

中国联通 Cube-Edge 边缘业务平台行业实践

一、 案例概述

1. 案例背景

中国联通在 2015 年发布了新一代网络架构 CUBE-Net 2.0，向云化、泛在化、开放化、智能化的未来智能网络演进。构建 MEC 边缘云是联通全云化网络架构的关键要素。中国联通在 2017 年在全国启动了 MEC 大规模的试点工作，于 2018 年初正式启动 15 个省市的 MEC 规模试点及试商用网络建设，涵盖校园、场馆、园区、工业互联网、车联网等多种场景，并于同年 6 月发布自主研发的“Cube-Edge 边缘业务平台”。

中国联通 Cube-Edge 边缘业务平台是在联通新一代网络架构的基础上，构建的网络边缘基础设施。平台主要满足不同行业在实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求，致力于打造开放、开源的边缘业务平台服务能力，加速边缘应用的创新业务孵化和商用推进。

2. 用户需求与痛点

中国联通基于 Cube-Edge，重点聚焦智慧港口、智能安防、智能工厂、智能驾驶等行业领域，实现了将运营商边缘网络能力与行业需求结合，实现了平台方案落地。

智慧港口领域，主要面临如下发展瓶颈：

1) 港口监控图像要实时回传，设备间互联互通信息同步，对网络时延要求较高；

2) 港口 WIFI 信号覆盖度和稳定性差，岸桥靠近时互相遮挡 WiFi 信号，业务的连续性无法保障。

智能安防领域，主要面临如下发展瓶颈：

1) 视频监控属于大带宽需求业务，数据都将通过核心网络进行传输，成本增加；

2) 在监控场景地处偏远时，项目施工成本过高、维护难度较大。

在自动驾驶以及智能交通领域，主要面临如下发展瓶颈：

1) 单车以及周边交通单元感知能力不足，无法对于超过视距范围事件的准确感知和信息同步，运行范围受限。

2) 单车驾驶过程中存在多业务并发，不同业务对于网络质量提出高质量要求，比如自动驾驶对于网络带宽大于 100Mbps，时延在 1ms-10ms 之间。

3. 案例概述

中国联通以 Cube-Edge 边缘业务平台为基础，同 100 多家合作伙伴一起，围绕大视频、工业互联网、政企专网、智能交通四大领域，持续不断的进行业务和技术创新，积极探索 MEC 边缘云商业场景，取得了丰硕的成果。其中，在北京全方位打造了智慧场馆，相约冬奥；在广东发力工业边缘云，进军智能制造；在浙江推广智慧园区等边缘政务云建设；在重庆打造“云边协同”车联网示范基地；在福建开启“红色之旅”智慧景区建设；在湖北、江苏等地将视频监控与边缘 AI 相结合，规模应用于智慧农业等场景，并成功孵化 Edge-Eye 边缘云眼产品。同时，依托于目前正在着力打造的 Cube-Edge 边缘业务平台，在全国 15 个省市全面开展了的 Edge-Cloud 规模试点工作，并在天津建成了全球最大的 MEC 边缘云测试床，积极探索 5G 时代运营商与 OTT 及垂直行业合作的新窗口。

二、 解决方案

1. 解决方案概述

1.1 Cube-Edge 网络架构

为支撑网络的云化演进、匹配网络转型部署，中国联通统一构建了基于 SDN/NFV/云计算为核心技术的网络基础设施。网络架构采用以 DC 为中心的三层 DC 布局，在不同的层级分布式部署和构建边缘 DC、本地 DC 和区域 DC，统一规划通信云资源池，实现面向 4/5G、Wifi、固网、专线等多种接入的统一承载、统一服务。

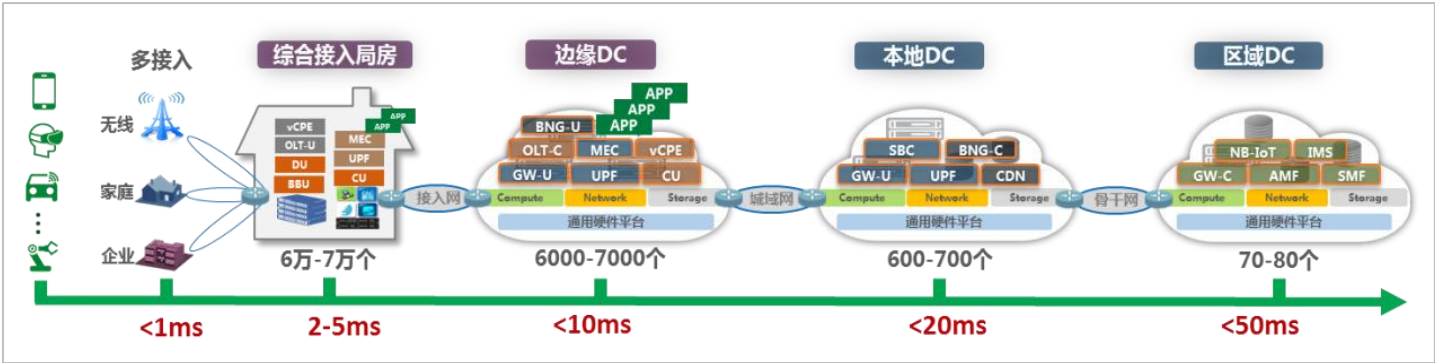


图 2.1 中国联通边缘云整体架构

如图 2.1 所示，中国联通边缘云网络架构总体上可以分为四个层级单元部署，包含三层 DC 和一层综合接入机房，其中边缘 DC 主要将用于部署边缘云和实现边缘计算功能：

1) 区域 DC(省级)

区域 DC 部署核心网控制面、SDN 控制器，部署 MEAO /MEPM。完成硬件管理、告警、KPI 统计；I 层管理、I 层操作维护管理、资源分配、弹性伸缩、一键式部署、自动上线；提供网元的统一配置、网元操作维护管理；提供统一 ME-APP 远程运维代理入口。

2) 边缘 DC(地市级)

本地 DC 部署核心网用户面、ME-Service、ME-APP，主要用来提供视频监控、CDN、云游戏等业务。完成本地硬件管理、告警；Hypervisor、HostOS 等 I 层软件运维、边缘 VNFM Agent 实现自治，扩缩容可与中心解耦；提供网元级业务配置、告警、话统；通过 ME-Service 提供本地 ME-APP 运维入口代理。

3) 边缘 DC(边缘级)

边缘 DC 核心网用户面、ME-Service、ME-APP，主要满足企业或大型园区本地分流、车联网等业务，采用轻量级 Openstack，可部署专用硬件满足个性化定制业务诉求。完成本地硬件管理、告警；Hypervisor、HostOS 等 I 层软件运维、边缘 VNFM Agent 实现自治，扩缩容可与中心解耦；提供网元级业务配置、告警、话统；通过 ME-Service 提供本地 ME-APP 运维入口代理。

4) 综合接入机房

综合接入机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。综合接入机房分布广泛，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。

中国联通在集团成立 MEC 边缘云全国管理中心，集中部署 MEAO，并与 OSS、通信云 NFVO 实现对接，获取全网软硬资源信息，提供集中运维、统一 LCM、统一编排、统一配置分发能力。联通边缘云向上构建统一的能力开放平台，并提供统一的接口与界面开放给第三方使用。与此同时，联通 MEC 边缘云采用 SDN 组网架构，统一管理边缘云和中心云，实现基础设施自动化部署，为 VNF/APP 按需、动态拉起包含计算、存储、网络

的 IaaS 资源，通过远程 SDN 的集中管理，提高整体运维效率。

1.2 Cube-Edge 平台架构

Cube-Edge 边缘业务平台包含硬件资源层、虚拟抽象层、平台能力层及业务编排管理等。中国联通致力于打造开放、开源的边缘业务平台，为开发者提供丰富的网络能力开放和服务，以及统一的 API 接口，如图 2.2 所示。



图 2.2 中国联通边缘业务平台架构图

1) 硬件资源层

边缘业务平台在考虑硬件设备形态架构方面，有其特有限制（例如位置、空间、供电以及特定的业务场景需求等），这就需要个性化的开发和配置来适配其需求。未来数据面的下沉和易于扩展的能力（虚拟化，统一开放的 API），流量快速卸载能力（智能网卡），实时编解码能力（GPU），图像快速识别能力（GPU/FPGA/ASIC），甚至人工智能等，都是个性化开放和配置的重要推动力。本地计算、存储、I/O、硬件加速、高集成度、设备能效比也都会成为需要考虑的关键因素。

2) 虚拟抽象层

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。中国联通建议使用 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。

3) 业务编排管理

对于传统的 MANO，只能管理满足 ETSI-NFV 规范的 VNF。而在 Cube-Edge 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 Edge-APP 进行编排管理。计算、存储、网络资源需求和 VNF 需求保持一致，这些是传统的 MANO 能够解析和处理的。而对于时延要求、Traffic Rules 描述、DNS Rules 描述等需求，传统的 MANO 不能够进行解析和处理。基于上述对第三方 Edge-APP 特殊需求的考虑，中国联通还将对传统的 MANO 管理域进行扩展，最终实现对边缘业务平台以及 Edge-APP 的管理。

4) 平台能力层

中国联通边缘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 MEC-Enabled 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。中国联通 Cube-Edge 边缘业务平台能力开放框架如图 2.3 所示，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。

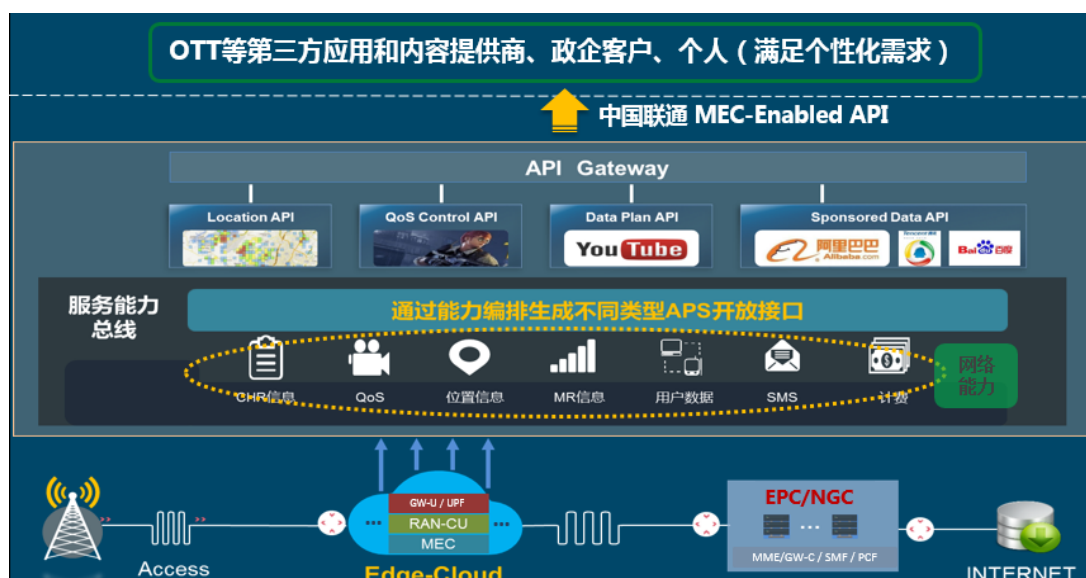


图 2.3 边缘业务平台能力开放框架

1.3 部署方式

中国联通 Cube-Edge 边缘业务平台可以根据各省公司边缘机房的差异化需求，采用轻量化或者拉远部署模式。

1) 轻量化部署

在边缘云站点部署 VIM 和必要的运维组件，对 VIM 和运维组件资源进行瘦身，本地管理开销轻量化。同时，管理组件和业务组件共节点部署，使资源利用最大化。

轻量化部署的 ME-IaaS 需要有比较完整的本地运维能力，交付/升级难度比较低，边缘站点故障域独立。

2) 拉远部署

拉远部署的场景下，边缘云站点只部署计算节点，由中央 VIM 和运维组件提供远程集中管理，边缘站点基本不消耗管理资源。如果边缘站点脱管，可以通过部署 Agent 提供运维管理能力，支持虚拟机的基本操作和信息监控。

拉远部署边缘云无需本地运维，以集中运维为主。拉远部署管理节

点与边缘节点需要大二层打通，时延要求在 50ms 以内。

2. 技术优势和方案亮点

2018 年，中国联通联合 INTEL 、卓远、九州云等在 Linux Foundation 和 Openstack 社区分别成立 Akraino 和 StarlingX 项目，为 Cube-Edge 边缘业务平台的开发提供了技术保障。中国联通在加强管道能力的基础之上，全力推进 Cube-Edge 边缘业务平台的建设。借助 Cube-Edge 边缘业务平台，联通在边缘计算领域与各行业展开广泛合作，形成端到端的解决方案及产品，赋能行业应用。

1) 支持异构资源池：边缘节点提供异构计算能力，支持智能网卡、NP、FPGA、GPU、AI 芯片等多种加速技术，适配不同的业务场景需求；以数字化转型为目标，以混改为契机，快速构建统一的 Cube-Edge 资源池

2) 轻量化 ME-IaaS：匹配边缘节点规模小、资源敏感的特征，减小 ME-IaaS 的资源消耗，提升边缘节点资源利用率，并且支持虚拟机和容器的双核轻量化部署模式；

3) 开放敏捷的 ME-PaaS 平台：基于微服务框架，为 ME-APP 提供快速集成开发环境，并提供丰富的能力 API，包括位置、分流、负载均衡、DNS、防火墙、NAT 等网络能力，以及实时转码、渲染、AI 等应用能力；打造开放、开源、友好的边缘业务 PaaS 平台，为应用开发者提供丰富的平台能力和统一的 API；

4) 智能化 MEAO：对 ME-APP 进行统筹编排，实现在 MEC 边缘节点的智能按需部署，支持第三方业务快速部署和迭代；

5) 支持融合网络：同时支持 4/5G、WIFI、固网、专线多种接入方式，支持 4G 向 5G 网络的平滑过渡，实现统一承载、统一服务；

6) 广泛生态合作：拓展 Cube-Edge 产业生态合作广度及深度，提供

各类垂直行业厂商的加速部署能力，助力厂商快速接入边缘生态。携手产业各界积极探索商业模式，共建 5G 网络边缘生态。

三、 商业价值

截止到目前，中国联通已启动了 15 省市规模试点，用于探索 MEC 边缘云商业场景，中国联通基于 Edge-Cloud 边缘业务平台的行业商用及试点案例十分丰富多样，包括智慧港口、智能安防、智能工厂、智能驾驶、智慧医疗、云游戏等多个行业领域。联通率先在福州江阴港、青岛港、天津港开展 4G/5G MEC 商业实践，结合 MEC 技术构建全联接的无线网络，打造智能化，自动化的智慧港口。在杭州市 10 个重点农业基地进行智能安防的应用部署。在浙江、江苏和福建提供了基于 MEC 的智能制衣厂的解决方案，通过部署 MEC 达到低延时、大流量、高安全，结合工厂管理软件的应用完美解决工厂面临的各项痛点难题。在浙江与吉利汽车，在 4G/5G 网络中引入 MEC 边缘云平台，开展汽车智能化与自动驾驶的业务验证，开展全新 C-V2X 服务模式。

1. vCDN 业务应用

在天津和浙江部署的边缘 vCDN，重点解决中国联通“腾讯王卡”、“蚂蚁王卡”等大量发行而带来的流量激增问题。可将 vCDN 节点分布式部署在 MEC 边缘节点中，降低集中节点的处理负荷和端到端时延，提升用户体验，增加客户粘性。根据外场测试结果，在腾讯视频和沃视频 vCDN 下沉后，平均往返时延和下载速率均得到了明显的提升。

2. 智能安防应用

在湖北、江苏等地，创新性地将智能安防应用于智慧水产养殖中，基于 MEC 边缘云重建安防监控系统的网络体系。通过在边缘云部署边缘智

能 AI，实现了在边缘侧进行视频预处理，对 AI Inference 进行本地判决，实时响应；而云中心进行 AI Training，实现边云协同。

3. 边缘云“智能场馆”业务

在上海、北京开展智能场馆试点验证。中国联通作为 2022 年北京冬残奥会合作伙伴，联合 INTEL、阿里、腾讯等已开启基于 5G 边缘云的“智慧场馆”试点建设，试点业务内容涵盖了安保、360 度 VR 直播、虚拟圣火等。

中国联通联合 INTEL、腾讯云等在上海“梅赛德斯-奔驰文化中心”搭建了 EdgeCloud 边缘云平台，部署 MEC 虚拟化网络功能，开放 API 集成 EVO 等边缘视频编排分发系统。用户可在场馆内观看超大带宽以及近乎零时延的实时 VR 直播、多角度高清视频并与“粉丝-网红”直播互动。

4. 边缘云 V2X 车联网业务

在重庆、北京等地，联合百度、长安等打造边缘云车联网示范应用，实现云边协同智能交通。其中，在重庆 C-V2X 的试点过程中选取了两江新区开发路段进行实验，该实验全长 9.6KM，覆盖空旷路口，人流密集路口，复杂交通路口等 12 种不同类型的典型路口及道路。