



世界著名大学核心教材 通信类

数据与网络通信

〔美〕Michael A. Miller 著

宋维森 宋小午 译



科学出版社

www.sciencep.com

世界著名大学核心教材 通信类

数据与网络通信

〔美〕Michael A. Miller 著

宋维森 宋小午 译

科学出版社

北 京

图字：01-2003-2027 号

内 容 简 介

本书对数据通信及其网络系统作了较全面的介绍,包括概述、电话系统、检错与纠错、开放系统网络模型、OSI 物理层组件、大容量数据通信、数据链路层协议、网络体系结构与协议、综合业务与路由选择协议、Internet 与 TCP/IP、光纤通信、无线通信系统等。

本书内容比较新颖,综合性较强,可作为高等学校电子和通信类本、专科教材,也可供相关专业人员参考。

Data & Network Communications

First published by Delmar, a division of Thomson Learning.

All Rights Reserved.

Authorized Simplified Chinese Edition by Thomson Learning and Science Press. No part of this book may be reproduced in any form without the express written permission of Thomson Learning and Science Press.

本书简体中文版由 Thomson Learning 授权科学出版社出版,未经出版者书面允许不得以任何方式复制或抄袭本书全部或部分内容。

版权所有,翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

数据与网络通信/(美)Michael A. Miller 著;宋维森,宋小午译. —北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-015114-3

I. 数… II. ①M…②宋…③宋… III. 数据通信 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 016525 号

责任编辑:李 伟/责任校对:都 岚

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005 年 3 月第一次印刷 印张:25 1/4

印数:1—4 000 字数:572 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135763-8220

题 献

谨以此书献给我的妻子 Ann，她任劳任怨，为我的写作提供了方便和时间

前 言

本书旨在作为数据与网络通信领域的电子技术教学初级或高级教材。设置通信专业的大学或专科学校可以向已经掌握基本通信基础的大学二年级学生讲授本教材的内容。本书为了顾全数据和网络通信领域的各个方面,因此没有达到电信工程技术专家所需的深度,而是力求为电子技术人员和技术专家提供数据和通信的足够背景,以便他们对该领域的内容有扎实透彻的理解。

在学习本书之前,最好已经了解和熟悉下列内容:

- a) AM (调幅) 和 FM (调频) 无线电;
- b) 基本通信;
- c) 基本电子电路和器件;
- d) 基本数字电路和器件;
- e) 微处理器和基本计算机体系结构。

第 1 章对点-点数据链路模型的数据通信方面进行综述。这一章通过建立一些必需的基础知识为以后各章奠定基础。

第 2 章从数据传送应用的观点论述电话系统。本章也包括使用电话系统设备进行组网时需要考虑的电气规范和损害。

第 3 章详细介绍了数据、数字和网络通信系统中使用的一些通用检错与纠错方法。

第 4 章介绍两种数据通信网络最通用的开放系统网络层次模型,即开放系统互连 (OSI) 模型和系统网络体系结构 (SNA) 模型。

第 5 章介绍 OSI 模型物理层的协议和规范,考察低、中速数据通信使用的电话系统接口硬件,包括讨论 UART、调制解调器、RS232C 和其他物理接口。这一章也对通信接口有关的涉及频率、相位和振幅变化的调制技术进行探索,并对以 28.8Kb/s 和 56Kb/s 发送和接收数据所用的 V.32 和 V.90 调制解调器的简要讨论作为结束。

第 6 章介绍了几个通信信道复用到一个单一实体的技术和大容量数据信道技术,其中包括时分复用、频分复用和 T1 数字线路概念和线路监视与测试设备的讨论。

第 7 章讨论 OSI 模型的下一层,即数据链路层,介绍基本类型的数据链路协议、异步链路协议和 BISYNC,然后深入考察面向位的 SDLC/HDLC 协议。

第 8 章讨论各种通信网络,包括局域网 (LAN) 和用于组网的 IEEE802 标准。

第 9 章讲解了综合业务数字网和路由选择协议,包括 ISDN、数字用户线 (DSL)、ATM 和帧中继协议。这些服务被用于组合业务,例如通过公共业务电话网同时传输语音、视频和数据。

第 10 章讨论 OSI 模型网络层和传输层的一个应用。它们广泛地体现在当今用途最广泛的网络 Internet 中。这一章将提供 Internet 的综述,包括安全问题,然后开始讨论使 Internet 得以存在的 TCP/IP 协议细节。

第 11 章讨论光纤和光纤网络。通常仅仅用一章是不能够完整地涵盖这个广泛的科

目的, 然而, 作者的意图在于提供该科目的足够材料, 以使学生获得良好的背景。

第 12 章介绍各种无线通信系统的概念和应用。本章以微波通信综述开始, 然后讨论蜂窝电话和无线网络, 并以卫星网络的详细介绍结束。

本书有 5 个附录:

附录 A 是本教材和数据与网络通信领域使用的全部缩略语和首字母缩写词的列表。

附录 B 是扩展的 ASCII 字符全集。

附录 C 从历史角度提供了一个网络编年大事记。

附录 D 简要概述在数据通信课程中被认为是“选用”的传真传输。在此提出传真传输是针对认为它们仍有某种价值的那些教师的。

附录 E 列出了每章部分习题的答案。

作者希望向 Delmar 出版公司的编辑和助手 Greg Clayton、Michelle Cannistraci 和 Amy Tucker 等表达感激之情, 感谢他们在本教材的写作和审查期间提供的指导和帮助。还要感谢专业教师们, 他们花费时间从头到尾地审查手稿并提出许多建议, 这些建议纳入到本书中, 使得本书更加完整和准确。

特别感谢以下审查人员:

Mike Awwad——德弗里技术学院 (新泽西州北布仑斯维克市)

Don Custer——西衣阿华技术社区学院 (衣阿华州霍尼克市)

Robert Diffenderfer——德弗里技术学院 (密苏里州堪萨斯市)

Tom Diskin——圣马特奥学院 (加利福尼亚州圣马特奥市)

Everett Feight——低地技术学院 (南卡罗来纳州波菲特市)

John Giancola——德弗里技术学院 (俄亥俄州哥伦布市)

Nawaz Khan——衣阿华西部社区学院 (衣阿华州考恩斯尔布鲁夫斯市)

Bruce Lampe——珠江社区学院 (密西西比州哈提斯堡市)

Harry Mendell Smith——圣安东尼奥山学院 (加利福尼亚州沃尔纳特市)

Roger Peterson——北方社区和技术学院 (明尼苏达州梯弗利佛尔福尔斯市)

Bob Redler——东南社区学院 (内布拉斯加州密尔佛特市)

Lowell Tawney——德弗里技术学院 (密苏里州堪萨斯市)

Jamie Zipay——德弗里技术学院 (加利福尼亚州长滩市)

资深教授 Michael A. Miller

德弗里技术学院

亚利桑那州菲尼克斯市

mmiller@devry-phx.edu

目 录

第 1 章 数据与网络通信概述	1
1.1 简介	1
1.1.1 历史回顾	1
1.1.2 计算机和数据通信	2
1.1.3 电话系统	3
1.1.4 微处理器和个人计算机	3
1.1.5 组网	4
1.1.6 Internet	4
1.2 数据通信系统	5
1.2.1 数据通信链路	5
1.2.2 通用异步收发机	6
1.2.3 DTE 和 DCE 设备	6
1.2.4 硬件接口	7
1.3 数据通信链路	8
1.4 字符代码	10
1.4.1 ASCII	10
1.4.2 EBCDIC	11
1.5 数字数据率	13
1.6 串行数据格式	14
1.6.1 同步数据	14
1.6.2 异步数据	14
1.6.3 传输效率	15
1.7 编码数据格式	16
1.7.1 原始数据格式	17
1.7.2 归零形式	17
1.7.3 双极性形式	17
1.7.4 曼彻斯特编码形式	17
1.8 小结	19
第 2 章 电话系统	20
2.1 简介	20
2.2 电话系统	20
2.2.1 按键电话键盘	21
2.2.2 本地环路	23
2.2.3 长途线路	24

2.2.4	LATA 结构	26
2.2.5	2 线和 4 线接口	26
2.3	规范和参数	27
2.3.1	带宽	28
2.3.2	线路阻抗	28
2.3.3	线路业务类型	28
2.3.4	线路调节	30
2.3.5	包络延迟失真	31
2.3.6	噪声和谐波调节	34
2.4	线路减损	38
2.4.1	脉冲增益突变	38
2.4.2	脉冲相位突变	38
2.4.3	串话	39
2.4.4	阻抗失配	39
2.4.5	回波	40
2.4.6	抖动	40
2.5	小结	41
第 3 章	检错与纠错	43
3.1	简介	43
3.2	异步数据纠错方法	43
3.2.1	奇偶校验检错	43
3.2.2	奇偶校验位的产生	45
3.2.3	自动请求重传 (ARQ)	48
3.2.4	使用纵向冗余校验/垂直冗余校验 (LRC/VRC) 进行数据纠错	48
3.3	异步数据纠错方法	51
3.3.1	循环冗余校验 (CRC)	51
3.3.2	校验和检错	56
3.3.3	纠错	56
3.3.4	汉明码	56
3.4	差错测试设备	60
3.4.1	误码率	60
3.4.2	无差错秒	61
3.5	小结	61
第 4 章	开放系统网络模型	63
4.1	简介	63
4.2	数据拓扑结构	63
4.2.1	总线型拓扑结构	64
4.2.2	星型 (或集线器型) 拓扑结构	65

4.2.3 环型拓扑结构	67
4.2.4 混合拓扑结构	70
4.3 数据交换	72
4.3.1 电路交换	73
4.3.2 报文交换	74
4.3.3 分组交换	74
4.4 网络类型	75
4.4.1 局域网	75
4.4.2 全球网、广域网和城域网	75
4.4.3 校园网	76
4.5 开放系统互连 (OSI) 体系结构	77
4.5.1 物理层	78
4.5.2 数据链路控制层	78
4.5.3 网络层	79
4.5.4 传输层	79
4.5.5 会话层	80
4.5.6 表示层	81
4.5.7 应用层	81
4.5.8 政府开放系统互连大纲 (GOSIP)	81
4.6 系统网络体系结构	82
4.6.1 SNA 层次	83
4.6.2 逻辑单元	84
4.6.3 物理单元	84
4.6.4 SNA 节点	85
4.7 SNA 操作会话	87
4.8 小结	88
第 5 章 OSI 物理层组件	90
5.1 简介	90
5.2 通信链路单元	90
5.2.1 UART	91
5.2.2 UART 中的数据字符选项	93
5.2.3 UART 接收机	95
5.2.4 检查 UART 性能	95
5.3 RS232C 接口	97
5.3.1 RS232C 功能	97
5.3.2 电气和物理规范	100
5.3.3 RS232C 测试箱	101
5.3.4 零调制解调器	101
5.4 RS449 接口标准	103

5.5 RS422 和 RS423 接口标准.....	105
5.6 移频键控调制解调器.....	107
5.7 其他调制解调器类型.....	110
5.7.1 平衡调制器.....	110
5.7.2 差分移相键控.....	112
5.7.3 正交移相键控调制解调器.....	114
5.7.4 QPSK 解调器.....	116
5.7.5 N 元 PSK 调制解调器.....	117
5.7.6 正交调幅.....	119
5.8 V.34 和 V.90 调制解调器.....	123
5.9 小结.....	124
第 6 章 大容量数据通信.....	126
6.1 简介.....	126
6.2 复用方法.....	127
6.2.1 频分复用.....	127
6.2.2 语音频带.....	127
6.2.3 FDM 群.....	129
6.2.4 时分复用.....	132
6.2.5 TDM 方法.....	133
6.3 抽样原理.....	134
6.3.1 奈奎斯特抽样率.....	134
6.3.2 TDM 抽样.....	136
6.3.3 自然抽样.....	137
6.3.4 抽样保持.....	138
6.4 量化.....	139
6.5 脉冲编码调制.....	140
6.5.1 PCM 译码器.....	142
6.5.2 差分 PCM.....	142
6.6 增量调制.....	143
6.6.1 增量解调.....	144
6.6.2 斜率过载.....	144
6.6.3 自适应增量调制.....	145
6.7 数字 T 载波.....	146
6.7.1 BPRZ-AMI 编码.....	147
6.7.2 T1 载波.....	148
6.7.3 分数 T1 业务.....	149
6.7.4 T1 线路损害.....	149
6.7.5 T 载波体系.....	149
6.7.6 测试 T1 线路.....	150

6.8 压扩	151
6.8.1 μ -律	152
6.8.2 A-律	154
6.9 编解码器	155
6.10 小结	158
第 7 章 数据链路层协议	159
7.1 简介	159
7.2 数据链路的各个部分	159
7.2.1 轮询和选择	159
7.2.2 次站地址类型	160
7.2.3 数据链路	161
7.2.4 有效负载	161
7.3 面向字符的协议	161
7.3.1 异步协议	161
7.3.2 BISYNC 协议	163
7.3.3 异步文本报文	164
7.3.4 BISYNC 文本报文	165
7.3.5 透明性	167
7.4 面向位的协议	168
7.4.1 SDLC/HDLC 协议	168
7.4.2 SDLC/HDLC 帧格式	168
7.4.3 SDLC/HDLC 地址域	169
7.4.4 SDLC 控制域	170
7.4.5 HDLC 控制域	172
7.4.6 监管帧	172
7.4.7 无编号帧格式	172
7.4.8 无编号帧拒收	174
7.4.9 其余 SDLC/HDLC 域	174
7.4.10 HDLC 操作模式增强	175
7.5 协议分析仪	177
7.6 小结	179
第 8 章 网络体系结构与协议	180
8.1 简介	180
8.2 网络规模	181
8.2.1 逻辑链路控制	182
8.2.2 媒体接入控制	183
8.3 IEEE 802.3 和以太网	183
8.3.1 IEEE 802.3 物理层	183

8.3.2	曼彻斯特编码以太网数据	186
8.3.3	以太网局域网接入	187
8.3.4	数据链路层	188
8.3.5	以太网接口设备	189
8.3.6	快速和千兆位以太网	191
8.4	IEEE 802.4 令牌总线	193
8.4.1	故障恢复	194
8.4.2	令牌总线 MAC 帧	194
8.4.3	差分曼彻斯特编码	195
8.5	IEEE 802.5 令牌环	197
8.5.1	令牌环格式	197
8.5.2	令牌环序列	198
8.5.3	IBM 令牌环	198
8.6	网络接口卡	200
8.7	互连 LAN	201
8.7.1	网桥	201
8.7.2	地址表	202
8.7.3	IEEE802.1 生成树协议	202
8.7.4	网关	203
8.7.5	路由器	203
8.7.6	服务器	205
8.8	IEEE 802.6 城域网	205
8.8.1	DQDB 物理层	205
8.8.2	DQDB 帧	206
8.9	X.25 分组交换协议	206
8.9.1	物理层	206
8.9.2	数据链路层	207
8.9.3	网络层	207
8.9.4	流控制	207
8.9.5	监管帧	208
8.10	小结	208
第 9 章	综合业务与路由选择协议	210
9.1	简介	210
9.2	综合业务	210
9.2.1	ISDN 信道	211
9.2.2	ISDN 业务速率	211
9.2.3	ISDN 拓扑结构	211
9.2.4	其他 ISDN 信道类型	213
9.2.5	ISDN 帧格式	214

9.2.6	ISDN 数据链路层	215
9.2.7	ISDN 应用	216
9.3	宽带 ISDN	218
9.3.1	BISDN 业务	219
9.3.2	BISDN 拓扑结构	219
9.4	IEEE 802.9: 综合语音和数据业务	221
9.5	数字用户线	221
9.5.1	ADSL	222
9.5.2	ADSL 帧	223
9.6	专用小交换机	224
9.6.1	PBX 网络	224
9.6.2	PBX 控制机制	225
9.6.3	PBX LAN	225
9.6.4	PBX 网桥	226
9.6.5	PBX 接口	226
9.6.6	PBX 会话	228
9.7	异步传输模式	228
9.7.1	ATM 信元	229
9.7.2	ATM 层	230
9.7.3	ATM 使用的比特率类型	232
9.7.4	ATM 适配层 (AAL)	233
9.7.5	ATM 地址解析协议 (ARP)	235
9.7.6	ATM 网络互联	236
9.7.7	ATM 交换机	236
9.8	帧中继	239
9.9	小结	240
第 10 章	Internet 与 TCP/IP	242
10.1	简介	242
10.2	Internet 历史	243
10.3	Internet 用途	246
10.3.1	电子邮件	246
10.3.2	新闻组	248
10.3.3	文件传输	248
10.3.4	Web 站点	248
10.3.5	其他 Internet 服务	249
10.4	Internet 接入	250
10.4.1	因特网服务提供商	250
10.4.2	中间提供商	251
10.4.3	ISDN 业务	251

10.4.4 直接 ISP 服务	251
10.4.5 电缆调制解调器	251
10.5 Internet 地址	252
10.6 Internet 安全性	255
10.6.1 加密系统	255
10.6.2 数据加密标准	256
10.6.3 高度保密	256
10.6.4 加密芯片	256
10.7 验证	257
10.7.1 智能卡	257
10.7.2 数字签名	259
10.7.3 认证机构	259
10.7.4 安全电子交易	260
10.7.5 Web 信任链	260
10.8 防火墙	260
10.8.1 防火墙类型	261
10.8.2 防火墙过滤	262
10.9 内联网与外联网	263
10.10 TCP/IP	264
10.10.1 网际协议 (IP)	264
10.10.2 IPv6	264
10.10.3 传输控制协议 (TCP)	266
10.11 小结	268
第 11 章 光纤通信	269
11.1 简介	269
11.2 光传播的基本概念	270
11.2.1 反射和折射	270
11.2.2 光线进入光缆	272
11.3 光缆	273
11.3.1 传播效应	275
11.3.2 光缆模	276
11.3.3 纤芯折射率	277
11.4 光源	278
11.4.1 发光二极管	278
11.4.2 激光器	279
11.5 光检测器	280
11.6 光缆损耗	283
11.6.1 连接器和光缆失准	283

11.6.2 光缆弯曲的影响.....	284
11.6.3 吸收损耗和散射.....	285
11.7 波分复用.....	285
11.8 光纤分布数据接口.....	287
11.8.1 FDDI 规范.....	287
11.8.2 FDDI 物理层.....	287
11.8.3 FDDI MAC 组帧.....	288
11.8.4 站管理协议.....	289
11.8.5 超网——FDDI 的一个应用.....	289
11.8.6 航空电子 FDDI 网络.....	291
11.9 FDDI-II: 等时通信.....	292
11.10 光纤信道.....	292
11.11 同步光纤网.....	294
11.11.1 SONET 连接.....	295
11.11.2 SONET 帧.....	295
11.11.3 虚拟支路.....	296
11.12 小结.....	296
第 12 章 无线通信系统.....	298
12.1 简介.....	298
12.2 微波通信.....	298
12.3 蜂窝移动电话业务.....	299
12.3.1 蜂窝拓扑结构.....	300
12.3.2 模拟蜂窝业务.....	300
12.3.3 数字蜂窝业务.....	300
12.3.4 蜂窝安全传输.....	301
12.3.5 全球蜂窝网.....	301
12.4 个人通信系统.....	302
12.4.1 PCS 频谱.....	302
12.4.2 个人通信网.....	303
12.4.3 蜂窝数字多址.....	303
12.5 IEEE 802.11: 使用 CSMA/CA 的无线局域网.....	304
12.5.1 红外系统.....	304
12.5.2 射频 (RF) 系统.....	305
12.5.3 媒体接入控制.....	305
12.6 蜂窝数字分组网络.....	306
12.7 卫星通信.....	307
12.7.1 地球同步卫星.....	307
12.7.2 低轨道和中轨道卫星.....	308
12.7.3 卫星频率划分.....	310

12.7.4 卫星通信的历史.....	311
12.8 卫星通信方法.....	313
12.8.1 时分多址.....	313
12.8.2 地球站天线.....	314
12.8.3 卫星极化传输.....	315
12.9 卫星网络.....	316
12.9.1 空间标准.....	316
12.9.2 传输层.....	317
12.9.3 网络层.....	317
12.9.4 ACTS 系统.....	317
12.9.5 IRIDIUM (铱星) 低轨卫星网络.....	317
12.9.6 Teledesic 宽带低轨卫星网络.....	318
12.9.7 MSAT 卫星网络.....	318
12.9.8 甚小口径终端系统.....	318
12.9.9 IEEE 802.16 宽带卫星网络.....	318
12.10 小结.....	319
附录 A 缩写词和关键术语.....	320
附录 B 扩展 ASCII 码全集.....	338
附录 C 网络编年大事记.....	341
附录 D 传真.....	348
D.1 传真简介.....	348
D.2 传送整个文件.....	348
D.3 扫描方法.....	348
D.4 传真标准.....	351
D.5 传真系统.....	354
小结.....	357
附录 E 部分复习题答案与提示.....	358

第 1 章 数据与网络通信概述

学习目标

- 了解数据通信和网络的历史
- 定义基本数据通信术语
- 了解数据通信系统及其基本的底层特征
- 定义两点通信模型的组成部分
- 认识到通信建模的开放系统概念的优点
- 定义以二进制字符码表示的字符类型
- 识别不同的数据类型、速率和二进制数据格式

1.1 简介

既然我们已经完全融入信息时代，并花费很多时间通过 Internet 通信和收集信息，那么就有必要了解这些技术背后的应用知识。面对诸如波特率、调制解调器、蜂窝电话、TCP/IP、ATM 和 ISDN 之类的术语，我们需要做出通信决策涉及的这些术语所适用的系统。如果要理解数据通信技术，就必须对它的背景技术和基础知识有一定的理解。

1.1.1 历史回顾

数字形式的数据传输是随着莫尔斯电码的出现大约于 1832 年开始的，莫尔斯电码是一种以二进制数据形式表达某种语言的可打印字符的系统化代码。这些字符是字母、数字或标点符号，并称为字母数字类。划（长信号）和点（短信号）的组合用于对每个字符进行编码。这些组合的集合称为字符码。要使莫尔斯电码工作，就要将信号或电流在发报机闭合电键开关时放置到发报机和收报机之间的互连线路上。短时间的电键闭合产生点，而较长时间的闭合产生划。使用正弦波电压作为信号的数据调制形式称为连续波键控（CWK），因为信号本身是一种连续音频振荡，它通过电键接入或脱离线路。代替音频信号的直流电（DC）的接通和断开又称为键控。在前一种情况下，电磁继电器加电，在电键或开关断开时放电。继电器加电时间的长短决定了发送的是划还是点。

莫尔斯电码作为一种基本的远距离通信信息手段使用了相当长的时间。随着电话于 1876 年的发明和一年后电话公司的诞生，更快的数据传输方式开始了。1881 年，长途中继线路将美国东部的主要城市连接起来，并最终于 1885 年诞生了大西洋电话电报公司（AT&T）。电话系统的早期应用和其今天的主要应用是语音通信。然而，不久就发现，二进制数据可以转换成语音信号，并通过电话线路发送。因此必须研究不同的方法，从发送方产生数据和语音信号，并在接收端解码。这些研究之一就是早期的打印机/键盘，它是 Teletype 公司的产品，使用机电式继电器取代电键动作。这些电传打字机不再延用点划方式，而是以 20mA 电流的有无表示二进制数据。20mA 电流存在表示逻辑高或“1”状态（通常称为传号），电流不存在表示逻辑低或“0”状态（称为空号）。如上所述，