



基于 NFV 的边缘计算承载思路

罗雨佳, 欧亮, 唐宏

(中国电信股份有限公司广州研究院, 广东 广州 510630)

摘 要: 针对运营商如何引入边缘计算的问题, 提出了一种基于 NFV 的边缘计算承载方案和部署思路。首先介绍了边缘计算、物联网等新兴技术产业的发展现状和趋势, 梳理了边缘计算的概念、应用场景及具体需求, 并阐述了 NFV 与边缘计算的关系; 然后讨论了使用 NFV 对边缘计算平台进行承载和初步部署的思路, 为后期边缘计算的规划和部署提供了技术参考。

关键词: 通信技术; 边缘计算承载方案; NFV

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018214

Bearing thinking of edge computing based on NFV

LUO Yujia, OU Liang, TANG Hong

Guangzhou Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: Aiming at introducing edge computing into operator's network, a bearing and deployment thinking based on NFV was presented. Firstly, the industry development trends of edge computing were introduced. Then the concept, service scenarios and special requirements of edge computing were described, as well as the relationship between edge computing and NFV. Then, a bearing thinking of edge computing based on NFV was provided. Furthermore, some preliminary discussions about deploying edge computing platform on operator's network were offered. Technical reference for the future deployment of edge computing was provided.

Key words: communication technology, bearing solution of edge computing, network function virtualization

1 引言

近年来, 5G、物联网和边缘计算成为业界炙手可热的议题, 这 3 个看似独立的方向有着深入的联系: 边缘计算是 5G 的关键特征, 可为物联网提供实时计算、分析和管理能力; 而 5G 在架构、接口、信令和管理等方面, 针对边缘计算和物联网需求做出了针对性改进, 能更好地配合边缘计

算与物联网业务。

随着传感器、智能家居、智能手机等智能设备的爆发式增长, 未来将会有更多场景使用边缘计算。IDC 和 ITU-T 统计数据显示, 到 2020 年, 全球将部署近 2 120 亿个传感器, 有超过 500 亿台终端和设备联网, 每人每秒产生 1.7 MB 的数据量, 其中超过 50% 的数据需要在网络边缘侧存储、处理与分析; 而到 2025 年, 连接数将达到 1 000 亿,



边缘计算市场呈现井喷式发展态势。

从 2017 年开始, 各大巨头纷纷发力边缘计算, 一些机构也参与到边缘计算的研究中。2016 年 11 月, 华为技术有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、英特尔、ARM 和软通动力等多家公司联合成立了边缘计算联盟。2017 年, 亚马逊推出了应用于边缘计算的“AWS Greengrass”平台, 微软也在其开发者大会上推出 Azure IoT Edge, 将云平台扩展到物联网边缘设备。2018 年 3 月, Linux 基金会发布了 Akraino 项目, 旨在为运营商和企业网络构建边缘计算基础架构开发堆栈。

顺应产业趋势, 运营商正在利用 SDN/NFV、容器、微服务、CICD (continuous integration continuous deployment, 持续集成持续交付) 等新技术进行深层次的网络架构变革。边缘计算将是新的着力点, 如何引入边缘计算, 实现对边缘计算的承载, 是运营商的重点研究课题之一。

本文首先介绍对边缘计算的理解, 描述边缘计算的需求及与 NFV 的关系; 然后给出 NFV 架构各层对边缘计算的承载思路, 并探讨了边缘计算的部署问题, 为后续边缘计算的落地提供技术参考。

2 边缘计算

2.1 边缘计算的概念

2015 年, ETSI 针对边缘计算方向成立了 MEC 工作组。初期, MEC 的英文全称是 mobile edge computing, 强调移动性和无线网络环境, 目前 MEC 已更名为 multi-access edge computing, 对多种接入方式和网络承载方式提供了支持。ETSI 对边缘计算的定义是: 在网络边缘提供 IT 应用和云计算能力, 并保证近距离、低时延和高带宽。产业界对网络边缘的定义尚无统一标准, 应根据各自需求和网络情况具体确定。对运营商来说, 网络边缘主要指端局和接入机房。

边缘计算将计算、网络、存储能力下沉到靠

近数据源头的网络边缘侧, 构建了一种服务平台, 就近提供边缘智能服务, 旨在进一步减小时延, 提高网络运营效率, 提高业务分发/传送能力, 优化终端用户体验。同时, 部署于边缘计算平台上的各种业务, 可利用从终端获取的网络或用户信息, 提供更加个性化的服务。

论其本质, 边缘计算实际是云计算的延伸。随着全球数字化浪潮的来袭, 网络边缘到云数据中心的带宽和时延限制了传统云计算的表现; 同时, 云计算已经无法匹配来自各行各业海量数据的处理需求。因此, 边缘计算和传统云计算必须相互协同, 才能实现运营商业务的数字化转型。边缘计算作为前台, 更靠近物理设备, 可实现数据的快速采集和预处理; 云计算作为后台, 对非实时性数据进行价值分析, 形成策略, 为业务决策提供支撑。

目前, 边缘计算主要有以下几大应用场景。

(1) 智能视频加速

提升移动网络和固网用户对视频的访问速度, 缓解快速增长的视频业务对现网造成的压力。

(2) 密集计算辅

在网络边缘对云端计算提供辅助, 减轻云数据中心压力, 降低传输成本, 提升性能。

(3) 增强现实

配合增强现实 (augmented reality, AR) 摄像头数据和位置信息, 对提升用户体验所需的额外信息进行更新, 有效保障 AR 对实时性和数据处理精度的需求。

(4) 物联网网关

提供低时延的流量分发、数据处理能力。

(5) 车联网

更好更快地支撑车辆感知、娱乐、路况分析等车内应用。

(6) 视频流分析

在本地对监控摄像头拍摄的数据进行分析。

(7) 智能家居、智能制造

提升生产和控制效率, 针对性地保障数据安全。

以上场景具备高可靠、低时延、高速度、本地化等特征，对边缘计算平台的具体要求如下：

- 灵活的基础设施承载；
- 良好的扩展能力；
- 敏捷连接，提供实时业务；
- 安全与隐私保护；
- 低能耗；
- 高水准服务质量和用户体验。

2.2 边缘计算的架构

ETSI 认为，边缘计算实际是一个开放的计算与感知控制服务平台，可部署多种应用。它既提供网络感知、计算、数据分析等服务，也为自营或第三方边缘应用提供虚拟化管理能力。

ETSI2016年发布的GS MEC 003规范给出了边缘计算平台的参考架构，如图1所示，架构总体分为3层。

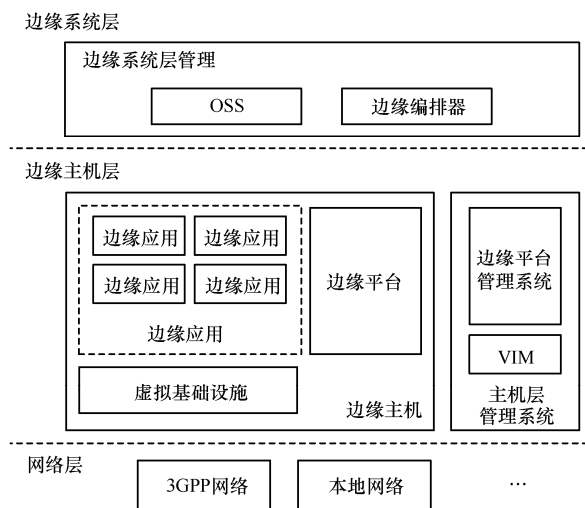


图1 边缘计算参考架构

网络层用于提供进出边缘计算平台的管道，边缘计算支持多种接入方式，该管道可基于移动网，也可基于固网。

边缘主机层主要由边缘主机和主机层管理系统构成。其中，边缘主机基于虚拟化软件实现了资源池化，提供一套虚拟化的基础设施，可承载各种5G、物联网相关的边缘应用软件，应用软件接受边缘平台的管理；而主机层管理系统包括边

缘平台管理系统和VIM（virtualized infrastructure manager，虚拟资源管理）系统，分别提供对边缘平台和虚拟网络、计算、存储资源的整体管理。

边缘系统层主要由边缘编排器和OSS组成，该管理系统主要提供全局的业务编排能力以及运营支撑能力。

2.3 边缘计算与NFV的关系

边缘计算与NFV的关系密不可分，ETSI提供的边缘计算参考架构实际是参照NFV架构进行设计的。ETSI认为，边缘计算可视为部署在网络边缘的本地业务网，类似于运营商的政企应用，其对资源的共享性及扩展性要求较高，需使用虚拟化环境进行部署。同时，边缘计算与NFV的本质，都是将各种应用软件运行在虚拟化平台之上，两者的底层基础设施乃至架构都十分相似的，建议尽量复用NFV的环境和管理方案。

边缘计算并非是一个全新的、需要从头开垦的领域，对于运营商来说，应站在保护运营商现有投资、最大化利用现有经验、获取最大化收益的角度，基于已发展多年的NFV研究、开发、集成测试、现网实验、部署等经验，使用NFV环境实现对边缘计算业务的承载。

3 基于NFV的承载思路

运营商普遍采用的NFV架构包含NFV基础设施层、网络功能层和业务编排层，其架构如图2所示。

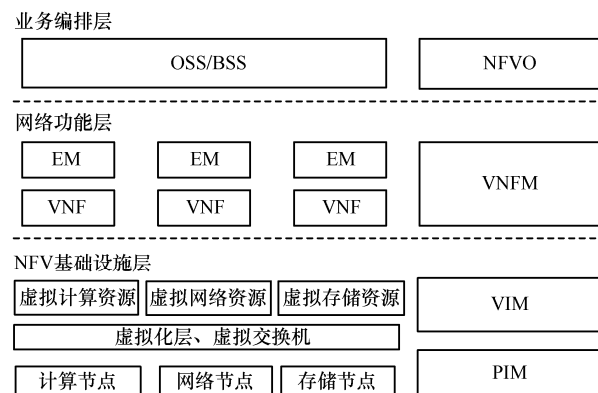


图2 NFV架构



使用 NFV 环境进行边缘计算承载,需重点讨论两方面内容:

- 应明确 NFV 架构功能模块与边缘计算参考架构模块间的对应关系,理清基于 NFV 的承载思路;
- 由于边缘计算平台具备第 2.1 节所述特点,因此其对 NFV 环境的硬件、软件存在某些特殊要求,应做出针对性调整和优化。

接下来,本文将讨论 NFV 不同层面对边缘计算的承载方案。

3.1 NFV 基础设施层

NFV 基础设施层主要包括计算节点(通用服务器)、网络节点(交换机)、存储节点(硬盘、磁阵等)、虚拟化层、虚拟资源及两大管理系统 VIM 和 PIM (physical infrastructure manager, 物理资源管理) 系统。

在 ETSI NFV 工作组早期定义中, NFV 基础设施不包含 VIM, 然而目前业界普遍认为 VIM 也属于 NFV 基础设施的范畴, 因为 VIM 需要与物理和虚拟资源进行密切交互。在物理资源的管理方面, 虽然现有 VIM 产品包含一部分物理硬件管理功能, 但功能尚不完善, 无法满足运营商对不同厂商设备统一管控的需求, 因此需要使用独立的 PIM 系统, 实现对服务器、交换机和存储设备的统一管理。

NFV 基础设施的计算、网络、存储节点、虚拟化层(含虚拟交换机)对应边缘计算参考架构的虚拟基础设施, 边缘计算架构中的 VIM 功能与 NFV 相同。同 NFV 的思路类似, 运营商应当在边缘计算架构中增加 PIM 系统, 作为主机层管理系统的独立子功能。

运营商网络边缘不同机房的条件存在较大差距, 大部分机房在面积、供电、制冷、承重方面具有一定限制, 考虑到边缘计算业务的特殊要求, NFV 基础设施层需在以下两方面进行改进和优化。

(1) 硬件设备选型

建议在保证可靠性的前提下, 配备所需物理硬件的最小集合, 并选择低功耗、占用空间小、重量轻的设备。

(2) VIM、PIM 优化部署

NFV 化后, 由于 OpenStack、分布式存储等系统存在可靠性要求, 需使用多台服务器进行冗余部署, 实际引入了更多的物理设备, 部分对空间和功耗非常敏感的边缘机房无法支持更多设备的引入, 应考虑将 NFV 管理系统 VIM 和 PIM 进行优化部署, 降低其对机房资源的消耗。

3.1.1 硬件设备的选型

边缘计算硬件设备的选型应本着最大化利用现有端局和接入机房环境、减少部署成本、降低 NFV 化改造施工复杂度的原则, 对服务器尺寸、类型进行限制, 并结合业务需求, 给出不同类型的服务器典型配置, 详见表 1。

表 1 的具体数值要求, 参考了行业标准 YD/T 1821-2008^[1]、企业标准《中国电信 IDC 机房设计规范》^[2]和《中国电信单机定制化服务器工程总体技术要求》, 考虑到端局和接入机房的环境限制, 并结合业界服务器产品的实际情况, 本文对服务器尺寸和配置进行了调整, 该配置已在中国电信网络重构机房的各种测试中得到了验证, 具备一定的普适性。

总体来说, 可将服务器分为以下 3 种类型。

- 计算型: 适用于数据分析计算业务。
- 转发型: 适用于对时延、吞吐量要求较高的实时性大流量业务。
- 存储型: 适用于数据存储业务。

上述 3 种模型是服务器的基本分类, 根据边缘计算业务的实际需求, 服务器的配置可能是多种类型的组合: 比如智能视频加速对磁盘容量和 IOPS 都有较高要求, 对应的服务器配置应该是转发型和存储型的集合。

表 1 服务器选型建议

参数	接入机房	端局
服务器类型	建议采用机架服务器	
服务器宽度	建议宽度不超过 500 mm	
服务器深度	建议深度不超过 700 mm	建议深度不超过 950 mm
计算型服务器	可采用 1U 或 2U 服务器； CPU 2×12 核以上，主频不低于 2.2 GHz； 内存 256 GB 以上； 建议至少插入 2 块支持 DPDK 的 PCIe 万兆网卡	
转发型服务器	应采用 2U 服务器，提升 PCIe 卡槽可扩展性； CPU 2×10 核以上，主频不低于 2.2 GHz； 内存 256 GB 以上； 可插入 3 张支持 DPDK 的 PCIe 网卡，端口逐步向 40GE/100GE 演进； 功耗不超过 400 W； 建议服务器提升对高温的耐受能力	应采用 2U 服务器，提升 PCIe 卡槽可扩展性； CPU 2×10 核以上，主频不低于 2.2 GHz； 内存 256 GB 以上； 可插入 6 张支持 DPDK 的 PCIe 网卡，端口逐步向 40GE/100GE 演进
存储型服务器	CPU 2×10 核以上，主频不低于 2.2 GHz； 内存 128 GB 以上； 考虑成本、体积和重量因素，可选用低功耗、重量轻的 SSD 硬盘实现分布式存储	CPU 2×10 核以上，主频不低于 2.2 GHz； 内存 128 GB 以上； 可选分布式存储或磁阵，根据数据重要性、IOPS 要求按需选择

3.1.2 VIM 和 PIM 的优化部署

对于规模较小、基础设施条件受限的网络边缘机房，若每个机房都要部署 VIM 和 PIM 管理系统，会造成巨大的资源浪费，建议采用本地精简部署方式或远程部署方式。

本地精简部署方式通过将计算节点和 VIM/PIM 统一部署，并采用裁剪 VIM/PIM 部分组件等技术手段，节省 VIM/PIM 所占用的资源。该方案对网络规划要求较高，需做好 VLAN、VxLAN 划分，有效隔离计算节点业务流量，保证边缘计算业务不受统一部署影响；同时，应合理分配服务器计算、存储资源，防止管理系统对资源的过多占用，导致用户体验的降低。

远程部署是将 VIM 和 PIM 部署在机房条件限制较少的机房，对多个网络边缘机房的物理资源、虚拟资源进行统一管理。该部署方案受到消息通道的限制，开源 OpenStack 消息总线的大小限制了 VIM 可以管控的服务器数量，并且 OpenStack

内设消息计时器，若超过一定时间未收到服务器应答，则判定连接故障，继而引发系统重启操作，所以对 VIM 的远程部署距离存在限制。如果要实现该方案，需联合厂商对 VIM 的进行相应调整，并在现网实际部署测试，以验证其可靠性。

3.2 NFV 网络功能层

VNF（virtualized network function，虚拟网络功能）可承载如 vBRAS、vIMS 等运营商虚拟网元，也可承载边缘计算应用，两者都是安装在虚拟环境之上的应用软件。

在 NFV 中，EM（element manager，网元管理）系统提供对虚拟网元的业务和资源管理，可对应于边缘计算架构中的边缘平台。不过在 ETSI 的要求中，边缘平台不仅需要管理应用软件的资源 and 业务，还需要执行流量策略控制，向数据平面下达命令。因此，若使用 EM 来承载边缘平台，需在原有基础上进行功能增强，以满足边缘计算对路径控制的需求。



VNFM (VNF manager, 虚拟网络功能管理) 系统提供对虚拟网元的生命周期管理。VNFM 可对应边缘计算架构中的边缘平台管理系统, 在实际使用过程中, EM 和 VNFM 需要相互协同配合, 共同完成对边缘计算应用的管理。

由于边缘计算应用具备高可靠、低时延等特征, 要求边缘应用软件及 EM、VNFM 管理系统轻量化, 具备快速响应、简易交互的能力; 因此, 建议使用支持云原生的边缘应用, 并对现有 EM、VNFM 进行相应升级改造。云原生软件基于微服务实现, 支持容器化部署。软件被分解为多个基础的原子功能, 减少系统冗余, 提升功能利用率。同时, 任何错误和故障只会导致特定功能无法执行, 不会对软件其他部分产生连带影响, 并且便于故障定位, 大大提升软件可用性和灵活性。

目前, 云原生概念已在 NFV 产业中被广泛接受, 各大厂商的 NFV 产品均进行了相应改进, 相信到了边缘计算部署应用时, 云原生方案会更加成熟。

3.3 NFV 业务编排层

NFV 的业务编排层与边缘计算架构中的边缘系统层可完全对应。由于该层面部署在运营商网络中相对较高的位置, 主要从宏观角度对区域或全网进行管理和编排, 因此受边缘计算业务特点和需求影响较小, 无须做较大改动。

但是产业界中云原生概念已逐步发展并开始影响 OSS 和编排器。Linux 基金会旗下的开源项目 ONAP 正致力于实现智能、敏捷的网络管理和编排系统, 该社区一直保持较高活跃度, 它基于微服务架构, 支持容器化部署, 代表了网络编排和管理系统的发展趋势。

另外, 从 2016 年开始, 越来越多的厂商开始关注基于 AI 的网络编排管理, 利用 AI 和大数据技术, 帮助管理者进行数据分析和策略制定, 从而实现更精确、更自动化的网络管理。2018 年年初, Linux 基金会联合 AT&T 成立了 AI 开源项目

Acumos, 构建一个管理 AI 和机器学习应用程序, 并共享 AI 模型的联合平台。它提供了可视化工作流程, 支持自由共享 AI 解决方案和数据模型, 这无疑将加速 AI 在网络编排管理系统中的应用。

未来, 云原生和 AI 智能将辅助网络管理和编排系统, 提升运营商网络管理能力, 更灵活快捷地开通新业务, 以适应市场和用户的新需求。

4 边缘计算的部署

对运营商来说, 基于 NFV 的边缘计算平台可考虑部署在城域网端局或接入层, 具体部署在哪个层面, 需要紧密结合业务需求和现网实际情况。

对于智能视频加速, 增强现实、物联网网关、智能家居等实时性要求非常高的业务, 考虑尽可能靠近用户, 将边缘计算平台部署于运营商接入机房, 与固网 OLT 网元位于同一平面; 同时, 建议将 5G UPF 网关下沉到接入机房, 减少业务传输时延。由于接入机房的空間、制冷效果、功率控制、承重等基础设施能力受限, 可部署的设备规模较小, 在不影响边缘计算平台管理实时性的前提下, 可考虑将 VIM、PIM、VNFM 的部署位置适当提高到城域网边缘, 不占用接入机房资源, 实现集中式管控。目前这种方式只是一种实现思路, 其合理性需要在现网实验中进行进一步验证。

对于本地数据分析、密集计算辅助等业务, 时延要求相对较低, 主要看重网络边缘的分析计算能力, 因此可考虑将边缘计算平台部署在位置相对较高的城域网边缘。

边缘计算有一些独特的管理要求, 如用户的移动会触发应用迁移、应用状态更新等, 因此, 初期建议采用独立的机房部署边缘计算平台, 避免与运营商其他类型的业务混用机房, 加重运维管理复杂度。为了最大化利用计算、网络 and 存储资源, 建议将存储型边缘应用 (如 CDN) 和计算型边缘应用 (如数据分析) 部署在同一机房。后期, 当边缘计算的标准和应用相对成熟后, 可考

虑与运营商其他业务进行综合部署。

5 结束语

边缘计算、物联网、5G 等技术是近几年通信行业新的爆发点, 各大运营商都在对相关技术、标准和产品进行研究和测试。随着运营商网络重构脚步^[3]的不断加快以及对 NFV 等新技术理解的不断深入, 如何使用新的网络架构实现对新型业务的承载, 必然是亟待解决的问题。

本文提供了基于 NFV 的边缘计算承载思路, 并探讨了边缘计算在现网中可能的部署方案。目前, 边缘计算尚处于初期阶段, 标准组织的规范制定刚刚起步, 业界也缺乏可大面积推广的成熟应用, 本文初步提供了一种边缘计算的承载和部署思路, 还有待后续的深入研究和测试, 逐步对解决方案进行完善。

参考文献:

- [1] 工业和信息化部. 通信中心机房环境条件要求: YD/T 1821-2008[S]. 2008.
Ministry of Industry and Information Technology. Communication center equipment room environmental requirements: YD/T 1821-2008[S]. 2008.
- [2] 中国电信集团公司. 中国电信 IDC 机房设计规范[S]. 2011.
China Telecom. China Telecom IDC engine room design speci-

fication[S]. 2011.

- [3] 陈华南, 龚霞, 朱永庆, 等. 城域网重构思路[J]. 电信科学, 2018, 34(5): 120-126.

CHEN H N, GONG X, ZHU Y Q, et al. Metropolitan area network re-architecture[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(5): 120-126.

[作者简介]



罗雨佳 (1989-), 女, 中国电信股份有限公司广州研究院工程师, 主要从事 IP 承载网络技术、SDN/NFV 技术相关研究等工作。



欧亮 (1968-), 男, 博士, 中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师, 长期从事电信网络规划设计、互联网新技术研究与应用工作。



唐宏 (1974-), 男, 中国电信股份有限公司广州研究院数据通信研究所所长, 主要从事 IP 承载网、下一代互联网、网络新技术方面的研发与管理工作。