

# 工业互联网+5G 发展策略研究

## Research on Industrial Internet and 5G Development Strategy

应江勇(北京华为数字技术有限公司,北京 100085)

Ying Jiangyong(Beijing Huawei Digital Technologies Co.,Ltd.,Beijing 100085,China)

### 摘要:

工业互联网发展水平与一个国家的国际竞争力强相关,截至2020年我国工业互联网发展初见成效,但商业模式还需要持续探索。首先探索工业互联网定义及发展情况,其次理清工业互联网与5G关系,然后剖析运营商在工业互联网中的定位,最后提出“工业互联网+5G”背景下的运营商端边云协同方案及网络架构。

### 关键词:

工业互联网;5G;运营商;端边云协同

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.05.017

文章编号:1007-3043(2021)05-0078-05

中图分类号:TN919

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

The level of industrial Internet development is closely related to the country's international competitiveness. By 2020, China's industrial Internet development has achieved initial results, but business models need to be continuously explored. Firstly, it explores the definition and development of the Industrial Internet, secondly it clarifies the relationship between the Industrial Internet and 5G, then it analyzes the positioning of operators in the Industrial Internet, and finally it proposes the operator's end-edge cloud collaboration solution and network architecture under the background of Industrial Internet and 5G.

### Keywords:

Industrial internet; 5G; Operator; End-edge cloud collaboration

引用格式:应江勇. 工业互联网+5G发展策略研究[J]. 邮电设计技术,2021(5):78-82.

## 1 概述

中国互联网发展应用正从消费互联网转向工业互联网,工业互联网已经成为世界各国重要的基础设施,其发展水平直接影响一个国家制造业的转型升级和国际竞争力。2018—2020年是我国工业互联网起步发展期,工信部实施工业互联网创新发展工程,带动总投资近700亿元,遴选4个国家级工业互联网产业示范基地和258个试点示范项目。2020年我国工业互联网产业经济增加值达到3.1万亿元,占GDP比重为2.9%,新增超过255万个就业岗位,已建成具有较

强行业和区域影响力的工业互联网平台超70个,连接工业设备数量达4000万台(套),工业互联网网络已覆盖全国300个城市,连接18万家工业企业。

另外,工业互联网产业联盟2020年4月份的统计数据 displays,工业互联网产业联盟在多个领域取得实质性进展:

a) 会员单位数量从2016年初不足150家发展至1800家以上。

b) 新技术研究与测试验证方面,输出55个测试床和56份研究报告。

c) 产品和解决方案方面,输出70多个解决方案资源池。

d) 应用试点探索与落地方面,输出163个优秀应

收稿日期:2021-02-16

用实施案例。

e) 标准规范制定与实施方面,输出工业互联网标准体系。

f) 垂直行业部署与推广方面,覆盖15个垂直行业,含6个非制造业。

综上,截至2020年底我国已初步建成工业互联网基础设施和产业体系,多个地方政府如北京、上海、重庆、青岛、成都、长沙等推动工业互联网产业集聚和制造业转型升级,密集谋划和建设工业互联网产业园区。此外,互联网公司、设备厂商、垂直行业和运营商等也竞相布局升级工业互联网平台,加快中小企业“上云”步伐。我国企业数字化转型比例为25%,中小企业数字化转型空间巨大,随着工信部2021年1月《工业互联网创新发展行动计划(2021—2023年)》的印发,工业互联网的智能化进程有望加速。

## 2 工业互联网与5G关系

从宏观经济看,国际货币基金组织(IMF)统计数据显示,受新冠肺炎疫情影响,2020年全球经济增长率预计为-4.4%,2025年平均增速将下降至3.5%,其中发达经济体、新兴经济体平均增速将分别下降至1.7%、4.7%。各国政府将工业互联网作为传统工业改造、未来产业竞争力塑造的共同选择,工业互联网作为第4次工业革命的关键支撑,已成为全球产业竞争新焦点,也是我国塑造国际竞争新优势的着力点,5G被认为加速第4次工业革命而被寄予厚望。

从技术演进看,移动通信基本以10年为周期进行升级换代,5G承载工业互联网业务场景的“万物智联”时代正在到来。5G等新技术发展将可能改变传统架构范式,需在工业互联网发展过程中进一步融合。

表1给出了移动通信技术演进及典型业务。

从需求角度看,工业互联网涉及物流、采购、仓储、生产、产品和服务等全要素,5G超大带宽、超低时延等特有优势可以实现海量数据毫秒级传输,确保工业互联网全要素资源的顺畅连接和快速精准控制的

高要求。目前工业界采用的无线通信协议众多,如短距无线(蓝牙、ZigBee)、工业专用无线(如WirelessHART)、3G/4G蜂窝无线、Wi-Fi等,这些协议各有不足且相对封闭,设备互联互通较难,制约了设备上云。5G具备感知泛在、连接泛在、智能泛在等优势,有望成为工业互联网的网络及技术底座,5G相对于其他无线通信协议优势显著,以Wi-Fi为例,5G相对于Wi-Fi有以下优势。

a) 5G抗干扰能力更强,Wi-Fi使用公用频段导致抗干扰能力差,5G使用运营商独有频段具备更高的安全性和可靠性。

b) 5G能够承载高并发大数据量业务,Wi-Fi信道少,资源有限,5G具备大带宽特性。

c) 5G能够保证超低时延及更广覆盖,Wi-Fi时延不稳定,用户增多导致时延增大,5G网络可通过行业定制化降低时延,增加覆盖能力。

d) 5G可以实现快速切换保障数据可靠传输,针对快速移动场景,Wi-Fi连接下无法进行切换,5G网络可以实现数据切换。

从应用角度看,工业互联网为5G创造大量应用场景如机器视觉检测、精准远程操控、现场辅助装配等,工业互联网是5G商用的“主战场”,截至2020年底,我国应用于工业互联网的5G基站超过3.2万个,5G+工业互联网项目已超过1100个,工业互联网应用覆盖原材料、装备制造、消费品、能源、医疗等30余个重点行业。

## 3 工业互联网需求背景下的5G关键技术

工业互联网涉及的主体包括机器、车间、企业、人等,端到端的产业链包括设计、研发、生产、营销、管理、服务等环节,在工厂内需要实现信息采集设备、生产设备、生产管理系统以及主体之间的互联,在工厂外需要实现生产企业、协作企业、产品、用户、金融机构、供应链、物流等企业的互联。工业互联网的核心需求总结如表2所示。

工业互联网作为5G商用的“主战场”,其业务需求和技术需求也是驱动移动通信技术从4G向5G演进的原生诉求,5G关键技术包括边缘计算和网络切片。

a) 边缘计算(MEC)。从定义看,MEC是指根据业务场景需要将多种接入形式的部分功能、应用及内容部署到企业侧网络边缘,提供低时延、大带宽、高安全的服务,达成极致用户体验;从技术及安全角度看,边

表1 移动通信技术演进及典型业务

移动通信技术	年代	速率	典型业务
1G	1980	-	语音(模拟)
2G	1990	100 kbit/s	语音(数字)
3G	2000	100 Mbit/s	互联网应用
4G	2010	1 Gbit/s	消费互联网
5G	2020	10 Gbit/s+	工业互联网

表2 工业互联网核心需求

角度	需求大类	核心诉求
业务需求	生产安全	针对危险、恶劣环境或人工进入较困难的场景提供远程操控设备或机器人
	生产效率	针对采集及巡检工作量大的场景提供数据采集、远程监控技术
	产品质量	针对有技能要求的操作提供高清视频或远程 AR/VR 指导
	柔性制造	动态调整网络资源实现生产过程的灵活组织及生产设备的“即插即用”
	节能减排及污染防控	实时、海量检测企业能耗和污染排放数据
技术需求	云	支持与企业内部应用系统衔接与整合;支持信息与数据安全
	管	固网、4G、Wi-Fi 等网络性能,抗干扰、移动性、稳定性和部署方便性等存在局限,需要支持网络传输安全 <sup>[11]</sup> ,容灾、灵活部署
	端 <sup>[12]</sup>	支持工业物联网 5G 终端应用开发;支持异构终端接入;支持确定性时延(运动控制 1 ms、过程控制 10~100 ms;时延抖动纳秒级);支持带宽需求(结构化数据采集要求 100 kbit/s,非结构化数据采集要求 100 Mbit/s);支持可靠连接需求(丢包率视业务不同要求 10 <sup>-6</sup> ~10 <sup>-9</sup> );支持跨域协同和管理(端侧网络到企业网络各层级的协同和自动安装管理);支持安全(保障端侧网络和企业网络的不同安全登记和需求;保障工业网络不受入侵、工业数据不被窃取)

缘计算将核心网用户面下沉到物理边缘侧为企业提供 5G 专网能力,实现“企业数据不出企业”;从商业角度看,尤其针对视频类等大量数据传输需求的应用,能够实现本地存储及运算,节省边缘网络到核心网及公网的传输成本和时间成本。

b) 网络切片。从定义看,网络切片是指按需组网的技术,在独立组网(SA)架构下将一张物理通信网络虚拟出多个专用的、隔离的端到端逻辑子网,满足工业互联网定制化场景需求。从技术角度看,主要采用虚拟化和软件定义网络技术,把硬件抽象为计算、存储和网络资源进行统一管理分配,为不同的切片配置相应资源,且完全隔离互不干扰,实现逻辑上的统一管理和灵活切割。从关键特征看,包括按需部署、按需隔离、运维自动化、端到端 SLA(Service-Level Agreement)保障等。

## 4 运营商在工业互联网中的定位

随着 5G 商用向纵深发展,互联网公司、设备厂商、垂直行业和运营商等均在探索工业互联网的价值空间。

### 4.1 互联网公司

互联网公司从中心云下沉,依托中心云生态向边缘拓展并尝试构建边云生态,整个过程依赖于运营商 MEC 网络底座。

从国外看,美国重视平台建设是其工业互联网发展的特色,亚马逊在 2019 年 8 月份发布边缘服务平台 Wavelength,并陆续与 Verizon、Vodafone、KDD 和 SK 电讯等合作共同提供边缘云服务;微软在 2019 年 10 月发布边缘云平台 Azure IoT Edge,并与 AT&T 合作将人工智能训练及推理场景下沉到网络边缘;谷歌于 2019 年 4 月份推出边缘框架 Anthos,联合自有硬件芯片 Edge TPU 和软件堆栈 Cloud IoT Edge 改善边缘生态研发环境,并与 AT&T 合作将生态推送到企业和个人客户。

从国内看,阿里云在 2019 年 12 月推出边缘计算解决方案 Link IoT Edge,将云应用延伸到边缘并与云端数据联动。百度在 2018 年发布端云一体解决方案 Baidu IntelliEdge,包括智能边缘本地运行包和智能边缘云端管理套件。腾讯在 2019 年采用“CDN+边缘计算”模式探索视频直播、游戏、鉴黄等场景。

综上,互联网公司从中心云向边缘延伸均采用和运营商 MEC 边缘云合作的策略,对运营商技术整合、生态联营、边云协同等方面提出需求。

### 4.2 设备厂商

设备厂商从边缘终端逐渐上移,积极研发符合 MEC 部署要求的通用硬件基础设施和针对边缘计算具体场景的产品。如戴尔推出易安信边缘计算网关 Edge Gateway,并与 VMware 联合推出 Dell EMC SD-WAN Edge 集成平台提供 MEC 解决方案。

设备厂商边缘硬件受接入方式、空间覆盖、网络保障等方面的能力限制,亟需通过 5G 构建大带宽、低延时特性的管道连接方式,需要运营商提供完善的边缘局点承载方案,对运营商在一体化交付、基础架构能力集成、边缘机房适配等方面提出诉求。

### 4.3 垂直行业

垂直行业利用自身对行业场景的理解(如远程医疗、工业机器人、无人物流等),在边缘云上交付关键技术或应用解决方案,使能企业数字化升级。垂直行业应用需要承载在运营商的 MEC 边缘云上,对运营商开放边缘应用生态系统提出相应诉求。

### 4.4 运营商

全球主流运营商均在积极利用 5G 优势探索工业互联网商业价值,借助 MEC 平台及服务实现从管道经

营到算力经营转变,强化2B 市场能力,完善2C 业务体验。

从国外看,美国 AT&T 将边缘计算定位为 5G 战略三大支柱之一,与微软、谷歌等联合部署基于 5G 网络的边缘云平台,并主导发起了 Airship、Akraino 等边缘开源项目,加快边缘计算生态建设和商用部署。

从国内看,三大运营商(中国移动、中国电信、中国联通)已在 MEC 领域进行战略部署。如中国联通推出 CUC-MEC 边缘云平台,优化 3GPP 和 ETSI 等标准规范,构建开放的 MEC 边缘云生态,积极与互联网公司、设备厂商及垂直行业合作,实现与公有云、行业云、私有云的无缝对接。为了更好地满足业务实时响应、一体化交付实施的需求,中国联通成立 MEC BU 实现全国统筹调度;成立 1 个 MEC 业务运营中心、N 个创新业务孵化基地、X 个省分专项拓展组,推进全国 MEC 边缘云节点规划、建设、运维、运营及 MEC 业务拓展工作。

从技术演进看,随着 5G MEC 系统的引入,网络将呈现 IP 化、扁平化、无线化、灵活组网发展趋势,运营商承载网络面临新的四大挑战。

a) L3 VPN 需求。5G MEC 中用户转发面(UPF)的下移需要无线核心网业务端口下移,导致原骨干网上的 L3 VPN 下移至移动承载网;UPF 分布式部署需要增加 L3 VPN 覆盖。

b) 接入网需求。覆盖企业园区的基站和 5G MEC 需要低延迟的网络直连和企业重要业务数据不出园区。

c) 边云协同需求。5G MEC 中 UPF 需要和中心云控制面和管理系统通信;5G MEC 的 MEP (Multi-access Edge Platform, 等同 PaaS)平台中的应用将成为运

营商或其他合作伙伴如互联网公司云应用的一部分。

d) 移/固承载网双平面需求。5G MEC 提供无缝固定网络与移动网络融合(FMC——Fixed Mobile Convergence)业务需要边缘计算接入网络(ECA——Edge Computing Access)提供多接入,跨越无线网络和固网的连接;实验网络智能(ENI——Experimental Networked Intelligence)需要提供跨越移动和固定承载网的网络连接,完成和中心云、MEC 间的业务互通。

综上,凭借 5G+边缘网络特有优势,运营商掌控 MEC 入场券,相对于互联网公司、设备厂商及垂直行业承担底座角色,通过把移动网络的 CT(Communication Technology)能力注入至 MEC 平台和 IT(Information Technology)能力融合,结合边缘节点的下沉、网络切片技术和分流能力,实现流量的本地疏通,提供低延时、大带宽、高安全的边缘计算能力,快速在制造、安防、医疗等工业互联网领域实现以 MEC 边缘云撬动 5G 项目落地并带来收入。

## 5 工业互联网+5G 端边云协同方案及网络架构

### 5.1 端边云协同方案

本文站在运营商的角度提出基于工业互联网的“端、边、云”协同方案(见图 1),可以满足工业互联网各类业务场景对通信网络及管理平台的诉求,总体来看,工业互联网场景下的边缘云无法完全取代中心云(包括公有云/私有云/行业云等),两者是协同关系。

a) 边缘云(即边缘计算):发挥边缘设备靠近数据的优势,聚焦实时、准实时及短周期的数据处理及模型推理等工业互联网场景,针对数据安全、数据处理及传输耗时等敏感需求,减少边缘设备与云端设备交互,降低数据流往返云端的通信带宽及时间成本。

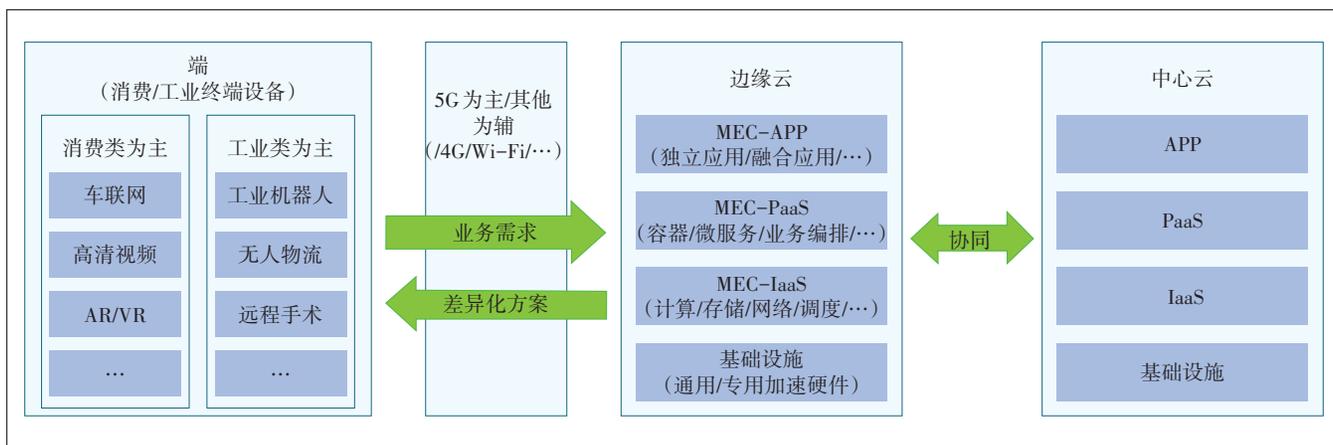


图 1 工业互联网+5G 运营商端边云协同方案

b) 中心云:发挥云服务器端有大算力资源、多模型联动及平台协作等优势,聚焦非实时及长周期的数据处理、模型训练等工业互联网场景,全面覆盖数据处理、模型训练、多模型协同决策等需要周期性看护的需求,充分挖掘中心云的价值空间。

## 5.2 端边云网络架构

工业互联网场景需求差异较大,针对公安、新媒体、校园、物业、医疗、司法等典型行业,基于地理位置构建区域、本地、边缘/客户驻地3层网络架构(见图2),各层MEC满足不同业务需求,构建策略如下。

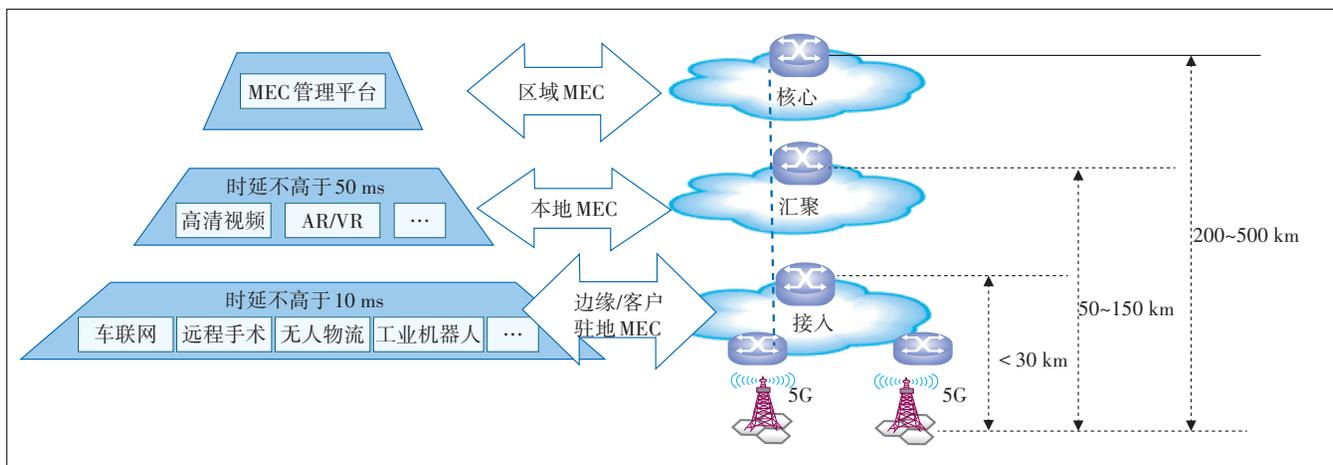


图2 工业互联网+5G 运营商端边云网络架构

a) 区域MEC,主要部署于省会或主要发达城市的运营商核心机房,建议每个城市各建设1套。

b) 本地MEC,主要部署于有需求的地(市)运营商的核心机房,建议有需求的城市各建设1套。

c) 边缘/客户驻地MEC,针对边缘MEC,主要部署在每个地(市)运营商的汇聚机房,每个城市至少建设1套汇聚MEC;针对客户驻地/园区MEC,按照实际业务需求部署在客户侧,实现业务数据不出园区,保障安全性高。

## 6 未来及展望

从全球看,工业互联网发展水平与国家的国际竞争力强相关,5G作为工业互联网的网络及技术底座直接决定其发展进程,目前我国工业互联网发展虽已初见成效,但仍处于初级阶段,呈现行业知识多样性、企业数字化水平差异大、缺乏成功的价值共创模式等特征,笔者认为当前运营商主导的3种工业互联网商业模式尚需从以下几个方面探索改进。

a) 通信模式,运营商建设网络,企业根据流量、速率、切片服务等级支付通信费用。优势是收费模式简单易行,挑战是难以保障5G网络投资的效益。

b) 集成模式,运营商建设网络与应用系统,向企业收取系统集成费。优势是可快速拓展客户及业务范围扩大盈利,挑战是工业互联网应用系统定制化要

求高,短期内无法快速复制。

c) 专网模式,运营商提供定制网络,企业支付网络建设或租赁费。优势是和企业内网紧密耦合,减少5G网络建设和运营成本,挑战是定制网络商业模式较新,存在体制机制挑战。

### 参考文献:

- [1] 颜琰. 对工业互联网几个基本问题的思考[J]. 信息通信技术与政策, 2021(1): 1-4.
- [2] 陶永, 蒋昕昊, 刘默, 等. 智能制造和工业互联网融合发展初探[J]. 中国工程科学, 2020(7): 80-93.
- [3] 杜传忠, 金文翰. 美国工业互联网发展经验及其对中国的借鉴[J]. 太平洋学报, 2020(7): 80-93.
- [4] 5G赋能, 工业互联网加速落地[EB/OL]. [2021-02-08]. [http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/08/content\\_5585805.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/08/content_5585805.htm).
- [5] 工业互联网产业联盟. 工业互联网体系架构(版本2.0)[EB/OL]. [2020-12-22]. <http://www.aii-alliance.org/alli-front/#/download>.

### 作者简介:

应江勇,毕业于北京邮电大学,高级工程师,博士,北京华为数字技术有限公司AI数据首席专家,5级技术专家,主要研究方向为人工智能框架、算法及专利、平台等,落地行业包括终端、电商、通信、媒体、公安、金融、自动驾驶等。

