

# 面向工业互联网云网边端协同

Research on Edge-terminal Cooperation Technology  
for Industrial Internet Cloud Network

## 技术研究

黄倩,唐雄燕,黄蓉,王友祥,陈杲(中国联通研究院,北京 100048)

Huang Qian,Tang Xiongyan,Huang Rong,Wang Youxiang,Chen Gao(China Unicom Research Institute,Beijing 100048,China)

### 摘要:

挖掘了工业互联网云网边端协同的价值场景及其整体技术视图,分析了云边协同、边边协同、边端协同、云网协同等4类主流关键技术,旨在挖掘相关技术趋势及难点,为运营商赋能工业互联网场景,在计算和网络资源方面提供定制化、差异化的服务保障建议。

### 关键词:

工业互联网;云边协同;边边协同;边端协同;云网协同

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.03.005

文章编号:1007-3043(2022)03-0025-04

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:

It excavates the value scenario and the whole technology view of cloud-edge collaboration in industrial Internet, and analyzes the four main key technologies of cloud-edge collaboration, edge-edge collaboration, edge-terminal collaboration and cloud-net collaboration, in order to explore the related technical trends and difficulties, and to provide strategic suggestions for operators in enabling industrial Internet scenarios and providing customized and differentiated services in computing and network resource.

### Keywords:

Industrial Internet; Cloud-edge coordination; Edge-edge coordination; Edge-terminal coordination; Cloud-net coordination

引用格式:黄倩,唐雄燕,黄蓉,等.面向工业互联网云网边端协同技术研究[J].邮电设计技术,2022(3):25-28.

## 1 工业互联网云网边端协同价值场景

工业互联网作为国家制造业转型升级的重要顶层设计之一,推动了传统产业升级优化;随着工业进程的持续推进,生产过程复杂、业务和设备种类繁多、网络复杂度高等问题逐渐浮出水面,成为制约产业生态发展的瓶颈。

当前有过半工业企业部署了工业云,旨在实现统一调控、数据监控及设备管理,但随着工业控制器、工业网关等越来越多的设备接入云端,传统以云为中心

的模式不足以满足对海量设备数据进行实时处理的需求,需要将部分算力在边缘就近处理;其次,在工业企业长期数字化建设过程中,上下游企业间,存在多种独立的系统,普遍存在跨地域的情况,此时存在大量异构数据和网络集成的需求;再者,现场设备数据私密安全性要求极高,常要求数据不能出工业园区,一旦泄密损失不可估量,需要在工业现场处理,保障本地数据不出场;并且,业界常用的海量数据处理,依赖终端的本地化处理,但这常受限于终端本身的计算能力、样本空间大小、能耗等因素<sup>[1-2]</sup>。

因此,工业企业亟需灵活扁平的新型基础设施架构,将工业系统内外的生产要素连接起来,让数据流

收稿日期:2022-01-04

通,并通过数据分析、建模进行各个层面的优化,打通工业现场内外部自下而上的数据流和自上而下的决策流,形成工业数字化优化闭环,构建多方位数据协同体系、跨地域计算共享,提供多接入、广覆盖、高性能以及丰富的网络控制环境,打造满足计算、网络、存储要求的云、网、边、端协同的基础设施底座,是解决当前产业生态发展瓶颈问题的重要方式之一。

## 2 工业互联网云网边端整体视图

一般来说“云、网、边、端”的协同架构是以云为中心,网为载体,向边缘节点、现场设备终端逐层分散延伸;整个架构体系中,自南向北,计算和处理能力逐渐增强,部署趋于集中化,覆盖范围更广。自北向南,计算能力逐渐降低,部分节点可能只具备信息收集转发能力而不具备处理能力,部署位置更为灵活和分散,覆盖范围更小,网络时延要求更低,业务特性更加显著,专一性更强<sup>[3]</sup>。云、网、边、端协同整体示意图如图1所示。

a) 云侧。即工业互联网云平台,可提供边缘节点管理以及为边缘应用提供核心业务逻辑处理相关服务,例如AI模型训练、园区设备集中管理等。

b) 网侧。支持多种接入方式,例如工业PON&以太网、Wi-Fi、2G/3G/4G/5G、NB-IoT等。主要存在两大网络连接场景,一是工业互联网企业内网连接,此处按照功能划分,一般分为园区办公网和生产网络;二是工业互联网企业外网络连接,例如厂区多址情况下,总部园区与分园区之间跨地域通过广域网连接。

c) 边侧。从形态上描述,一般包括边缘云、边缘网关、边缘控制器。

(a) 边缘网关。在工业互联网中通过网络连接、协议转换等功能连接物理和数字世界,提供轻量化的连接管理、实时数据分析及应用管理等边缘计算功能<sup>[4]</sup>。

(b) 边缘控制器。存在于工业制造现场,其在完成工作站或生产线的控制功能基础上,可基于工业互联网边缘计算技术提升工业设备智能性、适用性、开放性的控制单元<sup>[5]</sup>。

(c) 边缘云。作为整体架构中核心一环,位于网络边缘侧(即工业生产现场、工业设备接入点或工业园区内部),向下连接多个边缘网关或边缘控制器等,向上支持与云平台协作,面向工业场景应用提供基本能力和工业能力的低延时、轻量化的服务器、云平台或数据中心,具备连接性、实时数据采集处理、分布式、安全隐私保护、OT与ICT的融合性等特点<sup>[6]</sup>。

d) 端侧。包括各种工业现场设备,例如机床、产线、传感器、机器人等,一般可基于MQTT、Modbus、OPC-UA等协议接入边缘计算节点<sup>[4]</sup>。

云作为大脑,负责集中计算与全局数据处理;网的架构正朝着服务化和云化方向演进,容纳更广泛的接入场景,此外作为互联互通手段,连接公有云、私有云和混合云;边作为中心云的触点延伸,灵活解决实时业务需求;端侧智能感知,数据采集,是工业互联网的基础。因此,为实现云、网、边、端协同,围绕边缘侧展开,至少涉及到云边协同、边边协同、边端协同和云网协同等4种关键技术。

## 3 关键技术

### 3.1 云边协同

在众多工业互联网场景中,如智能巡检、智慧交通、智能安防、智能煤矿等,边缘侧只能处理局部数据,无法形成全局认知,在实际应用中仍然需要借助云计算平台来实现信息的融合,在边缘计算环境中安装和连接的智能设备能够处理关键任务数据并实时

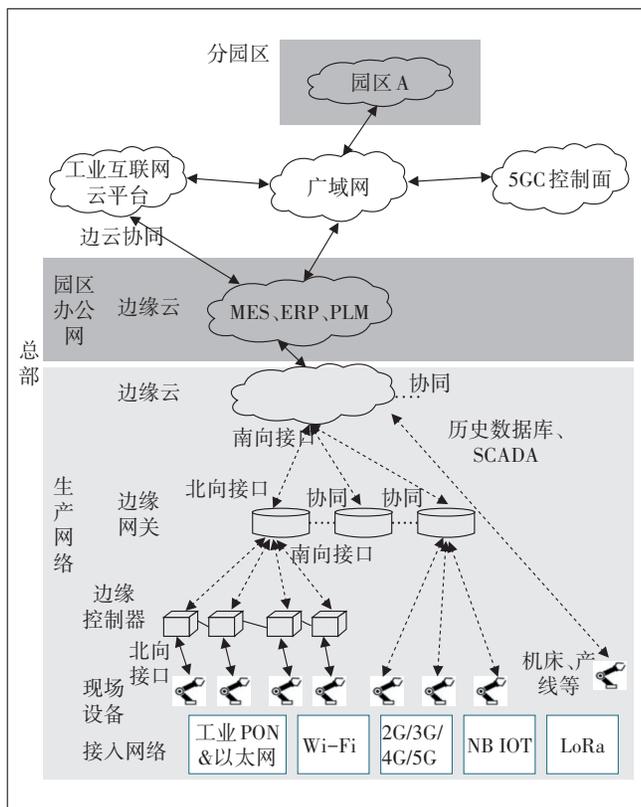


图1 云、网、边、端协同整体示意图<sup>[2,4,5,6]</sup>

响应,云端可以在以后收集这些数据进行第2轮评估、处理和深入分析,边侧将处理后的数据上传到云端进行存储、管理、态势感知,同时,云端也负责对数据传输监控和边缘设备使用进行管理。

所谓云边协同,即边缘计算节点侧在靠近网络边缘侧,负责数据采集、清洗、初步分析与模型推理等,并将清洗后的数据上传至云端;云端进行数据存储、分析、AI训练与建模,并将业务与模型下发至边缘侧执行,云侧通常具备全局资源管理调度能力,可将多个边缘节点组成集群,按需调度、部署边缘基础设施资源,当遇到故障切换和弹性伸缩场景时,可实现应用的弹性部署、伸缩;根据应用场景需求有效分配计算资源,满足业务对计算资源的差异化需求<sup>[7]</sup>。

云侧与边缘侧各有所长,双方互为补充;云边协同一般从 IaaS、PaaS、SaaS 三层考虑(详见图2),至少涉及如下6个方面之一。

- a) 资源协同:基础设施资源调度管理。
- b) 数据协同:数据采集与分析。
- c) 智能协同:AI模型分布式智能训练与推理。
- d) 应用管理协同:应用开发部署、生命周期管理。
- e) 业务管理协同:应用实例/网络业务编排。
- f) 服务协同:云侧服务向边侧开放及通过云原生架构,提供一套标准的服务接入框架。

### 3.2 边边协同

在智慧交通领域,人工智能驾驶过程中,常存在实时在线交互情况,此时常要求相邻边缘节点可以互

相访问,辅助低时延业务。边边协同主要强调边缘网关、边缘控制器、边缘云等边缘节点应支持东西向接口,边边协同应满足分布式边缘计算部署的架构,左右节点(相邻)之间互相通信。在当前边缘节点的计算能力不足以支撑当前任务时,可以将计算任务进行切分,迁移到某一个相邻边缘节点上,从而实现资源最优使用,当车辆跨边缘节点漫游时,通过边边协同可以快速地将应用的镜像同步到新节点进行部署,从而达到快速提供服务的目的。

但是相比于云边协同,边边协同的发展还尚未成熟,究其原因主要是 ETSI MEC 并未定义边缘节点间的 MP3 接口内容;此外,在该场景下要求相互访问的边缘节点之间网络能够互通,当前边缘节点建议仍以单点为主,尚未满足大规模覆盖;再者,异构的边缘云因其具体技术架构不一,尚未互通,目前 GSMA、CCSA、ETSI、5GAA 等标准组织正在研究中。

### 3.3 边端协同

对于端侧设备(机器人、PC等)来说,受体积和样本数量影响,本身算力有限,需要通过边缘侧设备获得运动控制、逻辑控制策略,例如视觉伺服、声音识别、运动控制等;此外并非所有终端设备都安装了通信模组,因此需要依托边缘网关接入内外网络;边缘网关、控制器等边缘侧节点南向提供丰富的网络接口连接工业设备,具备数据采集、指令下发等功能,南向提供丰富的接口,支持 Modbus/TCP/ProfiNet/Profibus/OPC UA/MQTT 等多种工业通信协议,适配大量工业设

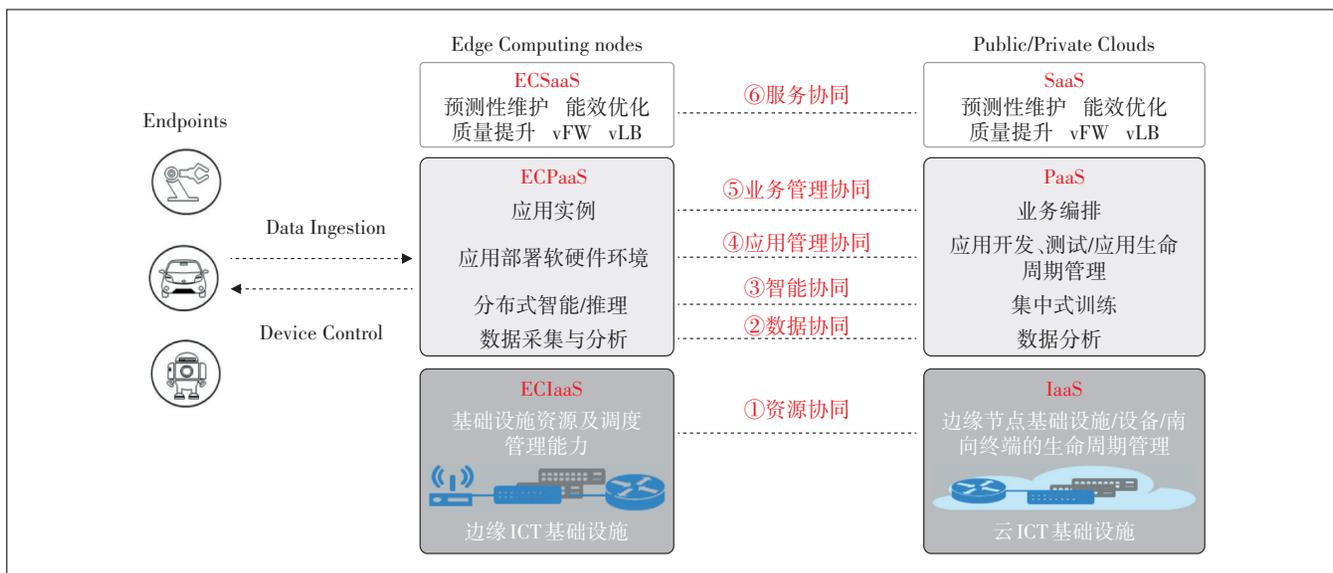


图2 云、边协同示意图<sup>[9]</sup>

备。边缘网关、控制器等边缘侧节点将采集到的设备数据传输给边缘云,以层层递进的方式解决新业务引发的对网络管道冲击和边侧部分设备算力受限的问题,从而满足行业用户体验<sup>[4-5]</sup>。

当前来看,边端协同仍有较大的发展空间,主要受限于工业设备种类繁多且多为行业定制,南向接口协议复杂;其次不同终端应用对边缘云提供能力的要求并不一致,边缘云如何灵活适配终端应用的要求,亟待打造通用的平台能力来支持;再者,若涉及到移动场景下,例如机器人智能巡检,园区物流车等场景,如何保障服务的连续性,加速终端访问和响应;以上问题均有待商榷。

### 3.4 云网协同

在云、边、端3级计算资源基础底座基础上,网络侧辅助各级计算资源高效流动,全面提升面向工业互联网场景的运营能力,依托网络连接云计算节点,统一接入调度,用户可以无感知计算节点位置,保障节点间数据流向,以及应用路径的路由,提升任一节点服务的高可用性;网络体系是工业互联网基础,连接各生产要素,一般存在局域与广域2种场景。

a) 局域场景下,为满足工厂内部生产业务隔离、确定时延、带宽保障、高精度授时等需求,通常在园区内部按需进行5G网络独立/共享部署,灵活组网,下沉部署核心网数据面或者同时也下沉控制面到企业园区内部,通过数据分流技术,结合MEC平台的部署(极低时延情况下,可将MEC部署在5G接入CU或者CU/DU一体化的基站上),至于下沉核心网数据面是否连接公网,视生产客户需求确定。此时还可结合网络切片、TSN、超级上行等关键技术,满足业务个性化差异化网络需求。

b) 广域场景下,同一企业不同厂区、同一产业上下游工业伙伴在多地工业场景下,为保障各地区业务协同,当有多个计算节点可选的情况下,5G核心网控制面,可根据用户位置到计算节点之间的时延以及用户自身业务需求情况,将多级算力资源与网络信息相结合,形成以用户为中心的资源布局视图,从而实现业务与资源最佳匹配,以提升整体的资源利用效率和服务质量<sup>[9]</sup>。

## 4 结束语

面对未来大量泛在接入情况,需要协同云、网、边、端基础资源。解决服务需要灵活动态部署的问

题,基于用户的服务等级协议(SLA)需求,综合考虑实时的网络、算力、存储等多维资源状况,通过网络灵活匹配与动态调度,将业务流量动态调度至最优资源节点,提升网络确定性服务,提升业务基于底层网络技术的精准匹配,加强广域范围内的确定性保障,解决用户体验一致性的问题,让用户无须关心各类基础资源(算力、存储等)的位置和部署状态,通过网络即可协同调度各类资源;其次,引入人工智能技术优化资源调度和组网运维,强化网络功能与垂直行业平台间的深度融合;再者,借助云原生技术,实现云边端一体化的应用分发,在网络边缘和海量端设备上完成大规模应用交付、运维和管控。保持对云、网、边、端协同的坚定信念,进一步加强业务的感知,探索更加“合理”的服务,推进行业场景的落地。

### 参考文献:

- [1] 工业互联网产业联盟. 工业互联网体系架构(版本2.0)[EB/OL]. [2021-12-26]. [https://www.miiit.gov.cn/cms\\_files/filemanager/old-file/miit/n973401/n5993937/n5993968/c7886657/part/7886662.pdf](https://www.miiit.gov.cn/cms_files/filemanager/old-file/miit/n973401/n5993937/n5993968/c7886657/part/7886662.pdf).
- [2] 5G时代工业互联网边缘计算网络白皮书[EB/OL]. [2021-12-15]. <https://max.book118.com/html/2022/0211/8031037065004056.shtm>.
- [3] 工业互联网云边协同研究[R/OL]. [2021-12-15]. <http://www.ccsa.org.cn/webadmin/#/td-standardproject/projectplan/approvalforplan>.
- [4] 中国通信标准协会. 工业互联网边缘计算节点模型与功能要求: 边缘网关: 2019-1212T-YD[S/OL]. [2021-12-15]. <http://www.ccsa.org.cn/>.
- [5] 中国通信标准协会. 工业互联网边缘计算节点模型与功能要求: 边缘控制器: H-2018007093[S/OL]. [2021-12-15]. <http://www.ccsa.org.cn/>.
- [6] 中国通信标准协会. 工业互联网边缘计算节点模型与功能要求: 边缘云: H-2018007222[S/OL]. [2021-12-15]. <http://www.ccsa.org.cn/>.
- [7] 边缘计算,工业互联网产业联盟. 边缘计算与云计算协同白皮书2.0[EB/OL]. [2021-12-15]. <https://www.baogaoting.com/info/22740>.
- [8] 朱浩. 3GPP 5G系统架构支持工业互联网标准的进展[J]. 通信世界, 2019(9): 17-19.
- [9] 雷波. 边缘计算中的算网融合趋势及研究进展[J]. 自动化博览, 2021, 38(11): 40-43.

#### 作者简介:

黄倩,工程师,硕士,主要从事边缘计算标准、开源、5G垂直行业咨询相关工作;唐雄燕,中国联通研究院副院长、首席科学家,教授级高级工程师,主要研究方向为宽带通信、互联网/物联网、新一代网络等;黄蓉,高级工程师,博士,主要从事边缘计算标准、白盒基站相关工作;王友祥,高级工程师,博士,主要从事5G关键技术研究工作;陈杲,高级工程师,博士,主要从事边缘计算相关工作。