



国际信息工程先进技术译丛

WILEY

3GPP网络中的IPv6部署： 从2G向LTE及未来移动宽带的演进

Deploying IPv6 in 3GPP Networks

Evolving Mobile Broadband from 2G to LTE and Beyond

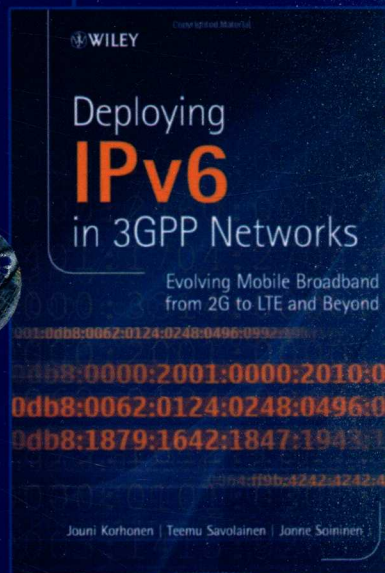
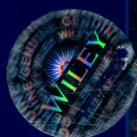
尤尼·高亨(Jouni Korhonen)

[芬] 缇牟·萨沃莱能(Teemu Savolainen) 著

乔恩·索纳能(Jonne Soininen)

孙玉荣 王玲芳 闫岫 等译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

3GPP 网络中的 IPv6 部署： 从 2G 向 LTE 及未来移动宽带的演进

尤尼·高亨 (Jouni Korhonen)

[芬] 缇牟·萨沃莱能 (Teemu Savolainen) 著

乔恩·索纳能 (Jonne Soininen)

孙玉荣 王玲芳 闫 岫 等译



机械工业出版社

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Ltd.

All Right Reserved. This translation published under license. Authorized translation from English language edition, entitled < *DEPLOYING IPv6 IN 3GPP NETWORKS: EVOLVING MOBILE BROADBAND FROM 2G TO LTE AND BEYOND* >, ISBN: 978-1-118-39829-6, by Jouni Korhonen, Teemu Savolainen and Jonne Soininen, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版, 未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有, 翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2013-7265 号

图书在版编目 (CIP) 数据

3GPP 网络中的 IPv6 部署: 从 2G 向 LTE 及未来移动宽带的演进 / (芬) 高亨 (Korhonen, J.) 等著; 孙玉荣等译. —北京: 机械工业出版社, 2015. 9

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: DEPLOYING IPV6 IN 3GPP NETWORKS

ISBN 978-7-111-51259-2

I. ①3… II. ①高… ②孙… III. ①计算机网络—通信协议
IV. ①TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 195579 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张俊红 责任编辑: 吕 潇

版式设计: 霍永明 责任校对: 刘雅娜

封面设计: 马精明 责任印制: 李 洋

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 21 印张 · 470 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-51259-2

定价: 89.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书内容涵盖互联网协议版本 6 (IPv6) 在蜂窝移动宽带当前业界标准中的定义和采取这条路线的技术原因, 以及当前部署的真实情况。本书给出了作者认为在未来数年如何改进 IPv6 相关的高级 3GPP 网络的观点、在 3GPP 移动宽带环境中正确地实现和部署 IPv6 的方法以及当具体实施时可能面对的问题。本书涉及从 2G 到 LTE 的 3GPP 技术, 并提供了未来发展的思路。

本书适合部署 IPv6 网络的运营商、网络厂商以及涉及 IPv6 相关开发的应用开发商或手机制造商的工程技术人员和研究人员阅读。本书也可希望在 IPv6 网络知识和在 3GPP 网络中对 IPv6 过渡感兴趣的计算机、通信相关专业在校本科生和研究生提供参考。

译者序

从20世纪80年代开始,互联网逐步走出实验室,首先挣脱其ARPANET的幼稚园阶段,接着步入NSFNET的小学阶段,随后在一家公司的牵头下,进行了商业化尝试的中学阶段。此时有识之士已经预感到互联网的基石IPv4可能面临的困境,即地址的短缺。他们在20世纪90年代就开始提出IPv6,探索各种方法。正是在这个阶段,互联网一举跨过规模化部署的门槛,呈现出欣欣向荣的景象。但地址短缺这个“阿喀琉斯脚踝”仍然存在,成为IPv4挥之不去的阴影。倡导IPv6的专家学者找出了IPv4的种种劣势,以此说明IPv6被采用的必要之处,但总而言之,IPv4的致命点仅仅是地址短缺而已。IPv6终将随着IPv4地址的耗尽而被采用。尽管如今IPv4的公共地址已经宣称正式耗尽,然而由于IPv4地址分配管理的不合理性——在其分配过程中,许多机构或国家得到大块的地址段,至今还存在大量空闲地址——所以IPv6要取代IPv4,仍然有较长的路要走。本书正是在这样的背景下引入的,以引领国内读者提前进入IPv6替代IPv4的准备阶段。

本书内容涵盖IPv6在蜂窝移动宽带当前业界标准中的定义和采取这条路线的技术原因,以及当前部署的真实情况。本书给出了作者认为在未来数年如何改进IPv6相关的高级3GPP网络的观点、在3GPP移动宽带环境中正确地实现和部署IPv6的方法以及当具体实施时可能面对的问题。本书涉及从2G到LTE的3GPP技术,并提供了未来发展的思路。本书讲解了两个重要专题——互联网的移动宽带接入和迁移到互联网协议版本6(IPv6)。

本书结构如下:第1章以互联网技术和将互联网迁移到IPv6的背景和隐含意义的概述作为开篇;第2章介绍了3GPP的基本知识;第3章的主题是IPv6技术,给出了IPv6如何工作的深入理解;第4章讨论了IPv6如何在3GPP移动宽带网络中工作;第5章给出了可用于3GPP网络中不同迁移策略的理解;第6章给出了与3GPP网络中IPv6未来相关领域的一种前瞻观点。

本书由王玲芳负责第1、6章以及第2章除2.4节外内容的翻译、全书统稿和审校工作;孙玉荣负责第3、4章以及第5章5.4~5.7节、序、前言、致谢、附录等内容的翻译工作;闫岫负责2.4节和5.1~5.3节内容的翻译工作。本书在翻译过程中,李虹、潘东升、李冬梅、吴秋义、王弟英、吴璟、游庆珍、李传经、王领弟、王建平、李睿、吴昊、王灵芹、张永、李志刚、左会高、申永林、潘贤才、刘敏、李钰琳、王青改、李倩、陈军、许侠林等同志也均参加了部分的翻译工作,在此表示感谢。同时感谢机械工业出版社的编辑和相关同志。

需要指出的是,本书的内容仅代表作者个人的观点和见解,并不代表译者及其所在单位的观点。另外,由于翻译时间比较仓促,疏漏错误之处在所难免,敬请读者原谅和指正。

译者于北京

原 书 序

我是幸运的，当因特网还是 ARPA 的一个相对较小的研究项目时，我就已经参与其中。从 1978 年开始，我就在马萨诸塞州剑桥，与 Bolt、Beranek 和 Newman 一起研究 ARPANET 和早期因特网，那绝对是在正确的时间和正确的地点，我能够作为研究组的一员与真正发明因特网的人们一起工作。该组现在已经演变成核心因特网协议标准化的组织：因特网工程任务组（Internet Engineering Task Force, IETF）。

在 20 世纪 90 年代早期，我们就认识到当时因特网版本（IPv4）中使用的地址空间将出现问题，我们看到 IPv4 地址空间的 B 类部分正在快速消耗，当时还是在万维网成为因特网增长的一个因素之前的情况，因特网大部分是由联网的大学和研究组织组成的，应用范围也是非常基本的。即使那时看到了快速增长——虽然有点事后诸葛亮的味道——那也仅是后来将要发生的事情的点滴暗示而已。

这种暗示导致 IETF 启动了一个项目，构造了因特网协议的一个新版本，被称作 IP 下一代（IP next generation, IPng）项目，考虑了许多不同方法，且都投入了大量精力，不出所料，接下来项目组内发生了非常激烈的争论。在最后，选择了现在称为 IP 版本 6（IPv6）的协议。由 Stephen Deering 和我共同领导了这项工作。

新版本因特网协议的开发解决了两个问题，一个是技术问题，一个是“政治问题”。“政治问题”是在当时 TCP/IP 因特网还不是确定的事物，它没有得到当时大型电信公司、政府或像 ANSI 和 ITU 的官方标准组织的支持。虽然当时就一种新的数据网络是人们所期望的这一点，存在广泛的一致，但就该网络应该基于什么架构之上还不存在任何一致意见。TCP/IP 因特网当时也许不太可能成为那时所谓的“信息高速公路”，就这一点而言，它是“黑马”。另外，多数其他标准组、政府和大型电信公司甚至不知道 IETF，因为它是纯粹自发性组织，没有任何法律支持。我们不被看作“有效组织”。

结果是，随着更多的人开始听说 TCP/IP 因特网没有技术性的未来，因为它会很快用光地址，于是它成为了一个重大的“政治问题”。IPv6 的开发和标准化解决了这个问题。如果没有开发 IPv6，也许不会有当前的 TCP/IP 因特网。

IPv6 也解决了用光 IP 地址的技术问题。这是我们当时意图解决的主要问题，也是如今 IPv6 正在部署的主要原因。我在评估新技术（联网和其他技术）和下结论时的首要标准就是看它们意图解决的问题是否仍然存在，也就是说，它是寻找一个问题的一种解决方案，还是它将焦点放在一个真实问题上？很明显，IPv6 是后一种情况的一个例子。设计 IPv6，是为了解决 IPv4 地址耗尽问题，没有尝试进一步解决某个其他问题。这是它今天正被部署的原因。

就因特网从早期日子成长起来而言，我认为增长才刚刚开始。我们远离了联网计算机非常巨大且充满房间的日子，来到了联网的计算机可装入衬衫口袋，从许多人共

享单一大型计算机到了每个人有许多计算机的日子。因特网的这个阶段还没有完成，因为世界上各处的人们都可以访问计算机和因特网的时代还没有到来，但我们正迈向这个目标。在因特网增长的这个持续阶段，IPv6 是一个必要元素。

因特网增长的下一阶段将是不同的，且是非常广泛的。除连接人们外，它将连接“物”。因特网增长的当前阶段正使因特网更广和更高——下一阶段将使它更密。我们正在走向这样一个世界，其中连接了越来越多的“物”，各设备不直接与人关联，如传感器、仪器、娱乐设备、照明控制、电源分配和汽车。仅仅是每种事物都将有台计算机在其内部，并将被连接到因特网。对于因特网增长的这个阶段，IPv6 是必需的。

总之，IPv6 解决了在一个非常大型的因特网中寻址的问题。因特网以许多方式改变了世界，IPv6 将使因特网继续增长，这种增长将持续为世界带来益处。如今，运行在蜂窝网络中的 IPv6，将在因特网的持续增长中扮演重要角色。

从 1998 年到 2009 年，我在诺基亚公司的各种工作组中工作并担任过许多职位，离开时的头衔是诺基亚 Fellow (Nokia Fellow)。我非常了解 Jouni、Teemu 和 Jonne，为他们的书作序，我感到荣幸，他们以极大的热情投入 3GPP 标准化工作，负责将 IPv6 引入 3GPP，并使 IPv6 成为移动协议标准的组成部分。

我相信本书将为 IPv6 在移动因特网设备中的部署做出重要贡献。

在 IETF 我们将给出一句贺词。意思是“荣誉归属 Jouni、Teemu 和 Jonne，他们撰写了这本有用的书，荣誉归属 IPv6 的全球部署”。

Robert Hinden

加州 Palo Alto

原书前言

本书的故事开始于2010年3月,当时 John Wiley & Sons 有限公司找到 Teemu, 请他评审一本书的选题。在评审这项选题时, Teemu 产生了写一本以 IPv6 为主题的书的想法, 觉得撰写这样一本书将会很有意义。原始思路是撰写一本有关“IPv6 多寻址”的书, 在本书的第6章我们将谈及这个话题。2010年8月, Teemu 和 Jouni 正在进行称为“无线宽带接入 (WiBrA)”的一项芬兰 TEKES 联合资助的研究项目, Teemu 问 Jouni 是否感兴趣共同撰写这本有关“高等 IPv6 多寻址”的一本书, Jouni 是感兴趣的, 但也提出了稍有不同的焦点。在2010年和2011年期间, Wiley 公司周期性地与我们接触, 并耐心地提示我们发送这本书的详细选题。因为当时我们忙于解决雇主的实际 IPv6 问题, 并在 WiBrA 下开展研究, 且花费时间参加各种 IETF 和 3GPP 标准化活动, 现在回想起来, 其实那时这本书的各部分内容似乎已经非常完好地到位了, 因为我们将前期大部分时间用在获取实际经验和知识上, 这极大地影响了本书的细节。

在2011年秋, Teemu 和 Jouni 把更多的精力投入到实际撰写本书上, 并找到 Jonne, 请他作为第三作者。我们过去都相互认识, 因为我们都为相同时间为诺基亚或诺基亚西门子网络公司工作。有我们三个, 我们想我们将具有足够的技巧和经验撰写本书: Teemu 具有手机实现的背景; Jouni 具有蜂窝网络运行和网络设备实现的背景; Jonne 具有作为网络设备实现和 IPv6 的长时间从业人员的背景。我们三个都活跃在 3GPP 和 IETF 标准化活动中, 当 IPv6 打入 3GPP 标准中时 Jonne 已经参加了 3GPP。我们一共有 30 年以上的 IPv6 经验。

我们三个一起, 开始计划写 150~200 页的一本书, 但很快增加到接近 400[⊖] 页。同时范围从多寻址改变为描述 3GPP 网络中 IPv6 的基本知识, 因为我们认为, 相比于将焦点放在 IPv6 的高级使用方面, 描述在 3GPP 蜂窝系统中如何实现 IPv6 的需求更大。400 页大约是 2012 年 Wiley 同意的书选题的幅面。在完成时, 该书有 398 页。

我们同意并认为将本书在 2013 年年中正式出版的计划是可行的。依据从其他地方得到的经验, 无论如何, 9 个月应该足够完成一个项目。我们利用业余时间撰写本书, 几乎作为一项爱好, 同时履行我们的日常工作职责。也许受到 TCP 设计的影响, 我们进入慢启动模式, 我们生活在不同城市, 且因此我们的工作模式实际上基于电话、电子邮件和一个仅支持 IPv6 的基于 SVN 的版本控制工具 (Jouni 为我们建立的)。我们的面对面会面仅限于 IETF 会议 (我们都参加)。所以到了这个项目的中间点时, 我们才写了全书不到 1/3 的内容, 这导致 2012 年 8 月到 10 月我们不得不加班加点, 因为我们不希望错过 2013 年年中出版的目标, 所以我们不得不从其他地方争取时间, 典型的是将

⊖ 指英文版原书页数, 后同。——译者注

睡眠时间大量减少了。

尽管编写过程显得如此漫长，我们发现这个专题是有趣的，且写起来也是有教育价值的。IPv6 是具有许多细节和特征的一项令人感兴趣的技术，它提供了纯学术兴趣、工程美学、修正和补丁、政治和经济以及未来的研究机会，总之它反映了人类如何工作和构造这个世界：从简单细节构建非常复杂的系统。

希望这本书会帮助您在 IPv6 本身尤其在 3GPP 系统中站稳脚跟，本书为您提供了这项技术的知识框架，并由此在将知识应用到实际提供帮助，同时它也使通过引文、参考文献和其他地方学习更多领域成为可能。

Jouni、Teemu、Jonne

原书致谢

首先,感谢我们的家庭,感谢他们在本书撰写过程中对我们的支持和容忍,如果没有家庭的支持,将不可能产生本书所要求的精力投入。

我们也感谢我们的雇主——诺基亚、诺基亚西门子网络和 Renesas 移动公司,感谢他们在我们利用空闲时间写作一本书时,没有使我们分心,感谢他们为我们提供了在 IPv6、标准化和业界协作领域的数年工作机遇。如果没有能够研究实际的真实生活问题,将不能学习到形成本书绝大部分内容的那些知识。

主要致谢也送给诺基亚设备部门,它提供给我们支持 IPv6 的设备。最新的设备是 21M-02 USB 调制解调器,它能够打开 IPv4/v6 类型的 PDP 语境,使有趣的新测试场景成为可能。在此之前,自 2004 年左右开始我们有幸测试了一系列手机,它们使收集蜂窝 IPv6 用途的经验成为可能。也感谢芬兰 Telia Sonera 的 Ilkka Keisala,通过芬兰 TEKES WiBrA 项目,无偿为我们安排了支持 IPv6 的 SIM 卡,使我们也可在漫游场景中试验 IPv6。

Teemu 牺牲了陪伴三个小孩 Emil、Nea 和 Elias 以及配偶 Hanna 的时间,用来撰写本书——抱歉。感谢诺基亚的所有经理、同事和下属,他们提供了与 IPv6 实现和标准化一起工作的可能性,帮助 Teemu,使 Teemu 发现有趣的问题,感谢他们在日常工作中支持 Teemu。特别感谢 Petri Vaipuro,在 2001 年,他雇用 Teemu 承担 TCP/IPv6 的实现任务,如此提供了转到这项技术的机会,感谢 Juha Wiljakka,他将 IPv6 标准化和 IETF 中的秘密教会了 Teemu。

Jouni 再次向其妻子道歉,就严苛的撰写期间心不在焉而道歉。在家庭生活质量和时间的代价下完成了本书。Jouni 也感谢西门子网络公司 NeVe 实验室中的高水平技能的同事 Kari Tiirikainen 和 Mark Stoker 等,感谢他们为他提供了最新软件发行版本到处尝试的完全访问权,并容忍他对有关设置细节提出的各种新手问题。Gyorgy Wolfner 和 Giorgi Gulbani 提供了过去数年间有关 3GPP 规范细节的极有价值的深邃见解。也同样感激诺基亚西门子网络智能实验室,感谢他们为 Jouni 提供最新的支持 IPv6 的手机和在 TEKES WiBrA 项目中使用的原生 IPv6 互联网访问。Jouni 也感谢 Paulig 提供的 Presidentti 咖啡,他将从中得到的精力注入到了编写本书的工作之中。

Jonne 感谢他的妻子 Anoush 和孩子 Sofia、Matias,感谢他们在本书项目期间的卓越支持,这个项目限制了真正拥有高质量家庭生活时间和完成任何其他事情的可能性,只能呆在家中而已。Jonne 也感谢他在 Renesas 移动公司的经理 Erkki Yli-Juuti,感谢他在整个写书项目过程中的支持。Jonne 感谢 Bob Hinden、Steve Crocker、Pertti Lukander、David Kessens、Mikko Puuskari 和 Jaakko Rajaniemi,感谢他们的引导、理解和联合领导,以及在学习 3GPP 技术、标准化的秘密,特别是从电信切换到互联网思维期间等数年间

的支持。另外, Jonne 感谢 Juha Wiljakka, 感谢在诺基亚工作期间作为一名合作伙伴的卓越协作工作, 同时当全球 IPv6 部署还没有像今天这样明朗的当时情况下一起研究 IPv6。

最后, 感谢 John Wiley & Sons 有限公司、Laserwords 私营有限公司和 Archive 出版社的友好人士, 感谢他们在将这个项目成书和上市过程中提供的帮助。特别感谢 Alexandra、Catherine、Claire、Krupa、Mark、Paul、Sandra、Sophia、Susan 和 Teresa。

目 录

译者序

原书序

原书前言

原书致谢

第 1 章 引言	1
1.1 互联网和互联网协议引言	1
1.2 互联网原则	2
1.3 互联网协议	3
1.3.1 由网络组成的网络	5
1.3.2 路由和转发	6
1.4 互联网协议地址	7
1.4.1 IPv4 地址	8
1.4.2 IPv6 地址	10
1.5 传输协议	11
1.5.1 用户数据报协议	11
1.5.2 传输控制协议	11
1.5.3 端口号和服务	12
1.6 域名服务	12
1.6.1 DNS 结构	12
1.6.2 DNS 操作	13
1.6.3 顶级域	14
1.6.4 国际化的域名	15
1.7 IPv4 地址耗尽	15
1.7.1 IP 地址分配	15
1.7.2 IPv4 地址耗尽的历史	17
1.8 迄今为止 IPv6 的历史	18
1.8.1 IPv6 技术成熟度	18
1.8.2 IPv6 网络部署	19
1.9 正在进行的蜂窝部署	20
1.10 本章小结	20
1.11 建议的阅读材料	21
参考文献	21

第2章 3GPP 技术基础	24
2.1 标准化和规范	24
2.1.1 3GPP 标准化过程	24
2.1.2 IETF 标准化过程	28
2.1.3 3GPP 生态系统中的其他重要组织	29
2.2 3GPP 网络架构和协议简介	29
2.2.1 GSM 系统	30
2.2.2 通用分组无线服务	31
2.2.3 演进的分组系统	36
2.2.4 控制平面和用户平面及传输层和用户层隔离	38
2.3 3GPP 协议	39
2.3.1 控制平面协议	40
2.3.2 用户平面协议	46
2.3.3 GPRS 隧道协议版本	48
2.3.4 基于 PMIP 的 EPS 架构	48
2.4 移动性与漫游	50
2.4.1 移动性管理	51
2.4.2 漫游	52
2.4.3 3GPP 外的移动性管理	52
2.5 IP 连接能力的中心概念	53
2.5.1 PPP 语境和 EPS 载波	53
2.5.2 APN	55
2.5.3 流量流模板	55
2.5.4 3GPP 链路模型原则	56
2.5.5 多条分组数据网络连接	58
2.6 用户设备	59
2.6.1 传统 3GPP UE 模型	59
2.6.2 分离的 UE	60
2.7 订购管理数据库和其他后端系统	61
2.7.1 归属位置寄存器和认证中心	61
2.7.2 归属用户服务器	61
2.7.3 设备身份寄存器	62
2.7.4 其他后端系统	62
2.8 从用户设备到互联网的端到端视图	62
2.8.1 GPRS	62
2.8.2 EPS	64
2.9 本章小结	65
2.10 建议的阅读材料	65
参考文献	65

第 3 章 IPv6 简介	69
3.1 IPv6 寻址架构	69
3.1.1 IPv6 地址格式	69
3.1.2 IPv6 地址类型	70
3.1.3 IPv6 地址范围	70
3.1.4 IPv6 寻址区	72
3.1.5 网络接口上的 IPv6 地址	72
3.1.6 接口标识符和修改的 EUI-64	72
3.1.7 IPv6 地址空间分配	73
3.1.8 特殊的 IPv6 地址格式	74
3.1.9 IPv6 地址的文本表示	75
3.2 IPv6 分组首部结构和扩展性	76
3.2.1 流量类和流标签	77
3.2.2 IPv6 扩展首部	78
3.2.3 MTU 和分片	81
3.2.4 组播	82
3.3 互联网控制消息协议版本 6	85
3.3.1 错误消息	87
3.3.2 信息型消息	88
3.4 邻居发现协议	88
3.4.1 路由器发现	89
3.4.2 参数发现	90
3.4.3 在链路上判定	91
3.4.4 链路层地址解析	91
3.4.5 邻居不可达性检测	92
3.4.6 下一跳判定	93
3.4.7 重复地址检测	93
3.4.8 重定向	94
3.4.9 安全邻居发现	94
3.4.10 邻居发现代理	95
3.5 地址配置和选择方法	96
3.5.1 无状态地址自动配置	96
3.5.2 DHCPv6	98
3.5.3 IKEv2	103
3.5.4 地址选择	104
3.5.5 隐私和以密码学方式产生的地址	106
3.5.6 路由器选择	107
3.6 IPv6 链路类型和模型	108
3.6.1 点到点链路路上的 IPv6	109

3.6.2 共享媒介上的 IPv6	109
3.6.3 链路编址	110
3.6.4 链路类型的桥接	111
3.7 移动 IP	111
3.7.1 监测网络附接	112
3.7.2 基于主机的移动 IP	112
3.7.3 基于网络的移动 IP	114
3.8 IP 安全性	115
3.8.1 安全协议	116
3.8.2 安全关联	117
3.8.3 密钥管理	117
3.8.4 密码学算法	117
3.8.5 MOBIKE	117
3.9 应用编程接口	118
3.9.1 套接字 API	118
3.9.2 地址组无感知 API	118
3.9.3 IP 地址字面文本和唯一的资源标识符	118
3.9.4 “幸福的眼球”	119
3.10 IPv6 对其他协议的隐含意义	120
3.10.1 传输层协议	120
3.10.2 域名系统	121
3.10.3 应用	125
3.10.4 互联网路由	125
3.10.5 管理信息库	127
3.11 确认和认证	127
3.11.1 测试套件	128
3.11.2 IPv6 就绪标志	128
3.12 IPv6 分组流的例子	129
3.12.1 以太网上的 IPv6	129
3.12.2 采用 DNS 和 TCP 的 IPv6	135
3.13 本章小结	138
参考文献	139
第4章 3GPP 网络中的 IPv6	146
4.1 PDN 连接服务	146
4.1.1 载波概念	147
4.1.2 PDP 和 PDN 类型	149
4.1.3 3GPP 中的链路模型	150
4.2 端用户 IPv6 服务对 3GPP 系统的影响	154
4.2.1 用户、控制和传输平面	154

4.2.2	受到影响的联网单元	155
4.2.3	计费和计账	162
4.2.4	外部 PDN 接入和 (S) Gi 接口	163
4.2.5	漫游挑战	168
4.3	端用户 IPv6 服务对 GTP 和 PMIPv6 协议的影响	169
4.3.1	GTP 控制平面版本 1	169
4.3.2	GTP 控制平面版本 2	171
4.3.3	GTP 用户平面	174
4.3.4	PMIPv6	174
4.4	IP 地址指派、配置和管理	174
4.4.1	寻址假定	174
4.4.2	无状态 IPv6 地址自动分配	177
4.4.3	有状态 IPv6 地址配置	179
4.4.4	延迟的地址分配	179
4.4.5	静态 IPv6 寻址	180
4.4.6	IPv6 前缀委派	182
4.4.7	NAS 协议信令和 CP 选项	185
4.4.8	带有 IPv4 和 IPv6 地址配置的初始 E-UTRAN 附着例子	189
4.5	载波建立和回退场景	191
4.5.1	初始连接建立	191
4.5.2	与较早期发行版本的后向兼容能力	192
4.5.3	双地址载波标志	192
4.5.4	在一个 PGW 中被请求 PDN 类型的处理	192
4.5.5	回退场景和规则	193
4.5.6	RAT 间切换和 SGSN 间路由区域更新	195
4.6	信令接口	196
4.6.1	IPv6 作为传输层	196
4.6.2	信息元素层次中的 IPv6	196
4.7	用户设备特定考虑	197
4.7.1	IPv6 和被影响的层	197
4.7.2	主机 UE 所必须支持的 RFC	199
4.7.3	DNS 问题	201
4.7.4	就绪提供	201
4.7.5	IPv6 栓链法	202
4.7.6	IPv6 应用支持	204
4.8	组播	204
4.9	已知的 IPv6 问题和异常	205
4.9.1	IPv6 邻居发现考虑	205
4.9.2	PDN 连接模型和多个 IPv6 前缀	209

4.10 IPv6 特定的安全考虑	210
4.10.1 IPv6 寻址威胁	210
4.10.2 IPv6 第一跳安全	212
4.10.3 IPv6 扩展首部被非法利用	213
4.11 本章小结	215
参考文献	215
第5章 3GPP 网络的 IPv6 过渡机制	224
5.1 过渡机制的诱因	224
5.2 技术概述	226
5.2.1 转换	226
5.2.2 封装	228
5.2.3 网状网络或星形网络	229
5.2.4 可扩展性的考虑	229
5.3 过渡工具箱	230
5.3.1 未包含在内的过渡方案	230
5.3.2 双栈	232
5.3.3 NAT64 和 DNS64	233
5.3.4 464XLAT	242
5.3.5 主机中的隆块	243
5.3.6 地址和端口号映射	244
5.3.7 其他隧道技术或基于翻译的过渡机制	247
5.4 3GPP 的过渡场景	249
5.4.1 过渡场景演进	250
5.4.2 双栈	251
5.4.3 纯 IPv6	252
5.4.4 双重转换	252
5.5 过渡对 3GPP 架构的影响	253
5.5.1 过渡对支撑基础设施的影响	253
5.5.2 IP 网络支持系统	254
5.5.3 依据 IP 能力对用户分类的工具	255
5.5.4 转换的隐含意义	257
5.5.5 在传输平面中对过渡的支持	257
5.5.6 漫游	257
5.5.7 延迟过渡到 IPv6 产生的影响	258
5.6 过渡到 IPv6	259
5.6.1 应用开发人员的过渡计划	260
5.6.2 电话厂商的过渡计划	260
5.6.3 网络运营商的过渡检查单	260
5.7 本章小结	262