下一代 Internet 的 网络技术

李津生　洪佩琳　编著

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

下一代 Internet 的网络技术

李津生　洪佩琳　编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书以下一代因特网的协议与关键技术为核心，分三个部分阐述：第一部分是适应于下一代因特网的局域网技术，包括百兆比和吉比特（千兆比）以太网、交换型局域网和 VLAN 技术以及无线局域网技术；第二部分是下一代因特网协议，如 IPv6 协议、ICMPv6 协议、TCP 和 UDP 协议，以及 RIPv6 和 RTP 协议；最后是组网技术，主要阐述 ATM-LAN、高速交换路由技术、移动 IP 技术、QoS 控制技术、VPN 技术和 IPv6 组网方式，以及当前风靡全球的因特网应用——IP 电话。

本书内容实用，系统性强，可作为电子、通信和计算机专业的本科生或研究生的教科书，也可作为通信与计算机网络领域的科研人员的参考书。

下一代 Internet 的网络技术

◆ 编　　著　李津生　洪佩琳
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@ pptph.com.cn
网址　http://www.pptph.com.cn
北京汉魂图文设计有限公司制作
人民邮电出版社内蒙古印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787 × 1092　1/16
印张：24.5
字数：608 千字　　2001 年 3 月第 1 版
印数：1 - 6 000 册　　2001 年 3 月内蒙古第 1 次印刷

ISBN 7-115-09101-3/TN·1693

定价：39.00 元

前　言

20 世纪 70 年代末至 80 年代初，国际电信联盟、著名电信设备制造商和电信企业致力于综合业务数字网的研究与开发，并雄心勃勃地将开始商用化的 1988 年称作 ISDN 元年。

80 年代中期，在高速分组交换基础上发展起来的 ATM 技术引起电信界的注目。众多的大学和研究机构从业务量理论到组网技术对其进行了长达十余年的研究，提出了近乎完美的解决方案。ITU-T 曾断言，基于 ATM 的宽带综合业务数字网（B-ISDN）是网络发展的必然趋势。

进入 90 年代以来，因特网上的用户呈爆炸性增长。因特网以其 TCP/IP 协议的开放性将各种不同的网络（电话网及 ISDN、ATM 网及帧中继网、移动通信网、卫星通信网、有线电视网乃至电力网）融合为一个全球逻辑大网——信息网络。ISDN 和 ATM 未能实现其预定目标，仅分别扮演了因特网部分的接入网和传输网的辅助角色。

因特网提供业务之丰富、使用之便利、费用之低廉是迄今为止任何一个通信网无法比拟的，这是它迅猛发展的根本原因。相反，ISDN 和 B-ISDN 提供的业务颇为贵族化，像 4 类传真机、H.261 的可视电话一样因价格高昂很难推广，B-ISDN 终端至今未曾露面。相反，接入因特网的高性能低价位的个人计算机抢先实现了综合业务。另一方面，应当看到现行的 TCP/IP 协议（IPv4）是 1982 年为适应当时的数据通信而制定的，它不能满足高速数据，特别是音、视频等实时信息传输的需要。当前，因特网面临的另一个问题是因主机数量激增导致 IPv4 地址耗尽以及不能支持服务质量（QoS）等。因此需要引入地址空间巨大的下一代 IP 协议（IPv6），随之至少有 58 个与其相关的标准必须修订。

以太网是历史最悠久，也是生命力最强的计算机局域网（LAN）。十兆比特的 10 Base LAN 生存了 20 年，基本取代了令牌环（Token Ring）网；百兆比特的 100 Base-TX 在和 100 VG-Any LAN 的竞争中占尽优势；吉比特的 1000 Base 交换机战胜了 FDDI 和 ATM 成为园区网的主流设备。目前已研发成功的 10 吉比特（万兆位）以太网很可能成为 ISP 骨干网的关键设备。

由于业务量的激增，使路由器不堪重负，采用第 3 层交换和基于 ASIC（Application Specific IC）的多层交换技术已成为路由器高速化的发展方向。其中被称作 2.5 层交换技术的 MPLS 尤为引人瞩目。

IP 电话以其低廉的价格吸引了广大用户。尽管技术标准尚未统一，音质亟待改善，但这些因素均阻挡不了 IP 电话发展的势头。它已经成为因特网最有前途的应用之一。

基于因特网的虚拟专网（VPN）的显著优点是降低通信费用，确保信息安全并能实现内部网（Intranet）的广域化、全球化。

移动业务是当今增长最快的通信业务。制定下一代移动通信系统的“IMT-2000”标准的第三代移动通信合作工程（The 3rd Generation Partnership Project）已确定将 IPv6 作为下一代移动通信的基本协议来实现移动 IP。

本书内容是通信专业的本科生和研究生必须掌握的知识，中国科学技术大学已连续三年在该专业的硕士生学位课程《信息通信网》及电子工程与信息科学系专业课《计算机通信

网》中讲授了这些网络的新概念、新知识和新技术，并不断更新内容，取得较好的教学效果。

本书的主要内容取材于以下两个方面：一是上述两门课程的教学讲义，二是中国科学技术大学网络通信方面的研究成果。因此，本书在某种意义上可以说是我们近年来教学与科研的阶段性总结。例如，我们在863课题《IPv6示范系统》和《基于IP网络的QoS保证机制与技术研究》中实现了IPv6基本功能、组网研究和策略控制与QoS控制；在863课题《基于·Internet的多媒体通信系统》和九五攻关课题《B-ISDN多媒体设备开发》中研制了ATM工作组交换机、ATM网卡，实现了ELAN；在邮电科学技术研究院的支持下研究了高速路由器的体系结构、快速路由表查找技术和VPN中L2TP的实现。通过这些研究，验证了本书阐述的部分原理、协议，加深了对新技术的理解和认识。

书中引用了信息网络实验室王星、王欣、江雄、王大伟、梁军、胡军强、杨凯峰、陈刚、王贵竹、黄颖、黄志蓓、杨海松、孙卫强、杨海军、朱文涛、彭燕林、张爱民、胡艳等同学的研究成果及论文。帅建梅、李蕾和胡鹏精心绘制了大量插图，并打印文稿和担任校对，在此表示诚挚的感谢。

本书共分17章，第1、2、3、11、12、13、14、16章由洪佩琳执笔，第17章由王辉执笔，其余各章由李津生执笔。应说明的是，日新月异的网络新技术远非一本书所能包容。例如，用于宽带传输的密集波分复用（DWDM）技术，用于宽带接入的xDSL和Cable Modem技术以及若干重要的路由协议，因篇幅所限未能收入，请参阅有关资料。由于作者水平有限，书中欠妥乃至错误之处在所难免，恳请指正。E-mail地址：plhong@ustc.edu.cn

作者
于合肥中国科学技术大学
电子工程与信息科学系

目　录

第一篇　支持下一代 Internet 的 LAN

第二篇 下一代 Internet 协议

第一篇

支持下一代 Internet 的 LAN

第 1 章　快速以太网和吉比特以太网

1.1　以太网的历史

20 世纪 70 年代，Xerox 公司研究出基于 ALOHA 系统的以太网，ALOHA 系统是美国夏威夷大学采用争用方式的计算机网络，这种争用技术后来发展成为局域网的媒体访问控制方法，它具有以下特征：

① 多个网络接口共享一条传输线路。

② 如果一个站点要发送数据，该站点的网络接口要监视其他网络接口是否正在发送数据（即载波侦听，Carrier Sense）。

③ 如果线路处于空闲状态，则该网络接口可以向其他接口发送数据（即多路访问，Multiple Access），否则，等待一段时间后再进行载波侦听。

④ 如果多个接口同时往线路上发送数据，导致数据冲突，接口检测到后，退避一随机时间再重发数据。

以上的②~④就称为带碰撞检测的载波侦听多路访问 CSMA/CD（Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection）的媒体访问控制方法。

最初的以太网只有 2.94Mbit/s 速率，在一条 1km 的电缆上连接了近百台工作站。后来由 DEC、Intel、Xerox 三家公司开发成为 10Mbit/s 的以太网，1980 年正式发表了以太网规范，1982 年又进行了修改，被称为 Ethernet Ⅱ，也称为 DIX Ethernet，与现在的 10BASE-5 规范几乎相同。

由于 DIX Ethernet 的成功，局域网标准化组织 IEEE802 委员会开始对以太网进行标准化，1985 年发表了“802.3 Carrier Sense Multiple Access Method and Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications”，简称 802.3 规范。802.3 规范对 DIX Ethernet 的电特性作了修改，并在帧格式上与 DIX Ethernet 规范也有所不同。

采用同轴电缆的 10Mbit/s 的以太网有 10BASE-2 和 10BASE-5 两种。10BASE-2 采用 RG58 的细同轴电缆，与采用粗同轴电缆的 10BASE-5 相比，细缆便宜，所以又称为“Cheapnet”或“Thin Ethernet”。1990 年 10BASE-T 问世，它采用 3 类非屏蔽双绞线（UTP）。与 10BASE-5、10BASE-2 相比，10BASE-T 便于组网，并在短时间内迅速取代了 10BASE-2 和 10BASE-5。

1992 年 Grand Junction Networks 公司（1995 年被 Cisco 收购）开发了具有 100Mbit/s 速率的快速以太网 100BASE-TX。100BASE-TX 采用了 5 类 UTP，但仍保持了以太网的媒体访问控制方式 CSMA/CD，并且开发了支持 10BASE-T/100BASE-TX 的自适应接口。如今，10BASE-T/100BASE-TX 的自适应接口的速率可以由用户手动设定，也能按连接的端口自动配置。100BASE-TX 的规范由 802.3 委员会标准化，被称作 802.3u。

100VG-AnyLAN 是 HP（Hewlett Packard）公司推出的 100Mbit/s 传输速率的局域网，