

IPv6+关键技术与应用概述



| 前言

- 2021年，我国颁布《关于加快推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署和应用工作的通知》，着力解决关键问题，深化部署加速推进IPv6规模部署和应用。
- 《关于加快推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署和应用工作的通知》从政策驱动转向应用需求驱动，鼓励开展“IPv6+”产业创新引领全球发展方向，要求到2025年末，全面建成领先的IPv6技术、产业、设施、应用和安全体系，我国IPv6网络规模、用户规模、流量规模位居世界第一位，成为全球“IPv6+”技术和产业创新重要推动力量。
- 本课程介绍了IPv6+的基本概念，并系统概述了IPv6+的关键技术与应用。

| 目标

- 学完本课程后，您将能够：
 - 描述IPv6+的概念及内涵。
 - 描述IPv6扩展头的常见类型及其应用。
 - 描述IPv6+关键技术与应用的基本原理、价值及应用场景，包括分段路由（SRv6）、新型组播（BIERv6）、网络切片、随流检测（iFIT）、应用感知（APN6）及智能运维等。

| 目录

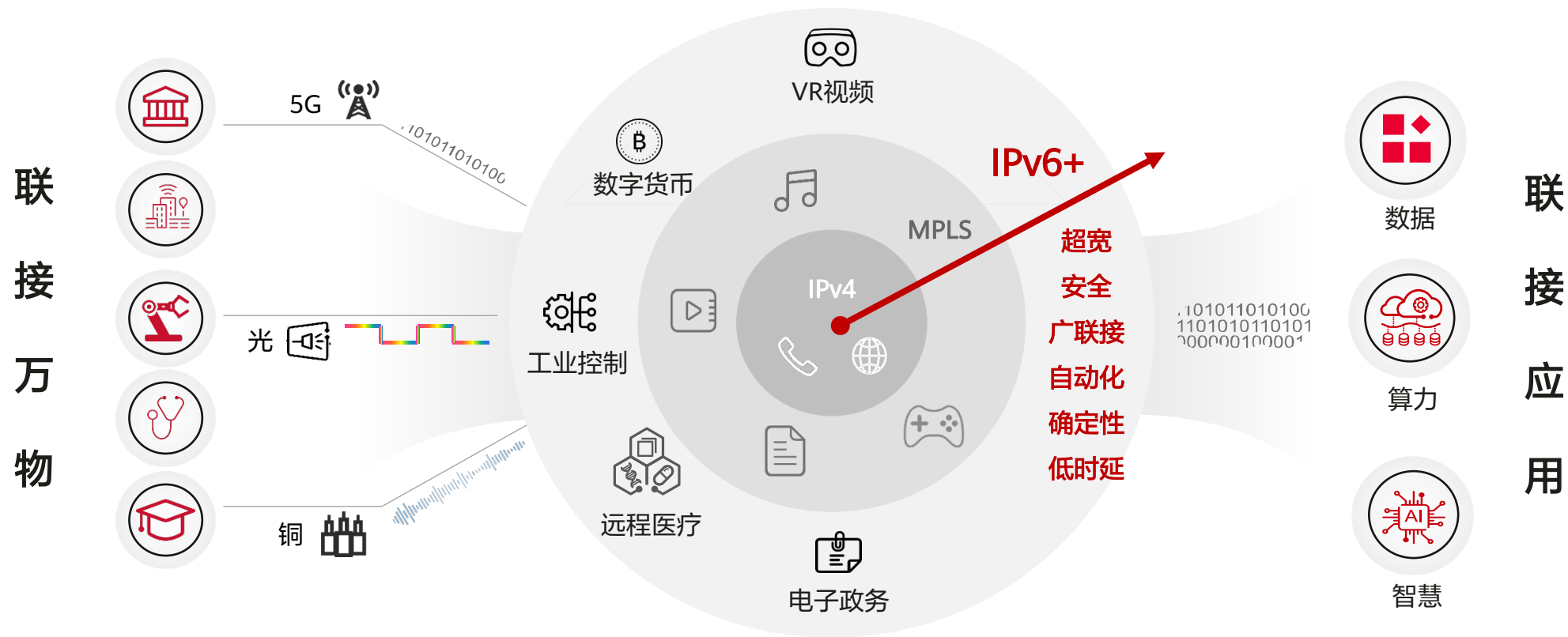
- IPv6+内涵与技术体系概述
- IPv6+关键技术与应用概述
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - IPv6+确定性IP网络
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

数据通信网络是数字化的基石



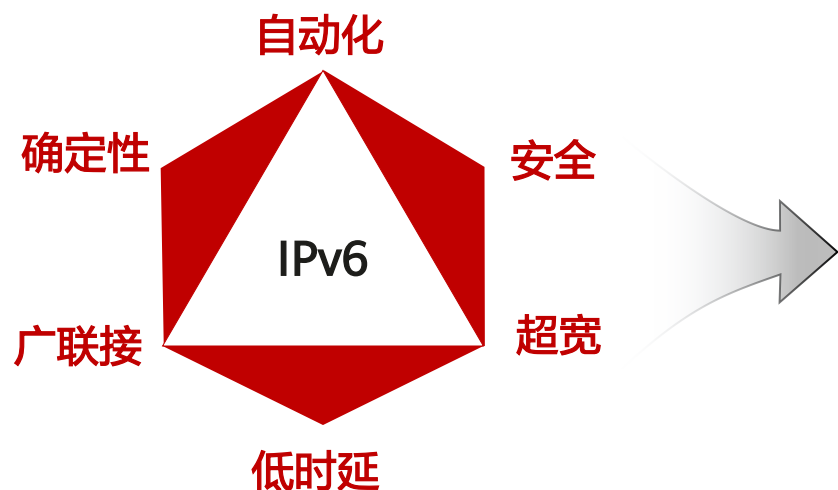
- 数据通信网络包含多样化的数据通信设备
- 数字化世界联接个人、企业及算力，而数据通信网络是数字化世界的基石

数据通信产业迈向IPv6+智能联接时代



什么是IPv6+?

“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。

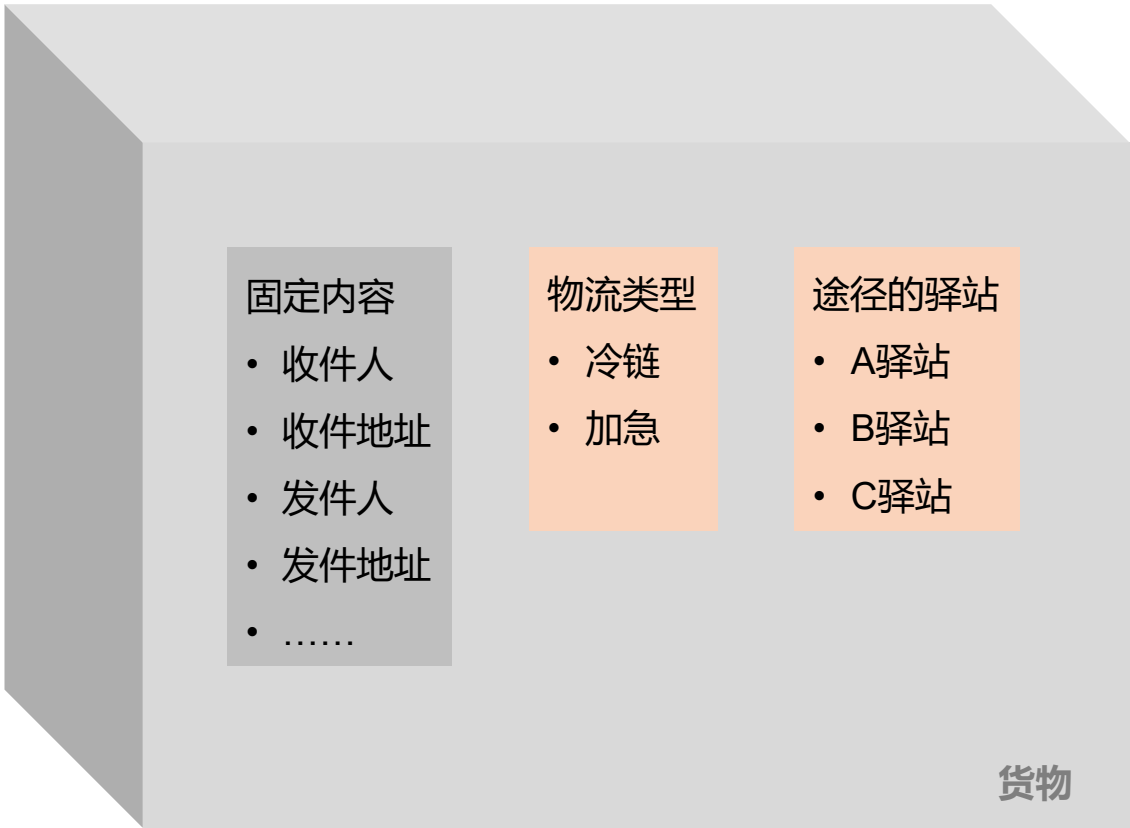
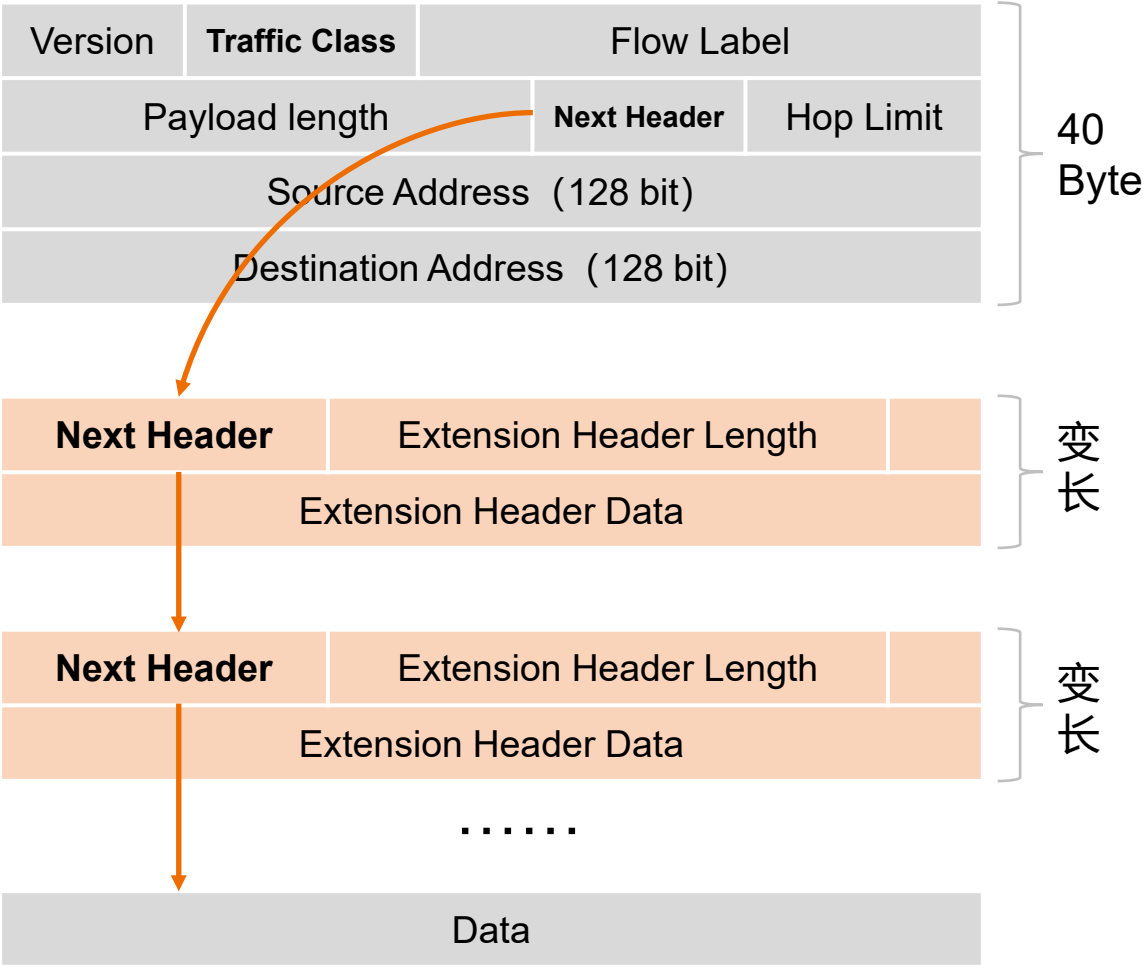


1. 由万物互联向万物智联升级。IPv6海量地址构建了万物互联的网络基础，“IPv6+”全面升级IPv6技术体系，推动IPv6走向万物智联，满足多元化应用的需求，释放产业效能。
2. 由消费互联网向产业互联网升级。IPv6规模部署构筑了消费互联网基座，面向全业务智能化和云时代千行百业的数字化转型，“IPv6+”全面升级各行业网络基础设施和应用基础设施，使能行业数字化。

来源：邬贺铨院士（推进IPv6规模部署专家委员会主任）在2021 MWC的发言



IPv6扩展报文头概述



IPv6扩展报文头

名称	Next Header 协议号	作用
逐跳选项扩展报文头HBH (Hop-by-Hop Options Header)	0	用来携带需要被转发路径上的每一跳路由器去处理的信息
目的选项扩展报文头DOH (Destination Options Header)	60	用于携带需要由当前目的地址对应的节点去处理的信息
路由扩展报文头RH (Routing Header)	43	用来指明一个报文在网络内需要依次经过的路径点，用于源路由方案
分片扩展报文头FH (Fragment Header)	44	携带了各个分片的识别信息
认证扩展报文头AH (Authentication Header)	51	通常用于IPSec认证。能提供3种安全功能：无连接的完整性验证、IP报文来源认证和重放攻击防护
封装安全有效载荷扩展报文头ESP (Encapsulating Security Payload Header)	50	通常用于IPSec认证与加密。能提供无连接的完整性验证，数据来源认证，重放攻击防护，以及数据加密等安全功能

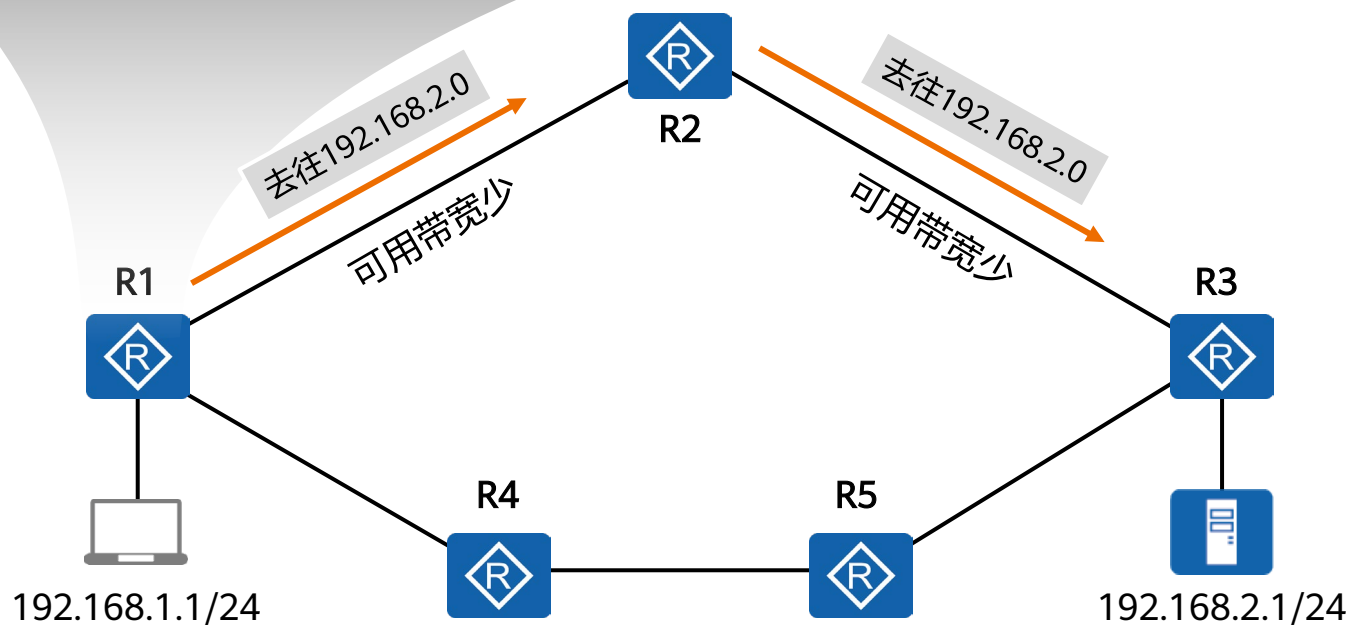
| 目录

- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - IPv6+确定性IP网络
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

早期IP网络与IP路由面临的问题

R1的路由表

目的网络/掩码	协议	下一跳
192.168.2.0/24	OSPF	R2
192.168.0.0/16	OSPF	R4
...



实现方式:

- 数据采用IP封装。
- 设备通过路由协议发现路由信息。
- 设备收到报文后在路由表中查询报文的目的IP地址，依据匹配的路由进行转发。
- 支持等价负载分担。

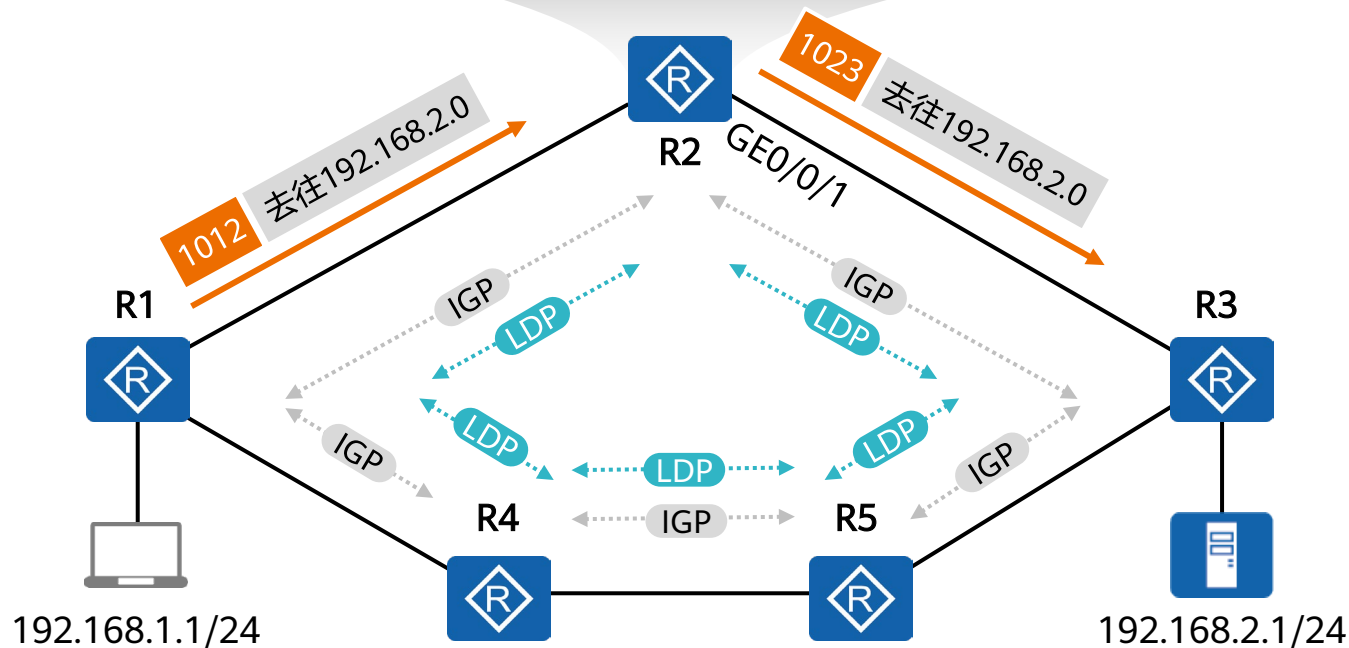
问题描述:

- 最长匹配算法，基于软件查询路由，性能低。
- 基于最短路径转发流量，服务质量未必最优。

MPLS多协议标签交换技术的出现

R2的标签转发表

FEC	入标签	出标签	出接口
192.168.2.0/24	1012	1023	GE0/0/1
...



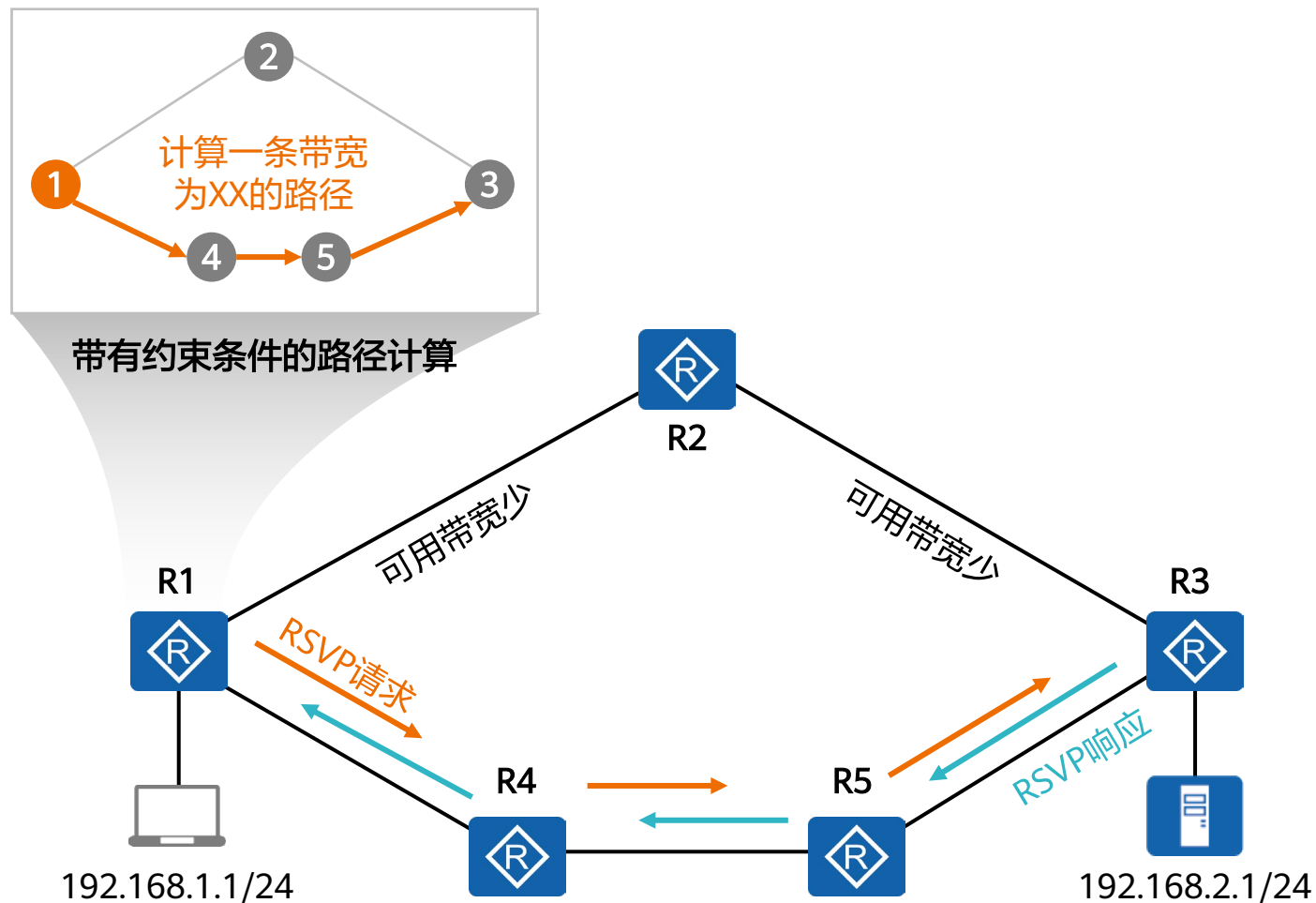
实现方式:

- 在IGP基础上额外引入标签分发协议LDP。
- 在报文中增加MPLS头部，基于MPLS标签进行数据转发。
- MPLS转发效率更高（相比早期IP路由）。
- 可实现VPN业务。

问题描述:

- 引入额外的LDP协议实现标签分发。
- 需警惕IGP与LDP同步问题。
- 依然依赖路由协议，无路径规划能力。

MPLS支持流量工程



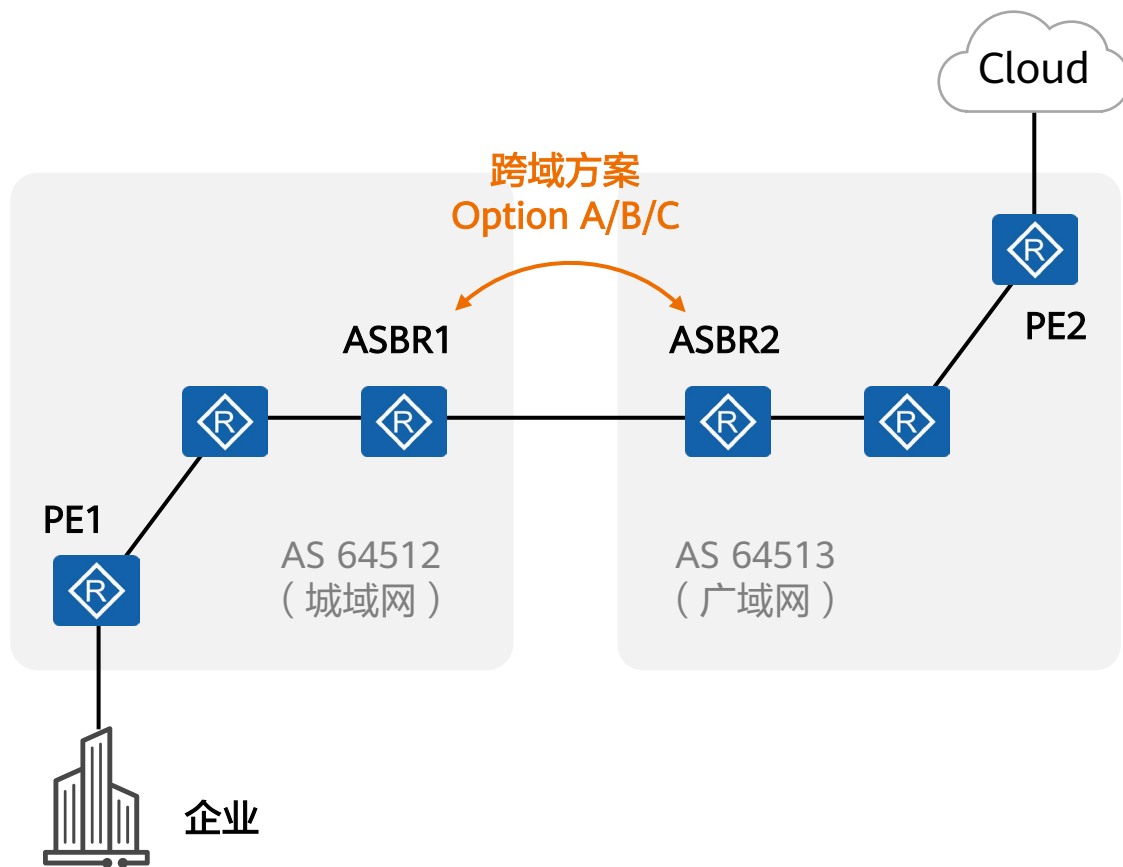
实现方式:

- 支持基于约束的路径计算。
- 采用RSVP建立转发隧道，并实现标签分配。
- 数据采用MPLS封装。
- 可实现路径规划（路径约束）。

问题描述:

- 依赖IGP扩散可用带宽等信息，同时引入额外的协议实现资源预留、标签分发。
- 路径状态的维系依赖RSVP报文刷新，浪费链路带宽。

MPLS VPN的跨域部署



实现方式:

- 通过Option A/B/C等多种形式实现MPLS跨域。

问题描述:

- 方案复杂，业务部署复杂度高。
- 跨越多个AS时，需在ASBR上逐段配置，配置及维护工作量大。

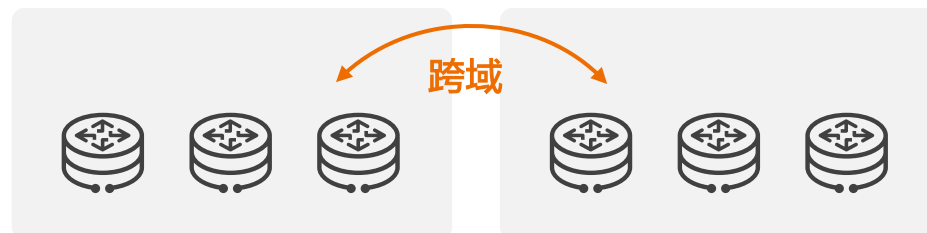
小结：IP/MPLS的组合遇到的问题与挑战

转发优势消失

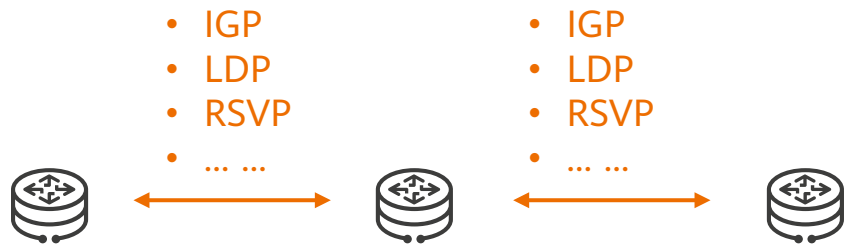


随着ASIC技术的发展，路由查找速度已经不是瓶颈

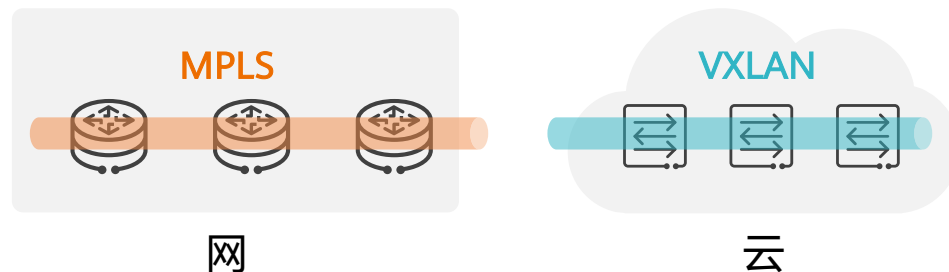
跨域部署困难



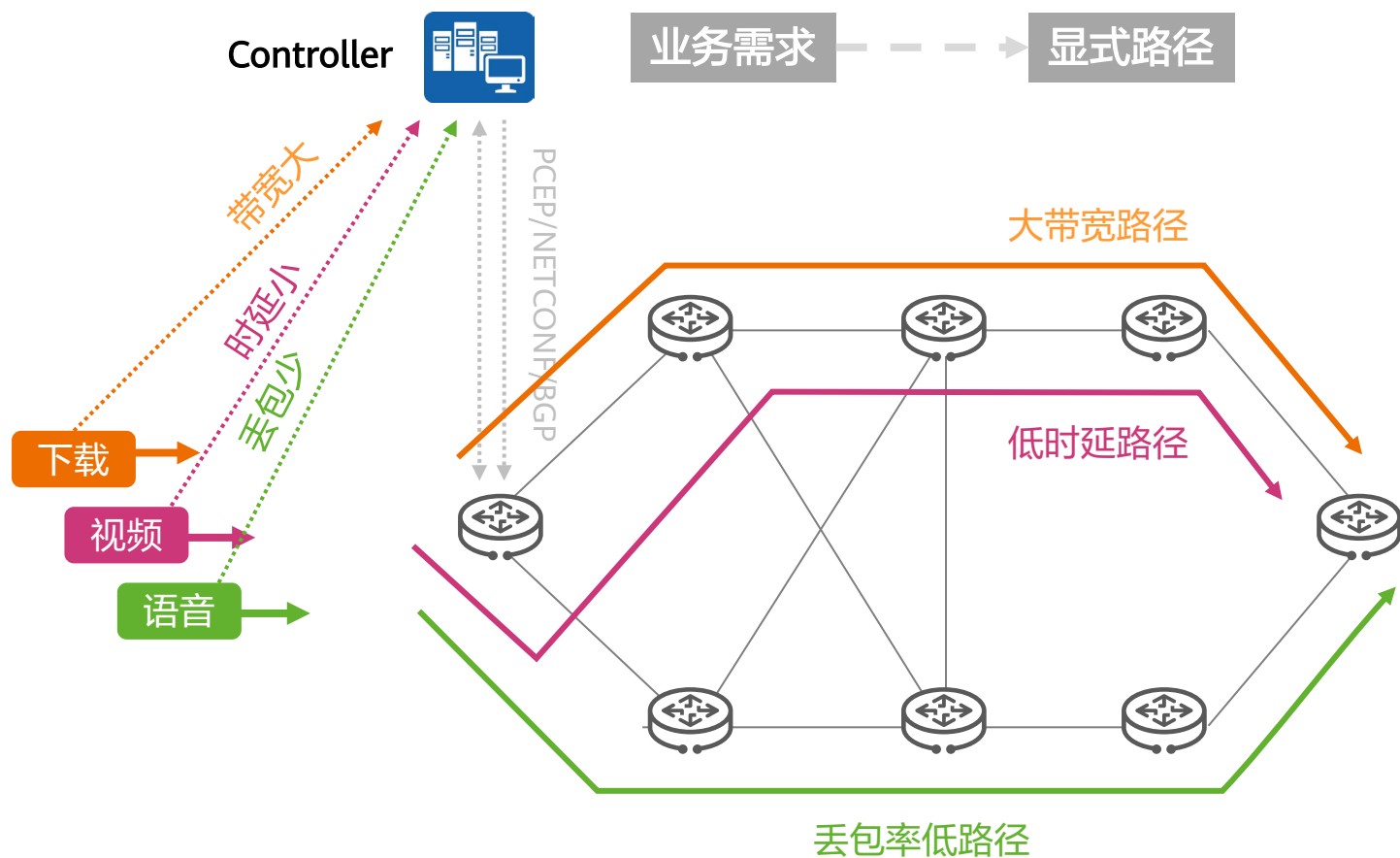
业务管理及协议状态复杂



云网融合困难



Segment Routing的出现



简化协议:

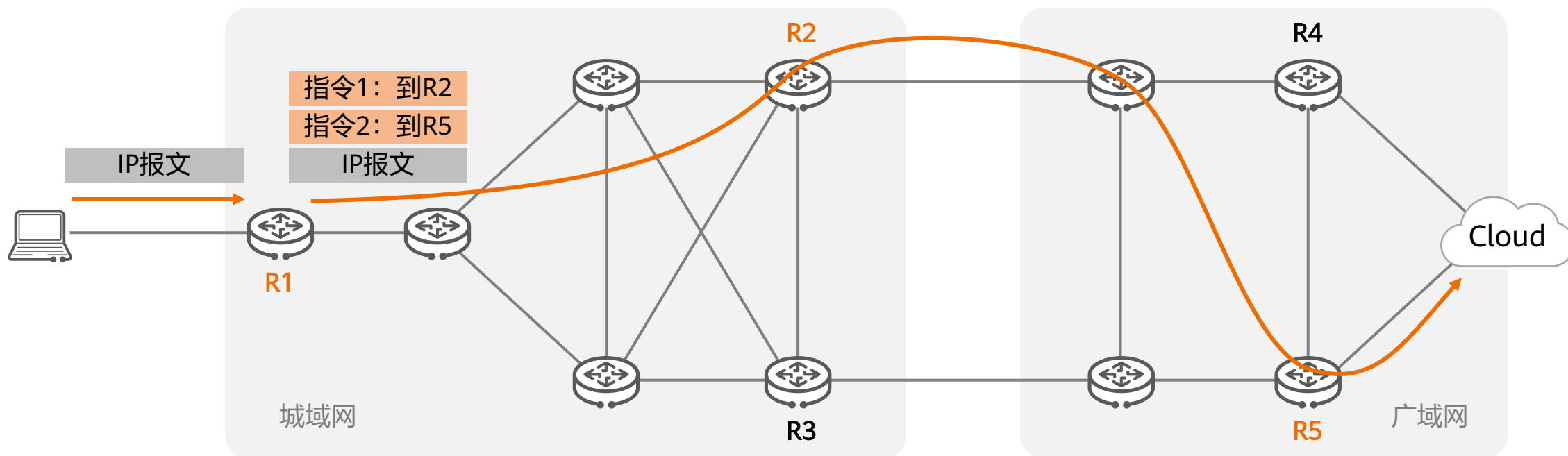
- 针对IGP/BGP进行能力扩展, 使其具备标签分发能力, 无需依赖LDP、RSVP协议。

由业务来定义网络:

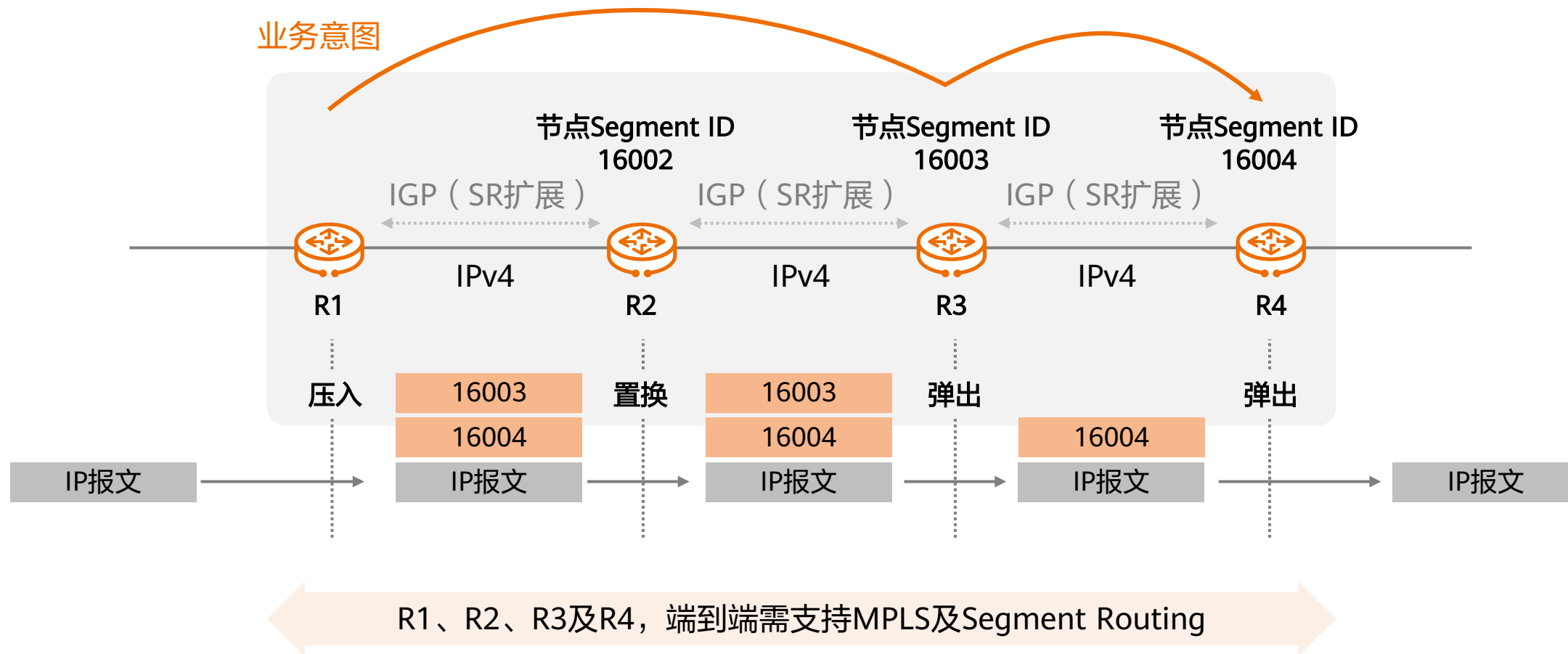
- 由业务提出需求 (时延、带宽、丢包率等)。
- 控制器收集网络拓扑、带宽利用率、时延等信息, 根据业务需求计算显式路径。
- 引入源路由机制, 契合SDN理念。

Segment Routing的“段”与“路由”

业务意图：指示流量从R2出城域网抵达广域网（第一段），并从R5进入Cloud（第二段）。



Segment Routing在MPLS上的实现: SR-MPLS

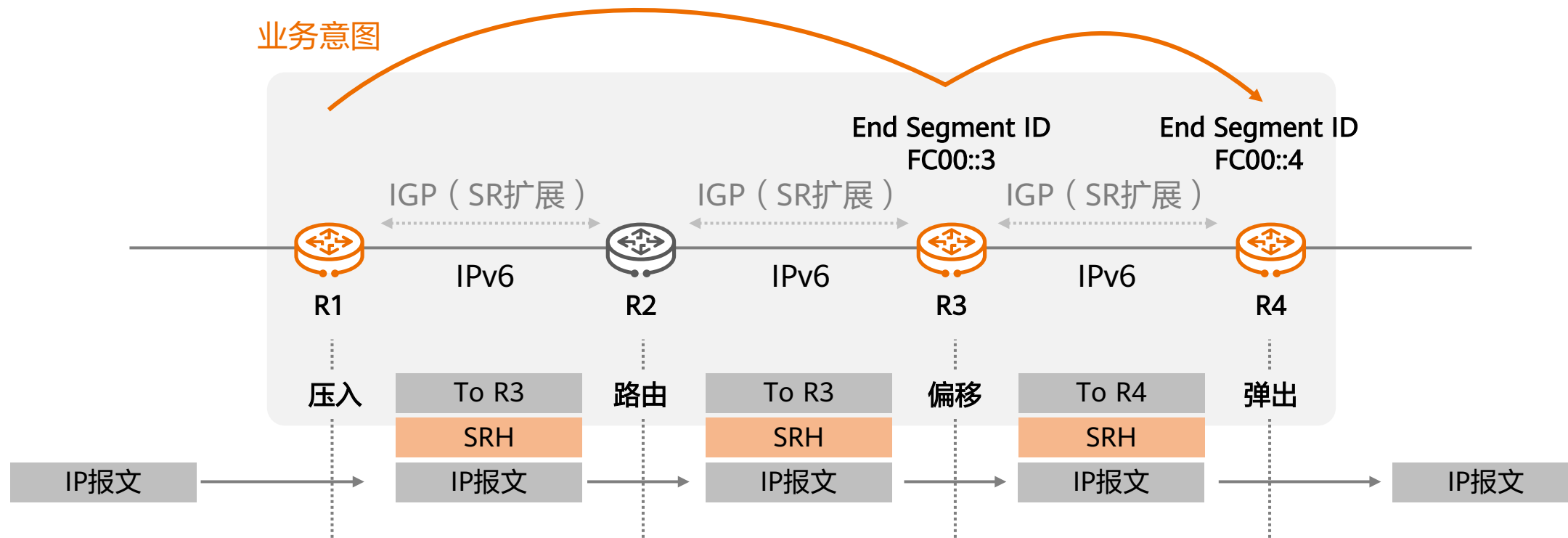


MPLS标签头

IP报文



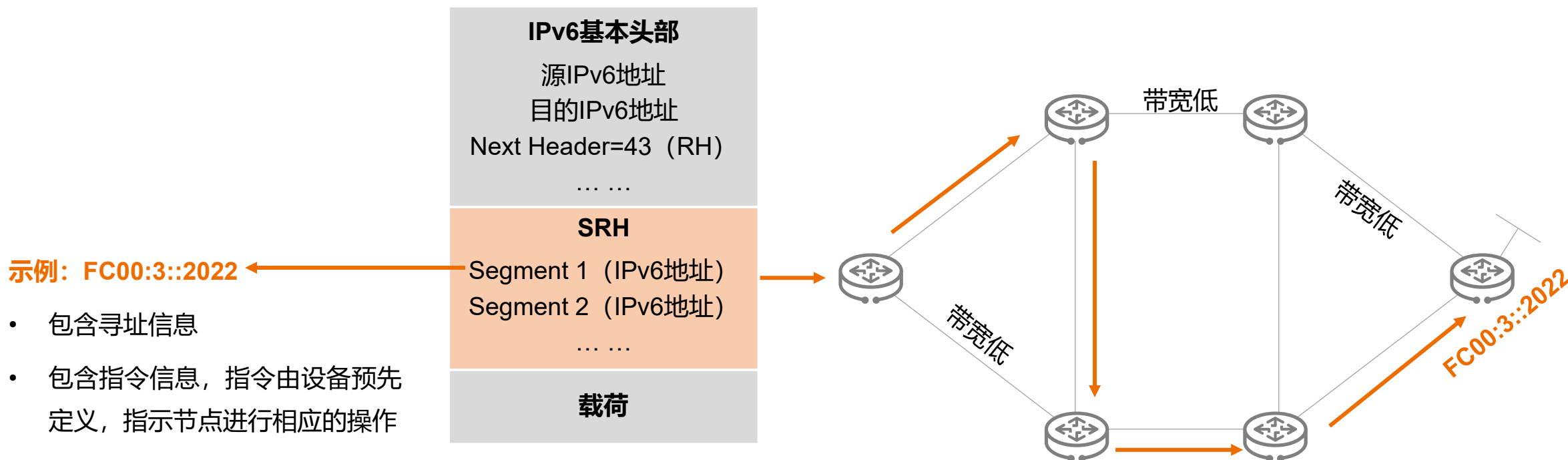
Segment Routing在IPv6上的实现：SRv6



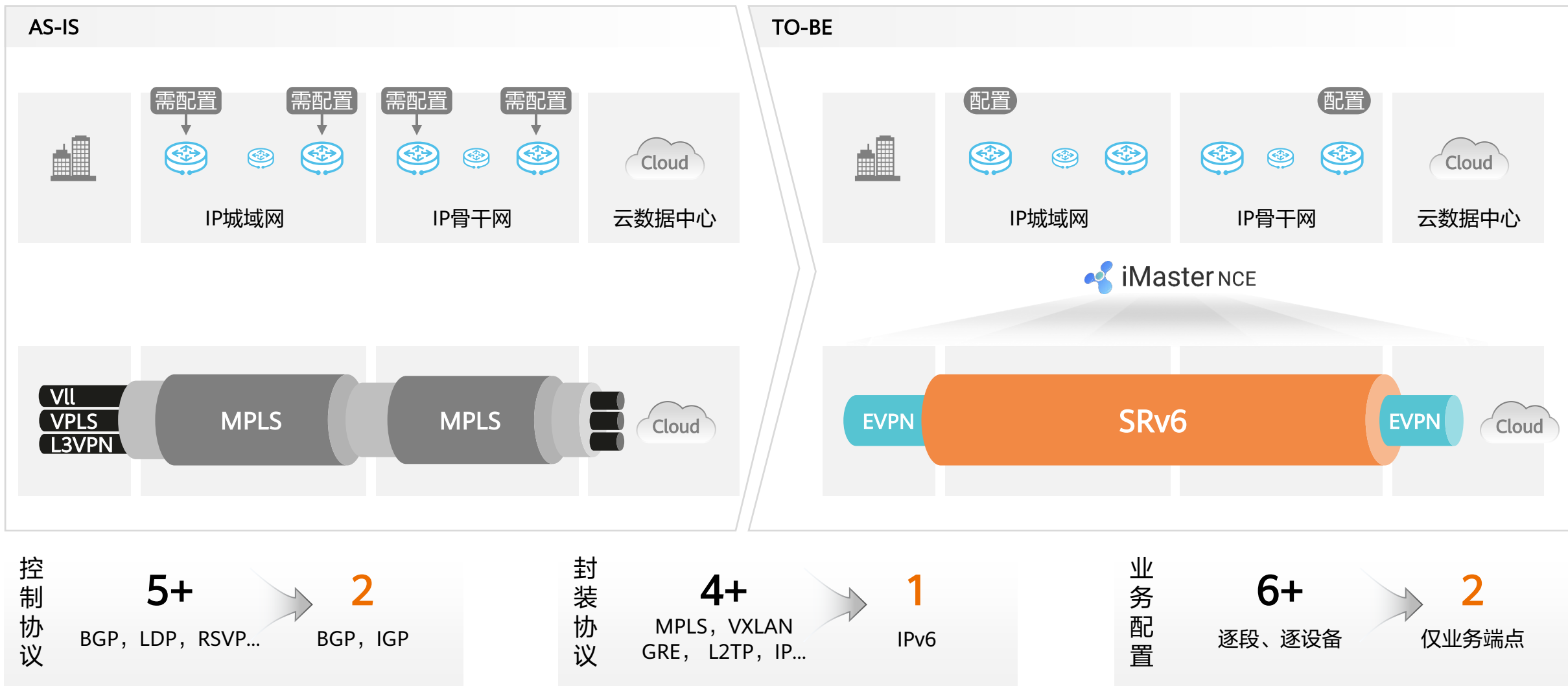
- **兼容性更强：**报文采用IPv6封装，中间转发节点（R2）无需支持SRv6
- **网络可编程：**指令信息为IPv6地址，承载于IPv6 Segment Routing Header（SRH）扩展头部中，可编入路径指令或业务指令



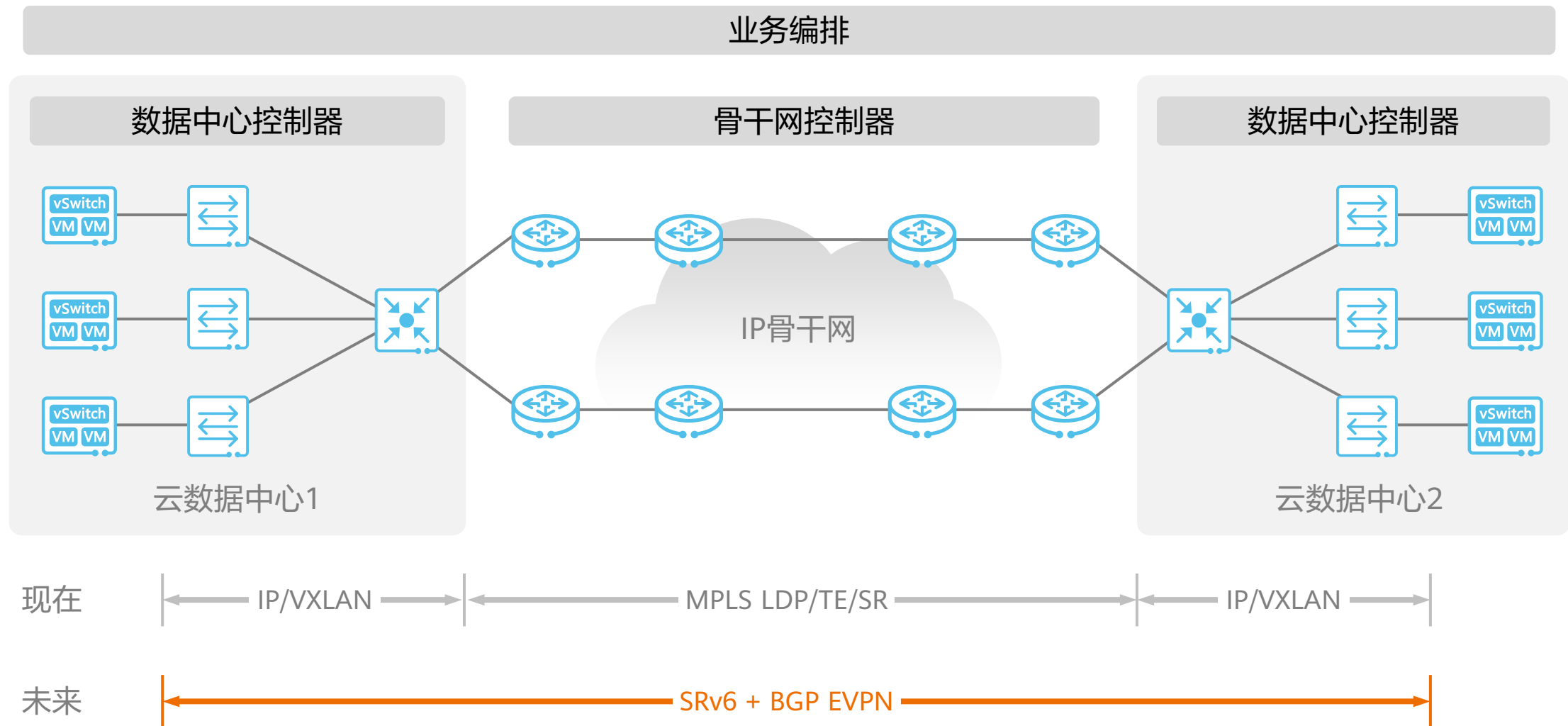
IPv6扩展报文头部/SRv6：面向未来的网络可编程能力



SRv6: 协议极简

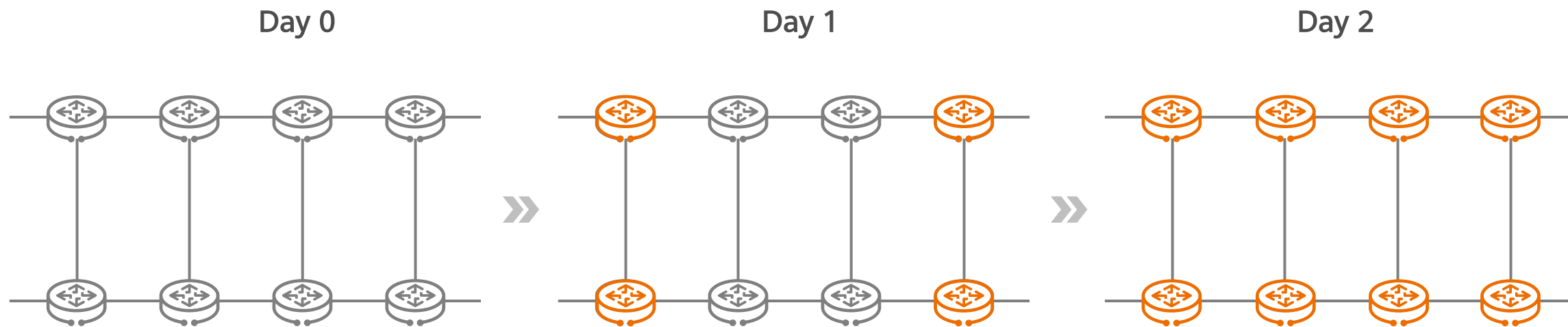


SRv6: 促进云网融合





SRv6: 兼容存量网络



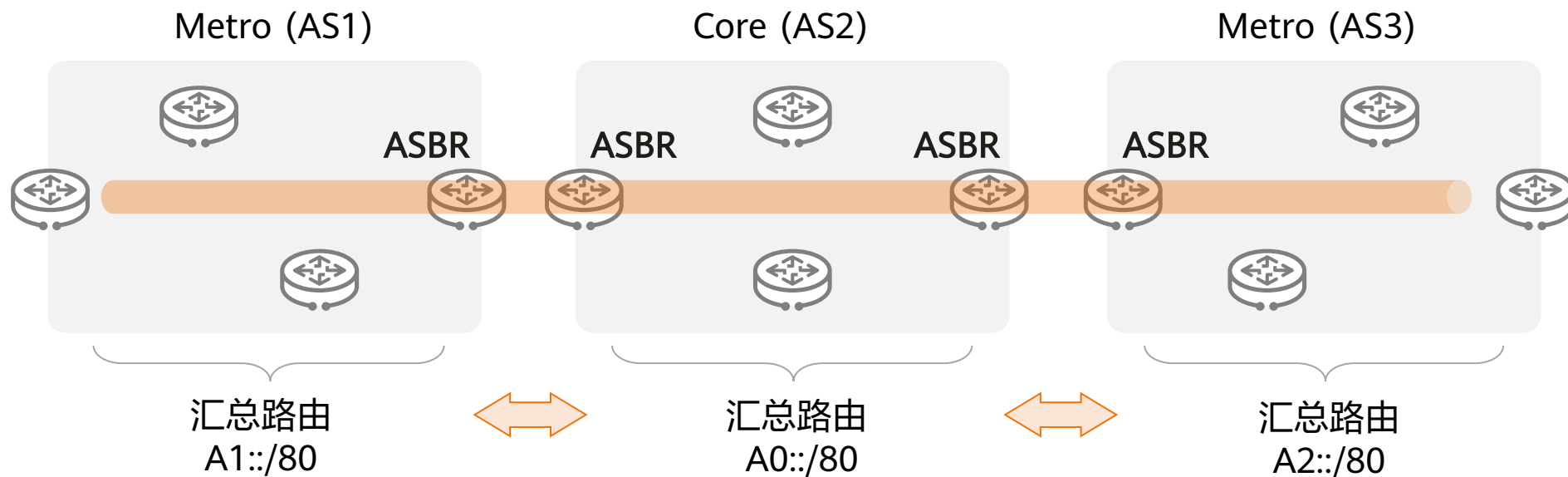
部署快

增量部署，按需改造，SRv6快速引入

省投资

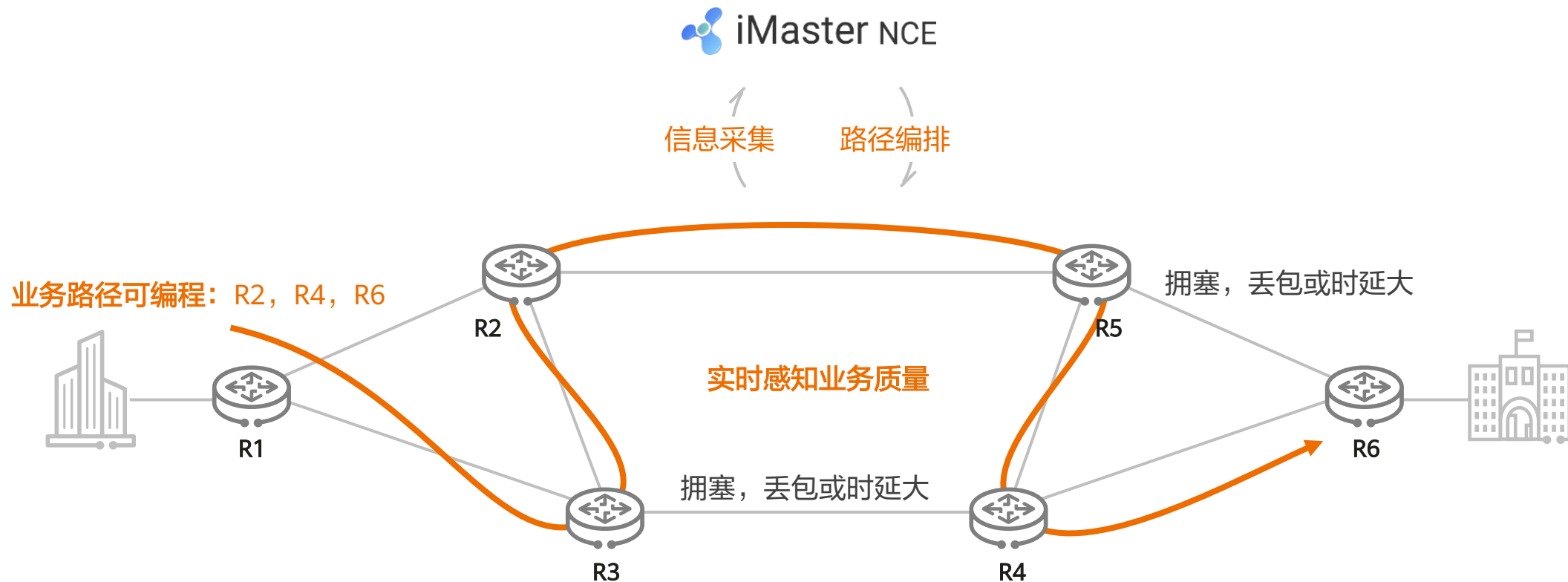
现网设备灵活重用，降低一次性投入

SRv6: 提升跨域体验



- **部署简单:** 只需要将一个域的IPv6路由通过BGP4+引到另外一个域，就可以开展跨域业务部署。
- **扩展容易:** 域间只需要发布汇聚路由，网络规模不受限。
- **域内自治:** 扩容故障不影响其他网络。

SRv6: 基于源路由, SDN的正确打开方式



SLA可保障, **业务体验佳**

- 灵活路径编程
- 业务质差时动态调优

SLA可测量, **体验可视**

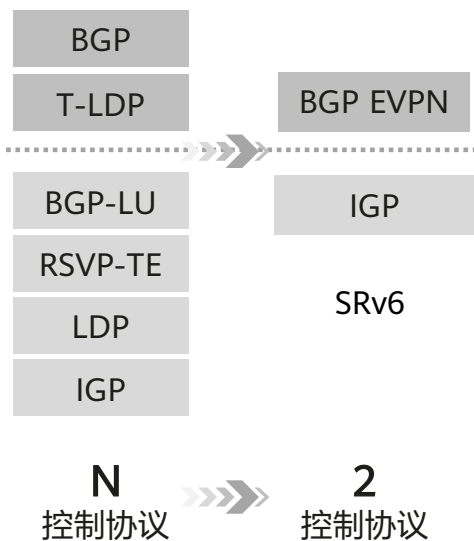
- 搭配业务随流检测机制感知业务质量
- 业务质量实时上送

小结：SRv6释放IPv6+潜力，构建无处不在的任意联接



整合协议

极简协议
是网络自动化、智能化的基石



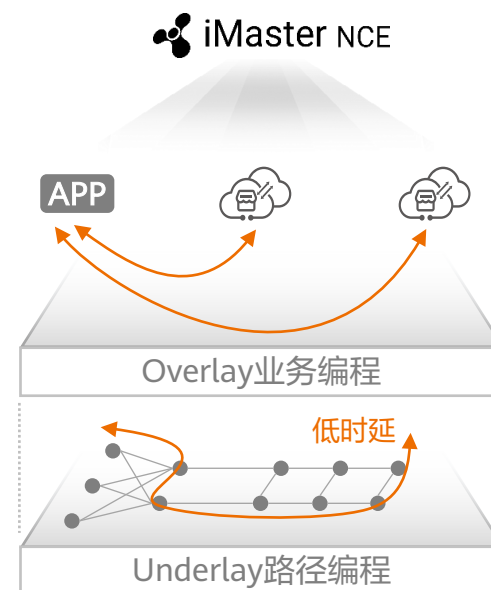
整合云网

拉通端、网、云
提供无处不在的任意连接



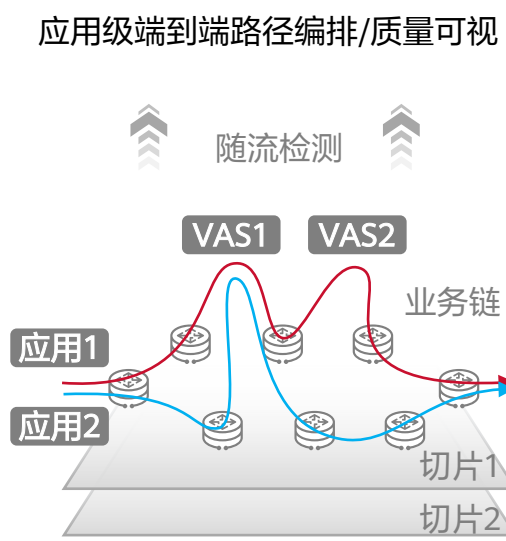
整合管控

统一网络编程模型
SDN的正确打开方式



整合应用

应用深度结合
使能可管、可控、可视的智能连接



案例：SRv6实现转发路径灵活编排

某运营商提供DDoS攻击防御服务（流量清洗），该运营商有多张骨干网，A网仅具备纯IP路由转发能力，带宽资源充沛；B网具备VPN业务能力，但带宽资源有限。

因待清洗的流量大，若通过A网进行引流，其无VPN隔离能力，清洗后的流量可能会被再次引流到清洗中心并形成环路；若通过B网进行引流，则B网的带宽资源将成瓶颈。

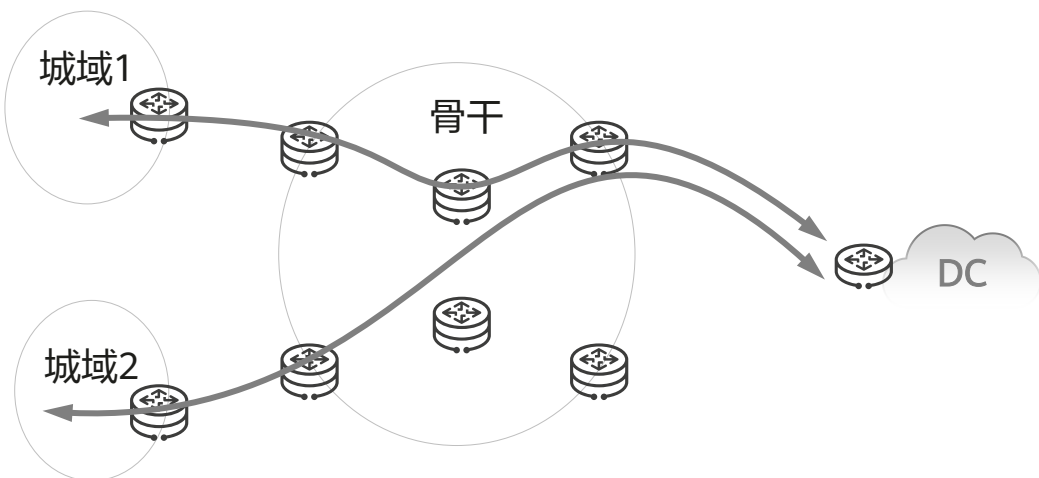


案例：SRv6实现基于时延算路和灵活调优

某运营商的骨干网为Native IP网络，为业务提供尽力而为的转发。其自有数据中心为用户提供云服务，其中部分业务为时延敏感业务；由于当前网络对业务无差别处理，导致时延敏感业务体验不佳；而由于业务按Cost最小路径转发，网络负载不均。该运营商希望为客户提供差异化服务，通过提升时延敏感业务的用户体验实现增收。

AS-IS：各类业务统一承载，提供尽力而为的IP转发

所有业务统一承载，无VPN能力、无隔离，无差别服务



网络负荷不均，通过Cost调整业务路径，部署复杂

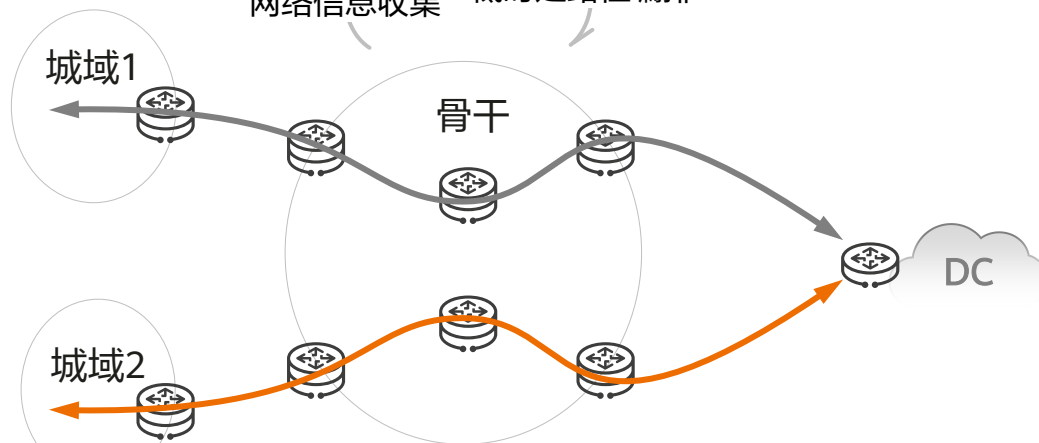
TO-BE：SRv6的低时延，差异化业务体验



iMaster NCE

控制器根据业务要求进行路径编排

网络信息收集 低时延路径编排



SRv6 L3VPN，实现业务隔离

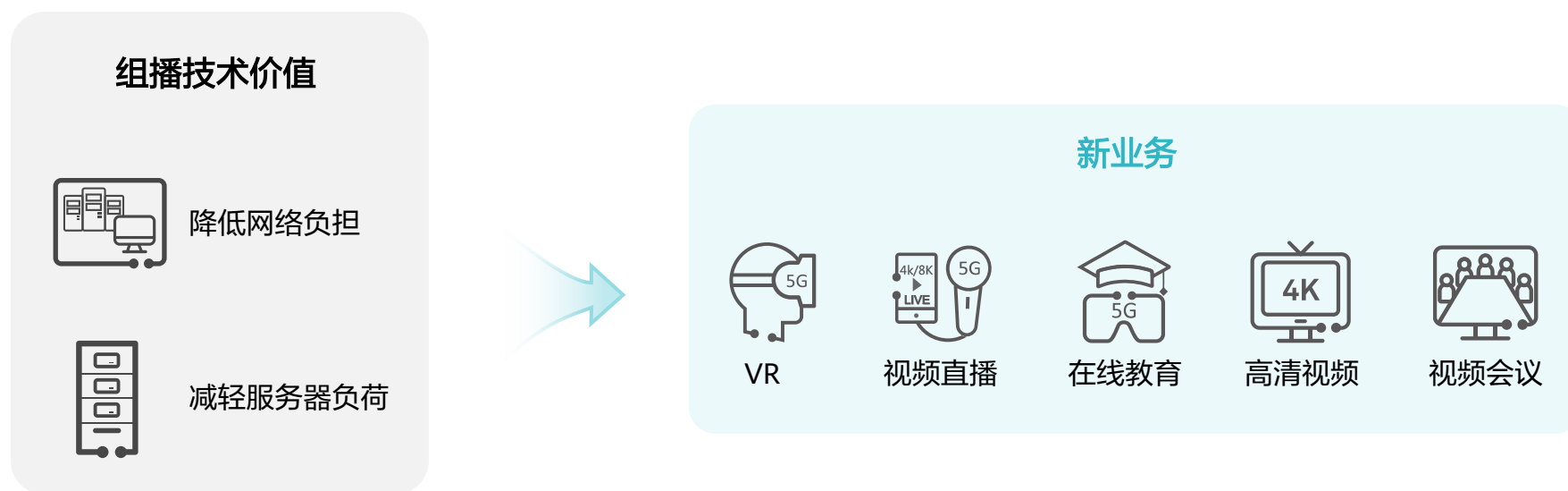
基于链路负载和时延，灵活动态调整部分业务到其他路径

| 目录

- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - IPv6+确定性IP网络
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

组播技术的应用趋势

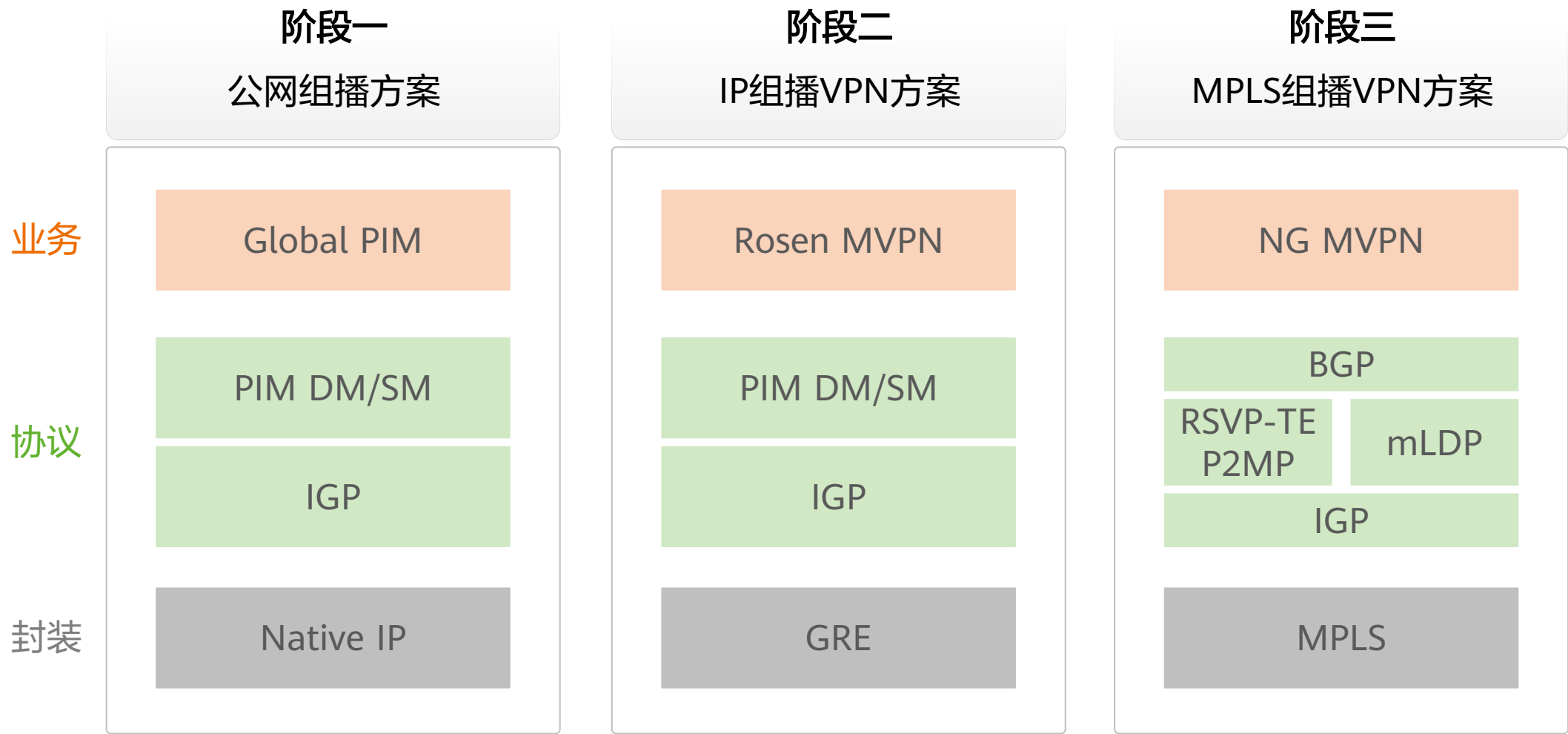
- 当前视频流量快速增长，包括视频通话、视频分享、视频会议等；而高清视觉和全新交互视频或成为未来社交主要手段，媒体向VR/AR逐步演进。这些新业务在带宽和用户体验方面对网络提出新的诉求。



- 在潜在组播应用蓬勃发展的同时，网络IPv6化的趋势也更加显著。
- 新兴场景对带宽和用户体验方面的网络需求，以及IPv6网络时代的加速到来，使承载于IPv6网络的组播技术需要不断演进，紧跟新的业务场景和技术发展潮流。

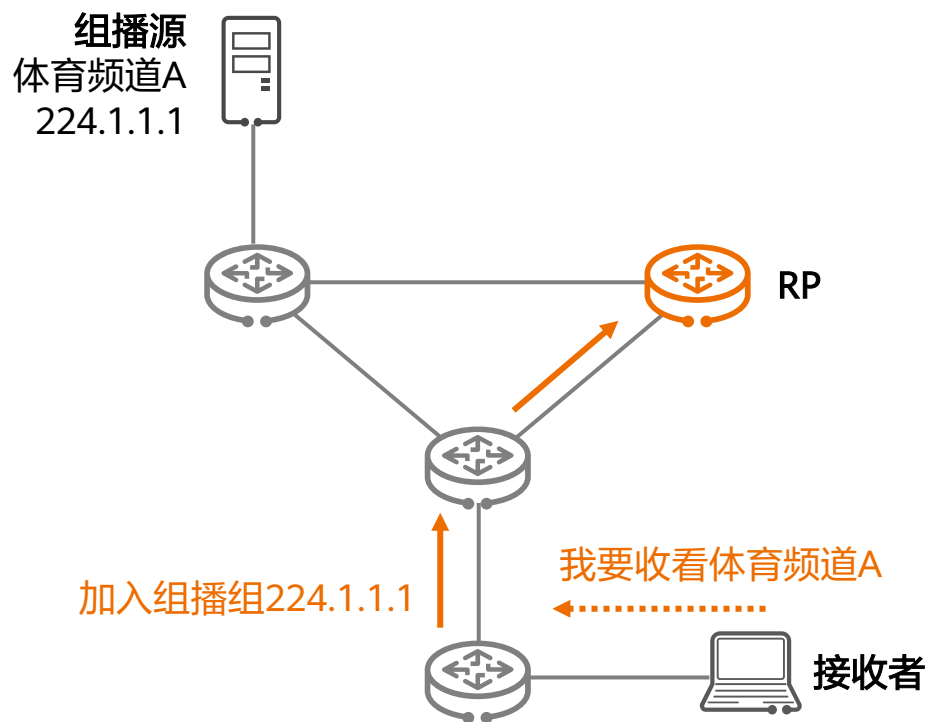


组播技术发展阶段

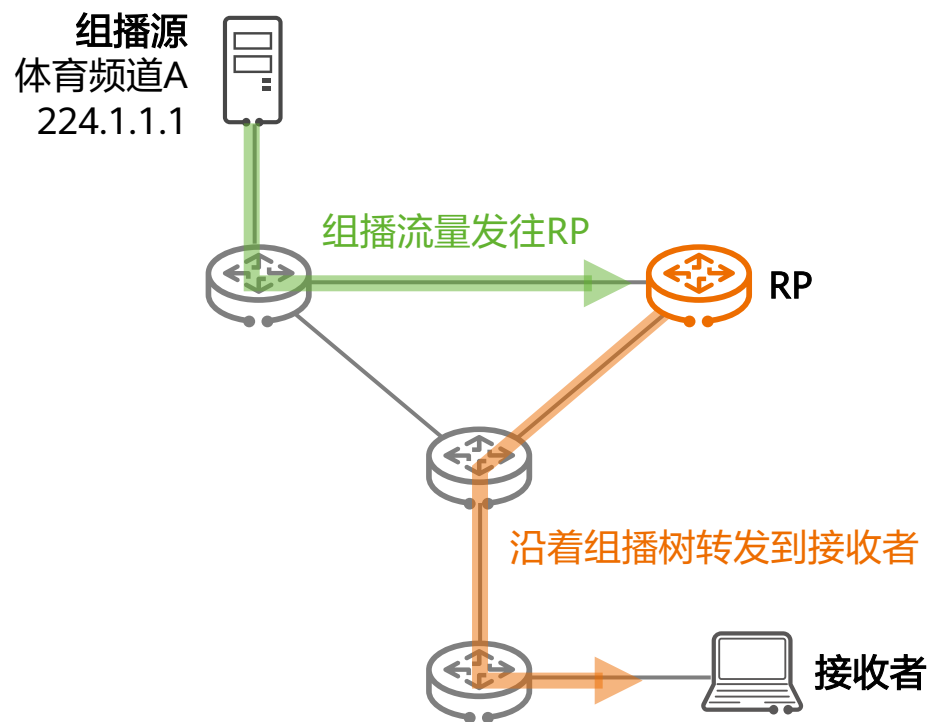


组播技术回顾：PIM-SM概述

共享树加入（接收者到汇聚点RP）



组播流量到达汇聚点RP



已有组播技术的局限性

1. 协议复杂，可扩展性弱：

- 中间节点维护每条流的组播状态，依赖组播协议（如PIM、mLDP、RSVP-TE P2MP等）创建组播树，在网络中引入复杂的控制信令。同时，创建组播树也会占用大量的资源，不利于在大规模网络中部署。

2. 可靠性弱，用户体验不佳：

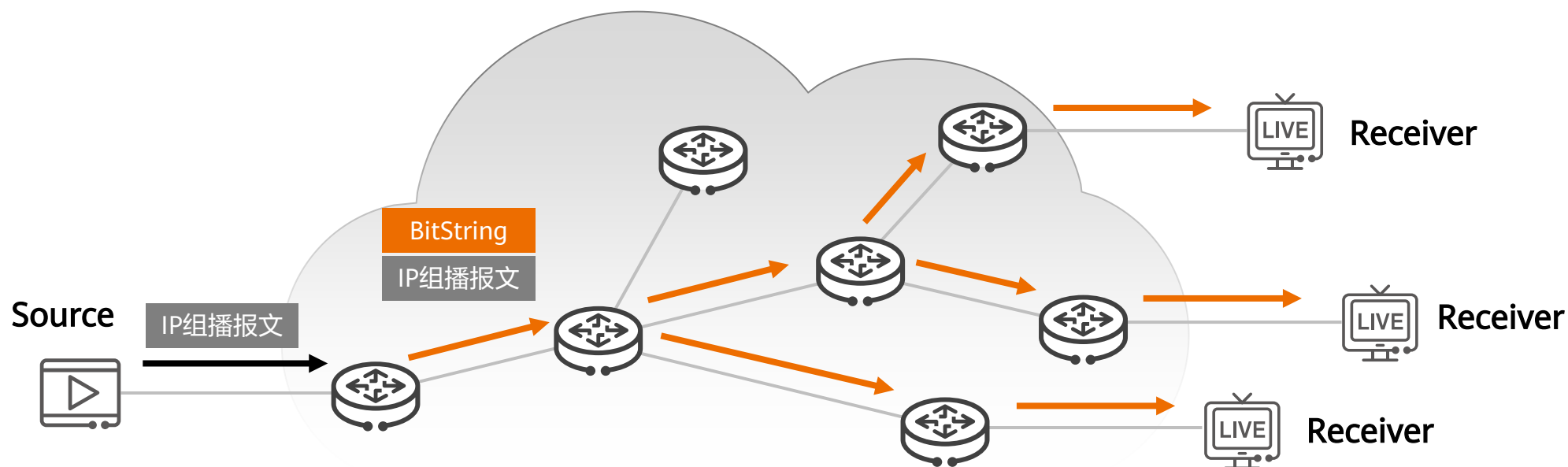
- 组播流量越多，网络中需要建立的组播树越多，网络开销大。网络故障后的收敛受组播状态数量影响，业务重新收敛的时间会延长。这样对于需要低时延、快收敛的业务来说，会严重影响用户体验。

3. 部署和运维困难：

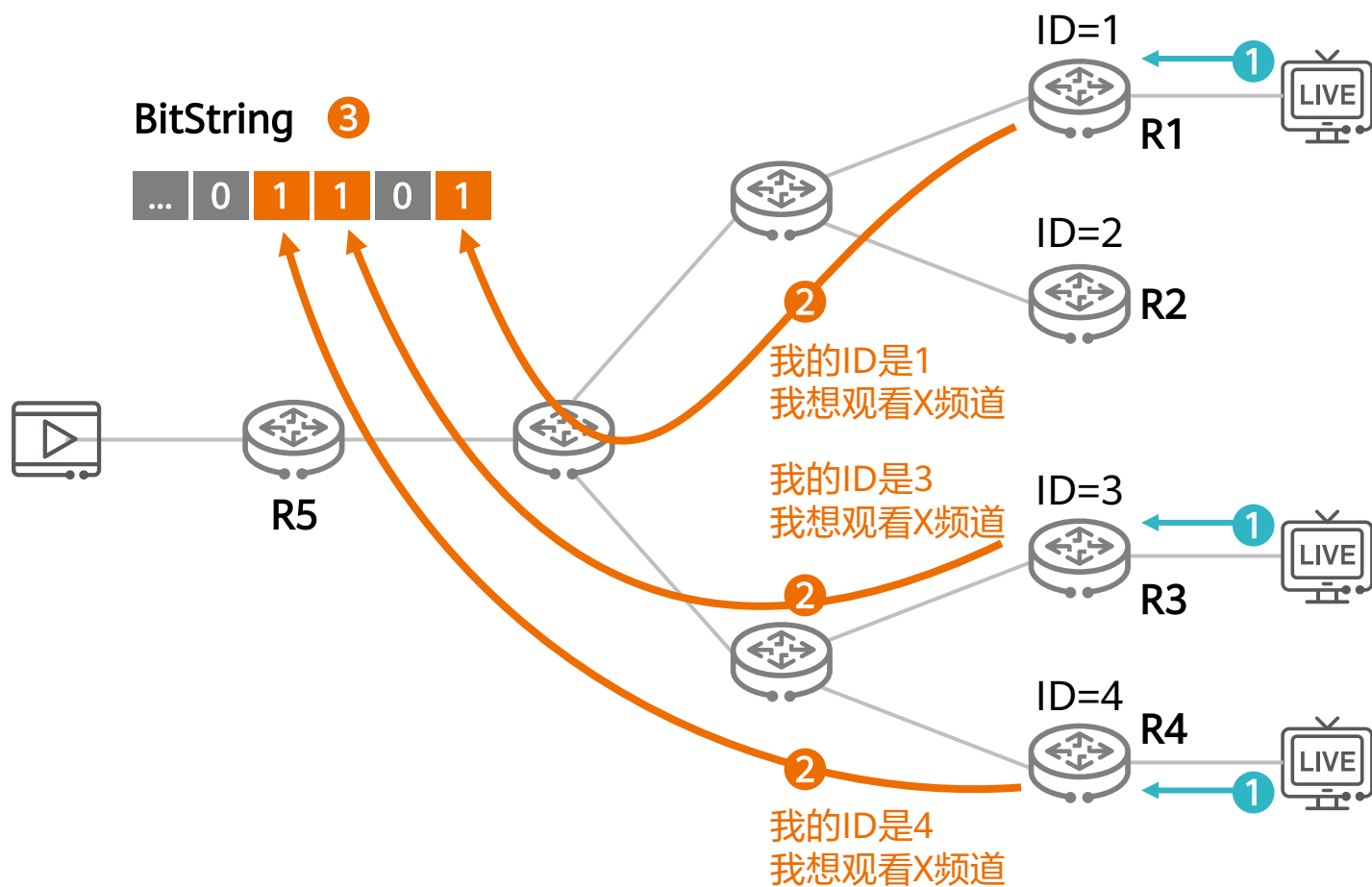
- 由于需要网络支持众多协议，部署复杂度高，同时也给网络和业务运维带来困难。

BIER技术的出现

- BIER (Bit Index Explicit Replication, 基于比特索引的显式复制) 是一种新的组播技术。
- BIER通过将组播报文目的节点的集合以比特串的方式封装在报文头部进行发送, 从而使网络中间节点无需为每一个组播流建立组播树及保存组播流状态, 仅需根据报文头部的目的节点的集合进行复制转发。

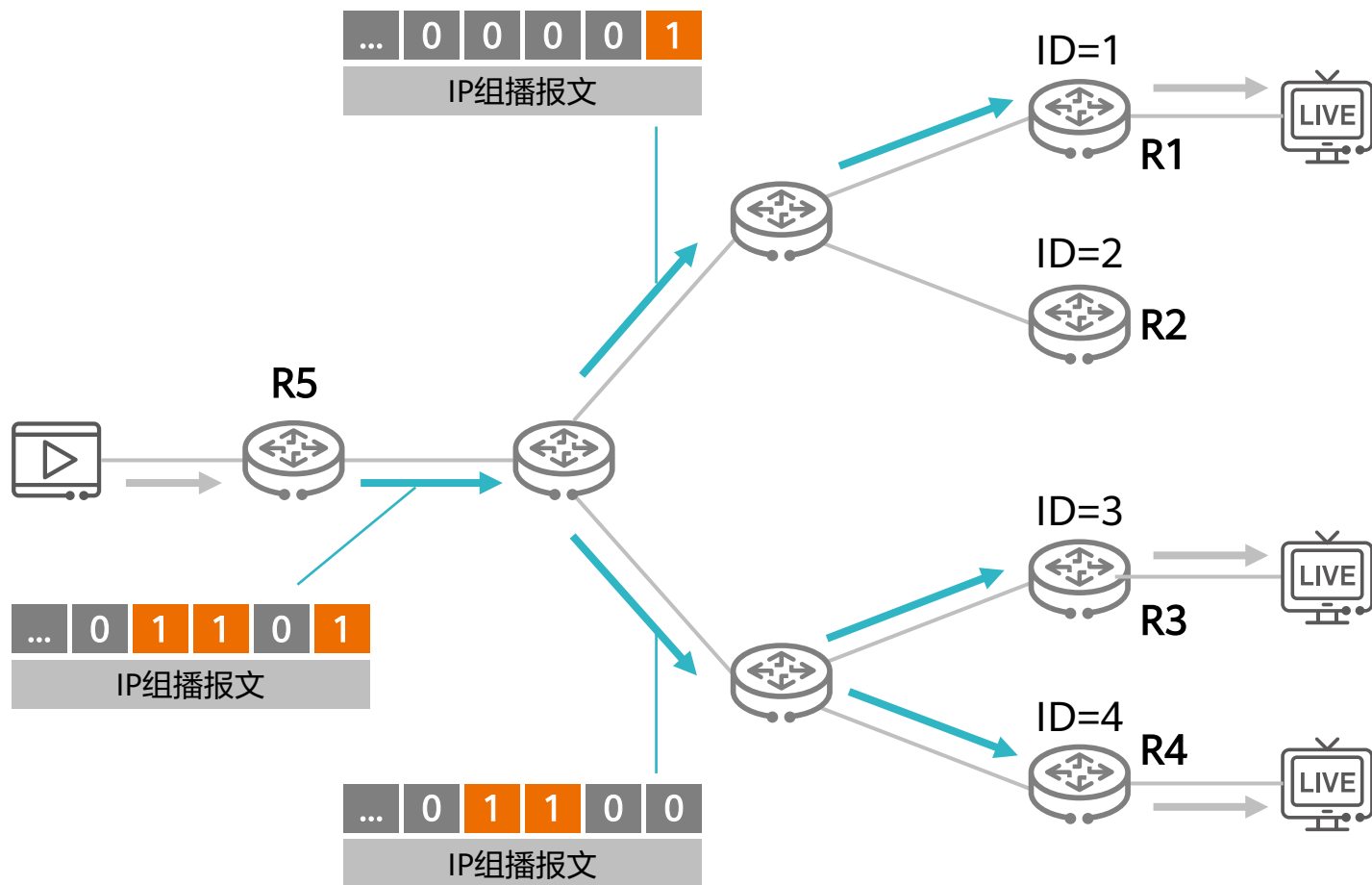


BIER的基本工作原理（1/2）



- ① 接收端申请收看组播频道X。
- ② R1、R3及R4向R5发送节点加入报文。
- ③ R5将该节点对应BitString中的比特位置1。

BIER的基本工作原理（2/2）

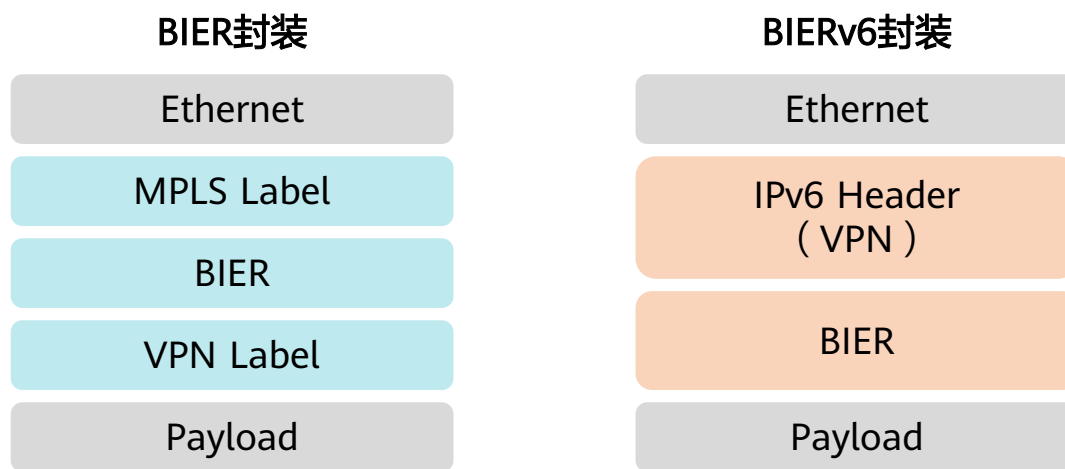


- ④ 各BIER节点按BitString发送组播报文。此时，目标接收端可接收到所申请的组播业务流量。



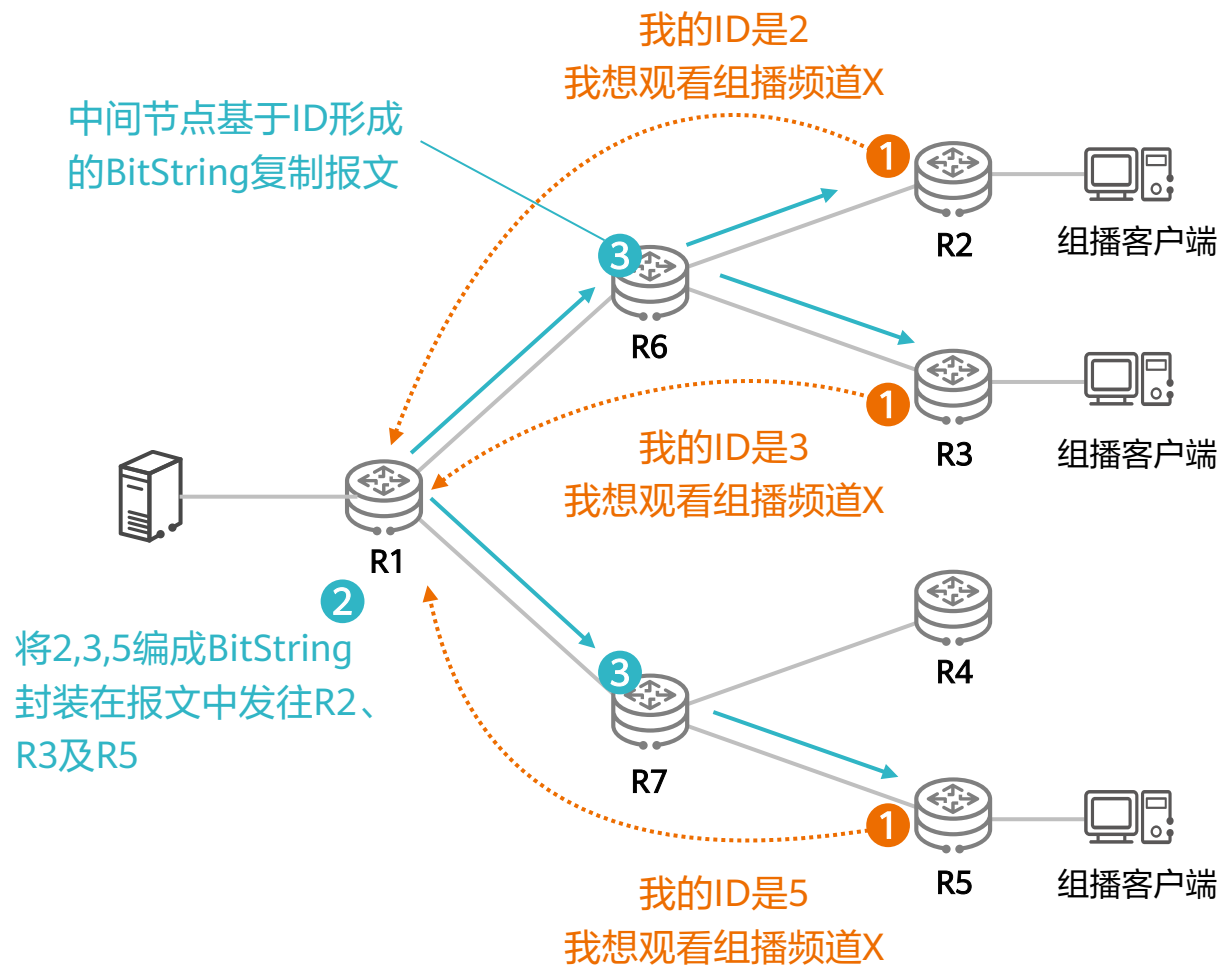
BIERv6

- 在单播转发领域，基于IPv6数据平面的SRv6技术发展迅猛，势头超越了使用MPLS数据平面的SR-MPLS。在组播领域，如何应用BIER架构和封装，实现不依赖MPLS并且顺应IPv6网络发展趋势的技术成为了亟待解决的问题。在这样的背景下，业界提出了BIERv6（Bit Index Explicit Replication IPv6 encapsulation）技术。
- BIERv6继承了BIER的核心设计理念，它使用BitString将组播报文复制给指定的接收者，中间节点无需建立组播转发树，实现无状态转发。



- BIERv6与BIER的最大不同之处在于：BIERv6摆脱了MPLS标签，是基于Native IPv6的组播方案。

BIERv6: IPv6时代组播业务承载方案



协议简化

- 仅需IGP/BGP, 不需PIM/MLDP/RSVP-TE P2MP等
- 无组播分发树, 无复杂的RP处理、共享树和源树切换等
- 基于IPv6统一架构, 去MPLS

易组大网

- 中间节点仅需维护简单的转发表, 无基于组播流的转发表
- 设备资源节约, 易组大网
- 链路及节点扩容简单、配置少, 易运维

配置简单

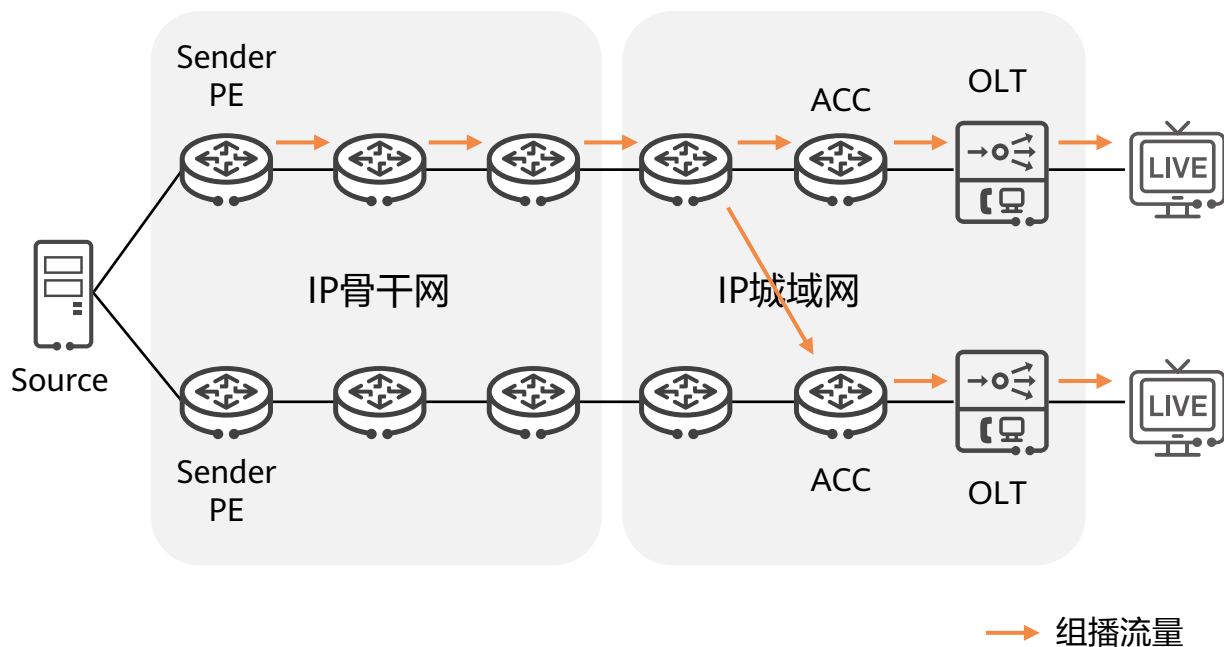
- 根节点编排检测、路径、发布范围等, 与SDN契合
- 中间的传输网仅需提供IPv6转发, 易于跨域成网
- 不支持的节点可路由转发跨越, 易于现网演进

体验保障

- 中间节点不感知业务, 协议收敛快 (ms级)
- 新用户一跳加入组播组, 迅速获得组播数据

案例：BIERv6在IPTV场景的应用

- IP视频主要包括电视直播（新闻、赛事、影视剧、网络直播等）、视频点播、视频监控等。
- 4K IPTV、8K VR 体验、智慧城市、智慧家居、自动驾驶、远程医疗、平安城市等各种视频传输的业务应用即将迎来爆发增长期。

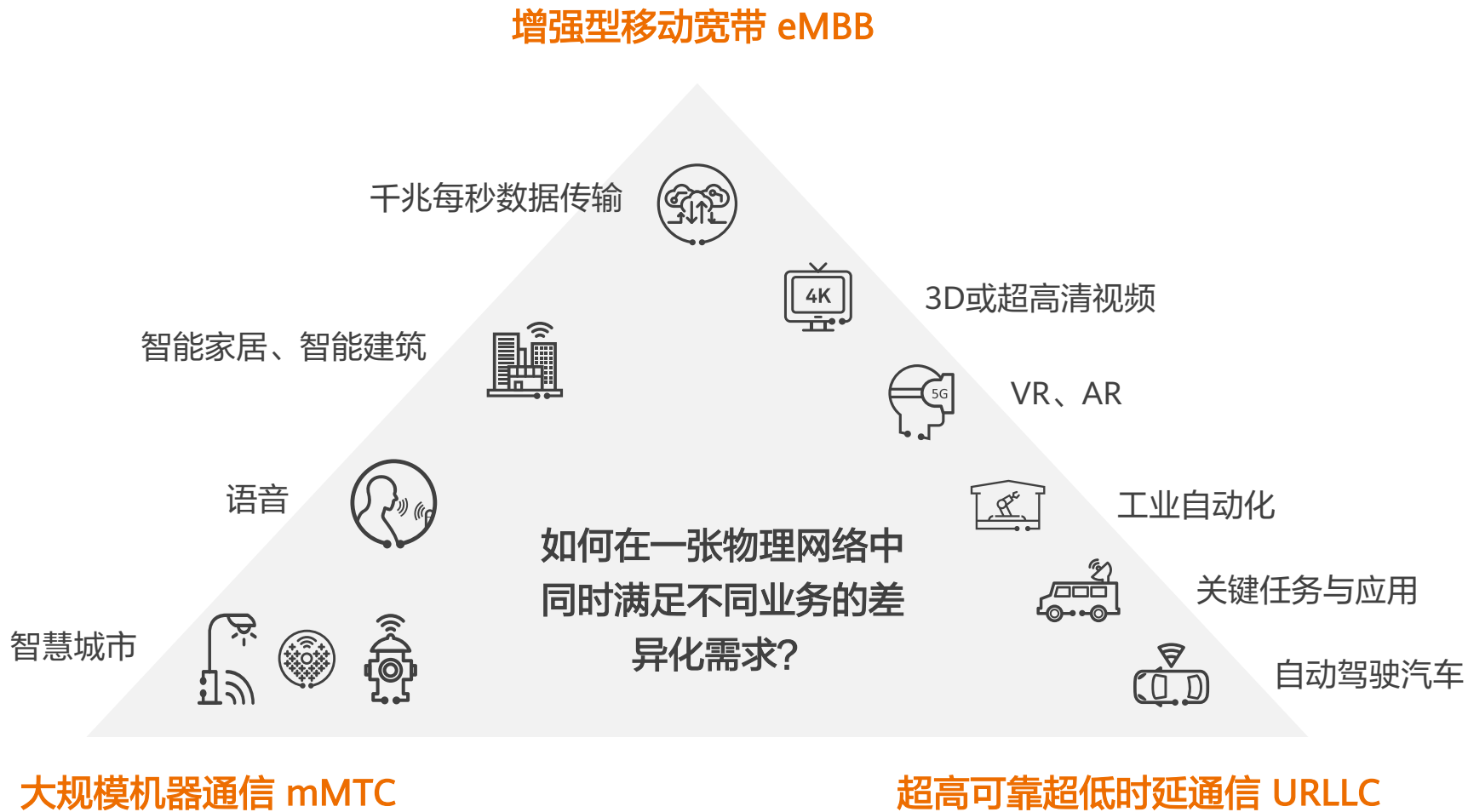


- 运营商在公网部署MVPN over BIERv6承载IPTV流量，利用BIERv6组播技术大幅降低网络负载，可以使视频点播更加快捷、画面更加清晰、观看更加流畅，从而使用户获得更好的视频观看体验。
- 同时，该方案部署、运维、扩容简便，适合大规模组网。

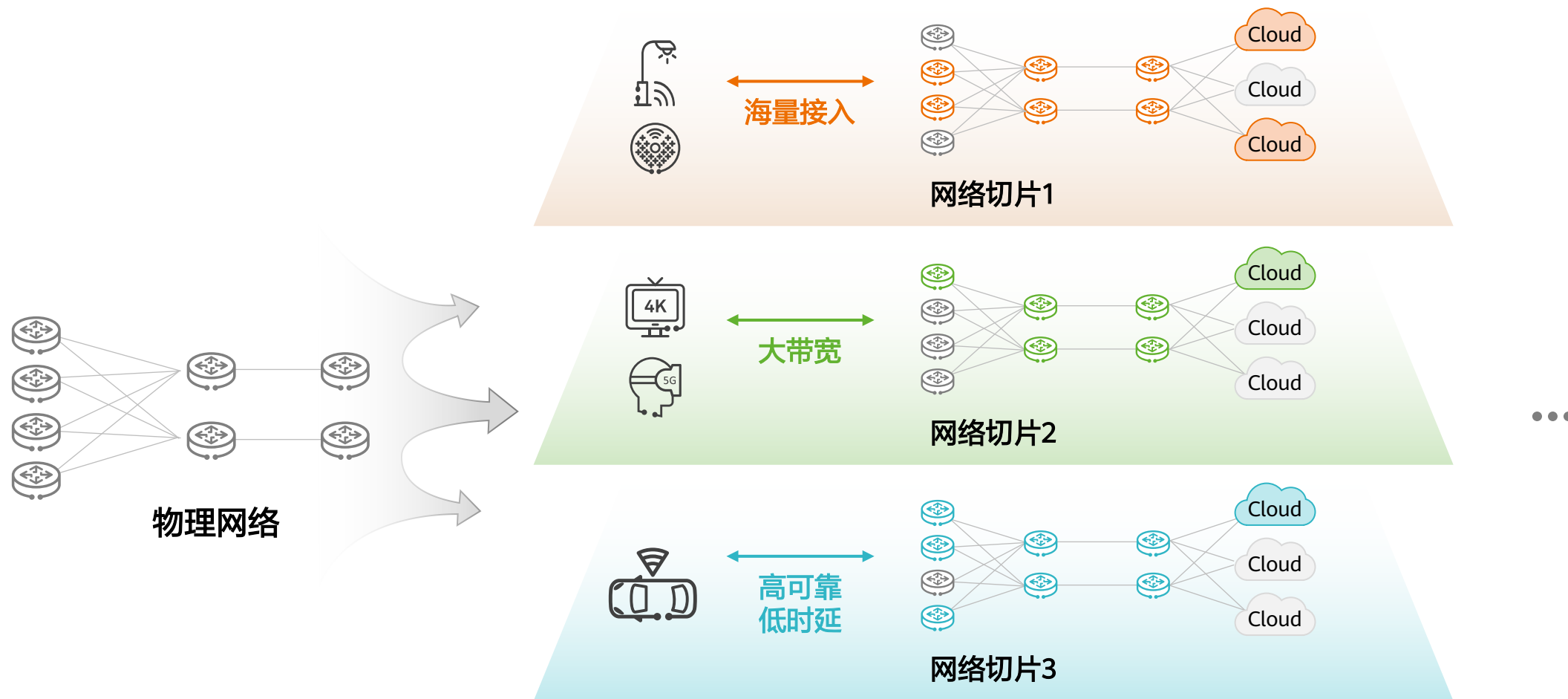
| 目录

- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - **IPv6+网络切片**
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - IPv6+确定性IP网络
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

5G时代的主要业务需求

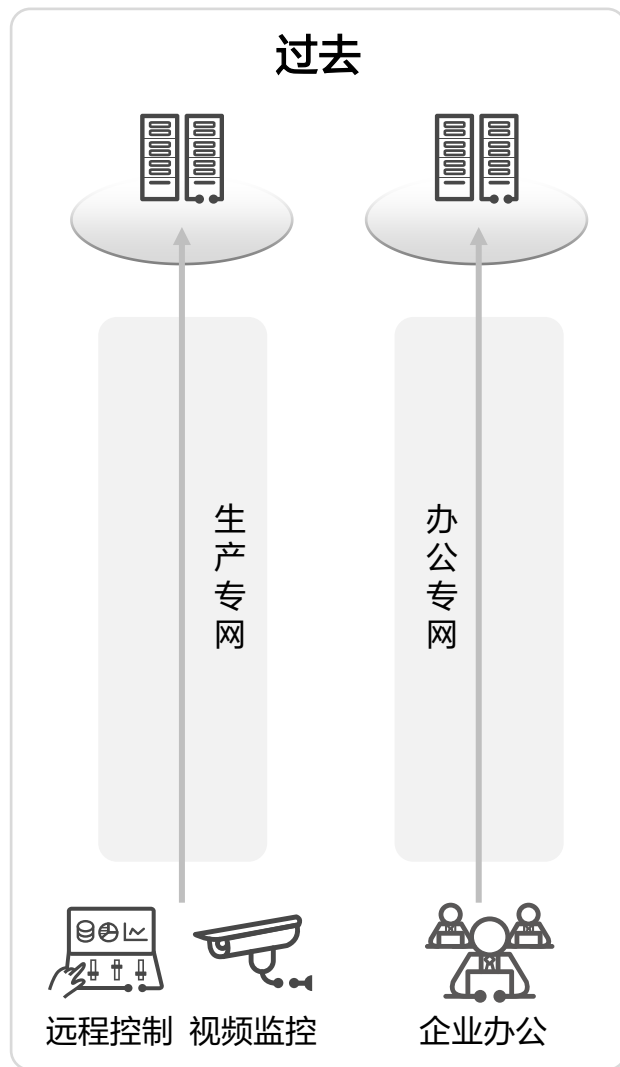


什么是网络切片?



在一张物理网络中同时满足不同业务的差异化SLA需求，以及资源、安全隔离

层次化切片实现精细化的体验保障

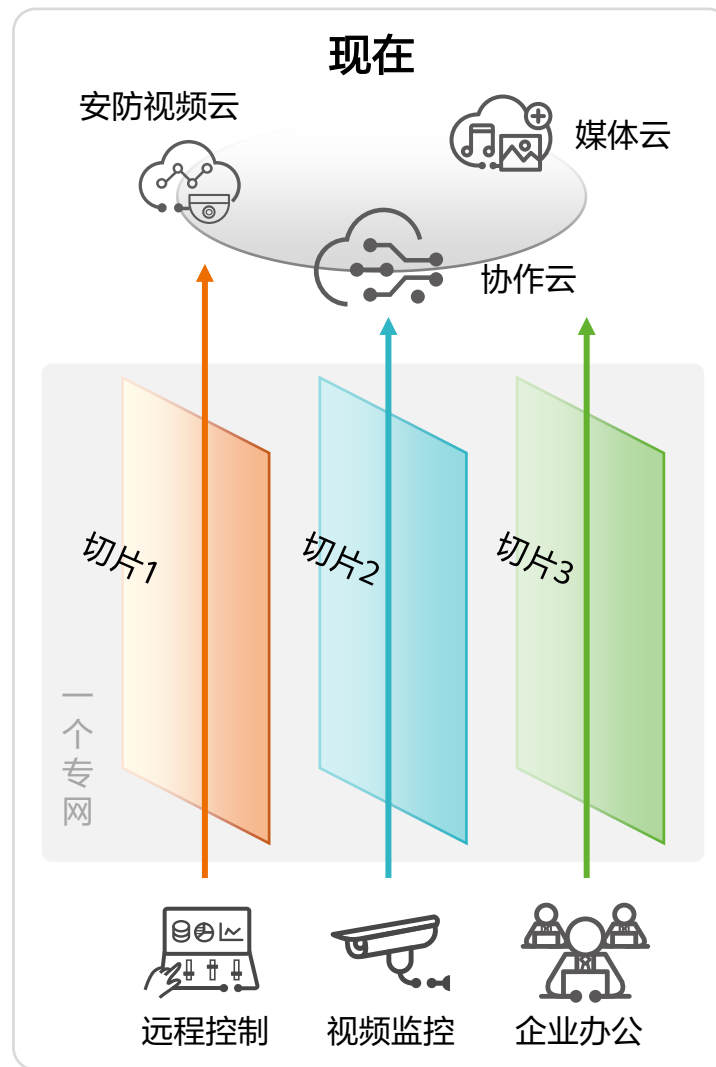


远程控制：时延<10ms
视频监控：带宽>100M
企业办公：业务隔离



多张专网 > 1网N片

多网融合
专网体验
刚柔并济



**灵活按需切片，满足不同用户/业务
差异化服务要求**

独立运营

- 独立管理
- 业务定制
- 独立分析
- KPI可视

可保障的SLA

- 带宽保障
- 超高可靠
- 超低时延
- 安全隔离

网络切片整体方案



规划



建设



维护



优化

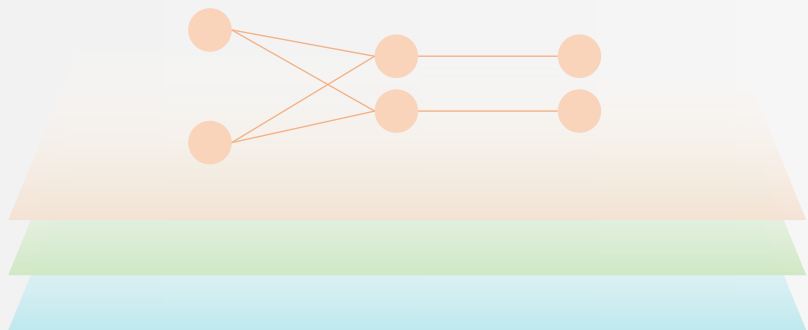
网络切片
管理层

提供网络切片的生命周期管理功能。

信息采集

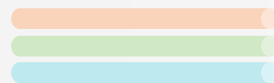
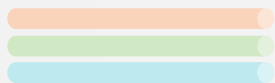


路径编排



网络切片
实例层

生成网络切片实例，支持按需定制的逻辑拓扑连接，并将切片的逻辑拓扑与为切片分配的网络资源整合在一起。
进一步分为控制面和数据面。

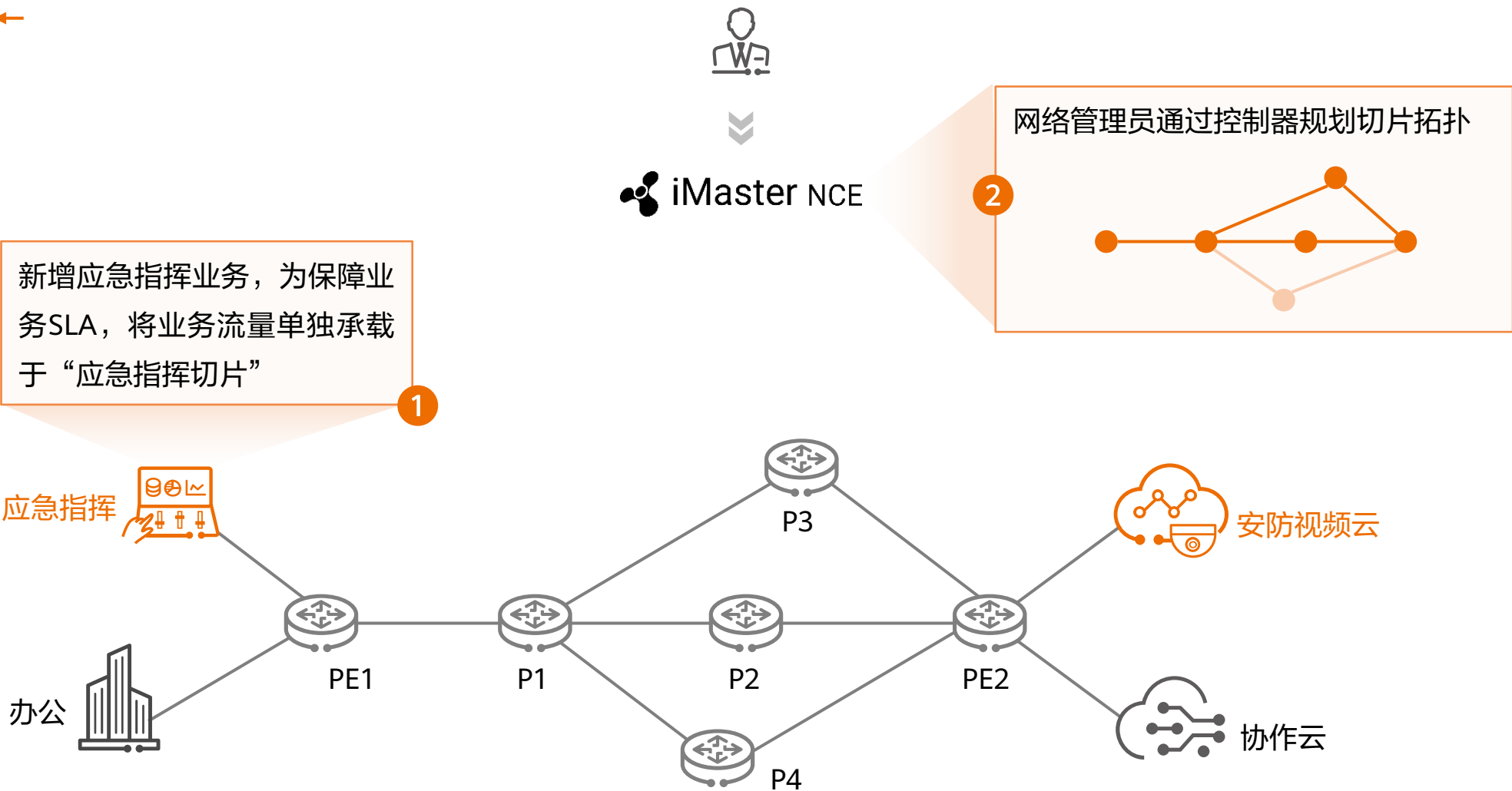


网络基础
设施层

物理设备网络，为网络切片提供按需的资源切分和隔离能力，
典型技术：FlexE、信道化子接口等。

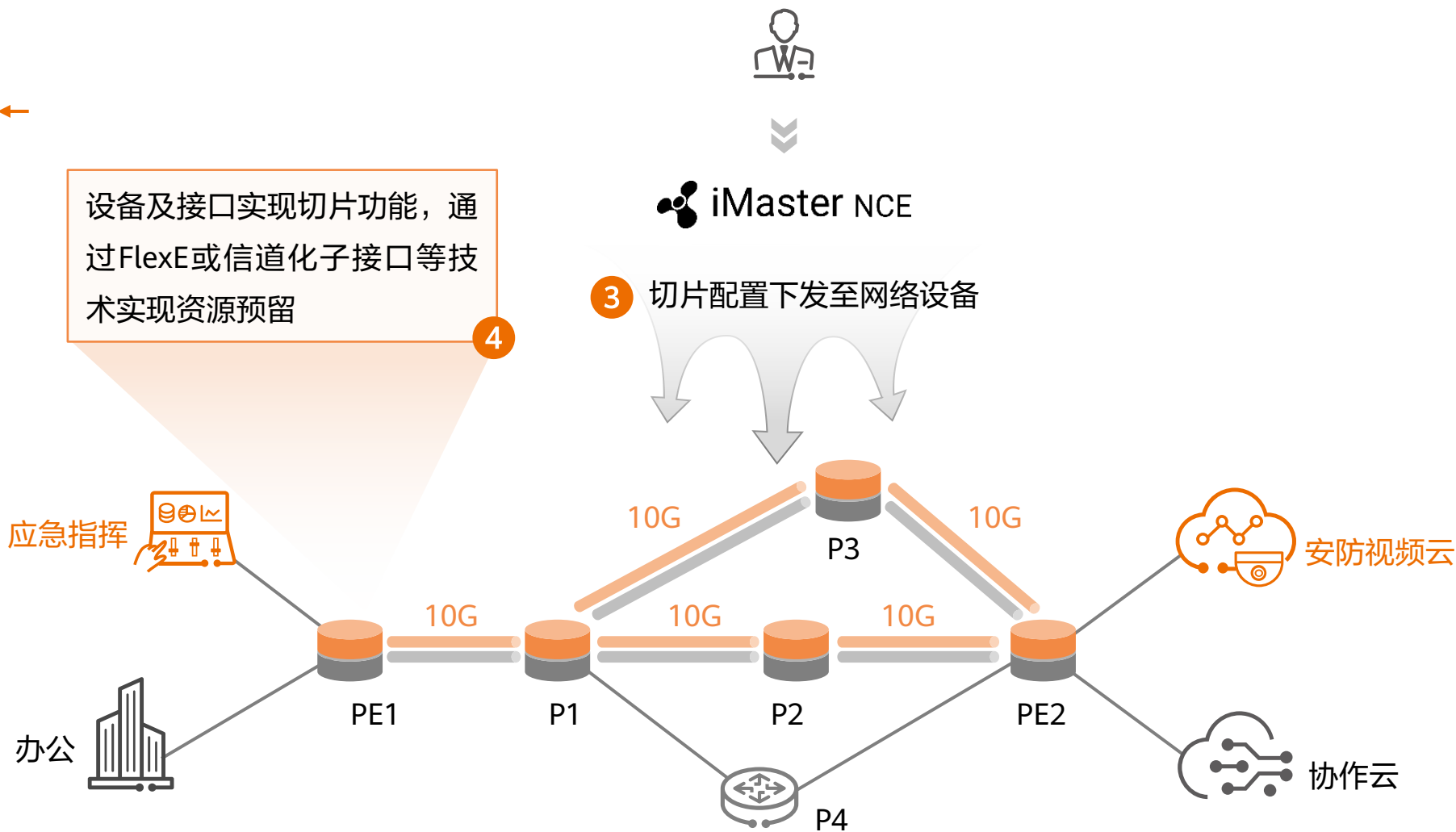
网络切片方案示例（1/3）

- 管理层
- 实例层
- 基础设施层



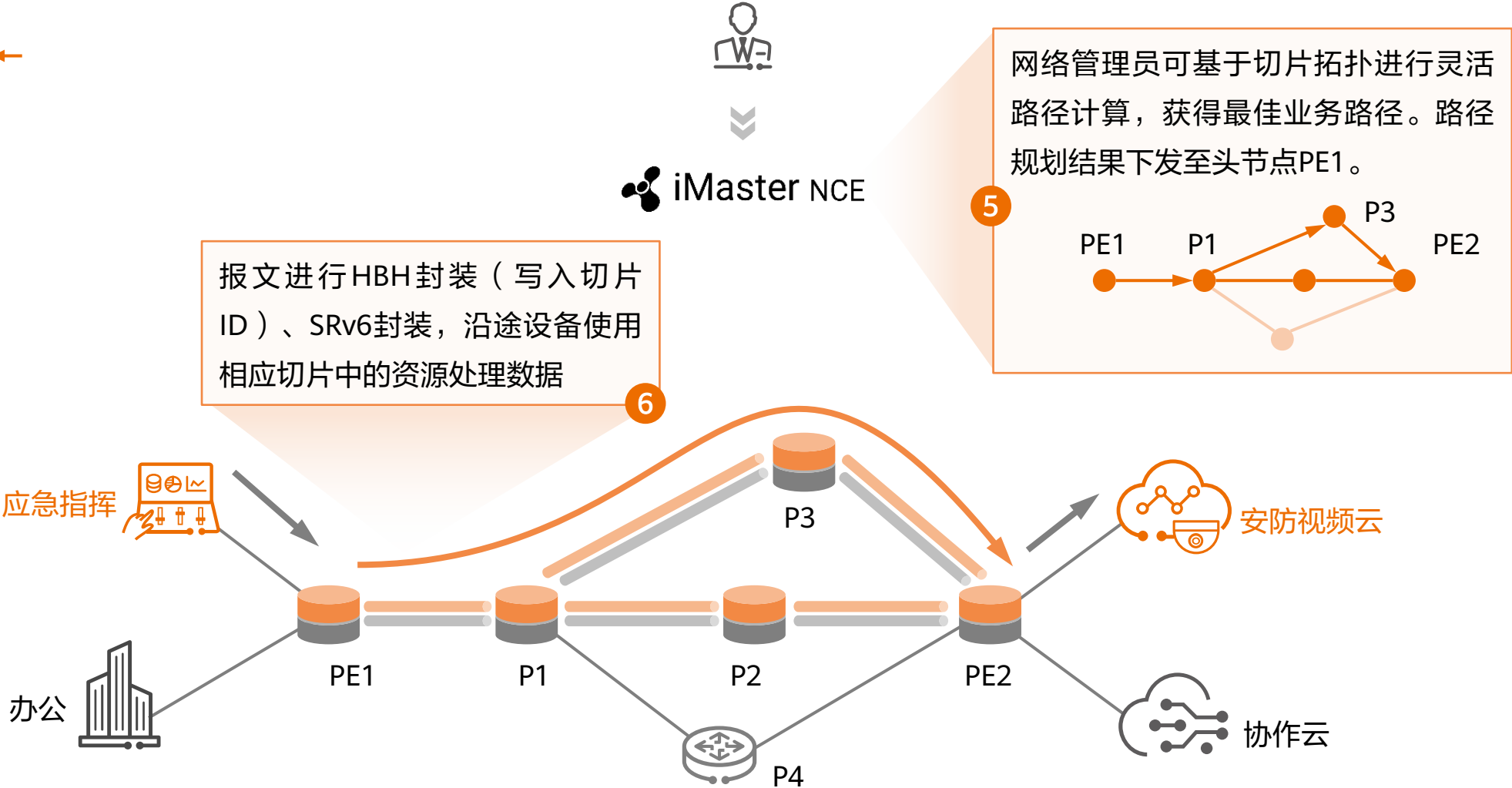
网络切片方案示例（2/3）

- 管理层
- 实例层
- 基础设施层 ←



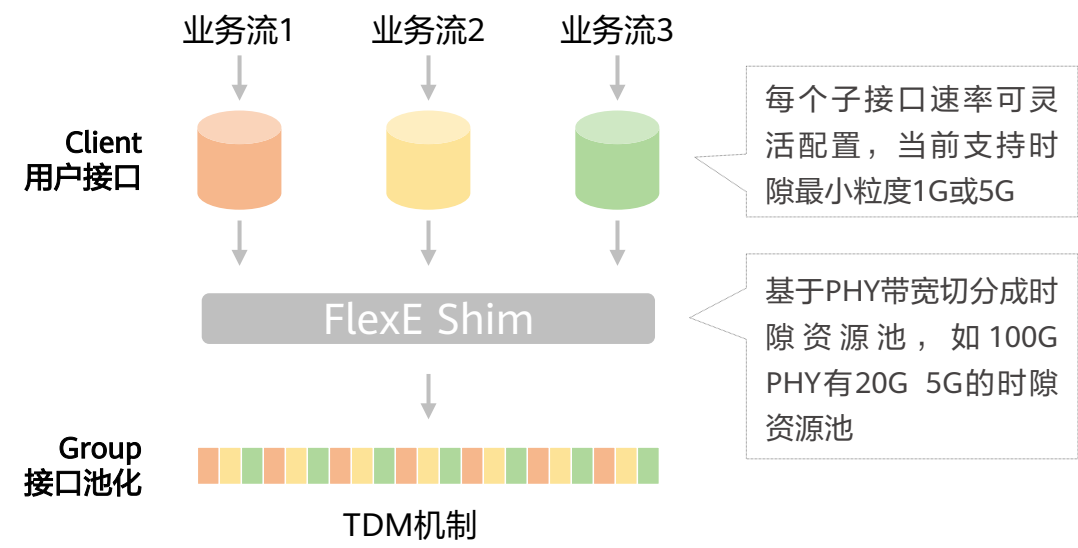
网络切片方案示例（3/3）

- 管理层
- 实例层
- 基础设施层



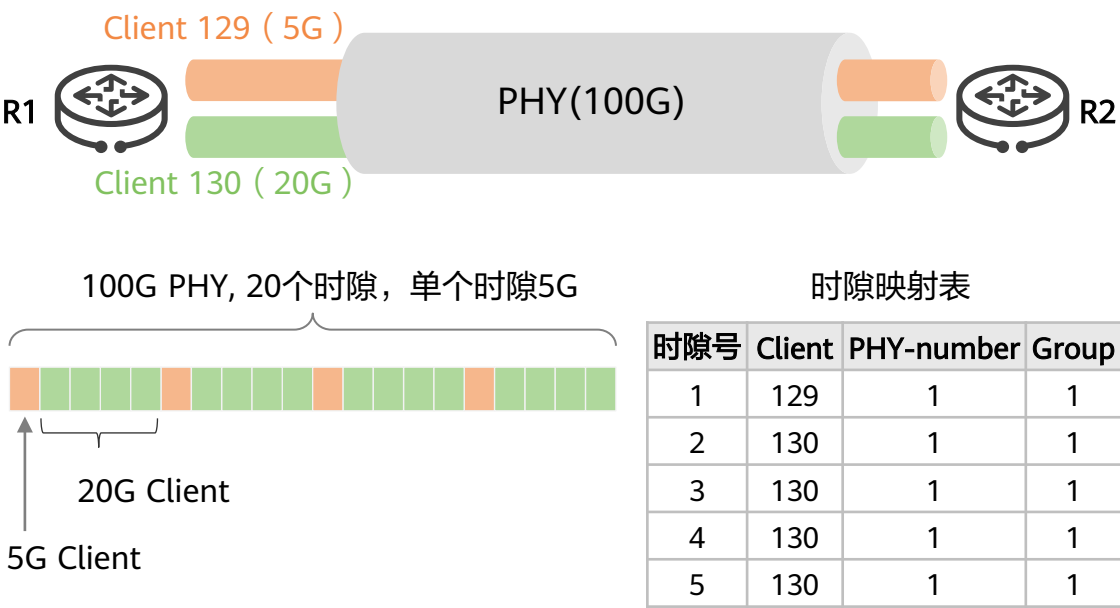
切片资源预留技术FlexE：提供带宽保证，安全隔离能力

FlexE接口原理



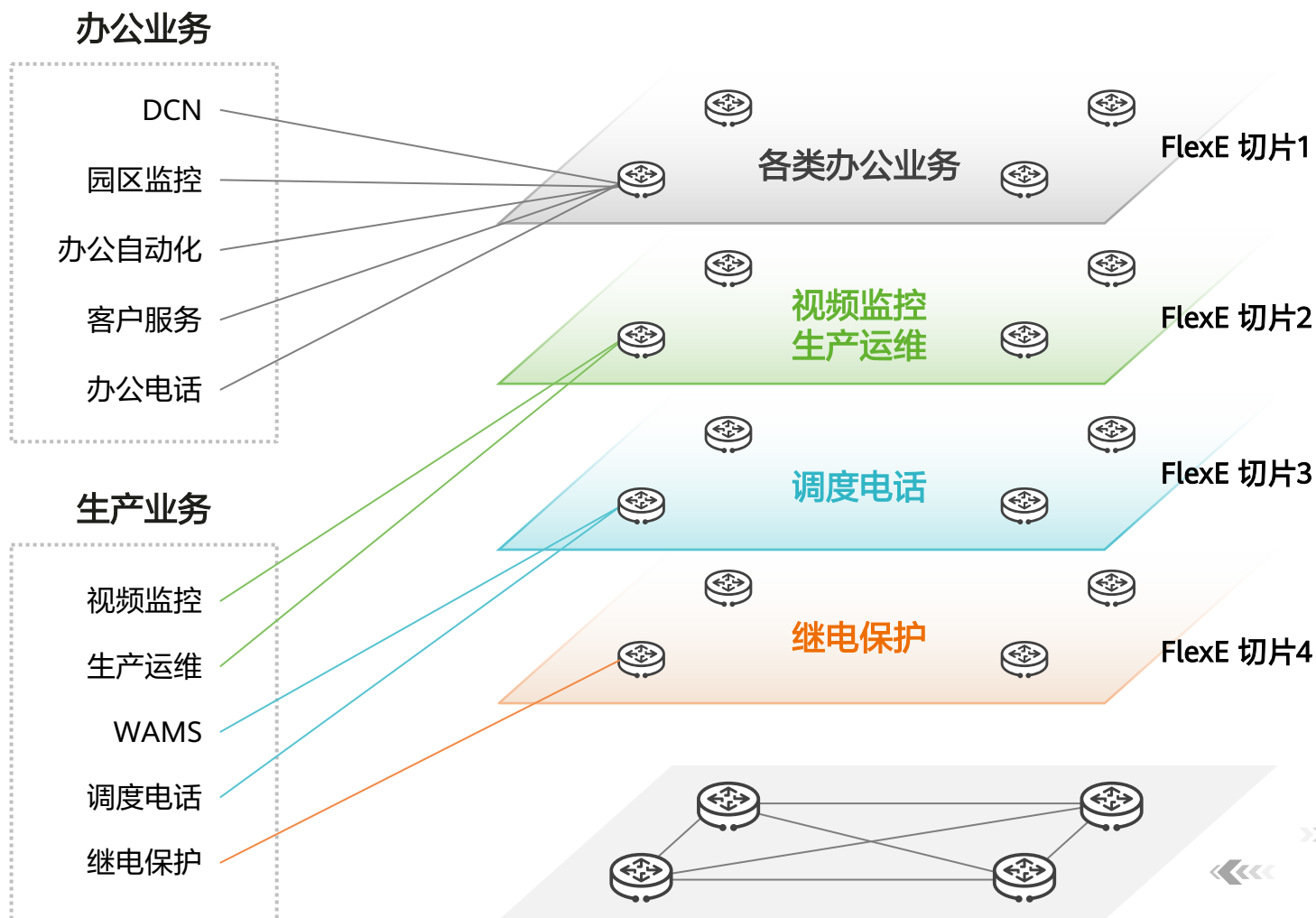
- Group：本质上就是IEEE 802.3标准定义的各种以太网PHY层，默认把PHY的带宽池化为5GE粒度的资源
- FlexE Shim：在传统以太架构MAC/PHY间插入一个额外逻辑层，实现时隙调度
- Client：对外体现的端口，从Group里分配带宽，不同Client的数据通过shim模块严格按照时隙调度，安全隔离、带宽保证。

FlexE转发原理



1. R1和R2配置Group，并把物理PHY加入到Group中；
2. 创建2个Client，分别配置为5G和20G；
3. 两端设备通过Shim层控制协议生成时隙映射表；
4. 发送端和接收端按照时隙映射表发送和接收报文。

案例：某电力公司通过网络切片承载多种业务



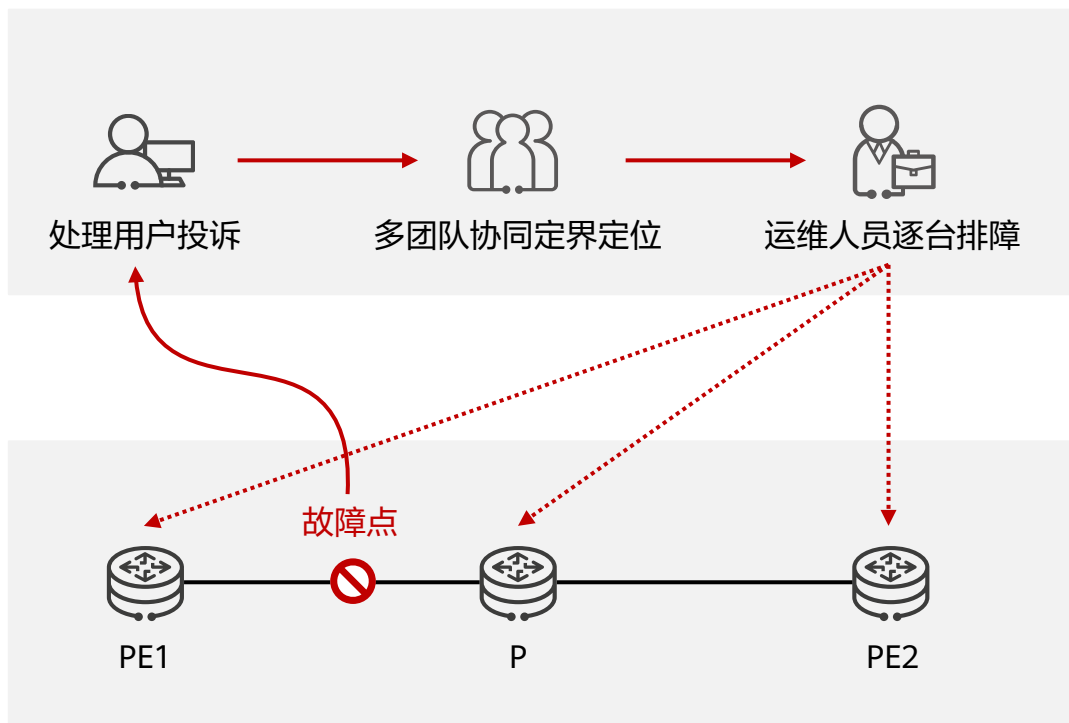
- **网络切片**：将物理网络按需分成多个切片，实现办公、视频监控/生产运维、调度、继电保护等业务隔离，保证关键业务SLA。
- **业务部署灵活便捷**：由SDN控制器统一管理网络资源，业务自动化发放，且网络SLA可视。



| 目录

- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - **IPv6+随流检测（iFIT）**
 - IPv6+确定性IP网络
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

传统网络运维的痛点

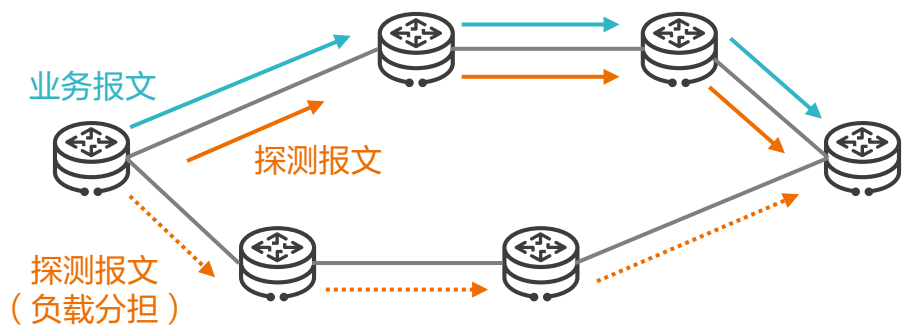


- **业务受损被动感知：**运维人员通常只能根据收到的用户投诉或周边业务部门派发的工单判断故障范围。当前网络需要能够主动感知业务故障的业务级SLA检测手段。
- **定界定位效率低下：**
 - 故障定界定位经常需要多团队协同，定界定位难；
 - 人工逐台设备排障找到故障设备进行重启或倒换的方法，排障效率低下；传统OAM技术无法真实复现性能劣化和故障场景。因此，当前网络需要基于真实业务流的高精度快速检测手段。

业务质量检测技术：带外检测

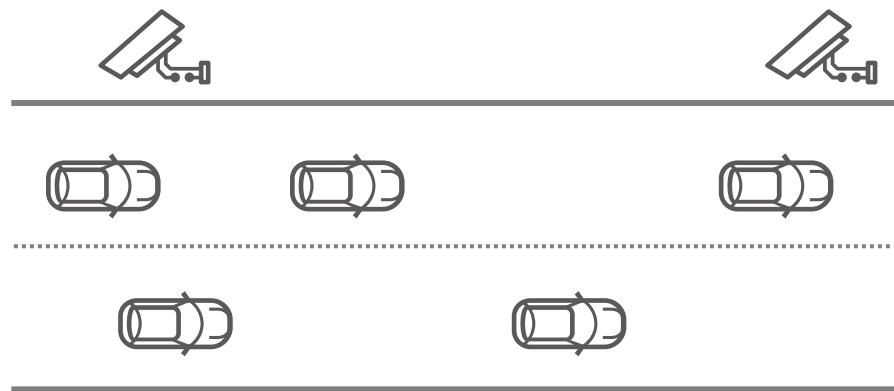
带外检测技术：通过间接模拟业务数据报文并周期性发送报文的方法（发送独立的探测报文），实现端到端路径的性能测量与统计。

带外检测技术



周期性发送模拟业务数据报文的探测报文，间接推断网络质量；
探测报文非真实业务数据，路径可能不一致。

一个现实世界中的例子

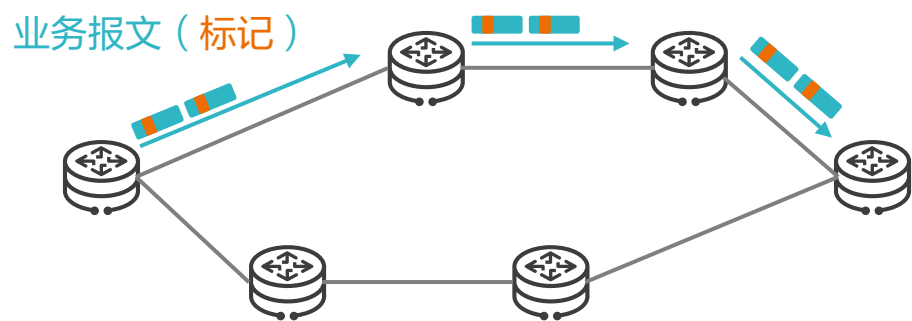


在道路上安装摄像头，定点监测车辆（相当于数据）通行情况，
存在探测盲点。

业务质量检测技术：带内检测

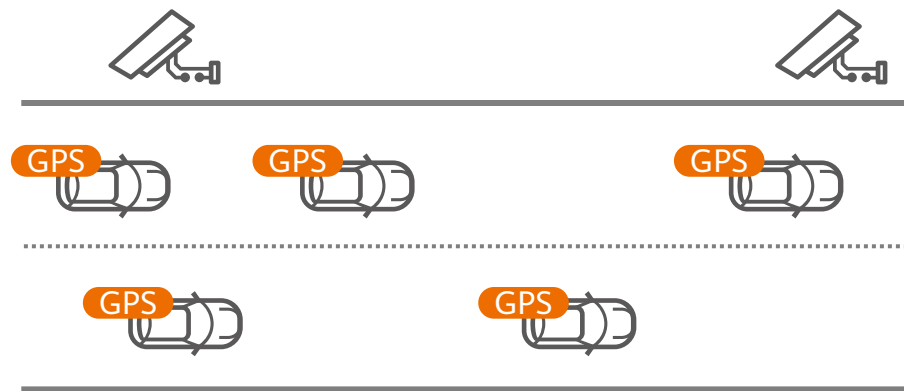
带内检测技术：通过对真实业务报文进行特征标记或在真实业务报文中嵌入检测信息，实现对真实业务流的性能测量与统计。

带内检测技术



在真实业务报文中进行特征标记，或者嵌入监测信息，直接感知业务的真实质量。

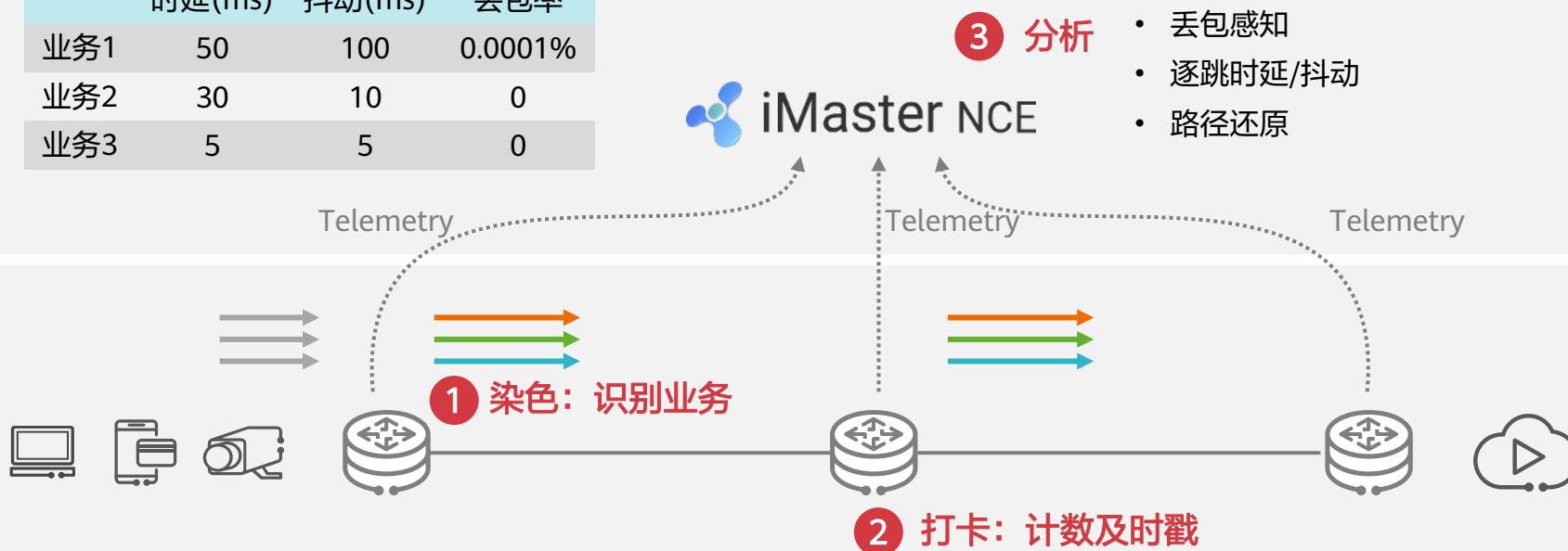
一个现实世界中的例子



给每辆车加载GPS，所有车辆行驶信息被汇总，任何塞车、事故信息都可被及时发现。

iFIT: 随流检测，提供更高精度的业务级SLA检测方案

	时延(ms)	抖动(ms)	丢包率
业务1	50	100	0.0001%
业务2	30	10	0
业务3	5	5	0



端到端/逐跳KPI测量

- KPI: 时延, 丢包、抖动, 路径还原
- 业务模式: MPLS/SR/SRv6/L3VPN/EVPN

10⁻⁶ 高精度度和真实业务

- 基于真实业务流检测
- 高精度度: 丢包检测率10⁻⁶

易部署运维

- 自动逐跳定界、按需检测
- 头尾节点配置, 中间节点只需使能iFIT

iFIT: 业务可视化, 故障易定界, 业务可自愈

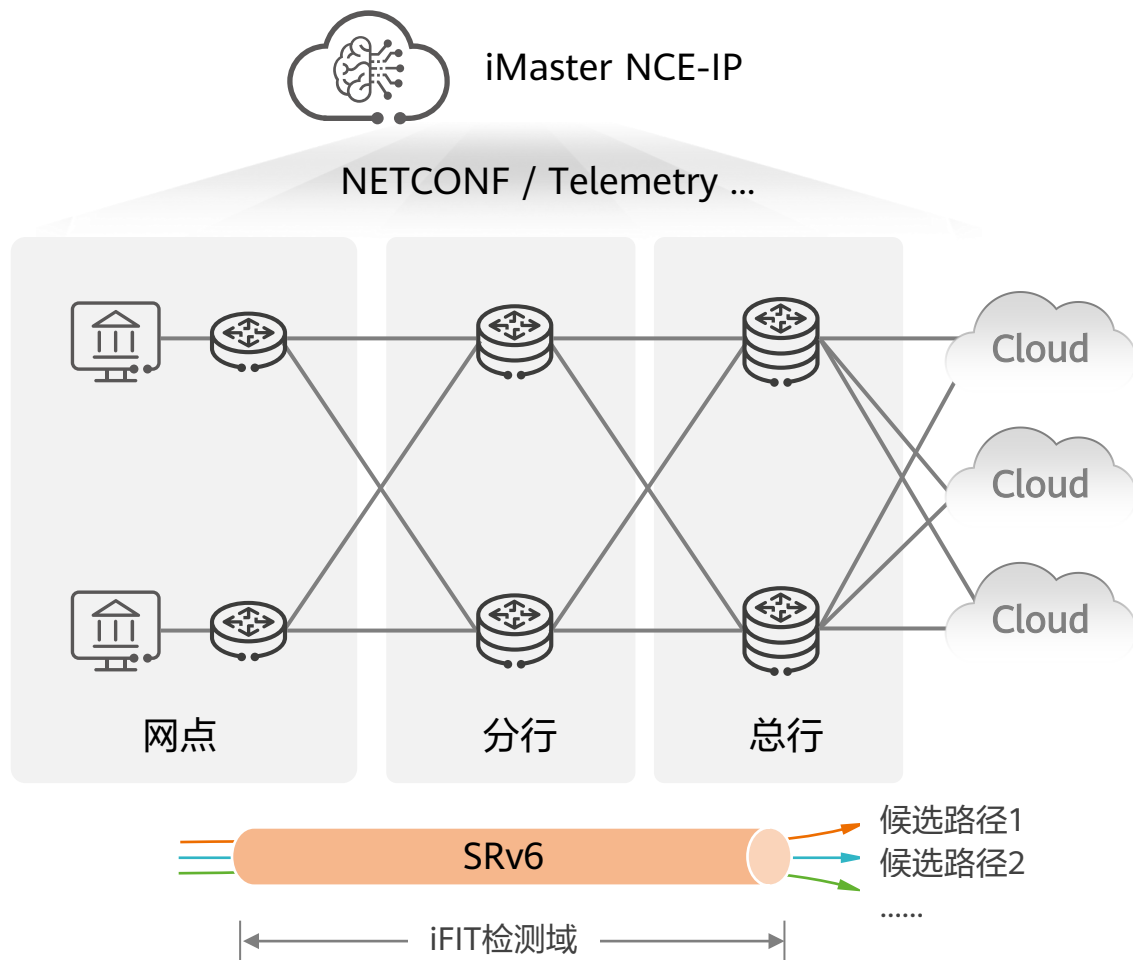


iFIT: 基于iMaster NCE的可视化呈现

部署iFIT检测后，通过iMaster NCE可视化分析平台，可清晰看到端到端时延、端到端丢包率。



案例：iFIT与CloudWAN解决方案在金融广域一张网中的应用



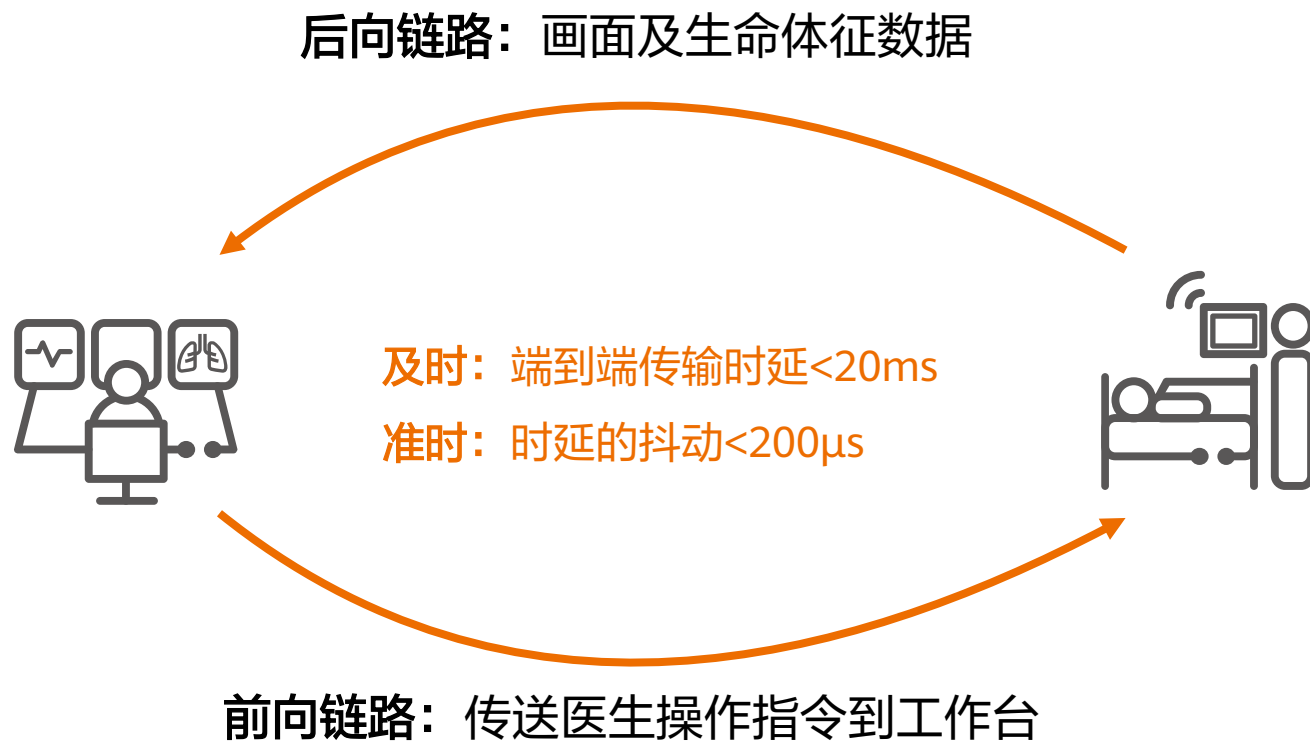
金融广域一张网依靠SRv6技术简单快速地打通云和各种接入点之间的基础网络连接，确保业务高效开通；另一方面，金融行业本身就对SLA质量有很高的要求，iFIT可以简化运维流程，优化运维体验。

- 支持在SRv6场景中使能iFIT隧道级检测，能够检测SRv6各个Segment List的质量并选出最优链路，通过周期性地对比当前链路和最优链路进行选路调优，实现智能选路。
- 全网一个核心控制器，可以对整个金融网络进行集中式运维，实现端到端的管理和调度。

| 目录

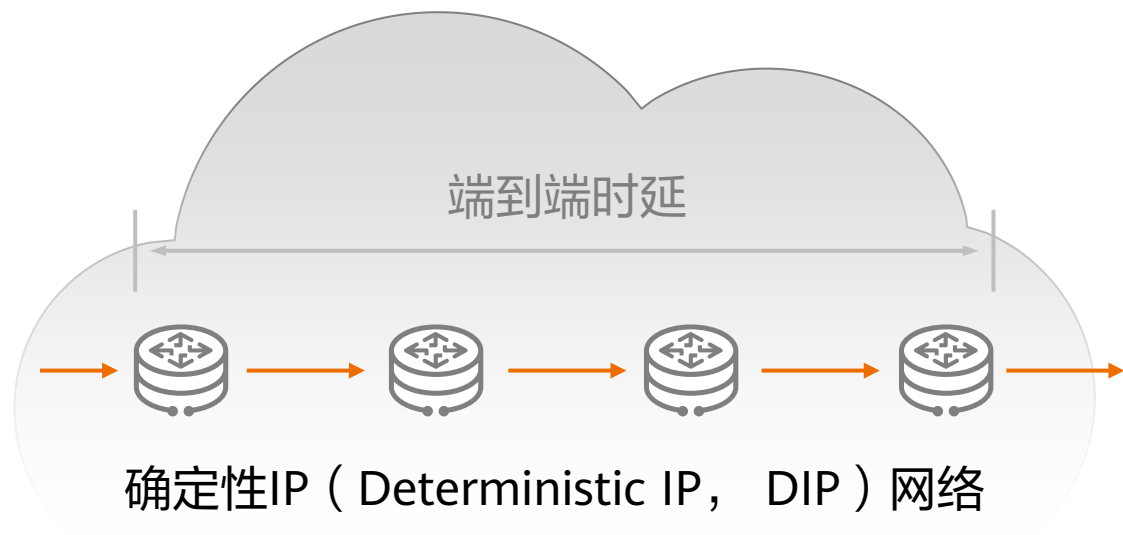
- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - **IPv6+确定性IP网络**
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

新兴业务要求网络不仅要“及时”，还要“准时”



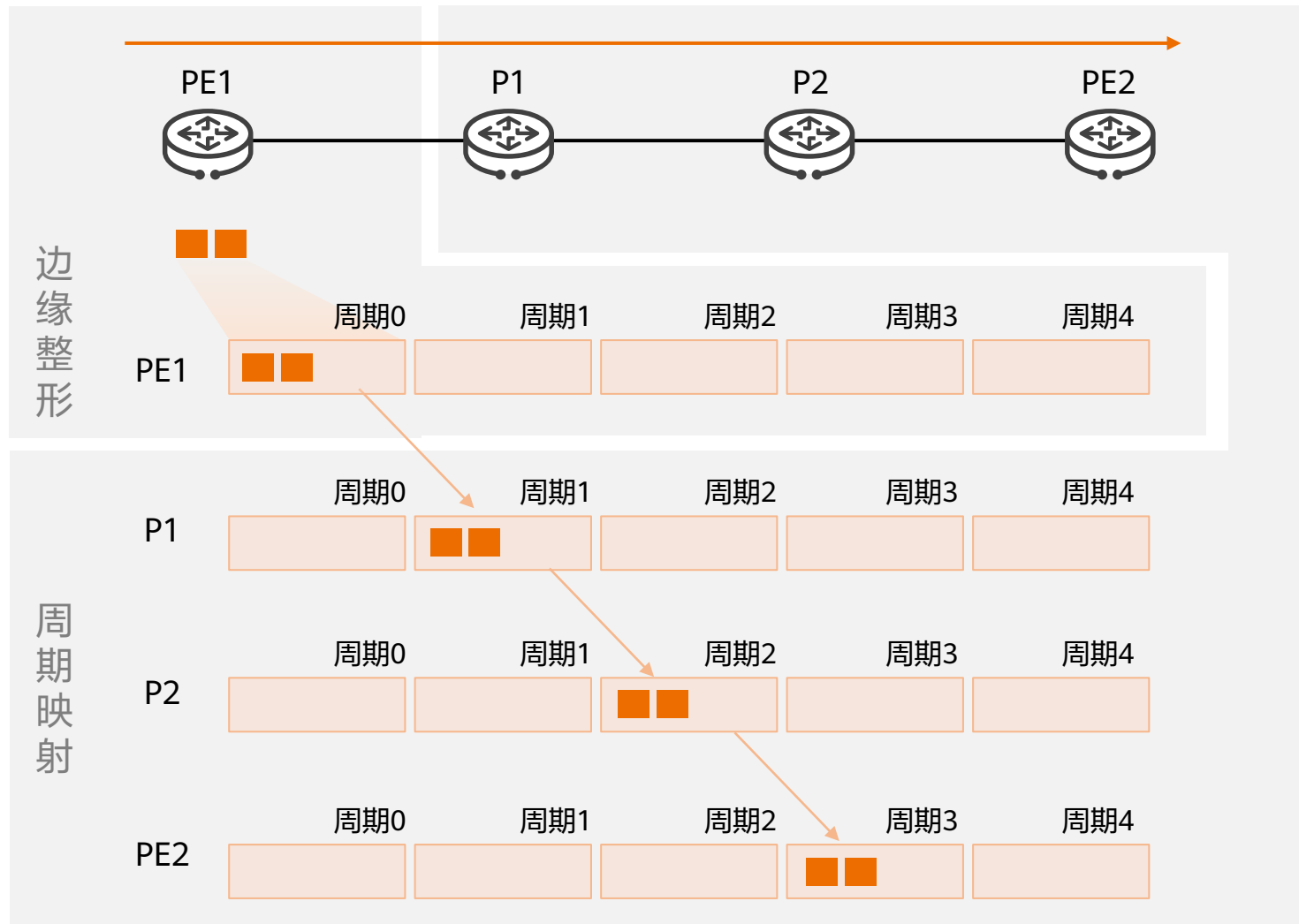
- 医生进行远程医疗。
- 通过前向链路传送操作指令到工作台。
- 通过后向链路返回画面及生命体征数据。
- 保证医生不感受明显的延时和抖动等不适。

确定性IP网络关于时延与抖动的业务指标



- **时延：业务流量的端到端时延上限不高于所要求的时延**
 - DIP 100%保证业务流量中每个报文的端到端时延都不超过某个上限值。
- **抖动：业务流量的端到端时延上限-下限的差值不高于所要求的抖动**
 - DIP确保了每个报文的端到端时延，因此，时延的上限值与下限值也就确定。

DIP网络的总体架构



转发平面技术:

- **边缘整形:** 将到达时间不太规律的报文, 整形到按时间划分的不同T周期中。
- **周期映射:** 将上游设备一个周期发出的报文, 从本设备出接口一个周期发出。

控制平面技术:

- **SRv6显式路径规划:** 负责转发路径规划控制和逐跳转发资源预留。

| 目录

- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - IPv6+确定性IP网络
 - **IPv6+应用感知（APN6）**
 - IPv6+智能运维

什么是APN6

AS-IS：目前网络设备应用识别技术

基于IP/TCP/UDP头识别

- 根据IP地址、端口号、DSCP等字段识别应用。
- 适用于IP地址、端口号、DSCP等静态配置的场景。

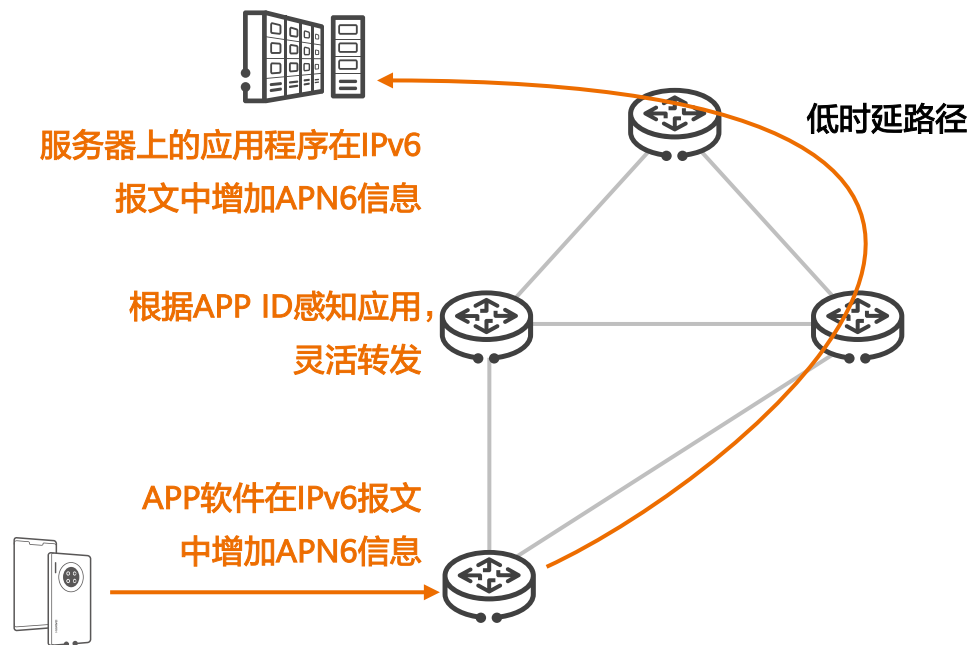
基于智能技术识别

- 根据数据流的IP地址、统计特征（包间隔、包大小等），通过CNN、IP流图算法识别应用。
- 适用于硬件成本、安全隐私敏感，对识别准确度要求不高的场景。

基于业务感知（SA）识别

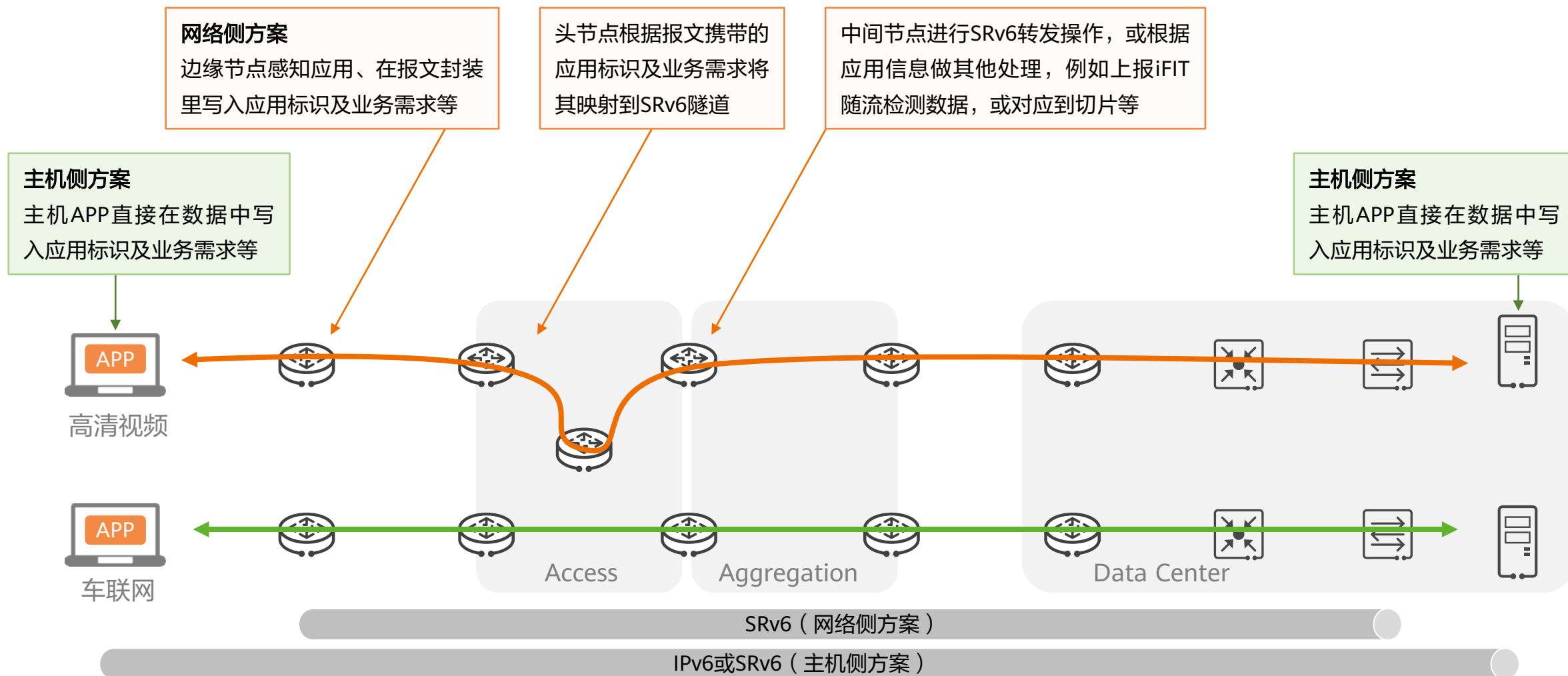
- 通过匹配报文载荷中的特征识别应用。
- 适用硬件成本不敏感、协议识别准确度要求高的场景。

TO-BE：基于APN6的应用识别



终端APP、服务器不具备增加APN6能力时，可在网络边缘设备增加APN6信息。

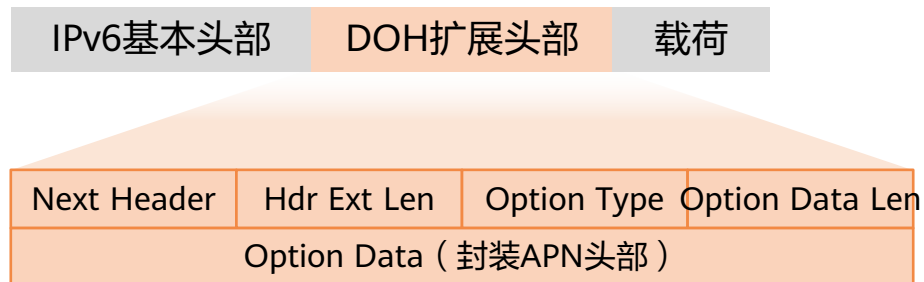
APN6解决方案概述



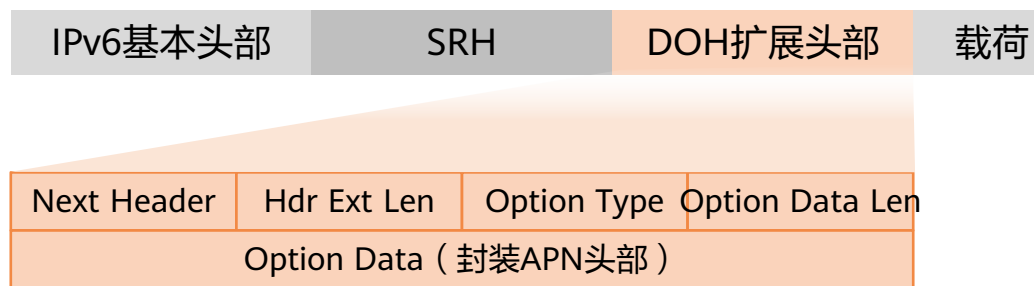
基于IPv6 DOH扩展头携带APN信息

在DOH中携带APN信息

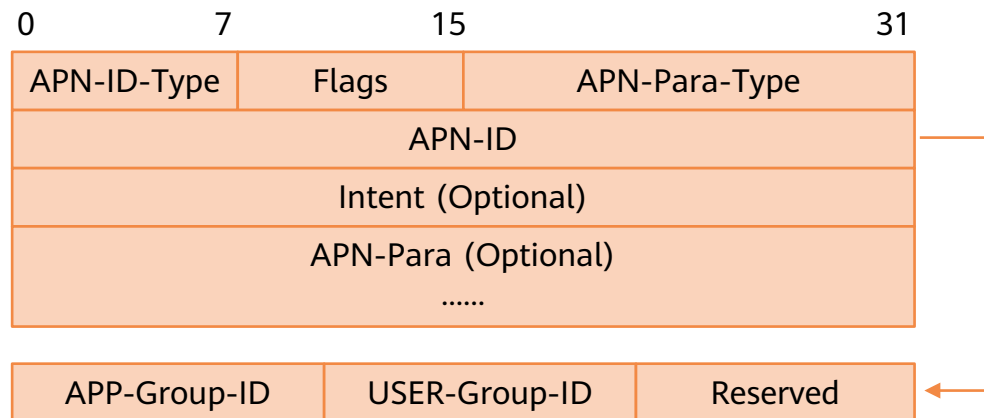
形态1:



形态2:



APN头部格式



APN头部主要包含如下信息:

- APN ID
 - APP Group ID: 应用组的标识
 - User Group ID: 用户组的标识
- 业务需求 (Intent)
- APN参数 (Parameters)
 - 网络性能需求参数

APN6+SFC, 应用级业务链编排

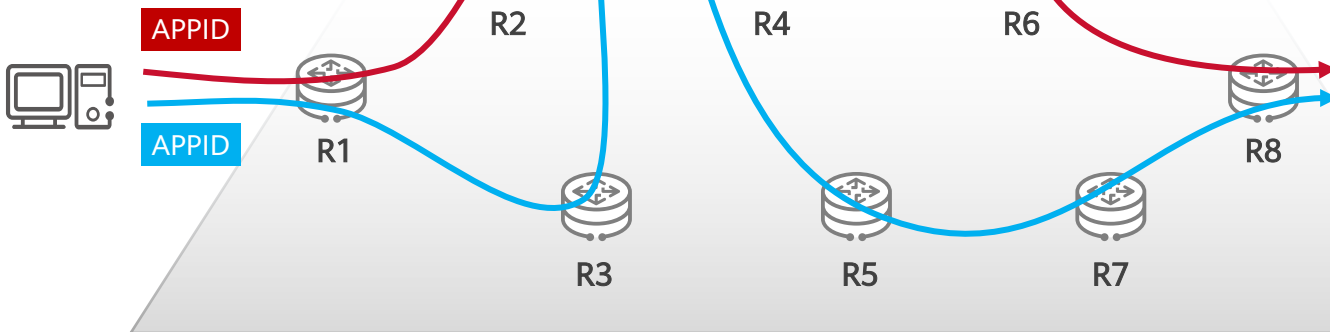


2 根据APPID下发制定业务策略

APPID	R2, FW, IPS
APPID	R3, FW, R5

业务策略指导报文经过不同的VAS节点

1 支持APN的终端, IPv6
扩展头增加APP ID



基于用户&应用细粒度编排

- 结合APN6实现精细化应用识别
- 报文携带应用信息 (APP ID), 应用驱动网络路径编排

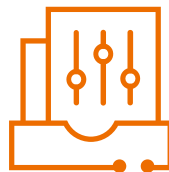
无状态业务链实现增值业务

- VAS节点按需加入SRv6 Policy

| 目录

- IPv6+内涵与技术体系概述
- **IPv6+关键技术与应用概述**
 - IPv6+分段路由（SRv6）
 - IPv6+新型组播（BIERv6）
 - IPv6+网络切片
 - IPv6+随流检测（iFIT）
 - IPv6+确定性IP网络
 - IPv6+应用感知（APN6）
 - IPv6+智能运维

网络管理与运维的发展演变



手工方式

网络开局、部署等全靠手工命令行操作

脚本执行

重复操作通过脚本实现命令行批量配置

工具辅助

网络布放自动化、可视化，
基于拓扑生成配置

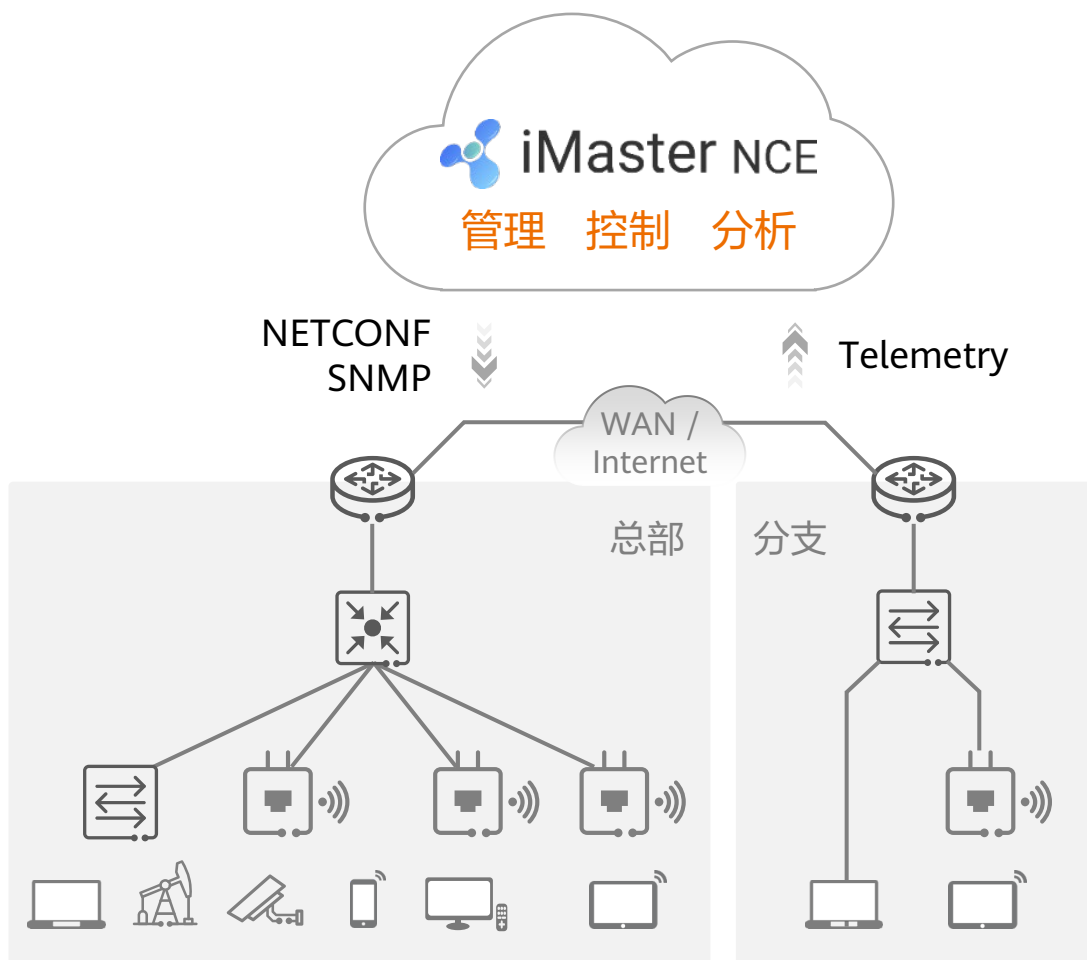
智能分析

基于意图的自动化，基于
AI和规则的主动分析/优化

自治自愈

网络自治，无人值守，基于
智能技术的自适应自优化

园区网络自动驾驶



网络开通“快”，部署效率提升

- 设备即插即用：意图开局，极简上线，场景导航，模板配置
- 网络极简部署：网络资源池化，一网多用，业务自动化发放

业务发放“快”，用户体验提升

- 业务随行：图形化策略配置，用户移动时权限不变，体验不变
- 终端智能识别：终端接入防仿冒，终端智能识别准确率高
- 智能HQoS：基于应用调度和整形，带宽精细化管理

智能运维“快”，整网性能提升

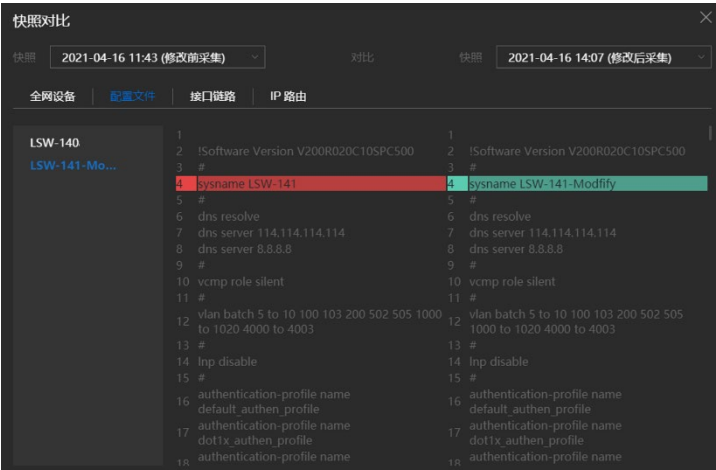
- 实时体验可视：每时刻、每用户、每区域的网络体验可视
- 精准故障分析：主动识别典型网络问题并给出建议
- 智能网络调优：基于历史数据的无线网络预测性调优



案例：智能校验，快速验证，零差错变更网络

“快照”对比

快速识别网络配置前后的变化，如配置文件、接口链路、路由等



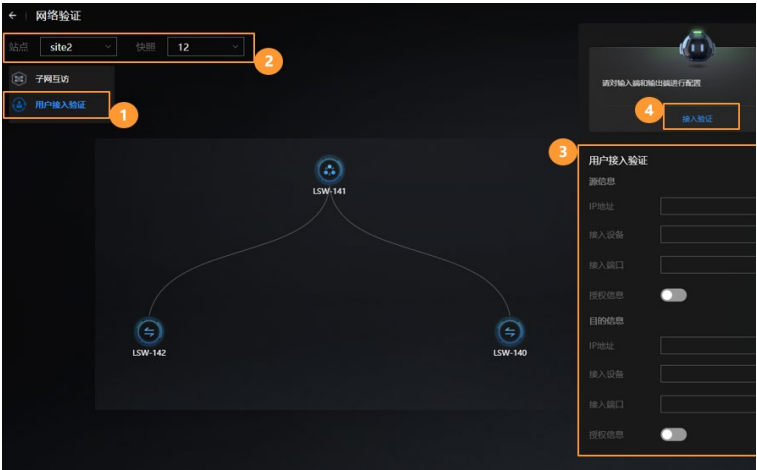
子网互访验证

业务子网间的连通性验证，可选择任意子网或全网子网



终端接入验证

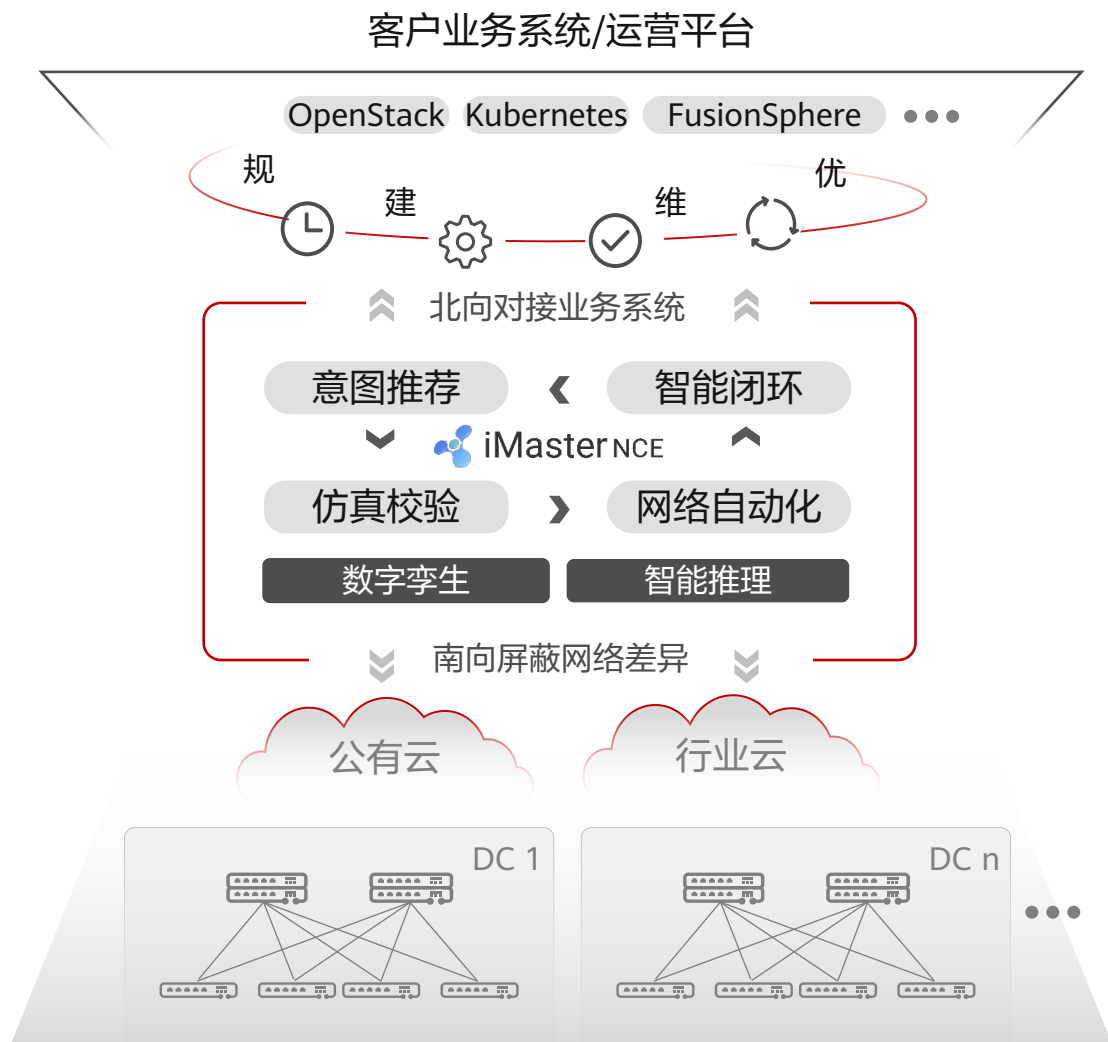
用户接入可达性验证，可指定，用户接入的IP地址、设备和端口等



校验过程

- ① 校验任务创建 → ② 网络数据采集 → ③ 网络建模并校验 → ④ 校验结果输出

数据中心网络自动驾驶



部署“零”等待

- 规划、设计、部署自动化
- 多DC、多云拉通，编排自动化

配置“零”差错

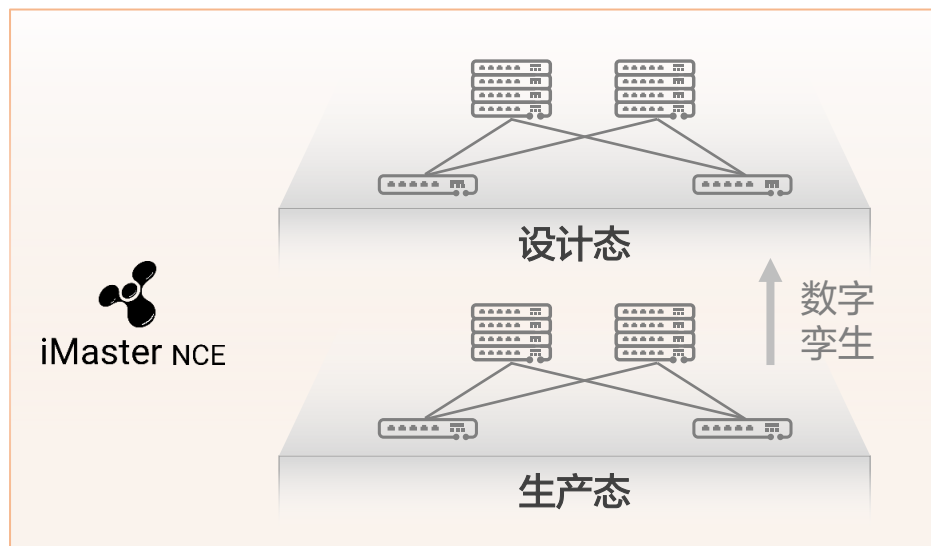
- Underlay、Overlay事前仿真，杜绝人为差错
- 网络变更推演，网设零失误

业务“零”中断

- 业务/租户/全网三级回滚，全网20min极速恢复
- 故障自闭环，5分钟修复故障

案例：事前仿真，实时呈现变更影响，提前发现配置问题

进行Underlay或Overlay网络变更前（例如增删或修改配置，包括路由、逻辑网络、微分段等），在业务下发前进行仿真，评估变更对现网带来的影响，仿真结果符合预期再进行业务下发。



资源占用评估

网络变更导致的VRF、静态路由、L2子接口、VNI、BD、EVPN等逻辑资源占用情况变化。



连通性分析

验证基于指定的IP五元组会话的连通性变化。

全网影响性分析

验证网络变更前后全网IP连通性变化。

| 思考题

- （单选题）在SRv6中，使用了IPv6的哪一种扩展头部？
 - A. 逐跳选项扩展报文头
 - B. 目的选项扩展报文头
 - C. 路由扩展报文头
 - D. 分片扩展报文头

| 课程总结

- “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。
- 本课程系统地介绍了IPv6+关键技术与应用中的分段路由（SRv6）、新型组播（BIERv6）、网络切片、随流检测（iFIT）、确定性IP网络、应用感知（APN6）、及智能运维，当然，IPv6+的技术体系创新不局限于上述几点，它的内涵随着IPv6的广泛应用在时刻发生变化。

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.

