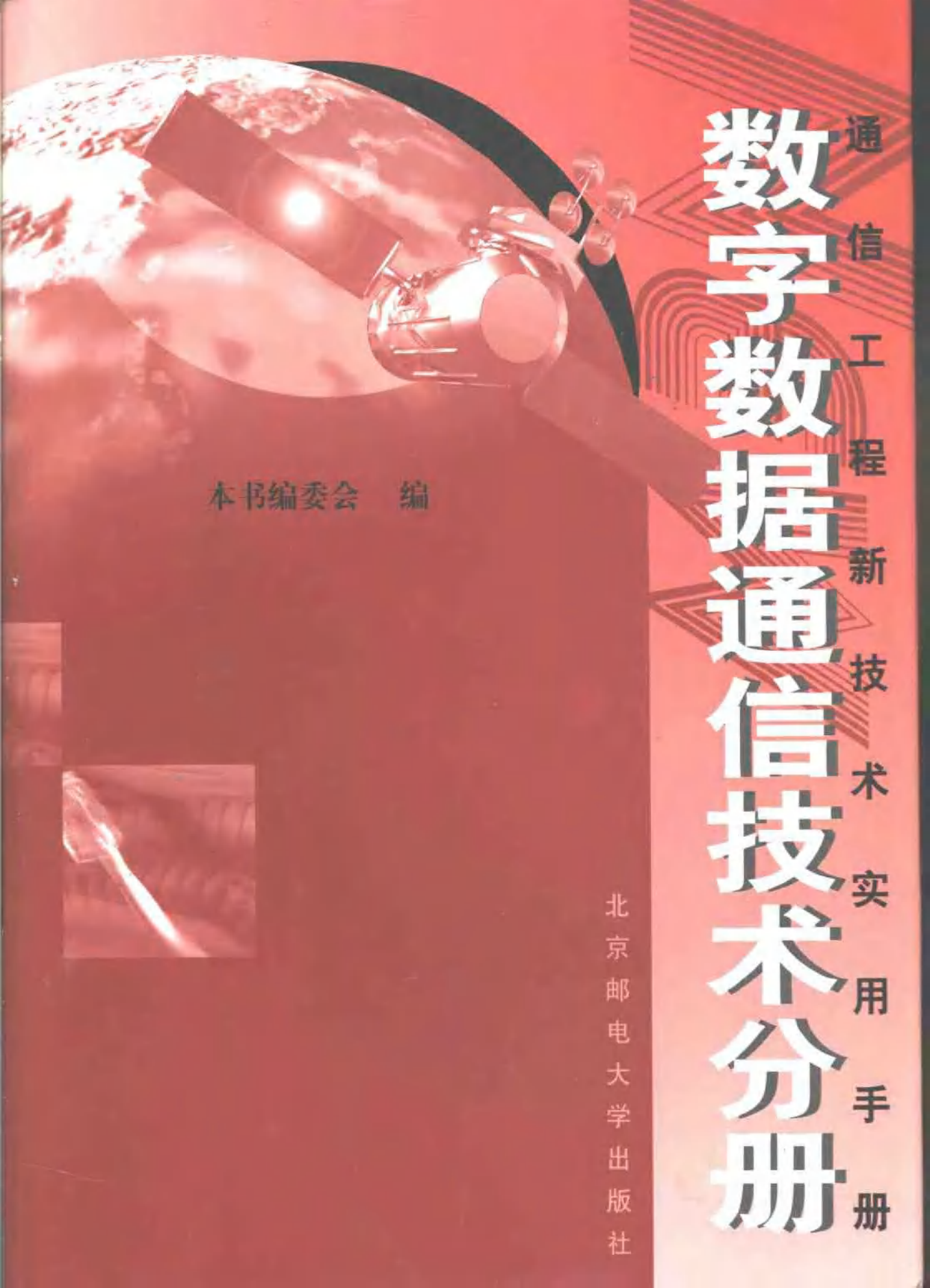




# 数字数据通信技术分册

通信工程新技术实用手册

本书编委会 编

北京邮电大学出版社

通信工程新技术实用手册

# 数字数据通信技术分册

本书编委会 编

(上 卷)

北京邮电大学出版社

通信工程新技术实用手册

**数字数据通信技术分册**

本书编委会 编

(下 卷)

北京邮电大学出版社

---

## 图书在版编目(CIP)数据

通信工程新技术实用手册/《通信工程新技术实用手册》编委会编. - 北京:北京邮电大学出版社,2002

ISBN 7-5635-0610-1

I. 通... II. 通... III. 通信工程-新技术-手册 IV. TN91-62

中国版本图书 CIP 数据核字(2002)第 027964 号

通信工程新技术实用手册

数字数据通信技术分册

北京邮电大学出版社出版发行

新华书店 经销

北京市铁成印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 88 印张 1500 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印数 2000 套

ISBN 7-5635-0610-1/TN·275

总定价:3976.00 元(全十四卷)

分册定价:568.00 元(全二卷)

# 《通信工程新技术实用手册》

## 编辑委员会

主 任:周 正 (北京邮电大学电信工程学院)

副院长/博士生导师

周惠林 (铁道通信信息有限责任公司)

技术总监

副主任:陈惠民 (铁路淮海通信信息有限公司)

技术总裁

李兴林 (交通部中国交通通信中心)

副主任

章加兴 (国家广播电影电视总局设计院)

信息网络研究所)

所长/教授级高级工程师

戴未央 (铁道科学研究院)

研究员/通信博士生导师

闵士权 (中国通信广播卫星公司)

总工/研究员

编 委:(排名不分先后)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 黄炎强 | 肖智能 | 李 巍 | 赵 娟 |
| 黎 江 | 陈 健 | 李安俭 | 白建英 |
| 叶周梅 | 薛 峰 | 任 乐 | 黄 萍 |
| 贾 丹 | 尼松涛 | 高志升 | 刘东晓 |
| 贺 萍 | 张辛军 | 刘大海 | 郭中磊 |
| 刘建国 | 李 洋 | 郝一佳 | 周志东 |
| 王爱民 | 任永昌 | 何 青 | 张晓来 |
| 陈 璐 | 王晓华 | 辛 然 | 朱庆海 |
| 张 冉 | 廖青山 | 刘红燕 | 刘 梅 |
| 贺国强 | 郑山富 |     |     |

## 通信工程新技术实用手册

多媒体通信技术分册（上下卷）

光通信技术分册（上下卷）

网络通信技术分册（上下卷）

数字数据通信技术分册（上下卷）

移动通信技术分册（上下卷）

交换技术分册（上下卷）

接入技术分册（上下卷）

# 目 录

|                   |      |
|-------------------|------|
| 第一章 数字通信技术概论      | (1)  |
| 第一节 通信的概念及分类      | (1)  |
| 第二节 通信系统的组成       | (3)  |
| 一、模拟通信系统          | (4)  |
| 二、数字通信系统          | (5)  |
| 三、数字通信的优缺点        | (6)  |
| 第三节 现代通信技术发展概况    | (7)  |
| 一、现代通信发展简史        | (7)  |
| 二、主要传输方式的发展情况     | (8)  |
| 第四节 数字通信系统的主要性能指标 | (10) |
| 一、有效性指标           | (10) |
| 二、可靠性指标           | (11) |
| 第五节 通信信道及其数学模型    | (12) |
| 一、通信信道及其特征        | (12) |
| 二、通信信道的数学模型       | (17) |
| 第二章 数字通信技术理论基础    | (20) |
| 第一节 概率论基础         | (20) |
| 一、随机变量、概率分布和概率密度  | (23) |
| 二、随机变量的统计平均       | (28) |
| 三、一些常用的概率分布       | (31) |
| 四、尾部概率的上边界        | (42) |
| 五、随机变量之和与中心极限定理   | (46) |
| 第二节 随机过程基础        | (49) |
| 一、统计平均            | (50) |
| 二、功率谱密度           | (53) |
| 三、线性时不变系统对随机信号的响应 | (54) |
| 四、带限随机过程的抽样定理     | (56) |
| 五、离散时间随机信号与系统     | (58) |
| 六、循环平稳过程          | (59) |
| 第三节 信息论基础         | (60) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 一、信息的度量                       | (60)  |
| 二、信道容量与香农公式                   | (69)  |
| <b>第三章 信源编码技术</b>             | (75)  |
| 第一节 离散信源编码                    | (75)  |
| 一、离散无记忆信源的编码                  | (75)  |
| 二、平稳离散信源                      | (82)  |
| 三、L-Z 算法                      | (84)  |
| 第二节 脉冲编码调制(PCM)               | (86)  |
| 一、概述                          | (86)  |
| 二、抽样                          | (86)  |
| 三、量化                          | (94)  |
| 四、均匀量化与线性 PCM 编码              | (97)  |
| 五、非均匀量化                       | (101) |
| 六、A 律 PCM 编码原理                | (104) |
| 七、PCM 译码原理                    | (109) |
| 八、PCM、编译码器                    | (110) |
| 第三节 增量调制( $\Delta M$ )        | (114) |
| 一、简单增量调制                      | (114) |
| 二、过载特性与编码动态范围                 | (117) |
| 三、增量调制的抗噪声性能                  | (121) |
| 四、改进的增量调制                     | (123) |
| 第四节 自适应差分脉码调制(ADPCM)          | (129) |
| 一、DPCM 基本原理                   | (129) |
| 二、自适应预测                       | (133) |
| 三、自适应量化                       | (134) |
| 四、32kb/s ADPCM 编解码系统          | (135) |
| 第五节 子带编码(SBC)                 | (144) |
| 一、子带编码基本原理                    | (144) |
| 二、比特分配与编码速率                   | (146) |
| 三、子带的划分                       | (147) |
| 四、16、24、32kb/s 电话语音子带编码       | (148) |
| 第六节 参量编码                      | (149) |
| 一、语音信号分析                      | (149) |
| 二、线性预测编码(LPC)基本原理             | (152) |
| 三、线性预测合成分析编码                  | (153) |
| 第七节 GSM 及 IP 电话系统语音编码技术的应用及标准 | (155) |
| 一、G.728 声码器                   | (155) |
| 二、G.729 声码器                   | (156) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 第八节 图像编码技术         | (158) |
| 一、图像信号及其数字化        | (159) |
| 二、数字图像的压缩编码        | (162) |
| 三、数字图像压缩编码的标准      | (173) |
| 第四章 时分复用与数字复接技术    | (183) |
| 第一节 时分复用原理         | (183) |
| 第二节 数字复接技术         | (186) |
| 一、正码速调整            | (187) |
| 第三节 PCM30/32 路系统   | (190) |
| 一、PCM30/32 路系统帧结构  | (190) |
| 二、PCM30/32 路系统的定时  | (192) |
| 三、PCM30/32 路系统的帧同步 | (197) |
| 四、PCM30/32 路系统的构成  | (205) |
| 第四节 同步数字体系 SDH     | (206) |
| 一、SDH 的基本概念        | (206) |
| 二、SDH 的速率          | (209) |
| 三、SDH 的帧结构         | (210) |
| 四、SDH 的复用原理和复用单元   | (212) |
| 五、SDH 的开销功能        | (214) |
| 六、STM-0 子速率接口      | (222) |
| 第五章 数字信号的基带传输技术    | (224) |
| 第一节 数字基带信号的码型      | (224) |
| 一、信道对基带信号码型的要求     | (224) |
| 二、常见的基带信号码型        | (225) |
| 三、信号码型变换的误码增殖      | (233) |
| 四、信号码型特性的比较        | (234) |
| 第二节 数字基带信号的功率谱计算   | (235) |
| 第三节 传输无失真条件        | (241) |
| 一、抽样值无失真           | (242) |
| 二、转换点无失真           | (246) |
| 三、脉冲波形面积保持不变       | (249) |
| 第四节 部分响应基带传输系统     | (249) |
| 一、第 I 类部分响应波形      | (250) |
| 二、部分响应系统的一般形式      | (253) |
| 第五节 数字信号基带传输的差错率   | (256) |
| 一、二元码的差错率          | (257) |
| 二、三元码和多元码的差错率      | (260) |
| 三、部分响应信号的差错率       | (263) |

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| 第六节 数字基带信号的再生中继传输 .....                      | (264) |
| 一、PCM 信号的基带传输信道 .....                        | (264) |
| 二、PCM 再生中继传输系统 .....                         | (266) |
| 第七节 眼图 .....                                 | (268) |
| 第八节 均衡 .....                                 | (270) |
| 一、时域均衡原理 .....                               | (271) |
| 二、均衡算法及实现 .....                              | (272) |
| 第六章 数字信号的载波传输技术 .....                        | (277) |
| 第一节 二进制数字调制 .....                            | (277) |
| 一、二进制幅度键控(2ASK) .....                        | (277) |
| 二、二进制频移键控(2FSK) .....                        | (279) |
| 三、二进制相移键控(2PSK) .....                        | (283) |
| 四、二进制差分相移键控(2DPSK) .....                     | (285) |
| 第二节 二进制数字调制系统的抗噪声性能 .....                    | (287) |
| 一、通断键控(OOK)系统的抗噪声性能 .....                    | (288) |
| 二、二进制移频键控(2FSK)系统的抗噪声性能 .....                | (293) |
| 三、二进制移相键控及差分相位键控(2PSK 及 2DPSK)系统的抗噪声性能 ..... | (296) |
| 四、二进制数字调制系统的性能比较 .....                       | (301) |
| 第三节 多进制数字的调制系统 .....                         | (303) |
| 一、多进制数字振幅调制(MASK)原理及抗噪声性能 .....              | (304) |
| 二、多进制数字频率调制(MFSK)原理及抗噪声性能 .....              | (307) |
| 三、多进制数字相位调制(MPSK)原理及抗噪声性能 .....              | (310) |
| 第四节 现代数字调制技术 .....                           | (322) |
| 一、正交振幅调制(QAM) .....                          | (323) |
| 二、交错正交相移键控(OQPSK) .....                      | (328) |
| 三、最小频移键控(MSK) .....                          | (330) |
| 四、正弦频移键控(SFSK) .....                         | (335) |
| 五、平滑调频(TFM) .....                            | (335) |
| 六、高斯滤波的最小频移键控(GMSK) .....                    | (336) |
| 七、无码间串扰和相位抖动的偏移四相相移键控(IJF - OQPSK) .....     | (336) |
| 第七章 数字信号的最佳接收方案 .....                        | (340) |
| 第一节 最大输出信噪比接收 .....                          | (340) |
| 一、匹配滤波器的传递函数 $H(f)$ .....                    | (340) |
| 二、匹配滤波器的冲激响应 $h(t)$ .....                    | (342) |
| 三、匹配滤波器的输出波形 $s_o(t)$ .....                  | (343) |
| 四、匹配滤波器的性能 .....                             | (345) |
| 五、匹配滤波器举例 .....                              | (346) |
| 六、最大输出信噪比接收 .....                            | (349) |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第二节 最小均方误差接收          | (349) |
| 第三节 最小错误概率接收          | (351) |
| 第四节 最大后验概率接收          | (355) |
| 第五节 最佳接收机性能分析         | (356) |
| 第六节 基带系统最佳化           | (361) |
| 一、最佳基带系统结构            | (361) |
| 二、最佳基带系统性能分析          | (362) |
| 第七节 各类系统最佳接收机与实际接收机比较 | (363) |
| 第八章 数字信号的同步技术         | (365) |
| 第一节 载波同步技术            | (365) |
| 一、插入导频法               | (365) |
| 二、直接法                 | (368) |
| 三、载波同步系统的性能指标         | (371) |
| 第二节 符号同步技术            | (372) |
| 一、量大似然定时估计            | (372) |
| 二、非面向判决定时估计           | (373) |
| 三、载波和符号定时的联合估计        | (376) |
| 四、最大似然估计器的性能          | (378) |
| 第三节 群同步技术             | (381) |
| 一、起止式同步法              | (381) |
| 二、集中插入法               | (382) |
| 三、分散插入法               | (386) |
| 四、群同步的保护              | (387) |
| 五、群同步系统的性能指标          | (389) |
| 第四节 网同步技术             | (390) |
| 一、网同步的方法              | (390) |
| 二、同步网的时钟等级和时钟源        | (395) |
| 三、网同步的技术指标和要求         | (400) |
| 第九章 差错控制技术            | (413) |
| 第一节 概述                | (413) |
| 一、差错控制的工作方式           | (413) |
| 二、差错控制编码的分类           | (414) |
| 第二节 差错控制编码的基本概念       | (415) |
| 一、差错控制编码的基本原理         | (415) |
| 二、差错控制编码的基本概念         | (416) |
| 三、几种简单实用的纠/检错编码       | (417) |
| 第三节 线性分组码             | (421) |
| 一、线性分组码的定义及性质         | (421) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 二、生成矩阵 $G$ 和监督矩阵 $H$ ..... | (421) |
| 三、线性分组码的译码 .....           | (424) |
| 第四节 汉明码 .....              | (426) |
| 第五节 循环码 .....              | (426) |
| 一、循环码的特点 .....             | (427) |
| 二、生成多项式 .....              | (427) |
| 三、循环码的生成矩阵和监督矩阵 .....      | (428) |
| 四、循环码的编码 .....             | (430) |
| 五、循环码的译码 .....             | (431) |
| 第六节 卷积码 .....              | (432) |
| 一、卷积码的编码 .....             | (433) |
| 二、卷积码的译码 .....             | (433) |
| 三、卷积码的生成矩阵和监督矩阵 .....      | (435) |
| 第七节 $m$ 序列 .....           | (438) |
| 一、基本概念 .....               | (438) |
| 二、 $m$ 序列的产生 .....         | (439) |
| 三、 $m$ 序列的性质 .....         | (441) |
| 第八节 网格编码调制 .....           | (442) |
| 第九节 Turbo 码 .....          | (445) |
| 一、Turbo 码编码器 .....         | (445) |
| 二、译码器 .....                | (446) |
| 第十章 数字信号处理技术 .....         | (448) |
| 第一节 概述 .....               | (448) |
| 第二节 线性和时不变 .....           | (449) |
| 第三节 冲激响应和卷积 .....          | (450) |
| 第四节 数学变换 .....             | (452) |
| 一、复数 .....                 | (452) |
| 二、傅里叶变换和拉普拉斯变换 .....       | (453) |
| 三、 $Z$ 变换 .....            | (456) |
| 第五节 单位圆和收敛域 .....          | (456) |
| 第六节 数字滤波器 .....            | (458) |
| 一、概述 .....                 | (458) |
| 二、FIR 滤波器 .....            | (459) |
| 三、IIR 滤波器 .....            | (461) |
| 第十一章 局域网技术 .....           | (463) |
| 第一节 局域网体系结构 .....          | (463) |
| 一、协议体系结构 .....             | (463) |
| 二、拓扑 .....                 | (464) |

---

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 三、媒体接入控制 .....         | (468) |
| 四、逻辑链路控制 .....         | (470) |
| 第二节 以太网 .....          | (472) |
| 一、物理层 .....            | (473) |
| 二、物理层接口 .....          | (474) |
| 三、数据链路层 .....          | (475) |
| 四、系统配置 .....           | (476) |
| 第三节 其他类型的以太网 .....     | (477) |
| 一、10BASE - 5 .....     | (479) |
| 二、10BASE - 2 .....     | (480) |
| 三、10BASE - T .....     | (480) |
| 四、10BROAD - 36 .....   | (481) |
| 第四节 快速以太网 .....        | (482) |
| 一、物理层的进一步划分 .....      | (483) |
| 二、100BASE - T4 .....   | (483) |
| 三、100BASE - TX .....   | (484) |
| 四、100BASE - FX .....   | (484) |
| 第五节 无线局域网 .....        | (485) |
| 一、物理媒体规范 .....         | (486) |
| 二、媒体接入控制 .....         | (486) |
| 第六节 局域网设备 .....        | (489) |
| 一、网络接口卡 .....          | (490) |
| 二、桥接器 .....            | (490) |
| 三、集线器 .....            | (493) |
| 四、交换机 .....            | (494) |
| 五、路由器 .....            | (495) |
| 六、网关 .....             | (497) |
| 第十二章 广域网技术 .....       | (499) |
| 第一节 Internet 概述 .....  | (499) |
| 一、Internet 的定义 .....   | (499) |
| 二、Internet 的物理拓扑 ..... | (501) |
| 第二节 IP 编址与域名系统 .....   | (504) |
| 一、IP 编址 .....          | (504) |
| 二、域名系统 .....           | (506) |
| 第三节 Internet 协议 .....  | (508) |
| 一、TCP/IP 协议 .....      | (508) |
| 二、应用层协议 .....          | (516) |
| 第四节 IPv6 .....         | (516) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 一、下一代 IP .....                | (516) |
| 二、IPv6 结构 .....               | (518) |
| 三、IPv6 首部 .....               | (520) |
| 四、IPv6 地址 .....               | (522) |
| 五、逐跳选项首部 .....                | (523) |
| 六、分片首部 .....                  | (525) |
| 七、路由选择首部 .....                | (525) |
| <b>第十三章 传统的数字数据网络技术</b> ..... | (527) |
| 第一节 分组交换网络概述 .....            | (527) |
| 第二节 X.25 分组交换系统 .....         | (529) |
| 一、数据链路层 .....                 | (529) |
| 二、网络层 .....                   | (530) |
| 三、X.25 的功能 .....              | (530) |
| 四、LAPB 规程 .....               | (531) |
| 五、分机组规程 .....                 | (533) |
| 第三节 数字数据网 DDN .....           | (538) |
| 一、DDN 概述 .....                | (538) |
| 二、DDN 的结构 .....               | (543) |
| 三、DDN 网络业务 .....              | (547) |
| 四、专用电路业务 .....                | (548) |
| 五、帧中继业务 .....                 | (549) |
| 第四节 综合业务数字网 ISDN .....        | (555) |
| 一、ISDN 概述 .....               | (555) |
| 二、ISDN 网络的组成及功能 .....         | (563) |
| 第五节 数据通信增值业务 .....            | (571) |
| 一、电子信箱 .....                  | (571) |
| 二、可视图文 .....                  | (575) |
| 三、传真存储转发 .....                | (578) |
| 四、EDI .....                   | (582) |
| <b>第十四章 宽带网技术</b> .....       | (586) |
| 第一节 宽带网接入技术 .....             | (587) |
| 一、xDSL .....                  | (587) |
| 二、有线电视 .....                  | (599) |
| 三、无线本地环路 .....                | (602) |
| 四、混合本地环路 .....                | (603) |
| 第二节 变换多北位数据业务(SMDS) .....     | (603) |
| 一、SMDS 概述 .....               | (603) |
| 二、有关标准 .....                  | (604) |

---

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 三、典型的 SMDS 拓补 .....          | (604) |
| 四、SMDS 的层 .....              | (606) |
| 五、SMDS 协议数据单元 .....          | (606) |
| 六、SMDS 操作详述 .....            | (606) |
| 七、交换运营商接口 (ICI) .....        | (611) |
| 八、服务质量 (QOS) 目标 .....        | (612) |
| 第三节 宽带综合业务数字网 (B-ISDN) ..... | (613) |
| 一、概述 .....                   | (613) |
| 二、B-ISDN .....               | (614) |
| 三、ATM 通信技术 .....             | (617) |
| 第四节 高级智能网络 .....             | (632) |
| 一、高级智能网的定义 .....             | (633) |
| 二、业务创建环境 .....               | (633) |
| 三、AIN 的结构 .....              | (633) |
| 四、AIN 的业务 .....              | (634) |
| 五、AIN 的未来 .....              | (636) |
| 第五节 IP 电话技术 .....            | (637) |
| 一、IP 电话概述 .....              | (637) |
| 二、相关协议 .....                 | (640) |
| 三、IP 电话标准与 H.323 协议 .....    | (646) |
| 四、IP 电话的服务质量 .....           | (653) |
| 五、IP 电话系统的构成 .....           | (658) |
| 第十五章 GSM 数字移动通信系统 .....      | (667) |
| 第一节 GSM 系统概述 .....           | (667) |
| 一、网络结构 .....                 | (668) |
| 二、GSM 的区域、号码、地址与识别 .....     | (672) |
| 三、GSM 的主要业务 .....            | (676) |
| 第二节 GSM 系统的无线接口 .....        | (677) |
| 一、GSM 系统无线的传输特征 .....        | (677) |
| 二、信道类型及其组合 .....             | (679) |
| 三、语音和信道编码 .....              | (688) |
| 四、跳频和间断传输技术 .....            | (688) |
| 第三节 GSM 系统的控制与管理 .....       | (691) |
| 一、位置登记 .....                 | (691) |
| 二、鉴权与加密 .....                | (694) |
| 三、呼叫接续过程 .....               | (697) |
| 四、过区切换 .....                 | (700) |
| 第四节 GSM 的无线资源管理 .....        | (704) |

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| 一、RR 对话的概念 .....               | (706)        |
| 二、初始化 .....                    | (709)        |
| 三、传输管理 .....                   | (711)        |
| 四、切换准备 .....                   | (715)        |
| 五、功率控制和定时提前 .....              | (725)        |
| 六、无线信道管理 .....                 | (730)        |
| <b>第十六章 CDMAIS-95 系统 .....</b> | <b>(738)</b> |
| 第一节 直接序列扩频 .....               | (738)        |
| 一、扩频技术的类型 .....                | (738)        |
| 二、扩频系统的概念 .....                | (739)        |
| 三、DSSS 的性能 .....               | (741)        |
| 四、比特加扰 .....                   | (744)        |
| 五、CDMA 系统的性能 .....             | (746)        |
| 六、伪随机噪声序列 .....                | (749)        |
| 第二节 IS-95 的系统结构 .....          | (760)        |
| 一、概述 .....                     | (760)        |
| 二、TR-45/TR-46 参考模型 .....       | (761)        |
| 三、功能模型 .....                   | (763)        |
| 四、无线智能网 .....                  | (765)        |
| 第三节 IS-95CDMA 的空中接口 .....      | (769)        |
| <b>第十七章 第三代移动通信系统 .....</b>    | <b>(778)</b> |
| 第一节 概述 .....                   | (778)        |
| 一、IMT-2000 概念的提出 .....         | (778)        |
| 二、ITU 对 IMT-2000 系统的总体要求 ..... | (778)        |
| 三、IMT-2000 系统的主要特点 .....       | (782)        |
| 四、IMT-2000 系统提供的业务 .....       | (782)        |
| 五、我国对 IMT-2000 系统的要求 .....     | (783)        |
| 第二节 第三代移动通信主要技术 .....          | (784)        |
| 一、第三代移动通信系统的组成 .....           | (784)        |
| 二、第三代移动通信的标准化 .....            | (785)        |
| 三、第三代移动通信系统的网络演进 .....         | (789)        |
| 四、实现第三代移动通信系统的关键技术 .....       | (791)        |
| 五、WCDMA 技术 .....               | (793)        |
| 六、TD-SCDMA 技术 .....            | (795)        |
| <b>第十八章 其他数字移动通信系统 .....</b>   | <b>(805)</b> |
| 第一节 数字集群无线通信系统 .....           | (805)        |
| 一、集群通信 .....                   | (805)        |
| 二、集群通信的特点 .....                | (810)        |