

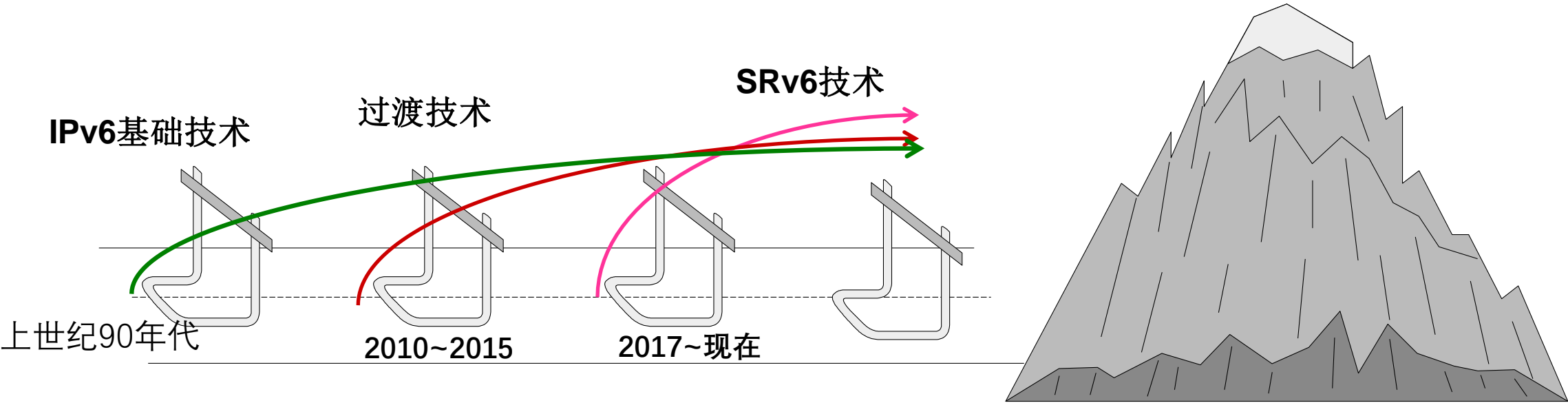
# IPv6标准进展

解冲锋

中国电信股份有限公司研究院

2022.10.31

- 背景与趋势
- IPv6/SRv6技术标准进展
- IPv6单栈网络思路介绍
- 总结



*6man、v6ops、spring、softwire、behave、idr、lsr、sava、savnet*等工作组

# ETSI ISG IPE (IPv6 Enhanced Innovation)



22 Members, 39 Participants, 1 Counsellor (2021-07)

ToR reference	Rapporteur	Supporters
1 <b>Gap Analysis</b>	Huawei (Eduard Vasilenko)	Cisco Systems France China Telecommunications CN labs Huawei Tech.(UK) Co., Ltd
2 <b>Datacenter and Cloud use cases</b>	China Telecom (Cong LI)	Cisco Systems France Huawei Tech.(UK) Co., Ltd CAICT
3 <b>IPv6 Only use cases and transition</b>	Internet Associates (John Lee)	POST Luxembourg Hewlett-Packard Enterprise Cisco Systems France Huawei Tech.(UK) Co., Ltd
4 <b>Industrial Internet and Enterprise</b>	CISCO (Pascal Thubert)	TELEFONICA S.A. POST Luxembourg Cisco Systems France Hewlett-Packard Enterprise Huawei Tech.(UK) Co., Ltd SnT - University of Luxembourg
5 <b>5G transport use cases</b>	POST Luxembourg (Sebastien Lourdez)	China Telecom University of Luxembourg Huawei Tech.(UK) Co., Ltd
6 <b>IPv6-based DataBlockMatrix</b>	BIIGROUP (Haisheng Yu)	China Telecommunications, University of Luxembourg, CAICT, Huawei
7 <b>IPv6 Ready Logo Program: IoT &amp; 6TiSCH</b>	IoT LAB (Cedric Crettaz)	Cisco, University of Luxembourg, China Telecommunication, Huawei
8 <b>5G for Connected and Automated Mobility</b>	University of Luxembourg (Ion Turcanu)	TELEFONICA, University of Athens, University of Luxembourg, POST Luxembourg

## 向IPv6单栈网络演进

- 编址和路由归一化，可从部分场景做起逐步取消对IPv4地址分配
- IPv4-As-A-Service：对剩余IPv4业务的高效E2E承载

## IPv6扩展能力增强

- SRv6
- APN6
- Bier6
- 网络切片等

## 向物联网领域延伸拓展

- 多达百亿级甚至千亿级规模的编址需求
- 低功耗低资源设备对于IPv6的支持
- 特定要求：静态地址、基于IP地址的反向控制等

## 安全可靠

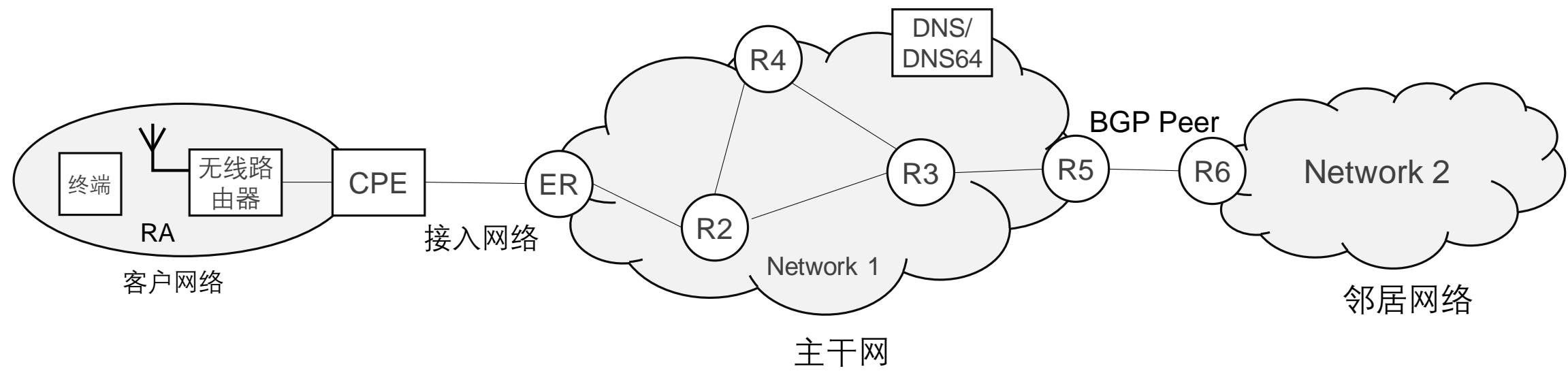
- IPv6地址真实可信，地址中嵌入语义
- 路由安全
- 防D攻击等

“IETF于2017年发布RFC8200，这将IPv6协议提升为互联网标准。互联网标准的定位意味着那些实施和部署协议的人可以放心，它已经接受了IETF社区比其它典型RFC更多的技术审查，并从运行代码和实际经验中获得了经验。这是符合IPv6的情况的。”

————IETF blog

## ● 相对RFC 2460的改变

- 添加了数据传输顺序与RFC 791中定义的IPv4相同。
- 澄清了关于减少跳数限制的过程。
- 澄清了扩展报头（逐跳选项报头除外）不会被数据包传递路径上的任何节点处理、插入或删除。
- 将逐跳选项报头的要求更改为“可能”，并说明逐跳选项报头的期望。
- 澄清扩展报头的编号方式，哪些是upper-layer报头。
- 合并了RFC 5095和5871中的更新以删除对RH0的描述，并从所需扩展报头列表中删除了RH0。
- 基于RFC 5722、6946、7112和8021更新的IPv6分段修订版。
- 添加了定义“IPv6最小链路MTU”的内容。



编址 路由 ICMP 扩展报头

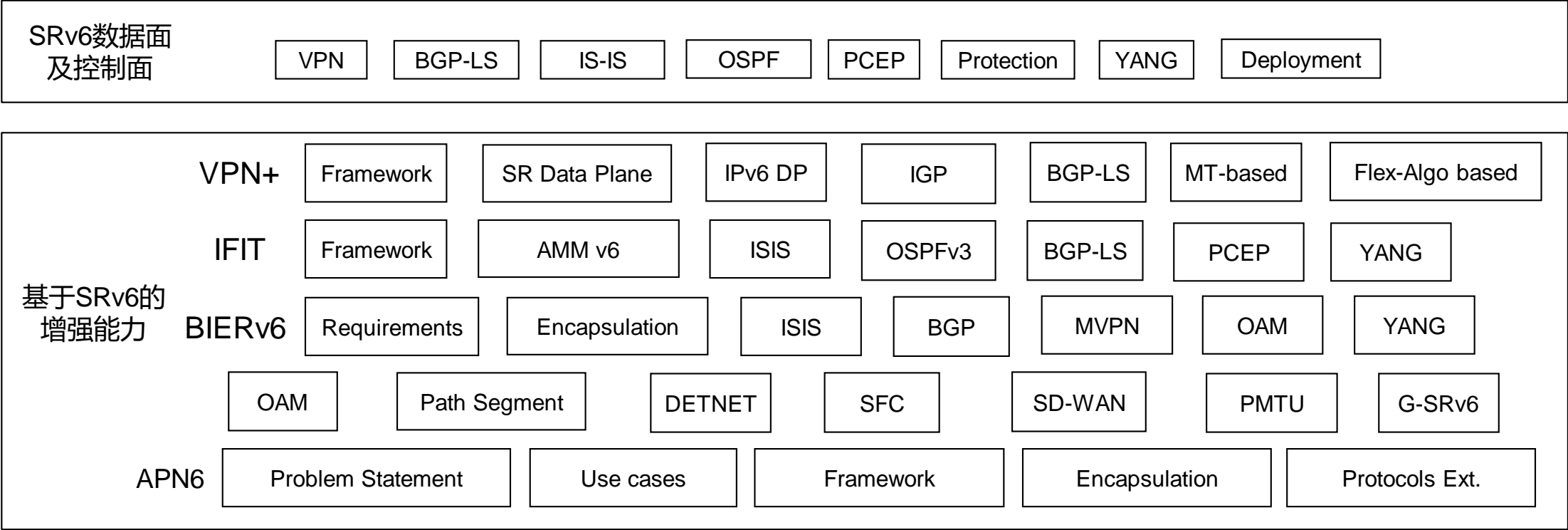
- IPv6基础技术
  - RFC 8201: Path MTU Discovery for IP version 6
  - RFC 9268: IPv6 Minimum Path MTU Hop-by-Hop Option
  - RFC 8883: ICMPv6 Errors for Discarding Packets Due to Processing Limits
  - RFC 9131: Gratuitous Neighbor Discovery: Creating Neighbor Cache Entries on First-Hop Routers
- 配置方面
  - RFC 8106: IPv6 Router Advertisement Options for DNS Configuration
  - RFC 8781: Discovering PREF64 in Router Advertisements
  - RFC 8981: Temporary Address Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6

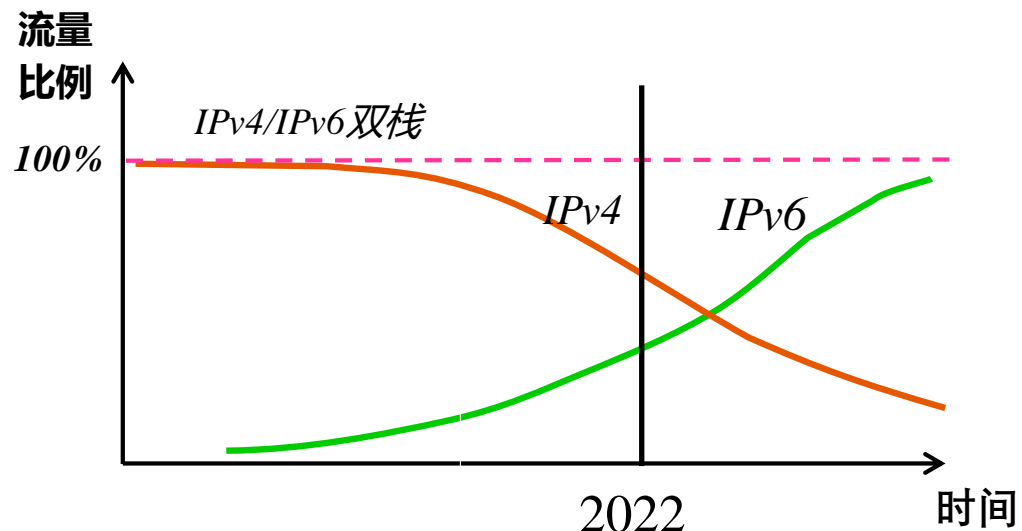


- 设备或系统的要求
  - RFC 8504: IPv6 Node Requirements
  - RFC 8585: Requirements for IPv6 Customer Edge Routers to Support IPv4-as-a-Service(RFC7084基础上的扩展)
- 运营方面
  - RFC 8273: Unique IPv6 Prefix per Host
  - RFC 8475: Using Conditional Router Advertisements for Enterprise Multihoming
  - RFC 8978: Reaction of IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC) to Flash-Renumbering Events
  - RFC 9096: Improving the Reaction of Customer Edge Routers to IPv6 Renumbering Events
  - RFC 9098: Operational Implications of IPv6 Packets with Extension Headers

- SAVA（互联网真实源地址验证体系结构）& SAVI
  - SAVA分为域间、域内和接入网内三个层次，2008年成立SAVI WG来标准化接入网的源地址验证
    - RFC5210: A Source Address Validation Architecture (SAVA) Testbed and Deployment Experience
    - RFC6620: First-Come, First-Served Source Address Validation Improvement for Locally Assigned IPv6 Addresses
    - RFC6959: Source Address Validation Improvement (SAVI) Threat Scope
    - RFC7039: Source Address Validation Improvement (SAVI) Framework
    - RFC7219: Secure Neighbor Discovery (SEND) Source Address Validation Improvement (SAVI)
    - RFC7513: Source Address Validation Improvement (SAVI) Solution for DHCP
    - RFC8074: Source Address Validation Improvement (SAVI) for Mixed Address Assignment Methods Scenario
- SAVNET
  - 2022成立，标准化适用于域内和域间的源地址验证方案

- 需求及场景
  - RFC7855: Source Packet Routing in Networking (SPRING) Problem Statement and Requirements
  - RFC8354: Use Cases for IPv6 Source Packet Routing in Networking (SPRING)
- 架构
  - RFC8402: Segment Routing Architecture
  - RFC9256: Segment Routing Policy Architecture
- 数据面
  - RFC8754: IPv6 Segment Routing Header (SRH)
  - RFC8986: Segment Routing over IPv6 (SRv6) Network Programming
- 运营维护
  - RFC9259: Operations, Administration, and Maintenance (OAM) in Segment Routing over IPv6 (SRv6)





underlay网络单栈化有利于引导业务向IPv6的进一步迁移

## (三) 工作目标

到2023年末，基本建成先进自主的IPv6技术、产业、设施、应用和安全体系，形成市场驱动、协同互促的良性发展格局。IPv6活跃用户数达到7亿，物联网IPv6连接数达到2亿。移动网络IPv6流量占比达到50%，城域网IPv6流量占比达到15%。国内主要内容分发网络、数据中心、云服务平台、域名解析系统基本完成IPv6改造。新上市的家庭无线路由器全面支持并默认开启IPv6功能。县级以上政府网站、国内主要商业网站及移动互联网应用IPv6支持率显著提升。IPv6单栈试点取得积极进展，新增网络地址不再使用私有IPv4地址。

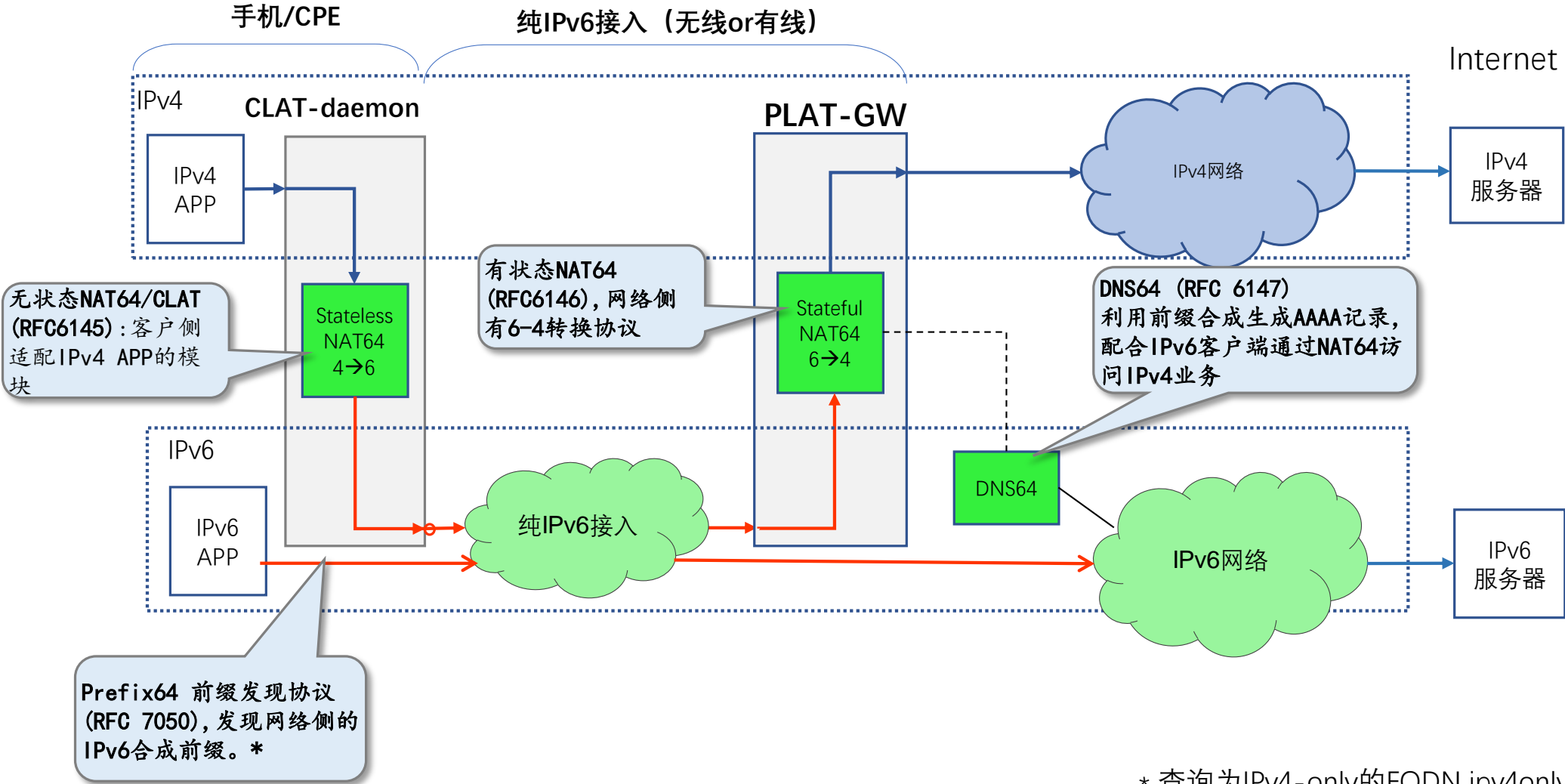
到2025年末，全面建成领先的IPv6技术、产业、设施、应用和安全体系，我国IPv6网络规模、用户规模、流量规模位居世界第一位。网络、平台、应用、终端及各行业全面支持IPv6，新增网站及应用、网络及应用基础设施规模部署IPv6单栈，形成创新引领、高效协同的自驱性发展态势。IPv6活跃用户数达到8亿，物联网IPv6连接数达到4亿。移动网络IPv6流量占比达到70%，城域网IPv6流量占比达到20%。县级以上政府网站、国内主要商业网站及移动互联网应用全面支持IPv6。我国成为全球“IPv6+”技术和产业创新的重要推动力量，网络信息技术自主创新能力显著增强。

之后再用五年左右时间，完成向IPv6单栈的演进过渡。IPv6与经济社会各行业各部门全面深度融合应用。我国成为全球互联网技术创新、产业发展、设施建设、应用服务、安全保障、网络治理等领域的重要力量。

- 过渡技术

- RFC 8683: Additional Deployment Guidelines for NAT64/464XLAT in Operator and Enterprise Networks
- RFC 8585: Requirements for IPv6 Customer Edge Routers to Support IPv4-as-a-Service(extension of RFC7084)
- RFC 9313: Pros and Cons of IPv6 Transition Technologies for IPv4-as-a-Service (IPv4aaS)

	隧道/翻译	有状态/无状态	主干/接入	RFC
DS-Lite	隧道	有状态 1:N	接入	RFC7870
Lightweight 4over6	隧道	有状态 1:1	接入	RFC7596
MAP-T	翻译	无状态	接入	RFC7599
MAP-E	隧道	无状态	接入	RFC7597
464XLAT	翻译	有状态 1:N	接入	RFC6877
Softwire Mesh Framework	隧道	有状态 1:N	主干	RFC5565
.....				



\* 查询为IPv4-only的FQDN ipv4only.arpa 域名。如果返回AAAA记录, 说明在网络中存在DNS64.

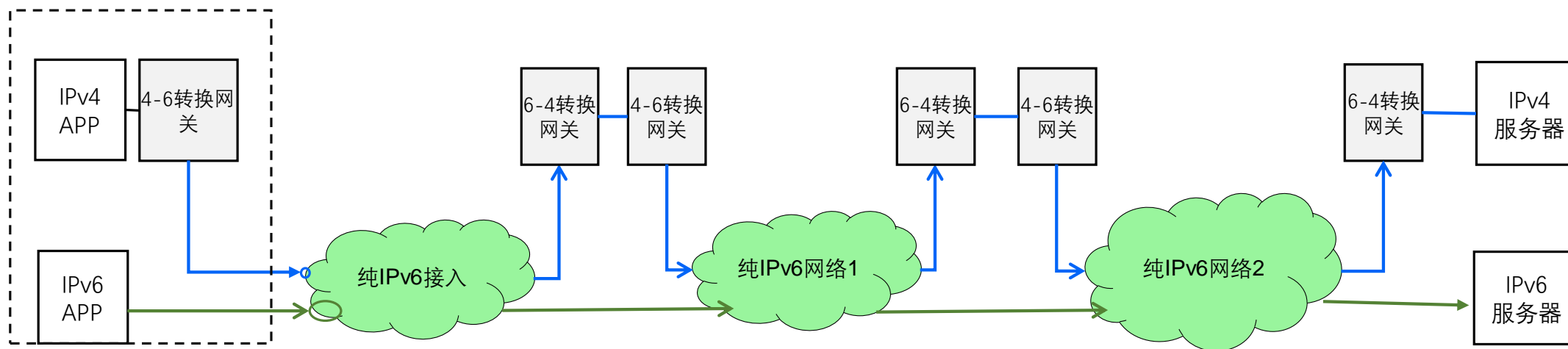


## ● 经验

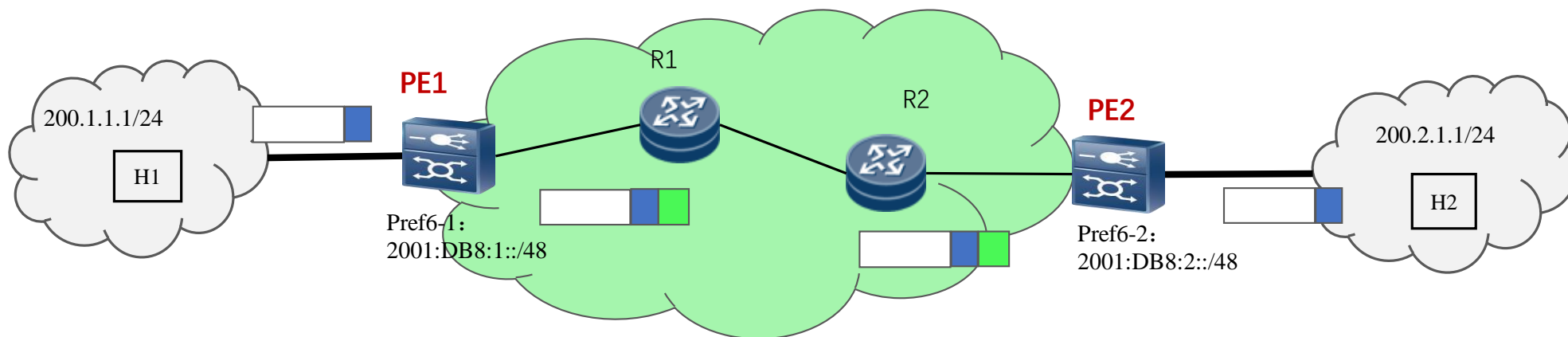
- 开放网络下的“IPv4-As-A-Service”
- 无状态、基于规则的地址转换机制
- 网络给终端只分配IPv6地址，移动终端厂商对于IPv6及单栈广泛支持

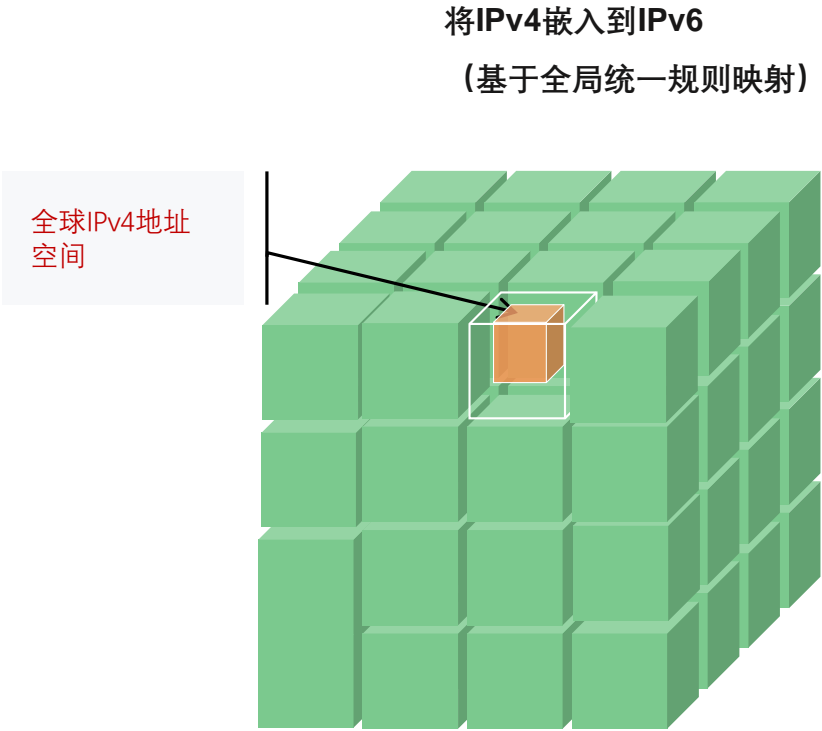
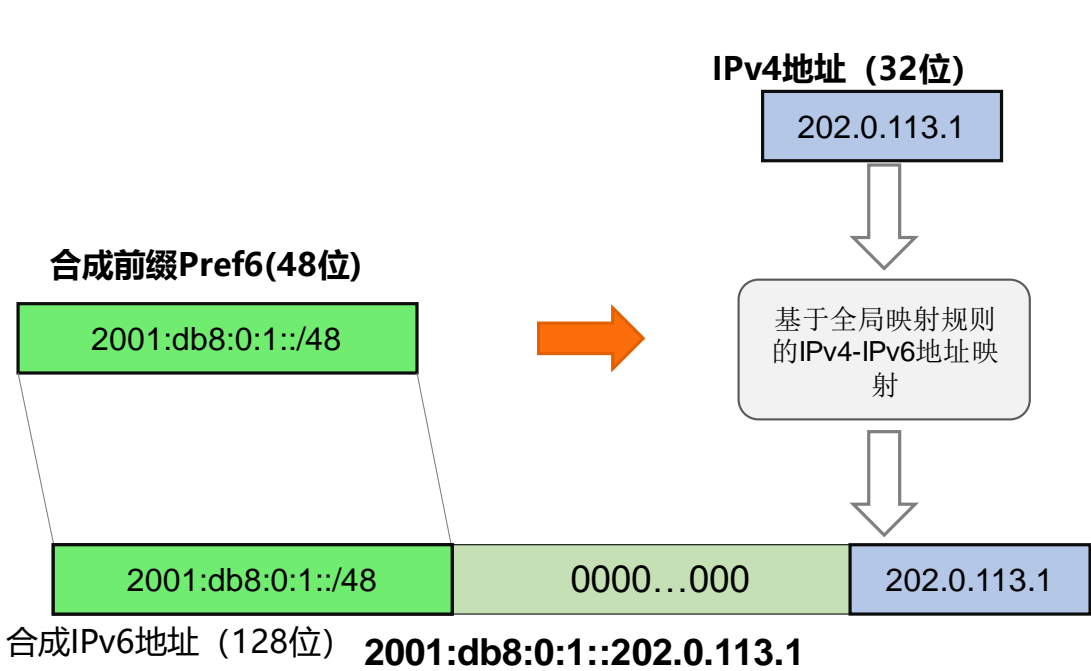
## ● 教训

- 过多的过渡技术让operator无所适从
- 缺乏体系考虑，未考虑域间或者operator间互联互通
- 部分设备对于IPv6支持不足或规范不完善

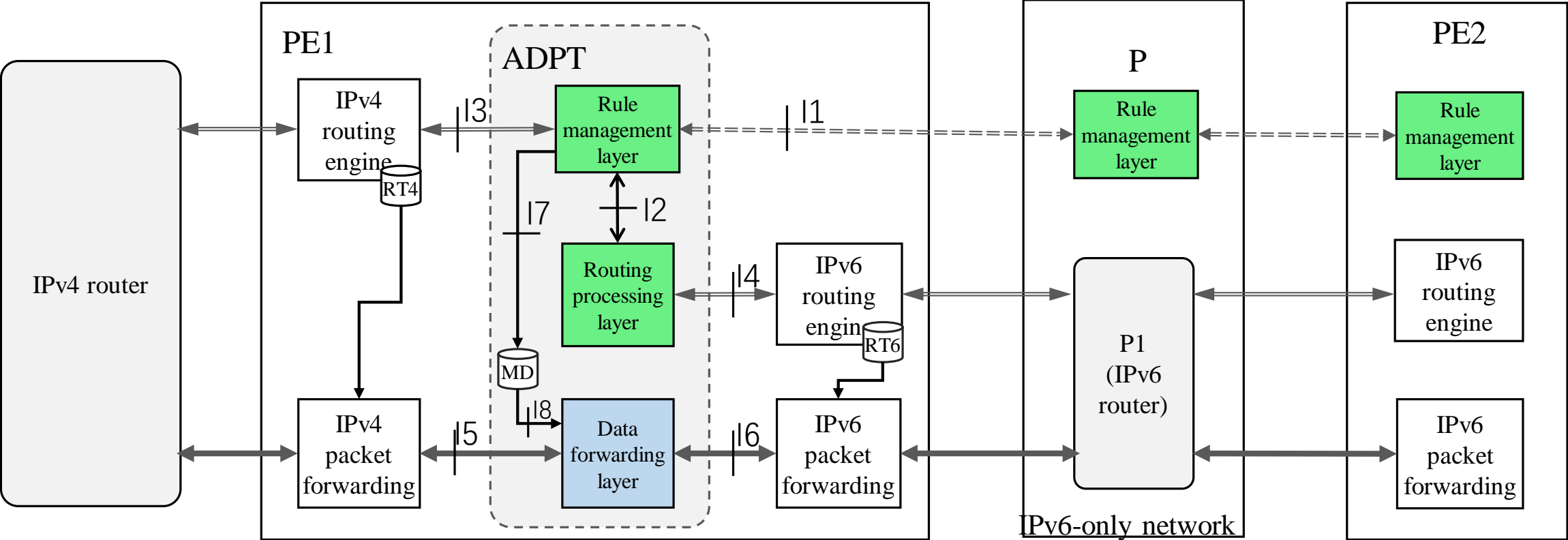


- 运营商内域间及运营商间的单栈互通，实现对于剩余IPv4业务的良好承载
  - “IPv4-As-A-Service”
  - 轻量级/无状态
  - 互联互通
  - 安全可信
  - 在IPv6单栈基础上的新能力开发
- 推进IPv6单栈的标准化的完善和产业化





draft-xie-v6ops-framework-multi-domain-ipv6only



转发面：

翻译：RFC6145: IP/ICMP Translation Algorithm

隧道：RFC2473: Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification

- IPv6基础技术、功能和扩展特性的标准化是IETF的重点任务之一，从IPv6网络的运营中发现新的问题及潜在研究点。
- SRv6方面依旧是当前IETF标准化的热点，是创新最活跃的领域之一。
- 结合国际标准的进展及时对于我国网络的重要环节进行完善和补充。
- 单栈是IPv6发展的重要方向，需要进一步完善跨域的单栈架构服务于将来的网络演进和我国的数字化转型。

谢 谢