

# IP 地址管理 与子网划分

▶ IP Addressing and Subnetting, Including IPv6

▶ (美) J. D. Wegner Robert Rockell 等著

▶ 赵英 师雪霖 黄玖梅 译



机械工业出版社  
China Machine Press

SYNGRESS

IP网络技术丛书

# IP地址管理与子网划分

(美) J.D. Wegner 等著  
Robert Rockell

赵英 师雪霖 黄玖梅 译



机械工业出版社  
China Machine Press

本书讲述的是IP地址的管理技术，深入浅出地介绍了IPv6协议。内容包括IPv6的地址管理结构、网络地址规划、子网划分技术、路由问题、组播协议、寻址体系和报头结构等。本书内容丰富、图文并茂，包含大量网络配置实例，适合从事网络协议研究、网络规划的人员参考。

J.D.Wegner, Robert Rockell, et al: IP Addressing and Subnetting, Including IPv6.  
Original English language edition published by Syngress Media, Inc. Copyright © 2000 by  
Syngress Publishing, Inc. All rights reserved.

本书中文简体字版由美国Syngress公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

**本书版权登记号：图字：00-2000-1922**

### **图书在版编目（CIP）数据**

IP地址管理与子网划分/（美）瓦格纳（Wegner, J.D.）等著；赵英等译. —北京：机械工业出版社，2001.2

（IP网络技术丛书）

书名原文：IP Addressing and Subnetting, Including IPv6

ISBN 7-111-08665-1

I. I… II. ①瓦… ②赵… III. 因特网-网址-技术管理 IV. TP393.492

中国版本图书馆CIP数据核字（2000）第87894号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：张鸿斌

北京昌平第二印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年2月第1版第1次印刷

787mm×1092mm1/16·17.75印张

印数：0 001-5 000册

定价：29.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

# 译者序

随着网络的迅速膨胀，IPv4的设计方案在支持现在或未来的网络体系时，愈发困难重重，IPv4中32位的地址空间无法满足不断增长的网络用户。IPv6作为下一代Internet协议，解决了IPv4的不足与缺陷，提供了128位的巨在地址空间，从而进一步改善了IP网络的性能。目前IPv4与IPv6共存，但毫无疑问，在不久的将来IPv6将逐渐取代IPv4，从而成为网络上主要的IP协议。

本书是有关IPv6的最新技术书籍，作者深入浅出地介绍了IPv6协议：如IPv6的地址管理结构、网络地址规划、子网划分技术、路由问题、组播协议、寻址体系和报头结构等内容。和同类网络协议书籍相比，本书具有如下特点：

- 深入介绍了IP地址管理问题。IP地址管理是网络工程的一个重要部分，地址管理在网络世界中非常重要。错误的理解将会带来非常严重的后果。例如，对于一个大型网络，地址管理结构设计不好很容易引起组织对整个网络重新编号。与此相反，一个好的地址管理结构是不需要花费任何代价的。这也是本书的价值所在。
- 寓知识于实例。本书在介绍复杂的网络协议时，列举了大量生动的图表实例，使读者能够在轻松自如中理解网络协议的原理及其应用。
- 将语言的生动性与叙述的严谨性很好统一起来，使读者在阅读时轻松自如，不会感到枯燥乏味。

本书是一本综合性的、中级水平的书籍，主要面对了解TCP/IP的基本概念、拥有网络技术开发和管理背景的读者。本书是有关地址管理的完整手册。相信本书必能给予从事网络协议研究、网络规划的人士极大的帮助。

由于时间紧迫，译者的水来有限，疏漏之处在所难免，请读者指正为盼。

2000年11月

# 前言

## 这本书的重要性

网际协议（IP）可以看成是传送语音和数据的协议。不论是语音世界，还是Internet世界，IP地址管理都是网络工程的一个重要部分。同时，IP地址管理也是IP领域中最丰富的内容之一。由于在IP地址管理方面设计得较好，所以Internet已经从当初的3台计算机迅速增长到成千上万台计算机，并高效率地用于每天的工作和娱乐。

正如你所看到的那样，这本书讨论了两个版本的IP：IPv4和IPv6。目前的Internet使用的是IPv4（网际协议第四版本）。新的网际协议将使用IPv6（网络协议第六版本）。本书描述了这两种版本的地址管理策略。

尽管有许多书都讲述TCP/IP，但没有一本书能够像本书那样深入地讨论有关IP地址管理的所有问题。本书是一本综合性的、中级水平的书籍，主要面对了解TCP/IP的基本概念、拥有网络技术和背景管理的读者、这些人迫切需要一本有关地址管理的完整手册。

地址管理在网络世界中非常重要。错误的理解将会带来非常严重的后果。例如，对于一个大型网络，地址管理结构设计不好很容易引起组织对整个网络重新编号。这不仅会引起长时间的停机，而且还会在重新编址阶段引起不稳定问题，这会花掉很多钱。而一个良好的地址管理结构是不需要花费任何代价的，仅需要认真规划和了解问题。这也是本书的价值所在。

## 本书的内容

第1章讨论的是IPv4的地址管理结构，这是本书的基础。类别划分和子网划分是IPv4设计的关键。了解了IP地址，可阅读第2章，该章讲述如何为网络建立一个地址规划。

如果你的网络没有连接到Internet，或只使用了一些网络地址转换（NAT）设备。为了学习，你可以使用一些私有的保留地址。私有地址将在第3章中详细讨论。如果你使用的是NAT，或想简单地了解这方面的内容，请阅读第4章，该章将较全面地讲解这种技术。

如果使用了标准的子网划分技术。则大部分网络能够获得较好的地址规划。但由于网络的数量与主机的数量比例不平衡，有些网络需要可变长的子网掩码（VLSM）。第5章将讨论VLSM。

IP的地址管理也是路由的基础。第6章“路由问题”将详细讲述与地址管理有关的路由问题。

与其他的LAN协议相比，IP需要更多的配置。第7章将详细讲述如何通过BOOTP和DHCP

来解决这些问题。

通过给目的主机组一个D类地址范围中的一个特殊的IP地址，组播协议就能够实现一对多或多对多的包传送。这是使用IP地址管理中重要的创新方式，第8章将详细讨论这个问题。

由于Internet发展速度异常迅猛，工程师们开发了一个新版本的IP协议，叫IPv6。它有一种新的IP地址管理策略。使用这种策略，IPv6能够实现自动配置、重新编址、在主干网上进行有效路由等。第9章和第10章将深入讨论IPv6的头结构以及地址管理结构。

本书讲述的是IP地址的管理技术。要更好地理解本书内容，需要为你的网络分配一系列地址。附录中将介绍地址管理和登记过程。

这本书也说明IP地址管理是IP领域中的一个重要内容。随着Internet的发展和组织需求的变化，IP技术也将逐渐发展。新版本的IP，即IPv6的地址管理将继续成为网络工程建设的重要工具。

# 作者介绍

Cameron Brandon是一位网络工程师和管理员，他拥有MCSE、CNE、MCSE + Internet、A+、Network+证书。目前他工作在俄勒冈州的Portland，主要工作是Windows NT和BackOffice的集成。他曾帮助Intel公司，把俄勒冈地区软件系统移植到Windows NT平台上。Cameron曾在5个月内完成了上述的所有认证，这充分说明了他的技术实力。他的判断能力和对发展方向的把握是他成功的关键。

Ryan Russell拥有CCNA、CCNP证书，已经在网络领域工作了10年，这期间曾在Cisco设备公司工作了5年。他从事过的IT职位包括从桌面支持到网络设计，现在正在从事一项有发展前途的、具有挑战性的工作——网络管理员。Ryan最近在信息安全方面做了很多工作，其中包括：网络安全和防火墙。他已经完成了CCNP认证，并拥有计算机科学的学士学位。

John Pherson拥有Microsoft MCSE和MCT、Novell Master CNE和Master CNI、Certified Cisco Systems Instructor的认证。他在计算机界有18年关于计算机咨询和技术管理的经验，特别是在网络技术和操作系统方面。他拥有商业管理的学士学位。他还是多个CompTIA（Computer Industry Technology Association：计算机工业技术联盟）委员会的成员。负责A+认证的业务扩展和指导。他还参加了一些书的编写工作，其中包括由Osborne/McGraw-Hill于1998年出版的《CCNA Study Guide》、Osborne/McGraw-Hill于1998年出版的《MCSE: Networking Essentials Study Guide》。他还是American Mensa有限公司的成员。目前他还担任位于德克萨斯州的达拉斯Global Knowledge公司的教育顾问。他本人还能够提供独立的网络咨询服务。

J.D.Wegner是Empowerment Group公司的创始人和董事长，已经在计算机领域工作了30多年。在最近12年中，他主要从事计算机数据网络的设计、安装和支持工作。作为Global Knowledge公司的教师和课程主管，他曾向成千上万的美国和外国IT专家讲授网络知识，内容包括：基于TCP/IP的网络互连、Web安全、IP地址管理。他的客户中有许多是《财富》杂志前500家企业和一些政府部门。目前，他和他的妻子Laurie、两个孩子David和Sarah共同生活在北加利福尼亚的Hickory。

Robert Rockell在过去的三年里一直工作在Sprint Internet Services公司。目前在运行工程部任职。他和他的同事负责在Internet出现问题时，提供高级技术支持。他还负责50多个客户的IPv6的运行。如果有兴趣加入到6Bone组织，可给他写E-mail。他的E-mail地址是rrockell@sprint.net。

技术编辑Marc Blanchet（E-mail地址为：Marc.Blanchet@viagenie.qc.ca）是Viagenie公司

的一位网络工程师，同时也是负责公司、组织和政府中有关网络安全方面、网络结构方面、电子商务方面的顾问。他从1983年开始就从事TCP/IP的研究。他还撰写了一本法文书《TCP/IP Simplifii》，由Iditions Logiques出版。在Internet工程任务组（IEFT）中，他参加了多个小组。特别是在IPv6小组，他起草了许多标准文档。其中就有关于IPv6地址分配的内容。Marc还是IPv6 CA\*Net网络和6tap IPv6交换的设计师，是一些会议的指定发言人，讲授有关TCP/IP、安全、IPv6和相关内容的课程。

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 译者序                          |    |
| 前言                           |    |
| 作者介绍                         |    |
| 第1章 地址管理和子网划分基础 .....        | 1  |
| 1.1 IP地址基础 .....             | 1  |
| 1.1.1 地址的分类 .....            | 1  |
| 1.1.2 地址分配方法 .....           | 5  |
| 1.1.3 示例 .....               | 7  |
| 1.2 子网划分的目的 .....            | 7  |
| 1.3 基本的固定长度掩码 .....          | 11 |
| 1.3.1 掩码的作用 .....            | 11 |
| 1.3.2 掩码的组成 .....            | 12 |
| 1.3.3 掩码值的二进制表示 .....        | 12 |
| 1.3.4 掩码值的十进制表示 .....        | 13 |
| 1.3.5 为各种网络建立掩码 .....        | 15 |
| 1.3.6 地址和掩码的关系 .....         | 15 |
| 1.3.7 保留和限制使用的地址 .....       | 17 |
| 1.3.8 确定在子网中地址的范围 .....      | 18 |
| 1.3.9 通过一个地址和掩码来确定子网地址 ..... | 19 |
| 1.3.10 解释掩码 .....            | 19 |
| 1.3.11 保留地址 .....            | 20 |
| 1.4 小结 .....                 | 21 |
| 1.5 常见问题解答 .....             | 21 |
| 第2章 为定长掩码网络建立地址管理规划 .....    | 23 |
| 2.1 概述 .....                 | 23 |
| 2.2 确定所需地址的数量 .....          | 23 |
| 2.2.1 查看网络设计 .....           | 23 |
| 2.2.2 需要子网的数量 .....          | 24 |
| 2.2.3 每个子网中需要多少个IP地址 .....   | 25 |
| 2.3 选择正确的掩码 .....            | 26 |
| 2.4 获得IP地址 .....             | 29 |
| 2.5 为每个子网计算IP地址空间 .....      | 30 |
| 2.5.1 从最繁琐的方式开始 .....        | 30 |
| 2.5.2 工作表 .....              | 32 |
| 2.5.3 子网计算器 .....            | 33 |
| 2.6 给设备分配地址 .....            | 34 |
| 2.6.1 分配子网地址 .....           | 34 |
| 2.6.2 分配设备地址 .....           | 34 |
| 2.7 为工作建立文档 .....            | 35 |
| 2.8 小结 .....                 | 37 |
| 2.9 常见问题解答 .....             | 37 |
| 2.10 练习 .....                | 37 |
| 2.11 子网划分表 .....             | 38 |
| 2.11.1 A类地址子网划分表 .....       | 39 |
| 2.11.2 B类地址子网划分表 .....       | 44 |
| 2.11.3 C类地址子网划分表 .....       | 47 |
| 2.11.4 子网分配表 .....           | 49 |
| 第3章 私有地址管理和大型网络的子网划分 .....   | 55 |
| 3.1 概述 .....                 | 55 |
| 3.2 保存地址策略 .....             | 55 |
| 3.3 地址管理经济 .....             | 57 |
| 3.3.1 地址归还申请 .....           | 58 |
| 3.3.2 公共和私有地址空间 .....        | 59 |
| 3.3.3 我可以使用的地址 .....         | 59 |
| 3.4 RFC 1918——私有网络地址 .....   | 60 |
| 3.4.1 三个地址块 .....            | 60 |
| 3.4.2 要考虑的内容 .....           | 61 |
| 3.4.3 使用哪个地址块 .....          | 62 |
| 3.5 A类私有网络子网划分策略 .....       | 62 |
| 3.5.1 网络 .....               | 63 |
| 3.5.2 策略 .....               | 64 |

|                            |     |                             |     |
|----------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 3.5.3 地址分配 .....           | 65  | 5.2.2 会有更多可使用的地址吗 .....     | 118 |
| 3.6 小结 .....               | 68  | 5.3 正确规划的重要性 .....          | 118 |
| 3.7 常见问题解答 .....           | 68  | 5.4 建立和管理变长子网 .....         | 119 |
| 3.8 练习 .....               | 69  | 5.4.1 分析需要的子网数量 .....       | 119 |
| 第4章 网络地址转换 .....           | 70  | 5.4.2 列出每个子网以及节点的数量 .....   | 119 |
| 4.1 概述 .....               | 70  | 5.4.3 确定每个子网使用的掩码 .....     | 120 |
| 4.2 在路由器或防火墙的后面 .....      | 70  | 5.4.4 根据需要为每个子网分配地址 .....   | 120 |
| 4.3 NAT如何工作 .....          | 73  | 5.4.5 路由协议和VLSM .....       | 123 |
| 4.3.1 静态网络地址转换 .....       | 73  | 5.4.6 C类地址的VLSM问题 .....     | 123 |
| 4.3.2 静态NAT是如何工作的 .....    | 74  | 5.4.7 解决C类地址分配问题 .....      | 126 |
| 4.3.3 双NAT .....           | 75  | 5.4.8 基于模板的地址分配 .....       | 126 |
| 4.3.4 静态NAT的问题 .....       | 77  | 5.5 小结 .....                | 130 |
| 4.3.5 示例配置 .....           | 79  | 5.6 常见问题解答 .....            | 130 |
| 4.3.6 动态网络地址转换 .....       | 85  | 第6章 路由问题 .....              | 132 |
| 4.3.7 动态NAT是如何工作的 .....    | 86  | 6.1 概述 .....                | 132 |
| 4.3.8 动态NAT的问题 .....       | 87  | 6.2 无类域间路由 .....            | 133 |
| 4.3.9 配置示例 .....           | 88  | 6.2.1 从几百万个网络减少到几千个网络 ..... | 136 |
| 4.3.10 端口地址转换 .....        | 88  | 6.2.2 ISP地址分配 .....         | 138 |
| 4.3.11 PAT是如何工作的 .....     | 90  | 6.2.3 在网络内部使用CIDR .....     | 138 |
| 4.3.12 PAT带来的问题 .....      | 92  | 6.3 连续的子网 .....             | 139 |
| 4.3.13 配置示例 .....          | 93  | 6.4 IGRP .....              | 140 |
| 4.4 使用NAT的优点 .....         | 98  | 6.5 EIGRP .....             | 142 |
| 4.5 性能问题 .....             | 98  | 6.6 RIP-1必备条件 .....         | 144 |
| 4.6 代理和防火墙的能力 .....        | 100 | 6.6.1 与IGRP的比较 .....        | 145 |
| 4.6.1 分组过滤器 .....          | 101 | 6.6.2 路由更新所带来的冲击 .....      | 146 |
| 4.6.2 代理 .....             | 102 | 6.7 RIP-2必备条件 .....         | 147 |
| 4.6.3 状态分组过滤器 .....        | 105 | 6.8 OSPF .....              | 148 |
| 4.6.4 带有重写功能的状态分组过滤器 ..... | 105 | 6.8.1 配置OSPF .....          | 150 |
| 4.6.5 代理服务器与NAT的不同 .....   | 106 | 6.8.2 路由更新带来的影响 .....       | 152 |
| 4.6.6 SPF的缺点 .....         | 107 | 6.8.3 实现OSPF时的建议 .....      | 156 |
| 4.7 小结 .....               | 109 | 6.9 BGP必备条件 .....           | 157 |
| 4.8 常见问题解答 .....           | 110 | 6.10 IBGP和EBGP必备条件 .....    | 160 |
| 4.9 参考信息 .....             | 112 | 6.11 小结 .....               | 163 |
| 第5章 变长子网掩码 .....           | 115 | 6.12 常见问题解答 .....           | 164 |
| 5.1 概述 .....               | 115 | 第7章 使用BOOTP和DHCP自动实现        |     |
| 5.2 为什么需要变长掩码 .....        | 115 | IP地址分配 .....                | 165 |
| 5.2.1 为子网分配合适的大小 .....     | 116 | 7.1 概述 .....                | 165 |

|                              |     |                                             |     |
|------------------------------|-----|---------------------------------------------|-----|
| 7.1.1 动态地址分配的作用 .....        | 166 | 8.6 常见问题解答 .....                            | 206 |
| 7.1.2 简要发展史 .....            | 167 | 8.7 参考文献 .....                              | 206 |
| 7.2 使用这些工具进行地址管理 .....       | 167 | 第9章 IPv6地址管理 .....                          | 208 |
| 7.2.1 BOOTP分组 .....          | 168 | 9.1 概述 .....                                | 208 |
| 7.2.2 各个字段的描述和说明 .....       | 169 | 9.2 IPv6地址管理基础 .....                        | 208 |
| 7.2.3 BOOTP处理过程细节 .....      | 172 | 9.3 IPv6地址管理方案的特点 .....                     | 209 |
| 7.2.4 BOOTP服务器中的数据库 .....    | 174 | 9.3.1 版本 .....                              | 210 |
| 7.2.5 DHCP是如何工作的 .....       | 175 | 9.3.2 流量优先级 .....                           | 210 |
| 7.2.6 DHCP特有选项 .....         | 178 | 9.3.3 流标签 .....                             | 210 |
| 7.2.7 DHCP和BOOTP之间的互操作 ..... | 181 | 9.3.4 有效数据长度 .....                          | 210 |
| 7.2.8 DHCP地址范围 .....         | 182 | 9.3.5 下一个报头 .....                           | 211 |
| 7.2.9 BOOT协议和DHCP协议的比较 ..... | 183 | 9.3.6 更多的位 .....                            | 213 |
| 7.2.10 BOOTP是如何工作的 .....     | 183 | 9.3.7 一种灵活的分层地址组织方式 .....                   | 216 |
| 7.2.11 DHCP/BOOTP选项 .....    | 184 | 9.3.8 减小路由表的大小 .....                        | 219 |
| 7.3 BOOTP、DHCP和带路由的网络 .....  | 193 | 9.3.9 Internet的全球地址和Intranet<br>的局域地址 ..... | 222 |
| 7.3.1 GIADDR的作用 .....        | 195 | 9.4 IPv6的优点 .....                           | 226 |
| 7.3.2 其他被修改的字段 .....         | 195 | 9.4.1 IP地址空间的增加 .....                       | 226 |
| 7.4 BOOTP实现过程 .....          | 196 | 9.4.2 对地址管理分层的有力支持 .....                    | 227 |
| 7.5 DHCP实现过程 .....           | 197 | 9.4.3 简化的主机地址管理 .....                       | 229 |
| 7.6 小结 .....                 | 197 | 9.4.4 简化的地址自动配置 .....                       | 230 |
| 7.7 常见问题解答 .....             | 198 | 9.4.5 提高组播路由的可扩展性 .....                     | 232 |
| 第8章 组播地址管理 .....             | 200 | 9.4.6 泛播地址 .....                            | 234 |
| 8.1 什么是组播 .....              | 200 | 9.5 未来发展的需求 .....                           | 235 |
| 8.1.1 IP组播到链路层的映射 .....      | 201 | 9.5.1 多穴地址问题 .....                          | 236 |
| 8.1.2 加入组 .....              | 201 | 9.5.2 6Bone .....                           | 237 |
| 8.1.3 IGMP .....             | 201 | 9.6 小结 .....                                | 238 |
| 8.1.4 组播路由协议 .....           | 201 | 9.7 常见问题解答 .....                            | 238 |
| 8.1.5 组播主干 .....             | 202 | 第10章 IPv6报头 .....                           | 239 |
| 8.2 组播地址 .....               | 202 | 10.1 概述 .....                               | 239 |
| 8.2.1 临时和永久地址 .....          | 202 | 10.2 扩大的地址管理 .....                          | 240 |
| 8.2.2 基本分配 .....             | 202 | 10.3 简化的报头 .....                            | 240 |
| 8.2.3 IANA地址分配 .....         | 203 | 10.4 更好地支持扩展和选项 .....                       | 241 |
| 8.2.4 使用TTL的组播地址范围 .....     | 203 | 10.5 流和流标签 .....                            | 241 |
| 8.2.5 可管理范围 .....            | 204 | 10.6 身份验证和私有网 .....                         | 242 |
| 8.3 IP堆栈和组播 .....            | 204 | 10.7 IPv6报头 .....                           | 242 |
| 8.4 为什么使用组播 .....            | 205 | 10.8 IPv4报头 .....                           | 243 |
| 8.5 小结 .....                 | 206 |                                             |     |

|                        |     |                   |     |
|------------------------|-----|-------------------|-----|
| 10.9 扩展报头 .....        | 244 | 10.10 上层协议问题..... | 258 |
| 10.9.1 逐跳选项报头.....     | 247 | 10.11 小结 .....    | 258 |
| 10.9.2 路由报头.....       | 249 | 10.12 常见问题解答..... | 259 |
| 10.9.3 分段报头.....       | 252 | 10.13 参考文献.....   | 259 |
| 10.9.4 身份验证报头.....     | 254 | 附录A 地址分配 .....    | 260 |
| 10.9.5 安全有效数据封装报头..... | 256 | 附录B 管理活动目录 .....  | 264 |
| 10.9.6 目的选项报头.....     | 257 |                   |     |

# 第1章 地址管理和子网划分基础

本章内容：

- IP地址基础。
- 子网划分的目的。
- 基本的固定长度掩码。

## 1.1 IP地址基础

IPv4的地址管理主要用于给一个物理设备分配一个逻辑地址。听起来很复杂，但实际上很简单。一个以太网上的两个设备之所以能够交换信息就是因为物理以太网上，每个设备都有一块网卡，并拥有唯一的以太网地址。如果设备A向设备B传送信息，设备A需要知道设备B的以太网地址。像Microsoft的NetBIOS协议，它要求每个设备广播它的地址，这样其他设备才能知道它的存在。IP协议使用的这个过程叫做地址解析协议。不论是哪种情况，地址应为硬件地址，并且在本地物理网上。

### IT专业人员参考 RFC

在本章，你将会看到一个术语——RFC。RFC（Request For Comment：请求评注）文档是由Internet团体建立的一个文档。使用它来定义控制Internet和相关协议的正常工作的过程、步骤、标准。例如，RFC791的标题为“Internet协议”。这个标准定义了IP协议的特征、功能和过程。RFC文档是免费的，任何RFC的文本文件都可以从Internet上下载，其地址为：

URL: [//www.isi.edu/in-notes](http://www.isi.edu/in-notes)

作为IT专业人员，你也许会问：“为什么要知道这些内容？”因为RFC文档是Internet的官方文档，你可通过阅读与问题相关的RFC文档来获得满意的答案。

如果一个在以太网上的设备B向令牌环网上的设备C发送信息，会发生什么情况呢？由于它们在不同的物理网络上，所以不能够直接通信。为了解决设备A和设备B的地址问题，我们使用一个更高层的协议，如IPv4。它允许给一个物理设备分配一个逻辑地址。不论使用哪种通信方法，都可以通过一个唯一的逻辑地址来识别这个设备。在实际通信中，逻辑地址最终还要转换成物理地址。

### 1.1.1 地址的分类

IPv4的设计者目前面临着一个地址管理困境。在Internet发展早期，网络很小，但互连设备

却很多，问题是未来的发展。在20世纪70年代初期，建立Internet的工程师们并未意识到计算机和通信在未来的迅猛发展。局域网和个人电脑的发明对未来的网络产生了巨大的冲击。开发者们依据他们当时的环境，并根据那时对网络的理解建立了逻辑地址分配策略。

他们知道要有一个逻辑地址管理策略，并认为32位的地址已足够使用。从当时的情况来看，32位的地址空间确实足够大，能够提供 $2^{32}$ 或4 294 967 296个独立的地址。针对网络的大小不同，为有效地管理，地址以分组方式来分配。有的分组较大，有的分组中等，而有的分组较小。这种管理上的分组也叫地址类。

### IT专业人员参考 地址管理

RFC791第7页：

“名字、地址和路由这些概念有很大的不同。一个名字说明要找的东西；一个地址说明它在哪里；一个路由说明如何到达那里。网际协议主要解决地址问题。高层（例如，主机到主机问题或应用问题）协议负责名字到地址的映射。网际模块负责网际地址到局域网地址的映射。底层（例如，本地网或网关）程序的任务是负责本地网地址到路由上的映射。地址是由固定长度的4个八位字节组成（32位）。地址的开始部分是网络号，随后是本地地址（也叫做“剩余”字段）。网际地址有三种格式或类别：A类地址，最高位是0，随后的7位是网络地址，最后24位是本地地址；B类地址，最高两位分别是1和0，随后的14位是网络地址，最后16位是本地地址；C类地址，最高的三位是110，随后的21位是网络地址，最后8位是本地地址。”

IPv4使用点分十进制数来描述地址。例如，用二进制描述的32位地址如下：

0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1

为了容易阅读，将32位地址进行分组（8位为一组）：

0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1

最后，将每个8位数据转换成十进制，并用小数点隔开。IPv4点分十进制描述的地址如下：

126 . 136 . 1 . 47

与记忆二进制位串（如0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1）相比，记忆IP地址126 . 136 . 1 . 47更加容易。

#### 1. 什么是网络

当谈到IP地址管理时，很重要的一点就是要理解“网络”这个词的含义。一个网络就是一组由通信介质连接的、多台计算设备的集合。网络的范围可小到一个财务部门的工作组，也可扩大到一个大公司的所有计算机，如通用公司的网络。从地址管理的角度来看，在一个网络上的所有计算机都应由同一个组织来管理。如果向一台计算机发送信息，就应该通过IP地址来识别这台计算机，并且要知道IP地址已被分配到这个公司。通过定位网络号，IP网络就能够定位公司中的计算资源。网络是由网络号来标识的。

网络号实际上就是IP地址，可用它来识别一个组织内部的所有IP资源。像在图1-1中所看到的那样，网络很大，就需要大量的地址。网络很小，所需要的地址量就相对较少。有的网络甚至只需要几个网络号。IPv4的地址空间设计也考虑了这方面的因素。

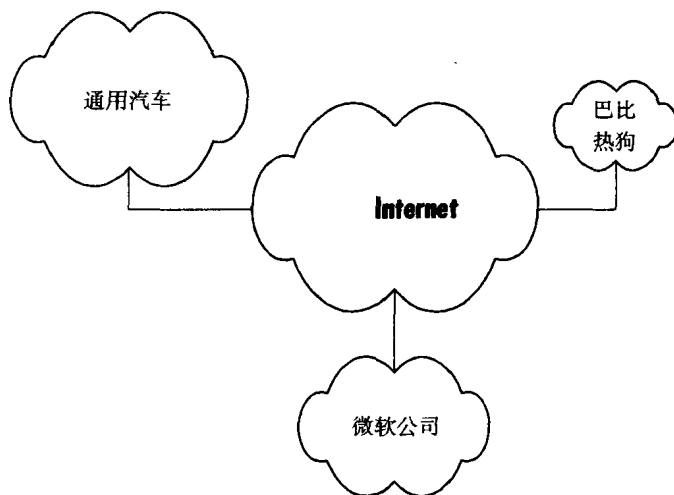


图1-1 网络和Internet

## 2. A类地址

最大的地址组是A类地址组。可通过32位地址中的唯一的一位，即最高位来识别A类网络地址。

0 n n n n n n n 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

在这个分组中，你可以看到用一个32位数表示一个A类地址。A类地址的前8位代表网络号，剩余的24位可由管理网络地址的管理用户来修改，这24位地址代表在“本地”主机上的地址。在上面的地址表示中，多个n代表地址中的网络号位；多个1代表本地可管理的地址部分。像上面所看到的那样，A类网络地址的最高位总是0。

由于A类地址的第一位总为0，所以A类地址的网络号从1开始，到127结束。由于本地可管理的空间是由24位组成的，所以在A类地址中，本地地址的数量为 $2^{24}$ 或16 777 216个。每个得到A类地址的网络管理员都能够给1千6百多万台主机分配地址。但要记住，由于A类地址只有127个，所以只能有127个大网络。

下面是一些A类地址网络号：

10.0.0.0

44.0.0.0

101.0.0.0

127.0.0.0

注意，A类地址的网络号范围是从1.0.0.0（最小地址）开始，到127.0.0.0（最大地

址) 结束。

### 3. B类地址

下一组地址是B类地址。B类地址也是用32位地址中的唯一的位模式来识别。

1 0 n n n n n n n n n n n n n n n n 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

在这个例子中, 用32位数表示B类地址。B类地址的前16位代表网络号, 剩余的16位可由管理网络地址的用户来修改。这16位地址代表在“本地”主机上的地址。B类网络地址是由最高两位10来标识的。

由于B类地址的前两位为10, 所以B类地址的网络号是从128开始, 到191结束。在B类地址中, 第2个点分十进制也是网络号的一部分。每个B类地址网络在本地所管理的16位地址空间大小为 $2^{16}$ 或65536。可管理的B类网络个数为16384个。

下面是一些B类网络号:

137.55.0.0

129.33.0.0

190.254.0.0

150.0.0.0

168.30.0.0

可以看到, 这些网络号从128.0.0.0 (最小地址) 到191.255.0.0 (最大地址)。由于B类地址的网络号长度为16位, 所以头两个点分十进制数表示网络号。

### 4. C类地址

下一组地址是C类地址。C类地址也是由32位地址中的唯一的位模式来识别。

1 1 0 n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n n 1 1 1 1 1 1 1 1

在这个例子中, 可以看到一个32位数表示的C类地址。C类地址的前24位代表网络号, 剩余的8位可由管理网络地址的用户来修改。这8位地址代表在“本地”主机上的地址。B类网络地址是由最高三位110来标识的。

由于C类地址的前三位为110, 所以C类地址的网络号是从192开始, 到223结束。在C类地址中, 第2个和第3个点分十进制数也是网络号的一部分。每个C类地址网络在本地所管理的8位地址空间大小为 $2^8$  (或256)。可以管理的C类网络个数为2097152。

下面是一些C类网络号:

204.238.7.0

192.153.186.0

199.0.44..0

191.0.0.0

222.222.31.0

可以看到, 这些网号从192.0.0.0 (最小地址) 到223.255.255.0 (最大地址)。由于C类地址的网络号长度为24位, 所以前三个点分十进制数表示网络号。

为了便于总结, 表1-1列出了三类地址的一些特性。

表1-1 三类地址特性

| 类 别 | 网 络 位 数 | 主 机 位 数 | 网 络 总 数   | 地 址 总 数    |
|-----|---------|---------|-----------|------------|
| A   | 8       | 24      | 127       | 16 777 216 |
| B   | 16      | 16      | 16 384    | 65 536     |
| C   | 24      | 8       | 2 097 152 | 256        |

### IT专业人员参考 将Internet地址映射到本地网络地址

RFC 791文档中的第7页:

“要注意Internet地址到本地网络地址的映射问题。一个物理主机可以使用多个不同的Internet地址, 就好像存在多个不同主机。一些主机可以有多个物理接口 (即多穴)。这就是说, 一个主机可以有多个与网络相连的物理接口, 而每个接口又可以有几个逻辑上的Internet地址。”

#### 1.1.2 地址分配方法

地址管理的任务之一就是地址分配。当开始进行地址分配时, 必须要了解如何使用网络中的地址。有些设备只有一个网络接口, 可以给这个网络接口分配一个物理地址; 有些设备有多个网络接口, 每个网络接口都需要一个物理地址; 有些设备有多个网络接口, 而每个网络接口需要多个地址。

##### 1. 每个网络接口有一个地址

一个连接到网络上的设备需要一个或多个网络接口, 并且每个接口都需要IP地址。在网络中一个用于文字处理的工作站有一个以太网接口 (见图1-2), 它仅需要一个IP地址。

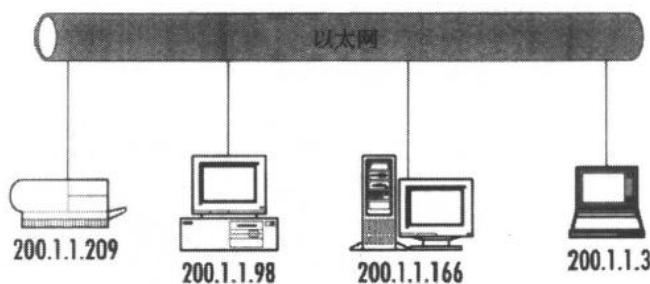


图1-2 每个网络接口一个地址

##### 2. 多穴设备

路由器是一个网络设备, 用于将一个数据报从一个物理网传送到另一个物理网。从它的特性和功能来看, 路由器将需要多个网络接口, 并且每个网络接口需要一个IP地址。多于一个网