

21世纪高等院校计算机教材系列

数据通信技术教程

● 蒋占军 主编

第 2 版



购书可获得增值回报
提供教学用电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



第2版 工业和信息化领域职业技能培训教材

数据通信技术教程

李海龙 主编

第2版

人民邮电出版社
POST & TELECOM PRESS

ISBN 978-7-115-50000-0

21 世纪高等院校计算机教材系列

数据通信技术教程

第 2 版

主编 蒋占军

参编 吴卫 蓝天 王履程



机械工业出版社

本书系统地介绍了数据通信的基本原理、数据传输技术以及数据通信网等内容, 具体包括: 数据通信系统的组成、数据压缩编码、数据信号的同步、基带传输、频带传输、调制解调器原理及其常用的 V 系列建议、差错控制原理及其实现方式、传输控制规程、分组交换网以及高速数据通信网等。

本书内容比较充实、图文并茂, 既可作为高等院校通信、计算机以及其他电子信息类专业数据通信课程的教材, 也可作为从事通信、计算机网络工作的工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据通信技术教程 / 蒋占军主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2005.6
(21 世纪高等院校计算机教材系列)

ISBN 7-111-02575-X

I. 数... II. 蒋... III. 数据通信—高等学校—教材 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 053529 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚

责任编辑: 孙 业

责任印制: 石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷 • 新华书店北京发行所发行

2005 年 6 月第 2 版 • 第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ • 20 印张 • 493 千字

0001—5000 册

定价: 28.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

出版说明

计算机技术是一门迅速发展的现代科学技术，它在经济建设与社会发展中，发挥着非常重要的作用。近年来，我国高等院校十分注重人才的培养，大力提倡素质教育、优化知识结构，提倡大学生必须掌握计算机应用技术。为了满足教育的需求，机械工业出版社组织了这套“21世纪高等院校计算机教材系列”。

在本套系列教材的组织编写过程中，我社聘请了各高等院校相关课程的主讲老师进行了充分的调研和细致的研讨，并针对非计算机专业的课程特点，根据自身的教学经验，总结出知识点、重点和难点，一并纳入到教材中。

本套系列教材定位准确，注重理论教学和实践教学相结合，逻辑性强，层次分明，叙述准确而精炼，图文并茂，习题丰富，非常适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

参加编写本系列教材的院校包括：清华大学、西安交通大学、北方交通大学、北京邮电大学、北京化工大学、北京科技大学、山东大学、首都经贸大学等。

机械工业出版社

前 言

数据通信是计算机技术和通信技术相结合的产物,随着信息产业的蓬勃发展,近年来,数据通信已经成为人们信息交流不可或缺的一种手段。本书系统地介绍了数据通信的基本原理、数据传输技术以及数据通信网等内容,主要面向高等院校通信、计算机以及其他电子信息类专业的学生和广大工程技术人员。

全书共分 9 章。第 1 章绪论,主要介绍了数据通信的定义、特点、系统组成、数据传输方式、质量指标以及网络体系结构等数据通信和数据通信网络的一些基本内容。第 2 章数据通信基础知识,主要介绍了信号带宽、调制解调的基本概念、传输信道、信道复用技术、数据编码以及同步等数据通信的基础知识,本章是非通信专业读者学习本书后续内容的基础。第 3 章数据信号基带传输,主要介绍基带传输系统的组成、常用码型、码间干扰、无码间干扰传输特性以及部分响应、时域均衡和数据加扰等提高系统性能的方法等内容。第 4 章数据信号频带传输,主要对数字调制解调的实现、调制解调器功能以及 V 系列高速调制解调器原理进行详细介绍。第 5 章差错控制与信道编码,主要介绍了信道编码和差错控制的基本原理,以及汉明码、循环码和卷积码的编译码原理。第 6 章物理接口与传输控制规程,主要介绍了 EIA-RS-232 和 CCITT X.21 接口、面向字符的传输控制规程、面向比特的传输控制规程以及 PPP 协议。第 7 章局域网技术,本章以 IEEE 802 局域网标准为主线,介绍了局域网的基本知识和几种主流局域网(以太网、令牌总线局域网、令牌环局域网和无线局域网)的工作原理、性能比较以及局域网互连等。第 8 章分组交换数据网,主要介绍了数据通信网的交换方式、分组交换网的构成、X.25 协议、分组网互连、路由选择以及 CHINAPAC 结构和业务等内容。第 9 章高速数据通信网,介绍了数字数据网(DDN)、帧中继网(FR)、综合业务数字网(ISDN)、宽带综合业务数字网(B-ISDN)以及高速 IP 网的基本思想、网络组成,工作原理和应用等内容。

本书第 1~5 章由蒋占军编写,第 6 章由蓝天编写,第 7 章由王履程编写,第 8、9 章由吴卫编写,全书由蒋占军统稿。感谢王炎老师审阅了本书以及对我学习上的帮助;感谢杨秀芝老师为本书的写作提供了指导性的建议与帮助;感谢刘玉红、沈瑜、王春丽、雷涛等老师阅读了初稿,并提出了宝贵建议。此外,还要感谢移动通信国家重点实验室的全体老师和博士,移动通信国家重点实验室团结向上的进取精神、浓厚的学术氛围以及愉快的工作环境给予了我编写本书的兴趣与动力。

由于编者水平有限,书中难免存在错误,敬请广大读者批评指正。为配合教学,本书提供电子教案下载,网址: www.cmpbook.com。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 数据通信及系统组成	1
1.2.1 消息、信息与数据的关系	1
1.2.2 数据通信系统组成	3
1.2.3 数据通信及其特点	4
1.3 数据传输方式	4
1.3.1 基带传输与频带传输	4
1.3.2 并行传输与串行传输	5
1.3.3 异步传输与同步传输	5
1.3.4 单工、半双工与双工传输	6
1.4 数据通信系统的质量指标	7
1.4.1 数据通信系统的有效性	7
1.4.2 数据通信系统的可靠性	8
1.5 计算机网络与数据通信网	9
1.5.1 计算机网络	9
1.5.2 数据通信网	10
1.5.3 计算机网络的发展过程	10
1.6 网络体系结构	13
1.6.1 层次模型	13
1.6.2 开放系统互连基本参考模型	14
1.6.3 Internet 参考模型	16
1.6.4 标准化与标准化组织	18
1.7 本章小结	18
1.8 思考练习题	19
第 2 章 数据通信基础知识	20
2.1 信号与调制解调	20
2.1.1 信号的频谱	20
2.1.2 信号的带宽	21
2.1.3 调制解调的基本概念	22
2.2 传输信道	24
2.2.1 传输信道的分类	24

2.2.2	传输介质	25
2.2.3	信道噪声	27
2.2.4	信道容量	28
2.2.5	话音信道传输数据信号	29
2.3	多路复用	33
2.3.1	频分多路复用 (FDM)	33
2.3.2	时分多路复用 (TDM)	33
2.3.3	波分多路复用 (WDM)	35
2.3.4	多路复用器和集中器	35
2.4	数据编码	37
2.4.1	数据编码标准	37
2.4.2	语音编码与 IP 电话通信	40
2.4.3	数据压缩编码	46
2.5	数据通信的同步	51
2.5.1	概述	51
2.5.2	载波同步	52
2.5.3	位同步	52
2.5.4	群同步	54
2.5.5	网同步	55
2.6	本章小结	55
2.7	思考练习题	56
第 3 章	数据信号的基带传输	58
3.1	数据基带信号分析	58
3.1.1	常用基带信号	58
3.1.2	基带信号的频谱	61
3.2	基带传输系统的组成	63
3.3	无码间干扰的基带传输	65
3.3.1	码间干扰及其数学分析	65
3.3.2	无码间干扰的传输特性	67
3.4	眼图	71
3.5	基带传输系统性能分析	72
3.6	改善数据传输系统性能的几个措施	74
3.6.1	部分响应	74
3.6.2	时域均衡	78
3.6.3	数据传输加扰与解扰	81
3.7	本章小结	85
3.8	思考练习题	85
第 4 章	数据信号的频带传输	88

4.1	频带传输系统组成	88
4.2	二进制数字调制解调	88
4.2.1	二进制幅移键控	89
4.2.2	二进制频移键控	91
4.2.3	二进制相移键控	95
4.2.4	二进制数字调制系统性能分析与比较	99
4.3	多进制数字调制解调	100
4.3.1	多进制幅移键控	100
4.3.2	多进制频移键控	101
4.3.3	多进制相移键控	102
4.3.4	幅相联合调制	103
4.4	调制解调器	105
4.4.1	调制解调器基本概念	105
4.4.2	调制解调器标准简介	109
4.4.3	V.29 调制解调器	110
4.4.4	V.32 调制解调器	111
4.4.5	V.34 调制解调器	115
4.4.6	V.90 和 V.92 调制解调器	118
4.5	ADSL 调制解调器	120
4.5.1	ADSL 系统结构	120
4.5.2	数据信号调制方式	121
4.6	本章小结	123
4.7	思考练习题	124
第 5 章	差错控制与信道编码	125
5.1	概述	125
5.1.1	差错控制	125
5.1.2	信道编码	127
5.1.3	基于信道编码的差错控制方式	129
5.2	常用的简单信道编码	130
5.2.1	奇偶监督码	130
5.2.2	行列监督码	130
5.2.3	恒比码	131
5.2.4	重复码	131
5.2.5	正反码	132
5.3	线性分组码	132
5.3.1	基本概念	132
5.3.2	线性分组码编码	135
5.3.3	汉明码	141

5.3.4	循环码	144
5.4	卷积码	149
5.4.1	卷积编码器	150
5.4.2	卷积码的解析描述	151
5.4.3	卷积码的图解描述	152
5.4.4	维特比译码原理	152
5.5	本章小结	154
5.6	思考练习题	155
第 6 章	物理层接口与传输控制规程	157
6.1	物理层接口	157
6.1.1	EIA RS-232 接口	157
6.1.2	X.21 接口	159
6.2	线路规程	162
6.2.1	询问/应答模式	162
6.2.2	轮询/选择模式	163
6.3	数据传输控制规程的功能	165
6.3.1	流量控制	165
6.3.2	差错控制	167
6.4	面向字符的传输控制规程	172
6.4.1	报文格式	172
6.4.2	数据传输过程	175
6.4.3	差错控制	177
6.4.4	透明传输	177
6.5	面向比特的传输控制规程	178
6.5.1	数据链路结构与操作方式	178
6.5.2	帧结构	180
6.5.3	控制字段的格式和参数	182
6.5.4	数据传输过程	184
6.5.5	HDLC 与基本型控制规程的比较	188
6.6	Internet 中的数据传输协议	189
6.6.1	串行线路网际协议 SLIP	189
6.6.2	点对点的 PPP 协议	190
6.7	本章小结	193
6.8	思考练习题	193
第 7 章	局域网技术	195
7.1	局域网基本知识	195
7.1.1	局域网的定义及特征	195
7.1.2	局域网拓扑结构	195

7.1.3	局域网传输介质	196
7.1.4	局域网标准	197
7.2	局域网体系结构	197
7.2.1	局域网参考模型	198
7.2.2	介质访问控制子层	199
7.2.3	逻辑链路控制子层	201
7.3	IEEE 802.3 标准: 以太网	205
7.3.1	以太网概述	206
7.3.2	以太网介质访问策略	206
7.3.3	以太网的体系结构	208
7.3.4	以太网的组成	209
7.3.5	快速以太网	210
7.4	IEEE 802.4 标准: 令牌总线局域网	211
7.4.1	令牌总线网的工作原理	211
7.4.2	令牌总线网 MAC 帧格式	212
7.5	IEEE 802.5 标准: 令牌环局域网	213
7.5.1	令牌环局域网概述	213
7.5.2	令牌环的工作原理	213
7.5.3	令牌环 MAC 帧格式	214
7.6	IEEE802.11 标准: 无线局域网	217
7.6.1	无线局域网概述	217
7.6.2	介质接入控制	218
7.6.3	无线局域网的需求	220
7.6.4	无线局域网的应用	221
7.7	局域网性能比较	223
7.8	局域网互连	223
7.9	本章小结	226
7.10	思考练习题	227
第 8 章	分组交换数据网	228
8.1	数据通信网的交换方式	228
8.1.1	电路交换	228
8.1.2	报文交换	229
8.1.3	分组交换	230
8.1.4	快速分组交换	233
8.1.5	各种交换方式的比较	234
8.2	分组交换网的组成	234
8.3	X.25 协议简介	236
8.3.1	X.25 协议层次模型	236

8.3.2	X.25 物理层	237
8.3.3	X.25 数据链路层	237
8.3.4	X.25 分组层	239
8.4	分组交换网的路由选择	248
8.4.1	基本概念	249
8.4.2	扩散式路由选择	250
8.4.3	固定路由选择	251
8.4.4	集中自适应路由选择	252
8.4.5	分散自适应路由选择	252
8.5	分组交换网的互连	254
8.5.1	分组交换网之间的互连	255
8.5.2	公用分组交换网与 PSTN 之间的互连	257
8.6	中国公用分组网	258
8.6.1	CHINAPAC 网络结构	258
8.6.2	CHINAPAC 业务功能	259
8.6.3	用户终端接入方式	260
8.7	本章小结	260
8.8	思考练习题	261
第 9 章	高速数据通信网	263
9.1	数字数据网 (DDN)	263
9.1.1	DDN 定义及特点	263
9.1.2	DDN 网络组成	264
9.1.3	DDN 网络分级结构	266
9.1.4	DDN 网络业务与用户接入	266
9.2	帧中继网	269
9.2.1	概述	270
9.2.2	用户接入帧中继网	272
9.2.3	帧中继业务应用	273
9.3	综合业务数字网 (ISDN)	274
9.3.1	ISDN 概述及特征	274
9.3.2	ISDN 网络组成	275
9.3.3	ISDN 用户/网络接口	277
9.3.4	ISDN 的业务能力	279
9.4	宽带综合业务数字网 (B-ISDN)	280
9.4.1	B-ISDN 与 N-ISDN 的区别	280
9.4.2	B-ISDN 网络结构	281
9.4.3	B-ISDN 协议模型	282
9.5	高速 IP 网	284

9.5.1 高速 IP 传输	284
9.5.2 高速 IP 交换	290
9.6 本章小结	291
9.7 思考练习题	292
附录	293
附录 A ITU-T V 系列建议（电话网上数据通信的标准）	293
附录 B ITU-T X 系列建议（公共数据网数据通信标准）	295
附录 C ISO 数据通信标准	300
附录 D 缩略语中英文对照表	301
参考文献	307

第1章 绪 论

1.1 引言

数据通信是近年来发展最快的技术之一，并且正成为现代人类日常生活中不可或缺的信息交流手段，我国先后建设了分组数据网（X.25）、数字数据网（DDN）、帧中继网（FR）和宽带综合数字业务网（B-ISDN），公用数据网的整体水平有了显著的提高。我们可以方便地在 Internet 上获取各种各样的信息，使用 Email 和电子卡片代替传统的信件交流，在网络聊天室里和好友畅谈，以及将麦克和摄像头与计算机相连在数据网络上实现视频电话通信等等。所有这些都是数据通信给我们的生活带来的变化。

数据通信的起源，可以追溯到古代烽火狼烟的通信方式，那时，为了传送敌人入侵的情报，人们每隔一定距离设置一个烽火台，按照事先约定，烽火台有烟火表示有敌人入侵，无烟火则表示平安无事。这种原始的通信方式，如果用现代数据通信语言来描述，就是用“1”和“0”分别表示两种状态，并赋予不同的含义，实际上，现代数据通信也正是建立在这一思想之上的。

1837 年，莫尔斯发明了闻名于世的莫尔斯电报编码，这是数据通信的一个重要里程碑，当时的电报通信都采用了这种方式，因此莫尔斯电报几乎承载了那个时代的所有的通信任务。而其利用电流通断两种状态对数据进行编码并传输的思想，以及其后逐渐发展起来的数据传输理论是现代数据通信的基础，大量的莫尔斯电报系统的术语至今仍被引用，如“传号”和“空号”等。

然而数据通信并没有因此而继续发扬光大，自贝尔于 1870 年发明电话后，科学家们就将重点投入到了话音通信的研究，直到 1946 计算机诞生后，数据通信才又重现其重要性。在接下来的半个世纪里，数据通信得到了蓬勃发展并在人们的日常生活中扮演着重要的角色，这主要得益于计算机技术和通信技术的迅速发展以及人们对信息传递日益高涨的要求。

本章将介绍数据通信的一些基本概念，以使读者对数据通信有一个比较系统的了解。

1.2 数据通信及系统组成

1.2.1 消息、信息与数据的关系

在通信系统中，诸如消息（Message）、信号（Signal）、信息（Information）、数据（Data）等常用术语含义并不相同，但却经常被混淆使用，所以在此先对其作必要的解释。

1. 消息与信号

所谓消息是指能够向人们表达客观物质运动和主观思维活动的文字、符号、数据、语音、图像等。由此可见消息物理特性的多样性，这主要由通信信源的特性决定的，但是从通信的

角度来讲，消息应具有两个特点：一是能够被通信双方理解；二是可以传递。通常消息可以分为离散消息和连续消息两大类，通信系统的基本任务是将消息进行异地传输。

把消息转换成适合于信道传输的物理量，就是信号，可以通过幅度、频率、相位等参量来描述信号的特性。目前通信中常用的信号有电信号和光信号两种，本书主要讨论的是电通信，故此书中出现的信号若不明确说明均指电信号。从信号的物理特性出发可将其分为模拟信号和数字信号两大类：所谓模拟信号是指信号的某一参量可以取无穷多个值，并且与原始消息直接对应的信号，如话音信号及其按照抽样定理所得的 PAM 样值信号等；所谓数字信号是指信号的某一参量只能取有限多个值，且与原始消息不直接对应的信号，如计算机终端输出的二进制信号及其经过 PSK、FSK 等调制方式调制后所得的信号等。

按照通信系统中的传输信号的不同，可以将其分为模拟通信和数字通信两大类。和模拟通信相比，数字通信具有更优越的抗噪声性能，更容易实现保密通信等优点，自 20 世纪 60 年代以来得到了长足的发展。

2. 信息

相对于消息，信息具有更抽象的含义，若从主观方面来讲，可以认为信息就是包含在消息中对通信方有意义的那部分内容，所以说消息是信息的载体。通信的根本任务是在异地间传输信息，否则通信将是无意义的。比较以下两则消息：（1）冬天比夏天冷；（2）明年冬天将比今年冬天冷。我们可以发现第一则消息不会带给我们任何信息，因为它是我们熟知的公理，或者说它所描述的内容是完全确知的，而第二则消息会带给我们一些信息。

如何衡量一则消息包含信息的多少呢？根据香农（Shannon）的信息理论，所谓信息是对客观事物运动状态和人类主观思维活动存在的不确定性描述，一则消息包含信息的多少称之为信息量，其大小与消息的不确定性因素有关，一则离散消息包含的信息量可表示为

$$I = -\log_a P \tag{1-1}$$

式中， P 表示该消息发生的概率；底数 a 决定了信息量的单位，它可以任意取值，常取 2、10、 e ：

$a=2$	$I = -\log_2 P$	单位为比特（bit）
$a=e$	$I = -\ln P$	单位为奈特（nat）
$a=10$	$I = -\lg P$	单位为哈特莱（hartley）
$a=M$	$I = -\log_M P$	单位为 M 进制信息单位

计算中一般采用以 2 为底，并且通常为了书写简洁也常将 2 省去，记作 $I = \log P$ 。

数据通信中若数据采用二进制传输，此时将二进制的每个符号“0”或“1”称为码元，当两个码元等概出现时，每个码元包含的信息量为

$$I = \log_2 2 = 1 \text{ bit}$$

故常将二进制序列称为比特流，但若两个码元出现的概率不等，此时每个码元包含的信息量已不是 1bit。

更一般的情况是，当采用 M 进制传输时，此时共有“0, 1, ..., $M-1$ ”个码元，且各码元出现的概率不相等，分别为 $P_0, P_1, \dots, P_{M-1}$ ，此时每个码元包含的信息量并不相等，分别为

$$I_j = -\log_2 P_j \quad j=0, 1, \dots, M-1 \tag{1-2}$$

对上式求其期望，将其称作平均信息量 H ，表示平均每个码元包含信息的多少，单位为 bit/符号，见式 (1-3)：

$$H = -\sum_{j=0}^{M-1} P_j \log_2 P_j \tag{1-3}$$

因为式 (1-3) 与热力学和统计力学中系统熵的计算公式相似，故常将平均信息量称为信息熵。可以证明，当 $P_0=P_1=\cdots=P_{M-1}$ 时 H 取最大值，即

$$H = -\sum_{j=0}^{M-1} \frac{1}{M} \log_2 \frac{1}{M} = \log_2 M \tag{1-4}$$

3. 数据

在日常生活中，人们经常会提及“数据”，例如计算机终端产生的数据，各种实验所获得的数据以及将语音、图像等模拟信号经数字化后所得的编码数据等，但若给数据下一个严格的定义会比较困难，一般认为所谓数据就是赋予一定含义的数字、字母、文字等符号及其组合，它是消息的一种表现形式。

1.2.2 数据通信系统组成

一般认为数据通信系统由数据终端设备 DTE、数据电路终结设备 DCE 以及传输信道三部分组成，如图 1-1 所示。

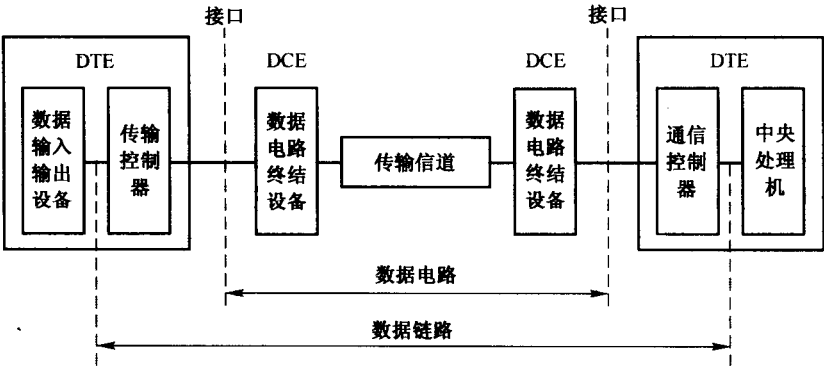


图 1-1 数据通信系统的组成

其中，数据终端设备 DTE 通常是指计算机、用户电报终端、可视图文终端、局域网设备等输入输出设备，其主要功能是完成数据的采集、存储及处理等功能，并提供人机接口，供操作人员访问通信系统或网络资源。

数据电路终结设备 DCE 的主要功能是实现 DTE 发出的信号与传输线路在电气特性等方面的匹配，使得 DTE 的信号能够在传输信道上传输。当传输信道是传统的模拟电话信道时，因为 DTE 的信号不能直接在其上传输，所以必须通过 DCE 才能实现信号的传输，此时的 DCE 就是调制解调设备。当传输信道是数字信道时，DCE 要完成码型变换、电平变换、收发时钟的形成，信道特性均衡等功能。

传输信道根据不同的规则有不同的分类方法，例如可以分为模拟信道和数字信道、有线信道和无线信道、交换信道和专用信道等，在下一章我们将讨论其分类以及传输特性等内容。

数据电路由传输信道和 DCE 组成, 由于数据电路缺少了通信协议的支持, 其传输质量很低, 很难满足数据通信的要求, 而通信协议则是由通信控制器和传输控制器共同来实现的, 一般来讲有了通信协议的支持, 系统传输的误码率可以下降 10^{-4} 左右, 一般将传输控制设备 (传输控制器, 通信控制器) 和数据电路称为数据链路, 所以说只有通信双方建立了数据链路之后, 才可以进行可靠的数据传输。

1.2.3 数据通信及其特点

数据通信是将计算机技术和通信技术相结合, 实现数据传输、交换、处理等功能的通信技术, 所以其含义包括利用计算机进行数据处理和利用通信设备和传输线路进行数据传输两方面的内容。从数据传输的角度来讲, 数据通信中数据都是经过编码后以二进制或者多进制的形式传输的, 所以数据通信可以认为是数字通信的一种形式。但和传统的数字通信 (如 PCM 数字电话通信) 相比它又有自己的特点:

- 计算机终端等机器作为主体直接参与通信。
- 传输速率高, 要求通信终端的响应速度快。
- 传输系统质量要求高, 误码率最大不能超过 10^{-6} 。

基于以上特点, 数据通信中机器要自主完成诸如通信链路的建立、维护和释放, 传输错误的发现与纠正 (差错控制), 数据流量的控制等任务, 所有这些功能的实现都必须按照通信协议来执行, 因此数据通信中, 通信协议的作用至关重要。

所谓通信协议就是通信双方事先约定好的双方都必须遵守的通信规则, 它实际上是一些通信规则集。我们可以这样来理解通信协议在数据通信中的重要性, 在电话通信中, 如果对方的一句话我们没有听清楚, 这可能是因为传输过程中噪声的干扰所致, 此时我们会要求对方重新说一遍。也就是说, 在电话通信中, 如果出现了传输错误 (虽然电话网络中也有相应的措施来降低传输错误), 人作为通信主体还会完成一定的差错控制功能。但是在数据通信中, 通信双方是机器, 其一切行为都是事先设计好的, 我们必须事先设计好它们如何 “认知” 对方, 何时开始传输数据, 以什么格式、多大的速率传输, 传输出错以后如何解决等等, 所有这些都是通过协议实现的, 而且比电话通信中的要求更严格, 因为事实上机器没有自己的思想, 除非我们告诉它该怎么做。

通信协议一般由语法、语义和时序三个要素组成, 语法即各种数据报文的封装格式, 语义即各种命令及应答的含义, 时序即进程操作顺序的详细说明。

1.3 数据传输方式

数据传输是数据通信的一个重要组成, 前面已经提及在数据通信中是将数据编码成二进制或者多进制数字信号的形式在信道中传输的, 但根据数据信号的传输模式和工作方式的不同可以细分为下面几种传输方式。

1.3.1 基带传输与频带传输

1. 基带传输

数据通信系统中 DTE 直接产生的信号都是基带信号, 所谓基带信号是指信号的最低频