 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i7.11405

Research on Adaptation and Optimization of Digital Management Applications in a Domestication Environment

Zhiqiang Yang Kun Pan Yue Peng Huachao Wang Liang Wang

Nanjing Nanzi Huadun Digital Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210003, China

Abstract

To address the adaptation bottlenecks encountered during the domestication process of two core digital management applications—China Huadian Group's Integrity Huadian Digital Intelligence Supervision Platform and Legal Resource Sharing Platform—with domestic components such as Kingbase V8 database, RustFS file system, Tongtech middleware, and Kylin OS V10, and to ensure stable, efficient, and secure operation within a fully domesticated environment, this paper conducts multidimensional adaptation and optimization research. A simulation testing environment is established using Kunpeng processors and domestic foundational components. Based on real business scenarios from both platforms, specialized optimization strategies are developed across seven key areas: distributed data synchronization, processor task scheduling, time-series data storage, transmission encryption, database function optimization, distributed resource scheduling, and large-file storage and retrieval. These strategies are implemented through scenario simulation, parameter tuning, and comparative testing. Experimental results demonstrate that the proposed optimization techniques effectively resolve issues related to poor compatibility, high performance overhead, and insufficient data security in domestication environments. They significantly reduce system latency and improve resource utilization, fully meeting the operational requirements of both platforms. This work provides solid technical support for the large-scale deployment of digital management applications in the energy sector under domestication.

Keywords

digital management application; domestic components; adaptation and optimization; Kingbase V8; Kylin OS V10; Tongtech middleware

国产化环境下数字管理应用适配优化研究

杨志强 潘锟 彭悦 王华超 王亮

南京南自华盾数字技术有限公司，中国 · 江苏 南京 210003

摘 要

为解决中国华电集团清廉华电数智监督平台、法律资源共享平台两大核心数字管理应用，在国产化替代过程中与人大金仓V8数据库、RustFS文件系统、东方通中间件、银河麒麟V10操作系统的适配瓶颈，保障系统国产化环境下的稳定、高效、安全运行，本文开展多维度适配优化研究。依托鲲鹏处理器+国产化基础组件搭建仿真测试环境，结合两大平台真实业务场景，从分布式数据同步、处理器任务调度、时序数据存储、传输加密、数据库函数优化、分布式资源调度、大文件存储检索七个核心方向，通过场景模拟、参数调优、对比测试等方式制定专项优化方案。实验结果表明，本文优化技术可有效解决国产化适配兼容差、性能损耗高、数据安全性不足等问题，显著降低系统运行延迟、提升资源利用率，完全满足两大平台业务运行需求，可为能源行业数字管理应用国产化规模化落地提供技术支撑。

关键词

数字管理应用；国产化组件；适配优化；人大金仓V8；银河麒麟V10；东方通中间件

1 引言

1.1 研究背景

随着数字中国战略落地与国企数字化、信创转型深入推进，国产化软硬件替代已成为央企核心业务系统建设的硬性要求。中国华电集团清廉华电数智监督平台、法律资源共享平台作为企业风险管控、法务协同的核心数字管理系统，分别承担着全集团招投标、财务、燃料领域风险监督预警，以及跨区域法律资源整合、文书交互、业务审核统计等核心职能，具备高并发、海量数据、大文件传输、高安全涉密的业务特征。

集团核心业务系统需全面适配银河麒麟V10操作系统、人大金仓 V8 数据库、东方通中间件、RustFS 文件系统国产化技术栈。但实际落地中，两大平台暴露诸多适配问题：软硬件组件协同兼容性差、系统运行波动大、数据同步异常、大文件存储检索效率低下、敏感数据传输防护薄弱、数据库统计运算耗时过长等，直接制约平台风险预警、法务协同、

【作者简介】杨志强（1987–），男，中国山东阳信人，硕士，高级工程师，从事数字化、智能化研究。

统计分析等核心功能落地。当前国内国产化适配研究多聚焦政务、金融领域单一组件基础适配，针对能源行业数智监督、法务协同类系统的多组件、全场景深度适配研究较为匮乏，无法匹配企业个性化业务需求。因此，开展两大平台国产化深度适配优化研究，对推进国企信创落地、实现核心系统自主可控具有重要现实意义。

1.2 研究意义

实践层面，本文针对两大平台适配痛点形成可直接落地的优化方案，彻底解决国产化环境下系统稳定性、性能与数据安全问题，保障核心业务平稳运行，助力集团数字管理应用国产化替代规模化落地，提升企业数字化运营自主可控水平。行业层面，本文结合能源企业监督、法务专属业务场景形成的适配经验，可作为同类国企数字应用信创适配的参考范例，填补能源行业专项场景国产化深度适配的技术空白。

1.3 国内外研究现状

国外软硬件生态成熟，但存在技术垄断、可控性差等问题，无法适配国内国企涉密数据管控、分级权限管理等个性化需求，不适用于集团核心业务系统。国内国产化适配研究仍存在短板，现有研究多集中于单一操作系统、数据库的基础兼容调试，缺乏多组件协同适配、业务场景深度优化的研究，尤其缺少针对人大金仓 V8 统计函数优化、RustFS 大文件处理、东方通中间件任务调度等贴合能源业务的专项优化技术，与企业实际生产需求存在明显差距。

1.4 研究内容与技术路线

本文围绕两大平台核心业务场景，聚焦国产化四大关键组件适配瓶颈，开展七项核心技术优化研究：分布式数据同步优化、鲲鹏处理器任务调度优化、时序数据存储优化、实时数据传输加密优化、人大金仓 V8 统计函数优化、分布式资源调度优化、RustFS 大文件存储检索优化。

整体技术路线：首先梳理平台业务痛点与适配难点，明确优化目标；其次搭建完整国产化仿真测试环境，设计贴合生产场景的测试用例；再次通过对比测试识别性能瓶颈，针对性制定并落地优化策略；最后通过多维度性能校验验证优化效果，形成标准化适配优化方案与操作手册。

2 相关技术基础

2.1 国产化关键组件概述

本文采用集团统一指定的国产化技术栈，各组件核心特性及适配作用如下：鲲鹏 ARM 架构处理器，高性能、低功耗，支撑平台多任务并发处理；银河麒麟 V10 操作系统，高安全、高稳定，适配多节点部署与分级权限管控；人大金仓 V8 国产数据库，支持分布式部署与海量数据存储，适配业务数据统计与存储需求；东方通 TongWeb 中间件，衔接软硬件与应用系统，保障模块数据交互与任务调度稳定；RustFS 文件系统，高吞吐量、高可靠性，适配大文件存储、归档与检索场景。

2.2 核心技术理论

核心支撑技术包括：一致性哈希算法，用于分布式节点数据负载均衡与同步一致性保障；动态任务调度与负载均衡算法，解决多任务并发负载不均问题；SM2/SM4 国密加密技术，兼顾数据传输效率与安全；时序数据分区存储技术，适配海量时序监督数据的高效存储与查询场景，为本次适配优化提供理论支撑。

3 数字管理应用国产化适配优化研究

3.1 分布式数据同步技术优化

针对两大平台多区域部署、跨节点数据同步不一致、异常场景容错性差等问题，搭建 3 节点鲲鹏分布式测试环境，模拟多区域业务数据增删改、网络波动、节点离线等场景。基于一致性哈希算法优化哈希槽分配策略，优先保障财务、风险等核心敏感数据同步优先级，新增数据同步重试机制与分布式事务优化策略。测试结果显示，优化后数据同步延迟降至 25ms 以内，数据一致性达标率 100%，异常场景容错率 99.8%，彻底解决多节点数据同步延迟、丢失、不一致等问题。

3.2 国产处理器任务调度优化

针对鲲鹏处理器多核心负载失衡、高低优先级任务资源抢占、CPU 利用率偏低等问题，模拟平台 CPU 密集型风险分析、统计计算与 I/O 密集型文件读写、附件读取等混合业务场景。基于调度三重奏理论，优化核心负载动态迁移机制，区分业务优先级分配系统资源，优化 I/O 任务缓存亲和性，减少任务切换损耗。优化后处理器核心负载差异控制在 20% 以内，CPU 利用率从 62% 提升至 78%，任务平均响应时间从 120ms 缩短至 75ms，并发处理能力显著提升。

3.3 时序数据存储优化

针对清廉华电平台海量时序监督数据查询慢、存储冗余等问题，基于人大金仓 V8 数据库，摒弃默认存储策略，采用按周时间分区 + 哈希索引组合优化方案，通过时间分区缩小数据扫描范围，搭配哈希索引优化查询路径。经测试，优化后时序数据查询响应时间缩短 42%，索引存储空间占用减少 28%，数据量增至 2000 万条时，查询延迟仍控制在 480ms 以内，可适配海量时序数据持续增长的业务场景。

3.4 实时数据传输加密优化

为解决国产化环境下敏感数据传输泄露风险，适配平台涉密数据传输需求，采用 SM4 对称加密 +SM2 非对称加密的混合加密方案，兼顾传输效率与密钥安全，配置动态密钥自动更新机制。测试表明，加密后传输延迟增量不超过 45ms，不影响业务正常运行，数据完整性验证通过率 100%，密钥更新响应时间 ≤3s，实现了数据传输全程安全、高效、不中断。

3.5 人大金仓 V8 统计函数优化

针对数据库 COUNT、SUM、AVG 等常用统计函数在大数据量、多表关联场景下执行缓慢、CPU 占用过高问题，

通过重写函数逻辑、引入预聚合机制、优化关联查询语句、按需搭建 B 树与哈希混合索引等方式优化。优化后统计查询响应时间平均缩短 35%，数据库 CPU 占用率从 65% 降至 38%，千万级数据场景下性能稳定无衰减，大幅提升平台统计报表生成与业务分析效率。

3.6 分布式资源调度优化

基于银河麒麟 V10 与东方通中间件，针对多节点并发任务资源抢占、负载不均问题，搭建多服务器集群环境，模拟多区域风险扫描、多专家任务审核等并发场景。部署动态资源分配算法，根据服务器实时负载与任务优先级自动调度资源，迁移高负载节点任务、保障核心业务资源优先分配。优化后任务平均响应时间缩短 28%，资源竞争冲突次数减少 82%，集群整体负载均衡性与系统稳定性大幅提升。

3.7 RustFS 大文件存储与检索优化

针对法律文书、案例视频、审计附件等大文件存储检索效率低、I/O 阻塞问题，基于 RustFS 文件系统，对比固定分块、动态分块、混合分块三种策略，确定差异化动态分块方案：文档类文件 100MB/ 块、视频类大文件 500MB/ 块，同时采用 B 树 + 哈希混合索引优化元数据检索。优化后大文件分块处理时间缩短 30%，存储空间占用减少 22%，高频检索场景下响应时间控制在 0.8s 以内，无 I/O 阻塞，完全适配平台大文件高频交互业务需求。

4 实验结果与分析

4.1 实验设计

本次实验采用控制变量法，基于统一国产化测试环境，围绕七项优化技术设置优化前、后对照组，复刻两大平台核心业务场景，以数据同步效率、资源利用率、查询延迟、安全稳定性、文件处理性能等核心指标为评价标准，全面验证优化方案的有效性与适用性。

4.2 核心实验结果

各模块优化效果汇总：一是分布式数据同步延迟大幅降低，容错性与数据一致性实现全覆盖；二是处理器负载均衡性显著改善，资源利用率与任务响应效率双提升；三是时序数据存储查询性能提升超 40%，海量数据场景性能稳定；四是国密混合加密实现零数据泄露，传输延迟可控；五是数据库统计运算效率显著提升，硬件资源消耗大幅降低；六是分布式集群资源冲突大幅减少，并发稳定性增强；七是大文件存储、检索性能显著优化，高频场景无性能瓶颈。所有优化指标均满足两大平台生产业务运行标准。

4.3 结果分析

本文七项针对性优化技术，从数据同步、资源调度、存储查询、数据安全、文件处理全维度破解了国产化组件适配瓶颈。通过软硬件协同优化，充分释放鲲鹏处理器、人大金仓 V8、RustFS 等国产组件的性能优势，解决了原有适配方案中兼容性差、性能损耗高、安全性薄弱等核心问题。优化方案贴合能源企业监督、法务专属业务场景，适配性、实用性、稳定性强，可支撑两大平台国产化环境常态化、规模化运行。

5 结论与展望

5.1 研究结论

本文以中国华电两大核心数字管理平台为研究对象，针对国产化全栈技术栈开展多场景、多维度适配优化研究，通过实验验证得出以下结论：分布式数据同步优化可保障多节点数据协同的一致性与容错性；处理器调度优化可有效均衡硬件负载、提升并发效率；时序数据分区索引优化可适配海量监督数据高效处理；国密加密方案可实现安全与效率兼顾的数据传输防护；数据库函数与索引优化可大幅提升大数据量统计分析能力；分布式资源调度优化可解决集群资源竞争问题；RustFS 动态分块与混合索引可高效支撑大文件存储检索业务。

本次研究形成的全套适配优化方案，有效解决了两大平台国产化替代的核心痛点，系统稳定性、运行性能、数据安全性均满足生产要求，同时形成标准化适配手册，可为能源行业同类数字应用国产化落地提供技术参考。

5.2 研究不足与展望

本文研究存在一定局限性：测试环境为仿真场景，与真实生产复杂环境存在小幅差异，方案长期稳定性有待持续验证；各组件协同优化深度不足，且优化参数缺乏自适应调整能力。

未来将持续优化迭代：将方案落地生产环境，长期监测运行状态并微调优化参数；深化多国产化组件协同适配研究，挖掘整体性能潜力；引入智能算法实现调度、适配参数自适应调整；拓展适配场景，覆盖集团更多数字管理应用，全面推进企业数字化信创自主可控建设。

参考文献

[1] 麒麟软件. 银河麒麟高级服务器操作系统V10 SP3[EB/OL]. 麒麟软件官方网站, 2026.

[2] 人大金仓. 人大金仓V8数据库用户手册[R]. 北京: 人大金仓信息技术股份有限公司, 2025.

[3] 东方通. 东方通中间件TongWeb 7.0适配指南[R]. 北京: 东方通科技股份有限公司, 2025.

[4] 中国电子技术标准化研究院. 信创产业发展报告（2025）[R]. 北京: 中国电子技术标准化研究院, 2025.