

IPv6 Essentials



IPv6

精髓

Silvia Hagen 著

技桥 译

清华大学出版社

O'REILLY®



IPv6 精髓

Silvia Hagen 著

技桥 译

O'REILLY®

Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Paris • Sebastopol • Taipei • Tokyo

O'Reilly Media, Inc. 授权清华大学出版社出版

清华大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

IPv6 精髓 / 哈根 (Hagen, S.) 著; 技桥译. — 北京: 清华大学出版社, 2004.5

书名原文: IPv6 Essentials

ISBN 7-302-07561-1

I. I... II. ①哈... ②技... III. 计算机网络—传输控制协议 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 100735 号

北京市版权局著作权合同登记

图字: 01-2003-3642 号

©2002 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and Tsinghua University Press, 2003. Authorized translation of the English edition, 2002 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

英文原版由 O'Reilly Media, Inc. 出版 2002。

简体中文版由清华大学出版社出版 2003。英文原版的翻译得到 O'Reilly Media, Inc. 的授权。此简体中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分和全部不得以任何形式重制。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

书 名 / IPv6 精髓

书 号 / ISBN 7-302-07561-1/TP · 5562

责任编辑 / 常晓波

封面设计 / Hanna Dyer, 张健

出版发行 / 清华大学出版社 (www.tup.com.cn)

地 址 / 北京清华大学学研大厦 (邮政编码 100084)

经 销 / 各地新华书店

印 刷 / 北京四季青印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 22.5 印张 394 千字

版 次 / 2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月第一次印刷

印 数 / 0001-4000 册

定 价 / 36.00 元 (册)

O'Reilly Media, Inc. 介绍

为了满足读者对网络和软件技术知识的迫切需求,世界著名计算机图书出版机构 O'Reilly Media, Inc. 授权清华大学出版社, 翻译出版一批该公司久负盛名的英文经典技术专著。

O'Reilly Media, Inc. 是世界上在 UNIX、X、Internet 和其他开放系统图书领域具有领导地位的出版公司, 同时是联机出版的先锋。

从最畅销的 *The Whole Internet User's Guide & Catalog* (被纽约公共图书馆评为二十世纪最重要的 50 本书之一) 到 GNN (最早的 Internet 门户和商业网站), 再到 WebSite (第一个桌面 PC 的 Web 服务器软件), O'Reilly Media, Inc. 一直处于 Internet 发展的最前沿。

许多书店的反馈表明, O'Reilly Media, Inc. 是最稳定的计算机图书出版商——每一本书都一版再版。与大多数计算机图书出版商相比, O'Reilly Media, Inc. 具有深厚的计算机专业背景, 这使得 O'Reilly Media, Inc. 形成了一个非常不同于其他出版商的出版方针。O'Reilly Media, Inc. 所有的编辑人员以前都是程序员, 或者是顶尖级的技术专家。O'Reilly Media, Inc. 还有许多固定的作者群体——他们本身是相关领域的技术专家、咨询专家, 而现在编写著作, O'Reilly Media, Inc. 依靠他们及时地推出图书。因为 O'Reilly Media, Inc. 紧密地与计算机业界联系着, 所以 O'Reilly Media, Inc. 知道市场上真正需要什么图书。

作者简介

Silvia Hagen从1990年起就涉足网络领域，并于1992年成为了CNE和CNI。Silvia最开始的职业是培训讲师，培训了数百名系统工程师。现在她已经是瑞士Sunny Connection AG公司的CEO，同时继续为许多中等规模和大型的公司担任首席顾问或分析师。

她所精通的领域是目录服务和协议分析，她与人合著了*Novell's Guide to Troubleshooting TCP/IP* (John Wiley & Sons 出版)，另外还是*Guide to Service Location Protocol* (podbooks.com 出版) 一书的作者。她在世界各地的大学和各种会议上介绍各种网络主题，包括Novell's Brainshare和NetWare Users International Conferences。她还为企业定制展示与培训计划。关于她的更多信息，请访问她的网站：<http://www.sunny.ch>。

封面介绍

本书封面上的动物是地中海地区特产的沙壳蜗牛，其中土耳其和希腊的克利特岛尤为盛产。这种蜗牛出没在花园、灌木丛和沙丘附近，因为这些地方常常长有蔬菜。通常在沙壳蜗牛淡黄色的壳上会有大概5条褐色环。它们的眼睛长在从头部伸出去的肉茎或者说触须上。沙壳蜗牛一般17到21毫米高，20到25毫米宽。它们在移动时会分泌出一种无色的像地毯一样的物质，可以在行进时保护柔软的底部肌肉。沙壳蜗牛可以食用，是欧洲人最喜欢吃的一种蜗牛。

目录

前言	1
第一章 IPv6 与 IPv4	9
IPv6 的历史	9
功能概览	10
转换方面的问题	12
应用中的 IPv6	13
第二章 IPv6 协议的结构	20
普通报头结构	20
IPv6 报头中的字段	21
扩展报头	26
第三章 IPv6 编址	39
地址类型	39
地址表示法	41
前缀表示法	42

格式前缀	43
地址隐私	45
可聚类全局单播地址	46
任播地址	52
多播地址	53
必需的地址	57
第四章 ICMPv6	58
一般消息格式	59
ICMP 错误消息	63
ICMP 信息消息	68
处理规则	70
跟踪文件中的 ICMPv6 报头	71
邻居发现	72
自动配置	84
路径 MTU 发现	88
多播组管理	89
第五章 IPv6 中的安全问题	92
威胁的种类	92
基本的安全需求和技术	94
当前 Internet 环境下的安全问题	98
目前的解决方案	98
当前 Internet 的开放性安全问题	101
IPSEC 框架	103
IPv6 的安全要素	104
安全关联协商和密钥管理	113
IPv6 安全和其他服务的互通	116
IPv6 安全的开放性问题	118

第六章 IPv6 的服务质量	120
QoS 范例	121
IPv6 协议中的服务质量	123
QoS 体系结构	129
将 IP QoS 映射到基本传输网络	132
更多 IP QoS 问题	133
第七章 联网方面的问题	134
IPv6 的第 2 层支持	134
多播	145
移动 IP	146
网络设计	149
第八章 路由协议	152
RIPng 协议	153
IPv6 的 OSPF (OSPFv3)	168
IPv6 的 BGP 扩展	212
IPv6 的其他路由协议	228
第九章 上层协议	231
UDP/TCP	231
DHCP	233
域名服务 (DNS)	237
服务定位协议	244
文件传输协议	246
Telnet	247
Web 服务器	248

第十章 互操作性	250
双栈技术	250
隧道技术	251
网络地址与协议转换	268
比较	279
厂商支持	281
第十一章 亲自实践.....	282
Sun Solaris	282
Linux	284
Microsoft	286
应用程序	294
Cisco 路由器	295
测试说明	300
厂商支持	306
附录一 RFC	309
附录二 IPv6 资源	318
附录三 建议阅读资料.....	347

前言

本书讲述的是下一代 Internet 协议。大家已经熟知了 IPv4 的优缺点，知道了如何进行设计和配置，并学会了如何排除故障。那么，现在我们一定要学习一种新的协议吗？从头开始？答案是否定的。IPv6 的设计者从 15 年以上的有关 IPv4 的经验中学到了许多，他们从 20 世纪 90 年代初期就开始研究这种新协议。他们保留了 IPv4 的优点，把地址空间从 32 位扩展到 128 位，并添加了 IPv4 中遗漏的功能。他们开发了使 IPv4 和 IPv6 能够和平共存并保证协议间能够平滑过渡的转换机制。实际上，这是开发新的协议版本的主要需求之一。

所以读者不需要忘掉已掌握的 IPv4 的知识，因为在学习 IPv6 的过程中会遇到许多熟悉的内容。当读者初学 IPv6 时，会发现能使生活更加轻松的新特性和功能。IPv6 具有未来网络所需的特性，而 IPv4 没有提供这些特性。个人数字助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 和移动电话具有 IP 地址的时代即将到来。除了 IPv4 的地址空间不能满足 IP 地址数量需求这一事实之外，设想一下用我们现在掌握的方法去配置那些设备会是什么情形！

IPv6 具备的最优秀的特性之一是自动配置能力。我们不是一直在为解决 IP 地址分配的问题而努力吗？虽然 DHCP 的出现使我们的生活轻松了一些，但现在我们需要维护和检修 DHCP 服务器。当电冰箱、PDA 和电视都具有 IP 地址时，我们需要在家里放置一台 DHCP 服务器吗？在没有自动配置的情况下，我们不得不这么

做。如果你拥有支持 IPv6 的主机，那么就可以把它接入网络，它会自动地配置有效的 IPv6 地址。Internet 控制消息协议 (Internet Control Message Protocol, ICMP) 是网络工作者最好的助手，有了 IPv6 之后，该协议变得更加强大了。IPv6 的许多新特性 (例如自动配置、最优化的多播路由和多播组管理、邻居发现、路径 MTU 发现和 Mobile IPv6) 都基于 ICMPv6。

读者对象

本书包含了关于 IPv6 的广泛知识，对于任何想理解或实现该协议的人来说，本书都是一个极好的资源。本书读者对象为系统和网络管理员、工程师、网络设计人员和 IT 管理人员。如果读者想为公司规则 IPv6 实施策略，那么读者会对第一章、第四章、第九章和第十章最感兴趣。如果读者是系统或网络管理员，那么应阅读所有的章节：本书为 IPv6 的实现和与 IPv4 的集成提供了基础。如果读者管理着公司的基础设施，那么应特别注意第七和第八章以及第十章，第七和第八章介绍了第二层 (数据链路层) 的相关内容 Layer 2 和路由，而第十章则研究了互操作性的问题。

关于本书

本书详细讲述了 IPv6，解释了所有新的特性和功能。向读者展示了在当前的 IPv4 基础设施中如何规则、设计和集成 IPv6。本书还介绍了在主机和路由器上配置 IPv6，以及发现支持 IPv6 的正确的应用程序所需了解的知识。

既然读者知道了本书讲述的内容，那么我应该解释一下本书没有包含的内容。本书不是为开发者而写的 (这并不意味着开发者不应该读这本书)。实际上，读者通过阅读这本书将会理解把 IPv6 引入网络的意义以及为 IPv6 开发优秀的应用程序的重要性。

本书假定读者大体上对于网络问题有很好的理解，而且熟悉 IPv4。因为详细讨论 IPv4 的概念超出了本书的范围。本书在必要时会提到这些概念。但是，如果读者

想学习关于IPv4的更多知识，可参考其他精彩的书籍。在附录中给出了这些书的列表。

本书的组织结构

本书内容的组织方式使得熟悉IPv4的读者能够很容易地通过阅读第二章到第六章来掌握IPv6的新特性。这些章节包含了读者需要学习的知识，包括寻址、新的IPv6报头、ICMPv6、安全和服务质量（quality of service, QoS）。第七章到第十章包含了：联网方面的问题、不同的链路层服务的支持、Mobile IPv6、路由，以及使IPv6和IPv4能够共操作的转换机制。第十一章是快速入门的指南，包含了IPv6栈的实现，这些例子都已在我的实验室中经过了测试。第十一章还简短地描述了不同的操作系统如何配置IPv6。下面是本书各章内容的简介：

- 第一章“IPv6与IPv4”，简要地讲解了IPv6的历史，概括介绍了新功能，并描述了一些真实的测试和已经使用了IPv6的运营网络。
- 第二章“IPv6协议的结构”，描述了新的IPv6报头的格式，讨论了各个字段和一个跟踪文件的例子。此章还描述了什么是扩展报头，已经定义了何种类型的扩展报头，以及如何使用它们。
- 第三章“IPv6编址”，讲解了新的地址格式、地址符号、地址类型、国际注册服务和前缀分配。
- 第四章“ICMPv6”，描述了新的ICMPv6消息格式、ICMPv6错误消息和信息消息，以及跟踪文件中的ICMPv6报头。本章还讨论了基于ICMPv6的扩展功能，如邻居发现、自动配置、路径MTU发现和多播组管理。读者将了解到ICMPv6是如何使管理变得更加容易的。
- 第五章“IPv6中的安全问题”，本章开始时简短地讨论了基本的安全概念、需求和当前的解决方案。然后讨论了IPSEC框架、在IPv6中验证和加密可用的安全要素、如何使用这些要素，以及这些要素如何与其他要素（如NAT路由器和自动配置）相结合。本章的作者是 Hannes Lubich。

- 第六章“IPv6的服务质量”，本章讨论了QoS的基本需求和类型，讲解了IPv6中QoS可用的要素和如何实现这些要素。本章还描述了不同的QoS体系结构，并介绍了该领域中更深一层的工作（主要在资源预留方面）。本章的作者是 Hannes Lubich。
- 第七章“联网方面的问题”，本章讨论了IPv6的Layer 2支持（以太网、令牌环网、ATM、帧中继等）；讲解了多播支持、多播路由和 Mobile IPv6；讨论了一些网络设计范例，这些设计范例展示了在不中断IPv4服务的情况下如何逐步地把IPv6引入我们的网络。
- 第八章“路由协议”，本章讨论了IPv6的高级路由特性，并包含了可用的路由协议，如，RIPng、用于IPv6的OSPFv3、IPv6的BGP扩展、IS-IS和EIGRPv6。本章的作者是 Stefan Marzohl。
- 第九章“上层协议”，本章讨论了IP层之上的工作机制，从TCP和UDP的改变开始，讨论了DHCPv6、IPv6的DNS扩展、IPv6网络中的SLPv2、FTP、Telnet和Web服务器。
- 第十章“互操作性”，本章讨论了已经定义的不同的转换机制，如双栈操作、隧道和转换技术。本章还讲解了如何使用这些转换机制，以及如何将它们结合起来以确保IPv4与IPv6的和平共存与平滑过渡。本章还提供了设备生产商链接列表，通过这些链接可了解到当前可用的设备、协议栈和软件。
- 第十一章“亲自实践”，本章讲解了如何在不同的操作系统上开始使用IPv6（如，Sun Solaris、Linux、Windows 2000、Windows XP和Cisco路由器）。在这一章还介绍了作者在自己实验室中所进行的工作，并提供了跟踪文件的例子。
- “附录”中简要介绍了RFC过程和权威机构，并提供了与IPv6相关的RFC的列表。附录反映了本书的章节组织，并提供了全部索引的摘要、协议编号、消息类型和地址分配。附录是正在配置或解决IPv6问题的用户获取快速信息的最好途径。

排版约定

在本书中使用了下列的字体约定：

斜体 (*italic*)

表示命令、目录路径、文件名和 URL。

黑体 (**bold**)

表示 GUI 项目名称 (如窗口名、按钮和菜单选择)。

等宽字体 (`constant width`)

表示 Java 程序中的名称和关键字 (包括方法名、变量名和类名)、IP 和 MAC 地址、XML 的元素标签。

等宽斜体 (*constant width italic*)

表示可代替的文本。

等宽黑体 (**constant width Bold**)

表示应由用户输入的文本。

建议与评论

欢迎将关于本书的意见和疑问寄给出版商：

美国：

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472

中国：

100080 北京市海淀区知春路 49 号希格玛公寓 B 座 809 室
奥莱理软件 (北京) 有限公司

本书有一个专门的网页，上面列出了勘误表、范例代码，还有所有的附加信息。读者可以通过下面的网址访问该网页：

<http://www.oreilly.com/catalog/ipv6ess>

要想评论本书或询问关于本书的技术问题，可以发送电子邮件到：

bookquestions@oreilly.com

info@mail.oreilly.com.cn

关于书籍、会议、资源中心和O'Reilly网络的更多信息，请参见O'Reilly的网站：

<http://www.oreilly.com/>

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

致谢

我要感谢所有为这本书做出贡献的人。首先要感谢 Hannes Lubich，他在一家知名的瑞士私人银行负责IT安全和体系结构，他在瑞士联邦技术学院执教已经十多年了，教授的课程包括TCP/IP、Unix、IT安全和IPv6。他是第五章和第六章的作者。同样非常感谢Stefan Marzohl，他是通过了Cisco和Nortel认证的讲师，是第八章的作者。非常感谢Anja Spittler (Maggy)。她花费大量的时间在实验室中安装SuSE Linux，使BIND和其他服务能够正常运转，并完成了第九章和第十一章的部分写作工作。我还要感谢技术编辑，他们宝贵的意见、修正和说明使本书更加出色。当我在一个主题上苦苦挣扎并需要答案时，他们是重要的资源。技术评论家Patrick Grossetete，他是Cisco公司Internet技术部门(ITD)的产品经理；还有Neil Cashell，他是Novell的一位著名的TCP/IP专家。他为世界范围的连通支持小组工作。最后同样非常感谢来自Nativ6Group的Brian McGehee，他从事关于IPv6的工作已经有2年多了，写了许多IPv6的教程。他完成了最后的技术编辑工作，并向本书中添加了许多有用的信息。我要感谢Axept AG，一位瑞士的专业集成商，他为本书提供赞助，并对我的写作过程给予支持。Axept AG认为，在不久的将来，熟悉IPv6将成为一种重要的需求。我要感谢Cisco提供了最

新的路由器和使用其技术资源的权利，感谢 SuSE 的专家们提供软件并在让我们的 SuSE 主机为 IPv6 作好准备的过程中给予支持，感谢微软公司提供软件和软件实现的信息，感谢 Network Associates 为跟踪文件提供 Sniffer Pro 软件，感谢 Bob Fink 运转 6Bone 网站，感谢 Cricket Liu 回答我的 DNS 问题，感谢 Peter Bieringer 所负责的伟大的 Internet 资源站点并以闪电般的速度回答我的问题。我还要感谢位于苏黎世的 Cyberlink 公司的所有专家。Cyberlink 公司为我的网站提供主机，并为使我的网站能够支持 IPv6 访问而付出了艰苦的努力。所以在我的网站上，大家能够很容易地发现一个指向 IPv6 版本的链接。我还要感谢国际工作组的所有工作人员。没有他们的想象力、热情和孜孜不倦的工作，就没有 IPv6。

在我写作本书的过程中，2001 年 9 月 11 日的事件震惊了世界。我相信，只有理解了“我们都是一样的，我们都是连接在一起的”，人类最终才能解决世界上的问题。这种理解创造了一种真正的对万事万物的责任感，并允许其他观点的存在。连接出现在不同的层次上和不同的事实中。TCP/IP 是在 Internet 物理层上连接人类的协议，它开辟了在全世界范围内互相接触和共享信息、观点的途径。IPv6 协议的可缩放性可以去连接世界各地无数可能今天还没有电话的人们。

特别感谢 O'Reilly 的 Jim Sumser。他在整个写作过程中以极大的热情、耐心、信任和经验来指导我。Jim，谢谢你一直在帮助我，谢谢你在我努力工作时从不打扰我。你真的很重要！我还要感谢 O'Reilly 公司为本书做出贡献的所有人，尤其是 Tim O'Reilly，是他使这本书的出版成为了可能。

我要感谢本书的写作过程中涉及的所有人。他们帮助我开始从事新的工作，现在这一工作是我事业中的一个重要且有价值的部分。这些人包括 Laura Chappell（协议分析组的创始人）、Stephanie Frank-Lewis（我以前的 TCP/IP 书籍的合著者）以及来自 Cisco 公司的 Michael Ganser。

我感谢我的女儿 Marina，当我花费不计其数的夜晚和周末埋头在计算机后面而她必须自己做饭吃的时候，她非常耐心并很支持我。我想知道她是不是曾经打算要写一本书。我还要感谢所有的当我需要他们时向我提供帮助的朋友和邻居们。

