

目录

第二部分 MEC 技术标准	4
1 技术要求	4
1.1 基础要求	4
1.1.1 NFV	4
1.1.2 移动性	4
1.1.3 部署独立	4
1.1.4 简单可控 API	5
1.1.5 智能应用	5
1.1.6 特征标识	5
1.2 通用要求	5
1.2.1 框架要求	5
1.2.2 应用生命周期管理	5
1.2.3 应用环境	5
1.2.4 移动切换	5
1.3 服务要求	5
1.3.1 边缘服务	6
1.3.2 连通性	6
1.3.3 存储能力	6
1.3.4 流量路由	6
1.3.5 DNS 支持	7
1.3.6 时间服务	7
1.4 运营和管理要求	7
1.5 安全、监管和计费要求	7
2 功能特征	7
2.1 UserApps	7
2.2 SmartRelocation	8
2.3 RadioNetworkInformation	8
2.4 LocationService	9
2.5 FeatureBandwidthManager	9
2.6 UEIdentity	9
2.7 WLANInformation	10
2.8 V2XService	10
2.9 5GCoreConnect	10
3 用例推荐	11
3.1 用例分类	11
3.2 TCP 网络传输优化	11
3.3 本地内容缓存	12
3.4 安全性数据分析	12

3.5	增强现实/辅助现实/虚拟现实/认知辅助	13
3.6	游戏和低延时应用	14
3.7	活动设备位置跟踪	16
3.8	应用程序可移植性	16
3.9	SLA 管理	16
3.10	MEC 边缘视频编排	17
3.11	移动回传优化	17
3.12	MEC 应用程序内部联通性	18
3.13	删除重复数据	19
3.14	车联网基础网络	19
3.15	位置服务	20
3.16	应用程序带宽管理	21
3.17	运营商提供 MEC 有偿服务	21
3.18	视频缓存、压缩和传输	22
3.19	无线接入承载信息监控	23
3.20	密集网络环境中的 MEC 部署	23
3.21	聚合点的无线网络信息生成	24
3.22	企业统一通信	24
3.23	应用程序计算卸载	25
3.24	优化 QoE 和多接入网络资源的利用率	26
3.25	摄像即服务	27
3.26	体育场环境中视频制作和传输	28
3.27	边缘媒体传输优化	29
3.28	未来工厂	30
3.29	利用容器进行灵活开发	32
3.30	第三方云服务提供商	32
3.31	多用户、多网络应用程序	33
3.32	室内精确定位和内容推送	34
3.33	Multi-RAT 应用程序计算卸载	34
3.34	WTTx 上的 IPTV	35
3.35	5G 环境中部署 MEC 系统	36
3.36	车载 MEC 主机支持汽车工作负载	37

4	用例总结	38
5	服务方案	39
5.1	智能视频加速服务场景	39
5.1.1	场景描述	39
5.1.2	目的	39
5.1.3	问题陈述	39
5.1.4	与 MEC 的关系	39
5.2	视频分流服务场景	40
5.2.1	场景描述	40
5.2.2	目的	40
5.2.3	问题描述	40
5.2.4	与 MEC 的关系	40
5.3	增强现实服务场景	41
5.3.1	场景描述	41
5.3.2	目的	41
5.3.3	问题描述	41
5.3.4	与 MEC 的关系	41
5.4	协助进行密集计算服务场景	41
5.4.1	场景描述	41
5.4.2	目的	42
5.4.3	问题描述	42
5.4.4	与 MEC 的关系	42
5.5	企业部署场景	42
5.5.1	场景描述	42
5.5.2	目的	42
5.5.3	问题描述	42
5.5.4	与 MEC 的关系	43
5.6	车联网场景	43
5.6.1	场景描述	43
5.6.2	目的	43
5.6.3	问题描述	43
5.6.4	与 MEC 的关系	44
5.7	物联网网关服务场景	44
5.7.1	场景描述	44
5.7.2	目的	44
5.7.3	问题描述	45
5.7.4	与 MEC 的关系	45
6	规格要求	45
6.1	指标	45
6.1.1	时延	46
6.1.2	能效	48
6.1.3	网络吞吐量	49
6.1.4	系统资源利用率	49
6.1.5	非用户数据量负荷	49
6.2	体验质量	50
6.3	测量方法	51
7	本章小结	51
8	参考资料	52

第二部分 MEC 技术标准

上文我们知道了 MEC 几乎囊括了端到端、端到数据中心、端到设备的所有厂商、开发商、服务商、开发者等，同时 MEC 边缘设备种类繁多，接入场景千变万化，MEC 技术引入同时也与其他许多新兴技术息息相关，如 5G 网络技术、车联网技术、VR/AR 虚拟化、NFV、SDN、IoT 等。可以说，MEC 几乎影响着每个人、每个接入网络的联网设备，甚至关联的网络环境，是建立在基础网络环境的上基础网络服务技术。

为了有效支撑 MEC 标准计算要求和提供的参考功能特性，从技术点上来将需要提供非常多服务以满足各种场景下各种业务需求。本章节先介绍了 MEC 技术要求，然后介绍了 MEC 系统框架和 MEC 技术要求的技术服务及规格。

1 技术要求

本章节描述的是 MEC 一些技术要求，具体技术细节和详细分解请阅读后续“MEC 系统技术”章节。不同领域对 MEC 技术的要求，如通用要求、服务要求、运营和管理要求、以及安全监管和计费要求。本章节主要参考《ETSI GS MEC 002 V1.1.1 (2016-03)》标准文档，对 MEC 标准中规定的技术进行分析和解读，希望能对 MEC 技术所支持能力有个认识和了解。

1.1 基础要求

MEC 基础能力要求，包括 NFV 虚拟化、移动性、部署独立性、简单可控 APIs、基于位置的智能应用、以及特征标识。

1.1.1 NFV

借助 NFV 技术，MEC 相关应用程序或者设备可以灵活部署（或托管）在此类设备环境中，最大化应用 NFV 基础设施和设施管理能力。换句话说，MEC 需要支持 NFV 环境上部署和运行，并且能够支持 NFV 管理和编排等标准管理接口。

1.1.2 移动性

MEC 接入网络多样性如 4G、5G、WiFi、固网接入等多种接入网络，而移动性是 3GPP 网络基本功能。连接到 3GPP 网络大多数设备在移动网络内是移动的，即使是固定设备也会发生设备本身的“移动”。UE 网络接入作为 MEC 系统网络接入的一部分场景必须支持以下几种移动性要求：

- 服务的连续性
- 应用程序的移动性
- 特定应用程序用户移动性相关标识信息

1.1.3 部署独立

出于性能、成本、可伸缩性、运营部署等因素，MEC 需要支持不同的部署方案，典型的部署节点包括：无线网络节点侧、网络聚合点侧、核心网侧（如分布式数据中心、网关）等。总之，MEC 可以灵活的部署在满足业务需求所需要的各类场景下。

1.1.4 简单可控 API

MEC 生态系统中，开发简单且满足应用程序需求的 APIs 是非常重要的。在可能范围内，MEC 系统需要重用现有的 APIs 以满足其他场景的要求。例如，特定情况下，运营商需要能够动态的控制移动边缘应用对某些 API 的访问（如，当无法提供特定无线网络或小区网络信息时，减少无线网络节点或移动边缘主机侧负载）。

1.1.5 智能应用

智能应用描述的是业务基于位置的一种智能化的应用实例。边缘应用程序在计算、存储和网络资源方面有许多要求。某些应用程序可能在延迟（包括延迟公平性）等方面要求更严格。边缘应用程序可能会随着时间的变化发生迁移，并更改应用程序所在的地理位置。同时，MEC 系统需要根据应用程序所在范围进行生命周期管理。

1.1.6 特征标识

MEC 拥有很多功能并为其分配唯一名称。在有些条件下，某些功能根据实际场景和需求变成强制或可选项。因此，MEC 系统需要某些特殊标识机制来支持这些特殊要求。

1.2 通用要求

MEC 通用能力的要求主要包括，NFV 框架的对 MEC 的扩展支持，边缘应用程序的生命周期管理、边缘应用程序的环境自适应、以及 MEC 系统对移动性支持。

1.2.1 框架要求

尽可能复用 NFV 虚拟化基础设施及其管理功能[ETSI GS NFV 002]。边缘应用程序可以根据实际情况部署在不同位置上，包括上面提到的无线网络侧节点、聚合节点、网关，以及核心网网络分布式数据中心等位置。

1.2.2 应用生命周期管理

MEC 系统管理或者服务主机可以灵活的实例化应用程序，根据运营商要求运行这些实例程序或终止正在运行的应用程序，或者说是授权响应或应答第三方服务请求。并且，MEC 管理系统能够识别边缘应用程序需要运行那些功能和 MEC 服务，以及附加的功能或服务。总之，MEC 系统能够根据实际部署和服务要求进行生命周期管理。

1.2.3 应用环境

边缘应用程序可以在无需做特定调整的情形下，可以无缝迁移到其他 MEC 主机或服务上，同时可以验证边缘应用程序的真实性和完整性。边缘应用程序其安全性、程序安装包和程序运行时环境，不会因为 MEC 主机或服务发生变化而受到影响。

1.2.4 移动切换

MEC 对移动性支持，主要还是针对 UE 无线网络接入情况。无论 UE 切换到哪个站点，与其关联的 MEC 主机或者服务器上运行的边缘应用程序都能够随时维持与 UE 的连接，并保持当前的服务能力。

1.3 服务要求

MEC 主机上的 MEC 平台提供了一个框架，为边缘应用程序提供 MEC 边缘服务和平台功能。MEC 平台和授权的边缘应用程序都可以使用该服务或提供其他服务。

某些情况下，特别是在具有多个供应商的环境中，服务可以由多个服务源同时提供。这允许 MEC 平台或使用该服务的应用程序接收并执行其服务任务所需要的所有有效信息。例如，许多应用程序需要与运营商或应用程序提供商的时域保持同步并获取准确的时间信息，这要求 MEC 平台提供一种方法来获取准确的时间信息，并使这些信息提供给相关应用程序使用。现有移动基站和移动网络时钟同步技术，已知技术包括使用 GNSS 接收器，运行 PTP 协议[IEEE 1588™ [i.9]]，NTP 协议或以上组合。MEC 平台基本的功能还包括移动边缘服务、边缘应用程序连通性、数据存储、流量路由、DNS 支持、时间服务等。

1.3.1 边缘服务

- MEC 平台为授权的边缘应用程序提供 MEC 服务；
- 授权的边缘应用程序为其他被授权的边缘应用程序提供或使用服务；
- 被授权的应用程序与 MEC 平台基础通信功能；
- 移动边缘服务的提供者和消费者进行认证和授权服务。在某些情况下，MEC 系统允许运营商动态的控制正在运行的边缘应用程序对某些服务的访问；
- MEC 平台必要时可以提供和使用 MEC 安全服务；
- 边缘应用程序广播其服务可用性，MEC 平台能够自动发现该服务；
- MEC 平台应为相关边缘应用程序提供边缘服务可用性和服务访问相关接口的能力；
- 经过身份验证和授权的边缘应用程序才能够访问相关 MEC 服务和接口，注册 MEC 服务可以单独被授权访问，及获取有关注册 MEC 服务信息。

1.3.2 连通性

- MEC 平台允许部署在相同或不同 MEC 主机上的授权的边缘应用程序之间相互通信，特别情况下，边缘应用程序将信息移动到另一个边缘应用程序中，以便当 UE 移动时能够保持边缘服务的连续性，这里的边缘应用程序是同一个实例程序；
- 授权的边缘应用程序与部署在另一个 MEC 主机上的不同 MEC 应用实例进行通信；
- 授权的边缘应用程序与位于外部网络的第三方服务器进行通信。

1.3.3 存储能力

为授权的 MEC 应用提供存储持久访问和存储能力。

1.3.4 流量路由

- 授权边缘应用程序向 UE 发送用户面流量或从 UE 接收用户面流量；
- MEC 平台为用户面流量从网络侧到移动边缘应用程序侧提供上行链路和/或下行链路路由能力，反之亦可；
- 允许授权移动边缘应用程序检测、修正、整合用户面流量上行链路和/或下行链路路由；
- 用户面业务从授权的移动边缘应用路由到另一个授权的移动边缘应用的功能；
- MEC 平台能够选择一个或多个相同流量的应用程序，并分配优先级，根据移动边缘应用自定义优先级和路由规则；

- MEC 管理允许配置流量规则，流量规则应该可以根据网络地址或 IP 协议设置包过滤器，也可以根据基于隧道端点 ID (TEID) 和/或 Subscriber Profile ID (SPID) 和/或质量等级指标 (QCI) 值来设置分组过滤器；
- MEC 主机支持解封封装已封装的（上行链路）IP 数据包，并能将其路由到其他授权的移动边缘应用；
- MEC 主机支持封装授权的移动应用程序（下行链路）IP 数据包（在路由到互联网网络之前），例如，用 GTP 头封装的 IP 数据包；根据从移动边缘平台接收的可配置参数将用户面流量路由到授权的移动边缘应用，或从授权移动边缘应用路由。

1.3.5 DNS 支持

- 支持接收从任何 UE 到本地 DNS 服务器/代理的所有 DNS 流量路由；
- 支持配置本地 DNS 服务器/代理，关联特定的 FQDN，并将 IP 地址分配给移动边缘应用程序实例。

1.3.6 时间服务

- 向授权移动边缘应用提供 UTC 时间信息；
- 应用程序可以获得 MEC 平台提供的准确时间信息；
- 由平台接收或发送准确的时间给特定分组用户。

1.4 运营和管理要求

- 可以控制移动边缘应用对移动边缘业务的接入；
- MEC 管理应能够收集和公开与特定移动边缘应用相关的虚拟化环境性能数据。

1.5 安全、监管和计费要求

- MEC 系统应为以下参与者提供安全环境：用户，运营商，第三方应用程序提供商，应用程序开发人员，内容提供商和平台供应商；
- 仅向移动边缘应用程序提供授权的应用信息；
- 符合合法拦截的监管要求；
- 允许收集与计费相关信息，以安全的方式记录并使其可用于进一步处理（与计费相关的信息可以包括流量使用，应用程序实例化，访问，使用时长，资源使用等）；

2 功能特征

2.1 UserApps

MEC 系统平台支持各种用户应用程序部署和应用服务访问，可以根据用户状态或请求动态生成或终止。UserApps 是 MEC 满足业务需求的一种应用程序或一组关联的应用程序，MEC 系统管理 UserApps 支持如下能力：

- MEC 系统管理支持根据单个 MEC 应用的实例化请求支持在多个 MEC 主机上实例化该 MEC 应用程序；

- MEC 系统管理支持运营商响应用户请求以及在 MEC 主机上实例化 MEC 应用程序。应用程序实例能够满足为应用程序预定义的许多潜在的配置约束。MEC 应用一旦完成实例化，能够同时建立用户（或其他终端用户、设备）与 MEC 应用实例之间的网络连接；

【注 1】：潜在的约束可能包括延迟，位置，计算资源，存储资源，网络能力，安全条件

- MEC 系统管理支持根据用户请求建立用户与特定 MEC 应用间的连接，同时保证用户对 MEC 应用的特定要求；如果没有相应 MEC 应用满足该用户的请求，MEC 系统应支持新的 MEC 应用满足用户请求，同时建立用户与新生成的 MEC 实例间的连接；

【注 2】：应用程序的要求可包括延迟，能耗，位置，计算资源，存储资源，网络功能，安全条件。

- MEC 系统管理支持在执行实例化请求期间进行 MEC 应用加载；
- MEC 系统允许用户与特定 MEC 实例之间建立连接；
- MEC 系统管理应支持在没有用户连接 MEC 应用时，终止 MEC 应用程序实例；
- MEC 系统管理支持根据单个终止请求之后终止多个 MEC 主机上运行的 MEC 应用程序实例；

2.2 SmartRelocation

SmartRelocation 可以理解为 MEC 应用智能迁移，是对 MEC 应用程序在 MEC 系统管理上的根据用户需求和要求动态调整 MEC 应用程序部署位置，具体描述如下：

- 智能迁移前提必须是 UserApps 属性的 MEC 应用程序；
- MEC 系统管理支持 MEC 应用从一个 MEC 主机迁移到同一 MEC 系统内的另一个 MEC 主机；
- 支持将同一个系统内其他 MEC 主机上的 MEC 应用实例迁移过来，也可以将自身的 MEC 应用实例迁移至其他 MEC 主机系统上；

【注 1】：两个主机（源和目标）都需要支持 SmartRelocation 功能才能执行智能迁移

- MEC 应用实例能够在不同的 MEC 主机间迁移，以便继续满足 MEC 应用程序的要求；

【注 2】：应用程序的要求可包括延迟，能耗，计算资源，存储资源等。

- MEC 系统应基于用户请求将允许在远端云计算中心的 MEC 应用迁移到 MEC 主机上，满足 MEC 应用的要求，同时也支持将 MEC 应用从 MEC 主机迁移到 MEC 系统外的远端云计算中心；

- 面向客服服务要求支持从外部云系统接收应用程序文件，并且可以支持将这些文件转换为可以在 MEC 系统环境中实例化的应用

2.3 RadioNetworkInformation

MEC 接入网络类型主要是无线网络，如 LTE、5G、Wi-Fi。RadioNetworkInformation 这里指的就是无线网络信息服务，需满足如下要求：

- 当前无线网络状况的最新无线网络信息，通过 MEC 服务实时开放；
- 提供最新网络信息服务，此处的网络信息不仅仅包括当前无线网络条件下本地生成的信息，也包含外部（如核心网等）

获取的信息；

- 提供的无线网络信息可以根据不同的粒度提供，如每个用户设备（UE）、每个小区、每个时间段等；
- 提供的无线网络信息应包括与用户面相关的测量和统计信息。该信息应基于 3GPP 规范定义；
- 提供的网络信息应该包括用户（MEC 服务范围内的用户）的上下文（或变化）和相关无线承载网（或变化）相关信息；
- 所提供的无线网络信息包括关于特定连接的 QoS 信息、网络连接的实时吞吐量信息；
- 支持基于可用于特定连接的实时无线网络吞吐量，推荐网络带宽；
- 能够将无线网络和网络状态信息传送到位于运营商网络之外的第三方 DANE 服务器；

2.4 LocationService

LocationService 是一种基于地理位置的服务，亦或是定位服务。具体要求如下：

- 提供当前与 MEC 关联无线网络接入点的特定用户或者所有用户或特定类别的用户（MEC 服务范围内用户）的位置信息
- 服务；

- 提供特定位置的用户列表信息服务，特定的位置包括地理位置、小区 ID 等；
- MEC 系统应具备一个提供所有基站或无线网络节点位置信息服务；

2.5 FeatureBandwidthManager

Feature BandwidthManager 即为带宽管理服务，其要求如下：

- MEC 平台或者专用 MEC 应用支持已授权 MEC 应用程序能够静态或动态管理、优先级注册；
- MEC 平台或者专用 MEC 应用可以为任何会话或应用程序分配带宽或分配优先级；
- MEC 平台或 MEC 应用程序应具有为会话分配带宽和或分配优先级的能力，其中分配请求与关于会话持续时间、总大小（例如兆字节）等的辅助信息相关联；

2.6 UEIdentity

UEIdentity 用户标识服务，具有如下要求：

- MEC 平台将为 MEC 应用提供注册标签或标签列表功能，每个标识标签代表一个可识别用户；

【注 1】：IP 地址到标签的映射，以及如何暴露给应用程序被描述为相关 API 定义的一部分。

- 支持基于用户标识进行数据流路由规则中过滤规则的设置；

【注 2】：MEC 应用程序可以通过系统中定义的机制获取标签

- 支持将授权的用户面数据流直接路由到 MEC 主机的本地网络（如企业网络），而不必通过某个其他 MEC 应用；

- 支持已授权 MEC 应用与本地网络（如企业网络等）的连接；

2.7 WLANInformation

WLANInformation 即无线局域网网络信息，具体要求如下：

- 当前 WLAN 网络状态及最新 WLAN 网络信息，MEC 提供实时公开服务；
- 根据应用和用户需求，提供适当的最新 WLAN 信息；这些信息可以是基于从外部源接收或本地生成的信息；

2.8 V2XService

V2X 就是车联万物（vehicle-to-everything），主要包含车辆与车辆相连(V2V: vehicle-to-vehicle)，车辆与基础设施相连接 (V2I: vehicle-to-infrastructure)，车辆与互联网相连接 (V2N: vehicle-to-network)以及车辆与行人相连(V2P: vehicle-to-pedestrian)。注：以下要求来自 ETSI GR MEC 022 [i.24]的研究。具体描述如下：

- 支持从 MEC 网络中为车辆提供反馈信息功能，以支持 V2X，这有助于预测当前通信信道是否可靠（如，在满足延迟要求 100%分组报文可达）。
- 支持从 MEC 网络中为车辆提供有关各种连接参数（如延迟，PER，信号强度等）的数据变化信息；
- 道路使用者通过不同接入技术网络或者运营商网络，进行道路间的 V2X 信息交换，并且能够支持提供互操作能力；
- 为 V2X 移动/用户启用多运营商操作，以便在全国范围内跨越不同运营商网络的接入网络覆盖范围时提供连续性服务；
- 能够在多个运营场景中提供互操作性，使不同系统中的 MEC 应用程序能够相互安全通信，以便在没有蜂窝网络覆盖的情况下实现多运营商系统的同步（在 3GPP 之外域）。
- MEC 系统能够在多运营场景中提供互操作性，使得 MEC 应用能够与 V2X 相关的 3GPP 核心网络逻辑功能安全通信；（例如 V2X 控制功能），并从 3GPP 网络收集 PC5 V2X 相关信息（例如 PC5 配置参数）。

2.9 5GCoreConnect

5GCoreConnect 描述的是 5G 核心网网络开放能力，或者称为 5G 核心网中的 NEF（Network Exposure Function）网元提供的网络开放能力，具体描述如下：

- MEC 系统请求更改路由规则或更改策略时，MEC 应用程序向 NEF 发送请求请求控制其所需的流量路由或策略；
- MEC 系统可以从 5G NEF 或其他 5G 核心网功能接收信息。基于此信息，MEC 系统应支持选择单个 MEC 主机或多个 MEC 主机，以及在所选 MEC 主机上实例化应用程序；

【注 1】：MEC 编排器负责选择最合适的 MEC 主机来运行应用程序，并做出应用程序实例化的决定。

- MEC 系统可以从 5G NEF 或其他 5G 核心网功能接收通知。MEC 系统可以使用该通知内容，将特定应用程序实例重新定位到某个特定的 MEC 主机上。

【注 2】：MEC 编排器负责选择最合适的 MEC 主机，并在需要时决定迁移应用程序实例。

3 用例推荐

本章节参考“ETSI GS MEC 002 V2.1.1 (2018-10)”标注资料附录文档“用例”部分内容，对 MEC 场景存在的需求用例进行简单的介绍和描述。

3.1 用例分类

不管是对网络运营商，还是内容服务提供商，还是工业、商业等服务商来讲，都存在边缘服务，存在大量新的需要开发的功能。为了实现 MEC 开发能够有个适当的完备的系统结构和统一的 API 接口，本章节描述了许多用例目的就是为获得在相同或者相似的需求场景下，能够对这些需求用例进行规范化。MEC 系统需要支持下面用例所提到的功能，并且能开放启用。需要支持的用例类型主要分类下面三种：

- 1) 面向消费者的服务：这些是通常直接受益于终端用户，如 UE 用户。这可以包括：游戏、远程桌面应用程序、增强和虚拟现实、认知辅助等；
- 2) 运营商和第三方服务：这些是创新服务，利用靠近运营商网络边缘的计算和存储设施。这些服务通常不会直接使终端用户受益，但可以与第三方服务公司一起使得双方获益：移动设备定位服务、大数据、公共安全、企业服务、商业运营、工业互联等；
- 3) 网络性能和 QoE 改进：这些服务通常旨在通过特定于应用程序或通用的改进来提高网络性能。这些并不是为终端用户提供的新服务，而是在现在的服务基础上利用 MEC 技术对网络和 QoE 进行改进，包括：内容/ DNS 缓存、性能优化、视频优化、紧急服务可靠实时传输等。

3.2 TCP 网络传输优化

• 描述

类别：网络性能和 QoE 改进

当前，媒体传输通常是通过 HTTP 协议完成，HTTP 协议是建立在 TCP 协议基础之上。TCP 行为（假设网络拥塞是丢包和高延迟的主要原因）可能导致蜂窝网络资源的低效使用，并会降低应用程序性能和用户体验。这种低效率的根本原因在于 TCP 难以适应快速变化的网络条件。在蜂窝网络中，设备移动引起的基础无线网络信道的变化以及当其他设备进入或离开时导致系统负载的变化，TCP 可用带宽可在几秒内变化一个数量级。

在本用例中，MEC 服务系统为 MEC 无线网络分析应用程序提供了一个合适的后端视频服务，该服务能近乎实时的预估下一次无线下行链路的网络吞吐量。基于该服务，可以完成 TCP 拥塞控制决策，在 TCP 探测可用资源时不会造成网络过载，还可以不需要在拥塞事件发生后依靠启发模式降低数据源发送速率。

Throughput Guidance (TG) 是一个 TCP 吞吐量的参考指标，允许在网络状况频繁变化或用户移动的情况下近乎实时地提供信息，该信息指出了即将到来的时间间隔内可以使用有效网络带宽。草案^{[2][3]}描述这个概念及与详细的 TCP 网络优化说明。

通过对 TCP 优化，MEC 应用可以自动适应从 RAN 到内容源的带宽实际情况，避免由于网络阻塞而造成的传送延迟或者卡断。此优化可用于各种不同的基于 TCP 的服务，如 Web 浏览、文件下载、媒体数据传输。

• 应用

TG 无线网络应用程序能够根据从 MEC 主机上运行的 MEC 服务器获得所需要的无线网络信息计算 TCP 吞吐量，并将此信息传送给后端视频服务器。

当 TG 无线应用程序启动时，它使用服务注册表功能来查找无线网络信息可用服务。基于此无线网络信息，应用程序使用特定的应用程序算法来计算 TG 参考值。

然后将信息嵌入到下行链路数据中，由用户设备上视频客户端发送到视频服务器。这些数据包是基于应用程序相关的流量规则，通过 TG 无线网络应用程序进行路由的。

3.3 本地内容缓存

• 描述

智能手机，平板电脑和其他手持设备的快速发展以及全球网络服务的推广，使得移动宽带服务的使用显著增加。显示和图形处理技术发生了巨大变化，高分辨率视频可以随时随地使用手持设备播放。社交媒体的广泛采用使得能够快速有效地分享主题，并像病毒一样快速传播。

这种快速传播，导致相同内容会在同一地理区域几乎同时重复传播，大量的数据增加了带宽压力，并且会带来移动网络带宽瓶颈。通过在本地缓存内容可以缓解这个问题，这可以节省传输流量，同时提高 QoE。内容缓存可能将回传流量需求降低多达 35%^[4]。

MEC 应用程序可以在本地地理区域存储中处理最流行的内容，并且一旦被请求，则从本地缓存获取内容。在这种情况下，不需要通过核心网络传输，因此可以显著节省回传流量。除了节省流量之外，还可以大大减少接收内容下行时间。

• 应用

在 MEC 主机的上，使用已授权的应用程序实现本地内容缓存。内容缓存应用程序可以存储已经被识别的内容或者其他有益的内容。与任何应用程序一样，内容缓存应用程序需要由 MEC 平台授权。内容缓存应用程序可以使用从其他应用程序获取信息来标识可以缓存的内容。还可以使用其他标准决定要缓存的内容。

一旦内容缓存应用程序接收到存储本地缓存内容请求，应用程序就开始将所请求内容定向到用户设备。这样可以节省回传流量以及改善 QoE，因为内容可以在没有核心网络和公共互联网情况下传输。

3.4 安全性数据分析

• 描述

类别：运营商和第三方服务

该用例组合了许多创新服务，运营商或第三方供应商基于从设备中收集的大量数据（视频，传感器信息等）进行一定量的处理分析，以便在数据发送到中心服务器之前提取有用信息。

应用程序可以在单个位置（如单个主机上）运行，也可以分布限定区域（例如校园覆盖范围内）甚至整个网络中。为了支持运营商或第三方的请求服务，运行应用程序可能需要运行在所有请求位置（移动边缘主机）上。

该用例描述了在靠近无线网络的移动边缘主机上运行的应用程序，该应用程序从与移动边缘主机相关的无线网络设备或传感器设备接收大量的信息。然后，应用程序处理信息并提取有价值的元数据，并将其发送到中央服务器。元数据备份可以在本地存储一段时间，以便稍后进行交叉检查验证。

通过此用例可以衍生出许多服务方案：

- 隐私、安全：监控某个区域特定事件，例如托运的行李，授权访问（例如脸部识别），停车场/汽车监控等
- 大数据：大规模传感器数据预处理，智能城市等。

• 应用

MEC 应用程序可以在 MEC 主机上永久运行，可以根据运营商或为了响应第三方的请求运行。应用程序可以在许多不同主机上实例化。一旦运行，应用程序连接到与移动边缘主机相关的无线网络节点上多个特定 UE（如设备，传感器）。然后，它与 UE 交互以收集信息。

应用程序可能需要在本地存储大量数据，数据可能需要在应用程序实例终止后继续存在。

应用程序执行某些特定应用需求的分析，并将分析结果提供给外部实体。为此，应用程序需要能够连接到外部应用程序，也可能需要获取有关 UE 位置信息。

3.5 增强现实/辅助现实/虚拟现实/认知辅助

• 描述

增强现实技术允许用户通过对周围环境分析推导出场景语义，用数据库提供的额外信息增强场景，并在很短时间内反馈给用户。该设备可以是智能手机或任何带有摄像头和其他传感器的可穿戴设备。

辅助现实类似于增强现实，但其目的是主动告知用户他感兴趣的事物（危险警告，持续对话等）。例如，用于支持残疾人（盲人，聋人，老年人等）以改善他们与周围环境的互动。

虚拟现实类似于增强现实，但其目的是使用生成的或基于记录/传输的环境来呈现整个视野。例如，使用最自然输入设备时支持游戏体验或远程查看。

认知辅助是通过向用户提供关于用户可能正在进行的活动的（例如，烹饪，娱乐活动，家具组装等）的个性化反馈。更进一步采用增强现实概念，需要在很短的时间内提供对场景分析和为用户提供建议。

低延迟应用程序（例如游戏，AR 或 VR 应用程序）可以选择在 MEC 主机上的 MEC 应用程序或直接在用户设备上实现效果渲染。还可以将通过计算卸载技术将部分数据卸载到 MEC 主机上运行的 MEC 应用程序。例如，物理模拟，人工智能和其他组件。

对于所有这些情况，需要个性化用户和应用程序之间的交互，并且需要在用户移动时保持服务的连续性。

创新应用的开发速度很快，并且在一个非常动态的环境中发展或被取代。为了支持和促进快速创新，有必要动态配置新应用程序和新版本应用程序，直到用户请求运行应用程序为止。如果某个特定应用程序尚未加入，并且 MEC 系统能够在已定义的位置获取应用程序，则需要能够执行此操作。

用户不一定会一直使用移动网络环境来运行增强现实，辅助现实和认知辅助应用程序。在某些情况下（例如，在他们的家中或工作中），他们可能通过其他无线网络访问（例如本地 Wi-Fi）位于云环境中的应用程序。但是，当他们远离静态环境或重返静态环境时，他们可能希望继续在移动网络环境中使用该应用程序。应用程序能够动态的在外部云环境和移动边缘系统之间相互迁移。

• 应用

为响应来自用户的请求，UE 需要连接到特定应用实例，该实例在适当的 MEC 主机上运行，以满足应用延时要求。如果应用程序尚未运行，则需要启动该应用程序的新实例。应用程序可能对 MEC 主机有一系列要求（例如，延迟，计算资源，存储资源等）。MEC 系统需要选择满足所有要求的 MEC 主机。

当 UE 移动到与运行应用程序的主机不相关的区域时，为了满足应用程序要求并取决于应用程序本身。或者，应用程序实例可能需要移动到另一个适当的主机；要么应用程序实例可能需要将有关 UE 状态信息，传输到在适当主机上的另一个实例。为了支持这一点，MEC 系统必须提供这些实例之间的连接。

当连接到应用程序的特定实例上的所有用户都已断开连接时，可以终止该应用程序实例。

当 UE 请求 MEC 系统实例化系统中尚未加入的应用程序时，在必要情况下，系统需要动态地加载相应的应用程序。

MEC 系统需要能够基于 UE 请求，将应用程序从外部云环境迁移到满足应用程序要求的 MEC 主机上，或者从 MEC 主机迁移到外部云环境。

为了支持 UE 上的应用分布式计算，应用程序能够支持计算辅助及识别连接设备的能力。应用程序能够根据这些设备的位置和其他特定连接信息，确定其是否有支持分布式计算请求能力。即使在环境变更情况下，应用程序将能够快速恢复连接。

3.6 游戏和低延时应用

• 描述

类别：面向消费者的服务

游戏在计算机，平板电脑和智能手机上非常受欢迎。然而，UE 通过 LAN 或宽带互联网连接到中心服务器上的许多游戏都无法满足低延迟要求，因为服务器通常位于 RAN 和核心网络之外的网络环境中。

通过将游戏服务器应用程序部署在更靠近无线网络位置，UE 用户获得更低延迟的游戏。当然，不仅限于游戏，可以使得任何低延时应用获益，例如，使用“远程桌面”协议访问云虚拟机，在计算能力有限情况下无法，平板电脑之类的设备是无法满足体验要求。为了使用户体验满意，用户完成的动作与设备接收的反馈之间等待时间需要非常短。

一般应用程序和游戏都可以用于单个或多个用户（例如，局域网游戏或共享白板）。

用户将在请求连接到（远程桌面应用程序，游戏服务器等）设备上并启动本地应用程序。对于多用户应用程序或其他用户，通过他们的本地应用程序，请求访问游戏或应用程序服务器上的同一实例。应用程序定义的延迟约束要求和其他应用程序

要求（例如计算能力，存储等）。延迟约束可以包括例如最大可接受等待时间或用户之间的最大等待时间差异（例如，在游戏中，所有用户需要具有相对类似的等待时间以避免不公平行为）。

当应用程序/游戏正在运行时，一个或多个用户可能四处移动，并连接（切换）到不同的无线网络节点。当这种情况发生时，仍然需要提供服务（需要维护 UE 和应用程序之间的连接）。

当用户离开原始位置时，UE 和应用程序之间的等待时间可能会延长。为了维持延迟要求（例如，最大值，公平性），可能必须将应用程序迁移到另一个服务器。

低延迟应用程序（例如游戏或交互式应用程序）可以选择在 MEC 主机上运行的 MEC 应用程序中，或直接在客户端设备（例如 UE）上实现渲染。

这些应用程序可以选择将部分设备计算卸载到 MEC 主机上运行的 MEC 应用程序。包括例如物理模拟，人工智能和其他组件。

当所有用户与应用程序断开连接时，应用程序可能会被终止或终结。

创新应用的开发速度很快，并且在一个非常动态的环境中发展或被取代。为了支持和促进快速创新，有必要动态配置新应用程序和新版本应用程序，直到用户请求运行应用程序为止。如果某个特定应用程序尚未加入，并且 MEC 系统能够在已定义的位置获取应用程序，则需要能够执行此操作。

用户不一定会一直使用移动网络环境来运行他们的游戏或低延迟云应用程序。在某些情况下（例如，在他们的家中或工作中），他们可能通过其他无线网络访问（例如本地 Wi-Fi）位于云环境中的应用程序。但是，当他们远离静态环境或重返静态环境时，他们可能希望继续在移动网络环境中使用该应用程序。应用程序能够动态的在外部云环境和移动边缘系统之间相互迁移。

• 应用

为满足用户要求，需要在适当的 MEC 主机上启动特定应用程序新实例，以满足应用程序的等待时间和资源要求。

为满足其他用户要求，需要在该 UE 与已经运行应用程序的特定实例之间建立连接。

应用程序可能会有一系列要求（例如，延迟，计算资源，存储资源等）。MEC 系统需要选择满足所有要求的 MEC 主机。

当 UE 移动到与同一 MEC 主机相关联的另一个无线网络节点时，需要在 UE 和应用之间保持连接。

当 UE 连接到与同一 MEC 主机不相关联的另一个无线网络节点时（例如，在 UE 在无线网络节点之间移动后），需要在 UE 和应用之间维持连接。为了维持延迟要求，MEC 管理可能需要将应用程序迁移到另一个主机，同时保持应用程序与 UE 之间的连接。

注意：此功能对于此用例描述的应用程序是必需的。某些用例不需要此功能。

当连接到应用程序特定实例上的所有用户都已断开连接时，可以终止应用程序实例。

当 UE 请求 MEC 系统实例化系统中尚未加入的应用程序时，在必要情况下，系统需要动态地加载相应的应用程序。

MEC 系统需要能够基于 UE 请求，将应用程序从外部云环境迁移到满足应用程序要求的 MEC 主机上，或者从 MEC 主机迁移到外部云环境。

为了支持 UE 上的应用分布式计算，应用程序能够支持计算辅助及识别连接设备的能力。应用程序能够根据这些设备的位置和其他特定连接信息，确定其是否有支持分布式计算请求能力。即使在环境变更情况下，应用程序将能够快速恢复连接。

3.7 活动设备位置跟踪

• 描述

类别：运营商和第三方服务

该用例使用“同类最佳”地理定位算法，支持实时的、基于网络测量的（独立于 GPS 和网络的）活动终端设备跟踪。

这为本地测量处理和事件触发提供了一个高效和可扩展的解决方案。它为企业和消费者提供基于位置服务（例如，在选择的基础上），例如在场地，零售场所和没有 GPS 覆盖的传统覆盖区域。

服务包括移动广告，“智慧城市”，人流分析，校园管理，人群管理，人事管理等。

• 应用

应用程序可以在 MEC 主机上永久运行，也可以根据运营商的要求或响应第三方请求运行。一旦运行，应用程序从连接到 MEC 主机所关联的无线网络节点 UE 收集位置相关信息。这取决于应用，可能需要匿名（基于授权）的跟踪特定 UE，特定类别 UE 或所有 UE。

应用程序执行所需（特定于应用程序）分析，并将分析结果提供给外部实体。为此，MEC 应用程序需要能够连接到外部应用程序。

3.8 应用程序可移植性

• 描述

应用程序提供商开发应用程序。此应用程序可以在不同供应商的 MEC 主机上实例化，无需任何修改。

• 应用

ETSI ISG MEC 的主要目标之一是确保 MEC 应用程序在不同供应商的 MEC 系统中的可移植性。此上下文中的可移植性意味着应用程序不需要特定于平台的修改，并且可以安装在每个平台上。

除此之外，MEC 系统还必须验证应用程序的真实性和完整性。MEC 系统需要能够控制应用程序对 MEC 服务访问。

3.9 SLA 管理

• 描述

应用程序提供商开发 MEC 应用程序。此应用程序在 MEC 主机上实例化。应用程序对主机的虚拟化环境和分配的虚拟资源有一定的性能要求。这些要求通常在服务水平协议（SLA）指定。为了验证 SLA 的满足程度，必须收集关于 MEC 主机的虚拟化环境的性能数据。

3.10 MEC 边缘视频编排

• 描述

MEC 有望提供出色的性能和质量，同时能够在尽可能接近用户的环境下提供内容，从而节省回传流量。在人口密集、地理区域狭小的情况下很可能实现最大收益。

移动宽带最受欢迎的内容是视频，它已占据总流量的 55% 以上。边缘视频编排的用例表明，在人口密度大且明显受限的区域中，可以在靠近消费者的相同位置处生成和消费视频内容。这种情况可以是体育赛事或音乐会，其中大量消费者正在使用他们的手持设备来访问用户选择的定制内容。整体视频体验由多个来源组合而成，包括本地制作的视频和附加信息，以及来自服务中心制作主视频。用户有机会从一组本地视频源中选择定制视频。

由于用例的特定特性，MEC 系统非常适合于提出的边缘视频编排。服务生产和消费限定在某一区域，这也是控制服务质量和性能的最佳机会。

• 应用

边缘视频编排应用程序在 MEC 主机上运行，并使用 MEC 服务。平台需要提供用于本地生产设备（例如视频摄像机和传感器）UE 连接到视频编排 MEC 应用，以及消费者 UE 使用视频编排服务的机制。

MEC 平台需要提供数据流量从本地摄像机和传感器路由到视频编排应用程序的机制。当用于本地数据源（例如，相机和传感器）UE 发送其数据时，平台提供将数据路由到边缘视频编排应用程序的服务。

当消费者选择视频流时，边缘视频编排应用程序将所选内容发送给用户。MEC 平台负责根据可配置规则将数据路由到用户的 UE。

3.11 移动回传优化

• 描述

类别：网络性能和 QoE 改进

目前，无线网络和回传网络之间没有真正协调。当回传网络中存在流量降级时，无线网络不会被告知，反之亦然，当无线网络需要较少的流量时，回传网络也不知道。

在该用例中，旨在将来自无线网络的信息与来自回传网络的信息组合，以优化回传中的资源（在未来还可以考虑优化无线网络中资源）。

分析应用程序使用 MEC 服务（如流量监控，性能监控）来提供有关无线网络流量要求实时信息（考虑无线接入调度，应用和回传条件）。

分析应用程序从回传内的监控应用程序获取实时信息，并将流量需求发送到回传网络中的优化应用程序。优化应用程序可以通过以下几种方式优化回传网络：

- 在远程聚合点确定每个应用程序的流量；
- 流量重路由；
- 根据实际流量需求增加/减少射频链路的功率

• 应用

流量分析应用程序根据从 MEC 平台可用的移动边缘服务获得所需无线网络信息，以及从监控应用程序获得的回传信息来计算吞吐量；可以使用流量监控服务来获取用户面流量，并识别用户使用的应用程序。可以使用 ETSI ISG MEC 标准定义接口将此信息传递给回传内的优化应用程序。

3.12 MEC 应用程序内部联通性

• 描述

应用程序最初在 UE 和因特网之间建议流/会话，MEC 应用程序需要在 MEC 主机上运行相同应用，并建立流/会话。这需要在 MEC 主机中将源/目的 UE 之间的流量路由到应用中。

如上所述的流量路由需要两个不同的功能：

- 在应用程序启动时：使用 MEC 应用程序而不是云中的应用程序服务器进行 IP 连接设置（即 IP 套接字设置）。
- IP 会话处于活动状态时：GTP 隧道层的终止和解封装为应用程序提供了“标准”IP 流量。

实践中，满足上述两个要求意味着至少需要支持以下功能：

- DNS 重定向：对于许多常见应用程序，DNS 是发现应用程序服务器 IP 地址的方法，因此 DNS 重定向是在应用程序启动时满足所需重定向的方法。
- GTP 隧道终止：由于 GTP 是 3GPP 用于封装承载的协议，在 IP 会话活动时满足所需的操作需要 GTP 隧道终止的支持，包括源/目的 UE 的流量的封装和解封装。

这可以包括：

- DNS 缓存+服务功能，可以进行预配置 MEC 主机上运行的应用程序的 IP 地址，包括 DNS 解析。
- 监控功能，用于分析 GTP 隧道数据包，并识别 IP 数据包内的目的地址。
- 能够从 IP 数据包中剥离 GTP 层，并将这些数据包作为 IP 数据包路由到请求的应用程序。
- 能够从其他应用程序接收 IP 数据包，将这些 IP 数据包重新封装到 GTP 隧道中并将其发送到 UE。

• 应用

UE 应用程序想要与在 MEC 主机上运行的应用程序交互（UE 应用程序本身可能不知道，它正在与在 MEC 环境中运行的应用程序交互）。为此，它首先发送 FQDN（Fully Qualified Domain Name，全限定域名：同时带有主机名和域名的名称）的 DNS 请求以获取应用程序的 IP 地址。

作为流量处理功能的一部分，MEC 主机可能在必要时解封 GTP 报文，而后从用户面流量中检索 IP 分组报文。DNS 流量（如端口 53）被路由到在主机上运行的 DNS 服务器/代理。

如果 DNS 服务器/代理可以在本地解析 FQDN，或者因为 FQDN 已预先配置，又或者先前仍然有效的缓存，则它会回复该请求。否则，它可能会从核心网收到请求后，转发查询的响应。而后，会对自己请求或从网络中的 DNS 服务器中发送回收到的 DNS 响应。

流量处理功能将包含应答的 IP 报文发送回 UE，在必要时可能将其封装在 GTP 承载报文中。然后，UE 使用由 DNS 服务器/代理提供的 IP 地址与在 MEC 主机上运行的 MEC 应用程序交互。

流量处理功能使用 MEC 应用程序的目标 IP 地址检索 IP 数据包，在必要时可能需要解封封装 GTP 承载报文。然后，来自应用程序的流量被发送回 UE，在必要时可能将其封装在 GTP 承载报文中。

3.13 删除重复数据

• 描述

类别：网络性能和 QoE 改进

当今网络中的流量包含来自内容提供商（如视频内容提供商）的大量内容。研究表明，由于许多用户消耗相同流量，因此很多流量会重复播放。例如，许多用户正在升级智能手机上的应用电话，或看同一个视频剪辑。

删除重复流量数据技术包括两部分功能，压缩和解压器(compressor and decompressor)**错误!未找到引用源。**。压缩和解压器识别流量中的重复模式，其存储在靠近用户的解压缩应用中。压缩器也具有识别模式，而不仅仅发送，它能够发送标识在解压器存储的特定模式的索引^[6]。这项技术能够显著减少重复模型的数据流量。研究显示，压缩器和解压器之间的整体流量能够减少 30% 以上。在本用例中，解压器应用程序使用 MEC 服务像流量路由一样，实时执行重复模式检测，存储它们并重建原创内容。重要的是，如果平台上有其他应用程序使用相同的流量，则需要首先执行此应用程序以允许其他应用程序查看原始流量（而不是索引）。

• 应用

当解压器（De-Compressor）应用程序启动时，它会与 MEC 平台交互并开启流量路由。同时，启动解压器应用程序与压缩器应用程序的通信通道，并协调重复模式及存储的检测。压缩器应用程序负责检测重复模式，并将这些模式的索引发送到解压器。解压器应用程序负责从接收的索引，并重新生成原始流量。

3.14 车联网基础网络

• 描述

车辆和路边传感器与路边应用组件(roadside unit)的通信，通过交互重要的安全和操作数据来提高车载系统的安全性，执行效率和操作便捷性。

路边应用程序“合规算法”（incorporates algorithms）通过从车辆和路边传感器接收的数据进行分析，可以提前识别高风险路况，并向该区域车辆发送警报和警告信息。车辆的驾驶员可以立即做出反应，如，避免危险车道，车辆减慢或改变行驶路线。

LTETM 技术可以加快部署汽车到路边的通信网络。LTETM cells (小区) 能够在 2 公里范围内提供 “beyond the horizon” 视野。车辆可以利用内置的 LTETM 技术增强互联通信。

车联网基础设施的通信具有严格的延迟要求，在某些用例中低于 10ms。通过 LTETM 实时分发危险警告（例如事故，车道危险等）消息，这样使得 DSRC (Digital Short-Range Communications) 网络无需在全国范围内部署。当然，在存在部署 DSRC 的网络中，LTETM 可以作为补充。

MEC 可用于将汽车云服务扩展到高度分布的移动网络环境中。可以在 MEC 主机上部署应用程序以提供路况功能。路况应用程序可以直接从车辆或路边传感器中的接收本区域路况消息，并对其进行分析，而后将危险警告和其他延迟敏感消息传播到该区域的其他车辆。这使得附近车辆能够在几毫秒内接收数据，使驾驶员能够立即切换车道，减速或改变路线。

路况应用程序可以通知在其他 MEC 主机上运行的路况应用程序事件信息，如危险警告，能够传播到靠近受影响区域的车辆。

路况应用程序可以将本地信息发送到汽车云服务上的应用程序，以进行进一步处理。

• 应用

路况 MEC 应用程序通过 MEC 平台来接收车辆或者路边传感器应用程序的数据。这些数据经过分析处理，然后利用 MEC 平台将危险警告和其他延迟敏感信息传播给其他车辆，这样有助于提前识别高风险路况。

当路况应用程序启动时，可以使用 MEC 平台流量路由功能。可以使用特定应用程序算法提前识别高风险情况，然后该内容生成警告信息，并以极低的延时将这些信息广播到附近的车辆。

路况应用程序执行所需（特定于应用）的分析，并将分析结果提供给外部实体（相临的 MEC 主机或汽车云服务上）。为此，应用程序能够自动连接到外部其他环境上的应用程序。

3.15 位置服务

• 描述

类别：面向用户的服务

用户的活动通常很大程度上取决于用户的具体位置。例如，购物中心的用户可能购买一些商品，博物馆的用户对特定的艺术作品感兴趣。在这种意义上，如果要推荐与用户环境相关的一些服务，那么用户的具体位置变得相当重要。位置信息确切地说明了用户在某个时刻具体的位置。

基于位置的服务推荐，允许在适当的时间向用户推荐与特定点紧密耦合的各种服务，如购物中心，博物馆等。

为提高 QoE，必须尊重用户服务推荐的有用性。用户行为和偏好可以在用户移动终端中收集，然后被送到基于位置的服务推荐应用程序；也可以在用户的移动终端中收集用户的行为日志和偏好，然后将其传送到基于位置的服务推荐应用程序；并且还可以将来自用户周围的传感器的数据传送到服务推荐应用程序。

当 UE 连接到特定的小区时可以检测到当前位置。可以从特定无线网络节点的附着信息中获取用户的位置信息，尤其是当 UE 接入到室内小区时。从某种意义上说，位置信息代表着某个地方的接近程度。

用户服务推荐应用程序可以利用机器学习、推荐引擎来确定当前用户合适的服务。服务推荐可以与大数据分析协作，大数据分析由互联网中的后台服务完成。例如，在百货商店，可以推荐优惠券或者推荐一些商品；又比如在博物馆，可以推荐特定艺术品的视频剪辑。

• 应用

推荐服务应用程序可以在适当的 MEC 主机上运行，并使用 MEC 平台提供的 MEC 服务来满足该应用程序的要求，以便及时响应用户请求。这些要求包括延时、计算资源、响应时间等。MEC 系统需要选择满足要求的所有主机，可以通过用户的第一个请求创建应用程序新实例，可以在用户任何请求之前创建该实例。

用户请求可以被路由到适当的 MEC 应用程序，并且 MEC 应用程序可以通过 MEC 主机向特定的用户发送请求。应用程序也可以通过 MEC 主机连接到其他外部服务器。

3.16 应用程序带宽管理

• 描述

不同 MEC 应用程序在同一个 MEC 主机上并行运行，可能需要特定的静态（或动态）上（或下）行带宽资源。在同一个应用程序中并行运行的不同会话可能都存在不同的带宽要求。由于所有这些应用和会话都在共享相同的带宽资源，且存在资源竞争。因此，建议在 MEC 主机上运行一个核心带宽资源分配器，最好的方式是放在 MEC 平台上。建议包括以下功能内容：

- 一个 API，使所有注册的应用程序能够静态和/或动态地注册分配特定的资源带宽；
- 与无线网络信息服务的接口，用于接收网络状态信息和有效带宽数据；
- 根据合适和所需带宽，计算每个会话/应用的最佳带宽分配的能力；
- 根据计算，管理每个会话/应用程序带宽分配的能力。

• 应用

MEC 主机可以支持应用程序并行运行。这些应用程序将在相同的硬件和网络资源上运行，每个都有自己的要求。为了确保所有应用程序/会话都在以最佳方式接收带宽资源，MEC 平台具备如下能力：收集所需的带宽资源和可用带宽资源，并根据静态/动态要求为每个会话/应用分配合适带宽。

3.17 运营商提供 MEC 有偿服务

• 描述

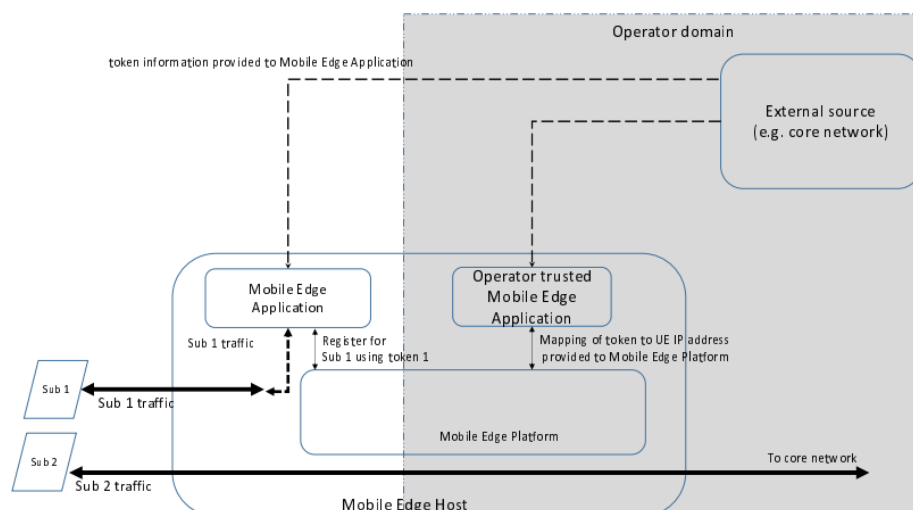
类别：运营商和第三方服务

该用例允许应用程序以特定订阅用户或一组订阅用户为目标。例如：

- 允许匿名的订阅用户组从 MEC 本地访问内容，并使用统一费率计费；
- 针对移动网络内某些用户定向推送广告；
- 为可能位于同一俱乐部、协会、公共服务空间等的特定用户群提供内容；
- 为公司员工提供企业服务

上述的这些能力可以为特定订阅用户和一组订阅用户提供重要的附加价值。为了在网络内实现此功能，MEC 主要需要能够将基于 UE IP 地址而不是目的 IP 地址的流量路由到 MEC 应用程序。UE IP 地址到订阅用户的映射在 MEC 平台上不可用，这些信息需要由外部源提供（例如，在核心网络中）。

在此用例中，运营商信任的 MEC 应用程序（参见附录 B）从外部源接收此信息，并将此信息提供给平台。图 A 说明了此概念用例。该示例用例图示：



在提供订阅令牌信息之后，应用程序向 MEC 平台注册，以便接收与订阅用户相关的流量，该示例中为 Sub 1。在接收与 Sub 1 相关联的信息时，MEC 平台触发所有应用程序流量路由到该应用程序，如上图所示。流量参考（UE IP 地址）可以通过运营商信任的应用程序进行更新进行定期更改，但提供给应用程序的参考流量将保持不变。

• 应用

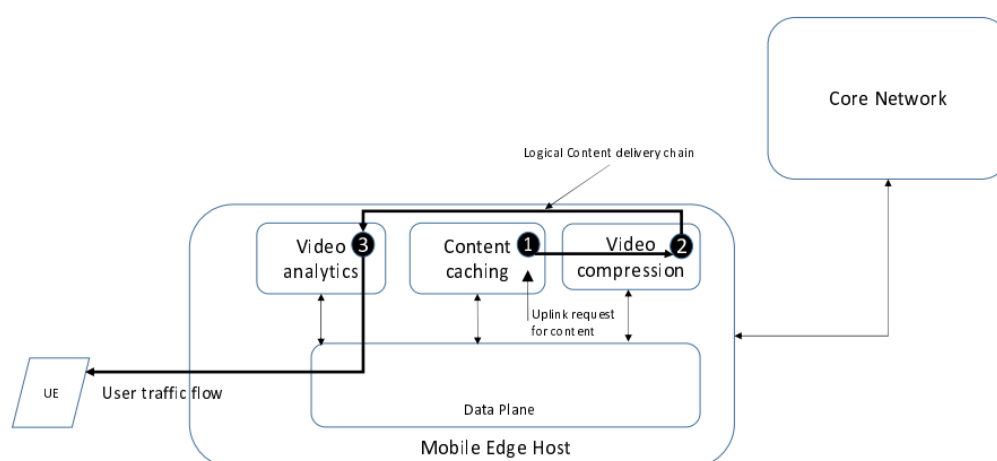
MEC 平台支持从授权应用程序接收信息，并使用此信息为其他应用程序提供服务。

3.18 视频缓存、压缩和传输

• 描述

考虑这么种情形，数据流从内容缓存应用程序发送到 UE，首先经视频压缩应用程序，然后通过视频分析应用程序。

如下图视频内存传输过程所示：



当上行链路请求到达移动边缘平台时，为了检索内容，视频内容请求被路由到内存缓存应用程序。当识别到了这些内容，需要将用户流量传输到视频压缩和视频分析应用程序，然后在将其传送给最终用户。

MEC 平台需要支持这种情况，能够对流量进行分流，然后通过多个应用程序进行流量引导。

- **应用**

MEC 主机能够托管多个应用程序。能够根据策略，不同类型的流量通过多个应用程序来以特定顺序进行流量引导。

3.19 无线接入承载信息监控

- **描述**

类别：网络性能改进

除了默认承载信息之外，UE 还可以有多个专用承载信息。专用承载信息用于一个专用隧道或更具体流量类型（如 VoLTE、视频等）。其中一个专用承载信息可以用来隧道传输，这些流量要求需要低延时且分配的 QCI 值为 1，另一个承载信息可以用于高吞吐量流量并且被分配 QCI 值为 9。QCI 值是描述无线接入网络内用于控制分组转发处理值。

允许在特定承载网络环境上，运行基于承载信息的监视服务。在 MEC 主机上运行的应用程序，可以使用特定 QCI 值来监视特定承载信息或网络流量。

- **应用**

用户面数据通过特定承载信息进行专用隧道传输，并且还可分配特定的 QCI 值，根据该值路由到 MEC 应用程序以使用于监视服务。

注意：这是指应用程序流量层面而不是传输流量层面。

3.20 密集网络环境中的 MEC 部署

- **描述**

类别：网络性能和 QoE 改进

此用例考虑，在减少无线网络密集部署情况下，如何维持游戏低延时要求和新用户体验。

由于无线接入网络的性质，无线基站容量会根据用户数量和应用类型而波动。MEC 可以帮助解决无线基站容量有限问题。比如，内部 UE 通信（一个小区内的 UE 相互通信），这类“设备到设备间通信”可以通过部署在 UE 上的应用直接完成，也可以通过限制网络流量以满足低延时要求来帮助解决网络拥塞问题。另外一种方法是使用中继节点，在这种情况下，MEC 主机可以部署在该节点上。与其他 MEC 主机类似，MEC 系统可以在中继节点上管理这些主机，从而允许系统提供更优的措施，以满足 UE 应用要求（如延时、计算资源、存储资源、吞吐量等）。

- **应用**

为了能够识别无线网络拥塞情况，MEC 服务可以通过 MEC 平台提供无线网络信息给专用的应用程序。当识别出网络拥塞时，MEC 应用程序可以在设备上运行对应的应用程序来通信，以请求通过 MEC 特定应用程序使能设备到设备的直接通信能力。

如果部署诸如中继节点的无线网络节点，则 MEC 应用程序可以收集包括无线网络节点位置信息，并执行某些特定的应用程序任务，以便分配最佳的不同位置处理应用程序。

一旦 MEC 应用程序接收到已经减轻了网络拥塞的无线网络信息，它可以使特定应用程序设备到设备的通信能力关闭。

无线网络信息使得 UE 能够选择适当的 MEC 主机，以便满足 MEC 应用的一些要求（例如，延迟，计算资源，存储资源，吞吐量等）。

3.21 聚合点的无线网络信息生成

• 描述

由于不同的 MEC 应用可能需要无线网络信息以使它们能够以更优的方式运行，因此定义了无线网络信息服务。位于无线网络基站节点的 MEC 主机，MEC 服务可以从该站点接收无线网络信息，并提供无线网络信息服务。如果 MEC 主机放置在聚合点（和 RNC）或核心网关，无线网络信息服务部在本地不可用，提取所需的无线网络信息会变得更加困难。

该用例，为了能够独立生成所需信息，也可以部署在其他位置，如聚合点或网关。

为了实现对无线网络信息的准确测量，MEC 平台或者提供服务的专用 MEC 应用程序，能够根据网络数据流中提取的若干参数进行计算。该服务还可以自我学习，以适应每个位置 and 不同无线基站节点的条件变化，这些服务可以由已注册该服务且被授权服务的应用程序使用。

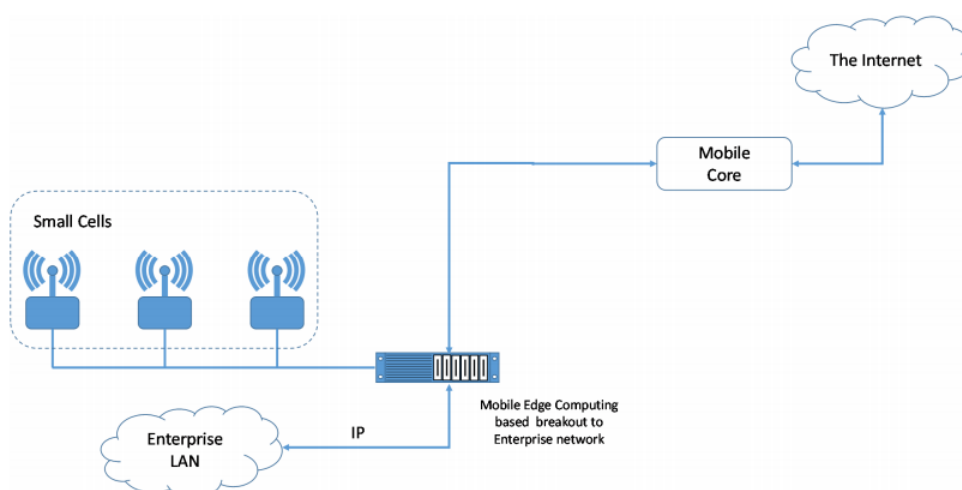
• 应用

在 MEC 主机上运行的许多应用程序可能需要无线网络信息服务来优化其性能。MEC 服务可以提供此类信息给授权的应用程序，即使部署的 MEC 服务可能无法使用无线网络信息服务的地方，也能够自主生成此类信息。

3.22 企业统一通信

• 描述

该描述基于 SCF081^[7]，移动设备正逐步取代企业市场中的固定通信硬件。笔记本电脑软件和办公服务，可以充分利用本机桌面界面以及其他增值应用。自 2010 年以来，许多设备和物理机设备正被智能手机和平板电脑硬件和软件，以及互联网云平台所取代。一旦室内获得了足够覆盖范围和容量，企业就可以开始向真正的移动办公转变。将业务工具迁移到移动设备中，并且无处不在的访问基于云服务的业务工具。在企业内部的 Small Cells 附近部署 MEC 服务成为支撑 MEC 企业应用程序的关键选项。下图，描述了基于 MEC 的企业网络服务，使用智能手机和平板电脑的员工能够直接享受到企业局域网的快速宽带连接。



统一通信服务的一个例子是企业 PBX 统一通信，允许企业用户的 BYO 设备用于企业通信。

根据 SCF081 中的讨论，基于 MEC 的 PBX 统一通信所需的一组示例（并且非常不完整）如下描述：

- 内部呼叫重路由：支持为企业员工路由和处理 IP-PBX（内部分机呼叫）流量
- 身份：用户的企业身份与移动网络流量的关联，以支持基于企业用户身份的流量规则；
- 时间路由：设置规则/策略功能，以便可以根据一天中的不同时间以不同方式处理 UE 流量；
- 企业消息传递：支持移动消息应用流量选择性的重路由，基于企业用户身份集成的企业 IM 和 SMS 集成，如，实现企业业务分页功能。

• 应用

MEC 平台提供有助于 IP 业务流与特定 UE 关联的功能，外部网络标识符（例如，活动目录）使用外部定义令牌与该特定 UE 相关联。该关联使用行业标准技术来执行，该技术在移动网络和企业中保护用户隐私和身份信息。

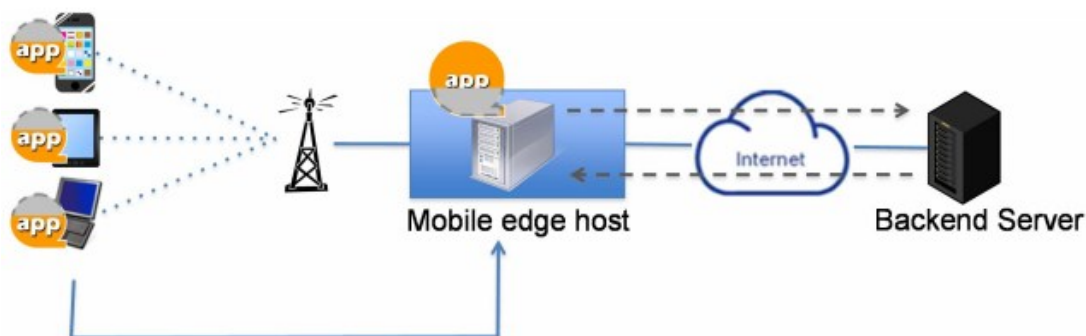
例如，该服务可能涉及使用受信任的第三方身份管理服务（例如 OpenID 提供商），简化运营商和外部网络（例如企业）具有必要的信任关系。

MEC 平台提供了在运营商网络和企业网络之间企业用户的用户面流量的路由能力，而无需通过应用程序。该应用程序负责管理与用户内容的访问控制，及完整性等相关问题。

3.23 应用程序计算卸载

• 描述

如下图所示应用程序通过 MEC 完成计算卸载：



在应用程序计算卸载用例中，MEC 高性能完成计算密集型功能，而不是移动设备，如上图所示。通过在 MEC 主机上提供丰富的计算资源，即使使用相对性能低的设备，也可以将应用计算卸载到 MEC 主机上，并且不管 UE 类型是什么都可以满足用户体验。

该用例能够很好地用于特别需要计算的应用程序，如图形渲染（高速浏览器，人工现实，3D 游戏等），中间数据处理（传感器数据清理，视频分析等），以及增值服务（翻译，日志分析等）。

应用程序计算卸载的一个示例是边缘加速浏览器（EAB）。大多数部分浏览器功能（如 Web 内容评估，呈现和优化）都可以被卸载到 MEC 应用程序，而 UE 仅在其显示器上呈现重构的浏览器图形。这可以将计算密集型任务从 UE 转移到 MEC 主机，使得各种类型的移动设备上可以提供丰富的应用程序。

• 价值意义

应用程序计算卸载为服务提供者和最终用户提供以下价值：

- 服务提供商:

- 无论终端设备能力如何, 都能提供高性能应用;
- 通过 MEC 主机中丰富的计算资源, 卸载应用程序所需的计算
- 处理从移动边缘主机上的终端设备 (M2M, 视频等) 收集的应用数据, 以减轻终端设备和中心服务器负载;
- 在 MEC 主机上的应用程序数据添加额外附加值, 以便提供增值服务。

- 最终用户:

- 通过移动设备上的应用程序卸载改善用户体验;
- 通过将计算容量卸载到 MEC 主机来获得低成本的终端设备;
- 通过 MEC 主机上的应用程序连接, 获取基于日志分析的自动翻译和推荐等新类型的服务。

- 应用

为了响应用户请求, 需要在适当的 MEC 主机上启动特定应用程序新实例 (或应用程序功能的一部分), 以满足应用程序的等待时间和资源要求。

为响应来自其他用户请求, 需要在其 UE 与已经运行应用程序的特定实例之间建立连接。应用程序可能有一序列要求 (例如, 延迟, 计算资源, 存储资源, 位置, 网络功能, 安全条件等), MEC 系统需要选择满足所有要求的主机。

当连接到应用程序的特定实例上所有用户都已断开连接时, 应用程序实例可能会终止。

3.24 优化 QoE 和多接入网络资源的利用率

- 描述

顾名思义, MEC (多接入边缘计算) 是主机上靠近终端用户应用程序, 利用多种不同访问技术组成的网络进行通信。从终端用户设备角度来讲, 存在多类型连接场景, 这些设备可以通过不同的接入技术同时连接到分布式云的应用和服务, 如 WiFi™, LTE, MuLTEfire™ and DSL。

在这种环境中, 可以通过智能选择和用户面路径的组合来优化 QoE, 以及资源的利用率。在高级解决方案中, 可以基于相关接入网络中的当前网络状态条件, 动态的选择网络路径。

MEC 当前规范已经包含 RNI API, 可用于从 3GPP LTE 网络获得最新信息。类似的, 可以从其他接入网络中 (如 WiFi 和 Fixed) 获取信息, 在 MEC 第 2 阶段中说明。提供所有接入网络技术是多接入场景的有用推动因素, 但还不够。此外, 还需要一种管理和控制用户面路径选择的解决方案。

IETF 正在进行多接入管理服务 (MAMS) 的工作, 该服务提供了一个完整的框架和参考架构。基于已定义的策略规则 [7][8][9], 可以智能选择和灵活接入到核心网络。通过使用接入网络最新信息, 可以应用所需的最佳网络效率和 QoE 体验。

利用 MAMS 框架, 可以在用户面级别上选择最佳网络路径, 而不会对底层接入网络的控制面产生任何影响。例如, 在具有 LTE 和 WiFi 这两种网络接入的情况下, 可以设置标准程序用于同时连接 LTE 和 WiFi 网络。

- 应用

对接入管理服务 (MAMS) 可用于管理多类型访问网络, 并能够智能和灵活的对用户面路径进行选择。MAMS 包含以下功能:

- 客户端连接管理 (CCM), 根据客户的需求和能力, 能够它与 NCM 协商网络路径的使用情况。

- 网络连接管理器（NCM），使用从接入网络获得的信息，并根据策略，当前与客户端交换的信息，配置多接入设备的用户面路径。

- 客户端多接入数据代理（C-MADP），处理客户端的用户面选择过程。
- 网络多接入数据代理（D-MADP），处理网络上用户面选择过程。

位于网络侧的功能，即 NCM 和 N-MADP，可以托管在集中位置或者 Edge Cloud。它们既可以作为 MEC 应用程序部署，也可以与其他功能（例如 MEC 平台）共存。

NCM 作为负责智能网络路径选择功能需要接入网络的最新信息。MEC 平台可以通过 API 公开此信息，方法与通过 RNI API 公开无线网络信息的方式相同。

对于 MEC 框架中的新访问，需要定义用于接收有关信息的解决方案。ETSI GS MEC 012 RNI API^[10]侧重于 3GPP 移动网络信息的推广。应通过修改现有的 RNI API 或为新接入技术定义新 API，如类似 WiFi，MultaFire 和 DSL 级别的信息。

3.25 摄像即服务

• 描述

摄像机监视的典型用例是，监视区域以便查找可能触发进一步操作的事件。基本操作模式可以是用于检测事件或监视对象，然后开始跟踪检测到的对象或事件并触发可能的进一步动作。对象可以是条形码，牌照，人脸等，而事件可以是任何区域中的物体，具有异常方向或速度的移动物体，或者检测犯罪。

视频监控系统由多个摄像头组成，这些摄像头通过无线方式或有线接入连接到基础设施。当摄像头处于活动状态时，它们会不断搜索预定义的对象或事件。存储在系统边缘或相机中较低的位置设备本身的预定义对象或事件（即触发器），需要不断地将视频实时流式传输到客户的设施（例如中央云）。这样可以最大限度地减少了没有价值的行为所造成系统资源浪费。对于任何事件，系统尝试进行一些初步处理以确定是否需要进一步操作。该初步处理需要接近零延迟，并且可以在摄像设备中进行，要求摄像设备支持一些计算能力，例如接收和实例化客户特定的算法或指令，设备侧计算能力表示应用程序的设备组件技术能力。

初步处理后，可能需要对所选对象进一步动作。例如进一步分析对象的轨迹，详细身份等。对应用的边缘云组件执行这样的处理。进一步的动作还可以包括指示视频流路由到客户中央设施，可能需要按带宽和 QoS 预留信息完成端到端的连接，还包括设备和接入网络之间的连接。此外，可以跟踪单个对象，涉及连接摄像机设备网络内的信息交换，可能由监视应用的主云服务或边缘云组件控制或协调。这样的信息交换可以包括，沿着对象预测路线激活摄像设备，将对象准确描述符矢量从源区域传递到目标区域和那里的摄像设备。

如上所述，摄像服务用例期望以下系统能力：

- 具有中央云组件（公共或私有云设施），边缘云组件和设备云组件的监控应用程序。
- 分布式边缘基础架构中的应用程序组件，允许并使其能够通过设备云组件和中央云组件（即客户的云设施）相互通信。
- 分布式边缘计算基础设施，即 MEC 主机，可用于摄像头应用程序的边缘云组件，支持客户按需加载和按需实例化应用程序组件。
- 部署在分布式边缘中的应用程序组件，支持摄像机即服务指定在需要运行的地理区域。
- 连接的摄像设备网络，其可以支持摄像机应用设备的云组件的按需接收和实例化，例如算法，指令或触发器定义。

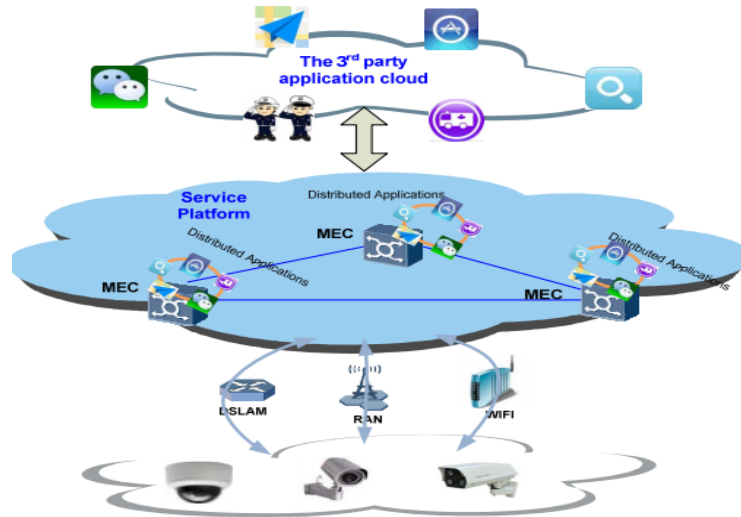


图 A.25.1: 摄像即服务的系统架构

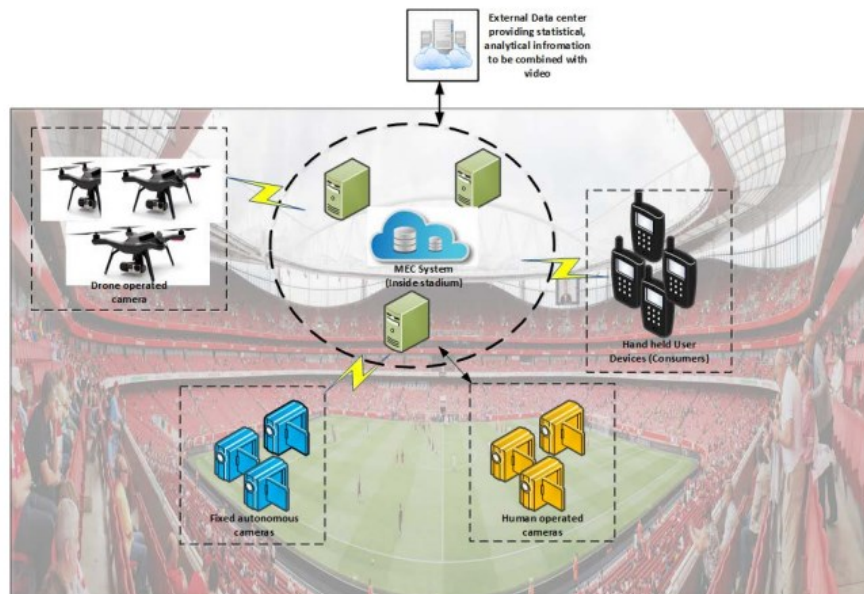
• 应用

N/A

3.26 体育场环境中视频制作和传输

• 描述

边缘视频处理用例，在本地生成，组合，处理和消费可视内容的场景。这种情况可以是诸如体育，音乐会，公共会议，会议等场所。消费者可以使用他们的手持设备选择定制内容。这可以包括特定视角，多视角，慢动作重放，分析和统计，玩家之间的并排比较等。用户可以从个人不用的位置请求视角或镜头，比如座位。这对于分布在广泛区域（例如滑雪，自行车或一级方程式赛车）的事件尤其重要。



图：体育场环境中的视频制作和传输系统

在场地内部署“MEC 系统”非常适合视频制作用例。MEC 系统上负责视频编辑，合成的“边缘视频应用”。运行边缘视频应用程序，可以轻松控制服务质量并改善视频传输和服务的性能。视频制作服务可以由第三方服务提供商或传统网络运营商提供。在此用例中，假设网络运营商拥有云资源。第三方服务提供商向网络运营商提供 MEC 应用程序和要求。如果网络运营商提供视频制作服务，则 MEC 应用程序归网络运营商所有。

视频可以从多个源捕捉。整个体育场可能安装了多个固定摄像机，无人机在体育场周围（内部和外部）飞行，捕捉视频和人类（“场地个人”和最终用户），摄像机在体育场内移动。各种视频捕获设备（相机，无人机，终端摄像）可以通过有线或无线连接（蜂窝或 WiFi）上播放其捕获的内容。视频捕获设备可以首先连接到预设的边缘应用，应用可以基于预设阈值过滤视频，在体育场内的 MEC 系统上运行。在初步过滤之后，进行第二阶段处理。

捕获的视频流下一阶段处理，在体育场内 MEC 系统中不同主机上运行的一个或多个视频应用程序执行。这些视频处理应用程序，允许编辑和合成来自多个源的视频。他们还可以从因特网上云服务器获取关于玩家，演员等的统计和分析数据。然后结合统计数据的多角度，多位置视频，发布给最终用户使用。MEC 系统还可以以多种视频格式转换合成视频，以支持终端用户设备中存在的各种媒体播放器。

在摄像机本身位置处完成捕捉视频的初步处理，例如预过滤。一个资源受限环境，像“容器”这样的技术可能是适合的。计算密集型应用程序（如编辑，格式化），可在计算资源更多的设施中完成。在该环境中，可以使用如“VM（虚拟机）”技术。

可以基于需求动态的放大或缩小边缘视频应用。随着用户数量增加，可以创建应用程序的多个实例并将用户引导到最合适的实例（基于位置，服务器负载均衡等）。

为最终用户提供一个接口/门户，用于连接到边缘上运行的本地视频服务器。最终用户可以通过无线网络（Wi-Fi 或蜂窝电话）连接，可能来自不同的服务提供商。他们对本地内容请求，是针对体育场内运行视频应用的 MEC 系统。视频制作用例需要以下系统功能。

边缘的视频服务可能包含多个应用程序实例，可能使用来自其他边缘系统或远程云服务。

- 部署的视频应用程序组件可能使用不同的虚拟化技术，如 VM，容器，微服务等。
- MEC 系统可以根据应用要求，资源可用性，网络功能，边缘服务器负载和性能等来部署应用程序组件。
- MEC 系统提供这些应用程序实例组件或微服务之间的连接。
- 随着消费者和生产者增加或减少，应用实例可以按需复制或移除。
- 在复制应用程序实例时，也可以更改或重定向其连接。
- 随着 MEC 系统按比例放大或缩小，需要将生产者设备和消费用户迁移到正确的 MEC 应用程序实例。

3.27 边缘媒体传输优化

• 描述

类别：网络性能和 QoE 改进

多媒体数据服务已成为移动和固定网提供的数据传输服务的主要应用。由于流量需求不断增长，一些多媒体服务正试图通过优化传输流量来改善用户体验质量（QoE）。SAND（服务器和网络辅助 DASH）为服务提供商，CDN 和运营商提供标

准化接口，以增强流媒体服务体验质量（QoE）。SAND 应用程序是可以用来优化边缘多媒体传输的特定 MEC 应用程序。

SAND 实现以下内容：

- 基于客户对媒体数据的预取，接收媒体内容，客户端缓存和请求带宽的反馈，通过服务器和/或网络侧的智能缓存，处理和优化媒体流。

- 基于网络/服务器端信息（如缓存的段，备用段可用性，推荐的媒体速率和网络吞吐量/ QoS），改进客户端的适应性。这样，SAND 边缘服务器可以利用 MEC 服务器的网络/链路状态等相关信息来确定要发送到客户端的辅助消息。

• 应用

上面描述的用例，MEC 应用是由 3GPP 标准定义的 SAND 应用。3GPP Rel-15 中的 SAND 是其分组交换流服务（PSS）的一部分。SAND 有助于实现 3GPP 缓存代理，采用的边缘计算用例，利用 QoE / QoS 和网络辅助改进流应用。详细的 3GPP SAND 用例可以在 ETSI TR 126 957 中找到。特别是：

- SAND 可以部署在现有 4G 传统架构（EPC）以及新定义的 5G 上。
- SAND 在缓存代理，一致的 QoE / QoS 和网络辅助，3GPP 采用的边缘计算用例以改进流媒体应用。
- 使用 SAND 可以利用 ETSI MEC API 的可用性进一步优化流媒体，即通过基于 STS 的代理/边缘服务器（DANE）中的 RAN 级网络信息。

- 当 DAND 服务提供商用 SAND 时，其中 DANE 位于运营商网络之外的第三方域中，ETSI MEC API 可用于将无线网络状态信息传送到 DANE。

- 参考 ETSI TS 126 257^[12]（也参考 MPEG 规范号 ISO / IEC 23009-5^[13]），该上下文中的相关 SAND 消息是 QoS 信息和吞吐量消息。

- 这些消息从边缘服务器发送到 DASH 客户端，目的是改善客户端。

从这个角度来看，MEC 系统应该提供信息，可以作为与 SAND 中 QoS 信息和吞吐量消息的有用映射。特别是：

- 明确 QCI 特性，可以帮助外部应用程序（例如 SAND），以便更好地利用这些信息（例如，优化视频流）。
- 实际视频吞吐量信息，例如，根据 SAND 消息提供信息，或者再次通知 SAND 客户端分配比特率。
- 基于特定可用连接，推荐实时无线网络吞吐量的比特率。

3.28 未来工厂

• 描述

制造业目前正在发生根本性变化，通常被称为“第四次工业革命”或简称为“工业 4.0”^[14]。工业 4.0 的主要目标是提高灵活性，多功能性，资源效率，成本效率，工人以及工业生产和物流的质量。这些改进对于满足日益动荡和全球化市场的需求非常重要。所有这些的主要推动因素是基于无处不在，且连接功能强大计算基础设施的网络物理生产系统，它以灵活，安全和一致的方式将人员，机器，产品和各种其他设备互连。

- 工厂自动化：工厂自动化处理工厂内流程和工作流程的自动控制，监控和优化。闭环控制应用（如，基于可编程逻辑或运动控制器），机器人以及计算机集成制造的方方面面。

- 过程自动化：过程自动化是指控制化学品，食品和饮料等物质的生产和处理。测量过程值（如压力或温度）的传感器通过带有执行器的集中式和分散式控制器工作，如阀门，泵，加热器。

- 人机界面和生产 IT：人机界面（HMI）包括用于人员和生产设施之间交互的各种设备，如连接到机器或生产线的面板，以及标准 IT 设备，如笔记本电脑，平板电脑此外，增强和虚拟现实（AR / VR）应用程序，预计将在未来发挥越来越重要的作用，可以通过特殊的 AR / VR 眼镜，也可以通过更标准的设备实现，例如平板电脑等。

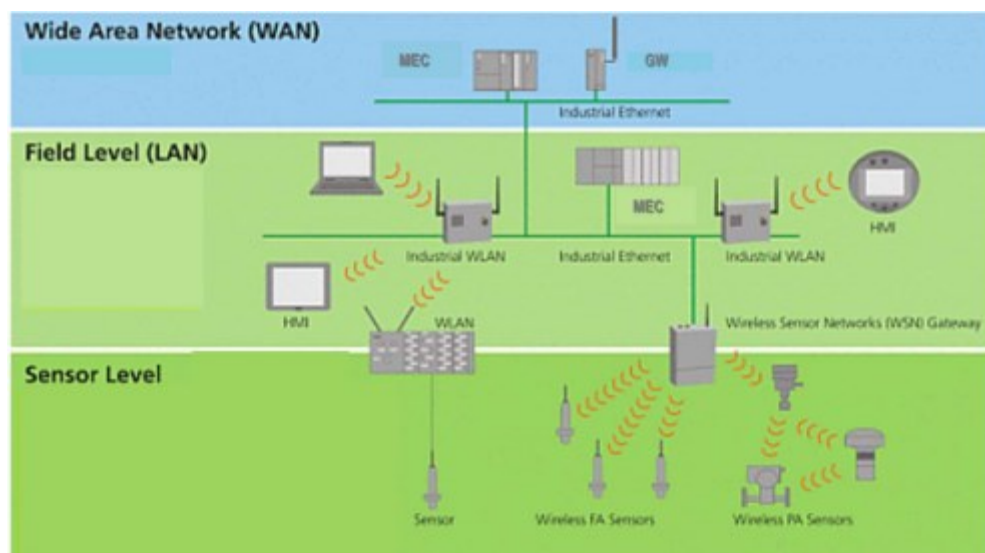
- 物流和仓储：物流和仓储是指在工业生产的背景下，组织和控制材料和货物的流动和存储。在这方面，内部物流正在处理特定财产（例如工厂内）的物流，例如，确保不间断使用自动导引车（AGV），叉车等在车间层面上供应原材料。这与不同地点之间的物流相反，例如从供应商到工厂的货物运输或从工厂到最终客户。

- 监控和维护：监控和维护是指监控某些流程和/或资产，而不会对流程本身产生直接影响。尤其包括应用程序，如基于传感器数据的状态监控和预测性维护，以及用于优化的大数据分析例如，某个过程参数集。

• 应用

下图概述了工业自动化中的不同部署方案。MEC 主机可以在现场部署。一个例子是在工厂中支持传感器网络。传感器网络使用各种类型的有线和无线传感器监视工业环境中的过程和相应参数，如 CO2 传感器，压力传感器，湿度传感器和温度计。来自这种系统的监测数据用于检测数据中的异常，即通过利用机器学习（ML）算法。这些算法通常需要训练，然后训练的 ML 算法可以稍后处理可用测量数据。以集中或分布的方式实现训练以及数据分析。MEC 可用于本地监控功能，可为简单传感器提供额外的外部计算资源。这种本地方法优于更集中的方法，以便将敏感数据保持在制造站点，并使自动化过程独立于因特网。

MEC 主机也可以部署在广域网，这对于“HMI 和生产 IT”以及“物流和仓储”等应用领域特别有利。这些应用领域，通常需要工业和物流环境中移动机器人和移动平台（例如自动引导车辆（AGV））。移动机器人和 AGV 由引导控制系统监控和控制。MEC 可用于托管这种远程控制系统，该系统将支持，如处理货物和材料的过程，特别是进出货物，仓储和调试，运输以及货物的转移和提供。



3.29 利用容器进行灵活开发

• 描述

使用容器作为首选技术服务，并且可以对敏捷设计流程进行微调。容器的好处，最重要的好处是灵活性，简便，全面的开发工具。它非常适合设计流程，并允许以灵活方式持续开发。虽然大多只看到了好处，但设计人员也提出了一些缺点，如安全和加密。在大多数使用案例中，容器可以安全使用，但需要额外注意安全领域的设计。容器优化：

- MEC 基础架构上容器运行时环境的可用性。
- 能够为云开发应用程序，然后在 MEC 服务提供商的基础架构中部署相同的应用程序。
- 能够部署复杂的应用程序，其中私有数据中心内部运行，其他则在容器中作为 ME 应用程序运行，或最终用户设备上运行。
- 网络支持，使不同的应用程序组件可以将网络连接在一起。
- 容器管理解决方案，为客户提供对应用程序状态的深入了解。
- 能够以高度灵活的方式升级应用程序，包括在容器中运行的 ME 应用程序，类似于 CI / CD（持续集成，持续交付）。

• 应用

MEC 系统将支持多种虚拟化技术，包括虚拟机和容器。根据具体情况，应用程序开发人员将决定哪种是最适用的虚拟化技术，然后相应的设计和打包应用程序。

系统和主机级别的 MEC 管理系统支持与 VM 相同过程，以便在应用程序上加载所需目标位置的实例化。此外，通过生命周期管理，此容器应用程序可以使用所有必需的功能。在某些情况下，容器是分布式应用程序部署的首选解决方案。MEC 管理系统还支持分布式应用程序的系统和生命周期管理过程。

3.30 第三方云服务提供商

• 描述

该用例涉及新兴商业模式，其中用于边缘云服务的计算资源，可作为非传统网络运营商的替代设施。从网络运营商的角度来看，可能存在“云提供商”或“云服务提供商”，具体取决于外部实体所承担的角色。云提供商“为网络运营商提供云资源（计算和存储）。网络运营商租用这些资源并管理 MEC 主机。网络运营商可以设置应用流量规则，以便该主机可以处理流量。”云服务提供商“不仅为网络运营商或服务提供商提供资源，还提供管理和托管服务。他们可以代表应用服务提供商托管边缘应用，并设置用户面流量，以引导边缘应用。

如 MNO 或 ISP 之类的网络服务提供商，与 TEO 建立业务协议，允许它们将流量引导到在 TEO 拥有的边缘计算设施上运行边缘计算应用。MEC 系统及其功能分布在 TEO 和网络服务提供商之间。例如，TEO 可以运行托管功能，并且网络运营商可以向 TEO 提供网络信息服务，例如无线网络信息服务，位置服务等。

• 应用

MEC 系统允许在多个利益相关者之间分配功能。TEO，网络服务提供商和服务提供商等几个所有者可能拥有 MEC 系统的部分功能。它允许 TEO 为网络服务提供商提供简单的资源租赁设施。网络运营商可以自行管理 MEC 主机，Edge 应用程序。

MEC 系统还应允许 TEO 管理云资源，运行自己 MEC 主机和 Edge 应用程序。TEO 可以设置流量路径，以使用户流量可以由它们托管的边缘应用程序进行处理。

MEC 系统应该为 TEO 提供能力，以建立流量规则和策略，以便“操纵运营商网络和 Edge Cloud 资源之间的流量”。

MEC 系统提供 TEO 可以获取网络相关信息，核心网网络信息等，以更好地管理边缘计算资源。

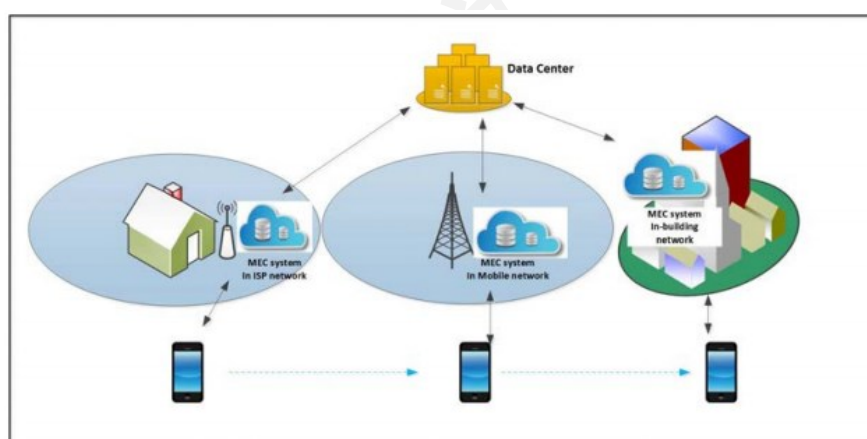
MEC 系统应该能够对 TEO 实施隐私和安全要求。MEC 系统应该能够根据流量测量生成计费数据，例如转向外部边缘云的流量。

3.31 多用户、多网络应用程序

• 描述

多种类型网络应用（例如在线游戏），涉及到多个用户跨越多个网络环境，比如用户家中、户外旅行、商场、火车、飞机等候车室等地方玩游戏，游戏这类应用需要极低的延时。为了提供非常低延迟的游戏应用，游戏服务提供商正在使用边缘计算服务，边缘计算服务可以由网络运营商或第三方服务提供商提供。

网络运营商拥有并运营多个网络，如 3GPP 网络和 WiFi 网络。一方面，他们可能拥有自己的网络和部署跨网络云服务资源。另一方面，不同的运营商可能拥有不同的网络，他们可以部署和操作云资源在独立网络环境中。例如，3GPP 网络和 WiFi 网络可以由不同的运营商拥有，并且可以拥有不同 MEC 系统，还可以跨 MEC 系统部署和管理应用程序。



随着游戏行业的发展，以分层方式部署应用程序变得越来越普遍。例如，分层应用程序可以包括在网络边缘（3GPP，WiFi，固定网络）和云的“后端”运行的“前端”应用程序（例如，媒体资源提供，用户交互管理等）。运行计算密集型应用程序（例如状态同步，物理模拟，人工智能）。MEC 系统管理和控制，部署在不同网络的不同“前端”游戏应用程序。这些应用程序可以相互协作，也可以与云上应用程序协作。可以部署在不同的网络边缘相同的“前端”应用程序。

用户请求连接到游戏应用程序合适的设备上启动应用程序。对于多用户应用程序，其他用户将请求连接到同一游戏应用程序。不同的用户可以通过不同的接入网络（例如，3GPP，WiFi，固定网络）连接到游戏应用。MEC 系统允许应用程序实例处理用户请求，并与远程云应用程序协作。

初始连接之后，一个或多个用户可能在他们正在玩游戏时，四处移动或更换设备。用户可以通过不同的接入网接入。例如，用户可以在他的家中通过 ISP 连接，并开始游戏。可以在 ISP 网络边缘，运行游戏应用程序服务。当用户并走出他的房子，可以通过 3GPP 网络接入 MEC 系统，并继续玩游戏。MEC 系统允许用户在 3GPP 网络边缘运行应用程序服务，且没有任何中断。

• 应用

不同所有者可以拥有的 MEC 系统，可以在不同网络部署相同的边缘应用程序。服务提供商可以使用 MEC 系统广播（或公开）功能，来部署和管理 MEC 系统中的应用程序。在不同 MEC 系统上运行边缘应用程序，能够在它们之间协同和同步状态。MEC 系统允许应用程序使用不同网络或远程云中运行的应用程序。随着用户移动或网络状况的变化，MEC 系统可以快速重定向和恢复通信。当用户在不同的 MEC 系统中移动时，仍可以保持会话连续性。

3.32 室内精确定位和内容推送

• 描述

类别：运营商和第三方服务

在一些室内场景中（例如购物中心、家庭）GNSS 覆盖范围有限，室内小区部署限制了大规模 MIMO 天线的使用。因此，当前的无线技术不能进行精确定位。精确定位预期值包括：室内 LOS 和低移动环境中达到 1m 精度，在其他环境下水平精度为 3-5m，垂直域为 3m。

该用例，实现了分布式室内和终端区域的精确定位，具有本地处理和计算高效且低成本的定位解决方案，这利于一些移动性较低的业务场景，如博物馆，智能家居和购物中心广告推送。

• 应用

在无线网络基站节点或区域附近的 ME 主机上部署 MEC 应用，通过收集与定位相关无线网络信息（例如，SRS 测量，定时提前），并将其报告给 MEC 应用或服务。MEC 应用或服务将基于所接收的无线网络信息来计算 UE 位置，并根据推送规则生成内容。该策略将基于位置的计算信息，将广告分发到某些区域内的 UE 或一组 UE。为了实现精确定位，UE 和/或网络需要在短时间或实时提供更准确的定位信息。

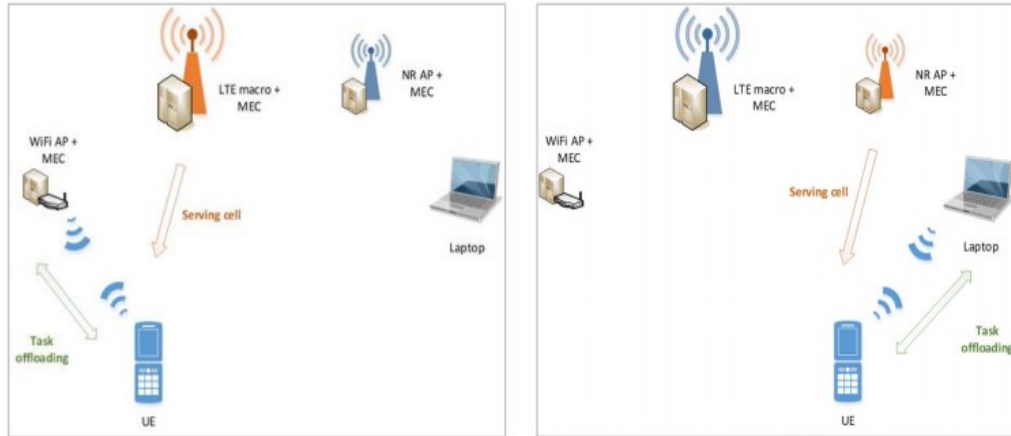
MEC 系统可以依据多种接入技术（如无线网络，WLAN，以太网等）提供的室内精确定位信息。

3.33 Multi-RAT 应用程序计算卸载

• 描述

类别：网络性能和 QoE 改进

从功耗角度来看，通信系统的发展带来了越来越多的挑战。用户设备执行的计算任务，可能随着通信系统的复杂性增加而增加，并且这可能对功耗产生不利影响，即当 UE 使用不同的无线电技术时功耗可能非常不同。如果无线电条件不同，则功耗差异会变大，很明显，与仅使用一个 RAT 相比，使用多个 RAT 聚合会更增加功耗。如果 UE 遇到低功率 RAT，则情况也会变得严重。此外，无线应用的发展反过来也会导致应用复杂性增加，这也可能导致计算需求增加。然而，终端设备电池技术也未能与应用程序以相同速度发展。下图显示了在 multi-RAT 环境中卸载任务的一些场景。应当注意，这些场景用例，指的是相同 RAT 的不同 AP 和（或）不同 RAT 的 AP 共享 MEC 资源情况。



• 应用

MEC 技术旨在不同 RAT 上实施，并且可以为订阅用户灵活且快速地部署新的应用和服务。除了考虑性能指标（例如，卸载延迟）之外，MEC 系统还可以帮助应用为 UE 选择最低功耗 RAT，以改善多 multi-RAT 覆盖网络中的用户体验。

3.34 WTTx 上的 IPTV

• 描述

WTTx (Wireless to the x) 通过无线宽带接入网络（如 LTE / E-UTRAN）提供无线宽带服务，充分利用无线广域覆盖，以满足甚至超越固定接入性能。基于 WTTx 解决方案，允许运营商和内容提供商缩短其基础架构部署周期，并节省网络投资成本。通过现有 LTE 网络，WTTx 上的 IPTV 为运营商提供了快速访问家庭娱乐市场的方法。

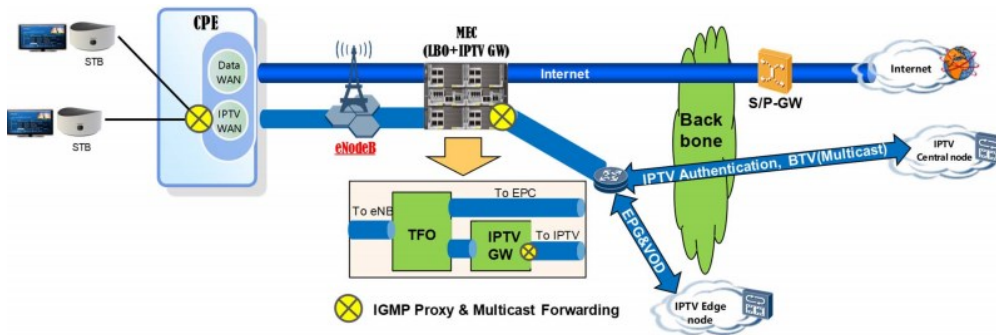
IPTV 系统通常采用两级拓扑结构。第一级是 IPTV 中央节点，提供直播电视服务，并充当 VOD（视频点播）内容源。第二级是 IPTV 边缘节点，为消费者提供 EPG（电子节目指南）和 VOD 服务。IPTV 中心节点通常部署在人口稠密地区，例如首都或主要大城市地区。然后，IPTV 边缘节点更靠近消费者分布，以确保所需的体验质量。

通过网络运营商核心网（EPC）路由 IPTV 业务，从 EPC 到 IPTV 边缘节点会影响核心网 GWs 和传输网络，同时还会引入额外延迟。另一方面，IPTV 服务提供商更喜欢使用现有的 IP 多播机制来支持直播电视服务以节省宽带投资。而且，EPC 传输网络通常也不会启用 IP 多播。

考虑到上述提供的 IPTV 服务，仍然存在优化解决方案的空间，就是从移动宽带网络中卸载 IPTV 流量。

• 应用

下图所示通过 WTTx 进行 IPTV 的 MEC 部署示例



对于通过 WTTx 的视频点播，MEC 部署可以将流量卸载到 IPTV 边缘节点。这样，VOD 流量路由至 EPC，从而节省网络和传输资源，同时提高了消费者的体验质量。

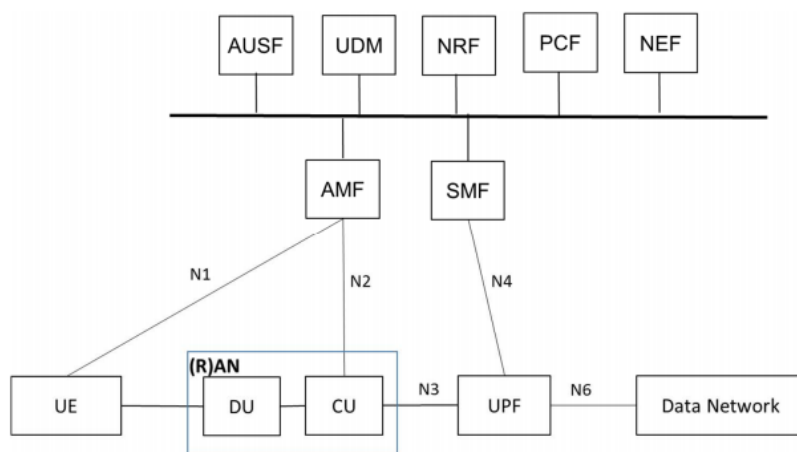
对于直播电视，MEC 部署利用 IPTV 网关功能，进行组播分组管理和转发分组流量。CPE（用户本地设备）从机顶盒（STB）接收 IGMP 消息，并将它们路由到 MEC 中 IPTV GW。IPTV GW 与多播路由器连接，通过多播路由协议（如 PIM：协议无关多播）加入预期的多播组中。IPTV 中心节点将组播发送到组播路由器，该组播路由器将这些组播路由到目标 IPTV GW。IPTV GW 为 CPE 的多播分组创建转发规则，并转发。最后，CPE 将数据包多播到机顶盒（STB），以便在电视上进行解码和渲染。

3.35 5G 环境中部署 MEC 系统

• 描述

类别：网络性能和 QoE 改进

此用例考虑如何融合 5G 系统架构，以支持部署在 5G 上 MEC 系统运行的应用程序。3GPP 5G 系统架构定义了控制面（CP）功能与用户面（UP）功能的分离，以提高 UP 的独立可扩展性、灵活部署和演进。UP 的 UPF 可以部署在 5G 网络边缘，当在边缘计算上运行的应用程序时，5G 核心网络可以选择靠近 UE 的 UPF，并通过 N6 接口将流量引导到本地数据网络。5G 系统使用控制面中的网络暴露功能（NEF：Network Exposure Function）向外部实体公开网络能力。外部实体可以代表应用向 5G 核心网发送请求，以影响流量路由和控制策略。例如，外部实体可以请求 NEF，传递用于控制用户策略/信息的数据流量。NEF 将路由策略信息的请求传送给 PCF，然后 PCF 将路由策略信息，作为 PCC 规则的一部分转发给 SMF。在外部实体请求时，PCC 规则用于控制 UPF。



图：5G 系统架构

在 ETSI TS 123 501^[16]和 ETSI TS 123 502^[17]中描述了 5G 网络架构的细节。

• 应用

MEC 系统提供应用程序所需的基础资源编排和应用程序实例化，以及基于应用程序所描述的规则配置。当 MEC 系统部署在 5G 网络中时，应用程序必须向 5G 网络公开流量控制信息。由于应用程序由 MEC 系统管理和编排，因此 MEC 系统可以代替应用程序与 5G 系统合理交互。目前，MEC 系统参考架构分为 MEC 系统级和 MEC 主机级。系统级管理组件可以集中部署，以便与外部实体轻松通信。例如，OSS 从 CFS 门户接收请求。用户应用程序生命周期管理代理从 UE 应用程序接收请求。当部署在 5G 时，MEC 需要为 5G 网络提供应用流量导向和策略控制支持。因此，可能需要对 MEC 系统级管理进行增强，以便于 5G NEF 进行通信。MEC 会影响从 5G 网络到特定 MEC 主机上运行应用程序用户的流量路由。

3.36 车载 MEC 主机支持汽车工作负载

• 描述

目前，车辆系统环境中采用了多样化的嵌入式计算，负责处理各种不同性质的功能。系统由处理单元和处理器组成，其中，信息通过特定的工业消息总线交换，相当复杂，难以重新配置并且高度专业化。为了解决这些问题，the proposed use case consists in the availability of in-vehicle MEC hosts supporting automotive workloads encountered in a passenger vehicle. Such workloads may be tailored to several similar or diverse functions（例如，与安全，远程信息处理，高分辨率导航地图，以及视频和其他娱乐应用），影响不同的车载单元（OBU），例如，车辆上的发动机控制单元（ECU）。

下图描述了该示例场景，运行不同应用的两辆车连接到指定的无线网络基站节点（蜂窝连接），应用程序都在嵌入的 MEC 主机上运行。

• 应用

当前一个趋势是，汽车行业利用较少处理单元，和更包容开放的操作系统软件架构，MEC 技术可以为这一趋势提供建设性解决方案。因为 MEC 技术提供了一个开放的标准化环境，可有效地集成汽车上运行的应用程序。还可以提供存储能力，并可以汽车行驶过程中，利用与不断变化的无线网络环境（如位置和/或任何其他信息）来增加情景感知。值得注意的是，车载 MEC 主机可能会遇到波动连接和处理能力有限的情况，车载 MEC 主机需要包括功能：

- MEC 应用程序支持运行不同类型工作负载，例如机器学习（ML）、数据分析、来自车辆和环境传感器的测量融合、针对云数据流的隐私执行（例如来自车载摄像头中的面部模糊视频）。不同的 MEC 应用程序可以直接共享数据，也可以通过 MEC V2X API 共享数据。

- 将车辆中要求苛刻任务进行卸载处理，例如与增强现实（AR），虚拟现实（VR），人工智能（AI）等需要大量计算的应用。

- 通过采用 RESTful API 互操作接口，为独立部署提供通用应用程序框架，从而实现高效应用程序生命周期和 V2X 服务配置。

4 用例总结

大量丰富的用例实际目的就是为了丰富 MEC 应用场景，并充分结合各种技术提升服务质量，对存在的使用方法进展接口标准化。上一章节列出了 MEC 所提供的大量参考用，这些用例可归纳为下内容^[1]：

1) 企业应用：企业应用程序包括资产跟踪，视频监控和分析，本地语音和数据路由。如果企业出于安全原因直接与 RAN 进行连接，则 MEC 可以扩展这类需求。同样，vCPE 组合的边缘服务，用户或本地数据隐私也可以通过 MEC 某些第三方应用程序来解决。

2) 实时传输：越来越多的应用程序是实时的，并且不能容忍超过 10 毫秒延迟。应用程序也对抖动敏感（延迟的变化）。如 AR / VR、车联网，工业 4.0 和智能城市等。

3) 沉浸式体验：从 MEC 到 UE / CPE 的可用带宽将创建各种新的沉浸式应用。高级高清，360°和 4K 视频可以在边缘进行缓存和优化。网络级别指标（往返延迟，数据包丢失等）可以提高 30-60%。多媒体内容传送，其中视频可以特别受益于缓存和转码。

4) 降低成本：视频监控，人脸识别，车牌识别，物联网网关，大数据分析。例如，将所有视频馈送直接从摄像机发送到云将会很昂贵。在这种情况下，MEC 可以执行运动检测和威胁识别，并仅将相关帧发送到云。例如，在物联网网关中，可用带宽不是那么高，向云端发送数十亿个事件与使用物联网网关在边缘处理，这两者相比前者将是非常昂贵且低效的。

5) 自给自足：一些最好的用例是游轮，飞机，矿山，提供电影的火车和船上的 Wi-Fi。当云连接可用时，来自这些位置的数据可以同步，例如当飞机降落或船舶停靠时。

6) 现场服务：MEC 可以在诸如体育馆，机场，音乐会，大学或任何智能建筑等本地提供现场服务的地方，MEC 应用程序允许观众根据他们的个人喜好从不同的角度执行相同的动作。例如，在游戏期间，应用程序可以允许体育场观众从多个角度观看游戏，同时为他们提供一些高度定义的个性化内容，而不会增加上游带宽。

7) 零售服务，MEC 可以在商场和其他应用程序中提供广告投放和足迹分析。

8) IoT 服务：物联网应用程序分为两类：大规模物联网连接，MEC 简化与核心网络的设备连接，以减少开销通信并缩短响应时间。低延迟至关重要的高响应性应用程序。这包括智能电网切换电源和替代能源供应以及故障检测应用。

9) 关键通信：此类别包含各种行业的多种应用，如交通安全和控制系统，使用自动驾驶汽车和实时分析，关键监控和时间过程控制的工业物联网应用，与危险警告和合作自治相关的汽车应用驾驶，以及需要快速响应性的医疗服务应用。

10) 数据分析：MEC 技术从所有网络 and 连接中设备中收集大量数据，临近分析处理这些数据，对于机器学习，自动化显得非常重要。

11) 合规性：合规性问题从版权执法到地理数据放置不同。在音乐会或体育赛事或戏剧中，版权执法发挥作用。此类活动中的观众无权通过互联网或手机传输节目的任何视频。在这种情况下下的边缘应用通过禁用上游传输或降低分辨率以使其传输投诉来解决。

12) 安全性：允许 DDOS 和网络安全等应用程序防止这些类型的攻击，并使安全边界更靠近源。

13) NFV：严格来说，网络功能虚拟化 (NFV) 不是 MEC 边缘应用。但是，访问虚拟网络功能 (VNF) (如 vRAN, C-RAN) 需要在与 MEC 相同的位置运行。

14) 容器虚拟化：灵活、便捷、高效的开发模式，可以高效开发 MEC 相关应用程序和快速部署业务应用。

5 服务方案

本章节介绍了可以从移动边缘计算 (MEC) 技术中受益的服务方案。详细查阅“ETSI GS MEC-IEG 004 V1.1.1”标准规范说明。

5.1 智能视频加速服务场景

5.1.1 场景描述

通过实时了解网络容量，能够消减移动网络内容传输效率低下的问题。

RAN 视频服务上提供的无线网络分析应用程序，确定无线下行链路参考吞吐量。该信息可用于辅助 TCP 拥塞控制，并且用于确保与无线下行链路带宽相匹配的应用编码。

5.1.2 目的

提高终端用户的体验质量 (QoE)，通过减少内容的传输延时和视频卡顿，保证无线网络资源的最大利用。

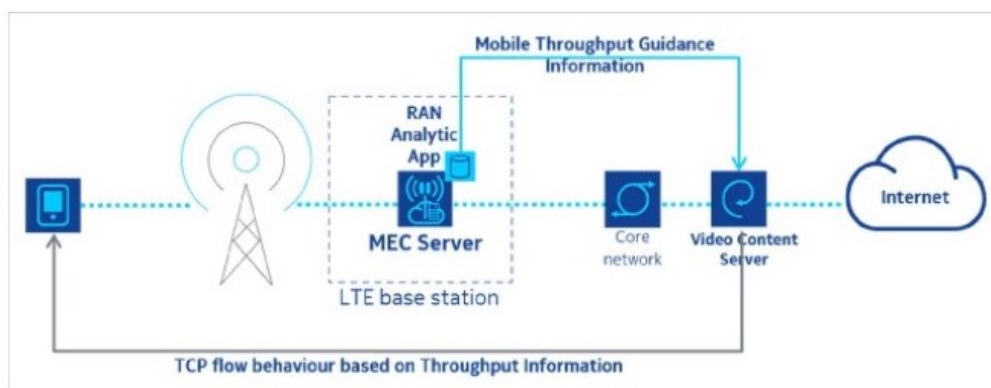
5.1.3 问题陈述

传输控制协议 (TCP) 的行为，可能导致蜂窝网络资源的低效使用并会降低应用程序性能和用户体验。导致低效率的根本原因，在于 TCP 难以适应快速变化的网络。在蜂窝网络中，设备移动引起的基站无线信道的变化，以及当其他设备接入或离开基站时导致系统负载的变化，终端设备可用的带宽可在几秒内变化一个数量级。

5.1.4 与 MEC 的关系

下图显示了智能视频加速的服务场景示例。在这种情况下，驻留在 MEC 服务器中的无线网络分析应用程序，为视频服务器提供实时的无线网络下行链路有效带宽参考信息。视频服务器可以使用该信息来协助 TCP 拥塞控制决策，例如在选择初始窗口大小时，拥塞避免阶段期间设置拥塞窗口值时，和在“无线网络链路”环境恶化时，及时调整 TCP 窗口大小。换句话说，利用这些附加信息，在探测可用资源时，TCP 不会网络过载，或者在拥塞事件发生时不需要通过启发的方式降低发送速率。该信

息还可用于确保应用层编解码与无线网络下行容量相匹配。MEC 允许将无线网络分析应用程序部署在由不同供应商和多个运营商网络运营的平台上。除了为绝大多数终端用户提升体验质量之外，还确保了网络资源的有效利用。



5.2 视频分流服务场景

5.2.1 场景描述

基于视频的监控系统，如车辆牌照识别（例如，监视进入和离开城市、停车场区域的车辆），出于安全目的，可以捕获牌照信息并将其发送到云监视服务，从此类视频流中提取一些信息可能是有用的。

5.2.2 目的

将视频分析任务从摄像机中移除，可以明显降低成本，特别是在需要部署大量摄像机时。除此之外，当仅需要从摄像机视频流中提取小块信息，在本地（即靠近无线基站）执行视频分析，也可以减少视频数据传输负载。

5.2.3 问题描述

目前，基于视频的监控，要么将视频流发送到服务器，要么在与摄像机相同的站点进行视频处理。上述两种从视频流中提取有意义数据的方法，与在 MEC 服务器上处理视频数据相比，这两种方法都是昂贵且低效的。

5.2.4 与 MEC 的关系

使用 MEC 服务器可以灵活的对视频流进行分析，特别是与在源（摄像机）站点完成视频处理相比。此外，还可以避免将潜在的大量数据视频流通过核心网传输到云服务。

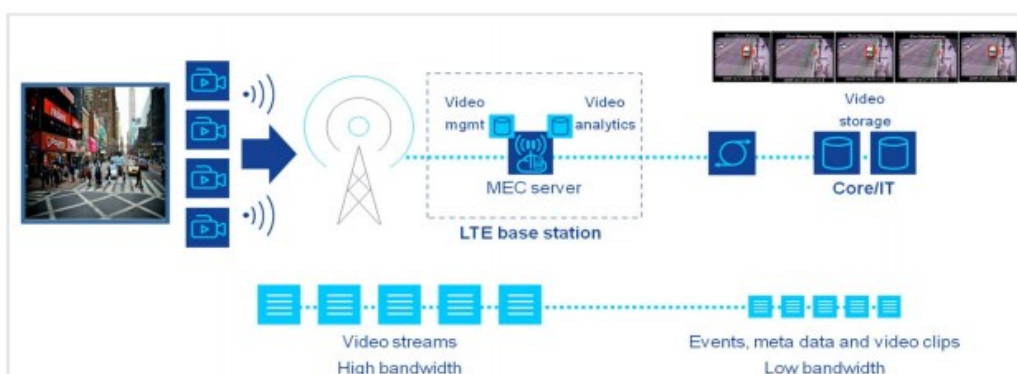


图 视频流分析

5.3 增强现实服务场景

5.3.1 场景描述

游客（访客）将他们的移动设备保持在特定的兴趣区域，如博物馆，美术馆，城市纪念碑，音乐或体育管等，访问相关的应用程序（如博物馆应用程序）。摄像机捕获感兴趣内容，应用程序显示出与访问者正在查看内容相关信息。

5.3.2 目的

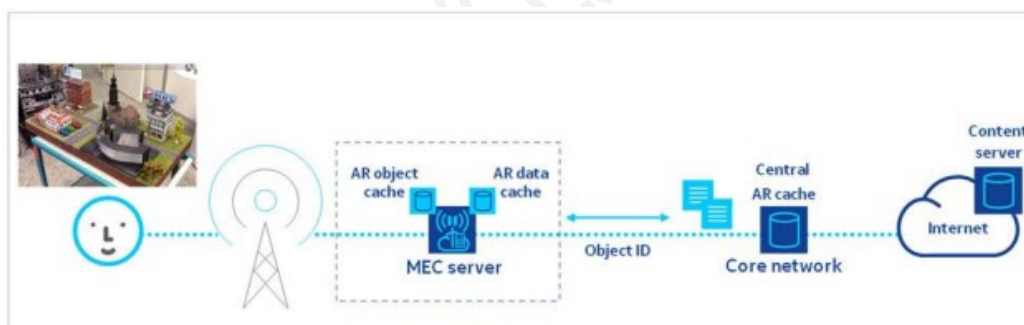
增强现实可以增强游客访问博物馆或其他兴趣点的体验。与兴趣点相关的增强信息是高度本地化的，因此与在云托管相比，本地托管信息服务是优势的。

5.3.3 问题描述

增强现实服务需要应用程序分析来自设备相机的输出和（或）精确位置，以便通过用户当前正在经历的兴趣点附近信息来增强用户体验。应用程序通过定位技术或摄像机视图，亦或两种技术来定位用户的位置和他们的朝向。在分析这些信息之后，应用程序可以实时向用户提供附加信息。如果用户移动，则更新信息。

5.3.4 与 MEC 的关系

由于增强现实信息是高度本地化的，因此使用 MEC 服务器是非常有利的。另外，用户位置或摄像机视图可以在 MEC 服务器上处理，而不需要在中心服务器。若需要快速更新信息，这取决于用户如何移动，以及使用增强现实服务的情境（例如，在艺术画廊中，展览仅相隔几米，而且每件艺术品都补充了其他文字和作品解释等）。换句话说，增强现实数据需要低延时和高速的数据处理，以便根据用户的位置和朝向，为用户设备提供正确的信息。



5.4 协助进行密集计算服务场景

5.4.1 场景描述

为了电池寿命最大化，并简化设备或降低传感器成本，可以将密集的计算和决策卸载到网络。在某些情况下，这些设备还可能来自其他远程源信息，这些信息需要做出进一步决策处理，然后将其反馈给设备。比如，可以是机器人设备遇到某些物品对象，则需要进行图像识别。图像细节处理结果被传送到服务器，可以指示机器人对物体执行动作。例如，如果物体是球，则用右腿踢它。游戏，环境传感器和安全应用程序等等示例中，卸载计算可用于增强性能。

5.4.2 目的

卸载计算密集型数据处理，这可能需要来自多个源的输入。这可以改善具有低处理能力设备的性能，并且还能够改善电池性能。

5.4.3 问题描述

设备或传感器的成本尽可能低，且需要长时间保持运行。这些设备还可能需要根据应用程序或服务的信息做进一步的指令处理或反馈。低成本意味着牺牲了计算能力。某些情况下，此类计算需要来自其他远程设备的输入源，在设备外执行此类计算；在可以进行高性能处理的设备中执行可以延长远程设备的电池寿命；这些方法有利降低成本（例如，传感器，仪表，安全系统，都基于检测的某些事件）。这些类型的计算卸载，可能需要重新设计应用程序，使得应用程序的某些功能能够留在设备中，使得应用程序的其他方面留在网络资源上。一些计算卸载可能需要非常低的处理时间和低延时，并需要将计算结果返回远程源设备。

5.4.4 与 MEC 的关系

MEC 服务器可具有高性能计算能力，该功能可从多个源获取信息。这种计算可以在非常短的时间内完成计算，并且可能需要信息来执行进一步的动作，将结果反馈到远程设备。这样的部署，不仅减少了远程设备需要执行密集数据处理的需要，而且还减少了远程设备从多个源接收信息以执行特殊计算的需要。

5.5 企业部署场景

5.5.1 场景描述

随着固定通信硬件被移动设备(包括智能手机，平板电脑和笔记本)取代。企业服务正在向基于云的平台迁移，以便更好服务于移动用户。用户越来越多地将自己的设备连接到企业网络。IP-PBX 与 MEC 平台集成，可以为运营商小型基站网络与企业 WLAN 网络之间提供无缝服务。因此，无论是通过蜂窝网络还是企业 WLAN 连接，授权用户都能够访问相同的服务。这还需要支持运营商网络和企业网络之间路由企业用户的用户面流量。

在这个移动企业范例中，需要负载均衡网络上的用户，从而帮助小区基站和 WLAN 之间选择合适的网络接入。此外，还需要对不同的员工和客人进行访问控制，同时还涉及到为不同类型的终端用户提供不同级别的服务。企业 IT 部门还需要有效的方法来管理用户拥有的设备，并为新员工轻松配置新服务，设备和访问权限。

5.5.2 目的

随着许多用户也使用自己的设备连接到企业网络，企业用变得更加具有移动性。桌面服务正在向基于云的企业服务和工具迁到，以便更有效地服务移动用户。

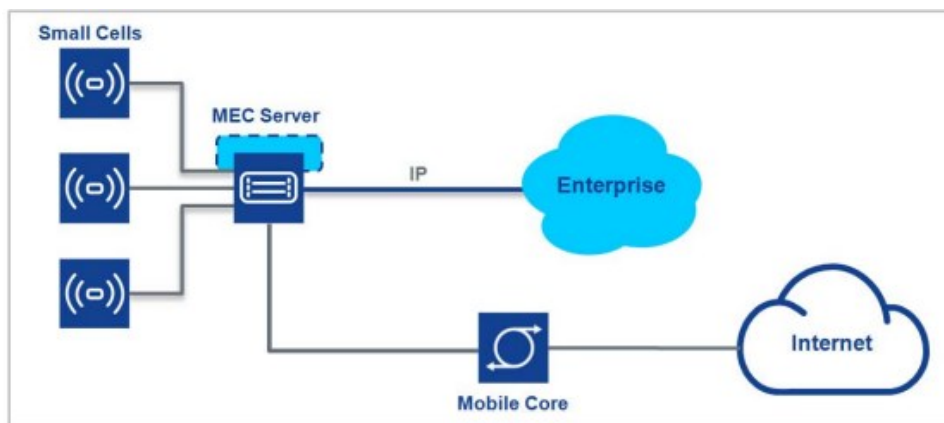
5.5.3 问题描述

企业网络正朝着一个真正的移动办公方向发展，同时集成移动设备的基于云的业务工具。为企业服务部署小区基站，从而为移动用户提供统一的通信和服务，是移动网络运营商的一个重要市场驱动力。

基于 MEC 平台的企业网络兴起，使得员工可以通过智能手机/平板电脑（或其他自带设备）直接连接到企业局域网。这需要将企业 IT 部门与移动运营商集成在一起，共同制定服务交付策略，从而消除了支持固话通信（例如桌面电话和 LAN 线路）的需求。因此，

5.5.4 与 MEC 的关系

作为 MEC 的一部分，支持 RAN 内部到企业网络的直接访问，可以提高访问企业服务移动设备的 IT 连接性能，为企业部署提高一种新型的移动连接。MEC 平台需要与企业网集成，MEC 应用程序根据企业 IT 策略管理访问控制，实现特定于企业的访问控制服务（如 PBX），并确保企业安全。MEC 平台可以帮助进行网络选择，控制哪些设备通过蜂窝网络连接还是通过 WLAN 网络连接。MEC 平台提供访问控制功能，并将用户/设备授权与企业控制系统集成，为企业域中每个终端用户划分不同级别的服务，并为访客提供外部 Internet 连接。



5.6 车联网场景

5.6.1 场景描述

使用短程的专用短距离通信（DSRC）和远程的 LTE 等技术的车辆和其他车辆的连接的车辆数量正在增加。

车辆和路边传感器通信目的是通过交换关键的安全和运行数据来提高运输系统的安全性、效率和便利性。

LTE 可以显著增加车辆网络通信部署。LTE 小区可以提供视线外的可见性，即在 300m 到 500m 的车辆之间的直接通信范围。LTE 可以满足车辆在某些情况下的网络通信严格时延要求，例如，延迟低于 100ms 的安全关键系统。

信息可以通过 LTE 实时发布，无需建立全国性的、成本高昂的 DSRC 网络，也无需安装在车辆上。车辆可以利用内置的 LTE 网络连接。即使在 DSRC 存在的部署网络中，LTE 也可以作为补充。

此业务场景说明了使用“MEC”来增强车辆联网服务能力。同时也说明了 MEC 在车辆环境中的一个潜在的用途。

5.6.2 目的

联网汽车的数量正在迅速增长，并在未来近继续增长。车辆网服务不断发展，且尚未接近成熟。这些车联网中的车辆上的传感器和处理器传输的数据将大幅增加。连接需求的特征可能会根据题干的服务而有所不同，包括不同的延时、数据接近性、计算成本和带宽可用性。

5.6.3 问题描述

车辆网通信通过通知道路危险，减少交通拥堵，感知车辆行为等方式来提高安全性。它还可以同于提高增值服务，例如，汽车搜索停车位和娱乐服务（如视频）。

随着车辆网数量增加和使用情景的变化，数据量将随着延时需求而不断增加。虽然集中存储和处理数据对于某些用例是足够的，但是对于所有用例情景来说，它可能是不可靠的和低效的。

MEC 可以将连接车辆云扩展到高度分布式的移动基站环境中。MEC 应用程序可以在部署在 LTE 基站站点、小型基站站点或聚合站点位置的 MEC 服务商运行，以提供路边处理能力。MEC 使得数据和应用程序靠近车辆，减少了数据的往返时间，并实现从核心网到互联网提供的应用程序的抽象层。

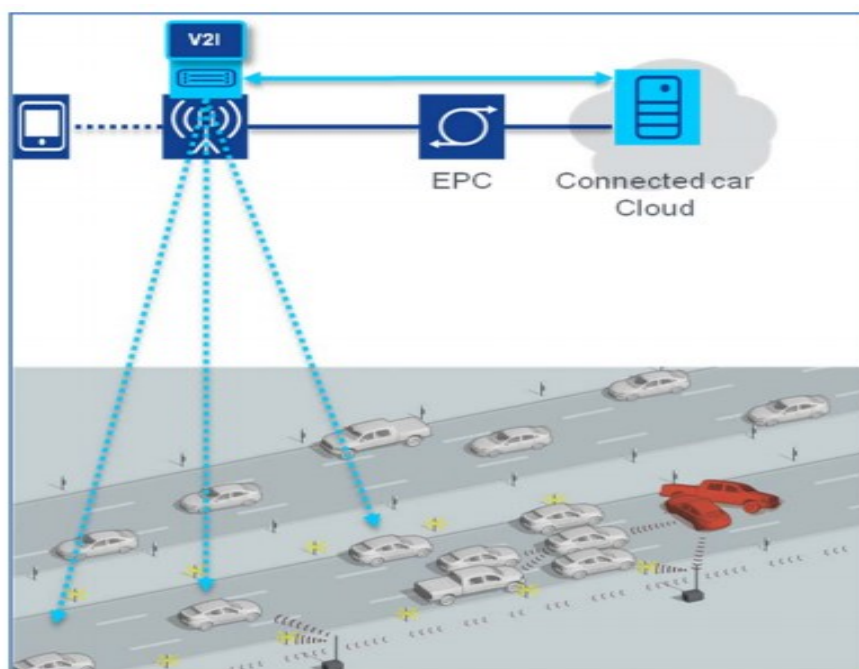
5.6.4 与 MEC 的关系

MEC 为车联网这类型新型应用提供平台。当车辆和路边传感器移动并与其他连接设备和路边装备通信时，数据和应用程序仍然临近车辆和路边传感器。MEC 为应用程序提供托管服务，为应用程序提供更低延时，并为跨网络运行的主机提供一层抽象。

MEC 应用程序可以运行在部署在无线基站站点上的 MEC 服务器上，以提供路边服务功能。MEC 应用程序可以直接从车辆和路边传感器中的应用程序接收本地信息，对其进行分析，然后将危险警告和其他对延时敏感的信息传播到该区域内的其他车辆。附近车辆能够在几毫秒内接收数据，从而使驾驶员能够立即做出反应。

路边的 MEC 应用程序可以向相邻的 MEC 服务器通知事件。从而使得这些服务器能够将危险警告传播到靠近受影响区域内的车辆。

路边的 MEC 应用程序可以将本地信息发送到车联网云上的应用程序，以便进一步集中处理和报告。



5.7 物联网网关服务场景

5.7.1 场景描述

物联网通过附加信息和网关聚合信息传递，并确保低延时和安全性。由于某些被连接设备的特点，需要实时能力，因此需要对传感器进行分析以实现高效服务。

5.7.2 目的

不同设备通过不同的连接方式进行连接，如 3G、LTE、Wi-Fi 或者其他频率。一般来说，这些消息量小，经过加密且使用不同的协议。需要低延时聚合点来管理各种协议，消息分发和处理。MEC 服务提供了解决这些问题的能力。

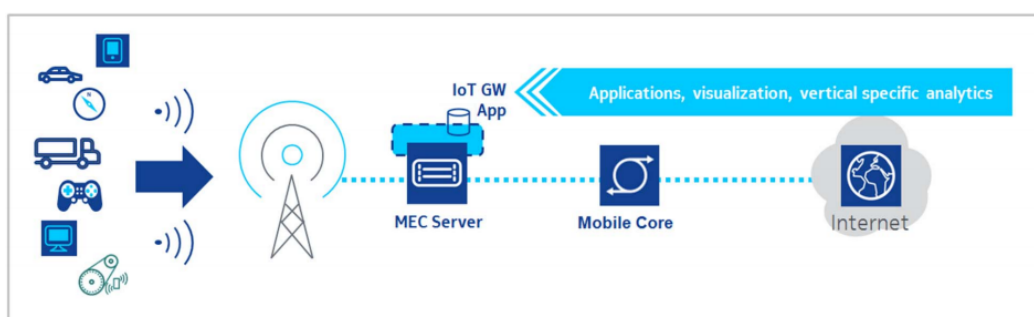
5.7.3 问题描述

物联网设备产生的巨大流量受到处理器和内存容量方面的资源限制。需要通过靠近设备的移动网络连接各种 IoT 设备消息聚合，MEC 为此将提供分析处理和低延时响应能力。

5.7.4 与 MEC 的关系

MEC 服务器可以提供一些额外的计算和内存，并用于以下方面：

- 聚合和分发服务;
- 分析设备消息;
- 基于分析结果的决策逻辑;
- 数据库记录;
- 对终端设备的远程配置和访问控制。



6 规格要求

本节介绍了 ETSI ISG MEC 考虑的指标，用于评估 MEC 技术引入的改进。详细查阅“ETSI GS MEC-IEG 006 V1.1.1 (2017-01)”标准规范说明。

6.1 指标

通常，MEC 指标的引入有不同的目的：评估 MEC 给出的改进（最终用户感知），评估不同 MEC 部署选项的好处（从技术角度给出见解）。

本文档中介绍的所有指标至少都可以通过以下两种方式证明 MEC 解决方案的改进：

- 1) MEC 解与非 MEC 解的比较;
- 2) MEC 部署评估：网络中不同 ME (Mobile Equipment) 主机位置之间的比较。

在这两种情况下，目标不是比较不同供应商或解决方案提供商，而是评估 MEC 引入相对于传统系统（没有 MEC）的改进，例如，为了解针对不同用例的不同部署选项（例如，通过最小化成本，最大化利益或灵活性）。

因此，MEC 指标可分为两大类：功能指标和非功能指标。对于这两个类别（在下面定义），指标可以参考不同的 MEC 用例，如 IETF RFC 4656^[19]中所列，这些指标的实际评估可能取决于特定服务和/或应用程序利用率。

- 1) 功能指标与影响用户感知的 MEC 性能（通常也称为 KPI，关键性能指标）相关：

- 功能服务性能 KPI 示例包括：延迟（端到端和单向），能效，吞吐量，吞吐能力，丢包率，抖动，

无序传送包的数量，QoS 和 MOS (Mean Opinion Score)。每个功能指标都应该根据每个服务来定义。注意，本地化中的延迟(修复位置的时间)与内容交付中的延迟不同。

2) 非功能性指标与部署和管理方面的服务性能有关:

- 非功能指标的示例包括: 服务生命周期 (实例化, 服务部署, 服务供应, 服务更新 (例如服务可伸缩性和弹性), 服务处理), 服务可用性和容错 (即可靠性), 服务处理/计算负载, 全局 ME 主机负载, ME 主机上每秒处理的 API 请求数 (一般指事件数), 处理 API 请求的延迟 (北向和南向请求), API 请求失败的次数。服务实例化, 服务部署和服务配置提供服务启动的总和时间。

在这两种情况下, 都可以衡量上述指标的所有统计数据。事实上, 所有指标都是原则上的时间变量, 可以在一个确定的时间间隔内测量, 并通过一个随时间变化的概述或如下总结描述:

- 最大值;
- 平均值和最小值;
- 标准差;
- 给定的百分位数值;
- 等

根据测量本身的目的, 可以通过考虑整个系统或其中一部分来完成所有 MEC 度量评估。下面的示例 (下图) 显示了一个带有 ME 主机的移动网络系统, 以及可能参与评估的不同实体。

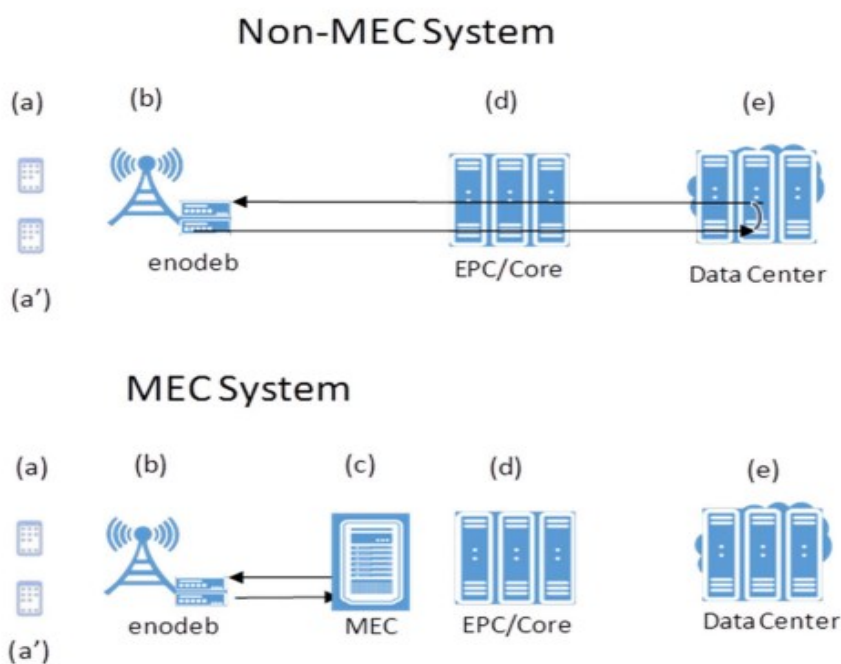


图: 测量 MEC 指标

6.1.1 时延

时延这个概念比较广泛, 包含了多种指标: 在通信中, 时延指的是时间间隔, 其量化测量任何事件和随后目标效果之间的延时。而且, 时延对于测量控制面 (例如建立时间或切换时间) 和数据面 (例如传输延时) 中很重要。本章节目的不是定义可能与 MEC 解决方案相关的所有时延指标。而是强调可采用 (或者新定义) 的时延指标类型及其可能。

往返时间(RTT)：参照图 1，被定义为从终端 (a) 生成到目的地的请求（例如包）所花费的时间，更新或回复并返回到 (a)，在理想服务条件下（即服务器和/或终端响应时间应该是固定的，RTT 不依赖于服务器/终端计算负载）。RTT 的特征包括：

- 1) 根据服务类型，RTT 可能包含非常异构的路径。参考上图 1：
 - (a) - (c) - (a) 在 MEC 客户端 - 服务器应用的情况下；
 - (a) - (e) - (a) 如果是非 MEC 客户端服务器应用程序；
 - (a) - (c) - (a') - (c) - (a) 如属 MEC P2P 申请；
 - (a) - (e) - (a') - (e) - (a) 如果是非 MEC P2P 应用程序。

2) RTT 是一个变量，它可能随着时间的推移而变化，并由 RTT 配置文件描述。RTT 统计数据可以通过以下方式总结：RTT 的最大值，平均值和最小值，方差，给定百分位数的值等。

3) RTT 也可能在不同的站点（例如终端 (a) 和终端 (a')）之间变化。然后可以使用 RTT 的统计描述来描述终端上的平均延迟时间（RTT 公平性）。例如，可以测量由两个不同终端实现的平均延迟时间之间的最大差异。RTT 公平性对于诸如在线游戏之类的应用是重要的，其中所有用户需要具有相对相近的延迟以保证公平行为。

RTT 旨在描述信息流的有效性；评估 MEC 架构好处很有用。

单向延迟 (OWD)：OWD 定义为应用程序请求（例如数据包）从源应用程序到用户面上的目标应用程序的延迟。格式上，两个接口（源和目标）之间的第 i^{th} 个请求（如数据报文）的 OWD 可以计算为：

$$\text{OWD}(i) = |t_{\text{source}}(i) - t_{\text{destination}}(i)|.$$

假设源（例如用户终端）和目的地（例如 ME 主机）之间的时间是同步的。

真正的 OWD 测量需要在连接链路的两端对数据包进行捕获和时间戳标记。这通常涉及分布式和同步测量节点，所需的准确度取决于应用程序。

建立时间 (SUT)：面向连接的服务从用户到移动边缘应用程序的情况下，应该考虑到，初始信令也可以影响最初等待时间。为此，应定义 SUT 为：

- SUT 定义为终端 (a) 从服务请求获取第一个信息包 (a) 以来经过的时间：
- 如果设置了最大同时连接数，则应同时考虑与阻塞概率（或连接拒绝）相关的指标 - 即使它不是直接测量延迟。

SUT 指标适用于信息源所在的任何位置（本地缓存，远程缓存，中央服务器等），以及信令架构（ME 主机，信令代理，中央服务器）；它衡量成功建立服务的时间。

服务处理时间 (SPT)：影响服务延迟时间（并完成其描述）的最后一个变量是服务处理时间 - 它在 RTT 中被认为是理想的，因此到目前为止被忽略了。以下指标旨在完成描述：

- 服务处理时间 (SPT) 是服务器（MEC 或非 MEC）处理和完成用户请求所用的时间。它取决于流量（计算负荷）。
- 服务交付时间 (SDT) 是用户请求到达服务器，被处理并返回终端的时间。

• 更新延迟 (UD) 是一个度量指标, 描述了用相关信息更新服务器所需的时间 (最小值/平均值/最大值等)。这对于 MEC 服务非常重要 (通常使用本地信息缓存) - 也适用于非 MEC 解决方案。

为了评估 ME 主机提供的处理和计算能力, 监控 SPT 是有用的; SPT 是一种非功能性指标。SDT 等于 SPT 和 RTT 相加 ($SDT=SPT+RTT$); SDT 是一个功能指标, 因为包含了 RTT。UD 测量的参数不能在终端直接测量, 但对应用的质量和一致性有很大的影响。UD 是一种非功能性指标, 非常适合评估 MEC 解决方案。

通常, 考虑到特定的 MEC 架构, 可以为 MEC 解决方案专门定义其他指标, 可以被命名为 MEC 特定延迟指标 (MSL)。

MSL 指标对于支持 MEC 架构的优化尤为重要。MSL 可以包含新的自定义指标标准, 这些定义仅适用于特定的 MEC 体系结构。

例如, 可以研究 SDT 或 UD 如何随着 MEC 服务节点的位置而变化。此外, 还可以定义 MEC 特定指标: 例如, 一个有趣的数字是中央服务器可以管理同时请求的数量, 以便更新在整个网络架构中 MEC 实体的。

上下文更新时间: 为了支持有效提供上下文感知应用程序, 例如设备位置, 增强现实, 其中一个关键特性是能够让应用程序实时获得关于移动用户的一般上下文相关信息, 包括不是由用户亲自提供的潜在信息。一些关键的上下文变量, 例如本地化或生产者 ME 应用程序提供的任何其他信息。

为此, 该指标被定义为在终端更新某个关键变量和服务能够根据全局上下文提供用户的更新状态之间的时间。这个时间应该足够小, 时刻实现上下文感知应用程序的无缝操作。上下文更新时间作为非功能性指标, 因为它的影响是应用程序级别的延迟, 这也包括其他延迟, 它是单向延迟 (OWD) 加上服务处理时间 (SPT) 的总和。

6.1.2 能效

能效 (EE, Energy efficiency): 移动网络的能效目前在 ETSI ES 202 706 和 ETSI ES 203 228 中定义, 它表示了所消耗的电力 (或能量) 与所选择的特定 KPI 生产间的关系。

$$\eta = \frac{\text{power}}{\text{KPI}}$$

以 KPI = 流量为例, EE 指标可以表示为:

$$\eta = \frac{\text{power}}{\text{traffic}} \quad \text{W/bps} \quad \text{or} \quad \text{J/bit}$$

并且在这种情况下, 它表示每秒传输流量的消耗功率 (以 bps 为单位), 或者等效于每传输比特数的能量。

根据评估的目的, 还可以使用其他 KPI。

EE 的一般定义是指移动系统通过最小化功耗来完成某项工作的能力 (例如传输一定数据流量, 或满足某项服务的 QoS 要求)。从这个角度来看, 可以定义不同种类的 EE 指标, 这取决于评估的范围, 从而确定所考虑的功耗来源。事实上, EE 可以定义:

- 在组件级别 (例如 PA, 芯片, 网络设备或其他组件或终端等);
- 节点级 (例如终端, eNB, SGW 等);
- 在网络级别 (例如, 包括或不包括终端的一组节点, 仅 RAN 设备或包括 CN 节点等)

特别的, 能效可以从用户的角度 (移动终端的电力消耗) 和/或网络供应商的角度 (考虑到网络的一部分、网络设备或整个网络) 来定义。按照前面的分类, 用户设备的能效定义为:

$$EE_{ue} = \frac{P_{ue}}{T_{ue}} \text{ W/bps or J/bit}$$

其中 P_{ue} 是移动终端的功耗, T_{ue} 是某个会话中传输的流量 (在用户级) (假设, 根据定义, 在该会话期间满足所有 QoS 要求)

同理, 定义为:

$$EE_{ue} = \frac{P_{NET}}{T_{NET}} \text{ W/bps or J/bit}$$

作为网络侧的能效, 其中 P_{NET} 是移动网络 (或网络的一部分) 的功耗, T_{NET} 是在特定会话内传输流量 (在用户级别) (假设, 根据定义, 在该会话期间满足所有 QoS 要求)。

因此, 由于终端的功耗是最终用户直接感知的 KPI。因此 EE_{UE} 定义的是一个功能指标, 而 EE_{NET} 是非功能性指标 (后者与系统效率有关, 而不一定是由用户感知)。第一个 (EE_{UE}) 对移动终端电池寿命有直接影响, 第二个指标是 E2E 评估 (在 ETSI ES 202 706 和 ETSI ES 203 228 中定义) 对于运营商特别有价值, 从运营商角度评估运营商网络的效率可持续性。

6.1.3 网络吞吐量

在使用某些应用程序是, 网络对用户感知的质量有明显的影响。根据应用的类型, 可以考虑不同的参数甚至阈值。

通常, 网络吞吐量和带宽具有决定性, 如果没有足够的吞吐量会使应用程序无法执行所需的负载。除此之外, 可以通过缓存的方式来减少吞吐量不够的影响。

例如, 视频应用由于编码视频内容的分辨率而出现一些需求, 不同分辨率意味着不同流比特率, 以及网络中不同吞吐量需求。从视频应用程序角度来看, 网络吞吐量也与确定视频播放的起始时间有关。通常, 视频应用程序最初会发送突发信息给应用程序播放器, 尽量减少用户体验内容的时间。

如前所述, 吞吐量水平无法保证的事件可能导致播放器内容不足, 然后经历(重新)缓冲, 这会严重影响用户体验。类似的情况可能发生在一些其他应用中, 例如游戏, 软件升级下载等。

网络吞吐量被定义为在通信上游和下游上应用级的比特率单位 (例如, kbps)。由于这是应用程序级别的度量指标, 因此将其归类为功能性指标。

可以在发射机侧和接收机侧执行吞吐量测量。后一种情况也可以称为网络良率。该指标可作为评估 MEC 带宽管理 API^[22] 的基础。

6.1.4 系统资源利用率

在实施服务时, 无论是在节点容量方面还是在通信要求方面, 都要分析所消耗的系统资源使用情况。此处考虑的所有指标均不起作用。

负载计算: CPU 计算处理能力和每秒负载计算可以测量服务所需的 CPU 处理时间或周期, 以及内存使用率 (容易 VSS、RSS 和 USS)。

服务还可以利用 I/O 资源(例如以太网), 在这种情况下, 整体系统资源利用率 (组合计算, 内存和 I/O 资源) 可用于表征不同条件下的服务要求 (低, 中, 高负荷)。

6.1.5 非用户数据量负荷

使用 MEC 部署的服务需要协调跨不同元素运行的模块, 这包括实体之间的非用户数据交换, 例如支持应用程序和用户移动性。这种类型的系统资源消耗, 可以通过测量以下实体之间的非用户数据速率:

- ME 主机和无线网络节点之间。
- ME 主机之间。
- ME 主机和运营网络管理之间

6.2 体验质量

传统上, QoE 衡量客户满意度的全球系统的性能指标。效率、易用、可性、客户忠诚度是 QoE 所关注的一些因素。除此之外, 还可以考虑其他方面, 如服务成本, 架构安全性和用户隐私, 以便更全面地定义 QoE。

QoE 指标很大程度上取决于所分析的服务/应用程序。由于 MEC 的灵活性, 新服务得以实施。

QoE 指标大致可分为:

1) 与有关质量的目标和服务独立指标。

包括以下几点:

■缓冲时间(通常以秒为单位)涉及将数据预加载到内存的特定区域, 当应用程序需要数据时, 可以更快地访问。缓冲时间越长, “实时”传输和回放之间的延迟越高。缓冲区大小是一个关键参数, 尤其在媒体流中, 缓冲区也可以很好地补偿网络波动。

■丢包率 (PLR) 是分组的网络中传统指标, 可以称为应用无关的度量指标。对该参数良好的预估有助于发射机更好地 (在可能情况下) 调整数据编码以适应信道条件。需要从接收器到源的反馈信道来收集感知的接收质量信息。如果 TCP 传输可用, 信道已经存在, 正确处理 ACK / NACK 消息可以帮助插入 PLR 信息。

■误码率 (BER) 是比特误差的数量除以在特定时间间隔期间传送比特的总数。与 PLR 类似, 它与应用程序无关, 它具有提供通道状态洞察的巨大好处。使用随机 (Monte Carlo) 模拟来评估 BER。如果是简单的传输信道模型 (例如二进制对称信道或加性高斯白噪声), 也可以通过该参数分析计算。

2) 关于质量的客观和服务相关指标。

除了这些与应用无关的指标之外, 还可以设计一些特定于应用程序的指标 (与质量相关的目标和服务相关指标)。在这种情况下, 要定义一个合适的 QoE, 首先应该对应用程序进行分类, 例如:

- 1) 实时 (RT) 服务。
- 2) 非实时 (NRT) 服务。
- 3) 视频服务。

视频服务可以属于 RT 和 NRT 服务类别。一旦选择了服务类型, 就可以定义适当的 QoE 指标。

例如, 在图像和/或视频传输的情况下, 可以采用众所周知的峰值信噪比 (PSNR) 作为访问图像的感知质量的精确指标。该指标需要原始图像和接收/压缩图像作为参考比较。基于 PSNR, 提出了许多指标, 在没有原始序列(在发送端可用)的情况下估计此参数。这些指标通常被引用作为无参考质量评估(NRQA)指标。

无参考质量评估 (NRQA) 指标。还提出了基于对所接收分组的序列号的反馈来估计感知质量的架构。对于视频流, 平滑度”指标也可以被定义为观看视频内容的轻松程度, 而不会因为网络拥塞而停止。

在 RT 服务的情况下，如先前定义的那样时延指标。

在 NRT 服务的情况下，可以定义特定的指标。例如，在基于位置的服务的情况下，可以采用精确度来指代定位的体验质量；在图像检索的情况下，图像匹配的百分比将代表有效匹配。

3) 关于质量的主观和服务相关指标。

上述技术被称为客观指标，因为可以使用适当的信息集（例如，发送和接收的数据包的数量）自动评估它们。其他指标，涉及与最终用户的互动以及他们对感知质量的主观评价。通常，平均意见得分（MOS）是最常采用的方法之一。MOS 是通过一组最终用户进行的一组标准主观测试的结果求平均值而生成的。为了具有统计上显著的 MOS，应该仔细定义用户集。其他主观指标包括 POLQA（感知客户听力质量评估），PEVQ（视频质量的感知评估）和 PEAQ（音频质量的感知评估）。

4) 关于用户舒适度的客观指标

最后，一些附加指标可以描述访问服务时用户的舒适度。例如：

1) 响应性被定义为用户请求服务（例如游戏开始）作出反应之前的初始延迟，某种程度上类似于视频流的“缓冲时间”

– 时延指标；

2) 可移植性被定义为当使用 MEC 服务时用户从本地小区移动到另一个小区时的服务质量指标。

6.3 测量方法

必须在不同的设置中评估每项服务：

- 独立：功能和性能指标都在隔离环境中评估，不一定包含 ME 主机。当 ME 主机作为不同服务位置（例如，在核心网络，宏数据中心中）的功能时，后者可以作为基准来测试性能增益。

示例：可以测量 MEC 内部和外部的每个单独服务的计算，以确定负载。

- 集成：在实际场景中，基于多个独立服务的组合评估功能行和非功能性指标。

可以使用不同的方法获得测量结果：

- 专用服务监控工具，可通过服务本身或外部测量相关功能指标，并应用于 MEC 和非 MEC 解决方案。这些指标

可以公开给 ME 主机，作为了解最终利用率和性能的一种手段。

- ME 主机内的公共服务监控，用于衡量每个服务的非功能性指标。
- ME 主机内部的服务编排器，用于测量服务非功能性指标。

需要其他工具来生成工作负载，并在服务可伸缩性、可用性/可靠性服务方面提出挑战。

7 本章小结

本章主要是对 MEC 标准进行简要叙述，包括技术要求、功能特征、用例推荐、服务方案、以及规格要求等方面，用于整体了解 MEC 基础技术能力和未来的商业前景。综合标准内容，我们知道 MEC 的最终目标是提供优化的低延迟服务能力，借助 MEC，可以将服务和内容更接近最终用户，获得更高的 QoE、QoS，同时减少回程拥塞并优化网关互连成本。可以说，MEC 是未来万物在任何场景下互联互通，并使用通信和互联网服务的基础技术，是未来网络体系和互联网服务体系工程的基础设施。

8 参考资料

- [1] Multi-access Edge Computing Introduction [EB/OL].<https://www.happiestminds.com/insights/multi-access-edge-computing/>
- [2] IETF draft-flinck-mobile-throughput-guidance-03.txt: "Mobile Throughput Guidance Inband Signaling Protocol".
- NOTE: Available at <https://tools.ietf.org/html/draft-flinck-mobile-throughput-guidance-03>
- [3] ETF draft-sprecher-mobile-tg-exposure-req-arch-02.txt: "Requirements and reference architecture for Mobile Throughput Guidance Exposure". NOTE: Available at <https://tools.ietf.org/html/draft-sprecher-mobile-tg-exposure-req-arch-02>.
- [4] Mobile-Edge Computing - Introductory Technical White Paper, September 2014. NOTE: Available at https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/MEC/Docs/Mobile-edge_Computing_-_Introductory_Technical_White_Paper_V1%2018-09-14.pdf
- [5] Byte Caching in Wireless Networks. NOTE: Available at <http://researcher.ibm.com/researcher/files/us-aruni/ByteCachingicdcs2012.pdf>
- [6] A Protocol-Independent Technique for Eliminating Redundant Network Traffic. NOTE: Available at <https://djw.cs.washington.edu/papers/spring-sigcomm00.pdf>
- [7] Small Cells Forum White Paper SCF081: "Enterprise unified communications services with small cells".
- IETF draft-kanugovi-intarea-mams-protocol-04: "Multiple Access Management Services".NOTE: Available at <https://tools.ietf.org/html/draft-kanugovi-intarea-mams-protocol-04>. (Work in progress).
- [8] IETF draft-zhu-intarea-mams-control-protocol-01: "Control Plane Protocols and Procedures for Multiple Access Management Services". NOTE: Available at <https://tools.ietf.org/html/draft-zhu-intarea-mams-control-protocol-01>.
- [9] IETF draft-zhu-intarea-mams-user-protocol-01: "User-Plane Protocols for Multiple Access Management Services".
- [10] ETSI GS MEC 012: "Mobile Edge Computing (MEC); Radio Network Information API".
- [11] ETSI TR 126 957: "Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Study on Server And Network-assisted Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) (SAND) for 3GPP multimedia services (3GPP TR 26.957)".

-
- [12] ETSI TS 126 247: "Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Transparent end-to-end Packet-switched Streaming Service (PSS); Progressive Download and Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (3GP-DASH) (3GPP TS 26.247)".
- [13] ISO/IEC 23009-5: "Information technology - Dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) -Part 5: Server and network assisted DASH (SAND)".
- [14] H. Kagermann, W. Wahlster, and J. Helbig: "Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0", Final report of the Industrie 4.0 working group, acatech – National Academy of Science and Engineering, Munich, April 2013.
- [15] UK NIC (National Infrastructure Committee): "5G Infrastructure Requirements in the UK" final report.
NOTE: Available at
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/577940/5G_Infrastructure_requirements_for_the_UK_-_LS_Telcom_report_for_the_NIC.pdf.
- [16] ETSI TS 123 501: "5G; System Architecture for the 5G System (3GPP TS 23.501)".
- [17] ETSI TS 123 502: "5G; Procedures for the 5G System (3GPP TS 23.502 Release 15)".
- [18] ETSI GR MEC 022: "Multi-access Edge Computing (MEC); Study on MEC Support for V2X Use Cases"
- [19] IETF RFC 4656: "One way active measurement protocol".
- [20] IETF RFC 5357: "A two-way active measurement protocol".
- [21] IETF IP Performance Metrics Working Group: IPPM status pages.NOTE: Available at
<https://tools.ietf.org/wg/ippm/>.
- [22] ETSI GS MEC 015: "Mobile Edge Computing (MEC) Bandwidth Management API".