗传算法中的交叉和变异操作以及Metropolis准则来评价路径的适应函数，提高了路径规划效率。文献[20]提出一种基于粒子群优化的多机器人协同路径规划方法，将每一个机器人看做一个粒子，通过粒子间的信息传递来实现多机器人的气味搜索任务。 3. 蚁群算法:是一种可以用来在图中寻找优化路径的机率型算法，因此常用来解决移动机器人的全局路径规划问题。文献[21]提出一种基于参数模糊自适应窗口的蚁群优化算法并引入了城市节点活跃度的概念进行快速地路径规划。文献[22]提出应用最邻近搜索策略并采用两组蚂蚁相互协作来完成机器人的路径搜索。 4. 人工势场法:它是使用两个力场的叠加引导移动机器人完成路径规划任务[23]，其中环境中的障碍物产生排斥力场，阻止移动机器人靠近；目标点产生吸引力场，吸引力场包围着目标点, 吸引力场一般是一个球形, 在无障碍环境中驱使机器人至目标点。但是人工势场法存在局部极小点问题。文献[24]提出一种去除路径冗余节点并用极坐标下对称多项式优化出圆滑的最优路径的方法来解决人工势场法中的目标不可达问题。文献[25]提出一种基于栅格势场函数的水下机器人的运动环境模型，通过分别计算经过的栅格点的势能与路径本身长度的势能的总和，实现水下机器人的最优路径搜索。   结合多种路径规划算法的优缺点，人们采用全局路径规划与局部路径规划相结合的方式，来对移动机器人进行路径规划。   1. **多智能机器人协同作业**   单个移动机器人容易控制并执行任务，但是多个移动机器人系统去执行任务时比较复杂。多机器人系统不是物理意义上的单个机器人的简单代数相加，其作用效果也不是单个机器人作用的线性求和，它应该还包括一个“线性和”之外的基于个体之间相互作用的增量。这种个体之间的相互作用包含两个因素：“协调”与“合作”。 通过多移动机器人之间的这种协作，使得多移动机器人能够按照指定的策略或队形完成既定的任务，如路径规划、避障避碰等等[8]。  多移动机器人系统的编队问题作为移动机器人中协作控制的一个典型研究方向，指系统在行进过程中保持某种队形、避开障碍物来提高机器人系统在环境的适应度，从而完成特定的任务。队形保持是多机器人系统在运动中如何保持机器人之间协调一致运动，如何去设计控制器从而队形不变，即队形稳定问题。机器人编队的主要研究内容可归结为以下几个方面：(1)队形生成；(2)队形保持：(3)队形切换；(4)编队避障；(5)自适应编队[28-29]。目前，编队控制的经典方法的主要有三种方法：跟随领航法、基于行为法、虚拟结构法。文献[30]提出了一种分布式有限控制双积分动力学法，用于存在静止与运动领航者的工作环境中。文献[31]Ghomman等将虚拟结构法和路径跟随法结合用于机器人编队，队形控制器设计时考虑了实际机器人的运动学模型及物理大小。  多移动机器人协同作业中的关键问题之一是队形控制，综合上述本论文拟采用虚拟结构法来设计多移动机器人间的队形保持。   1. **基于ROS操作系统仿真**   ROS(Robot Operating System)操作系统是一种分布式系统，其节点在设计编译时可以单独进行，在运行时可以互相通信，实现一种模块化的操作，可提高代码的可重用性。ROS不仅自身是开源的，而且同样集成了现有大部分的开源的软件平台，如Player、OpenCV等[32]。它集合全世界的机器人爱好者的力量，ROS操作系统可以支持远程合作开发。ROS集成了几百个机器人软件应用包，如SLAM、OMPL等。因此，ROS是一个已经被机器人社区普遍认可和接受的机器人操作系统。  ROS提供了几种机器人仿真平台供机器人爱好者进行选择。为了适应代码的可重用性和模块化，为了能够充分利用ROS中集成的软件资源，仿真平台己不在是针对某一具体的机器人和特定的任务而开发，需要能够对ROS中诸多的开源机器人进行仿真，同时能够调用ROS中的软件仓库，并与ROS中的节点进行通信，通过控制算法对仿真对象进行控制[33]。  相比于机器人技术，机器人仿真平台的发展要相对滞后一些，因为ROS的使用者都是使用现有的开源机器人仿真平台去进行仿真，而不会去开发一个新的仿真平台。与Windows下机器人仿真平台大量涌现不同，ROS中的仿真平台寥寥无几。但是对机器人仿真的需求却越来越高，仿真平台己经不再局限在轨迹规划或碰擅检测，虚拟传感器等己经成为一种不可或缺的功能。因此ROS中的仿真平台需要集合多种仿真功能，能够满足ROS中所有仿真的需求[34-41]。  ROS操作系统不仅可以用于移动机器人的控制操作系统，同时可以模拟仿真移动机器人在间协同作业的各种复杂情况，充分利用仿真平台，然后结合多移动机器人平台进行实际检测。  **参考文献:**  [1] Mike Wooldridge, Michael Fisher. Agent-based software engineering. IEEE Proceedings Software Engineering, 1997, 144(1): 26-37.  [2] Yoav Shoham. Agent-oriented programming. Artificial Intelligence, 1993, 60(1): 51-59.  [3] 李佩娟．基于多传感器信息融合的移动机器人路径跟踪[D]．江苏科技大学，2007．  [4] 黄国林．基于地图构建的多机器人实时定位算法研究[D]．哈尔滨理工大学，2008．  [5] 张驻华．基于声纳的移动机器人定位算发研究[D]．华中科技大学，2005.  [6] T.Balch,and R.C.Arkin. Behavior-Based Formation Control for Multirobot Teams[J]. IEEE Transaction on Robotics and Automation, 1998, 14(6): 926-939.  [7] 彭辉．轮式移动机器人运动轨迹控制技术研巧[D]．广东工业大学，2008．  [8] 糜伟. 基于视觉的多智能体定位系统与定位算法设计[D]. 燕山大学, 2013.  [9] 郑毅. GPS在移动机器人定位系统中的应用研究[D].南京理工大学，2011.  [10] 秦泗明. 基于位置指纹的WiFi室内定位技术研究[D].电子科技大学,2013.  [11] 李江抒. 多移动机器人路径规划算法与导航系统研究[D].吉林大学，2004  [12] 陆州. 移动机器人路径规划与路径跟踪研究[D].华南理工大学,2012  [13] 杨俊驹. 动态环境下基于ROS的移动机器人路径规划技术研究.兰州大学,2016  [14] Likhachev D. Anytime search in dynamic graphs[J]. Artificial Intelligence, 2008, 172 (5):1613–1643.  [15] Dakulović M, Petrović I. Two-way D\* algorithm for path planning and replanning [J]. Robotics and Autonomous Systems, 2011, 59(5): 329-342.  [16] Guernane R, Achour N. Generating optimized paths for motion planning[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2011, 59(10): 789-800.  [17] Bayili S, Polat F. Limited-Damage A\*: A path search algorithm that considers damage as a feasibility criterion[J]. Knowledge-Based Systems, 2011, 24 (5): 501–512.  [18] 祖伟. 基于粒子群优化算法的水下潜器实时路径规划技术研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2008.  [19] Zhang Q, Ma J C, Liu Q. Path planning based quadtree representation for mobile robot using hybrid-simulated annealing and ant colony optimization algorithm[C]// Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA). Beijing: IEEE Press, 2012: 2537-2542.  [20] Zhang J H, Gong D W, Zhang Y. A niching PSO-based multi-robot cooperation method for localizing odor sources[J]. Neurocompting. 2014(123): 308-317.  [21] 梁毓明，徐立鸿. 基于改进模拟退火混合算法的移动机器人全局路径规划 [J]. 控制与决策, 2010, 25(2): 237-240.  [22] Faigl J, Kulich M, Vonásek V, et al. An application of the self-organizing map in the non-Euclidean Traveling Salesman Problem[J]. Neurocomputing. 2011, 74(5): 671-679.  [23] Mcfetridge L, Ibrahim M Y. A new methodology of mobile robot navigation: The agoraphilic algorithm[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2009, 25(3): 545-551.  [24] 齐勇, 魏志强等. 增强蚁群算法的机器人最优路径规划[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009 , 41(3): 130-133.  [25] 张建英，刘暾. 基于人工势场法的移动机器人最优路径规划[J]. 航空学报, 2007, 28(8): 183-188.  [26] 王芳，万磊，徐玉如，等. 基于改进人工势场的水下机器人路径规划[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(S2): 184-185.  [27] 魏然. 基于人工势场理论的多移动机器人的协同控制研究[D].华中科技大学,2007.  [28] 任德华，卢桂章．对队形控制的思考[J]．控制与决策，2005：601-605．  [29] 原魁，李园，房立新．多移动机器人系统研究发展近况[J]．自动化学报2007，33(8)：785-794  [30] 范永，谭民.MRCS中机器人控制体系框架结构[J]. 控制与决策，2000，15（3）：325-328[31] 陈卫东，席裕庚，顾冬霄等．一个面向复杂任务的多机器人分布式协调系统[J].控制理论与  应用，2002，19（4）：505-510．  [32] 代学餅，高理基，唐罗生．国外机器人侦真技术的研究[J]，机器人，1988，2（6）；60-63．[33] 衣勇，宋雪萍．机器人仿真研究的现状与发展趋势[J]，机械工程师，2009（7）：63-65．  [34] 张新慈，基于ROS的无人水面艇运动控制系统的设计[D],东北大学,2014.  [35] 杨俊驹，动态环境下基于ROS的移动机器人路径规划技术研究[D],兰州大学,2016.  [36] 陈炜灿，基于ROS的机器人三维仿真平台设计与研究[D],东北大学,2014.  [37] Dave Shreiner, Mason Woo, Jackie Neider,et al. OpenGL Programming Guide, Fifth Edition. 北京: 机械工业出版社. 2006, 18-30.  [38] Rohmer E, Singh S P N, Freese M. V-REP: A versatile and scalable robot simulation framework[C]//Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE, 2013: 1321-1326.  [39] Robotics C. V-REP User Manual[J].Freese M, Singh S, Ozaki F, et al. Virtual robot experimentation platform v-rep: a versatile 3d robot simulator[M]//Simulation, modeling, and programming for autonomous robots. Springer Berlin Heidelberg, 2010: 51-62.  [40] Stroustrup B. The C++ programming language[M]. Pearson Education India, 1986.  [41] Fall K R, Stevens W R. TCP/IP illustrated, volume 1: The protocols[M]. addison-Wesley, 2011. | | | | | | |

（本表可附页）

|  |
| --- |
| 二、和选题相关的调研报告：（调研时间、地点、单位及主要收获等；可另附页）  **1. 2017年2月～2017年5月，武汉理工大学图书馆**  了解和掌握本课题国内外的研究现状。通过在网络上查找相应的与课题有关的研究应用，查看其研究的进度，了解了国内外在移动机器人群体策略方面的研究内容，分析其实现的可行性；通过邮件等方式与相关科研人员进行交流，对课题的发展有整体的把握。初步明确了建立多移动机器人协同控制的基本框架。  **2. 2017年5月～2017年6月，武汉理工大学自动化实验室**  收集与课题相关的硕士、博士论文集，认真研读前期的进展报告。进入本课题的整体研究，了解课题的研究目的，掌握本课题前期工作的方向。对课题将涉及的技术难点进行分析，对硬件电路可能存在的问题进行深入了解，及时发现前期工作中存在的问题。并评估课题过程中所需要使用的软硬件平台，提前借阅相关文献进行学习，为后期的课题研究做准备。同时学习了树莓派开发ROS移动机器人和QT开发Windows桌面应用程序的基本流程和相关技术，为后期的软硬件平台的制作、调试积累经验。  **调研总结：**  通过调研、文献查阅以及黄老师的悉心指导，对所选课题的目的与意义有了较为深刻的认识与理解。首先对于与课题相关的研究有了相应的了解，了解了之前的学者在多移动机器人协同工作中提出的成果，为自己的课题研究提供了基础；然后针对这些成果的优点及可能存在的问题做出思考，明确了课题内容；最后根据内容需要加深了软件设计部分的学习，为论文的完成做准备。 |
| 三、选题报告（应包括以下内容；可另附页）：  **1．所选课题的题目及课题来源:**  课题题目:多移动机器人群体协同技术研究  课题来源:自选题目  **2．课题研究的目的、意义:**  随着机器人技术的发展，机器人的应用领域和范围不断扩展，例如:移动机器人、无人飞行器、水下机器人、双足机器人以及仿生机器人等,由于在军用和个人服务方面的需求而迅速发展，所能完成的工作也从单纯的工业生产转化到复杂的无人战场(Unmanned Field )、监督(Surveillance )、医疗援助(Medical Assistance)和家庭服务(Domestic Service )等各个方面。此时，机器人必须能够实现更多的功能，面对更加复杂多变的环境，并拥有更加强大的能力，而且随之导致了机器人本身系统结构复杂度的增加，为机器人设计和制造带来极大的挑战。  此外，随着应用领域的不断发展，新的应用对多机器人的发展提出了更高的要求，机器人已经从传统的工业操作手拓展到更为复杂的应用，机器人面临着更复杂的作业，这些复杂的作业由单一机器人已难以完成，需要多个机器人协调与合作共同完成。在许多应用领域中，许多要求由多台机器人共同完成复杂任务，例如：在军事应用领域，由移动机器人构成的侦察或作战小组，可在降低人员伤亡同时提高部队的作战能力；在发生意外事故的核反应堆等危险环境中，可利用多移动机器人清除危险物，进行排险及搜索作业；在码头、仓库、车间利用移动机器人构成具有更高柔性的物料传输系统。  一个相互协调的多机器人系统有着单个机器人系统所无法比拟的优势，例如实现单个机器人系统无法完成的复杂的任务；多机器人系统的平行性、冗余性可以提高机器人系统中的柔性、鲁棒性和容错性等。多机器人系统的组织与控制方法对系统性能的影响极大，如何组织由多个机器人构成的群体，以及在这样的群体中如何实现多机器人的协调问题已成为当前的机器人研究领域的一个新课题，具有重要的理论和现实意义。  **3．和本课题有关的国内外研究现状分析，包括发展水平和存在的问题等：**  近年来，国外的许多高校与科研机构都对多移动机器人系统展开了相关仿真研究以及实体实验研究。加拿大阿尔伯达大学C. R . Kube等人研制的Collective Robotics系统，该系统是对昆虫社会的一种人工模拟，目的是将众多简单的机器人组成一个团体，在无显示通信的条件下，利用分布式控制实现多移动机器人的写作，从而使能力有限的个体机器人通过交互产生复杂的群体智能行为。麻省理工大学的iRobot群体机器人项目，己经研制出超过100个机器人的多机器人系统，并应用于实际场景中，该系统可以对能量不足的个体机器人自动对接充电。该实验室主要在多移动机器人系统上进行协调大量机器人行为的算法设计、多机器人协调算法性能预测等问题的研究。田纳西州大学的LynneE.Parker博士及其研究小组开发了具有容错能力的、成员机器人可以动态加入或退出协作任务的ALLIANCE系统，并建立了两个系统对其进行理论验证。  国内的多移动机器人研究也取得了一些较成熟的科研成果。中国科学院沈阳自动化研究所建立了一套多机器人协作装配系统(Multi-robot cooperativeassembly system, MRCAS)，由一台用于组织协调的PC机、三台工业机器人及一台全方位移动小车组成，采用分层、模块式结构，不仅实现了机器人协作过程中每一个机器人的内部管理、轨迹规划及控制，而且实现了信息交互、分析推理、任务分配及组织管理。装配大型析架式工件的实验验证了MRCAS系统具有较强的可重构性及适应性。上海交通大学自动化研究所采用ActivMedi公司的Ponoeer 2/DX型轮式移动机器人，建立了一个具有较高开放性、通用性的多移动机器人分布式协调平台，并对多机器人协作系统的多个问题展开研究。国防科技大学军用智能机器人实验室研制的多移动机器人系统。通过超小型无线通信Modem实现机器人与机器人之间或者机器人与PC之间的通信，可以实现方便友好的人机交互模式。在太空探险、越野侦查等领域具有广泛的应用场景。另外，清华大学、哈尔滨工业大学、浙江大学等高校都针对多移动机器人系统展开了较为深入的研究。  综上所述，尽管目前在多移动机器人协同控制方面已经取得了不少的科研成果，但是仍然存在一些不足和值得进一步的研究。许多科研成果都是基于特定的应用场景进行研究，适应性有限，很难推广到多种适应场景。多数研究机构都根据自身应用场景设计特定的多移动机器人系统，很难扩展到其他的科研机构。  **4．研究目标、研究内容和拟解决的关键问题:**  **研究目标:**   1. 设计出一套基于ROS操作系统的多移动机器人研究平台 2. 实现多移动机器人间的全局定位系统 3. 设计实现多移动机器人的路径规划算法 4. 设计相应的控制算法完成多移动机器人间的协同控制 5. 搭建基于ROS的多移动机器人仿真平台   **研究内容:**   1. 利用开源硬件树莓派控制板和四轮全向驱动的小车底盘，制作五台左右的智能移动机器人小车，并移植开源机器人ROS操作系统，完成单台移动机器人的运动控制 2. 在实验场地，利用全局摄像头搭建多移动机器人的全局定位系统，在PC端采用QT编程软件，利用OpenCV开源机器人视觉库，设计出整个系统的全局定位软件。 3. 利用搭建好的多移动机器人小车平台，拟采用遗传算法和蚁群算法等多种算法相结合实现多移动机器人的路径规划算法 4. 设计分布式控制算法完成多移动机器人间的协同控制:编队保持、协同搬运货物、目标的集合等多种协同任务 5. 构建ROS虚拟仿真平台   **拟解决的关键问题:**   1. 基于ROS操作系统的多移动机器人小车平台 2. 采用摄像头进行移动机器人的全局定位 3. 利用智能算法对多移动机器人进行路径规划 4. 多移动机器人间的协同控制   **5．拟采取的研究方法、技术路线：**  **研究方法：**  本课题综合嵌入式系统技术、检测理论与方法、移动机器人控制、计算机仿真技术、控制科学、信息化显示等多个学科，具有多学科交叉的特点。根据本课题的特点，拟采用理论分析、实物平台搭建、控制算法设计、软件模型仿真、综合实验等方法进行课题的研究。    **技术路线：**   1. **硬件平台的搭建** 2. 基于ROS操作系统的树莓派移动机器人的搭建   单个移动机器人的硬件结构框图 下图所示，主要由以下几个模块组成:树莓派控制板、WIFI通信模块、电源管理模块、电机驱动模块、超声波和红外接近开关模块、摄像头模块。树莓派主控板作为单台小车的主控板，通过IO驱动L298N电机驱动模块，电机驱动模块驱动四驱全向移动小车平台。WIFI通信模块负责单台小车机器人跟上位主控定位系统和其他小车间的网络TCP/IP通信，定位系统计算出小车的位置后发送给小车。小车进行路径规划的时候可以依据超声波模块和红外对管接近开关测得前方是否有障碍物并绕开障碍物。摄像头模块负责采集单台小车的前方视频。电源管理模块管理电池组，将控制电压和驱动电机的电压分开，12V转5V给树莓派控制板供电，12V给电机驱动板进行供电。    (2) 摄像头定位系统  摄像头定位系统由一台上位机电脑，连接一个全局定位摄像头，摄像头架设在多台移动机器人小车平台的上方，每台移动机器人顶部有一个色标方便上位机进行识别。上位机通过摄像头采集到的图像进行OpenCV编写的处理软件计算出每台移动小车的位置坐标，然后通过无线WIFI路由器发送广播发送到移动机器人小车上面。每台移动机器人小车获取自身的位置坐标后根据设定的任务去执行协同工作，例如：编队、搬运货物、避碰等。     1. **软件系统设计** 2. 移动机器人定位软件设计   上位机中的点位软件采集实验场地的图片进行处理，识别出多台移动机器人，同时通过定位算法计算出每个识别出来的移动机器人的位置，通过坐标转换成移动机器人小车平台的实际位置坐标。通过上位机电脑同构WIFI广播到每台移动小车机器人上，每台移动机器人小车根据自己的ID标号找到自身的位置坐标。然后每个移动机器人小车根据设定的任务进行路径规划航行。其中电脑上位机定位软件的程序流程框图如下所示。  图像处理算法的核心是将采集到的多移动小车的图片从RGB转化成基于HSV色彩模型，然后利用色标识别算法分别筛选出超过指定色彩阈值的小车，从而进行位置信息的处理。     1. 路径规划算法设计   多移动机器人进行路径规划时，采用基于改进的蚁群算法进行规划路径，当在行走的过程中超声波传感器和基于红外对管的接近开关进行检测前方是否发现障碍物，发现障碍物后进行局部路径规划避开障碍物后再次进行全局的路径规划算法，搜索出一条可行的行走路径。  蚁群算法路径规划是一种仿生路径规划算法，基于将环境地图进行栅格化后，标记处障碍物，系统初始化蚁群算法相关参数（蚂蚁数量、信息素浓度、启发信息等） ，进行迭代计搜索，更新信息素，最终根据设定的要求找出最优的规划路径。   1. 群体协同控制算法设计   群体协同控制采用分层控制体系，每台移动机器人之间不相互通信，它们通过中心网络进行通信（无线WIFI路由器）进行通信，上位机控制中心负责给每台机器人进行分发任务，让其进行执行。控制中心根据任务需要,将任务分为单个或多个子任务,并综合考虑子任务的需求及各个机器人的实际状态包括到目标工作区的距离的远近等因素,选出一个机器人或是多个机器人去完成该任务。例如编队保持、定点围堵等。     1. **仿真平台验证**   基于ROS的多移动机器人仿真平台的搭建，建立起多移动机器人的运动模型，导入相应的模型参数和传感器接口，运行设计的算法，进行仿真验证路径规划算法和群体协同控制算分。系统选取合适的仿真场景，模拟各种复杂的任务情况进行仿真，反复改进算法后进行实物验证。  **6．预期的研究成果和创新点:**  **预期的研究成果:**   1. 完成一套基于ROS操作系统的多移动机器人小车控制平台 2. 完成基于摄像头进行定位的软硬件系统 3. 完成多移动机器人间的路径规划算法 4. 完成多移动机器人间的群体协同控制控制算法   **创新点：**   1. 基于ROS操作系统的多移动机器人小车软硬件平台和联合ROS进行3D运动模型仿真，使得研究多移动机器人间路径规划算法和协同工作相关算法的研究提供了有利的条件。 2. 多移动机器人间的路径规划算法和群体协同控制算法   **7．研究进度安排及论文写作计划等：**  （1）2017年4月～2016年6月  完成课题调研、资料准备、文献查阅，确定详细的方案，完成开题报告。  （2）2017年7月～2017年8月  完成基于ROS操作系统的树莓派多移动机器人小车平台的搭建。  （3）2017年9月～2017年10月  根据要求，学习相关理论知识和软件编程技术，设计基于摄像头的室内定位软件算法，同时完成多移动机器人的路径规划算法的设计。  （4）2017年11月～2017年12月  完成多移动机器人的协同控制算法，完成队形编队、任务分解、搬运货物等。搭建基于ROS的仿真平台，完成对算法设计的仿真验证。  （5）2018年01月～2018年03月  对研究课题归纳、总结和完善,最后完成硕士论文。  研究生签名： 20 年 月 日 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 四、指导教师（组）对选题报告的意见：  □ 同意进行开题答辩 □ 不同意进行开题答辩  指导教师签名：  20 年 月 日 | | | |
| 五、选题报告答辩情况 | | | |
| 答辩时间 | 20 年 月 日 | 答辩地点 |  |
| 1、评议小组对选题报告提出的主要问题及研究生回答情况： | | | |

|  |
| --- |
| 2、评议小组意见：  1、选题价值： □有理论意义；□有工程背景；□有实用价值；□意义不大；□其他 。  2、选题难度： □偏高；□适当；□偏低。  3、工作量： □偏大；□适当；□偏小。  4、研究方法、思路及实施方案的可行性： □好；□较好；□一般；□不可行。  5、选题报告中反映出的综合能力和文献积累：□好；□较好；□一般；□较差。  7、选题报告中反映出的创新能力： □好；□较好；□一般；□较差。  8、对论文选题报告的总体评价： □好；□较好；□一般；□较差。  存在的问题和改进建议：  组长（签名）：  20 年 月 日 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 成员 | 姓 名 | | 职 称 | 是否硕导 | 工作单位 | 评审成绩（满分100分） | | | | |
| 文献检索20分 | 调研报告10分 | 选题报告50分 | 现场答辩20分 | 合计 |
| 组长 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 会议秘书 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 成员1 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 成员2 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 成员3 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 成员4 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 成员5 |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 选题报告考核成绩（平均分） | | | | | |  | | | | |
| 评议结果 | | □ 通过（□ 开始论文写作 □ 需认真修改） □ 不通过，重新开题 | | | | | | | | |
| 评议专家签名 | |  | | | | | | | | |
| 六、学院审查意见：  □ 通过（□ 开始论文写作 □ 需认真修改） □ 不通过，重新开题  （盖章）  负责人签字：  20 年 月 日 | | | | | | | | | | |