



中国电信 MEC 最佳实践白皮书

中国电信股份有限公司技术创新中心

2021 年 1 月

目录

| | |
|------------------------------------|----|
| 1 引言 | 1 |
| 2 中国电信 MEC 商用平台 | 2 |
| 2.1 中国电信 MEC 平台概述 | 2 |
| 2.2 中国电信 MEC 平台部署架构 | 2 |
| 2.3 中国电信 MEC 平台能力开放生态 | 4 |
| 2.4 中国电信 MEC 结合英特尔边缘服务器及加速硬件 | 5 |
| 3 中国电信 MEC 商用实践案例 | 9 |
| 3.1 助力智慧工厂工业质检 | 9 |
| 3.2 助力纺织工厂织物缺陷检测 | 10 |
| 3.3 助力高清视频直播美颜效果 | 11 |
| 3.4 助力医院信息化系统的存储与查询，有效降低总投入 | 13 |
| 4 未来展望 | 15 |

1 引言

大数据、云计算、AI 等新一代信息技术的高速发展，在为新兴互联网行业提供强劲驱动之外，也在引领传统行业实施数字化、智能化转型，并催生出智能制造、智慧金融等一系列全新智能产业生态。但与此同时，一些智能应用在实际生产环境中落地后也遇到了各种各样的问题。

以常见的智能客服为例，来回穿梭于银行大厅、购物商场中的客服机器人，虽给人们带来许多科技感，但在回答客户问题或进行业务导航时往往只能熟练地回答预设问题，而当客户吐字不清或问题比较生僻时，时常答非所问或迟迟没有反馈。

究其原因，是因为智能应用的本质是算力、算法和数据的聚合。一方面，大多数基于“云-端”架构搭建的智能系统，核心算力都部署在云端数据中心，而数据基本都在终端侧生成。当网络带宽或质量受限时，就使数据和智能策略无法实现实时同步；另一方面，传统行业在网络调度、算法模型等方面缺乏足够的技术储备，无法将智能应用与业务环境进行有效融合。

5G 商用时代的到来，正为以上问题的解决带来契机。作为 5G 技术的重要组成部分，MEC 能在贴近应用的边缘侧构建起高效能的计算处理能力，帮助用户将既有“云-端”架构升级为“云-边-端”架构，从而有效打破传统网络模式的瓶颈。

作为 5G 应用的推动者，近年来中国电信在 MEC 领域持续深耕，凭借自身丰富的云网资源和云边协同能力，大力推进 MEC 平台建设，帮助更多垂直领域用户变革传统网络模式，高效构建智能应用。

目前，中国电信 MEC 平台已在智能制造、云视频直播等一系列 to B、to C 领域场景中获得了广泛部署，并取得了良好的应用效果。

2 中国电信 MEC 商用平台

2.1 中国电信 MEC 平台概述

中国电信致力于以领先的网络和云服务能力为各行业用户提供高效、安全和可信赖的 ICT 基础能力输出。如图 1 所示，在 MEC 平台中，中国电信正依托自身优势为用户提供以下几项关键服务：

- **连接：**覆盖全国的固网/移动网络，5000 多个边缘机房和 10 万余个综合接入机房，让中国电信有能力构建不同层级的边缘节点，推动业务能力下沉，满足差异化的业务性能需求；
- **计算：**通过引入英特尔等合作伙伴提供的先进软硬件产品与技术，并有效融合 5G 网络能力与“天翼云”带来的云服务优势，中国电信边缘节点能为不同垂直领域的用户带去贴近其应用场景的高性能计算能力；
- **安全/运维：**从空口、传输、接入控制到平台，再到应用和数据，中国电信以全方位安全机制为用户提供端到端数据安全防护，并提供全面和可视化的运维能力；
- **能力/应用：**通过能力开放平台，中国电信在一系列垂直领域为用户提供丰富的云网能力集，例如语音识别、人脸识别、AR/VR 等，供各类业务场景按需集成调用。



图 1 中国电信 MEC 平台为用户提供“连接+计算+能力/引用”

2.2 中国电信 MEC 平台部署架构

中国电信 MEC 平台包含集团级 MEC 业务管理平台、省级汇聚层、地市级边缘 2B2C MEP、区县级边缘 2B MEP 四个部分。其中，集团级 MEC 业务管理平台对全国范围内的 MEC 业务进行管理；省级汇聚层对省级范围内的 MEC 业务进行管理与信息汇聚，并响应集团级 MEC 业务管理平台的管理；市级边缘 2B2C MEP 提供市级范围内的 2B2C 的 MEC 业务承载能力；区县边缘 2B MEP 提供区县级范围内的 2B 的 MEC 业务承载能力。

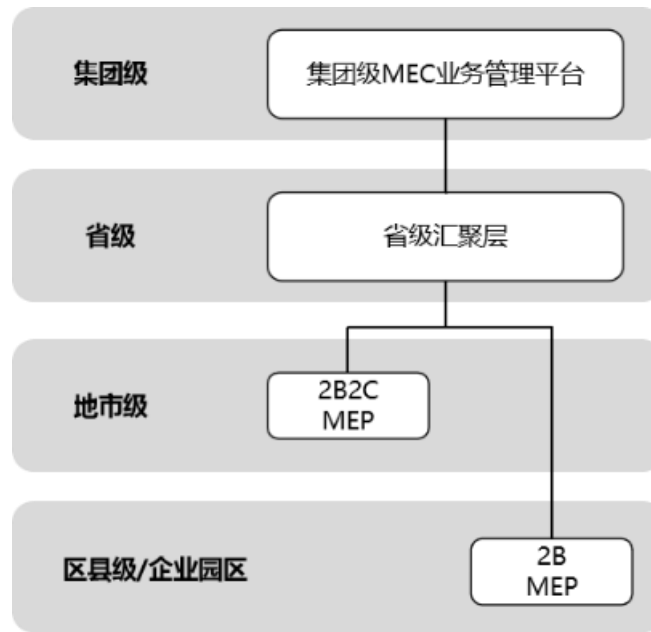


图 2 中国电信 MEC 总体部署架构

基于以上架构，中国电信 MEC 平台提供一站式的应用部署服务，在全国各地级市部署 MEP 边缘节点，MEC 业务管理平台完成集约运营，实现一点入云，一跳入云，一键部署，全国创新。

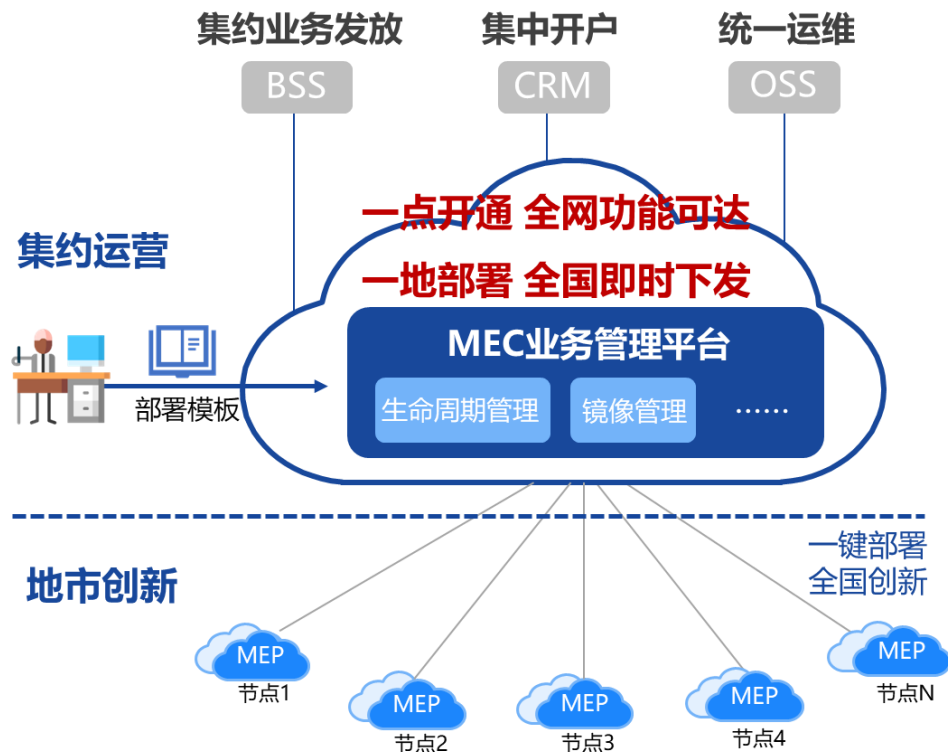


图 3 中国电信 MEC 应用部署

- **一点入云：**平台支持多样化的承载/接入方式，并支持固移融合的网络接入和 QoS 保障。用户的核心数据可不经由公网直接接入 MEP，避免敏感数据在公网中的暴露，带来安全可信的应用承载防护。在实践中，用户可通过一系列开放能力，以及标准 API 接口，快速、安全地在平台中加载智能应用，实现“一点入云”。
- **一跳入云：**中国电信 MEC 平台通过专有云对接、5G 用户面功能(User Plane Function, UPF)模块接入等网络资源层面的保障，使终端到边缘侧的接入时延控制在毫秒级，帮助智能应用获得“一跳入云”的接入能力。

2.3 中国电信 MEC 平台能力开放生态

中国电信携手百家生态合作伙伴，集成自有及第三方能力/应用，打造 MEC 能力开放平台，提供友好开放的 MEC 门户网站，支持用户一键购买、按需加载应用。平台提供丰富的云网能力集和解决方案，不仅满足通用业务场景需求，也持续为垂直行业提供能力保障。

平台能力：语音识别、人脸识别、4K/8K 高清视频、AR/VR、vCDN、口罩识别、头盔检测、火焰检测、行为检测、人像美颜、车辆识别、商品识别等；

平台解决方案：智慧工业、智慧新商业、智慧新媒体、智慧医疗、车联网等。

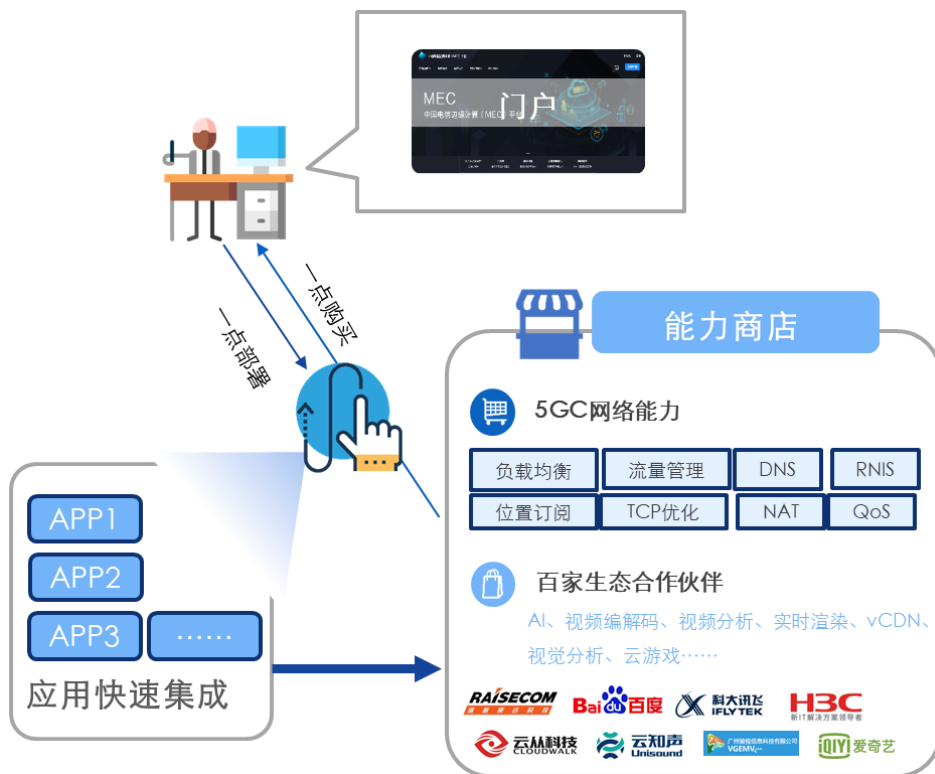


图 4 中国电信 MEC 平台开放商店

目前，中国电信 MEC 业务已广布智慧园区、智能制造、车联网等众多智能业务场景。以平台在智慧园区中的典型应用为例，如图 5 所示，架构中等 AI 应用的模型训练、数据存储部署在中心 DC（数据中心）的天翼云中，而承载模型推理、策略下发的客户应用则部署于边缘 DC 的 MEC 平台中。园区中的智能摄像头、巡检机器人等终端设备则通过基站与 MEC 平台进行 5G 通信交互，实施数据采集和策略执行。通过边缘侧计算能力的部署，MEC 平台能有效缩短数据处理与操作执行之间的传输距离，提升业务实时性与稳定性，使智能终端的工作执行更为敏捷灵活。

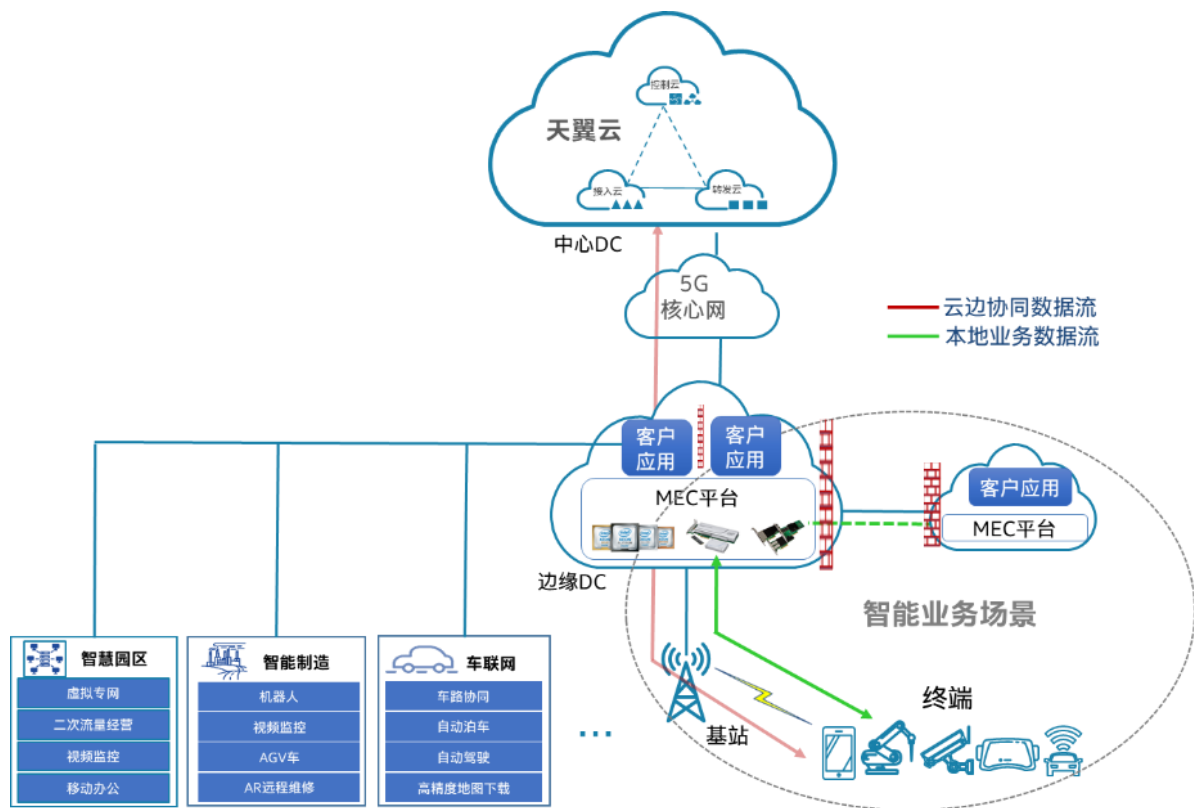


图 5 中国电信 MEC 平台应用部署架构

2.4 中国电信 MEC 结合英特尔边缘服务器及加速硬件

作为中国电信“云-边-端”体系的关键环节，MEC 平台提升工作效率的秘诀，向上在于对数据的高效清洗和转发，向下则在于对 AI 模型进行快速推理后形成有效策略下发。在探究边缘计算的过程中，中国电信携手英特尔，将更多先进的软硬件产品与技术融入 MEC 平台，以第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器、英特尔® 傲腾™ 固态盘、OpenNESS、英特尔® 边缘洞察软件 EII、OpenVINO™ 工具套件等一系列先进的产品，为 MEC 平台

提供坚实的计算存储能力和统一的软件环境，并为其上的 AI 应用提供推理加速。结合英特尔先进产品与技术，中国电信 MEC 平台获得的竞争优势如下：

1) 统一的边缘能力管理平台

中国电信 MEC 平台使用英特尔提供的开源 OpenNESS 软件平台，可快速获得在异构网络、多云环境下构建统一的应用开发、托管环境，实现更灵活的边缘应用管理，让平台用户更便捷地将应用迁移部署至边缘，极大提高了平台的竞争力。OpenNESS 可在 MEC 平台中构建控制器和边缘节点代理两种模块，前者可实现对 MEC 平台的编排，并与 Kubernetes 协同来对平台资源进行预分配，增加应用工作效率；后者则可与多种网络接口打通，对数据流量、身份验证等进行控制，提升应用效率和安全性。

2) 强劲有力的计算存储性能

针对大量的数据清洗和 AI 推理负载问题，中国电信 MEC 平台引入全新英特尔® 傲腾™ 固态硬盘产品，与传统固态硬盘一起组成分布式存储。基于傲腾™ 技术构建的英特尔® 傲腾™ 固态硬盘无论是在 IOPS（每秒读写次数，存储性能指标）能力，还是从 DDPD（硬盘每天写入，固态硬盘使用寿命指标）指标上，都有着远优于传统 HDD 硬盘和固态硬盘的表现。相对于纯固态硬盘存储方案，傲腾™ 固态硬盘与传统固态硬盘结合方案可以使整个分布式存储的带宽提升 1 倍，读带宽提升 25%¹，而傲腾固态硬盘所带来的成本增加只有 15% 左右。除此之外，由于单节点的性能提升，在满足同等性能要求的情况下，可以有效降低分布式存储节点数量，从而进一步降低整个方案的 TCO（总体拥有成本）。

3) 智能应用 AI 推理加速

中国电信 MEC 平台采用英特尔的边缘洞察软件 EII，极大简化了大数据采集和分析部署环节。AI 推理任务可通过 OpenVINO™ 工具套件来提供有效的加速能力。这一源自英特尔的开源工具套件内置了深度学习部署工具包 (DLDT)，支持模型的导入、转化及优化，并可以利用一系列硬件指令集来实现深度学习模型推理加速，如图 6 所示，在一些典型的 AI 模型，例如常用于对象检测、目标检测场景的 YOLO v3 模型中，OpenVINO™ 工具套

¹ 数据测试配置：测试组处理器：双路英特尔®至强®金牌 6248 处理器，20 内核/40 线程，主频 2.50GHz，最大睿频 3.90GHz，超线程开启，睿频关闭；内存：192GB (12 * 16GB 2666MHz DDR4)；网络适配器：10GbE 英特尔® Ethernet Network Adapter X710-DA2；存储：英特尔® 傲腾™ 固态硬盘 P4800X 375GB，搭配 4 * 英特尔® 固态硬盘 D3-S4510 3.84TB，操作系统：Centos 7.9，内核版本：3.10.0-862；对比组：处理器：双路英特尔® 至强® 金牌 6248 处理器，20 内核 / 40 线程，主频 2.50GHz，最大睿频 3.90GHz，超线程开启，睿频关闭；内存：192GB (12 * 16GB 2666MHz DDR4)；网络适配器：10GbE 英特尔® Ethernet Network Adapter X710-DA2；存储：4*英特尔® 固态硬盘 D3-S4510 3.84TB，操作系统：Centos 7.9，内核版本：3.10.0-862。

件甚至可以带来高达 7 倍的推理加速²，从而有效提升工作效能，增加中国电信 MEC 平台竞争力。同时，OpenVINO™ 工具套件还内置了优化的 OpenCV 库，从而对高性能计算机视觉加速提供了支持。

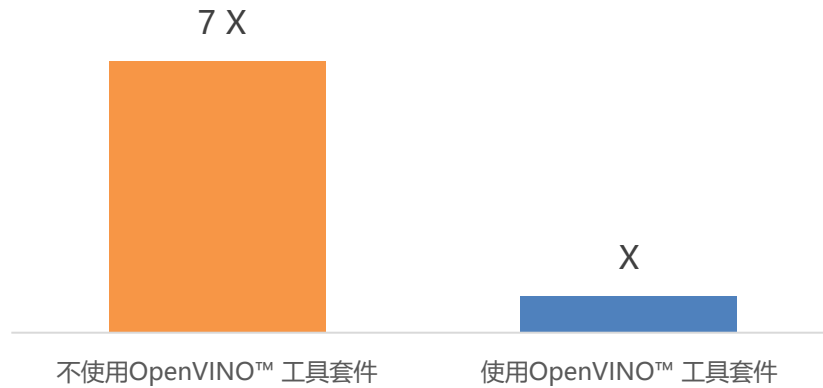


图 6 OpenVINO™ 工具套件带来的推力加速

² 测试图片大小为 640*512，总体时间分别为 1.99s 和 0.27s，测试配置：测试组：处理器：英特尔® 酷睿™ i7-8565U CPU @ 1.80GHz 1.99GHz，4 核心/8 线程，超线程关闭，睿频开启；内存：32GB 2666MHz DDR4，8GB 2666MHz DDR4；存储：512 GB 固态硬盘；BIOS：R70 Ver. 01.05.03，SMBIOS 版本：3.1；操作系统：Microsoft Windows 10 专业版，版本号：10.0.1941；OpenVINO™ 版本：2020.3.341 对比组：处理器：英特尔® 酷睿™ i7-8565U CPU @ 1.80GHz 1.99GHz，4 核心/8 线程，超线程关闭，睿频开启；内存：32GB 2666MHz DDR4，8GB 2666MHz DDR4；存储：512 GB 固态硬盘；BIOS：R70 Ver. 01.05.03，SMBIOS 版本：3.1；操作系统：Microsoft Windows 10 专业版，版本号：10.0.1941；Pytorch 1.7.1。

3 中国电信 MEC 商用实践案例

目前，融合英特尔先进产品与技术的中国电信 MEC 平台已在智能制造、质检、云视频直播、智慧医疗等一系列垂直领域场景中部署落地，并取得良好成效。

3.1 助力智慧工厂工业质检

工业质检一直是困扰多数制造商的一大难点，市场发展迅速，早期人工质检的方式已无法满足庞大的订单需求。渐渐的，人们采用工位机器质检替换人工目检，试图解决人工检测成本高、效率低等问题。但传统模式下，工厂大多依靠有线技术来连接机器设备，导致设备部署难度大，调试时间长，线路维护及软件升级困难。同时，机器质检还面临空间占用大、单机检测成本高、机器算力不足，以及企业工厂间数据不流通，存在数据孤岛等问题。

5G 与边缘计算技术凭借其高带宽、低时延、高算力、高可靠性等特性，为工业视觉机器质检注入了新的动力。首先，以 5G 无线连接方式代替有线连接，解决设备部署难问题，使其更能适应复杂的制造环境，同时大幅降低线路升级带来的高昂成本。其次，5G 超过 50Mbps 甚至 200Mbps 的超高上行带宽以及 10ms 级的端到端通信时延，完美满足工业视觉系统的网络需求，支持系统实时处理海量工业生产数据。

中国电信结合 5G 及 MEC，打造智能工厂工业质检解决方案，通过云边端相结合的网络设计，实现了实时检测、云化共享、算法自优化，并提供了企业数据不出园区的安全性保障。

以某洗衣机制造厂机器视觉系统为例。中国电信将自研机器视觉检测算法集中部署在 5G MEC 平台上，通过英特尔 OpenVINO™ 工具套件在英特尔® 酷睿™ 处理器下对算法进行推论加速，帮助工厂以较低的成本、简易的维护，实现了洗衣机外壳瑕疵检测、洗衣机铭牌 OCR 识别以及质检人员动作识别等场景应用功能，有效提高了该厂的检测效率。

5G MEC 智慧工厂质检方案如图 7 所示，通过 3D 激光相机等终端采集实时生产数据，在中国电信 MEC 平台节点进行数据的处理和分析，通过平台上部署的算法实现划痕检测、凹槽检测、铭牌识别等功能。MEC 平台集成丰富的通用机器视觉算法，使方案具有普适性，既能满足广大工厂的基本需求，也能为特殊行业客户独家定制。

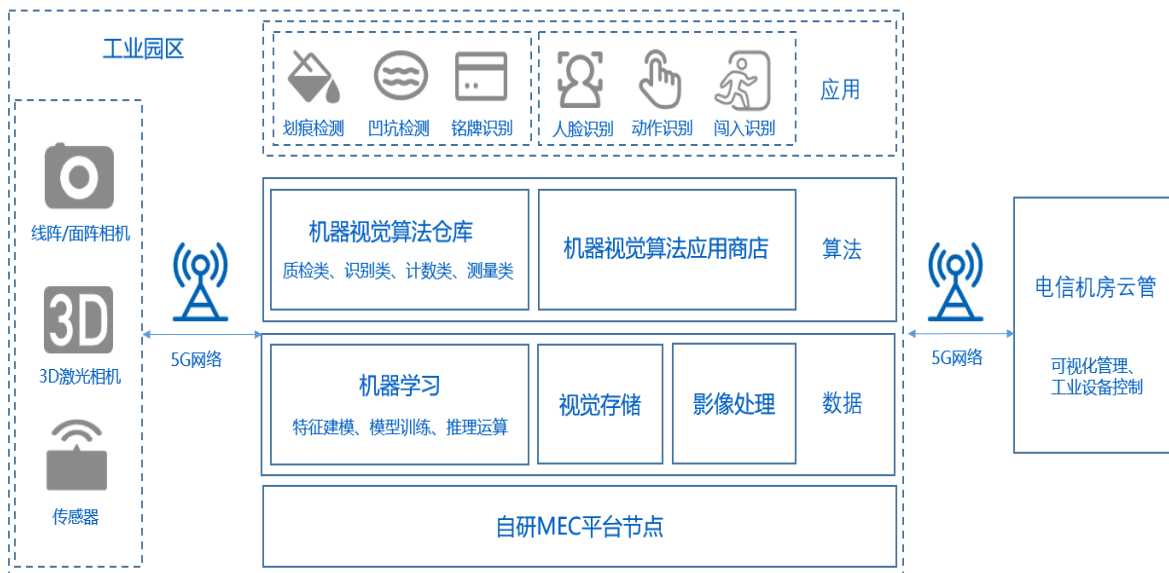


图 7 5G MEC 智慧工厂质检解决方案

新方案突破了传统机器视觉成本高、效率低、质量参差、维护复杂等瓶颈，有效提高了产品质量与生产效率，减少设备停机故障，帮助工厂大幅节省投资成本。此外，5G MEC 智慧工厂通过云边端协同，完成海量生产数据的采集与学习，充分挖掘工业领域的数据金矿，进一步提高了产品检测的准确度和鲁棒性。

3.2 助力纺织工厂织物缺陷检测

纺织企业生产的产品形态更新迅速，生产原材料更是品类繁多，导致织物检测困难重重，误检率始终居高不下，更无法满足众多弹性制造和柔性制造的特殊需求。以某纺织企业为例，在实际生产中，织物的面料、纹理和色彩千变万化，然而人工或传统软件算法对织物的检测方法往往只能识别特定瑕疵，很难做到识别所有种类的瑕疵。随着新兴技术发展，基于深度学习方法的 AI 模型为以上问题的解决带来转机，通过大规模织物瑕疵数据对 AI 模型进行不断地训练迭代优化，可以让 AI 模型自我学习与辨识出更多织物瑕疵。但随之而来的大量训练、推理计算任务却是传统工控机等产线设备无法应对的。

为帮助用户有效应对以上问题，中国电信与英特尔一起，打造基于云边协同的智慧工厂方案来助力织物缺陷检测。

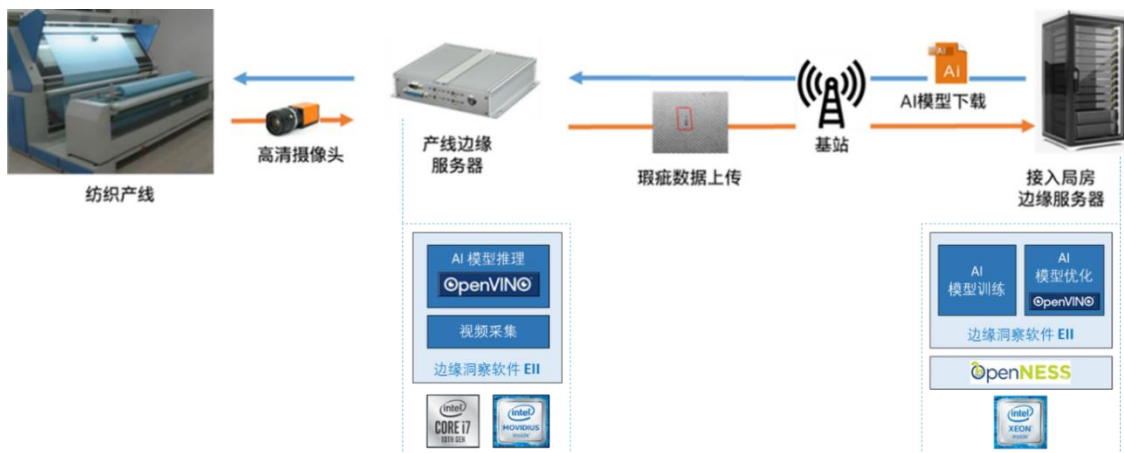


图 8 某纺织厂 MEC 平台架构

新方案（架构如图 8 所示）采用了两级边缘服务器设计，其中面向产线的现场边缘服务器基于英特尔® 酷睿™ 处理器，或其他英特尔® 架构处理器平台构建，通过边缘洞察软件 EII 控制高清摄像头，以及对瑕疵数据进行采集、缓存与上传，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，由第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器和 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再下发至产线现场边缘服务器，由此形成完整的工作闭环。

基于中国电信 MEC 平台，新方案有效实现了云端与边缘端的协同，其中人机界面、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被部署在产线现场边缘服务器中，由此提升智能方案对一线设备的快速控制能力，而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 etc 算力需求量大、需要异地多端资源协同的应用，两者之间通过中国电信的高速 5G 网络进行连接，从而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。

3.3 助力高清视频直播美颜效果

高清时代的来临，让舞台上的每个细节都变得清晰可见。为了更好的收视效果，越来越多的云视频直播正通过实时优化技术来帮助演员掩饰皮肤上的瑕疵，提升画面美感，呈现更好的效果。但实现实时“美颜”并非易事，典型的直播美颜处理流程如图 9 所示，一般在每个演员进行美颜时，都需要将视频分帧后逐帧进行美肤、美型、美妆和风格滤镜等美

化处理。其中，美型主要包含放大双眼、瘦脸、瘦下巴等脸部修型，美妆处理目的在于对人脸做妆容修饰，如增加红唇、腮红和眼影等；对人像美型和美妆前需要先检测出人脸部分，然后根据人脸关键点提取的结果，定位出面部关键区域位置，包括眉毛、眼睛、鼻子、嘴巴和面部轮廓等，之后结合面部五官定位信息进行美型和美妆处理。美肤处理首先根据肤色检测算法分割出皮肤区域，然后对皮肤区域进行磨皮、美白处理，使皮肤变得光洁无暇。此外，为了满足拍摄场景风格化需求，图像通常还会采用不同色彩风格的滤镜处理，带来不同的视觉体验。美肤、美型、美妆和风格滤镜可多维度组合美化，也可以单一维度美颜，美颜完成后将处理后的图像重新编码推流。

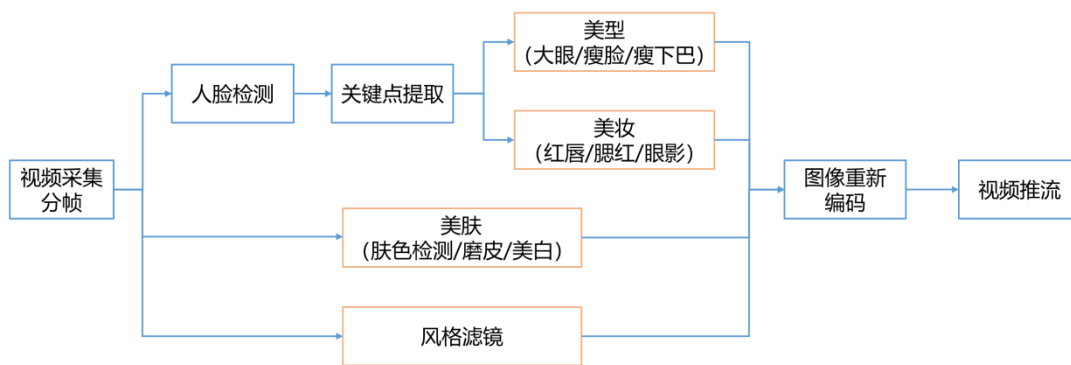


图 9 典型直播美颜处理流程

在 4K 高清场景中，单路视频码率往往达到数十 Mbps，如果将美颜处理全部交由云端处理显然将对网络带宽带来极大的挑战。而传统终端侧的计算处理能力往往有限，仅能支持对几位演员进行实时美颜处理，遇到需要对大型演出活动中的数十乃至上百人同时进行处理时就会捉襟见肘。

现在，中国电信正与英特尔一起，通过 MEC 平台来帮助客户有效应对这一问题。以平台在某交响乐团直播中的应用为例，整个应用架构如图 10 所示，来自高清摄像机的演出实时图像可以直接被部署在边缘数据中心的 MEC 平台服务器进行处理，在完成一系列美颜处理后，直接由 5G 核心网进行任务编排后推送至观众的移动设备上，而无需再去远端的云数据中心进行处理，远端天翼云只需要将迭代优化过的美颜算法下发至 MEC 平台即可。这一模式让整个美颜处理基本都在边缘侧完成，从而大幅降低高清视频数据在网络中的传输与时延。

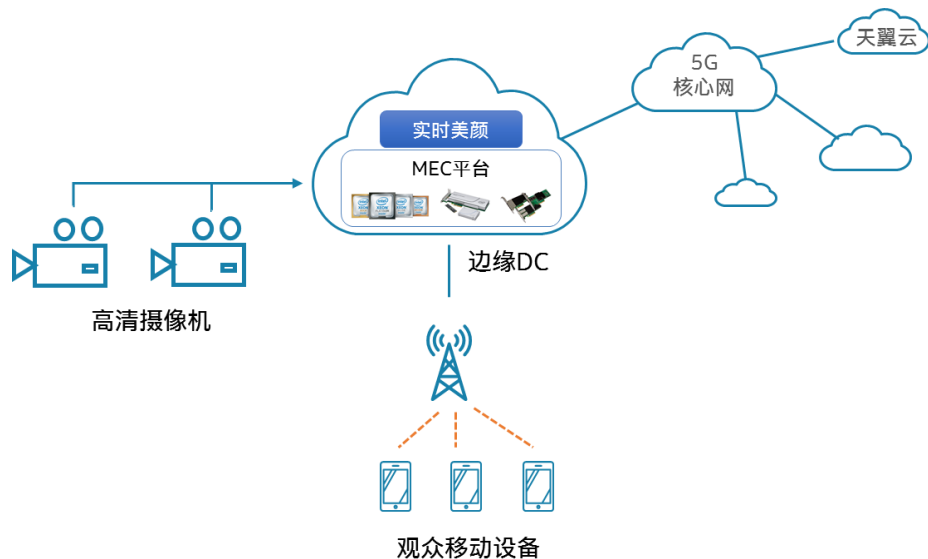


图 10 演出直播实时美颜场景中的 MEC 平台

3.4 助力医院信息化系统的存储与查询，有效降低总投入

医院每天都会产生巨大的诊断数据，尤其是胶片，这些胶片不仅冲洗慢、显示精度寿命短，还不易携带和查阅，对医生和病人都是一种负担。数字智能时代，相比于传统胶片，不少医生倾向于用电脑查看原图，电子影像不仅可以局部放大，还可以动态多维展示。

某三甲医院已完成中国电信 5G 信号覆盖，在客户经理进行需求调研时，医院希望将其医疗胶片处理系统进行升级改造。院内胶片可以通过 5G 无线以及光纤的方式，快速可靠得存储到数据中心，便于医生在诊断时可以快速调出胶片数据。同时对上传的胶片提供永久存储功能，便于用户对医生已诊断并审核后的胶片进行自查。中国电信根据客户需求，为其提供影像数据（在线、近线、离线）存储及备份功能，解决医院影像数据存储难、应用难问题。

方案架构设计如图 11 所示，为满足医院海量数据存储和读取，中国电信在 MEC 平台（MEP）上使用英特尔® 傲腾™ 固态盘产品，其 DWPD（硬盘每天写入，固态盘使用寿命指标）指标高达 60，是传统硬盘的 20 倍，可以从容应对频繁的数据写入，同时具备更低的读写延时以及更稳定的服务质量，对应用计算处理过程中的数据高速落盘给予了有效支持。MEP 边缘集群通过提供 100TB 的傲腾存储，可以满足一个月的胶片上传、诊断、审核以及用户自查，实现 0.5 秒内胶片调出；同时，对于访问频次低、访问时延要求不苛刻

的内容，在云端提供 6PB 的普通温冷存储，由 MEP 上的云边协同组件进行数据的热、冷交换，对客户应用透明。

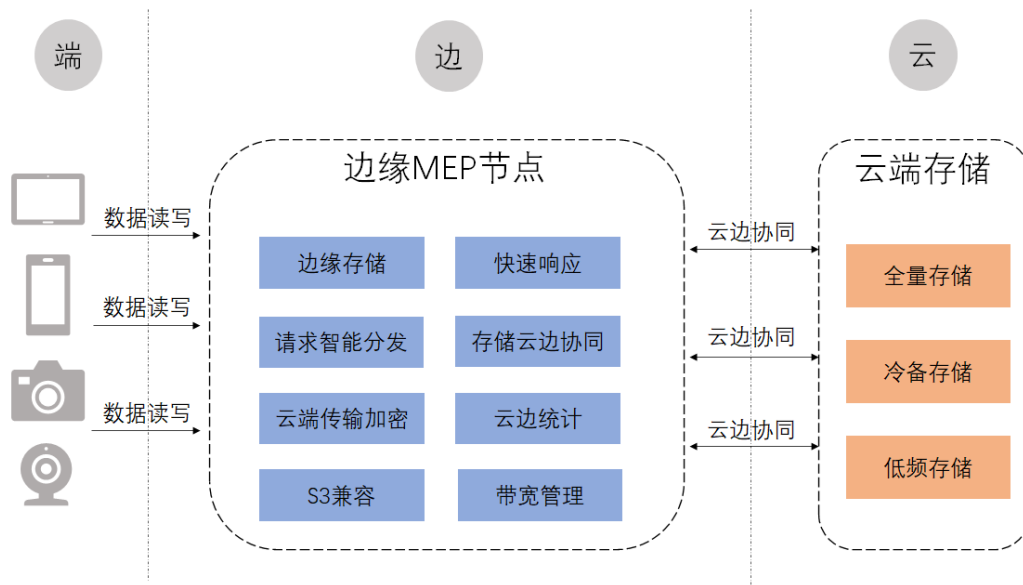


图 11 智慧医疗系统云边端架构

MEC 平台经过合理的热、冷数据交换，既实现了边缘快速的写入、查询和读取，也实现了大量数据的存储。此方案基于 MEC 平台能力为医院提供强大的网络和存储支持，帮助医生和病人通过手机电脑等终端随时随地上传、下载、查阅胶片和病历，提高看病效率，同时也为医院和病人节省了胶片相关开支，降低传统胶片对环境造成的污染。

4 未来展望

目前，中国电信 MEC 平台已在教育、医疗、制造、智慧园区等一系列垂直领域获得了广泛地运用与部署，正为 1600 余家用户提供高品质的边缘计算服务。例如在智慧医疗领域，利用 MEC 平台的有效算力，让医疗机构得以在诊疗一线运用 AI 能力进行辅助影像分析，加快病理判读效率与准确性；又如在智慧教育领域，结合 5G 网络、MEC 平台与 AI 技术，让教学机构可以更有效地对在线教学的质量、学生专注力等做出实时判读，让授课教师能够及时做出调整，提升教学效率。在智慧新商业领域，提供 5G 直播、XR、大数据等数字化解决方案，打造智慧商业综合体，打通线上线下，帮助大型商场、企业完成品牌文化宣传以及产品营销推广。在智慧工业领域，为企业打造 5G MEC 机器视觉方案，从工业生产、质检、园区运营全方面赋能工业园区，有效帮助企业提速增效，减小成本，实现安全、绿色生产。

面向未来 AI 技术加速落地的趋势，中国电信还将继续与英特尔及其他行业合作伙伴一起，探索更多先进软硬件产品与 5G MEC 场景的结合，加速云边端协同整体解决方案在更多行业应用中的落地，以更多高性价比解决方案为不同垂直领域用户的数字化、智能化转型提供驱动力，加速智能化新时代的到来。