

网络新技术 系列丛书 中文版

IPv6 The New Internet Protocol

Second Edition

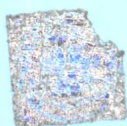
新因特网协议 IPv6

(第 2 版)

Christian Huitema 著

陶文星 胡文才 译

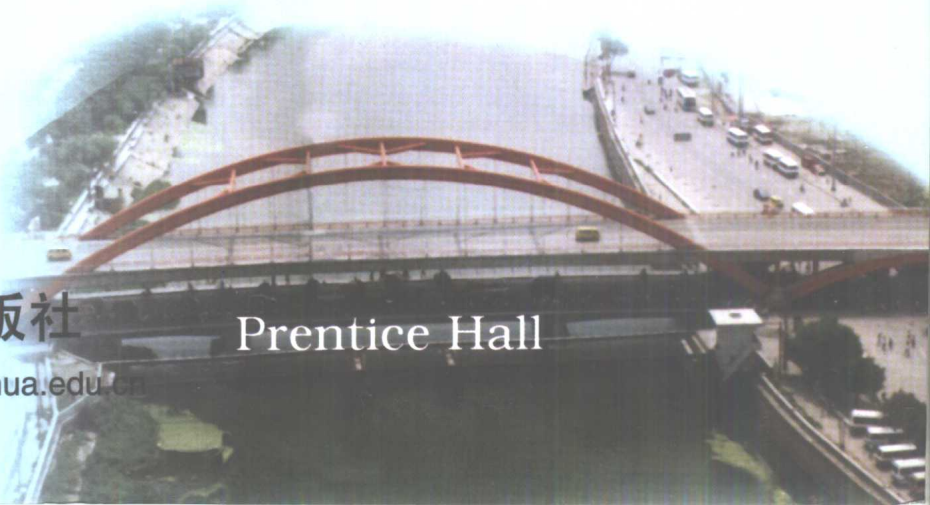
有悦 审校



清华大学出版社

Prentice Hall

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



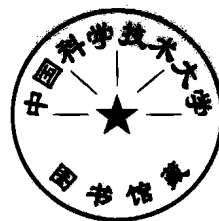
新因特网协议 IPv6

(第2版)

Christian Huitema 著

陶文星 胡文才 译

有悦 审校



清华大学出版社

Prentice Hall

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书从因特网协议发展的角度介绍了新因特网协议 IPv6。本书不但系统地讲述了 IPv6 的最新设计、地址分配和路由选择技术的演变、IPv6 的新特性以及新协议的推广策略,而且还讨论了与当前所采用技术相关的争论焦点问题。全书主要内容包括:IPv6 协议本身及新版本因特网控制报文协议 ICMP 的设计、各种地址格式、对多播的支持、基于因特网服务提供商的分址机制、IPv6 的自动配置、安全性和对实时通信的支持、从 IPv4 到 IPv6 的过渡过程以及有关 IPv6 的暂时定论等。这些介绍和讨论,对国内专业人事参与 Internet 协议相关的发展研究具有极其宝贵的价值。

本书是关于 IPv6 的经典之作,可为因特网研究人员和工程技术人员提供参考;本书还适合计算机和网络专业的高年级本科生和研究生,作为网络课程的参考书。

IPv6 The New Internet Protocol (Second Edition)

Christian Huitema

Copyright© 1998 by Prentice Hall PTR

Original English Language Edition Published by Prentice-Hall, Inc.

All Rights Reserved.

本书中文简体字版由西蒙与舒斯特国际出版公司授权清华大学出版社独家出版、发行。

未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

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。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-98-2212 号

书 名: 新因特网协议 IPv6(第 2 版)

作 者: Christian Huitema 著 陶文星 胡文才 译

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京市清华园胶印厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 印张: 10.75 字数: 227 千字

版 次: 2000 年 6 月第 2 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-02344-1/TP·2188

印 数: 0001~5000

定 价: 20.00 元

JS618/02

译者序

在因特网的发展研究中,有一个重要的部分就是对因特网协议本身的发展研究。要了解关于因特网协议研究的最新进展,“新因特网协议 IPv6”(第2版)是一本不可多得的材料。全书内容包括:

- IPv6 地址分配方案;
- 对多播和任意点广播的支持;
- 对实时多媒体和其他应用的支持;
- 对加密和验证的安全性增强。

通过本书的学习,我们可以了解到:IPv6 和 IPv4 到底有多大区别,在下一代因特网上如何设计网络、安装设备和软件,在过渡时期采用什么过渡策略(包括双栈策略和隧道技术),如何使 IPv6 协议“即插即用”,以最大限度地减少对其他网络软件和硬件的影响,以及如何在 ATM 网络上实施 IPv6 等。

本书的作者 Christian Huitema 博士是前任 Internet 体系结构委员会(IAB)的主席,现任因特网协会理事,目前担任新泽西州的 Bellcore 因特网体系结构研究实验室的首席科学家,领导因特网服务质量和因特网远程通话的研究。作者从居高临下的角度,不但系统地向读者展现出了一个清晰的 IPv6 的来龙去脉,而且把 Internet 工程委员会所倡导的学术民主气氛渲染给了读者。书中的“争论焦点”部分通过比较的方式,说明了为何选择当前出台的 IPv6 版本,这些信息对于国内专业人事参与 Internet 协议的发展研究具有宝贵的价值。

令人欣慰的是,目前国内一些机构也开始参与到 IPv6 的研究行列,例如中国教育和科研计算机网(CERNET)国家网络中心的 IPv6 试验网络已经加入 6bone 的骨干网,其网址是 <http://www.ipv6.net.edu.cn/>。我们真诚地希望,中国能有更多的人参与到因特网的发展研究中,为因特网的发展做出自己的贡献!

译者

于清华大学网络中心

1999 年 4 月 12 日

目 录

第 1 章 介绍	1
1.1 决策的准备工作	1
1.2 两年之久的方案竞争	3
1.3 新规范	4
1.4 争论焦点	4
1.5 参考资料	5
第 2 章 IPv6 的设计	6
2.1 IPv6 报头格式	6
2.1.1 新旧版本报头的比较	7
2.1.2 简化	7
2.1.3 修订传统参数	8
2.1.4 新增的字段	9
2.2 从选项到扩展报头	10
2.2.1 菊链式报头	10
2.2.2 路由选择报头	12
2.2.3 分段报头	13
2.2.4 目的站点选项报头	14
2.2.5 跳到跳选项报头	16
2.2.6 扩展报头的顺序	17
2.3 ICMP 的演变	18
2.3.1 差错报文	19
2.3.2 IPv6 Ping	21
2.4 对协议上层的影响	21
2.4.1 上层校验和	21
2.4.2 IPv6 的域名服务	23
2.4.3 编程接口	23
2.5 争论焦点	25
2.5.1 有必要超过 255 跳吗	25
2.5.2 目的地址的位置对吗	26

2.5.3	数据包的大小要大于 64K 字节吗	27
2.5.4	没有校验和能行吗	27
2.5.5	路由选择报头的结构应该是什么	28
2.5.6	DNS 的表示法应该要更加灵活吗	28
2.6	参考资料	30
第 3 章	路由选择和编址	31
3.1	地址结构	31
3.1.1	IPv6 地址的表示方法	31
3.1.2	初始分配方案	33
3.1.3	可聚集的全局单播地址	34
3.1.4	特殊地址的格式	36
3.1.5	测试地址	38
3.2	多播和联播	38
3.2.1	多播地址的结构	38
3.2.2	组标识符的结构	40
3.2.3	组管理	44
3.2.4	多播路由选择	45
3.2.5	联播	45
3.3	域间路由选择	46
3.3.1	从 CIDR 到提供者	47
3.3.2	从 BGP-4 到 IDRP	48
3.3.3	选择提供者	50
3.4	域内路由选择	51
3.4.1	OSPF 的更新	51
3.4.2	RIP 的更新	52
3.4.3	其他协议	53
3.5	争论焦点	53
3.5.1	地址的长度	54
3.5.2	提供者和垄断者	55
3.5.3	流和服务	56
3.5.4	可变格式和重编号	57
3.5.5	从 8+8 到 GSE	57
3.5.6	终点标识符和 TCPng	60
3.6	参考资料	61

第 4 章 即插即用	63
4.1 自动配置	63
4.1.1 链路局部地址	64
4.1.2 无状态自动配置	64
4.1.3 侦测地址重复	66
4.1.4 有状态配置	67
4.1.5 地址的生命期	68
4.1.6 动态主机配置	68
4.1.7 域名服务器的更新	73
4.2 地址解析	73
4.2.1 基本算法	74
4.2.2 重定向	76
4.2.3 非连接网络情况	78
4.2.4 从路由器获取信息	78
4.2.5 黑洞侦测	79
4.2.6 随机延迟	80
4.2.7 防止链路以外报文	80
4.2.8 控制路由器公告报文	81
4.3 高级特色	82
4.3.1 串行链路	82
4.3.2 非广播多路访问	82
4.3.3 联播服务器	83
4.3.4 代理服务器	83
4.3.5 多穴主机	84
4.3.6 更换接口板	85
4.3.7 IPv6 中移动节点的处理	85
4.4 到特定链路技术的映射	86
4.4.1 通过以太网运行 IPv6	86
4.4.2 通过 FDDI 运行 IPv6	87
4.4.3 通过令牌环运行 IPv6	88
4.4.4 通过 PPP 运行 IPv6	90
4.4.5 通过 ATM 运行 IPv6	91
4.5 争论焦点	93
4.5.1 为什么不只用 ARP	94
4.5.2 广播,还是多播	94

4.5.3	要支持移动吗	95
4.5.4	路由器配置	95
4.5.5	设置跳数极限	96
4.6	参考资料	97
第 5 章	引入安全机制	98
5.1	加密和认证	98
5.1.1	安全关联	98
5.1.2	认证报头	99
5.1.3	计算认证数据	100
5.1.4	加密的安全有效负载	101
5.1.5	认证和保密	103
5.2	密钥的分发	103
5.2.1	Photuris	103
5.2.2	SKIP	105
5.2.3	ISAKMP-OAKLEY	106
5.2.4	手工密钥分发	108
5.2.5	多播组的密钥分发	108
5.3	IPv6 安全机制的应用	109
5.3.1	管道和防火墙	109
5.3.2	移动主机	109
5.3.3	安全主机	110
5.3.4	邻机发现	110
5.3.5	路由选择协议	111
5.4	争论焦点	111
5.4.1	是否应该管制加密	111
5.4.2	所选算法是否正确	112
5.4.3	在网络层合适吗	113
5.4.4	是否需要额外的保护	114
5.5	参考资料	114
第 6 章	实时支持和流	116
6.1	一个难以理解的规范	116
6.1.1	定义流标签和优先级	116
6.1.2	流和策略路由	116

6.1.3 流不是虚电路	117
6.2 支持预留	117
6.2.1 特殊服务	118
6.2.2 使用 RSVP 和流	118
6.2.3 使用跳到跳选项	119
6.3 分层编码和优先级	119
6.3.1 分层传输	120
6.3.2 在大型多播组中不使用优先级	121
6.3.3 源相对优先级会加重阻塞	122
6.3.4 自适应程序	123
6.3.5 管制网络用法	123
6.3.6 修改优先级字段	124
6.4 争论焦点	125
6.4.1 是否使用流标签	126
6.4.2 是否预留	127
6.4.3 ATM 怎么样	127
6.5 参考资料	129
第 7 章 向 IPv6 过渡	131
7.1 双栈策略	131
7.1.1 支持两个 IP 层	131
7.1.2 域名服务器和 IP 地址的决定	132
7.1.3 过渡的关键	132
7.2 建设 6-Bone	133
7.2.1 选择 MTU	134
7.2.2 隧道和路由选择协议	135
7.2.3 隧道中的存活时间	135
7.2.4 控制隧道共享	136
7.2.5 隧道的挖掘和关闭	136
7.3 连接终端用户工作站	137
7.3.1 访问 IPv6 因特网	137
7.3.2 访问孤立主机	138
7.3.3 选择适合自动隧道的 MTU 和 TTL 值	139
7.3.4 配置和决定	140
7.4 早期发展	141

7.4.1	6Bone 的发展阶段	141
7.4.2	加入 6Bone	142
7.4.3	6Bone 地址	144
7.5	争论焦点	144
7.5.1	有必要实行过渡吗	144
7.5.2	隧道的安全风险	146
7.5.3	取代 IPv4 之后	147
7.6	参考资料	147
第 8 章	临时结论	149
8.1	最佳方案	149
8.2	最佳时机	150
8.3	里程碑	151
8.4	未来展望	152
术语		153

第 1 章 介 绍

1992 年 6 月的一个周六,我在大阪机场搭乘飞机,离开了日本的神户。我在神户刚参加完因特网协会的第一次会议。在会议召开的同时,因特网活动委员会(IAB)也同期举行了会议。飞机起飞后不久,我便打开笔记本电脑,开始撰写刚被会议采纳的新协议推荐草稿。回顾当初,在 1978 年选择 32 位长的地址可能是当时的最佳选择,但时间的发展已在事实上证明 32 位的地址长度太小。因特网正因此而面临网络编号耗尽、路由表膨胀、IP 地址耗尽的危险。因此,我们必须找到解决方案,我们迫切需要新版本的因特网协议。与会期间,经过解释说服工作,大家同意新版本协议将以“无连接网络协议”CLNP(ISO 所定义的协议,是开放系统互联体系结构的一部分)为基础发展。我在飞机上所写的草案就是要解释以下内容,即保留因特网体系结构的关键部分,将 CLNP 仅作为研究对象;对因特网进行升级以满足需要。我们希望以一个明确的目标团结因特网团体;即集中所有的努力,确保因特网的可持续发展。

1.1 决策的准备工作

我在飞机上完成草案后,星期一就按分类表把草案在内部分发。IAB 的成员对其进行了充分的讨论。在不到两周的时间内就改进到了第八版本。我们以为到此这个草案已经字斟句酌,可以拿出来讨论,说服因特网协会接受该方案了。然而,在此之后,事态发生了急剧变化。由于有些记者得到了消息,迫使 IAB 仓促发表了一个声明,致使因特网协会的很多人感到被背叛了。他们认为我们要将因特网出卖给 ISO,认为总部要将阵地交给多年对抗后最终被击败的对手。IAB 无权单独做出这样的决定。此外,CLNP 确实是对 IP 的低级模仿,是一个 10 年前设计的协议,早已被市场遗弃。我们为什么还要去拯救它呢?

在 IAB 发表声明之后,大批抗议的电子邮件汹涌而至。几个星期后,在 1992 年 7 月召开的因特网工程任务委员会(IETF)会议上,该 IAB 草案被正式撤消。此次事件导致整个 IETF 决议处理过程被彻底修改,修正了因特网工程指导委员会(IESG)、因特网体系结构委员会(IAB;原称因特网活动委员会)等管理者的角色。IAB 决定的取消也引发了一场竞争。几个工作组针对因特网危机同时开发了各自的解决方案,提出了各自的新的因特网协议(IP)版本。IESG 将这些工作组归到一个特殊的领域,该领域由 Scott Bradner 和 Alison Mankin 共同负责。该领域除了包括相互竞争的设计工作组外,还包括一些特殊的工作组。这些特殊工作组的任务是编制明确的需求的文档,或根据因特网的增长情况来评估风险。同时还成立了一个评判委员会,其成员包括因特网协会不同部门的各方面专家,

包括大用户、厂商和科学家。该评判委员会成为评估各种提案的评判组织。

决策过程中最明确的部分是对未来因特网规模的估计。这项工作实际上在 1991 年 IAB 起步时就开始了。我们都同意作一种基本假定,即因特网将会把世界上所有的计算机都连接起来。尽管今天只有约 2 亿台计算机,但这个数字增长很快,因为地球上的很多地方都在更为富有,工业化程度越来越高。完全有理由相信在不久的将来,更多的人会用上自己的笔记本电脑。事实上,当我们规划新的因特网时,再不考虑把所有的人都接入网就很不道德了。根据 1992 年对人口增长的估计,到 2020 年地球上将有 100 亿人。到那时,每个人都能拥有一台以上的计算机,为其提供服务。我们已经看到汽车里用上了计算机,不久我们还将看到家用电器如电冰箱、洗衣机里也会用上计算机,而且所有这些计算机都将连接到因特网上。当你的汽车制动系统需要维修时,汽车里的计算机就会给服务站发送警报消息;当你的心脏起搏器发现心律不齐时,起搏器里的计算机就会给你的心内科专家发送警报消息、请求治疗。我们甚至还会发现在每个灯泡里也会装上超微型计算机,以便我们能通过因特网发送消息,遥控关灯。每人拥有一百台计算机的设想并非完全是幻想。这样在 2020 年就将有一万亿台计算机。但有些专家已经看出,这个目标还是有点短视,我们必须设置一个更安全的临界值。于是,下一代因特网 IPng 的官方目标最终被确定为:通过 10^{12} 个网络,将 10^{15} 台计算机连接到一起。

有关因特网增长的精确调查告诉我们:即使是使用目前的 32 位地址、只允许我们连接 40 亿台计算机的情况下;在未来的几年内,还不会出现地址被用完的实际危险。我们每个月都能得到被分配的地址数目。如果我们按对数来描绘地址增长曲线,并对其进行延伸,我们将会看到;大约在 2005 年到 2015 年期间,曲线将达到理论上的最大值——40 亿。因此我们还有足够的时间开发新的协议,即我们现在所称的 IPng(下一代因特网协议)。不过,我们要考虑地址分配的有限利用率。我提出采用比值 H 来估计这个利用率:

$$H = \frac{\log(\text{地址数})}{\text{位数}}$$

比值 H 是已确实获取地址的站点数取以 10 为底的对数,除以以二进制位数所表示的网络地址长度。如果地址分配很理想,每位都分配 2 台主机,那么 10 位地址就是 1 024 台主机,以次类推。这样比值就等于以 10 为底 2 的对数值,大约是 0.301 03。实际上,地址分配不可能这样完美,网络的每个层次都有不同程度的无效(空闲)地址。从数学角度分析,比值的对数特征能反映出倍率效果。实际观察表明,在大型网络中的 H 在 0.22 ~ 0.26 之间取值,表明了当今地址分配的有效利用程度。

如果比值 H 确实介于 0.22 ~ 0.26 之间,那么 32 位地址能够分配给 0.11 ~ 2 亿台主机。我们应记住这点。尽管当前的因特网协议完全能满足连接当今世界上所有的计算机的需求,但对未来却未留余地。预测 2005 年到 2015 年地址将耗尽表明我们并未预期大家会在剩下的几年内蜂拥连入因特网。很可能我们的预期是错误的。事实上,我的确希望我们的预测是错误的——我真希望在未来几年内出现大家争先恐后地接入因特网的

局面。

我们从比值 H 还可以得到其他结论:如果我们想在新的因特网上连接 10^{15} 台计算机,那么按比值 0.22 计算,地址至少是 68 位,根据 0.26 计算地址至少是 57 位。我们在做最终决定时参考了这些数字。

1.2 两年之久的方案竞争

IAB 在神户开会的时候,只有 3 种有关新 IP 的侯选提案。第 1 种是使用 CLNP 的提案,称作 TUBA(大地址空间上的 TCP 和 UDP)。IP 和 CLNP 之间的最大不同是 CLNP 采用 20 个字节的网络服务访问点(NSAP)地址。这对于分配上万亿个网络地址当然是足够了。有关该提案的主要立足点是它已经在因特网上被采用。CLNP 和其伙伴协议,如 IS-IS 路由协议,都已经规范化,得到实际应用。该提案的副作用是使 OSI 和因特网的系列协议趋向一致。TCP,UDP 和 ISO 的传送都在 CLNP 上运行,协议之战将会结束。对这个提案的主要反对意见是;CLNP 在因特网上的推广非常有限,而且它是一个过时的效率很低的协议。实际上,它是 IP 的复制本,是早期企图使 IP 在 OSI 框架中标准化的产物。ISO 对 IP 的标准化使 IP 的很多特性被更改,以致使因特网协会极其不满。在 CLNP 中,采用了一种效率很低但却非常强大的校验和算法。IP 协议的 32 位字边界消失了,同时 ICMP 所提供的一些关键服务也不复存在。最终,使用 CLNP 的提案失败了,因为其支持者试图强制保留与 CLNP 规范的兼容性。他们不想改变 CLNP,增加 IP 最新的改进特性,如多播、移动和资源预留等。他们确实不想丢掉“已经在因特网上被采用”这个论点,即使 CLNP 的采用范围极其有限。

Robert Ullman 早在 1992 年 6 月给出了称为 IPv7 的提案。该提案在 1992 年和 1994 年期间内不断改进。在 1993 年其名字改为 TP/IX。新的名字反映了想在改变 IP 的同时改变传输控制协议 TCP 的愿望。提案包括加速包处理的挂钩,以及一种称为 RAP 的新型路由协议。该协议未能获得支持,在 IETF 中不受重视。它在 1994 年演化成一个新的提案,称为 CATNIP。提案试图定义出一种新的包格式,以便与 IP 和 CLNP,以及与 Novell 公司的 IPX 相兼容。虽然该提案也有一些令人感兴趣的特点,但在 1994 年 7 月,当仲裁委员会需要做出决定的时候,它还显得不够完善。

第 3 种在 1992 年 6 月递交的提案称作“IP in IP”。它提出运行两层因特网协议,一层用于洲际主干广域网,另一层用于有限区域内。到 1993 年 1 月,该提案演化成一种新的提案,称为“IP 地址封装”(IPAE)。1992 年 11 月,Steve Deering 提出将其作为“简单 IP”(SIP)的过渡策略。SIP 提案的要点是将 IP 地址增加到 64 位,并去掉 IP 中一些废弃的细节定义。它使用封装而不是选项的技术,并使数据包的分段成为可选功能。SIP 很快就得到了不少供应商和实验人员的支持。1993 年 9 月,它又融合了另一个称为 Pip 的提案。使用 Pip,Paul Francis 利用 Pip 而发展出了一种基于路由指令清单的极具创新性的路由策

略。这种做法能很有效地实现策略路由,并能很方便地实现可移动性。SIP 和 Pip 合并的结果称为“简单 IP plus”(SIPP)。它尽量保留 SIP 的代码效率和 Pip 的路由灵活性。

1994 年 6 月,IPng 仲裁委员会对所有提案进行了复审,并在 1994 年 7 月公布了推荐提案,建议采用 SIPP 作为新 IP 的基础,但对其设计中的某些关键规范进行了修改。委员会尤其对 SIPP 使用 64 位地址不满意,建议新 IP 采用 128 位地址。新协议将成为因特网协议的第 6 版本,替代当前正在使用的第 4 版本,由于版本号 5 已经分配给了一个实验性的协议 ST(ST 是与 IP 并行使用,传输实时服务的数据流协议)。于是,新的协议就称为 IPv6。

1.3 新 规 范

本书的第一版于 1995 年秋天写成,于当年 12 月出版。当时,工作组已经做了一年多的努力去最终完善 IPv6 规范,我当时认为规范差不多基本确定。但事实上我的想法并不完全正确。在编写本书第一版和出版最终规范期间,协议中的一些关键部分又做了修改,值得注意的有源路由选择报头的格式。协议基本规范在 1996 年 1 月出版,过渡策略于 4 月出版,邻机发现与地址配置过程于 8 月出版。本书的第二版以第一套出版规范为基础。这些规范现在已经进入到 IETF 标准化处理的“提议标准”阶段,但有两个规范是例外:即路由协议,以及认证和加密的关键协商过程。IETF 还在努力完成这两个规范。

本书共由 8 章组成,包括本章的介绍和最后的“暂定结论”。

第 2 章讲述协议本身,以及新版本的因特网控制报文协议 ICMP。讲解 Steve Deering 和工作组的其他成员如何努力设计新协议。我们基本上避免了二次设计的副作用,使选项尽量简化。事实上我们推出了一种全新的因特网协议,比以前版本更易于编程,效率更高。

在第 3 章,我们将分析地址分配和路由选择技术的演变,讲述各种地址格式、对多播的支持和因特网服务提供商的分址机制。

第 4~6 章将专门用来讲述 IPv6 的新特性:自动配置、安全性和对实时通信的支持。这些功能在 Ipv4 中只能部分使用,而在 IPv6 的所有实现方案中则都必须强制使用。第 7 章将描述新协议的推广策略,讲解从 IPv4 到 IPv6 的过渡过程。

1.4 争 论 焦 点

理论上,要想 IPv6 获得一致同意简直是个奇迹。经过公正的辩论再做出决定,才会使每个人都心情舒畅。SIPP 工作组的成员一直信守这个原则。在正式决定之后,虽然他们也举行了一个简短的聚会,但并没有提到胜利。用严肃一点的语气来说,这是一次“我们不能称之为获胜”的聚会。

实际上,这次的决策获得了相当广泛的一致性。很多 TUBA 工作组的成员都在为 IPv6 出力,并参加规范的最终讨论。TUBA 创始人 Ross Callon 与 Steve Deering 共同主持 IPv6 工作组的工作。但是,广泛的一致性并不等于没有异议。很多 IETF 成员仍然认为他们的宝贵意见没有被考虑。很多决定都经过长期的辩论才被采纳。对某些观点仍还在争论。因此,本书中每章后面我都单独分出一节,取名为“争论焦点”,来讲述这些内容。

1.5 参 考 资 料

每一章的结尾都列出了参考资料,以便读者做更深入的阅读。这些参考资料中的很多内容都是注释请求(RFCs),它是 IETF 的电子出版物,读者可以从因特网上大量的存放站点获取。有些参考资料还在出版期间。先期性的版本可以在 IETF 的因特网草案存放站点找到。

IETF 所做的决议本身都归档在 RFC 1791 里。IETF 的 IPng 部门主席 Scott Bradner 和 Alison Mankin 将大多数讨论文章也作为 RFC 发表。TUBA 提案归档在 RFC 1347,1526 和 1561 中;Pip 归档在 RFC 1621 和 1622 中;TP/IX 为 RFC 147;CATNIP 为 RFC 1707;SIIP 为 RFC 1710。这些讨论的材料可以在 RFCs 1667 到 1683,1686 到 1688,1705 以及 1715 中找到。Scott Bradner 和 Alison Mankin 编了一本书,《Ipng,下一代因特网协议》,由 Addison Wesley 出版社出版,书中通俗易懂地总结了这些讨论。

本书的读者最好要熟悉 TCP/IP。有关 TCP/IP 技术的专业参考书很多。这里推荐 Douglas E. Comer 编著、Prentice Hall 出版的《TCP/IP 互联网络》。

第 2 章 IPv6 的设计

IPv6 的设计基于一个很简单的思想:如果 IPv4 存在任何重大缺陷,那么在前些年因特网就不可能取得如此巨大的成功。正是由于 IPv4 的设计相当好,所以 IPv6 理所当然要最大程度地保留其特点。确实,或许只增加地址长度、而不做其他任何变动就足够了。然而,10 年来的实践经验还是有收益的,IPv6 实际上就在这些经验的基础上建立起来。它并不是简单地从 IPv4 推导而来,而是决定性的改进版本。

2.1 IPv6 报头格式

所有对新版本 IP 的介绍都从 IPv6 报头格式介绍开始。IPv6 报头由 64 位的报头和 2 个 128 字节的 IPv6 源地址和目的地址组成。报头总长 40 个字节,如图 2-1 所示。

起始的 64 位组成结构如下:

- 版本(4 位)
- 类(8 位)
- 数据流标签(20 位)
- “有效负载”长度(16 位)
- 下一个报头类型(8 位)
- 跳数极限(8 位)

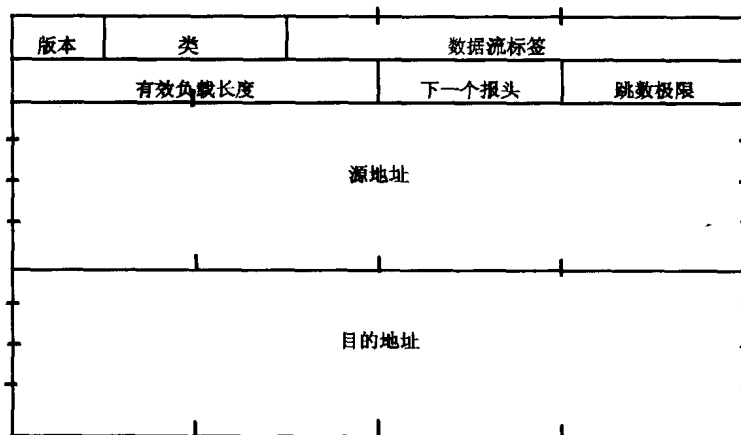


图 2-1 IPv6 报头

我们假设读者已经对“传统 IP”有一定程度的了解,下面就通过与传统 IP 的比较来分析新的 IP——IPv6。

2.1.1 新旧版本报头的比较

新报头实际上比旧报头简单。新版本报头只有 6 个固定字段和 2 个地址,而旧版本中则有 10 个固定字段、2 个地址和一些选项,如图 2-2 所示。

版本	IHL	服务类型	总长度	
标识符			标志	段偏移量
存活时间	协议		报头校验和	
源地址				
目的地址				
选项				填充

图 2-2 IPv4 报头

可以看出,在报头中唯一保持同样含义和同样位置的是版本字段,都是用最开始的 4 位来表示。这种设计的最初想法是在同一局域网上,使用相同的封装和链路驱动来同时运行 IPv4 和 IPv6。网络应用程序判断报头开始位置的版本字段,确定对数据包的处理。如果版本号为 4(二进制的 0100),那么就认为是 IPv4 的数据包;如果版本号为 6(二进制的 1010),那么就认为是一个 IPv6 的数据包。这种想法实际上已经被人抛弃,至少其影响已经减少。只要有可能,IPv4 和 IPv6 都应在介质层分解复用。IPv6 数据包在以太网里进行传输时将使用内容类型 86DD(16 进制),而不是 IPv4 的 8000。

旧报头中有 6 个字段不再采用,它们是:报头长度、服务类型、标识符、标志、段偏移量、报头校验和;有 3 个字段被重新命名,并在某些情况下略做改动,它们是:长度、协议类型和存活时间;对旧报头中的选项机制进行了彻底修正,增加了 2 个新的字段:类和数据流标签。

2.1.2 简化

IPv4 报头的设计以 1975 年的最高科技水平为基础。在 20 年后,我们不应该对我们现在知道有更好的做法而惊讶。我们从如下 3 个最主要的简化措施开始:

- 对所有的报头都分配固定的格式
- 去掉报头校验和
- 去掉跳到跳的分段过程

IPv6 报头不包含任何选项字段。这并不意味着我们就不能对特殊情况的数据包使用选项操作。恰恰相反,我们将在下一部分看到,在 IPv4 中虽然采用了变长的选项字段,但