

中国矿业大学研究生教育专项资金资助出版教材

# 新一代 互联网技术

主编 夏士雄



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学研究生教育专项资金资助出版教材

# 新一代互联网技术

主 编 夏士雄

参 编 顾 军 牛 强

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书围绕新一代互联网络发展前沿的热点问题,选取若干具有发展前景的新网络技术,全面介绍了相关的基本理论和技术成果,主要内容包括新一代互联网产生的背景和意义、新型网络体系结构、新一代组网技术、新一代互联网核心协议 IPv6、IP 网络服务质量控制技术、网络计算技术和网络化控制技术。

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

新一代互联网技术/夏士雄主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.12

ISBN 978 - 7 - 81107 - 803 - 9

I. 新… II. 夏… III. 因特网—基本知识 IV. TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182139 号

- 书 名 新一代互联网技术  
主 编 夏士雄  
责任编辑 刘红岗  
责任校对 张海平  
出版发行 中国矿业大学出版社  
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail [cumtpvip@cumtp.com](mailto:cumtpvip@cumtp.com)  
排 版 中国矿业大学出版社排版中心  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
经 销 新华书店  
开 本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 360 千字  
版次印次 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷  
定 价 29.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 前 言

信息技术的迅猛发展拉开了 21 世纪网络时代的序幕,已经成为人们改造世界和推动世界发展的直接媒体和推动力。以 Internet 为代表的计算机网络是现代社会最重要的信息基础设施之一,它已经渗透到社会的各个领域,深刻地改变着我们生活的方方面面。

互联网在新的世纪正以更高的速度向更新的阶段发展。从广度上看,计算机网络将包罗万象,网络应用会得到进一步的拓展,应用技术趋于多元化、个性化,为各种业务的开展提供更广阔的空间;从深度上看,计算机网络将会更快、更安全,基础平台在走向宽带化的同时,网络智能水平不断提高。具体来说,计算机网络新技术的发展呈现出以下特点:

- (1) 网络体系结构具有更好的适应性、动态性和智能性,以满足日益增长的应用需求;
- (2) 计算机网络具有前所未有的带宽以确保承担更多新的服务,适应多媒体通信的需要,提供更高的可靠性、更好的实时性和服务质量;
- (3) 为满足便携式设备的接入需求,移动通信技术应该更可靠、更高效;
- (4) 为适应网络互连,扩大规模以至于建立全球网络,将提供更大的地址空间和更快捷的组网技术;
- (5) 广域网范围的异构资源应该能够实现无缝的共享和协同,以提供高性能计算和分布式协作环境;
- (6) 计算机网络的应用领域更普及,基于 IP 的网络技术将进入到传统工业控制领域,与已有的信息系统实现更好的集成。

由此可见,新一代互联网以“更大、更快、更及时、更方便、更可管理和更有效”为标志,需要新一代网络技术的支持,充分认识和研究新一代互联网络发展中的基础理论问题,使新一代互联网络能够更好地满足国家和社会的要求,已经成为摆在我们面前的紧迫任务。

本书不是一本计算机网络基本原理的入门书,其目标是指导对新一代网络技术感兴趣的研究生更加深入地掌握计算机互联网络的研究现状,理解目前网络体系结构、协议和应用领域的最新发展。在内容的选取上,本书主要介绍目前学术界和企业界普遍认为的在新一代互联网的发展中具有前途的一些理论和技术,希望能够帮助读者在纷繁复杂的计算机网络技术的学习中理清思路,建立起关于新一代互联网技术的基本技术框架和知识体系,打好进一步学习的基础。

全书共分为 7 章。第 1 章介绍了计算机网络的基本知识及新一代互联网的支撑技术和发展趋势;第 2 章从计算机网络体系结构入手,介绍了主动网络、移动 IP 网络、Ad Hoc 网络、光网络、覆盖网络等新型网络体系结构;第 3 章介绍了新一代组网技术,主要包括高速以

太网、虚拟专用网、无线局域网、软交换技术、光交换技术等；第4章介绍了新一代互联网协议 IPv6，包括 IPv6 的地址空间结构、报文格式、各种地址分配、控制消息协议 ICMPv6、移动 IPv6 以及 IPv4 向 IPv6 的过渡技术等；第5章介绍了 IP 网络的服务质量控制技术，包括综合服务（资源预留）、区分服务、多协议标记交换、通用多协议标记交换以及 IPv6 的 QoS 机制等；第6章介绍了当前的研究热点，被称为“第三代互联网”的网格计算的基本概念、组成和相关技术；第7章介绍了融入 IP 技术的网络化控制技术，包括网络化控制的基本概念、传感器网络和工业控制网络等。

全书由夏士雄教授任主编，第3、7章由牛强编写，第5、6章由顾军编写，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们表示衷心的感谢！

限于作者的水平，书中一定有不少缺点和错误之处，敬请读者批评指正。

编者

2007年10月

## 目 录

前言	1
第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 引言	1
1.2 计算机网络技术的发展趋势	6
第 2 章 新型网络体系结构	9
2.1 计算机网络体系结构	9
2.2 主动网络	11
2.3 移动 IP 网络	16
2.4 Ad Hoc 网络	21
2.5 光网络	27
2.6 覆盖网络	43
第 3 章 组网技术	58
3.1 高速以太网	58
3.2 虚拟专用网(VPN)	63
3.3 无线局域网收发	72
3.4 软交换技术	78
3.5 光交换技术	84
第 4 章 IPv6 协议	88
4.1 IPv6 的引入	88
4.2 IPv6 的特点	90
4.3 IPv6 地址体系结构	91
4.4 IPv6 地址分配	110
4.5 IPv6 的报文格式	111
4.6 ICMPv6 协议	120
4.7 移动 IPv6	129
4.8 IPv4 向 IPv6 的过渡	137
4.9 IPv6 的发展现状与趋势	154
第 5 章 IP 网络服务质量控制	157
5.1 IP QoS 的概念	157
5.2 每一跳分组行为	159

---

---

5.3	综合服务/资源预留(IntServ/RSVP)	161
5.4	区分服务(DiffServ)	163
5.5	DiffServ 与 IntServ 相结合的端到端 QoS 控制	166
5.6	多协议标记交换(MPLS)	169
5.7	通用多协议标记交换(GMPLS)	175
5.8	约束路由(Constrain Routing)	181
5.9	IPv6 的 QoS 机制	181
5.10	IP 网络的 QoS 策略控制技术	187
<b>第 6 章</b>	<b>网络计算</b>	<b>191</b>
6.1	网络基础	191
6.2	网络体系结构	194
6.3	网络技术	202
6.4	Globus 项目	205
<b>第 7 章</b>	<b>新一代工业控制网络</b>	<b>207</b>
7.1	网络化控制系统	207
7.2	无线传感器网络	210
7.3	工业控制网络	216
<b>参考文献</b>		<b>224</b>

# 第1章 计算机网络概述

人类社会已经进入以网络为核心的信息时代,在这个时代里,以网络化为重要内容的信息技术作为巨大动力之一,对社会生产力的发展起着重要的作用。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。有人认为在人类历史上有两次革命: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;第二次便是互联网的应用,互联网彻底改变了人类生活、工作和学习的方式。

## 1.1 引言

### 1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是为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。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,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(主要是超大规模集成电路 VLSI)上取得的辉煌成就。

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的应用,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。建立计算机网络的初衷就是为了提高计算机的应用效率,把地理上分散的计算机相互连接起来,提供一种有效地传输、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,给用户提供服务。

计算机网络就是指把地理上分散的、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。

### 1.1.2 计算机网络的发展

作为一门学科,与其他学科一样,计算机网络也有一个形成与发展的过程。它于20世纪60年代开始萌芽,在20世纪70年代与80年代得到发展与完善,并在当前不断壮大、如火如荼地发展起来,成为当今社会不可缺少的重要工具。计算机网络的发展和演变过程,大体可分为四个阶段。

**第一阶段:具有通信功能的联机系统——单终端系统**

早期的计算机主要用来进行科学计算,由于功能不强,又十分庞大,应用得不很广泛,因此,计算机是单机运行,用户如果想要使用,需要到机房去上机。为解决这种不便,人们在远离计算机的地方设置了远程终端,并在计算机上增加了通信控制功能,经线路连接输送数据



进行成批处理,这就产生了具有通信功能的单终端联机系统。1952年,美国半自动地面防空系统(SAGE)的科研人员,首次研究把远程雷达或其他测量设备的信息,通过通信线路汇接到一台计算机上,进行集中处理和控制在。

#### 第二阶段:具有通信功能的分时系统——多终端系统

单终端系统减少了用户远程上机所花费的时间,提高了计算机的应用效率,但是也存在主机负担重和线路利用率低的缺点。为了克服这些不足,随着通信技术的不断发展,20世纪60年代初,美国航空公司与IBM公司联手研究并首先建成了由一台计算机和遍布全美2000多个终端组成的美国航空订票系统。在该系统中,各终端采用多条线路与中央计算机相连接,该系统的特点是出现了通信控制器和前端处理机,采用了实时、分时与分批处理的方式,提高了线路的利用率,使通信系统发生了根本变革。

在这一阶段中,还有一类网络即分时系统的实现。随着美国通用电气公司的信息网络的建立,使计算机的多终端系统呈现了分时的特性。该网络是世界上最大的商用数据处理分时网络,于1968年投入使用,当时具有16个中央处理器和75个远程终端集中器,可把分布在美国、加拿大、澳大利亚、日本以及欧洲的许多终端连接起来,利用时差来达到资源共享和资源充分利用的目的。另一个典型的分时系统的例子就是美国的商用分时计算机网络,1970年由美国Tymshare公司建立。该网络在美国各地分布了80个通信处理机,可与26个大型计算机进行通信。

#### 第三阶段:计算机网络——多机系统

多终端系统为计算机的应用开辟了美好的前景,但也对计算机技术提出了更高的要求。随着生产实践的需要,要求将若干个主计算机(HOST)相互连接起来,以使系统中任一用户都能使用其他用户的资源,或者希望与其他计算机联合起来完成某一任务,这就形成了以共享资源为目的的计算机——计算机系统,也就是计算机网络。实际上,在20世纪60年代中期已产生了这种倾向,到了1969年9月,美国国防部高级研究计划所和十几个计算机中心一起,研制出了ARPA网,该网将若干大学、科研机构和多台计算机连接起来,实现了资源共享。建网初期,ARPAnet共有4个节点,1983年已达到100多个。无论从网络规模还是技术上,ARPA网都有了很大的发展。

ARPAnet是第一个较为完善地实现了分布式资源共享的网络,为计算机网络的发展奠定了基础,是计算机网络理论与技术发展的重要里程碑。它的出现,不仅标志着计算机网络的诞生,而且使计算机网络进入大发展的阶段。分析起来,ARPAnet对计算机网络具有以下几点贡献:

- 把网络分成两个子网,即资源子网和通信干网;
- 利用网络操作系统来实现资源共享;
- 具有较完备的路由选择和流量控制;
- 实现了层次结构的网络协议。

自ARPA网出现后,世界上许多技术先进的国家都纷纷组建了自己的网络。例如美国建立的CYBERNET网络提供了全国范围内的商用资源共享;法国、加拿大以及北欧也分别建立了全国的公众数据网TRANSPAC、DATAPAC和NPDN。这些网络的出现,都在计算机网络的理论与实践方面做出了一定的贡献。与此同时,各大计算机公司先后推出了一些先进的网络体系结构。例如,IBM公司提出了系统网络体系结构(SNA, System Network

Architecture), DEC 公司提出了数字网络体系结构(DNA, Distal Network Architecture), 还有一些公司也提出了自己的网络体系结构。这些体系结构的出现, 表明计算机网络的理论与实践得到了进一步的发展。

20 世纪 70 年代后期, 在全世界已经出现了为数众多的计算机网络, 并且各个计算机网络均为封闭状态, 为了使不同体系结构之间的计算机网络能够互连, 进一步实现更大范围的资源共享, 国际标准化组织在 1977 年开始着手研究网络互连问题, 并提出了一个能使各种计算机在世界范围内进行互连的标准框架, 即开放系统互连参考模型(OSI/RM), 这为计算机网络步入标准化和正规化奠定了基础。

随着计算机硬件技术的迅猛发展, 硬件价格急剧下降, 而功能却急剧增加, 导致了小型计算机和微型计算机的广泛应用, 小型计算机和微型计算机进入了各机关、企业与家庭。在一个部门乃至一座楼内除了有少量的大型机外, 还拥有相当多的小型计算机, 为了相互传递文件和数据以实现小范围的资源共享, 要求将这些计算机在近距离内连成网络, 这就产生了局域网。

进入 80 年代以来, 随着数字技术和光纤技术的发展以及通信业务的多媒体化, 使宽带通信技术得到了迅速发展, 出现了光纤分布式数据接口的高速局域网技术。同时, 分布式队列双总线和多兆比数据交换服务等城域网标准不断推出, 也为城市区域内实现多媒体宽带通信奠定了基础。

#### 第四阶段: 互联网——多网络系统

互联网是全球范围的计算机网络, 它属于网络—网络系统, 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 APRA 网的发展, 并成功地采用了 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, 伯克利加州大学开始推行 TCP/IP 协议, 并以 ARPAnet 为主干网络建立了早期的互联网。进入 20 世纪 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, 随着全世界基础设施的建设, 互联网将会进一步发展壮大。

在互联网发展的同时, 这一阶段还体现了技术的先进性和标准的完善性, 互连、高速和智能化正在成为这一阶段网络的特点。例如, 宽带综合业务网、帧中继、异步转移模式、高速局域网、交换局域网和虚拟网络技术等均体现了上述特点。随着网络规模的日益扩大、网络技术的不断出新和网络服务功能的不断增加, 计算机网络正在朝着宽带化、无线化、智能化和个人化的方向发展。

关于互联网的定义有很多种, 例如: 1995 年 10 月 24 日, 通过广泛征询 Internet 和知识产权方面专家的意见, 美国联邦网络委员会一致通过了一项提案, 为 Internet 作了如下定义: Internet 是一个全球性的信息系统, 系统中的每台主机都有一个全球唯一的主机地址, 地址格式通过 IP 协议(网际协议: Internet Protocol)定义。系统中主机与主机间的通信遵守 TCP/IP 协议(传输控制协议/网际协议: Transmission Control Protocol/Internet Protocol)标准; 或是其他与 IP 兼容的协议标准来交换信息。在以上描述的信息基础设施上, 利用公网或专网的形式, 向社会大众提供资源和服务。

虽然作为一个相互联网的计算机网络群, Internet 还远远不是信息高速公路, 但它是我们今天所拥有的对未来信息高速公路的最佳模拟, 并且毫无疑问地将会发展成为信息高速公路。

互联网获得了巨大的成功。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·盖茨断言: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旺盛的生命力。

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。

其次是它的运作和管理方式,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对它进行管理、运行、维护、提供资源以及制定标准,这里存在一个自由的学术交流环境。

第三是社会的原因,Internet 是一个开放的系统,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的应用,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。

### 1.1.3 新一代互联网

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。互联网发展的历史表明,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,即 Privatization 和 Commercialization 两个阶段。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,创造了技术成果每半年翻一番的新的“摩尔定律”。

由于光通信技术的迅猛发展,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,目前互联网的可扩展性、服务质量保证以及安全性等方面存在的问题日趋突出,新一代互联网技术应运而生。可以看出,新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。美国的新一代互联网技术已经经过了研究开发阶段,目前正处于合作伙伴之间进行大规模试验阶段。

拥有新一代互联网,在 2008 年北京奥运会上,运动员只需戴上一些简单设备,普通市民就可以成为“运动员自己”,以他们的眼光观看比赛;拥有新一代互联网,我们不仅可以进行远程会诊,甚至一个眼科医生可以远程操作一台精细手术……那么究竟什么是新一代互联网?下面我们从新一代互联网和传统互联网的区别入手予以详细介绍。

相对于传统互联网来说,新一代互联网更快、更大、更安全、更及时、更方便。

- 更快:平均来看,新一代互联网比传统互联网要快1 000~10 000倍。

- 更大:新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),几乎可以给家庭中的每一个可能的东西分配一个独立的 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;新一代互联网使用 IPv6 技术,其地址空间由 32 位扩展到 128 位,可分配的 IP 地址的数量几乎是无限大。这就意味着互联网中许多核心设备需要更新,软件需要改写。美国有人做过估算,如果全球互联网都改用 IPv6 协议的话,那么需要投入几千亿美元的资金。

- 更安全:目前的计算机网络存在着大量安全隐患,新一代互联网在 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:新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。

目前“炒”得正热的宽带网是不是新一代互联网?回答是否定的,这是两个截然不同的概念。宽带仅仅是指速度,只是新一代互联网包含的一个方面,宽带只是在传统互联网上对网速的改进,而新一代互联网则是技术革命。

朗讯科技贝尔实验室总裁耐特拉瓦利日前在贝尔中国研究院成立时对互联网做出了 7 大预言。

- ① 到公元 2025 年,我们生活的地球将披上一层“通信外壳”,这层通信外壳将由热动装置、压力计、污染探测器等数以百万计的电子测量设备构成。它们负责监控城市、公路和环境,并随时将测量数据直接输入网络,其方式酷似我们的皮肤不断将感觉数据流传输到我们的大脑。

- ② 到 2010 年,全球互联装置之间的通信量将超过人与人之间的通信量。届时家中的洗碗机将能自动呼叫生产厂商并报告故障,厂家则可进行远程诊断。

- ③ 带宽的成本将变得非常低廉,甚至可以忽略不计。随着带宽瓶颈的突破,未来网络的收费将来自服务而不是带宽。交互性的服务,如节目、联网的视频游戏、电子报纸和杂志等服务将会成为未来网络价值的主体。

- ④ 个人及企业将获得大量个性化服务。这些服务将会由软件人员在一个开放的平台中实现。由软件驱动的智能网技术和无线技术将使网络触角伸向人们所能到达的任何角落,同时,允许人们自行选择接收信息的方式,给母亲打电话可以简单到只需说一声“妈妈”。

- ⑤ 因特网将从一个单纯的大型数据中心发展成为一个更加聪明的高智商网络。其中个人网站复制功能将不断预期人们的信息需求和喜好,用户将通过网站复制功能筛选网站,过滤掉与其无关的信息并将其以最佳格式展现出来。

- ⑥ 高智能网络将成为人与信息之间的高层调节者。人可以同通信设备直接讲话,如“我想同芝加哥的 Bob 谈话”,通信设备就会找到最佳连接路径。

- ⑦ 我们将看到一个充满虚拟性的新时代。在这个新的虚拟时代,人们的工作和生活方式都会改变,那时我们将进行虚拟旅行、读虚拟大学、在虚拟办公室里工作、进行虚拟的驾车测试……

新一代互联网对人类社会的影响将是前所未有的,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,人类梦想利用网络把世界联成一体,今天

这个梦想正在实现。

## 1.2 计算机网络技术的发展趋势

网络发展和普及的动力来源于两个方面:应用需求和技术支持。应用需求为网络的发展指明了方向,技术支持为网络的发展提供了基础保障。为了满足新一代互联网的需求,必须研究和发新一代计算机网络技术。下面列举若干比较重要的新一代网络技术:

### (1) IPv6 协议

下一代互联网是基于 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,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,这些局限性同样妨碍着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 的主要优势是: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,彻底结束拨号上网的时代。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。但从长远看,改变后会引入许多新的服务与应用,能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,但是到目前为止,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在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达到 40 Gbit/s,超长距离传输实现了 1.28 Tbit/s 无再生传送 8 000 km,波分复用实验室最高水平已达到 273 个波长、每个波长 40 Gbit 的 10.9 Tbit 系统。单一光纤的传输容量在 1980~2000 年这 20 年里增加了约 1 万倍。预计几年后单纤容量将再增加 16 倍,达到 6.4 Tbit/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 THz,而目前的光谱效率为 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、覆盖率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有限的商用生产,开始在网络边缘和网络核心使用。采用微电机系统技术的全光交换机取得了较大进展。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破,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及: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 Mbit/s;以对称方式工作,速率可达26 Mbit/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频传送,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ADSL和HFC网相当。

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技术既能提供类似光纤的速率,在无线接入带宽上有了明显突破,又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得多,成本也低得多,FSO已经在企业和多住户单元市场得到使用。

#### (5) 城域网

城域网也是新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SONET/SDH/SDH、ATM的,也有基于以太网或WDM以及MPLS和弹性分组环技术(RPR)的等。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、生存能力强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,通过对各种功能进行不同程度的集成,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。ITU和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新一代网络作出的一次重大努力。

#### (7) 服务质量控制技术

未来的网络将承载数据、语音、视频等多种业务,为了实现这一目标,除了充足的带宽外,服务质量(QoS)控制机制也是必不可少的。尽管已经有一些 QoS 标准或协议,如 RSVP、DiffServ,但至今还没有一种得到广泛的应用。在现在和未来的一段时间内,关于 QoS 的研究将是网络和通信领域的热点之一。QoS 问题本质上是研究网络资源的管理和控制问题,由于 Internet 的复杂性和分组交换的特点,使 Internet 本身缺乏完善的理论模型和分析。因此,QoS 问题目前更多地停留在局部,未来的应用发展需要综合考虑各个方面的 QoS 因素,提供综合的服务质量保证方案。

#### (8) 网格技术

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的工作人员,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(Ian Foster)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,实现各种资源的全面共享。当然,网格并不一定非要这么大,也可以构造地区性的网格,如中关村科技园区网格、企事业单位内部网格、局域网网格,甚至家庭网格和个人网格,等等。网格的根本特征不是它的规模,而是资源共享,消除资源孤岛。



## 第2章 新型网络体系结构

随着 Internet 规模的扩大,传统网络体系结构的局限性越来越突出,如管理和维护困难,新协议、新业务部署较慢等。面对这些问题,以主动网络技术为代表的新一代网络体系结构应运而生。这些新型的网络体系结构将使网络朝着自适应、动态、智能化的方向发展。

### 2.1 计算机网络体系结构

大多数的计算机网络都采用层次结构,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次系统传送来的参数,这也就是层次间的无关性。因为有了这种无关性,层次间的每个模块都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,哪怕它们使用的算法和协议都不一样。

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。只要遵循这组标准或规范,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,而不涉及每层硬件或软件的组成,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在 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。理论上讲,这个标准是开放的,应该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。考虑到大量现存的事实上的标准,许多厂商只能简单地决定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、约定与标准被称为网络协议。

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应遵循的格式,亦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) 时序

协议的时序指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 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(例如进程或子进程)或硬件元素(例如智能 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(CNA, Computer Network Architecture)。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。

TCP/IP 协议的体系结构自 20 年前确定后一直沿用至今,为 Internet 的发展壮大做出了巨大贡献,成为 Internet 事实上的标准。基于 TCP/IP 协议的 Internet 遵循“端到端的原则”,也就是说,Internet 的网络层只提供不可靠的传输服务,而应用要求的可靠性和安全性等由端系统自己来实现,这样可以大大简化 Internet 本身的复杂度。TCP/IP 协议与 OSI 七层协议的关系如图 2-1 所示。

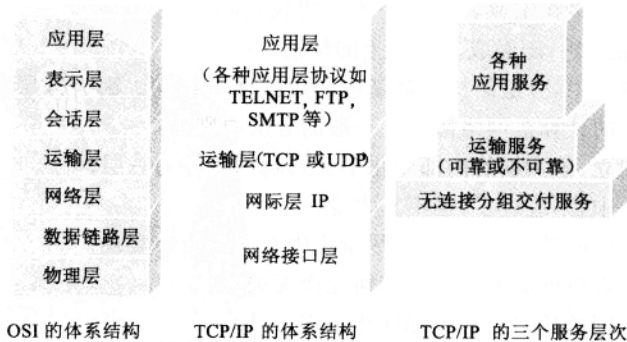


图 2-1 OSI 体系结构与 TCP/IP 体系结构