

面向自动化专业的移动机器人综合实验平台

徐 明 肖军浩 李治斌 薛小波 卢惠民 徐晓红

(国防科技大学,湖南省 长沙市 410073)

摘 要: 实验平台建设是实验室建设的重要组成部分,提升实验平台的建设水平对提高教学效果和人才培养质量有着重要的意义。针对我校面向自动化专业的移动机器人综合实验平台,从平台建设思路、构成、特点和支持实验项目等几个方面阐述了该实验平台对创新型人才培养所起的积极作用。

关键词: 自动化专业; 机器人; 综合实验平台

A comprehensive experimental platform based on mobile robot for automation

Ming Xu, Junhao Xiao, Xiaobo Xue, Zhibin Li, Huiming Lu, Xiaohong Xu

(National University of Defense Technology, Changsha 410073 Hunan Province, China)

Abstract: Constructing the experiment platform is an important part of laboratory construction, enhancing the experiment platform construction has much to do with the improvement of the quality of talent training. This paper combines the reality of a comprehensive experimental platform based on mobile robot for automation in NUDT, focuses on the construction idea, composition, characteristics and support experiment project of the experiment platform, expounds the active impact of platform construction to innovative talent training.

Key Words: automation major; robot; comprehensive experimental platform

引言

实践教学环节对于巩固课堂教学效果,促进学生对知识的消化、吸收、巩固和提高,培养其动手能力,调动其主动性和创造性,具有不可替代的作用^[1-3]。而实验平台作为实践教学手段中的重要组成部分,对教学效果起着举足轻重的作用,特别是针对操作性、应用性强的自动化专业,实验平台的优劣,将显著影响实践教学效果^[4,5]。而当前针对自动化专业的实验平台普遍以下 3 个问题:

1) 实验平台综合性不强,功能相对单一。一个实验平台往往只支持少数几个知识点。为了使学生构建完成的知识体系,往往需要众多不同实验平台,而学生需要花费大量时间熟悉不同平台的基本操作,导致学习效率低下^[6,7]。

2) 很多实验平台开放性不强,扩展性弱。平台难以根据未来的需求进行功能扩展,同时也限制了学生的创新空间^[8]。

3) 有些实验平台虽然经典,但也缺乏时代性。没有紧跟当前社会发展、科技进步对人才培养的新要求。

联系人: 徐明. 第一作者: 徐明(1982—),男,博士,讲师.

基金项目: 2012 年度湖南省自动化专业综合改革试点项目.

1 平台设计思路

为了尽可能克服上述问题,本论文介绍一款我们自主开发并经过多年实践教学检验的面向自动化专业的移动机器人综合实验平台。该平台为我校自动化专业的人才培养起到了积极的作用。

实验平台在设计思路上具有紧贴社会发展的时代性——符合工业 4.0 国家发展战略对人才培养的迫切需求,紧跟机器人技术发展的大趋势;具有满足不同教学对象的综合性——涵盖基础性实验和综合性实验,满足高、中、低不同年级学生,不同能力水平,不同培养目标的要求;具有根据未来实验教学要求自由增减功能的开放性——实验平台预留了各类标准化接口,可以根据实验内容选配或扩展特定功能,具有很强的自主性和灵活性,也给学生预留了创造空间。

2 平台构成

实验平台采用模块化设计,由控制组件、执行组件和传感组件组成。

2.1 控制组件

控制组件包括底层控制板、上层决策控制和人机交互模块两个部分,如图所示 1。两者根据实验需求,可在功能上构成主从关系。作为从机的底层控制板可实现电机控制、传感器数据采集以及接受并执行来自主机的指令等功能。作为主机的上层决策控制和人机交互模块,既可根据从机反馈的传感器数据并结合控制目标生成顶层控制策略,将其分解成单个控制指令发送给从机;也可实现人机交互,接收外部输入指令。

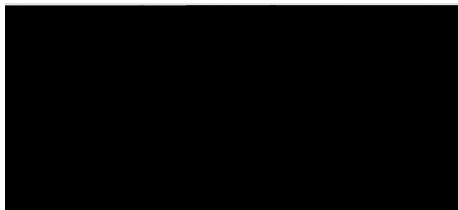


图 1 控制组件

2.2 执行组件

执行组件由 3 个全向轮系和驱动器组成的全向移动底盘,以及多自由度机械臂组成,如图 2 所

示。每个轮系由可以独立控制的直流电机、驱动电路、编码器、减速箱和全向轮构成,能使机器人在平动的同时转动,即实现全向运动。这种设计相对于传统的差动移动平台在控制上更具灵活性。多自由度机械臂有 4 组舵机构成,配合控制算法,可以实现物体的夹取、放置等功能。

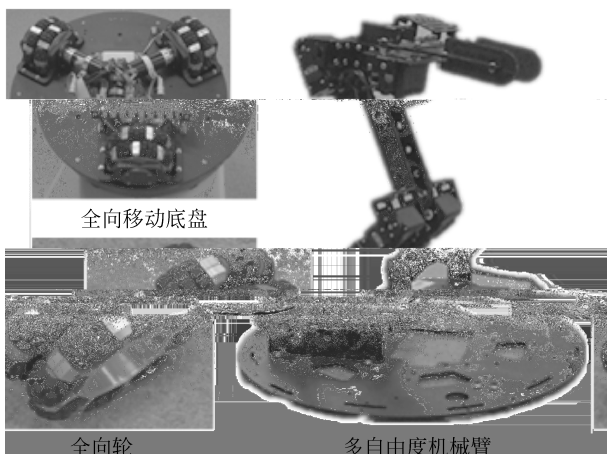


图 2 执行组件

2.3 传感组件

传感器组件包括 1 组 QTI 传感器、6 个超声波测距传感器、6 个红外反射传感器、1 个色标传感器和 1 个视觉摄像头,如图 3 所示。

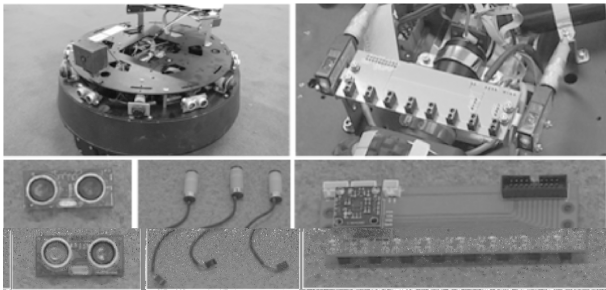


图 3 传感组件

利用 QTI 传感器可检测地面的黑线,开展机器人巡线实验;红外反射传感器可以在较近的距离内检测障碍物,为机器人提供避障所需的信息;超声波测距传感器可以使机器人在较远的距离上,在 360 度范围内全方位获取周边障碍物信息,可为路径规划提供环境信息;色标传感器可以检测指定颜色物体,能够以非常简单的方式开展颜色识别实验;视觉摄像头采集图像后,结合相应的图像处理算法,可以用于识别特定形状或颜色的物体,融合超声波测距传感器和红外反射传感器

信息后,可以为机器人提供更丰富的环境感知信息。

本实验平台在多年的使用过程中,积累了丰富的素材,具有详细的设计图、说明书、实验指导书、实验项目、案例程序和数据手册等,为教学工作提供了强有力的支撑,同时也方便学生少走弯路,快速上手。

3 实验平台特性

3.1 创新性

经过巧妙的构思、新颖的设计,平台本身、实验方式和内容都体现出当前国家发展战略和工业 4.0 对人才培养的新趋势和新要求。其创新性表现在以下三个方面:

独特的全向移动底盘:机器人移动平台采用了具有自主知识产权的 3 个全向轮系(已获得国家发明专利授权),每个轮系可独立控制,实现平台全向运动。在控制上这种设计相对于传统的差动移动平台更具灵活性,有利于自动化专业学生发挥其控制的优势。

综合性的实验平台:有别于单一功能的实验设备,本平台跨多个知识领域,可从多方面、多层次满足课堂教学和实验教学的需求,是一个综合性的实验平台。它不仅可用于嵌入式系统开发、传感器技术、电机控制、运动控制、机械臂控制等基础功能实验,也可完成走迷宫、路径规划与跟踪控制、物体抓取运输、特定物体跟踪等复杂综合性实验。这些实验从基础到综合、从简单到复杂,全面覆盖不同能力层次学生的训练需求。

开放性的设计思路:平台集成了诸多传感器,通过各种标准接口与底层控制板相连,学生可以根据需要选配。同时,底层控制板还预留了多个接口,可以扩展其它传感器模块。

3.2 趣味性

以移动机器人平台为主体,互动性强,本身具有良好的展示度和趣味性。实验过程中,以小组为单位进行分工合作,可强化学生的团队交流和相互协作意识,培养团队精神。同时,在调试过程中,平台能给予及时、直观的结果反馈,使学生快速发现问题,并乐于改进设计,提升实验效果,提高学生学习的成就感。能够让机器人按照学生自

己的想法和设计运行,是学生的兴趣所在。这种寓学于乐的学习方式,对于提高学生的学习积极性,激发学习兴趣和培养独立思考能力,具有很好的效果。

3.3 实用性

实验平台采用模块化设计,易于扩展,性能稳定,通用性好。利用该平台,学生可以从移动机器人最基本的组成入手,了解机器人的各个模块及其功能;随着学习的深入,学生在掌握一定知识以后,可以开展基础功能的实验,最后可以综合应用所学知识开展复杂的综合性、探索性实验。这种在同一平台上采用由简至难、循序渐进的教学方法,集认知性、启发性、综合性于一体,既有利于提升学生学习过程中的自信心,也可以避免学生因为实验平台频繁更换而浪费大量时间和精力的问题,从而可以大大提高教学效率和质量。

4 平台支持实验项目

本实验平台涉及自动控制原理、计算机控制、嵌入式开发、传感器应用、计算机视觉等诸多知识领域,可根据实际需求开展验证性、综合性或者探索性实验,可作为不同难度系数要求的课堂教学和实验教学的一个统一平台,也可为不同能力层次的学生提供量体裁衣式的能力培养,做到因材施教。对于新生,可以作为学生认识、了解机器人基本概念和知识的一个良好演示平台,有助于其开阔视野、培养兴趣;对于低年级学生,可开展电机控制、传感器采集、接口编程等功能独立、任务明确的基础性实验,使其加深对计算机硬件、自动控制原理知识的理解,为其巩固所学知识、提高应用能力提供有益帮助;对于高年级学生,可开展功能复杂、难度较大的综合性、开放性实验,为其综合运用机械、控制和传感器等相关知识分析和解决实际问题提供了良好的实践平台。从 2011 年至今,平台共支持 24 门次课程,为共计 1113 名学生提供实验条件。其可提供的主要实验项目如表 1 所示。该平台激发了学生参加创新实践活动的兴趣,提高了学生的实践创新能力,为参加全国机器人电视大赛,国际地面无人系统创新挑战赛,机器人世界杯比赛等高水平机器人学科竞赛奠定了坚实基础。

表 1 平台可提供的主要实验项目

序号	实 验 项 目
1	电机闭环控制实验
2	超声波测距实验
3	CAN 通信实验
4	RS232 通信实验
5	Zigbee 通信实验
6	色彩识别实验
7	物体识别实验
8	物体跟踪实验
9	穿越迷宫实验
10	巡线实验
11	物体抓取实验
12	轨迹规划实验
13	机器人姿态控制实验
14	舵机控制实验
15	机械臂控制实验

5 结论

本实验平台是涵盖控制、嵌入式、传感器等诸多知识单元的机电一体化综合性实验平台。平台采用模块化设计思路,由控制组件、执行组件和传感组件三大部分组成,可为自动化专业本科学生深入学习自动控制原理,掌握控制系统设计开发,提供多层次、全方位的综合实践训练。利用该平台,可以从控制方法实践、嵌入式开发、传感器应

用和综合设计等多个方面提高学生的实践能力和综合素质。多年的实验教学经验和取得的效果也充分验证了平台的科学性。

References

- [1] 杨宇科,杨开明. 加强高校实验室建设与管理思考[J]. 实验技术与管理,2012,(10): 204-206.
- [2] 侯震,杨婷婷,刘文泉,杜新虎. 自动化专业实验设备的自主研制与二次开发[J]. 实验技术与管理,2014,(10): 262-263.
- [3] 杨清宇,林岩,蔡远利,韩崇昭. 研究型大学自动化专业实验室建设探讨[J]. 实验室研究与探索,2010,(06): 163-165.
- [4] 王峻,杨耕,张长水. 自动化学科本科实验教学体系与实验室管理模式的探索[J]. 实验室研究与探索,2008,(07): 5-7.
- [5] 王莹,袁园,刘俊秀. 高校实验室建设与管理思考[J]. 实验技术与管理,2017,(03): 246-248.
- [6] 张建良,卢慧芬,赵建勇,吴越,付传清. 跨学科综合性实验平台的探索与设计[J]. 实验技术与管理,2017,(01): 194-197.
- [7] 王茜. 自动化专业综合性实验平台的建设模式[J]. 实验室研究与探索,2009,(10): 96-98.
- [8] 张莉. 高校开放性实验教学平台建设研究——开放性实验室的使用效益分析[J]. 山西财经大学学报,2015,(S2): 87.