

# 边缘计算产业观察

2022.02期

边缘计算产业联盟内参

## 联盟动态

边缘智能 让视觉无处不在——2022智能边缘视觉高峰论坛成功举办

ECC发布《边缘学习：隐私计算白皮书》

2022边缘计算十大解决方案遴选活动启动，诚邀参与

ECC联合IMT-2020（5G）C-V2X工作组共同发布《城市场景车路协同网络需求研究》《高速公路车路协同网络需求研究》

ECC联合CMVU、IVIA共同发布《边缘计算视觉基础设施白皮书》

推进边缘计算标准体系构建与示范应用，边缘计算产业发展与技术标准推进委员会（TC617）成立

## 业界动态

工信部对《面向边缘计算的5G核心网增强技术要求》等490项行业标准和29项推荐性国家标准计划项目公开征集意见

《工业互联网专项工作组2022年工作计划》印发，支持工业企业综合运用边缘计算等技术

KubeEdge发布首篇云原生边缘计算威胁模型及安全防护分析报告

《流程行业边缘计算解决方案白皮书》发布

IDC：预计2020-2025年中国边缘计算服务器年复合增长率将达22.2%

2022技术趋势：72%的IT领导者已在使用边缘计算，增长蓄势待发

## 企业动态

中国信通院牵头编制的3项边缘计算行业标准发布，构建可信边缘计算生态

“算力网络泛在算力调度”项目成功在Akraino 开源社区立项

西门子发布工业边缘商城，携手生态伙伴助力企业数字化转型

凌华科技发布AES-100 边缘智能服务器

联想发布全新边缘服务器 SE550 V2

云计算向“去中心化”演进，边缘云服务商PPIO完成2.5亿A轮融资

中科创达发布基于欧拉系统的边缘计算应用场景商用发行版

视美泰边缘计算解决方案正式入驻华为云云市场

浪潮升级“云行·边缘云”系列产品

绿盟科技发布边缘计算智能网关

算能推出便携式边缘大算力服务器，解锁三大场景需求

英特尔智能边缘计算联合研究院成立

研华推出边缘AI平台新品MIC-715

开域集团发布《5G+MEC新零售》解决方案

共创智能胶囊数据中心 鹏博士&百家云开启战略合作

## 专家视点

边缘计算使能下的工业互联网平台发展趋势及关键技术

面向未来泛在智能的云端协同联邦学习关键技术与应用

## 解决方案

基于MEC边缘计算的5G V2X车路协同先导应用

IECP物联网边缘计算解决方案



官方微信



OICT学院



[Http://www.econsortium.net](http://www.econsortium.net)

# 边缘智能 让视觉无处不在

## ——2022智能边缘视觉高峰论坛成功举办

2022年7月20日，由边缘计算产业联盟（ECC）、机器视觉产业联盟（CMVU）、智能视觉产业联盟（IVIA）联合主办，边缘计算视觉基础设施工作组（ECVI）承办的“2022智能边缘视觉高峰论坛”在云端成功举办，共有1500余人线上参会。边缘计算产业联盟专家委员会主任、边缘计算视觉基础设施工作组（ECVI）名誉主席、中国工程院邬贺铨院士，中国信息通信研究院院长余晓晖，华为机器视觉军团CTO、智能视觉产业联盟理事长段爱国，中国移动研究院副院长魏晨光出席会议并致辞，中国移动研究院业务研究所副所长杨蕾主持会议。

中国移动研究院业务研究所所长、ECVI工作组主席喻炜，天津大学教授、博导王晓飞，中国信息通信研究院高级工程师王哲，华为技术有限公司机器视觉军团微边缘总经理钱森水，中国移动浙江公司网络部总经理魏强，浪潮通信技术有限公司产品总监魏琨，天翼数字生活科技有限公司高级专家罗传飞，卡奥斯工业智能研究院（青岛）有限公司技术总监鲁效平，凌云光技术股份有限公司智能相机事业部高级产品经理徐盈莹分别带来精彩报告，深入探讨边缘视觉产业现状、业务需求、技术架构、标准体系、应用场景、发展趋势等。



扫码观看大会精彩回放

## ECC发布《边缘学习：隐私计算白皮书》

2022年6月9日，由工业控制系统信息安全产业联盟主办，中国自动化学会、智能制造推进合作创新联盟、边缘计算产业联盟、中国仪器仪表行业协会、工业控制系统安全标准与测评工业和信息化部重点实验室支持，控制网（www.kongzhi.net）&《自动化博览》、OICT学院承办的2022第五届工业安全大会（ISSC2022）以线上直播形式召开。边缘计算产业联盟安全工作组主席、北京大学教授沈晴霓在会上发布了《边缘学习：隐私计算白皮书》并分享边缘学习及隐私计算的需求、架构与实践。

为推进边缘学习、隐私计算技术的发展和应用，边缘计算产业联盟（ECC）安全工作组组织13家成员单位联合编写了《边缘学习：隐私计算白皮书》，主要围绕边缘学习中隐私计算需求与应用场景、风险与技术挑战、技术架构与关键技术、实践与案例分析等方面展开论述，希望为学术界与产业界开展面向边缘学习的隐私计算技术方面的研究、实践和应用提供有益的参考和指导。

本白皮书由北京大学、清华大学、华为技术有限公司、国家工业信息安全发展研究中心、中国移动通信有限公司研究院、深信服科技股份有限公司、奇安信科技集团股份有限公司、绿盟科技集团股份有限公司、亚信科技（中国）有限公司、北京八分量信息科技有限公司、东吴证券股份有限公司、卡奥斯工业智能研究院（青岛）有限公司、上海宝信软件股份有限公司等单位共同编写完成。



扫二维码查阅《边缘学习：隐私计算白皮书》完整版

# 2022边缘计算十大解决方案遴选活动 启动，诚邀参与

为推动边缘计算技术产品的应用创新、促进边缘计算高价值可复制创新解决方案的快速孵化、加速边缘计算技术产品以及边缘计算标准件在各应用领域的示范推广，边缘计算产业联盟（ECC）&工业互联网产业联盟（AII）定于2022年5月25日~10月20日举办“2022边缘计算十大解决方案”遴选活动。



了解更多活动详情，请  
扫二维码

## ECC联合IMT-2020（5G）C-V2X工作组共同发布《城市场景车路协同网络需求研究》《高速公路车路协同网络需求研究》

2022年6月2日，在IMT-2020（5G）C-V2X工作组成立五周年之际，工作组第二十一次全体会议以线上直播形式召开，来自340家成员单位的代表参与了本次会议。边缘计算产业联盟（ECC）边缘计算网络基础架构工作组（ECNI）联合IMT-2020（5G）C-V2X工作组在会上共同发布了《城市场景车路协同网络需求研究》《高速公路车路协同网络需求研究》。

《城市场景车路协同网络需求研究》详细介绍了城市场景车路协同的建设现状及面临的主要问题，分析了城市场景下车路协同系统的网络架构，并结合业务内容及部署场景，给出了城市场景下车路协同承载网络的功能需求、性能需求、安全及运维需求等。为建设方、承建方、设备商和运营商提供参考。

《高速公路车路协同网络需求研究》详细介绍了高速公路车路协同的建设现状及面临的主要问题，提出了高速公路场景下车路协同的体系架构，并结合业务内容及部署场景，详细分析了高速公路场景下车路协同业务对路段接入网、省干网络、网络安全及网络运维的需求。为建设单位、设计单位、设备厂商、工程集成商和运营商在部署和应用时提供参考。



扫描二维码查阅《城市场景  
车路协同网络需求研究》完  
整版



扫描二维码查阅《高速公路  
车路协同网络需求研究》完  
整版

# ECC联合CMVU、IVIA共同发布 《边缘计算视觉基础设施白皮书》

随着5G、大数据及产业互联网的发展，以边缘计算为代表的算力下沉成为新的发展趋势。未来越来越多的智能场景将发生在边缘端，而智能视觉作为边缘智能的重要场景之一，是边缘计算发展的重要使能器，两者的结合将更好地满足行业智能化发展的需求。

为了推进边缘视觉技术的发展与应用，边缘计算视觉基础设施工作组（ECVI）依托边缘计算产业联盟、机器视觉产业联盟、智能视觉产业联盟，组织10余家成员单位联合编写了《边缘计算视觉基础设施白皮书》，并于2022智能边缘视觉高峰论坛举办发布仪式，特别邀请邬贺铨院士、余晓晖院长、段爱国总裁、魏晨光院长共同发布《边缘计算视觉基础设施白皮书》。

本白皮书聚焦于工业、安防、体验交互三大领域，从应用场景及业务需求、发展趋势和面临的挑战出发，提出未来构建边缘计算视觉基础设施的技术框架，并结合标准研究、产业实践进行论证。



扫描二维码查阅《边缘计算视觉基础设施白皮书》完整版

## 推进边缘计算标准体系构建与示范应用，边缘计算产业发展与技术标准推进委员会（TC617）成立

为进一步推进边缘计算标准体系构建与示范应用，2022年5月，中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、华为技术有限公司、英特尔公司、ARM、软通动力信息技术（集团）有限公司等在中国通信标准化协会（CCSA）成立边缘计算产业发展与技术标准推进委员会（TC617）。

TC617下设需求与总体组、技术促进组、实验平台组、安全工作组、市场推广与合作组、IT基础设施组、网络基础设施组七个工作组，将主要从以下几方面开展工作：

- 聚焦边缘计算，分析不同价值行业的应用场景，梳理总结行业关键需求与共性需求，推动形成标准的可商用边缘计算解决方案，将相关研究成果回馈技术标准组织，促进行业技术标准的融合发展。
- 加速开源平台生态孵化与价值行业场景落地，促进边缘计算技术、方案及生态体系的构建。
- 提炼和建立边缘计算相关团体标准、规范和测评体系。
- 搭建边缘计算技术与实验平台，推动相关测试、验证与认证，以支持架构创新、新设备试验和新业务示范。

未来，TC617将凝聚共识，搭建开放的产业合作创新平台，推动边缘计算相关技术的研究、验证、部署与运营，为政府和企业制定发展战略提供依据，共同促进边缘计算产业可持续发展。

# 工信部对《面向边缘计算的5G核心网增强技术要求》等490项行业标准和29项推荐性国家标准计划项目公开征集意见

2022年7月26日，工业和信息化部科技司公开征集对《面向边缘计算的5G核心网增强技术要求》等490项行业标准和29项推荐性国家标准计划项目的意见。

根据标准化工作的总体安排，现将申请立项的《面向边缘计算的5G核心网增强技术要求》等490项行业标准和《智能网联汽车 自动泊车系统性能要求与试验方法》等29项推荐性国家标准计划项目予以公示，截止日期为2022年8月25日。



扫描二维码查看相关文件

# 《工业互联网专项工作组2022年工作计划》印发，支持工业企业综合运用边缘计算等技术

2022年4月13日，工信部发布了《工业互联网专项工作组2022年工作计划》（以下简称《计划》）。

《计划》鼓励大型企业打造符合中小企业特点的数字化平台，开展数字化服务，推进中小企业数字化改造。支持符合条件的工业互联网企业首次公开发行证券并上市，在全国股转系统基础层和创新层挂牌，以及通过增发、配股、可转债等方式再融资。

《计划》要求，打造“5G+工业互联网”升级版：加快5G全连接工厂建设，出台5G全连接工厂建设指导性文件，打造10个5G全连接工厂标杆，开展工业5G专网试点，完善5G专网部署模式；培育推广“5G+工业互联网”典型应用场景，在消费品行业培育“5G+工业互联网”典型应用场景。

《计划》明确支持工业企业综合运用边缘计算等技术，提升生产各环节网络化水平。

- 基于边缘计算技术应用和“电子封条”建设，新增不少于30处矿山监控视频的智能分析。
- 实施危险化学品安全生产风险监测预警系统升级，在2个以上化工园区，5家以上化工企业开展边缘计算设备部署及网络设备设施升级。



扫描二维码下载《工业互联网专项工作组2022年工作计划》完整版



# KubeEdge发布首篇云原生边缘计算威胁模型及安全防护分析报告

2022年7月，KubeEdge社区完成了对KubeEdge项目的系统分析并发布安全威胁模型及分析报告，这对于用户或vendors有着重要的安全实践指导意义。

随着越来越多的用户将KubeEdge项目用于生产环境中，KubeEdge社区把安全问题放在优先地位。KubeEdge社区十分关注项目的安全，并成立Sig Security安全团队，负责KubeEdge的系统安全设计，并快速响应和处理安全漏洞。为了对KubeEdge项目进行更加全面的安全评估，KubeEdge社区联合ADA LOGICS公司、OSTIF及云原生计算基金会（CNCF）对KubeEdge项目进行安全评估并输出安全评估报告，分析和总结KubeEdge项目的安全威胁模型及相关安全问题。对于安全报告中发现的安全问题，KubeEdge社区已根据社区的漏洞处理策略第一时间修复，并发布release版本，版本号为v1.11.1、v1.10.2和v1.9.4，漏洞公告已发布在：<https://github.com/kubeedge/kubeedge/security/advisories>。

KubeEdge安全审计报告中指出，KubeEdge潜在的攻击者包括以下三部分：

- 外部攻击者，从系统外部发起攻击。
- 内部攻击者，包括系统内部操作人员不合规操作导致的安全问题。
- 供应链攻击者，破坏KubeEdge软件供应链组件的攻击者。

KubeEdge社区运用ASTRIDE Low Level威胁建模方法并结合KubeEdge安全审计报告，对KubeEdge进行系统的安全分析，旨在帮助开发者或用户理解系统中潜在的安全威胁，明确风险并列举出目前KubeEdge社区已有的相应的消减机制和安全加固建议。

作为业界首个云原生边缘计算社区，KubeEdge已在智慧交通、智慧城市、智慧园区、智慧能源、智慧工厂、智慧银行、智慧工地、CDN等行业提供一体化的边端云协同解决方案。KubeEdge在边端云协同领域正在加速布局，社区将持续提升KubeEdge在云原生边缘计算场景下的安全性。

---

## 《流程行业边缘计算解决方案白皮书》发布

新一轮产业变革进程不断加速，以信息通信技术驱动的数字转型成为企业发展的重要方向，工业互联网、5G等垂直领域应用的蓬勃发展，带来了大量数据就近处理和分析需求，边缘计算通过就近提供边缘智能服务，成为产业数字化转型的关键支撑技术。

为推动边缘计算产业发展，工业互联网产业联盟在2020年发布《离散制造业边缘计算解决方案白皮书》。根据离散行业的特点，针对其制约因素，阐述了边缘计算的发展和应用是如何打破桎梏，推动了离散行业的数字化转型。

在《离散制造业边缘计算解决方案白皮书》基础上，工业互联网产业联盟进一步调研流程行业转型所面临的阻碍以及当前边缘计算在其应用的现状，继续探究边缘计算为流程行业工厂现场带来的价值，基于原有框架建立了适用于流程行业边缘计算参考实施架构和技术体系，最后提出流程行业边缘计算技术和产业化发展意见，于2022年5月25日发布《流程行业边缘计算解决方案白皮书》。



扫描二维码下载《流程行业边缘计算解决方案白皮书》完整版

# IDC：预计2020-2025年中国边缘计算服务器年复合增长率将达22.2%

2022年5月，IDC发布的《中国半年度边缘计算服务器市场（2021年下半年）跟踪报告》显示，2021年，中国边缘计算服务器整体市场规模达到33.1亿美元，较2020年增长23.9%。IDC预计，2020-2025年中国边缘计算服务器整体市场规模年复合增长率将达到22.2%，高于全球的20.2%。

2021年，中国垂直行业和电信网络边缘计算服务器（含通用服务器和定制服务器）市场维持了强劲的发展势头，市场规模进一步扩大到4.8亿美元，同比大幅增长75.0%，5G和AI/ML技术使能下的行业数字化转型需求是主要驱动力。从边缘定制服务器的出货规模来看，2021年，中国市场排名前三的厂商依次为浪潮、华为和新华三。

IDC预计，随着靠近数据产生端的边缘应用场景逐渐丰富，对具有更紧凑的设备形态、低能耗特性、更宽的工作温度以及其他特点的边缘定制服务器需求将快速增加，以适应复杂多样的部署环境和业务需求，在2021-2026年，中国边缘定制服务器市场预计将保持40.1%的年复合增长率。

在边缘定制服务器的行业分布上，泛工业（电力、能源、制造等）是占比最大的应用领域，中国工业企业正在加快边缘计算基础设施建设，依托工业视觉智能和数据智能技术，支撑工业质检、设备预测性维护、线路/管道检测等数字化应用部署；互联网服务提供商、电信运营商和解决方案集成商也在加大行业数字化转型布局，尤其是电信运营商高度重视5G2B市场，并将其视为推动网络业务转型的重要抓手，互联网服务提供商将云侧积累的AI和大数据能力下沉到边缘侧，来解决企业设备管理、材料建模、生产排程优化等实际问题，以边缘洞察赋能企业客户业务的全方位创新。

IDC中国企业级基础架构研究经理李木认为，尽管边缘计算市场面临着行业主体分散，应用场景碎片化，行业赛道紧耦合、解决方案不通用等各方面问题，但边缘侧行业数字化转型的刚性需求是切实存在的，大量的边缘侧长尾需求尚未得到满足，随着5G和AI/ML技术快速发展，更多的技术创新和模式创新将围绕边缘场景进行迭代优化，边缘计算也将成为驱动全球企业级基础架构市场增长的重要力量。

## 2022技术趋势：72%的IT领导者已在使用边缘计算，增长蓄势待发

2022年4月，德勤发布《2022技术趋势》中文版，该报告详解了未来18到24个月将深远影响企业的重要技术趋势，其中指出：到2025年，新工业控制系统中有30%将具备分析和人工智能边缘推理功能；72%的IT领导者已经在使用边缘计算技术；到2025年，企业所管理的数据中有50%以上将在数据中心或云之外创建并进行处理；预计2019年至2028年期间，在边缘计算装置和设备方面的累计支出将达到8000亿美元，其中制造业和医疗保健领域发生的增长最为显著。



扫描二维码下载《2022技术趋势》完整版

## 中国信通院牵头编制的3项边缘计算行业标准发布，构建可信边缘计算生态

为进一步推动边缘计算规模化落地部署，依托中国通信标准化协会CCSA TC1 WG5工作组和CCSA TC608，由中国信通院云计算与大数据研究所牵头，联合产学研用数十家单位联合编制的三项边缘计算行业标准于近日正式发布和实施，引领产业规范化发展。

《互联网边缘云服务信任能力要求》标准规定了边缘云的术语和定义、边缘云服务信任能力框架、企业属性、能力要求、服务保障等方面的内容，适用于边缘云服务提供商，对相关服务能力进行规范。

《基于云边协同的边缘节点管理解决方案能力要求》标准规定了基于云边协同的边缘节点管理解决方案的术语和定义、边缘节点管理框架、边缘节点管理解决方案能力要求，适用于提供边缘节点管理的解决方案厂商，用于考察解决方案的各项功能指标和能力。

《分布式云全局管理框架》标准规定了分布式云全

局管理框架的术语和定义、分布式云全局管理概述、框架及相应的要求描述，适用于同一分布式云中中心云与区域云、区域云与边缘云、中心云与边缘云之间的协同管理，也适用于同一分布式云中各中心云之间、各区域云之间、各边缘云之间的协同管理。

中国信通院云计算与大数据研究所牵头立项和开展多项边缘计算标准制定，涵盖边缘硬件、物联网边缘计算、边缘云、边缘软件和服务、边缘应用、边缘安全等领域，截至目前已完成40余个产品/服务评估测试工作，进一步推动边缘计算相关技术和方案高质量发展，构建“可信边缘计算”生态。未来，中国信通院云计算与大数据研究所将继续携手产业界各方，持续开展边缘计算相关产业研究、标准制定、评估测试、生态建设等工作，凝聚各方智慧，共同把握边缘计算产业发展新机遇。

---

## “算力网络泛在算力调度”项目成功在Akraino 开源社区立项

在近日召开的Linux Edge基金会旗下Akraino 开源社区会议上，中国移动联合华为、北京邮电大学等合作伙伴主导发起的“算力网络泛在算力调度”项目通过社区评审流程，成功立项。此项目是中国移动在算力网络关键技术研究 and 产业推进方面的又一里程碑，为算力网络开源生态的构建奠定基础。

“算力网络泛在算力调度”项目重点关注泛在算力调度的技术方案研究与端到端业务场景验证，旨在开源社区探讨多云、边、端等泛在算力的统一管理 with 调度平台的技术方案。泛在算力调度技术是在算力网络充分吸纳全社会云边端多级泛在的算力资源的基础上，综合考虑网络的实时状态、用户的移动位置、数据流动等要素，实现对算力资源的统一管理、跨层调配和应用的敏

捷部署、动态调整，降低企业管理多云的成本和运维复杂度。

中国移动作为Akraino开源社区的重要参与者，始终积极致力于社区建设。自2020年起，中国移动连续两年入选社区技术委员会成员，并与行业伙伴一起发起并牵头安卓云原生项目和智能网卡端到端集成项目，在社区积极探讨智能制造、智慧城市、车联网、游戏娱乐等边缘计算的典型场景。

未来，中国移动愿与产业界各位合作伙伴一起，在开源领域共同完善与增强算力网络泛在算力调度技术方案，实现用户在不关心算力形态和位置的情况下对算力资源的随取随用的美好愿景，携手推进算力网络开源生态的新发展。



## 西门子发布工业边缘商城，携手生态伙伴助力企业数字化转型

2022年7月22日，西门子举办了以“边缘新磁场，同行向未来”为主题的第二届工业边缘生态大会。本届生态大会上，西门子正式面向中国市场发布其开放的线上商业平台——工业边缘商城，并同步上线20余款边缘应用，以更敏捷、开放、易于扩展的商业模式支持企业挖掘数据价值，是西门子推进工业边缘生态发展的重要里程碑。同时，西门子发布两款工业边缘应用方案——生产可视化和OT/IT数据无缝连接，助力企业实现OT（运营技术）与IT（信息技术）的融合，并向四家生态合作伙伴颁发“数字化增值合作伙伴”证书，以开放共赢的合作模式携手各方伙伴共同助力企业数字化转型。

“虚拟世界与现实世界的连接需要OT与IT的融合，边缘计算正是实现这一融合必不可少的技术手段之一。作为创新的前沿科技，西门子工业边缘计算将助力企业释放数据的无限潜能。”西门子（中国）有限公司执行副总裁、西门子大中华区数字化工业集团总经理王海滨表示，“我很高兴看到越来越多志同道合的合作伙伴加入我们的工业边缘生态，凝心聚力，共创价值，携手探索企业数字化转型的新模式，为工业高质量发展注入新动能。”

西门子工业边缘商城（www.siemens-iestore.com.cn）面向工业客户、合作伙伴与开发者提供丰富的工业边缘app，覆盖通讯连接、数据处理和功能应用等多个领域。未来，西门子工业边缘商城将上线更多来自西门子及生态合作伙伴共创的app，助力企业解锁更多样的应用场景。

西门子生产可视化应用方案可以在无需停产的条件下实时监测设备综合效率（OEE）及进行数据分析，并能实现即插即用、快速部署，助力生产型企业降本增效。西门子OT/IT数据无缝连接应用方案可以在边缘层大量采集数据，通过西门子工业边缘app或用户自定义应用进行数据清洗后将数据上传至云端，从而降低上传数据量，提高计算资源使用效率。

此次大会期间，西门子向围度科技（北京）有限公司、上海孚典智能科技有限公司、上海大制科技有限公司和大连共兴达信息技术有限公司四家具备卓越工业边缘软件开发能力的合作伙伴授予“数字化增值合作伙伴”证书。这意味着西门子工业边缘生态能力进一步增强。目前，已有数十家合作伙伴加入了这一生态，能力覆盖产线集成、应用开发、软件架构、数据分析等多个领域。

## 凌华科技发布AES-100 边缘智能服务器

2022年6月16日，凌华科技推出基于华为Ascend Atlas200的全新边缘智能服务器AES-100，突破固有服务器的设计理念，采用分布式AI节点加弹性灵活的处理单元，可在紧凑的1U空间内布置多路边缘处理单元，也可以根据场景和需求不同搭配不同的CPU模块，适用于广泛的AI边缘应用。

产品亮点：

- AES-100采用华为Atlas200边缘智能计算核心，在1U空间内最多可支持24路Ascend310并行处理，最高具备了528TFLOPS算力；
- 每个Atlas-200可独立部署任务，达到物理隔离部署不同的算法；
- 灵活多变的计算核心，可搭配Intel、兆芯、飞腾

等多种处理器，适应不同的工作环境和要求，还可满足国产化CPU加国产化AI模块的需求；

- 提供高网络吞吐能力，标配支持4路千兆网路和1路管理网口；

- 高可靠性，提供双冗余电源；

- 单瓦算力优秀，整机可达到1.38TFLOPS/W；

在高算力的场景下，采用分布式算力架构的硬件成本可大幅度下降。AES-100可以广泛应用在城市道路对行人、机动车以及非机动车的特征结构化数据分析，可极大提高在海量视频中对目标的查找速度；监所等特殊场合发生的一场行为进行检测，并及时发出报警，有效提升视频监控的价值，保障工作人员及在押人员的安全。

## 联想发布全新边缘服务器 SE550 V2

2022年7月18日联想正式发布全新边缘服务器 ThinkServer SE550 V2，这款双路2U边缘服务器具备强大的计算性能和丰富的扩展能力，能够为企业边缘端应用和场景提供专业计算平台支持。

联想ISG中国战略及运营高级总监、智能边缘中国事业部总经理杨春表示：“边缘计算将在企业未来的数字化转型中发挥关键作用。联想正在将边缘计算业务上升到公司战略高度，致力于成为行业领先的边缘计算方案提供商。联想 ThinkServer SE550 V2边缘服务器凭借强大的性能、丰富的扩展能力和稳定的可靠性，能够释放边缘端的强大算力，点燃边缘人工智能、边缘网络、边缘云、边缘加速等典型应用的智慧场景。”

联想ThinkServer SE550 V2边缘服务器不仅满足运营商OTII边缘服务器的众多标准，配合联想“端-边-云-网-智”的全要素能力，还能为用户提供从软件到硬件的整套解决方案。联想 ThinkServer SE550 V2支持最多两颗Intel Xeon第三代可扩展处理器，每个处理器数量最多32核，并且支持 NVIDIA 专业GPU，为边缘人工智能的场景应用提供强大算力支持。此外，联想 ThinkServer SE550 V2也可像普通2U机架式服务器一样，为用户的虚拟化、数据库、云计算和AI等应用场景提供强大的算力支撑。

联想 ThinkServer SE550 V2实现了便携性与扩展性的平衡。联想ThinkServer SE550 V2采用短机箱设计，

相比传统机架式服务器能够节省部署空间。同时，联想 ThinkServer SE550 V2支持16个DDR4内存插槽，内存频率最高可支持到3200MHz，整机内存最大可扩展到1TB。在硬盘容量方面，联想 ThinkServer SE550 V2最多支持八个2.5英寸热插拔硬盘，最多两个内置M.2高速固态硬盘，配合Lenovo Anybay技术，可在同一驱动器托架内灵活混搭SAS / SATA / NVMe硬盘，实现灵活扩展。

相比云端服务器，边缘服务器需要深入各类行业使用场景，应对不同的温度、工业环境等需求对产品进行设计和优化。基于联想在服务器领域多年的技术积累和品质追求，联想ThinkServer SE550 V2对可能存在的极限场景进行了针对性提升——通常产品工作温度范围为常温，而联想ThinkServer SE550 V2支持宽温使用，能够在45°C高温中保持长期高效运行。同时，联想 ThinkServer SE550 V2还通过了地震烈度测试，能够保证在极端情况下的数据安全和稳定。

边缘计算是联想重点聚焦和投入的核心技术领域之一，不久前联想正式成立智能边缘事业部，基于对产业趋势的洞察和用户需求的研究，联想正式发布智能边缘计算品牌“慧天”。同时，联想将充分整合其在边缘计算领域的硬件、软件、方案及服务，致力于成为业界领先的全栈式智能化边缘计算方案提供商。目前，联想已为智能制造、智慧城市、智慧园区、智慧教育、智慧医疗、智慧金融等领域的众多企业提供智能边缘计算服务。

## 云计算向“去中心化”演进，边缘云服务商PPIO完成2.5亿A轮融资

近日，边缘云服务商PPIO宣布完成A轮融资，本轮融资额合计近2.5亿人民币，由磐霖资本、CCV创世伙伴、张江科投、IMO Ventures共同投资，老股东蓝驰创投、沸点资本、华业天成资本等持续加注。

PPIO在创立之初，曾获得了来自王小川、程浩、申元庆、唐彬森、李善友等19位业内知名企业家和创业者，共计6000万人民币的天使轮融资。

暨2021年完成亿级Pre-A轮融资后，这是PPIO又一次获得新一轮融资。至此，公司累计融资额已经超过4亿人民币，位列各边缘云厂商前列。

据PPIO介绍，目前已有的客户群体，以对低延时传输和大规模成本控制有需求的互联网企业为主，比如短视频平台、直播平台、手机厂商等，为其提供音视频、云安全、应用性能管理等解决方案。此外，多家互联网巨头、一线云计算服务商、独角兽级创业公司，目前都在边缘云领域与PPIO建立了业务合作。

本轮融资完成后，PPIO将进一步加大在自研技术和边缘侧基础设施上的投入，并深化在超低延时直播、云游戏、云渲染、车联网、空间数字化等对超低延时有改善需求的场景上的探索。

## 中科创达发布基于欧拉系统的边缘计算应用场景商用发行版

作为数字基础设施的开源操作系统，欧拉持续丰富南向和北向的生态支持。欧拉南向支持多样性设备，已经实现主流计算架构100%全覆盖，包括ARM、x86、RISC-V等全部主流CPU指令集，同时支持NPU、GPU和DPU等多种异构算力。欧拉北向使能IT、CT和OT全场景应用，与伙伴协作，适配一万多款应用，主流应用场景100%支持。同时，通过共享分布式套件，进一步实现与鸿蒙互通，共同服务数字全场景。

欧拉开源两年以来，产业共建成果显著，目前欧拉社区已经汇聚340多家全球企业，覆盖芯片、部件、整机、OSV、ISV等产业链成员；吸引近万名开源贡献者，参与社区技术创新和版本开发；全球120多个

国家、1500多个城市用户累计下载量超过54万次。目前，整个欧拉系的装机量累计超过170万套，新增市场份额达到19%，预计年底将达到25%，明年将做到中国新增市场份额第一。

2022年6月15日，在华为伙伴暨开发者大会2022上，中科创达发布了基于openEuler 22.03 LTS，面向边缘计算应用场景的商用发行版——OSWare Edge 发行版。它提供了边缘计算场景主要功能模块，包括南向设备接入、物联网协议转换、人工智能、容器化、安全、北向云服务对接等，并提供实时性、芯片相关安全、服务高可用等关键技术。可支撑智慧城市、智慧工厂、智慧交通、智慧电网等垂直领域应用场景。

## 视美泰边缘计算解决方案正式入驻华为云云市场

2022年6月，视美泰旗下的边缘计算解决方案已通过华为云一系列严格测试与审核，正式入驻华为云云市场。

华为云是华为公有云品牌，致力于提供专业的公有云服务，提供弹性云服务器、对象存储服务、软件开发云等云计算服务，以“可信、开放、全球服务”三大核心优势服务全球用户。作为值得信赖的软件及服务交易交付平台，云市场携手视美泰共同致力于为用户提供优质、便捷的基于云计算、大数据业务的软件、服务和解决方案，满足用户快速上云和快速开展业务的诉求。

此次视美泰入驻的边缘计算解决方案，配备了高性能计算模块，可流畅稳定支撑算法，适配人员闯入、群众围观、逆行、非法逗留、值班离岗、抽烟、打电话、安全帽、车辆检测、跌倒、视频结构化等三十余种算法。该方案可直接对接海康等多种主流摄像头，并支持用户根据实际需求选配AI算法，通过可视化展示告警事

件，已形成了多个垂直行业的解决方案，并成功实现项目落地。

边缘计算方案上云三大优势：

### (1) 降低成本压力

用户只需要较少的启动成本，无需部署常规的本地服务器，大幅降低成本，减轻运维工作压力。

### (2) 数据上云安全可靠

云计算具备更高的安全性，客户不必担心丢失关键数据和可视化效果，而且可以随时可以查看数据，运维更便捷。

### (3) 支持弹性扩容

边缘计算方案上云，可支持弹性扩容，用户可以随时增加或者减少资源，避免资源浪费。

未来，视美泰将持续推动与华为云的深度合作，更好地发挥自身优势，不断迭代优化产品与解决方案，为更多合作伙伴赋能，推进边缘计算在不同行业的落地应用。

## 浪潮升级“云行·边缘云”系列产品

2022年7月23日，浪潮“云行·边缘云”系列产品重磅升级，进一步深化“云网边端”一体化的分布式云产品战略布局。浪潮云持续关注边缘计算场景的技术创新和行业落地，向边缘云稳步迈进，以全栈连续体云服务的优势赋能各行各业，助力构筑数字中国新未来。

浪潮云致力于打造基于分布式云的数字边缘基础设施——云行·边缘云（ICP Edge）系列产品，将云服务能力从中心下沉到边缘。专门针对政企客户业务的末端算力需求，设计并提供轻量级云平台和软硬一体的边缘云产品，可覆盖云边缘、近场边缘及现场边缘三类场景。其中，基于边缘原生技术架构，ICP轻量级云平台面向行业应用软件在边缘场景的开发实践，为用户提供轻量易用、弹性扩展、安全可靠的技术服务体验。IEC产品系列，则坚持软硬一体标准化的设计理念，不断丰

富边缘云计算基础设施种类，形成覆盖通用、视频、物联网、云原生、信创的5大类别，为用户提供高可靠、强计算、重安全的边缘云整机交付能力。目前，云行·边缘云系列产品已广泛应用于工业互联网、智慧社区、智慧教育、国土资源、智慧农业、城市轨道交通等行业领域，为客户持续创造价值。

浪潮云产品总监尹萍表示，作为浪潮云在边缘侧能力的全新突破，云行·边缘云系列产品具备精简灵活的技术架构、安全可靠的边缘策略、统一一致的云服务体验、丰富可选的服务组件、高效智能的云边运维等五大优势。聚焦轻量化、低延时、云原生、安全可信等核心能力，面向用户提供安全可信、经济高效的全场景一站式边缘云计算服务，加快数字基础设施建设，拓展产业数字化应用升级。

## 绿盟科技发布边缘计算智能网关

绿盟科技近日推出边缘计算安全产品——绿盟边缘计算智能网关（SGEC），聚焦工业互联网应用场景，整合工业企业上云业务需求与安全需求，选用微服务技术架构，整合功能安全和信息安全能力，形成了一整套包含工业数据采集、边缘计算、边缘安全能力的工业互联网边缘计算安全产品。拥有多种工业通讯协议和边缘计算能力，具备资产管理、指令审计、准入、防火墙、加密传输等综合安全服务能力，所有安全能力可按弹性部署。为客户提供一站式的边缘计算安全产品。

产品优势：

### （1）工业互联网业务的深度融入

SGEC不再作为单独安全设备独立在工业互联网业务系统之外，接管了工业互联网边缘计算的应用率最高的业务能力，如工业通讯协议解析、生产数据的采集转发、边缘侧的网络转化、信息存储能力等业务能力，通过SGEC的微服务架构与绿盟工业安全能力进行整合，并为工业互联网平台提供稳定、安全的边缘侧的业务支持。

### （2）信息安全与功能安全的融合

数字化转型的浪潮下，传统的网络安全理念很难满足工业互联网、智能制造、数字工厂等新型业务形态的安全需求。APT、工业勒索病毒对工业系统产生的威胁与安全时间也已屡见不鲜，网络安全已经影响着工业生

产活动的正常运行，我们充分考虑工业业务系统功能安全与信息安全的需求，打造出了“两安融合”工业互联网边缘计算产品——SGEC。

### （3）开放的产品生态

以微服务架构为基础，以解耦的产品能力为支撑，打造开放的工业互联网边缘计算安全产品生态体系，一方面现有安全和业务功能可以微服务能力形式对外提供服务与合作；另一方面可以纳入生态伙伴的安全、业务能力，可以在产品、方案、渠道、战略等方面进行多维合作。

### （4）多种国密算法的组合应用

SGEC中采用自主可控的多种SM 2、SM 3、SM 4国密算法结合SSL技术，保障云边之间安全连接与数据安全传输。国密算法的应用，代替了RSA、MD5、DES等国际加密算法，摆脱对国外技术和产品的过度依赖。

### （5）工业化的硬件形态

SGEC采用无风扇导轨式的硬件，便于在工业现场部署。南向支持网口、串口的接入方式，北向支持网线、4G的通讯方式，可根据现场网络情况，灵活部署。

SGEC，除了硬件形态以外，可以容器的方式装载第三方应用，也可将安全能力装载在第三容器平台，可与工业也互联网平台、物联网平台、边缘云等平台进行融合部署，以生态战略的方式进行合作。



## 算能推出便携式边缘大算力服务器，解锁三大场景需求

2022年7月24日，算能集团推出其边缘计算新品——算能SE6微服务器。

该边缘AI服务器采用模块化设计，内置12个基于算能第三代自研AI芯片BM1684的AI模组，峰值算力达到211TOPS，具有便携、低功耗、高算力密度、超静音设计、即插即用等特征，为云边场景差异化推理需求提供多元算力。

算能集团边缘产品线总经理黄腾说，相比传统GPU四卡推理服务器，算能SE6在能效比上能实现有54%的提升，算力密度提升多达4倍，典型分类网络ResNet-50推理速度可提升18.7%，高清视频1080P解码能力可提升188%。

算能SE6微服务器的典型功耗不到300W，相比传统服务器功耗下降35%，噪音降低20%。面向边缘侧复杂多变的部署环境，其工作温宽增加40%，尺寸缩小80%。

作为算能智能计算产品矩阵的新成员，SE6将复用SOPHTEAM的生态成果，做到边缘侧算法模型的灵活部署和零成本平滑迁移，从而为更多场景提供支持。

对于用SE6做移植开发的用户，算能提供国产化软硬件全栈能力，工具链兼容全部深度学习框架，对上千种硬件算子持续调优迭代，通过TPUNET让模型转换更加便捷，通过TPU量化工具让量化精度损失更小，通过TPUProfiler让AI推理全流程异常环节得到快速诊断。算能还计划持续输出开源Demo和Pipeline，让计算机视觉和深度学习做到极简开发。

在边缘侧，算能构建了SOPHTEAM产品家族，实现全面生态协同，从1-4路视频分析的边缘小算力场景，横跨到高达200路的智能分析的大算力场景，覆盖各算力区间。

## 英特尔智能边缘计算联合研究院成立

2022年4月，英特尔中国研究院宣布与南京市麒麟科技创新园合作，联合成立英特尔智能边缘计算联合研究院，携手加速智能边缘计算的技术创新及应用落地。

面向行业实际应用场景，英特尔智能边缘联合研究

院聚焦三个前沿领域：增强的智能边缘计算平台软件/硬件系统；应用领域的数据集搜集和分析、工作负载分析；边缘侧多接入的未来智能网络与工作负载的软硬件加速。

## 研华推出边缘AI平台新品MIC-715

近期，研华推出边缘AI平台新品MIC-715，这是一款加固型超高性价比边缘计算产品，搭载了功能强大的NVIDIA Jetson Xavier NX 模块，能够同时支持Wi-Fi、4G/LTE和5G。值得一提的是，MIC-715具有IP67防水防尘等级，可适用于各类恶劣环境，接口均采用可固定的耐振连接器、配置机器点火保护系统、支持M12 PoE和GMSL视频接口。非常适用于AMR（自主移动机器人）和AGV（自动导引运输车）应用。

研华MIC-715基于NVIDIA Jetson Xavier NX平台——紧凑，轻巧、无风扇设计（产品尺寸：275 x 220 x 80mm；4.5千克）支持深度学习模型。

MIC-715支持保护性点火装置，在输入电压瞬间过高的情况下，可以让机器正常启机不受损坏避免系统运行受到影响，同时支持在突发断电情况下的延迟关

机保护功能。用户也可以手动调整该保护机制开关机时间。

作为MIC-AI系列的一款产品，MIC-715提供丰富的I/O接口、支持连接多种设备、卓越的使用寿命和板级支持包（BSP）功能。

AI技术已经在交通、安防、智能制造等方面适用广泛，但是在重工业领域，AI部署还处于早期阶段。重工业的很多工种要求工人在具有安全隐患的恶劣环境中进行作业，甚至是全天候的作业。AI技术的出现，帮助企业可以改善这种状况。目前，通过部署AI智能设备，能够提高这些行业的运营效率、识别潜在的作业风险，监视工人作业安全，预警设备故障等。

基于此，研华推出的MIC-715加固边缘AI平台，帮助企业构建AI系统，助力实现智慧型重工业系统。



## 开域集团发布《5G+MEC新零售》解决方案

2022年5月，开域集团发布最新《5G+MEC新零售》解决方案，将第五代移动通信技术+多接入边缘计算与开域新零售解决方案进行融合。

5G+MEC具有算力下沉、云边协同、高速率、低延迟、大连接的优势。前端IoT硬件采集的数据利用5G网络快速地传输到边缘MEC侧，依托MEC侧提供的大算力，为开域AI算法实时分析提供了算力保障，处理后的数据再上传到开域新零售平台做进一步汇总与展示成业务相关的数据。

《5G+MEC新零售》解决方案基于人形轨迹追踪算法的客流统计更加贴合业务实际需求；在安装、系统上线前、上线后各阶段采用多手段保障准确率在95%+以上，算法准确性得到保障；人形轨迹追踪算法流程，全过程自动处理，无人工干预，不利用个人信息，数据合

规得到保障。

5G+MEC与零售相遇，解决方案有效地打通了门店实际经营中的人、货、场。基于5G覆盖带来的大带宽、低延迟特性弥补了制约AI算法和大数据的短板，依托MEC边缘计算将大量的数据处理与分析功能下沉到更加靠近应用的地方，从而提升数据处理的速度。

通过对货架热力和流向动线的分析，研判哪些货架顾客更加感兴趣，货架陈列优化以及动线合理规划，提升顾客游览体验。真正实现门店的智能化、自动化、数字化管理。

开域此次将5G+MEC应用于新零售，也是在技术上的新突破。未来开域也将持续深耕于数字科技创新领域，以领先的数字科技帮助客户实现业务高速增长，用科技创造商业价值。

## 共创智能胶囊数据中心 鹏博士&百家云开启战略合作

2022年5月，鹏博士正式与百家云签署战略合作协议，双方基于鹏博士混合多云运营管理平台、百家云实时音视频PaaS云服务共同打造智能胶囊数据中心，为教育行业提供新的数智化解决方案。

百家云是音视频领域头部技术服务商，其BRTC技术团队具备极强的技术实力，依托核心音视频编解码、信道传输、网络调度技术，一直以来提供了高可用、高品质、超低延时的音视频通信服务。

鹏博士多年来始终为K12、高教行业提供数字化服务，积累了丰富的服务经验，拥有一批行业客户资源，依托教育云平台、智慧软件、智能硬件和教学资源，

通过云端系统、大数据、VR、AR、人工智能等技术手段，为教师、学生、家长提供智慧化教学整体解决方案。

双方合作打造的智能胶囊数据中心，可将云服务部署到本地，并能实现云间网络互联，最终解决音视频传输层的问题。无需把视频流数据上传到云端，即可在距离“最终用户”最近的地方，提供最优质的云基础设施和服务。

该方案将可满足视频直播、AR/VR等场景下，更广连接、更低时延、更好控制等需求，帮助教育行业“全面云化”，实现云资源与业务场景的最佳匹配。

# 边缘计算使能下的工业互联网平台发展趋势及关键技术

## Development Trend and Key Technologies of Industrial Internet Platform Enabled by Edge Computing

中国科学院沈阳自动化研究所机器人学国家重点实验室  
中国科学院网络化控制系统重点实验室  
中国科学院机器人与智能制造创新研究院 夏长清, 宋纯贺, 曾鹏

**摘要:** 工业互联网平台是新一代信息通信网络技术与工业经济深度融合的关键基础设施, 通过对人、机、物的全面联接, 构建覆盖全生产链、产业链、价值链的制造和服务体系, 现阶段采取以云平台为基础, 其上叠加制造能力开放、知识经验复用等功能模式进行部署。然而, 网联设备的急剧增加以及数据分散性、碎片化的特征导致以云为核心的平台模式处理能力捉襟见肘, 工业互联网平台逐渐向云-边-端一体化演进。本文分析工业互联网环境下先进制造的共性特征和变革性需求, 旨在探索如何构建满足新特征、新需求的云-边-端一体化平台, 并围绕该问题总结了发展未来工业互联网平台面临的五方面关键技术, 即高效寻址与协议转换、多维资源算力度量、网算控协同优化、实时边缘操作系统以及平台体系结构。在此基础上, 搭建了基于所提出云-边-端一体化平台的个性化定制装配验证平台。

**关键词:** 工业互联网平台; 智能制造; 边缘计算; 云-边-端一体化; 网算控协同

**Abstract:** The industrial Internet platform is the key infrastructure for the deep integration of the new generation of information and communication network technology and the industrial economy. Through the comprehensive connection of people, machines and things, it constructs a manufacturing and service system covering the whole production chain, industrial chain and value chain. At this stage, it mainly adopts the superposition of manufacturing capacity opening, knowledge and experience reuse and other functions on the traditional cloud platform for centralized optimization management. However, the rapid increase of networking equipment and the characteristics of data dispersion and fragmentation lead to the limited processing capacity of the cloud centered platform mode, and the industrial Internet platform gradually evolves to the cloud edge end integration platform. This paper analyzes the common characteristics and transformative needs of advanced manufacturing in the industrial Internet environment, aims to explore how to build a cloud edge end integrated platform to meet the new characteristics and needs, and summarizes the five core technologies faced by the development of future industrial Internet platform, namely, efficient addressing and protocol conversion, multi-dimensional resource computing power measurement, network computing control collaborative optimization, Real time edge operating system and platform architecture. On this basis, a personalized customized assembly verification platform based on the proposed cloud edge end integration platform is built.

**Key words:** Industrial internet platform; Intelligent manufacturing; Edge computing; Cloud-edge-end integration; Network computing control collaboration

## 1 引言

伴随制造业变革与数字经济浪潮交汇融合, 云计算、物联网、边缘计算、5G等信息技术与制造技术、工业知识的集成创新不断加剧, 工业互联网平台应运而生, 其核心目标是通过工业系统与互联网在网络、信息和知识层面的深度融合, 实现感知、分析、决策、控制的一体化应用。

目前, 工业互联网平台主要采用以云为核心的模式发展, 通过网络将数据进行汇聚, 利用云平台丰富的计算

资源, 叠加大数据、人工智能等新兴技术, 实现工业技术、经验知识模型化、软件复用化的制造业生态。然而, 人、机、物全要素互联趋势下, 接入终端急剧增长, 数据分散性、碎片化加剧, 伴随着生产业务实时性、可靠性、协作性等需求的不断提高, 现有模式处理能力捉襟见肘。

工业边缘计算具有规模大、分布零散, 更靠近控制器和数据端以及本地化私密数据等特点, 如图1所示, 通过在靠近制造的加工设备端部署边缘节点进行本地化的感知、决策、控制、分析一体化, 可在降低网络需求的同时提高响应实时性, 有效提高现有工业互联网

平台处理能力，发展云-边-端一体化平台成为工业互联网平台的新方向。

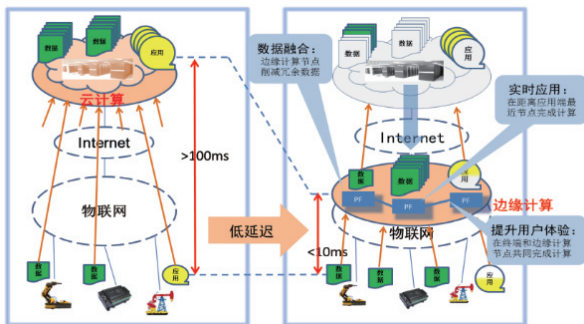


图1 边缘计算作用体现

## 2 云-边-端一体化平台分析

在工业互联网万物互联结构化、生产制造流程化、工业网络体系化的演进趋势下，生产模式逐渐由传统大规模流水线向个性化柔性转变。特别在先进制造中，工业互联网的发展使用了一系列具有高精度、高效、高安全等特殊需求的制造模式，以图2中的工业遥操作系统为例，传统设计、制造分离逐渐向产品设计与生产制造一体化转变，传统人机协作逐渐由指令传输向操作级协同转变等。



图2 工业遥操作系统

因此，与现有主流云为核心的工业互联网平台相比，新模式下的云-边-端一体化平台应具备以下能力：

### (1) 确定性时延保障能力

以图2为例，系统不仅需要确保指令传输和执行的实时性与可靠性，还应尽可能降低作业的执行抖动或实

现零抖动，以确保高精密的加工和系统的稳定运行，令远端操作者产生“身临其境”加工的感觉。

### (2) 灵活可重构能力

智能制造定制化柔性生产的需求需要生产系统可以根据订单对加工工序进行灵活、动态的排列组合。平台中大量加工设备根据车间调度信息以类似“即插即用”的方式加入或退出某段产线，并根据需求进行自适应的参数优化配置。

### (3) 规模化部署能力

人、机、物全要素互联趋势下，工业互联网平台下的设备规模急剧增加，这一现象不仅表现为机器人数量增加，也体现为操作距离、控制目标以及系统复杂度的指数增长。因此，平台不仅要具有支持广域、大规模设备灵活接入的能力，还应具有信道冲突避免、机器人碰撞预测等由规模增大带来的安全性保障功能。

## 3 云-边-端一体化平台关键技术

构建具备确定性时延保障、灵活可重构以及规模化部署能力的云-边-端一体化平台需突破以下几方面关键技术：高效寻址与协议转换、多维资源算力度量、网算控协同优化、实时边缘操作系统以及平台体系结构。

### 3.1 高效寻址与协议转换

英特尔中国预测至2025年，全球物联网设备数量将达到1000亿台，与此同时，工业设备联网协议七国八制的现象也随之加剧，尤其在边与端侧，大规模异构网络环境下的高效寻址与协议转换成为云-边-端一体化平台需要突破的第一个核心问题。

工业互联网环境有别于传统互联网基于IP的寻址方式，大量工厂内生产设备并不具备IP环境，此外，工业系统层次复杂且设备与协议间存在绑定关系，现有基于OPC UA的协议转换方式需要应用层解析，不适用于运动控制、高精度加工等高实时场景，迫切需要突破高效寻址与协议转换技术，实现IP-非IP的高效寻址与应用

层协议的实时转换，为云-边-端一体化平台提供连接基础，如图3所示。

7 应用层	OPCUA + 设备类型特定行规
	OPC UA信息模型
	OPC UA 客户端-服务器    OPC UA Pub/Sub
	HTTP(S)    OPC UA TCP    NetConf    UADP
5+6 会话层 表示层	TLS
4 传输层	TCP
3 网络层	IP
1+2 以太网	IEEE902.1+IEEE802.3

图3 OSI参考模型中OPC UA描述

### 3.2 多维资源算力度量

近年来，随着虚拟化技术的快速成熟，边缘计算已初步突破传统嵌入式程序与边缘设备紧耦合问题，然而，随之带来了新的问题：Gartner预测，至2025年50%~75%的物联数据在边缘侧处理，结合千万级的接入设备，如何在海量边缘计算设备中为任务负载选择适合的计算载体成为亟需解决的技术问题，其本质是如何在复杂的云-边-端一体化平台中，根据任务需求进行资源的按需分配。

传统以云计算为核心的平台采用同构处理器集中式的规模化运算，计算负载时间开销与处理器数量关系简单，云端的计算资源调度相对成熟。然而，云-边-端一体化平台中计算资源结构复杂，边缘计算中异构的节点性能往往难以通过处理器主频等简单手段进行量化，相同的计算任务在不同处理器中执行的时间开销难以保障，由此可导致控制节拍下的配置参数错误等系统故障。此外，任务卸载或迁移时，网络带宽等多维因素对任务执行时间开销也会产生影响。

具体来说，云-边-端一体化平台下的任务执行时间受处理器结构，带宽、缓存等瓶颈资源的综合影响。云-边-端一体化平台在进行卸载和迁移操作前，需要根据各节点的实际负载和资源结构进行分析，以确保任务

部署后的最坏执行时间（Worst-case Execution Time, WCET）满足其实时性需求，并通过现有虚拟化和实时演算技术提供资源的按需分配、动态配置、负载预测等技术支持。如图4所示。

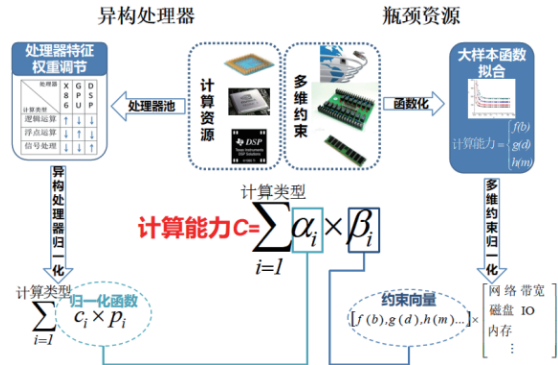


图4 多维资源量化

### 3.3 网算控协同优化

云-边-端一体化的工业互联网平台使跨域高效流程化及高精密人机协同成为可能。平台将产品设计、工艺设计、制造运行各个环节涉及的人、机、物互联，利用部署在制造设备附近的边缘计算资源提供实时高效的在线设计、有限元分析等，并根据分析结果实时优化控制参数及多控制回路下的网络、计算资源配置，将传统反复的人工测量分析再设计的制造模式，转换为设计-制造一体化的人机操作级协同模式。

以图2为例，机械臂控制的稳定性受延时及抖动影响巨大，过大的时延将导致系统无法收敛，甚至发生故障。而时延又由网络与计算效率及资源分配方式决定，因此，亟需探索网络、计算、控制三者高度融合下的机理关系。然而，不同于计算机、通信、自动化等单一学科，云-边-端一体化平台的应用场景环境、结构更复杂，系统稳定性与操作性间的矛盾以及异构共享资源的局限性等因素，导致突破网络、计算与控制高度融合下的机理关系迫在眉睫，将网络传输中的速率、丢包率，计算系统中执行效率相关的资源利用率、数据依赖性以及控制系统中的稳定性、状态信息等进行全局考虑，实现网算控的协同优化。



### 3.4 实时边缘操作系统

云-边-端一体化平台也对操作系统方面提出了新的技术要求。与传统操作系统不同，平台中边缘计算操作系统起到承上启下的作用：向上需要处理大量的异构数据以及需求各异的任务负载，如任务负载在边缘侧的部署、调度、迁移、优化，是否需要上传至云端进行高性能计算等；向下，边缘计算操作系统需要管理异构的计算资源、控制器行为等。边缘操作系统作为平台实时性能力主要体现在的同时，还需处理50%~75%的海量工业数据，与现有实时操作系统相比，边缘侧的实时边缘操作系统在处理能力、轻量化、管理框架等方面存在较大差异。

现有操作系统可具备部分边缘操作系统的功能。机器人操作系统（Robot Operating System，ROS）具有硬件抽象和驱动、消息通信、软件包管理等功能，被广泛应用于高精密加工、车间智慧物流等工业场景，然而现有的ROS还难以同时支持大规模的边缘节点，实现海量数据处理等功能；国内首款面向边缘计算的物联网操作系统HopeEdge，可以实现各类IoT设备与云端的连接，具备轻量安全、自主可控、高效互联以及快速部署等特点，广泛应用于智慧能源、智能零售、智慧园区等场景。尽管其实现了大规模边缘节点及设备的互联等功能，但在时间敏感任务的调度、迁移以及实时资源按需分配等功能方面还与制造业需求存在一定差距。综上，设计满足工业需求的轻量、弹性、实时、高效边缘操作系统是构建云-边-端一体化平台的核心技术之一。

### 3.5 平台体系结构

云-边-端一体化平台以满足“三链”安全可靠互联和人、机、物网络化协同的发展为目标，将有力支撑“可重构生产”等高端制造模式。云-边-端一体化平台主要可划分为边缘层，平台层以及应用层三方面，如图5所示。

边缘层作为最靠近操作终端的设施，具有规模广、结构差异大的特点，主要功能包括设备管理、资源管理、运维管理等，通过高性能计算芯片、轻量化计算方法以及实时操作系统等先进技术，对海量工业数据进

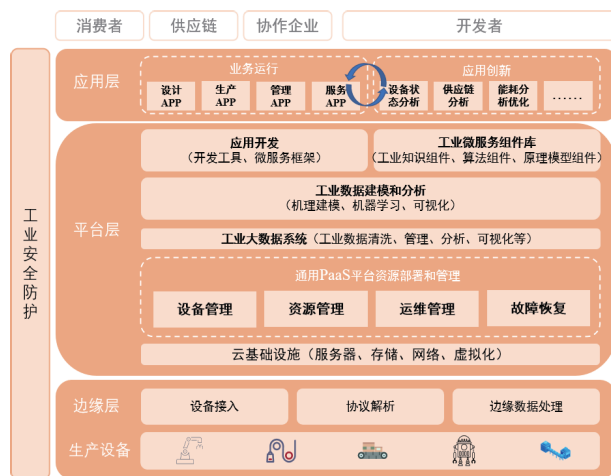


图5 平台架构

行先处理和预处理，在降低网络开销的同时提升云-边-端一体化平台响应速度。

平台层是云-边-端一体化平台的核心，基于通用PaaS叠加大数据处理、工业数据分析、工业微服务等创新功能，构建可扩展的开放式云操作系统。它的根本是在边缘层上构建了一个扩展性强的支持系统，为工业应用或软件的开发提供了良好的基础平台，同时，平台层拥有更强的数据处理能力，可以进行高效的机理建模、模型训练、分析等工作。

应用层是工业互联网平台的关键部分，该层形成满足不同行业、不同场景的工业SaaS和工业App，形成工业互联网平台的最终价值。应用层不但提供了设计、生产、管理、服务等一系列创新性业务应用，也构建了良好的工业App创新环境，使开发者基于平台数据及微服务功能实现应用创新。

## 4 垂直行业案例

当前大批量刚性生产系统的机械结构、工业网络、IT管理软件针对既定产品设计部署，当产品设计变更后，现有的生产系统无法快速地响应变化，刚性生产线无法支撑日益增长的大批量个性化定制需求。

针对这一问题，中国科学院沈阳自动化研究所提



出了自适应模块化智能制造解决方案。通过将传统生产线解耦为模块化生产单元，利用自主研发的WIA工业无线技术和工业软件定义网络技术将控制系统由传统的有线部署转变为无线化的灵活部署，助力机械结构的解耦，并通过“物源”平台的边缘控制器和集成的人工智能算法实现机器人等设备的自主智能运行以及工厂数字孪生中设备的虚实融合与联动，然后由“物源”平台的管控一体化柔性控制软件将工序工步自适应重组，驱动模块化生产单元的自适应重构，如图6所示。改造成本大大压缩，调整周期显著缩短。



图6 演示方案

具体方案实现如下：

(1) 机器视觉——在目标识别区域内，通过双目相机进行物体识别与测量，并在边缘控制器中进行图像预处理，提取物体边界与深度信息。

(2) 动态可变工序——演示操作系统采用PubSub机制与边缘云交互，通过自主分析或人为指定方式确定物品抓取顺序。

(3) 人工智能与自动代码生成——在边缘云中进行基于深度学习的方式自主分析和决策出物体抓取点信息，通过自动代码生成技术在线生成机器人作业指令。

(4) 边云协同——在边缘网关与边缘控制器构建的

边缘网络环境下，控制机器人实现免编程的乱序抓取。

抓取顺序可以近似理解为未来现场的实际工序，通过边缘协同控制实现真正的柔性制造。

## 5 结论

本文从工业互联网平台演进趋势出发，结合工业互联网环境下先进制造共性特征和变革性需求，探索构建新特征、新需求下的云-边-端一体化平台，并整理了推动平台发展的五方面关键技术，分别为从高效寻址与协议转换、多维资源算力度量、网算控协同优化、实时边缘操作系统以及平台体系结构。结合现有工业云平台面临的一系列问题和瓶颈，突破核心技术，发展云-边-端一体化平台势在必行。

★基金项目：国家重点研发计划（2018YFB1700200），国家自然科学基金项目（U1908212，61903356）。

### 作者简介：

夏长清（1985-），男，山东威海人，副研究员，博士，现就职于中国科学院沈阳自动化研究所，研究方向为工业网络调度、边缘计算。

宋纯贺（1981-），男，辽宁鞍山人，研究员，博士，现就职于中国科学院沈阳自动化研究所，研究方向为人工智能、边缘计算。

曾鹏（1976-），男，辽宁沈阳人，研究员，博士，现任中国科学院沈阳自动化研究所副所长，研究方向为工业互联网、边缘计算。

### 参考文献：

- [1] Wang B, Tao F, Fang X, et al. Smart manufacturing and intelligent manufacturing: A comparative review[J]. Engineering, 2021, 7(6) : 738 - 757.
- [2] Mansouri Y, Babar M A. A review of edge computing: Features and resource virtualization[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2021, 150 : 155 - 183.
- [3] 孙海伦, 宋纯贺, 于诗矛, 等. 边缘计算对工业互联网产业发展的重要意义及研究现状[J]. 自动化博览, 2021, 38 (2) : 17 - 21.
- [4] Ghobakhloo M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2018.

# 面向未来泛在智能的云边端协同联邦学习关键技术与应用

## Key Technologies and Applications for Future Ubiquitous Intelligent Oriented Cloud-edge-end Collaborative Federated Learning

天津大学 赵云凤, 王晓飞, 仇超, 刘志成, 谭靖超, 邓辉

摘要: 人工智能 (AI) 的发展在过去十年中取得了惊人的飞跃。数据可用性、计算能力的提高, 以及机器学习技术和专用AI硬件的进步, 已将我们带入快车道, 迈向一个在各个方面都由AI塑造的社会。计算形式也逐渐从集中式单体计算, 演进到分布式网联计算, 并朝着异构、协同、全面泛在智能计算演进。基于数据隐私增强、低延迟通信等独特优势, 面向未来泛在智能的云边端协同联邦学习已被提出并应用于云边端协同场景, 如智慧城市、智慧医疗等, 成为了当前最受工业界和学术界关注的AI研究方向之一。

关键词: 云边端协同; 联邦学习; 人工智能

Abstract: The development of artificial intelligence (AI) has made incredible leaps in the past decade. The improvement of data availability and computing power, and advances in machine learning techniques and dedicated AI hardware have put us on the fast track toward a society shaped by AI in all aspects. The computing form has gradually evolved from centralized monomer computing to distributed network computing and towards heterogeneous, collaborative and comprehensive ubiquitous intelligent computing. Based on the unique advantages such as data privacy enhancement and low-latency communication, cloud-edge-end collaborative federated learning for future ubiquitous intelligence has been proposed and applied to cloud-edge-end collaborative scenarios, such as smart cities and smart healthcare, and has become one of the AI research directions that currently attract the most attention from industry and academia.

Key words: Cloud-edge-end collaboration; Federated learning; Artificial intelligence

### 1 云边端协同联邦学习关键技术

近年来, AI取得了巨大进步, 较新的AI算法与用于收集、存储和处理大量数据的高成本效益和可扩展机制相结合已将我们带入AI黄金时代。人们普遍预计AI将推动许多大规模分布式领域的应用, 例如自动驾驶汽车、灾难响应、精准农业等<sup>[1]</sup>。构建AI系统的主要范式是将AI任务集中在云, 通过集中式单体计算在强大的计算平台上训练模型。然而在许多应用中, 数据在终端设备生成和分发, 将它们转移到中央服务器将违反隐私需求并受到传输限制。为了缓解这些问题, 联邦学习<sup>[2]</sup>作为一种有前途的分布式AI范式被提出, 它在保护用户隐私的同时, 在边缘与海量设备协作训练AI模型。

在联邦学习中, 设备用自己的私有数据训练本地模

型, 将模型参数而不是原始数据提交给参数服务器。例如, 在周期 $t$ 时, 每个终端设备对模型参数 $\omega_i(t)$ 进行训练,  $\eta_t$ 表示梯度下降步长,  $F_i(\cdot)$ 为损失函数, 得到式 (1):

$$\omega_i(t) = \omega_i(t-1) - \eta_t \nabla F_i(\omega_i(t-1)) \quad (1)$$

在收集到足够的参数后, 参数服务器将全局模型聚合并分发给设备进行下一轮本地训练, 如式 (2) 所示:

$$\omega(t) = \frac{1}{|D|} \sum_i |D_i| \omega_i(t) \quad (2)$$

其中 $|D| = \sum_i |D_i|$ 为终端设备的数据量之和。以上过程不断迭代, 直到参数服务器通过最小化的全局损失函数 $F(w)$ 达到收敛, 该函数如式 (3) 所示:

$$\min_w F(w) = \frac{1}{|D|} \sum_i |D_i| F_i(w) \quad (3)$$

凭借其创新的运营理念, 联邦学习为多种应用场景落地提供益处。(1) 数据隐私增强: 随着通用数据保护条例<sup>[3]</sup>等数据隐私保护立法, 联邦学习成为构建智能

和安全系统的理想解决方案。参数服务器中的训练不需要原始数据，因此将用户敏感信息泄露给第三方的可能性降到最低。(2) 低延迟网络通信：由于不需要将数据传输到参数服务器，有助于减少数据卸载造成的通信延迟，同时也节省了频谱、传输功率等网络资源。

(3) 提高学习质量：通过设备网络中大量的计算和数据资源，联邦学习有潜力提高整个训练过程的收敛速度，并提高准确率，这可能无法通过使用数据不足和算力受限的集中式AI实现。反过来，由于其分布式学习特性，联邦学习也提高了智能网络的可伸缩性。

图1是从集中式单体计算，分布式网联计算到云边端未来泛在多层级计算的演变过程。大多数联邦学习假设云作为参数服务器，但随着边缘计算<sup>[4]</sup>的出现，基于边缘的联邦学习<sup>[5-6]</sup>逐渐受到关注，其中边缘服务器作为参数服务器与终端设备协作训练AI模型。基于云和基于边缘的联邦学习都采用相同的训练算法，但两者具有基本的区别。在基于云的联邦学习中，参与的终端设备可达数百万<sup>[7]</sup>，提供AI所需的海量数据，但是通信速度慢且不可预测，使得训练过程效率低下。相反，在基于边缘的联邦学习中，计算的延迟与通信的延迟相当，在计算和通信方面有着更好的权衡，然而边缘服务器可以访问的终端设备数量有限，导致了不可避免的训练性能损失。因此，既要利用云访问大量训练样本，又要利用边缘实现快速模型更新。这促使技术向着异构、云边端协同、全面泛在智能计算演进，云边端协同的分层联邦学习技术<sup>[8]</sup>就此提出，且获得了相对两个技术的最佳效果。与基于云的联邦学习相比，云边端协同分层联邦学习将显著减少与云的昂贵通信，并辅以高效的终端设备边缘更新，从而显著减少本地迭代的运行时间和数量。另一方面，由于云可以访问更多的数据，云边端协同分层联邦学习也在训练中胜过基于边缘的联邦学习。相应地，在云边端协同分层联邦学习中本地终端设备模型训练过程演化过程如式(4)所示：

$$\omega_i(t) = \begin{cases} \omega_i(t-1) - \eta_t \nabla F_i(\omega_i(t-1)), & t|\tau \neq 0, \\ \frac{1}{|D_e|} \sum_{i \in D_e} |D_i| [\omega_i(t-1) - \eta_t \nabla F_i(\omega_i(t-1))], & t|\tau = 0, t|\sigma \neq 0, \\ \frac{1}{|D|} \sum_{i \in D} |D_i| [\omega_i(t-1) - \eta_t \nabla F_i(\omega_i(t-1))], & t|\sigma = 0, \end{cases} \quad (4)$$

其中 $|D_e| = \sum_{i \in D_e} |D_i|$ 为边缘服务器连接的终端设备数据量之和， $\tau$ 和 $\sigma$ 分别是边缘服务器和云的聚合频次( $\sigma|\tau=0$ )。

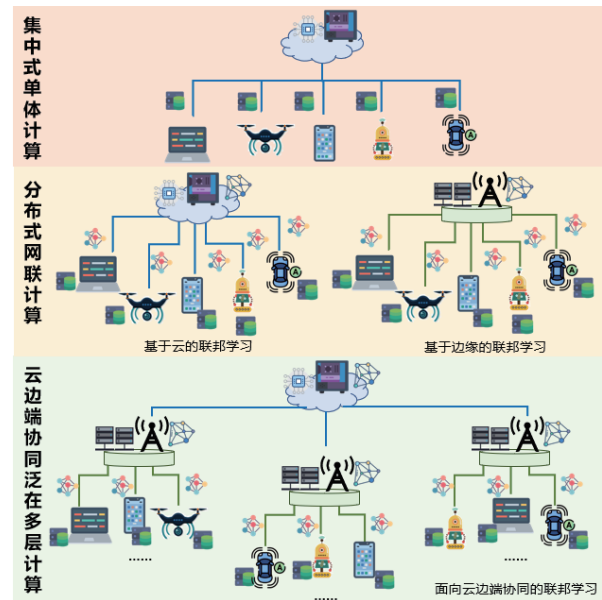


图1 从集中式单体计算，分布式网联计算到云边端未来泛在多层级计算的演变

## 2 云边端协同联邦学习应用前景

目前云边端协同在不同行业中都有应用需求，例如可以促进智慧交通中信息互联互通，帮助工业互联网完成数字化升级和智能化转型等。这些应用场景虽然解决了带宽、能耗等问题，但很少考虑隐私安全。因此，有必要引入云边端协同联邦学习技术促进在严格保护隐私的前提下训练出合适的AI模型。

### 2.1 “联邦学习+智慧金融”打破数据壁垒，成为数字化转型的关键

金融行业受到知识产权、隐私保护、数据安全等因素影响，数据无法被直接聚合进行AI模型训练。因此，

借助联邦学习来训练模型成为此领域备受关注的技术手段。微众银行推出的FATE联邦学习平台<sup>[9]</sup>，平安科技推出的“蜂巢”联邦学习平台<sup>[10]</sup>，蚂蚁金服推出的共享AI平台<sup>[11]</sup>都将联邦学习应用于银行、保险、信贷、风控等金融领域，更好地挖掘了数据价值，实现多方共赢的AI模型训练。京东数字科技集团也推出了自主研发的联邦学习平台Fedlearn<sup>[12]</sup>，在满足数据隐私安全和监管要求的前提下，让AI系统更加高效准确地共同使用各自数据。

## 2.2 “联邦学习+智慧医疗”助力医疗健康智慧化，建设医疗健康新生态

目前AI技术已被广泛用于医疗保健领域，但仍面临暴露医院/病人的私人信息和敏感信息、分享大量数据等问题。应用联邦学习可以使模型计算在数据源处执行，在尊重个人隐私的前提下实现大规模的精准医疗。腾讯天衍实验室结合微众银行将联邦学习与医疗深度融合<sup>[13]</sup>，通过搭建基于联邦学习技术的大数据集中与挖掘平台，打破了数据壁垒，保护了数据隐私，并成功落地疾病预测领域，脑卒中预测准确率达80%。同时，英伟达推出了基于Clara的联邦学习新产品<sup>[14]</sup>，将患者数据保存在医疗服务机构内部，并帮助医生进行准确高速的诊断。

## 2.3 “联邦学习+智慧城市”推进城市建设迈上新台阶，提升总体水平和格局

AI技术也被用于智慧城市来提供智能属性，但目前多数方案依赖于集中式学习架构，不能适应智能设备的快速扩展。应用联邦学习可以提供更有吸引力的功能，使去中心化的智能城市应用具有高隐私和低通信延迟。2019年，微众银行与特斯联合联邦学习和城市管理的业务经验成立了“AIoT联合实验室”，助力城市管理、社区等智能化升级<sup>[15]</sup>。京东城市以联邦学习技术为本，基于城市计算和联邦学习打造了产品“数字网关”<sup>[16]</sup>，致力于解决城市中数据孤岛、数据共享难的问题，在不同机构间创建安全、共享、智能、高效的连接。

## 3 云边端协同联邦学习关键挑战和未来展望

### 3.1 隐私保护

云边端联邦学习虽然通过交换模型参数而不是原始数据来保护隐私数据，但在训练过程中的模型通信也会将敏感信息泄露给第三方，例如模型的反向推导。虽然已有一些提高数据隐私性的方法，但这些方法都增加了计算复杂度和计算负担。为了进一步有效地保护数据安全，需要寻找新的方法来防止模型传输过程中信息泄露。事实上，由于网络中各种设备的异构性，不同设备的隐私具有不同特点的限制，基于特定设备隐私限制，隐私保护方法的发展成为联邦学习的一个有趣和持续的方向。

### 3.2 系统与数据异构

作为云边端联邦网络一部分的设备，其存储、计算和通信的能力彼此之间有很大的不同。这种差异背后的原因与硬件、网络连接和电力供应有关，并且由于连接或能源的限制，每个设备都有可能不可靠。为了避免系统的异构性，可以采用异步通信技术，使迭代优化算法并行以消除掉队者。另一种方法是在每一轮中选择积极参与的设备，以确保在一个预先定义的窗口内最大限度地聚集更新。第三种方法是当失败的设备具有某些特定的数据特征时，避免设备故障导致设备采样方案的偏差。另外，算法冗余可以作为编码计算技术被引入以实现容错。

### 3.3 统计学异质性

如前所述，各种设备根据设备的不同使用类型，以非同分布的方式在网络上收集数据。因此，数据可能会因底层结构而有很大的不同，这些底层结构捕捉到了设备之间的连接和它们的相关分布。数据生成的模式增加了在系统建模、分析和评估中出现掉队者的机会。当从非同分布的数据中训练模型时，数据建模和训练过程中的收敛行为分析方面都会出现问题。可以考虑使用不同



的指标对统计异质性进行量化，这些指标大多是在训练阶段计算的。此外，还需要研究如何改进云边端联邦优化方法中涉及的收敛技术。

### 3.4 通信成本

联邦网络可能由数百万远程移动终端设备组成，联邦学习模型的训练可能涉及大量交互，此外网络中的通信速度无法保证，因此为了云边端联邦学习实用化，有必要开发具有高通信效率的方法。可以考虑使用本地更新方法，允许每个通信轮中在设备上并行实现可变数量的本地更新。这将有助于减少通信的次数。其次，模型压缩机制（即稀疏化、子采样和量化）也有助于减少每次更新时通信的消息大小。第三，在运行低带宽和高延迟网络时，分布式拓扑可以作为瓶颈实例的替代解决方案。

### 3.5 激励机制

联邦学习会消耗参与者的资源，如计算、带宽资源等，还会遭受隐私泄露的威胁，因此如果没有足够的奖励，这些因素将阻碍设备参与联邦学习。同时，如果没有足够的训练数据、带宽和算力，训练性能将会迅速下降。因此，有必要建立合理的激励机制来激励更多的设备参与，贡献高质量的数据和充足的资源。未来激励机制首先应以低成本提高学习性能为目标来激励更多的参与者加入学习。其次，应该更加重视面向企业数据的云边端联邦学习，企业的决策行为与普通设备截然不同，这就需要采取全新的激励方法。此外，未来应多关注多维度指标的综合的激励机制，以实现多目标和多功能。

### 3.6 实例：面向云边端协同联邦学习的激励机制

在云边端架构中，设计的激励可能有不同的形式，可以采用博弈理论、拍卖理论等多种方式来实现。例如，利用博弈论为云边端协同联邦学习设计了激励机制，云和边缘服务器将通过选择不同的支付方式来激励终端设备参与训练任务。具体地，云宣布奖励作为对边缘服务器和终端设备的激励，以最大限度地提高模型的准确性，而边缘服务器充当云和终端设备之间的媒介。理性的终端设备、边缘和云都最大化其自身效用，分别

决策贡献数据量 $x_i$ 、给所连接设备的奖励 $R_i$ 和单位数据量的奖励 $P$ 如式(5)~(7)所示：

$$P1: \min_{x_i} f(x_i) = p_i R_i - c_i(q_i, \theta_i) \quad (5)$$

$$P2: \min_{R_i} f(R_i) = E(P, x_i, \theta_i | i \in D_e) - c_i(q_i, \theta_i, R_i) \quad (6)$$

$$P3: \min_p f(P) = U(x_i | i \in D) - \sum_{i \in D} x_i P \quad (7)$$

其中， $p_i$ 、 $q_i$ 、 $\theta_i$ 分别是设备 $i$ 分配的奖励比例、多维贡献和类型， $c_i(\cdot)$ 是相应的成本函数， $E(\cdot)$ 和 $U(\cdot)$ 分别为边缘和云的收益函数。通过将云边端协同的层次结构映射到由效用函数相互关联的子对策中，充分把握了协同架构中各个参与者之间的内在利益关系，揭示了利益相关者对数据资源分配的依赖关系，最大化了个人效用。这种基于激励的模型参数共享过程将持续下去直到收敛，并达到了用低成本换取高性能的效果。如图2所示。

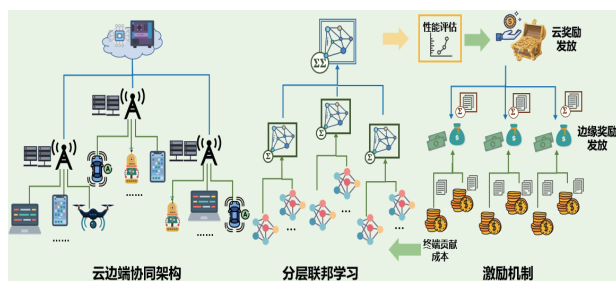


图2 面向云边端协同联邦学习的激励机制

## 4 总结

随着大数据和AI的发展，计算形式完成了从集中式单体计算到分布式网联计算的跃迁，并正在朝着异构、协同、全面泛在智能计算演进。云边端协同联邦学习作为一种新兴的技术方法，引发了学术界和产业界的极大关注。因此，本文介绍了近年来联邦学习技术的发展，说明了其在云边端协同领域的典型应用，强调了一些克服其应用的关键挑战并展望了一些有趣的发展方向。总的来说，面向未来泛在智能的云边端协同联邦学习将会广泛应用于各行各业，不断地、深刻地改变人们的生产生活。例如近来热度高、将有机



会改变互联网形态的元宇宙，云边端协同联邦学习可以为其提供无限滋长的技术土壤，成为元宇宙最重要的基础设施之一，并对元宇宙的最终形态和融合起到决定性作用。

#### 作者简介：

赵云凤（1997-），女，河北人，现就读于天津大学智能与计算学部，研究方向为边缘计算、分布式机器学习和博弈论等。

王晓飞（1982-），男，河北人，教授，现就职于天津大学智能与计算学部，主要研究方向是边缘智能理论、边缘计算系统架构、云边协同算法等。

仇超（1988-），女，河北人，博士，现就职于天津大学智能与计算学部，研究方向为边缘网络人工智能资源优化及区块链共识算法。

刘志成（1992-），男，安徽人，现就读于天津大学智能与计算学部，研究方向为边缘计算、多智能体学习和博弈论等。

谭靖超（1994-），男，天津人，现就读于天津大学智能与计算学部，研究方向为边缘计算、5G移动边缘网络和云边端网络架构等。

邓辉（1982-），男，河北人，现就读于天津大学智能与计算学部，研究方向为边缘计算、算力网络、数字城市和边云超网络架构等。

#### 参考文献：

- [1] Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep Learning[M]. The MIT Press, 2016.
- [2] McMahan H B, Moore E, D Ramage, et al. Communication-Efficient Learning of Deep Networks from Decentralized Data[J]. 2016.
- [3] Goddard, Michelle. The EU General Data Protection Regulation (GDPR): European regulation that has a global impact[J]. International Journal of Market Research, 2017, 59 (6) : 703.
- [4] Mao Y, You C, Zhang J, et al. A Survey on Mobile Edge Computing: The Communication Perspective[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, (99) : 1.
- [5] Wang S, Tuor T, Salonidis T, et al. Adaptive Federated Learning in Resource Constrained Edge Computing Systems[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2019 : 1.
- [6] Tran N H, Bao W, Zomaya A, et al. Federated Learning over Wireless Networks: Optimization Model Design and Analysis[C]. IEEE INFOCOM 2019 - IEEE Conference on Computer Communications, 2019.
- [7] Bonawitz K, Eichner H, Grieskamp W, et al. Towards Federated Learning at Scale: System Design[J]. 2019.
- [8] Liu L, Zhang J, Song S H, et al. Client-Edge-Cloud Hierarchical Federated Learning[C]. ICC 2020 - 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC), 2020.
- [9] 微众银行开源 FATE[EB/OL]. (2019-02-01) [2021-10-30]. [https://blog.csdn.net/weixin\\_45439861/article/details/100670390](https://blog.csdn.net/weixin_45439861/article/details/100670390).
- [10] 平安科技"蜂巢"联邦智能平台入选2020网络技术应用试点示范名单[EB/OL]. (2020-12-04) [2021-10-30]. [https://www.sohu.com/a/436250277\\_120143404](https://www.sohu.com/a/436250277_120143404).
- [11] 蚂蚁金服发布隐私保护白皮书[EB/OL]. (2018-08-23) [2021-10-30]. [https://blog.csdn.net/weixin\\_34129696/article/details/89654660](https://blog.csdn.net/weixin_34129696/article/details/89654660).
- [12] 京东数科推出自研联邦学习平台Fedlearn，助力数据安全保护并大幅提升学习效率[EB/OL]. (2020-10-12) [2021-10-30]. <https://finance.sina.com.cn/roll/2020-10-12/doc-iivhuipp9240978.shtml>.
- [13] 腾讯天衍实验室联合微众银行研发医疗联邦学习 AI利器让脑卒中预测准确率达80%[EB/OL]. (2020-04-14) [2021-10-30]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1663869919086667534&wfr=spider&for=pc>.
- [14] NVIDIA Clara推联邦学习，保护患者数据[EB/OL]. (2019-12-04) [2021-10-30]. <http://www.geekpark.net/news/252126>.
- [15] 微众银行与特斯联成立AIoT联合实验室，助力智慧安防多场景智能化升级[EB/OL]. (2019-12-25) [2021-10-30]. [https://www.xianjichina.com/special/detail\\_437222.html](https://www.xianjichina.com/special/detail_437222.html).
- [16] 微众、腾讯、华为、京东、平安、VMware头部企业云集，聚焦AI联邦学习最新应用落地[EB/OL]. (2019-11-04)[2021-10-30]. <https://www.ccf.org.cn/Activities/Training/TF/TF/2019-10-31/671195.shtml>.

# 基于MEC边缘计算的5G V2X车路协同先导应用

中国联合网络通信有限公司天津市分公司

## 1 目标和概述

### 1.1 行业面临的挑战

技术发展方面，目前产业发展路径逐步由“单车智能”向“车路协同”转变，车路协同技术发展直接影响车联网规模化发展，车路协同规模化发展存在时间、成本投入巨大等问题。前期的车路协同主要以路侧与车辆直连通信为主，满足场景验证，随着推进商用化的进程计划，与规模应用场景结合，对于车路协同应用，无论在标准上以及部署路径方面，都向5G+V2X融合组网的方向演进。从技术发展上讲，基于5G新空口的NR-V2X是LTE-V2X持续发展的演进阶段。

政策方面，2020年2月24日11部委联合发布《智能汽车创新发展战略》正式稿，明确指出“到2025年，智能交通系统和智慧城市相关设施建设取得积极进展，车用无线通信网络（LTE-V2X等）实现区域覆盖，新一代车用无线通信网络（5G-V2X）在部分城市、高速公路逐步开展应用”，因此开展基于5G的车路协同车联网示范验证势在必行。

### 1.2 功能与创新

#### 1.2.1 功能

结合5G MEC，采用三级分布式部署架构，云边协同，按需拓展，支持全程全网服务运营。如图1所示。

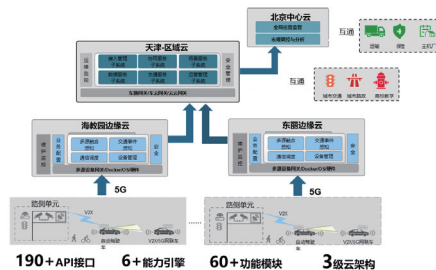


图1 方案架构图

#### 1.2.2 创新

(1) 率先使用基于MEC低成本路侧感知方案，实现辅助驾驶信息推送，通过5G进行下发，降低车辆获

取信息服务的门槛，加速车路协同的落地。

(2) 率先推出基于5G MEC远程驾驶方案，端到端时延降低到15ms，满足远程驾驶要求。

(3) 支持多厂家RSU设备以及数据分发管理，目前已完成5个V2X厂家对接，并将接口规范形成中国联通企业标准。

## 2 方案介绍

### 2.1 系统架构

5G与C-V2X联合组网构建覆盖蜂窝通信与直连通信协同的融合网络，保障智慧交通业务连续性；人工智能和大数据实现海量数据分析与实时决策，建立智能交通的一体化管控平台。如图2所示。

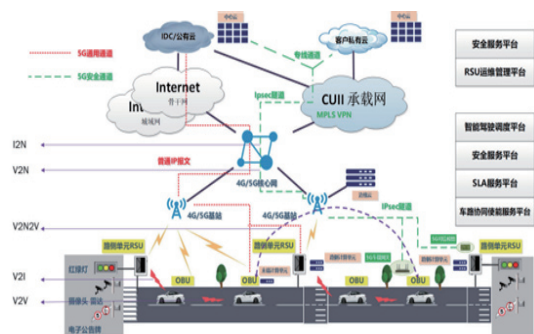


图2 “端-管-云”新型交通架构

车路协同通过“端-管-云”三层架构实现环境感知、数据融合计算、决策控制，从而提供安全、高效、便捷的智慧交通服务，其中，“端”指交通服务中实际参与的实体元素，包括通信功能的车载单元（On Board Unit, OBU）、路侧单元（Road Side Unit, RSU）等，感知功能的摄像头、雷达等，以及路侧交通设备包括红绿灯、公告牌、电子站牌等；“管”指实现交通各实体元素互联互通的网络，包括5G、C-V2X，网络支持根据业务需求的灵活配合，同时保障通信的安全可靠；“云”指实现数据汇集、计算、分析、决策以及基本运







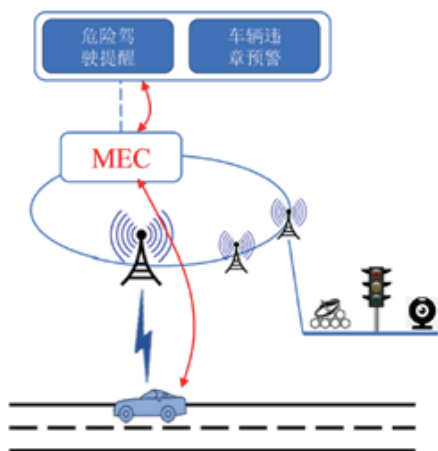


图11 单车与MEC及路侧智能设施交互场景示意图

高温“镜面效应”、雨雪大雾等恶劣天气时，提醒车辆安全驾驶。此外，MEC可阶段性地将危险驾驶信息汇总后上传中心云平台。

### 3 代表性及推广价值

#### 3.1 应用情况及效果

(1) 无人公交车：天津大学从2020年5月底开始，完成了两辆无人公交车的改造，包括视觉系统、激光雷达、毫米波雷达，完成了车辆的底层线控调试。通过调试，车辆具备了在天津大学试验场及海河教育园区第一阶段开发道路，开展全程无人驾驶导航测试及运行的能力。

(2) 智慧物流车：智慧物流车初级阶段是前方一辆货车由司机驾车领路，后方跟着数辆智能卡车，他们与领头车的动作保持高度协同一致，实现编队行驶。在编队行驶的模式下，头车转向是手动操作的，但制动是自动操作的，头车做出刹车指令后，后方跟随车辆将做到瞬时反应，大幅降低后车追尾几率，并保障车队以非常小的距离安全跟随行驶。以80~100km/h的速度，实现4~5辆货车的编队行驶，并且还能实现智能驾驶货车根据行驶路线自动进行组队和拆分。

(3) 智能环卫车：智能环卫车辆可以通过与手机App连接，实现定时定点垃圾收运，还可以通过招手即停等形式，更加智能、便捷地实现垃圾收集、转运，使环卫作业更加绿色、安全、高效、便捷。以智能扫路车

为例，平均1个小时能清扫2.5万平方米的道路面积，大约是10至20个环卫工人的工作量。

(4) 无人配送车：智能配送车能够寻找最短线路并能规避拥堵路段。在行驶过程中，可以判断红绿灯状态并做到红灯停、绿灯行，遇到障碍还可主动停车或绕路行驶，实现最后一公里的自动化配送。在海河教育园区，智能配送车主要用于园区内配送餐饮和快递货物，可以24小时为广大师生提供颠覆性的快递服务，同时为智能驾驶的技术迭代提供真实数据。配送车快到达目的地时，后台系统将取货信息发送给用户，告知消费者配送已顺利抵达目的地，请消费者凭提货码提取商品。同时无人配送支持预约功能，可以在用户方便时预约配送，提高配送效率，减少配送不及时、丢失等问题，提升广大师生网购体验，引领智慧生活。

(5) 自助泊车：主要解决停车难和找车难的问题。依靠自主泊车技术，驾驶员从指定下客点下车，车辆可以自动行驶到停车场的停车位，无需人员监控。相比于单车智能自主泊车，基于5G车路协同的自主泊车技术，可以进一步减少车端成本，减少感知盲区，加速自主泊车的落地。

(6) 远程驾驶：远程驾驶系统是由无人车、5G MEC网络、车路协同服务平台、远控系统等组成的人车协同共驾系统。利用5G低时延、大带宽和高可靠性的特性，实现对车辆的实时监控和远程遥控，提高无人车运行的安全性。

#### 3.2 社会价值

该项目将成为我国汽车产业量变到质变的助推器，为我国高质量发展、大力发展数字经济、提升国家治理现代化水平起到压舱石的重要作用，可产生较为直接和突出的社会效益：促进智能网联汽车数据标准体系建设，巩固智能网联汽车健康发展基础；打造产业技术基础公共服务平台，带动智能网联汽车产业快速发展；促进产业数字化转型，助力我国从汽车大国迈向汽车强国。促进汽车消费扩容提质；有助于加快形成强大国内市场；推动智能网联汽车与智能交通和智慧城市深度融合，探索城市规划、建设、管理和服务智慧化的新理念和新模式。



# IECP物联网边缘计算解决方案

腾讯云计算（北京）有限责任公司

## 1 目标和概述

5G、AI、物联网等技术的成熟带来很多行业应用的创新和改革，如工业互联网、车联网、自动驾驶、云游戏、超高清视频、AR/VR、远程医疗、智慧零售、智慧园区等，这些新的应用会在端侧产生大量的数据。同时，为了给用户提供更加安全、稳定、优质的体验，系统需要保证应用对端侧产生的数据进行快速分析响应，并且确保数据隐私的安全可靠。中心云模式下，所有设备都连接中心云并将数据汇聚到中心云进行计算和分析，这会遇到如下的瓶颈和挑战：

(1) 容量及成本：边缘端侧的设备会产生海量的连接和数据。若这些连接和数据都采用中心云计算的模式，业务会消耗大量的公网带宽和数据回传的容量，如4K的高清视频每秒都消耗至少10Mb/s的带宽（8K视频需要至少40Mb/s）。如果万亿设备同时连接中心，在目前运营商的网络架构下没有办法满足如此量级的带宽需求。另外，数据同步到中心云分析的模式下，要比在边缘进行分析所花费的成本更高。端侧产生的数据有很大部分与业务无关，若在边缘进行过滤及处理可以极大地降低用户的运营成本。

(2) 时延：5G技术解决端设备到基站的延时，但没有办法解决从基站到云计算中心的网络延时，因此中心云计算的模式是没有办法满足自动驾驶、云游戏、远程医疗等超低时延的应用场景需求。

(3) 安全：在工业互联网、企业办公等应用场景，用户对数据的隐私安全有非常高的要求。由于自身业务的需求和国家的法律法规的约束，用户无法将原始的数据同步到云中心进行计算和分析，这给中心云模式带来极大的挑战。

(4) 连接：在边缘场景中，边缘节点可能通过有线、Wi-Fi、4G/5G等方式与管控中心连接，网络质量不可控。如何在弱网或者断网的情况下保证本地自

治，在重连后保证业务快速恢复，也是边缘计算场景的重要课题。

IECP物联网边缘计算解决方案打造云边一体的云原生体系，通过边缘集群纳管边缘节点，提供将云上应用延伸到边缘的能力，联动边缘和云端的数据，满足客户对边缘计算资源的远程管控、数据处理、分析决策、智能化的诉求，具备边缘自治、云边协同、异构兼容等核心能力。

## 2 方案介绍

IECP边缘计算解决方案的系统架构如图1所示。

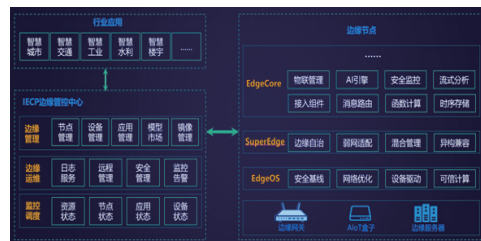


图1 IECP边缘计算解决方案系统架构图

腾讯云IECP能够快速地将云中心的存储、大数据、人工智能、安全等云端计算能力扩展至距离数据源头最近的边缘节点，帮助用户在边缘设备上创建可以连接IoT设备，转发、存储、分析设备数据的本地边缘计算节点。通过打通云端计算服务，用户可以方便地在本地使用设备接入、物联管理、视频监控以及AI分析等能力，对设备数据进行实时处理与响应，节约运维、开发、网络带宽等成本消耗。IECP核心能力如下：

(1) 边缘轻量化：相比于中心云，边缘设备的资源紧张，可能只有2核4G内存甚至是更低的配置。因此，IECP采用云端管控架构，让Master组件部署在资源丰富的中心侧，边缘侧只运行资源消耗少的必要边缘组件，降低边缘节点的资源要求。在业务侧，EdgeCore采用按需部署的搭积木方式下发边缘应用，针对不同场景均可以最小集应用来满足业务需求。

(2) 边缘自治：云边网络条件层次不齐，在弱网和断网情况下要保证边缘服务的稳定性。IECP通过搭建lite-apiserver，在云端请求不到的时候就会从本地缓存中取出相关组件管控缓存返回给请求端，保证边缘服务的稳定以及重启后从本地存储中把业务容器加载起来。

(3) 云边通信及安全认证：边缘节点一般是没有公网IP的，边缘节点可以主动访问云端，但是云端却无法直接访问边缘节点，所以需要云边反向隧道进行打通。IECP同步部署tunnel组件，为云边数据传输提供高效、安全的加密隧道。物联网子设备到边缘节点之间支持TLS-PSK、TLS-CERT双向认证；边缘节点到云后台之间支持TLS-CERT双向认证，如图2所示。

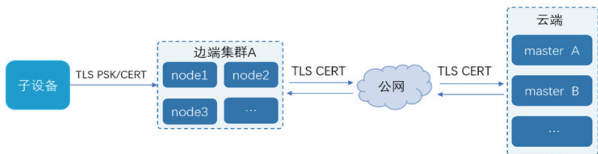


图2 云边通信及安全认证

(4) 边缘物联管理：IECP边缘侧软件提供丰富的数据采集能力，支持Modbus、OPC-UA、LoRaWAN等协议，并提供RPC接口供用户组件调用，屏蔽底层的硬件逻辑。另外，物联网组件可提供完整的物联网能力，包括设备接入、设备管理、消息路由、物模型、场景联动、数据解析以及流式计算等，用户只需要关注自身系统的业务逻辑，无需开发物联网相关基础能力。

(5) 边缘视觉分析：IECP可提供边缘视频组件，支持RTP、RTSP、RTMP、国标GB/T 28181等主流协议，并提供视频编解码能力。腾讯云拥有业界领先的AI能力，平台可将云端成熟的AI算法下发至边缘侧进行推理，根据业务要求输出结构化及非结构化的分析结果。通过在本地处理视频流及AI推理，可有效节省带宽，降低云端压力，并可与接入的物联网设备实时联动，推送告警。如图3所示。

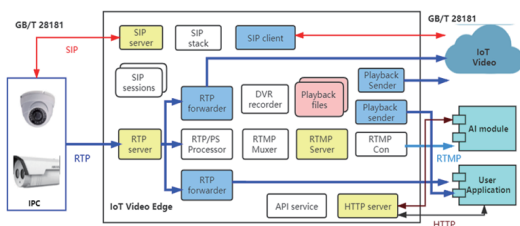


图3 边缘视觉分析架构图

### 3 代表性及推广价值

腾讯云IECP采用商业+开源双轮驱动的模式，已在产业界及开源社区形成广泛的影响力。腾讯云于2020年将核心边缘容器产品SuperEdge贡献到开源社区，并于2021年9月14日通过了全球顶级开源基金会CNCF技术监督委员会的评定，正式成为CNCF沙箱项目。

IECP已在多个领域积累了丰富的项目实践，下面以智慧水务场景为例，重点介绍某省智慧水利及小水电站流量监控项目。

#### 3.1 项目背景及目标

传统水利采用DTU/RTU方式上报数据，使用自定义传输协议，存在一数多源、数据可靠性较低的问题。

某省水利厅、水科院联合腾讯云，基于IECP打造了以边缘物联智能感知与监测为核心的水利、水务信息化系统，支撑全省河道、水电站的水文监测以及水要素全域感知。本项目使用边缘网关作为计算节点，可有效解决“烟囱”林立和数据整合（数据采集存储分散/时序不对应/标记不齐全）的问题，打通各类感知设备，实现场景联动以及边缘智能，提供智能预警，辅助决策。与传统方案的架构对比如图4所示。

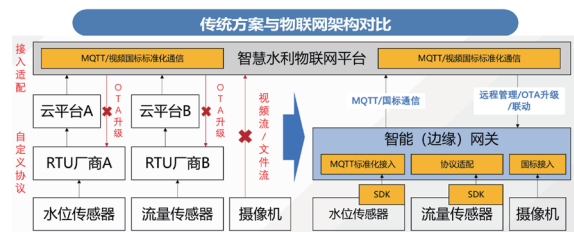


图4 传统方案与IECP方案架构对比图

#### 3.2 方案架构

采用“云-边-端”架构带动水务系统的技术升级，根据业务需要分级处理，云边协同，为流域水生态环境管理提供信息化管理和决策支持。如图5所示。

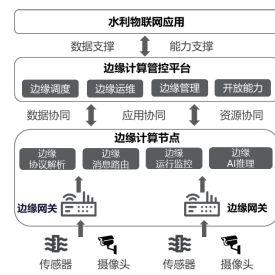


图5 水利物联网应用架构图

### 3.2.1 “云”侧

以腾讯云物联网平台为基础，建设水务物联网监测感知平台和视频感知平台，采用微服务架构解耦业务和数据，解决异构系统架构和数据统一管理。作为城市物联网的水务行业平台，承担全省水务市级建设的所有物联网监测感知设施的监测站和视频站的统一数据的接收、解析、存储与服务，实现与区级、市级委办局间所有感知相关数据的统一汇聚接入和共享服务。

物联网平台通过开放的API接口和主站应用进行对接。通过物联网平台实现了感知层的物联网设备和上层应用之间的解耦，加快了上层应用的迭代速度。业务功能软件微服务化后，多业务部门的微服务都可运行在物联网平台上，实现充分的信息共享，打破原有业务系统的信息“烟囱”。

### 3.2.2 “边”侧

(1) 边缘计算平台：腾讯云物联网边缘计算平台IECP提供云边一体的边缘计算框架，能够快速地将业务应用部署至距离数据源头最近的边缘节点，帮助水务行业客户在边缘计算设备上快速实现以下功能：

- 多协议物联网感知设备接入和协议转换；
- 视频接入及录像、存储、转发、视频录像截图上传下载；
- 视频流字幕打印、IoT设备数据联动；
- 边缘智能推理分析、输出符合水利特点的识别结果以及预测分析，如水位、船只、漂浮物等。

同时，IECP提供丰富的物联管理能力，包括场景联动、流式计算和消息路由等，对设备数据进行处理与响应，节约运维、开发、网络带宽等成本消耗。

(2) 边缘硬件：开发适用于流域水生态环境监测体系的边缘网关设备，将高带宽、低时延、本地化的业务下沉到网络边缘，解决时延过长、汇聚流量过大等问题，从而为实时性和带宽密集型业务提供良好支持。如图6所示。

(3) 边缘智能：通过腾讯云业界领先的目标检测、图像分割等人工智能技术，基于海量水利视频、图片数据，创建神经网络模型，结合传统图像处理等技

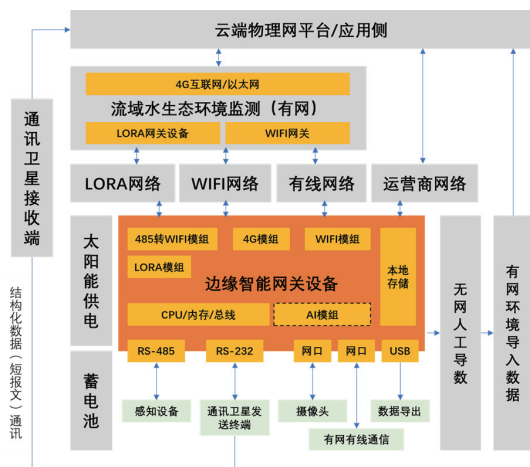


图6 基于视觉AI的水位识别场景

术，构建了一套高精度、高适用、高效率的智能水环境监测系统。以基于视觉AI的水位识别场景为例：

- 经过了二次噪声处理后，算法的适用性更强，在图像存在噪点、光线变化等环境影响因素的情况下，能更好地适应不同的情况；
- 经过边缘刻度的精确测算后，边缘刻度比例更加清晰，识别精度从一个刻度的长度（5cm、10cm等）提升至像素级别（2cm之内）；
- 整体水尺长度以及水深计算中，水尺整长、刻度长度已实现可配置，可根据不同类型、场景进行快捷调整；
- 算法避免了过多、过复杂的模型串行，使得程序运行的效率更高，从而满足业务需求。

## 4 总结

作为行业数字化转型的核心能力底座，边缘计算已由技术概念期进入到期望峰值期，成为未来计算的重要趋势之一。随着数字化转型的深入，边缘计算在行业应用深度和广度上将得到进一步加强，充分利用近用户侧的先天优势，为行业用户提供低成本、高质量的服务。IECP物联网边缘计算解决方案作为垂直行业数字化落地的“助推器”，将与人工智能、大数据、5G等各类新兴技术紧密结合，通过将各类技术“边缘计算化”，实现边缘计算服务能力升级，满足行业应用需求，推动边缘计算产业快速落地。



---

<http://www.econsortium.net>

---

地址：北京市海淀区上地十街辉煌国际5号楼1416

电话：+86 10 6266 9087

投稿邮箱：info@econsortium.net

---



官方微信



OICT学院