

5G+边缘AI在工业质检中的应用研究

Research on Application of 5G+ Edge AI in Industrial Quality Detection

卢丽文,黄锦川,王运付(中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Lu Liwen, Huang Jinchuan, Wang Yunfu (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

摘要:

5G+边缘AI的无线大带宽传输、智能化识别、低时延本地处理、安全稳定等特点,在一定程度上解决了工业质检检测难度高、人力成本居高不下、检测效率低下等问题。主要介绍2种常见的基于5G+边缘AI的工业质检应用实现架构,并从多个维度进行对比,为实际应用提供选择建议。同时根据检测对象和环节的不同,总结了4类5G+边缘AI在工业质检中的应用。

关键词:

5G; AI; 边缘; 工业质检; MEC

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.07.019

文章编号: 1007-3043(2021)07-0084-05

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The application of 5G+ edge AI has the characteristics of wireless broadband transmission, intelligent recognition, low latency of local processing, security and stability, which solve the problems of high difficulty, high labor cost and low efficiency in industrial quality inspection to a certain extent. It mainly introduces two common industrial quality inspection application architectures based on 5G + edge AI, and compares them from multiple dimensions to provide suggestions for practical applications. Meanwhile, four types of 5G + edge AI applications in industrial quality inspection are summarized according to the different detection objects and links.

Keywords:

5G; AI; Edge; Industrial quality inspection; MEC

引用格式: 卢丽文,黄锦川,王运付. 5G+边缘AI在工业质检中的应用研究[J]. 邮电设计技术, 2021(7): 84-88.

1 工业质检现状及发展趋势

在汽车、3C产品、芯片、光伏等领域,工业质检是不可或缺的环节,极大影响着产品产出质量和速度。工业质检目前存在以下痛点和挑战。

a) 检测难度大:工业产品复杂度和精细化程度不断提高,主要体现在零部件体积变小、样式和种类众多、形状不规则化、更新换代频繁等多个方面,这些大大提高了质量检测和控制的难度。

b) 人力成本居高不下:目前,工业质检仍大量依

赖人工方式。通过人工长时间、大批量的流水检测来判断工业零部件和设备的质量,这样的方式受人工经验和主观因素的影响大,对质检人员的专业素质要求较高。虽然部分企业也陆续引入了高精度检测设备,但仍然要求操作人员具备一定的专业检测知识。为保证检测效果和质量,需进行大量的人员岗前培训。此外,高强度和重复性的流水检测,对质检人员的视力、体力造成极大的冲击,人员流失屡见不鲜。为维持企业正常运转,挽留质检人员,须进一步提升人力成本。

c) 检测效率低下:工业质检速度和稳定性受质检人员技术水平、经验等限制存在不确定性。质检人员

收稿日期: 2021-05-10

在长时间高强度工作环境下,容易出现精力分散、情绪波动等问题,影响检测效率。

随着行业竞争的日益激烈,劳动密集型的工业质检方式已经难以适应市场的发展变化。为实现更高效能的生产制造能力、更高品质的产品质量控制和更低的人力成本,获取竞争优势,智能化转型成为工业质检的发展趋势。

2 5G+边缘AI赋能工业质检

5G作为“新基建”之首,成为新一代智能制造系统的关键使能技术。5G大带宽、低时延、高可靠等特性使无线技术能应用于高清图像传输及处理、现场设备实时控制等工业新应用,解决移动性传输需求,为工业质检奠定良好的网络基础。智能化应用不再受限于有形的电缆,灵活度大大提高。

2020年,人工智能与5G一起列入“新基建”七大领域。AI与5G的结合,催生了各种新型的智慧化应用,实现生产方式的改变和生产力的提升。目前,AI实现方式主要分为云端AI和边缘AI两种。云端AI通过公网将采集到的数据上传到云端处理,对网络带宽要求较高,一旦网络出现故障,就无法正常工作,且存在一定的安全隐患。边缘AI将AI从云端下沉到靠近用户的边缘位置,实现本地化的数据处理和AI智能检测,实时性高,具有极强的安全性,当网络出现故障,仍能正常工作,可靠性高。

工业质检为劳动密集型和作业密集型场景,一旦发生中断,极大影响工作效率,因此,实时、稳定、安全的智能检测尤为重要。基于5G+边缘AI的工业质检应用,可以实现低时延、无接触式的智能化检测和大数据量本地处理,最大程度减少对现有设备和工艺的改造,有效提高工作效率,减轻回传网络负荷,保障数据安全,同时实现自动学习和不间断并行检测,降低人力成本,当业务数据积累到一定程度,可以发掘数据潜在的价值,为业务决策提供有力支撑。

3 基于5G+边缘AI的工业质检应用实现架构

在工业质检场景下,5G+边缘AI应用根据边缘位置的不同,主要分为以下2种实现架构。

3.1 基于5G+边缘AI设备的实现架构

基于5G+边缘AI设备的实现架构如图1所示,其将AI功能下沉到最靠近客户现场的边缘位置,即将摄像头、传感器、边缘AI设备等部署于一线作业/检测位置。边缘AI设备基于摄像头或传感器采集的原始数据进行实时AI分析,第一时间将AI检测结果反馈至现场有线连接的展示和声音提醒设备,不受网络环境的影响,并通过5G网络将检测数据及结果回传至后端管理平台进行统计展示。

该架构由数据采集、现场反馈、边缘处理、网络传输、管理平台等部分组成。

3.1.1 数据采集

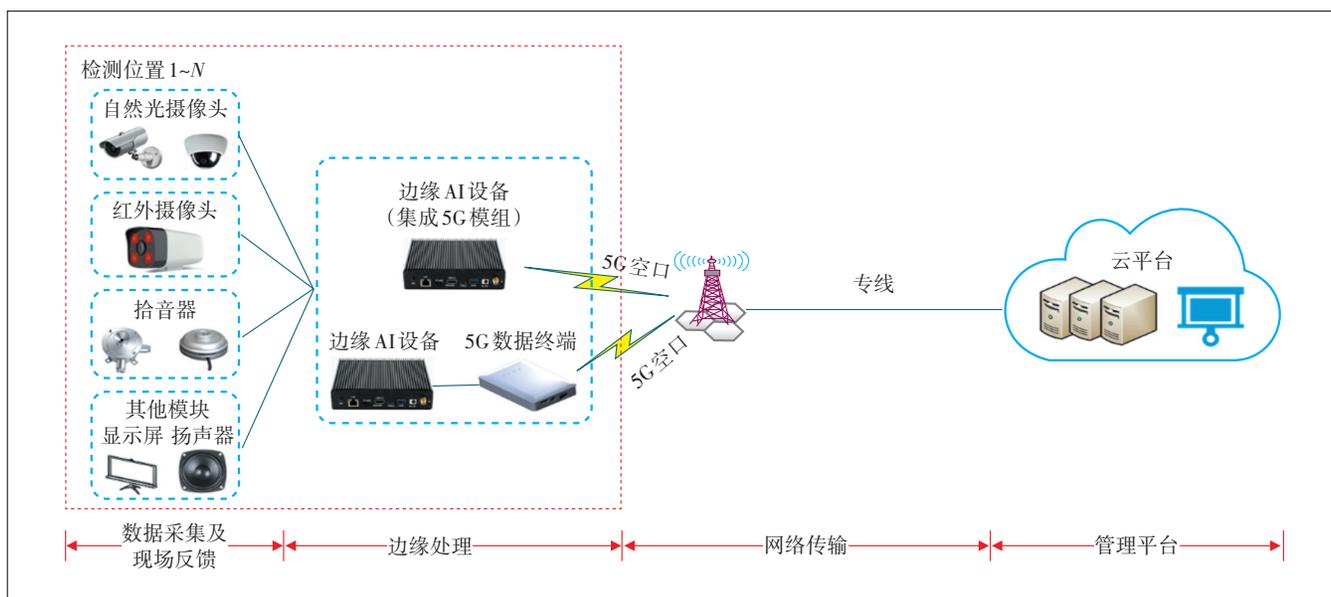


图1 基于5G+边缘AI设备的实现架构

原始数据采集是AI应用中最重要的一部分,缺乏良好的原始数据,AI算法的效果将大打折扣。原始数据(图像、视频、音频、文本等)由在合适位置布放的各种类型摄像头和传感器获取,并通过有线传入边缘AI设备进行处理分析。在低照度情况下,可以加入外部光源以提高采集数据的清晰度,避免因光照不足影响输入数据的质量,同时营造稳定的环境色温,降低周围环境光照变化带来的影响。

3.1.2 边缘处理

边缘AI设备对输入的原始数据进行处理和智能分析,将分析结果实时反馈至现场展示和提醒设备,并通过5G网络回传至后端管理平台。

边缘AI设备需具备以下功能模块。

a) 高性能处理器CPU:具备多核高性能处理器,作为控制中枢,用于多摄像头调度、进程调度、软件程序控制、指令执行等。

b) GPU/NPU:集成图形处理器GPU或神经网络处理器NPU,提供TOPS级及以上算力,支持TensorFlow/Caffe/MXNet等主流深度学习框架及特定AI模型的加载,用于摄像头视频、图像等原始数据的处理和AI分析。

c) I/O接口:配备多种I/O接口(见表1),并支持相关数据传输协议,以灵活适配应用场景。在实际应用过程中,可根据业务需求对接口进行删减或添加。

表1 边缘AI设备常用I/O接口

类型	接口	用途说明
网络接口	千兆以太网口(RJ45)	摄像头接入、网络组网
USB	USB2.0、USB3.0、TYPE-C	外设接入、数据传输
输出显示	HDMI、eDP、VGA	多媒体数据输出及显示
音频接口	LINE IN/OUT	音频数据输入输出
串口	RS485、RS232、CAN等	工业PLC设备对接等

d) 网络通信:集成5G模组或通过RJ45、USB等接口外接5G数据传输终端,具备5G传输能力。可根据需要内置或外接Wi-Fi、Bluetooth、4G等通信模块。

e) 内存及存储:具备一定容量的内存及存储,用于临时数据存放、AI模型存储等,其大小决定了设备的AI模型承载能力。在有限的存储空间下,AI模型应尽量做到轻量化、小型化。

f) 视频编解码:支持H.265、H.264、VP9、VC-1、MPEG-1/2/4等通用的视频编解码标准及相关带宽压缩技术,在保证视频质量的基础上尽可能降低传输速率。

g) 供电及散热:配备电源、风扇等供电和散热模块,保证设备正常运转。

3.1.3 现场反馈

通过有线外接显示屏、扬声器等设备,对分析结果进行实时展示和声音告警提醒,为下一步处理提供及时、稳定的参考依据。

3.1.4 网络传输

通过5G无线空口将数据回传至覆盖该区域的5G基站及上联机房,在上联机房与后端云平台服务器之间搭建一条数据专线,提供专用数据传输链路,实现链路质量保障,保证数据安全性及稳定性。

3.1.5 管理平台

后端管理平台部署在公有云或企业私有云上,对前端边缘AI设备回传的检测数据和分析结果进行存储及统计展示。

特别说明的是,图1中数据采集、现场反馈和边缘处理这3部分所涉及的设备除了可以独立存在,也可以组合成一个整体,如5G+边缘AI质检机器人,集成了5G模组、摄像头、传感器、交互显示屏及边缘AI处理所需的相关硬件和功能模块。

3.2 基于5G+MEC的实现架构

基于5G+MEC的实现架构将AI功能下沉到客户现场/边缘接入机房,搭建一个5G+MEC专网,将摄像头或传感器采集的原始数据分流至客户现场/边缘机房部署的MEC边缘云上,在MEC上部署AI服务器、管理平台等,对原始数据进行边缘处理、AI分析和统计展示,同时接入厂区本地网,实现数据不出内网,保障数据安全性。实现架构如图2所示。

该实现架构由数据采集、网络传输、边缘处理及管理平台等部分组成。

3.2.1 数据采集

通过在摄像头和传感器中集成5G模组或外接5G数据传输终端,将其采集的原始自然光、热成像或音频等数据进行5G无线回传。该数据采集部分所涉及的设备也可以组合成一个整体,如5G移动采集机器人。

3.2.2 网络传输

该实现架构采用5G+MEC专网进行数据传输。原始数据通过5G无线空口回传至5G基站,5G基站将该业务数据(下文统称专网数据)分流至MEC上,实现业务流量的本地卸载。

根据分流机制的不同可分为以下2种方案。

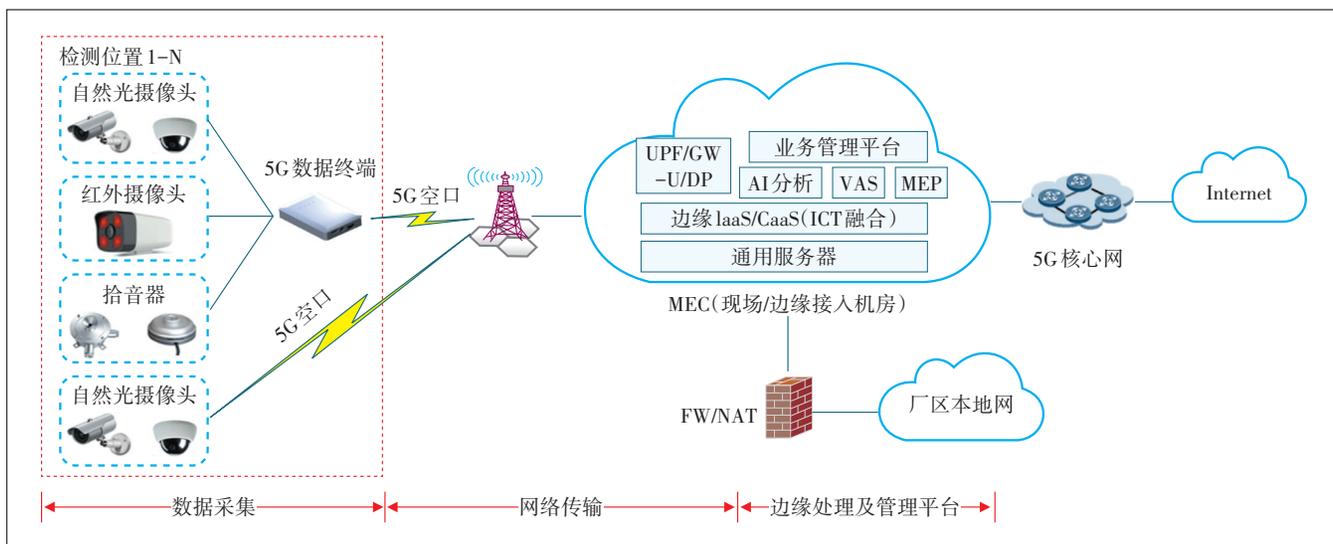


图2 基于5G+MEC的实现架构

a) 在客户现场/边缘接入机房部署下沉UPF/GW-U用户面网关。在5G SA/NSA环境下,基于核心网控制面与用户面相分离的思想,UPF/GW-U用户面网关下沉部署至客户现场/边缘位置。在数据传输之前,5G基站上报控制面信令消息至核心网,核心网控制面网关SMF/GW-C根据专网终端携带的APN等信息,为专网数据选择下沉的专网UPF/GW-U,建立默认承载。基站在收到专网终端发起的数据传输请求后,将专网数据通过默认承载转发至下沉的专网UPF/GW-U;若非专网数据,5G基站将其转发至公网用户面网关,从而控制数据的转发,实现专网数据分流。

b) 在MEC部署DP分流模块,串接在5G基站与核心网之间。DP分流模块一般采用二层模式串接在5G基站与核心网之间的S1链路上,对S1流量进行包解析分流,将专网数据分流至MEC上,将非专网数据透传至核心网。

3.2.3 边缘处理及管理平台

在MEC上部署AI服务器、媒体服务器、编解码服务器及业务管理平台,对分流至MEC的专网数据进行边缘AI分析和处理,并将分析结果和相关检测数据传至业务管理平台进行存储和展示。同时,在MEC上部署MEP边缘管理平台、VAS增值服务等模块,实现对MEC的管理。

笔者将基于5G+边缘AI设备的实现架构与基于5G+MEC的实现架构进行对比发现前者在AI分析时延、稳定性、成本等方面较后者有一定优势,尤其适用于实时性和稳定性要求严格、成本受限的场景;后者

在AI模型承载及扩展、安全性方面有突出优势,尤其适用于安全要求高的大型复杂工业质检场景。

4 5G+边缘AI在工业质检中的应用

5G与边缘AI应用在工业质检领域已逐步开展探索和实践,不同场景下所采用的实现架构应综合质检业务类型、允许的检测时延、AI检测功能复杂度、稳定性及安全性要求、项目成本等各方面因素灵活选择。

根据检测对象和环节的不同,5G+边缘AI在工业质检中的应用可分为以下几类。

4.1 零部件的AI智能检测

工业领域的零部件具有种类繁多、工艺精密、体积形状多样、检测标准不一的特点,人工质检难度大、复杂度高,很容易出现漏检、错检的情况。基于5G与边缘AI技术将零部件多角度、高清晰度的图像、视频等原始数据进行回传,通过边缘内置的AI智能检测算法,实现多标准、高准确度的实时零部件智能检测,提高检测效率,降低人工成本。

示例1:手机玻璃盖板瑕疵智能检测。玻璃盖板是手机关键零部件,直接影响手机操作体验。通过多角度组合光源和高分辨率摄像头进行数据采集,可以实现点状缺陷(黑点、白点、凹凸点、点状划痕等)、线状缺陷(划痕、刮伤、脏污等)、气泡、边缘崩边、透光等各类微小瑕疵的智能检测。

示例2:汽车曲轴连杆类型智能检测。发动机曲轴连杆的外形有很高的相似度,不同发动机所使用的连杆之间,甚至一个连杆的正反面往往也只有几个

特征点有明显不同。通过将摄像头、传感器应用在多种汽车发动机曲轴连杆的自动化生产线上,边缘内置的AI检测算法可以辨别不同类型的产品,助力自动化生产线的高效运行。

4.2 组装及成品的AI智能检测

在工业领域,各种零部件将遵循一定的规则和结构,组装成最终的产品。产品的整体质量检测 and 故障排查也是工业质检的重要一环。基于5G与边缘AI技术,实现对产品运转数据的采集、无线大带宽回传和实时AI分析,为产品整体性能和故障检测提供宝贵的参考依据。

示例1:空调噪声智能检测。噪声大小是空调的一项重要指标。空调噪声在生产线上淹没于工厂内嘈杂的设备噪声之中,可以在生产线上增设音频采集设备,由音频采集设备事先采集工厂内的设备噪声数据,建立噪声库;然后通过边缘内置的AI检测算法对设备噪声进行识别,将设备噪声作为背景音从采集到的音频中剔除,并对剔除背景音的声音数据进行分析,实现空调噪声的智能检测。

示例2:PCBA故障智能检测。在印制电路板PCBA生产组装过程中难免会出现缺陷或不良,如元器件错焊、漏焊、移位、裂纹、焊盘翘起等,售后产品也存在损坏返修的问题。PCBA板为有源电路,发热异常是判断故障的重要依据。自然光和红外摄像头可以收集PCBA板自然光数据、上电过程的热成像数据,获取温度热图数据,边缘内置的AI检测算法将其与标准良品热图进行比较,实现异常点快速定位和失效分析,大大减少维修时间。

4.3 产线工人动作及状态智能监控

目前,智能质检尚未完全取代人工,产线工人与智能机器并存是常态。基于5G与边缘AI技术,对产线工人的动作行为、情绪状态等进行高清实时监控,若发现潜在的影响工作质量和效率的问题,进行实时预警,进而采取防范和改善措施,降低事故发生的风险和概率。

示例1:产品装配操作智能监控。产线工人参与的产品装配作业中,通常包含固定的操作流程如伸手、抓取、移物、定位、装配等。操作人员在长时间工作或被干扰后,装配动作会出现遗漏、误操作等问题,影响产品质量。通过高清摄像头对产线工人的动作行为进行监控,边缘内置的AI检测算法可以自动识别人工装配过程中的工序是否正确,对错误操作进行实

时报警提示,加快问题暴露,节省时间。

示例2:质检人员情绪及精神状态监控。质检人员的情绪及精神状态会极大影响其工作效率和质量,极端情况下,甚至会威胁自身安全。基于5G+高清摄像头可以对质检人员的面部表情、动作等进行实时AI监测,一旦发现疲劳、注意力不集中、悲伤、愤怒等现象,可以及时提醒相关人员,避免不必要的事故。

4.4 预测性维护及改进分析

通过5G+边缘AI智能质检,企业可以积累大量精确的、全面的质量检测数据,记录检验过程中的细节(如视频、缺陷图片、产品参数设置、生产流水线标记等)以及缺陷判断结果。以质量大数据为基础,企业可以进行质量趋势、缺陷成因、产能问题定位等智能AI分析,反观生产工艺、产线设备中影响产品质量的问题,进而推动参数优化、工艺改进和设备维护升级,从源头减少或杜绝缺陷品的产生,做到质量管理事前控制,降低质检工作量,为产品制造打下良好的基础。此类应用需在质量大数据的基础上进行AI分析,提供预测性维护及改进指导意见,对时延不敏感,但对硬件算力、存储和数据安全性要求较高,一般采用基于5G+MEC的实现架构。

5 结束语

在工业质检领域,5G与边缘AI因其大带宽、智能、实时、安全、稳定的特点受到青睐,目前已在零部件、组装及成品、产线工人动作及状态AI智能检测、预测性维护及改进分析等方面逐步开展应用探索和实践。根据业务实际需求,企业可灵活选择基于5G+边缘AI设备或5G+MEC的实现架构。未来,随着技术的发展和行业探索的深入,5G+边缘AI在工业质检领域将衍生出更多的应用类型,丰富应用场景,发挥更大的价值。

参考文献:

- [1] 网宿科技股份有限公司. 基于边缘计算的AI表面无人质检系统解决方案[J]. 自动化博览, 2020(10): 58-61.
- [2] 侯大为. 从AI质检机器人,到以质量大数据驱动的数字化工厂[J]. 人工智能, 2020(3): 74-83.

作者简介:

卢丽文,毕业于北京邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G终端应用研究工作;黄锦川,毕业于东南大学,工程师,硕士,主要从事5G终端应用研究工作;王运付,毕业于电子科技大学,工程师,硕士,主要从事5G终端应用研究工作。