



专栏：云网融合

基于 ONAP 开源架构的云网操作系统研究

王栋, 孙琼, 徐洪磊

(中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209)

摘 要: 云网融合是通信技术与信息技术深度融合发展的产物。在云网融合发展过程中, 云网操作系统应运而生。开放网络自动化平台 (open network automation platform, ONAP) 是 Linux 网络基金会托管的开源自动化网络编排工具, 基于统一的开放架构, 可支持多类网络应用的运营编排。基于 ONAP 开源架构, 针对未来云网操作系统的运营和编排需求, 深入研究了设计态-运行态和闭环自动化框架, 以及端到端切片用例, 提出了一种系统的解决方案。该方案基于开源开放的通用架构, 可针对云网融合运营需求, 敏捷迭代开发高效适用的云网操作系统。

关键词: 云网融合; 云网操作系统; ONAP; 设计态-运行态; 闭环自动化; 云网切片

中图分类号: TN915.53

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021208

Research of cloud-network operating system based on ONAP open-source architecture

WANG Dong, SUN Qiong, XU Honglei

Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 102209, China

Abstract: Cloud-network convergence is an output of the deep convergence of communication technology and information technology. Open network automation platform (ONAP) is an open-source automatic network orchestrator managed by Linux Foundation Networking. It is able to support the operation and orchestration of multiple network applications based on unified open architecture. A systemic solution was proposed to deeply research design-time run-time, closed-loop automation and E2E slicing use case based on ONAP open-source architecture to support the operation and orchestration requirements of cloud-network operating system in the future. This solution focuses on the agile and iterated development of efficient and applicative cloud-network operating system for the requirements of cloud-network convergence operation based on open-source unified architecture.

Key words: cloud-network convergence, cloud-network operating system, ONAP, design-time run-time, closed-loop automation, cloud-network slicing

收稿日期: 2021-07-06; 修回日期: 2021-08-15

基金项目: 国资委重点研发计划项目 (No.21HQBYYF0019-001); 国家重点研发计划项目 (No.2020YFB1806700); 中国电信研究院专业能力级项目 (No.T-2021-10)

Foundation Item: Key R&D Program of State Assets Administration Committee of the State Council of China (No.21HQBYYF0019-001), The National Key R&D Program of China (No. 2020YFB1806700), Professional Ability Level Program of China Telecom Research Institute (No.T-2021-10)



1 引言

围绕国家“新基建”发展战略需求，云网资源及其承载的数字化平台已经成为新型信息基础设施的核心底座，网络与云的融合发展成为夯实“新基建”成果的关键技术。云网融合是一个丰富内涵、不断发展的新兴概念，其技术内涵是面向云和网络的基础资源，通过一体化的技术架构，实现简洁、敏捷、开放、融合、安全、智能的新型信息基础设施资源供给^[1]。目前已商用的云网运营系统尚未实现闭环自动化运营^[2-6]，现有的云网运营系统研究主要围绕闭环自动化展开^[7-9]，对于智慧内生的智能化架构思考较少。

未来云网融合将不断提升自动化和智能化的需求，并针对多场景差异化服务等级协议（service level agreement, SLA）需求提供保障。在云网融合发展的技术尝试中，现有云网运营系统已经无法满足未来云网融合的技术需求，基于云网切片，具备云网大脑功能的新一代云网操作系统呼之欲出。

2 云网融合的技术需求与演进

随着数字社会转型的不断深入，各类用户对于云网融合发展的需求愈发强烈，未来云网融合系统将不断提升差异化的 SLA 保障能力，以便适应持续发展的各类不同场景需求。因此，需要更加灵活、开放、智能的新型云网操作系统同时运营、支撑不断提升的网络能力、云能力和数字化平台能力。

2.1 云网运营系统的升级需求

当前正在应用的云网运营系统主要面向云网一体化运营，包括云网业务开通、加载、网络端到端 SLA 以及云资源保障，在云网无缝链接的基础上初步实现运维自动化、智能化。然而，未来云网融合的目标将是一体化的云网资源提供、业务运营和闭环保障。现有的云网运营系统已不具

备满足未来云网融合需求的能力，云网操作系统是云网运营系统升级改造的目标。云网操作系统不同于传统计算机操作系统的概念，操作（operating）是运营（operation）一词的升级，重点在于突出用户交互的灵活性，提升用户对于云网系统的参与度，并增强系统对用户差异化 SLA 需求的保障能力。

2.2 云网融合的技术架构

云网融合的技术架构主要包括 3 个层次：云网基础设施、云网功能和云网操作系统。如图 1 所示，云网基础设施主要包括云网业务运营的各种物理计算、存储和网络设备；云网功能包括各类虚拟化的云资源，以及 SDN/NFV 化的网络设备；云网操作系统是建立在云网硬件资源和虚拟化资源基础之上的一体化运营操作平台，可提供智能化的云网资源编排能力。通过 3 个层次的有机结合，形成了未来云网融合的技术架构。

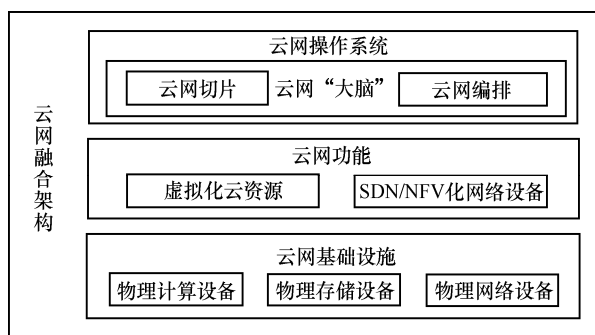


图 1 云网融合的技术架构

2.3 云网资源一体化管控

对于业务应用，云网操作系统可以屏蔽各类云网软硬件资源的差异化，将其抽象为通用的业务能力和服务，实现统一管理、统一操作和统一运营，从而支持业务应用实现实时、按需、动态部署。为实现上述功能，云网“大脑”和云网切片两项关键技术被提出和应用，并基于云原生环境进行开发。

2.4 云网操作系统的打造目标

融合统一的云网操作系统将用于全面支撑云

网融合目标的实现,进而面向智能社会提供数字化云网应用平台,面向数字经济提供云网融合开放能力、数字化开放运行环境以及多方数据共享,服务全行业数字化转型需求。对于开放化的云网操作系统,可以充分借鉴和参与开源解决方案研发,跟踪最新技术发展,进而保持技术领先,引领时代变革。

3 ONAP 功能架构

开放网络自动化平台(open network automation platform, ONAP)是 Linux 网络基金会托管的开源网络编排运营项目,基于开源、开放的全球统一框架,为运营商网络编排和业务运营提供自动化综合操作平台^[10]。基于 ONAP 可以快速地自动化部署新业务,并支持该业务的全生命周期管理。

与传统的运营系统相比,ONAP 在业务无关平台、开放性、闭环自动化和开发-运营(DevOps)一体化 4 个方面进行了显著变革^[11]。

(1) ONAP 定位于一个自动化的使能平台,可以让不同运营商根据自身业务需求进行灵活定制,不受厂商、业务和场景的限制。

(2) ONAP 致力于开发一个开放可编程的软件生态环境,其体系结构支持随时选用业界最佳组件模块,各组件均为可插拔设计,可以灵活地进行替换和升级。同时,通用功能组件按照共享模式开发,具有较强的可复用性。

(3) 闭环自动化是 ONAP 的典型架构创新,其可实现端到端的全自动化流程,且可以动态变更。其最终目标是将日常运维中的配置管理、计费管理、性能管理、安全管理和故障管理等功能均实现自动化。

(4) ONAP 基于开发-运营一体化架构设计,可以方便地实现敏捷开发、精益部署,增强软件开发人员于网络运维人员的交流互动,使软件开发发布更加快捷、频繁和可靠。

4 基于 ONAP 架构的云网操作系统

4.1 云原生开发环境

云原生开发环境是实现云网操作系统灵活开发迭代的核心,ONAP 部署环境基于云原生平台进行搭建,可根据云网操作系统的持续演进需求,提供以业务应用为中心的公共开发平台,使开发者轻松实现敏捷开发和产品更新,而无须关注云网底层基础设施状态。

4.2 基本架构方案

基于 ONAP 架构的云网操作系统架构方案如图 2 所示,主要包括设计态组件 SDC 和运行态组件。设计态组件 SDC 用于实现具体业务的设计和创建。运行态组件主要包括用户交互组件 UUI、服务编排 SO、单域控制器以及闭环控制相关组件。

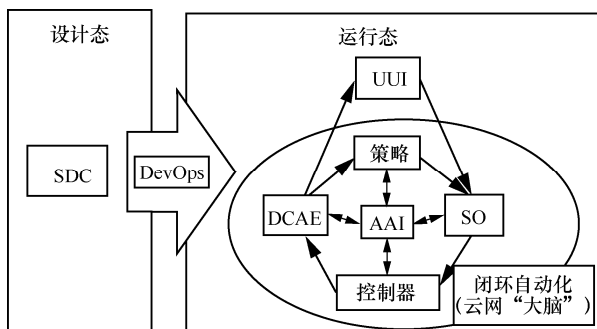


图 2 基于 ONAP 架构的云网操作系统方案

4.2.1 设计态与运行态框架

ONAP 架构主要包括设计态和运行态两部分。设计态框架用于对平台业务功能进行设计、定义和编程开发,运行态框架则用于执行设计态框架所设计开发的运营管理逻辑。

设计态框架主要包括 4 个组件。最核心的组件是服务设计和创建(service design and creation, SDC),包括定义多种角色用于负责业务资源设计、测试验证和资源确认等流程。其他设计态组件还包括 VNF 需求(VNF requirement, VNF REQS)、VNF 验证程序(VNF validation program, VVP)以及 VNFSDK。



运行态框架包括业务实例下发和闭环控制两大场景，同时可划分为功能有部分重叠的编排层和控制层。编排层核心是跨域业务编排器（service orchestrator, SO），控制层则包括多种单域控制器（controller），包括 VF-C、SDN-C、APPC 等。运行态的其他核心组件还包括活动和可用资源库（active and available inventory, A&AI）、数据采集分析和事件触发（data collection、analysis and events, DCAE）和策略（policy）等。

基于 ONAP 设计态-运行态框架设计的云网操作系统，可实现业务设计、业务下发与用户交互以及闭环自动化管理功能。业务设计开发人员主要在设计态实现云网新业务的设计开发。网络运维人员基于闭环自动化管理功能实现智慧运营管理，同时基于随愿引擎实现与用户的交互感知。

4.2.2 云网“大脑”（闭环自动化）

随着云网资源的不断多样化，其运营管理复杂度持续增加。云网“大脑”是云网操作系统中负责云网资源及运营信息采集、分析、处理、学习、预测和优化的一体化智能信息组件，是云网操作系统的“神经中枢”。通过应用包括人工智能、大数据在内的智能化技术，实现云网资源的统一管理、编排和运营，并进一步提升云网融合系统的自适应、自学习、自纠错和自优化能力。

ONAP 架构在设计之初就瞄准闭环自动化功能的实现。闭环控制功能起始于 DCAE 模块，由其接收相应的事件触发信息，然后经过若干微服务循环组件（例如 policy 等），最后下发给控制器和编排器执行相应操作。

基于 ONAP 闭环自动化组件可实现云网“大脑”的主要功能。在 DCAE 模块可实现网络状态的感知和监控，以及智能化分析预测功能。相关网络故障检测和自愈策略可存储在 policy 组件中，触发调取下发给 SO 执行，进而由控制器完成相应故障修复工作。

4.2.3 云网切片（端到端切片）与编排控制

网络切片基于不同的网络参数属性，将物理网络划分为多个逻辑上相互独立的虚拟切片，从而为客户提供差异化的网络产品，满足不同的业务场景需求。云网切片在网络切片的基础之上，将云资源的弹性、伸缩等特性与不同云网业务所需的差异化网络需求进行整合，实现统一管理、编排和优化，进而实现云网资源的端到端切片应用，为云网“大脑”完成智能化操作运营奠定基础。

云网切片需实现以下 3 方面的核心能力。

（1）统一编排是实现端到端云网切片应用的关键技术，需通过将客户业务需求转换为云网资源的调度需求，基于统一封装抽象的虚拟云资源和网络服务来实现。

（2）云网感知指通过对异构云网资源多样化采集的方法，全面获取客户需求、云网业务和软硬件资源的相关信息，实现对云网状态和服务质量的全面量化感知。

（3）自主优化在云网感知和统一编排的基础之上，根据业务服务质量要求以及云网资料状态情况，实现云网切片对云网服务的自动化调整优化。作为编排运营系统，ONAP 具备强大而统一的服务编排组件用于支持全域业务编排。同时，为支持单子域快速高效的网络编排控制，根据功能差异，提供了多种不同的网络功能控制器。SO 负责最顶层的网络管理编排工作，以及对下层控制器间的编排，主要包括理顺控制器间的数据交互、帮助其根据指定流程和所需信息完成相应的动作。

目前 ONAP 发行版实现了基于 3GPP 规范的 5G 移动网络端到端切片功能^[12]。云网切片的概念尚未完成标准化工作，因此可借鉴 5G 承载网切片实现方案，结合云切片的设想，完成云网切片功能的设计开发工作。

4.3 端到端智能云网切片方案验证

参考 ONAP 现有 5G 移动网络端到端切片方

案, 本文提出了一种端到端智能云网切片方案, 并建立了如图 3 所示的闭环自动化保障流程。

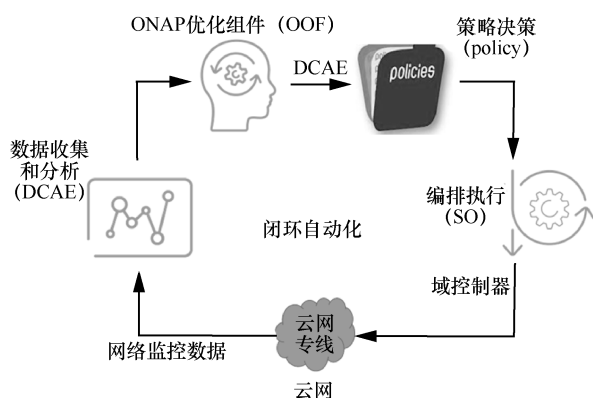


图3 云网操作系统闭环自动化流程

如图 3 所示, 在运行态网络中, DCAE 组件不断从底层网络中获取实时网络监控数据, 并进行网络性能预测分析。当预测现有云网切片无法满足用户需求时, 选择基于 OOF 组件更换切片实例, 或基于 policy 组件修改切片配置参数策略的方式对云网切片进行提前修改, 以满足用户需求。随后在服务编排组件 SO 完成编排器对域控制器的配置下发, 从而提前调整云网资源以保障用户需求。

在仿真验证中, 针对网络实时时延和瞬时抖动两项关键指标进行验证。分别仿真 3 600 s, 查看并分析云网操作系统和云网运营系统的两项指标。

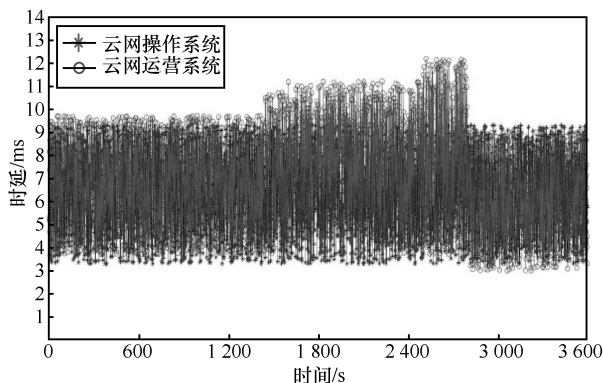


图4 云网切片实时时延性能

如图 4 所示, 对于用户 10 ms 时延需求, 具

备闭环自动化保障功能的智能切片可实现全时域的保障, 而不具备闭环自动化保障功能的传统云网切片则需要用户在用户报障 (约 2 800 s) 后进行事后恢复。

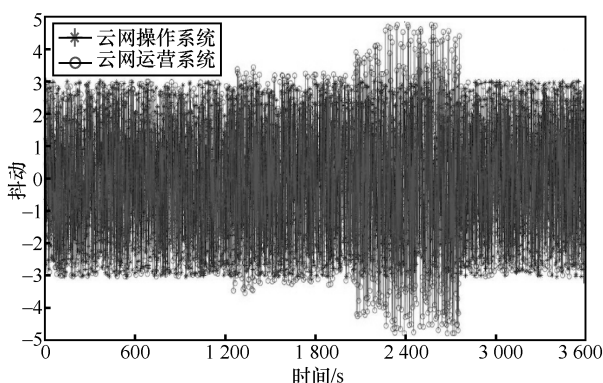


图5 云网切片瞬时抖动性能

如图 5 所示, 对于用户高可靠性的需求, 具备闭环自动化保障功能的智能切片可实现接近 100% 的低抖动能力 ($\leq \pm 3$), 而传统云网切片则不具备高可靠保障能力, 抖动离散值较大。

对比具备闭环自动化保障功能的云网操作系统和不具备闭环自动化保障功能的传统云网运营系统, 可明显观察到云网操作系统的闭环自动化保障功能可实现对用户需求的可靠性保障。

5 结束语

云网融合是一个不断演进的过程^[13]。以云网操作系统为典型代表的信息通信技术创新, 将强有力地推动未来信息基础设施转型, 特别是以云网大脑、云网切片等为代表的核心关键技术, 是持续推动云网融合目标实现的重要保障。云网融合研究的周期进展还将与 6G 通信技术的发展周期相互吻合, 并将与 6G 通信技术中的 ICDT 融合技术相互借鉴。最终, 云网融合需要运营商与设备厂商、应用开发商以及高校科研院所等产业各方持续共同努力, 形成云网融合开放新生态。而开源研究和开发, 将为云网融合发展开创新局面, 引领行业迈向新时代。



参考文献:

- [1] 中国电信集团有限公司. CTC2030 云网融合技术白皮书[R]. 2020.
China Telecom Group Co., Ltd.. CTC2030 cloud-network convergence technology white paper[R]. 2020.
- [2] 刘佳. 面向云网融合的新一代运营支撑系统的探索[J]. 电信快报, 2020(11): 38-41.
LIU J. Exploration of new generation operation support system facing the cloud-network Convergence[J]. Telecommunications Information, 2020(11): 38-41.
- [3] 石彦彬, 喻琦, 谢晓军. SDN/NFV 引入后的运营支撑系统实施方案和策略[J]. 电信科学, 2018, 34(6): 171-182.
SHI Y B, YU Q, XIE X J. Operation support system blue print and evolution strategy for SDN/NFV[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(6): 171-182.
- [4] 张学飞, 刘锡森, 姚薇薇. 一种基于空间数据库的移动网络运营支撑系统[J]. 电信快报, 2020(3): 42-45.
ZHANG X F, LIU X M, YAO W W. A mobile network operation support system based on spatial database[J]. Telecommunications Information, 2020(3): 42-45.
- [5] 喻琦, 石彦彬, 阳志明. 网络运营系统 OpenAPI 研究与设计[J]. 广东通信技术, 2018, 38(10): 21-25.
YU Q, SHI Y B, YANG Z M. Research and design of OpenAPI for network operation system[J]. Guangdong Communication Technology, 2018, 38(10): 21-25.
- [6] 魏露. 5G 对业务运营支撑系统 BOSS 的影响研究[J]. 数字技术与应用, 2019, 37(2): 26-27.
WEI L. Research on the impact of 5G on business operation support system BOSS[J]. Digital Technology & Application, 2019, 37(2): 26-27.
- [7] 李凯, 刘伟, 罗贵阳, 等. 以用户为中心的智能化网络运营服务方法[J]. 电信科学, 2020, 36(2): 101-108.
LI K, LIU W, LUO G Y, et al. Customer-centered mobile network intelligent operation approach[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(2): 101-108.
- [8] 杨剑利. 面向智慧运营需求的电信传统网管演进规划研究[J]. 信息通信, 2019, 32(8): 251-252.
YANG J L. Research on the evolution planning of telecom traditional network management for smart operation needs[J]. Information & Communications, 2019, 32(8): 251-252.
- [9] 房磊. 面向混合网络的自动化运营系统[J]. 中国新通信, 2021, 23(2): 72-73.
FANG L. Automated operation system for hybrid networks[J]. China New Telecommunications, 2021, 23(2): 72-73.
- [10] ONAP. ONAP[EB]. 2018.
- [11] 任旭东. ONAP 技术详解与应用实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
REN X D. ONAP technology detailed explanation and application practice[M]. Beijing: China Machine Press, 2019.
- [12] Swaminathan Seetharaman. R8 E2E Network Slicing use case[EB]. 2021.
- [13] STALLINGS W. 现代网络技术: SDN、NFV、QoE、物联网和云计算[M]. 胡超, 邢长友, 陈鸣, 译. 北京: 机械工业出版社, 2018.
STALLINGS W. Modern network technologies-SDN, NFV, QoE, IoT, and cloud computing[M]. Translated by HU C, XING C Y, CHEN M. Beijing: China Machine Press, 2018.

[作者简介]



王栋 (1991-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司研究院工程师, 主要研究方向为面向 6G 网络架构的随愿网络、新一代云网运营系统、复杂通信网络建模与优化。



孙琼 (1982-), 女, 博士, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为 SDN、下一代互联网、移动互联网等。



徐洪磊 (1982-), 男, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为基于 SDN 的网络流量疏导、调度技术。