



推进IPv6部署专家委员会
中国电信集团有限公司
中国移动通信集团有限公司
中国联合网络通信有限公司

IPv6演进路线图和实施技术指南

— 电信行业 —



目录

01 前言	02
-------	----

02 总体目标	03
---------	----

03 演进路线	05
---------	----

3.1 总体演进原则	06
3.2 IPv6评估指标框架	09

04 实施指南	11
---------	----

4.1 IPv6地址规划原则	11
4.2 固定网络	13
4.2.1 骨干网	13
4.2.2 IP城域网	13
4.3 移动网络	14
4.4 电信云/IT云	15
4.5 物联网	16
4.6 智能运营支撑系统	16
4.7 自营终端	17

前言

01

互联网协议第六版（IPv6）是互联网升级演进的必然趋势、网络技术创新的重要方向、网络强国建设的基础支撑。2017年，以习近平同志为核心的党中央作出推进IPv6规模部署行动的战略决策。三年多来，各地区、各部门认真贯彻落实《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，推动IPv6规模部署取得显著进展。“十四五”时期是加快数字化发展、建设网络强国和数字中国的重要战略机遇期，我国IPv6发展处于攻坚克难、跨越拐点的关键阶段，面临不进则退、缓进亦退的风险挑战。

为贯彻落实IPv6规模部署行动的战略决策，2021年7月，中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部印发《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》。明确了“十四五”时期深入推进IPv6规模部署和应用的主要目标、重点任务和时间表。

为加快我国IPv6从“通路”走向“通车”，工业和信息化部联合中央网信办发布《IPv6流量提升三年专项行动计划（2021–2023年）》，围绕IPv6流量提升总体目标，加速推进互联网向IPv6平滑研究升级，明确了未来三年的重点发展任务，标志着我国IPv6发展正式步入“流量提升”时代。

针对2021年的具体工作目标，中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部联合印发《深入推进IPv6规模部署和应用2021年工作安排》，明确了2021年的工作目标，部署了在强化网络承载能力等方面的一系列工作任务。

IPv6改造，涉及应用、云、网、边、端、安等全面系统化的规划和改造，是一个系统化的工程，本白皮书旨在为运营商网络和业务全面向IPv6演进提供演进路线、评估指标框架和实施技术指南参考。

总体目标

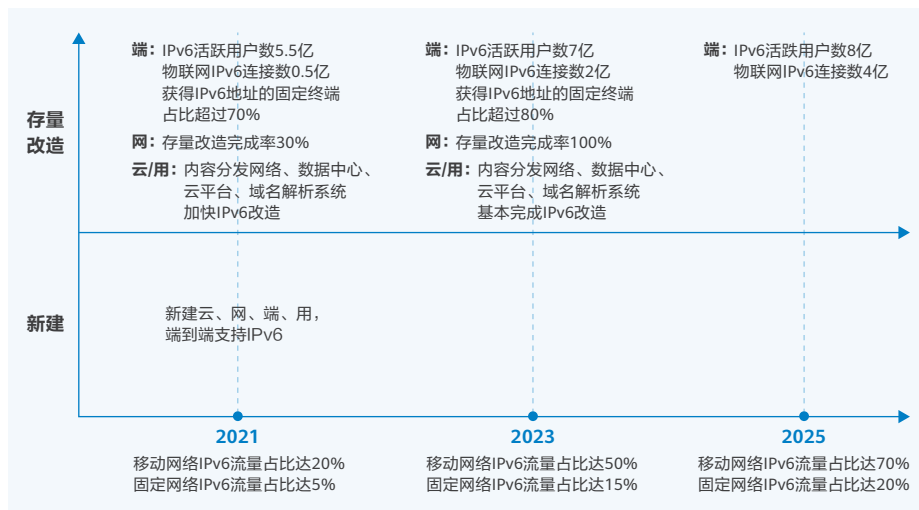
02

到2021年末，网络IPv6服务能力显著提升，网络互连端口全面开启IPv4/IPv6双栈，具备IPv6业务受理、开通等能力和基本的IPv6网络运营维护、故障排查等能力。新开通的家庭宽带、企业宽带和专线业务应支持IPv6，原则上不再提供IPv4单栈专线扩容。获得IPv6地址的固定终端占比超过70%。IPv6活跃用户数达到5.5亿，物联网IPv6连接数达到0.5亿。移动网络IPv6流量占比超过20%，固定网络IPv6流量占比超过5%。内容分发网络、数据中心、云服务平台、域名解析系统加快推进IPv6改造。移动物联网IPv6服务能力完备。新建网络和设备优先部署SRv6，网络具备一定的IPv6带宽、时延等保障能力和可视可管智能运维能力。积极开展“IPv6+”新技术试点和部署。

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%。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。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。新建网络默认部署SRv6，网络IPv6带宽、时延、丢包、抖动等保障能力增强，可视可管智能运维能力规模部署。积极推进“IPv6+”新技术试点和规模部署。



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。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。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%，固定网络IPv6流量规模达到20%。我国IPv6网络规模、用户规模、流量规模位居世界第一位。



IPv6演进总体目标



演进路线

03

► 3.1 总体演进原则

为进一步加快网络基础设施IPv6升级改造步伐，积极探索从IPv4/IPv6双栈逐步向IPv6单栈演进，制定2021–2025年分阶段推进目标：

阶段一（2021年末）

- 双栈模式下IPv6网络平均丢包率、时延等关键网络性能指标，连接建立成功率、页面加载时间、视频播放卡顿率等关键应用性能指标与IPv4基本一致。
- 积极开展IPv6应用推广，网络互连端口全面开启IPv4/IPv6双栈，具备IPv6业务受理、开通等能力和基本的IPv6网络运营维护、故障排查等能力。运营商为支持IPv6的家宽客户和LTE/5G用户分配IPv6地址，网络具备并提供IPv6 VPN承载能力；新开通的家庭宽带、企业宽带和专线业务应支持IPv6，原则上不再提供IPv4单栈专线扩容。
- 在更多场景下部署IPv6单栈。新建网络、IoT网络及平台默认开启IPv6单栈，集采手机和IoT终端全面支持IPv6。
- 获得IPv6地址的固定终端占比超过70%，企业网关全部具备开通IPv6专线的能力。
- 移动物联网部署IPv6，具备为物联网终端分配IPv6地址的能力，建立完善物联网IPv6连接统计手段。试点IPv6单栈和基于SRv6的承载。
- 实现SRv6规模示范应用，SRv6 Policy、网络切片、随流检测等“IPv6+”新技术应用项目试点。
- 端到端路径可编程、租户级网络切片和业务自动布放、AI辅助运维等自动驾驶能力应用项目试点。
- 新建SD-WAN网络支持IPv4/IPv6双栈。
- IPv6活跃用户数达到5.5亿，物联网IPv6连接数达到0.5亿。
- 移动网络IPv6流量占比超过20%，固定网络IPv6流量占比超过5%。
- 内容分发网络、数据中心、云服务平台、域名解析系统提升处理性能，新建网络和平台默认支持IPv6。

阶段二（2023年末）

- 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。
- 获得IPv6地址的固定终端占比超过80%，新上市自营手机、IoT终端及芯片模组全面支持IPv6。
- 物联网具备特定场景下的IPv6单栈服务能力。
- 新建企业网关具备SRv6、网络切片等“IPv6+”能力。
- 实现SRv6 Policy规模部署，网络切片、随流检测、IPv6新型组播等“IPv6+”新技术规模示范应用。
- 积极开展APN6、业务链、确定性转发、无损网络等“IPv6+”创新应用项目试点，并逐步实现规模部署。
- 端到端路径可编程、租户级网络切片和业务自动布放、AI辅助运维等自动驾驶能力规模示范应用。
- 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流量占比超过50%，固定网络IPv6流量占比超过15%。
- 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。

阶段三（2025年末）

- 网络、平台、应用、终端及各行业全面支持IPv6，网站及应用、网络及应用基础设施规模部署IPv6单栈。
- 所有新集采企业网关具备SRv6、网络切片、APN6等“IPv6+”能力。
- 实现网络切片、随流检测、IPv6新型组播等“IPv6+”新技术规模部署。
- 实现APN6、业务链、确定性转发、无损网络等“IPv6+”创新应用项目规模示范应用，部分创新应用项目实现规模部署。

- 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%，固定网络IPv6流量规模达到20%。
- 网络基础设施基于“IPv6+”创新技术，实现云网端到端可定制化服务和确定性体验、基于AI的网元和网络智能学习和自决策、业务永久在线等网络自动驾驶能力的规模试点。

~2021年末

端		网				云	流	"IPv6+"创新
获得 IPv6 地址的固定终端占比超 70%，企业网关全部具备开通 IPv6 专线的的能力，新部署终端默认开启 IPv6	IPv6 活跃用户数达到 5.5 亿，物联网 IPv6 连接数达到 0.5 亿	IPv6 关键网络性能指标和应 用性能指 标与 IPv4 基本一致	网络全面 开启双栈， 可端到端 提供 IPv6 业务，新建 网络默认 开启 IPv6	端到端路 径可编程、 租户级网 络切片和 业务自动 布放、AI 辅 助运维等 自动驾驶 能力应用 项目试点 IPv6	移动物联 网部署 IPv6，可 为物联网 终端分配 IPv6 地址	内容分发 网络、数据 中心、云服 务平台、域 名解析系 统提升处 理性能，新 建网络和 平台默认 支持 IPv6	移动网络 IPv6 流量 占比超 20%，固 定网络 IPv6 流量 占比超 5%	SRv6 规模 示范应用； SRv6 Policy、网 络切片、随 流检测等 “IPv6+”新 技术应用项 目试点

2022~2023年末

获得 IPv6 地址的固定终端占比超 80%，新上市手机和 IoT 终端及芯片模组全面支持 IPv6，新建企业网关具备 SRv6、网络切片能力	IPv6 活跃用户数达到 7 亿，物联网 IPv6 连接数达到 2 亿	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	端到端路 径可编程、 租户级网 络切片和 业务自动 布放、AI 辅 助运维等 自动驾驶 能力规模 示范应用	物联网场 景下实现 IPv6 单栈 服务能力	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	移动网络 IPv6 流量 占比超 50%，固 定网络 IPv6 流量 占比超 15%	SRv6 Policy 规 模部署，网 络切片、随 流检测、 IPv6 新型 组播等 “IPv6+”新 技术规模 示范应用	开展 APN6、业 务链、确定 性转发、无 损网络等 “IPv6+”创 新应用项 目试点
---	-------------------------------------	---	---	------------------------	--	--	---	--

2024~2025年末

终端全面支持 IPv6 新集采企业网关具备 SRv6、网络切片、APN6 等“IPv6+”能力	IPv6 活跃用户数达到 8 亿，物联网 IPv6 连接数达到 4 亿	网络全面支持 IPv6，规模部署 IPv6 单栈	网络基础设施基于 “IPv6+”创新技术，实现云网端到端可定制化服务和确定性体验、基于 AI 的网元和网络智能学习和自决策、业务永久在线等网络自动驾驶能力的规模试点	平台和应用全面支持 IPv6，与网络结合实现应用感知承载、智能调度和运营能力	移动网络 IPv6 流量 占比超 70%，固 定网络 IPv6 流量 占比超 20%	网络切片、随流检测、IPv6 新型组播等 “IPv6+”新 技术规模 部署	APN6、业 务链、确定 性转发、无 损网络等 “IPv6+”创 新应用项 目规模示 范应用，部 分创新项 目实现规 模部署
---	-------------------------------------	--------------------------	--	--	--	---------------------------------------	--

3.2 IPv6评估指标框架

按照流量统计、活跃用户、网络IPv6度量、云服务平台IPv6度量、“IPv6+”创新应用项目五个维度评估。

维度	指标	指标说明
流量统计	固定网络 IPv6流量和占比	固定网络每天的平均IPv6流量，单位“Gbps”，按省市县分开统计。 固定网络IPv6流量占比=城域网出入口IPv6流量/城域网出入口总流量。
	移动网络 IPv6流量和占比	移动网络每天的平均IPv6流量，单位“Gbps”，按省市县分开统计。 移动网络IPv6流量占比=(4G网络IPv6流量+5G网络IPv6流量)/(4G网络总流量+5G网络总流量)。
	数据中心 IPv6流量和占比	数据中心每天流出的平均IPv6流量，单位“Gbps”，包括数据中心流出到内网和互联网的流量，按省市县分开统计。
活跃用户	IPv6活跃用户 数量/占比	已经获得IPv6地址，且在近30天内有使用IPv6协议访问网站或应用（APP）的用户数量/占比
	运营商自营物联网 终端IPv6活跃 连接数/占比	已经获得IPv6地址，且在30天内具备有效IPv6流量记录的物联网终端数/占比
网络IPv6度量	IPv6网络时延	移动或固定宽带用户向指定目标发送TCPing检测报文，统计得出往返时延，测量5次取平均值。
	IPv6平均丢包率	移动或固定宽带用户连续向指定目标发送N个TCPing检测报文，统计未能正确返回的检测报文数量，计算网络平均丢包率。
	IPv6网络抖动	移动或固定宽带用户向指定目标发送TCPing检测报文，统计得出不同报文的时延偏差，计算多个报文平均抖动
	移动网络/固定网络/ 自营物联网网络 IPv6单栈	移动网络/固定网络/物联网网络采用SRv6等“IPv6+”技术承载IPv6流量
	数据中心网络 IPv6单栈	数据中心网络采用IPv6单栈出口、IPv6单栈资源池承载IPv6应用

维度	指标	指标说明
云服务平台 IPv6度量	云主机IPv6网络时延	终端到云主机发送测试报文，计算多个报文平均时延
	云主机IPv6平均丢包率	终端到云主机发送测试报文，计算报文丢包率
	云主机IPv6网络抖动	终端云主机发送测试报文，计算多个报文平均抖动
	云资源池IPv6单栈	新建IPv6单栈资源池承载IPv6应用
“IPv6+” 创新应用项目	IPv6+ 1.0	实现SRv6规模示范应用，SRv6 Policy、网络切片、随流检测等“IPv6+”新技术应用项目试点
	IPv6+ 2.0	实现SRv6 Policy规模部署，网络切片、随流检测、IPv6新型组播等“IPv6+”新技术规模示范应用 开展APN6、业务链、确定性转发、无损网络等“IPv6+”创新应用项目试点，并逐步实现规模部署
	IPv6+ 3.0	实现网络切片、随流检测、IPv6新型组播等“IPv6+”新技术规模部署 实现APN6、业务链、确定性转发、无损网络等“IPv6+”创新应用项目规模示范应用，部分创新应用项目实现规模部署



实施指南

04

基础网络的IPv6演进和建设是一个长期、分地域、分系统逐步推进的过程，演进过程遵循规划先行、分级分域、保障安全的原则。各省市通信运营单位需要密切协作、统筹安排，共同推进网络和业务IPv6单栈演进，最终将我国网络建设成全球领先的IPv6互联网，为行业技术创新、产业发展、应用服务、安全保障、网络治理等作出主要贡献。

各省市基础网络IPv6演进主要涉及到骨干网、IP城域网、移动网络、云平台、物联网、智能运营支撑系统、自营终端等七大部分，具体实施要求和说明如下。

» 4.1 IPv6地址规划原则

在IPv6网络中，IPv6地址规划建议遵循如下原则。



- **统一性原则：**全网的所有IP地址统一规划，包括业务地址，平台地址，网络地址等。
- **可读性原则：**地址规划尽量以4bit为单位划分，简洁直观，便于语义表达和实施管理。
- **唯一性原则：**每个地址都能够做到全网唯一。
- **分离原则：**不同业务用途、地址类型、区域的地址分开规划。如网络地址、用户地址和业务地址分开规划，Loopback地址、链路地址和SRv6 Locator分开规划，不同网络 and 地区的地址分开规划，方便在网络边缘进行路由控制和流量安全控制。
- **层次化和聚合原则：**地址必须能够在不同的IGP/BGP之间被聚合发布，聚合会指数级减少网络中的路由数量，并且降低一个路由域中的路由震荡对其他路由区域的影响。
- **可演进性原则：**地址规划时应在每个地址段内预留一定的地址空间用于业务未来发展，如果预留不足，则未来的地址扩充可能会导致地址无法满足聚合性，安全性等原则。
- **安全性原则：**IPv6地址规划要方便进行地址过滤和溯源。IPv6网段分配地址前缀长度须不大于64，否则会破坏SLAAC特性。

► 4.2 固定网络

4.2.1 骨干网

- 协议双栈设计

接入侧按需、网络侧全面开启双栈，基于接口IPv6地址的部署，部署IGPv6，为实现较好的扩展性，推荐部署ISISv6；对于BGP，打开BGP4+协议传递业务路由。核查IPv6质量的网络配置、路由策略、MTU值。

- 全面支持IPv6承载业务，IPv6业务体验超越IPv4业务，通过SRv6技术打通云、管、端实现可管可控、网络可编程，网络能力开放，全网具备应用感知进行差异化承载、智能调度和运营能力（第三阶段）。逐步淘汰影响IPv6性能的老旧设备，在设备例行更新过程中选用IPv6性能高的设备，提升IPv6网络质量。
- 进行网间路由策略的动态调整，同时开通更多的互联互通点。
- 公众互联网提供SLA差异化承载能力（包含低时延、大带宽等），云骨干提供服务化能力。
- 完善网络中IPv6相关安全设计（DDOS清洗，防火墙，网络设备安全等）。
- IP骨干网安全设计，建议在IGW边界对来自于Internet网络的IPv6 DDoS攻击进行防护。

4.2.2 IP城域网

- 网络设备开启双栈（设备选型，存量老设备逐步替换、升级），核查IPv6质量的网络配置、路由策略、MTU值。

- BRAS设备开启双栈用户接入

BRAS/BRAS-UP设备打开双栈用户接入和认证，双栈用户支持本地地址分配和远端地址分配；网络侧支持IPv4和IPv6路由和转发，访问IPv4/IPv6 internet应用。

- 网络支撑系统支持IPv6用户

新建和改造网络的支撑系统支持IPv6用户。

IP支撑系统：AAA，DNS，DHCPv6，RADIUS等开启IPv6，支持双栈用户终端认证、授权、计费等。

IT支撑系统：支持IPv6属性信息在各子系统传递；支持用户受理、开通、装维等。

终端管理系统：可管理双栈CPE，针对IPv6参数属性等修改。

网管系统：设备IPv6配置下发、管理、可视化运维。

- IPv6业务体验超越IPv4业务体验：部署SRv6、IPv6新型组播、网络切片、随流检测等“IPv6+”技术，针对不同SLA要求的业务提供针对性的承载方案，并通过网络质量监测和针对性的改进，最终实现IPv6业务体验超越IPv4业务。试点应用感知网络的创新技术，网络可基于应用提供差异化承载、智能调度和运营能力。
- 开展从家庭网关到互联网视频、网页、云服务器等多种服务的全链条网络质量测试，建立固定网络IPv6网络监测机制，同时配合OTT开展应用层测试，助力用户IPv6应用使用体验提升，并持续进行网络承载质量提升。
- 根据视频业务及视频承载等技术发展情况，适时在OLT开启IPv6组播复制能力。
- 城域网网络安全设计要具备基于IPv6业务的安全防护。

► 4.3 移动网络

- 移动承载网络双栈协议设计
2G和3G核心网后续逐步退网，因此不考虑向IPv6演进。4G、5G承载网IGP协议可以继续沿用IPv4时代的IGP协议，同时开启IPv6功能，BGP协议需在原有的基础上增加IPv6邻居。
- 移动承载网络面向基站侧和核心网侧的接入接口开启IPv6和IPv4双栈
移动承载网络采用L3VPN进行承载，在基站和核心网的网络侧接口改造为IPv6后，移动承载网络需要在接入侧接口开启IPv6和IPv4双栈。
移动承载网络的专线业务，PW方式不变，L3VPN方式承载的专线，需要能够支持企业侧IPv6流量的承载，在面向企业的接口开启IPv6和IPv4双栈。
- 对于IPv4的存量网络，首先接入开启双栈，支持IPv6基站和核心网接入，然后在网络侧开启双栈，支持SRv6隧道穿越，对于有条件升级的设备选择SRv6进行部分业务的承载。开展5G SA单栈示范应用，在IPv6的流量占比达到一定比例时，5G SA网络进行IPv6单栈的部署。
- 全面支持IPv6，同时对移动回传业务使用随流检测进行智能运维。
- 通过网络质量监测和针对性的改进，实现IPv6业务的网络承载关键性能指标和业务关键应用性能指标与IPv4基本一致。开展手机终端至移动互联网业务的端到端网络性能测试，并积极配合OTT开展应用层质量测试。

- 网络管理系统升级支持IPv6网络管理

移动承载网络管理系统能够支持对设备接入侧IPv6和网络侧IPv6路由协议相关的配置和维护。

移动承载网络管理系统能够支持对设备IPv6隧道技术相关的配置和维护。

网络管理系统能够通过IPv6协议对网络设备进行管理，包括但不限于SFTPv6，SNMPv6，NETCONF IPv6，BGP IPv6、NETCONF IPv6，PCEP IPv6，BGP-LS IPv6等。

移动承载网络管理系统能够支撑双栈、IPv6单栈的网络性能指标、业务SLA指标的可视化运维。

- 网络安全设计

IPv6部署后，网络需达到和IPv4相同的安全要求，针对IPv6协议（包括但不限于IPv6扩展头，ND，ICMPv6，DHCPv6，IPv6路由协议等）对网络设备部署全方位的安全保护技术。

► 4.4 电信云/IT云

- 根据业务发展需求和电信云/IT云布局，统筹规划全国电信云/IT云的IPv6地址资源。基于全面IPv6化的目标，进行电信云/IT云整体方案的优化，明确资源池软硬件等要求，以保证和提升IPv6的性能。
- 接入侧IPv6协议设计，接入侧开启IPv4和IPv6双栈，以支持用户侧v6流量承载。
- 网络侧开启IPv4/IPv6双栈、OSPFv3、ISISv6和BGP4+协议，开启VXLAN IPv6隧道，开展“IPv6+”业务创新。
- 新建云开展IPv6单栈应用示范。探索IPv6的创新应用，比如云网联动、路径调优、SRv6业务链、高性能双活存储网络等，以提供更优质的网络服务。
- 结合等保相关要求进行IPv6安全防护规划设计。
 - 1.在DC边界部署防火墙，在云和承载网络中间进行隔离。
 - 2.在DC接入承载网的边界设备接口配置网络限速、TCP/IP攻击防范等措施防范来自云的攻击。
 - 3.根据需要，在运营商侧部署防火墙等专业安全设备，对来自云的威胁进行防护。

- 网管系统升级支持IPv6网络管理。

► 4.5 物联网

- 新建物联网具备提供IPv6服务能力。
- 物联网具备特定场景下的IPv6单栈服务能力，并试点基于SRv6的承载。
- 实现新上市的芯片和模组全面支持IPv6，新增的终端优先以IPv6单栈方式接入网络，逐渐规模部署基于SRv6的承载方式。

► 4.6 智能运营支撑系统

- 持续优化双栈模式下网络端到端监控能力和维护能力，具备精细化的IPv6相关配置采集和分析、实时流量监控、实时路由监控、设备资源监控、VPN路由和流量监控等能力，形成较完备的IPv6网络保障手段(随流检测等)，具备IPv6电路和业务自动快速开通能力。同时支持双栈网络流量对比，支撑整网V6演进评估。
- 配合网络IPv6单栈化研究和试验，探索部署独立的IPv6单栈控制层面，结合SRv6的逐步部署，提供业务路径可控制、业务SLA可保障、业务质量可感知和故障可自愈的智能运营能力。提供准确、动态、自动的现网IPv6运行监控、趋势预测和配置核查等手段，支持IPv6网络健康评估。
IPv6地址长度较长，静态配置复杂易出错，运营运维系统应初步具备IPv6地址分配、管理、监控和安全溯源能力。
- 配合IPv6单栈商用部署，提供流量变化监视和业务质量监视手段，提供故障诊断和处置，保障IPv6单栈商用进展的稳定性和可靠性。通过独立的IPv6单栈控制层面，结合SRv6的规模部署以及业务SRv6承载规模化应用，提供云端一体化端到端质量差异化监控和智能调度，实现网络和业务可视、可管和可控。基于AI的智能运维架构，实现故障自动定位定界、故障自动恢复、业务质量实时检测和可视、流量和故障预测等智能化能力。
- 配合“IPv6+”应用项目试点和部署，支持APN6等基于应用感知的能力，提供基于应用的流量统计、网络路径还原、SLA监控、智能调度等能力，实现基于应用级业务可视和保障，同时支撑网络运营和网络优化。

► 4.7 自营终端

- 新上市的自营手机默认支持IPv6。
- 智能机顶盒、智能家庭网关、企业网关等终端设备默认支持IPv6。
- IoT终端及相关组件如芯片、模组、操作系统等，要求支持IPv6。
- 新增IoT终端采用IPv6方式接入网络，逐步停止使用IPv4地址入网，存量IPv4 IoT终端逐渐退网。

► 附录

“IPv6+” 定义：

“IPv6+”是IPv6下一代互联网的升级，是面向5G和云时代的IP网络创新体系。基于IPv6技术体系“再”完善、核心技术“再”创新、网络能力“再”提升、产业生态“再”升级，“IPv6+”可以实现更加开放活跃的技术与业务创新、更加高效灵活的组网与业务提供、更加优异的性能与用户体验、更加智能可靠的运维与安全保障。

“IPv6+”包括：一是以SRv6（Segment Routing over IPv6，IPv6分段路由）分段路由、网络编程、网络切片、确定性转发、随流检测、新型组播、应用感知、无损网络等为代表的网络技术体系的创新；二是以实时健康感知、网络故障主动发现、故障快速识别、网络智能自愈、系统自动调优等为代表的智能运维体系的创新；三是以5G toB、云间互联、用户上云、网安联动等为代表的网络商业模式的创新。

- **SRv6**: Segment Routing IPv6，即IPv6分段路由技术。SRv6技术采用现有的IPv6转发技术，通过灵活的IPv6扩展头，实现网络可编程。SRv6将一些IPv6地址定义成实例化的SID（Segment ID），并将这些SID编成一个List，封装在报文IPv6的RH（Routing Header）扩展头中，形成SRH（Segment Routing Header），网络根据报文的SRH逐段转发；每个SID有自己显式的作用和功能，可以代表一个节点、某节点的一个链路、或者VPN业务、安全功能等，网络设备逐段处理SRH List中的SID，通过不同SID对应的操作，实现简化的VPN，以及灵活的路径规划。

- **网络切片：**在IPv6网络中，对网络接口带宽进行隔离划分，同时用切片ID标识硬件隔离的预留资源，并将此切片ID封装在IPv6扩展头中随流携带；当网络设备转发报文时，根据报文中携带的切片ID映射到对应的接口硬件资源进行转发，以实现在多业务综合承载的网络中预留和隔离带宽，满足不同用户/业务差异化服务要求。
- **确定性体验：**通过网络切片，将一张物理网络划分为多张逻辑网络，逻辑网络之间资源互相隔离，业务互不干扰；不同的逻辑网络可以为不同行业提供定制化的网络拓扑和连接，提供差异化且可保证的服务质量。通过云网动态协同，支持广域到云内业务的跨域一键发放，多云算力协同调度，高效快捷地把算力从云内输送到企业和个人。
- **随流检测：**在IPv6报文中借助IPv6扩展头携带检测信息，在报文转发过程中，各节点对报文进行数量统计、时间识别等操作，并将检测数据统一上报处理平台进行分析处理，得到IPv6数据流的时延、丢包、抖动和转发路径等信息，协助进行业务传输质量检测、网络故障界定定位、故障点主动修复等操作，提供IPv6业务智能运维和业务质量保障能力。
- **新型组播：**在IPv6网络中，继承使用BIER（Bit Index Explicit Replication，比特显式索引）基于bit复制的组播转发技术，将BIER信息携带在IPv6扩展头中，组播业务VPN或公网实例信息携带在IPv6 SA中。组播头结点对组播接收节点的ID进行编排形成BitString封装在IPv6扩展头中的BIER结构中，网络设备对收到的组播报文依据Bitstring逐跳复制转发最终送到组播接收节点。基于IPv6扩展头的BIER组播转发使得网络转发统一到IPv6架构，完全去MPLS化，架构简单统一，是适合IPv6网络的新型组播承载技术。
- **应用感知：**基于应用的业务SLA要求选择符合要求的网络承载通道，如SRv6 Policy或网络切片等。在IPv6网络中，应用感知也称为APN6（Application-aware IPv6 Networking），应用感知网络。由于网络上承载着大量的应用程序，这些应用程序对网络带宽、延迟、抖动和丢包等有不同的需求。一些应用程序，如在线游戏和实时视频流，对其网络要求非常苛刻，需要在网络中进行特殊处理。因此APN6通过在报文IPv6扩展头中携带应用标识APP ID，网络设备根据此APP ID来选择对应的SRv6 Policy隧道或者网络切片，或者进一步与业务链能力结合来编排符合目标的增值业务功能业务链，最终为应用提供真正细粒度的流量运营，并保证其SLA质量。
- **无损网络：**通过智能缓存管理、智能流量调度、算网一体、高可靠性等能力，基于以太网实现数据中心网络在零丢包基础上，保证低时延和高吞吐。



推进IPv6部署专家委员会
中国电信集团有限公司
中国移动通信集团有限公司
中国联合网络通信有限公司

版权所有 ©推进IPv6规模部署专家委员会、中国电信集团有限公司、中国移动通信集团有限公司、中国联合网络通信有限公司2021。保留一切权利。

本报告中所涉及的图片、表格及文字内容的版权归推进IPv6规模部署专家委员会所有。其中部分数据在标注有来源的情况下，版权归属原数据公司所有。本报告取得的部分数据来源于公开资料，如有涉及版权纠纷问题，请及时联络我们。

任何机构、个人在引用本白皮书的数据或转载白皮书相关内容时，需注明来源。