

785

微软 IT 专家丛书

Microsoft® Windows® 2000 TCP/IP

协议和服务技术参考

[美] Thomas Lee 著
Joseph Davies

北京超品计算机有限责任公司 译

本书附盘可从本馆主页 <http://lib.szu.edu.cn/>
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载，
也可到视听部复制

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统、全面地介绍了在 Windows 2000 平台上支持 TCP/IP 所需的深层技术。全书共 4 部分 21 章,第 1 部分“网络接口层”包括 3 章内容,前两章讲述了 Windows 2000 支持的局域网(LAN)和 WAN 技术,并详细讲解了它们传送 IP 数据报的过程;第 3 章包含有关硬件地址解析方面的信息。第 2 部分“互联网络层协议”包括 4~9 章,本部分描述了 IP 定义、网际消息协议(ICMP)和因特网组管理协议(IGMP),其中第 9 章讲述了有关 IP 6 版(Ipv6)方面的内容。第 3 部分“传输层协议”包括 10~14 章,该部分讲述用户数据报协议(UDP)和传输控制协议(TCP)。第 4 部分“应用层协议和服务”包括 15~21 章,本部分讲述与 TCP/IP 相关的主要服务,包括 DHCP、DNS、WINS 和 IIS,此外本部分还讲述了有关 Windows 2000 文件与打印共享、IPSec 和 VPN 等方面的知识。

本书叙述简明,内容详实,并附有大量的图片和实例作为学习参考,可方便读者理解本书内容。另外,书后面附带的光盘也可作为您学习的参考。

本书适合计算机管理员、IT 专业人员、网络应用编程人员和维护 TCP/IP 计算机系统的高级专业人员学习使用,也可供学习和了解 TCP/IP 详细工作原理的计算机专业人员阅读和参考。

微软 IT 专家丛书

Microsoft® Windows® 2000 TCP/IP 协议和服务技术参考

- ◆ 著 [美] Thomas Lee Joseph Davies
译 北京超品计算机有限责任公司
责任编辑 刘 彬
- ◆ 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
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:800×1000 1/16
印张:28.25 2000 年 11 月第 1 版
字数:612 千字 2000 年 11 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字:01-2000-2206 号

ISBN 7-115-08753-9/TP·1801

定价:62.00 元

微软图书 编译出版委员会

主 任：徐修存

副主任：王行刚

委 员：（以姓氏笔画为序）

马晓红 王亚明 王晓丹 龙守谌

田和平 李树岭 张之超 杨一平

陈岩瑾 赵丹亚 赵宝珊 徐光祐

夏 鹏 廖湖声

执行编委：王亚明 王晓丹

版 权 声 明

本书为微软公司独家授权的中文译本。本书的专有出版权属人民邮电出版社所有。在没有得到本书原版出版者和本书出版者的书面许可之前，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部内容，以任何形式（包括资料和出版物）进行传播。

“Copyright 1999 by Microsoft Corporation.

Original English language Edition Copyright © 1999 by Thomas Lee and Joseph Davies.

Published by arrangement with the original publisher, Microsoft Press, a division of Microsoft Corporation, Redmond, Washington, U.S.A.”

版权所有，翻印必究。

译者序

随着计算机通信和网络技术的发展，计算机网络已经遍及社会的每个角落，从政府部门到军事机构，从大学校园到工矿企业，甚至人们日常生活中的购物、旅游、网上校园等无不涉及到网络。通过功能强大的因特网，使国与国、洲与洲之间的距离变得越来越短，从而方便了人们的互相交流。

因特网的功能如此强大，归功于网络的设计和管理，而网络的设计和管理必须基于以传输控制协议/因特网协议（TCP/IP）为基础组建的网络体系结构。TCP/IP 是标准的协议组，它是为跨越局域网和广域网的大规模互联网络而设计的。TCP/IP 是 70 年代美国国防部开发的网络体系结构，它起始于 1969 年。从 60 年代中后期开始，美国国防部高级研究计划局（即后来著名的 ARPA 或 DARPA）就开始研究创建能够连接不同 ARPA 合约商的网络。他们由位于剑桥市的一个咨询公司创建第 1 台接口报文处理机（IMP）——也就是今天我们所熟悉的路由器。在最初的 IMP 时代买不到协议，因为当时处于 TCP/IP 的初始研究阶段。在 60 年代至 80 年代网路协议正被开发并有了新的进展。而到了 90 年代，计算机网络技术进入了前所未有的快速发展时期。在当今社会，TCP/IP 已经成为目前网络界规模最大的网际协议。随着 ARPANET 发展成为因特网，许多公司开始使用 TCP/IP，并将它用于建立大的路由专用互联网络。Windows 2000 中的 Active Directory（AD）服务也需要在因特网中使用 TCP/IP。

让读者深入了解 TCP/IP 的工作原理，从而使读者能够掌握如何组建一个完整的网络体系结构，是我们翻译本书的目的所在。本书在简介部分讲述了在 Windows 2000 中实现的 TCP/IP 协议套件的背景和概述。其余部分详细讨论了 TCP/IP 协议和相关的 Windows 2000 网络服务。本书主要讲述网络接口层、互联网协议层、传输层协议以及应用层协议和服务四大部分的内容。

由于译者水平有限，加上时间仓促，翻译中难免有错误及疏漏之处，希望广大读者给予批评指正。

致 谢

还在编写本书的时候，我惊悉 W. Richard Stevens 先生已经辞世了。Rich 是一位与我分享对 TCP/IP 的热爱朋友，是他激励我俩共同写作本书的。我为不能送他一本成书而深感遗憾。

写书看起来似乎挺容易，因此有很多人在进行这种努力。Joe 和我非常感谢微软出版社的所有主要人员，其中包括 Anne Hamilton（是他促成了 Thomas 与两位发行人见面并最后作出决定），David Clark 和 Michael Bolinger（两位主要的管理人员）。我们写完之后，后期工作由 nSight 有限公司的 Sarah Hains 和她的编辑小组负责，包括我们的技术编辑 Tony Northrup，是他们使本书得以与读者见面。

本书是在开发 Windows 2000 操作系统的同时进行撰写的。由于产品有所变化，所以本书也要进行改动。非常感谢 Windows 2000 网络工作组的合作伙件，包括 Jawad Kakhi、Bernard Abbobo、Ken Crocker、William Dixon、Dave Eitlebach、Peter Ford、Art Shelest 和 Glen Zorm。

我对我贤良的妻子 Susan Lee-Tanner 对我在外从事写作的这几个月所给予的宽容表示感谢，还有我心爱的女儿 Rebecca，在我写书的日子（有时是在晚上），她始终在办公室里陪伴着我，对此也表示感谢。

还要向 Windows 2000 支持小组的工程师们表达我深深的敬意，特别是 John Gray，因为是他们使我得到了所需要的 CD。还要感谢所有的工程师，因为他们阅读了大量故障报告，并且耐心解答了这些问题，在我最需要他们的时候为我提供了工作区，而且不厌其烦。也对在 BEDM 培训中所有的朋友们表示感谢，其中包括 Dean Murray、Keith Cotton、Angie Fultz、Susan Greenberg、Paul Howard、Rodney Miller、Ken Rosen、Paul Adare、Kathleen Cole、Robert Deupree、Brian Komar、Doug Steen 和 Joern Wetternl。

Joe 向他可爱的妻子 Kara 和美丽的女儿 Katherine Rose 说声谢谢，正是由于她们的支持、牺牲和宽容，Joe 才能起早贪黑，甚至在周末还进行工作来完成本书中各章节的内容。

最后，我对 Laura Robinson 表示特别感谢，是她最后为本书起草了补充内容。她是在巨大的压力下工作的，她的努力非常值得钦佩。我希望我们将来还能在一起工作。

前 言

我仍然记得在 1994 年初第 1 次购买 TCP/IP 的书时的情景。在那之前，我已经有几年使用 Windows for Workgroups、Novell NetWare 和 Windows NT 3.1 的网络工作经验，但是对 UNIX 或 TCP/IP 了解很少。我最终忍不住决定要学会因特网技术，但是我的 ISP 给我的所有指导完全是不相关的。

所以我出去买了一本书——实际上我买了好几本。最初，由于概念是外来的，因此看起来与我所知道的完全不同。阅读 W. Richard Steven 的书籍使我真正了解了该课题，像剥洋葱一样，通过逐渐地层层学习，使我发现了 TCP/IP 的精彩世界。

我们为什么写这本书

很多年前我就开始考虑写这本书。当时大多数可用的较好的 TCP/IP 书籍不是瞄准 UNIX 市场就是过于普通。由于我所做的工作越来越多地要用到 Microsoft 所提供的 TCP/IP，并且看到 Windows 2000 的产品渐渐地发展，显然着重于以 Windows 2000 为中心的 TCP/IP 的书籍将是非常有用的。

Joe 和我几年前就在一起工作，我们都是对 Microsoft 产品支持工程师展开高级 TCP/IP 培训的小组的成员。Joe 是课程创作者，而我是培训师之一，要给非常难以对付的观众讲解这些资料。这需要花大量的时间，并且要使微软出版社那些挑剔的人们信服。

我们编写本书作为对 TCP/IP 协议套件和相关网络服务的全面的参考。我们阐明该协议套件和相关服务是如何工作的，以及他们如何在 Windows 2000 中运行。

本书以不同的观众为目标：

- **普通技术人员** 任何对学习在 Windows 2000 中实现 TCP/IP 的细节感兴趣的人。
- **TCP/IP 管理员** 本书包含管理员解决问题和编制 TCP/IP 基础结构计划所需的协议及服务的详细资料。
- **MCSE 应试者** 那些为 Windows 2000 考试而学习的人将发现本书是非常有用的参考课本。
- **Microsoft 认证的培训师** 他们可使用本书学习协议并可推荐给他们的学生。

-Thomas Lee

简介

传输控制协议/因特网协议 (TCP/IP) 协议套件不仅是许多专用计算机网络的基础,也是当今因特网的基础。TCP/IP 协议套件不仅包括 TCP 和 IP, 它还能够使网络中的计算机相互通信。

TCP/IP 最初是为了使 ARPANET 站点之间进行通信而开发的。ARPANET 站点使用由不同厂商生产的、运行不同操作系统的不同计算机。它们之间唯一的共同点是运行公用协议。

随着 ARPANET 发展为因特网, 许多公司开始使用 TCP/IP。Windows 2000 中的 Active Directory (AD) 服务需要在因特网中使用 TCP/IP。

本简介提供对 TCP/IP 协议套件的简单介绍, 包括:

- TCP/IP 协议套件的简要历史
- 对开放系统互连 (OSI) 模型的概述以及与 TCP/IP 所使用的模型进行比较
- 对 Windows 2000 网络构架的概述, 阐明如何实现 TCP/IP

本简介也作为本书的基础知识。

I.1 TCP/IP 的简史

在 60 年代中后期, 美国国防部高级研究计划局 (即后来著名的 ARPA 或 DARPA) 开始研究创建能够链接不同 ARPA 合约商的网络。他们与 Bolt, Baranek and Newman (BBN), 位于剑桥市, Mass 的一个咨询公司订约创建第一台接口报文处理机 (IMP)。IMP 在今天可能应称为路由器, 它基于 Honeywell 516 小型计算机, 其大小和一台大冰箱差不多。

在最初的 IMP 时代, 买不到协议 —— 一切必须从零开始设计。虽然基于信息包转换网络的概念并不新, 但没有什么重要版本可供 ARPA 和 BBN 购买。

1969 年夏末, 第 1 台 IMP 在 UCLA 交付使用; 1 个月后, 第 2 台 IMP 在斯坦福研究院交付使用。随后几个月 (年), 其他 IMP 加入进来, ARPANET 逐渐成为现实。

70 年代期间, 连接到 ARPANET 的站点的数量最初以线性速度 (大约每月 1 台) 增长, 但是到 70 年代后期, 变成以指数速度增长。

ARPANET 最初使用的协议和寻址方案足以连接第一批 IMP, 也证明异类包交换网络的概念是正确的, 但它们没有继续发展。现在需要一些更好的东西, 70 年代后期, 对我们现在所熟知的 TCP/IP 的开发问世。描述因特网协议的 RFC 760 在 1980 年 1 月 1 日发行。它随即由 1981 年 9 月发行的 RFC 791 和描述 TCP 的 RFC (RFC 793) 所代替。描述用户数据

报协议（UDP）的 RFC 768 在前一年已经发行。

这些 RFC 定义了 TCP/IP 协议套件的核心部分并沿用至今。在改变了一些细节的同时，添加了一些额外功能（如 TCP 流控制），这些协议都经受住了时间的检验并继续达到它们的目的。基于 32 位 IP 地址的 IP 寻址方案对当今的因特网已经不适用了，但在 70 年代没有人能预见因特网现在的情况。

对采用 TCP/IP 起最大推动作用的也许是 1983 年 UNIXBSD 4.2 版的发行，它包含 TCP/IP 套件。贝尔实验室开发的 UNIX 被视为在 RFC 681 中所提到的可能的 ARPA 微型主机。它吸引人的原因很多，不仅仅是因为贝尔许可该操作系统只收取名义上的费用，对学院和大学只收 150 美元（虽然对非大学机构许可费用为 20000 美元）。BSD 4.2 的发行使许多大学现在能购买得起额外的微型计算机和在它们上面运行的软件。结果，ARPANET 的使用和许多工具和设备的开发得到飞速发展，这些工具和设备在今天看来都是理所当然的，如域名服务器（DNS）系统。

I.2 国际标准化组织（ISO）的开放系统

互连（OSI）模型

ARPANET 的开发是在学术环境下进行的。在那时，它并没有引起很多商业兴趣。在 70 年代，对更开放网络的需求成为计算机行业的热点话题。因为网络在很大程度上是同质的，通常不同厂商生产的计算机不能通信。

1977 年 ISO 开始开发 OSI 的详细参考模型。OSI 模型的意图是能够开发允许开放系统的软件。该系统对于其他系统之所以是开放的，是因为它们相互之间可以交换信息。该设想是开放系统将使用适用的标准从而能够交互操作。

OSI 模型是个很不严谨的标准，其中的定义和许多术语含糊不清。这样做是为了确保此模型不限制实现者使用现有技术和术语。它更倾向于促进提供异类系统互操作协议的开发。OSI 模型也作为一个参考模型，使其他标准和协议可以与它进行比较。

OSI 模型基于一个假定，即两台计算机之间的通信非常复杂以至于不能再把它作为单一的实体来考虑。相反，构成通信过程的函数应分成一系列独立的层，每个邻接的层建立在较低层的顶部，并且每层使用指派给该层的函数。然而，这些层的精确内部工作细节就留给开发人员——关键是使每一层所包含的函数和它们之间的接口标准化。

ISO OSI 模型由 7 层组成，如图 I-1 所示。

此模型中，顶部是应用程序和用户，而底部是一些物理通信媒介。各层的功能按升序排列如下：

- **物理层** 将位流放到物理媒体、电缆线上，并从其上取回位流。该层通常在硬件中实现。

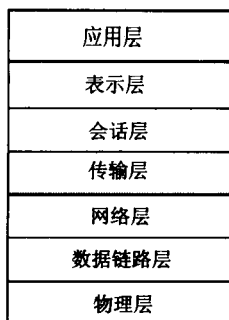


图 I-1 ISO OSI 模型的 7 个协议层

- **数据链路层** 定义了信息包（帧）的概念，并使计算机能够将帧发送到连接同一条电缆线的另一台计算机上。该层通常在硬件和系统软件混合中实现。
- **网络层** 使两个终端系统能够基于低层在网络中发送数据包。该层在软件中实现，它具有固有的不可靠性，因为通过网络发送出的帧可能丢失、路由错误或已损坏。上面的层负责可靠性。
- **传输层** 通过所提供的网络能够可靠地传输数据。它利用网络层提供的端到端的通信方式，并增加了可靠性。
- **会话层** 包含在两个系统之间的会话概念中，此系统中正在会话的计算机将保存有关会话状态的信息，并随后使用这些状态信息作为将来处理的基础。
- **表示层** 用作不同格式数据之间所需的转换（如 ASCII 和 EBCIDC），从而将电缆线格式与应用程序所看到的数据视图分开。
- **应用层** 应用程序和用户所驻留的层。这些应用程序基于基础网络使用其他 6 层来实现商务功能。

OSI 模型的设计人员希望厂商能够创建直接映射到该模型的协议。但是 7 个协议层使模型增加了可观的开销。每层的函数都要对低层进行过程调用，这涉及到高层将参数打包并对需要验证这些参数的低层进行过程调用。已开发了一些版本，但它们都没有取得显著的商业成功。

I.3 DARPA 模型

TCP/IP 协议套件的设计人员选择了层更少且更为简单的模型以提高实现的性能和容易度。此模型即国防部高级研究计划局（DARPA）模型，比 ISO 模型更简单，只有 4 层。DARPA 模型如图 I-2 所示，此图也显示了两个模型之间的对应关系。

虽然映射不严格对应，但 DARPA 模型的 4 层和 ISO 模型基本一致。例如，ISO 的会话层没有完全映射到 DARPA 模型上。另外，有些协议超出了此模型。例如，异步传输模式（ATM）是在硬件中有效实现的面向连接的协议。然而，这些模型仍然很有用，因为它能把计算机网络涉及的复杂任务分解成很多更容易处理的片。

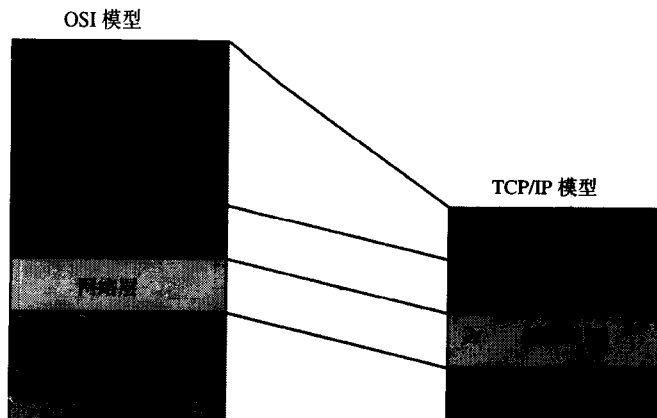


图 I-2 DARPA 模型与 ISO 模型的比较

注释：在本书中，讨论 TCP/IP 协议套件和相关服务时，使用 OSI 和 DARPA 模型。

I.4 Windows 2000 网络构架概述

在首次发行时，Microsoft Windows NT 3.1 的一个独特功能是提供整套网络协议。这些协议都随软件附送，不需要为了使 Windows NT 系统能够与同一网络上的其他 Windows 计算机交互操作而购买和添加额外的软件。随着 Windows NT 发展到 Windows 2000，这些网络协议也已成熟并得到改善，但基本设计大致保持原样。

Windows 2000 网络的关键特征是提供给管理员完全集成第三方组件的能力。另外，设计人员创建网络组件，使用户能够以类似方法对远程和本地文件进行查看和操作。图 I-3 显示对 Windows 2000 网络构架的高级概述。

网络构架和所有其他 Windows 2000 组件一起分层，允许第三方供应商加入不同组件。Microsoft 创建了传输驱动程序接口（TDI）和网络设备接口规范（NDIS）层，第三方供应商使用它们提供新网卡驱动程序，新传输协议以及新网络提供程序、重定向器和服务器。

网络构架图的底部是网络设备和设备驱动程序。包括无连接适配器类型，如以太网和令牌环；支持 WAN 协议的广域网（WAN）驱动器，如帧中继和 X.25；它还包括面向连接适配器，如 ATM。

NDIS 接口作为传输协议和网络硬件及驱动程序之间的分界线。该接口使传输协议可以无缝使用几乎任何网络设备驱动程序。

传输协议不仅包括 TCP/IP 协议套件的核心部分，还包括 NWLink[Microsoft 的互联网信息包交换/有序信息包交换（IPX/SPX）的实现]NetBios 增强型用户接口（NetBEUI）和数据链路控制协议（DLC）。另外，该层还存有虚拟专用网络（VPN）协议（PPTP，L2TP）以及一些因特网协议安全（IPSec）驱动程序。

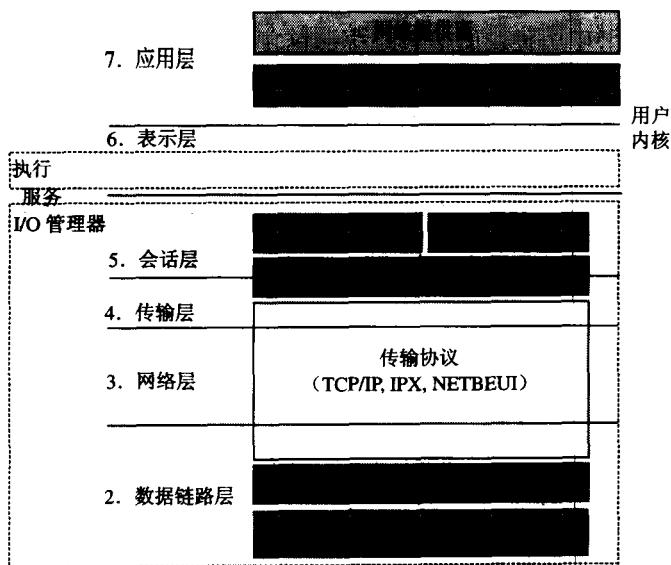


图 I-3 Windows 2000 网络构架

位于传输协议上面的 TDI 为核心模式组件（如重定向器和服务器）提供了到传输协议的接口。

在模型顶部可以发现网络服务 DHCP、DNS、WINS 和网络识别应用程序 IIS。

I.5 本书内容

本章提供了在 Windows 2000 中实现的 TCP/IP 协议套件的背景和概述。本书的其余部分将详细描述 TCP/IP 协议和相关的 Windows 2000 网络服务。本书分为 4 部分：

- **网络接口层** 此部分包含两章描述 Windows 2000 支持的局域网（LAN）和 WAN 技术，尤其是它们如何传送 IP 数据报。此部分还包含有关硬件地址解析的一章。
- **因特网层协议** 此部分包含描述 IP、因特网信报控制协议（ICMP）和因特网组管理协议（IGMP）的章节。还包括有关 IP 6 版（Ipv6）的一章，虽然 Windows 2000 中并没有包含 IP 6 版。
- **传输层协议** 此部分包含描述 UDP 和 TCP 的章节。
- **应用层协议和服务** 此部分包含描述主要 TCP/IP 相关服务的章节，包括 DHCP、DNS、WINS 和 IIS。此部分还包括有关 Windows 2000 文件与打印共享、IPSec 和 VPNs 的章节。

I.5.1 网络监视跟踪

在本书中，我们使用数据包捕获来阐明该原理。这将显示在线协议或服务的实际行为。

为了更好地使用本书，书中所提及的所有跟踪都包含在附送的光盘中。

书中（包含在光盘中）的跟踪是使用 Microsoft 网络监视器 2.0 版捕获的，它是系统管理服务器 2.0 版的一部分。Windows 2000 Server 标准版、Windows 2000 Advanced Server 和 Windows 2000 Datacenter Server 将与 Microsoft 网络监视器 2.0 简易版一同发售。该简易版使您能够查看几乎所有的跟踪。但是，有些跟踪必须使用完整版才能完全可读。

为了帮助没有网络监视器完整版的读者，本书还包含每个跟踪的全文转述。

附带光盘

附带光盘包含下列内容：

- **整套请求注释（RFC）文档**
- **整套因特网草案** 这些文档可能有一天会成为 RFC。
- **白皮书** 与关键 TCP/IP 相关的白皮书。
- **网络监视跟踪**

这些 RFC 和因特网草案是 1999 年 9 月中旬所能得到的整套草案。因为制作书籍需要一定的时间，所以在您购买本书时下面所列内容很可能已经变动——但是已经执行的 RFC 将包含在附带光盘中。

I.5.2 错误及其相关事项

我们双方都希望本书没有错误，一切都很完美。但不幸的是有时确实会发生错误，如果您发现本书有任何错误，我们很抱歉。但是请您发送电子邮件到 tfl@kapoho.com。在 <http://www.kapoho.com/tcpip/default.htm> 上可以查找到任何我们已经发现的错误和所有更新。

微软出版社通过如下的万维网站网址提供本书的修正信息：

<http://mspress.microsoft.com/support/>

请注意上面的地址并不提供产品支持。有关 Microsoft 软件支持选项的进一步的信息，请连接到 <http://www.microsoft.com/support/> 或拨打 Microsoft 专业支持销售电话 800-936-3500。

有关订购任何 Microsoft 软件的完整版的信息，请拨打 Microsoft 销售电话 800-426-9400 或访问 www.microsoft.com。

系统需求

若要使用本书随书附带的光盘，需要至少具有下列配置的计算机：

- 带有 Service Pack 4(或其后继版本)的 Microsoft Windows NT 4.0 或 Windows 2000 Server。

- Microsoft 网络监视器 2.0（包含在 Windows 2000 Server 中）。
- 支持随意模式的网络适配卡。
- 133MHz 奔腾微处理器或更高的中央处理器（CPU）。每台计算机最多支持 4 块 CPU。
- 建议至少 256MB 的内存（RAM）。
- 硬盘分区大约有 1 GB 的可用空间。是否需要更多的空间取决于下列情况：
 - 安装的组件：组件越多，需要的空间越多。
 - 所使用的文件类型：FAT 所需要的可用磁盘空间比其他文件系统多 100~200 MB。
 - 安装所使用的方法：如果通过网络安装，所需要的空间比从光盘安装多 100~200 MB

（从网络上安装需要更多的可用驱动程序文件）。

- Microsoft Internet Explorer 4.01 版 Service Pack 1（或其后继版本）。
- VGA 或更高分辨率的监控器。
- 键盘。
- 鼠标或其他定点设备（可选）。
- 光盘驱动器。

另外，必须作为拥有管理权限的用户登录到您的计算机。

目 录

简介	1
第 1 部分	1
第 1 章 局域网 (LAN) 技术	3
1.1 局域网封装方法	3
1.2 以太网	4
1.3 令牌环	14
1.4 FDDI	20
小结	25
第 2 章 广域网 (WAN) 技术	26
2.1 广域网封装方法	26
2.2 点对点封装方法	27
2.3 X.25 协议	33
2.4 帧中继	36
2.5 ATM	39
小结	47
第 3 章 地址解析协议 (ARP)	48
3.1 ARP 概述	48
3.2 ARP 帧结构	52
3.3 无理由 ARP 和重复 IP 地址的检测	56
3.4 反转 ARP (InARP)	58
3.5 代理 ARP	59
小结	61
第 2 部分 因特网层协议	63
第 4 章 因特网协议 (IP) 基础	65
4.1 IP 简介	65
4.2 IP 数据报	67
4.3 IP 报头	68
4.4 分段	75
4.5 IP 选项	83
小结	91

第 5 章 因特网协议 (IP) 寻址	92
5.1 IP 地址类型	92
5.2 表示 IP 地址	92
5.3 单播 IP 地址	94
5.4 IP 广播地址	115
5.5 IP 多播地址	116
小结	118
第 6 章 因特网协议 (IP) 路由	119
6.1 IP 路由介绍	119
6.2 链接类型	120
6.3 IP 路由表	122
6.4 Microsoft Windows 2000 IP 路由表	124
6.5 从发送主机到目标的 IP 路由	128
6.6 IP 路由结构概述	130
6.7 路由实用工具	137
小结	137
第 7 章 因特网控制消息协议 (ICMP)	138
7.1 ICMP 消息结构	138
7.2 ICMP 消息	139
7.3 PING 实用工具	155
7.4 TRACERT 实用工具	156
7.5 PATHPING 实用工具	159
小结	161
第 8 章 因特网组管理协议 (IGMP)	162
8.1 IP 多播和 IGMP 介绍	162
8.2 IGMP 消息结构	166
8.3 Microsoft Windows 2000 和 IGMP	173
小结	176
第 9 章 因特网协议第 6 版 (IPv6)	177
9.1 本章内容	178
9.2 IPv6 介绍	178
9.3 寻址	180
9.4 IPv6 报头格式和路由机制	185
9.5 转换机制	189
小结	190

第3部分 传输层协议	191
第10章 用户数据报协议（UDP）	193
10.1 用户数据报协议简介.....	193
10.2 UDP 消息.....	194
10.3 UDP 报头.....	194
10.4 UDP 端口.....	196
小结	198
第11章 传输控制协议（TCP）基础	199
11.1 TCP 简介	199
11.2 TCP 分段	200
11.3 TCP 报头	200
11.4 TCP 端口	202
11.5 TCP 标志	204
11.6 TCP 假报头	205
11.7 TCP 紧急数据	206
11.8 TCP 选项	207
小结	217
第12章 传输控制协议（TCP）连接	218
12.1 TCP 连接	218
12.2 建立 TCP 连接	218
12.3 TCP 半开放连接	224
12.4 TCP 连接维护	226
12.5 TCP 连接终止	228
12.6 TCP 连接重置	231
12.7 TCP 连接状态	233
小结	236
第13章 传输控制协议（TCP）数据流	237
13.1 TCP 数据流基本行为	237
13.2 TCP 确认	237
13.3 TCP 滑动窗口	239
13.4 小分段	247
13.5 发送端流控制.....	249
小结	253
第14章 传输控制协议（TCP）重传和超时	254
14.1 重传超时和往返时间.....	254
14.2 重传行为.....	255