

边缘计算与云计算协同 白皮书2.0

边缘计算产业联盟 (ECC) 与工业互联网产业联盟 (AII) 联合发布
2020 年 12 月

边缘计算产业联盟 (ECC)

参与编写单位与人员：

(排名不分先后，以单位名称字母排序)：

北京金山云网络技术有限公司：

田江波、斯文、皮丽华、田若宸

华为技术有限公司：

阮斌锋、王晨凌、张琦、赵然、欧争光、翁志强、黄还青

佳讯飞鸿(北京)智能科技研究院有限公司：

李斌、张鑫

平安国际智慧城市科技股份有限公司：

曹锋铭 曾婷 刘桐语

青岛海尔工业智能研究院有限公司：

鲁效平、黄玉宝、孙明

全球能源互联网研究院有限公司：

陈江琦、张希、郑晓崑、赵婷

沈阳新松机器人自动化股份有限公司：

王晓峰、梁亮、王紫微

特斯联科技集团有限公司：

曹晓兵、刘安

腾讯云计算(北京)有限公司：

唐云兵、贾玄、刘海涛

中国联通集团通信有限公司：

陈丹、肖羽、贾智宇、毋涛

中国信息通信研究院：

时晓光、王哲

中国移动通信集团浙江有限公司：

李志勇

中国移动通信有限公司研究院：

温亮生、张晓秋

中移(上海)信息通信科技有限公司：

罗刚毅

缀初网络技术(上海)有限公司：

王靖、刘峰、李杨



CONTENTS

目录

1 边云协同已经成为产业共识	01
1.1 边缘计算 2.0	01
1.2 边云协同概念	02
1.3 边云协同产业实践	04
1.3.1 云边缘	04
1.3.2 边缘云	05
1.3.3 新基建与边缘计算	06
2 边云协同 2.0 参考架构及技术体系	07
2.1 应用协同	09
2.1.1 综述	09
2.1.2 关键挑战	09
2.1.3 整体架构	10
2.1.4 关键技术	11
2.2 服务协同	13
2.2.1 综述	13
2.2.2 关键挑战	14
2.2.3 整体架构	14
2.2.4 关键技术	15
2.3 资源协同	22
2.3.1 综述	22
2.3.2 挑战	22
2.3.3 整体架构	22
2.3.4 关键技术	23
3 商业实践案例	27
3.1 平安国际：基于智能视觉的明厨亮灶边云协同案例	27
3.2 海尔：基于边云协同 AI 的质检案例	29
3.3 全球能源互联网研究院：基于边云协同的变电巡视图像视频监测应用	30
3.4 佳讯飞鸿：基于边云协同技术的高速铁路综合运维一体化管理平台	32
3.5 腾讯：智能交通	34
3.6 腾讯：边缘计算赋能智慧零售	35
3.7 移动：边云协同在某国家级工业互联网中心实现数据采集和分析的应用案例	36
3.8 金山云：基于云边协同的智能路由器网络优化案例	37
3.9 PPIO：基于 P2P 技术的高性价比边缘 CDN 方案	38



01

边云协同 已经成为产业共识

1.1 边缘计算 2.0

边缘计算产业联盟（ECC）2017年发布的《边缘计算参考架构 1.0》中给出了边缘计算 1.0 的定义。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。它从边缘计算的位置、能力与价值等维度给出定义，在边缘计算产业发展的初期有效牵引产业共识，推动边缘计算产业的发展。

随着边缘计算产业的发展逐步从产业共识走向落地实践，边缘计算的主要落地形态、技术能力发展方向、软硬件平台的关键能力等问题逐渐成为产业界的关注焦点，边缘计算 2.0 应运而生。

边缘计算 2.0：边缘计算主要包括云边缘、边缘云和边缘网关三类落地形态；以“边云协同”和“边缘智能”为核心能力发展方向；软件平台需要考虑导入云理念、云架构、云技术，提供端到端实时、协同式智能、可信赖、可动态重置等能力；硬件平台需要考虑异构计算能力，如鲲鹏、ARM、X86、GPU、NPU、FPGA 等。

云边缘：云边缘形态的边缘计算，是中心云服务在边缘侧的延伸，逻辑上仍是中心云服务的一部分，主要的能力提供及核心业务逻辑的处理依赖于中心云服务或需要与中心云服务紧密协同。如华为云提供的 IEF 解决方案、阿里云提供的 Link Edge 解决方案、AWS 提供的 Greengrass 解决方案等均属于此类。

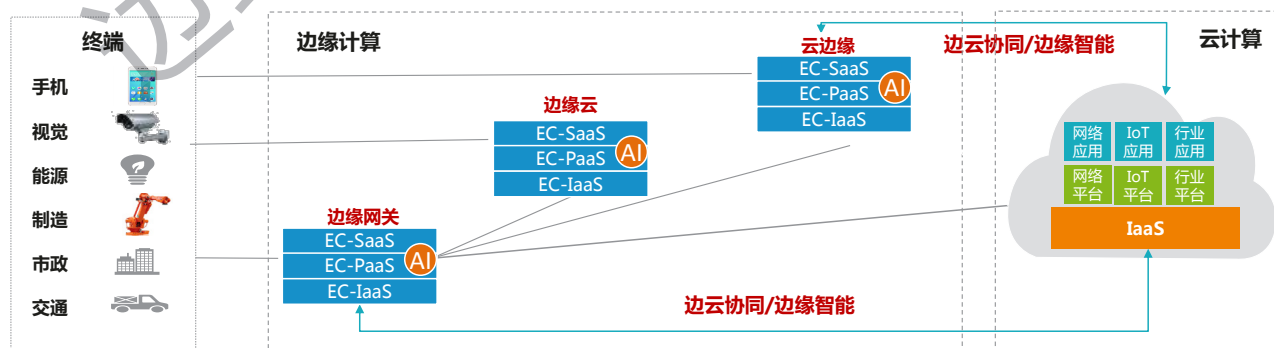


图 1 边缘计算 2.0

边缘云：边缘云形态的边缘计算，是在边缘侧构建中小规模云服务或类云服务能力，主要的能力提供及核心业务逻辑的处理主要依赖于边缘云；中心云服务主要提供边缘云的管理调度能力。如多接入边缘计算（MEC）、CDN、华为云提供的 IEC 解决方案等均属于此类。

边缘网关：边缘网关形态的边缘计算，以云化技术与能力重构原有嵌入式网关系统，并在边缘侧提供协议 / 接口转换、边缘计算等能力，部署在云侧的控制器提供边缘节点的资源调度、应用管理与业务编排等能力。

1.2 边云协同概念

边云协同放大各自价值

边缘计算的 CROSS（Connectivity 连接、Realtime 实时、Optimization 数据优化、Smart 智能、Security 安全）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）。

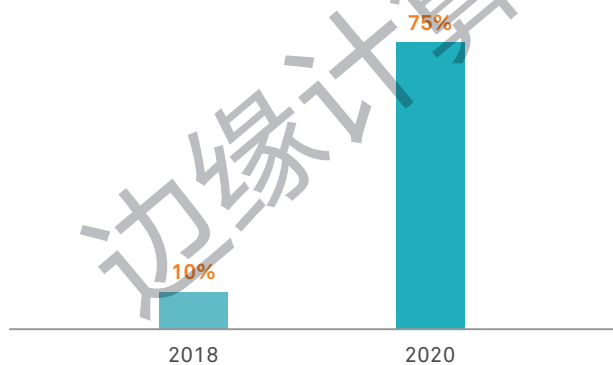


图 2 企业生成数据在集中式 DC 或云端之外创建和处理的比列

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）。

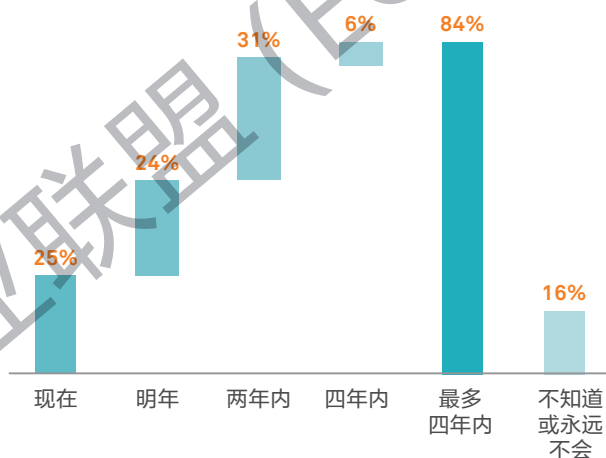


图 3 边缘计算何时会成为您企业规划的一部分？

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。

边云协同 1.0：三层六类边云协同内涵

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。

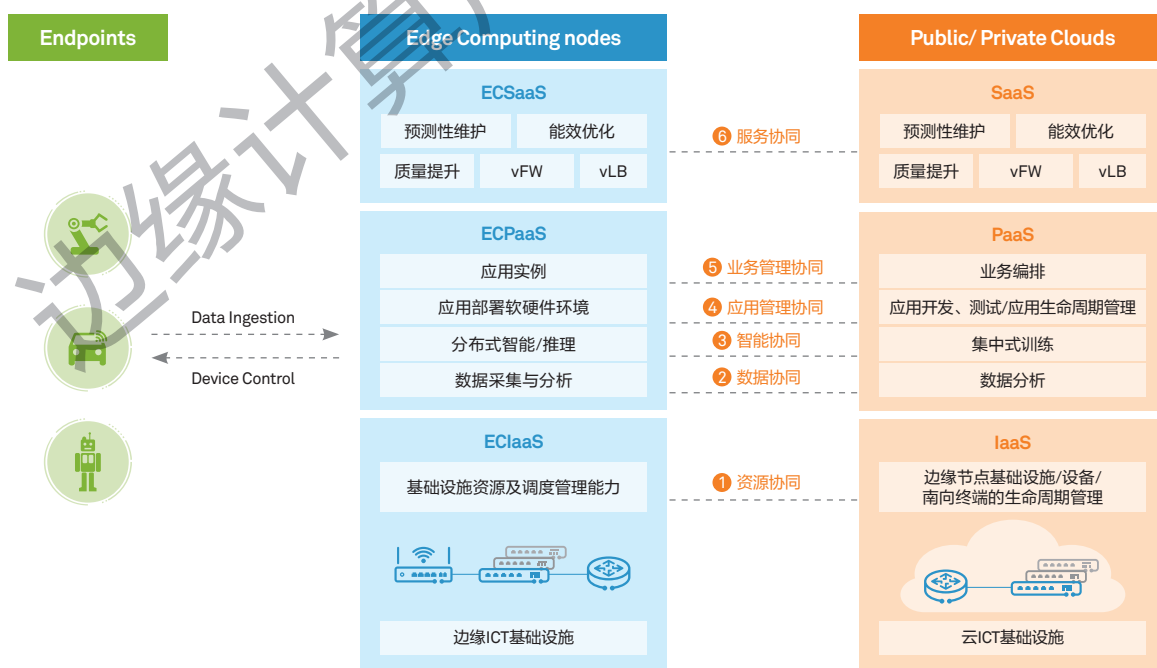
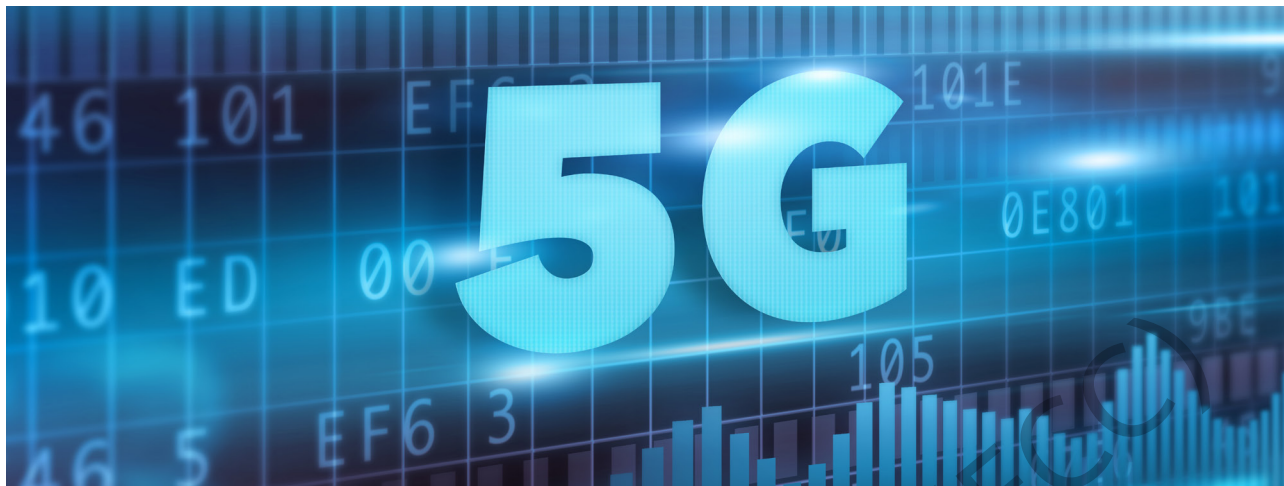


图 4 边云协同总体能力与内涵



1.3 边云协同产业实践

1.3.1 云边缘

OTT 玩家是云边缘的典型代表角色,主要包括AWS、微软、Google、阿里、腾讯、华为云等公司,依靠本身公有云的力量和现有产业合作伙伴,将公有云能力下沉至边缘数据中心、用户数据中心以及边缘设备,形成边缘基础设施服务、IoT 服务、边缘数据存储/迁移服务等,实现云边协同。OTT 根据自身发展情况,逐步补齐产品矩阵。

随着 5G 的大规模部署,OTT 越来越重视与运营商合作的边缘计算。国外运营商在 5G 和边缘计算与 OTT 紧密合作,并逐步放弃自身云战略,共享 5G 带来的红利。ATT、Verizon、Vodafone、SK、KDDI 等均与 AWS、Azure、Google Cloud 达成技术或者运营方面的合作。国内部分 OTT 参与联通、广电的混改,使得运营商与 OTT 在云方面的合作变成可能。

OTT 不完全具备 5G 相关能力,由于 5G 的技术门槛高,所以 OTT 与 5G 设备商以及解决方案供应商合作是必选路线。AWS 与 Ericsson、NEC、Nokia 开展技术合作、Azure 与 Mavenir、Nokia、Fujitsu 等开展合作。国内 OTT 与华为、中兴等公司均有合作,但在 5G 方面合作尚处于初始阶段。

边缘计算和 5G 开始进入爆发期,行业的成熟度跟行业集中度有强相关,微软为增强自身能力,率先从投资侧表率,通过参股、收购 5G 和边缘相关的企业。如微软收购 Affirmed Networks、MetaSwitch 等企业,实现对技术、供应、集成等服务能力的掌控,满足不同行业客户的需求。国内 OTT 也在纷纷考察中小型 5G 及边缘计算相关公司,未来势必会有更多中小型边缘计算创业公司,纳入到 OTT 的生态合作中。

OTT	边缘基础设施	IoT 服务	数据存储/迁移
AWS	Local Zone	GreenGrass	SnowBall
Azure	Edge Zone	IoT Edge	Data Box
Ali Cloud	ENS	LinkEdge	
Tencent Cloud	ECM	IECP	
Huawei Cloud	IEC	IEF	

1.3.2 边缘云

自 2017 年 ETSI 将 MEC 定义修正为“Multi Access Edge Computing”开始边缘云逐渐被推向前台，边缘云玩家纷纷开始布局，在靠近用户的边缘侧提供中小规模的云基础设施，提供基于 5G 应用的边缘云服务能力，典型行业玩家为运营商、设备提供商、云服务提供商等。

运营商作为边缘云的代表角色，借助 5G 带来的全新网络特性，通过将网络能力向边缘下沉，为基础设施赋予更加灵活的管控能力。实现边云协同将为未来运营商业务的发展提供更好的应用场景和更优的业务体验，全面推进边缘云与公有云实现云边协同，实现两者网络的互通、能力的开放和相互调用，通过统一云管平台实现资源的统一调度和管理，构建良好的产业生态。目前阶段运营商正在全国范围内推动定制化、小规模的实验网及示范项目，随着 5G 技术的成熟，预计在不远的将来可实现大规模商用部署。

同时 GSMA 正在推进运营商合作提供统一的“运营商平台”，在多个运营商之间互通边缘计算平台，确保开发人员、用户实现对边缘计算功能的统一访问。目前 GSMA 已联合全球 22 家运营商发起 Operator Platform 项目，加速和简化 MEC 应用跨运营商和云的部署，方便应用提供商或运营商更加便捷地推广边缘应用。

中国移动持续打造“5G+E”网边融合服务能力，推出自主研发的边缘计算通用平台 OpenSigma，实现一站式云资源和应用托管，通过统一 API 接口对客户开放边缘网络能力和垂直行业能力，提供云网边协同的一体化服务。并于近日举办的中国移动“5G+E”网边融合技术峰会上正式点亮边缘计算“100+”节点，其中 156 个边缘计算服务节点遍布全国 22 个省份及自治区，为合作伙伴提供 5G 精品网络全覆盖和多形态超强算力。同期发布的位于北京、江苏、浙江和福建 4 个边缘计算孵化节点将面向全球范围招募边缘计算应用合作伙伴，为应用开发者提供“网-边-云”一站式边缘计算孵化服务。

中国电信以天翼云为资源优势制定边缘计算的发展策略。以天翼云为核心实施“2+4+31+X”战略，包括建设 2 大数据中心，围绕 4 大重点区域，全国 31 省云资源池，延伸 X 边缘节点，将云资源优势下沉。天翼云已经覆盖全国 29 个省会城市，在智能制造、智能驾驶等领域探索 5G+MEC 试商用方案。

中国联通将 MEC 边缘云作为发展 5G 2B/2C 高价值业务的重要战略，充分发挥 5G MEC 的价值，构建开放生态，赋能垂直行业，提供丰富、低时延的边缘应用，构建“云、网、边、端、业”一体化的 5G MEC 服务能力，为用户



提供真正具备价值的 B/C 端应用和能力。中国联通以边缘云作为实现 CT+IT+OT 融合的锚点，基于边缘云平台结合网络联接的控制与管理能力，融合分流能力 /RNIS 等 CT 能力和云 IT 能力，向应用能力和创新产品进行渗透。聚焦“智能制造”、“智慧医疗”、“智慧交通”等领域，目前已在全国开展百个 MEC 商用工程，推出面向多元化场景的一体化边缘云方案及行业产品，并发布全球首张 MEC 规模商用网络，在粤港澳大湾区核心城市，率先完成 5G MEC 网络整体布局与节点建设。

边缘计算的发展是基于云计算的普及及微服务架构的广泛应用两个大大背景展开的，随着云计算的成熟与普及，越来越多的企业开始将 IT 系统放在云端，另外基于 IT 系统应用解耦及需求的快速迭代需要，微服务架构在企业获得越来越广泛的使用，企业在云中心以微服务模式运行着数十个到数千个不等规模的微服务。

随着边缘侧计算能力越来越强，且边缘侧算力具备更低网络成本及网络延迟的特点，同时解决了企业 IT 成本及用户体验两个问题，企业逐渐将 IT 系统中的微服务按照对 IO、网络、计算能力、交互实时性等需求不同进行层级划分，一些可以放到边缘侧的微服务越来越多的下沉到边缘，通过云端和边缘的协同解决成本和用户体验问题。

云计算公司通过在用户更近的边缘侧部署大量的节点计算资源，覆盖国内主要城市及运营商，为企业提供边缘计算服务，面对直播场景，主播在将实时录制的视频流上传到边缘服务器时，即可在边缘侧完成视频的审核、转码、降噪、美颜等视频流相关处理，并根据预先制定的策略完成直播流的分发，极大降低了客户运营成本并提升了网络体验；面对 RTC 场景，用户在边缘侧就近接入服务，边缘侧通过智能路由、FEC 弱网对抗等技术实现网络端到端的传输优化；另外在智能家居 AIoT 场景，路由器、智能音箱等家庭网关设备承载着众多家庭智能硬件等联网、控制等核心操作，通过智能网关边缘侧同云端在 DNS、网络探测及云、端双端加速等技术，可很好的保障智能网关数据传输安全，并极大提升在弱网情况下的数据网络传输速度。



1.3.3 新基建与边缘计算

2020 年 3 月，中共中央政治局常务委员会召开会议提出，加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设进度。

新型基础设施建设（简称：新基建），主要包括 5G 基站建设、特高压、城际高速铁路和城市轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能、工业互联网七大领域，涉及诸多产业链，是以新发展理念为引领，以技术创新为驱动，以信息网络为基础，面向高质量发展需要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系。

新基建的重点七大领域与边缘计算的价值行业与产业领域匹配度较高：其中 5G、AI 是与边缘计算紧密关联的关键技术，数字能源、智慧交通、工业互联网是边缘计算最有发展前景的价值行业。新基建的推进，必将加速边缘计算产业的落地实践。



02

边云协同 2.0 参考架构及技术体系

边缘计算节点，位于靠近物或数据源头的网络边缘侧，是行业数字化智能系统的核心部分。它负责对物理世界进行感知，通过边缘与中心云的协同，实现对物理世界的数字化建模、认知、决策，再由边缘将决策结果以应用交互的方式反馈到物理世界，实现整个业务流程的闭环和持续迭代演进。

边缘场景相对于中心云的 ICT 场景有着许多非常不同的特征，是以边缘为核心的原生应用架构（简称 Edge Native）所需要考虑的：

- » 去中心化的，地理分布的体系架构
- » 数据主要在边缘实时处理，即计算和智能将跟随数据，动态地进行部署和处理
- » 以事件驱动（event-driven）、流式数据（streaming）、推理、异步和实时数据处理为主
- » 边缘与边缘的交互，边缘局部闭环自治
- » 多样化、异构形态的资源配置，计算 / 网络 / 存储资源深度融合按场景定制，并高度离散的设备，资源利用率低
- » 产品生命周期长，多厂商和多代（multi generation）技术并存

历史上形成的单计算节点 OS 生态已收敛，如 Windows、Linux、Android、iOS 等，简称“端 -OS”。过去十年风起云涌的以 DC 为中心的云生态高速发展又形成了“云 -OS”如 AWS、Azure、GCP、阿里云、华为云等。面向行业数字化转型场景的边缘计算的再次兴起正在深深影

响下一代的 IT 基础设施的体系架构。仅依靠现有的中心云架构的简单延伸是远远不够的，必须从架构角度引入新型跨域分布式的边云协同中间层（也可以称之为“边云协同 -OS”），一方面兼容广泛且多样化的边缘硬件，一方面将中心云所拥有的云服务和云生态能力适配后用于对边缘业务的赋能，以实现端、边、云之间能够紧密结合并互相协作，加速边缘原生的数字化转型解决方案的构建，并提供有效的资源配置和用户体验。

关于边云协同的能力内涵，在《边缘计算与云计算协同白皮书（2018 年）》中总结了资源协同、数据协同、智能协同、服务协同、应用管理协同、业务管理协同等六个协同。为了更好的理顺各个协同之间的层次关系，方便读者理解，在本次白皮书中将六大协同合并到三大协同，具体来说资源协同保持不变；将原版本的数据协同、智能协同、服务协同合并到新版本的服务协同中；将原版本中的应用管理协同、业务管理协同合并到新版本的应用协同中。合并后三大协同的关键能力描述如下：

应用协同

应用协同实现边缘应用的统一注册接入，体验一致的分布式部署，集中化的全生命周期管理。对于边缘计算的落地实践来说，应用协同是整个系统的核心，涉及云、边、管、端各个方面。

服务协同

服务协同为边缘应用的构建，提供了所需的关键能力组件以及快速灵活的对接机制，从而有效提升边缘应用的构建

速度。服务协同包括两个层面：一个层面是平台服务的协同，在平台服务协同中又包括两个方面，一方面是来源于中心云的云服务与云生态伙伴所提供的能力，包括数据类、智能类、应用使能类的能力。另一方面是通过云原生架构，提供基于 Operator 架构的服务接入框架，为边缘服务的分发订阅、接入、发现、使用、运维提供一整套流程。

另外一个层面，对于云原生架构中的微服务，提供跨越边和云的服务发现和协同机制，使得位置感知的数据传输转变为位置透明的、基于服务化的业务协同。

资源协同

从单节点的角度，资源协同提供了底层硬件的抽象，简化上层应用的开发难度。从全局的角度，资源协同还提供了全局视角的资源调度和全域的 Overlay 网络动态加速能力，使得边缘的资源能否有效效率的使用，边缘与边缘、边缘与中心的互动能够更实时。

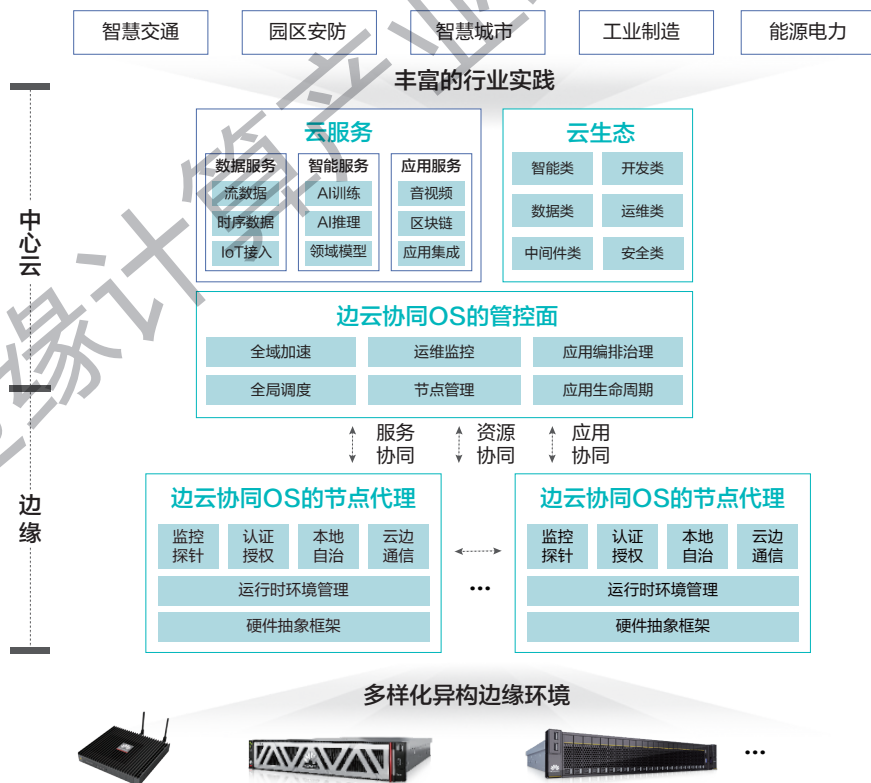


图 5 边缘与中心云间的三大类协同



2.1 应用协同

2.1.1 综述

应用协同是指用户通过边缘计算平台在云上的管理面将开发的应用通过网络远程部署到用户希望的边缘节点上运行，为终端设备提供服务，并且可以在云上进行边缘应用生命周期管理。应用协同还规定了边缘计算平台向应用开发者和管理者开放的应用管理北向接口。对于边缘计算的落地实践来说，应用协同是整个系统的核心，涉及云、边、管、端各个方面。

相比集中在数据中心的云计算，边缘计算的边缘节点分布较为分散，在很多边缘场景中，如智能巡检、智慧交通、智能安防、智能煤矿等，边缘节点采用现场人工的方式对应用进行部署和运维非常不方便，效率低成本高。边缘计算的应用协同能力，可以让用户很方便地从云上对边缘应用进行灵活部署，大大提高边缘应用的部署效率，降低运维管理成本，为用户边缘场景实现数字化、智能化提供了基础。这也是应用协同对于边缘计算场景的价值所在。

2.1.2 关键挑战

- » 传统边缘应用部署的物理节点分布可能较为分散，部署过程中存在大量需要人工现场操作的步骤，部署方式不够灵活方便，效率低下。边缘应用缺少边云协同管理方案，边缘计算平台也缺少统一的应用管理北向接口。
- » 边缘计算复杂场景下应用分发比较困难。用户应用部署到海量的边缘节点上，需要大规模分发应用的镜像。边缘和中心云之间一般跨网络连接，网络的稳定性相对较差。中心镜像仓库高并发下载带来高昂的带宽成本也是一个非常严重的问题。另外，用户应用日益复杂化，跨越边云的分布式应用场景越来越多，但是对应的跨边云应用分发机制还比较缺乏。
- » 边云计算场景下边缘应用管理困难。边缘节点与云端通过城域网互联，漫长的网络链路使得二者连接不够稳定，且易因各种不确定因素导致边缘节点整体断连。在断连后，边缘节点及其上的应用实例将处于离线状

态，并且缺乏 IT 维护人员及时的管理恢复。此时边缘应用会出现不可用的问题，边缘侧的业务连续性及其可靠性都将受到极大的挑战。

2.1.3 整体架构

面对上述挑战，边缘计算应用协同系统整合边缘节点资源，通过边缘管理模块与云上控制模块合作，共同完成应用协同。目前边缘计算领域多种技术架构并存，其中基于云原生技术的边缘计算架构发展迅速，并逐渐成为主流。这里以基于云原生技术的边缘计算为例给出系统参考架构，同时该架构对于边缘计算领域其他技术也有一定参考价值。边缘计算边云应用协同系统参考架构如图 1 所示，整个系统分为云上和边缘两个部分，云上部分包含云上控制面和云端镜像仓库，云上控制面主要用于接收用户提交的应用部署请求信息并对边缘应用进行生命周期管理，云端镜像仓库主要用于对用户提交的应用镜像进行分级转发缓存；边缘部分主要为边缘节点和边缘镜像仓库，边缘节点用于为边缘应用提供运行环境和资源，边缘镜像仓库为边缘应用提供具体的镜像加载服务。

用户将其开发的应用通过边缘计算平台下发部署到边缘节点上运行，因此需要边缘计算平台提供清晰明确的应用部署接口。应用部署接口定义了用户与边缘计算平台之间的交互方式与功能边界。

边缘计算平台为用户提供标准化的北向接口，开放各种应用部署和调度能力，用户的所有应用部署需求，都以服务请求的形式向边缘计算平台提交，边缘计算平台将执行结果以服务响应的形式返回给用户。用户使用边缘计算平台进行应用部署，应该对应用的目标形态提出要求，以部署配置文件的形式进行描述，并提交给边缘计算平台。边缘计算平台会根据用户提交的需求以及既定的调度策略，选择最能满足用户需求的节点进行调度，获取相关节点资源，创建应用实例，创建相关资源如中间件、网络、消息路由等，完成应用在边缘节点上的下发部署。

用户通过北向接口提交的应用的部署需求，通常会涉及如下方面：

- » 工作负载信息：包括应用的镜像地址、应用实例数量、应用标签信息、应用环境变量配置等等。
- » 调度策略：应用调度策略是边缘计算平台调度能力的外在呈现方式，用户只能在平台既定的框架下选择、制定符合自己需求的调度策略。更精细、更高效、更灵活的调度策略需要边缘计算平台自身更强大的调度能力作为内在支持。从用户的角度来讲，应用调度策略可能会包括如下类型：将应用部署到指定边缘节点或边缘区域；将应用自动部署到用户访问最密集的地区；保证一定百分比的应用实例所处地区的网络延迟低于给定值；在给定的节点组上部署并保证各个节点负载均衡；在达到指定服务效果的前提下资源费用最低等等。

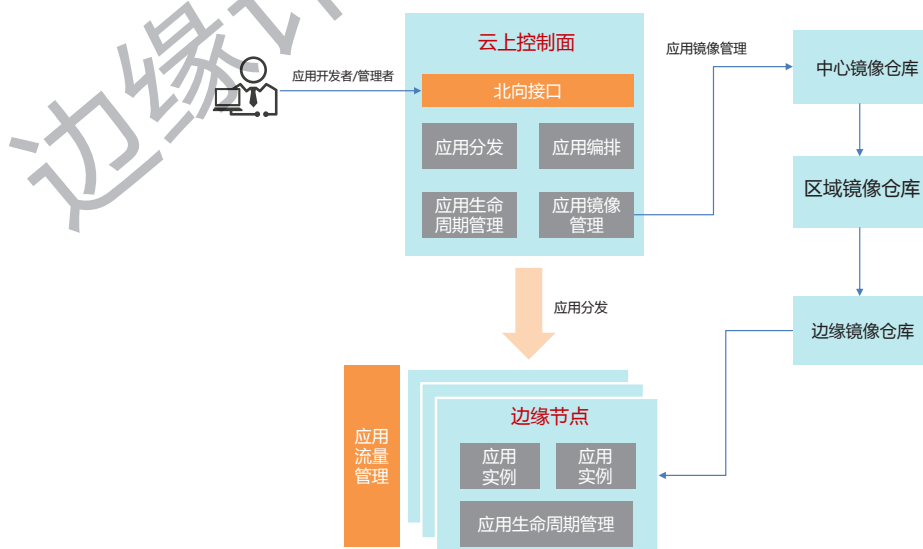


图 6 边云协同应用协同系统架构

- » 资源需求：资源需求代表每个应用实例在边缘节点上运行所需要的资源数量下限值和上限值，当一个节点无法提供满足下限值的资源时，表示边缘节点资源不足，应用实例不会被平台调度到该节点上执行，当一个应用实例运行所占用的资源超过上限值时，表示应用程序可能发生了异常，需要紧急停止。常用资源类型包括 CPU、内存、存储、网络带宽、GPU、NPU 等。
- » 网络需求：应用对于网络 QoS 和 QoE 有一定需求，包括网络抖动、网络时延、吞吐率等等
- » 部署模式：应用在边缘的部署模式，可以分为两类，一类为根据部署策略和调度结果直接将应用实例部署到对应节点，一类为收到客户端访问请求后触发应用实例的部署。
- » 中间件需求：未来如数据库、5GC 等能力会以中间件的形式提供给应用进行使用，用户可以向平台提出应用对中间件的需求，由平台来将相关中间件进行实例化，为用户应用提供服务，避免用户自己管理中间件的风险。

2.1.4 关键技术

2.1.4.1 应用分发

» 应用亲和性分发

利用应用亲和性特性，可以将有关联的应用部署到同一个节点以提升应用间交互效率。一个 Pod 里的多个容器可以共享存储和网络，可以看作一个逻辑的主机，共享如 namespace, cgroups 或者其他的隔离资源。一个 Pod 里的多个容器共享 Pod 的 IP 和端口 namespace，这些容器之间可以通过 localhost 来进行通信，所需要注意的是不同容器要注意不要有端口冲突即可。不同的 Pod 有不同的 IP，不同 Pod 内的多个容器之间不可以使用 IPC（如果没有特殊指定的话）通信，通常情况下使用 Pod 的 IP 进行通信。一个 Pod 里的多个容器可以共享存储卷，这个存储卷会被定义为 Pod 的一部分，并且可以挂载到该 Pod 里的所有容器的文件系统上。

» 应用大规模分发技术

边缘计算场景中，用户应用需要部署到海量的边缘节点

上，需要大规模分发应用的镜像。这种应用大规模分发场景的部署速度、部署成功率等性能受制于短时间高并发读取、网络稳定性、网络带宽等问题。容器应用部署过程中需要下载容器镜像文件，如果在大规模边缘集群环境中，比如 100K 台边缘节点，每个应用镜像按照 500MB 计算，如果直接从中心镜像仓库下载，数据量是 50000GB，这对于镜像仓库的冲击是致命的。边缘和中心云之间一般跨互联网连接，网络的稳定性相对较差，比如煤矿矿井边缘、工厂车间边缘、公路边缘场景，很难保证边缘与中心云网络连接的稳定性。中心镜像仓库下载带来高昂的带宽成本也是一个非常严重的问题，这对于提供镜像仓库的云服务提供商来说是不可接受的。边缘计算平台可以采用镜像分级缓存、边缘镜像站点加速、P2P 分发等方法来提高应用大规模分发性能。

» 跨边云统一部署技术

用户应用日益复杂化，跨越边云的分布式应用场景越来越多。与云计算环境相比，应用在边缘侧部署和运行受本地环境的影响非常大，而本地环境自身又是非常不稳定的，充满了不可预知性和动态性，因此边缘计算平台需要根据环境资源信息动态调整业务部署。当边缘侧环境发生重大变故时，包括边缘节点故障、边缘侧用户请求飙升等等，边缘侧的资源无法满足用户应用的计算需求，此时需要将业务负载迁移回云上运行，以保障用户应用的可用性。因此边缘计算平台需要提供应用跨边云统一部署能力，以实现用户应用的边云协同，并且能够向应用开发者屏蔽这种因部署位置的差异性带来的特殊设计和开发工作量。

» serverless 技术

边缘应用的开发者希望能够专注于应用开发工作，而应用的构建、部署和运行问题则交给平台来自动完成。serverless 技术的出现使得用户只需要编写函数代码（function）和包含函数构建部署信息的配置文件（config），将代码文件和配置文件提交给平台就可以自动将代码构建成应用，并将应用实例部署到边缘侧或云端集群，无需关注具体构建和部署细节。serverless 技术提供标准化的应用开发流程，为边缘应用的开发人员节约了大量的时间和精力，大大提升了边缘应用开发、运维和迭代的效率。以云原生的 serverless 技术为例，整个系统分为构建系统（Build）、服务系统（Serving）和

事件系统（Eventing）。构建系统可以将用户代码进行编译，并且自动化构建应用容器镜像。服务系统可以将构建好的应用实例下发部署，按需对边缘应用负载规模进行自动化伸缩，并且为边缘应用配置好相应的流量路由规则和服务访问通路。事件系统可以将事件源进行抽象，并对生产、消费等事件通过消息通道进行有效传递，同过订阅机制进行事件处理。

2.1.4.2 应用管理

» 应用离线自治技术

相较于传统的以云数据中心为核心的云服务，边缘计算所服务的业务领域有着自己的独有的特点。在边缘节点与云端正常连接时，边缘节点及其上的应用的生命周期管理都由云上的管理组件负责。然而，边缘节点与云端通过城域网互联，漫长的网络链路使得二者连接不够稳定，且易因各种不确定因素导致断连。在断连后，边缘

节点及其上的应用实例将处于离线状态，并且缺乏 IT 维护人员及时的管理恢复。此时，边缘侧的业务连续性及可靠性都将受到极大的挑战。因此，边缘节点在离线场景下的管控是边缘计算服务必不可少的功能之一。边缘应用离线自治技术通过维护边缘节点监控关系列表、调度优先级列表及边缘信息同步机制，能够保障边缘节点在云端管理面断开的场景下进行离线自治，维持系统正常运行，直到边云连接恢复正常。

» 多设备多副本互备

边缘节点运行状态和网络状态不稳定，可能会出现单个节点运行故障或者网络断开，这些问题都会导致该节点上运行的应用实例不可用。对于无状态应用，可以创建多个副本，同时添加应用部署的反亲和性特性，维持预设副本数的同一应用的不同实例在不同节点上分散部署运行，可以避免单节点故障导致所有应用实例全部不可用的问题，提升应用的可用性。



2.2 服务协同

2.2.1 综述

服务是指具备明确的业务特征，由一个或多个关联紧密的微服务组成，可直接面向客户/用户进行打包、发布、部署、运维的软件单元。

服务协同是指通过在边缘计算平台提供用户需要的关键组件能力，以及快速灵活的服务对接机制，从而提升用户边缘应用的构建速度，在边缘侧帮助用户服务快速接入边缘计算平台。服务协同主要包括两个方面，一方面是来源于中心云的云服务和云生态伙伴所提供的服务能力，包括智能类、数据类、应用使能类能力。另一方面是通过云原生架构，提供一套标准的服务接入框架，为边缘服务的接入、发现、使用、运维提供一套完整流程。

智能类服务是在人工智能场景下，通过使用人工智能服务对海量数据进行预处理及半自动化标注、大规模分布式训练，生成自动化模型，并支持部署到云上和边缘。利用边缘服务将其推送到边缘节点，提供边缘传输通道，



联动边缘和云端数据；边缘 AI 服务实时获取数据，通过推理进行瑕疵检测，根据结果调整生产设备参数，并将数据和结果周期上传回云端，用于持续模型训练和生产分析。

数据类服务按照距离用户的远近可以分为云端数据库和边缘数据库。云端数据库即是部署在云端，负责对云上服务处理的数据进行存储，并提供高效的查询等，云端数据库存储数据量大，查询响应快，但是边缘计算场景下，由于和用户设备过远，数据传输慢，导致无法实时响应用户数据请求，无法很好满足用户实际诉求。因此边缘场景下延伸出了边缘数据库概念，顾名思义边缘数据库是部署在边缘侧的，它的好处是离终端设备近，终端设备进行采集数据后上报到边缘端的服务非常快，而边缘端的服务经过分析计算后可以持久化存储在边缘设备中，这样即保证了数据的实时处理，也使得当边缘网络端开时，边缘数据库储存的数据可以支持边缘自治。在边缘场景下，数据采集频繁，上报数据量大，会产生大量冗余以及不符合规范的数据，对数据的分析挖掘造成了很大的麻烦，需要边缘侧进行数据清洗和数据分析整合，使用边缘时序数据库等保证数据的时序，当实时处理后，可以根据数据的具体类型和场景，协同上报到云端数据库中进行进一步处理，或者在本地存储待后续使用。

应用服务主要是对一般中间件等有状态的服务部署场景中，如何部署在边缘场景进行分布式运行。由于中间件等有状态服务架构复杂，涉及很多复杂化处理，因此应用服务主要提供的是边云分布式开发框架和运行框架，通过提供标准的接入规范和开发框架，可以帮助这类服务快速集成开发，并且能够方便的部署集成到边缘计算环境中，同时这种统一的开发框架，可以方便应用服务的改造，帮助不同形态服务的迁移，满足快速上云诉求。而运行框架，则提供了规范的运维规范、运行中通信规范等，另外还提供了开箱即用的微服务注册、发现和访问机制，可以帮助服务进行全生命周期的管理，并且满足跨边云应用协同，在边缘计算场景中，不同的设备、不同的边缘云设施中，都可以快速无缝协同工作，从而提高服务协同能力，降低用户使用难度，部署难度以及运维难度。

2.2.2 关键挑战

边缘计算场景下，服务协同面临着几个较为严峻的挑战：

- » 数据存储困难，性能可靠性无法保证。随着越来越多的业务连接到物联网，与IoT关联产生的数据量和时序数据越来越多，而边缘侧资源紧张，对数据存储的成本、响应的性能和可靠性产生了极大的挑战，随着业务种类不同，数据的上报结构各不相同，对数据的存储也带来了极大的不便。
- » 数据量大，实时性无法得到保证。边缘智能场景下，大量设备接入边缘云，上报数据量大，采样类型种类多，导致数据存在大量冗余情况，对于智能化场景产生极大挑战，而边缘侧场景的高实时要求又是一大难题。
- » 应用接入不规范，难以统一管控。边缘服务涉及多种类型服务接入，其中数据服务、智能服务、应用服务等开发框架、语言以及使用方式都不一样，导致服务协同部署运维难度增大，跨云场景也因为接入方式不一致而无法统一管理。
- » 服务协同下服务运维困难。由于服务大部分需要部署在边缘侧，而边缘处的设备大多数都处于机房、基站等偏远地点，站点维护人员技能低，导致设备数据收集困难甚至无法收集，一旦服务出现问题存在无法自愈或者修复复杂等情况。

- » 微服务的流行，解决了单体式应用不能快速迭代、限制技术栈的选择、技术债务不断堆积等问题，但同时也引入了新的问题，那就是微服务化应用之间的交互。随着业务的发展，部分云上能力需要下沉到边缘以提供更低的时延、更少的带宽占用、更高的网络安全和更好的隐私保护。但边缘的资源往往是有限的，应用需要利用云的海量资源和弹性。微服务需要根据业务需求智能地部署在边和云的任何位置。边边、边云微服务交互中出现的边云应用访问困难、缺少服务发现和流量治理机制等问题亟待解决。

2.2.3 整体架构

服务协同架构是为边缘应用的构建，提供所需的关键能力组件以及快速灵活的对接机制，从而提升边缘应用构建速度而设计。其主要可以分为两个模块：服务开发框架和服务市场。

服务开发框架提供了灵活的接入机制，方便用户服务可以快速接入边缘计算平台，为边缘服务的接入、发现、使用、运维提供一套整体流程。

服务市场则对接生态，借力合作伙伴的能力，将不同的智能类、数据类以及应用使能类服务接入到服务市场集成使用，达到快速构建边缘服务的能力。

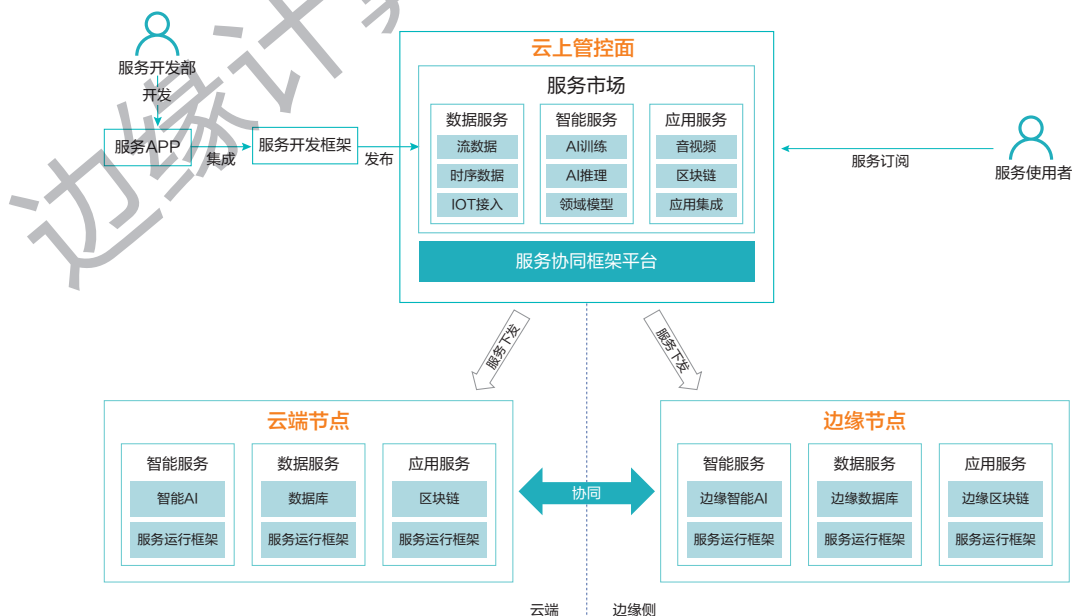


图7 边缘计算服务协同框架



如图所示，服务协同分为两个主体角色：服务开发者和
服务使用者，开发者作为服务提供者，根据自身业务需
要进行代码开发，然后根据服务接入规范以及服务协同
框架中提供的开发框架进行集成打包，封装出可以部署
在边缘计算平台中的服务，然后上传到服务市场中对外
提供服务；服务使用者则订购服务市场中的服务，并根
据使用场景进行订购下发部署请求。服务协同框架通过
利用应用协同框架能力，将服务下发到对应的云端或者
边缘节点中去，边缘节点按照云端策略实现对应服务，
通过边缘与云端的协同实现面向客户的按需的边缘服务；
而云端则负责其本身需要的服务能力和对边缘节点的分
布策略的控制。

服务开发框架主要包括两个方面：1、统一标准的接入规
范，由于服务开发的框架、语言使用习惯等的千差万别，
接入规范可以保证在兼容用户的服务并统一服务部署运
行运维等能力，保证服务可以无缝接入边缘计算平台；
2、接入开发框架，提供符合业界标准的开发框架，为边
缘服务的接入、发现、使用、运维提供一整套流程，帮
助用户只需要专注业务的开发。

服务市场则是对接不同生态服务，发展云生态伙伴包括
智能类、数据类应用使能类服务的接入，并对接开源
Operator 框架，将有状态中间件服务接入提供给用户使
用，帮助用户边缘服务的快速构建接入。

2.2.4 关键技术

2.2.4.1 边云协同数据使能

随着越来越多的事物连接到物联网，与 IoT 设备相关联
的数据量及其生成的时序数据量（包括设备状态、元数
据和传感器读数）呈指数级增长。然而，边缘侧计算资
源紧张，对数据库性能、数据存储成本、可靠性等都提
出了新的挑战。同时，随着数据源的多样化和业务发展，
要求边缘数据库要能灵活存取多种数据模型，降低业务
变更难度和运维成本。

时序数据是指带有时间标签，按时间顺序变化的数据。
通常时序数据有如下几个特点：

- » 数据量大，每秒上千、上万甚至于上亿条数据
- » 时间特性强，数据通常按照时间顺序抵达
- » 主要是写入和读取操作，没有更新操作
- » 大量的统计查询要求

时序数据库作为一种针对时序数据进行高度优化的垂
直型数据库，可以很好的解决前面的问题，它提供时序
数据的大并发，低时延，高性能，高压压缩，低成本，
schemaless 数据存储，还能提供多种维度的聚合分析和
趋势洞察。

传统的关系型数据库并不适用于时序业务的场景，到目前为止，关系型数据库处理大数据集的效果依旧不理想，且占用存储空间大，缺少一些共通的对时间序数据分析的功能和操作，比如数据保留策略、连续查询、灵活的时间聚合等。

下面介绍下时序数据库的一些基本概念

Metric: 度量，相当于关系型数据库中的 table。

Point: 数据点，相当于关系型数据库中的 row。

Timestamp: 时间戳，代表数据点产生的时间。

Field: 度量下的不同字段。比如位置这个度量具有经度和纬度两个 field。一般情况下存放的是会随着时间戳的变化而变化的数据。

Tag: 标签，或者附加信息。一般存放的是并不随着时间戳变化的属性信息。

Series: 时间线，一个数据源采集的一个指标随着时间的流逝而源源不断地吐出数据这样形成的一条数据线称之为时间线。

边云协同的时序数据库的关键技术主要包括：

» 轻量级

边缘节点计算资源有限，相比云端数据库而言，边缘时序数据库作为云端数据库的延伸，保留数据库的基本功能，去掉了一些不必要的功能，比如分布式，备份恢复等。轻量级数据库具有对环境的依赖小，占用内存空间少的特点。

» 数据协同与可靠性

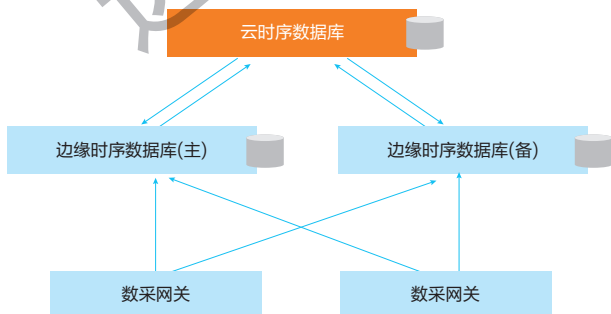


图 8 时序数据库的边云数据协同

根据图所示，数据协同由端 - 边 - 云共同完成，数采的数据直接接入边缘中心节点，一般会经过实时分析、资产分析后，再存入边缘时序数据库，供边缘开放 API 做时序分析查询。此时数据库中的数据会定期与云端进行汇总。由于数据在存储时进行了压缩，为了节省传输带宽和性能，我们常常以数据文件的方式与云端进行同步。此外，由于边缘时序数据库是一个轻量级数据库，为保证数据库的可靠性，中心节点采用双合主备模式，数采网关采取双写。当边缘主中心节点出现问题时，备中心节点可以马上接管业务，不会造成数据丢失和业务中断。

» LSM Tree

传统数据库或现在一些 NoSQL 数据库存储采用的都是 B tree，这是由于其在查询和顺序插入时有利于减少寻道次数，对于 90% 以上场景都是写入的时序数据库，B tree 很明显是不合适的。边缘时序数据库采用 LSM Tree，通过将大量的随机写转换为顺序写，从而极大地提升了数据写入的性能。

» 列式存储与向量化

针对时序数据普遍的分析统计查询场景来看，需要对所有 Filed 进行统计的情况并不多，列式存储引擎将数据按照基于列的方式进行集中存储，查询过程中可以定位到指定列，可有效降低数据库系统负载，提高整个查询的吞吐量。同时，列式存储可以使用一些基于列数据压缩算法，由于数据类型相同，数据集中，压缩算法的性能会更好，可以大大的减少数据的存储成本。

向量化查询是一种基于列式存储设计的高效查询算法，现在已成为构建高效分析查询引擎流行做法，相比经典的火山模型，向量化查询大大减少了查询的迭代次数，能有效提升整个查询的性能。

» 查询结果缓存 (rollup cache)

在数据的分析统计中，我们常常需要计算 Filed 的值在指定时间窗内的和或者平均值等，设置查询结果缓存可以记录下每次查询的时间窗和返回值，如果需要在更大时间窗内进行统计，则可以依赖已缓存的时间窗和值进行计算就可以快速得到结果，从而省掉再次查询的时间和资源消耗，能有效提升用户体验。

» 内存分配与回收

在计算资源有限的情况下，合理分配程序使用内存尤为重要，边缘时序数据库可以根据实际情况配置程序运行中各种 cache 使用的内存大小以及总内存大小。内存分配对应是内存回收，当 cache 使用已达到配置上限时，边缘时序数据库需要有高效的 cache 回收算法，将过期的或者最近未使用的内存进行回收置换，同时还要保证较高的 cache 命中率。

2.2.4.2 边云协同 AI 使能

随着 AI 技术在边缘越来越多的广泛应用，同时也带了巨大的挑战，包括：

- » AR、VR、互动直播、视频监控等场景下非结构化数据为主，主要采用深度学习方法，主要挑战在数据量大，资源用量大，实时要求高，标注困难等。
- » 工业场景下 IoT 结构化数据为主，主要使用传统机器学习算法，方法多样，与业务相关性高，主要挑战是样本少、冷启动和要求模型可解释和可靠性。

面对上述问题，通过边云协同 AI 的相关技术可以很好解决这些问题。在边缘计算场景下，AI 类应用占据主流。由于边侧计算资源紧缺、网络环境复杂，以及数据量样本量少、数据样本分布不均、数据隐私等原因，AI 类应用在边缘的训练和推理还存在着训练收敛时间长、训练效果差、推理精度低、推理时延高等问题。通过边云协同 AI 技术以很好的解决在边缘训练和推理的精度、时延、通信量、数据隐私等问题。

边云协同 AI 框架将会在算法、接口、部署、性能几个方面带来了好处：

- » 算法：集成多种适合边缘的训练推理算法，适用场景广。
- » 接口：提供边云协同的 lib 库代码，兼容主流框架，tensorflow, pytorch, mindspore；开发简单，原生框架的训练代码经过很少改动可以实现其边云协同的。
- » 性能：针对边云协同进行了通讯、存储的优化，使得边云协同的训练推理更高效。

边云协同 AI 框架的关键技术包括：增量学习、联邦学习、联合推理。



1) 增量学习：

增量学习真对单个租户从时间的维度帮助提升模型效果。

数据在边缘侧持续产生，传统的方式是人工定期的收集这些数据，定期的在云上或边上的机器进行重新训练以改进模型效果。这种方式浪费较多的人力，并且模型更新的频率较慢，不能及时用上最新更优的模型。通过增量学习，可以持续监控这些新产生的数据，并通过配置一些触发规则来决定是否要启动训练、评估、部署，以自动化的持续改进模型效果。

2) 联邦学习：

联邦学习跨多个租户从空间的维度帮助提升模型效果。

数据天然是在边侧产生的，边云协同联邦学习通过边缘侧的数据联合训练得到一个模型，目的是基于不上原始数据的前提下，能充分利用分散在不同边侧的数据。单租户场景，基于数据不愿意上云的假设下，租户希望直接利用在边缘产生的数据就近在边缘节点进行训练得到模型，但数据在租户内部是分散在不同节点的，在租户内部集中训练需要另外采购集中训练的机器会带来额外的采购成本，因此可以采用边云协同联邦学习，直接使用边缘节点的计算能力进行训练，使用云上的聚合器

进行聚合，在保证数据隐私和高效传输的前提下，提供更快的收敛速度，精度更高、场景更丰富的聚合算法，以完成模型的联合训练。

3) 协同推理:

协同推理利用推理性能较强的云作为推理后端来提升推理效果。

对于推理来说，直接在边侧推理可以有更小的时延和更大的吞吐，而直接在云侧推理可以带来更好的推理精度。如何在边侧推理资源有限的情况下，使得时延和吞吐不明显降低的情况下，使得推理精度提高是个问题。协同推理技术通过把边侧较难的推理样本检测出来，将其发送到云端进行推理。这样，较简单的样本在边侧推理保证了时延和吞吐，而较复杂的样本在云上推理使得整体精度得到提升。

Workers:

- » 执行训练或推理任务，训练 / 推理程序，基于现有 AI 框架开发。为了使用边云协同的能力，worker 中通常会包含 lib 库。

- » 按需启动，docker 容器或 function。
- » 不同特性对应不同的 worker 组合，可部署在边上或云上，进行协同。比如协同推理特性可以是云上的一个 worker 运行大模型、边上的一个 worker 运行小模型，协同完成推理任务。
- » Worker 可以是用户基于一个基础镜像开发的，或者系统内置一些固定功能的 worker 模板，比如联邦学习的聚合器。

Lib:

- » 面向 AI 开发者和应用开发者，暴露边云协同 AI 功能给应用
- » Lib 库不是一个新的、也不会取代现有的机器学习框架，更多的是配合主流框架（TensorFlow、Pytorch、Mindspore）以完成边云协同能力的扩展。用户使用此 lib 库不会对现有的训练推理代码带来较大的改动。

GlobalCoordinator

- » 统一边缘 AI 服务 API，这是用户使用边云协同 AI 的入口，在此创建边云协同训练或协同推理任务。

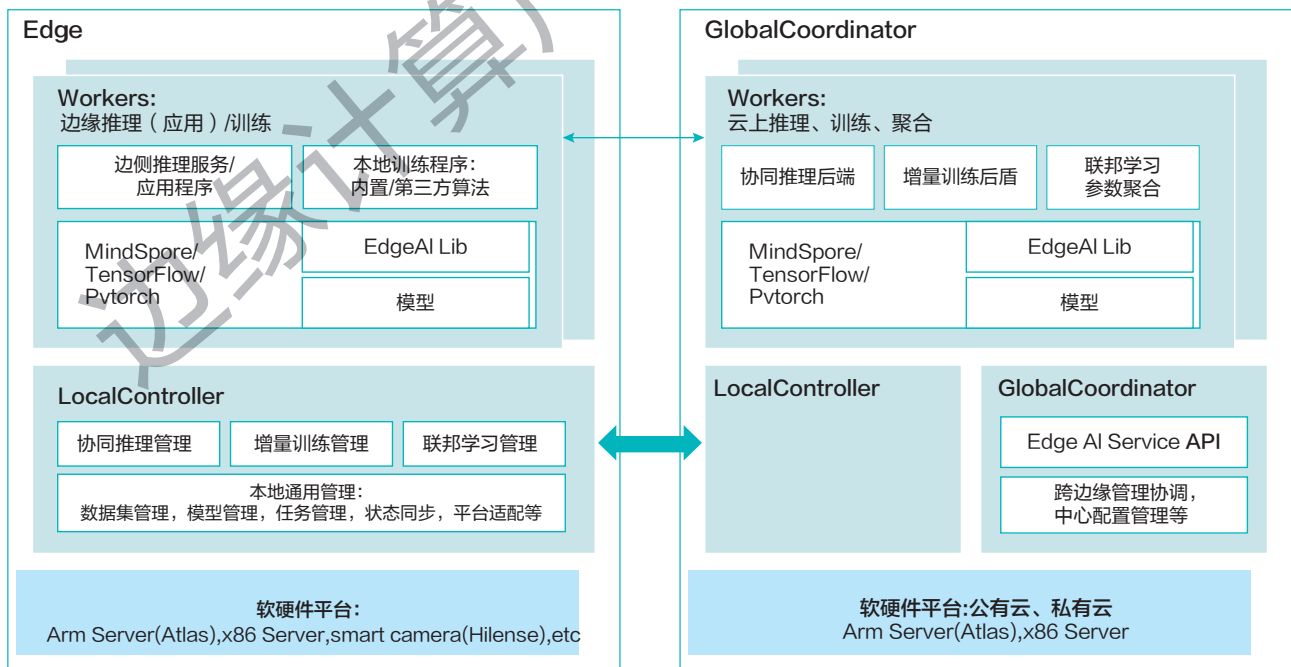


图9 边云协同 AI 架构



- » 跨边缘管理：管理 LocalController 的生命周期。
- » 跨边缘协同：协调在云上或边上的 worker 以共同完成协同训练或者协同推理任务。

LocalController

- » 特性本地流程控制，本地 worker 生命周期的管理。
- » 本地通用管理：模型，数据集等
- » 状态监控和上报：协同推理和训练的任务状态监控，上报到 GlobalCoordinator。

2.2.4.3 平台服务接入

当前云计算场景下，衍生了非常多的开发语言，Java、Go、C/C++、nodejs 等等，相关的开发框架也有非常多，因此导致了不同的服务平台中接入的方式互不相同，这也导致了如果一套服务在一个平台运行后需要迁移到另一套云平台中，必须进行代码版本的改造，从而加大了迁移成本，导致大量人力物力都耗费在无价值的事情中。

随着边缘计算逐渐兴起，用户的应用服务日益复杂化，跨边云的分布式应用场景越来越多，跨云部署、治理以及管理运维的述求越来越多，而不同平台之间的架构模型差异，接入差异导致了用户服务的接入困难，因此需要一套统一的服务接入标准，通过定义出行业认可的服

务接入规范，规范不同平台的接入规则，从而使得一套服务可以无障碍部署在不同平台，保证跨云管理变得简单，无需在花费时间在考虑服务迁移改造等问题。

接入平台服务需要满足一下几个方面：

- » 支持不同的开发语言、开发框架
- » 支持当前通用的通信协议
- » 具有成熟的部署、运维能力

当前服务协同使用了如下技术作为接入规范的参考基准：

1、基于 Operator 概念的 Operator-Framework 框架技术

从概念上讲，Operator 会收集人类操作知识，并将其编码成更容易分享给消费者的软件。

Operator 是一组软件，可用于降低运行其他软件的操作复杂程度。它可以被看作是软件厂商的工程团队的扩展，可以在 Kubernetes 环境中监控软件的运行情况，并根据软件的当前状态实时做出决策。

从技术上讲，Operator 是一种打包、部署和管理 Kubernetes 应用程序的方法。

使用 Operator 可以：

- » 重复安装和升级。
- » 持续对每个系统组件执行运行状况检查。
- » 汇总现场工程师了解的情况并传输给所有用户，而非一两个用户。

Service Broker 也是朝着实现应用程序的程式化发现和部署的目标前进了一步，但是它并非一个长时间运行的进程，无法执行第二天的操作，比如升级、故障转移或扩展。而 Operator 可以持续监控集群的当前状态，这对于边缘云服务场景下的集群形态则更加合适。

开源的 Operator-Framework 则是基于 Operator 概念衍生的一个新技术，其本质是一个开源工具包，用以有效、自动化和可伸缩的方式管理 Kubernetes 原生应用程序。该框架由 Operator SDK 和 Operator Lifecycle Manager (OLM) 两个部分组成。

OLM 扩展了 Kubernetes，提供了一种声明式方法来安

装、管理和升级集群中的 Operator 服务以及其依赖。它使得 Kubernetes 管理员能够从目录中发现并安全安装 Operator，并根据用户需要进行自动或手动式更新。

Operator SDK 提供了高级 API、有用的抽象和用于构建 Kubernetes 应用程序的项目脚手架，并使用 controller-runtime（控制器运行时）库简化操作器的编写。

Operator-Framework 是当前业界比较成熟且广泛接受的技术，服务协同框架基于该技术，同时根据不同场景定义统一规范接入标准，形成用户界面的统一管控，提高服务的接入、运维等成本，极大的提供用户体验。

2、Open Service Broker API

服务代理者（Service Broker）是用来管理服务的生命周期，平台与服务代理者交互以提供、访问和管理他们的服务。OSBAPI（Open Service Broker API）则在此基础上提出了一种规范，可以允许软件供应商、SaaS 提供商和开发者轻松运行在 Cloud Foundry、Kubernetes 等云原生平台上，并为其工作负载提供后备服务。这种规范已经被许多平台和数千个服务提供者采用，用于描述一组简单的 API endpoints，而这些 endpoints 可用于设置、访问和管理服务产品。OSBA 定义了这些交互，允许软件提供商向任何人提供服务，而不管这些软件提供商希

望使用什么技术或基础设施。

基于 OSBA 规范构建的 Service Broker 服务都有相同直观的生命周期命令集。这些命令集具有以下操作：

- » 获取服务代理提供的后续服务
- » 发放新业务实例
- » 销毁服务实例

采用此模型带来的好处是：1、开发人员可以将自己的应用程序和容器连接到他们需要的后台服务，无论后台服务如何，操作都是一致的；2、不再需要人工发放和委托服务，只需要进行配置服务和计划市场，减少许多管理开销。

2.2.4.4 跨边云服务发现和流量治理

- » 局域网内边边服务发现和流量治理

在该场景下要求相互访问的边缘节点之间网络能够互通，具体见下图。

- » API Gateway

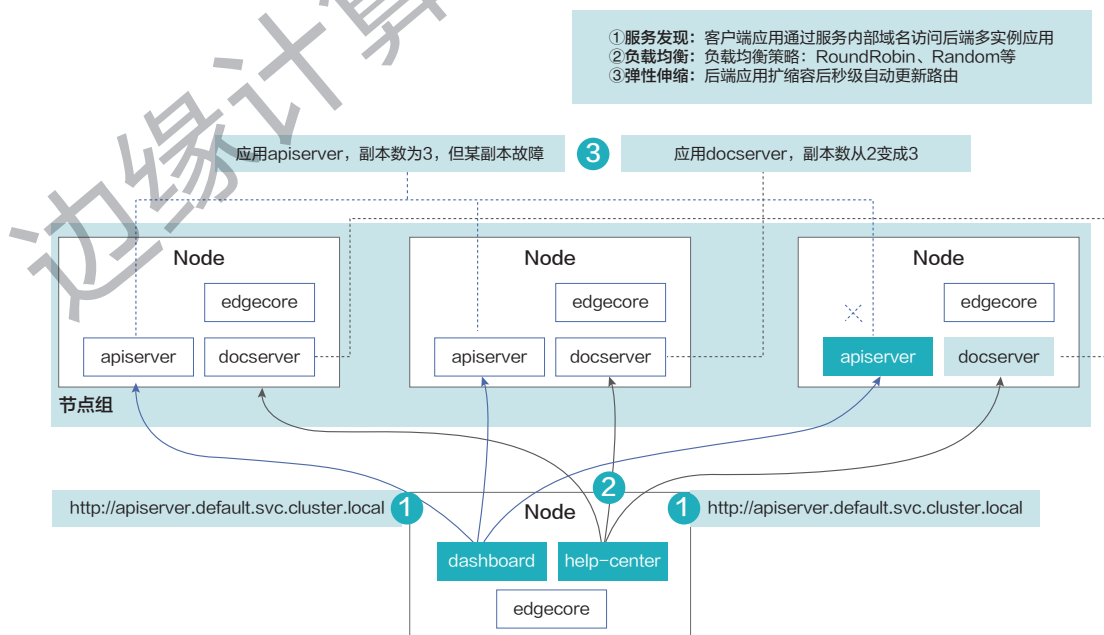


图 10 局域网内边边服务发现和流量治理

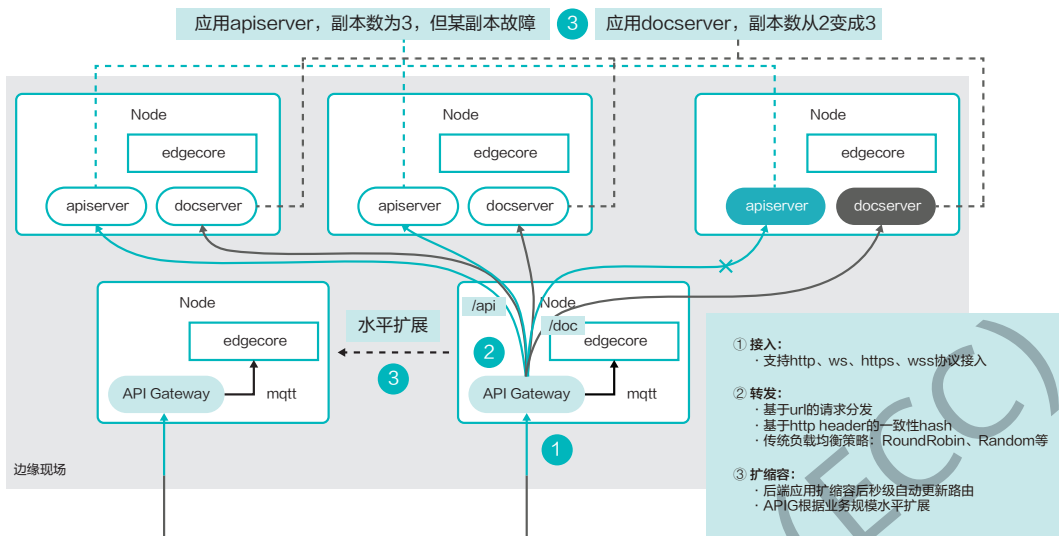


图 11 API Gateway

所有的应用程序都不会运行在一个封闭的环境中，当有用户或者第三方应用程序接入时，一定会在系统的某个边界开放部分微服务，这正是 API Gateway 要解决的问题——将微服务在集群边界特定端口暴露，供集群外部应用访问。一个边缘集群会被切割为多个边缘现场，形成多个网络域，同一现场内的边缘节点可以相互通信，不同现场间的边缘节点不能相互通信。具体见上图。

边缘计算的初期阶段人们会说“我需要把 A 应用部署在边缘”；随着业务的发展，人们会说：“我边上的 B 应用需要访问云上的 C 应用，云上的 D 应用需要访问边缘的 E 应用”；最后，人们会说：“我的 F 应用需要访问 G 应用，F 和 G 智能的运行在最适合它的地方”。见图 12。

» 跨边云的服务发现和流量治理

跨边云服务发现和流量治理是应用智能运行在合适位置的基础，逻辑模型见图 图 13。

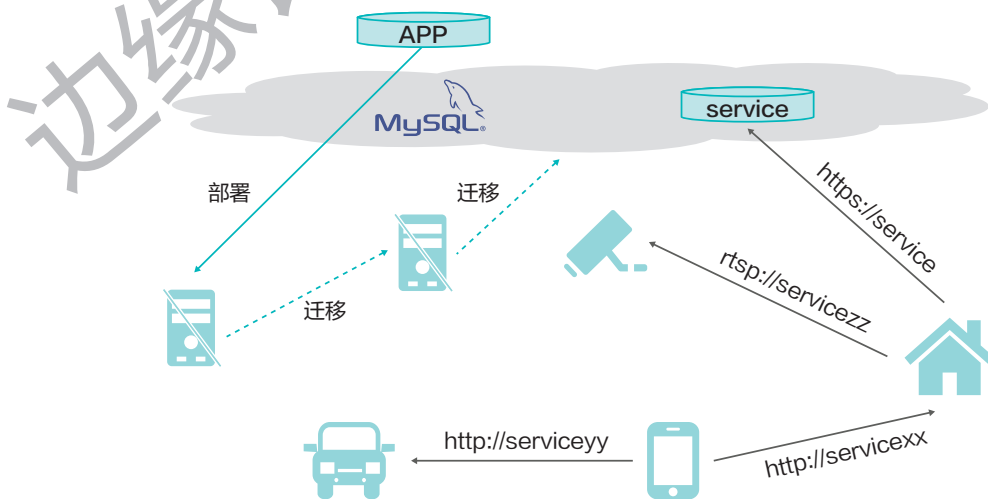


图 12 应用智能运行在合适位置

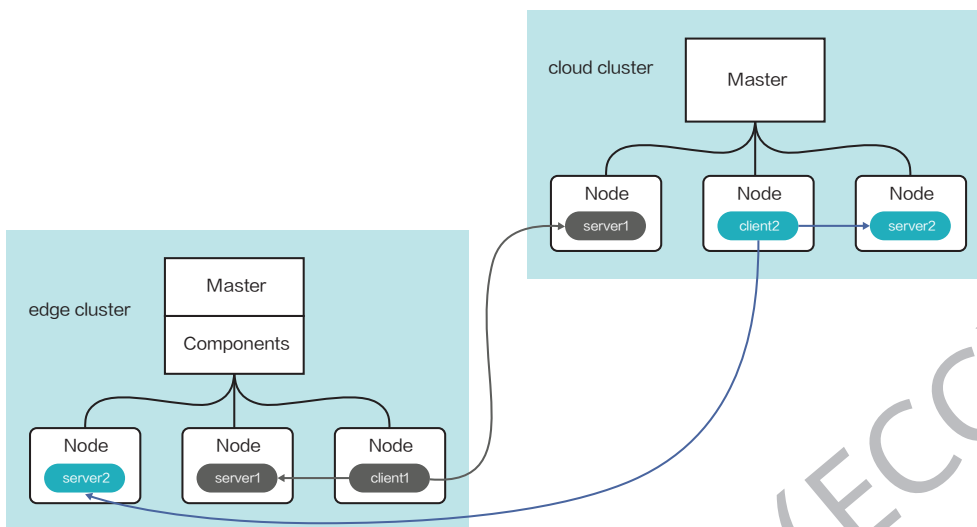


图 13 跨边云应用的服务发现和流量治理

2.3 资源协同

2.3.1 综述

边缘基础设施通常由多个边缘节点设备（边）组成，包括部署在城域网侧的近场边缘云、5G MEC、工厂的现场边缘节点、工厂的智能设备如机器人等，提供边缘计算所需的算力，存储，网路资源。

为了降低上层应用适配底层硬件的难度，就需要通过一个中间层次来对底层硬件进行抽象，使得上层应用可以用一点接入、一次适配、一致体验的方式来使用边缘的资源。从单节点的角度，资源协同提供了底层硬件的抽象，简化上层应用的开发难度。从全局的角度，资源协同还提供了全局视角的资源调度和全域的 Overlay 网络动态加速能力，使得边缘的资源能否有效率的使用，边缘与边缘、边缘与中心的互动能够更实时。

2.3.2 挑战

» 设备异构挑战：边缘硬件的计算 / 网络 / 存储资源和容量，往往会深度按业务场景进行定制。边缘硬件的计算架构也呈现出多样化的趋势。同时，产品生命周期长，多厂商和多代技术并存。因而在构建边缘解决

方案时，就需要考虑如何能够更好的对异构和多样化的边缘设备进行抽象、管理和运用。

- » 资源受限挑战：单个边缘节点的资源是受限的，如果应用需要实现弹性伸缩或故障切换，需要由多个边缘节点组成某种形式的边缘节点组或集群，应用在此集群内进行部署、伸缩和治理。
- » 边边 / 边云通信挑战：典型的实时互动类场景如在线教育、云游戏等，对于多个边缘节点之间、边缘节点到中心云之间的通信链路，都有比较明确的业务要求。如何能够实时构建和维护，低时延、高质量、低成本的边边 / 边云通信链路，是一个关键的技术挑战。

2.3.3 整体架构

资源协同具体来说包括三个方面：

- » 硬件抽象：通过插件框架的形式，对边缘硬件的计算、存储、网络等资源进行模型抽象，使得不同的硬件厂家可以为自己的产品提供插件化的定义和描述，向应用开发者和运维人员提供了一个统一的资源能力描述、部署、运维管理方式。

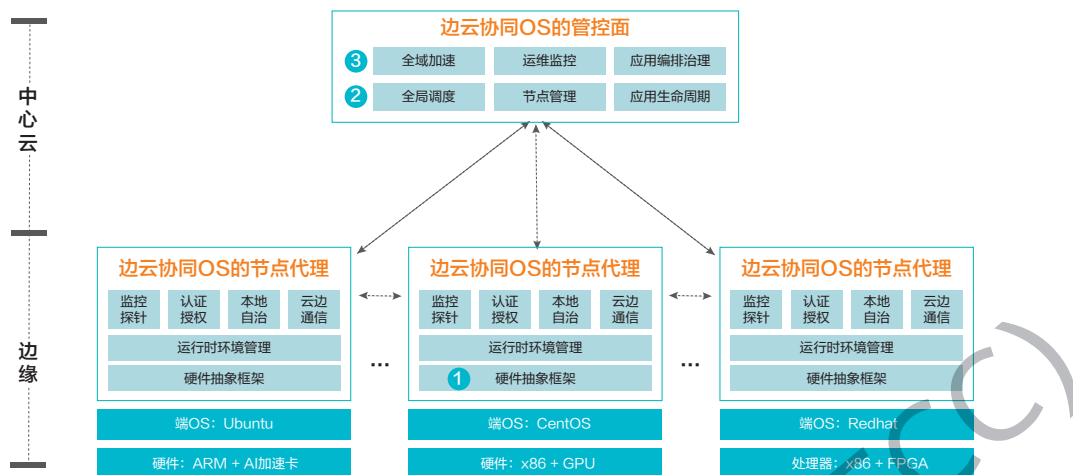


图 14 边缘计算资源协同框架

- » 全局调度：对于是需要实现广域化、多节点部署的边缘业务，实现基于策略的全局资源调度，使得应用可以灵活的按照自定义的策略实现应用实例的多节点部署和动态切换。
- » 全域加速：实现从中心云到边缘、边缘到边缘之间的互联互通、高效的消息路由，进一步还可以构建全局的 Overlay 网络实现各节点的优化寻址和动态加速，为基于服务质量和确定性时延的策略调度打下坚实基础。

类似的异构多样化硬件的能力，用来实现对于异构边缘硬件的发现、监控和调度。

边缘计算平台，通过提供一个硬件设备抽象的设备插件框架（Device Plugin Framework），建立了 Kubernetes 和设备插件模块之间的桥梁。它一方面负责设备信息的上报到 Kubernetes，另一方面负责设备的调度选择。硬件厂商可以为自己的硬件定制实现对应的设备插件，用来将系统硬件资源和监控信息发布到边缘平台。目标设备包括 GPU、高性能 NIC、FPGA、InfiniBand 适配器以及其他类似的、可能需要特定于供应商的初始化和设置的计算资源。设备插件可通过手动部署或作为 DaemonSet 来部署。如下图所示

2.3.4 关键技术

2.3.4.1 基础设施服务化

结合场景和应用部署需求的多样化，边缘计算节点在资源层面，往往需要提供多类型的计算方案，包括基于裸机、虚拟机、容器甚至函数计算等。其中基于 Docker 和 Kubernetes 的容器计算，由于结合了轻量化、易管理、开放性、丰富的能力等多个特点，是面向未来最有潜力的边缘计算模式。

Docker 叠加 Kubernetes 构建了一个可移植的、可扩展的边缘计算平台，用于管理容器化的工作负载和服务，可促进声明式配置和自动化。Kubernetes 拥有一个庞大且快速增长的软硬件生态系统。基于 Kubernetes 与基础设施分离，支持可在 Ubuntu、RHEL、CentOS、CoreOS 等主流的 OS，因此可以支持多样化的硬件部署。因而，基于 Kubernetes 构建的边缘计算平台也可以继承

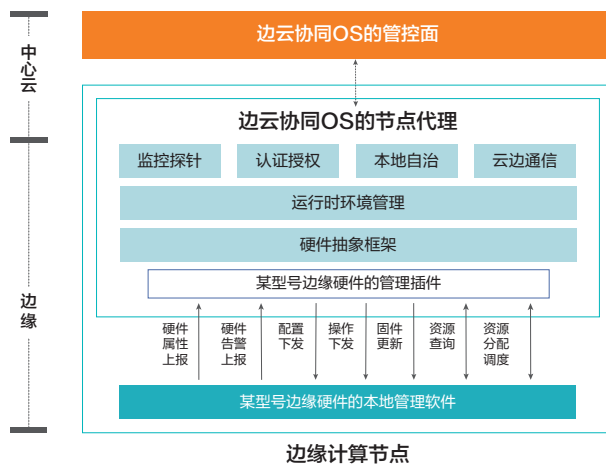


图 15 边缘硬件设备抽象框架

边缘硬件设备抽象框架包括以下几个关键能力：

- » 设备插件的注册：设备插件需要以客户端的身份向边缘节点代理上报以下几个信息：1) 设备插件所管理的设备名称；2) 设备插件所监听的端口；3) 交互的API版本。
- » 服务启动：设备插件会启动一个后台服务并以这个服务对外提供信息。
- » 持续监听：当设备插件所关联的服务启动之后，边缘节点代理会建立一个到设备插件的监听长连接，用来获取设备的分配情况及设备的健康状态。
- » 更新信息到管控节点：边缘节点代理会将这些设备及相关信息，上报到边云协同OS管控平台中，以便后续调度器可以根据这些信息进行调度。

2.3.4.2 全域调度

很多边缘应用场景都涉及到区域化多点分布的边缘基础设施的使用。比如以热门的直播应用为例，直播应用的最终用户是海量的C端用户，而且直播应用的体验也逐步向实时互动场景延伸，比如在线连麦、互动游戏直播等。这就要求直播应用的提供商能够在靠近用户的多个省市的城域边缘分别部署边缘业务，满足业务互动所需的低时延要求。

单个边缘节点的资源是受限的，且边缘资源的定价也可

能在不同的位置不同时段上有差异，因而边缘解决方案需要提供一套调度机制，能够在时延、性能、价格等约束下，获取最有效的资源分配策略。如何根据任务和资源的特性进行合理的全域调度。在保证服务质量的前提下，将用户从服务器的管理中解放出来，同时从全局角度优化资源的利用率，是一个非常有挑战力的课题。

全域调度的调度对象为亿级的终端和百万级的主机（边缘云和中心云），这些设备以分布式的形态存在，在保证服务质量的前提下，如何高效的打通端、边、云的界限，成为全域调度的核心关键。全域调度系统的设计会面临以下挑战：

- » 大规模：终端和主机规模庞大，增加管理面的控制难度和算法设计难度。
- » 异构性：每个设备的数据存储和处理能力，网络时延各不相同。对接口的统一性、传输协议和时钟的同步问题，都提出了巨大的挑战。
- » 动态性：网络质量随着时间变化而变化，同时任务的请求也有随机性，对系统和调度算法的鲁棒性提出了挑战。

全域调度主要涉及两个维度的资源调度，一类是计算资源、另一类是流量资源。资源调度器根据全局资源的状态和网络QoS统计信息，为每个租户推荐资源分布决策建议。流量调度器根据资源的分布情况，在流量级进行精细化调度。

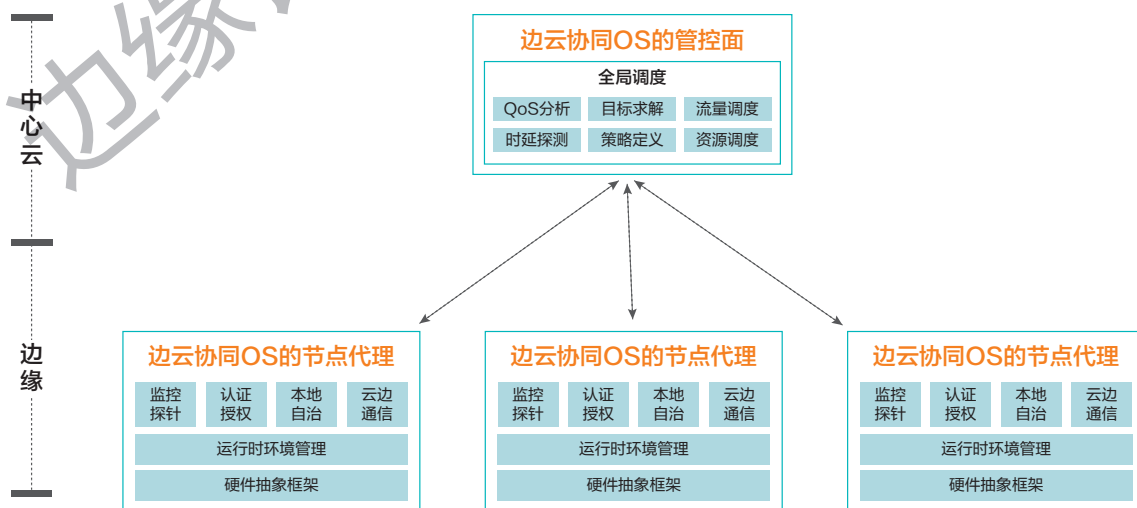


图 16 全域调度方案示意图



全域资源调度

用户在使用边缘计算服务时，由于无法掌握全局的动态资源信息，当前只能靠人工经验指定位置要求固定的资源容量。这样对于租户，没有办法获取到最优质的资源改进业务服务质量，同时也缺乏应对业务突发的弹性手段。全域资源调度器，可以帮助用户即时掌控全域资源状态信息，包括动态的边缘站点可用资源、临近公有云资源以及优质的 5G MEC 资源，满足用户对服务（例如网络时延）的要求，同时在保证整体 QoS 最优下，可以针对成本、服务质量、业务波动做针对性优化。典型的应用场景包括：

故障切换场景：边缘站点故障时，快速向周边边缘节点或公有云申请弹性计算资源，完成故障业务的快速恢复。

» 业务弹性场景：区域过载场景，局部业务突发时，可

以快速调度周边可用资源，实现业务弹性扩展，平滑度过业务峰值。

- » 资源调度的关键点是全局资源视图和资源调度算法。资源视图包括用户的位置，资源的成本，网络的 QoS，接入的地理位置等。全域调度的策略可以支持预置策略或可定义策略，典型的预置策略包括时延优先、成本优先、可靠性优先策略等。

全域流量调度

在给定业务节点已完成部署分配的情况下，流量调度为用户的每一位客户流量访问请求的分配处理节点。流量调度具有与业务高度相关的特点，针对不同业务的类型，流量调度的方法各不相同。例如，CDN 业务中，流量调度要同时支持接入调度和回源调度，且调度算法的设计

需要考虑到内容缓存策略的影响。云游戏业务中，流量调度只需要支持接入调度即可。

流量调度基于历史数据完成流量粗粒度的流量规划以保障基础水位均衡，并基于分钟级的流量特征学习，决策控制周期和分配策略，对流量进行全局性的优化。实时调度器负责针对每个区域租户请求的实时响应，执行、切换调度策略，并当发生故障时，及时完成故障转移。

2.3.4.3 全域加速

边缘节点分布比较广泛，因成本的原因边缘到中心、边缘到边缘之间无法构建专线连接。而传统 Internet 通过 OSPF、BGP 等标准路由协议进行物理网络传输(Underlay 方式)，它通过链路 Cost 进行路由选路转发，路径拥堵发生丢包率、时延等 QoS 故障，不会流量感知切换，导致无法满足业务应用 QoS 质量诉求。

在线教育，云游戏、云桌面、云 VR 等边缘应用场景都涉及边缘到中心、边缘到边缘之间低延时高质量互联通信的需求。可以在基于传统 Internet Underlay 网络的基础上，构建多点分布的边缘云 Overlay 网络平面，同时实时测量 Overlay Link 的 QoS (时延、丢包率)，选择最

佳 QoS Overlay 路径流量转发。为上层业务应用屏蔽复杂的网络环境，提供低时延、低丢包率、价格合适的选路方案。

全域加速的方案包括以下几点关键能力：

- » 拓扑构建：根据预先定义结合自动发现机制，创建边缘节点之间 Full-Mesh 邻居关系，通过探测报文实时测量两两邻居之间时延 / 丢包率。进一步，对于时变路由可预测未来一段时间（如 5~10 分钟）隧道 QoS 质量。
- » 路径优化：基于 AI 训练预测未来时刻流量 QoS 进行路径选路，结合策略定义的约束，推荐最优化路径建议；
- » Overlay 转发：基于最优隧道路径，向源设备压入转发包路径列表，中间节点根据包路径层层逐跳快速转发；转发过程中实现丢包重传和 FEC 自适应纠错转发优化。
- » 故障切换：实时探测边缘节点和网络路径的状态，并实时计算各路径 QoS。边缘节点故障或者隧道断开故障，可以实时上报更改转发路径。隧道拥塞 QoS 质差，则需要通过定期（如 5~10 分钟）全量路径计算切换。

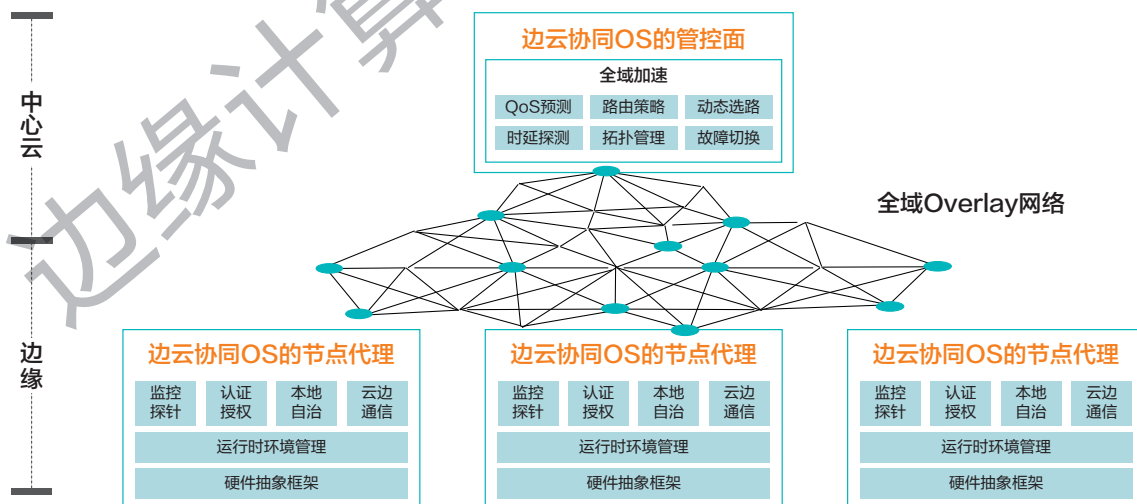


图 17 全域加速方案示意图



03

商业实践案例

3.1 平安国际：基于智能视觉的明厨亮灶边云协同案例

基于智能视觉的明厨亮灶边云协同项目，是食品安全管理的重点投入项目之一。云端与各地点的边缘计算设备资源协同，解决了边缘设备管理难的问题。云端/中心端的管理平台对个地点的边缘计算设备进行统一管理，监控其在线状况、应用运行状况等，一有问题，及时上报，降低了设备巡查人员的工作负担，提升了设备故障、服务当机发现的效率。

另外，在服务协同方面，云端进行算法的更新或替换，完成后可以根据需求，下发至不同的计算设备，实现在线更

新、远程算法部署，提升算法的更新效率，降低运维人员的工作量。

目前主要包括酒店后厨、公立中小学、托幼机构等单位，这些单位已具备一定餐饮企业视频监控基础。但不少地区基于明厨亮灶视频监控系统的非现场监管，其主要工作方式仍依靠人工查看餐饮企业监控视频，以发现问题、识别违规行为，人员工作量巨大，监管效果不理想。在监管人员发现违规行为后，需发起现场检查以要求餐企整改，流程漫长，且效率低下。

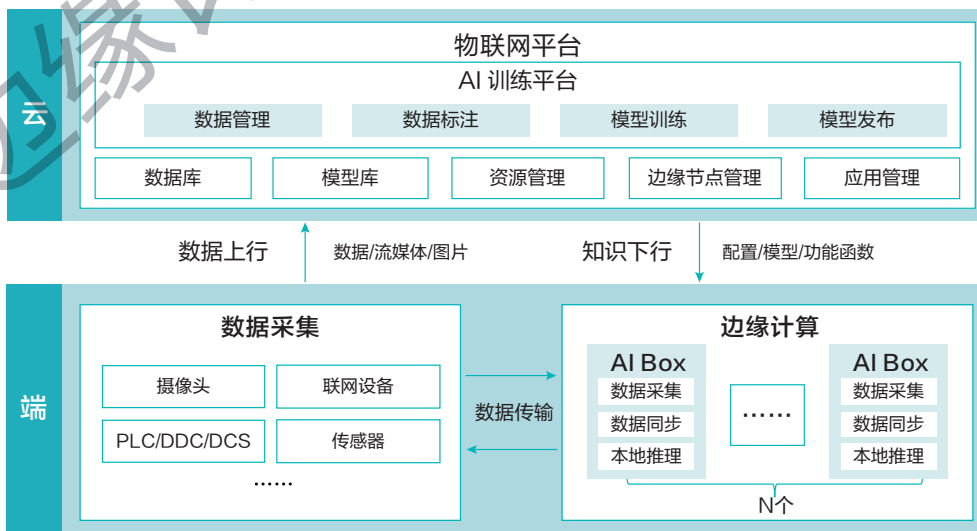


图 18 基于智能视觉的明厨亮灶边云协同



而结合边缘计算技术，在现有明厨亮灶视频监控基础之上，引入视频分析、AI识别等人工智能技术，实现对后厨视频资源统一采集、管理、应用。基于现有视频监控信息，对后厨抽烟、未戴工作帽或口罩、水池未标识、垃圾桶未加盖、餐具裸露、有害生物（蟑螂、老鼠）闯入等餐饮后厨从业人员常见违规行为及后厨卫生环境不合规情况进行智能识别。

自动发现餐饮服务单位食品安全问题，并对操作人员违规行为、安全问题等进行视频取证，留存图片或视频证据以支撑后续督促整改，为餐饮企业食品安全监管提供有效依据。

并且，需根据餐饮企业的巡查要求（如一个月内各辖区的餐企巡检覆盖率为100%，但每家巡检次数不超过5次），制定巡检策略，实现后厨视频智能巡检抽样（抓拍）、违规识别、违规线索推送等，以线上智能巡查与线下执法相

结合，实现后厨巡查全覆盖。

边云协同使能明厨亮灶项目，为食品安全监管提供如下核心价值：

后厨视频统一管控，设备部署方便，对基础设施依赖很小；

后厨视频智能识别，能够提供高可靠、低延时的AI识别性能保障；

线上远程视频监控，AI模型灵活配置，适应客户不同的定制化要求；

比起需要大带宽和大量运算资源的云计算方案，边缘计算方案成本更低，可行性更高；

设备故障一键统计，运行状态一屏尽览，实时提供执法依据，高效执法。

3.2 海尔：基于边云协同 AI 的质检案例

挑战：

随着人工智能、大数据在工厂的应用和普及，产生大量的数据，数据都上传到云端进行处理对云端造成巨大的网络压力和计算压力，如产品质检环节中拍摄图片回传至平台，需要上百兆/秒的速率，时延要求 20ms；设备管理要求精准控制，时延要求 10ms 以内。采用边云协同方式可以有效降低网络时延，并减轻网络核心节点传输带宽压力。

方案：

在工业园区落地 MEC（UPF+MEP），构建了行业内首个“5G+MEC”虚拟专网。通过“云边协同”的质检方案，实现质检应用部署中的资源、业务管理、应用管理、以及检测服务的云边协同。资源协同方面，边缘计算提供质检应用计算、存储、网络、虚拟化等基础设施资源，云计算提供边缘节点的设备管理和网络连接管理；业务协同方面，边缘计算提供模块化、微服务化质检应用，云计算提供按需对该应用进行业务编排；应用管理方面，边缘计算提供边缘侧质检应用部署与运行环境及生命周期管理 API，云计算实现对该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；服务协同方面，

实时类控制在边缘计算执行；非实时类控制可在云端执行。通过以上边缘计算和云计算的协同，实现了基于 5G 云边协同的质检应用落地。目前边缘云平台已经对接入企业云平台，用户可以定制化选择自己所需功能下单部署，实现随时了解各应用场景的网络指标和状态，并能根据业务场景随时调整网络参数。基于 5G+MEC 虚拟专网基础网络，实现了园区的多家互联工厂的应用赋能。

效果：

以机器视觉为例，采用边缘 MEC 和企业云平台边云协同部署方式，实现业务升级要求。用户可根据自身需要在平台侧订阅相关机器视觉服务，通过端、边、云互相协同实现算法加载到边缘计算侧，将传统孤立视觉系统（包含视觉控制器，视觉应用软件，工业相机）转化为集中处理+分布采集和控制模式，多个工位不同的视觉检测工程，同时在 MEC 侧运行，并将检测结果返回到云端。同时该方案实现设备端轻量化，产线机器视觉应用点只保留工业相机，取消单独的工控机，工厂或园区统一部署 MEC，总体方案降低布线成本、硬件及算力浪费，总体投资成本降低约 40%。

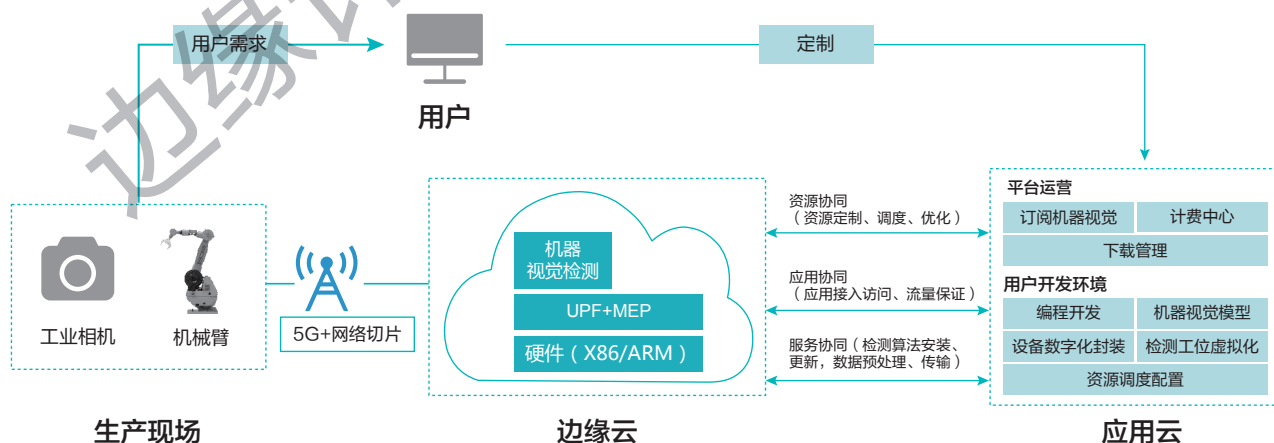


图 19 解决方案架构

3.3

全球能源互联网研究院：基于边云协同的变电巡视图像视频监测应用

随着电力物联网的发展，视频监控、增强现实等图像视频应用已经越来越广泛，智能化视频处理、任务调度将成为未来的关键技术。广泛的智能终端接入和海量的感知数据在促进电力物联网智能化应用进一步提升的同时，也带来了带宽资源约束和网络传输延迟等技术瓶颈。在实际应用中，如果使用基于云数据中心的智能云计算方式，无法满足就地处理与实时智能分析的业务需求；如果使用边缘计算，由于边缘设备的算力有限，无法满足延时约束和模型精度需求。如何设计智能分析算法和方式，同时达到高精度、低消耗、快响应、低延时的应用场景目标，是一大技术难题。

基于边云协同的智慧物联体系，是电力物联网的重要基础和建设主线，是统筹发电侧、输变电、配电网、客户侧和供应链等领域泛在互联和深度感知的关键，是电网公司协同各专业、各领域的智慧物联建设任务，联合打造的企业级智慧物联体系。

图 20 是边云协同变电巡视图像视频监测场景应用的具体流程。

应用协同

基于人工智能云平台和边缘智能物联代理，设计高效、可用的边云协同调度策略，在多层、异构的电力泛在物联网结构中，实现对多个智能服务的一键式部署、编排和管理。高精度识别模型和高速识别模型在云端训练结束后，分别在云端和边缘侧进行部署和下发。

服务协同

针对图像视频监测分析应用的多任务多目标复合性，结合真实业务场景特点，使用自适应的边云分配调度机制。

- » 边缘侧通过变电站、输电通道等地部署的摄像头、无人机、机器人等设备，进行图片和视频的采集，利用边缘端部署的高速识别模型对设备缺陷、异常行为等进行实时处理识别。
- » 当边缘端识别到电力设备缺陷、电力设备状态异常、人员不戴头盔、人员闯入、违章行为、小动物闯入、



图 20 变电巡视图像视频监测场景

异物等异常时，上报云端进行告警；当边缘端模型发现疑似异常目标，但判别置信度未满足要求时，将图片上传云端，利用云端高精度模型进行核验，如果确认是异常，则发出告警；当边缘端未发现异常时，定期向云端上传图片、视频，在云端进行存储。

- » 云端定期对收集和存储的新图像和视频数据进行分析、处理、标注，对云端和边缘端的识别模型进行再次训练、优化，并完成模型下发和更新。
- » 云端定期对系统进行自诊断，对各个摄像头进行质检，如果发现摄像头出现黑屏、卡死、花屏等工作状态不正常时，发出告警。

资源协同

针对不同异构设备硬件资源和软件环境场景，提供相应的模型部署方式。

基于边云协同的变电巡视图像视频监测应用，利用边缘端靠近数据源的优势，就地处理，实现快速响应；同时利用云端强大的计算能力和数据汇聚能力，为边缘端的实时分析做出特异性指导和适应性调整。边云相互合作，互为补充，在满足带宽限制和时延要求的条件下，大大提高了分析的准确度和系统的可靠性，有力支撑变电站内的设备、人员、环境的缺陷及异常监测，助力安全生产。



3.4

佳讯飞鸿：基于边云协同技术的高速铁路综合运维一体化管理平台

概述

云边协同，除了资源协同外，在本地化卸流的同时，提供了计算资源与运行资源的就近部署，一方面降低网络通信时延，降低网络通信负荷，另一方面实现企业应用的快速搭建、部署和上线。

车站 MEC 中心增加了铁路专网联接的控制与管理，融合了算力下沉、动态路由 /TCP 加速 /RNIS 无线网络信息等 CT 增值应用能力、实时编解码 /AI 推理 /VCDN 等 IT 增值应用能力。

对于铁路专网用户来说，可根据专网资源，并根据业务需求提供上行时隙配比、QoS 资源预留及高安全隔离能力。

高速铁路综合运维一体化管理平台解决方案

结合目前“工电供”3个专业对综合运维一体化的需求，对于高效施工、资源共享、统一决策、联合调度的需求，提出基于“边云协同”技术的高速铁路“工电供”综合运维一体化管理平台解决方案。综合运维一体化管理平台框架如下图所示。

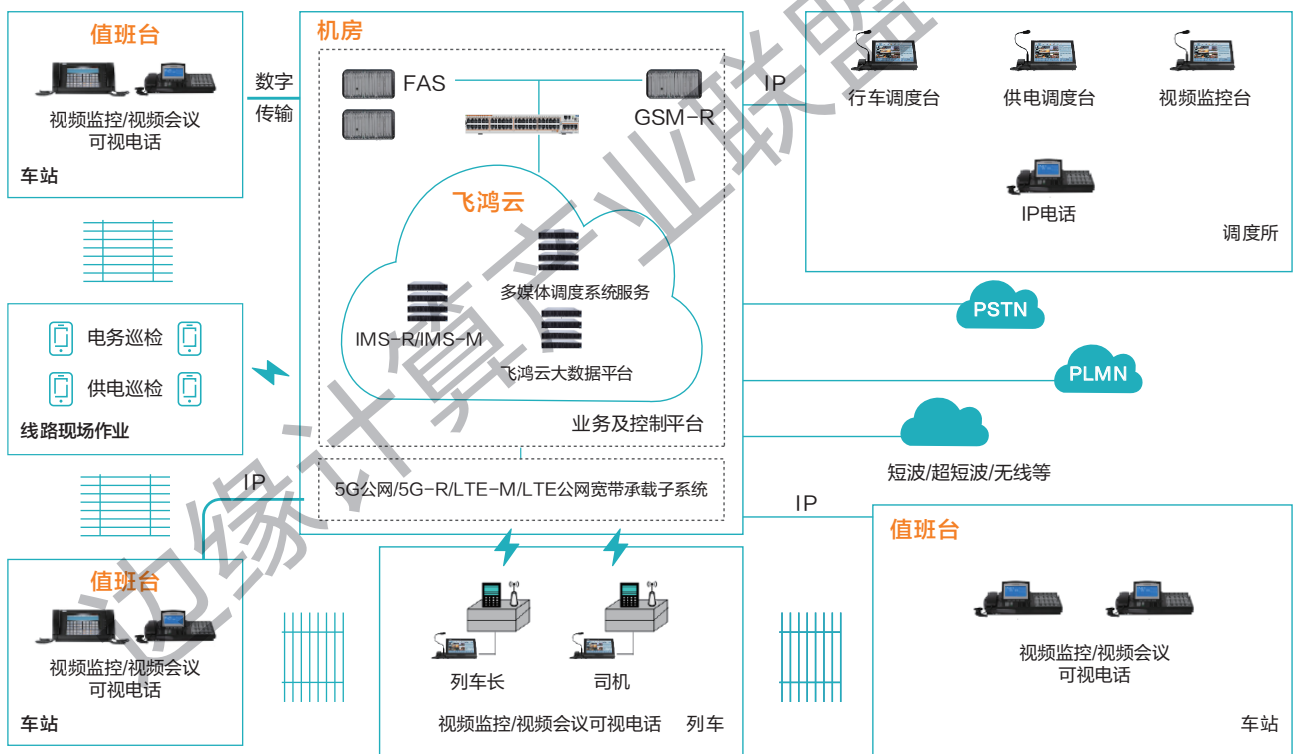


图 21 综合运维一体化管理平台框架



“工电供”综合运维典型场景举例

典型的“工电供”综合运维场景就是车站咽喉区的施工安全过程管控。此场景绝大多数是本地视频业务，此时，部署边缘计算中心对于这种专网监控视频业务就很有意义，通过边缘计算中心筛选出监控视频或者图像中变化的部分或一些有意义的视频或者图像片段，向服务器回

传，把价值不高的监控视频或者图像就地缓存在边缘计算中心的服务器中。一方面提高了边缘侧准确识别和快速响应的能力，另一方面降低了边缘计算中心视频、图片的上传平台所占用的数据带宽和经济成本。

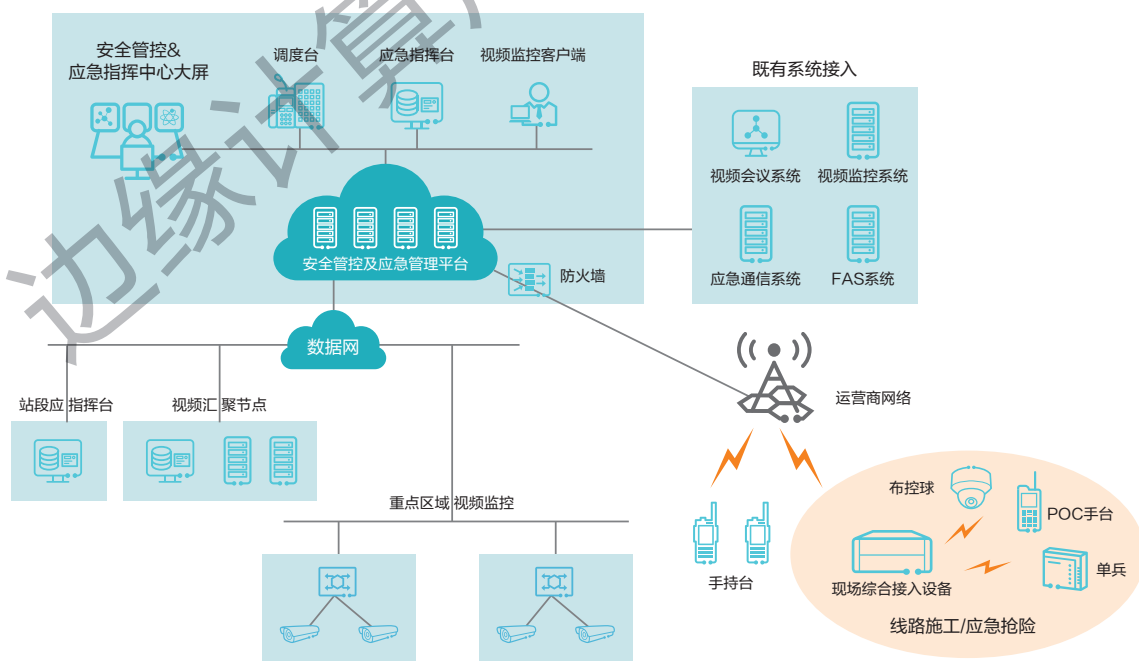


图 22 车站咽喉区安全管控系统组网架构

3.5 腾讯：智能交通

由于车联网、自动驾驶、高速无感收费等应用场景都有很高的数据吞吐，且对网络低延时、网络少抖动、网络高安全都有很强的需求。在中心云计算和传统网络架构下是没办法提供底延时和少抖动的网络连接保障，并且很多车载传感器和智能设备的数据量非常巨大。通过车载传感设备、公路传感设备、边缘计算和云计算实现云边的应用协同和服务协同，构建一个底延时、安全、稳定的智能驾驶的运行环境，减少流量堵塞的机会并降低流量成本。

将公路传感器，如：智能摄像头、巡检无人机等连接到路段边缘计算节点实时检测路段信息，将采集公路信息分析提取有价值 and 意义的关键数据同步到边缘云和中心云进行分析和同步到相邻的边缘计算节点参考分析，并且同步给管控范围内的车载边缘智能设备进行协同分析，边缘车辆行驶时的智能决策，实现服务协同。

将车载传感器，如：行车记录仪、车载雷达、车载红外探头等传感设备数据同步给车载边缘智能设备结合公路的数据进行实时的分析，处理已知风险和预测未知风险，并将提取的数据同步到路段边缘节点、边缘云节点、云中心节点进行逐级的分析和数据记录，支撑车辆调度系统就车辆行驶优化和拥塞调度，实现应用协同。

构建车载边缘设备、路段边缘节点、边缘云节点、中心节点的实时计算网络和数据同步网络助力智慧交通的应用场景落地，实现应用和服务的共同协同。

通过人工智能、5G、物联网、边缘计算、云计算更好的融合和协同，来为智慧交通提供更大价值输出：

- » 减少交通拥塞、交通事故，提高出行质量
- » 减少环境污染、减少能源消耗，保护自然环境
- » 增强智慧调度、自动驾驶，解放生产力

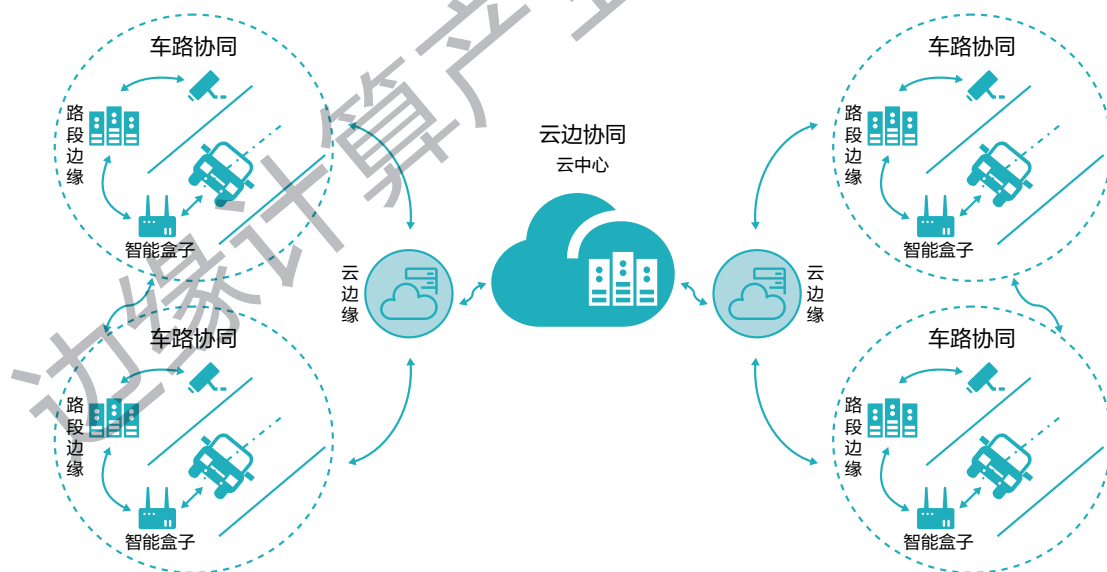


图 23 基于云边协同的车路协同

3.6 腾讯：边缘计算赋能智慧零售

随着互联网、云计算、大数据、人工智能、物联网、5G等技术和行业的成熟，也为零售行业的创新、突破及发展带来了新的机遇。通过应用边云协同的服务协同，并结合大数据、物联网等技术来完成零售商业“人-货-场”的客户管理、场景联动、运营效率、成本优化的数字化、智能化的升级，提升对消费者的感知能力，提供多样化、个性化的场景服务，打造从生产、物流、营销、服务等全链路、全生命周期的智慧零售生态服务。

在以往智慧零售的落地过程中通过对商超的视频流量通过 AI 模型进行实时的推理获取有效的、多维度的数据支撑，并且通过对场地的智慧化改造，增加丰富的零售场

景服务和场景互动来优化消费者的消费体验，从而完成人-货-场的联动融合。然而此种模式如果使用中心云计算的服务模式会遇到 AI 视频分析成本过高、通过中心物联管控延时过高影响体验、因数据隐私商家不愿将完整数据放到云中心分析

通过应用协同和服务协同，对业务进行二次拆分，在边缘完成对实时视频流量的分析和结构化数据提取来降低视频的成本，通过边缘辅助完成零售的智能硬件的管控来降低延时，同时通过在边缘完成一定的数据分析来降低数据安全泄密的风险。

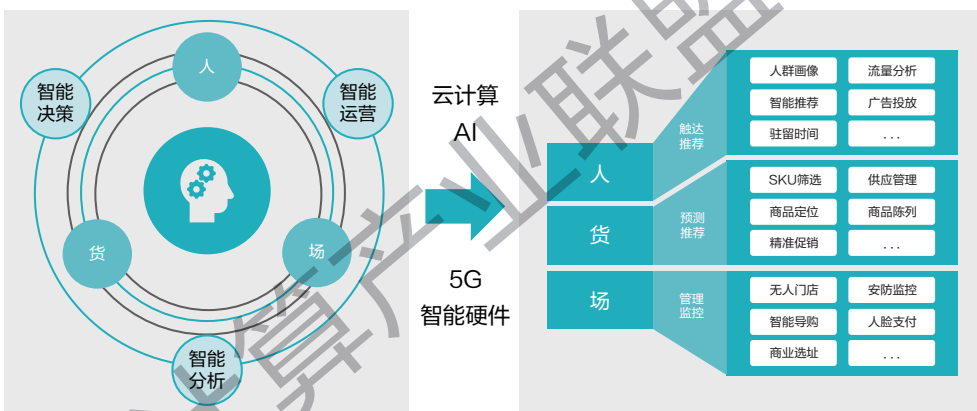


图 24 边缘计算赋能智慧零售

云、边、端协同助力万物智联快速落地

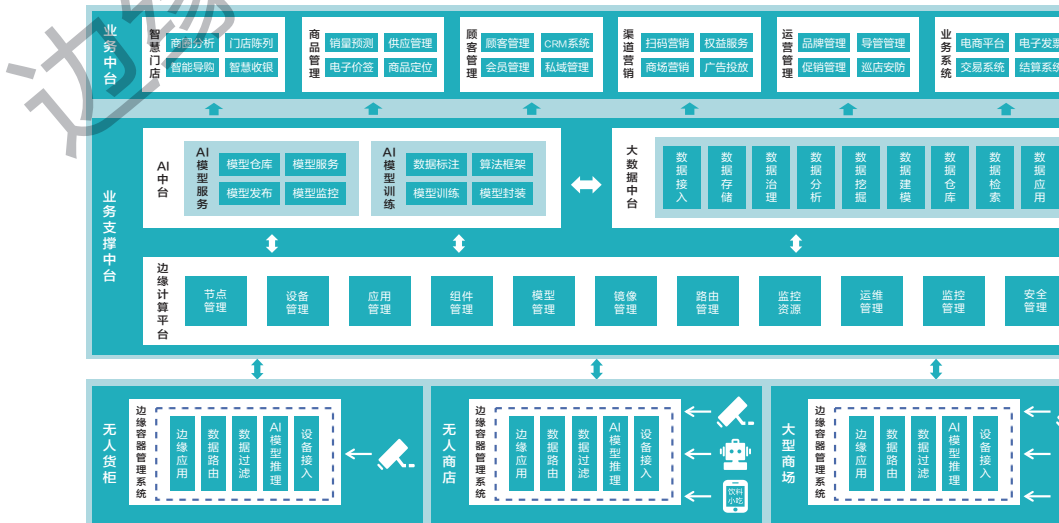


图 25 智慧零售整体解决方案

3.7

移动：边云协同在某国家级工业互联网中心实现数据采集和分析的应用案例

某国家级工业互联网大数据中心是集数据采集、汇聚、挖掘、交换和共享能力于一体的工业互联网平台。

在工业领域，工业设备数据采集，通常各厂商都在做自己的定制方案，无法形成一个标准。做数据应用的厂商需要适配各类做设备数据采集的厂商；做设备数据采集的厂商又需要适配各类平台厂商，造成重复研发，效率低下。

作为国家级的工业互联网平台，必须使用一套既灵活又通用的工业数据采集与应用架构，来尽可能的满足各种类型的工业设备数据的采集与各类工业应用的开发，必须具备以下特点：（1）统一性：支持通过云端统一管理；（2）兼容性：支持适配各类工业协议，管理各类工业设备、工业软件；（3）通用性：符合当前主流的容器应用管理、编排规范；（4）标准化：云侧、边缘侧提供标准

的接口；（5）大规模：支持百万级设备的接入与管理；（6）低功耗：占用资源低、功耗低。

平台基于开源 KubeEdge 框架，建设了边云协同与数据采集系统，实现了：

- » 应用协同：应用由云端管理，边端运行；通过开放的接口标准和平台，建立起工业应用的开发生态，汇集了丰富的工业应用；
- » 服务协同：建立边缘工业设备数据采集与上报的标准，使得应用能以统一的标准从云端或边缘端订阅所需的各类业务数据，实现应用与数据服务协同；
- » 资源协同：通过将管理服务，如监控、编排等，统一放置到云端，极大的减少了边缘节点的资源开销，满足工业场景下，边缘节点轻资源少、低功耗的特点。

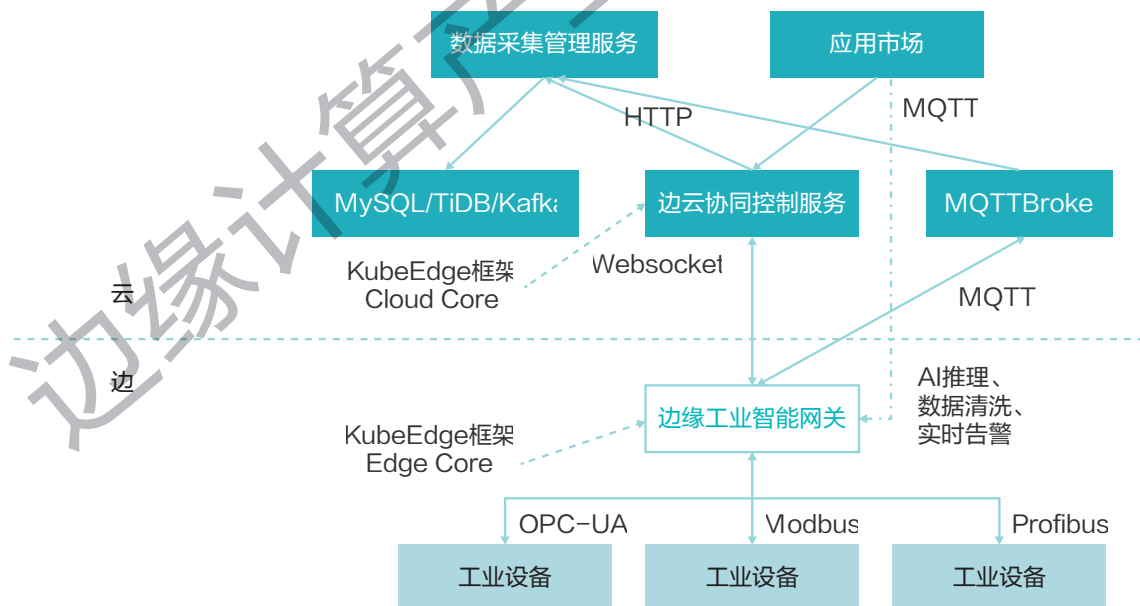


图 26 数据采集技术架构

3.8

金山云：基于云边协同的智能路由器网络优化案例



随着家庭中智能家居硬件设备越来越多，路由器作为每个家庭必备的网络设备，承担着越来越重要的角色，其安全性及网络访问速度成为路由器最重要的两个性能指标。在安全方面通过云边应用协同保障路由器网络安全，智能路由器云服务器端下发安全策略及安全算法到路由器，提升路由器 WiFi 防暴力破解能力；智能路由器部署 DOH（Dns Over Https）客户端，同云端的 DOH 服务器端协同，解决用户上网过程中普遍存在的 Dns 劫持问题，保障智能家居智能硬件设备控制策略及数据安全。

在网络速度方面，智能路由器通过实时探测，可获取当前路由器到用户访问网站网络的详细情况，包括网络延迟、网络丢包、首包时间等数据，从而判断当前用户访问互联网内容的速度及质量，路由器端同 CDN 端配合，可采用自定义网络传输协议，双端网络协议优化技术（例如 Quic 协议），大大提高路由器在弱网情况下的网络访问质量，弱网情况下，网络传输速度可提升 30% 以上。

3.9 PPIO: 基于 P2P 技术的高性价比边缘 CDN 方案

随着互联网快速发展以及网络用户的日益普及，尤其视频业务向着多元化，超高清，沉浸式发展，网络资源越发紧张。为了满足不断提升的用户体验，CDN 加速是一种普遍运用的网络技术。可是，传统的 CDN 通常只能下沉到地市城域网，离终端用户较远，而且部署需要专门的 DNS 服务器和大容量大带宽的缓存服务器，扩容成本较高。在流量高峰时段，CDN 的资源依然紧张，影响用户体验。

针对传统 CDN 在用户体验上的不足，PPIO 提出了一个基于 P2P 技术和边缘容器云的 CDN 高性价比方案 - ECDN (Edge CDN)。其思路是利用遍布各地海量的空闲边缘设备，如 IDC, 小区服务器, 矿机, 机顶盒等, 根据硬件资源的配置和能力做大小分类, 通过中心容器云 ECS 的管理控制中心, 变成可被协同调度的边缘节点 (资源协同)。容器云 ECS 的大数据平台根据客户的具体需求, 结合边缘侧上报的实时数据做智能化分析 (数据协同), 挑选出最佳的部署节点并支持弹性扩容。流量高峰时, 部署在边缘节点上的 P2P CDN 自动扩容配合传统 CDN 提高处理能力, 帮助削峰。流量低谷时, P2P CDN 缩容回收, 节省资源降低成本 (任务协同)。

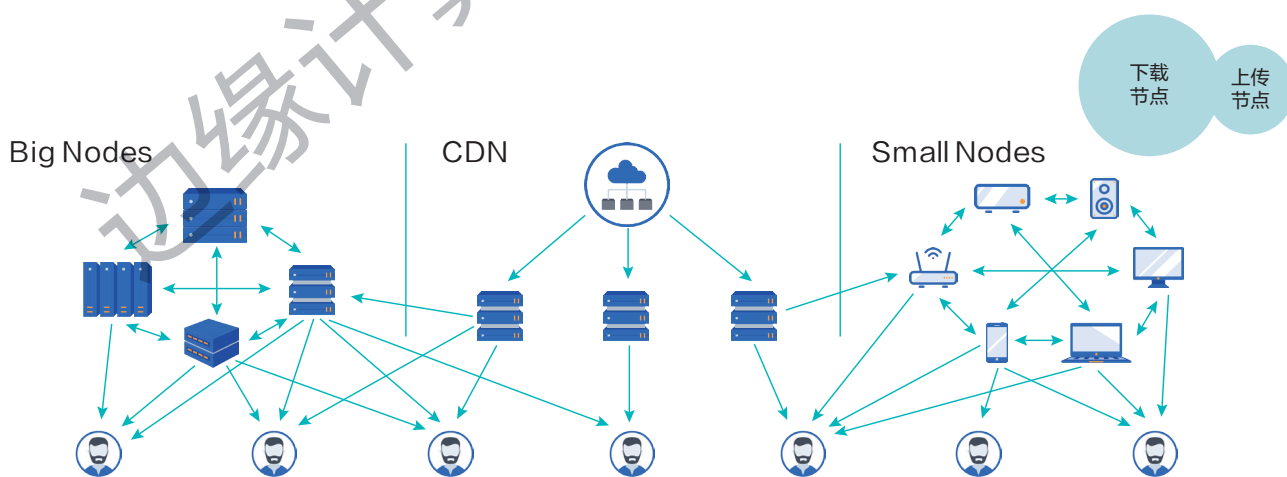


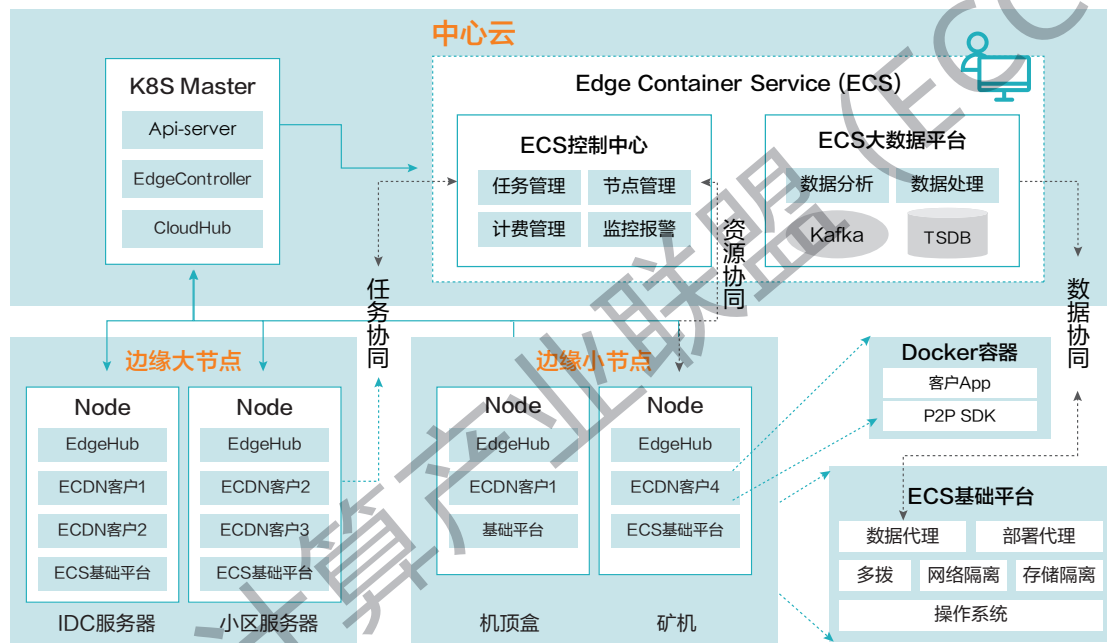
图 27 ECDN 与传统 CDN 协作图

P2P CDN 是 ECDN 方案的核心。它利用边缘网络的分布特性，通过 P2P 协议在多节点复制分享数据。数据传输采用云端结合的策略，云端 Tracker 通过计算返回推荐的节点（Peer）列表，用户端根据列表再自行选择最佳 Peers 去获取数据。P2P CDN 提供 SDK，轻 SDK 和无 SDK 三种产品形态，对应不同级别的 P2P 逻辑，方便客户按需集成。

PPIO 容器云 ECS (Edge Container Service) 是 ECDN 方

案的指挥官，容器化的 P2P CDN 就是通过容器云 ECS 调度部署。它构建在 Kubernetes 上，使用 KubeEdge 开源系统将容器化应用编排和管理扩展到边缘端设备，具备大规模容器实例部署、升级、更换的能力，以及数据采集和监控（CPU、内存、带宽、存储、崩溃）。

综合来说，ECDN 方案是一个高性价比的 CDN 方案，混合云边端的各种设备和带宽可以降低 50% 成本，同时具备高性能(多点传输)和高可靠性(和传统CDN相互备份)。





关注边缘计算产业联盟
请扫二维码

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