



中国移动 5G 联合创新中心
China Mobile 5G Innovation Center

中国移动 5G 联合创新中心创新研究报告

移动边缘计算

(2017 年)



2017 年 11 月



摘要

随着 AR/VR、高清视频、自动驾驶等新业务的孕育兴起，电信网络正在面临实时计算能力、超低时延、超大带宽等新的挑战。促进边缘计算产业发展，构建健康的生态环境，才能使终端用户获取新业务带来的极致体验，更加丰富的应用以及更安全可靠的使用。近年来，包括移动运营商、网络设备供应商、应用开发商，内容提供商在内的产业链各方纷纷加速移动边缘计算推进，促使这一技术获得了快速发展。移动边缘计算源自技术实践和商业实践，不仅是一项新兴技术和部署方式，更重要的是实现电信网络的底层开放，从而推动移动通信网络、互联网和物联网的深度融合。

报告分析了移动边缘计算的发展背景和市场需求，并对业务场景的规划和应用，在本地分流、数据服务和业务优化三大领域进行分类和研究。从关键技术、标准化和发展趋势方面，对移动边缘计算技术进行探索。结合典型商业案例，对移动边缘计算在不同使用场景中的业务形态、目标用户和商业模式进行研究和探讨。报告建议产业链各方一起打造合作共赢的生态圈，推动移动边缘计算产业成熟、业务创新和商业落地。



目 录

1. 愿景与使命	5
2. 市场洞察	7
2.1 发展背景与市场需求	7
2.2 业务应用场景	9
2.2.1 本地分流	9
2.2.2 数据服务	12
2.2.3 业务优化	14
3. 技术探索	16
3.1 关键技术考虑	16
3.1.1 网络开放	16
3.1.2 能力开放	16
3.1.3 资源开放	17
3.1.4 管理开放	17
3.1.5 本地转发	18
3.1.6 计费和安全	18
3.1.7 移动性	19
3.2 MEC 的标准化	19
3.2.1 ETSI MEC 平台和接口	19
3.2.2 3GPP 关于 MEC 的工作	20
3.3 技术发展趋势	21
4. 产业分析	22
4.1 产业链架构	22
4.2 产业链合作与协同	23
5. 商业模式	25
5.1 MEC 商业模式分析	25



5.2 商业模式与典型案例	25
5.2.1 本地分流	25
5.2.2 数据服务商业模式	29
5.2.3 业务优化商业模式	31
6. 生态构建	32
6.1 打造生态圈	32
6.2 产业发展机遇	32
6.3 产业发展倡议	33
附录1 术语缩写对照表	34
联合编写单位及作者	35

1. 愿景与使命

从 LTE 到第五代移动通信系统（5G）的演进是在模拟化到数字化转型之后又一次电信行业深刻的变革。新无线技术打破了应用在连接、带宽和网络架构上的限制，同时，伴随新应用技术的突破，如人工智能、VR/AR、xD 显示成像、智能驾驶、图像及视频识别技术和算法等，整个行业的数字化转型进入新的阶段。日益提高的实时计算能力，尤其是基于新媒介的数据处理能力，对通信网络提出超低时延、千兆甚至更高的带宽需求，对当前的云计算模式也提出新的挑战。

移动边缘计算（MEC）是一种基于移动通信网络的全新的分布式计算方式，构建在 RAN 侧的云服务环境，通过使一定的网络服务和网络功能脱离核心网络，实现节省成本，降低时延和往返时间（RTT），优化流量，增强物理安全和缓存效率等目标。基于 MEC，终端用户可以获取更加极致的体验，更加丰富的应用以及更安全可靠的使用。

MEC 源自运营商转型诉求下的技术实践和商业实践，不仅是一项新兴技术和部署方式，更重要的是实现电信网络的底层开放，从而推动移动通信网络、互联网和物联网的深度融合。



图 1-1 移动边缘计算推动移动通信网、互联网和物联网深度融合

MEC 的使命是打造开放、弹性、协作的生态系统，推动移动通信网、互联网和物联网的能力互动和数据互动，其核心理念是开放、弹性与协作。

开放，是打破传统移动蜂窝网络的封闭性，将网络内的基础设施、网络数据和多样化服务转化为开放的资源，以服务的形式提供给用户和业务开发者，使得



业务更理解用户所想，体验更满足用户所需。

弹性，是需要支持资源的灵活调用和配置，并通过自动化方式实现快速响应，使得 MEC 既能够适应业务可能的规模激增和快速新增的多样化应用需求，也能提供充足的能力保障使得业务在时变的网络环境和用户需求面前始终保持出色的用户体验，同时充分降低资源使用者的总体拥有和使用成本。

协作，是将移动蜂窝网络、互联网和物联网更紧密的结合在一起，移动蜂窝网络不止作为互联网和物联网业务的承载通道，而是通过技术协作和商业协作更好挖掘用户需求和满足用户需求，共同开拓更丰富的业务类型、更好的服务体验和更广阔的市场空间。

通过对移动边缘计算的探索，为移动通信服务产业链中的所有参与方创造更多的市场机会，通过重塑商业模式形成互利共赢的新生态系统，推进产业链整体向前发展。

2. 市场洞察

2.1 发展背景与市场需求

随着移动通信技术的快速迭代更新以及各类移动智能终端的爆炸式普及，移动互联网业务已经进入了前所未有的快速发展阶段。即时通讯、电子商务、移动支付等越来越多的互联网应用已经大范围普及，视频业务逐步由高清向超清演进，在不远的未来，移动用户可以通过增强现实、虚拟现实、超清视频、移动云等技术获得更加身临其境的极致业务体验。移动互联网的进一步发展将带来未来移动流量出现爆炸式增长。

根据欧洲视听与电信产业研究院 IDATE 预测，2020 年全球连接将增至 800 亿。设备连接到物联网之后，业务场景的应用需求就会产生，并且各种设备会交互感知。在这跨越式发展的过程中，更多的连接，更大的流量，更多的应用，都促使网络的革命性发展。

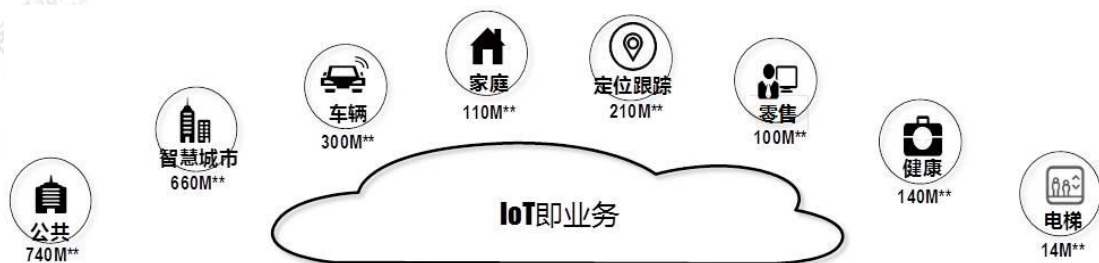


图 2-1 IoT 连接数

用户体验需求的变更是促进整个行业发生变革的重要驱动力，人们已经不再仅仅满足更好的沟通和生活的便利，而是追求更极致的体现，实时在线、沉浸式体验、定制化业务等都将会是未来用户对电信网络的重要诉求。

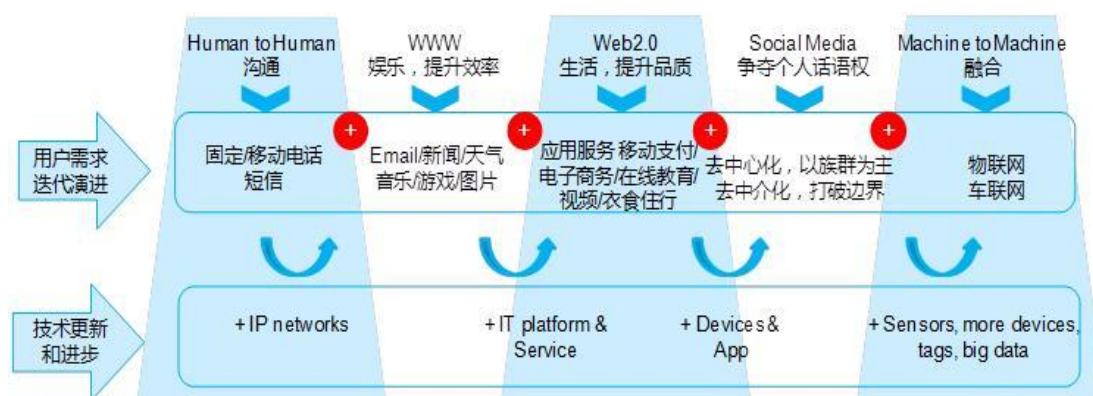


图 2-2 用户体验需求演进图

面对迅猛而来的流量增长和日益提高的用户体验需求，移动通信网络将会承受巨大的压力，5G 网络必将进行架构上的调整，以适配超大连接、超低时延以及超大带宽等核心要素。

5G	时延	速率	连接	移动性	网络架构
	1 ms 空口时延	10Gbps 峰值速率	1,000K 每平方公里连接数	500km/h 高铁	Slicing 能力需求
GAP	30~50x	100x	100x	1.5x	NFV/SDN
LTE	30~50ms	100Mbps	10K	350Km/h	不灵活

图 2-3 5G 关键指标

近年来，为解决某些特定场景的问题，如低时延、数据本地分析和处理、带宽和成本要求等，移动边缘计算（MEC）开始逐步成型。2014 年 ETSI 正式提出 MEC 的标准草案，并发布 MEC 技术白皮书和具体应用场景，随后 3GPP 组织将 MEC 的关键功能确定为 5G 未来网络的一个重要研究方向。

MEC 在距离用户移动终端最近的无线接入网（RAN）内提供 IT 服务环境以及云计算能力，旨在进一步减小时延，提高网络运营效率、提高业务分发、传送



能力，优化、改善终端用户体验。同时，部署于无线接入网络边缘的 MEC 面向各种上层应用及业务开放实时的无线及网络信息，以便于其提供各种与情境相关的服务，从而使电信运营商充分利用 LTE 网络业务承载能力强的特点，实现移动通信网络与移动互联网业务的深度融合，提升网络的增值价值。此外，超大规模的流量数据从基站进入分组核心网将给回传网络带来沉重的负担，MEC 的引入避免了基站与核心网之间新建超大规模的回传网络，从而极大减少网络投资。

经过几年的推进，包括移动运营商、网络设备供应商、应用开发商，内容提供商在内的产业链各方纷纷加速 MEC 推进，促使这一技术获得了快速发展，应用于运营商的多个实际项目中，极大提高了在线用户的业务体验。

根据 Research and Markets 提供的研究报告《Mobile Edge Computing (MEC): Market Assessment and Forecasts 2016-2021》，MEC 市场将涵盖服务器，网络设备，平台，软件和服务等多个领域，预测到 2021 年整个市场空间将会达到 800 亿美元。未来，MEC 产业将呈指数增长，涵盖应用程序，安全性，服务器，数据库，分析，AR，LBS，IoT 和设备等内容，创建一个具有影响力的产业生态系统。

2.2 业务应用场景

目前运营商已经开始部分 MEC 场景的应用和规划，根据产业、生态以及应用的发展状况，可以分为本地分流、数据服务、业务优化三大类。

2.2.1 本地分流

利用 MEC 进行内容本地分流业务，可极大提升运营商用户体验、并节省运营商传输带宽。内容本地缓存的应用场景主要包括如下两种：

第一种是传输受限场景，包括扩传输困难的业务突发场景和传输资源不足的热点区域。传输困难的业务突发场景，无线侧可临时扩载波，但传输扩容难度大，可部署无线缓存进行业务保障。传输资源不足的热点区域，可部署无线缓存保障业务，同时降低传输扩容需求节省投资。

第二种是降低时延场景，包括高业务质量要求场景和高价值区域。高业务质量要求场景，如营业厅、业务体验厅，通过部署无线缓存提升用户体验；高价值区域，在机场、高档写字楼等重点区域对 ISP 内容（如视频网站广告）、自有业务（和视频）等进行定向缓存，向 ISP 提供增值服务。

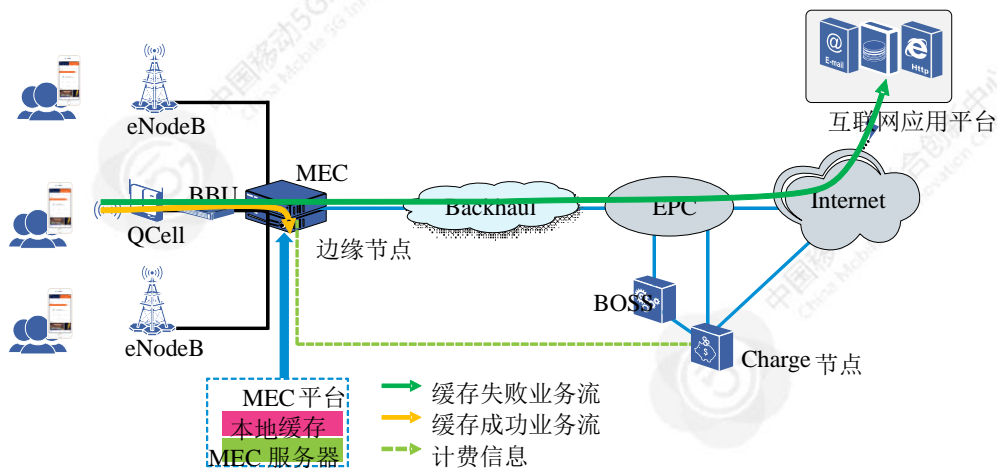


图 2-4 MEC 本地分流示意图

2.2.1.1 企业园区

企业园区的大流量业务在本地产生、本地终结，以及低时延工业控制场景，可基于 MEC 实现低时延、高带宽的虚拟 LTE 局域网体验。

在企业园区业务需求方面，MEC 可实现覆盖园区的高速、安全可靠、可扩展性好、成本低廉、使用简便、高性价比的 LTE 无线通信专用网络；提供移动办公、工业智能制造、物联网发展、应急指挥调度等提供一站式通信技术解决手段；同时提供可视、可选、自服务的信息化解决方案。

2.2.1.2 校园

在校园业务需求方面，MEC 可提供 4G 用户直接访问本地网络，避免大流量业务（视频等）对回传带宽的消耗；提供 4G 用户的本地数据分析能力，为用户肖像的刻画提供数据，实现定向营销。针对 B2C 场景，MEC 向校园用户提供高



质量的自有业务和第三方合作业务，也可以基于无线网内容缓存提供免费业务体验（如免费视频、免费音乐等），促进用户订阅。针对 B2B 场景，MEC 可以与垂直行业合作，为学校等提供行业解决方案，与商业中心合作进行营销推广等。

2.2.1.3 本地视频监控

本地视频监控产生大量本地回传流量，但是大部分画面又都是静止不动或没有价值。目前的视频监控业务需要把视频流全部上传至服务器或者在摄像头处进行视频处理。这两种方式的成本开销都很大、效率都较低。

本地视频监控可以在 RAN 网络中部署 MEC 服务器进行视频内容分析和处理，把监控画面有变化的事件和视频片段进行回传，从而能够有效的节省传输资源。对于大量的价值不高的监控内容，可以就地保存在 MEC 服务器上。基于 MEC 实现本地分流，可以避免大流量业务迂回路由带来的时延大、体验差、回传带宽消耗大等问题，从而降低成本，特别是需要部署大量摄像头的情况下。

2.2.1.4 VR/AR

VR/AR 将有着很广阔的应用场景，例如博物馆、美术馆、城市纪念馆、体育赛事现场、音乐会等，可极大程度地增强人们的体验。为此，AR 就需要能有一个相关的应用来对摄像机输出的视频信息及所在的精确位置作综合分析，并需要实时地感知用户所在的具体位置及所面对的方向，再依此给用户提供一些相关的额外信息。如果用户移动位置或改变面朝的方向，这种额外信息也要及时得到更新。

现有的增强现实解决方案一般都还是建立在手机与云端的 AR 服务器的交互基础上。但是由于图像信息数据量较大，图像的上传以及在云端进行图像识别并进行反馈往往需要较长的时延，往往影响到 AR 体验的效果。将 AR 服务器部署在网络边缘节省了大量图像数据的传输时延，同时边缘计算能够有效的分担云端的图像识别运算的压力。同时部署在边缘，不同场景如可以根据自身地域化的特点动态更新服务器端的内容，增强体验。



2.2.1.5 本地视频直播

基于运营商提供的 MEC 开放平台，应用提供商部署本地视频直播应用。视频运营公司向各类行业用户提供本地视频直播业务。运营商、应用提供商、本地视频直播运营公司、各类行业用户按比例共享业务收益。面向有站址资源的特定景区、场馆，提供定点本地视频直播直播；可以在体育比赛或演唱会现场灵活放置全景摄像机，同时提供多个视角的 VR 全景视频。

2.2.1.6 边缘 CDN

移动数据流量的激增以及移动用户对业务体验要求的不断提升，使得移动运营商传统网络的承载能力遭受冲击。CDN 系统作为重要的应对手段，将在移动网络内大量部署。现有的移动服务提供商，如 OTT，已部署了相对成熟且规模较大的 CDN 系统，但 OTT CDN 系统并非运行于移动网络内部，增大了 CDN 网络分流移动网络流量的难度。MEC 平台提供一种兼容现有 CDN 系统和移动边缘网络的解决方案。

2.2.2 数据服务

基于 MEC 的开放接口，第三方应用开发商可以充分利用移动通信网络的底层信息，开发基于位置的精准营销服务，并且利用大数据分析，提供高价值智能服务。

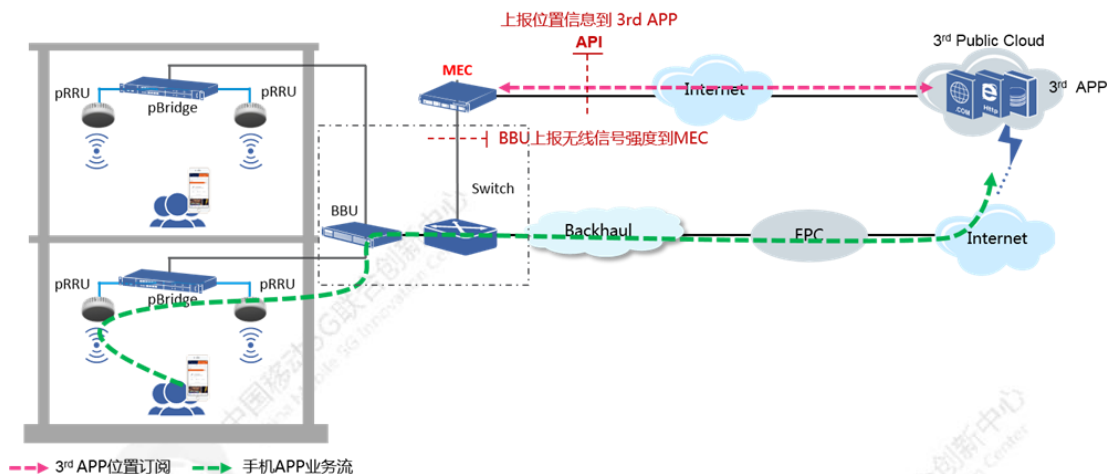


图 2-5 MEC 数据服务示意图

2.2.2.1 室内定位

移动终端的普及和移动互联网的迅速发展，使得线上与线下的互动需求也明显增加，用户位置信息正是连接线上、线下的关键纽带之一。然而，孤立的用户位置数据信息价值十分有限，只有通过用户位置将人、物和数据之间的连接情景化，才能充分拓展信息的商业价值。

相较于其他定位方式，室内基站定位最大的特点是可将用户授权的在移动网络产生的用户身份信息、业务信息、行为习惯信息实时的与用户位置相结合，形成充分满足用户需求的、以用户为核心的个性化、互动式服务。

2.2.2.2 车联网

自动驾驶，要想实现自动驾驶，如果网络处理节点离联网车辆太远，必然无法保证智能控制的实时性，所以 MEC 将是网络辅助智能交通的关键使能技术。

汽车高速行驶过程时危险系数也大大增加，而一旦汽车发生故障就需要采取紧急措施。很多车企提出，车主一旦发生事故，能否按下车里一个按键，后台就会下达信息指令，采集汽车数据并进行实时计算，将汽车自动驾驶到车厂的一个服务点，从而保证车主安全。要满足这样的需求，时延需要缩短到 10ms 以内，而在 3G、4G 时代网络时延高达几十秒左右，无法满足上述需求，因此满足上述

需求需要 5G 网络和 MEC 技术。

针对下一代车联网海量实时数据计算需求，车联网边缘计算需要研究通用技术架构，为运营模式从以管道为基础向数据运营方向转型提供可行方案，探索开放网络设施、数据、计算等基础能力。

2.2.3 业务优化



图 2-6 MEC 业务优化示意图

2.2.3.1 视频 QoS 优化

随着 4G 网络的日益普及，蜂窝网中的视频类业务应用越来越多，无线接入网侧服务质量(QoS)会逐渐成为瓶颈，越来越多的用户（个人用户，企业用户）有需求得到差异化的用户体验。

当前的蜂窝网缺乏针对应用同一类型业务的不同用户提供差异化 QoS 的能力，比如在同一个蜂窝网络里面有多在线视频用户时，往往他们在 RAN 侧分配得到的 QCI 是相同的，并且 MBR（最大比特率）和 GBR（保证比特率）也是相同的。

2.2.3.2 视频直播和游戏加速

在当前移动网络环境下，视频直播的上行带宽保障以及游戏的低时延满足已成为互联网公司最关切的问题之一。为了满足视频、游戏等业务对带宽和时延的要求，RAN 侧实时提供空口传输质量状态通知应用服务实现跨层优化，应用服务可以依据空口传输质量及时调整传输层或应用层发送机制，提升业务体验。

移动互联网应用的普及和快速推广，将带来移动通信技术和产业的新一轮变



革，行业壁垒逐步被打破，运营商正面临一场前所未有的技术革命和冲击。传统的业务收入大幅缩水，而新型业务收入却爆发式增长。移动边缘计算促使运营商的网络能力以平台方式对外开放，形成新的业务生态圈的商业模式已经越来越被证明是下一个掘金点。



3. 技术探索

3.1 关键技术考虑

3.1.1 网络开放

MEC 可提供平台开放能力，服务平台上集成的第三方应用或部署在云端的第三方应用，为运营商打开垂直应用市场提供无限可能。

3.1.2 能力开放

能力开放是通过公开 API 的方式为运行在 MEC 平台主机上的第三方 MEC 应用提供包括无线网络信息、位置信息等多种服务，这也是 MEC 平台有别于其他通信系统网络设备的重要特征。对其而言，应综合考虑第三方应用平台在系统架构及业务逻辑方面的差异性，实现网络能力的简单友好开放，还应保证网络能力的开放具有足够的灵活性，随着网络功能的进一步丰富，可向第三方应用实现持续开放，而不必对第三方平台及网络系统自身进行复杂的改动。

如为了满足视频、游戏等一些对时延、带宽有高要求的业务体验，无线网络侧和应用服务侧可以跨层交互，实现无线实现应用和网络的协同优化：方向一：无线网络侧实时提供空口传输质量状态，通知应用服务，应用服务可以依据空口传输质量及时调整应用层发送机制，提升业务体验；方向二：应用服务侧可以告知无线网络侧应用的相关信息，比如应用数据的优先级信息或者应用特征信息，无线网络可以依据应用数据的不同优先级，调整无线协议策略，优先保证高优先级业务信息的传递，或者适配应用特征，调整无线协议参数。

能力开放子系统从功能角度可以分为能力开放信息、API 和接口。

API 支持的网络能力开放主要包括网络及用户信息开放、业务及资源控制功能开放。具体来说，信息开放包括单个蜂窝的负载信息、链路质量的实时及统计信息（CQI、SINR、BLER）、网络吞吐量的实时及统计信息、移动用户的定位



信息等。控制功能开放主要指：短消息业务能力、业务质量调整（QCI）及路由优化等。

3.1.3 资源开放

资源开放系统主要包括 IT 基础资源的管理，能力开放控制以及路由策略控制。其中，IT 基础资源管理指基于 Openstack 的虚拟化资源规划及业务编排，即传统数据中心的资源管理机制在 MEC 平台系统内的实现。管理开放控制包括平台中间件的创建、消亡以及第三方调用授权。路由策略控制指通过设定路由控制内的路由规则，对 MEC 平台系统的数据转发路径进行控制，并支持边缘云内的业务编排。

IT 基础资源管理通过虚拟机监控器对系统内的物理和虚拟 IT 基础结构进行集中管理，实现资源规划部署，动态优化及业务编排，其主要功能包括对 MEC 平台系统中的 IT 资源池（如计算能力，存储及网络等）进行管理、对虚拟化技术提供支持。

另外，考虑到 MEC 业务的多样性及各垂直行业对业务的新需求，MEC 平台资源同样还要提供对 GPU 类资源的支持。虚拟机对 GPU 的支持通常可采用 GPU 直通和 vGPU 两种方式。GPU 直通为虚拟机提供最佳的性能。使用这种方式交付的性能水平基本相当于物理 GPU 性能。但是一个 GPU 仅能被一台虚拟机独占。vGPU 像虚拟化其他系统组件那样虚拟化 GPU，vGPU 能够同时在多个虚拟机之间共享一个 GPU。这种方式可以充分利用 GPU 的性能，并提供灵活的组合。

3.1.4 管理开放

平台管理系统通过对路由控制模块进行路由策略设置，可针对不同用户，设备或者第三方应用需求，实现对移动网络数据平面的控制。平台管理系统对能力开放子系统内特定的能力调用请求进行授权，即确定是否可以满足某项能力调用请求。平台管理子系统以类似传统云计算平台管理的方式，按照第三方应用的要求，对边缘云内的 IT 基础设施进行规划编排。平台管理子系统通过向计费系统



上报数据流量及能力调用统计信息，支持面向 MEC 平台的计费功能。

管理开放系统包括 MEC 实例生命周期管理，如 APP 的创建、消亡、注册、授权等，MEC 平台网元的管理和 MEC 平台生命周期管理代理。MEC 平台应用生命周期管理包括 MEC 平台应用的加载（on-boarding）过程、MEC 平台应用的实例化、MEC 平台应用实例的终结、MEC 平台应用实例的迁移等流程。

同时，MEC 平台系统提供完整的第三方应用合规审查、仿真、运行和在线排障功能。这些功能集合而成的平台可以在 MEC 平台内部，也可以独立部署在 MEC 平台系统之外。

3.1.5 本地转发

MEC 可以对需要本地处理的数据流进行本地转发和路由，本地转发的方式包括网络配置 traffic rule，DNS 替换，IP 五元组转发模式。

3.1.6 计费和安全

MEC 面向未来新型业务和新型服务，其计费方式可根据业务发展而灵活应用，计费类型主要包括：

方式一：流量计费。MEC 可通过集成网关功能实现精准的流量计费，边缘网关将相关计费统计信息传输至核心网 PGW，生成本地话单；

方式二：针对 MEC 的业务可采用后向付费的方式，例如进行包月计费；

方式三：对于实际应用场景可以引入第三方计费，进行灵活计费。

同时在安全措施上，MEC 应具备独立的物理处理单元用作 S1 链路备份，在 MEC 主处理链路出现故障后，S1 数据链路将无缝切换至该物理处理单元上，保障 S1 链路连通性。同时，MEC 需具备本地防火墙功能，防止本地网络针对移动网络发起的攻击。



3.1.7 移动性

终端在移动过程中，除了在基站和小区间切换外，也存在跨 MEC 平台的移动，在跨 MEC 平台移动时，需要保证移动业务的连续性。

3.2 MEC 的标准化

3.2.1 ETSI MEC 平台和接口

目前 ETSI 正在加紧推动 MEC 平台和接口的标准化工作，MEC 平台定义了移动边缘主机、移动边缘平台管理、移动边缘编排、虚拟基础设施管理等功能模块。通过移动边缘主机模块，实现了移动边缘平台能力开放，虚拟基础设施的数据面转发能力开放和移动边缘应用的部署。通过移动边缘平台管理模块，实现了移动边缘平台网元管理、移动边缘应用生命周期管理、移动边缘应用规则和需求管理。通过移动边缘编排模块，实现了移动边缘应用在全局范围内的部署和实例化标准化。通过虚拟基础设施管理模块，实现了基础设施的虚拟资源统一分配、管理、配置及虚拟资源性能和故障的收集与上报。

未来，基于 MEC 平台各功能模块的实现，需要分阶段的开放各类 MEC 接口及制定相关接口的标准化。首先，基于 MEC 平台能力的开放，通过对 MP 类接口的标准化，开放平台与应用间的服务和配置接口（Mp1），平台与数据面的转发接口（Mp2）和平台间控制面数据的交互接口（Mp3）。其次，基于移动边缘平台的管理和编排，通过 MM 类接口的标准化，开放 MEC 应用和平台的生命周期管理、资源管理、MEC 实例的模板和部署管理等接口（Mm1-Mm10）。最后，通过 MX 类接口的标准化，开放第三方 MEC 应用通过 UE 和 Proxy 代理功能实现 MEC 实例的生命周期管理（Mx1-Mx2）。这样才能实现 MEC 平台网络能力，资源能力和管理能力的全开放。

ETSI MEC 组织在 2017 年初将 MEC 重新定义为 Multi-access Edge Computing，即支持 3GPP 和非 3GPP 多接入。



3.2. 23GPP 关于 MEC 的工作

针对 MEC 的两种典型应用场景：本地应用和业务优化，3GPP 在 4G 时代制定了相关标准方案，目前正在 4G 演进和 5G 网络中持续开展标准化工作。

在 4G 标准中，针对本地应用，3GPP 最早引入了 LIPA/SIPTO（本地 IP 接入，本地 IP 分流）方案，将用户的业务流数据直接从家庭基站进行接入，不经过运营商的核心网络，此后 3GPP 将 SIPTO 方案用于宏蜂窝网络并完成标准化，但 LIPA/SIPTO 方案以 APN 为粒度，依赖于终端 APN 的手动配置。在 4G 网络架构演进中，3GPP 提出了 CUPS（控制面和转发面分离）立项并于 2017 年 3 月结项，CUPS 方案旨在 4G 网络架构下进一步区分各个网元节点的控制面功能和用户面功能，并进行分离，一个控制面可以连接多个用户面，建立连接以及做数据转发的时候，控制面根据 APN 等信息选择合适的用户面节点，包括更靠近无线网的用户面。在无线侧标准方面，3GPP 在 Rel-14 中成立了 CASD（无线智能感知与分发）研究项目，对本地转发/本地缓存以及跨层优化等 MEC 应用场景从无线侧角度进行了研究并制定了标准化方案，该研究项目于 2017 年 3 月顺利结项，相关研究内容在 Rel-15 新成立 eVideo 项目中正在展开标准化工作。

在 4G 标准中，针对无线信息开放，3GPP 已定义核心网 SCEF（网络业务能力开放）网元作为网络统一能力开放设备（TS23.682）。SCEF 可对接无线网元 RCAF（无线拥塞感知功能），实现无线能力的统一收集和对第三方 APP 开放，已经完成相关标准化。

当前正在制定的 5G Rel-15 标准中，5G 端到端架构设计初始将 MEC 本地分流作为需求和特性设计，提出可基于 Uplinkclassifier、LADN（local area data network）以及 IPV6 multi-homing 本地分流网方案。

同时无线侧在 3GPP Rel-15 提出支持边缘计算功能，目前正在开展无线侧标准化方案研究以辅助实现端到端本地分流网方案。

在 5G 网络架构中，非 3GPP 接入与 3GPP 接入进行统一网络架构设计。其中非 3GPP 接入通过 N3IWF 功能接入 5G 核心网，接受网络的统一管理控制。



MEC 作为统一业务平台，可承接多种接入方式下的应用。5G 核心网支持对非 3GPP 接入下的本地会话的授权鉴权。

面向 5G 新兴业务的无线侧和应用层侧跨层信息交互和联合优化，计划在 Rel-16 推动无线侧相关 3GPP 标准化工作，同时在 5G Rel-16 阶段将对网络能力开放进行规划。

3.3 技术发展趋势

从标准化来看，基于 4G 网络架构下的技术目前都无法有效满足 MEC 完整功能的实现，例如 CASD 可以实现本地业务缓存及分流和无线跨层优化，但是在流量计费等方面还需要通过特有方案来实现，而 CUPS 可以实现本地转发和流量计费，但是下沉的网关需要跟核心网进行互通以及需要终端进行多 APN 设置，而这些都需要网络和终端进行一定的改造，因此在 4G 网络中针对应用场景和业务需求进行 MEC 功能设计时，需要对具体的场景和需求进行特定方案设计。

5G 网络以新业务需求和使能技术为驱动力，开展全面的创新设计，边缘计算的理念天然融入其中。从标准化目前的角度来看，5G 架构将 UPF 作为基础架构组成部分实现用户面的本地转发，并基于虚拟化平台实现，未来在网络中部署位置可以下沉至汇聚层，但并未涉及无线侧和应用侧的跨层联动优化，相关无线信息能力开放和精准定位工作将在 Rel16 计划开展。MEC 平台可集成 5G UPF 功能，针对业务流实现数据转发，同时 MEC 平台借助无线信息开放，实现无线侧和应用层跨层信息交互和联合优化。

4. 产业分析

4.1 产业链架构

移动边缘计算具有本地化、近距离、低时延、位置感知、能够获取网络上下文信息等特点，为产业链各环节创造新的价值，整个产业链的各方都能够在合作中受益，从而打造全新的产业生态系统。



图 4-1 移动边缘计算产业链

移动边缘计算的产业生态系统包括电信运营商、电信设备商、IT 厂商、第三方应用和内容提供商等多个环节，产业合作是移动边缘计算发展的基础。

电信运营商：电信运营商是 MEC 产业链的核心。电信运营商针对不同的应用场景部署 MEC 网络，提供 MEC 基础服务。电信运营商采用电信设备商开发的 MEC 解决方案，为服务和内容供应商提供快速部署应用和服务的平台。获得运营商授权的第三方应用和内容供应商利用开放接口调度所需用的 MEC 资源，快速部署创新的应用，例如监控视频分析、影音视频分流、控制系统运算等。

第三方应用和内容提供商：第三方应用包括 OTT 厂商，如爱奇艺、Google、YouTube、Facebook 或视频 CDN 应用如 Akamai 等，以及内容提供商，如 HBO，Netflix，CNBC，BBC 等，基于电信运营商提供的 MEC 业务平台加载个性化的业务，为终端用户提供新增价值业务或提升业务可用性。

电信设备商：电信设备商，如华为、中兴、Nokia 等，为电信运营商提供边



缘计算的解决方案和基础能力。

软硬件服务商：电信设备商需要采用英特尔、高通等芯片厂商以及 IT 企业的产品建立 MEC 业务软硬件平台。此外，由于各个行业客户的需求不同，电信设备商需要深入理解行业需求的独立软件开发商提供定制化软件方案来支持，提供业务集成能力。

MEC 产业的快速发展，需要产业各方有效开展合作，深入发掘个人和垂直行业客户的需求，共同开发协同共赢的商业模式，从而构建完整的产业生态。

4.2 产业链合作与协同

在标准组织里，目前 ETSI 在推动整体 MEC 技术标准的发展，3GPP 于 2006 年正式接受 MEC 作为 5G 架构的关键课题。同时，所有产业链的参与者都有共识认为下一代网络或者 5G 网络中，边缘计算将是一个重要的组成部分，当前阶段更多是业务驱动，发现更多的场景。由电信运营商、IT 厂商等发起成立的产品联盟和开源组织还包括边缘计算产业联盟、Open EDGE Computing、OpenFog 等。

ETSI MEC工作组	3GPP / 5GAA	OpenFog联盟
<ul style="list-style-type: none">无线侧提供高带宽低时延接入，并开放无线相关信息给上层应用加值第一阶段已完成面向应用之开放接口API定义，以及MEC部署的参考架构第二阶段重点工作：多接入方式，完善计费及监听方案，简化应用部署，探索新应用案例 	<ul style="list-style-type: none">3GPP SA2已于2016年4月正式接受MEC为5G架构之关键课题3GPP内C/U分离架构演进与MEC方向吻合5GAA将边缘计算及分布云架构视为车联网通信架构降低时延之重要课题 	<ul style="list-style-type: none">定义物联网装置和集中云之间边缘应用及服务计算节点着重于物联网场景已定义参考架构以及相关应用案例 
<ul style="list-style-type: none">2014年ETSI提出MEC概念，规范组开工；2015年发布白皮书；2016年发布8个应用场景PoC2017年3月更名扩展到LTE,5G,WiFi等	<p>3GPP SA2 NextGen:5G端到端网络架构融合MEC功能；(2016)</p> <ul style="list-style-type: none">支持MEC的网络架构和特性本地路由移动性、能力开放、计费	<p>Cisco发起</p>

图 4-2 移动边缘计算产品联盟和开源组织

边缘计算产业联盟：2017 年 3 月 30 日，华为、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、Intel、ARM 和软通动力信息技术（集团）有限公司



作为创始成员，联合倡议发起边缘计算产业联盟，致力于推动“政产学研用”各方产业资源合作，引领边缘计算产业的健康可持续发展。

Open EDGE Computing: 2015 年夏天，在早期基于 Cloudlets 基础上完成的基于边缘的云技术实践，Intel、Huawei、Vodafone 联合成立了 OEC，主要是挂在 OPENFV 下作为一个子项目进行运作。

OpenFog: 2015 年 11 月 19 日，ARM、思科、戴尔、英特尔、微软和普林斯顿大学 Edge Laboratory 等物联网领导者齐聚一堂，成立了 OpenFog Consortium（开放雾联盟）。该联盟旨在通过开发开放式架构、分布式计算、联网和存储等核心技术以及实现物联网全部潜力所需的领导力，加快雾 (Fog) 技术的部署。



5. 商业模式

5.1 MEC 商业模式分析

发挥 MEC 的商业价值，需要针对其独特优势制定商业模式。对于运营商而言，为终端用户提供的 MEC 业务是碎片化的长尾业务，除个别普适性应用可以由运营商作为标配部署外，更多的应用需要通过开放、合作，吸引开发者、合作伙伴提供。在丰富的业务带动下，无线接入侧的流量会不断提升，而在传输线路上则不会造成太大压力，这非常有助于提升无线用户的体验感受，增加客户在网粘性，同时为运营商带来新的增值业务收入。

MEC 的商业模式使用九宫格方法总结如下：

重要伙伴 MEC基础设施提供商 无线接入设备供应商 云计算设施供应商 MEC平台软件供应商 核心网软件供应商 业务分发和运营管理平台 统一运维平台 生态合作伙伴 ISV/SI/SP/CP 行业代理商	关键活动 运营体系建设 生产平台建设 MEC站点建设 MEC站点运维 计费结算 营销活动开展 核心资源 遍布全国的无线接入设备 电信等级的站点机房 多年经验的市场营销团队 大量个人、企业客户资源	价值主张 建设靠近无线接入侧的云化MEC开放平台，搭建开放的统一运营体系，整合产业链合作伙伴生态，向个人、家庭、企业提供低时延、大带宽的属地化无线数据业务服务。 消费者可以享受更丰富的应用，实现零等待的客户体验。	客户关系 公司公开宣传 样板案例展示 政企客户经理关系维系 渠道通路 政企客户经理直销 线上营销	客户细分 视频、游戏类价值客户 商业、校园等聚集区域 IPTV家庭客户 家庭物联网客户 大型厂区、移动作业 视频监控需求 低时延工业控制需求 IT系统私有云建设需求
成本结构 MEC站点建设成本 软件平台建设成本 日常运营运维成本			收入来源 流量收入 边缘云IT资源租赁 增值业务收入（月租或分次）	

图 5-1 MEC 商业模式九宫格分析

5.2 商业模式与典型案例

5.2.1 本地分流

5.2.1.1B2B2C 商业模式

赛事视频直播是 MEC 本地分流一类重要业务，目前已经应用于 NBA 和 F1

等国际一流体育赛事。

案例一：NBA VR 直播

NBA 传统的赛事直播通常采用 Hetnet 组网、QCELL 组网等方式部署，受限
于观众位置无法全方位观看、难以进行现场互动。通过 MEC 的进行赛事直播，
一方面缩小视频播放时延，提升观赛流畅程度，另一方面 MEC 可以进行实时多
角度赛事播放，增强观赛体验。此外，MEC 提供了第三方应用部署的平台，可
以灵活部署赛事直播过程中的观众互动应用、广告播放等，带来增值收益。

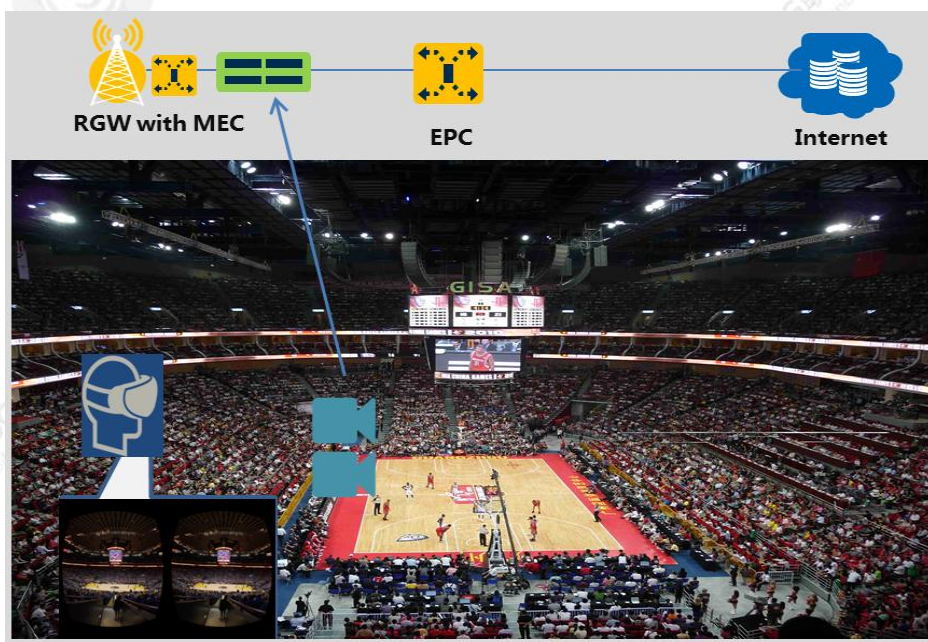


图 5-2 国王队新场馆 NBA 赛事采用 MEC 进行 VR 直播

NBA 赛事直播的商业模式如图 5-3 所示。在这个场景中，用户通过购买 VR
直播门票获取 VR 直播服务，NEXTVR 通过向用户提供 VR 直播服务获得收入，
AT&T 通过提供 VR 直播需要的无线网络接入服务与 NEXTVR 共享收入分成。



图 5-3 NBA 采用 MEC 进行赛事直播的商业模式

案例二：F1 银石赛道直播

英国银石赛道，是全世界汽车赛事最频繁的赛道之一，出于观众对观看体验要求的提升，举办方提供了现场的赛事视频直播和回放服务。通过 MEC 技术直播视频较现场实况延迟仅仅 0.5 秒，相比 OTT 直播视频相比 47.95 秒的时延有了极大提升。

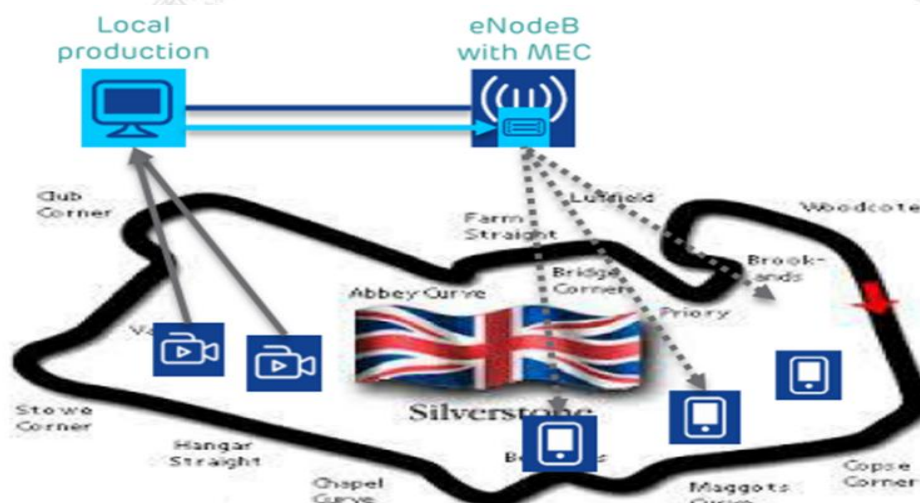


图 5-4 F1 银石赛道采用 MEC 直播示意图

F1 银石赛事直播的商业模式如图 5-5 所示。在这个场景中，用户通过购买场馆门票获得视频直播服务，银石赛道场馆通过向用户提供视频直播服务获得收入，电信运营商 EE 通过提供视频直播需要的本地视频分发网络服务，与银石赛道场馆共享直播的收入分成。



图 5-5 F1 银石赛事直播的商业模式

5.2.1.2B2B 商业模式

MEC 可以应用于大型工业、企业园区，校园和港口油田等场景，提供本地分流功能，采用 DNS 代理响应方案，允许企业用户接入企业网，其它用户依然

接入运营商核心网。

以港口视频监控为例，安全、可靠是港口生产坚强的保障。港口的发展越来越倚重 ICT 的支撑，包括语音集群通信、TOS 业务调度、安防运营监控、港口物流协同、港务集团办公信息化等。MEC 的方案恰好能够让港口运营方无需支付建网费用，仅需按使用流量结算就可以达到电信级的通讯服务。港口视频监控 MEC 方案如图 5-6 所示。

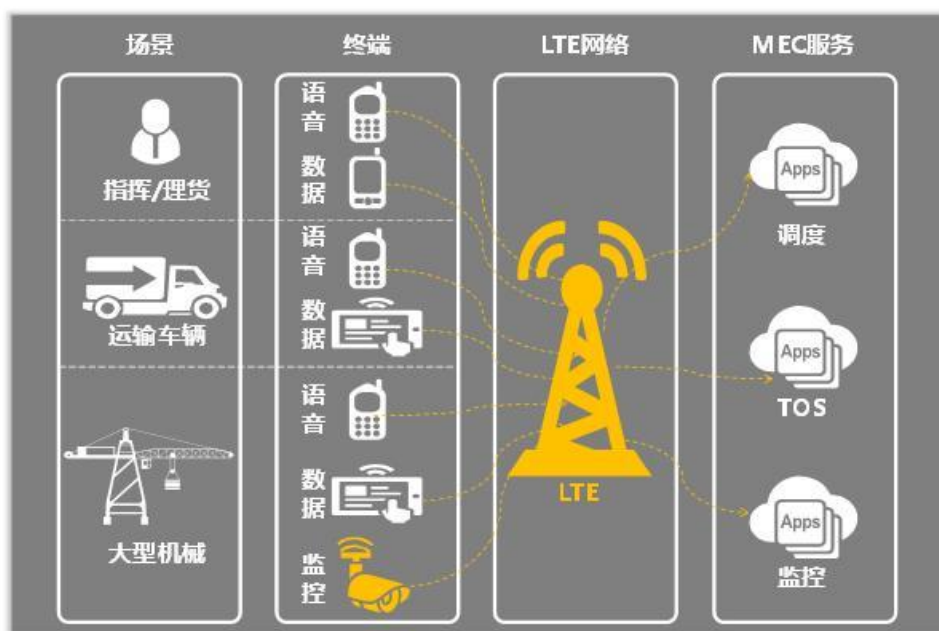


图 5-6 港口视频监控 MEC 示意图

MEC 本地分流典型的商业模式如图 5-7 所示，以港口监控为例，电信运营商向港口提供 MEC 服务，收取服务费用。

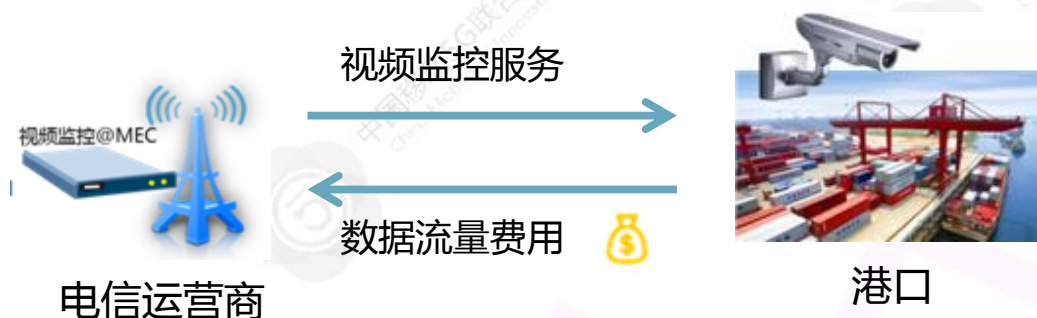


图 5-7 港口视频监控 MEC 商业模式

5.2.2 数据服务商业模式

5.2.2.1 大型商超室内定位

MEC 提供的室内精准定位服务，由基站收集用户的测量信息之后在 MEC 中计算用户位置，再将用户位置信息发送给应用服务软件 APP，应用服务软件既可直接的为用户提供基于位置的业务和服务，也可对位置信息处理后形成用户行为、商业经营情况分析。

MEC 利用室内高精度定位，为个人用户提供导航、寻车服务；对于商超内的店铺等小微企业，可以对收集的用户位置信息进行大数据分析，服务于商家的经营决策。

大型商超室内定位的商业模式如图 5-8 所示。在这种模式下，运营商向商超店铺的小微企业客户进行后向收费，另外平台可以租赁给各种基于 LBS 的第三方应用，收取平台租赁费用。

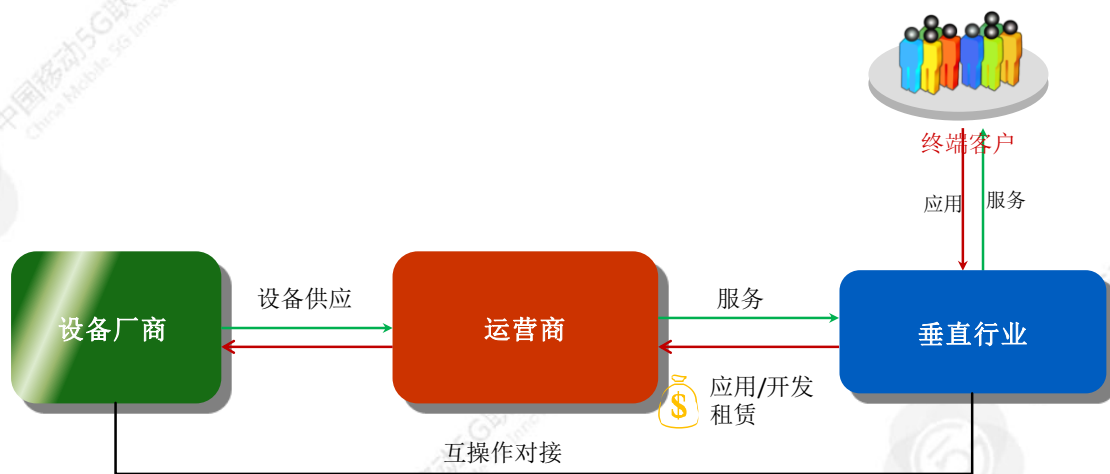


图 5-8 大型商超 MEC 室内定位商业模式

5.2.2.2 车联网业务

数字化已深入汽车领域，汽车已变为“有轮子的、多传感器、多核处理器协同的复杂计算机系统”；电子、软件、互联网及运营商等企业的进入，打破了汽车产业封闭的格局；驾驶、用车和出行方式的变革给人们的生活方式带来了巨大变

化。

借助下一代车联网通信技术的变革，为车载终端行业提供 LTE-V 智能终端解决方案，降低技术门槛，缩短终端研发周期；同时，依托车载终端企业的固有渠道，抢占下一代车联网管道入口，获取高价值数据。

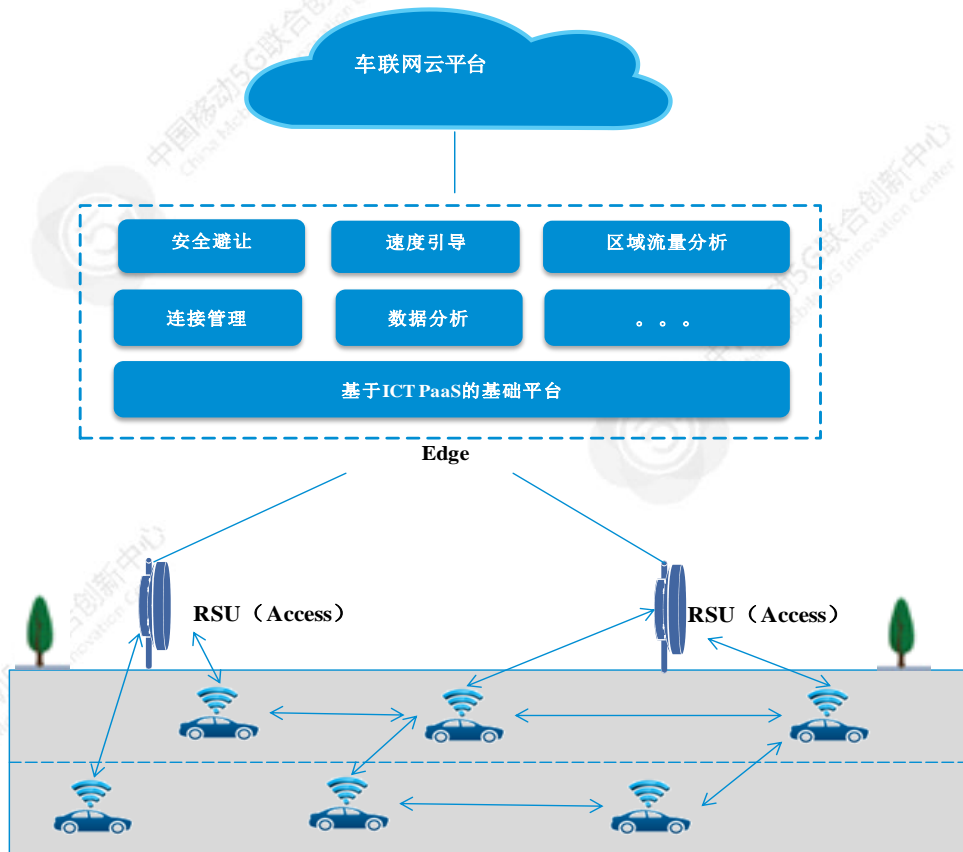


图 5-9 MEC 应用于车路协同通过十字路口场景

V2X 全球尚未有正式运营的案例，对于运营商的商业模式并不清晰；V2V/V2I/V2P 涉及到公共安全，且采用 D2D 的通信模式，恐难向用户收取数据流量费，V2N 可沿用 Telematics 收取数据流量费商业模式；V2X 的引入可能带来非流量的、间接的商业模式，通过 MEC 设备开放、V2X 数据开放或许将成为新收入增长点。

未来，MEC 应用于车联网应用，可能采取的收费模式包括：

服务业务费：提供适应运营商的车联网应用服务，按传统的模式收取业务功能费；

V2X 数据开放服务费：将通过 RSU、MEC 业务平台收集到的 V2X 数据经



过去隐私化、分类整理后，连同算法、工具封装在数据服务平台内开放给第三方用户；

MEC 基础设备使用费：向第三方车联网服务提供商开放 MEC 设备，鼓励其将 V2X 应用部署于 MEC 设备，向其收 MEC 设备费；

V2N 数据流量费：V2X 的引入，将增加车载终端对云端的数据访问量，会提升 V2N 数据流量的总收入。

5.2.3 业务优化商业模式

MEC 用于视频直播及游戏加速，业务形态可以分为两种：

一是应用方直接通过与运营商合作，针对应用方的具体应用进行整体优化签约，在此基础上应用方针对该签约业务支付运营商费用，而应用方则通过业务优化在与竞争对手业务对比中占得优势；

二是终端上的应用可集成该功能（通过 SDK 集成或调用运营商应用插件），终端用户在进行视频点播、直播或游戏应用时，通过点击该功能按钮启动优化功能，从而获得业务优化体验。而点击该功能按钮可以链接到运营商支付平台或第三方支付平台来对该服务进行按时或其他方式的付费，运营商可以跟第三方支付平台进行后向分成。

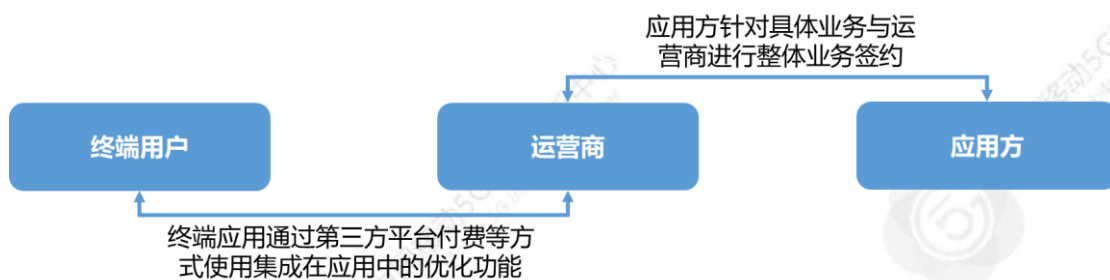


图 5-10 MEC 视频直播及游戏加速商业模式



6. 生态构建

6.1 打造生态圈

MEC 移动边缘计算首先属于云计算的边缘化形态，从商业闭环上，包括业务使用者、业务提供者和业务运营者三个角色以及对应的基础设施。行业数字化转型涉及的高速宽带接入、移动化、快速部署都需要建立良好的产业生态，推动整个产业发展。

MEC 需要解决两个问题，一个是在网络部署上可以有效解决 IoT 场景下各类低时延、高可靠性连接要求；第二是平台能够快速部署、交付业务，实现业务的连续性覆盖。

通过建立产业生态联盟，定位未来 MEC 的网络基础架构和部署建议，定期发布商业案例，搭建 IoT 开放实验环境，共同推动商业化落地进程。

MEC 产业生态联盟作为国内的产业联合推动和商业落地组织，将承接未来 5G 网络 IT、CT 的融合和数字化转型基础设施构建目标，推动整个基础设施的统一化建设。

未来万物互联，人工智能等业务的发展，必然驱动传统电信网络进行网络重构，传统电信网络由烟囱式的封闭网络，向面向业务面向对象的开放式网络转变，进行深度的 IT 与 CT 融合，形成全程全网任意业务的任意网络。

6.2 产业发展机遇

随着新技术的不断发展和普及，更多的新的应用场景将会应运而生。无人驾驶、智能码头、浸入式的体验、远程医疗、智慧家居等都将会是我们生活组成的一部分。这些应用场景将会不断推动移动流量快速的增长，对网络产生更高的要求，而当前的运营商网络是基于连接以及基于语音和数据设计为基础，即使新兴的 OTT 业务提供商通过 CDN 的方式叠加一张内容网络，但也无法从根本上解决最后一公里的接入问题。同时随着用户业务体验要求提高，内容和连接的融合不



可避免；行业的数字化转型和云计算的快速普及，大量行业的低时延本地业务等都需要有新的解决方案解决当前的问题。

IT 和 CT 网络的融合，为上述问题的解决带来了一个新的可能。ICT 融合的一个关键性的转变就是在网络边缘，可以部署基于 IT 架构的服务器。这就是 MEC (Mobile-Edge Computing)，MEC 可以看作是一个运行在移动网络边缘的、运行特定任务的云服务器，这个在传统的网络架构下是做不到的。ETSI 对 MEC 的定义，即在靠近移动用户的 RAN 网络中为用户提供基于 IT 架构和云计算的能力。是一个部署位置灵活的业务容器，可以部署在单基站、C-RAN 和城域等位置，还可以集成第三方的业务服务器。

移动边缘计算为未来的业务提供者、行业应用、基础设施提供者提供了一个很好的平台和融合节点，这将会孵化出更多的业务，在为客户提供更好体验的同时带来新的商业价值。

6.3 产业发展倡议

当前产业界对 MEC 基本达成两点共识，一是 MEC 是未来 5G 网络下重要的组成部分，是走向万物互联的一个重要业务支撑点；二是业务先行，通过业务驱动网络的快速发展和演进。

中国作为全球互联网和信息技术发展最快的国家，为新的产品和技术平台商用化提供良好的基础和先发优势。作为全球最大的移动网络运营商，我们有责任和义务和产业链上下游一起联合推动整个移动边缘计算产业的成熟，构建全球领先的通信基础设施。

目前产业界已经有边缘计算产业联盟 ECC、OFC 和 OEC 三个开放联盟组织，但是在产业落地和业务创新方面仍比较薄弱，中国移动联合业界合作伙伴向产业界发出倡议，希望在国家信息产业相关部门的领导下，联合各类科研单位、高校、学术机构、以及工业控制、交通、医疗等各类行业、终端厂家、系统集成商一起联合推进 MEC 的业务创新和商业落地。



附录 1 术语缩写对照表

缩写	释义
5G	第五代信息通信技术
API	Application Programming Interface 应用程序编程接口
AR	Augmented Reality 增强现实
CDN	Content Delivery Network 内容分发网络
D2D	Device to Device 终端到终端通信
DNS	Domain Name System 域名系统
DPI	Dots Per Inch 每英寸点数
HTCA	High Throughput Cloud Architecture 高吞吐量云架构
IoT	Internet of Things 物联网
IPTV	Internet Protocol Television 交互式网络电视
ISV	Independent Software Vendors 独立软件开发商
LBO	Local Business Operation 本地业务处理
LBS	Location Based Service 基于位置的服务
MCDN	Mobile Content Delivery Network 移动内容分发网络
MEC	Mobile Edge Computing 移动边缘计算
OTT	Over The Top 互联网应用服务
PGW	PDN GateWay PDN 网关
QoS	Quality of Service 服务质量
RAN	Radio Access Network 无线接入网
RTT	Round-Trip Time 网络往返时延
SDK	Software Development Kit 软件开发工具包
V2X	Vehicle to everything 车对外界的信息交换
VR	Virtual Reality 虚拟现实
WiFi	Wireless Fidelity 基于 IEEE 802.11b 标准的无线局域网



联合编写单位及作者

中国移动通信有限公司研究院：

（作者按姓氏笔画排序）

王丹、白常明、刘晓宇、孙滔、吴彤、张政、陈一帆、胡玉双、高有军、徐华洁

华为公司：

（作者按姓氏笔画排序）

韦尚学、李杨、欧阳琪、夏林瑾

中兴公司：

（作者按姓氏笔画排序）

张诗壮、贺文涛、黎云华

上海诺基亚贝尔公司：

（作者按姓氏笔画排序）

龙紫薇、关俊锋、李坤、杨鹏、徐炯、袁媛、黄世翔



关于中国移动 5G 联合创新中心

2016 年 2 月，中国移动 5G 联合创新中心（以下简称“5G 联创中心”）成立，旨在 4G 向 5G 演进过程中，联合合作伙伴共同推进 5G 基础通信能力成熟，孵化融合创新应用和产品，构建合作共赢的跨行业融合生态。5G 联创中心聚焦基础通信能力、物联网、车联网、工业互联网、云端机器人、虚拟/增强现实等领域，与合作伙伴开展联合创新项目，并在国内外构建开放实验室，提供基础通信实验、业务开放实验、成熟度测试认证、用户分析及体验四大能力。截至 2017 年 10 月，5G 联创中心在全球构建了 12 个开放实验室，已吸纳 112 家合作伙伴，其中垂直行业合作伙伴达到 57 家。

中国移动 5G 联合创新中心

网址：www.hc.10086.cn/5gic/index.html

联系我们：admin@cmcc-5gic.org





Copyright© 2017 中国移动 5G 联合创新中心版权所有

您可以为内部参考的目的引用本文件。本文件未授予任何其他许可。

本文件“按原样”提供，不作任何明示或暗示的保证。任何保证均明确予以否认，包括但不限于不侵权、商用性以及特定目的适用性的保证。中国移动 5G 联合创新中心不负责保证所呈现信息的精确性。本文件提供的任何信息可能会被纠正、修改和改变，恕不另行通知。使用或信赖本文件所提供信息的风险自行承担。本文件提供的所有关于第三方的信息均来源于公开资源或他们发布的报告和报表。

转载、摘编或利用其它方式使用本报告，请注明来源“中国移动 5G 联合创新中心”。违反上述声明者，我们将保留追究其相关法律责任权利。



中国移动5G联合创新中心
China Mobile 5G Innovation Center

