



现代IP技术丛书

MODERN IP TECHNOLOGY

宽带IP组网 技术

田瑞雄 环 翾 贾振生 编著
李 星 审

142

人民邮电出版社
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

现代 IP 技术丛书

TN915.102
T457

宽带 IP 组网技术

田瑞雄 环 翮 贾振生 编著

李 星 审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

宽带 IP 组网技术 / 田瑞雄, 环翹, 贾振生编著. —北京: 人民邮电出版社, 2003.1

(现代 IP 技术丛书)

ISBN 7-115-10824-2

I. 宽… II. ①田… ②环… ③贾… III. 宽带通信系统—计算机通信网—通信技术
IV. TN915.142

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 097418 号

内 容 提 要

本书全面系统介绍了宽带 IP 网络组网技术基础、系统结构、相关协议、实际应用和发展趋势。

本书共分 6 章。第一章介绍了 IP 网络基础知识和网络传输宽带化趋势。第二章介绍了实现宽带网络结构中交换节点的核心——高速路由器技术。第三章介绍了局域网、广域网技术和发展趋势。第四章介绍了 IP over ATM 的技术方案。第五章介绍了 IP over SDH 技术方案。第六章介绍了 IP over DWDM 的技术特点和当前的研究重点。

本书内容翔实, 材料丰富, 反映了国际上宽带传输技术的最新进展。本书着重基本概念的介绍, 并且给出了各个领域的发展方向。本书可供电信和计算机工程专业的技术人员和管理人员阅读。

现代 IP 技术丛书 宽带 IP 组网技术

◆ 编 著 田瑞雄 环 翹 贾振生
审 李 星
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>
读者热线 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14
字数: 335 千字 2003 年 1 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10824-2/TN · 1957

定价: 25.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

序 言

Internet 作为计算机技术和通信技术融合的产物,近年来获得快速的发展。最初的 ARPANet 仅具有几个节点,现在的 Internet 遍及全世界,主机数目超过千万;最初的 Internet 仅作为学术研究的工具和对象,现在的 Internet 已经成为现代社会一种重要的信息网络,成为国家信息基础设施之一。

Internet 中储藏着大量的信息资源,为用户提供广泛的服务。从 20 世纪 90 年代以来 Internet 的商业化拓展了网络的应用范围,促使网络技术迅猛发展,新技术、新应用不断涌现。电子商务、远程教育、远程医疗、电子图书馆、虚拟现实、网络多媒体等运用在网络中有的从梦想变为现实,有的逐渐开展起来。

近年来,Internet 进入了高速发展时期,网络规模、网络应用以及网络用户群体的组成均发生了巨大的变化。这些变化使得 Internet 在以下几个方面面临着重大的挑战:

- 网络的可扩展性;
- 网络的安全性;
- 网络的服务质量;
- 新的网络应用;
- 网络中分布式信息的组织和管理

需求的提高和技术的进步是相互促进的。网络面临的各种挑战需要网络基础设施具有更快的传输能力和节点处理能力——这就是网络的宽带化需求。高速路由器技术、IP over ATM 技术、IP over SDH 技术、IP over DWDM 技术等均是为了应对宽带网络的发展而提出的解决方案。其中有的已经成熟并应用到实际的网络中,有的正在进行深入研究。这些技术的进一步发展,将提高网络的传输能力和处理能力,对于实现网络的新功能具有重要的意义。

为了迎接网络迅猛发展提出的挑战,为了把人们对于生活的许多美好愿望变为现实,研究人员正在以辛勤的努力,通过广泛吸收世界范围内在网络研究方面的成就,以及自己开创性的工作,争取成为网络发展的推动力量。

清华大学电子工程系网络所新一代网络实验室各位同仁在对宽带组网技术的学习、吸收的基础上，结合自己的科研成果，编成此书。希望通过此书有机会与各位专家进行交流和学习的，由此来加快我国在 IP 网络宽带组网技术方面的发展。如能达此目的，心甚慰矣！

李星

前 言

Internet 是计算机技术和通信技术进步的产物,近年来获得快速的发展。人们通过 Internet 获取各种信息,开展电子商务,参与各种娱乐活动等。Internet 作为应用业务和社会生活的承载者,已经成为国家信息基础设施之一。

多媒体业务是综合化的通信网络技术发展方向,各种多媒体技术为用户提供了全方位、综合化和交互性强的服务,如视频点播、数字电视、视频会议、远程教育和医疗、电子商务、虚拟现实等,它们在为用户提供高质量的信息服务的时候,也需要高速的计算设备、宽带传输设备和个性化的用户终端。

Internet 的进一步发展,需要在网络基础设施、网络运用、网络管理等各个方面的共同发展。Internet 面临的挑战主要有:可扩展性、网络安全、服务质量、新的网络应用和如何面临“信息爆炸”。宽带化,即网络的宽带传输和接入已经成为迫切的需要。所谓宽带 IP 网络是指 Internet 的交换设备、中继线路、用户接入线路和用户终端都是宽带接入的。本书着重介绍了网络宽带化趋势以及实现宽带组网的相关技术。

当前,宽带组网技术主要包括:

① 高速路由器技术:路由器实现网络传输中业务的交换,路由器在基于分组交换的网络中处于核心位置。实现高速路由器需要在路由器的系统结构、硬件技术和相应算法等方面进行改进,主要包括路由器的交换结构、队列管理、路由表查询算法、数据分组转发等各个方面。Cisco 12000 系列交换路由器和 Juniper M 系列路由器是当前高速路由器产品的代表。

② IP over ATM:ATM 和 IP 的相互结合有多种技术方案,大致可分为两种模型:重叠模型和集成模型。重叠模型是指 IP 协议在 ATM 上运行,主要有 IETF 推荐的 CIPOA (Classic IP over ATM)、ATM Forum 推荐的 LANE (LAN Emulation) 和 MPOA (Multi-Protocol over ATM)。近来, MPLS 越来越引起人们的关注,大家普遍看好的是 MPLS 将作为 ATM 与 IP 相结合技术的一种解决方案而应用于广域网。IP over ATM 技术是面向连接的 ATM 与面向无连接的 IP 的统一,也是选路与交换的组合。IP over ATM 主要用于网络边缘多业务的收集和一般 IP 骨干网,不太适合超大型 IP 骨干网。

③ IP over SDH:以 SDH 网络作为 IP 数据网络的物理传输网络,使用链路适配及成帧协议对 IP 数据分组进行封装,然后按字节同步的方式把封装后的 IP 数据分组映射到 SONET / SDH 的同步净负荷包 (SPE) 中。在 IP over SDH 中,SDH 是以链路方式来支持 IP 网。目前广泛使用 PPP 协议对 IP 数据分组进行封装,并采用 HDLC 帧格式,即 IP/PPP/HDLC/SDH。PPP 协议提供多协议封装、差错控制和链路初始化控制等功能,HDLC 帧格式负责同步传输链路上 PPP 封装的 IP 数据帧的定界。IP 与 SDH 的结合是将 IP 分组通过点到点协议直接映射到 SDH 帧,省掉了中间的 ATM 层,从而保留了 Internet 的无连接特征,简化了网络体系

结构,提高了传输效率,降低了成本,易于兼容不同技术体系和实现网间互联。IP over SDH 技术适用于 ISP 网/企业网,也被广泛应用于大多数电信运营公司的 IP 骨干网。

④ IP over WDM: IP 业务直接放在光层(WDM / DWDM)上进行传输,中间不经过 SDH。IP over DWDM 需要开发一种帧结构(类似于 PPP)来包装 IP 包;需要有适配功能,如性能监视与报告、配置管理等。IP over DWDM 是目前最有发展前途的宽带 IP 网络技术,采用密集波分复用技术 DWDM 能极大地提高网络的带宽。目前 WDM / DWDM 本身的组网处于初始阶段,技术不太成熟,光信号的损耗与监视、以及光通路的保护切换问题和网络的管理配置问题都没有解决。在这方面正在进行大量的研究,一些示范网络已经建成。

全书共分 6 章,各章的主要内容如下:

第 1 章介绍了 IP 网络的基本知识,包括 IP 网络的历史发展、当前面临的挑战、网络体系结构、TCP/IP 协议栈、IP 网络宽带化趋势、典型的宽带传输和宽带接入技术。

第 2 章介绍了 IP 网络中路由的基本知识以及高速路由器技术,包括路由算法、路由协议、实现高速路由器的技术(如高速路由查询的算法、高速路由器中的队列管理、交换路由技术等)。本章的最后还介绍了当前国内外典型的高速路由器产品。

第 3 章介绍了局域网和广域网技术,内容有令牌环(Token Ring)、FDDI、以太网、虚拟局域网、无线局域网等基本概念,以及网络传输设备、协议标准和传输技术。本章还简述了宽带城域网技术及 IP 服务质量。

第 4 章介绍了 IP over ATM 技术,包括 ATM 基本原理、ATM 交换机与排队机制以及 ATM 网络流量控制和拥塞控制、IP over ATM 的多种方式(如 LANE、CIPOA、MPOA、ATM 与 MPLS 的结合等)。

第 5 章介绍了 IP over SDH 技术,内容有 SDH 技术原理、相关协议、网络设备、系统结构和 IP over SDH 的解决方案。

第 6 章介绍了 IP over DWDM 技术,包括光通信系统及其结构、WDM/DWDM 传输系统结构和相关协议、IP over DWDM 的解决方案和面临的问题以及当前的研究热点。

参加本书编写工作的有:田瑞雄、环翮、贾振生。其中,第 1、2 章由田瑞雄编写,第 3、4 章由环翮编写,第 5、6 章由贾振生编写。全书由李星教授审阅。

书中疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 IP 网络的基础知识	1
1.1 IP 网络的发展	1
1.1.1 Internet 的历史	1
1.1.2 Internet 的新应用	4
1.1.3 Internet 面临的挑战	5
1.2 IP 网络的体系结构	7
1.2.1 网络体系结构的分层模型	8
1.2.2 OSI 参考模型	8
1.2.3 TCP/IP 参考模型	10
1.2.4 OSI 和 TCP/IP 参考模型的比较	11
1.3 TCP/IP 协议基础	12
1.3.1 TCP/IP 协议栈	12
1.3.2 IP 协议	13
1.3.3 TCP 协议	16
1.3.4 UDP 协议	17
1.4 宽带化——IP 网络发展的趋势	18
1.4.1 通信业务的发展	18
1.4.2 IP 网络传输带宽的发展	19
1.4.3 IP 宽带传输技术	20
1.4.4 IP 宽带接入技术	22
参考文献	24
第 2 章 IP 网络中路由及高速路由器技术	25
2.1 交换技术	25
2.1.1 电路交换	25
2.1.2 分组交换	26
2.1.3 路由选择	26
2.2 路由算法	28
2.2.1 设计路由算法的基本要求	28
2.2.2 路由算法中使用的度量	29
2.2.3 距离向量算法	29

2.2.4	距离向量算法加快收敛的方法	31
2.2.5	链路状态算法	33
2.2.6	混合路由算法	34
2.3	路由协议	34
2.3.1	路由信息协议 (RIP)	34
2.3.2	开放最短路径优先协议 (OSPF)	35
2.3.3	边界网关协议 (BGP)	35
2.3.4	选择路由协议	37
2.4	高速路由器技术	37
2.4.1	路由器的基本结构和功能	37
2.4.2	加速路由表查找的算法	38
2.4.3	IP 路由器的体系结构	41
2.4.4	路由器的交换结构	43
2.5	高速路由器中的队列管理算法	46
2.5.1	路由器中的拥塞控制算法	46
2.5.2	路由器中的队列调度—公平排队算法	50
2.5.3	路由器中的队列调度—轮循调度算法	52
2.6	交换路由技术	55
2.6.1	MPLS 基本原理	55
2.6.2	标记格式	56
2.6.3	标记分发协议 (LDP)	58
2.6.4	标记交换的优点	59
2.7	高速路由器实例	60
2.7.1	Cisco 12000 系列交换路由器	60
2.7.2	Juniper M 系列路由器	61
2.7.3	其他高速路由器产品	61
	参考文献	62
第 3 章	局域网和广域网技术	64
3.1	局域网、广域网基本概念	64
3.2	局域网技术	66
3.2.1	令牌环 (Token Ring) 技术	66
3.2.2	FDDI 技术	67
3.2.3	以太网 (Ethernet) 技术	69
3.2.4	VLAN 技术	71
3.2.5	局域网传输设备	73
3.3	无线局域网技术	79
3.3.1	概述	79
3.3.2	无线局域网的传输介质	79

3.3.3	无线局域网的相关概念	80
3.3.4	无线局域网的主要协议标准	81
3.3.5	无线局域网的特点与发展前景	85
3.3.6	无线局域网的应用前景	85
3.4	广域网技术	86
3.4.1	广域网协议—PPP/SLIP	86
3.4.2	典型广域网传输技术—帧中继	88
3.5	宽带城域网技术	90
3.5.1	组网方案	91
3.5.2	宽带接入方式	91
3.5.3	用户认证	92
3.6	Internet 网络的服务质量	93
3.6.1	综合业务模型	94
3.6.2	区分业务模型	96
	参考文献	98
第 4 章	IP over ATM	99
4.1	ATM 基础	99
4.1.1	ATM 基本概念	99
4.1.2	ATM 基本原理	100
4.1.3	ATM 交换机	102
4.1.4	ATM 与 B-ISDN	107
4.1.5	ATM 网络流量控制和拥塞控制	110
4.2	IP 和 ATM 结合(IP over ATM)	114
4.3	IP over ATM 技术之一: LANE	115
4.3.1	LANE 结构	115
4.3.2	LANE 中的连接	117
4.3.3	LANE 的实现	118
4.3.4	LANE 的优缺点	119
4.4	IP over ATM 技术之二: CIPOA	119
4.4.1	CIPOA 结构	119
4.4.2	CIPOA 工作过程	121
4.4.3	CIPOA 优缺点	122
4.4.4	CIPOA 与 LANE 比较	122
4.5	IP over ATM 技术之三: MPOA	122
4.5.1	MPOA 结构	122
4.5.2	MPOA 路由	123
4.5.3	MPOA 优缺点	124
4.6	IP over ATM 技术之四: IP 交换	125

4.6.1	IP 交换组件	125
4.6.2	IP 交换工作原理	127
4.6.3	IP 交换优缺点	127
4.7	IP over ATM 技术之五: Tag 交换	127
4.7.1	标记交换组件	128
4.7.2	标记分配方法	129
4.7.3	标记交换网络处理过程	131
4.7.4	标记交换支持的服务	131
4.8	IP over ATM 技术之六: MPLS	132
4.8.1	MPLS 概述	132
4.8.2	MPLS 核心技术和组件	133
4.8.3	ATM 支持 MPLS 的方式	135
	参考文献	136
第 5 章	IP over SDH	137
5.1	SDH 基础	137
5.1.1	SDH 基本概念, SDH 和 PDH	137
5.1.2	SDH 建议标准	140
5.1.3	SDH 与 SONET	141
5.2	SDH 技术原理	142
5.2.1	SDH 帧结构	142
5.2.2	SDH 复用映射	144
5.2.3	SDH 光接口分类与接口标准	151
5.3	SDH 网络结构	152
5.3.1	SDH 网络设备及传输拓扑结构	152
5.3.2	SDH 网络分层模型与网络结构	155
5.3.3	SDH 网络保护、网同步和网络管理	156
5.4	IP over SDH	159
5.4.1	IP 与 SDH	159
5.4.2	IP over SDH 的体系结构	161
5.4.3	IP over SDH 中的关键技术	165
5.4.4	IP over SDH 组网方案	167
5.4.5	IP over SDH 技术特点及面临的问题	173
	参考文献	174
第 6 章	IP over DWDM	176
6.1	光通信系统	176
6.1.1	光纤简介	178
6.1.2	光纤传输特性	180

6.1.3	光纤传输系统的主要技术	185
6.1.4	光纤传输系统结构及其设计	187
6.2	DWDM 技术	189
6.2.1	DWDM 技术简介	190
6.2.2	DWDM 系统及关键技术与器件	191
6.2.3	DWDM 系统标准及目前发展情况	196
6.2.4	DWDM 在网络中的应用	198
6.3	IP over DWDM	201
6.3.1	IP over DWDM 简介	201
6.3.2	IP over DWDM 网络结构	202
6.3.3	IP over DWDM 关键技术及面临的问题	205
6.3.4	IP via MPLS over DWDM 的光互联网技术	209
	参考文献	211

第 1 章 IP 网络的基础知识

Internet 是计算机技术和通信技术进步的产物,近年来获得快速的发展。最初的 ARPANet 仅具有几个节点,现在的 Internet 遍及全世界,主机数目超过千万。最初的计算机网仅作为学术研究的工具和对象,现在的计算机网已经成为现代社会一种重要的信息网络,成为国家信息基础设施之一。Internet 的历史非常复杂,包括了技术、组织和社会等各个方面。它的影响不仅在计算机通信领域,而且已经深入社会的各个方面。

Internet 作为信息基础设施,其上承载了大量的通信和应用业务。人们通过 Internet 可获取各种信息,开展电子商务,参与各种娱乐活动等。Internet 作为应用业务和社会生活的承载者,提供虚拟的社会环境,成为虚拟社会的基础。

本章介绍了 Internet 的基础知识,包括 Internet 的历史、网络的分层结构和 Internet 的协议基础——TCP/IP 协议栈。从 1995 年开始的 Internet 商业化过程极大促进了 Internet 的发展,其应用已经遍及社会的各个方面,并且在不断改变着人们的生活。Internet 的进一步发展,需要在网络的基础设施、网络运用、网络管理等各个方面进行深刻变革。宽带化,即网络的宽带传输和接入已经成为网络进一步发展的迫切的需要,本章对这一方面的趋势作了简介,目的是为本书的中心内容——宽带网络组网技术的介绍打下基础。

1.1 IP 网络的发展

1.1.1 Internet 的历史

Internet 基于 TCP/IP 协议,将分布于世界各地的计算机网络连接成一个整体。它是在不同的计算机之间交换数据和信息的现代数据网络形式。

计算机网络源于 20 世纪 60 年代。在当时美苏两个超级大国对峙的冷战氛围下,如何使美国的权力机构在遭受核打击之后仍能成功通信成为兰德公司 (RAND) 面临的一个战略问题。RAND 公司提出了一种新型的网络。在 1964 年该提议被付诸实施。这份由 Paul Baran 撰写的提议阐明这种新型的网络没有中央权力机构,能在不完整的状态下工作。这种网络的原则是:所有的节点都是对等的;所有的节点都能发送和接收消息;所有的消息都用数据分组来发送,每一个分组都有独立的报头;这些数据分组从一个节点发送到另一个节点。这也是今天 Internet 采用的基本原则。

1969 年由美国国防部组建的 ARPANet 是 Internet 的前身。ARPANet 初建的时候有四个节点,为科学家提供远程计算机的资源共享。该网络到 1986 年的时候联网主机超过 5000 台。

ARPANet 具有以下的特点:

- ① 支持资源共享;
- ② 采用分布式控制技术;
- ③ 采用分组交换技术;
- ④ 使用通信控制处理机;
- ⑤ 采用分层的网络通信协议。

美国国家科学基金会 (NSF) 想把超级计算机应用在科学研究, 因此他们建立了六个超级计算机中心。为了把这些超级计算机中心相互连接在一起, 他们采用 IP 协议建立了他们自己的网络, 这就是 NSFNet 的主干传输网。该网建立于 1986 年, 主要服务于教学和科研。NSF 在全国建立了按地区划分的计算机广域网, 并将这些地区网络和超级计算中心相连, 最后将各超级计算中心互联起来。地区网的构成一般是由一批在地理上局限于某一地域, 在管理上隶属于某一机构或在经济上有共同利益的用户的计算机互联而成。连接各地区网上主通信节点计算机的高速数据专线构成了 NSFNet 的主干网。这样, 当一个用户的计算机与某一地区网相连以后, 它除了可以使用任一超级计算中心的设施, 或同网上任一用户通信外, 还可以获得网络提供的大量信息和数据。这一成功使得 NSFNet 于 1990 年 6 月初底取代了 ARPANet 而成为 Internet 的主干网。

在 20 世纪 90 年代以前, Internet 主要是用在科学研究、学术交流、教育以及新闻传播等领域。在进入 90 年代以后, 尤其是从 1993 年之后, 商业应用在 Internet 上取得飞速发展。这个覆盖全球的网络以其无可比拟的优势向人们暗示着巨大的和潜在的商业利益。1994 年美国的 Internet 由商业机构全面接管, 这使 Internet 从单纯的科研网络演变成一个世界性的商业网络。1995 年, Internet 已经作为商业网络取代了 NSFNet 的地位, 并将网络向全球社会成员开放。世界各国纷纷连入 Internet, 各种商业应用也一步步地加入 Internet, 成千上万的大小企业趋之若鹜, 纷纷加入到 Internet 中。网络中各种新的技术和运用不断产生, 吸引了越来越多的用户加入到 Internet 中来。Internet 的飞速发展, 一方面归因于 WWW 技术的出现, 它能够向用户提供多媒体数据的集成, 商业公司可以通过这项技术实现在网络中的商业运用。另一方面就是大量公司进入计算机网络领域, 在网络中开展大量的商业应用。Internet 的商业化推动了 90 年代后半期直到现在的 Internet 的迅猛发展。

Internet 是目前国际上规模最大的计算机网络, 世界上任何一个地方的 Internet 用户都可从 Internet 中获取所需的信息, 如自然、社会、历史、科技、教育、卫生、医疗、娱乐、政治、经济、文化、金融、商业、军事、环境、地理等, Internet 被看作全球最大的信息宝库和最大的图书馆。Internet 是人类历史发展中的一个伟大里程碑, 它是 21 世纪信息高速公路的雏形, 人类将由此进入一个前所未有的信息化社会。Internet 将对人类文明进步和科技发展产生深远的影响。

图 1.1、图 1.2 分别给出了 Internet 的主机数目和 WWW 网站数目的增长 (引自 <http://www.zakon.org/robert/internet/timelin/>)。其中, 网络数目是按传统的 A、B、C 类网络划分的数目。

据统计数据, 到 2001 年的 1 月份, Internet 中的主机已有 109 574 429 台。到 2001 年 3 月份, Internet 中的 WWW 网站已经达到 28 611 177 个。从上面的图中还可以看出来, Internet 的增长方式在很长的一段时间里是指数增长, 并且现在还看不出增长趋势的改变。这说明了

Internet 的快速增长和在全球范围内的普及。

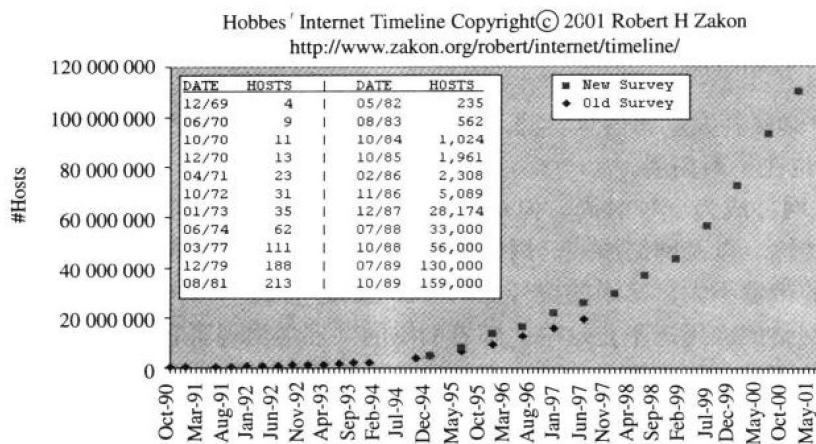


图 1.1 Internet 中主机数目的增长

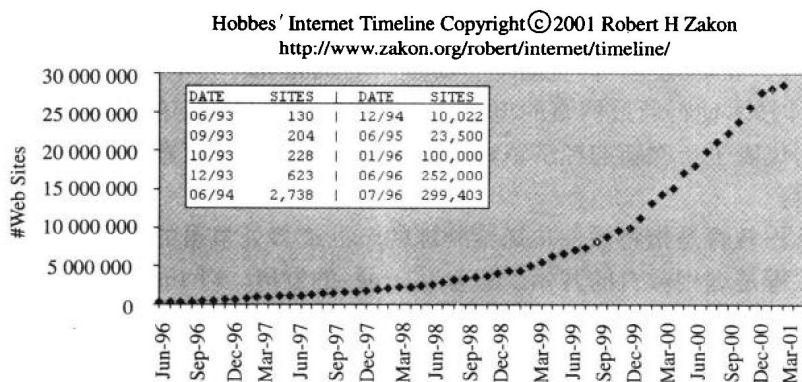


图 1.2 Internet 中 WWW 网站数目的增长

中国早在 1987 年就由中国科学院高能物理研究所首先通过 X.25 租用线实现了国际远程联网，并于 1988 年实现了与欧洲和北美地区的 E-mail 通信。1994 年 6 月中国教育与科研计算机网（CERNet）正式连接到 Internet。1996 年 6 月，中国电信的 CHINANet 也正式投入运营。到目前为止，中国共有 9 大计算机网，它们分别是：

- 中国教育和科研计算机网（CERNet）
- 中国科技网（CSTNet）
- CHINANet
- 中国金桥网（GBNet）
- 中国长城互联网（GWNNet）
- 中国联合通信网（UNINet）
- 中国网络通信网（CNCNet）

- 中国移动通信网 (CMNet)
- 中国对外经济贸易网 (CIENet)

1.1.2 Internet 的新应用

Internet 中储藏着大量的信息资源, 为用户提供广泛的服务。随着新技术的不断出现, Internet 的运用也在不断拓展。

现在, “上网”成为一种时尚。但是, 许多人对上网的理解, 无非是网络冲浪、收发电子邮件、文件传输、以及网络游戏、网络聊天、电子社区等网络中的娱乐活动。一般来说, 这些应用需要的带宽不大, 常用的拨号上网 (56kbit/s) 的速度就可以应付。

实际上, 网络的应用远不止这些。随着网络的发展, 出现了各种各样新的网络应用, 他们对网络条件的要求各不相同, 但是一个总的趋势是需要的网络带宽越来越宽, 网络传输速度越来越快。下面介绍几种典型的网络新应用。

1. 电子商务

电子商务是通过数字网络方式进行的商务活动。它通过电子方式处理和传递数据, 包括文本、声音和图像。它涉及许多方面的活动, 如货物电子贸易和服务、在线数据传递、电子资金划拨、电子证券交易、电子货运单证、商业拍卖、合作设计和工程、在线资料、公共产品获得。它包括了产品和服务、传统活动和新型活动。Internet 为电子商务提供了广阔的平台, Internet 的多媒体技术使得通过网络的电子商务能够更加适应用户的需要。电子商务不是单纯的技术问题, 它代表了一次新的经济革命, 预示着新的经济增长方式。

2. 远程教育

广义上, 远程教育是指将课件传送给外地的一处或多处学员的教育。20 世纪 30 年代开始的商业函授课程是远程教育的开始。随着 Internet 的发展, 以 Internet 为平台, 利用网络技术开展远程教育, 使远程教育的形式和特征发生了深刻的变化。在 Internet 中, 远程教育是指通过音频、视频 (直播或录像) 及包括实时和非实时在内的计算机技术把培训课程传送到校园外的教育。利用 Internet 进行远程教学可以打破传统远程教育中教师和学生、学生和生之间的相对孤立状态。这种交互性是近乎实时的、并且可以利用多种渠道实现, 比如: 电子邮件、BBS、WWW、基于网络的协作学习系统、网上在线交谈等等。利用网络进行远距离教育, 可全天 24 小时进行。每个学员都可以根据自己的实际情况来确定学习时间、内容和进度, 可随时在网上下载相关学习内容或向老师和同学请教, 实现教学的异步性。

3. 远程医疗

远程医学 (Telemedicine) 从广义上讲是使用远程通信技术和计算机多媒体技术提供医学信息和服务。它包括远程诊断、远程会诊及护理、远程教育、远程医学信息服务等所有医学活动。远程医学从狭义上讲是指远程医疗, 包括远程影像学、远程诊断及会诊、远程护理等医疗活动。简单地说, 病人与提供医疗服务的机构不在同一个地方, 在他们之间病情信息和医疗服务的相关信息通过网络传递。美国未来学家阿尔文·托夫勒曾经预言: “未来医疗活动中, 医生将面对计算机, 根据屏幕显示的从远方传来的病人的各种信息对病人进行诊断和治疗”, 这已经逐渐成为现实。

4. 电子图书馆

电子图书馆一般指利用当今先进的数字化技术, 通过 Internet 使分布在各个不同地理位置

的用户能够共享图书馆中的馆藏资源。它将分散于不同载体、不同地理位置的信息资源以数字化的形式储存,以网络化的方式互联,提供实时利用,实现资源共享。电子图书馆的核心是数字化和网络化,其实质则是形成有序的信息空间。电子图书馆的目的是直接向读者提供所需的最终信息,而不只是二次文献(获得文献的线索),但数字图书馆并不排斥书目数据、索引文摘等二次文献,它们也是数字图书馆的组成部分。为了向读者提供所需的最终信息,必须将图书馆中的资源以数字化的方式进行存储,并且这些数据是多媒体数据。通过计算机网络,可以查找和获取这些数据。分布于全球不同地方的图书馆通过网络互联实现资源共享,使得整个世界的图书资源形成一个整体,可以为用户提供巨量的信息。

5. 虚拟现实

虚拟现实(Virtual Reality)是以浸没感、交互性和构想为基本特征的计算机高级人机界面。它综合利用了计算机图形学、仿真技术、多媒体技术、人工智能技术、计算机网络技术、并行处理技术和多传感器技术,模拟人的视觉、听觉、触觉等感官功能,使人能够沉浸在计算机生成的虚拟境界中,并能够通过语言、手势等自然的方式与之进行实时交互,创建一种适人化的多维信息空间。使用者不仅能够通过虚拟现实系统感受到在客观物理世界中所经历的“身临其境”的逼真性,而且能够突破空间、时间以及其他客观限制,感受到在真实世界中无法亲身经历的体验。虚拟现实技术具有超越现实的虚拟性。虚拟现实技术与计算机网络的结合,在网络中实现虚拟现实的场景,能够开辟网络中的新应用。在远程教育中采用虚拟现实技术将大大提高教学的效果;在电子商务中提供虚拟现实技术可以使用户对产品和服务有切身的体验;在网络游戏中运用虚拟现实技术将提高游戏的逼真度,使得玩家的体验更为真切。当然,在网络中提供虚拟现实技术也对网络的条件提出了很高的要求,由于在虚拟现实技术中所需要传输的数据包括视觉、听觉、触觉、味觉等各个方面,数量巨大,需要网络的带宽在 100Mbit/s 以上。

6. 视频点播(VOD)

视频点播(Video On Demand, VOD)系统是图像编解码压缩技术和传输技术的结合。视频点播是把各种视频节目放在服务器端,用户可以随时点播自己想看的节目,具有快进、暂停、回放等功能。视频广播是指用户被动地收看收听服务器定时播放的节目,但不能进行快进、回放等操作,正如我们看电视一样。直播与广播类似,不同之处在于直播的节目是实时进行的。广播直播需要 IP 组播(Multicast)协议的支持,以节省带宽。该项应用已经逐步普及,在网上可以看到许多提供视频电影服务的站点。也有些公司用它来做网上新闻发布、培训等。

以上的介绍仅仅是新技术中的一部分,更多的新技术和应用将会不断出现。多样化的应用对网络的传输能力提出了更高的要求。SUN 公司提出的口号“网络就是计算机”使基于计算机系统解决问题的概念发生变化,今后必须基于计算机网络环境来解决问题。

1.1.3 Internet 面临的挑战

20 世纪 90 年代中期以来,特别是 WWW 服务出现以后,Internet 进入了指数增长的高速发展时期。同早期的 ARPANet 相比,网络的规模、应用、以及用户群体的组成都发生了巨大的变化。这些变化使得 Internet 在以下的几个方面面临重大的挑战:

1. 可扩展性

在网络规模的指数增长和网络应用大量出现的情况下,网络的性能仍能够保持在一定的