



边缘计算 IT 基础设施 白皮书 1.0 (2019)

边缘计算产业联盟 (ECC) 与绿色计算产业联盟 (GCC) 联合发布
2019 年 11 月



参与编写单位：

中国移动通信有限公司研究院
中国信息通信研究院
华为技术有限公司
安谋科技（中国）有限公司
中国电信北京研究院
安晟半导体科技有限公司
天津飞腾信息技术有限公司
中国联合网络通信集团有限公司网络技术研究院
美满电子科技
网宿科技股份有限公司
西安电子科技大学
武汉深之度科技有限公司
中国长城科技集团股份有限公司
重庆大学
北京地平线机器人技术研发有限公司
上海顺舟智能科技股份有限公司
盛科网络（苏州）有限公司
神州数码集团股份有限公司
航天云宏技术有限公司
上海上实龙创智慧能源科技股份有限公司
北京中电标协信息技术服务有限责任公司等

编写组成员：

耿亮	刘鹏	罗松	时晓光
张鸣	连绍雄	翁志强	邵巍
杨鑫	段慧斌	陈元谋	王子亮
郭御风	张岩	吕华章	沈建发
陈晨	胡晓晶	孔令波	

PREFACE

前言

智能世界带来了丰富的应用，产生了海量的连接和数据。据 IDC 预测，2015 年全球物联网连接数约 60 亿个，预计 2025 年全球物联网连接数将增长至 270 亿个，物联网设备数量将达到 1000 亿台，连接数的急速增长意味着海量数据的产生，全球数据总量预计 2020 年达到 47 个 ZB，2025 年达到 163 个 ZB。

边缘计算兴起，未来超过 70% 的数据和应用将在边缘产生和处理。边缘和移动端设备受场景约束，处理能力和性能的提升受到限制，需要与云协同。随着 5G 的规模部署，网络传输时延、带宽、连接密度均得到数量级的提升，给端 - 边 - 云协同提供了基础保障。目前三者的计算架构、开发模式存在较大差异，应用必须多次开发和部署，需要新的计算架构创新提升效率。

为应对边缘计算领域多样性计算这一挑战，边缘计算产业联盟（Edge Computing Consortium, 简称 ECC）和绿色计算产业联盟（Green Computing Consortium, 简称 GCC）联合成立边缘计算 IT 基础设施推进工作组 ECII（Edge Computing IT Infrastructure）。

ECII 项目面向边缘计算分散、多样化的应用部署特点需求，从边缘计算设备架构、运维需求、环境要求、产业生态多个方面提出了标准化要求，涉及边缘服务器、智能边缘一体机、边缘网关的芯片支持、运维管理、安全可靠、运行环境等标准化要求，以应对复杂多样的部署环境，助力边缘计算行业的标准化，加速产业推广应用。

ECII 项目得到了产业界的广泛关注，迄今为止已经得到中国移动、中国电信、中国联通、服务器、操作系统、ISV 厂商和管理系统等领域的超过 40 家主流供应商的积极支持。ECII 项目组联合业界合作伙伴，开启了面向多样性计算的边缘计算产业解决方案与产业生态的探索。

本文档的目标读者包括但不限于 ECII 项目组的所有成员，ECC 联盟和 GCC 联盟成员的供应商，系统集成商以及其他关心边缘计算 IT 基础设施相关的机构和个人。



CONTENTS

目录

前言

01. ECII 概述	01
02. 边缘计算最新发展趋势	03
2.1. 异构计算	03
2.2. 边缘智能	04
2.3. 边云协同	04
2.4. 5G+ 边缘计算	05
03. 边缘计算价值场景	06
3.1. 智慧园区	06
3.2. 安卓云与云游戏	07
3.3. 内容分发网络 CDN	08
3.4. 视频监控	08
3.5. 工业物联网	09
3.6. Cloud VR	09
04. 边缘计算硬件整体规划	11
4.1. 边缘服务器	11
4.2. 智能边缘一体机	11
4.3. 边缘网关	12
05. 边缘服务器需求	13
5.1. 异构计算需求	13
5.2. 部署运维需求	14
5.3. 环境匹配需求	14
5.4. 产业生态需求	14
06. 边缘服务器技术方案	15
6.1. 多芯片支持	15
6.2. 边缘服务器运维管理	16
6.3. 安全可信要求	18
6.4. 运行环境要求	19
6.5. 生态开放支持全栈多种配置	20
07. 总结	21
08. 附录 1（典型配置推荐）	22
09. 附录 2（边缘服务器支持主流生态 OS，数据库，虚拟化等组件清单）	23



01

ECII 概述

未来超过 70% 的数据需要在边缘侧分析、处理和存储。边缘计算领域的多样性计算架构、产品与解决方案越发重要。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（架构），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。边缘计算软件平台采用 Cloud Native 云原生架构与关键技术，硬件平台支持异构计算能力，以边云协同和边缘智能为关键特征，形态上主要包括云边缘，边缘云，边缘网关：

- 1. **云边缘**：云边缘作为公有云的延伸，将云的部分服务或者能力扩展到边缘基础设施之上。中心云和云边缘相互配合，实现全网资源共享、全网统一管控等能力；
- 2. **边缘云**：基于云计算技术与架构构建的边缘分布式开放平台，可提供集中管理和调度的能力，边缘云内及边缘云之间可以进行资源共享；
- 3. **边缘网关**：是企业 / 行业数据的接入节点，是网关设备基于云计算技术的演进，可实现网关内资源共享。

丰富的应用和海量的数据对算力产生了极大的需求。摩尔定律逐渐失效，带来了算力供应的稀缺和昂贵，严重制约着行业数字化和智能化的发展。产业界提出了多样性计算理念，面向不同应用，通过多种算力组合，在系统级恢复摩尔定律，推动计算创新。

为满足边缘计算领域多样性计算需求，边缘计算产业联盟（Edge Computing Consortium，简称 ECC）和绿色计算产业联盟（Green Computing Consortium，简称 GCC）联合成立边缘计算 IT 基础设施推进工作组 ECII（Edge Computing IT Infrastructure），工作组目标包括：

- 1. 面向数据多样性和高并发，制定承载边缘云的异构计算服务器、存储、加速器等 IT 基础设施规范，推动产业样机开发，开展测试认证；
- 2. 面向工业互联网的海量连接和实时处理，制定基于云理念、云架构、云技术、云管理的边缘计算网关规范，推动产业样机开发，开展测试认证；
- 3. 典型边缘数据中心的新建、扩容、改造与运维管理等端到端解决方案的创新与孵化；
- 4. 边缘计算行业价值场景挖掘与产业推广；
- 5. 推动边缘计算相关产业的标准化活动与进程。



ECII 项目针对边缘计算部署分散、应用多样化与资源受限的特点，从边缘计算节点架构、运维需求、环境要求、产业生态多个方面提出了标准化要求，涉及边缘服务器、智能边缘一体机、边缘网关的芯片支持、运维管理、安全可靠、运行环境等标准化要求。

ECII 项目得到了产业界的广泛关注，迄今已经得到应用与服务提供商、电信运营商、服务器提供商、中间件提供商、数据库提供商、操作系统提供商和芯片提供商等超过 40 家主流供应商的积极支持。ECII 项目组联合众多业界合作伙伴，开启了面向多样性计算的边缘计算解决方案与产业生态的探索。

边缘计算 IT 基础设施推进工作组 ECII 主要成员：





02

边缘计算最新发展趋势

2.1 异构计算

随着云游戏、VR/AR 与自动驾驶等应用的兴起，以及物联网、移动应用、短视频、个人娱乐、人工智能的爆炸式增长，应用越来越场景化和多样化，带来数据的多样性（如语音、文本、图片、视频等）以及用户对应用体验要求的不断提高。计算密集型应用需要计算平台执行逻辑复杂的调度任务，而数据密集型应用则需要高效率地完成海量数据并发处理，使得单一计算平台难以适应业务场景化与多样化要求。多样性计算成为迫切需求。

异构计算可以满足边缘业务对多样性计算的需求。通过异构计算可以满足新一代“连接 + 计算”的基础设施的构建，可以满足碎片化产业和差异化应用的需求，可以提升计算资源利用率，可以支持算力的灵活部署和调度。

在各类边缘计算场景中，不同的计算任务对于硬件资源的需求是不同的，从计算模式、并发数、迭代深度等多方面考虑，可能需要 x86、ARM、GPU、NPU 等多种类型的芯片支持。而基于 ARM 的计算模式在边缘计算领域有差异化的优势，包括多核并发、绿色节能等，同时，ARM 可以很好的支持云、边、端协同，端侧基于 ARM 的系统占主流；数据中心也在引入 ARM 服务器；如果边缘节点距离端侧较近，若也采用 ARM 计算架构，则应用、算法、模型等可以在云、边、端便利地部署和迁移，大大降低应用开发和部署的门槛。



2.2 边缘智能

边缘智能利用 AI 技术为边缘侧赋能，是 AI 的一种应用与表现形式。一方面 AI 通过边缘节点能够获得更丰富的数据，并针对不同应用场景实现个性化和泛在化，极大地扩展人工智能的应用场景；另一方面，边缘节点可以借助 AI 技术更好地提供高级数据分析、场景感知、实时决策、自组织与协同等智能化服务。边缘侧轻量级、低延时、高效的 AI 计算框架显得尤为重要。

行业数字化场景下，如果 AI 模型的训练与推理全部在云端，需要将海量企业 / 行业数据从边缘节点实时上传至云端，从而带来实时性、可靠性、数据隐私保护以及通信成本等方面的挑战。

如果 AI 模型完全在边缘节点训练与推理，例如在本地运行 DNN 模型的计算密集型算法，非常耗费资源，需要在边缘节点中配备高端 AI 芯片。这可能不是成本最优的边缘智能解决方案，而且与计算能力有限的现有边缘设备难以兼容。

综合考虑行业场景的核心需求，如实时分析与处理、节点自活、数据安全、远程部署与自动升级等，在带宽有限、计算资源有限的情况下，在云端与边缘节点合理地部署人工智能模型的训练与推理功能，有利于构建成本最优的边缘智能解决方案与服务。

2.3 边云协同

边缘计算与云计算需要通过紧密协同才能更好地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。从应用层面来说，边云协同可以有不同的表现形式。例如，应用开发在云端完成，可以充分发挥云的多语言、多工具、算力充足的优势，应用部署则可以按照需要分布到不同的边缘节点；云游戏的渲染部分放在云端处理，呈现部分放在边缘侧，保证了用户的极致体验；对于人工智能相关的应用，可以把机器学习、深度学习相关的重载训练任务放在云端，而

需要快速响应的推理任务放在边缘处理，达到计算成本、网络带宽成本的最佳平衡。

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。

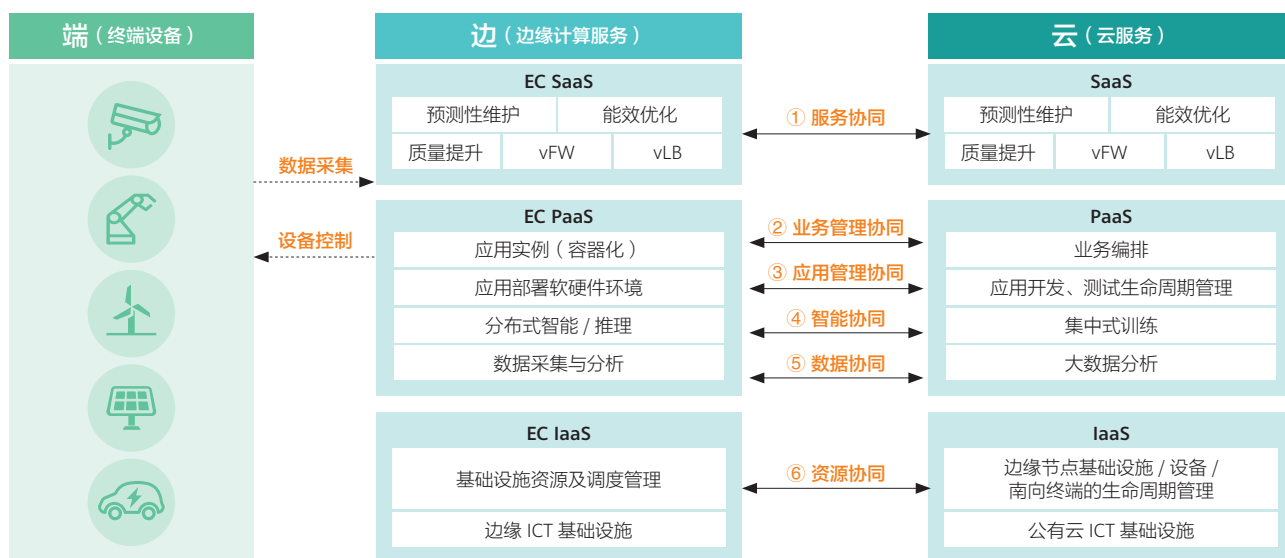


图 1- 边云协同分级参考架构

2.4 5G+ 边缘计算

5G 为边缘计算产业的落地和发展提供了良好的网络基础，从用户面功能的灵活部署、三大场景的支持以及网络能力开放等方面相互结合，相互促进。

5G 用户面功能 UPF 下沉实现数据流量本地卸载。可以将边缘计算节点灵活部署在不同的网络位置来满足对时延、带宽有不同需求的边缘计算业务。同时，边缘计算也成为 5G 服务垂直行业，充分发挥新的网络性能的重要利器之一。

5G 三大典型场景也都与边缘计算密切相关。uRLLC 超高可靠低时延、eMBB 增强移动带宽以及 mMTC 海量机器类通信，可以分别支持不同需求的边缘计算场景。例如，对于时延要

求极高的工业控制，对于带宽要求较高的 AR/VR、直播，对于海量连接需求高的 IoT 设备接入等新兴业务。此外，对于移动业务的连续性要求，5G 网络引入了三种业务与会话连续性模式来保证用户的体验，例如车联网等。

5G 支持将网络能力开放给边缘应用。无线网络信息服务、位置服务、QoS 服务等网络能力，可以封装成边缘计算 PaaS 平台的 API，开放给应用。





03

边缘计算价值场景

目前边缘计算的价值场景包括智慧园区、安卓云与云游戏、内容分发网络 CDN、视频监控、工业物联网、Cloud VR 等，其中智慧园区、视频监控、工业物联网属于 2B 业务，安卓云与云游戏、内容分发网络 CDN、Cloud VR 属于 2C 业务。边

缘计算价值场景使用的关键能力主要包括：海量网络联接与管理、实时数据采集与处理、本地业务自治、边云协同、图像识别与视频分析、AR/VR、游戏渲染与呈现，以及数据安全与隐私保护等。

3.1 智慧园区

智慧园区建设是利用新一代信息与通信技术来感知、监测、分析、控制、整合园区各个关键环节的资源，在此基础上实现对各种需求做出智慧的响应，使园区整体的运行具备自我组织、自我运行、自我优化的能力，为园区企业创造一个绿色、和谐的发展环境，提供高效、便捷、个性化的发展空间。2018 年中国园区信息化市场规模达到 2688 亿元左右，同比增长 20%。全国智慧园区存量市场超过 10000 家，复合年均增长率超过 10%。

智慧园区场景中，边缘计算主要功能包括：

- 1. 海量网络联接与管理：**包含各类传感器、仪器仪表、控制器等海量设备的网络接入与管理；接口包括 RS485，PLC 等，协议包括 Modbus，OPC 等；确保联接稳定可靠，数据传输正确；可基于软件定义网络 SDN 实现网络管理与自动化运维；
- 2. 实时数据采集与处理：**如车牌识别、人脸识别、安防告警等智慧园区应用，要求实时数据采集与本地处理，快速响应；

- 3. 本地业务自治：**如楼宇智能自控、智能协同等应用要求在北向网络联接中断的情况下，能够实现本地业务自治，继续正常执行本地业务逻辑，并在网络联接恢复后，完成数据与状态同步。



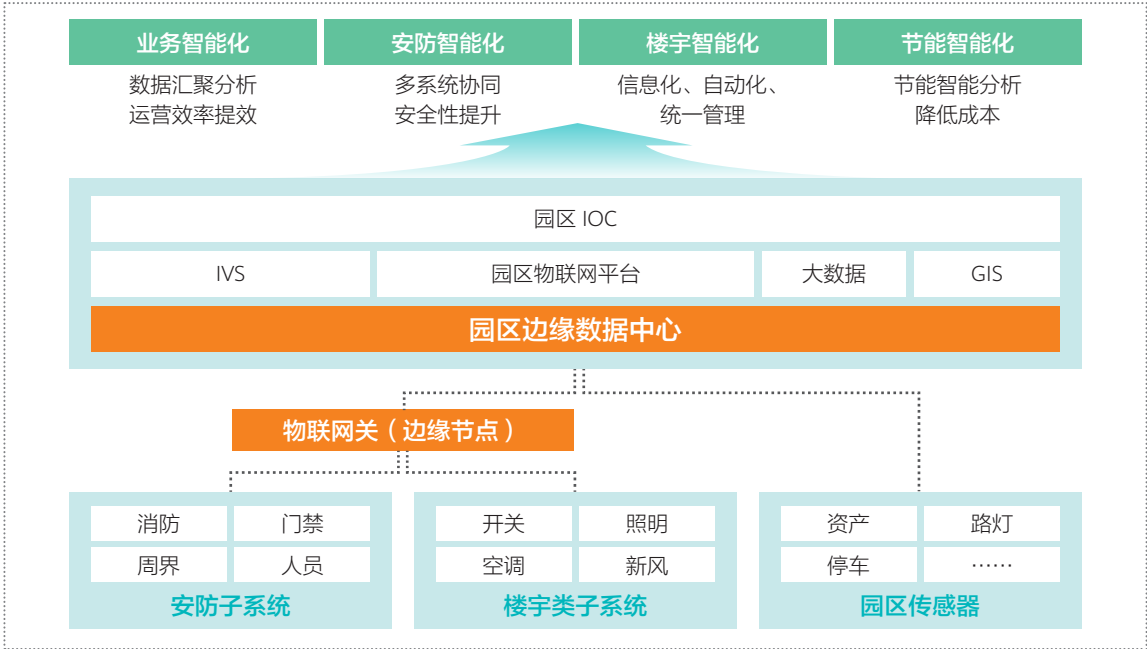


图 2- 智慧园区边缘计算分层架构

3.2 安卓云与云游戏

目前备受关注的安卓云场景，将安卓的全栈能力云化，为终端提供统一的服务，可以节省终端的成本，促进安卓生态的发展。其中比较典型的是云游戏场景。

云游戏通常指将原本运行在手机等终端上的游戏应用程序集中在边缘数据中心里运行，原本由手机等终端进行的游戏加速、视频渲染等对芯片有要求的任务，现在可以由边缘服务器代替运行。边缘服务器与终端之间传输的信息包括两类，一类是从边缘服务器向终端发送的游戏视频流信息，另一类是从终端向边缘服务器发送的操作指令信息。云游戏场景下，

终端只是相当于一个视频播放设备，完全不需要高端的系统 和芯片支持，就可以得到很好的游戏体验。云游戏场景的优势包括：游戏免安装、免升级、免修复、即点即玩，以及终端成本降低，具有很好的推广性。

云游戏场景中，边缘计算主要功能包括：

- 1. 安卓全栈能力云化，匹配游戏运行环境；
- 2. 云端视频的渲染、压缩传输，支持终端良好呈现；
- 3. 端到端低时延响应，支撑游戏操作体验。

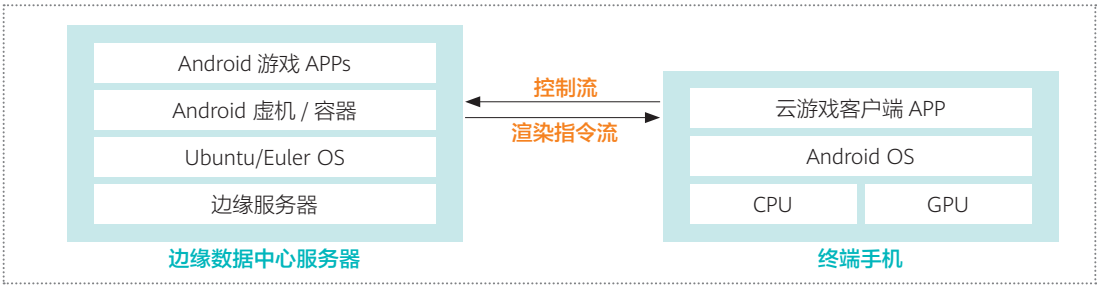


图 3- 云游戏方案全栈示意图

3.3 内容分发网络 CDN

CDN 已经得到广泛的应用，极大提升了用户访问内容的体验，降低了内容提供商的带宽成本压力。据预测，2020 年超高清用户数达到 1 亿，4K 电视占电视总销量比例超过 40%；2023 年超高清用户达到 2 亿，4K 电视终端全面普及。4K 超高清视频的快速发展将会进一步提升对网络带宽的要求。现有模式的建网成本将快速上升。

CDN 进一步下沉可以节省成本。当区县扩容流量达到 20G，边缘节点下沉建设投资将低于传输网络扩容投资。同时 CDN 节点下沉区县后，访问延时降低 16.3%，可以提升客户视频体验。

CDN 场景中，边缘计算主要功能包括：

1. **异构计算**：需要具备灵活的异构计算扩展能力，匹配边缘视频转码、压缩等需求；
2. **高性能存储**：需要提供高性能的 NVMe 存储，IO 性能匹配出流能力，存储容量灵活可配置；
3. **轻量化非标机柜**：支持包括 600mm/800mm 深规格机柜，满足区县边缘数据中心机房要求。

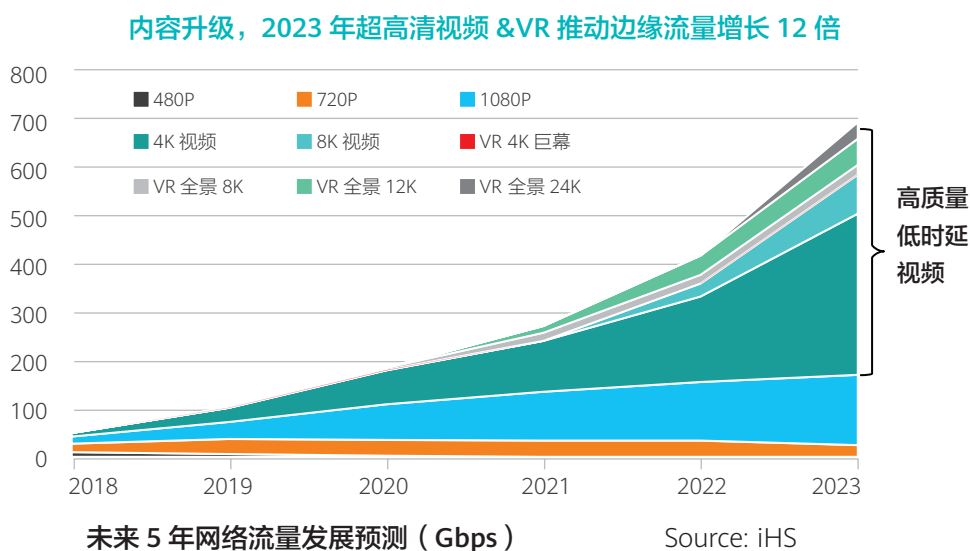


图 4- 未来 5 年网络流量发展预测

3.4 视频监控

视频监控正在从“看得见”、“看得清”向“看得懂”发展。行业积极构建基于边缘计算的视频分析能力，使得部分或全部视频分析迁移到边缘处，由此降低对云中心的计算、存储和网络带宽需求，提高视频图像分析的效率。同时构建基于边缘计算的智能视频数据存储机制，可根据目标行为特征确定视频存储策略，实现有效视频数据的高效存储，提高存储空间利用率。边缘计算为安防领域“事前预警、事中制止、事后复核”的理念走向现实，提供有力技术支撑。

视频监控场景中，边缘计算主要功能包括：

1. 边缘节点图像识别与视频分析，支撑边缘视频监控智能化；
2. 边缘节点智能存储机制，可根据视频分析结果，联动视频数据存储策略，既高效保留价值视频数据，同时提高边缘节点存储空间利用率；
3. 边云协同，云端 AI 模型训练，边缘快速部署与推理，支持视频监控多点布控与多机联动。

3.5 工业物联网

工业物联网应用场景相对复杂，不同行业的数字化和智能化水平不同，对边缘计算的需求也存在较大差别。以离散制造为例，边缘计算在预测性维护、产品质量保证、个性化生产、以及流程优化方面有较大需求。

边缘计算可以支持解决如下普遍存在问题：

- 1. 现场网络协议众多，互联互通困难，且开放性差；
- 2. 数据多源异构，缺少统一格式，不利数据交换与互操作；
- 3. 产品缺陷难以提前发现；
- 4. 预测性维护缺少有效数据支撑；

- 5. 工艺与生产关键数据安全保护措施不够；

工业物联网场景中，边缘计算主要功能包括：

- 1. 基于 OPC UA over TSN 构建的统一工业现场网络，实现数据的互联互通与互操作；
- 2. 基于边缘计算虚拟化平台构建的 vPLC，支持生产工艺与流程的柔性；
- 3. 图像识别与视频分析，实现产品质量缺陷检测；
- 4. 适配制造场景的边缘计算安全机制与方案。

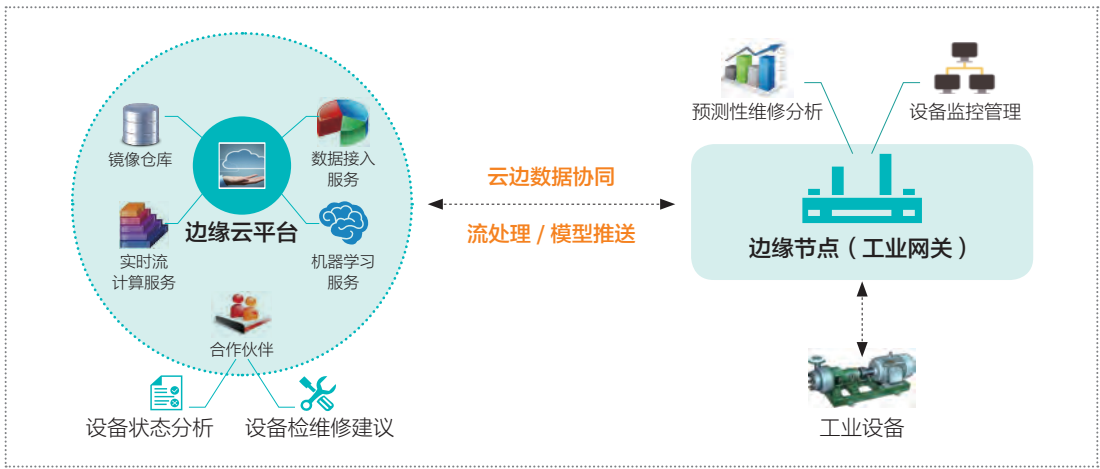


图 5- 工业物联网边缘计算

3.6 Cloud VR

VR（Virtual Reality, 虚拟现实）指对真实或虚拟环境的模拟或复制，通过深度感知与交互实现用户的沉浸式体验。VR 不仅用于娱乐领域，在社交、通信、房产、旅游、教育等行业也有广泛应用。VR 已经成为国家战略性新兴产业。IDC 预测 2019 年全球 AR/VR 市场空间为 \$16.8B，将于 2023 年达到 \$160B。

网络与云基础设施的升级带动了云 VR 业务的发展，传统的 VR 业务和终端服务器逐步迁移上云。Cloud VR 配套的终端设备“瘦身”，Cloud VR 业务逐步走入个人、家庭和工业场景。

无线网络从 4G 向 5G 推进，将迎来 Cloud VR 业务在移动端的体验变革，推动云 VR 业务在 5G 网络下快速发展。

Cloud VR 业务的大通量、低时延特性促使平台由集中服务向边缘分布式服务发展。部分业务，如渲染计算、转码和缓存加速，卸载分流到边缘处理。相比中心平台直接提供服务，边缘节点靠近用户终端，从距离上节省传输时延，网络带宽可降低 30%，网络响应时延降低 50%。从数据安全的角度，边缘计算有利于部分仅限本地处理的垂直行业的 VR 应用。

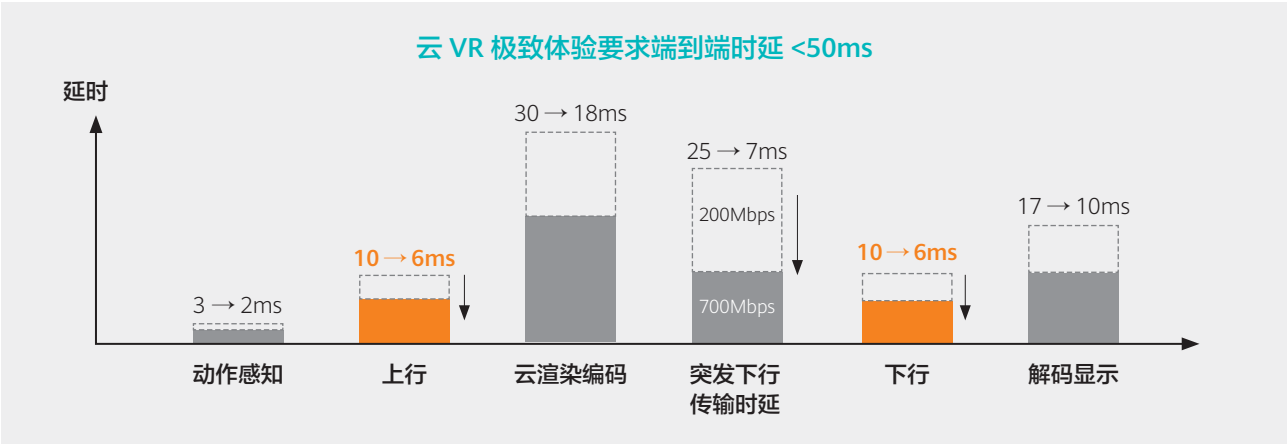


图 6- Cloud VR 端到端时延分析

Cloud VR 场景中，边缘计算主要功能包括：

- 1. 5G+MEC 协同构建的低时延、大带宽交互环境；
- 2. 异构计算能力，GPU 支撑 VR 近端渲染、FOV 转码服务；
- 3. GPU 虚拟化技术的发展加速了 VR 业务摆脱硬件限制。





04

边缘计算硬件整体规划

根据不同的部署位置和应用场景，边缘计算的硬件形态有所不同，常见的形态有边缘服务器、边缘一体机、边缘网关等。

4.1 边缘服务器

边缘服务器是边缘计算和边缘数据中心的主要计算载体，可以部署在运营商地市级核心机房、县级机房楼 / 综合楼、骨干 / 普通传输汇聚节点，可以部署在电力公司配电机房，石油公司运维机房等，具有较小深度、更广的温度适应性、前维护和统一管理接口等技术特点。

由于边缘机房环境差异较大，且边缘业务在时延、带宽、GPU 和 AI 等方面存在个性化诉求，如果使用通用硬件，则要求部分边缘机房改造风火水电和承重，给最终客户带来了额外的成本。有时限于机房条件无法实施改造，应采用增强型硬件，以适配机房条件，同时提性能、降成本、最优化资源利用率。边缘节点数量众多、位置分散、安装和维护难度大，

应尽量减少工程师在现场的操作，所以还需要有强大管理运维能力保障。边缘服务器需要提供状态采集、运行控制和管理接口，以支持实现远程、自动化的管理。



图 7- 典型边缘服务器样例

4.2 智能边缘一体机

随着云计算、网络技术、新应用和新业务的发展，给 IT 基础架构的部署带来了深刻的变化，逐渐形成中心加边缘站点两级拓扑结构。中心是以计算密集型、IO 密集型和弹性伸缩为主的高度集中的云数据中心架构。边缘站点是与以低时延、高带宽、地域分布广泛的小规模边缘数据中心接入型架构。

边缘站点虽然单站点设备数量有限，但设备种类覆盖广，它的 IT 堆栈与数据中心没有太大的差异，因此对边缘站点的建设和运维提出了较高的要求。

传统站点建设模式从设计到业务上线至少需要 3 个月的时间，需要协调多厂商招标和实施，而且无多站点集中监控和统一运维方案，增加了边缘站点管理和运维的难度。

智能边缘一体机将计算、存储、网络、虚拟化和环境动力等产品有机集成到一个机柜中，在出厂时完成预安装和与连线，在交付时，无需深入了解内部原理，无需深入掌握 IT 技术，只需接上电源，连上网络，利用快速部署工具，5 步 2 小时完成初始配置。

智能边缘一体机主要特性包括：

1. **一柜承载所有业务**：一柜实现虚拟化、VDI、视频监控、文件共享等分支机构所有 IT 诉求；
2. **免机房**：散热、供电等根据办公室环境进行整体设计，无需部署在专业或独立机房，节约投资；
3. **易安装**：整柜交付计算、存储、网络和 UPS 资源，工具化初始部署，无需 IT 专业人员参与，节约初始上线时间，缩短项目决策周期；
4. **管理简单**：全图形化界面，所见即所得，以 GIS 地图作为背景，全图形化体现站点分布和站点运行状态，在一个界面上展现全部站点运行情况；以机柜设备图作为站点内操作导航，站点的操作入口均通过管理中心主页进入；
5. **业务远程部署**：中心提供应用仓库管理，将新业务上传到应用仓库，业务上线可从中心批量集中部署；

6. **集中运维**：站点统一接入运维管理中心，设备的运行状态全方位掌握，可对设备进行远程管理与维护，软故障可远程处理与排除，节省差旅费用；
7. **集中灾备**：采用本地备份与远程备份相结合的两极备份机制，既可满足本地备份的要求，也可实现单站点灾难后，在中心拉起业务要求。



图 8- 典型智能边缘一体机样例

4.3 边缘网关

边缘网关是部署在垂直行业现场的接入设备，主要实现网络接入、协议转换、数据采集与分析处理，并且可通过轻量级容器 / 虚拟化技术支持业务应用在用户现场的灵活部署和运行。边缘网关可以配合边缘服务器、边缘一体机等方案，融合 IT 领域敏捷灵活以及 OT 领域可靠稳定的双重特点，将网络连接、质量保证、管理运维及调度编排的能力应用于行业场景，提供实时、可靠、智能和泛在的端到端服务。

在接入方式上，边缘网关可通过蜂窝网接入，也可通过固网接入。在管理方面，边缘网关和边缘数据中心同样受边缘 PaaS 管理平台管理，边缘网关和边缘数据中心之间也可能存在管理和业务协同。以下是两种典型业务场景下，边缘网关的不同形态要求：

1. **园区物联网接入**：网关要具备接入温度、湿度、烟雾探测等多种类端传感器的能力，并把信号转换成云端可识别的内容进行上报。同时可以对接门禁、闸口等设备，完成基本的控制策略执行功能；

2. **工业物联网网关**：网关承担设备信息、告警信息收集和上报的功能。可能需要支持适配多样化的工业物联网接口，例如 RS232，RS485，数字化 IN/OUT 接口等。



图 9- 典型边缘网关样例



05

边缘服务器需求

5.1 异构计算需求

未来世界是一个以万物感知、万物互联、万物智能为特征的智能世界，信息量巨大，计算无处不在。而边缘计算是数据的第一入口，需要在网络边缘侧分析、处理与存储的数据将超过数据总量的 70%，其中约 80% 是非结构化数据。应用的高并发和数据的多样性，对计算的多样性和多核多并发提出了更高的要求。同时利用 AI 技术对非结构化数据的分析和挖

掘，是提高数据源价值的重要手段。
边缘服务器作为边缘计算和边缘数据中心的主要计算载体，承担了 70% 以上的计算任务，为了满足不同业务应用需求，需要支持 ARM/GPU/NPU 等异构计算。

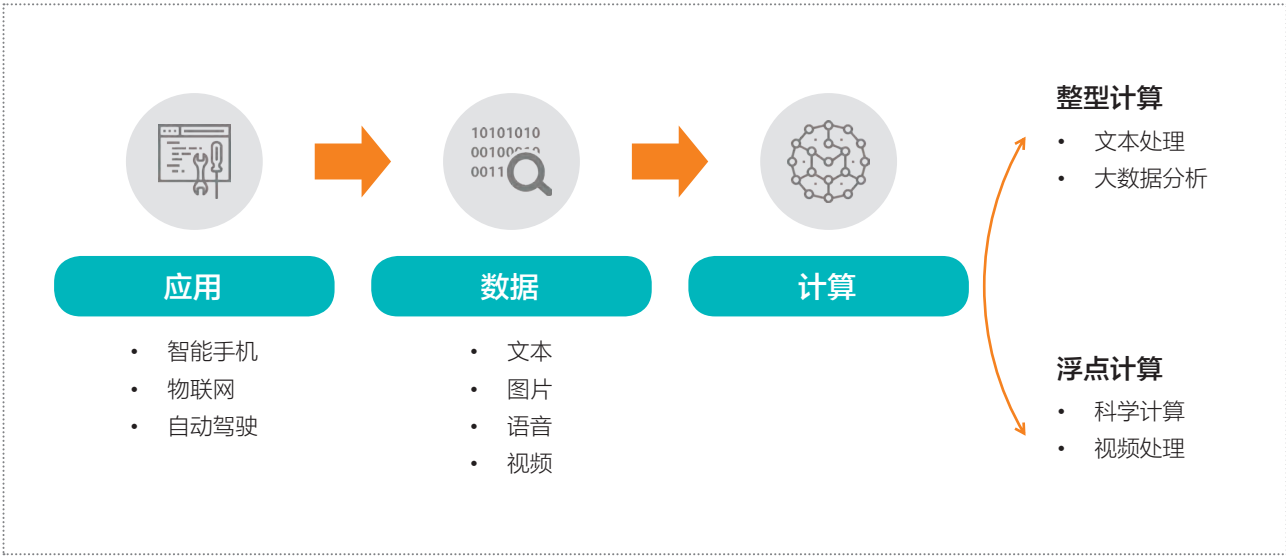


图 10- 典型数据类型分类

5.2 部署运维需求

边缘服务器因其部署广泛，增加了管理运维的难度，并且由于服务器之间的差异性，如何统一的管理异构服务器，是边缘服务器关键的需求，包括：

1. **统一的运维管理接口：**边缘机房中，可能存在不同厂家、不同架构的多类型服务器，需要有统一的运维管理接口，实现对服务器的状态获取，配置下发等功能；
2. **业务自动部署能力：**边缘机房数量远远多于传统的数据中心，并且不同的机房服务器中承载的边缘计算业务也

具有差异性，自动的安装、分发、升级和更新业务，是提高业务管理效率的根本；

3. **有效可靠的故障处理能力：**边缘机房需要有效可靠的故障处理能力，否则可能面临大量的软硬件故障问题而无法解决。服务器需要故障上报以及自愈能力，将告警收敛到中心机房。

5.3 环境匹配需求

边缘计算节点通常部署在网络边缘或园区，与传统数据中心机房相比，上述环境多数条件比较复杂，空间、温度、承重等很多方面都无法满足传统通用 IT 服务器的部署要求。因此边缘服务器的设计应考虑以下几方面因素：

1. **机柜空间：**边缘数据中心机房机柜深度多为 600mm 深，远小于核心数据中心 1200mm 的机柜深度，常规 IT 通用服务器无法正常部署，因此边缘服务器的尺寸设计应满足 600mm 的机柜深度。
2. **环境温度：**边缘机房制冷能力有限，无法保证环境温度的稳定性，甚至有些机房不具备制冷能力；服务器连续工作散热不利，室外温度过高，将导致机房温度可能超过 45℃；因此边缘服务器对环境温度的适应力应更强，如 -5℃——45℃；

3. **机房承重限制：**边缘机房承重标准普遍低于数据中心，对服务器的部署密度带来影响；电源系统：边缘计算部署相对分散、环境差异较大，在电源系统方面，需要更高的保障能力提升整个系统可靠性；鉴于现有运营商机房通信设备大部分采用 -48V，IT 设备采用 220v 的电压制式，高压直流输电 HVDC 应用相对较少，且现有存量存在改造规模大，投资成本高等问题，对于边缘服务器的电压建议采用较为成熟的 110~240V AC 宽电压制式，兼顾现有机房条件；同时建议边缘计算服务器随着后期 HVDC(240/336V)和 48V 的普及，逐步支持全制式供电。

5.4 产业生态需求

边缘计算服务器在硬件上兼容 PCIE、DDR 等硬件基础规范，保证硬件生态的完整。操作系统有主流 CentOS、Kylin 、 EulerOS 等支持，并兼容主流 AI 框架，如 TensorFlow、CUDA (Compute Unified Device Architecture)、MindSpore 等。





06

边缘服务器技术方案

针对以上需求及挑战，ECII 项目结合运营商业需求和面临的挑战，联合行业合作伙伴进行了一系列前期调研分析，确定了初步的技术方案。

6.1 多芯片支持

边缘服务器要满足多种业务诉求、多样性数据的计算需求，必须要支持异构计算。异构计算的核心是多芯片支持，包括 CPU、GPU、NPU、NP 等。CPU 包含 X86 架构、ARM 架构。ARM 架构的 CPU 在终端领域占据绝大部分份额。随着 ARM 高性能核的不断推出，也可以满足服务器领域的应用。

特别是对于安卓云原生边缘计算领域，作为数据的第一入口，ARM 架构在终端领域的优势可以更好地实现端边协同，应对海量数据的多样性。ARM 的多核优势可以更好的应对边缘侧数据的高并发。通用 CPU 的对比如下图所示：

架构	ARM 华为，飞腾，Ampere，Marvell	X86 Intel/AMD	MIPS Power Alpha
特点	众核架构，适合高并发、高带宽的计算场景；	高主频、高功耗，覆盖高性能和通用计算场景	部分特定的应用场景：桌面（MIPS），超算（Alpha、Power）
价值	提升计算效率，节能、省空间。高效能计算带来高性价比	驱动性能增长的工艺改进边际成本激增，摩尔定律难以为继	Power、Alpha 性能强劲，在小型机、超算应用领域有长期的成功应用
生态	IP 授权商业模式，生态开放和融合，数据中心应用生态逐步完善	数据中心应用生态完善，但产业被垄断、把控，无法合作共赢	应用生态匮乏，参与者较少，长期商业和技术路线不明确

ARM 优势：计算更加高效、生态更加开放

图 11- ARM 架构优势

GPU 在视频编解码、并行计算、人工计算有广泛的应用，典型的厂家是 NVIDIA、AMD 等。NPU 是神经网络处理器，采用数据驱动并行计算的架构，在人工智能、深度学习方面有广泛的应用，典型的厂家有寒武纪、昇腾等。NP 在 IP 包的快速处理上有独特的优势，典型厂家如 Broadcom 等。DSP 在语音编解码上有性能优势，典型的厂家有 TI、OCT 等。

这些异构计算的支持，有如下几种方式：

- 1. PCIE 标准卡插在主板上；
- 2. 专有芯片驻留在主板上；
- 3. 集成在 CPU 内部；

6.2 边缘服务器运维管理

边缘服务器运维管理可做如下架构:

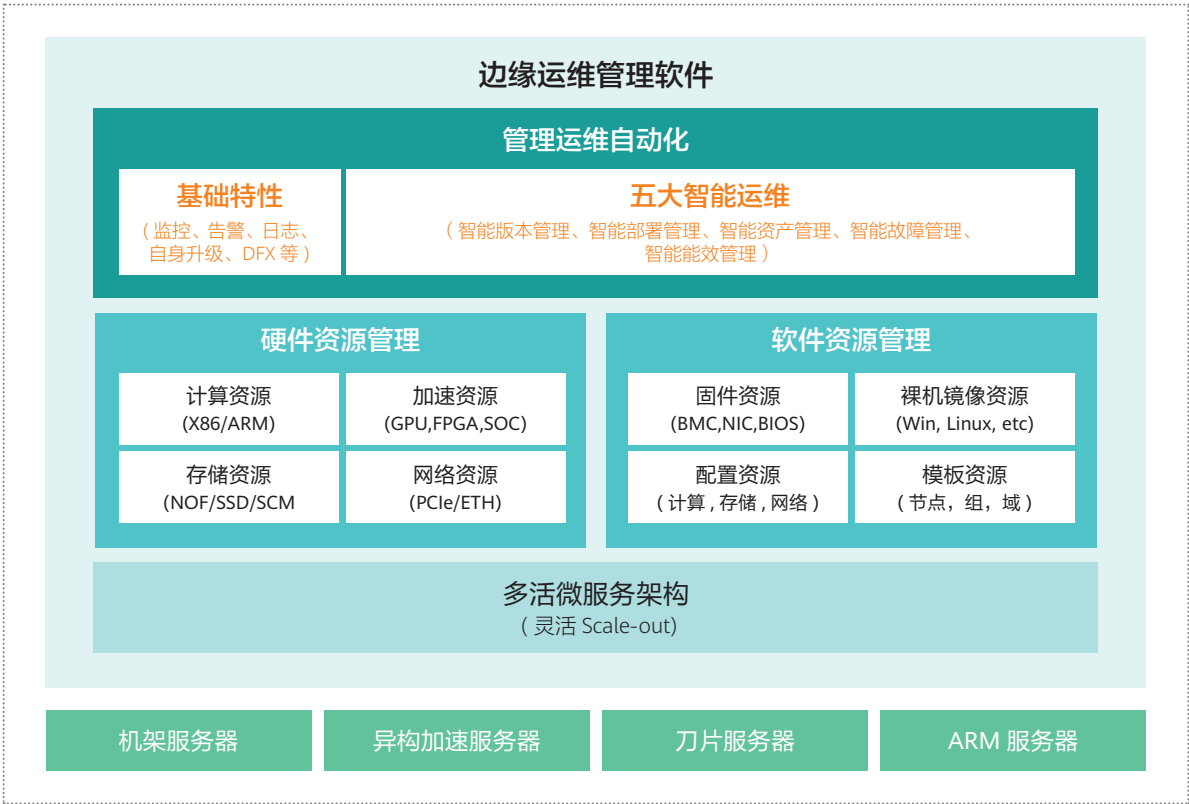


图 12- 边缘服务器运维管理架构

- 1. **管理运维自动化**：基础特性包括系统部署、设备纳管、监控、告警、日志，五大智能包括智能版本管理、智能部署管理、智能资产管理、智能故障管理、智能能效管理；
- 2. **多活微服务架构**：高可用微服务化架构，灵活 Scale-Out 架构，可水平弹性扩展，多节点多活架构，轻量化，低资源消耗；
- 3. **多形态边缘计算硬件**：支持边缘服务器，智能边缘一体机，边缘网关等多种边缘计算硬件形态，支持 ARM/x86/GPU 等多种计算架构，支持多种计算能力融合，包括：通用计算、AI、图形处理、网络转发等。

6.2.1 兼容主流运维管理接口

边缘服务器支持不同架构（ARM/X86）混合部署，要求运维接口统一，遵循共同的标准和规范。这样一套管理设备可以管理不同厂家的服务器，实现减少管理设备和降低运维难度的目标。

1. 南向对接 iBMC，接口为 Restful（满足 Redfish 标准）；
2. 南向对接 SWITCH，接口为 SNMP/NETCONF/CLI；
3. 北向 REST 对接上一级管理软件、公有云运维平台或第三方管理系统；
4. 北向提供 WebUI 接口，面向运维管理员。

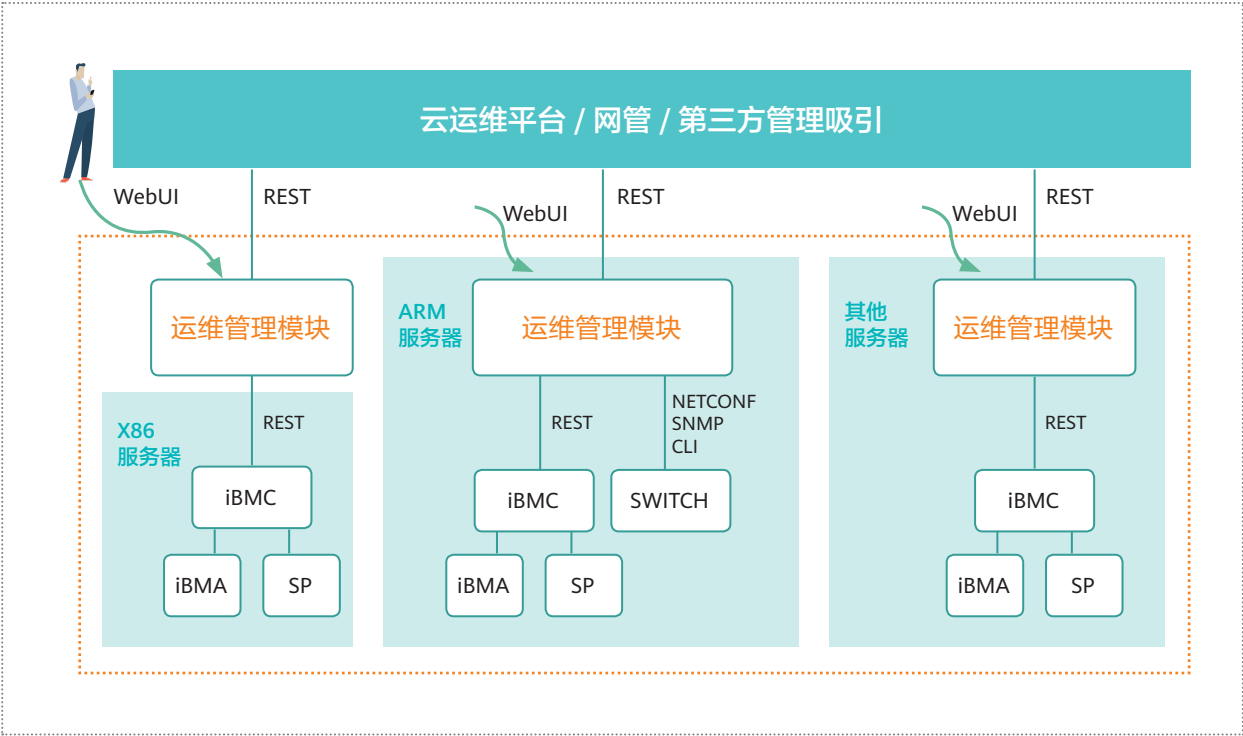


图 13- 边缘服务器运维管理接口

6.2.2 高效运维：自动安装业务 / 统一分发业务，自安装，自升级，自补丁

边缘计算的服务器部署在区县级机房，数量众多，势必要采取高效运维方式，实现自动安装业务 / 统一分发业务，自安装，自升级，自补丁升级，降低对运维人员水平的要求，同时减少现场操作，达到高效运维。运维管理模块实现了 X86 服务器、ARM 服务器、第三方服务器生命周期内固件升级管理。固件升级主要包含三部分：版本仓库、升级计划、设备版本状态，

满足运维人员主动升级和升级计划自动升级两种升级场景。

1. 提供服务器固件老版本 XML 升级能力，支持新老版本 XML 通过运维管理模块进行升级；
2. 升级和生效分离，保证升级流程对客户业务系统无影响。

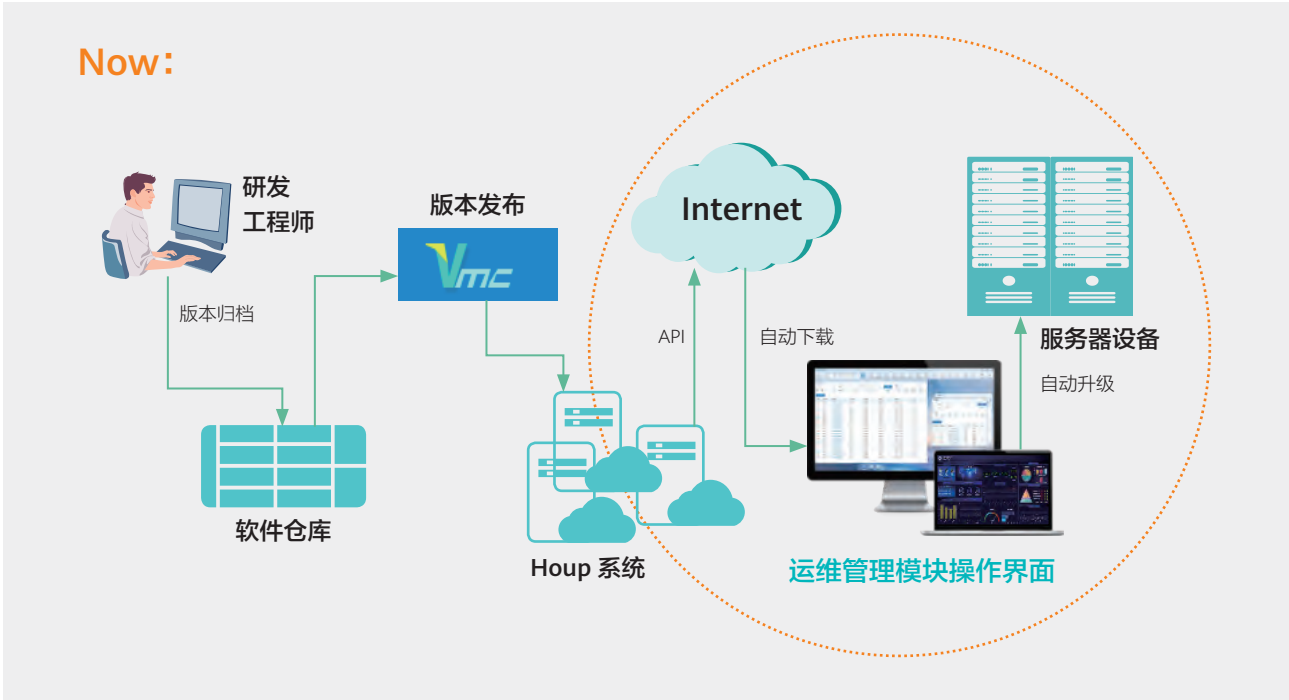


图 14- 边缘业务高效运维流程图

6.2.3 故障处理：故障上报 / 自愈，告警收敛到中心侧

大量分散的边缘服务器要求故障诊断及自愈功能，减少人为干预，也要求告警集中管理和维护。

6.3 安全可信要求

边缘基础设施为整个边缘计算节点提供软硬件基础，边缘基础设施安全是边缘计算的基本保障，因此需要保证边缘基础设施在启动、运行、操作等过程中的安全可信，建立边缘基础设施信任链条，信任链条连接到哪里，安全就能保护到那里。边缘基础设施安全涵盖从启动到运行整个过程中的设备安全、硬件安全、虚拟化安全和 OS 安全。

1. **完整性校验：**边缘计算完整性校验是指对边缘节点基础设施中的系统与应用进行完整性检查和验证，保障系统和应用的完整性，进而保证边缘节点运行在预期的状态，然而受限于边缘节点的计算资源和存储资源，低端异构的边缘设备往往无法执行复杂的计算，因此需要节点的

安全证实服务能够突破对复杂设备类型管理能力的限制以及轻量级的可信链传递及度量方法，进行边缘节点启动和运行的度量以及验证结果的上传，保证边缘度量结果验证的时效性和准确性。

2. **边缘节点的身份标识与鉴别：**边缘节点识别是指标识、区分和鉴别每一个边缘节点的过程，是边缘节点管理、任务分配以及安全策略差异化管理的基礎。在边缘计算场景中，边缘节点具有海量、异构和分布式等特点，大量差异性的边缘节点以及动态变化的网络结构可能会导致边缘节点的标识和识别反复进行，因此，能够自动化、透明化和轻量级的实现标识和识别工作是其核心能力。

3. **接入认证：**接入认证是指对接入到网络的终端、边缘计算节点进行身份识别，并根据事先确定的策略确定是否允许接入的过程。边缘计算架构中存在海量的异构终端，这些终端采用多样化的通信协议，且计算能力、架构都存在很大的差异性，连接状态也有可能发生变化。因此，如何实现对这些设备的有效管理，根据安全策略允许特定的设备接入网络、拒绝非法设备的接入，是维护边缘计算网络安全的基础和保证。
4. **虚拟化安全：**在边缘计算环境下，虚拟化安全是指基于虚拟化技术，实现对边缘网关、边缘控制器、边缘服务器的虚拟化隔离和安全增强。相较传统云服务器，这些边缘节点计算、存储等资源受限，低时延和确定性要求高，不支持硬件辅助虚拟化，面临虚拟化攻击窗口更加复杂广泛等问题。因此，需要提供低底噪、轻量级、不依赖硬件特性的虚拟化框架；需要基于虚拟化框架构建低时延、确定性的 OS 间安全隔离机制和 OS 内安全增强机制；需要增强 hypervisor 本身的安全保护，消减虚拟化攻击窗口。
5. **OS 安全：**在边缘计算环境下，OS 安全是指各种应用程序底层依赖的操作系统的安全，如：边缘网关、边缘控制器、边缘服务器等边缘计算节点上的不同类型操作系

统的安全。与云服务器相比，这些边缘节点通常采用的是异构的、低端设备，存在计算、存储和网络资源受限、安全机制与云中心更新不同步、大多不支持额外的硬件安全特性（如 TPM、SGX enclave、TrustZone 等）等问题。因此，需要提供云边协同的 OS 恶意代码检测和防范机制、统一的开放端口和 API 安全、应用程序的强安全隔离、可信执行环境的支持等关键技术，在保证操作系统自身的完整性和可信性的基础之上，保证其上运行的各类应用程序和数据的机密性和完整性。



6.4 运行环境要求

为了获得更小的延时，边缘服务器部署位置下沉到市县一级的机房，这样会节省传输带宽，也获得了更好的用户体验。

结合边缘计算服务器运维的要求，下表是边缘服务器与通用机架式服务器的运行环境主要区别：

维度	机架服务器（一般情况）	ECII 边缘服务器
深度	>700mm	< 450mm
运维方式	前后维护	前维护（除风扇，电源）
风扇设计	机箱中部	机箱后部，热插拔
环境温度	10~35 度	长期 0~45 度，短期：-5~55 度

图 15- ECII 边缘服务器主要物理规格

6.5 生态开放支持全栈多种配置

边缘服务器坚持开放的产业生态发展思路，在芯片层、硬件层、平台软件层与应用层都有丰富的生态伙伴，共同构成了边缘服务器的全栈生态。

完备的软件工具链可以提高应用软件的开发效率，使开发者聚焦软件开发，快速响应业务需求。华为、ARM、Ampere 等 ECII 产业生态厂商将通过开发者社区开放代码移植工具、性能分析调优工具、编译器、JDK 和加速库，帮助开发者掌握软件迁移、编译构建和系统优化的能力。

- 分析扫描工具和代码迁移工具：**高效辅助开发者完成传统软件（C/C++/ 汇编语言）的迁移，降低开发门槛，缩短开发周期。
- 性能优化工具：**支持 CPU、内存、NUMA、线程、锁等系统性能全景分析，使能开发者借助工具深度调优系统，提高系统性能。
- 编译器：**结合 ARM 处理器的架构特征和优势，提供深

度优化的 C/C++/Fortran 编译器，支撑开发者编译构建出性能更优的软件。

- JDK：**结合 ARM 处理器的架构特征和优势，提供深度优化的 JDK，帮助 JAVA 应用无缝迁移，实现应用的最佳性能。
- 加速库：**加速库涵盖了 glibc 基础库、数学库、通信库、压缩加速、加密加速、网络加速、存储加速等软件库和 SDK，基于 ARM 处理器的多核架构、NEON 指令和加速引擎，构建 ARM 生态加速库体系，支撑开发者对加速库的高效集成应用，充分发挥性能优势。

华为、飞腾、Ampere、联想等多个主流边缘服务器供应商均可提供相关配置边缘服务器，供最终客户选择。具体推荐配置见附录 1。

边缘服务器支持主流商用和开源操作系统，虚拟化软件，数据库，应用开发工具包及库、云平台等，具体详见附录 2。

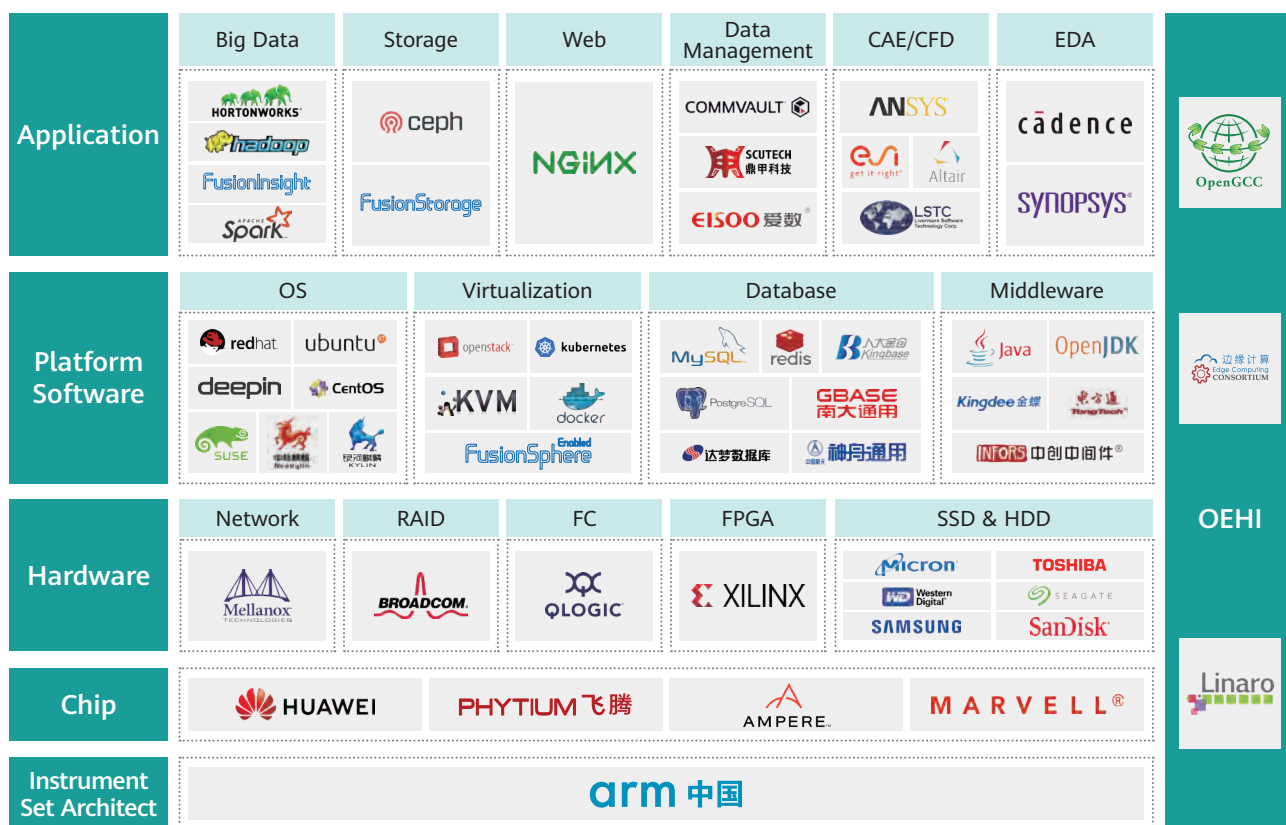


图 16- ECII 边缘服务器生态全景图



07

总结

5G 是边缘计算产业发展的重要契机。边缘计算作为数据的第一入口，将在智慧园区、安卓云与云游戏、CDN、视频监控、工业互联网与 Cloud VR 等价值场景发挥重要作用。边缘计算包括边缘服务器、边缘一体机、边缘网关三种主要形态。边缘服务器作为边缘计算和边缘数据中心的主要计算载体，承担了 70% 以上的计算任务，需支持 ARM/GPU/NPU 等异构计算，满足新型业务模式数据多样性和高并发的需求。

ECII 项目组依托边缘计算产业联盟 ECC 和绿色计算产业联盟 GCC，希望与产业链伙伴一起，推动边缘计算 IT 基础设施形成普遍共识与开放标准，打造满足异构计算需求、部署运维需求、环境匹配需求和产业生态需求的通用边缘计算产品与解决方案，抓住边缘计算产业浪潮，助力产业发展，商业共赢。





08

附录 1 (典型配置推荐)

华为	规格	描述
	机箱规格	2U x 447mm x 490mm (满足 600mm 深机柜部署)
	风扇	4 个风扇
	电源	1+1 冗余 (1200W-2000W)
	处理器型号	2*CPU, 主频 2.0G, 32 核,
	内存插槽	16 个 DDR4 DIMM 插槽
	板载 IO	VGA, 2*USB 3.0、GE、串口
	扩展 IO	6*FHHL 4.0 *8 + 1*Flex LOM 插卡
	硬盘配置 1	8*2.5' SAS
	硬盘配置 2	4*2.5' NVMe+4*2.5' SAS
飞腾	规格	描述
	处理器类型	1 颗 CPU 64 核 2.2GHz
	内存插槽	8 个内存插槽 DDR4 RDIMM
	USB 接口	2 个后置 USB3.0, 2 个后置 USB2.0, 2 个前置 USB2.0
	串行接口	一个后置串行接口
	管理接口	板载 BMC 卡, 一个独立百兆以太网管理接口 RJ45
	硬盘配置	4 个 SATA 接口
	网口配置	4 个 RJ45
	PCIE 扩展槽	4 个 PCIE3.0 扩展插槽
	PCB 尺寸	304mm X 328mm
Ampere	规格	描述
	机箱规格	2U x 447mm x 490mm
	风扇	≥2 个风扇
	电源	1+1 冗余 (400W - 500W)
	处理器型号	1*CPU, 主频不低于 2.0G, 32 核
	内存插槽	≥8 个 DDR4 DIMM 插槽
	板载 IO	VGA, 2*USB2.0/3.0, GE, 串口
	扩展 IO	2*FHHL PCIe 3.0/4.0 插槽, 至少 1 个 x16+1 个 x8 或 OCP 插槽
	硬盘配置 1	4*2.5' /3.5' SATA + 2* M.2 NVMe interface
	其他	Arm Server Ready



09

附录 2（边缘服务器支持主流生态 OS，数据库，虚拟化等组件清单）

软件类别	软件来源	兼容的软件版本
操作系统	centos	centos 7.4-7.5
	centos	centos 7.6
	centos	centos 8.0 及以上
	canonical	ubuntu 16.04.3 及以上
	canonical	ubuntu 18.04.1 及以上
	中标麒麟	中标麒麟高级服务器操作系统软件 (ARM64 版)V7U5
	中标麒麟	中标麒麟高级服务器操作系统软件 (ARM64 版)V5U5
	中标麒麟	中标麒麟高级服务器操作系统软件 (ARM64 版)V7U6
	中标麒麟	中标麒麟高级服务器操作系统软件 (ARM64 版)V5U6
	深之度	深度操作系统 ARM 服务器版软件 V15.2
	深之度	深度操作系统 ARM 桌面版软件 V15.5SP2 及以上
	深之度	深度操作系统 ARM 服务器版软件 V15.3 及以上
	红旗	红旗 Asianux 服务器操作系统 V7.0
	凝思	Linux 6.0 arm 安全版及以上
	凝思	Linux 6.0 arm 通用版及以上
	泰山国心	TaishanOS 7
	泰山国心	TaishanOS 8 及以上
	普华	普华服务器操作系统（arm 版）V5.0
	普华	普华服务器操作系统（arm 版）V5.1 及以上
	银河麒麟	银河麒麟 V4.0.2 及以上
	湖南麒麟	麒麟操作系统 V3-ARM 及以上
	移动苏研所	BC-Linux 7.4
	移动苏研所	BC-Linux 7.6
应用开发 工具包及库	华为	EulerOS
	开源	openjdk 1.8 及以上
	开源	QT 4.8 及以上
	开源	Eclipse 3.8 及以上
	开源	Qtcreator 4.3 及以上
	开源	gcc 4.8.5 及以上

软件类别	软件来源	兼容的软件版本
应用开发工具包及库	开源	golang 1.9 及以上
	开源	Python 2.7 及以上
	开源	Ruby 2.3 及以上
	开源	PHP 7.0 及以上
	开源	Perl 5.26 及以上
	开源	go 1.11.5 及以上
	开源	Openssl, zlib, glibc, libstdc++ 等（OS 自带）
	开源	方舟编译器
Virtualization	开源	qemu-kvm-2.8.0、qemu-2.8.0 及以上
	开源	docker-engine-1.11.2.4 及以上
	华为	FusionSphere 6.5
云平台	开源	openstack Queens 及以上
	开源	Kubernetes 1.1 及以上
	华为	HCS 6.5.1 及以上
	华为	FusionAccess 6.5
数据库	华为	FusionInsight GaussDB 100 6.5.1
	华为	FusionInsight GaussDB 200 6.5.1
	华为	FusionInsight GaussDB 300 6.5.1
	达梦	达梦数据库管理系统 DM V7 及以上
	达梦	达梦数据库管理系统 DM V8 及以上
	金仓	KingbaseES V7.0/V8.0 及以上 KingbaseAnalyticsDB
	神通	神通数据库管理系统 V7.0 及以上 神通数据库管理系统 V8.0 及以上
	南大通用	南大通用 Gbase 8S 及以上
	南大通用	南大通用 Gbase 8a 及以上
	开源	mysql 5.7, mysql 8.0 及以上
	开源	mariadb 10.1 及以上
	开源	Percona 5.7.16 及以上
	开源	Postgresql 10.0 及以上
	开源	Mongodb 3.2 及以上
	开源	Redis 4.0 及以上
web	金蝶天燕	金蝶 Apusic 应用服务器软件 V9.0 及以上
	东方通	东方通 tongweb6.0 及以上
	开源	Apache https server 2.4 及以上
	开源	Tomcat 8.5 及以上
	开源	Nginx 1.13 及以上
	开源	Memcached 1.4.24 及以上
	开源	HHVM 3.17.3 及以上
	开源	LVS V2 及以上
	开源	Squid 3.5.15 及以上



关注边缘计算产业联盟
请扫二维码



关注绿色计算产业联盟
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(ECC)与绿色计算产业联盟(GCC)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。



为绿色计算产业联盟(GCC)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(ECC)

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: www.eccconsortium.net
邮箱: info@eccconsortium.net
电话: 010-62669087

绿色计算产业联盟(GCC)

地址: 北京市东城区安定门东大街 1 号
邮编: 100007
网址: www.opengcc.org
邮箱: liyang@opengcc.org
电话: 010-64102127