

# 5G 边缘计算演进

## MEC in 5G Evolution

黄强, 李宁 (中兴通讯股份有限公司, 上海 201203)  
Huang Qiang, Li Ning (ZTE Corporation, Shanghai 201203, China)

### 摘要:

边缘计算是 5G 应用下沉的关键技术支撑, ETSI MEC 以 LTE 网络为原型, 提出边缘计算参考架构、基本功能与特性。但 MEC 目前依然存在商用化问题, 尤其 MEC 面向 5G 部署时。提出 MEC in 5G 演进时面临的挑战以及 5 个关键技术点: MEC 作为 Application Function、MEC 服务开放框架、MEC 服务南向接口、MEC 容器化演进、MEC in 5G 部署, 并进一步提出了相应的解决方案。

### Abstract:

Edge computing is the key technology for 5G application sinking. ETSI MEC introduces the edge computing reference architecture, basic functions and features based on LTE network. But right now, there are still some issues in MEC commercialization, especially when MEC is deployed in 5G. It proposes the challenges faced by MEC in 5G evolution and five key technical issues: MEC as Application Function, MEC service exposure framework, MEC service southbound interface, MEC containerization, MEC in 5G deployment, and further proposes corresponding solutions.

### Keywords:

MEC; 5G; CAPIF

引用格式: 黄强, 李宁. 5G 边缘计算演进[J]. 邮电设计技术, 2018(11): 68-73.

### 关键词:

边缘计算; 5G; CAPIF

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2018.11.013

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-3043(2018)11-0068-06

## 0 前言

2014 年, ETSI 启动基于 LTE 的边缘计算标准项目 MEC (Mobile Edge Computing), 并于 2017 年升级为 Mult-access Edge Computing 以满足 5G、Wi-Fi、固网多接入需求。其目的是为了降低传输时延、缓解网络拥塞, 让运营商能够在移动网络内部引入 MEC, 以无线接入网边缘位置融合计算、存储、网络以及无线网络服务 API 能力, 就近提供边缘智能业务。MEC 可利用无线接入网边缘云提供本地化云服务, 并能连接非运营商网络 (如企业网) 私有云从而形成混合云。MEC 主机基于 NFV 提供虚拟化软件环境, 管理第三方应用资源。第三方应用以虚拟机 (VM) 形式部署于边缘云, 通过统一的服务开放框架获取无线网络能力。

在 LTE 网络中, MEC 部署在基站后, 包括接入环、汇聚环等位置, 通过解析基站与核心网之间的 S1 接口消息, 实现业务分流至 MEC 主机上的第三方应用。目前, MEC 正在往 5G、Wi-Fi、固网等多接入边缘系统方向演进。

## 1 MEC 参考架构解析

MEC 系统架构分为 Mobile edge host level 和 Mobile edge system level 2 个不同层次的 level。其中 Host level 一般分布式部署, 比如在 eNodeB 机房或者接入/汇聚机房。而 System level 一般集中式部署, 比如核心网或者更集中的位置。第三方 App 部署在 Mobile edge host 提供的虚拟化资源之上。

System level 中, CFS Portal 是运营商面向第三方客户订阅并监控边缘 App 的门户。User app LCM proxy 接收 App 在 UE 侧客户端发起的操作。Operations Sup-

收稿日期: 2018-10-08



port System 接收来自 CFS Portal 和 User app LCM proxy 的 App 实例化或实例终止请求, 决定是否授权请求, 并负责将 App 镜像加载到 ME Orchestrator。ME Orchestrator 负责应用编排部署, 决定 App 部署在哪些 ME Host 上。

Host level 中, ME Host 通过 Virtualization Infrastructure 给 App 提供虚拟化计算、存储和网络资源。ME Platform Manager 负责 App 生命周期管理、ME Service 配置以及 ME Platform 基本运维。ME Platform 的 Traffic Rules Control 和 DNS handling 通过 Mp2 接口实现 Data Plane 的业务分流控制。ME Platform 通过应用使能接口 (Mp1) 让 App 发现、通知、消费 ME Service。其中 ME Service 包括无线网络信息服务、位置信息服务、带宽管理服务等一系列无线网络能力服务。

综上所述, MEC 系统通过参考 NFV 框架提供 MEC 管理, 通过 ME Host 上虚拟化基础设施向 App 提供实例化资源, 通过 Data plane 加载 App 分流规则进行业务分流, 通过 ME Platform 上的 ME Service 开放无线网络能力服务, 并通过 Mp1 接口将 ME Service 开放给 App 消费。

## 2 MEC 面向 5G 的挑战

ETSI MEC 2014 年刚开始定义参考架构时, 运营商网络正处于 4G 建设阶段。其独立的部署架构特性很好地满足了 4G 网络本地分流需求, 并在预商用测试中通过室内定位等无线网络能力服务满足了边缘业务性能优化与增强。然而, MEC 在面向商用和 5G 演进中, 却遇到了挑战, 主要有以下几个方面:

a) 本地分流: MEC 直接实现了本地分流, 但没有制定数据计费以及合法监听的完备标准, 这是 5G 商用化必须面对的。

b) 服务开放框架: MEC 通过 Mp1 向 App 开放无线网络能力服务, Mp1 是一个独立的服务开放框架。但运营商 5G 网络还有其他能力也需要开放, 比如核心网的策略配置能力。MEC 需要考虑如何将边缘无线网络能力服务与整个运营商的能力开放框架有机结合起来。

c) 服务南向接口: MEC 定义了面向 App 的无线网络能力服务, 即 ME Service。但 MEC 并没有定义这些服务到底如何获取 5G 无线接入网络信息和能力。

d) 容器化演进: MEC 目前基于虚拟机部署第三方 App, 而越来越多的垂直行业应用正在以 Container 方

式部署, 因此 5G 时代, MEC 需要满足这些应用部署需求。

e) MEC in 5G 部署: 5G RAN 既有 Central Unit 和 Distributed Unit 分离架构, 也有单基站模式, MEC 在 5G 系统部署时需要考虑 5G RAN 架构演进。

上述 5 点是 MEC 面向 5G 演进时需要思考并解决的问题, 这些问题有些需要在 3GPP 5G 系统架构演进中找到方向, 有些需要与开源社区紧密结合, 整个 MEC 产业界正在通过各个标准与工业组织协作中寻找突破。

## 3 MEC in 5G 演进

### 3.1 MEC 作为 Application Function

3GPP SA2 在 R15 中定义了 5G 系统架构 (见图 1)。该架构有以下几个特点。

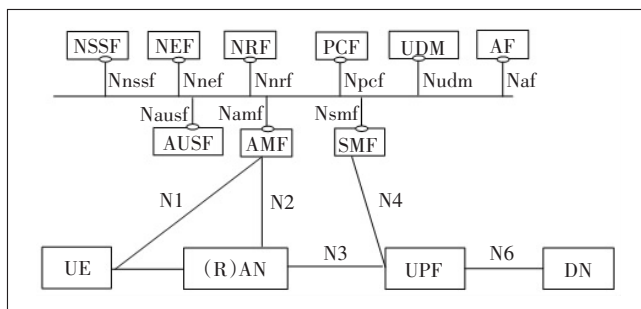


图 1 5G 系统架构

a) 通过 5G 核心网控制面与用户面分离, 用户面网 UPF 可以灵活地部署到网络边缘, 而策略控制 PCF 以及会话管理 SMF 等控制面功能可以集中部署。通过 UPF 可以解决边缘业务分流的计费以及合法监听问题。

b) 定义了 Service Based 的服务化接口, 网络功能既能产生服务, 也能消费服务。这些服务化接口大大降低了系统接口交互成本。

c) 对于授信域 Application Function 直接开放网络功能的服务接口, 对于外部非授信域 Application Function, 则通过 NEF 开放网络功能能力, 让 AF 可以影响 5G 核心网的业务路由与策略规则。

当 5G 网络支撑边缘计算时, Application Function 向非授信域 (NEF) 或者向授信域 (PCF) 发送 AF Request, 其中包含目标 DNN 和 S-NSSAI、应用 ID、N6 路由需求、应用位置 (DNAI 信息集)、UE 信息、应用移动性指示、空间和时间有效条件等一系列参数。PCF 根据 AF 提供的这些信息参数, 结合自身策略控制, 为目



标 PDU Session 业务流生成 PCC 规则, 通过 SMF 为其选择一个合适的 UPF (如靠近用户附件的位置), 并配置 UPF 把目标业务流通过 N6 接口传输到目标应用实例。同时, 5G 核心网通过用户面管理事件消息通知 AF 有关 UPF 位置改变信息, 这样 AF 可以对应改变应用的部署位置。此时, Application Function 相当于应用控制器的角色, 提供应用与网络控制面之间的交互。

MEC 提供应用基础设施资源编排、应用实例化、应用规则配置等功能, 其功能相当于应用控制器。因此, 当 MEC 部署在 5G 系统中时, MEC 自然可以充当 Application Function 角色, 代表部署在 MEC 上的应用与 5G 系统控制面交互。从 MEC 角度, UPF 可以作为 MEC Host 中 Data plane 的具体实现。然而, UPF 受到 SMF/PCF 控制, 为了消除其中的分歧, 2018 年 3 月 ETSI MEC 通过了 5G CoreConnect Feature, 将 MEC 作为 AF 影响 5G 核心网的特性进一步标准化。

5G CoreConnect Feature 具体内容包括:

- a) MEC 系统可以代表应用向 5G NEF 发送业务路由以及策略控制请求。
- b) MEC 系统可以从 5G NEF 或者其他核心网网络功能接收通知 (UP path management event 通知), 根据通知消息信息 (如 DNAI 标识的 UPF 位置), MEC 可以选择一个 MEC Host 并在其上实例化的一个应用。
- c) MEC 系统可以从 5G NEF 或者其他核心网网络功能接收通知 (UP path management event 通知), MEC 可以利用通知内容支持应用实例重定位到一个特定 MEC Host。

然而, 目前 MEC 系统还没有针对 5G CoreConnect 特性设计具体的功能块。从系统设计角度 System level 域可以有 5G CoreConnect 特性的配置及交互能力, 同时也要在 Host level 域开放能力让应用可以直接提供 5G CoreConnect 特性交互信息。图 2 展示了未来一种可能的 MEC 在 5G 系统中的功能与交互架构。

在 MEC System level 加入 5G Core connect proxy 作为 System level 管理域与 5G 核心网交互的代理模块, 实现与 5G 核心网控制面消息交互与流程处理。这是因为, MEC 作为一个多接入系统, 还需要处理与 Wi-Fi、固定接入网络等其他系统的交互消息, 而 OSS 负责运维, ME Orchestrator 负责编排, 从功能设计角度, 将 5G CoreConnect 特性用一个代理模块单独实现, 可以让 MEC 针对 5G 系统的交互独立升级演进, 以减少对 OSS 与 ME Orchestrator 的技术影响。当 MEC 系统在一定区域内的 ME Host 集上实例化 App 之后, 5G CoreConnect proxy 可以将该 App 以及 App 实例分布信息 (如一组 DNAI 信息) 通过 AF Request 发送给 5G 核心网, 当 UE 向移动网络发起该 App 的业务请求时, 5G 核心网就能选择合适边缘位置的 UPF, 该 UPF 连接的 ME Host 上部署了相应的 App 实例。同时, 当 UE 移动导致 UPF 位置改变时, 5G CoreConnect proxy 可以接收从 5G 核心网发送过来的 UP path management event 消息, 该消息指示了目标 UPF 位置信息, MEC 根据该信息判断是否需要在相应的目标 MEC Host 上新建该应用实例或者重定位该应用实例。

在 MEC Host level: MEC 平台上加入 5G CoreCon-

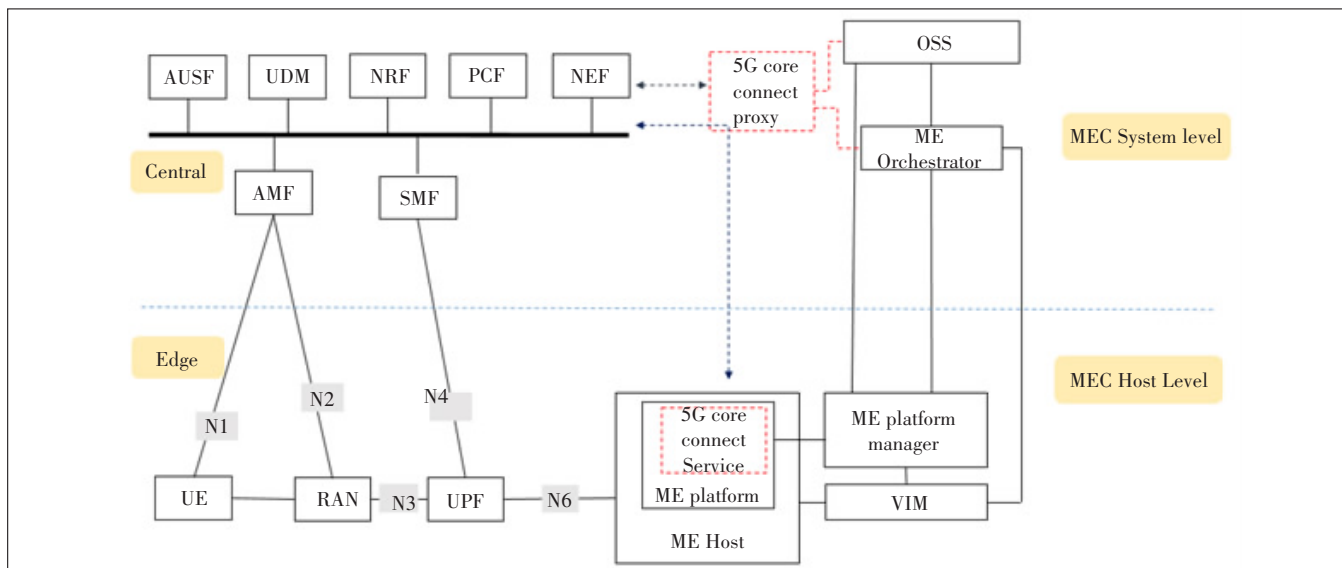


图 2 MEC in 5G 功能与交互架构



nect Service, ME Platform 上的应用通过该服务可以动态触发 MEC 对 5G 核心网的 AF Request。比如针对当前正在进行边缘业务的某个 UE 使用业务情况,应用通过 5G CoreConnect Service 直接调整该 UE 的 5G 核心网路由策略。

通过上述在 MEC System level 和 MEC Host level 引入的 5G CoreConnect 特性实现功能, MEC 将以 Application Function 的身份无缝部署到 5G 系统中。

### 3.2 MEC 服务开放框架

在 MEC 系统中, ME Platform 位于 ME Host 之中, 为运行在 MEC Host 虚拟化基础设施之上的 App 提供边缘网络服务 ME Service。ME Platform 和 App 之间定义 Mp1 接口实现了 MEC 服务开放。

在目前预商用试点中, Mp1 接口为边缘应用提供简洁独立的 ME Service 访问机制, 效果良好。然而, 随着 MEC 未来在 5G 系统中商用, 其缺点也进一步体现。首先, 运营商除了无线接入网能力服务之外, 还有核心网能力服务也需要开放给 App。其次, Mp1 接口中缺少计费、接入控制等标准定义, 商用化并不完善。面对这些问题, MEC 需要从 3GPP 寻找方向。

3GPP SA6 为了避免运营商网络能力服务开放框架的碎片化, 正在 R15 阶段定义一个通用的 API 开放框架结构, 即 Common API Framework for 3GPP North-bound APIs (CAPIF)。其基本功能模型架构如图 3 所示。

图 3 中, API Invoker 是第三方 App。App 提供商和运营商之间有相应的服务协议, 并且 API Invoker 可以部署在运营商的可信域内。

如果 API Invoker 部署在运营商的可信域内, 则通

过 CAPIF-1 和 CAPIF-2 与 CAPIF 交互。如果 API Invoker 部署在非可信域内, 则通过 CAPIF-1e 和 CAPIF-2e 与 CAPIF 交互。

对于可信域内 API provider domain 中的 API exposing function、API publishing function 以及 API management function, 则各自通过 CAPIF-3、CAPIF-4 和 CAPIF-5 与 CAPIF core function 交互。对于非可信域内的 API provider domain function, 则使用 CAPIF-3e、CAPIF-4e 和 CAPIF-5e 与可信域内的 CAPIF core function 交互。

CAPIF 本身为 CAPIF core function 和 API provider domain 2 个域。

CAPIF core function 提供如下功能。

- a) 对 API Invoker 进行鉴权。
- b) 支持 API Invoker 的双向鉴权。
- c) 对 API Invoker 访问 Service API 进行授权。
- d) 发布、存储以及支持发现 Service API 信息。
- e) 基于运营商策略配置控制 Service API 接入。
- f) 存储 Service API 调用日志, 并提供给授权实体。
- g) 基于 Service API 调用日志计费。
- h) 监控 Service API 调用。
- i) 加载与卸载 API Invoker。
- j) 存储 CAPIF 以及 Service API 相关的策略配置。
- k) 支持日志审计。

API exposing function 提供如下功能。

- a) 与 CAPIF core function 协同对 API Invoker 进行鉴权。
- b) 通过 CAPIF core function 验证授权。
- c) 记录 Service API 调用日志, 并提供给 CAPIF core function。

API publishing function 提供如下功能。

通过 CAPIF core function 发布 Service API 信息。

API management function 提供如下功能。

- a) 审计从 CAPIF core function 过来的 Service API 调用日志。
- b) 监控 CAPIF core function 相关事件报告。
- c) 向 CAPIF core function 配置 API 供应商策略。
- d) 监控 Service API 状态。

可以看到, 同样作为服务开放框架的 CAPIF, 面向商用化的功能相对完备。同时, CAPIF core function 和 API provider domain 可以分离, 其中 API provider domain 的 3 个功能可以下沉到网络边缘分布式部署。

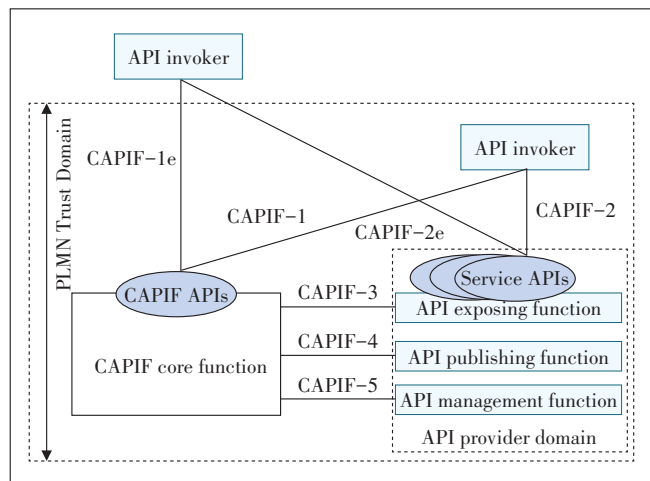


图3 CAPIF功能模型





对于 MEC 而言, 其 ME Service 通过 API exposing function 开放给 App, ME Platform 同时也会实现相应的 API publishing function 和 API management function, 形成完整的边缘 API provider domain, 并通过 CAPIF-3/4/5 标准化接口与运营商集中的 CAPIF core function 连接交互形成完整的边缘能力开放框架。

### 3.3 MEC 服务南向接口

MEC Platform 上目前定义了 3 个 ME Service, 分别是无线网络信息服务、位置信息服务、带宽管理服务。App 可以调用这些服务的 API 优化其性能或者提供新的业务。比如位置服务可以提供用户室内定位, 商业分析软件可以利用位置服务统计分析商场室内人员流动信息, 进一步优化室内商铺业态。然而, MEC 目前并没有定义这些 ME Service 如何获取网络信息与能力。当 MEC in 5G 部署, 并进一步扩展无线接入网络能力服务时, 架构层面需要考虑这些接口。

3GPP 5G 系统架构中, 核心网可以通过 Network Exposure Function 向第三方 App 提供网络。NEF 对外提供 3 种能力: 监控网络状态、让外部应用提供诸如 UE 行为等信息、对外提供策略配置能力。对于 MEC 而言, ME Service 就像无线接入网络(RAN)的 NEF, 即一个属于 RAN 的 Local NEF。MEC in 5G 时, 将挖掘更多 RAN 能力服务支持 5G 业务, 尤其是低时延高可靠的业务。以 V2X 为例, 由于 V2X 业务涉及大量道路辅助安全应用, 其部署会下沉到无线接入网的 MEC 边缘云, 并对无线接入网络链路性能指标有非常严格的要求。对于 MEC 而言, 可以基于 ME Service 将无线网络信息状态暴露给边缘 V2X App, 让 V2X App 可以实时监控无线接入网络运行状态并调整业务策略。同时 ME Service 可以将边缘 V2X App 的实时业务需求转换为对 RAN 的网络优化操作(比如根据 App 业务实时质量进行实时多 RAT 传输增强等)。如此, MEC 提供从基站到应用之间的协同优化, 为 5G 业务提供完整的性能保障。由于这些基于 RAN 的 ME Service 对于无线信息和控制时延具有极其严苛的指标要求, 因此在架构层面, ME Service 需要与基站直联, 从而达到最高效的边缘性能协同。

在图 4 所示的架构中, 5G gNodeB 可以通过双向交互接口, 直接向 MEC Platform 开放无线接入网络信息以及基站策略控制能力。MEC Platform 通过 ME Service(或者说 Local NEF), 向边缘 App 提供无线接入网络能力 API。

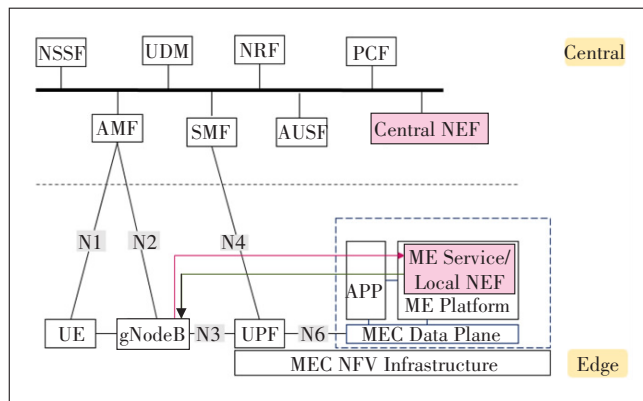


图 4 ME in 5G 边缘服务南向接口架构

### 3.4 MEC 容器化演进

目前 MEC 依托于 NFV 架构以及 OpenStack 开源技术, 已经构建出一套相对成熟的虚拟机资源编排管理平台。第三方 App 以虚拟机承载的虚拟化网络功能形式(VNF)部署在 MEC Host 之上。然而, 随着越来越多的第三方应用以容器化而不是虚拟机方式部署, MEC 正在面临容器化演进的挑战, 尤其是在垂直行业领域。容器是一种操作系统级别的虚拟化技术, 通过操作系统隔离技术如 Linux 下的 CGroup 和 NameSpace, 将不同的进程隔离开。容器技术不同于硬件虚拟化(Hypervisor)技术, 并没有虚拟硬件, 容器内部也没有操作系统, 只有进程。正是由于容器技术的这个重要特点, 使得容器比虚拟机更轻量, 管理也更方便。

容器技术具有以下优势。

- 启动和卸载速度快: 容器的启动和卸载速度比虚拟机快得多。
- 镜像小: 容器镜像在磁盘上占用的空间比虚拟机镜像要小很多。
- 自包含: 容器镜像包含业务实现逻辑以及运行依赖, 使容器在跨平台迁移过程中, 具有更好的一致性。
- 资源利用动态变化: 容器的资源利用是动态变化的; 然而, 基于虚拟硬件的规格, 虚拟机的资源配置是静态的。
- 部署密度大: 容器的部署密度要比虚拟机大很多。

基于容器的应用一般会采用微服务架构。在这种架构下, 应用被划分为不同的组件, 并以服务的形式运行在各自的容器中, 通过 API 对外提供服务。为了保证应用的高可用, 每个组件都可能会运行多个相同的容器。这些容器会组成集群, 集群中的容器会根据业



务需要被动态地创建和销毁。所谓编排,通常包括容器管理、调度、集群定义和服务发现等。通过容器编排引擎,容器被有机地组合成微服务应用,实现业务需求。

Kubernetes 是 Google 公司领导开发的开源容器编排引擎,目前已经成为容器编排领域的事实标准。Kubernetes 可以用于容器集群的自动化部署、扩容以及运维。通过 Kubernetes,可以快速而有预期地部署应用、扩展应用。对于 MEC 系统,使用 Kubernetes 来进行容器编排将是容器化演进的最佳选择。

当 MEC 利用容器进行部署 App 时,比较常见的部署方式如下:

a) 裸机容器部署:容器运行在裸机上,这种部署方式的优点为性能和物理机相近、资源利用率高、内核直接处理硬件差异;其缺点为共享内核导致的隔离性较差。

b) 虚拟机容器部署:其优点为虚拟机层屏蔽硬件差异,虚拟机标准化程度高,可以利用虚拟机的能力实现容器热迁移等高级功能,通过虚拟机隔离,以更灵活的方式实现租户间的安全隔离。其缺点为性能和虚拟机相近,但比物理机差。

当 MEC 引入容器部署后,其管理框架也需要进一步演进。新的管理架构需要与现有的 ETSI NFV 管理架构兼容,不破坏现有管理架构。充分吸纳现有容器技术的优点,例如轻量、敏捷、性能优势等。不局限于单一的容器技术,支持多种容器化 VNF 部署方式,即虚拟机容器、裸机容器等。MEC 容器化管理架构需具有通用性,能适应各种容器部署场景。

### 3.5 MEC in 5G 部署

从协议逻辑看,5G 边缘计算部署时,UPF 相当于 MEC Host 的 Data Plane 功能。UPF 和 MEC Host 的位置取决于运营商与第三方应用基于虚拟化基础设施、业务时延及带宽、管理和商业模式等各方面因素的综合考虑。

从物理位置角度,有下列几种可能场景。

- a) MEC 与 gNodeB 共址部署。
- b) MEC 与 Central Unit 共址部署。
- c) MEC 部署在传输/汇聚点。

## 4 结束语

MEC 最初基于 LTE 网络实现边缘计算,如今已向 5G、WLAN、固网等多接入边缘计算系统演进。5G 作

为 2020 年商用移动网络的最大期待,承载了运营商多元化业务的关键使命。而 MEC 作为 5G 业务边缘部署的最佳载体,是运营商基于 5G 网络进一步扩展 IT 业务的必然选择。本文分析 MEC 参考架构,阐述了 MEC in 5G 的关键问题,并提出了相应的解决方案,为 5G 边缘业务商用添砖加瓦。

### 参考文献:

- [1] 中国联通. 中国联通 Edge-Cloud 平台架构及产业生态白皮书 [EB/OL]. [2018-06-12]. <https://www.sdnlab.com/20563.html>.
- [2] ETSI. Multi-access Edge Computing [EB / OL]. [2018-06-12]. <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing>.
- [3] Mobile Edge Computing (MEC); Radio Network Information API; ETSI GS MEC 012 [S / OL]. [2018-06-12]. <https://docplayer.net/54282826-Etsi-gs-mec-012-v1-1-1.html>.
- [4] Mobile Edge Computing (MEC); Location API; ETSI GS MEC 013 [S / OL]. [2018-06-12]. <https://docplayer.net/54282826-Etsi-gs-mec-013-v1-1-1.html>.
- [5] Mobile Edge Computing (MEC); Bandwidth Management API; ETSI GS MEC 015 [S / OL]. [2018-06-12]. <https://docplayer.net/54282826-Etsi-gs-mec-015-v1-1-1.html>.
- [6] System Architecture for the 5G System; Stage 2; 3GPP TS 23.501 [S / OL]. [2018-06-12]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/23-series.htm>.
- [7] Procedures for the 5G System; Stage 2; 3GPP TS 23.502 [S / OL]. [2018-06-12]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/23-series.htm>.
- [8] Policy and Charging Control Framework for the 5G System; Stage 2; 3GPP TS 23.503 [S / OL]. [2018-06-12]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/23-series.htm>.
- [9] Common API Framework for 3GPP Northbound APIs; Stage 2; 3GPP TS 23.222 [S / OL]. [2018-06-12]. <http://www.3gpp.org/DynaReport/23-series.htm>.
- [10] Multi-access Edge Computing (MEC); Phase 2; Use Cases and Requirements; Draft GS MEC 002 [S / OL]. [2018-06-12]. <https://www.artesyn.com/computing/products/mec-multi-access-edge-computing>.
- [11] Cloud Native Computing Foundation. Kubernetes [EB / OL]. [2018-06-12]. <https://kubernetes.io/>.

#### 作者简介:

黄强,系统架构师,硕士,主要从事 5G 系统及 MEC 研发相关工作;李 宁,系统研发总工程师,硕士,主要从事 5G 系统及 MEC 研发相关工作。

