

IPv6过渡技术



| 前言

- 随着IPv4地址短缺问题日益加剧、产业互联网的升级、国家政策的推动，从IPv4网络向IPv6迁移已经成为各网络当前的工作重点。但由于业务延续性的需要，IPv4网络将继续存在相当长时间。在网络向IPv6演进的过程中，部署IPv4和IPv6共存的网络将无可回避。
- 本课程将简介IPv6地址的申请与规划方法，详细介绍IPv4和IPv6共存时期的过渡技术，包括双栈、隧道技术、转换技术。
- 此外，本课程还将介绍数据中心、广域网、园区网等场景中的IPv6演进方案，包括IPv6演进的阶段，以及各阶段建议采取的技术及网络架构。

| 目标

- 学完本课程后，您将能够：
 - 描述IPv6地址的申请与规划方法。
 - 描述IPv6过渡技术及其工作原理，区分不同IPv6过渡技术的应用场景及特点。
 - 描述园区网络、数据中心网络、广域网络等场景的IPv6演进方案。

| 目录

1. IPv6过渡背景
2. IPv6地址申请与规划
3. IPv6过渡技术
4. IPv6演进方案

趋势：数据通信网络为什么需要IPv6

数据通信网络，千行百业数字化的基石



数据通信网络：数字世界的快递系统

← IP是核心协议 →



海量终端



IPv6是新一代数据通信网络的必然趋势

IPv6满足万物互联的地址需求

IPv4

2^{32}

>>

IPv6

2^{128}

易溯源、难扫描

IPv6无需NAT，更高效

IPv4



快递



门卫



住户

>>

IPv6



快递

直达



住户

IPv6更灵活，有丰富的创新空间

IPv4



不知道
里面是
什么

>>

IPv6



·加急
·易碎

可扩展性差
标准停滞

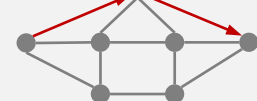
多种扩展头
创新空间丰富

IPv6面向网络可编程

IPv4

路径短

时延高



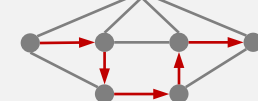
尽力而为传输

>>

IPv6

路径编程

时延低



网络可编程

现状：国家大力推进IPv6部署并获显著成效

十四五规划和2035年远景目标纲要

“...扩容骨干网互联节点，新设一批国际通信出入口，**全面推进互联网协议第六版（IPv6）商用部署**。实施中西部地区中小城市基础网络完善工程...”

工信部印发《“十四五”信息通信行业发展规划》

推动IPv6与人工智能、云计算、工业互联网、物联网等融合发展，支持在金融、能源、交通、教育、政务等**重点行业开展“IPv6+”创新技术试点以及规模应用**，增强IPv6网络对产业数字化转型升级的支撑能力.....

工信部网信办联合印发《IPv6流量提升三年专项行动计划（2021-2023）》

IPv6规模部署和应用是互联网演进升级的必然趋势，是网络技术创新的重要方向，是网络强国建设的关键支撑。用三年时间，推动我国IPv6规模部署从“通路”走向“通车”，从“能用”走向“好用”

工信部印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023）》

积极采用**“IPv6+”等新技术提供确定性服务能力**。新建行业网络**优先支持IPv6**分段路由、网络切片、确定性转发、随路检测等“IPv6+”功能，并开展新型组播、业务链、应用感知网络等试点应用。

中央网信办等三部门印发《深入推进IPv6规模部署和应用2022年工作安排》

到2022年末，IPv6活跃**用户数达到7亿**，物联网IPv6**连接数达到1.8亿**，固定网络IPv6流量占比达到13%，移动网络IPv6流量占比达到45%。IPv6网络安全防护能力大幅提升。

7.6亿

IPv6互联网活跃用户

71.08%

IPv6活跃用户占比

全球第**2**名

IPv6地址拥有量

99%支持IPv6

Top100移动互联网应用

来源：国家IPv6发展监测平台 2023年5月

措施：IPv6演进是一个系统工程，并非一蹴而就



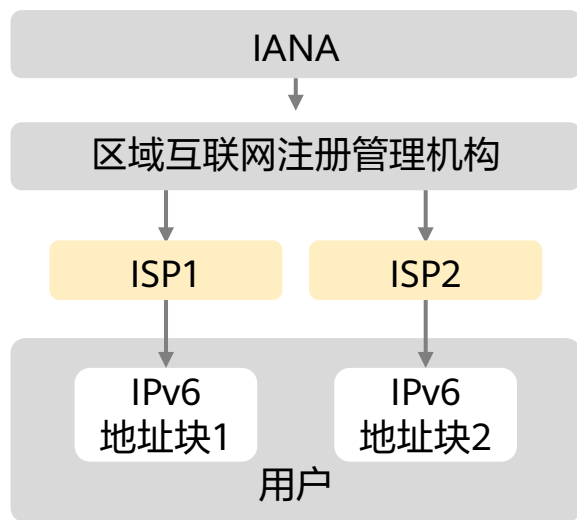
| 目录

1. IPv6过渡背景
- 2. IPv6地址申请与规划**
3. IPv6过渡技术
4. IPv6演进方案

IPv6地址申请

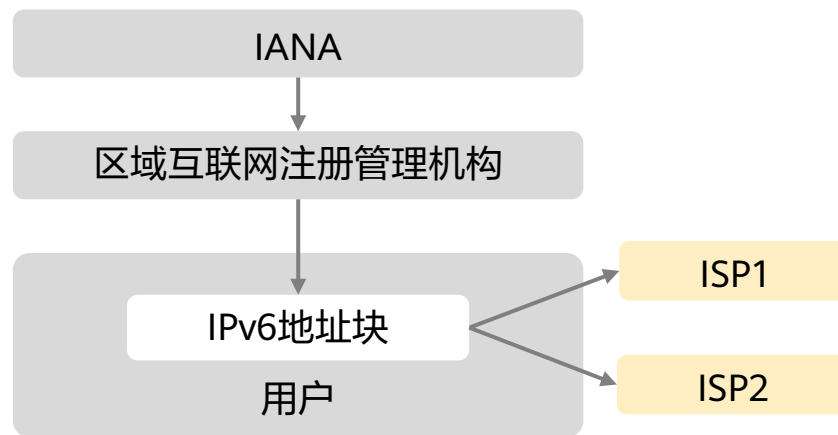
PA地址空间 (Provider-Aggregatable address space)

- PA地址空间指的是一段由区域互联网注册管理机构分配给互联网服务提供商 (Internet Service Provider, ISP) 的IP地址。
- ISP可以再根据用户的需求分配地址块，即PA地址随专线、Internet专线等服务同步提供给用户，适用于中小型企业，成本较低。但是，切换ISP需更换地址分配。



PI地址空间 (Provider-Independent address space)

- PI地址空间是由区域互联网注册管理机构直接分配给最终用户的一段IP地址。获取了此种地址的用户必须另外联系ISP来获取互联网的接入服务，并将到达相关地址段的路由在互联网上通告。
- PI地址与ISP解耦，可以接入多个ISP，地址可自主规划，适用于大中型企业。但是，PI地址使用成本较高。

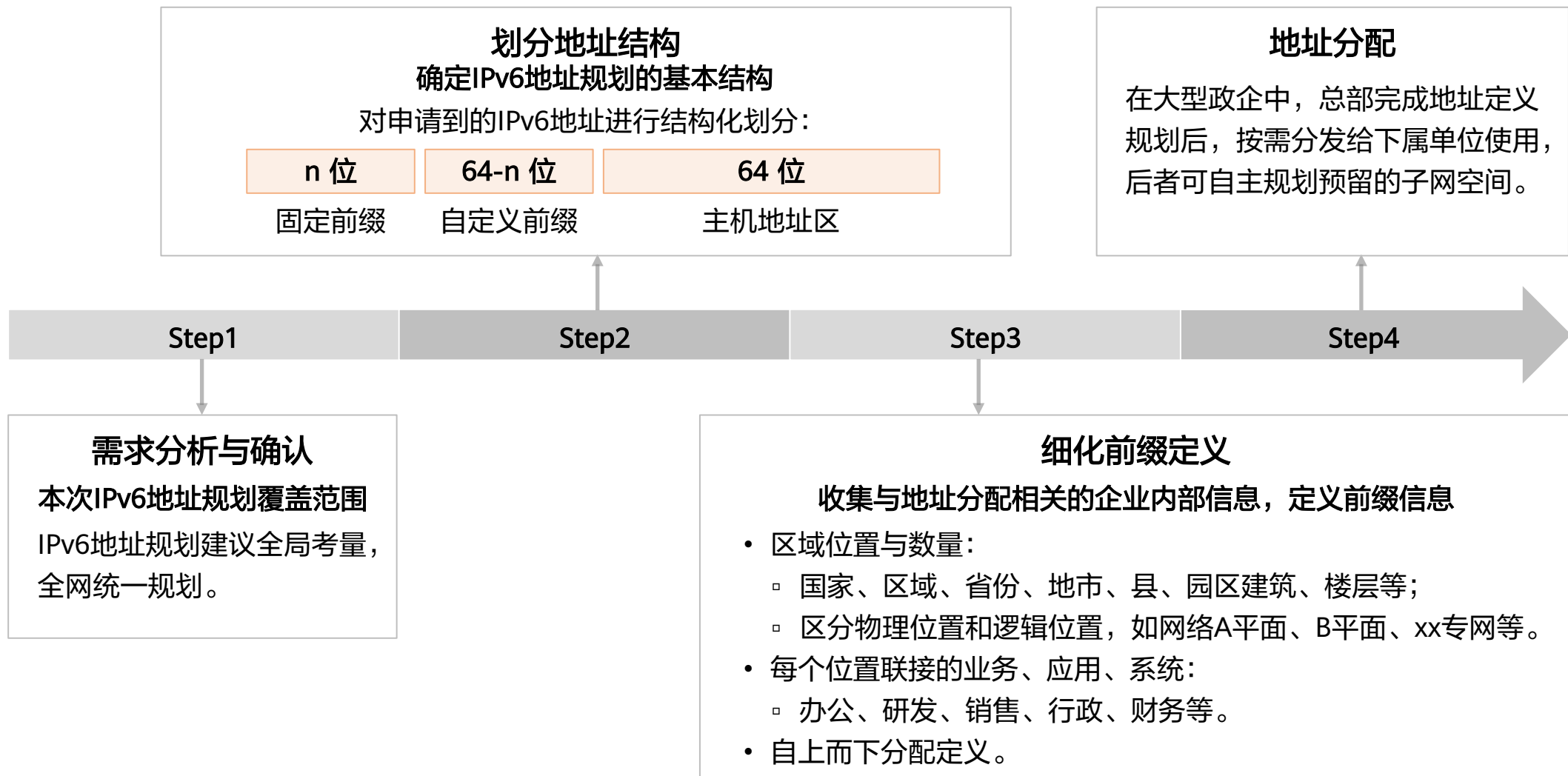


IPv6地址规划常用原则

- **层次化原则：**层次化设计有利于缩小路由表规模，可扩展、灵活，便于实施和排除故障，便于管理和容量规划。层次化设计就是将IPv6地址划分为相对独立的几个字段，每个字段可以单独规划，实现路由汇聚。
- **语义化原则：**在层次化原则上，对不同字段进行定义，赋予业务类型、物理位置等含义，便于运维和故障定位。
- **安全性原则：**相同业务属性具有相同的安全要求，业务之间的互访需要进行安全控制，同一种业务属性划分到同一段地址空间，有利安全设计和策略管理。
- **连续性原则：**IPv6地址段与段之间，段内地址尽量保持连续，连续的IP地址避免地址浪费，有利于管理和地址汇总，连续的IP地址易于进行路由汇总，减小路由表，提高路由效率。
- **可扩展性原则：**地址分配时要有一定的余量，在规划时预留扩展字段，以满足网络扩展时的需要。



IPv6地址规划常用流程



IPv6地址规划典型示例：X金融机构IPv6地址规划



- 如X金融机构获得的IPv6网络前缀为：XXXX:XXXX::/32。
- 那么总机构-生产-生产业务区的IPv6地址段为：XXXX:XXXX:0000:4000::/64
- 地址规划要基于企业的基础信息，永远没有唯一正确答案。

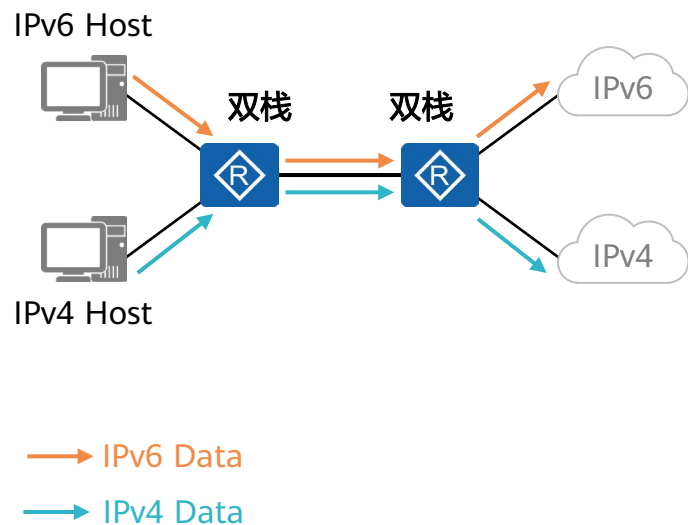
| 目录

1. IPv6过渡背景
2. IPv6地址申请与规划
- 3. IPv6过渡技术**
4. IPv6演进方案

IPv6过渡技术简介

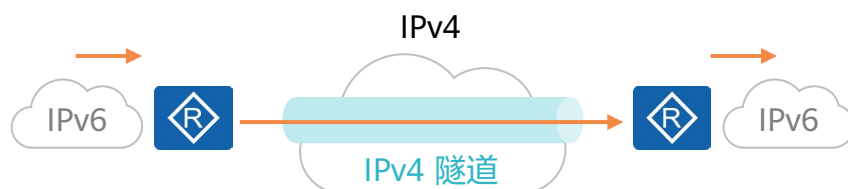
IPv4/IPv6双栈

- IPv4/IPv6并存、独立部署。对现有IPv4业务影响较小。
- 演进方案简单、易理解。网络规划设计工作量相对更少。

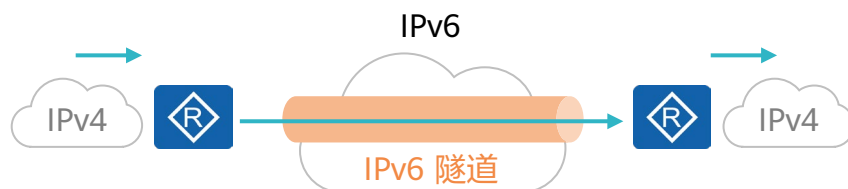


隧道技术

- **IPv6 over IPv4隧道**: 将IPv6流量封装在IPv4隧道中，在IPv4网络中实现IPv6孤岛互通。例如：IPv6 over IPv4手动与自动隧道、6PE、6VPE、VXLAN等。

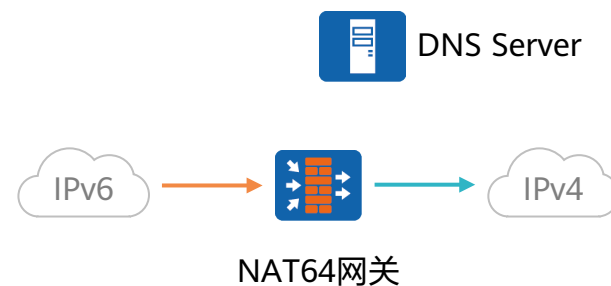


- **IPv4 over IPv6隧道**: 将IPv4流量封装在IPv6隧道中，适用于在IPv6网络中实现IPv4孤岛互通。例如：IPv4 over IPv6手动隧道、SRv6等。



转换技术

- **NAT64**: 实现IPv4与IPv6的协议转换，适用于纯IPv4网络与纯IPv6网络之间的通信，需部署NAT、DNS等。

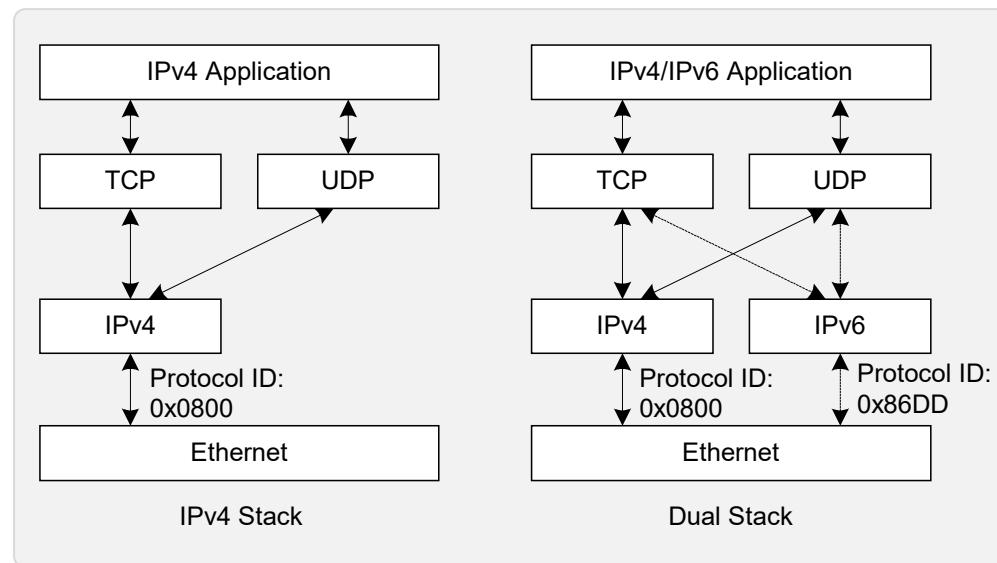
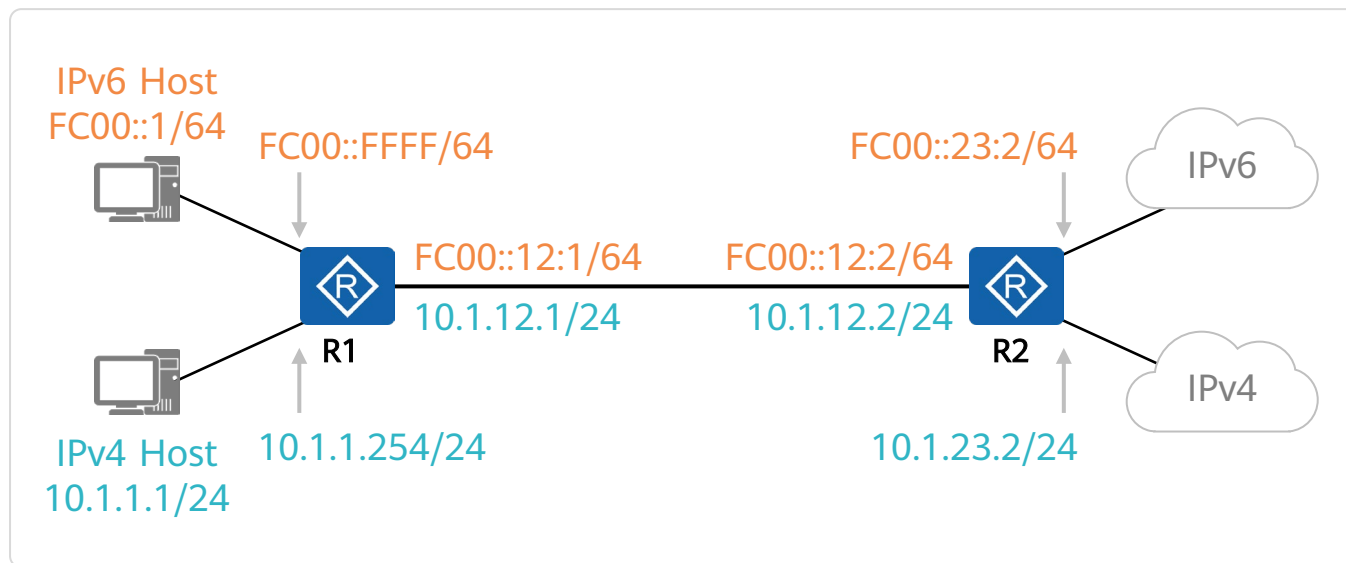


- **NAT66**: 实现IPv6地址之间的转换。使用NAT66不仅可以保护私网IPv6用户的隐私，而且可以降低IPv6网络维护和管理成本。

| 目录

1. IPv6过渡背景
2. IPv6地址申请与规划
- 3. IPv6过渡技术**
 - 双栈**
 - 隧道技术
 - 转换技术
4. IPv6演进方案

IPv4/IPv6双栈



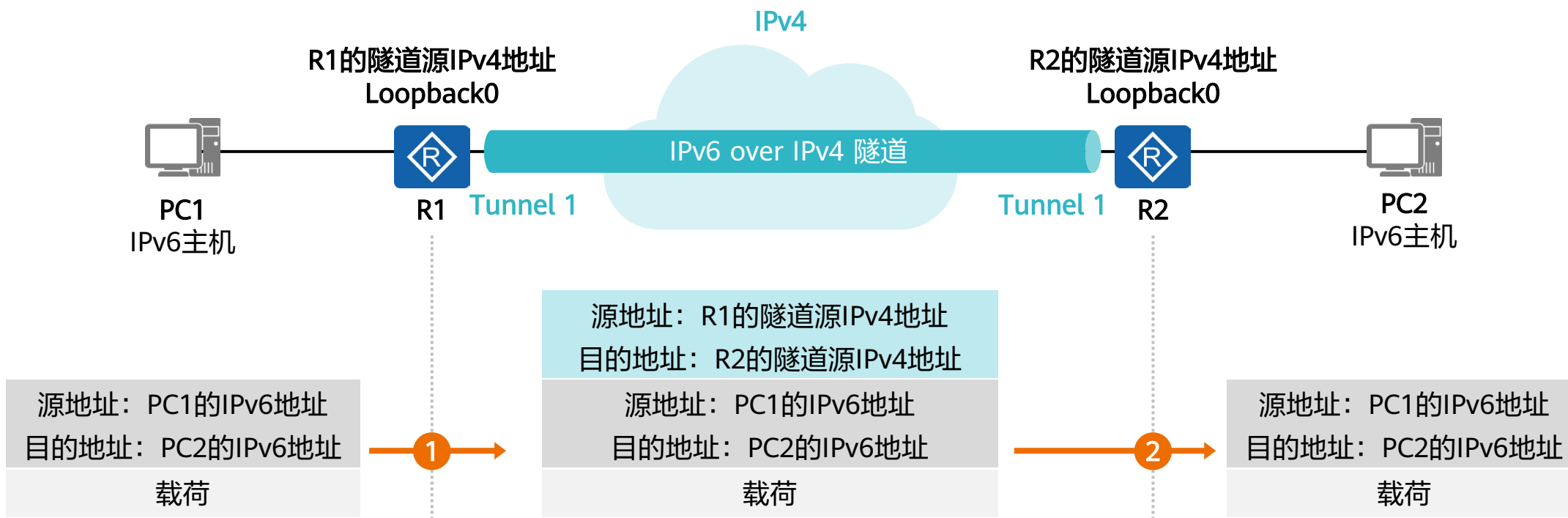
- IPv4/IPv6双栈是最基本的过渡机制。
- 网络中的设备同时支持IPv4和IPv6协议栈，源节点根据目的节点的不同选用不同的协议栈，而网络设备根据报文的协议类型选择不同的协议栈进行数据处理。

| 目录

1. IPv6过渡背景
2. IPv6地址申请与规划
- 3. IPv6过渡技术**
 - 双栈
 - 隧道技术**
 - 转换技术
4. IPv6演进方案

隧道技术：IPv6 over IPv4隧道概述

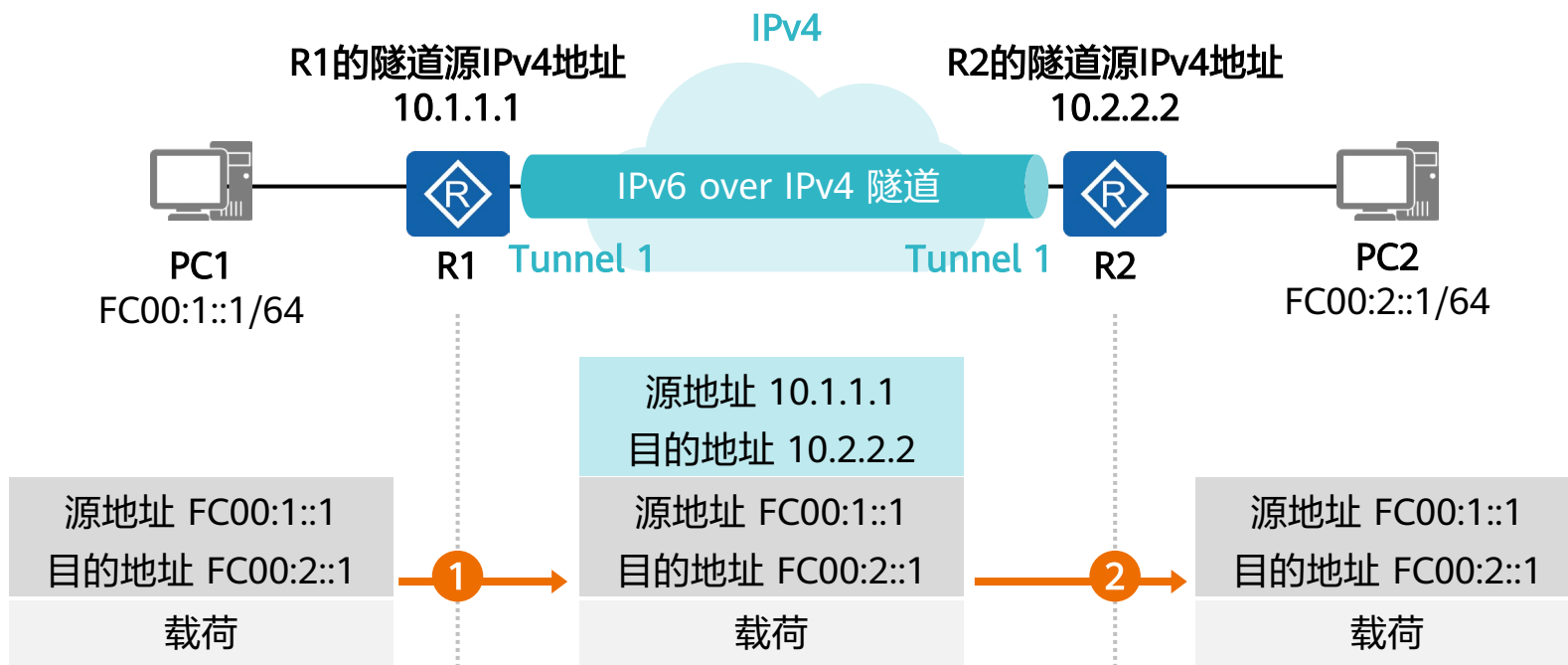
- IPv6 over IPv4是通过隧道技术，使IPv6报文在IPv4网络中传输，实现IPv6孤岛之间的互连。



- IPv6 over IPv4隧道的源IPv4地址必须手工配置，而目的IPv4地址有手工配置和自动获取两种方式。
- 根据隧道目的IPv4地址的获取方式不同可以将IPv6 over IPv4隧道分为手动隧道和自动隧道。



隧道技术：IPv6 over IPv4手工隧道



应用场景:

- 两个IPv6孤岛之间的点对点连接。
- 无数据加密需求。

配置实现:

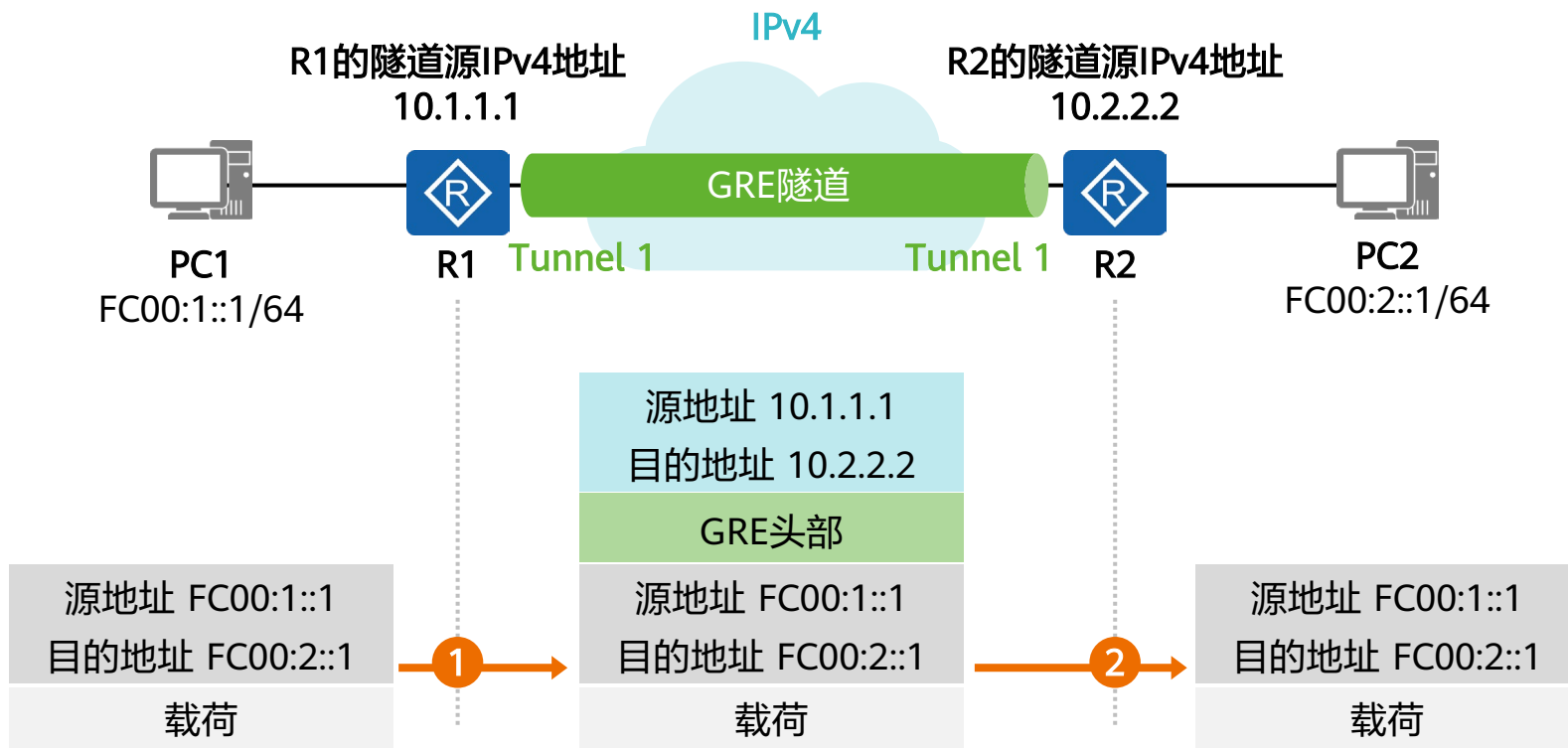
- 隧道两端的网络设备支持双栈，手工创建隧道。

方案特点:

- 技术成熟，实现简单。
- 需要手工配置，只支持点到点连接。



隧道技术：IPv6 over IPv4 GRE隧道



应用场景：

- 两个IPv6孤岛之间的点对点连接。
- 无数据加密需求。

配置实现：

- 隧道两端的网络设备支持双栈，手工创建隧道。

优势与不足：

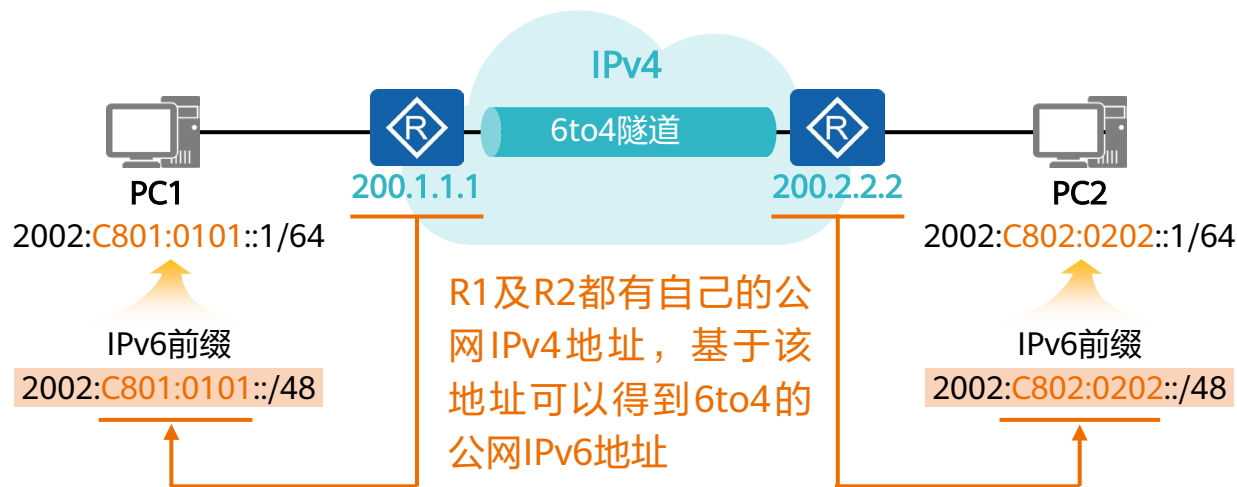
- 技术成熟，实现简单；GRE可承载多种乘客协议，通用性好；可以利用GRE的Key，通过这种弱安全机制防止错误识别、接收其他地方来的报文。
- 需要手工配置，只支持点到点连接。



隧道技术：IPv6 over IPv4自动隧道

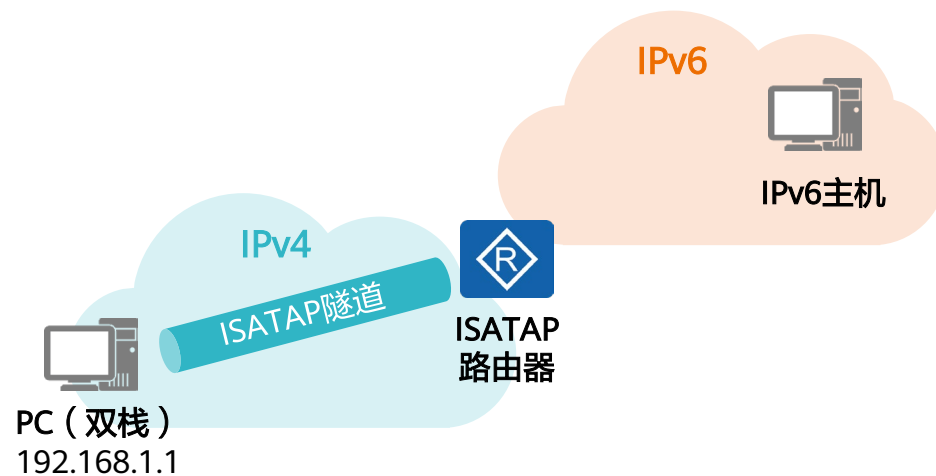
在IPv6 over IPv4自动隧道中，用户仅需要配置设备隧道的起点，隧道的终点由设备自动生成。

6to4隧道



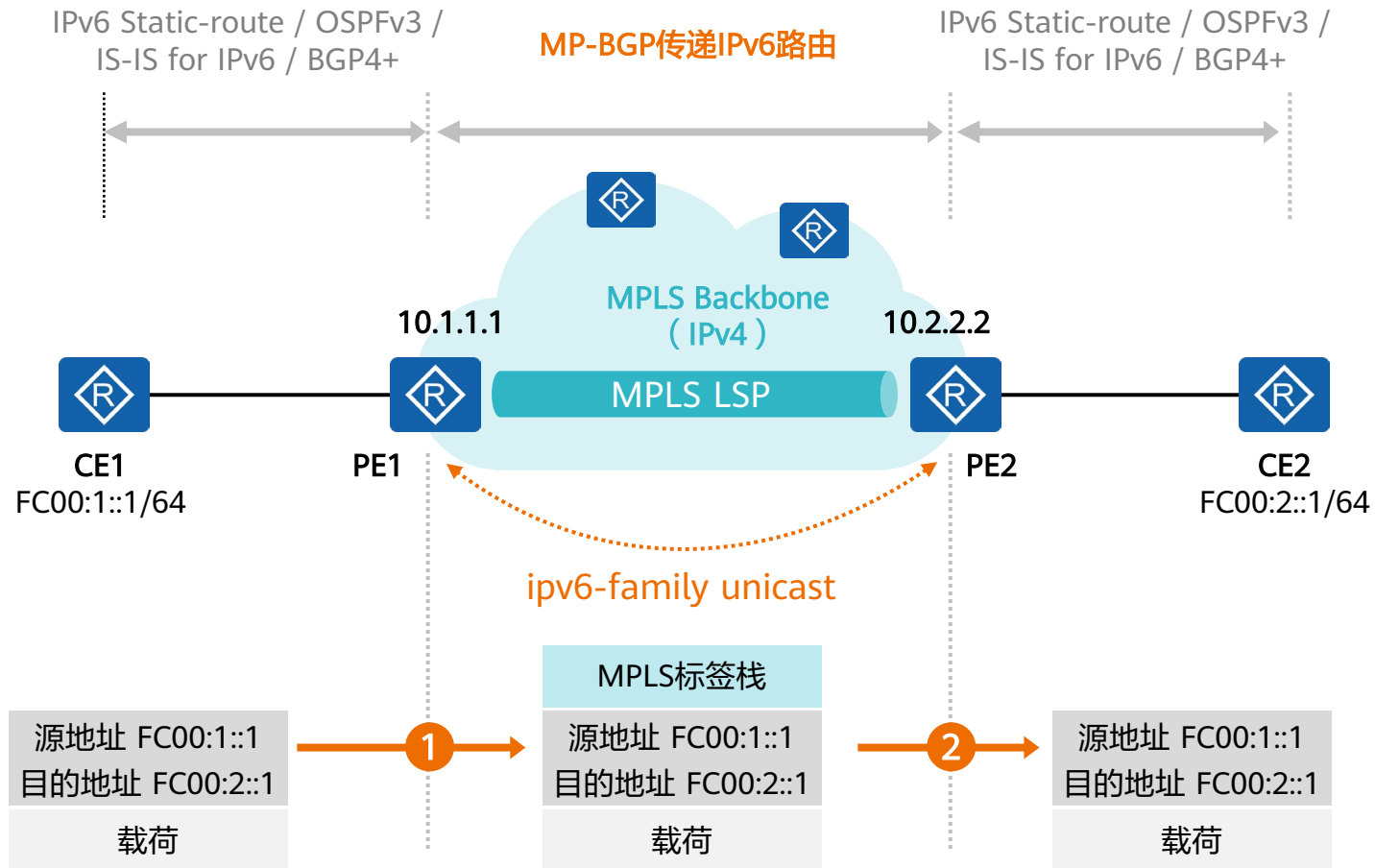
- 6to4隧道使用内嵌在IPv6地址中的IPv4地址建立。
- 48bit前缀2002:[IPv4地址]+16bit子网前缀构成用户IPv6地址前缀。
- 网络设备收到IPv6报文后，从目的IPv6地址中解析出目的IPv4地址。
- 可实现点对多点通信；隧道自动建立，无需手工指定对端地址。

ISATAP隧道



- ISATAP主要用于IPv4网络中的双栈主机通过ISATAP隧道访问IPv6网络的场景。
- 主机与ISATAP路由器之间建立隧道，从后者获取IPv6前缀，用IPv4地址做为接口ID，其接口ID是用修订的EUI-64格式构造，IPv6数据封装在IPv4报文中，在主机与路由器之间交互。

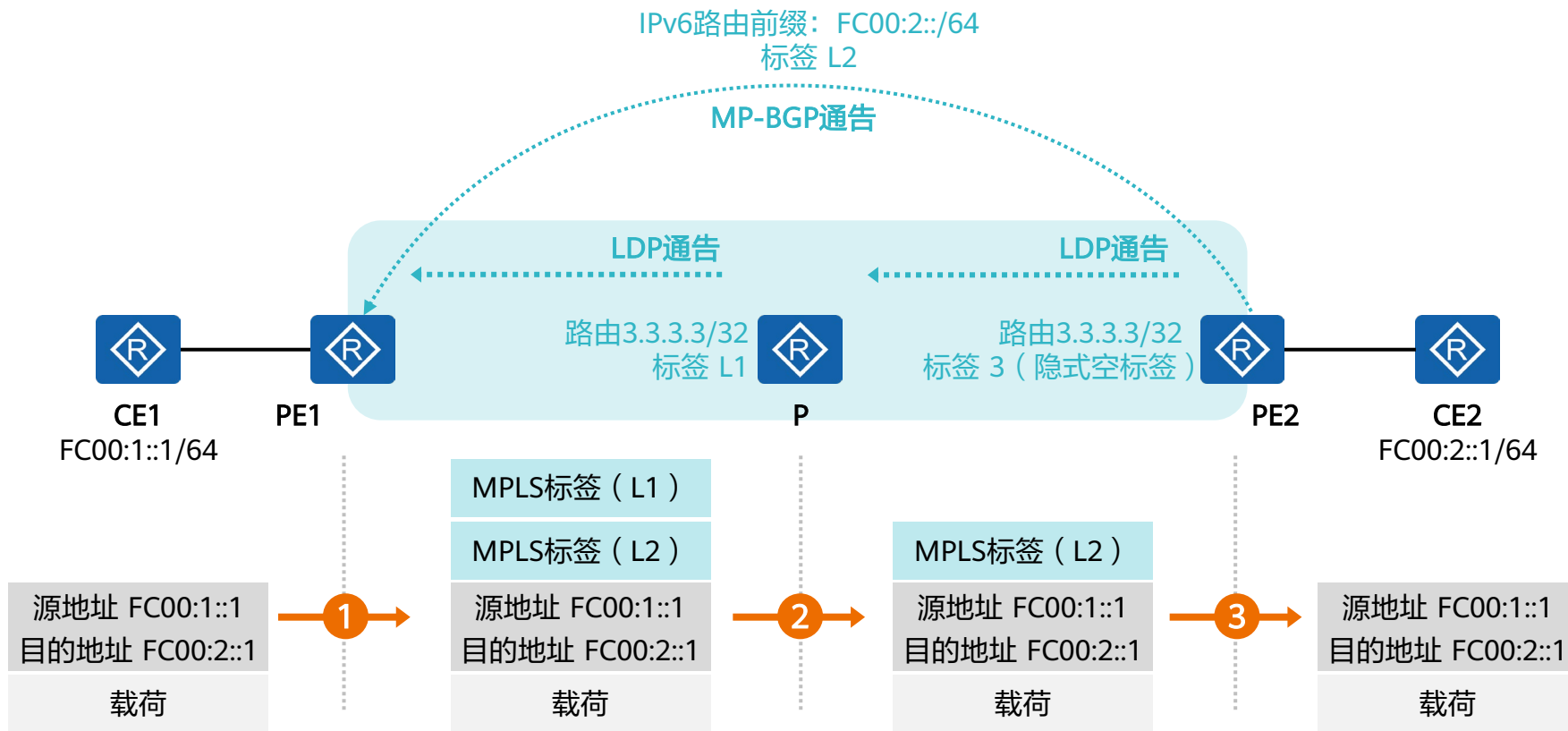
隧道技术：6PE



- 6PE是一种IPv4到IPv6的过渡技术，ISP可以利用已有的IPv4骨干网为IPv6网络提供接入能力。
- ISP边缘6PE（IPv6 Provider Edge）设备将用户的IPv6路由信息转换为带有标签的IPv6路由信息，并且通过BGP会话扩散到ISP的IPv4骨干网中。
- 6PE设备转发IPv6报文时，会将进入隧道的数据流打上标签。

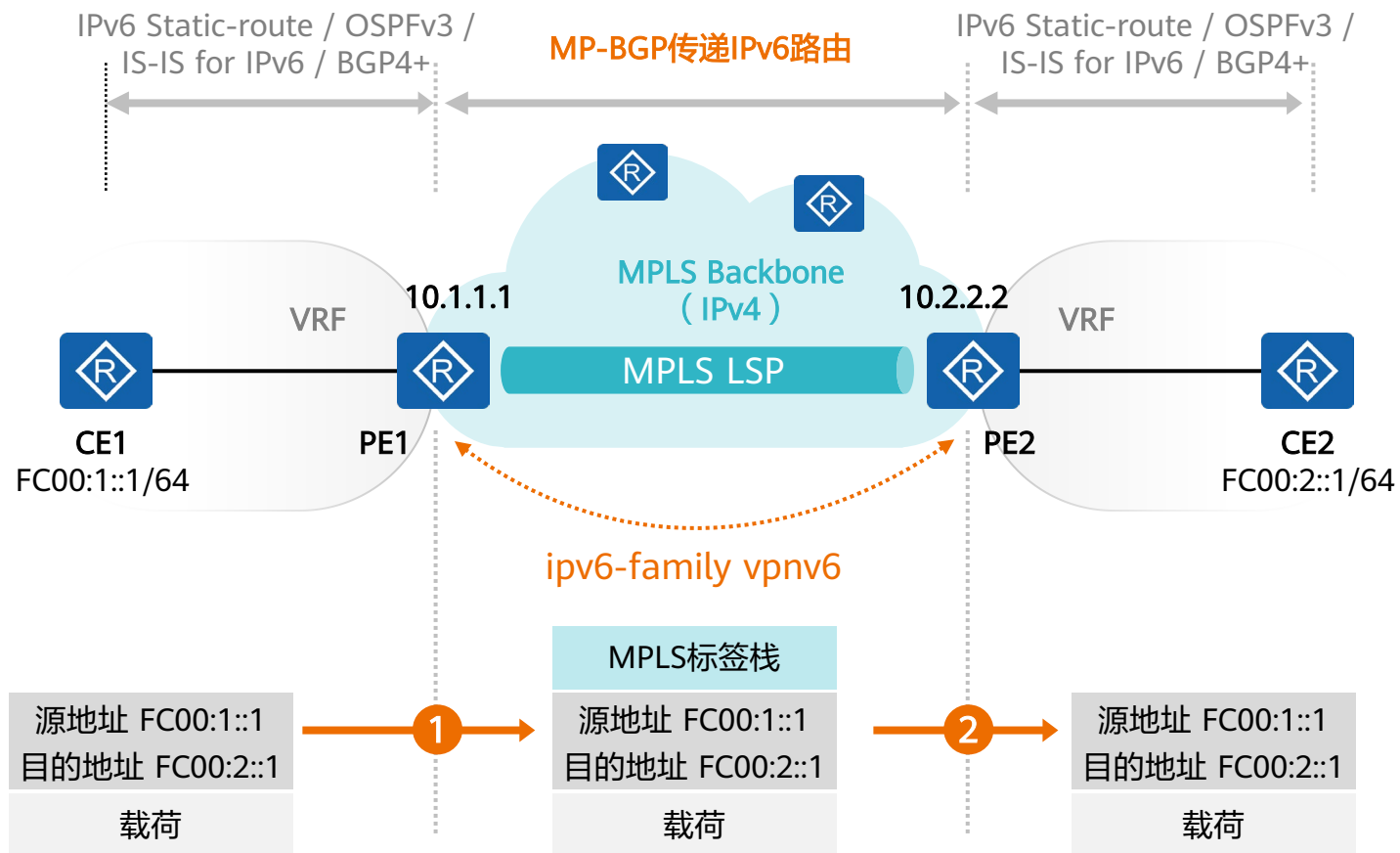


隧道技术：6PE的具体实现



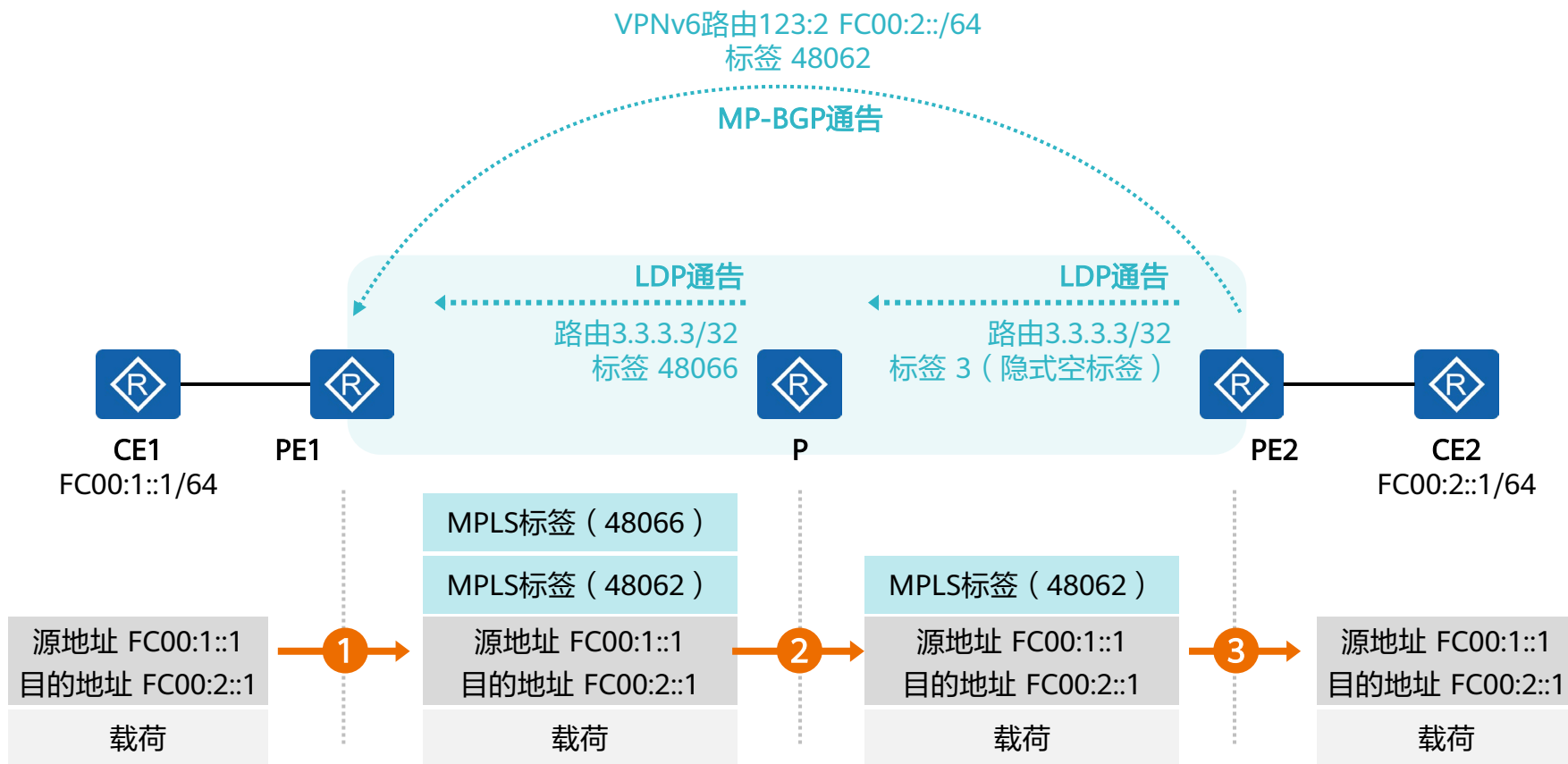


隧道技术：6VPE



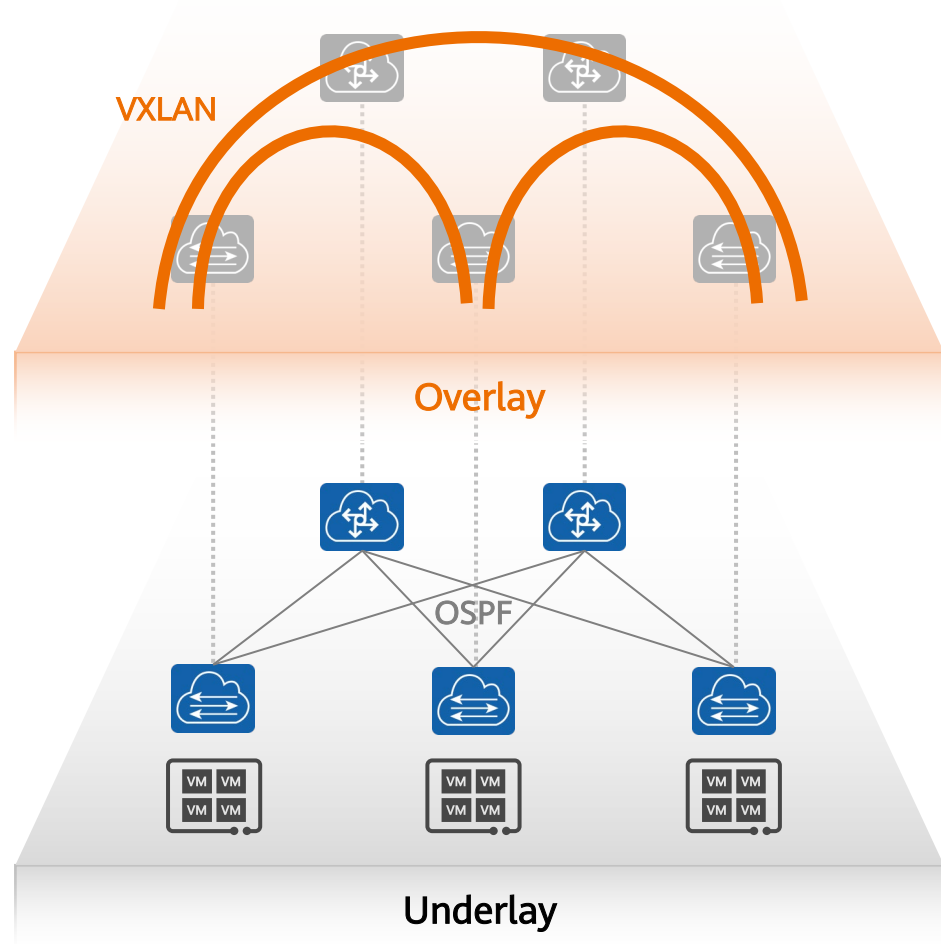
- 6VPE是基于BGP/MPLS IPv6 VPN的技术，在IPv4 MPLS骨干网上承载IPv6的VPN业务。
- 与6PE相比，6VPE通过MP-BGP在IPv4 MPLS骨干网发布VPNv6路由，使用MPLS隧道在骨干网上实现私网数据的传送。
- PE之间使用IPv4地址建立BGP对等体关系，并使得能对等体交换VPN-IPv6路由信息的能力。

隧道技术：6VPE的具体实现





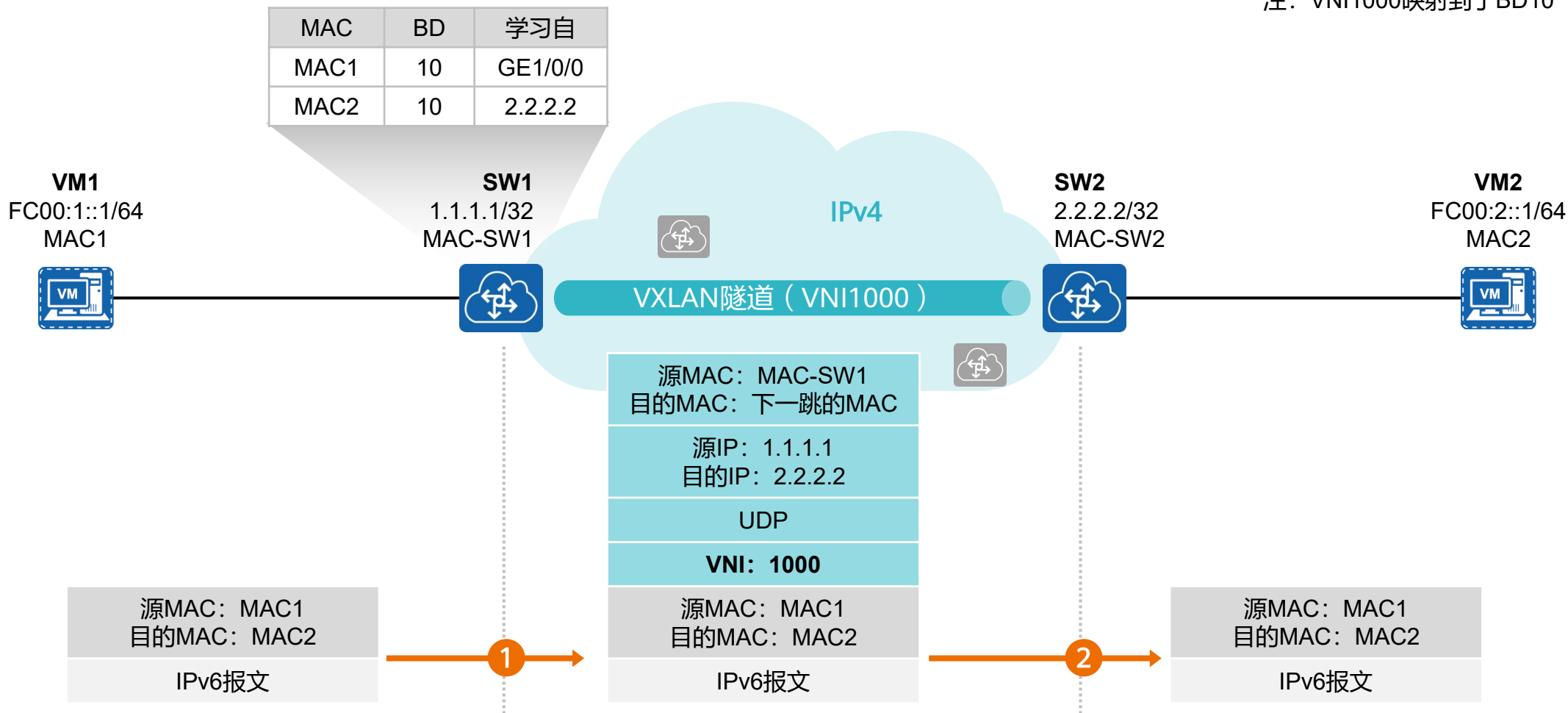
隧道技术： VXLAN



- VXLAN (Virtual eXtensible Local Area Network, 虚拟扩展局域网) 本质上是一种VPN技术。
- VXLAN能够在任意路由可达的物理网络 (Underlay网络) 上叠加二层虚拟网络 (Overlay网络) , 通过VXLAN网关之间的VXLAN隧道实现VXLAN网络内部的互通, 同时, 也可以实现与传统的非VXLAN网络的互通。
- VXLAN通过采用MAC in UDP封装来延伸二层网络, 将以太网数据帧封装在IP报文内进行转发, 中间转发设备无需关注报文的实际目的地。
- VXLAN被广泛应用于数据中心及多业务园区网络。

隧道技术： VXLAN的具体实现

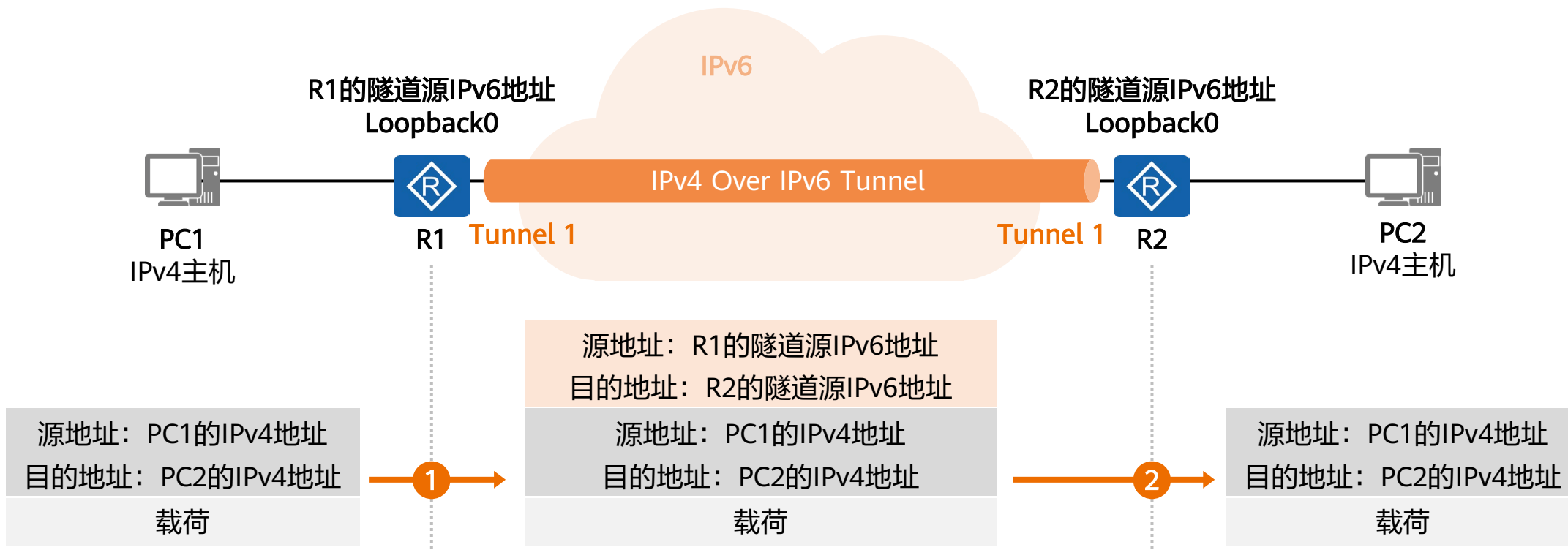
注： VNI1000映射到了BD10





隧道技术：IPv4 over IPv6隧道

- 在IPv4网络向IPv6网络过渡后期，IPv6已被大量部署，而IPv4网络只是被IPv6网络隔离开的局部网络。
- 可以在IPv6网络上创建隧道，使IPv4网络能通过IPv6网络实现互通，这种隧道称为IPv4 over IPv6隧道。



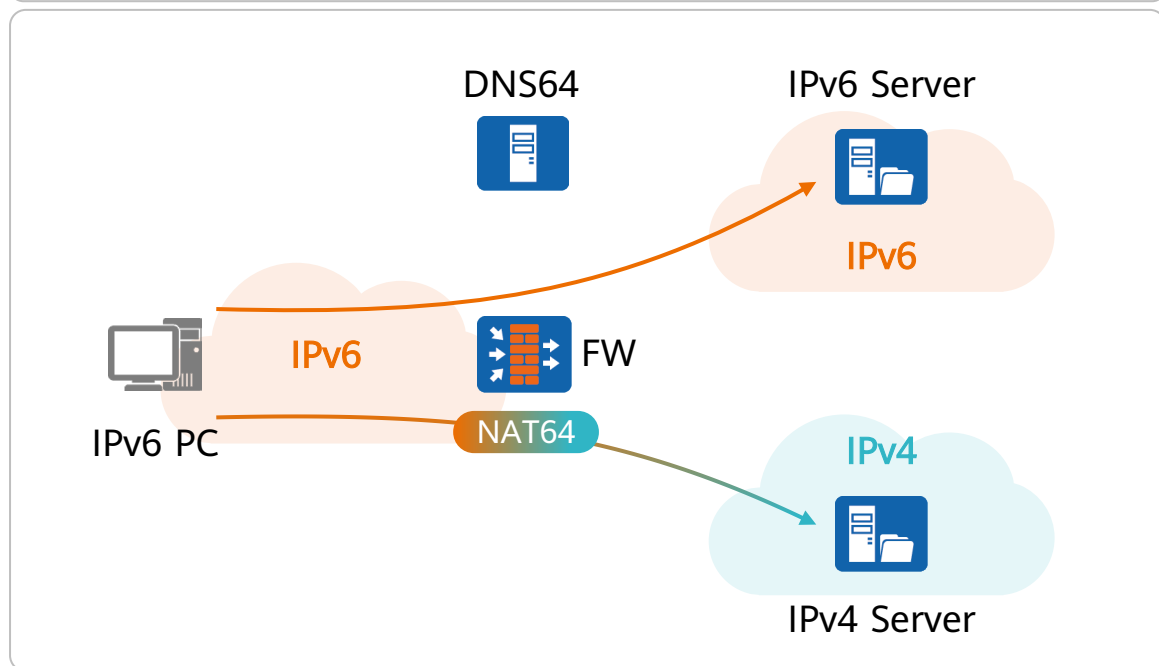
| 目录

1. IPv6过渡背景
2. IPv6地址申请与规划
- 3. IPv6过渡技术**
 - 双栈
 - 隧道技术
 - 转换技术**
4. IPv6演进方案

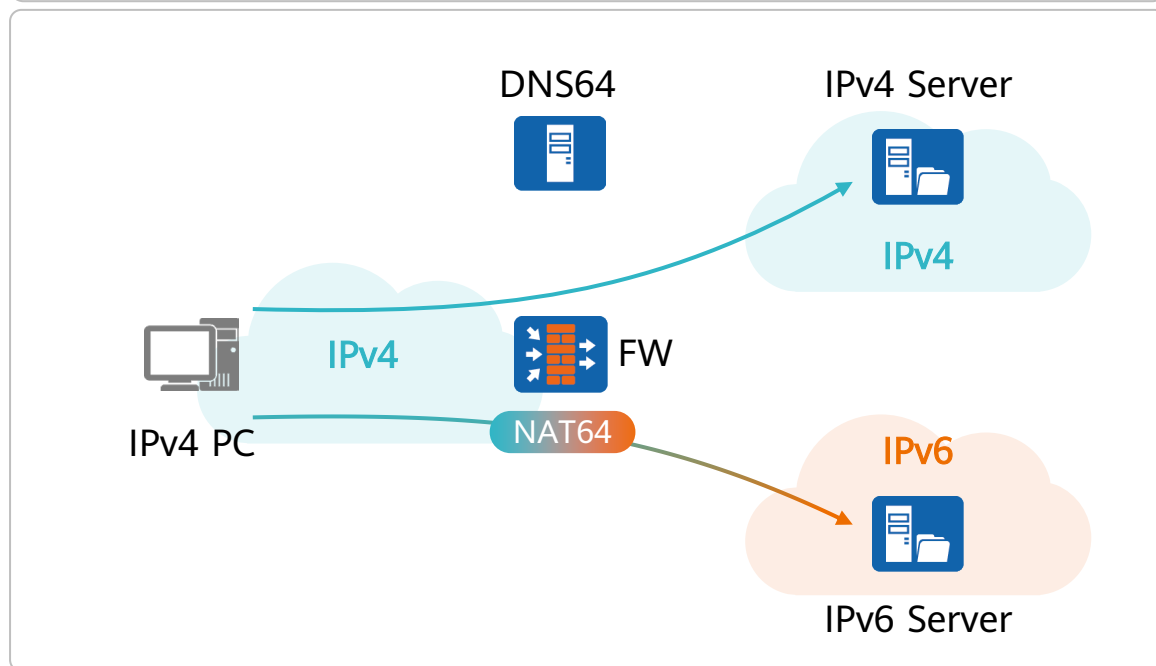
转换技术：NAT64概述

- NAT64是一种在IPv6与IPv4之间实现协议转换的NAT（Network Address Translation）技术。
- 当IPv4网络的节点需要直接与IPv6网络的节点进行通信时，默认情况下是行不通的，反之亦然，因为两个协议栈无法兼容。但是借助一台NAT64设备，由该设备来实现IPv6与IPv4的转换，那么上述通信就可以实现了。

IPv6网络用户访问IPv4网络服务器



IPv4网络用户访问IPv6服务器





NAT64前缀

- 设备通过判断IPv6报文的地址中是否包含NAT64前缀来初步判断是否对该IPv6报文进行NAT64处理。
- NAT64前缀分为两种形式：
 - 知名前缀：即64:FF9B::/96，缺省情况下已存在，无需配置。
 - 自定义前缀：前缀长度为32、40、48、56、64或96。
- 根据前缀长度不同，IPv4地址嵌入IPv6地址时，嵌入的位置存在差异，具体差异如图所示。
 - PL（Prefix Length）表示前缀长度；Suffix表示后缀（可任意取值，设备不处理该字段）；U为8 bit保留位且需为0。

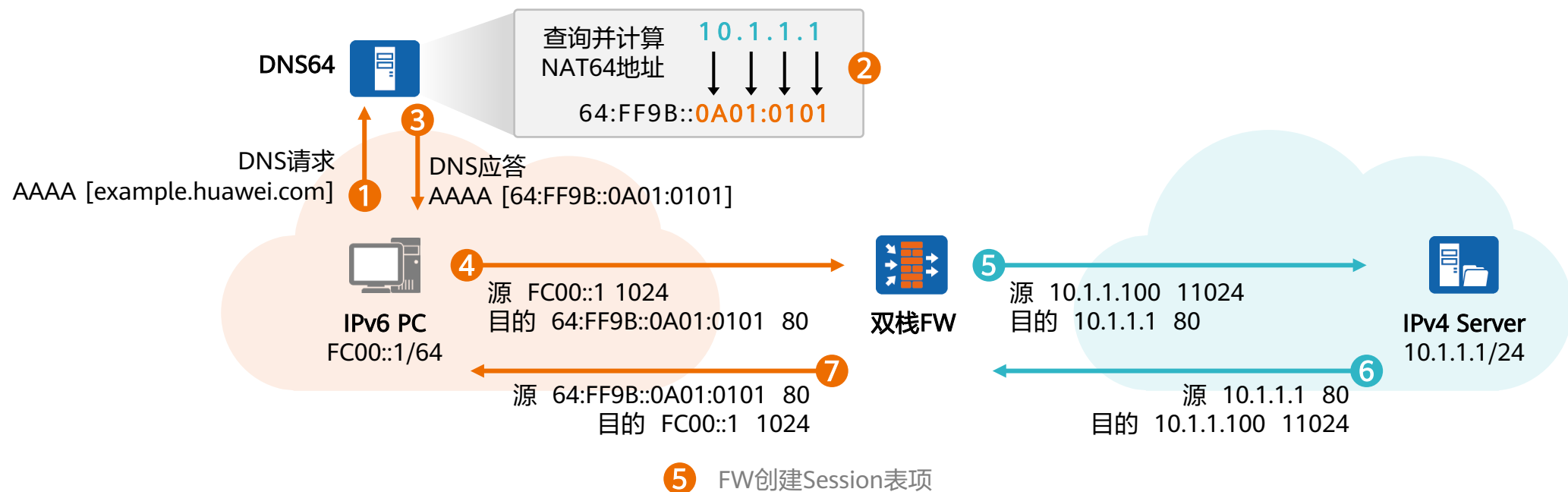
PL

32:	Prefix (32)	v4 (32)	U	Suffix
40:	Prefix (40)	v4 (24)	U (8)	Suffix
48:	Prefix (48)	(16)	U (16)	Suffix
56:	Prefix (56)	(8)	U	v4 (24) Suffix
64:	Prefix (64)		U	v4 (32) Suffix
96:	Prefix (96)			v4 (32)

- 以IPv4地址192.168.0.1及NAT64前缀2001:DB8::/64为例，该IPv4地址对应的IPv6地址为2001:0DB8:0000:0000:00C0:A800:0100:0000。
- 配置DNS64设备时，需要确保NAT64前缀及前缀长度与NAT64设备上的配置相同。

动态NAT64映射

当网络中存在大量IPv6用户且地址不固定时，IPv6用户访问IPv4 Server，报文到达设备后，设备会将IPv6地址动态转换为地址池中的IPv4地址，并将IPv6报文转换为IPv4报文，发送给IPv4 Server，实现IPv6用户访问IPv4业务。

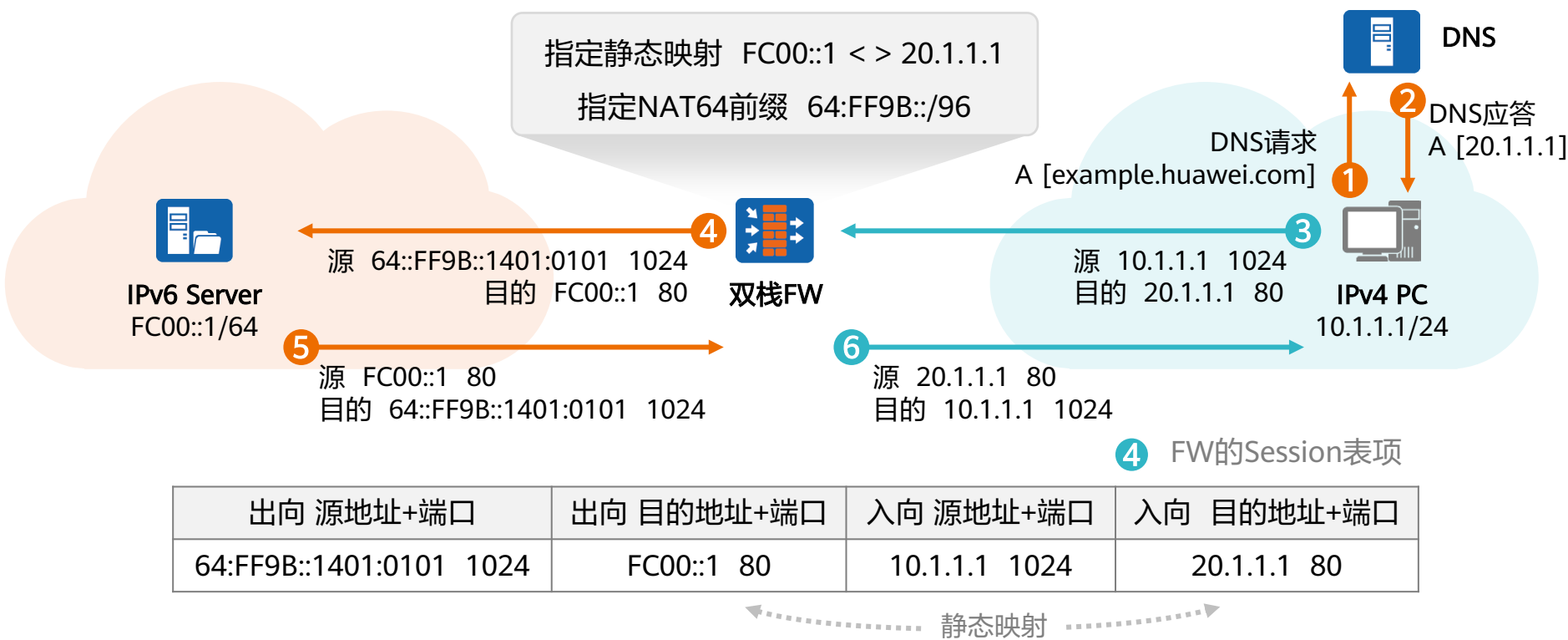


入向 源地址+端口	入向 目的地址+端口	出向 源地址+端口	出向 目的地址+端口
FC00::1 1024	64:FF9B::0A01:0101 80	10.1.1.100 11024	10.1.1.1 80

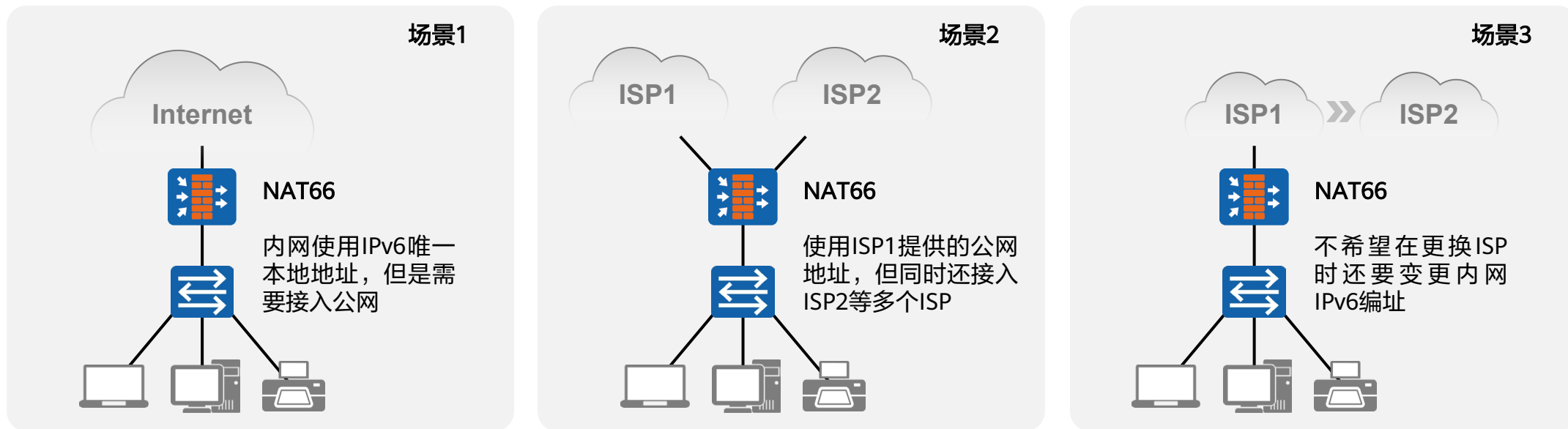
可用知名NAT64前缀64:FF9B::/96或自定义前缀。需DNS64配合，配置DNS64时，需确保NAT64前缀和前缀长度与FW上的配置相同

静态NAT64映射

静态NAT64通过静态配置IPv6和IPv4地址之间的映射关系，不需要刷新也不老化。IPv6到IPv4以及IPv4到IPv6的流量都能够触发创建会话表，这不仅可以实现IPv6用户访问IPv4服务器，也为IPv4用户访问IPv6服务器提供了一种方案。IPv6用户访问IPv4业务时，设备将报文的目的IPv6地址静态映射为IPv4地址；IPv4用户访问IPv6业务时，设备将报文的目的IPv4地址静态映射为IPv6地址。

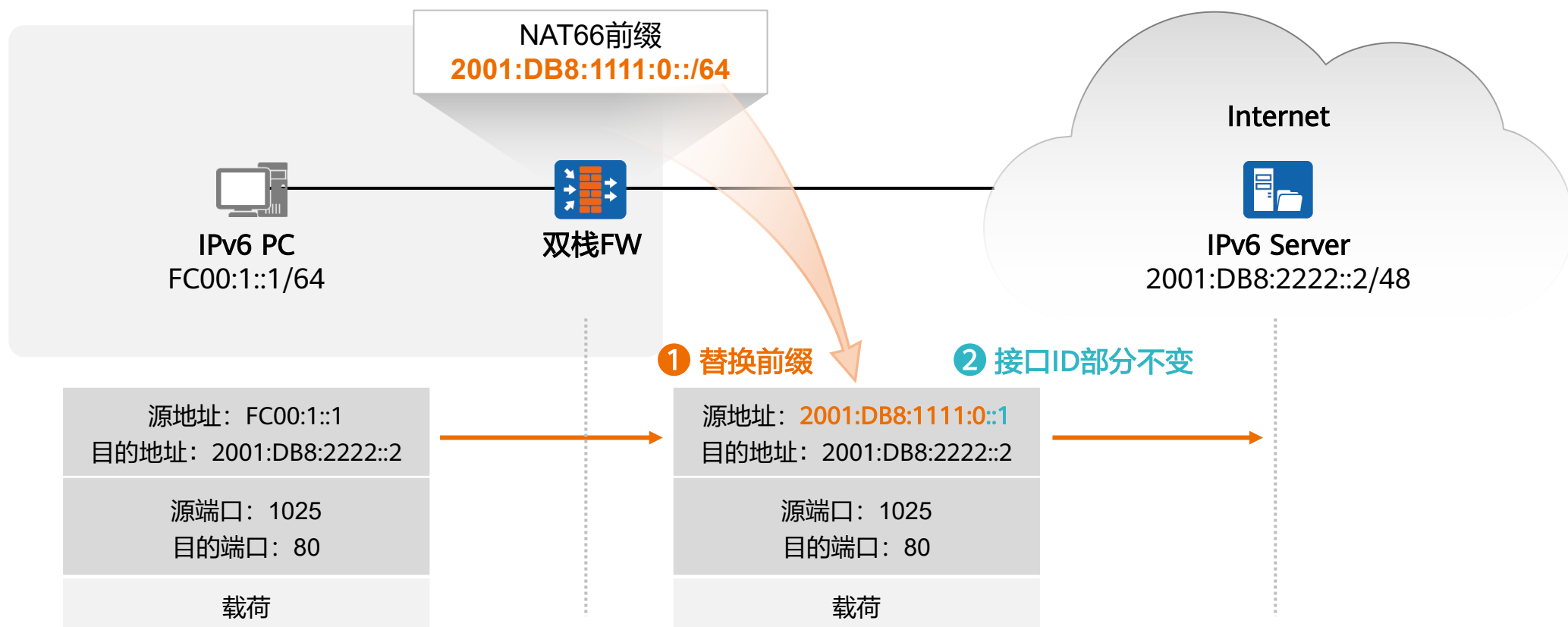


转换技术：NAT66概述

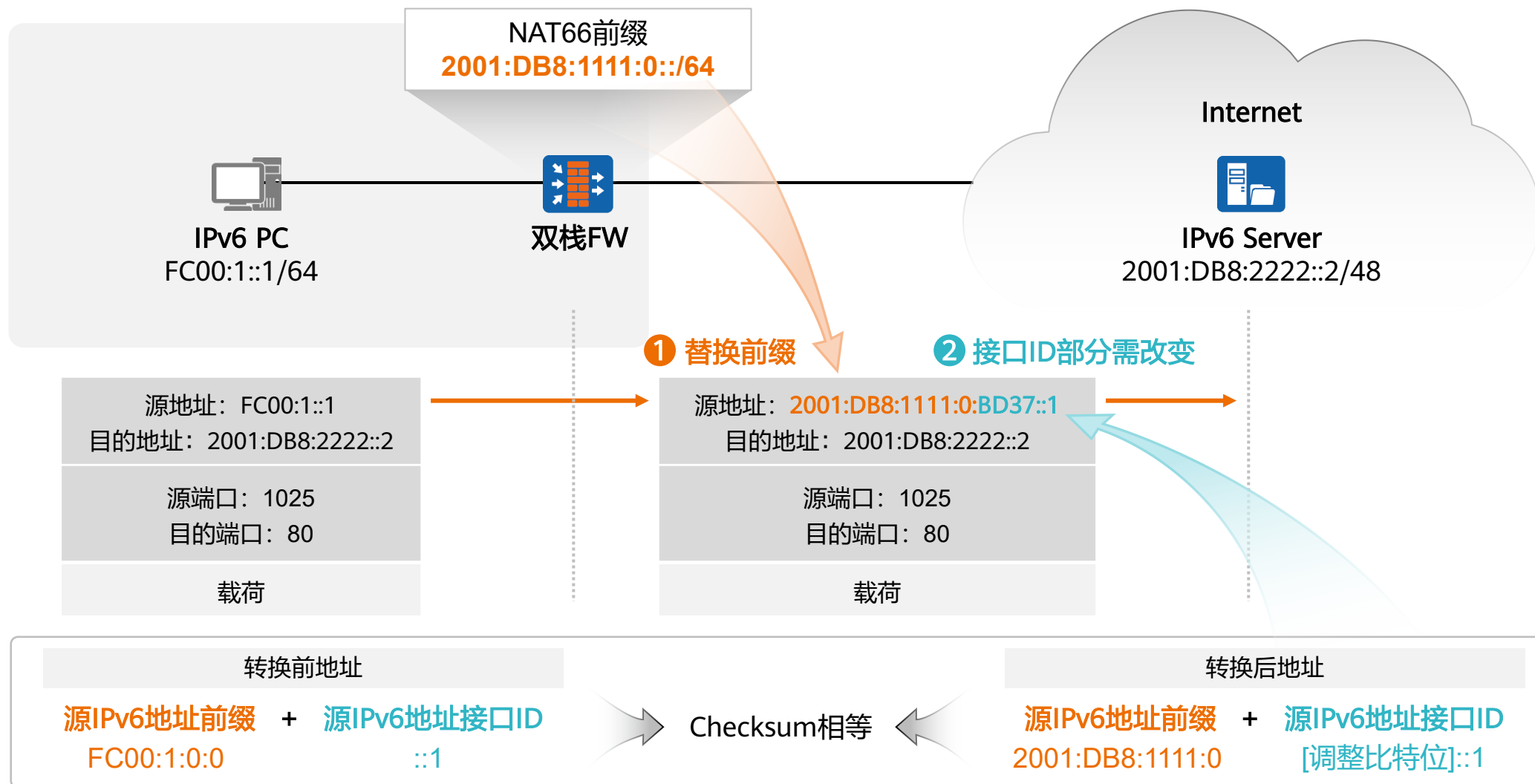


- 为了满足以上需求，在网络边缘的网关设备上配置NAT66功能，将内网地址转换为公网地址，在接入公网获取资源的同时，保护内网IPv6用户的隐私和安全。
- NAT66 (IPv6-to-IPv6 Network Address Translation) 可以将报文头中的IPv6地址转换为另一个IPv6地址。

转换技术：NAT66基本原理（静态NAT66方式的源NAT66）



转换技术：NAT66基本原理（NPTv6方式的源NAT66）



NAT66分类

- 根据转换方式的不同，NAT66可以分为NPTv6和静态NAT66。
 - 在IPv6数量较多且不关注转换后的IP地址的场景下，一般采用NPTv6转换方式，如大量IPv6私网用户访问Internet。
 - 在IPv6地址数量较少且关注转换后的IP地址时，一般采用静态NAT66方式，如IPv6公网用户访问内部服务器。
- 根据转换对象的不同，NAT66可以分为以下三类：

分类		转换内容	是否转换端口	地址转换关系
源NAT66	源NPTv6	源IP地址	否	支持转换前地址与转换后地址一对一转换
	源静态NAT66	源IP地址	否	支持转换前地址与转换后地址一对一转换
目的NAT66	目的NPTv6	目的IP地址	否	支持转换前地址与转换后地址一对一转换
	目的静态NAT66	目的IP地址	可选	支持转换前地址与转换后地址一对一转换，转换前地址与转换后地址多对一转换，转换前地址与转换后地址一对多转换
双向NAT66	源NAT+目的NAT（NPTv6）	源IP地址+目的IP地址	否	支持转换前地址与转换后地址一对一转换
	源NAT+目的NAT（静态NAT66）	源IP地址+目的IP地址	可选	支持转换前地址与转换后地址一对一转换

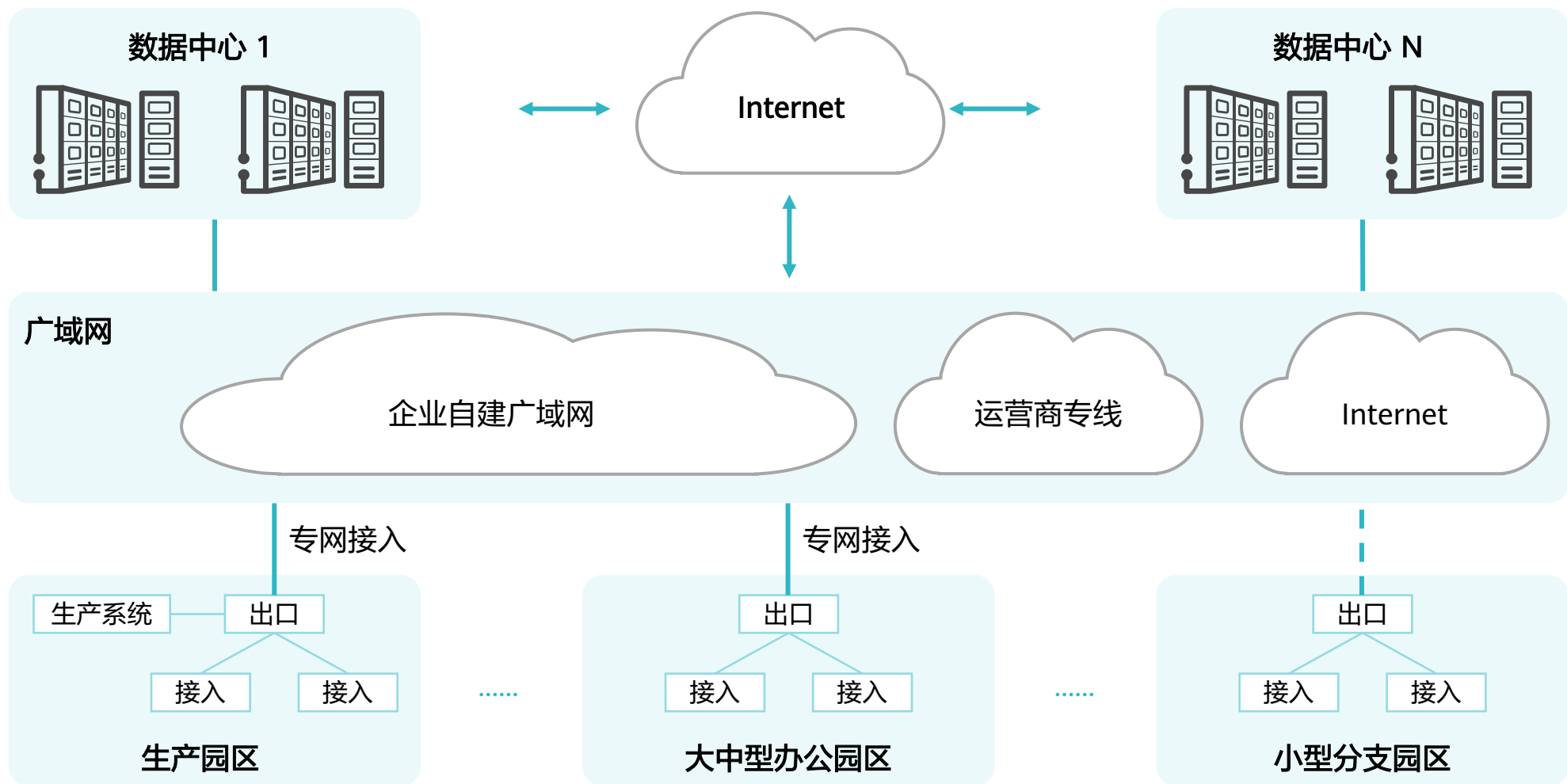
| 目录

1. IPv6过渡背景
2. IPv6地址申请与规划
3. IPv6过渡技术
- 4. IPv6演进方案**

IPv6网络演进一般性原则

- 企业网络向IPv6演进的目的是要在现有网络架构上构建IPv6能力，同时兼顾解决当前网络业务发展的问題。从企业业务层面出发，IPv6改造的基本要求是“在网络演进升级过程中，必须保障原IPv4业务的可持续性服务以及演进后的网络安全等级不弱于原IPv4网络”。
- 从改造成本、技术先行性以及改造影响范围维度考量，建议企业IPv6改造总体应遵循如下原则：
 - 平滑演进：IPv6网络升级改造是基础协议的变更，网络演进过程应尽量确保现有用户无感知，现有业务迁移平滑。
 - 面向未来：把握IPv6演进升级机会，构建先进的下一代企业IPv6网络系统架构，以充分支撑企业业务系统的长期发展以及稳定运行，避免网络再造、重复投资。
 - 经济可行：应结合当前企业网络系统情况，从全局角度出发选择合适的IPv6升级演进方案，合理利旧，避免资产浪费。
 - 架构调优：企业网络IPv6演进是企业系统管理架构整体刷新或者重构的机会，如企业地址的强管控、DNS资源的统筹管理等。

企业网络逻辑架构全景图



IPv6网络整体迁移过程

- 企业IPv6网络演进整体迁移可分为三个阶段：

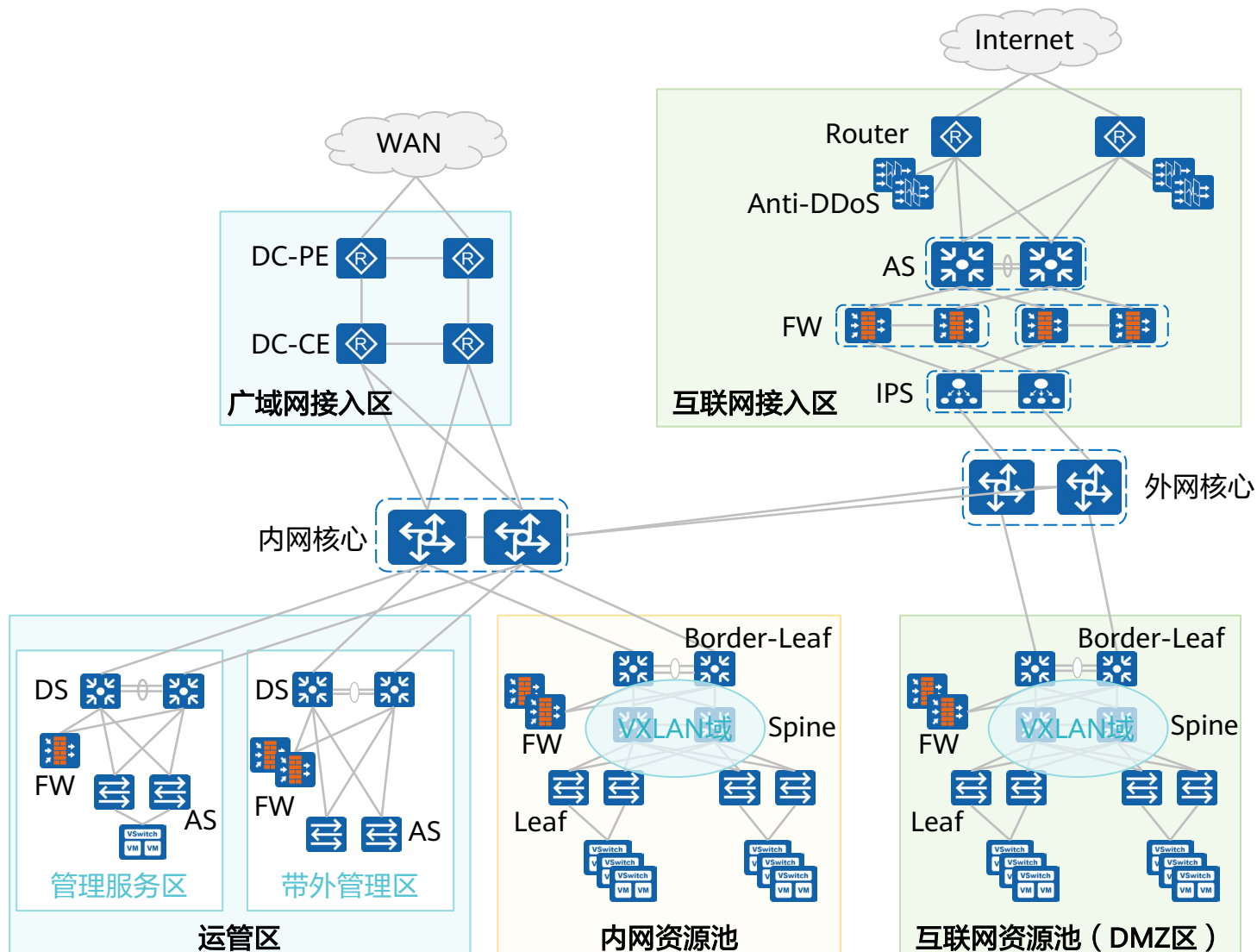
- 第一阶段：优先管道升级和互联网出口升级，包括：对外公众服务DMZ区升级、广域网升级、构建IPv6试验田等。
- 第二阶段：内部网络全面升级，业务访问优选IPv6，包括：数据中心升级、办公园区网络改造、生产园区网络升级等。
- 第三阶段：内部应用访问切换IPv6通道，对外互联网访问按需保留IPv4能力。

	数据中心				广域网	办公园区		生产园区	
	内部应用	DMZ区 对外公众服务	互联网出口	DC网络	广域网络	总部园区	分支园区	生产园区 网络	生产系统
当前	v4	v4	v4	v4	v4	v4	v4	v4	v4
第一阶段	v4	v4/v6	v4/v6	v4 v4/v6	v4/v6	v4 v4/v6	v4	v4	v4
第二阶段	v4 v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4 v6
第三阶段	v6	v4/v6	v4/v6	v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4/v6	v4 v6
未来	v6	v6	v6	v6	v6	v6	v6	v6	v6

IPv6网络演进技术方案

网络层次	第一阶段：业务双栈	第二阶段：业务双栈	第三阶段：业务单栈
管控层	IPv4管理通道	IPv4/IPv6双栈管理通道	IPv6管理通道
数据中心网络	传统数据中心：双栈	VXLAN Underlay IPv6 + Overlay双栈	VXLAN Underlay IPv6 + Overlay IPv6
	VXLAN Underlay IPv4 + Overlay双栈		
广域承载网络	双栈 over MPLS (6VPE)	双栈 over SRv6	IPv6 over SRv6
	Native IP双栈		
	双栈 over SRv6		
园区网络	传统园区：双栈		虚拟化园区网络： VXLAN Underlay IPv6 + Overlay双栈
	虚拟化园区：VXLAN Underlay IPv4 + Overlay双栈		

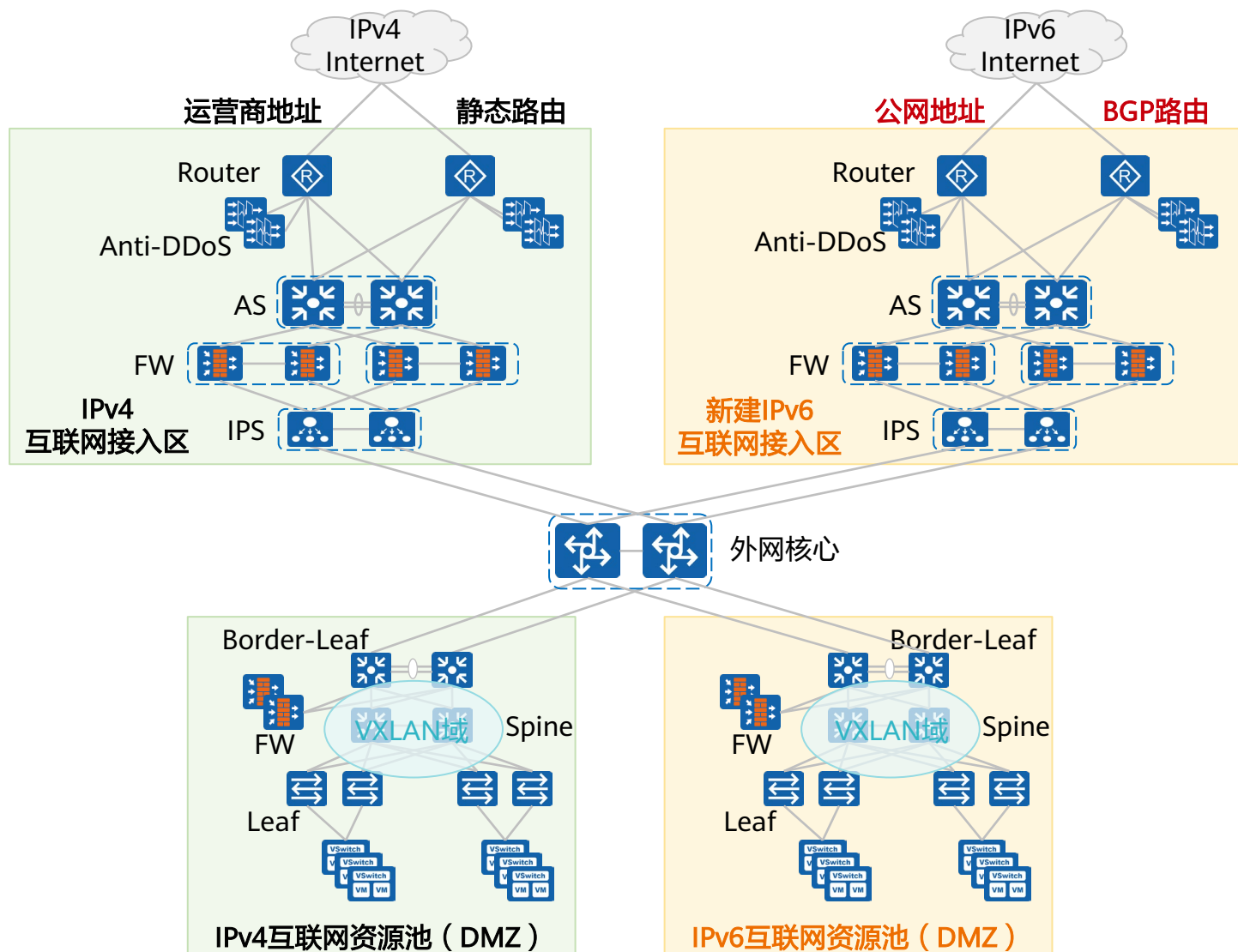
数据中心网络IPv6演进概述



演进策略

- 互联网区（推荐采用新建方式）：
 - 互联网接入区：双栈。
 - 互联网资源池：新建Fabric， VXLAN Underlay IPv6 + Overlay双栈。
- 内网资源池：
 - 现网改造： VXLAN Underlay IPv4 + Overlay双栈。
 - 新建Fabric： VXLAN Underlay IPv6 + Overlay双栈。
- 运管区：
 - 现网改造：双栈。
- 其他区域（广域网接入区&核心）：
 - 现网改造或新建：双栈。

数据中心互联网接入区IPv6改造



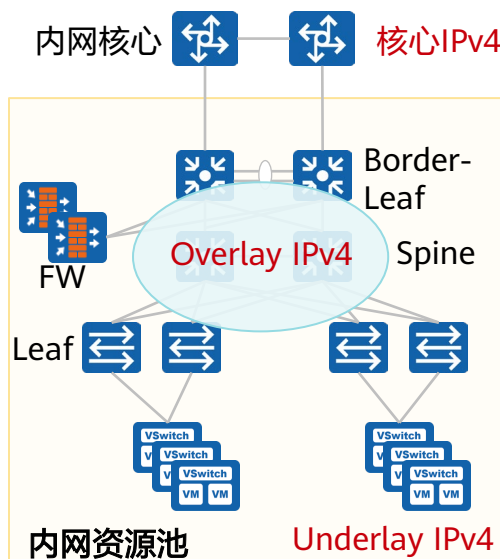
新建IPv6互联网接入区

- 互联网接入区改造，分为以下三种方案：
 - 方案一：互联网接入区出口NAT64方案。
 - 方案二：互联网接入区双栈改造。
 - 方案三：新建IPv6互联网接入区（推荐）。
- 出口线路新建：
 - 为避免生产事故，通常选择新建IPv6线路。
 - IPv6互联网接入区对可以通过静态路由或EBGP4+与运营商对接，支持IPv6用户接入。

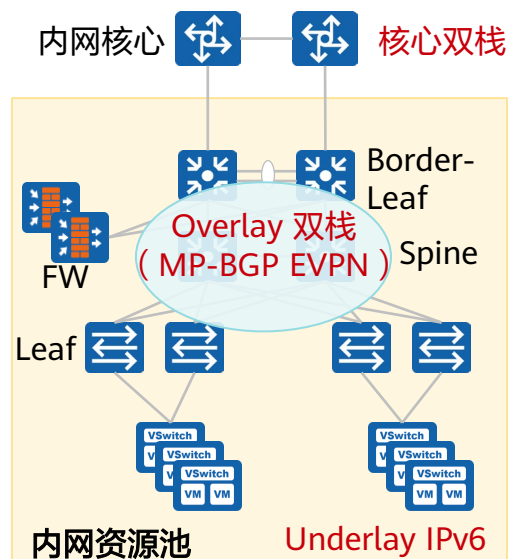
数据中心内网资源池IPv6改造

- 适用场景：现网设备已接近生命周期或现网设备不支持部署Underlay或Overlay IPv6的场景。
- 总体策略：新建内网资源池，一步到位支持VXLAN Underlay IPv6 + Overlay双栈。

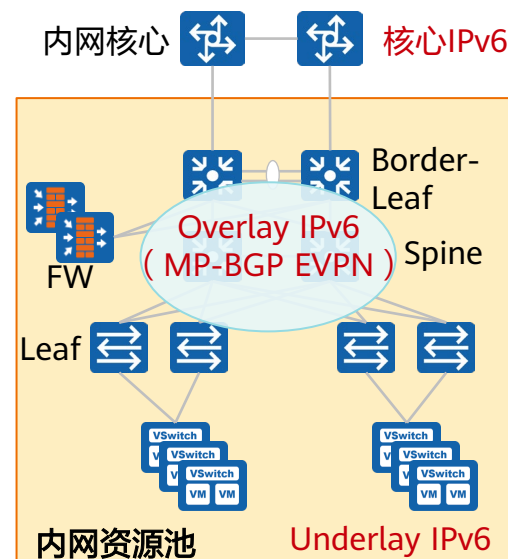
Step1: 传统IPv4网络



Step2: IPv6 SDN网络



Step3: IPv6 SDN网络



进行IPv6资源池网络演进前相关工作的准备，如IPv6地址规划、利旧设备评估、方案设计、业务评估等。

按Fabric粒度进行新建，新建网络直接采用Underlay IPv6网络，Fabric内Overlay开通IPv4/IPv6双栈功能，Border-Leaf与核心、FW建立双栈连接。

根据应用改造情况，最终关闭Overlay IPv4功能，形成数据中心内网资源池IPv6单栈部署。

广域网IPv6演进概述

- 广域网对业务主要起承载管道的作用，目前，业界已达成共识：很长时间IPv4和IPv6是共存的。
 - 对于广域已部署MPLS的存量网络，推荐采用6VPE技术进行改造。只需要边缘节点升级或更换部分硬件，P节点无需改造，IPv6相当于引入新业务，对原来的维护冲击较小，适合存量网络向IPv6演进。
 - 对于新建的网络可采用SRv6技术对广域网进行规划设计。SRv6是IPv6时代网络SDN化的首选技术，SRv6具备很高的可扩展性，更好的应用结合能力，更强的编程能力，可充分应对未来业务变化对网络的诉求，适合新建网络向IPv6演进。



- IPv6 Only一步到位，所有网络流量用IPv6承载。
- IPv6+具备业务隔离能力。



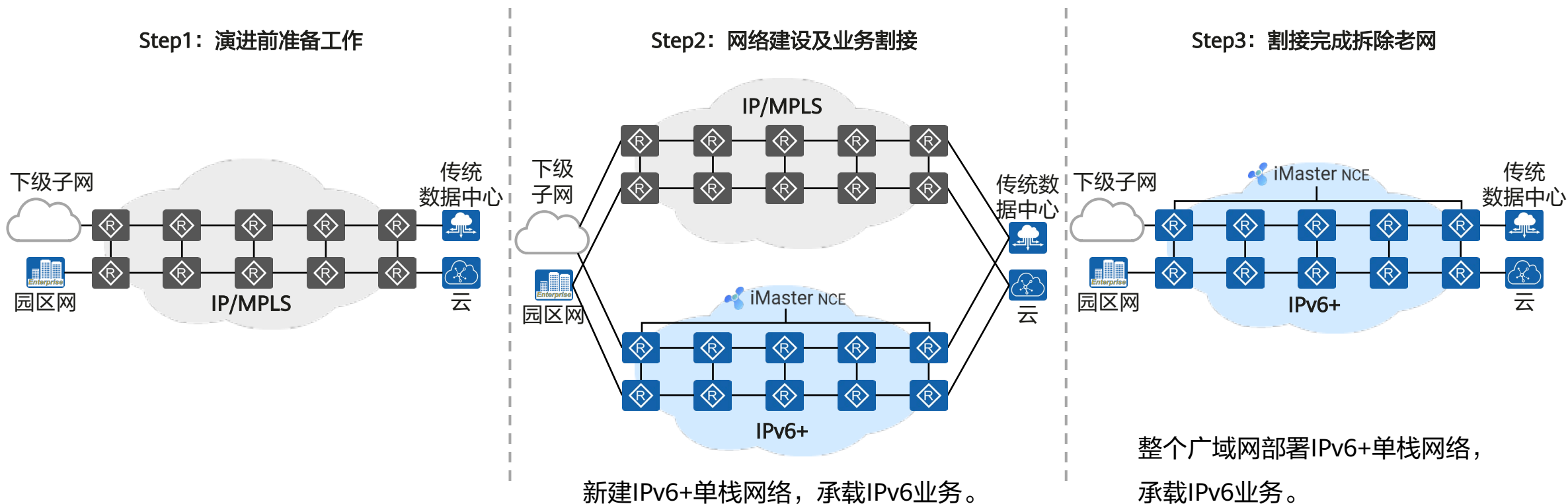
- 要求所有三层设备均启用IPv4/IPv6双栈。
- 要求所有三层设备之间双栈路由均可达。
- 网络需维护两个协议栈，复杂性增加。



- 要求边缘节点启用IPv4/IPv6双栈，边缘节点在原有MP-IBGP对等体基础上，使能对等体交换VPNv6路由信息的能力。
- 中间节点无需改造，部署IPv4单栈（MPLS）。

广域承载网络IPv6演进策略（新建）

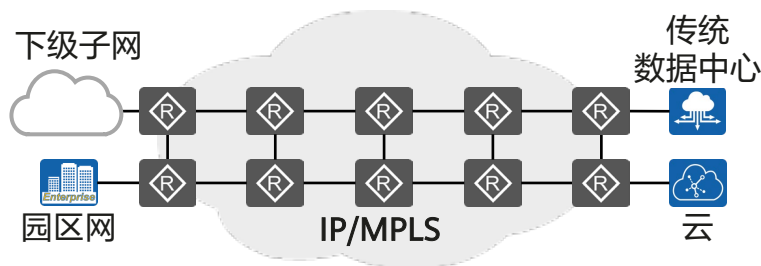
- 适用场景：现网设备已接近生命周期或现网设备不支持IPv6+的场景。
- 总体策略：采用IPv6单栈，基于IPv6+技术实现IPv4、IPv6业务共同承载，逐步完成办公、生产、管理等业务由IPv4向IPv6迁移。



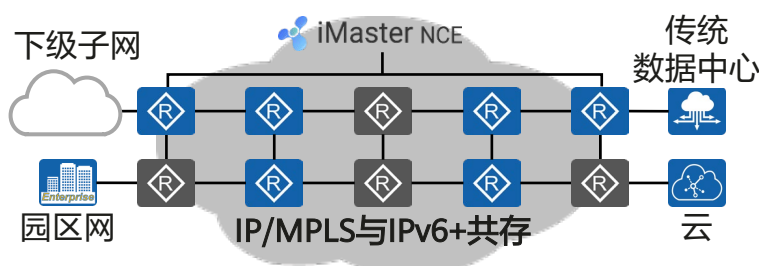
广域承载网络IPv6演进策略（升级）

- 适用场景：现网设备未到生命周期，可通过升级设备支持IPv6+的场景。
- 总体策略：从边缘到核心、逐点升级替换；从简单到复杂，渐进式部署IPv6+特性；从普通到重要，逐步进行业务割接。

Step1：演进前准备工作

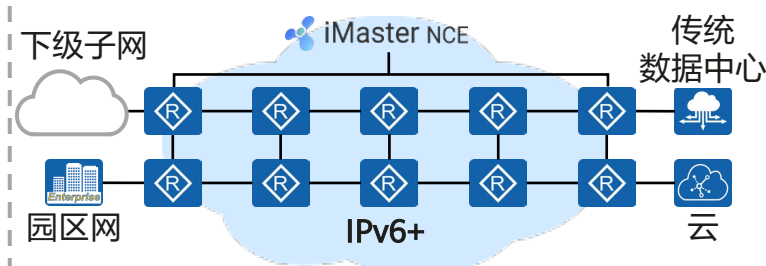


Step2：边缘改造，使能基础IPv6+能力



部分设备升级IPv6+能力，同时部署SRv6和IP/MPLS，承载IPv6和IPv4业务。

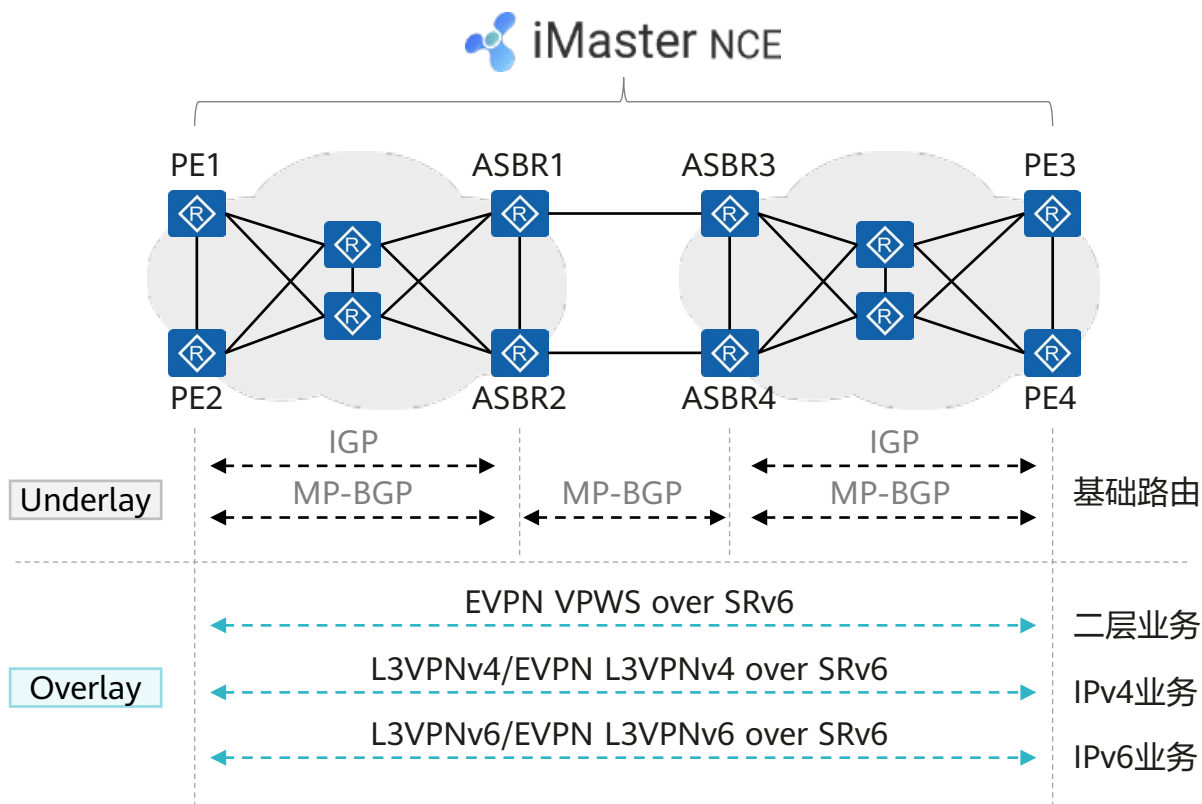
Step3：全网改造，开启IPv6+高阶能力



整个广域网设备升级IPv6+能力，部署SRv6，承载IPv6业务。

SRv6方案概述

- 对于新建的网络可采用SRv6技术对广域网进行规划设计。SRv6是IPv6时代网络SDN化的首选技术，SRv6具备很高的可扩展性，更好的应用结合能力，更强大的编程能力，可充分应对未来业务变化对网络的诉求，因此SRv6也成为可见范围内最佳的、通用的网络承载技术，适合新建网络向IPv6演进的场景。

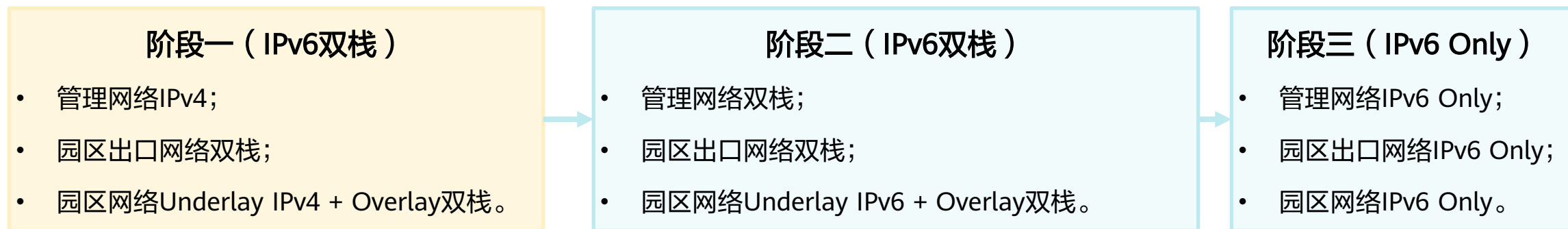


SRv6总体承载方案

- 针对不同业务场景，在SRv6的广域网承载方案中，可采用Underlay纯IPv6，Overlay通过SRv6技术承载二层业务、IPv4、IPv6的业务的方式进行规划，这样的设计可以避免IGP同时维护IPv4、IPv6两套协议栈，降低设备协议维护压力。
 - 在Underlay层面，通过部署如IS-IS for IPv6、MP-BGP等路由协议，发布如设备Loopback接口、SRv6 Locator路由等基础路由，实现IPv6基础路由互通，为通过SRv6承载Overlay业务打造基础。
 - 在Overlay层面，根据业务类型的不同，选择不同的BGP地址族，传递用户信息（IP/MAC等）。

园区网IPv6演进概述

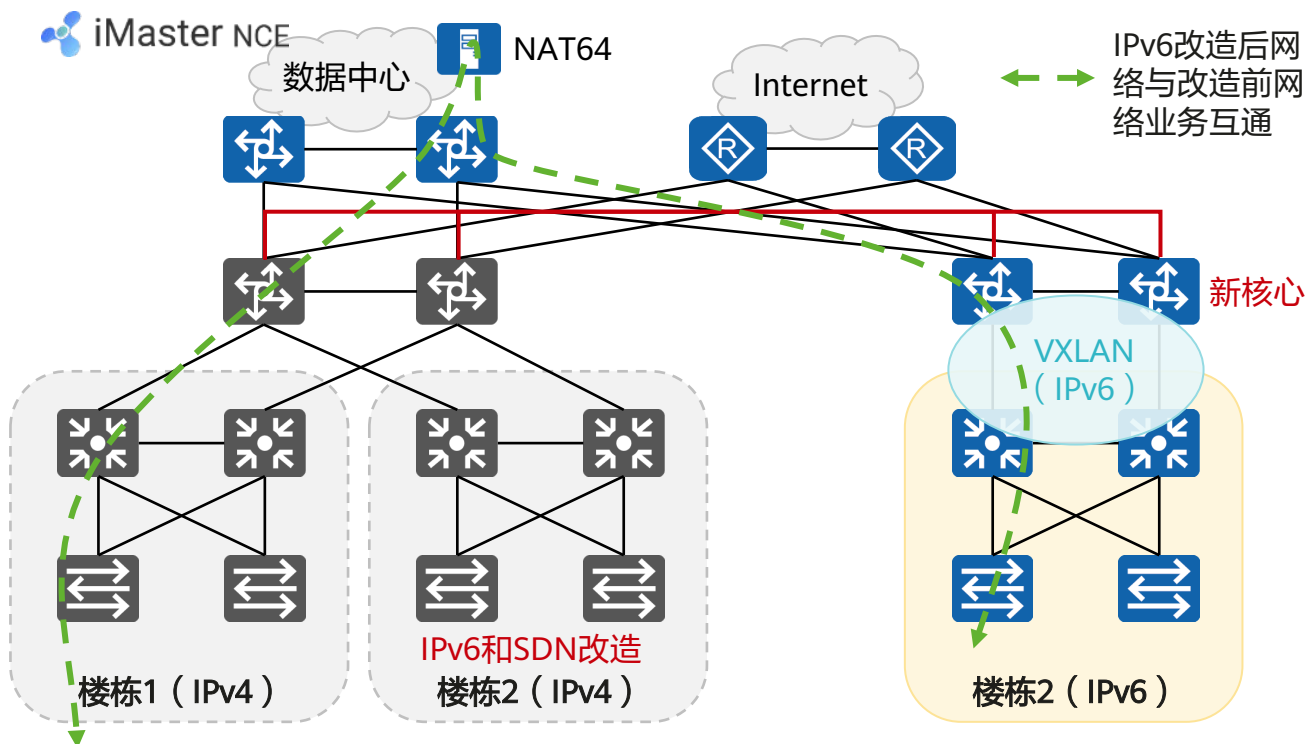
- 园区网IPv6整体演进思路：



- 企业园区网络完成双栈网络改造后，满足园区内终端同时对IPv4、IPv6业务的访问诉求。
- 一般而言，存量网络改造需对现网设备IPv6支持能力进行评估，如不满足IPv6升级改造要求，需进行替换或者升级。

大中型传统园区IPv6新建改造

- IPv6和SDN并行演进，一次实现两个目标。
 - 方案整体思路：新建支持SDN和IPv6网络虚拟化能力的核心，新核心连接园区出口网络。存量网络逐楼（汇聚+接入）进行改造连接新核心，改造楼栋采用SDN控制器进行自动部署。



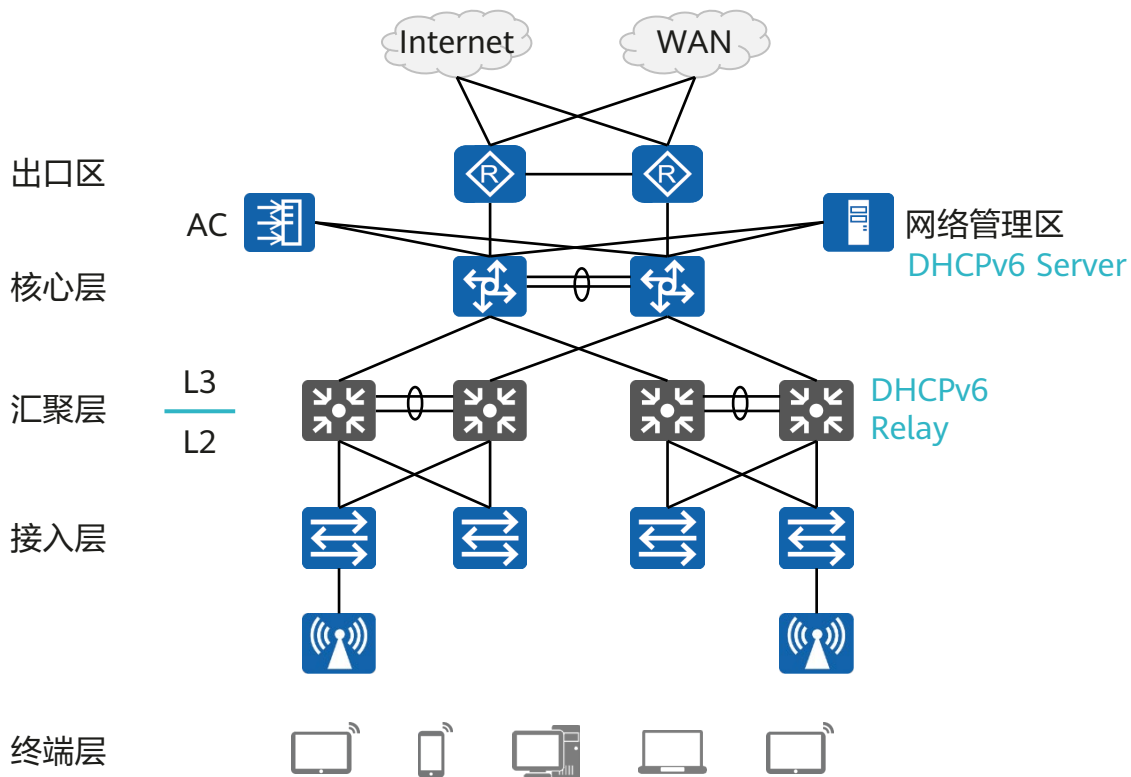
注意：新楼IPv6与老楼IPv4互通需经过数据中心的NAT64设备进行转换。

演进步骤

- 部署控制器：**数据中心组部署SDN控制器。
- 新建核心交换机：**园区核心机房新建核心交换机，并与其他网络区域连接，连接关系与存量核心完全一致。同时建立与存量核心的临时链路，用于割接。
- 打通基础路由：**在核心交换机以及互联设备上部署未来业务互通所需的基础路由配置。
- 逐楼改造：**对一栋楼进行IPv6和SDN改造，楼栋汇聚交换机接入新核心交换机，该楼业务通过SDN下发。同时，在新核心交换机和互联设备上添加该栋楼的路由。
- 所有楼改造完成，整网完成向IPv6和SDN的演进。**

大中型传统园区IPv6升级改造 (1)

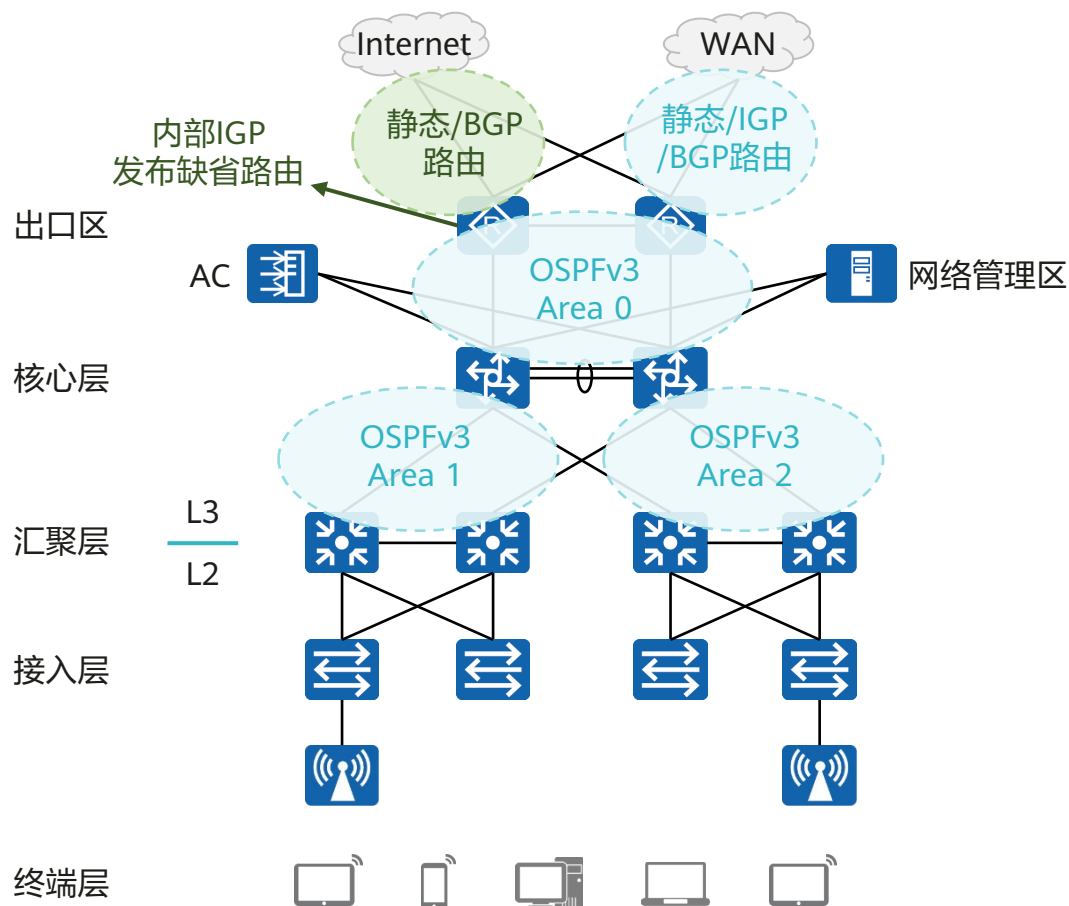
- 大中型传统园区网络内部连接一般采用三层IP转发、二层VLAN隔离广播域，如三层存在隔离诉求可部署ACL，对外涉及互联网访问对接以及企业内部WAN网络对接，园区内支撑系统涉及AAA认证服务器、DHCP服务器等。大中型传统园区双栈改造，原IPv4网络架构和网络配置保持不变，新增IPv6配置以及IPv6相关支撑系统。



地址分配:

- 在考虑地址分配方案前，必须明确企业园区使用的地址类型与地址规划。大型企业集团用户规模和网络规模较大，具备独立申请GUA PI地址的资质，建议优选独立申请GUA PI地址，园区地址由集团统一申请，统一分配。
- 对于园区终端IPv6地址获取方式，主要有DHCPv6、SLAAC或者手工配置三种方案。一般有线终端获取方式可采用DHCPv6或者SLAAC方案。DHCPv6方案如采用集中服务器方式，需逐步部署DHCPv6 Relay，中继DHCPv6相关报文。因安卓终端应操作系统不支持DHCPv6，故地址获取方式必须采用SLAAC方案。

大中型传统园区IPv6升级改造 (2)



• 内网互通:

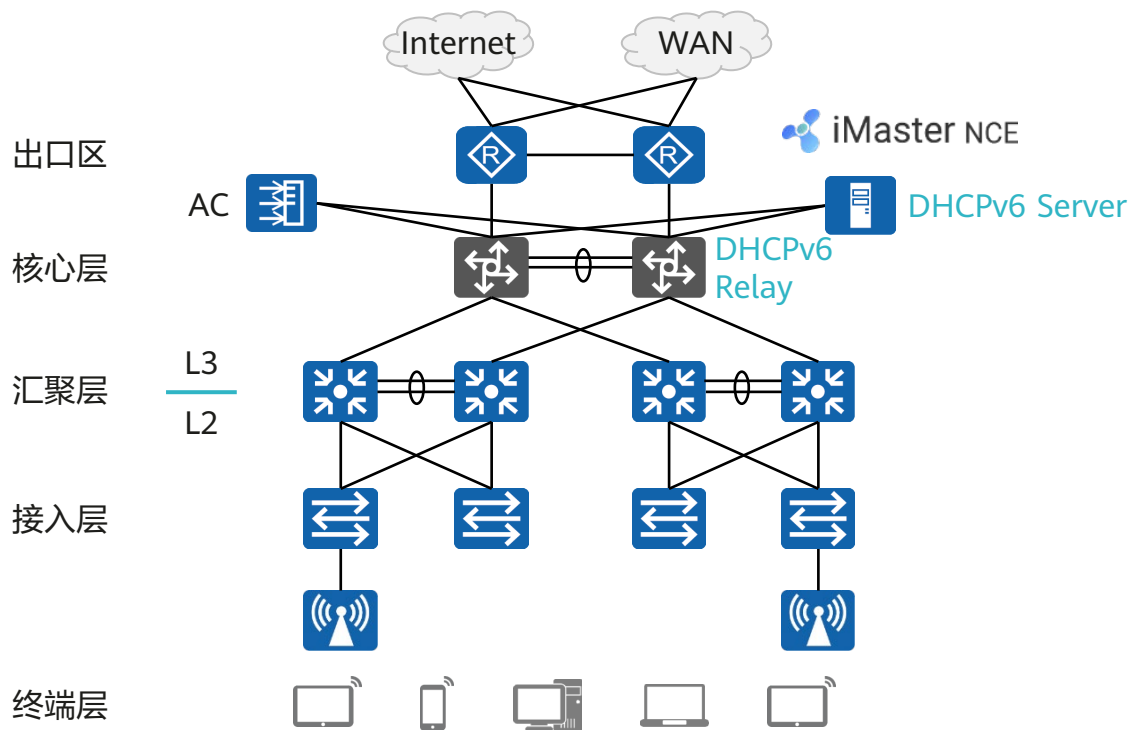
- 园区内三层网络升级改造, 网络支持IPv4/IPv6双栈通信。考虑企业园区网络的规模以及原IPv4网络的一般习惯, IGP路由协议启用OSPFv3, OSPFv3区域设置与原OSPFv2保持一致。
- 企业园区内网与广域内网互通有多种方式, 如可考虑采用静态缺省路由、IGP或者BGP路由对接。
- 园区内网与广域对接方式选择, 一般需基于园区出口设备能力、园区出口路径数量、园区出口流量等情况, 灵活选择不同的对接方式。该场景与IPv6协议差异相关性不大, 建议对接策略延续IPv4网络的方案。

• 外网对接:

- 如园区网络IPv6地址采用独立申请的PI地址, 园区互联网单出口场景可采用外部静态路由方式对接、内部IGP发布缺省路由方式, 运营商发布该园区的明细路由, 园区内网配置缺省出口路由。
- 如涉及多出口场景, 可考虑采用外部BGP对接、内部IGP发布缺省路由的方式, 园区通过向内部发布缺省出口路由, 实现内部业务报文可达出口路由器, 出口路由器采用BGP对接互联网, 实现最佳路径选择以及流量负载分担。

大中型虚拟化园区IPv6改造 (1)

- 目前部分大中型园区部署虚拟化网络方案（VXLAN），满足园区内网络一网多用、业务快速自动下发等诉求。
- 虚拟化园区网络的IPv6演进可以采用VXLAN Underlay IPv4 + Overlay双栈方案。企业园区内网络横向互访流量较少，虚拟网络VXLAN方案一般采用集中式网关方案，以下方案讨论也以集中式网关方案为主。

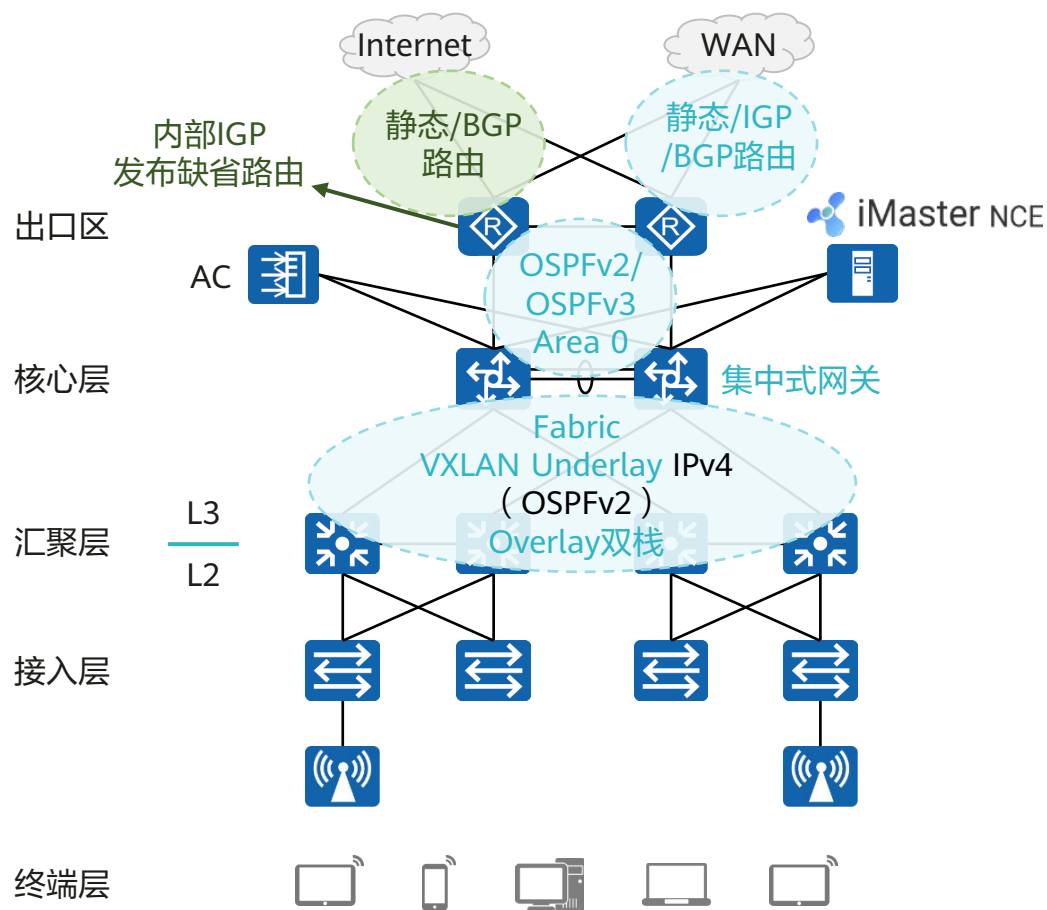


• 地址分配:

- 园区终端网络地址分配主要有三种方式DHCPv6、SLAAC以及手工配置。如采用自动化的DHCPv6或SLAAC方式，虚拟化网络设计方式与传统网络存在不同。
- DHCPv6地址分配方式，集中部署DHCPv6服务器，需要在VXLAN的集中式IPv6网关VBDIF上使能DHCPv6 Relay，中继DHCPv6相关报文。因安卓终端应操作系统不支持DHCPv6，故地址获取方式必须采用SLAAC方案。
- 采用SLAAC地址分配方式，需在集中式网关设备配置RA的相关参数，通过集中式网关向终端推送RA，携带地址前缀、DNS信息。

大中型虚拟化园区IPv6改造 (2)

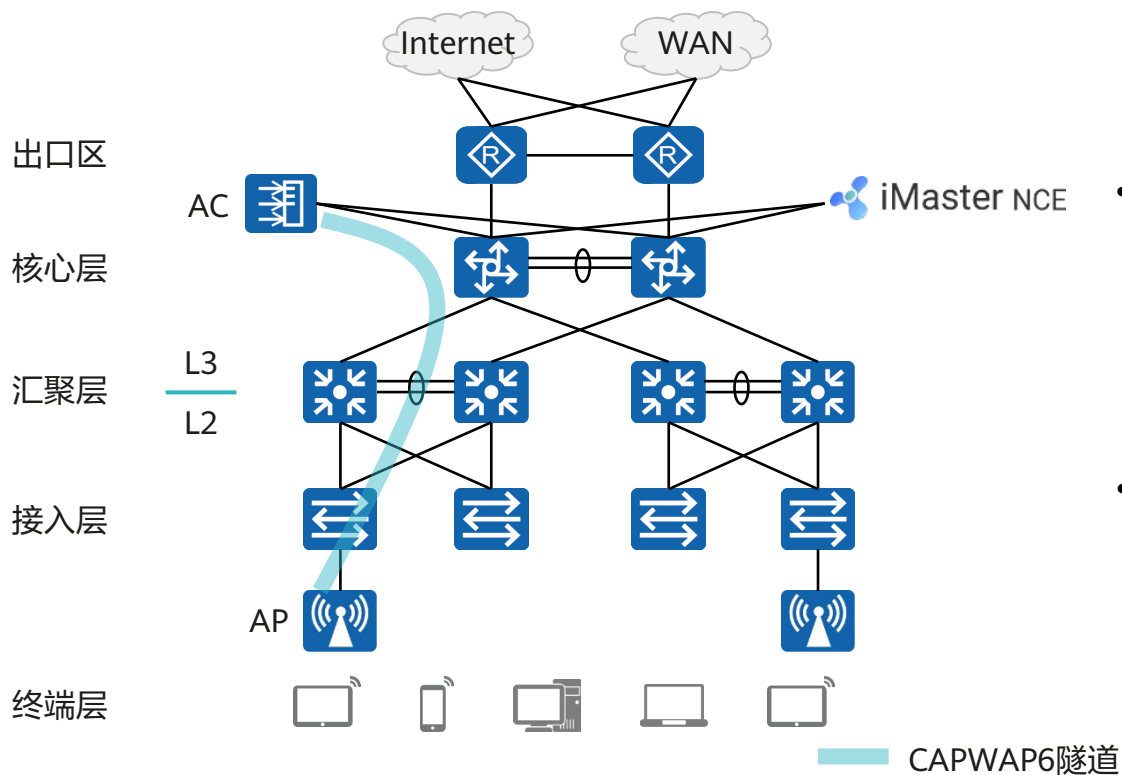
VXLAN Underlay IPv4 + Overlay双栈方案



- 当前企业园区网络如采用虚拟化方案，网络均为VXLAN Underlay IPv4 + Overlay IPv4，升级网络支撑IPv6仅需要在Overlay层使能IPv6，同时配置出口区双栈能力，升级改造难度较小。
- 业务转发：
 - 园区Overlay IPv6设计与原Overlay IPv4类似，从接入到核心的Underlay部署配置不变，VXLAN控制面采用BGP EVPN，核心交换机配置为RR。在集中式网关上使能IPv6，并配置VBDIF的IPv6地址，确保IPv6二层互通。
 - 接入侧Edge节点，可基于接口VLAN，实现转发报文和Overlay BD的绑定，实现不同的终端分配到不同的网关区域。VXLAN内所有报文三层转发均先将终端报文发布到集中式网关，横向流量、纵向流量均由网关统一转发。
 - 网络出口区涉及的内网对接以及外网对接设计可参考传统园区网络方案。

WLAN IPv6接入

- 园区网络的IPv6演进升级涉及WLAN的改造，目前大中型单园区的WLAN网络通常采用AC + FIT AP的组网架构。WLAN的IPv6升级改造主要需关注AC和AP之间的管理、无线终端接入的地址获取方式，其他WLAN设计不受IPv6升级改造影响。

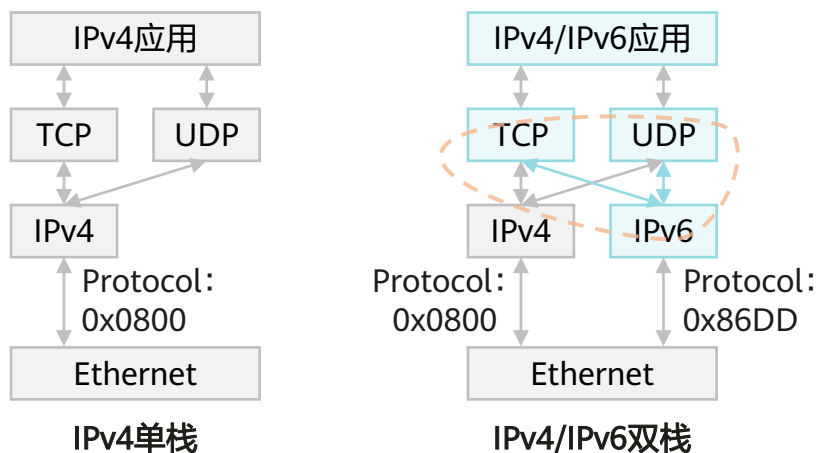


- 如图所示，AC旁挂在核心交换机上，AP下挂在接入交换机上，AP设置多个SSID，可分别接入内部办公和访客终端的IPv6单栈用户，认证点在AC上。
- 无线终端接入方案：
 - 核心交换机或者AC作为无线接入办公终端的网关，可采用SLAAC混合方案为终端配置IPv6地址，可考虑采用802.1x认证；
 - 访客SSID配置不同的VLAN，核心交换机或者AC作为无线接入的访客终端网关，采用SLAAC混合方案分配IPv6地址，推荐采用Portal认证。
- AP管理方案：
 - CAPWAP隧道支持IPv4和IPv6，但同一时间，AC只能通过IPv4或IPv6中的一种方式管理AP，默认为IPv4；
 - AP支持以IPv4或者IPv6方式上线，即AP仅可获取一个地址，AC的地址采用手工配置方式，AC可以配置DHCPv6或者SLAAC为AP分配地址。

其他相关配套系统IPv6改造 (1)

- 内部应用系统改造关键在于调整地址相关的模块。

应用系统IPv6改造主要在网络层相关部分



- 网络层的目的是实现两个端系统之间的数据透明传送，是应用系统间通信和联接的通道。应用程序通过套接字上联应用进程，下联网络协议栈，实现应用程序和网络协议接口的绑定。

- 应用系统IPv6改造一般性建议：

- 全面部署支持IPv6的DNS系统，DNS上增加AAAA记录，所有业务系统采用域名的方式标识远端主机，不直接使用IP地址作为主机标识，排查应用是否能够正确解析URL的AAAA记录。
- 全面排查应用系统直接使用IP地址的地方，确保IP地址只作为地址使用，不将IP地址作为用户ID、业务关键属性等使用，确保业务与IP地址类型无关。
- 排查Socket（套接字）通信接口，由原来的面向IPv4的编程，转向支持IPv4&IPv6兼容的新的接口。采用面向IPv6的函数、宏及库，校验IP地址合法性的相关代码是否需要进行修改。

其他相关配套系统IPv6改造 (2)

网管系统

- 网管系统的管理面和控制面可继续沿用IPv4方案，全网改造后再进行IPv6改造。
- iMaster NCE当前下发IPv6业务等不需特殊License，当前主流功能如用户管理，业务随行等都同时支持IPv4和IPv6业务。

DNS服务

- BIND和Microsoft提供的DNS服务器是目前市场上主流的DNS服务器。
 - BIND9开始支持IPv6地址解析，Microsoft从server 2003版本开始支持IPv6。
 - 如客户当前使用的服务高于上述版本，只需要进行简单的配置，提供IPv6地址的解析。
- 注意：如涉及互联网域名解析，改造前需要确认上级DNS服务器提供IPv6能力。

门户网站Web系统

- Web服务器主要提供网上信息浏览服务，是互联网上应用最广泛的服务。目前常用的Web服务器软件有Apache、Nginx以及微软的IIS服务等。
 - Apache自版本2.0.11以后提供对IPv6的支持。
 - Nginx从0.7.36及以后的版本开始支持IPv6。
 - 微软IIS服务自2003年发布的IIS6.0以后就开始支持IPv6。
- 如客户当前使用的服务高于上述版本，客户可以通过简单的配置操作，即可启用IPv6服务。
- 需确认门户前端实现中是否存在使用IP地址进行通信的代码设置，如存在需要修改为URL或绝对地址路径。

服务器操作系统

- 服务器常见的操作系统包括Linux、Unix和Windows Server等。
- 若操作系统不满足版本要求（支持IPv6），则需要对操作系统进行升级。

数据库系统

- 常见的数据库系统对IPv6的支持度如下，如低于以下版本，则需要对数据库系统进行升级。
 - MySQL 5.7.17，Microsoft SQL Server 2016，Oracle Database 12.1.0.2.0，MariaDB 10.2.9，IBM DB2 10.5，FileMaker Pro 16.0.2.205，FileMaker Server 16.0.1.185，PostgreSQL 10，IBM Informix Dynamic Server (IDS) 11.5，Sybase OpenSwitch 15.1等。

| 思考题

- (多选题) 以下哪些选项技术可以实现在IPv4广域网承载IPv6业务流量? ()
 - A. GRE隧道技术
 - B. 6PE技术
 - C. NAT64技术
 - D. 6VPE技术
- (多选题) 广域网络IPv6演进过程中, 有可能采用以下哪些选项的部署方案? ()
 - A. 双栈
 - B. 6VPE
 - C. SRv6
 - D. VXLAN Underlay IPv4 + Overlay双栈

| 总结

- IPv6能够提供海量的网络地址资源，是实现万物互联，促进生产生活数字化、网络化、智能化发展的关键要素。发展基于IPv6的下一代互联网，是互联网演进升级的必然趋势。
- 在IPv6网络演进过程中，IPv6地址的获取与规划是首要准备工作。
- 本课程主要介绍了IPv6网络演进过程中的过渡技术原理及应用，包括双栈、手动隧道、自动隧道、6PE、6VPE、VXLAN、IPv4 over IPv6隧道、NAT64、NAT66等。
- 企业网络一般涉及数据中心、广域网、园区网络，IPv6演进需要考虑应用、终端、网络的整体能力升级协同，保障IPv6演进过程中不影响现有业务的用户体验，IPv6方案设计上需确保可平滑持续演进，同时需兼顾目前最优的IPv6技术选择，以构建新一代IPv6信息化基础设施，助力业务的持续发展。

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.

