

新一代算力中心运维支撑平台的研究与设计

韩全磊¹ 洪金磊¹ 高 川¹
HAN Quanlei HONG Jinlei GAO Chuan

摘 要

随着算力网络的快速发展,其已成为三大运营商的重点关注对象。算力中心作为算力网络的核心,承担大量数据处理和计算任务,因规模的扩大,传统运维模式难以满足需求。旨在构建新一代算力中心运维支撑平台,提供包括算力网络运维工作台、算力云运维工作台、算力数据中心运维平台、算力集中监控运维平台和AI节能等产品的智能运维工具。文章详细介绍了平台的技术创新点、实施过程及应用效果,探讨其在提升运维效率、节约能源和降低成本方面的作用,为相关领域的研究和应用提供参考。

关键词

算力中心; 运维支撑; 智能运维

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.11.003

0 引言

在国家数字经济发展战略与“十四五”发展规划的推动下,为加快信息网络基础建设,算力网络应运而生。随着算力网络的快速发展,其已成为三大运营商关注的重点^[1]。算力中心作为算力网络的核心,承担着大量数据处理和计算任务。然而,随着算力中心规模的扩大,运维管理面临的挑战也日益增多。传统的运维模式已经难以满足现代算力中心的需求,因此迫切需要一种高效、智能的运维支撑平台来支撑算力网络的应用。

针对上述问题,本研究旨在构建新一代算力中心运维支撑平台,打造一个囊括算力网络运维工作台、算力云运维工作台、算力数据中心运维平台、算力集中监控运维平台、AI节能等产品的算力网络基础设施平台,为算力网络的应用提供各类智能运维手段及工具。本研究通过详细介绍新一代算力中心运维支撑平台的技术创新点、实施过程及实际应用效果,探讨其在提升运维效率、节约能源、降低成本等方面的作用,期望为相关领域的研究和应用提供有价值的参考。

本研究结构安排如下:首先介绍研究背景和算力中心运维平台的相关技术;接着详细描述算力中心运维平台的实施过程;然后分析算力中心运维平台在实际应用中的表现;最后探讨算力中心运维平台带来的经济效益和社会效益,并总结研究结论与未来展望。

1 研究背景

算力网络作为新一代信息网络基础设施的重要组成部分

分,其是指在计算能力不断泛在化发展的基础上,通过网络手段将计算、存储等基础资源在云-边-端之间进行有效调配,以此提升算力服务质量。算力网络旨在通过算力与网络的融合,打破数据中心、超算中心、云计算、边缘计算的计算能力限制,构建算网一体的算力服务体系,促进国家数字经济的发展^[2]。目前,诸多科研团队正在开展算力网络相关研究并取得了一定成果,例如三大运营商相继发布了《中国电信云网运营自智白皮书》^[3]《中国移动算力网络白皮书》^[4]和《中国联通算力网络白皮书》^[5],以及算力感知网络概念^[6]的提出等。在国际上,算力网络的发展也深受西方国家的重视。美国凭借在云计算领域积累的优势,以提升“算”与“网”融合服务能力为目标,加速信息化建设。欧洲各国重点进行区域性算网基础设施建设,逐步完善基于网络数据及安全应用的现代信息通信技术基础设施。

算力作为算力网络的核心,为加快算力网络的发展,各运营商纷纷投入大量资源进行算力中心的建设。然而随着算力中心规模的扩大,其运维管理的复杂度也随之增加,传统的运维模式已经无法满足需求。算力中心的运维管理涉及多个方面,包括硬件设备的监控与维护、软件系统的更新与优化、网络连接的管理与优化等。传统的运维手段主要依赖人工操作,存在效率低、响应慢、故障定位难等问题。因此,急需一种能够提升运维效率、降低运维成本、增强系统可靠性的智能运维支撑平台。

为了应对上述挑战,浪潮通信信息系统有限公司于2022年9月启动了新一代算力中心运维支撑平台项目,目标是通过引入先进的技术手段和管理工具,构建一个智能化、高效能的运维支撑平台,为算力中心的运维管理提供全面支持。

1. 浪潮通信信息系统有限公司 山东济南 250000

2 平台相关技术

2.1 平台架构设计

新一代算力中心支撑运维平台遵从“微服务架构组网、微服务管控平台统一管理，能力与应用解耦”的建设原则，基于前后端分类、微服务的技术架构与容器、CI/CD、DevOps 等云原生技术手段，实现了系统的高并发、高可用、高性能和高智能。图 1 为该平台架构图。

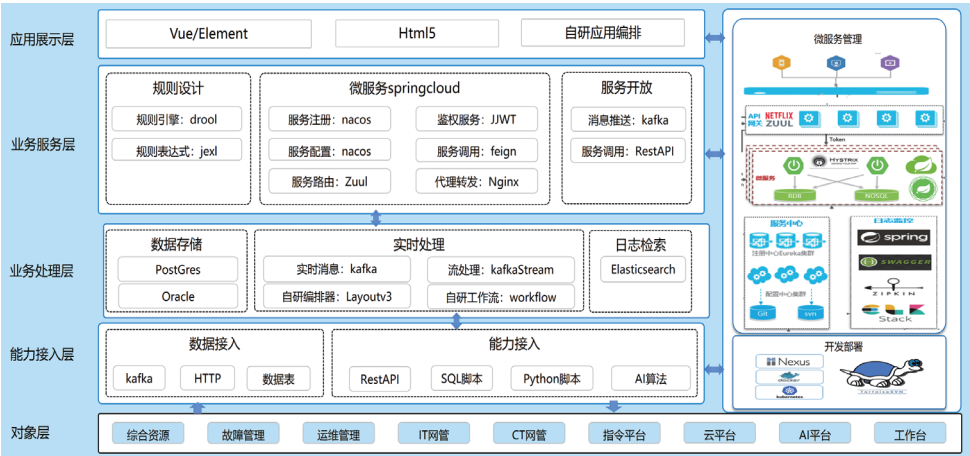


图 1 平台架构图

2.1.1 微服务架构

新一代算力中心运维支撑平台采用了微服务架构，旨在实现系统的高并发、高可用和高性能。微服务架构将复杂的系统拆分为多个独立的服务，每个服务都可以独立部署、扩展和更新，从而提高系统的灵活性和可维护性。微服务架构实施步骤如下。

（1）微服务设计

平台使用 Scale Cube 方法设计微服务架构。基于 Scale Cube 方法，将应用服务按功能拆分成一组相互协作的服务。每个服务负责一组特定的功能，并有独立的数据库，从而保证与其他服务解耦。平台考虑的微服务拆分原则主要包含：单一职责、开闭原则、高内聚、松耦合、服务粒度适中、考虑团队结构、演进式拆分、坚持按需划分原则、架构稳定。

系统使用到的设计模式包含：聚合器微服务设计模式、代理微服务设计模式、链式微服务设计模式、分支微服务设计模式、数据共享微服务设计模式、异步消息传递微服务设计模式。系统使用最多的是分支微服务设计模式。

（2）微服务开发

在微服务开发的实际实施过程中，系统使用 VUE + ElementUI 做 PC 端前台开发，使用 Nacos 做配置中心及注册中心，使用 SprinCloudGateway 做服务网关。

开发遵循服务无状态化原则。若一条数据需要被多个服

务共享才能完成一项任务，那么该数据被称为状态，依赖这个“状态”数据的服务被称为有状态服务，反之称为无状态服务。同时采用了 RESTful 风格通信原则。其具备无状态协议 HTTP，因此有较强的扩展能力，并且支持 JSON 报文序列化，具有轻量简单、搜索引擎友好等特点。

（3）微服务研究路径

本系统后端基于微服务架构进行开发，通过 Spring

Cloud 进行微服务管理。针对不同业务数据特点，采用不同接口模式；可根据业务量和数据量规模而调整微服务实例；服务稳定且接口相互无关联，影响较小。本系统包含页面服务、营销活动管理服务、用户管理服务、流失预测管理服务、系统监控服务、接口对接服务等等，有较高的部署灵活性。

2.1.2 数据存储与处理

平台采用了分布式数据库和大数据处理技术，支持海量数据的存储与实时处理，实现数据的高效存储、管理和分析，为智能运维提供坚实的数据基础。

（1）数据库选型

目前系统国产化要求越来越严格，其中数据库适配的工作量较大。由于商业国产数据库中 PG(Postgre) 系列占比较高，因此平台的关系型数据库选用 PG 数据库。

针对常用的用户认证数据、业务受理数据，采用 Redis 内存数据库，满足高并发场景下系统运行效率，具有快速查询能力。本平台采用 Redis 集群哨兵模式，可以很好解决 Redis 的高可用问题。

（2）Kafka 消息中间件

本平台使用 kafka 作为分布式消息队列，采用 Kafka 进行系统间，或者系统内消息转发。

（3）Flink 实时流式处理集群

本平台采用 Flink 流式处理框架来构建业务处理引擎。目前主要的流式处理大数据框架主要有：storm，spark streaming 和 Flink，以上三者皆是开源的分布式系统，从实时性方面来比较，storm 和 Flink 都是实时流数据驱动的，而 spark streaming 则是准实时的微批处理模式。由于本平台数据存在低延时的特性，同时由于并发系统的自身特点，很多数据都是乱序的，Flink 能够利用特有的时间处理和 watermark 机制解决数据乱序问题；在对数据处理中间过程或临时计算结果的存储问题中，Flink 可以根据自身的状态（state）保存机制进行解决，效率相较于 Storm 对每个消息

进行全链路跟踪的方式更高；当数据处理量激增时，某些流式处理框架会因为消费节点的处理速度问题，导致数据溢出而出现无法处理的情况。Flink 通过反压机制，保证在数据激增时对数据进行抑制，使数据保存在类似于 kafka 这样的消息通道内不丢失。综上所述，本平台采用 Flink 流式处理对数据进行实时处理。

2.2 智能运维技术

2.2.1 AI 节能技术

本平台引入了 AI 节能技术，充分利用智能化 AI 算法深度学习模型、大数据技术及辅助设备，对数据中心设备进行信息采集、分析、预测、更新和维护，根据对数据的整合、预判，实现对冷源系统参数精准调控，有效降低能耗。能耗分析与优化的 AI 算法策略如图 2 所示。

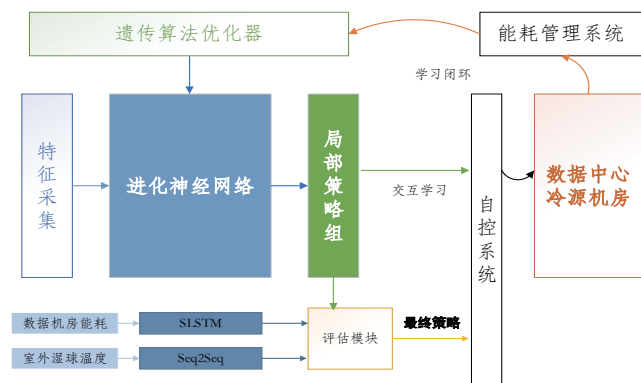


图 2 能耗分析与优化的 AI 算法策略

本平台采用 EEMDAN(自适应白噪声完整经验模态分解)+SLSTM(堆叠长短波记忆网络)模型来预测数据机房未来能耗；采用 CEEMDAN(自适应白噪声完整经验模态分解)+seq2seq attention(注意力机制序列网络)模型来预测室外温度的变化趋势；采用遗传算法-进化神经网络建立冷源系统的最优冷源参数 AI 模型；利用数据机房能耗预测模型和室外温度预测模型持续优化和评估全局冷源 AI 模型。根据三大模型联动运行，使冷源系统持续保持高效率、高节能的模式运转。

2.2.2 业务隐患识别技术

隐患识别技术实现流程如图 3 所示。平台针对业务隐患问题，将 AI 算法应用到日常多云运维工作中。基于设备告警、网络运行关键指标和海量设备日志等多维数据源，依托机器学习，输出灵活、动态、高效的

阈值门限，提升基于多维数据异常检测的隐患识别能力；通过 AI 训练，建立自动优化黄金指标体系，完善故障感知指标模型。

3 平台实现与实际应用

新一代算力中心运维支撑平台致力于打造一个面向算力网络的产品群，目前囊括了算力网络运维工作台、算力云运维工作台、算力数据中心运维平台、算力集中监控运维平台、AI 节能等产品。从而构建面向未来算力中心及算力中心内部的计算、网络、存储、安全等一体化工作台性质的产品集合。该平台主要构成为以下产品：

3.1 算力网络运维工作台

算力网络运维工作台满足了 CMNET 省网、CMNET 城域网、省内云专网、IDC 网络等 IP 网络的运维生产和运维管理的需要，为云网融合业务发展而支撑。该工作台具有以下功能：提供 IP 资源的自动采集能力；提供自动化巡检、稽核、割接等日常运维的自动化能力；提供 IP 网的配置管理自动化和算路调度智能化服务能力，支撑实现“一键开通”“优化保障”“工程验收”及“业务测试”功能；具备对 IPv6 网元、双栈网元、IPv4 网元的资源、性能、告警管理能力，并具备相应的操作配置功能。

3.2 算力云运维工作台

算力云运维工作台用于省内网络云维护人员对云资源池进行运维管理，实现对省内网络云资源池的资源占用、运行状态、业务部署、服务质量、维护作业、故障处理等方面的集中呈现和管理。

3.3 算力数据中心运维平台

算力数据中心运维平台实现对现网动环运维数据的统一纳管，并以此为基础提供告警管理、能耗分析、容量管理、资产管理、3D 视图、制冷链路可视化、局站电力拓扑图、温度云图、电子巡检、设备健康度等业务功能，从而实现在统一视图上的集中监控、集中运维和集中管理，提升整体运维效率及运营水平，满足业务发展的需要。

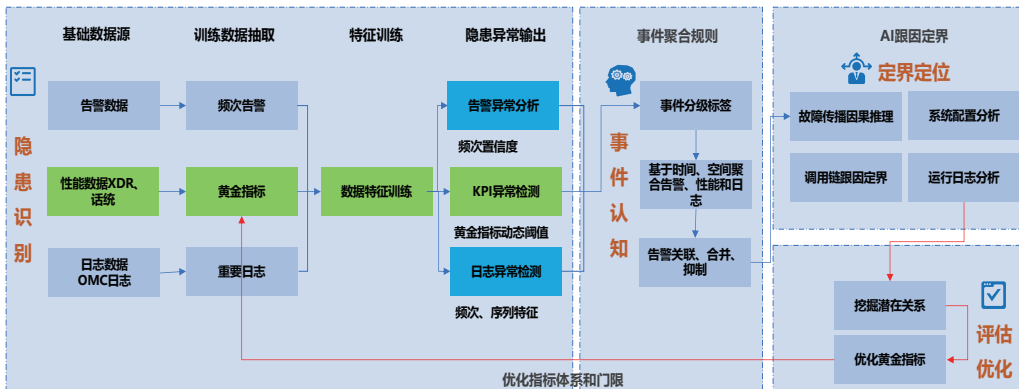


图 3 隐患识别技术实现流程

3.4 算力集中监控运维平台

算力集中监控运维平台按照高内聚、低耦合模块化的设计思路，从系统功能维度，该平台主要分为可视化展示层、核心服务层和接入层三层功能。其中核心功能包括资源管理、监控管理、告警管理、运维管理、设计态。实现对各类 IaaS 资源、PaaS 资源、SaaS 资源的监控告警统一处理。

3.5 AI 节能

AI 节能基于机器学习的预测模型、自动化等技术，实现智能化冷源控制及调优，趋势分析，从数据中心、机房、机柜、设备结合 IT 云资源池工程集成实施等业务特征，合理调整能源分配、开展集群任务分析调度等操作，从而实现绿色节能的工程建设能力。

4 实际应用与效益分析

4.1 应用场景介绍

本平台已与中国移动设计院、山东移动、吉林移动、内蒙古移动、四川移动、浪潮工业互联网等公司进行深度合作，为算力服务网关、云运维工作台、数据中心运维等系统提供了资源和全量数据的统一管理、业务运行管理、风险提前预警、故障快速处理、算网模型持续优化等能力。

本平台已运用于多个运维场景，例如平台在山东移动网络云运维工作台中的应用，主要针对云资源的运维管理，其涵盖了云主机、云存储、云网络等多个方面。通过平台部署，山东移动实现了对云资源的统一运维和智能化管理，运维效率大幅提升，故障处理时间显著缩短，节能效果明显。平台在吉林多云管理项目中的应用，帮助用户实现了多云环境的统一管理和智能运维，提升了资源利用率和运维效率。平台还在多个其他应用场景中得到了成功应用，包括运营商的网络运维、企业的数据中心管理等。通过对这些应用案例的分析，进一步验证了本平台的技术优势和应用效果，展示了其在不同场景下的广泛适用性。

4.2 效益分析

本平台的落地能够促使人均维护效率从传统运维厂家的人均 50~100 台提升至 5000~10 000 台，运维效率提升 100 倍以上；而总体资源利用率从传统运维的低于 20% 提升至 60%~70%，效率提升 3 倍以上。本平台通过智能化运维手段，显著提升了运维效率，减少了人工操作的时间和成本；同时通过对资源的智能管理和优化，提高了资源利用率，降低了运营成本。

随着智能化水平的不断提升，预计 2025 年，国内自智网络运维水平开始进入 L5 等级。该等级强调完全自智网络，即不再依赖人工开发的人工智能模型，而是基于 AI 深度学习，实现运维规则的全自动迭代，不再依赖运维专家。当前

平台正在向该方向演进，可推动 L4 级别的“自动驾驶网络”有望向 L5 级别演进升级，实现网络的高度自动化和智能化；同时在算力集中监控运维平台中的日志模块是大模型技术在运维领域的一个落地场景，为运维大模型在垂直领域的发展起到了积极向前的促进作用。

5 结论与展望

本研究通过构建和应用新一代算力中心运维支撑平台，显著提升了运维效率和系统可靠性，实现了能源节约和成本降低。平台在多个运营商和实际运维场景中的应用效果表明，其具备强大的资源统一管理、业务运行管理、风险预警和故障处理能力，运维效率大幅提升，故障处理时间显著缩短。通过 AI 节能模块的应用，平台在数据中心、机房等环境中实现了智能化能源管理和优化，达到绿色节能的目标。未来，随着技术的不断进步和完善，平台有望在更广泛的应用场景中发挥更大作用，为国家数字经济的发展提供有力支持。

参考文献：

[1] 吴帅, 韩振东 王佳, 等. 运营商视角下的算力网络技术 & 实践研究 [J]. 信息通信技术与政策, 2024, 50(2):40-45.

[2] 张宏科, 权伟, 刘康. 算力网络研究与探索 [J]. 中兴通讯技术, 2023, 29(1):1-5.

[3] 中国电信. 中国电信云网运营自智白皮书 [R/OL]. (2022-08-16) [2024-05-21].<https://www.doc88.com/p-29859742229375.html>.

[4] 中国移动. 中国移动算力网络白皮书 [R/OL]. (2021-11-29) [2024-05-26]. <http://www.doc88.com/p-99699868586029.html>.

[5] 中国联通. 中国联通算力网络白皮书 [R/OL]. (2022-02-19) [2024-05-23].<https://www.doc88.com/p-07687841791343.html>.

[6] China Mobile, Hua Wei. Computing-aware networking white paper [R]. 2022.

【作者简介】

韩全磊（1985—），男，山东安丘人，硕士，中级工程师，研究方向：数据中心运维、云计算服务、数智化应用等。

洪金磊（1985—），男，山东潍坊人，学士，助理工程师，研究方向：指挥调度、可视化平台、IT 运维等。

高川（1985—），男，山东济南人，学士，助理工程师，研究方向：云计算服务、IT 运维、数智化应用等。

（收稿日期：2024-07-30）