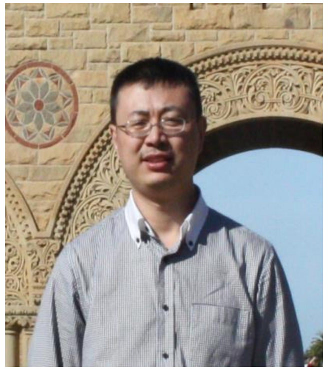
IPv6+：面向5G和云的IP网络新时代

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

HUAWEI



李振斌

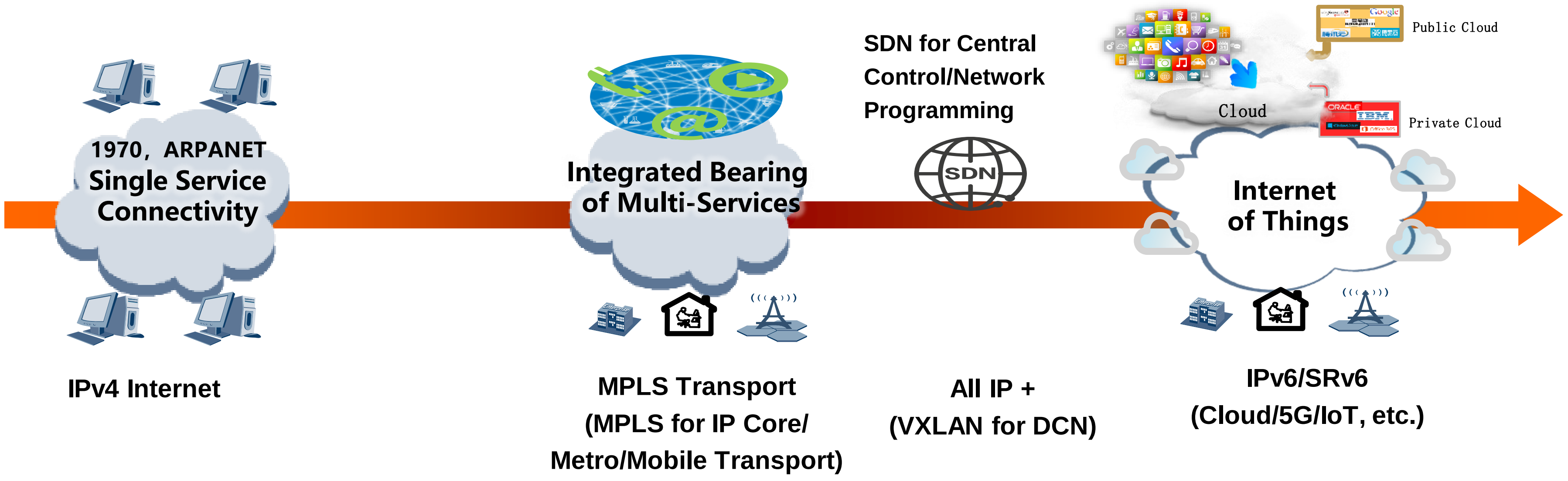
华为首席协议专家
IETF互联网架构委员会（IAB）委员
https://www.iab.org/about/iab-members/

- 负责华为IP协议创新研究和标准化工作。
- 2000年加入华为，曾负责华为IP操作系统（VRP）和MPLS子系统的架构设计和开发工作。
- 2015 - 2017年担任SDN架构师，负责控制器的研究、架构设计与开发等工作。
- 自2009年起积极参与IETF标准创新工作，持续推动了SDN的BGP、PCEP、Netconf/YANG等的协议创新和标准化。当前研究的重点包括SRv6、5G承载、Telemetry、网络智能等。
- 主导和参与的IETF RFC/草案累计100余篇(www.ipv6plus.net/ZhenbinLi)，申请专利110多项。
- 2019年当选IETF互联网架构委员会（IAB）委员，承担2019 - 2021年的互联网架构管理工作。

IP技术发展历史反思

- IPv4的教训: 可扩展性（Scalability）
- IPv6的教训: 兼容性（Compatibility）
  - SRv6兼容IPv6转发
  - SRv6 兼容MPLS转发
- All IP 1.0的成功
  - MPLS承担了重要角色
  - SRv6必须首先继承MPLS三个成功之处：VPN/FRR/TE
- All IP1.0的挑战
  - 1. IP承载网络孤岛问题突出，基于MPLS的网络融合复杂度高
  - 2. IPv4和MPLS封装的可编程空间有限，无法支持新业务
    - IPv4: IPv4报头选项几乎没有实现
    - MPLS: 固定长度/固定封装域字段
  - 3. 应用与网络承载解耦导致网络自身优化难以提升价值
    - ATM到桌面: 失败
    - MPLS到云：失败

IPv6+: 面向5G和云的IP网络新时代



- IPv6重思考：地址空间不足未能强烈驱动IPv6部署
- IPv6+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

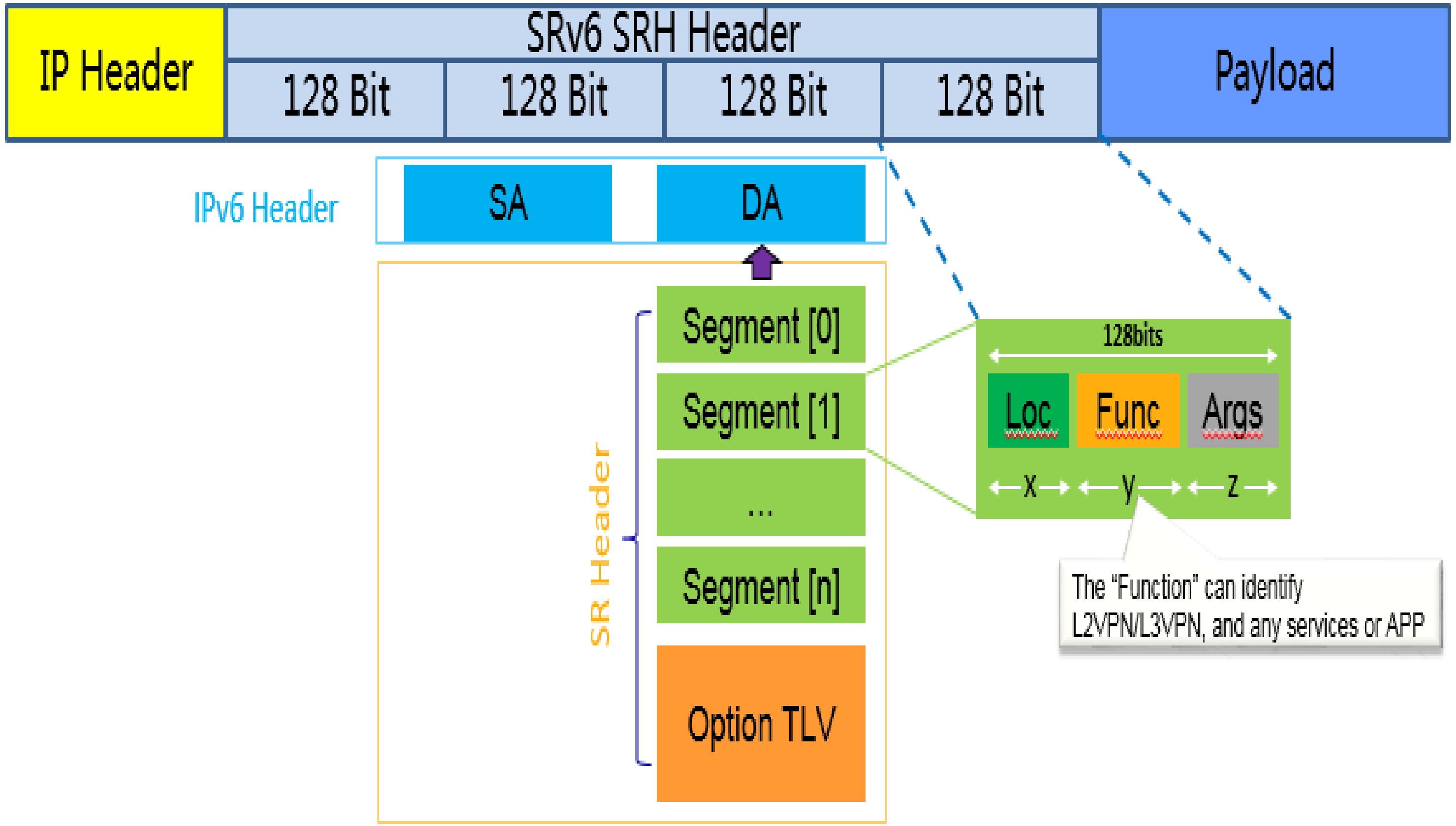
IPv6扩展头/SRv6: 面向未来的网络可编程能力

多个IPv6地址不会很占带宽么？现在的硬件能力很强，即使用了10个IPv6地址，也可以做到线速转发
但是确实也存在问题，如果payload只有8字节，10个ipv6地址，就很不合适
目前也有研究，可不可以把128bit压缩到32bit

IPv6 扩展头

Version	Traffic Class	Flow Label
Pload Length	Next=43	Hop Limit
Source Address		
Destination Address		
Hop-by-Hop Options Header		
Destination Options Header		
Routing Header/SRH		
……		
Destination Options Header		
Payload		

SRH: 三层网络可编程空间



SRv6把128bit分成两部分loc+func
分各种segment
就像纸币，几种面值，然后组合起来

SRv6最早是思科提出的，华为奖其发扬光大了

HUAWEI

IPv6+的研究与标准计划建议

IPv6+ 1.0： SRv6基础能力

- SRv6 VPN
- SRv6 TE
- SRv6 FRR

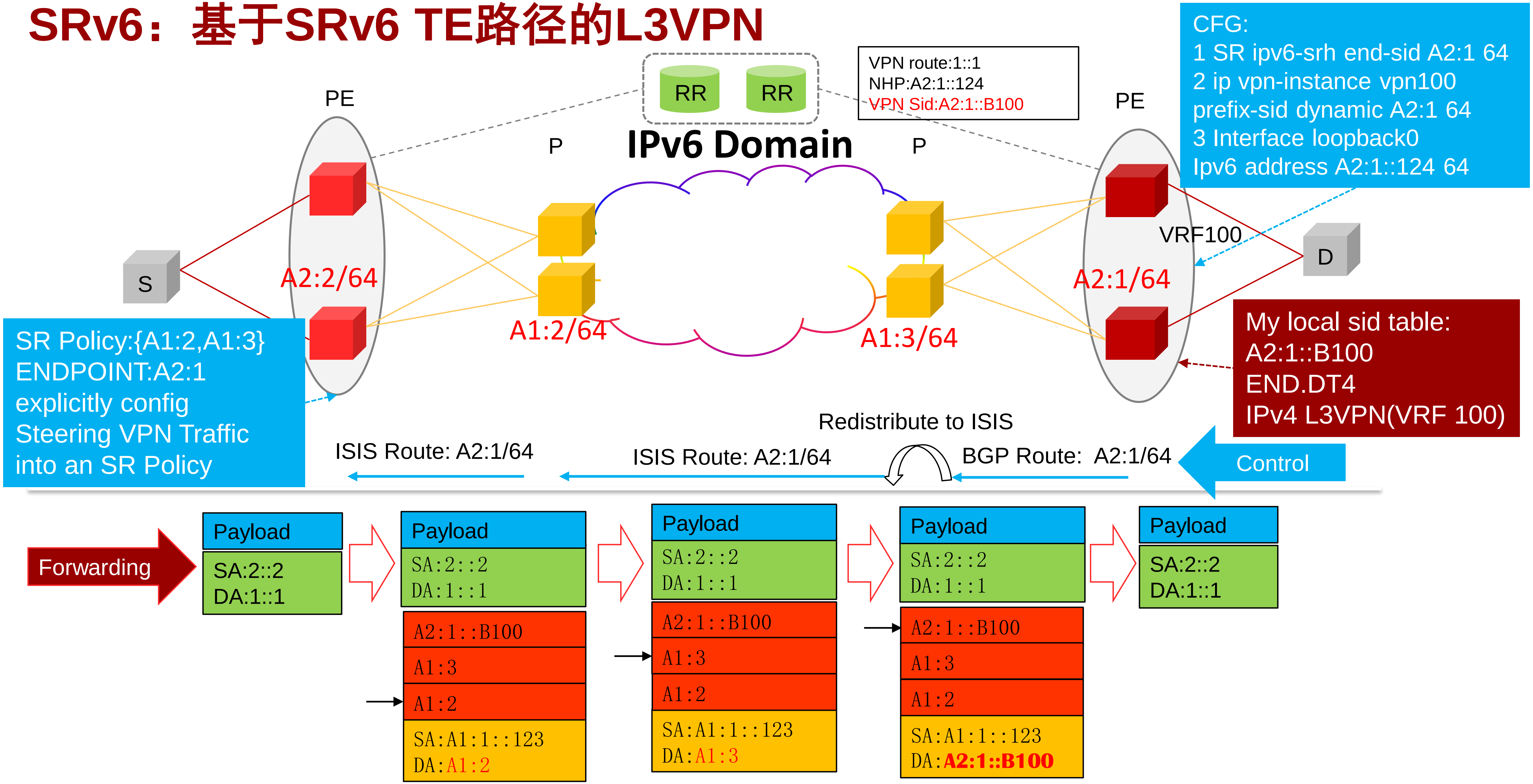
IPv6+ 2.0 ： 面向5G/云的新兴网络服务

- Network Slicing/VPN+
- In-situ Telemetry/IFIT
- BIERv6
- OAM
- Path Segment
- Detnet
- SFC
- SD-WAN
- SRv6 Compression/G-SRv6

IPv6+ 3.0：应用感知的IPv6网络（APN6）

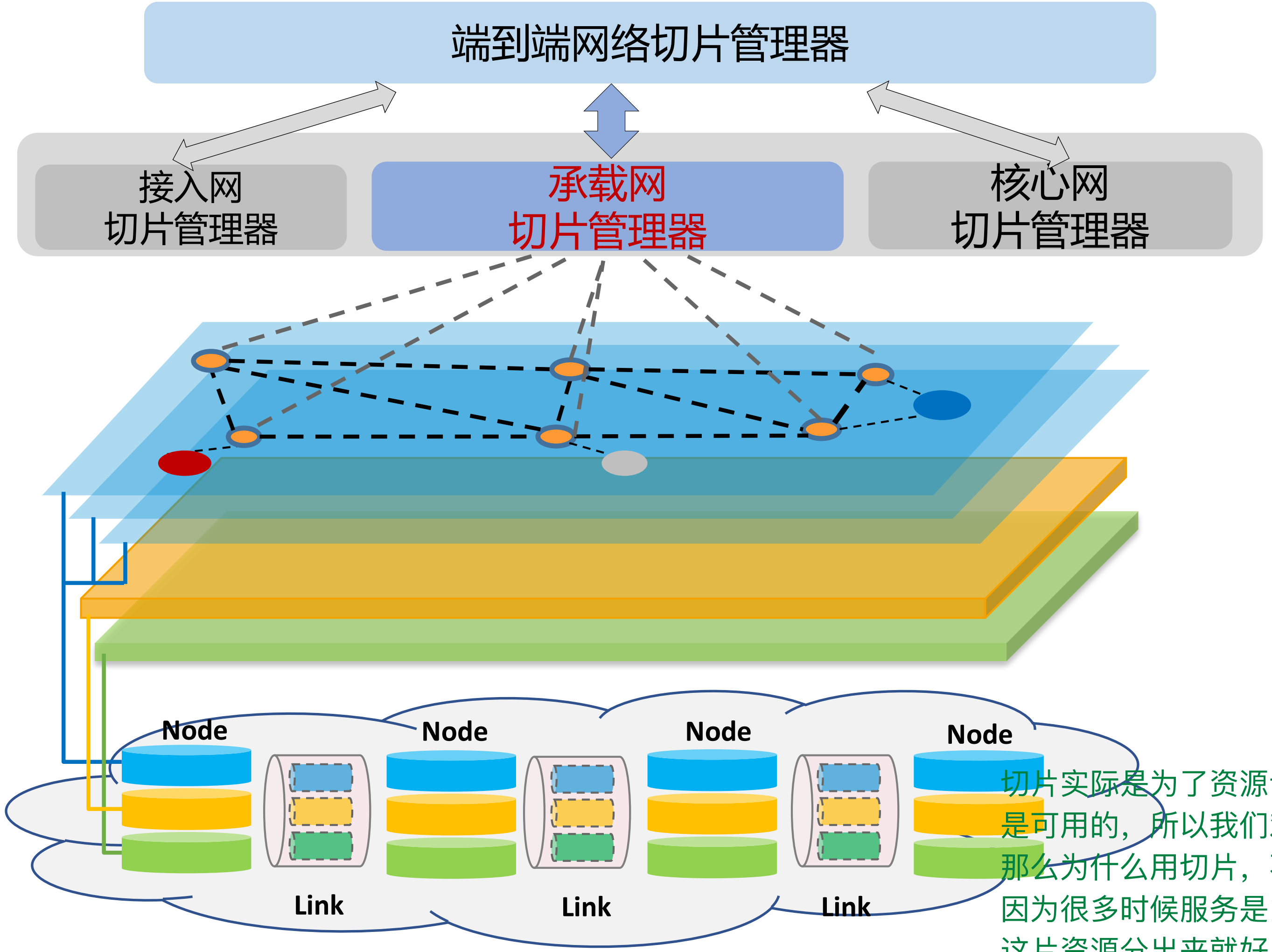
- 转发面：通过IPv6扩展头传递应用信息
- 控制面：通过控制协议交互应用信息

SRv6：基于SRv6 TE路径的L3VPN



HUAWEI

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

切片实际是为了资源专用，比如远程手术，对资源的要求很高，要求可以保证这段资源一定是可用的，所以我们对网络资源进行切片

资源的隔离越来越硬

那么为什么用切片，不用虚拟通道？

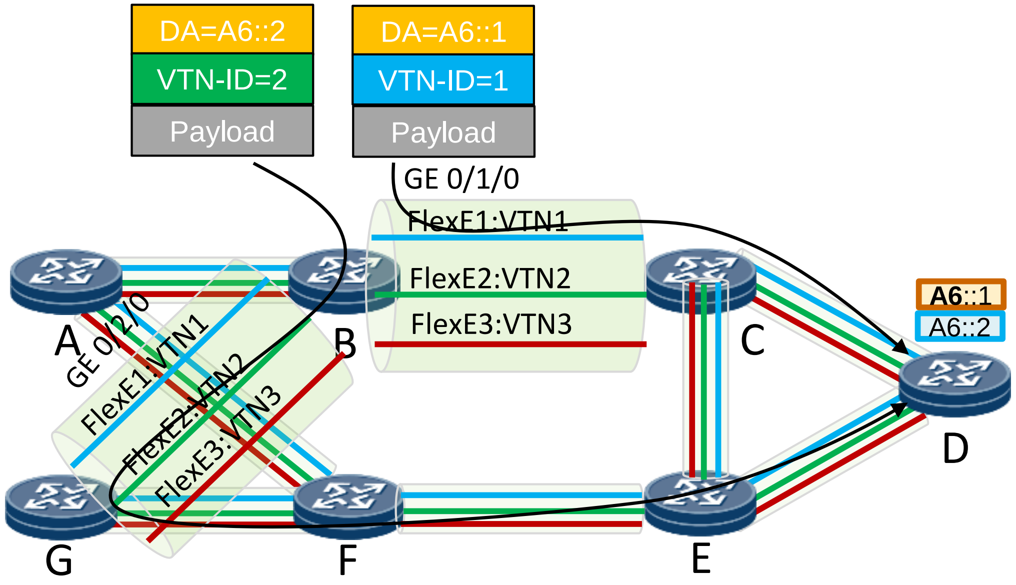
因为很多时候服务是多点到多点的，如果是虚通道，通道的量会很大，切片的方式，只要把这片资源分出来就好了，实际到具体某一个片里，还是best effort,只是可以实现比如华为和腾讯的业务互不干扰

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

基于IPv6数据面扩展支持网络切片标识

IPv6 Header	Version	Traffic Class	Flow Label	
	Payload Length		Next Header	Hop Limit
	Source Address(A1::1)			
	Destination Address(A2::11)			
HBH Header	Next Header	Hdr Ext Len	VTN-ID	
Routing Header (SRH)	Next Header	Hdr Ext Len	Routing Type = 4	Segments Left=2
	Last Entry	Flags	Tag	
	Segment [0] = A6::1			
	Segment [1] = A4::13			
	Segment [2] = A2::11			
	Payload			

- **数据面使用两种转发标识的组合标识流量的二维转发需求(拓扑、资源)，指导切片报文转发**
  - IPv6目的地址/SRv6 SID用于在指定网络拓扑内寻址，找到出接口/下一跳
  - VTN-ID用于选择指定出接口下为该网络切片分配的子接口/转发资源
- **数据面扩展带来的好处：**
  - 对用于拓扑与切片资源相关处理的数据面标识进行解耦
  - 减少需要为网络切片分配的Locator/SRv6 SID数量，降低转发表项规格要求



节点B转发表示例

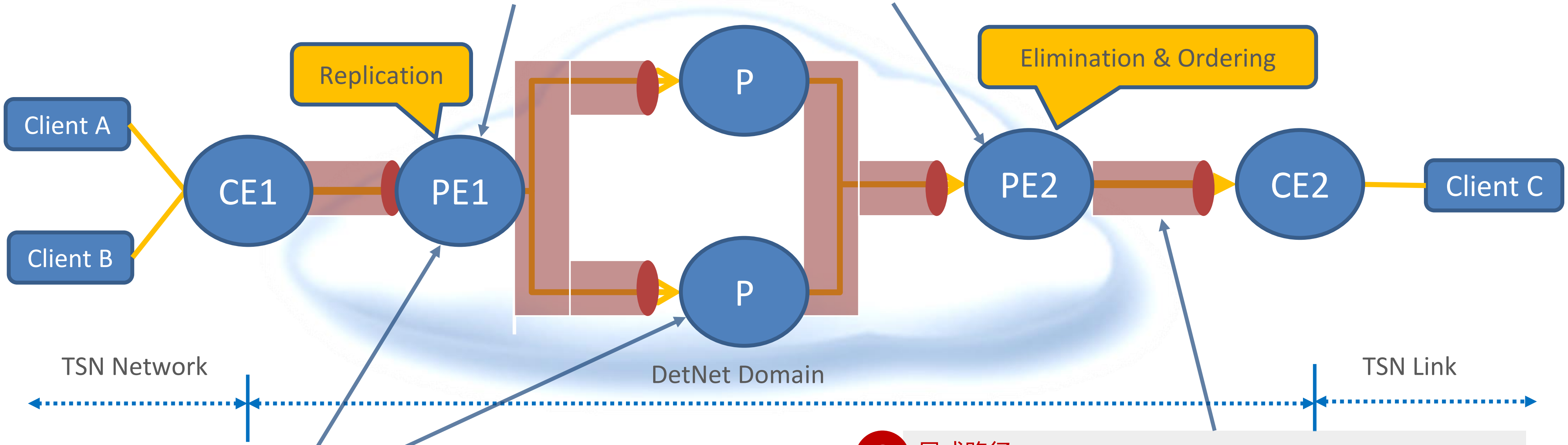
Prefix	Next-hop	OutIf
A6::1	C	GE0/1/0
A6::2	G	GE0/2/0

MainIf	VTN-ID	SubIf
GE0/1/0	1	FlexE1
GE0/1/0	2	FlexE2
GE0/1/0	3	FlexE3
GE0/2/0	1	FlexE1
GE0/2/0	2	FlexE2
GE0/2/0	3	FlexE3

IPv6 VTN-ID扩展：*tools.ietf.org/html/draft-dong-6man-enhanced-vpn-vtn-id*

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对包，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）

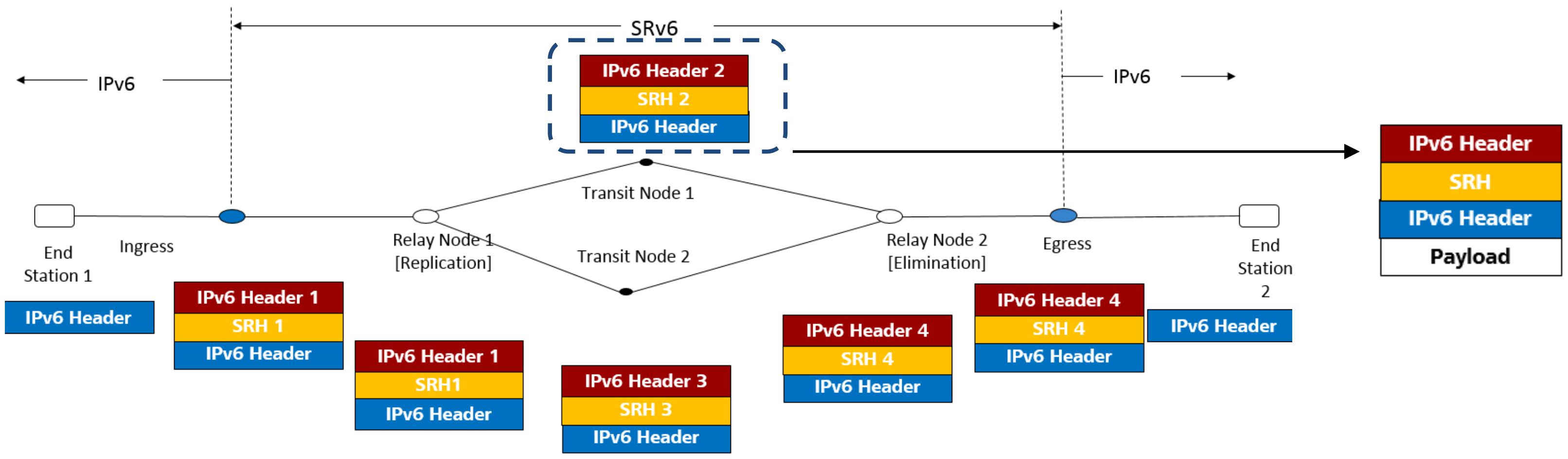
3 显式路径
指定DetNet流量的传输路径，以控制端到端时延
- Segment Routing

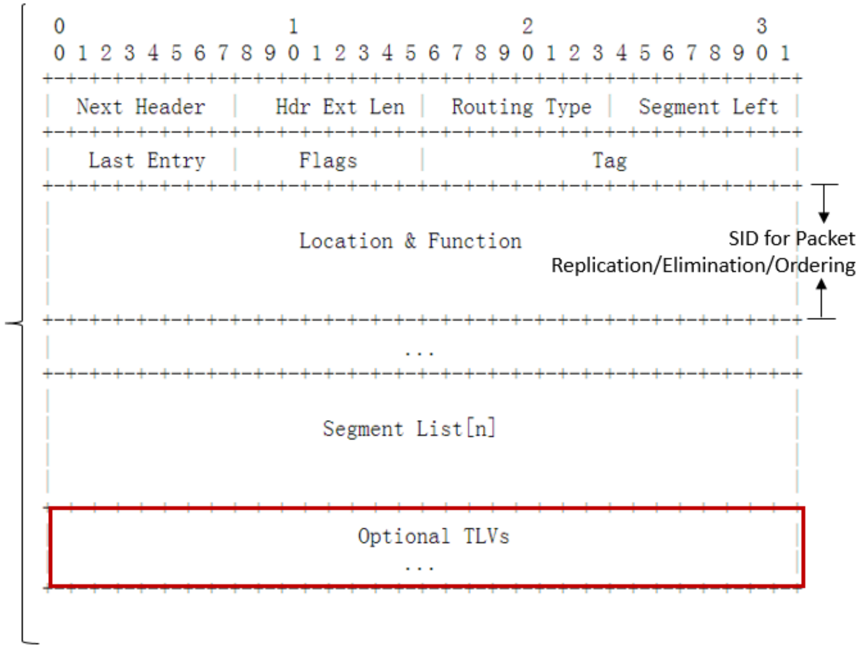
HUAWEI

基于SRv6的冗余传输解决方案

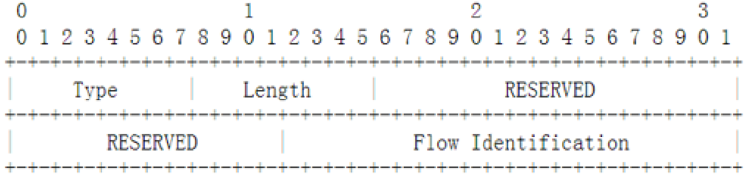
SRv6 零丢包解决方案：

- ✓ 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；

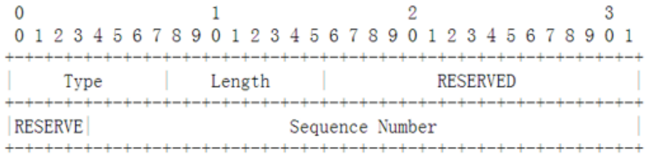




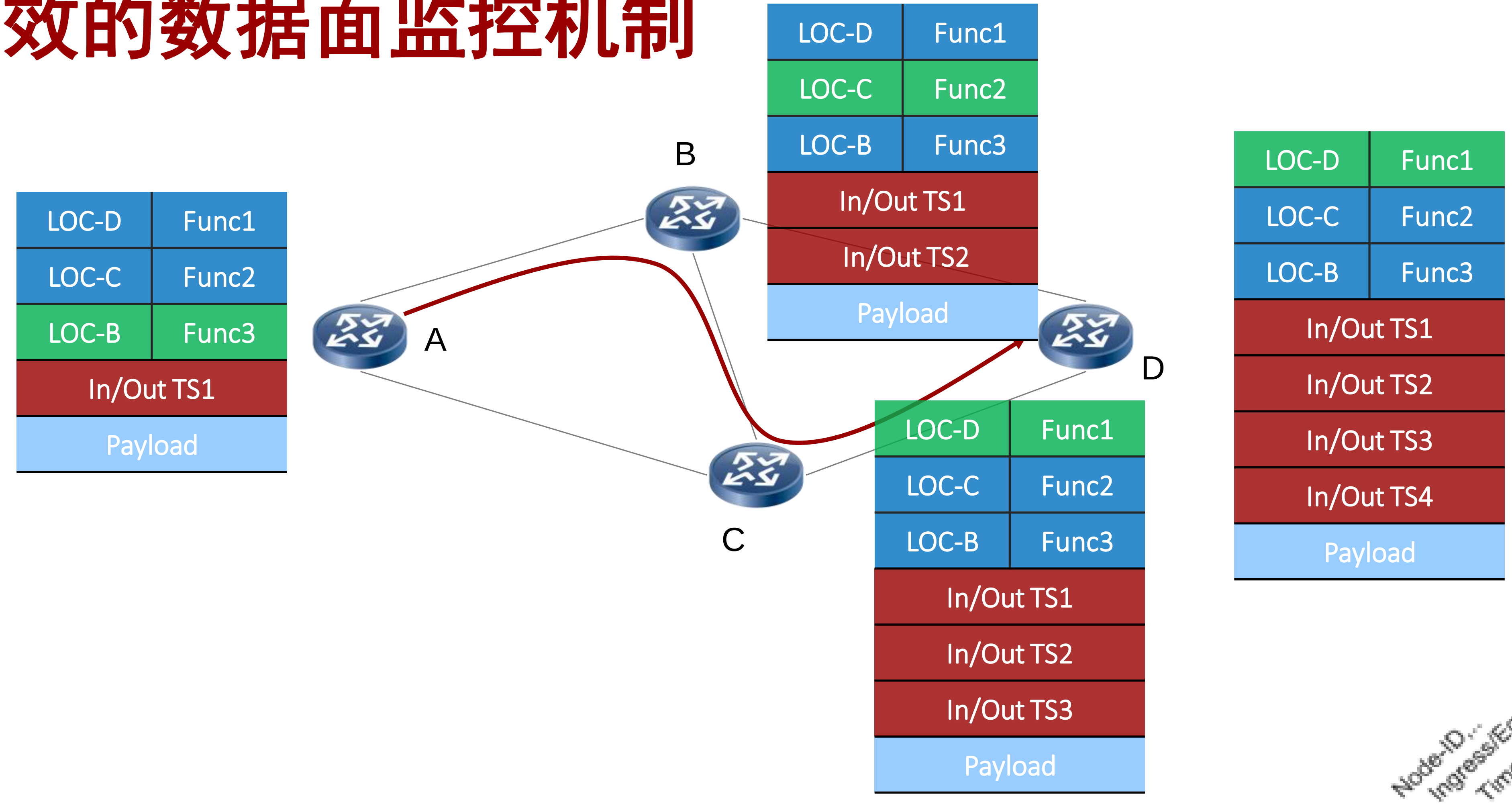
Flow Identification TLV

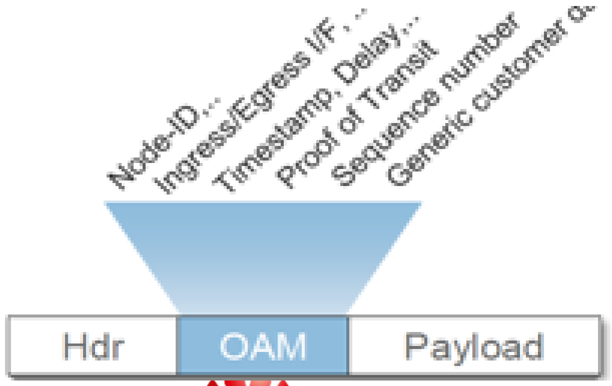


Sequence Number TLV



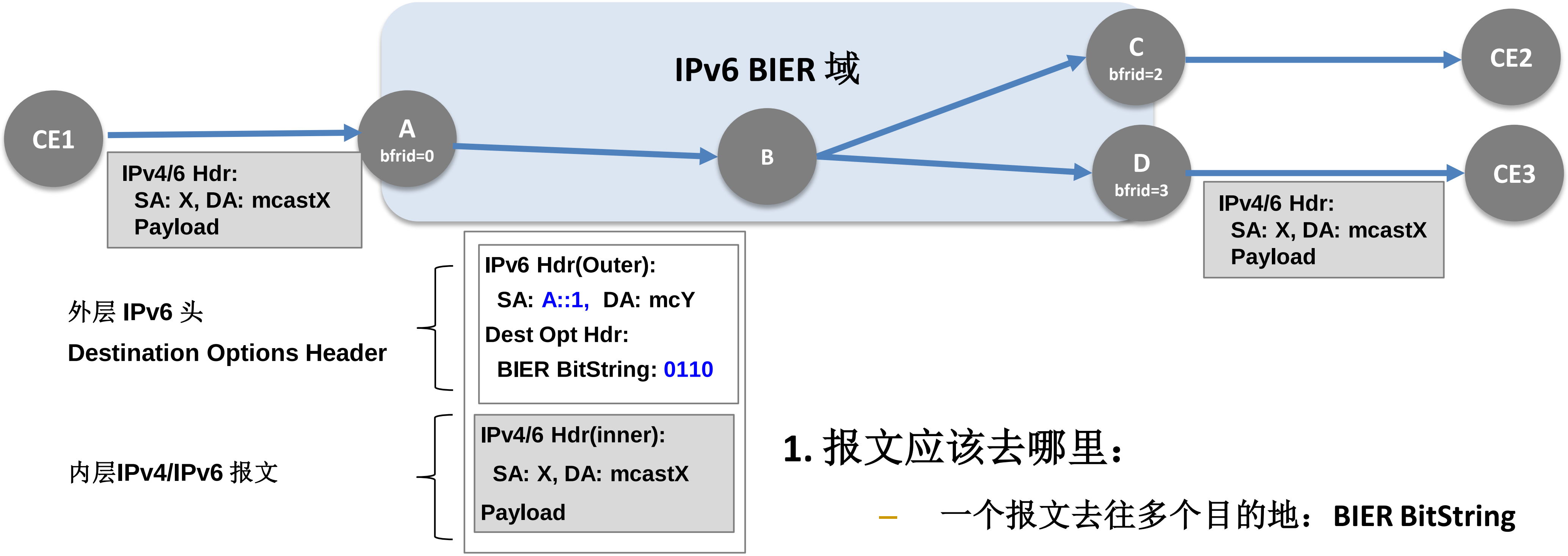
SRv6/IPv6 IFIT（In-situ Flow Info Telemetry）：更有效的数据面监控机制





- 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

BIERv6：新型无状态组播



1. 报文应该去哪里：

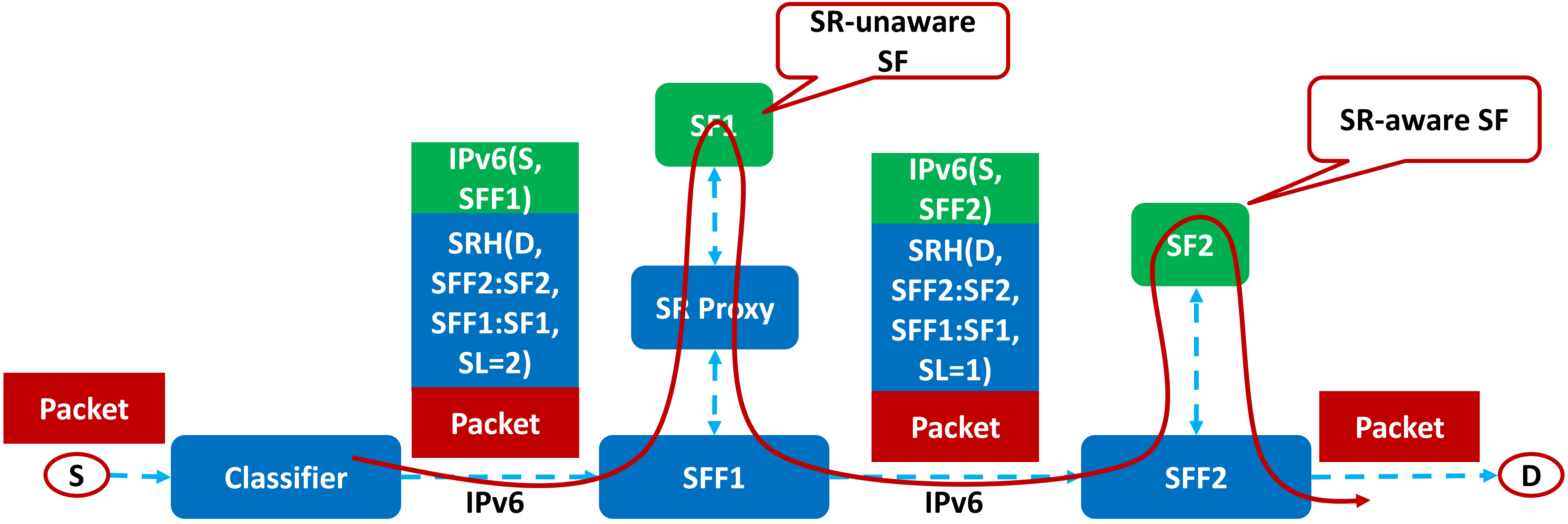
- 一个报文去往多个目的地：**BIER BitString**
- 一个目的地的最小标识：**1 bit !**

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

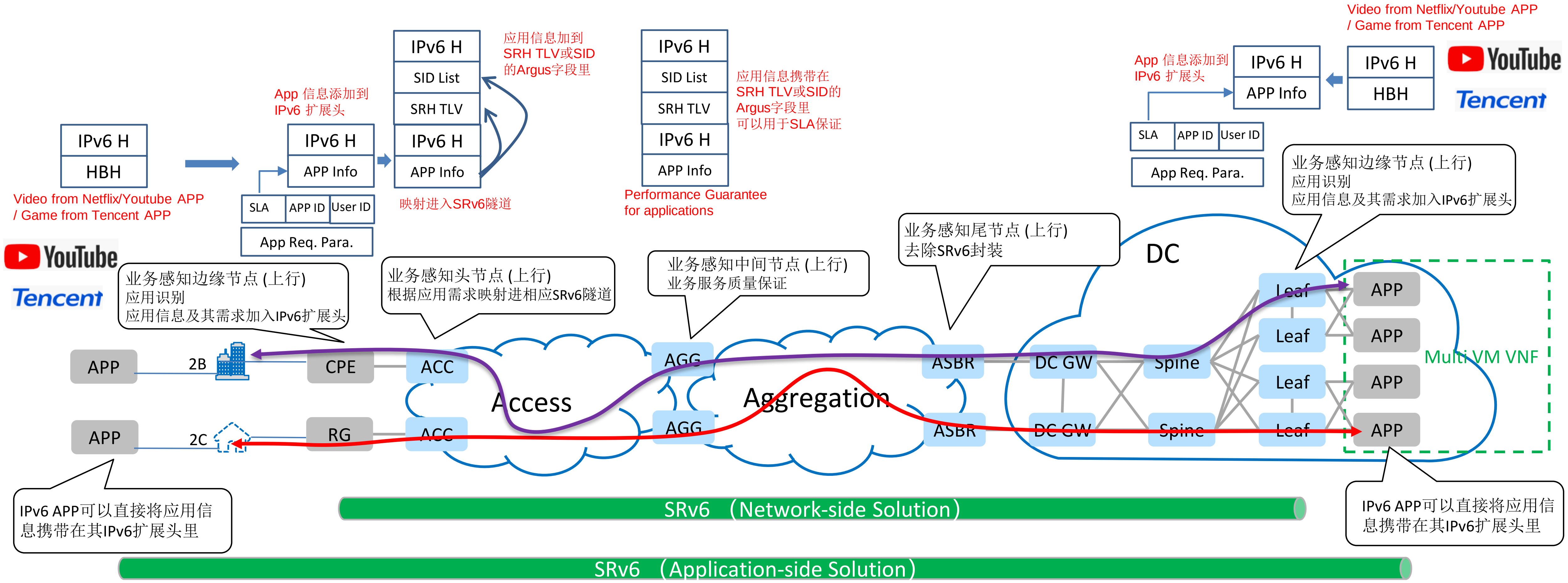


- ❑ 由华为、思科共同主导的 draft-xuclad-spring-sr-service-programming提出
- ❑ 纯SRv6 SFC方案，业务链的转发信息由SRH中的SID List编码，仅需发布Service SID信息即可
- ❑ SID指示数据包的转发路径和业务信息
- ❑ 无需再SFF上维持Per-path的状态信息
- ❑ SRH TLV可携带Metadata，可完全替代NSH

HUAWEI

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



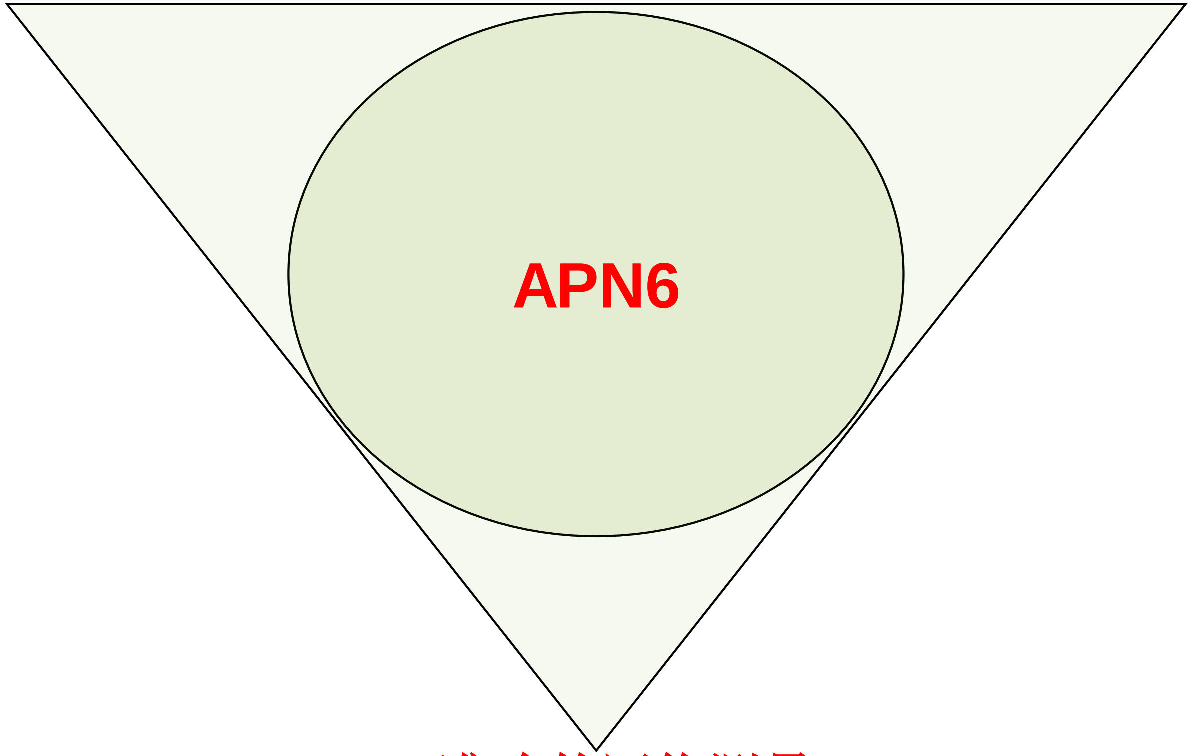
https://tools.ietf.org/html/draft-li-6man-service-aware-ipv6-network-00 IETF104@Prague

HUAWEI

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

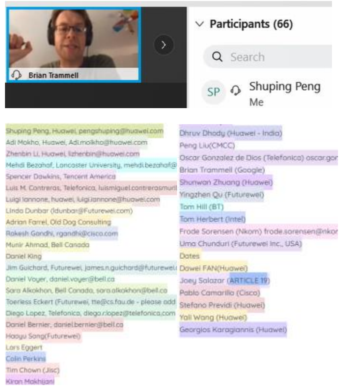
准确的网络测量

- 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的价值获得广泛的产业共识

APN6 first presented @ IETF104
APN6 Side Meeting @ IETF105 & 108

- Attendee: 50+(105) & 60+(108)

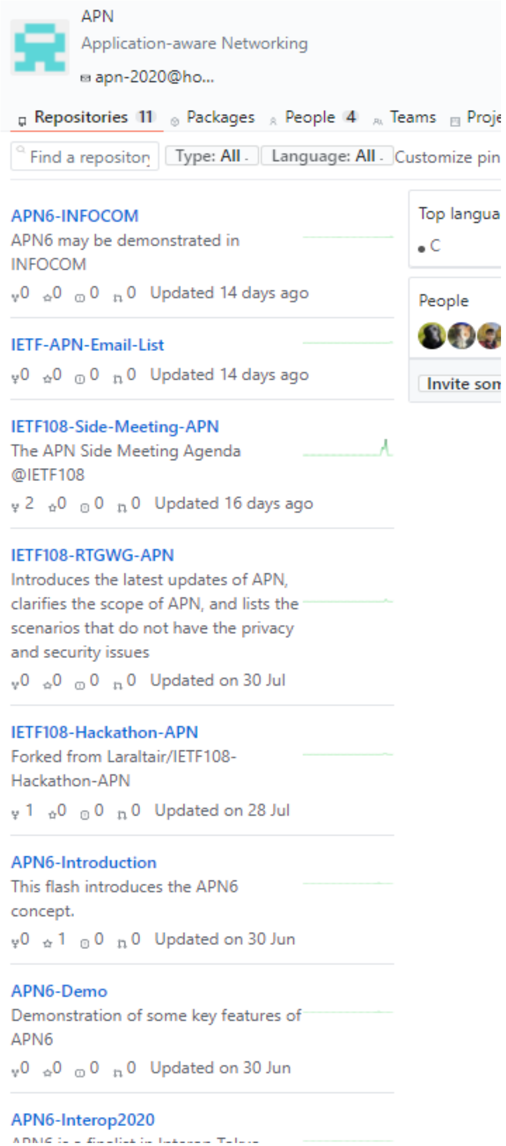


Tentative Agenda

- Introduction & Agenda Bashing (**5** mins)
- Attempts in IETF History (**15** mins)
  - What attempts (SPUD and PLUS BoFs)? What lessons learned?
- Requirements on Application-awareness in Networks (**20** mins, 5 mins each)
  - Operators present their use cases to make clear that they have the Requirements on Application-awareness
  - Bell Canada – Service/Application aware
  - Telefonica – CDN
  - China Mobile – MEC
  - China Unicom – Game Acceleration
- APN Framework (**5** mins)
  - Introduce APN Framework and the available Demo, Hackathon, INFOCOM, etc.
- Acquisition, Encapsulation and Conveying of Application-related Information (**30** mins)
  - Network Tokens
  - FAST
  - APN6
- Discussions & Clarifications – Collecting views from the IETF community (**10** mins)
  - Whether it will bring privacy issue? If yes, how to overcome?
  - Whether it will bring security issue? If yes, how to overcome?
- Conclusion – the way forward (**5** mins)

Next Step

- APN BoF @IETF



https://github.com/APN-Community

INFOCOM2020

HUAWEI

IPv6+扩展头总结

特性	IPv6扩展头		
	HBH Header	Routing Header	DO Header
SRv6 TE/FRR/VPN		√	
VPN+	√	(√)	
IFIT	√	√	√
BIER			√
APN6	√	√	√

IPv6+标准整体布局与进展

IPv6+ 1.0 **SRv6**	SRH RFC8754	SRv6 NP WGLC	**SR Policy**	ISIS	OSPFv3	VPN	BGP-LS	**PCEP**	Protection	**YANG**	**Deployment**

IPv6+ 2.0 **5G&Cloud**	**VPN+**	Framework	SR Data Plane	**IPv6 DP**	IGP	BGP-LS	MT-based	**Flex-Algo based**
	IFIT	Framework	AMM v6	**ISIS**	OSPFv3	BGP-LS	PCEP	**YANG**
	BIERv6	Requirements	Encapsulation	**ISIS**	BGP	MVPN	**OAM**	**YANG**
		OAM	Path Segment	**DETNET**	SFC	SD-WAN	PMTU	**G-SRv6**

IPv6+ 3.0 **APN6**	**Problem Statement**	Use cases	Framework	Encapsulation	Protocols Ext.

RFC | WG Draft | Potential WG Draft | **Individual Draft**

www.ipv6plus.net 提供更多标准进展信息

HUAWEI

IPv6+产业活动

推进IPv6规模部署专家委员会

秘书处

IPv6+技术创新工作组 | IPv6评测监测工作组 | ...

产学研用，多维融合

ipv6 行动计划 · CAICT 中国信息通信研究院 · HUAWEI · 清华大学 · 北京邮电大学 · 中国电信 CHINA TELECOM · 中国移动 China Mobile · China unicom中国联通 · Alibaba Group · Tencent · 国家电网 STATE GRID · 中国广电 CBN · CFIEC · 网宿科技 · 中国石化 SINOPEC · 中国石油 · ChinaCache · 天融信 TOPSEC · NGIunion

ETSI IPv6+ Webinar

ETSI IPv6白皮书发布，推动IPv6+创新

https://www.etsi.org/newsroom/news/1814-2020-08-etsi-ipv6-white-paper-outlines-best-practices-challenges-benefits-and-the-way-forward

IPv6+网站

https://www.ipv6plus.net/

SRv6新书发布

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.

HUAWEI