



基于 CDIO 理念的物联网技术课程 实验教学研究

周春月¹, 宋明月¹, 陶丹^{1*}, 赵文山¹, 高睿鹏²

(1. 北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044; 2. 北京交通大学软件学院, 北京 100044)

摘要: 作为国家战略性新兴产业的重要组成部分, 物联网深度融合了新一代信息技术, 也带来了社会对物联网应用型人才的实际需求。该文针对研究生专业课程“物联网技术”在教学改革实践过程中的不足之处, 基于 CDIO 的工程教育理念, 以“实践&创新”为目标, 围绕课程知识体系和物联网关键技术对实践能力层次和实验教学内容进行了优化设计, 循序渐进以达到工程教育培养目标。最后, 总结了研究生实验课程开放式教学模式的实施效果。

关键词: 物联网; CDIO; 实践教学; 研究生培养

中图分类号: TP393

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230083

Research on Experimental Teaching of the Internet of Things Technology Course Based on CDIO Concept

ZHOU Chunyue¹, SONG Mingyue¹, TAO Dan^{1*}, ZHAO Wenshan¹, GAO Ruipeng²

(1. School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Software Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: As an important part of the national strategic emerging industry, the Internet of Things deeply integrates the new generation of the information technology, and also brings great demand for the application-oriented talents of the Internet of Things. In view of the imperfections of the Internet of Things technology in the practice of teaching reform, based on the engineering education concept of CDIO, aiming at practice & innovation, it optimizes the level of practical ability and the contents of experimental teaching around the curriculum knowledge system and the key technology of Internet of Things, so as to achieve the training goal of engineering education step by step. Finally, it summarizes the implementation effect of the open teaching mode of graduate experimental course.

Key words: Internet of Things; CDIO; practical teaching; cultivation of postgraduates

科技发展的每个时代都有推动它前进的引擎, 从互联网、物联网、云计算、大数据到区块链、人工智能等, 智慧化的目标让“万物互联”成为通信行业乃至全球网络的重要发展方向^[1]。天罗地网般覆盖的物联网为“云计算+AI”的深度融合提供了土壤。

2010 年 3 月, 教育部批准了 30 所首批开设物联网工程专业的高校。经过十余年的建设和完善, 物联网技术专业已成为诸多高校应用型本科生、硕士生人才培养与社会发展实际需求紧密联系的重要课程。北京交通大学电子信息工程

学院较早就面向研究生开设了物联网技术课程, 并开展了基于 CDIO 新型工程教育理念的课程内容和实践环节探讨^[2]。CDIO 工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果, 我国共有百余所高校加入了“CDIO 工程教育联盟”。

CDIO 代表构思(conceive)、设计(design)、实现(implement)和运作(operate), CDIO 培养大纲将工程毕业生的能力分为工程基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统能力 4 个层面, 以产品研发到产品运行的生命周期为载体, 让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学

收稿日期: 2023-02-20; 修回日期: 2023-08-25

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(220904922260741); 北京交通大学重点改革与建设项目(134973522)。

作者简介: 周春月(1973-), 女, 博士, 研究员, 主要从事下一代通信网络与安全技术方面的研究。

* 通信作者: 陶丹(1978-), 女, 博士, 教授, 主要从事信号与信息处理、多媒体与无线传感器网络教学和研究工作。

E-mail: dtao@bjtu.edu.cn

习工程, 以综合的培养方式使学生在这 4 个层面达到预定目标^[3]。CIDO 理念是“做中学”和“基于项目教育和学习”的集中概括, 基于该理念的研生物联网技术课程必然要以实际应用为导向, 以“实践&创新”为目标, 以综合素养和知识运用能力的提高为核心, 打造理论性与应用性有机结合, 突出案例分析和实践研究的新工科课程^[4-5]。

1 实践教学现状分析

课程围绕物联网前沿技术研究成果及其在各行业领域的应用, 通过系统的理论讲述, 使学生对物联网的体系结构、关键技术以及对云计算、大数据、AI 等新技术领域的促进有较深厚的理论基础, 具备实践创新能力解决物联网的复杂工程问题^[6]。因此, 在课程目标和方案逐步完善的过程中, 增加了实践环节的尝试, 引入了物联网综合实验箱和开发板, 但在实验课程实施的过程中也明显暴露出不足之处。

1) 学生基础不均衡, 实验难度设计普适性较弱

研究生本科来源校的区别以及跨学科生源带来了学生实验能力差异的问题, 部分学生的本科阶段主要精力都在研招考试的科目上, 缺乏系统的实验能力训练; 但也有部分保研的学生本科阶段参与了大量创新实验、学科竞赛、行业创新大赛等历练。基于实验箱设计的实验内容存在旱涝不均、普适性较弱的缺点。

2) 局限于实验学时数, “欺软怕硬”普遍存在

学时局限是所有课内附属性实验普遍存在的问题, 要求学生在 8~10 学时内完成 4~5 个实验设计, 对于软硬件能力较弱学生影响很大。研究生的课题多以理论研究、软件仿真为主, 对于硬件

技术和嵌入式开发缺乏动力和兴趣。然而, 物联网应用若离开了硬件设计, 自主创新能力培养就成了无源之水。

3) 基于实验箱的项目综合度和应用性不足

物联网实践涉及硬件、软件、集成等综合能力, 物联网实验箱虽然提供了多种模块的集成功能, 但在案例项目的综合性和与实际工程应用系统衔接方面还有所欠缺。

2 基于 CDIO 理念的实验教学设计

2.1 基于课程知识体系的实验构思

物联网是多个学科技术交叉融合的新兴技术, 主要涉及通信网络、软硬件开发、电子技术和控制等综合学科的应用。课程知识体系中各层的知识点分明、关联紧密, 共同组成了物联网的技术架构。

从横向分析, 物联网的主体是“物”(包含了人、传感器、部件、设备、联网终端等), 执行的动作是“联”(人与物、人与人、物与物之间的联系), 核心则是“网”(沟通联系的桥梁)。

从纵向分析, 根据信息生成、传输、处理和应用原则, 物联网可分为感知识别层、网络构建层、管理服务层和综合应用层。通过透彻的感知与全面的互联互通实现深入的智能化。

物联网清晰的结构层次和关键技术有利于在实验的构思设计中切分功能目标, 科学合理地设计实践课程的内容, 由浅入深地将目标能力指标与专业课程知识的设计贯穿于实践环节, 使学生的工程素养和创新能力在阶梯式实践教学中得到循序渐进的提升^[7-10]。本课程能力层次、实验目标、实验导向、实验类型和内容之间的关系如图 1 所示。

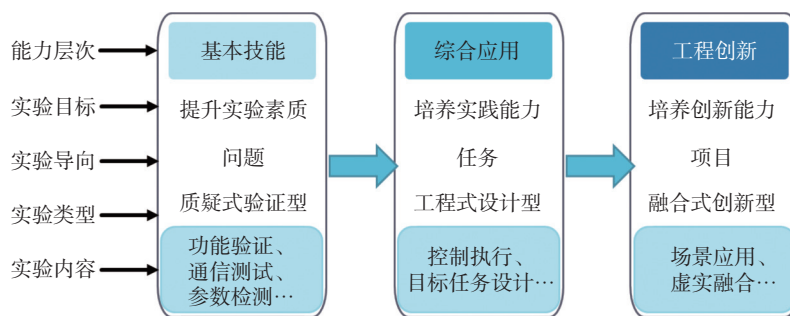


图 1 基于物联网知识体系的能力层次与实验目标设计

CDIO 工程教育理念在教学过程中注重启发式教学, 在实践环节实施的过程中, 我们选用与生活实际紧密相关的功能模块、工程实践生产中的

常见案例来启发学生^[11-13]。同时, 引入项目导向教学, 在创新型实验设计中贴近智能家居、智能交通、智慧农业等易于理解的场景完成综合实验

设计。

2.2 围绕物联网关键技术的实验设计

研究生与本科生在生源方面有极大的差异，除前文所述的本科培养过程中实践技能的差距外，本科修学的专业也不尽相同，在有限的课内实验时长限制下要迅速精通协议组网技术、嵌入式开发、软件语言、硬件电路必然不可行。因

此，在实验内容设计时既要充分考虑专业基础，也要保证课程培养目标的达成程度。围绕图 1 所示的三级能力层次培养目标和物联网关键技术的知识点，课程由浅入深地设计了 5 种类型的实验，如表 1 所示。实验类型的难度由“模块级→系统级→工程级”递进，所需要掌握的知识由点到面逐层递进。

表 1 知识点与实验类型设计

实验类型	实验平台	实验难度	知识点
通信模块与协议实验	实验箱	★	了解物联网网络层、应用层通信协议，近距离、远距离无线通信方式
检测与执行模块实验	实验箱	★★	掌握物联网感知层信息采集、网络协议远程传输、应用服务信息呈现，重点掌握上行信息采集和下行执行控制
OneNET平台数据处理实验	云平台	★★	云数据呈现和信息处理、信息安全
综合设计实验	开发板&云平台	★★★	完成真实场景的智能家居、智能制造、智能交通等专题项目综合设计，掌握物联网四层架构的集成方法
虚实结合的智慧物联网实验	开发板&虚仿平台	★★★★	在实验室自主研发的虚实融合仿真场景下实现复杂工程项目

2.3 CDIO 模式的实验案例设计

以智慧家居项目为例，从构思、设计、实现

和运作 4 个方面设计以“实践&创新”为目标，覆盖 3 个能力层次的实验内容，如图 2 所示。

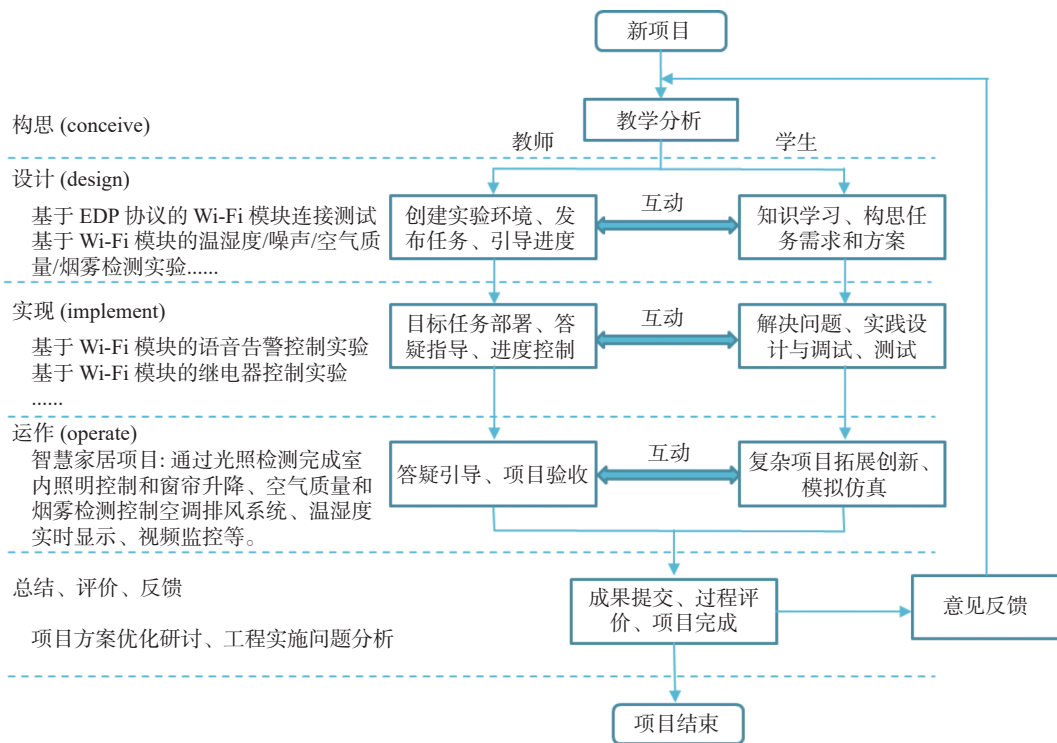


图 2 CDIO 模式的智慧家居案例设计

1) 构思阶段，教师需完成虚拟智慧场景建模和实验项目的设计，学生完成工程基础知识的学习，建立物联网感知识别、网络构建、管理服务和综合应用的分层概念。

2) 设计阶段，通过基本技能实验完成智慧家居所需的通信、传感数据采集、控制、显示等模块功能的验证，以及通信协议和传感器的参数测试。

3) 实现阶段，以目标任务为导向完成多模块之间的关联设计和执行，如语音告警、继电器联动、马达操作等。

4) 运作阶段，实现基于真实的家居场景(或实验室环境)和虚实融合的仿真场景下的复杂工程项目，实验结果在实体终端、云平台、虚拟仿真界面同步展示，并能在虚拟场景下控制实体照明、

空调、窗帘等设备。

围绕各类家居、交通、工业、农业等智慧场景的实验案例设计由浅入深, 由点到面, 符合学习过程的认知规律与教学规律, 工程项目场景新颖且贴近学生生活, 能激发学生完成项目的动力和兴趣。在教学实施过程的课前、课中和课后进行连续性实施和即时性反馈, 也可以为过程性多元化评价提供充分依据。

2.4 实验平台与实施

设计阶段要完成的模块功能验证和参数性能测试属于基本技能层面的提升, 实验平台采用了中移动物联网 OneNET 实验箱。系统采用 Cortex-M3 内核架构 32 位内核的微控制器 STM32F103-RET6 作为主控模块的智能芯片, 基于 ARM 嵌入式开发技术, 开发环境可兼容 Keil 或 IAR 等主流 IDE, 开发语言为工科学生普遍熟悉的标准 C 语

言。考虑到专业差异和学时限制, 这个层面的实验提供了部分源代码, 学生可以在完成基础性验证实验的基础上, 补充关键代码或函数, 实现较复杂的控制功能。

实现阶段和运作阶段的任务属于综合应用和工程创新层面的融合性实验, 采用了与实验箱系统微控制器相同的中移动麒麟开发板, 既可兼容实验箱系统的多种功能模块, 也可以根据设计需要更改开发板的微控制单元(micro controller unit, MCU)类型。如图 3 所示, 实现阶段要求学生根据构思阶段选择的智慧家居场景以项目的形式完成多模块的联动设计和执行。如通过光照检测控制继电器完成室内照明和窗帘的自动化, 利用 Wi-Fi/蓝牙将检测的家居设施状态和环境数据上传 OneNET 云平台, 并在 LCD 屏、数码管、手机终端、电脑终端和云端实时显示。



图3 虚实结合的智慧家居项目实验案例实施过程

针对物联网架构的管理服务和综合应用层, 实验平台选用的中移动 OneNET 物联网云平台作为 PaaS 层, 为 SaaS 层和设备层搭建了良好的连接桥梁, 为终端层提供设备接入, 也能够为 SaaS 层提供应用开发能力, 实现数据传输、数据存储、数据管理等完整的交互。OneNET 提供的高并发可用、多协议接入、丰富的 API 支持以及多重数据安全保障机制对学生多点并发接入实验项目的开展具有很强的适应性。

2.5 虚实结合的仿真应用场景

为了更直观展示物联网在实际工程应用中的技术实现, 实验中提供了自主开发的融合线上虚拟场景和线下实体环境的智慧家居、交通、工农业仿真场景, 通过三维呈现真实的环境空间, 包括各传感器和相关实验器件模型, 以及周围环境

的虚拟重现, 让学生充分体验现实空间的物联网传感器设备状态反映在虚拟平台的立体场景。同时, 通过虚拟平台的状态设置和改变, 控制现实实体设备的实际工作状态, 数字孪生可视化的配置。图 3 给出了以虚实结合的智慧家居(在实验室中模拟)项目实验案例的完整实施过程。

虚拟空间中的温度、光敏、空气质量、门禁状态传感器与现实环境的空调机、照明、窗帘等实体设备进行接口关联, 对实验室各项环境参数(温度、湿度、光照、空气质量)和实验室摄像头进行监控, 并能通过物联网平台对房间的灯光和窗帘进行实时的控制和调整。虚实结合的仿真平台提供了“实景式、开放式、探究式、项目驱动型”的实验教学方法^[14], 学生可在中移动麒麟开发板平台上全面参与场景研发和联动设计, 在真

实的实验室环境和虚拟的三维仿真场景下实现复杂工程项目,有助于激发学生的自主学习热情,培养自主探索和创新能力,真正实现“做中学、学中做”。

3 贯穿理论课程的开放式教学实施

3.1 弹性进度的全开放教学实施

物联网技术课程总时长为 32 学时,关键技术内容均衡分布在每一章节中,专门安排实验课程的时段是不可行的。而且,根据前文的分析,研究生实践能力和专业背景都存在较大差异,集中式实验教学会极大地影响培养效果。因此,我们采用了贯穿理论课全过程的开放式教学实施模式。

学生以 2~3 人为一个实验协作小组,自主安排时间到实验室完成基础技能实验和综合应用设计实验。工程创新类设计由于涉及实验室门窗、空调、照明等实体设备和环境,则需要提前预约共享使用。对于开发基础较好和能力较强的团队,可以集中一段时间快速完成实验;对于专业基础较薄弱的学生,也有充足的时间努力提升软硬件能力,实现完整系统的设计、方案实施、代码调试和功能测试。

3.2 自主量身定做的实验实施效果

本科生和研究生的教育虽然都属于高等教育的范畴,但本科生更重视通识教育和专业教育相结合,而研究生则是面向某专业技术领域的专业教育,更注重某个方面或某个层面的重点研究,目标在于寻求知识的突破与创新。因此,我们在实验内容的要求上只提供丰富的“菜单”,不要求“口味”一致。学生可以根据自身的研究方向和科研兴趣择选不同的通信协议、传感器模块、执行目标、设计任务和综合设计场景,以兴趣激发“学中做”的热情和“做中学”的动力。

4 结束语

CDIO 作为一种国际前沿的工程教育理念,为研究生实践课程改革提供了良好的框架和思路。经过两轮的实践教学试点改革,学生普遍反映实验内容的设定与理论教学紧密结合,从对理论的感性认识到动手实践开发自主定制的开放实验给予了极大的时间弹性和创新空间。相比于此前的基于物联网实验箱的实验模式,基于麒麟开发板

的开放式平台全面覆盖了物联网关键技术和四层体系,提供了更丰富的设计功能和广阔的设计思路,OneNET 物联网云平台的多协议支持和开放式 API 为各类应用场景提供了研发空间,也给研究生的相关科研提供了新思路。虚实融合的智慧场景让工科实验与复杂工程融为一体,是对工程教育新理念、人才培养新模式的初探。

参考文献

- [1] 李卫东. 5G时代的万物互联网:内涵、要素与构成[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(9): 40-55.
- [2] 陶丹,高睿鹏,陈紫薇. 基于CDIO理念的物联网技术研究生课程教学实践[J]. 教育教学论坛, 2020(36): 224-225.
- [3] 高玄怡,马玲. 基于CDIO模式下电工电子技术实验教学[J]. 实验室科学, 2020, 23(6): 134-136.
- [4] 张凤英,闫晓艳,李为民. 新工科背景下融合CDIO模式和翻转课堂的《数字电路》课程教学改革研究[J]. 中国教育信息化, 2021(18): 69-72.
- [5] 周永录,普园媛,尉洪,等. 面向“新工科”的“物联网技术基础实验”教学初探[J]. 工业和信息化教育, 2020(8): 54-59.
- [6] 杨丹,吴建胜,王刚,等. “物联网技术及应用”实验教学环境构建[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(6): 211-213.
- [7] 周春月,刘颖,张洪婷,等. 基于产出导向OBE的阶梯式实践教学研究[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(11): 206-208.
- [8] 刘瑾,魏继红,祁长青,等. 工程硕士研究生培养中应用案例课程研究[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(5): 61-67.
- [9] 张文茹,汤重熹. CDIO视域下“项目驱动”教学模式研究:以工业设计工程专业为例[J]. 设计艺术研究, 2021, 11(4): 123-128.
- [10] 李春艳,于风云,高晓霞. 基于校企合作的工程硕士实验教学改革[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2020(8): 84-85.
- [11] 孙惠英,南余荣. 面向新工科的CDIO模式电工电子实验教学改革探索[J]. 教育教学论坛, 2020(40): 385-386.
- [12] 杨婷,刘沛津,彭莉峻. CDIO模式下电子技术实验项目式教学研究与探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(2): 212-215.
- [13] 王玉槐,安康,胡克用,等. 改进CDIO下“电气控制与PLC技术”教学研究[J]. 电气电子教学学报, 2021, 43(5): 88-93.
- [14] 王刚,罗应机,林源,等. 基于物联网技术的虚拟仿真实验教学平台研究[J]. 物联网技术, 2023, 13(7): 155-156.

编辑 钟晓