

摘要】MEC技术是实现5G网络“去中心化”的关键，因此首先介绍了MEC原理，结合国内运营商正在实施的网
络重构对MEC部署方案进行分析，简述MEC架构下运营商如何参与互联网业务运营，最后提出MEC尚存问题与挑
战。

【关键词】移动边缘计算 网络重构 5G移动通信

doi:10.3969/j.issn.1006-1010.2018.01.000 中图分类号：TN929.531 文献标志码：A 文
章编号：1006-1010(2018)01-0000-00

引用格式：吴根生,王学灵. MEC技术与移动网络重构浅析[J]. 移动通信, 2017,42(1): 00-00.

Analysis of MEC Technique and Mobile Network Reconstruction

WU Gensheng, WANG Xueling, XING Zhiyu

(Shanghai Posts & Telecommunications Designing Consulting Institute Co., Ltd., Shanghai
200092, China)

[Abstract] MEC technique is the key element to realize the "decentralization" of 5G networks.
The principle of MEC was introduced firstly. Then, the MEC deployment solutions were analyzed
based on the network reconstruction implemented by operators. The operations for
Internet business in MEC framework were described. Finally, problems and challenges of MEC were
put forward.

[Key words] mobile edge computing network reconstruction 5G wireless communication

1 引言

与现存移动网络相比，5G网络架构最大的特点是“去中心化”，MEC (Mobile Edge Computing，移动边缘
计算) 技术是实现5G网络去中心化的关键。ETSI (European Telecommunications Standards Institute，
欧洲电信标准化协会) 对MEC的定义是在移动网边缘 (无线接入和靠近用户侧) 提供IT服务环境和云计算能力，
是移动基站的自然演进和IT与CT技术的融合[1]。根据ETSI发布的标准，MEC主要分为七大应用场景，如表1所
示：

表1 ETSI发布的MEC应用场景[2]

场景	场景特点	MEC 解决的问题
智能视频加速	大容量	网络拥塞
视频流分析	大容量	视频流分析
AR/VR	低时延	信息处理精度和时效性
密集计算辅助	大连接	密集计算能力
企业网与运营商网络协同	企业网业务平台化	运营商网络与企业网络智能选择
车联网	低时延	分析和决策的时效性
IoT 网关	海量数据	数据本地处理与存储

MEC被业界视为5G的关键架构概念与技术之一，主要对大容量、大连接数据做本地化处理，降低时延、节省
网络带宽，从而满足低时延、高带宽的需求，可支撑以DC (Data Center，数据中心) 为中心的运营商网络重
构，本文接下来将结合国内运营商正在实施的网
络重构，对MEC部署方案进行探讨。

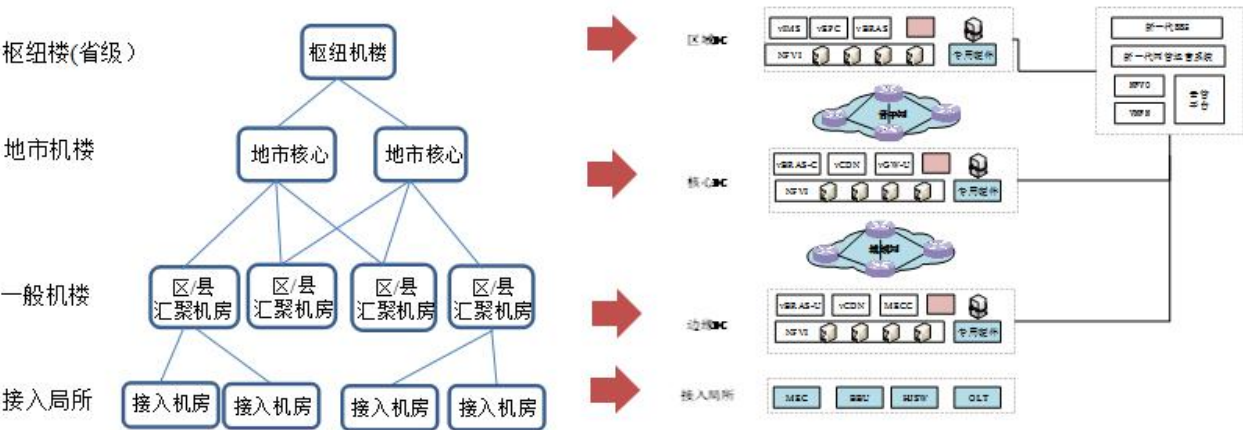
2 MEC与运营商的网络重构

美国AT&T公司提出CORD (Center Office Re-architected as Datacenter，网络机房的DC化重构)，想通过软硬件解耦、控制与转发分离等技术，将运营商传统网络转变成类似云服务商的数据中心，达到降低网络成本、提升网络效益的目标。CORD初期版本分为相互独立的平台，即R-CORD (Residential CORD，家庭宽带场景)、M-CORD (Mobile CORD，移动通信场景)、E-CORD (Enterprise CORD，企业专网场景)，最新版本将这些平台的虚拟网络功能统一起来，打造成统一的通用的平台。CORD代表着运营商网络重构的一个重要方向，国内三大运营商均已发布了各自的网络重构计划。

2.1 以DC为中心的网络重构

网络DC是承载虚拟化网元和专用硬件设备的新型网络机房，是运营商网络重构的基础，网络DC目标架构仍继续保持四层架构，与现有通信局所的层级设置保持对应关系，未来通用标准化设备高密度集成，单机架高功耗、大体积、大重量趋势对现有机房承重、电源空调等配套提出了更大的挑战。以中国电信网络DC化重构为例，如图1所示。网络重构是以NFV (Network Function Virtualization，网络功能虚拟化) 和SDN (Software Defined Network，软件自定义网络) 为前提的。通过虚拟化技术在通用硬件平台上虚拟化构建计算环境，可以承载来自于运营商或者第三方的MEC应用，MEC节点可以与5G的NFV同平台兼容部署。

为了平衡靠近用户和提高效率 (接入更多的用户) 的矛盾，初期MEC一般部署在城域网边缘与基站之间，即边缘DC至基站之间。



1 网络重构目标架构

MEC改变现有网络与业务分离的现状 (运营商网络被管道化)，将业务下沉到移动网络边缘，为移动用户提供计算和缓存的能力，实现网络从接入管道向信息化服务使能平台的关键跨越[3]。业务层面做到服务的本地化和网络能力的对外开放，从网络层面使网络架构得到进一步优化。

2.2 MEC与CORD

网络重构的本质是“边缘计算”，并强调面向“多接入边缘计算”的单一开放平台，MEC部署也需要根据业务的不同需求，部署在网络合适的位置，分为边缘级、区域级和地区级。因此MEC是应对网络重构的一种实现方式。

(1) MEC架构与网络重构中“控制与转发分离”目标一致。当MEC部署在靠近用户/接入侧时，核心网的网关功能将分布在网络的边缘，会造成大量的网络资源占用。通过将核心网的控制面与用户面分离，简化网络结构的同时，控制面的集中可解决信令迂回和接口过载等对网络资源占用的问题。

(2) MEC多层云化技术与网络重构中“网络功能虚拟化”思路一致。由于MEC的部署位置靠近用户/接入侧，不能充分发挥核心DC带来的性能优势，所以需要引入多层云化的构架，将软件功能按照不同能力属性分层/解耦部署，在有限的资源下实现高可靠性和灵活性。

(3) MEC带来的网络能力开放，使得网络更加智能，可以充分挖掘网络的效益，与运营商网络重构的基本出发点保持一致。MEC部署节点能够进行业务实时感知，并针对性地进行智能体验的优化，大大提升用户体验，从而提升网络效益。

2.3 MEC与5G关键技术

现有网络架构中，采用扁平化结构依然解决不了传输距离带来的时延限制（光缆传输时延极限），不能满足超低时延业务需求。一些区域性业务不能在本地终结，既占用较大带宽，也增加了时延。因此，时延和带宽指标决定了5G业务不可能全部终结在核心侧的云平台。MEC部署在靠近网络边缘侧，一方面，边缘服务在终端/边缘设备上运行，解决时延的问题；另一方面，MEC将存储与计算能力下沉，提供智能化的业务调度机制，将业务和内容缓存本地化，让相关区域性业务在本地终结而不是在云端终结。

(1) C/U (Control plane/User plane, 控制面/用户面) 分离

通过控制面与用户面的分离，用户面网关可以独立下沉至移动边缘，可以较好解决MEC部署带来的计费和安全问题。因此，C/U分离技术也是MEC的发展关键技术之一[4]。C/U分离在LTE时代就已经开始，核心侧网元MME (Mobility Management Entity, 移动性管理实体) 和SAE-GW (System Architecture Evolution Gateway, 系统架构演进-网关) 的架构就已经将控制与转发进行了分离。网络重构网络中的大多数网元功能虚拟化，即NFV，从而可以采用SDN对网络资源进行控制。

(2) 网络切片

网络切片可以让运营商在一个硬件基础设施切分出多个虚拟的端到端网络（逻辑上进行隔离），满足各种类型服务的不同需求。NFV将网络功能软件全部部署在商业服务器上的虚拟机（VM），而不用单独部署在专用网络设备上，因此NFV是进行网络切片的一个先决条件。虚拟机之间的连接由SDN负责配置。

MEC可以按照网络切片的划分支持对时延要求最为苛刻的业务类型以及本地海量大连接等业务，从而成为URLLC、eMBB等切片中的关键技术，MEC可以进一步按照业务、服务提供商、用户等维度对业务进行精细化区分。

(3) MEC与CDN (Content Delivery Network, 内容分发网络)

CDN应用场景的关注点是“分发加速”，而MEC不仅要“加速”，还拥有开放API (Application Programming Interface, 应用程序编程接口) 能力以及本地分析、计算、存储等能力，让网络更加智能化。与CDN相比，MEC可以更靠近无线网边缘，因此时延更小；CDN未来的演进方向之一是与边缘计算的融合。MEC与CDN的对比如表2所示：

项目	CDN	MEC
部署位置	本地网（地市）核心机房	可以更靠近无线接入网的边缘位置，甚至是终端；根据需要也可以部署在汇聚层和核心侧
关键技术	负载均衡 缓存技术 动态内容分发与复制	NFV 与云化 控制与承载分离 业务感知和智能业务编排
特点	低时延、缓存加速	低时延、高带宽、智能化调度
应用场景	侧重内容：视频加速、直播实时加速	侧重业务：智能场景、V2X、无人工厂

表2 MEC技术与CDN对比

3 基于MEC的网络架构介绍

3.1 基于LTE网络的MEC部署方案

在现有LTE网络架构下，MEC的部署位置主要有以下3个方案[5]，如图2所示：

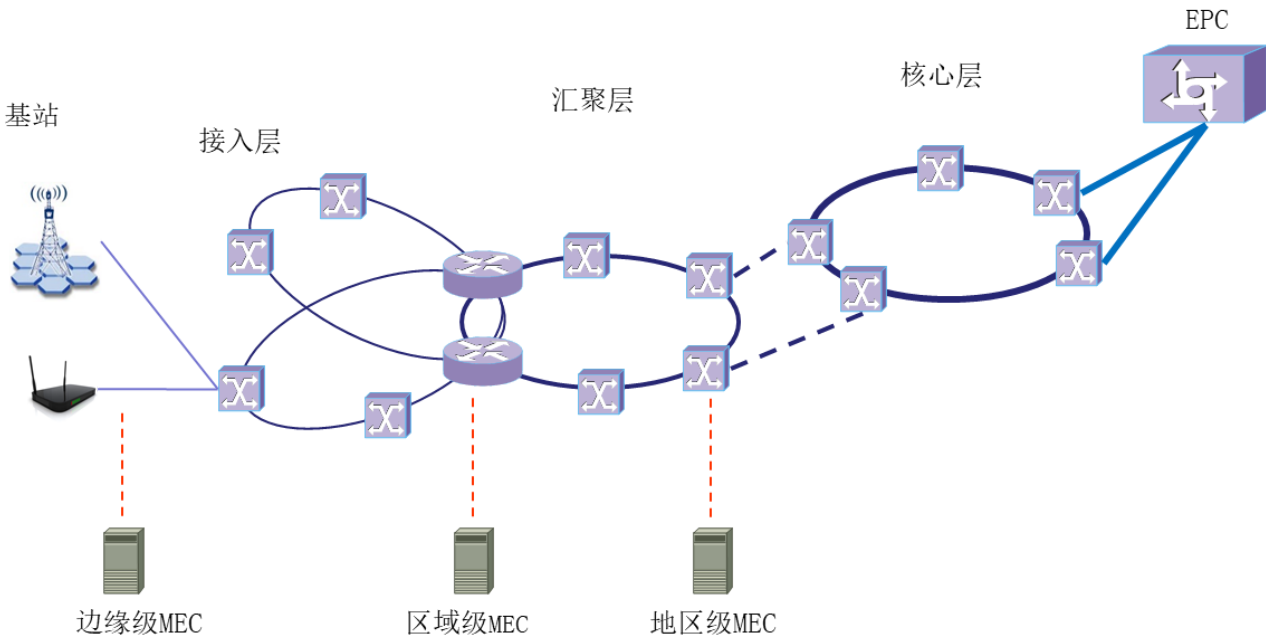


图2 基于现有网络的MEC部署方案

- （1）边缘级MEC部署于靠近基站侧（基站或者BBU集中放置的机房），此方案时延最小，但是覆盖的基站数相对较少，适合于本地分流场景。
- （2）区域级MEC部署与接入环与汇聚环之间（边缘DC），此方案时延也较小，覆盖范围相对较大，比较适合较大场馆场景。
- （3）地区级MEC部署在核心侧（核心DC），此方案覆盖面积最大，时延也最大。因为能够解决跨地域传输覆盖的问题，可以用于公众业务和行业业务场景。

以上三种方案适用于不同的业务需求场景，可以综合考虑覆盖面积、当前网络状况等因素，满足条件的情况下，尽量靠近无线侧部署。MEC在网络中的位置如表3所示：

表3 不同部署方案MEC服务器在网络中位置

MEC 部署方案	逻辑位置	物理位置
边缘级	基站之后	宏站机房/BBU 集中机房
区域级	接入与汇聚之间	边缘 DC 机房（汇聚机房）
地区级	核心侧（地市级）	核心 DC（地市级核心机房）

3.2 基于5G网络的MEC部署方案

在5G时代，MEC部署位置有两种方案，如图3所示。一种是部署在基站后面，另一种是部署在GW-UP（Gateway-User Plane，用户面网关）后面。如果部署在基站后面，使得数据业务离用户更近，终端发起的业务经过基站、MEC服务器1到互联网/第三方内容服务。用户面功能下沉到用户侧（GW-UP），此时部署在GW-UP后面的MEC，与传统无线网络方案比较，可以为用户提供低时延、高带宽服务。

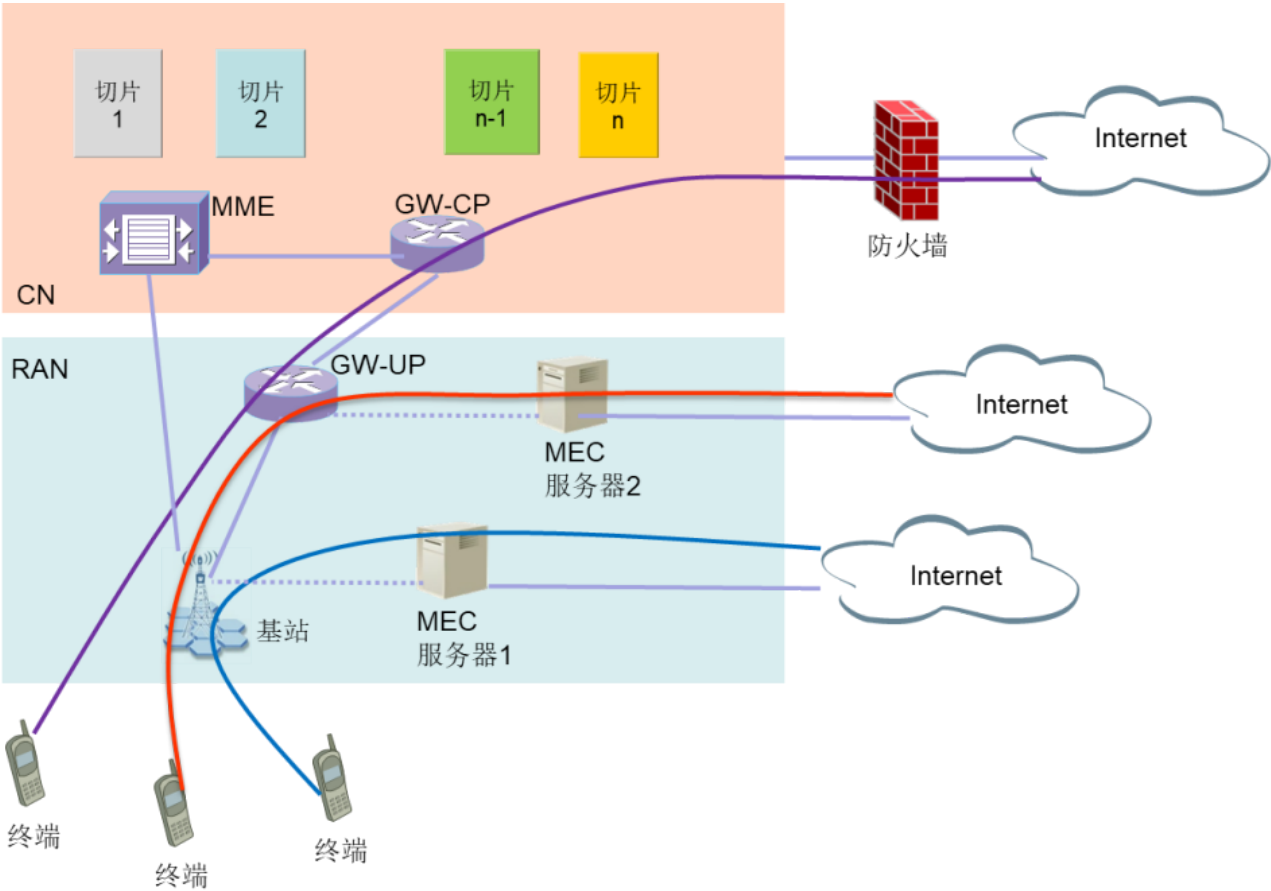


图3 基于5G网络的MEC部署方案

4 目前进展及面临的挑战

4.1 进展与案例分析

（1）标准化进展情况

2014年，ETSI成立了相关组织，开始推进移动边缘计算相关的标准化工作；2016年将MEC概念扩展为多接入边缘计算（Multi-access Edge Computing），并将其能力从电信的蜂窝网络延伸到其他无线接入网络（如Wi-Fi网络）[2]。包括NGMN（Next Generation Mobile Networks，下一代移动网络）、3GPP和CCSA（China Communications Standards Association，中国通信标准化协会）在内的其他标准化组织也在制定相关标准。3GPP在4G时代制定了本地应用和业务优化相关标准，但是无法满足MEC的完整功能的实现；在

R15标准中，5G端到端设计就将MEC本地分流作为需求和特性进行设计，同时无线侧提出支撑边缘计算功能；R16阶段将进行跨层优化和对网络能力开放进行规划。

2013年诺基亚西门子公司与IBM推出在一款计算平台上实现MEC，并于2014年支撑中国移动进行了MEC平台建设；华为是边缘计算产业联盟发起者、移动边缘计算方案提供商，2015年商用“室内全联接解决方案”，为商家和用户基于位置的推送、导航等业务；中兴通讯也推出基于室分与5G的MEC解决方案；英特尔2016年发布了M端到端解决方案白皮书；2017年上半年，华为公司已经在全球承接70多个MEC商用技术案例。

（2）商用方案介绍

MEC商用主要从以下几个方面入手，虚拟化、边缘CDN（即CDN下沉）、高精度定位、视频用户QoS优化、增强现实、比赛直播视频编排等。中国移动推出了F1赛车比赛直播视频编排应用，中国电信也开展了移动CDN、商场导航及业务推送等应用。图4是一个典型MEC商用网络，在现有网络架构下，通过MEC分流本地业务，同时可以通过接口开放提供灵活服务。典型的MEC应用系统网络结构如图4所示：

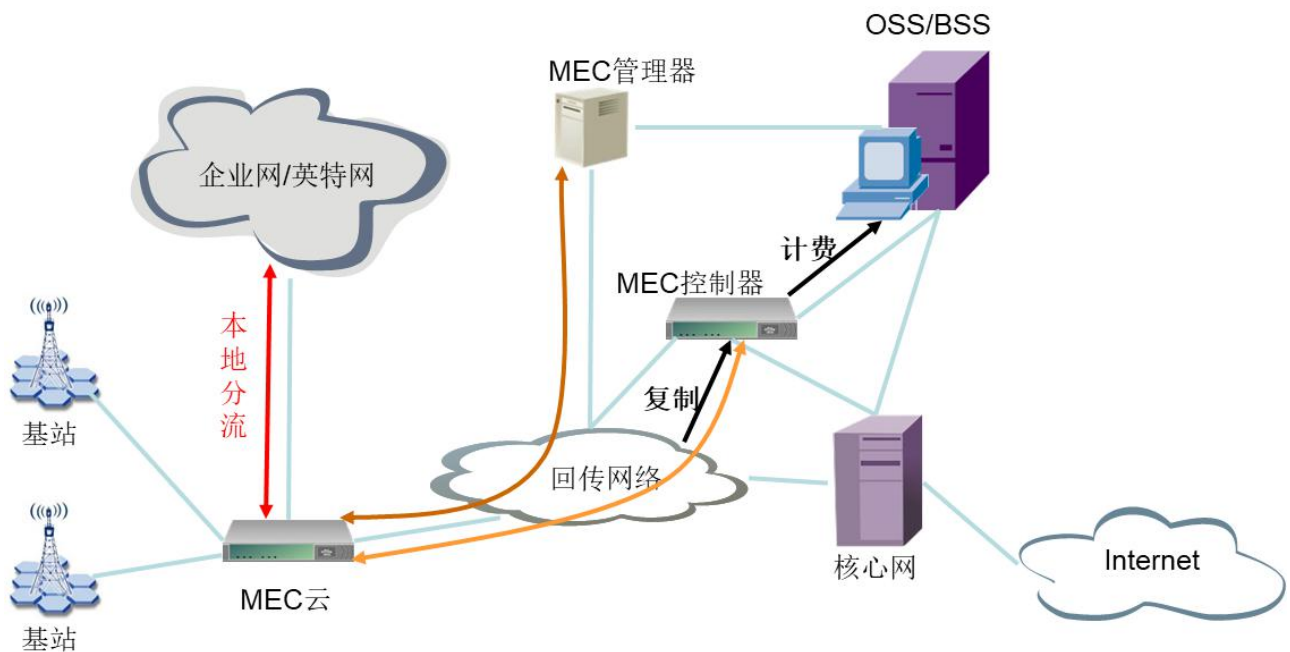


图4 目前已应用MEC系统

4.2 面临的问题与挑战

（1）计费和安全问题的挑战

因为MEC技术将服务下沉，对本地分流的业务无需经过网络的核心侧，因此无法由P-GW提供计费话单并与计费网关连接，在5G的NSA（Non-standalone Architecture，非独立组网）版本下，同样存在这样的问题。核心侧下沉可以解决网络架构变化带来的计费问题，但是采用什么方式计费也成为需要重点关注的问题。

MEC服务为第三方合作伙伴提供了更加开放灵活的网络，通过向第三方的开放，为运营商的创新业务提供了条件。与此同时，无线网络的封闭性被打破，对网络安全、信息安全提出了挑战[6]。同时，MEC靠近用户侧部署，其物理设施的保护也是需要系统性能和硬件保护成本[7]。

（2）产业链与商业模式的挑战

目前在MEC产业链尚未成熟、盈利模式不清的情况下，业务提供者、业务运营者和业务使用者均尚处于培育阶段，如何才能有效盈利是推动产业往前发展的重要动力[8]。根据文献[9]，中国移动目前提出的主要商用模式为赛事VR直播、区域视频监控等本地分流业务，大型商场的室内定位业务（后向收费），车联网业务以及视频加速业务。

5 MEC技术展望

高速率、低延时是5G网络的基本要求，MEC技术是实现这一要求的必然，MEC给网络能力带来的提升将大大推进其规模商用的脚步。同时，MEC存储资源、计算能力也不是无限的，如何快速识别热点内容，如何将过时内容快速释放，如何快速响应用户需求变化等智能化要求会成为MEC技术发展的重点。另外，“去中心化”带来的计费、安全、资源竞争等也是MEC技术所要考虑的重点问题。

对掌握的无线接入边缘资源进行挖掘分析，为运营商在移动边缘入口的服务创新提供了无限可能，有望扭转运营商被互联网企业OTT（Over The Top，过顶传球，具体指互联网增值业务依托运营商承载网络，而运营商仅能收取流量费，网络被管道化）的现状。相信MEC规模部署后，盈利模式、第三方参与的积极性等商务规则将有很大的变化。

参考文献：

- [1] ETSI White Paper No. 11. Mobile Edge Computing A Key Technology towards 5G[S]. 2015.
- [2] ETSI. Mobile Edge Computing (MEC) Service Scenarios[S]. 2015.
- [3] 朱浩. MEC助力5G网络发展[EB/OL]. (2016-06-17)(2017-12-15).
<http://zhuantu.cww.net.cn/news/html/2016/6/17/20166171634298730.htm>.
- [4] 戴晶,陈丹,范斌. 移动边缘计算促进5G发展的分析[J]. 邮电设计技术, 2016(7): 4-8.
- [5] 李福昌,李一喆,唐雄燕,等. MEC关键解决方案与应用思考[J]. 邮电设计技术, 2016(11): 81-86.
- [6] 张建敏,谢伟良,杨峰义,等. 移动边缘计算技术及其本地分流方案[J]. 电信科学, 2016,32(7): 132-139.
- [7] 未来移动通信论坛. 5G信息安全白皮书[Z]. 2017.
- [8] 5G PPP. 5G Empowering Vertical Industries (White Paper)[Z]. 2016.
- [9] 中国移动5G联合创新中心. 中国移动5G移动边缘计算白皮书[Z]. 2017.
- [10] 3GPP TS 23.501. System Architecture for the 5G System[Z]. 2017.
- [11] F Shi, C Zhang. Analysis of the reconstruction of the SDN/NFV-based telecommunications network architecture[J]. Telecommunications Technology, 2016(6): 30-32.
- [12] L Xu, Y Zhang, W Xiong. Research on the architecture of the open source-based NFV platform[J]. Information and Communications Technologies, 2016,10(50): 22-27. ★

作者简介

吴根生：工程师，国家注册咨询工程师（投资），学士毕业于北方民族大学通信工程专业，现任职于上海邮电设计咨询研究院有限公司，从事光通信、承载网网络规划、咨询和设计工作。

王学灵：高级工程师，硕士研究生毕业于同济大学通信与信息系统专业，现任职于上海邮电设计咨询研究院有限公司，从事无线网络规划与设计工作。

邢志宇：工程师，学士毕业于沈阳理工大学电子信息工程专业，现任职于上海邮电设计咨询研究院有限公司，从事无线网络规划与设计工作。 **C114**

作者：吴根生 王学灵 邢志宇 来源：《移动通信》2018年1月