



专题：移动边缘计算

## 运营商边缘云平台建设和典型案例分析

吕华章<sup>1</sup>, 陈丹<sup>2</sup>, 王友祥<sup>1</sup>

- (1. 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院, 北京 100048;  
2. 中国联合网络通信有限公司智能网络中心, 北京 100048)

**摘要:** 边缘云技术是 ICT 融合的产物, 亦是支撑运营商进行 5G 网络转型的关键技术。运营商依托丰富的通信云资源优势, 可以在网络边缘侧面向终端用户建设边缘云资源池, 保证低时延、高带宽业务要求, 以迎合未来高清视频、VR/AR、工业互联网、车联网等业务发展。重点分析了运营商建设边缘云平台整体思路, 包括硬件选型、轻量化虚拟化层、PaaS 平台建设和业务管理编排策略。最后, 对目前运营商边缘云使能的几类业务进行了分析和说明, 包括安防监控场景、CDN 下沉、切片定制化以及业务加速。未来运营商将提供边缘云端到端解决方案, 建立面向 5G 的全新产业生态, 促进整个边缘云产业链发展。

**关键词:** 边缘云; 通信云; 能力开放; 容器部署

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2019062

## Construction and typical cases analysis of edge cloud platform for telecom operators

LV Huazhang<sup>1</sup>, CHEN Dan<sup>2</sup>, WANG Youxiang<sup>1</sup>

1. Network Technology Institute of China United Network Communications Ltd., Beijing 100048, China  
2. Intelligent Network Center of China United Network Communications Ltd., Beijing 100048, China

**Abstract:** Edge cloud technology is the product of ICT integration and also the key technology to support operators in 5G network transformation. Relying on the advantages of abundant communication cloud resources, operators can build edge cloud resource pools on the side of network edges for end users to ensure low delay and high bandwidth business requirements, so as to meet the future business development of high-definition video, VR/AR, industrial internet and internet of vehicles. The overall thinking of operators to build edge cloud platform were focused on, including hardware selection, lightweight virtualization layer, PaaS platform construction and business management scheduling strategy. In the end, several types of services enabled by edge cloud of operators were analyzed and explained, including security monitoring scenarios, CDN sinking, slice customization and service acceleration. In the future, operators will provide edge cloud to end solutions, establish a new industry ecology for 5G, and promote the development of the entire edge cloud industry chain.

**Key words:** edge cloud, communication cloud, open for capabilities, container deployment



## 1 引言

传统的云计算模式，又称为以云计算为核心的集中式数据处理，这种方式将数据传输到远端的云计算中心，数据经过处理和分析后的结果再传输回用户端<sup>[1]</sup>。这种云计算中心具有较强的计算和存储能力，云计算的能力也呈线性逐年增长。但是面对未来在网络边缘侧产生的如此爆炸式增长的海量数据，当前传统云计算模式将受到严重的挑战。IDC 预测，未来超过 50% 的数据需要在网络边缘侧分析、处理和存储。Gartner 预测，由于数据大量地增加，为保证高保真分析和低时延要求，在未来 4 年内 75% 的企业生成的数据将在边缘处理<sup>[2]</sup>。这些海量数据均需要通过运营商的网络回传，并经过核心网处理，这对于当前运营商的传输网、核心网都是非常大的挑战。海量数据的传输需要很大的带宽，以目前现网的能力进行处理和传输极易造成拥塞；另一方面，海量数据的传输造成的时延也非常大，会极大地降低用户体验感。另外，对于海量数据传输的安全问题、终端能耗问题，也是不可忽视的。运营商的网络短期内不会重新部署，因此，急需寻找一种更为合理的方式解决现有问题。

从业务驱动角度分析，5G 时代各类垂直行业高带宽、低时延新业务将驱动业务部署和处理边缘化，尤其突出本地化特色。例如超大带宽 eMBB 业务（4K/8K、AR/VR）、海量连接 mMTC（IoT、智慧城市、安防监控、智慧楼宇）、超低时延 uRLLC（V2X、工业控制、智能制造、无人驾驶）<sup>[3]</sup>。这些业务都将驱使云计算资源部署边缘化和本地化。

最后从运营商自身网络建设角度分析，5G 时代的网络建设趋势是网络控制面和转发面分离，使网络架构扁平化<sup>[4]</sup>。转发面网关可下沉到无线侧，分布式按需部署，由控制平面集中调度。5G 时代网络建设将解决传统移动网络竖井化单一业

务流向造成的传输与核心网负荷过重、时延瓶颈问题。

因此，综合以上 3 个因素的分析，边缘云技术应运而生。边缘云，是一种在网络边缘或靠近用户接入点侧部署云数据中心的技术。该技术将传统的集中式云计算能力下沉，让靠近用户的网络边缘侧提供计算、存储、网络、加速、人工智能及大数据处理等能力，同时为第三方服务应用提供开放的部署平台，面向用户提供种类多样的第三方服务，最终实现节省后向带宽、低时延、大连接的高效服务分发<sup>[5]</sup>。

边缘云是结合云计算、大数据、人工智能及 IoT 等技术并支撑各行业数字化转型的关键基础设施。未来，边缘云将提供更加开放的边缘业务 PaaS 平台，为应用开发者提供丰富的平台服务能力及统一 API，降低开发门槛和成本<sup>[6]</sup>，支撑上下游生态的集成，从而加速边缘应用的创新、业务孵化和商用推进。

## 2 边缘云平台架构及建设思路

### 2.1 运营商通信云整体架构

通信云是基于运营商已有网络建设部署与运营经验，以支撑网络的云化演进、匹配网络转型部署、统一构建基于 SDN/NFV/云计算为核心技术的网络基础设施<sup>[7]</sup>。未来 5G 网络各网元都将基于 NFV 技术，实现全云化部署。运营商可以基于 CORD (central office re-architected as a data center) 改造传统端局为数据中心。未来网络架构横向将采用以 DC (data center) 为中心的三级通信云 DC 布局，在不同的层级分布式部署和构建边缘、本地、区域 DC，统一规划通信云资源池，实现面向固网/移动网/物联网/企业专线等多种接入的统一承载、统一服务。而云化网络的总体架构，横向依然沿用传统通信网络的接入网、城域网、骨干网架构，纵向演进包括传送承载、IP 地址、网络功能虚拟化、网络管理与编排的分层体系架构。

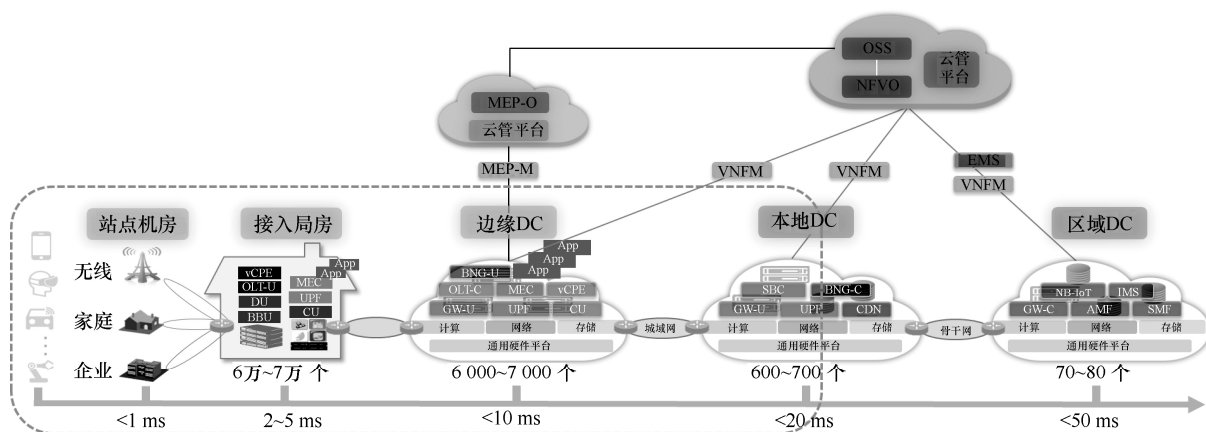


图1 通信云整体架构

其中边缘DC和综合接入局房是未来运营商部署边缘云的可选位置，通信云整体架构如图1所示，其中，MEP-O指多接入边缘平台编排器，MEP-M指多接入边缘平台管理。

#### (1) 边缘DC

边缘DC在全国范围内有6 000~7 000个，端到端时延小于10 ms，边缘DC化改造主体是汇聚机房。边缘DC以终结媒体流功能并进行转发为主，主要部署接入层以及边缘计算类网元。未来的5G RAN-CU、MEC、BNG-U、OLT-U和UPF等网元，均可根据低时延、高带宽等业务特性，灵活部署在边缘DC，面向网络边缘侧用户提供位置感知、无线网络信息等服务。边缘DC的部署，可以将云服务环境、计算、存储、网络、加速等资源部署到网络边缘侧，实现各类应用和网络更紧密的结合，用户也将获取更为丰富的网络资源和业务服务。

#### (2) 综合接入局房

综合接入局房在全国范围内有6万~7万个，端到端时延在2~5 ms。综合接入局房以提升资源集约度和满足用户极致体验为主，实现面向公众/政企/移动/固网等用户的统一接入和统一承载。综合接入局房分布广泛，最低的部署位置可以位于村镇，因此对时延、带宽要求特别高的业务场景，如5G CU、DU、MEC和vCPE等，可以按需部

署至综合接入局房，亦可基于现有机房条件直接入驻。考虑到综合接入局房主要部署接入型/流量转发型设备，同时综合接入局房的条件较边缘DC也更为恶劣，改造难度较大，因此暂不考虑综合接入局房的统一基础设施DC化改造（省分根据实际业务需求进行改造）。

### 2.2 边缘计算平台架构

边缘业务平台的搭建涉及基础资源层、虚拟化层、应用使能层及业务编排管理等。运营商将致力于打造开放、开源的边缘业务PaaS平台，为开发者提供丰富的网络能力开放和服务以及统一的API，如图2所示。

#### 2.2.1 基础资源层

边缘云平台的基础资源主要体现在服务器的形态。而服务器内部的基础资源主要分为计算资源、存储资源、网络资源和加速资源。

运营商搭建边缘云平台所选择的服务器形态主要包括通用型服务器和边缘定制化服务器。目前边缘云所选用的通用型服务器主要包括机架式服务器和刀片式服务器。一般边缘云集群包含的服务器数目在10~20台。但是考虑到运营商各个机房条件不同，未来边缘云所选用的服务器将朝着定制化方向发展。由于运营商的边缘机房普遍存在电力不足、机房空间狭小、散热困难、可用机架不足等问题，未来边缘定制化服务器将主要

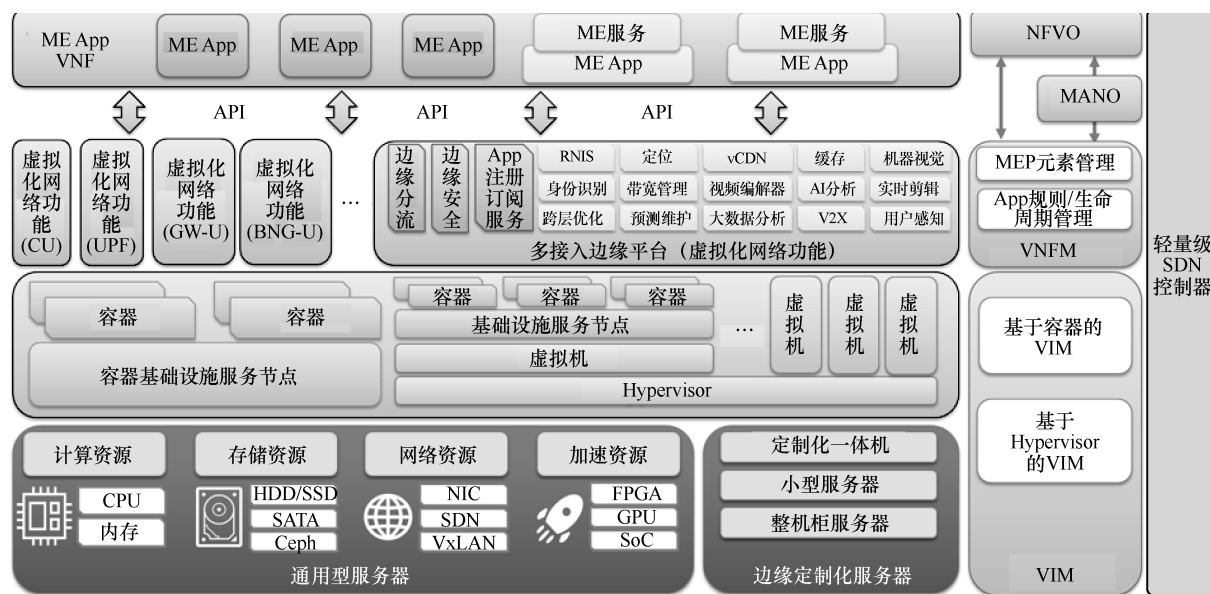


图2 边缘云平台架构

包括定制化一体机、小型服务器或整机柜服务器等。边缘云服务器为了迎合空间不足等问题，可能会改为挂式安装或现场部署小盒子。

服务器内部硬件基础资源主要包括计算资源、存储资源、网络资源和加速资源。

#### （1）计算资源

主要包括CPU和内存，这部分资源是边缘云整体性能的最大保证。

#### （2）存储资源

包括不同方式的硬件存储、HDD/SDD以及应对不同业务的参数需求。目前多采用分布式存储使用Ceph集群，存储服务器配置与计算服务器相似，差别仅体现在硬盘增配；分布式存储方案建议使用在区域级边缘机房，针对需要较大存储需求的业务；从部署简易性和维护角度，边缘建议部署集中式IP SAN存储。在汇聚机房及以下边缘机房中，建议使用本地存储方案。存储节点可配置多个，单个存储节点内可配置多个2.5英寸磁盘，支持HDD/SSD类型，也支持SATA/SAS接口。支持磁盘的在线维护。

#### （3）网络资源

网络层面包括对交换能力的规定。

交换能力，目前单个交换节点最大可达到Tbit/s级交换能力，提供1GE、10GE、40GE多个物理平面。控制信令均走10GE网络（基础设施标准配置），媒体面需要增配高速网卡，提升吞吐性能。交换节点还负责对外提供接口的功能，通过交换对内部业务槽位的流量进行汇聚统一对外接口，降低了维护的复杂度。同时为了提高集成度，每个交换节点也可提供XEON处理器小系统，不额外占用业务槽位，最大限度为业务提供可用资源。

#### （4）加速资源

业务对硬件加速需求的核心原因在于以合理价格/功耗达到预期性能，即最佳性价/功耗/尺寸比。MEC面临的部署环境在物理资源条件相比核心机房有限的情况下，更需要通过硬件加速的方式解决业务的性能需求和环境资源不足的矛盾。

从硬件实现方案角度，通用CPU适合信令逻辑类处理流程，涉及较多判断跳转操作，而对于大量数学密集计算、简单并行操作以及大量数据报文转发，通用CPU处理的效率低下，时延大，性价比很低，因此需要专有硬件处理器来处理。目前可选的硬件加速包括GPU、FPGA、ASIC、

智能网卡、SOC。

软件加速方案包括 DPDK、SR-IOV 等。

具体来说, 可以将加速类型分为三大类, 分别为计算密集型、数据转发型和视频处理型。

从业务角度挖掘, 不同业务都有适合采用硬件加速的技术点, 举例如下。

- 分流业务、信令处理: 高吞吐量数据转发能力。
- 定位业务: 高精度定位算法, 涉及密集计算。
- 视频直播业务、CDN、AR/VR: 视频编解码、转码, 属于视频数据特有处理, 对存储容量和性能要求, 涉及分布式存储方案。
- 图像识别业务: AI 在线推理算法, 对计算力需求大。
- 安全加密: 包括 IPSec、TLS 等。
- 其他。

业务和加速类型的关联关系可以用表 1 来描述。

### 2.2.2 虚拟化层

虚拟化层目前比较成熟的方案是在 Hypervisor 上运行虚拟机 (VM) 的方式, 每个虚拟机中运行相应的 VNF 虚拟化网络功能。虚拟机方式目前比较成熟, 易于实现, 但是管理开销较大, 性能损耗也很大。目前容器部署非常受欢迎, 容器可以为边缘

云提供更好的弹缩响应速度、系统容量的灵活性以及计算资源的利用率。考虑到新业务的发展以及技术演进趋势, 虚拟化层要支持容器技术, 以构建分布式容器云。容器支持两种部署形态, 即容器部署在物理机上或容器部署在虚拟机内。容器化部署场景下, VIM 需部署云容器引擎 (cloud container engine), 以提供高可靠、高性能的企业级容器应用管理服务, 支持 Kubernetes 社区原生应用和工具, 简化云上自动化容器运行环境搭建。

未来发展趋势将是边缘云平台上容器部署和虚拟机部署方式共存, 容器部署方式将逐渐从虚拟机运行容器过渡到裸机容器部署的方式。

另外, 由于边缘云资源较为稀缺, 因此, 虚拟化层需要进行轻量化, OpenStack 管理平台只保留必要组件, 如 Nova、Neutron、Glance、Cinder、Keystone 等, 去除其他组件。同时, 将模块进程降低, 由最大 8 进程改为 2 进程。所有组件采用组件容器化, 易于部署和升级。配置优化, 保证资源合理利用。与计算节点合设, 减少控制部分占用资源, 见表 2。

### 2.2.3 边缘云能力开放层

运营商边缘云业务平台不仅提供各种基础服务能力, 还在 ETSI 标准规范的基础上, 通过制定

表 1 业务类型与加速类型

业务类型	加速类型			推荐方案
	计算密集型	数据转发型	视频处理型	
分流		★		智能网卡、FPGA
信令监控/DPI		★		FPGA
定位	★			FPGA
图像识别	★		★	GPU/FPGA
视频直播	★		★	GPU/ASIC
CDN	★		★	DPDK/智能网卡/SR-IOV
VR/AR	★		★	GPU
人工智能	★			GPU
安全加密 (IPSec、TLS)	★	★		FPGA
V2X	★			DPDK/智能网卡/SR-IOV
...				



表 2 边缘云虚拟化层核心功能

组件	功能描述
Neutron	网络功能组件
Nova	计算功能组件
Cinder	块存储功能组件
Keystone	用户认证功能组件
Barbican	密钥管理组件
Ceilometer	性能统计组件
Aodh	告警服务组件
Glance	镜像管理组件
Panko	事件存储组件

MEC 使能 API 规范，对外提供通用的能力开放框架，服务于第三方应用，并对其进行管理。能力开放层可以安全高效地将基础网络服务能力提供给第三方应用消费，还可在第三方应用之间实现服务能力的可靠共享，促进丰富的边缘应用生态，以满足各种边缘应用场景。

目前的平台能力包括基础平台能力和扩展平台能力两类。

其中基础平台能力是提供给第三方的平台最为基本的能力，包括业务分流、边缘安全和 App 注册订阅服务。App 注册订阅服务可以保证运营商对整个平台的掌控以及对 App 全生命周期管理。边缘安全则保证整个边缘云端到端平台安全，提供第三方 APP 以安全的运行环境。业务分流是目前比较成熟的平台能力，可以保证业务本地化运行和处理，而无需上传和绕经核心网。

扩展平台能力是根据业务需要进行扩展的各类能力。可以按照各类业务场景进行划分。无线信息类平台能力包括 RNIS、LBS 定位能力、带宽管理能力等；视频类平台能力包括 vCDN、缓存、边缘视频编解码、跨层优化等。工业边缘云能力包括机器视觉、AI 实时分析、预测性维护、工业大数据等。扩展平台能力可以由运营商自建开发，也可以集成第三方能力。

MEP 平台作为 VNF 部署在边缘云平台上，同时还有其他无线类单元部署，比如 RAN 侧的

CU、UPF 等网元均可下沉到边缘云平台并部署。

#### 2.2.4 应用层

应用层主要包括各类第三方 App 部署和提供第三方服务，包括边缘云可以使能的各类场景，如视频、车联网、工业互联网、智能制造、政企专网、安防监控、智慧农业、IoT 等。对于 App 的部署，存在两类方式：第一种方式是 App 使用边缘云的基本资源 NFVI，边缘云平台管理需要对 App 的全生命周期管理，而 App 不使用平台的各类能力；第二种方式是 App 不仅部署在边缘云平台使用 NFVI 资源，同时还使用边缘云平台提供的各类能力，比如一款 App 使用精准定位能力为片区用户进行文案推送，一款 App 使用 RNIS 能力为片区用户进行 QoS 保证等。第二种方式是运营商未来主打的对 App 的运营方式，计费准则按照平台能力使用和平台基础资源使用进行计费。

#### 2.2.5 管理编排部分

管理编排部分主要分为云平台管理编排和 SDN 控制器。

##### (1) VIM

VIM 通常指管理虚拟资源的平台，管理一个域下的 NFVI。数据中心分层架构中的每个边缘数据中心、本地数据中心和区域数据中心对应一个 NFVI，都由一个 VIM 来管理。目前业界广泛使用 OpenStack 或者基于开源 OpenStack 的增强 VIM 实现企业私有云的扩展功能，或者支持容器管理的 Kubernetes 技术。未来 VIM 管理中包括对虚拟机的管理和容器资源的管理。

##### (2) VNFM

负责 VNF 网元的生命周期管理，包括 VNF 网元的创建、修改、删除、弹性扩/缩容等。

##### (3) MANO

在通信云整体布局中，区域 DC 会进行区域 MANO 和统一云管平台的部署，实现对整个通信云基础设施的管理。对于传统的 MANO，只能管理满足 ETSI-NFV 规范的 VNF。而在边缘云边缘

业务平台上,不仅可以部署 VNF,还需要部署第三方的边缘应用 (edge-App),因此还需要对边缘应用进行编排管理。

#### (4) NFVO

基于统一云管平台的授权,对授权的资源进行统一管理和编排,完成资源及业务的定义、协同调度及生命期管理,使能业务快速上线。对于跨区域的业务由集团 NFVO 负责编排。

#### (5) SDN 控制器

SDN 控制器就是对整个边缘云互联之间的 SDN 进行控制。当边缘 DC 业务达到一定集群时,可考虑采用地市级 SDN 组网的方式,以实现站点间 MEC 的协同。SDN 控制器自核心 DC 到边缘 DC 统一管控,采用弱控+EVPN/VxLAN 方式。对于大型边缘云或中型边缘云,其位置在地市或区县级,可考虑完整的 spine-leaf 结构。但是小型区县的边缘云不具备 spine-leaf 结构。

### 3 边缘云标准化进展

目前国内外各大标准化组织均开启了对边缘云技术的标准化工作,包括平台架构、接口规范、垂直行业使能、管理编排策略等多个方面内容。

ETSI (欧洲电信标准化组织)在 2014 年率先启动 MEC 标准项目。这一项目组旨在移动网络边

缘为应用开发商与内容提供商搭建一个云化计算与 IT 环境的服务平台,并通过该平台开放无线网络信息,实现高带宽、低时延业务支撑与本地管理。联盟的初创成员包括 HP、Vodafone、Huawei、Nokia、Intel 以及 Viavi。目前 ETSI MEC 标准化组织已经吸引了国内外数百家运营商、设备商、软件开发商、内容提供商参与其中,ETSI MEC 的影响力也逐渐扩大,如图 3 所示。

在 2017 年年底,ETSI MEC 标准化组织已经完成了第一阶段基于传统 4G 网络架构部署,定义边缘计算系统应用场景、参考架构、边缘计算平台应用支撑 API、应用生命周期管理与运维框架以及无线侧能力服务 API(RNIS/定位/带宽管理)。目前正在进行的第二阶段,则主要聚焦在包括 5G/Wi-Fi/固网在内的多接入边缘计算系统,重点覆盖 MEC in NFV 参考架构、端到端边缘应用移动性、网络切片支撑、合法监听、基于容器的应用部署、V2X 支撑、Wi-Fi 与固网能力开放等研究项目,从而更好地支撑 MEC 商业化部署与固移融合需求,第二阶段的标准工作完成后,将开启第三阶段的标准维护和标准新增阶段。ETSI MEC 标准化的内容主要包括研究 MEC 需求、平台架构、编排管理、接口规范、应用场景研究等。

随着 ETSI MEC 影响力的扩大,3GPP 亦紧锣

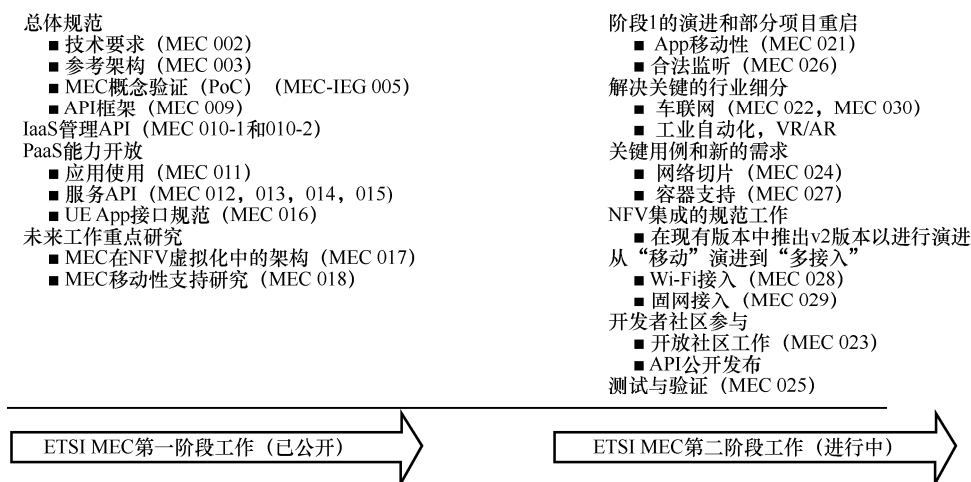


图 3 ETSI MEC 标准化的第一阶段与第二阶段工作示意图



密鼓投入边缘计算支撑研究。4G CUPS 与 5G New Core 引入控制面与转发面分离架构,转发面支持分布式部署到无线网络边缘,控制面集中部署并控制转发面,从而实现业务按需本地分流。SA2 5G 系统架构在本地路由与业务操纵、会话与服务连续性、网络能力开放、QoS 与计费等各方面给予边缘计算全面支持。此外,SA5 网络功能管理与 SA6 北向通用 API 框架研究也将进一步考虑边缘计算需求。作为 ETSI MEC 的有效补充,3GPP 正在加速 MEC 商用化进程。3GPP 对 MEC 的标准化主要集中在 23.501-23.502 中<sup>[8-9]</sup>。

CCSA (China Communications Standards Association, 中国通信标准化协会)作为国内的通信标准化组织,在 2017 年也开启了边缘云相关标准化工作。截止到目前,多个工作组均开启了标准化制定,见表 3。

表 3 CCSA 标准工作组与边缘计算相关立项

标准工作组	立项名称
TC1 WG5	互联网边缘云与云计算协同技术要求 互联网边缘云平台架构及接口规范
TC3 WG1	边缘云关键技术研究 5G 边缘计算核心网关键技术研究
TC5 WG12	5G 边缘计算平台能力开放技术研究 基于 LTE 网络的边缘计算总体技术要求
TC10 WG1	车联网中的边缘计算技术研究 物联网边缘计算技术研究
ST8 WG1	工业互联网边缘计算 总体架构与要求 工业互联网边缘计算 边缘节点管理接口要求 工业互联网边缘计算技术研究 工业互联网边缘计算 边缘节点模型与要求 工业互联网边缘计算 需求

然而,边缘云是包括应用、平台、网络在内的生态系统,仅依托标准组织无法快速推进行业发展。因此需要诸如 OpenFog Consortium、ECC 联盟、AII 工业边缘计算组、5GAA 等边缘云产业联盟和垂直行业联盟,深入挖掘行业应用场景,并通过运营商整合产业资源,将应用需求与边缘计算平台标准联合起来,共同推进边缘计算产业发展。

## 4 边缘云典型案例分析

下面将针对几个运营商边缘云典型场景进行分析,介绍边缘云使能的业务类型和技术实现细节。

### (1) 安防监控

“AI+安防”是人工智能技术商业落地发展最快、市场容量最大的主赛道之一,预计到 2020 年,“AI+安防”软硬件市场规模将达到 453 亿元,其中视频监控尤其是中心侧业务将先行发展,知识图谱和安防智能机器人发展潜力较大。安防监控系统中,摄像头端侧用于采集信息和实时监测,边缘侧可以对前端接入的部分视频流、图片流进行人脸识别比对,实现结构化属性分析识别与存储。边缘云安防监控系统示意图如图 4 所示。而传统的云中心集中云则进行 AI 训练和建设动态比对识别系统。

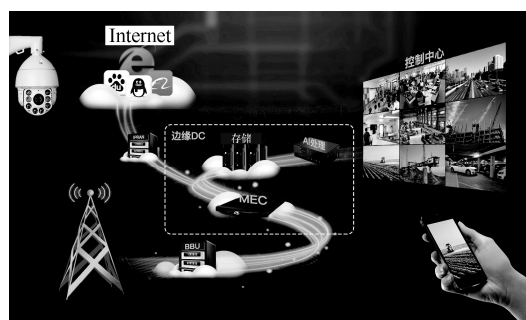


图 4 边缘云安防监控系统示意图

通信运营商在整个安防监控系统中除了提供通信网络支持以外,还可以提供边缘云,以轻量化摄像头端,降低摄像头成本。基于边缘云的边缘业务平台的 AI 视频分析系统架构,边缘云对 4G 摄像头采集的视频进行本地分流,降低对核心网及骨干网传输带宽资源的占用,缩短端到端时延。云计算中心执行 AI 的训练任务,边缘云执行 AI 的判决,二者协同可实现本地决策、实时响应,可实现表情识别、行为检测、轨迹跟踪、热点管理、体态属性识别等多种本地 AI 典型应用。此外,有线摄像头亦可以接入边缘云智能分析平台。

### (2) 内容服务

内容服务行业主要包括 CDN 内容分发、



VR/AR 类、云游戏和 3D 全息类等以视频提供与分发为主的业务。对于内容服务类业务,如 CDN,可以根据运营商在边缘侧的定义及布局,做出面向边缘的成本模型和业务模型。以边缘 vCDN 为例,将应用内容下沉到网络边缘,既能减少网络传输和多级转发带来的带宽压力与时延损耗(与传统 CDN 方式对比,平均时延降低,内容下载速率提升),又能帮助内容提供商降低成本,大幅度提升用户体验。通过内容分发与计算能力的下沉,运营商网络将有效支撑未来时延敏感型业务(车联网、远程控制等)以及大计算和高处理能力需求的业务(视频监控与分析等),助力运营商实现从连接管道向信息化服务使能平台的转型。

基于 MEC 方案的边缘 CDN 的网络架构如图 5 所示,边缘 CDN 位于 eNB 和核心网(EPC)之间。当前移动网的 CDN 系统一般部署在省级 IDC 机房,并非运行于移动网络内部,离移动用户较远,仍然需要占用大量的移动回传带宽,服务的“就近”程度尚不足以满足对时延和带宽更敏感的移动业务场景。运营商可以在 MEC 平台上部署边缘 CDN 系统,内容提供商以 IaaS 的方式租用边缘服务器节点存储自身的业务内容,并在自有的全局 DNS 系统将服务指向边缘 CDN 节点。

### (3) 切片定制

与垂直行业合作并定制切片,也是内容提供商非常重视的领域。内容提供商所擅长的 AI、云计算领域,将和运营商一起应用到垂直行业,包

括车联网、工业互联网等场景。因此,针对业务内容进行切片定制化也是未来重要的客户需求。MEC 与网络切片的结合是强应用型平台,也是内容提供商同运营商共同运营试点与商业化合作部署的重要契机。内容提供商可提供应用场景、方案及软件应用技术,而运营商可提供硬件平台、虚拟化功能、计费支撑,并实现与核心网、无线网的联动。该方案重点面向大型云游戏、车联网、远程医疗、AR/VR 等应用。智能 MEC 与网络切片实现多样化应用需求如图 6 所示。最终实现“端—边—云”多级智能,满足大并发、高接入网络场景,达到应用及商业模式成熟的目标。

### (4) 业务加速需要

MEC 与各类应用属于强耦合,可以根据业务识别,在 MEC 中对敏感类业务进行网络标记,对时延敏感类业务进行特殊的处理与网络加速。对于一般类业务可以直接在核心 DC 处理,而对有标记的时延敏感类业务将直接在本地 MEC 中进行处理。对于计算量大的业务,可以考虑使用本地云计算和本地云存储的支持,降低时延,提升用户体验,如图 7 所示。

MEC 还可以对云游戏进行优化。当前云游戏对网络依赖程度极高,属于应用反推网络的场景。当前越来越复杂的游戏渲染等技术需要边缘云计算的支持,用户在本地图无需从远端云中心进行下载和预装,可快速体验游戏。

运营商可以通过和游戏业务提供方进行合作

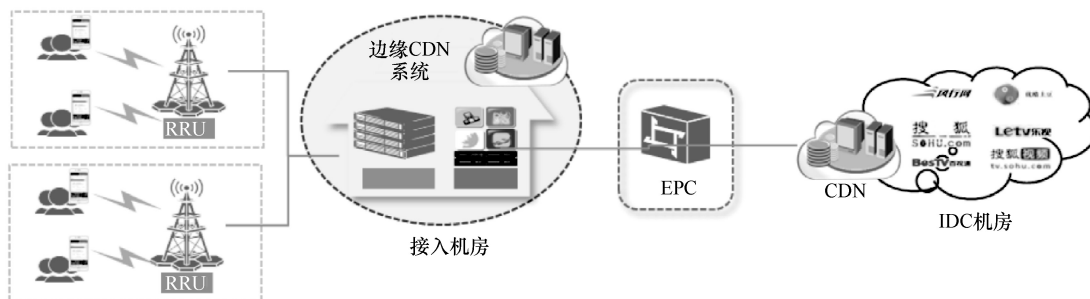


图 5 基于 MEC 的边缘 CDN 架构

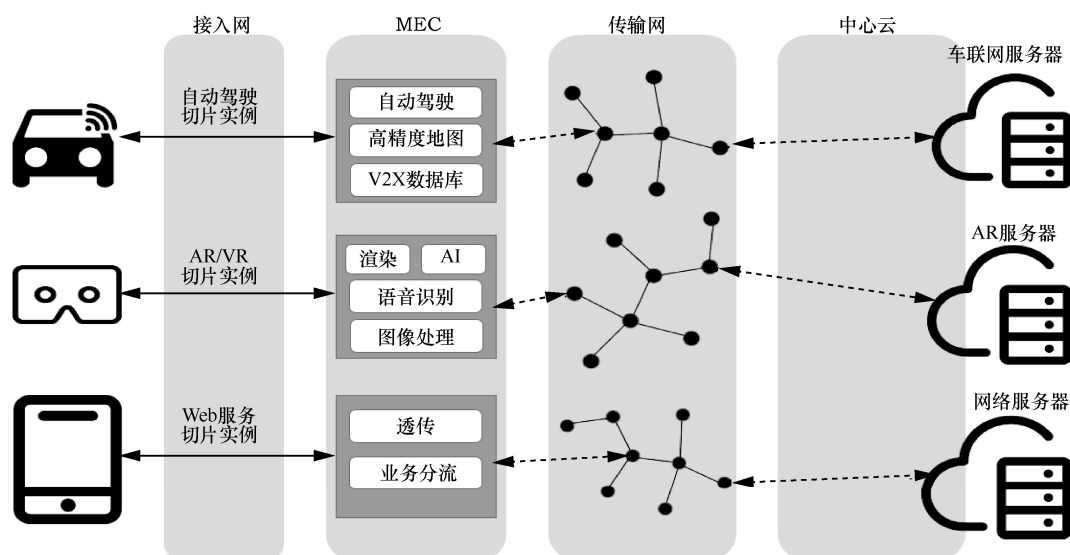


图6 智能 MEC+网络切片实现多样化应用需求

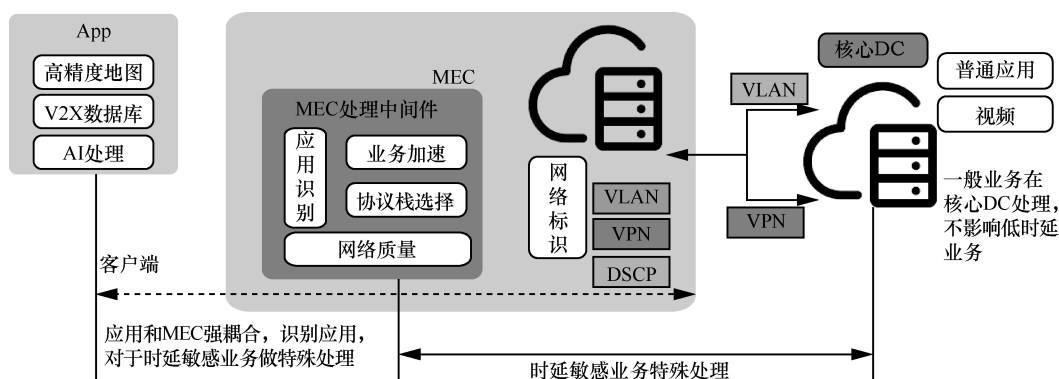


图7 MEC实现网络加速

部署 MEC，推进优化方案落地。

(1) 初期主要利用 MEC 的本地化部署优势，利用其加速能力，对云游戏进行加速，实现本地渲染、本地游戏更新。

(2) 后期可以在 MEC 平台进行搭载 AI 智能，实现平台智能化，实现真正的边缘渲染和自适应编码，无需手动和人工干预。

(3) 最后，双方可以加强在标准化领域的合作，面向流媒体编码、传输等方面，将这一整套的优化方案推广为企业标准、行业标准。

## 5 结束语

边缘云整个产业是由电信运营商、电信设备

商、IT 厂商、第三方应用开发商、内容提供商、终端用户等多个利益共同体组建的生态系统。其中，电信运营商是整个产业生态链的核心，也是整个产业合作的基石。借助于边缘云平台的搭建，电信运营商可以向第三方应用开发商开放其平台能力，快速推出面向用户的创新业务，缩短产品的上市时间。边缘业务平台的搭建涉及基础资源层、虚拟化层、应用使能层及业务编排管理等。该边缘业务平台是开放、开源的 PaaS 平台，可以为开发者、业务提供方提供丰富的网络能力开放和服务以及统一的 API。运营商可以自建 PaaS 平台，既可以自主研发丰富的边缘云平台能力和服务，也可以集成第三方的各类平台能力，

以提供 PaaS 能力, 包括精准定位、加速、业务分流、IoT 等。边缘业务平台能力开放可以安全高效地将基础网络服务能力提供给应用提供方, 还可在第三方应用之间实现服务能力的可靠共享, 促进丰富的边缘应用生态, 以满足各种边缘应用场景。

## 参考文献:

- [1] ARMBRUST M. Above the clouds: a Berkeley view of cloud computing[Z]. 2012.
- [2] 施巍松, 孙辉, 曹杰, 等. 边缘计算: 万物互联时代新型计算模型[J]. 计算机研究与发展, 2017, 54(5): 907-924.  
SHI W S, SUN H, CAO J, et al. Edge computing: an emerging computing model for the internet of everything era[J]. Journal of Computer Research and Development, 2017, 54(5): 907-924.
- [3] 大唐移动通信设备有限公司. 5G 业务应用白皮书[R]. 2018.  
Datang Mobile Communication Equipment Co., Ltd. 5G business application white paper[R]. 2018.
- [4] 中国联合网络通信有限公司. 中国联通边缘计算技术白皮书[R]. 2017.  
China United Network Communication Co., Ltd. China Unicom edge computing technology white paper[R]. 2017.
- [5] European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Mobile-edge computing introductory technical white paper [R]. 2016.
- [6] China United Network Communications Co., Ltd. White paper for China Unicom's edge-cloud service platform architecture and industrial eco-system[R]. 2018.
- [7] 中国联合网络通信有限公司. 中国联通通信云架构白皮书[R]. 2017.  
China United Network Communication Co., Ltd. China Unicom cloud architecture white paper[R]. 2017.

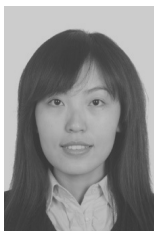
[8] 3GPP. System architecture for the 5G system (Release 15): TR23.501 [S]. 2017.

[9] 3GPP. Procedures for the 5G system (Release 15): TR23.502[S]. 2017.

## [作者简介]



吕华章 (1991- ), 男, 现就职于中国联合网络通信有限公司网络技术研究院, 主要负责边缘云架构、边缘云平台、边缘计算标准化、多天线译码算法等技术研究工作。



陈丹 (1986- ), 女, 博士, 中国联合网络通信有限公司智能网络中心 5G 创新中心边缘计算项目经理, 主要负责 5G 网络架构、边缘计算、C/U 分离、网络能力开放平台等技术研究工作。申请专利 30 余项, 授权 6 项, 被北京邮电大学聘为硕士生企业导师, 荣获中国联通 2017 年度“5G 技术研究及标准化”一等奖。



王友祥 (1979- ), 男, 博士, 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院高级工程师、5G 技术经理, 主要从事无线通信新技术、标准化和无线组网方案等方面的研究工作。先后牵头、参加了工业和信息化部和中国联通 4G、5G 移动通信关键技术多项研究课题, 获得部级科学技术进步奖二等奖 1 次、三等奖 1 次, 中国联通科学技术创新奖一等奖 2 次、二等奖 3 次; 牵头完成中国联通承担的国家重大科技专项课题 3 项, 在研 3 项。