

<http://www.phei.com.cn>

思 科 系 列 丛 书

路由技术 (IPv6版)

◎ 张国清 编著



→ 全面讲解IPv6路由协议

← 真实呈现实验室配置过程

→ 推动 IPv6应用

← 促进信息社会发展



含光盘1张
精彩演示每个实验



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

思科系列丛书

路由技术（IPv6 版）

张国清 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是一本全面、系统介绍 IPv6 路由协议、组播路由协议和 MBGP 的专业图书, 具体内容包含 IPv6 BGP、RIPng、EIGRPv6、OSPFv3、IS-ISv6、IPv6 组播和 IPv6 过渡技术。为了更好地帮助读者掌握路由技术, 本书配有光盘, 以增强其实用性和可读性。

本书既可供期望获得思科职业认证资格的人员、网络工程师、系统工程师、网络管理员及高层技术管理人员参考阅读, 也可作为思科网络技术学院相关专业的教材和教辅用书, 还可作为员工的技术培训教材使用。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

路由技术: IPv6 版 / 张国清编著. —北京: 电子工业出版社, 2014.1
(思科系列丛书)

ISBN 978-7-121-21910-8

I. ①路… II. ①张… III. ①计算机网络—路由选择 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 274530 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16.5 字数: 422 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 49.00 元 (含光盘 1 张)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

路由协议是数据在互联网上有路径可用的唯一保证。网络技术工程师必须对路由协议非常熟悉。而路由协议又非仅有一个，掌握多个路由协议原理并不是一件容易的事。多数工程技术人员学习路由协议的途径是阅读思科的各种认证书籍，由简到繁，由易到难，逐步学习。思科的认证体系是分级别的，因此，路由协议的介绍也是在不同级别的认证教材中出现的。市场上缺少一本专门讨论各种路由协议的书籍，本书则正是填补这个空白之作。

本书在写作上突出两点：一是理论和实践相结合，在详细讲述路由协议的重点、要点、难点的同时，也使用完整实验环境验证路由协议的运行状态。二是详细介绍路由器操作界面上的信息含义和路由协议的重要参数，比如，OSPF 链路状态数据库中的各项信息的含义。当读者理解了这些信息的含义后，在日后工作中，就能够非常熟练地应用和管理路由协议。本书还根据技术的本质和各要点间的逻辑关系组织其内容结构，使其脉络清晰、知识连贯，使读者对路由技术有一个更系统、更清晰、更完整的理解。

参考过 CCIE 认证考试的人员应该都阅读过一本“名著”——《TCP/IP 路由》。这是一本引进的外版书籍，该书在内容构思上贯穿了协议开发的思路，在较高的理论层面讲解路由协议，对大多数读者来说，偏理论，详简不当。如果对路由协议没有系统了解的话，阅读该书会显得吃力。本书可以作为《TCP/IP 路由》这本“名著”的铺垫和弥补，如果读者先读本书，再读《TCP/IP 路由》则会顺利得多。

本书宗旨是：以东方思维模式谋篇，适合中国读者之口味；理论与实践紧密结合，弥补外版书籍之不足。

欢迎广大读者对本书内容提出建议和意见。

作者微博：<http://weibo.com/gooltsing>

作者信箱：gooltsing@sina.com

作 者

2013 年 11 月于北京

目 录

第 1 章 IPv6 地址	1
1.1 IPv6 地址概述	1
1.1.1 IPv6 地址的表示方法	1
1.1.2 IPv6 前缀表示法	2
1.1.3 IPv6 地址类型	3
1.2 IPv6 报文头	8
1.2.1 报文头格式	8
1.2.2 扩展报文头格式	9
1.3 本章小结	10
第 2 章 IPv6 基础	11
2.1 ICMPv6	11
2.2 ICMPv6 邻居重定向	12
2.3 邻居发现协议	14
2.3.1 邻居发现	14
2.3.2 路由器宣告/请求	17
2.3.3 优选默认路由器	18
2.4 无状态自动配置地址	19
2.5 DHCPv6	20
2.5.1 消息类型	22
2.5.2 报文结构	23
2.5.3 状态代码	23
2.5.4 地址和端口号	24
2.5.5 启用 DHCP 服务	24
2.5.6 中继代理与服务器使用的消息格式	26
2.5.7 配置中继代理	27
2.5.8 无状态 DHCPv6	27
2.6 DHCPv6 前缀代表	28
2.6.1 部署方式	28
2.6.2 配置前缀代表	29
2.6.3 验证 PD	31
2.7 IPv6 的移动特性	33
2.7.1 移动 IPv6 节点的构成部件	33
2.7.2 移动 IPv6 节点的工作过程	34
2.7.3 移动性扩展报文头	35
2.8 本章小结	36

第 3 章 支持 IPv6 的 RIP 协议	37
3.1 RIPng 消息格式	37
3.1.1 路由条目格式	38
3.1.2 下一跳属性值	38
3.1.3 请求消息	38
3.1.4 响应消息	39
3.2 配置 RIPng	39
3.2.1 配置命令解释	39
3.2.2 配置示例	40
3.2.3 查看运行状态的命令	41
3.3 本章小结	43
第 4 章 支持 IPv6 的 EIGRP 协议	44
4.1 配置 EIGRPv6 的命令	44
4.1.1 配置示例	45
4.1.2 验证	46
4.2 调整相关参数	50
4.3 配置路由汇总	51
4.4 配置路由认证	53
4.4.1 配置认证	53
4.4.2 认证示例	54
4.5 本章小结	55
第 5 章 支持 IPv6 的 OSPF	56
5.1 OSPFv3 与 OSPFv2	56
5.1.1 相似之处	56
5.1.2 不同之处	57
5.2 数据包结构	57
5.3 Hello 数据包	59
5.4 IPv6 使用的 LSA 类型	60
5.4.1 LSA 的产生	60
5.4.2 LSA 类型	60
5.5 配置 OSPFv3	62
5.5.1 基本配置命令	62
5.5.2 检查 OSPFv3 的运行状态	68
5.5.3 NBMA 配置示例	78
5.5.4 路由总结	82
5.5.5 配置 OSPFv3 认证	83

5.5.6 配置优雅重启特性	84
5.6 本章小结	85
第6章 支持IPv6的IS-IS协议	86
6.1 为支持IPv6扩展的TLV	86
6.1.1 IPv6可达性TLV	86
6.1.2 IPv6接口地址TLV	87
6.1.3 网络层协议ID TLV	87
6.1.4 多拓扑TLV	87
6.1.5 MT IS TLV	88
6.1.6 MT IPv4 可达前缀TLV	88
6.1.7 MT IPv6 可达前缀TLV	89
6.2 单拓扑模式和多拓扑模式	89
6.3 配置单拓扑单协议IS-ISv6	90
6.3.1 基本配置	91
6.3.2 检查运行状态	96
6.4 配置单拓扑多协议IS-ISv6	105
6.4.1 理解单拓扑模式特性	105
6.4.2 配置单拓扑多协议IS-ISv6	106
6.4.3 检查运行状态	111
6.5 配置多拓扑IS-ISv6	118
6.5.1 拓扑设计	118
6.5.2 迁移至多拓扑模式	118
6.6 本章小结	128
第7章 IPv6 BGP 序幕——BGPv4	129
7.1 BGP与AS	129
7.2 使用BGP时的考虑	130
7.3 BGP概述	130
7.4 BGP消息类型	131
7.5 BGP邻接状态	134
7.6 路径属性	135
7.6.1 属性分类	135
7.6.2 BGP属性	135
7.7 BGP同步规则	141
7.8 路由选择	142
7.8.1 不予考虑的路由	142
7.8.2 选择最佳路由	143
7.8.3 实现多路径支持	144
7.9 BGP路由反射	144

7.9.1	Split Horizon	145
7.9.2	路由反射器	146
7.9.3	路由反射器术语	146
7.9.4	路由反射器的规划	146
7.9.5	路由反射规则	147
7.9.6	路由反射器设计技巧	148
7.10	配置 BGP 路由协议	149
7.10.1	基本配置命令	149
7.10.2	环回接口与 BGP 会话	149
7.10.3	通告路由	150
7.10.4	BGP 配置示例	151
7.10.5	更改下一跳属性值	158
7.10.6	BGP 同步分析	159
7.10.7	配置路由反射器	173
7.10.8	通告聚合路由	174
7.10.9	配置对等体组	178
7.10.10	应用团体属性	180
7.10.11	其他命令	181
7.11	多宿主	182
7.12	BGP 案例	183
7.13	本章小结	192
第 8 章	多协议 BGP 之 IPv6 BGP	194
8.1	BGP-4 的多协议扩展	194
8.1.1	多协议可达 NLRI	194
8.1.2	多协议不可达 NLRI	195
8.1.3	NLRI 的结构	195
8.1.4	多协议特性通告	196
8.2	配置支持 IPv6 单播的 MBGP	196
8.2.1	基本配置命令	196
8.2.2	检查运行状态	199
8.3	把 IPv6 路由重分布到 mBGP	200
8.4	IPv6 邻居交换 IPv4 路由	205
8.5	IPv4 邻居交换 IPv6 路由	211
8.6	示例: 调整本地优先值	214
8.7	本章小结	220
第 9 章	IPv6 的过渡技术	221
9.1	隧道的实现模式	221
9.2	手动隧道	222

9.3 自动 6to4 隧道228

9.4 GRE over IP 隧道232

9.5 自动 ISATAP 隧道236

 9.5.1 ISATAP 地址236

 9.5.2 配置 ISATAP 隧道236

9.6 兼容 IPv4 地址隧道241

9.7 6RD 隧道244

 9.7.1 6RD 的主要构成部件及术语244

 9.7.2 隧道终结点的计算245

 9.7.3 配置 6RD247

9.8 本章小结252

参考文献254

第 1 章 IPv6 地址



1.1 IPv6 地址概述

尽管科学家们开发了许多技术来节约当前使用的 IP 地址空间，但仍然不能满足互联网飞速发展对地址的需求，迫切需要开发新一代 IP 地址，1995 年，IETF 提出了下一代 IP 地址的方案，IPng——Internet Protocol Next Generation，标准草案编号是 RFC1752。IANA 为其指定了版本号为 6，称其为 IPv6。该地址长度是当前 IPv4 地址长度的 4 倍，即 128 比特长，可提供 2^{128} 个地址，足以满足互联网未来对地址的需要。

IPv6 地址是不同于 IPv4 的新一代地址体系，并非是 IPv4 的简单替换，相关的硬件和软件都要做相应的变化后才能使用它。因此，整个互联网不会立即更改为 IPv6 地址，IPv4 和 IPv6 需要共存一段时间。目前，已经建立了许多基于 IPv6 的实验床（Testbed），供全球的用户测试使用，例如 6bone。

IPv6 除了为互联网提供无限的地址空间外，还具有 IPv4 不具备的许多特性，例如：

- 安全性；
- 为 Internet 和 Intranet 提供统一的地址方案；
- 更方便地使用物理地址；
- QoS；
- 自动配置地址；
- 移动性；
- 比 IPv4 具有更多的层次（Hierarchy）结构（IPv4 只有网络 and 主机两层结构）。

提示：请读者查阅 IETF 网站和相关 RFC 文档了解以上及其他特性的详细描述。关于 IPv6 的正式、最新 RFC 是 2460。



1.1.1 IPv6 地址的表示方法

128 比特的 IPv6 地址非常长，书写起来比较麻烦，为了书写表达方便，使用十六进制（Hexadecimal）表示，并且每 4 个十六进制数字之间用双小圆点（:）隔开，共用 32 位十六进制数字，表达方法有以下 3 种。

1. 优选（Preferred）表达形式

例如：

- ① FED9 : BA98 : 7654 : 3210 : FEDC : BA98 : 7654 : 3210;

② 1080 : 0000 : 0000 : 0000 : 0008 : 0800 : 200C : 417A。

2. 压缩 (Compressed) 表达形式

由于地址中经常包含连续的“0”字符串、前导“0”字符，为了书写方便，可以使用压缩形式。在压缩地址格式中，前导“0”可以省略（结尾“0”绝对不能省略）；如果包含连续的“0”字符串，可以使用两个双小圆点 (::) 表示一个或多个为“0”的 16 比特组。

“::”在地址中只能出现一次，可以压缩包含在地址的开头、中间和结尾的为“0”的 16 比特组。例如：

① 1080 : 0000 : 0000 : 0000 : 0008 : 0800 : 200C : 417A，可以表示为

1080 : 0 : 0 : 0 : 8 : 800 : 200C : 417A 进一步可以表示为

1080 :: 8 : 800 : 200C : 417A

② FF01 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0101 可以表示为

FF01 :: 101

③ 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001 可以表示为

:: 1

④ 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 可以表示为

::

3. IPv6 和 IPv4 混合表达形式

这种表达形式用在 IPv6 和 IPv4 混合环境中，地址中的前 6 组是十六进制数值，最低两组是原 IPv4 地址，用十进制表达。例如：

① :: 13 . 1 . 68 . 3 IPv4 地址是 13 . 1 . 68 . 3

② :: FFFF : 129 . 144 . 52 . 38 IPv4 地址是 129 . 144 . 52 . 38

1.1.2 IPv6 前缀表示法

在 IPv6 地址中已经没有了子网掩码的概念。在 IPv6 地址中引入了一个称为前缀 (Prefix) 的概念，用来表示地址的最左端有多少个连续比特构成 (Comprise) 前缀。和 IPv4 中 CIDR 的表示方法类似。例如，下面的形式都是合法的表示方法，表示由 60 比特构成前缀。

① 12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60

12AB::CD30:0:0:0/60

12AB:0:0:CD30::/60

② 12AB:0:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF/60

下面的形式都是非法的表示格式：

12AB : 0 : 0 : CD3/60 结尾“0”不能省略。

12AB :: CD30 :: /60 在地址中只能使用一次“::”。



1.1.3 IPv6 地址类型

IPv6 地址类型由地址中的高位比特 (High-order bit) 确定, 这些比特称为格式前缀 (Format Prefix, FP)。IPv6 的地址类型有:

- 全球单点传送地址 / 单播地址 (Global Unicast Address);
- 任意点传送地址 / 任意播地址 (Anycast Address);
- 本链路单点传送地址 / 本链路单播地址 (Link-local Unicast Address);
- 本站点单点传送地址 / 本站点单播地址 (Site-local Unicast Address);
- 环回 (回送) 地址 (Loopback Address);
- 多点传送地址 / 组播地址 (Multicast Address);
- 未指定地址 (Unspecified Address);

除了以上地址外, 还有一些其他用途的地址, 请读者自行查阅资料。

在讨论这些地址之前, 需要学习如下几个术语。

- 节点 (Node): IPv6 网络中的设备;
- 链路 (Link): 媒介或者通信设备, 通过此设备或媒介接点可以在数据链路层进行通信, 例如, Ethernet、PPP、Frame Relay 等;
- 链路层接口标志符 (Data-link Identifier): 用来标志链路接口的数据链路层地址, 例如, Ethernet 中使用 MAC 地址表示;
- 接口 (Interface): 节点和链路的连接点, 一个节点可能有多个接口, 例如, 路由器。
- 邻居 (Neighbors): 和同一条链路相连的节点;
- 地址 (Address): 接口的 IPv6 层标志, 或者一系列接口的 IPv6 层标志, 例如, 组播地址代表的接口。

1. 全球单点传送地址

单点传送地址用来标志单一的接口。如果数据包的目的地是一个单点传送地址, 那么它仅被该地址标志的接口所接收。单点传送地址有许多种, 包括全球单点传送地址、本链路单点传送地址、本站点单点传送地址以及其他特殊用途的单点传送地址, 如嵌套 IPv4 地址的 IPv6 单点传送地址。

接入 Internet 的 IPv6 节点需要使用被称为可聚合全球单点传送地址 (Aggregatable Global Unicast Address), 类似于 IPv4 中的公有地址。可聚合全球单点传送地址依靠分层体系 (Hierarchy) 使路由表变得容易管理, 地址格式如图 1-1 所示。

3	13	8	24	16	64
FP	TLAID	Res	NLAID	SLAID	Interface ID
Public Topology				Site Topology	Interface Identifier

图 1-1 可聚合全球单点传送地址格式

总的来看, 可聚合全球单点传送地址的结构可分公共拓扑部分、站点拓扑部分和接口标志号部分三部分。

- FP: 格式前缀, 可聚合全球单点传送地址的 FP=001;

- 如果是 LAN 接口，需要把 48 比特的 MAC 地址加 16 比特，形成 64 比特。转换方法是在 8 比特的 MAC 地址中间（即在 OUI 部分和制造商为网卡分配的编号部分之间）插入 0xFF xFE，共 16 比特，并把全局 / 本地位取反。例如，MAC 地址。

- “c”代表由IEEE分配给厂商的组织唯一标志符（OUI）；

- 转换成 IPv6 接口标志符的形式是:

如果把一个 EUI-64 地址转化为 IPv6 接口标志符, 只需要把全局 / 本地位取反即可。例如, 64 地址。

转换成 IPv6 接口标志符的形式是:

提示：其他链路层 ID 与 IPv6 接口 ID 的转换方法请读者查阅 RFC3513。

```
Router(config-if)# ipv6 address 2001:0db8:1:: /64 eui-64
```

任意播地址从单播地址空间中分配 (Allocation)，因此，任意播地址和单播地址在语法上没有区别。当把一个单播地址指派给多个接口时，这样就变成了任意播地址，指派了该地址的

节点必须明确地配置任意播地址。

任意播地址有一个用来确定拓扑区的前缀“p”，属于这个区的接口都属于这个任意播组。在由“p”确定的区内，任意播地址必须作为单独的路由条目（通常被称为主机路由）被维护在路由表中，在“p”定义的拓扑区之外可以被聚合。

一个预定义的任意播地址是子网路由器任意播（Subnet-router Anycast）地址，地址格式如图 1-2 所示。

n bit	$128-n$ bit
Subnet prefix	00000000000000

图 1-2 子网路由器任意播地址格式

子网前缀是标志（Identify）特定链路的前缀。与在该链路上的接口地址相比，它们的前缀是相同的，只是任意播地址的接口 ID 为“0”。目的地是子网路由器任意播地址的数据包只被发送到在该子网上的其中一台路由器（最近的那台）。要求所有在该子网有接口的路由器都支持该子网的任意播地址。子网路由器任意播地址被那些接点需要同一组路由器中的任意一台通信即可的应用程序使用。

任意播地址有以下约束条件：

- 任意播地址不能作为源地址使用；
- 任意播地址不能配置在 IPv6 的主机上使用，只能配置在 IPv6 的路由器上使用。

例如，在某路由器接口上配置了 IPv6 地址后，又配置子网路由器任意播地址和其他一个任意播地址：

```
Router(config-if)# ipv6 address 2001:0db8:1::1/64
Router(config-if)# ipv6 address 2002:0db8:6301::/128 anycast
Router(config-if)# 2001:DB8:1:1:FFFF:FFFF:FFFF:FFFE/64 anycast
```

3. 本链路地址

本链路地址仅用在单一链路上、为在单一链路上寻址的目的使用，例如，自动地址配置、邻居发现或者链路上不存在路由器（如只有几台 PC 互连的小型 LAN）。路由器不能把具有本链路源地址或目标地址的数据包转发到其它链路上。本链路地址的格式如图 1-3 所示。

10 bit	54 bit	64 bit
1111111010	000.....00000	Interface ID

图 1-3 本链路地址格式

【例】 假设为一台 MAC 地址为 08-00-02-ab-12-34 的 PC 配置本链路地址，应该为 FE80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0A00 : 02FF : FEAB : 1234

设备可以按照上述方法，自动为接口生成本链路地址，但也可以人为设置本链路地址。在路由器接口上配置本链路地址的命令如下：

```
Router(config-if)# ipv6 address ipv6-prefix / prefix-length link-local
```

例如：

```
DR(config-if)# ipv6 address FE80::260:3EFF:FE11:6770 link-local
```

4. 本站点地址

本站点地址用于在站点内寻址使用, 即没有与全球 Internet 相连的网络, 地址格式如图 1-4 所示。

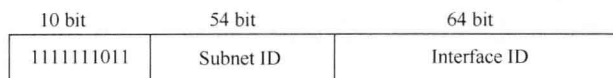


图 1-4 本站点地址格式

本站点地址以 FEC0::/10 开头, 从地址结构格式上看, 尽管它的子网 ID 有 54 比特长, 当与 Internet 连接时仍然可以使用该地址。

路由器不能把具有本站点源地址和目标地址的数据包转发到站点以外。

5. 环回地址

单播地址为 ::1 的地址被定义为环回地址。节点使用该地址为自己发送数据包, 类似 IPv4 中的 127.0.0.1, 该地址不能指派给任何物理接口使用, 并且具有本链路范围的作用域。

环回地址不能在 IPv6 数据包中做源地址使用, 也不能被转发到节点之外, 更不能被 IPv6 路由器转发。

6. 多点传送地址

在 IPv6 地址中没有广播的概念, 广播地址被组播地址, 即多点传送地址所替代。组播地址是标志一组接口的地址, 典型地, 这些接口属于不同的节点。发向组播地址的数据包被属于同一个组播组的所有接口接收。

多点传送地址的格式如图 1-5 所示。

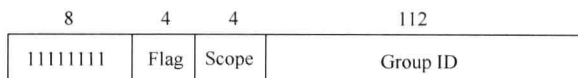


图 1-5 组播地址格式

各项参数解释如下:

- 组播地址的 FP=FF。
- 标志 (Flag): 4 比特。前 3 比特保留, 值为 “0”。最后比特 (RFC2373 把该比特命名为 T 比特) 如果是 “0”, 代表永久分配的组播地址 (IANA 指派的知名组播地址); 如果是 “1” 代表非永久性地址。RFC3306 在 T 比特前又增加了 P 比特的定义。如果 P 为 0, 代表是一个普通组播; 如果为 1, 代表是一个包含数据源所在网络的单播前缀的组播。
- 作用域 (Scope): 4 比特。定义组播影响的范围。
 - 1= 本接口 (Interface-local) 范围;
 - 2= 本链路 (Link-local) 范围;
 - 5= 本站点 (Site-local) 范围;
 - 8= 本组织 (Organization-local) 范围;
 - E= 全球 (Global) 范围;

➤ 0 和 F 保留，其他值未分配。

- 组 ID (Group ID)：112 比特，定义不同的组播组。

下面是一些预先定义的知名 (Well-known) 组播地址：

FF01:0:0:0:0:0:0:1 代表本接口范围内的所有 IPv6 节点；
 FF01:0:0:0:0:0:0:2 代表本接口范围内的所有 IPv6 路由器；
 FF02:0:0:0:0:0:0:1 代表本链路范围内的所有 IPv6 节点；
 FF02:0:0:0:0:0:0:2 代表本链路范围内的所有 IPv6 路由器；
 FF05:0:0:0:0:0:0:2 代表本站点范围内的所有 IPv6 路由器；

FF02:0:0:0:0:1:FF00:0000~FF02:0:0:0:0:1:FFFF:FFFF 用来生成被请求节点 (Solicited-node) 的组播地址，把被请求节点的单点传送地址或任意播地址的最后 24 比特写入到预留的空间中而形成。

下面是一些保留的组播地址：

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

7. 兼容 IPv4 的 IPv6 地址

该地址是内嵌 IPv4 地址的 IPv6 单播地址 (IPv4-compatible IPv6 Address)，它的格式是最高 96 比特是 0，最后 32 比特是 IPv4 地址，如图 1-6 所示。例如，把 IPv4 地址 192.168.30.1 转换成兼容 IPv4 的 IPv6 地址转换后的地址是：::C0A8:1E01 (或者::192.168.30.1)。

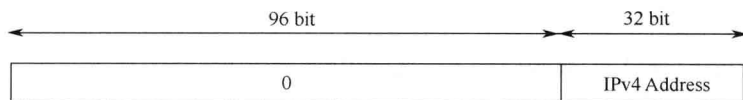


图 1-6 兼容 IPv4 的 IPv6 地址格式

在既配有 IPv4 地址和 IPv6 地址的接口上使用该地址比较方便。比如，在自动 IPv6 隧道模式下使用该地址可以方便建立穿越 IPv4 网络的 IPv6 隧道。此外，在移动 IPv6 环境下，移动节

点地址、基地地址、基地代理地址等也都使用兼容 IPv4 的 IPv6 地址。不过，这种地址目前不使用了。

8. 本地单播地址

本地单播地址 (Unique Local Address) 也是全球唯一的单播地址，只不过它用来在本网络内通信，不在全球范围内路由，类似于 IPv4 的私有地址，该地址格式如图 1-7 所示。

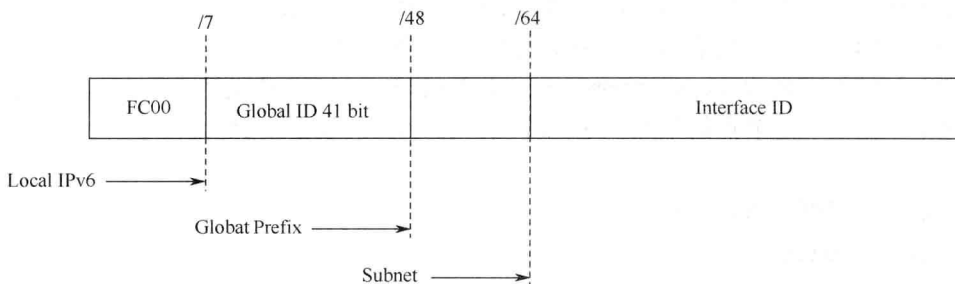


图 1-7 本地单播地址格式

本地单播地址的前缀以 FC00::/7 开头，紧随其后的 41 比特用来保证全球唯一，之后的 16 比特用来划分子网。

该地址有明确的前缀，所以很容易识别并在边界过滤此类路由，即便此类路由泄露到互联网上，因为有 41 比特的全球唯一性地址前缀，也不会造成地址冲突。

9. 未指定地址

地址 :: 被称为未指定地址，表示地址不存在。使用未指定地址的一个例子是当主机学习到自己的地址前，初始化时发送的数据包的源地址使用未指定地址。

该地址不能作为目的地地址使用。使用该地址作为源地址的数据包不被 IPv6 路由器转发。



1.2 IPv6 报文头



1.2.1 报文头格式

IPv6 的报文头格式如图 1-8 所示。和 IPv4 的报文头相比，没有了校验字段和与报文分段相关的字段。在 IPv6 中，网络层不在进行校验，而交由第二层和第四层负责校验。网络层设备也不在负责数据分段工作，由数据发送者负责数据的分段工作。

各字段含义解释如下。

- Version (版本号)：参数值为 6，代表 IPv6 报文头，4 比特长。
- Priority (优先级)：4 比特长。发送方可以使用该值为其发出的数据赋予优先级。
- Flow Label (流标签)：发送方可以用它标志属于同一个流的数据。
- Payload Length (载荷长度)：表示报文头后面携带的有效数据长度。
- Next Header (下一个报文头)：表示 IPv6 报文头后面的报文头类型，如 TCP、UDP