

浅析 IPv6 协议与网络演进

Analysis of IPv6 Protocol and Network Evolution

李湛

Zhan Li

中国移动通信集团河北有限公司保定分公司 中国·河北 保定 071000

Baoding Branch of China Mobile Communications Corporation Hebei Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

摘要: 论文主要从 IPv6 协议技术角度切入, 思考 IPv4 向 IPv6 网络演进的方式及技术支撑, 为全面打造可管理、可运营、具备安全保障的 IPv6 网络奠定基础。

Abstract: From the perspective of IPV6 protocol technology, this paper considers the evolution from IPV4 to IPV6 network and its technical support, which lays a foundation for building a manageable, operational and secure IPV6 network.

关键词: IPv6 协议; DHCPv6 协议; 双栈; 隧道

Keywords: IPv6 protocol; DHCPv6 protocol; double stack; tunnels

DOI: 10.12346/etr.v3i5.3610

1 引言

现如今, IPv4 的地址资源已几乎耗尽, 人们为了不影响使用, 采取了很多补救措施, 包括使用 VLSM (可变长子网掩码技术)、CIDR (无类域间路由)、NAT (网络地址转换)、混合地址等技术。但是随着互联网业务的迅猛发展, 这些技术虽然延缓了 IPv4 地址资源的枯竭, 但都不足以满足当前互联网爆炸式的地址需求, IPv6 应运而生。

IPv6 依照其协议的先天优势, 不但能够提供几乎无限的地址资源, 解决 IPv4 地址紧缺问题, 而且能够提升网络安全, 真正实现网络的扁平化架构, 提升网络性能。但考虑业务影响及成本等因素, IPv6 不能立刻替代 IPv4, 这就迫使我们部署下一代互联网时不得不考虑 IPv4 向 IPv6 的平滑演进问题。

2 IPv6 简介

IPv6 (Internet Protocol Version 6) 是 IETF (互联网工程任务组) 设计的用于替代 IPv4 的下一代 IP 协议。IPv6 协议

的地址长度为 128 位, 共有 2^{128} 个 IP 地址, 号称可以为全世界的每一粒沙子编上一个地址, 其地址资源在很长时期内, 几乎不可能用尽^[1]。

IPv6 的地址结构由前缀地址和接口标识组成, 其中 64bit 前缀地址类似于 IPv4 中的网络 ID, 而另 64bit 接口标识主要由 MAC 地址生成、设备随机生成和手动配置三种方式产生。

IPv6 地址类型分为单播地址、组播地址和任播地址, 单播地址用于标识一个接口, 组播地址用于标识多个接口, 任播地址用于标识一系列网络接口 (通常属于不同的节点)。为了便于理解, 下面结合 IPv4 地址类型进行对照说明 (表 1)。

IPv6 报文一般由基本报头、扩展报头、上层协议数据单元三部分组成, 其报文结构如图 1 所示。

IPv6 通过扩展报头实现了 IPv4 基本版本中的选项功能, 路由器可以不考虑这些选项, 让转发更为有效, 同时还对网络加载新应用提供了充分的支持。

【作者简介】李湛 (1978-), 女, 中国河北保定人, 本科, 副高级通信工程师, 任职于中国移动通信集团河北有限公司保定分公司, 从事传输与接入研究。

表 1 IPv4 与 IPv6 地址类型对照表

地址类型 地址范围		IPv4	IPv6
		前缀标识	
单播地址	缺省路由地址	0.0.0.0/0	::/0
	未指定地址	0.0.0.0/32	::/128
	环回地址	127.0.0.1/32	::1/128
	链路本地地址	169.254.0.0/16	FE80::/10
	唯一本地地址（私网地址）	10.0.0.0/8 172.16.0.0/12 192.168.0.0/16	FC00::/7
	站点本地地址（已弃用，被唯一本地地址代替）	无	FEC0::/10
	全局单播地址（公网地址）	除私网地址外的 A、B、C 类地址	除上述地址外的单播地址
组播地址		224.0.0.0/4	FF00::/8
广播地址		主机位都为 1 的 A、B、C 类地址	无
任播地址		无	从单播地址空间中进行分配，使用单播地址的格式



图 1 IPv6 报文组成

3 IPv4 向 IPv6 网络演进

IPv6 依据它可预见的很长一段时间内用之不尽的地址资源，真正解决了 IPv4 地址紧缺问题，成为网络发展的必然趋势，但考虑业务影响及成本等因素，IPv6 不能立刻替代 IPv4。IPv4 向 IPv6 过渡大体需要 3 个阶段^[2]。

3.1 过渡初期

在 IPv4 向 IPv6 过渡的初期，互联网上绝大部分业务及应用仍然基于 IPv4。在这个阶段，IPv4 网络依然为互联网的主体，IPv6 网络仅在局部构成中小型网络。这一阶段被业界形象地称为“IPv6 孤岛，IPv4 海洋”。IPv4 向 IPv6 过渡的初期需要解决的主要问题为如何链接互不相连的 IPv6 孤岛网络。在这个阶段中 IPv6 孤岛需要经过绝大部分 IPv4 网络进行通信，此时 IPv6 主机与 IPv6 主机也需要穿越 IPv4 网络实现互通，绝大多数 IPv6 主机只具备 IPv6 功能，但不用 IPv6 进行通信。

3.2 过渡中期

随着网络的逐步演进，当基于 IPv6 的业务普遍实现大规模应用后，IPv4 向 IPv6 过渡就进入了 IPv4 网络和 IPv6 网络共存的中期阶段。在这一阶段，IPv6 网络已经形成规模，构成了独立于 IPv4 网络的从驻地网、接入网到核心网的完整网络架构。这一阶段主要解决 IPv4 网络中主机和 IPv6 网络中的主机如何互通的问题。现在的网络架构主要在此阶段，这个阶段的主要任务是 IPv6 替换 IPv4，新用户采用 IPv6 方式接入，将业务和应用大规模迁移至 IPv6 网络，同时采用各种方式实现 IPv4 网络与 IPv6 网络的互通。IPv4 向 IPv6 过渡的中期见证了 IPv6 网络从量变到质变的过程，逐步完成了 IPv4 和 IPv6 网络主导地位的转变。

3.3 过渡后期

IPv4 网络中绝大多数业务和应用都迁移到 IPv6 网络后，IPv4 向 IPv6 过渡就进入了后期阶段。这一阶段与初期阶段相反，IPv6 网络发展为互联网的主体，IPv4 网络仅在局部

的中小型网络中,即“IPv4 孤岛,IPv6 海洋”,这个阶段要解决的问题就变为了如何链接互不相连的 IPv4 网络。此时 IPv6 网络主导 IPv4 网络,少量 IPv4 主机穿过 IPv6 网络进行通信,IPv6 居于网络主导地位。

4 IPv6 网络演进的主要技术

4.1 地址配置技术

IPv6 地址配置技术分为手工配置和自动配置两种,一般情况下服务器或者重要的网络设备使用手工配置,客户终端设备一般采用自动配置。自动配置分为即插即用的无状态子自动配置(SLAAC)和采用 DHCPv6 协议的有状态自动配置(statefull)。其中蜂窝手机终端通过 ND 过程以 SLAAC 模式获取 /64 位的地址前缀,并通过代理方式让下联的多个终端使用同一个 /64 位地址前缀。而 CPE 终端接入则以 DHCPv6-PD 方式获得 IPv6 地址段,然后通过 ND 过程分配 /64 位地址前缀给下联终端。

4.2 路由技术

IPv6 作为新一代的网络层协议,它的网络架构仍然沿袭了 TCP/IP 协议体系,很多 IPv4 的相关技术可以很方便地引入到 IPv6 网络中。IPv6 邻居发现协议采用 ICMPv6 报文实现 ARP、Router discovery 等功能。在路由和转发过程中,IPv6 的路由查找思想与 IPv4 相同,均采用最长地址匹配,选择最优路径,允许路由引入、过滤、聚合等操作。IPv4 的动态路由协议经过扩展后同样可以在 IPv6 网络上运行,包括 RIPng、OSPFv3、ISISv6、BGP4+ 等协议。

4.3 过渡技术

①双栈技术:主机和网络同时运行 IPv4 和 IPv6 两种协议栈,如果一台主机同时支持 IPv6 和 IPv4 协议,那么该主机就可以和仅支持 IPv4 或 IPv6 协议的节点进行通信。当 IPv6 主机访问 IPv6 网络时使用 IPv6 协议栈,当与 IPv4 网络互通时借助于 IPv4 over IPv6 隧道使用 IPv4 协议栈进行通信。双栈技术在运营商网络应用广泛,它可以通过灵活启用或关闭 IPv4/IPv6 功能,对 IPv4/IPv6 提供了完全的兼容,但这种方式需要双路由基础设施,即所有节点都支持双栈,增强了改造和部署的难度,网络复杂度也更高。

②隧道技术:一种协议封装进另一种协议的技术,主要分为 IPv4 over IPv6 协议栈的 DS-Lite 和 IPv6 over IPv4 协议栈的 6rd/6PE/6VPE。隧道技术也是在运营商网络应用比较

广泛的一种技术,它只需升级隧道的出入口设备,需要进行封装和解封装,部署和运维都相对容易。但是隧道技术无法实现 IPv4 和 IPv6 节点间的互访,只应用于 IPv4 节点通过 IPv6 网络访问 IPv4 节点,或者 IPv6 节点通过 IPv4 网络访问 IPv6 节点。

③翻译技术:IPv4 和 IPv6 之间的一种协议转换技术,即一种协议转换成另一种协议的技术。IPv6 地址通过 NAT64 网关翻译为 IPv4 地址访问 IPv4 节点,或者 IPv4 地址通过 PNAT 网关翻译为 IPv6 地址访问 IPv6 节点。翻译技术实现了纯 IPv4 和纯 IPv6 节点的互通,无需改造现网 IPv4 及 IPv6 节点,但需增加 IP 地址转换设备(NAT),而且部分业务的感知会在翻译过程中受影响^[3]。

值得强调的是在 IPv6 网络演进过程中产生的这些过渡技术并不是单一使用的,而是针对不同的使用场景选择不同的网络互联技术。以 IPv6 网络演进当前所处的中期阶段为例,当大部分业务或应用没有迁移至 IPv6 网络,IPv4 流量仍然占大多数的时候,这个阶段的新用户可采用 DS-List 方式实现 IPv6 接入,IPv4 网络与 IPv6 网络的互通大多可利用 DS+NAT444 方式实现。但是随着网络的逐步演进,业务及应用大规模迁移至 IPv6 网络后,IPv6 流量占大多数的时候,就要采用 DS-Lite+NAT64 方式实现 IPv4 网络和 IPv6 网络的互通,以便于网络的平滑演进。

5 结语

虽然现阶段 IPv6 的演进还面临成本高、发展慢、支持度低等问题,但 IPv4 资源紧缺已然严重制约了互联网业务的发展,IPv6 作为互联网的关键技术,以其几乎无限的地址资源、更具层次化的地址格式、即插即用的自动化配置及内置增强的 QOS 等诸多优点,最终将完全取代 IPv4 的网络主导地位,从而推动互联网的飞速发展。

参考文献

- [1] 王相林.IPv6技术-新一代网络技术[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 杨茂彬.浅析IPv6网络演进及其部署方案[J].数码世界,2018(8):201.
- [3] 华为3com技术有限公司.IPv6技术[M].北京:清华大学出版社,2004.