



英特尔中国 5G边缘创新 实践手册

intel®

Contents

目录

技术篇

- 03 加速 5G 商用化进程 赋能产业数字化
- 04 5G 成为云网融合架构的行业基座
- 05 运营商 5G ToB 行业专网部署模式
- 06 面向不同应用场景的 5G MEC 部署方案

案例篇



AI

- 07 以创新而广泛的产品组合 赋能 5G 边缘智能
- 08 助力中国电信打造 5G MEC 边缘平台，为纺织业提供高品质 AI 质量检测能力
- 09 借力英特尔产品，联想与中国移动共建 5G MEC 边缘云智慧园区
- 10 基于 5G 专网，国家电网打造输变电路智能巡检解决方案



视频

- 11 提升编解码和渲染能力，打造优质应用体验
- 12 借助 5G MEC + VR，中国电信打造超高清景区直播平台
- 13 英特尔助力电信运营商，为政企客户打造 4K 云视讯解决方案
- 14 基于 5G MEC 边缘云，中国联通与英特尔携手打造远程维护 AR 能力
- 15 借力英特尔产品与技术，当红齐天与北京移动携手打造 5G VR 电竞新体验



工业
互联网

- 16 融合多项创新技术，推进智能制造
- 17 英特尔助力电信运营商，基于 5G MEC 工业边缘云打造智慧工厂
- 18 英特尔赋能 5G MEC，推进柔性智能制造
- 19 基于 5G 独立专网 + MEC，打造智能化采矿方案
- 20 基于 5G MEC 边缘云平台赋能家电行业打造“灯塔工厂”
- 21 南平铝业基于 5G MEC 平台构建高效能铝材瑕疵检测方案

展望篇

- 22 未来展望

产品篇

- 23 利用英特尔产品与技术 构建端到端行业网络技术解决方案

技术篇

加速 5G 商用化进程 赋能产业数字化

得益于大规模天线阵列 (Massive MIMO)、网络功能虚拟化 (NFV) 以及网络切片 (Network Slicing) 等关键技术, 新一代 5G 移动通信技术正以低时延、高可靠、大连接和高速率等优势, 通过增强型宽带 (eMBB)、海量物联 (mMTC)、超高可靠时延 (uRLLC) 三类主要应用场景, 为人们带来焕然一新的信息与通信技术 (ICT) 融合体验。

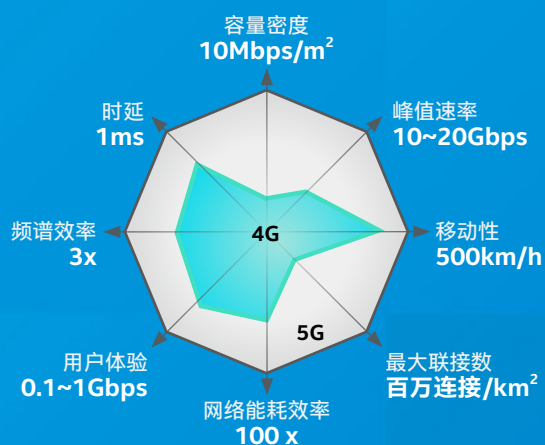


图 1-1 4G/5G 指标对比

与 4G 相比, 5G 在容量密度、峰值速率等指标上有了质的提升, 为 C 端用户带来了基于超高清视频、AR/VR、云游戏等应用的精彩体验; 同时, 5G 能针对不同行业的需求打造定制化的网络服务, 为企业 (B 端用户) 在带宽、时延以及连接规模上带来更优匹配, 可大幅提升资源使用效率, 优化行业基础建设投入产出比。

更重要的是, 5G 能有效应对多样化行业场景中对性能的差异化需求。例如, 工业互联网的瑕疵检测场景对传输速率和时延有着较高要求; 智慧园区场景又对能效和连接数量提出了挑战。而随着商用化进程的不断加速, 以及技术和标准的持续演进, 5G 正与边缘计算 (MEC)、人工智能 (AI)、大数据 (Big Data) 以及物联网 (IoT) 等信息技术深度融合, 成为各行业数字化、网络化、智能化转型的重要引擎。

为了优化 5G 应用环境, 加快 5G 应用生态的建设, 提升 5G 应用对基础经济的带动作用, 中国正通过政策和网络基础建设两个层面, 推动 5G 在工业互联网、智慧物流、智慧港口、智慧农业以及智慧水利等重点领域的深度应用。

在政策层面, 工业和信息化部联合中央网信办、国家发改委等 9 部门印发了《5G 应用“扬帆”行动计划 (2021-2023 年)》¹, 旨在通过加快 5G 等新型基础设施建设, 丰富 5G 技术应用场景, 让 5G 为千行百业赋能。在政策指引下, 目前大型工业企业的 5G 应用渗透率已超过 35%, 每重点行业 5G 示范应用标杆达 100 个。

在网络基础建设方面, 目前中国已建成的 5G 基站占全球 70% 以上, 5G 终端连接数占全球 80% 以上², 建成虚拟专网、混合专网数千个, 并打造了全球规模最大的 5G 独立组网 (SA) 网络, 为 5G 赋能产业数字化转型打下坚实基础。

¹ 《5G 应用“扬帆”行动计划 (2021-2023 年)》http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-07/13/content_5624610.htm

² 目前中国已建成的 5G 基站占全球 70% 以上, 5G 终端连接数占全球 80% 以上,
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1710136138601570096&wfr=spider&for=pc>

5G成为云网融合架构的行业底座

5G 既可通过公网，也可通过专网来向各行业应用场景提供广泛的数据传输、设备连接和业务处理能力。对于垂直行业用户而言，公网的优势在于频谱利用率更佳，更有利于用户基于 5G 技术实施业务，并实现降本增效。

云网融合是目前各行业开展 5G 应用融合的重要方向。云网融合架构的构建，可以有效应对企业在开展数字化、智能化转型时遇到的问题：

- **数据传输成本：**传统架构中的核心服务器集群，通常部署在远端数据中心或云端。要实现前端数据实时快速传输至后端，所需带宽会给用户带来巨大成本压力；
- **时延性能要求：**传统架构下前后端过长的网络链路，会带来时延性能的不可控。在一些时延敏感型场景中，显然会带来整体效能的下降；
- **数据安全：**通过长链路将前端数据传送至云端或远端数据中心，无疑会带来更多的数据暴露面，令数据安全性和产品隐私面临风险。

通过与边缘计算的结合，云网融合架构可以有效地解决上述问题。

典型的基于 5G 网络的云网融合架构如图 1-2 所示，一方面，通过 MEC 智能边缘云的构建可以有效减少业务数据处理延迟，提高可扩展性、数据安全性，以及业务开发敏捷性，满足对本地高速业务数据处理、网络基础设施更高稳定性等业务需求；另一方面，在面向用户一线的终端侧（如宏站），利用切片、载波聚合、超级上行、无线资源预留等技术，可为行业用户提供低时延的无线接入能力以及高服务质量（Quality of Service, QoS）保障，提升 5G 网络对行业应用的支撑力度。

通过云网融合架构，运营商可以将 5G、MEC 技术、大数据平台以及由英特尔等合作伙伴提供的各类计算处理能力融于一体，构建“云 - 网 - 边 - 端”一体的行业底座，有效应对多种场景中对性能的不同需求。例如，对于如线路巡检等低时延、高并发的实时性业务，可以借助 MEC 边缘云的位置优势，实现业务就近入云；对于时延不敏感的业务，如数据分析等高密度计算负载，则可以依靠 5G 网络的优势，实现业务统一调度以及差异化保障。

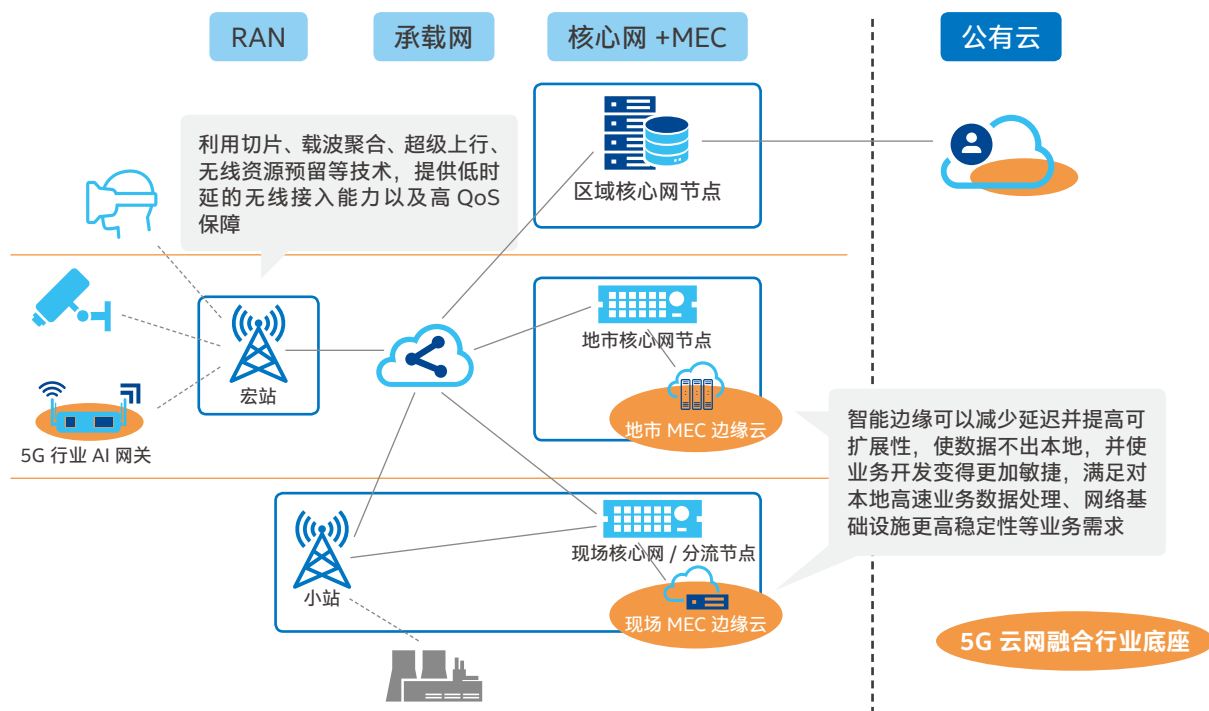


图 1-2 基于 5G 网络的云网融合架构

运营商 5G ToB 行业专网部署模式

与公网相比，5G 专网在处理时延、网络稳定性、数据安全性以及系统可维护性等方面有着更为突出的优势，在对高速率、大容量、低时延指标有着更高要求的行业场景中更受青睐。以中国移动打造的 100 个集团级 5G 龙头示范项目为例，其中 70% 的项目，已经提出了明确的网络专用需求³。

目前，中国电信运营商面向行业应用部署 5G 专网，主要用以下三种模式：

与公网完全共享模式

这一模式采用了“公网 + 切片”的模式，适用于广域专网业务，其典型优势包括：

- **灵活性、敏捷性更高：**用户可基于需求灵活签约专属切片，并实现自主运维能力；
- **服务范围更广：**凡有运营商公有网络的地方均可提供软切片能力，拓展了服务范围；
- **建设部署周期短：**用户无需采购专属设备，项目建设周期短，通过数据配置即可实现开箱即用。

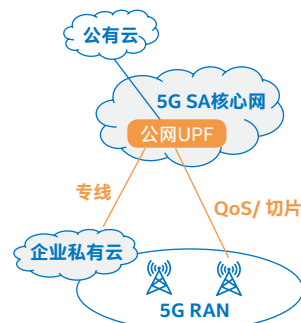


图 1-3 与公网完全共享的 5G ToB 行业专网部署模式

与公网部分共享模式

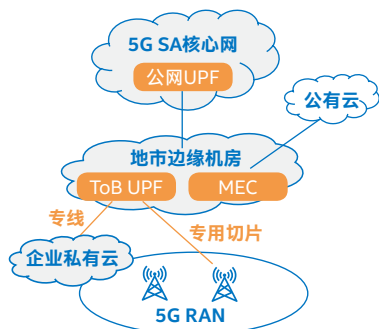


图 1-4 与公网部分共享的 5G ToB 行业专网部署模式

这一模式采用了“公网宏站 + 地市边缘机房（MEC+ToB UPF）”的模式，适用于时延敏感型业务，其典型优势包括：

- **提供超低时延：**借助空口预调度等技术，有效帮助用户提升时延指标；
- **上行带宽增强：**利用空口资源上下行配比优化、载波聚合等技术，有效增强上行带宽；
- **灵活自服务能力：**为用户提供专网自主管理、自主配置等能力，实现灵活的自服务能力；

独立部署模式

这一模式采用了“行业小基站 + 现场边缘机房（MEC+ 专用 UPF）”的模式，适用于安全敏感型业务，其典型优势包括：

- **增强数据安全性：**借助核心网控制面及用户面网元下沉，保障用户业务数据不出专网范围，为用户提供增强的数据安全保障；
- **更强网络可用性：**与公网完全隔离，不受外界故障影响，更好保证用户业务连续性；
- **更优覆盖能力：**可针对用户需求提供定制化网络规划和优化，灵活规划部署宏站和室分等设备，实现更优网络覆盖能力。

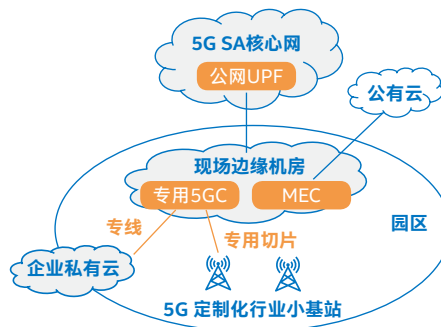


图 1-5 独立部署的 5G ToB 行业专网部署模式

³ 数据援引自公开媒体报道：<https://ishare.ifeng.com/c/s/7yJOLi4Uwfr>

面向不同应用场景的 5G MEC 部署方案

在基于运营商的 5G MEC 部署方案中，边缘云部署在不同层级的运营商机房（例如地市级接入机房）内，各类应用场景中的用户既可通过 5G 无线接入网（宏站），经承载网以及地市核心网节点接入 MEC 边缘云，也可借助无线接入网、承载网以及区域核心网节点与公有云连接。

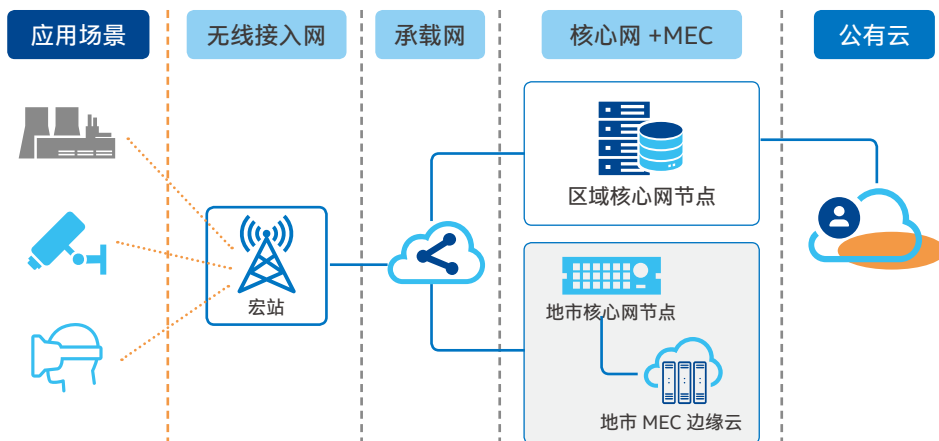


图 1-6 基于运营商的 5G MEC 部署

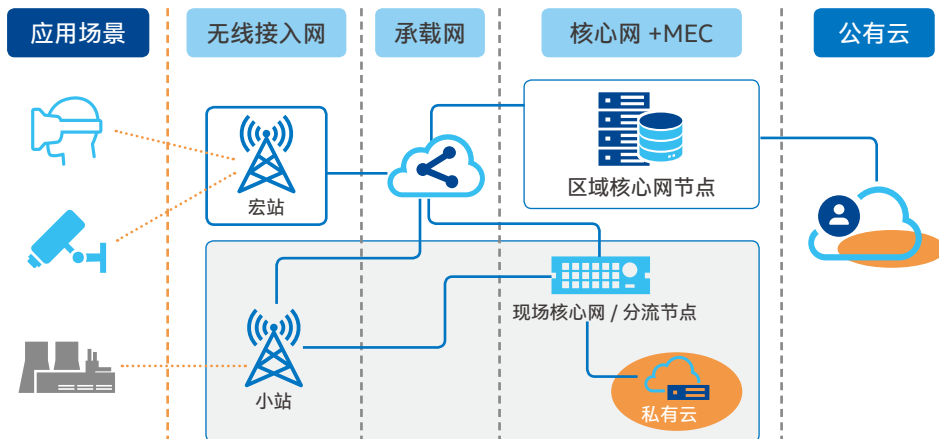


图 1-7 5G 行业私有云部署

在 5G 行业私有云部署方案中，一部分应用场景中的用户通过 5G 无线接入网（宏站），经承载网接入现场核心网/分流节点，一部分应用场景（例如工业场景）中的用户通过 5G 小站接入现场核心网/分流节点，以上接入请求都会被分流至部署在客户现场的行业私有云。

在 5G 行业 AI 网关部署方案中，一部分应用场景中的用户通过 5G 无线接入网（宏站）接入现场核心网/分流节点，并经承载网分流至部署在客户现场的行业私有云。一部分应用场景（例如工业场景）的用户可通过内置 AI 模块的 5G 行业网关，通过 5G 小站接入现场核心网/分流节点，并最终分流至部署在客户现场的行业私有云。

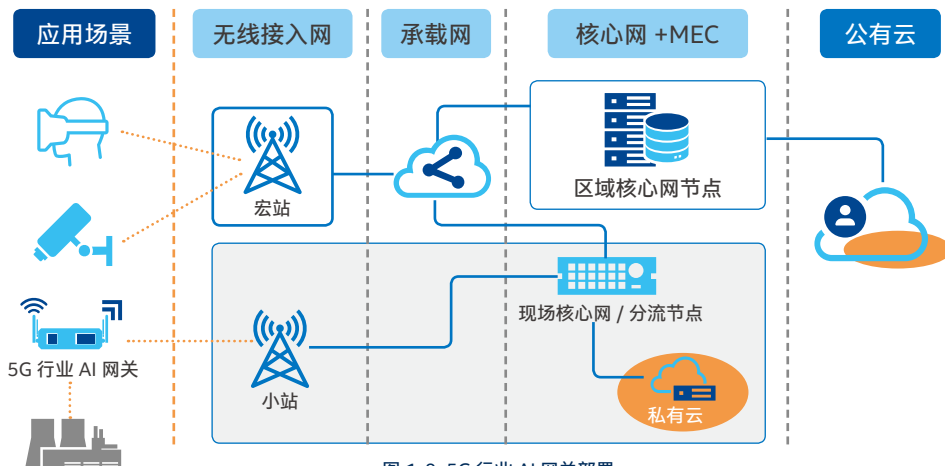


图 1-8 5G 行业 AI 网关部署

案例篇 - AI

以创新而广泛的产品组合 赋能 5G 边缘智能

伴随算力的突破和算法的创新，借由数据洪流推动的人工智能（Artificial Intelligence, AI）技术，正迅速从概念走向现实，并将在各行业领域发挥越来越重要的作用。

尤其在制造、金融、电力、交通以及园区管理等传统行业的数字化、智能化转型过程中，AI 应用一方面可以改变各行业过去落后的生产模式，使重复机械的工作实现自动化；另一方面，更为深入和智能的数据分析方法，也帮助企业管理者更快速高效地透过数据获得洞察。

AI 面向各行业实际场景部署时，不免遇到多种挑战，包括：

- 在许多行业中，AI 应用所需的数据大部分来自贴近设备和应用场景的边缘端，海量数据传输对网络带宽带来巨大压力；
- 在一些时延敏感型场景中，大量业务数据如上传至数据中心 / 云端进行处理，势必无法满足用户对低时延的高要求；
- 物联网技术的快速发展带来更多连接需求，需要系统具备更强的接入能力；
- 对数据隐私和信息安全的顾虑，使更多用户希望将数据进行本地化处理，而非长距离传输。

5G 与 MEC 技术的到来，让以上挑战获得良好的解决方案，同时在网络边缘构建起的强劲计算处理能力，也可让复杂的 AI 处理能更高效地实现。而通过 5G 边缘智能方案，各行业用户能够在以下方面获得显著收益：

- 面向生产一线部署的边缘处理能力使设备响应能力得到增强；
- 借 5G 网络在 mMTC 场景中的优势，能有效增加设备连接数量；
- 边缘节点能为 AI 应用中的关键性隐私数据提供更强保护。

作为 5G 边缘智能的探索者，英特尔不仅可为 5G 边缘智能方案提供关键算力，也能为降低 AI 能力部署门槛、加速 AI 推理效能提供各类软件平台；此外，英特尔还与众多合作伙伴一起，在多个细分领域中携手开展了 5G 边缘智能方案的构建与验证。

下文将就多个 5G 边缘智能案例在实际场景中的落地与应用，围绕其中的 5G MEC 架构与 AI 技术部署情况，共同探讨英特尔相关技术与产品在真实场景中的应用和优化方案。

助力中国电信打造5G MEC边缘平台，为纺织业提供高品质AI质量检测能力

方案简介

中国电信携手英特尔，采用第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器、英特尔® 酷睿™ 处理器、边缘洞察软件 EII 以及 OpenVINO™ 工具套件，打造 5G MEC 边缘平台，提升云边协同以及边缘推理分析能力，帮助纺织企业实现了高速、智能化的产品质量检测。

方案背景

传统纺织企业通常借助人工方法对产品瑕疵进行检测，不仅效率低，准确率也大打折扣。现在，更多纺织企业正引入基于“AI+ 机器视觉”的方案，来对纺织品瑕疵进行智能化检测，其核心流程是通过前端高清摄像头采集图像后，使用深度学习模型实施推理检测。

视频 / 图像数据获得高效 AI 处理是以上智能化检测方案实现高效能的关键。纺织机械通常有着较高的运行速度，要在高速运行中获得可靠的检测精度，支持漏针、破洞等各类瑕疵的检出，并实现启停、告警、裁切等动作，对采用传统架构和软硬件构建的纺织业 IT 系统能力提出严峻考验。

方案架构

为帮助纺织企业构建高质高效的质检能力，中国电信与英特尔一起，以一系列英特尔先进产品与技术为抓手，打造高质量的 5G MEC 边缘纺织品质检测平台。

方案如图 2-1 所示，采用了两级边缘服务器设计，其中：

- 面向产线的边缘服务器基于英特尔® 酷睿™ 等处理器，通过英特尔® 工业边缘洞见平台（EII）控制高清摄像头，以及对瑕疵数据进行采集、缓存与上传训练优化的数据，并结合 OpenVINO™ 工具套件在现场边缘进行推理分析与产线设备控制等；

- 瑕疵数据可经过 5G 网络上传至接入局房的边缘 MEC 服务器，第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器，以及 OpenVINO™ 工具套件构建的计算优势会在这里发挥作用——根据上传数据对算法进行迭代优化，然后将优化后的算法模型下发至产线边缘服务器，由此形成完整工作闭环。

方案获益

新的边缘解决方案在部署后，可为纺织企业带来以下优势与收益：

- 通过将人机界面、工业控制、图像基础处理等实时数据采集量大或对数据延迟敏感的应用部署在产线边缘服务器，提升了对一线设备的快速控制能力；
- 接入局房的边缘服务器和云端数据中心则承载算法训练、统一管理算力需求量大、需要异地多端资源协同的应用，提升效率；
- 先进的基于英特尔® 架构的处理器平台提供的强劲算力，以及创新软件提供的 AI 加速和方案部署优化，为云边协同提供坚固基石；
- 中国电信高速 5G 网络有效连接云边，最大程度地发挥边缘计算在即时数据处理、降低网络负载等方面的优势，以及云平台在资源整合与提升应用敏捷性等方面的优势。

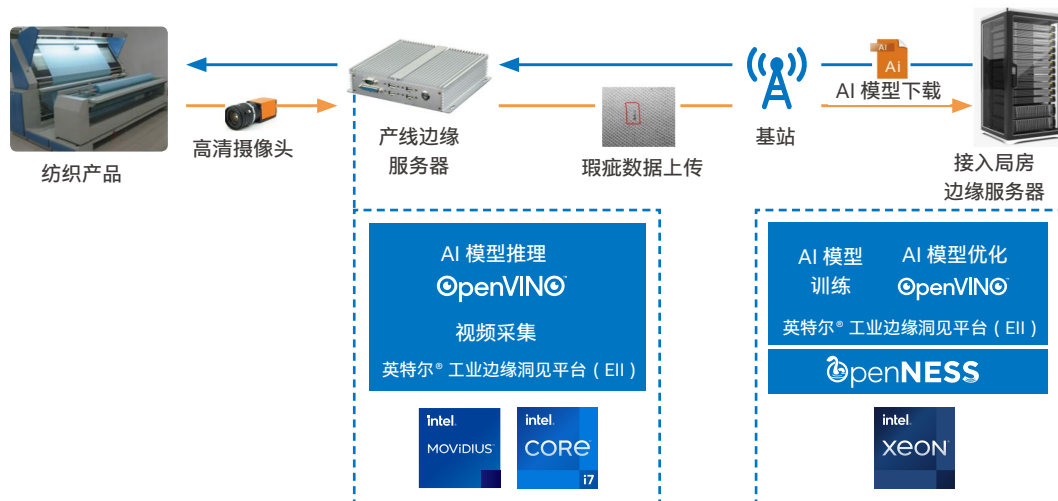


图 2-1 中国电信 5G MEC 边缘纺织品质检测平台



借力英特尔产品， 联想与中国移动共建 5G MEC 边缘云智慧园区

方案简介

借助英特尔® 至强® 可扩展处理器等平台产品的特性与优势，为基于 5G MEC 边缘云的智慧园区解决方案提供强劲算力，帮助用户在本地即可支持模型推理等 AI 处理工作负载，实现了低时延与高业务安全性，为园区客户带来全新的智能化转型体验。

方案背景

5G 新基建的全面铺开，正为智慧园区的发展带来新的契机。涉及智慧生活、智慧办公等细分领域的一系列智能化应用，正将全领域、全场景和全周期的智能化服务落到实践中，为入驻园区的客户带来全面的智能化转型体验。

但“各自为政”的建设方式也成为智慧园区系统持续发展的隐形天花板，日益扩容的园区业务数据规模，使客户应用在使用上面临效率、时延以及安全性等方面挑战：

- 各种智能化应用孤岛效应严重，重复建设较多，缺乏统一的 5G 解决方案；
- 长距离远端接入带来应用效率、稳定性和时延的不可靠；
- 园区内的敏感信息和数据经常暴露在公网或第三方，无法满足园区内业务的安全需求。

方案架构

为应对以上挑战，中国移动与联想一起，结合行业需求，构建了基于 5G MEC 边缘云智慧园区解决方案。

方案如图 2-2 所示，采用了创新的 5G MEC 边缘云设计，其中：

- 得益于全面覆盖的网络能力和大规模的边缘机房，中国移动推动客户业务下沉至临近园区一线的边缘节点，满足智慧生活、智慧办公等差异化的业务性能需求；

- 由联想提供的智慧园区解决方案在边缘平台部署后，能通过各应用间的数据联通、端到端的集成服务、一站式的智能运营能力，帮助园区客户快速实现业务部署和上线；
- 由英特尔® 至强® 可扩展处理器等平台提供的强劲算力，能让大多数客户业务在本地实施模型推理等 AI 处理，在实现数据不出园区与低时延的同时，也确保业务获得更高的安全性。

方案获益

新的解决方案在部署后，可为智慧园区的发展带来以下优势与收益：

- 5G MEC 边缘云方案通过将海量数据的处理从传统的数据中心 / 云端转移至园区一线，不仅有效减轻网络压力，也带来处理效能、安全性等方面的显著提高；
- 由 5G MEC 边缘平台对园区智能应用提供统一的数据处理和资源调度、管理能力，不仅消除了数据孤岛现象，业务协同能力也获得提升；
- 源于英特尔先进软硬件产品的性能支撑，让 5G MEC 边缘云有能力应对智慧园区越来越复杂和多样化的业务需求；
- 来自中国移动出色的 5G 网络覆盖和接入能力，让园区客户能够更便捷地部署智能化应用。



图 2-2 中国移动与联想基于 5G MEC 边缘云的智慧园区方案



基于5G专网， 国家电网打造输变电路 智能巡检解决方案

方案简介

为满足国家电网输变电路全程、全天候巡检需求，国网信通与英特尔合作，引入第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器、FlexRAN 参考架构以及 OpenNESS 开源软件平台等产品与技术，以全新的 5G 专网构建输变电路智能巡检方案。

方案背景

输变电路巡检是保障电网高效、安全运行的基础性工作之一，传统人工巡检的方式工作强度巨大，需要消耗大量人工。虽然巡检机器人等新的自动化方式已逐渐被引入电力企业，但受限于通信带宽和终端处理能力，其巡视面往往不足且结果需由人工做后分析，一方面无法做到全程、全天候巡检，另一方面对突发灾情也无法做到实时评估。

5G 时代的到来，让输变电路自动化巡检获得新的技术选择。要满足全程、全天候巡检的需求，5G 电力专网的设计需要构建高效的边缘计算处理节点，实现业务就近卸载和按需分发，并对无人机控制等边缘场景中的关键 AI 应用提供强劲坚实的算力支持。

方案架构

国网信通正与英特尔一起，如图 2-3 所示，针对输变电路巡检中的真实需求，结合 5G 与 MEC 技术带来的网络传输与边缘计算优势，通过 5G 综合智能柜等产品，以全新的 5G 专网解决方案构建输变电路智能巡检方案。

- 方案通过 5G 网联无人机对输变电路进行巡检，所采集的图像可以由 5G 专网传输至就近的 MEC 节点进行处理分析，并及时对无人机下发控制指令；

- 在 MEC 节点的硬件设计上，方案将 BBU、RRU 等产品聚合在一起，在单一机柜内集数据通信、存储、计算及应用于一体，方便电力企业的部署与应用。在硬件之上，其内置的 MEC 数据计算平台、业务应用平台等，为上层的众多智能化应用提供了充沛的能力。企业可根据实际场景需要来选配不同 AI 应用系统，从而满足了各应用场景差异化需求；
- 来自第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器、FlexRAN 参考架构以及 OpenNESS 开源软件平台等先进产品与技术，为方案的构建提供了强劲的算力、架构与软件方案支持。

方案获益

新的 5G MEC 专网解决方案在部署后，可为国家电网等电力企业带来以下优势与获益：

- 巡检任务智能化：网联无人机通过 5G 网络与后台巡检管理系统实时交互，实现自动巡检任务编排、巡检高清视频实时回传、故障智能分析与隐患预警，并可远程遥控二次精细化巡检任务；
- 精细化巡检：基于 AI、5G Massive MIMO 及 Beamforming 低空干扰抑制技术，形成电力架空线路 5G 智能全自动飞行精细化巡检方案；
- 网络互补优势：与 5G 公网形成互补优势，解决电网“真正最后一公里”通信接入问题，以及巡检过程中的通信时延及数据安全等问题。



图 2-3 基于 5G MEC 专网构建的输变电路智能巡检方案

案例篇 - 视频

提升编解码和渲染能力， 打造优质应用体验

计算机视觉技术的快速发展，使各类基于视觉技术的新技术、新产品正在帮助人们将视角投射于更广阔的领域，并通过更丰富和直观的交互方式，引领人们的工作生活方式发生变化。

这其中，将虚拟感触与真实环境相互叠加的 AR（增强现实）技术，利用三维虚拟世界提供丰富感官模拟的 VR（增强现实）技术，以及高清视频会议系统等，正结合 ICT（信息与通信技术）提供的先进 AI、视觉、通讯和交互能力，面向制造、商务、文旅等不同领域的需求帮助人们构建多种创新应用，在提升效率的同时打造更优体验。

这些应用在实际部署与实践过程中，也遇到一些新的挑战，包括：

- 越来越多个性化、精细化和实时化的应用场景，对视频产品中的编解码和渲染能力提出考验，需要部署更有力的软硬件基础设施予以支持；
- 视频产品在为业务场景提供优异体验的背后，需要强有力的算力支持，以避免使用时出现卡顿、超时等问题；在一些敏感场景中运用视频产品，需要更多考虑数据隐私与信息安全问题。

5G 网络与 MEC 技术的高速发展，正以面向边缘的高带宽、低延时和大连接特性，有效帮助视频产品应对上述挑战。通过 5G MEC 与视频产品的有效融合，各业务场景能在以下方面获得显著收益：

- 更低的响应时延带来更优的使用体验；
- 更大的数据处理能力带来更丰富的内容呈现；
- 本地化的部署保证数据隐私得到更强保护。

作为计算机视觉领域的积极探索者，英特尔不仅可为 5G MEC + 视频产品方案提供关键算力，也能以各类软件技术方案加速视频产品中核心编解码和渲染能力。此外，英特尔还与众多合作伙伴一起，在多个细分领域携手开展了 5G MEC + 视频产品方案的构建与验证。

下文将就四个落地案例，围绕其中的 5G MEC 架构与视频产品部署情况，共同探讨英特尔技术与产品在这些真实场景中的应用和优化方案。

借助 5G MEC + VR， 中国电信打造超高清 景区直播平台

方案简介

中国电信依托天翼云平台，基于英特尔 OVCWebRTC 360 Video Sample 和 SVT 开源架构，借助第二代英特尔® 至强® 处理器提供的 8K HEVC 实时转码能力，构建高质量的 5G MEC + VR 直播解决方案，帮助景区为游客打造云游新体验。

方案背景

读万卷书，行万里路一直是人们的美好梦想，但游遍千山万水不仅需时间充裕，同时也要荷包丰厚。尤其疫情的出现，更进一步阻碍了人们的出行，使各个景区游客人数大幅下降。为了在做好疫情防控举措的同时逐渐恢复旅游业，多个景区借助中国电信快速发展的 5G 网络，通过打造 5G MEC + VR 直播解决方案，让用户在虚拟世界中也能畅游景点，感受大好河山的美丽风景。

方案架构

中国电信携手英特尔，借助英特尔先进的产品与技术，基于天翼云平台，构建高质量（可达 8K 分辨率）的 5G MEC + VR 直播解决方案。

方案如图 3-1 所示，以中国电信天翼云为依托，通过广泛部署的边缘机房为直播平台提供推流 / 拉流能力，其中：

- 在景区现场架设的 8K VR 相机，可将百兆码率的景区 360 度全景视频，经 5G 信号或千兆宽带传输到 5G 核心机房或边缘节点，并在 5G 核心机房进行转码处理；
- 在面向终端的超分辨率视频呈现方面，中国电信天翼云使用超分辨率算法对解码后的视频图像进行增强渲染，使用户的视觉体验更为平滑自然。人们观看 VR 直播的时候可以 360 度全方位领略景区风光，不用担心出现“头晕目眩”的情况。

- 全新的 VR 视频直播系统构建于英特尔的 OVC (Open Visual Cloud) WebRTC 360 Video Sample 和可扩展视频技术 (Scalable video technology, SVT) 开源架构之上，依托第二代英特尔® 至强® 处理器提供的 8K HEVC 实时转码能力，大幅降低端到端时延与转头延迟；
- 为保证稳定的图形架构，天翼云同时也将开源的 VR 播放器移植到手机移动端和 VR 一体机上，大大提升 5G 技术对播放设备的兼容性。

方案获益

新的边缘解决方案在部署后，可为用户（虚拟游客）带来以下全新体验：

- 得益于 8k 视频技术的采用，方案中的 VR 直播对景区细节进行了超高清还原。用户置身 VR 直播，景区一草一木仿佛全都触手可及；
- 新方案提供了一种全新的“旅游”方式，让人们可以足不出户就能尽赏祖国大江南北的精彩人文和美景。

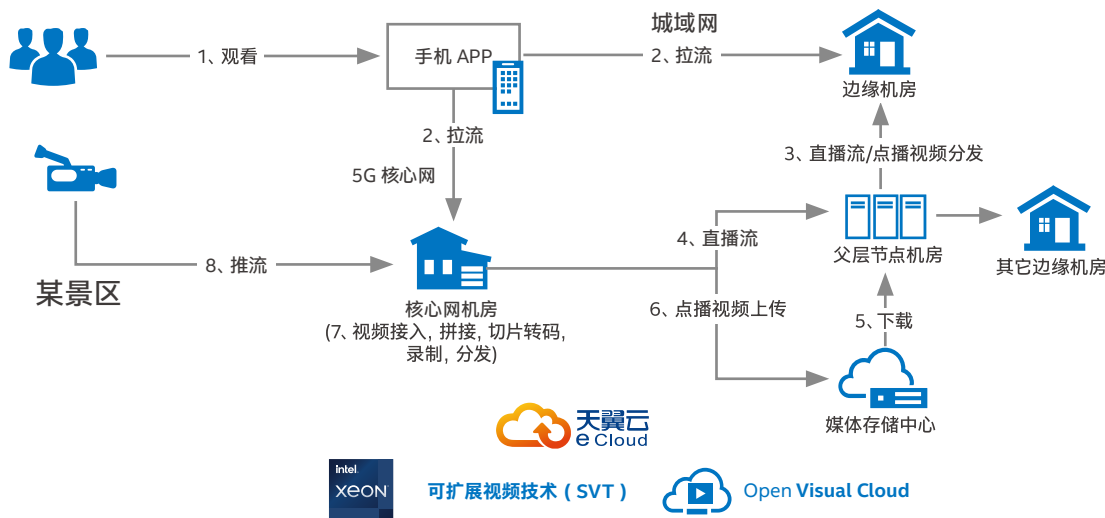


图 3-1 中国电信 5G MEC VR 直播平台架构

英特尔助力电信运营商， 为政企客户打造 4K 云视讯解决方案

方案简介

某中国电信运营商与英特尔合作，采用 5G MEC 边缘云 + UPF 网元架构，并通过英特尔® 至强® 可扩展处理器等产品提供强劲算力，构建低时延 4K 云视讯解决方案，加速各领域客户高质量视频会议系统建设与应用。

方案背景

视频会议等远程办公、交流方式正为更多政企、商贸、教育领域客户所接受。随着视频会议对客户核心业务支撑力度不断强化，应用场景变得更加广泛，视频质量以及承载人数也在不断提升。

但现有公有云架构要支撑高质量的视频会议并非易事。视频会议从高清分辨率迈向 2K 乃至 4K 分辨率，对网络传输带宽与会议设备的编解码能力都提出了更高要求。而采购专门的 4K 会议设备，不仅给客户带来了巨大的采购成本，而且调试、运维也面临更大压力。

方案架构

为满足各领域客户在高质量视频会议系统建设上的需求，某中国电信运营商与英特尔一起，结合目前行业需求，构建了一套基于 5G MEC 边缘云的超低时延 4K 云视讯方案。

方案如图 3-2 所示，采用了创新的 5G MEC 边缘云 + UPF 网元的设计，其中：

- 临近用户使用场景的 5G MEC 边缘云，可为 4K 云视讯解决方案提供快速视频编解码能力，形成更好的视频质量以及响应能力，不仅可以为客户提供双向实时互动能力，加载延时也可小于 100 毫秒；

- 电信运营商优质的 5G 覆盖能力，让使用不同终端的客户都可以通过 5G UPF 网元与 5G MEC 边缘云连接，且支持多路视频流；
- 由英特尔® 至强® 可扩展处理器等平台提供的强劲算力，能让大多数视频处理任务在 5G MEC 边缘云中完成，为 4K 云视讯解决方案提供强有力的硬件基础设施支持。

方案获益

新方案在部署后，可为不同行业客户带来以下视频会议新体验：

- 基于 5G MEC 边缘云构建的方案使超低时延 4K 云视讯产品具有更优的使用体验，满足办公、教育、医疗等多行业场景中不同规模会议室所需；
- 新方案可在客户现有 IT 系统中集成使用而无需进行专门的改造，并可根据不同的需求灵活切换不同分辨率，使客户在构建个性化、场景化视频会议系统的同时，有效降低建设和运维成本；
- 来自电信运营商出色的 5G 能力，能让客户在部署超低时延 4K 云视讯解决方案时获得更好的网络性能。

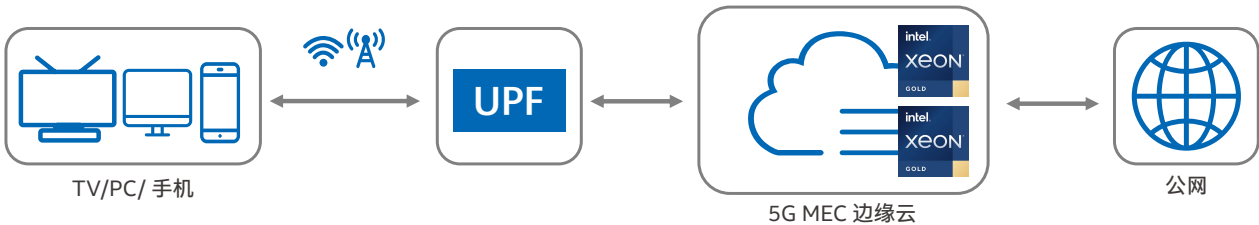


图 3-2 电信运营商基于 5G MEC 边缘云的超低时延 4K 云视讯方案

基于 5G MEC 边缘云， 中国联通与英特尔携手 打造远程维护 AR 能力

方案简介

中国联通与英特尔携手，借助 5G 网络的高带宽能力，采用英特尔产品与技术构建 5G MEC 边缘云，通过前端智能眼镜等 AR 设备和后端服务平台，帮助多行业客户构建高效的远程维护 AR 能力，降本增效。

方案背景

远程维护已在机械制造、产品维修等领域成为不可或缺的环节。传统的沟通方式是通过简单的音视频交互，如电话、社交软件等工具，但这些方式在一些复杂的场景中已无法满足协同需求。

利用 AR 应用开展远程维护是近年来的热点之一，但 AR 交互对视频数据的传输和处理要求更高，如果为之部署专线（例如光纤 + WIFI）又会带来巨大的成本开支。随着 5G 网络日益走向成熟，中国联通正与英特尔一起，基于 5G MEC 技术来为各行业客户打造远程维护 AR 能力。

方案架构

中国联通与英特尔一起，借助 5G 网络以及由先进英特尔产品与技术构建的 5G MEC 边缘云，前端 AR 设备和后端服务平台，帮助不同行业客户构建高效的远程维护 AR 能力。

方案如图 3-3 所示，方案以 5G MEC 边缘云为核心，由 AR 前端（如 AR 眼镜设备）、远程指导客户端等模块组成，其中：

- 配备 AR 前端的一线员工可借助 5G 网络，连接部署在 5G MEC 边缘云中的后台系统。同时，供企业专家、管理者使用的远程指导客户端也可以通过有线或无线方式，经互联网接入 5G MEC 边缘云；
- 一线员工可通过 5G 网络提供的高带宽能力，将 AR 前端采集的音视频实时发送到 5G MEC 边缘云，并借助其中的边缘应用服

务将画面同步到远程指导客户端，让后台专家、管理者可以清晰地看到一线操作及设备情况，并根据画面提供对应的指导意见；

- 5G MEC 边缘云会为接入的 AR 前端分配所需的音视频编解码、渲染能力，实现前后端协作的闭环。同时，围绕音视频处理 AI 应用，如视频处理、图像分割等，也会将相应的推理负载部署于 5G MEC 边缘云中，并与音视频流合成后同步反馈到 AR 前端；
- 来自英特尔的一系列先进产品与技术，如英特尔® 至强® 可扩展处理器、OpenNESS 开源软件平台等，不仅帮助 5G MEC 边缘云大幅提升其在音视频编解码、渲染等方面的处理能力，也以良好的边缘管理能力为平台提供了更优的开发、部署敏捷性。

方案获益

基于 5G MEC 技术构建的远程维护 AR 能力，可为制造、交通、医疗和教育等众多领域的客户带来以下优势与获益：

- 专业且高质量的 AR 应用方案在部署后，能有效解决客户在远程沟通、交流过程中的各个需求，提升工作效率并降低人力成本；
- 在 5G+MEC 部署方式下，AR 应用方案的平均网络时延小于 40 毫秒⁴，视频码率大于 9Mbps⁵，相对于 5G+ 公有云方式下时延大幅降低，能够较好满足通话和 AR 协作的需求，为客户带来了更为优质的体验；
- 基于 5G MEC 的 AR 应用，可以实现快速远程部署、远程开通、远程维护，以及 AR 新功能快速迭代和开通，不仅前期建设、改造成本低，后期运维也更为简单便捷。

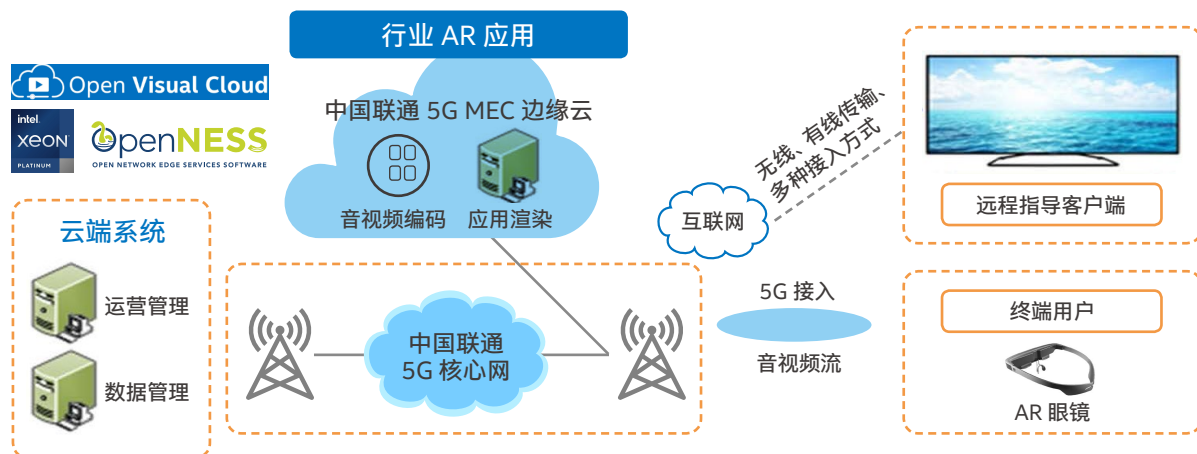


图 3-3 中国联通基于 5G MEC 技术构建高效远程维护 AR 能力

^{4、5} 数据援引自中国联通发布的《AR 可视化远程协作指导产品（v1.0）》手册

借力英特尔产品与技术， 当红齐天与北京移动携手 打造 5G VR 电竞新体验

方案简介

依托第三代英特尔® 至强® 可扩展平台与北京移动 5G 专网构建的计算和网络优势，当红齐天结合自身在 VR 领域的技术积累，打造颠覆性的 5G VR 电竞新体验。

方案背景

VR 电竞在成为广受欢迎的新生代娱乐方式之余，也为 5G MEC 与 VR 领域应用的结合带来更多机遇。为了向电竞选手和观众提供画面更逼真、操作更流畅、行动更敏捷，以及场地更不受限制的 VR 游戏方案，一直致力于 VR 技术及赛事运营系统建设的当红齐天凭借其多年的资源积累，以及其在 VR 大空间领域的顶尖技术，与英特尔和北京移动一起，构建 5G VR 边缘计算解决方案，打造全新的 5G VR 电竞体验。

方案架构

当红齐天与英特尔和北京移动携手，借助“5G + MEC”带来的网络与边缘计算优势，以全新第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器作为算力基础，并引入 OpenVINO™ 工具套件、OpenNESS 等软件，共同打造全新 5G VR 边缘计算解决方案。

全新 5G VR 边缘计算解决方案采用“云 - 边 - 端”的设计架构，以北京移动 5G MEC 平台为依托，以灵活可扩展的分布式边缘云服务器为核心，为 5G VR 电竞提供有力支撑，其中：

- 当 VR 电竞开始时，游戏会从中心云同步获取选手的会员数据，然后边缘云中的渲染服务器会通过所部署的串流软件服务端，对游戏内容进行渲染，并对渲染后的游戏画面进行编码压缩，再借助北京移动提供的 5G 专网覆盖，将数据透传到选手的头显端；
- 通过头显端所部署的串流软件客户端，数据包能被高速接受并解码还原成选手所见的游戏画面。而当选手的位置、姿态、动作发生变化时，客户端也会实时采集头显、手柄等设备的 6DoF

数据回传给边缘渲染服务器，在完成游戏内容同步后开始新一轮的渲染和编解码过程；

- 当红齐天在自研的一系列 VR 技术之外，还引入英特尔一系列产品与技术，并结合北京移动在 5G MEC 平台上的优势，多维度提升方案性能：
 - 在中心云和边缘云服务器采用了基于全新第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器为核心的灵活可扩展架构，并基于不同 VR 电竞中的计算密度需求部署为可堆叠的服务器集群，提升整体性能；
 - 引入 OpenVINO™ 工具套件，为 AI 辅助裁判提供 AI 模型优化和推理加速；
 - 引入 OpenNESS 打造统一的应用开发、托管环境，实现更灵活的 5G MEC 平台 VR 应用管理。

方案获益

全新 5G VR 边缘计算解决方案在部署后，可为 VR 电竞选手与观众带来以下全新体验：

- 结合第三代英特尔® 至强® 可扩展平台产品与技术的 5G MEC 平台，使游戏画面更流畅逼真、游戏操作更实时生动，让选手与观众“打破”了真实环境与虚拟世界的边界，充分感受 VR 游戏独有的乐趣；
- 相较上一代“背包式”的比赛形式，由 5G VR 边缘计算解决方案支持的新一代电竞赛事，让玩家只需佩戴 VR 眼镜，即可轻装上阵，体验提升立竿见影；
- 北京移动高质量的 5G 专网让 VR 游戏的同场作战距离得到了巨大扩展，即便是相距几公里或者几十公里的选手，只要携带 VR 设备就可便捷地通过 5G 网络接入赛事。

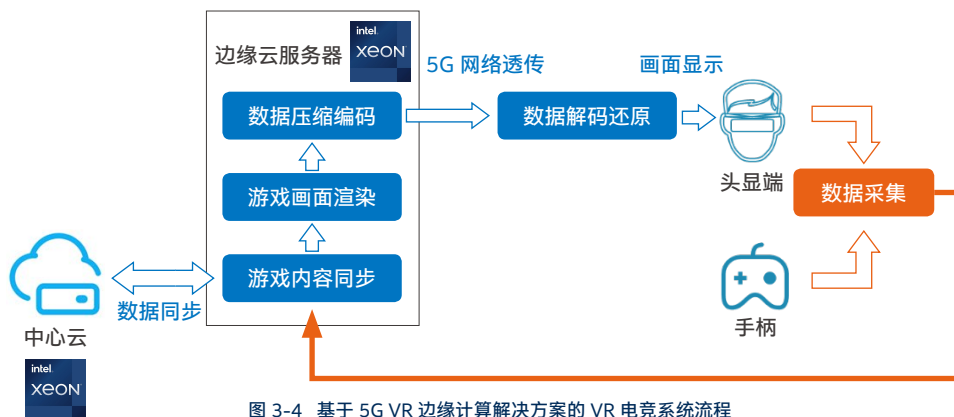


图 3-4 基于 5G VR 边缘计算解决方案的 VR 电竞系统流程

案例篇 - 工业互联网

融合多项创新技术， 推进智能制造

智能化浪潮正驱动传统制造业发生巨大变革。得益于 AI、物联网、大数据等新技术，智能制造解决方案正通过构建高效的数据采集、处理、分析以及反馈通道，为制造企业带来生产模式革新、管理效率提升以及各项资源优化。

在这一过程中，制造企业也面临多维度的挑战，包括：

- **数据交互性：**传统制造产线通常采用专用设备，软硬件与算法采用紧耦合方式固化，使数据形成孤岛效应，设备间相互协调性差；
- **部署兼容性：**检测系统等传统自动化方案一般基于固定模式开发，不同的产品检测需要调整为不同模式，且对检测方式有严格要求；
- **反馈及时性：**工控机等产线设备的计算处理能力较弱，面对智能化应用中越来越庞大的数据规模，处理时效性不足。

如图 4-1 所示，英特尔通过创新软硬件产品与技术，帮助企业构建基于 5G 与边缘计算（MEC）技术的智能制造解决方案，来应对以上挑战，并可获得以下显著收益：

- 借助 5G 网络、边缘算力和 AI 能力，企业可通过实现数据实时传输，让工厂生产流程实时上网，同步呈现；

- 5G 网络和边缘算力的结合，可帮助制造企业实现海量数据接入，并将所有的生产要素都接入到网络，即便生产线调整也无需重新布线；
- 5G + 云化部署的模式，让制造企业将存储和算力都放到云端，硬件利用率大大提升。

值得一提的是，在一些交互时延要求更低、数据安全要求更高的领域，制造企业还可基于 5G + MEC 构建专网环境，其优势在于：

- 云网能力共平台部署，依托边缘计算一体机实现云网能力一体化服务、一体化供给；通过移动设备连续覆盖，降低布线及运维成本；
- 满足 AI 视觉、远程控制、系统灌装等超级下行、超低时延的应用需求；
- 为企业提供独立、自主、可控的网络环境，保证核心生产数据不出园区、与公网物理隔离以及自主鉴权高安全性，形成更高等级的安全保障。

下文将就六个 5G + 智能工厂案例在实际场景中的落地与应用，围绕其中的 5G MEC 架构与智能制造解决方案的部署情况，共同探讨英特尔产品与技术在这些真实场景中的应用和优化方案。

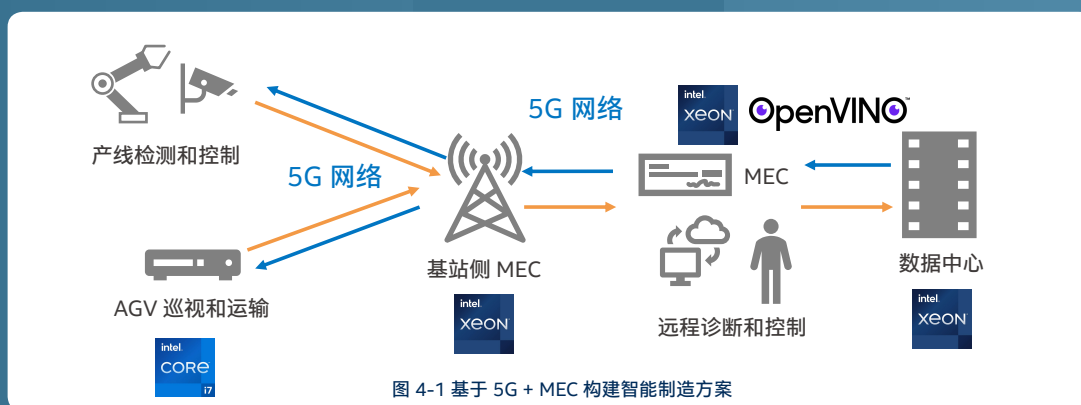


图 4-1 基于 5G + MEC 构建智能制造方案

英特尔助力电信运营商， 基于 5G MEC 工业边缘云 打造智慧工厂

方案简介

某中国电信运营商与英特尔携手，基于 5G MEC 工业边缘云，依托英特尔® 至强® 可扩展处理器提供的强大算力，采用 AGV 无人车、AR 等技术，为企业打造智慧工厂，变革人工物料配送、设备检修等工作模式，并实现降本增效。

方案背景

大型制造企业往往厂区庞大，且各个生产线之间相距甚远，采用人工方式进行物料配送、设备检修等工作，效率低且成本高。

为实现降本增效，制造企业正通过引入 AGV 小车、AR（增强现实）等新技术，以更通畅的智慧工厂解决方案来改变传统运营模式。一方面，AGV 无人车可以根据运输规划和路线，将原材料自动送往产线；另一方面，AR 眼镜等设备将现场图像进行解析，并帮助现场人员获得后方专家系统的支援。

方案架构

AGV 无人车和 AR 系统都对数据的传输和处理效率提出了更高要求，为此，某中国电信运营商与英特尔一起，基于 5G MEC 工业边缘云，为企业打造更通畅的全新智慧工厂。

如图 4-2 所示，该方案的特点包括：

- 利用 5G 广覆盖、低时延、高可靠等特性，以及来自英特尔® 至强® 可扩展处理器提供的强大算力支持，实现了对厂房的多台 AGV 小车的精准远程管控，使其具备任务调度、实时路径规划及交通管制等功能；

- 利用 5G 大带宽、低时延、高可靠性的特性，现场人员可佩戴 AR 眼镜进行快速巡检和维修，在遇到疑难杂症时将图像返回至后台专家系统，专家系统在进行人工或自动标注后，再通过信息整合和 3D 渲染，将设备详细信息、检修方案等推送给现场人员。

方案获益

新方案在部署后，可为企业带来以下优势与收益：

- 电信运营商提供的高质量 5G 网络，让 AGV 小车能够在调度系统的指引下，快速有序的进行物流输送；而来自 5G MEC 工业边缘云提供的低时延计算处理能力，让 AGV 小车实现了高质量的行进路线规划与障碍规避等功能，大幅提升输送安全性和效率；
- 来自电信运营商的高速 5G 网络，让现场人员能够通过 AR 设备与远程专家、管理者开展更为便捷的互动。而基于 5G MEC 工业边缘云部署的编解码、渲染等能力，在一系列英特尔先进产品与技术的助力下，确保了 AR 设备在运行时能够提供良好的使用体验。

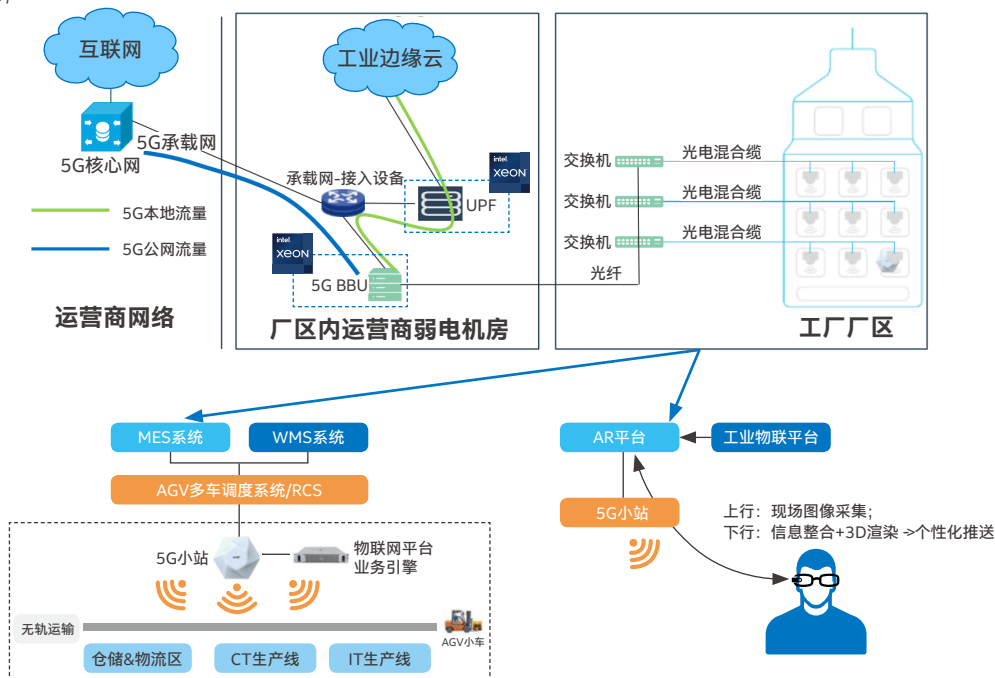


图 4-2 电信运营商基于 5G MEC 工业边缘云的智慧工厂解决方案

英特尔赋能 5G MEC， 推进柔性智能制造

方案简介

某制造企业依托英特尔® 架构产品与技术，基于 5G MEC 实施柔性制造，实现了生产、质控和物流等领域的智能化，且可高效便捷地支持制造产线的持续调整，以及多样化订单的按需灵活生产。

方案背景

某制造企业正在生产、质控和物流等流程中部署大量自动化、工控和物联网设备，通过推动产线的智能化转型来提升生产效率。例如在包装区，流水线可通过摄像头获取产品摆放位置，并将数据传递给包装设备（例如打包机器人），包装设备能根据既定策略，或经过 AI 方法自学习得到的策略进行正确打包，获得远胜于人工方式的效率和质量。

但在这一转型过程中，该制造企业也面临着以下挑战：

- 新技术（如物联网、AI 等）的引入，需要部署大量的走线，且 IT 改造难度巨大，无法满足柔性生产的快速切换需求；
- 传统连接方式无法满足移动终端设备移动性需求，各个系统相对隔离，无法统一高效合作、提高效率。

方案架构

为应对以上挑战，该制造企业与英特尔一起，结合自身需求构建了基于 5G MEC 全流程柔性智能制造解决方案。

- 如图 4-3 所示，方案在生产各个流程中都引入了不同的智能化优化方案，从不同维度提升产线的运行效率，其中：
- 物料区、配送区（Kitting）、自动功能检验以及包装区需要满足不同产品的配料、物流输送、功能测试以及打包需求，对柔

性生产要求更高，产线要不断根据产品的变化而调整。方案借助 5G 网络的灵活性以及与云服务的融合部署，以生产流程无线化部署方式应对需求；

- 组合维修区会产生大量的数据交互和处理，且对时延要求很高。方案利用 5G 网络提供的大带宽、低时延特性，并利用 MEC 边缘服务器就近部署的优势，满足维修所需的系统性能要求；
- 在产品终验区，检验人员会借助 AR 设备对产品进行全面“体检”，对于疑难问题还会和后台专家系统、专家组进行远程交流，因此对时延和带宽均有着较高要求。该需求同样也需要借助 5G+MEC 的组合来实现；
- 由一系列基于英特尔® 架构的处理器提供的强劲算力，能满足该用户智能制造产线中各流程的不同计算处理需求，成为智能制造高效运行的有力基础设施。

方案获益

新的 5G MEC 解决方案在部署后，可为用户的制造产线带来以下优势与收益：

- 公有云 / 私有云与边缘云的融合部署，为物联网平台、大数据平台、人工智能提供坚实的新 IT 底座；
- 来自 5G 网络提供的大带宽、低时延特性，与 MEC 高性能计算处理能力相结合，可满足不同业务特性的严苛需求；
- 5G 网络的灵活性，可高效便捷地支持产线的持续调整，实现多样化订单的灵活生产。



图 4-3 某制造企业智能制造产线中各流程的部署方案与性能指标

基于5G独立专网+ MEC, 打造智能化采矿方案

方案简介

某大型能源企业与英特尔合作，以基于英特尔® FlexRAN 参考架构设计的 5G 小站等产品为基础，依托 5G 独立专网 + MEC 打造智能采矿方案，满足极端严苛的井下生产控制场景需求，并实现快速部署。

方案背景

信息技术正不断与传统行业相融合，成为传统行业“再发力”的重要助推器。在矿业领域，5G、物联网等新一代信息技术也正深入到核心流程，如掘进、开采、运输等，通过对生产过程的实时监控和调整，以动态优化的方式帮助生产保持在最佳状态。

随着某大型能源企业智能化水平的不断提升，井下工作面逐渐实现无人化和少人化，取而代之的是不断移动的采煤作业面中大量的物联网探测设备，以及自动化掘进机、采煤机和胶带传输机等采煤作业设备。为有效传输和处理上述设备采集的海量数据，并快速形成控制命令下发给设备做下一步操作，该矿区选择构建 5G 独立专网，并结合 MEC 技术，为智能采矿方案提供坚实的网络和 IT 基础。

方案架构

该能源企业与英特尔一起，如图 4-4 所示，针对高效、安全和可靠的采矿需求，以 5G 小站等产品为基础，打造基于 5G 独立专网 + MEC 的智能采矿方案。

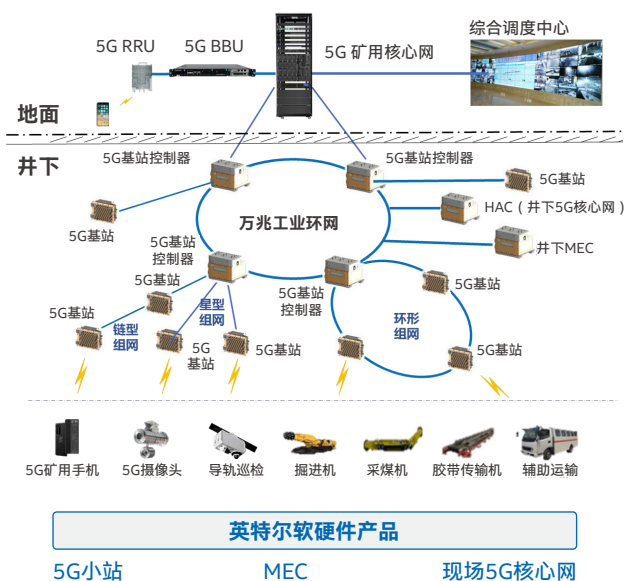


图 4-4 基于 5G 独立专网 + MEC 的智能采矿方案

- 出于对安全生产的着重考虑，方案采用了 5G 独立专网的部署方式。方案中端到端的 5G 网络包括了核心网、MEC 边缘节点、基站、CPE 等全类型网元，不仅组网灵活，更可帮助该煤矿企业快速部署；
- 方案采用分层环型组网的方式，有效提升安全可靠，保障环形组网中任何一个节点出现故障，其他节点都可以自动重新连接，使 5G 网络中的设备不会出现脱网情况，这对于矿业生产，尤其是危机四伏的井下作业面尤其重要；
- 为有效应对井下 5G 网络中各设备需要传输、交互和处理的大量数据，方案将控制面与用户面下沉，并借助 MEC 边缘节点对数据进行就近处理，降低响应时延；
- 基于英特尔® FlexRAN 参考架构设计的 5G 小站设备，有助于该企业用户将业务下沉到边缘，为井下设备提供了高吞吐、低时延的 5G 无线连接。

方案获益

新的基于 5G 独立专网 + MEC 的智能采矿方案在部署后，可带来以下优势与获益：

- 得益于高可靠的 5G 专网系统，方案通过分层环型组网、控制面与用户面下沉等特点，并通过 MEC 边缘节点大幅降低现场数据的传输与处理时延，可广泛适用于极端严苛的井下生产控制场景；
- 方案提供了多方面的安全保障，包括通过业务数据不出厂，保障煤矿数据安全；通过将独立组网的所有 5G 网络网元均部署在煤矿本地，来保障架构安全；通过满足防爆认证和本安认证，保障设备安全；
- 方案通过双核心网备份来提供更好的可靠性。在井上，5G 矿用核心网对接矿上生产网络和办公网络，并做数据安全隔离；在井下，核心网、MEC 边缘节点可下沉矿井，井下控制中心应用集成至 MEC 服务器，保障采煤面超低时延控制类业务。

基于5G MEC边缘云平台赋能 家电行业打造“灯塔工厂”

方案简介

为突破传统“云-端”架构的束缚，提升运行效率，中国某白色家电领军企业携手中国电信与英特尔，基于中国电信自研5G MEC边缘云平台，采用第二代英特尔®至强®可扩展处理器、英特尔®工业边缘洞见平台 (EII)、OpenVINO™ 工具套件等先进英特尔软硬件产品技术，构建系列智能制造能力，打造“灯塔工厂”。

方案背景

借助广泛部署的物联网和网络设备，中国某白色家电领军企业旗下的天津某洗涤电器有限公司（以下简称天津洗衣机工厂）正逐步构建洗衣机面板检测等 AI 能力，以高清工业摄像头采集洗衣机面板视频，然后通过检测模型对视频进行推理检测的模式，来提升产线质检效率和质量。同时，工厂还计划将 AI 能力扩展到人脸识别打卡、动作视觉检测等更多场景中，基于智能制造能力建设“灯塔工厂”。

但新方案所产生的海量视频数据处理与传输需求，也给传统依赖公有云 / 私有云的部署方式带来挑战。要让智能化方案真正在各应用场景发挥所长，就需要引入全新软硬件产品，变革旧有架构，来实现数据和 AI 策略的高效同步。

方案架构

中国电信基于自研5G MEC边缘云平台，引入一系列英特尔先进软硬件产品，帮助天津洗衣机工厂将既有的“云-端”方案升级为“云-网-边-端”架构，打破智能应用的效能瓶颈，并在洗衣机面板视觉检测、人脸识别打卡以及动作视觉检测等场景中获得了巨大成功。

- 中国电信自研 5G MEC 边缘云平台具备鲜明的云网融合特性，其底层采用 MEC + UPF 的融合设计模式，通过虚机、容器等方式进行承载。UPF 网元能借助 5G 网络提供的大带宽、低时延和高密度接入能力，高速接收来自应用场景的各类数据；而 MEC 平台则使 AI 模型的训练和调度在边缘侧即可完成，可大幅提升检测效率。

- 基于对用户真实应用场景的洞悉，英特尔以其先进的软硬件产品与中国电信一起完成了方案中 5G 边缘云平台以及典型应用的部署。其中，第二代英特尔®至强®可扩展处理器针对边缘智能场景多样化的工作负载类型和性能需求进行了优化，帮助工厂将工作负载有效地部署在边缘侧；英特尔®工业边缘洞见平台 (EII) 则在边缘侧为方案赋予了快速部署 AI 与数据的能力，而 OpenVINO™ 工具套件则为方案中的 AI 能力提供了有效的推理加速。

方案获益

基于中国电信 5G MEC 边缘云平台与英特尔软硬件产品技术构建的各 AI 方案在天津洗衣机工厂获得部署后，带来了以下助益：

- 在洗衣机面板检测场景中，让整体生产效率提升 20%¹，瑕疵检测准确率从 80% 上升至 95%²；使人力成本缩减了三分之二，并大幅降低了工作强度；
- 在人脸识别打卡应用中，方案可实时对各个岗位进行监督，降低了管理漏洞及生产事故风险；在动作视觉检测应用中，方案可通过面向行为分析的 AI 应用来检测工人操作是否规范，解决了过去依靠人工监督的弊端；
- 天津洗衣机工厂可通过中国电信 5G MEC 边缘云平台新开容器或虚机，方便且快速地在新的产线上复制各项 AI 能力；同时，中国电信 5G MEC 边缘云平台支持通用 X86 服务器，能通过各类英特尔®架构先进硬件，为天津洗衣机工厂构建智能制造“灯塔工厂”提供坚实基座。

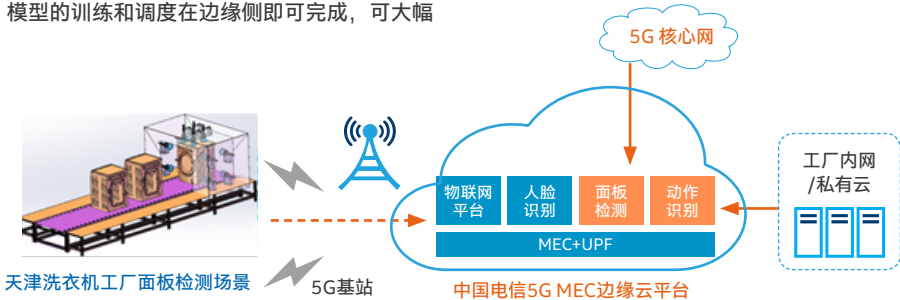


图 4-5 面向洗衣机面板检测场景的中国电信 5G MEC 边缘云平台

¹测试组：1、双路英特尔®至强®金牌6230N处理器，80内核/160线程，主频2.50GHz，内存320GB（1216GB 2933MHz DDR4，816G 2666MHz DDR4），网络适配器：10GbE 英特尔®以太网网络适配器X722；存储：英特尔®固态硬盘 INTEL SSDSC2KB038T8 3.84T*5；操作系统Centos 8.3，内核版本：5.10.0-2。2、双路英特尔®至强®金牌6230N处理器，80内核/160线程，主频2.50GHz，内存320GB（1216GB 2933MHz DDR4，816G 2666MHz DDR4），网络适配器：10GbE 英特尔®以太网网络适配器X722；存储：英特尔®固态硬盘 INTEL SSDSC2KB038T8 3.84T*3；操作系统Centos 8.3，内核版本：5.10.0-2。3、双路英特尔®至强®金牌6230N处理器，80内核/160线程，主频2.50GHz，内存320GB（1216GB 2933MHz DDR4，816G 2666MHz DDR4），网络适配器：10GbE 英特尔®以太网网络适配器X722；存储：英特尔®固态硬盘 INTEL SSDSC2KB038T8 3.84T*5；操作系统Centos 8.3，内核版本：5.10.0-2。

²同上

南平铝业基于5G MEC平台构建高效能铝材瑕疵检测方案

方案简介

赛特斯发挥其在 5G 与 MEC 技术领域的优势，借助第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器、OpenVINO™ 工具套件及英特尔® Smart Edge Open 等软硬件产品，并结合南平移动的先进 SA 5G 网络打造 5G MEC 平台，为南平铝业构建基于 AI 的铝材瑕疵检测方案，助其提升生产效率与产品品质。

方案背景

南平铝业正计划在其生产环节中部署更多智能应用来提升生产效能和产品品质，例如基于深度学习方法的 AI 方案来开展铝材瑕疵检测。但检测流程对高效性和实时性的需求，以及南平铝业生产基地庞大复杂的现状，也令各智能方案在设计与部署时面临挑战。

为此，领先的软件定义通信解决方案提供商赛特斯，携手英特尔、南平移动等合作伙伴，将高带宽、广连接、低延时的 5G 网络特性，和 MEC 技术带来的本地流量卸载功能融合在一起，并结合英特尔® 架构软硬件产品提供的强劲性能，为铝材瑕疵检测等智能应用提供高效和高可用的业务处理能力。

方案架构

赛斯特与英特尔和南平移动合作，借助 5G MEC 技术带来的网络传输与接入性能，以及在稳定性和安全性上的优势，引入第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器、OpenVINO™ 工具套件，以及英特尔® Smart Edge Open 等英特尔软硬件产品，构建全新 5G MEC 平台。

如图 4-6 所示，基于全新 5G MEC 平台的铝材瑕疵检测方案通过产线上部署的高清工业摄像头采集铝材表面视频图像，并在 5G 边缘

网关进行视频编解码和转发后，借助 5G SA 网络将视频图像传输快速传回到边缘计算平台（MEC 节点），进行模型训练和瑕疵检测。

方案中：

- MEC 平台由 5G 边缘计算网关（FlexEGW）、边缘计算平台（MEP）及边缘计算管理平台（MEPM）等模块组成，能依托南平移动提供的 SA 5G 组网架构，将 5G 核心网的 UPF 网元功能下沉到网络边缘，并以分级部署的方式来获得更优效能。
- 南平移动提供的 5G 网络将检测方案中的关键视频数据分流至 MEC 平台进行处理，避免大规模数据远距离传输带来的各种开销，使方案在性能、实时性和安全性上获得有效提升；
- 第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器为方案提供核心算力，并由 OpenVINO™ 工具套件中的模型优化、推理引擎对 AI 模型推理实施加速。同时，英特尔® Smart Edge Open 产品也大幅提升了方案的开发部署便捷性。

方案获益

基于 5G MEC 的铝材瑕疵检测方案在部署并投入生产实践后，已为南平铝业带来了更优的检测效率、更高的检测精度以及更低的人力成本，显著提升了生产效能和产品质量，成为 5G、MEC 以及 AI 技术与传统行业深度融合的新典范。

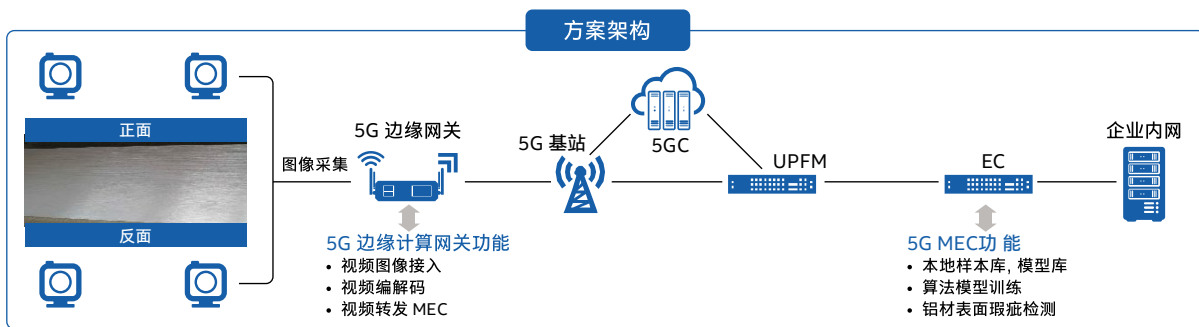


图 4-6 基于 5G MEC 的铝材瑕疵检测方案

未来展望

伴随着 5G 商用化日渐走向成熟，更多人工智能、虚拟现实、物联网等 IT 新技术正借助 5G 带来的大带宽、低时延和高密度特性，为千行百业带来焕然一新的 ICT 新体验，并由此加速智能工厂、智慧园区等一系列热点场景的落地。

在这一过程中，更多的 5G 参与者，包括电信运营商、ODM/OEM 厂商、ISV 厂商以及 SI 厂商，都不约而同地选择在网络与业务边缘部署更强的计算处理能力，来应对新业务场景中出现的海量数据，并对复杂业务做出及时反馈。因此，MEC 正通过向各行业提供基于边缘的能力输出，成为 5G 赋能各行业的关键驱动力。

作为 5G 时代重要的参与者与推动者，英特尔一直致力于推动 5G 边缘方案在各个行业场景的部署与落地。从云端、数据中心到核

心网，再到接入网、边缘节点，来自英特尔的诸多计算、存储、网络产品，以及 AI 加速和软件工具，正结合各个业务场景的应用需求，打造高效、敏捷和安全的 product 技术体系，提供一流的 5G + MEC 体验。

面向未来，随着 5G + MEC 技术的不断升级和革新，将有更多更具性能优势的英特尔软硬件产品，以及面向边缘场景的产业融合方案被引向市场。与此同时，英特尔将进一步通过产业生态的建设与优化，分别在 5G + MEC 的行业垂直领域和产业横向拓展上，为更多行业解决方案的开发与落地提供有力支持，助力广大的合作伙伴加速 5G 边缘方案的构建，并从中获益。

产品篇

利用英特尔产品与技术 构建端到端行业网络技术解决方案



图 5-2 英特尔产品组合赋能 5G 行业应用开发



第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器

第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器采用平衡、高效的架构，提升了内核性能、内存和 I/O 带宽，为处理从数据中心到边缘的各种工作负载提速。

面向四路到八路配置的 Cooper Lake 集成 AI 加速技术，并针对工作负载进行充分优化，具备：

- 提供多路内核密度，在八路配置下，每平台支持多达 224 个内核；
- 多达 6 条英特尔® UPI 通道，具备更高的平台可扩展性，有效提升 I/O 密集型工作负载的 CPU 间带宽，从而在提高吞吐量和能效之间达成平衡；
- 增强版的英特尔® 深度学习加速技术同时支持 16 位 Brain Floating Point (bfloat16) 和矢量神经网络指令 (VNNI) 的 x86 技术，增强 AI 推理和训练性能；
- 得益于内存带宽和工作频率的提升，英特尔® AVX-512 可为计算任务带来更为卓越的性能。

面向单路和双路的 Ice Lake，具有更多核心、更优化的架构、更大的内存容量支持、更为可靠的安全技术，以及更好的深度学习加速性能。

第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器

- 基于更高每核性能、更大内存带宽 / 容量、扩展的 I/O，以及英特尔® UPI 等技术，带来基础性能增强；
- 集成英特尔® 深度学习加速 (矢量神经网络指令 VNNI) 技术，提供更优 AI 推理性能；
- 集成英特尔® AVX-512，在数据分析、机器学习等高密度计算任务中获得更好的性能和吞吐量；
- 对英特尔® 傲腾™ 持久内存和英特尔® 傲腾™ 固态硬盘产品提供良好支持。

第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器 N SKU

面向网络优化的第三代英特尔® 至强® 可扩展处理 N SKU 专为支持各种网络环境而打造，已针对多种工作负载和性能水平进行优化，可提供广泛的内核、频率、功能和功耗选择；

- 已针对网络进行优化，可提供低时延和高吞吐量；
- 支持增强型英特尔® AVX-512 技术与加密处理；
- 采用英特尔® 密码操作硬件加速提高加密网络工作负载的性能，并且几乎消除了完全加密带给正常工作负载的性能影响；
- 最多可配备 36 个全新一代内核，具有更高的基频，能进一步提高虚拟化网络功能的吞吐量，降低密集或受限的物理部署的功耗；
- 经过实践检验的强大生态系统，确保快速部署；

英特尔® 至强® D 处理器



英特尔® 至强® D 处理器通过在低功耗优化解决方案中采用高级智能和开创性数据中心架构，实现了高密度边缘计算，并通过将硬件增强网络、安全性和加速功能集成到系统芯片 (SoC)，来适应空间和功率受限的环境，能够为从数据中心到智能边缘的多样化应用场景，提供安全性、网络和加速功能。

英特尔® 傲腾™ 持久内存



英特尔® 傲腾™ 持久内存采用创新的内存技术，将高性价比的大容量内存与对数据持久性的支持巧妙结合，并可通过与第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器组合，创建内存和存储分层架构，打造出色的低延迟、高带宽、服务质量 (QoS) 和耐用性。

已推出 100 系列、200 系列产品，均具备 128 GB、256 GB 和 512 GB 模组，是从云到数据库，再到内存分析、虚拟化基础设施、内容分发网络等数据密集型和计算密集型工作负载所需大规模持久内存的理想选择；并可通过灵活配置，为用户提供内存模式和 App Direct 模式 2 种不同模式，应对不同场景需求。

英特尔凌动® P5900 处理器



英特尔凌动® P5900 处理器是适用于高密度网络边缘和安全解决方案的全新高吞吐量、低延迟英特尔凌动® P 处理器系列中的首款产品。这款片上系统 (SoC) 处理器采用全新设计，配备有先进的加速器，且技术集成水平相当高，可以满足 5G 基站收发台对于吞吐量、功耗、环保和延迟的严苛要求。

英特尔® 傲腾™ 固态硬盘 P5800X/P5801X



英特尔® 傲腾™ 固态硬盘 P5800X 系列以填补关键的存储性能缺口为突破点，集出色的低时延、高服务质量（QoS）、快速吞吐和高耐用性于一身，尤其同时支持读取和写入而不会降低性能的特色，是热数据快速缓存或分层的理想选择，能够提供数据密集型工作负载所需的性能。



FlexRAN 软件参考架构

对于想要实施 vRAN 的运营商，英特尔创建了 FlexRAN 软件参考架构，来加快开发速度。FlexRAN 采用可扩展的平台设计，支持运营商灵活迁移到云就绪型网络。

借助 FlexRAN，客户可以在基于英特尔® 架构的平台上构建全面虚拟化的云原生 4G 和 5G RAN，来支持室内 5G 和宏基站部署等各种用例，并可以在无线网络中从边缘到核心的任意部分上实现。

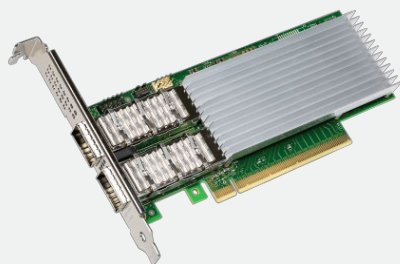
由英特尔® 至强® 可扩展处理器以及英特尔® FPGA，或英特尔® eASIC™ 加速技术支持的 FlexRAN 可以高效地实现无线接入工作负载。英特尔® 至强® 可扩展处理器为无线 RAN 带来了更高的效率，并能够帮助运营商对 5G 领域必要的数据处理实施优化。

英特尔® 以太网网络适配器



英特尔® 以太网网络适配器 800 系列具备完全可编程管道，并提供最高 100Gbps 的连接速率，且可以更灵活地支持新的协议或客户专有协议，为云、通信和企业应用程序提供高级功能：

- 英特尔的应用设备队列（ADQ）可对应用流量进行优先级排序，从而为优先级高的网络密集型工作负载提供所需的性能；
- 增强型动态设备个性化（DDP）使用完全可编程的管道，为适配器上的高级和专有协议启用帧分类，从而提高吞吐量，降低时延并减少主机 CPU 开销；
- 支持 iWARP 或 RoCEv2 协议的远程直接内存访问（RDMA），其 ADQ 功能还支持 NVMe over TCP，可以实现云、存储和高性能计算集群的高吞吐和低时延。
- 英特尔® 以太网网络适配器 E810-2CQDA2 作为英特尔® 适配器家族的最新产品，可将每适配器的网络数据吞吐量提升到高达 200 Gbps，以适用于高性能的 vRAN、NFV 转发面、存储、高性能计算、云和内容分发网络等场景。



开放网络边缘服务软件（OpenNESS）

开放网络边缘服务软件（OpenNESS）是一个开源参考工具套件，可帮助用户轻松将应用从云移至网络边缘和本地边缘。它为在用户端设备和微小区（本地边缘）、下一代端局机房（NGCO）、基站或无线接入聚合点（网络边缘）等位置运行的应用提供了一个单一的托管环境。当在 OpenNESS 上运行应用时，开发人员无需考虑应用托管平台、正在使用的接入网络或底层计算技术。对于有云开发经验但对通信网络没有深入了解的开发人员来说，这会显著降低开发准入门槛。



英特尔® 发行版 OpenVINO™ 工具套件

由英特尔开源的英特尔® 发行版 OpenVINO™ 工具套件（以下简称为“OpenVINO™ 工具套件”），能够支持基于多种深度学习框架训练的模型，如 TensorFlow、Caffe、MXNet、Kaldi 以及 ONNX 等，帮助方案有效加速推理速度，提升整体性能。由于不同框架支持的层不一样，用户在使用和部署时可参考具体框架的支持列表。





英特尔并不控制或审计第三方数据。请您审查该内容，咨询其他来源，并确认提及数据是否准确。

英特尔技术特性和优势取决于系统配置，并可能需要支持的硬件、软件或服务得以激活。产品性能会基于系统配置有所变化。没有任何产品或组件是绝对安全的。更多信息请从原始设备制造商或零售商处获得，或请见 [intel.com](https://www.intel.com)。

描述的成本降低情景均旨在特定情况和配置中举例说明特定英特尔产品如何影响未来成本并提供成本节约。情况均不同。英特尔不保证任何成本或成本降低。

英特尔技术可能需要支持的硬件、软件或服务得以激活。请从原始设备制造商或零售商处获得更多信息。

本文并未（明示或默示、或通过禁止反言或以其他方式）授予任何知识产权许可。

描述的产品可能包含可能导致产品与公布的技术规格有所偏差的、被称为非重要错误的设计瑕疵或错误。一经要求，我们将提供当前描述的非重要错误。

英特尔、英特尔标识以及其他英特尔商标是英特尔公司或其子公司在美国和 / 或其他国家的商标。

© 英特尔公司版权所有。