

# 边缘计算架构原理

主讲人：张三

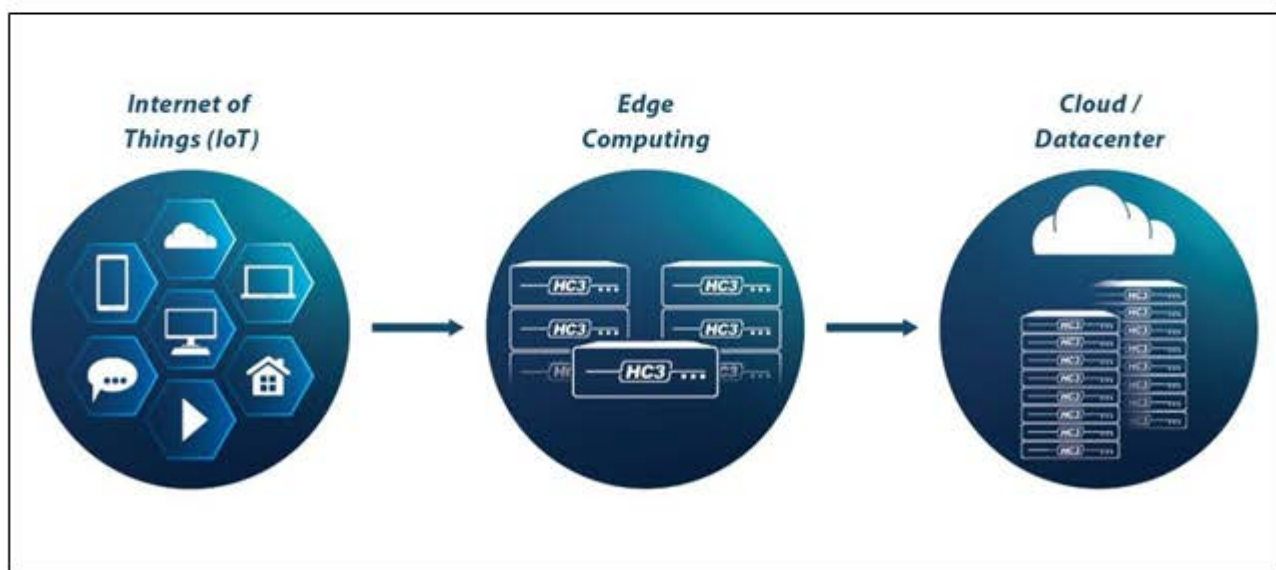
计算机学院

TEACHER@EDGE.COMPUTING

- ▶ 边缘计算体系结构简述
- ▶ 总体系统架构
- ▶ 软件计算架构
- ▶ 边缘计算操作系统与开源框架

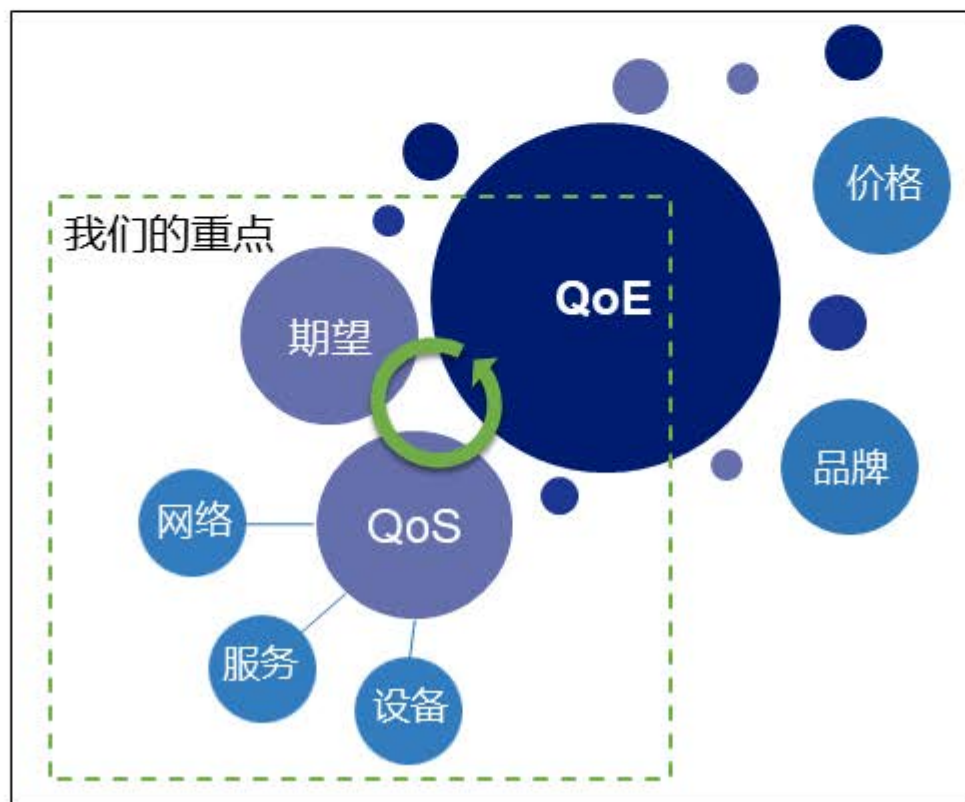
- ▶ 前言
- ▶ 系统评价及设计要求
- ▶ 边缘计算架构设计面临的独特挑战

边缘计算中，前端设备需要将计算任务卸载至边缘服务器上，而边缘服务器视情况在本地执行或进一步卸载到云端。这一过程当中主要涉及到三个实体：**前端设备**、**边缘设备**和**云中心**。所谓边缘计算体系结构，则是指这三个实体是通过怎样的软硬件方式有效组织起来协同运转的。



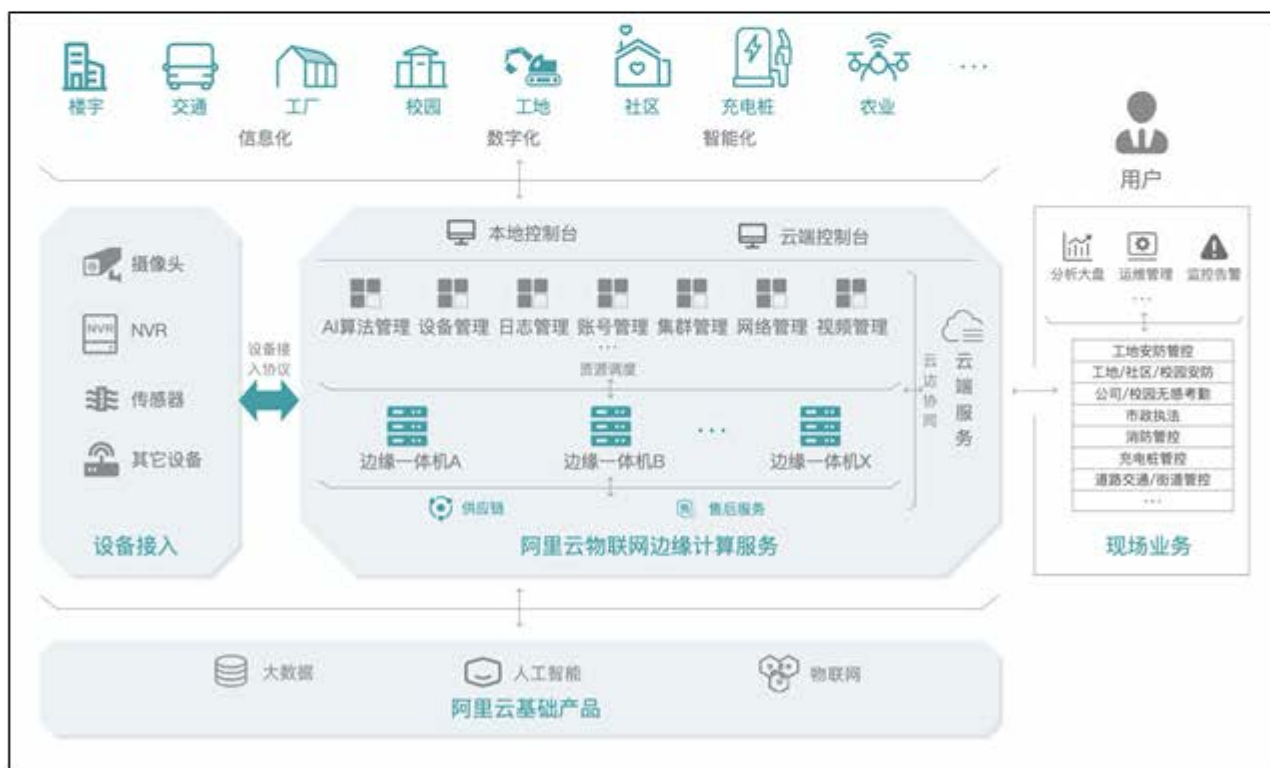
- ▶ 面向前端用户：服务质量
- ▶ 面向服务提供者：服务管理
- ▶ 面向应用开发者：边缘底层透明

服务质量（Quality of Service）与体验质量（Quality of Experience）是网络服务领域的经典评价方法。服务质量和体验质量上的要求是边缘计算架构设计的本质驱动。





对于服务提供者而言，边缘计算同样需要提供便捷、高效的服务管理方式，能够支持边缘网络的快速伸缩（scale in/out）、边缘资源的高效利用、服务任务的合理调度等。



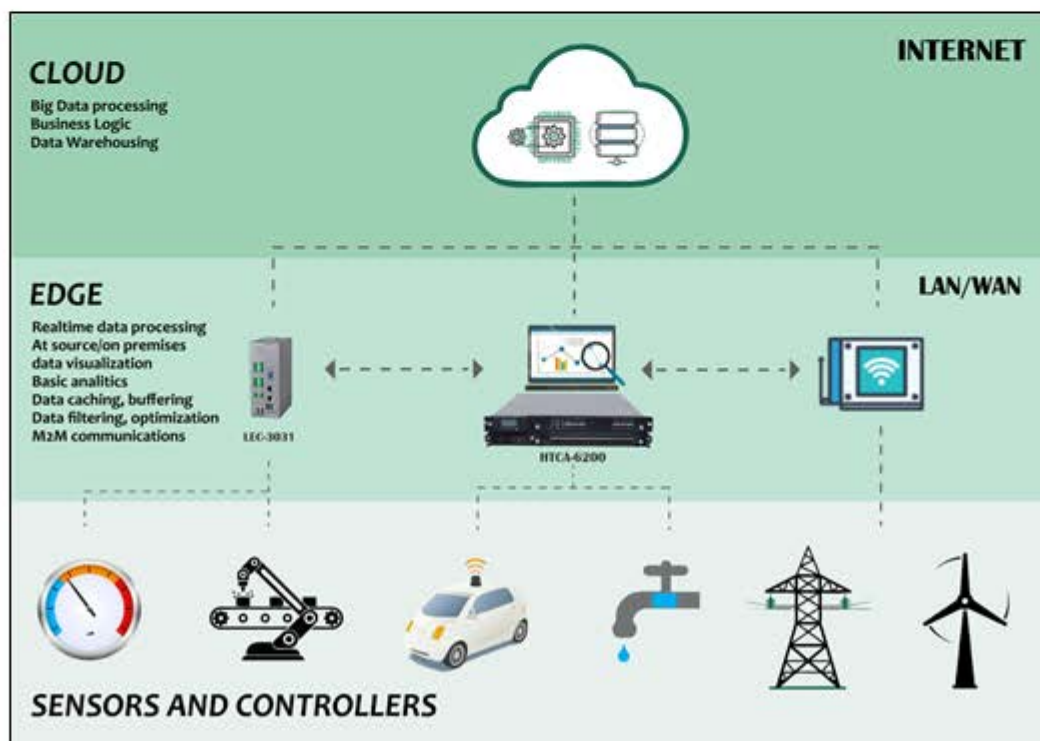
边缘计算将计算过程从前端设备剥离出来并转移到边缘设备上执行，这使得开发者不得不考虑边缘端的服务实现。应用开发者对于边缘计算有较强的诉求，即在开发者“无感”的情况下将计算需求接入到边缘环境当中，做到边缘底层对开发者透明。





- ▶ 多样化、定制化的场景
- ▶ 前端用户的移动性
- ▶ 多基础设施的资源受限和不确定性
- ▶ 边缘服务多样、海量、异构

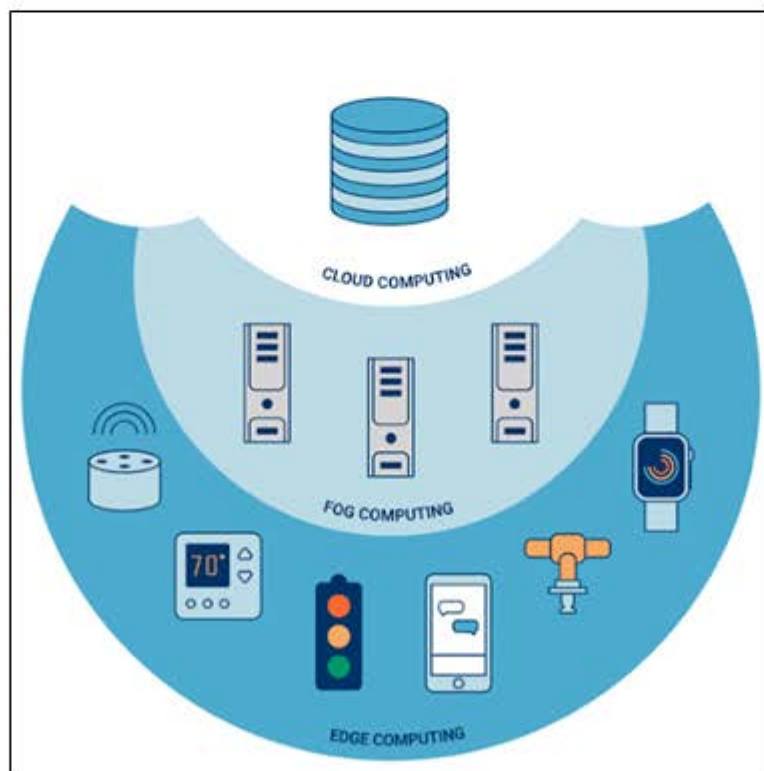
不同于云计算，边缘计算距离实际的计算场景更近，这使得边缘计算会更大程度上收到具体场景要求的影响。这使得针对场景的需求分析，边缘架构设计中的各个环节均成为重要问题。



边缘计算通过建立边缘服务器与前端用户的直接通信极大降低了计算服务的端到端延迟，这也使得前端用户的移动性会直接对边缘服务质量和  
服务可用性造成影响。

场景	移动速度	边缘接入点切换频率 (5G)
自动驾驶导航+5G边缘网关	60KM/h(百度)	5AP/m
高铁多媒体服务+5G边缘网关	300KM/h	25AP/m
移动AR/VR用户+5G边缘网关	4KM/h	0.33AP/m
商场行人+WiFi边缘网关	4KM/h	1.33AP/m

资源受限的特点，要求边缘服务架构层面形成良好的边缘协同机制，并且边缘上的服务类型应当能够支持快速更新。而边缘设备的不确定性，要求合理的资源配置。





边缘计算接入的设备类型多样直接导致其面向的服务类型多样，不仅是计算服务要求的资源类型多样，体验质量和服务质量需求也存在较大差异。



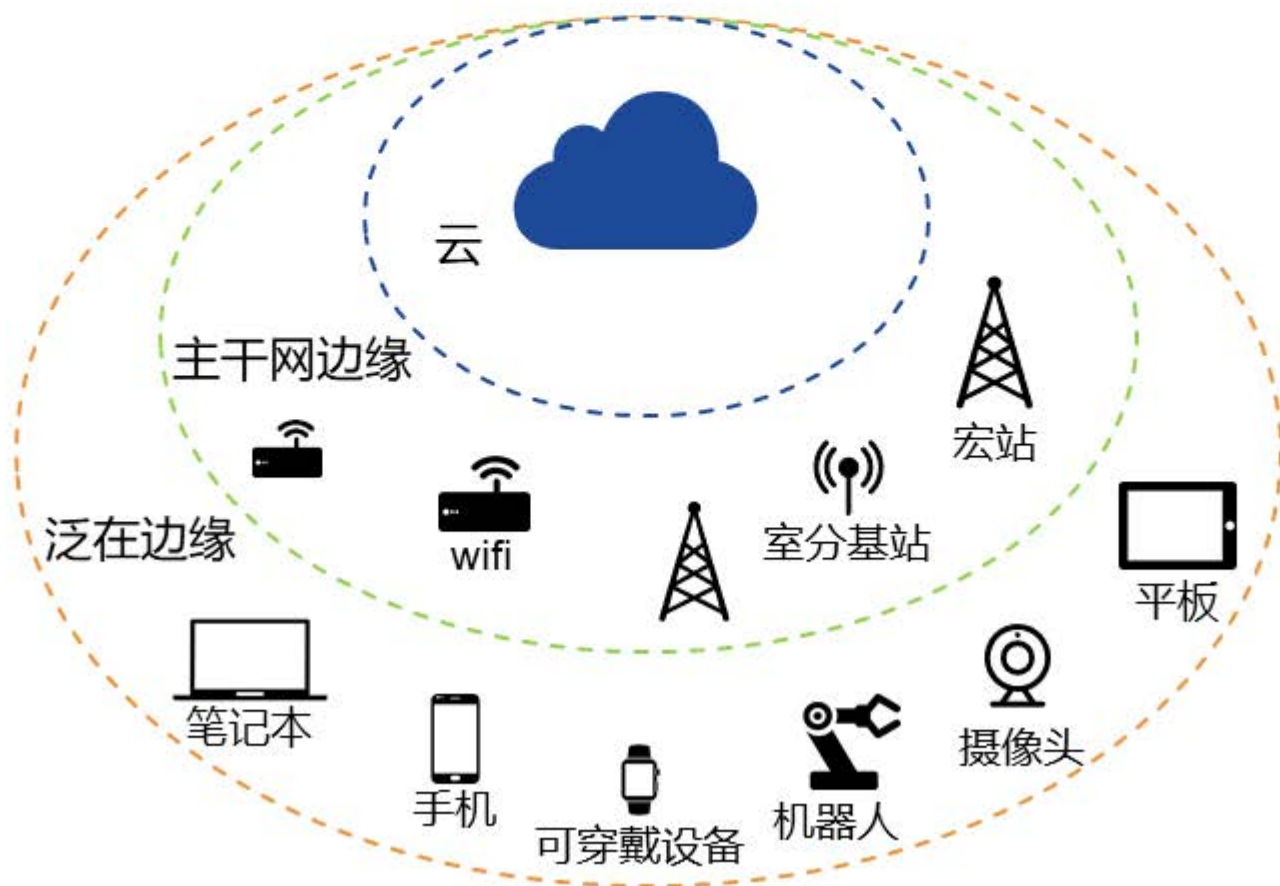
- ▶ 两类边缘：主干网边缘和泛在边缘
- ▶ 三层“云-边-端”架构
- ▶ 两层“边-端”架构
- ▶ 多接入边缘计算
- ▶ 分布式D2D/D4D架构
- ▶ AIoT架构



# 两类边缘：主干网边缘和泛在边缘

14

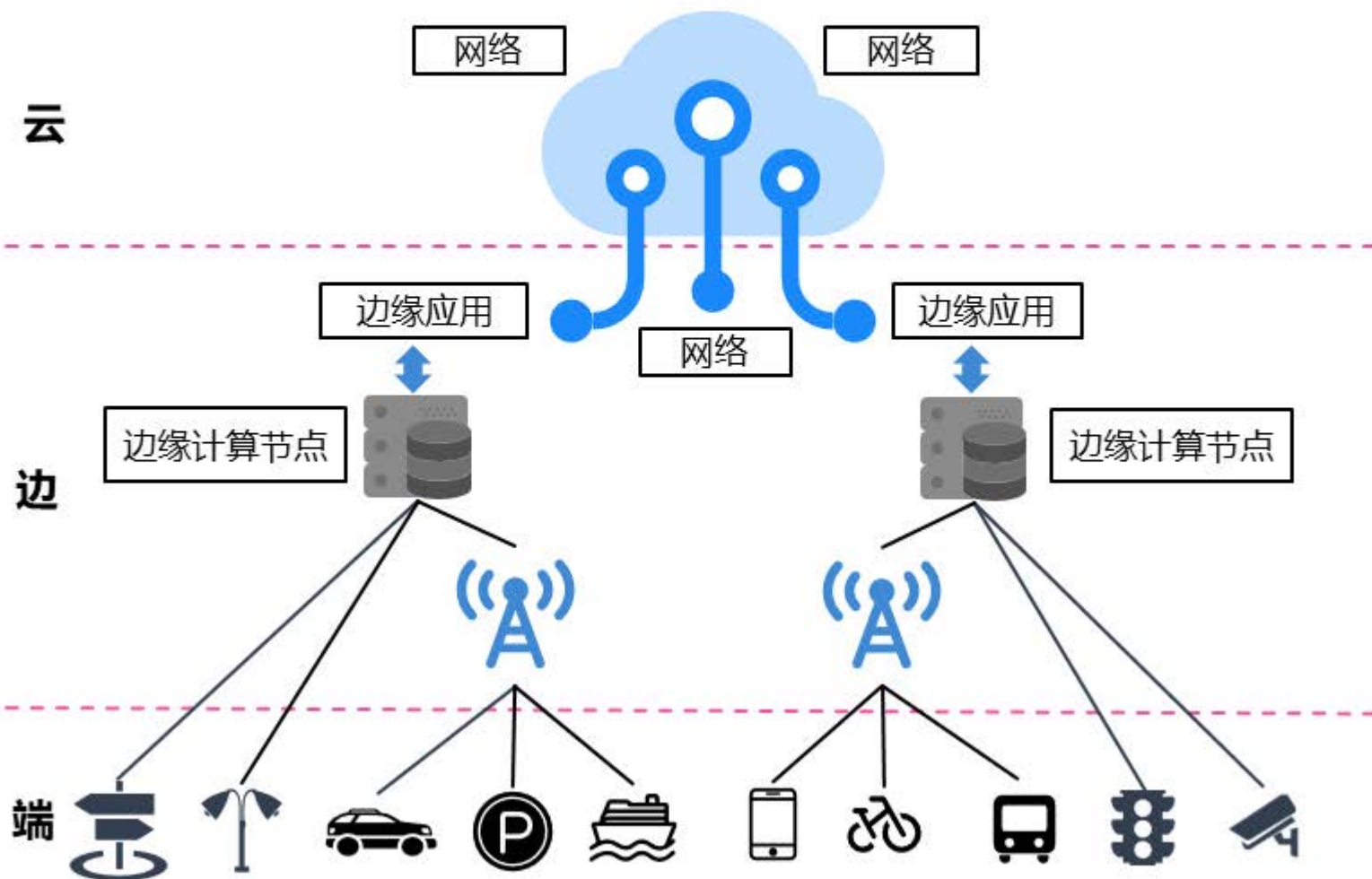
网络边缘是一个相对概念，根据当前的边缘计算定义以及实际的网络架构特点，我们将边缘设备分为两类：主干网边缘和泛在边缘。



# 三层“云-边-端”架构

15

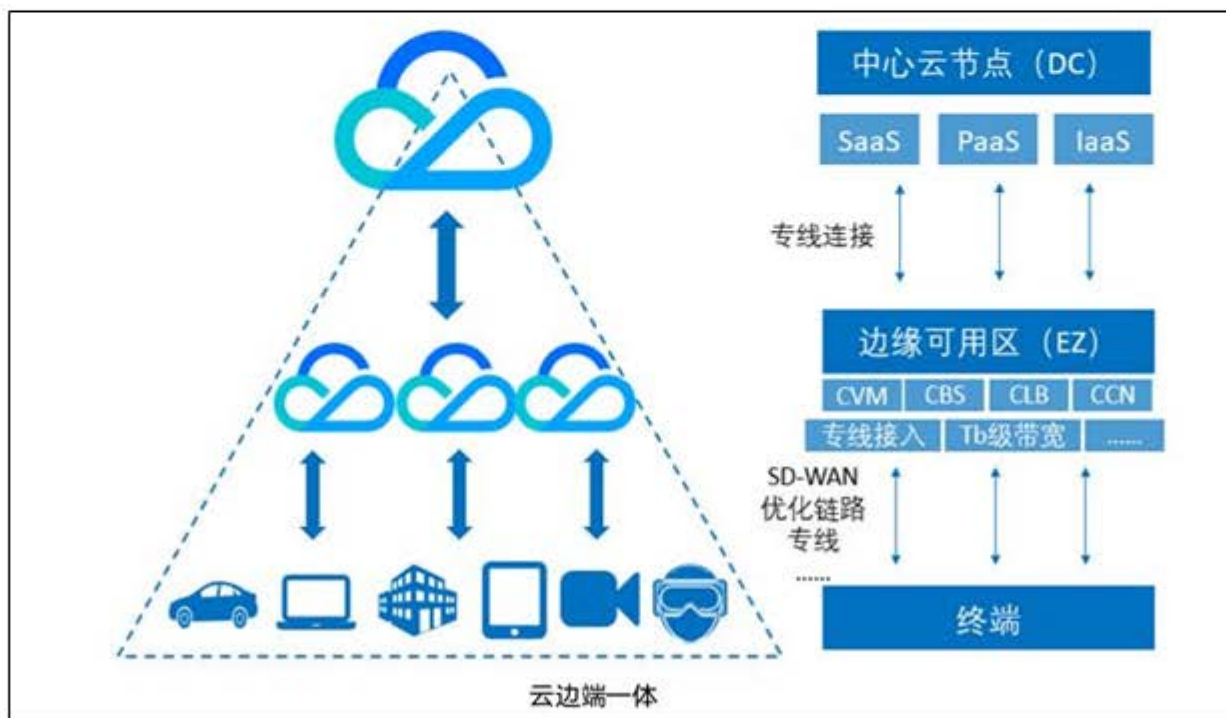
“云-边-端”三层架构包含云中心层、边缘层以及前端层。



# 三层“云-边-端”架构

16

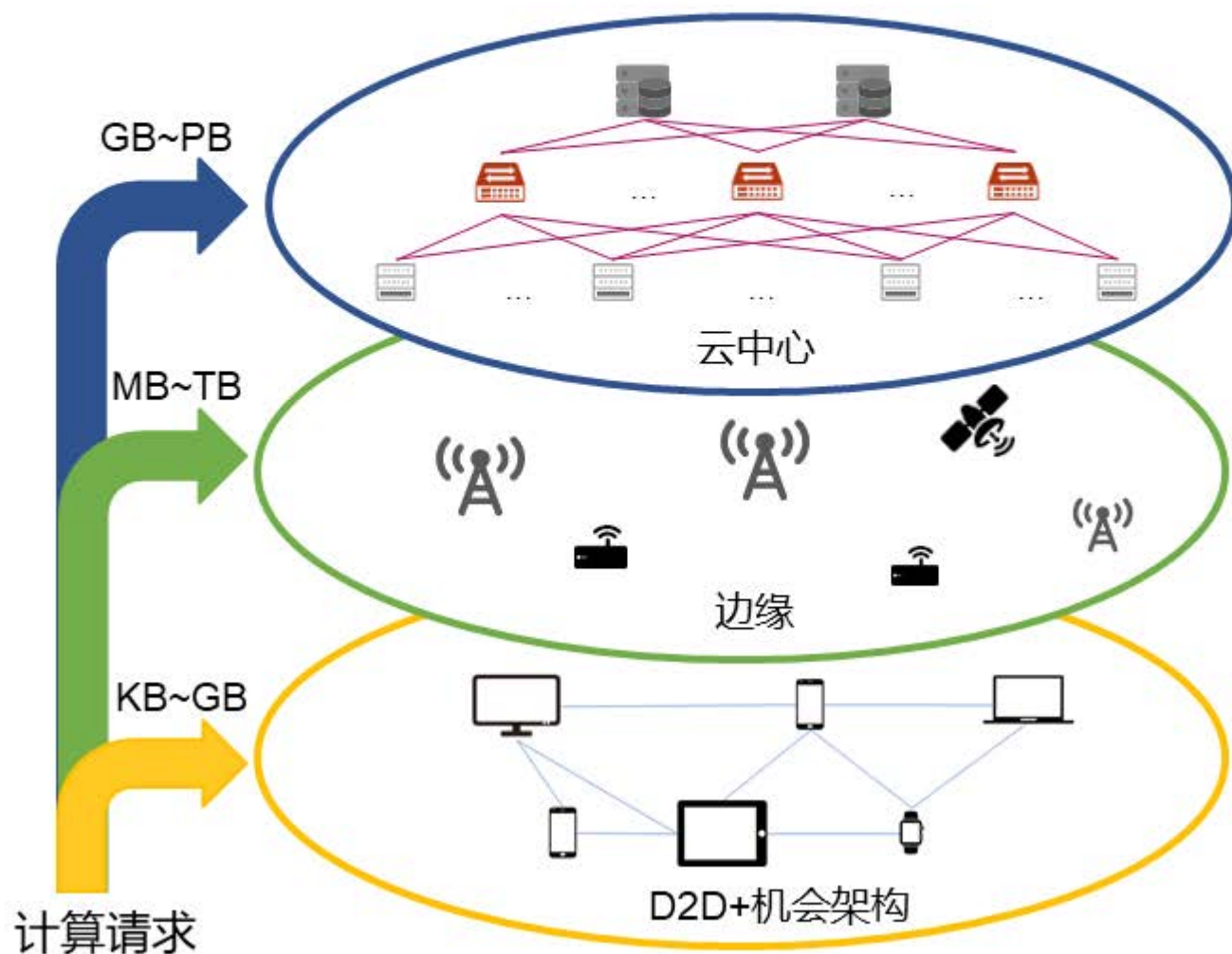
边缘和云的协同其中涉及到边缘IaaS（基础设施即服务）与云端IaaS的资源协同；边缘PaaS（平台即服务）和云端PaaS实现数据共享、智能协同、业务协同编排；边缘SaaS（软件即服务）与云端SaaS实现服务协同。



# 三层“云-边-端”架构

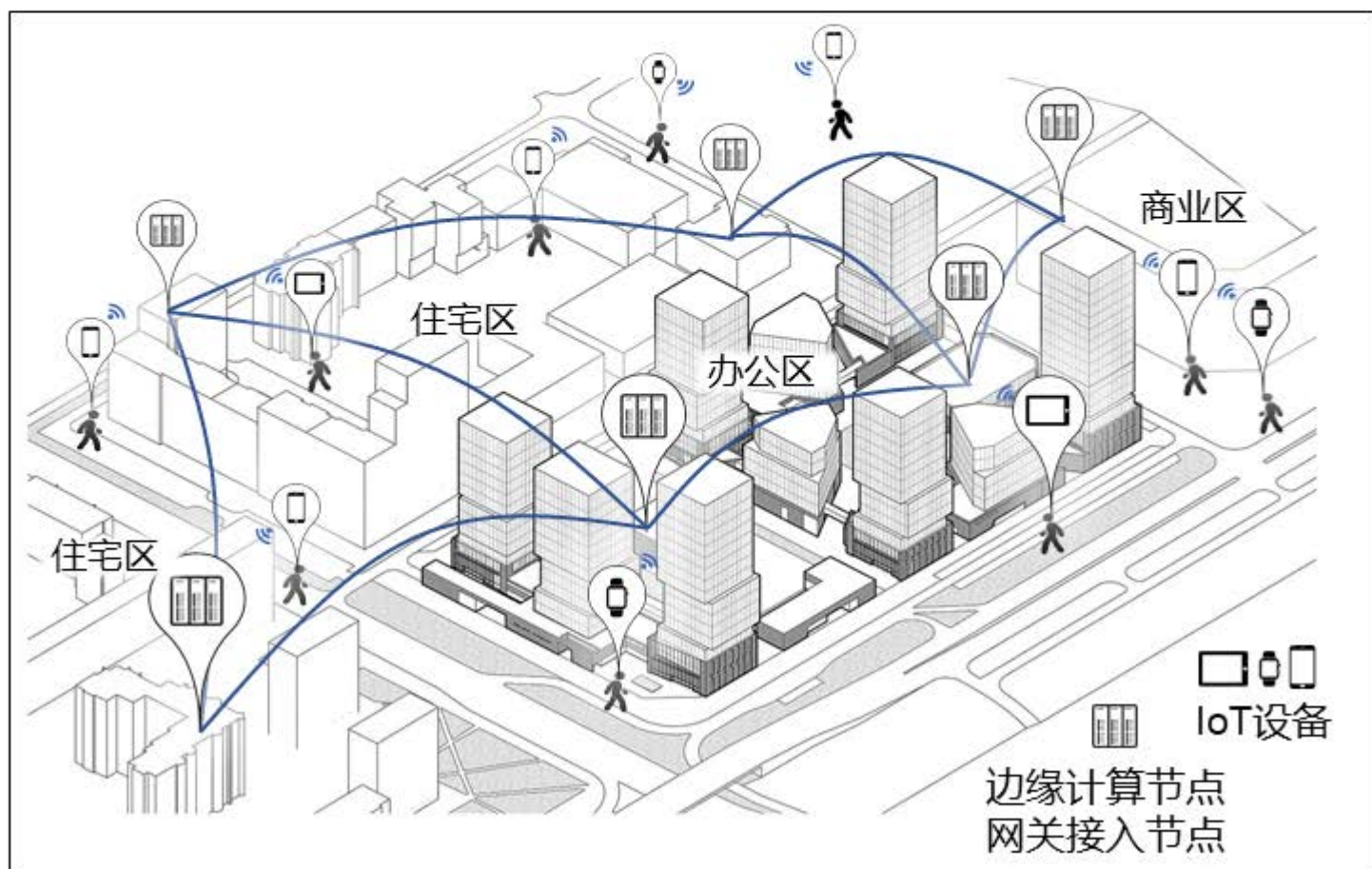
17

云-边-端”架构中不同类型计算请求的去向。

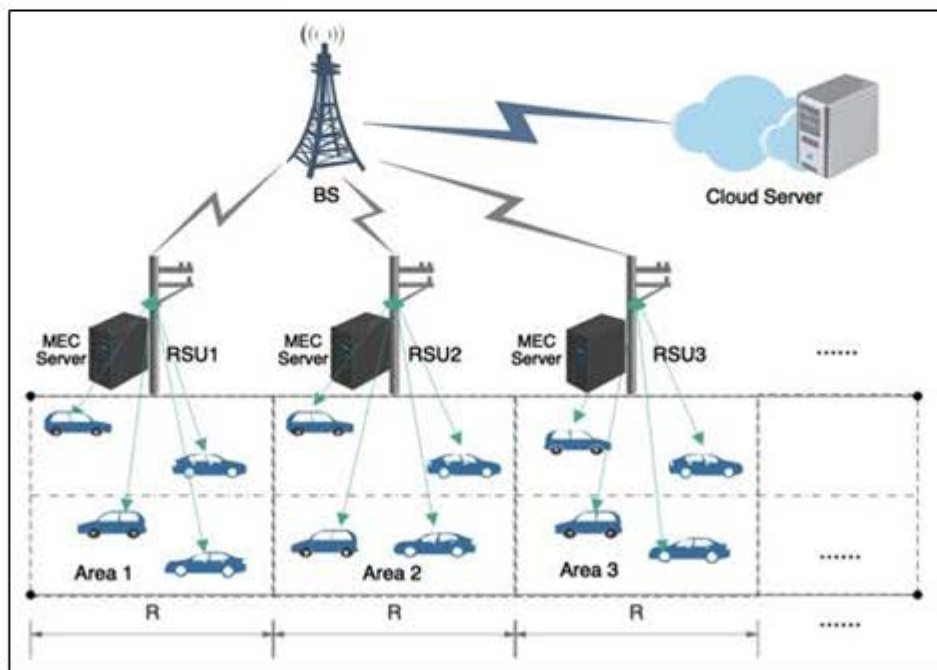




随着边缘计算相关技术的不断成熟以及新型应用对于延迟敏感度的提高，边缘网络需要独立承担终端设备的服务请求。



随着新型应用的不断产生和边缘设备的不断增多，超密集网络应运而生，每个前端设备可以接入多个边缘服务器，这种架构称为多接入边缘网络（Multi-access Edge Computing）。

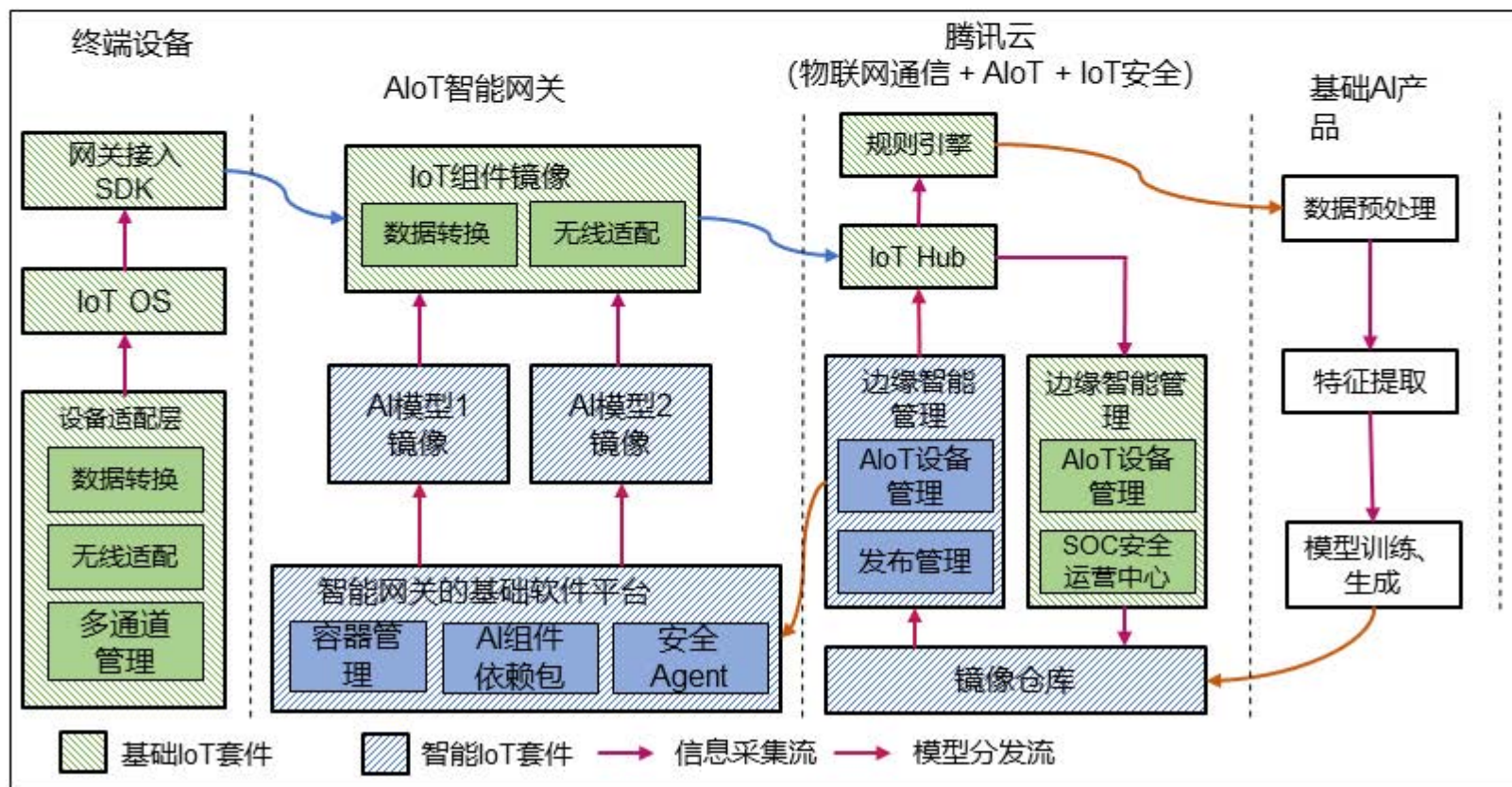




Device-to-Device(D2D)通常指一种新型的通信方式，而所谓D2D或D4D(Device-for-Device)边缘计算，是指边缘设备通过D2D的方式，相互成为其他设备的边缘计算设备。



从物联网能力提升的角度，边缘计算直接推动了AIoT架构——“人工智能+物联网”的产生。顾名思义，AIoT是物联网与人工智能的结合，而在系统层面，人工智能的能力是通过边缘计算来提供的。

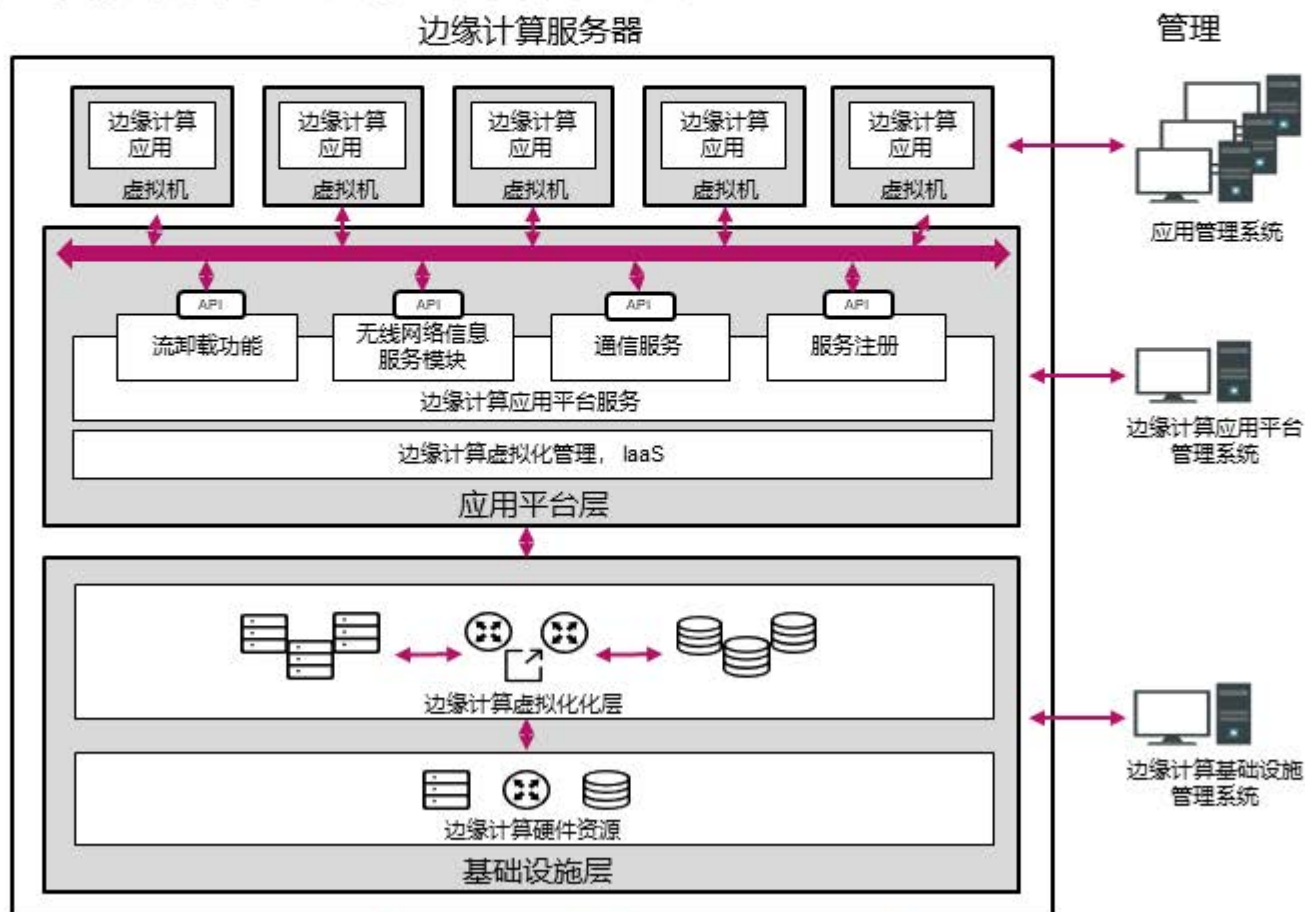


- ▶ 一般边缘计算架构
- ▶ 多接入边缘计算系统架构
- ▶ AIoT技术架构
- ▶ 卫星边缘计算架构
- ▶ 编程模型

# 一般边缘计算架构

23

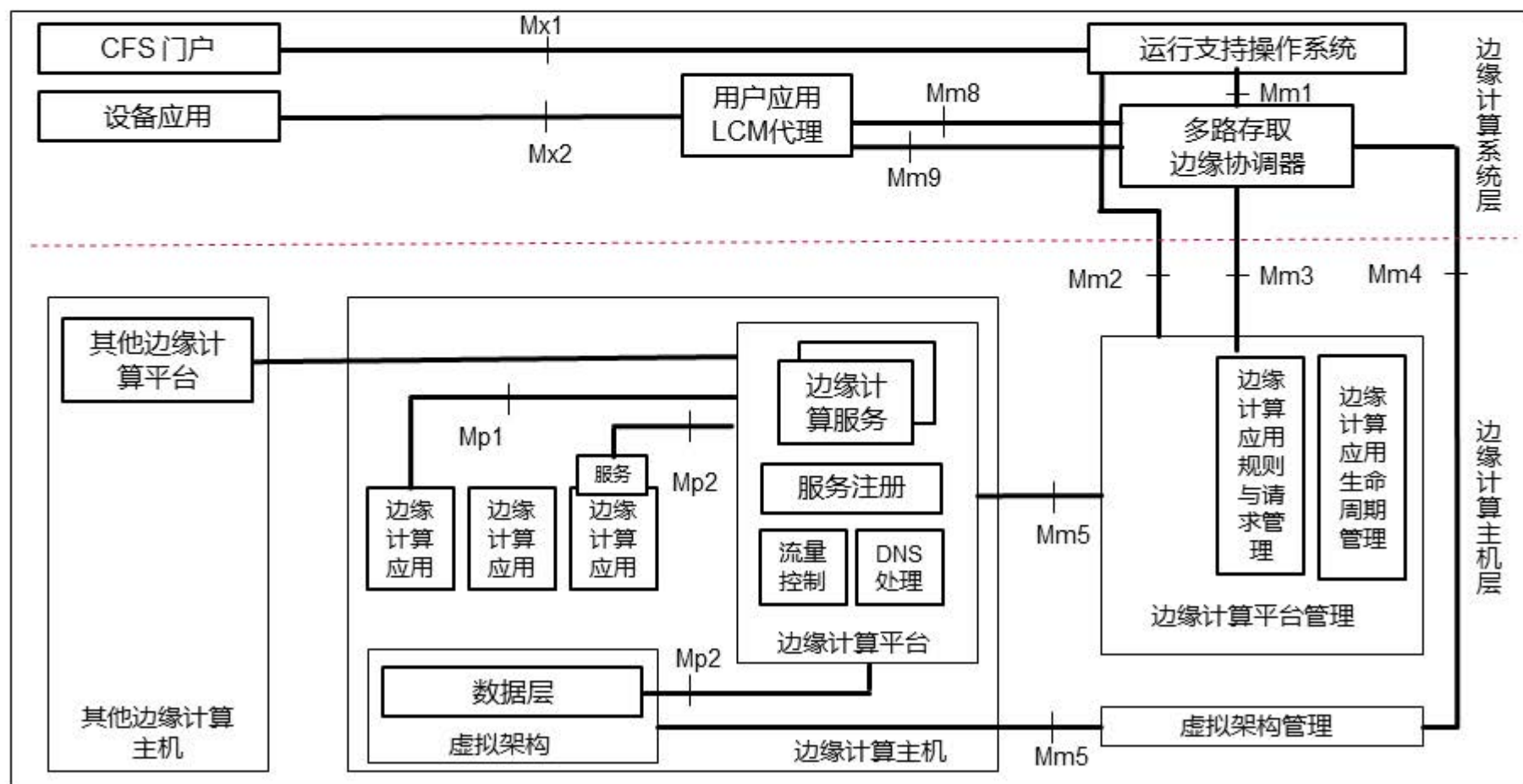
对于多数两层或三层的边缘计算硬件架构，运行其上的软件架构是类似的，主要包含资源管理层和平台管理层。





- ▶ 基础设施层主要分为硬件资源和虚拟层两部分，在这两部分基础上，边缘基础设施管理系统能够整合所有的硬件资源形成了一个稳定、通用的运行环境，使得上层的边缘服务可以在这个环境中被部署、执行和管理。
- ▶ 边缘计算平台管理层建立在虚拟化资源之上，将硬件资源、平台和软件转变为IaaS, PaaS和SaaS服务。其中边缘应用服务平台通过以下一系列中间件实现。

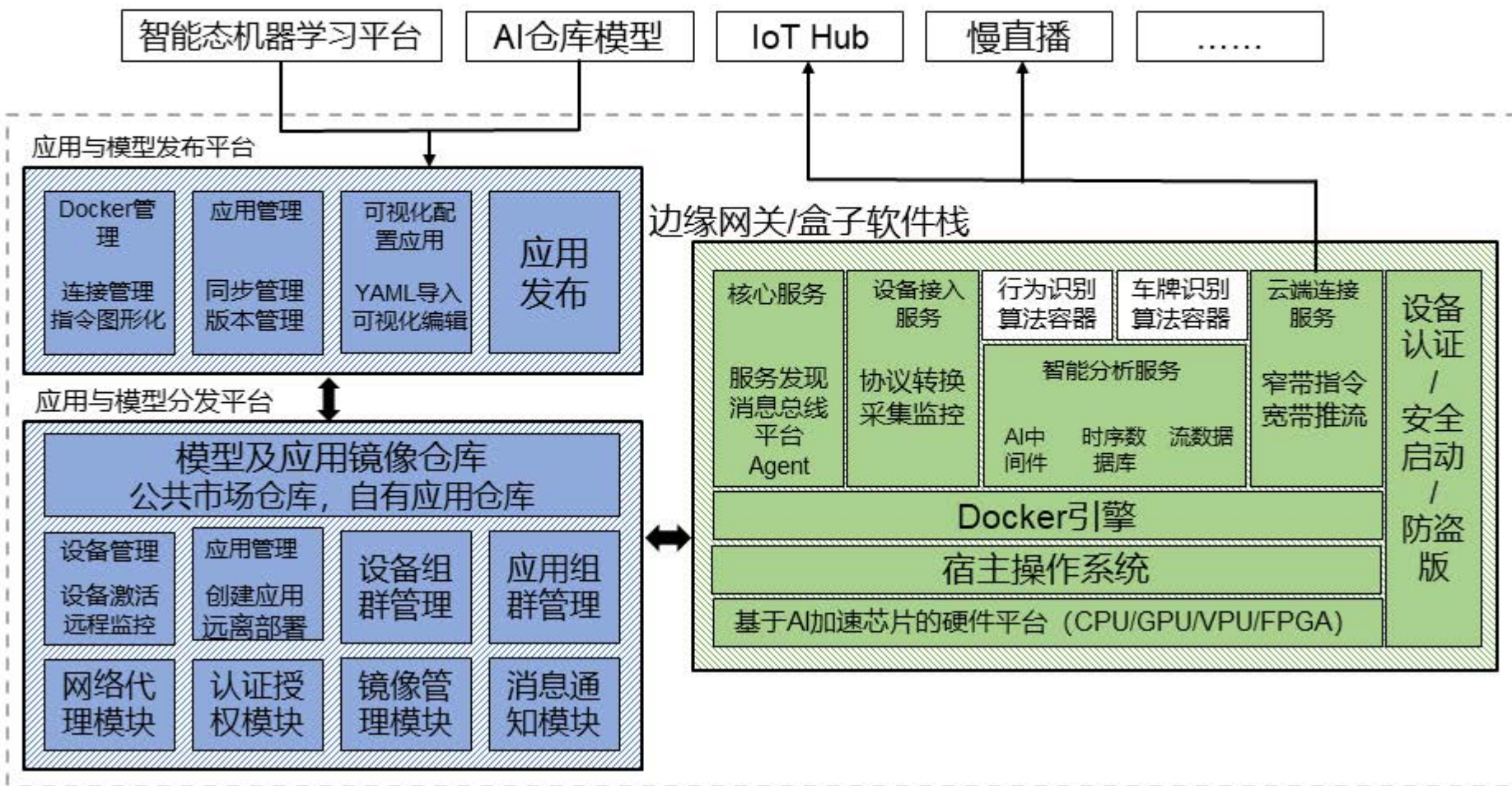
2016年，欧洲电信标准化协会ESTI将边缘网络的称谓MEC由移动边缘计算更名为多接入边缘网络计算（multi-access edge computing）。





- ▶ 与一般边缘计算架构不同，多接入边缘计算架构单独剥离了多接入边缘协调模块（multi-access edge orchestrator）。
- ▶ 该模块具体包含如下功能：
  - 管理终端用户卸载决策。包括通过服务部署与请求调度来应对用户请求和通过资源分配方案迎合用户请求。
  - 管理部署的边缘计算主机，维护计算、存储、传输资源以及服务器间拓扑结构。
  - 管理边缘网络所提供的服务。

考虑到当前AIoT主要面向市场产品的落地，其中的边缘网关更多的是基于上述一般架构针对场景的定制化产品落地，技术重点强调在边缘网关与应用平台两个关键部分。下图以腾讯IoT EIDP[腾讯AIoT]为例展示了典型的AIoT技术架构。

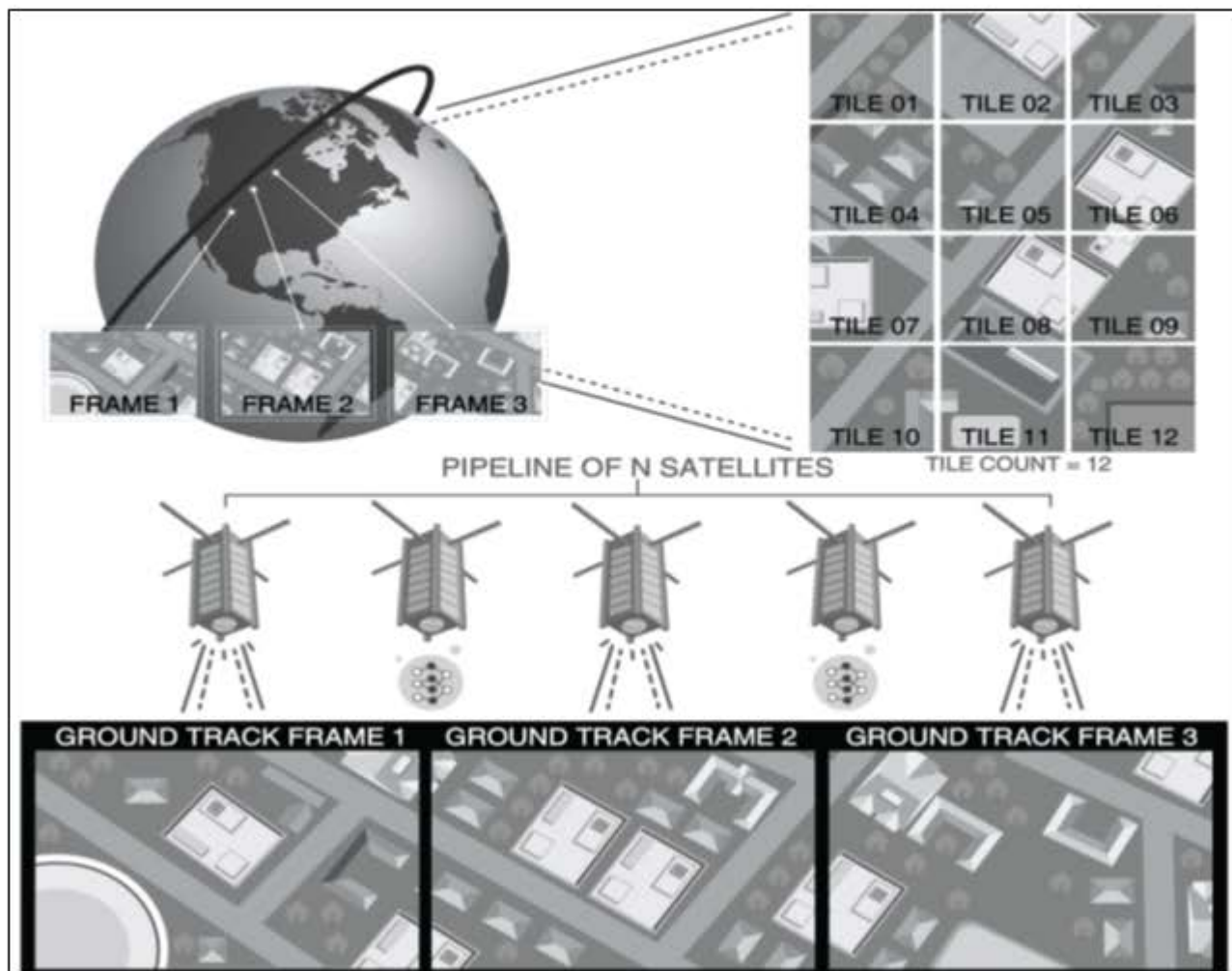




- ▶ 微电子技术的蓬勃发展，使得微型卫星成为可能。边缘计算的系统架构必须做出调整，以适应低轨卫星的系统特点。目前国内外上已有一系列工作开展针对低轨星座在轨计算的研究。

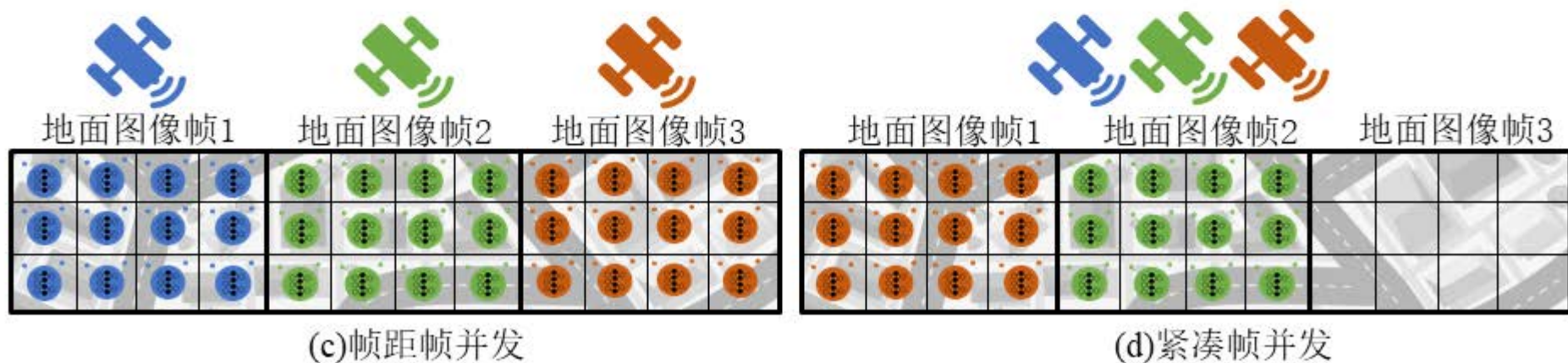
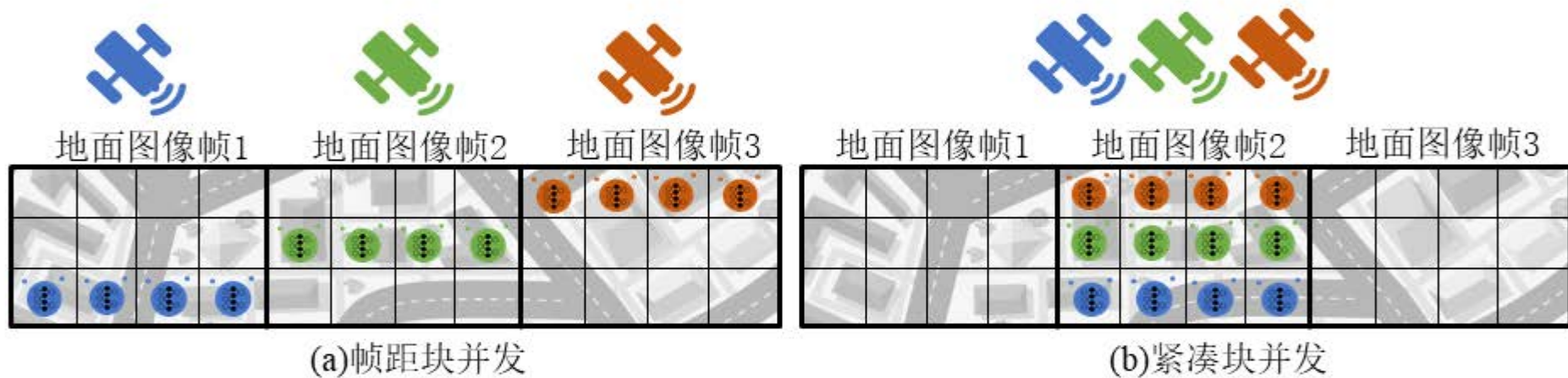
机构	方案	进度
美国国防高级研究计划局DARPA	黑杰克：协同、自主的任务运算，550KM轨道，80-100节点规模，2人团队运维，服务实时任务处理。	2020年底发射首批卫星
欧洲宇航局	OPS-SAT：面向第三方用户开放开发和计算能力。	预计2019年第四季度发射
Exodus orbitals	面向普通开发者，共享访问卫星主机，用户可上传代码，未来有计划将卫星飞控开放给开发者。	预计2021年开放给开发者
卡耐基梅隆大学	OEC：面向遥感任务，多卫星协同识别图像中有效数据回传。针对图像场景考虑了图片切割。	已完成全系统仿真
电子科技大学	星河工程：构建一个由低轨AI卫星组成的天基网络系统，并提供实时覆盖全球的任意人、物的通信和高速网络接入服务、厘米级的位置和导航增强服务、高时空分辨率的对地观测和影像服务。	2020年已发射首颗6G太赫兹AI卫星“电子科技大学号”

- ▶ 当前关于卫星边缘计算架构的研究主要针对卫星与地面的相对移动、卫星本身的能源不稳定等特点。
- ▶ 低轨的微型卫星处理能力十分受限，当其移动到新的区域（即接收到新的任务时），虽然能够顺利采集图像，但旧区域的任务极可能仍未完成，从而导致其来不及处理新进入区域的计算任务。
- ▶ 为应对此问题，卡耐基梅隆大学提出计算卫星流水线技术CNP (Computational Nanosatellite Pipeline) 。

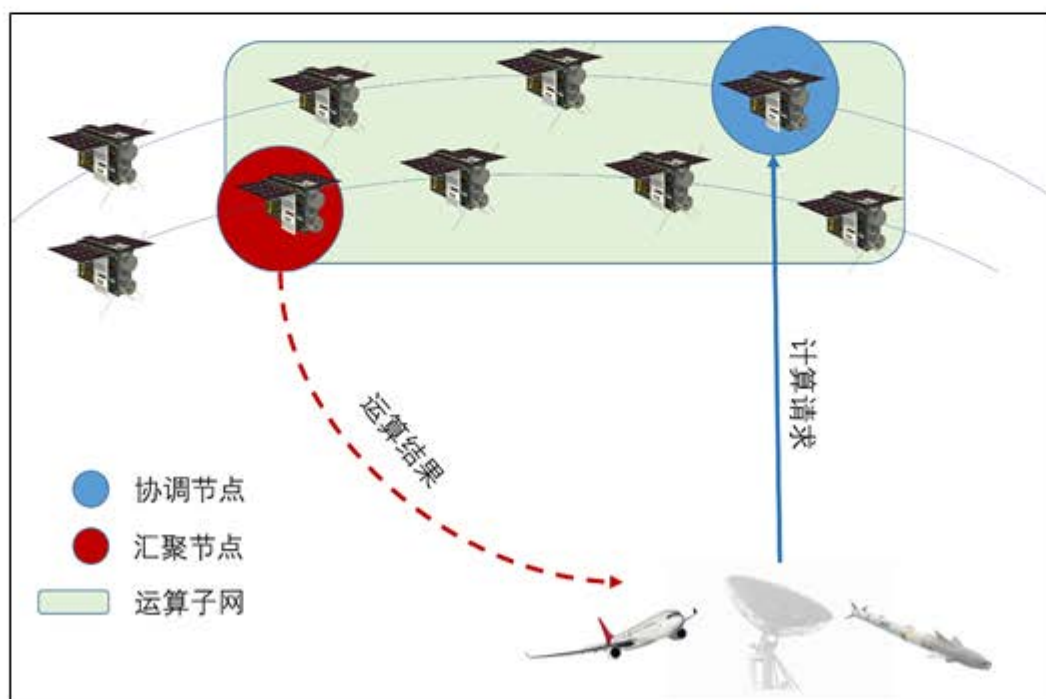




根据卫星阵型和任务分割策略的不同组合，CNP提供四种运算模式：帧距块并发、帧距帧并发、紧凑块并发、紧凑帧并发。



与CNP形成互补的另一种方式是“动态星团组网技术”，通过考虑计算任务特点、轨道信息以及各卫星节点上的负载动态地选择一部分卫星形成“星团”来完成一批计算任务。



- ▶ 考虑到边缘设备以及边缘服务的多样性，亟需提出新的编程模型能够支持各类设备接入边缘网络和边缘服务的快速开发迭代。
- ▶ 当前多个机构提出了用于物联网+边缘计算场景的编程模型，如微软 Azure IoT Edge, AWS Greengrass, EdgeX, 百度OpenEdge等。
- ▶ 以上编程模型在边缘计算的环境当中面临以下的挑战。

边缘服务访问的局限性

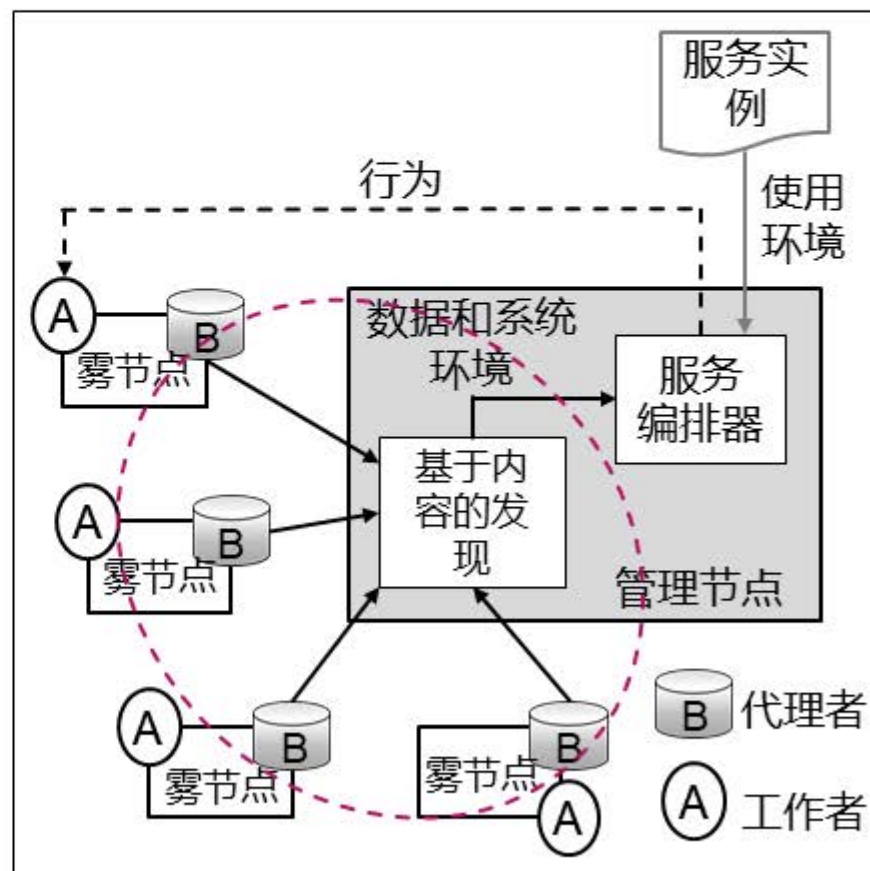
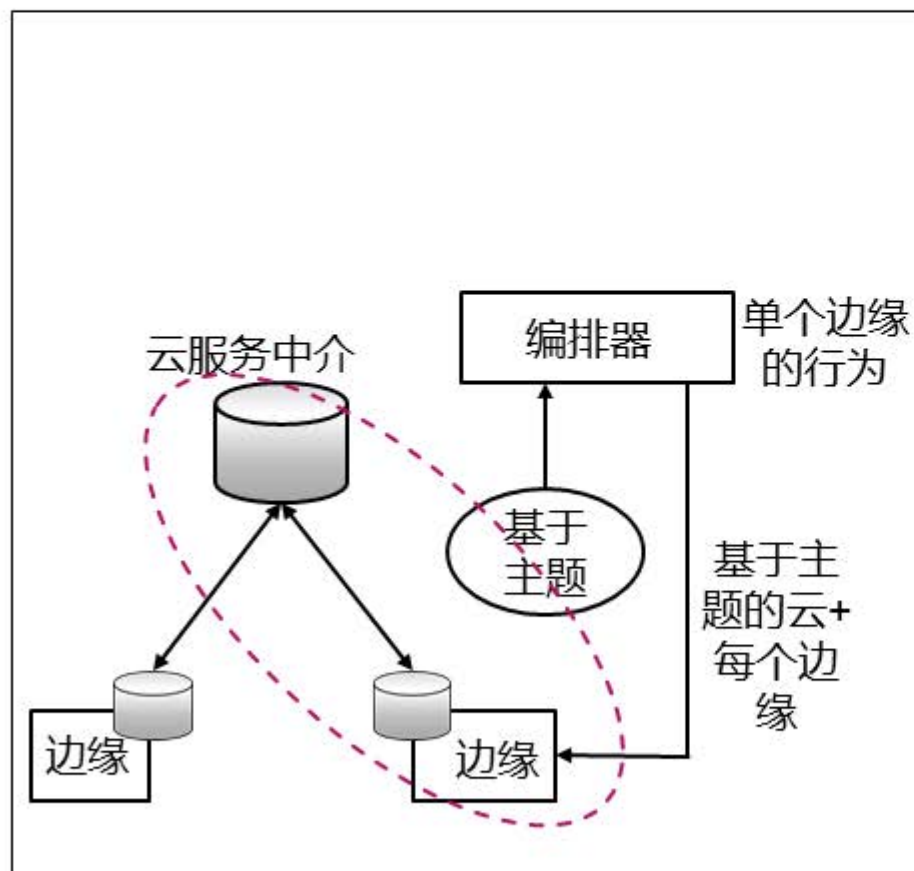
边缘资源的多样性

边缘场景的高度动态性

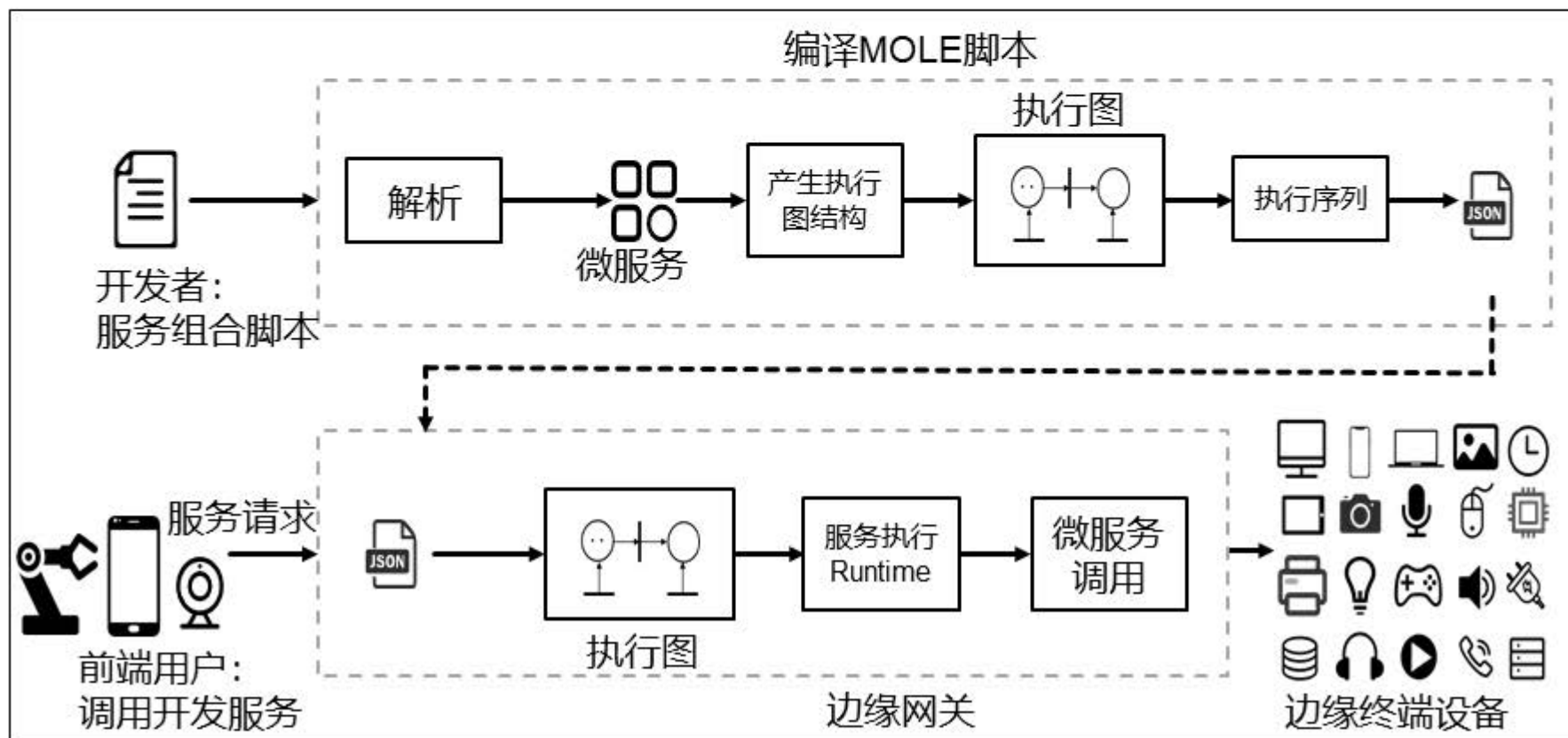
固化的边缘服务方式



下图是面向服务的编程模型（左图是面向设备的，右图是面向服务的）。



为解决上述问题，加速边缘计算生态和产业的快速发展，当前在研究界与科研界在编程模式方面展开了一系列前沿探索。如弗吉尼亚理工提出了微服务编排语言MOLE（microservice orchestration language）。





- ▶ 简介
- ▶ EdgeX Foundary
- ▶ StarlingX
- ▶ 其他开源框架
- ▶ 融合边缘的前端物联网操作系统

边缘计算中的操作系统主要是打通云、边、端之间的业务流程，并且将各方资源整合并提供开放接口供开发者及用户使用。相比云计算操作系统，边缘操作系统与框架主要面临以下三方面挑战。

高度异构性

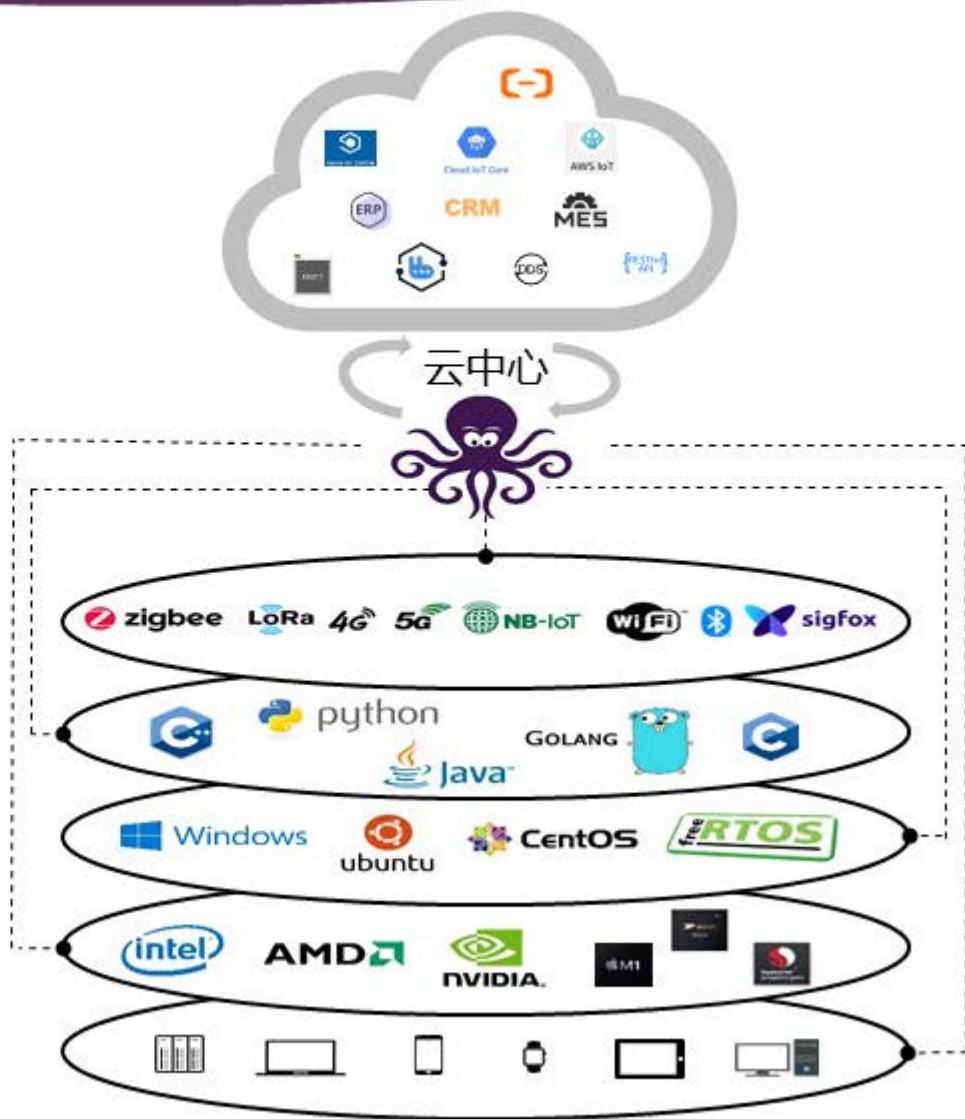
边缘数据分析处理

商业模式驱动的边缘优化

## 当前具有代表性的边缘操作系统及开源框架：

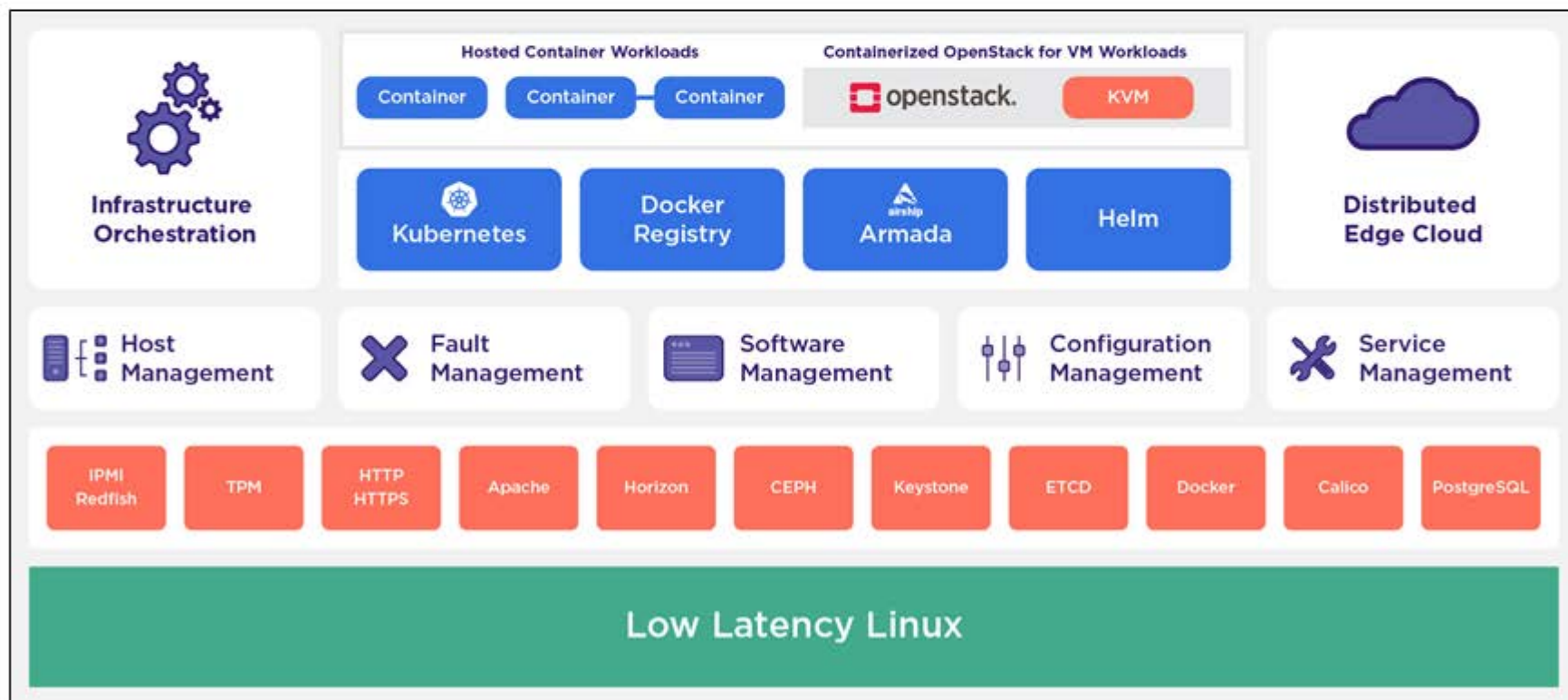
项目名称	发布年份	机构	定位	技术特点
EdgeX Foundry	2017年	Linux基金会	为工业物联网边缘计算场景提供通用框架	1. 中立于任何供应商 2. 面向算力有限的边缘设备（如树莓派） 3. 独立于云运行 4. 跨硬件平台
StarlingX	2018年	Intel + Wind River	电信及边缘设施的资源管理	1. 支持云边端协同 2. 支持容器编排
AWS IoT	2015年	亚马逊	将各类智能设备接入到亚马逊云服务	1. 支持含LoRa在内的异构物联网设备 2. 支持云边端协同 3. 支持MQTT协议
Azure IoT Hub	2010年	微软	将任意智能设备接入Azure云	1. 支持云边端协同 2. 支持Serverless 3. 敏捷IoT开发
CORD	2016年	Open networking foundation AT&T	将完整的云计算环境在本地实现	1. 融合SDN,NFV,云 2. 支持本地云
KubeEdge	2020年	华为	提供端到端边缘体系架构及管理	1. 支持云边端协同 2. 支持K8S管理
K3S	2018年	Google	轻量级的K8S	1. 独立于云运行 2. 支持K8S管理
Baetyl (原OpenEdge)	2019年	百度	加速丰富边缘计算的生态，缩短开发周期	1. 支持云边端协同 2. 跨硬件平台

EdgeX Foundry是由Linux基金会发起的开源项目（简称EdgeX），主要面向通用工业物联网的应用场景，侧重于对海量异构的前端设备管理。





StarlingX项目是由Intel和WindRiver开源的边缘计算框架，提供了一个基于Openstack平台及面向电信云的VIM在内的软件栈，提供了自动化的服务打包、编译和安装配置工具。



除上述介绍的EdgeX与StarlingX之外，还有其他机构提出的边缘操作系统与开源框架，如亚马逊提出的AWS IoT (Greengrass)，微软提出的Azure IoT Hub，AT&T提出的CORD (Central Office Re-architected as a Datacenter)，华为提出的KubeEdge，Arduino的Arduino IoT Cloud，谷歌提出的K3S，百度提出的OpenEdge，及国产边缘操作系统HopeEdge，Intewell-H等。

对于前端物联网设备而言，当前主流的嵌入式操作系统并不具备直接接入边缘的能力，为此，学术界与工业界提出了一系列融合了边缘计算的前端操作系统，如AliOS Things, TencentOS Tiny, Huawei LiteOS, Contiki等。

- ▶ 什么是边缘计算？
- ▶ 简述计算形态的发展变化过程及其内在逻辑。
- ▶ 边缘计算与云计算、物联网的关系。
- ▶ 边缘计算的关键问题和研究方向。
- ▶ 列举3个边缘计算的应用场景，并与传统方式相对比。