

全栈信创电子邮件系统实践

黄建波, 苏宣瑞, 刘志权

(华南理工大学信息网络工程研究中心, 广东 广州 510640)

摘要: 随着国际形势的变化和我国信息技术的不断发展以及信息安全的严峻形势下, 自主可控成为信息化系统的重要指标和发展方向。电子邮件系统是典型的信息化系统, 运行在硬件、平台软件、中间件、数据库和应用系统等相关系统之上, 并且包含 Web 以及 POP/IMAP 和 SMTP 等多种服务。在国家推进信息技术国产化的背景下, 华南理工大学积极响应政策号召, 成功完成了全栈信创邮件系统的升级改造, 成为教育行业第一个实现全栈国产化邮件的实践案例。信创电子邮件系统通过采用国产软硬件, 确保了系统的安全性和稳定性, 提升了国家关键信息基础设施的安全保障。以华南理工大学部署的信创版电子邮件系统为例, 探讨其信创版必要性和可行性。

关键词: 信创; 国产化; 安全; 电子邮件系统; 科技创新能力

中图分类号: N945.2

文献标志码: A

DOI: 10.11959/j.issn.1000-436x.2024250

Practical implementation of a full-stack information technology application innovation industry-compliant email system

HUANG Jianbo, SU Xuanrui, LIU Zhiquan

Information and Network Engineering and Research Center, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

Abstract: Amid the evolving international landscape and the ongoing development of information technology in China, coupled with the increasing challenges to information security, self-reliance and control have become critical indicators and directions for the development of information systems. The email system, a typical information system, operates on hardware, platform software, middleware, databases, and application systems, and includes various services such as Web, POP/IMAP, and SMTP. In the context of the national initiative to promote the localization of information technology, South China University of Technology has actively responded to policy directives, successfully completing the upgrade and transformation of a full-stack information technology application innovation (ITAI) industry-compliant email system, this achievement marks the university as the first in the education sector to implement a fully domestically produced email system. By adopting domestically produced hardware and software, the ITAI-compliant email system ensures security and stability, thereby enhancing the protection of the nation's critical information infrastructure. Took the ITAI-compliant email system deployed by South China University of Technology as a case study, the necessity and feasibility of ITAI implementation was explored.

Keywords: information technology application innovation, localization, security, email system, technological innovation capability

0 引言

随着数字技术的迅猛发展, 信息安全已经成为国家安全的重要组成部分。在此背景下, 高校作为

新科技和新力量的重要基地, 不仅承担着人才培养的重任, 还需确保数以亿计的师生在教育信息系统中开展的教学科研活动的安全性与稳定性。如何维

护高校系统的安全稳定、保障数据的安全可控,选择安全可控的信息化产品至关重要。近年来,国家发布了一系列政策以支持教育信创,华南理工大学作为教育信创的先行者,积极响应国家号召。

电子邮件涉及个人和学校信息敏感内容,邮件安全一直是教育行业的一大痛点。由于教育行业的特殊性和重要性,国外势力和黑色产业链对其虎视眈眈。据相关实验室监测分析,2023年,无论是收到的垃圾邮件量、钓鱼邮件数,还是遭受暴力破解攻击的次数,教育行业的威胁程度都居高不下。邮件系统的安全性不仅涉及个人隐私的保护,更关乎国家教育信息的整体安全。

为应对这些挑战,我校积极响应和先行实践,完成了全栈信创邮件系统的建设,采用国产软硬件方案,强化邮件系统的安全性,提升了整体防御能力。这不仅为我校的信息安全提供了保障,也为实现信息系统国产化积累了经验,还为其他高校提供了参考和借鉴。

1 研究背景

1.1 使用信创系统的必要性

在当今全球化的科技竞争格局下,网络安全和信息主权成为了国家间博弈的新战场。从震惊世界的“棱镜门”事件,揭露美国国家安全局(NSA)在全球范围内进行的大规模监控活动,到华为等中国科技企业遭遇“实体清单”的制裁,以及哈尔滨工业大学、北京航空航天大学等高校遭受禁售MATLAB科研工具的打击,再到西北工业大学等高校遭遇到的境外网络恶意攻击事件,这一系列事件无不凸显出我国在关键信息技术领域面临的严峻挑战。

这些事件提醒着我们,在信息化建设的关键环节中,不能盲目依赖外部产品和服务,高校必须采取主动措施,构建一个安全可控的信息技术体系,实现技术和产品的自主可控,以减少对外部供应商的依赖,彻底摆脱受制于人的被动局面^[1]。

在信息化时代,高校不仅是知识创造和传播的中心,也是国家科技创新体系的重要组成部分。因此,确保高校的信息化建设不受外部干扰,对于维护国家安全、促进科技自立自强具有重大意义。构建自主可控的信息技术体系,不仅可以保护学术研究和教学活动免受潜在的网络威胁,还能保障科研

数据的安全,为我国培养高素质人才和推动科技进步营造一个安全稳定的环境。

1.2 信创产业的发展现状

信创作为国家战略的重要组成部分,覆盖了从IT基础设施到应用软件的全方位技术链条。近年来,国家对信创产业的支持力度不断加大,推动了数字经济的发展,同时也带动了国产服务器、操作系统、数据库等关键技术的突破。在这一背景下,信创不仅是数字经济的基础设施,更是确保数据与网络安全的重要保障。

在当前的政策支持和市场需求双重驱动下,信创产业迎来了技术创新的黄金期。国产服务器、操作系统、云计算以及数据库中间件等关键技术的研发和应用不仅取得了显著进展,还推动了整个产业生态的进一步完善。

数据显示,2023年,中国信创产业规模将达2.1万亿元。如果能满足市场用户对于信息技术应用创新的需求,至2027年,信创产业或将会撬动一个3.7万亿元的市场,产业市场发展潜力巨大^[2]。

1.3 国产芯片

芯片作为信息技术系统的核心组件,是计算能力的决定性因素。国内的芯片制造商在信创产业中发挥了至关重要的作用。主要的国产CPU厂商已经形成了多样化的技术路线,涵盖了x86、ARM、MIPS等多种架构。这些架构在信创产业的推动下,不仅在性能、功耗和价格上取得了平衡,还在生态建设和技术自主性方面取得了长足进步。

目前,国产CPU中鲲鹏、飞腾、龙芯采用指令集授权或自研架构,自主先进程度较高^[3]。依托这些国产CPU技术,国内一些领先企业如华为、浪潮等已经成功开发出了一系列国产服务器,并在政企市场中得到了广泛应用。

1.4 国产操作系统

操作系统是计算机软硬件的枢纽,决定了计算平台的自主可控性。国产操作系统的开发以替代现有系统、构建自主生态为核心目标。国产主流操作系统中麒麟、统信等均是基于Linux内核的二次开发,通过以国产CPU和操作系统为主导、相关配套软硬件产品的深度应用,进一步发挥国产技术架构优势,形成信创应用生态圈^[4]。

1.5 国产数据库技术

国产数据库不仅要满足技术上的高稳定性和安

全性要求，还需要与主流数据库的兼容。国产数据库针对主流 Oracle、SQL Server 等的兼容性，降低用户学习成本和迁移成本^[5]。

1.6 全栈国产化

全栈国产化的目标，是从芯片到服务器、操作系统再到数据库等关键技术的全面自主研发和应用，构建国产化信息技术软硬件底层架构体系和全周期生态体系^[6]，并考虑其长期的稳定性和兼容性，确保系统的可持续更新。

如果用“浓度”来衡量国产化程度，那么浓度越高，说明国产化越彻底。在微观上，如一个机器，包含芯片、内存、网卡、硬盘等，国产化浓度越高的服务器，代表其内部零件的国产化率越高。在宏观上，如一个系统，包含服务器、云计算、操作系统、数据库/中间件、Web 容器以及浏览器等，国产化浓度越高，代表其各层次平台使用的国产化率越高。我们的目标是实现浓度为 100% 的国产化。在当前技术背景下，我们认为宏观上和微观上都应该双重入手，逐步实现 100% 浓度的国产化。在本文的电子邮件改造实践中，我们从宏观入手，实现 100% 的国产化，即全栈国产化。

2 信创邮件系统的设计

2.1 底层关键技术设施的国产替代

在信创邮件系统的设计与部署过程中，关键技术设施的国产替代是实现全栈国产化的基础。这一

部分涉及硬件、虚拟化平台、操作系统等多个层面。

硬件方面，采用了国产化的海光与飞腾处理器的服务器作为国产化服务器的替代，其多核架构和高带宽内存设计，确保了在处理大量数据时的高效与稳定，为系统的可持续运行提供了支持。

虚拟化方面，采用了国产云宏虚拟化平台，实现了虚拟机资源的高效分配与动态调整，相比更常见的 VMware vCenter，国产化云计算平台简化了虚拟机的管理流程，提供了更直观的管理界面，操作更简单，降低了虚拟机管理流程。事实证明，国产化的云计算系统已经可以实现云计算的国产化替代和运行。其架构如图 1 所示。

2.2 国产数据库的选型

数据库方面，本文方案采用了人大金仓数据库 (Kingbase) 替代原有的 MySQL 数据库。在适配过程中，还需对现有的数据处理逻辑进行调整，以适应人大金仓数据库，包括对存储过程、查询优化和索引机制的重新设计。

2.3 国产操作系统的选型

操作系统方面，本文方案采用了国产的银河麒麟操作系统替代原有的 CentOS 操作系统。银河麒麟操作系统从兼容性和适用性上都可以进行 CentOS 的替代，能够适配信创邮件系统的各项需求。

2.4 其他部件的选型

除了以上典型的部件，邮件系统还包含负载均衡器、中间件以及浏览器等。为了实现全栈式的国

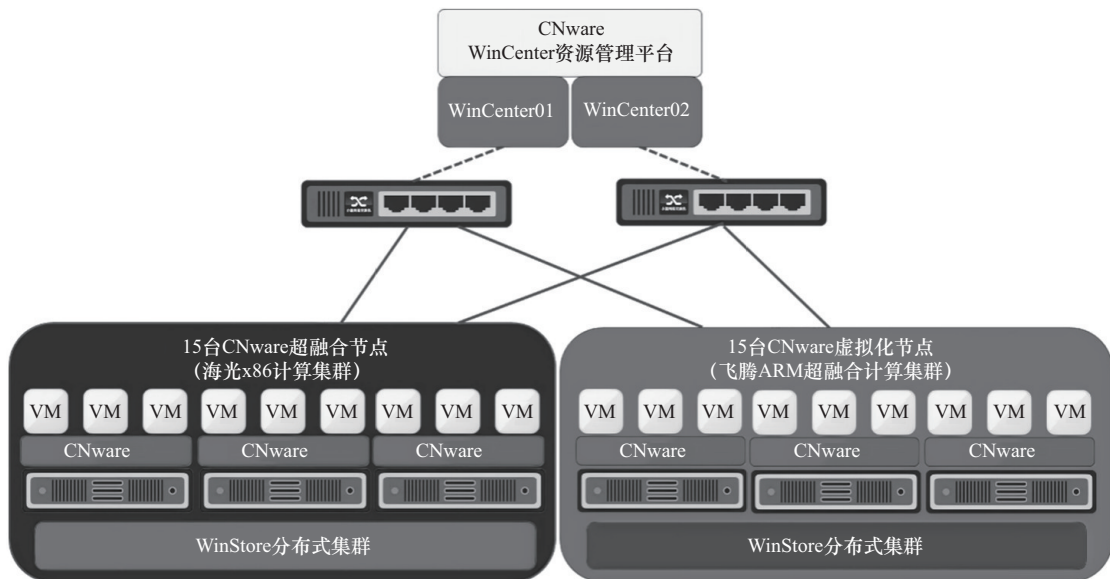


图1 虚拟化平台架构

产化, 这些核心的部件也采用了国产自主研发的替代产品, 其中, 中间件采用 Coremail 自主研发的 WMSRV, 负载均衡采用 CMPProxy, 浏览器采用永中软件。

2.5 系统架构

根据以上的部件设计, 形成最终的全栈式电子邮件系统替代方案, 其架构如图 2 所示。



图2 信创电子邮件系统架构

2.6 迁移与改造

根据实际的适配迁移流程, 可以分为前期评估、应用迁移、数据迁移、项目测试 4 个阶段^[7]。

学校邮箱用户众多, 数据量庞大, 邮箱升级改造不是易事, 前期需做大量准备工作。在此次升级项目实施过程中, 我校与 Coremail 经过多次研讨, 共同制定了升级改造方案。Coremail 通过自主研发的迁移工具进行数据迁移, 通过做好迁移前环境检测、迁移前数据预检测、数据完整性检测和是否损坏检测, 迁移中密切关注迁移进度和可能出现的问题, 确保迁移顺利完成, 最大限度地保障了数据迁移的稳定性、完整性。新的邮件系统上线后, 原邮件系统的功能体验既保持了一致, 实现了无感知平滑迁移, 同时性能也更为稳定、高效、安全。

2.7 邮件安全

本次信创邮件系统的改造, 对邮件系统的各个模块进行了安全增强。

1) 传输加密: 使用国产加密算法对邮件在网络传输过程中的数据进行加密, 防止数据在传输过程中被截获和篡改。通过传输层安全 (TLS) 协议进行安全传输, 确保数据在传输过程中的完整性和保密性。

2) 存储加密: 对邮件服务器上的存储数据进行加密处理, 使用国产算法加密存储在数据库和文件系统中的邮件内容和附件, 防止未经授权的访问。

3) 定期销毁: 增加邮件定时销毁的功能。

4) 访问控制: 通过角色和权限管理机制, 严格控制邮件用户的访问权限, 防止未授权访问。

5) 安全审计: 对系统的关键操作和安全事件进行日志记录和审计, 帮助识别和追踪潜在的安全威胁。

6) 防火墙和入侵检测: 配置网络防火墙和入侵检测系统, 实时监控系统的网络流量, 及时发现和阻止恶意攻击行为。

7) 威胁情报: 邮件系统标准配备安全数据运营平台 (SMC) 应用程序接口 (API), 可与第三方安全产品对接, 将威胁情报、态势感知、云安全、统一认证、安全大数据分析等安全能力平台化, 从不同维度对安全数据进行深加工, 并以 API 方式对外提供能力, 如图 3 所示。



图3 邮件系统威胁情报

8) 双因子验证: 没有强有力的保障措施的系统, 容易出现口令太简易、密码被破解、撞库、拖库等问题^[8], 本系统配备组织级或系统级的双因子验证, 在输入密码后, 用户仍需要进行二次验证才可以登录, 并且第三方客户端使用独立密码, 极大地保护了校园邮箱用户的数据安全。

9) 第三方反病毒引擎: 通过灵活且可伸缩的监控程序、命令行扫描程序, 最大限度地发现病毒邮件。同时采用最先进的 safe-browsing 引擎技术对钓鱼邮件进行过滤, 能够对高危/可疑邮件进行提醒, 正文打开可疑链接后也会收到预警提示。

3 实践验证与性能评估

为了验证信创邮件系统在全栈国产化后的实际运行效果, 我校在信创邮件系统正式启用后,

收集了详尽的数据来评估系统的性能和稳定性。这些实践数据包括 CPU 和内存负载、邮件收发性能指标、垃圾邮件拦截量、故障发生率等指标。通过这些数据，全面证明信创邮件系统的可行性和可靠性。

3.1 CPU 和内存负载

在系统部署后的连续运行期间，对信创邮件系统的 CPU 和内存负载进行持续监控，在高峰期用户并发访问时，仍然能正常登录、收发邮件，未出现 CPU 和内存满载的问题，也无性能下降的问题。证明信创邮件系统在处理大量并发请求时，仍能保持良好的资源管理和处理能力。

3.2 邮件收发性能

邮件系统的核心功能是高效的邮件收发，在日均处理数万封邮件的情况下，在检测的持续收发测试数据中，单封邮件的处理时间平均不超过 1 s，邮件的平均传输延迟低于 0.5 s，在高峰期并发访问时，未出现性能下降情况，证明了信创邮件系统在邮件收发方面具备高效的处理能力和稳定性，能够满足大规模用户的使用需求。

3.3 垃圾邮件拦截效果

为了保护用户免受垃圾邮件的干扰，邮件系统集成垃圾邮件过滤机制，系统的垃圾邮件拦截率达到 95% 以上，高效的垃圾邮件过滤机制提升了用户的使用体验。

3.4 故障率与稳定性

在长时间运行过程中，信创邮件系统也表现出了极高的稳定性，通过持续监控和维护，信创邮件系统在实践中展示了稳定性和可靠性，自启用至今，可用性达到了 99.9% 以上。

3.5 实践总结

通过长时间的实际运行和详细的数据收集，证明了我校电子邮件系统在全栈国产化后的可行性。系统在资源利用、邮件处理效率、垃圾邮件拦截和系统稳定性等方面均与原系统无差别，使用习惯对最终用户无感知。故该全栈电子邮件系统国产化替代实践是成功的，也证明国产化的替代是可行的，能够实现 100% 的宏观国产化。

4 挑战和解决方案

在本文方案的实践中，也碰到相应的问题，通过学校和承建方的努力，问题得到了解决和推进，

典型问题如下。

问题 1: 国产数据库适配问题

问题描述：在迁移到人大金仓数据库的过程中，原有的数据库为 MySQL，信创版数据库为人大金仓，原有系统中的数据处理逻辑与新数据库存在差异。

解决方案：Coremail 设计了专用的数据迁移工具，自动识别并转换不兼容的数据格式和语法，对原有的 SQL 语句进行优化，适应人大金仓数据库的语法。同时与人大金仓数据库的技术团队紧密合作，获取技术支持。

问题 2: 操作系统兼容性问题

问题描述：银河麒麟操作系统在初期测试中，部分软件无银河麒麟版本，存在兼容性问题。

解决方案：针对特定兼容性问题，联系软件厂商进行定制开发，确保软件可以正常运行，同时开展全面的兼容性测试，识别潜在问题并及时解决。

问题 3: 安全性问题

问题描述：在漏洞扫描中，发现操作系统存在 OpenSSH 版本太旧等安全漏洞。

解决方案：对系统进行全面的安全加固，通过编译安装最新版 OpenSSH，及时修复安全漏洞，确保系统的安全可靠。同时，周期性对操作系统进行安全扫描，加强安全审计和监控，及时发现和应对新的安全威胁。

通过解决这些问题，信创邮件系统成功实现了全栈国产化，不仅增强了系统的自主可控性，也为后续系统的稳定运行奠定了坚实基础。

5 结束语

信创体系建设是推进我国产业链自主可控、高水平科技自立自强的关键支撑^[9]，是一个复杂而系统化的过程，涵盖了从硬件到软件的全面适配。

华南理工大学电子邮件系统已实现在全栈国产化环境中平稳运行，实现关键核心技术可控，满足办公系统对信息安全的要求。作为全国首个实现全栈信创邮箱落地的高校，华南理工大学在教育信创邮箱方面为教育系统其他单位提供了实际案例，构建了更安全、高效、智能的校园信息化体系。

本次信创电子邮件的实现，不仅验证了信创邮件系统的技术优势，也为未来其他的信创项目以及更多的教育和政府机构提供了可参考的成功经验和

实践模型, 为推动我国信创产业的整体发展提供了动力。

参考文献:

- [1] 倪光南. 坚持信创科技自立自强建设网络强国和数字中国[J]. 信息安全研究, 2021, 7(1): 2-3.
NI G N. Adhere to the self-reliance and self-improvement of IT innovation system technology, build a powerful network country and digital China[J]. Journal of Information Security Research, 2021, 7(1): 2-3.
- [2] 刘馨蔚. 信创产业迎国产替代潮[J]. 中国对外贸易, 2023(9): 54-55.
LIU X W). Xinchuang industry welcomes domestic substitution tide[J]. China's Foreign Trade, 2023(9): 54-55.
- [3] 周栋. 信创协同办公软件的设计和实现[J]. 电子技术与软件工程, 2021(24): 32-33.
ZHOU D. Design and implementation of Xinchuang collaborative office software[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2021 (24): 32-33.
- [4] 王寸婷, 赵婷婷, 黄锋. 基于信创的行政办公系统适配改造: 以南京市规划和自然资源局为例[J]. 无线互联科技, 2022, 19(15): 41-43, 55.
WANG C T, ZHAO T T, HUANG F. Adaptation and transformation of administrative office system based on information security innovation: taking Nanjing planning and natural resources bureau as an example[J]. Wireless Internet Technology, 2022, 19(15): 41-43, 55.
- [5] 姜湘岗, 刘瑾, 张晓昆, 等. Oracle 数据库向国产数据库迁移的技术分析[J]. 北京电子科技学院学报, 2017, 25(4): 39-44.
JIANG X G, LIU J, ZHANG X K, et al. Technical analysis of migration from oracle database to domestic database[J]. Journal of Beijing Electronic Science and Technology Institute, 2017, 25(4): 39-44.
- [6] 张钧. 信创背景下的港口信息基础设施国产化替代策略[J]. 水运管理, 2024, 46(6): 24-28.
ZHANG J. Substitution strategy of localization of port information infrastructure under the background of Xinchuang[J]. Shipping Management, 2024, 46(6): 24-28.
- [7] 张海全, 金贝贝, 陈春桦, 等. 电力行业国产数据库适配测试方法和技

术研究[J]. 电器工业, 2023(1): 78-79, 82.

ZHANG H Q, JIN B B, CHEN C H, et al. Research on adaptability test method and technology of domestic database in electric power industry [J]. China Electrical Equipment Industry, 2023(1): 78-79, 82.

- [8] 冯雪. 国产加密电子邮件系统研究[J]. 网络安全技术与应用, 2024 (1): 30-33.

FENG X. Research on domestic encrypted e-mail system[J]. Network Security Technology & Application, 2024(1): 30-33.

- [9] 林杉, 付奇. 共建信创生态, 破解“造血”难题[N]. 新华日报, 2022-11-28(002).

LIN S, FU Q. Building a collaborative innovation ecosystem and solving the problem of “blood making”[N]. Xinhua Daily, 2011-11-28(002).

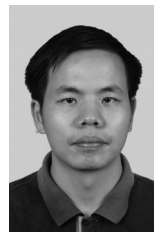
[作者简介]



黄建波 (1978-), 男, 广东汕头人, 华南理工大学工程师, 主要研究方向为云计算、算力等 IT 基础设施和电子邮箱技术, 以及国产化替代技术。



苏宣瑞 (1996-), 男, 广西南宁人, 华南理工大学工程师, 主要研究方向为信息安全、云计算和电子邮箱技术等。



刘志权 (1981-), 男, 广东梅州人, 华南理工大学工程师, 主要研究方向为计算机网络与应用、高性能计算等。