

IPv6技术基础



IToIP解决方案专家

Hangzhou H3C Technologies Co., Ltd.

杭州华三通信技术有限公司

<http://www.h3c.com.cn/solution>

All rights reserved
版权所有 侵权必究

目 录

1 概述 4

 1.1 IPv6 产生的背景 4

 1.2 IPv6 的优点 6

2 IPv6 基础知识 8

 2.1 IPv6 报文格式..... 8

 2.1.1 IPv6 报文基本头格式 8

 2.1.2 IPv6 报文扩展头格式 9

 2.2 IPv6 地址 11

 2.2.1 IPv6 地址结构定义..... 11

 2.2.2 IPv6 地址分类 11

 2.2.3 IPv6 地址分配状况..... 18

 2.3 IPv6 基本功能..... 19

 2.3.1 IPv6 邻居发现协议..... 19

 2.3.2 IPv6 路径MTU发现协议 21

 2.3.3 IPv6 域名解析 22

插图目录

图 1-1 IPv6 地址格式.....	6
图 1-2 IPv6 和IPv4 报文头格式对比	6
图 2-1 IPv6 基本头格式定义.....	8
图 2-2 IPv6 扩展头格式	9
图 2-3 IPv6 单播地址格式	13
图 2-4 子网路由器任播地址格式	13
图 2-5 IPv6 组播地址格式	14
图 2-6 IPv6 组播地址中的flag域格式.....	14
图 2-7 IPv4 兼容的IPv6 地址格式	16
图 2-8 IPv4 映射的IPv6 地址	17
图 2-9 IPv6 路由器通告示意图	20
图 2-10 IPv6 邻居发现示意图.....	21
图 2-11 IPv6 Path MTU流程示意图.....	22
图 2-12 IPv6 DNS解析示意图	22

IPv6 技术基础

1 概述

从 1992 年标准创立至今，IPv6 的标准体系已经基本完善，推动了 IPv6 从实验室走向实际网络。对于 IPv6 的研究已经从理论层面转向了 IPv6 应用的探索当中，从而进一步促进了 IPv6 技术的发展。

1.1 IPv6 产生的背景

IPv6 是 IPv4 的未来替代协议。

IPv4 协议是目前广泛部署的因特网协议，从 1981 年最初定义（RFC791）到现在已经有 20 多年的时间。IPv4 协议简单、易于实现、互操作性好，IPv4 网络规模也从最初的单个网络扩展为全球范围的众多网络。

然而，随着因特网的迅猛发展，IPv4 设计的不足也日益明显，主要有以下几点：

- *IPv4 地址空间不足*

IPv4 地址采用 32 比特标识，理论上能够提供的地址数量是 43 亿。但由于地址分配的原因，实际可使用的数量不到 43 亿。另外，IPv4 地址的分配也很不均衡：美国占全球地址空间的一半左右，而欧洲则相对匮乏；亚太地区则更加匮乏（有些国家分配的地址还不到 256 个）。随着因特网发展，IPv4 地址空间不足问题日益严重。

- *骨干路由器维护的路由表表项数量过大*

由于 IPv4 发展初期的分配规划的问题，造成许多 IPv4 地址块分配不连续，不能有效聚合路由。针对这一问题，采用 CIDR 以及回收并再分配 IPv4 地址，有效抑制了全球 IPv4 BGP 路由表的线性增长。但目前全球 IPv4 BGP 路由表仍在不断增长，已经达到 17 万多条，经过 CIDR 聚合以后的 BGP 也将近 10 万条。日益庞大的路由表耗用内存较多，对设备成本和转发效率都有一定的影响，这一问题促使设备制造商不断升级其路由器产品，提高其路由寻址和转发的性能。

- *不易进行自动配置和重新编址*

由于 IPv4 地址只有 32 比特，地址分配也不均衡，经常在需要在网络扩容或重新部署时，需要重新分配 IP 地址，因此需要能够进行自动配置和重新编址以减少维护工作量。

- *不能解决日益突出的安全问题*

随着因特网的发展，安全问题越来越突出。IPv4 协议制定时并没有仔细针对安全性进行设计，因此固有的框架结构并不能支持端到端安全。因此，安全问题也是促使新的 IP 协议出现的一到动因。

针对 IPv4 地址短缺问题，也出现了多种解决方案。比较有代表性的是 CIDR 和 NAT。

- *CIDR*

CIDR 是无类域间路由的简称。IPv4 设计之初是层次化的结构，分为 A 类（掩码长度为 8）、B 类（掩码长度为 16）、C 类地址（掩码长度为 24），地址利用效率不高。CIDR 支持任意长度的地址掩码，使 ISP 能够按需分配地址空间，提高了地址空间利用率。

CIDR 的出现大大缓解了地址紧张问题，但由于各种网络设备、主机的不断出现，对 IP 地址的需求也越来越多，CIDR 还是无法解决 IPv4 地址空间过小问题（32 比特）。

- *NAT*

NAT 也是针对 IPv4 地址短缺问题提出的一种解决方案。其基本原理是在网络内部使用私有地址，在 NAT 设备处完成私有地址和外部公有地址的翻译，达到减少公有地址使用的目的。

NAT 也是一种广泛部署的地址短缺问题解决方案。但 NAT 有以下缺点：

- NAT 破坏了 IP 的端到端模型
- NAT 存在单点失效问题
- 不支持端到端的安全
- 网络扩容或重新部署困难

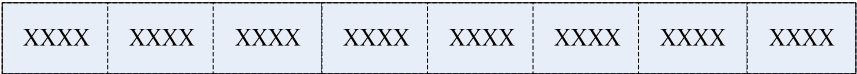
从上可见，推动 IPv6 发展的主要问题是 IPv4 地址空间即将耗尽。IPv6 也提供了一些新的特性和改善措施：

- 设计回归简洁、透明，提高实现效率，减少复杂性
- 为新出现的无线业务提供支持
- 重新引入端到端安全和 QoS

1.2 IPv6 的优点

● 128位地址结构，提供充足的地址空间

近乎无限的 IP 地址空间是部署 IPv6 网络最大的优势。和 IPv4 相比，IPv6 的地址比特数是 IPv4 的 4 倍（从 32 位扩充到 128 位）。128 位地址可包含约 43 亿×43 亿×43 亿×43 亿个地址节点，足以满足任何可预计的地址空间分配（IPv4 理论上能够提供的上限是 43 亿个，而 IPv6 理论上地址空间的上限是 43 亿×43 亿×43 亿×43 亿个）。



IPv6地址格式（128比特）

图1-1 IPv6 地址格式

● 层次化的网络结构，提高了路由效率

IPv6 地址长度为 128 位，可提供远大于 IPv4 的地址空间和网络前缀，因此可以方便地进行网络的层次化部署。

● IPv6报文头简洁、灵活，效率更高，易于扩展

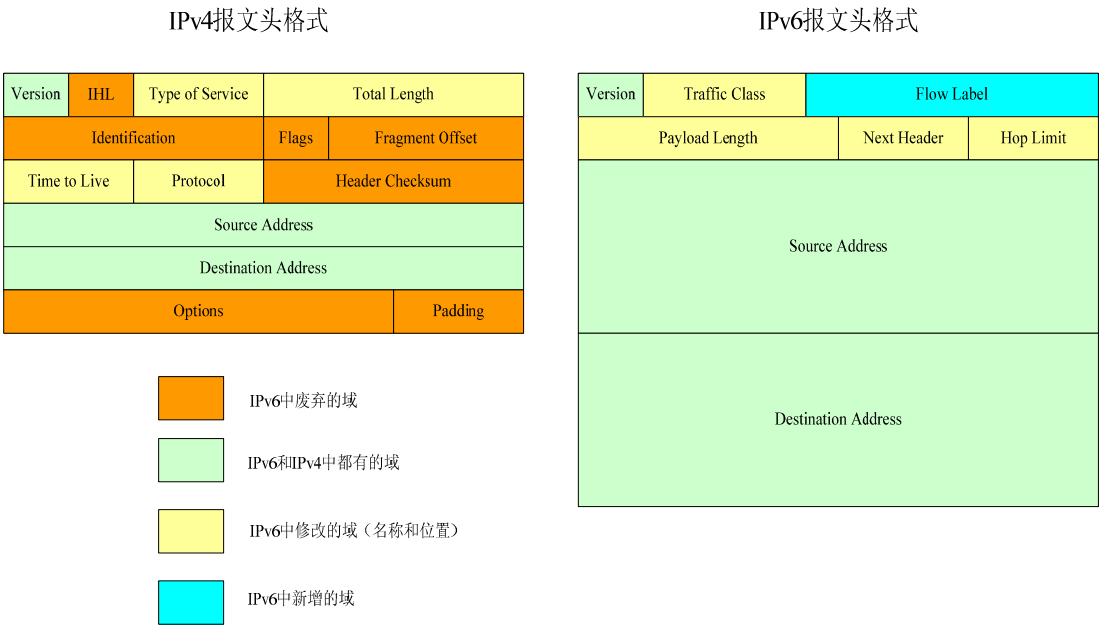


图1-2 IPv6 和 IPv4 报文头格式对比

IPv6 和 IPv4 相比，去除了 IHL、identifiers、Flags、Fragment Offset、Header Checksum、Options、Padding 域，只增了流标签域，因此 IPv6 报文头的处理较 IPv4 大大简化，提高了处理效率。另外，IPv6 为了更好支持各种选项处理，提出了扩展头的概念，新增选项时不必修改现有结构就能做到，理论上可以无限扩展，体现了优异的灵活性。

- *支持自动配置，即插即用*

IPv6 协议内置支持通过地址自动配置方式使主机自动发现网络并获取 IPv6 地址，大大提高了内部网络的可管理性。

- *支持端到端的安全*

IPv4 中也支持 IP 层安全特性（IPSec），但只是通过选项支持，实际部署中多数节点都不支持。IPSec 是 IPv6 协议基本定义中的一部分，任何部署的节点都必须能够支持。

- *支持移动特性*

和移动 IPv4 相比，移动 IPv6 使用邻居发现功能可直接实现外地网络的发现并得到转交地址，而不必使用外地代理。

- *新增流标签功能，更利于支持QoS*

IPv6 报文头中新增了流标签域，源节点可以使用这个域标识特定的数据流。转发路由器和目的节点都可根据此标签域进行特殊处理，如视频会议和 VOIP 等数据流。

2 IPv6 基础知识

2.1 IPv6 报文格式

2.1.1 IPv6 报文基本头格式

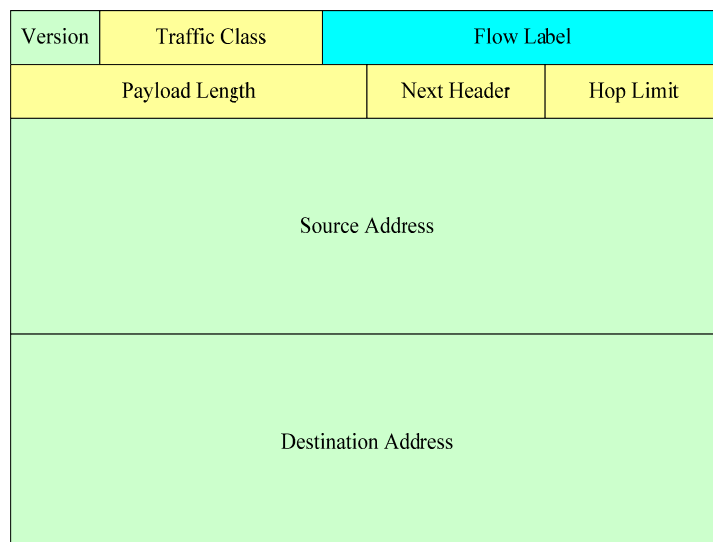


图2-1 IPv6 基本头格式定义

Version:

4 比特。值为 6 表示 IPv6 报文。

Traffic Class:

8 比特。类似于 IPv4 中的 TOS 域。

Flow Label:

20 比特。IPv6 中新增。流标签可用来标记特定流的报文，以便在网络层区分不同的报文。转发路径上的路由器可以根据流标签来区分流并进行处理。由于流标签在 IPv6 报文头中携带，转发路由器可以不必根据报文内容来识别不同的流，目的节点也同样可以根据流标签识别流，同时由于流标签在报文头中，因此使用 IPSec 后仍然可以根据流标签进行 QoS 处理。

Payload Length:

16 比特。以字节为单位的 IPv6 载荷长度，也就是 IPv6 报文基本头以后部分的长度（包括所有扩展头部分）。

Next Header:

8 比特。用来标识当前头（基本头或扩展头）后下一个头的类型。此域内定义的类型与 IPv4 中的协议域值相同。IPv6 定义的扩展头由基本头或扩展头中的扩展头域链接成一条链。这一机制下处理扩展头更高效，转发路由器只处理必须处理的选项头，提高了转发效率。

Hop Limit:

8 比特。和 IPv4 中的 TTL 字段类似。每个转发此报文的节点把此域减 1，如果此域值减到 0 则丢弃。

Source Address:

128 比特。报文的源地址。

Destination Address:

128 比特。报文的目的地址。

2.1.2 IPv6 报文扩展头格式

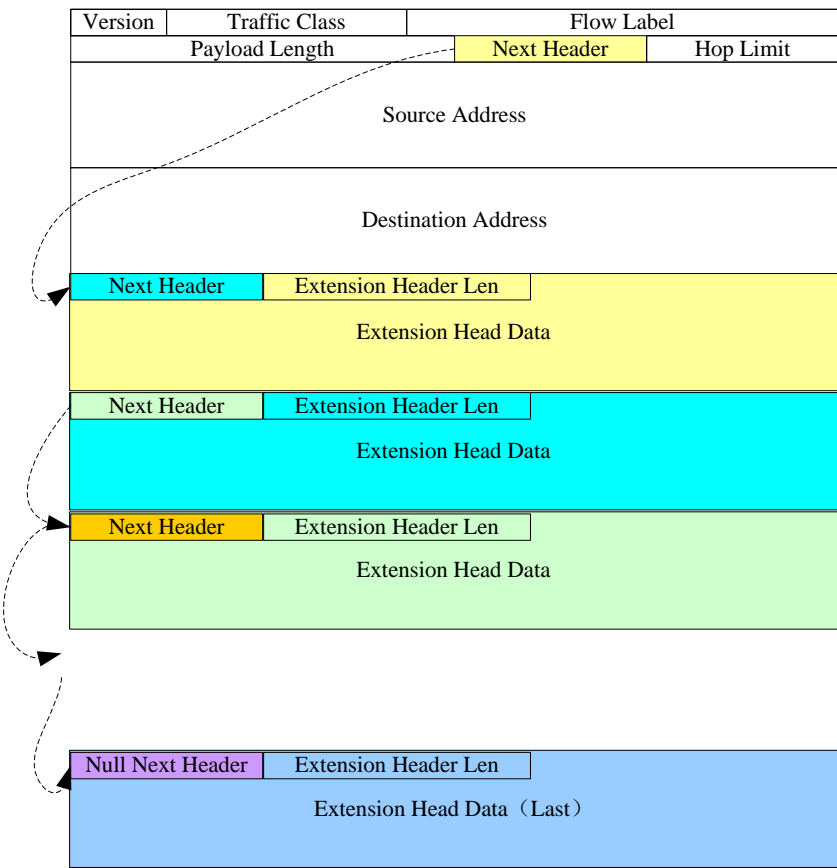


图2-2 IPv6 扩展头格式

IPv6 选项字段是通过形成链式结构的扩展头支持的。IPv6 基本头后面可以有 0 到多个扩展头。

IPv6 扩展头排列顺序如下：

逐跳选项头（Hop-by-Hop Options Header）

值为 0（在 IPv6 基本头中定义）。用于路由告警（RSVP 和 MLDv1）与 Jumbo 帧。此扩展头被转发路径所有节点处理。

目的选项头（Destination Options Header）

值为 60。只可能出现在两个位置：

- 路由头前

这时此选项头被目的节点和路由头中指定的节点处理。

- 上层头前（任何 ESP 选项后）

此时只能被目的节点处理。Mobile IPv6 中使用了目的选项头。

路由头（Routing Header）

值为 43。用于源路由选项和 Mobile IPv6。

分片头（Fragment Header）

值为 44。此选项头在源节点发送的报文超过 Path MTU（源和目的之间传输路径的 MTU）时对报文分片时使用。

验证头（Authentication Header）

值为 51。用于 IPSec，提供报文验证、完整性检查。定义和 IPv4 中相同。

封装安全载荷头（ESP Header）

值为 50。用于 IPSec，提供报文验证、完整性检查和加密。定义和 IPv4 中相同。

目的选项头（Destination Options Header）

值为 60。只可能出现在两个位置：

- 路由头前

这时此选项头被目的节点和路由头中指定的节点处理。

- 上层头前（任何 ESP 选项后）

此时只能被目的节点处理。Mobile IPv6 中使用了目的选项头。

上层头（Upper-layer Header）

上层协议头，如 TCP/UDP/ICMP 等目的选项头最多出现两次（一次在路由头前，一次在上层协议头前），其它选项头最多出现一次。

但 IPv6 节点必须能够处理选项头（逐跳选项头除外，它固定只能紧随基本头之后）的任意出现位置和任意出现次数，以保证互通性。

2.2 IPv6 地址

2.2.1 IPv6 地址结构定义

1. IPv6 地址表示

IPv6 地址包括 128 比特，由使用由冒号分隔的 16 比特的十六进制数表示。16 比特的十六进制数对大小写不敏感。如：FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210。

另外，对于中间比特连续为 0 的情况，还提供了简易表示方法。例如：

1080:0:0:0:8:800:200C:417A 等价于 1080::8:800:200C:417A

FF01:0:0:0:0:0:0:101 等价于 FF01::101

0:0:0:0:0:0:0:1 等价于 ::1

0:0:0:0:0:0:0:0 等价于 ::

2. IPv6 地址前缀表示

和 IPv4 类似，IPv6 的子网前缀和一条链路关联。多个子网前缀可分配给同一链路。IPv6 地址前缀表示如下：

ipv6-address/prefix-length

其中：

ipv6-address

16 进制表示的 128 比特地址

prefix-length

10 进制表示的地址前缀长度

2.2.2 IPv6 地址分类

RFC2373 中定义了多种 IPv6 地址类型：

Allocation	Prefix (binary)	Fraction of Address Space
------------	--------------------	------------------------------

Reserved	0000 0000	1/256
Unassigned	0000 0001	1/256
Reserved for NSAP Allocation	0000 001	1/128
Reserved for IPX Allocation	0000 010	1/128
Unassigned	0000 011	1/128
Unassigned	0000 1	1/32
Unassigned	0001	1/16
Aggregatable Global Unicast Addresses 001		1/8
Unassigned	010	1/8
Unassigned	011	1/8
Unassigned	100	1/8
Unassigned	101	1/8
Unassigned	110	1/8
Unassigned	1110	1/16
Unassigned	1111 0	1/32
Unassigned	1111 10	1/64
Unassigned	1111 110	1/128
Unassigned	1111 1110 0	1/512
Link-Local Unicast Addresses	1111 1110 10	1/1024
Site-Local Unicast Addresses	1111 1110 11	1/1024
Multicast Addresses	1111 1111	1/256

注：

1、“未指定的地址”（全 0）、环回地址 (::1) 和嵌入 IPv4 地址的 IPv6 地址从 0000 0000 格式前缀中分配。

2、除组播地址（格式前缀 1111 1111）外，格式前缀从 001 到 111 的地址都必须有 64 比特的 EUI-64 格式的接口标识符。

IPv6 地址分为单播地址、任播地址、组播地址。和 IPv4 相比，取消了广播地址类型，以更丰富的组播地址代替，同时增加了任播地址类型。

1. IPv6 单播地址（Unicast Address）

IPv6 单播地址标识了一个接口，由于每个接口属于一个节点，因此每个节点的任何接口上的单播地址都可以标识这个节点。发往发往单播地址的报文，由此地址标识的接口接收。每个接口上至少要有一个链路本地单播地址，另外还可分配任何类型（单播、任播和组播）或范围的 IPv6 地址。

所有格式前缀不是组播格式前缀（1111 1111）的 IPv6 地址都是 IPv6 单播格式（任播和 IPv6 单播格式相同）。IPv6 单播地址和 IPv4 单播地址一样可聚合。目前定义了多种 IPv6 单播地址格式，包括可聚合全球单播地址、NSAP 地址、IPX 层次地址、站点本地地址、链路本地地址和具有 IPv4 能力的主机地址。目前广泛使用的是可聚合全球单播地址、站点本地地址和链路本地地址。

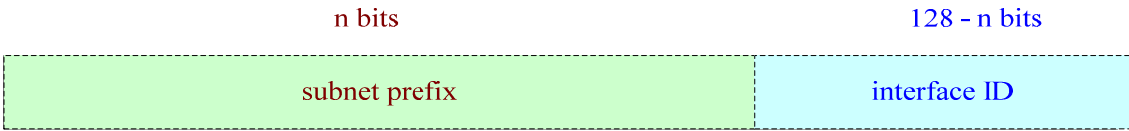


图2-3 IPv6 单播地址格式

IPv6 单播地址由子网前缀和接口 ID 两部分组成。

2. IPv6 任播地址（Anycast Address）

IPv6 任播地址格式和 IPv6 单播地址相同，用来标识一组接口的地址。一般这些接口属于不同的节点。发往任播地址的报文被送到这组接口中与其最近的接口（由使用的路由协议判断哪个是最近的）。

IPv6 任播地址的用途之一是用来标识属于同一提供因特网服务的组织的一组路由器。这些地址可在 IPv6 路由头中作为中间地址，以使报文能够通过特定聚合或聚合顺序发送。另一个用途就是标识特定子网的一组路由器。

其中有些任播地址是已经定义好的：

- 子网路由器任播地址

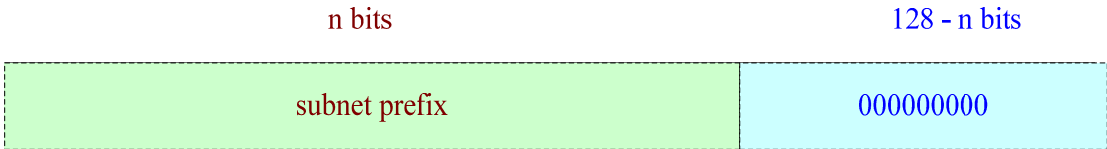


图2-4 子网路由器任播地址格式

子网路由器器任播地址中“subnet prefix”域用来标识特定链路。发送到子网路由器任播地址的报文会被送到子网中的一个路由器。所有路由器都必须支持子网任播地址

3. IPv6 组播地址（Multicast Address）

● IPv6 组播地址格式定义

IPv6 组播地址用来标识一组接口，一般这些接口属于不同的节点。一个节点可能属于 0 到多个组播组。发往组播地址的报文被组播地址标识的所有接口接收。

注意：IPv6 组播中不使用 Hop Limit 域（相当于 IPv4 的 TTL）

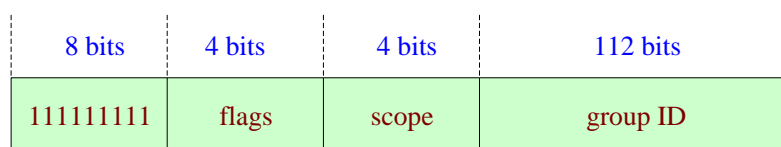


图2-5 IPv6 组播地址格式

其中：

11111111

8 比特。标识此地址为组播地址

flags

4 比特。flag 域中定义如下：

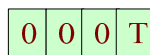


图2-6 IPv6 组播地址中的 flag 域格式

目前只使用了最后一位：

T = 0 表示是 Internet 地址分配机构永久分配的“熟知”组播地址

T = 1 表示是临时使用的组播地址

该字段的前 3 比特标记为保留域，必须被初始化为 0

scope

4 比特。用来标记此组播组的应用范围。可能的值有：

0 reserved

1 node-local scope

2 link-local scope

3 (unassigned)

4 (unassigned)

5 site-local scope

6 (unassigned)

7 (unassigned)

8 organization-local scope

9 (unassigned)

A (unassigned)

B (unassigned)

C (unassigned)

D (unassigned)

E global scope

F reserved

group ID

标识组播组（可能是永久的，也可能是临时的，范围由 scope 定义）

- IPv6永久分配的组播地址

目前的永久分配的“熟知”组播组如下：

✧ 保留的组播地址：

FF00:0:0:0:0:0:0:0

FF01:0:0:0:0:0:0:0

FF02:0:0:0:0:0:0:0

FF03:0:0:0:0:0:0:0

FF04:0:0:0:0:0:0:0

FF05:0:0:0:0:0:0:0

FF06:0:0:0:0:0:0:0

FF07:0:0:0:0:0:0:0

FF08:0:0:0:0:0:0:0

FF09:0:0:0:0:0:0:0

FF0A:0:0:0:0:0:0:0

FF0B:0:0:0:0:0:0:0

FF0C:0:0:0:0:0:0:0

FF0D:0:0:0:0:0:0:0

FF0E:0:0:0:0:0:0:0

FF0F:0:0:0:0:0:0:0

✧ 所有节点的地址

FF01:0:0:0:0:0:0:1 （节点本地）

FF02:0:0:0:0:0:0:1 （链路本地）

✧ 所有路由器地址

FF01:0:0:0:0:0:0:2 （节点本地）

FF02:0:0:0:0:0:0:2 （链路本地）

FF05:0:0:0:0:0:0:2 （站点本地）

✧ 被请求节点的地址

FF02:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX

上述地址由被请求节点的单播或任播地址形成：取被请求节点单播或任播地址的低24比特，在前面增加前缀FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104构成。

例如，和IPv6地址4037::01:800:200E:8C6C 对应的被请求节点组播地址是

FF02::1:FF0E:8C6C。

4. 嵌入 IPv4 地址的 IPv6 地址

● IPv4兼容的IPv6地址

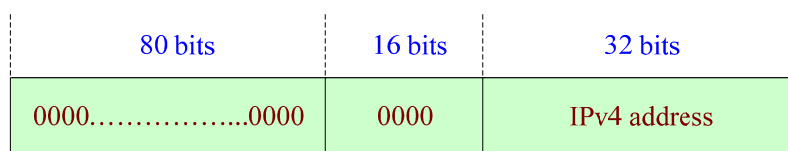


图2-7 IPv4 兼容的的 IPv6 地址格式

这种地址在低 32 比特携带 IPv4 地址，前 96 比特全 0，主要用在一种自动隧道技术，目的地址为这种地址的报文会被自动 IPv4 隧道封装（隧道的端点为自 IPv6 报文中的 IPv4 地址），由于这种技术不能解决地址耗尽问题，已经逐渐被废弃。

● IPv4映射的IPv6地址

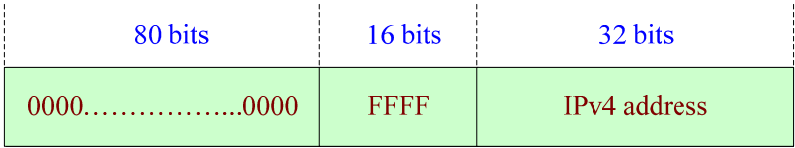


图2-8 IPv4 映射的 IPv6 地址

这种地址最前 80 比特为全 0，中间 16 比特为全 1，最后 32 比特为 IPv4 地址。这种地址用来把只支持 IPv4 的节点用 IPv6 地址表示。在支持双栈的 IPv6 节点上，IPv6 应用发送目的报文是这种地址时，实际上发出的报文为 IPv4 报文（目的地址是“IPv4 映射的 IPv6 地址”中的 IPv4 地址）。

5. IPv6 中特殊的地址

IPv6 中还规定了以下几种特殊的 IPv6 地址：

● 未指定的IPv6地址

格式 0::0。未指定的 IPv6 地址不能分配给任何接口，被未分配到 IPv6 地址的节点表示其没有 IPv6 地址。例如，一个节点启动后没有 IPv6 地址，发送报文时填充源地址全 0 表示自身没有 IP 地址。未指定的 IPv6 地址不能在 IPv6 报文头或路由头中作为目的地址出现。

● IPv6环回地址

格式::1。此地址与 IPv4 中的 127.0.0.1 类似，一般在节点发报文给自身时使用，不能分配给物理接口。IPv6 环回地址不能作为源地址使用，目的地址为 IPv6 环回地址的报文不能发送到源节点外，也不能被 IPv6 路由器转发。

6. 节点和路由器必须支持的 IPv6 地址

● 节点必须支持的IPv6地址

每个主机必须把下列地址作为自身的地址：

- ◇ 自身接口的链路本地地址
- ◇ 分配的单播地址
- ◇ 环回地址
- ◇ 所有节点组播地址

- ✧ 每个分配的单播或组播地址对应的被请求节点组播地址
- ✧ 此主机所属的其它组播组地址
- *路由器必须支持的IPv6地址*
 - ✧ 节点必须支持的IPv6地址
 - ✧ 接口配置为路由器接口的子网路由器任播地址
 - ✧ 任何其它路由器配置的任播地址
 - ✧ 所有路由器组播地址
 - ✧ 此路由器所属的其它组播组地址

2.2.3 IPv6 地址分配状况

1. 全球单播地址空间分配

负责对全球互联网 IP 地址进行编号分配的机构 ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) 负责 IPv6 地址空间的分配(原来是由 IANA 负责)。根据 ICANN 的规定, IP 地址分级进行分配: ICANN 先将部分 IP 地址分配给大洲地区级的 Internet 注册机构 (Regional Internet Registry, RIR), 然后由这些 RIR 负责该地区的分配服务。目前全球共有 5 个 RIR: ARIN 主要负责北美地区分配, RIPE 主要负责欧洲地区分配, LACNIC 主要负责拉丁美洲的分配, AFRINIC 主要负责非洲地区的分配, 亚太地区的 IP 地址分配有 APNIC 管理。在 RIR 之下还可以存在一些注册机构 (IR), 如国家级注册机构 (NIR), 普通地区级注册机构 (LIR)。这些 IR 都可以从 RIR 那里得到 Internet 地址及号码, 并可以向其各自的下级进行分配。

目前 ICANN 从整个可聚合全球单播地址空间 (格式前缀为 001) 中取 2001::/16 进行分配。ICANN 指定的注册机构则从地址空间 2001::/16 分配/23 前缀, 具体如下:

2001:0200::/23 到 2001:0C00::/23

分配给亚太地区 (APNIC)

2001:0400::/23

分配给美国 (ARIN)

2001:0600::/23 到 2001:0800::/23

分配给欧洲和中东 (RIPE)

这些注册机构再从得到的地址空间分配/32 前缀给 IPv6 ISP, IPv6 ISP 再从/32 前缀中分配/48 前缀给每个客户。/48 前缀的地址空间还可以进一步分为/64 前缀的子网。这样每个客户最大可以有 65535 个子网。

为了限制 IPv4 地址分配初期的不合理分配方案, 每个 ISP 必须同时满足下列条件才能获得/32 前缀:

- 部署外部路由协议
- 至少与 3 个 ISP 相连
- 至少有 40 个客户或至少在 12 个月内显示有意提供 IPv6 服务

2. IPv6 实验网络地址分配 (6BONE)

6BONE 网络是全球范围的 IPv6 实验网络, 使用网络前缀 3ffe:0000::/16。每个伪顶级聚合分配 3ffe:0800::/28 范围内的/28 前缀, 最多支持 2048 个伪顶级聚合。处于末端的站点从上游提供者得到/48 前缀, 每个站点内还可细分为多个/64 前缀。

6BONE 网络按层次化结构分配地址, 地址空间由 IANA 定义配, 分配策略在 RFC2921 (6BONE 伪顶级聚合和网络层聚合格式) 中定义。

注: 6BONE的地址空间3FFE::/16已经于2006年6月6日停用。所有使用6bone前缀的网络必须过渡到使用由RIR分配的商用IPv6地址空间。

2.3 IPv6 基本功能

IPv6 基本功能包括 IPv6 邻居发现协议、IPv6 路径 MTU 发现以及 IPv6 域名解析。

2.3.1 IPv6 邻居发现协议

邻居发现协议 (Neighbor Discovery Protocol) 是 IPv6 协议的一个基本的组成部分, 它实现了在 IPv4 中的地址解析协议 (ARP)、控制报文协议 (ICMP) 中的路由器发现部分、重定向协议的所有功能, 并具有邻居不可达检测机制。

邻居发现协议实现了路由器和前缀发现、地址解析、下一跳地址确定、重定向、邻居不可达检测、重复地址检测等功能。邻居发现协议的上述功能通过 5 种类型的 IPv6 控制信息报文 (ICMPv6) 来实现:

1. 路由器请求 (Router Solicitation)

当主机没有配置单播地址 (例如系统刚启动) 时, 就会发送路由器请求报文。路由器请求报文有助于主机迅速进行自动配置而不必等待 IPv6 路由器的周期性 IPv6 路由器通告报文。

IPv6 路由请求为 ICMP 报文，类型为 133。

2. 路由器通告（Router Advertisement）

每个 IPv6 路由器的配置接口会周期发送路由器通告报文。在本地链路上收到 IPv6 节点的路由器请求报文后，路由器也会发送路由器通告报文。

IPv6 路由器通告报文发送到所有节点的链路本地组播地址（FF02::1）或发送路由器请求报文节点的 IPv6 单播地址。

本地链路上的 IPv6 节点接收路由器通告报文，并用其中的信息得到更新的缺省路由器、前缀列表以及其它配置。

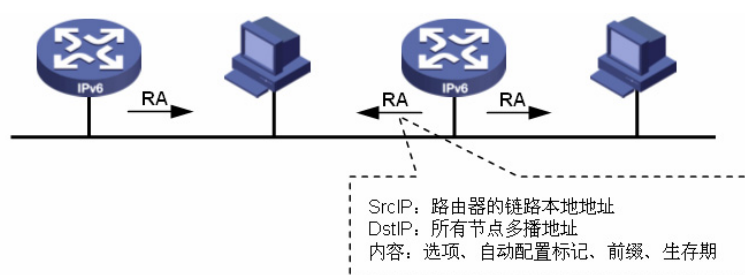


图2-9 IPv6 路由器通告示意图

3. 邻居请求（Neighbor Solicitation）

当一个节点需要得到同一本地链路上另外一个节点的链路本地地址时，就会发送邻居请求报文。此报文类似于 IPv4 中的 ARP 请求报文，不过使用组播地址而不使用广播，只有被请求节点的最后 24 比特和此组播相同的节点才会收到此报文，减少了广播风暴的可能。

邻居请求报文也用来在邻居的链路层地址已知时验证邻居的可达性。

4. 邻居通告（Neighbor Advertisement）

IPv6 邻居通告报文是对 IPv6 请求报文的响应。

收到邻居请求报文后，目的节点通过在本链路上发送 ICMPv6 类型为 136 的邻居通告报文进行响应。收到邻居通告后，源节点和目的节点可以进行通信。

当一个节点的本地链路上的链路层地址改变时也会主动发送邻居通告报文。



图2-10 IPv6 邻居发现示意图

5. 重定向 (Redirect)

路由器通过重定向消息通知主机。对于特定的目的地址，如果不是最佳的路由，则通知主机到达目的地的最佳下一跳。

收到重定向报文的节点随后会把后续报文发送到更合适的路由器。路由器只针对单播流发送重定向报文，重定向报文只发给引起重定向的报文的发起节点（主机），并被处理。

2.3.2 IPv6 路径 MTU 发现协议

IPv4 中也定义了路径 MTU 发现协议，不过是可选支持的。在 IPv6 中为了简化报文处理流程、提高处理效率，限定 IPv6 路由器不处理分片，分片只在源节点在需要的时候进行。因此 IPv6 的路径 MTU 发现协议是必须实现的。IPv6 使用路径 MTU 发现得到源和目的节点之间路径的最大 MTU。源节点在发送报文前进行路径 MTU 发现处理。如果路径上的 MTU 不足以传输整个报文，则源节点分片后重新发送。

路径 MTU 发现协议使 IPv6 节点能够动态发现并调整以适合给定数据路径上的 MTU 变化。在 IPv4 中最小链路 MTU 值是 68 字节（推荐最小值为 576 字节），而在 IPv6 中最小 MTU 值为 1280 字节（推荐最小值为 1500）。IPv6 基本头支持的最大报文长度是 64,000 字节。更大的报文（jumbo grams）通过逐跳扩展头选项处理。

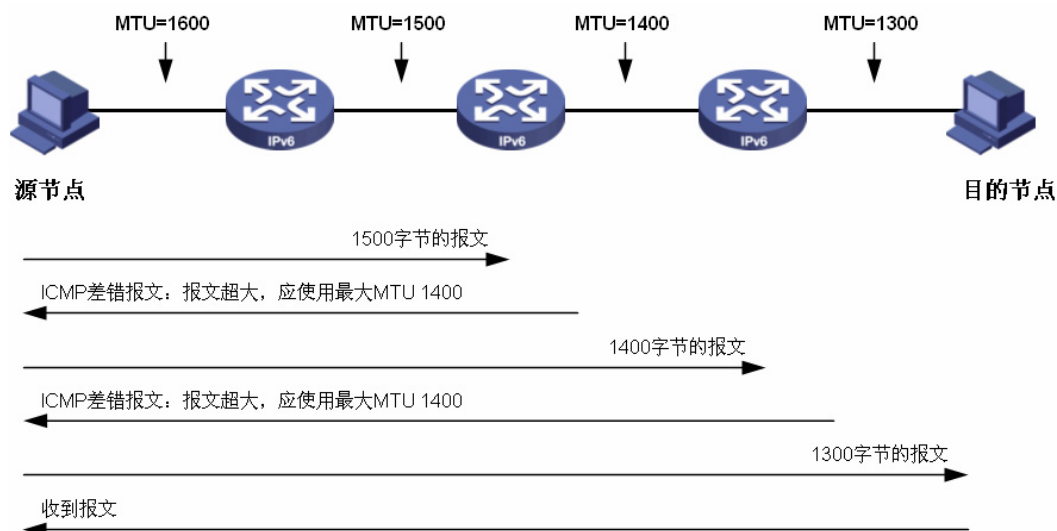


图2-11 IPv6 Path MTU 流程示意图

2.3.3 IPv6 域名解析

原有的 IPv4 DNS 由于应用假定地址查询只返回 32 比特的 IPv4 地址，因此不能直接支持 IPv6，必须做部分扩展。

IPv6 引入了新的 DNS 记录类型用于 IPv6 地址解析，同时支持正向解析（域名→地址）和反向解析（地址→域名）。主要新增内容如下：

- AAAA record

和IPv4中的A记录类似。此记录把主机名映射为IPv6地址。

- PTR记录

和IPv4中的指针记录类似，此记录把主机名映射为IPv6地址。

当节点需要得到另外一个节点的地址时，就会发送 AAAA 记录请求到 DNS 服务器，请求以另外一个节点的主机名对应的地址。AAAA 记录只保留一个 IPv6 地址。如果一个节点有多个地址，则要和多条记录对应。

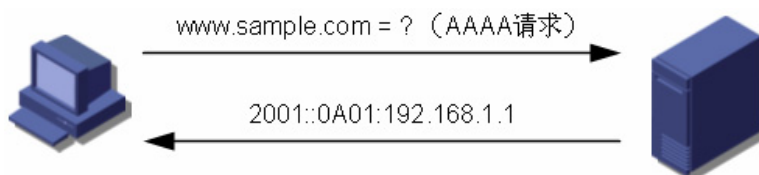


图2-12 IPv6 DNS 解析示意图

为了在 IPv6 地址聚合和重新编址时能够很容易修改相应的 DNS 记录，新引入了以下记录类型：

- **A6 record (RFC2874)**

IETF使用的实验记录，A6记录不在运营网络中使用。此记录与AAAA记录类似，但支持IPv6地址的层次存储以简化网络重新编址。

- **DNAME记录 (RFC2672)**

- **二进制标签记录 (RFC2673)**

这些记录使重新编址对于反向映射（地址到主机名对应）更易进行。

重新编址时，则所有节点必须改变他们的 IPv6 地址前缀部分。如果重新编址网络使用了 DNS，则 DNS 记录中保存的地址信息也要随之更新。

为了使目前的域名系统能正确实现 IPv6 地址到域名的反向解析，域名系统中增加了两个新域：ip6.int 和 ip6.arpa。它们与正向解析中的资源记录 AAAA 和 A6 相对应。在 ip6.int 域中，采用了一种称为半位元（nibble）的标记类型来表示一个 IPv6 地址，并以 ip6.int. 作为其后缀；而在 ip6.arpa 域中，则采用了一种称为“位串标记”（bit-string label）的标记类型。这种标记表示为一种专用的位串。位串中的 x 表示为十六进制。在 “[” 和 “]” 之间，包含有若干个有序的十六进制数。