

融合机器视觉的工业机器人虚拟平台构建

白瑞峰, 房朝晖, 靳荔成, 于赫洋, 张拓迷

(天津大学 电气与自动化工程学院, 天津 300072)



摘要:为满足电气信息类专业学生工业机器人、自动控制、机器视觉等先进技术的实践教学需求,提高工科大学生自主创新、创业及实践能力,设计开发了机器人实验系统。利用虚拟仿真技术、互联网技术与学科专业深度融合,设计了虚拟实验对象,扩充了实验内容。为了便于虚拟教学资源的有效管理,依据学科特色与虚拟实验教学的特点,构建了统一的实验教学网络管理平台,扩大了共享范围。探索了三核心、三层次、一体化的“三三一”虚拟仿真实验教学管理体系,促进了虚拟教学资源的开发与建设,推进了高等学校实验教学的信息化建设,为实验教学改革创新开辟新的道路。

关键词:工业机器人; 虚拟仿真; 机器视觉; 实验教学; 管理体系

中图分类号: TP 391.0

文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2017)05-0246-04

Industrial Robot Virtual Platform Construction Integrated with Machine Vision

BAI Ruifeng, FANG Chaohui, JIN Licheng, YU Heyang, ZHANG Tuomi

(School of Electric Engineering and Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to meet electrical information specialty practice teaching requirements of industrial robots, automatic control, machine vision and other advanced technology, improve the independent innovation ability, entrepreneurship and practice ability of engineering students, a robot experimental system was designed and developed. Combining virtual simulation technology, internet technology with specialty requirement, a virtual experiment object was designed to expand the experimental content. In order to facilitate the management of virtual teaching resources, according to the characteristics of subject and virtual experiment teaching, a unified network management platform was established to expand the scale of sharing. A "331" virtual simulation experiment teaching management system which has three centers, three levels and the integration of construction, was explored. That system promotes the development and construction of virtual teaching resources, promotes the informatization construction of experimental teaching in college, and will open up a new path for the innovation of experimental teaching reform.

Key words: industrial robots; virtual simulation; machine vision; experimental teaching; management systems

0 引言

随着我国智能制造 2025 的提出,加速了工业机器人以及机器视觉等科技人才的需求^[1],涉及工业机器人和视觉系统的设计、调试、控制和维修等。工业机器人,作为集机械、电子、计算机、人工智能等先进技术于一体的现代制造装备,广泛应用于焊接、物流、切割及测量等领域^[2-4],成为现代工业自动化水平标志之一。

以培养学生的创新设计能力和综合设计能力为教学目标,紧密结合学科及工业发展的前沿技术和学院

收稿日期: 2016-08-15

基金项目: 天津大学 2014 年校级实验室建设改革项目 (LAB2014-16); 天津大学 2014 年实验教学改革与研究项目 (2014-44); 天津大学 2016 年国家级大学生创新创业训练计划项目 (201610056030); 天津大学 2016 年大学生创新创业训练计划项目 (201610056310); 天津大学 2016 年校级实验室建设与管理改革项目 (LAB2016-05)

作者简介: 白瑞峰 (1987-), 男, 天津人, 硕士, 工程师, 控制科学与工程, 工业机器人与阻抗测量技术。

Tel.: 13516248559; E-mail: bairuifeng@tju.edu.cn

教师科学研究的成果,天津大学于2006年校企共建了贴近工业生产实际环境又符合高等教育教学规律的“模拟啤酒自动化生产线”^[5]。

随着机器视觉、工业机器人的发展及新技术的教学需求,在原有平台基础上,对啤酒装箱分布进行改造,增加了三菱RV-3SQ工业机器人和康耐视5100视觉传感器等相关设备,完成了生产线上的智能系统设计,提高了该生产线的自动化水平,增加了工业机器人以及机器视觉的实验教学内容。

电气工程与自动化虚拟仿真实验教学中心,目标是针对自动化专业、电气工程与自动化专业等电气信息类相关专业的高成本、高消耗、大型综合、高危等实验项目,利用现代虚拟仿真技术将其虚拟化,将已有的实验资源整合构建了虚拟实验教学管理平台,提高共享范围。智能生产线、工业机器人以及机器视觉设备价格昂贵、易于损耗、资源有限、对环境要求苛刻,属于大型综合、高成本、高消耗、高危的实验项目,是中心重点建设项目。

1 系统结构及其功能设计

系统结构如图1所示,根据模拟啤酒生产线的工艺流程,主要分为3个部分:供箱系统、机器视觉系统和工业机器人系统。

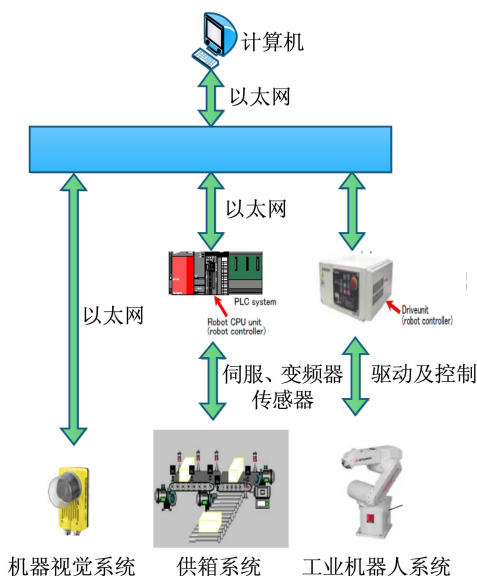


图1 工业机器人实验系统结构图

供箱系统包含PLC、伺服电机、变频器、传感器、箱体、传送带等。PLC可控制装箱系统中的伺服电机、变频器,通过以太网与机器视觉系统和机器人控制器进行通信。PLC根据视觉检测获得的装箱工作台上箱体的装瓶位置(瓶位),将待装箱瓶体按照规划的轨迹和速度,依次装入箱体的瓶位中。

机器视觉系统使用康耐视 In-Sight 5100,通过摄像头,拍摄装箱工作台上的箱体,并完成图像处理,获

取瓶位的实时坐标,并将坐标传送至工业机器人控制器中。

工业机器人系统包括三菱RV-3SQ六自由度工业机器人、Q03UDCPU和Q172DRCPU、CR1Q-700控制器等。其中,Q03UDCPU为主CPU,Q172DRCPU为从CPU,即机器人CPU。

2 硬件系统连接

RV-3SQ工业机器人包含六个关节^[6]。控制器与工业机器人通过马达动力线和编码器信号线连接,其中马达线用提供动力驱动电机,信号线控制电机并将机器人各轴位置信息反馈给控制器。

工业机器人与视觉整合的硬件连接如图2所示,康耐视 In-Sight 5100视觉系统配备工业摄像头,采集空间坐标信息,通过以太网传输数据,为工业机器人提供装瓶位坐标值。使用一个Hub把In-sight 5100、上位PC机、工业机器人控制器和机器人CPU连接起来组成一个局域网。

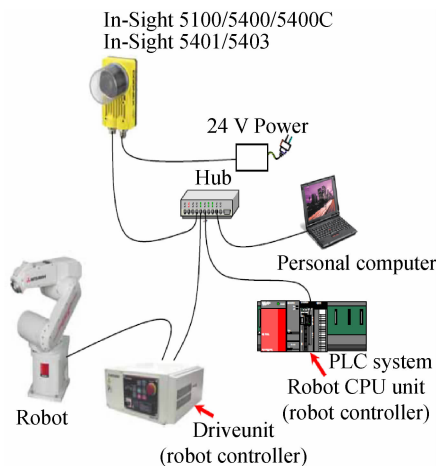


图2 工业机器人与视觉系统的硬件连接图

3 工业机器人编程及路径规划

RV-3SQ工业机器人可使用RT-ToolBox2编程环境进行控制,编程语言为Melfa Basic V。

RT-ToolBox2环境包含RV-3SQ工业机器人虚拟对象,如图3所示,提供仿真运行模式,能够脱离工业机器人进行离线仿真运行。在实操操作前可行仿真运行,以检验其是否能完成设计的动作,是否可以使用,从而避免了操作不当而造成的机械结构的损坏及人身危险。在设计中,通过对生产线工艺流程的分析,进行路径规划。使用编程软件按照程序编写运行指令,仿真运行成功后,转换自动运行,工业机器人能够按照规划轨迹运行。

RT-ToolBox2可与PLC的进行通信,完成多CPU配置,实现计算机与机器人控制器的实时通信,操纵与监视工业机器人运行。

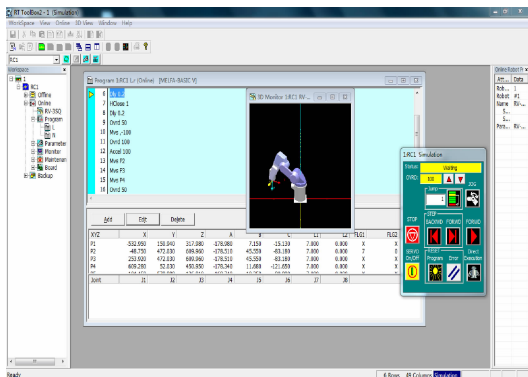


图3 RV-3SQ工业机器人虚拟对象

4 视觉系统校准及特征提取

Insight Explorer 环境可完成视觉系统的图像获取、校准、坐标装换、通过 PatMax 图案工具进行特征提取与定位^[7]、通信设置、数据传出等配置等。

考虑到模拟啤酒生产线装箱工艺及运行速度,图像获取设置为连续触发模式,间隔为 500 ms,曝光时间为 8 ms,瓶位区域设置为采集图像的 50%,避免因对象的移动而使目标对象移出视域。

在工作环境中,系统捕获到图像会具有远景畸变,可采用网格(带基准)校准方式^[8]。网格间距越小,校准精度越高,计算耗时越长,考虑箱体、瓶位尺寸及计算时间,网格间距定为 10 mm。

瓶位的形状为圆形,可采用 PatMax 模型进行定位方式,该方法根据物体的形状进行定位,适用于外观发生旋转,测量缩小或者拉伸的物体。

为了避免由于光照强度的变化而引起的误差,利用 LED 平面光源进行补光。为了提高定位的准确性,箱体设置为白色,瓶位中心的底箱上,用黑色标记了圆心位置。

5 实验对象虚拟化

虽然 RT-ToolBox2 本身具有工业机器人的虚拟对象,可完成路径规划的虚拟实验,但功能简单无法完成工艺流程以及复杂的实验内容。

在原有真实三菱机械臂的基础上,引入机器人虚拟仿真平台(见图 4),利用 3D 效果的 VC(Visual Components)虚拟仿真软件^[9-10],搭建了虚拟对象,可替代原有的机械对象(机器人系统以及装箱系统)。该虚拟对象可通过以太网与其他视觉系统或工业控制器通信。

工业机器人虚拟仿真实验在向学生提供丰富的虚拟工业机器人操控实验的基础上,还可实现虚拟设备和真实设备的对接,实现虚拟机器人和实际机器人的同步,使学生在虚拟实验的过程中不脱离现实环境,保证理论与实际的同步研习。

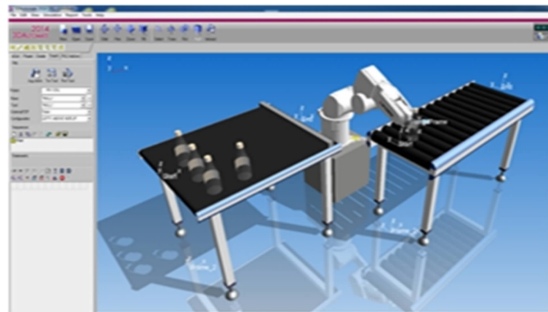


图4 虚拟机器人仿真平台

虚拟对象的应用扩充了实验教学内容,可完成虚拟硬件系统搭建、机器人系统虚拟路径规划、机器视觉系统校准与定位、基于 GX Developer 及 VC 虚拟对象的仿真实验、基于 PLC 及 VC 虚拟对象的虚实结合实验,以及融合机器视觉及机器人系统的综合实验等内容。

6 平台建设与实验教学管理体系

6.1 平台建设

为了推动实验教学改革与创新,持续推进实验教学信息化建设,响应国家及学校对虚拟仿真实验教学的发展要求^[11-13],电气工程与自动化虚拟仿真实验教学中心对涉及高危、高能耗、大型综合的电气信息类实验内容进行虚拟环境开发以及仿真系统构建,同时积极促进科研成果向教学资源的转化,先后建设了“融合机器视觉工业机器人虚拟仿真系统”“智能电网仿真实验教学平台”“多相流虚拟仿真实验教学环境”“高电压虚拟仿真实验教学环境”“工业生产线虚拟模型”等一批虚拟仿真实验教学资源。为了更好地管理和优化教学资源、提高和完善应用效果,构建虚拟仿真实验教学管理与共享平台。

虚拟仿真实验教学的管理平台是基于 J2EE 架构的 B/S 结构^[14],如图 5 所示,系统用户角色包括实管

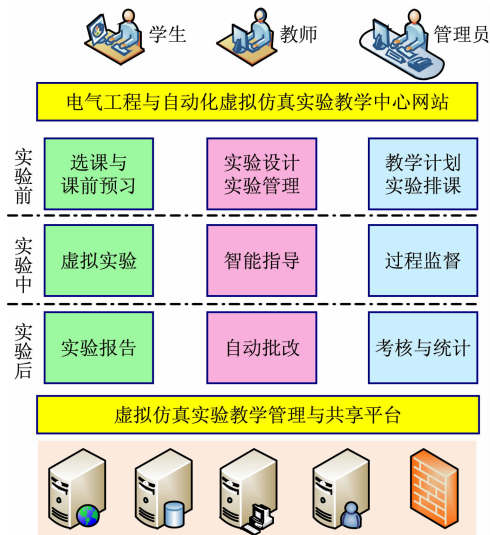


图5 虚拟仿真实验教学管理与共享平台结构图

理员、教师、学生等角色。系统依托校园网络,可完成局域网、校园网及互联网的三级网络共享。

虚拟仿真实验教学的管理和共享平台包括虚拟实验中心门户网站、实验的开课管理、实验教学安排、典型实验库的维护、实验前的理论学习、实验过程的智能指导、实验结果的自动批改、师生互动交流和系统管理等内容。

6.2 管理体系

秉承将实验教学内容与科学研究、前沿技术紧密结合,利用虚拟仿真技术将学科优势资源服务于教学^[15],依托学科发展,针对虚拟实验教学特点及资源管理,电气与自动化虚拟仿真实验教学中心构建了“三核心、三层次、一体化”的“三三一”虚拟仿真实验教学管理体系,如图6所示。

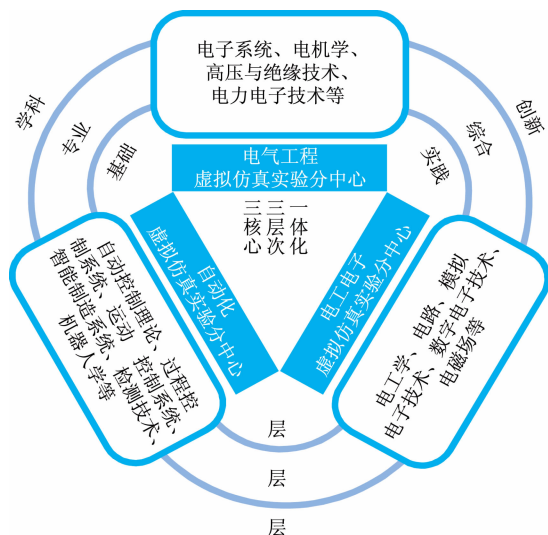


图6 “三三一”虚拟实验教学管理体系

虚拟仿真实验中心以电气工程及自动化领域的学科知识为基础,设置了“电气工程虚拟仿真实验分中心”、“电工电子虚拟仿真实验分中心”以及“自动化虚拟仿真实验分中心”3个核心,体现广范围、宽领域的实验体系以及优质资源共享的实验教学理念;根据每个虚拟实验分中心所涉及的学科知识,对其相应实验依照基础实践、专业综合、学科创新3个层次进行划分,由内层向外层辐射式扩展,体现学科的纵向延伸;根据实验内容的不同,层与层之间既各自独立又互为支撑、相互包容,三大核心所代表的学科之间既各具特色又互为补充、相互联系,体现多学科互融互联的一体化建设模式。

7 结 语

以培养学生的综合能力和创新能力为目标,紧密

结合电气信息类学科及工业发展的融合机器视觉、机器人技术等前沿技术,提升了模拟啤酒自动化生产线实践平台自动化水平,扩充了实验教学内容。应用虚拟化技术,解决了大型综合高消耗实验装置的建设瓶颈,降低了维护成本,便于实验教学环节的拓展与再开发,扩大了受益面。

构建了统一的开放管理平台,扩大了共享范围,促进了虚拟教学资源开发与建设。该平台的构建也填补充实了本科生实践教学内容,丰富了工程教育培养手段,是满足多专业、多层次学生创新平台。“三三一”虚拟仿真实验教学管理体系实现实践能力培养的统一规划、分步实施;实验平台的资源共享,综合利用,提高办学效率,将会促进实验教学的信息化建设,推动实验教学的改革与创新。

参考文献 (References):

- [1] 周 济. 智能制造——“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015(17):2273-2284.
- [2] 董翠敏, 刘永强. 以机器人教育为平台培养大学生创新意识和能力[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(9):243-244, 320.
- [3] 王 强. 六自由度工业机器人的运动轨迹插补算法的研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2012.
- [4] 兰 虎, 陶祖伟, 段宏伟. 弧焊机器人示教编程技术[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(9):46-49.
- [5] 袁 浩, 白瑞峰, 房朝晖, 等. 模拟啤酒生产线可视化中央监控系统设计与实现[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(9):120-123.
- [6] 严 奎. 基于OpenGL的RV-3SQ垂直多关节型机器人监控研究[J]. 计算技术与自动化, 2011, 30(4):137-140.
- [7] 夏伯雄. 控制装备机器人的复杂图像处理技术[J]. 传感器世界, 2003(7):20-21.
- [8] 陈 炎, 张勤昭, 曹树良, 等. 基准温度分布网格生成方法的研究及应用[J]. 北京理工大学学报, 2012, 32(9):900-904.
- [9] 王 猛, 韩正功, 陈德焜. 可重构制造仿真单元在车间规划过程虚拟仿真中的应用研究[J]. 工业控制计算机, 2013, 26(7):95-96.
- [10] 白瑞峰, 韩洪洪, 于赫洋, 等. 智能制造虚拟实验系统设计与集成[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(6):129-131, 149.
- [11] 祖 强, 魏永军. 国家级虚拟仿真实验教学中心建设现状探析[J]. 实验技术与管理, 2015(11):156-158.
- [12] 仲启媛, 谢 建, 谭立龙. 创新实验教学体系 推进军队院校实验教学示范中心建设[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(7):151-154.
- [13] 王卫国, 胡今鸿, 刘 宏. 国外高校虚拟仿真实验教学现状与发展[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(5):214-219.
- [14] 赵 骥. 现代测试技术基地网络化实验平台设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2015.
- [15] 徐 进. 2013年国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作小结及2014年申报建议[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(8):1-5.