



新世纪高职高专教改项目成果教材
XINSHIJI GAOZHIGAOZHUAN JIAOGAI XIANGMU CHENGGUO JIAOCAI

交换技术

蒋青泉 主 编



高等教育出版社

新世纪高职高专教改项目成果教材

交 换 技 术

蒋青泉 主编

高等教育出版社

内容提要

本书全面系统地介绍了现代通信交换理论和主要技术,着重新技术、新业务的应用,注意交换技术的最新研究成果,重点论述各种交换技术的原理、网络结构、业务应用和互连互通。全书共分 12 章,内容包括:交换技术基础、程控数字交换技术、NO.7 信令技术、综合业务数字网、智能网、S1240 EC74 版程控交换设备、分组交换技术、ATM 交换技术、IP 交换技术、多协议标记交换技术、光交换技术、软交换技术。

本书内容新颖,层次清楚,实用性强,配有丰富的图表和习题,可适合不同层次读者的需要。本书可作为通信、电子、信息类高职高专学校的教材,也可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辅助教材,适合于通信技术人员、通信企业管理人员、营销人员和大专院校师生阅读或作为参考书。

图书在版编目(CIP)数据

交换技术/蒋青泉主编. —北京:高等教育出版社,
2003.7

ISBN 7 - 04 - 012561 - 7

I. 交... II. 蒋... III. 通信交换 - 高等学校 - 教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 037524 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京机工印刷厂		
开 本	787 × 1092 16 开	版 次	2003 年 7 月第 1 版
印 张	17	印 次	2003 年 7 月第 1 次印刷
字 数	410 000	定 价	21.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一些较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社
2002 年 11 月 30 日

前 言

现代通信网络正在向下一代网络演进,网络规模在迅速扩大,网络结构在不断优化,网络的技术水平在显著提高,交换技术作为其核心技术正在向综合化、宽带化、智能化方向发展。

为了培养适应现代通信技术应用型、技术型高级专业人才,提高通信企业职工的业务素质,保证现代通信网络优质高效安全运行,促进通信业务的发展,我们在总结多年教学实践的基础上,组织专业教师编写了《交换技术》一书。

《交换技术》系统地介绍了现代通信交换理论和主要技术,全书共分12章:交换技术基础、程控数字交换技术、No.7信令技术、综合业务数字网、智能网、S1240 EC74版程控交换设备、分组交换技术、ATM交换技术、IP交换技术、多协议标记交换技术、光交换技术、软交换技术。在编写过程中注意从培养技能出发,注重技术的实际应用,简明阐述了各种交换技术的基本原理、系统结构和支持的业务。本书涉及的技术标准和技术规范主要参考了ITU-T建议和信息产业部《中华人民共和国通信行业标准》。

本书结合了交换技术在通信企业的最新应用,内容全面、新颖,实用性强,深入浅出,各章后附有习题,便于自学。本书作为通信类专业教材,课时为60~100课时;电子、计算机和信息类高职高专各专业主要讲授第1~5章,课时为50课时左右。本书也可作为其他大专院校的教材或教学参考书及通信企业的职工培训教材。

本书由蒋青泉担任主编和统稿,并负责第1、2、3、5、6、8、10、11章的编写。第4、7、12章由雷新生编写;第9章由张治元编写。在本书的审稿过程中,得到了中南大学通信与信息系统研究所的王果平和王国才老师的热心帮助,提出了很多宝贵意见,特此致谢。

鉴于编者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,诚请读者批评指正。

编者

2003年1月

策	划	孙	杰
责	任	许	海平
封	面	于	涛
责	任	吴	文信
版	式	胡	志萍
责	任	存	怡
责	任	杨	明

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 82028899 转 6897 (010)82086060

传真：(010) 82086060

E-mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社法律事务部

邮编：100011

购书请拨打读者服务部电话：(010)64054588

通信系列

■ 光纤通信	林达权
■ 交换技术	蒋青泉
■ 数字移动通信系统原理及工程技术	马芳芳

目 录

第 1 章 交换技术基础	1	习题	111
1.1 交换的概念	1	第 6 章 S1240 EC74 版程控交换设备 ..	112
1.2 通信网的概念	5	6.1 S1240 系统结构	112
1.3 电话通信网	9	6.2 S1240 呼叫处理	128
1.4 数字同步网	11	6.3 S1240 操作与维护	134
1.5 信令方式	14	6.4 S1240 软硬件测试	149
1.6 计费方式	16	习题	156
1.7 编号方式	19	第 7 章 分组交换技术	158
1.8 话务理论	23	7.1 分组交换原理	158
习题	25	7.2 分组交换网络	163
第 2 章 程控数字交换技术	26	7.3 帧中继原理	169
2.1 程控数字交换机的组成	26	7.4 帧中继网络	172
2.2 数字交换网络	31	习题	177
2.3 呼叫处理	37	第 8 章 ATM 交换技术	178
2.4 程序的执行管理	46	8.1 ATM 协议参考模型	178
习题	51	8.2 ATM 交换原理	179
第 3 章 No.7 信令技术	52	8.3 ATM 交换机	184
3.1 No.7 信令方式概述	52	8.4 ATM 交换设备	187
3.2 S1240 交换机的 No.7 信令系统	65	8.5 ATM 宽带网络	192
3.3 No.7 信令网	68	习题	193
3.4 No.7 信令管理	72	第 9 章 IP 交换技术	194
3.5 No.7 信令维护	79	9.1 TCP/IP	194
习题	81	9.2 IP 交换概述	196
第 4 章 综合业务数字网 (ISDN)	82	9.3 IP 网络设备	199
4.1 ISDN 概述	82	9.4 宽带 IP 网络	202
4.2 N-ISDN	86	9.5 IP 电话	210
4.3 B-ISDN	89	9.6 移动 IP 网络	216
习题	91	习题	219
第 5 章 智能网	93	第 10 章 多协议标记交换技术	220
5.1 智能网概述	93	10.1 MPLS 概述	220
5.2 国家智能网	100	10.2 MPLS 网络体系结构	224
5.3 省内智能网	101	10.3 MPLS VPN	226
5.4 移动智能网	102	习题	229
5.5 智能公话网络	107	第 11 章 光交换技术	230
5.6 宽带智能网	109		

11.1 光交换器件	230	12.2 软交换功能结构	244
11.2 光交换基本方式	233	12.3 软交换协议结构	246
11.3 光交换控制协议	236	12.4 软交换提供的业务	248
11.4 全光网络	237	12.5 基于软交换的应用实例	249
习题	241	习题	252
第 12 章 软交换技术	242	附录:英文缩略语	253
12.1 软交换与 NGN	242	参考文献	262

第1章 交换技术基础

1.1 交换的概念

通信作为信息产业的基础,在推进社会信息化进程中发挥着先导和带动作用。随着通信技术的飞速发展,通信新业务不断涌现,电话通信和数据通信已成为现代社会应用最广泛的信息交流方式,是人们日常生活和工作中不可缺少的一部分。

通信是指利用有线、无线的电磁系统或者光电系统,传送、发射或者接收语音、文字、数据、图像以及其他形式信息的活动。一个有效的通信,能够让用户不管在何时、何地都可与其用户互相传递信息。

为了实现一个有效的通信就需要采用交换技术。所谓交换,就是通过交换局的交换设备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。任何一个主叫用户的信息,可以通过通信网络中的交换设备和传输设备发送给一个或多个被叫用户。

1.1.1 通信系统基本模型

传送信息所需的一切技术设备的总和称为通信系统。通信系统的基本模型如图1-1所示。

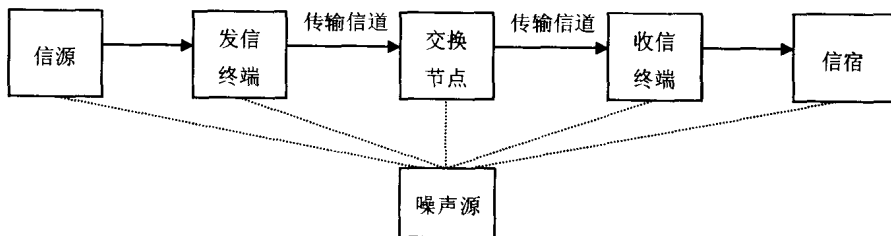


图 1-1 通信系统的基本模型

通信系统由以下几个部分组成：

(1) 信源和信宿

信源是指发出信息的信息源。根据信源输出信号的性质可分为模拟信源(如模拟电话机)和数字信源(如计算机)。模拟信源可通过抽样、量化和编码变为数字信源。

信宿是指信息传送的终端,即收信者。

(2) 发信终端和收信终端

发信终端用于将信源发出的信号变换成适合于在信道上传输的信号。收信终端完成与发信终端相反的变换。具有发信与收信功能的常见终端设备是调制解调器或数字信道传输设备。

(3) 传输信道

传输信道是指连接发信终端和收信终端之间的传输系统。按传输媒介不同可将传输信道分为有线信道和无线信道,如光纤通信使用有线信道传输,移动通信、微波通信使用无线信道传输;按传输信号形式不同将传输信道分为模拟信道和数字信道,如载波通信使用模拟信道传输,PCM(脉冲编码调制)通信使用数字信道传输。

(4) 交换节点

通信系统不仅要完成信息的传送,而且还要完成信息的交换。信息交换功能是由交换节点实现的,交换节点的主要设备是节点交换机,如电话通信系统中的程控数字交换机,数据通信系统中的分组交换机、DDN(数字数据网)节点机,宽带通信系统中的ATM交换机、帧中继交换机,光纤通信系统中的光交换机等。

(5) 噪声源

噪声干扰在实际通信系统中总是客观存在的,会造成有用信号的畸变,降低通信质量。外部的干扰和系统内部设备的噪声会在通信过程中产生杂音甚至串音。

1.1.2 交换节点的基本功能

· 当用户分布的区域较小时,可以设置单个交换节点,所有用户都连接到该交换节点的交换机上,由节点交换机控制任意用户之间的接续,如图1-2(a)所示。

当用户分布的区域较广时,就要设置多个交换节点,用户与就近交换节点的交换机相连,交换机之间通过中继线连接,如图1-2(b)所示。

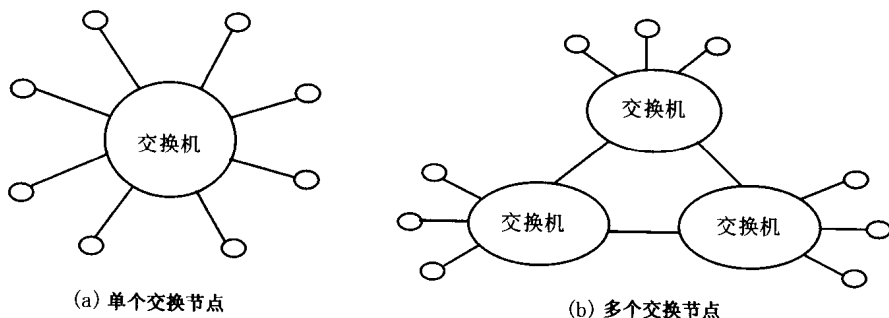


图 1-2 交换节点

交换节点一般具有控制、交换连接、接入等功能,具体来讲:

- ① 及时发现用户的接入请求、拨号接入 Internet 等。
- ② 根据用户请求通过交换机建立和拆除主、被叫之间的连接。
- ③ 通过交换机的软件控制呼叫接续的整个过程。
- ④ 根据用户的不同业务需求提供不同的交换业务,如转移呼叫、呼出限制等。

交换节点可以控制以下呼叫类型:本局呼叫、出局呼叫、入局呼叫和转接呼叫。本局呼叫是指本局用户之间的接续;出局呼叫是指本局用户与出中继模块之间的接续;入局呼叫是指入中继模块与本局用户之间的接续;转接呼叫是指入中继模块与出中继模块之间的接续。交换节点的功能是通过节点交换机的硬件和软件来实现的。

1.1.3 交换方式

交换技术从传统的电话交换技术发展到现在包括软交换在内的现代交换技术,其发展大致经历了人工交换、机电交换(步进制、纵横制)、电子交换(程控数字交换、分组交换、宽带交换)等阶段。交换方式主要有电路交换、分组交换和宽带交换。

1. 电路交换

电路交换的概念始于电话交换。传统电话网由传输线路、交换机和电话机组成,处于网络节点的电话交换机用来完成对主叫、被叫用户之间传输链路的选择和连接。一次长途电话呼叫建立一般需要经过发端局、转接局(汇接局)和收端局。交换机的作用是在主叫、被叫用户通话前根据信令将传输链路逐段连接起来,从而形成主叫至被叫的物理电路(一对实线、一个时隙或频段),通话结束时拆除该物理电路,这种交换方式称为电路交换方式。电路交换的基本过程包括呼叫建立、双方通话和电路释放 3 个阶段。

电路交换可分为模拟电路交换和数字电路交换(简称数字交换)。早期的步进制交换机、纵横制交换机采用模拟电路交换方式,称为模拟交换机;程控数字电话交换机采用数字电路交换方式,称为数字交换机。

电路交换具有以下特点:

① 实时交换。当主叫用户呼叫被叫用户时,应立即在主、被叫之间建立电路连接,如果没有空闲传输链路,呼叫就会失败。所以应配备足够的传输链路,使网络接通率达到规定值。

② 主、被叫通话期间独占一条物理电路,只要用户不发出释放信号,即使无信息传送,也要虚占物理电路。

③ 对传送的语音信息没有差错控制措施。

电路交换的优点是延时小、实时性好,交换设备成本低。电路交换的缺点是网络资源利用率低、电路接续时间长、通信效率低。

2. 分组交换

分组交换源于数据通信,它解决了数据通信的通信线路资源共享问题。数据通信的特点一是业务的突发性,二是高度的可靠性,而对实时性要求不严格。分组交换方式是在传统的存储转发式交换的基础上发展起来的一种新型交换方式,其工作过程是分组终端将用户要发送的数据分割为定长的一个个数据分组,每个分组有一个分组头,用以指明该分组发往的地址,然后按顺序送分组交换网发送。

常用的分组交换技术有 X.25 低速分组交换技术和帧中继技术。

X.25 低速分组交换以 ITU-T X.25 协议为基础,是面向计算机的数据通信网,它由传输线路、分组交换机、远程集中器和分组终端等基本设备组成。处于网络节点的分组交换机完成路由选择和流量控制,各节点包括终端在内均具有查错和重发功能,可以在终端与终端、终端与计算机、计算机与计算机以及局域网之间建立可靠的数据通信连接,完成分组信息的传送和交换业务。其优点是传输可靠性高,适用于误码率较高的通路;缺点是协议复杂、时延大,分组长度可变,存储管理复杂。最高速率为 64 kb/s(或 64 kbit/s)。

帧中继属于高速分组交换技术,又称简化的 X.25 技术。帧中继具有以下特点:

① 帧中继能够为用户提供简单的标准化接口。如 LAN 桥接器或路由器、前端处理机、分组

交换机和公用网之间的接口。

② 帧中继能够对用户信息流进行统计时分复用。可根据不同信息流动态分配带宽,提高了通信线路的利用率,减少了传输时延,适合突发性数据信息的传送。

③ 帧中继网络对错误帧采取丢弃方式。帧中继技术把出错后的重传纠错功能留给用户终端处理,帧中继由于功能简化,从而提高了传输效率。

④ 帧中继具有优良的带宽管理机制。帧中继网络为每个帧中继用户分配3个带宽控制参数:承诺突发量(B_c)、超诺突发量(B_e)和承诺信息速率(CIR),同时每隔 $T_c = B_c / CIR$ 时间间隔对虚电路上的数据流量进行监视和控制。

由于帧中继的上述特点,故开展帧中继业务应具备以下两个条件:

一是采用光纤传输;

二是采用智能终端。

3. 宽带交换

宽带交换综合了电路交换和分组交换的优势,支持高速和低速的实时业务,是一种适合于通信的交换和复用技术。

宽带通信网络由光纤传输线路、宽带交换机和各种宽带接入设备组成。宽带交换机是宽带通信网络的核心,可分为宽带骨干交换机、宽带边缘交换机和宽带接入交换机。宽带交换是新一代的电信业务技术,主要包括 ATM 交换、宽带 IP 交换和光交换。

宽带网即宽带综合业务数字网(B-ISDN),ATM 被 ITU-T 定义为 B-ISDN 的传送模式,也就是说在 B-ISDN 中,采用的交换方式是 ATM。

ATM 交换是一种基于信元的交换技术。任何形式的信息输入 ATM 网络就会转换为信元,即信息通过 ATM 适配层分割成固定长度的信元(Cell)。信元主要由信头和信息段两部分构成,共 53B(或 53byte),其中信头为 5B,信息段为 48B。

IP 交换的思想是对用户业务流进行分类。对持续时间长、业务量大、实时性要求较高的用户业务数据流直接进行交换传输,用 ATM 虚电路来传输;对持续时间短、业务量小、突发性强的用户业务数据流,使用传统的分组存储转发方式进行传输。

IP 交换机将 IP 路由器与 ATM 交换机捆绑在一起。

光交换是宽带通信网最具潜力的新一代交换技术,光交换可省去光/电、电/光的交换过程,充分利用光通信的宽带特性。光交换是实现未来全光通信网络的基础,目前应用的主要是一种基于波长的光交换技术。

宽带交换具有以下特点:

- ① 适用于实时交换和非实时交换。
- ② 采用新的路由选择方法,如 ATM 交换中按信头标记选择路由。
- ③ 支持不同速率的业务,可以是高速率,也可以是低速率。
- ④ 支持多媒体通信业务。
- ⑤ 适用于未来的通信网络。

宽带交换的优点是传输可靠性高、适用性强、传输效率高。宽带交换的缺点是设备价格贵、实现成本高。

1.2 通信网的概念

通信网是信息社会的基础设施,随着通信技术的发展、通信业务的增加,通信网的类型和结构也在发生变化。目前,我国通信网的数字化进程已基本完成,初步建立了一个现代通信网,现代通信网络正在向综合化、宽带化、智能化、个人化方向发展。

1.2.1 通信网的类型

1. 公用网与专用网

按区域和运营方式分为公用网与专用网。公用通信网是向社会公众开放的通信网。主要包括公用电话网和公用数据网。专用通信网是指机关、企业自建或利用公用资源在逻辑上建立一个仅供本部门内部使用的通信网,如用户小交换机(PABX)、虚拟用户交换机(Centrex)、校园网等。

2. 长途网与本地网

按服务范围分为长途网与本地网。

3. 电话通信网与数据通信网

按信息类型分为电话通信网与数据通信网。电话通信网包括公用电话交换网(PSTN)、公用陆地移动网(PLMN)、专用电话网、IP电话网。数据通信网包括基础数据网和IP数据网,其中基础数据网主要由公用分组交换数据网(PSPDN)、数字数据网(DDN)和帧中继网(FR)组成;IP数据网主要由IP骨干网、城域网和数据接入网组成。IP数据网实际上就是计算机通信网。

4. 业务网、传送网与支撑网

按技术层次分为业务网、传送网与支撑网。

业务网是指向用户公众提供通信业务的网络,包括固定电话网、移动电话网、IP电话网、数据通信网、智能网、综合业务数字网(ISDN)。

传送网是指数字信息传送网络,包括PDH传送网、SDH传送网和WDM传送网。由传输线路和传输设备组成的传送网是通信基础网络。

支撑网是指为业务网和传送网提供支撑的网络,保证通信网络的正常运行和通信业务的正常提供,包括No.7信令网、数字同步网和电信管理网。

1.2.2 通信网的基本构成

1. 通信网的基本结构

通信网的基本结构形式主要有网型网、星型网、复合型网、总线型网、环型网和树型网,如图1-3所示。

不同类型通信网的主要性能比较见表1-1。

2. 通信网的构成要素

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。通信网的硬件一般由交换设备、传输设备、通信线路、终端设备组成,是构成通信网的物理实体。

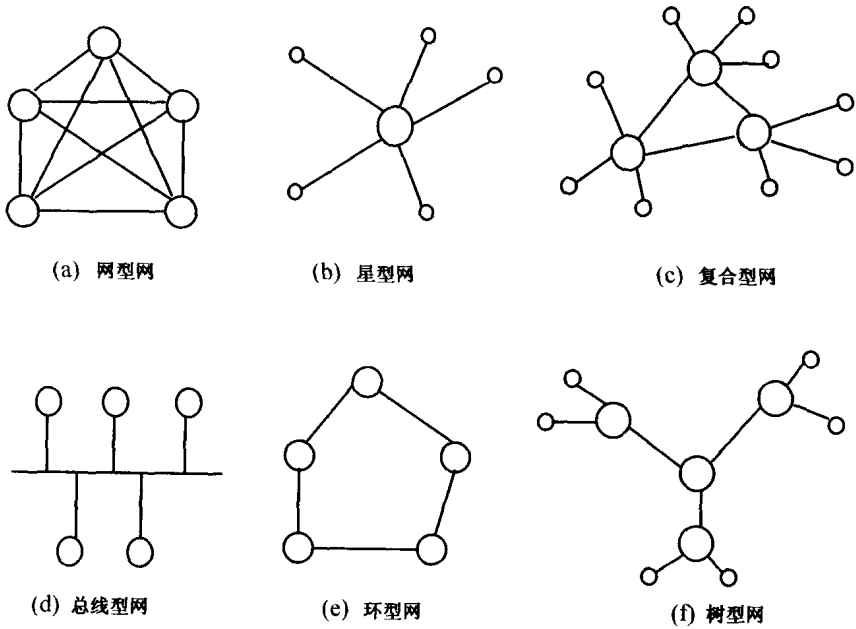


图 1-3 通信网的基本结构

表 1-1 不同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。

交换系统：交换设备是通信网的核心，它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、呼叫接续和分配。对于主要用于计算机通信的数据业务网，由于数据终端或计算机终端可有各种不同速率，同时为了提高传输链路利用率，可将流入信息流进行存储然后再转发到所需要的链路上去。这种方式称为存储转发方式，例如分组数据交换机就是这种交换方式。

传输系统：是信息传递的通道。它将用户终端设备与转接交换系统(节点)连接起来，形成网络。

终端设备：是通信网最外围的设备。一方面将用户要发送的各种形式的信息转变为适合于相关的电信业务网传送的电磁信号、数据包等；另一方面将通信网络中收到的电磁信号、符号、数据包等转变为用户可识别的信息。

通信网的软件是指通信网为能很好地完成信息的传送和交换所必需的一整套协议、标准，包

括通信网的网络结构、网内信令、协议和接口以及技术体制、技术标准等,是通信网实现电信服务和运行支撑的重要组成部分。

1.2.3 通信网的质量

直接反映通信服务质量和水平有两项指标:服务质量(非技术性)指标和通信质量(技术性)指标。其中通信网的质量可分为接续质量、传输质量与稳定质量。

对于电话通信网,接续质量包括接通率、掉话率、时延;传输质量包括响度、清晰度与逼真度;稳定质量包括系统的可靠性。对于数据通信网络,接续质量包括接通率、呼叫建立时延;传输质量包括传输时延、传输误码率;稳定质量包括网络的可用性。

1. 电话通信网质量指标

(1) 网络接通率

网络接通率是在忙时统计的用户应答、用户忙和用户久叫不应次数与总呼叫次数之比。

固定电话网:固定网内长途呼叫的接通率 $\geq 85\%$;固定网内本地呼叫的接通率 $\geq 95\%$ 。

移动电话网:网络接通率 $\geq 80\%$ 。

(2) 通话中断率

通话中断率(掉话率)是用户通话时,网络为其提供持续服务的能力。

固定电话网:通话中断率(掉话率) $< 2 \times 10^{-4}$ 。

移动电话网:通话中断率(掉话率) $< 5\%$ 。

(3) 拨号后时延

拨号后时延是用户拨号终了至网络送出回铃音、忙音或给出语音提示的时间间隔。

固定电话网:长途呼叫拨号后时延平均值 $\leq 6\text{s}$;本地呼叫拨号后时延平均值 $\leq 2.2\text{s}$ 。

移动电话网:移动用户拨打固定用户的拨号后时延 $\leq 15\text{s}$;

固定用户拨打移动用户的拨号后时延 $\leq 25\text{s}$;

移动用户拨打移动用户的拨号后时延 $\leq 30\text{s}$ 。

(4) 计费差错率

计费差错率: $\leq 10^{-5}$ 。

2. 数据通信网质量指标

(1) 传输时延

分组交换:分组传输时延是指从一个分组的最后一个比特进入网络的源节点开始,到该分组的第一个比特离开终点节点的时间。

帧中继:帧传输时延是指用户终端之间通过帧中继网传送信息所需的时间。

DDN:数据传输时间是指端到端单方向的数据传输时间,对 64 kb/s 的专用电路 $\leq 40\text{ ms}$ 。

(2) 帧丢失率

帧丢失率是指丢失的用户信息帧占有所有发送帧的比率。

(3) 残余错帧率

残余错帧率是指残余错帧占有所有接收帧的比率。

(4) 网络可用性

网络可用性是指端到端全网能提供无故障服务的时间占运行时间的百分比, $A = 99.99\%$ 。