

高等职业教育电子信息类贯通制教材

• 电子技术专业



数字通信技术

• 王钧铭 主编 • 杨元廷 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子信息类贯通制教材（电子技术专业）

数字通信技术

王钧铭 主编

杨元廷 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书重点介绍了数字信号的特性、基带传输与频带传输的基本原理、信源、信道编码与解码的方法,各种数字传输系统的构成及工作原理,并对计算机局域网、移动电话网、综合业务数字网、分组交换网等部分数字通信网的组成及工作原理进行了简单的介绍。本书内容浅显,所涉及的知识面较宽,对读者的专业基础要求低,适合高等职业教育学校的学生使用,也可作为电子类工程技术人员和管理人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字通信技术/王钧铭主编. —北京:电子工业出版社, 2003.3

高等职业教育电子信息类贯通制教材·电子技术专业

ISBN 7-5053-8559-3

I. 数… II. 王… III. 数字通信—通信技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 012584 号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:王宝祥

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:10 字数:262 千字

版 次:2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:13.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077

前 言

本教材用于高等职业技术教育电子与信息技术专业的课程教学或通信技术专业的基础课程教学。使用本教材的学生应具备一定的电子线路和电子整机原理等方面的知识。本课程的目标是帮助学生建立完整的数字通信系统的概念,了解数字信号传输与处理的一般方法,理解卫星通信系统、光纤通信系统、移动通信系统的组成与工作原理,了解计算机局域网、数字数据网、移动通信网等常见通信网络的组成方案及工作特点,了解 OSI 等通信协议的内容及应用,了解现代的通信技术,为进一步学习通信方面的专业课打下基础,同时也培养学生系统分析问题的能力。

本教材共分 6 章,其中 1~4 章主要介绍通信的基本原理、信号的处理及传输技术;第 5 章介绍各种通信系统的组成原理;第 6 章介绍各种通信网络、业务及终端设备。前 5 章是本教材的重点内容。第 6 章可作为学生的选学内容。每章均安排了相应的习题与思考题。建议各章学时安排如下:

第 1 章 通信技术概论	4 学时
第 2 章 数字基带信号传输	6 学时
第 3 章 编码与解码	12 学时
第 4 章 数字调制与解调	14 学时
第 5 章 数字通信系统	14 学时
第 6 章 网络与协议	10 学时

本教材由南京信息职业技术学院王钧铭担任主编,常州信息职业技术学院周璇参加编写了第 3 章和第 2 章的部分内容。福建电子工业学校杨元廷担任主审。本书在编写过程中得到了北京信息职业技术学院刘连青、贵州信息职业技术学院韩春光、淮安信息职业技术学院刘涛等老师的帮助,在此表示衷心的感谢。

通信技术是现代社会中发展最迅速的技术之一,以光通信、移动通信和计算机网络通信为代表的各种通信方式越来越多地进入到人们的日常生活中。尽管编者力求阐明通信基本原理,并在此基础上引入最新的知识和技术,但受编者本人的水平局限仍有许多不足之处,恳请批评指正。

编者

2002 年 10 月 1 日

目 录

第 1 章 通信技术概论	(1)
1.1 信号	(1)
1.1.1 模拟信号	(1)
1.1.2 数字信号	(1)
1.1.3 信道	(2)
1.2 通信系统与通信网络	(4)
1.2.1 通信系统的基本组成	(4)
1.2.2 数据通信系统	(5)
1.2.3 通信网络拓扑结构	(7)
1.2.4 通信网络的转接方式	(8)
1.2.5 信号交换	(9)
1.3 标准与标准化组织	(10)
1.3.1 协议与标准	(10)
1.3.2 标准化组织	(11)
本章小结	(12)
习题与思考题	(12)
第 2 章 数字基带信号传输	(13)
2.1 信号在信道中的传输	(13)
2.1.1 衰减	(13)
2.1.2 信号的频谱	(15)
2.1.3 失真	(16)
2.1.4 噪声与干扰	(16)
2.2 数字基带信号传输	(18)
2.2.1 数字基带信号	(18)
2.2.2 数字信号的常用码型	(21)
2.2.3 数字信号的基带传输	(23)
2.2.4 同步传输与异步传输	(27)
2.3 通用异步收发器	(29)
2.4 RS-232-C 标准	(31)
2.4.1 RS-232-C 标准	(31)
2.4.2 RS-232-C 在异步通信中的例子	(34)
2.4.3 RS-232-C 的 DTE 之间的连接	(35)
2.4.4 其他相关标准	(35)
本章小结	(35)
习题与思考题	(36)

第3章 数字编码与解码	(37)
3.1 信息码	(37)
3.2 模拟信源的数字编码	(38)
3.2.1 波形编码的基本原理	(39)
3.2.2 脉冲编码调制	(40)
3.2.3 增量调制	(46)
3.2.4 自适应差分脉冲编码调制	(47)
3.3 差错控制编码	(48)
3.3.1 奇偶校验编码	(49)
3.3.2 二维奇偶校验编码	(49)
3.3.3 恒比码	(49)
3.3.4 交织编码	(50)
3.4 时分多路复用	(51)
3.4.1 时分多路复用的基本概念	(51)
3.4.2 30/32路PCM通信系统的帧结构与终端组成	(53)
本章小结	(54)
习题与思考题	(54)
第4章 数字信号的频带传输	(56)
4.1 数字调制与解调	(56)
4.1.1 二进制振幅键控	(57)
4.1.2 二进制频移键控	(58)
4.1.3 二进制相移键控及二进制差分相移键控	(60)
4.1.4 多相制相移键控	(62)
4.1.5 多进制正交幅度调制	(64)
4.1.6 调制解调器	(67)
4.2 频分多路复用	(68)
4.3 扩频技术	(69)
4.3.1 PN码	(70)
4.3.2 直接序列扩频	(71)
4.3.3 跳频	(73)
本章小结	(75)
习题与思考题	(75)
第5章 数字通信系统	(77)
5.1 基于双绞线的数据传输系统	(77)
5.1.1 双绞线	(77)
5.1.2 利用模拟电话用户线进行数据传输	(78)
5.1.3 利用数字用户线进行数据传输	(79)
5.2 数字无线电通信系统	(84)
5.2.1 无线信道与电磁波传播	(84)
5.2.2 无线电发送接收设备	(88)

5.2.3 天线	(92)
5.3 卫星通信系统	(93)
5.3.1 基本概念	(93)
5.3.2 卫星通信系统的组成	(94)
5.3.3 卫星通信的工作频段	(97)
5.3.4 多址连接技术	(97)
5.4 光纤通信系统	(102)
5.4.1 光纤通信系统的基本构成	(102)
5.4.2 光的传播与光纤	(102)
5.4.3 光纤的连接	(105)
5.4.4 无源光器件	(107)
5.4.5 光发射机	(108)
5.4.6 光接收机	(113)
5.4.7 中继器与掺铒光纤放大器	(115)
5.4.8 波分复用技术	(116)
本章小结	(117)
习题与思考题	(118)
第6章 网络与协议	(119)
6.1 ISO/OSI 模型	(119)
6.1.1 分层结构与分层协议	(119)
6.1.2 OSI 模型	(120)
6.2 计算机局域网	(121)
6.2.1 LAN 的拓扑结构	(122)
6.2.2 基带与频带传输	(123)
6.2.3 LAN 的接入方式	(123)
6.2.4 LAN 标准	(125)
6.3 分组交换数据网	(125)
6.3.1 分组交换数据网的特点	(126)
6.3.2 分组交换网络	(126)
6.3.3 公共分组交换网	(127)
6.3.4 X.25 标准	(127)
6.4 帧中继	(128)
6.4.1 帧中继的特点	(128)
6.4.2 协议参考模型和工作原理	(129)
6.4.3 帧格式	(130)
6.4.4 差错控制和流量控制	(130)
6.4.5 网络组成和用户接入	(131)
6.5 综合业务数字网	(131)
6.5.1 基本概念及定义	(131)
6.5.2 ISDN 的网络体系	(132)

6.5.3 ISDN 用户/网络接口及接入参考配置	(133)
6.6 GSM 蜂窝移动通信系统	(136)
6.6.1 GSM 系统的主要参数	(136)
6.6.2 GSM 的网络结构	(137)
6.6.3 移动台	(137)
6.6.4 基站子系统	(137)
6.6.5 网络子系统	(137)
6.6.6 GSM 的特殊技术	(138)
6.6.7 CDMA 简介	(139)
6.7 光纤同轴混合宽带接入网	(141)
6.7.1 同轴电缆 CATV 系统的组成	(141)
6.7.2 光纤 CATV 网络	(142)
6.7.3 HFC 宽带接入网技术	(143)
6.7.4 CATV 宽带综合信息网	(145)
本章小结	(149)
习题与思考题	(150)

第 1 章 通信技术概论

现代社会已进入信息时代，信息的交流成为人们生活的重要内容。通信技术是各种信息交流手段的综合，它集硬件和软件于一身，包括了信息传递技术、信号处理技术和网络技术等多个方面。本章将介绍通信技术的基本知识和有关通信协议的基本概念，以帮助读者为学习后面各章建立基础。

1.1 信号

在日常生活中，人们通过对话、书信、表演等多种形式进行思想的交流和现象的描述，这些过程都可以称为消息（message）的传递。消息中所包含的对接受者有意义的内容称为信息（information）。信息的多少用信息量表示。

信号（signal）是信息的表现形式，它可以是声音、图像、电压、电流或光等。例如，当两个人进行面对面的谈话时，谈话的内容就是消息，其中有一部分对听者来说是有意义的，这部分称为信息。而声音的表现形式是声波，这个声波就是信号；如果这两个人是通过电话交谈，声音以电流的形式被传送到对方，这时信号的形式就是电流。

在各种形式的信号中，电信号由于具有传递速度快（接近于光速），传输距离远，能承载的信息量大，并且处理方便，因此成为通信信号的主要形式。近年来，随着光纤的大量应用，光信号也越来越多地用于通信中。这里主要讨论的是电信号，或者是由其他形式转换以后的电信号，如话音信号和图像信号。

电信号以其波形特征可分为两大类：一类是模拟信号，另一类是数字信号。

1.1.1 模拟信号

自然界存在的信号大多是模拟信号，其主要的特征有两个：即时间上的连续与状态上的连续。所谓时间上连续，指的是在任何时刻信号的电量（电压或电流）对信号都是有意义的，而状态上的连续则是说明信号的电量可能是某一个有限范围内的任意值，具体反映在模拟信号经过传输后如果与传输前的信号不一致，信号所携带的信息就会部分丢失。图 1-1（a）所示的是一个模拟的话音信号的波形。如果该波形在 t_1 时刻受到干扰，如图 1-1（b）所示，则会在喇叭上发出异常的“咔嚓”声。常见的模拟信号有话音信号、电视图像信号以及来自各种传感器的检测信号等。

1.1.2 数字信号

数字信号是用特定时刻的有限个状态来表示信息的。图 1-2（a）所示的是一个二进制信号的波形，它的状态只有两个，分别用“1”和“0”表示，如果传输过程中信号的电平发生了一些变化，接收端可能通过比较判断将所有电平归为两个状态（如大于 0V 的所有电平判别为高电平，将所有小于 0V 的电平判别为低电平）。因此，数字信号在传输过程中如果

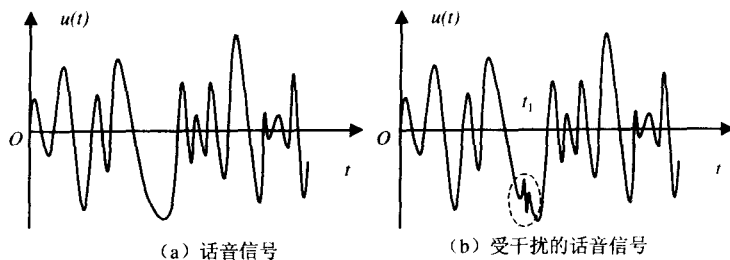


图 1-1 语音信号的波形

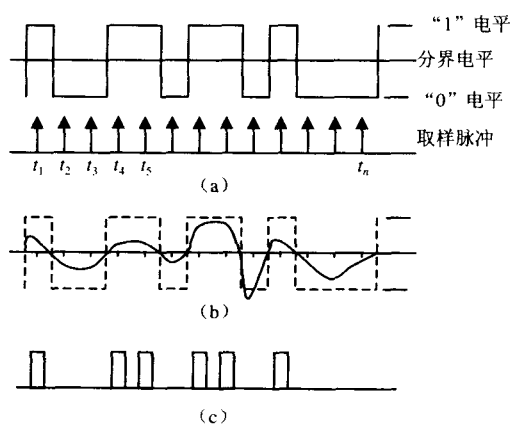


图 1-2 二进制数字信号

电平发生了变化，只要变化量不是足够大，不影响接收端的正确判断，信息就不会丢失，例如当接收端收到图 1-2 (b) 所示的波形可以恢复成与发端一样的矩形波；如果接收端只在 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 时刻（即“特定时刻”）进行判别，则在其他时刻信号发生一些变化，如变成图 1-2 (c) 所示的波形，仍然可以恢复成与发端一样的波形。

由于数字信号处理技术的发展，数字信号处理相对于模拟信号的处理具有电路体积小，功能强等许多模拟处理所不能比拟的优点，因此它越来越多地被用于通信中。

模拟信号与数字信号是可以相互转换的。模拟信号可以通过 A/D 转换变为数字信号，而数字信号通过 D/A 转换又可以变为模拟信号。在通信中常见的 A/D 转换方式有脉冲编码调制、增量调制以及在此基础上改进的各种方式。

1.1.3 信道

信道 (channel) 是信号传递的媒介，信号要通过信道才能被传递到目的地。信道可以分为有线信道和无线信道两大类：常用的有线信道有双绞线、同轴电缆和光导纤维等；无线信道则是由无形的空间构成，信号以电磁波的形式在无线信道中传播。

信号在信道中传输时会受到信道传输特性的影响。有些信道的传输特性基本上是不随时间变化的，称为恒参信道。恒参信道对信号传输的影响相当于一个低通或带通滤波器，它会造成信号的衰减、延迟和线性失真。也有一些信道其传输特性随时间较快地变化，称为随参信道。随参信道对信号传输的影响比较复杂，通常传输的质量也比较差。

另外，信号在信道传输过程中无一例外地会受到各种干扰的影响，导致混杂在信号中的噪声增加。不同的信道对干扰的抵御能力是不同的，一般来说有线信道的干扰会小一些，而无线信道的干扰会大一些。

1. 双绞线电话信道

所谓双绞线 (twisted Wire) 就是一对绞合在一起的相互绝缘的导线，如图 1-3 所示。双绞线可以作为计算机主机之间的连接线路，或是用户电话机与端局交换机之间的通信线路，

也称为传输线。双绞线的带宽与线径及长度有关，一般几千米距离内可达到几百千赫。在低频传输时，双绞线的抗干扰性相当于或高于同轴电缆，但是超过 1MHz 时，同轴电缆比双绞线明显优越。



图 1-3 双绞线

为了线路的敷设方便，生产厂家将 6~3600 对双绞线封装在一个护套内形成电话线缆。相邻对线拧成的螺距不同，用以限制相互之间的串音（Crosstalk）。

2. 同轴电缆信道

同轴电缆（Coaxial Cable）的频带宽度要比双绞线宽得多，其上限频率一般可达到几百兆赫以上，视线径和传输距离而定。它的衰减与频率的平方根成正比，因此在远距离传输和宽带工作时仍需要用到均衡器。同轴电缆目前主要用于本地网（LAN）、有线电视（CATV）和海底电缆通信中。

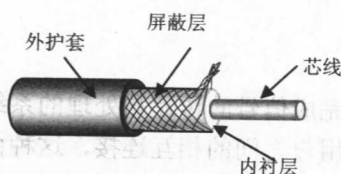


图 1-4 同轴电缆的结构

同轴电缆由芯线、内衬层、屏蔽层和外护套构成。由于同轴电缆的特殊结构（见图 1-4），电缆内部的信号不会泄漏到外部，同样外部的干扰也不会进入到线缆内部。因此同轴电缆信道有很好的保密性和抗干扰性。

3. 光导纤维信道

光导纤维（Optical Fiber）是由高纯度的石英玻璃制成的，其直径约为 125μm。图 1-5 是一种阶跃折射率型光导纤维结构的示意图。它有两层，芯层是由较高折射率的材料制成的，直径约为 50μm（多模光纤）或 10μm（单模光纤）；外包层材料的折射率较低，只要光的入射角足够小，光信号就能沿着芯层传播，并且在两层之间产生全反射。

电信号通过一个激光二极管或发光二极管转换成光信号后沿光纤传输，在接收端由光敏器件转换成电信号，就可以完成电信号的传输。

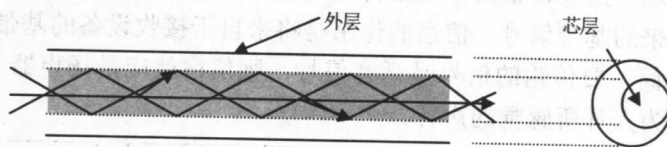


图 1-5 光导纤维结构图与光的传播原理

4. 无线信道

无线信道包含了从发送端到接收端之间的无线空间，以天线作为信道的接口设备，如图 1-6 所示。无线信道的频率范围很宽，从极低频一直到微波波段，其中根据频率的不同和传播方式的不同又可以分为很多种信道。表 1.1

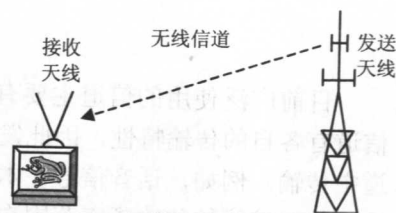


图 1-6 信号的无线传输

列出了各种无线信道的工作频率和它们的传播方式。

表 1-1 无线信道的工作频率和传播方式

名称	频率范围	波长范围	主要传播方式	用 途
长波	30~300kHz	1~10km	地表面波	远距离通信、导航
中波	300~3 000kHz	0.1~1km	地表面波	调幅广播、船舶通信、飞行通信
短波	3~30MHz	10~100m	地表面波 电离层反射	调幅广播、 调幅与单边带通信
超短波	30~300MHz	1~10m	直射波 对流层散射	调频广播、调频广播与通信 雷达与导航、移动通信
微波	300MHz 以上	1m 以下	直射波	微波接力通信、卫星通信、移动通信

1.2 通信系统与通信网络

通信是将信号从一个地方向另一个地方传输的过程。用于完成信号的传递与处理的系统称为通信系统 (communication system)。现代通信要实现多个用户之间的相互连接, 这种由多用户通信系统互连的通信体系称之为通信网络 (communication network)。通信网络以转接交换设备为核心, 由通信链路将多个用户终端连接起来, 在管理机构 (包含各种通信与网络协议) 的控制下实现网上各个用户之间的相互通信。

1.2.1 通信系统的基本组成

图 1-7 是一个通信系统的基本构成框图。从总体上看, 通信系统包括 5 个组成部分: ①信源; ②发送设备; ③信道; ④信宿; ⑤接收设备。其中, 信源与信宿统称为终端设备 (Terminal Equipments), 发送设备与接收设备统称为通信设备 (Communication Equipments)。信源的作用是将原始信号转换成电信号, 也即基带信号。常见的信源有话筒、摄像机、计算机等。发送设备将该信号进行适当的处理, 比如进行放大、调制等, 使其适合于在信道中传输。信道是信号传递的通道, 在这个通道中信号以电流、电磁波或光波的形式传播到接收端。接收设备的作用是将收到的高频信号 (或光信号) 经过放大、滤波选择和解调后恢复原来的基带信号。信宿的作用是将来自于接收设备的基带信号恢复成原始信号。如果信源是话筒, 要传输的信号是话音信号, 则信宿就应是扬声器 (或耳机), 它将话音电信号转换成能为人耳所感觉的声音。

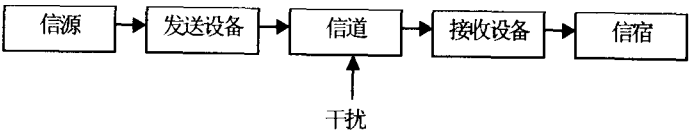


图 1-7 基本的通信系统组成

目前广泛使用的信道主要有双绞线 (电话线)、同轴电缆、光导纤维和无线信道。这些信道有各自的传输特性, 因此发送设备必须对来自信源的基带信号进行处理, 使之适合在信道中传输。例如, 话音信号在本地电话网的双绞线中传输时, 可以不经过调制。因为本地电话网的双绞线的传输频率范围在 300~3400Hz, 电话信号可以直接通过。但在传输计算机数

据时，则需要对计算机数据进行调制，使已调信号的频率范围限制在 $300\sim 3400\text{Hz}$ ；在进行无线电通信时，话音信号难以直接变成电磁波向空间辐射。因此发送设备要将话音信号对高频载波进行调制，在其输出端接高频天线，将高频电信号转换成电磁波而有效地向空间辐射。如果传输信道是光导纤维，则发送设备就必须将基带信号转换成光信号。

一般来说，信源的输出与信宿的输入是相同的；两个终端的设备也是对应的。例如，发端是话筒，则收端就是喇叭或耳机；发端是摄像机，则收端是显示器；发端是计算机，则收端也是计算机。

发送设备与信源，接收设备与信宿往往是合二为一。在双向通信时，终端设备中既有信源又有信宿，如计算机既可以产生信号，又可以接收信号。通信设备中既有发送设备又有接收设备，如调制解调器，它对要发送的信号进行调制，又对接收的信号进行解调。更为典型的一个例子是无线电话机（手机），在一个机壳内集成了收发设备和终端设备。图 1-8 是一个双向通信系统组成的框图。

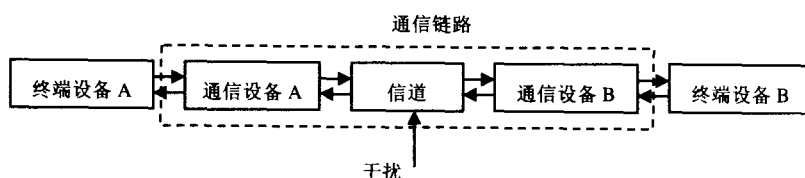


图 1-8 双向通信系统组成

从通信网络的角度看，通信设备 A、信道和通信设备 B 构成了连接终端设备 A 与终端设备 B 的通道，这条通道也称为链路（Link）。

对于数字通信系统来说，它的信源往往包含有信源编码、差错控制编码和信道编码 3 个主要部分。发送设备一般会有调制、放大、变频等电路^①，其中的调制采用的是 FSK, PSK 或 QAM 等数字调制。相应地在信宿中有信源解码、差错控制解码和信道解码，而接收设备中包含了数字信号检测和数字解调电路，如图 1-9 所示。

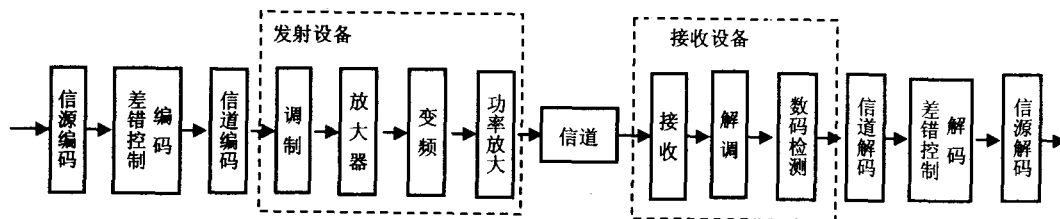


图 1-9 数字通信系统基本构成

1.2.2 数据通信系统

数据通信是在计算机或其他数据终端之间发生的存储、处理、传输和交换数字化编码信息的通信技术。数据通信系统有两种类型：一种是模拟数据通信系统；另一种是数字数据通信系统。“数据”一词表明信息的类型，“数字”一词表明信息传递与处理的方式。数据信号可以以模拟的方式进行通信，也可以以数字的方式进行通信。计算机数据用一个调制解调器

^① 数字基带传输系统例外。

在电话网中传输数据信号的是模拟传输。而在校园网中，计算机数据都是以数字方式传输，相应的传输系统称为数字数据通信系统。

一个简单的从 A 地到 B 地的数据通信系统的构成如图 1-10 所示。从 A 点到 B 点的通信系统可以分为以下 7 个部分：

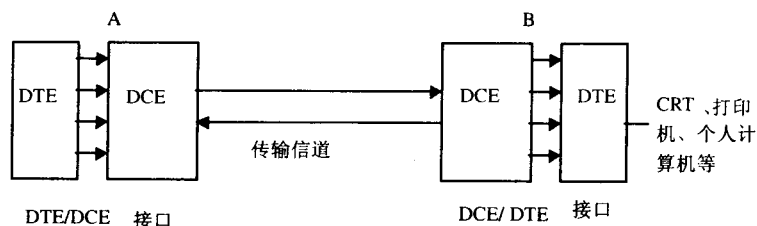


图 1-10 数据通信系统的构成

- (1) A 点的数据终端设备 DTE;
- (2) A 点的 DTE 与数据通信设备 DCE 之间的接口;
- (3) A 点的 DCE;
- (4) A 点与 B 点的数据传输通道;
- (5) B 点的 DCE;
- (6) B 点的 DTE 与数据通信设备 DCE 之间的接口;
- (7) B 点的数据终端设备 DTE。

数据终端设备 (DTE) 是数据通信系统中的终端设备或终端系统，是一个数据源、数据宿或两者兼而有之的设备。常见的有微型计算机、打印机、传真机等。DTE 通常只能进行短距离的通信，其通信能力很有限。但它有较强的数据功能，包括：与 DCE 的连接以实现数据的收和发、串行与并行的转换、数据线路的控制、与新连接的数据网相对应的网络功能以及为在两端的 DTE 之间进行数据连接所必须的其他各功能。DTE 可以是一台单独的设备，也可以是由两台以上的设备组成。

数据通信设备 (DCE) 具有将数据以模拟或数字方式在通信网络中传输的功能。在发送端，DCE 接收来自于 DTE 的串行或并行数据，并将它转换成适合于信道传输特性的信号送入信道；在接收端，DCE 接收来自信道的信号并将其转换成串行或并行的数据流送给 DTE。DCE 的主要作用是实现信号的变换与编解码。它将来自 DTE 的信号进行变换使之变成适合信道传输的线路码，并通过编码使之具有抗干扰能力。在有些系统中 DCE 还要对信号进行调制，使信号能在具有带通特性的信道中传输。信号到达接收端后，接收端的 DCE 要对收到的信号进行相反的变换与解码。DCE 还有向 DTE 传送时钟信号的功能及其他功能。Modem 是一种 DCE，常用的调制方式是 FSK, PSK 或 QAM。

如果连接 DTE 和 DCE 的电缆与信号电平与标准要求略有不同，会使连接困难。EIA 制定了 RS232C 作为 DTE 和 Modem 之间的标准接口。

对分组交换数据网来说，DCE 在功能上还包括与用户相连的分组交换结点。

在物理结构上，DCE 可以是一台单独的设备，也可以与 DTE 合二为一，如传真机等。

在计算机网络中，计算机就是一种 DTE，而 DCE 则可能是以网卡的形式安装在计算机的扩展槽中。

现有的 DTE /DCE 接口标准有多个。每个标准都提供了连接的机械、电气及功能参数。

EIA 的有关标准是 EIA-232, EIA-442 和 EIA-449, ITU-T 的相关标准有 V 系列和 X 系列。

1.2.3 通信网络拓扑结构

基本的通信系统用来解决两点之间的通信。实际上,许多通信业务发生在多点之间。例如,一个电话用户可以通过拨号与多个用户通话;银行内部的数据通信可以将一个城市内各支行的计算机连接到主计算机上。可用于多点之间通信的系统称为通信网络。通信网络以用户终端、网络转接点(称为结点)和基本的通信系统(在网络中称为链路)为基本元素,以一定的拓扑结构和转接方式进行有机连接,实现一个用户可以与网上任一其他用户通信的目的。目前较为常见的通信网络结构主要有网状网、星状网、总线状网和环状网以及它们的复合网。

1. 网状网

网状网(mesh)也称为完全互连网。各个用户终端之间直接以通信链路连接,如图 1-11 所示,在通信建立过程中不需要任何形式的转接。这种结构的最大优点是接续质量高,网络的稳定性好。但由于需要有很多的通信链路,因此当用户数量大、通信线路长时,网络投资费用很高。如果通信业务量不是很大,经济性则很差。

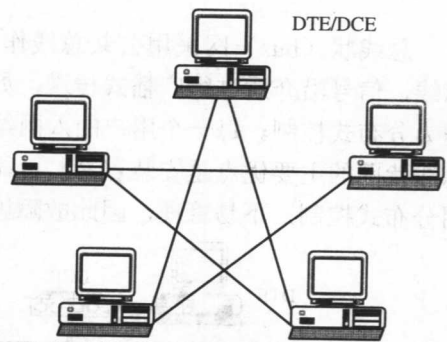


图 1-11 网状网拓扑结构

2. 星状网

星状网(star)中,各用户终端都通过转接中心进行连接,如图 1-12 所示。它与网状网相比节省许多通信链路,但需要有转接设备。一般是当链路的总费用高于转接设备的费用时才采用这种网络结构。由于各用户之间的通信都要通过转接点,通信的质量和可靠性会受到一定的影响,尤其当转接设备发生故障时,可能会造成整个网络的通信瘫痪。

实用的星状网可以是多层次的,这种结构有时也称为树状结构。

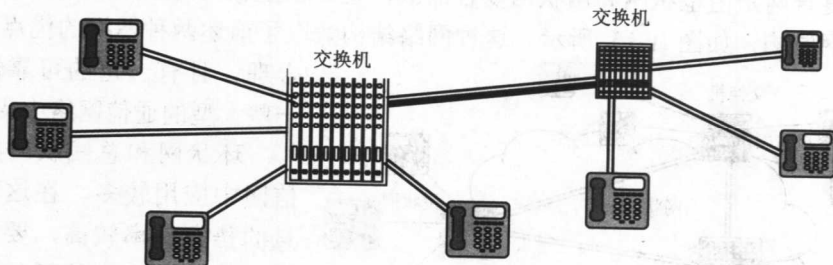


图 1-12 星状网拓扑结构

3. 环状网

环状(ring)网的拓扑结构为一封闭环形,各结点通过 DCE(在这里起到中继器的作用)连入网内。如图 1-13 所示,各 DCE 间由点到点链路首尾连接;信息单向沿环路逐点传送;

每个终端提取或插入自己的信息。环状网的特点是传输线路短，初始安装比较容易，故障的诊断比较准确，适于用光纤进行各终端的连接。但其可靠性较差，当一个单元出现故障时，整个系统就会瘫痪。环状网的可扩展性和灵活性也较其他网络差。

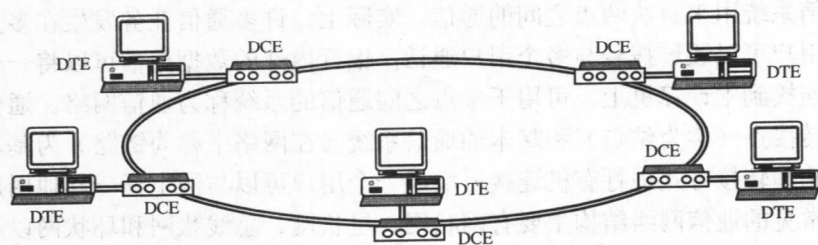


图 1-13 环状网拓扑结构

4. 总线状网

总线状（bus）网采用公共总线作为传输介质，各结点都通过相应的硬件接口直接连向总线，信号沿介质进行广播式传送，如图 1-14 所示。由于总线结构共享无源总线，通信处理为分布式控制。每一个用户的入网结点都具有通信处理智能，能执行介质访问控制协议。总线状网的主要优点是安装容易，可靠性高，新增终端只要就近接入总线即可。但由于其采用分布式控制，不易管理，因此故障诊断和隔离比较困难。

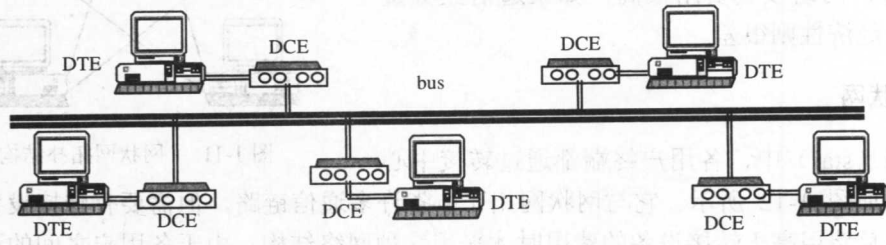


图 1-14 总线状网拓扑结构

5. 复合网

常见的复合网是由星状网和网状网复合而成，它是以星状网为基础并在通信量较大的区间构成网状网结构，如图 1-15 所示。这种网络结构兼取了前述两种网络的优点，比较经济合理，且有一定的可靠性，因此

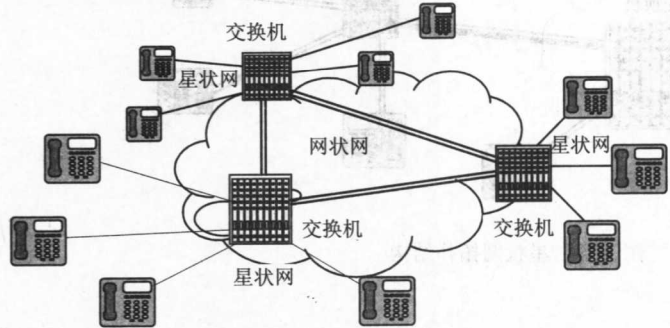


图 1-15 复合网拓扑结构

在一些大型的通信网络中应用较广。

环状网和总线状网在计算机通信网中应用较多。在这种网中，信息的传输速率较高，要求各结点或总线终端结点有较强的信息识别和处理能力。

1.2.4 通信网络的转接方式

通信网以转接方式划分，可以分为广播网络、交换网络或混合终端网络。在广播网络中，由一个终端设备发送的信号自动

地被所有其他终端设备接收，典型的例子是有线电视网，如由电视台发送的节目可以被所有连在网上的用户接收。在交换网中，信号要通过中间网点（称为交换站）才能到达目的地，公共交换电话网（PSTN）就是一种交换网。网上的一个用户要与另一个用户进行通话时必须通过交换机进行转接。混合终端网络由上述两种类型的网络混合构成，在混合终端网络中有时（但不总是这样）信号需要通过交换才能到达它们的目的地。

1.2.5 信号交换

通信网络上的各个用户之间进行通信时，由网上的交换设备根据用户的要求选择通信对象，这就是信号的交换。信号交换在通信网中可以分为 3 种主要类型：线路交换、报文交换和分组交换。在电话网络上的通话目前采用的是线路交换。网上的交换设备根据用户的拨号建立一条确定的路径，并且在通信期间保持这条路径，从被呼用户摘机建立通话开始到一方挂机为止，这条线路一直为该用户所占用。线路交换的很大一个优点是实时性好。虽然从源点（主呼）到目的地（被呼）的呼叫建立需要一定的时间，但一旦线路建立，信号在传递过程中几乎没有延时，因而很适合于实时通信。这种交换方式线路的利用率比较低，因为通话期间不论有无信号线路不能另做它用。

报文交换和分组交换是一种存储与转发的交换方式，很适合于数据通信。在报文交换中，报文沿一条路径从一个结点发送到下一个结点，整条报文在每一个结点被接收、存储，然后发向下一个结点。如果其中的某一段链路没有空闲，则它可以在这段链路的上一个结点中等待。报文交换不需要呼叫建立过程，而是靠报文中的信息头来进行识别和传送。报文的全部内容被送到一个结点后，该结点根据报头指示的目的地与下一个结点之间建立通道，然后再发送至下一个结点。

分组交换与报文交换的区别是它将报文信息分成一系列有限长的数据包，并且每个数据包都有地址，而且序号相连。这些组成报文的数据包各自独立地经过可能不同的路径到达它们的目的地，然后按照序号重新排列，恢复报文。

分组交换可以被分成两类基本技术：虚拟线路和数据报。虚拟线路类似于传统的线路交换。首先由源发出一个呼叫请求包到第 1 个结点 A，结点 A 继续把它传送到第 2 个结点 B，最后传到目的地。目的地将呼叫应答包发送回源。因此，通过这一阶段，在数据传送之前建立起一条虚拟的线路，但这条线路仅仅是一种逻辑上的连接，路径并非只确定给这个连接，其他用户的分组数据也可以通过这个路径传输，而且每一个分组仍要被存储于各个结点。

在数据报交换中，没有呼叫请求包和应答包，也不需要预先在源和目的地之间建立一条路线。每个分组数据包的报头包含了分组的最终目的地及其在报文中的位置。与虚拟电路的数据分组包报头不同的是，它不包含路径的信息。当分组数据包通过网络移动时，每一个结点将做出路由选择。每一个结点读取数据分组报头的目的地信息，并在那一刻选择可获得的最佳路径，然后将分组发向下一个结点。在最后一个结点，分组被存储，直到所有构成报文的其他的分组都到达并重新按报头指示的顺序排列起来。

异步转移模式（ATM）是近年来出现的一种新的交换方式，它是电路交换技术与分组交换技术的结合，能最大限度地发挥电路交换与分组交换的优点，使 ATM 技术能具备从实时的语音信号到高清晰度电视图像等各种业务的高速综合传输。ATM 的基本概念是由信元进行统一的信息转移，即 ATM 是把数字化的语音、数据、图像等信息分解成固定长度的数据块，通常称为信元，在各信元中添上写有地址的信元字头即可送网路传输。为提高传输效