ISSN 1002-4956
CN11-2034/T

实 验 技 术 与 管 理
Experimental Technology and Management

第 38 卷 第 6 期 2021 年 6 月
Vol.38 No.6 Jun. 2021

DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2021.06.044

计算机专业软硬件协同开发综合实践案例设计

林为伟[1,2]，叶福玲[1,2]，陆泽萍[1,2]，张 栋[1,3]

（1. 福州大学 数学与计算机科学学院，福建 福州 350108；
2. 福州大学 网络信息安全与计算机技术实验教学中心，福建 福州 350108；
3. 福州大学至诚学院 计算机工程系，福建 福州 350002）

摘 要：为了培养计算机专业学生软硬件协同综合能力及解决复杂工程问题能力，在系统综合实践课程教学中，加入了 Docker 和树莓派协同的人脸识别应用综合实践案例。文章对该案例教学的设计思路、实验任务分解及具体教学实施过程进行了阐述。并通过问卷对该案例教学在能力培养、教学形式、挑战度等方面的教学效果进行了评估，结果表明，该案例教学较好地达成了教学目标。

关键词：Docker 容器；树莓派；人脸识别；软硬件协同；教学案例

中图分类号：TP 393；G640 **文献标识码：**A **文章编号：**1002-4956(2021)06-0212-05

Comprehensive practice case design of software and hardware collaborative development for computer specialty

LIN Weiwei[1,2], YE Fuling[1,2], LU Zeping[1,2], ZHANG Dong[1,3]

(1. College of Mathematics and Computer Science, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China; 2. Experimental Teaching Center of Network Information Security and Computer Technology, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China;
3. Department of Computer Engineering, Fuzhou University Zhicheng College, Fuzhou 350002, China)

Abstract: In order to cultivate the comprehensive ability of software and hardware collaboration and the ability to solve complex engineering problems of computer majors, a face recognition application comprehensive practice case of Docker and raspberry pi collaboration is added to the teaching of system comprehensive practice course. In this paper, the design idea of the case teaching, decomposition of the experimental task and specific teaching implementation process are described. Through the questionnaire, the teaching effect of the case teaching in the aspects of ability training, teaching form and challenge degree is evaluated, and the results show that the case teaching achieves the teaching goal well.

Key words: Docker container; raspberry pi; face recognition; software and hardware collaboration; teaching case

计算机专业人才培养需要从基础能力、专业能力和综合能力三个层次进行。现有课程对于基础能力和专业能力培养的支撑相对强大，对于综合能力培养除了毕业设计外，还需要一门综合性的课程设计，用以综合前序课程所学的各项能力，系统性地进行综合能力训练[1]。此外，培养解决软硬件协同的复杂工程问题能力已成为当前计算机专业人才的培养趋势。南京航空航天大学曾提出计算机软硬件协同贯穿式人才培养模式[2]；西安邮电大学、湖南大学、北京科技大学等高校也对计算机专业或相关课程提出了软硬件协同的设计和开发要求[3-4]。因此，在综合能力培养中融入软硬件协同，将原本相对独立的各项软硬件基础能力和专业能力进行综合，培养解决相应的复杂工程问题能力，成为计算机专业人才培养的可行方案。为此，针对我校计算机专业本科第六学期开设的系统综合实践课程，提出了 Docker 和树莓派协同的人脸识别应用

收稿日期：2020-11-11 **修改日期：**2021-04-01
基金项目：2019 年福建省级线下一流本科课程项目（闽教高〔2019〕23 号）
作者简介：林为伟（1990—），男，福建永泰，硕士，实验师，研究方向为计算机实验教学、计算机网络，fjlinww@fzu.edu.cn。
引文格式：林为伟，叶福玲，陆泽萍，等. 计算机专业软硬件协同开发综合实践案例设计[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(6): 212-216.
Cite this article: LIN W W, YE F L, LU Z P, et al. Comprehensive practice case design of software and hardware collaborative development for computer specialty[J]. Experimental Technology and Management, 2021, 38(6): 212-216. (in Chinese)
(c)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

综合实践案例教学。

在当前的计算机工程技术领域，以 Docker 为代表的微服务技术的出现，平衡了服务稳定集成和需求灵活适配[5]，同时 Docker 容器镜像的应用范围涵盖了大部分技术应用，而且这些技术应用的相当一部分已在学生的前序课程中有所涉及，非常适合用于综合能力训练[6-7]。而树莓派是一款小巧、高性价比的电脑主板，具有丰富的外接端口，可以运行多种应用程序，并且入门容易，十分适合应用于计算机教学[8-9]。

本案例从 Docker 容器基础起步，到依托树莓派摄像头的简单人脸识别程序进阶，再到容器化部署基于人脸识别的复杂综合应用。案例实施采取线上布置实践题目、进行讨论和提交作业，线下实操的方式。课后对学生能力提升认同、教学形式、挑战度等方面的调查结果显示，该案例在系统综合实践课程实施中较好地达成了教学目标。本文最后还提出了后续教学工作的相关改进措施。

1 案例设计

1.1 案例概述

Docker 和树莓派协同的人脸识别应用实践教学案例依托系统综合实践课程而设计。该课程属于我校计算机专业新培养方案下设的实践环节必修课程，在本科第六学期开设，旨在利用相对较长的学时（48 学时），综合应用前序课程所学的知识与技能，实现对各种能力的综合性训练，服务于后续的升学和就业需要。

本案例循序渐进，软硬件协同，以 Docker 容器为主线，选择人脸识别应用，并依托树莓派摄像头实现。首先，从各类软件技术的容器化方法入门，将学生前序课程所学的 Web 应用、数据库、Java、大数据、Python 等软件技术实现在容器中，形成对于容器和微服务的初步认识。然后，进阶至树莓派入门和基本的简单程序实现，以人脸识别技术为背景，引入树莓派作为硬件平台，在容器中实现简单的人脸识别程序。最后，对人脸识别功能进行拓展，设计与实现 Docker 和树莓派协同的复杂人脸识别综合应用。实践内容与任务见图 1。

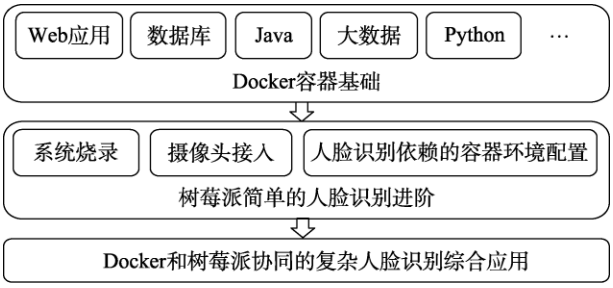

图 1 实践内容和任务

1.2 设计思路

为了达成在综合能力培养中融入软硬件协同、培养解决相应复杂工程问题能力的目标，案例的设计应让学生经历“软硬件协同开发”的系统能力训练过程。为此，在软件开发中，案例选择了当前计算机产业界广泛使用的微服务和容器这一新型技术方案。在硬件环境上，案例采用了性价比较高的树莓派开发板，有利于在有限经费下的大量采购。由于案例的实践内容设计相对新颖，而学生在前序课程中并未专门学习微服务和容器相关技术知识，且对树莓派也知之甚少，因此案例设计的软硬件协同开发训练内容和任务需要循序渐进地进行。

首先安排学生进行 Docker 容器的基础训练，同时与前序课程所学的技术知识建立联系，使学生快速熟悉 Docker 容器的使用，理解微服务的思想。然后是树莓派硬件实践，从基础的硬件介绍到人脸识别所依托的摄像头模块的接入运行，使学生在对树莓派和人脸识别有直观认识和体会的基础上，能够在树莓派硬件环境下实现基础的容器部署。最后，进入人脸识别的复杂综合应用设计与实现阶段，该阶段总体参照软件工程实践的流程。即首先进行需求分析，然后进行系统设计和微服务划分，再根据设计完成开发，同时根据微服务划分结果定制 Docker 镜像，最后通过系统工具完成多容器启动和运行，部署开发完成的代码，实现成功运行。至此，人脸识别通过树莓派得以实现，实践了全过程的软硬件结合，所有代码和配置文件需上传 GitHub，以强化版本管理。综合应用实践流程如图 2 所示。

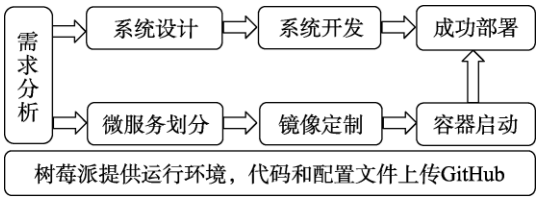

图 2 综合应用实践流程

2 案例实施

2.1 任务分解

为了将实践内容与任务付诸实施，同时将实践方案落实到每次授课，教师将实践内容分解成具体作业任务，并根据难度和工作量分配相应的学时数，要求学生个人独立完成或组队完成。作业任务在总成绩中的占比为 90%，包括个人作业 50%，小组作业 20%，综合大作业 20%。小组人数不多于三人，每组发放一块树莓派开发板。综合大作业允许两个小组组合成一

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

个团队，便于使用两个树莓派开发板做应用扩展，也可维持原有小组不变。教师在最终进行作业评分时，应综合考虑小组规模和实际工作量是否匹配。所有作业均应记录过程中遇到的问题和相应的解决办法，小组作业还应提供在线协作的方法、图片和小组成员各自完成的工作量。教师另外设置了 10%的平时表现分，用于鼓励主动提出问题和在线上交流中积极帮助他人解决问题的学生。实践作业具体设置如表 1 所示。

表 1 实践作业设置情况表

序号	作业名称	学时	类型	成绩占比/%
1	Docker 实践 1：理论学习、环境搭建和基本配置	4	个人	10
2	Docker 实践 2：Dockerfile 镜像定制	4	个人	10
3	Docker 实践 3：Docker Compose 多容器协同	6	个人	10
4	Docker 实践 4：Java Web 和大数据专题	6	个人	10
5	Docker 实践 5：Python 专题	4	个人	10
6	树莓派专题 1：基本入门、网络及摄像头设置	6	小组	10
7	树莓派专题 2：简单的人脸识别程序	6	小组	10
8	综合大作业：基于人脸识别的复杂应用	12	小组/团队	20

2.2 首次实施

在系统综合实践的首轮教学实施中，面向计算机软件与理论和计算机应用技术两个专业方向的本科生开设了一个教学班，实施了该案例教学。

受新冠疫情影响，学生无法返校，教师原本设计的树莓派实践任务以及综合大作业无法在教学实验室线下进行，因此决定在博客园开设教学班，线上发布和提交作业，同时要求学生尽可能采取就近组队方式，并指定一名收件人，由教师线下邮寄树莓派。学生在接下来的小组或团队作业中，应提交线上协作情况说明[10]。

图 3、图 4 和图 5 为一份学生的实践作业。该作业实现了人脸识别，并结合疫情下体温测量实现了智能门禁管理系统。除摄像头外，该作业另行增加了测温、蜂鸣器和模拟开门的传动装置，以及 LED 显示，使得整套系统的软硬件功能更加丰富。在微服务划分上，使用了在个人和小组作业中所学的容器：将 Nginx 用于 Web 服务和反向代理，将 Tomcat 用于 RestfulAPI 服务，将 MariaDB 用于提供数据库服务，将 Python 用于实现人脸识别、短信和邮件服务等[11]。

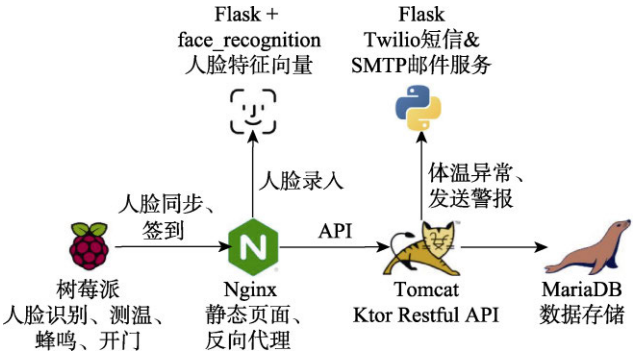

图 3 学生作品微服务设计

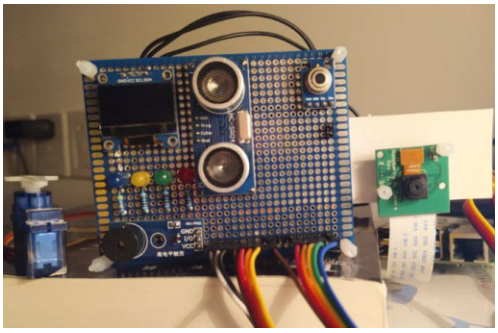

图 4 学生作品展示（硬件）

图 5 学生作品展示（软件）

3 效果评估

为了评估课程案例的实施效果，在课程结束后，教师向实际修课并提交作业的 96 名学生发放了课程调查问卷，问卷设计参照一流课程标准[12-13]，主要包括学生能力提升评估、学生对教学形式和达成效果的态度以及课程挑战度等内容，采用 Likert5 级评分法。调查最终回收且有效的问卷合计 87 份，有效问卷的填写人员情况分布见表 2。

表 2 有效问卷填写人员情况统计

专业方向	男生		女生		合计	
	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%
计算机软件与理论	24	88.89	3	11.11	27	100
计算机应用技术	47	78.33	13	21.67	60	100

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.1 学生能力提升调查

由学生自行评估自身能力在课程案例实施前后的变化，主要包括两个方面，一是相比课前技术水平和分析解决问题的能力是否得到了进一步提升，二是考虑到学生是三年级下学期修课，因此增加了所掌握的能力对于后续升学或就业的帮助程度调查，表 3 和表 4 为调查结果。学生能力提升认同程度的结果显示，37.93%的学生选择了“完全同意”，40.23%的学生选择了“比较同意”，合计约 78%的学生认同自己在技术水平和分析解决问题的能力方面得到了进一步提升；有超过 90%的学生认为通过课程所学能力，对于后续的升学或就业预计将有所帮助；但合计有约 10%的学生认为自身能力并未得到提升。通过对具体能力情况的进一步调查发现，认为自己“什么都没学到”的数量是 0，结果见表 5。认为自身能力未得到提升的 10%的学生中，有的可能在课程学习前已经基本具备相应能力，课程只是使其已有能力得到巩固，有的可能在课程学习中并未认真投入，致使能力未见提升。

表 3 学生能力提升认同

选项	人数	比例/%
完全不同意	6	6.9
比较不同意	5	5.75
一般	8	9.2
比较同意	35	40.23
完全同意	33	37.93

表 4 所学能力对升学或就业的帮助

选项	人数	比例/%
毫无帮助	0	0
比较没帮助	4	4.6
无意见	3	3.45
有一点帮助	43	49.43
很有帮助	37	42.53

表 5 通过课程实践所掌握的能力统计

序号	选项	人数	比例/%
1	Docker 环境安装	87	100
2	Docker 容器定制	79	90.8
3	Web 服务的容器部署	73	83.91
4	数据库的容器部署	78	89.66
5	Java 的容器部署	38	43.68
6	Python 的容器部署	75	86.21
7	树莓派开发板操作	56	64.37
8	其他	3	3.45
9	什么都没学到	0	0

3.2 教学形式调查

首先，关于是否同意课程采取线上布置作业、撰写博客的教学形式足够新颖、便于互动（见表 6），虽然已有前序课程采取了同样的教学形式，但仍有超过 78%的学生对此持肯定态度，即同意课程采取博客的教学形式足够新颖。其次，关于受疫情影响所采取的线下邮寄树莓派和线上协同完成作业的学习效果（见表 7），接近四分之三的学生持肯定态度，认为达到了预期的学习效果，但也有少数学生持否定态度。结合后面的课程挑战度调查分析，发现有人认为虽然线下邮寄了树莓派，但是仍缺少传统线下协作的氛围，也容易造成实际工作量的不平衡，从而影响了部分学生对树莓派教学效果的整体评价。

表 6 学生对线上博客教学的新颖度认同

选项	人数	比例/%
完全不同意	1	1.15
比较不同意	4	4.6
一般	14	16.09
比较同意	40	45.98
完全同意	28	32.18

表 7 学生对树莓派实践环节达到学习效果的认同

选项	人数	比例/%
完全不同意	2	2.3
比较不同意	5	5.75
一般	15	17.24
比较同意	41	47.13
完全同意	24	27.59

3.3 挑战度调查

表 8 展示了学生对实践作业总体困难度的认同结果，只有不足 5%的受访者认为能够简单地完成所有实践作业，而超过一半的学生认为完成实践作业是困难的。表 9 的进一步调查发现，有超过 80%的学生认为实践作业的系统环境配置复杂，这主要是由于相关实践内容在前序课程中并未涉及，加之教师采取引导学生分析解决问题而非传统的“手把手”讲解，造成部分学生不适应。此外，有相当数量的受访者认为，完全的线上沟通对团队协同造成了一定困难，这也呼应了前述学生对树莓派实践学习效果的认同调查结果。

表 8 实践作业总体困难度

选项	人数	比例/%
非常困难	2	2.3
比较困难	43	49.43
一般	38	43.68
比较简单	3	3.45
非常简单	1	1.15

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 9 完成实践作业的过程中具体遇到的困难统计

序号	选项	人数	比例/%
1	预留的作业完成时间短	12	13.79
2	布置的实践作业量很大	30	34.48
3	系统环境配置复杂	71	81.61
4	教师讲解不够详细	37	42.53
5	团队协同难度大	41	47.13
6	其他	7	8.05

综合各方面情况可以得出，Docker 和树莓派协同的人脸识别应用实践案例在系统综合实践课程的教学实施，有助于学生能力提升，教学形式相对新颖，教学内容具有一定难度，较好地达成了教学目标。

4 总结与展望

计算机专业人才培养对综合性的课程设计需求愈发强烈，同时培养解决软硬件协同的复杂工程问题能力已成趋势。在系统综合实践课程中实施 Docker 和树莓派协同的人脸识别应用实践教学案例，有利于培养学生解决软硬件协同的复杂工程问题能力。总体而言，案例的设计和实施较好地达成了教学目标。

未来的进一步完善，应注意在以下方面进行改进：①不断丰富 Docker 和树莓派的应用场景，开发更多更前沿的应用案例；②优化当前的博客园在线提交方式，尽量避免使博客作业所具有的开放共享优势变为助长抄袭的劣势；③在保持现有总学时的前提下，优化现有作业设置，缩减相应学时和工作量，为综合大作业提供更多时间，深入挖掘学生的潜能；④改进课程案例评价方法，目前单一的问卷调查方式的主观性较强，未来可尝试通过采集实验过程中的客观数据来分析验证教学效果。

参考文献 (References)

[1] 陈智勇. 计算机科学与技术专业学生系统能力培养的改革与实践[J]. 计算机教育，2019(3): 58–61.

[2] 孙涵，陈兵，冯爱民，等. 计算机软硬件协同贯穿式人才培养的创新与实践[J]. 计算机教育，2018(2): 21–23, 27.

[3] 董梁，翟社平，王晓婕，等. 计算机硬件实践教学改进探索[J]. 计算机教育，2016(7): 55–59.

[4] 彭蔓蔓，吴强，李建江. 软硬件协同的计算机组成课程实验[J]. 计算机教育，2018(7): 151–154.

[5] 冯志勇，徐砚伟，薛霄，等. 微服务技术发展的现状与展望[J]. 计算机研究与发展，2020, 57(5): 1103–1122.

[6] DOCKER. Docker overview [EB/OL]. [2021-04-01]. https://docs.docker.com/get-started/overview/.

[7] DOCKER. Docker Hub the world's leading service for finding and sharing container images with your team and the Docker community[EB/OL]. [2021-04-01]. https://www.docker.com/products/docker-hub.

[8] Raspberry Pi Foundation. Get started with Raspberry Pi [EB/OL]. [2021-04-01]. https://projects.raspberrypi.org/en/pathways/getting-started-with-raspberry-pi.

[9] 王彤，夏利，张立立. 基于树莓派的计算机类专业实训教学探索[J]. 计算机教育，2018(1): 25-29.

[10] 班级博客园. 2017 级系统综合实践(福州大学)[EB/OL]. [2020-04-11]. https://edu.cnblogs.com/campus/fzu/SystemComprehensivePractice.

[11] 朱庆章. 期末大作业[EB/OL]. [2020-06-28]. https://www.cnblogs.com/Jorgensen/p/13200470.html.

[12] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学，2018(12): 4–9.

[13] 熊宏齐. 虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融合改革与创新[J]. 实验技术与管理，2020, 37(5): 1–4, 16.

（上接第 207 页）

[8] International Society for Technology in Education and Computer Science Teachers Association. Operational Defifinition of Computational Thinking for K-12 Education[EB/OL]. [2020-11-16]. https://id.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf?sfvrsn=2.

[9] 罗海风，刘坚，罗杨. 人工智能时代的必备心智素养：计算思维[J]. 现代教育技术，2019, 29(6): 26–33.

[10] 李永胜. 论工程思维的性质、特征与作用[J]. 创新，2018, 12(1): 51–60.

[11] 顾容，熊海燕，李晖. 工程思维视角下高校通识教育课程的设计与研究[J]. 教育探索，2020(4): 44–47.

[12] 詹泽慧，梅虎，麦子号，等. 创造性思维与创新思维：内涵辨析、联动与展望[J]. 现代远程教育研究，2019(2): 40–49, 66.

[13] 汪园英. 浅论创新思维的内涵及其方法[J]. 湖北经济学院学报（人文社会科学版），2009, 6(6): 19–20.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net