附件3

|  |  |
| --- | --- |
| 是否参加“青年红色筑梦之旅”项目 | 〇是〇否 |

大学生创新创业训练计划

项目申报表

|  |  |
| --- | --- |
| 推 荐 学 校 | 西北工业大学 |
| 项 目 名 称 | 智能物流配送机器人 |
| 项 目 类 型 | 创新训练项目 |
| 项 目 负 责 人 | 王正帅 |
| 申 报 日 期 | 2021年5月27日 |

陕西省教育厅 制

二○二一年四月

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | 智能物流配送机器人 | | | | | | | | | | |
| 项目类型 | | （ √ ）创新训练项目 （ ）创业训练项目 （ ）创业实践项目 | | | | | | | | | | |
| **是否为“青年红色筑梦之旅”项目（否 ）** | | | | | | | | | | |
| 项目实施时间 | | 起始时间：2021年6月 完成时间：2022 年 4 月 | | | | | | | | | | |
| 申  请  人  或  申  请  团  队 |  | 姓名 | 年级 | | 学校 | | 所在院系  /专业 | | 联系电话 | | | E-mail |
| 主持人 | 王正帅 | 2020级本科 | | 西北工业大学 | | 机电学院/智能制造大类 | | 15153740058 | | | 1776330851@qq.com |
| 成 员 | 郝彦琦 | 2018级本科 | | 西北工业大学 | | 软件学院/软件工程 | | 15028314657 | | | 1621212315@qq.com |
| 陆畅 | 2019级本科 | | 西北工业大学 | | 计算机学院/计算机科学与技术 | | 13689518651 | | | chinaluchang@live.com |
| 张镇韬 | 2020级本科生 | | 西北工业大学 | | 自动化学院/信息大类 | | 18634605338 | | | 928100783@qq.com |
|  |  | |  | |  | |  | | |  |
| 指  导  教  师 | 姓名 | 孙树栋/黄英亮 | | | | 研究方向 | | 遗传算法及应用、多机器人协调控制/机电一体化、机器人智能控制 | | | | |
| 年龄 | 58/44 | | | | 行政职务/专业技术职务 | | | | | 教授/讲师 | |
| 手机 | 13991861239/13152160655 | | | | 电子邮箱 | | | | | huangyl@nwpu.edu.cn | |
| 主  要  成  果 | 孙树栋：1、孙树栋（主编）《工业机器人技术基础》, 西北工业大学出版社,  2、自1992年起担任机械电子工程学科硕士研究生导师，先后招收指导82位硕士研究生，其中76位已获硕士学位，21位同学选择继续攻读博士学位。  自1998年起担任机械电子工程学科博士研究生导师，2000年兼任管理科学与工程学科博士研究生导师，先后招收指导61位博士研究生。  黄英亮：863项目“高层建筑爬壁机器人”负责机构设计、控制算法、电路设计工作；2、基金“类人机器人运动控制研究”负责控制算法、电路设计工作;3、救援机器人样机研制，负责、参与指导学生参加全国机器人比赛，获得冠军8次、亚军7次、季军5次。 | | | | | | | | | | |
| **一、项目简介（200字以内）**  物流配送机器人作为物流系统的最后一环，具有高负荷、全天候工作、智能等优点。特点：良好的减震性，防止物件掉落；感知系统十分发达，配备有激光雷达、摄像头、超声波测距等作为防撞系统，以便配送机器人能准确感触周边的环境变化，预防交通安全事故的产生；遇到障碍物时，通过SLAM算法运算，做出自主导航的决策；机械臂自主抓取物件，无需手动操控；此外，采用模块化设计，故可以将小车与机械臂视为两个产品。 | | | | | | | | | | | | |
| **二、项目相关研究现状及发展动态（不少于200 字）**  在人口红利快速消退，用工成本急剧攀升的情况下，近年来“机器换人”逐渐成为了新时代发展的关键词。与此同时，催生出的一批专用机器人加速了应用场景的扩张和深化。例如应用于工厂搬运、分拣等环节的移动机器人，便凭借着技术的发展开拓出了全新市场，一跃成为物流配送行业的重要生力军。  目前，以京东、菜鸟、亚马逊等为代表的电商企业都已经推出了各自的配送机器人解决方案，一些初创公司也在积极研发先进的配送机器人产品。他们尝试着借助搭载无人驾驶技术的无人机或机器人，将网店的货物直接送到购买者的手上，利用“机器换人”解决配送行业“最后一公里”的问题。  快递“最后一公里”问题，近年来一直是物流业的一个痛点。因为这一公里可能要穿街过巷、翻阶上楼，过去一直是采用人力来执行，但现在一方面人力成本开始急剧提升，另一方面电商发展带动物流订单增多，配送压力开始显著增加，传统的人力配送方式已经逐渐无法满足行业发展的需要。  我国作为工业机器人消费大国，对于机器人的应用一直十分积极，因此在当前物流业进入转型期，国家在宏观层面给予物流信息化、智能化发展支持和引导的情况下，我国企业也顺势加大了物流机器人的研发应用。  从去年开始，以京东为首的科技企业便开始了物流机器人的探索之路。2017年6月，京东无人配送车在中国人民大学完成首单配送，开启了国内无人配送机器人正式运营的先河；同年10月，京东又建成全球首个全流程无人仓，将仓储机器人、分拣机器人、码垛机器人、物流AGV等智能产品引入物流仓储环节之中。  在后疫情时代的背景下，如何在尽量减少人员流动和接触的前提下确保复工复产变得尤为重要。测温机器人、消毒机器人、巡逻机器人、监控机器人等产品近年来已经得到了较为广泛的应用。人员密集型的产业开始寻求机器人对人工的替代。  替代重复性劳动、预警疫情险情、简单排险能力……通过疫情后的复工复产工作的开展，人们看到了机器人更广阔的应用前景，也对机器人的功能作用提出了更多元、更集成的需求。人工智能和机器人的重要性愈发凸显，未来发展的思路和前景也更加明晰。随着更多企业和机构接纳机器人、更多人才投身机器人行业，机器人有望在人们的生活中扮演更重要的角色。 | | | | | | | | | | | | |
| **三、项目实施的目的、意义（不少于200字）**  为了借助搭载无人驾驶技术的机器人，将网店的货物直接送到购买者的手上，利用“机器换人”解决配送行业“最后一公里”的问题，我们计划制作一款新型智能物流配送机器人，在现有的配送机器人上找出不足，并加以改进，拥有以下对比特点：  为了适应不同的生活环境，与普通的配送物流车不同，本产品具备较强的障碍环境穿越能力，传统的配送物流车往往笨重而不够灵活，本作品采用轮式的设计，具有强大越障能力的同时，更为灵活轻巧。  一般的配送物流车往往采用人工遥控或使用地图匹配、陆标等导航方式，而本作品不仅支持人工远程遥控，更创造性的具备了复杂未知环境自主探索、图像复杂识别的能力，无需人员操作，可自主路径规划，险情预警，并且能够建立二维地图，实时回传。  一般配送物流车不具备或无法自主完成人员识别，而本作品充分利用多传感器信息进行融合，可以提高搜寻的效率，避免遗漏。  配送物流车的六自由度机械臂是一个大胆创新，将物件抓取与物件配送合二为一，将两个功能集合，给物流配送车的功能进行扩展，并且可以适应更广的功能领域。  本系统使用的SLAM算法以谷歌近年来开源的SLAM算法Cartographer为基础，加以优化和改进，使其更适合疫情区域中的多功能巡检机器人的应用。  Faster R-CNN是由Ross B. Girshick在2016年提出机器学习模型。在结构上，Faster RCNN经过R-CNN和Fast RCNN的积淀，将特征抽取、预选框处理等步骤都整合在了一个网络中，使得综合性能有较大提高，在检测速度方面尤为明显。  作品基于ubuntu18.04上的ROS melodic，逆运动学部分主要通过OMPL(开源运动规划库），使用基于采样的先进运动学算法（主要由RRT，PRM等算法组成）进行避障的逆运动学规划。规划结果将下发，完成机械臂的自主运动规划。处理过后的正运动学与逆运动学信息将被发布到实时的姿态显示中，我们可以在本机端实时看到机械臂的理想姿态。 | | | | | | | | | | | | |
| **四、项目研究内容和拟解决的关键问题（不少于300 字）**  项目主要是利用我们现有技术研究轮式机器人在物流配送的“最后一公里”，即在物流配送点与收件人地址之间，进行对物件的识别、分拣、配送等任务的可行性。我们计划这台智能物流配送机器人可以真正应用于物流系统中，帮助完成物流配送的相关工作。目标实现：  1. 可实现对设定路线上的自动行驶，并对路线上出现的障碍物体进行自主规避，实现自动配送；  2. 可利用多个各类摄像头，通过通信将图像实时反馈给控制平台，并可进行红外线检测和动态检测障碍物；  3. 可利用机械臂与其上搭载的摄像头，实现对物件的二维码识别，然后进行机械臂对物件的抓取、移动、分拣。  4. 可利用搭载的激光雷达，配合slam技术和自主导航算法，实现在未知路线中的自主导航。  5. 可利用摄像头通过人脸识别，对收件人的身份进行验证，并交付对应物件  综合上述功能的讨论，项目主要研究内容将包括以下三方面，分别是：  1. 智能物流配送机器人的机械整体设计、零件的加工和整体的装配；  2. 机器人的控制电路设计与底层驱动和控制程序的编写；  3. 上位机层面的机器人运动姿态分析、控制程序的编写与调试。重点在于ROS平台的搭建和复杂地形底盘的设计及制作以及热成像、摄像头、激光雷达和其他传感器信息融合进行环境监测的算法设计，机械臂与底盘的运动控制，同时需要合理，高效的硬件支持来协同软件及机械的运转。  拟解决的关键问题主要包括几个方面：  1. 具备通过普通道路与台阶地形能力的机械结构。  2. 动态环境中机器人的自主建图。  3. 导航和路径规划技术。  4. 基于深度学习的目标识别技术。  5. 基于多传感器的障碍物检测技术。  6. 远距离图像传递技术。  7. 基于运动学的自主规划机械臂精确控制技术。 | | | | | | | | | | | | |
| **五、项目研究与实施的基础条件（不少于300 字）**  在人员配置方面，负责软件的成员能熟练在Ubuntu的ROS中维护项目，已有一年的关于机器学习和图像识别的学习与实践,熟练使用caffe、Tensorflow和ssd等。  机械成员有丰富的机械结构设计及组装经验，已有一年的机械设计经验，其设计的第一代轮式移动底盘与机械臂已经成功投入使用，并且之前已经进行过相关类型机器人的设计与制作，积累了很多经验与教训，可以熟练运用三维建模软件solidworks与3D打印机进行制造。  电子设计成员能熟练运用STM32并有进行过各种中型电子开发的经验，已经设计过多种控制板和控制模块；且熟悉底层驱动和控制程序的编写；已经掌握CAN总线网络设计，并对其他诸如串口、IIC等通讯协议有深入了解；同时对PID算法有一定的掌握和应用。  小组内详细地对任务进行了分工，成员的专业和能力搭配合理，并且都有一定的工程实践经验和基础。指导老师也具有丰富的项目经验，能够在我们有困难的时候给予指导。 | | | | | | | | | | | | |
| **六、项目实施方案（不少于300 字）**  **一、机械结构设计**  **1.1 整车机械设计**  出于物流配送速度与平稳的需求，首先需要设计具有良好减震功能，并可进行短时间加减速的四轮机器人。    图2.1 整车示意图  整车大致分为上位机械、底层策略和底盘机械三部分，底盘机械部分为四轮移动机构，主要负责移动，底层策略层紧密放置工控机，驱动板等上位机，主要用来收集数据以及处理数据生成自主决策，电子硬件主要负责对接受工控机数据并解算成实际电信号对电机进行控制。红外摄像头与深度摄像头，网桥以及各种传感器模块，进行对障碍物的检测与规避。  为了更广泛的适应需要物流配送的场景，小车需要具备相当的越障能力，因此我们采用了减震底盘，使得小车具备优良的复杂环境通过能力。减震底盘采用四组独立负压减震器，通过弹簧油压的作用，产生弹力以支撑整车重量，在底盘发生突发的大加速度前进和转动时，小车的上面级可以仍然保持较为平稳的运动，以此保证电子元器件的正常运行。  底盘的减震强度可调，一共有16个级别，可以根据实际的载重需求来进行调整。  在减震底盘的基础上，我们合理精细的布置了各个元件的位置与装配方式，尽可能地避免了装配干涉问题，合理解决了电磁兼容问题与重心平衡问题。  机械上应用SolidWorks三维建模软件进行整体建模，使用 3D 打印技术制作部分非承力小结构件，承力大的结构件使用硬质铝合金与碳纤维材料即既减轻了质量也保证了强度，使用SolidWorks simulation对整车结构强度进行了仿真验证了救援车的结构满足强度。  **1.2 六自由度机械臂设计**    1.XRU2012 回转支承轴承，2.SUPER HV 超级舵机，3.XRU1008 回转支承轴承，4.3M60 齿大带轮，5.f63800ZZ 轴承，6.20cm 碳纤维管，7.碳纤维板，8.碳管管夹，9.8cmM8D 型轴，10.法兰联轴器，11.内径8mm 菱形轴承座，12.6-35 塞打螺栓，13.紫铜垫片，14.大疆3508直流无刷减速电机，15.3M20 齿小带轮，16.3M 光面涨紧轮，17.电路控制板，18.C620 无刷电机调速器，19.M3RC 球头扣拉杆，20.多功能舵机支架，21.M3 铜柱，22.720P 免驱UVC 摄像头，23.机械臂支撑架，24.3M40 齿大带轮六自由度机械臂如图所示，包括底部旋转平台、臂身、三爪机械爪以及驱动电路板和摄像头。底部旋转平台由XRU2012 回转支承轴承1 连接固定SUPER HV 超级舵机2 的法兰盘，通过将XRU1008 回转支承轴承3 和3M60 齿大带轮4 固连，实现抬升自由度，f63800ZZ 轴承5 支撑臂身旋转，降低其运动过程中的摩擦系数。  臂身由20cm 碳纤维管6、碳纤维板7、碳管管夹8、8cmM8D 型轴9、M8 法兰联轴器10、内径8mm 菱形轴承座11、6-35 塞打螺栓12 和紫铜垫片13 构成；使用大疆3508 直流无刷减速电机14，通过同步带连接3M60 齿大带轮4、3M20 齿小带轮15 和3M 光面涨紧轮16 以及3M20 齿小带轮15 和3M40 齿大带轮24 实现动力输出；臂身下方还安装了使用STM32F4 芯片的电路板17，配合C620 无刷电机调速器18，对机械臂实现精准控制。三爪机械爪通过使用M3RC 球头扣拉杆19 实现一个舵机同时控制三爪开合的巧妙设计；使用SUPER HV 超级舵机2 和多功能舵机支架20，通过不同方式的连接实现四个自由度，支架与支架之间使用M3铜柱21 连接；其外还加装了两个720P 免驱UVC 摄像头22，通过图像识别技术对物品进行识别，并结合RRT 搜素算法实现机械臂自主运动的空间轨迹规划。    机械臂结构图  **二、电控系统设计**  机器人电子控制根据模块可分为底盘驱动控制单元、摄像头单元、机械臂控制、传感器单元和上位机通讯单元共五部分，采用基于Cortex-M4内核的STM32F405RGT6单片机作为主控核心，各系统单元由独立的STM32单片机进行控制，使用CAN总线进行底层通信，各单元独立又可相互传输数据，极大地提高了各模块的独立性、移植性和可维护性，同时通过上位机通讯单元与上位机通讯，共同构成底层通讯架构，并与蓄电池动力源共同构成底层电源架构。    整体电控框图  **2.1电源管理与底盘电机控制**  在物流配送时，良好的续航能力是完成配送的保证。同时由于可能没有操纵者或操纵者采取远程操控模式，很难对机器人进行实时的检测与维修，为使各控制结构能够相对独立运作，以期在某一部分发生故障时，不影响主体部分的运转，故采取双电源供电的结构。  机器人主体电源分为两大部分：上位机供电单元，底层电路供电单元。由于上位机单元各个模块均为标准化的工业级产品，需要电流较小，极少出现过热、短路、断路等电路故障，因而采用集中式供电方案（各个模块均由电源直接供电），各个单元相对独立、互不影响，便于统一控制和管理供电。而底层电路各单元所需电流较大，为在保证各个模块正常工作的情况下降低电源电流，供电单元采取分布式供电（逐级相连，下级由上级供电）。    上位机电源分配框架    底层电源分配框架  底盘电机支持两种可选的控制方式：（1）50-500HZ的PWM（脉宽调制）控制。（2）CAN总线指令控制（含位置反馈）。为了实时监测电机的输出，实现对电机的闭环控制，故底盘电机采用了CAN总线指令控制。  底盘电机的控制采用增量式PID算法，增量式 PID 是指数字控制器的输出只是控制量的增量 ∆uk 。当执行机构需要的控制量是增量，而不是位置量的绝对数值时，可以使用增量式 PID 控制算法进行控制。  根据对多功能自主巡检机器人的实际应用，经过多次研究，分析，实验选取下列的PID计算公式：  其中：  PID->Proportion：比例系数  PID->Integral：积分系数  PID->Derivative：微分系数  Tined：微分时间  根据公式，需要进行参数整定。即确定调节器的比例系数、积分时间、微分时间和采样周期的具体数值。整定的实质是通过改变调节器的参数，使其特性和过程特性相匹配，以改善系统的动态和静态指标，取得最佳的控制效果。  通过“Serial Chart串口波形绘制”软件，观察响应曲线，调节PID参数，使得电机响应速度相对稳准快，以达到最好的驱动效果。  **2.2通信网络架构**  机器人的分布式控制系统中，对通信方式的选择至关重要，上位计算机和下位各环节控制器间的通信既要满足硬件连接简单，扩充方便，又要满足通信的高可靠性和实时性。我们的机器人通讯网络采用CAN总线作为通信标准，采用上、下位机二级分布式结构，上位机负责整个系统管理及运动学计算、轨迹规划等，下位机由多个CPU组成，每个CPU控制一个模块。CAN总线是一种有效支持分布式控制和实时控制的串行通讯网络，与一般的通信网络相比具有可靠性高、实时性和灵活性好的优点，非常适合作为机器人控制系统中的通讯方式。  CAN在机器人通信中应用的主要特点有：①低成本②极高的总线利用率③很远的数据传输距离(长达10Km)④高速的数据传输速率(高达1Mbps)⑤可根据报文的ID决定接收或屏蔽该报文⑥可靠的错误处理和检错机制⑦发送的信息遭到破坏后，可自动重发⑧节点在错误严重的情况下具有自动退出总线的功能⑨报文不包含源地址或目标地址，仅用标志符来指示功能信息、优先级信息。  本机器人通信系统中，上位机通过自主设计的USB转CAN单元，连接到CAN网络，与底层各个模块通信。我们采用上、下位机的控制策略：  上位机：负责整个系统管理及运动学计算、轨迹规划等。  USB转CAN模块：将工控机USB口下发信息转换成CAN报文发送到CAN总线网络。  底盘控制模块：接受电机速度信息，反馈电机检测信息。  GPS定位模块：反馈定位信息，确保机器人运动到目标地点。  CAN接口电路STM32F405RGT6芯片内集成了CAN控制器，要完成数据帧的收发还需外加CAN总线收发芯片，本机器人采用恩智浦半导体的TJA1050芯片。  传感器模块：包括HY-SRF05超声波测距模块、SR-602红外感应模块，用于保证机器人安全行驶，并不会与障碍物相撞；火焰传感器模块、烟雾传感器模块，用于检测可能出现的火情；雨滴感应模块用于检测降雨；蜂鸣器模块用于提醒行人或出现突发情况；太阳能电池板、充电电源模块，用于为机器人的传感器单元供电；ATK-MPU6050加速度传感器用于获取机器人的实时姿态并回传。  **2.3六自由度机械臂控制**  对于机械臂的控制，给的是位置命令，需要精确的位置环，因此整定位置-速度-电流三环控制系统。从内到外依次是电流环、速度环和位置环。  三环的具体作用如下：  电流环：电流环的输入是速度环PID 调节后的那个输出，电流环的输入给定和“电流环的反馈”值进行比较后的差值在电流环内做PID 调节输出给电机，电流环的输出就是电机的电流。  速度环：速度环的输入就是位置环PID 调节后的输出以及位置设定的前馈值，我们称为“速度设定”，这个“速度设定”和“速度环反馈”值进行比较后的差值在速度环做PID 调节（主要是比例增益和积分处理）后输出就是上面讲到的“电流环的给定”。速度环的反馈来自于编码器的反馈后的值经过“速度运算器”得到的。  位置环：位置环的输入就是外部的脉冲（通常情况下，直接写数据到驱动器地址的伺服例外），外部的脉冲经过平滑滤波处理和电子齿轮计算后作为“位置环的设定”，设定和来自编码器反馈的脉冲信号经过偏差计数器的计算后的数值在经过位置环的PID 调节（比例增益调节，无积分微分环节）后输出和位置给定的前馈信号的合值就构成了上面讲的速度环的给定。位置环的反馈也来自于编码器。  **2.4摄像头单元**  机器人配备了两个摄像头，其中一个摄像头在车的最前端，另一个利用直杆固定在高处，并在底部与GS90舵机结合，使得摄像头能够被旋转，具有更广泛的视野。  **2.5 HY-SRF05超声波测距模块、SR-602红外感应模块**  为了在配送时规避行人，我们加入了超声波测距模块和红外感应模块。我们选用HY-SRF05超声波测距模块配合GS90舵机与SR-602红外感应模块，在120°范围内，通过计算超声波发射返回的时长，进而计算得到这120°内最短距离，当距离小于30cm时或检测到红外线时，机器人立刻停止，并且不能前进，确保机器人不会撞到物体或人物。  **2.4.6 雨滴感应模块**  可以在巡逻时检测降水情况，并且让机器人主动避雨。    **2.4.7 蜂鸣器模块**  当机器人出现无法修复的故障时，或遇到险情，机器人可以响起蜂鸣器提醒故障，或是由操控者控制提醒行人注意避让。  **2.4.8 太阳能电池板、充电电源模块**  机器人配有110\*80mm的太阳能电池板，并且配有TP4056充电源模块板，保证电源的充电保护，并且在需要时向电器提供电力，并可以在未来增加太阳能电池板和蓄电池的数量，保证正常小功率模块的电力，不会被电机所影响。    **2.4.9 GPS模块**  为了获取机器人的实时位置，并配合自主导航功能，确定具体的路线，并进行位置的修正。      **三、软件与算法系统设计**  **3.1软件部分设计**  该部分主要负责整个系统管理及运动学计算、轨迹规划、信息传输等。使用工控机作为核心控制端，并结合使用Ubuntu操作系统对平台的各项功能进行统筹控制。其技术主要包括：SLAM技术（simultaneous localization and mapping，实时定位与建图）、基于ros操作系统的车身与喷头控制、基于无线网桥技术远程的摄像头图像、热传感图像、语音的传输系统等。  本系统的整体框架的工作流程为：  若使用操作手控制的方法手动控制机器人，操作员可以目视机器人以及观察回传的机载传感器（如激光传感器、姿态传感器、摄像头等）数据对机器人实时状态进行判断，通过远程终端使用输入设备如手柄等通过5.8GHz无线网络向工控机发送运动指令，经工控机处理后发送给底盘使机器人产生实际运动，达到控制的目的。  若使用自主导航系统控制机器人，待工控机接收到底层发送的雷达数据以及各种传感器数据后，综合使用SLAM和基于A\*启发式算法和Dijkstra算法的自主导航技术，在实时绘制现场地图并修正的同时向底盘发送运动指令使机器人产生实际运动，达到自主导航建图与控制的目的。  而目标识别在上述两种控制方式中均可应用，通过预先输入或者深度学习的方法得到目标特征，并使用目标识别算法实现对既定目标的识别，比如可对疫情突发区域中的住户进行识别，随后利用热成像对住户的体温进行监测，并且将体温异常的住户在自主导航系统所绘制的地图中标注出来。  **3.2 SLAM与自主导航**  SLAM 即为同步定位与地图构建(Simultaneous Localization And Mapping)的缩写，最早由Hugh Durrant-Whyte 和 John J.Leonard提出，主要用于解决移动机器人在未知环境中运行时定位导航与地图构建的问题。  SLAM通常包括如下几个部分，特征提取，数据关联，状态估计，状态更新以及特征更新等。这些过程的最终目的是更新机器人的位置估计信息。由于通过机器人运动估计得到的机器人位置信息通常具有较大的误差，因而，我们不能单纯的依靠机器人运动估计机器人位置信息。在使用机器人运动方程得到机器人位置估计后，我们可以使用测距单元得到的周围环境信息更正机器人的位置。上述更正过程一般通过提取环境特征，然后在机器人运动后重新观测特征的位置实现。  IMG_256  SLAM的框架  在视觉定位、激光雷达定位以及GPS（全球定位系统）定位中，只有GPS是属于绝对定位的，其它定位方式都需要在结构化的环境下提取相应的环境特征，一旦到达特征比较稀疏的环境，很容易出现系统失效的问题，我们使用的激光雷达定位，可能由于环境特征比较少而出现定位出错的问题。因此，GPS是必不可少的。但在城市环境里，由于高楼大厦，会有多径效应的影响，以至于GPS测量出现较大的误差，误差可能高达5到10米,甚至更多。  所以我们采用激光SLAM与GPS相结合的方法来解决问题。利用GPS模块实现误差范围内的粗略位置定位，再利用机器人搭载的激光雷达得到所处位置数据、特征等，和GPS地图进行匹配，来实现小范围的局部精确定位，从而达到获得地图及精确定位的目的。同时，SLAM得到实时更新的周边位置地图有利于机器人行驶中避障，更加安全稳定。  智能物流配送车搭载GPS模块、自稳云台和激光雷达，使用原创的基于A\*启发式算法和Dijkstra算法的自主导航技术，结合GPS高精度地图和SLAM实时定位进行路径规划。可以实现机器人的自主导航，进而完成规定的任务。  IMG_256  使用SLAM进行建图与导航实际运行图  如图所示，该图为2维平面地图和基于A\*启发式算法和Dijkstra算法的自主导航技术进行自主导航过程中的实际运行图，图中绿线为使用自主导航进行位置环境探索的规划行进路线，红线为机器人走过的路径。  在传感器方面，使用成熟的 RPLIDAR A2 激光雷达，利用三角测距原理，可原地在 18米范围内对障碍物进行 360°激光测距，并传送程距（range data）给算法层。  在自主建图方面，使用成熟开源的 Cartographer 算法，基于图优化的算法在大地图、复杂地形等情况下性能占用更低，数据收敛更快。其核心部分如下图，可以分为前端匹配、闭环检测和后端优化三部分。前端匹配先对新雷达扫描（laser scan）数据和存量数据进行扫描匹配（scan match），使用最小二乘法优化插入新获取到的子图（submap），并在插入之后利用分支定位和预先计算的网格进行局部回环和全局回环（loop close）。  由于 Cartographer 使用大量的 submap 来存储建图，因此在较长时间运行计算后会出现累积误差，因此就需要进行下面的闭环检测来优化所以 submap 的位姿。  闭环检测：闭环检测的具体流程是，如果当前的 scan 和所有已创建完成的 submap 中的某个 laser scan 的位姿在距离上足够近，那么通过某种 scan match 策略就会找到该闭环。Cartographer 采用的是分支定界优化方法进行优化搜索，以提高效率。当得到一个足够好的匹配后，即已经检测到了闭环的存在。  后端优化：即进行相机位姿优化。可根据当前 scan 的位姿和匹配到得最接近的 submap 中的某一个位姿来对所有的 submap 中的内的位姿进行优化。    实际环境中要求机器人可以全自主运动建图扫描，我们采用经过竞赛考验的探索算法，利用多层栅格地图，在陌生环境下可以既尽可能大地探索未知区域，又保障机器人以及环境元素的安全。  同时也配置了 GNSS 定位硬件，使用三角定位实时获取当下坐标，再辅以基站定位、WiFi 信息等极大增强定位精确性。在载入学校坐标地图后便可以实现定点导航。满足校区巡逻等实际需求。    绿色线为探索过程中的路径。  **3.3 基于ros机器人系统的车身与喷头控制**  ROS是机器人操作系统（Robot Operating System）的英文缩写。ROS是用于编写机器人软件程序的一种具有高度灵活性的软件架构。ROS的原型源自斯坦福大学的STanford Artificial Intelligence Robot (STAIR) 和 Personal Robotics (PR)项目。ROS是一个适用于机器人的开源的元操作系统。它提供了操作系统应有的服务，包括硬件抽象，底层设备控制，常用函数的实现，进程间消息传递，以及包管理。它也提供用于获取、编译、编写、和跨计算机运行代码所需的工具和库函数。多功能自主巡检机器人利用ros control包完成具体的控制任务。IGRLPNTHGGH]8W-RDV9A8XX_meitu_1  ROS软件系统机器人底盘控制流程图  rosgraph  ROS软件系统机器人底盘节点图  为了实现上述控制，多功能自主巡检机器人使用了基于x64架构的intel core 10代i5 平台的工控机为上位机，该平台具有高性能、可拓展性强、易于维护等优点，并结合使用依托于Ubuntu18.04的机器人操作系统ROS Melodic Morenia对机器人底盘进行控制和底层通信。ROS系统作为目前一个成熟的机器人控制及应用平台，具有通用性强、跨语言、稳定性高以及扩展性强等优点。机器人与操作台之间的无线通信使用成熟的5.8GHz网桥间通信方案，该方案具有信号稳定、延迟低、传输距离远等特点。  智能物流配送车以ROS作为基本的操作系统。通过base\_controller等相关包实现机器人主体的相关控制，完成与机器与硬件之间的交互，可以实现车体在复杂环境中的灵活控制。[ros\_control](http://wiki.ros.org/ros_control)就是ROS为用户提供的应用与机器人之间的中间件，包含一系列控制器接口、传动装置接口、硬件接口、控制器工具箱等等，可以帮助机器人应用快速落地，提高开发效率。同时利用ROS框架可以采集相关的数据，为slam提供必要的数据支撑，实现自主建图与导航，在未知环境中自主控制。使得机器人可以完成在小区内进行巡逻，火灾防控等一系列任务。  **3.4基于无线网桥技术实现摄像头,热传感，语音传输系统**  IMG_256  网桥连接示意图  无线网桥顾名思义就是无线网络的桥接，它利用无线传输方式实现在两个或多个网络之间搭起通信的桥梁。通过无线网桥我们可以建立起包括多功能自主巡检机器人在内的多段网络通信，实现数据的多方传输。  智能物流配送车的通讯系统负责完成前方与后方之间双向信息交流，包括数据通讯、视频信号、音频信号的通讯，其视频、音频信号由微波设备进行无线传输，控制指令由有线或无线遥控系统完成。目前，多功能自主巡检机器人的控制方式主要有线控、无线遥控、自主式控制。  智能物流配送车搭载由无线网桥的终端，可以与控制端或信息接收端进行良好的信息传输。可以实现摄像头图像的传输，得到目标环境的直接图像信息。还可以实现热传感器的热数据传输，测量目标的体温特征。还可以实现语音的传输，进行直接的语音通话。  **3.5 基于深度学习的目标识别与标记**  为了满足智能物流配送车在参与协助救援受困者方面上的要求，使用深度学习物件进行识别，并将物件位置准确的标记在地图上。  **3.5.1 深度学习简述**  我们使用的深度学习网络是darknet、框架为Yolo V3，相比于其他的深度学习检测器，  Yolov3非常的快速和准确，YOLOV3代表着目前业界最先进物体检测的水平，它的速度要快过其他检测系统（FasterR-CNN，ResNet，SSD），使用者可以在它的速度与精确度之间进行权衡。YOLOv3 在 Pascal Titan X 上处理 608x608 图像速度可以达到 20FPS，在 COCO test-dev 上 mAP@0.5 达到 57.9%，与RetinaNet（FocalLoss论文所提出的单阶段网络）的结果相近，并且速度快 4 倍.  使用深度学习的方法进行目标检测，相比于传统的目标检测方法，如角点检测等，具有速度快、实时性高、准确率更高等优点。但是由于其实现难度要大于传统的目标检测方法，所以目前在机器人视觉领域，深度学习还是一个新兴事物，也吸引着很多人在这方面从事研究应用的工作。  **3.5.2 深度学习框架：YOLOV3**  YOLOv3 在 Pascal Titan X 上处理 608x608 图像速度可以达到 20FPS，在 COCO test-dev 上 mAP@0.5 达到 57.9%，与RetinaNet（FocalLoss论文所提出的单阶段网络）的结果相近，并且速度快 4 倍.  YOLO v3 的模型比之前的模型复杂了不少，可以通过改变模型结构的大小来权衡速度与精度。  速度对比如下：  IMG_256  YOLOv3 在实现相同准确度下要显著地比其它检测方法快。时间都是在采用 M40 或 Titan X 等相同 GPU 下测量的。  简而言之，YOLOv3 的先验检测（Prior detection）系统将分类器或定位器重新用于执行检测任务。他们将模型应用于图像的多个位置和尺度。而那些评分较高的区域就可以视为检测结果。此外，相对于其它目标检测方法，我们使用了完全不同的方法。我们将一个单神经网络应用于整张图像，该网络将图像划分为不同的区域，因而预测每一块区域的边界框和概率，这些边界框会通过预测的概率加权。我们的模型相比于基于分类器的系统有一些优势。它在测试时会查看整个图像，所以它的预测利用了图像中的全局信息。与需要数千张单一目标图像的 R-CNN 不同，它通过单一网络评估进行预测。这令 YOLOv3 非常快，一般它比 R-CNN 快 1000 倍、比 Fast R-CNN 快 100 倍。  **3.5.3 基于深度学习的人脸识别与分类**  人脸识别是指能够识别或验证图像或视频中的主体的身份的技术。首个人脸识别算法诞生于七十年代初 。  人脸识别系统通常由以下构建模块组成：  IMG_256人脸识别系统构成  ·人脸检测。人脸检测器用于寻找图像中人脸的位置，如果有人脸，就返回包含每张人脸的边界框的坐标。  ·人脸对齐。人脸对齐的目标是使用一组位于图像中固定位置的参考点来缩放和裁剪人脸图像。这个过程通常需要使用一个特征点检测器来寻找一组人脸特征点，在简单的 2D 对齐情况中，即为寻找最适合参考点的最佳仿射变换。更复杂的 3D 对齐算法还能实现人脸正面化，即将人脸的姿势调整到正面向前。  IMG_256  利用同一组参考点对齐后的人脸图像  ·人脸表征。在人脸表征阶段，人脸图像的像素值会被转换成紧凑且可判别的特征向量，这也被称为模板（template）。理想情况下，同一个主体的所有人脸都应该映射到相似的特征向量。  ·人脸匹配。在人脸匹配构建模块中，两个模板会进行比较，从而得到一个相似度分数，该分数给出了两者属于同一个主体的可能性。  ·卷积神经网络（CNN）是人脸识别方面最常用的一类深度学习方法。深度学习方法的主要优势是可用大量数据来训练，从而学到对训练数据中出现的变化情况稳健的人脸表征。这种方法不需要设计对不同类型的类内差异（比如光照、姿势、面部表情、年龄等）稳健的特定特征，而是可以从训练数据中学到它们。深度学习方法的主要短板是它们需要使用非常大的数据集来训练，而且这些数据集中需要包含足够的变化，从而可以泛化到未曾见过的样本上。幸运的是，一些包含自然人脸图像的大规模人脸数据集已被公开，可被用来训练 CNN 模型。除了学习判别特征，神经网络还可以降维，并可被训练成分类器或使用度量学习方法。CNN 被认为是端到端可训练的系统，无需与任何其它特定方法结合。  智能物流配送车搭载摄像头，首先收集小区相关住户的头像信息来构建脸型数据集，通过pytorch搭建vgg-face网络进行训练。采集相关的图像信息传输给中央信息处理端。中央信息处理端对采集到的图像信息进行简单锐化处理，首先来利用opencv+dlib库实现人脸检测，来判断图像中是否存在人脸。随后利用opencv仿射变换实现人脸对齐，随后通过训练好的模型来进行人脸的匹配，如果结果为最终接收人员，则将数据上传，取出物件。  **3.5.4 深度学习在机器人上的应用**  我们使用的Faster R-CNN深度学习框架是基于C++的实现，将其移植到ROS上用于机器人的目标检测。  使用预先训练好的caffemodel模型文件在本地电脑上进行目标识别的正确率较为理想，如下图所示：  深度学习在本地电脑上的测试结果  我们希望将深度学习移植到机器人操作系统中，所以将其移植到ROS平台上后进行测试和在本地电脑上相比同样得到了非常高的效果。如下图所示。  图片1  深度学习在机器人上的实际应用  使用机器人上的摄像头对视野中的目标进行检测并识别出其中的目标物体。  红色方框框选出的区域就是使用深度学习算法对机器人上的摄像头得到的单帧视频信息识别后的结果。可以看到，目标人员（一个玩具娃娃）的姿势非常不利于检测，有时甚至人眼都无法辨别出来，这样也真正模拟出来了需要机器人进行识别住户人员时的难度要求。  使用特殊标志模拟需要消毒区域进行目标检测的效果图，可以看到一张贴在墙上的A4大小的纸张上有6个不同的特殊标志。而使用深度学习算法进行目标检测时，6个不同的特殊标志均被成功的检测出来，并且其中的内容也显示在了输出图像和右上角的终端中。  所以只要预先训练好的样本集的规模符合要求，使用深度学习算法进行目标识别即使对于这种难度较大的目标进行识别也能够轻松胜任。  Screenshot from 2017-04-12 20_59_48  使用特殊标志模拟危险物品进行目标检测效果图  **3.6 基于第四代移动通信技术实现摄像头,热传感，语音传输系统，远程操控**  4G通信技术以之前的[2G](https://baike.baidu.com/item/2G/3110701" \t "https://baike.baidu.com/item/4G/_blank)、3G通信技术为基础，在其中添加了一些新型技术，使得无线通信的信号更加稳定，还提高数据的传输速率，而且兼容性也更平滑，通信质量也更高。而且4G通信中使用的技术也先进于2G、3G通信，使得信息通信速度变快。  配送车采用4G设备与基站通信，接入互联网，并与互联网中具有公网IP的服务器通信，服务器再把数据发往主控计算机。简单的说，就是配送车使用4G接入互联网通过中转与主控计算机进行数据交换。采用这种方式可以实现摄像头实时图像的超低延迟传输，得到目标环境的直接图像信息。还可以实现热传感器的热数据传输，测量目标的体温特征。还可以实现语音的传输，进行直接的语音通话。还可以实现对配送车的超视距通信，理论上配送车只要在4G网络覆盖之处，都可以与本地计算机进行数据交换。  IMG_257  热成像人体测温  智能物流配送车搭载热成像设备，可以实现对检测到的人进行测量体温，提醒注意健康。  **3.7 目标在地图上的标记**  目标的位置的获取主要使用基于深度学习的目标检测算法对视野内图像进行检测得到目标相对于机器人的位置，辅以热成像、声音等对目标进行检测，达到了运用多特征融合识别特殊人员的目的。  将识别得到的目标的位置用于计算目标在地图上的位置，发布对现有对象的所有更新，若有新的对象，则加入对象数组并且单个标记每个对象，在SLAM建立的二维地图中标记出来，并生成标准TIFF格式的图片保存下来以供查看。  使用Cartographer SLAM及深度学习进行目标检测及建图和标记的节点图如图2.28所示。实际测试的场地全貌如图2.29所示，得到的地图如图2.30所示。  E:\rosgraph.png  图2.28 使用Cartographer SLAM及深度学习进行目标检测及建图和标记的节点图  E:\我的文档\Documents\西工大\舞蹈机器人\视频图片\新建文件夹\pxq\IMG_20170403_154233.jpg  图2.29测试场地全貌  E:\我的文档\Documents\Tencent Files\1304129983\FileRecv\Explorer_geotiff_mapper_two_17_10_13.jpg  图2.30建立的地图  可以看到，建立的地图与测试场地十分吻合。地图中红色的标记表示用特殊标志模拟的需要拾取物件的位置，蓝色标记表示使用深度学习进行目标检测得到的需要配送的位置，经与测试场地比较后，只有个别因光线较暗或目标超出深度摄像头硬件可达到的距离范围等原因没有标记上，并且在标记中，其位置的准确率也很高，基本满足机器人在未知环境中的自主建图与定位，进而完成配送任务的工作要求。  **3.8基于CSRT算法的实现图像上的目标跟踪**    目标的跟踪主要采用了高速率、高精度的CSRT算法，结合上述yolov3深度学习框架实现。  **3.9基于分类器进行的类别预测**  YOLOv3 不使用 Softmax 对每个框进行分类，主要考虑因素有：  Softmax 使得每个框分配一个类别（得分最高的一个），而对于 Open Images这种数据集，目标可能有重叠的类别标签，因此 Softmax不适用于多标签分类。  Softmax 可被独立的多个 logistic 分类器替代，且准确率不会下降。  分类损失采用 binary cross-entropy loss.  **多尺度预测**  每种尺度预测 3 个 box, anchor 的设计方式仍然使用聚类，得到9个聚类中心，将其按照大小均分给 3 个尺度。  **尺度1:** 在基础网络之后添加一些卷积层再输出box信息。  **尺度2:** 从尺度1中的倒数第二层的卷积层上采样(x2)再与最后  一个 16x16 大小的特征图相加，再次通过多个卷积后输出 box 信息，相比尺度1变大两倍.  **尺度3:** 与尺度2类似，使用了 32x32 大小的特征图  基础网络 Darknet-53  IMG_256  **darknet-53 与 ResNet-101 或 ResNet-152 准确率接近，但速度更快，对比如下：**  IMG_256  **检测结构如下：**  IMG_256  **3.10基于先进运动学算法的避障的逆运动学规划**  机械臂是模仿人类手臂功能以取代人工作业的一种机械装置。但是复杂的机械结构导致多自由度机械臂在三维空间下的运动控制成为难题。本作品对运动规划提供了两种控制方案：  通过手柄直接控制自由度的正运动学。通过程序封装，本软件实现了适配多种手柄的控制方式。手柄信息进行多层封装及转换，完成了机械臂的姿态实时显示与机械臂关节控制。  通过鼠标拖动末端执行器的目标位置，进行三维空间中的运动规划，完成逆运动学的实现。选择目标位置后，软件会通过算法计算出一条相应的避障路径并进行机械臂控制与姿态的实时显示。  作品基于ubuntu18.04上的ROS melodic，上位机通过网桥与工控机进行远程连接，并通过自主研发的USB转CAN单元连接至CAN网络，通过自主设计的通信协议与底层各个模块通信，完成机械臂运动控制与模块控制。  本软件主要支持机械臂的运动控制，也同样适配于机器人，摄像头舵机，智能小车等需要运动学控制的机械装置。可以运用在各种工业生产，科学研究领域。  设计的软件可实现用户对机械装置（主要为机械臂）的运动控制。设计思路采用自顶向下的设计思路。  1. 运动控制层  运动控制层为本软件的核心部分，主要采用C++开发。完成了正逆运动学控制。正运动学部分通过识别手柄信息，对信息进行封装，支持多种手柄控制，通过手柄设置的键位分别控制每一个舵机自由度的控制。逆运动学部分主要通过OMPL(开源运动规划库），使用基于采样的先进运动学算法（主要由RRT，PRM等算法组成）进行避障的逆运动学规划。规划结果将下发，完成机械臂的自主运动规划。  2. 姿态显示层  在本层中，运动控制层处理过后的正运动学与逆运动学信息将被发布到实时的姿态显示中，我们可以在本机端实时看到机械臂的理想姿态。  3. 数据传输层  这一层主要负责运动控制信息的转换与下发。主要采用C++语言与boost库开发。将运动学信息转化为自主设计的通信协议，将协议数据包写入串口并转化为CAN协议信息传入CAN网络。 | | | | | | | | | | | | |
| **七、项目创新点及特色（不少于300字）**  1、 创新的机械结构：考虑到环境的复杂性，机器人需要具备相当的越障能力，因此我们采用了独立悬挂底盘，使得机器人具备优良的复杂环境通过能力。减震底盘采用四组独立负压减震器，底盘的减震强度可调，通过弹簧与油压负压的作用，产生弹力在支撑整车重量保证上层稳定性，在底盘发生突发的大加速度前进和转动时，底盘上方仍可以保持较为平稳的运动，以此保证电子元器件的正常运行。  2、 创新的防雨封装方案：考虑到活动区间可能的雨水障碍。故而采用全防水的封装和顶部的撑伞防雨设计，同时加装湿度检测模块，以保证小车在行进过程中不因雨水、积水等情况被阻碍。也保证了其内部电子元件的正常运行。  3、 创新的供电和电路板连接方式：采用CAN总线式的模块化布局，大大降低了车身内连线的复杂度，同时也进一步提高了各模块的独立性，可很方便的对机器人功能进行增减，从而达到多功能的设计理念。  4、 创新的移动机器人自主搜寻与建图定位技术：对自主巡检机器人来说，使用地图匹配、陆标等导航方式存在局限性,传统的路径规划和跟踪方法也不能完全发挥其功能性。我们使用原创的综合使用基于A\*启发式算法和Dijkstra算法的自主导航技术并结合视觉SLAM建立的地图进行路径规划，达到在各种环境内正常工作的目的。  5、 创新的无线遥控及监控功能：机器人搭载多摄像头，确保视野充足和完整。通过网桥和第四代、第五代无线通信技术实现实时图像传输，进而实现远程无线遥控及监控功能。  6、 创新的图像复杂识别功能：考虑到巡检机器人可能遇到的复杂人员环境，机器人能进行危险物品和人脸识别。在此特征识别的基础上完成目标跟踪。  7、 创新的续航和自主充电方案：配合小车的定点巡航、自主电量监测功能在电量较低的时候自主返回充电坞进行充电。同时，机器人上另外搭载太阳能电池板以实现双供电，确保较长的续航时间。  8、 针对人员较多场地的巡逻避让功能：搭载超声波测距、红外线识别等传感器模块完成避障和简单越野。保证机器人在复杂场地内的自我保护和避障能力。  9、 面对较大场地、较长运作时间的工作方案：通过ROS系统完成多车无线组网实现车群的联动，确保反馈的信息量和巡检覆盖面，并且配合自主充电功能实现高效率的智能轮班。  10、 创新的供电和电路板连接方式：采用总线式的连接方式，大大降低了车身内连线的复杂度，同时也进一步提高了各模块的独立性，可随时增减功能。  11、 创新的移动机器人自主搜寻与建图定位技术，与传统的人工遥控相不同，本作品可实现机器人在复杂环境中的自主探索与建立地图。  12、 创新的六自由度机械臂，使得物流配送车拥有了抓取物件的功能，并采用基于先进运动学算法（主要由RRT，PRM等算法组成）进行避障的逆运动学机械臂自主规划。 | | | | | | | | | | | | |
| **八、已有基础（包括与本项目有关的研究积累和已取得的成绩、学校可以提供的条**  **件、尚缺少的条件及解决方法）**  1.与本项目有关的研究积累和已取得的成绩  在人员配置方面，负责软件的成员能熟练运用算法与数据结构，已有一年的关于机器学习和图像识别的学习与实践,熟练使用caffe、Tensorflow和ssd等。  机械成员有丰富的机械结构设计及组装经验，已有一年的机械设计经验，其设计的第一代轮式移动底盘与机械臂已经成功投入使用，并且之前已经进行过相关类型机器人的设计与制作，积累了很多经验与教训，可以熟练运用三维建模软件solidworks与3D打印机进行制造。  电子设计成员能熟练运用STM32并有进行过各种中型电子开发的经验，已经设计过多种控制板和控制模块；且熟悉底层驱动和控制程序的编写；已经掌握CAN总线网络设计，并对其他诸如串口、IIC等通讯协议有深入了解；同时对PID算法有一定的掌握和应用。  小组内详细地对任务进行了分工，成员的专业和能力搭配合理，并且都有一定的工程实践经验和基础。指导老师也具有丰富的项目经验，能够在我们有困难的时候给予指导。  2.已具备的条件、尚缺少的条件及解决方法  已经具备的条件：  (1) 已有一些普通摄像头与舵机；  (2) 已有底盘控制的经验和电路搭建的基础；  尚缺少的条件：  (1) 缺少对环境实时采集的热成像仪等外部输入设备；  (2) 缺少一个性能强劲的工控机实现环境、规划等数据的快速实时处理；  (3) 需要仿真的场地进行调试；  (4) 需要软件组对视觉识别软件算法问题进行优化；  解决方法：  (1) 与指导老师联系，积极投入实践。  (2) 优化机械设计制造，降低加工成本。  (3) 提高对相关芯片的理解以及对算法优化的认识，并且阅读大量此内容方面的论文资料。  (4) 应对实践中存在的软件，电子，机械等问题，实时进行优化处理。  (5) 向已有基础的开发团队进行咨询和进行项目交流。 | | | | | | | | | | | | |
| 九、项目研究进度安排及各阶段预期成果(本栏内容为中期检查及结题答辩重要参考)  （1）整体方案确定（2020.6-2020.8）  对机械结构进行分析和确认，确定项目关于电子和软件的具体实现方向和方法，确定实际救援地形和室内外环境。  （2）机械电子准备（2020.8-2020.10）  将机械结构和电子控制等方面的硬件设备布置好。  （3）软件效果测试（2020.10-2020.12）  实现绝大部分软件功能，并对平台的电路和机械等控制方面的完善和优化。  （4）平台搭建与完成测试（2020.12-2021.4）  将所有功能综合到平台，并进行经度和控制效率上的提升，对信息收集效果做相应最后的优化。 | | | | | | | | | | | | |
| 十、经费预算 | | | | | | | | | | | | |
| 开支科目 | | | | 经费预算（元） | | | | | | 主要用途 | | |
| 1.业务费 | | | | 1500 | | | | | | 项目相关业务 | | |
| （1）计算、分析、测试费 | | | | 500 | | | | | | PCB设计及打板，小车动力，结构稳定性等方面性能测试 | | |
| （2）能源动力费 | | | | 1000 | | | | | | 购买大容量电池 | | |
| （3）文献检索费 | | | | 0 | | | | | |  | | |
| （4）论文出版费 | | | | 0 | | | | | |  | | |
| 2.仪器设备购置费 | | | | 8500 | | | | | | 购买双目摄像机、热成像仪、工控机、网桥等 | | |
| 3.实验装置试制费 | | | | 1500 | | | | | | 用于购买实验场地的材料。 | | |
| 4.材料费 | | | | 8500 | | | | | | 购买3d打印材料、舵机、电机、电子元器件、相关机械及电路工具 | | |
| 5.其他 | | | | 0 | | | | | |  | | |
| 总计 | | | | | | | | | | 20000元 | | |
| 十一、导师推荐意见(必须明确表述项目结题成果及呈现方式)  智能物流配送机器人，选题新颖，大胆创新，其中部分技术具有很高的研究价值，目标在于解决在现有的配送机器人的缺点。从机械、电子和软件方面开展研究工作，同时，结合深度学习、slam建图技术，实现智能物流配送机器人设计，其技术路线和研究方法具有较大的研究价值，应用前景可观。  该团队所设计的原理方案可行，且有一定的实践基础。整个项目制作周期合理，经费使用安排妥当，研发进度较为合理，团队成员具有较高的科研精神，成员分工明确。同意该项目申请大学生创新创业训练计划项目。  预计制作出一款具有自主导航、人脸识别、自动抓取、远程图传等功能的机器人实物，并具有良好的物流配送功能。  签名：  年 月 日 | | | | | | | | | | | | |

|  |
| --- |
| 十二、院系推荐意见  院系负责人签名： 学院盖章  年 月 日 |

|  |
| --- |
| 十三、学校推荐意见  学校负责人签名： 学校盖章  年 月 日 |

|  |
| --- |
| 十四、省教育厅评审意见  单位盖章  年 月 日 |

注：表格栏高不够可增加。

西北工业大学大学生创新创业训练计划项目

创新训练项目申报补充信息

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目基本情况（补充） | | | | |
| 项目名称 | | 智能物流配送机器人 | | |
| 所属学科 | | 工学机械类 | | |
| 指导教师1 | | 孙树栋 | 联系电话 | 13991861239 |
| 指导老师2 | | 黄英亮 | 联系电话 | 13152160655 |
| 指导教师对项目的  支持情况 | | | 1、技术方面：项目研究过程中定期知道、交流；  2、设备方便：提供实验室现有相关设备支持；  3、经费方面：如果经费不足，会给予一定的经费支持； | |
| 项目成员分工 | 姓名 | | 学号 | 项目分工 |
| 王正帅 | | 2020301522 | 机械结构设计与电控系统控制 |
| 郝彦琦 | | 2018303156 | 软件开发与设计 |
| 陆畅 | | 2019302808 | slam建图与自主导航算法 |
| 张镇韬 | | 2020302419 | 电控系统开发 |
|  | |  |  |
| 项目立项依据（补充） | | | | |
| （一）项目的技术路线、创新点与项目特色  项目主要是利用我们现有技术研究轮式机器人在物流配送的“最后一公里”，即在物流配送点与收件人地址之间，进行对物件的识别、分拣、配送等任务的可行性。我们计划这台智能物流配送机器人可以真正应用于物流系统中，帮助完成物流配送的相关工作。目标实现：  1. 可实现对设定路线上的自动行驶，并对路线上出现的障碍物体进行自主规避，实现自动配送；  2. 可利用多个各类摄像头，通过通信将图像实时反馈给控制平台，并可进行红外线检测和动态检测障碍物；  3. 可利用机械臂与其上搭载的摄像头，实现对物件的二维码识别，然后进行机械臂对物件的抓取、移动、分拣。  4. 可利用搭载的激光雷达，配合slam技术和自主导航算法，实现在未知路线中的自主导航。  5. 可利用摄像头通过人脸识别，对收件人的身份进行验证，并交付对应物件  综合上述功能的讨论，项目主要研究内容将包括以下三方面，分别是：  1. 智能物流配送机器人的机械整体设计、零件的加工和整体的装配；  2. 机器人的控制电路设计与底层驱动和控制程序的编写；  3. 上位机层面的机器人运动姿态分析、控制程序的编写与调试。重点在于ROS平台的搭建和复杂地形底盘的设计及制作以及热成像、摄像头、激光雷达和其他传感器信息融合进行环境监测的算法设计，机械臂与底盘的运动控制，同时需要合理，高效的硬件支持来协同软件及机械的运转。  创新点：  1、 创新的机械结构：考虑到环境的复杂性，机器人需要具备相当的越障能力，因此我们采用了独立悬挂底盘，使得机器人具备优良的复杂环境通过能力。减震底盘采用四组独立负压减震器，底盘的减震强度可调，通过弹簧与油压负压的作用，产生弹力在支撑整车重量保证上层稳定性，在底盘发生突发的大加速度前进和转动时，底盘上方仍可以保持较为平稳的运动，以此保证电子元器件的正常运行。  2、 创新的防雨封装方案：考虑到活动区间可能的雨水障碍。故而采用全防水的封装和顶部的撑伞防雨设计，同时加装湿度检测模块，以保证小车在行进过程中不因雨水、积水等情况被阻碍。也保证了其内部电子元件的正常运行。  3、 创新的供电和电路板连接方式：采用CAN总线式的模块化布局，大大降低了车身内连线的复杂度，同时也进一步提高了各模块的独立性，可很方便的对机器人功能进行增减，从而达到多功能的设计理念。  4、 创新的移动机器人自主搜寻与建图定位技术：对自主巡检机器人来说，使用地图匹配、陆标等导航方式存在局限性,传统的路径规划和跟踪方法也不能完全发挥其功能性。我们使用原创的综合使用基于A\*启发式算法和Dijkstra算法的自主导航技术并结合视觉SLAM建立的地图进行路径规划，达到在各种环境内正常工作的目的。  5、 创新的无线遥控及监控功能：机器人搭载多摄像头，确保视野充足和完整。通过网桥和第四代、第五代无线通信技术实现实时图像传输，进而实现远程无线遥控及监控功能。  6、 创新的图像复杂识别功能：考虑到巡检机器人可能遇到的复杂人员环境，机器人能进行危险物品和人脸识别。在此特征识别的基础上完成目标跟踪。  7、 创新的续航和自主充电方案：配合小车的定点巡航、自主电量监测功能在电量较低的时候自主返回充电坞进行充电。同时，机器人上另外搭载太阳能电池板以实现双供电，确保较长的续航时间。  8、 针对人员较多场地的巡逻避让功能：搭载超声波测距、红外线识别等传感器模块完成避障和简单越野。保证机器人在复杂场地内的自我保护和避障能力。  9、 面对较大场地、较长运作时间的工作方案：通过ROS系统完成多车无线组网实现车群的联动，确保反馈的信息量和巡检覆盖面，并且配合自主充电功能实现高效率的智能轮班。  10、 创新的供电和电路板连接方式：采用总线式的连接方式，大大降低了车身内连线的复杂度，同时也进一步提高了各模块的独立性，可随时增减功能。  11、 创新的移动机器人自主搜寻与建图定位技术，与传统的人工遥控相不同，本作品可实现机器人在复杂环境中的自主探索与建立地图。  12、 创新的六自由度机械臂，使得物流配送车拥有了抓取物件的功能，并采用基于先进运动学算法（主要由RRT，PRM等算法组成）进行避障的逆运动学机械臂自主规划。  （二）项目研究进度安排  （1）整体方案确定（2020.6-2020.8）  对机械结构进行分析和确认，确定项目关于电子和软件的具体实现方向和方法，确定实际救援地形和室内外环境。  （2）机械电子准备（2020.8-2020.10）  将机械结构和电子控制等方面的硬件设备布置好。  （3）软件效果测试（2020.10-2020.12）  实现绝大部分软件功能，并对平台的电路和机械等控制方面的完善和优化。  （4）平台搭建与完成测试（2020.12-2021.4）  将所有功能综合到平台，并进行经度和控制效率上的提升，对信息收集效果做相应最后的优化。  （三）项目研究已有基础  1.与本项目有关的研究积累和已取得的成绩  在人员配置方面，负责软件的成员能熟练运用算法与数据结构，已有一年的关于机器学习和图像识别的学习与实践,熟练使用caffe、Tensorflow和ssd等。  机械成员有丰富的机械结构设计及组装经验，已有一年的机械设计经验，其设计的第一代轮式移动底盘与机械臂已经成功投入使用，并且之前已经进行过相关类型机器人的设计与制作，积累了很多经验与教训，可以熟练运用三维建模软件solidworks与3D打印机进行制造。  电子设计成员能熟练运用STM32并有进行过各种中型电子开发的经验，已经设计过多种控制板和控制模块；且熟悉底层驱动和控制程序的编写；已经掌握CAN总线网络设计，并对其他诸如串口、IIC等通讯协议有深入了解；同时对PID算法有一定的掌握和应用。  小组内详细地对任务进行了分工，成员的专业和能力搭配合理，并且都有一定的工程实践经验和基础。指导老师也具有丰富的项目经验，能够在我们有困难的时候给予指导。  2.已具备的条件、尚缺少的条件及解决方法  已经具备的条件：  (1) 已有一些普通摄像头与舵机；  (2) 已有底盘控制的经验和电路搭建的基础；  尚缺少的条件：  (1) 缺少对环境实时采集的热成像仪等外部输入设备；  (2) 缺少一个性能强劲的工控机实现环境、规划等数据的快速实时处理；  (3) 需要仿真的场地进行调试；  (4) 需要软件组对视觉识别软件算法问题进行优化；  解决方法：  (1) 与指导老师联系，积极投入实践。  (2) 优化机械设计制造，降低加工成本。  (3) 提高对相关芯片的理解以及对算法优化的认识，并且阅读大量此内容方面的论文资料。  (4) 应对实践中存在的软件，电子，机械等问题，实时进行优化处理。  (5) 向已有基础的开发团队进行咨询和进行项目交流。 | | | | |

**注：表格栏高不够可增加。**