 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i3.9470

Optimization of Information Service of Communication Engineering Based on Big Data

Qichao Wang

China Communications Construction Second Engineering Bureau Co., Ltd. Eastern Information Industry Branch, Hangzhou, Zhejiang, 310016, China

Abstract

With the rapid expansion of China's communication infrastructure and telecom service systems, the traditional informatization service system for communication engineering faces challenges such as increasing network complexity, diversified user services, and the coexistence of demands for improving operation and maintenance efficiency and service quality. This paper first defines the connotation of informatization services for communication engineering, then analyzes the potential value of optimizing informatization services for communication engineering based on big data technology, starting from the current development status of the communication industry under the background of "big data + communication" integration. It focuses on exploring the improvement of network optimization, service quality management, user behavior analysis, fault prediction, and resource scheduling capabilities through big data methods. The article further proposes five actionable optimization measures suitable for China's national conditions, combining practical experiences of typical operators in network big data platform construction, data sharing architecture design, intelligent operation and maintenance, real-time monitoring, and feedback mechanism construction.

Keywords

big data; communication engineering; information service; optimization; significance; measures

基于大数据的通信工程信息化服务优化

王麒超

中国通信建设第二工程局有限公司东部信息产业分公司，中国 · 浙江 杭州 310016

摘　要

随着中国通信基础设施与电信服务体系快速扩展，传统通信工程信息化服务体系面临网络复杂性增加、用户业务多样化以及运维效率与服务质量提升需求并存的挑战。本文首先界定通信工程信息化服务的内涵，随后从通信行业在“大数据+通信”融合背景下的发展现状出发，分析基于大数据技术对通信工程信息化服务优化的潜在价值，重点探讨通过大数据手段提升网络优化、服务质量管理、用户行为分析、故障预测与资源调度能力。文章进一步提出适合中国国情的五项可落地优化措施，并结合典型运营商在网络大数据平台建设、数据共享架构设计、智能化运维、实时监测与反馈机制构建等方面的实践经验。

关键词

大数据；通信工程；信息化服务；优化；意义；措施

1 引言

在经济社会迅猛发展背景下，通信工程得到了极大程度的拓展，然而实践中使用的可预测性出现了问题，导致通信系统难以满足用户的实际需要，并且还会出现卡顿或信息接收延迟等情况。基于大数据的通信工程信息化服务是一种全新的方式，能够很好地优化通信工程信息化服务不足 [1]。因此，为全面提升通信工程信息化服务效率与质量，下文通过查阅相关文献及结合自身实践下针对基于大数据的通信工程信息化服务优化展开探讨，以供参考。

【作者简介】王麒超（1980–），男，中国江苏连云港人，本科，高级工程师，从事AI和大数据技术在工程项目管理和节能及新能源业务方面的应用研究。

2 通信工程信息化服务概述

通信工程信息化服务是在电信及通信网络建设、运营、维护与管理全过程中，将信息技术与通信工程有机融合，以支撑网络部署、资源管理、业务提供、运维监控与用户服务的一体化服务体系。该服务体系覆盖固定网、移动网、宽带接入、数据通信、IDC ／数据中心运营、网络传输、交换、安全保障、客户服务与运营维护等多个维度。大型运营商（例如中国电信、中国移动通信集团有限公司等）在提供传统基础电信业务（固定语音、宽带、IP 业务、5G 移动通信等）的同时，也通过其骨干互联网（例如 CHINANET）及遍布

全国的 IDC 节点、数据中心资源，为企事业单位、政务机构、企业客户提供包括数据通信、云服务、专线服务、增值业务、网络接入与托管等一体化通信信息服务。

3 基于大数据的通信工程信息化服务优化意义

在迈入移动互联网、物联网、云计算和 5G ／下一代通信时代背景下，网络用户数量、接入终端种类、业务类型和数据流量均呈几何级增长，数据类型也由传统语音与窄带数据扩展为高清视频、流媒体、物联网信令、实时通信、企业专线与云服务等多样化形式。移动大数据时代对网络容量、网络部署灵活性、资源调度、实时监控提出更高要求。基于大数据技术的通信工程信息化服务优化，能够借助来自网络节点、终端、传输路径、用户行为、流量统计、信令日志、故障记录等多源数据，通过统一的数据采集、清洗、分析与挖掘能力，对网络状态、用户需求、资源利用效率、潜在故障趋势进行量化评估与预测。对于运营商而言，这不仅可以提升网络优化与资源调度精度、提升网络质量与用户体验，还可以降低网络建设与维护成本、提高网络可靠性与服务响应速度 [2]。

4 基于大数据的通信工程信息化服务优化措施

4.1 构建统一网络大数据共享与管理平台

为提升数据整合效率与利用率，应建立统一的大数据共享与管理平台，具体为：首先，数据采集与近源治理。构建覆盖 RAN、Core、传输、IDC 与接入网的分层采集体系，采用统一元模型定义网元属性、测量指标与事件语义，前端接入采用协议适配器与轻量化采集代理并引入消息总线与分区化 Kafka 主题进行流式传输，入湖前执行基于规则与统计模型的清洗、异常插补与时间序列对齐，并对时延敏感数据在近源缓存进行边缘聚合和压缩编码以降低回传带宽并提升实时判别能力，同时在采集层实现差分隐私与联邦学习准备机制并结合密钥管理与透明加密以满足合规要求。其次，统一中台与目录化管理。构建存储计算分离的数据中台，采用对象存储与分布式列式存储格式如 Parquet 与 ORC，基于分层命名空间实现原始层、规范层与服务层逻辑分区，建立数据目录、元数据服务与血缘追踪机制对数据质量评分、接入凭证与 RBAC 策略进行编目管理，面向网优、故障定位与容量预测等场景提供语义化 RESTAPI、GraphQL 接口与事件流订阅能力并通过元数据驱动的自动化模型注册与 CI/CD 流水线保障应用按需建模与可追溯性。最后，实时可视与闭环运维。基于流批一体化计算引擎与 AIOps 框架实现实时网络感知、异常自学习与离线深度分析的协同工作，设计以多级告警驱动的工单自动化流程与模型评估回执机制，通过策略引擎将 AI 推理结果转化为可执行调度或配置变更并注入南向调度平台，依托容器化编排与作业调度保障任务弹性与隔离，构建多维 SLA 与 KPI 监测仪表盘、权限分级的可视化界面与基于血缘的效果回溯流程以支持跨部门联动处置与模型迭代更新并结合运维知识库与专家规则库以提升处置精度。

4.2 运用数据分析与机器学习进行网络性能监测与预测性维护

在大数据平台框架下构建面向网络性能的异构时序数据湖，统一采集网元指标、信令日志、故障告警与用户行为样本，在边缘侧完成分层预处理以解决噪声、缺失与时间对齐等问题，并引入空间映射变量以刻画小区覆盖与用户分布。基于统计学习与集成机器学习，制定多尺度特征工程策略，包括短时功率谱、流量周期分解、CUSUM 突变统计量与业务耦合矩阵，并使用 L1 正则化与贪心子序列选择减少冗余特征以保证在线推理性能。异常检测采用自监督重构网络与图神经网络联合判别，利用重构误差与网络邻接约束进行交叉校验以降低误报率，并输出拥塞、链路衰退或设备退化的概率化告警。负荷与性能预测融合长短期记忆网络与贝叶斯结构化预测，接入气象、活动日历与移动人口热力图作为外生校正因子，在重要时段通过场景仿真评估调度策略的鲁棒性与回退方案。故障概率评估采用生存分析与因果发现方法识别高危模组，并结合 MEC 侧的近实时推断提出具体运维动作，如基站覆盖微调、切片资源重编排与天线波束预调。决策层将概率评分与成本函数输入运维调度引擎以生成可执行工单与资源迁移建议，并通过可解释性面板呈现特征贡献以支持人工复核。模型管理通过 CI/CD 流水线实现训练、回归测试与分版本控制，采用在线 A/B 与灰度发布评估模型实际效果并对推理延迟与资源占用进行约束，以保证生产环境稳定性 [3]。建立严格的数据治理与标签质量控制流程，对采集通道进行时序一致性检验并用差分隐私与访问控制保护用户敏感信息，同时构建运维反馈通路以利用人工工单标签提升模型精度。将预测指标与业务 KPI 及 SLA 映射，制定分级响应策略与阈值，明确调度窗口、回退流程与跨域联动机制以便在高风险情形下迅速执行资源重配置。

4.3 实时网络状态可视化与动态资源调度机制

基于统一数据枢纽，构建分层可视化体系，将网络拓扑、基站负荷、传输链路吞吐率、信令面强度、流量热力图、业务类型矩阵、用户接入谱与安全告警流整合为多尺度仪表盘，采用流式处理管线对接网元性能计数器与采样探针，利用时间序列数据库与稀疏索引实现毫秒级指标更新，从而保证可视层具有时序一致性与可交互钻取能力。基于可视化输出，设计闭环调度引擎，分设策略层、预测层与执行层，策略层根据业务等级与 SLA 约束定义优先级，预测层基于历史大流量事件与在线学习模型预测热点演化，执行层以 SDN/NFV 与 BGP/MPLS 编排能力实施流量迁移与链路重路由。资源分配采用算力—带宽耦合调度策略，在云、边、端三层引入弹性资源池，实现频谱重配置、载波聚合与边缘卸载的协同调度，调度决策采用凸优化与在线 Lyapunov 方法联合约束处理时延与能耗指标，并引入任务等级分段策略，

确保关键政企与低时延业务获得确定性保障。系统工程上构建可追溯变更与回滚机制，依托可观测性代理与灰度验证模块完成调度前影响评估，调度执行通过南向北向接口联动网管与云管平台，支持事务化下发与回退。数据治理实施流数据语义化标准、元数据目录与隐私脱敏流水线，并以策略驱动的流速限制和异常检测保护控制平面，构建 SLA 指标闭环与实时告警策略，结合运营级 AIOps 实现异常自愈与故障定位，并通过指标回传持续校准预测模型。

4.4 融合大数据与智能运维平台，实现自动化与智能化服务保障

基于大数据的智能运维平台应构建多层次数据中台与时序指标湖，统一采集业务、网元、链路、拓扑、探针、用户行为与安全日志，并对原始流进行 ETL 与语义化标注以保障可审计的数据链路与可重现的训练集。平台需基于特征工程与自动化特征商店提取多维服务指纹，结合层次聚类与特征重要性评估形成故障模式字典并入库用于检索。运维决策层应将监督学习、半监督异常检测与因果推断联合编排，构建根因图谱和置信度驱动的干预策略，以支持在多模态指标异常时实现分钟级定位并生成带参数化修复脚本。规则引擎与自动化编排器须采用声明式策略语言描述任务拓扑，并通过有向无环任务流和事务化回滚机制实现变更的安全执行与灰度发布。对于安全事件、DDoS 及用户集中接入等突发场景，应部署在线学习模块与自适应置信阈，结合流量指纹、行为聚类与溯源算法快速分割异常流并触发链路调度或黑洞策略。为提升复杂场景推理能力，应将行业专用大模型与场景化知识库融合，采用少样本微调、知识蒸馏和领域自监督训练以减小概念漂移，同时构建数字孪生沙箱在非生产环境完成策略回归验证。运维闭环需实现观测、诊断、决策、执行与复盘五阶段流水线，复盘以因果回归与离线 AB 实验评估策略效果并将模型权重与规则库自动更新，纳入 SLA 与关键 KPI 的反馈闭环，并通过多租户权限控制与差分隐私技术保证数据隔离与合规 [4]。

4.5 利用用户行为与业务数据进行服务质量管理与个性化服务优化

基于用户行为与业务数据的服务质量管理与个性化优化，应首先建立覆盖接入侧、承载侧与应用侧的融合数据平台，明确数据口径并实施端到端 ETL 流水线与元数据登记，做到会话级时序对齐、终端指纹标注、业务码流分类与差分隐私脱敏以满足合规要求。基于此，采用多维标签体系并结合谱聚类与分层贝叶斯模型对用户群体进行精细化分层，利用行为序列的隐马尔可夫模型与双向 LSTM 抽取会话态势特征并将特征部署到在线特征商店供实时推荐与策略决策调用。资源调度层需引入多目标优化调度器，以带权重的吞吐、时延与公平性目标对承载路径与片内资源进行联合优化，并在控制面部署策略回退与事务回滚机制以保障变更安全。对于高价值与政企用户，应提供端到端切片或虚拟专线，结合流量镜像、被动测量与主动探测完成 SLA 持续测量，并在阈值触发时自动申请带宽调度或下发 PCRF 与 PCF 策略。个性化业务侧通过因果推断与多轮离线 AB 试验评估不同资费与套餐对行为的长期影响，并将验证结果以在线学习方式同步至推荐引擎与计费系统以实现闭环优化 [5]。运维层需在边缘部署实时流处理框架以支撑毫秒级的流量指纹识别与异常溯源，同时与 CDN 及 MEC 协同实现业务侧就近调度以降低末端时延。采用模型治理与漂移检测机制定期回溯特征有效性，并通过离线 OLAP 分析与在线 Flink 管道协同完成策略灰度验证与滚动发布。

5 结语

综合来看，伴随通信网络结构的复杂化、用户规模的激增与业务形态多样化，传统通信工程信息化服务体系难以满足高效率、高质量、智能化、灵活化的需求。基于大数据技术，通过构建统一数据平台、运用数据分析与机器学习、实现实时监控与动态调度、融合智能运维，以及依据用户行为优化服务质量，能够为通信工程信息化服务优化提供科学、可操作且贴近中国国情的路径。随着大数据基础设施不断完善、数据治理与合规机制不断健全，基于大数据的通信工程信息化服务优化将成为推动通信行业可持续发展与服务质量提升的重要手段。

参考文献

[1] 李英.基于大数据的通信工程信息化服务优化与提升研究[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术, 2023(011):000.

[2] 李龙.大数据的通信工程信息化服务优化与提升[J].数字化用户, 2024(8).

[3] 姬建新.基于大数据技术的通信工程项目管理[J].大科技, 2024(17).

[4] 修健.基于大数据的移动通信网络优化[J].电子技术与软件工程, 2023.

[5] 李坤浩,叶浩颖.基于大数据分析的电信通信工程网络性能优化研究[J].信息与电脑, 2025, 37(2):10-12.