

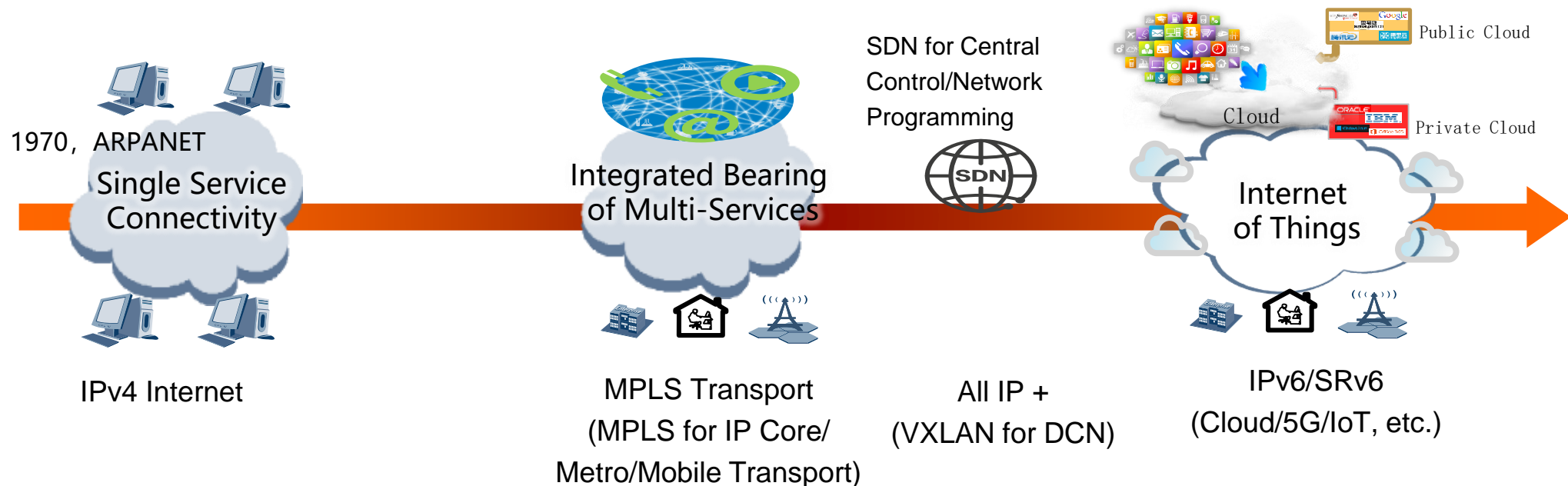
SRv6面向5G和电信云的创新

李振斌

华为首席IP协议专家
IETF互联网架构委员会 (IAB) 委员



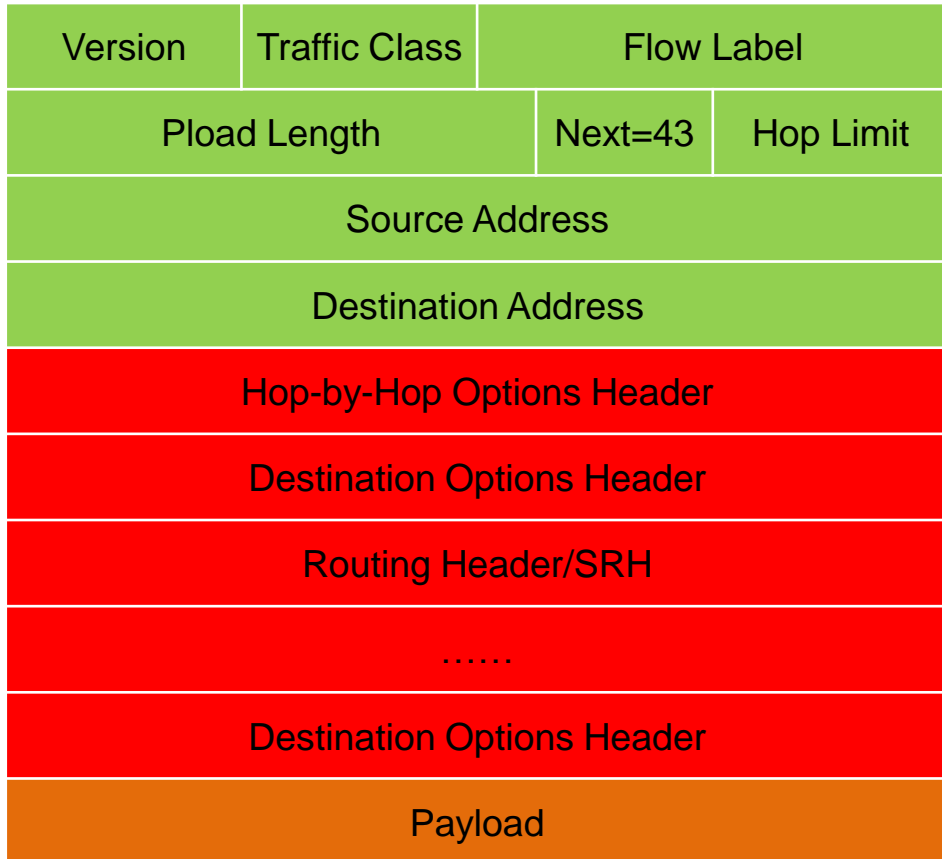
SRv6开启IP新时代



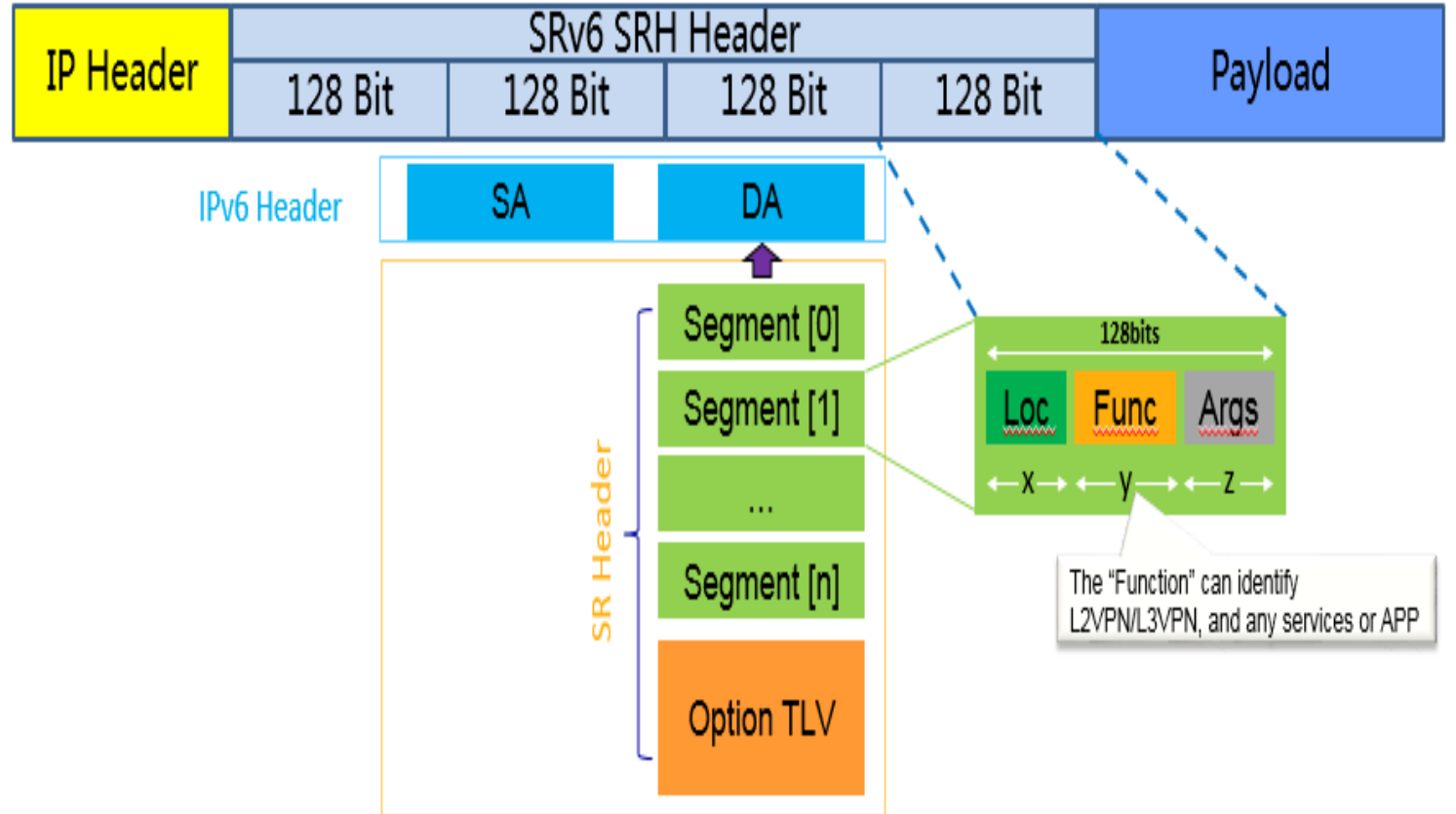
- IPv6重思考：地址空间不足未能强烈驱动IPv6部署
- SRv6的使命：
 - 基于对IP可达性的亲和性，使得不同网络域间连接更容易
 - 基于IPv6扩展头/SRH等可扩展性支持更多种类的封装，满足新业务的需求。
 - 基于对IP亲和性和网络编程能力，实现IP承载网络与应用的融合，提升网络价值。
 - 结合对更多地址空间的需求，进一步推广IPv6

SRv6 优势: 面向未来的网络可编程性

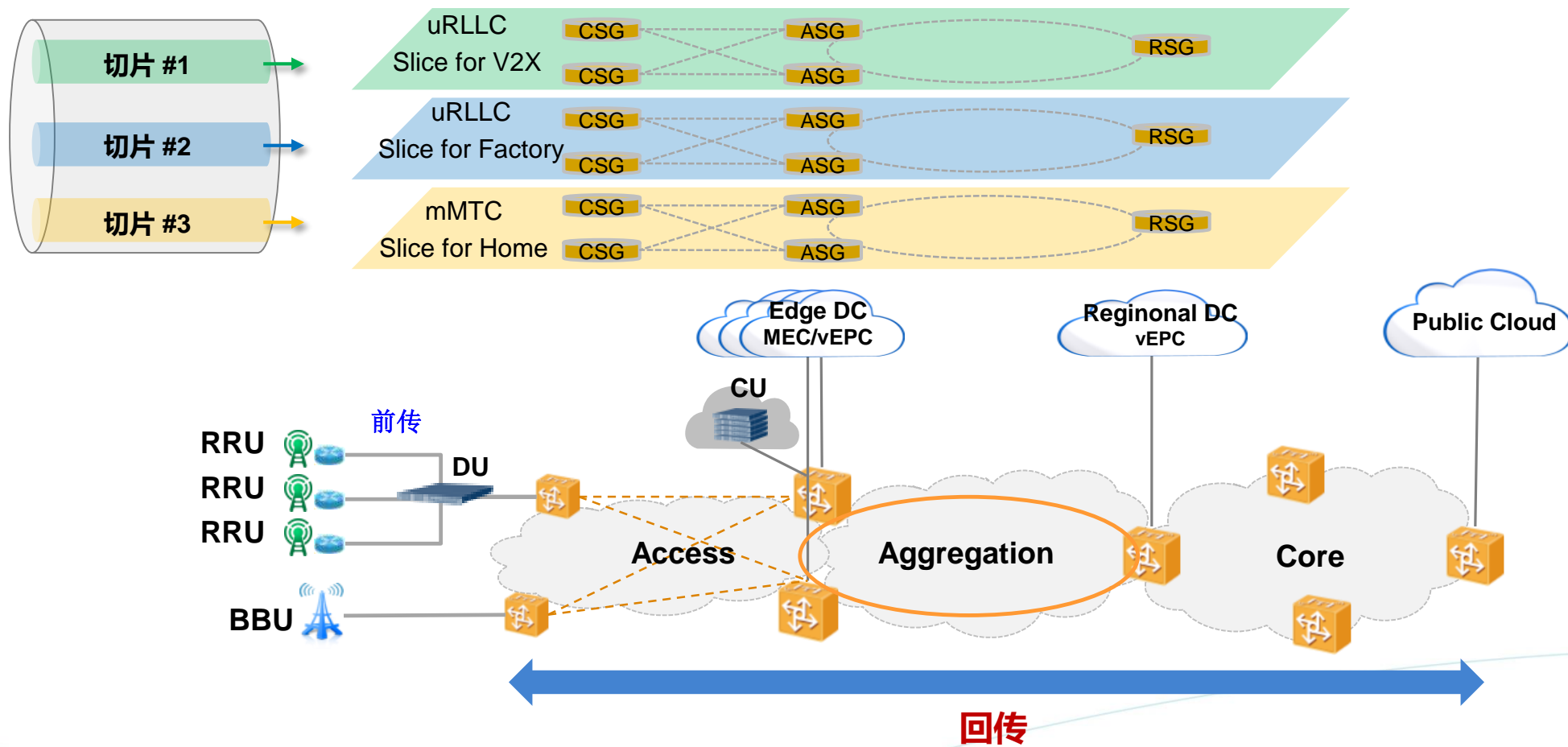
IPv6 扩展头



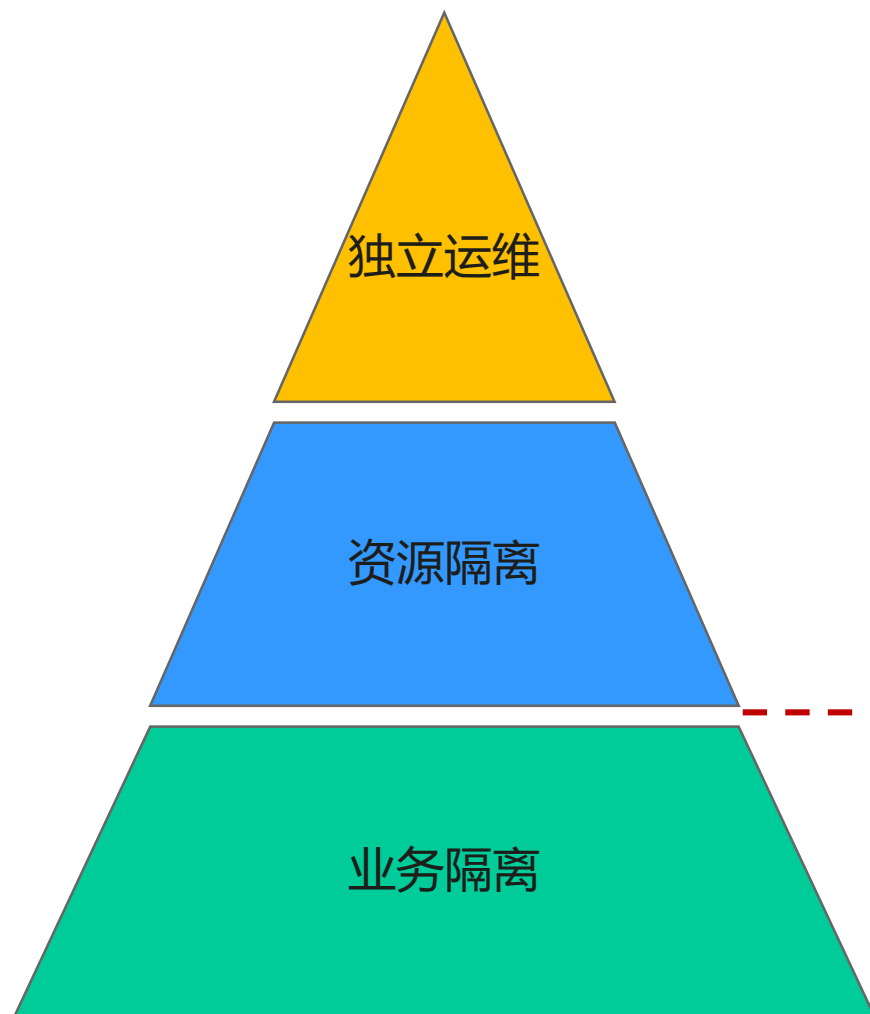
SRH: 三层网络可编程空间



5G承载网切片



承载网切片需求汇总



Level 3 – 独立运维

- 为租户提供独立的网络切片管控接口
- 满足有自运维能力的垂直行业需求

Level 2 – 资源隔离

- 独立网络资源保证不同切片的业务性能互不影响
- 满足5G URLLC业务的严苛服务质量要求

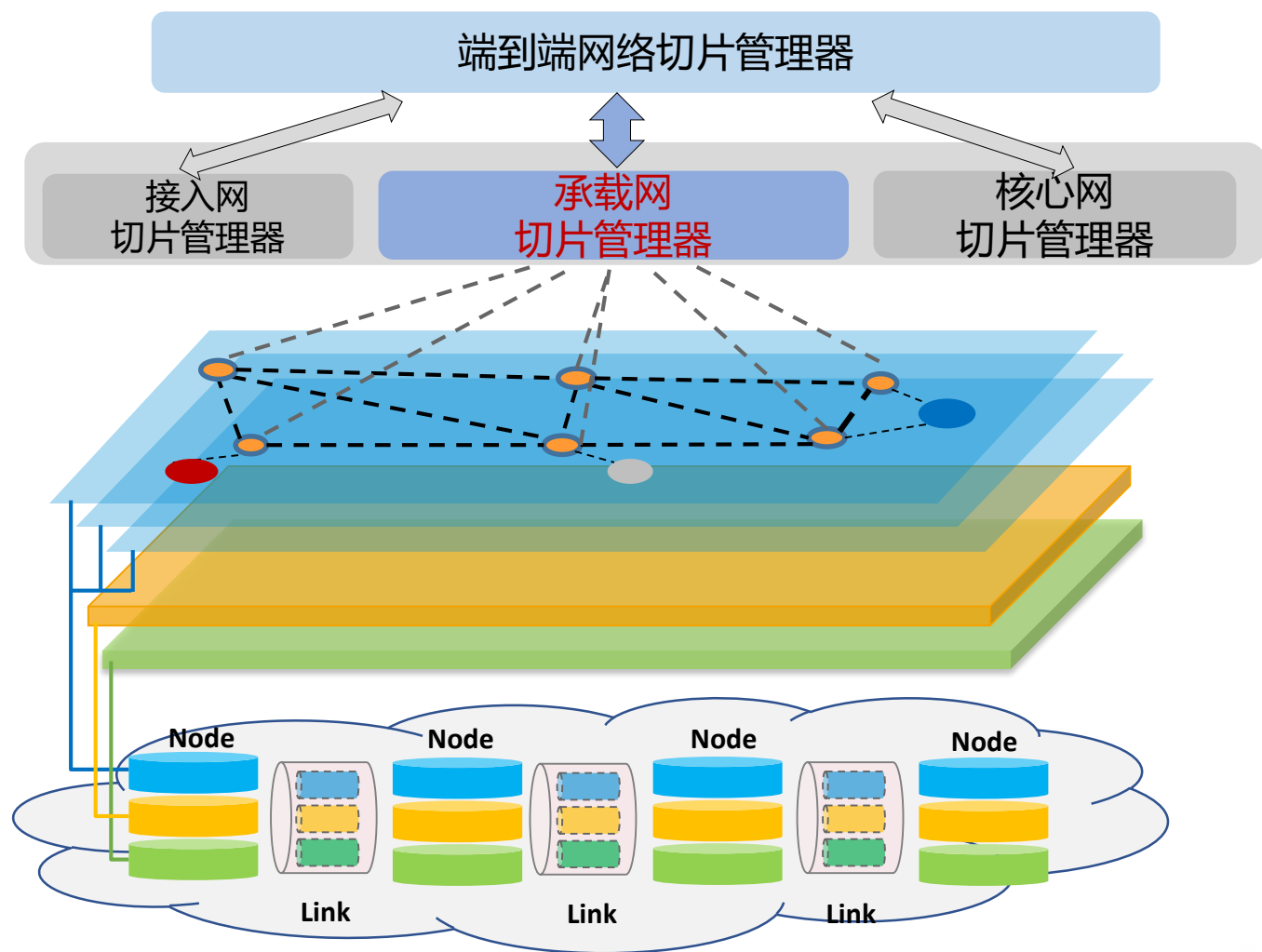
Level 1 – 业务隔离

- 业务之间逻辑连接隔离
- 资源共享，业务性能可能相互影响
- 满足传统专线业务需求

需要增强的VPN能力
(VPN+)

可由现有VPN提供

VPN+ 承载网切片架构



网络切片管理

- 网络切片生命周期管理
 - 创建, 监控, 调整, 删除
- 端到端网络切片协同

网络切片实例化

- 网络切片控制面信息收集与计算
 - 切片拓扑, 资源及其他属性
- 网络切片数据面标识

SRv6
based

物理网络资源切分

- 物理接口
- 逻辑子接口 (FlexE, 信道化子接口)
- 独立转发队列
- TSN

<https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-teas-enhanced-vpn>

SRv6 VPN+协议扩展

数据平面

- 每个节点为不同网络切片分配独立的SRv6 Locator
- 每个网络切片的SRv6 SID继承该切片的Locator
- 使用一组SRv6 SID标识特定网络切片的拓扑和资源

控制平面

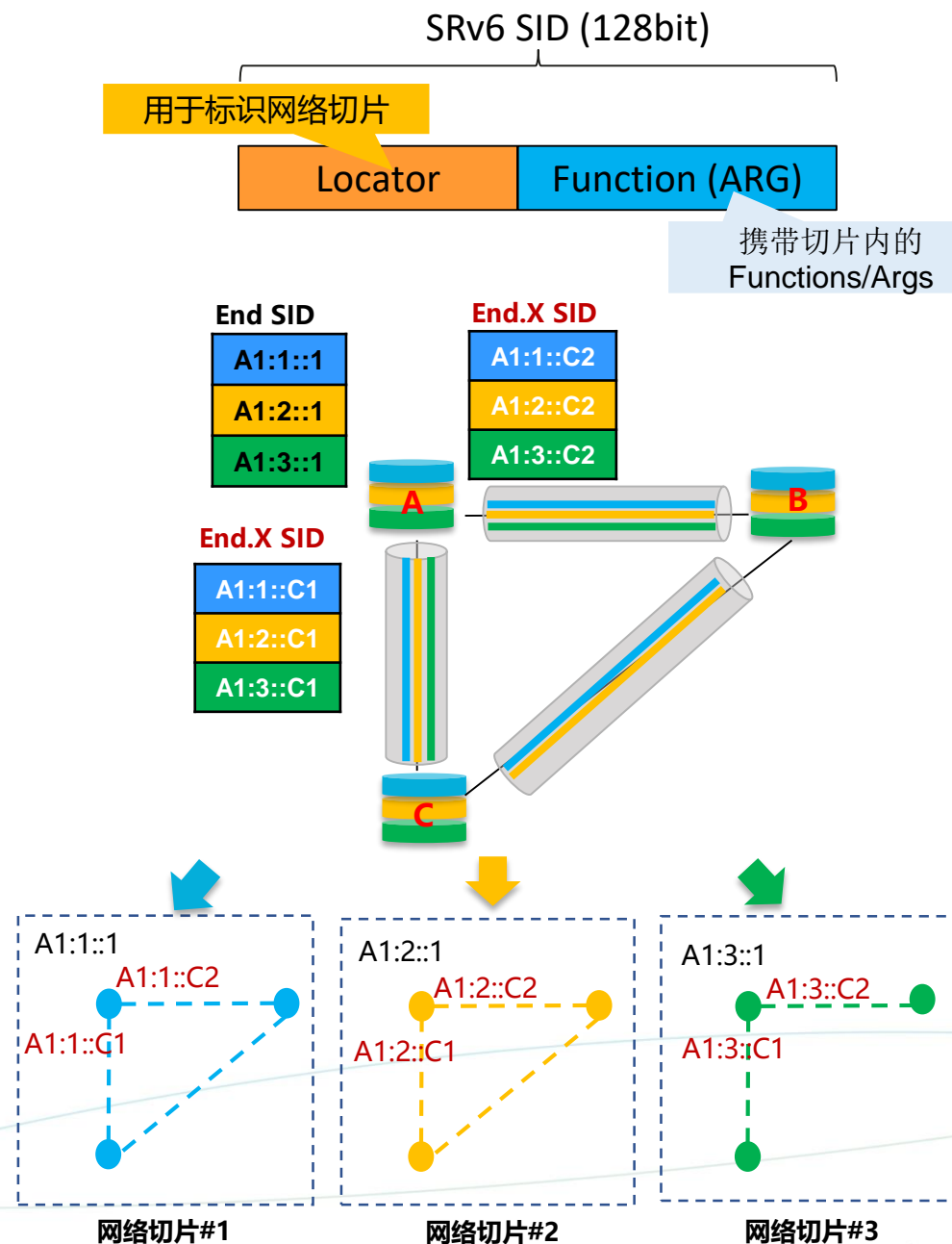
- 扩展协议发布每个网络切片的Locator, SID和资源属性信息
- 收集网络切片拓扑, 计算基于切片约束的转发表项

IETF VPN+标准化进程

- VPN+ Framework
<https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-teas-enhanced-vpn-01> (工作组文稿)
- SR/SRv6 based VPN+
<https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-spring-sr-for-enhanced-vpn>
- IGP extensions for SR-based VPN+
<https://tools.ietf.org/html/draft-dong-lsr-sr-enhanced-vpn>

SRv6 VPN+原型

- 已向多家运营商展示SRv6 VPN+网络切片原型并开展联合创新



确定性网络基本理念

- 确定性网络（ **Deterministic Networking** ），具有以下特性：
 - ✓ 可以提供可靠的SLA保障，为高价值流量提供无拥塞、低时延的网络服务；
 - ✓ 保证端到端的时延上限，极小的抖动和丢包率；
 - ✓ 在基于统计复用的Ethernet/IP网络中进行使用，不影响其他流量的转发效率；



有界时延



高可靠性



融合网络



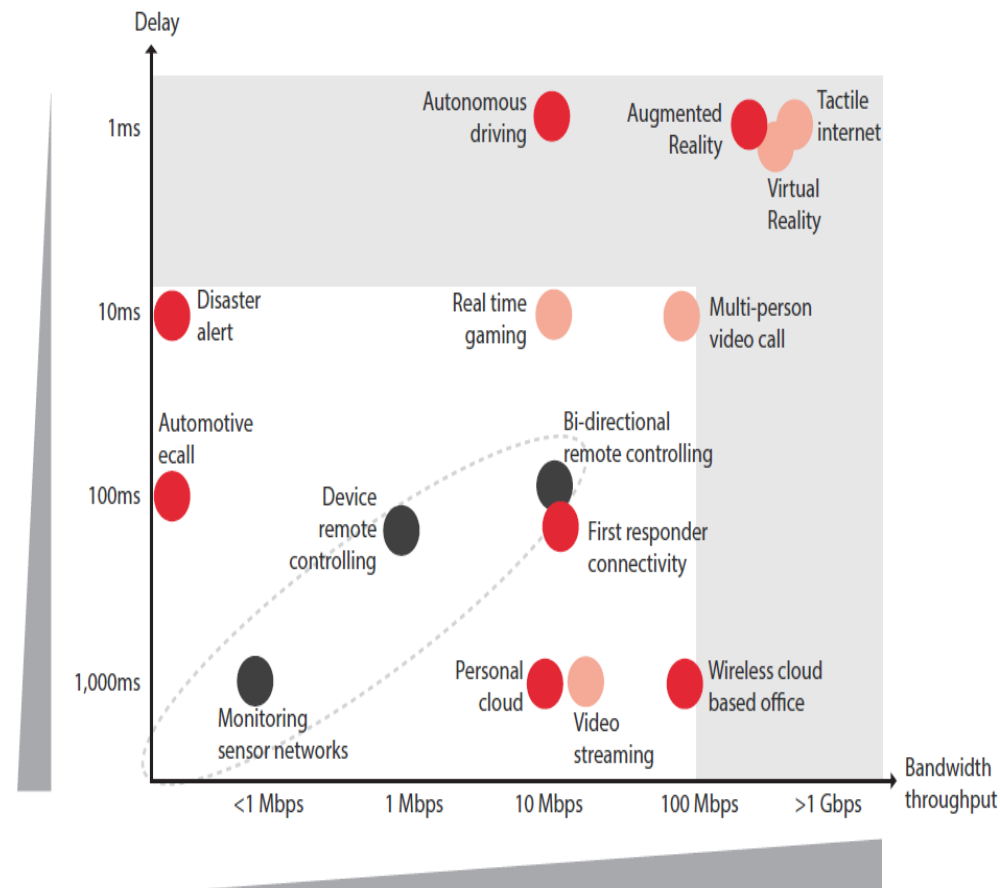
2层/3层

TSN/DetNet

- **TSN**: Time Sensitive Networking (IEEE) , 在二层以太网中使用; <http://www.ieee802.org/1/pages/tsn.html>
- **DetNet**: Deterministic Networking (IETF), 在三层IP/MPLS网络中使用; <https://tools.ietf.org/wg/detnet/>

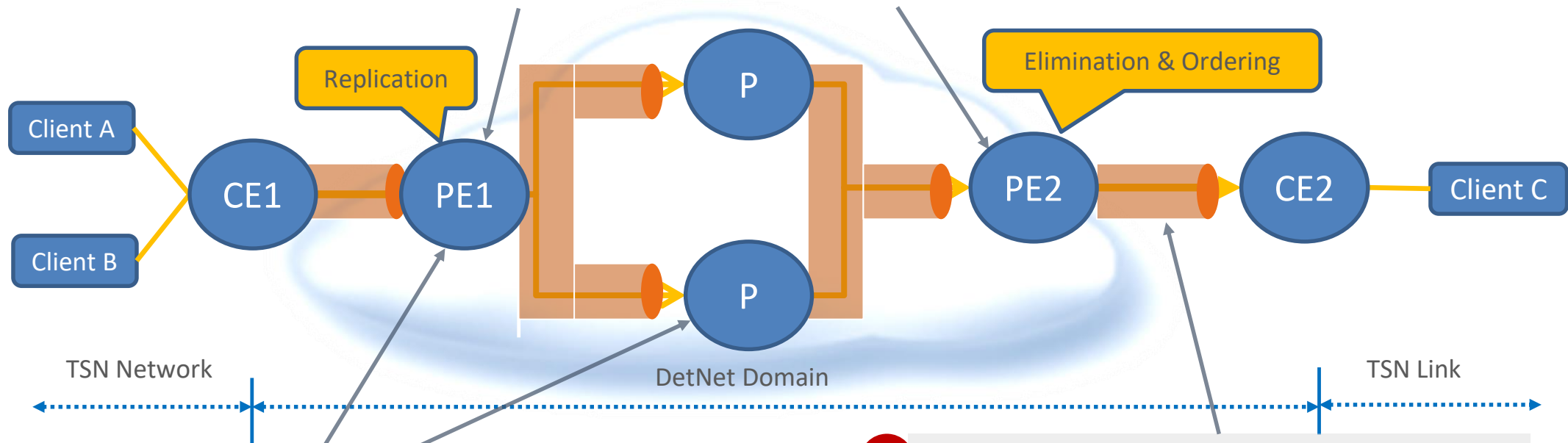
5G网络需要为新业务提供严格的性能保障

Use case category	Use Cases	User Experienced Data Rate	E2E Latency	Speed	Reliability
eMBB	高清视频, VR, AR...	DL: 1 Gbps, UL: 500 Mbps	10 ms	Pedestrian	高
	高速铁路网络	DL: 50 Mbps, UL: 25 Mbps	10 ms	Up to 500 km/h	高
	3D连接: 飞机	DL: 15 Mbps, UL: 7.5 Mbps	10 ms	Up to 1000 km/h	极高
	极低成本网络	DL: 10 Mbps, UL: 10 Mbps	50 ms	0-50 km/h	低
	任意接入的50 Mbps	DL: 50 Mbps, UL: 25 Mbps	10 ms	0-120 km/h	中
	触觉互联网	DL: 50 Mbps, UL: 25 Mbps	<1 ms	Pedestrian	中
Mission Critical IoT	自动交通控制/驾驶	DL: 50 kbps~10 bps; UL: a few bps~10 Mbps	1 ms	0-500 km/h	极高
	协作机器人				
	远程对象操作 - 远程手术	DL: 10 Mbps, UL: 10 Mbps	10 ms	0-500 km/h	极高
	电子卫生保健: 极端生命至关重要				
公共安全					
3D 连接: 无人机					
Massive IoT	只能穿戴	Low (typically 1-100 kbps)	Seconds to hours	0-500 km/h	中
	传感器网络				
	移动视频监控	DL: 300 Mbps, UL: 50 Mbps	10 ms	0-120 km/h	中
	新闻和信息传播	DL: Up to 200 Mbps	<100 ms	0-500 km/h	中
	地方, 区域, 国家	UL: Modest (e.g. 500 kbps)			
	自然灾害	DL: 0.1-1 Mbps, UL: 0.1-1 Mbps	not critical	0-120 km/h	高



确定性网络核心技术

- 2 冗余传输**
通过多路径同时传输流量来避免链路故障或其他因素造成的丢包，有效提升可靠性
- 报文复制，删除和重排



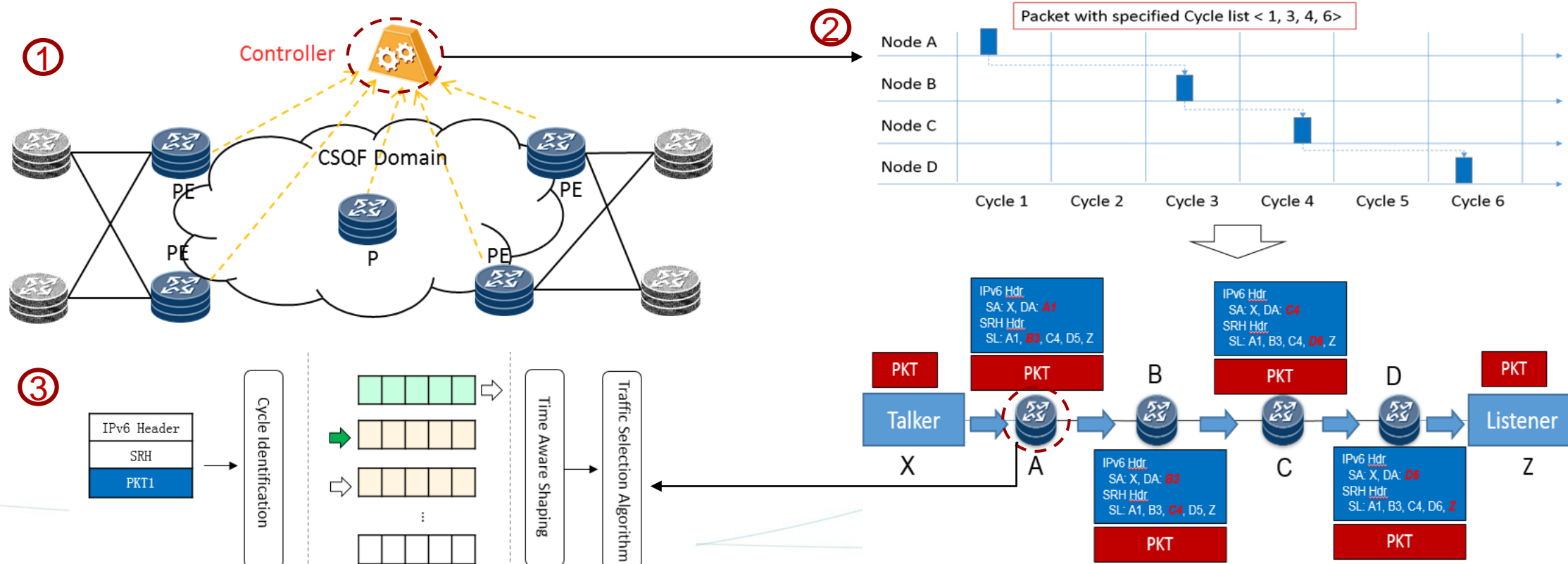
- 1 拥塞避免**
通过规避流量之间的冲突，避免拥塞造成的丢包和时延不确定性
- 资源预留
 - 队列管理（整形，调度等机制）

- 3 显式路径**
指定DetNet流量的传输路径，以控制端到端时延
- Segment Routing

基于SRv6的拥塞避免解决方案

CSQF(Cycle Specified Queuing and Forwarding)：指定发送时间区间的缓存和转发机制

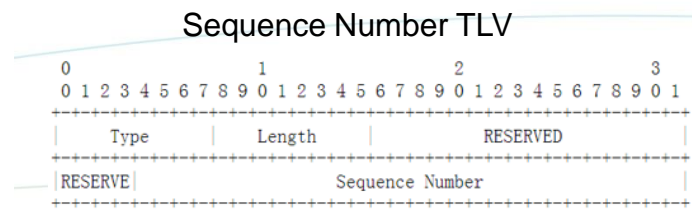
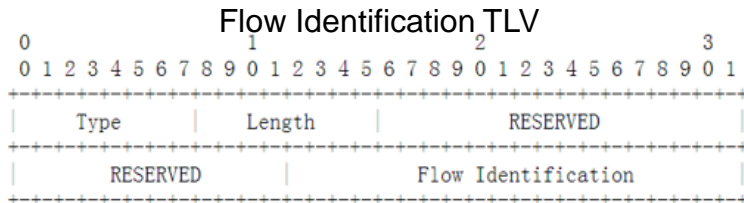
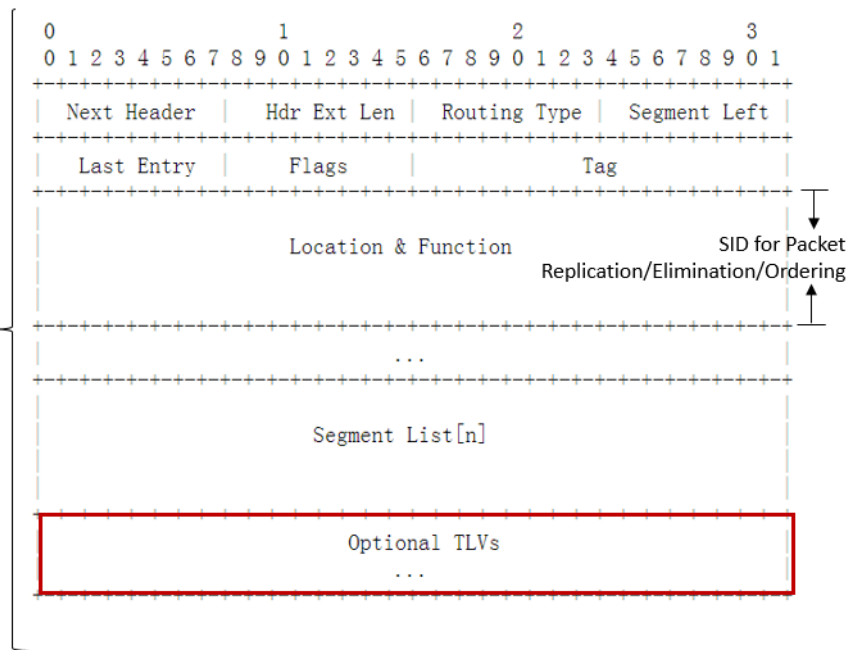
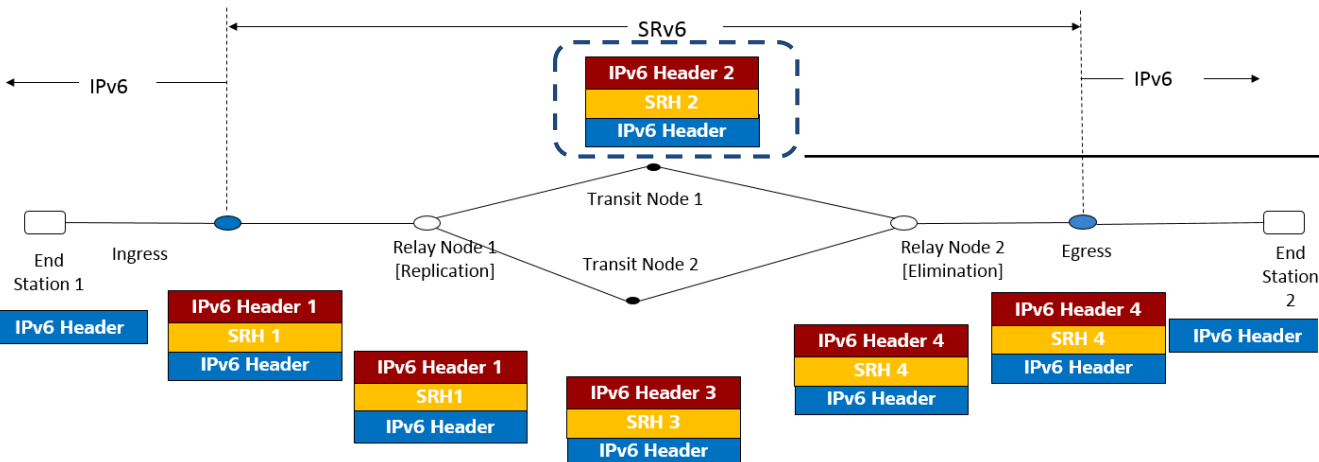
- ✓ 控制器算路：收集网络的拓扑信息和时延信息，计算满足应用端到端时延需求的路径；
- ✓ SRv6扩展：在SRv6 SID中指示的预期出端口时间，控制报文在每一跳设备中的停留时间；
- ✓ 设备实现时间队列调度：设备支持基于时间的队列管理机制(802.1 Qbv Time Aware Shaping)，根据SID中指示的时间信息入队，保证报文能够在指定的时间被转发；



基于SRv6的冗余传输解决方案

SRv6 零丢包解决方案:

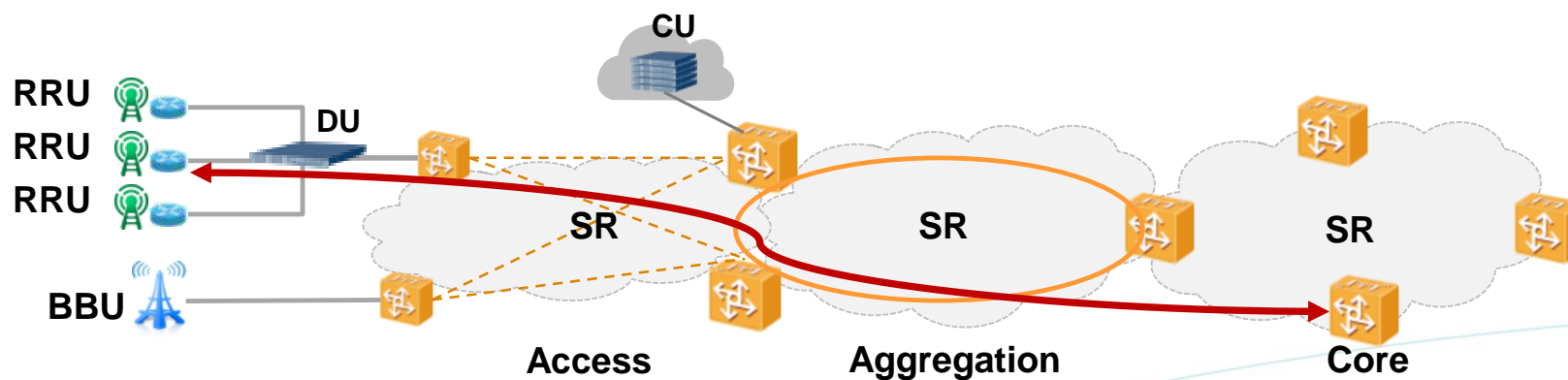
- ✓ 不耦合的显示路径: 用segment list指示复制报文沿着两条或以上不重合的路径进行转发;
- ✓ SRv6扩展: 在SRH中optional TLV中指示流标识(Flow Identification)和报文的序列号(Sequence Number), 用于实现多路径的选收;
- ✓ 利用SRv6的灵活编程能力: 定义新的SRv6 Function, 指示报文在指定节点进行报文复制和汇聚;



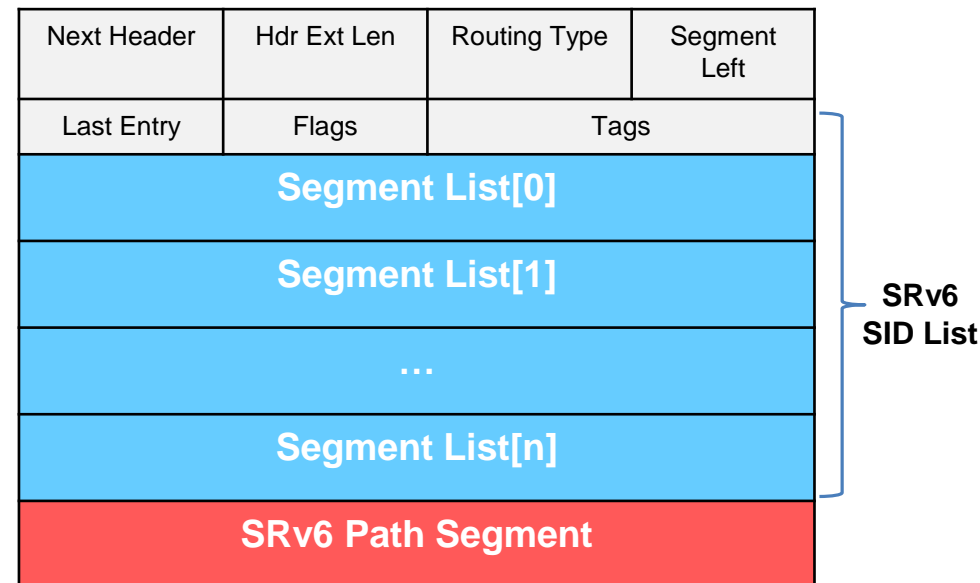
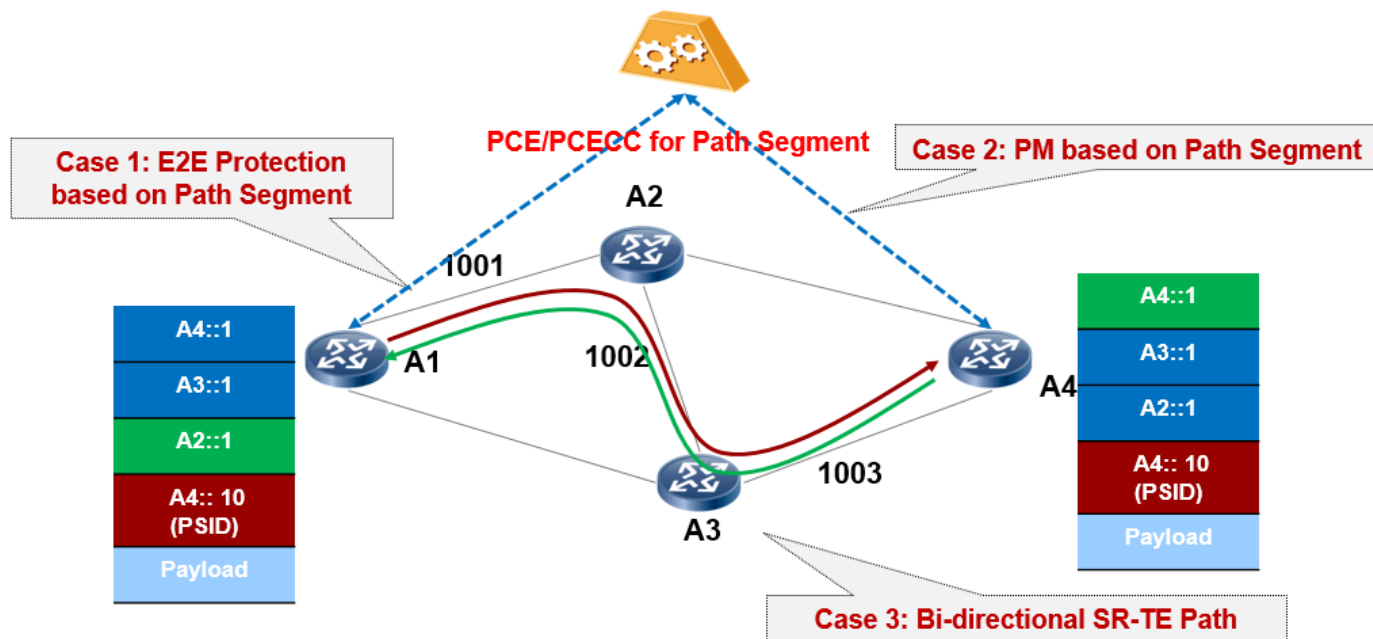
SR OAM: IP承载网部署和运行的重要保障机制

- 目前，SR已经被部署在5G承载网络等网络中，需要OAM机制保障网络正常运行。
 - 日本软银：在其移动承载网中部署SRv6
 - 中国电信：在四川电信魔镜平台部署SRv6
 - 中国移动：在5G SPN网络中部署SR-MPLS
 -
- 当前基础的SR OAM机制（可达性检测）已经被提出，标准化接近成熟。下一步的关键是性能测量。

面向路径的端到端性能测量：丢包率，时延，抖动等

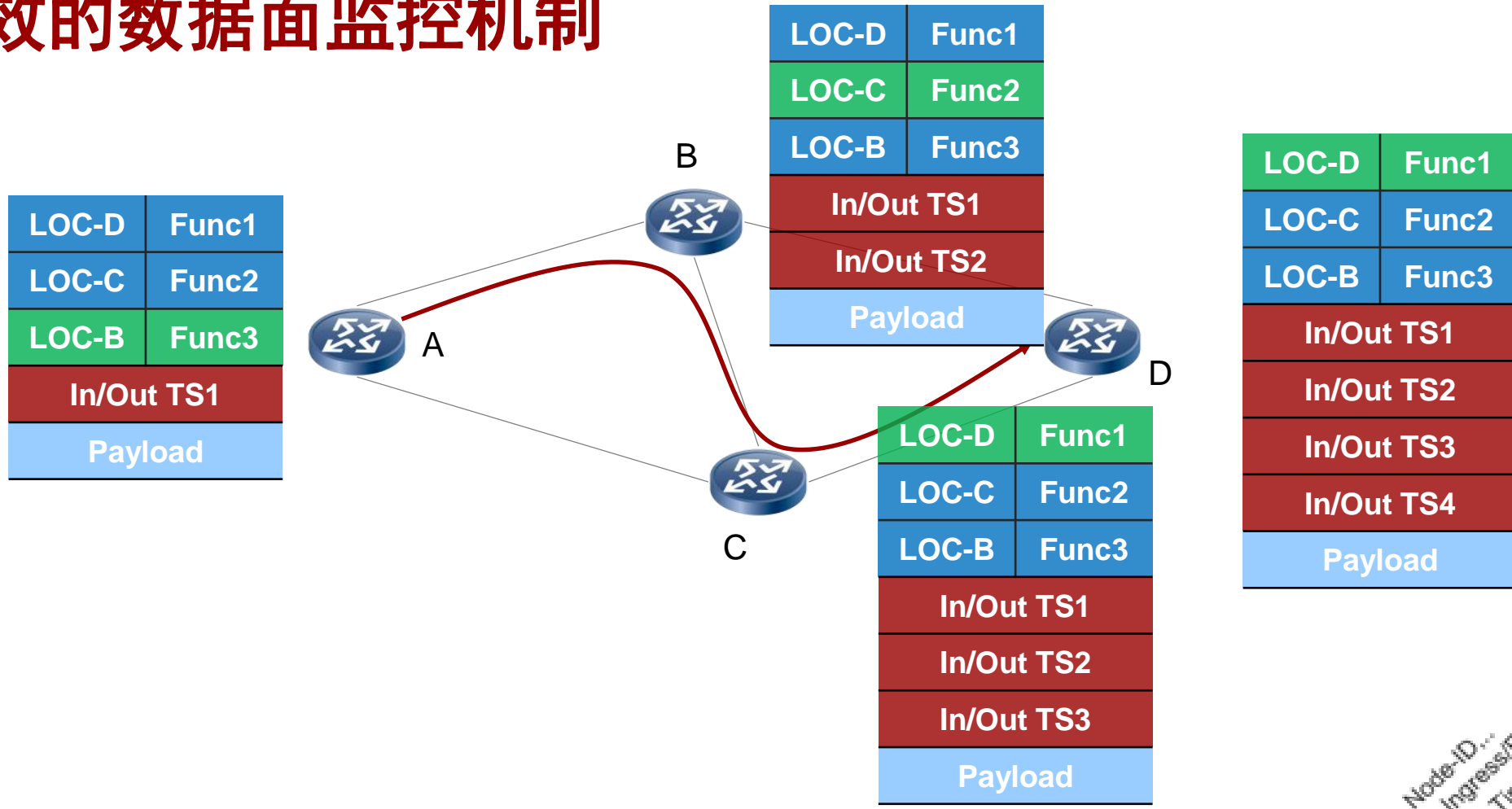


SRv6 Path Segment: 更高效的路径标识OAM机制

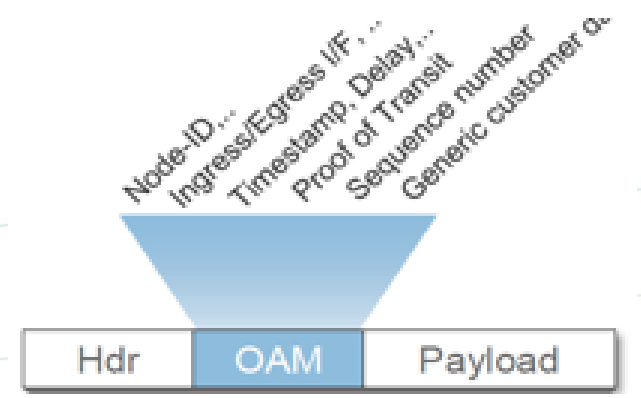


- [draft-ietf-spring-mpls-path-segment/draft-li-spring-srv6-path-segment](#)提出Path Segment, 用于标识SR路径
- SRv6 Path Segment插入到SID List中最后一个位置, 不影响已有SID List的顺序。

SRv6/IPv6 IFIT (In-situ Flow Info Telemetry) : 更有效的数据面监控机制



- IFIT (In-situ Flow Information Telemetry)架构文稿: [draft-song-opsawg-ifit-framework](#)
- SRv6 In-situ OAM文稿: [draft-ali-6man-spring-srv6-oam-01](#)
- IPv6 IFIT/IOAM文稿: [draft-li-6man-ipv6-sfc-ifit-00](#) IETF104@Prague

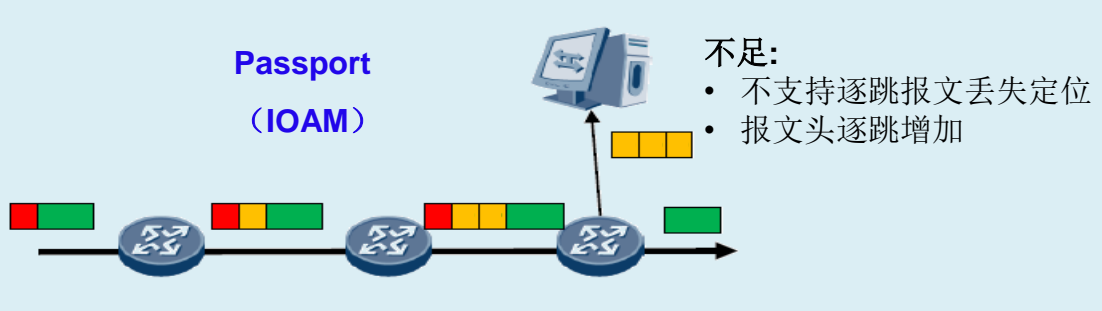


SRv6 IFIT用于解决静默故障等客户痛点，使能SLA质量实时感知

静默故障的关键技术需求：
随路报文实时监控

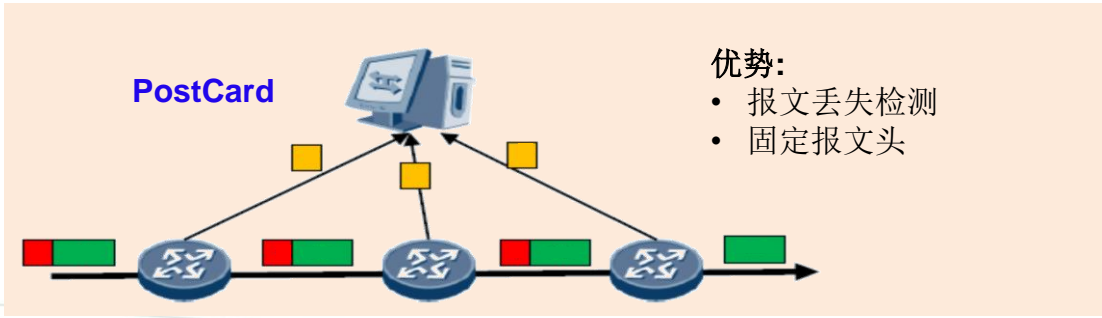
◆ 业界iOAM机制

<https://tools.ietf.org/html/draft-ioametal-ippm-6man-ioam-ipv6-options-01>



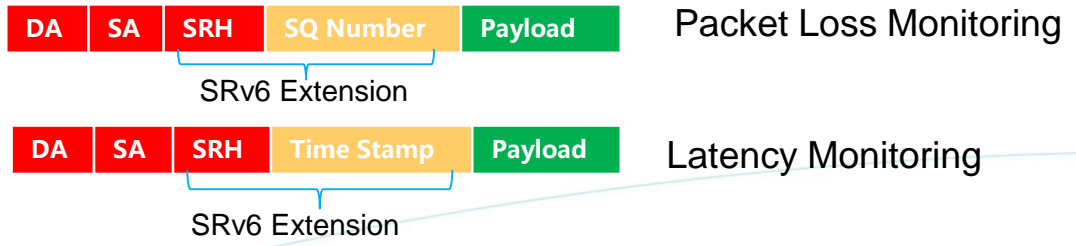
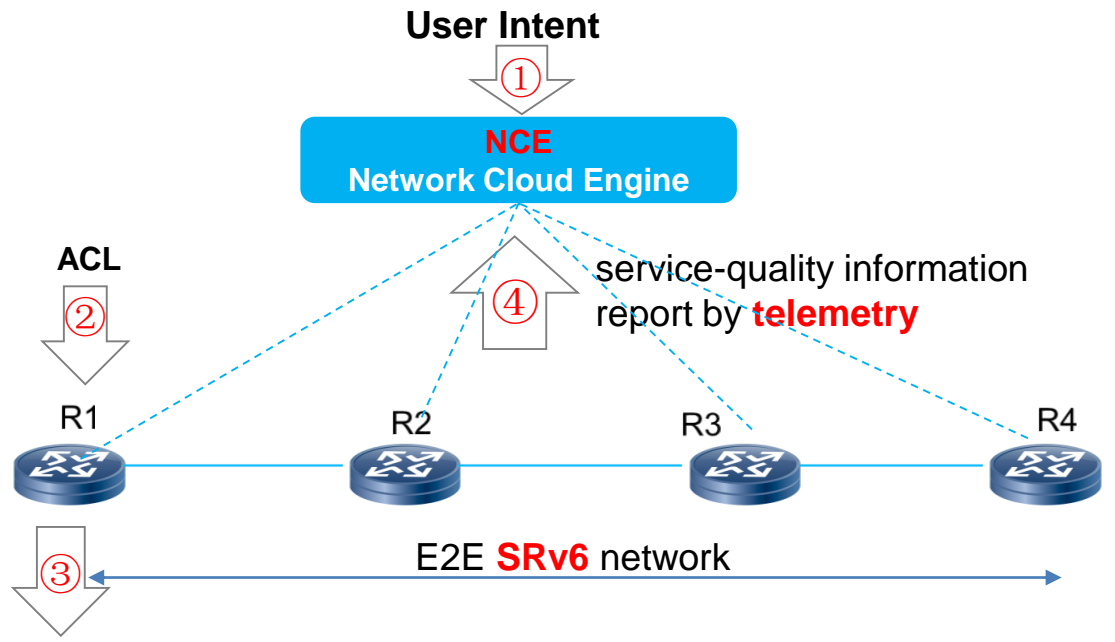
◆ 华为PBT(Postcard-based Telemetry)机制：

<https://tools.ietf.org/html/draft-song-opsawg-ifit-framework-01>
<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8321>



■ instruction
 ■ Meta data
 ■ User packet

IFIT (In-situ Flow Information Telemetry)
= NCE + SRv6 Programming + Telemetry



Tokyo Interop 2019: 业界首发

IFIT创新历程和华为贡献

- 2017年开始参与IOAM的研究和标准化
 - 针对IOAM存在的可扩展性，提出多项优化。
 - <https://www.ietf.org/archive/id/draft-song-ippm-ioam-scalability-01.txt>
- 2018年，基于Native IOAM扩展，提出运营商可部署的IFIT方案框架
 - 框架描述
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-song-opsawg-ifit-framework/>
 - 提出新的postcard模式，减少设备转发性能劣化
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-song-ippm-postcard-based-telemetry/>
 - 提出基于染色（RFC8321）方法和Postcard模式，实现静默丢包的检测
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-zhou-ippm-enhanced-alternate-marking/>
- 和Cisco合作完成IOAM在SRv6的封装以及IOAM的配置模型
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ali-spring-ioam-srv6/>
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-zhou-ippm-ioam-yang/>
- IETF104， LGU+、SKT等参与到IFIT相关的文稿工作
 - 新增的Postcard模式获得业界认可。
 - 考虑设备转发性能，新增一篇IPV6/SRV6封装草案
 - <https://tools.ietf.org/html/draft-li-6man-ipv6-sfc-ifit-00>



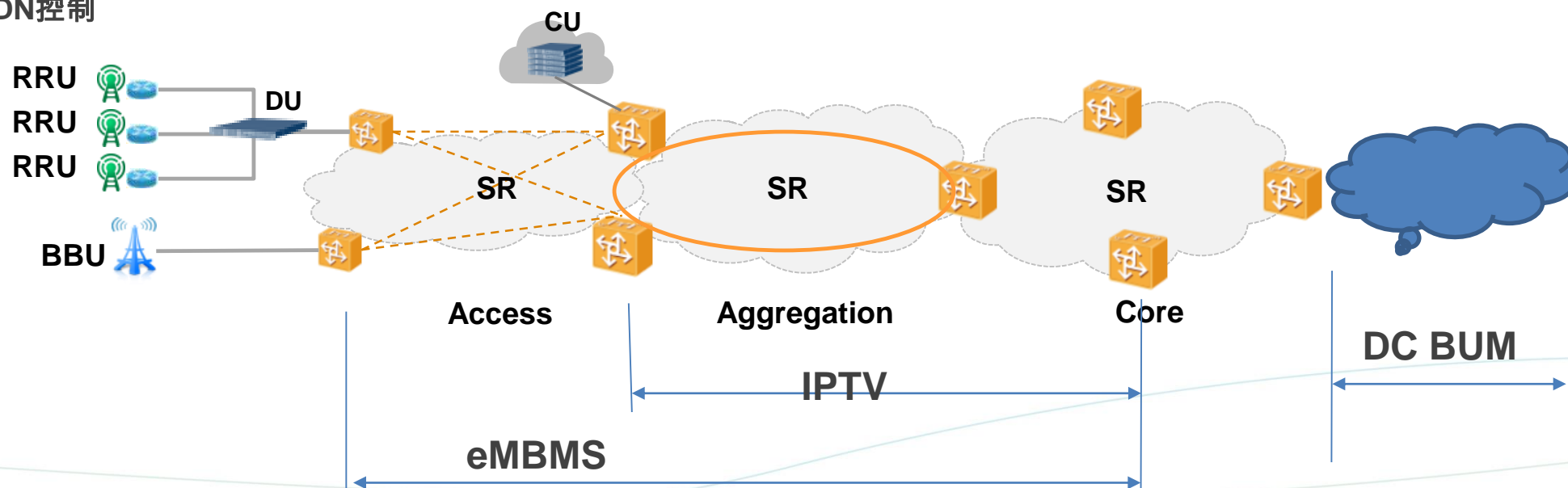
SR多播

- 多播 Use cases (draft-ietf-bier-use-cases-09)

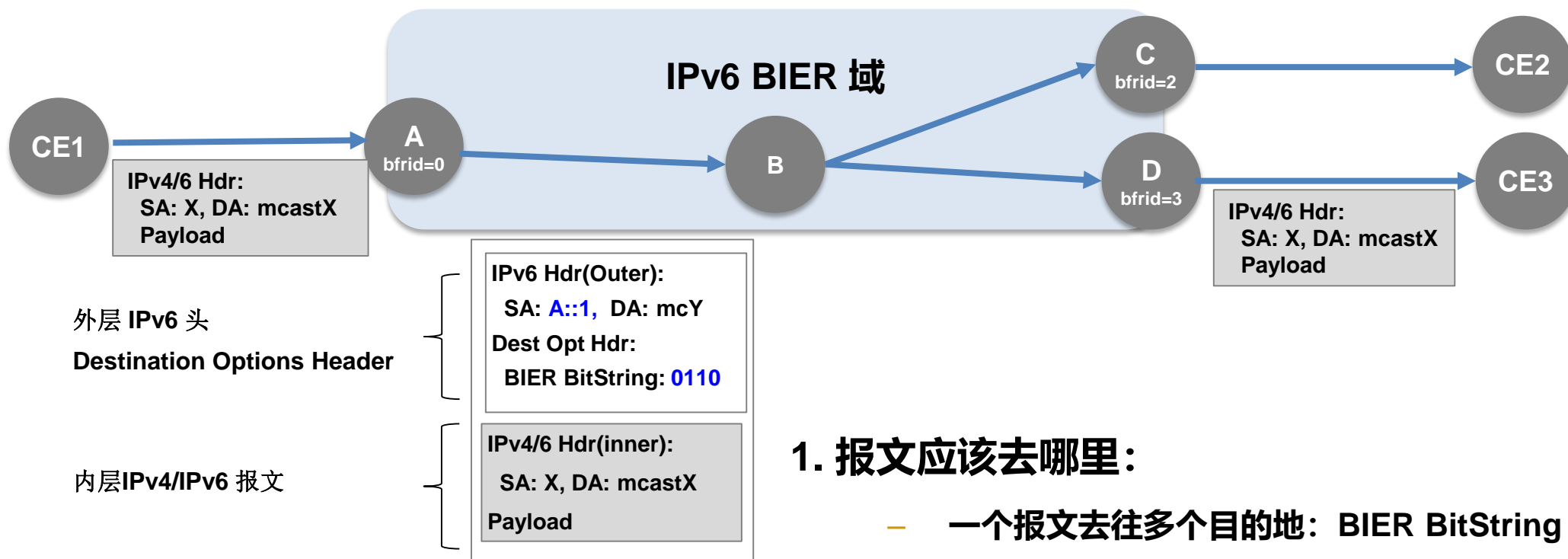
- 广播视频业务 (eMBMS/4K)
- IPTV 和 OTT 业务
- EVPN的BUM
- 数据中心虚拟化/Overlay

- SR网络中多播的基本要求

- 控制面简化
- SDN控制



IPv6 BIER



1. 报文应该去哪里：

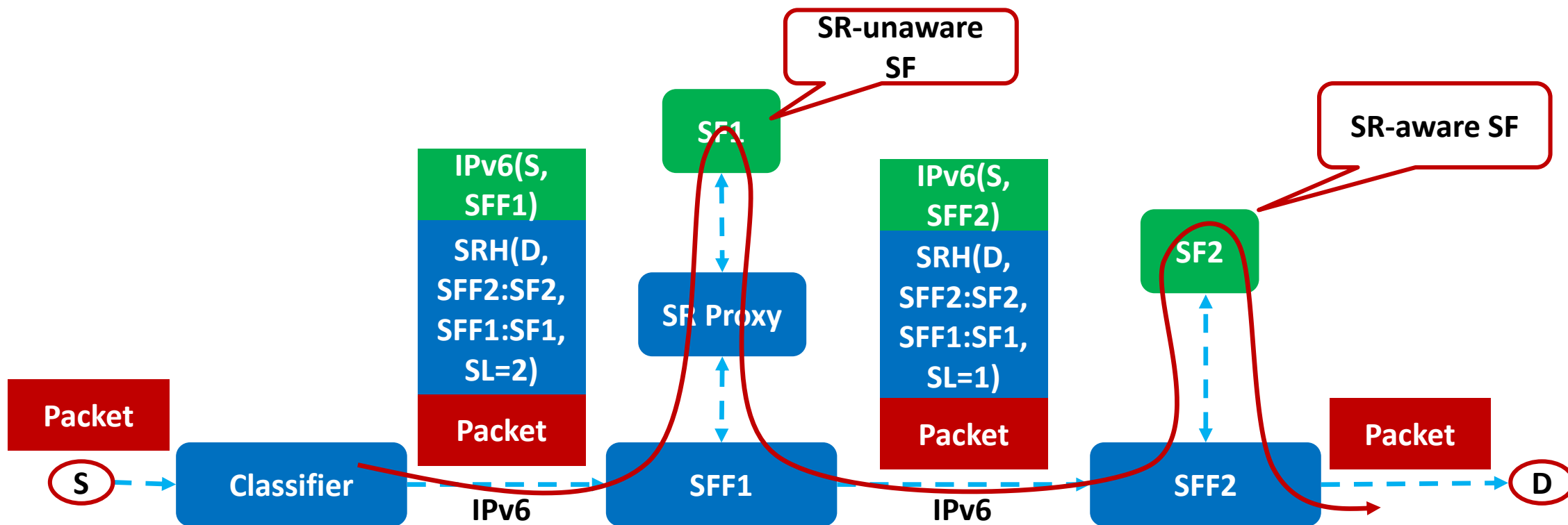
- 一个报文去往多个目的地：BIER BitString
- 一个目的地的最小标识：1 bit !

2. 应该怎样处理：

- 根据BIER BitString (0110)将一个数据包复制到多个接口
- IPv6 SA (A::1) 标识MVPN业务, 与IPv6 DA用作unicast概念相同

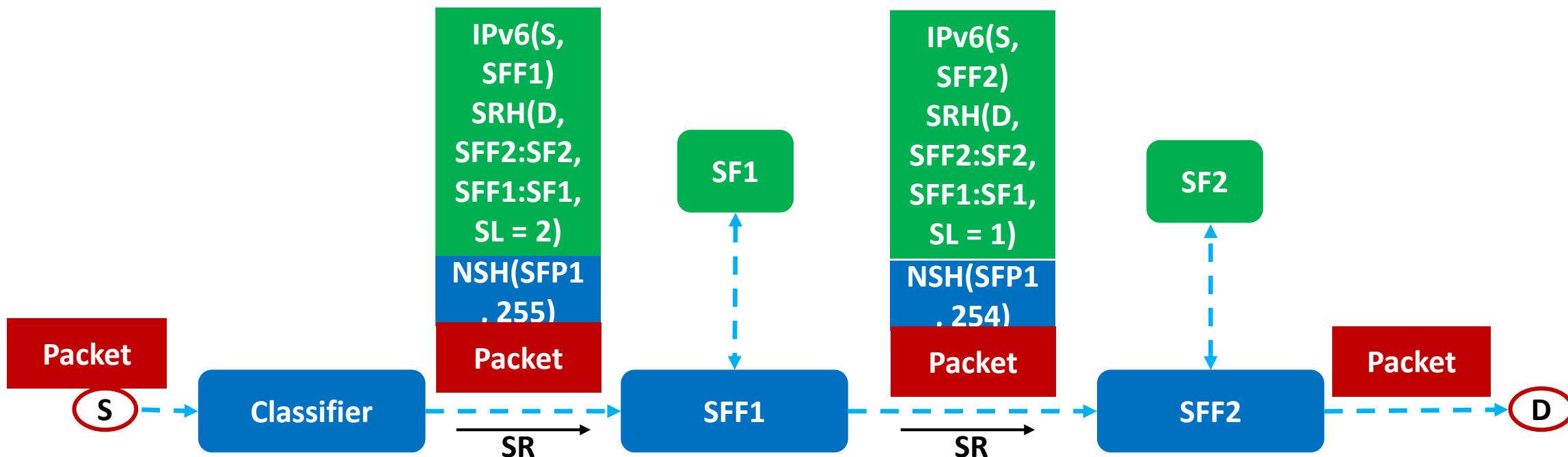
- draft-mcbride-bier-ipv6-requirements-00
- draft-xie-bier-ipv6-encapsulation-00
- draft-xie-bier-ipv6-mvpn-00

基于SRv6的无状态SFC：更简单灵活的SFC方案



- ❑ 由华为、思科共同主导的 [draft-xuclad-spring-sr-service-programming](#) 提出
- ❑ 纯SRv6 SFC方案，业务链的转发信息由SRH中的SID List编码，仅需发布Service SID信息即可
- ❑ SID指示数据包的转发路径和业务信息
- ❑ 无需再SFF上维持Per-path的状态信息
- ❑ SRH TLV可携带Metadata，可完全替代NSH

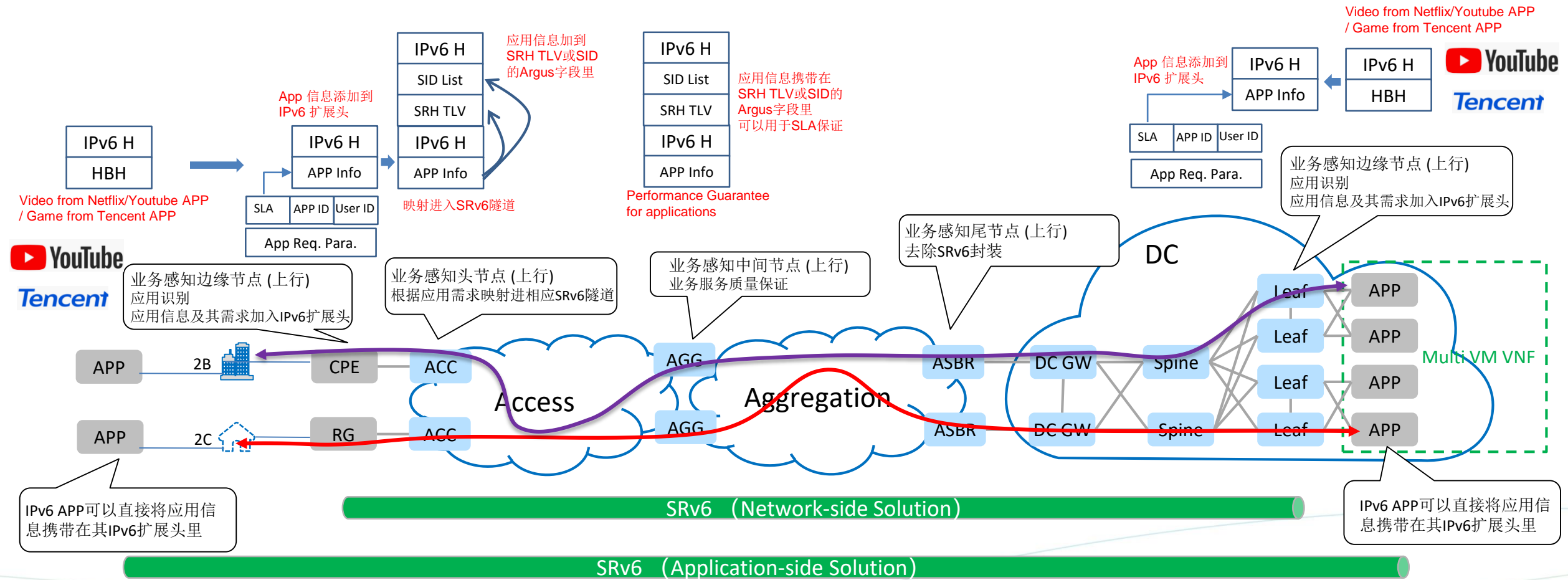
基于SRv6 SFC的有状态SFC：兼容NSH的平滑演进方案



- ❑ 由华为主导，思科支持的draft-guichard-spring-nsh-sr文稿提出
- ❑ SRv6 SID list描述转发路径信息，NSH用于维持业务平面信息，无需改变SF的NSH协议栈
- ❑ Classifier需插入SRv6报头携带NSH报文。
- ❑ SFF维持SRv6报头与NSH报头的映射关系，用于将SF回来的NSH数据封装到对应的SRv6报头之后
- ❑ SF无需支持SRv6，只需保持原有NSH协议栈能力即可

未来: 应用感知的 (Application-aware) IPv6网络

- 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



SRv6产业论坛 (深圳)

首次IPv6产业论坛
深圳, 中国, 2019.1.24



50+ 参会人员 (运营商, OTT, 设备商, 大学, 系统集成商等)



IETF IAB: Progress of SRv6 Standards



Huawei: SRv6 for 5G and Tel-cloud



Tencent: SRv6 for DCI



China Telecom: IPv6 development and SRv6 migration



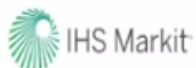
TSINGHUA: SRv6 Migration on CERNET2



Old Dog: PCE for SRv6



Spirent: Inter-op test for SRv6



China Telecom: Deployed SRv6 on Sichuan Province
Tencent: Considering to deploy SRv6 for DCI

SRv6产业圆桌会议 (MPLS + SDN + NFV Congress 2019)

国际首次SRv6产业圆桌会议

MPLS+NFV+SDN World Congress 2019
@Paris, 2019.4.10



业界专家认为SRv6是继MPLS之后下一代IP承载网络的核心协议



Topic 1: SRv6价值

IHS: Network Evolution and SRV6

Clarence: SRV6 NP Architecture and Usecases

Zhenbin Li: SRV6 for 5G and Cloud

讨论:

1. SRv6价值: 简单性以及支持新业务的可扩展性
2. 可能的杀手级应用: SRV6 VPN, 网络融合, VPN+切片, SRV6 IFIT/IOAM

Topic 2: 如何促进SRv6发展

EANTC: SRV6 Inter-op Test for MPLS Congress 2019

Spirent: SRV6 Test Capability and Inter-op Test

Huawei: SRV6 Deployment in China

讨论:

1. 先行者应当提供更多相关培训和指导
2. 运营商应当承担一定的风险, 快速试错, 分享经验。



THANK YOU

www.huawei.com