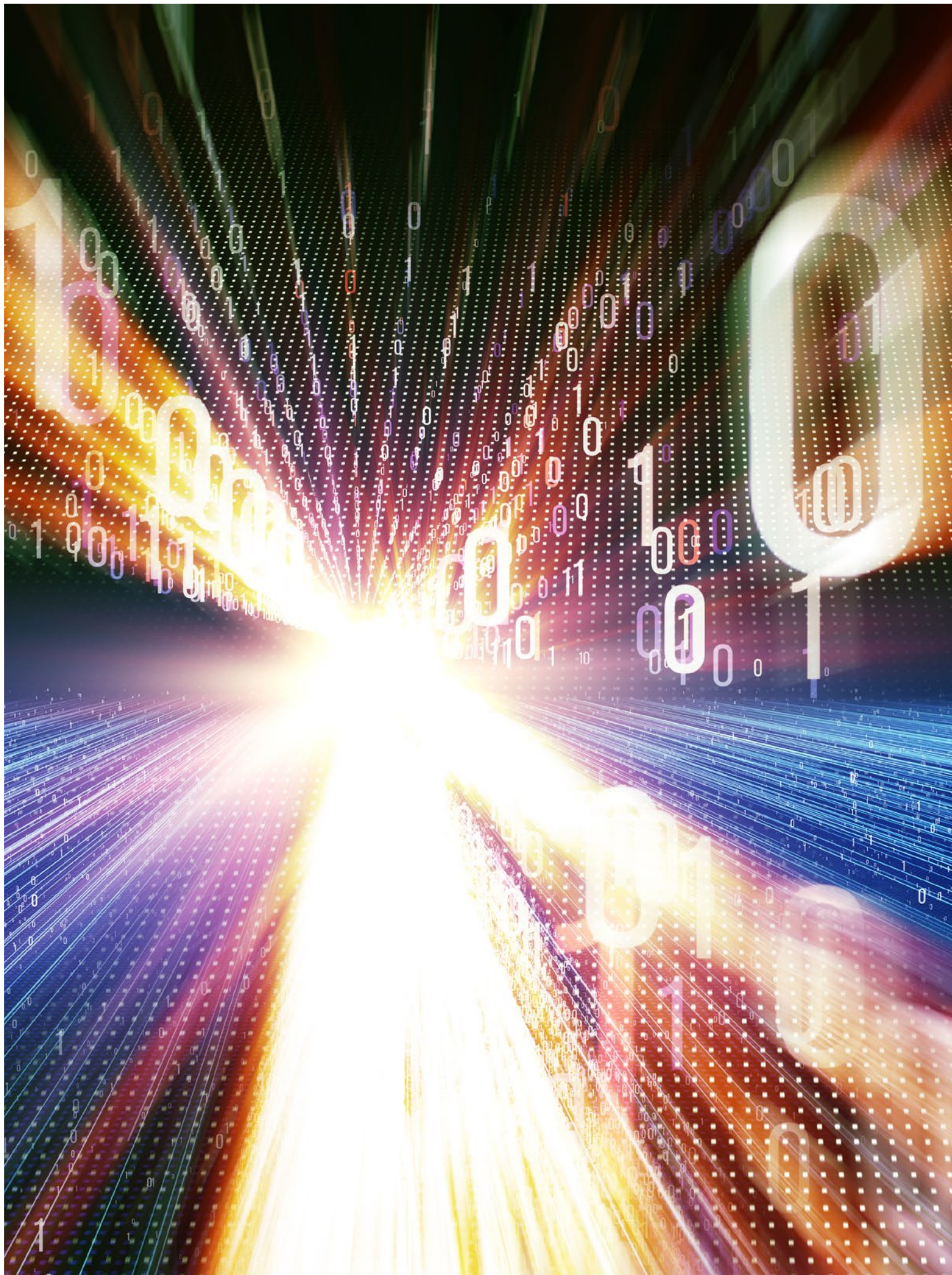




边缘计算与云计算协同 白皮书 (2018年)

边缘计算产业联盟 (ECC) 与工业互联网产业联盟 (AII) 联合发布
2018 年 11 月



目录CONTENTS

1 边云协同放大边缘计算与云计算价值	1	6 智慧家庭边云协同主场景	29
1.1 边缘计算概念	1	6.1 智慧家庭网络子场景	29
1.2 边缘计算CROSS价值	2	6.2 智慧家庭增值服务子场景	31
1.3 边云协同放大边缘计算与云计算价值	3	6.3 关键技术	32
1.4 白皮书目标	4	6.4 案例	33
2 边云协同总体内涵与参考框架	6	7 广域接入网络边云协同主场景	34
2.1 边云协同总体能力与内涵	6	7.1 多业务接入子场景	34
2.2 边云协同总体参考架构	7	7.2 增值网络业务子场景	35
3 边云协同价值场景	8	7.3 关键技术	36
3.1 边缘计算分类	8	7.4 案例	37
3.2 边云协同主要价值场景	9	8 边缘云的边云协同主场景	38
4 物联网边云协同主场景	10	8.1 边缘云联接子场景	38
4.1 物联网联接子场景	10	8.2 边缘云智能与增值子场景	39
4.2 物联网增值服务子场景	12	8.3 关键技术	40
4.3 物联网系统控制子场景	13	8.4 案例	41
4.4 关键技术	15	9 MEC边云协同主场景	42
4.5 案例	17	9.1 本地分流子场景	42
5 工业边云协同主场景	19	9.2 网络能力开放子场景	44
5.1 设备优化子场景	19	9.3 关键技术	45
5.2 工艺过程优化子场景	21	9.4 案例	46
5.3 工厂全价值链优化子场景	23	10 附录	48
5.4 关键技术	24	10.1 缩略语表	48
5.5 案例	25	10.2 参考文献	51

01 边云协同放大边缘计算与云计算价值

1.1 边缘计算概念

边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放平台，就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。它可以作为联接物理和数字世界的桥梁，使能智能资产、智能网关、智能系统和智能服务。



图1：边缘计算

边缘计算是联接物理世界与数字世界的桥梁，具备下述基本特点与属性：

联接性

联接性是边缘计算的基础。所联接物理对象的多样性及应用场景的多样性，需要边缘计算具备丰富的联接功能，如各种网络接口、网络协议、网络拓扑、网络部署与配置、网络管理与维护。联接性需要充分借鉴吸收网络领域先进研究成果，如TSN、SDN、NFV、Network as a Service、WLAN、NB-IoT、5G等，同时还要考虑与现有各种工业总线的互联、互通、互操作。

数据第一入口

边缘计算作为物理世界到数字世界的桥梁，是数据的第一入口，拥有大量、实时、完整的数据，可基于数据全生命周期进行管理价值创造，将更好的支撑预测性维护、资产管理与效率提升等创新应用；同时，作为数据第一入口，边缘计算也面临数据实时性、确定性、完整性、准确性、多样性等挑战。

约束性

边缘计算产品需适配工业现场相对恶劣的工作条件与运行环境，如防电磁、防尘、防爆、抗振动、抗电流/电压波动等。在工业互联网场景下，对边缘计算设备的功耗、成本、空间也有较高的要求。边缘计算产品需要考虑通过软硬件集成与优化，以适配各种条件约束，支撑行业数字化多样性场景。

分布性

边缘计算实际部署天然具备分布式特征。这要求边缘计算支持分布式计算与存储、实现分布式资源的动态调度与统一管理、支撑分布式智能、具备分布式安全等能力。

融合性

OT与ICT的融合是行业数字化转型的重要基础。边缘计算作为“OICT”融合与协同的关键承载，需要支持在联接、数据、管理、控制、应用、安全等方面的协同。



1.2 边缘计算CROSS价值

联接的海量与异构 (Connection)

网络是系统互联与数据采集传输的基石。伴随联接设备数量的剧增，网络灵活扩展、低成本运维和可靠性保障面临巨大挑战。同时，工业现场长期以来存在大量异构的总线联接，多种制式的工业以太网并存，如何兼容多种联接并且确保联接的实时可靠是必须要解决的现实问题。

业务的实时性 (Real-time)

工业系统检测、控制、执行，新兴的VR/AR等应用的实时性高，部分场景实时性要求在10ms以内甚至更低，如果数据分析和处理全部在云端实现，难以满足业务的实时性要求，严重影响终端客户的业务体验。

数据的优化 (Optimization)

当前工业现场与物联网末端存在大量的多样化异构数

据，需要通过数据优化实现数据的聚合、数据的统一呈现与开放，以灵活高效地服务于边缘应用的智能。

应用的智能性 (Smart)

业务流程优化、运维自动化与业务创新驱动应用走向智能，边缘侧智能能够带来显著的效率与成本优势。以预测性维护为代表的智能化应用场景正推动行业向新的服务模式与商业模式转型。

安全与隐私保护 (Security)

安全跨越云计算和边缘计算之间的纵深，需要实施端到端防护。网络边缘侧由于更贴近万物互联的设备，访问控制与威胁防护的广度和难度因此大幅提升。边缘侧安全主要包含设备安全、网络安全、数据安全与应用安全。此外，关键数据的完整性、保密性，大量生产或人身隐私数据的保护也是安全领域需要重点关注的内容。



1.3 边云协同放大边缘计算与云计算价值

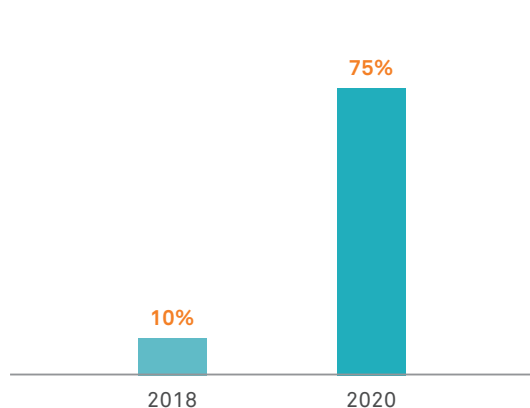


图2：企业生成数据在集中式DC或云端之外创建和处理的比率

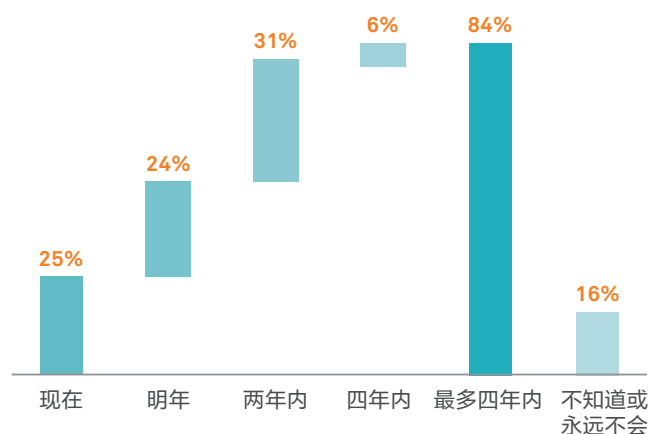


图3：边缘计算何时会成为您企业规划的一部分？

边缘计算的CROSS价值推动计算模型从集中式的云计算走向更加分布式的边缘计算，边缘计算正在快速兴起，未来几年将迎来爆炸式增长。

Gartner《Top 10 Strategic Technology Trends for 2018: Cloud to the Edge》认为到2022年，随着数字业务的不断发展，75%的企业生成数据将会在传统的集中式数据中心或云端之外的位置创建并得到处理（图2）。

Gartner IT基础架构、运营管理与数据中心大会（2017年12月）发布的调研数据显示，84%的企业将在四年内将边缘计算纳入企业规划（图3）。

另一方面，边缘计算与云计算各有所长，云计算擅长

全局性、非实时、长周期的大数据处理与分析，能够在长周期维护、业务决策支撑等领域发挥优势；边缘计算更适用局部性、实时、短周期数据的处理与分析，能更好地支撑本地业务的实时智能化决策与执行。

因此，边缘计算与云计算之间不是替代关系，而是互补协同关系。边缘计算与云计算需要通过紧密协同才能更好的满足各种需求场景的匹配，从而放大边缘计算和云计算的应用价值。边缘计算既靠近执行单元，更是云端所需高价值数据的采集和初步处理单元，可以更好地支撑云端应用；反之，云计算通过大数据分析优化输出的业务规则或模型可以下发到边缘侧，边缘计算基于新的业务规则或模型运行。



1.4 白皮书目标

当前产业界开始认识到边云协同的重要性，并开展了积极有益的探索。

中国工业互联网产业联盟AII在其2017年发布的《工业互联网平台白皮书（2017）》中关于工业互联网平台功能架构图的描述中，已经初步呈现了边云协同的理念。

“第一层是边缘，通过大范围、深层次的数据采

集，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据基础。一是通过各类通信手段接入不同设备、系统和产品，采集海量数据；二是依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成；三是利用边缘计算设备实现底层数据的汇聚处理，并实现数据向云端平台的集成。”

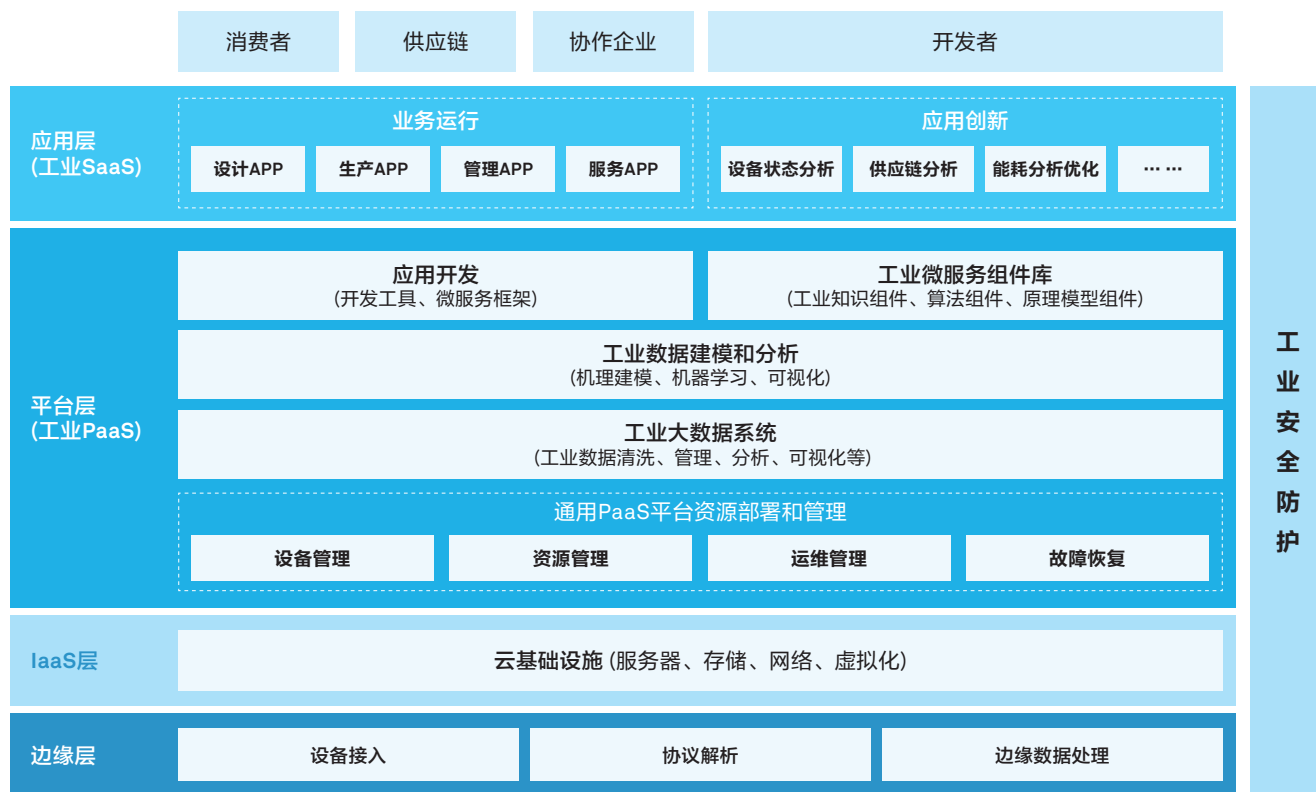


图4：AII工业互联网平台功能架构图



华为技术有限公司在其2018全联接(HC2018)大会发布的智能边缘平台IEF(Intelligent EdgeFabric)明确提出了边缘与云协同的一体化服务概念。智能边缘平台IEF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，为用户提供完整的边缘和云协同的一体化服务。

华为公有云与智能边缘云生态一致，在华为云和边缘均保持一样的使用体验。基于同一个云平台，应用和服务构建一次，运行无处不在。智能边缘平台把华为云AI能力、大数据能力等延伸到边缘，并与云上服务完成数据协同、任务协同、管理协同、安全协同。

西门子2018年发布了Industrial Edge的概念，通过云端部署Industrial Edge Management实现边缘计算与云计算的协同。

本白皮书将通过对边云协同主要场景、价值内涵、关键技术等维度的研究，以推动边云协同的产业共识，并为相关产业链构建和使用相关能力提供参考借鉴。

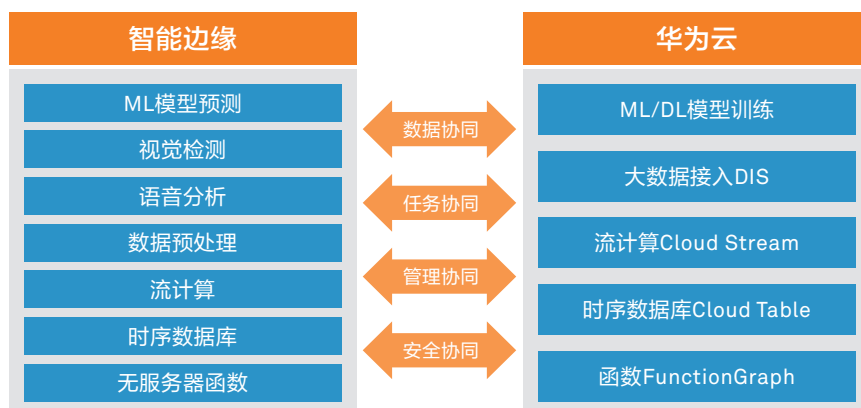


图5：华为边缘与云协同的一体化服务

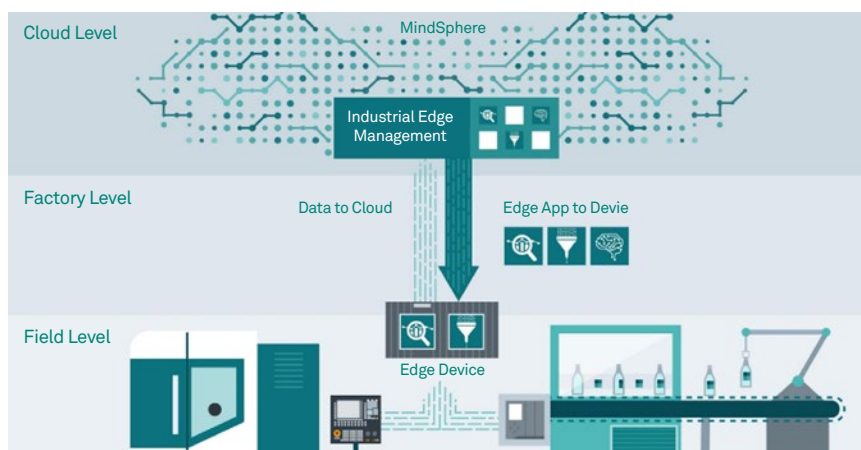


图6：西门子Industrial Edge

02 边云协同总体内涵与参考框架

2.1 边云协同总体能力与内涵

边缘计算不是单一的部件，也不是单一的层次，而是涉及到EC-IaaS、EC-PaaS、EC-SaaS的端到端开放平台。典型的边缘计算节点一般涉及网络、虚拟化资源、RTOS、数据面、控制面、管理面、行业应用等，其中网络、虚拟化资源、RTOS等属于EC-IaaS能力，数据面、控制面、管理面等属于EC-PaaS能力，行业应用属于EC-SaaS范畴。

边云协同的能力与内涵，涉及IaaS、PaaS、SaaS各层面的全面协同。EC-IaaS与云端IaaS应可实现对网络、虚拟化资源、安全等的资源协同；EC-PaaS与云端PaaS应可实现数据协同、智能协同、应用管理协同、业务管理协同；EC-SaaS与云端SaaS应可实现服务协同。

资源协同：边缘节点提供计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源、具有本地资源调度管理能力，同时可与云端协同，接受并执行云端资源调度管理策略，包括边缘节点的设备管理、资源管理以及网络联接管理。

数据协同：边缘节点主要负责现场/终端数据的采集，按照规则或数据模型对数据进行初步处理与分析，并将处理结果以及相关数据上传给云端；云端提供海量数据的存储、分析与价值挖掘。边缘与云的数据协同，支持数据在

边缘与云之间可控有序流动，形成完整的数据流转路径，高效低成本对数据进行生命周期管理与价值挖掘。

智能协同：边缘节点按照AI模型执行推理，实现分布式智能；云端开展AI的集中式模型训练，并将模型下发边缘节点。

应用管理协同：边缘节点提供应用部署与运行环境，并对本节点多个应用的生命周期进行管理调度；云端主要提供应用开发、测试环境，以及应用的生命周期管理能力。

业务管理协同：边缘节点提供模块化、微服务化的应用/数字孪生/网络等应用实例；云端主要提供按照客户需求实现应用/数字孪生/网络等的业务编排能力。

服务协同：边缘节点按照云端策略实现部分ECSaaS服务，通过ECSaaS与云端SaaS的协同实现面向客户的按需SaaS服务；云端主要提供SaaS服务在云端和边缘节点的服务分布策略，以及云端承担的SaaS服务能力。

并非所有的场景下都涉及到上述边云协同能力。结合具体的使用场景，边云协同的能力与内涵会有所不同，同时即使是同一种协同能力，在与不同场景结合时其能力与内涵也会不尽相同。

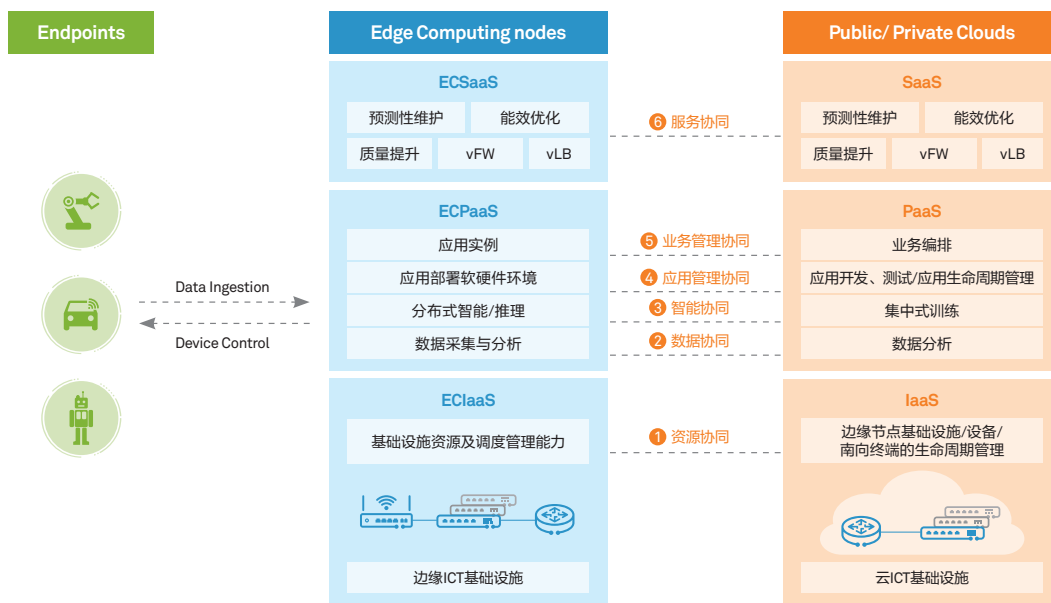


图7：边云协同总体能力与内涵



2.2 边云协同总体参考架构

为了支撑上述边云协同能力与内涵，需要相应的参考架构与关键技术。参考架构需要考虑下述因素：

- » 连接能力：有线连接与无线连接，实时连接与非实时连接，各种行业连接协议等
- » 信息特征：持续性信息与间歇性信息，时效性信息与非时效性信息，结构性信息与非结构性信息等
- » 资源约束性：不同位置、不同场景的边缘计算对资源约束性要求不同，带来边云协同需求与能力的区别
- » 资源、应用与业务的管理与编排：需要支撑通过边云协同，实现资源、应用与业务的灵活调度、编排及可管理

根据上述考量，边云协同的总体参考架构应该包括下述模块与能力：

A. 边缘侧：

- » 基础设施能力：需要包含计算、存储、网络、各类加速器（如AI加速器），以及虚拟化能力；同时考虑嵌入式功能对时延等方面的特殊要求，需要直接与硬件通信，而非通过虚拟化资源
- » 边缘平台能力：需要包含数据协议模块、数据处理与分析模块，数据协议模块要求可扩展以支撑各类复杂的行业通信协议；数据处理与分析模块需要考虑时序数据库、数据预处理、流分析、函数计算、分布式人工智能

及推理等方面能力

- » 管理与安全能力：管理包括边缘节点设备自身运行的管理、基础设施资源管理、边缘应用、业务的生命周期管理，以及边缘节点南向所连接的终端管理等；安全需要考虑多层次安全，包括芯片级、操作系统级、平台级、应用级等
- » 应用与服务能力：需要考虑两类场景，一类场景是具备部分特征的应用与服务部署在边缘侧，部分部署在云端，边缘协同云共同为客户提供一站式应用与服务，如实时控制类应用部署在边缘侧，非实时控制类应用部署在云侧；一类场景是同一应用与服务，部分模块与能力部署在边缘侧，部分模块与能力部署在云侧，边缘协同云共同为客户提供某一整体的应用与服务。

B. 云端：

- » 平台能力：包括边缘接入、数据处理与分析、边缘管理与业务编排。数据处理与分析需要考虑时序数据库、数据整形、筛选、大数据分析、流分析、函数、人工智能集中训练与推理等方面能力；边缘管理与业务编排需要考虑边缘节点设备、基础设施资源、南向终端、应用、业务等生命周期管理，以及各类增值应用、网络应用的业务编排
- » 边缘开发测试云：在部分场景中，会涉及通过提供边云协同的开发测试能力以促进生态系统发展的需求

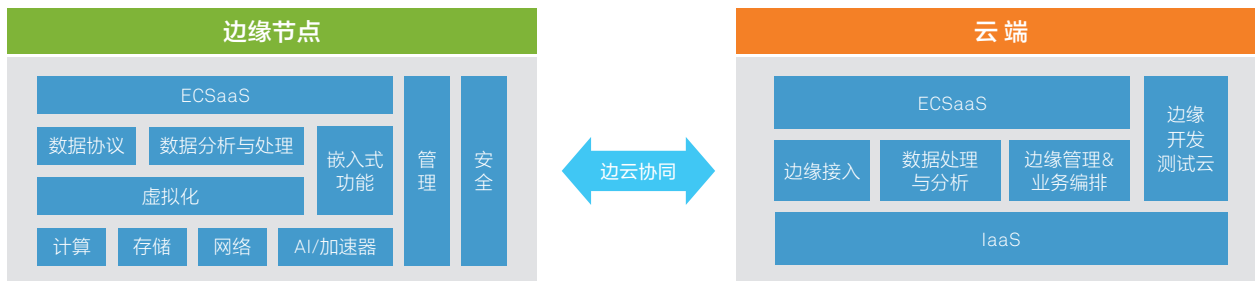


图8：边云协同总体参考架构

03 边云协同价值场景

3.1 边缘计算分类

从细分价值市场的维度，边缘计算主要分为三类：电信运营商边缘计算、企业与物联网边缘计算、工业边缘计算。

三类边缘计算	六种边缘计算主要业务形态	主要玩家	典型方案
	物联网边缘计算	ICT、OT、电信运营商	华为Ocean Connect & EC-IoT 思科Jasper & Fog Computing
	工业边缘计算	OT、ICT	西门子Industrial Edge 和利时HoliEdge
	智慧家庭边缘计算	电信运营商、OTT	智能家居
	广域接入网络边缘计算	电信运营商、OTT	SD-WAN
	边缘云	OTT、电信运营商、开源	AWS Greengrass Huawei Intelligent EdgeFabric
	多接入边缘计算(MEC)	电信运营商	中国移动MEC 中国联通Edge Cloud 中国电信ECOP

表1：边缘计算分类及主要业务形态

围绕上述三类边缘计算，业界主要的ICT、OT、OTT、电信运营商等玩家纷纷基于自身的优势构建相关能力，布局边缘计算，形成了当前主要的六种边缘计算的业务形态：物联网边缘计算、工业边缘计算、智慧家庭边缘计算、广域接入网络边缘计算、边缘云以及多接入边缘计算(MEC)。

物联网边缘计算主要由电信运营商、ICT厂商、OT厂商提供，典型的解决方案如华为EC-IoT，思科Fog Computing，SAP Leonardo IoT Edge等。这类边缘计算主要使能玩家从原有业务领域向物联网领域延伸，从而做多连接、撑大管道、促进E2E数据价值挖掘。

工业边缘计算主要由OT厂商提供，典型的解决方案如西门子Industrial Edge、和利时HoliEdge等。这类边缘计算与工业设备及工业应用紧密结合，使能工业系统的数字化，促进设备、工艺过程及工厂全价值链优化。ICT厂商也从使能OT厂商数字化能力构建的维度加大该类边缘计算的投入。

智慧家庭边缘计算主要围绕智慧家庭网络、智能家居、智慧家庭安防等场景，使能家庭内的网络、家电、家

具等智能化，改进和提升用户体验，深度挖掘并匹配家庭客户需求与价值。

广域接入网络边缘计算主要为企业客户提供灵活弹性的广域网络接入能力(WAN)，自动识别区分企业客户的不同业务流，并自动匹配相应的服务质量保障(QoS)；同时支持按需的网络增值业务自动化部署。

边缘云主要是由公有云服务提供商提供，一般作为其云服务在边缘侧的延伸，同时具备实时响应、离线运行等能力，从而延伸云服务的覆盖领域和范围。

多接入边缘计算(MEC)提供了一个新的生态和价值链。MEC使能电信运营商可以在网络边缘分流业务，从而为客户提供更低时延、更高带宽、更低成本的业务体验；向第三方应用及服务开放边缘网络能力，从而放大电信运营商网络价值，使能创新的应用、服务与商业模式。

在实际部署的商业用例中，上述的六种业务形态可以独立存在，也可以多种业务形态互补并存。



3.2 边云协同主要价值场景

由于各种边缘计算业务形态面向的客户场景不同，体现的客户价值也不同，所以每种边缘计算业务形态对于与云计算协同的内涵、关键技术等都有较大的区别。因此从边缘计算业务形态的维度，可以将边云协同的主要价值场景区分为六大主场景，并可以进一步细化为十四种细分子场景。

从场景出发，探寻边云协同在六大主场景和十四种细分子场景中的主要能力与内涵及关键技术需求，并结合实际案例是本白皮书的主要阐述逻辑。

六种边缘计算主要业务形态	六大边云协同主场景	十四种边云协同子场景
物联网边缘计算	场景1：物联网边云协同	1.1 IoT联接子场景 1.2 IoT增值服务子场景 1.3 IoT系统控制子场景
工业边缘计算	场景2：工业边云协同	2.1 设备优化子场景 2.2 工艺过程优化子场景 2.3 工厂全价值链优化子场景
智慧家庭边缘计算	场景3：智慧家庭边云协同	3.1 智慧家庭网络子场景 3.2 智慧家庭增值服务子场
广域接入网络边缘计算	场景4：广域接入网络边云协同	4.1 多业务接入子场景 4.2 增值网络业务子场景
边缘云	场景5：边缘云边云协同	5.1 边缘联接子场景 5.2 边缘智能与增值子场景
多接入边缘计算(MEC)	场景6：MEC边云协同	6.1 本地分流子场景 6.2 网络能力开放子场景

表2：边云协同的主要场景



04/ 物联网边云协同主场景



物联网边云协同使能更多的设备联网，并结合流分析、大数据、AI等技术深度挖掘数据价值，支撑设备的互联化、自动化、智能化。

物联网边云协同的主要玩家是ICT厂商、电信/物联网运营商。通过边云协同能力，一方面通过支撑设备的互联化、自动化、智能化，使能最终客户的业务创新及数字化改造与转型，一方面支撑ICT厂商、运营商从原有业务领域向物联网领域延伸，从而做多连接、撑大管道、深度挖掘并获取物联网E2E数据价值。

物联网边云协同主要包括三大子场景：物联网联接子场景、物联网增值服务子场景和物联网系统控制子场景。

4.1 物联网联接子场景

联网化是物联网发展的基础。

联网化指通过各类有线无线、实时非实时接口，各种行业通信协议，使能传统的“物”接入互联网并实现“物”之间数据互联、互通、互操作，支撑互联网对“物”的状态、信息的感知及信息的后续处理。

各种有线无线、实时非实时接口及通信协议是物联网联接子场景的关键支撑，无线网络由于覆盖能力优势在物联网中得到更广泛的应用，如4G/5G、NB-IoT、WiFi、Zigbee等。

物联网联接子场景中，无线接入的机会点主要来自于设备地理分布离散的市场，如智慧城市、车联网、智慧交通与物流、智慧健康等；固定接入的机会点主要来自于设备地理分布相对集中的市场，如智能园区、智能制造等。

4.1.1 物联网联接子场景边云协同能力与内涵

物联网联接子场景主要涉及连接、数据、设备模型等方面的需求，所以其边云协同主要能力与内涵包括资源协同和数据协同。

资源协同：边缘节点提供计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源，同时提供设备自身配置、监控、维护、优化等生命周期API。边缘节点南向提供丰富的网络接口以支持广泛的终端接入；云端提供资源调度管理策略，包括

边缘节点的设备管理、资源管理以及网络联接管理。

数据协同：边缘节点主要负责现场/终端数据的采集，按照规则或数据模型对数据进行初步处理与分析，并将处理结果以及相关数据上传给云端；云端提供海量数据的存储、分析与价值挖掘。边缘与云的数据协同，支持数据在边缘与云之间可控有序流动，形成完整的数据流转路径，高效低成本对数据进行生命周期管理与价值挖掘。

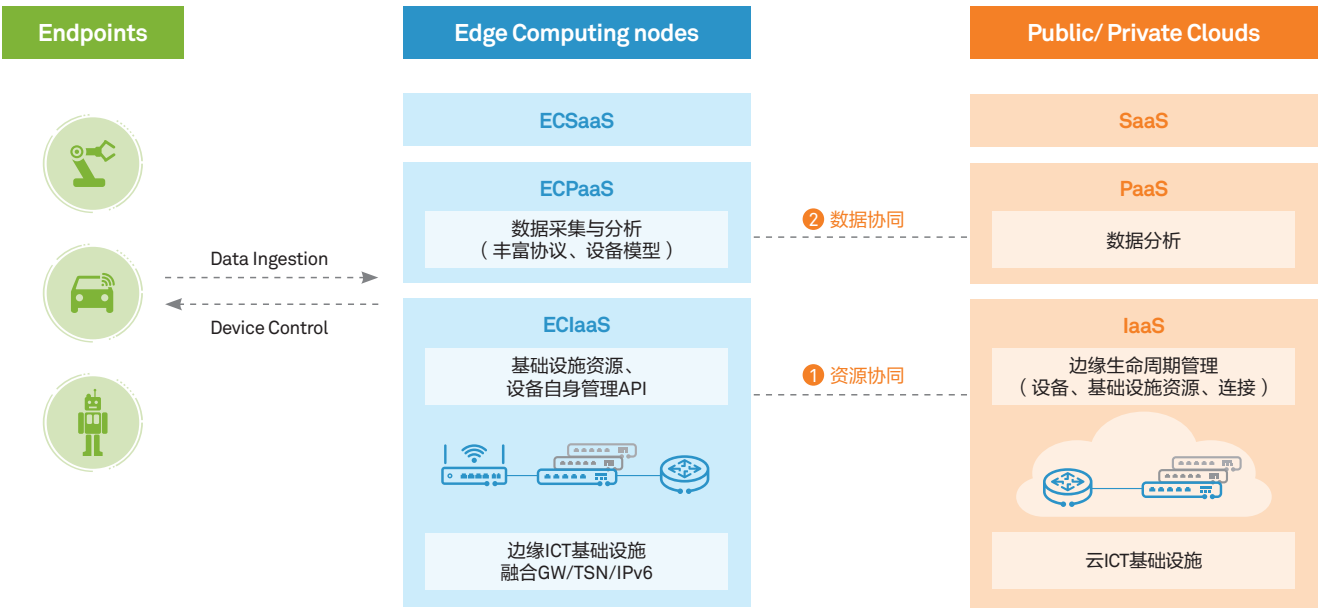


图9：物联网联接子场景边云协同能力与内涵



4.2 物联网增值服务子场景

物联网、数字化技术的渗透将重塑各行业的产业价值分布，产业价值从产品走向产品+服务是总体的发展趋势：一方面，自动化、智能化程度的提升将降低制造成本，但人力、原材料、能源等成本上升，导致制造成本总体下降幅度有限；另一方面，随着产品的联网化，产品成为服务的载体，基于平台整合碎片化服务逐步形成规模化服务，新的服务形态如预测性维护等逐步涌现，服务的总体成本将逐步下降，大规模数字化服务成为可能，数字化服务成为各行业的新机会。

物联网增值服务子场景的典型应用包括设备状态监测、预测性维护、资产跟踪等。物联网增值服务子场景的边云协同应用将有效支撑各行业的产业价值从产品走向产品+服务。

物联网增值服务子场景将率先在具备“三高一散”（节点数量高、单体价值高、运维成本高、节点分布离散）多项特征的细分市场规模商用，如梯联网、车联网等。

4.2.1 物联网增值服务子场景边云协同能力与内涵

物联网增值服务子场景主要涉及设备联网接入、基于联网数据的增值应用与服务等需求，边云协同能力与内涵主要包括资源协同、数据协同、智能协同、业务管理协同、应用管理协同。

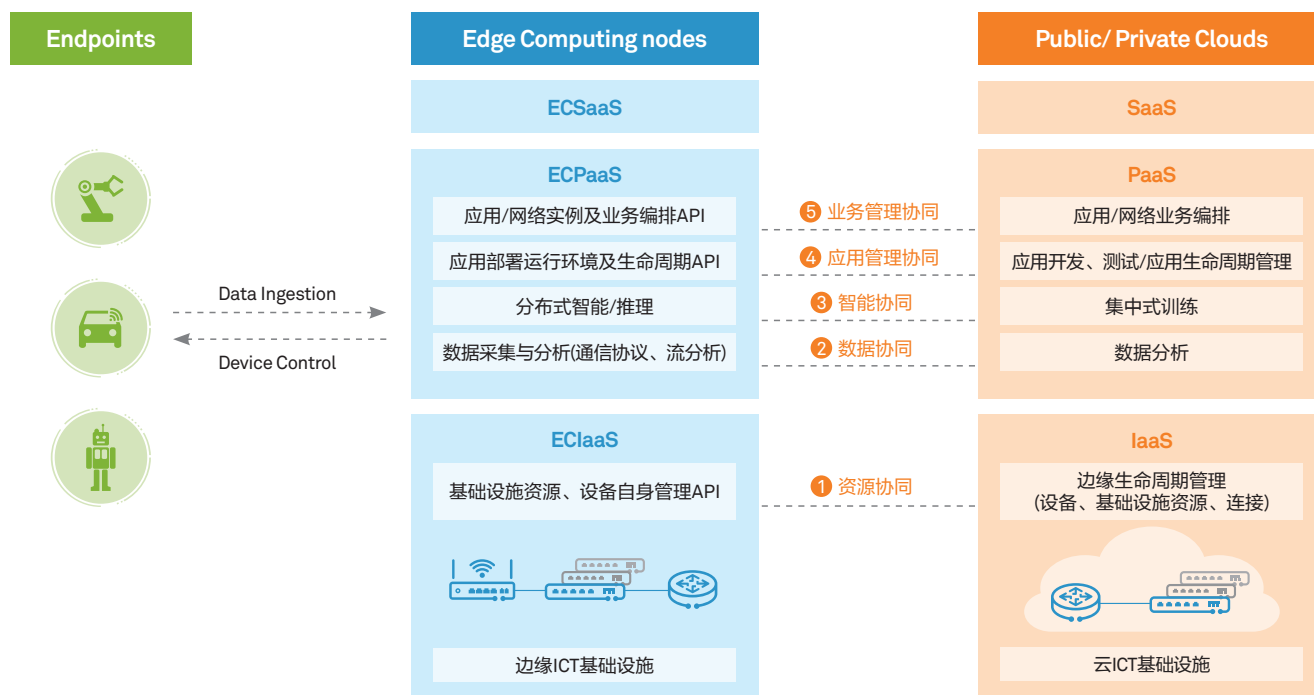


图10：物联网增值服务子场景边云协同能力与内涵

资源协同：边缘节点提供计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源，考虑到各行业终端设备通信连接方式的复杂性，边缘节点网络资源要求具备丰富的接口/协议能力，以便应用于更广泛的行业市场；云端提供资源管理能力，按需调度部署边缘节点基础设施资源。

数据协同：边缘节点通过丰富的网络及数据通信能力，实现南向设备、资产的数据采集，按照规则或数据模型对数据进行初步处理与分析，并将处理结果以及相关数据上传给云端。考虑到边缘节点资源约束性、时效性等特征，流分析（Stream Analytics）技术得到越来越广泛的使用；云端制定边缘节点数据上传策略或模型并下发给边缘节点执行，并提供接收到的海量数据的存储、分析与价值挖掘。

智能协同：边缘节点为AI模型训练提供数据输入，负责边缘AI推理执行，执行云端下发的AI模型，并将执行结果反馈给云端；云端基于业务需求、历史数据、实时数据、AI执行反馈等开展集中式AI模型训练，并将AI模型下发给边缘节点执行。需要考虑通过部署云端及边缘AI芯片或模块实现更高效智能协同。

应用管理协同：边缘节点提供边缘应用部署与运行环境及生命周期管理API；云端实现对边缘应用的全生命周期管理，包括应用的推送、安装、卸载、更新、监控及日志等，同时云端还可以提供边缘节点应用开发、模拟测试能力，以促进生态能力构建。

业务管理协同：边缘节点提供应用/网络实例及业务编排API能力；云端提供应用/网络的业务编排能力，按需对应用及网络实例进行业务编排。

4.3 物联网系统控制子场景

传统系统控制单元往往采用专有硬件形式，结合软硬件一体化架构，高效实现相对单一控制功能。随着柔性生产、工业互联网等快速发展，控制单元从相对简单的逻辑控制走向复杂的逻辑控制、运动控制、视觉控制等场景，控制单元的功能需求越来越复杂，对硬件的能力需求也越来越高。同时，随着各行业的产业价值分布从产品走向产品+服务，边缘控制节点能力需求也从单一的控制能力走向控制+增值服务能力。

物联网系统控制子场景主要面向传统控制单元的上述挑战，通过控制系统软硬件解耦的方式，提供更强大的、更柔性的边缘控制处理能力。在这种背景下，当前产业界已经开展了一些积极有益的尝试，如Virtual PLC、Soft Defined PLC、Virtual Factory、Virtual Power Plant等。

物联网系统控制子场景预计将率先在单体成本高、柔性需求大的案例中得到应用，如产线级控制单元。





4.3.1 物联网系统控制子场景边云协同能力与内涵

物联网系统控制子场景涉及控制领域，时延敏感及确定性、数据隐私性、柔性控制等是核心需求，所以其边云协同能力与内涵主要包括资源协同、业务管理协同、应用管理协同及服务协同。

资源协同：边缘节点提供计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源，其中网络资源对实时性、确定性要求高，虚拟化技术选择也需要考虑实时性、确定性需求，以更好提升性能；云端提供资源调度管理策略，包括边缘节点的设备管理、资源管理以及网络联接管理。

应用管理协同：边缘节点提供边缘应用部署与运行环

境及生命周期管理API，其中低时延类业务可绑定专用基础设施资源，非低时延类业务共享基础设施资源；云端实现对边缘应用的全生命周期管理，包括应用的推送、安装、卸载、更新、监控及日志等，同时云端还可以提供边缘节点应用开发、模拟测试能力，以促进生态能力构建。

业务管理协同：边缘节点提供模块化、微服务化的应用/网络等应用实例；云端提供业务编排能力，按需对应用及网络实例进行业务编排。

服务协同：实时类控制在本地边缘节点执行；非实时类控制可在云端执行。

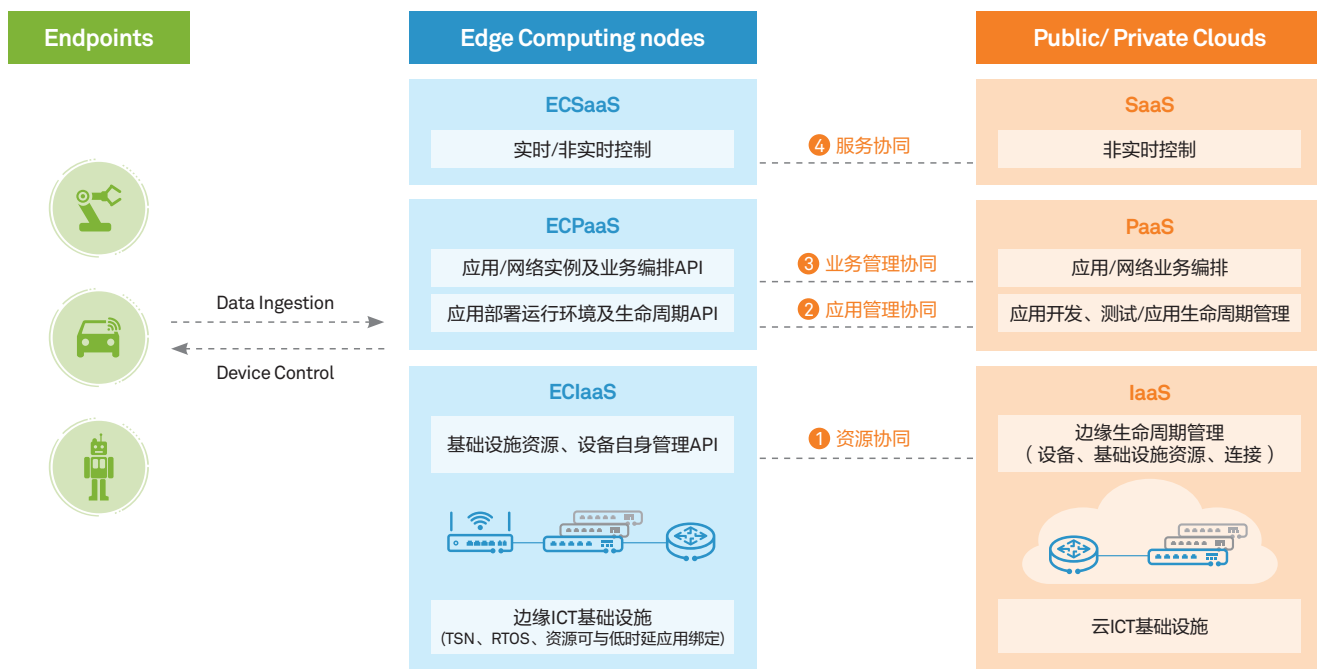


图11：物联网系统控制子场景边云协同能力与内涵

4.4 关键技术

针对物联网边云协同的物联网联接、物联网增值服务、物联网系统控制三类子场景，需要网络连接类（TSN、OPC UA over TSN、PLC-IoT、工业SDN等）、弹性基础设施类（边缘AI芯片、虚拟化技术等）、轻量级EC-PaaS类（流分析、AI、设备建模、数据与应用生命周期管理）关键技术支撑。

网络连接类

OPC UA over TSN

OPC UA则解决不同系统之间的语义的互操作-包括应用行为与动态功能。TSN（时间敏感网络）是新一代标准的实时信息通信技术，在标准以太网技术的基础上，提供信息在传输过程中端到端确定性的时延和抖动。OPC UA（OPC统一架构）解决不同系统之间的语义的互操作，涵盖了OPC 实时数据访问规范（OPC DA）、OPC历史数据访问规范（OPC HDA）、OPC 报警事件访问规范（OPC A&E）和OPC安全协议（OPC Security）的不同方面。

当前工业总线及工业以太网存在碎片化的问题，极大的增加了客户建设及系统互联、互通、互操作成本，OPC UA over TSN推动解构传统工业烟囱式垂直网络向水平分布式结构转变，为工业物联网及智能制造提供了低时延、高确定性与真正开放互联通信网络，加强互联、互通、互操作，实现多系统协同，成为工业物联网与智能制造发展的关键。

OPC-UA产业发展成熟度较高，目前已经进入商业化推广阶段，TSN仍处于产业发展前期，预计3~5年进入商业化推广阶段。为了推动OPC UA over TSN的产业发展，业界众多公司在该领域开展了积极有效的探索与推动，如华为联合信通院、和利时、B&R等20多伙伴在2018年汉诺威工业展联合打造发布中国第一个OPC UA over TSN测试床，在业界引起广泛关注。

PLC-IoT

PLC-IoT是面向物联网场景的PLC（Power Line Communication）技术，在电力线上提供高抗干扰的宽带通信能力。相较于传统窄带PLC技术，如G3、PRIME等PLC，PLC-IoT有效应对各类噪声干扰，极大的提升了电力线载波的通信可靠性，同时提供2Mbps以上的通信带宽，从而支持了更丰富的应用场景和业务。

PLC-IoT基于电力线载波通信，在有源场景中应用无需新的布线，将极大的降低传统系统的改造难度。

2018年5月，电力线通信(PLC)技术的标准IEEE901.1-2018正式发布。

工业SDN

工业SDN秉承OICT融合理念，在工业网络中引入SDN理念，控制面和转发面分离，转发面实现融合接入及与现存工业网络的连接，控制面一方面对整体网络实现统一的管理调度，一方面通过北向开放接口与工业控制系统互联，按照工业控制系统的需求（如带宽、实时、可靠等需求；柔性制造需要生产系统能够灵活调整，需要网络自动化支撑）灵活弹性的按需调度相关网络资源，从而实现对柔性制造的更好支撑。

弹性基础设施类

边缘AI芯片

深度学习是实现人工智能（AI）的重要技术。深度学习的过程分为模型训练和智能推理两个阶段，模型训练需要大量的训练样本，基于梯度下降法，模型优化收敛到局部最优点。深度学习的模型训练需要小时到天量级的迭代优化，需要大量的算力，因而现阶段的模型训练一般都在云端完成。模型训练好之后，则能够基于该模型与输入数据，计算得到输出完成智能推断。相比于模型训练，推断



的算力要求要小得多，可以在云端与边缘/终端完成。

AI发展的初期，由于边缘/终端设备的算力普遍有限，模型训练与推断大都在云端服务器上完成。由于边缘计算的CROSS价值及其快速发展，部分厂商已经推出了可用于边缘推理(Edge Inference)的边缘AI芯片，如谷歌2018年推出Edge TPU，华为海思2018年推出Ascend 310芯片。

随着智能推理从云端下沉到边缘节点，预计智能边缘计算将得到快速发展。

虚拟机与容器技术

虚拟化技术已经成为一种被大家广泛认可的服务器资源共享方式，由于hypervisor虚拟化技术仍然存在一些性能和资源使用效率方面的问题，因此出现了一种称为容器（Container）的新型虚拟化技术来帮助解决这些问题。

虚拟机将虚拟硬件、内核（即操作系统）以及用户空间打包在新虚拟机当中，虚拟机能够利用“虚拟机管理程序”运行在物理设备之上。容器可以看成是一个装好了一组特定应用的虚拟机，它直接利用了宿主机的内核，抽象层比虚拟机更少，更加轻量化，启动速度极快。相比于虚

拟机，容器拥有更高的资源使用效率，因为它并不需要为每个应用分配单独的操作系统——实例规模更小、创建和迁移速度也更快，这意味相比于虚拟机，单个操作系统能够承载更多的容器。

云提供商十分热衷于容器技术，因为在相同的硬件设备当中，可以部署数量更多的容器实例。此外，容器易于迁移，但是只能被迁移到具有兼容操作系统内核的其他服务器当中，这样也会给迁移选择带来一定限制。

轻量级EC-PaaS类

流分析

流分析是一种新兴的技术，具备在数据流的移动过程中持续性的统计计算分析，允许对实时流数据进行管理、监控和实时分析，涉及在任何时刻了解和处理业务中发生的事件（Event），可以在数据失去价值之前在一个小机会窗内快速处理分析数据，特别适用于物联网场景。

流分析的大型企业参与者包括微软、华为、SAP、IBM、Software AG等。



4.5 案例

4.5.1 梯联网案例

目前大约有1500万部电梯广泛的分布在全球，正是因为数量庞大、分布离散，如何让电梯高效、安全的运行是产业界面临的巨大挑战。

之前电梯维护模式主要靠人工定期的现场检测，这意味着较高的维护成本，也意味着一旦电梯发生故障其业务中断时间也偏长，会给人们的生活与工作带来极大的不便。如何及时发现电梯潜在隐患，让乘梯更安全，同时大幅降低电梯运维成本成为电梯厂商亟需解决的难题；同时原有的高成本维护模式导致电梯厂商在电梯销售的价值获取中，往往只能获取电梯产品销售价值，很难获取电梯销售后的运行维护价值。

通过边云协同的梯联网预测性维护方案将能有效的解

决上述挑战，并支撑电梯厂商从单纯的销售电梯产品走向销售电梯运维服务的转型：

- » 在电梯内或电梯附近部署边缘计算网关，通过丰富的南向接口接入电梯各类传感器，北向通过无线接入电梯运行维护云平台
- » 电梯运行产生的海量数据需要在边缘计算网关做初步处理，以便一方面减少对广域网流量的需求，一方面提升本地响应速度
- » 离散、海量的边缘计算网关受云端的Controller统一管理与控制，边云协同实现边缘计算网关设备、本地虚拟化资源、本地应用生命周期等管理
- » 边缘计算网关与云端的IoT平台及电梯远程运维系统协同，实现增值应用的弹性调整与编排，提供预测性维护、广告运营等增值服务

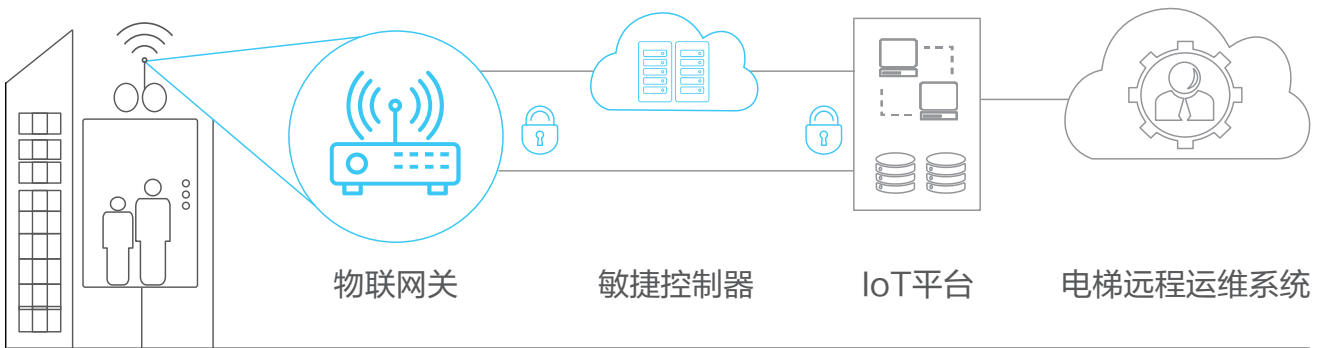


图12：边云协同的梯联网解决方案



4.5.2 智慧交通，车路协同

基于边云协同的车路协同，是智慧交通的重要发展方向之一。

车路协同的能力构建涉及车内边缘计算、道路边缘计算、智慧交通云等方面。

在车内边缘计算方面，当前，车内通讯多采用控制器车载总线（如CAN等）实现对车内的各个子系统进行检测与控制，未来将转变为高速实时车载以太网技术（如基于TSN的TCP/IP的网络），汽车则成为边缘计算节点，在结合边云协同在本地提供车辆增值服务与控制能力。

在道路边缘计算方面，未来新的道路侧系统将综合内置多种通信方式、提供多种传感器接口以及局部地图系统、并提供信号配时信息和周边运动目标信息、提供车辆协同决策等多种技术与能力，综合构建为道路侧边缘计算节点。除了车辆内部，车间、车路协调驾驶可以通过事故预警与规避的手段，来减少事故发生的概率。汽车需要将本地通过雷达、摄像头等取得的数据与周边车辆和道路基础设施通过边缘网关进行交互，并提升感知范围，从而达到车辆间、车路间的协同，为驾驶员提供碰撞预警、变道预警、自适应巡航

等辅助，必要时接管汽车防止事故的发生。

交通管理系统可以通过与车辆边缘计算节点以及道路侧边缘计算节点之间的交互，对车辆密度、速度等的感知，来引导道路上的车辆规避拥堵路段，实现交通的高效调度。在各个十字路口，车载边缘计算可以结合道路状况告知道路边缘计算节点当前的道路状况。而道路边缘计算节点则收集附近道路的信息，通过大数据算法，下发合理的道路交通调度指令，通过控制信号灯的状态、为驾驶员提供拥堵预警等手段，实现道路的最大利用率、减少不必要的停留，从而减少道路拥塞、降低燃油损耗。

边云协同使能车路协同，为智慧交通提供如下核心价值：

- » 为车载、车间、车路通讯提供高可靠、低延迟、实时性的保障
- » 提升通信系统防护来自外界的网络攻击的能力
- » 道路与车辆协同运作，提高交通调度效率、降低事故发生率
- » 全方位监控车辆状态、实现预测性维护
- » 提供强大的数据分析能力，为用户提供更好的驾车体验

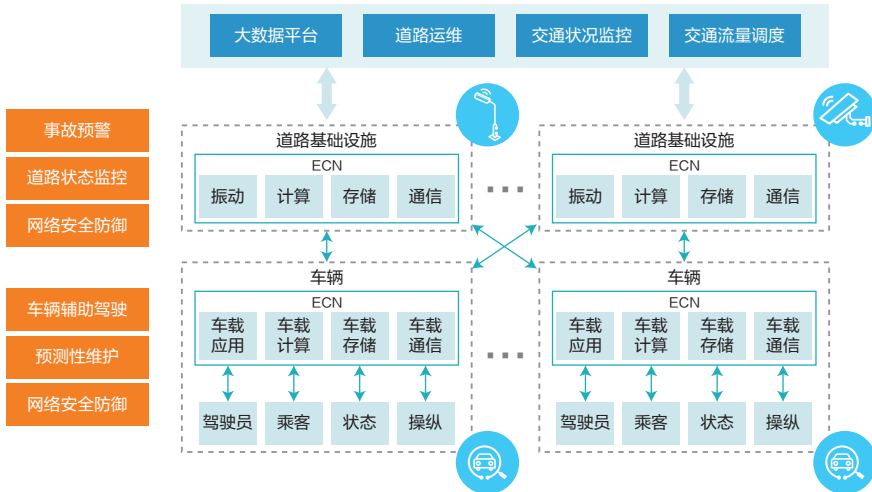
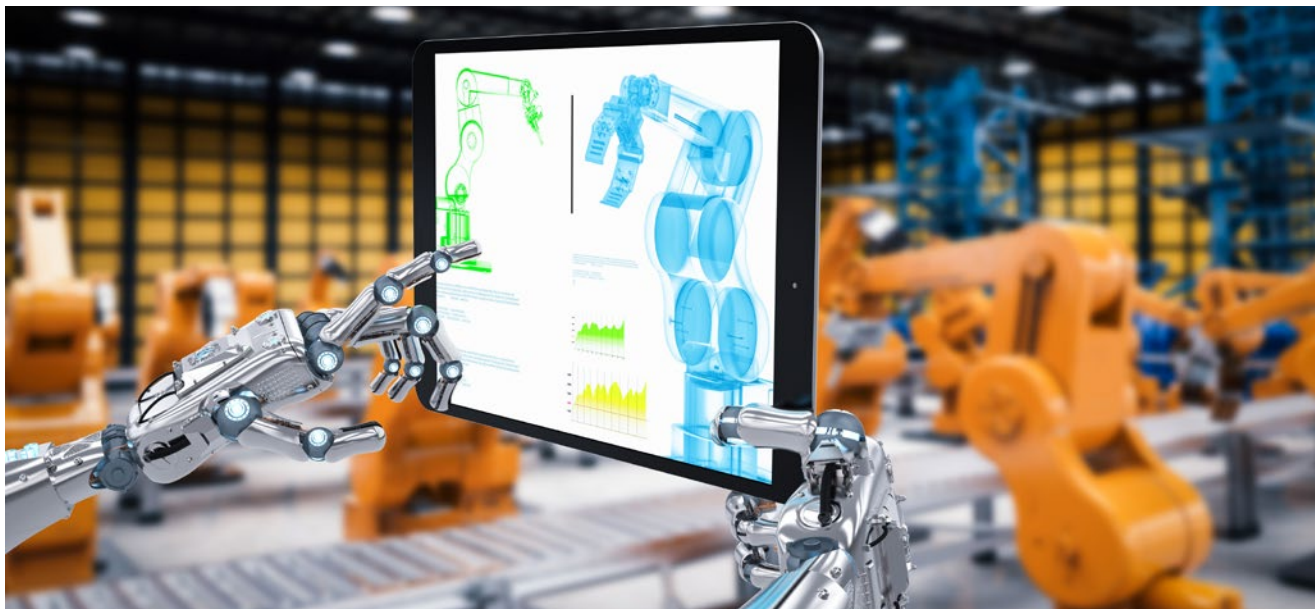


图13：边云协同支撑车路协同的智慧交通

05 / 工业边云协同主场景



无论是离散制造还是流程生产，随着工业4.0、中国制造2025、工业互联网等发展与深入，云计算与边缘计算的协同效应正在快速增强，成为工业系统数字化改造的主要使能器。

在工业边云协同场景里，自动化厂商是主要玩家，依托于传统的现场优势，结合工业云平台，为客户提供边云一体的解决方案，支撑自动化厂商的商业模式与业务模式创新（如从批量生产走向柔性生产，从产品价值走向产业+服务价值），在行业数字化过程中进一步获取产业价值。另外，ICT厂商也在加强投入，从ICT基础设施维度支撑使能自动化厂商的数字化能力，从而扩展业务覆盖范围。

工业边云协同主要包括三大子场景：设备优化子场景、工艺过程优化子场景、工厂全价值优化子场景。三大子场景贯穿工业生产单元的全工作流程，最终帮助工厂实现数字化转型，支撑“多快好省”的生产模式：多品种小批量的柔性生产、快速交付、提升质量、降低能耗等。

5.1 设备优化子场景

设备优化是设备生命周期中的关键应用场景，主要包括设备状态优化和设备性能优化。前者通过对设备进行状态监测及预测性维护，使设备始终保持在良好的健康状态，避免非计划停机；后者通过对在现场运行的数量众多的同类型设备性能监测对比，找出限制设备性能的瓶颈，制定改进措施，优化设备性能，最终提升生产效率。

设备制造商与设备用户是设备优化场景中的直接利益相关者。设备制造商通过设备优化一方面可以进一步改进设备的机械及电控设计，提升产品竞争力，另一方面可以从产品向服务领域延伸，降低服务成本，提升服务收入，并使能商业模式创新；同时设备用户可以避免非计划停机的带来的损失，保证生产的连续性，提升生产效率。



5.1.1 设备优化子场景边云协同能力与内涵

设备优化子场景涉及低时延类应用和非低时延类应用，主要通过对采集到的设备数据进行智能分析优化设备健康状态与性能，所以其边云协同能力与内涵主要包括数据协同、智能协同、应用管理协同。

数据协同：边缘节点采集设备运行参数，按照规则或数据模型对数据进行初步处理与分析，将处理后的数据尤其是异常(如报警、故障)数据上传给云端；云端持续接收边缘节点的数据，如新接入设备的数据、已接入设备的数据等，基于海量的运行状态数据(包含异常状态数据)开展大数据分析统计。

智能协同：边缘节点一方面为云端AI模型训练提供数据输入，一方面负责边缘推理执行 (AI Inference)。考虑到

边缘节点的资源约束性，部署AI芯片或模块能更高效实现智能协同；云端通过大数据分析抽象提炼与质量、产量、故障等相关的关键运行参数模型，持续设备优化模型训练 (AI Training)，并对现场设备给出优化调整建议，保证设备正常运行并提升生产效率。

应用管理协同：边缘节点为边缘应用提供部署与运行环境及非低时延类应用生命周期管理API，一方面针对低时延类应用提供本地生命周期管理能力。低时延类业务可绑定专用基础设施资源，非低时延类业务共享基础设施资源；云端实现对边缘应用的全生命周期管理，包括应用的推送、安装、卸载、更新、监控及日志等，同时云端还可以提供边缘节点应用开发、测试能力，以便促进生态能力构建。

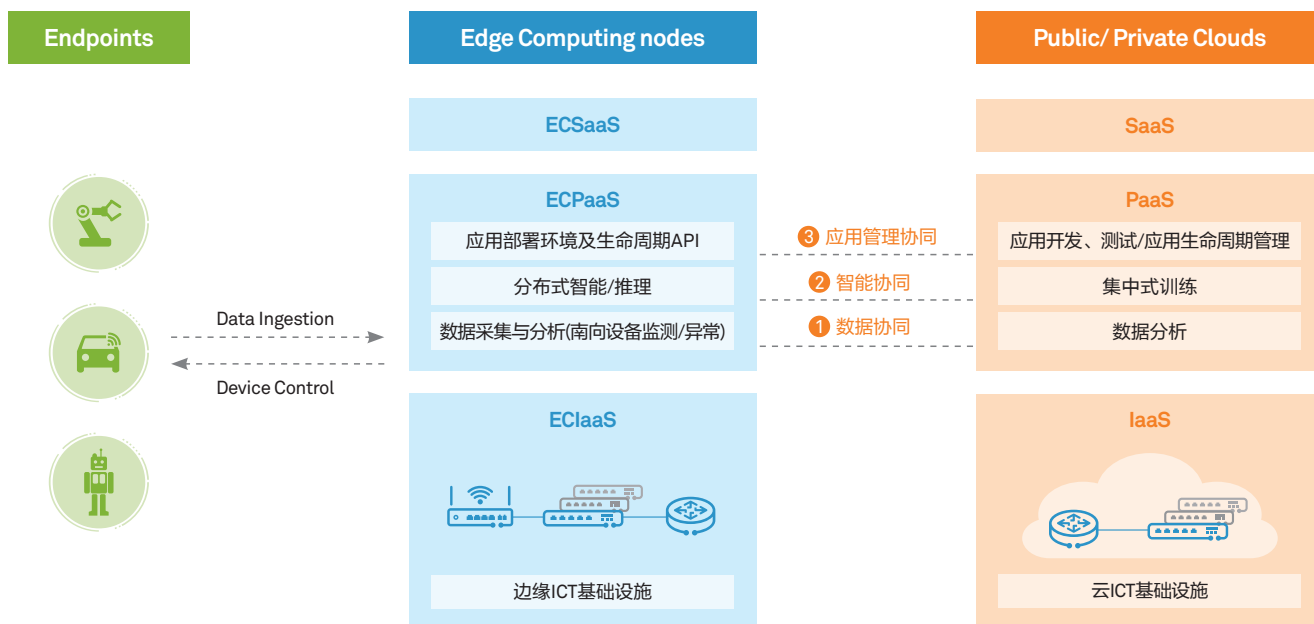


图14：设备优化子场景边云协同能力与内涵

5.2 工艺过程优化子场景

工艺过程优化主要面向制造过程工艺的参数优化需求，如火力发电、石油化工、水泥等流程型生产过程中的部分或全部工艺段，以及制药包装盒一体化生产线等离散制造场景。虽然在两类生产现场应用的OT系统有较大差别，但都是典型的边缘侧工业场景，存在生产现场工艺优化的强烈需求。通过边云协同实现工艺过程中的参数优化，客户可以：

- » 提高生产效率，如操作工序的次序调整或生产线的制造单元的运行参数调整
- » 提升产品质量，如提升产品一致性、提升合格率、延长产品的使用寿命
- » 节能降耗，如降低火力发电厂的单位煤耗，降低高能耗设备的使用时间





5.2.1 工艺过程优化子场景边云协同能力与内涵

工艺过程优化子场景主要是工艺段或者生产线级别应用，按需灵活弹性部署和调整应用是核心需求，其边云协同能力与内涵主要包括数据协同、智能协同、业务管理协同、应用管理协同。

数据协同：边缘节点通过数据集成平台对工艺过程进行建模，并采集过程中各工艺段的数据，涉及实时类、安全性、隐私类数据在边缘节点处理与分析，相关结论及其他数据可上传云端；云端对各工艺段运行数据进行大数据分析，包含工艺段本身数据及各工艺段之间的数据协同关系。

智能协同：边缘节点通过短期学习建立简易的优化模型，而云端通过长期的学习训练出更加精准的优化模型，并下发至边缘侧更新边缘的优化模型。同时云端不断接收

现场工艺工程参数的数据来进行新的模型训练，一方面进一步提升模型的优化效果，另一方面避免外部输入变化导致老模型失效的问题。考虑到边缘节点的资源约束性，部署AI芯片或模块能更高效实现智能协同。

应用管理协同：边缘节点提供工艺过程优化类边缘应用部署与运行环境及应用生命周期管理API，该类应用是工艺过程参数优化的重要依据，如产能、稼动率、OEE、能耗等；云端实现对边缘应用的全生命周期管理，同时还可以提供边缘应用开发、测试能力，以便促进生态能力构建。

业务管理协同：边缘节点按需运行云端下发的应用实例，匹配场景与业务变化需求；云端根据工艺逻辑、生产需求等开展边缘业务编排。

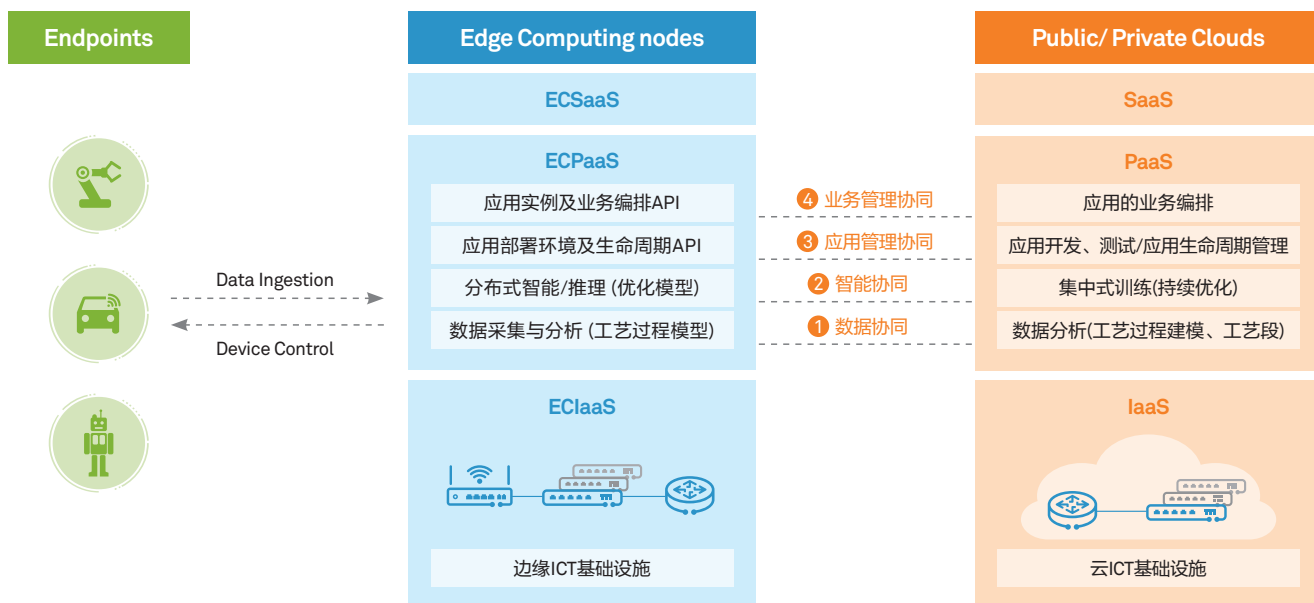


图15：工艺过程优化子场景边云协同能力与内涵



5.3 工厂全价值链优化子场景

智能工厂借助开放平台实现与上下游资源需求的无缝对接，打通工厂价值链上的各个环节，涵盖采购、生产、仓储、物流、服务等，彻底打破当前各环节的业务相对独立、数据分散且无法有效利用的局面，从容应对在实现零库存目标、产品快速交付、大规模定制等诸多方面的严峻挑战。

对于大型企业，由于涉及更多的上下游生态链，以及自身多工厂间的协调，该场景能力能更好的促进其生态链优化；对于中小型企业，该场景能力能够帮助其快速构建上下游生态能力，并融入大企业生态链。

5.3.1 工厂全价值链优化子场景边云协同能力与内涵

工厂全价值链优化子场景通过对上下游全价值链的全局信息与资源的掌握，结合AI技术实现智能化全局优化，

所以该场景的边云协同能力与内涵主要包括数据协同、应用管理协同。

数据协同：边缘节点主要负责数据采集，要求数据接口丰富性以采集供应商的生产产能、产品质量、制造商多工厂产能现状、物流商交付能力、客户设备使用习惯与设备使用状况等E2E关键指标信息，按照规则和数据模型对数据做初步分析处理，将处理结果上传至云端进行持续的模型训练；云端开展供应链优化模型、订单分配优化模型、物流优化模型、精准服务优化模型等模型的持续训练与优化，从而给出供应商选择、工厂选择、物流选择及客户服务等决策建议。

应用管理协同：边缘节点提供信息综合采集类应用部署与运行环境及应用生命周期管理API，如供应链、生产现场、物流服务等应用；云端负责边缘应用的生命周期管理，并对具体应用的优化提供优化策略与建议。

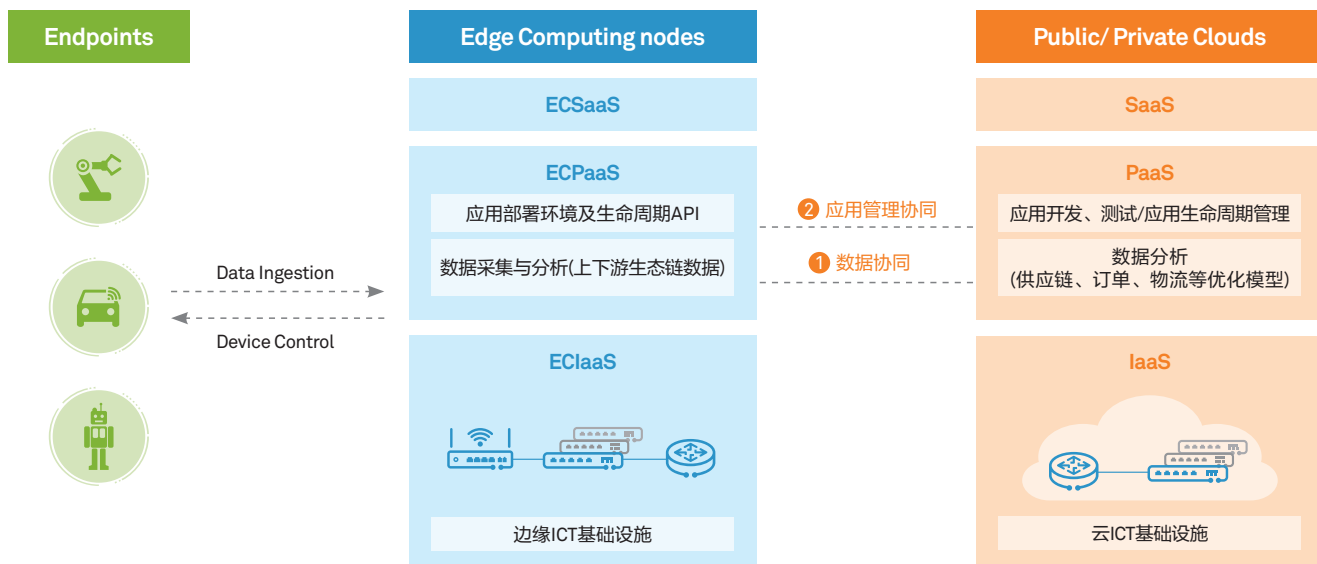


图16：工厂全价值链优化子场景边云协同能力与内涵



5.4 关键技术

工业边云协同的实现涉及多种关键技术的组合应用，包括数据采集、数字孪生、实时数据分析、资源虚拟化等。

数据采集

数据采集是工业互联网的基础能力，也是构建边云协同的第一步。虽然在边缘侧的传感器、执行器也可以作为数据的采集对象，但目前控制器是主流的数据采集对象。物联网网关是当前行业内应用比较广泛的数据采集工具，通过控制器支持的驱动协议来采集所需数据，并将数据推送至云平台。市场上网关厂家较多，对PLC、CNC等通用控制器的支持较完善，但对私有设备一般需要进行采集协议的定制化开发。网关服务既可以部署在独立的硬件盒子，也可以作为云平台的一项微服务组件嵌入现场设备，使设备入云更加方便快捷。

数字孪生

数字孪生是CPS系统的基本单元，充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。它将

物理世界与数字世界联通融合，每个数字孪生单元应包含信息模型、模型协同、功能组件以及数据集成等基础要素。在边缘侧提供标准的数字化与网络化的基础，弥补传统自动化系统在这两方面的欠缺，快速实现工业数据处理、工业设备模型化、生产工艺逻辑开发、各类型自动化系统及物联网设备的互联、互通、互操作。该技术以大幅提升现场的工程实施效率及新需求定制化开发效率为目标在如今的机器制造、产线建设等领域得到广泛。

实时数据分析

实时数据是边缘侧监控系统的重要组成部分，是一种带有时态性的数据。实时数据带有严格的时间限制，一旦处于有效时间之外，数据将变得无效，会变成历史数据并存储下来以备后续使用。实时数据分析主要针对工业生产现场当前运行状态进行的信号及数据分析，应用场景如机理模型、设备健康度诊断、设备短期KPI等。其作用在于通过边缘计算对数据进行预处理（筛选、聚合、分析等），从而为后续的大数据分析提供可靠的数据基础。该技术在工业资产管理软件、工业控制器、自动化数学工具、机理模型软件中应用比较广泛。



5.5 案例

5.5.1 折弯机设备性能优化案例

折弯机是钣金行业工件折弯成形的重要设备，其作用是将金属板材根据工艺需求压制成各种形状的零件，折弯角度是衡量工件加工质量的最关键指标。由于金属板材种类繁多，而且工件的长度、厚度不同，折弯角度时常出现波动。对于用户来讲，随着同类板材折弯加工量的增多，操作工可以调整折弯参数以达到优化效果，但仅限于该类板材，其他类板材的折弯质量仍然不高。此外，依靠人工经验调整耗时费力，优化效果有限。

为了应对上述挑战，以折弯机制造商为核心建立集中云平台，接收来自不同终端用户的折弯机加工数据，并对数

据进行统计、归类、分析，针对不同板材形成折弯优化模型与优化参数建议，保证各类板材的折弯效果。如在云侧收集不锈钢板材的加工数据进行分析，得出不锈钢折弯的较优参数，并建立不锈钢板材的折弯优化模型，对快下速度、工进速度、卸荷速度、回程速度以及下压深度等进行优化调整，下发至边缘侧，更新到现场边缘节点的折弯机控制逻辑程序中，保证稳定的折弯效果。

上述边云协同的方案通过扩大数据样本与种类，为模型训练提供更好的数据基础，支撑其客户迅速掌握多种板材的折弯能力。这也将改变折弯机行业的商业模式，折弯机制造商销售的将不仅仅是一台机器，还有持续提升设备性能的服务，而这项服务将为终端用户持续创造价值。

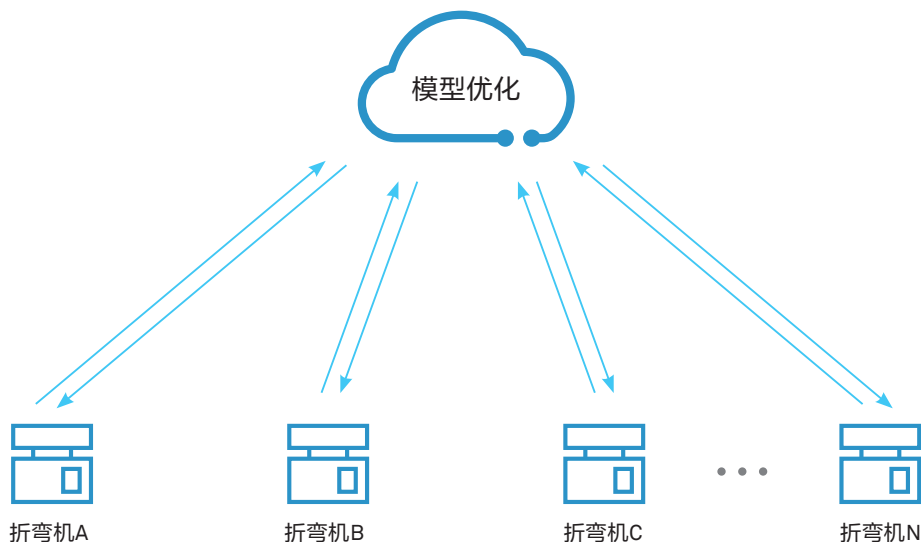


图17：边云协同的折弯机设备性能优化

5.5.2 新能源电池生产工艺过程优化案例

近年来随着新能源汽车市场迅速升温，动力锂电池呈现出良好的市场需求前景。但是动力锂电池生产工艺流程比较复杂，而且批量生产的电池质量一致性低，容量及性能不稳定。

在动力锂电池生产过程中，影响电池质量性能最关键的是搅拌、涂布以及辊压三道工序。这些工序之间耦合性强，而且涉及众多工艺参数的调整以及控制策略的优化，比如搅拌时间及次数、涂布温度、辊压速度等将直接影响电芯的寿命和容量。

搅拌工序主要用来生产正负极电池浆料。浆料的粘度（固含量、Binder形状、混合状态等）是给后道涂布工序输入的关键工艺参数，因此在搅拌工序就要对浆料粘度进行有效控制。以往根据人工经验来确定主辅料加料时间和数量，人工检验各个搅拌阶段的浆料粘度来判断浆料质量，给搅拌工序质量带来重大的不确定性。通过在边缘节点实时采集和分析浆料的粘度，同时根据多批料搅拌过程的过程数据、品质数据的收集，通过短期学习优化搅拌模型，从而优化浆料的搅拌时间和主辅料配比数量，大幅提升搅拌工序的质量。

涂布工序一方面需保证正负极浆料能够牢靠的涂覆在

流动基材，另一方面需保证涂层厚度均匀，收卷整齐。而在实际生产过程中，上道工序的产出物（浆料）的品质存在波动，涂布工序需针对不同品质的浆料灵活调整控制策略。在边缘侧，根据厚度、温度、速度等参数的实时反馈，建立涂布工序的短期优化模型对生产工艺参数进行调整，保证本工序的输出物的质量达到标准。

最后，辊压工序将涂层和基材辊压瓷实，以保证涂层密度均匀。从控制角度来讲，辊压工序会涉及到厚度控制（涂层密度）、张力控制、自动纠偏控制等。现在可以利用检测设备，比如激光测厚仪，实时反馈涂布基材各个位置的厚度，在边缘侧进行反馈计算，并将厚度数据实时上传至云侧。

综上所述，上述三道工序在边缘节点通过短期学习建立各自简易的优化控制模型，实时调整工艺参数。各个工序计算处理的结果数据及过程数据均会上传至云端，云端基于长期的、海量的数据进行模型训练，以及各种模型之间的协同训练（如压下模型与张力控制相关，而张力参数既关系到厚度的精度，也关系到纠偏控制），通过长期自学习建立更优的模型，然后下发至边缘侧对模型进行更新升级。

通过上述边云协同解决方案显著提升了批量生产电池质量的一致性。

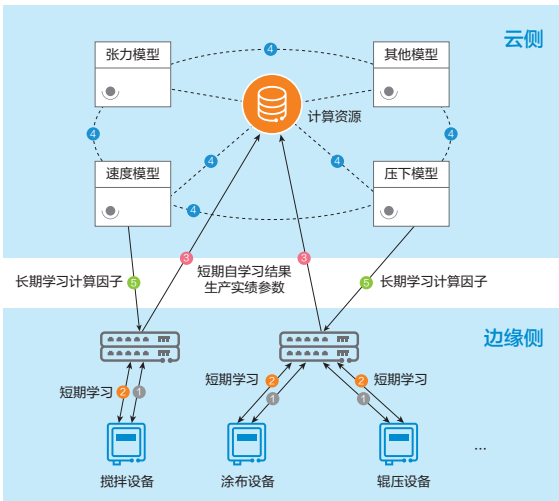


图18：边云协同的新能源电池生产工艺优化方案

5.5.3 冰箱工厂全价值链优化案例

冰箱的生产交付全周期涉及上下游全价值链的协同：冰箱工厂根据获取的销售订单制定物料采购计划，包括压缩机、控制面板、钢板、PVC板等，选定合格的物料供应商，要求限期内交货。同时，冰箱工厂根据当前的产线情况、设备情况、人员情况以及物料的供应情况进行排产，根据实际情况组织生产。生产完成后，工厂通知物流供应商取货并送往指定客户，如家电商场、电商仓库、零售门店等。消费者在产品使用过程中遇到问题反馈至客服中心，后者将收到的客诉信息反馈至工厂，由工厂为消费者提供备件或维修服务。

但当前存在如下问题，导致无法最优化协同：

- » 供应商资源信息不透明（供应商产能、产品质量及交付时间等信息制造商无法及时获取）
- » 订单分配与工厂产能及资源可用情况不匹配
- » 物流成本控制及物流时效性没有数据的量化支撑
- » 无法根据客户的实际使用情况提供精准的售后服务

为了应对上述挑战，冰箱生产商计划以冰箱工厂为核心，协同供应商、物流服务商、消费者，借助边云协同解决方案，开展工厂全价值链优化：

- » 在边缘侧，冰箱生产商利用物联网技术要求供应商开放产能信息及过程质量信息，云侧根据各家供应商上传的实时数据进行外协及采购订单的分配，保证生产原材料的JIT(Just in Time)要求，提高原材料进检合格率，降低工厂的原材料库存
- » 云侧将订单按照各工厂的可用产能及生产资源选择最优的生产单位，生成工厂级的生产计划，边缘侧的工厂根据生产计划的交付周期等因素进行生产排程，并将实时生产情况反馈给云侧
- » 云侧根据现场反馈的生产进度合理调度物流资源，选择最优物流服务商，优化物流成本，缩短物流周期，保证准时交付给客户
- » 根据产品的使用情况及健康度反馈，云侧向客户推送精准的售后服务，为客户提供最佳体验

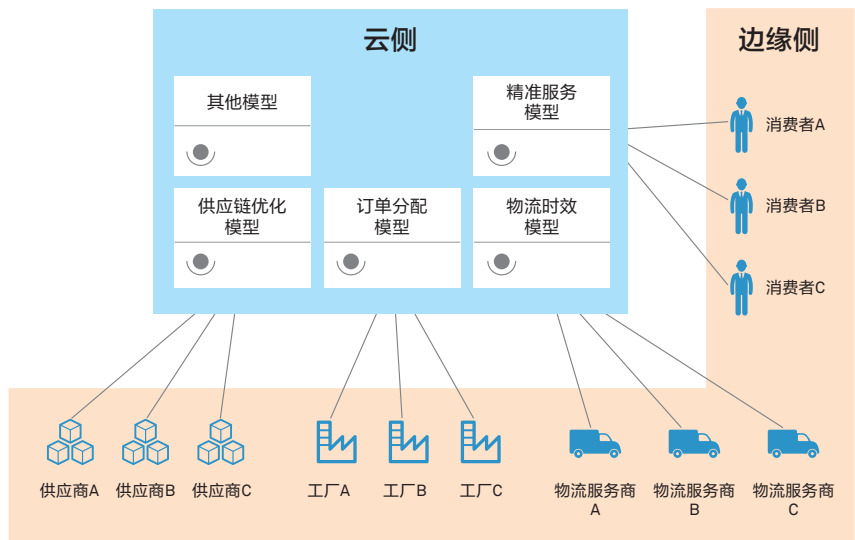


图19：边云协同的冰箱工厂全价值链优化

5.5.4 虚拟工厂案例

随着工业4.0、工业互联网、中国制造2025的发展与驱动，虚拟工厂成为产业创新的热点。虚拟工厂通过云计算、边缘计算、软件定义、AI等新技术的应用，实现产线资源、业务与控制逻辑灵活调整，按需调度，从而支撑包括个性化定制的柔性制造能力。

传统的工业制造体系是五层金字塔分层结构，这种结构能够较好的支撑规模自动化生产，但其可扩展性、灵活性有限，系统调整与扩展往往需要耗费大量的人力、物力以及时间成本，甚至原有的大量设备与系统无法利旧，这导致现有分层结构难以支撑柔性制造的需求。

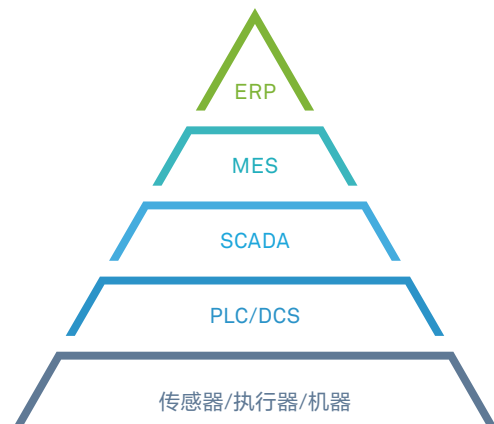


图20：传统工业制造体系五层结构

虚拟工厂方案重构传统制造的5层金字塔结构，以软件定义的工业控制系统（Soft PLC）为核心，以工业SDN为关键支撑，通过资源、数据、应用管理等多种边云协同能力，结合AI、TSN等关键技术，为企业提供灵活扩展的柔性制造系统：

- » PLC、DCS等控制单元实现软硬件解耦，硬件从专有硬件走向通用硬件，并支持提供增值边缘应用部署能力
- » 业务控制逻辑由云端的工业业务编排器灵活编排与调整，边缘Soft PLC负责具体的执行
- » 工业SDN，SDN Controller北向与企业制造云连接，根据柔性制造需求弹性调度编排网络连接能力，支撑工厂柔性生产的控制流、业务流的灵活调整

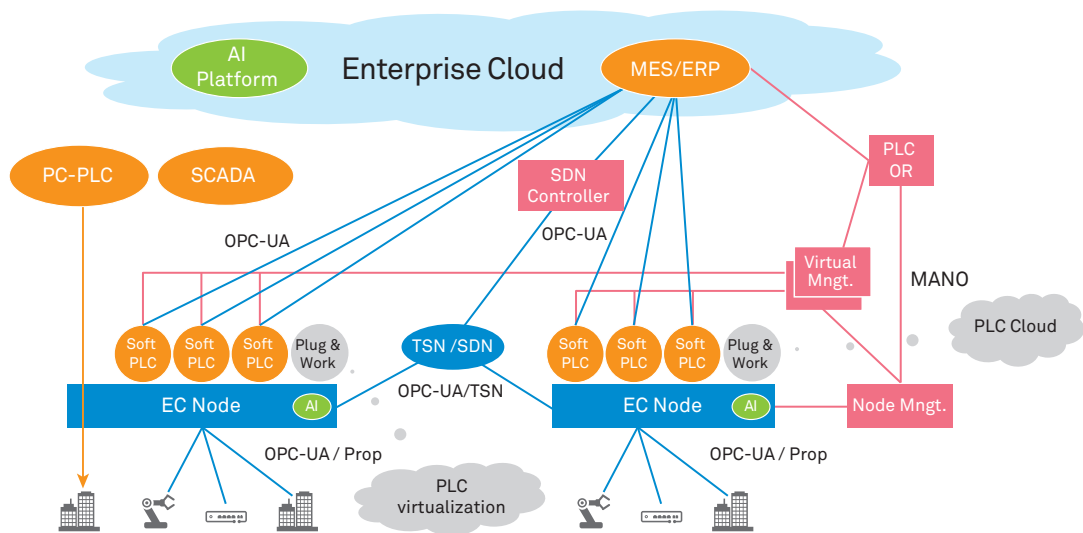


图21：边云协同的虚拟工厂解决方案

06 智慧家庭边云协同主场景



随着信息化技术、网络技术的日益完善及高带宽网络入户的逐步推广，智慧化信息服务进家入户成为可能。智慧家庭综合利用互联网、计算处理、网络通讯、感应与控制等技术，将家庭智能网络、智能控制、信息交流及消费服务等家居生活有效地结合起来，创造出高效、舒适、安全、便捷的个性化家居生活。

智慧家庭的范畴不仅限于家庭娱乐和家居控制（比如开关、灯光、温湿度控制等），在不远的未来，能源、医疗、安防、教育等产业也都将与家庭应用密切结合。

智慧家庭边云协同作为核心价值承载越来越得到产业链各相关方的关注与重视，电信运营商、OTT、家电供应商等核心玩家纷纷开展相关能力探索。综合来看，智慧家庭边云协同主要包含智慧家庭网络、智慧家庭增值服务两大子场景。

6.1 智慧家庭网络子场景

家庭网络是指家庭范围内包括家用电器、照明系统、娱乐设备以及计算机等外设通过网络实现互联从而组成的内部小局域网，出口通过家庭网关与广域网相连。家庭网络中的各种设备可能是通过异构的接口与网关进行互联，包括以太网、电力线、同轴电缆、WiFi等。

智慧家庭网络需要一方面支持家庭内部设备即插即用，与广域网连接能根据不同的业务特征提供相应的网络切片能力提供相应的质量保障，如视频类需要高带宽，游戏类需要低时延和确定性时延，物联网类需要低时延及高可靠性，IPTV/直播/AR/VR需要高带宽和低时延，网页浏览需要高安全性等；一方面对家庭网络进行监控和管理，对家庭网络的数据进行采集，感知用户体验，实现性能监控、预检预修、远程排障等功能来保障和优化家庭网络。



6.1.1 智慧家庭网络子场景边云协同能力与内涵

智慧家庭网络子场景核心是实现海量家庭网络部署的自动化以及可管可运营，其边云协同能力与内涵主要涉及资源协同及业务管理协同。

资源协同：边缘家庭网关提供计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源，同时提供设备自身配置、监控、维护、优化等生命周期API。边缘网络资源要求支持即插即用、多AP自动配置连接、南向管理家庭中摄像头、门禁、温湿度传感器等外设、南向接口丰富性，如以太、PLC-IoT、Zigbee、蓝牙、WiFi等；云端实现边缘家庭网关全生

命周期管理，包括网络大数据分析提供相关资源优化决策建议，期间连接可视、质量可视，从而实现家庭网络的可管可运营。

业务管理协同：边缘家庭网关实现对家庭各类业务流的自动感知，并按照云端策略将不同业务流匹配相应的网络切片提供相应QoS质量保障；云端实现业务流QoS策略管理及网络切片业务编排，包括用户需求与网络能力的映射模型、业务流QoS的感知模型、网络切片跨域的映射和编排模型，从而实现不同业务流的网络切片及QoS全网匹配。

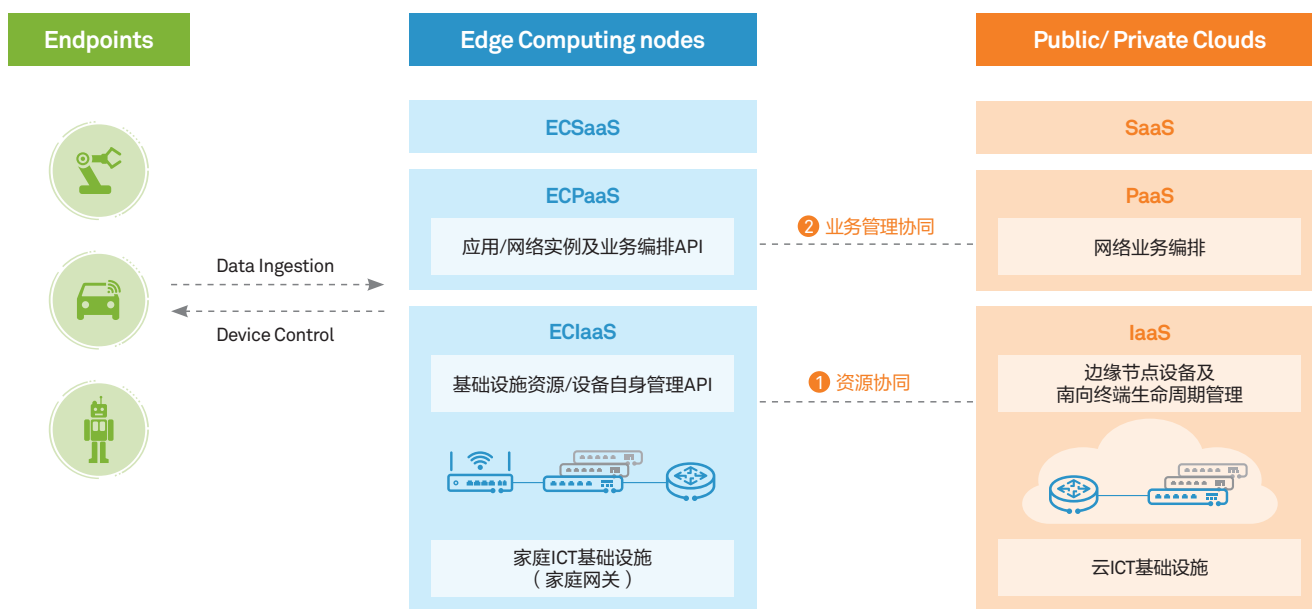


图22：智慧家庭网络子场景边云协同能力与内涵



6.2 智慧家庭增值服务子场景

部署在家庭内的智慧边缘节点设备（家庭网关、智能音箱等）能够更加快速、灵活地响应家庭业务请求，同时用户隐私和安全能够得到更好的保障，从而能够为家庭用户提供丰富的增值服务能力。智慧家庭增值服务包括智能家居、家庭娱乐、智能安防、智慧能源、远程教育、智慧医疗健身等。

6.2.1 智慧家庭增值服务子场景边云协同能力与内涵

智慧家庭增值服务子场景主要为家庭客户提供丰富、优质体验的增值服务，同时涉及的隐私类业务和非隐私类业务对资源隔离的需求不同，所以该子场景边云协同能力与内涵主要包括资源协同、数据协同、智能协同、应用管理协同、业务管理协同。

资源协同：边缘节点（家庭网关、智能音箱等）提供计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源，隐私类业务对业务间隔离性要求高，一般需要通过虚拟化技术进行计算、存储等资源的隔离，非隐私类业务对业务间隔离性要

求低，一般多业务共享计算、存储等资源；云端提供边缘节点的资源调度管理能力，包括设备、基础设施资源。

数据协同：边缘节点通过丰富的网络、数据接口，采集家庭各类终端、传感器数据，隐私类相关数据在边缘侧分析处理为主，部分数据或数据处理结果经脱敏后可上传云端开展处理与分析；非隐私类数据在云端开展处理与分析为主。

智能协同：边缘节点为云端AI模型训练提供数据输入，实时性要求高、带宽占用高的智能业务建议在边缘节点执行AI推理；AI模型训练一般由云端进行集中训练，并下发边缘节点执行，根据智慧家庭增值服务的类型可形成针对各类业务场景的AI模型。

应用管理协同：边缘节点提供增值应用部署与运行环境，云端实现对边缘侧应用的全生命周期管理。隐私类业务应用（如智能门锁等相关业务）部署在边缘节点为主，云端部署相关统计分析能力；非隐私类业务应用（如家居预测性维护）部署在云侧为主，边缘侧部署相关执行控制能力。

业务管理协同：边缘节点提供边缘应用实例；云端部署应用业务编排能力，按照边缘节点场景化需求实现业务编排。

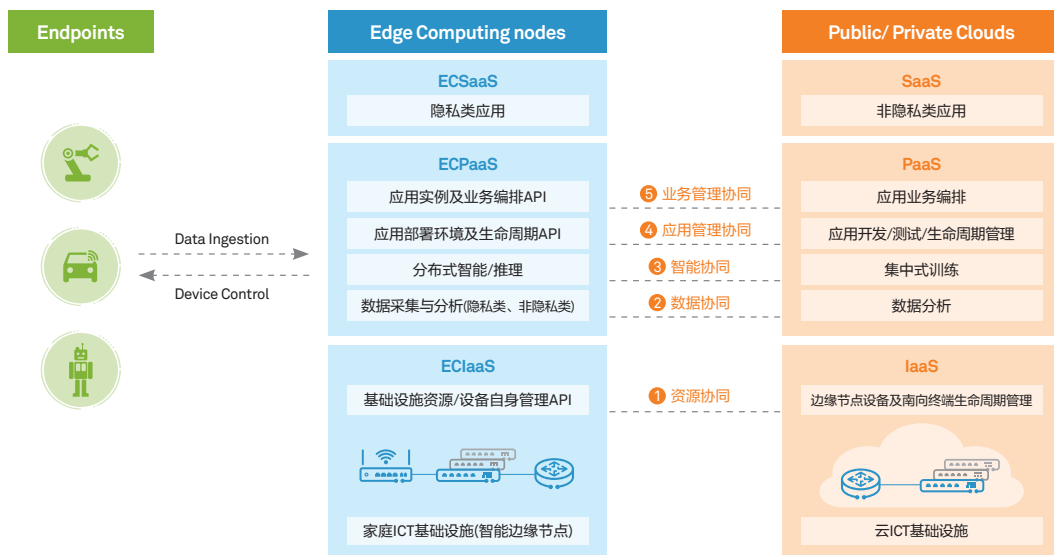


图23：智慧家庭增值服务子场景边云协同能力与内涵

6.3 关键技术

网络切片

网络切片是从运营商网络中划分出的一部分基础设施资源以及网络/业务功能实体形成的虚拟网络及资源池，满足用户在连接、带宽、时延、安全、管理、可靠性等多样化需求。在传统网络“尽力而为”的传输方式下，多种业务流数据在网络中混合传输，相互干扰，无法确保某种业务流的传输需求。网络切片可以将大网资源进行细粒度划分和专用，为不同业务提供定制化的保证能力，如同不同业务都在各自的“专网”上传输，互不干扰，具有专用性、异构性和灵活性等特点：

专用性：网络切片实现网络资源的高隔离性来保证业务间的专用性，并可以提供带宽时延等指标的保证。

异构性：网络切片可以兼容承载网各管理域，形成全网络资源视图，实现端到端编排。

灵活性：网络切片具备随业务需求变化而灵活调整的能力，提供可定制的业务要求和体验。

网络切片的智能化配置

网络切片实施的关键步骤是将用户的实际需求映射为网络质量需求，例如将流畅清晰地播放视频和语音，实现网络设备的即插即用以及保障7天24小时随时在线等需求，映射为网络的平均峰值带宽、时延、抖动以及故障保护等指标，从而使网络切片提供商提供相应专用、隔离、服务可保证的网络切片。同时，可以引入AI技术实现参数映射和迭代优化，更好的满足用户需求。

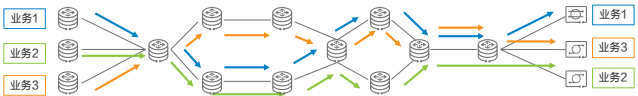


图24: 不同业务在传统网络中大多采用尽力而为的方式进行承载

计算资源与连接资源统筹调度和编排

网络切片可以实现计算资源与连接资源统筹调度和编排，满足垂直行业需求的网络与计算资源一站式服务。传统模式下，用户需要分别向云服务提供者和互联网服务提供者请求IaaS、PaaS、SaaS服务以及VPN、CDN等网络服务。网络切片可以通过服务商提供给用户集成式一体化的端到端服务。

虚拟化技术的编排和多生态承载，以支撑和实现家庭应用

智慧家庭产业链较长，市场主体较多，整个生态方面“碎片化”现象较为严重。边缘网关利用轻量级虚拟化技术，在有限的系统资源池中实现业务的隔离，使不同的生态系统可以承载于同一个边缘节点且互不干扰。同时，边缘网关通过统一开放的API接口，实现节点接口、转发、地址、管理等系统能力的开放，供上层各生态的应用程序灵活调用。

人工智能和大数据，实现用户行为数据分析和家居业务推送等

家庭业务中引入人工智能和大数据系统，主要是为了支撑更好的业务体验，例如通过采集家庭中功耗信息，通过边云协同分析给出合适的节能方案；通过用户的行为偏好制定智能家居业务的流程等。上述体验都需要基于用户个体的数据采集并运用人工智能算法分析从而得到最优的解决方案。

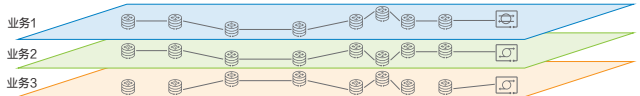


图25: 网络切片为不同业务提供隔离性强的定制化的保证能力



6.4 案例

6.4.1 智能家庭网络管理案例

家庭宽带渗透率越来越高，据宽带发展联盟统计中国2018年家庭宽带普及率将超过80%；同时家庭宽带承载的业务类型越来越丰富，高清视频、游戏、智能家居、VR/AR等业务得到越来越广泛的使用。与此同时，家庭宽带的故障次数大幅度增长，而家庭成员由于受年龄分布、受教育水平、操作经验等限制难以配合运营商维护人员远程处理故障，故障处理的上门率居高不下，导致故障解决时间偏长，客户体验较差，同时运营商也因此耗费了巨大的成本。

通过边云协同的智能家庭网络管理方案，一方面提供即插即用的部署体验，以及智能可视化运行管理，大幅降低上门率，改善客户体验，降低运营商维护成本；一方面，通过网络切片技术为家庭不同业务提供不同网络质量保障，极大提升家庭业务体验。在网络切片能力的帮助下，可以保障家庭成员之间的业务相互间不影响，确保每个人的极致体验：当晚上家人在一起看直播/电视/视频时，家庭的边缘节点只需要切出一片高带宽的网络切片；当家里的孩子去玩游戏时，只需要切出另外一片不需要高带宽但是时延有稳定保障的切片；当孩子去通过VR看直播时，可以提供给他更高带宽以及低时延的切片，上网时又能提供有安全保障的切片。

6.4.2 智慧家居案例

生活节奏越来越快的社会环境下，人们忙于奔波，但是日常的起居家务等繁杂的事务往往给人们较差的生活体验。用户能否从繁杂的家庭事务中解脱出来，在家的时候可以更好的享受休闲生活？

智慧家居方案可以通过边云协同的自动化、智能化体验，为用户带来更好的家居生活体验：在家庭内安装部署

智能家庭网关，对内自动连接家庭内的丰富的家居及传感器，对外自动连接互联网云平台，用户可以选择智能化主动服务的家庭生活，或自己定制家居业务的编排，由智能网关统一进行管理控制。

在用户的授权下，边云协同的智能家居系统将主动学习用户的生活使用习惯，不断优化智能模型，更好的为用户提供智能化服务：客厅、卧室、卫浴、厨房内的家居根据用户的定制化需求，结合晨起、离家、下午归家、休闲、入睡等不同场景，自动智能的帮助用户完成一系列的家庭事务。早晨，卧室可以自动音乐唤醒、开窗、卫浴自动准备洗漱用具，厨房开始自动烤面包；离家时会自动关闭空调等电器，会根据天气选择是否关闭窗户等；下午归家时，安全开门并激活回家模式，自动开灯、推荐食谱、烹饪教学、自动下单购买日常需要等；晚饭后机器人自动打扫卫生、自动开启电视并切换至相应节目等；睡觉前会自动检查并关闭门窗和电器。



图26：边云协同的智慧家居

07 广域接入网络边云协同主场景

广域接入网络边云协同的典型应用是SD-WAN，通过边云协同一方面提升链路资源的综合利用率，降低流量成本，使得普通链路也能达到专线的网络带宽保障；另一方面通过集中式的网络策略配置，最佳路径的自动选择，实现负载均衡，保证了网络质量。同时，可以将基础网络功能通过软件化实现，达到软硬件解耦，为网络服务的快速部署提供了途径。

通过边云协同能力，可以帮助运营商实现对广域接入网络服务的端到端控制，支撑企业客户按需快速构建广域接入网络：一方面提供了丰富的网络管理的API，便于全方位管控，增强客户体验；一方面运营商可以集成vFW、vLB、vRouting、vWoC等增值服务，收益从管道转向软件与服务。

广域接入网络边云协同还能够帮助企业客户节约包括网络部署、维护、升级等成本，实现更便利的定制及灵活调整广域网络，并通过集中式的管控和NFV功能的应用使得网络的质量得到了很好的保障。

广域接入网络边云协同主要包含两大子场景：多业务接入子场景和增值网络业务子场景。

7.1 多业务接入子场景

多业务接入子场景主要为企业分支提供企业互联（总部与分支间）、企业数据中心访问、互联网访问等能力。通过对不同业务流的感知，选择合适的传输方式和路径（基于专线、互联网等），并可以实现多条WAN链路间流量调度忙闲调优。

随着越来越多的企业业务上云（企业数据中心、公有云业务），企业WAN流量快速大幅度增长，多业务接入子场景将得到越来越广泛的应用。

7.1.1 多业务接入子场景边云协同能力与内涵

多业务接入子场景主要涉及企业广域网络快速开通与灵活调整、多业务流识别与策略匹配、网络管理可视化等核心需求，其边云协同能力与内涵主要包括资源协同、业务管理协同。

资源协同：边缘节点提供广域接入网络资源及设备自身管理API，支持按照云端下发的WAN资源流量调度策略调度相关WAN资源；云端通过全网整体流量负载的大数据分析制定流量调度策略，下发给边缘节点执行，并提供自动化配置、远程管理、可视化运维等边缘节点设备生命周期管理能力。

业务管理协同：边缘节点提供WAN应用实例，实现对业务流的自动感知，并通过打标签方式实现不同级别业务流的区分；云端实现业务流策略管理及针对性的网络业务编排，实现不同业务流的QoS全网匹配，从而实现业务流在对应的传输方式和路径上传输。

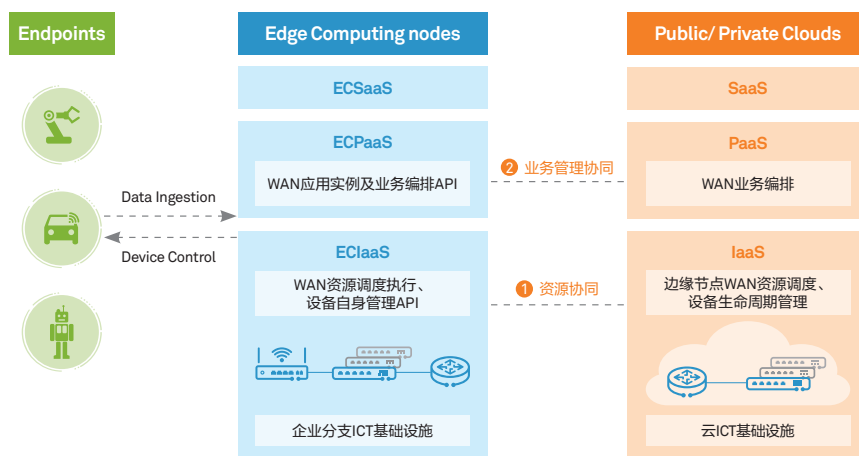


图27：多业务接入子场景边云协同能力与内涵



7.2 增值网络业务子场景

过去的专线接入，硬件和网络功能绑定，在网络部署时边缘设备所具有的功能已经定型，增值网络业务场景基于虚拟化技术可以在uCPE上部署广域加速、安全vFW、网络探针等增值网络业务，为企业客户提供“一站式”广域网接入服务。

7.2.1 增值网络业务子场景边云协同能力与内涵

增值网络业务子场景需要为客户提供“一站式”广域网接入服务，其边云协同能力与内涵主要包括资源协同、应用管理协同、业务管理协同。

资源协同：包括边缘节点为增值网络业务提供的计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源的协同，以及边缘节点设备自身的生命周期管理协同。

涉及前者部分，边缘节点提供基础设施资源，为增值

网络业务提供运行硬件资源环境；云端提供边缘节点基础设施资源管理能力，按需调度部署。

涉及后者部分，边缘节点设备自身需要支持即插即用，同时提供包括部署、状态监控、远程排障、主动优化等API，实现边缘节点设备自身的生命周期自动化管理，另外还需要支持设备运行状态信息数据给云端；云端通过调用API实现对边缘节点设备自身的生命周期管理，另外云端需要实现网络大数据分析，并提供相关优化决策建议，期间实现边缘节点设备可视、可管。

应用管理协同：边缘节点提供网络增值应用部署与运行环境；云端实现对边缘节点增值网络应用的生命周期管理，包括应用的推送、安装、卸载、更新、监控及日志等。

业务管理协同：边缘节点提供增值网络业务应用实例；云端提供增值网络业务的统一业务编排能力，按需提供相关网络增值业务。

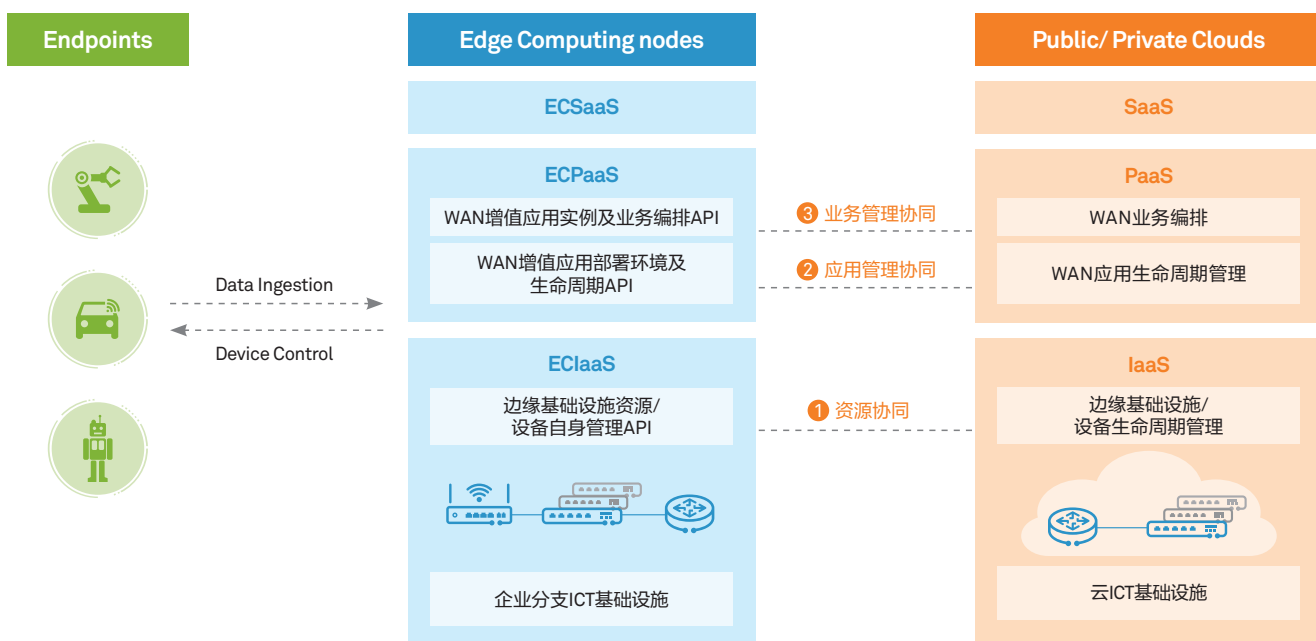


图28：增值网络业务子场景边云协同能力与内涵

7.3 关键技术

虚拟化技术的编排，以支撑和实现网络功能

SD-WAN边缘设备目前的主流形态是uCPE设备，uCPE由在通用硬件的标准操作系统上运行的虚拟网络功能(VNF)组成，理想的uCPE部署需要支持多厂商多组件构建。

SD-WAN可以通过Netconf等网络配置协议进行配置，SD-WAN的控制器支持第三方的BSS/OSS以及APP的交互，以及第三方Orchestrators的交互和对增值网络功能的编排管理。

网络功能DPI、防火墙以及VPN的实现

云端可以根据需要将DPI算法下发至边缘设备作为网络检测的基础，以支持边缘设备防火墙、入侵检测等应用的实现。防火墙部署时会有初始的黑名单或者白名单，当边缘设备访问具体地址而造成黑白名单需要完善或改变时，云端可以实时的对边缘设备的策略进行变更，使与之保持一致。

云端也可以自动编排Overlay隧道，构建属于相同路由域的物理链路及DSVPN隧道，从而利用多条VPN通道实现部门或业务的隔离。首先，在同一租户内，不同部门间可灵活构建虚拟子网。其次，在同一underlay网络下，可以为每个业务网络构建独立的Overlay隧道、Overlay路由协议、流量控制和选路策略。最后，可以通过可视化AC控制器图形界面，灵活配置隔离策略。

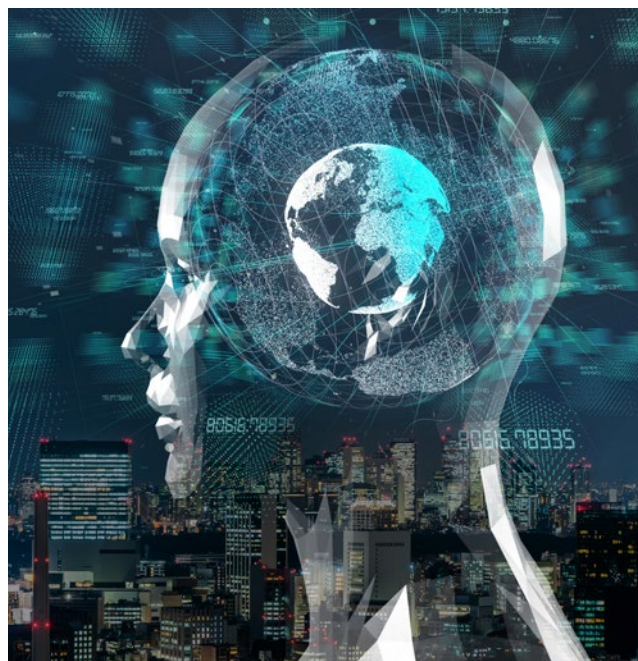
流量分类和QoS映射，建立合适的QoS映射标准

SD-WAN可以实现层次化QoS保障关键应用带宽。云管理平台进行集中QoS策略制订，如Remark DSCP、Car、shaping、Queue Schedule等，再下发到边缘设备做QoS的识别。具体的实现可以分为基于应用的策略和基于VPN的策略。

基于应用的策略要根据IP五元组、应用、DSCP进行分类再将不同流量分配到不同的队列进行优先级调度及带宽限速。基于VPN的策略是为不同VPN占用物理链路总带宽设定比例，并为每个VPN和Overlay隧道间带宽分配比例。

人工智能和大数据算法，实现大网流量的合理调度

大网流量的调度涉及到网络数据特征的分析，是忙闲流量的预测的依据。由于大网网络数据规模太大，很难通过传统的统计算法得出有效的结论。所以可以借助人工智能算法来对网络数据进行分析 and 自学习以提取必要的特征，从而进行建模实现数据预测等功能。





7.4 案例

7.4.1 极致互联体验的SD-WAN案例

某企业作为网络接入服务提供者，在全国部署超过1500个接入节点，在北京、深圳、厦门等都有分支。随着5G、边缘计算、云计算等新业务对广域网络的传输要求不断提高，企业内部分支和总部、其它分支、数据中心云平台之间的交互日益频繁，数据量快速增长。如果通过部署传统的企业专线方案解决该企业客户需求，面临成本昂贵、交付慢、业务缺乏灵活性的问题。例如采用10M的MPLS专线，需要高达上亿元部署成本、上百人力投入以及数月的开通时间。

SD-WAN边云协同解决方案通过通用计算网关(uCPE)、云化可视运维、云端统一业务编排、丰富增值网

络业务VAS等能力，可以构建极致业务体验。单站开通仅需半小时以内，多站点并行开通可在几天之内部署完毕，极大的缩短部署时间和后续的维护成本；与MPLS、MSTP、Internet、LTE其他链路接入方式混合组网，提供多种链路选择节省主网流量，有效降低OPEX；提供6000多种应用特征识别库，为边缘计算网关uCPE提供业务流量识别的基础，使能应用可视、智能选路、基于应用/链路/流量等多维度开展网络智能分析，带宽利用率可以提升30%~50%；开放100多种北向API接口，10多家业务主流VAS，提供“一站式”广域网络接入服务。

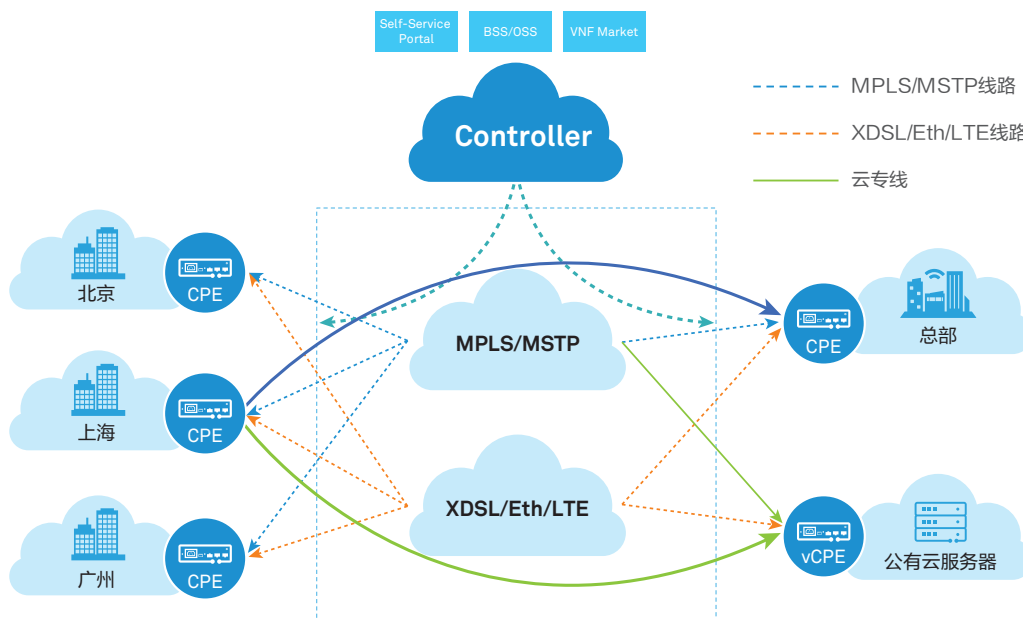


图29：某企业SD-WAN方案

08 边缘云的边云协同主场景

边缘云将云的能力无缝延伸到边缘，以便在本地操作其生成的数据，同时云端提供统一的边缘节点管理、应用管理、大数据分析、持久存储，边缘和云端的数据与服务统一联动，满足高带宽、低时延、本地化处理的业务需求，为企业提供完整的E2E解决方案。

边缘云通常位于工业现场、网络边缘或边缘数据中心，既靠近执行单元，又是云端所需高价值数据的采集单元，可以更好地支撑云端应用的大数据分析；反之，云计算通过大数据分析优化输出的业务规则也可以下发到边缘侧，边缘侧再基于新的业务规则进行业务执行的优化处理。

公有云、私有云的服务商及供应商、企业客户是边缘云的边云协同的主要关系方。边缘云方案通过边云协同促进及使能企业客户数字化改造与转型，并使能原有公有云、私有云服务与方案的应用场景扩展。

边缘云的边云协同场景主要包含两大子场景：边缘云联接子场景、边缘云智能与增值子场景。

8.1 边缘云联接子场景

据IDC统计预测，到2022年将有超过500亿的设备联网。与此同时，一方面海量终端将产生海量数据，现有云难以满足所有数据的处理与存储的需求；一方面海量终端产生的海量数据存在大量的无效数据，需要被识别并区分处理。另外，终端侧的通信协议由于历史原因非常复杂，种类多达成百上千种。显然海量的终端、设备、协议直接与云联接是不现实的。

边缘云联接子场景主要用于实现原有孤立封闭的海量设备接入云，构建其数字化改造与转型的基础。

8.1.1 边缘云联接子场景边云协同能力与内涵

边缘云联接子场景需要一方面解决海量设备联网所涉及的复杂通信协议问题，一方面要解决海量数据的有效性问题的，所以其边云协同的能力与内涵主要包括资源协同、数据协同。

资源协同：边缘云支持广泛的硬件、OS适配性，支持按云端策略调度第三方计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源；云端提供边缘基础设施资源管理能力，通过边缘云按需调度部署边缘第三方基础设施资源。

数据协同：边缘云提供通信协议扩展能力，以匹配复杂的南向终端通信协议，实现现场设备、资产的数据采集，按照规则或数据模型对数据进行初步处理与分析（如Stream Analytics、函数计算等），并将处理结果以及相关数据上传给云端；云端提供海量数据的存储、分析与价值挖掘（如Stream Analytics、函数等），主要的数据处理在云端实施。

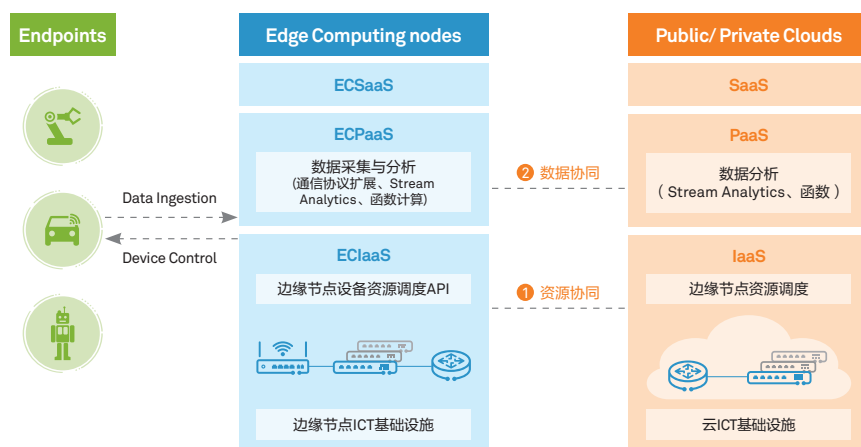


图30：边缘云联接子场景边云协同能力与内涵

8.2 边缘云智能与增值子场景

边缘云通常位于工业现场、网络边缘或边缘数据中心，能够更好的满足时效性、合规性特征的数据处理需求，因此可以在边缘云部署新的匹配低时延、高时效需求的智能与增值应用。另外，基于设备产生的海量数据，可以通过在边缘云部署智能与增值类应用，挖掘数据的深层次价值。

8.2.1 边缘云智能与增值子场景边云协同能力与内涵

边缘云智能与增值子场景主要涉及利用靠近用户侧的低时延高时效特征以及海量数据价值挖掘为客户提供智能与增值类服务，其边云协同能力与内涵主要包括资源协同、数据协同、智能协同、应用管理协同、业务管理协同。

资源协同：边缘云支持广泛的硬件、OS适配性，支持按云端策略调度第三方计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源；云端提供边缘基础设施资源管理能力，通过边缘云按需调度部署边缘第三方基础设施资源。

数据协同：边缘云提供通信协议扩展能力，以匹配复杂的南向终端通信协议，实现现场设备、资产的数据采

集，按照规则或数据模型对数据进行初步处理与分析（如Stream Analytics、函数计算等），并将处理结果以及相关数据上传给云端；云端提供海量数据的存储、分析与价值挖掘（如Stream Analytics、函数等），主要的数据处理在云端实施。

智能协同：边缘云为云端AI模型训练提供数据输入，负责AI在边缘侧的推理执行，并将执行结果反馈给云端；云端基于边缘云上传的实时数据、历史数据、AI执行反馈等信息开展集中式AI模型训练。考虑到资源约束性，在边缘节点部署AI芯片或模块将极大提升智能协同效率。

应用管理协同：边缘云协同第三方硬件平台提供边缘应用及应用模块部署与运行环境；云端实现对边缘应用及应用模块的生命周期管理（推送、安装、卸载、更新、扩展、监控和日志采集等）。

业务管理协同：边缘云平台协同第三方硬件平台提供各种应用/应用模块实例，以及业务编排API，或者基于Serverless能力按需调用云端函数计算能力，服务完成后释放相关资源；云端根据业务需求实现统一的业务编排，或者通过Serverless能力提供基于函数计算的业务应用。

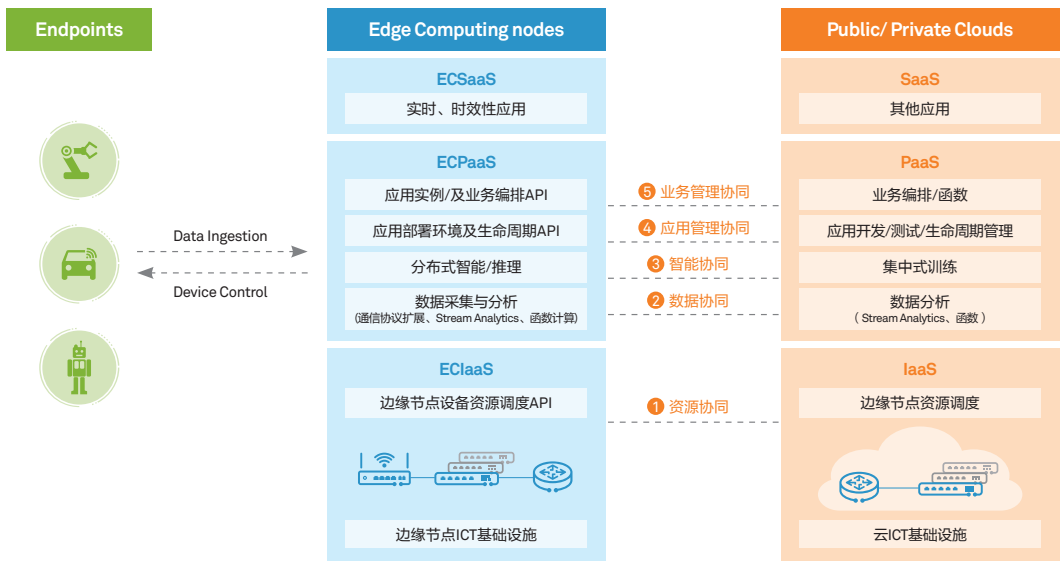


图31：边缘云智能与增值子场景边云协同能力与内涵



8.3 关键技术

实现边缘云的边云协同需要考虑硬件无关性、Serverless Computing、数字孪生、Stream Analytics、AI及大数据算法、轻量级容器等能力。

硬件无关性

主要考虑对主流的多种边缘操作系统的支持，如Linux、Windows，及相应的实时版本。还需要考虑对多种芯片架构支持，如X86、ARM、RISC-V。

Serverless Computing

Serverless Computing是近年兴起的一种云计算

的执行模型，指的是由开发者实现的服务端逻辑运行在无状态的计算容器中，它由事件触发，完全被第三方管理，其业务层面的状态则被开发者使用的数据库和存储资源所记录。Serverless Computing实现了细颗粒度的计算资源分配，无需预先分配计算资源，按需使用，按需计费，能够更好的适用于事件触发、流量突发、大数据处理等场景。

在Serverless架构下，边缘向云端按需订阅和调用相关服务，云端创建可运行于边缘云的服务、应用，随时向边缘进行推送、更新，实现一次开发，云端与边缘同时适配。





8.4 案例

8.4.1 工业视觉AI质检案例

传统的工业生产制造主要采用人工肉眼检测产品表面的缺陷，在检测过程中人眼并不能保证始终在同一标准下质检，且质检员的工作状态也会影响质检结果，因此人眼质检的方案不仅使得检测产品速度慢、效率低下，而且容易导致误检、漏检等问题。而传统的机器视觉质检由于模型固定，只能检测固定类型的质量问题。

与AI结合的机器视觉质检通过对大量图形的学习建模，持续的优化更新质检模型，可以大幅提高准确率和质检效率。但是独立的边缘计算，或者云计算方案都无法很好的满足工业视觉质检场景。要实现AI能力需要部署大量的本地计算、存储资源，成本高企导致独立边缘计算方案实际部署的可行性较低；而独立云计算方案虽然可以解决AI部署的成本问题，但对承载网络带宽要求高，对故障识

别的响应延时高，且存在企业生产关键数据的安全问题，亦不具备实际部署的可能性。

基于边云协同的工业视觉质检方案能够很好的解决上述挑战。某LED面板生产线部署的边云协同的工业视觉质检方案如下：

- » 为保证质量，每个面板需从多角度拍照，每片20张照片，云端训练建模
- » 边缘侧每天需要处理20*300K高清图片
- » 生产线需要处理不同型号、尺寸的产品
- » 保护商业秘密，在边缘端处理生产数据是客户的关键需求

实施上述方案后，LED面板设备成品率得到大幅度改善，高达99.2%。

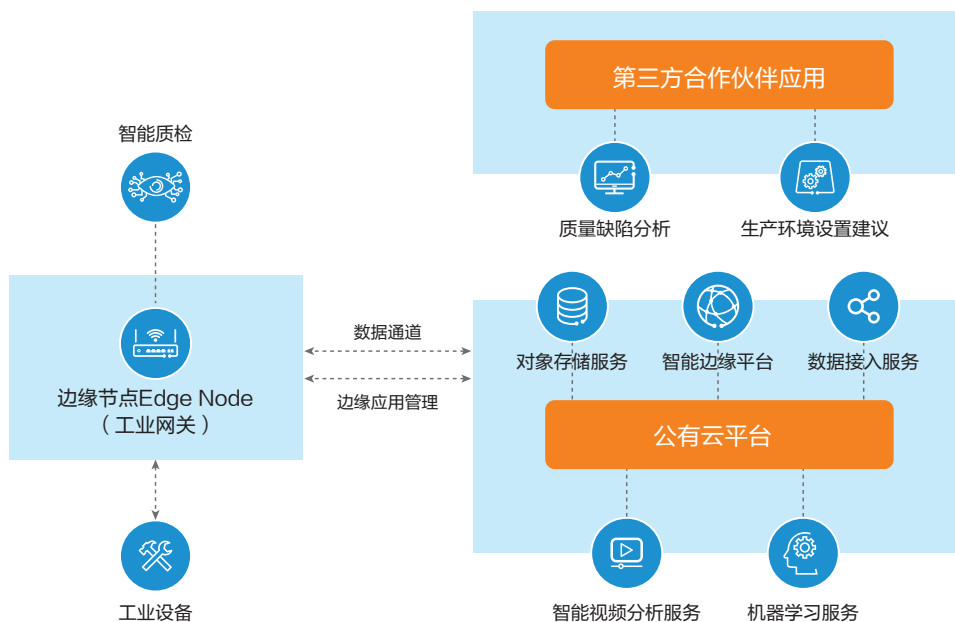


图32：边云协同的工业视觉AI质检方案

09 MEC边云协同主场景

多接入边缘计算（MEC）将密集型计算任务迁移到附近的网络边缘服务器，降低核心网和传输网的拥塞与负担，减缓网络带宽压力，实现低时延，带来高带宽，提高万物互联时代数据处理效率，能够快速响应用户请求并提升服务质量；同时通过网络能力开放，应用还能实时调用访问网络信息，有助于应用体验的提升。

MEC在组网上与传统网络的本质变化是控制面与用户面的分离，一般控制面集中部署在云端，用户面根据不同的业务需求下沉到接入侧或区域汇聚侧。用户面下沉的同时，根据业务具体需要可以将云服务环境、计算、存储、网络、加速等资源部署到网络边缘侧，实现各类应用和网络更紧密的结合，用户也将获取更为丰富的网络资源和业务服务。

MEC边云协同能够更好的支撑强调视频、图像辨识处理或者对网络低时延高带宽要求苛刻的各类新应用场景业务的实现，如自动驾驶、无人机、AR/VR、智慧城市，支撑运营商逐渐从管道提供商转变为产业整合商，最终成为业务提供商；同时客户利用MEC边云协同能力，能够根据网络边缘侧更加详细的无线网络条件对各项指标进行优化，利用运营商提供的丰富边缘资源做业务定制化开发，从而大幅提升业务性能，最终实现商业价值。MEC边云协同能力的应用实现了运营商和客户的双赢，是必然发展方向。

MEC边云协同主要包括两类子场景：本地分流子场景、网络能力开放子场景。

9.1 本地分流子场景

本地分流场景可以把一部分业务流导向到本地网络而不绕经核心网上至Internet，如园区网、校园网；或者分流到部署在边缘业务平台上的应用中，在本地进行实时处理和分析，如本地视频监控。

从运营商角度来看，本地分流的值主要体现在减轻网络负担。本地分流可以极大的缓解大流量业务对传输带宽压力，有效的减少业务流量对核心网和骨干网的占用，实现业务低时延及高带宽，提升整体网络效率。

对于最终用户而言，本地分流的值体现在网络的低时延、高带宽可以有效优化业务体验。一方面本地分流场景具有较强的地域性，业务提供商可以针对地域片区内的用户提供定制化的业务及优化方案，如：视频片源的高清度、播放优先级、内容缓存等；其次，由于业务数据流均不上至Internet而改为本地处理，带宽租赁成本大幅度降低，业务请求时延也大幅度降低。

对于OTT类业务提供商而言，MEC本地分流的引入可以实现成本的降低和业务质量提升的双重效果。

本地分流方案适合eMBB大带宽和大流量类业务，这类业务并发性较强，网络负担较重，典型应用场景包括：vCDN、大视频（4K/8K）、AR/VR、视频监控、云游戏、企业/校园专网等。

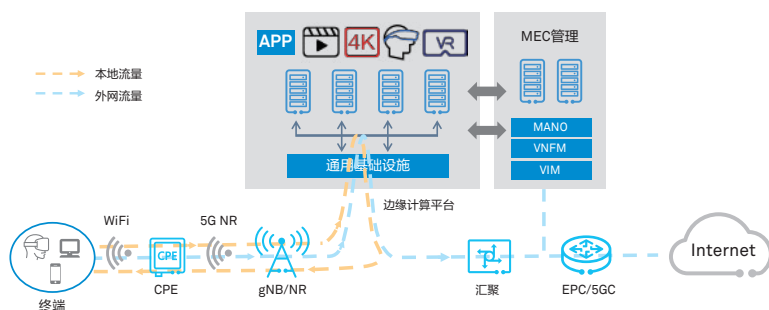


图33：MEC本地分流子场景

9.1.1 本地分流子场景边云协同能力与内涵

本地分流子场景主要涉及业务流识别、本地业务提供、计费运营等需求，所以其边云协同能力与内涵主要包括资源协同、数据协同、应用管理协同、业务管理协同。

资源协同：主要包括计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源调度管理的协同以及相关基础设施资源使用的运营协同（包括计费、本地分流业务现状监测、动态调整本地分流策略等），未来还会包括特定场景下加速资源、GPU等资源的协同。网络资源以无线资源为主，对实时性、确定性要求高，如LTE/5G等。

在基础设施资源调度管理方面，由于MEC的边缘节点资源相对丰富，所以边缘节点和云端同时具备资源管理能力，边缘节点负责对边缘基础设施资源管理，同时受控于云端资源管理。云端负责对整个覆盖区域内的基础设施资源的整体调度和管理。

在基础设施资源运营方面，边缘节点负责提供计费原始信息，同时需要提供动态监测本地分流业务现状（带宽

占用、业务质量感知等）的能力，并执行云端下发的本地分流策略。边缘节点支持网络切片，根据业务部署情况与业务的特殊需求，定制网络切片。各类业务如V2X、工业互联网、移动性场景等对时延、带宽、安全性和可靠性等的需求都不一样，支持各类网络切片是MEC必备的能力，以体现MEC对各类场景均具备适用性；云端实现业务计费，并根据边缘节点本地分流业务现状开展智能分析，智能优化调整本地分流策略。

数据协同：针对不同业务类型，边缘节点与云端的数据协同需求因业务类型不同有差异。

针对从云到用户以单向推送流为主的业务，如视频点播，这类业务对MEC的主要诉求是降低时延提升客户体验，边缘节点需要按照云端策略提供部分业务/数据缓存能力，以降低时延。

针对从用户到云单向回传类为主的业务，如本地视频监控，这类业务对边缘节点的主要诉求是降低上行带宽的

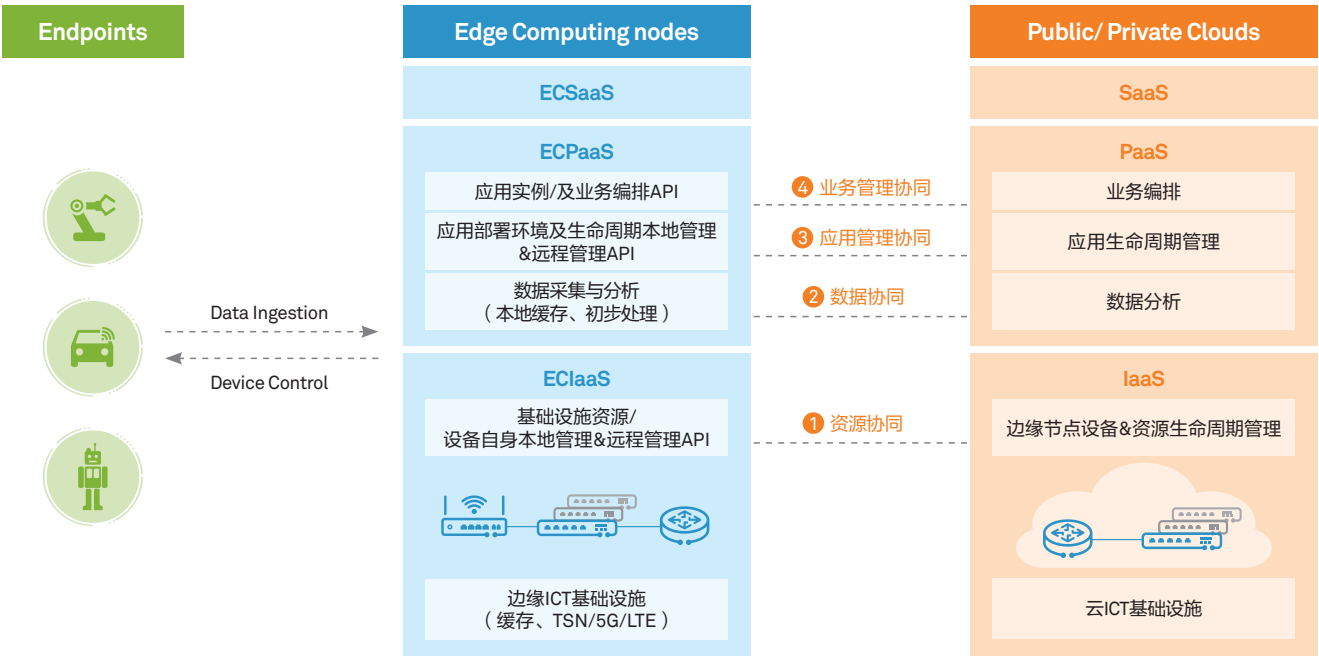


图34：本地分流子场景边云协同能力与内涵



9.2 网络能力开放子场景

需求以降低成本，MEC需要在本地对数据做初步处理与分析，并按照云端策略将部分数据上传给云处理与分析，从而减少对回传带宽的需求，并分担云处理能力的压力。

针对双向互动类业务，比如VR/AR、云游戏等，这类业务对边缘节点的主要诉求希望既降低带宽又能保障低时延，MEC需要根据云端策略，提供业务/数据缓存能力以及数据初步处理与分析能力，并按云端需求将部分数据上传给云处理与分析。

应用管理协同：边缘节点提供应用部署与运行环境，并对本节点多个应用的生命周期进行管理调度；云端主要提供应用开发、测试环境，以及应用的生命周期管理能力。

业务管理协同：边缘节点提供模块化、微服务化的应用/网络等业务实例；云端主要提供按照客户需求实现应用/网络等的业务编排能力。

由于边缘计算业务平台存在地域上的广泛性，因此结合各类业务的特定需求，边缘计算业务平台不仅提供各种基础服务能力保证业务的正常运转，还在ETSI标准规范的基础上，通过制定MEC-Enabled API规范，对外提供通用的能力开放框架，服务于第三方应用，并对其进行管理。

运营商通过网络能力开放，可以提升通信网络的各类底层信息的价值。当前运营商网络中产生的大量数据并没有得到很好的利用，包括位置信息、无线网络信息条件、服务质量信息等。运营商可以利用这些信息针对边缘侧进行业务开发和运营或将这些数据信息打包以API的形式提供给第三方APP以优化其性能与体验。数以万计的边缘数据中心是运营商相对于OTT的绝佳优势资源，使得边缘计算具有广阔的应用空间，运营商手中大量的无线网络数据是支撑运营商数字化转型的有力武器。

网络能力开放子场景的典型应用包括：位置服务、无线网络信息服务、带宽管理服务、QoS服务等。



图35：MEC网络能力开放子场景

9.2.1 网络能力开放子场景边云协同能力与内涵

网络能力开放子场景主要涉及网络能力的开放以及相应的运营管理，所以其边云协同能力与内涵主要包括资源协同、业务管理协同。

资源协同：主要指边缘节点网络能力资源使用相关的运营协同，包括计费、API调用现状监测、API调用策略等。边缘侧提供API使用量计费原始信息，云侧执行计费；边缘侧动态监测各应用使用相关API的现状（如网络资源占用情况），并执行云侧下发的API提供策略，云侧根据边缘侧API现状开展分析，智能调整优化API调用策略。

业务管理协同：边缘节点提供Location API、QoS Control API、Data Plane API (转发规则与流量控制)、RNIS等API，实现网络资源与能力开放；云端制定相关业务编排策略，按需编排相关业务逻辑。

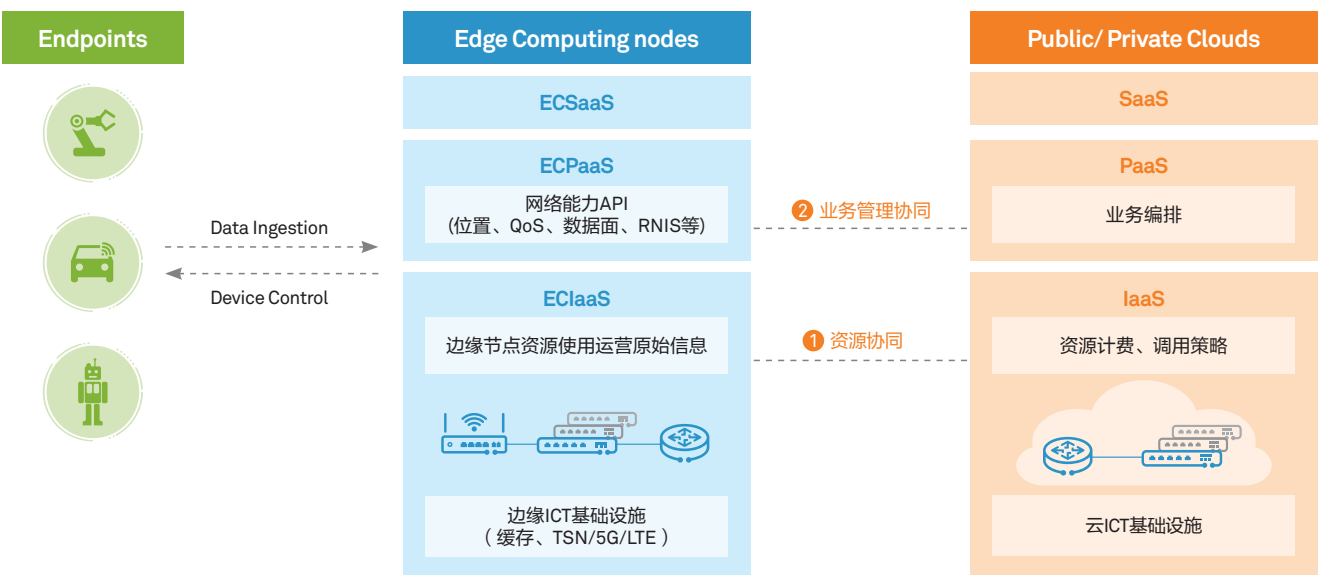


图36：网络能力开放子场景边云协同能力与内涵

9.3 关键技术

网络能力原子化封装

网络能力原子化封装，是将各类网络能力以微服务和微模块的方式对外展现。微服务架构风格是一种使用一套小服务来开发单个应用的方式途径，每个服务运行在自己的进程中，并使用轻量级机制通信，通常是HTTP API，这些服务基于业务能力构建，并能够通过自动化部署机制来

独立部署，这些服务使用不同的编程语言实现，以及不同数据存储技术，并保持最低限度的集中式管理。

网络能力原子化封装更加精细，更多的以独立进程的方式存在，互相之间并无影响。网络能力原子化封装提供的接口方式更加通用化，例如HTTP RESTful方式，各种终端都可以调用，无关语言、平台限制；网络能力原子化封



装更倾向于分布式去中心化的部署方式，在互联网业务场景下更适合；网络能力原子化封装属于典型的、包含松耦合分布式组件的系统结构。

网络及虚拟化技术的编排

网络及虚拟化编排主要涉及到通信运营商类网元的各项功能和APP的管理编排。对于传统的MANO，只能管理满足ETSI-NFV规范的VNF：

NFVO：基于统一云管平台的授权，对授权的资源进行统一管理和编排，完成资源及业务的定义、协同调度及生命周期管理，使能业务快速上线。

VNFM：负责VNF网元的生命周期管理，包括VNF网元的创建、修改、删除、弹性扩缩容等。

而在边缘业务平台上，不仅可以部署VNF，还需要部署第三方的边缘应用。对于业务和APP的管理编排，传统的MANO无法实现，需要新增编排模块MEPO和MEPM：

MEP-O：与NFVO共同协作，完成应用版本包的管理（如版本包的加载、查询、使能、禁止和删除），以及对应用的生命期进行辅助管理。

MEP-M：实现对边缘业务平台的网元管理、边缘应用规则、需求管理（例如Traffic Rules、DNS Rules）生命周期管理。

5G

随着4G与光纤通讯的商用化普及，人类已开始习惯于宽带服务与丰富应用带来的信息便利，并渴望更逼真丰富的交互体验。同时，伴随物联网的快速发展，原本独立分割的行业设备将逐步互联，提升综合效率。因此，未来信息社会注定将呈现十分多样化的需求。3GPP顺应时代潮流，通过5G移动网络研究率先定义了三大应用场景，即eMBB（增强移动宽带）、mMTC（海量机器类通信）和uRLLC（超可靠低时延通信）。

9.4 案例

9.4.1 边缘流媒体案例

AR、VR、4K/8K视频以及云游戏业务是典型的eMBB场景，这些eMBB场景对带宽占用较大，同时如果按照传统业务处理方式，大业务流仍然上至汇聚层和核心网，将增加业务处理时延，最终导致用户体验较差。

通过边缘流媒体解决方案，在本地部署MEC边缘业务平台，使得覆盖范围内的相关业务处理均可以在本地直接完成而无需将业务流上至汇聚层与核心网，将大幅降低业务处理时延，极大提升用户体验，同时也减少对核心网和城域网的流量冲击。

同时，MEC边缘业务平台对各类流媒体业务APP的部署非常友好，无需APP进行定制化开发，非常适合应用的快速部署和迭代。另外，MEC管理平台部署在本地或区域DC，可以对更大范围内的MEC业务平台进行编排和部署，实现资源和业务的有效管理和调用。

该案例中边云协同的主要内容包括：业务分流规则建立、云端与边缘侧管理编排协同、RNIS等网络能力开放。

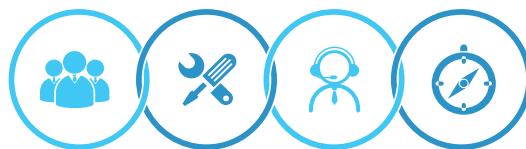
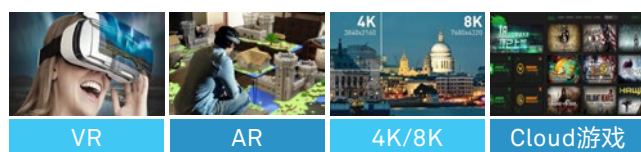


图37：边缘流媒体业务



9.4.2 边缘视频安防监控案例

传统方式的监控部署需要将监控视频通过承载网和核心网传输至云端或服务器进行存储和处理，这不仅加重了网络的负载，业务的端到端时延也难以得到有效的保障。

边缘视频安防监控方案由MEC边缘平台+移动高速无线摄像头+IoT设备+前端应用APP等系列套件组成。移动高速摄像头采用无线接入方式，可以保证安装灵活，不受管线资源限制。通过MEC边缘业务平台将监控数据分流到网络边缘，可实现边缘处理，时延低稳定性好。

MEC边缘业务平台可以对上传的监控视频进行本地存储，或者被云端控制中心调度至监控中心。此外，通过和AI人工智能相结合，在边缘业务平台上搭载AI视频分析和预处理模块。Central-Cloud（云计算中心）执行AI的Training任务，边缘云执行AI的Inference，本地决策、实时响应，可实现人脸识别、表情识别、行为检测、轨迹跟踪、热点管理等多种典型应用。

该案例中边云协同的主要内容包括：AI人工智能算法处理，大数据分析 with 数据清洗，业务编排与调度。



图38：边缘视频安防监控

10 附录

10.1 缩略语表

序号	缩略语	英文名称	中文名称
1	4G/5G	the 4 th /5 th generation mobile networks	第四代/第五代移动通信系统
2	AI	Artificial Intelligence	人工智能
3	AI	Alliance of Industrial Internet	工业互联网产业联盟
4	API	Application Programming Interface	应用程序接口
5	AR	Augmented Reality	增强现实
6	CDN	Content Delivery Network	内容分发网络
7	CNC	Computer Numerical Control	数控机床
8	CPS	Cyber Physical System	信息物理系统
9	CPU	Central Processing Unit	中央处理器
10	CT	Communication Technology	通信技术
11	DCS	Distributed Control System	分布式控制系统
12	DSCP	Differentiated Services Code Point	差分服务代码点
13	ECC	Edge Computing Consortium	边缘计算产业联盟
14	ECN	Edge Computing Node	边缘计算节点
15	EC-IaaS	Edge Computing Infrastructure as a Service	边缘基础设施即服务
16	EC-PaaS	Edge Computing Platform as a Service	边缘平台即服务
17	EC-SaaS	Edge Computing Software as a Service	边缘软件即服务
18	ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划
19	E2E	End to End	端到端
20	HC	Huawei Connect	华为全联接大会
21	HMI	Human Machine Interface	人机界面接口

序号	缩略语	英文名称	中文名称
22	IaaS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
23	ICT	Information and Communication Technology	信息通信技术
24	IEF	Intelligent Edge Fabric	智能边缘平台
25	IIC	The Industrial Internet Consortium	美国工业互联网产业联盟
26	IT	Information Technology	信息技术
27	KPI	Key Performance Indicator	关键绩效指标
28	MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
29	MES	Manufacturing execution systems	制造执行系统
30	MPLS	Multi-Protocol Label Switching	多协议标签交换
31	NB-IoT	Narrow Band Internet of Things	窄带物联网
32	NFV	Network Function Virtualization	网络功能虚拟化
33	OEE	Overall Equipment Effectiveness	整体设备效率
34	OICT	OT & ICT	运营技术与信息通信技术
35	OPC A&E	OPC Alarms and Events	OPC 报警与事件
36	OPC DA	OPC Data Access	OPC数据访问
37	OPC HDA	OPC Historical Data Access	OPC历史数据访问
38	OPC UA	OPC Unified Architecture	OPC统一架构
39	OS	Operating System	操作系统
40	OT	Operation Technology	运营技术
41	OTT	Over The Top	
42	PaaS	Platform as a Service	平台即服务



序号	缩略语	英文名称	中文名称
43	PLC	Power Line Communication	电力线通信
44	PLC	Programmable Logic Controller	可编程控制器
45	QoS	Quality of Service	服务质量
46	RTOS	Real Time Operation System	实时操作系统
47	SaaS	Software as a Service	软件即服务
48	SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监控系统
49	SDN	Software-Defined Networking	软件定义网络
50	SD-WAN	Software-Defined Wide Area Networking	软件定义广域网
51	TPU	Tensor Processing Unit	张量处理器
52	TSDB	Time Series Database	时序数据库
53	TSN	Time-Sensitive Networking	实时网络
54	uCPE	Universal Customer Premise Equipment	通用客户侧设备
55	VAS	Value-added Service	增值服务
56	vFW	Virtual Firewall	虚拟防火墙
57	vLB	Virtual Load Balance	虚拟负载均衡
58	vPLC	Virtual Programmable Logic Controller	虚拟可编程控制器
59	vWoC	Virtual WAN Optimization Controller	虚拟广域网优化控制器
60	VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网络
61	V2X	Vehicle to Everything	车辆到一切
62	VR	Virtual Reality	虚拟现实
63	WLAN	Wireless Local Area Network	无线接入网络



10.2 参考文献

- 01 Margaret Chiosi, AT&T, Don Clarke, Peter Willis, Andy Reid, BT, Dr. Chunfeng Cui, Dr. Hui Deng, China Mobile, ect. “Network Functions Virtualization – Introductory White Paper”
- 02 Weisong Shi, Fellow, IEEE, Jie Cao, Student Member, IEEE, Quan Zhang, Student Member, IEEE, Youhuizi Li, and Lanyu Xu, “Edge Computing: Vision and Challenges”
- 03 IEC Vertical Edge Intelligence Whitepaper, <http://www.iec.ch/whitepaper/edgeintelligence>
- 04 中国联通边缘业务平台架构及产业生态白皮书
- 05 中国移动 移动边缘计算白皮书（2017版）
- 06 OPC Unified Architecture Specification – Part 1: Overview and Concepts. OPC Foundation
- 07 IEEE Time-Sensitive Networking Task Group, <http://www.ieee802.org/1/pages/tsn.html>
- 08 Software-Defined Networking (SDN) Definition, <https://www.opennetworking.org/sdn-definition/>
- 09 Open Container Initiative, <https://www.opencontainers.org/about.html>
- 10 Vertical Edge Intelligence white paper, http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/IEC_WP_Edge_Intelligence.pdf
- 11 ETSI MEC <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing>
- 12 Gartner Report: Top 10 Strategic Technology Trends for 2018: Cloud to the Edge
- 13 Gartner IT基础架构、运营管理与数据中心大会（2017年12月）发布的调研数据
- 14 Siemens Industrial Edge官网 <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/topic-areas/industrial-edge.html>



版权所有 ©

本白皮书版权属于边缘计算产业联盟与工业互联网产业联盟共同所有，本文档包含受版权保护的内容，非经本联盟书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



为边缘计算产业联盟（ECC）的商标。



为工业互联网产业联盟（AII）的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

边缘计算产业联盟

地址：北京市海淀区上地十街辉煌国际5号楼1416

邮编：100085

网址：<http://www.eccconsortium.org>

邮箱：info@eccconsortium.net

电话：010-57116299

工业互联网产业联盟

地址：北京市海淀区花园北路52号

邮编：100191

网址：<http://www.aii-alliance.org>

邮箱：aii@caict.ac.cn

电话：010-62305887