

# 移动边缘计算技术发展浅析

移动边缘计算（MEC）的基本思想是把云计算平台迁移到移动接入网边缘，试图将传统电信蜂窝网络与互联网业务进行深度融合，减少移动业务交付的端到端时延，发掘无线网络的内在能力，提升用户体验，从而给电信运营商的运作模式带来全新变革，并建立新型的产业链及网络生态圈。MEC 的基本特点包括业务本地化、近距离及低时延的业务交付、为业务提供用户位置感知及其他网络能力。

英特尔中国研究院高级研究员 | 俞一帆  
英特尔（中国）研究中心有限公司项目经理 | 任春明  
英特尔（中国）研究中心有限公司软件经理 | 阮磊峰  
英特尔亚太研发有限公司平台解决方案架构师 | 陈思仁



## MEC系统基本架构

### 整体架构

如图1所示，MEC系统位于无线接入点及有线网络之间。在电信蜂窝网络中，MEC系统可部署于无线接入网与移动核心网之间。MEC系统的核心设备是基于IT通用硬件平台构建的MEC服务器。MEC系统通过部署于无线基站内部或无线接入网边缘的云计算设施（即边缘云）提供本地化的公有云服务，并可连接其它网络（如企业网）内部的私有云实现混合云服务。MEC系统提供基于云平台的虚拟化环境（例如OpenStack），支持第三方应用在边缘云内的虚拟机（VM）上运行。相

MEC的概念最初于2013年在IBM与Nokia Siemens网络共同推出的一款计算平台上出现。2014年，欧洲电信标准协会（ETSI）成立了移动边缘计算规范工作组（ETSI Mobile Edge Computing Industry Specification Group），开始推动相关标准化工作。2016年，ETSI把此概念扩展为多接入边缘计算，将边缘计算能力从电信蜂窝网络进一步延伸至其他无线接入网络（如Wi-Fi）。此外，包括3GPP及CCSA在内的其他标准组织也启动了相关工作。

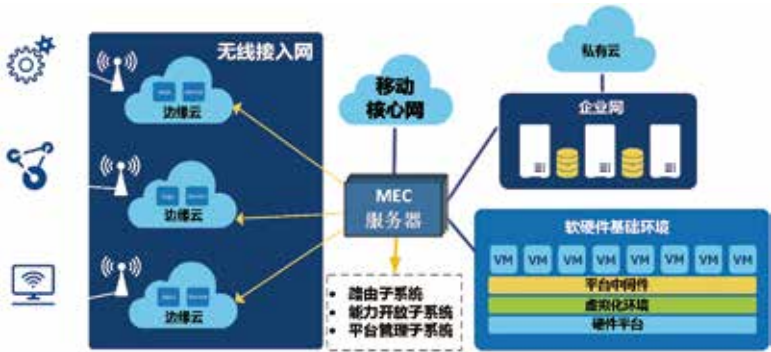


图1 MEC系统整体架构

关的无线网络能力可通过MEC服务器上的平台中间件向第三方应用开放。

MEC系统的基本组件包括路由子系统、能力开放子系统、平台管理子系统及边缘云基础设施。前3个子系统部署于MEC服务器内,而边缘云基础设施则由部署在网络边缘的小型或微型数据中心构成。

## 基本功能组件

边缘云基础设施。边缘云基础设施特指为第三方应用提供的包括计算、内存、存储及网络等资源在内的基于小型化硬件平台构建的IT资源池,使其能够实现本地化业务部署,且方式接近基于传统数据中心的业务部署。

路由子系统。路由子系统为MEC系统内部的各个组件提供基本的数据转发及网络连接能力,并为边缘云内的第三方虚拟业务主机提供网络虚拟化支持。

能力开放子系统。能力开放子系统支持第三方以调用应用程序接口 (API) 的形式, 通过平台中间件驱动移动网络实现网络能力调用。

平台管理子系统。平台管理子系统的主要功能包括：对移动网络数据平面进行控制，对来自能力开放子系统的能力调用请求进行管控，对边缘云内的IT基础设施进行规划编排及对相关计费信息进行统计上报。

## 英特尔网络边缘虚拟化套件

基于硬件资源池化及软硬件解耦的思想,英特尔推出了NEV SDK(网络边缘虚拟化套件),可协助MEC领域的合作伙伴加速开发面向电信领域的相关应用。除基础设施平台能力以外,NEV SDK还可为MEC应用开发者提供基于IP业务的,具备丰富API接口及高性能转发能力的基础软件环境。它为开发者屏蔽了复杂的电信网络控制,即使开发者对繁琐的电信网络不了解,也可进行快速应用开发。此外,NEV SDK还提供开发实例程序及基站/核心网模拟器(需向英特尔和租凭伙伴申请软件使用许可),从而帮助应用开发者快

速搭建接近现实网络的环境以便进行快速测试验证。

## 套件架构

NEV SDK基于风河公司的NFV解决方案Titanium Serve的部分组件及DPDK实现,需要运行在安装了英特尔至强处

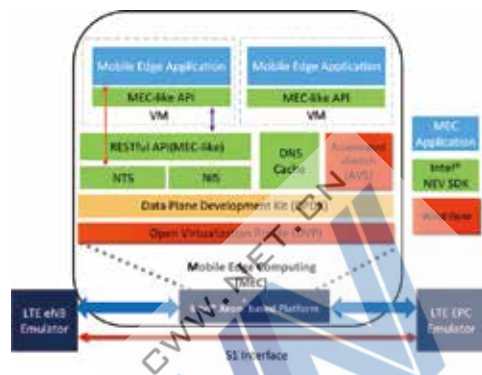


图2 NEV SDK功能架构

理器的x86服务器平台上,其部署位置位于无线接入网和移动核心网之间,可实现无线网络能力向第三方应用的开放。其架构如图2所示,NEV SDK的主要功能包括能力开放功能,路由功能及本地DNS服务功能。

能力开放功能基于RESTful API接口实现面向第三方的能力注册、调用鉴权、调用订阅、能力发布及能力更新,从而实现MPC平台能力开放子系统的基本功能运行。其中,有关网络信息开放的功能由网络信息服务(NIS)模块提供。

路由功能支持MEC平台路由子系统的基本运行，由网络数据路由服务（NTS）模块实现。它为MEC系统内各组件提供基本的数据转发及网络连接能力，并针对MEC平台上的虚拟业务主机提供网络虚拟化支持，路由功能还对MEC系统内的数据流量进行统计。本地DNS服务功能为接入MEC平台的用户终端提供加速的DNS解析服务。

## 功能模块

能力开放功能模块。该模块基于HTTP以JSON数据格式实现能力开放相关数据的传输,支持第三方应用(ME

App) 通过RESTful API来调用MEC平台提供的服务 (ME App Service), 即平台中间件。ME App既可以是面向终端用户的第三方业务应用, 也可以是面向能力开放子系统的平台中间件。

路由功能模块。该模块提供了GTP-U数据流的解析处理能力, 包括IP地址识别、路由、GTP协议包的封装及解封装, 支持把LTE协议层的数据以IP包的形式提供给MEC平台上运行的第三方应用。NEV SDK目前根据GTP-U数据流内封装的IP数据包的目的IP地址及端口实现数据包的路由转发, 其典型用例包括: eNB到EPC转发、边缘云业务服务器转发及MEC平台内部虚拟机之间的转发。

DNS功能模块。通过部署该模块，用户终端发出的DNS查询请求会被转入MEC平台内置的DNS服务器，域名解析结果直接返回给用户终端。如果域名无法解析，则解析请求被发送到外部DNS服务器，待解析完成后，相关域名记录被缓存在内置DNS服务器上，用于服务下一次域名解析请求。

## MEC测试技术

MEC功能的测试环境如图1所示。测试环境可基于真实终端和基站,也可通过测试仪表模拟基站和终端功能开展测试。MEC功能可单独部署,也可部署在基站或核心网设备上。MEC功能必须与业务服务器相连,用于支持MEC管理接口测试。

## 系统要求

被测的MEC系统应基于X86通用硬件服务器构建。被测系统应安装具备MEC功能的软件,且其运行的网络环境应具备MEC功能。

测试仪表具备信令监测、分析功能及虚拟化平台和网络的实时性能检测、统计、分析功能,以及系统资源(如CPU占有率等)监控功能。测试仪表可以模拟仿真基站和终端的功能,如生产数据流量等。

### 测试项目

MEC系统的测试项目包括：虚拟化



平台测试、部署测试、功能测试、管理接口测试及业务测试。各个项目的具体内容详见下文。

**虚拟化平台测试：**虚拟化平台的实时性能、服务器内部不同虚拟机间的通信能力。

**部署测试：**通过MANO和EMS创建MEC网络，通过专用硬件平台部署MEC网络。

**功能测试：**本地业务访问、业务透传、基于目的IP进行业务过滤和路由、基于目的IP和端口进行业务过滤和路由、业务限速、业务阻断、业务用量统计与独立计费、业务用量合并统计、业务用量独立统计、终端移出MEC覆盖区时支持切换下的业务连续性、终端移入MEC覆盖区时支持切换下的业务连续性。

**管理接口测试：**与应用程序通讯接口、注册和注销服务、平台服务能力列表查询、平台订阅服务、平台服务数据更新服务和数据发布服务。

**业务测试：**视频业务体验、增强现实业务体验。

## MEC相关标准发展情况

目前，多家运营商及设备厂商在多个标准组织或相关机构发起了面向MEC的研究工作。ETSI于2016年发布了3份与MEC相关的技术规范，分别涉及MEC术语、技术需求及用例、MEC框架与参考架构。

3GPP在RAN3及SA2两个工作组分别发起了3个与MEC相关的技术报告。其中TR 36.933及TR 38.801由RAN3工作组发起，分别关注对现有LTE网络的增强及基于新空口技术的5G无线接入网架构。TR 23.799由SA2工作组发起，主要关注5G核心网架构演进。

CCSA在无线通信技术工作委员会启动了一项研究项目，将MEC系统称为“面向业务的无线接入网”（SoRAN, Service Oriented RAN）。该项目旨在研究SoRAN方案架构、SoRAN应用与需求、API接口规范及对现有无线设备和网络的影响。

NGMN指出，在网络边缘需要引入一种智能节点，可部分执行核心网功能或者



其他功能（例如，基于上下文感知的动态缓存）。在安全性方面，NGMN认为MEC可能对网络漫游产生影响。由于本地分流随着MEC的引入将普遍存在，需要考虑不同网络在防火墙策略方面的协调性，以确保漫游用户的体验。

IMT-2020(5G) 推进组对MEC的功能及架构进行了论述，认为MEC改变了传统4G系统中网络与业务分离的状态，使得业务平台下沉至网络边缘，实现了网络从接入管道向信息化服务使能平台的跨越，是5G的代表性能力。

## 虚拟化5G网络中的边缘计算

5G、C-RAN和vRAN性能的充分提升，均有赖于RAN技术的革新，无论这些革新是作用于频谱效率、无线接口还是架构层面。NFV和SDN技术正在功能层面持续支持核心网内的流程优化，而MEC则更多地专注于帮助运营商们管理其应用，以及应用层面上的端到端流量。

而我们在审视MEC、5G和虚拟化的关系时，要认识到它们并非是摆在运营商面前供其挑选的、彼此之间可以相互替代的解决方案。要认识到在5G来临之时，我们需要边缘计算——边缘运算能够在5G到来之前降低网络的时延，而在5G到来之后，我们也依然需要边缘计算来进一步

降低网络时延，以满足5G的需求。同样，由于用于基带处理的、集中化放置的BBU为部分边缘计算功能提供了一个适合的切入点，RAN虚拟化也有助于边缘计算的推广。举例来说，部署在一个零售中心内的小型C-RAN网元（如BBU所在的位置）就可以同时放置MEC服务器来管理一些本地化的应用，并将其通过蜂窝网络和Wi-Fi网络提供给访问者们使用。通过C-RAN/vRAN 和MEC的集成化部署，运营商还可以改善其业务用例，这是因为在这种集成化部署之上增添MEC所产生的成本，要远远低于在现有架构上扩展MEC所需的成本。

MEC通过在无线接入网内提供云化的IT能力，实现了近距离、超低延时、高带宽以及实时访问无线网络信息和以位置识别为特征的服务环境。MEC不但为应用开发者和内容提供商提供了全新的业务开发环境及用户体验，而且促进了移动网络运营商的转型，实现了网络从接入管道向信息化服务使能平台的跨越，是5G的代表性能力之一。MEC因此正成为计算机及通信行业新的热点。众多IT及电信设备厂家，正在通过包括ETSI在内的不同标准化组织推进相关的标准工作，希望MEC成为开放的平台，支持不同方案及产品的集成融合，促进业务创新。

但是MEC的推进也面临着一些问题。从网络架构来看，数据平面的控制、会话连续性支持、网络能力开放支持、策略框架及计费能力增强等新特性，意味着网络必须在可重配及可扩展方面得到进一步的强化。从网络部署及运营方面来看，控制部署成本及兼容不同制式的传统网络问题尚未得到很好解决。

编辑 / 孙永杰 sunyongjie@txxintong.com.cn

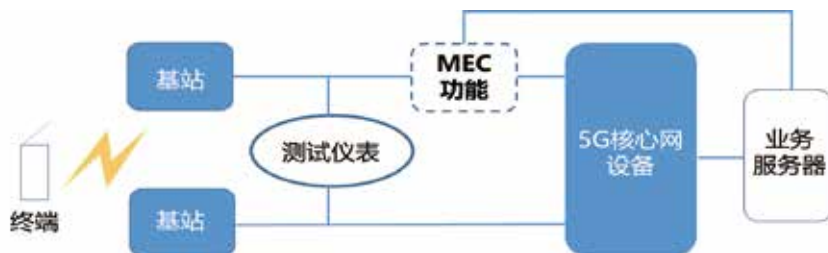


图3 MEC功能测试环境示意图