

电力信息通信 实用技术

电力通信部分

湖北省电力公司信息通信分公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



014005191

TN915.853
04
V2

电力信息通信 实用技术

电力通信部分

湖北省电力公司信息通信分公司 组编



TN915.853
04
V2



北航 C1692217

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

181200410

内 容 提 要

随着电力企业信息化水平的不断发展,电力信息网络规模越来越大,通信技术要求越来越高。为满足广大从事电力信息通信工作技术人员的岗位技能需求,湖北省电力公司信息通信分公司组织多年从事电力系统职业培训和技能鉴定的专家,从电力信息通信技术的基本概念、基本理论和实际应用出发,结合“三集五大”改革后对岗位技能的要求,编写了《电力信息通信实用技术》(包括《电力通信部分》和《电力信息部分》)。

本书是《电力通信部分》,主要介绍了通信网概述及其发展、光纤通信技术原理与应用、SDH 网络技术原理与应用、程控交换机技术原理与应用、数字微波通信技术原理与应用、电力载波通信技术原理与应用、视频会议技术原理与应用、ISDN 和 ATM 技术原理与应用共八章。为更好地帮助大家理解和灵活运用各种技术,部分章节附有相关练习题。同时,附录中给出了练习题的答案,方便大家核查。

本书可作为从事电力信息通信系统工作的施工人员、技术人员和管理人员培训用书,还可作为电力信息通信系统各类技术人员参加各种技术考试和知识竞赛的参考用书。同时,也可作为新员工、复转军人等的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力信息通信实用技术. 电力通信部分/湖北省电力公司信息通信分公司组编. —北京:中国电力出版社,2013.10

ISBN 978-7-5123-4856-1

I. ①电… II. ①湖… III. ①电力通信系统 IV. ①TM7
②TN915.853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 200068 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 523 千字

印数 0001—2000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

在“十二五”期间国家电网公司提出了将全面开展“坚强智能电网”的建设。所谓“坚强智能电网”是以坚强电网架构为基础，将现代先进的传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与物理电网高度集成而形成的新型电网。它以充分满足用户对电力的需求和优化资源配置，确保电力供应的安全性、可靠性和经济性，满足环保约束，保证电能质量，适应电力市场化发展等为目的，实现对用户可靠、经济、清洁、互动的电力供应和增值服务。因此，电力信息通信技术在电网中将起着神经中枢的作用。为响应国家智能电网的发展要求，为电力企业职业培训提供实用特色教材，编者根据多年在电力系统从事职业技术教育和技能鉴定的经验，从电力信息通信技术的基本概念、基本理论和实际应用出发，结合目前信息通信发展的新技术和在电力系统应用的实际情况而编写了本丛书。

本套丛书分《电力通信部分》和《电力信息部分》两个分册，其中《电力通信部分》主要介绍了目前电力系统正在使用 and 发展的通信系统和技术，具体内容包括现代通信网及其发展概述、光纤通信技术、SDH 通信技术、程控交换机、数字微波通信、电力载波通信、视频会议技术、ISDN 和 ATM 等技术的原理与应用。此外，还介绍了与电力通信密切相关的通信发展新技术，例如新一代 SDH 技术、全光通信网、软交换技术、电力线载波通信(PLC)技术和未来最具发展前景的十大通信技术领域。《电力信息部分》从目前电力信息系统的实际应用情况着手，介绍了计算机信息网络技术、以太网技术、网络服务器及系统、数据库系统技术、数据存储与备份技术、信息网络一体化平台、网络信息安全与管理技术和信息网络综合监控技术。在此基础上，还增加了一些目前比较新的信息技术，如万兆以太网技术、IPv6 技术、高层交换技术、云计算及虚拟存储技术等。在编写中，力求以“三基”(即基本概念、基本原理和基本应用)为出发点，重点讲述实际应用技术，考虑到参加工作的人员时间和精力有限，对于理论性强，计算过于复杂的内容尽量回避，提取其精髓内容，采取图表结合，深入浅出的方法，使文字叙述简洁明了、通俗易懂。

本书的通信技术部分由高级工程师樊启柏同志主编，通信技术首席工程师冯伟东同志主审。同时，在编写过程中得到了湖北省电力公司信息通信分公司的领导、专家和有关人员的大力支持和帮助。此外，湖北工业大学樊立攀同学对本书部分内容进行了校核，肖倩同学对部分习题和答案进行了编排。在此对上述给予支持和帮助的各位领导专家和同志们表示衷心的感谢。

由于时间仓促，作者水平匮乏，不免存在很多缺点和错误，敬请各位专家和读者海涵，并诚恳希望各位专家和读者批评指正，以便作者在下次的更新改版中修正。

编者

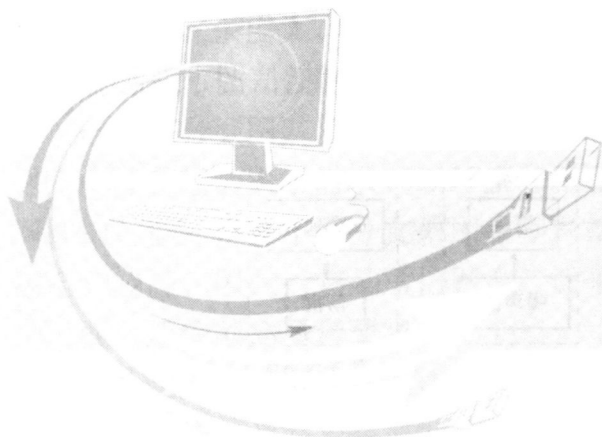
2013 年 6 月

目 录

前言

第一章 通信网概述及其发展	1
第一节 现代通信网概述	1
第二节 现代通信网的技术组成	4
第三节 通信网及系统的分类	8
第四节 电力通信网概述	13
第五节 未来通信技术的发展趋势	16
第二章 光纤通信技术原理与应用	23
第一节 光纤通信概述	23
第二节 光纤的结构及分类	25
第三节 光纤的传输特性	32
第四节 光发射机技术原理	34
第五节 光接收机技术原理	40
第六节 常用光器件	49
第七节 常用光纤测试仪的性能介绍	63
第八节 光接口类型和参数	67
第九节 全光通信网	69
第十节 EPON 技术介绍	76
练习题	79
第三章 SDH 网络技术原理与应用	88
第一节 SDH 网络概述	88
第二节 SDH 信号的帧结构和复用	91
第三节 SDH 设备的逻辑构成	100
第四节 SDH 网络结构及其保护机理	109
第五节 定时与同步	118
第六节 SDH 网络管理	125
第七节 传输性能度量	128
第八节 新一代 SDH 技术简介	131
练习题	135
第四章 程控交换机技术原理与应用	146
第一节 电话通信网概述	146

第二节	电话交换机的发展及概况	151
第三节	程控交换机基本知识	152
第四节	程控交换机的硬件组成	156
第五节	程控交换机的软件组成	165
第六节	信令系统	169
第七节	IP 网络电话	176
第八节	呼叫中心基本技术	179
第九节	软交换技术	182
	练习题	185
第五章	数字微波通信技术原理与应用	192
第一节	微波通信的概念及特点	192
第二节	脉冲编码调制原理	194
第三节	调制与解调技术	205
第四节	数字微波通信技术原理	209
第五节	微波中继站系统	218
第六节	视距传输特性	221
	练习题	224
第六章	电力载波通信技术原理与应用	230
第一节	电力载波通信系统概述	230
第二节	高频通道的设备组成	231
第三节	电力载波通信技术原理	234
第四节	电力载波机与其他通信设备的接口	236
第五节	载波通信技术中的规定	240
第六节	电力载波机的测试与调整	241
第七节	电力线载波通信 (PLC) 新技术	246
	练习题	249
第七章	视频会议技术原理与应用	256
第一节	视频会议系统概述	256
第二节	视频会议体系标准简介	257
第三节	高清视频会议技术要求	270
第四节	视频会议系统的构成	275
第五节	视频会议系统主要功能及要求	282
	练习题	291
第八章	ISDN 和 ATM 技术原理与应用	295
第一节	综合业务数字网 (ISDN)	295
第二节	异步传输网 (ATM)	303
	附录 练习题答案	314



第一章

通信网概述及其发展

第一节 现代通信网概述

一、通信网的基本概念

通信网是由具有一定数量的通信设备节点（包括终端设备和交换设备）和传输链路节点相互有机地组合在一起，以实现两个或多个规定点间信息传输的通信体系。换句话说，通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体，用以完成规定的业务功能，其功能是以适应客户交流需求，传输网内任意两个或多个客户之间的业务信息。

通信网一般由硬件系统和软件系统组成。硬件系统主要由 3 个部分组成，即终端设备、传输链路和交换设备。在硬件构成的基础上，合理配置相应的软件系统，才能使全网各个部分有机协调地工作。软件系统包含各种协议、网络结构、路由方案、信令方案、编号方案、质量标准和资费规则等。下面分别介绍通信网硬件系统各个组成部分。

（1）终端设备。终端设备是用户与通信网之间的物理接口设备，它主要包括信源、信宿及变换器与反变换器部分。终端设备的功能有以下三个：

1) 将待传送的信息与在传输链路上传送的信号进行相互转换，在发送端将信源产生的信息转换成适合于在传输链路上传送的信号，在接收端则完成相应的逆变换。

2) 信号处理设备将信号与传输链路相匹配。

3) 产生和识别网内所需的信令，按规定的协议完成一系列控制作用。

（2）传输链路。传输链路是连接网络节点的媒介，是信息的传输通道。信道有狭义信道和广义信道之分，狭义信道是单纯的传输媒介（比如一条电缆）；广义信道除了传输媒介以外，还包括相应的变换设备。传输链路可以分为多种不同的类型，它们各有不同的实现方式和适用范围。按照有无复用及复用的方式，传输链路可分为 3 类，即实线传输链路（无复用）、频分载波传输链路（FDM）和时分数字传输链路（TDM）。目前广泛应用的是时分数字传输链路（TDM）。

（3）交换设备。交换设备是构成通信网的核心要素，其基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配信息，实现一个呼叫终端（用户）与所要求的另一个或多个终端（用户）之间的路由选择和信息连接。按交换方式划分，交换设备可以分为电路交换（Circuit Switching）、报文（信息）交换（Message Switching）和分组（包）交换（Packet Switching）三类。

二、通信网的基本模型

通信网可以概括为一个统一的模型，如图 1-1 所示。这一模型包括信源、变换器、信道、噪声源、交换设备、反变换器和信宿等部分。

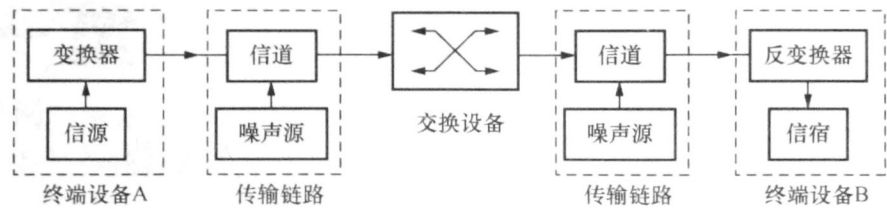


图 1-1 通信网的基本模型示意图

通信网的基本形式是在信源和信宿之间建立起一条传输通道，当多个用户之间进行通信时，最简单的方法就是在任意两个用户之间用直达线路完全互联，通信效果好，但当用户数量很多时，互联线路数量很大，不易实现，最可行的方法就是将各个用户终端通过一个具有交换功能的网络连接起来，使得任何接入该网络的两个用户终端通过网络来实现交换操作。

三、通信网的基本结构

通信网的基本结构主要有链型、星型、树型、环型、网孔型和复合型，如图 1-2 所示。图中的 TM、ADM 和 DXC 等设备是 SDH 网络系统的网元，其定义和功能说明将在第三章

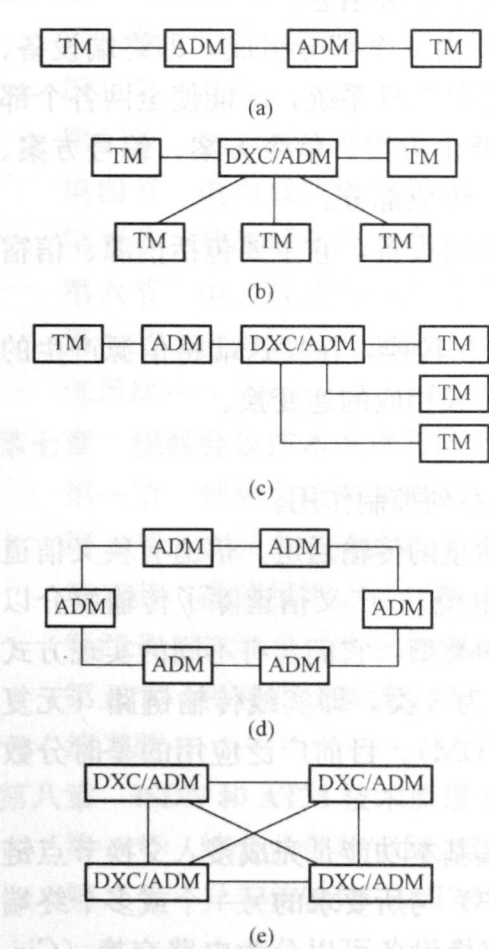


图 1-2 通信网的基本结构
(a) 链型；(b) 星型；(c) 树型；
(d) 环型；(e) 网孔型

中介绍。

(1) 链型网。链型网的网络结构是将所有网络节点都连接在一个链路上，其结构如图 1-2 (a) 所示。这种网络结构的特点是传输链路简单，增减节点方便，但稳定性较差，网络范围受到限制。

(2) 星型网。星型网也称为辐射网，以一个节点作为中心点，该点与其他节点均有线路相连，其结构如图 1-2 (b) 所示。这种网络结构的特点是连接方便、建设经济、运行稳定。

(3) 树型网。树型网的结构是节点按层次进行连接，信息交换主要在上、下节点之间进行，其结构如图 1-2 (c) 所示。这种网络结构主要在用户接入网或用户线路网中使用。另外，主、从同步方式网中的时钟分配也采用树型结构。

(4) 环型网。环型网是将网中所有节点组成环路，其结构如图 1-2 (d) 所示。这种网络结构的特点是可以采用自愈环对网络进行自动保护，所以其稳定性比较高。

(5) 网孔型网。网孔型网是网内任何两个节点之间均有线路相连，犹如网状形，其结构如图 1-2 (e) 所示。如果有 N 个节点，则需要 $N(N-1)/2$ 条传输链路，显然，当节点数增加时，传输链路数将迅速增大。这种

网络结构的冗余度大、稳定性好,但线路利用率不高、经济性较差。因此,在可靠性要求极高的情况下才优先选用此类网络结构。

(6) 复合型网。复合型网一般是由两个或多个简单的网络组成。在实际工作中,可以根据网中业务量的大小需求,以环型和星型网为基础,对业务量较大的转接交换中心采用环型网结构,业务量较小的分支采用星型网结构。采用环型网和星型网结合可以使整个网络比较稳定和经济。因此,它是通信网中广泛采用的一种网络结构。

四、通信网的质量要求

为了能充分发挥通信网快速、有效和可靠地传递信息的作用,对通信网一般提出三项要求,即接通的任意性与快速性、信号传输的透明性与质量的一致性、网路的可靠性与经济合理性。

(1) 接通的任意性与快速性。接通的任意性与快速性是指网内的任意一个用户能快速地接通网内其他任意用户,是通信网应具备的基本要求。如果有些用户不能与其他一些用户通信,则这些用户必定不在同一个网内;如果不能快速地接通,有时会使要传送的信息失去价值,这种接通将是无效的。实践证明,影响接通的任意性与快速性的主要因素有:

1) 通信网的拓扑结构。如果网路的拓扑结构不合理会增加转接次数,使阻塞率上升和时延增大。

2) 通信网的网络资源。网络资源不足的后果会增加阻塞概率。

3) 通信网的可靠性。可靠性低会造成传输链路或交换设备出现频繁故障,甚至丧失其应有的通信功能。

(2) 信号传输的透明性与质量的一致性。透明性是指在规定业务范围内的信息都可以在网内传输,对用户不加任何限制。传输质量的一致性是指网内任何两个用户通信时,具有相同或相仿的传输质量,而与用户之间的距离无关。通信网的传输质量直接影响通信的效果,不符合传输质量要求的通信网是没有意义的。因此要制定传输质量标准并进行合理分配,使网中的各部分均满足传输质量指标的要求。

(3) 网络的可靠性与经济合理性。可靠性对通信网是至关重要的,一个可靠性不高的通信网会经常出现故障乃至中断通信,这样的网是不可用的,但绝对可靠的网是不存在的。所谓可靠是指在概率的意义上,使平均故障间隔时间达到要求。可靠性必须与经济合理性结合起来,提高可靠性往往要增加投资,但造价太高又不易实现,因此,应根据实际需要在可靠性与经济性之间取得折中和平衡。

以上是对通信网的基本要求,除此之外,人们还会对通信网提出一些其他要求,而且对于不同业务的通信网,上述各项要求的具体内容和含义将有所差别。

五、通信网的发展特点

随着经济的迅速发展,人类已进入信息化时代,对信息服务的需求不断增加,信息通信的重要性将显得尤为突出。通信网不但要在容量和规模上不断扩大,还要在业务和功能上不断创新,从而才能满足人类对信息服务日益增长的需求。

从通信网在设备方面的各要素来看,终端设备正在向可视化、智能化、多功能化发展;传输链路正在向光纤化、数字化、高宽带化发展;交换设备正在向数字程控化、综合业务化和软交换方向发展。总之,未来的通信网正向着信号数字化、网络宽带化、技术标准化、业务综合化、系统智能化和使用个人化的方向发展。

(1) 信号数字化。信号数字化就是在通信网中全面使用数字技术，包括数字传输、数字交换和数字终端等。由于数字通信具有容量大、质量好、可靠性高和保密性强等优点，因此数字化技术已成为通信网发展的主流方向。

(2) 网络宽带化。随着要传递和处理的信息量越来越大，高速大容量宽带网络是必然趋势。因此从设备到系统，从处理、存储到传递，从传输到交换无不向高速大容量的要求发展。

(3) 技术标准化。技术标准化就是为用户提供标准的网络接口、通信协议和功能模块，这样使用简单、扩充方便，通用性和可移植性强。

(4) 业务综合化。业务综合化就是把来自各种信息源的业务综合在一个数字通信网中传送，为用户提供综合性服务。目前已有的通信网一般是为某种业务单独建立的，如电话网、数字业务网和广播电视网等。随着多种通信业务的出现和发展，如果继续各自单独建网，将会造成网络资源的巨大浪费，而且给用户带来使用上的不便。因此需要建立一个能有效地支持各种通信业务的统一的通信网，它不但能满足人们对语音、数据、广播电视和各种新业务的需要，而且能满足未来人们对信息服务的更高要求。

(5) 系统智能化。系统智能化就是在通信网中更多地引进智能因素建立智能网。其目的是使网络结构更具灵活性，使用户对网络具有更强的控制能力，以有限的功能组件实现多种业务。智能网将改变传统的网络结构，对网络资源进行动态分配，将大部分功能以单元形式分散在网络节点上，而不是集中在交换局内。每种用户业务可由若干个基本功能单元组合而成，不同业务的区别在于所包含的基本功能单元不同和排序不同。

(6) 使用个人化。使用个人化是指任何人在任何时间和任意位置都能与任何地方的另一个人进行通信，通信的业务种类仅受接入网与用户终端能力的限制。它将改变以往将终端/线路识别作为用户识别的传统方法，采用与网络无关的唯一的个人通信号码。个人号码不受地理位置和使用终端的限制，适用于有线和无线系统，给用户带来充分的终端移动性（即用户可在携带终端连续移动的情况下进行通信）、个人移动性（即用户能在网络中任何地理位置上的终端进行通信）和使用的个性化。

第二节 现代通信网的技术组成

现代通信网主要是由传递各种用户信息的业务网和支撑这种业务运行的信令网、同步网

和管理网等组成的，其结构示意图如图 1-3 所示，下面分别对其组成部分及技术进行介绍。

一、业务网及技术

业务网也称用户信息网，是现代通信网的主体业务网，是向用户提供诸如电话、电报、传真、数据、图像等各种电信业务的网络。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。

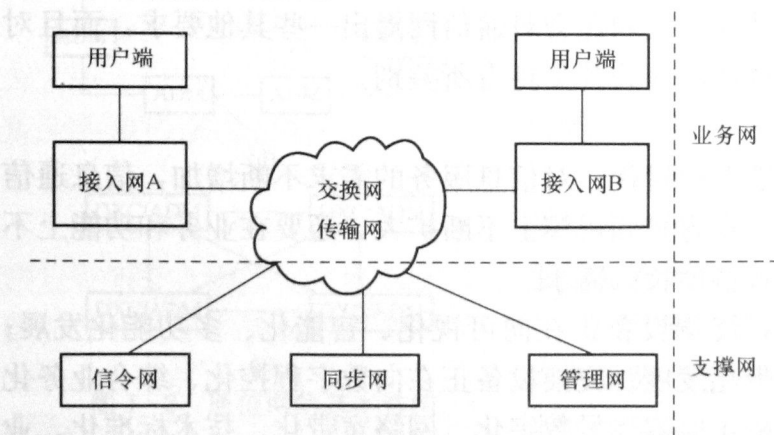


图 1-3 现代通信网的组成结构示意图

业务节点设备主要包括各种交换机（电路交换、X.25、以太网、帧中继、ATM 等交换机）、路由器和数字交叉连接设备（DXC）等。DXC 既可作为通信基础网的节点设备，也可以作为 DDN 和各种非拨号专网的业务节点设备。业务网包括电话网、数据网、智能网、移动网等，可分别提供不同的业务。

业务网按其功能又可分为传输网、交换网、接入网和终端系统四个部分，分别对应的有传输网技术、交换网技术、用户接入网技术和用户终端系统技术。下面分别介绍如下。

1. 传输网技术

传送网是一个庞大复杂的网络，由许多单元组成，完成将信息从一点传递到另一点或另一些点的功能，如传输电路的调度、故障切换、分离业务等。传输链路是信息的传输通道，是连接网络节点的媒介。它一般指信源和信宿之间（或两个节点之间）的传输介质与通信设备。根据信道的定义，我们这里所说的传输链路指的是广义信道。传输链路可以分为不同的类型，它们各有不同的实现方式和使用范围。从物理实现角度看，传送网技术包括传输系统、传输节点设备和传输介质。

(1) 传输系统。传输系统包括传输设备和传输复用设备。携带信息的基带信号一般不能直接加到传输介质上进行传输，需要利用传输设备将它们转换为适合在传输介质上进行传输的信号，如光、电等信号。传输设备主要有微波收发信机、卫星地面站收发信机和光端机等。为了在一定传输介质中传输多路信息，需要有传输复用设备将多路信息进行复用与解复用。传输复用设备目前可分为三大类，即频分复用、时分复用和码分复用设备。

(2) 传输节点设备。传输节点设备包括配线架、电分插复用器（ADM）、电交叉连接器（DXC）、光分插复用器（OADM）、光交叉连接器（OXC）等。另外不同类型的业务节点可以使用一个公共的用户接入网，实现由业务节点到用户接入网的信息传送，因此可将接入网看成是传送网的一个组成部分。

(3) 传输介质。在通信系统中，传输网中可以采用各种类型的传输介质和传输体系结构，如同轴电缆、微波、卫星以及光纤等。

从传输媒质上说，随着光纤通信技术的发展，干线传输网的物理介质由光纤占据了主要位置，作为现代骨干网络的数字线路，代表的有两个主要标准：一个是数字电话标准，另一个是光纤传输的 STS（Synchronous Transport Signal）标准。数字电话标准，在美国的命名方式是以字母 T 打头，后跟一个数字，日本则采用一个 T 系列的修改版本，欧洲也选择了一个稍微不同的方案，以字母 E 打头。表 1-1 列出了北美和欧洲常用的数字电话线路标准，我国采用的是欧洲标准。

表 1-1 北美和欧洲常用的数字电话线路标准

名称	位速率 (Mbit/s)	语音线路数	使用地区
T1	1.544	24	北美
T2	6.312	96	北美
T3	44.736	672	北美
E1	2.048	30	欧洲
E2	8.448	120	欧洲
E3	34.368	480	欧洲

光纤传输的 STS 标准, 是高速大容量线路标准, 见表 1-2。

表 1-2

光纤传输标准

SONET 标准名	光纤名	SDH 标准名	位速率 (Mbit/s)	语音线路数
STS-1	OC-1	—	51.840	810
STS-3	OC-3	STM-1	155.520	2430
STS-12	OC-12	STM-4	622.080	9720
STS-24	OC-24	STM-8	1244.160	19 440
STS-48	OC-48	STM-16	2488.320	38 880
STS-192	OC-192	STM-64	9953.280	155 520

从传输技术上说,随着高速大容量数据传输技术的引入,原先基于点对点传输的准同步数字系列 PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) 技术体制,在用户业务需求扩展方面暴露出了一系列固有缺陷,从而导致了同步数字体系 SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 的诞生。新的体系既能迅速、经济地为用户提供实时和宽带业务,又能成为支撑新一代电信传输网的主流。此外,异步模式 ATM 传输系统也作为一种干线传输方式的补充,迅速被多媒体通信业务所采用。但在信息网潮流的冲击下,目前发展最为迅速的还是以互联网技术为代表的 IP 网络,已全面走进人类的工作、学习和生活领域。

2. 交换网技术

交换网包含的内容很广泛，其基本功能是在任意的人线和出线之间建立连接，按照不同交换方式的要求，进行物理连接或是虚拟连接。交换设备是构成交换业务网的核心要素，用来完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配，实现一个呼叫终端（用户）和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择的连接。交换设备的交换方式可以分为电路交换和分组交换两大类。

(1) 电路交换技术。以电路连接为目的的交换方式叫电路交换方式。电话网中就是采用电路交换方式。如果需要在两部话机之间进行通话，只需用一对线将两部话机直接相连即可。如果有成千上万部话机需要互相通话，就需要将每一部话机通过用户线连到电话交换机上，交换机根据用户信号（摘机、挂机、拨号等）自动进行话路的接通与拆除。因此，我们可以体会到，电路交换的动作，就是在通信时建立（即连接）电路，通信完毕时拆除（即断开）电路，至于在通信过程中双方传送信息的内容，与交换系统无关。

(2) 分组交换技术。公共数据网是根据数据通信的突发性和允许一定时延的特点, 采用了存储—转发分组(包)交换技术。数据网包括 X.25 分组交换网、帧中继网(FR)、数字数据网(DDN)、智能网(IN)、综合业务数字网(ISDN)、异步转移模式(ATM)网等。随着计算机联网用户的增长, 数据网带宽不断拓宽, 网络节点设备不断更新, 在这个发展过程中不可避免地出现新老网络交替、多种数据网并存的复杂局面。在这种情况下, 一种能将遍布世界各地各种类型数据网连成一个大网的 TCP/IP 协议应运而生, 从而使采用 TCP/IP 协议的国际互联网(Internet 或 IP 网)一跃而成为目前全世界最大的信息网络。另外, 随着信息交换技术竞争的加剧, 与上述电交换完全不同的光交换技术, 则正在走向成熟。

3. 用户接入网技术

用户接入网的概念是近年来由国际电信联盟 (ITU-T) 正式提出的, 是一个适用于各种

业务和技术,有严格规定并有较高功能描述的网络概念。

虽然用户接入网的发展核心是数字化和宽带化,但是和主干网相比,这一过程远为复杂:一方面是它和大量用户相连的一点到多点的连接;另一方面必须充分考虑经济性能和用户需求,采取因地制宜、逐步演进的方式。为此,各国通信界综合运用现有技术,提出了许多不同的用户接入技术。

(1) 数字用户线。有多种类型的数字用户线技术可供选择,由于大多数用户是下载而不是上传数据,非对称数字用户线(ADSL)和超高速数字用户线(VDSL)提供的下行速率比上行速率高,根据不同的环路长度,XDSL系统可以提供128kbit/s~52Mbit/s的速率。

(2) 接入光纤。用户网光纤化有很多方案,有光纤到路边(FTTC)、光纤到小区(FT-TZ)、光纤到办公室(FTTO)、光纤到楼面(FTTF)、光纤到家庭(FTTH)等。

(3) 电力线载波通信(PLC)。它是来自电力系统的一种非传统的高速接入技术。

(4) 无线宽带接入技术。它可以分为移动接入和固定接入两大类。移动无线接入网包括蜂窝区移动电话网、无线寻呼网、集群电话网、卫星全球移动通信网直至个人通信网等,是当今通信行业中最活跃的领域之一。

4. 用户终端系统技术

用户终端系统技术主要包括以下几种:

(1) 音频通信终端技术。音频通信终端是通信系统中应用最为广泛的一类通信终端,它可以是应用于普通电话交换网络PSTN的普通模拟电话机,也可以是应用于ISDN网络的数字电话机,以及应用于移动通信网的无线手机。

(2) 图形图像通信终端技术。图形图像通信终端,如传真机,它是把纸介质所记录的文字、图表、照片等信息,通过光电扫描方法变为电信号,经公共电话交换网络传输后,在接收端以硬拷贝的方式得到与发端相同(或相类似)的纸介质信息。

(3) 视频通信终端技术。视频通信终端,如各种电视摄像机、多媒体计算机用摄像头、视频监视器以及计算机显示器等。

(4) 数据通信终端技术。数据通信终端,如调制解调器、ISDN终端设备、多媒体计算机终端、机顶盒、可视电话终端等。要特别说明的是,对于广播电视网中的业务应用,并不是简单地采用点到点通信结构与上述的终端技术,而是由电台或电视台向千家万户以广播(或交互)的方式传送信息 and 提供服务。

二、支撑网及技术

支撑网是保证业务网正常运行,增强网络功能,提供全网服务质量以满足用户要求的网络。在各个支撑网中传送相应的监测和控制信号。支撑网包括信令网、同步网和管理网。

(1) 信令网技术。在通信网中,除了传递业务信息外,还有相当一部分信息在网上流动,这部分信息不是传递给用户的语音、图像或文字等业务信号,而是在通信设备之间传递的控制信号(如交换网中的占用、释放、设备忙闲状态等)。这种用于专门传送控制信号的网络被称为信令网,其主要功能就是实现网络节点间(包括交换中心、网络管理中心等)信令的传输和转接。

(2) 同步网技术。实现数字传输后,在数字交换局之间、数字交换局和传输设备之间均需要实现信号时钟的同步。我们把完成这种网络设备之间信号时钟同步功能的网称为同步网。

(3) 管理网技术。管理网是为提高全网质量和充分利用网络设备而设置的。网络管理是实时或近实时地监视通信网络的运行,必要时采取控制措施,以达到在任何情况下,最大限度地使用网络中一切可以利用的设备,使尽可能多的通信业务得以实现。

第三节 通信网及系统的分类

现代通信网是一个大系统,可以分解成许多子系统。如果按照网络地域划分,全世界可以组成一个大通信网络(即全球通信网)系统,并可以再分成各国的国内通信子网系统,而各国的通信子网同样也可再分解成各区域的子网系统。从通信网络内部来看,各区域的子系统又可以分成若干类别的通信子网络。如果按照通信业务划分,通信网可分为语音通信和数据通信两大类。其中语音通信又包含电话服务、语音信箱和语音智能信息等业务,数据通信又包括分组数据、计算机通信、数据库检索、电子信箱、电子数据交换、存储转发、可视图文、会议电视和图像通信等业务。因此,根据不同的分类方法可以得到不同的分类结果,而且随着通信技术和计算机技术的迅速发展,各子系统和业务间相互不断渗透和融合,使得系统和业务间的差别越来越模糊,导致各种类别的分类没有严格意义上的界限可言,所以通信系统的分类成了一个复杂的课题。一般来说,目前按照通信的各种特性和业务范围,大致有如下几种分类方法。

一、按通信业务和用途分类

按通信业务和用途分,通信系统可分为公用业务通信网和专用业务通信网。

(1) 公用业务通信网。公用业务通信网是指由运营商提供的语音通信、数据通信、视频点播和互联网信息等业务服务的商业通信网络,主要包括电信通信网、移动通信网、广播电视通信网和计算机互联通信网等。

(2) 专用业务通信网。专用业务通信网是指由专门行业或单位为本行业提供的专用业务通信服务网,如公安通信专网、电力通信专网、铁路通信专网和民航通信专网等。

二、按传输媒质的类型分类

按传输媒质的类型分,通信系统可以分为有线通信系统和无线通信系统两大类。

(1) 有线通信系统。有线通信系统是指用导线(如架空明线、同轴电缆、光导纤维、波导等)作为传输媒质完成通信信息传输的网络,如明线、电缆、光缆信道等。

(2) 无线通信系统。无线通信系统是指依靠无线电磁波作为传输介质,达到在空间传播信息的目的而组成的网络,如短波电离层传播、微波视距传播、卫星中继等。其主要的网络有无线接入网、移动通信网和卫星通信网等。

三、按传输信号的特征分类

按照信号在信道中传输的特征可以把通信系统分成模拟通信系统和数字通信系统。

1. 模拟通信系统

模拟通信是一种以模拟信号传输信息的通信方式。非电的信号(如声、光等)输入到变换器(如送话器、光电管),使其输出随输入信号频率或振幅而变化的连续电信号。电话通信是一种最常用的模拟通信。模拟通信系统主要由用户设备、终端设备和传输设备等部分组成。其工作过程是在发送端,先由用户设备将用户送出的非电信号转换成模拟电信号,再经终端设备将其调制成适合信道传输的模拟电信号进行传输,到了接收端,经终端设备解调,

然后由用户设备将模拟电信号还原成非电信号送至用户。模拟通信系统除了传递语音信息外，还可以传输电报、传真、图像等非语音信息。

2. 数字通信系统

数字通信是指用数字信号作为载体来传输信息，或者用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。数字信号与模拟信号不同，它是一种离散的、脉冲有无的组合形式，最常见的数字信号是幅度取值只有“0”和“1”的波形，称为“二进制信号”。电报信号就属于数字信号。数字通信与模拟通信相比，具有抗干扰能力强、易于加密、信息传输安全、设备产品重复性好等优点。模拟通信在历史上曾经占有过主导地位，但近年来，随着超大规模集成电路工艺的成熟以及计算机和数字信号处理技术的快速发展，大多数的模拟通信系统已逐步被数字通信系统所取代。

另外，数字信号按数字系列技术特性还可分为异步数字系列（PDH）、同步数字系列（SDH）、异步转移模式（ATM）和互联网（IP）通信系统。

四、按传输信号的调制和复用方式分类

1. 按传输信号的调制方式分类

按传输信号的调制方式可将通信系统分为基带传输和频带传输两类。

（1）基带传输。它是指不搬移基带信号频谱的传输方式，属于一种传统的数据传输方式，一般用于工业生产中。未对载波调制的待传信号称为基带信号，它所占的频带称为基带。基带的高限频率与低限频率之比通常远大于1。

（2）频带传输。它是一种利用调制器对传输信号进行频率交换的传输方式。信号调制的目的是为了较好地适应信号传输通道的频率特性，传输信号经过调制处理可以克服基带传输同频带过宽的缺点，提高线路的利用率。但是调制后的信号在接收端要解调还原，所以传输的收发端需要专门的信号频率变换设备。频带传输对于远距离通信信道多为模拟信道，例如，传统的电话信道只适用于传输音频范围（300~3400Hz）的模拟信号，不适用于直接传输频带很宽、能量集中在低频段的数字基带信号。

2. 按传输信号的复用方式分类

传输多路信号的复用方式有四种，即频分复用、时分复用、码分复用和波分复用。传统的模拟通信中都采用频分复用，但随着数字通信的发展，时分复用通信系统的应用越来越广泛。码分复用主要用于空间通信的扩频通信中，波分复用用于高速发展的光通信系统中。

（1）频分复用 FDM（Frequency Division Multiplexing）。就是用频谱搬移的方法使不同信号占据不同的频率范围，把用于传输信道的总带宽划分成若干个子频带（或称子信道），每一个子信道传输一路信号。频分复用要求总频率宽度大于各个子信道频率之和，同时为了保证各子信道中所传输的信号互不干扰，在各子信道之间设立隔离带，保证各路信号互不干扰。频分复用技术的特点是所有子信道传输的信号以并行的方式工作，每一路信号传输时可不考虑传输时延，因而取得了广泛的应用，其典型的应用就是广电 HFC 网络电视信号的传输。

另外，目前还有一种正交频分复用 OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）技术。正交频分复用 OFDM 实际是一种多载波数字调制技术，其全部载波频率有相等的频率间隔，是一个基本振荡频率的整数倍。正交是指各个载波的信号频谱是正交的。OFDM 系统比 FDM 系统要求的带宽要小得多。由于 OFDM 使用无干扰正交载波技术，单

个载波间无需保护频带,这样使得可用频谱的效率更高。另外,OFDM 技术可动态分配在子信道中的数据,为获得最大的数据吞吐量,多载波调制器可以智能地分配更多的数据到噪声小的子信道上。目前 OFDM 技术已被广泛应用于音频和视频通信系统中,主要包括非对称的数字用户环线(ADSL)、数字视频广播(DVB)、高清电视(HDTV)、无线局域网(WLAN)和 4G 移动通信系统等。

■ (2) 时分复用 TDM (Time Division Multiplexer)。是把一个传输通道进行时间分割以传送若干话路的信息,把 N 个话路设备接到一条公共的通道上,按一定的次序轮流给各个设备分配一段使用通道的时间。当轮到某个设备时,这个设备与通道接通,执行操作。与此同时,其他设备与通道的联系均被切断。待指定的使用时间间隔一到,则通过时分多路转换开关把通道连接到下一个要连接的设备上去。时分制通信也称时间分割通信,它是数字电话多路通信的主要方法,其典型应用有 PCM 通信。

■ TDM 适用于数字信号的传输,由于信道的位传输率超过每一路信号的数据传输率,因此可将信道按时间分成若干片段轮换地给多个信号使用,每一时间片由复用的一个信号单独占用,在规定的时间内,多个数字信号都可按要求传输到达,从而实现了一条物理信道上传输多个数字信号。假设线路的最大比特率为 76.8 kbit/s ,每个输入的数据比特率是 9.6 kbit/s ,则可传输 8 路信号。

■ TDM 方式又分为同步时分复用和统计时分复用两种系统。同步时分复用系统包括准同步系列 PDH 和同步系列 SDH 两类,统计时分复用系统又包括虚电路方式(如 X.25、帧中继、ATM)和数据报方式(如 TCP/IP)两类。

■ (3) 码分复用 CDM (Code Division Multiplexing)。是靠不同的编码来区分各路原始信号的一种复用方式,主要是和各种多址技术结合产生了各种接入技术,包括无线和有线接入。移动通信系统是一个多信道同时工作的系统,具有广播和大面积覆盖的特点,是无线多址接入方式。目前典型的无线多址技术有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)和同步码分多址(SCDMA)。

1) FDMA 采用调频多址技术,业务信道在不同的频段分配给不同的用户,适合大量连续非突发性数据的接入,单纯采用 FDMA 作为多址接入方式已经很少见。目前中国联通、中国移动所使用的 GSM 移动电话网就是采用 FDMA 和 TDMA 两种方式的结合。

2) TDMA 采用时分多址技术,将业务信道在不同的时间段分配给不同的用户,其优点是频谱利用率高,适合支持多个突发性或低速率数据用户的接入。广电 HFC 网中的 CM 与 CMTS 的通信中采用了时分多址的接入方式。

■ 3) CDMA 是在 FDM 和 TDM 的基础上发展起来的一种崭新而成熟的无线通信技术,具有 FDM 不独占信道而时间资源共享和 TDM 独占时隙而信道资源共享的特点,所有子信道在同一时间可以使用整个信道进行数据传输。因此,信道的效率高,系统的容量大。

■ 4) SCDMA (Synchronous Code Division Multiplexing Access) 指伪随机码之间是同步正交的,既可以无线接入,也可以有线接入,应用较广泛。中国 3G 移动通信系统采用了同步码分多址技术,它意味着代表所有用户的伪随机码在到达基站时是同步的,由于伪随机码之间的同步正交性,可以有效地消除码间干扰。

■ (4) 波分复用 WDM (Wavelength Division Multiplexing)。是将两种或多种不同波长的光载波信号(携带各种信息)在发送端经复用器(也称合波器, Multiplexer)汇合在一起,

并耦合到光线路的同一根光纤中进行传输的技术。在接收端，经解复用器（也称分波器，Demultiplexer）将各种波长的光载波分离，然后由光接收机作进一步处理以恢复原信号。光波分复用包括光频分复用和波分复用。光频分复用（FDM）技术和光波分复用（WDM）技术无明显区别，因为光波是电磁波的一部分，光的频率与波长具有单一对应关系。通常也可以这样理解，光频分复用指光频率的细分，光信道非常密集；光波分复用指光频率的粗分，光信道相隔较远，甚至处于光纤不同窗口。

五、按照通信的业务范围分类

按照业务使用范围通信系统可分为公用电话交换网（PSNT）、公用数据交换网（X.25）、综合业务数字网（ISDN）、宽带综合业务数字网 B-ISDN、有线电视网、移动通信网和卫星通信网等。

（1）公共电话交换网。公共电话交换网是以交换机为主体而构成的电路交换型通信网络，它承载的业务虽以模拟电话与传真为主，但随着综合业务程控交换技术的发展，现今已配置有各种接口，也可传送数字电话、计算机数据和图像信息等，承担了 90% 以上的通信业务。

（2）公用数据交换网。公用数据交换网一般指只能用于数据通信的网络（如早期的 X.25 公用数据通信网、近期的帧中继网络等）和既可用于数据通信又可用于语音等多种业务的综合业务数字网（如 ISDN 和 DDN 等）。

（3）综合业务数字网。综合业务数字网指包括语音、文字、图像等各类数字信息传送业务。ISDN 标准规定用户端与 ISDN 局端采用数字用户线相连，数字用户线上的数据速率为 192、1544kbit/s 或 2048kbit/s，用于话音业务时，用户终端应是数字话机。因为一根 ISDN 用户线的最低数据速率为 192kbit/s，包含 2 个 64kbit/s 的数据信道（B 信道）和 1 个用于 B 信道控制的 16kbit/s 的信令信道（D 信道），剩下的数据用于数据流的帧定位等传输控制信号。因此对 ISDN 的用户来说，一般可以同时使用两个用户终端、一部电话机和一台个人计算机“一线通”。

（4）宽带综合业务数字网 B-ISDN。B-ISDN 的用户—网络接口速率除包括 N-ISDN 的全部接口速率外，增加了 155.52Mbit/s 和 622.08Mbit/s 两个宽带信号接口速率，而且 B-ISDN 还能提供宽带 ATM 交换和复用功能。

（5）有线电视网。有线电视（CATV）属于专用广播电视网，是用射频电缆、光缆、多路微波或其组合来传输、分配和交换声音、图像及数据信号的电视系统。

（6）移动通信网。移动通信系统是指采用无线电波传播方式将用户接入各种通信网的系统。从广义上讲，它包括各种现行的小区制（蜂窝）移动通信系统（GSM、CDMA）、大区制集群移动通信系统、无线本地环路、无线寻呼系统和卫星移动通信系统等。对大型建筑物而言，移动通信系统通常可分为专用通信系统（如集群调度电话）和公用移动电话两大类。为使无线电波能够在建筑物间均匀分布，实现建筑物内任何地方都能通话的目的，各移动通信设备生产厂商推出了直放站系统和微蜂窝基站系统。

（7）卫星通信网。卫星通信网是地球上的多个通信站（称为地球站）利用空中的人造地球卫星进行通信，相应的系统称为卫星通信系统。卫星通信系统主要由通信卫星和地球站两部分组成。