

xiayidai hulianwang xieyi

下一代互联网协议

IPv6

夏士雄 主编

IPv6

xiayidai hulianwang xieyi



电子科技大学出版社

下一代互联网协议

——IPv6

夏士雄 主编

电子科技大学出版社

内 容 简 介

互联网协议第6版(IPv6)是IP协议的最新版本,可以克服和弥补IPv4的固有缺陷,是下一代互联网的核心。本书全面、深入、详细地阐述了IPv6协议的理论体系,循序渐进地介绍了IPv6的主要特性,重点阐述了IPv6的报头格式、寻址技术、控制报文协议ICMPv6、邻居发现、路由选择、域名系统、服务质量(QoS)、安全性、移动性、以及IPv4向IPv6的过渡策略。本书适合有一定网络技术知识的中、高级网络开发人员学习使用,同时也可作为各大中专院校计算机及相关专业研究生和高年级学生的教学用书和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

下一代互联网协议——IPv6/夏士雄主编. —成都:
电子科技大学出版社, 2004. 9
ISBN 7 - 81094 - 321 - 9

I. 下… II. 夏… III. 计算机网络—通信协议
IV. TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第082669号

下一代互联网协议

——IPv6

夏士雄 主编

出 版 : 电子科技大学出版社(成都建设北路二段四号 邮编:610054)
责任编辑 : 李士峰
发 行 : 新华书店经销
印 刷 : 北京市燕山印刷厂
开 本 : 787×1092 1/16 印张 12 字数 293 千字
版 次 : 2004年9月第1版
印 次 : 2004年9月第1次印刷
书 号 : ISBN 7 - 81094 - 321 - 9/TP · 188
印 数 : 0001-2000册
定 价 : 18.00元

前 言

互联网获得了巨大的成功,但是,随着时间的推移也暴露出许多问题。由于 IPv4 的某些局限性,现有的 IP 网络暴露出了很多无法解决的问题,互联网将向着 IPv6 的方向发展,各种网络服务也将会转移到 IPv6 上运行。IPv6 必将取代 IPv4,成为下一代互联网网络体系的核心。

1995 年 12 月,IETF 工作组提出的 RFC2460 标准协议文档标志着 IPv6 的诞生,到 1998 年,IPv6 协议族得到了进一步的更新和完善,基本上形成了一个完整的协议体系。IPv6 从根本上解决了 IPv4 地址即将枯竭的致命缺陷,并且在地址分类、报头格式、安全性、QoS、即插即用、移动性、高效路由、ICMP 等诸多方面进行了协议优化和更新,使之更加适应未来网络运行的发展要求,同时也成为移动通信的协议核心,而且对信息家电的诞生、发展起到了主流推动作用。

由于种种原因,我们没有在 IPv4 领域上有创造性贡献,IPv6 为我们提供了良好的机遇,我们应该投身到 IPv6 领域并有所作为。

本书系统阐述 IPv6 协议的理论体系,重点阐述 IPv6 的报头格式、寻址技术、控制报文协议 ICMPv6、邻居发现、路由选择、域名系统、服务质量(QoS)、安全性、移动性以及 IPv4 向 IPv6 的过渡策略等技术。

全书共分为 11 章。第 1 章介绍了互联网的基本知识及下一代互联网的支撑技术和发展趋势。第 2 章从 IPv4 存在的问题入手,介绍了 IPv6 的标准化历程、发展现状和趋势。第 3 章介绍了 IPv6 的报文格式,主要包括基本报头和扩展报头。第 4 章介绍 IPv6 的寻址技术,包括各种地址方案和地址的自动配置技术。第 5 章介绍了 IPv6 的控制消息协议 ICMPv6,包括 ICMPv6 的报文格式、消息类型和消息处理方式,重点介绍如何利用 ICMPv6 消息实现邻居发现机制和即插即用功能。第 6 章介绍了 IPv6 的路由技术,包括 IPv6 路由器的技术特点、过渡期间 IPv6 路由器的要求和 IPv6 路由协议,重点介绍了 RIPng 协议、OSPFv3 协议和 IDRPv2 协议的工作原理和实现技术。第 7 章介绍了 IPv6 的域名系统,包括 IPv6 的地址—名字解析技术,以及 IPv6 的即插即用功能、移动性和过渡期对 DNS 实现的影响和支持。第 8 章介绍了 IPv6 的移动性,包括移动 IP 的工作原理和实现,移动 IPv6 的原理和实现,移动 IPv4 和移动 IPv6 的比较,重点描述了移动 IPv6 的工作机制和切换技术。第 9 章介绍了 IPv6 的 QoS 机制,阐述了如何利用 IPv6 报头中的“通信类型”字段和“流标号”字段实现有一定服务质量要求的业务,给出了几个探讨性的方案,最后简单介绍了跳到跳选项报头的 QoS 应用方案。第 10 章介绍了 IPv6 的安全体系结构 IPSec,阐述了 IPv6 的安全认证报头 AH 和封装安全载荷报头 ESP 的处理方法,分析了 IPv6 的安全机制对现行网络安全体系的新挑战。第 11 章介绍了 IPv4 向 IPv6 实现平稳过渡的技术,包括隧道技术、双协议栈技术、

网络地址转换/协议转换技术、基于 SOCKS 的过渡技术等。

全书由夏士雄任主编。顾军编写第 9、10 章,张瑾编写第 4、5 章,夏战国编写第 6、7 章,其余各章由夏士雄编写。

本书在编写过程中参考了附录中所列的相关书籍和资料,在此向这些书籍和资料的编写者表示衷心的感谢!

计算机技术发展迅速,由于作者的学术水平有限,书中难免有表达不当和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机网络	1
1.2 计算机网络体系结构	2
1.3 下一代网络与下一代互联网	3
1.3.1 下一代网络的概念和特征	3
1.3.2 下一代互联网概述	4
1.3.3 支撑下一代互联网的主要技术	5
1.4 下一代互联网与 IPv6	8
第 2 章 IPv6 概述	10
2.1 引言	10
2.2 IPv6 的诞生过程	11
2.2.1 发展 IPv6 的动机	11
2.2.2 IPv6 的标准化历程.....	12
2.3 IPv6 的特点	13
2.4 IPv6 的发展现状与趋势	14
第 3 章 IPv6 报头	17
3.1 IPv6 数据报的一般格式	17
3.2 IPv6 的基本报头	17
3.2.1 IPv4 报头与 IPv6 基本报头的分析比较	17
3.2.2 IPv6 基本报头的含义.....	21
3.3 IPv6 的扩展报头	23
3.3.1 从选项到扩展报头	23
3.3.2 扩展报头的顺序	25
3.3.3 扩展报头的选项	27
3.4 跳到跳选项报头	29
3.5 信宿选项报头	30
3.6 路由报头	31

3.7	分段报头	34
3.8	认证报头	37
3.9	封装安全载荷报头	39
3.10	无下一个报头的情况	41
第4章 IPv6 寻址		42
4.1	引言	42
4.2	IPv6 的地址方案	43
4.2.1	IPv6 的地址空间	43
4.2.2	地址的文本表示方式	44
4.2.3	地址类型	45
4.3	单播(unicast)地址	47
4.3.1	全局可聚类单播地址	49
4.3.2	未指定的地址	52
4.3.3	本地回返地址	52
4.3.4	嵌入 IPv4 地址的 IPv6 地址	52
4.3.5	本地使用的 IPv6 单播地址	52
4.4	组播(multicast)地址	53
4.4.1	组播技术	53
4.4.2	组播的地址格式	55
4.4.3	已定义的 Multicast 地址	56
4.4.4	组播地址分配	57
4.5	任播(anycast)地址	60
4.5.1	泛播地址的分配及其格式	60
4.5.2	泛播选路	61
4.6	IPv6 地址分配	61
4.6.1	IPv6 的地址分配方式	61
4.6.2	一台 IPv6 主机拥有的地址	62
4.6.3	一台 IPv6 路由器拥有的地址	62
4.7	IPv6 地址自动配置	63
4.7.1	状态自动配置	63
4.7.2	无状态自动配置	64
第5章 Internet 控制消息协议		67
5.1	引言	67
5.2	ICMPv6 报文格式	68
5.2.1	校验和	69
5.2.2	报文信源地址的确定	70
5.2.3	ICMPv6 报文处理的规范	70

5.3	ICMPv6 错误消息	71
5.3.1	目的不可达	71
5.3.2	数据报文过大	72
5.3.3	超时	73
5.3.4	参数错误	74
5.4	ICMPv6 信息消息	75
5.5	邻居发现	76
5.5.1	邻居发现的功能实现	76
5.5.2	邻居发现协议中的信息类型	77
5.5.3	邻居发现的实现	78
5.5.4	地址自动配置	88
5.6	组成员资格消息	89
第 6 章	IPv6 路由	91
6.1	引言	91
6.2	新一代路由器	91
6.3	IPv6 的路由	93
6.3.1	IPv6 路由器简介	93
6.3.2	IPv6 路由技术	93
6.3.3	向 IPv6 过渡对路由器提出的新要求	95
6.4	IPv6 的路由协议	96
6.4.1	路由协议	96
6.4.2	路由信息协议	96
6.4.3	开发最短路径优先协议	101
6.4.4	域间路由协议	105
第 7 章	IPv6 的域名系统	107
7.1	引言	107
7.2	DNS 系统	107
7.3	IPv6 的地址层次与 DNS	110
7.3.1	正向地址解析	110
7.3.2	反向地址解析	111
7.4	IPv6 的即插即用特性与 DNS	112
7.5	IPv6 的移动性与 DNS	113
7.6	IPv6 过渡阶段与 DNS	113
第 8 章	移动 IPv6	115
8.1	移动 IP 概述	115
8.1.1	移动 IP 的概念	115

8.1.2	移动 IP 的工作原理	116
8.1.3	移动 IP 的工作过程	119
8.2	移动 IPv6	119
8.2.1	IPv6 的移动性	119
8.2.2	移动 IPv4 与移动 IPv6 的比较	120
8.3	移动 IPv6 的工作机制	124
8.4	移动 IPv6 的实现	126
8.5	基本 IPv6 的切换方案	128
8.5.1	快速切换	128
8.5.2	平滑切换	129
第 9 章	IPv6 与 QoS	130
9.1	引言	130
9.2	IP QoS 的含义	131
9.3	IPv6 的 QoS 机制	131
9.4	通信流类型	132
9.4.1	IPv4 服务类型	132
9.4.2	“优先级”字段的取值	133
9.4.3	“通信类型”字段的设置	134
9.4.4	“通信类型”字段的使用要求	134
9.5	IPv6 流标号	134
9.5.1	流标号特征	135
9.5.2	流标号的使用	135
9.5.3	流标号的结构定义	136
9.6	IPv6 流标号设计方案	137
9.6.1	面向流的流标号设计	137
9.6.2	面向资源的流标号设计	139
9.6.3	一种综合的 IPv6 流标号设计方案	139
9.6.4	应用流标号的相关问题	143
9.7	跳到跳选项报头的 QoS 应用	145
9.7.1	使用类型—长度—值(TLV)选项实现 QoS	145
9.7.2	用于 IntServ 模型的 TLV	145
9.7.3	非数据流的管理	146
9.7.4	QoS 服务的获取过程	147
9.7.5	确保服务和控制负载服务的定义	147
第 10 章	IPv6 的安全性	149
10.1	引言	149
10.2	现行 IP 网络的安全性	149

10.3 IPv6 的安全体系结构	150
10.3.1 安全关联	151
10.3.2 认证	152
10.3.3 加密	155
10.4 IPv6 的安全机制对现行网络安全体系的新挑战	157
10.4.1 防火墙的设计	158
10.4.2 入侵检测系统(IDS)的设计	158
10.4.3 取证	159
10.4.4 其他	159
第 11 章 IPv4 向 IPv6 的过渡	160
11.1 引言	160
11.2 IPv4/IPv6 过渡的内容	160
11.3 过渡策略的主要目标	161
11.4 基本过渡策略	162
11.4.1 隧道方式	162
11.4.2 双协议栈	164
11.4.3 网络地址转换/协议转换技术	166
11.5 隧道技术	168
11.5.1 6to4	168
11.5.2 ISATAP	171
11.5.3 Teredo	171
11.5.4 6over4	172
11.5.5 DSTM	172
11.5.6 Tunnel Broker	172
11.6 基于 SOCKS 的 IPv4 向 IPv6 过渡技术	172
11.6.1 BIA 技术	172
11.6.2 SOCKS64 技术	174
11.6.3 技术比较与分析	175
参考文献	177

第1章 绪 论

网络已经成为 21 世纪驱动人类发展的核心动力,网络的发展对人类的政治、经济和文化将会产生深远的影响。第一代互联网对人类的生活、工作、学习产生了巨大的影响,有人认为这种革命在人类历史上只有两次。第一次是人类学会利用“火”,“火”的利用使人类从原始走向文明;第二次便是互联网,互联网彻底改变了人类生活、工作和学习的方式。

下一代互联网对人类社会的影响将是空前的、前所未有的,它将把人类带入一个真正的“数字社会”。这是一个从量变到质变的过程。人类的文明起源于“沟通”,电话的发明将全球连接起来,促成了现代文明;而未来文明将由网络来主导,人类将利用网络把世界连成一体。

1.1 计算机网络

人类社会已经进入了信息时代,在这个时代,信息作为支撑未来社会的三大支柱之一,对推动社会的发展将起着更加重要的作用。回首 20 世纪,人类在每个领域中都取得了巨大的飞跃,而其中扮演重要角色的是互联网。

计算机网络是把地理上分散的多台独立工作的计算机,用通信设备和线路连接起来,以实现资源共享的大系统。它是为了适应客观实际的需要,在计算机技术和通信技术高度发展与密切结合的条件下产生的。

随着计算机技术与通信技术的不断发展,计算机在各行各业都得到了广泛应用,特别是随着微电子技术的发展,芯片的价格越来越低,使得计算机应用更为普及。为了提高计算机的应用效率,考虑把这些地理上分散的计算机相互连接起来,提供一种能有效地传输、存储、处理和查询信息的手段,充分发挥计算机与信息本身的作用,给用户方便,这就是建立计算机网络的初衷。

计算机网络涉及通信和计算机两个领域。计算机和通信的相互结合主要有两个方面:一方面,通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段;另一方面,数字计算技术的发展渗透到通信技术中,又提高了通信网络的各种性能。当然,这两个方面的进展都离不开人们在半导体技术上取得的辉煌成就。

计算机网络于 20 世纪 60 年代开始萌芽,在 70 年代与 80 年代得到发展与完善,并在当前不断发展壮大,成为当今社会不可缺少的重要工具。其中最受关注的就是互联网。互联网是全球范围的计算机网络,它属于网络—网络系统,目前在全球已有几万个网络进行了互连。互联网的发展历史可以追溯到 20 世纪 70 年代末,由于 ARPA 网的发展成功地采用了 TCP/IP 协议,使网络可以在 TCP/IP 体系结构和协议规范的基础上进行互连。1983 年,加州大学伯克利分校开始推行 TCP/IP 协议,并以 ARPAnet 为主干网络建立了早期的互联

网。进入 90 年代以来,互联网进入快速发展时期;到了 20 世纪末,互联网的应用越来越普及,可以肯定,随着全世界网络基础设施的建设,互联网将会更加发展壮大。互联网作为人类有史以来最伟大的一场信息技术革命,拥有无比强大的生命力。正如比尔·盖茨所言:没有一个人使用过互联网后会离开它。互联网的发展与繁荣正是得益于互联网本身的这种生生不息的生命力中。

互联网的成功原因可以概括为四个方面。

首先是坚实的技术方面的基础。分组交换理论的提出以及 TCP/IP 协议的开发成功是推动 Internet 普及和发展的关键所在。

其次是互联网的运作和管理方式。Internet 被公认是一个“没有领导、没有法律、没有政治、没有军队”的社会。从 Internet 建立之初就不存在一个正式的官方机构负责它的管理、运行、维护、资源服务的提供以及标准的制定,这里存在一个自由的学术交流环境。

第三个是社会的原因。Internet 是一个开放的系统和社会,为使用者提供了一个开放的环境,每个用户都可以通过建立自己的网站为这个开放的社会提供资源,任何有兴趣的人都有机会参与到它的技术革新中来,使自己的研究成果成为 Internet 的标准或应用。

第四是商业的原因。Internet 是科研成果转化为生产力的最成功的典范。

互联网是计算机技术与通信技术高度融合的一门交叉学科,对信息具有很强的传输、存储与处理能力。随着计算机技术与通信技术的迅猛发展,人们对信息需求的要求越来越高,互联网在社会各个方面都得到了广泛应用,可以说,网络社会化、社会网络化已经成为当今社会发展的必然趋势。

1.2 计算机网络体系结构

大多数的计算机网络都采用层次式结构,即将一个计算机网络分为若干层次,处在高层次的系统只是利用较低层次的系统提供的接口和功能,不需要了解低层实现该功能所采用的算法和协议;较低层次也仅是使用从高层系统传送来的参数。这就是层次间的无关性。有了这种无关性,层次间的每个模块可以用一个新的模块取代,只要新的模块与旧的模块具有相同的功能和接口。

网络体系结构实质上就是一组标准和规范,用来描述和定义计算机设备和其他设备如何连接在一起以形成一个允许用户共享信息和资源的通信系统。只要是遵循这组标准或规范的计算机,便可以很方便地实现计算机之间的互连和通信。换句话说,网络体系结构只是从功能上描述计算机网络的结构,而不涉及每层硬件和软件的组成,也不涉及这些硬件或软件的实现问题。由此看来,网络体系结构是抽象的。

世界上第一个网络体系结构是 1974 年由 IBM 公司提出的“系统网络体系结构(SNA)”。之后,许多公司纷纷提出了各自的网络体系结构,如 DEC 的数字网络体系结构(DNA)。所有这些体系结构都属于专用网络体系结构,虽然采用了分层技术,但层次的划分、功能的分配及采用的技术均不相同。随着信息技术的发展,不同结构的计算机网络互连已成为人们迫切需要解决的问题。在这个前提下,国际标准化组织(ISO)定义的开放系统互连参考模型 OSI 就提出来了。从理论上讲,这个标准是开放的,可以向厂商们提供设计与其他厂商产品具有协作能力的软件和硬件的途径。然而,OSI 模型还保持在模型阶段,它并不是一个已经被完全接受的国际标准。考虑到大量的现实中的标准,许多厂商只能简单地决定

提供支持许多在工业界使用的不同协议,而不是仅仅接受一个标准。目前 TCP/IP 体系结构使用最广泛,已经成为事实上的标准。

在网络体系结构中,分层结构是最基本的层次体系结构。因为分层次的体系结构有助于很好地理解复杂的计算机网络协议。一般的分层原则为:

- 各层相对独立,某一层的内部变化不会影响到另外的一层。
- 层次数应适中,不应过多,也不宜太少。
- 每层完成特定的功能,类似功能尽量集中在同一层中实现。
- 下层对上层提供的服务与下层如何完成无关。
- 相邻两层之间的接口有利于标准化工作。
- 不同节点的同等层按照协议来实现对等层之间的通信。

计算机网络是由多种类型的计算机和终端通过通信线路连接起来的复合系统,这些计算机和终端就是通常所说的计算机网络中的节点,节点之间需要不断地交换数据和控制信息。要做到信息的正确传输,就要求信息的内容、格式、传输顺序等有一整套的规则、标准和约定,这些为网络数据交换而制定的规则、约定和标准被称为网络协议(Protocol)。

一个网络协议主要由以下三个要素组成:

(1) 语法

协议的语法规定了将若干个协议元素和数据组合在一起来表达一个更完整的内容时所遵循的格式,即对所表达内容的数据结构形式的一种规定。

(2) 语义

协议的语义是指对构成协议的协议元素含义的解释,不同类型的协议元素规定了通信双方所要表达的不同内容。例如,在基本型数据链路控制协议中,规定协议元素 SOH 的语义表示所传输报文的报头开始;而协议元素 ETX 的语义则表示正文结束。

(3) 同步

同步规定事件的执行顺序。例如,在双方通信时,首先由源站发送一份数据报文,如果目标站收到的是正确的报文,就应遵循协议规则,利用协议元素 ACK 来回答对方,以使源站知道其所发出的报文已被正确接收;如果目标站收到的是一份错误的报文,就应遵循规则用 NAK 协议元素做出回答,以要求源站重发刚刚发过的报文。由此可见,网络协议实质上是实体间通信时所使用的一种语言。

在网络分层体系结构中,每一层都是由一些实体组成,这些实体抽象地表示了通信时的软件元素(如进程或子进程)或硬件元素(如智能 I/O 芯片等)。也可以说,实体是通信时能发送和接收信息的任何软硬件设备。

我们将计算机网络的分层及其协议的集合称为计算机网络的体系结构(Computer Network Architecture,简称 CNA)。具体地说,网络的体系结构是关于计算机网络应设置哪几层,每个层次又能提供哪些功能的精确定义;至于这些功能应如何实现,则不属于网络体系结构部分。

1.3 下一代网络与下一代互联网

1.3.1 下一代网络的概念和特征

下一代网络(NGN)是一个极其松散定义的术语,泛指一个不同于目前一代的、大量采

用创新技术的、以 IP 为中心的、可以同时支持语音、数据和多媒体业务的网络。一方面, NGN 不是现有电信网和 IP 网的简单延伸和叠加, 而应是两者的融合; 另一方面, NGN 的出现与发展不是革命, 而是演进, 即在继承现有网络优势的基础上实现的平滑过渡。从业务上看, NGN 应支持语音、数据和多媒体业务; 从网络上, 在垂直方向应包括业务层和传送层等不同层面, 在水平方向应覆盖核心网和接入网乃至用户驻地网。可见, 下一代网络是一个内涵十分广泛的术语, 不同专业和背景的人实际上都在使用。如果特指业务网层面, 则下一代网络是指下一代业务网; 如果特指传送网层面, 则下一代网络是指下一代传送网, 尤其是指光网络。广义的下一代网络实际上包容了所有的新一代网络技术; 而狭义的下一代网络往往特指以软交换为控制层, 兼容所有三网技术的开放体系架构。

下一代网络的主要特点: 采用开放式体系架构和标准接口; 呼叫控制与媒体层和业务层分离; 具有高速的物理层、链路层和网络层; 网络层趋向使用统一的 IP 协议; 链路层趋向采用电信级分组节点, 即高性能核心路由器加边缘路由器和 ATM 交换机; 传送层趋向实现光联网, 可提供巨大而廉价的网络带宽和网络成本, 具有可持续发展的网络结构, 可透明支持任何业务和信号; 接入层采用多元化的宽带无缝接入技术。

1.3.2 下一代互联网概述

国际互联网界的权威认为, 互联网技术的发展周期经历了 4 个阶段, 即研究开发阶段 (Research and Development)、合作伙伴之间进行大规模试验阶段 (Partnership)、私有化阶段 (Privatization)、商业化阶段 (Commercialization)。现在的互联网以分组交换技术、TCP/IP 体系结构为主要技术特征, 从 1969 年的 ARPANET 开始, 经历了 30 多年的发展历史, 目前已经处于商业化发展阶段。互联网发展历史表明, 互联网技术具有两大特点: 一是它的实验科学特性, 研究成果需要通过建立大规模的试验网进行实验和验证, 需要 Partnership 发展阶段; 二是它与产业结合的紧密性, 从科研成果到实现产业化发展速度很快。以光通信技术为例, 从实验室中拿出的研究成果可以很快转化为产品, 并迅速投入市场, 创造了技术发展每半年翻一番的新的“摩尔定律”。

由于光通信技术每半年翻一番, 互联网用户数量每半年翻一番, 在这样巨大的技术驱动和社会发展条件下, 现在互联网的可扩展性、服务质量保证以及安全性等方面存在的问题日趋突出, 下一代互联网技术应运而生。可以看出, 下一代互联网具有与现在的互联网同样的发展规律和技术特点, 美国的下一代互联网技术已经经历了研究开发阶段, 目前正处于合作伙伴之间进行大规模试验阶段。

相对于传统互联网来说, 下一代互联网更快、更大、更安全、更及时、更方便。

——更快: 平均来看, 下一代互联网比传统互联网要快 1 000~10 000 倍。

——更大: 下一代互联网将逐渐放弃 IPv4, 启用 IPv6 地址协议 (二者的区别有点像电话号码的升级), 其地址空间将由 32 位扩展到 128 位, 几乎可以给家庭中的每一个可能的东西分配一个自己的 IP 地址, 让数字化生活变成现实。在目前的 IPv4 协议下, 现有地址中的 70% 已被分配完, 明显制约着互联网的发展。

——更安全: 目前的计算机网络存在大量的安全隐患, 下一代互联网在 IP 协议中将考虑到安全问题, 使网络安全得到有效的保证。

——更及时: 也就是解决服务质量保证的问题。

——更方便: 下一代互联网的应用将更方便、更简单、更符合普通人的使用习惯。

1.3.3 支撑下一代互联网的主要技术

为了满足上述基本要求,下一代互联网必须得到许多新技术的支持。下面列举若干比较主要的技术。

(1) IPv6

下一代互联网将是基于 IPv6 的网络。IPv6 的提出最初是为了扩大 IP 地址空间。实际上,IPv4 除了在地址空间方面有很大的局限性而成为互联网发展的最大障碍外,IPv4 在服务质量、传送速度、安全性、支持移动性和多播等方面也存在着局限性,这些局限性同样阻碍了互联网的进一步发展,使许多服务与应用难以在互联网上开展。因此,在 IPv6 的设计过程中,除了一劳永逸地解决了地址短缺问题以外,还考虑了在 IPv4 中解决不好的其他问题。IPv6 相对于 IPv4 的主要优势有:扩大了地址空间,提高了网络的整体吞吐量,服务质量得到很大改善,安全性有了更好的保证,支持即插即用和移动性,更好地实现了多播功能。IPv6 实际上改变了互联网的核心,需要开发新的大型路由器,使目前的互联网变成一个性能更高、成本更低的全球互联网,彻底结束拨号上网时代。当然,要实现这一目标并非易事,让 IPv6 一步取代 IPv4 既不可能也无必要,过渡将是长期的,即便采取平滑的过渡策略,成本也是很高的,困难和问题必定存在。但从长远看,改变后会引入许多新的服务与应用,使互联网转向新的能盈利的商业模式,将更有利于互联网的持续长久发展。

(2) 光纤高速传输技术

下一代互联网需要更高的速率和更大的容量,但到目前为止我们能够看到的,并能实现的最理想的传送媒介仍然是光。因为只有利用光谱才能带给我们充裕的带宽。光纤高速传输技术现正沿着扩大单一波长传输容量、超长距离传输和密集波分复用系统三个方向发展。单一波长传输容量已做到 40 G bit/s,超长距离实现了 1.28 T bit/s 无再生传送 8 000 km,波分复用实验室最高水平已做到 273 个波长、每波长 40 G bit 的 10.9 T bit 系统。单一光纤的传输容量自 1980 到 2000 年这 20 年里增加了大约 1 万倍,预计几年后单纤容量将再增加 16 倍,达到 6.4 T bit/s。再往后,人们的目标是使单纤容量达到 1 bit/(s·Hz) 的光谱效率。一条光纤的可用带宽约为 30~50 T Hz,目前的光谱效率为 0.1 bit/(s·Hz)。

(3) 光交换与智能光网

下一代互联网需要更加灵活、更加有效的光传送网。组网技术现正从具有分插复用和交叉连接功能的光联网向利用光交换机构成的智能光网发展,从环形网向网状网发展,从光—电—光交换向全光交换发展。智能光网能在容量灵活性、成本有效性、网络可扩展性、业务提供灵活性、用户自助性、覆盖性和可靠性等方面比点到点传输系统和光联网带来更多的好处。2001 年光交换机开始越来越多地从实验室走向商用生产,开始在网络边缘和网络核心使用。采用微机械系统技术的全光交换机取得较大进展。朗讯的 256×256 全光波长路由器已经投入商用。Xros 的光交换机能支持 1 152 个端口,达到电信级的最低要求。

(4) 宽带接入

下一代互联网必须要有宽带接入技术的支持,因为只有接入网的带宽“瓶颈”被打开,各种宽带服务与应用才能开展起来,网络容量的潜力才能真正发挥。在这方面有三个技术要提一下:一是甚高速数字用户线路(VDSL);二是基于以太网无源光网(EPON)的光纤到家(FTTH);三是自由空间光系统(FSO)。

与非对称数字用户线(ADSL)相比,VDSL 既可工作于不对称方式,也可工作于对称方

式,速度要快得多,能支持 ADSL 不能支持的业务。以不对称方式工作,VDSL 的下行速率可高达 52 M bit/s;以对称方式工作,速率可达 26 M bit/s。再加上 VDSL 不基于 ATM 技术,设备简单,建设快,故总体造价比 ADSL 便宜。由于具有上述优势,VDSL 在 2001 年开始升温。特别是利用 FTTC 或 FTTB 配合 VDSL,可以成为一种很好的宽带接入方案,既能满足目前需要,也能适应将来更新的技术。采用离散多音方式的 VDSL 标准取得了较大进展,在世界 5 个地方演示了 DMT-VDSL,成功地实现了高速互联网接入和高质量视像传送,包括会议电视、广播电视、VOD。

所谓 EPON,就是把全部数据装在以太网帧内来传送的一种 PON。考虑到现在 95% 的 LAN 都使用以太网,把以太网技术用于对 IP 数据最优的接入网是十分合乎逻辑的。由 EPON 支持的 FTTH 正在悄然兴起,它能支持千兆比特的速率,而且成本不久可降到与数字用户线(DSL)和光纤同轴混合网(HFC)相当。美国在 FTTH 安装方面在过去 12 个月中增加了 200% 多。

FSO 是光纤通信与无线通信的结合。它通过大气而不是光纤传送光信号。FSO 技术能提供类似光纤的速率,在无线接入带宽上有了明显突破,不需在频谱这样的稀有资源方面有很大的初始投资(因为无需许可证)。与光纤线路相比,FSO 系统不仅安装时间少,而且成本低,已经在企业和多住户单元市场得到使用。

(5) 城域网

城域网也是下一代互联网中不可忽视的一部分。城域网的解决方案十分活跃,有基于同步光纤网(SONET)和同步数字系列(SDH)的,基于异步传递方式(ATM)的,也有基于以太网或波分复用(WDM)的,以及多协议标记交换(MPLS)和弹性分组环技术(RPR)等。这里需要一提的是 RPR 和城域光网(MON),它们是城域网在 2001 年的两个主要成就。弹性分组环是面向数据(特别是以太网)的一种光环新技术,它利用了大部分数据业务的实时性不如话音强的事实,使用双环工作的方式。RPR 与媒体无关,可扩展,采用分布式的管理、拥塞控制与保护机制,具备分服务等级的能力。它能比 SONET/SDH 更有效地分配带宽和处理数据,从而降低运营商及其企业客户的成本,使运营商在城域网内通过以太网运行电信级的业务成为可能。城域光网是另一种代表发展方向的城域网技术,其目的是把光网在成本与网络效率方面的好处带给最终用户。城域光网是一个扩展性非常好并能适应未来的透明、灵活、可靠的多业务平台,能提供动态的、基于标准的多协议支持,同时具备高效配置、生存能力和综合网络管理的能力。

(6) 软交换

为了把控制功能(包括服务控制功能和网络资源控制功能)与传送功能完全分开,下一代互联网需要使用软交换技术。软交换的概念基于新的网络功能模型分层(分为接入与传送层、媒体层、控制层与网络服务层四层)概念,从而对各种功能作不同程度的集成,把它们分离开来,通过各种接口协议,使业务提供者可以非常灵活地将业务传送和控制协议结合起来,实现业务融合和业务转移,非常适用于不同网络并存互通的需要,也适用于从话音网向多业务多媒体网的演进。国际电信联盟(ITU)和因特网工程组(IETF)联合批准的媒体网关控制器和媒体网关之间的接口协议 H. 248/Megaco 是一个关键的协议,是电信界与互联网界为推进下一代网络而做出的一次重大努力。

(7) 3G 和后 3G 移动通信系统

3G 基于多媒体 IP 业务,传输容量更大,灵活性更高,形成了家族式的世界单一标准,并将引入新的商业模式,目前正处在走向大规模商用的关键时刻。包括 4G 在内的后 3G 系统将基于宽带多媒体业务,使用更高的频带,使传输容量再上一个台阶,在不同网络间可无缝提供服务,网络可以自行组织,终端可以重新配置和随身佩带,是一个包括卫星通信在内的端到端 IP 系统,与其他技术共享一个 IP 核心网。它们都是支持下一代移动互联网的基础设施。ITU 以及一些发达国家都开展了关于后 3G 移动通信系统(包括 4G)的工作,主要沿着三个方向。第一是 3G 标准服务质量(QoS)的进一步演进。演进的方向有两个:高速下行链路分组数据接入(HSDPA)和业务协商。HSDPA 的主要目标是允许 WCDMA 对“尽力”分组数据业务支持大约 8~10 M bit/s 的下行链路峰值数据速率;业务协商将允许对服务质量(QoS)参数进行协商,以便对 QoS 的控制有更大的灵活性。第二是欧洲提出的一种旨在提供宽带传输能力的过渡系统,叫移动宽带系统(MBS),其最高速率可达 150 M bit/s。第三是对 4G 的研究,当前开展的主要是概念与框架的研究,着重于需求分析、性能分析和关键技术分析。2001 年在特别网(采用分布式操作、动态网络拓扑、波动链路容量和低功率设备、通信距离一般在 10 m 半径以内的网络)、多跳技术(旨在扩大覆盖范围)、移动性(快速有效的位置登记管理)、高效率切换和调制技术等方面进行了许多研究。

(8) IP 终端

随着互联网的普及和端到端连接功能的恢复,越来越多的用户想把 IP 接入家里。企业内联网的使用越来越普遍,也驱动着对基于 IP 应用的需求。这一切都意味着需要越来越多基于 IP 的设备联网。许多公司现正在从固定电话机开始开发基于 IP 的用户设备,包括汽车的仪表盘、建筑物的空调系统以及家用电器,从音响设备和电冰箱到调光开关和电咖啡壶等。所有这些设备都将挂在网上,可以在家庭 LAN 或个人域网(PAN)的 PC 机上接入或从远端 PC 机接入。

经过高速发展后的互联网,其核心地位已不可撼动。下一代互联网将在容量(包括带宽与地址)和质量上给予我们足够的保证,逐渐与电信网融合在一起,让我们可以放开手脚创造更多更有价值的服务与应用,把人类带入信息时代。

(9) 网格

网格是科学家针对当今的一些科学难题于 20 世纪 90 年代初提出的新概念。它将分布在不同地理位置的计算资源(包括 CPU、存储器、数据库等),通过高速的互联网组成充分共享的资源集成,从而提供一种高性能计算、管理及服务的资源能力。人们利用这些资源就像用电源一样,不必计较这些资源的来源和负载情况。通过网格计算技术,位于日内瓦的西欧高能物理研究中心工作人员在网上操作,就可以把任务交给位于法国里昂的计算机集群上去完成,而不必花许多钱去建立一个巨大的计算机集群。

伊安·福斯特是美国计算网格项目的领导人之一,曾在 1998 年主编过一本书,题为《网格:21 世纪信息技术基础设施的蓝图》。他这样描述网格:“网格是构筑在互联网上的一组新兴技术,它将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体,为科技人员和普通老百姓提供更多的资源、功能和交互性。互联网主要为人们提供电子邮件、网页浏览等通信功能,而网格功能更多更强,能让人们透明地使用计算、存储等其他资源”。

网格主要由六部分组成,即网格节点、数据库、贵重仪器、可视化设备、宽带主干网和网格软件。简单地讲,网格是把整个因特网整合成一台巨大的超级计算机,实现各种资源的全