

# 移动边缘计算技术与应用

2018-02-01 13:55

杨峰义

中国电信技术创新中心副主任

## 移动边缘计算

(Mobile edge computing, 以下简称MEC) 通过在接入网侧部署计算能力, 使得在接入网侧也可以使用云计算技术实现通信、计算的统一与融合。随着5G的发展, 移动边缘计算技术得到了业界的广泛关注, 也促使MEC从概念到框架到具体标准和可实施性不断得以完善。本文主要结合5G应用与标准化, 讨论MEC有关的标准进展, 支持MEC的网络架构, MEC可能的应用场景等问题。

1

## MEC技术标准化工作

移动边缘计算 (MEC) 的概念最早出现在2013年, 主要思想是通过在移动基站上引入业务平台功能, 使得业务应用可以部署在移动网络边缘。经过产业界共同推动, ETSI于2014年9月正式成立了MEC工作组, 针对MEC技术的应用场景、技术要求、框架以及参考架构等开展深入研究。其中ETSI给出的定义是: MEC通过在无线接入侧部署通用服务器, 从而为无线接入网提供IT和云计算的能力, 其网络拓扑如图1所示。

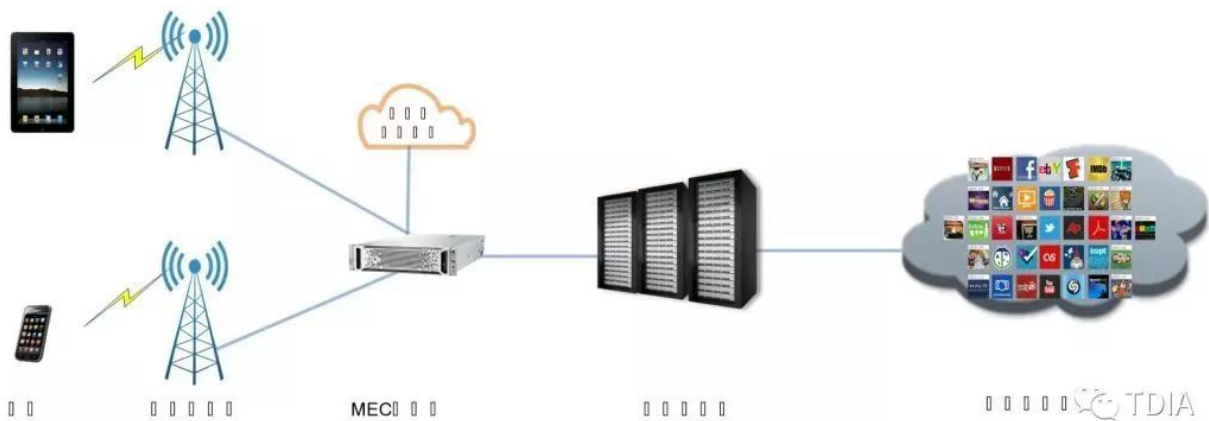


图1 移动边缘计算（MEC）拓扑示意图

MEC技术使得传统无线接入网具备了业务本地化、近距离部署的条件，无线接入网由此而具备了低时延、高带宽的传输能力，有效缓解移动网络对于传输带宽以及时延的要求。同时，业务面下沉本地化部署可有效降低网络负荷以及对网络回传带宽的需求，从而实现缩减网络运营成本的目的。除此之外，业务应用的本地化部署使得业务应用更靠近无线网络及用户本身，更易于实现对网络上下文信息（位置、网络负荷、无线资源利用率等）的感知和利用，从而可以有效提升用户的业务体验。更进一步，运营商可以通过MEC平台将无线网络能力开放给第三方业务应用以及软件开发商，为创新型业务的研发部署提供平台。

随着ETSI MEC标准化工作的推进，MEC概念已经从立项初期（第一阶段）针对3GPP移动网络为目标，扩展至对非3GPP网络（WiFi，有线网络等）以及3GPP后续演进网络（5G等）的支持，其名称也从第一阶段的移动边缘计算（Mobile Edge Computing, MEC）修改为多接入边缘计算（Multi-Access Edge Computing, MEC）。

## ETSI MEC

如前所述，作为MEC最早提出的标准组织，ETSI于2014年9月份由沃达丰、诺基亚、华为、英特尔、NTT docomo、IBM等共同成立了MEC标准工作组（ISG），其主要目标如下：

在无线接入网内部，靠近用户侧为用户提供IT和云计算的能力；  
利用部署在无线接入网边缘、具备低时延高带宽传输能力，以及无线网络信息感知开放能力的业务应用运营环境，更好地为应用及内容提供商服务；  
运营商可以将网络边缘开放给第三方合作伙伴，加速创新型业务的开发以及部署应用；  
形成以应用开发商、内容提供商、OTT服务商、网络设备制造商、以及运营商等一起参与、紧密合作、共同受益的全新产业链和生态系统；

经过近三年的发展，目前有来自运营商、设备制造商、IT厂商、内容及应用提供商等MEC产业链60多家单位共同参与到MEC标准制定以及产业化推广的工作中，如图 1-12所示。



图1-12 ETSI MEC参与单位（截止2017年8月份）

ETSI MEC标准化工作分为两个阶段（Phase 1, Phase 2），其中第一阶段主要集中在应用的实现以及API接口的标准化方面。目前已经完成并发布了如下标准化文档，主要包括：

- MEC术语（GS MEC 001）；
- MEC技术要求（GS MEC 002）；
- MEC系统框架及参考架构（GS MEC 003）；
- MEC应用场景（GS MEC-IEG 004）；
- MEC概念验证框架（GS MEC-IEG 005）；
- MEC性能指标实践指南（GS MEC-IEG 006）；
- MEC 服务接口基本原则（GS MEC 009）；
- MEC系统、平台及主机管理（GS MEC 010-1）；
- MEC应用生命周期、规则、需求管理（GS MEC 010-2）
- MEC平台应用实现（GS MEC 011）；
- MEC网络信息服务API（GS MEC 012）；
- MEC定位服务API（GS MEC 013）；

在第一阶段的基础上，MEC标准化组织在2017年3月将MEC扩展至对非3GPP网络（WiFi，有线网络等）以及3GPP后续演进网络（5G等）的支持，正式开始了第二阶段的工作，其名称也从第一阶段的移动边缘计算（Mobile Edge Computing, MEC）修改为多接入边缘计算（Multi-Access Edge Computing, MEC）。第二阶段除了在第一阶段基础上演进，并完成计费、合法监听、移动性等标准化工作外，同时将针对MEC对非3GPP网络以及5G网络的支持、重用NFV架构、产业链发展等方面进行标准化推动，如图2所示。



图2 ETSI MEC标准化进展

3GPP MEC

除了ETSI，移动网络为业务应用在网络边缘提供运营环境、以及开放网络能力等需求也得到了3GPP SA1 5G网络运行需求研究的认可与采纳（TR 22.864），具体描述如下：

高效用户面选择（部分）：为了满足与运营商合作的第三方业务应用在时延以及带宽方面的严格要求，运营商需要将业务应用服务器部署在移动网络内部更靠近用户的位置，例如工业控制领域的本地实时控制等。

网络能力开放（部分）：允许部署在靠近用户侧的业务应用（运营商自有或者第三方提供）通过网络能力开放提升用户体验，节省回传带宽。

因此，在3GPP SA2下一代网络架构研究（TR23.799）、以及5G系统架构（23.501）中将边缘计算作为5G网络架构的主要目标予以支持。其定义为：“为了降低端到端时延以及回传带宽实现业务应用内容的高效分发，5G网络架构需要为运营商以及第三方业务应用提供更靠近用户的部署及运营环境”。由于MEC本身涉及的关键技术范围较广，实际标准研究过程结合3GPP整体研究思路被分解为下列关键问题中进行研究，主要包括：

关键问题2：QoS框架

关键问题4：会话管理

关键问题5：高效用户面选择

关键问题9：网络能力开放

关键问题11：计费

除了上述ETSI和3GPP外，中国的IMT-2020（5G）推进组、以及中国通信标准化协会（CCSA）等研究机构或者标准化组织也都针对MEC开展广泛研究。

2

## MEC的主要技术特征

MEC通过为无线接入网提供IT和云计算的能力，从而使得MEC具备如下技术特征：

业务本地化、缓存加速

本地分流、灵活路由

网络信息感知与开放

边缘计算、存储能力

基于IT通用平台

下面将结合5G的典型应用场景，讨论分析MEC的应用问题，如图3所示。

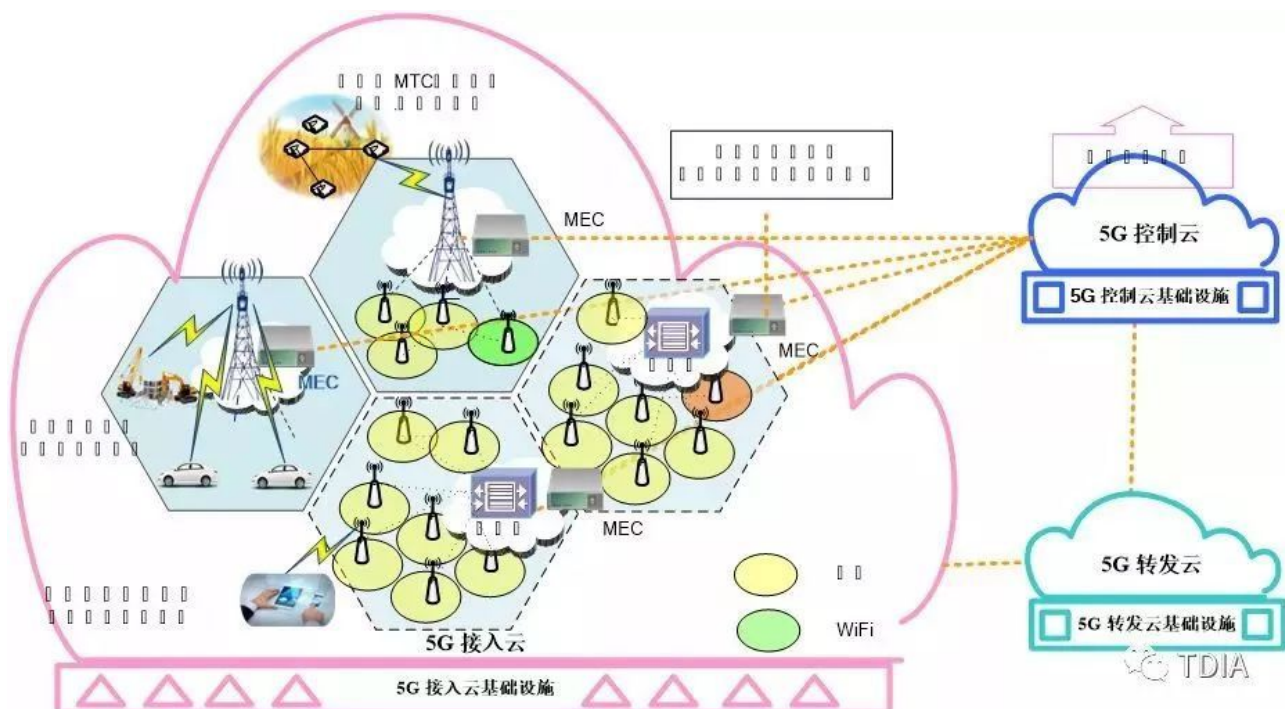




图3 MEC在5G中的应用

### 增强移动宽带场景

为了满足未来5G网络1000倍的流量增长以及100倍的用户体验速率，现有物理层和网络层技术的后续演进以及全新的技术需要同时考虑，例如大规模天线（massive MIMO）、毫米波（mmWave）、超密集组网（Ultra Dense Network, UDN）等。此类技术的主要目标是通过拓宽频谱带宽以及提高频谱利用率等方式提升无线接入网系统容量。然而，未来5G网络数据流量密度和用户体验速率的急剧增长，除了对无线接入网带来极大挑战，核心网同样也经受着更大数据流量的冲击。传统LTE网络中，数据面功能主要集中在LTE网络与因特网边界的P-GW上，并且要求所有数据流必须经过P-GW。即使是同一小区用户间的数据流也必须经过P-GW，从而给网络内部新内容应用服务的部署带来困难。同时数据面功能的过度集中也对P-GW的性能提出更高要求，且易导致P-GW成为网络吞吐量的瓶颈。

因此，MEC技术通过业务本地化、缓存加速以及本地分流、灵活路由等技术可以有效降低网络回传带宽需求，缓解核心网的数据传输压力，从而进一步避免了核心网传输资源的进一步投资。换句话说，业务应用本地化、缓存加速和本地分流、灵活路由是实现未来5G网络业务应用近距离部署/访问、用户面灵活高效分布式按需部署的有效手段，可为用户提供低时延高带宽的传输能力，打造虚拟的RAN局域网。值得注意的是，5G控制面的主要功能依然采用集中控制的方式部署在控制云。

以企业/学校为例，通过业务应用本地化以及本地分流技术可以实现企业/学校内部高效办公、本地资源访问、内部通讯等，从而为用户提供免费/低资费、高体验的本地连接以及本地业务访问能力。也就是说，通过MEC技术可以为企业/校园等热点高容量场景提供一个虚拟的本地RAN局域网，实现了MEC本地业务本地解决的主要思想。

### 低时延高可靠场景

低时延高可靠场景主要是指对时延极其敏感并且对可靠性要求严格的场景，例如远程医疗、车联网、工业控制等。其中，低时延高可靠场景中对空口时延的要求甚至为1ms量级。对于5G网络低时延要求，需要从物理层技术（广义频分复用技术等）以及网络层技术（业务应用本地化、缓存等）两个角度出发，进行网络架构的设计与系统开发。

基于MEC提供的边缘云计算服务，可以将传统的部署在Internet网络或者远端云计算中心的业务应用，迁移至无线网络边缘部署。此时，特定业务或者将非常受欢迎的内容可以部署或

者缓存在靠近无线接入网以及终端用户的位置，从而可以有效降低网络端到端时延，提升用户的QoE。

因此，基于MEC的业务应用本地化、缓存加速等功能可以有效降低或者消除回传带来的时延影响，一定程度上满足5G网络对于网络时延的要求。

## 大规模MTC终端连接场景

为了解决移动终端（尤其是低成本MTC终端）有限的计算和存储能力以及功耗问题，需要将高复杂度、高能耗计算任务迁移至云计算数据中心的服务器端完成，从而降低低成本终端的能耗，延长其待机时长。然而传统的通过将高耗能任务卸载到远程云端的方法，在降低终端能耗延长待机时间的同时，却带来了传输时延的增加。

此时，基于MEC的边缘计算、存储能力，通过将高能耗计算任务迁移至无线接入网边缘（MEC服务器/本地业务服务器），可有效解决计算任务迁移到远端云计算中心带来的时延问题。同时，MEC服务器可以作为MTC终端的汇聚节点完成信令以及数据的本地汇聚、存储与处理等任务，降低MTC终端存储资源的需求以及网络负荷。

## QoE优化

显而易见，业务应用本地化使得业务应用更加靠近无线接入网以及终端用户本身，此时实时的无线网络上下文信息（小区ID、网络负载、无线资源利用率等）可以被业务应用有效感知并加以充分利用，从而为终端用户提供更加差异化的服务和业务体验，提升用户QoE。

更进一步，网络运营商也可以将部分/全部无线网络的能力向第三方内容提供商/软件开发商等开放，实现网络与业务的深度融合，从而加速创新型业务的开发和部署。

综上所述，MEC通过将计算存储能力与业务服务能力向网络边缘迁移，使应用、服务和内容可以实现本地化、近距离、分布式部署，从而一定程度解决了5G网络热点高容量、低功耗大连接、以及低时延高可靠等技术场景的业务需求。同时MEC通过充分挖掘移动网络数据和信息，实现移动网络上下文信息的感知和分析并开放给第三方业务应用，有效提升了移动网络的智能化水平，促进网络 and 业务的深度融合，如图4所示。



图4 MEC对于5G的价值

## MEC典型应用场景

如前所述，MEC通过将计算存储能力与业务服务能力向网络边缘迁移可以为移动运营商、服务提供商以及终端用户等带来很大价值，可以广泛应用在各个领域。MEC的业务应用场景主要包含如下三大类别，如图5所示：

1. 面向用户的业务应用：主要指可为终端用户直接带来全新功能以及体验的新型业务应用，例如：

在线游戏  
远程桌面  
增强现实  
人脸识别等

2. 面向运营商以及第三方的业务应用：主要指依托部署在移动网络边缘的计算、存储等能力优势而提供的新型业务应用，此类业务应用不直接针对终端用户，但可以通过与第三方业务/内容服务商合作为用户提供服务，例如：

位置追踪  
大数据分析  
公共安全  
企业园区虚拟专网等

3. 面向网络性能及QoE提升的业务应用：主要指以优化网络性能以及用户QoE为主要目标的业务应用，此类业务应用同样不直接面向最终用户，例如：



内容/域名缓存  
网络性能优化  
视频优化传输等

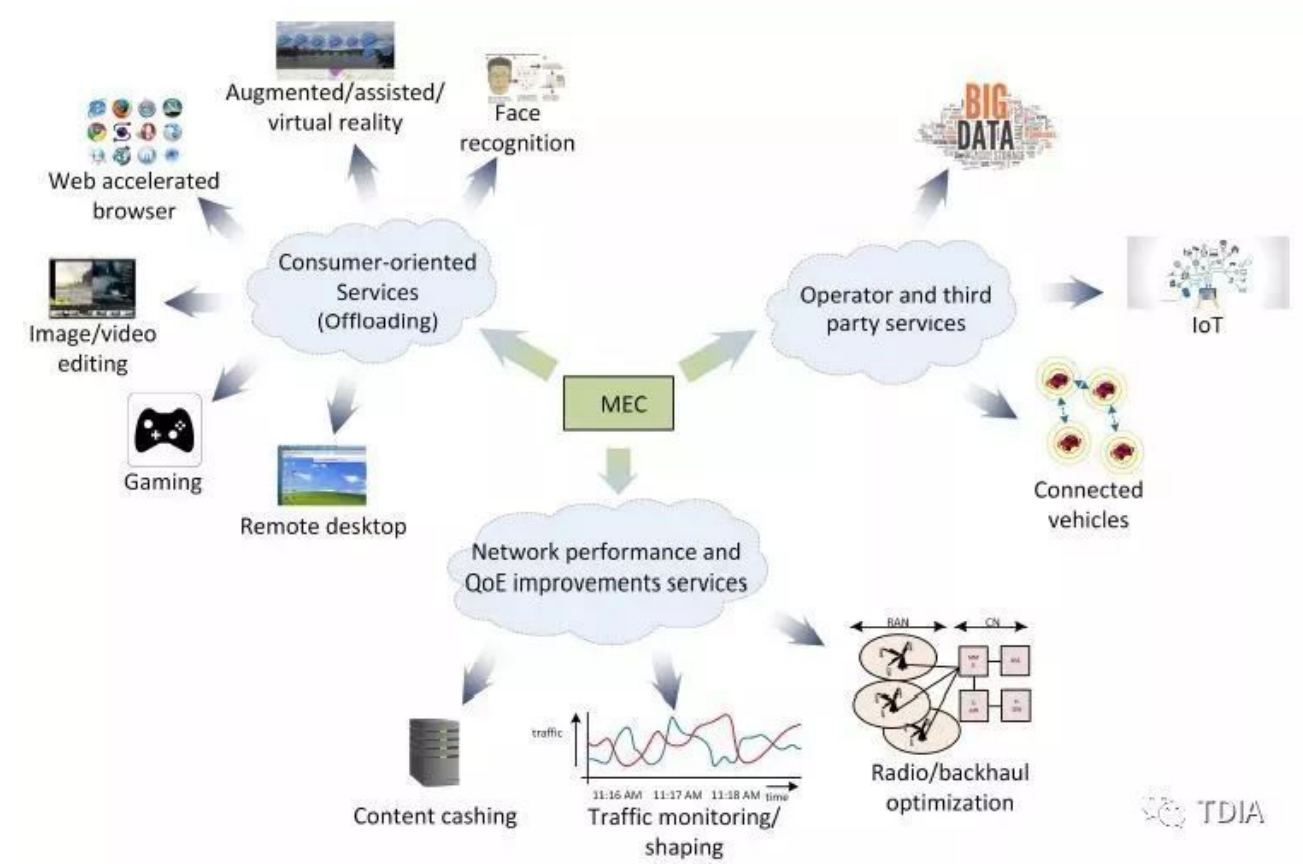


图5 MEC典型应用场景

3

MEC技术在4G中的应用

MEC概念最早提出时，希望其能够支持在不同的网络制式下的透明部署，以便于其产业推广。考虑到未来的5G网络将是一个4G、5G等长期共存的融合网络、且5G网络的大规模商用部署还有很长时间，能否将基于MEC的本地分流方案应用于4G网络对于MEC技术的评估验证、商业模式的前期探索、以至最终5G网络中的应用都有非常大的价值。因此，下面给出了基于MEC的本地分流在4G网络中应用进行介绍分析。

为了满足政企、校园、部分垂直行业所需的低时延高带宽的本地连接以及本地业务传输需求，以及对于网络 and 终端透明部署的运维需求，基于MEC的本地分流方案在4G LTE中应用需要满足如下设计目标，如图6所示。

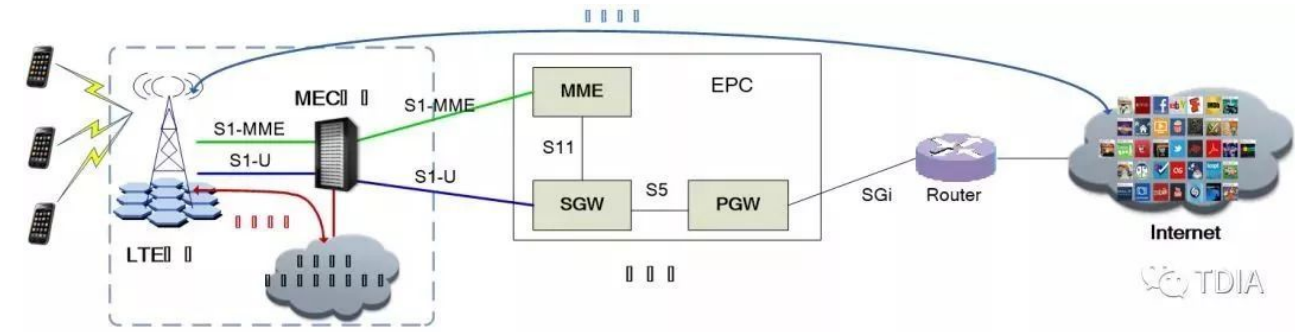


图6 基于MEC本地分流技术在LTE中的应用

1

**本地业务：**

用户可以通过MEC平台直接访问本地网络，本地业务数据流无需经过核心网，直接由MEC平台分流至本地网络。此时，本地业务分流不仅降低回传带宽消耗，同时本地业务的近距离部署也可降低了业务访问时延，提升用户的业务体验。换句话说，基于MEC的本地分流目标是为用户提供一种低时延高带宽的“虚拟的LTE局域网”体验；

2

**公网业务：**

用户可以正常访问公网业务。包括两种方式：第一种方式是MEC平台对所有公网业务数据流采用透传的方式直接发送至核心网，第二种方式是MEC平台对于特定IP业务/用户先通过本地分流的方式进入本地网络，然后通过本地网络接入Internet网络（此方式应用于企业，企业认证用户通过企业自有宽带接入到Internet）；

3

**终端/网络：**

MEC平台需要对终端以及网络实现透明部署的前提下，完成本地业务分流。也就是说，基于MEC的本地分流方案无需终端用户与核心网进行改造，从而降低MEC本地分流方案现网应用部署及推广的难度。

从图6可以看出，MEC平台通过串接部署在基站和核心网间，对流经MEC平台的S1-MME接口信令数据以及S1-U接口的用户面数据分别进行分析处理，具体如下：

1

### **控制面（S1-MME）信令数据：**

MEC平台对于终端用户的控制面数据，采用透传的方式发送至核心网，完成终端正常的鉴权、注册、业务发起、切换等流程，与传统的LTE网络无任何区别。

2

### **上行用户面（S1-U）数据：**

MEC平台通过将S1-U数据包的GTP包头去掉，分析该IP数据包的目标IP地址，源IP地址以及Port端口等信息，根据MEC平台预先配置的本地分流规则（目标IP、目标IP+Port、源IP等）进行处理；

公网业务：MEC平台将原S1-U数据包透传给S-GW，无需处理；

本地业务：MEC平台根据本地分流规则将本地业务IP数据包转发至本地网络，完成本地业务的分流；

3

### **下行用户面（S1-U）数据：**

公网业务：MEC平台将原S1-U数据包透传给eNB，无需处理；

本地业务：MEC平台需要根据从S1-MME接口获取的用户下行TEID，对来自本地网络的该用户IP数据包封装成GTP-U数据包发送给eNB，从而完成本地业务下行数据包的发送。

可以看出，基于MEC的LTE本地分流方案通过在传统的LTE基站和核心网之间部署MEC平台（串接），并根据本地分流规则进行本地业务数据分流满足了LTE本地连接以及本地业务传输的业务需求。除此之外，MEC平台对控制面数据、用户公网业务数据直接透传给核心网

的方式，保证了MEC平台对现有LTE网络和终端是透明的，即无需对现有终端及网络进行改造，使得该方案更易落地部署。

需要注意的是，上述基于MEC的LTE本地分流方案的关键点在于用户下行TEID的获取，尤其是在用户移动切换过程中，如何获取用户的下行TEID成为保障本地业务连续性首要解决的问题。

在基于MEC的LTE本地分流方案中，由于终端用户移动，存在三种切换场景，如图7所示，分别为：

- 切换场景一：用户从非MEC区域切换进入MEC区域，即源eNB不在MEC区域，目标eNB在MEC区域内；
- 切换场景二：用户在MEC区域内切换，即源eNB与目标eNB均在MEC区域内；
- 切换场景三：用户从MEC区域切换进入非MEC区域，即源eNB在MEC区域，目标eNB在非MEC区域。由于用户已移出本地业务的覆盖区域，故无需讨论。

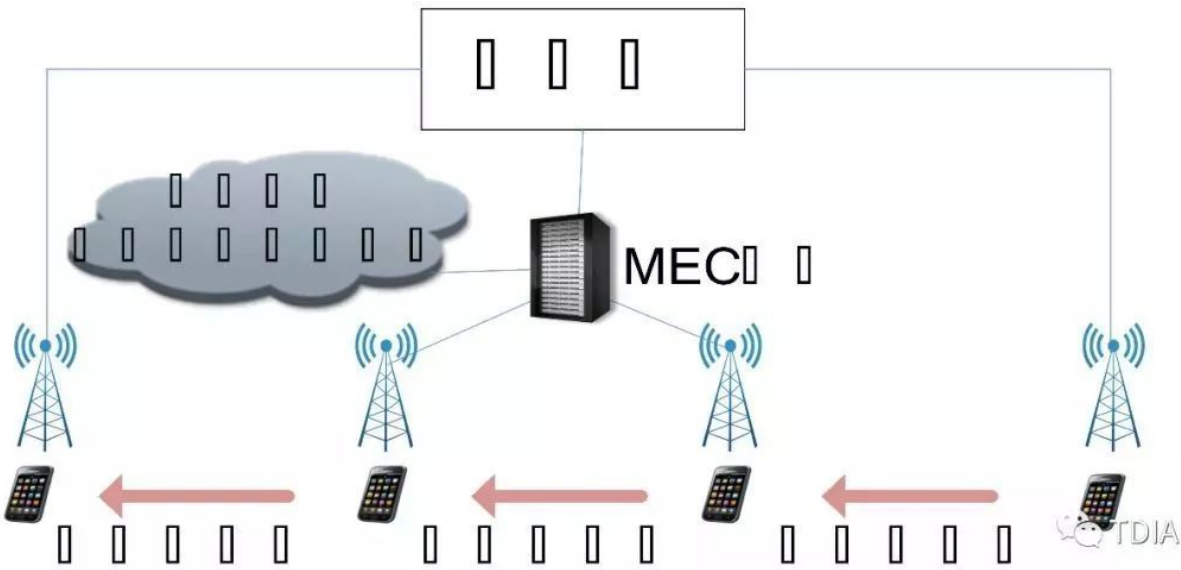


图7 基于MEC的LTE本地分流方案切换场景

同时在LTE网络中，存在S1切换和X2切换两种切换方式。

在3GPP SA2下一代网络架构研究（TR23.799）、以及5G系统架构（TS23.501）中将边缘计算作为5G网络架构的主要目标予以支持。其定义为：“为了降低端到端时延以及回传带宽实现业务应用内容的高效分发，5G网络架构需要为运营商以及第三方业务应用提供更靠近用户的部署及运营环境”。

直观地讲，5G网络为了支持边缘计算可以根据终端的签约信息、用户位置、应用功能（AF）提供的相关信息（业务应用标识、网络名称、切片标识等）、以及其它的策略及路由规则等为终端用户选择一个位置更近的UPF，并通过数据分流满足对本地边缘网络以及业务应用的接入和访问。同时，通过业务连续性以及会话连续性模式的合理选择，满足用户移动以及业务应用迁移带来的移动性问题。具体来讲，5G网络架构需要通过支持如下功能已达到边缘计算的目标：

本地路由：5G核心网通过UPF的选择完成用户数据流路由至本地边缘网络；

业务疏导：5G核心网可基于特定业务流分流规则，将数据流疏导至边缘网络中的业务应用；

用户面选择/重选：5G控制面可基于类似应用功能（AF）网元提供的业务应用标识、数据网络名称等信息进行用户面选择或重选；

业务连续性以及会话连续性：5G网络需支持业务连续性以及会话连续性，从而满足用户移动以及业务应用迁移带来的移动性问题；

网络能力开放：5G核心网和应用功能（AF）网元间可直接或者通过网络能力开放网元（NEF）相互提供信息；

QoS和计费：5G策略控制功能（PCF）对路由至本地网络的数据流提供QoS控制和计费支持。

可以看出，上述功能可以归纳为UPF的灵活选择、会话连续性、QoS和计费等，同时基于5G网络用户面的下沉及分布式部署，可实现灵活的靠近终端的用户面灵活选择/重选、以及高效的路由转发，从而满足对本地边缘网络以及内容的接入和访问的要求。其中UPF的灵活选择/重选包括应用功能（AF）网元对数据路由的影响、单个PDU会话保持多个PDU会话锚点、以及基于位置的本地网络发现等。



如前所述，未来5G网络的基础设施平台将主要由采用通用架构的数据中心（DC）组成，主要包括中心级、汇聚级、边缘级和接入级，如图6所示，其各自的功能划分大致如下：

中心级：主要包含IT系统和业务云，其中IT系统以控制、管理、调度职能为核心，例如网络功能管理编排、广域数据中心互联、和BOSS系统等，实现网络总体的监控和维护。除此之外，运营商自有的云业务、增值服务、CDN、集团类政企业务等均部署在中心级DC的业务云平台；

汇聚级：主要包括5G网络的控制面功能，例如接入管理、移动性管理、会话管理、策略控制等，主要部署在省级DC。同时原有4G网络的虚拟化核心网、固网的IPTV业务平台、以及能力开放平台等可以共DC部署。除此之外，考虑到CDN下沉以及省级公司特有政企业务的需求，省级业务云也可以同时部署在该数据中心。

边缘级：部署在地市级，主要负责数据面网关功能（包括5G用户面功能，以及4G vEPC的下沉P-GW用户面功能PGW-D）。除此之外，MEC、5G部分控制面功能、以及固网vBRAS也可以部署在本地DC。更进一步，为了提升宽带用户的业务体验，固网部分CDN资源也可以（现网已有应用）部署在本地DC的业务云里面。

接入级：对于本地接入级DC则重点面向接入网络，主要包括5G接入CU、4G 虚拟化BBU（池）、MEC以及固网vOLT等功能。其中5G接入CU也可以与其分布式单元（DU）合设，直接以一体化基站的形式出现，并针对超低时延的业务需求将MEC功能部署在CU、甚至与CU/DU一体化基站上。

可以看出，基于网络功能软件化、模块化的思路以及软硬解耦的NFV的云平台，使得网络功能可以根据运营商的网络规划、业务需求、流量优化、业务体验、以及传输成本等综合考虑实现网络功能的按需灵活部署。其中业务云侧重在中心DC，便于实现业务应用的全网覆盖，网络云则侧重在边缘DC。

因此，为了满足5G增强移动宽带、超低时延高可靠等业务场景对极低时延的需求，需要在网络边缘通过MEC实现业务应用的本地化部署、以及数据面分布式下沉灵活路由。除此之外，基于MEC的网络的信息感知与开放、以及基于MEC的固移融合，可以有效实现网络与业务的深度融合、以及移动网络、固定网络等多个网络的资源高效使用与管理。考虑到影响MEC部署位置最主要的是业务要求时延，下面针对5G MEC典型业务场景的时延要求给出MEC总体部署策略。

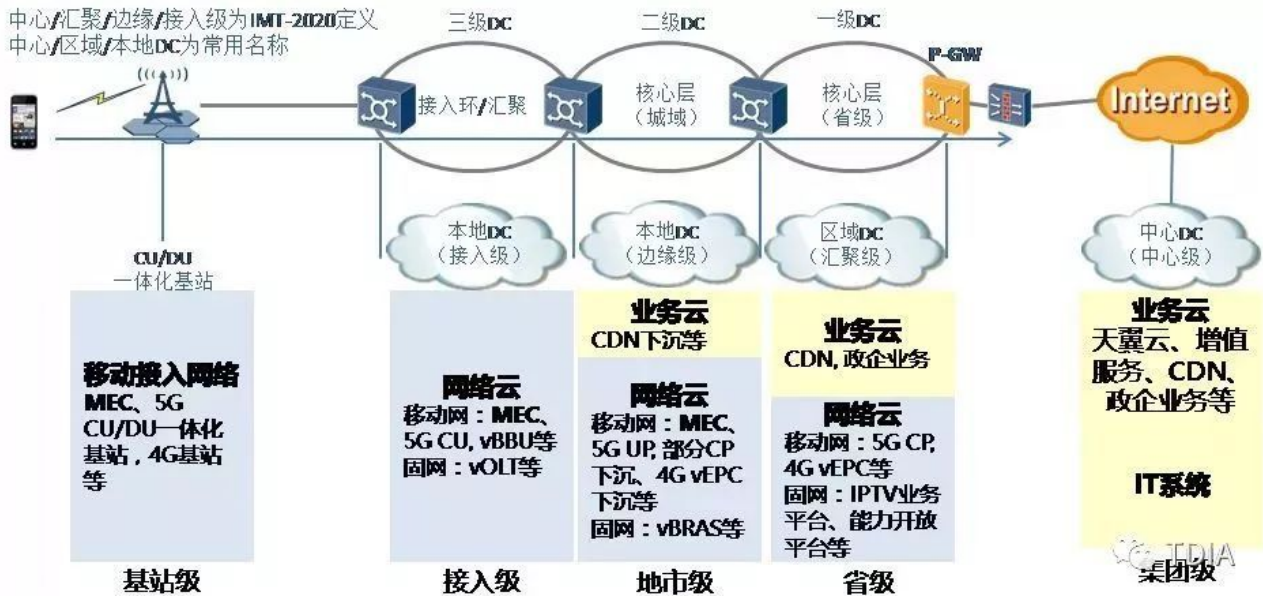


图6 5G网络组网视图

图7给出了4G网络的拓扑图与典型传输时延（单向），其中业务应用一般部署在4G网关P-GW后面的中心DC。此时，业务访问时延主要来自回传链路（基站至P-GW）引入的传输时延，以及因业务应用部署位置引入的P-GW至业务部署位置的传输时延。其中，基站至P-GW的传输时延大致在6ms到16ms，P-GW至业务部署位置的时延则主要由业务部署位置决定，变化范围较大（约30ms）。此时，由于MEC实现业务应用本地化带来的时延减少部分不仅包括MEC至P-GW的传输时延，最主要的部分是P-GW到原有业务应用部署位置的传输时延。

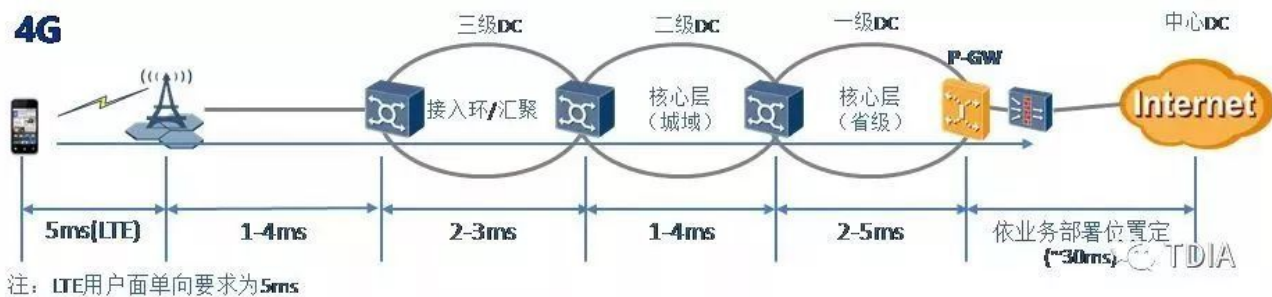


图7 4G网络拓扑及典型传输时延

根据3GPP针对5G接入场景及需求的研究，5G增强移动宽带场景下空口的单向时延要求为4ms，相比于4G LTE网络空口单向要求5ms而言，性能要求提升不是很严苛。对于超低时延高可靠场景，则要求无线空口单向时延要求为0.5ms。除此之外，5G网络针对增强移动宽带业务和超低时延高可靠场景的业务分别提出了10ms级端到端时延要求以及1ms的端到端极低时延要求。

表1 5G网络典型场景的时延要求

类型	空口单向时延 (ms)	说明	总体建议
4G	5		基于业务需求（时延等），实现MEC在不同级别DC的部署
5G eMBB	4	10ms级的业务端到端时延，需要降低或者消除传输时延；	MEC部署在二级DC（地市），UP部署于二级DC（地市），UP+MEC合设CP部署于一级DC（省级）
5G URLLC	0.5	1ms的极低时延要求，业务需直接部署接入侧（CU, CU/DU一体化基站），消除传输时延	MEC部署在一体化基站上（将多跳转化为一跳）

此时，根据网络传输链路的典型时延值估算，对于移动增强宽带场景，MEC的部署位置不应高于地市级。考虑到5G网络用户面功能UPF极有可能下沉至地市级（控制面依然在省级），此时MEC可以和5G下沉的UPF合设，满足5G增强移动宽带场景对于业务10ms级的时延要求。然而对于超低时延高可靠场景1ms的极低时延要求，由于空口传输已经消耗0.5ms，此时已经没有给回传留下任何时间。可以理解为，针对1ms的极端低时延要求，直接将MEC功能部署在5G接入CU或者CU/DU一体化的基站上，将传统的多跳的网络转化为一跳网络，完全消除传输引入的时延。同时，考虑到业务应用的处理时延，1ms的极端时延要求对应的应该是终端用户和MEC业务应用间的单向业务，如表1所示。

上述仅仅是从时延的角度进行初步分析，当MEC应用在企业园区、校园等场景时，考虑到其业务应用服务的覆盖范围，以及业务应用数据本地化的需求（出于数据安全性考虑），此时MEC则可根据需求部署在该覆盖范围基站的汇聚点，以汇聚网关的形式出现。

因此，5G MEC总的部署策略是应根据业务应用的时延、服务覆盖范围等要求，同时结合网络设施的DC化改造趋势，将所需的MEC业务应用以及服务部署在相应层级的数据中心。

不同场景下的MEC部署方案

基于上述5G MEC总体部署策略，针对5G三大典型应用场景，本节分别选取一类典型业务进行举例说明。

增强移动宽带场景（eMBB）

根据3GPP 业务需求组（SA1）的研究结果，当用户移动速度低于10km/h时，用户的体验速率需达到下行1Gbps，上行500Mbps，且端到端时延10ms。以未来8k 3D高清视频流为例，网络至少需满足上下行250Mbps的速率。

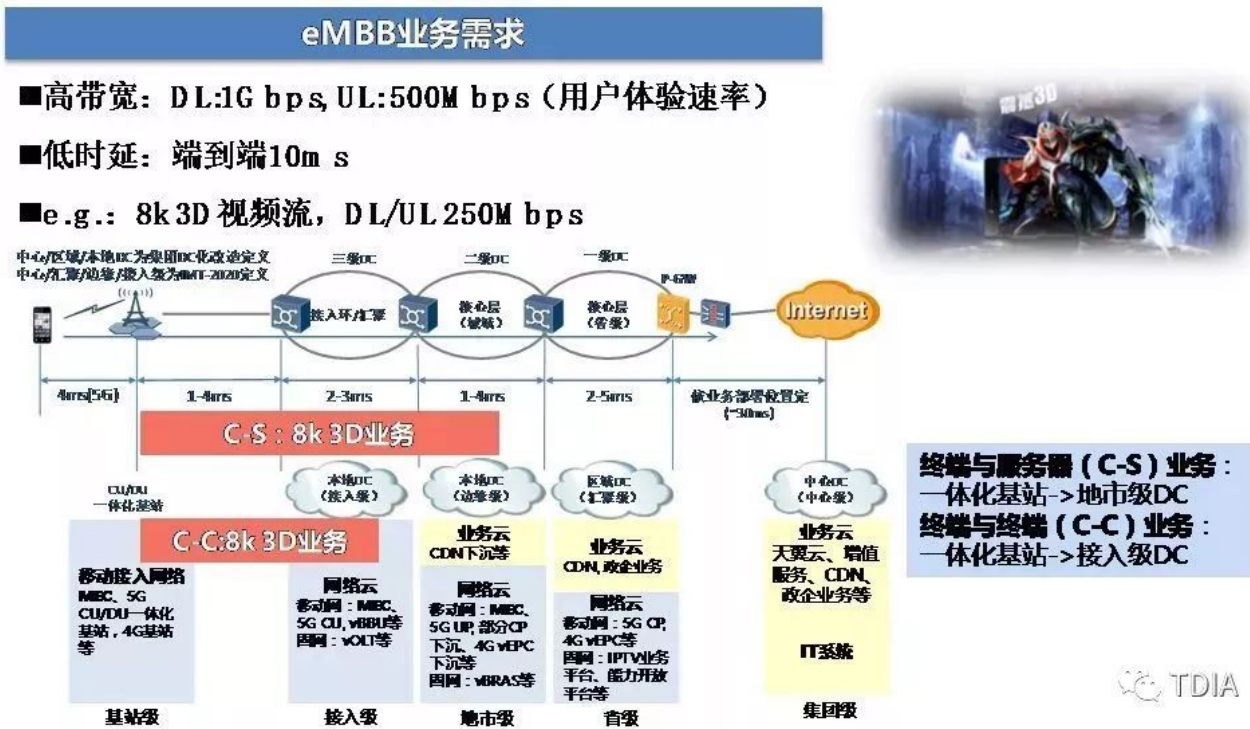


图8 5G eMBB场景下MEC部署策略

此时针对10ms的时延要求，以及可能的8k 3D高清视频流应用模式，包括终端用户到终端用户（C-C）和终端用户到服务器（C-S），MEC可部署的位置可以从一体化基站至地市级DC或者接入级DC，如图8所示。

### 超低时延高可靠场景（uRLLC）

对于超低时延高可靠场景，以工业生产自动化为代表，其主要的业务速率要求较低，一般小于50byte/s。考虑到工业控制的实时性要求，其闭环时延的要求较为严苛（2ms到20ms），具体跟业务场景相关[19]。除此之外，工业控制领域对于可靠性也提出了很高的要求，必须小于 $1e-9$ 。

此时，针对2ms-20ms的时延要求，MEC可部署的位置主要从基站至接入级DC，如图9所示。其中针对2ms的极端时延要求，考虑到双向闭环控制以及业务处理的时延，MEC建议与5G接入CU或者CU/DU一体化基站合设，满足2ms闭环控制的极低时延的需求。



## 工业自动化

- 低速率:  $< 50 \text{ byte}$
- 低时延: 闭环控制  $2 \sim 20 \text{ ms}$
- 可靠性:  $< 10^{-9}$

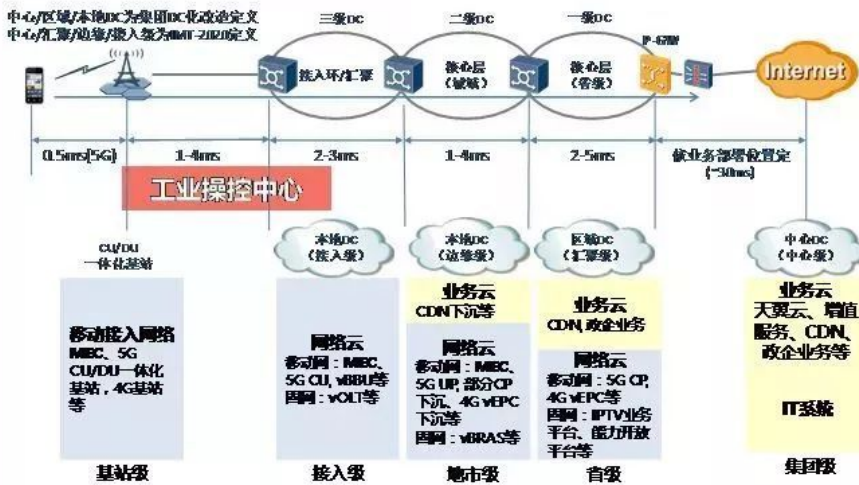


图9 5G uRLLC场景下MEC部署策略

## 大规模MTC终端连接场景 (mMTC)

在大规模MTC终端连接场景下, 主要业务需求来自大连接数 (百万连接) 以及对MTC终端能耗的要求, 其速率与时延要求则与具体的应用场景相关[20]。此时MEC的主要作用体现在通过MTC终端的高能耗计算任务卸载至MEC平台, 降低MTC终端的成本及能耗, 延长待机时间。同时对于mMTC场景下大连接数目则主要利用MEC平台的计算、存储能力实现MTC终端数据与信令的汇聚及处理, 降低网络负荷。因此MEC可部署的范围从基站到省级数据中心, 甚至可以将其功能部署在MTC终端簇头节点, 实现MTC终端数据/信令的汇聚处理, 如图10所示。



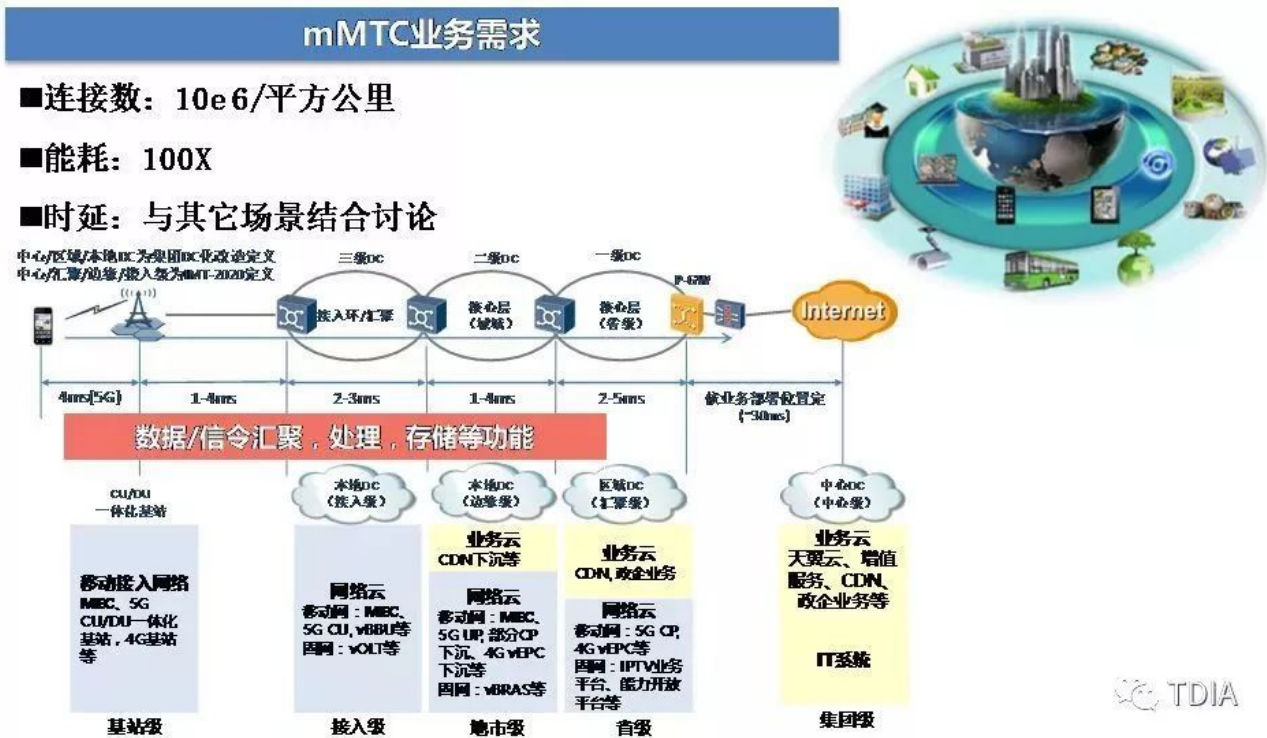


图10 5G mMTC场景下的MEC部署策略

上面仅从5G MEC典型应用场景的时延需求出发, 进行部署策略分析讨论, 实际落地部署还需要结合具体业务场景、服务覆盖范围、运营商DC资源与条件等因素共同考虑, 完成部署方案制定。

6

## 结语

MEC结合网络和业务优势, 可以为未来新的业务形态和垂直行业应用提供良好的支持能力。在5G的标准化工作也已经很好的体现了MEC的需求, 并给出了具体的实现途径。相信随着5G的进程, MEC将在未来的网络与业务应用中大放异彩。期待各方共同努力, 创新新的业务应用和新的商业形态, 使5G改变社会梦想成为现实。