



国家网络技术水平考试指定参考教材

广域网

Introduction to

(第7版)

Wide Area Networks

WB37.0

- (美) Kenneth D. Reed 著
- 蒋先泽 张文 邹彤 等译

网络工程师教育丛书

3



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

网络工程师教育丛书

广 域 网

(第7版)

Introdution to Wide Area Networks, WB37.0

(美) Kenneth D. Reed 著

蒋先泽 张 文 邹 彤 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是《网络工程师教育丛书》的第3册,系统讲述广域网的概念、技术、构件和协议。全书分为7章,分别介绍广域网基础,广域网概念和设备,物理层广域网协议,数据链路层广域网协议,高层广域网协议,广域网解决方案,以及基于广域网技术的通信融合。

本书是国家网络技术水平考试指定参考教材,适于网络技术人员和网络管理人员阅读,也可供大中专院校相关专业的师生和具有一定基础的广域网爱好者阅读和参考。

Copyright © 2001 WestNet, Inc. www.westnetinc.com Single User version, duplication and unlicensed use prohibited and unlawful.

Chinese translation edition Copyright © 2003 by Publishing House of Electronics Industry. All rights reserved.

本书中文简体专有翻译出版权由美国 WestNet, Inc. 授予电子工业出版社。该专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2002-6465

图书在版编目(CIP)数据

广域网: 第7版/(美)里德(Reed, K.D.)著; 蒋先泽, 张文, 邹彤等译. —北京: 电子工业出版社, 2003.9
(网络工程师教育丛书)

书名原文: Introduction to Wide Area Networks, WB37.0

ISBN 7-5053-9102-X

I. 广… II. ①里… ②蒋… ③张… ④邹… III. 远程网络—基本知识 IV. TP393.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 076133 号

责任编辑: 张来盛

印 刷: 北京兴华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <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: 787×980 1/16 印张: 22 字数: 453 千字

版 次: 2003 年 9 月第 2 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 30.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn; 盗版侵权举报。质量投诉请发邮件至 dbqq@phei.com.cn

出版说明

随着信息技术的飞速发展和广泛应用,网络技术已成为经济发展的强大动力,网络的重要性、普及性受到人们的广泛关注。网络系统设计、建设、管理、维护等工作成为当今社会需求最大、最热门的职业,网络知识与技能已成为人们 21 世纪就业的通行证。

我国作为信息技术应用发展最快的国家之一,迫切需要培养不同层次的网络工程师和技术人员,以满足日益强劲的社会信息化需要。为此,经过深入研究和论证,电子工业出版社与国际著名的网络基础教育项目——NetPrep 合作,共同翻译、出版了这套《网络工程师教育丛书》。这套丛书得到了信息产业部国家信息化工程师认证考试(NCIE)管理中心和美国国家通信系统工程师协会(NACSE)的联合认证,是国家网络技术水平考试(NCNE)的指定参考教材。

这套丛书是一套内容丰富、体系完整、教育和学习方法先进的网络技术职业培训和教育教材,内容系统全面,涵盖了计算机网络技术的各个方面。与目前国内所采用的同类教材和技术图书比较,该丛书具有以下显著特点:

1. 内容取材科学,实用性强。丛书内容具有较强的系统性和很好的技术平台中立性。通过本课程的学习,读者能够系统地学习网络的基本知识,全面掌握网络设计和连网技术,同时可了解多种网络协议并获得网络解决方案的实际经验,为今后的职业发展打下坚实的技术基础。

2. “在多媒体中教网络,在多媒体中学网络。”丛书配有出色的多媒体教学课件,书面教材与多媒体电子教材内容紧密结合,通过语音、动画等多媒体形式,生动、直观地描述一些抽象、难懂的网络概念、原理,方便老师的教学,易于学生的理解。

3. 技术内容先进。这套教材更新及时,目前已经更新到了第 7 版。随时对教材进行补充和更新,反映当前 IT 业界最新、最实用的网络技术,避免了教学内容与社会实际职业岗位需要的脱节。

4. 配有许多精心设计的实验,实践课程贯穿教学活动的始终,真正体现学以致用,使学习以职业工作为导向。

5. 提供了一套全方位的网络技术培训与教育解决方案。信息产业部国家信息化工程师认证考试管理中心(<http://www.ncie.gov.cn>)可提供详尽的教师指导材料和师资培训服务,解决了网络技术培训与教育中普遍存在的师资、教材、课件、学习和教育方法等方面的不足。

这套教材获得了国内外多所高等院校和中等学校师生以及信息科技领域许多专家的欢迎和高度评价。国家信息产业部将《网络工程师教育丛书》列为国家信息化培训教材的重要项目，并要求把该丛书定位为国内一流的网络职业培训教材。

丛书共 8 册，在知识设计上层次分明、由浅入深，从高中水平起步，一直涵盖到硕士研究生水平。读者可根据自己现有的网络技术知识水平选择相应的图书，然后逐步进阶。

这套丛书适合作为不同层次学历教育、职业教育和各类网络技术培训教材或教学参考书，也可供目前正在网络管理、网络规划与设计、网络工程建设、网络系统维护等岗位工作的技术人员，或希望将来走上这些工作岗位的人员自学或参考使用。

当今社会网络无处不在，它时刻都在改变着人们的学习和工作方式。网络工程师和网络技术人员的职业培训和教育项目将有力地促进 IT 职业培训与教育的现代化。我们相信，这套教材的出版将弥补国内高质量、高水平网络基础教育教材的短缺与不足，对于促进国内教育事业向国际化方向发展，对于培养国家建设需要的网络领域的专业人才，均会起到积极的作用。

网络知识与技能是现代人成功的阶梯，让我们共同努力，从现在开始！

电子工业出版社

2003 年 6 月

译 者 的 话

国家网络技术水平考试（简称 NCNE）是国家信息化工程师认证考试（简称 NCIE）体系中推出的第一个专业认证考试，是信息产业部国家信息化工程师认证考试管理中心与美国国家通信系统工程协会（NACSE）合作的认证考试，考生在通过国家网络技术水平考试后，可同时获得国家信息化工程师认证考试管理中心和 NACSE 颁发的相应级别认证证书，保持与世界先进水平的同步，确保我国 IT 职业教育水平处于国际领先水平。

《网络工程师教育丛书》是国家网络技术水平考试的指定参考教材，其内容知识规划全面，所有课程均具有平台中立和基于标准的特点，因而除了帮助学生获得相应的认证证书之外，还使他们能够系统地学习网络基本知识，全面掌握网络设计和连网技术，同时学习到多种网络协议并获得网络解决方案的实际经验。

《网络工程师教育丛书》的内容从高中水平起步，一直涵盖到硕士研究生水平，可以用来培养网络领域不同层次的人才。利用互联网远程教育和计算机多媒体教学等手段，从师资培训入手，解决了中等和高等学校网络教育中存在的师资、教材、课件、学习和教育方法等方面的不足，并提供完整的实验和实践方法，克服知识与应用脱节，真正做到了学以致用，理论与实践相结合。

本书是《网络工程师教育丛书》的第 3 册，全面讲述与广域网有关的内容，包括广域网的基本概念、设备、协议和解决方案，以及基于广域网技术的通信融合。

本书主要由蒋先泽、张文、邹彤翻译，参加翻译工作的还有杨彦昌、王锐、张艳、陈立新、郑天龙、乐涛和李童童等。由于译者水平所限，不妥或错误之处在所难免，恳请读者不吝指正。

前 言

本课程的先修课程是《网络基础》。当然,读者若掌握了一些基本的计算机使用技巧,如字处理程序、Internet 浏览器和 E-mail 软件等,则对学习本课程会有帮助。另外,局域网技术、电信基础知识和 TCP/IP 概念也有助于加深对本课程相关知识的理解。

本课程讨论有关长距离传输语音和数据的一些概念、技术、构件和协议;介绍综合语音、数据和视频通信的一些重要技术,如 ATM 等;同时,介绍通过广域网(WAN)传输信息的基本概念。

本课程的目的,是使读者更好地理解全球电信基础设施以及它是如何支持长途语音和数据通信的。学习完本课程以后,将会对广域网运行的基本概念有深刻的理解,在联网、通信系统和技术方面打下坚实的基础。

网络可以分成 4 大类:局域网(LAN)、园区网、城域网(MAN)与广域网。广域网将距离很远的独立网络连接起来。广域网往往通过某些设备将两个或更多的局域网连接在一起。在本课程中,将学习很多种广域网服务。虽然本课程所涉及的原理也可以应用于其他类型的网络,但是本课程将集中介绍与广域网技术有关的内容。

本课程一开始就讨论与广域网技术与服务有关的基础概念。虽然今天的网络可以提供很多广域网数据服务,但广域网最初只是为传输语音级业务而开发的。早期的模拟网络尽管已基本升级成了数字网络,但模拟本地环路仍在将家庭用户和许多企业用户连接到数字电话网络。因此,第一章讨论广域网中模拟和数字语音、数据综合的基本原理;另外,还讨论专用小交换机(PBX)的基本知识、特性和功能,以及支持呼叫记账、安全性等的 PBX 服务。

第二章包括一些必要的基本概念,以便了解信息是如何通过广域网传输的。我们将学习模拟与数字传输、电路类型以及在广域内从信源向信宿传输信息的不同模式。在第一章与第二章都将涉及到调制解调器、微波、卫星与多路复用器等设备。

第三章将学习广域网技术的最低层:物理层。物理层由传输比特流的媒介与比特流的格式化方式构成,格式化的目的是为了便于通过物理媒介发送。这里介绍了交换电路、专线、T-Carrier 与同步光纤网络(SONET),以及非对称数字用户线(ADSL)与线缆调制解调器等新技术。

第四章介绍常见的第 2 层协议,即与数据链路层有关的协议。数据链路层与从一台网络设备向另一台网络设备传输数据帧有关。这一章将学习高级数据链路控制(HDLC)、

串行线路 Internet 协议（SLIP）和点对点协议（PPP）等。

第五章和第六章讨论通过网络（而不是单一链路）传输信息的高层广域网协议。第五章介绍前两个主要的协议：综合业务数字网（ISDN）和帧中继。

第六章介绍两种信元交换技术：异步传送模式（ATM）和交换多兆位数据服务（SMDS）。这些技术通过网络以固定长度的信元传输信息，可为网络设备提供可预测的性能和可靠性。

第七章是最后一章，介绍广域网通信融合技术及其支持的服务，包括基于 IP 的语音传输（VoIP）、ATM 和帧中继。这一章先讨论 VoIP 网络构件和协议，再讨论推动企业实现 VoIP 服务的一些因素，然后介绍专用虚拟专用网（VPN）和公用交换电话（PSTN）远程访问服务。

目 录

第一章 广域网基础	(1)
概述	(2)
第一节 网络分类	(8)
局域网	(8)
园区网	(9)
城域网	(9)
广域网	(10)
练习	(10)
第二节 电信网络	(12)
电信网络的发展	(12)
不只是文字通信	(13)
练习	(13)
第三节 语音网络	(14)
模拟网络的连接	(14)
干线的减少	(15)
练习	(16)
第四节 语音网络技术	(17)
模拟技术	(17)
早期的电话	(18)
频分多路复用 (FDM)	(18)
双工通信	(20)
专用小交换机 (PBX)	(20)
练习	(21)
第五节 PBX 基础	(23)
PBX 组件	(23)
通过 PBX 进行呼叫	(26)
选定呼叫路由	(26)

PBX 的辅助功能	(26)
电话机性能	(27)
话务控制台服务	(28)
管理报告	(29)
PBX 增强功能	(30)
PBX 费用和需求	(31)
练习	(31)
第六节 PBX 特性与功能	(33)
呼叫记账系统	(33)
语音邮件系统	(34)
自动话务台	(37)
服务等级 (CoS)	(37)
其他功能	(37)
练习	(38)
第七节 语音网络上的计算机信号	(40)
模拟信号和数字信号	(40)
调制解调器	(41)
练习	(42)
第八节 语音信号的数字化	(43)
模拟到数字	(43)
组合	(44)
时分复用	(45)
波分复用	(45)
练习	(46)
第九节 综合服务	(47)
1 和 0	(47)
数据传输	(47)
语音会话	(48)
练习	(48)
第十节 电信机构	(49)
电信机构	(49)
价目表	(52)
练习	(53)

本章小结	(54)
第二章 广域网概念和设备	(57)
概述	(58)
第一节 物理电路和逻辑电路	(65)
电路和虚电路	(65)
SVC 信息传输	(68)
练习	(68)
第二节 连接到广域网电路	(70)
数据通信设备	(70)
DTE 到 DCE 协议	(71)
练习	(72)
第三节 连接到模拟网络	(73)
调制解调器概念	(73)
内置与外置调制解调器	(74)
UART	(74)
RS-232	(74)
调制解调器信号	(76)
练习	(76)
第四节 模拟调制解调器	(78)
调制解调器协议	(78)
调制	(79)
调制解调器运行	(80)
练习	(82)
第五节 调制解调器的同步	(83)
时序就是一切	(83)
数据压缩与差错控制	(84)
调制解调器的兼容性	(85)
练习	(86)
第六节 连接到数字网络	(88)
DTE 和信道服务单元接口	(88)
亚速率设备	(89)
数据电话数字服务	(89)
练习	(90)

第七节 微波通信	(91)
微波通信基础	(91)
微波设备	(92)
练习	(94)
第八节 卫星通信	(95)
连接到卫星	(95)
卫星设备	(96)
卫星频率范围	(96)
卫星特点	(96)
卫星和轨道	(97)
带宽	(98)
卫星协议	(98)
卫星应用	(99)
练习	(99)
第九节 端到端连接	(101)
广域网应用	(101)
练习	(102)
本章小结	(106)
第三章 物理层广域网协议	(107)
概述	(108)
第一节 数据速率总结	(112)
点对点链路	(112)
各种数据速率及相关应用	(113)
带宽	(114)
练习	(115)
第二节 拨号线路和租用线路	(116)
拨号连接	(116)
租用线路	(117)
数字数据服务(DDS)	(117)
练习	(118)
第三节 SW56	(120)
Switched-56 服务	(120)
SW56 操作	(121)

练习	(122)
第四节 甚小口径终端 (VSAT)	(123)
VSAT 应用	(123)
卫星应用	(124)
练习	(124)
第五节 T-Carrier 和 E-Carrier	(126)
T1、FT1 和 T3	(126)
T1	(127)
FT1	(130)
T3 和北美数字层次结构	(131)
线路成本	(134)
练习	(134)
第六节 ADSL	(135)
ADSL	(135)
数字用户线和 Internet 接入	(138)
本地高速 Internet 访问的选择方案	(139)
练习	(140)
第七节 线缆调制解调器	(142)
线缆调制解调器技术	(142)
ADSL 和线缆调制解调器用户透视	(143)
练习	(144)
第八节 SONET	(146)
同步光纤网 (SONET) 标准	(146)
SONET 的优势	(147)
SONET 协议结构	(147)
SONET 多路复用	(149)
SONET 帧格式	(151)
SONET 网络组件	(153)
练习	(155)
本章小结	(156)
第四章 数据链路层广域网协议	(159)
概述	(160)
第一节 高层	(163)

数据链路层协议	(163)
可靠的广域网网络	(163)
练习	(165)
第二节 HDLC	(166)
HDLC 操作	(166)
HDLC 协议	(167)
练习	(170)
第三节 SLIP 和 PPP	(171)
SLIP	(171)
压缩的 SLIP	(172)
点对点协议 (PPP)	(173)
练习	(174)
第四节 端到端连接	(175)
连接到 Internet	(175)
练习	(176)
本章小结	(177)
第五章 高层广域网协议	(179)
概述	(180)
第一节 ISDN 概念	(186)
综合数字网络 (IDN)	(186)
ISDN 服务	(187)
练习	(188)
第二节 ISDN 协议	(190)
ISDN 协议	(190)
ISDN 用户前端设备	(192)
ISDN 参考点	(193)
练习	(194)
第三节 ISDN 的实现	(195)
ISDN 应用	(195)
基本网络连接	(195)
远程局间的网络互连	(196)
按需拨号远程连网	(197)
网络冗余和溢出	(197)

练习	(198)
第四节 帧中继概念	(199)
什么是帧中继	(199)
帧中继术语	(201)
练习	(201)
第五节 帧中继协议	(203)
永久电路和虚电路	(203)
帧中继帧	(204)
帧中继寻址	(206)
通过帧中继实现局域网互连	(207)
练习	(208)
第六节 帧中继的实现	(209)
帧中继实现方案	(209)
终端用户接入帧中继网络	(211)
帧中继和专用线路网络	(212)
帧中继服务	(213)
公用帧中继服务	(214)
按需带宽	(214)
条件突发	(215)
运营商选择	(215)
帧中继网络需求	(216)
练习	(216)
第七节 X.25	(218)
X.25 服务	(218)
X.25 协议	(219)
包装拆器 (PAD)	(220)
PLP	(221)
开销和性能的局限性	(223)
练习	(224)
本章小结	(225)
第六章 广域网解决方案	(229)
概述	(230)
第一节 ATM 概念	(233)

对 ATM 的需求	(233)
传送模式	(234)
定长信元	(238)
信头细节	(238)
B-ISDN 和 ATM	(239)
练习	(244)
第二节 ATM 的实现	(245)
虚通路和虚通道	(245)
运行中的 ATM	(246)
ATM 通信	(248)
基于 SONET 的 ATM	(249)
ATM 局域网 / 广域网解决方案	(249)
练习	(250)
第三节 ATM 设备	(252)
ATM 设备分类	(252)
ATM 网络	(255)
练习	(256)
第四节 SMDS	(257)
SMDS 的基本特性	(257)
用户网络接口 (SNI)	(258)
SMDS 协议	(259)
DXI	(260)
SMDS 优缺点	(262)
练习	(262)
第五节 网络范例	(264)
网络在机构中的作用	(264)
机构用到的主要应用程序	(264)
通用连接策略	(265)
总体广域网 / 局域网拓扑结构	(266)
未来的增长计划和升级策略	(266)
练习	(266)
本章小结	(268)

第七章 基于广域网技术的通信融合	(273)
概述	(274)
第一节 语音传输技术	(280)
历史	(280)
市场的推动作用	(281)
基于 Internet 的语音传输	(282)
基于帧中继的语音传输 (VoFR)	(282)
基于 ATM 的语音传输	(284)
市场发展方向和趋势	(284)
练习	(285)
第二节 VoIP 网络构件	(286)
ITU-T H.323 标准概述	(286)
H.32x 系列的其他标准	(287)
H.323 网络构件	(287)
MGCP	(289)
练习	(291)
第三节 推动分组电话需求的因素	(293)
开放标准, 开放市场	(293)
更多带宽	(294)
电信运营商应用	(294)
企业应用	(295)
语音趋于免费	(295)
透明技术	(295)
改进的网络管理	(296)
网络的灵活性和可伸缩性	(296)
新的应用	(297)
练习	(298)
第四节 专用 VPN	(299)
专用通信网	(299)
节省费用	(301)
提高效率	(302)
增加用户满意度	(302)
练习	(303)