

New
Riders

网络与通信
译林
精选系列

数据通信

(第六版)

〔美〕 Gilbert Held 著
戴志涛 卞佳丽 郑岩 译

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

网络与通信译林精选系列

数 据 通 信

(第六版)

[美] Gilbert Held 著

戴志涛 卞佳丽 郑 岩 译



人 民 邮 电 出 版 社

网络与通信译林精选系列
数 据 通 信 (第六版)

◆ 著 [美] Gilbert Held
译 戴志涛 卞佳丽 郑岩
责任编辑 陈 昇

◆ 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:33
字数:814 千字 2000 年 9 月第 1 版
印数:1-5 000 册 2000 年 9 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字:01-1999-2558 号

ISBN 7-115-08594-3/TP·1681

定价:55.00 元

无论如何，我们生活在一个面向通信的社会里。生活在今天，你甚至一天也不能离开数据通信。尽管我们可能不是每天都在万维网上冲浪，但是，当我们走入银行、到 **KMART** 或 **WALMART** 购物、为汽车加油，甚至仅仅是去看一场电影时，我们都会和数据通信产生某种关系。从自动柜员机（**ATM**）到银行和零售商店屋顶的卫星天线，一旦我们存取款或准备购物，有关金融活动和购物的信息、我们的账号或信用卡号码以及其他信息就将被传送数百乃至上千英里以便处理。即使我们访问 **Fishermen's Warf** 或是 **Burlington Arcade** 并打算在一个小商店用信用卡购物时，店主也会将我们的信用卡插入机器，我们会听到信用卡检验机内部的调制解调器发出的一连串声响，这台设备便能自动拨叫分组交换网与市内某处进行联络，将我们的采购信息传递至远处的银行清算中心以便得到授权。当我们访问旧金山、伦敦或是这二者之间的某个地方时，我们很自然地会立即使用我们身上的信用卡，而并没有考虑能实现这种功能的通信基础设施。

本书为谁而写

本书为那些具有中级通信技术而又有兴趣的读者提供了关于数据通信的演变和现代发展的完整信息。

本书研究数据通信的途径

我们今日生活的现代社会是一个面向通信的社会。因此，撰写本书的目的是通过分析数据通信系统的基本结构来帮助读者理解社会的运作过程。本书解释了通信设备操作的差异，描述了传输信息的不同类型的传输设施，并分析了那些能使我们的工作方式产生革命的新技术，例如数字用户线和线缆调制解调器。对那些通过传统的调制解调器在万维网上冲浪的读者，将能用比现在高出几个数量级的速度发送和接收数据。新的应用出现的可能性是无穷的。我们很快就能参观博物馆并参加不同风格的艺术家的虚拟讲座，我们还可以将图像放大以便看清微小的细节，这在以

前必须周游世界才能实现。我们能很快与远在千里之外的父母、商业伙伴或笔友见面并交谈，就好像他们就在我们的起居室或办公室里一样。我们将探讨那些使奇妙的数据通信成为现实的设备和传输设施的演变和特征。

内容提要

本书介绍了数据通信及其相关知识。它的原版书在美国通信领域是一本畅销书。也是一本普遍采用的教材书。本书已是它的第 6 版。全书共分为 13 章和两个附录。书中分别介绍了数据通信的基本概念、终端设备、消息与传输信道、异步调制解调器与接口、同步调制解调器、数字传输与服务单元、复用技术、光纤与卫星通信、协议和差错控制、个人计算机上的通信软件、体系结构和分组网络、局域网、Internet、ISDN、异步转移模式和网络设计与管理等知识；附录部分介绍了数据通信中所涉及的常用词汇和每章中试题的相应答案，这些答案可以为读者解答疑难问题、帮助读者巩固所学知识。

本书内容翔实，结构清晰，适合广大对通信知识感兴趣的读者，尤其适合作为各类大中专院校通信专业的教材。

版权声明

Gilbert Held: Understanding Data Communications
(Sixth Edition)

Authorized translation from English language edition
published by New Riders Publishing.

Copyright ©1999 by New Riders Publishing.

All rights reserved. For sale in Mainland China only.

本书中文简体字版由美国 New Riders 出版公司授权
人民邮电出版社出版，未经出版者书面许可，对本书的
任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有，侵权必究。

Matthew Flint Arnett

Matthew Flint Arnett 是一位网络管理顾问，且在犹他州的盐湖城拥有并经营着自己的咨询公司。他的主要工作是为规模从 4 500 台工作站到 32 000 台工作站的系统开发 LANDesk 管理套件。Matthew 曾为《局域网时代》杂志在犹他州浦堡沃的测试中心撰写文章，并设计模拟和数字硬件，另外还进行工业认证测试。他在为政府和航天部门的多重安全机构设计隔离安全信息设施（SCIF）入侵者检测系统方面具有丰富的经验。

Allen Basham

Allen Basham 是网络互联工程师，在系统技术支持与系统实现方面有 16 年的工作经验。在这期间，他积累了有关各种各样的数据通信技术的实践经验。Allen 目前是安全网络的设计与实现顾问，可以通过 E-mail 地址 abasham@compugeek.net 与他联系。

Ron Bradley

Ron Bradley 是 ProsoftTraining.com 的高级讲师。Ron 的主要经验集中在微软的 BackOffice 产品、网景的 SuiteSpot 服务器和 IBM 的电子商务解决方案上。Ron 获得的认证包括：微软认证讲师、因特网 Web 站点认证管理员（网络互联专家、安全专家和电子商务专家）、NetWare 认证工程师以及 A+ 认证等。Ron 也是北卡罗莱纳州计算机存取中心（CCAC）董事会的副董事长。他是所有有关计算机问题的技术顾问。该中心的任务就是使残疾人能够利用专业的计算机技术。可以通过 E-mail 地址 Ron@Inetmaster.com 与 Ron 联系。

Brain Komar

Brain Komar 是一位网络顾问，专长于将 Windows NT 集成到现有的网络结构中，并为网络设计安全方案。Brain 目前在微软的

PBS 培训项目组工作，为即将上市的 Windows 2000 产品开发企业微软课件。

Scott Orr

Scott Orr 从一开始就在印第安纳波利斯参加了印第安纳大学—珀多大学的珀多工程技术学院的网络连接计划。从带有 20 个节点的 Novell 网开始，在几年之内网络就被扩展至包含超过 400 台基于微软和 UNIX 工作站的网络。自那时起，他转到了计算机科学系，负责管理所有学生以及科研室的 PC 机和 UNIX 群集器。此外，他还教授一门本科生课程并指导计算机安全方面的研究。Scott 也向本地企业提出了许多有关制订因特网安全措施的看法，并帮助多家大公司配置和测试其防火墙。

Ariel Silverstone

Ariel Silverstone 是微软认证系统工程师（并即将获得 CCIE 证书），苏珊的丈夫。他也是两个漂亮的小孩子和两只四脚怪兽的父亲。让人奇怪的是，在这四个生灵的纠缠中他居然还有时间靠近键盘。在他有限的自由时间里，他酷爱飞翔（当然是飞机），并喜欢修理每一件东西，甚至是远远看起来像是电子设备的那些玩艺儿。

作者简介

Gilbert Held 是国际知名的获奖作者和讲演人。Gilbert 是超过 40 部技术专著和 300 篇论文的作者，其作品涵盖了个人计算机和计算机通信领域。他经常发表讲演，足迹遍及各地，从布宜诺斯艾利斯和圣地亚哥到赫尔辛基、伦敦、巴黎和特拉维夫。他还代表美国出席在莫斯科和耶路撒冷举办的技术会议。除了作为唯一两次获得过为优秀的技术著作所设的具有竞争力的卡普奖的获奖者之外，Gilbert 也是美国出版商协会、联邦计算机周刊以及联邦政府部门的颁奖对象。Gilbert 曾获得宾夕法尼亚州军事学院的电子工程学士学位、纽约大学的电子工程硕士学位以及美洲大学的工商管理硕士和 MSTM 学位。在业余时间，Gilbert 在佐治亚学院和州立大学教授多门课程，喜好修理舰艇、慢跑和爬山。

致 谢

和大多数体育运动一样，本书也是集体努力的结果。因此，如果笔者不感谢将本书的这一新版本变为现实的 Macmillian 工作组，那将是不负责任的。笔者还要特别感谢 Stephanie Layton 和 Stacey Beheler，他们按部就班地指导着本书的修订计划，还有 Katie Pendergast，她精湛的编辑技巧使阅读本书成为乐事，并且阻止了笔者常用那些拗口的句式写作。

尽管每一位技术专著的作者都试图尽可能地精确，但现代通信技术的复杂性使那些能够更清楚地向读者阐明事实真相的观察事物的不同角度很容易被忽略掉。因此，笔者真心地感谢 Brian Komar 和 Scott Orr 的努力，他们审阅了手稿中的技术材料，并用鹰一样敏锐的眼睛捕捉到笔者写下的那些难以理解的文字。由于需要经常出外旅行，且所到之处的电源插座可能会因为某种原因无法与本人购买的任何适配器相匹配，所以笔者仍然采用古老的方式来写作——用手来写作。笔者又一次得到了 Linda Hayes 夫人的帮助，她将笔者手绘的图表加以整理和转换，并编写出专业的手稿。最后但同样重要的是，如果不感谢笔者的家庭在笔者为本书工作的夜晚和周末对笔者的配合与理解，那将是一个疏忽。

第一章 数据通信概述	1
1.1 数据通信的重要性	1
1.2 最早的数据通信系统	2
1.2.1 电的早期应用	2
1.2.2 电报	3
1.3 两状态通信系统	5
1.3.1 比特 (bit) 和字节 (byte)	5
1.3.2 字节和 8 比特组	6
1.4 早期的通信编码	7
1.4.1 一些定义	7
1.4.2 波特码	7
1.5 现代编码	9
1.5.1 关于标准化组织	9
1.5.2 EBCDIC 码	10
1.5.3 ASCII 码	10
1.5.4 换码字符	11
1.6 电传打字机	12
1.7 计算技术中的数据通信	13
1.7.1 20 世纪 50 年代	13
1.7.2 20 世纪 60 年代	14
1.7.3 20 世纪 70 年代	15
1.7.4 20 世纪 80 年代	16
1.7.5 20 世纪 90 年代	18
1.7.6 跨入新千年	19
1.8 产业的变化	23
1.8.1 便携式计算机	23
1.8.2 通信产业的革命	24
1.8.3 正在出现的新技术	25
1.9 数据通信系统概述	25
1.9.1 信息的形式与内容	27
1.9.2 DTE-DCE 接口	27

1.9.3 电信改革的效应	28
1.10 本章小结	28
1.11 第一章测验	29
第二章 终端设备	33
2.1 电传打字机	33
2.1.1 通信	33
2.1.2 终端	34
2.2 电传打字机与 CRT 终端的比较	38
2.3 串行打印机	38
2.3.1 击打式打印机	39
2.3.2 非击打式打印机	40
2.4 CRT 终端	41
2.4.1 ASCII 码终端	41
2.4.2 非 ASCII 码终端	43
2.4.3 专用终端	46
2.5 终端的组成部件	46
2.5.1 人机工程学	46
2.5.2 键盘	46
2.5.3 显示器	49
2.6 个人计算机终端	51
2.6.1 个人计算机适配卡	51
2.6.2 个人计算机作为终端的优越性	53
2.6.3 无所不在的终端	54
2.7 数据传输	55
2.7.1 串行传输和并行传输	55
2.7.2 异步传输	57
2.7.3 其他的传输类型	61
2.8 本章小结	62
2.9 第二章测验	63
第三章 消息与传输信道	67
3.1 信息是数值	68
3.1.1 符号所表示的信息内容	68
3.1.2 在通信中采用冗余	69
3.1.3 利用冗余进行数据压缩	70
3.2 受限介质	70
3.2.1 金属线对	70
3.2.2 同轴电缆	74

3.2.3	波导管	74
3.2.4	光纤系统	75
3.2.5	建筑物布线标准	77
3.3	不受限介质	79
3.3.1	高频无线电话	80
3.3.2	微波无线通信	80
3.3.3	卫星无线链路系统	82
3.3.4	商业卫星	83
3.3.5	LEOS 卫星	83
3.3.6	蜂窝无线系统	83
3.3.7	PCS	85
3.4	带宽对传输信道的影响	85
3.4.1	信道的处理能力	85
3.4.2	符号间干扰	86
3.5	信号的带宽需求	87
3.5.1	模拟信号	87
3.5.2	数字信号	88
3.6	载波系统	88
3.6.1	按频率分配	88
3.6.2	按时间间隔分配	89
3.6.3	使用脉码调制	90
3.7	本章小结	92
3.8	第三章测验	92
第四章	异步调制解调器与接口	97
4.1	为什么不能直接传输数据	97
4.2	利用调制解调器解决问题	98
4.2.1	电话信道对调制解调器的限制	98
4.2.2	调制解调器接口	99
4.3	模拟信号调制	99
4.3.1	正弦波	99
4.3.2	低速调制解调器的频率调制方式	102
4.3.3	移频键控	102
4.4	V.21 标准	103
4.4.1	贝尔系统 212A 和 V.22 调制解调器	103
4.4.2	V.22bis	104
4.5	调制解调器的功能	104
4.5.1	数据压缩和 V.42bis 标准	105
4.5.2	压缩数据中的比特错误	107

4.5.3	检测	108
4.5.4	MNP 协议	109
4.5.5	V.42 建议	110
4.6	接口和信号标准	111
4.7	RS-232 和 V.24 接口	112
4.7.1	机械接口	112
4.7.2	电气和功能信号	113
4.7.3	信号的子集	114
4.7.4	RS-232 的连接实例	117
4.7.5	异步调制解调器控制	118
4.7.6	标准的非标准应用	120
4.7.7	RS-232 的限制	122
4.8	其他接口	124
4.8.1	早期的备用接口：电流环	124
4.8.2	RS 系列标准	125
4.8.3	ITU X.21	129
4.8.4	USB 和 FireWire	131
4.9	异步调制解调器的操作	132
4.9.1	异步自动应答调制解调器	132
4.9.2	全双工异步专线调制解调器	133
4.9.3	半双工异步专线调制解调器	133
4.10	灵巧型调制解调器	133
4.10.1	命令的类型	134
4.10.2	贺氏命令集	134
4.10.3	贺氏通信实践	135
4.10.4	扩展命令集	136
4.10.5	调制解调器寄存器	137
4.11	扩展命令集之间的差异	138
4.11.1	扩展命令	140
4.11.2	自检	140
4.11.3	自环测试	141
4.12	传真调制解调器	141
4.12.1	ITU-T T.4 标准	142
4.12.2	ITU-T T.30 标准	142
4.12.3	传真调制解调器命令	142
4.13	本章小结	143
4.14	第四章测验	144

第五章 同步调制解调器、数字传输与服务单元	149
5.1 同步信号方式与标准	149
5.1.1 探寻更高的数据速率	149
5.1.2 在数据中传送时钟	150
5.1.3 每波特更多的比特	150
5.2 典型的同步通信部件	150
5.2.1 发送器	151
5.2.2 接收器均衡器	153
5.2.3 终端控制部分	157
5.3 标准的调制解调器和改进型调制解调器	159
5.3.1 2400bit/s 的调制解调器	159
5.3.2 4800bit/s 的调制解调器	161
5.3.3 9600bit/s 的调制解调器	163
5.3.4 ITU-T V.32	167
5.3.5 ITU-T V.32bis	172
5.3.6 ITU-T V.33	173
5.3.7 ITU-T V.34	174
5.4 高速调制解调器	177
5.4.1 ITU-T V.90	177
5.4.2 调制解调器对之间的操作	178
5.4.3 调制解调器的限制	178
5.4.4 克服速度障碍	179
5.4.5 数字用户线调制解调器	179
5.4.6 信号处理	182
5.4.7 离散多频音 (DMT) 调制	182
5.4.8 无载波幅度相位 (CAP) 调制	183
5.4.9 线缆调制解调器	184
5.5 数字传输	189
5.5.1 线路编码	190
5.5.2 中继器	192
5.5.3 双极性违约	193
5.5.4 服务单元	195
5.6 V.35 接口	196
5.7 本章小结	198
5.8 第五章测验	199
第六章 复用技术	205
6.1 共享信道	205

6.1.1	频分复用	206
6.1.2	时分复用	214
6.2	统计时分复用器 (STDM)	216
6.2.1	STDM 操作	217
6.2.2	服务率	218
6.3	低速声音/数据复用器	219
6.3.1	声音数字化的方法	219
6.3.2	自适应音频脉冲编码	220
6.3.3	连续变化斜率增量调制器	221
6.3.4	声音/数字复用器的使用	221
6.4	本章小结	223
6.5	第六章测验	223
第七章 光纤与卫星通信		227
7.1	简介与历史回顾	227
7.2	光纤系统的基本原理	228
7.2.1	斯涅尔定律	228
7.2.2	光纤的构成	230
7.2.3	带宽	235
7.2.4	衰减	235
7.2.5	数值孔径与接受角	237
7.3	光纤子系统与光纤部件	237
7.3.1	光纤产品	237
7.3.2	光源	238
7.3.3	光探测器	239
7.4	波长复用	239
7.5	传输系统	240
7.5.1	SONET	242
7.5.2	国际系统——SL 海底光缆	244
7.5.3	局域网应用	246
7.5.4	光纤到户	246
7.5.5	HFC 与线缆调制解调器	247
7.6	卫星传输系统	248
7.6.1	基本的卫星通信技术	248
7.6.2	多重访问系统	250
7.7	本章小结	253
7.8	第七章测验	254