

赵慧玲 胡琳  
张国宏 梁勇 等编著

# 宽带Internet 网络技术

IP Over SDH

IP Over ATM

IP Over WDM



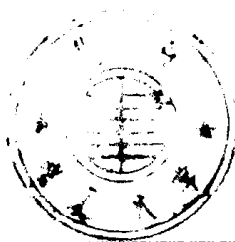
电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
URL: <http://www.phei.com.cn>

# 宽带 Internet 网络技术

赵慧玲 胡 琳 张国宏 梁 勇 等编著

A002 / 27



964824

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

随着 Internet 的发展,Internet 的用户呈指数形式增长,对 Internet 网络的带宽要求也越来越大。为了满足用户的需求,各种宽带 Internet 新技术不断涌现。本书通过对 Internet 网络技术中的热点问题——详细阐述,使广大网络工程技术人员对这些新技术有一个深入、正确的认识 and 了解。

全书共分 12 章,详细介绍了宽带 Internet 的最新技术,包括 IP Over ATM 技术、多协议标记交换技术(MPLS)、IP 交换技术、标签交换(Tag Switching)技术、基于路由的集成 IP 交换(ARIS)技术、信元交换路由器(CSR)技术、IP Over SDH 技术、IP Over WDM 技术、Internet QoS 技术以及千兆比特高速路由器技术等。

本书采用国际上最新的技术写成,内容翔实、文字流畅、深入浅出,适合于网络设计、网络系统管理及电信工程技术人员使用,也可供大专院校相关专业的师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,翻版必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

宽带 Internet 网络技术/赵慧玲等编著. - 北京:电子工业出版社,1999.9  
ISBN 7-5053-5439-6

I. 宽… II. 赵… III. 因特网-宽带通信系统-基本知识 IV. TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14742 号

书 名: 宽带 Internet 网络技术

编 著 者: 赵慧玲 胡 琳 张国宏 梁 勇 等

责任编辑: 徐 堃

特约编辑: 丛 山

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京牛山世兴印刷厂

装 订 者: 三河市路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.75 字数 320 千字

版 次: 1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5439-6

TN · 1282

印 数: 5000 册 定价 20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请向购买书店调换。  
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

## 作者的话

进入 90 年代以来,Internet 网络规模、用户数量以及业务量呈指数增长,据预测,到 2000 年,Web 用户数将达到 1.6 亿。同时,对电信市场的研究还表明,电信运营公司的话音业务量将以较慢的速率增长,而数据业务量(特别是 IP 业务量)却以相对高得多的速率增长,并将成为未来网络承载的主要业务量,数据业务(特别是 IP 业务)的收入将成为公用通信网络运营收入和利润的主要来源。

Internet 业务提供者的网络和企业网中所传送的 IP 协议也占据了越来越大的比例,IP 协议将成为传送数据的主要的协议。1996 年,Bussiness Research Group 公司对全球具有 1000 到 4000 个网络节点的 450 家公司的调查表明,在 1996 年,IP 协议占整个 ISP 网/企业网总业务量的 45%,而到 1998 年,则占到 70%的比例。

随着 Internet 的发展,Internet 的用户呈指数形式增长,对 Internet 网络的带宽要求也越来越大,为了满足用户不断增长的需求,各种宽带 Internet 新技术不断涌现,例如 IP Over ATM、多协议标记交换、IP Over SONET/SDH、IP Over WDM、Internet QoS 以及千兆比特路由器等技术成为宽带 Internet 的主要网络技术。为了使我国网络工程技术人员对这些新技术有一个深入、正确的认识 and 了解,我们特地编著了这本书。

全书共分 12 章,详细介绍和分析了宽带 Internet 的最新技术,主要内容如下:

第 1 章介绍 Internet 的发展趋势,并概述和分析各种宽带 Internet 网络技术;

第 2 章介绍 IP Over ATM 中的重叠模型技术,包括 ATM 上的传统 IP 技术(CIPOA)、下一跳地址解析协议技术(NHRP)、组播地址解析服务器技术(MARS)、局域网仿真技术(LANE)以及 ATM 上的多协议技术(MPOA)。

从第 3 章到第 9 章详细介绍和分析了标记交换技术,其中:

第 3 章介绍标记交换的基本原理;

第 4 章介绍由 Toshiba 公司开发的信元交换路由器(CSR)技术;

第 5 章介绍由 Ipsilon 公司开发的 IP 交换(IP Switching)技术;

第 6 章介绍由 Cisco 公司开发的标签交换(Tag Switching)技术;

第 7 章介绍由 IBM 公司开发的基于路由的集成 IP 交换(ARIS)技术;

第 8 章对上述 4 种专用技术做了分析和比较;

第 9 章介绍多协议标记交换技术;

第 10 章介绍 IP Over SDH 技术及千兆比特高速路由器技术;

第 11 章介绍 IP Over WDM 技术;

第 12 章介绍 Internet QoS 技术;

本书作者长期从事并负责我国宽带网络及 Internet 的研究及标准化工作,根据工作实践,结合国际相关技术标准、技术资料以及国内外宽带 Internet 网络技术的最新发展,编写了此书,相信本书的出版能对我国宽带 Internet 的发展起到一定参考作用。

在编写此书时,力求做到深入浅出、通俗易懂、内容新颖,但由于内容繁多、时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有错误或欠妥之处,敬请读者批评指正。

参加本书编写的作者还有吴江(第 8 章)、马卫东(第 10 章的部分内容)和谢伟(第 12 章)、陈晰、张丽华(第 2 章)。在本书的编著过程中得到了电信传输技术研究所的领导和同志们的大力帮助和指导,得到了电子工业出版社徐堃女士的指导和帮助,在此一并表示感谢。

# 目 录

|                                          |      |
|------------------------------------------|------|
| <b>第 1 章 概述</b> .....                    | (1)  |
| 1.1 Internet 的发展趋势 .....                 | (1)  |
| 1.2 Internet 中的交换技术概述 .....              | (3)  |
| 1.2.1 重叠模型 .....                         | (3)  |
| 1.2.2 集成模型 .....                         | (4)  |
| 1.2.3 两种模型的比较 .....                      | (5)  |
| 1.3 重叠模型与集成模型的典型技术概述 .....               | (5)  |
| 1.3.1 ATM 上的传统 IP(CIPOA)技术概述 .....       | (5)  |
| 1.3.2 下一跳地址解析协议(NHRP)概述 .....            | (6)  |
| 1.3.3 ATM 局域网仿真(LANE)技术概述 .....          | (6)  |
| 1.3.4 ATM 上的多协议规范(MPOA)概述 .....          | (6)  |
| 1.3.5 Toshiba 公司的信元交换路由器(CSR)技术概述 .....  | (6)  |
| 1.3.6 Ipsilon 公司的 IP 交换技术概述 .....        | (7)  |
| 1.3.7 Cisco 公司的标签(Tag)交换技术 .....         | (7)  |
| 1.3.8 IBM 公司的基于路由的集成 IP 交换(ARIS)技术 ..... | (7)  |
| 1.3.9 IETF 正在制定的多协议标记交换(MPLS)标准 .....    | (7)  |
| 1.4 Internet 中不同的交换技术对网络设计和业务的影响 .....   | (7)  |
| 1.4.1 重叠模型技术对网络设计和业务的影响 .....            | (8)  |
| 1.4.2 数据驱动的集成模型技术对网络设计和业务的影响 .....       | (9)  |
| 1.4.3 控制驱动的集成模型技术对网络设计和业务的影响 .....       | (10) |
| 1.5 IP Over SDH 技术概述及对网络的影响 .....        | (13) |
| 1.6 IP Over WDM 技术概述及对网络的影响 .....        | (14) |
| 1.7 千兆比特高速路由器技术概述及对网络的影响 .....           | (15) |
| 1.8 Internet 服务质量(IP QoS)概述 .....        | (15) |
| <b>第 2 章 重叠模型技术</b> .....                | (16) |
| 2.1 ATM 上的传统 IP .....                    | (16) |
| 2.1.1 IP 数据包的封装 .....                    | (17) |
| 2.1.2 地址解析协议 .....                       | (18) |
| 2.1.3 CIPOA 操作举例 .....                   | (25) |
| 2.1.4 ARP 服务器的冗余备份 .....                 | (26) |
| 2.1.5 CIPOA 中的 MTU .....                 | (26) |
| 2.1.6 传统模型的优点和缺点 .....                   | (27) |
| 2.2 下一跳地址解析协议(NHRP) .....                | (28) |
| 2.2.1 简介 .....                           | (28) |
| 2.2.2 NHRP 服务器和客户机 .....                 | (28) |
| 2.2.3 NHRP 登记 .....                      | (29) |
| 2.2.4 NHRP 操作 .....                      | (29) |

|              |                                      |             |
|--------------|--------------------------------------|-------------|
| 2.2.5        | 高速缓存区的要求 .....                       | (30)        |
| 2.2.6        | 高速缓存区清除 .....                        | (30)        |
| 2.2.7        | NHRP 的优点和缺点 .....                    | (31)        |
| 2.3          | IP 组播 .....                          | (31)        |
| 2.3.1        | 组播地址解析服务器 .....                      | (33)        |
| 2.3.2        | MARS 操作 .....                        | (33)        |
| 2.3.3        | 群成员登记 .....                          | (34)        |
| 2.3.4        | MARS 与组播服务器的接口 .....                 | (34)        |
| 2.3.5        | 组播服务器登记 .....                        | (34)        |
| 2.3.6        | 优点和缺点 .....                          | (34)        |
| 2.4          | 局域网仿真 .....                          | (35)        |
| 2.4.1        | 局域网仿真用户-网络接口(LUNI) .....             | (36)        |
| 2.4.2        | 局域网仿真网络-网络接口 .....                   | (39)        |
| 2.5          | ATM 上的多协议(MPOA) .....                | (42)        |
| 2.5.1        | MPOA 技术的组成 .....                     | (42)        |
| 2.5.2        | MPOA 成员的组成 .....                     | (42)        |
| 2.5.3        | MPOA 中的信息流 .....                     | (44)        |
| 2.5.4        | MPOA 的原理 .....                       | (44)        |
| 2.5.5        | MPOA 的运行机制 .....                     | (44)        |
| 2.5.6        | MPOA 的优点和缺点 .....                    | (45)        |
| <b>第 3 章</b> | <b>标记交换的基本原理 .....</b>               | <b>(47)</b> |
| 3.1          | 什么是标记交换 .....                        | (47)        |
| 3.2          | 标记交换的特点 .....                        | (47)        |
| 3.3          | 标记交换中的几个基本概念 .....                   | (48)        |
| 3.4          | 标记交换的功能组件 .....                      | (49)        |
| 3.4.1        | 标记交换中的转发部件 .....                     | (50)        |
| 3.4.2        | 控制部件 .....                           | (51)        |
| 3.5          | 边缘设备 .....                           | (57)        |
| 3.6          | 标记交换与网络层寻址和路由的关系 .....               | (58)        |
| 3.7          | 小结 .....                             | (58)        |
| <b>第 4 章</b> | <b>信元交换路由器 .....</b>                 | <b>(59)</b> |
| 4.1          | ATM 和 IP 基础 .....                    | (59)        |
| 4.1.1        | 信元、ATM 适配层和虚电路 .....                 | (59)        |
| 4.1.2        | IP 地址和子网 .....                       | (61)        |
| 4.1.3        | ATM 上的 IP .....                      | (61)        |
| 4.2          | CSR 概述 .....                         | (62)        |
| 4.3          | FANP(流量属性通知协议) .....                 | (64)        |
| 4.3.1        | VCID .....                           | (65)        |
| 4.3.2        | FLOWID .....                         | (65)        |
| 4.3.3        | PROPOSE/PROPOSE ACK(提议/提议确认)消息 ..... | (66)        |
| 4.3.4        | OFFER/READY(提供/准备好)消息 .....          | (66)        |
| 4.3.5        | REMOVE/REMOVE ACE(清除/清除确认)消息 .....   | (67)        |

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| 4.3.6 ERROR(差错)消息 .....                | (67)         |
| <b>第5章 IP 交换 .....</b>                 | <b>(68)</b>  |
| 5.1 IP 交换概述 .....                      | (68)         |
| 5.2 Ipsilon 流管理协议(IFMP) .....          | (71)         |
| 5.2.1 IFMP 的邻接协议 .....                 | (71)         |
| 5.2.2 IFMP 的改发协议 .....                 | (72)         |
| 5.2.3 改发流的封装 .....                     | (73)         |
| 5.2.4 IFMP 和安全操作 .....                 | (75)         |
| 5.2.5 IFMP 与 TTL .....                 | (75)         |
| 5.3 通用交换机管理协议(GSMP) .....              | (77)         |
| 5.3.1 GSMP 邻接协议 .....                  | (78)         |
| 5.3.2 GSMP 连接管理协议 .....                | (78)         |
| <b>第6章 标签交换 .....</b>                  | <b>(81)</b>  |
| 6.1 标签交换的基本概念 .....                    | (81)         |
| 6.1.1 标签交换的网络构成 .....                  | (81)         |
| 6.1.2 支持基于目的地的路由 .....                 | (81)         |
| 6.1.3 分层路由 .....                       | (84)         |
| 6.1.4 组播的支持 .....                      | (86)         |
| 6.1.5 标签交换中的 QoS .....                 | (88)         |
| 6.1.6 显式路由 .....                       | (88)         |
| 6.2 ATM 环境下的标签交换 .....                 | (89)         |
| 6.2.1 ATM 环境下如何传递标签信息 .....            | (89)         |
| 6.2.2 VC-Merge .....                   | (90)         |
| 6.3 转发过程中的错误处理 .....                   | (91)         |
| 6.4 网络拓扑变换时的处理 .....                   | (91)         |
| 6.5 标签发布协议(TDP) .....                  | (92)         |
| <b>第7章 基于路由的集成 IP 交换(ARIS)技术 .....</b> | <b>(94)</b>  |
| 7.1 ARIS 中的几个基本概念 .....                | (94)         |
| 7.2 ARIS 实现的机制 .....                   | (95)         |
| 7.2.1 ARIS 的工作原理 .....                 | (95)         |
| 7.2.2 ARIS 的协议封装 .....                 | (97)         |
| 7.2.3 ARIS 的控制消息 .....                 | (98)         |
| 7.3 ARIS 的应用环境 .....                   | (98)         |
| 7.4 ARIS 的扩展性 .....                    | (102)        |
| 7.5 ARIS 的循环控制 .....                   | (102)        |
| 7.6 网络拓扑变化时的处理 .....                   | (103)        |
| 7.7 ATM 环境下的 ARIS .....                | (104)        |
| <b>第8章 几种标记交换技术的比较 .....</b>           | <b>(106)</b> |
| 8.1 分类比较 .....                         | (106)        |
| 8.2 数据驱动还是控制驱动 .....                   | (107)        |
| 8.2.1 性能分析 .....                       | (107)        |
| 8.2.2 可扩展性 .....                       | (109)        |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 8.2.3 健壮性                            | (111) |
| 8.2.4 软状态与硬状态                        | (111) |
| 8.2.5 主机支持                           | (112) |
| 8.3 数据驱动技术                           | (112) |
| 8.4 控制驱动技术                           | (113) |
| 8.4.1 环回防止与环回减轻                      | (113) |
| 8.4.2 有序捆绑还是独立捆绑                     | (114) |
| 8.4.3 标记发布协议(LDP)中的问题                | (115) |
| 8.4.4 分层支持                           | (117) |
| 8.4.5 封装技术                           | (118) |
| 8.5 使用标记交换还是传统交换技术                   | (119) |
| 8.5.1 增强的功能                          | (120) |
| 8.5.2 可扩展性                           | (120) |
| 8.5.3 IP/ATM 结合性能                    | (120) |
| 8.5.4 演进性                            | (120) |
| 8.6 使用标记交换还是 MPOA                    | (120) |
| <b>第9章 多协议标记交换(MPLS)标准</b>           | (123) |
| 9.1 MPLS 的网络构成                       | (124) |
| 9.2 MPLS 的基本概念                       | (124) |
| 9.2.1 标记的含义                          | (124) |
| 9.2.2 MPLS 的封装                       | (125) |
| 9.3 MPLS 的层次化结构                      | (125) |
| 9.4 交换路径的建立                          | (126) |
| 9.4.1 交换路径的类型                        | (126) |
| 9.4.2 标记分配                           | (127) |
| 9.4.3 标记发布                           | (127) |
| 9.5 循环控制                             | (130) |
| 9.6 组播                               | (131) |
| 9.6.1 组播数据发布的路径——组播发布树               | (131) |
| 9.6.2 建立组播发布树的驱动力                    | (132) |
| 9.7 MPLS 的协议介绍                       | (133) |
| 9.7.1 MPLS 的框架协议                     | (133) |
| 9.7.2 MPLS 的结构协议                     | (134) |
| 9.7.3 MPLS 的标记发布协议                   | (134) |
| <b>第10章 IP Over SDH 与千兆比特高速路由器技术</b> | (136) |
| 10.1 IP Over SDH 的定义                 | (136) |
| 10.2 IP Over SDH 的技术要求               | (137) |
| 10.2.1 PPP 协议族                       | (137) |
| 10.2.2 对 SDH 设备的要求                   | (145) |
| 10.2.3 简化的数据链路协议(SDL)                | (145) |
| 10.3 IP Over SDH 的传输效率分析比较           | (147) |
| 10.4 IP Over SONET/SDH 产品举例          | (150) |

|               |                                           |              |
|---------------|-------------------------------------------|--------------|
| 10.5          | IP Over SDH 在网络中的应用举例 .....               | (152)        |
| 10.6          | IP Over SDH 的网络设计考虑 .....                 | (156)        |
| 10.7          | 千兆比特高速路由器技术及其对 Internet 网络发展的影响 .....     | (156)        |
| 10.7.1        | 千兆比特高速路由器的主要技术和特点 .....                   | (157)        |
| 10.7.2        | 千兆比特高速路由器在 Internet 中的应用 .....            | (160)        |
| 10.7.3        | 千兆比特高速路由器的使用对未来网络发展的影响 .....              | (162)        |
| <b>第 11 章</b> | <b>IP Over WDM(光互联网络) .....</b>           | <b>(164)</b> |
| 11.1          | 光波分复用(WDM)技术概述 .....                      | (164)        |
| 11.1.1        | 光 WDM 的基本原理 .....                         | (164)        |
| 11.1.2        | 光 WDM 的技术特点 .....                         | (165)        |
| 11.2          | 光互联网络(Optical internetworking)出现的背景 ..... | (167)        |
| 11.3          | 光互联网络的概念 .....                            | (168)        |
| 11.4          | 光互联网络的参考模型 .....                          | (169)        |
| 11.5          | 光互联网络的研究课题 .....                          | (170)        |
| 11.5.1        | 光互联网络的参考模型、体系结构 .....                     | (170)        |
| 11.5.2        | 数据网络层与光网络层的适配 .....                       | (170)        |
| 11.5.3        | 物理接口 .....                                | (172)        |
| 11.5.4        | 层间管理 .....                                | (173)        |
| 11.6          | 各种网络技术的协调发展 .....                         | (175)        |
| <b>第 12 章</b> | <b>Internet 网络的服务质量(IP QoS) .....</b>     | <b>(178)</b> |
| 12.1          | Internet 网络服务质量问题的提出 .....                | (178)        |
| 12.2          | IP 网上不同业务对服务质量的要求 .....                   | (178)        |
| 12.2.1        | QoS 的定义 .....                             | (178)        |
| 12.2.2        | IP 网络业务分类 .....                           | (179)        |
| 12.3          | 解决 IP 网络服务质量问题的方法 .....                   | (180)        |
| 12.3.1        | 综合业务模型(Int-Serv) .....                    | (180)        |
| 12.3.2        | 分类业务模型(Diff-Serv) .....                   | (182)        |
| 12.4          | 资源预留协议(RSVP) .....                        | (185)        |
| 12.4.1        | 基本概念 .....                                | (185)        |
| 12.4.2        | RSVP 的基本设计思想 .....                        | (186)        |
| 12.4.3        | RSVP 的工作方式 .....                          | (188)        |
| 12.4.4        | RSVP 的策略控制 .....                          | (190)        |
| 12.4.5        | RSVP 存在的问题 .....                          | (190)        |
|               | 参考文献 .....                                | (191)        |

# 第 1 章 概 述

随着 Internet 的发展,Internet 的用户呈指数形式增长,对 Internet 网络的带宽要求也越来越大,为了满足用户日益增长的需求和不断出现的 Internet 网络应用,各种宽带 Internet 新技术不断涌现,包括 IP Over ATM、多协议标记交换(MPLS)、IP Over SDH、IP Over WDM、Internet 服务质量(QoS)以及千兆比特高速路由器等。本书将对这些新技术做详细的介绍和分析。

## 1.1 Internet 的发展趋势

进入 90 年代以来,Internet 网络规模、用户数量以及业务量呈指数增长,据预测,到 2000 年,Web 用户数将达到 1.6 亿,如图 1.1 所示。同时,对电信市场的研究还表明,电信运营公司的话音业务量将以较慢的速率增长,而数据业务量(特别是 IP 业务量)却以相对高得多的速率增长,并将成为未来网络承载的主要业务量。根据 Yankee Group 公司的调查,1997 年公网运营者的利润为 1950 亿美元,其中主要为话音业务收入;而到了 2001 年,公网运营者的利润将达 2600 亿美元,其中主要为数据业务(特别是 IP 业务)的收入,如图 1.2 所示。

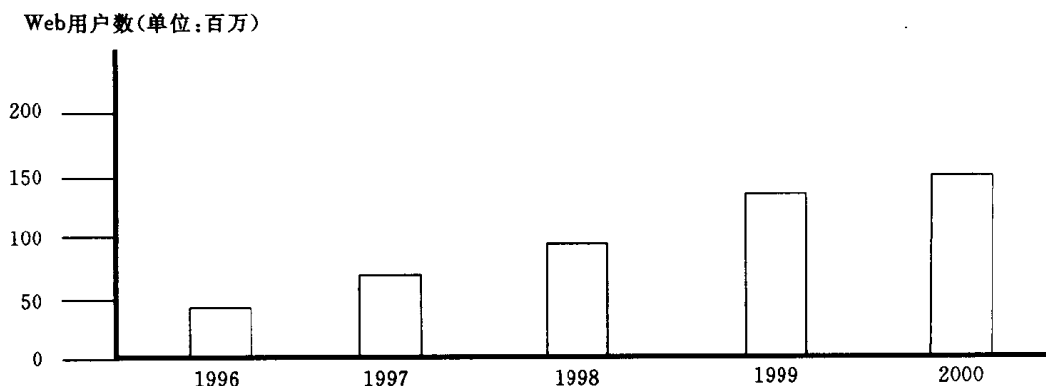


图 1.1 Web 用户数量的增长预测

Internet 业务提供者的网络和企业网中所传送的 IP 协议也占据了越来越大的比例,IP 协议将成为传送数据的主要协议。1996 年,Bussiness Research Group 公司对全球具有 1000 到 4000 个网络节点的 450 家公司的调查表明,IP 协议占整个 ISP 网/企业网总业务量的 45%,而到 1998 年,将占到 70%的比例,如图 1.3 所示。

随着协议的变化,网络中业务量的流向也发生了根本性的变化。以前通信主要在工作组内部进行,本地流量占 80%,而广域流量只占 20%;随着 Internet 在世界各地的展开,通信将主要在世界范围进行,因此广域流量所占的比例将越来越大。目前本地流量与广域流量约各占 50%,而将来广域流量将占 80%的比例,如图 1.4 所示。

据统计,到 1996 年底,加入 Internet 的国家已有 186 个,网上主机数超过 1600 万台,用户达 6443 万(据 EMMS 报道,其中美国占 4110 万)。目前,上网用户数已达 1 亿以上并正以 165%的年增长率在全球扩展。据 IDC 公司预测,到 1999 年底全球总用户数将达 2 亿,网上的

单位:10亿美元

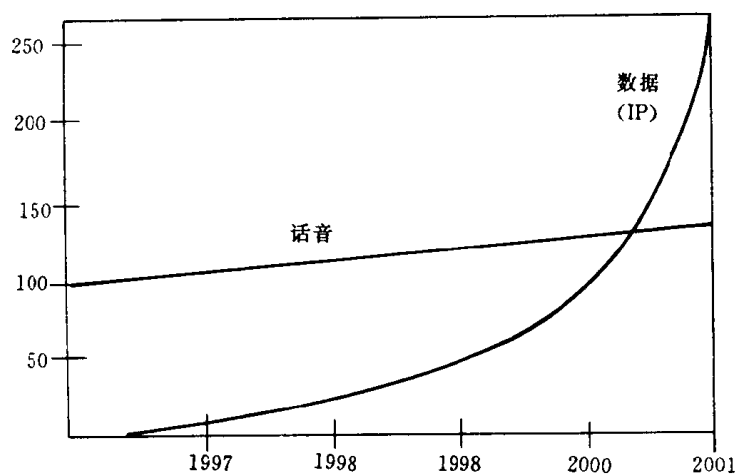


图 1.2 话音/数据业务量预测

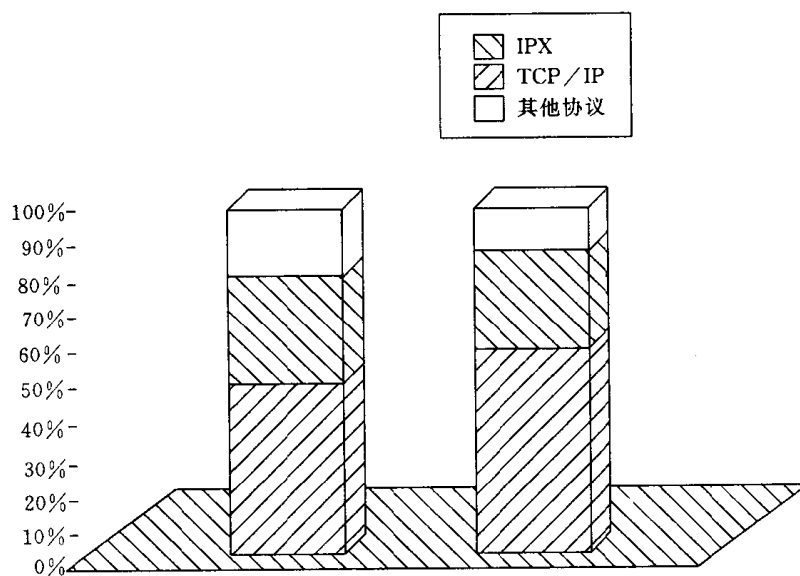


图 1.3 IP 协议在 ISP 网/企业网业务量中所占的比例

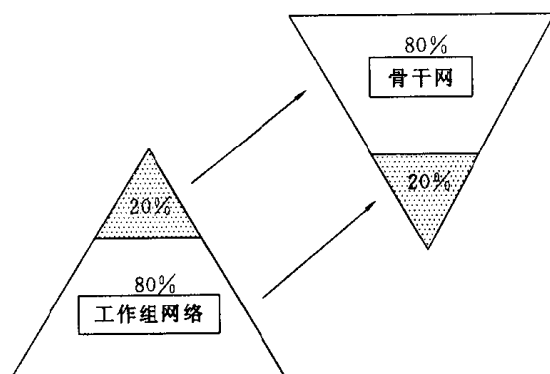


图 1.4 业务量流向的变化

主机数也逐年猛增,预计到 1999 年底将达到 2 亿台。

在 Internet 网络规模迅速扩展的同时,网络上开放的业务种类也在不断增加。在传统的非

实时型的数据通信方式的基础上,网络业务正逐步向实时性要求很强的电话通信、传真通信和多媒体通信等方面发展。目前在 Internet 网上已开通的实时型通信业务的典型例子是 IP 电话 (IP Phone)和 IP 传真(IP FAX)。预计今后几年内电视会议、可视电话和点播电视(VOD)等多媒体和宽带通信业务也将加入到 Internet 中。

Internet 用户数及业务量的爆炸性增长,特别是广域业务量的增长,对网络规模的要求越来越大,对网络链路的带宽要求也越来越多;同时由于 IP 业务量所占的比例越来越高、以太网设备的数量在用户侧具有绝对的优势,因此有必要使用一些新的技术来优化专门传递 IP 业务量的骨干网络的设计,IP Over ATM、多协议标记交换(MPLS)、IP Over SONET/SDH、IP Over WDM、Internet QoS 以及千兆比特路由器等技术成为宽带 Internet 的主要网络技术。

## 1.2 Internet 中的交换技术概述

ATM 互联网络技术,即在 ATM 上支持 IP 协议的技术很多,如 Classical IP Over ATM、LANE、MPOA、IP 交换、标记交换和多协议标签交换等,根据 ITU-T SG13 网络总体组的相关建议,这些技术属于两类基本互通模型,即重叠模型和集成模型(Overlay Model and Integrated Model),如图 1.5 所示。这两种模型的不同之处在于在 ATM 网络上发送 IP 分组的方式不同。

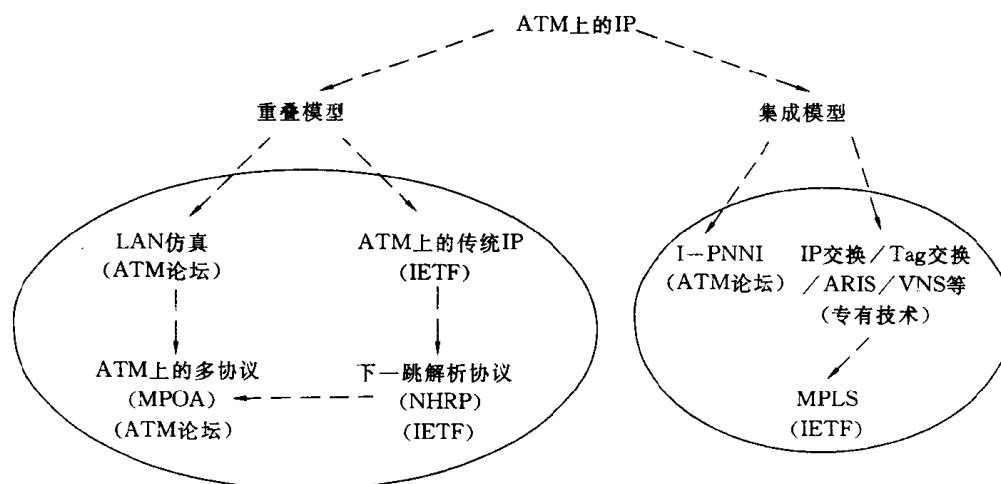


图 1.5 在 ATM 上支持 IP 协议的两种模型

在重叠模型中,在逻辑信息子网内使用基于 ATM 地址的 ATM 路由和信令协议为 IP 分组包选择路由并发送 IP 数据包。在集成模型中,使用非 ATM 路由和信令协议来为 IP 包选择路由并发送 IP 数据包。

使用不同的互通模型要求不同的 ATM 网络功能和能力,因此在使用 ATM 构造宽带 Internet 骨干网的时候,首先必须确定所使用的互通模型。

### 1.2.1 重叠模型

重叠模型的协议堆栈如图 1.6 所示,这种模型要求对于 ATM 和 IP 分别定义不同的地址结构和相关的路由协议。也就是说,ATM 端点使用 ATM 地址和 IP 地址两者来标识。在 ATM 网内,使用 ATM 路由协议来为 IP 分组包选择路由时,需要 ATM 地址选择协议来把 IP 地址映射到 ATM 地址。

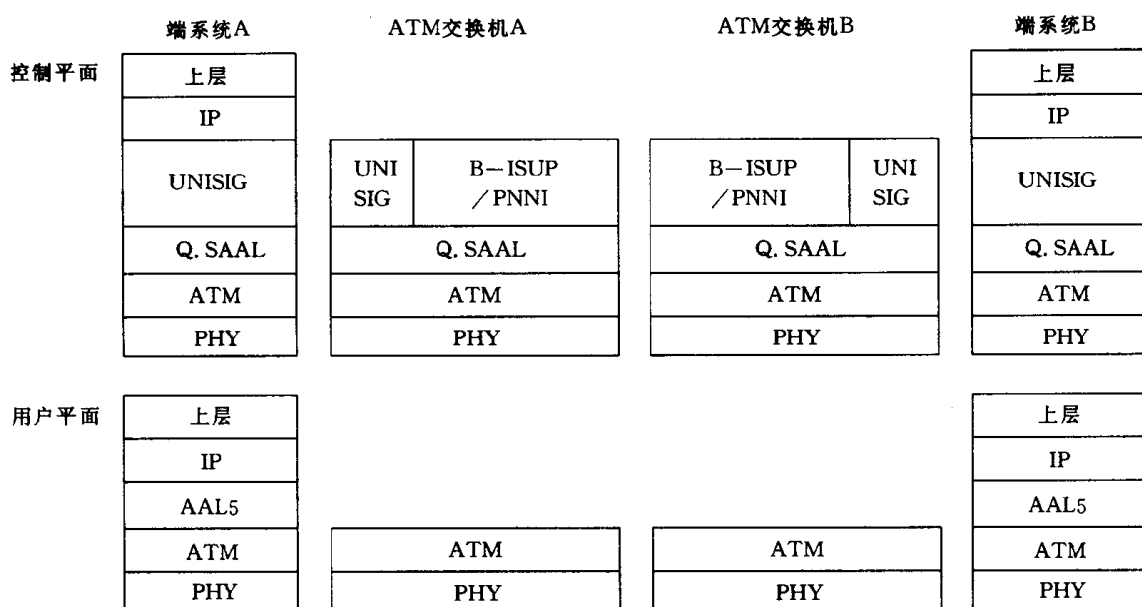


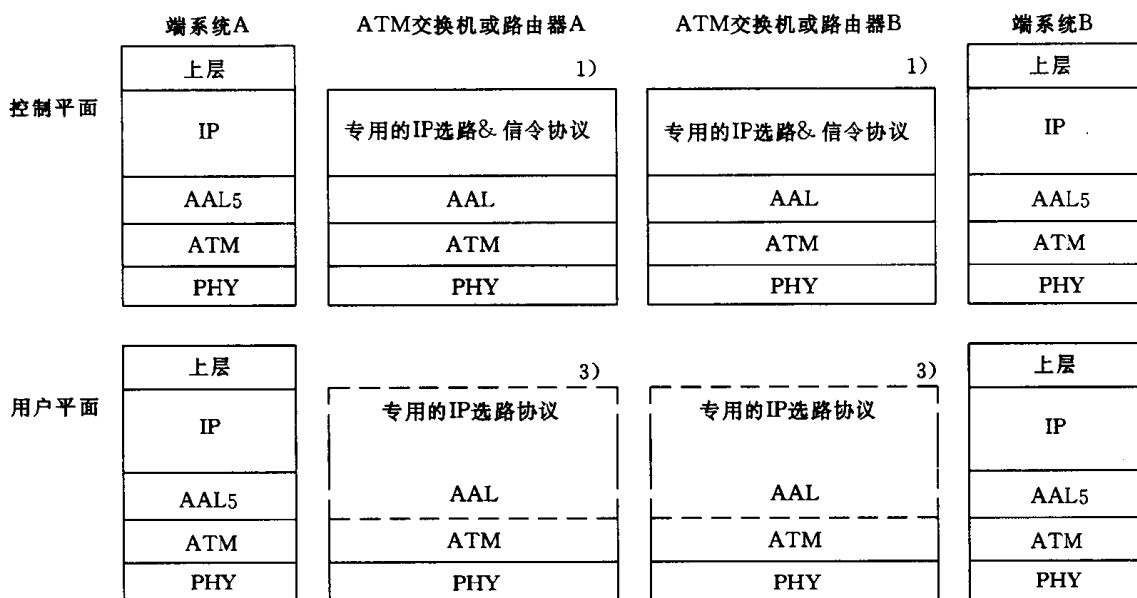
图 1.6 重叠模型的协议堆栈

重叠模型的优点是：使用标准的 ATM Forum/ITU-T 的信令标准，与标准的 ATM 网络及业务兼容，对将来通信网向 B-ISDN 方向发展比较有利。

它的缺点也很明显，如传送 IP 包的效率较低、重复的地址和路由功能等。

### 1.2.2 集成模型

集成模型的协议堆栈如图 1.7 所示。在这种模型中，ATM 层被看作是 IP 层的对等层，ATM 端点只需使用 IP 地址来标识，在 ATM 网络内使用现有的网络层路由协议（如 IGRP、



1) 对于连接建立，可以使用 ATM 和非 ATM 信令协议。

2) 阴影部分由信令和/或选路协议确定。

3) 虚线区域的协议栈可以使用，该协议栈可以不依据 IP 选路方法。

图 1.7 集成模型的协议堆栈

OSPF 等)来为 IP 分组包选择路由,在建立连接时也使用非标准的 ATM 信令协议。在集成模型中,不需要地址解析协议,但增加了 ATM 交换机的复杂性,使 ATM 交换机看起来更像一个多协议的路由器。

集成模型的优点是传送 IP 包的效率比较高,不需要地址解析协议等。  
但它的缺点也很明显:与标准的 ATM 融合较为困难、QoS 支持较为困难等。

1.2.3 两种模型的比较

两种模型的比较总结如表 1.1 所示。

表 1.1 两种模型的比较

|               | 重叠模型           | 集成模型                                   |
|---------------|----------------|----------------------------------------|
| 技术            | MPOA、LANE、IPOA | IP Switching、Tag Switching、MPLS、I-PNNI |
| 互通            | IP 重叠在 ATM 层上  | 把 IP 协议的 2、3 层与 ATM 层集成在一起             |
| IP 路由协议       | 放在 IP 路由器中     | 放在 IP 路由器或 ATM 交换机中                    |
| ATM 路由协议      | 使用             | 不使用                                    |
| 对 ATM 控制软件的修改 | 不需要            | 需要                                     |
| 地址解析          | 需要             | 不需要                                    |
| QoS 保证        | 支持             | 支持                                     |
| 计费支持          | 比较困难           | 比较容易                                   |
| 广播/多发送        | 效率较低           | 效率较高                                   |
| 标准            | 已标准化           | 正在发展                                   |

1.3 重叠模型与集成模型的典型技术概述

重叠模型技术主要包括 CIPOA、NHRP、LANE 和 MPOA 等,而集成模型技术目前尚未标准化,主要是一些电信/网络设备供应商提出的专用技术,其中的典型技术包括 Toshiba 公司的信元交换路由器(CSR)技术、Ipsilon 公司的 IP 交换技术、Cisco 公司的标签(Tag)交换技术、IBM 公司的基于路由的集成 IP 交换技术(ARIS)以及北方电讯公司的虚拟网络交换(VNS)技术等。其中,CSR 和 IP 交换技术是数据驱动(流驱动)的集成模型技术,而 Tag 交换、ARIS 和 VNS 是控制驱动的集成模型技术。为了标准化集成模型技术,IETF 正致力于制定多协议标记交换(MPLS)技术。

1.3.1 ATM 上的传统 IP(CIPOA)技术概述

ATM 上的传统 IP(CIPOA)是 IETF 的 IPATM 工作组所提出的 ATM 互联的早期方案之一。该方案基于重叠模型,并把 ATM 所提供的业务简单看作是数据链路层(第 2 层)业务,它仅仅是在共享媒体网络(如以太网)上支持 IP 的扩展。在 CIPOA 中,IP 子网被映射成逻辑 IP 子网(LIS),各个 LIS 通过现有 IP 路由器相连。即使有可能在起始主机和目的主机之间建立一条直接的交换虚电路(SVC),任何 LIS 之间的通信也必须经过这些 IP 路由器。CIPOA 模型要求使用路由器连接不同 LIS 的成员,在 LIS 内的一个高层帧的尺寸限制在 9180 字节以内,使用 LLC/SNAP 封装,并且不改变端到端路由结构。这种模型的关键是定义了 ATM 地址

解析(ATMARF)业务,以解决 ATM 网络上的地址解析。

属于同一个 LIS 的所有成员主机都将共享相同的 IP 子网地址前缀,并直接与 ATM 网络相连接。ATM 网络上两个 LIS 之间的通信将通过路由器来进行,这些路由器是同时属于这两个或多个 LIS 的成员。非 ATM 系统也将通过路由器进行连接。应注意的是,尽管可以通过 ATM VCC 连接两个属于不同 LIS 的主机,传统模型并不支持这种方式的操作。最后要提到的是,地址解析功能只在 LIS 内完成,LIS 内的所有主机都必须参与地址解析操作。

### 1.3.2 下一跳地址解析协议(NHRP)概述

ATM 上的传统 IP 的一个主要局限是它遵从 IETF 定义的主机规范,该规范限制了处于不同 LIS 的主机之间不能建立直接连接或 VC,即不能旁路掉中间路由器。IETF 定义了下一跳解析协议(NHRP),以解决在非广播多接入(NBMA)网络中建立直接连接的问题。这种直接路径方法相对于通过 IP 路由器进行路由选择具有很多优点。最大的优点就是由于能够提供直接连接,可以大幅度提高网络的性能。在直接连接上发送的信元直接在 SVC 上交换,不需要在中间路由器上进行分段或重组,也不需要中间 IP 路由器节点进行路由处理。虽然 NHRP 是对 ATM 上的传统 IP 技术的扩展,但 NHRP 也可在 NBMA 子网上的多协议互联网环境中使用。

### 1.3.3 ATM 局域网仿真(LANE)技术概述

ATM 论坛定义的局域网仿真(LANE)技术是在 ATM 网络上仿真现有 LAN 网络业务的方法,它把 ATM 业务仿真成数据链路层业务,不需要改变现有协议堆栈,如传输控制协议/互联网协议(TCP/IP)、互联网分组交换(IPX)或其他协议技术。ATM 仅仅作为第 2 层网络出现,它通过网络驱动接口规范(NDIS)接口或开放数据链路(ODI)接口等来提供对它的访问。

ATM 论坛定义了两个版本的局域网仿真技术规范:LANE 版本 1.0 规定了 LANE 的基本原理以及 LANE 客户机与 LANE 服务器之间的接口,该接口称为局域网仿真用户-网络接口(LUNI);LANE 版本 2.0 规定了 LANE 服务器之间的接口和其他增强功能,LANE 服务器之间的接口称为局域网仿真网络-网络接口(LNNI)。

### 1.3.4 ATM 上的多协议规范(MPOA)概述

MPOA 是在 ATM 环境下互联不同协议和网络技术的统一规范,MPOA 的基本实现方法是集成 NHRP 和 LANE,这样通过对 NHRP 进行必要的扩展,在发送数据时,可以旁路数据发送通道上的路由器或子网,这样就把 LANE 的优点带到了大型网络中。此外,MPOA 还试图保证与现有路由器等基础设施的互操作性和完全兼容性,并且使 ATM 网络与现有网络能平滑地统一起来。MPOA 的基本概念是把网络层的路由计算与数据发送分开,这种技术称为虚拟路由选择或虚拟路由器。MPOA 提供了穿过 ATM 网络的端到端的网络层连接,包括主机直接与 ATM 网络连接或通过传统网络与 ATM 网络连接两种情况。

### 1.3.5 Toshiba 公司的信元交换路由器(CSR)技术概述

信元交换路由器(CSR)技术是 Toshiba 公司提出的一种 IP 交换技术,它是最早提出的 IP 交换技术。CSR 的基本思想是在 ATM 交换机硬件上直接运行 IP 路由控制软件,即把 ATM 交换机当作路由器的交换模块来使用,在 ATM 交换机上不运行 ATM 信令(如 Q.2931、PN-NI 等)控制协议。CSR 是一种典型的数据驱动的 IP 交换技术。

### 1.3.6 Ipsilon 公司的 IP 交换技术概述

IP 交换技术是 Ipsilon 公司提出的专门用于在 ATM 网上传送 IP 分组的技术。IP 交换的核心是 IP 交换机,IP 交换机由 ATM 交换机和 IP 交换控制器组成。IP 交换的基础是流的概念,流是从 ATM 交换机输入端口输入的一系列有先后并且具有一定相关性的 IP 数据包。IP 交换把输入的数据流分成两种类型,即持续期长、业务量大的用户数据以及持续期短、业务量小、呈突发分布的用户数据流。对于持续期长、业务量大的用户数据流在 ATM 交换机硬件中直接进行交换,对于持续期短、业务量小、呈突发分布的用户数据流通过 IP 交换控制器中的路由协议进行控制传输,即与传统路由器一样,也是一跳接一跳(hop-by-hop)和存储转发发送的。IP 交换是一种典型的 IP 交换技术。

### 1.3.7 Cisco 公司的标签(Tag)交换技术

标签(Tag)交换技术是 Cisco 公司推出的一种 IP 交换技术。

标签交换从路由器的概念出发,融入 ATM 交换的理念,将路由表的查询改为标签交换表的查询。这一改变不仅可以使软件查询路由表改为硬件完成交换从而大大提高转发的速度,而且为提供 QoS 保证铺平了道路。同时,标签交换还增加了一些路由的功能,提高了路由系统的扩展能力,改善了转发的性能,增强了路由系统的灵活性等等。标签交换是一种典型的控制驱动的 IP 交换技术。

### 1.3.8 IBM 公司的基于路由的集成 IP 交换(ARIS)技术

基于路由的集成 IP 交换(ARIS)技术是 IBM 公司推出的一种标记交换技术。

ARIS 将它的标记交换设备称为集成交换路由器(ISR)。ISR 也是由两个部件组成——转发和控制部件。ISR 的转发部件可以是 ATM 交换机,也可以是帧中继交换机或是以太网交换机,它的控制部件完成 IP 路由功能。ARIS 为每个 IP 业务流生成一个多点到点的树,并用一个全网唯一的出口标识符(Egress ID)标识这棵树。ARIS 为业务流提供多点到点的树作为交换路径,但这并非是唯一的传递手段。ARIS 是一种典型的控制驱动的 IP 交换技术。

### 1.3.9 IETF 正在制定的多协议标记交换(MPLS)标准

如此众多的厂家推出了标记交换技术,充分说明人们都看好标记交换技术的应用前景。在这种商业利益的推动和更多厂家的积极参与下,IETF 成立了专门的 MPLS 工作组,希望制定出一套完善的、为多数厂家接受的标记交换标准,以便在 Internet 上推广、使用,并且能够保证各厂家的产品间的互通。

虽然各厂家的标记交换技术有很多共同的方面,例如都以第 2 层的交换替代了传统的路由;但也有很多不同之处,如驱动方式、标记生成和标记发布等。如何从各厂家的技术中提取精华,同时又兼顾传统的网络技术,是 MPLS 工作组的工作目标。MPLS 工作组目前已就网络的整体框架达成协议,但仍有很多具体的方面尚待完善。

## 1.4 Internet 中不同的交换技术对网络设计和业务的影响

IP 与 ATM 结合的各种技术对于网络设计和业务的影响包括两个方面的意义,一方面是