

高职高专通信技术专业“十三五”规划教材



现代通信网络技术

主编 李铮

高职高专通信技术专业“十三五”规划教材

现代通信网络技术

主 编 李 铮

参 编 凌 敏 周小莉 殷文珊 张 敏

文杰斌 张振中 胡 霞

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了现代通信网络的理论和主要技术。全书共8章,包括通信网络概述、电话网、数据通信网、IP网络、移动通信网、光纤通信技术、接入网、下一代网络等内容。

本书内容较新,实用性强,既可以作为高职高专通信类专业教材,也可以作为通信企业的职工培训教材和通信技术专业岗位培训、通信行业职业技能鉴定的辅助教材,还可供通信企业技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网络技术 / 李铮主编. — 西安: 西安电子科技大学出版社, 2016.6

高职高专通信技术专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4039-6

I. ①现… II. ①李… III. ①通信网—高等职业教育—教材 IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 114455 号

策划编辑 马乐惠

责任编辑 马武装 王静

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029) 88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13

字 数 300千字

印 数 1~3000册

定 价 22.00元

ISBN 978-7-5606-4039-6/TN

XDUP 4331001-1

***** 如有印装问题可调换 *****

前 言

pre face

本书利用现代通信技术与通信网的整体概念和相互关系，由全局出发，从全程全网的角度讲述各类先进的通信技术。

本书系统地介绍了现代通信网络的理论和主要技术。全书共8章，包括通信网络概述、电话网、数据通信网、IP网络、移动通信网、光纤通信技术、接入网、下一代网络等内容。

本书的编者是高等职业教育一线的优秀骨干教师。他们熟悉高等职业教育的教学实际，并有多年的教学经验，且都是“双师型”教师——既是通信工程师又是讲师。他们既有坚实的理论基础，又有很强的实践能力。

本书由李铮担任主编，并负责第1章和第7章的编写和审稿工作，第2章由凌敏老师编写，第3章由周小莉老师编写，第4章由殷文珊老师编写，第5章由张敏教授编写，第6章由文杰斌、张振中老师编写，第8章由胡霞老师编写。

本书既可以作为高职高专通信类专业教材，也可以作为通信企业的职工培训教材和通信技术专业岗位培训、通信行业职业技能鉴定的辅助教材，还可供通信企业技术人员参考阅读。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2016年2月

目 录

contents

第 1 章 通信网络概述	1
1.1 通信网的基本概念	1
1.1.1 通信系统基本模型	1
1.1.2 通信系统的类型	2
1.2 通信网拓扑结构及构成要素	3
1.2.1 通信网的拓扑结构	3
1.2.2 通信网的构成要素	4
1.3 现代通信网的分层结构	5
1.3.1 现代通信网的分层结构	5
1.3.2 信息应用概述	6
1.3.3 业务网概述	8
1.3.4 接入与传送网概述	9
本章小结	11
习题	11
第 2 章 电话网	12
2.1 电话网概述	12
2.1.1 电话网的组成	12
2.1.2 传统电话网——公众交换电话网PSTN结构	13
2.1.3 电话网的路由选择	15
2.1.4 电话网的编号计划	16
2.1.5 电话信令网的组成与结构	18
2.2 数字电路交换技术	26
2.2.1 数字电路交换系统简介	26
2.2.2 数字电路交换系统功能结构	28
2.3 智能网技术	37
2.3.1 智能网概述	37
2.3.2 智能网的结构与功能	38
2.3.3 智能网业务	39
2.4 数字同步网	41

2.4.1	网同步的必要性	41
2.4.2	数字同步网的同步方式	42
2.4.3	我国数字同步网采用的同步方式	43
	本章小结	44
	习题	44
第3章	数据通信网	46
3.1	数据通信网概述	46
3.1.1	数据通信网的分类	46
3.1.2	数据通信系统的构成	47
3.2	X.25分组交换网	48
3.2.1	分组交换的概念	48
3.2.2	X.25分组交换网技术	50
3.3	帧中继技术	52
3.3.1	帧中继的基本概念	52
3.3.2	帧中继的网络结构	52
3.3.3	帧中继的应用	53
3.4	数字数据网技术	53
3.4.1	数字数据网的基本概念	53
3.4.2	DDN的构成	53
3.4.3	数字信道复用及数字交叉连接	55
3.4.4	DDN网络业务类别	56
3.5	异步转移模式技术	56
3.5.1	异步转移模式技术基本原理	56
3.5.2	ATM交换网	59
	本章小结	61
	习题	62
第4章	IP网络	64
4.1	互联网概述	64
4.2	IP网协议的体系结构和协议地址	66
4.2.1	开放系统互联模型参考模型	67
4.2.2	TCP/IP协议	68
4.2.3	IP地址和子网掩码	73
4.3	交换机/路由器	80
4.3.1	交换机概述	80
4.3.2	路由器	81
4.4	宽带IP城域网	84
4.4.1	宽带IP城域网的网络结构	84

4.4.2 宽带IP城域网的业务应用	87
4.5 IPv6技术	87
本章小结	91
习题	91
第5章 移动通信网	93
5.1 移动通信概述	93
5.1.1 移动通信系统的发展和演进	93
5.1.2 移动通信系统的基本组成	94
5.1.3 移动通信的特点	95
5.1.4 移动通信的频谱划分	95
5.2 移动通信信道	95
5.2.1 电波传播特性	95
5.2.2 移动信道特征	96
5.2.3 移动信道的传播损耗	97
5.3 抗噪声和抗干扰技术	98
5.4 多址接入技术	101
5.5 移动通信组网技术	102
5.5.1 移动通信网的体制	102
5.5.2 移动通信服务区	102
5.5.3 蜂窝小区的种类	107
5.5.4 区域定义	108
5.5.5 移动业务与信令组网	109
5.6 GSM移动通信系统	111
5.6.1 概述	111
5.6.2 系统组成及提供的业务	112
5.7 第三代移动通信系统	113
5.7.1 概述	113
5.7.2 系统组成及提供的业务	116
5.8 第四代移动通信系统	119
5.8.1 概述	119
5.8.2 系统组成及提供的业务	120
本章小结	122
习题	123
第6章 光纤通信技术	125
6.1 光纤通信系统简介	125
6.1.1 光端机	126
6.1.2 光纤光缆	128

6.2 光纤通信传输技术简介	135
6.2.1 SDH技术简介	136
6.2.2 WDM技术简介	152
6.2.3 PTN技术简介	155
6.2.4 OTN技术简介	157
6.3 全光网络	160
6.3.1 全光网络概述	160
6.3.2 全光网络的路由技术	161
6.3.3 全光网络的交叉连接技术	163
6.3.4 全光网络的设备类型	163
本章小结	165
习题	165
第7章 接入网	167
7.1 接入网概述	167
7.2 铜线接入	170
7.3 光纤接入	171
7.3.1 光纤接入网的基本结构	171
7.3.2 EPON接入	173
7.3.3 GPON接入	176
7.4 混合光纤/同轴电缆接入	177
7.5 无线接入	180
7.5.1 本地多点分配业务	180
7.5.2 无线局域网	182
本章小结	184
习题	184
第8章 下一代网络	185
8.1 NGN的简介	185
8.1.1 NGN的概念	185
8.1.2 NGN的网络架构	186
8.1.3 NGN的网络特点	187
8.1.4 NGN的目标	188
8.2 NGN关键技术介绍	189
8.2.1 软交换技术	189
8.2.2 媒体网关与控制技术	190
8.2.3 软交换技术的协议	191
本章小结	199
习题	199

第1章 通信网络概述

1.1 通信网的基本概念

通信网络是由信息网元组成的集合体，是用于实现两个或多个规定点之间信息的传递和交换的通信体系。

信息是客观存在的，对接收者而言是事先不知道的内容。信号是信息的载体或表现形式，如语音、图像、文字等。通信系统则是完成信息传递所需的通信设备和线路的集合体。

1.1.1 通信系统基本模型

通信网是实现两个或多个规定点之间信息传送和交换的网络。节点在通信网中指的是交换点，用于完成接续和信息交换任务。传输链路是连接终端与交换节点或交换节点之间的线路信道。用户终端即信源和信宿，对电话机而言还包括了变换器和反变换器。

最简单的电话通信网如图 1-1 所示。

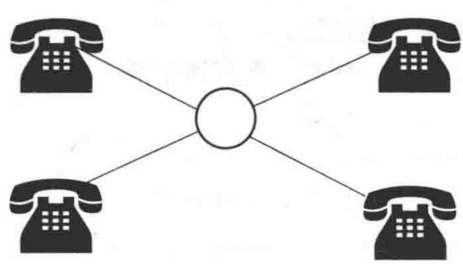


图1-1 简单通信网

通信网络是由一系列节点和连接节点的传输链路组成的组织或系统。

通信系统基本模型包括信源、变换器、信道、噪声源、反变换器和信宿等 6 部分，如图 1-2 所示。

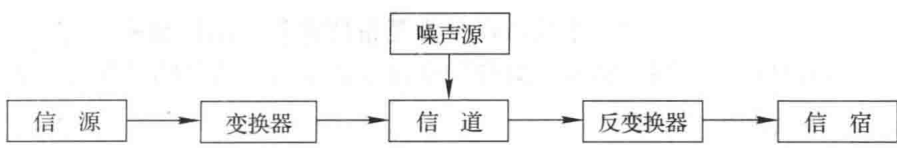


图1-2 通信系统基本模型

(1) 信源: 发出信息的信息源。在人与人之间通信的情况下, 信源就是指发出信息的人。

(2) 变换器: 把信源发出的信息变换成适合于在信道上传输的信号的装置。如把计算机产生的数字信号变换成能在电话线上传输的模拟信号的装置。

(3) 信道: 信号传输媒介。它一般分为无线信道和有线信道。

无线信道: 信号在自由空间中传输(如短波、微波、卫星等通信方式);

有线信道: 信号约束在某种传输线上传输(如电缆、光缆等)。

(4) 反变换器: 把从信道上接收的信号变换成接收者可以接收的信息的装置。反变换是变换的反过程。如把从电话线上接收到的模拟信号转换成能被计算机处理的数字信号。

(5) 信宿: 信息传送的终点, 也就是信息接收者。

(6) 噪声源: 不是人为实现的实体, 但客观存在。虽然模型中的噪声源是以集中形式表示的, 但是实际上, 干扰噪声可能在信源信息初始产生的周围环境中混入, 也可能从构成变换器的电子设备中引入。另外, 在信道中的电磁感应以及接收端各种设备中引入的干扰都是噪声的来源。在模型中, 我们把发送、传输、接收端各部分的干扰噪声集中地由一个噪声源来表示。

1.1.2 通信系统的类型

通信系统可以从不同的角度来分类。

1. 按照通信业务分类

根据不同的通信业务, 通信系统可以分为多种类型:

(1) 单媒体通信系统, 如电话、传真等。

(2) 多媒体通信系统, 如电视、可视电话、会议电话、远程教学等。

(3) 新媒体通信, 如物体-物体通信(物联网)等。

(4) 实时通信系统, 如电话、电视等。

(5) 非实时通信系统, 如电报、传真、数据通信等。

(6) 单向传输系统, 如广播、电视等。

(7) 交互传输系统, 如电话、电播电视(VOD)等。

(8) 窄带通信系统, 如电话、电报、低速数据等。

(9) 宽带通信系统, 如点播电视、会议电视、远程教学、远程医疗、高速数据等。

2. 按照传输媒质分类

按照传输媒质分类, 通信系统可以分为有线通信系统和无线通信系统。有线通信系统中借助电缆和光缆传递信号。无线通信系统则借助于电磁波在自由空间的传播来传输信号, 并根据电磁波波长的不同可分为中/长波通信、短波通信和微波通信等类型。

3. 按照调制方式分类

根据是否进行信号调制, 通信系统可以分为基带传输和调制传输两大类。基带传输是将未经调制的信号直接在线路上传输, 如音频市内电话和数字信号的基带传输等。

4. 按照信道中传输信号分类

按照信道中传输的信号形式分类, 通信系统可以分为模拟通信系统和数字通信系统等。

数字通信系统抗干扰能力强，有较好的保密性和可靠性，易于集成化。

1.2 通信网拓扑结构及构成要素

1.2.1 通信网的拓扑结构

网络的拓扑结构是指组成网络的各个节点通过某种连接方式互连后形成的总体物理形态或逻辑形态，称为物理拓扑结构或逻辑拓扑结构。

按照拓扑结构分，通信网有6种基本结构形式。

(1) 网型网：网内任何两个节点之间均有线路相连，如图1-3所示。如果有 N 个节点，则需要 $N(N-1)/2$ 条传输链路。

优点：冗余度较大，稳定性较好；

缺点：传输链路多，线路利用率低，经济性较差。

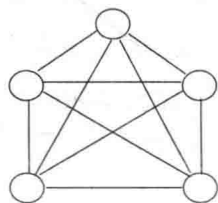


图1-3 网型网

(2) 星型网：将一个节点作为辐射点，该点与其他节点均有线路相连，如图1-4所示。具有 N 个节点的星型网至少需要 $N-1$ 条传输链路。

缺点：中心节点交换设备的交换能力和可靠性会影响网内的所有用户。

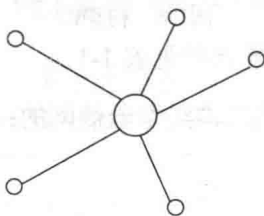


图1-4 星型网

(3) 复合型网：由网型网和星型网复合而成，如图1-5所示。

根据网中业务量的需要，以星型网为基础，在业务量较大的转接交换中心区间采用网型结构，可以使整个网络比较经济且稳定性较好。

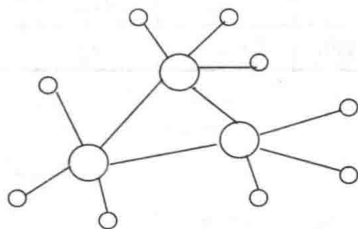


图1-5 复合型网

(4) 总线型网：将所有节点都连接在一个公共传输通道——总线上，如图1-6所示。

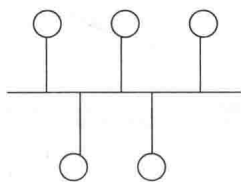


图1-6 总线型网

优点：传输链路少，增、减节点比较方便；

缺点：稳定性较差，网络范围也受到限制。

(5) 环型网：所有节点串联形成闭合环路，如图 1-7 所示。

特点：结构简单，实现容易，稳定性比较高。

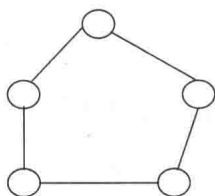


图1-7 环型网

(6) 树型网：节点按层次进行连接，信息交换主要在上、下节点之间进行，如图 1-8 所示。

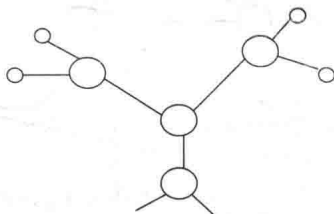


图1-8 树型网

不同结构类型通信网的主要性能比较见表 1-1。

表 1-1 不同结构类型通信网的主要性能比较

性能 项目 \ 通信网类型	网型网	星型网	复合型网	环型网	总线型网	树型网
经济性	差	好	较好	好	较好	较好
稳定性	好	差	较好	较差	较好	较好
扩展性	较好	好	较好	差	很好	较好
对节点要求	高	高	较高	较高	低	较高
L 与 N	$L=N(N-1)/2$	$L=N-1$	—	$L=N$	$L=N+1$	—

注： L 为链路数， N 为节点数。

1.2.2 通信网的构成要素

一个完整的通信网包括它的硬件和软件。

通信网的构成要素包括交换系统、传输系统、终端设备以及实现互连互通的信令协议，即一个完整的通信网包括硬件和软件两部分。通信网的硬件一般由交换设备、传输链路、

终端设备组成,是构成通信网的物理实体,如图 1-9 所示。

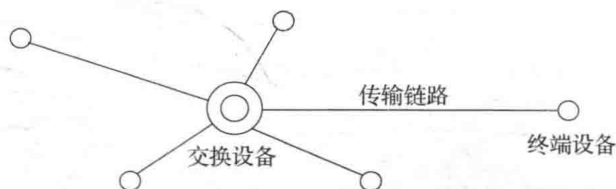


图1-9 通信网的基本要素

交换设备是现代通信网的核心。交换设备的基本功能是在通信网络大量的终端用户之间,根据用户的呼叫请求建立连接,相互传送语音、数据、图像等信息。常用的交换设备有电话通信网中的程控数字交换机,数据通信网中的分组交换机、网络交换机,宽带通信网中的 ATM 交换机、帧中继交换机,全光通信网中的光交换机等。

传输链路用于连接通信网内的网络节点和终端设备。以金属线或光纤为传输媒质的传输链路称为有线传输链路;以大气层、电离层或对流层为传输媒质的传输链路称为无线传输链路。最简单的传输链路就是简单的通信线路(如明线、电缆等)。常用的传输链路还有载波传输链路、PCM 传输链路、光纤传输链路、微波传输链路和卫星传输链路等。

终端设备即用户终端设备,是通信网中信息的源点(信源)和信息的终点(信宿)。当两个用户通过通信网进行通信时,信源称为主叫用户,信宿称为被叫用户。终端设备的主要功能有:① 完成需要发送的信息和在信道上发送的信号之间的相互转换;② 完成一定的信号处理功能;③ 能够产生和识别通信网内的信令信息或协议。

通信网的软件是指完成信息的传递和转接交换所必需的一整套协议、标准。

1.3 现代通信网的分层结构

传统通信网络由传输、交换、终端三部分组成。其中传输与交换部分组成通信网络,传输部分为网络的链路,交换部分为网络的节点。随着通信技术的发展与用户需求的日益多样化,现代通信网正处在变革与发展之中,网络类型及所提供的业务种类不断增加和更新,形成了复杂的通信网络体系。

1.3.1 现代通信网的分层结构

从不同的角度看,对通信网会有不同的理解和描述。其中水平描述基于用户接入网络实际的物理连接来划分,可分为用户驻地网、接入网和核心网,如图 1-10 所示。

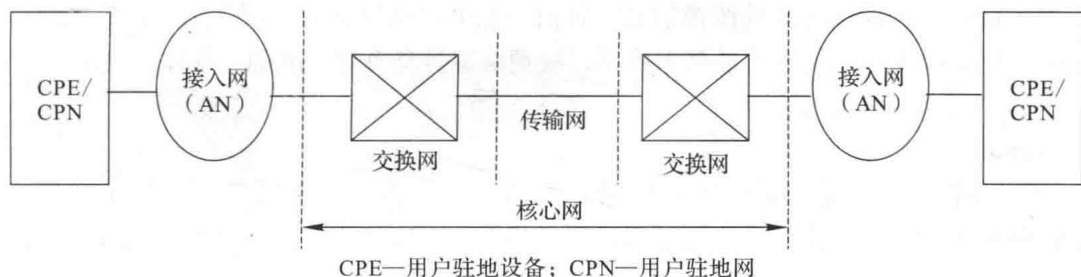


图1-10 水平描述的网络结构

垂直描述是从功能上将网络分为信息应用、业务网和接入与传送网，如图 1-11 所示。

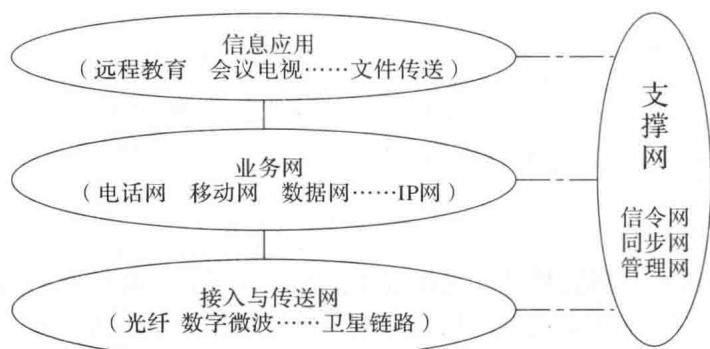


图1-11 垂直描述的网络结构

在垂直分层网结构中，信息应用表示各种信息应用与服务总类，业务网表示支持各种信息服务的业务提供手段与装备，接入与传送网表示支持业务网的各种接入与传送手段和基础设施。这使得各种通信技术与通信网络有机地融合，并能清晰地显现各种通信技术在网络中的位置和作用。支撑网用以支撑全部三个层面的工作，提供保证通信网正常运行的各种控制与管理能力。传统的支撑网包括信令网、同步网与管理网。

1.3.2 信息应用概述

在现代通信系统中，不管采用什么样的传送网结构以及什么样的业务网承载，最后真正的目的都是要为用户提供他们所需的各类通信业务，满足他们对不同业务服务质量的需求。因此，信息应用中的各种业务是直接面向用户的。

根据通信网络的分层结构，可以从信息应用的角度理解各应用层面所涉及的各种通信业务。通信业务主要包括模拟与数字视音频业务（包括普通电话、IP电话、移动电话、数字电话、可视电话、会议电视、广播电视、数字视频广播、点播电视、智能网等各种视音频业务），数据业务（如文件传输、电子邮件、电子商务等），多媒体通信业务（如远程教学、可视电话、会议电视）等。

1. 音 / 视频业务及终端

1) 音 / 视频业务

音频信息主要是指由自然界中各种音源发出的可闻声和由计算机通过专用设备合成的语音或音乐。音频信号是随时间变化的连续媒体，对音频信号的处理要求有比较强的时序性，即较小的延时和时延抖动。

视频信息即活动或运动的图像信息，它由一系列周期呈现的画面所组成，每幅画面称为一帧，帧是构成视频信息的最基本单元。视频信息具有直观、准确、具体、生动、高效、应用广泛、信息容量大等特点。

2) 终端

音频通信终端是通信系统中应用最广泛的一类终端，它可以是普通电话交换网络 PSTN 的普通模拟电话机、IC 卡电话机，也可以是 ISDN 网络的数字话机，以及移动通信网的移动手机。

视频通信终端，如各种电视摄像头、多媒体计算机用摄像头、视频监视器以及计算机显示器、电视接收机等，如图 1-12~图1-17 所示。



图1-12 普通模拟话机



图1-13 IC卡电话机



图1-14 手机



图1-15 摄像机

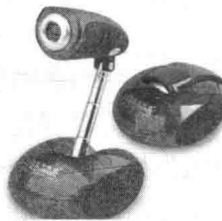


图1-16 多媒体计算机用摄像头

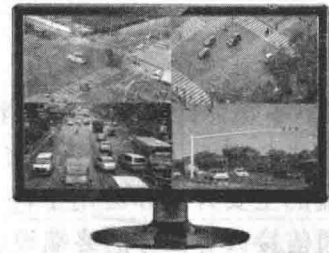


图 1-17 视频监视显示屏

2. 数据通信业务及终端

1) 数据通信业务

数据是指能够被计算机或数字设备进行处理的、以某种方式编码的数字、字母和符号。利用电信号或光信号的形式把数据从一端传送到另外一端的过程称为数据传输。

相对于其他信息内容的数字通信，数据通信比其他通信业务拥有更为复杂、严格的通信协议；对于视 / 音频业务实时性要求低，可采用存储转发方式工作；对于视、音频业务差错率要求高，必须采用严格的差错控制措施。

2) 数据终端

数据终端即数据通信终端，是指置于数据通信系统的源点和终点的数据信息的发送和接收装置，如电传打字机与打印机、个人计算机、专用终端 (如销售点终端 POS 机、信用卡确认设备、自动柜员机、计算机辅助设计终端 CAD 设备)，如图 1-18~图 1-21 所示。

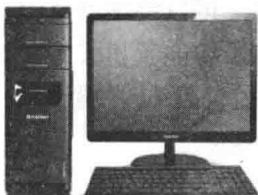


图 1-18 个人计算机

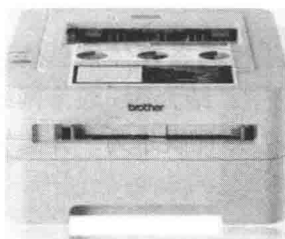


图1-19 打印机



图1-20 POS机



图1-21 ATM机



3. 多媒体通信业务及终端

1) 多媒体通信业务

多媒体技术是一种能同时综合处理多种信息,并在这些信息之间建立逻辑关系,使其集成为一个交互式系统的技术。多媒体的关键特性在于信息载体的多样性、交互性和集成性。

多媒体技术主要用于实时地综合处理声音、文字、图形、图像和视频等信息,将这些多种媒体信息用计算机集成在一起同时进行综合处理,并把它们融合在一起。

在多媒体通信业务中,信息媒体多种多样,数据量巨大,这就要求多媒体通信系统传输带宽或传输速率高,必要时,还要采用有效的信息压缩技术。

多媒体通信的实时性要求很严格。在实际中,影响多媒体通信实时性的因素包括网络速率、通信协议、语音处理(包括采样、编码、打包、传输、缓冲、拆包、译码)等因素。对于多媒体通信,由于媒体之间特性不一致,必须采用不同的传输策略。例如,采用服务质量描述,对语音采用短延迟、且延迟变化小的策略,对数据则采用可靠保序的传输策略。

2) 多媒体终端

(1) 多媒体计算机终端。多媒体计算机终端要求能处理速率不同的多种媒体,能灵活地完成各种媒体的输入/输出、人机界面接口等功能。目前,微型计算机已成为多媒体终端的主要开发和应用平台。以微机为核心,向外延伸出多媒体信息处理、输入/输出、通信接口等部分的终端设备可作为实现视频、音频、文本的通信终端,如进行不同的配置就可实现可视电话、会议电视、可视图文、Internet 等终端的功能,如图 1-22 和图 1-23 所示。



图1-22 可视电话

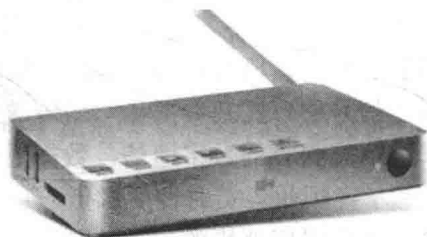


图1-23 网络电视机顶盒

(2) 机顶盒。开展交互视、音频业务所用的多媒体终端多为机顶盒终端。

(3) 可视电话终端。可视电话终端可实时传输视频、音频和数据等多媒体内容。

(4) 电视会议系统。利用数字视频技术,通过传输信道提供不同地点的多个用户,以电视方式举行面对面的远程会议。

(5) 多媒体智能手机。多媒体智能手机具备媒体信息处理能力,可以完成音乐及电影播放、拍照及摄录视频短片等多媒体应用。结合 3G 通信网络支持,智能手机发展成为一个功能强大,集通话、短信、网络接入、影视娱乐为一体的综合性个人手持终端设备。

1.3.3 业务网概述

业务网表示支持各种信息服务的业务提供网络。业务是向用户提供基本的话音、

数据、多媒体业务，在传送网的节点上安装不同类型的节点设备，则形成不同类型的业务网。

业务网包括电话网、数据网、智能网、移动网、IP网等，可分别提供不同的业务（见表1-2）。其中，交换设备是构成业务网的核心要素，它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配，实现一个用户和它所要求的另一个用户或多个用户之间的路由选择的连接。交换设备的交换方式可以分为两大类：电路交换方式和分组交换方式。

表 1-2 业务网的分类

业务网	主要提供业务	节点交换设备	节点交换技术
公用电话交换网(PSTN)	普通电话业务	数字电话程控交换机	电路交换
分组交换网(CHINAPAC)	X.25低速数据业务 < 64 kb/s	分组X.25交换机	分组交换
帧中继网(CHINAFRM)	租用虚拟电路(局域网互连等)	帧中继交换机	分组交换
数字数据网(DDN)	数据专线业务	数字交叉连接复用设备	电路交换
计算机IP网(CHINANET)	数据、IPTV、IP电话	路由器	分组交换
ATM网	数据	ATM交换机	ATM交换
智能网(IN)	智能业务	业务控制点(SCP) 业务交换点(SSP)	电路交换
移动通信网	移动语音 移动数据	移动交换机	电路交换 分组交换

1.3.4 接入与传送网概述

接入与传送网是指支持业务网的各种接入与传送手段和基础设施，包括同步数字传送网、光纤通信、无线通信和综合业务接入网。

从物理实现角度看，接入与传送网技术包括传输媒质、传输系统、传输节点设备以及接入设备技术等。

1. 传输媒质

信息需要在一定的物理媒质中传播，将这种物理媒质称为传输媒质。传输媒质是传递信号的通道。

传输媒质分为有线和无线两种。

有线媒质是指电磁信号在某种传输线上传输，如双绞线电缆、同轴电缆、光纤，如图1-24~图1-26所示。

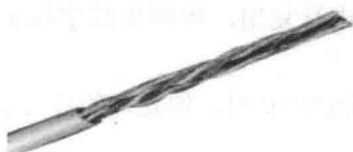


图1-24 双绞线

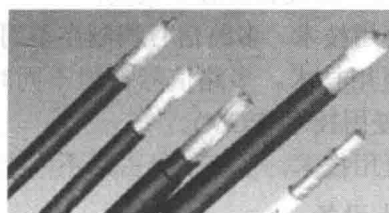


图1-25 同轴电缆