



中国联通智能 MEC 技术白皮书

China Unicom Intelligent MEC Technology White Paper

2019 年 6 月

目录

1	概述.....	1
1.1	白皮书愿景及目标.....	1
1.2	白皮书状态.....	1
2	MEC 边缘云智能化演进趋势.....	3
2.1	MEC 边缘云发展概述.....	3
2.2	MEC 边缘云面临的挑战.....	4
2.3	MEC 边缘云智能化的分阶段演进.....	4
3	MEC 边缘云智能化的需求分析.....	6
3.1	业务需求.....	6
3.2	管理需求.....	7
4	中国联通智能 MEC 边缘云部署策略.....	8
4.1	组网结构.....	8
4.1.1	5G 智能 MEC 边缘云.....	8
4.2	部署位置.....	9
4.2.1	5G 智能 MEC 边缘云部署.....	9
4.3	智能 MEC 边缘云功能架构.....	11
4.4	应用场景及案例.....	14
4.4.1	Lv0 传统 MEC 场景.....	14
4.4.2	Lv1 初级智能化场景.....	15
4.4.3	Lv2 中级智能化场景.....	16
4.4.4	Lv3 高级智能化场景.....	19
5	总结和展望.....	21
6	附录.....	22
6.1	缩略语.....	22
6.2	参编单位与人员.....	23

1 概述

1.1 白皮书愿景及目标

5G 规模商用在即，全球运营商纷纷加快构建以 DC 为核心的全云化网络，致力于摆脱“管道”提供商的角色，努力开拓更多新业务增长领域，转型成为数字化服务提供商。MEC 边缘云将高带宽、低时延、本地化业务下沉到网络边缘，成为 5G 网络重构和数字化转型的关键利器。数以万计的边缘节点助力运营商开启与 OTT 及垂直行业合作的新窗口，MEC 边缘云是嵌入 5G 垂直行业的重要触点。目前，中国联通在边缘计算领域积极探索，多省市开展 Edge-Cloud 规模试点，打造智慧港口、智能驾驶、智慧场馆、智能制造、视频监控、云游戏、智慧医疗等 60 多个试商用样板工程，极大地推动了产业链发展，加快了 5G 商用步伐。

与此同时，随着大数据与机器学习、深度学习的结合，人工智能在语音识别、文本处理、计算机视觉等领域的应用取得了突破。事实证明，这种利用大量数据学习规则的方式给很多问题带来了全新的解决方式。在强大的数据收集能力支撑下，人工智能技术被应用来解决诸多网络和业务的问题，人工智能使能 MEC 就是其中之一。特别是深度学习，对于处理庞大数据具有极大优势。通过在边缘计算框架中引入人工智能，可以优化边缘缓存，实现计算任务卸载以及边缘上的资源调度，进而达到优化整体边缘计算系统性能的效果。另外，MEC 边缘云将为 AI 应用的落地提供支撑。许多智能化应用（如智慧城市、智能网联等）将基于边缘计算得以成为现实，并使得这些复杂的智能应用实现在边缘侧的实时处理。在边缘侧引入人工智能，大量数据不需要再回传云端，直接在边缘侧处理，降低了延时，极大地提高了用户服务质量。因此，未来 AI 与 MEC 边缘云将会有更加深度的融合。

本白皮书基于 5G、AI、大数据、边缘计算等技术飞速发展的产业背景，提出了 MEC 边缘云智能化的内涵及分阶段演进的理念，并对智能 MEC 边缘云的功能架构和不同智能水平的典型场景进行了详细阐述。我们期望与产业界共同探讨智能 MEC 技术的发展趋势和未来商业模式，共建智能化的网络边缘生态，促进 AI 技术与边缘计算的深度融合与发展。

1.2 白皮书状态

本白皮书为 1.0 版本，主要探讨了 MEC 边缘云的智能化定义、分阶段演进规划、功能架构，以及各阶段典型的智能化应用场景。虽然还不够全面，并可能存在需要继续完善的地方，但仍希望这一版本的发布能对产业界有所帮助。随着

5G 商用网络的部署、MEC 技术标准的冻结，以及中国联通网络 AI 平台智立方（CUBE-AI）未来在边缘计算领域的应用探索，后续版本将会针对“MEC+AI”这一业界热点课题不断加入新的研究内容，欢迎各界同仁提出修改意见和建议。

2 MEC 边缘云智能化演进趋势

2.1 MEC 边缘云发展概述

在 5G 时代，MEC 边缘云可承接多种接入方式下的应用，为未来的业务提供者（SaaS）、行业能力提供者（PaaS）、基础设施提供者（IaaS）提供了一个很好的平台和融合节点。可以孵化出更多的创新型业务和应用，在为客户提供更好体验的同时带来新的商业模式。

随着行业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需要有新的解决方案，直接推动边缘计算技术加速发展，边缘计算正在成为云计算的有力补充。在 Gartner 公布的 2019 年十大技术趋势，边缘计算位列其中。Gartner 认为，从云到边缘被视为未来科技发展的重要趋势。

边缘计算的内涵很宽泛，各产业有不同的视角。ISO/IEC JTC1/SC38 对边缘计算给出了最权威，也是最宽泛的定义：边缘计算是一种将主要处理和数据存储放在网络的边缘节点的分布式计算形式。

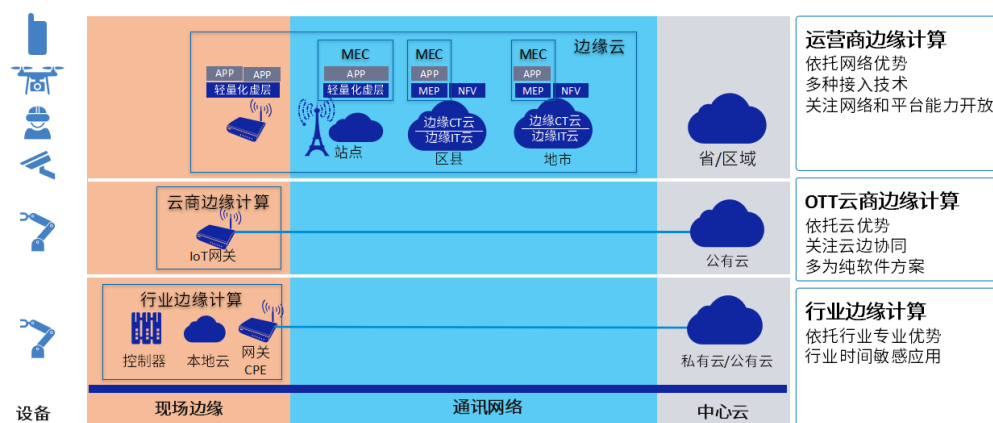


图 2.1 不同行业对边缘计算的关注点区别

相对而言，工业行业关注现场计算，运营商关注 MEC，互联网厂商关注边缘网关和云服务。在电信行业，MEC 从技术出现到备受认可和应用，经历的时间并不长。

在国内，以中国联通为代表的运营商在 MEC 边缘云方面做了积极的创新和探索。2017 年 6 月份上海 MWCS，中国联通在梅赛德斯-奔驰文化中心实现基于 MEC 边缘云的“智能场馆”商用部署，并于 2017 年底，联合 INTEL、腾讯等 OTT 厂商在天津建设成全球最大的边缘计算测试床，推进边缘 vCDN、视频解码等多种边缘业务的部署和测试工作；2018 年巴塞罗那 MWC，中国联通又宣布启动 15 个省市 MEC Edge-Cloud 大规模试点，发布了《中国联通 Edge-Cloud 平台架构及产业生态白皮书》；2019 年 MWC 期间，中国联通召开了以“构建智能边缘生态、

赋能 5G 数字转型”为主题的 MEC 边缘云商用加速计划发布会。

在国际上,MEC 也已成为很多大型运营商 5G 时代的重要战略。2017 年 7 月,美国 AT&T 宣布将重构 65000 个基站和 5000 个机房为边缘数据中心,2018 年初 Linux 基金会也创建了边缘计算开源项目。此外,沃达丰也积极参与了 MEC 标准制定,联合合作方进行了 V2X 业务创新,对企业园区、视频分发、视频监控、车联网、云游戏等场景进行了验证。

在工业互联网等 5G 垂直行业,对 MEC 及其 AI 能力产生越来越明确的需求。比如电力行业,未来以智能电表为核心的智能终端采集数据量庞大,服务实时性需求、预测准确性需求都在不断增长,预测性维护、敏捷本地故障修复、智能供电、智能巡检等智能化应用传统 MEC 功能架构下是无法满足的,因此电网企业正在引入智能 MEC 等新技术支撑这些需求的实现。

2.2 MEC 边缘云面临的挑战

随着物联网和移动互联网的飞速发展,数据量呈现指数级增长,越来越多的数据需要在网络边缘进行存储、分析和处理,对边缘计算能力提出极大挑战。

将 AI 引入 MEC 边缘云,可以大幅提升边缘计算处理能力,促进各类创新业务的落地实现。比如,在视觉识别领域,通过视频捕捉,在网络边缘深度优化人脸检测算法,可以实现 1200 帧/秒的人脸检测功能,检出率超过 98%。

同时,人工智能发展至今,在网络领域边缘计算成为打通 AI 的最后一公里。人工智能部署在 MEC 边缘云的位置,可以更有效地处理实时性要求高、存储周期短的数据,增强本地化管理运维,以及边云协同的能力,满足未来 5G 业务发展的需求。

2.3 MEC 边缘云智能化的分阶段演进

智能化是 MEC 边缘云发展的下一个阶段,更注重与业务场景的结合。智能 MEC 边缘云,是在 MEC 边缘云基础之上,从平台服务、业务使能等层面分别引入 AI 能力,可以在本地进行推理分析以及模型训练,最后做到云边协同。

MEC 边缘云智能化的建设不是一蹴而就的,而是逐步分阶段演进的过程。因此,本白皮书提出 MEC 边缘云智能化演进的四个阶段,作为智能化水平的衡量依据以及未来演进的规划参考。

MEC 边缘云的智能化水平,可重点考察 AI 平台(引擎)能力,AI 使能的平台服务能力(包含网络服务/应用服务),协同管理能力等方面因素。综合考虑以上维度,MEC 边缘云的智能化演进可以分为以下四个阶段:

- **传统 MEC 阶段 Lv0:** MEC 边缘云未引入任何 AI 能力（如推理分析、模型训练、数据感知等）；边缘节点之间、边缘节点与云端之间互相分隔、独立，全网尚未形成统一的算力平面和数据平面。
- **初级智能化阶段 Lv1:** MEC 边缘云为特定应用场景引入单一的业务 AI 能力（比如视频监控场景中的人脸识别能力），能够在本地进行 AI 推理与分析。
- **中级智能化阶段 Lv2:** MEC 边缘云引入轻量级的 AI 引擎，具备本地小规模模型训练和推理能力。
- **高级智能化阶段 Lv3:** 基于 AI 人工智能实现边缘节点与云端之间的高效协同（即边云协同），共同提供灵活自治、自主进化的泛在智能计算服务。边云协同主要体现在数据、算法、任务三个维度：数据协同打破“数据孤岛”，算法协同破解数据隐私保护难题，任务协同为应用场景提供多种类、一致性的智能服务。

3 MEC 边缘云智能化的需求分析

纵观电信技术的发展，从 2G 到 5G，从 IP 化到云化，以及大数据、AI 人工智能的全面渗透，每一次行业变革的背后都有业务需求的驱动，MEC 边缘计算同样受到这一因素的推动。

3.1 业务需求

目前，在 5G 垂直行业应用创新初期，中国联通聚焦十大重点行业，分别为智能制造、智能网联、智慧医疗、智慧教育、智慧城市、智慧体育、新媒体、智慧能源、公共安全、泛在低空。这些行业主要涉及四大类业务场景：视频监控、工业视觉、大视频、交通物流，它们具体的业务需求分析如下：

1、安防监控

在智慧园区、零售商超、住宅等视频监控场景实现边缘侧的视频预分析，实时感知异常事件，实现事前布防、预判，事中现场可视、集中智慧调度，事后可回溯、取证。目前监控视频数据量大，对视频分析的实时性要求高。因此边缘侧需要灵活易用的视频分析算法，在边缘侧对视频进行压缩、剪辑、事件检测等。

2、工业视觉

工业视觉可应用于传统工业制造中。传统的工业制造主要采用人工肉眼检测产品的缺陷，不仅工业 IoT 设备监控数据无法做到实时监控，设备巡检人力投入大，而且在检测过程中容易出错，导致误检、漏检等问题。因此需要将机器视觉应用在工业制造边缘侧进行边缘质检，实现自动视觉检测、提升产品质量，自动化运维，减少大量设备的运维运营投入，并且可以做到预测性维护。

3、交通物流

交通物流多涉及到敏感数据问题，特别是对于客户数据的安全性、合法合规/隐私保护等。因此需要采用文字识别技术，在边缘完成数据脱敏，对完整图片进行切片，在本地处理和存储关键数据和隐私数据。

4、大视频业务

大视频业务涉及互联网视频和游戏，OTT 厂家已经规模部署了很多 CDN 节点，目前仍存在互动直播/在线教育视频数据量大，互动时延要求高，云游戏、云手机、视频/语音社交等移动类应用用户分散，上云后用户时延无法保证，用户体验差等问题。因此需要引入人工智能统一管理 CDN 边缘节点，帮助用户实现应用智能调度，弹性伸缩以及边缘节点和边缘应用的智能运维。

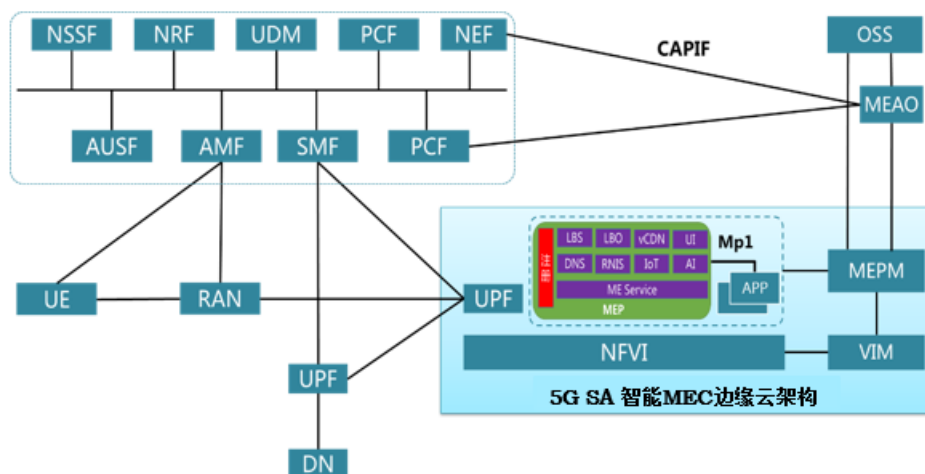
归纳起来，MEC 边缘云亟需引入人工智能技术，满足垂直行业在视频分析推理，机器视觉，智能资源调度/运维，网络深度感知，高精度定位等方面的业务

需求，实现业务实时化、数据本地化、应用智能化，从而促进 5G 行业应用的发展，繁荣产业生态。

3.2 管理需求

整个 MEC 边缘云系统的运营支撑，也需要引入人工智能，从而构建敏捷、高效的智能运维能力。边缘计算、网络切片、云原生等技术的突破，正在支撑运营商实现前所未有的运营灵活性以及服务领域的更大扩展，由此带来的管理复杂性也将指数级增长。因此，基于具体 MEC 边缘云环境的运维数据，根据不同管理对象从健康度、容量等多维度考虑，通过全面引入 AI 能力，实现问题解决的闭环和智能运维，也是迫切需要的。

4.1.1 5G 智能 MEC 边缘云



整个智能 MEC 边缘云服务器为通用 IT 服务器, AI 引擎、MEP 可作为虚拟化网络功能 VNFM 的形式部署, 分流功能根据 3GPP 协议, 将采用上行分类器(Uplink Classifier, UL CL)、基于 IPV6 的多归属锚点(Multi-homing)和 LADN 方法

实现。

4.2 部署位置

4.2.1 5G 智能 MEC 边缘云部署

通信云是基于运营商已有网络建设部署与运营经验，以支撑网络的云化演进、匹配网络转型部署、统一构建基于 SDN/NFV/云计算为核心技术的网络基础设施。未来 5G 网络各网元都将基于 NFV 技术，实现全云化部署。为了迎合这种趋势和发展，中国联通将基于 CORD (Central Office Re-architected as a Data Center) 改造传统端局为数据中心。未来网络架构横向将采用以 DC 为中心的三级通信云 DC 布局：包括区域 DC（省级）、边缘 DC（地市级）和边缘 DC（边缘级）。在不同的层级分布式部署和构建边缘和区域 DC，统一规划通信云资源池，实现面向固网/移动网/物联网/企业专线等多种接入的统一承载、统一服务。而云化网络的总体架构，横向依然沿用传统通信网络的接入网、城域网、骨干网架构，纵向演进包括传送承载、IP、网络功能虚拟化、网络管理与编排的分层体系架构。

5G 全面建设时期，广泛采用 SA 独立组网架构，方案选择 option2。由于核心网采用基于 SBA 服务化的全新核心网架构，因此智能 MEC 边缘云连接下沉的 UPF 网元，重点满足 eMBB、本地化业务、URLLC 和需要全网络覆盖业务场景。

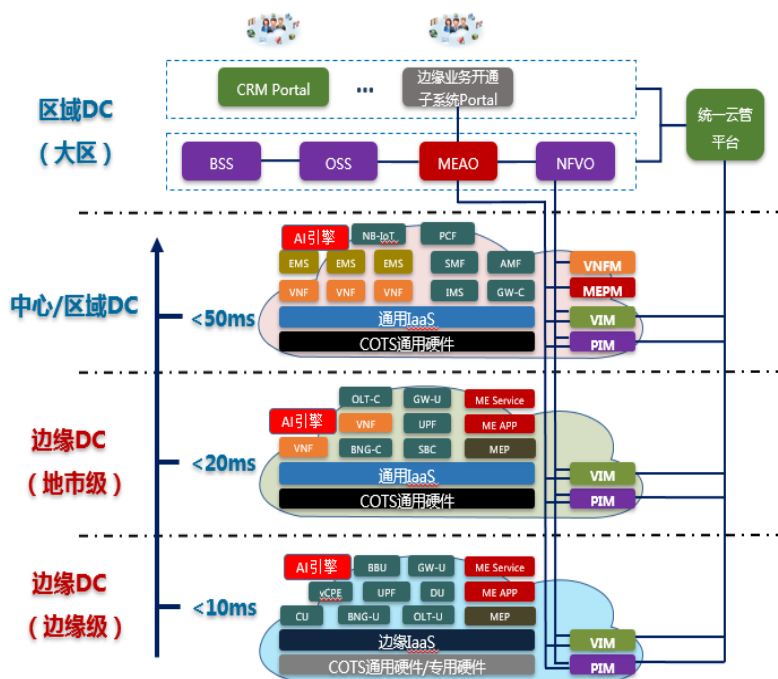


图 4.2 5G 智能 MEC 边缘云整体部署位置

管理及业务域：这一级主要部署在中国联通几个大区，即：大型或特大城市。

部署智能 MEC 边缘云相关网元包括：MEAO 边缘业务管理编排、NFVO 虚拟化功能编排、边缘业务开通子系统的界面和统一云管平台。另外还包括 OSS、BSS、CRM 等协同配合的网元功能。管理及业务域具有全局视角，负责全局的边缘云业务编排管理和策略下发，同时具备操作界面和可视化操作。统一云管平台 CMP 负责区域内多个 DC 基础设施层的统一管理，进行资源池划分和权限的管理，监控虚拟化资源和非虚拟化资源的拓扑、告警、性能、容量等信息，提供整体资源相关的报表，并通过基于 AI 算法的智能运维帮助运维人员评估潜在的风险，及时规避和消除问题。

中心/区域 DC(省级)：部署智能 MEC 管理面 MEPM 并实现与集团 MEAO 对接，MEPM 管理本大区所有本地与边缘的业务，实现业务的开通，删除以及日常维护。同时也实现对边缘业务平台的网元管理、Edge-APP 规则和需求管理（例如 Traffic Rules、DNS Rules）和 Edge-APP 的生命周期管理。中心/区域 DC 的省级还部署 VNF 配套的 EMS 功能。

边缘 DC(地市级)：智能 MEC 边缘云与通信云共 IaaS 平台，智能 MEC 边缘云业务纳入到 MEAO/MEPM 进行管理。智能 MEC 边缘云提供与公有云、私有云的对接能力，实现云边协同。边缘 DC 地市级适合部署 VCDN、AR/VR、视频监控、云游戏等业务。这些业务属于典型的 eMBB 场景，对时延要求不苛刻，但是需要在多个边缘 DC 进行部署，同时保证不同的智能 MEC 边缘云进行业务协同，以保证业务连续性、提供更好的用户感知和体验感。此外，这些业务对云的资源要求和业务处理能力要求较高，VIM 和 PIM 管理模块不采用轻量化，边缘云资源池可根据业务要求弹性扩容。

边缘 DC(边缘级)：满足大型企业数据本地化处理以及时延敏感性业务的部署需求。由于边缘机房资源受限，联通提出了轻量化 ME-IaaS 以及通用与专用硬件融合的方案。边缘 DC 采用极简运维、独立自制、即插即用，提供本地分流能力，适合部署车联网、工业控制、本地化智能场馆等业务应用。这类业务对时延和带宽要求极高，同时受限于边缘 DC 的机房条件限制和空间限制，智能 MEC 边缘云资源池扩容难度较大。管理面可以考虑采用轻量下沉部署的方式，对业务进程和管理流程进行简化和网元裁剪。有单点部署的智能 MEC 边缘云业务需求，如：工厂、园区、校园、港口等场景，本地化属性很强，本地分流需求较大，因此可将 UPF 网元下沉至覆盖单点部署区域的本地 DC 地市汇聚机房或更低的边缘级。智能 MEC 边缘云平台能力根据本地化业务要求进行按需部署，智能 MEC 边缘云管理编排模块部署在边缘 DC 的地市级。如果没有 5G SA 覆盖，则依旧参考 4G 组网架构；有连续覆盖的智能 MEC 边缘云业务需求，如：车联网、CDN、URLLC 等场景，则 UPF 网元可部署在全部联通通信云 DC 位置，智能 MEC 边缘云平台根

据 UPF 下沉位置亦可部署在全部本地 DC 层级，对于时延要求较高的业务场景，智能 MEC 边缘云管理编排模块下沉部署，可考虑对管理编排模块轻量化。

4.3 智能 MEC 边缘云功能架构

完整的智能 MEC 边缘云系统由三部分构成：智能 MEC 边缘云平台（部署在边缘节点层次），云管平台（部署在云端），AI 能力引擎（边缘节点和云端都有部署，不同层次 AI 能力有差异）。具体功能架构如下图所示：

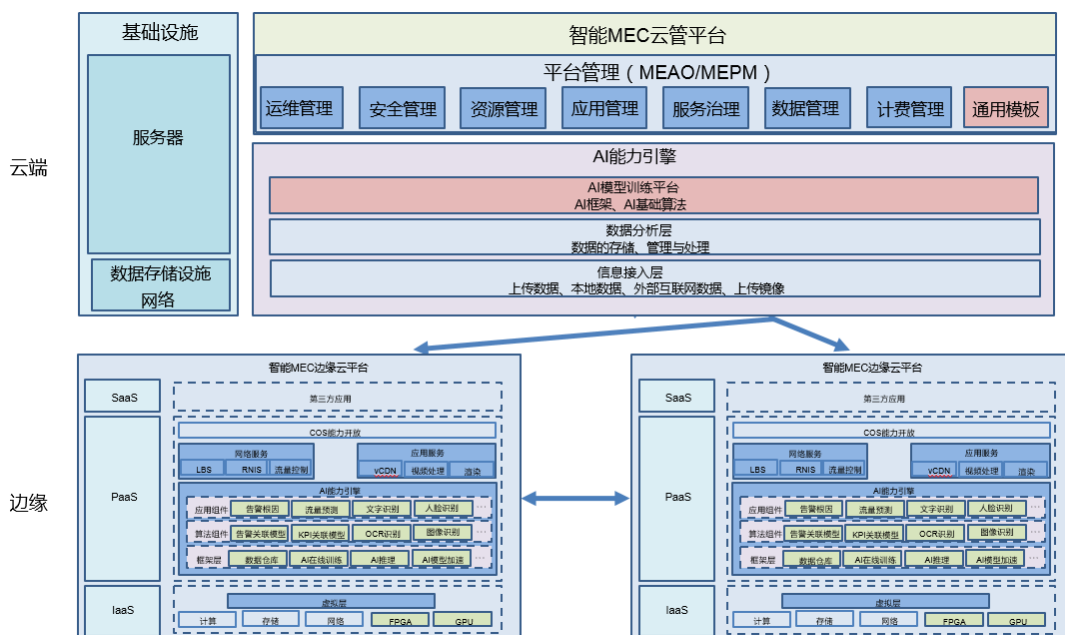


图 4.3 智能 MEC 边缘云整体功能架构

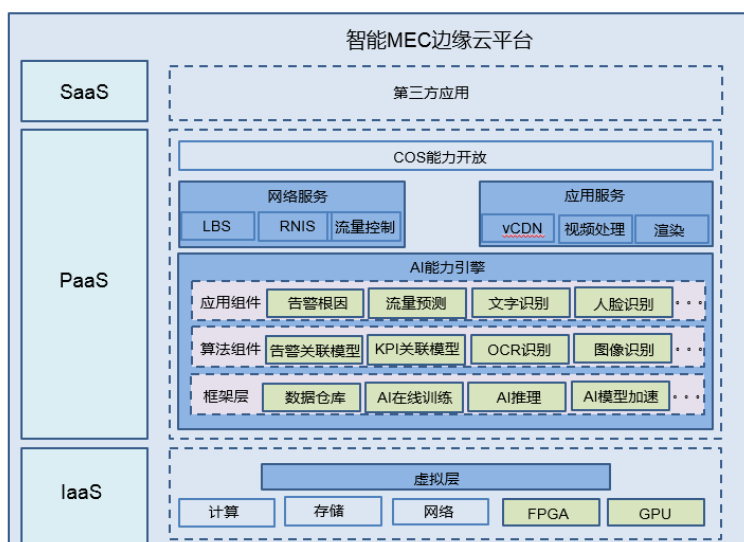


图 4.4 智能 MEC 边缘云平台的功能架构

智能 MEC 边缘云平台：部署在边缘节点，基于云化基础设施，能够提供基础网络服务（如 QoS、位置信息、RNIS、用户数据等）和应用使能服务（如视频处

理、VR 渲染、vCDN 等)。满足无线网络与固定网络的融合接入,支持 4G/5G/WiFi 等多种制式,支持 4G 到 5G 的平滑演进;支持多种硬件选型,支持 X86、ARM 等多种 CPU,支持智能网卡、NP、FPGA、GPU、AI 芯片等多种加速技术,适配不同的垂直应用场景;提供边云协同能力,实现边缘云与通信云、公有云和私有云之间的协同;支持智能边缘云的能力开放,提供对外统一接口,供第三方开发和调用。

用户可以将通常集中于云端的 AI 能力快速部署到 MEC 边缘云平台,就近完成计算,快速响应边缘应用的业务需求。除了 AI 推理能够下沉到边缘侧进行,还可在边缘侧部署一些基本深度学习模型,提供图像检测、视频智能分析等轻量级 AI 训练能力,为边缘应用提供算力和算法支撑。

云管平台:部署在云端,云管平台负责区域内(省、大区或集团)多个边缘云基础设施层的统一管理,进行资源池划分和权限的管理,监控虚拟化资源和非虚拟化资源的拓扑、告警、性能、容量等信息,提供整体资源相关的报表,并通过基于 AI 算法的智能运维帮助运维人员评估潜在的风险,及时规避和消除问题。

云管平台的功能包括资源管理、运维管理、服务治理、安全管理、应用管理、数据管理、计费管理、通用模板等。其中,资源管理支持上万边缘云节点的管理,管理面支持横向扩展,支持边缘云节点关键指标的监控与告警。运维管理支持海量应用监控、告警、日志等管理,配置边缘云节点等。应用管理提供图形化控制台,将应用镜像依据用户需求下放到合适的边缘云节点中。通用模板提供面向各种垂直行业的通用 AI 模型管理,可按需推送到边缘云节点,提高 AI 模型可移植性。

AI 能力引擎:部署在边缘节点以及云端,面向 MEC 网络服务和业务使能服务,提供各种 AI 训练和推理能力。部署位置不同,受限 DC 数据中心条件,AI 能力会有差异。一般部署在云端的 AI 能力较强,而部署在边缘侧的 AI 能力较弱。

AI 能力引擎以深度学习/机器学习为核心技术,包含业务系统数据采集、模型设计、模型优化、部署模型到实现推理,实现边缘节点的智能化以及完整的闭环控制。AI 能力引擎完成运维的智能化以及业务场景的智能化,使用人工智能技术,提升网络的智能化能力。

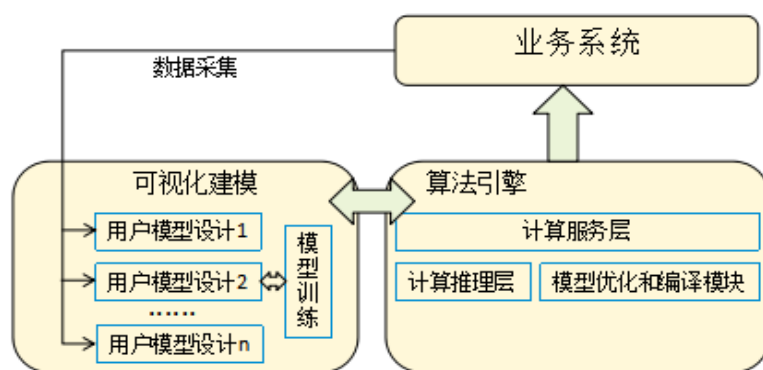


图 4.5 AI 能力引擎架构图

AI 能力引擎实现可视化建模、模型设计、计算推理层、模型优化和编译模块、模型开放等功能，通过计算服务层为业务层提供接口服务。AI 能力引擎支持业界典型的算法库，例如业界典型的 Spark MLlib、Tensorflow、Python 或者自研算法，用户可通过可视化界面，采用拖拉拽的方式方便地实现可视化模型设计和模型训练，从而实现可视化建模。系统能提供典型模型库，为业务提供方便的服务。

AI 能力引擎提供如下功能：

- 满足不同数据规模的训练、推理计算能力。
- 支持业界典型的算法库/框架：Spark MLlib、Tensorflow、Python 等。
- 提供完整的算子二次开发接口，支持的语言包括 Python、Java、Scala，支持用户自研算法。其中深度学习支持 TensorFlow 和 Caffe 计算框架进行二次开发。
- 数据的采集支持多种数据源及通用的外部数据格式，例如 CSV、Excel 文件，ftp/sftp 上的数据文件，Gbase, Mysql, Oracle, Greenplum 等常规数据库等。
- AI 能力引擎为上层应用提供模型训练、推理、状态查询、数据查询等功能，提供数据探索、可视化、常用机器学习算子训练、推理功能以及深度学习的建模和推理，以通用 Rest 接口形式为业务系统提供服务。
- AI 能力引擎提供完整的日志，包括操作日志、告警日志、执行日志。其中执行日志指模型任务执行过程中，程序输出模型训练、执行的日志。执行日志可以帮助软件研发人员定位模型设计中的问题。
- AI 能力引擎根据 MEC 部署的场景和硬件资源，支持多种部署方式，例如在训练数据集合比较大时支持大数据计算引擎，在数据量不大时，支持轻量化引擎。

- AI 能力引擎根据电信的场景总结了一些典型模型库，以帮助用户快速方便地使用本平台。
- 通过 AI 能力引擎设计及训练出的模型，供业务系统进行使用，实现 MEC 的智能化。

4.4 应用场景及案例

MEC 作为 5G 重要技术之一，在靠近用户侧的位置上提供 IT 服务环境和云计算能力，能更好地支持 5G 网络中低时延、高带宽的业务需求。MEC 和 5G 基站、边缘大数据系统配合，结合 AI 技术，在边缘业务场景智能化、无线网络的开放化等方面，将发挥重要作用。

对照 2.3 节提到的 MEC 边缘云智能化演进的四个阶段，本白皮书梳理了一系列典型的智能化应用场景，具体如下：

智能化阶段	Lv0 传统 MEC	Lv1 初级智能化	Lv2 中级智能化	Lv3 高级智能化
网络侧应用场景	本地分流	网络与业务协同的 TCP 优化	1、基于无线网络感知的本地控制优化 2、基于 AI 特征库的频谱共享&干扰协同 3、CDN 智能调度	车联网智能切片
业务侧应用场景		定制化视频识别：特定钢板质检	新能源电池生产工艺过程优化	智能驾驶

4.4.1 Lv0 传统 MEC 场景

应用一：本地分流

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，以及对于网络和终端透明部署的运维需求，基于 MEC 的本地分流方案让用户可以通过 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“虚拟局域网”体验。

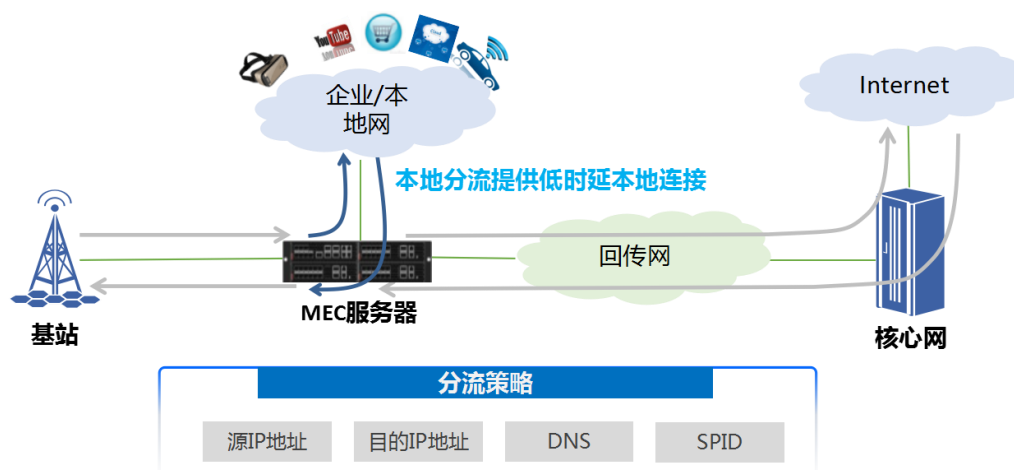


图 4.6 MEC 本地分流

4.4.2 Lv1 初级智能化场景

应用一：网络与业务协同的 TCP 优化

目前，应用无法感知网络状态，两者的信息没有有效对接，导致用户获取到的无线资源没有被充分用于提升视频下载/播放速度。

智能 MEC 边缘云基于 RNIS (Radio Network Information Services) 信息，获取当前基站的资源状况，及视频用户端的带宽信息，同时基于 TCP 透明代理，DPI 分析，通过 AI 识别，对业务流分析，包括端到端的信息（用户终端、空口资源、请求业务的类型及服务器等）。将用户的业务从终端状态、无线资源、应用协议等方面建立应用连接的大数据分析模型，通过不停的反复学习训练，从而形成相应的业务行为与无线网络环境匹配的智能化场景。将该模型应用到业务中，辅助应用端进行 TCP 窗口调整及优化。使用快启动，减少用户等待播放的起始时延，并对于重传报文优先发送，减少报文不当丢弃，如图 4.7 所示。

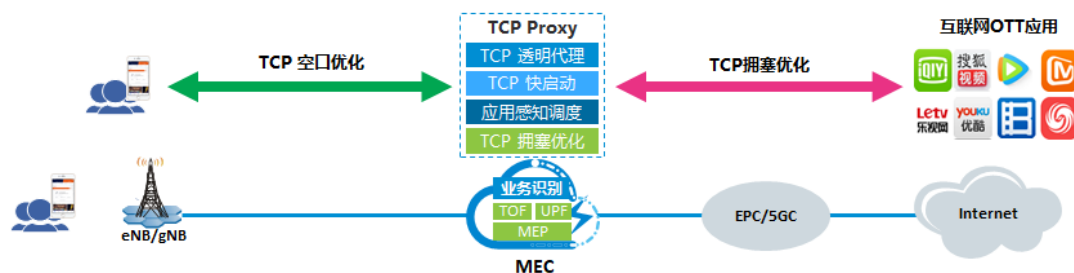


图 4.7 TCP 跨层优化示意图

应用二：特定钢板质检

工业场景中，对于诸如钢板的薄厚不均、麻点、气泡、划痕等问题，工人肉眼难以短时间精准检验，而工厂业务流水线作业对时延要求高，需要引

入机器视觉辅助人工质检。通过部署智能 MEC 边缘云，使用现场摄像头捕捉特定钢板产品的实时视频图像，在边缘侧提供缺陷识别模型集合，利用 AI 本地推理，将捕获的信息输入创建的数据模型中进行推理分析，并实时检测薄厚、麻点、气泡、划痕等。生产线上设置警示灯，提示不合格品，机械臂自动捕捉不合格品。MEC 边缘云与人工智能技术相结合，为工厂精益生产提供指导，降低成本，特别是人工成本，提高现场质量检测的效率和准确性。系统架构图如下图：

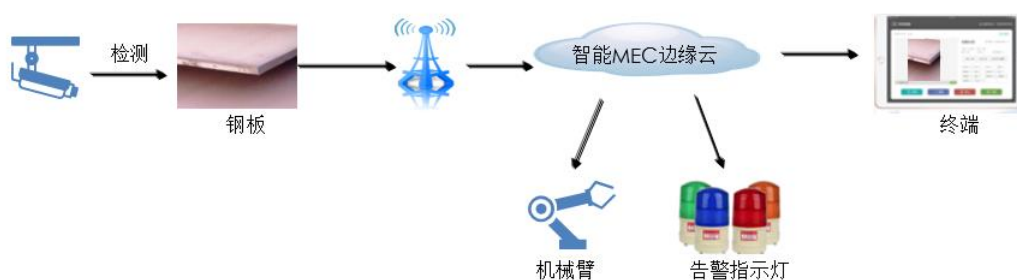


图 4.8 特定钢板质检系统架构图

4.4.3 Lv2 中级智能化场景

应用一：基于无线网络感知的本地控制优化

网络整体性能是由无线环境变化、网络负荷变化、用户终端特性、用户业务特性和用户签约属性等因素共同决定。

智能 MEC 边缘云从多个 4G/5G 站点获取无线上下文信息 RNIS，构建无线上下文环境，并统计用户终端特性、业务特性等数据，利用 AI 分析挖掘数据、业务、无线环境之间的内在关联，建立用户特征模型库。MEC 边缘云根据实时采集到的测量数据与特征库进行匹配，能够更为准确地预测用户环境与业务特性变化趋势，更好地支撑准实时的用户算法策略和参数配置优化，提供更好的业务体验。

应用二：基于 AI 特征库的频谱共享&干扰协同

智能 MEC 边缘云根据不同区域无线系统长时间的频谱测量结果，结合对各无线系统在不同区域的无线环境特征、不同时间段内的用户行为特征、不同用户的业务特征等统计数据，利用 AI 和大数据技术进行分析和建模，进行准实时的频谱共享、节能和异系统干扰协同。

场景（一）：快速频谱共享

多种制式混合组网时，不同制式小区在同一时刻的忙、闲程度可能存在差异，利用 AI 算法可以在多制式（即异系统）间，分时共享频谱资源。eNB/gNB/BSC/RNC 可以与部署在 MEC 边缘云中的智能协调服务器（Intelligent Coordination

Server) 建立连接, 通过 MEC 边缘云内置的 AI 能力, 结合历史统计数据 and 当前频谱资源使用情况进行分析决策, 动态调整相关门限, 实现异系统的频谱资源共享。

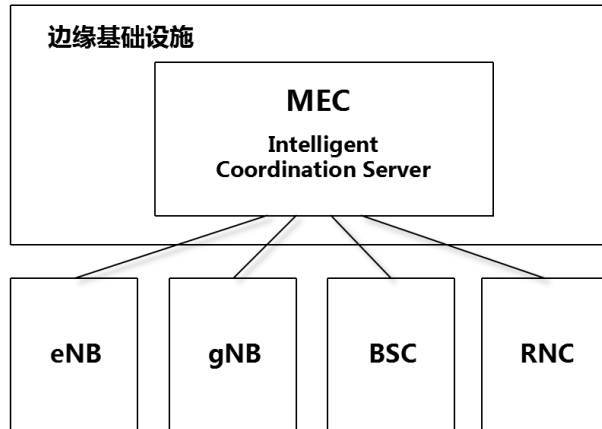


图 4.9 异系统频谱资源共享示意图

异系统间的频谱共享基于一定范围的小区组成的共享区域, 或者基于邻区关系。MEC 边缘云中的智能协调服务器分发各系统频谱使用信息并协调频谱资源。当一种制式的频域和时域资源占用情况发生改变时, 迅速将信息扩散到其他制式, 以实现小粒度的共享, 达到频谱资源的高效利用。

场景（二）：异系统干扰协同

对于无线通信系统之间的同频干扰和邻道干扰, 智能 MEC 边缘云可以通过统计分析不同系统在不同位置、不同时间段的频谱射频信号特征、业务负荷特征和用户行为特征, 建立网络特征 AI 模型; 并根据实时的无线频谱测量特征, 优化各系统的频谱资源规划与调度策略, 降低系统间干扰。

对于互调干扰, 智能 MEC 边缘云通过为不同无线系统在不同频段建立频谱特征库, 根据本地实时的无线频谱测量特征来识别和确认造成干扰的无线系统和基站位置, 为解决互调干扰提供决策依据。

应用三：CDN 智能调度

传统 CDN（内容分发网络）目前主要覆盖固网场景, 且位置较高。智能 MEC 边缘云可进一步使 CDN 更加贴近终端用户。当地市机房中同时部署智能 MEC 边缘云时, 可通过它将内容引入网内, 访问 CDN 服务器的用户请求和响应都不必再迁回到省干网络, 而可以直接从本地获取数据, 大大降低了业务访问时延。为了提高移动网边缘缓存命中率, 切实减少用户访问时延, 可以基于智能 MEC 边缘云使用 AI 对用户的业务流进行预测和分析来确定预先存储的内容, 更好提升用户体验。

对于智能 MEC 边缘云的内容分发，需要在满足时延要求情况下，设计尽可能高效的缓存算法，优化缓存性能、提升缓存命中率。为了提高缓存的效率，可以基于 AI 对用户的业务流进行预测分析，有针对性地确定预存内容。同时，为了提高主动缓存的性能增益，可以利用 AI 对用户使用习惯进行分析（比如喜好、用户的活跃程度等），对覆盖区域内内容请求的概率进行预测，同时对同一内容的不同清晰度和码率进行用户端推荐，匹配不同的用户个性化需求。智能缓存可以有效减小对后端网络和源服务器的压力，以节省计算存储资源。

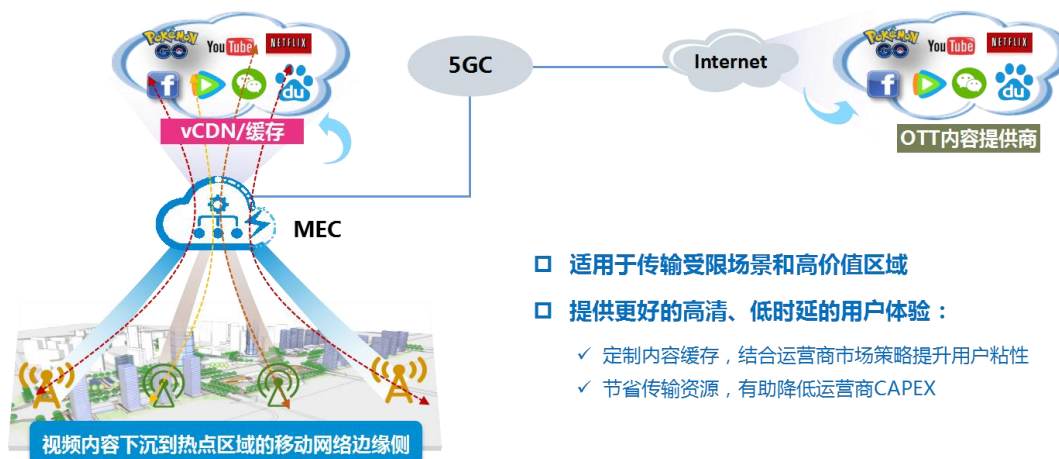


图 4.10 CDN 智能调度

应用四：新能源电池生产工艺过程优化

在动力锂电池生产过程中，搅拌、涂布以及辊压三道工序是影响电池质量性能的最关键步骤。这些工序之间耦合性强，涉及众多工艺参数的调整以及控制策略的优化，比如搅拌时间及次数、涂布温度、辊压速度等将直接影响电芯的寿命和容量。以往根据专家经验来确定加料时间和数量，检验各个阶段的浆料质量，但是人工检验将给搅拌工序质量带来重大的不确定性。另外搅拌工序的质量会影响下一步涂布，涂布工序需针对不同品质的浆料灵活调整控制策略。最后，辊压工序会涉及到厚度控制（涂层密度）、张力控制、自动纠偏控制等。在边缘节点实时采集和分析浆料的粘度，同时根据多批料搅拌过程的过程数据、品质数据的收集，通过短期学习优化搅拌模型，从而优化浆料的搅拌时间和主辅料配比数量，大幅提升搅拌工序的质量。根据厚度、温度、速度等参数的实时反馈，建立涂布工序的短期优化模型对生产工艺参数进行调整，保证本工序输出物的质量达到标准。利用检测设备，实时进行涂布基材各个位置的厚度的反馈计算。综上所述，上述三道工序在边缘侧通过短期学习建立各自简易的优化控制模型，实时调整工艺参数，以微调的方式对边缘侧模型动态的更新升级。

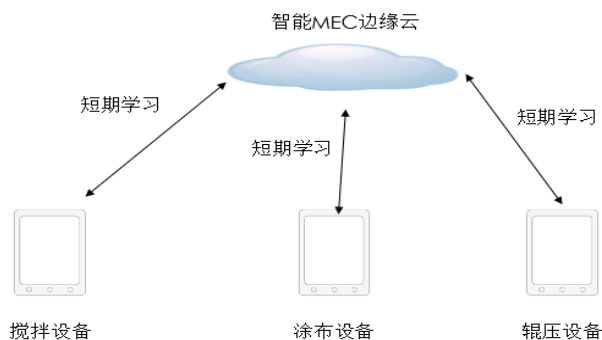


图 4.11 新能源电池生产工艺过程优化架构图

4.4.4 Lv3 高级智能化场景

应用一：边云协同的车联网智能切片

网络切片是从运营商网络中划分出一部分基础设施资源以及网络功能实体，形成一张虚拟专网，满足用户在连接、带宽、时延、安全、可靠性等方面的多样化需求。网络切片可以为不同业务提供定制化的保证能力，不同业务都在各自的“专网”上传输，互不干扰。

面向车联网应用场景，5G 切片与智能 MEC 边缘云协同编排，可以实现端到端低时延、高可靠的专网品质保障。同时，与 AI 人工智能相结合，在智能 MEC 边缘云上搭载 AI 分析/处理模块，借助边云协同，实现安全避让、速度引导、区域交通流量分析等；车辆在移动的过程中，由智能 MEC 边缘云实现切换和动态数据同步。

车联网切片中的边云协同主要体现在四个方面：

- 资源协同：主要包括计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源调度管理的协同以及相关基础设施资源使用的运营协同（包括计费、本地分流业务现状监测、动态调整本地分流策略等），未来还会包括特定场景下加速资源、GPU 等资源的协同。
- 数据协同：边缘节点通过丰富的网络、数据接口，采集车联网各类终端、传感器数据，相关数据在边缘侧分析处理为主，部分数据上传云端开展处理与分析。
- 智能协同：边缘节点为云端 AI 模型训练提供数据输入，负责 AI 在边缘侧的推理执行或轻量级训练，并将执行结果反馈给云端；云端基于边缘节点上传的数据、AI 执行反馈等信息开展集中式 AI 模型训练。
- 业务协同：边缘节点提供边缘应用实例；云端部署应用业务编排能力，按照边缘节点场景化需求实现业务编排。

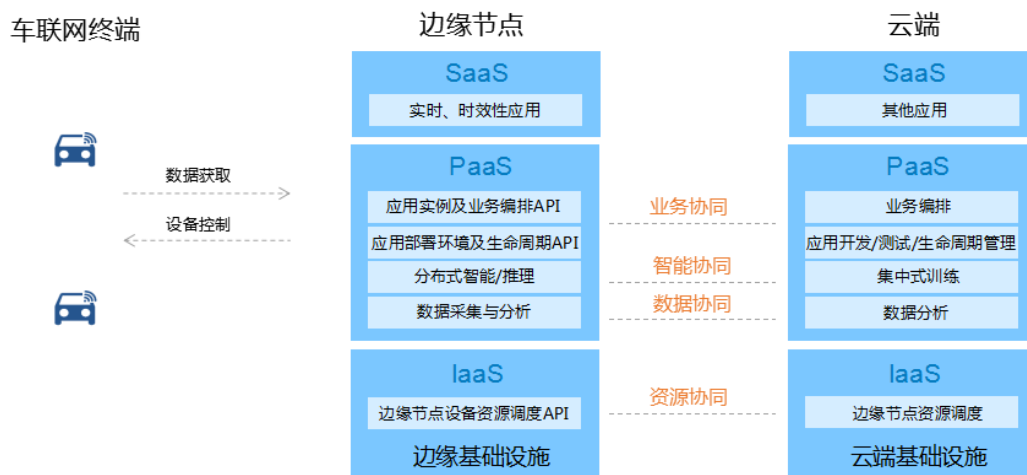


图 4.12 车联网切片的边云协同机制

应用二：智能驾驶

智能驾驶是通过人、车、路和远程控制平台之间的智能信息交换和共享，构建一个集车辆、道路和云于一体的协同服务系统。智能驾驶提供复杂的环境感知、智能决策、协同控制与执行等功能，为智能交通管理控制、智能车辆控制、智能动态信息服务提供运营商级的运营服务。

通过运营商提供的 4G/5G 高速移动网络，智能车通信模块、汽车厂家智能驾驶私有云平台、智能 MEC 边缘云平台可以互通。此外，汽车厂家智能驾驶私有云平台 and 智能 MEC 边缘云平台通过高速互联，支持高清地图下载、智能导航、车辆视频监控、数据上传和车辆跟踪，在边缘侧从车辆传感器中获得道路信息、车辆信息等一系列数据，在本地可做小规模训练并做推理决策，对于异常和无法处理的数据上传云端进行模型训练，将训练好的模型下发到边缘做推理，实现云边智能协同。系统架构图如下所示。

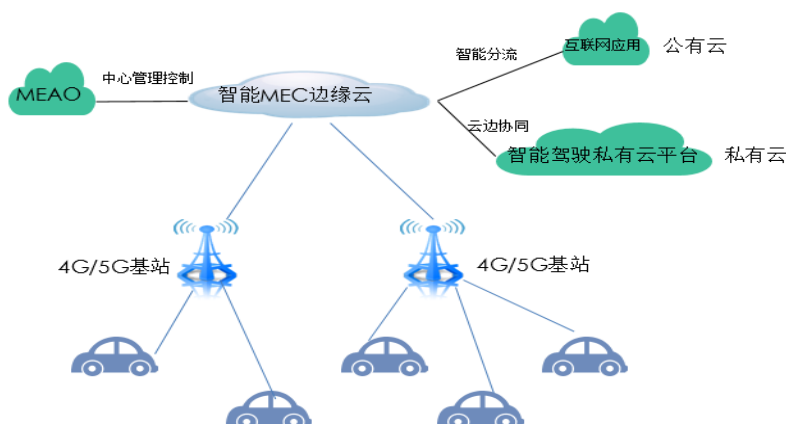


图 4.13 智能驾驶系统架构

5 总结和展望

数字化转型已经成为全球化的潮流，以数字化为基础，以网络化为支撑，以智能化为目标。通过将对象数字化产生数据，借由网络实现数据的价值流动，借由对数据的智能分析推动智能化，实现智能决策和智能操作，为各行业创造经济和社会价值，实现业务流程的持续智能优化。

MEC 作为 5G 架构的关键组成，已引起 ETSI、3GPP 等国际标准组织的高度重视，并积极开展相关研究和标准化工作。智能 MEC 是在 MEC 的基础上引入人工智能能力，目的是紧跟人工智能新一代革命性使能技术的浪潮，推动 MEC 的智能化发展。然而，MEC 智能化的发展并不是一蹴而就的，而是随着 AI 能力引入在深度和广度上的逐渐拓展，从近乎零智能的阶段逐步向边云协同的高级智能化阶段演进的过程。

在智能 MEC 产业生态构建方面，中国联通一直在积极努力与产业伙伴共同开展对新业务的研究、测试工作以及推进商业化进程。我们诚挚邀请所有移动运营商、电信设备商、应用开发商、以及所有关注智能 MEC 发展的研究机构和企业，共同参与到智能 MEC 技术标准的研究、平台的开发和现网的验证中，共同挖掘新业务场景，探讨商业合作模式，推动智能 MEC 产业的发展。

6 附录

6.1 缩略语

缩略语	英文名称
5G	the 5 th generation mobile networks
AI	Artificial Intelligence
CDN	Content Delivery Network
MEC	Multi-access Edge Computing
OTT	Over The Top
IaaS	Infrastructure as a Service
PaaS	Platform as a Service
SaaS	Software as a Service
eNB	Evolved Node B
gNB	next Generation Node B
BSC	Base Station Controller
RNC	Radio Network Controller
NFV	Network Function Virtualization
TCP	Transmission Control Protocol
DPI	Deep Packet Inspection
RNIS	Radio Network Information Services
UPF	User Plane Function
DC	Data Center
MEP	Multi-access Edge Platform
MEAO	Multi-access Edge Application Orchestrator
NFVO	Network Functions Virtualization Orchestrator
SDN	Software Defined Network
CORD	Central Office Re-architected as a Data Center
API	Application Programming Interface
LADN	Local Area Data Network
SBA	Service-based Architecture
VIM	Virtualized Infrastructure Manager

APP	Application
V2X	Vehicle to Everything
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
3GPP	3rd Generation Partnership Project
NSSF	Network Slice Selection Function
NRF	Network Repository Function
UDM	Unified Data Management
PCF	Policy Control Function
NEF	Network Exposure Function
AUSF	Authentication Server Function
AMF	Access and Mobility Management Function
SMF	Session Management Function
UE	User Equipment
RAN	Radio Access Network
OSS	Operation Support System
CAPIF	Common API Framework

6.2 参编单位与人员

中国联通网络技术研究院	李奥，吕华章，王友祥，张忠皓，刘永生， 李福昌，冯毅，廖军
中兴通讯股份有限公司	黎云华，张嗣宏，汤楠，牟博语，黄河，周 晶，曾玲玲，黄珂，张维奇，尚尔刚，左罗