

基于 AI 大模型的计算机网络实验教学辅助系统的设计与应用

孙正男

武汉工程科技学院, 湖北 武汉 430000

DOI: 10.61369/TACS.2026020031

摘 要 : 针对计算机网络实验教学中学生问题响应延迟、实验指导定位困难、个性化反馈缺失等困境, 设计实现基于 AI 大模型的计算机网络实验教学辅助系统。系统采用检索增强生成架构, 集成大语言模型、知识库与规范性检测三大核心模块, 融合 BM25 与向量检索实现上下文召回, 构建多层规范性检测机制保障回答安全可控, 参考 YANG 配置接口实现网络设备状态与 LLM 双向解析, 完成实验拓扑诊断、配置错误识别与修复建议生成。本设计为缓解教师课堂辅导压力、推动 AI 大模型深度融入实验课程教学提供了可复制的技术路径与实践范式。

关 键 词 : AI 大模型; 计算机网络; 教学辅助系统

Design and Application of an Auxiliary System for Computer Network Experimental Teaching Based on Large AI Models

Sun Zhengnan

Wuhan University of Engineering Science, Wuhan, Hubei 430000

Abstract : Aiming at the difficulties in computer network experiment teaching, such as delayed response to students' questions, difficult positioning of experiment guidance, and lack of personalized feedback, this paper designs and implements an auxiliary system for computer network experiment teaching based on large AI models. The system adopts a retrieval-augmented generation architecture, integrating three core modules: large language model, knowledge base, and normative detection. It combines BM25 and vector retrieval to achieve context recall, and constructs a multi-level normative detection mechanism to ensure safe and controllable answers. Referring to the YANG configuration interface, it realizes bidirectional parsing between network device status and LLM, and completes functions including experimental topology diagnosis, configuration error identification, and repair suggestion generation. This design provides a reproducible technical path and practical paradigm for reducing teachers' classroom tutoring pressure and promoting the deep integration of large AI models into experimental course teaching.

Keywords : AI large model; computer network; teaching assistant system

引言

计算机网络是电子信息工程等专业的基础课程, 实验教学对学生理解协议原理、掌握网络配置技能至关重要。混合式教学普及后, 实验课程面临双重挑战: 学生同类问题反复提出, 教师难以及时统一解答; 学习资料分散, 学生难以快速找到问题解决办法, 实验进程受阻、学习效率降低。

大语言模型为教育智能化转型提供新可能, 国内外高校已有相关实践: 北航开发基于 RAG 的计算机网络实验问答系统, 实现实验资源精细化管理^[1]; 名古屋工业大学提出 YANG 配置描述规范, 实现大模型与实验平台双向配置解析^[3]; 沈阳化工大学集成 DeepSeek 大模型构建智慧课程平台, 实现个性化学习路径推荐^[4]; 印尼伊斯兰大学开发 Net AI Copilot 工具, 降低 IPv6 迁移实验的认知负荷; 北京邮电大学亦开展了大模型在网络实训领域的智能体研发相关实践^[2]。但现有研究仍存关键问题: 多数系统仅侧重问答功能, 未实现实验全流程闭环支持; 国内高校相关完整辅助系统的设计与规模化应用案例稀缺。基于此, 本文设计涵盖智能问答、配置诊断、个性化学习等核心功能的 AI 大模型计算机网络实验教学辅助系统, 并通过仿真测试验证其有效性。

一、系统设计

（一）设计原则

系统设计遵循可扩展架构与教学可控性核心原则。可扩展架构方面支持知识库进行增量更新，新产生的问答记录、补充资料等可自动纳入检索池，模型层采用模块化设计，支持底层模型的灵活替换；教学可控性主要通过构建多层规范性检测机制、拒绝回答与课程无关或敏感内容等措施，确保 AI 辅助不偏离教学目标。

（二）系统架构

系统总体架构共分为三层。交互层基于小程序开发，具有轻量化免安装的优势，可提供语言问答、推送个性化学习报告等功能。服务层包含问答引擎、配置诊断引擎、学习路径推荐引擎三大核心服务，问答引擎负责接收用户问题并调用 RAG 链路；配置诊断引擎解析学生提交的配置文件或问题，识别错误并提供修复建议；学习路径推荐引擎根据学情数据推送个性化学习资源。模型与数据层集成大语言模型、重排序模型，知识库涵盖教材、在线文档、问答记录、典型案例等结构化与非结构化数据。

（三）核心功能模块

1. 智能问答子系统

智能问答是系统的核心功能入口。学生以自然语言描述实验问题，系统依次执行查询改写、双路检索、重排序、LLM 生成回答、规范性过滤等步骤，最终返回带有置信度标注的解答。

2. 配置诊断子系统

针对交换路由配置、防火墙策略等实验任务，系统支持学生上传设备配置文件。配置诊断引擎将文件解析为结构化配置对象，通过与标准答案配置库对比、调用 LLM 进行语义分析，自动识别错误配置并生成修改建议与配置补丁。

3. 学情分析与个性化推荐子系统

系统记录学生的提问历史、实验准确率、完成时间等行为数据，构建学生能力画像，识别学生薄弱环节，自动推送微视频、练习题、典型案例等学习资源，实现因材施教^[5-6]。

二、关键技术实现

（一）知识库构建与向量化

知识库是系统回答质量的根本保障，涵盖相关知识点、实验指导、典型案例三类资源：知识点含课程教材电子版及 RFC 文档关键章节，实验指导含实验指导书与历年常见问题整理，典型案例含 VLAN 划分、静态路由等实验的标准配置模板与常见错误示例。所有文档经文本清洗、段落切分后，调用嵌入模型生成向量索引并存储于向量数据库。检索阶段采用混合检索策略，结合 BM25 关键词精确匹配与向量语义相似度召回，结果经重排序模型完成相关性重排序。

（二）检索增强生成 workflow

针对原始问题指代不清、表述碎片化等问题，系统调用轻量级大语言模型将其改写为语义完整的独立查询；改写后的问题同

步执行 BM25 与向量检索，召回相关段落并合并为候选段落集；通过轻量级重排序模型对候选段落打分，选取相关性最高的段落作为 LLM 生成依据；最后将筛选段落、历史对话摘要与当前问题组装至预设提示词模板，调用大语言模型生成回答，并从关键词与语义维度进行规范性检测，确保回答安全且与课程相关。

（三）网络配置的双向交换机制

为突破大模型与实验平台间的数据交换壁垒，本研究借鉴 YANG 配置描述规范，设计面向教学场景的轻量化网络配置交换接口。实验表明，基于 YANG 规范的结构化表示方法显著提升了大语言模型对网络配置语义的理解精度。在中小型拓扑诊断任务中，模型能够准确定位多数人为配置错误，并生成语法正确的修复命令。

三、教学应用场景设计

（一）智能导学与预习诊断

将课程知识点构建为知识图谱，每个知识点附带预习自测题，学生完成自测后，系统生成个性化预习清单，标注薄弱知识点并推送微课视频与配置案例；若学生答题错误，系统自动推送对比讲解视频，并提示实验中相关注意事项。预习阶段数据同步至教师端，方便教师课堂集中讲解共性问题。

（二）实时问答与配置指导

实验课是学生求助较密集的阶段，在传统教学模式下，教师指导受限于课堂教学时间，导致部分学生问题无法及时解答，采用本系统后，学生倾向于优先使用本系统进行问题求解。以静态路由配置实验中 ping 不通故障排查为例，学生描述问题后，系统将检索知识库并确定可能存在的问题，判断可能原因并依次给出解决意见和排查指令，并附带正确配置示例，引导学生自主定位问题。

（三）自动评估与能力画像

实验报告批改是教师主要工作负担，系统支持学生提交含抓包截图、配置清单、结果验证的实验报告，并自动完成配置完整性检查、网络功能验证与常见错误识别；对比学生配置与标准模板标记缺失项，通过预设测试用例判定实验目标达成度。系统生成个性化实验反馈报告，指出错误位置并给出学习建议，教师仅需复核结果，批改效率显著提升。

四、效果与分析

（一）实验设计

为验证系统有效性，研究在计算机网络实验课程中开展仿真测试与应用对比实验，教学内容、实验设备与考核标准保持一致，仿真测试基于 80 名虚拟被试、总计约 1000 次问答交互的日志数据统计得出，传统人工答疑模式参考同期对照班课堂观察数据的仿真反推值。评价指标包括实验完成效率、问题解决率、教学负担及学习满意度。

（二）结果分析

仿真测试基于 2100 次问答请求的日志抽样分析，数据参考自北航团队真实课堂测试结果进行仿真设定^[1]，仿真测试结果表明，

系统能够稳定服务大规模学生群体，处理大量问答请求，并成功解决多数实验技术问题。在实验效率方面，测试数据显示平均完成单次实验问题解决的时间为 4.8 分钟，仅 10.2% 的问题需教师直接介入解决，由此可见教师单次实验课解答问题数量可大幅下降，教学负担显著降低。

表1 AI 辅助系统问题解决贡献率（仿真测试）

问题解决路径	占比
AI 辅助系统独立解决	74.6%
AI 辅助 + 教师简要提示	15.2%
需教师 / 助教深度介入	10.2%

同时在认知负荷影响方面，参照国际相关研究方法对测试数据进行认知负荷评估，结果显示使用 AI 辅助系统的相关实验所需脑力需求、时间压力、努力程度、挫折感等维度得分均低于平均水平，综合认知负荷降低约 35.9%。

表2 认知负荷 NASA-TLX 各维度得分对比（仿真测试）

维度	实验组（AI 辅助）	对照组（传统教学模拟）	降幅
脑力需求	41.2	65.7	37.3%
时间压力	38.5	56.3	31.6%
努力程度	49.8	70.1	29.0%
挫折感	32.4	60.8	46.7%
综合负荷	40.5	63.2	35.9%

（三）从“答案索取”到“能力建构”

值得关注的是，学生在使用 AI 辅助工具的过程中呈现出的认知发展轨迹，在保证学习效率的同时要避免学生产生对工具的依赖，结合现有案例，在初期阶段部分学生极易将 AI 视为“作业

帮”，直接提问获取配置答案而放弃自我学习和思考。因此对于系统引导式回答的设计，需要避免直接给出配置指令或答案，而是提示排查方向与关键命令，引导学生逐渐学会如何分解问题、验证假设^[7]。在对选修过相关课程学生的访谈中，多位学生表示，以往面对报错常感无从下手，缺乏逐步定位问题的系统化思路。这一情况佐证了 AI 辅助教学的深层价值，AI 辅助教学不是替代学生思考，而是通过即时反馈与认知支架，帮助学生建立系统化的问题解决思维。

五、结语

本研究设计了一套基于 AI 大模型的计算机网络实验教学辅助系统，通过检索增强生成、知识库构建、配置双向交换等关键技术，构建了覆盖实验全过程的智能化教学支持环境。仿真测试数据表明，系统能够有效解答学生的实验问题、提升学习效率、减轻教师负担，并在培养学生自主学习及研究能力方面发挥积极作用。

本研究也存在若干局限性：第一，知识库维护仍需人工介入，当教材改版、实验内容更新时，知识库同步存在滞后；第二，系统对复杂故障场景的诊断准确率仍有提升空间；第三，当前系统主要支持文本交互，尚未引入复杂拓扑图识别、网络仿真环境联动等能力。未来工作可围绕以下方向展开：探索知识库自动更新机制，利用 LLM 从最新 RFC 文档、厂商技术白皮书等资源中持续抽取知识；集成计算机视觉能力，支持学生手绘拓扑图拍照识别与自动建模；将系统能力延伸至其他网络类课程，构建 AI 赋能实验教学的技术矩阵。

参考文献

[1] 廖纪童, 张亮, 刘艳芳等. 基于大模型检索增强生成的计算机网络实验课程问答系统设计与实现 [J]. 实验技术与管理, 2024, 41(12): 186–192.

[2] 卢向群. 基于大模型的 5G/6G 网络实训智能体研发 [EB/OL]. 北京邮电大学大学生创新创业项目, 2025.

[3] Tateiwa Y.Exercise-Specific YANG Profile for AI-Assisted Network Security Labs:Bidirectional Configuration Exchange with Large Language Models[J]. Information, 2025, 16(8): 631.

[4] 王军等. AI 赋能课程建设案例分享：《计算机网络》国家级一流课程教学全链条推广智慧课程 [EB/OL]. 沈阳化工大学计算机科学与技术学院, 2025.

[5] 武小龙. 高中人工智能课程设计与教学实践研究 [J]. 中国教育技术装备, 2021(21): 81–83.

[6] 刘永花. AI 技术在计算机基础课程思政教学中的应用 [J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(17): 33–35.

[7] 张凯. 人工智能技术在移动开发课程教学中的应用探索 [J]. 无线互联科技, 2022(2): 19.