

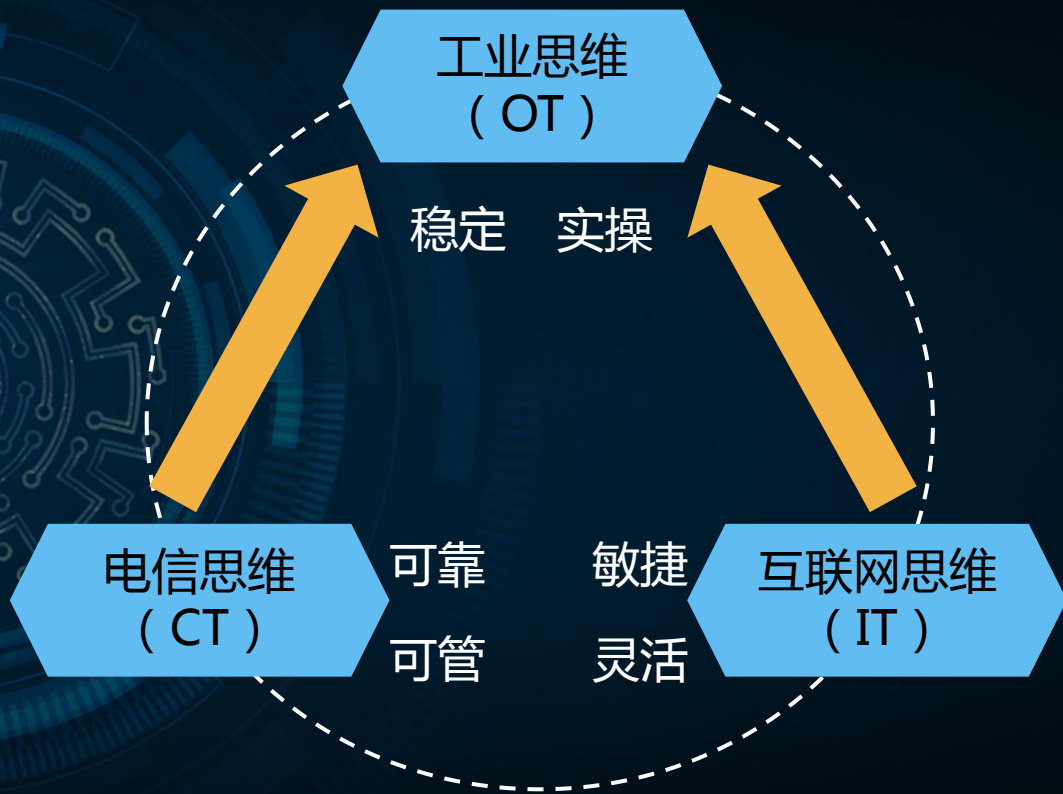
# 面向智能低时延网络的超边缘计算（BEC）技术探讨

2017年11月

中国移动研究院 耿亮

- 工业互联网网络发展趋势
- 超边缘计算系统架构及核心能力
- 超边缘计算关键技术

# 工业互联网网络发展趋势-IT、CT和OT的融合



## IT向OT注入敏捷灵活的业务应用

- MES、SCADA等工业软件系统
- 以大数据为基础的预测性分析和预防性维护
- 工业生产流程的数字化与信息化
- 基于机器学习、深度学习的人工智能在工业制造中的应用

## CT向OT注入可靠可管的网络服务

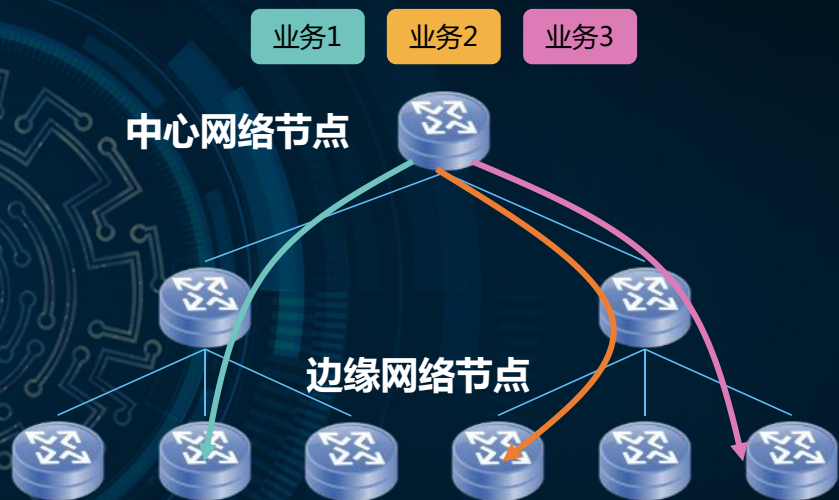
- 匹配有线及无线网络的多元化需求
- 低时延，高可靠、确定性的厂内外网络承载技术
- NFV实现网络设备资源共享和多生态应用
- SDN实现网络灵活调度集中优化
- 网络切片实现网络资源的隔离和专享

IT、CT和OT的融合，是信息、网络和自动化技术的有机结合，为智能化工业互联网奠定技术基础

# 工业互联网网络发展趋势-去中心化的业务与流量

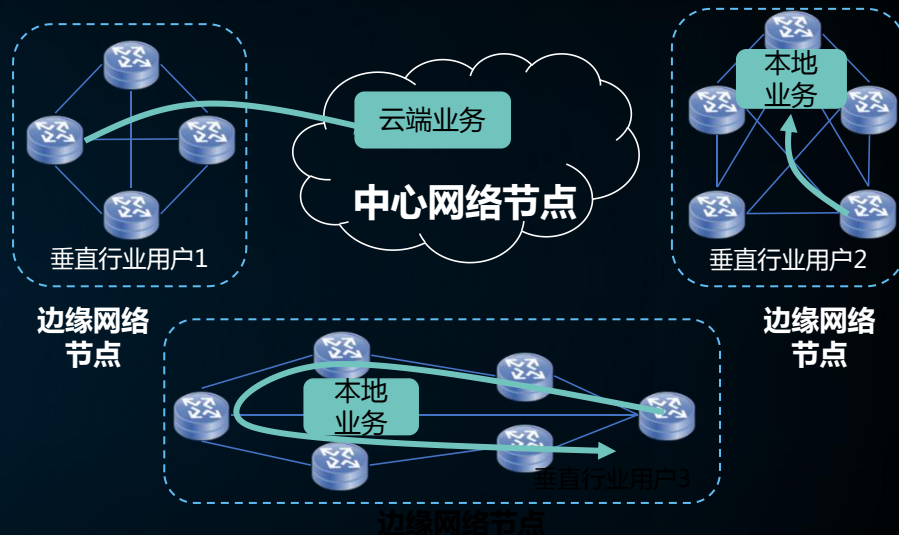


## 传统网络业务与流量模型



- 业务集中部署在中心网络节点
- 流量以下行为主，从中心向边缘分发
- 边缘网络节点终端设备不产生大量业务流量

## 去中心化的业务与流量模型



- 云端及垂直行业用户端均有业务部署
- 海量传感器在接入网络边缘产生可观的上行数据
- 流量成扁平化发展，汇聚效应减弱

垂直行业多元化业务的就近部署提高用户体验，海量物联网设备将促使流量成扁平化发展



# 工业互联网网络发展趋势-CT服务能力向边缘延伸



## 接入方式多样



NB-IoT



- 不同垂直行业存在多样化的网络接入
- 多种协议标准共存
- 有线与无线共存

## 组网需求各异



VxLAN, L2TP, IPsec, GRE等  
各类隧道需求



极高的安全性及数据隐私保护需求



各类存储资源组网需求



端到端的带宽保障与定制化QoS需求



苛刻的端到端网络时延需求

## 垂直行业生态前景

- 硬件、软件、平台各方博弈，垂直行业标准难统一，既成事实形成的**多种生态共存**将常态化
- 基于互联网思维的垂直行业生态业务迭代速度快，需要**互联网化的开发运营模式**
- **运营化“管”为“保”**，提供服务质量可保障的能力，张弛有度地经营**共赢生态**，促进行业健康有序发展

**运营商需提供端到端资源和业务保证，纵向延伸业务逻辑的处理能力，更好地服务于垂直行业多样化业务**

- 工业互联网网络发展趋势
- **超边缘计算系统架构及核心能力**
- 超边缘计算关键技术

# 工业互联网-超边缘计算网络技术体系



## Beyond Edge Computing (BEC)

## 超边缘计算

Building the Intelligence Beyond Network Edge for  
Vertical Industry IoT

构建超越边缘网络的智能工业互联网

聚焦垂直行业  
业务接入现场

聚焦低时延  
确定性网络

聚焦高可靠多  
生态业务承载



Manufacturing



Smart Home



Healthcare



EDU



Energy



Mining



Logistic



Public Sector



Chemical



Resale

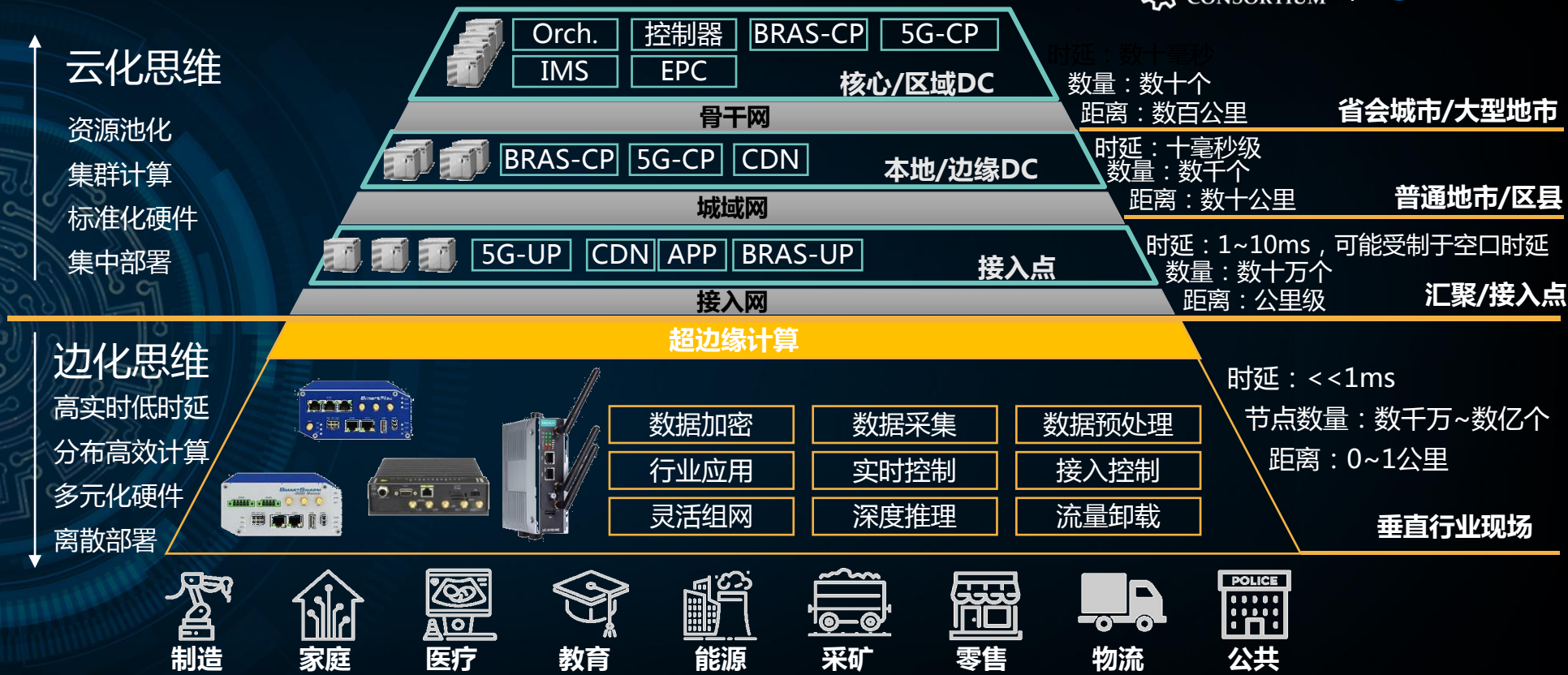


Food



Military

# 超边缘计算在网络中的位置



超边缘计算聚焦面向各垂直行业的末端接入节点，是网络连接向垂直行业的进一步延伸，是云计算能力在垂直行业现场的渗透，是实现运营商网络能力服务各垂直领域业务的关键环节。



# 超边缘计算系统架构



运营商需提供端到端资源和业务保证，纵向延伸业务逻辑的处理能力，才能更好地服务于多样化业务

云  
服  
务  
层

接  
口  
层

执  
行  
层

现  
场  
层

## 超边缘计算云平台

### 管理服务

#### 网元管理

接入控制

网络功能管理

性能监控

#### 资源管理

虚拟资源编排

应用生命周期

虚拟化平台管理

### 运营服务

合作伙伴管理

边缘应用管理

边缘应用门户

Devops

### 行业服务\*

行业云应用

大数据分析

深度学习训练

\*可由第三方提供

两个管理接口，一个数据接口

## 超边缘计算分布平台

多生态承载和各类行业应用

虚拟化平台及API开放层

实时性操作系统

丰富I/O ( Zigbee, WiFi, RS232/485, Ethernet, LORA... )

异构组网环境，TSN，工业PON，现场总线等

## 面向开放生态的云平台

- **管理服务**实现对超边缘计算网关的网元级管理、虚拟化资源的管理和编排以及业务部署。
- **运营服务**实现各行业合作伙伴的管理，应用的审核和发布以及Devops开发运营一体化
- **行业服务**实现引入成熟行业云平台，提供大数据分析及云端深度学习等服务

## 超边缘计算管理及业务接口

- **轻量级管理接口**实现网元管理和虚拟化资源管理，**数据接口**实现IoT数据统一承载

## 面向实时多业务承载的分布平台

- **多生态承载**实现多元化行业应用在通用硬件上的部署
- **虚拟化平台**实现资源隔离保证，跨芯片平台及运行环境的边缘应用部署以及动态加载
- **API开放层**提供多样化用户侧接入能力

# 超边缘计算的十大能力



## 1 海量异构IoT终端的接入

- 接入设备纵向延伸至垂直行业现场，实现网络深度覆盖
- 支持各类有线及无线接口
- 支持多种工业协议

## 2 超低时延及确定性时延承载

- 基于TSN、工业PON等高速低时延承载，满足工业控制苛刻的时延要求和确定性要求。

## 3 流量本地卸载和数据与处理

- 大量传感器数据增加云端压力，亟需本地预处理进行分流
- 对数据和报文进行预处理，实现不同协议的互转互通

## 4 系统资源隔离与保障

- NFV技术实现计算、存储等资源的隔离和保障，提供碎片化多生态IoT系统的可靠承载

## 5 系统离线工作能力

- 工业应用的高可用性要求在暂时无网络连接时，仍能使用基本业务保证生产

## 6 端到端安全保障

- 工业互联网抵御外部攻击需要实现从业务起点到工业云平台的端到端保护
- 现场设备安全日志数据的收集与分析
- 数据隐私保护需要从业务接入点实施

## 7 分布式人工智能

- 通过GPU、TPU等实现本地化高实时性的图像识别、机器学习等人工智能应用

## 8 实时性业务处理

- 支持高实时性操作系统，优先处理实时性业务，保证可靠性和业务体验

## 9 设备能力开放

- 实现设备底层能力的开放，为上层应用提供丰富接口，培育活跃边缘应用生态

## 10 网络切片的映射

- 实现垂直行业内网业务流与运营商网络切片的映射，使用网络切片保证业务体验

- 工业互联网网络发展趋势
- 超边缘计算系统架构及核心能力
- **超边缘计算关键技术**

# 超边缘计算的4大核心技术诉求

## 1

### 实时操作系统与确定性时延承载

- 高精度时间同步和低时延转发机制确保时延敏感
- 高实时性的工业级操作系统支撑行业边缘控制类应用的敏捷处理

## 3

### 业务的跨平台部署与开放API

- 跨不同硬件及软件平台的业务部署
- 定义统一开放的API接口，充分调用底层芯片能力，支撑行业边缘应用生态

## 2

### 资源隔离与保障

- 边缘计算节点的计算、存储、I/O等资源可进行隔离
- 实现业务与网络切片的映射
- 轻量级虚拟化技术的选择

## 4

### 海量虚拟化资源孤岛的管理

- 千万级海量网元管理、虚拟化管理及应用管理能力
- 面向万物互联的轻量级管理及业务接口



# 超边缘计算关键技术-确定性转发机制

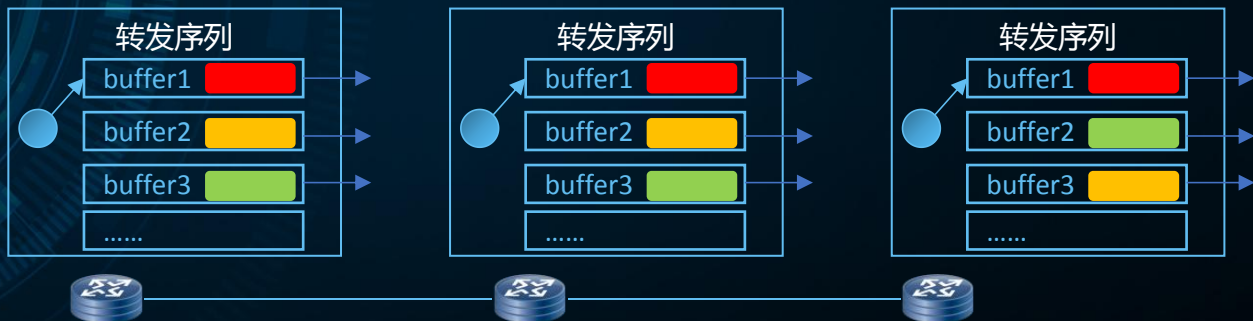
## 带宽思维



- 优先级只保证均值/峰值带宽
- 不精准控制转发时序
- Buffer转发队列引入时延随机性
- 每个节点的时延随机性形成积累

以上三个业务流均保证了带宽，时延确定性没有保证

## 时延思维

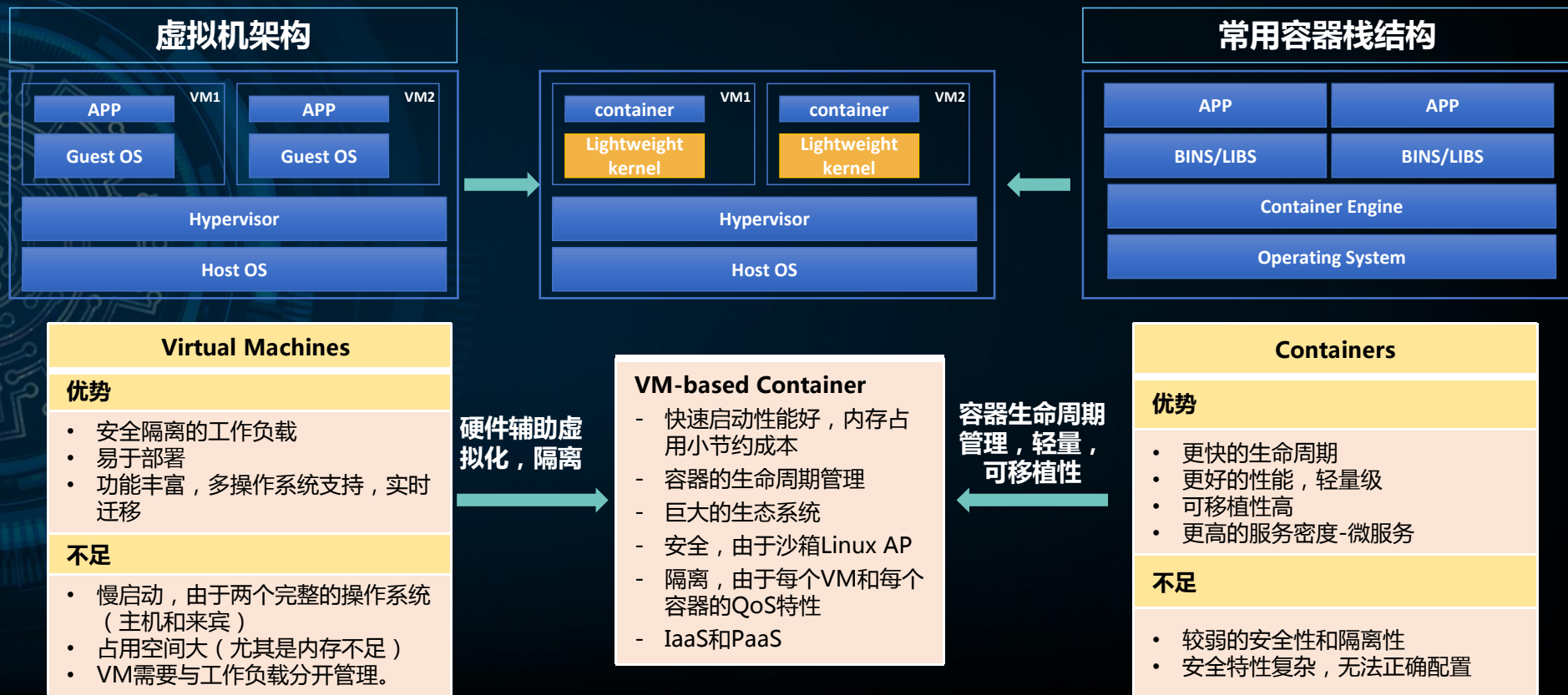


- 类TSN技术精准控制转发队列时间片
- Buffer转发队列不引入随机性
- 转发节点之间高精度时间同步

以上三个业务流均保证了带宽，且红色业务保证了端到端时延确定性

**硬件层面精确控制转发时延，消除各个环节的随机缓存序列，保证确定性时延**

# 超边缘计算关键技术-轻量级虚拟化技术



# 超边缘计算关键技术-海量虚拟资源管理及轻量级接口



## I1-海量网元的轻量级管理接口

- 业界普遍应用BBF体系TR-069、互联网体系HTTP+JSON、传统管理SNMP等

## I2-海量虚拟化资源和业务编排

- Openstack和Kubernetes目前均无法高效地对海量虚拟化资源进行管理

## I3-多生态业务数据的承载

- 借鉴MQTT, HTTP+JSON等常用承载方式
- 实现不同行业协议层数据的统一承载, 通过新的封装使能网络切片的质量保障功能, 同时兼顾低Overhead, 低时延的需求

相对离散分布的超边缘计算虚拟化资源需要一个轻量级的管理接口, 向类Netconf+YANG方案演进

I1

I2

网元管理

虚拟化资源管理及业务编排

多生态业务数据统一承载

接入功能

转发功能

组网功能

其他功能

多生态承载和各类行业应用

虚拟化平台及API开放层

实时性操作系统

行业协议层: MQTT, Profibus, Profinet, Modbus

物理接口层: Zigbee, WiFi, RS232/485, Ethernet, LORA

# 超边缘计算关键技术-深度开放的API接口



## 定义统一的API接口支撑行业应用生态

- 开放超边缘计算分布平台的软硬件能力
- 根据行业应用需求定制化API接口
- 与管理接口统一设计，避免同一功能远程管理接口调用和本地应用调用使用两套独立的协议接口
- 本地实现API权限管理机制，最小化开放API对系统安全性能的影响



# 超边缘计算的三大应用场景



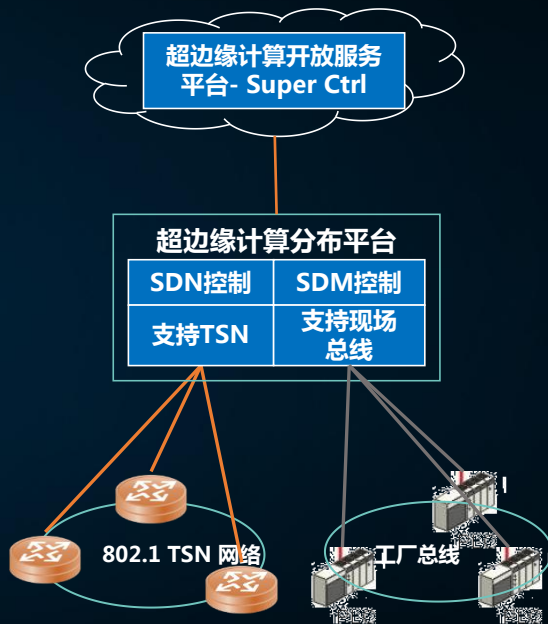
## 按需部署行业应用

## 软件定义的工业互联网

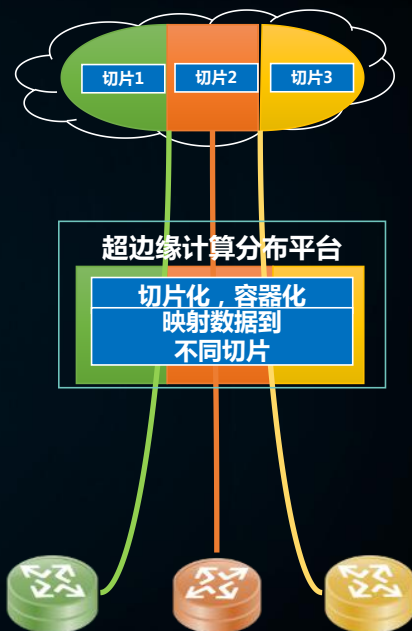
## 端到端网络切片映射



超边缘计算分布平台支持灵活将多生态业务部署至边缘，并实现业务本地处理，保证时延和安全体验。



超边缘计算分布平台作为Domain SDN Controller，实现SDN化垂直行业网络的集中优化和调度。



超边缘计算分布平台将业务相互隔离，并映射至不同服务等级的网络切片。实现端到端业务质量保证

# 总结



- 超边缘计算是一个端到端的运营商级工业互联网解决方案
- 超边缘计算聚焦垂直行业业务接入现场，时延确定性网络以及高可靠性的多生态业务的承载
- 超边缘计算的4大关键技术包括工业级实时操作系统、轻量级虚拟化技术、海量资源管理以及深度API的开放
- 超边缘计算实现使用CT技术连接OT与IT资源，强调边云协同，服务质量可保证，为工业互联网人工智能演进方向打下技术基础

# Thank You