

电信新技术新业务要点解读丛书

# NGI TRIP V6

◎ 本书编写组 编著

解读

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

电信新技术新业务要点解读丛书

# NGI 与 IPv6

本书编写组 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

NGI 与 IPv6 / 《NGI 与 IPv6》编写组编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5

(电信新技术新业务要点解读丛书)

ISBN 978-7-115-17333-1

I. N… II. N… III. 计算机网络—传输控制协议—问答  
IV. TN915.04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 193339 号

电信新技术新业务要点解读丛书

### NGI 与 IPv6

- 
- ◆ 编 著 本书编写组  
责任编辑 陈万寿
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 850×1168 1/32  
印张: 3.75  
字数: 88 千字 2008 年 5 月第 1 版  
印数: 1—3 000 册 2008 年 5 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-17333-1/TN

定价: 13.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

## 内 容 提 要

本书以问答的形式全面介绍了作为下一代互联网（NGI）基础的 IPv6 技术的相关知识。全书共分 7 部分。基础篇叙述了 IPv6 的基本概念，引进 IPv6 的必要性和和其他技术的关系等；技术篇详细介绍了 IPv6 中的关键技术；协议标准篇重点介绍了 IPv6 的基本功能协议及路由协议；网络演进篇阐述了从 IPv4 到 IPv6 过渡的各种技术和方案；移动篇着重说明了 IPv6 在移动网络中的应用以及移动 IPv6 的技术原理和优势；业务篇描述了目前支持 IPv6 的设备开发现状和业务开发现状；市场政策篇介绍了目前的市场状况和各国政策。

本书通俗易懂，适合电信工程技术人员、管理人员以及设备厂商和科研机构的相关人员阅读，可作为电信运营企业的员工培训教材，也可供高等院校通信工程专业学生参考。

# 《电信新技术新业务要点解读丛书》编委会

主 任 韦乐平

副 主 任 侯春雨 王晓丹

委 员 (按姓氏音序排列)

曹 磊 冯 明 高 兰 胡乐明

陆 立 苏小明 孙震强 王晓明

王晓平 王亚明 王作强 徐建峰

严海宁 杨峰义 叶 华 张成良

赵慧玲 赵学军

## 序

IPv6 是互联网的发展趋势，是下一代互联网 (NGI) 的基础几乎是业界的基本共识。虽然业界对 IPv6 的发展速度和演进路线尚存争议，但是从当前互联网的转型看，互联网转型方向将是 IPv6 结合 MPLS，向以 IPv6 为基础的下一代互联网 (NGI) 发展是不可避免的大趋势。

采用 IPv6 最基本的原因是从根本上解决了 IPv4 存在的地址不足和更加有效地支持移动 IP。首先，IPv6 使地址空间从 IPv4 的 32bit 扩展到 128bit，完全消除了地址壁垒及其相应问题，解决了网络层端到端的寻址和呼叫，有利于运营商网络向企业网络和家庭网络的延伸。其次，IPv6 协议已经内置移动 IPv6 协议，可以使移动终端在不改变自身 IP 地址的前提下实现在不同接入媒质之间的自由移动，为 3G、WLAN、WiMAX 等的无缝使用创造了条件。第三，IPv6 内置 IPSec 以及发送设备有了永久性 IP 地址后可以实现端到端的加密，提高了对数据私密性的保护能力。第四，IPv6 协议通过一系列的自动发现和自动配置功能，简化了网络节点的管理和维护，有利于支持移动节点和大量小型家电和通信设备的应用。第五，采用 IPv6 后可以开发很多新的热点应用，特别是 P2P 业务。从长远的观点看，IPv6 结合 MPLS 将最终成为向 NGN 演进的业务承载层融合协议。

目前在 IPv6 发展中，尽管有关 IPv6 的技术标准已经基本成型，IPv6 也逐步成为网络设备的基本功能，但由于业务和应用驱动问题是软肋，虽有政府 CNGI 项目的大力推动，国内商业网络部署依然缓慢。尽管如此，我们应当清醒地意识到，全网从单一的 IPv4 网络向 IPv4/IPv6 双栈网络的过渡是一项旷日持久的系统工程，不可能一蹴而就，我们必须未雨绸缪，有计划、有步骤地做好

网络过渡的准备。目前国家的 CNGI 工程建设工作已经完成,各大电信运营商都已建立起了支持 IPv6 的双栈网络,并在该网络平台上进行了一系列业务、管理、接入等方面的开发与试验。IPv6 的接入网也正在建设中。我们应抓住这一大好时机,逐步开展运营商网络的过渡准备工作。首先要在新建和扩建网络工程时,要求新增设备具备高性能的 IPv4/IPv6 双栈能力,实现无附加成本或低附加成本的过渡准备,为全网适时转型创造条件。

为配合全网网络的过渡准备和国家 CNGI 网络建设,中国电信组织了相关专家编著了这本书。本书包括基础篇、技术篇、协议标准篇、网络演进篇、移动篇、业务篇和市场政策篇等 7 个方面的内容,选题适当、内容广泛、文字简练,可以帮助读者在短时间内全面了解 NGI/IPv6 的相关知识,为中国下一代互联网发展培育人才。

中国电信集团公司

丰乐平 总工程师

## 前 言

当前，随着以软交换、3G、视讯、IPTV 和 VPN 为代表的新型电信网络和业务的飞速发展，网络逐渐向着对于电信业务是最佳承载网络的 IP 网方向演进和融合将是历史的必然：IP 协议成为电信网络的主导网络协议，IP 网络将成为各种电信业务系统的统一承载网络。传统 IP 网在开展新型业务时，逐渐面临着服务质量、安全、可扩展性等方面的威胁，阻碍了业务的开展。IPv6 以其许多的优点已经成为下一代网络的核心技术之一，并将成为 IP 网络的发展趋势。在现有网络中逐渐引入 IPv6 将成为网络战略转型的重要举措，国家需要培养一大批掌握 IPv6 网络新技术的专业人才。在这样的大背景下，中国电信集团公司组织相关专家编写了本书，希望能为普及 NGI 和 IPv6 知识，培养 IP 网络人才发挥作用，促进 IPv6 技术的普及和发展。

尽管 IPv6 在近几年内得到了迅速发展，但还是一种正在发展完善的技术。为了推动 IPv6 业务的发展，普及 IPv6 业务和技术，特编著本书以飨读者。

本书以问答的形式介绍了 IPv6 的相关知识，分为基础篇、技术篇、协议标准篇、网络演进篇、移动篇、业务篇和市场政策篇，从电信网络及数据业务发展的大背景出发，重点介绍了 IPv6 的基本知识、技术原理、网络协议、设备开发现状、业务开发现状，以及市场状况和各国政策。本书是一份面向相关管理人员和技术人员的普及性书籍。

本书作者为在宽带 IP 领域工作多年的具有丰富经验的专业人员。解冲锋负责总体，张浩锋、广小明、史凡、王和宇和张荣等参加了编写。其中，解冲锋负责编写基础篇和技术篇，王和宇负责



编写协议标准篇，史凡、杨广铭负责编写网络演进篇，张浩锋、张荣负责编写业务篇，广小明负责编写移动篇，解冲锋、张浩锋负责编写市场政策篇。冯明、陈运清负责全书的审校。

由于时间仓促和经验不足，难免有疏漏和不当之处，敬请批评指正。

今后，我们将继续跟踪研究 NGI/IPv6 技术的发展，不断补充和改进本书，同时请读者多提宝贵意见，以使其日臻完善。读者可将宝贵意见和建议发至编辑电子邮箱 [chenwanshou@ptpress.com.cn](mailto:chenwanshou@ptpress.com.cn)。

本书编写组

# 目 录

**一、基础篇**.....1

    Q1. 什么是 IPv6? ..... 1

    Q2. 为什么要提出 IPv6? ..... 1

    Q3. IPv6 有哪些特点? ..... 2

    Q4. 运营商当前的 IPv6 试验地址空间有多大? ..... 3

    Q5. 什么是 NGI? ..... 4

    Q6. NGI 与 NGN 之间是什么关系? ..... 5

    Q7. IPv6 与 3G 之间是什么关系? ..... 6

    Q8. 国际上有哪些主要的 IPv6 组织? ..... 6

    Q9. IPv4 地址的消耗情况如何? ..... 7

    Q10. IPv6 协议和 IPv4 协议之间兼容吗? ..... 9

    Q11. IPv6 还有哪些需要改进之处? ..... 9

    Q12. 运营商网络引入 IPv6 的目的和意义是什么? ..... 10

**二、技术篇**.....12

    Q13. IPv6 地址有几种类型? ..... 12

    Q14. 全局可聚类单播 IPv6 地址格式是什么样的? ..... 13

    Q15. IPv6 的地址表示格式是什么样的? ..... 14

    Q16. 什么是 IPv6 业务地址? ..... 15

    Q17. IPv6 的报头有什么特点? ..... 16

    Q18. IPv6 在服务质量方面的能力如何? ..... 17

    Q19. IPv6 在安全方面的能力如何? ..... 17

    Q20. 为终端分配 IPv6 地址有几种方式? ..... 18

    Q21. 什么是 IPv6 无状态地址自动配置? ..... 19

Q22. 什么是 IPv6 的即插即用特性? .....	20
Q23. IPv6 的软件转发和硬件转发之间有什么区别? .....	21
Q24. IPv6 和移动 IPv6 之间是什么关系? .....	21
Q25. IPv6 邻居发现机制有什么作用? .....	22
Q26. 什么是 Multi-homing 问题? .....	23
Q27. IPv6 和 MPLS 之间是什么关系? .....	24
Q28. 什么是 6PE? .....	24
Q29. 什么是 IPv6 的 PMTU? .....	25
Q30. IPv6 数据包在转发的路径中间可分段吗? .....	26
Q31. IPv6 对于传输层 (TCP/UDP 层) 有什么影响? .....	26
Q32. 什么是 IPv6 的特长包 (Jumbogram)? .....	27
Q33. IPv6 与 IPv4 在网管系统上有什么不同? .....	27
Q34. IPv6 的管理 MIB 库开发现状如何? .....	28
Q35. 什么是 IPv6 的前缀代理机制? .....	28
Q36. IPv6 与 RADIUS 之间是什么关系? .....	29
Q37. IPv6 协议安全性有哪些局限性? .....	31
Q38. IPv6 对路由表有什么影响? .....	31
Q39. IPv6 对路由器的转发性能有什么影响? .....	32
Q40. 引入 IPv6 对于域名系统有什么要求? .....	33
Q41. 电信运营商申请 IPv6 地址的方法和 步骤是怎样的? .....	34
<b>三、协议标准篇</b> .....	<b>36</b>
Q42. 国际上有哪些 IPv6 标准化组织? .....	36
Q43. 国内 IPv6 标准化的进展如何? .....	36
Q44. IPv6 主要包含哪些协议? .....	37
Q45. IPv6 邻居发现协议与 IPv4 地址解析协议 有什么区别? .....	38
Q46. IPv6 有哪些主流路由协议? .....	39

Q47. 什么是 RIPng 协议? .....	40
Q48. 什么是 IS-ISv6 路由协议? .....	41
Q49. 什么是 OSPFv3 协议? .....	41
Q50. 什么是 BGP4+协议? .....	42
Q51. IPv6 的多播协议有哪些? .....	43
Q52. 什么是 DHCPv6 协议? .....	43
<b>四、网络演进篇</b> .....	<b>45</b>
Q53. 我国现有的 IP 网络能支持 IPv6 协议吗? .....	45
Q54. IPv4 网络向 IPv6 网络过渡的技术分为几类? .....	45
Q55. 什么是双协议栈技术? .....	45
Q56. 什么是隧道技术? .....	46
Q57. 什么是手工配置隧道? .....	47
Q58. 什么是自动隧道技术? .....	48
Q59. 什么是 6to4 隧道技术? .....	49
Q60. 应用层网关 (ALG) 的作用是什么? .....	51
Q61. 在什么情况下需要部署 NAT-PT/ALG? .....	51
Q62. 利用 MPLS 技术承载 IPv6 数据有几种方式? .....	53
Q63. 现有网络部署 IPv6 需要解决哪些问题? .....	55
Q64. 城域网向 IPv6 过渡需要升级哪些主要设备? .....	56
Q65. 在接入网上部署 IPv6 需要升级哪些设备? .....	56
Q66. 在接入网上部署 IPv6 与部署 IPv4 有区别吗? .....	56
Q67. 如何为宽带用户自动分配 IPv6 地址? .....	57
Q68. IPv6 多播与 IPv4 多播有什么差别? .....	57
Q69. 在部署 IPv6 时应该如何选择和应用路由协议? .....	58
Q70. IPv6 网络应该采用什么服务质量保证措施? .....	58
<b>五、移动篇</b> .....	<b>60</b>
Q71. IPv6 在支持移动业务方面有何优势? .....	60

01	Q72. 3G 网络选用 IPv4 或 IPv6 协议时需要考虑	
11	哪些因素? .....	61
14	Q73. IPv6 在 3G 网络中将如何演进? .....	62
54	Q74. 移动网络给终端分配 IPv6 地址的方式有几种? .....	63
14	Q75. IPv6 IPSec 在 3GPP IMS 网络中有哪些应用? .....	66
14	Q76. IPv6 对于 3G 业务安全性有哪些提升? .....	66
34	Q77. IETF 和 3GPP 在 IPv6 标准化方面如何	
	进行协调? .....	67
21	Q78. 移动 IPv6 的设计目标是什么? .....	67
21	Q79. 移动 IPv6 有哪些主要实体? .....	67
21	Q80. 移动 IPv6 的基本工作原理是怎样的? .....	69
04	Q81. 移动 IPv6 的工作流程是怎样的? .....	70
14	Q82. 移动 IPv6 比移动 IPv4 有哪些改进? .....	71
34	Q83. 如何理解移动 IP、链路层移动和应用层	
04	移动之间的关系? .....	72
14	<b>六、业务篇</b> .....	74
16	Q84. 现有互联网业务和基于 IPv6 的业务之间	
12	是什么关系? .....	74
07	Q85. IPv6 和软交换系统是什么关系? .....	74
02	Q86. 如何实现 IPv4 网络和 IPv6 网络的业务互访? .....	75
02	Q87. 目前的互联网应用如何修改才能	
12	支持 IPv6 协议? .....	75
07	Q88. IPv6 在支持哪些业务方面比 IPv4 有优势? .....	76
82	Q89. IPv6 在家庭网络环境中的作用如何? .....	77
82	Q90. 如何理解 IPv6 的“杀手级”应用? .....	78
00	Q91. 目前主流的操作系统支持 IPv6 的情况如何? .....	78
00	Q92. 目前主流应用软件支持 IPv6 的情况如何? .....	79
00	Q93. 目前 IPv6 方面的业务开发进展如何? .....	80

---

Q94. IPv6 在智能交通中有什么作用? .....	81
Q95. IPv6 和 RFID 有什么关系? .....	81
Q96. IPv6 和 IMS 业务系统的关系是怎样的? .....	82
Q97. IPv6 在支持 P2P 应用方面有哪些优势? .....	83
Q98. 基于 IPv6 安全特性可以开发哪些可能的应用? .....	84
Q99. IPv6 在新农村信息化中应用如何? .....	85
<b>七、市场政策篇</b> .....	<b>87</b>
Q100. 推动 IPv6 发展的主要因素有哪些? .....	87
Q101. IPv6 在国外部署和应用情况如何? .....	88
Q102. 什么是中国的 CNGI 工程, 目前进展如何? .....	89
Q103. IPv6 在国内市场发展状况如何? .....	90
Q104. 国产 IPv6 网络设备有哪些? .....	90
Q105. 国产 IPv6 终端有哪些? .....	91
Q106. 美国对 IPv6 的态度如何? .....	91
Q107. 日本、韩国对 IPv6 技术的政策如何? .....	92
Q108. 欧洲国家对 IPv6 技术的政策如何? .....	93
Q109. IPv6 峰会的情况如何? .....	93
Q110. 什么是“IPv6 ready”标识计划? .....	94
Q111. 国内外已运营的 IPv6 网络对我们有什么 借鉴之处? .....	95
Q112. 现阶段影响和制约 NGI/IPv6 发展的 因素有哪些? .....	96
<b>附录 缩略语</b> .....	<b>98</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>104</b>

## 一、基础篇

---

### Q1. 什么是 IPv6?

答：目前的全球互联网所采用的协议族是 TCP/IP，IP 是 TCP/IP 协议族中网络层的协议，是 TCP/IP 协议族的核心协议。目前 IP 协议的版本号是 4，简称为 IPv4，它的下一个版本就是 IPv6，即第六版互联网协议。IPv6 仍旧采用存储转发机制，它的最显著的特征是采用了 128bit 长度的地址结构，使网络地址空间显著增大。IPv4 采用 32bit 地址长度，只有大约 43 亿个地址，估计在 2010 年间将被分配完毕，而 IPv6 采用 128bit 地址长度，几乎可以不受限制地提供地址。IPv6 可以彻底解决传统互联网存在的 IP 地址不足的问题，恢复了原来因地址受限而失去的端到端连接功能，并将促进互联网的进一步普及与发展。

### Q2. 为什么要提出 IPv6?

答：以 IPv4 协议为基础的传统互联网在取得巨大的成功的同时，也存在着许多问题。首先，互联网成功转入商业领域导致了对于 IP 地址的大量需求，而且这种需求还在进一步增加。其次，随着无线网络的飞速发展，将来每个手机、每个用户都需要自己的 IP 地址，这加大了对于 IP 地址的海量需求。而且，全球 IPv4 地址分配的不合理和不均匀造成了 IP 地址的大量浪费，这使 IPv4 地址资源在近几年内将逐渐被消耗完，并将严重制约互联网的进一步发展。为了解决地址不足的问题，目前 IPv4 网络中引入的网络

地址转换 (NAT) 设备和技术, 不仅影响了网络的性能, 而且很多应用无法穿透 NAT, 对于业务的部署和开展造成了许多障碍。其次, 目前的应用对网络安全提出了越来越高的要求, 而 IPv4 由于先天缺乏对安全类协议的支持, 不能很好地满足网络和业务安全的需求。其他的一些功能, 如移动性、多播、即插即用等, IPv4 也存在不同程度上的缺陷和实现难度。

1992 年, IETF 意识到 IPv4 地址在全球存在短缺, 以及 IPv4 协议的技术局限性, 于是就开始着手研究下一代 IP 协议 (IPng), 这些工作主要体现在从 RFC 1550 开始的一系列 RFC 中。经过大量的讨论, IPv6 在 1995 年 IPng 建议的选择中胜出, 在 1998 年形成了 IPv6 的基础规范 RFC 2460。

### Q3. IPv6 有哪些特点?

答: 与 IPv4 协议相比, IPv6 协议主要有如下特点。

#### (1) 巨大的地址空间

IPv6 地址长度为 128bit (16 字节), 是 IPv4 地址长度的 4 倍。理论上, IPv6 有  $2^{128}$  即大约 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 ( $3.4 \times 10^{38}$ ) 个 IP 地址, 大约是 IPv4 地址空间的  $9 \times 10^{28}$  倍。

#### (2) 高效的层次型寻址及路由结构

IPv6 地址采用聚类机制, 定义了非常灵活的层次型寻址及路由结构, 如果规划合理, 可显著减少骨干路由器维护的路由表条目。

#### (3) 无状态地址配置

该机制使主机可以自动生成地址, 避免了手工配置的低效性, 实现了主机的即插即用功能, 也可以减少网络维护和管理的管理负担。

#### (4) 内置的安全措施

IPv6 中内嵌支持 IPSec 协议, 通过统一标准的安全框架实现数据完整性、数据私密性、身份认证和防抵赖功能。IPSec 由两种扩展报头 (AH、ESP) 和 Internet 密钥交换 (IKE) 协议组成, 其



中, AH 为 IPv6 数据包提供了端到端数据完整性检验机制; ESP 为 IPv6 数据包提供完整性和机密性保护; IKE 则是一种允许通信实体获取经过验证的制钥材料并且管理安全关联 (SA), 以提供 IPSec 内的 AH、ESP 服务使用的协议。

#### (5) 增强对 QoS 的支持

IPv6 包头中提供“流量类型”(Traffic Class)和“流标记”(Flow Label)字段, 通过它们可以增强在服务质量方面的能力; 发送节点和转发路由器通过“流量类型”字段来区分数据包的类别和优先级, 路由器可以通过“流标记”字段对属于一个流的数据包进行识别和特殊处理, 极大地促进了实时性流量的处理。

#### (6) 对移动 IP 更好的支持

移动 IPv6 的结构比移动 IPv4 更加简单, 并且容易部署, 由于 IPv6 主机具备了通信节点 (CN) 的功能, 当与移动节点通信时, 每台 IPv6 主机都可以执行路由的优化, 从而避免了三角路由问题; 其次, 得益于 IPv6 巨大的地址空间, 移动 IPv6 中取消了外地代理, 简化了部署; 此外, IPv6 的自动配置还简化了移动节点的转交地址的分配。

### Q4. 运营商当前的 IPv6 试验地址空间有多大?

答: 目前, 我国电信运营商主要从 APNIC 分配到/32 大小的 IPv6 地址块, 在 2002 年以前也有部分国内运营商和研究机构曾经从 6bone 组织 (一个全球性的 IPv6 试验性组织, 现由于完成试验使命已经停止运行) 分配到/28 大小的地址块, 但比例较小。2004 年后, APNIC、ARIN 等 RIR 机构就只分配/32 大小的地址块; 并在此基础上, APNIC 为各个运营商预留部分的/32 的地址空间, 以等待运营商的后续 IPv6 地址需求, 并保证良好的地址可聚类性。如中国电信在 2002 年从 APNIC 申请到 2001:0c68::/32 的 IPv6 试验地址块。/32 大小的 IPv6 地址理论上最大可标识  $2^{96}$  个主机节点, 是一个 IPv4 A 类地址空间大小的  $2^{72}$  (4 722 366 482 869 645 213 696) 倍。