融合分级管控与资源调度的电信可视化智能运维流程构建

桑宇杰，殷　畅

（中国电信股份有限公司四川分公司，成都 610000）

摘　要：针对IP数据通信设备运维中事件响应滞后、资源配置效率不高及跨层级协同不足等问题，构建融合分级管控与资源调度的电信可视化智能运维流程。该流程以网络状态感知为基础，根据业务等级、影响范围和网络负载对运维事件进行分级，并结合资源利用情况和业务优先级实施动态资源调度，实现运维决策与资源配置协同。依托某省级运营商网络管理平台开展实验，将该方法与人工运维和静态规则调度方法进行对比。结果表明，该方法的响应及时率、资源利用率、任务完成率和高优先级任务按时完成率分别达到95.4%，93.2%，94.6%与96.3%，平均指令下发成功率为98.1%，平均下发时延为1.7 s，整体优于对比方法。

关键词：电信网络运维；分级管控；资源调度；可视化智能运维

中图分类号：TN915　　**文献标识码：**A

Construction of telecom visualized intelligent O&M process integrating hierarchical control and resource scheduling

SANG Yujie，YIN Chang

（Sichuan Branch of China Telecom Corporation Limited，Chengdu 610000，China）

Abstract：To address delayed event response，low resource allocation efficiency，and insufficient cross-level coordination in the Operation and Maintenance（O&M）of IP data communication equipment，a telecom visualized intelligent O&M process integrating hierarchical control and resource scheduling is constructed. Based on network status awareness，the process classifies O&M events according to service level，impact scope，and network load，and dynamically schedules resources according to resource utilization and service priority，thereby coordinating O&M decision-making with resource allocation. Experiments are conducted on the network management platform of a provincial telecom operator，with manual O&M and static rule-based scheduling methods used for comparison. The results show that the proposed process achieves a timely response rate of 95.4%，resource utilization rate of 93.2%，task completion rate of 94.6%，and on-time completion rate of 96.3% for high-priority tasks. The average command delivery success rate reaches 98.1%，with an average delivery latency of 1.7 s，demonstrating overall better performance than the comparison methods.

Key words：telecom network O&M，hierarchical control，resource scheduling，visualized intelligent O&M

1　引言

随着电信网络规模持续扩大以及业务类型不断丰富，网络运行管理面临更高要求。传统运维模式在数据整合、跨层级协同和资源配置等方面仍存在不足，难以适应复杂网络环境下的精细化运维需求。

近年来，智能感知、态势可视化和智能运维等技术不断发展，为网络运行状态分析、运维决策优化和资源动态配置提供了新的支持[1]。基于此，本文构建了融合分级管控与资源调度的电信可视化智能运维流程，通过网络状态感知、运维事件分级和资源动态调度，实现运维决策与资源配置协同，从而提高运维响应效率和资源利用水平。

2　基于分级管控与资源调度的电信可视化智能运维流程

基于分级管控与资源调度的电信可视化智能运维流程由状态感知、智能决策、资源调度和执行反馈等环节组成，以多源运维数据采集与可视化展示为基础，对网络设备、业务系统及资源状态进行统一感知，实现运维对象运行状态的集中展示[2-3]。在此基础上，根据故障影响范围、业务等级和网络状态实施分级管控，并结合业务需求与资源状态开展动态调度，形成由状态感知、决策处置到资源配置的完整运维闭环。

2.1　电信网络运维业务特征

电信网络已逐步形成云网融合、多业务协同的运行

模式。网络资源不再局限于传统传输设备，而是涵盖核心路由器、汇聚交换机、BRAS设备、SDN控制器、云资源池及边缘计算节点等IP数据通信设备。随着5G承载网、云专网及数据中心互联网络规模持续扩大，IP数据通信设备已成为运营商网络运行保障的重要对象。同时，网络承载业务类型不断丰富，高清视频、工业互联网、云专线及物联网等业务对带宽等指标提出了不同要求，进一步增加了运维管理的复杂性。

现代电信网络多采用集中监控、分层管理的运维方式：运维中心负责全网运行态势分析并制定运维方案，区域管理节点负责资源协调与业务保障，基层维护单元则负责具体任务执行。不同层级之间通过可视化平台实现网络状态共享和运维指令协同，以提高运维管理效率和资源利用水平。由于各类业务的资源需求和网络承载能力会随运行状态动态变化，运维决策需建立在对网络负载的准确判断基础上。为量化业务需求与资源供给之间的关系，引入融合运维负载指数：

$$L=\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\frac{D_i}{C_i} \tag{1}$$

式中，L为综合运维负载指数；α_i为第i类业务对应的业务等级权重；D_i为第i类业务当前的资源需求量；C_i为第i类业务对应资源可用容量；n为业务类别总数。式(1)能够综合反映不同等级业务的资源占用情况及资源供给能力。业务需求增加或资源容量下降时，综合运维负载指数L随之增大；反之则下降。通过持续监测L值，可掌握网络整体运行压力，并为资源紧张区域识别、业务承载能力评估及分级管控提供量化依据。

2.2 融合分级管控下的智能运维决策

当网络资源紧张或业务集中增长时，不同运维事件对网络运行的影响程度存在明显差异。若缺乏统一的分级管控机制，容易出现资源投入失衡和运维响应滞后等问题。因此，本文综合业务等级、影响范围及网络负载状态，构建了运维事件分级决策机制。

可视化运维平台负责汇聚各类网络状态数据，并结合综合运维负载指数L分析当前运行状态。根据业务重要程度和事件影响范围建立运维优先级评定模型：

$$P_j=\lambda_1 S_j+\lambda_2 I_j+\lambda_3 L \tag{2}$$

式中，P_j为第j类运维事件优先级指数；S_j为第j类业务等级评分；I_j为第j类事件影响范围评分；L为综合运维负载指数；$\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3$为对应评价因子的权重系数。$P_j$值越大，表明该事件的处置优先级越高，可据此确定相应处置等级[4]。

完成优先级评定后，引入分级管控决策模型：

$$G=\sum_{j=1}^{m}\mu_j P_j \tag{3}$$

式中，G为全网分级管控决策强度；μ_j为第j类运维事件对应的管控等级系数；P_j为第j类运维事件优先级指数；m为参与决策的运维事件总数。G用于反映全网整体管控强度，其值升高时，网络管控等级相应提高，并根据需要启动跨区域资源协同机制。

2.3 面向资源优化的动态调度

资源调度依据业务优先级及资源状态进行动态配置。可视化运维平台实时采集网络设备利用率、链路负载状态、业务承载规模及资源占用情况，并结合分级管控结果对各类业务资源需求进行量化评估。为描述不同业务的资源需求程度，引入资源需求权重模型：

$$W_k=\theta_1 U_k+\theta_2 B_k+\theta_3 P_k \tag{4}$$

式中，W_k为第k类资源需求权重；U_k为资源利用率；B_k为业务承载量；P_k为业务优先级系数；$\theta_1,\theta_2,\theta_3$为对应权重系数。$W_k$值越大，表明该类业务的资源需求程度越高，后续调度中的资源分配优先级也相应提高[5]。

完成资源需求评估后，引入资源调度效用函数：

$$F=\sum_{k=1}^{r}\beta_k\ln\left(1+\frac{R_k}{R_{\max}}\right) \tag{5}$$

式中，F为资源调度综合效益；β_k为资源等级权重；R_k为分配给第k类业务的资源量；$R_{\max}$为单类资源最大容量；r为资源类别总数。F用于评价不同资源配置方案的综合效益，并作为资源调度调整的依据。

根据各类业务的资源需求权重，进一步建立资源分配优化模型：

$$R_k=\frac{W_k}{\sum_{k=1}^{r}W_k}\times R_T \tag{6}$$

式中，R_T为系统可调度资源总量。式(6)按照资源需求权重确定各类业务的资源分配比例，使有限资源能够随业务需求和优先级变化进行动态调整。实际运行时，可视化运维平台通过统一资源视图展示计算资源、存储资源、链路资源及运维任务资源的分布状态，并对资源调度过程进行统一管理。

3 实验验证与结果分析

3.1 实验环境

为验证本文方法的应用效果，依托某省级运营商网络管理平台开展实验。实验对象包括核心网设备、传输网设备、云资源节点和边缘计算节点，连续28天采集运行数据并进行测试。实验环境配置如表1所列。

表1 实验环境配置

项目	配置参数
服务器型号	Dell PowerEdge R750
处理器	Intel Xeon Gold 6338(32核)
内存容量	256 GB DDR4
运维平台	电信可视化智能运维平台
实验数据规模	120万条运维事件数据
核心路由器	Huawei NE8000 M14

（续表 1）

项目	配置参数
汇聚交换机	Huawei CloudEngine CE12800
BRAS 设备	ME60-X16
监测链路数量	562 条 IP 承载链路

实验期间共接入核心路由器 68 台、汇聚交换机 124 台、BRAS 设备 35 台、云资源节点 100 个及 IP 承载链路 562 条，累计接入监测对象 327 个，覆盖业务监测、资源监测和运维任务管理等场景，并通过统一可视化平台完成数据采集、分级决策和资源调度验证。

3.2　实验过程与结果分析

选取传统人工运维方法（依据人工判断完成事件处置和资源调整）、静态规则调度方法（按照预设规则进行资源配置）与本文方法开展对比实验。评价指标包括响应及时率、资源利用率、任务完成率和高优先级任务按时完成率，3 种方法均在相同网络负载条件下进行测试。

实验过程中，首先采集网络运行状态、资源使用状态及业务运行状态等信息，并利用综合运维负载指数分析网络运行压力；其次根据分级管控模型确定运维事件处置优先级，结合资源调度模型对链路带宽资源、路由转发资源及云网计算资源进行动态分配，通过运维编排平台下发资源调整指令。实验结果如图 1 所示。

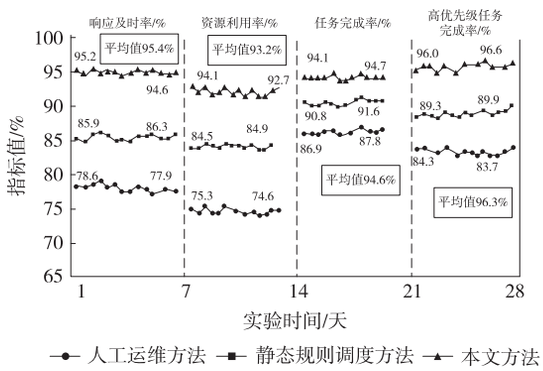

图 1　不同运维方法四项指标性能对比

由图 1 可知，本文方法的响应及时率、资源利用率、任务完成率和高优先级任务按时完成率分别达到 95.4%，93.2%，94.6% 与 96.3%。其中，响应及时率较人工运维方法提高 17.1 个百分点，资源利用率较静态规则调度方法提高 8.5 个百分点，高优先级任务按时完成率较人工运维和静态规则调度方法分别提高 12.2 个百分点与 6.6 个百分点。结果表明，分级管控能够根据事件重要程度调整处置优先级，动态资源调度则可根据业务需求优化资源配置，从而改善运维响应和资源使用效果。

进一步统计 3 种方法的资源占用情况。本文方法的平均资源冗余率为 7.3%，低于人工运维（18.6%）和静态规则调度（12.4%）方法。高峰业务时段，本文方法的平均任务处理时延为 3.8 min，较人工运维方法缩短约 42%。由此可知，本文方法能够根据业务优先级和资源状态动态调整资源配置，减少资源冗余并缩短任务处理时间。

为进一步验证运维指令下发效果，对本文方法的指令下发成功率和下发时延进行统计。如图 2 所示，本文方法的平均指令下发成功率达到 98.1%，平均下发时延为 1.7 s，表明运维决策能够较快传递至网络设备执行端，并完成相应资源调整。

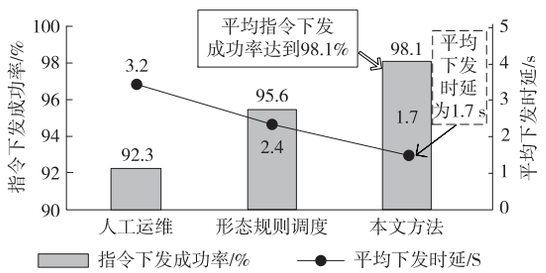

图 2　指令下发能力统计结果

4　结束语

围绕电信网络运维中的分级处置与资源配置问题，本文构建了融合分级管控和资源调度的可视化智能运维流程，将网络状态感知、事件优先级判定和资源动态配置纳入统一运维过程。该流程能够根据业务重要程度、事件影响范围及网络负载变化调整运维策略，并结合资源需求实现差异化调度，从而增强复杂网络环境下的运维协同能力。后续可进一步结合更大规模、多业务场景的实际运行数据，对分级阈值、资源调度参数及跨区域协同机制进行优化，从而提升流程在不同网络环境下的适用性和稳定性。

参考文献：

[1] 刘云鹏，杨瑞，郑林，等. 特高压换流站阀厅状态监测与智能运维研究综述[J]. 高电压技术，2025，51(8)：4285-4299.

[2] 张海波，阿娜尔，姜莉莉，等. 智能感知驱动的重点区域通信态势可视化系统研究与实践[J]. 电信工程技术与标准化，2025，38(11)：74-80.

[3] 陶俊，陈翔鸿，文澄宇，等. 药品智慧监管平台智能运维管理体系——制度，流程与技术的协同创新[J]. 江西通信科技，2025(4)：55-59.

[4] 徐浩，刘基灿，张焱，等. 大模型赋能的光伏电站智能运维策略——基于领域知识图谱的构建，补全及应用[J]. 中国安全生产科学技术，2026(3)：197-204.

[5] 朱峻永，杨东赞，王昕，等. 面向智能变电站运维的连锁故障态势感知研究[J]. 电力系统保护与控制，2025，53(16)：136-146.

作者简介：

桑宇杰（1995—），硕士，研究方向：IP 承载网可用性保障及云网智能运维。