

5G和MEC在工业互联网中的

Discussion on Application of 5G and MEC in Industrial Internet

应用探讨

肖羽¹,王帅²(1. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100032;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)

Xiao Yu¹, Wang Shuai²(1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100032, China; 2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

摘要:

工业互联网已成为中国经济发展的重要战略之一,在工业化和互联网化两化融合的过程中存在诸多难题,需要5G和MEC等CT新技术贯通工业OT域和IT域。为了探讨5G和MEC在工业组网、支撑工业系统方面的价值,首先分析了工业领域存在的问题及对新技术的需求,接着提出了5G和MEC在工业内外网组网架构中的应用方案,并对工业边缘云架构、典型应用场景等进行了讨论。结合5G+MEC在工厂中的应用案例和相关的技术测试指标验证,最后得出了“5G+MEC+行业智能化应用”模式将为行业和企业带来真正价值的结论。

关键词:

边缘计算;5G;工业互联网;ICT;工业内外网

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.07.002

文章编号:1007-3043(2020)07-0007-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Industrial Internet has become one of the important strategies of China's economic development. There are many difficulties in the process of fusion of industrialization and Internetization. CT technologies such as 5G and MEC are required to penetrate the industrial OT and IT domains. In order to discuss the value of 5G and MEC in industrial networking and supporting industrial systems, the problems in the industrial field and the demand for new technologies are analyzed firstly, and then the application solutions of 5G and MEC in the internal and external network networking architecture are proposed. The industrial edge cloud architecture and typical application scenarios are discussed. Combined with the application case of 5G + MEC in the factory and the verification of related technical test indicators, it is finally concluded that the "5G + MEC + industry intelligent application" model will bring real value to the development of the industry and enterprises.

Keywords:

MEC; 5G; Industrial Internet; ICT; Industrial intranet and extranet

引用格式:肖羽,王帅. 5G和MEC在工业互联网中的应用探讨[J]. 邮电设计技术,2020(7):7-11.

1 工业对新技术的需求

1.1 工业存在的问题分析

中国的工业规模位居世界前列,门类齐全、体系完整,在支撑中国经济社会发展方面发挥着重要作用。但中国仍处于工业化进程中,制造业与先进国家相比还有较大差距,特别是在企业的信息化、智能化方面仍处于起步阶段,整体发展水平不高,制约了工业企业的发展。

传统的工业企业在生产制造、组网和企业信息化

等方面存在诸多问题,各工业应用系统之间数据无法互通,形成“信息孤岛”,主要表现在以下几个方面。

a) 企业多采用工业以太网和现场总线进行组网,传统IP网络传输采用尽力而为的机制,存在丢包、时延、抖动等问题,无法满足对时延敏感性应用的需求。

b) 工业现场总线传输速率较低、协议繁多,各厂家之间不能互通,影响企业对终端数据的统一采集、管理和建模。

c) 部分工厂采用Wi-Fi、ZigBee等无线接入技术,但存在速率、稳定性、时延、连续性、安全隐患等问题。

d) 随着工业企业信息化、智能化的发展,柔性生产、工业机器人、AGV、远程操控等应用的越来越广泛,

收稿日期:2020-05-15

对移动终端的接入需求也越来越多。

e) 工业企业对生产过程中产生的业务数据有安全私密性要求,希望业务数据不出园区。

f) OT与IT域既有隔离又有互通需求,安全性无法全面保障。

1.2 对5G等新技术的需求

随着5G在中国规模商用的推进、5G新基建的提出,5G已经成为了中国数字经济转型的关键基础设施之一。5G的大带宽、低时延、海量连接的特性可以满足工业场景下高速率数据采集、远程控制、数据传输的稳定可靠性、业务连续性等需求。5G对工业的赋能正推动着工业企业由“制造”向“智造”发展,为工业企业的提质升级、高水平发展注入了强大动力。

新一代信息通信技术与制造业的融合逐渐从理念普及走向应用推广,制造业智能化、柔性化、服务化、高端化转型发展趋势愈发明显,对高性能、具有灵活组网能力的无线网络需求日益迫切。在工业互联网体系架构中,网络、平台和安全是3个关键要素,其中网络是工业互联网的基础,平台是体系的核心,安全是重要保障,而边缘计算MEC既是5G网络的锚点,又是工业边缘应用的承载者,在整个工业互联网体系架构中起到不可替代的重要作用。

边缘计算MEC的出现,成为了助力5G网络数字化转型和差异化创新应用服务的强力助推技术,MEC平台是网络与业务融合的桥梁,是应对5G大带宽、低时延、本地化垂直行业应用的关键。制造型企业更容易成为边缘计算技术发展的受益者。在工厂内部,很多生产任务都需要利用IT系统对生产过程进行全程监测,以便及时发现问题,降低次品率,在规定时间内完成产品交付。引入边缘计算后,工厂可以通过在流水线中部署的边缘设备收集和分析数据,实现对生产过程的全程监测,大幅度缩短时延,促进工厂提质增效。

在中国排名前十的边缘计算应用场景中,两项来自制造领域,即现场工业机器人和柔性制造。工业互联网中边缘计算可以应用在多个场景,而不同的场景对计算能力需求不同,包括流式数据分析,数据挖掘,智能计算和实时控制等。MEC和5G的融合为工业智能化改造提供了充分的想象空间,MEC可以实现对工业业务数据的本地分流卸载、对业务的近端处理,在满足企业数据不出园区的安全隐私性需求的同时,也进一步降低了业务时延,提升了诸如远程控制、远程协作

等业务的体验。MEC结合工业PaaS能力或SaaS应用可以打造面向工业领域的工业边缘云平台,通过工业边缘云平台的部署可快速为工业企业提供更多工业边缘应用,同时平台通用工业能力的共享可以降低企业的信息化改造成本,加速中国工业的互联网化转型发展。

在工业互联网标准体系架构中,边缘计算主要关注边缘设备、边缘智能、能力开放等领域,通过和其他技术如标识解析、平台与数据、工业APP等的协作,共同为工业互联网的持续快速发展提供助力。

2 5G+MEC在工业的应用探讨

2.1 网络架构

基于5G的智慧工厂信息化基础设施一般包括OT域、IT域、CT域。而CT域作为连接IT域和OT域的纽带和桥梁,为工厂的智能化运转,提供网络承载和业务质量保障,因此CT域的网络性能直接决定了工厂智能化水平的高低。

OT域设备通常包括:现场总线、工业以太网、工业无线等通信方式,通过PLC、RTU、DCS、工业边缘网关等设备采集、控制、监测生产过程。

IT域设备通常包括:MES系统、CRM系统、ERP系统、预测性维护系统、OA系统、WMS系统、远程控制系统等。

CT域设备通常包括:移动通信核心网(如5GC)、边缘计算MEC(含UPF或分流模块)、基站、工业CPE等。

工业企业网络一般由工业内网和工业外网组成,需要探索5G、IPv6、TSN、工业PON、工业SDN、NB-IoT、边缘计算、无线专网等新技术在工业互联网中应用的成熟模式,推动工业企业内网的IT化、扁平化、柔性化,打通信息孤岛,促进企业数字化转型。传统的工业内网一般由工业以太网、现场总线、工业Wi-Fi、Zig-Bee、普通以太网等组成,传统的工业外网一般由专线、互联网等组成。而随着5G、SDN、物联网、边缘计算、AI等新技术在工业领域应用越来越多,工业企业应用的组网技术、组网结构也发生了重大变化。

在工业企业内网组网方面,通过5G宏站和室内分布基站对工业园区和工厂车间内部进行无线信号覆盖,逐步替代Wi-Fi、工业以太网和现场总线满足工业终端的接入。传统的工业终端不具备5G通信能力,终端改造成本也比较高,可以通过工业CPE和工业融合

网关接入5G网络。对于工厂内有移动性诉求的终端,如AGV、天车、叉车等设备可以优先考虑采用5G进行接入,其他基本固定不动的设备可以后期进行5G接入改造。

在工业企业外网组网方面,传统的互联网无法满足工业业务数据、管理数据传输的质量和安全性,而传统的专线受制于网络技术因素,开通周期较长、价格昂贵、带宽相对固定,无法满足工业智能化过程中业务灵活部署和调度、多云之间协同、多厂区间互联互通、各地办事机构随时便捷接入等需求。SDN和软件定义广域网(SD-WAN)技术实现了承载网络的集中控制和统一调度,可以为工业企业快速开通带宽灵活、个性化、低成本的外部业务承载网络。在工业领域的云边协同方面,为了对现场多源、异构数据归一化处理,同时兼顾计算和网络资源以及数据传输的有效性等,需要形成云端和边缘计算资源的合理和优化配置。工业企业内外网的组网架构如图1所示。

2.2 平台架构

MEC工业边缘云平台可以采用软硬件解耦的3层云计算架构,底层为IaaS层,由服务器、交换机、防火墙、FPGA卡、GPU卡等硬件资源和虚拟化层组成;中间是工业PaaS层,由数据清洗、工业协议解析库、时序数据库等工业原子能力组成;上层是工业SaaS层,由机器视觉、AR远程协助、预测性维护、WMS智慧仓储

系统等各种工业应用组成。

随着5G技术的进一步推动,多元化的应用将促进边缘计算的快速迭代升级,传统数据中心会越来越向边缘侧延伸,边缘侧承担的计算任务也将持续增加,同时与通用服务器相比,边缘计算服务器可面向5G和边缘计算特定场景进行个性化、差异化定制,能耗更低、温度适应性更宽、运营维护管理更方便。工业边缘计算平台可以在通用的边缘计算平台基础上进行功能增强,以更加适应工业生产环境和工业企业生产的需要。对于硬件设备,可以采用一体化机柜,使之具备更好的散热、防尘、抗震、防电磁等功能,而服务器和交换机等设备可以采用宽温、电源冗余配置等手段增强设备的工业环境适应能力。对于软件系统,除需要具备通用的平台能力外,还需要根据工业行业的特点进行针对性的能力部署和应用开发,如工业协议解析能力、预测性维护系统等。

从3GPP和ETSI对边缘计算的架构设计看,边缘计算平台是一个IT和CT融合的平台,应当具备编解码、渲染、AI推理、机器视觉、图像识别等IT能力,同时也应具备分流能力、分流策略制定下发能力、RNIS(可以提供小区ID、用户位置、小区负载和吞吐量等信息)、QoS、LBS等CT能力。MEC的计算能力和存储能力可为以下5个方面提供服务:业务的汇聚及分发、设备消息的分析、基于上述分析结果的决策逻辑、数据库

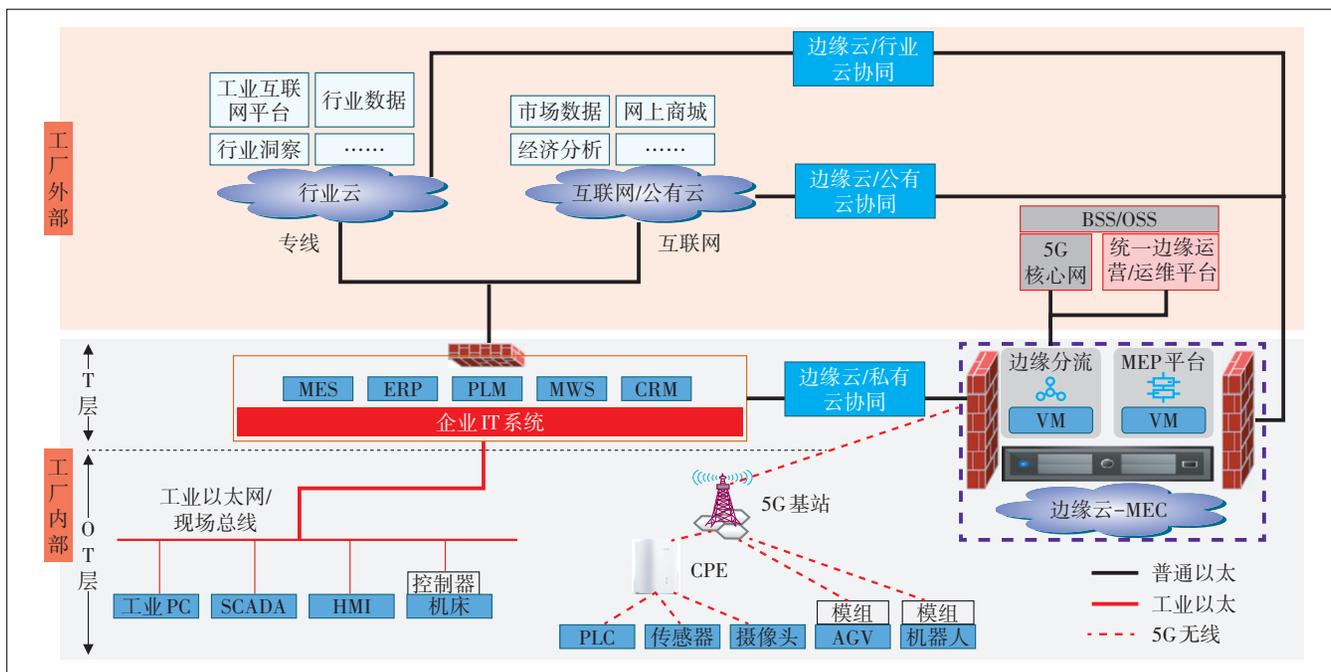


图1 工业企业内外网组网架构

登录、对于终端设备的远程控制和接入控制。因此基于MEC平台还可以为工业物联网设备的接入、全连接工厂的打造提供基础能力。

平台应采用开放式架构,通过标准的API网关对外开放平台的各种能力。平台的IT增值服务和CT增值服务可以通过平台的API网关实现注册、上线、鉴权、发布、流控、下线和计量等生命周期管理。平台能力的对外开放将大大降低工业应用的开发难度、开发成本、应用的上线周期,增强了应用间的协同性,推动了工业应用开发生态的建立。

在该系统架构中,机器人、PLC、天车等工业终端通过5G模组或CPE等接入至5G基站,边缘计算平台的分流模块(DP分流或UPF分流)在提前配置好的分流规则控制下把工业企业相关的业务数据本地分流至平台对应的模块(如数据清洗模块)或系统(如远程控制系统),平台模块或系统对数据进行处理后上传至数据中心或生成对终端的控制指令下发至终端,从而实现云边协同(中心云和边缘云)和对业务的近端实时处理。在5G SA组网架构下,MEC支持的分流方式主要包括ULCL、LADN、IPv6 Multi-homing,其中IPv6 Multi-homing方式需要终端支持,目前还不具备商用条件,在工业组网中主要采用ULCL和LADN的分流方式。

2.3 典型应用场景

5G+MEC和工业融合催生了诸多工业互联网的典型应用场景,如预测性维护、AR远程协助、远程驾驶、远程控制、机器视觉质检等。上述典型应用场景对大带宽、低时延、高可靠性和数据的安全隐私性有较高的要求。下面选取几个工业领域常用的且对5G+MEC有较高依赖性的典型场景进行描述。

机器视觉:通过4K、8K等高清摄像头、工业相机采集生产线上产品的图像信息,通过5G的高上行带宽进行图像信息的传送,结合MEC平台保障业务路径最短。MEC平台部署的机器视觉AI算法对图像进行处理、分析和理解,以识别各种场景下的目标和对象,实时检测生产线上产品的质量,包括外观缺陷检测、尺寸检测、图案检测等,以达到对产品质量检测的高精度、实时性、高效率的目的,可以最大程度替代人工质检,降低企业成本,提升质检的效率和效果。

AR远程协助:基于AR技术可以进行AR远程协助、远程维修、远程指导等,以支持员工学习、培训、交流,提供操作示范、导引,提醒生产过程注意事项及操

作细节;将工人看到的场景直接传递给工艺人员,工艺人员通过视频、语音、标记等交互手段对工人进行直观指导。MEC平台通过提供转码、渲染、三维重建、物体识别、AR内容管理等能力为AR远程协助提供业务的近端实时处理和低时延保障。

远程驾驶:越来越多的工业场景会用到远程驾驶,如钢铁厂的天车远程驾驶、地下矿井的采掘车远程驾驶等。通常企业在中央控制室设置远程驾驶装备(监控屏和控制设备),通过远程驾驶装备远程操控前端设备。该场景需要精准控制生产作业设备,对业务时延有较高要求(通常小于20ms),通过5G接入和MEC的本地分流可以实现远程驾驶的业务保障。

3 5G+MEC在XX工厂的应用

XX工厂为我国著名的汽车生产厂商,总装生产车间电机数量众多,电机作为生产线的动力心脏,如果出现故障将直接影响到生产线正常的生产运行,为企业带来不可估量的损失。目前对电机采用人工点检或维修点检的方式,无法实时了解设备的运行情况以及掌握设备运行的历史数据。因此,需要通过在电机上安装传感器来实时采集电机的运行数据,并通过5G网络进行回传。

基于5G+MEC为该工厂构建一张5G虚拟专网,并在MEC平台上部署一套预测性维护系统,以实现如下功能。

a) 通过边缘计算平台对传感器数据进行预处理,处理后的数据上传至企业中心云,以防止无效数据过大。

b) 工厂的生产数据涉及企业的商业机密,数据流量通过MEC进行本地卸载,保障企业数据的安全私密性。

c) 部分数据需要进行实时采集、判断,通过MEC的近端处理可以降低数据采集和判断的时延。

“5G+MEC+预测性维护系统”的部署模式实现了IT(预测性维护系统)、CT(5G和MEC)和OT(电机数据采集)的充分融合。前端传感器采集电机运行数据,通过CPE接入至5G基站,再送至MEC平台的预测性维护系统,实现对车间生产设备运行状态的实时监控和可视化,基于采集的历史数据对AI算法进行训练,根据采集的实时数据对设备故障进行预测、智能排定检修计划、对故障进行精准定位、制定备品备件计划等,避免重大故障带来的安全风险。

4 相关指标验证

对云VR、AR远程维修、AGV等业务在固网到公有云、5G到公有云、4G到公有云、5G+MEC等不同的组网环境下进行对比测试,取多组数据的平均值。

云VR测试结果如表1所示。AR远程维修测试结果如表2所示。AGV测试结果如表3所示。

表1 云VR测试结果

测试指标	固网→公有云	5G→公有云	5G+MEC
上行时延/ms	37.7	25.9	8.3
下行时延/ms	4 620.5	2 040.5	8.6

表2 AR远程维修测试结果

测试指标	4G→公有云	5G→公有云	5G+MEC
平均带宽/(kbit/s)	723	1 590	9 500
平均时延/ms	643	127	40

表3 AGV测试结果

平均用时	5G→公有云	5G+MEC
取消任务速度/ms	132.9	41.4
生成任务单响应速度/ms	110.8	24.9

从上述业务的测试结果可知,5G+MEC在业务带宽、时延等方面和其他网络组合方式相比具有无可比拟的优势,因此在工业企业的互联网化进程中,5G+MEC将为企业提供巨大的助力,协助工业企业各种智能化场景的业务体验保障。

5 结束语

目前,在工业领域一些特定的场景无法做到质量的保证,这就需要在IP网络的基础上应用一些“确定性”的技术,在时延、抖动、带宽等方面满足特定场景的需要。因此未来5G+MEC需要结合TSN、DetNet等技术为工业生产提供更高质量、确定性更强的网络。

可以预见,在未来“5G+MEC+行业智能化应用”的新技术、新网络模式将在千行百业落地生根,融入到行业和企业的发展过程中,为企业带来真正价值的提升。而随着5G+边缘计算与5G LAN、5G+TSN等新技术在工业领域的融合应用,工业互联网化、智能化也必将继续朝着纵深方向发展,推动中国实体经济的高质量、高水平发展。

参考文献:

[1] 刘洁. 面向工业园区的5G垂直组网类服务探讨[J]. 移动通信,

- 2020,44(1):38-43.
- [2] 中国信息通信研究院华东分院. 5G+智能制造白皮书(2019)[EB/OL].[2020-04-24]. <http://www.199it.com/archives/983479.html>.
- [3] 中国联通. 5G MEC边缘云平台架构及商用实践白皮书[EB/OL].[2020-04-24]. <https://www.useit.com.cn/forum.php?from=album&mod=viewthread&tid=27197>.
- [4] 卜向红,杨爱喜,古家军. 边缘计算:5G时代的商业变革与重构[M]. 北京:人民邮电出版社,2019:21-22.
- [5] 5G时代的边缘计算:中国的技术和市场发展[EB/OL].[2020-04-24]. <https://tech.sina.com.cn/roll/2020-03-09/doc-iimxstf7472265.shtml>.
- [6] 李庆,刘金娣,李栋. 面向边缘计算的工业互联网工厂内网络架构及关键技术探究[C]//2019全国边缘计算学术研讨会论文集,2019:248-255.
- [7] 工业互联网产业联盟(AII)工业互联网标准体系2.0[EB/OL].[2020-02-25]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=25&id=482>.
- [8] 工业互联网产业联盟(AII). 工业互联网园区网络白皮书[EB/OL].[2020-04-23]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?a=show&c=index&catid=23&id=1487&m=content>.
- [9] 张学军,王保平. 工业互联网浪潮[M]. 北京:中信出版社,2019:54-55.
- [10] 丛力群. 工业互联网中边缘计算的实现方法[J]. 自动化博览,2018,35(5):48-52.
- [11] 王喜文. 5G为人工智能与工业互联网赋能[EB/OL].[2020-04-28]. <http://www.199it.com/archives/913886.html>.
- [12] 李子姝. 浅谈移动边缘计算SDNLAB专注网络创新技术[EB/OL].[2020-04-28]. http://www.360doc.com/content/18/0227/10/52613744_732805846.shtml.
- [13] ETSI. Mobile Edge Computing (MEC) Service Scenarios [EB/OL].[2020-04-18]. http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/MEC-IEG/001_099/004/01.01.01_60/gs_MEC-IEG004v010101p.pdf.
- [14] Technical Specification Group Services and System Aspects; Stage 2: 3GPP TS 23.501 [S/OL].[2020-04-18]. https://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/23_series/23.501/.
- [15] 边缘计算产业联盟(ECC)与网络5.0产业和技术创新联盟(N5A). 运营商边缘计算网络技术白皮书[EB/OL].[2019-11-25]. <https://www.doc88.com/p-81599010447735.html>.
- [16] 李斐君. 面向边缘计算的传感数据异常检测与修正算法[D]. 武汉:华中科技大学,2019.

作者简介:

肖羽,中国联通集团MEC行业技术专家,高级工程师,硕士,主要从事5G、MEC、面向行业的5G网络能力开放研究工作;王帅,高级工程师,学士,主要从事核心网、边缘计算、垂直行业的研究咨询工作。

