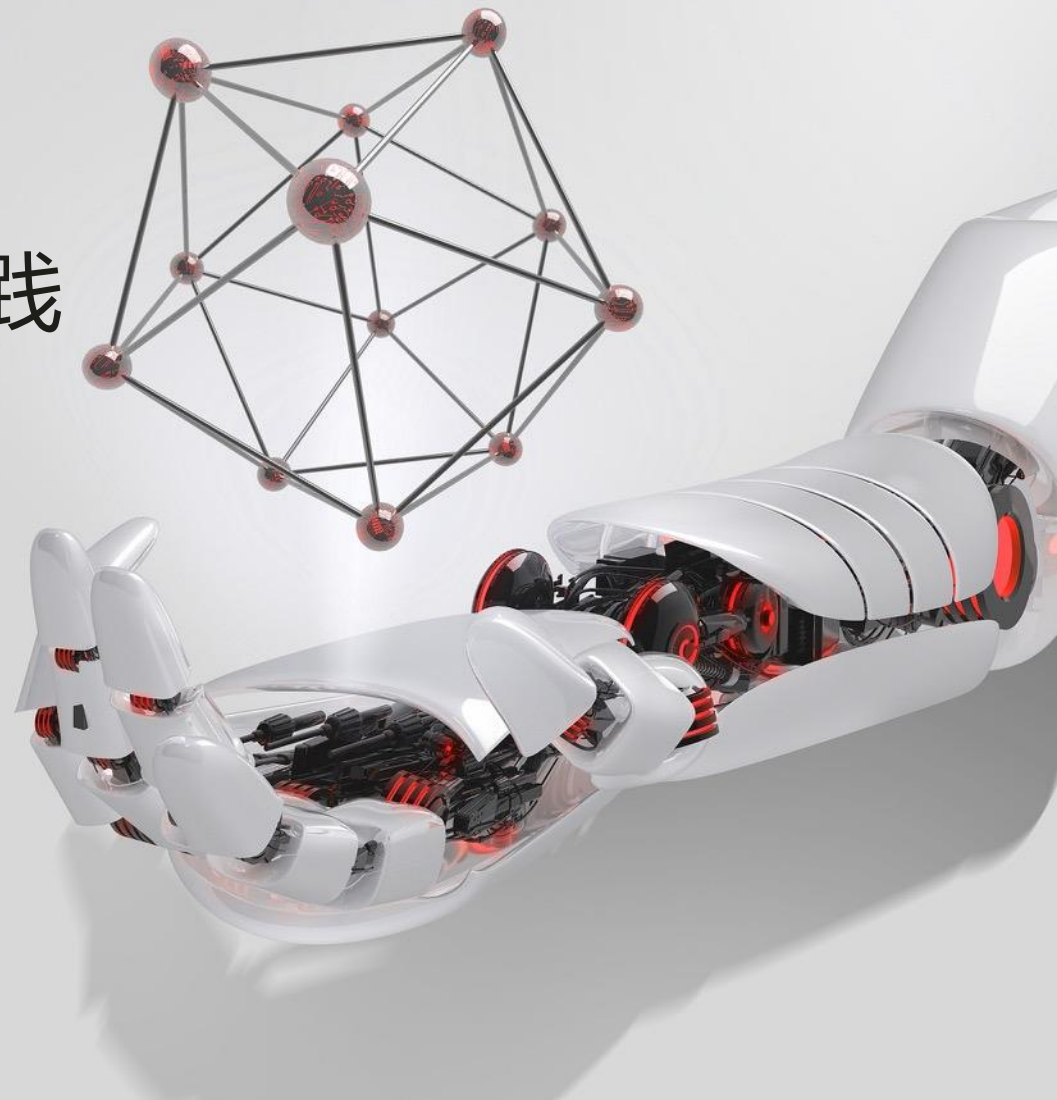


# 基于IPv6+的算力网络基座创新与实践

李振斌  
华为首席IP协议专家  
IETF互联网架构委员会 (IAB) 委员

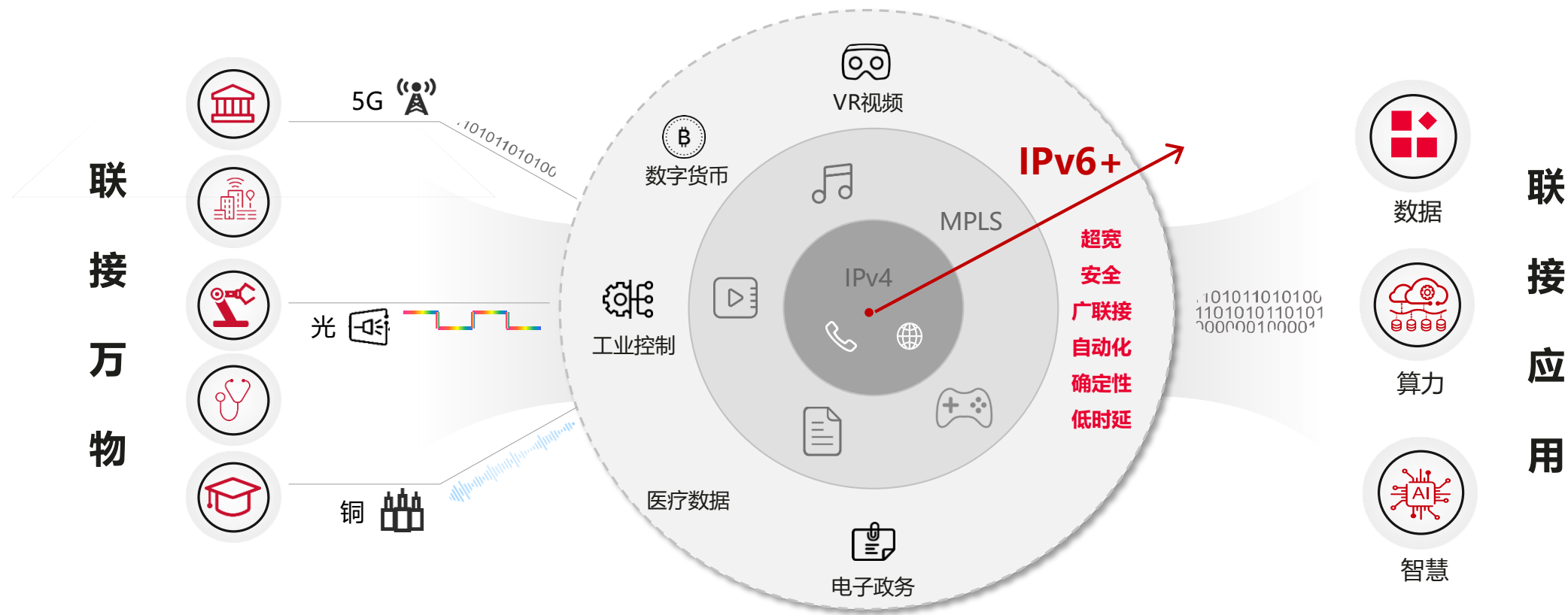


# 目录

---

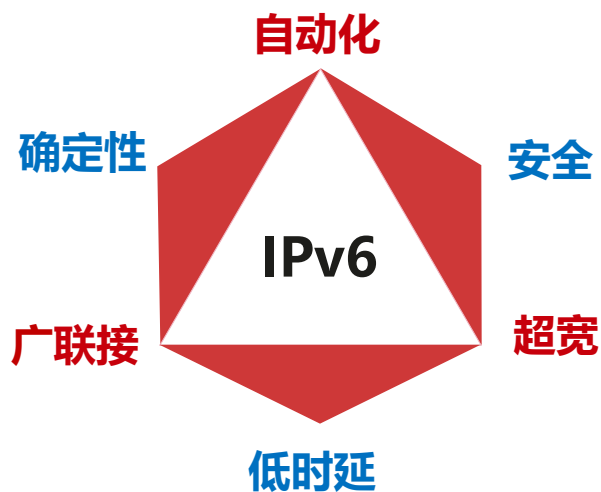
- IPv6+技术体系及内涵
- 面向算网的IPv6+技术创新与实践

# 数据通信产业迈向IPv6+智能联接时代



# IPv6+技术体系和能力

“IPv6+”是基于IPv6下一代互联网的全面升级，包括SRv6、网络切片、随流监测、新型组播、应用感知等协议创新，包括以网络分析、网络自愈、自动调优等为代表的网络智能化技术创新，在广联接、超宽、自动化、确定性、低时延和安全六个维度全面提升IP网络能力。



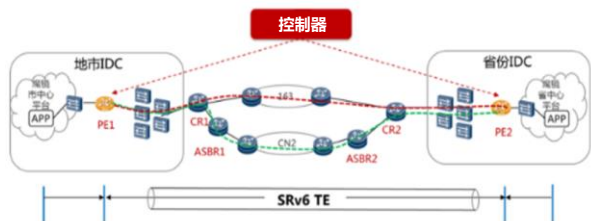
## IPv6+产业指标举例(2025)

维度	典型场景	典型指标	典型技术
广联接	智慧城市、视频直播	业务上云：多跳入云 1跳入多云	SRv6, BIERv6
超宽	高清视频、AR/VR、HPC	城域骨干、DCN：100GE 400GE	400GE
自动化	云专线，云服务	业务发放：天级 分钟级 故障恢复：天级 分钟级	AI, iFIT, 仿真校验
确定性	智能制造、存储同步	抖动：无法保障 10us级（单跳） 丢包：有丢包 0丢包	切片, 智能无损DCN, APN6
低时延	远程医疗、证券交易	时延：尽力而为 30us级（单跳）	切片, SRv6 policy, APN6
安全	政务大数据，城市物联	威胁遏制：天级 分钟级	APN6, SRv6 SFC, AI

# IPv6+技术持续演进，不断提升业务体验保障能力

## 阶段1 基础能力

2020-2021

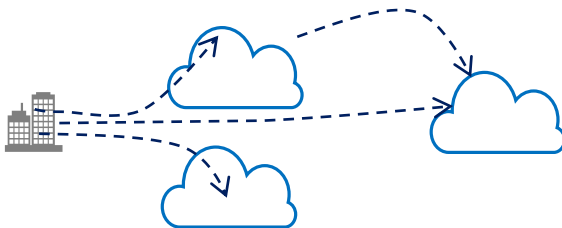


**网络简化，部分自治网络**

SRv6 BE/Policy  
业务快速发放，灵活路径控制

## 阶段2 SLA体验保障

2021-2023

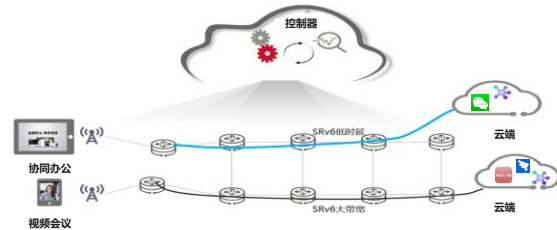


**体验保障,有条件自治网络**

网络切片/iFIT/BIERv6/智能无损等  
体验可视，体验最优

## 阶段3 应用驱动网络

2023-2025



**应用感知，高度自治网络**

APN6应用加速，应用驱动网络编程  
网络逐流SLA保证

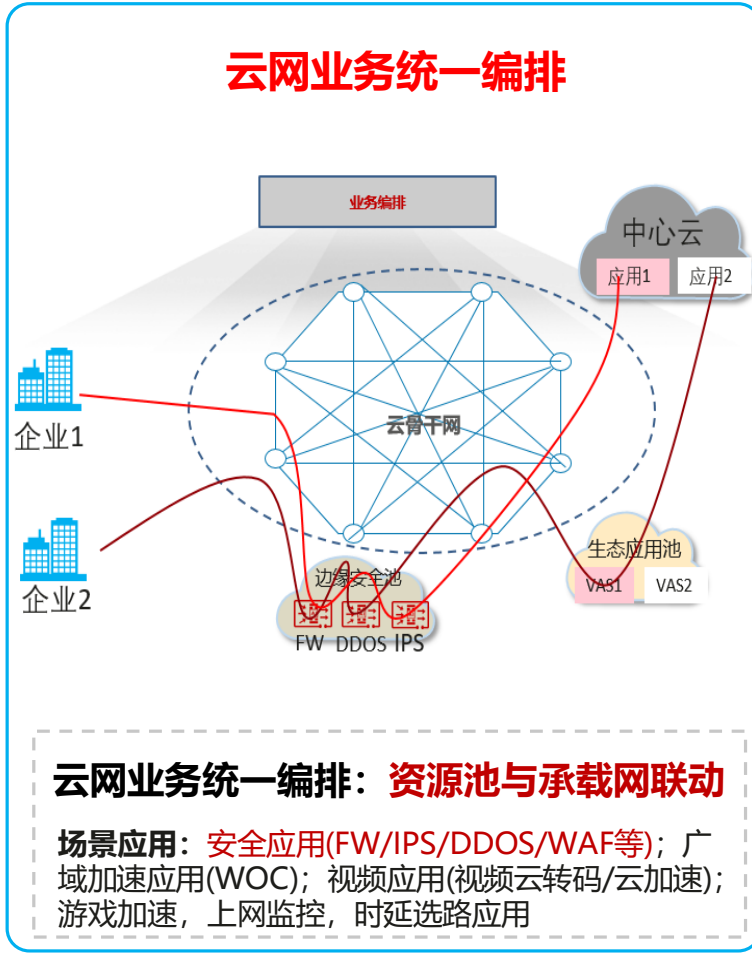
# 云网协同向算网一体演进

## 阶段一：泛在协同



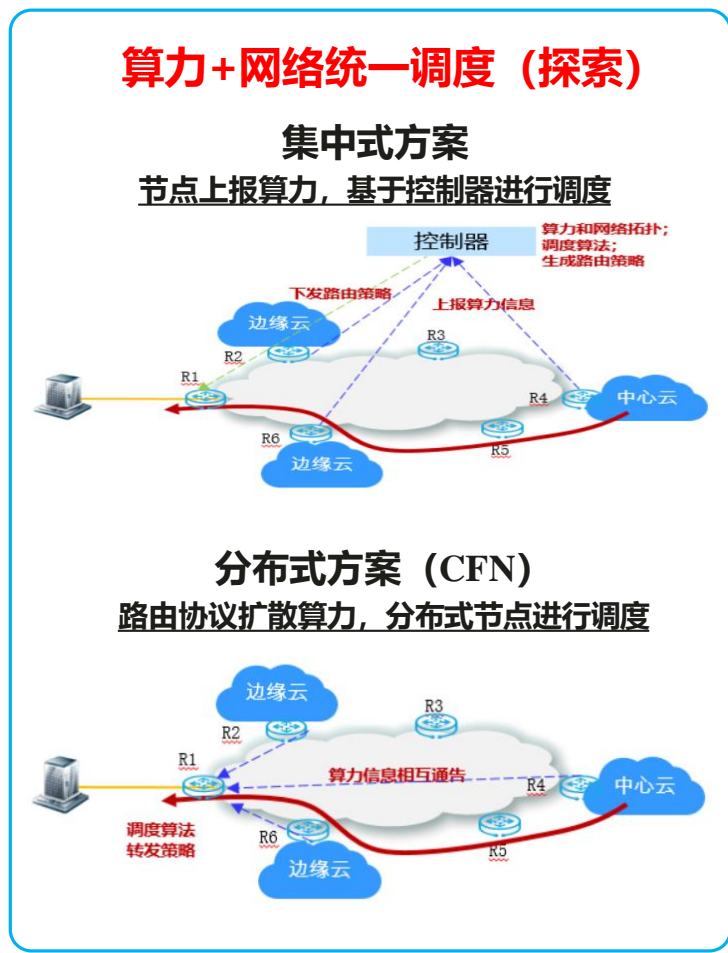
- 关键技术：SDN、SRv6/G-SRv6、网络切片、业务级感知（随流检测）、400G

## 阶段二：融合统一



- 关键技术：确定性网络、应用感知、业务链

## 阶段三：一体内生



- 关键技术：算力路由、在网计算等

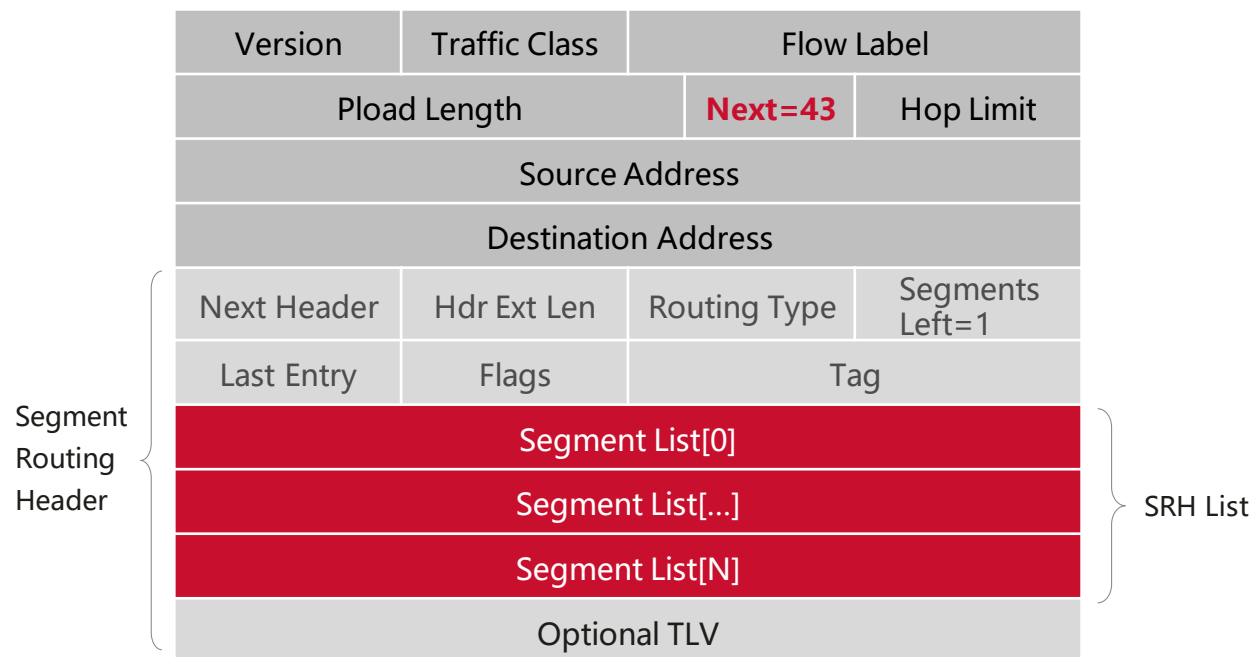
# 目录

---

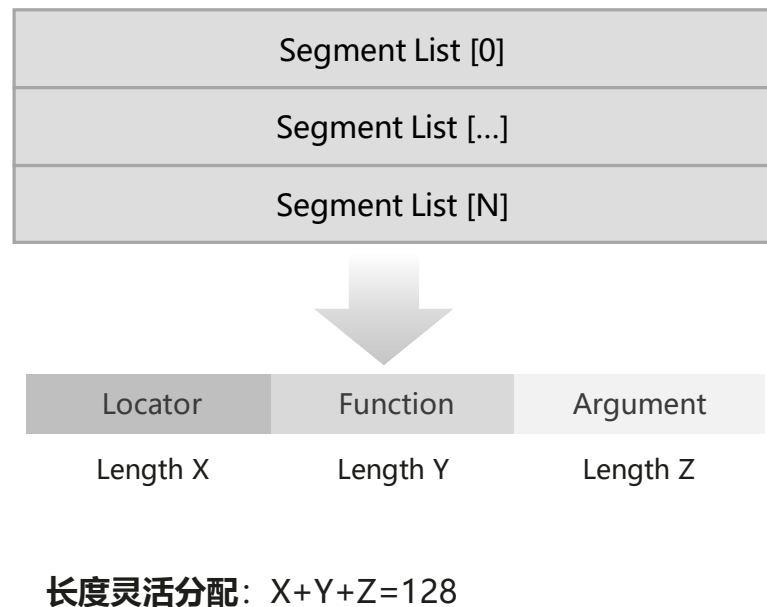
- IPv6+技术体系及内涵
- 面向算网的IPv6+技术创新与实践

# 什么是SRv6

## 携带SRH的IPv6数据报文



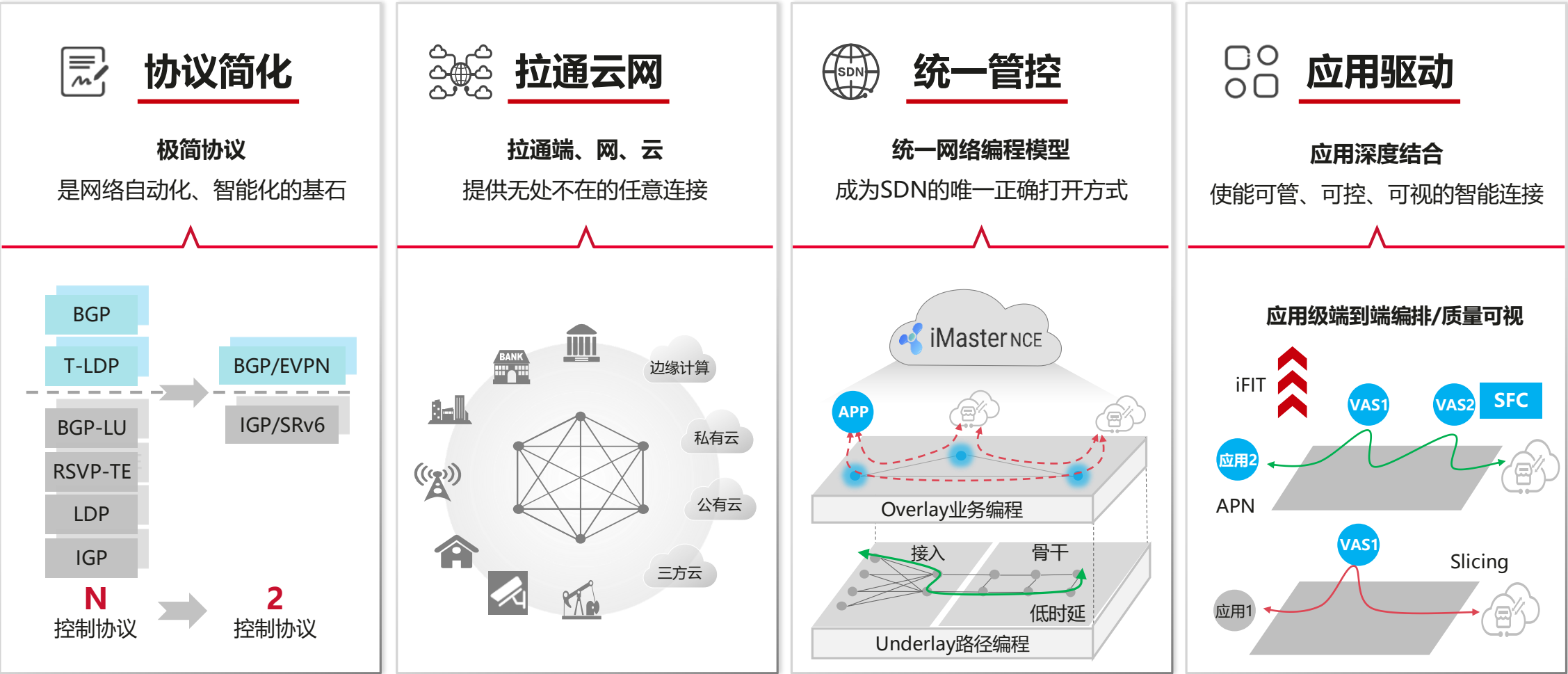
## SID即可寻址的IPv6地址



SRv6技术就是采用现有的IPv6转发技术，通过灵活的IPv6扩展头，实现网络可编程。SRv6将一些IPv6地址定义成实例化的SID（Segment ID），每个SID有着自己显式的作用和功能，通过不同的SID操作，实现简化的VPN，以及灵活的路径规划。



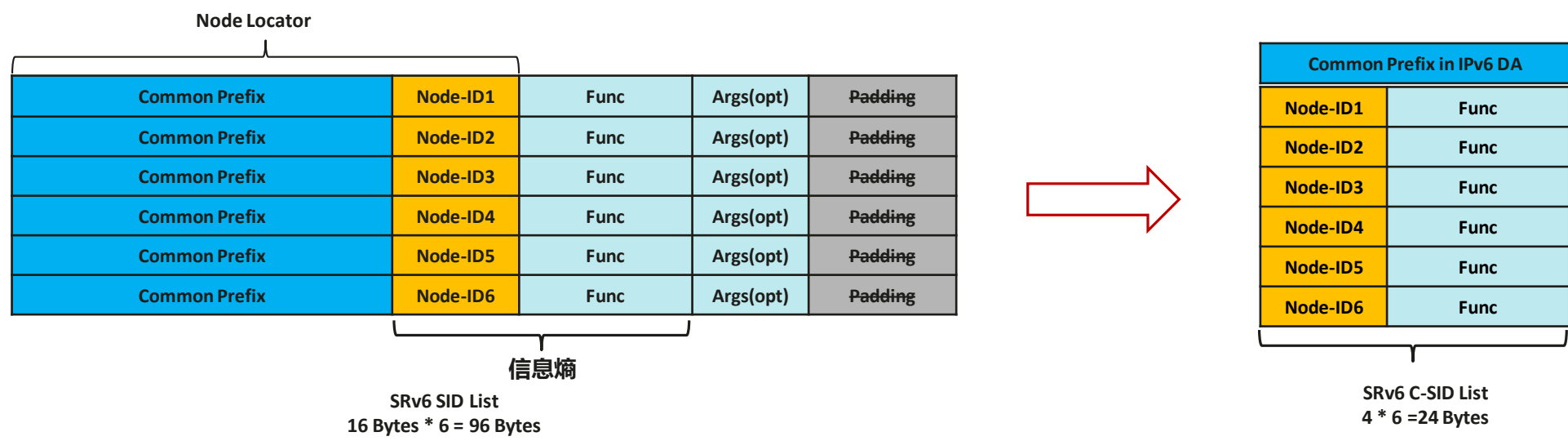
# SRv6，构建无处不在的任意联接



# G-SRv6压缩原理（1）

## 基于共享前缀压缩

- 原生SRv6 SID为128bits IPv6地址，每个节点从自身的Locator地址空间中独立分配
- 而网络中节点的Locator绝大部分都是从同一个大段的地址空间中逐级分配的，该地址空间，称为Common Prefix
- 在一个SRH SR List中
  - Common Prefix在SRH中为冗余信息，可将其放到统一的位置：IPv6 DA
  - Node ID + Function ID 为有效信息，SRH中封装该信息熵即可，称为Compressed SID(C-SID)
  - Argument可选，通常为0，Padding字段通常为0，无用信息，可直接删除



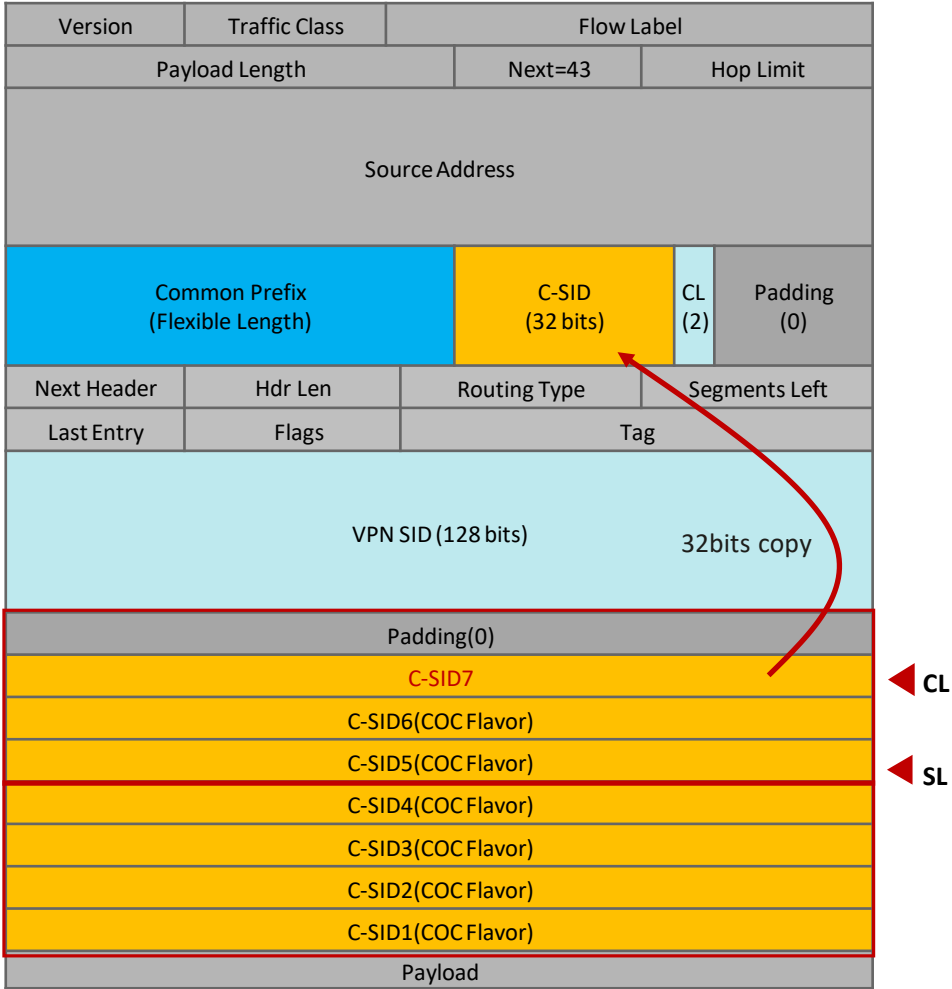
# G-SRv6压缩原理（2）

## 二维数组定位压缩SID

- SRH中的128bits中可封装4 \* 32bits C-SID，通过**CL (Compressed SID left)** 标识C-SID在128bits/32bits=4 SID小循环中的位置，取值0~3
- 更新后的**C-SID = SRH[SL][CL]**，将该32bits C-SID拷贝到IPv6 DA[CP: CP+31]
- 定义**COC(Continuation of Compression)** Flavor，标识下一个SID是压缩后的C-SID，如果没有COC Flavor，标识下一个SID为128bits SRv6 SID
- COC flavor类似于PSP flavor，在IGP/BGP分配SRv6 SID时，通过控制面发布

## 伪代码

```
if local SID is a COC Flavor SID           // Update 32bits C-SID to DA
  if DA.CL = 0                             // First C-SID in next 128 bits
    SL--; CL = 3;
  else                                     // Next C-SID in current 128 bits
    CL--;
    DA[CP..CP+31] = SRH[SL][DA.CL];        // CP: Common Prefix length
    Forward the packet based on new DA;
else
  SRv6 processing
```



# G-SRv6商用部署进展：10+设备商支持，移动现网试点已完成，快速推进



Phase 1

G-SRv6 Data plane Interop test

2020/6



Phase 3

More Vendors

2020/11...

Phase 2

G-SRv6 Control Plane Test

2020/9



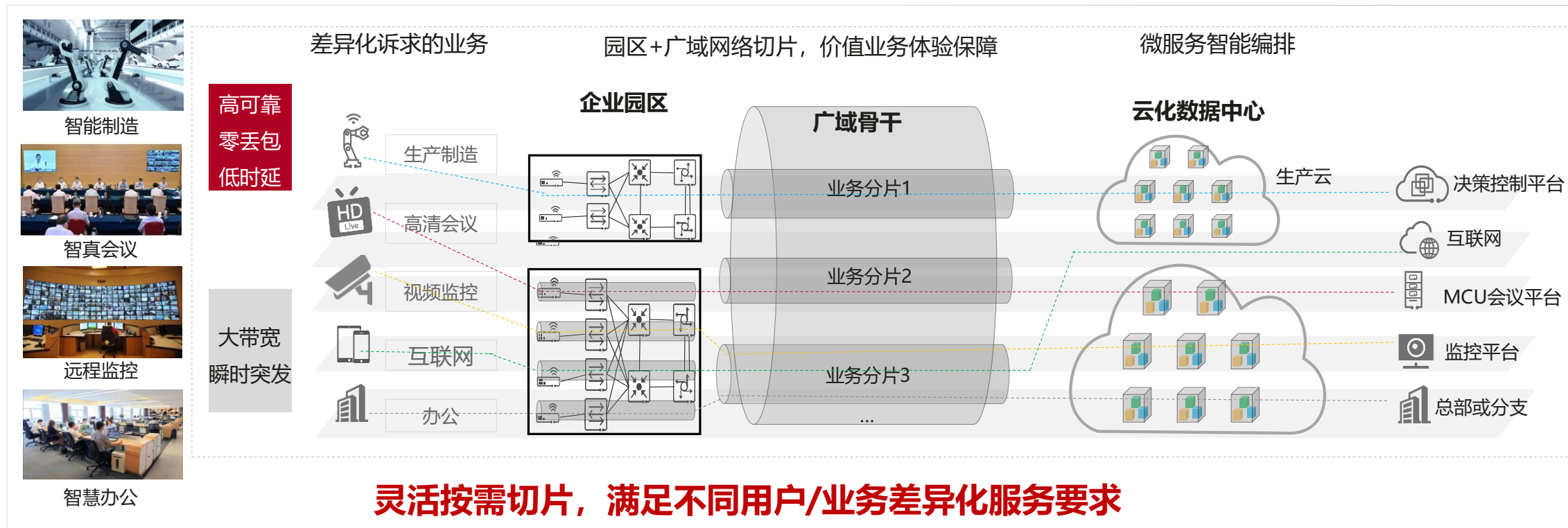
Phase 4

Trial deployment

2020/11...



# 网络切片：差异化的质量保障



## 业务独立运营

- 独立管理
- 业务定制
- 独立分析
- KPI可视



## 安全隔离

- 智能制造
- 远程监控
- 智真会议
- 智慧办公



## 可保障的SLA

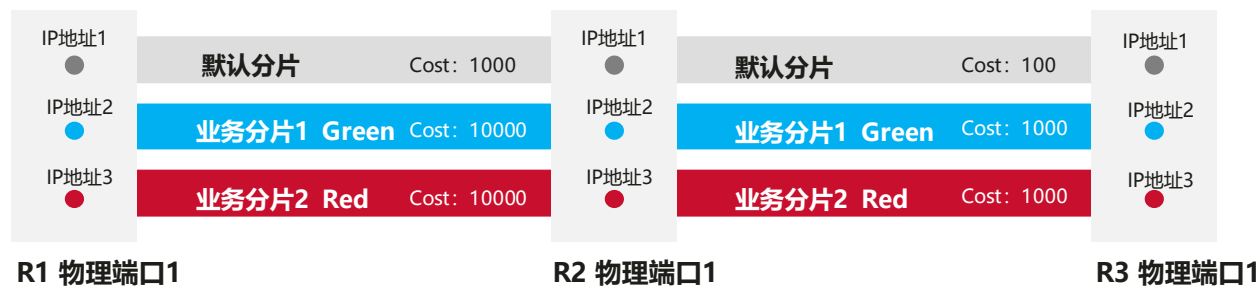
- 零丢包
- 超高可靠
- 超低时延
- 海量切片

# 网络切片整体架构



# SRv6 + IPv6扩展可编程，使能千级网络切片，专网体验

独立部署IP地址、Segment ID，切片间通过不同的SID区分



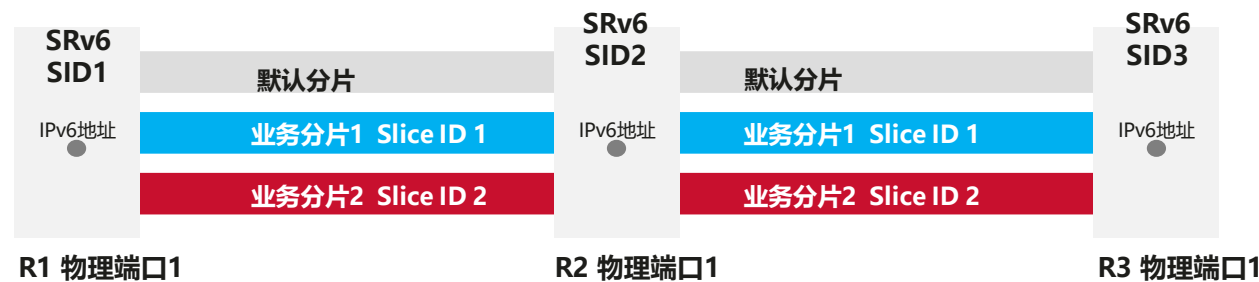
**N**个切片，**N**套IP地址

## 基于控制面实现的网络切片

- 每切片独立部署IP地址和SID，独立路由
- 业务切片部署多进程/多Flex-Algo/SRv6 Policy实现业务路径管理
- 根据不同的SID/路由选择转发面逻辑资源

**切片规格与IGP规模强相关**

数据面编程，业务切片免配IP地址，共享默认分片的IP，Cost，End SID等配置



**N**个切片，**1**套IP地址

## 基于IPv6+网络编程实现的网络切片

- SRv6 SID标识设备主接口信息
- Slice ID标识硬件预留资源，Hop-by-hop传递
- 单个邻居协议实现千数量级切片统一管理

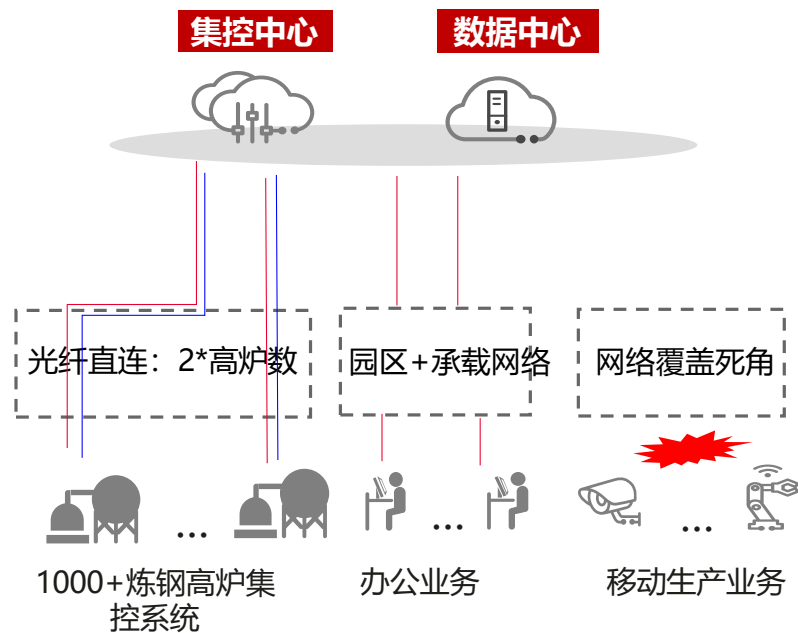
**切片和IGP解耦，规模分片，使能千行百业**

# X钢铁集团：智能IPv6+网络构筑新一代钢铁之城

X钢铁集团落实对智慧制造战略的推进，设立**集中运营管控中心**，进一步强化**多专业的调度业务整合及协同**，打通各专业、全流程的业务系统，实现**高度集中、高效快捷的扁平化组产模式**。

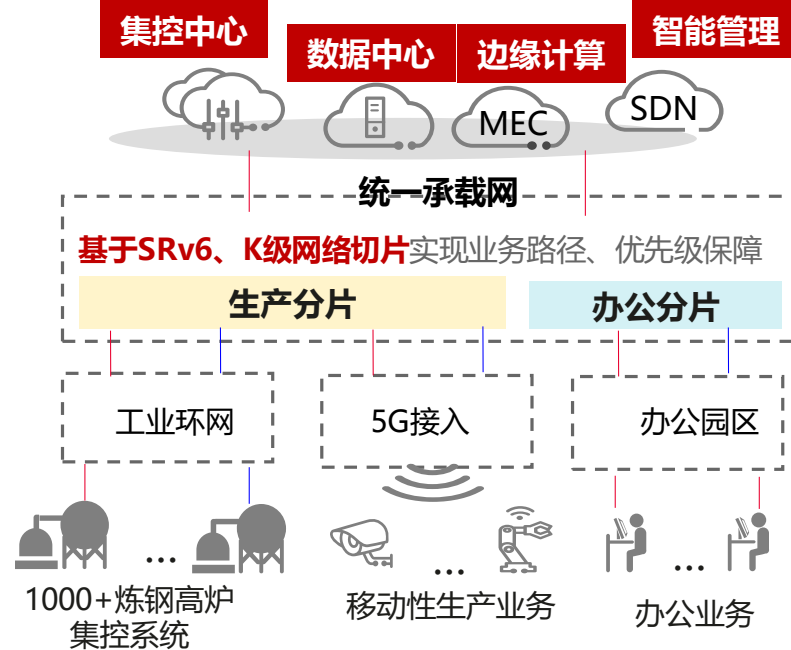
## 曾经的X钢铁集团

光纤直连成本高、多网并存管理复杂、网络覆盖存在死角；  
数字化生产受限



## 现在的X钢铁集团

统一承载**成本低**、切片保障**效果好**，支持5G**扩展强**，智能管理**更简单**



10+

一张覆盖全公司  
100G互联的IP骨干  
网 (5个主节点, 17  
个汇聚节点)

1周

集控系统上线时间  
从月->周

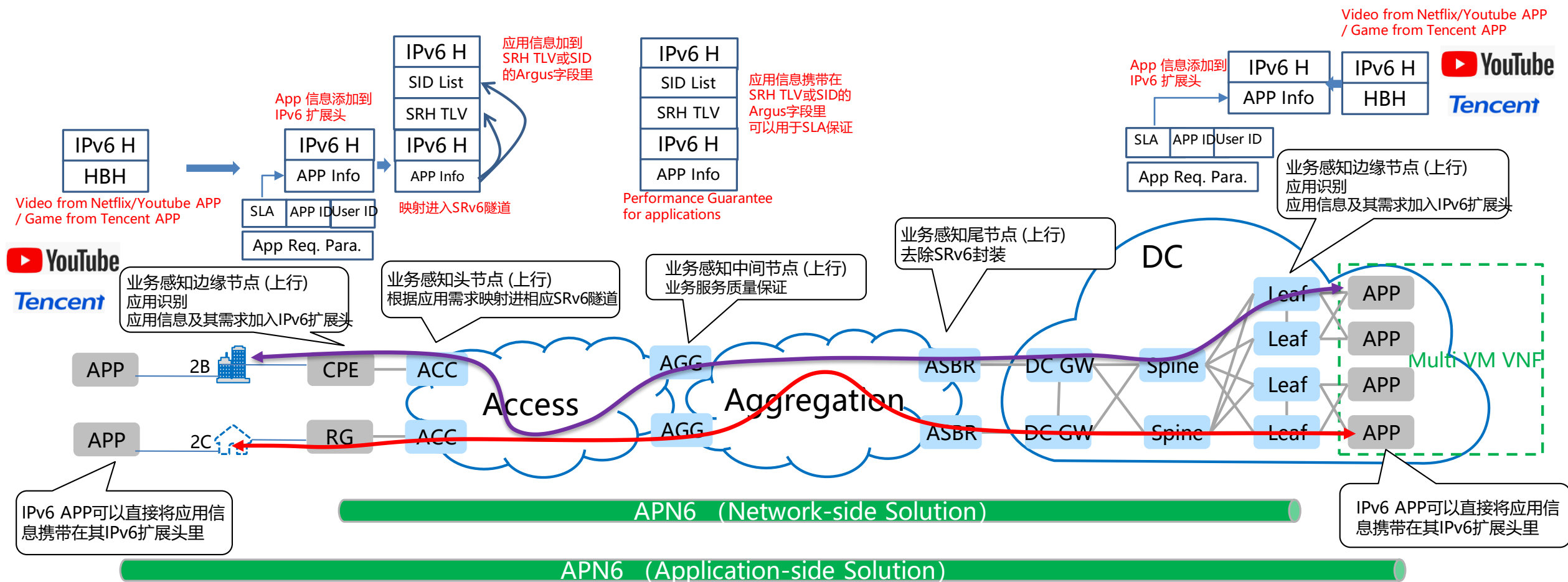
35%

多网合一，建网  
成本降低



# 什么是APN6

- 利用IPv6扩展头将应用信息及其需求传递给网络
- 根据携带应用信息，通过业务的部署和资源调整来保证应用的SLA要求



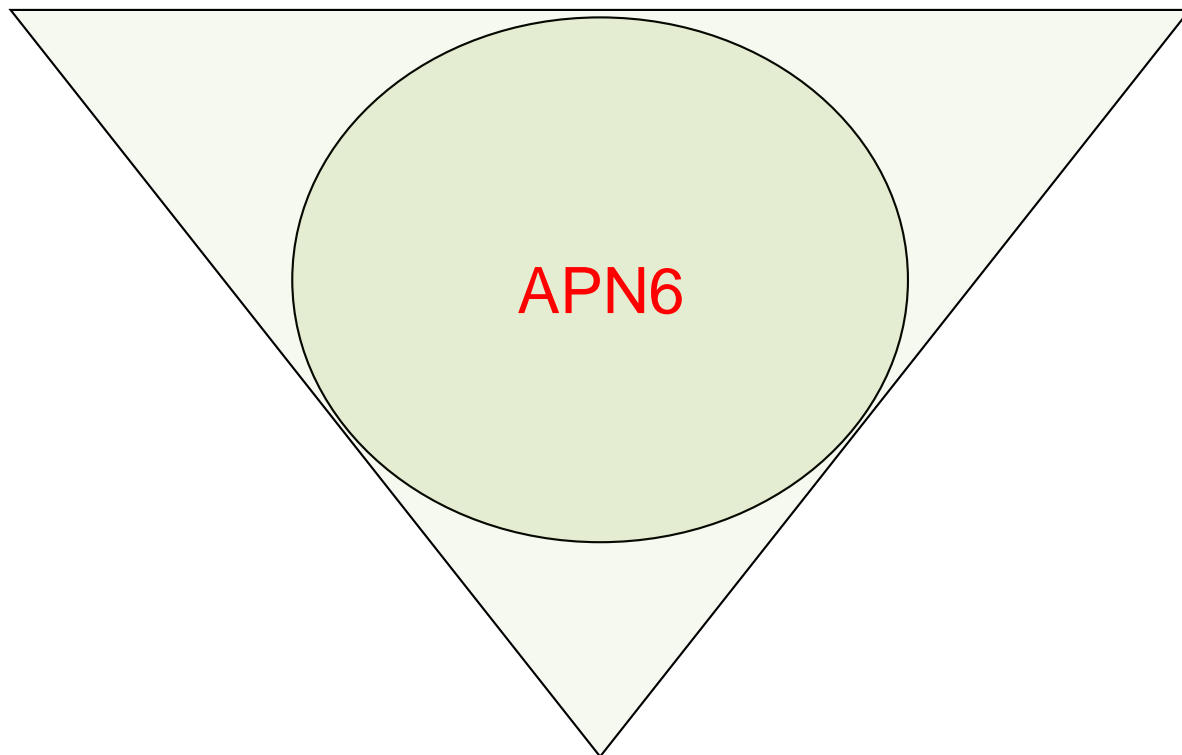
# APN6的三要素

## 开放的应用信息携带

- APP-ID
  - SLA Level
  - 应用ID
  - 用户ID
  - 流ID
- APP参数信息
  - 带宽
  - 时延
  - 丢包率

## 丰富的网络服务

- DiffServ
- H-QoS
- 网络切片
- DetNet
- SFC
- BIER6

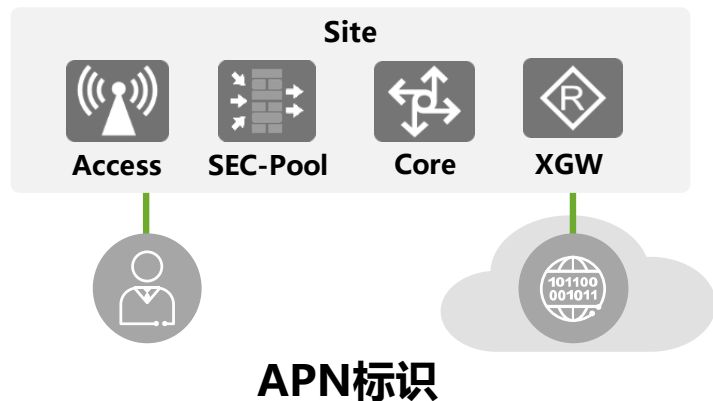


## 准确的网络测量

- 更细粒度 (per packet vs. per flow, per node vs. E2E, individual vs. statistics, etc. )
- 综合测量 ( per packet with per flow, per node with E2E, individual with statistics, in-band with out-band, passive with active, etc. )

# APN6，应用级精细化运营，策略随行，体验随行，安全随行

## 对 象



### 用户组：

#### 身份属性

- 人：通过账号区分身份，区分VIP用户等级类型。
- 物：通过终端类型区分身份，区分终端组类型。

### 应用组：

#### 优先级属性

- 生产业务：关键业务，网络传输优先级高。
- 非生产业务：非关键业务产生的数据流量，网络传输优先级低。

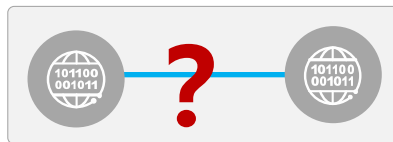
## 关 系



用户组 to 用户组

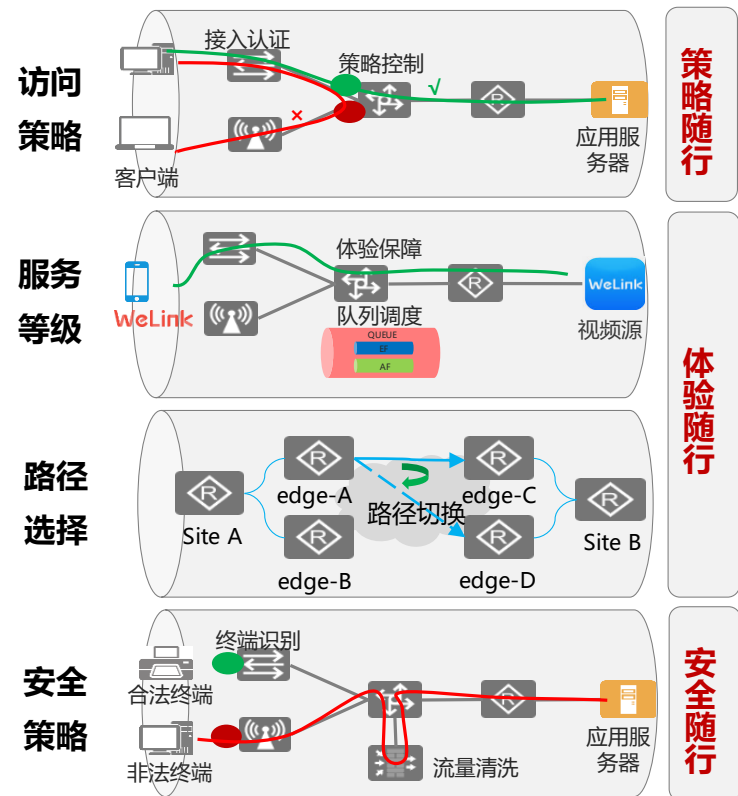


用户组 to 应用组



应用组 to 应用组

## 动 作



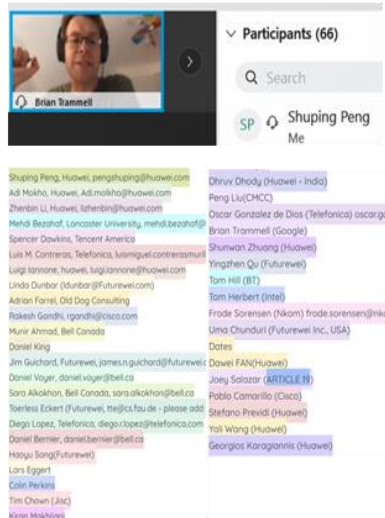
# APN6在IETF的历程

- Side Meetings @IETF105 & IETF108
- Hackathons @IETF108 & IETF109 & IETF110
- Demos @INFOCOM2020 & 2021
- APN Mailing List Discussions - [apn@ietf.org](mailto:apn@ietf.org)
- APN Interim Meeting @IETF 110-111
- APN BoF @IETF111, Approved! 30 July 2021, 1200-1400 PDT

IETF105



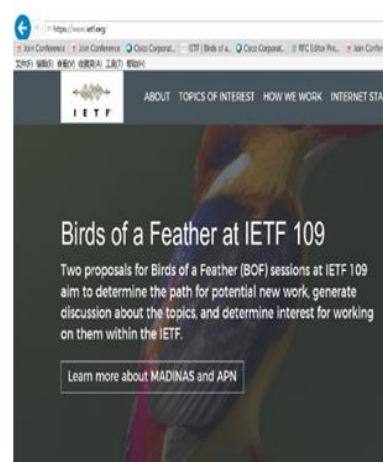
IETF108



IETF111 APN BoF

Friday, July 30, 2021		
11:00-18:00 Gather	Secretariat "Registration" Desk	
12:00-18:00 Gather	IANA Office Hours	
12:00-18:00 Gather	RFC Editor Office Hours	
12:00-14:00 Friday Session I		
Room 1	art webtrans	WebTransport
Room 2	int add	Adaptive DNS Discovery
Room 3	irtf gnia	Global Access to the Internet for All
Room 4	ops mboned	MBONE Deployment
Room 5	rtg apn	Application-aware Networking
Room 6	sec suit	Software Updates for Internet of Things

IETF109



IETF110

Birds of a Feather at IETF 110



<https://github.com/APN-Community>

<https://www.ietf.org/blog/ietf109-bofs/>

<https://www.ietf.org/blog/ietf110-bofs/>

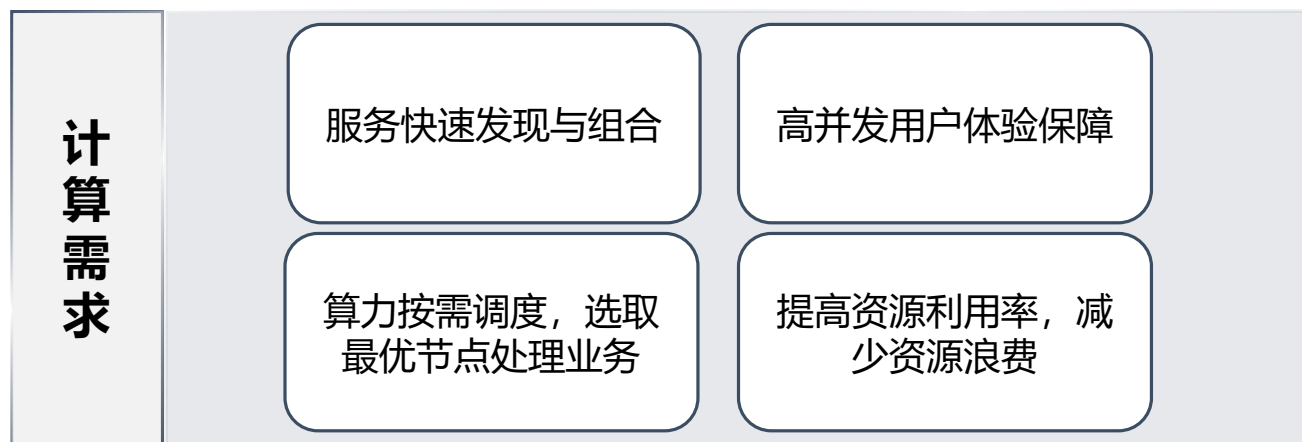
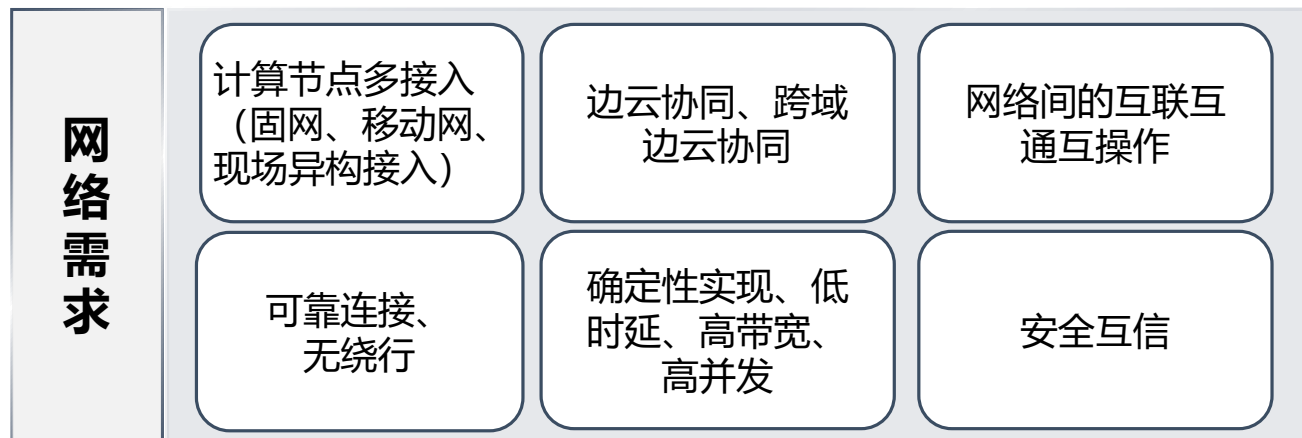
<https://trac.tools.ietf.org/bof/trac/wiki/HuaweiStartIETF111BoF>



# APN6 @INFOCOM2020

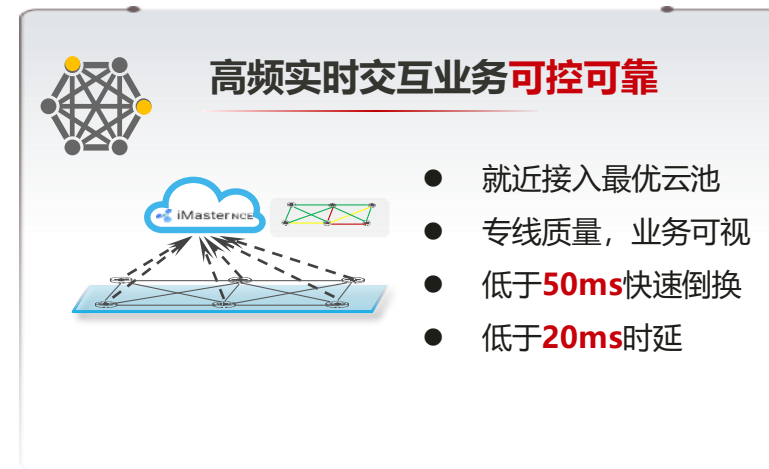
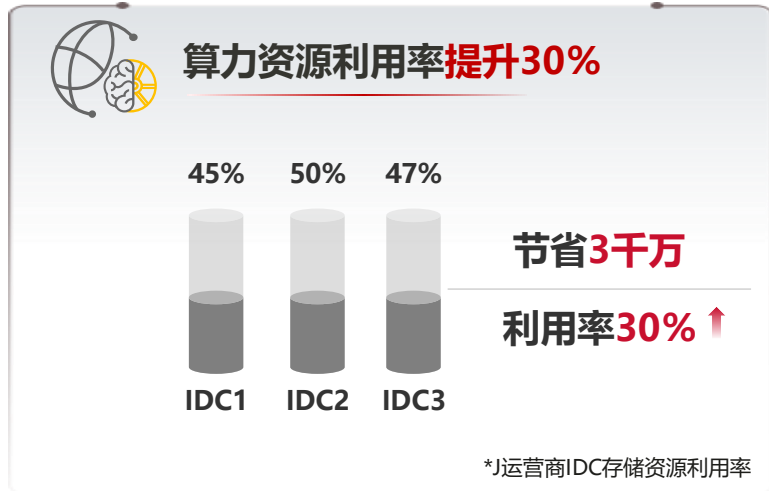
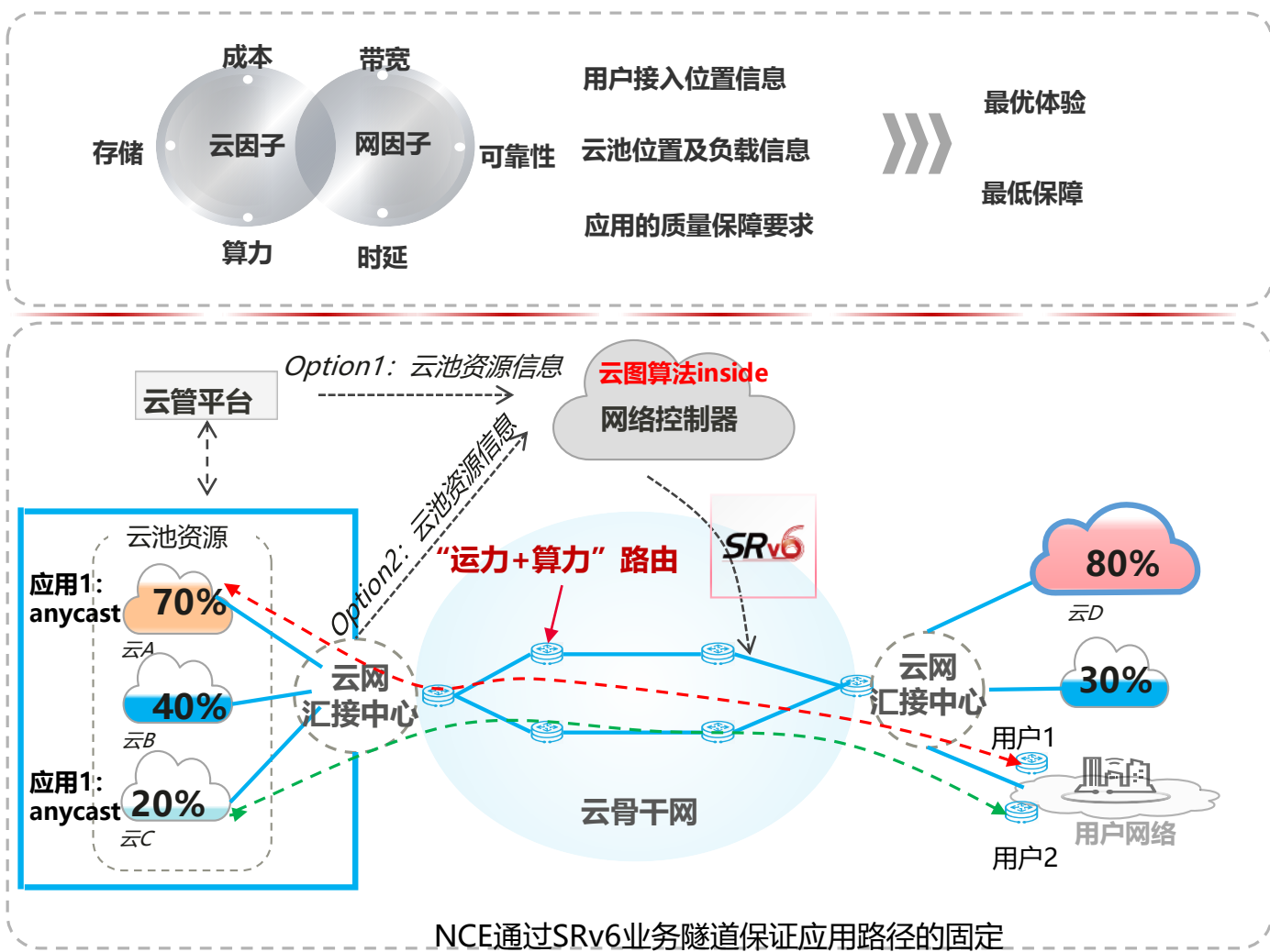
Innovativeness	Interesting?	Presentation	Recommendation
Innovative enough (4)	Interesting (4)	Very Clearly explained (5)	strong accept (5)

# 算网一体需要网络与算力的联合优化调度



# 应用Anycast模式：集中式算网一体统一调度（探索）

云因子 + 网因子一体调度，资源高效利用



Usecase: 视频存储云应用

# 应用Anycast模式：CFN分布式算网一体统一调度（探索）

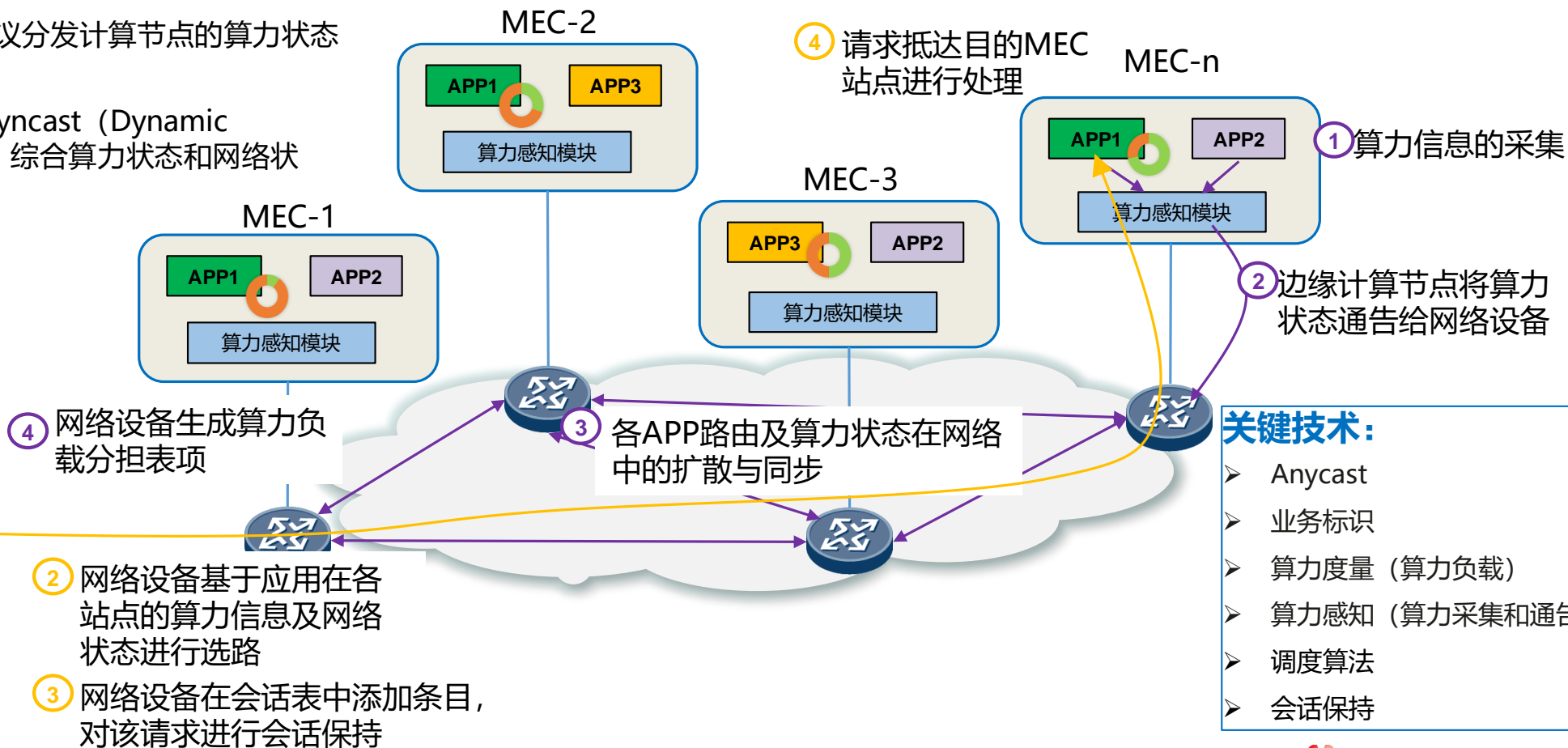
CFN Dyncast (Dynamic Anycast) 是算力路由的一种关键技术，继承Anycast的快，可靠，防DDOS的优点。

- 分布化的算力作为算力网络中的内生资源，通过动态任播CFN Dyncast拉通联接成网，为客户提供最佳的算力分配及网络连接实现边缘计算高可靠性、系统整体利用效率最优

**控制面：**通过网络协议分发计算节点的算力状态信息，如BGP

**数据面：**基于CFN Dyncast (Dynamic Anycast) 服务标识、综合算力状态和网络状态引导请求转发

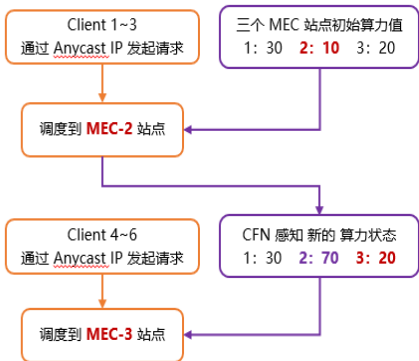
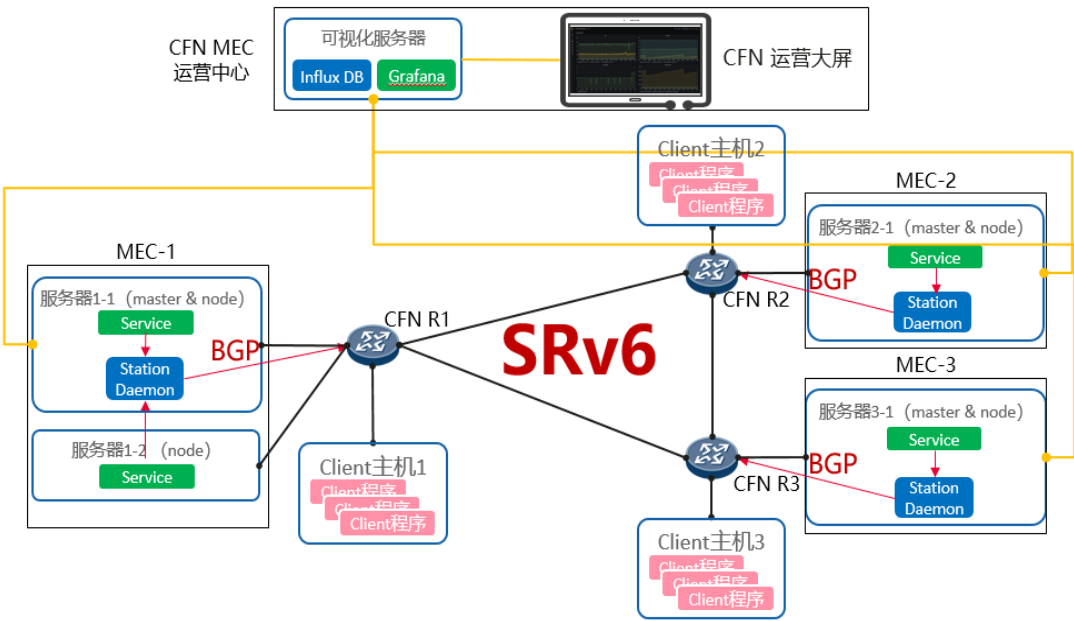
IP 前缀	下一跳	CFN 算力值
APP1 Anycast IP	MEC-1	60
	MEC-2	20
	MEC-n	10





# CFN Dyncast原型展示

2020网络5.0峰会、2020边缘计算产业峰会 和中移动联合原型展示基于路由器作为CFN Router的原型进行 CFN Dyncast算力路由方案的展示。



CFN 算力监控大屏

CFN 基础调度功能：向算力状态最佳的站点，调度应用请求

15%↓

任务完成时间

10%↑

单位时间内，应用完成的任务数

动态  
负载均衡

不同容量的 MEC 站点

# Thank you.

把数字世界带入每个人、每个家庭、  
每个组织，构建万物互联的智能世界。

Bring digital to every person, home and  
organization for a fully connected,  
intelligent world.

**Copyright©2018 Huawei Technologies Co., Ltd.  
All Rights Reserved.**

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.

