



中国移动
China Mobile

G-SRv6标准发展及应用实践

中国移动研究院 程伟强

1

G-SRv6技术体系及标准进展

2

G-SRv6组网应用实践

2.1

业务优化：EPE组网提供EVPN业务

2.2

功能增强：灵活切片提供差异化服务

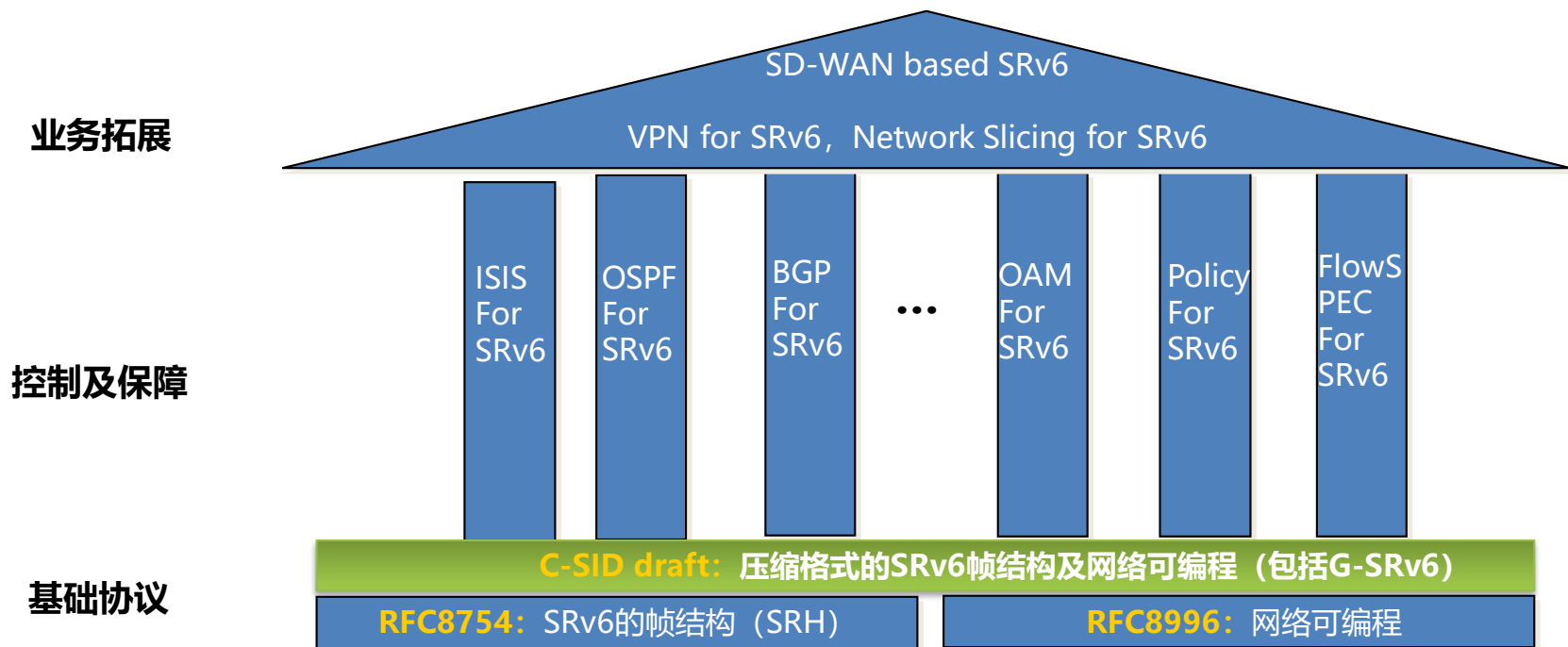
2.3

能力开放：智享WAN提供增值服务

3

总结及展望

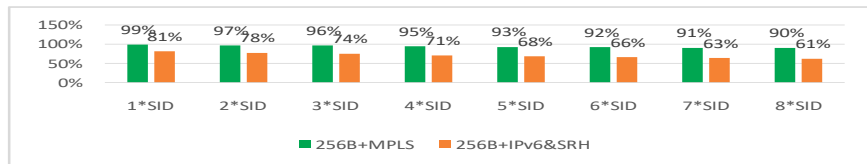
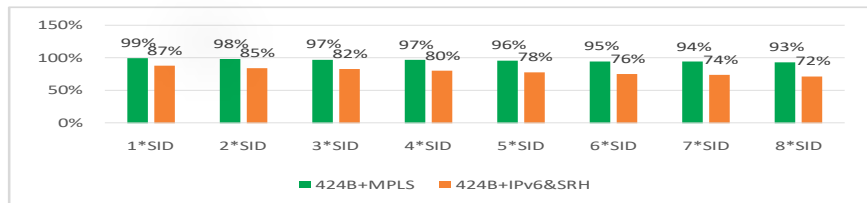
SRv6的标准体系已经基本完善，压缩格式的帧结构及可编程是SRv6的三个基础协议之一，目前已成为工作组文稿，G-SRv6是其中重要的支柱



原生SRv6在**传输效率**和**栈深**处理上的限制需引入头压缩技术



问题1：承载效率低



- 一个SRv6 SID长度为16byte，以8层SID计算，报文头开销将达到128byte，对于平均长度256byte的净荷，其带宽利用率仅为60%左右
- 以用户需求为1GB带宽计算，使用原生SRv6就需要1.66GB带宽，其中0.5GB用于SRv6 SID封装，造成现网带宽的浪费



问题2：芯片实现难

- SRv6要求网络芯片读取完整SRH（包括所有SID），SID层数越多，芯片内部的处理总线带宽要求越高，成为影响芯片成本和功耗的关键因素
- 8层SID带来128byte的SRH中SID列表长度，将大大增加芯片复杂度，增加处理时延，给落地应用带来挑战



问题3：现网升级难

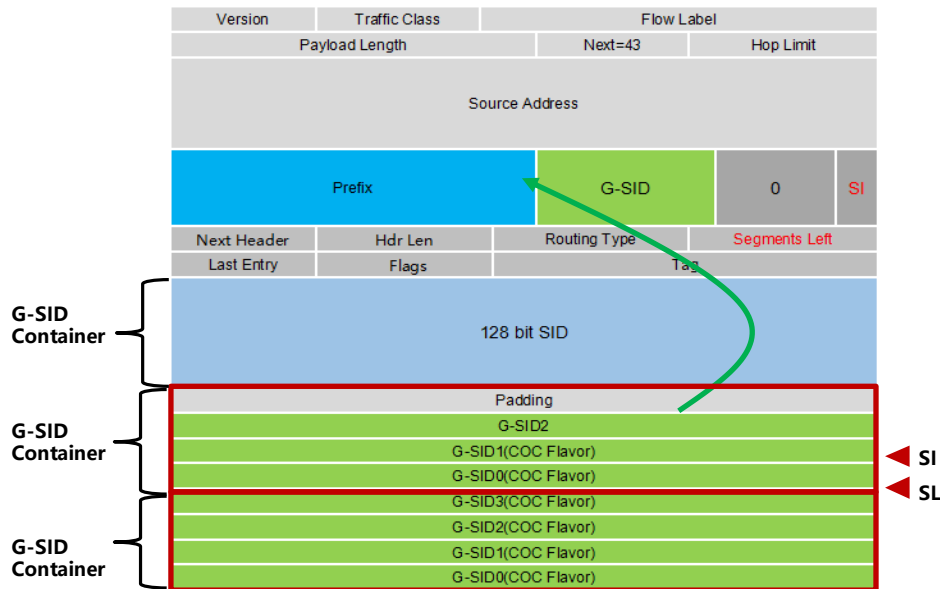
- 8层SRv6 SID的长度相当于32层MPLS标签深度，超出当前网络芯片处理能力
- 如在芯片内部采用环回的解决方案，将大幅降低网络性能，运营商现网难以平滑升级

G-SRv6提出**压缩帧头格式和转发机制**，在支持现有SRv6所有特性前提下解决了SRv6代价问题，**为规模应用扫清了障碍**

G-SRv6基础帧格式和转发创新点：

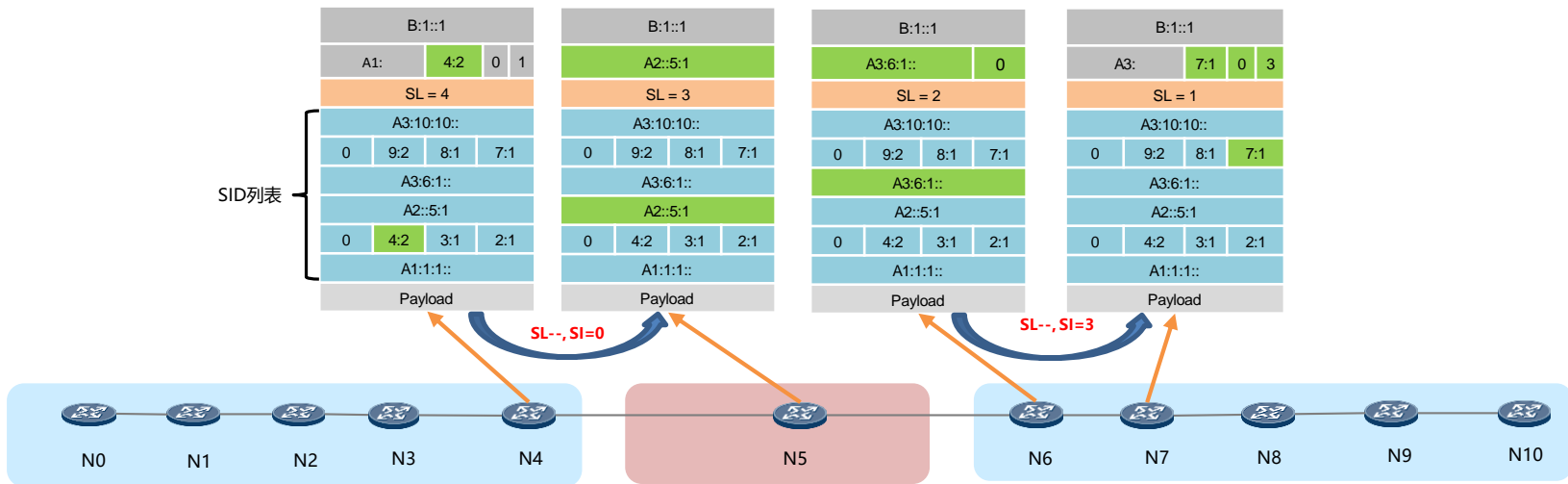
- **压缩冗余前缀**：利用IPv6地址格式规律，压缩后的G-SID仅含不同部分，**解决SRv6封装效率低问题**
- **G-SID容器**，实现压缩SID和原生SID使用统一128bit容器承载，**解决与原生SRv6兼容的难题**
- **二维指针定位**，解决压缩SID索引技术难题，**降低转发硬件实现复杂度**
- **压缩标记技术**，标记下一个SID是否压缩，**解决转发联动问题**

G-SRv6帧头



G-SRv6使用COC flavor识别压缩SID，使用SL和SI定位压缩SID，实现多种SID混合编排转发，为SRv6灵活部署奠定了基础

- N0-N4和N6-N10处于不同Block的G-SRv6压缩域，N5不支持压缩，N4和N6为边界节点
- N4根据目的地址查找Local SID表为本地SID，无COC Flavor，指示下一个SID为原生SID，SL减1并且SI赋值为0
- N5运行原生SRv6转发，SL指向的128位SID复制到目的地址中，转发到下一个N6的SID
- N6为第2个G-SRv6压缩域的第一个节点，根据目的地址查找Local SID表为本地SID，本SID未压缩但有COC Flavor，指示下一个SID为压缩SID，SL减1并且SI赋值为3，后面N7,N8根据COC Flavor更新压缩SID到目的地址并且SI减1，直到N10处理VPN SID



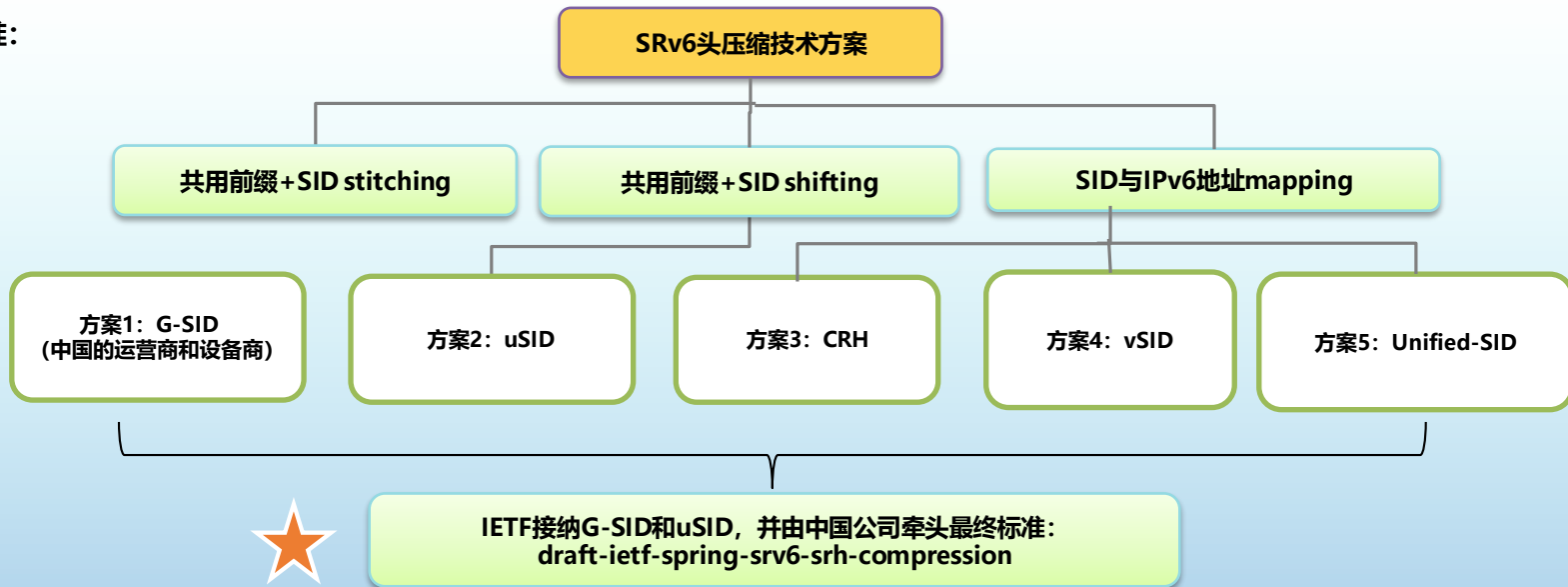
- 三大流派，五种方案的竞争局面，**推动IETF成立了SRv6头压缩设计组，并担任主席**
- 历经三年，G-SRv6压缩帧及转发机制被IETF接纳，**是我国在IP领域少有的核心协议突破**

SRv6核心标准:

三大流派:

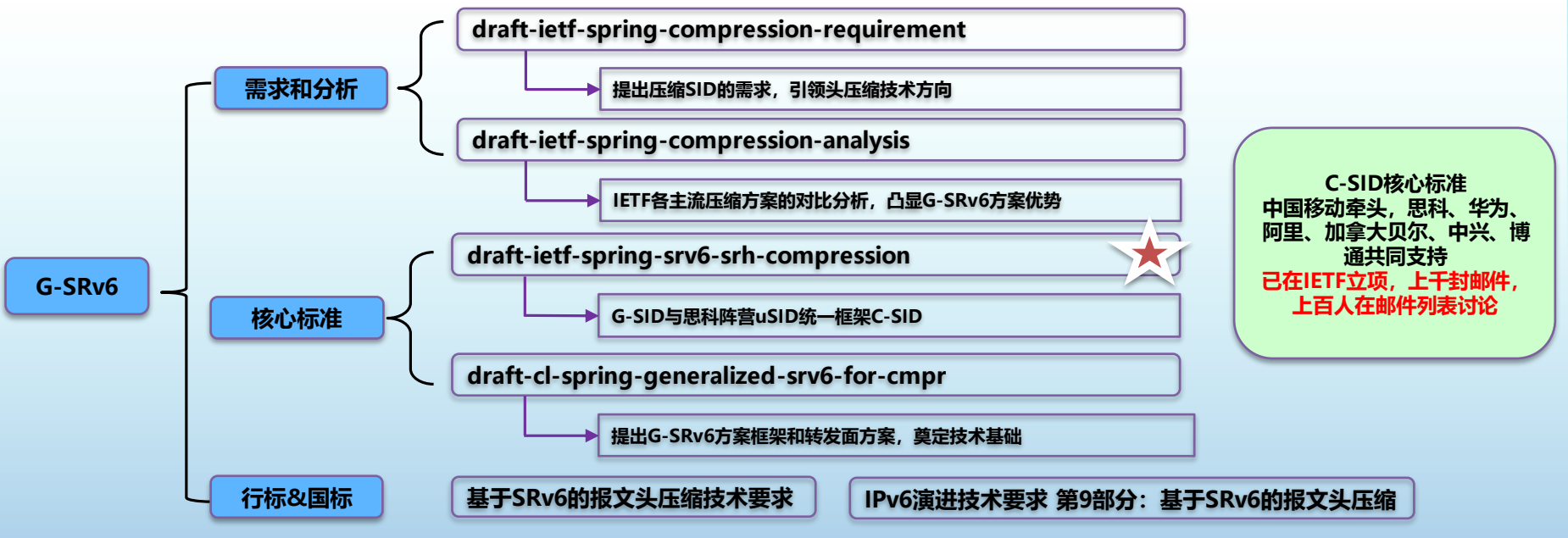
五种方案:

WG方案:



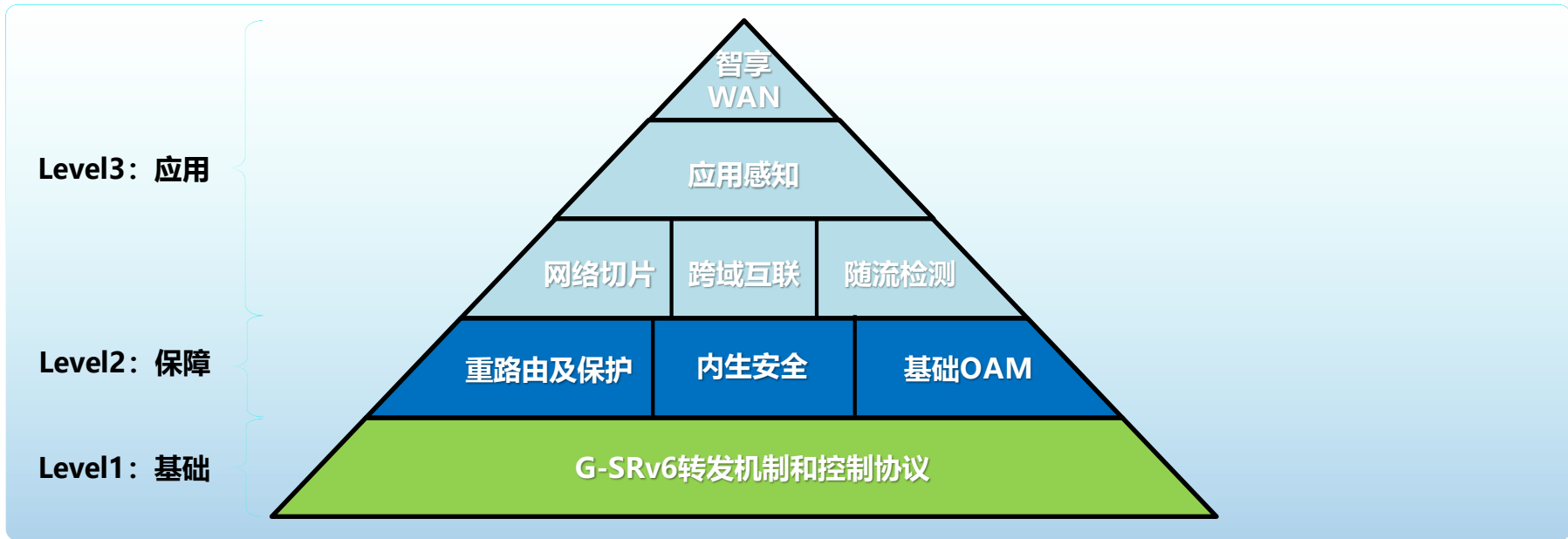
G-SRv6压缩帧格式、转发机制和控制面协议将成为SRv6的核心，是我国在IP领域少有的核心协议突破

- IETF: SRv6头压缩设计组, 已完成头压缩需求、技术分析等关键文稿, 已被接收
- IETF: 与G-SID与u-SID达成共同框架, **C-SID标准成为头压缩技术发展方向**, 已被IETF接收
- CCSA: 基于SRv6的报文头压缩技术要求, 完成行标报批和国标立项



构建面向算网一体的G-SRv6技术体系

基于G-SRv6基础框架，构建IPv6协议创新技术体系，完成可靠性和OAM能力构建，继续推进网络切片、随流检测和跨域互联等技术，并进一步发展智享WAN等新应用



Level1: 基础协议

- 基于G-SRv6转发面提供优质的连接能力，满足多样化的业务连接需求

Level2: 业务保障

- 通过OAM、可靠性、内生安全Savnet能力，构建全面精准的通用业务保障和智能安全系统

Level3: 应用创新

- 应用感知、随流检测、网络切片满足应用的差异化、确定性服务保障需求，进一步构建新一代智享WAN

1 G-SRv6技术体系及标准进展

2 G-SRv6应用实践

2.1 业务优化：EPE组网提供EVPN业务

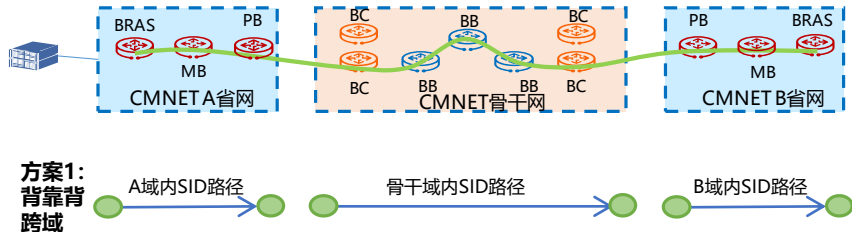
2.2 功能增强：灵活切片提供差异化服务

2.3 能力开放：智享WAN提供增值服务

3 总结及展望

SRv6/G-SRv6网络跨域是关键技术问题，分为背靠背和端到端两种方案

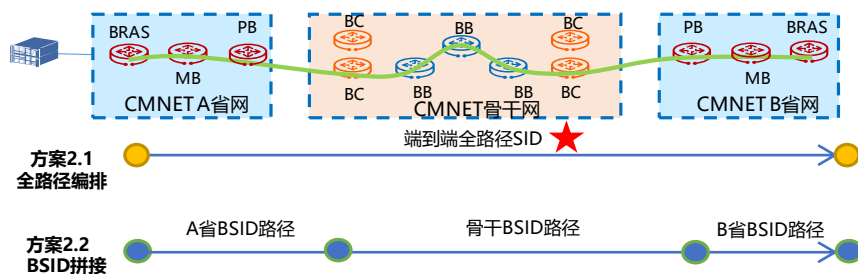
方案1：背靠背跨域



G-SRv6背靠背跨域部署

- 域边界节点之间直接相连，互为CE，采用纯IP转发，通过VLAN进行业务隔离
- 每个域各自部署控制器，协同ASBR间接口和VLAN配置
- 解决跨域可达，但部署复杂，管控困难

方案2：端到端跨域 ★

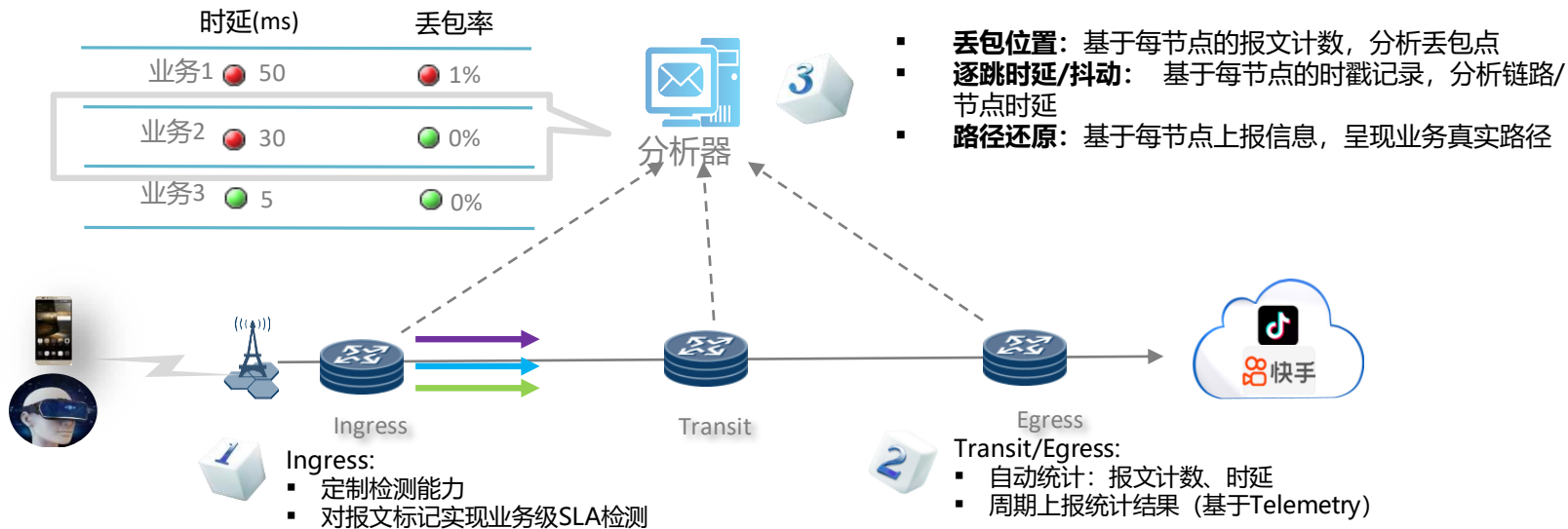


G-SRv6端到端跨域部署

- 域边界节点通过EPE SID连接建立端到端G-SRv6路径
- 方案2.1: 跨域全路径SID编排方式部署简单，充分利用G-SRv6压缩提升承载效率
- 方案2.2: 跨域BSID拼接实现端到端跨域，但增加G-SRv6报文开销，相比全路径压缩SID降低承载效率，保护、OAM等机制更为复杂，运维排障难度大

- 端到端跨域相对部署简单，业务一跳直达，方案1和2比较建议采用方案2
- 2.2 BSID拼接方式由于没有全局路径信息，部署运维复杂度高，建议采用方案2.1，G-SRv6跨域使用端到端全路径SID编排方式

对实际业务流进行特征标记，对特征字段进行测量，显著提升SRv6/G-SRv6网络精细化监测能力



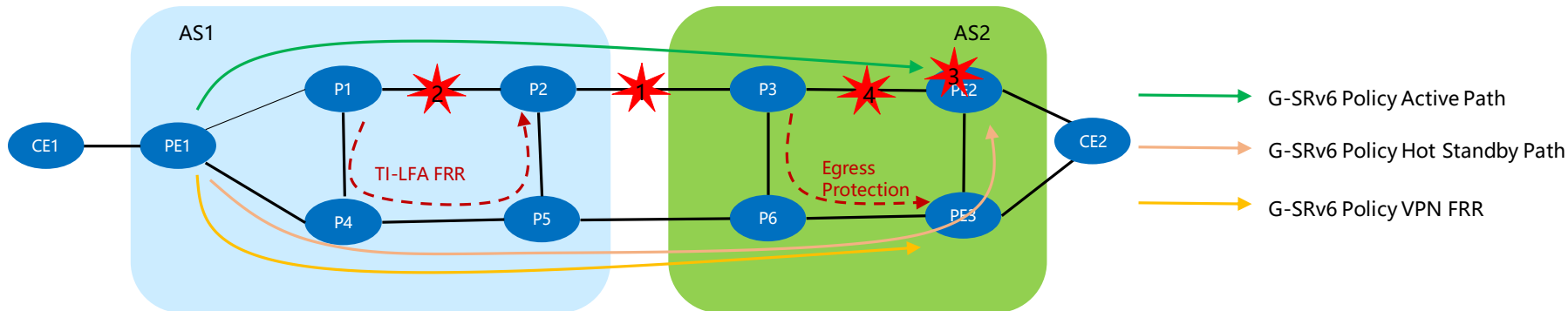
◇ 高精度、真实业务

◇ 场景、指标丰富

◇ 易部署运维

国际组织	国际标准名称	当前进展
IETF	draft-ietf-6man-ipv6-alt-mark	IESG Publication
IETF	draft-wang-ippm-ipv6-flow-measurement-03	individual draft
IETF	draft-wang-ippm-ipv6-distributed-flow-measurement-01	individual draft

G-SRv6端到端保护与本地保护相结合，路径保护与业务保护相结合，形成网络全覆盖的整体保护方案



◇ G-SRv6路径保护

- ✓ **端到端保护**：使用热备份保护机制建立主备路径，检测主路径故障由隧道头节点发起快速切换，适用图中**故障点1和2**，保障隧道所需的SLA要求，但占用额外的网络资源
- ✓ **本地保护**：TI-LFA FRR是一种基于IGP的快速重路由保护机制，预先建立一条备份路径，故障发生时由相邻上游节点快速切换到备份路径，适用图中**故障点2**，不需要预先占用网络资源，但仅满足可达性无法确保SLA要求

◇ G-SRv6出口业务保护

- ✓ **G-SRv6联动VPN FRR**：入口PE预先分别建立到主备出口PE的G-SRv6路径，检测主出口PE故障时由入口PE利用VPN FRR将流量快速引导到备出口PE，适用图中**故障点3**，可保障路径SLA要求，但预先占用网络资源
- ✓ **出口业务本地保护**：入口PE编排G-SRv6的SRH携带主备VPN SID，分别对应主备出口PE，主出口PE故障，由相邻上游节点根据备VPN SID快速切换路径到备出口PE，适用图中**故障点3和4**，不预先占用网络资源，但无法确保SLA要求

G-SRv6网络全覆盖整体保护部署方案文稿：[draft-liu-rtgwg-srv6-protection-considerations](#)

G-SRv6出口多归保护方案文稿：[draft-cheng-rtgwg-srv6-multihome-egress-protection](#)

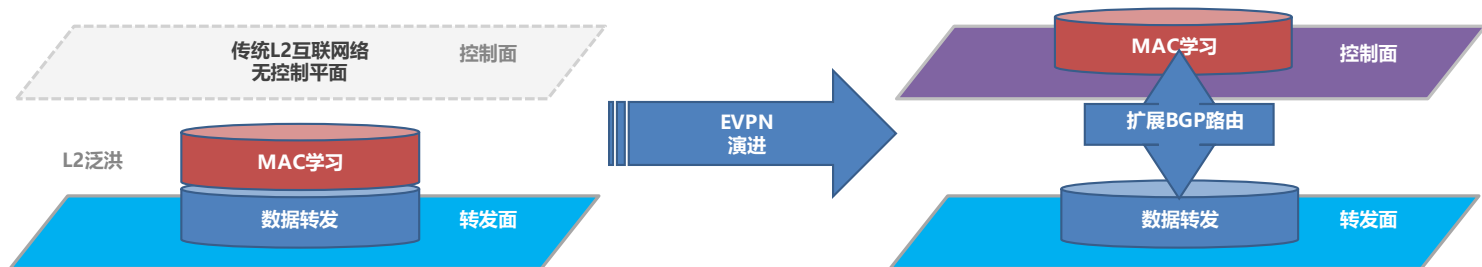
2.1 基于G-SRv6的EVPN实现L2&L3 VPN统一承载

- 随着算网业务逐步演进，针对二层业务接入需求，通过EVPN实现L2/L3 VPN统一承载
- 后续VPN业务演进到EVPN，采用同一地址族进行控制面处理，RR路由策略处理简单，稳定性好

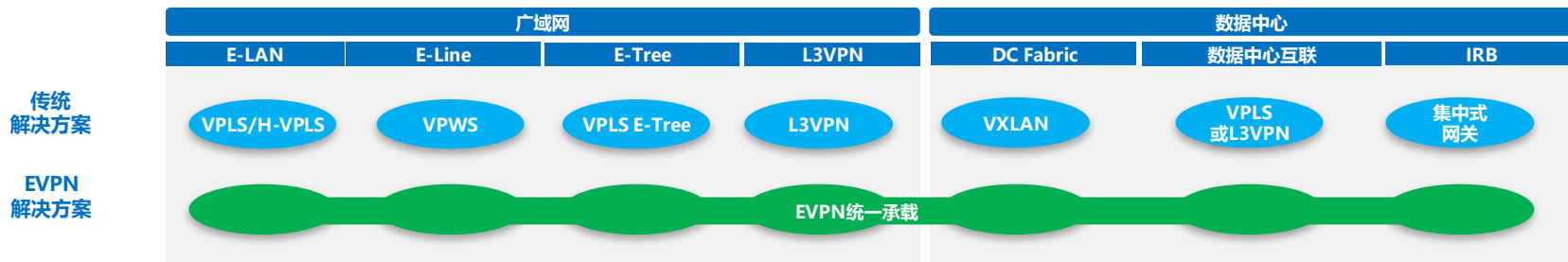
EVPN (Ethernet VPN) 引入BGP协议，实现控制面和转发面分离

•BGP作为控制面简化部署，通过RR解决网络规模限制问题；

•支持多归属和负载分担，提升链路利用率；



基于G-SRv6的EVPN替代传统的多种VPN技术



2.2 功能增强：灵活切片提供差异化服务

网络切片技术将一张物理网络切分多种功能差异化服务网络，满足不同网络切片租户的业务功能、连接和服务质量要求，为用户提供端到端定制化网络拓扑、连接，提供差异化可保证的服务质量，中国移动在G-SRv6技术基础上，分阶段推进承载网切片技术

业务部署

阶段一：基础切片

- **网络背景：**流量轻载
- **基础原理：**通过SR policy定义拓扑和转发行为，为不同切片提供差异化转发路径和隔离资源，保证切片业务互不影响
- **技术创新：**提出Policy Group，实现多点接入单用户多业务差异化资源保障

阶段二：增强切片

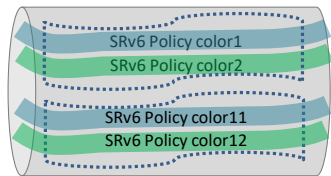
- **网络背景：**流量重载
- **基础原理：**通过切片子接口实现带宽隔离，结合控制面Flex-Algo技术，动态规划拓扑，为不同业务提供确定性资源保障
- **技术创新：**提出SRv6 SID压缩技术，优化SID发布形式，提升Flex-Algo部署规格

阶段三：切片演进

- **网络背景：**海量切片诉求
- **基础原理：**通过转发面切片技术，结合一二阶段方案，实现层次化海量切片，为每一层次切片提供差异化服务保障
- **技术创新：**提出源地址SliceID、End.X等多重转发面切片方案，减少报文开销、提升转发效率

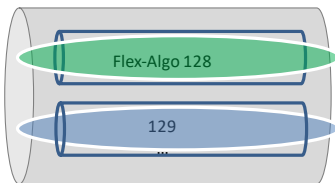
技术部署

- SRv6 Policy+Policy Group



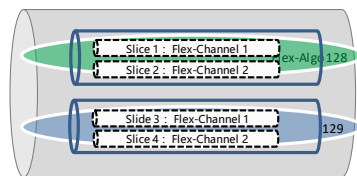
draft-cheng-spring-sr-policy-group
draft-jiang-spring-parent-sr-policy-use-cases

- Flex-Algo+切片子接口



draft-cheng-lsr-isis-srv6-sid-block
draft-gong-lsr-exclusive-link-for-flex-algo

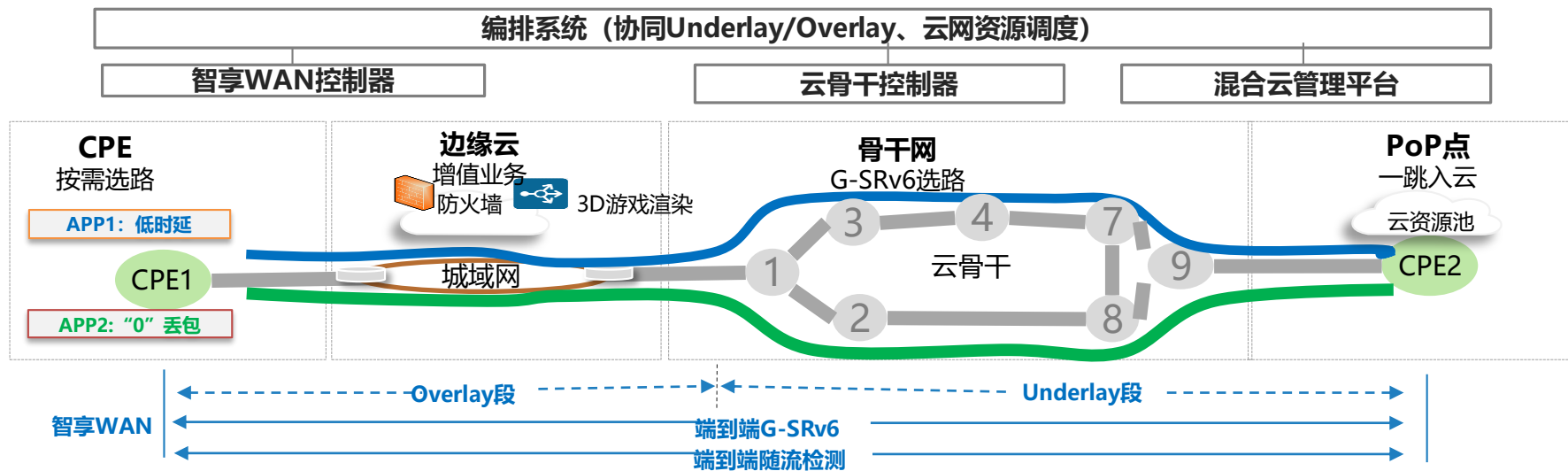
- SliceID+Flex-Channel



draft-cheng-spring-srv6-encoding-network-sliceid
draft-cheng-spring-srv6-resource-programming
draft-liu-spring-nrp-id-in-srv6-segment
draft-gong-teas-hierarchical-slice-solution

2.3 能力开放：智享WAN整体架构

基于SRv6/G-SRv6创新，向Overlay、Underlay融合的智享WAN演进，构建算+网的服务平台

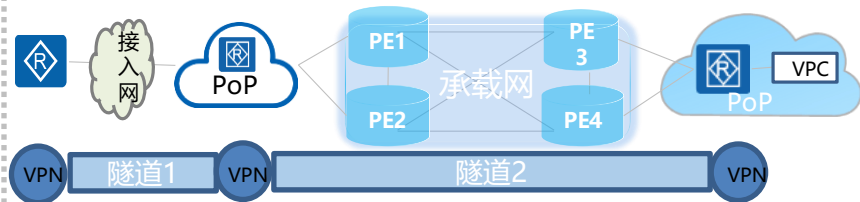


2.3 能力开放：智享WAN相比传统SD-WAN的优势

智享WAN和底层网络**统一了协议体系**，并融合**Overlay和Underlay**网络，在简化网络的基础上增强了**算力+网络资源调度以及业务质量保障能力**

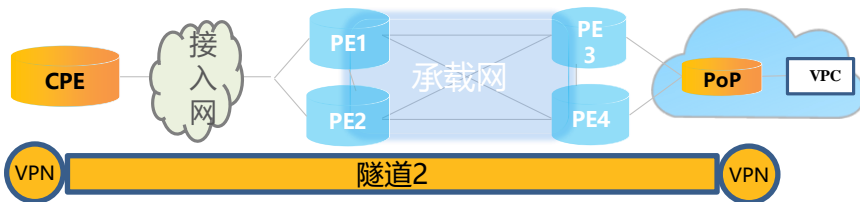
SD-WAN

“多”段隧道，端到端路径调整复杂度高，卖接入带宽



智享WAN

“1”条端到端的隧道，实现应用级网络级质量保障，卖服务



传统尽力而为 --> 极简确定性

- G-SRv6源路径编排实现接入到应用的一跳入多云
- 通过随流检测感知业务质量，实现对业务质量的闭环控制，对业务提供确定性网络服务。

传统业务保障 --> 端到端差异保障

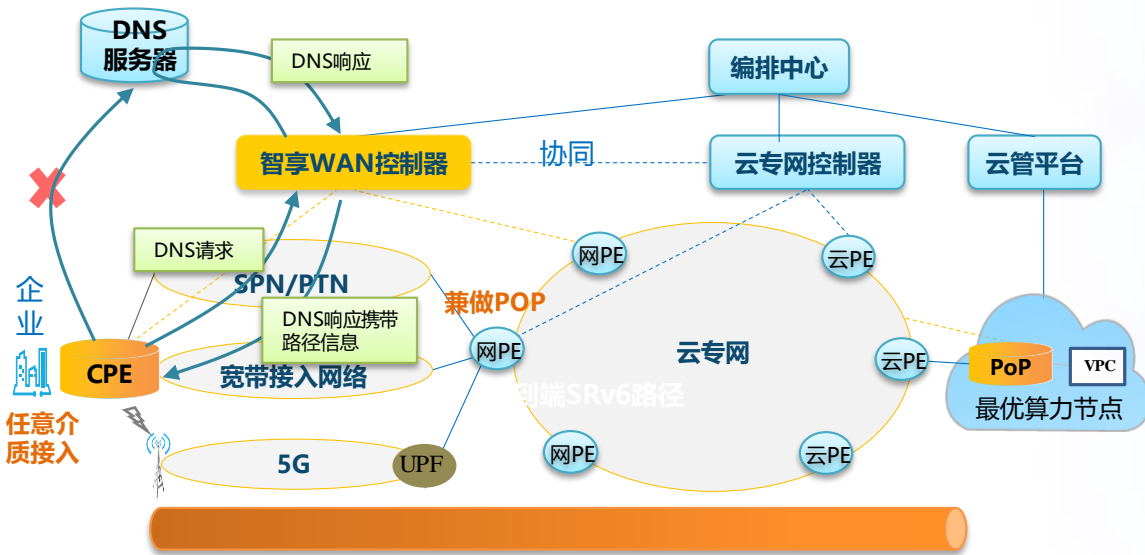
- 通过网络感知应用的技术，结合G-SRv6的路径能力，提供基于应用的全路径端到端差异化网络服务能力。

增值业务→灵活的业务链

- 通过基于G-SRv6的业务链可以在头结点指定转发路径，无需在每个节点维护逐流转发状态，提供灵活的自定义增值服务组合

2.3 能力开放：智享WAN应用驱动网络

智享WAN是应用的入口，将用户意图和网络资源调度能力结合，通过DNS驱动G-SRv6路径，实现“应用+算力+网络”协同最优调度，提供弹性化、差异化、可增值的算网一体服务



应用感知

利用DNS域名标识应用，CPE收到控制器代理返回的DNS响应后记录**应用策略和目标IP地址绑定关系**

算力感知

DNS会根据请求选择**最优的算力服务节点**，将其IP地址信息返回给智享WAN控制器

路径最优

控制器根据DNS选定的最优节点IP地址，**编排端到端SRv6路径**，并将路径策略通过DNS响应带给CPE

1 G-SRv6技术体系及标准进展

2 G-SRv6应用实践

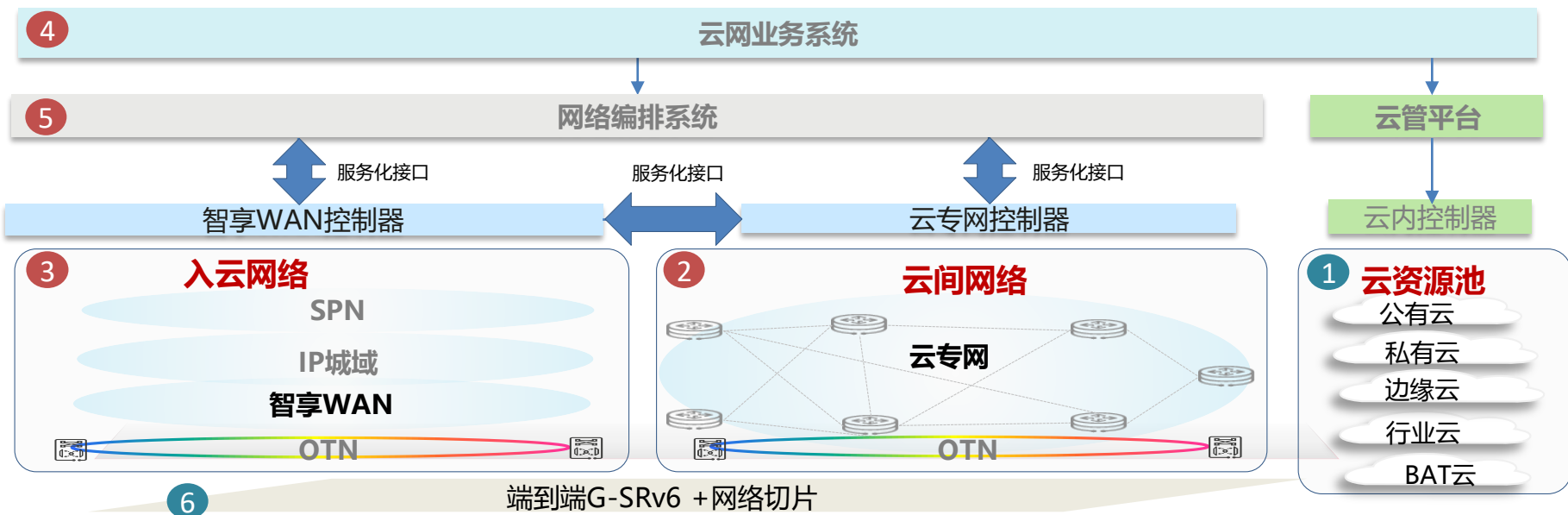
2.1 业务优化：EPE组网提供EVPN业务

2.2 功能增强：灵活切片提供差异化服务

2.3 能力开放：智享WAN提供增值服务

3 总结及展望

以算力为中心构建IP底座，实现业务和资源分离，入云、云间网络协议统一，实现云下一张网的能力；物理网络提供面向业务的服务化接口，实现多个业务的模块化灵活组合。



新增



优化



中国移动
China Mobile

谢谢聆听!

www.10086.cn