

# 云原生边缘计算系统架构 演进与实践

齐飞

华为云 主任工程师



# 大纲

---

- 云视角下的边缘计算
- 云原生边缘计算平台KubeEdge架构实践
- 云原生边缘计算商业实践及落地案例
- 从边缘云到分布式云的演进方向

# 云视角下的边缘计算

## 边缘是云的延伸

- 资源/设备位于边缘，注册上报云端统一管理
- 应用/函数由云端统一调度部署

## 云-边松耦合

- 边缘自治: 本地化，响应快，安全可靠
- 去中心化: 边缘之间互相感知

## 边缘计算

## 云-边双向通信

- 私有网络、防火墙隔断
- 网络不稳
- 海量、分散的边缘

## 节点、设备资源受限与异构

- ARM/X86/GPU/NPU，资源有限
- 大规模设备管理
- 多种设备通信协议

# 大纲

---

- 云视角下的边缘计算
- 云原生边缘计算平台KubeEdge架构实践
- 云原生边缘计算商业实践及落地案例
- 从边缘云到分布式云的演进方向

# 云原生边缘计算平台设计原则

开放  
生态

可靠  
连接

云边  
协同

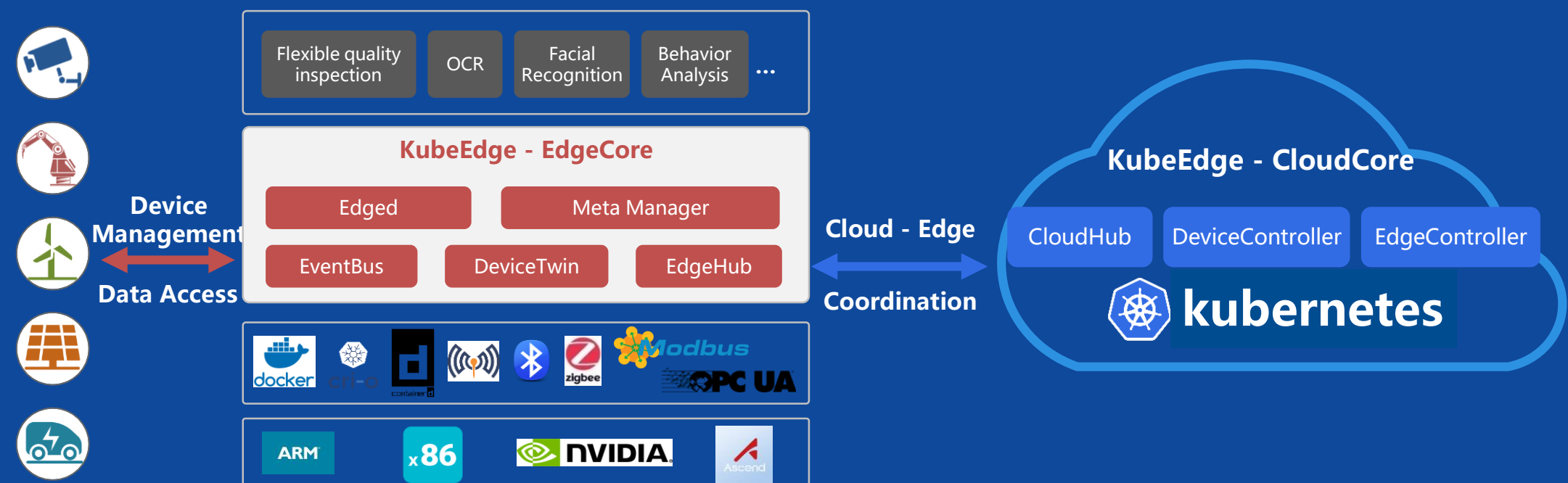
极致  
轻量

离线  
自治

边缘  
智能

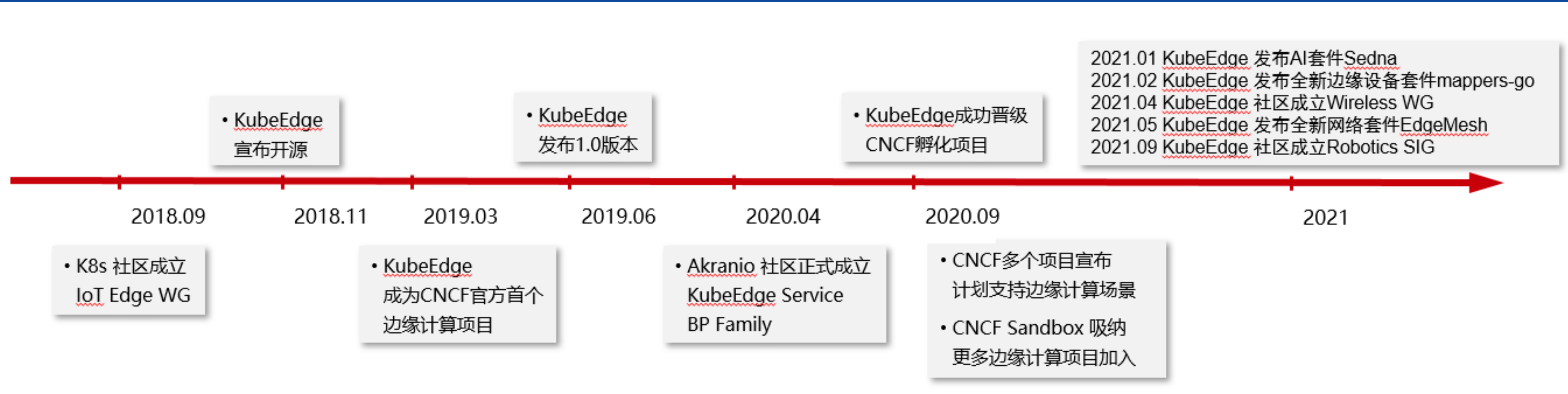


# 云原生边缘计算开源社区KubeEdge发展历程



- 面向边缘计算场景，**专为边云协同设计**
- **业界首个**云原生边缘计算框架
- 开放社区治理，**连接云原生和边缘计算生态**
- 旨在提供**应用协同、资源协同、数据协同和设备协同**的统一标准

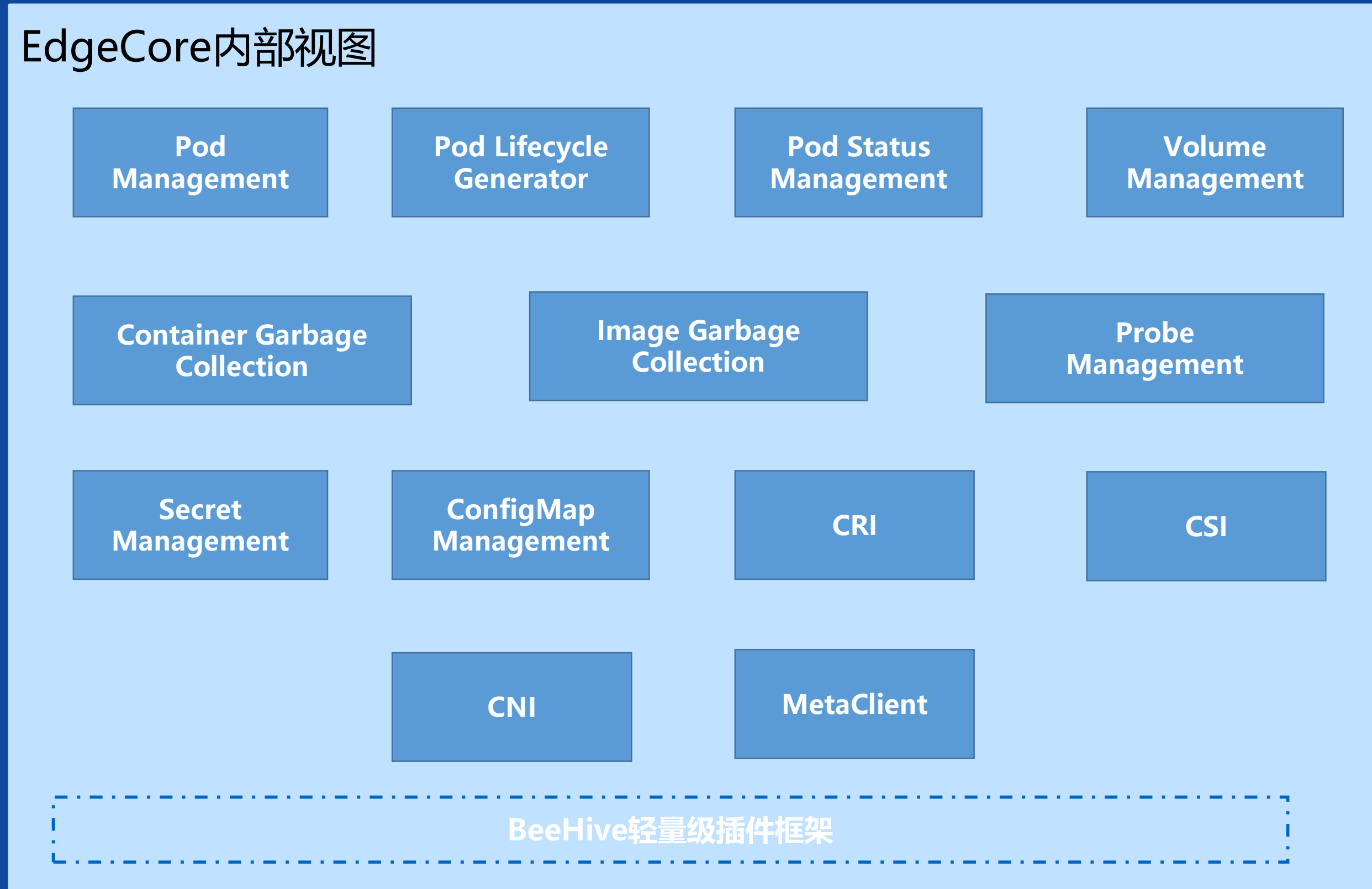
- 2018年宣布开源，2019年进入CNCF
- **CNCF唯一孵化级边缘计算项目**
- **4.7 k+** Stars, **1.4 k+** Forks on Github
- **800+** 全球贡献者, 220+ 代码贡献者, **50+** 全球贡献组织
- **SIG IoT、SIG MEC、SIG AI、WG-Wireless、SIG Robotics**



# 开放生态：北向统一应用开发接口，南向支持异构边缘形态



# 极致轻量：轻量、灵活的边缘软件，全面覆盖不同边缘场景



## ➤ 裁剪的轻量化Kubelet

- ✓ 保留Kubelet核心功能
- ✓ 移除云厂商存储插件
- ✓ 移除static Pod

## ➤ 轻便的蜂巢(BeeHive)开发框架

- ✓ 插件自动发现
- ✓ 插件动态插拔
- ✓ 轻量级消息通信

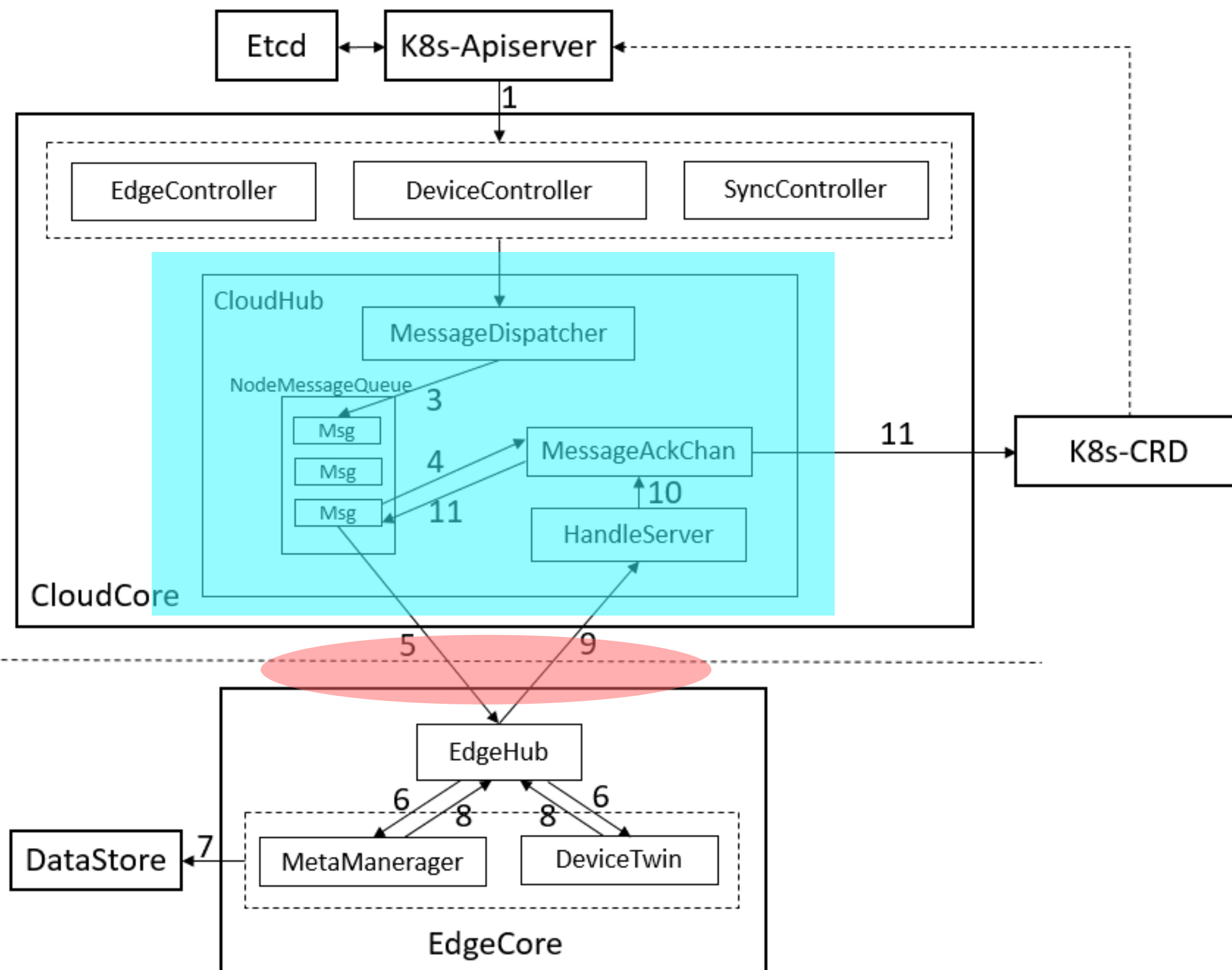
## ➤ 整个边缘组件内存占用：70MB

(Edged + EdgeHub + MetaManager  
+ DeviceTwin + EventBus + ServiceBus  
+ EdgeMesh)

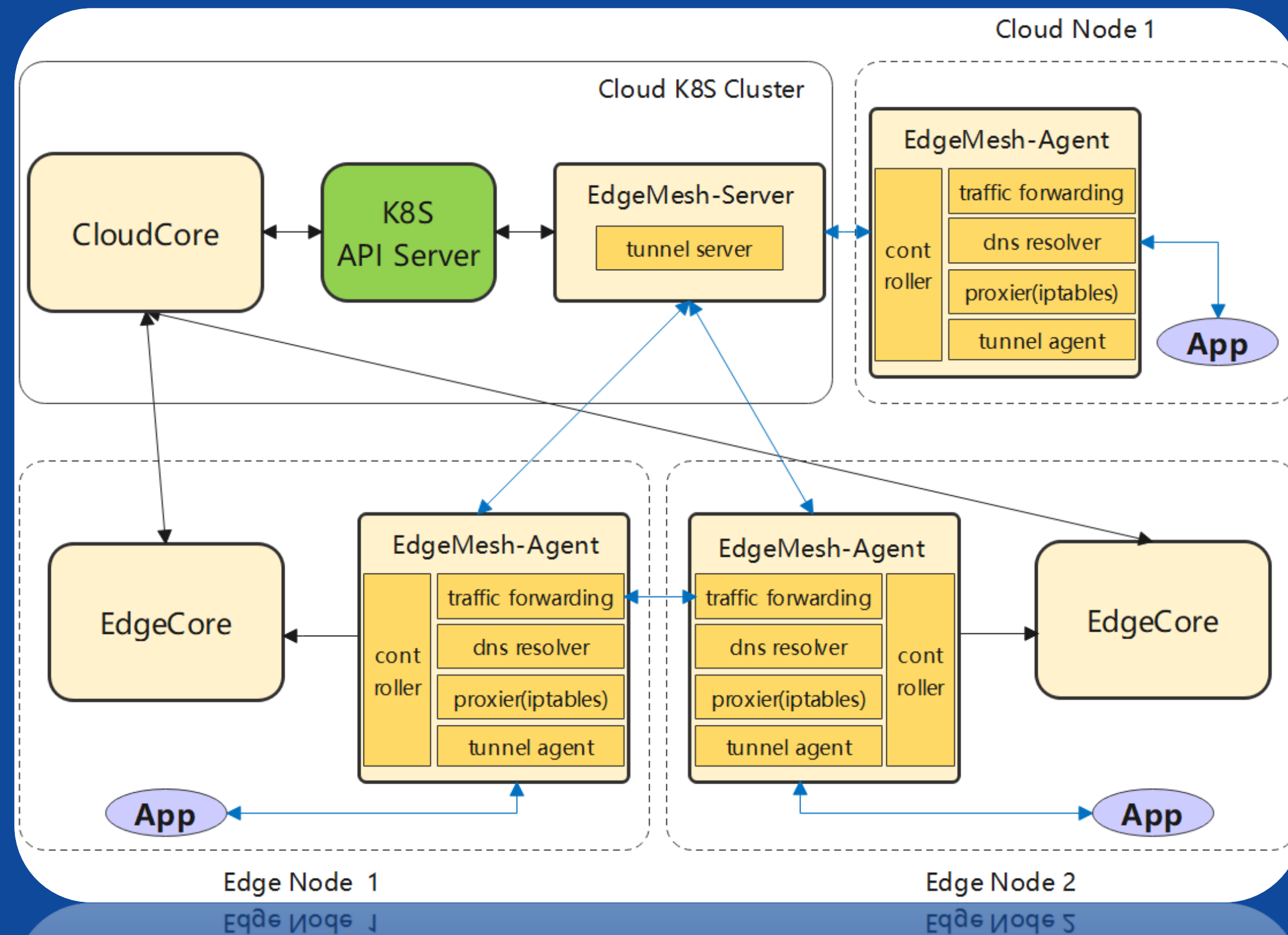


# 可靠连接：边云消息统一管理满足弱网场景数据可靠传输

- 双向多路复用消息通道，支持边缘节点位于私有网络。
- Websocket + 消息封装，大幅减少通信压力，高时延下仍可正常工作。
- 云边消息校验，网络不稳定时不丢数据



# 云边协同：网络割裂环境下实现服务发现与流量代理



## 挑战

- 边缘资源受限
- 网络配置管理复杂
- 网络割裂互不通信

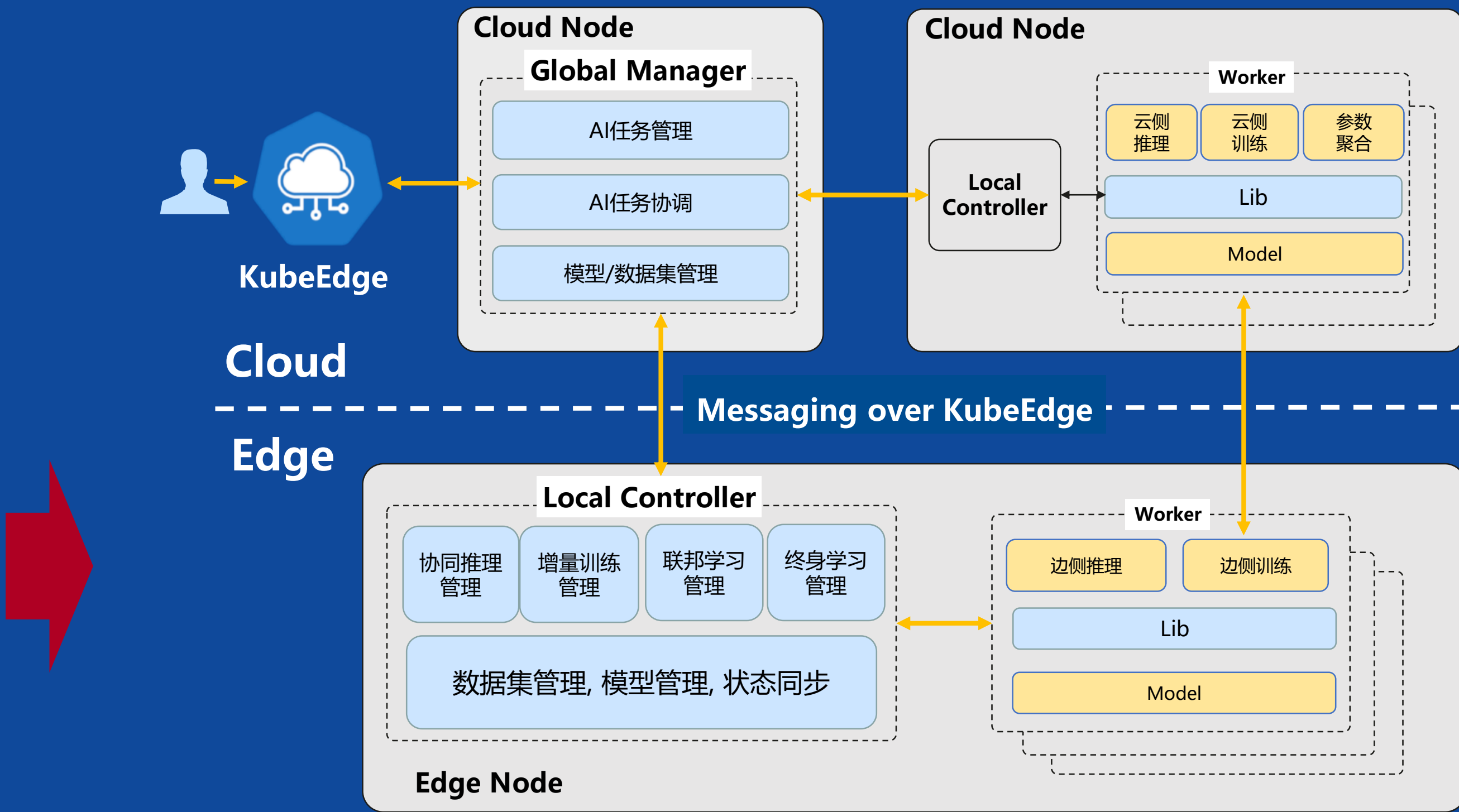


**EdgeMesh：轻量化服务发现与流量代理组件，屏蔽了边缘场景下复杂的网络结构**

## 优势：

- **极致轻量：**主机级的agent，资源占用较Isito标准数据面Envoy降低90%+。
- **高可用性：**基于P2P实现网络穿透，中继转发/直连通道协同工作。
- **高可靠性：**元数据本地存储，离线持续工作。

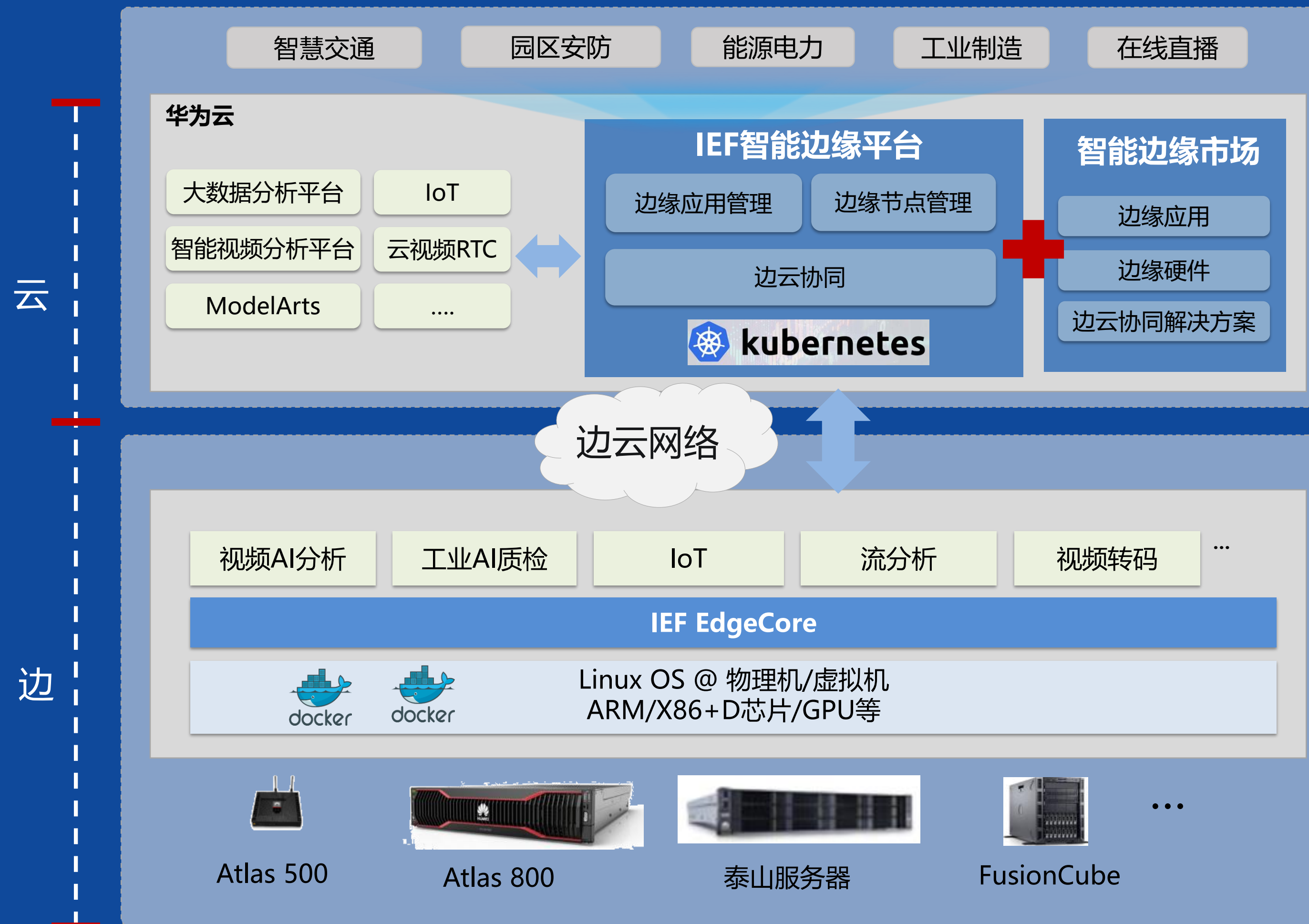
# 边缘智能：分布式协同AI框架，打破模型训练推理空间限制



- **GlobalManager**
  - ✓ 统一边云协同AI任务管理
  - ✓ 跨边云协同管理与协同
  - ✓ 中心配置管理
- **LocalController**
  - ✓ 特性本地流程控制
  - ✓ 本地通用管理: 模型, 数据集等
- **Worker**
  - ✓ 执行训练或推理任务, 训练/推理程序
  - ✓ 按需启动, docker容器或function
  - ✓ 边云协同部署、通信
- **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



# IEF：基于KubeEdge的云原生边缘计算商用平台



- **极致轻量**：支持轻量化容器和函数管理，**最小可支持百兆边缘设备**
- **高可靠性**：去中心化的边边协同重调度，**支持离线场景边缘应用秒级恢复业务，保障高可用**
- **统一管理**：基于**Kubernetes等云原生技术**，实现异构设备接入、镜像管理、应用分发、应用升级、应用运维等，边缘业务完整生命周期管理，**业务效率提升10倍**
- **大规模管理**：单租户最大可支持10W节点，**百万级应用，镜像极速分发**分钟级分发至万级节点
- **生态丰富**：与行业TOP ISV建立合作伙伴关系，行业主流算法应用/硬件/解决方案**上架智能边缘应用市场**

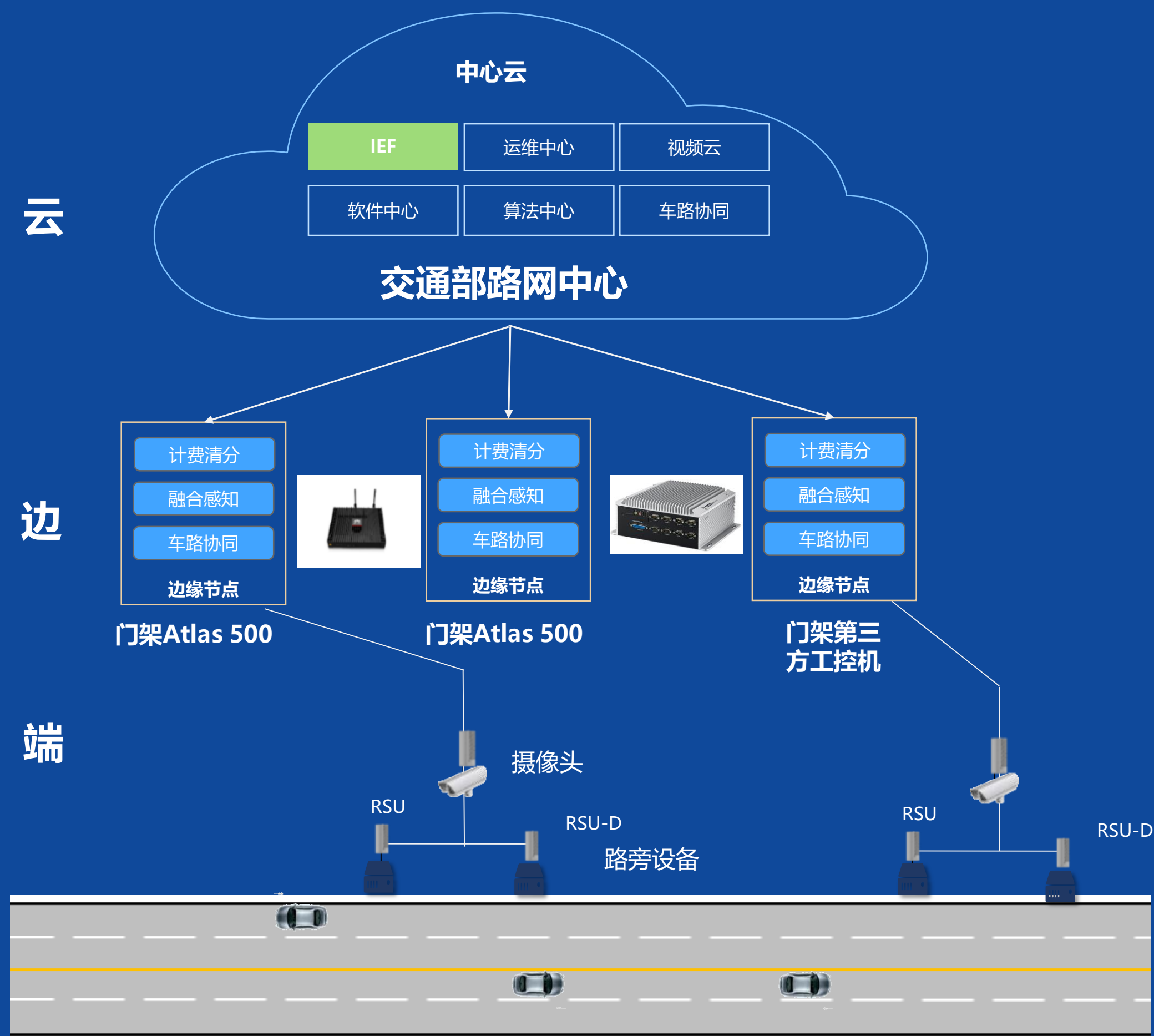


# 大纲

---

- 云视角下的边缘计算
- 云原生边缘计算平台KubeEdge架构实践
- 云原生边缘计算商业实践及落地案例
- 从边缘云到分布式云的演进方向

# 落地案例 I：助力全国高速公路取消省界收费站，实现高速自由流



## ➤ 方案：以IEF为基础构建**端边云协同解决方案**

- ✓ 端：车载终端 + 信号机+摄像头
- ✓ 边：Atlas 500/第三方硬件 + EdgeCore+ 交通专用算法
- ✓ 云：KubeEdge + 交通行业算法

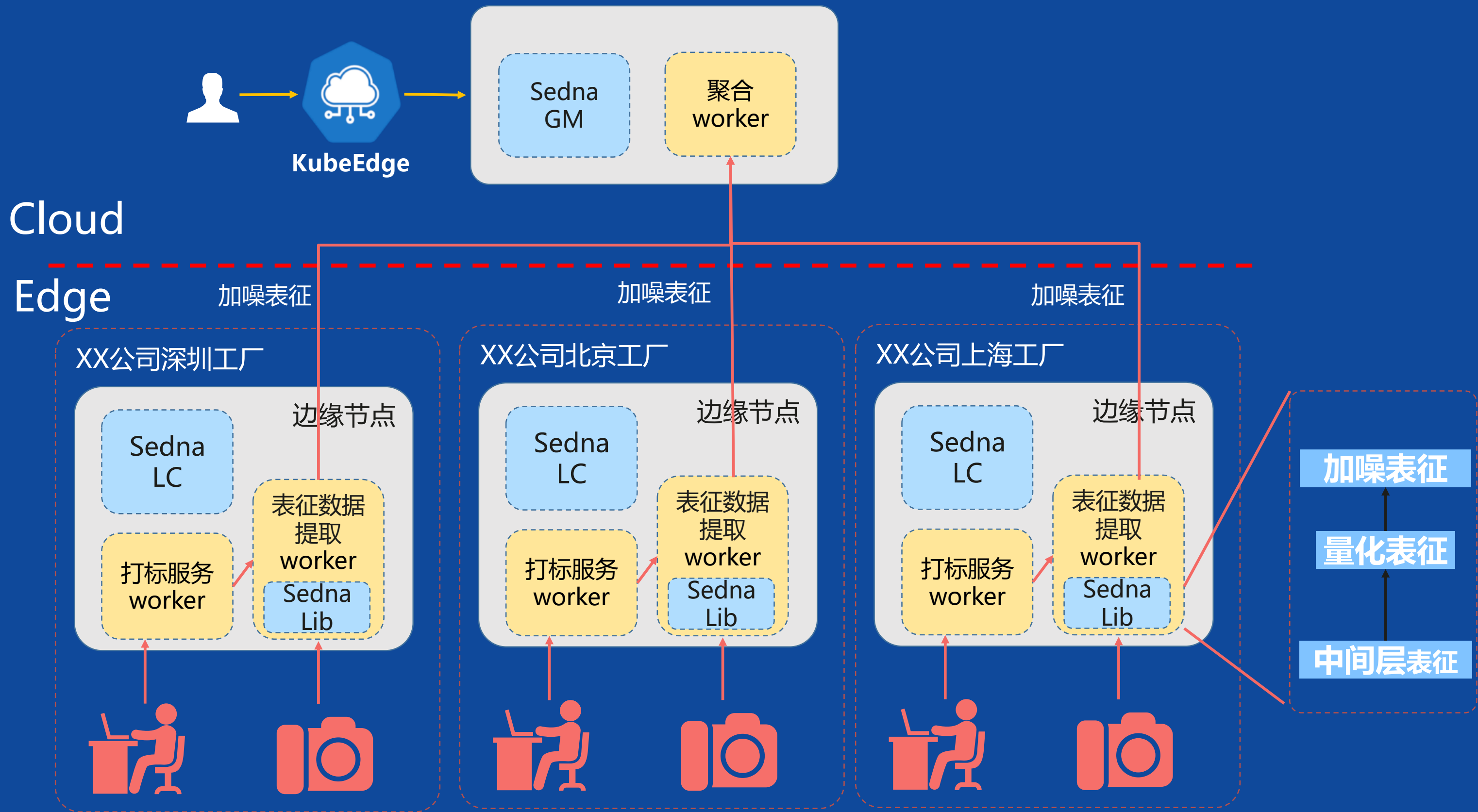
## ➤ 解决方案竞争力

- ✓ 低时延：轻量级AI推理引擎，交通专用算法，数据在本地处理
- ✓ 异构设备：支持异构硬件、异构OS，灵活管理
- ✓ 大规模管理：**10W+**边缘节点快速接入，**百万级**应用边云协同
- ✓ 统一管理：应用镜像、应用部署、应用调度、应用运维升级等全生命周期管理
- ✓ 分权分域管理：支持部联网中心-省联网中心-路段公司-路段分公司-路段-收费站等6级权限管理模式

## ➤ 客户价值

- ✓ 持续演进：边云协同架构，可灵活扩展方案，未来可向V2X车路协同和自动驾驶演进
- ✓ 统一架构：全国高速公路一张网，取代人工收费，实现高速自由流
- ✓ 效率提升：帮助客户实现海量边缘节点与应用的可管、可视、可控，灵活异构设备支持，结合AI云边计算能力支撑客户业务效率**提升10倍**

# 落地案例II：使用边云协同联邦学习构建多厂区智慧工业生命体



## 技术挑战

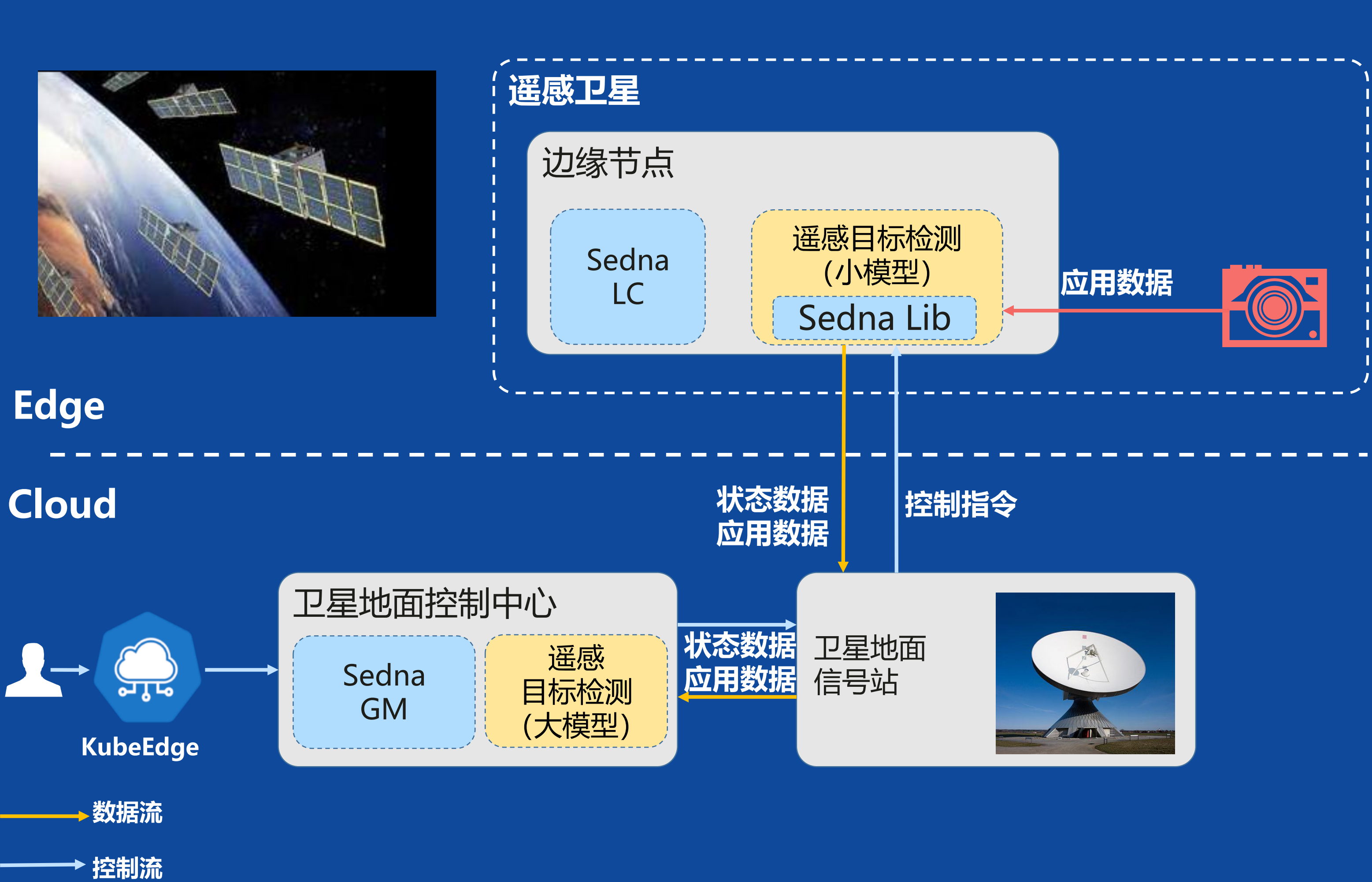
- **边缘样本少**  
由于隐私和质检中数据不均衡问题，单一厂区数据样本不足
- **边缘数据异构**  
工业质检领域各类检测业务场景繁多，边缘数据分布差异大
- **数据孤岛**  
工业产线数据因隐私安全不出厂

## 业务收益

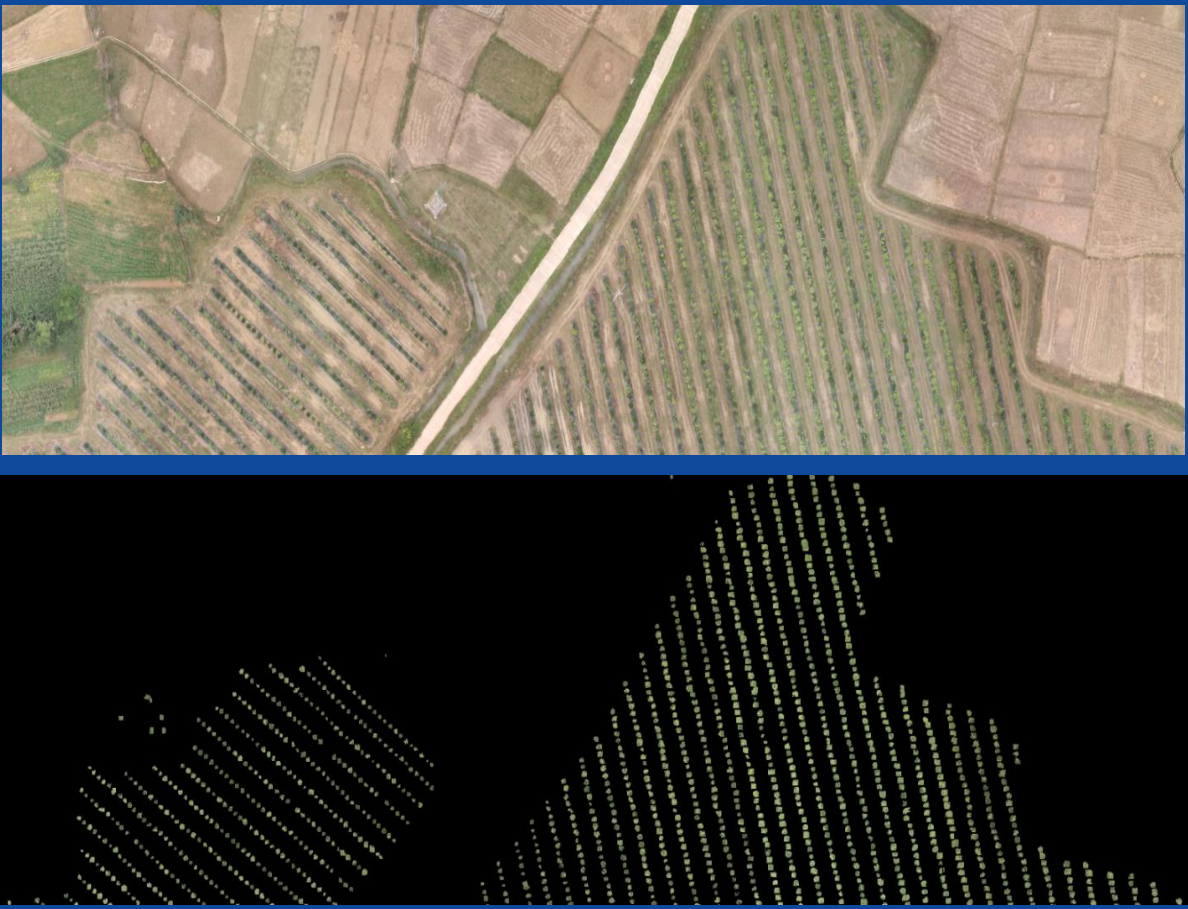
- 分布式训练模型媲美集中式训练精度
- 表征数据在SSIM<0.3时无法恢复，隐私保护增强
- 边侧计算资源需求减少50%
- 边云传输通信量减少90%



# 落地案例III：使用边云协同推理实现遥感农田资产盘点



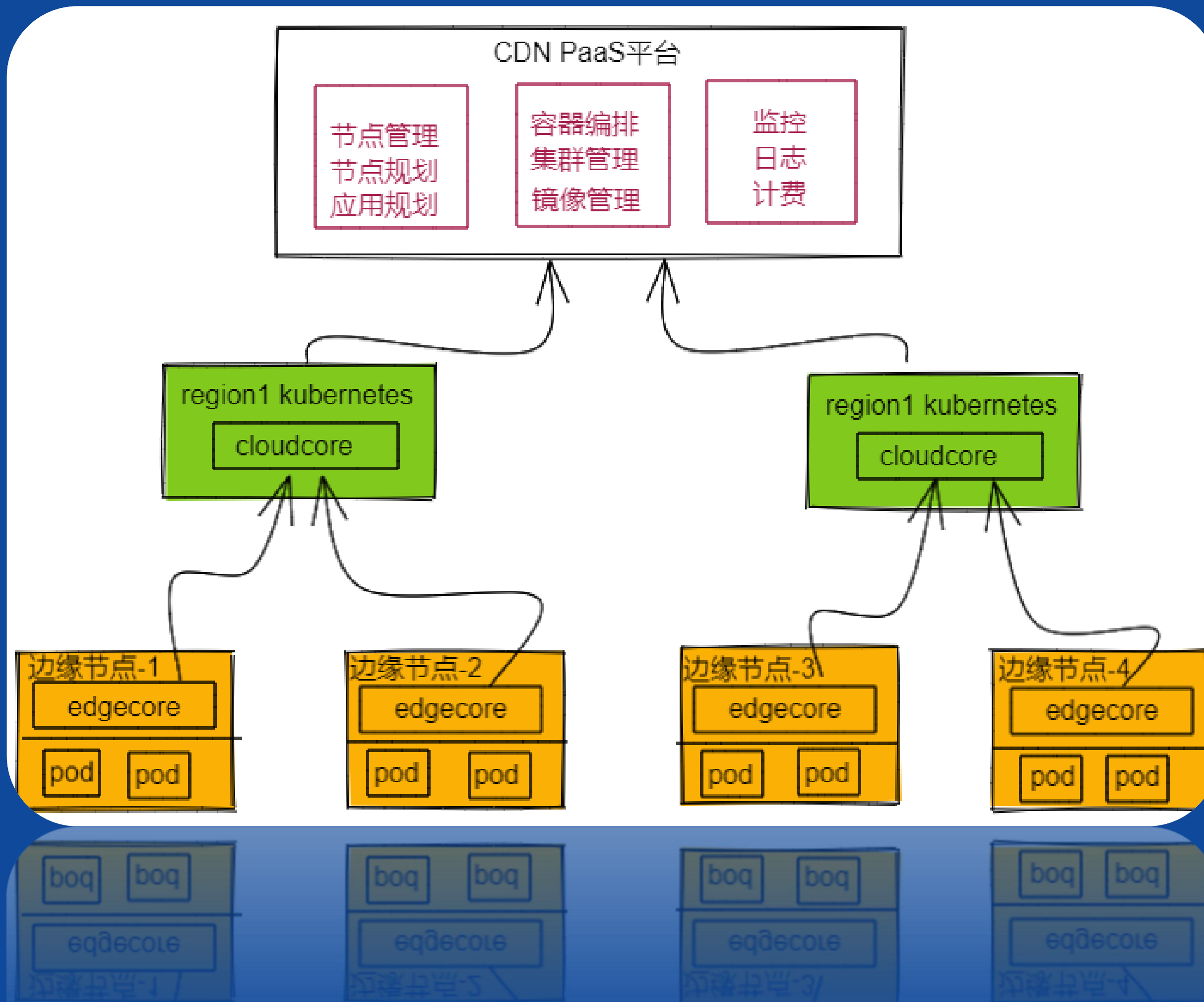
精准率	召回率
99.13%	99.07%



业务收益
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 提升面积统计精度</li><li>✓ 降低卫星能耗</li><li>✓ 降低星地传输通信量</li><li>✓ 降低传输成本</li></ul>



# 落地案例IV：使用KubeEdge实现边缘CDN互动直播



## ➤ 场景特点

- ✓ 一个边缘多台服务器
- ✓ 中心云统一控制CDN站点
- ✓ 应用通过中心云分发部署
- ✓ 边缘运行视频转码、渲染、切片等任务，以Job和Deployment形式存在
- ✓ 有自动伸缩与Pod优先级的需求

## ➤ 客户价值

- ✓ 统一的云边应用管理
- ✓ CDN站点离线可自治
- ✓ 边缘站点系统开销小
- ✓ 边缘集群提供离线自动扩容
- ✓ 边缘离线时Pod跨节点迁移
- ✓ 站点内、跨站点服务发现与转发

# 大纲

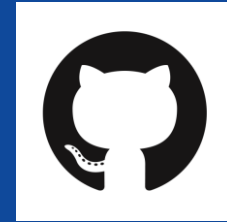
---

- 云视角下的边缘计算
- 云原生边缘计算平台KubeEdge架构实践
- 云原生边缘计算商业实践及落地案例
- 从边缘云到分布式云的演进方向

# 总结：云原生边缘计算平台6大核心能力

- ① 开放的应用、硬件生态促进行业解决方案发展
- ② 轻量、灵活的边缘管控软件，满足多样的边缘节点要求
- ③ 可靠的边云链接，应对弱网场景挑战
- ④ 节点离线自治，故障自动恢复
- ⑤ 边云、边边数据通信，实现应用、数据全域协同
- ⑥ 边缘智能中间件，降低边缘智能化门槛

# 关注我们，了解边缘计算最新趋势



<https://github.com/kubeedge>



<https://kubeedge.slack.com>



边缘云创新实验室  
Edge Cloud Innovation lab

<https://www.huaweicloud.com/lab/edgecloud/home.html>



KubeEdge公众号  
每日推送图文  
社区最新动态  
直播课程、技术干货



扫码添加小助手  
发送“KubeEdge”  
加群  
社区专家入驻  
技术问题随时答疑



边缘云创新Lab主页  
关注Lab最新动态、  
专家风采、技术博文



# THANKS

—  
Global  
Architect Summit

