

21

世纪
信息与通信技术教程

路由与交换

■ Rita Pužmanová 著

■ 黄永峰 周可 等译



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪信息与通信技术教程

路由与交换

Rita Pužmanová 著

黄永峰 周可 等译

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

路由与交换 / (美) 普兹马诺瓦 (Pužmanová, R.) 著; 黄永峰等译.

—北京: 人民邮电出版社, 2004.4

21 世纪信息与通信技术教程

ISBN 7-115-10827-7

I. 路... II. ①普... ②黄... III. 计算机网络—路由选择—教材 IV. TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 126455 号

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了互联网的体系结构、相关协议、组网技术和发展趋势。全书分 5 部分, 共 16 章, 分别阐述通信网络技术、网桥技术、交换技术、路由技术、高速网络技术等, 重点讨论交换和路由技术的相关算法、实现方案、技术特点和发展趋势。

本书内容详实, 深浅适宜, 侧重于基本概念的描述, 给出了各个技术的发展方向, 可供通信和计算机工程专业的技术人员、管理人员阅读或作为培训教材, 也可供高等院校通信工程、计算机科学与技术等专业师生参考。

21 世纪信息与通信技术教程

路由与交换

-
- ◆ 著 Rita Pužmanová
译 黄永峰 周 可 等
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
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 46.25
字数: 1 129 千字 2004 年 4 月第 1 版
印数: 1-3 500 册 2004 年 4 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记 图字: 01-2002-2447 号

ISBN 7-115-10827-7/TN · 1960

定价: 76.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

版 权 声 明

Simplified Chinese edition Copyright ©2004 by PEARSON EDUCATION LIMITED and POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS.

ROUTING AND SWITCHING: Timing of Convergence? First Edition

By Rita Pužmanová

ISBN 0-201-39861-3

Copyright ©2002

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

著作权合同登记 图字：01-2002-2447 号

译者序

互联网作为计算机和通信技术融合的产物，近年来得到飞速的发展。最初的 ARPAnet 仅有几个节点，现在的互联网遍及全球，主机数目超过千万。最初的互联网仅作为学术研究的工具和对象，现在的互联网已经成为现代社会一种重要的信息网络，成为国家信息系统的基础设施之一，因此，互联网技术成为当今网络领域研究的热点。由于互联网技术是近 10 年来发展起来的新技术，目前全面系统论述互联网技术的著作比较少，译者认为本书的确是一本全面反映互联网最新技术的佳作。

作为互联网的核心技术，路由和交换是本书研究的重点。全书分为 5 部分，共 16 章。第一部分主要介绍通信网络技术，分为 5 章：第 1 章介绍了通信系统的体系结构；第 2 章介绍了局域网和城域网；第 3 章介绍了广域网；第 4 章介绍了网络管理；第 5 章介绍了网络互连的基本原理。第二部分即第 6 章介绍网桥技术。第三部分介绍交换技术，分为两章：第 7 章介绍了局域网交换技术；第 8 章介绍了广域网交换技术。第四部分介绍路由技术，是全书的重点，共 4 章：第 9 章介绍了路由原理；第 10 章介绍了 TCP/IP 协议；第 11 章介绍了路由 IP；第 12 章介绍了非 IP 环境的路由技术；第五部分所讨论的是如何提高网络速度，分为 4 章：第 13 章介绍了高速网络技术；第 14 章介绍了服务质量；第 15 章介绍了多协议标记交换技术；第 16 章介绍了光交换技术。

本书的特点主要体现在以下方面：

1. 信息丰富，内容详实，重点突出。本书在内容上涉及到互联网技术的各个方面，但重点是研究路由和交换技术。全书配置了大量的实例和图表，而且，为了有助于读者理解，还包括对一些“要点”的特别注释和“快速提示”，使用“快速提示”（Quick Tips）帮助读者弄清各种可能不是十分易懂的概念。另外，本书列出了有关标准和参考建议的相应参考文献，并附有编写这些文献的相关组织的详细情况。各章的最后都归纳了在本章中所涉及到的有关标准和 RFC 的完整列表。

2. 在内容上反映了当前互联网的新技术。由于互联网技术发展速度很快，每天都有新的标准草案出现，因此，本书在内容组织上重点介绍那些颇受关注并在未来发展中似乎可行的建议，同时介绍了大量的、实用的新技术。

全书的翻译工作主要由黄永峰负责，参加翻译的还有罗小霞、邓泽、周可和吴让仲等。另外，本书的翻译得到了清华大学电子工程系网络研究所 NGN 研究室的各位老师和同学的帮助，在此表示由衷的感谢。

译者

2003 年 12 月

作者简介

Rita Pužmanová, 是一位在网络互连领域有独创精神的专家, 开发并讲授了许多相关课程。她拥有系统工程专业硕士学位、通信专业博士学位。作为 Cisco 系统的兼职顾问和指导者, 她一直跟踪网络最新的开发技术。Rita 在卡尔加里大学获得工商管理硕士学位, 该资格使得她专攻独立的网络互连咨询事业一帆风顺。

近 10 年来, Rita 不断开发并以实时广播方式向全球商人及技术人员讲授 (互联网) 网络课程。近来, 她开始进行网上在线教学, 目前正在通过洛杉矶加州大学在线讲授 TCP/IP 课程。她参与了局域网和 TCP/IP 领域的 IEEE 及 IETF 标准化工作, 1993 年成为位于法国硅谷的欧洲通信标准学会的成员。另外, 她还是国家通信用户协会的奠基人, 该协会致力于维护用户需求, 在全球 EU 以及其他跨国通信问题上寻求合作。

Rita 已出版了好几本涉及通信网、TCP/IP、路由与交换、ITU-T 标准、术语 (包括通信技术术语及缩写词典) 的书。她还在国内外的科技杂志例如《数据通信》、《计算机通信》、《计算机世界》、《PC 世界》上发表了数篇论文, 在国际会议和研讨会上也经常见到她的论文。

由于在多个国家学习和工作过, Rita 已掌握了多国语言。她不仅对创造性思考这样的非技术性问题感兴趣, 还获得关于通用思考技巧的爱德华 (Edward de Bono) 证书。

Rita 的 Email 地址是 rita@ieee.org。

致 谢

我觉得有义务，也非常高兴有机会，向我所结识的和师从的网络专家表达我的感激之情。在我的整个事业中，我和他们通过面对面或通过互联网上的专题讨论方式进行过交流和学习。因此可以说，没有这些知识渊博的同事及合作者，就不可能有这本书。同时，我也很自豪，在这本书的准备阶段，好几位专家都给予我极大的帮助，实际上他们过去曾参与了我的网络课程，并已达到专业水平，因此，他们对该书提供了许多极好的专业性建议。

我首先要感谢在该书定稿及修订期间的主要评审者 Farid Haiji (法瑞得)，他不仅细致地审阅了每个章节，并提出一些改进意见，而且还非常重视日常组网的非常有价值的实践工作。我还要感谢我的朋友及同事，他们牺牲宝贵的时间阅读并修改与他们专业最接近的章节。他们分别是：Milos Barta(布鲁塞尔，Cisco TAC 小组)、Robert Hanzl (布鲁塞尔，MPLS Cisco 开发小组)，以及 Jarry Pilar(布拉格，Cisco 办事处)。

科技文章就像纯文学一样，没有我亲爱的家人支持，我也不可能完成这本书。他们与我分享成功时的喜悦，分担失败时的忧伤。我最感激的是我母亲，尽管她对本书的内容不感兴趣，但在完成手稿的最后阶段，母亲给予了我最大的帮助。

作者

致 读 者

本书采用了准确的技术语言，避免了营销宣传以及其他不当的描述语言（这本书的确不容易读懂，但我以最认真的态度对待它所涉及的每个主题）。所使用的术语都是来自标准用法（例如，国际性的标准化语言），为了避免混淆，定义了一些新术语。但有时，即使是在技术创造者之间，某些术语也很难保持一致。我在全文编写过程中，尽量选择最统一的术语。虽然总觉得某些术语还有所欠缺，不过我相信开发者终会努力将其发展得更为精确。

本书围绕网络互连，提出了许多复杂的、全球性的问题，详细的阐述足以说服网络专家，同时也能解释这些原理的真正含义。编写本书的主要目的是介绍网络互连演变背后的技术，并提供一些有关行业发展和标准化前沿的成果线索。目前，无论是路由器还是交换机，都是通过减少网络互连设备上的不必要的过程来提高设备性能的。

为了便于本书的阅读，我根据适当的篇幅，将全书分为几个部分，配上一些实例和图表，以补充说明某些个别主题。更重要的是，为了有助于理解，本书包括对一些“要点”的特别注释和“特别提示”来归纳一些重要概念，使用“快速提示”将帮助读者弄清各种可能很难理解的概念。本书全篇还以显著形式列举了有关标准和参考建议的相应参考文献，以及附有编写这些文献的相关组织的详细情况。各章节和主要部分的最后归纳了在该章节中所涉及到的有关标准和参考建议的完整列表。

在这里我得顺便提醒大家一点。由于本书所要阐述的领域发展速度很快，当某些标准还仅仅处于提案阶段时，不可避免要考虑到它以后的发展（提案阶段是一个互联网标准的草案形式）。每天都有新的标准草案出现，其中许多都直接或部分涉及到本书所讨论的主题。我将努力专注于介绍那些颇受关注并在未来发展中觉得可行的提案。然而，读者们应该特别注意本书中所提及的“正在发展中”的相关章节的内容，并考虑一下，当本书与读者见面时，这些提案何时能被采用。出于上述的考虑，我在本书中没有包含草案的名称和链接，因为有些草案可能被更名或当前的版本已过时了，有些草案在本书问世时已有所改动。

读本书的下列章节之前，以我铭记心中的一句格言作为结束语：

读书时不可存心诘难，不可尽信书上所言，亦不可只为寻章摘句，而应推敲细思。

（弗朗西斯·培根）

前 言

十几年前，我就开始从事网络工作。在这段时间内，互联网的发展突飞猛进，并且有了很大突破。攻读博士期间，我开始涉足网络管理领域，并在西班牙的大学（the University of Valladolid and the Politecnica de Madrid）很顺利地完成了学业。在这里，我结识了一些致力于IP 网络和网络管理，而且有渊博知识的开发小组。就在那时，我生平第一次如此欣赏互联网的迷人资源。但也在这一段时间，OSI 7 层网络模型正受到高度地赞美，同时，互联网工程任务组（IETF）做了大量的工作，希望也能最终和开放式互连参考模型（OSI）融合（CMOT 并没有成为有多年影响的历史性协议）。

为了深入研究网络管理，必须保证对网络各层的操作都非常了解。从上到下，在组建互联网时，我对“中继”概念产生浓厚兴趣，后来兴趣扩大到向市场推销局域网交换机。然而，最使我着迷的网络互连技术是路由技术、路由算法和不同的路由协议，这些协议用来处理不断变化的拓扑结构，并在错综复杂的网络链路中确定适当的传输路径（实际应用中，我们不可能了解这些细节，因为它对我们来说是透明的。但我们非常熟悉这些能完成路由功能的实实在在的黑色、白色或蓝色盒子）。

随着时间的流逝，我一直不断地关注网络互连技术的发展，并于1996年发表了第一篇有关“网络互连”主题的论文（在当时，这种技术属于初级阶段，学术界对于路由与交换的融合没有任何结论或建议）。然而，现在融合已达到了新的阶段，也就是说我们需要区分可做的选择与生存能力之间的界限。作为一个公平的、终身的、独立的网络专家，对于公众的 and 个人的见解，我都努力保持一种客观的看法。

希望还不太熟悉网络互连技术读者，在通读了这本书之后能被我的热情所感染。虽然我们将会通过编写一些基于人为的算法程序来讨论技术的运用，但是背后仍有许多所谓神秘的东西（有时被称作“小漏洞”）。为了弄清楚这些神秘的、隐藏的问题以及黑洞的真相，需要努力地做大量的工作，还需要有一些直觉，外加一点运气，但结果会令人非常满意。虽然这本书的主要内容本来不是介绍如何发现和排除故障，但对于任何一个想成为网络故障维护工程人员的人来说，选择该书也将是一个明智之举。同样，该书也会对网络设计有所帮助，虽然这本书不是专为网络设计而写，但它涉及到了相关技术和协议的设计问题。

对带宽、速度和性能的需求是网络互连发展的主要驱动力。无论是硬件还是软件，几乎每天都有新特性、新技术出现。在当前网络市场激烈的竞争中，并不是每项技术都能成功。但所有这些技术都有助于人们从全球范围内一致地理解在网络互连领域今天正在发生什么，而且明天又将会发生什么。虽然网络互连现在还是一个以厂商为主导的领域，但是这种情况已比10年前好多了，而且每个人都受益于当前的多厂商建议，这些建议产生于互联网自己的社团。

概 述

书有可浅尝者，有可吞食者，少数则须咀嚼消化。换言之，有只需读其者，有只需大体涉猎者，少数则需全读，读时需全神贯注，孜孜不倦。

(弗朗西斯·培根)

设计能满足当前不断发展变化的商业需求并具有可扩展性的高性能网络是一项具有挑战性的工作。现在有许多网络技术可供选择，在涉及到网络互连时，可供选择的技术就更多了。路由和交换技术是当前网络互连的主流技术，它们两者看起来似乎很接近，但两者又互相补充，互相依存。在许多情况下，二者缺一不可（例如，互连的虚拟局域网）。然而，这是否就意味着路由与交换会合并，甚至融合呢？这有可能实现吗？诸如“多层交换”、“路由交换”、“第四层交换”等所有这些都是当前媒体不断报道的热点问题，难道这些只是商家推销他们产品的营销术语吗？为了解答这个问题，我们需要充分理解交换（在本书中局域网的互连是采用第二层交换）和路由（第三层的子网互连技术）技术。只有这样，我们才会对当前复杂的互联网的可用性、灵活性和可发展性作出合理的选择，并使用高速的光网络来传输那些对延时和丢包敏感的数据业务。

1. 21 世纪初的网络

网络技术几乎已经渗透到每个人的生活，它成为各商务部门日常工作必需的支持环境，也是一个获取信息和从互联网得到更多益处的家用工具（对于家庭使用或者是家庭办公者，又称为远程办公）。当前新的网络技术层出不穷，因此现在的网络已经不是简单的公司网络或者是基于某一种技术和某一厂商的产品的互连网络。通常，即使是单个公司也会采用交换机或者路由器将公司位于不同地域的各个分部的局域网互连。对于地域范围较大的情况，是通过各种广域网链路，采用广域网路由器和交换机互连（例如，可采用帧中继、ATM、PSTN 和 ISDN 等）。如何将各个网段互连是网络规划者必须考虑的一个关键问题，它不仅要满足当前商务的需求，还要考虑到网络未来的扩展和发展的要求。

当前网络互连技术和设备是形形色色、各种各样的。然而，在几年前，其中有两类主要设备在市场占主导地位，那就是路由器和交换机。网络的实践证明：这两类设备从其原理来看它们不应成为竞争对手，而是相互补充的关系。虽然一些制造商一直试图推出他们的单一设备，并已提出多种不同的方法来集成这两种技术，但是在当前的互联网中，这两类设备应有它们各自的位置。因此，简要概括这两种技术的原理和了解在“它们融合阶段”的发展情况还是一件很有趣的事。

编写本书的目标是帮助读者、网络设计者和网络技术人员以及 IT 的决策者来正确理解网络互连技术今天发展的可能和明天发展的潜力（这些可能比我们昨天想象的要来得更快）。本书详细地介绍了相关原理。首先概要地介绍了通信网络，然后介绍了第 2 层的网络互连设备：

网桥以及用于局域网和广域网的交换机。接着介绍了第3层的设备：路由器。本书用了大量的篇幅来介绍更加复杂的路由技术和它们在IP环境和非IP环境下的应用，例如，目前还在应用的Novell公司的IPX/SPX、AppleTalk和正在缓慢渗透的OSI，以及几乎已被遗忘DecNet、Banyan VINES和XNS等。

本书全面地介绍了有关路由协议构建的重要细节和它们应用方面的问题，没有忽略任何细节。并侧重介绍了基于IP协议的互联网的相关技术。本书不仅重点介绍了路由协议问题，还介绍了路由器的体系结构和它的内部操作。本书论述的技术超出了普通和众所周知的问题范围，读者可以从最低层到高层，逐步学习网络互连的知识，最终达到一个高级阶段。本书还介绍当今网络最新主题，即服务质量问题。在介绍服务质量时，主要讨论了综合服务(IntServ)、区分服务(DiffServ)、资源预留协议(RSVP)和多协议标记交换(MPLS)以及分组的传输速率等问题(介绍如何来提高内部互连网络设备的处理能力)。尤其随着光交换技术的出现，我们能更清楚地了解到将路由和交换融合来加速互连网络中数据流量的可能性。

2. 本书的特别之处

与当前市场上介绍网络互连主题相近的著作比较，本书不同之处主要体现在如下几方面：

- 根据最新技术，全面地介绍了有关网络互连技术的理解、选择和配置等各个方面的问题。

- 从介绍专用技术的角度来为网络设计者提供指导。

- 探讨交换和路由技术融合趋势，从而分析了这两种技术的前景。

- 详细地介绍了路由、交换(包括LAN和WAN)和网桥等技术背景。

- 不仅介绍了TCP/IP的相关技术，还介绍了其他网络的体系结构(如Novell Netware、OSI、DECNet等)。

- 介绍了最先进的网络技术，有些还处于发展阶段，这主要包括QoS的各个方面(IntServ和DiffServ)和标记交换(MPLS)，还介绍了光交换最近几年的发展状况。

市场上有几本其他的书详细地介绍了网络互连某个难点问题，它们都列举在“推荐读物”部分(附录F)。这些著作有助于读者更进一步了解某一特定的网络协议，也可作为读者查阅相关标准和规范的最后选择(或者是最开始的选择，这主要取决于读者查阅的方式)。目前所有已经通过的标准、建议、参考标准或者行业规范都清楚地在全书中进行了标识(在个别情况下，某些规范的草案也被列举，这主要是针对互联网的有关草案，这些草案很可能在该书出版时被作为参考标准)。无论如何，读者可查阅最新版本的标准和参考建议(本书中所列举的所有信息的最新日期是2001年4月)。

3. 本书的读者

本书所讨论的问题是网络专家和网络设计人员所关心的深层次的问题。路由和交换不仅是应用于ISP或者具有较大地域范围的团体网络的大型企业，对于一些在一定地理范围内多个子网互连的中、小型企业同样重要。在过去的两年内，路由和交换二者的地位日益稳定，二者将在未来的网络中被普遍使用是完全能理解的。第3层交换、将路由和交换功能集中在一台设备中，以及像标记交换、IP交换等行业建议在网络中引入服务质量和多协议标记交换铺平了道路。然而并不是所有问题都能得到标准组织和互联网团体的认可，它们中的一些

问题至今仍在研究之中。

本书针对如下读者：

- 网络设计人员和规划人员可能要使用该书作为技术和设计指导。
- 网络管理人员和技术人员可能使用该书的基本原理来描述网络未来的前景规划。
- 相关领域的开发者可能使用该书作为基本参考书。
- 理工大学的学生和老师可使用该书作为详细的技术手册和参考书。

该书对需要查阅本书所涉及到相关的主题的学生、教师和专家来说是一本很好的参考书，本书能直接指导他们检索到正在发展的技术和更深层次的信息。本书对于在研修计算机科学、网络和 TCP/IP 相关课程的学生来说是无价之宝，它也有助于解决网络中实际存在的问题。

本书不是研究专著，它却为与路由和交换相关的所有问题提供指导，包括背景资料和先进主题（这主要是根据问题的复杂性和时间演变来划分）。本书涉及面广、内容详尽。

本书在编写时力求便于阅读，每读一次都有所收获。在全书中都采用相关的提示信息（特别提示、快速提示，书中均为快速提示）来帮助读者查阅相关基本规范和有用的附属信息：

- 缩写词
- 网络标准概述
- 互联网检修的快速指导
- 传输速率概述
- 有用的编号

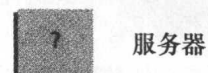
4. 本书未讨论的内容

读者通过查阅目录就可以详细了解本书所要介绍的内容。值得注意的是，由于受客观原因的制约以及篇幅的限制，本书不包含如下内容：

- 特定厂商的技术解决方案（在技术发展过程中具有里程碑意义的事件除外，例如 Ipsilon 的 IP 交换和 Cisco 的标记交换）。
- 市场上现存产品及其价格。
- 特定路由器和交换机软件的配置指导和实例。
- 过于复杂的网络互连设计实例。

注意：虽然我的网络互连实际经验主要来自于 Cisco 设备的工作和使用过程，同时我也知道该公司在推进高科技解决方案方面所付出的努力，我在本书的编写时也尽可能地将其作为一个目标，但本书不是面向 Cisco 的书。而且，现在有一些极好的面向 Cisco 产品的书专门介绍某一网络专题或者单独作为网络认证之用。

5. 本书中用到的部分图例



21世纪信息与通信技术教程

序号	书号	书 名	作 者	定价
1	10828	无线与移动通信中的信号处理新技术:第1册 信道估计与均衡	Georgios B. Giannakis (影印本)	29.00
2	10829	无线与移动通信中的信号处理新技术:第2册 单用户与多用户系统	Georgios B. Giannakis (影印本)	29.00
3	10437	扩频通信技术教程	MARVIK · SIMON 等 (影印本)	61.00
4	10098	卫星通信 (第三版)	张更新 等译	45.00
5	10312	新世纪通信技术简明教程	刘立柱 编著	18.00
6	11352	电信技术基础	唐宝民 等译	39.00
7	11510	信令网技术教程	罗进文 等编著	33.00
8	11513	数字电视传输与组网	余兆明 等编著	43.00
9	11841	多媒体通信	蔡安妮 等译	
10	12117	光纤光学(第四版)	贾东方 等译	
11	10827	路由与交换	黄永峰 等译	

人民邮电出版社邮购电话: 010-67116266; 67129213

目 录

第一部分 通信网络

第 1 章 通信系统的体系结构	3
1.1 分层的开放系统互连参考模型	3
1.2 OSI 参考模型的 7 层	6
1.2.1 应用层——第 7 层	6
1.2.2 表示层——第 6 层	6
1.2.3 会话层——第 5 层	6
1.2.4 传输层——第 4 层	6
1.2.5 网络层——第 3 层	7
1.2.6 链路层——第 2 层	7
1.2.7 物理层——第 1 层	7
1.2.8 子层	8
1.3 实际网络体系结构	8
1.4 寻址	8
1.5 流量控制	9
1.5.1 拥塞控制	9
1.5.2 流量控制机制	10
1.5.3 基于信贷和速度的流量控制	10
1.6 无连接和面向连接的网络服务	12
1.7 连接和网络拓扑	12
第 2 章 局域网和城域网	14
2.1 LAN 的体系结构	15
2.1.1 介质访问控制子层	15
2.1.2 逻辑链路控制子层	17
2.1.3 子网访问协议	18
2.2 LAN 标准化	18
2.2.1 LAN 的拓扑结构	20
2.2.2 传输介质	21
2.2.3 访问方法	22
2.3 以太网/IEEE802.3	22
2.3.1 CSMA/CD 访问方法	23
2.3.2 以太网和 IEEE802.3 帧	23
2.3.3 以太网/IEEE802.3 物理层	24

2.3.4	快速以太网 IEEE802.3 U、Y	25
2.3.5	1000Mbit/s 以太网 IEEE802.3z、ab	27
2.3.6	IEEE802.1P 和 802.1Q	28
2.3.7	10Gbit/s 以太网	28
2.3.8	共享和交换以太网	29
2.4	令牌环/IEEE802.5	30
2.4.1	令牌通行访问方法	30
2.4.2	故障管理机制	30
2.4.3	令牌环/IEEE802.5 帧	31
2.4.4	令牌环的寻址	32
2.4.5	令牌环/IEEE802.5 物理层	33
2.4.6	高速令牌环	34
2.5	光纤分布数据接口	35
2.5.1	FDDI 的体系结构	35
2.5.2	FDDI 的拓扑	35
2.5.3	FDDI 的帧格式	36
2.5.4	FDDI 物理层	37
2.6	无线局域网	37
2.6.1	WLAN 配置	38
2.6.2	WLAN 物理特征	38
2.6.3	WLAN MAC 协议	38
2.6.4	无线个人网络	38
2.6.5	正在进行的工作	39
2.7	光通道和 SNA	39
第 3 章	广域网	42
3.1	交换设备和非交换设备	43
3.2	数据终端设备 (DTE) 和数据通信设备 (DCE)	43
3.3	链路协议	44
3.3.1	高级数据链路控制	44
3.3.2	均衡链路存取规程	45
3.3.3	点对点协议	46
3.4	ISDN	48
3.4.1	ISDN 寻址	49
3.4.2	ISDN 基石	49
3.4.3	服务	50
3.4.4	基本运行特征	50
3.4.5	第 2 层信令协议 LAPD	50
3.4.6	第 3 层信令	51
3.4.7	窄带和宽带综合业务数字网络 (B-ISDN)	51

3.5	X.25	51
3.5.1	X.25 的结构	51
3.5.2	X.25 的组成	52
3.6	帧中继	53
3.6.1	帧中继的帧格式	54
3.6.2	本地管理接口 (LMI), UNI 和 NNI	55
3.6.3	帧中继参数	56
3.6.4	SLA 在帧中继网络中	56
3.7	交换多兆位数据业务	58
3.8	异步传输模式	60
3.8.1	ATM 的组成和操作	61
3.8.2	ATM 结构	61
3.8.3	虚连接和虚电路	63
3.8.4	ATM 连接的类型	64
3.8.5	ATM 信元	65
3.8.6	ATM 传输功能	66
3.8.7	服务类别	67
3.8.8	服务质量	67
3.8.9	ATM 路由协议	69
3.8.10	ATM 和帧中继互连注解——FUNI	70
3.8.11	LANE	71
3.8.12	多协议异步传输方式	73
3.8.13	基于 ATM 的经典 IP	77
3.9	同步光纤网	79
3.10	服务级别协定	80
第 4 章	网络管理	84
4.1	管理任务分配	84
4.2	ISO 网络管理模型	85
4.3	TCP/IP 网络管理	86
4.4	远端监控 RMON	87
4.5	交换机监控——SMON	88
4.6	基于网页的管理	89
第 5 章	网络互连的原理	91
5.1	物理层网间互连设备	91
5.1.1	中继器的类型	92
5.1.2	以太网 (IEEE 802.3 局域网) 中的冲突和自动分割	93
5.1.3	中继器的发展	93
5.2	链路层的中继	94
5.2.1	桥接	95