

21

世纪

信息与通信技术教程

语音与数据通信

(第四版)

■ [美] Regis J. (Bud) Bates Donald W. Gregory 著

■ 酆广增 潘 甦 卢 敏 等译

■ 酆广增 审校

Mc
Graw
Hill



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪信息与通信技术教程

语 音 与 数 据 通 信

(第 四 版)

[美] Regis J.(Bud) Bates 著
Donald W. Gregory
鄢广增 潘甦 卢敏 等译
鄢广增 审校

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

语音与数据通信: 第4版 / (美) 贝茨 (Bates, R. J.), (美) 格雷戈里 (Gregory, D.W.) 著; 鄧广增等译. —北京: 人民邮电出版社, 2005.7

21 世纪信息与通信技术教程

ISBN 7-115-11862-0

I. 语... II. ①贝...②格...③鄧... III. ①计算机通信—语音数据处理—教材②数据通信—教材 IV. ①TN912.3②TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 047452 号

内 容 提 要

本书按电信业的演变和发展过程, 用尽量通俗的语言全面介绍了电信技术和电信业务。与其他该领域的书籍不同的是, 本书不但全面阐述了语音与数据通信技术的原理、演变和发展, 而且还从用户需求、运营和厂商的角度对涉及的技术和业务进行了详细的评述。

本书的主要内容包括: 电信的历史和演变 (美国电信法及电信业竞争), 语音特征, 电话网络, 电话机, 模拟和数字通信, 电话公司和电话业务, 电话线路, 话务计算, PBX, KTS, 语音新业务, 计算机与电话集成技术 (CTI), 数据通信基础, 数字复用, OSI, 因特网, VPN, 内联网 (Intranet), X.25, LAN, 以太网, 令牌环 LAN, 基带和宽带 LAN, 光纤分布式数据接口 (FDDI), 交换式多兆比特数据业务 (SMDS), 帧中继, ISDN, ATM, DSL, 电缆调制解调器 (Cable Modem), 7 号信令, 本地号码可携带 (LNP), 蜂窝和个人通信系统, 无线应用协议 (WAP), 第三代移动通信系统, 光系统, SONET 和 SDH, 通信财务, 局域网电缆选择, 规划公司的通信等等。

本书适合对电信技术和电信业务感兴趣的专业及非专业人员阅读, 包括电信运营和制造业的技术和管理人员, 政府部门的通信管理、政策法规和经济管理人员, 以及在校相关专业的学生和教师。

21 世纪信息与通信技术教程

语音与数据通信 (第四版)

◆ 著 [美] Regis J.(Bud) Bates Donald W. Gregory
译 鄧广增 潘 甦 卢 敏 等
审 校 鄧广增
责任编辑 杨 凌

◆ 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>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 36.25
字数: 864 千字 2005 年 7 月第 1 版
印数: 1—3 200 册 2005 年 7 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2002-2453 号

ISBN 7-115-11862-0/TN · 2208

定价: 68.00 元

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223

感 谢

我终于完成了这本书的编写工作，这本书是语音与数据通信的第四版，因而我特别重视它。第一版出版于 1995 年，并畅销至今。真难相信，仅经过了短短几年，通信领域竟发生了如此大的变化。这本书围绕着语音与数据通信展开，像往常一样，我选择了我的模式编写此书——容易理解。读者肯定能感受到这一点，因为这本书是为初学者和业外商务人员准备的。除了新添的章节，我又新加了一些内容作为对专业人员的回应。在每章的开头都有本章的概述，而每章结尾都附有几道习题，以加深广大读者对本章内容的理解。

这本书的出版要感谢许多人。其中有些人经常与我联系，而有些人只是偶尔有过联系。首先必须感谢 Steve Elliot (McGraw-Hill 的执行编辑) 对本书的编辑工作，此外还有每星期给我们发电子邮件的 Alex Corona，他使工作可以按计划进行。

还有许多人曾在编辑以及出版此书的过程中给我们以帮助，无法一一提到。特别要提到的是 Molly McHugh，他与我同时合作编写了两本书，我们的合作贯穿于整个编辑、重写和新材料的补充工作。同时为同一作者的两本书从事编辑出版工作，原本就是一项挑战。由于有了 Molly 的支持才使这本书得以顺利出版。在编写过程中，我们与营销商和生产商有关产品、服务和机会进行了多次交流，丰富了此书的内容。

还有两人应该给予万分的感谢。第一位是我的太太 Gabriele，也是我 30 多年来的伙伴。她为此书默默地工作，她的名字也应该写在此书的封面上。第二位是一位年轻的充满活力和热情的小姐——Amber Hartman。她和 Gabriele 共同完成了许多精确易懂的示意图的绘制工作。Amber Hartman 的年龄与她的成熟和做事的老练显得是那么不相称。

所有这些人一起促成了这本《语音与数据通信(第四版)》的出版，我要深深地感谢他们。

最后，感谢各位读者抽出您宝贵的时间阅读本书，希望继续得到您的支持，万分感谢。

Regis J. (Bud) Bates

前 言

欢迎读者阅读这本书并跟随我们一起进入电信世界！我们在这本书中将全面描述电信技术和电信业的概况。本书将帮助读者弄懂一些有关的技术问题。可能你以前也接触过本书，现在已经是第四个版本。我们在之前的几个版本的基础上增加了一些内容，相信读过后你一定会有所收获。

大量专业术语的使用是电信技术和电信业的一大特点，这可能会在理解电信技术方面造成一定的困难和混淆。类似的问题对于从业多年的专业人员来说同样存在，原因很简单：太多的字母缩写为人们所使用，而它们往往具有多种意义。一条缩写对于电话机制造和使用人员来说是某种含义，而对于另一位具有 20 年工作经验的工程师来说可能是完全不相干的另一种含义。

因此你平时与人交流时可以尽量少用缩写名词，其实即使有人愿意这么做的话，也无异于浪费时间。假使要他解释一下所用的名词，他可能根本做不到。这么说也许会让你很紧张，然而也无需担心，终会弄懂的。此外，电信技术正是使用着这些缩略名词快速发展起来的。

让我开始对电话和电信原理作些基本的讨论，这将涉及电信技术的有关基本概念，如：电话原理、线路连接、通信形式以及电话网。当涉及到不同技术领域时，本书将尽量解释得简单易懂。但是不管我们试图将这些问题表述得多么简单，也不论我们多么愿意读者轻松流畅地阅读本书，有一点要清楚，这毕竟是技术书籍，不可避免地会遇到一些技术性很强的内容。本书旨在使读者对电信领域，包括语音通信在内的整体概念获得基础性认识。该领域的知识日新月异，我们还必须回顾历史以展望将来。

本书结构

本书按照电信业的演变发展过程来安排内容。一开始，我们将看到基于最初的 BELL 系统的遍布全国的网络的产生和架设，也会看到由此而产生的各种业务。电信垄断导致电话网普遍接入的竞争下降，也使与网络容量和业务部署的相关费用上升。第 1 章中会讨论到 1996 年电信法带来的冲击。它使电话、长途、电报等多种技术领域敞开了竞争的大门。过去的 5 年是令人兴奋和迷惑的，在这场竞争中，一些企业发展壮大，而另一些企业则衰亡。

接下来会从电话公司和普通用户的角度了解基础语音业务的演变发展，了解人类发声的基本特性和电话网是如何发展起来的。有关网络演变的内容包括了不同拨号计划以及为了扩容作出的变动。还有这些年来电话的变化，以及电话机是如何将声波转换成电信号并为在网络中传输作好准备。

在介绍了数字标准之后会谈谈到一些变化。旧的网络作为模拟系统曾经工作得很有效，但读者应该了解数字方式与模拟方式的区别。

下面将介绍不同的业务提供商与其各自提供的服务，还有一些与经济相关的问题。新版内容中还包括了那些业界沉浮的所谓竞争性本地交换通信公司（CLEC）的介绍。而对于本地线路与长途干线的比较有助于读者了解通信的机理。本书还对电话公司监测网络性能作一些数学上的讨论。所有这些问题将变得一清二楚。

电话网中按照不同的连接方式（如 PBX，即用户小交换机）介绍了许多设备。本书将比较这些设备的性能及其特点。

读者也会了解到有关集中式用户交换（Centrex）功能方面的知识，这种业务为用户提供了用户交换功能，使用户可以以较少的费用构建自己的交换系统。关于小型单位使用的低端设备，将解说键控电话系统的特点、功能、费用等。语音处理包括语音邮箱、自动呼叫分配和自动值机员都是为客户服务的方法。值得注意的是，这些技术是有一定风险的。

我们也会看到计算机与电话技术的融合及其意义。将计算机数据库引入电话系统意味着可以使信息成为构建用户信任的有力武器。

这是一个非常重要的问题：使用模拟电话线路传送关键性的（Critical）数据。如何将数字数据变得像语音呼叫呢？使用什么样的工具能将信息变为易懂可用的格式？本节比较长并不时带着技术色彩。但这些概念非弄懂不可，当今世界数据传输技术非常有用，数据以每年 30% 的速率增长，相比之下，语音的增长只有 4%。

我们探索数据网络而不是模拟网络的原理，本书力求对此说得简单明了，但前面已提及，有些内容可能会很复杂。请带着热情去学习吧，将来会有用的。

我也乐意想出最好的方式来讨论一些模型。例如在广泛使用的标准讨论中，我们将用有趣的说法介绍 OSI 模型。我们用简单的方法一步步帮助读者接受复杂的技术概念。因此请在阅读完本章之后自己总结一下这么做是否有所帮助。

本书对世界范围内因特网的爆炸式发展及其工作原理也进行了介绍。这些内容很有用，

也有助于你理解为什么拨号入网如此之慢，以至于有人将 WWW 称作是 World Wide Wait！通过 IP 和因特网传输语音的业务需求正在上升，本书使读者能对此进行讨论和思考，并尽可能地自己做一些个人研究。

讨论完外部网络之后就是内部网络。看看这项技术可以为你作些什么，以及浏览器的使用是如何增强这项技术的整体可接受性的。

当试图描述业界的虚拟专用网（VPN）趋势时，又显得很有趣：很多人都在谈论这项技术，但很少有人清楚地了解它。希望读过之后你能明白关键所在。

使用 X.25 协议的分组交换网络的出现是一个创举。这并非什么科幻小说的机器人或是公式之类的东西，而是一种可靠的网络传输机制。它正在使用并还将继续使用下去，学完这部分内容将大有裨益。通过简单的类比手法，有关 X.25 的讨论相信可以让你愉快地接受相关知识。

本书有许多章节都与局域网（LAN）中数据传输有关。局域网可以演变为校园网（CAN）、城域网（MAN）、广域网（WAN）或是对外网（FAN）。是不是看起来眼花缭乱呢？

ISDN 是指在全数字的网络中使用数字技术传送语音和数据。ATM（并非指自动柜员机）和帧中继都是快速分组系统。等着瞧吧，如果读完本章内容你不大叫“我现在就要它”的话，你一定是落下了什么没看。

讨论完这些组网概念之后，我们会讨论一些更新的富有竞争力的接入手段，如通过 xDSL 和有线电视线路接入高速业务。以此为台阶，我们将了解这些有线业务的速度和容量。

本书的内容将延伸到网络的信令部分，如用 7 号信令（SS7）建立和撤销呼叫。这只是 SS7 的一部分功能，重要的是我们可以将 SS7 用于所有的业务特色和功能，从而提升网络的能力。作为一种竞争，我们也要看一下本地号码可携带性（LNP）的应用及其在运营公司之间转移的能力。而且 LNP 也有其他一些应用，例如它可以利用 E-911 在有线或无线环境中发现用户所在。抛开 LNP 的不足和缺陷不论，我们可以在有线/无线集成计划中发现它的好处。

讨论完有线网络解决方案之后，我们改而讨论无线连接。其中包括蜂窝通信和个人通信。世界正朝着无连接的模式发展着。无线传输语音和数据是当今的一股热潮。

我们将得知有线和无线技术是如何一同走向未来的。我们还将讨论第三代无线移动通信以及蓝牙（Bluetooth）、WAP 和 GPRS 等有关概念。

接着是通信费用的讨论，它包括了初期费用辩明技术，这有助于向管理层推销一种系统或网络概念。

高速的光纤使我们离 T 比特更近。采用同步光网络（SONET）和密集波分复用（DWDM）技术可以获得更高的复用率和多色光波带来的好处。这些有线系统的性能和组成将以提纲挈领的方式呈现给读者。

希望你会饶有兴趣地往下读。注意：这不是小说，不需要从头看到尾。所以不妨每天安排一定的时间阅读其中若干章节以获得对于电信业的整体印象。本书对于新手或是专家都会具有一定的帮助。花些时间熟悉本书的思想，运用其中的范例和类比。享受书中的故事，留心它们传递的信息。

还有一点要说明的是，许多读者与我们联系（通过电子邮件、语音信箱或平信）说我们有些概念从技术角度来看是不准确的。与他们讨论过后，我发现这不是不准确的问题，而是

我们无意为读者提供充分或是工程般详尽的技术细节。很好，这就是我们想要做的。本书奉行 KISS 哲学（Keep It Silly and Simple）。如果你要找详尽的技术资料，市面上多的是。如果你想学习一些基础知识而不是为了得到什么工程学位或是去做讲师的话，这本书你挑对了。阅读愉快！

译者序

通信或电信 (Telecommunication) 是 21 世纪世界经济发展的重要产业之一, 关注电信技术及电信业务发展的已不仅仅是电信制造业和运营业。由于电信本身已成为各单位开展自身业务必不可少的手段, 因此电信技术及电信业务已受到日益普遍的关注。

关注电信技术和业务的除了专业人员以外, 还有大量的非专业人员。在这样的背景下, 一本适合专业和非专业人员、以电信技术和业务演变发展过程为线索、深入浅出地全面介绍语音与数据通信技术和业务的书籍的出现就成了必然。由 McGraw-Hill 出版的《语音与数据通信》就是这样的一本书。Bates 和 Gregory 两人合著的这本书的最早版本是 1995 年出版的, 本次翻译的已是它的第四版, 由此该书的经典性可见一斑。显然, 由于电信技术和业务以及分分合合的电信业本身不断发生着巨大的变化, 因此这本书与早先的版本相比, 已有了很大的不同。本书内容涉及语音与数据通信技术及业务。从电话传统技术和业务到电话的新技术和新业务; 从传统的数据通信技术和业务到因特网、VPN、内联网 (Intranet)、LAN、以太网、令牌环 LAN、FDDI、SMDS (交换式多兆比特数据业务)、帧中继、ISDN、ATM 技术和业务; 从 DSL 到 Cable Modem; 从 7 号信令到 LNP (本地号码可携带); 从有线系统到蜂窝和个人通信系统、WAP、第三代移动通信技术; 从电系统到光系统, 如 SONET 和 SDH 等; 从技术和业务到用户单位通信规划和预算……可以说, 对电信技术及业务的阐述既全面, 又深入浅出。此外, 本书还涉及了美国电信法和电信竞争。因此, 本书非常适合关注通信业发展的有关人员 (专业的和非专业的, 技术人员和管理人员, 制造、运营人员和各单位、公司及个人用户) 阅读, 也适合高等院校相关专业 (相关技术类、管理类、经济类、法律类) 的学生和教师阅读。

本书原文有 1051 页, 翻译工作量巨大, 除了署名的译者和审核者以外, 孟甜甜、叶锦洋、李晓光、王梅、肖欣、周江锋、李明、董明升等也参加了部分初稿的翻译工作, 在此一并表示感谢。由于水平和精力有限, 再加上原作者力求深入浅出, 译文中有不妥之处, 恳请广大读者批评指正。如有任何问题, 欢迎和我们联系, 我们的地址是南京邮电学院通信工程系, E-mail 是 gzfeng@njupt.edu.cn。

译者
2004 年底于南京

目 录

第 1 章 电信史	1
1.1 电话的发明者	1
1.2 电信的发展	2
1.3 首批电话公司的成立	3
1.4 调控	3
1.5 Hush-a-Phone	4
1.6 竞争的引入	4
1.7 拆分	5
1.8 资费	6
1.9 1996 年电信法案	6
1.10 加拿大市场	8
习题	9
第 2 章 语音特性	10
2.1 媒介	10
2.2 声音	11
2.3 带宽	12
2.4 语音	14
2.5 其他服务	14
习题	15
第 3 章 电话网	16
3.1 拓扑连接	16
3.2 本地环路	18
3.3 网络体系结构 (1984 年之前)	19
3.4 网络体系结构 (1984 年以后)	20
3.5 公用交换网	21
3.6 北美编号方案	22
3.7 长途区号	22
3.8 交换局号	23
3.9 用户分机号	23
3.10 专用通信网	23
3.11 混合网络	24
3.12 本地接入和传送区 (LATA)	25
3.13 有线连接	25

3.14 通信类型	26
3.15 设备	26
习题	26
第4章 电话机	28
4.1 电话机的功能	29
4.2 组成部分	30
4.3 新的话机	36
习题	37
第5章 模拟通信与数字通信	38
5.1 模拟传输系统	38
5.2 模/数转换	41
5.3 数字信号	42
5.4 模拟方式下的数字数据通信	44
习题	45
第6章 电话公司	47
6.1 本地交换公司 (ILEC)	47
6.2 竞争性本地交换通信公司 (CLEC)	57
6.3 数据本地交换公司 (DLEC)	58
6.4 长途交换公司 (IEC/IXC)	58
6.5 竞争性接入服务商	65
习题	65
第7章 线路与干线	67
7.1 线路	67
7.2 干线	67
7.3 线路与干线的比较	69
7.4 常规配置	69
7.4.1 DID	69
7.4.2 DOD	70
7.4.3 FX	70
7.4.4 OPX	71
7.4.5 TIE 线路	72
7.4.6 E&M	73
7.5 信令	74
7.6 WATS	75
7.7 专用线路	75
习题	76
第8章 流量工程计算	78
8.1 流量工程研究	78
8.2 从哪儿可以获取信息	79

8.3 完成任务	80
8.4 信息的利用	81
8.4.1 收集数据	81
8.4.2 将数据转变为每日和每小时的使用数据	82
8.4.3 选择适当的工具	82
8.4.4 泊松分布	83
8.4.5 确定所需的服务等级	83
8.4.6 爱尔兰分布	85
习题	88
第9章 设备：专用小交换机	90
9.1 专用小交换机（PBX）	90
9.2 模拟系统	93
9.3 数字式 PBX	93
9.4 中心局用户交换系统	95
9.5 外围设备	97
习题	97
第10章 键控电话系统	99
10.1 使用键控系统的目的	101
10.2 键控系统销售商接口装置的特性	104
10.3 键控系统的革新——IP 电话	105
10.4 销售商提议	106
习题	106
第11章 语音处理	108
11.1 交互式语音应答	108
11.2 控制方法：按键式或语音识别	108
11.3 语音拨号	109
11.4 自动值机员	109
11.5 对话中未直接阐明的一些要点	112
11.6 自动呼叫分配器	113
11.7 语音邮件	116
11.8 交互式语音应答	120
习题	122
第12章 计算机与电话集成（CTI）	124
12.1 其他的应用	126
12.2 为什么做这么多广告	128
12.3 连接计算机和通信	129
12.4 技术的进步	130
12.5 最终的结合	131
12.6 技术的增强	132

12.7 其他技术.....	133
习题.....	135
第 13 章 数据通信	137
13.1 概念.....	138
13.2 体系结构.....	139
13.3 协议.....	139
13.4 传输协议 (同步和异步)	140
13.5 差错检测.....	142
13.6 奇偶校验/垂直冗余校验 (VRC)	143
13.7 纵向冗余校验 (LRC)	144
13.8 循环冗余校验	145
13.9 通信信道的方向性	146
13.10 压缩.....	148
13.11 复用.....	150
13.11.1 SDM.....	150
13.11.2 FDM.....	150
13.11.3 TDM.....	151
13.12 代码.....	153
13.12.1 ASC II	153
13.12.2 扩展 ASC II	154
13.12.3 EBCDIC.....	154
13.12.4 Unicode.....	154
13.13 调制.....	155
13.13.1 幅度调制 (AM)	155
13.13.2 频率调制 (FM)	156
13.13.3 相位调制 (PM)	156
13.13.4 QAM	157
13.13.5 V.90 调制解调器	157
13.14 设备.....	158
13.15 DTE 的种类和例子.....	158
习题.....	159
第 14 章 T1 和 T 载波	160
14.1 模拟传输基础	161
14.2 向数字化演进	162
14.3 模/数转换	164
14.4 终端用户的变动	165
14.5 T1 的基本概念	166
14.6 数字容量.....	172
14.7 信令.....	174

14.8 时钟（网同步）	175
14.9 比特同步	175
14.10 时隙	176
14.11 帧同步	176
14.12 潜在的同步问题	176
14.13 性能问题	176
14.14 D3/D4 帧	177
14.15 维护问题	178
14.16 误码检测	178
14.17 漏/多误码	179
14.18 ESF——改进问题的一个步骤	180
14.19 帧同步	181
14.20 CRC-6	181
14.21 设施数据链路	182
14.22 ESF 的优点	182
14.23 ESF 存在的问题	183
习题	183
第 15 章 开放系统互连（OSI）参考模型	185
15.1 其他网络体系结构	197
15.2 SNA	197
15.3 SNA 的组成部分	198
15.4 SSCP	198
15.5 物理单元	199
15.6 逻辑单元	200
15.7 数字网络体系结构（DNA）	201
15.8 因特网协议（TCP/IP）	202
15.9 IP	202
15.10 TCP	203
习题	204
第 16 章 因特网	206
16.1 短暂的历史	206
16.2 结构	208
16.3 为什么人们会如此沉迷于网络	209
16.4 每个人都像是一个出版者	210
16.5 商业机会	211
16.6 电子广告	211
16.7 网络广告	212
16.8 网站	212
16.9 协议	215

16.10	命名的标准	217
16.11	获得接入	218
16.12	Internet 的发展前景	219
16.13	通过 Internet 传送语音	220
16.14	VoIP	221
16.15	服务质量 (QoS)	222
	习题	223
第 17 章	远程接入和虚拟专用网 (VPN)	225
17.1	VPN 的组成	227
17.2	远程接入	228
17.3	竞争的压力	229
17.4	远程接入的定义	229
17.5	安全的话题	231
17.5.1	作为 PPP 一部分的 PAP 和 CHAP	233
17.5.2	微软和其他公司推荐的 L2TP	233
	习题	237
第 18 章	内联网	239
18.1	相关问题	240
18.2	网络架构	241
18.3	接入网络	243
18.4	Intranet: 逻辑发展	244
18.5	每个用户都可以享受 Intranet 服务吗	245
18.6	提供完全服务的 Intranet	246
18.7	应用	247
18.8	由此及彼	248
18.9	其他相关事宜	249
	习题	250
第 19 章	分组交换技术 (X.25)	252
19.1	数据通信的问题	252
19.2	数据通信回顾	253
19.3	分组交换的定义	253
19.3.1	分组交换的概念	254
19.3.2	分组交换的类比	254
19.4	分组的概念	256
19.5	开销	257
19.6	分组格式小结	258
19.7	分组网络	259
19.8	用户连接	259
19.9	使用分组传输方法的好处	262

19.10 其他好处	262
19.11 分组交换的优点	263
19.12 分组交换的其他组成部分	264
19.13 X.25 编号方案	265
19.14 X.25 业务的应用	266
19.15 其他形式的分组	267
习题	268
第 20 章 局域网 (LAN)	270
20.1 局域网的定义	270
20.2 局域网的另一个名字	272
20.3 当使用者使用网络时, 他们会看到什么	272
20.4 为什么要使用局域网	273
20.5 分布式系统	276
20.6 客户机/服务器结构	276
20.7 可扩展性	277
20.8 它们是如何工作的	277
20.8.1 节点配置的要素	277
20.8.2 局域网节点所需的局域网软件	278
20.8.3 局域网接口卡	279
20.9 拓扑结构	280
20.9.1 物理拓扑	280
20.9.2 逻辑拓扑结构	282
20.9.3 混合拓扑结构——真实的世界	282
20.10 网际互联	283
20.11 局域网交换和不交换	285
习题	289
第 21 章 以太网	291
21.1 概念	292
21.1.1 总线——CSMA/CD	292
21.1.2 半双工	293
21.1.3 带宽	294
21.1.4 目的地址	294
21.1.5 源地址	294
21.1.6 长度	295
21.1.7 数据	295
21.1.8 CRC	295
21.2 部件	296
21.2.1 10Base-5	296
21.2.2 10Base-2	300

21.2.3	10Base-T	302
21.2.4	10Base-F (光纤)	303
21.2.5	10Broad36	303
21.2.6	快速以太网	305
21.2.7	虚拟局域网	310
21.2.8	IEEE 802.11 无线局域网	310
习题		315
第 22 章	令牌环局域网	317
22.1	令牌环	317
22.2	IBM 的令牌概念	317
22.3	最初的结构	318
22.4	产生的问题	318
22.5	解决物理上的问题	320
22.6	使用的线路类型	322
22.7	速率	323
22.8	媒质接入控制层	323
22.9	帧的类型	324
22.9.1	令牌	324
22.9.2	中断序列	326
22.9.3	数据帧	326
22.10	示例	328
习题		331
第 23 章	基带与宽带的比较	333
23.1	基带和宽带	334
23.2	作出使用局域网决定的出发点	334
23.3	专用小交换机 (PBX)	337
23.4	基带线路系统	337
23.5	宽带线路系统	339
23.6	基带与宽带的比较	344
习题		344
第 24 章	光纤分布式数据接口 (FDDI)	346
24.1	FDDI 的设计	346
24.2	FDDI 的配置	349
24.3	FDDI 映射到 OSI 模型	351
24.4	FDDI 帧	353
24.5	同步	354
24.6	FDDI 的应用	354
24.7	城域网 (MAN) 中的 FDDI	356
24.8	FDDI 的恢复	357