

# 中国联通5G MEC边缘云平台 架构及商用实践白皮书

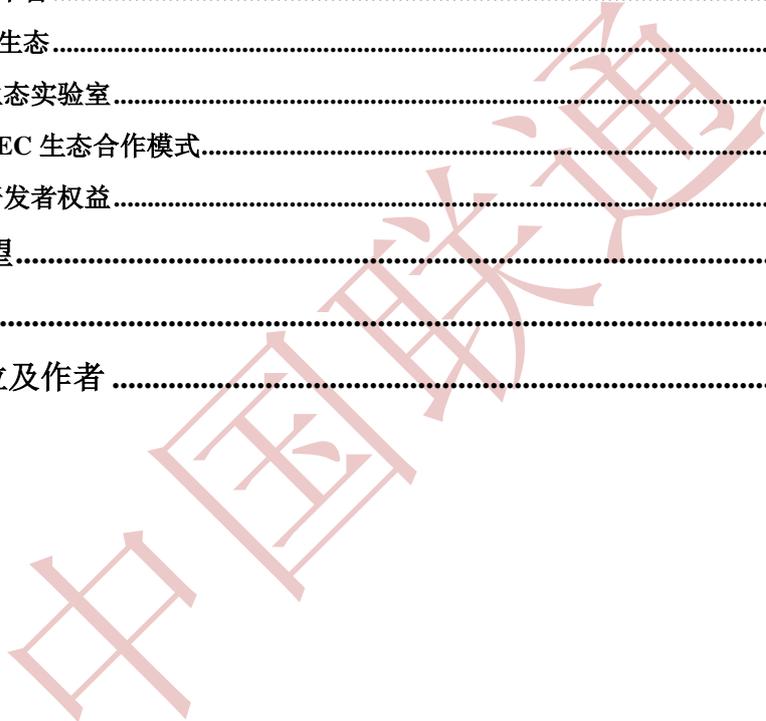
2020年 4月

# 目 录

1 引言.....	1
2 中国联通 MEC 边缘云定位及整体架构.....	3
2.1 MEC 发展现状分析.....	3
2.2 联通 MEC 边缘云定位.....	4
2.3 联通 MEC 边缘云整体架构.....	5
2.4 联通 MEC 部署模式及规划.....	7
2.4.1 中国联通 MEC 部署模式.....	7
2.4.2 中国联通 MEC 部署规划.....	8
3 中国联通 MEC 边缘云商用平台.....	10
3.1 边缘业务部署平台.....	10
3.1.1 边缘 ICT 融合 IaaS(ME_ICT-IaaS).....	11
3.1.2 边缘接入协同平台(MEP).....	12
3.1.3 边缘增值服务(ME-VAS).....	13
3.2 边缘业务管理平台.....	15
3.2.1 MEAO 边缘平台编排器.....	16
3.2.2 MEPM 边缘平台管理器.....	17
3.3 边缘业务运营平台.....	19
3.3.1 营销支撑平台.....	20
3.3.2 业务支撑平台.....	21
3.3.3 客户自服务平台.....	22
3.3.4 智能运维平台.....	24
3.3.5 集中响应平台.....	25
3.4 边缘应用开发者平台.....	25
3.4.1 边缘应用开发工具.....	26
3.5 平台安全.....	26
4 中国联通 EDGEPOD 一体化解决方案.....	29
4.1 软件形态.....	29
4.2 硬件形态.....	30
4.2.1 边缘服务器.....	30
4.2.2 边缘交换机.....	32
4.2.3 边缘一体化柜.....	32

---

5 MEC 边缘云典型商用案例 .....	36
5.1 Edge_新媒体 .....	36
5.2 Edge_智能制造 .....	38
5.3 Edge_智慧港口 .....	39
5.4 Edge_智能车联 .....	41
5.5 Edge_智慧教育 .....	42
5.6 Edge_智慧医疗 .....	43
5.7 Edge_智感安防 .....	45
6 中国联通 MEC 边缘云开放体系 .....	47
6.1 开放的网络.....	47
6.2 开放的平台.....	48
6.3 开放的生态.....	49
6.3.1 生态实验室.....	49
6.3.2 MEC 生态合作模式.....	50
6.3.3 开发者权益.....	51
7 总结与展望.....	52
缩略语 .....	53
联合编写单位及作者 .....	55



# 中国联通 5G MEC 边缘云平台架构及商用实践白皮书

## 1 引言

随着 5G 商用的推进，以及大视频、大数据、物联网等业务的蓬勃发展，越来越多的新应用对网络时延、带宽和安全性提出更高要求。行业普遍认为，MEC(Multi-Access Edge Computing)是应对“海量数据、超低时延、数据安全”发展要求的关键。

作为最早规划建设 MEC 平台的电信运营商，中国联通以“敏捷、弹性、高效、开放”为宗旨，匠心打造“CUC-MEC”边缘智能业务平台，至今已逐步形成了一个包含完整业务平台和运营平台的“云网边端业”一体的可商用 MEC 系统。目前，中国联通已在广州、深圳、东莞、佛山、中山、珠海大湾区 9 个城市完成全国首张规模 MEC 商用网络建设，使能全省 MEC 业务接入；与全国十多个垂直行业的 400+ 个客户开展 MEC 边缘云合作，聚焦“智能制造”、“智慧医疗”、“智慧交通”、“智慧园区”等领域孵化了近百个 MEC 商用工程；自主研发的边缘业务平台也同步完成商用部署，实现全节点及 APP 集中管控、一点创新，全网复制；同时，全国 MEC 边缘运营平台已正式上线，为联通全网业务提供编排和管理，支撑全国 MEC 业务运营发展。

中国联通近年来在 MEC 领域持续深耕，开拓创新，以 MEC 为锚点打造“云网一体”差异化能力，全面实现 5G 数字化转型，坚持每年发布一本 MEC 白皮书向业界介绍最新的成果。

**2017 年，业界首发，率先制定 MEC 部署策略与演进规划。**中国联通在 MWCS(世界移动大会上海站)上发布了《中国联通边缘计算技术白皮书》，详细分析了当前 MEC 的驱动与挑战，介绍中国联通 MEC 的部署策略与演进规划。

**2018 年，架构初成，自主设计 MEC 平台架构。**中国联通参考 ETSI 的 MEC 架构，结合自身特点，设计了符合中国联通特点的 MEC 平台架构，并在 MWC 发布《中国联通边缘业务平台架构及产业生态白皮书》。同时结合 MEC 技术的标准化进展和产业链现状，向业界展示中国联通基于边缘业务平台的重点业务场景，在 15 个省启动 MEC 边缘云规模试点。

**2019 年，平台初建，完成试商用版本建设，并进行多地部署。**依托 5G 网络 DC 化演进和 MEC 边缘云业务需求，中国联通从 ME\_ICT-IaaS、编排管理和统一 Portal 四个层面建设边缘业务平台，针对行业痛点，向业界展示中国联通 MEC

边缘云应用实践案例，并在 MWC 上发布了《中国联通 CUBE-EDGE 2.0 及行业实践白皮书》。

**2020 年，商用元年，实现平台商用，提供一体化解决方案。**随着 MEC 运营平台的建设完成，中国联通实现了 MEC 平台与 BSS 域和 OSS 域的全方位贯通，平台已具备商用条件，并实现规模部署。依托平台，中国联通可针对不同的需求场景，提供相应的一体化解决方案和产品。本白皮书在原有 MEC 成果的基础上继续深耕，首先介绍了中国联通 MEC 边缘云的发展定位和整体架构。随后，介绍了中国联通在 ETSI 参考架构基础上自主创新研发的 MEC 商用平台以及 EdgePOD 一体化解决方案。最后，向业界展示了典型的商用案例以及中国联通 MEC 开放体系。依托 MEC 商用平台，中国联通将继续助推 5G 千行百业向自动化、智能化方向发展。

中国联通



## 2 中国联通 MEC 边缘云定位及整体架构

### 2.1 MEC 发展现状分析

随着 5G 商用时代的全面推进，MEC 边缘云成为助力 5G 网络数字化转型和差异化创新应用服务的强力助推技术，是各 OTT 头部企业、设备厂商、垂直行业和运营商等竞相抢占的具有新机遇和挑战的领域。

国内外 OTT 头部企业的边缘演进是从中心云下沉，依托中心云服务基础和各自生态，逐渐向 MEC 边缘云行业拓展，试图将自身生态延伸至边缘。这种演进模式，除了依赖 OTT 公有云厂商自身生态之外，也依赖于运营商的 MEC 边缘云作为承载底座，对 MEC 边缘云提出了生态整合和云边协同的新的要求。AWS 发布了边缘服务平台 Wavelength，在边缘云上也与 Verizon、Vodafone、KDD 和 SK 电讯等运营商合作，共同提供边缘云服务。微软发布了面向边缘的云平台 Azure IoT Edge，将人工智能和分析工作下沉到网络边缘，并与 AT&T 达成边缘计算的合作伙伴关系。Google 也推出了 Anthos 的边缘框架，计划将 Anthos 生态通过 AT&T 的网络，推送到企业客户和个人客户。在国内，阿里云推出了 Link IoT Edge 物联网边缘计算解决方案，通过管理用户的边缘节点，提供将云上应用延伸到边缘的能力，并与云端数据联动。百度推出了智能边缘计算的“端云一体”解决方案 Baidu IntelliEdge，包括智能边缘本地运行包和智能边缘云端管理套件。腾讯采用“CDN+边缘计算”模式，在视频直播、游戏等大场景上进行探索。这些 OTT 头部企业自身生态往边缘的延伸都离不开和运营商边缘云的整合，在技术整合、生态联营、云边协同等方面提出了新的挑战。

设备厂商的演进是从边缘终端逐渐上移，设备厂商积极研制符合 MEC 部署要求的通用硬件基础设施，同时针对边缘计算具体场景推出更具专业特性的产品。戴尔推出针对物联网的易安信边缘计算网关 Edge Gateway，并与 VMware 联合推出 Dell EMC SD-WAN Edge 集成平台，提供 MEC 解决方案。华为推出针对边缘计算服务器市场的 Ascend 310 芯片，并开发了基于 Ascend 310 的边缘计算服务器应用与奥迪在自动驾驶领域合作。设备厂商的这些缘边硬件能力，受限于接入方式、空间覆盖、网络保障上的限制，亟需通过 5G 等大带宽、低延时管道进行更好的联接方式，更需要电信运营商的全方位的边缘局点布局进行承载，因此对运营商在一体化交付、基础架构能力集成、边缘机房适配等领域提出了新的需求。



各垂直行业也聚焦边缘计算作为交付多种服务的关键技术，以满足自动驾驶、工业互联网、远程医疗等应用对大带宽、低时延、安全私密性需求，使能企业数字化升级。这些应行业的垂直应用希望能够承载在运营商的 MEC 边缘云上，对运营商在开放边缘应用生态系统提出了更高的要求。

综合所述，OTT 头部企业期望实现从中心云到边缘云的生态下沉，设备厂商积极推进的算力上移，垂直行业解决方案寻求在边缘的生态承载，电信运营商在边缘计算领域具备独特的优势，满足这些新兴业务形态的需求，通过把移动网络的 CT 能力注入至 MEC 平台和 IT 能力融合，结合边缘节点的下沉、网络切片技术和分流能力，实现流量的本地疏通，提供低延时、大带宽、高安全的边缘计算能力。

因此，全球主流运营商也积极拓耕 MEC 领域，希望通过边缘计算，实现从管道经营到算力经营转变，强化 2B 市场能力，完善 2C 业务体验。美国电信公司 AT&T 将边缘计算定位为 5G 战略三大支柱之一，与微软、Google 等联合部署基于 5G 网络的边缘云平台，并主导发起了 Airship、Akraino 等边缘开源项目，加快边缘计算生态建设和商用部署。中国移动与中国电信也做出了 MEC 领域的战略部署。

中国联通作为全球运营商部署 MEC 的先行者，近年来持续深耕 MEC 领域，推出的 CUC-MEC 边缘云平台，根据 3GPP 和 ETSI 相关规范标准，秉承“源于标准、高于标准”的理念，在标准基础上做了大量的深度优化。具备端到端集成和一体化运营优势，实现了 CT+IT+OT 的融合。基于开放的 MEC 边缘云生态，积极和 OTT 厂商合作，实现与不同公有云、行业云、私有云生态的无缝对接。通过和边缘设备厂商的适配和一体化边缘交付模式，实现设备厂商能力在联通 MEC 边缘云上的算力上移。基于开放的应用生态，实现千行百业垂直应用的引入，通过平台能力向应用和创新产品渗透，真正实现了可商用、可落地、可运营的 MEC 平台。

## 2.2 联通 MEC 边缘云定位

MEC 是 CT 联接和 IT 计算融合的产物，MEC 的价值在于通过 CT 联接和 IT 计算承载的业务，加上运营商的一体化服务能力，实现最终独特的价值交付。

中国联通将 MEC 边缘云作为发展 5G 2B/2C 高价值业务的重要战略，充分发挥 5G MEC 的价值，以 CT 的联接能力和 IT 的计算能力为切入点，联合合作伙伴构建开放生态，创造性地赋能垂直行业，提供丰富、低时延的边缘应用，使

能 5G 应用场景渗透到“应用和能力”，构建“云、网、边、端、业”一体化的 5G MEC 服务能力，为用户提供真正具备价值的 B/C 端应用和能力。

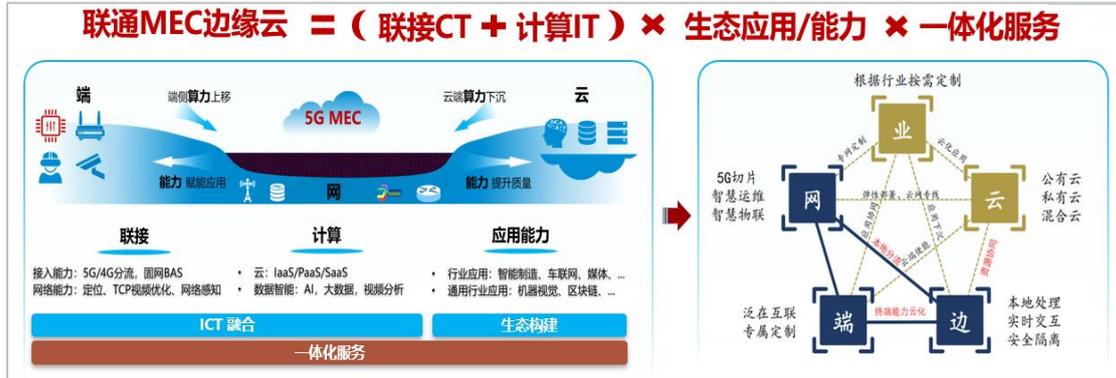


图 1 中国联通“云、网、边、端、业”一体化服务能力

MEC 平台是网络与业务融合的桥梁，是应对 5G 大带宽、低时延、本地化垂直行业应用的关键。凭借独有的“5G+边缘网络”优势，运营商掌控着 5G MEC 的入场券。中国联通将 MEC 边缘云作为实现 CT+IT+OT 融合的锚点，基于边缘云平台结合网络联接的控制与管理能力，融合分流能力/RNIS 等 CT 能力和云 IT 能力，向应用能力和创新产品进行渗透。

为了更好的满足业务实时响应、一体化交付实施的需求，中国联通集团智能网络中心与政企客户事业群联合成立 MEC BU，全国统筹调度；成立 1 个“MEC 业务运营中心”、N 个创新业务孵化基地、X 个省分专项拓展组，全力推进全国 MEC 边缘云节点规划、建设、运维、运营及 MEC 业务拓展的工作。网络与业务有效协同，力出一孔，快速在智能制造、智慧交通、智慧教育、智能安防、智慧医疗、新媒体等领域实现以 MEC 边缘云撬动 5G 项目落地形成收入。

在生态构建方面，中国联通充分发挥“云网边端业”一体化优势，构筑“一点创新，全国复制”的边缘应用商店生态，以“边缘业务平台+行业应用”为中心打通前端市场需求，助力形成高价值行业云，实现行业应用百花齐放。目前，“中国联通 MEC 生态实验室”可为全球合作伙伴提供 MEC 试验床节点，端到端网络环境、产品调测、产品入库上架、产品全国推广和运营支撑等服务。

### 2.3 联通 MEC 边缘云整体架构

中国联通依托 CUC-MEC 平台，通过“集团+运营中心+孵化基地”的组织架构，构建边缘云整体网络架构，推动实现 MEC 业务的“规建维研营”一体化。

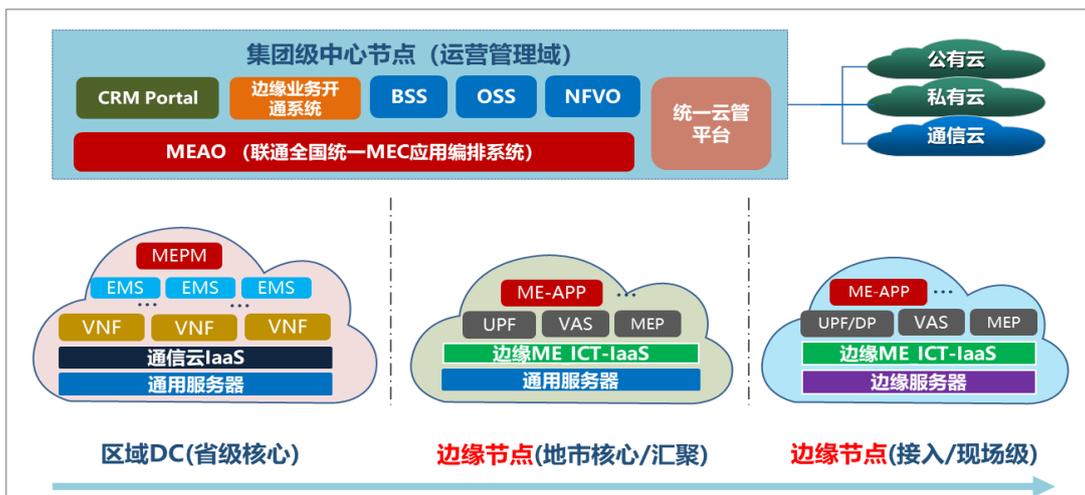


图 2 中国联通 MEC 边缘云整体架构

在部署架构上，中国联通 MEC 边缘云主要分为三大层级。如上图所示，分别为全网中心节点、区域中心/省会节点、本地核心/边缘节点。

### 1) 全网中心节点

在广东/河南部署集团级边缘业务运营平台(包含 MEAO)，对接集团 OSS、BSS、政企营销门户、NFVO、统一云管，对外提供开放接口供开发者及客户上传业务能力和应用。广东、河南之间实现应用同步，共同完成联通全网边缘业务应用的编排和管理。

### 2) 区域中心/省会节点

区域中心/省会节点已在广东、上海、北京、浙江、福建、吉林、重庆等地部署，区域中心/省会节点目前还在持续地补充完善，未来将扩展到全国 31 个省市自治区。

区域中心/省会节点是作为中国联通 MEC 业务孵化基地的核心，将部署 MEPM、MEP 等系统或者网元。MEPM 负责该节点区域/省内所有边缘节点的 ME ICT-IaaS 虚拟化资源管理、MEP 接入协同平台、节点业务管理等功能。MEP 则可以为客户提供集中共享型业务。

### 3) 本地核心节点/边缘节点

本地核心节点/边缘节点对应各个部署 MEC 地市的中心/汇聚/现场接入机房节点，节点内部署 ME ICT-IaaS、MEP、ME-VAS，承载客户的具体业务应用。

核心/汇聚节点一般承载布局类/共享型业务，现场接入节点则一般承载某个客户的专享型业务。



## 2.4 联通 MEC 部署模式及规划

### 2.4.1 中国联通 MEC 部署模式

中国联通 MEC 节点部署采用“网络+平台”的 ICT 融合部署模式，网络侧提供分流及分流配置能力、平台采用中国联通自研 CUC-MEC 平台。中国联通客户的自有应用也可基于 CUC-MEC 平台部署。

具体到业务部署，结合中国联通前期的案例，可主要采用四种模式：

#### 1) 分流共享+平台共享型部署模式(模式 1)



图 3 分流共享+平台共享型部署模式(模式 1)

模式 1 下，分流网元 UPF/GW-U 及平台均部署在汇聚或地市核心层机房。分流网元共享、为不同客户配置不同的分流策略；平台采用多租户模式、为不同客户分配逻辑隔离的基础资源和业务资源。

网元及平台部署层级越高，机房整体条件越好、硬件资源相对更加丰富、维护力量也更加完备，因此可以为客户提供更好的业务保障。由于采用资源共享模式，资费相对低廉，对客户也更有吸引力。

在客户对时延及本地化要求不强烈时，中国联通将主要采用该种模式部署。

#### 2) 分流专享+平台专享型部署模式(模式 2)



图 4 分流专享+平台专享型部署模式(模式 2)

模式 2 下，分流网元 UPF/GW-U 及平台均部署在客户侧接入机房或现场级客户机房，分流网元、平台均为某个客户专享。对于需要本地分流的业务，分流网元将流量分流至本地平台，本地为客户提供服务。



该种模式一般部署在边缘机房或者客户侧，对维护水平要求较高，需要更高的业务保障和响应。对于时延及本地化要求强烈的行业客户，中国联通推荐采用模式 2 部署。

### 3) 分流共享+平台专享型部署模式(模式 3)



图 5 分流共享+平台专享型部署模式(模式 3)

模式 3 下，分流网元 UPF/GW-U 部署在核心/汇聚机房，平台部署在客户侧接入/现场级边缘机房。UPF/GW-U 与边缘平台之间采用承载网或者专线对接。模式 3 不同客户之间共享了 UPF/GW-U 分流网元，但是应用可以按需部署在客户本地。

模式 3 主要优点是可以共享分流网元，降低客户的业务分流成本，同时保障业务应用部署在客户侧。中国联通将对成本敏感且有本地应用部署需求的客户推荐采用模式 3。

### 4) 平台下沉 (DP) 部署模式(模式 4)



图 6 平台下沉 (DP) 部署模式(模式 4)

针对 4G/NSA 业务，中国联通 CUC-MEC 平台的 DP(Data Plane)功能模块也可以提供分流功能，DP 模块一般采用二层模式串接在 S1 接口上，对 S1 流量进行包解析分流。由于采用二层串接模式，因此部署位置应比较靠下，仅面向专享型客户。

## 2.4.2 中国联通 MEC 部署规划

中国联通 MEC 整体部署规划分为布局类和现场级两种模式。



**布局类：**2020 年底，中国联通将在全国所有省份省会及重点城市的核心 DC/ 汇聚 DC 完成 MEC 布局类建设，重点面向视频监控、AI 分析、图像渲染等 2C、2B2C 类业务场景；2022 年底，中国联通将在全国所有地市核心 DC/ 汇聚 DC 完成 MEC 布局类建设。

**现场级：**中国联通现场级边缘节点主要采用按需部署的模式，可以为客户提供 EdgePOD 等一体化标准解决方案（详见第 4 章节），也可以灵活按照客户需求提供各种定制化的软硬件产品。2020 年底，中国联通现场级部署节点预计将超千个，2022 年预计将达到 5000 个以上。

中国联通



### 3 中国联通 MEC 边缘云商用平台

中国联通 MEC 边缘云商用平台的目标，是实现边缘业务在真正商用生产环境和真实商用流程上的落地。中国联通 MEC 边缘云经过几年的实践，不仅面向边缘技术人员，还同时能够支撑边缘业务最终客户、业务营销人员、运营支撑人员、运维支撑人员和生态合作伙伴；在包含了 MEPM、MEAO 和 MEP 等技术模块的同时，也贯通了 BSS 和 OSS 的核心运营运维流程模块。平台已经从一个实验创新平台，逐渐发展成能够在业务上创造新的增长点，在流程上完整具备平台部署、产品营销、业务售卖、下单开通、运行监控、升级迭代、财务结算、业务创新和安全保障的商用全生命周期平台。

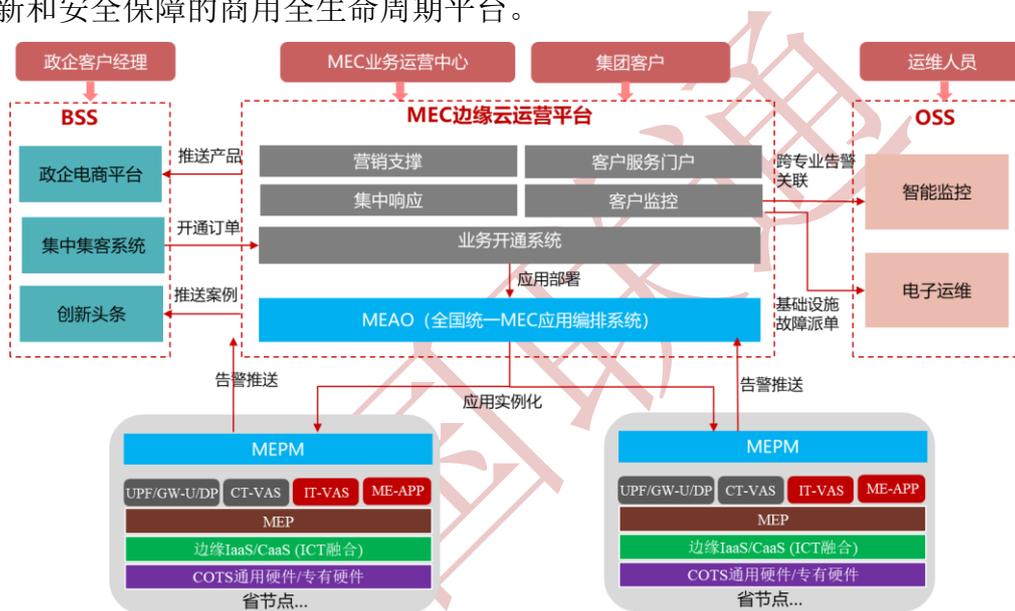


图 7 中国联通 MEC 边缘云商用平台整体架构图

中国联通 MEC 边缘云商用平台分为五大部分：

- 支持边缘云资源分发的部署平台
- 支持边缘云业务生命周期管理的业务管理平台
- 支持运营和响应的业务运营平台
- 支持生态合作伙伴的应用开发者平台
- 边缘安全保障体系

#### 3.1 边缘业务部署平台

MEC 在边缘数据中心节点的布局上，有别于传统集中化的中心云模式，管



理控制面部署在区域数据中心，而数据和业务则下沉到边缘节点。边缘节点包括四种形态：

- 接入边缘节点
- 汇聚边缘节点
- 客户的机房或者数据中心
- 户外场景

边缘节点通过业务部署平台的使能，从而实现边缘能力的下沉、计算能力的延伸。其中业务部署平台的管理对象包括资源底座 ICT 融合 IaaS(ME\_ICT-IaaS)、协同核心边缘平台管理器(MEP)和赋能关键边缘开放能力(ME-VAS)。

### 3.1.1 边缘 ICT 融合 IaaS(ME\_ICT-IaaS)

在 MEC 边缘云的场景中，边缘节点(ME-DC)承载的资源，和传统的 IT 或者 CT 数据中心相比更加复杂。在一个典型的边缘数据中，即包括和 CT 相关的 UPF/GW-U/DP 等资源，也包括和 IT 相关的 SDN 网元、边缘接入协同平台 MEP、APP 应用和 VAS 服务。MEC 边缘云基础底座能力是边缘业务承载的基石，中国联通 ME\_ICT-IaaS 在传统的 IaaS/CaaS 基础上做了优化和提升，形成边缘 ICT 融合解决方案。



图 8 边缘 ICT 融合 IaaS(ME\_ICT-IaaS)承载的资源类型

ME\_ICT-IaaS 在承载 CT 网元(如 UPF/GW-U/DP)的同时，也能够承载 IT 资源(如 SDN 网元、边缘接入协同平台 MEP、APP 应用和 VAS 服务等)。同时针对边缘的特色，整合了一些特色的能力。主要集中在以下七个方面：

表 1 边缘 ICT 融合 IaaS(ME\_ICT-IaaS)增强

融合增强	详细描述
VM--as-a-service 和	集成 VM--as-a-service 和 Container-as-a-service 的能力，



Container-as-a-service 能力融合	能够同时提供虚拟机(VM)和容器(Container), 满足 CT 和 IT 的不同需求
边缘二次分流能力	增强了网络二次分流能力, 实现 In-Line、Break-out 和 Tap 等不同层面精细分流的需求
看门狗(WatchDog)功能	通过虚拟机内 repair-timeout 配置协同, 实现在对关键的 VNF 和 IT 业务的僵死状态感知, 自动实现重启或者其他自愈干预操作
RT 实时操作系统	实时(Real-Time)操作系统支持, 提供高敏感的实时虚拟机, 满足高灵敏度 CT 和 IT 业务对处理任务性能和延迟抖动的严格要求
加速硬件能力融合	针对硬件加速有特殊要求的 VNF 和 IT 业务, 提供 DPDK/SR-IOV 加速、GPU 加速透传、NUMA CPU 预留、大页内存分配能力等能力
轻量化	针对一些边缘资源紧凑的节点, 支持轻量化模式, 实现边缘侧分布式存储与控制、计算共享宿主机的集成模式。通过镜像缓存模式, 在中心集中放置镜像, 边缘按需进行拉取。
无人值守和远程运维	安全补丁或新功能更新, 通过远程推送实现边缘 ME_ICT-IaaS 的升级。故障上报能力, 根据联通 OSS 要求向中心上报故障, 实现集约化运维。

### 3.1.2 边缘接入协同平台(MEP)

边缘接入协同平台(MEP)负责管理边缘业务, 承担着 MEC 边缘云中 “云、网、边、端、业” 的核心交互工作。

在 ETSI 的 MEP 规范中, MEP 主要的职责是流量控制(Traffic Rule Control)、DNS 处理(DNS Handling)和服务分发(Service Delivery), 在中国联通 MEC 边缘云的具体实现中, 基于以上基本能力, 进行了大量的细化和提升。主要包括以下几个方面:

表 2 边缘接入协同平台(MEP)在 ETSI 规范基础上的实现和增强

ETSI MEC 参考架构	中国联通 MEC 实现和增强
流量控制 (Traffic Rule Control)	UPF/GW-U/DP N4 流量控制 IT/CT 防火墙 vFW 流量控制 云边防火墙 vFW 流量控制 vNAT 和 UE Devcie ID 感知和流量控制
DNS 处理(DNS Handling)	DNS 域名解析服务(DNS Library)



	DNS 分流(DNS Re-direction)
服务分发(Service Delivery)	兼容宏服务(Macro-Service)和微服务(Micro-Service)的 API 网关(API Gateway) CT-VAS 服务分发 IT-VAS 服务分发 ME-APP 分发

### 3.1.3 边缘增值服务(ME-VAS)

在 ETSI 的 MEP 规范中，定义了服务分发(Service Delivery)的能力，在中国联通 MEC 边缘云的具体实现中，这类增值服务(VAS, Value Added Service)被分为 CT 增值服务(CT-VAS)和 IT 增值服务(IT-VAS)，两种服务通过 API 网关(API Gateway)实现注册、上线、鉴权、发布、流控、下线和计量等生命周期管理。

VAS 将共性常用的 IT 能力和运营商独特的 CT 能力供给边缘应用调取，实现计算和联接能力的下沉，支持低延时、大带宽、高安全的边缘响应。CT-VAS 和 IT-VAS 包含但不限于以下能力：

表 3 ME-VAS 设计

CT-VAS	IT-VAS
UE 位置 LBS 定位服务	AI 工业机器视觉服务
RNIS 服务	AI 图像识别服务
用户标识服务	AI 运动识别服务
带宽管理服务	视频转码服务
QoS 服务	IoT 设备管理服务
边缘站点切换服务	VR 渲染服务
V2X	边缘 CDN 调度和分流服务
TCP 加速服务	Bigdata 大数据服务
园区私有数据一致性保障服务	...
...	

CT-VAS 和 IT-VAS 能力的来源基于不同后台能力：

- CT-VAS 的来源主要来自和 5GC 的 NEF 的接口，同时也通过构建 MP2 接口，调度直接边缘网元(UPF/DWG-U/DP)和 PCF 的方式获取相关网络信息。CT-VAS 还包括了一些边缘 SDN 网元的接口，主要是 IT/CT 防火墙、Cloud/Edge 防火墙的安全策略、NAT 规则、VPN 规则等相关能力。



- IT-VAS 的主要来自基于 ME\_ICT-IaaS 承载的实现,和一般云原生(Cloud Native )微服务(Micro-Servcie)不同,除了基于容器方式提供的服务(Container-Based Service),在边缘场景中,还需要服务往往通过虚拟机方式提供传统的 API 服务(VM-Based Services),称之为宏服务(Macro-Servcie)。除了以上两种类型的服务,API 网关还需要在某些情况下集成联通生态中的第三方服务,这种服务一般是实现云边协同能力的本地代理,实现云边协同的一些协同工作。

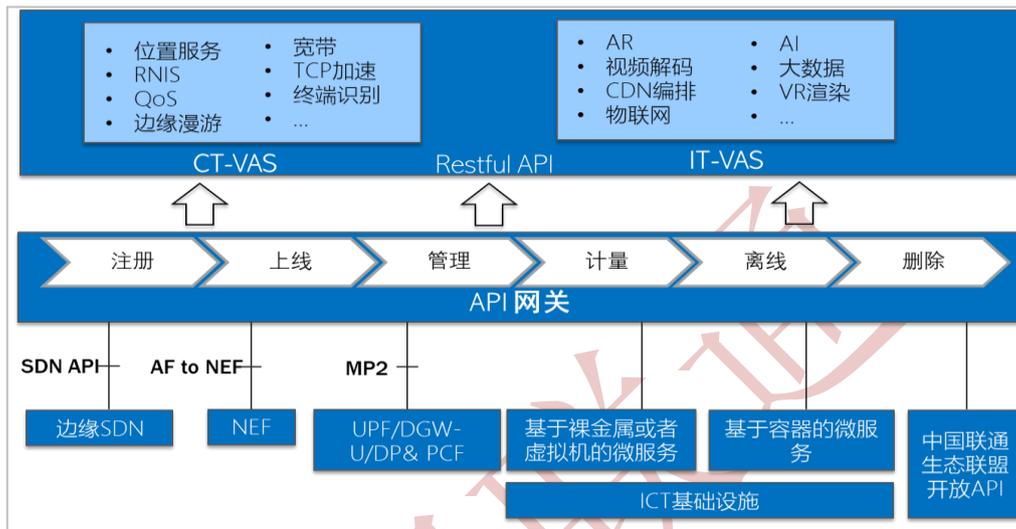


图 9 ME-VAS 的实现原理

通过 MEP 中的 API Gateway 管理 VAS 的生命周期管理,API 的生命周期管理包括服务注册、服务上线、服务管理、服务计量、服务下线和服务删除。其中服务的管理和计量是整个服务管理中的核心环节,服务管理包括服务发现、访问鉴权、服务订阅和服务更新等内容,服务计量包括服务次数访问的统计、熔断控制和访问限制。

在边缘场景中,和传统的 IT 场景的 API Gateway 不同之处地方有以下几处,中国联通根据边缘特点,在每个功能点上做了相应的增强:

表 4 API Gateway 在 ETSI 规范基础上的实现和增强

功能点	中国联通边缘 API Gateway 实现和增强
鉴权	边缘场景面对 UE(LDN 外部)和 APP(LDN 内部)的两种访问场景,对于 APP 类型的访问,API 网关的鉴权策略,可以通过为 APP 增加一个访问令牌(User Access Token)的方式进行鉴权,但是对于 UE 来说,这种鉴权方式和 UE 本身的鉴权存在一定冲突,需要根据 UE 的 ID 实现共同鉴权。
计量	边缘场景除了一般服务访问的统计之外,边缘 API Gateway 和 BSS 的用户计费策略结合,实现访问次数的限制,同时增



	强了在发生 API DDoS 攻击的时候启用熔断策略的能力
性能损耗	边缘场景对应用的延时有更加严格的要求, API Gateway 的引入往往带来一定的性能损耗, 通过 DPDK/SR-IOV 等加速网络加速硬件, 实现更小的性能损耗

### 3.2 边缘业务管理平台

ME\_ICT-IaaS、MEP 和 VAS 是在每个边缘数据中心(Edge DC)所需要部署的模块和能力, 当面对分散在各个网络大区成千上万个边缘机房的时候, 需要通过部署在核心数据中心的边缘平台编排器 MEAO 和边缘平台管理器 MEPM 两者共同工作, 实现边缘资源的整体调度和统一管理, 在业务层面支持“一点创新, 全国复制”的能力。

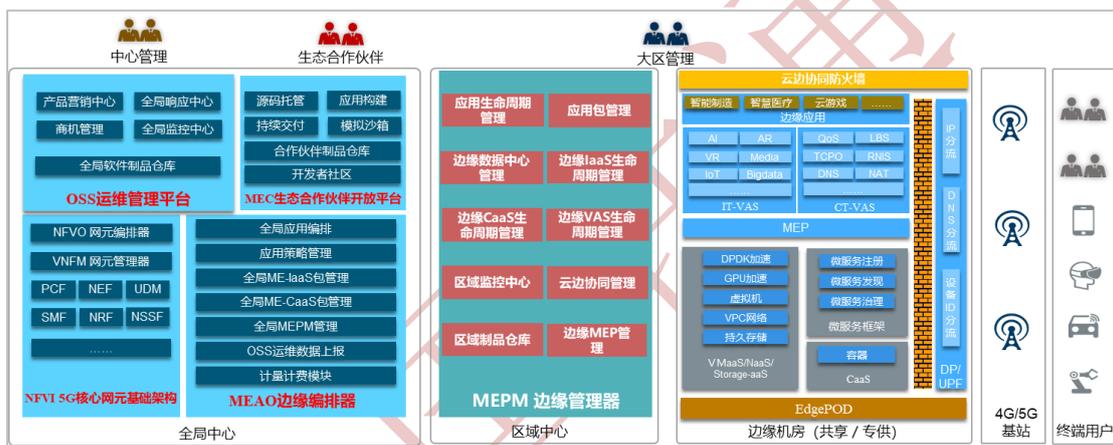


图 10 边缘业务管理平台整体架构图

MEAO 全国统一集中部署在核心数据中心(Central DC), 北向和运营管理平台 OSS/BSS 系统对接, 实现对边缘统一资源的全局调度和支撑边缘计量(非计费)能力, 南向对各个区域的 MEPM 进行调度, 并且负责运维运营信息提取、分析和上报。

MEPM 部署在各省的区域中心机房(Regional DC), 是 MEAO 调度能力的实际载体, 具备区域自治能力, 可以支撑区域运维人员进行域内所有边缘数据中心(Edge-DC)的管理。MEPM 的设计上存在“胖 MEPM(Fat MEPM)”和“瘦 MEPM(Thin MEPM)”两种设计思路, 中国联通采用的是“胖 MEPM(Fat MEPM)”的设计思路, 这样做的目的是为了实现在更好的差异化边缘特色。对边缘的管理的生命周期进行管理, 管理对象包括 Edge-DC、ME\_ICT-IaaS、MEP、ME-VAS 和 ME-APP 等管理对象, 并针对其他边缘业务管理人员、ISV 和边缘用户提供接口。

### 3.2.1 MEAO 边缘平台编排器

MEAO 是 MEC 架构中全局管理中心，对接 OSS 实现对 MEC 全局资源的管理和调度，MEAO 包括 OSS 全局业务调度、MEPM 生命周期管理、全局镜像仓库、运维信息汇聚上报和边缘业务计量等功能。



图 11 MEAO 功能模块

表 5 MEAO 在 ETSI 规范基础上的功能实现

功能分类	功能描述
OSS 全局业务调度	MEAO 接受 OSS 发送的应用描述符(AppD, Application Descriptor)，对其进行和 MEPM 配合实现 ME-App 的生命周期管理。MEAO 通过接口与 MEPM 异步消息交互，实现以下运营相关功能： <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 应用开通</li> <li>◇ 应用变更(扩容/缩容)</li> <li>◇ 应用状态查询</li> <li>◇ 应用终止指令</li> </ul>
MEPM 生命周期管理	管理区域 MEPM 的开通、管理和下线等功能
全局镜像生命周期管理	保存全国用于 ME_ICT-IaaS 部署、MEP 部署、ME-App 部署、ME-VAS 部署所需的黄金镜像包(Gold Package)，并负责镜像包的上线、更新和下线管理
运维信息汇总和上报	根据 OSS 要求，对各地关键运维信息进行获取>Loading)、汇总(Aggregation)和抽取(Extraction)，并上报统一运维所需信息
边缘业务计量	应用计量信息上报，实现对业务的计量能力



### 3.2.2 MEPM 边缘平台管理器

在上文提到的 MEPM 的设计上存在“胖 MEPM(Fat MEPM)”和“瘦 MEPM(Thin MEPM)”两种设计思路，两种模式在运营商都有采用，各自的技术组成不同，在结果上也各有优劣。中国联通在 MEC 边缘云的指导思想是能够支持“云、网、边、端、业”的五位一体，虽然“瘦 MEPM”模式难度小，但是考虑到未来边缘计算能够实现灵活的用户赋能，具备更强的创新延展，实现差异化能力，中国联通采用的是“胖 MEPM”的设计思路。

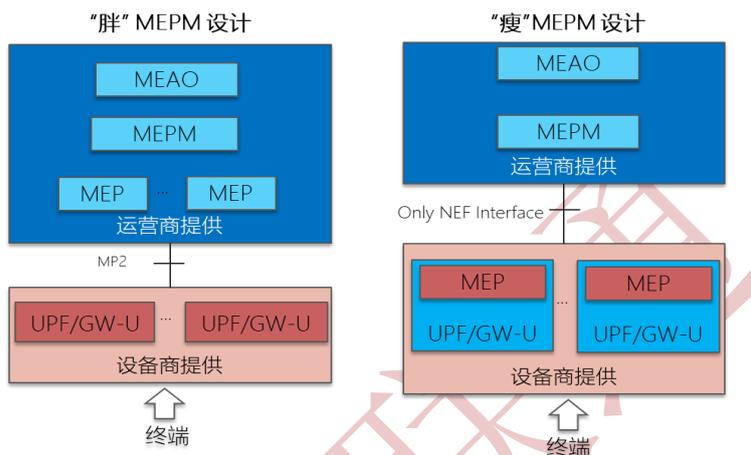


图 12 “胖 MEPM”和“瘦 MEPM”两种设计思路

表 6 “胖 MEPM”和“瘦 MEPM”对比

	胖 MEPM	瘦 MEPM
实现方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEP 根据运营商需求和业务特色进行深度开发</li> <li>统一 MP2 接口，实现白盒解耦，在边缘侧调用，可以实现更高的效率</li> <li>MEPM 集成部分区域运维能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEP 通过采购设备商提供的模组实现</li> <li>MP2 接口不重新定义，而是选择统一家设备商的 MEP 和 UPF，交由设备上内部黑盒实现</li> <li>MEPM 设计成对接各个厂商 MEP 的一个抽象接口层</li> </ul>
优势	<p>MEP 是边缘用户数据的第一聚集点，能够根据边缘业务的特色和发展，通过快速迭代和适配，更容易形成差异化服务，提升竞争力。</p> <p>MEP 和 UPF 白盒解耦，灵活性高，边缘本地调用效率更高</p>	<p>运维团队不需要很强的 DevOps 能力</p>

劣势	需要一定的具备 DevOps 能力的团队支撑开发、升级和演进	<p>受限于设备厂商 MEP 的局限，不能够根据业务的需求进行迭代</p> <p>MEP 和 UPF 绑定，黑盒接口，灵活性低，需要绕到核心网通过 NEF 调用，效率不高，差异化依赖于设备厂商的能力。</p>
----	--------------------------------	--

在具体能力实现上，中国联通 MEPM 在 ETSI 定义的能力的基础上，秉承“源于标准、高于标准”的理念，做了很多的扩展。在 ETSI 的规范中，MEPM 的基本功能是实现应用(APP)的生命周期管理和 MEP 边缘分流能力的调度接受 MEAO 下发的 AppD，也可以通过区域管理员发起操作，实现 ME-App 实例的初始化、ME-App 边缘分流能力的定义、ME-App 的 FCAPS 管理功能和 ME-App 的终止，确保 ME-App 的可运维性和可管理性。

但是中国联通 MEPM 在具体实现上，定位在一个可以支持区域运营人员的管理中心。中国联通 MEPM 可以在边缘数据中心生命周期管理(Edge DC LCM)、边缘数据中心 ME\_ICT-IaaS 生命周期管理(Edge IaaS/CaaS LCM)、ME-VAS 生命周期管理(ME-VAS LCM)、MEP 生命周期管理、云边协同、ISV 支持和区域运维功能等方面，在 ETSI 规范的基础上做了更多的增强。

相比较 ETSI MEC 参考架构，中国联通在 MEPM 的增强点如下表所示。

表 7 中国联通 MEPM 在 ETSI 规范基础上的实现和增强

功能点	ETSI MEC 参考架构	中国联通 MEPM 实现和增强
边缘数据中心生命周期管理 (Edge DC LCM)	未明确定义	对边缘数据中心生命周期管理做了细化和实现，联通的边缘数据分为共享(Shared)和专供(Dedicated)两种模式，前者指来联通的接入和汇聚机房，后者往往指部署在客户现场的机房。包括边缘数据中心的上线、信息获取和录入、变更和下线等能力实现。并定义了 EdgePOD 的一体化交付模式，实现更快速的边缘能力交付。关于更多的 EdgePOD 信息，可以参考第 4 章节。
边缘数据中心 IaaS/CaaS 生命周期管理 (Edge IaaS/CaaS LCM)	未明确定义	实现了对 ME_ICT-IaaS 的生命周期管理，并在远程推送、无人值守和运维信息获取等方面做了增强。
应用生命周期管理 (APP LCM)	明确定义	针对 AppD 做了明确的实现，可以支持基于 VM 的应用描述符(TOSCA)和基于容器的云原生(Cloud Native)应用描述符(YAML)，中国联通和全球各大运营商在这一边缘应用描述符领域合作，希望形成一个统一的标准



ME-VAS 生命周期管理(VAS LCM)	在 MEP 的 Service Delivery 中有部分定义	在联通的具体实现了 CT 增值服务(CT-VAS)和 IT 增值服务(IT-VAS)，实现注册、鉴权、发布、访问控制、下线和计量等生命周期管理。详细可以参考 3.1.3 章节。
云边协同	未明确定义	在联通的 MEPM 中初步实现了云边协同的能力，实现边缘和公有云、行业云和私有云的协同方式。
区域运维能力的增强	未明确定义	针对区域运维管理员、ISV 合作伙伴支撑人员等进行了更细致的权限划分，并提供在其管理职权内的远程管理和运维能力，下沉区域运维能力，提升运维效率。

### 3.3 边缘业务运营平台

边缘业务运营平台是结合中国联通现有的体系，量身打造的边缘业务的全国一级平台系统，是中国联通构建边缘业务全国一体化运营、运维支撑体系的核心生产系统。

运营平台作为中国联通在边缘业务的售前、售中、售后运营全过程支撑平台，平台前端连接 BSS 域，实现产品统一投放、业务统一受理、计费统一清算。后端连接 OSS 域，实现与大网资源精细关联，业务监控，故障处理，投诉响应等协同运维。通过与 BSS 和 OSS 核心系统贯通，实现边缘业务的售前、售中、售后大闭环。

#### 1) 售前阶段

对外提供统一的客户服务门户和客户自助控制台，实现边缘云产品展示和推荐功能，同时平台提供节点资源实时可视，客户经理可直观查询全国、全省及地市的边缘云节点分、接入及能力，支撑商机挖掘。

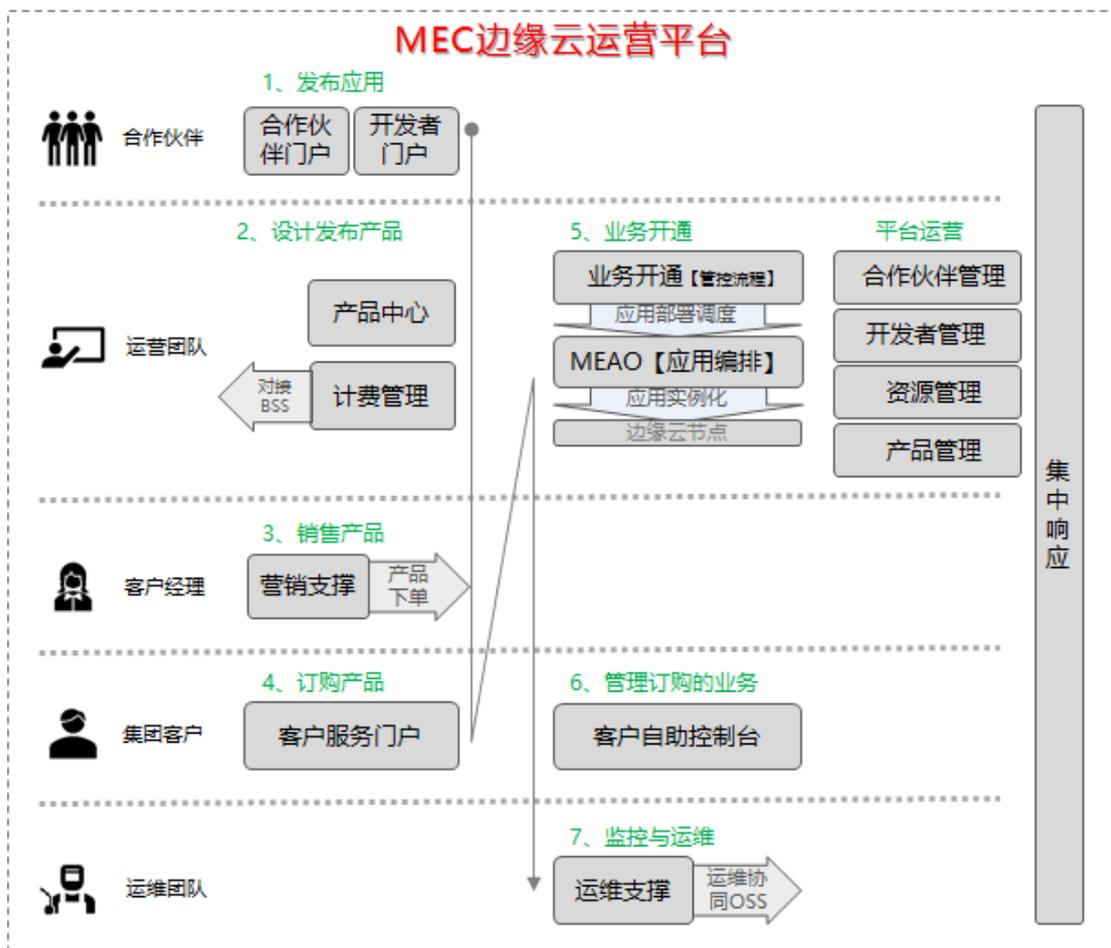


图 13 边缘业务运营平台功能逻辑图

## 2) 业务交付阶段

平台对接 BSS 系统，上线标准化产品，实现 MEC 产品的在线订购；通过平台中心节点 MEAO 与区域 MEPM 协同，实现边缘末端应用实例自动部署。

## 3) 售后维护阶段

客户业务全程可视，主动监控预警，自动派单处理，并通过集中响应能力，支撑业务运营中心一点受理咨询和投诉等任务，实现业务高效处理。

### 3.3.1 营销支撑平台

以解决客户经理获取用户信息难、不清楚用户周边资源情况、无法判断接入条件等问题为目标，帮助客户经理全面提升边缘云业务营销能力，切实解决业务发展中的痛点和难点。系统承载客户信息、资源信息，发现潜在客户和可营销产品，支撑客户经理做精准营销，并与 BSS 域对接实现边缘产品的统一投放。



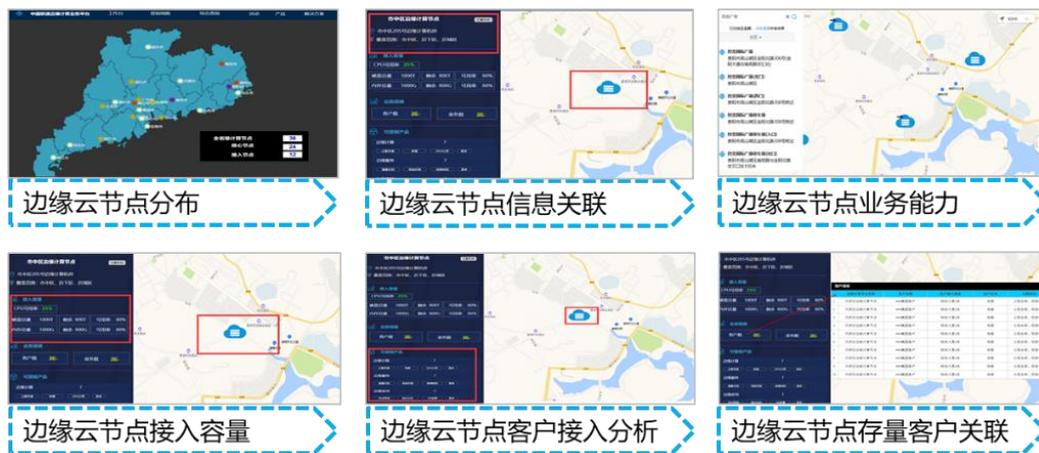


图 14 营销地图

### 1)营销地图

客户经理、市场以及运营管理人员，可通过营销地图的 GIS 地图上直观地查看全国、全省及地市的边缘云节点分布情况、接入容量、业务能力及集团客户接入关联分析等信息。通过提供边缘云节点和客户信息 GIS 地图呈现，实现资源预覆盖能力前移，客户经理发展用户时，可更清晰了解资源条件和具备的能力，在边缘计算节点覆盖的区域可重点发展覆盖的客户。

### 2)产品推送

边缘云业务相关产品的发布和变更，都会及时向政企电商平台推送，及时更新产品介绍、典型客户和相关文档等信息，实现边缘云产品的统一和及时投放，让客户经理及时了解最新的产品信息，更好地服务客户。

### 3)案例推送

通过对典型的已开通客户和业务进行总结，形成优秀案例素材和方案，向 BSS 域的创新头条进行推送，实现互联网渠道的推广宣传，辅助支撑产品营销。

## 3.3.2 业务支撑平台

业务支撑平台提供全流程自动开通业务的能力，以及对边缘云运营平台的 ICT 资源、产品、生态的统一集中管理，同时为 BSS 提供计费及对账接口，和 OSS 提供资源、工单、告警接口。

边缘业务开通秉持业务流程可编排、业务开通透明化、流程监控以及开通效率精细分析的原则，实现从客户在线订购到自动出账计费的业务全流程自动开通。





图 15 业务开通一级流程图

联通 MEC 边缘云实现对全国边缘云资源的统一管理、统一调度、统一运维，提供所有资源的全局视图、拓扑管理以及资源核查能力，联通 MEC 边缘云的资源包括：

- 1) MEC 边缘云的边缘计算节点和 EdgeUPF/EdgePOD 相关的软硬件 ICT 平台资源，为平台资源提供标准化的资源模型和统一的运维模型；
- 2) MEC 边缘云相关产品、应用包、应用实例和订单的业务资源，为业务资源提供统一设计与维护，以及规范的审批流程；
- 3) MEC 边缘云业务的合作伙伴和开发者的生态资源，为生态资源提供统一的门户管理。

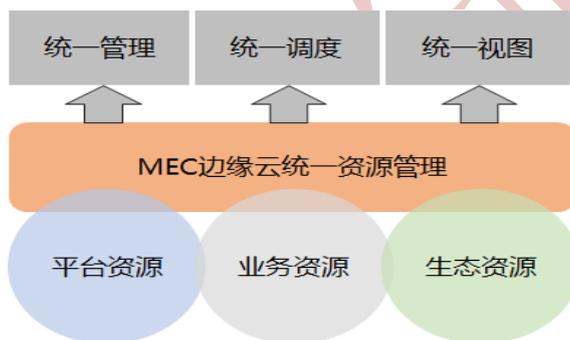


图 16 业务支撑统一资源管理业务示意图

联通 MEC 边缘云业务支撑平台与现有的 OSS2.0 接口对接，制定统一的客户故障规则定义，标准化客户故障派单规则，实现客户故障的关联、监控、故障工单监控以及分析的能力；同时业务支撑平台与现有的 BSS 接口对接，实现 MEC 边缘云自动计费和自动结算能力。



图 17 业务支撑与 OSS2.0 及 BSS 业务逻辑示意图

### 3.3.3 客户自服务平台

平台为客户提供线上支撑手段，包括面向售前阶段的客户服务门户和面向售中、售后阶段的客户自服务控制台。





图 18 客户服务门户

客户服务门户提供面向客户的产品和方案展示，便于客户随时了解边缘云业务相关的产品和能力和动态。同时面向开发者提供开放生态平台，以便开发者了解相关的活动以及能够使用的工具、API、SDK 等，吸引合作伙伴同时活跃开放生态。

- **直观展示：** 客户经理可以通过门户对客户介绍边缘云业务的相关产品
- **热门产品：** 对热门产品以图文方式进行介绍，更为快捷
- **方案体系：** 分行业的方案清单和具体方案介绍，简单明了
- **合作开放：** 提供开发生态平台，开发者可以了解基于开发者的重大活动

客户自服务控制台针对售中、售后阶段，以客户已订购的业务为中心，向客户提供业务运行透明化展示和客户业务运维支撑服务的控制台。客户可在自服务平台上：

- 实时连线客户经理，进行售中、售后咨询
- 了解订单进度和流转过程
- 了解投诉处理进展和推荐的解决方案
- 了解已开通业务的故障处理进度和影响情况
- 直观查看已开通业务的运行情况、使用情况等实时分析数据
- 对已开通业务发起部署位置、资源配置、能力范围等变更申请，提出业务冻结和解冻等操作



### 3.3.4 智能运维平台

业务监控模块是与 OSS 侧对接的收口单元，主要用于支撑运维、运营人员进行业务运行状态监控和运维处置。业务监控对边缘云节点资源信息与客户业务运行状态全天候监控、故障预警实时推送和性能指标多维度呈现。并支持基于值班表的短信/邮件告警通知策略，精准推送故障关联告警，并进行故障派单，保障平台稳定可靠运行。



图 19 智能监控中心

- 智能故障发现：**提供告警关联和压缩规则、故障定级和分类规则，对相关规则命中情况和准确性进行长期跟踪分析；利用多种分析算法对历史告警数据进行学习、推理，持续提升根因判断的准确性，持续优化告警规则；
- 自动自愈处置：**平台纳管各 MEP 平台内置的自愈服务，提供分场景、分客户、分业务类型的故障处置预案编排功能，允许运维人员在线设计自动化的采集、判断、处置流程，定义故障处置预案触发条件和异常回退策略；
- 精准派单：**平台提供派单规则线上配置功能，运维人员配置好的派单规则会推送给 OSS 侧的派单系统，同时会跟踪派单结果和实际故障处置结果，进行派单准确性分析，并结合故障发现模块的告警根因分析功能实现派单规则的持续优化；
- 性能监控与分析：**平台可配置针对基础设施、边缘云平台和业务应用的多种性能指标配置和自动巡检计划配置，可通过自动化巡检能力实现对平台及业务的全方位性能监控和告警生成，同时提供割接后一键业务验证、故障清除有效性验证等综合性测试验证能力；

- **运维可视化监控：**支撑边缘业务运营人员及时掌握客户业务动态，主动发现平台故障问题并及时处理，监控功能涵盖业务视图、资源视图、故障管理、性能管理等，边缘节点资源监控以及业务统计数据上墙，满足大型数据中心的大屏需求。

### 3.3.5 集中响应平台

集中响应是在售前、售中、售后全过程中实现客户、合作伙伴、客服、运维等角色的线上化、智能化沟通和信息共享平台。支撑平台内部和外部用户的产品咨询、售前支撑、故障支撑和投诉问题，提供面向集团客户、前端销售经理/方案经理和后端运维支撑的一点响应，平台提供知识库、在线人工处理和合作伙伴支撑入口，精准支撑用户诉求，提升处理效率和闭环质量。



图 20 集中响应

## 3.4 边缘应用开发者平台

边缘应用开发者平台是中国联通面向全球 MEC 边缘云开发者的平台，是中国联通践行边缘开放生态的重要一环。中国联通开放 ME\_ICT-IaaS、CT-VAS、IT-VAS 和 5G 边缘沙箱能力，提供平台 API、SDK 和开发者工具集合，面向开发者提供孵化、使能、承载、分发全方位对接，实现边缘应用的“一点创新，全国复制”。





图 21 一点创新 全国复制

### 3.4.1 边缘应用开发工具

中国联通将对开发者开放以下边缘生态配套工具组合：

- 开放 aPaaS 能力，提供 DevOps 相关的源码仓库、源码构建、制品仓库等一系列应用开发运行时(Runtime)平台能力，支持从源码到制品的应用生命周期开发管理；
- 开放应用包的自助界面，支持应用包的上传、检测和制作；
- 开放 IaaS 能力，提供基于标准 OpenStack 开放架构的 IaaS 平台，提供虚拟机、持久存储、VPC 网络服务等能力；
- 开放 CaaS 能力，提供基于标准 Kubernetes 开放架构和符合 OCI 标准接口的 CaaS 平台，提供微服务注册、发现、配置、治理框架，实现云原生应用的快速上线；
- 开放边缘沙箱能力，基于 4G/5G 边缘网络模拟访问环境，开发者可以进行边缘应用功能和性能的验证；
- 开放边缘开发配套文档，包含网络/应用能力 API 调用接口和相关 SDK 包；
- 联通将通过 API 接口或 SDK 调用方式，对开发者开放 4G/5G 边缘 ME-VAS，开放 UE 位置 LBS 定位、RNIS、TCP 加速等 CT-VAS 服务和 AI 工业机器视觉、AI 图像识别、视频转码、VR 渲染等 IT-VAS 服务给到开发者调用。

## 3.5 平台安全

MEC 边缘云作为一个新的业务形态和技术架构，在部署位置上是公有云下



沉、私有云上移的中间形态，是 IT 和 CT 的融合技术，在 MEC 边缘云的安全设计上，相较于传统的安全措施，存在一定的相同点和差异点。

- 相同点：和传统的公有云或者私有云类似，边缘云在资源隔离上也可以通过底层 IaaS 堆栈，实现租户隔离、计算隔离、网络隔离和存储隔离等能力，边缘网络也要和传统核心网络一样，通过核心网的鉴权、加密和认证，实现边缘相关网元和用户访问的安全防护。
- 差异点：和传统的公有云或者私有云不同，边缘云并非传统的单个数据中心或者两地三中心架构，而是“核心-汇聚-接入”的多级架构，在单个部署机房的环境、规模、网络位置和安全支出也存在差异性。在边缘接入节点的安全防护措施上，除了满足等保 2.0 必须具备的安全能力，也会根据该节点部署的客户业务需求来调节安全能力，达到差异化服务要求。同时边缘云在其应用引入、上线、部署的生命周期环节，和公有云或者私有云的应用生命周期管理也有不同。

根据以上相同点和差异点，中国联通在安全设计上根据 MEC 边缘云的特点，在传统安全设计的基础上，也做出了有针对性的适配和增强。

首先，从部署位置层面，实行分层级的等级保护，按照接入层、汇聚层、核心层的理念分成三层，实行不同层级的安全防护。中国联通 MEC 边缘云平台安全工作开展“三同步”，按照相关规范指南的要求来规划、建设、运行，构建符合等保 2.0 版安全通用要求和安全扩展要求的平台。

- 中国联通在 MEC 边缘云节点内提供电信级的网络安全，通过板卡、设备、链路的多冗余保护机制，采用交换机堆叠、集群等多虚一等技术实现网络安全；
- 管理侧通过接入 4A 系统、日志审计系统、漏扫系统等系统来实现对平台账号的分权分域管理，实现操作日志、系统日志、安全日志审计，实现对整个平台的定时漏洞扫描等，确保整个边缘云平台的安全运行。
- 网络侧通过平面隔离、引入防火墙、设置安全区域、部署 IPS/IDS、防病毒网关等手段，确保节点业务运行和维护安全；
- 节点间提供异地容灾保护机制，基于中国联通智能城域网，利用 SDN、VXLAN、EVPN 等网络技术确保本地、异地容灾节点的数据同步，即在本级节点全局性故障情况下，异地容灾备份节点能接管本级节点业务，确保客户业务的正常运行。



其次，从应用的生命周期层面，按照应用的开发、发布、上线等生命周期步骤，分别从开发期的源码检测、发布期的镜像检测和运行期的主机与网络检测三个层面，实现全生命周期的防护：

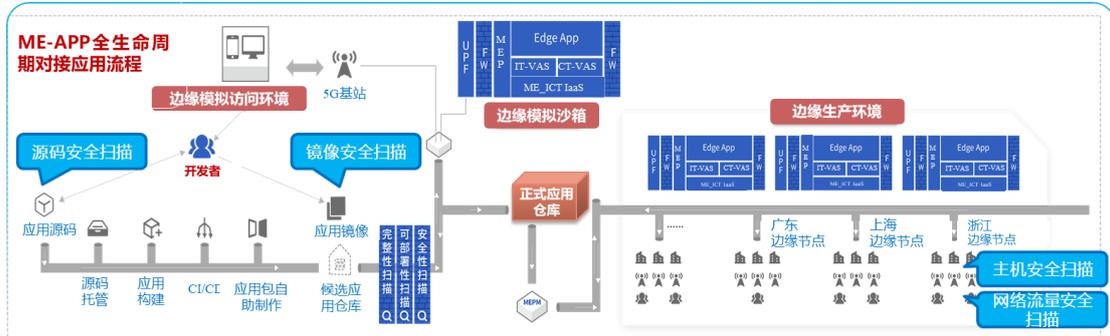


图 22 平台应用安全架构图

- 源码安全子模块：针对第三方开发者以源码形式提交的边缘应用，通过源码扫描模块，进行安全风险和注入缺陷扫描，及时预警和汇报，避免潜在风险。
- 镜像安全子模块：针对第三方以镜像形式提交的边缘应用，通过根据国际上的安全漏洞标识库，遍历所有镜像中的文件系统，逐个检查潜在后门和病毒，及时做出预警和风险提示。
- 主机安全子模块：针对运行在虚拟主机中的应用，针对反弹 Shell、可疑操作、系统漏洞、安全后门等风险进行动态识别，发现潜在后门和病毒，及时做出预警和风险提示。
- 网络流量安全子模块：支持根据主机 Tap 信息的流量镜像，支持网络攻击事件检测和预警。

最后，对于边缘云的用户和某些行业应用来说，他们的私有数据(如加密 key，个人身份信息，生物特征信息等)，和关键算法 IP 是其核心的东西，因此需要一些安全技术提供这样的可信计算环境 TEE(Trusted Execution Environment)，使得在 TEE 中运行的数据和算法能够保证其私密性和完整性。



## 4 中国联通 EdgePod 一体化解决方案

MEC 边缘云的边缘节点有四种场景，分别是接入、汇聚、客户机房和户外场景，这四种场景和两种使用模式相关：共享模式(Shared)专供模式(Dedicated)。接入和汇聚边缘节点一般属于共享模式，客户机房和户外一般属于专供模式。

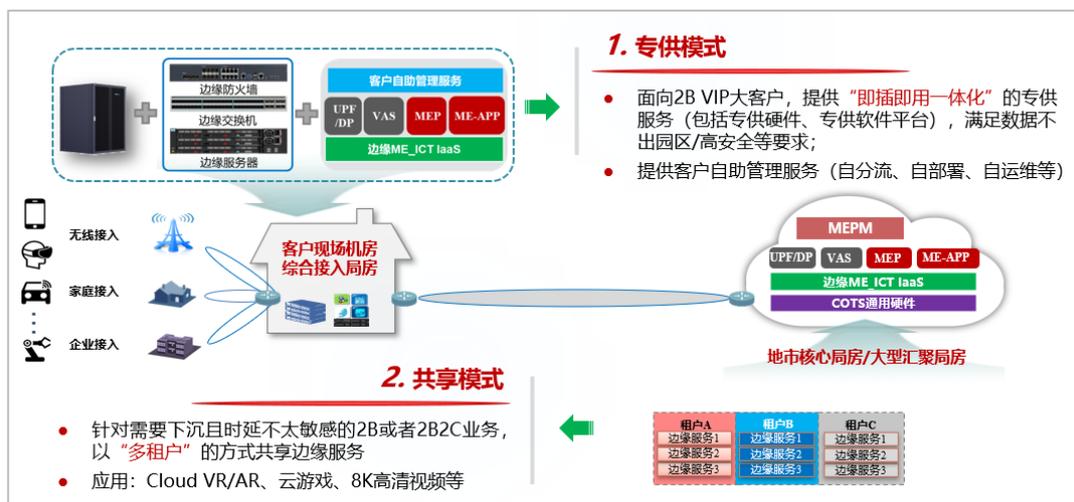


图 23 Edge POD 部署模式

针对接入、汇聚、客户机房和户外的四种场景，以及共享和专供两种使用模式，为了能够支持不同场景快速交付能力，中国联通设计了 EdgePOD 一体化边缘解决方案，通过硬件和软件的配合，EdgePOD 可以根据不同场景的硬件形态，实现边缘机房的快速、标准、灵活的交付。

### 4.1 软件形态

EdgePOD 提供的是基于 X86 的一体化基础架构，在硬件之上包含了完整的边缘数据中心所需的软件，通过边缘专用网络通道和 MEPM 实现互通。EdgePOD 包含的软件模块包括

- ME\_ICT-IaaS：用以提供给客户虚拟机、存储、网络和容器资源
- MEP：支持边缘数据中心业务的协同和管理
- 联通 ME-VAS/ME-App：联通过过 MEPM 下发的服务和应用
- 客户自带 APP：用户部署的应用
- 面向用户的服务界面(CFSP, Client Facing Service Portal)：用户自助管理入口，部署在专供模式下的 EdgePOD，实现用户自助运维管理

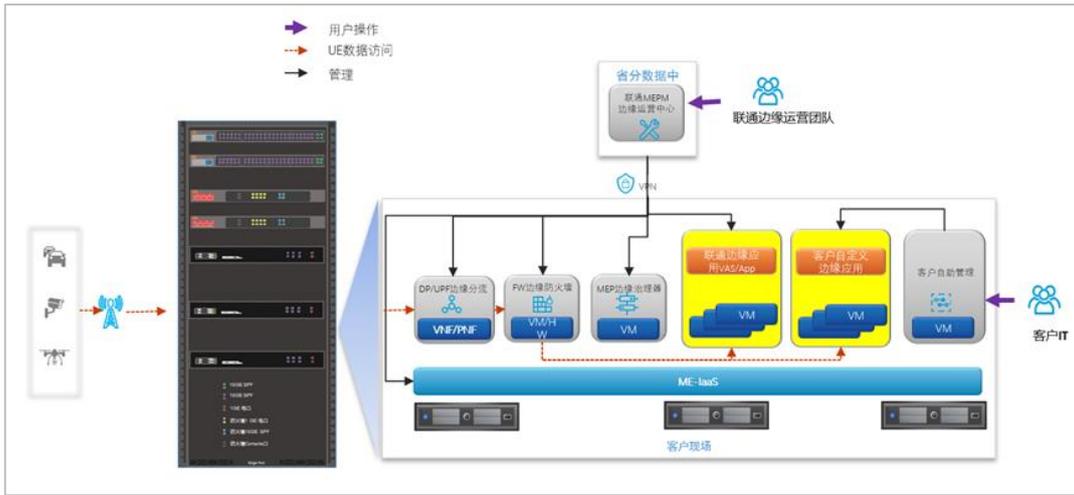


图 24 EdgePOD 软件架构

其中专供模式下部署的 CFSP 能够支持在 MEPM 预配置之后的用户自助管理，以独立服务的形式在 ME\_ICT-IaaS 上部署。

## 4.2 硬件形态

中国联通 EdgePOD 一体化解决方案的硬件形态，包含边缘服务器、交换机、防火墙以及部署在边缘节点的一体化机柜等内容。

### 4.2.1 边缘服务器

根据联通目前边缘侧业务下沉的位置和应用场景的需求，边缘业务服务器需要应对不同的机房环境，服务器硬件形态包括边缘特殊尺寸服务器、GPU 服务器、通用服务器等。

在机房条件较好的环境下，优先使用通用服务器承载边缘业务；对于机器学习和人工智能训练型服务器，采用专用的 GPU 服务器，小规模计算场景采用通用服务器配置 GPU 卡，其基本部署在城市核心 DC，配合边缘数据中心实现 AI 类业务；对于汇聚/接入机房，机柜尺寸受限，环境温度、湿度变化范围大，采用专门定制的边缘服务器，为 5G 时代的各类边缘计算应用而设计，可以用于承载 NFVI、视频、AI 推理、CDN 等各类网络边缘应用。

#### ■ 边缘特殊尺寸服务器

边缘特殊尺寸服务器按照不同业务场景、覆盖面积的要求、当前网络现状以及时延的需求，灵活的部署在入机房、客户现场机房等位置。受限于边缘机房的环境以及部署成本等因素的限制，边缘特殊尺寸服务器具有尺寸小，功耗低、



计算密度高等特性；采用前走线设计，便于维护管理。服务器有利于利用现有接入和汇聚机房，减少边缘机房改造，适应 CU 和 DU 相分离方案，满足用户低时延等业务需求，快速开展边缘计算业务。



图 25 边缘特殊尺寸服务器

边缘机房数量众多、位置分散、安装和后期运维难度很大，故边缘特殊尺寸服务器有如下技术要求：

- 1)机架式服务器，适用标准 19 英寸，深度 600mm 的机柜，高度 $\leq 2U$ ，深度 $\leq 470mm$ ；
- 2)开关、指示灯、硬盘、网线等采用前维护；
- 3)能够在长期 5 °C~40 °C，短期-5 °C~45 °C 环境温度下稳定运行；
- 4)支持基于 Redfish 的统一管理接口和增强管理功能，支持实现远程、自动化的管理；
- 5)支持当前主流的服务器操作系统和虚拟化软件。

#### ■ GPU 服务器

5G 时代，4K/8K 高清视频、VR/AR、图像识别与视频分析、游戏渲染与呈现，以及数据安全与隐私保护等均需要强大的并行计算能力的支持，GPU 加速卡应用越来越广泛。

在地市核心网 DC 和汇聚机房，可以集中部署专用 GPU 服务器，在小规模计算场景，可采用通用服务器配置 GPU 加速卡的方式满足 GPU 计算能力要求；在接入机房、客户现场机房和户外场景，可采用边缘计算服务器配置 GPU 加速卡满足视频加速、推理、加解密等 AI 计算需求。

#### ■ 通用服务器

通用服务器硬件在虚拟计算加速方面，支持 NUMA-Balance 优化架构。内

存、PCI-e 等外部资源在处理器间平均分配、负载均衡，支持虚 CPU 到物理 CPU 的绑定以及支持在虚拟机中的大页面分配等；在虚拟存储加速方面，增强共享存储支持 SSD 和支持多虚拟机共享内存访问等功能。

#### 4.2.2 边缘交换机

边缘业务为了满足 5G 低时延和业务快速处理，对网络设备提出了新的要求，在速率上，业务接口普遍采用 10G 光口，4K/8K 和大数据量场景引入 25G 甚至 40G 接口；考虑到边缘机房设备的管理上，除了采用一些运维管理成熟的商用交换机，也逐步引入统一管理接口的白盒交换机方案。中国联通通过分析功能和性能需求，定制开发相应的软件系统，来满足 EdgePOD 一体化解决方案对边缘网络设备的要求，同时研究模块化交换机在 EdgePOD 的应用潜力，当前 EdgePOD 重点关注的交换机款型包括：

- 单芯片 2U 高性能交换机，支持 100G 端口，可作为数据中心 Leaf 或 Spine 开放硬件交换机；
- 单芯片 1U 高性能接入交换机，支持 10G、25G、40G、100G 等端口形态，可作为数据中心 leaf 交换机；
- 1U 模块化交换机，整机支持 4 个扩展槽位，可灵活使用多种类型接口模块，各模块物理隔离，实现设备级冗余备份；
- 各种类型开放硬件白盒交换机，根据网络需求定制软件，适配第三方或者开源软件。

#### 4.2.3 边缘一体化柜

中国联通通过分析现有机房资源数据，抓住通信机房 DC 化改造涉及的关键要素，基于机房剩余面积、机房承重、高低压配电剩余容量等因素，来综合考量各类机柜在机房的部署设计。

##### ■ 服务器机柜



图 26 服务器机柜

中国联通在地市核心 DC 采用的标准服务器机柜在机柜的高度、深度、承重等方面均有要求。机柜尺寸采用 2100mm(高) \*600mm(宽) \*1200mm(深)。机柜内部有效承载空间 42U。

中国联通在全国范围内有 600-700 个地市核心 DC，位置位于地级市或省内重点县级市，部署在地市核心 DC 的业务理论上端到端时延可以实现小于 20ms。

地市核心 DC 主要部署城域网控制面网元、集中化的媒体面网元以及边缘计算类网元等，主要服务于本地网业务。

#### ■ 单机柜数据中心 SDC



图 27 单机柜数据中心 SDC

中国联通在汇聚机房/接入机房/部分客户现场机房采用的单机柜数据中心 SDC 集成了 UPS 配电、制冷、监控等子系统的单台机柜数据中心，具备模块化设计、高度集成、灵活配置等特点。支持 IT 设备空间 25~31U；智能监控，实时掌控系统状态；电力、通信端口合理预留，灵活扩容。

中国联通在全国范围内有 6000-7000 个汇聚机房，汇聚机房改造成边缘 DC 后，所部署的业务理论上端到端时延可以实现小于 10ms。汇聚层的边缘 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。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。

#### ■ 小型一体化柜



图 28 小型一体化柜

中国联通在部分接入机房/部分客户现场机房采用的小型一体化柜提供两款尺寸，最多加载 4 台 X86 服务器及相应交换机、防火墙。机柜尺寸采用 1200 mm(高)\*600 mm(宽)\*600 mm(深)和 1200 mm(高)\*600 mm(宽)\*1000 mm(深)。

中国联通在全国范围内有 6 万-7 万个接入机房，所部署的业务理论上端到端时延可以实现小于 5ms。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。接入机房分布广泛，最末端位置可以位于村镇，因此对时延、带宽要求特别高的业务场景，可以按需部署在接入机房。

#### ■ 一体化集装箱数据中心(CDC)



图 29 一体化集装箱数据中心(CDC)

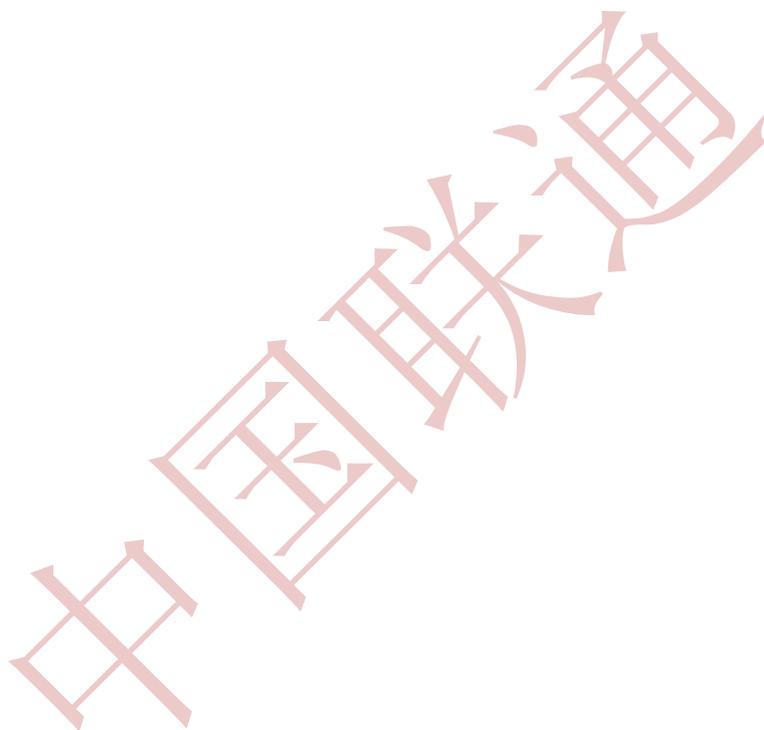
中国联通为解决政府垂直行业用户在边缘数据中心选址的难题，满足客户节约能源、分期投资、灵活扩容、按需部署的需求，提供的一体化集装箱数据中心 CDC 集成了机柜、配电系统、制冷系统、动力环境监控、布线、消防等基础设施。分为 20 英尺箱和 40 英尺箱，最大支持标准 IT 机柜(高 2000mm\*宽 600 mm\*深 1100 mm)数量在 4~13 个。

- 防震、抗灾、防水、防洪、防火设计
- 双路供电，关键部件冗余，高可靠



- 定制化箱体，适应全球应用场景
- 快速交付，1 周即可完成部署
- 具备火灾检测、报警、控制、消防逃生
- 动环监控系统，全面监测，无人值守

一体化集装箱边缘数据中心可以更好的适应户外场景的部署，既满足传统数据中心对机房基础设施的需求，同时具备快速部署、可搬迁、直接布置于室外的特性，满足移动场景需求。用户只需要提供电力、供水、网络接入即可正常工作。对于规模集中的 IT 机柜建设需求通过集装箱方式快速、可靠地实现。



## 5 MEC 边缘云典型商用案例

2019 年中国联通已在全国开展近百个 MEC 商用工程，重磅推出面向多元化场景的 EdgePOD 一体化方案，以及 Edge-Eye、Edge-Cloud VR/AR、Edge-AGV 等系列行业产品，聚焦“智能制造”、“智慧医疗”、“智慧交通”、“智慧园区”等领域；成功打造商飞、三一重工、中国一汽、宝钢、天津港、中日友好医院、文远知行、上海张江人工智能岛等多个商用标杆；携手腾讯、阿里、百度、虎牙、抖音等在广东建成全球最大的 MEC 试商用基地，为 5G 云游戏、VR 直播、8K 超高清视频等业务的井喷式爆发奠定基础。

本白皮书由于篇幅限制，选取面向个人 2C 用户、智能制造、智慧港口、智能车联、智慧教育、智慧医疗和智感安防等几个典型行业的商用案例进行介绍。

### 5.1 Edge\_新媒体

目前面向个人用户(2C)的互联网移动端创新应用，如云游戏、超高清视频点播、APP 直播等，普遍存在时延敏感、带宽需求较高、热度高等挑战，在普通网络环境下，经常会出现卡顿、访问和下载数据缓慢等现象，影响用户体验。

通过中国联通 MEC 边缘云的分流与应用部署，再结合 5G 大带宽、低时延特性，可以帮助这些应用降低时延，提升用户体验。比如，借助 MEC 平台将移动 vCDN 下沉到运营商的边缘 DC 中，将缓解传统网络的压力，并且提升移动用户视频业务的体验；以及通过在 MEC 边缘云开放 TCP 优化(TCPO)能力，可以改善互联网 APP 用户 TCP 下载业务体验，减少网页打开时间。

广东作为中国联通 MEC 业务运营中心所在地，截至 2020 年 1 月，已完成珠三角地区 MEC 的规划和建设，建成了中国联通最大的面向 2C 应用的现网 MEC 实验床。通过持续与 OTT 客户合作开展规模商用试点，形成了基于 MEC 优化 2C 应用的典型商用案例

#### (1) vCDN 边缘加速和移动端应用 TCP 优化

2019 年，中国联通联合腾讯、中兴在深圳进行了基于 MEC 的 vCDN 边缘加速和 TCPO 的规模化商用试点验证，一方面通过 MEC 边缘云与部署在云端的 DNS、CDN 及移动客户端联动，利用 MEC 实现 vCDN 下沉和本地流量卸载，减小时延提升用户感知。另一方面，在 MEC 部署 TCP 优化能力，解决无线丢包导致的服务器降速问题。本次商业试点涉及近百个现网基站，日用户连接建立数最大近 3 万，忙时小时粒度流量达到 2.5T。测试结果表明，通过部署边缘 vCDN，

平均降低 40%接入时延，并减少 30%卡顿；通过部署 TCPO 功能，上传平均速率增益 15%，下载平均速率增益 56%，可极大提升用户体验。

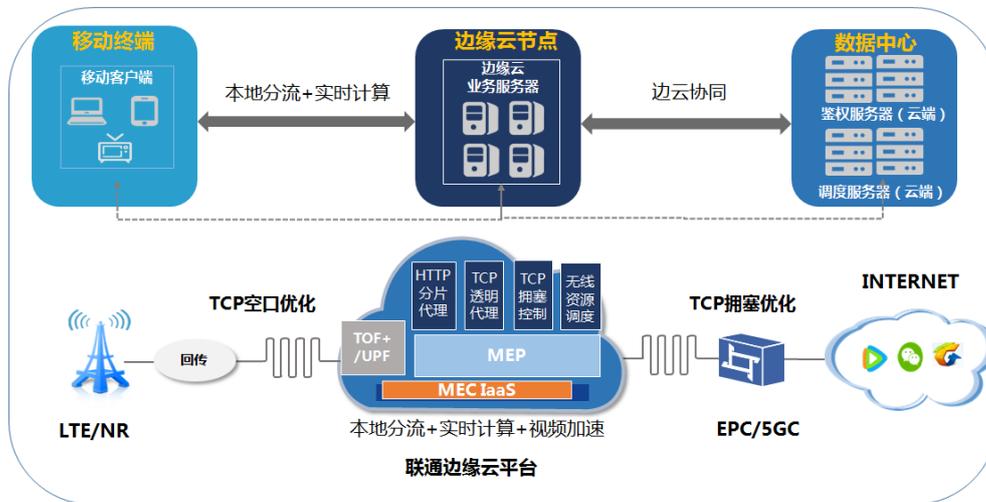


图 30 基于 MEC 的 CDN 边缘极速方案图

## (2) 手机端 3D 虚拟形象开播

2019 年，中国联通联合虎牙、华为利用 5G MEC 进行互联网 3D 虚拟形象开播的商用试点验证，通过在中国联通 MEC 上部署虚拟形象渲染服务，把渲染后的虚拟 3D 形象推送给观众，一方面解放了手机端的算力，降低了对手机的门槛，另一方面缩短了传输时延，实现小于 20ms 的网络延时，满足主播对虚拟形象的实时预览的需求。

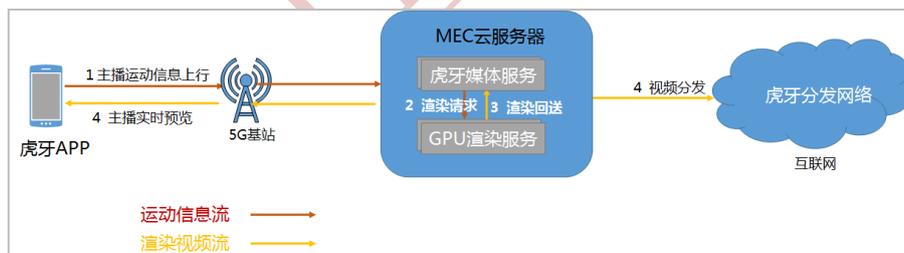


图 31 手机端 3D 虚拟形象开播方案 MEC 组网图

从上述案例可见，利用中国联通 MEC 边缘云平台可以有效改善 2C 应用的使用效果，显著提升用户体验。除此之外，中国联通还与包括百度、爱奇艺、阿里等合作伙伴开展了深入交流和合作，并准备开展进一步 2C 应用测试。中国联通目前已把广东打造成全球最大的 MEC 边缘云测试床，希望与更多 2C 应用合作伙伴一起探索 MEC 在 2C 的应用与商业模式。

## 5.2 Edge\_智能制造

中国制造业规模位列世界第一，门类齐全、体系完整，在支撑中国经济社会发展方面发挥着重要作用。但中国仍处于工业化进程中，制造业与先进国家相比还有较大差距，特别是在企业信息化、智能化方面仍处于起步阶段，整体发展水平不高，制约了制造业企业的发展，主要表现在如下几个方面：

- 企业信息化基础设施薄弱，自建 ICT 设备、培养人才队伍的成本高昂，严重制约了先进设备、先进工艺的引入。
- 部分制造企业厂区布放光纤成本高、周期长，光纤通信无法满足企业的柔性化生产要求(如移动机器人、AGV 等)；
- 企业对生产经营数据的安全私密性要求较高，不希望此类数据流出企业园区；
- 部分企业员工流失率较高，培训成本高，需要借助工位机、AR 眼镜等新技术缩短新员工上岗时间、降低培训成本；
- 产线的设备数量众多，一旦某台设备发生故障将会影响整条产线的生产，企业迫切需要引入预测性维护系统降低设备停机带来的风险。

中国联通“5G+MEC+工业智能化应用”可为制造业的提质升级提供强有力的技术支撑。5G 的低时延、高带宽特性和 MEC 对业务的近端处理，为企业部署的 AR 远程协助/指导系统、预测性维护系统、远程控制、巡检机器人、视频监控等应用提供最优网络支持。通过 MEC 平台的分流模块实现了企业生产和管理数据的本地分流，保障了企业数据的安全性和私密性。

中国联通已和如中国一汽、三一重工等龙头企业开展合作，打造了若干有影响力的商用项目。

在一汽园区部署联通自主研发的 MEC 一体化平台 EdgePOD，基于该平台实现了预测性维护和 AR 远程协助/指导。预测性维护系统通过传感器采集、监控一汽生产设备运行状态，实现设备运行数据的可视化，根据历史数据和采集的实时数据，基于 AI 算法对设备潜在故障进行预测，针对故障定位及部件损伤程度安排备品备件，制定检修计划，可提前预知重大故障隐患，避免突发停机风险。AR 远程协助/指导系统主要用于一汽日常维护过程的记录、对设备运行维护的远程专家指导、生产流程标准化的作业指导、工人维修设备时的智能辅助等。

在三一重工部署的 MEC 平台上实现了视频监控和巡检机器人远程控制的应用，视频监控前端设备不再通过传统光纤方式进行视频流的回传，而是通过更加

灵活、便捷的 5G 无线接入方式，极大缩短了摄像头安装周期、避免了复杂的线缆布放。视频监控媒体流通过 MEC 平台的分流模块实现了近端实时处理和远程监控的需求。巡检机器人搭载高清摄像头和各类传感器，通过 5G 网络回传实时高清巡检画面、设备信息、环境信息等数据，部署在 MEC 平台的系统通过对采集到的数据进行人脸识别、图像识别等 AI 分析，智能判断三一重工园区内的人员、设备、环境等是否存在异常。

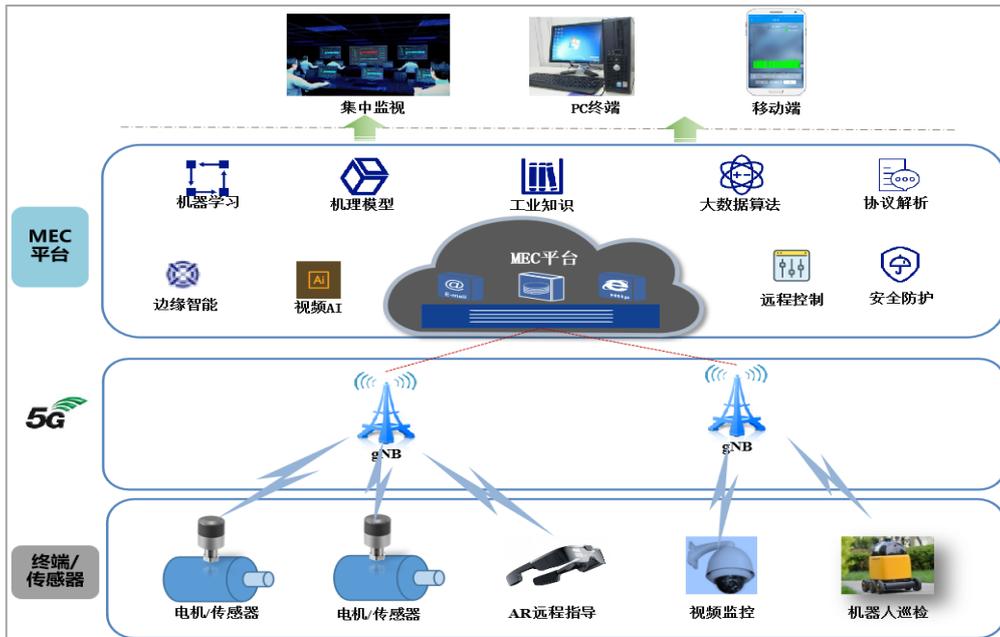


图 32 中国联通智能制造架构图

中国联通协助合作伙伴在智能制造领域不断探索前进。通过 5G 和 MEC 满足了企业数据的安全私密性需求，实现了企业设备的远程控制，为企业的柔性生产提供了技术基础，进一步提升了企业的产品品质、生产工艺和生产效率。借助于智能工位机、AR 远程维修/指导等技术降低了企业的劳动成本、提升了生产维修效率。联通 MEC 边缘云的开放式架构，可以为工业企业的持续创新提供 CT-VAS 网络能力和 IT-VAS 能力，支持制造企业向智造企业的转型升级。

### 5.3 Edge\_智慧港口

智慧港口是未来港口发展的必然趋势，利用新兴的 5G、边缘计算、人工智能等技术实现港口的自动化、智能化和无人化，助推港口转型升级，是建设国际强港的技术保障。当前中国的大部分港口为传统港口或自动化港口，智慧港口的建设还面临如下问题：

- 港口的摄像头、PLC 等设备通过光纤或 WiFi 的方式进行通讯，港口的



生产作业环境复杂，光纤布放周期长、成本高、维护困难、灵活性差，无法满足移动性设备的作业需求，如轮胎吊、AGV 集卡等设备；

- 岸桥吊控制室作业环境恶劣，操作人员存在高温中暑、疲劳作业等安全风险，港口希望通过远程驾驶、远程控制的方式实现港口作业的无人化；
- 港口大量的移动性高清摄像头要求较高的网络带宽、较低的回传时延，以辅助远程监控和远程驾驶；
- AGV 集装箱水平运输是未来智慧港口的重要组成部分，需要通过平台进行统一调度，满足低时延、业务连续性的要求。

5G 网络为港口的高清视频回传提供了大带宽、为设备的远程控制提供了低时延，在满足港口通信业务承载的同时，可以有效解决港口布线复杂、成本高的问题；而在港口部署的 MEC 边缘云实现了视频流、控制指令等业务的本地卸载，既保证了港口运营数据的安全性、又进一步降低了业务传输时延。远程驾驶和高清视频监控系统的部署满足了港口无人化、自动化的需求，提升了港口的作业效率、降低了港口的运营成本。

中国联通携手天津港、青岛港、宁波港、振华重工等龙头企业开展了智慧港口的商用建设探索，通过 5G、MEC 和各种智能化应用打造全连接、自动化、智能化的港口。对于远程控制，在港口的中控室通过远程驾驶装备和监控屏实现岸桥吊等设备的精准移动控制、对集装箱的精准抓举。对于视频监控，5G 可以提供灵活随需的摄像头接入，而视频码流通过 MEC 边缘云分流至港口中控室，满足港口作业区的监控和设备的控制需求。同时 MEC 边缘云为未来 AGV 集装箱水平运输统一调度系统的部署、实现港口 AGV 集卡的智能化调度作业提供了天然的平台。

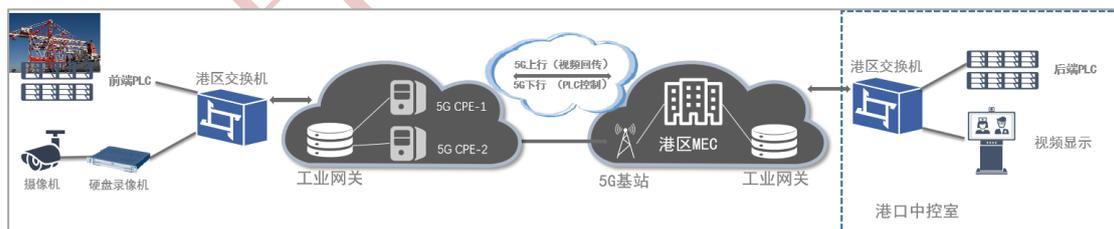


图 33 中国联通智慧港口示意图

中国联通通过“5G+MEC”赋能智慧港口，实现了港口设备的全连接、远程控制、精准控制，大幅提高了港口设备的操作灵活性和工作效率，提升了港口作业的自动化程度，减少了港口作业人员数量，降低了港口的劳动成本和作业安全隐患。联通将和合作伙伴一起综合运用多种创新技术共同推动中国港口的智慧化建设。

## 5.4 Edge\_智能车联

智能车联定位于通过 5G、MEC、V2X(车联网)等先进通信与网络技术,实现智能汽车与人、车、路、后台等信息交互共享,构建车路云一体的协同服务系统,具有复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能,从而面向智能交通管理控制、车辆智能化控制和智能动态信息服务提供电信级的运营服务保障。

目前,在智能车联领域,主要面临如下发展瓶颈:

- 单车、路侧单元与应用平台等之间交互时延过大,无法及时获取、处理以及决策信息,无法满足自动驾驶对网络实时性的需求。
- 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准确感知和信息同步,无法全局掌握区域交通信息,运行范围及车路协同一体化受限。
- 自动驾驶对网络质量提出更高要求:网络带宽大于 100Mbps,时延小于 10ms,4G 网络无法满足。
- 汽车故障管理也是制约自动驾驶从实验室走向商用的重要因素之一,需要进行及时人工干预,预防事故发生,保障自动驾驶安全性等。

基于中国联通 5G MEC 边缘云,实现了自动驾驶平台、车路协同系统、远程故障管理平台等应用部署及商用测试验证。

基于 5G MEC 的自动驾驶管理平台,利用 5G MEC 网络超低时延、高稳定、大带宽的特点,让驾驶员和车之间信息交流并无卡点,保证了员对车辆的实时控制,让高清的图像与视频传输能及时传导。基于 5G MEC 的车路协同系统,借助 MEC 即时性特点,接受 RSU 上报的路测信息,并推送至邻近的车辆,实现本地分流和无缝切换。基于 5G MEC 部署远程故障管理平台,借助其低时延特点将连接、分析、指令下达,同时实现应用下移与数据缓存到 MEC,将车载部分计算分析系统上移至 MEC 边缘云,有效降低智能车辆改造成本,提速无人驾驶商业化步伐,并预留开放接口,可为所有车联网终端提供远程故障管理服务。

中国联通联合文远知行科技有限公司、沃尔沃等企业开展基于 MEC 边缘云的智能车联等相关应用商用落地验证。

在广东,联合文远知行科技有限公司于广州国际生物岛打造基于 MEC 边缘云的粤港澳大湾区自动驾驶基地,实现岛上 5G 信号全覆盖,实测道路 5G 网络质量可达到上行带宽 100Mbps,下行带宽接近 1Gbps,RTT $\leq$ 10ms,丢包率 $\leq$ 0.00001,同时于生物岛部署边缘云平台,保障数据的转发效率及近端数据计算



与存储能力的实现。

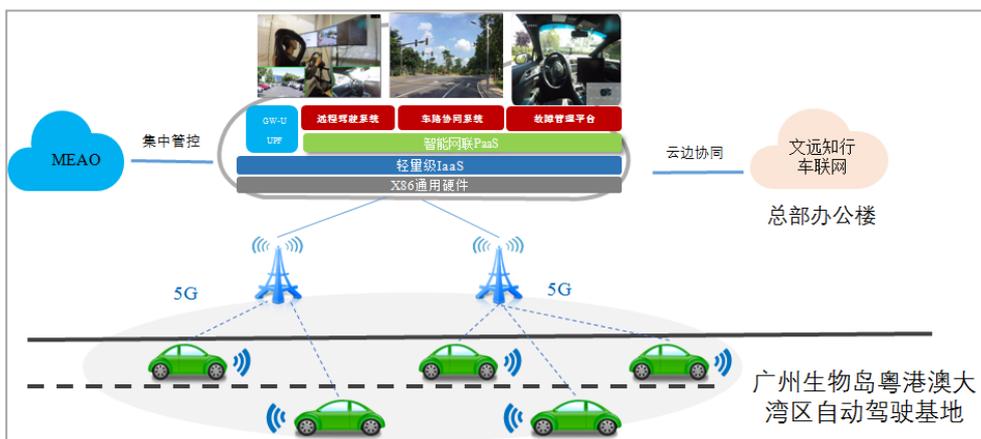


图 34 基于 Edge-Cloud 的 V2X 解决方案

基于 MEC 边缘云部署自动驾驶管理平台及远程故障管理平台，可以支持车载摄像头 3-5 路，5G 下远程驾驶车速达到 30km/h，5G 网络侧的时延<20ms，基于现场 5G MEC 高清视频本地分流及边缘云平台下发指令或远程驾驶车辆安全行驶，实现了在复杂情况下，车辆由自动驾驶切换到人工接管，以及由一人监管多辆车行驶。

文远知行项目作为全国首个实现 5G 远程自动驾驶的项目，基于 5G MEC 实现了车路安全避让、速度引导、区域交通流量分析等功能，为中国联通积累了丰富的智能车联等应用经验。后续中国联通将与广汽集团、宇通集团等开展更多应用的合作，助推智能车联在粤港澳大湾区及全国的规模商用。

### 5.5 Edge\_智慧教育

目前智慧教育的承载网络依赖于校园网内的有线网络、无线网络覆盖，物联层面则通过蓝牙、Zigbee、NB-IoT 等来实现。存在如下痛点：

- 学生学习行为集中，网络并发访问量高，网络带宽不足，易出现拥塞。
- 网络时延和带宽无法满足 4K/8K 的高清远程教学等需求。

中国联通 Edge\_智慧教育依托 5G+MEC 提供高可靠低时延组网、网络分级质量保证、大规模终端管理、数据实时计算能力和缓存加速能力等能力，为智慧教育提供实时、可靠、智能的端到端服务。

Edge\_智慧教育有以下特点：

- 超高带宽完美的实现 4K 画面效果，以及未来 8K 的需求；
- 更低时延，更高速率。保证了课堂中常态化录播，在远程授课时，远端



会场可以实时同步观看高达 4K 甚至更清晰的课堂画面；

- 利用 Edge\_Cloud VR、可以实现 VR /AR 移动教学、沉浸式教育课堂等创新教育模式。

中国联通和伟东云教育集团携手在其山东教育基地打造了 5G+MEC+智慧教育平台，覆盖了教育基地的中小学智慧教育平台、伟东云学堂、V 视界教室、虚拟仿真培训系统等。

该平台的总体网络架构如下：

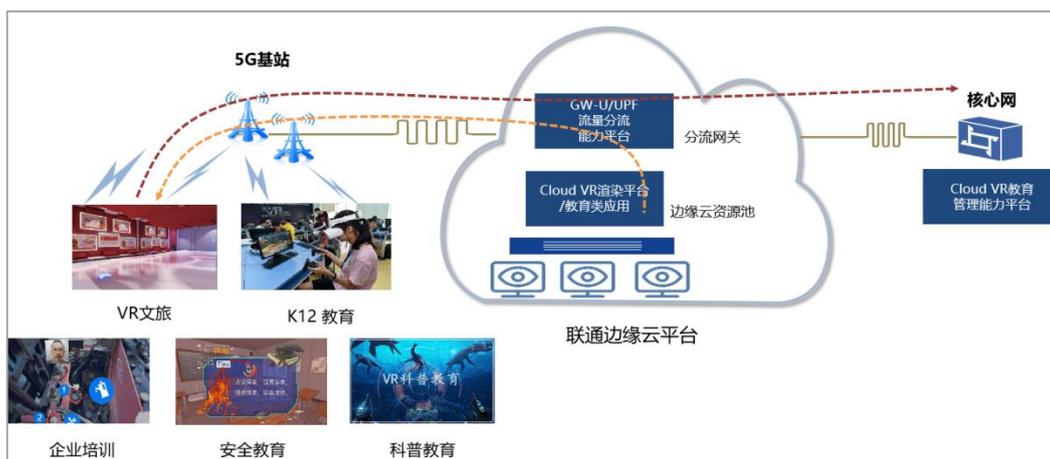


图 35 伟东智慧教育网络架构图

不同于传统云架构将所有系统部署在中心云，该架构中心云主要负责业务的运营管理和集中部署，MEC 边缘云主要负责业务的承载和实现，用于部署对时延、网络带宽要求高的应用。

基于“5G+MEC”大大增强了云教育基地各种教育产品的体验效果。特别是 Cloud VR 平台的接入，极大提升了 VR/AR 产品的体验效果和展示效果。对伟东公司智慧教育产品的推广和应用起到巨大助推作用。未来中国联通将和更多教育产业合作伙伴一起探讨智慧教育的发展方向，落地更多智慧教育商用产品和项目。

## 5.6 Edge\_智慧医疗

随着 5G 正式商用的到来，以及与大数据分析、人工智能、物联网技术的充分整合与运用，医疗领域已经逐步对网络以及业务提出了新的诉求。当前智慧医疗行业在影像重构、远程会诊等业务面临以下痛点。

- 2D 黑白医疗影像(CT)不易阅读，新医生易误诊
- 本地服务器算力弱， 3D 彩色影像重建速度慢(30-60 分钟)



- 基层医院医生资源和能力受限，无法有效治疗疑难杂症
- 医疗安全要求患者数据不能出园区

综上，医疗行业在一些新型业务场景下目前突出的痛点转换为对于网络的诉求有以下 4 点：网络带宽小、网络时延大、计算能力弱、数据安全无法保障。通过 5G+MEC，Edge\_智慧医疗可以为医院提供确定的网络环境、算力保证和安全性保证，来确保医院业务的实用性、稳定性和安全性。针对院内医疗应用，中国联通已经将远程会诊、PACS 影像系统、AI 分析软件、电子病历、HIS 系统等逐步迁移上联通 MEC 平台上。

图 37 为中国联通在中日友好医院进行的 MEC 实际落地网络架构图。通过 MEC 将算力下沉到靠近医院侧提供就近渲染能力，大幅提升医生调阅以及旋转翻转 3D 影像的速率，同时可通过低时延的 AI 辅诊发现和提示疑似病患情况提升阅片的速率。

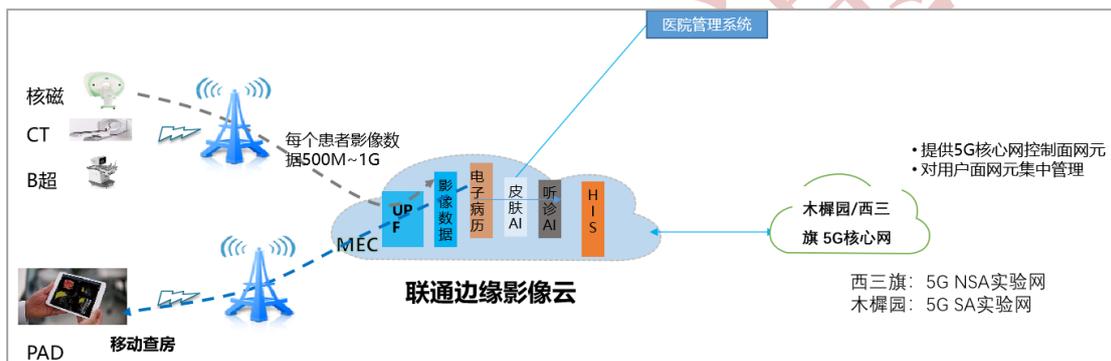


图 36 中日友好医院 MEC 架构图

图 37 为部署医疗体级 MEC 的方案，目前中国联通已经实现了中日友好医院 MEC 与浙江新昌医院 MEC 互联的方案。基于 MEC 的远程会诊可以做到数据就近编解码、数据传输安全保密、降低时延，将来中国联通也将会与两家医院基于 5G+MEC 开展远程会诊业务的测试。

中国联通 MEC 边缘云面向医疗系统提供开放、灵活、快速的医疗应用和平台的对接测试，轻松实现医疗应用上云，可以实现医疗应用的一点发布、全国可用，为智慧医疗应用的快速上线、更新迭代、版本管理带来了极大的便利。



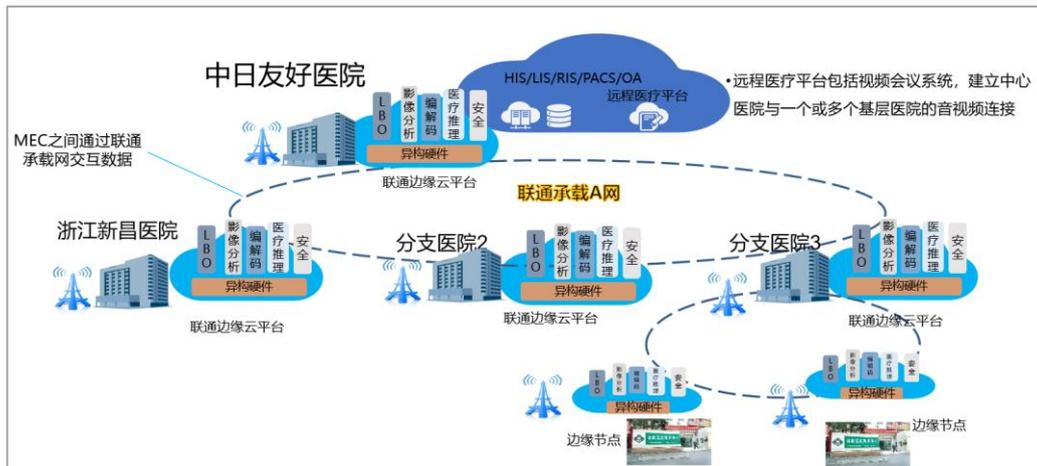


图 37 医疗体系 MEC 架构图

### 5.7 Edge\_智感安防

安防作为现代城市发展不可或缺的一部分，在保护人民生命财产安全、打击违法犯罪、维护社会和谐稳定上起到至关重要的作用。在安防措施上，一般利用监控摄像头和安保人员巡逻结合的方式来确保安全。目前安防领域存在如下痛点：

- 传统监控为有线部署，成本较高、灵活性差、维护难度大；人工巡逻为定时定点巡检，或遇到突发事件去到现场处理，实时性较差。
- 安防系统一般部署在本地服务器或租用公有云服务器用以数据存储和处理、AI 算法模型训练，运维和网络传输成本高、响应时延大。

中国联通针对现代安防的特点结合 5G MEC 技术，开发了多款应用于安防的产品。MEC 平台可提供开放能力，AI 视频分析、调度算法等以 API 的方式直接调用，大幅降低合作伙伴的开发难度和缩短研发周期。在城市方面，中国联通推出雪亮工程项目，提供实时人脸布控、人员轨迹分析等功能，与公安的天眼系统对接，实现对在逃人员及对其他各类重点关注人员进行布控，及时报警，高效地打击犯罪。而在园区方面，园区内各处布置监控摄像头以及巡检机器人，实时巡检监控，结合 AI 人工智能视频分析，遇到异常情况及时告警，同时联动巡检机器人到达现场排查，实现智能快速处理、实时响应；在小区入口处设置门禁系统，通过识别来访人的特征来判断是否有允许进入园区的权限等。

中国联通联合碧桂园集团完成了基于 5G MEC 智感园区安防方案的试商用。如下图所示，园区内监控摄像头、巡检机器人利用 5G 网络作为接入点，在 MEC 边缘云实现本地分流，并在 MEC 平台上部署相应安防管理系统，进行数据采集和分析处理，结果即时反馈，本地的监控管理和调度中心同时与 MEC 边缘云对接，实时掌握园区的安保情况。

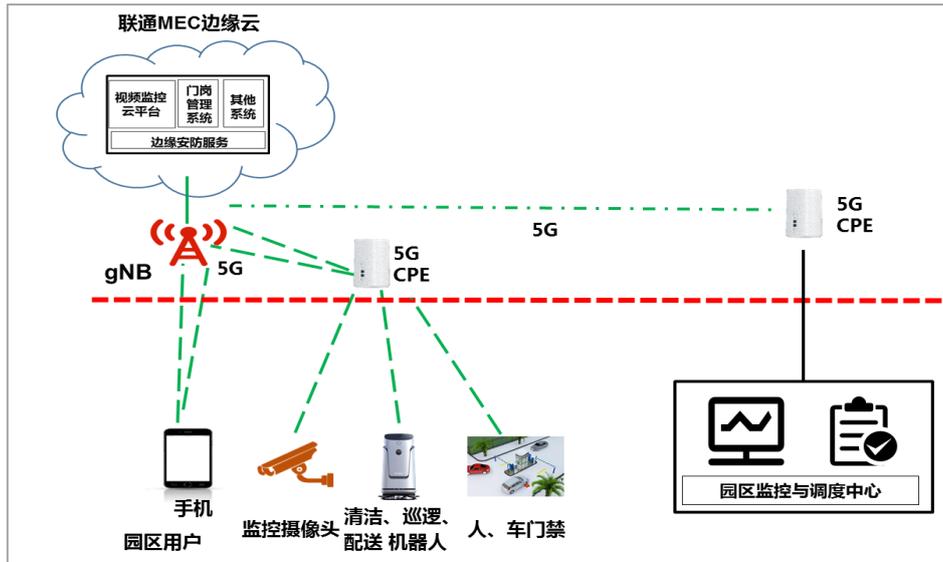


图 38 园区智感安防架构图

MEC 边缘云技术为安防行业赋能，使城市变得更加智能。在网络层面，MEC 边缘云更加靠近安防设备，数据通过基站与 MEC 边缘云直接交互，确保数据的安全性。MEC 边缘云提供本地分流的能力的同时，通过平台为安防应用提供强大的运算能力，调用平台的编解码、AI 等开放能力，数据可在 MEC 边缘云实时处理，降低响应时延。对于园区管理人员来说，把不同的系统集中起来，可更方便地实现监控管理和资源调配。

## 6 中国联通 MEC 边缘云开放体系

随着 5G 网络的商用及 MEC 的发展，中国联通秉承开放、合作的理念，于 2019 年 6 月 27 号在上海 MWC 发布成立中国联通 MEC 运营中心，落地广东，并依托于运营中心创立了边缘云开放实验室。以“开放的网络、开放的平台、开放的生态”为目标，发挥自身网络优势，着力打造开放的边缘云网络与平台，构建 MEC 边缘云开放体系。

### 6.1 开放的网络

中国联通 MEC 边缘云通过网络下沉贴近用户和业务，支撑智能制造、智能港口、智能教育、智能医疗等各类 2B 业务，以及云游戏、VR/AR 应用等各类 2C 业务，部署场景和业务需求的多样化要求开放的网络来承载。中国联通 MEC 边缘云开放的网络体现在四个方面：

- **网络能力开放，便于网业联动部署。**MEC 节点内 2B 和 2C 业务种类繁多，对网络部署的要求差异大，这要求与 MEC 对接的网络必须支持能力开放，向 MEC 提供各类网络信息，并根据上层业务的变化使能新的网络特性。中国联通正与华为、中兴等厂家联合推动 RNIS、LBS、无线网络带宽管理等网络能力在联通 MEC 上的开放，以支撑 2B、2C 丰富的业务应用。
- **设备提供商多元化，形成设备能力/成本按需搭配。**随着 5G 的推广，UPF 等网元会越来越多的面向中小型企业客户，部署在边缘节点。这类节点覆盖范围较小、服务客户规模小，往往需要通过一至两台服务器为数千甚至数百位客户提供服务，传统面向 2C 的百万级用户规模、数百 G 流量的 UPF 网元设计无法满足这类场景需求。面向中小型 MEC 节点的网络设备需要尽可能的轻量化部署，需引入多元化的设备提供商来提供形态多样的设备，形成设备能力/成本高低的按需搭配，降低综合建网成本。
- **推动 UPF 软硬件解耦和开放，提升部署灵活性。**当前主流 CT 厂家对 UPF 的硬件大多进行了增强型设计，如特殊的网卡、特殊的虚拟资源流量疏导策略等，这些设计满足了大流量 UPF 部署需求，却缺乏了面向边缘节点的灵活性。中国联通当前正积极推动 UPF 软硬解耦工作，目标是使 UPF 和中国联通 CUC-MEC 平台可以共 IaaS 部署，并通过 EdgePOD 等一体化即插即用产品的模式，给边缘节点带来更好的便利性、更好的

满足客户需求。

- **推动 N4 等设备接口开放,实现异厂家解耦部署。**5G 控制面 SMF 与 UPF 的 N4 接口解耦还在验证中,当前各厂家对 N4 接口理解不同且普遍进行了私有扩展,实际部署过程中,N4 接口无法完全做到解耦。对于中大型运营商而言,5GC 网络普遍采用的大区制建设模式,在 N4 接口不解耦的前提下,UPF 与核心层网络事实上构成了绑定关系,边缘节点所带来的大量 UPF 需求无法灵活异厂家开放部署。N4 接口解耦有利于 UPF 厂家多元化,中国联通呼吁业界共同对 N4 接口标准进一步完善、推动 N4 接口的异厂家对接验证工作,提升运营商边缘节点 UPF 部署的选择度和灵活性。

## 6.2 开放的平台

5G 的商用与 MEC 的发展将促进各行业的结合,同时也带来了业务场景的多样性与复杂性,中国联通通过在边缘云商用平台上的实践、基于 ETSI 和 3GPP 标准上的增强以及开放的边缘能力,携手国际合作伙伴,打造面向国际的开放平台,为全球致力于边缘云创新的合作伙伴提供孵化、扶持和商用落地。

中国联通与西班牙电信 Telefonica、韩国电信 Korea Telecom 和澳洲电信 Telstra 达成协议,将在增强多个国际运营商之间多接入边缘计算(gMEC)平台体验方面展开合作。该合作内容是 GSMA 运营商平台计划的一部分,旨在为运营商设计一个跨国的 MEC 平台解决方案,将国际间运营商的网络能力开放,前期重点关注于边缘计算,后期将会延伸至网络切片服务等相关内容。

通过测试 MEC 平台边缘计算的功能和互连互通的能力,以及验证 MEC 平台对应用程序开发人员的友好程度。依托于 GSMA 的跨国运营商平台将研究成果共享,并为开发不同 MEC 组件的标准组织和开源社区做出贡献。本次合作涉及四个阶段,分别为:

- **基础边缘计算能力的开发**
- **提升 MEC 平台的移动性特性**
- **漫游用户的 MEC 服务的可用性验证**
- **上述所有功能进行聚合**

另外,中国联通将在应用标准、调度规范、模块形态三个方面,与国际运营商等平台加深合作,定制标准,支持边缘计算业务快速地推广及增长。

- **应用标准:**全球边缘应用描述符(Edge Application Descriptor)的统一规范。

中国针对 AppD 做了明确的实现，可以支持基于 VM 的应用描述符 (TOSCA)和基于容器的云原生(Cloud Native)应用描述符(YAML)。

- **全球应用标准库和跨运营商调度标准：**构建全球统一的共享边缘应用库，各大运营上通过边缘应用调度接口的统一，实现边缘应用的“一国创新，全球复制”调度。
- **ETSI 核心 MP2 接口的规范：**统筹规范化 MP2 接口，规避设备商私有化接口弊端，实现边缘网元和 MEP 之间在边缘侧支持更加高效和规范的交互。

### 6.3 开放的生态

边缘计算的发展离不开生态应用的繁荣，中国联通通过开边缘云开放实验室，向开发者提供服务，降低准入门槛，开放平台能力，提供孵化工具，形成独特的 MEC 生态合作模式，扩大 MEC 生态合作伙伴圈。

#### 6.3.1 生态实验室

联通 MEC 边缘云生态实验室定位于为边缘云合作伙伴，提供各类产品测试认证服务、端到端应用集成、产品孵化及展示，整合产业链内外资源，配合前端市场业务，打造从芯片、模组、终端到 MEC 平台及应用的实验测试支撑体系，推进边缘云应用落地，形成有效闭环，助推形成中国联通边缘云产业生态系统。

MEC 边缘云生态实验室基本能力及服务范围包括以下四个方面：

- 1) **开放式的合作机制：**提供专业的平台，对外开放的测试及合作申请机制，面向客户及产业链合作伙伴，共同解决行业客户的业务痛点。
- 2) **MEC 边缘云测试床：**开放实验室拥有成熟的 MEC 边缘云实验床，其架构如图 39 所示，包括多接入的网络、多层次边缘计算架构和业务平台。

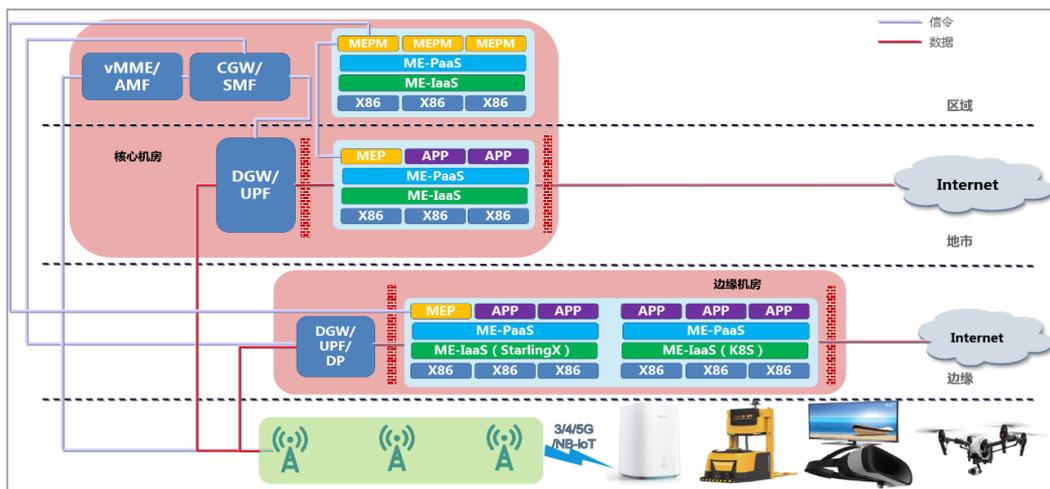


图 39 MEC 边缘云测试床架构图

- **多接入网络：**配置 3G/4G/5G(SA&NSA)、NB-IoT 等完备的网络环境。
- **多层级边缘计算架构：**与商用环境一致的地市、边缘二级网络架构，实现不同层级业务测试验证。
- **边缘云平台：**提供计算、加速器等硬件资源层、支持虚拟机与容器的虚拟化层和平台能力层，为应用开发者提供灵活开放的平台，赋能千行百业。

MEC 边缘云测试床可为边缘云的产品与方案的迭代开发、定制化产品开发、合作伙伴产品的上线认证与客户试商用测试验证等提供丰富、稳定、可靠的验证环境，加快产品/方案的推出与成熟。

**3) 端到端集成能力：**具备包括模组、终端、网络、边缘云平台的研发及业务验证的端到端集成能力。

**4) 技术支撑团队：**配备熟悉网络及云计算的专家支撑团队，快速响应合作伙伴、行业客户、市场一线需求及问题分析解决。

### 6.3.2 MEC 生态合作模式

基于开放生态实验室的“MEC 生态合作伙伴开放平台”，利用边缘云开放实验室环境资源，为开发者及合作伙伴提供一整套的产品和解决方案的入库流程，给合作伙伴提供开发和测试的环境与资源。

生态合作伙伴申请到中国联通开放生态实验室进行产品和方案的入库测试，联通专家筛选出符合业务需要的生态合作伙伴，然后进行产品的集成与测试，输出标准测试报告，经过联通专家对测试报告进行评估，对于审核通过的边缘云产品或解决方案，则可以将产品纳入中国联通 MEC 产品库，推荐给各省分公司将产品上架，实现商业的闭环，并对产品持续的改进，实现合作共赢。

MEC 生态合作伙伴通过开放实验室测试评估后, 将获推进入联通集团及各省的 MEC 产品库, 获得全国的商用机会, 实现双方的合作共赢, 具体的流程如下:

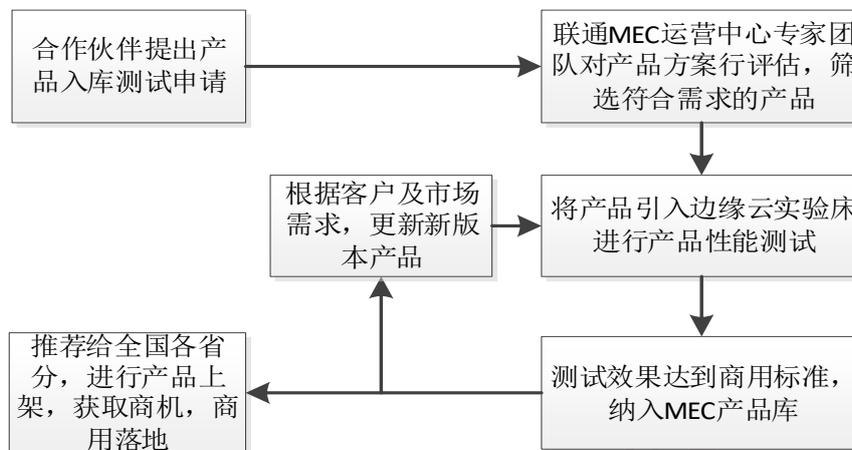


图 40 MEC 孵化产品测试入库流程图

2018 年, 中国联通在全国 15 个省市开展 MEC 规模试点数十个; 2019 年 2 月 MWC 期间启动 MEC 边缘云商用加速计划; 2019 年 6 月, 正式揭牌“5G<sup>n</sup>+ 边缘云业务运营中心”, 重磅发布“1+10+100+1000”边缘战略, 全面构建联通“云、网、边、端、业”五位一体服务化架构, 使能 5G 千行百业; 截止到 2020 年 2 月份, 中国联通边缘云生态合作伙伴数量已超过 400 家, 孵化了包括智能制造、智能安防、新零售、VR 直播、智慧医疗、云游戏、智慧水利、智能港口、智慧物业、智能网联等 10 大行业超百种的 MEC 行业应用产品和方案, 逐步构建起了中国联通 MEC 开放生态。

### 6.3.3 开发者权益

联通将遵循“开放能力、孵化创新、规模复制、收益分成”的原则, 向 MEC 边缘业务开发者提供丰富的市场回报。

- 一点创新, 全国复制: 依托联通 5G 现网环境及 MEC 业务平台进行应用部署, 未来在全国上万个边缘节点实现一键式自动开通;
- 可获得联通 31 省销售渠道资源的赋能, 全国 60000+ 营销队伍联合进行 MEC 业务产品的推广, 成单后可进行收益分成;
- 对于提供优质边缘应用的企业, 联通将引入“5G 百亿创投资金”进行扶持, 在资本助推下, 加速产品孵化;
- 对于成功认证上线的应用, 将入围中国联通 MEC 供应商名单, 在联通电子商城“公开市场”进行上架;

## 7 总结与展望

2020 年，伴随着 5G 网络的商用，中国联通已建成 MEC 边缘云的运维与运营一体化支撑体系，面向全国提供 MEC 产品展示、业务申请、业务开通、故障监控、服务支撑的商业闭环。

**在平台方面**，中国联通统筹全局发展，开展 5G 行业登攀计划，依托业务运营中心+孵化基地的架构，项目式+产品式投资的建设模式，双轮驱动边缘业务发展，旨在构建丰富的业务能力，高质量的网络能力和完备的安全能力。支撑全国一体化运营，实现业务一点创新，全国复制，统一管理。

**在生态方面**，中国联通秉承开放合作的理念，携手产业各界创造一个全新的价值链和充满活力的边缘生态系统，聚焦大视频、VR/AR、工业物联网、车联网等高带宽、低时延等业务，将位置、计费、QoS 等平台能力开放给第三方，促进 IT 与 CT、OT 融合，深入挖掘边缘网络的潜在盈利，全力构建边缘内容生态圈。

**在解决方案方面**，针对接入、汇聚、客户机房和户外四种场景，以及共享和专供两种使用模式，中国联通设计了 EdgePOD 一体化边缘解决方案，通过硬件和软件的配合，实现不同场景的快速交付边缘能力。

**在商用案例方面**，中国联通聚焦“智能制造”、“智慧医疗”、“智慧交通”、“智慧园区”等领域，成功打造多个商用标杆，携手腾讯、阿里、百度、虎牙、抖音等合作伙伴建成全球最大的 MEC+2C 试商用基地，为 5G 云游戏、VR 直播、8K 超高清视频等业务的发展奠定基础。

展望未来，各行业的 AI 需求将会持续旺盛，人类将步入 AI 社会。电信运营商的 MEC 计算能力将与 5G/B5G 网络能力深度融合，形成算力网络，以算网一体的方式向全社会提供普适性、确定性的 AI 算力，使算力成为继语音、短信、专线、流量之后运营商提供的新一代普适性标准化服务。在算力网络中，以提供 MEC 服务为代表的边缘计算节点贴近用户，数量众多，基础设施条件较好，是算力网络的重要组成部分。中国联通将努力抓住机遇，增强 MEC 能力，构建算力网络，使能算力服务，满足个人、家庭和政企用户多层次、多方面的智能化需求，为 AI 社会提供强大的“能源”与“养料”，为网络业务和服务的创新带来无限可能。

## 缩略语

缩略语	描述
AppD	应用描述符(Application Descriptor), 用来描述边缘应用部署的结构描述文件以及相关部署资源组成的部署包, MEPM 通过 AppD 实现边缘应用的实例化。
CT-VAS	ME-VAS 中和 CT 相关的增值服务, CT-VAS 的来源主要来自 NEF、PCF 的接口, 同时也通过构建联通 CUC-MEC 平台与 UPF 间的 MP2 接口, 调度直接边缘网元(UPF)的方式获取相关网络信息。CT-VAS 还来源于一些边缘设备的接口, 主要包括 IT/CT 防火墙、Cloud/Edge 防火墙的安全策略、NAT 规则、VPN 规则等相关能力。CT-VAS 的能力主要包括用户标识服务、IP 黑白名单服务、带宽管理服务等。
EdgePOD	部署在边缘机房的一体化软硬结合交付单元, 为联通边缘共享机房和企业专供机房, 提供“即插即用”边缘计算系统, 包含下沉的边缘分流网元、ME_ICT-IaaS/CaaS 资源池、边缘平台 MEP 和边缘用户自助工具 CSFP, 并能够从中心端推送联通边缘应用商店的丰富生态应用
IT-VAS	ME-VAS 中和 IT 相关的增值服务, IT-VAS 的主要来自基于 ME_ICT-IaaS 承载的实现, 和一般云原生微服务不同, 除了基于容器方式提供的服务, 在边缘场景中, 往往还需要通过虚拟机或者裸机方式提供传统的 API 宏服务。除了以上服务, API 网关还需要在某些情况下集成联通生态中的第三方服务, 这种服务一般是实现云边协同能力的本地代理, 实现云边协同的一些协同工作。IT-VAS 能力包括 AI 图像识别、AI 体态识别、视频转码、视频拼接、IoT 设备管理、应用拨测监控服务、通用 MySQL 关系数据库服务、通用 Redis 缓存服务等常用 IT 服务
MEAO	多接入边缘应用编排器 (Multi-Access Edge-Computing Application Orchestrator), 负责对边缘业务的全局编排, 统筹可用边缘业务的分布, 并驱动 MEPM 实现边缘业务的调度。集中部署的边缘应用编排器, 主要



	对接 OSS/BSS，实现应用的总体调度。
MEPM	多接入边缘平台管理器 (Multi-Access Edge-Computing Platform Manager)，参考 ETSI MEC，部署在区域/省会节点，对边缘资源的生命周期进行管理，包括边缘数据中心、边缘资源基础架构资源、边缘平台资源、边缘业务资源的上线、部署、监控、变更和下线。并针对边缘业务管理人员、第三方应用提供商和边缘用户提供接口。中心的边缘应用编排器，主要提供给省级运维人员进行省级边缘的管理，实现边缘数据中心 ME-DC、边缘 ME-ICT IaaS、边缘 MEP 等边缘组件管理。
MEP	多接入边缘节点协同平台 (Multi-Access Edge-Computing Platform)，MEP 主要的职责是流量控制 (Traffic Rule Control)、DNS 处理 (DNS Handling) 和服务分发 (Service Delivery) 等。
ME-VAS	边缘增值服务 (Multi-Access Edge-Computing Value Added Service)，主要指边缘提供的相关增值服务，包括网络可以提供的网络相关服务 CT-VAS 和通用类能力 IT-VAS。
ME-App	多接入边缘业务应用 (Multi-Access Edge-Computing Applications)，主要指部署在边缘的用来具体实现某项业务的应用程序。ME-APP 应用面向的行业主要集中在智能制造、智慧交通、智慧教育、智能安防、智慧医疗、新媒体等几大行业，ME-APP 应用即包含联通自研 AI、IOT 等产品，也包括引入的合作伙伴方案。
ME_ICT-IaaS	多接入边缘 ICT 融合基础设施即服务，能够同时提供虚拟机和容器能力，满足 CT 和 IT 的不同需求，ME_ICT-IaaS 在承载 CT 网元 (集团正在推动厂家 VNF 基于 MEC ME_ICT-IaaS 承载) 的同时，也能够承载 IT 资源 (边缘接入协同平台 MEP、APP 应用和 VAS 服务)
ME-DC	多接入边缘数据中心，ME-DC 有特指 ME_ICT-IaaS 部署的物理机房。一个 ME-DC 可以承载一个或者多个 ME_ICT-IaaS。



## 联合编写单位及作者



王常玲、陈丹、康凯、文涛、刘畅、毋涛、肖羽、胡翔、王帅、潘桂新、张岩、  
刘晶、吕华章、曹畅、杨建军



曾红李，高纪明，张可，马轶慧，杨磊，孙向辉



China  
unicom 中国联通  
创新·改变世界

5G<sup>n</sup>  
让未来生长