 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i6.10808

Design and Practice of Digital Experimental Teaching Platform Based on Private Cloud Architecture

Zhanqi Chu

Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan, 471023, China

Abstract

This study focuses on solving the problems existing in the experimental teaching of our university, such as complex software deployment, frequent operation failures, scattered service resources and low maintenance efficiency. Based on the OpenStack open-source architecture, a private cloud experimental teaching platform is built to realize the pooling management and elastic scheduling of computing resources. After migrating large software such as MATLAB and Visual Studio to the cloud, the software failure rate of student terminals is reduced by 15%, and the operation efficiency is improved by 20%. With the help of virtualization technology, server resource utilization is increased by about 20%, and software maintenance efficiency is improved by more than 50%. The results show that the architecture can effectively reduce the dependence on terminal hardware and significantly improve resource utilization efficiency.

Keywords

OpenStack; private cloud platform; resource elastic scheduling

基于私有云架构的数字化实验教学平台设计与实践

楚展奇

河南科技大学，中国 · 河南 洛阳 471023

摘　要

本次研究针对我校实验教学存在的软件部署繁琐、运行故障较多、服务资源分散以及维护效率偏低等问题展开改进。依托 OpenStack 开源架构搭建私有云实验教学平台，实现计算资源的池化管理与弹性调度。将 MATLAB、Visual Studio 等大型软件迁移至云端运行后，学生端软件故障发生率下降 15%，运行效率提升 20%；借助了虚拟化技术，服务器资源利用率提高约了20%，软件维护效率提升了 50% 以上。结果表明，该架构能够有效降的低终端硬件依赖，并显著提升了资源利用的效率。

关键词

OpenStack；私有云平台；资源弹性调度

1 引言

1.1 研究背景

新商科实验教学高度依赖各类模拟教学软件，软件种类多、运行环境差异大，需要根据不同操作系统分别部署。多套教学软件共用数据库容易带来数据完整性风险，权限管理不当也会产生安全隐患，直接影响正常教学开展。同时，SQL Server 2022、MATLAB R2023a 等软件对硬件配置要求较高，现有计算机难以满足教学需要；实验室数量有限，也无法充分满足师生使用需求。

针对上述问题，本研究搭建基于私有云架构的数字化实验教学平台，利用虚拟化技术整合计算、存储与网络资源，实现教学环境的集中管理与弹性供给，从而改善现有教学困境。

1.2 研究目标

整合分散的服务器、存储与网络设备，构建集约化资源池，为上层应用提供弹性资源支撑；在资源池基础上提供弹性云主机，搭建低延迟、高吞吐的存储网络；将业务系统与教学资源迁移至云平台，开发统一身份认证模块，实现一套账号登录多套系统；开发建设实验教学资源库。

2. 文献综述

2.1 私有云架构相关理论

当前私有云平台建设主要包含两类技术路线：一类是基于 KVM、Xen 等开源虚拟化引擎，搭配 OpenStack、CloudStack 等云操作系统的开源方案；另一类是以 VMware、SmartX、华为等为代表的商业化解决方案。

2.2 数字化实验教学平台研究现状

近年来，在教育数字化不断推进的背景下，实验教学

【作者简介】楚展奇（1973–），男，中国河南洛阳人，硕士，实验师，从事计算机网络，云计算，人工智能研究。

的数字化建设成为研究热点。国内高校围绕数字资源开发、智慧实验室建设等方向开展了大量探索。例如，文献 [1] 从教学、科研、管理三个维度出发，借助数字化与 AI 工具构建电子信息类实验教学平台；文献 [2] 依托混合现实、数字孪生等技术搭建沉浸式虚拟实验平台，开发模块化资源包，提升个性化教学与评价能力。在平台建设方面，诸多高校建成虚拟仿真、金融数据分析、智慧教室等平台 [3]；在架构层面，福建师范大学搭建基于云计算的虚拟仿真实验共享平台 [4]，并与国家级平台实现对接，形成可推广的建设模式。

2.3 研究空白

通过梳理现有研究可以发现，多数平台更侧重上层应用功能开发，对底层架构的设计与优化研究相对不足。为此，本研究从实际业务需求、技术演进与成本效益出发 [5]，设计一套更贴合高校场景的私有云数字化实验教学平台。

3 基于私有云架构的数字化实验教学平台设计

3.1 私有云架构总体模型

云计算架构通过分层设计，将物理硬件资源抽象为可按需调用的服务。私有云整体可划分为基础设施硬件层、虚拟化层、云资源池层和云服务层，云平台位于资源池与服务层之间，负责将资源转化为标准化服务。私有云平台总体架构如图 1 所示。

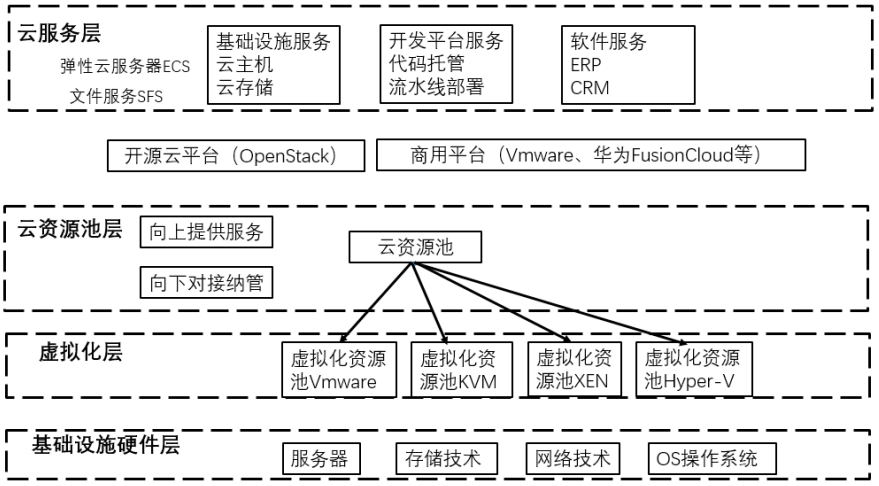


图 1 私有云平台总体模型

3.2 总体架构设计

3.2.1 基础设施层

基础设施硬件层是平台的核心支撑，负责为上层应用提供稳定的计算、存储与网络资源。云桌面需运行 SQL Server 2022、MATLAB R2023a、Visual Studio 2022 等软件，单终端配置为 16 核 vCPU、32GB 内存、100GB 以上高性能系统盘。以 200 个云桌面为例，资源计算方式如下：

物理总 vCPU 数量 = 用户数 × 单用户 vCPU 需求 ÷ CPU 超分比

物理总内存 = 用户数 × 单用户内存需求 ÷ 内存超分比

所需硬件资源配置如表 1 所示。

表 1 资源配置预算表

终端资源配额	单个	超分比	用户数	总量
计算资源	16 核心 vCPU	2	200	1600vCPU
内存资源	32GB	2	200	3200GB
存储资源	100GB	——	200	20TB
服务器配置	2 颗 128 核 CPU、512GB 内存	——	——	7 台

存储方面，总容量由用户系统盘与公共数据盘共同构成，除容量外还需满足 IOPS 性能要求。高负载场景建议采用企业级 SSD 或 NVMe 硬盘，大容量、低 IOPS 场景可采用分布式存储。网络设备以万兆交换机为主，服务器标配双万兆网卡，并部署 SDN 以提升网络灵活性与可维护性。

3.2.2 虚拟化层和云资源池层

虚拟化层包含计算、存储、网络三部分：

计算虚拟化通过 Hypervisor（KVM、Xen）对物理服务器资源进行抽象，其中 KVM 与 OpenStack 兼容性较好。

存储虚拟化采用 Ceph 等开源技术，将物理资源封装为块、文件、对象等逻辑存储池，适配 OpenStack 后端需求。

网络虚拟化基于 SDN 架构，通过 OpenDaylight 控制器与 Open vSwitch 虚拟交换机，利用 VXLAN 构建虚拟网络拓扑。

云资源池层起到承上启下的作用：向下统一纳管各类虚拟化资源，向上为云平台提供标准接口。

3.2.3 云平台层

云平台以 OpenStack 为主流开源方案。Nova 组件负责虚拟机管理，通过 Libvirt 兼容 KVM、Xen、VMware 等异构虚拟化；Cinder 提供块存储服务；Neutron 实现 SDN 网络支撑，并与其他组件协同提供计算、认证、控制台等服务。

3.2.4 云服务层

结合本校教学特点，平台提供三类服务：云桌面服务

（DaaS）、弹性云主机服务（IaaS）、实验教学资源库（SaaS）。

3.3 关键技术选型

本研究从经济性与技术可控性出发，选用开源虚拟化方案，具体选型如表 2 所示。

4 基于私有云架构的数字化实验教学平台实践

4.1 平台部署

4.1.1 硬件环境准备

平台满足 200 个云桌面、50 台弹性云主机、200 个云盘的业务需求，硬件配置如表 3 所示。

4.1.2 软件环境搭建

平台整体采用开源架构，底层操作系统选用 Ubuntu；虚拟化以 KVM 为主，兼容 XEN、Hyper-V；云平台采用 OpenStack；容器使用 Docker+K8s。数据库采用 MySQL、PostgreSQL，身份认证使用 Keycloak，数据管理辅以 MongoDB，实现统一认证与数据管理，保障平台稳定运行。

表 2 开源虚拟化方案选择

Hypervisor	容器化
计算虚拟化：KVM、Xen，（优选 KVM）	Docker+Kubernetes（K8s）
存储虚拟化：Ceph	Docker 用于应用标准化打包
网络虚拟化：SDN+Open vSwitch+VXLAN	K8s 用于容器智能调度

表 3 硬件资源配置

云桌面 200 节点	弹性云主机 40 台	AI 应用 10 台	云盘 200 个
16 核 vCPU、32GB、100GB SAN	64 核 vCPU、128GB、200GB SAN	专用 AI 芯片 +CPU	50GB NAS
1600vCPU、3200GB、20TB	1280vCPU、2560GB 内存、8TB	8 颗昇腾 910+4 颗鲲鹏 920	10TB
CPU：海光 C86-5G，512vCPU，6 颗；内存：6TB；存储：28TB		Atlas 800I A2 服务器	——

4.2 教学应用案例

平台建设前，实验室共有 9 台服务器、2 个专业机房、200 台学生机，运行 40 余套实验系统及 Microsoft SQL Server 2022、IBM SPSS Statistics 27、Microsoft Visual Studio 2022、MATLAB R2023a 等软件。软件分散部署，多系统共用数据库易出现数据冲突、误修改等问题，故障后依赖厂商远程调试，维护周期常超过 1 天。学生机多为 i5-12400+8GB 配置，运行大型软件易卡顿死机，教学体验较差。

平台建成后，利用 7 台服务器构建算力池，2 台搭建 IP SAN 存储，新增 1 台用于 AI 训练。同时搭建实验教学资源库，整合视频、大纲、指导书等材料，实现统一门户登录。软件采用标准镜像快速部署，不同课程运行在独立虚拟机中，相互隔离并支持快照还原，故障明显降低。学生通过云桌面客户端接入，大型软件在云端运行，普通软件本地运行，课后可在校内任意地点继续实验。

平台对科研支撑显著提升，教师可在线申请弹性云主机，各院系可使用云存储空间开展教研协作，AI 服务器满足小规模训练与数据分析需求，有效缓解硬件压力。

4.3 实践效果评估

调研显示，平台上线后学生可借助资源库提前预习，云桌面运行流畅，可在课后随时继续实验，学生满意度提升 30% 以上；教师可快速申请算力与存储，教研协作更加便捷，满意度提升 20% 以上。

5 结论

5.1 研究成果总结

本研究基于开源私有云架构设计并实现数字化实验教学平台，完成需求分析、架构设计与技术选型，形成多层级、模块化的整体方案。平台通过合理规划计算、存储、网络资源，配合身份认证、数据管理、环境管控等核心服务，保障系统稳定与数据安全。虚拟化与容器技术的应用提升了资源调度效率与环境部署灵活性，可支撑多课程、多场景实验教学需求 [6][7]。实践表明，平台能够提升教学质量、降低教师负担，为高校实验教学数字化转型提供可行方案。

5.2 研究不足与展望

平台目前仍存在学习资源不足、智能推荐功能不完善、资源审核依赖人工等问题，服务范围也以校内为主。未来可进一步收集学习行为数据，构建用户 — 课程兴趣模型与智能推荐策略，优化动态学习路径；同时完善网络安全策略，提升平台对外访问与扩展能力。

参考文献

[1] 邬小林,余华清,张集彩,等.数字化转型赋能电子信息类专业实验教学平台建设研究[J].湖北工程学院学报,2025,45(03):73-77.

[2] 刘昱.基于数字化技术的物理实验智慧教学平台设计与应用[J].数字技术与应用,2025,43(10):86-88.

[3] 王佳. 面向建构主义学习的高校数字化实验教学平台建设探索[J].信息与电脑,2026,38(02):236-238.

[4] 尹婵娟,沈清明,郭盛. 数字化赋能高校虚拟仿真实验教学共享平台构建与实践[J].实验科学与技术,2025,23(01):137-143.

[5] 吴荣焕. 高校私有云平台的数据中心建设策略及应用实践[J].信息与电脑,2025,37(16):93-95.

[6] 陈员义;冯描芬.基于Kolla的高校私有云实验平台设计与实现[J].电脑编程技巧与维护,2023, (11):105-109.

[7] 阮晓龙. 基于私有云数据中心开展实验教学的研究与实践[J].中国教育技术装备, 2016, (18):124-128.