
基于 5G 和人工智能技术的产品质量实时检测和优化方案

中国联通网络技术研究院

网络改造技术篇/前沿技术/工厂内网改造

1 概述

1.1 背景

产品质量是企业的生命，如何提高产品质量的检测效率和检测精度是企业一直关注的重点。当前产品质量缺陷的检测技术（例如汽车零部件齿轮轴等的检测）主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，这种方法缺乏一定的学习能力和检测弹性，导致检测精度和效率低下，增加了企业生产和运营成本。

1.2 实施目标

基于 5G 和人工智能技术的产品质量实时检测和优化方案通过机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等技术结合，实现了产品质量的实时高精度检测，通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

1.3 适用范围

本方案的使用的工业场景为：在满足工业实时性和安全性的基础上利用机器视觉提高检测效率和精度的工业场景，优先推荐在汽车零部件加工企业中推广。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本方案在 AII 工业互联网体系架构中的位置包括智能工厂内部及工业云平台，服务企业的智能生产任务，通过边云协同，采用机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等新技术，实现产品实时在线高精度检测，并通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

参考下图，本方案对应 AII 工业互联网体系架构图中的位置、作用及相关关系如下：

- 在工厂内部，通过工业相机和蜂窝网络实现在制品的实时图像采集，并将数据上传到边缘云平台，对应图 1 中的③在制品与工厂云平台（及管理软件）；
- 图像实时处理和分析 AI 算法部署在边缘云上，进行产品图像质量数据的实时分析；此外边缘云还负责将历史数据传送到中心云服务器。基于从边缘云获得数据，中心云负责 AI 模型训练、更新 AI 模型算法参数，并将 AI 模型算法参数同步至边缘云，实现边缘云质量检测算法的自我进化，对应图 1 中⑦工厂云平台与协作平台；
- 图像数据在边缘云实时处理分析后，判断产品是否合格，经过工厂控制系统和智能机器，完成残次品的剔除，对应⑤①②，控制指令从工厂云平台到智能机器、在制品之间的传输。

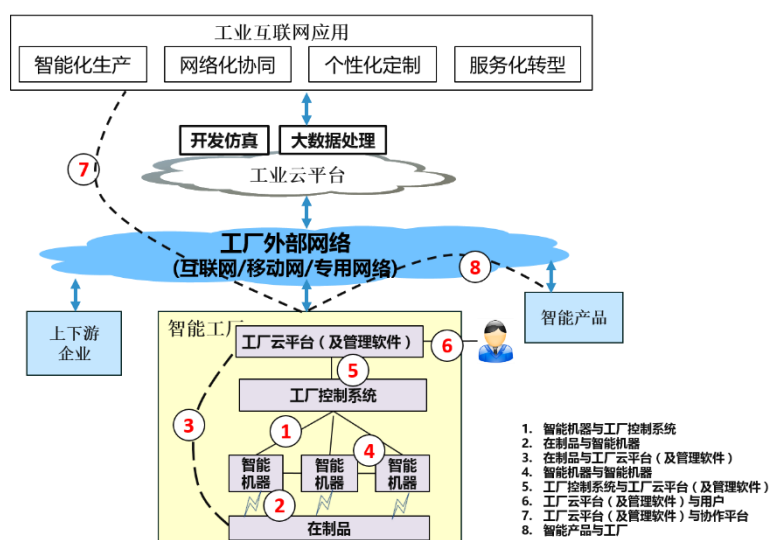


图 1 工业互联网互联示意图

此外，本方案还可支持 AII 参考体系架构（如下图所示）演进：

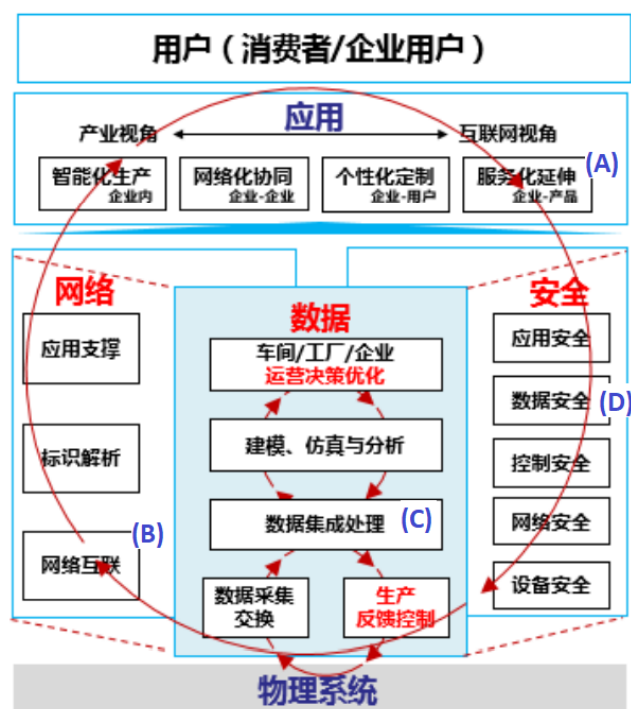


图 2 AII 参考体系架构

数据域数据采集交换：

- 试验蜂窝网络对于准实时图像数据采集、分析的支持；
- MEC 边缘云与工控机的业务协同。

-
- 数据域工业数据建模、仿真与分析；
 - 采用机器学习对工业图像分析算法进行改进，试验多种机器学习模型；
 - 试验将准实时图像分析算法部署在 MEC 边缘云上，将机器学习模块部署在中心云。

网络域应用支撑：

- 试验物联网设备管理平台在 5G MEC 边缘云上的部署以支撑低延时高可靠工业应用；
- 试验物联网设备管理平台对图像类准实时数据识别算法的支持。

安全域数据安全和控制安全：

- 实时数据在网络边缘侧完成分析处理，避免了回传到核心网，相比传统中心云处理方式，数据安全性得到有效保障；
- 网络边缘侧由于更贴近万物互联的设备，控制指令从边缘服务器发出，提高了控制安全性。

2 需求分析

当前，中国制造产品质量与国际品牌仍存在不小差距，其中一个主要因素就是中国工业产品的质检问题没有达到国际一流水平。我国现阶段工业品的质量检测基于传统人工检测手段，稍微先进一点的检测方法，将待检测产品与预定缺陷类型库进行比较，上述方法的检测精度和检测效率均无法满足现阶段高质量生

产的要求。例如，在汽车零部件中，齿轮轴和万向节的质量对车辆运行安全性和持久性有很大影响，当前检测技术主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，缺乏一定的学习能力和检测弹性，从而导致检测精度和效率较低。



图 3 齿轮轴



图 4 万向节

要改变这种现状，必须对现有检测模式进行升级，将智能化自动质检设备大面积运用在制造业产品检测中，提高检测效率和精度。

3 解决方案

3.1 方案介绍

产品质量是企业的生命线，如何提高产品质量的检测效率和精度是企业一直关注的重点。当前产品质量缺陷检测技术主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，缺乏一定的学习能力和检测弹性，检测精度和效率较低。本方案通过机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等新技术的有机结合，实现产品实时在线高精度检测，并通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

本方案的优势体现在两个方面：采用 5G 边缘云对图像数据进行实时分析，与现有中心云技术相比，边缘云可以按需部署，

可部署在汇聚、综合接入等边缘机房，实现业务本地化处理，在实时性、安全性方面更好满足工业应用需要；采用 5G 技术，实现质量检测图像数据实时上传到云服务，云服务器端基于检测图像实时和历史图像数据的人工智能学习，实现算法自我进化。

3.2 系统架构

3.2.1 整体架构实现概述

整体框架如图所示，共分为三层架构：

1) 设备层

通过工业机器视觉实现产品质量的图像实时检测，并将实时图像数据传输至边缘层进行智能分析决策，同时根据反馈结果实时操作。

2) 边缘层

边缘层接收来自工业视觉形成的产品图像数据，基于人工智能算法模型进行实时分析决策，同时将数据经过聚合后上传到中心云；同时接收经过训练的数据处理模型进行更新，以提高检测精度。

3) 中心云

接收来自边缘云聚合的数据信息，训练模型，将新模型参数输出到边缘云端，完成数据的分析和处理，中心云根据周期数据流完成模型迭代。

通过 API，中心云上的基于人工智能的检测模型可被第三方调用，实现模型的共享。

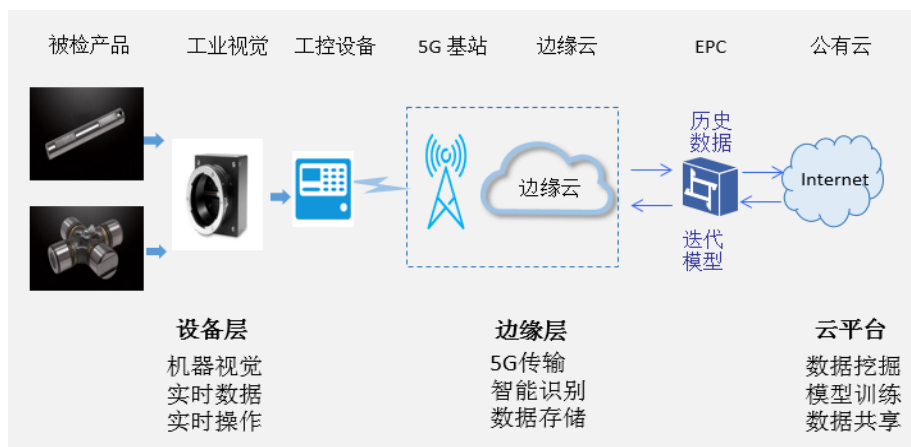


图 5 方案整体架构

3.2.2 架构特征

- 1) 实时性：由于图像数据采用 5G 边缘云技术在靠近设备的边缘侧被分析处理并即时反馈给应用方，满足了工业应用实时性的要求；
- 2) 精确性：在云端基于历史数据完成对模型的训练，训练后的算法模型在边缘层持续完成迭代更新，识别精度随着模型的训练逐步提高；
- 3) 数据安全：数据在本地边缘层进行实时分析和处理，在满足实时性的同时更大限度的保障产品数据的安全；
- 4) 模型共享：训练模型可在云端通过 API 调用的方式进行共享，提升行业整体水平。

3.2.3 边缘云部署

在本方案中，主要试验 MEC 边缘云与工控机的准实时性业务对接、与物联网设备管理平台的对接。

为解决降低开销，降低时延，自适应响应等问题，需要一种新的网络资源模型，即为边缘节点配置计算和存储能力，让其在

更接近高数量增长的终端设备的同时，降低云端的计算负载，降低服务延时，同时也可以降低整个网络的带宽开销。

5G 网络中，MEC 可作为独立设备进行灵活部署，可部署的位置（见图 6）包括边缘级、区域级、地区级。在实际部署中，需要根据业务类型、处理能力、网络规划等要求，将 MEC 部署于网络中的合适位置。本方案中，MEC 部署在接入级，位于接入机房，为客户提供业务本地处理能力。

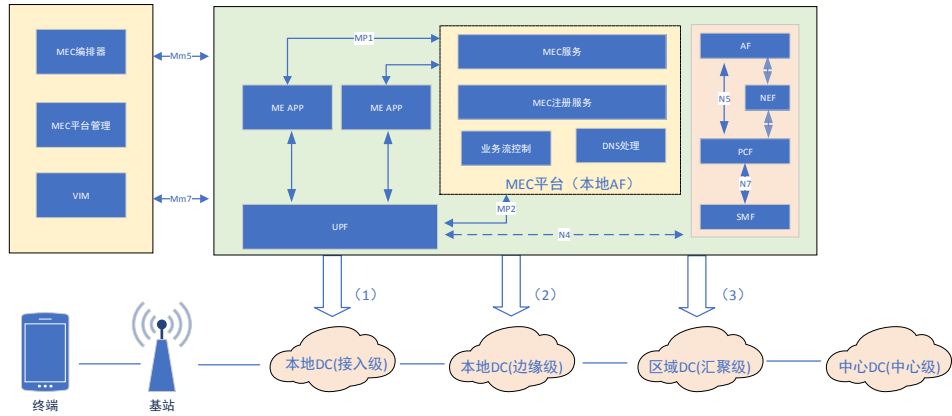


图 6 边缘云部署方案

3.3 网络拓扑设计

本方案为两级星型拓扑结构（如下图所示），第一级为工业视觉设备和工控机之间的星型组网，第二级为工控机和蜂窝基站间的星型组网。首先，多个工业视觉设备和一个工控机通过工业总线形成星型组网，完成工业产品图像数据的传输和工业残次品的剔除控制；其次，工控机和蜂窝基站形成星型组网，完成基于模型的图像实时决策判断和数据的传输。

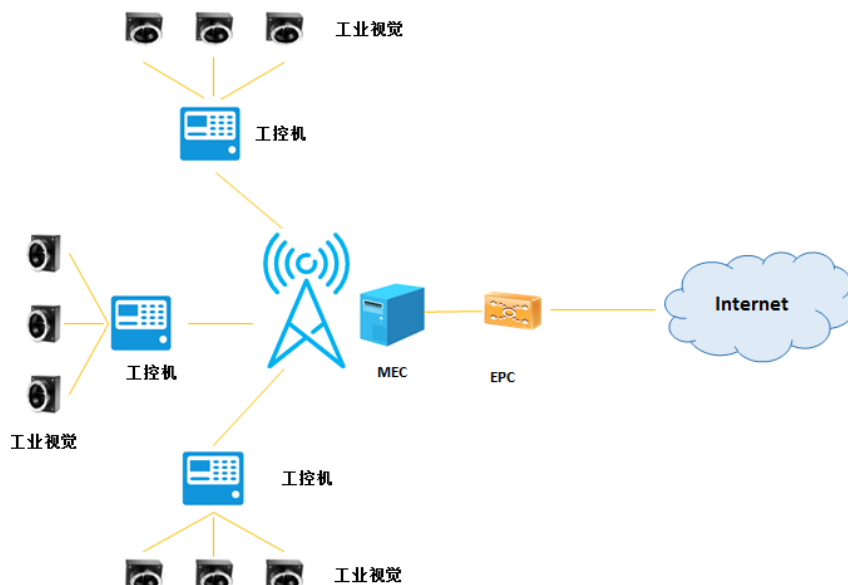


图 7 网络拓扑结构

3.4 功能设计

本方案的功能设计包括数据采集、工控机、边缘云、中心云四个功能模块。

- 数据采集：在生产设备处完成产品图像的数据采集，采用蜂窝网络将产品图像数据传输到边缘云；
- 工控机：通过产品的图像数据与模型数据的实时智能分析，完成智能控制，剔除残次品；
- 边缘云：在边缘云完成的功能包括产品图像数据的存储，数据聚合后向中心云上传，边缘侧任务的编排，边缘云资源的调度，接收来自中心云的模型数据等；
- 中心云：中心云完成数据存储、数据挖掘、模型训练、数据共享等功能。中心云接收边缘云聚合的产品数据，经过机器学习，完成模型训练，并将模型周期性发送到边缘云端。同时，该方案可在中心云通过 API 调用，实现模型

的共享。

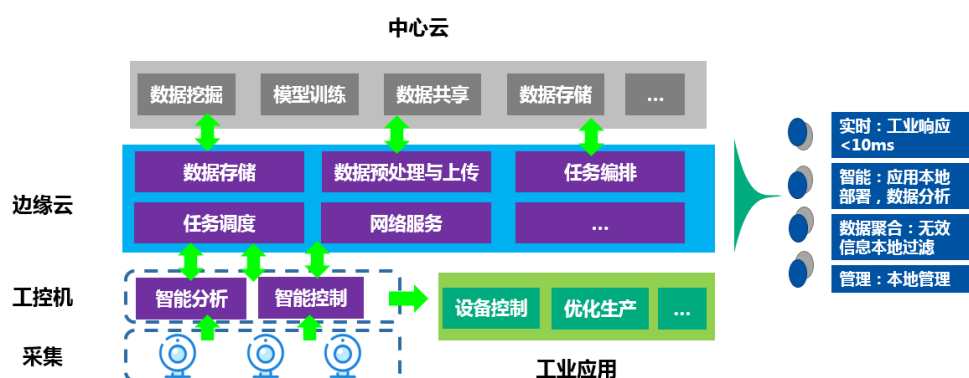


图 8 功能架构

3.5 安全及可靠性

本方案的安全及可靠性体现在以下三个方面：

- 数据接入采用蜂窝网络代替传统 WIFI 接入方案，在抗干扰、安全认证、QoS 质量保证方面提供运营商级的保障。
- 采用 MEC 边缘云技术，利用 MEC 边缘云的分流功能，将从装备采集来的原始数据在本地处理，数据无需经过核心网，大大缩短了数据在网络中的传输路径，安全性得到了提高。
- 设备、应用与平台数据交互均采用 SSL 安全加密机制，支持 128 位 AES、64 位 DES、3DES 等算法，支持设备认证鉴权，提供电信级安全保障体系。

4 成功案例

本方案已经成功应用在万向集团汽车零部件产品的检测中，帮助企业提高了检测效率，节省了成本运营成本，具有很大的商业价值和经济效益。

● 商业价值

从云与平台的角度：云平台可实现检测模型的调用和共享，通过训练模型术对金属表面缺陷识别、缺陷特征、缺陷规律等进行显性化、模型化、代码化，同时可供零配件制造工业 APP 开发者灵活调用，解决相关场景的核心和痛点问题，这将带来巨大的商业价值。

从数据采集及处理的角度：采用全新的设备数据重构方法，采集异质型数据非透明设备的运行数据，此采集设备能够广泛应用数字化工厂的建设，同时能够实现 MES、ERP、PLM 等企业管理软件的自动生产数据获取，设备具有很大的市场前景。

从 MEC 边缘云的通信新技术角度：基于三层架构的边缘侧服务器构建，同时让人工智能算法嵌入边缘服务器，实现半定制化的行业深度应用，此人工智能算法和产品质量改进方法具有行业普遍性，在配车零配件生产类企业中具有很大的市场推广价值。

从 5G 技术在智能制造中应用的角度：5G 在工业领域具有非常广阔的应用前景，5G 的三大场景 mMTC，URLLC，eMBB 将在工业领域助力实现全系统、全流程、全产业链、全生命周期的网络连接。日前，首个完整意义的 5G 标准正式冻结，本方案将成为 5G 在工业生产中应用的一次有益尝试，为未来 5G 大规模商用提供前期技术积累。

● 经济效益

利用机器视觉技术实现产品质量检测精度和检测效率的大

大提升，在降低生产成本的同时提高了产品质量，从而避免了产品因质量问题带来的经济损失，同时利用机器视觉技术可对各类型的产品质量图像检测进行自主学习，大大提升了检测柔性，进一步提升了企业产品的市场竞争力，从而给企业带来巨大的经济效益。

边缘侧采用数据重构方法，支持异质型数据非透明设备的接入，可灵活配置支持多业务场景，包括设备厂商、终端工厂、设备租赁方、维修方、代理商等等，让设备拥有者或者厂商可以远程管理自己销售出去的所有生产设备，通过本测试床使用的方法，实时获取设备运行数据和生产状态，从而基于设备的数据和统计，对设备生产的产品质量进行改进。

对于制造类企业客户而言，结合产品质量情况，同时利用车间中运行的所有机床设备及其运行状态、故障记录、产量、良品率、保养等生产因素，改善生产条件，改进工艺流程，让工厂设备可以完全智能化运转。