

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专电子/通信类专业“十二五”规划教材

现代通信网概论

(第二版)

强世锦 朱里奇 黄艳华 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专电子/通信类专业“十二五”规划教材

现代通信网概论(第二版)

强世锦 朱里奇 黄艳华 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书通过阐述现代通信网的基本架构、基本原理、基本技术,帮助读者迅速建立起“通信大系统”的整体概念,并力求充分反映现代通信网的发展趋势。

全书共 8 章,主要内容包括现代通信网基础技术、支撑网络、电话通信网、移动通信网、数据通信网、宽带接入网及现代通信网的发展等。附录中以“e-Bridge 现代通信实验平台”为基础,介绍了 4 个实训项目。

本书可作为高等职业院校或专科院校通信、信息工程、电子等专业的教材,也可作为通信工程及相关领域技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网概论 / 强世锦, 朱里奇, 黄艳华编著. —2 版.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2014.3

高职高专电子/通信类专业“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3242 - 1

I. ① 现… II. ① 强… ② 朱… ③ 黄… III. ① 通信网—高等职业教育—教材

IV. ① TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 282207 号

策 划 马乐惠

责任编辑 张 玮 马乐惠

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 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2014 年 3 月第 2 版 2014 年 3 月第 3 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17

字 数 395 千字

印 数 4001~7000 册

定 价 26.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3242 - 1/TN

XDUP 3534002-3

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2009 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长



2007 年 6 月

高职高专电子、通信类专业“十二五”规划教材

编审专家委员会名单

主 任：温希东（深圳职业技术学院副校长 教授）

副主任：马晓明（深圳职业技术学院通信工程系主任 教授）

余 华（武汉船舶职业技术学院电子电气工程系主任 副教授）

电子组 组 长：余 华(兼)（成员按姓氏笔画排列）

于宝明（南京信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副研究员）

马建如（常州信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副教授）

刘 科（苏州职业大学信息工程系 副教授）

刘守义（深圳职业技术学院 教授）

许秀林（南通职业大学电子系副主任 副教授）

高恭娴（南京信息职业技术学院电子信息工程系 副教授）

余红娟（金华职业技术学院电子系主任 副教授）

宋 烨（长沙航空职业技术学院 副教授）

李思政（淮安信息职业技术学院电子工程系主任 讲师）

苏家健（上海第二工业大学电子电气工程学院 教授）

张宗平（深圳信息职业技术学院电子通信技术系 高级工程师）

陈传军（金陵科技学院电子系主任 副教授）

姚建永（武汉职业技术学院电信学院院长 副教授）

徐丽萍（南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师）

涂用军（广东科学技术职业学院机电学院副院长 副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自动控制与电子工程系主任 副教授）

曹光跃（安徽电子信息职业技术学院电子工程系主任 副教授）

梁长垠（深圳职业技术学院电子工程系 副教授）

通信组 组 长：马晓明(兼)（成员按姓氏笔画排列）

王巧明（广东邮电职业技术学院通信工程系主任 副教授）

江 力（安徽电子信息职业技术学院信息工程系主任 副教授）

余 华（南京信息职业技术学院通信工程系 副教授）

吴 永（广东科学技术职业学院电子系 高级工程师）

张立中（常州信息职业技术学院 高级工程师）

李立高（长沙通信职业技术学院 副教授）

林植平（南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师）

杨 俊（武汉职业技术学院通信工程系主任 副教授）

俞兴明（苏州职业大学电子信息工程系 副教授）

项目策划 马乐惠

策 划 张 媛 薛 媛 张晓燕

前 言

“现代通信网概论”对于通信、信息工程专业而言，是一门很关键的专业基础课程，有着承上启下的重要作用。本书先从人们熟知和感兴趣的通信网络环境与实例入手，系统地阐述了现代通信网的基本原理、基本技术，再选用已被广泛使用、最具代表性且相对稳定的各类网络系统，以业务需求和网络交换技术为线索，从产生背景和基本原理入手，介绍了每一种网络技术的体系结构，较充分地反映了现代通信网的发展趋势，为学生进一步深入学习和掌握现代通信新技术打好基础。本书内容的选取注重高职学生的认知水平，其主要内容包括现代通信网基础技术、支撑网络、电话通信网、移动通信网、数据通信网、宽带接入网及现代通信网的发展等。

本书内容新颖、翔实，讲解深入浅出，便于自学，可作为高等职业学校或专科院校通信、信息工程、电子等专业的教材，也可作为通信工程及相关领域技术人员的参考书。

《现代通信网概论》第一版问世以来，受到了同行院校师生和广大读者的好评。随着通信技术的飞速发展，同时根据本书在使用过程中不断积累的教学经验，借着再次出版的机会，编者对技术更新较快的章节内容进行了合理的调整和修改，以求完善本书的时效性。

本书第6章由黄艳华修改，第7章由曹艳修改，其他章节内容相对来说比较成熟和完善，所以予以保留，希望第二版能获得更多读者和同行的认可。

本书的修编得到了编者所在单位的全力支持，同时得到了西安电子科技大学出版社的帮助和强有力的支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2013 年 12 月

第一版前言

本书是 21 世纪第四轮高职高专电子信息类专业教材选题招标系列之一，根据教育部高职高专培养目标和对本课程的基本要求编写而成，并经过系列教材编委会审定。

“现代通信网概论”对于通信专业而言，是一门很关键的专业基础课程，有着承前启后的重要作用。本书系统地阐述了现代通信网的基本原理、基本技术，较充分地反映了现代通信网发展的趋势，使读者对通信系统有一个较为清晰的框架概念。书中内容的选取注重高职学生认知水平，力求从身边熟知和感兴趣的通信网络环境和实例入手，选用已被广泛使用、最具代表且相对稳定的各类网络系统理论基础，同时努力反映现代通信网的发展走向，为学生进一步深入学习和掌握现代通信新技术打好基础。

全书共 8 章。第 1 章从总体上对现代通信网进行了介绍，并对通信网络技术标准组织作了必要的介绍。第 2 章介绍了现代通信中采用的关键技术，包括通信终端、传输技术、交换技术。第 3 章介绍了支撑网络所涉及的信令网、同步网及管理网的结构和基础知识。第 4 章在讨论了公用固定电话通信网的要求、特点、结构、编号计划、业务等内容后，还就我国通信体制的演变过程作了介绍。第 5 章以 GSM 和 CDMA 网络为重点，介绍了移动通信网的结构、无线传输和接续、移动性管理过程等内容。第 6 章介绍了 4 种常见的数据通信网，并分析了数据通信网和计算机网络的相互关系。第 7 章主要介绍了接入网的基本概念、宽带有线接入方式和宽带无线接入方式。第 8 章讨论了现代通信网的发展趋势，并着重介绍了智能网和宽带 IP 网方面的内容。另外，附录中以“e-Bridge 现代通信实验平台”为基础，介绍了 4 个实训项目。

全书内容紧凑，力求形成一个较为清晰、完整的体系，避免简单堆砌和罗列，以帮助读者迅速建立起“网络”的整体概念，同时增强他们对飞速发展的通信网络技术的本质认识，消除纷繁多样的网络技术所造成的混乱印象。

本书的参考学时数为 40 学时。

本书由强世锦、朱里奇、黄艳华共同编写，廖继红担任主审。强世锦编写了

第 1、7 章，朱里奇编写了第 2~5 章；黄艳华编写了第 6、8 章，李雪整理并完成了附录实训内容。全书由强世锦统稿并定稿。

在本书的编写过程中得到了编者所在单位的全力支持，同时得到了西安电子科技大学出版社所给予的帮助和强有力的支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，疏漏和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录

第 1 章 概论	1	2.3.3 数字复接	29
1.1 通信网的基本概念	1	2.4 现代交换技术	32
1.1.1 信息、消息和信号	1	2.4.1 交换技术概述	32
1.1.2 模拟信号和数字信号	1	2.4.2 主要的交换技术	33
1.1.3 通信、通信系统、通信网	2	思考题	37
1.2 通信网的发展	3	第 3 章 支撑网络	38
1.2.1 第一阶段	3	3.1 信令网	38
1.2.2 第二阶段	3	3.1.1 信令的基本概念	38
1.2.3 当前阶段	4	3.1.2 信令的分类	39
1.3 通信网的构成要素与基本结构	5	3.1.3 信令方式	39
1.3.1 交换式网络	5	3.1.4 No.7 信令系统	41
1.3.2 通信网的构成要素	6	3.1.5 No.7 信令网	44
1.3.3 通信网的分类	7	3.2 同步网	49
1.4 通信网的体系结构	8	3.2.1 同步网概述	49
1.4.1 网络分层的概念	8	3.2.2 时钟同步网	51
1.4.2 分层结构中的接口和服务	11	3.2.3 时间同步网	57
1.4.3 OSI 和 TCP/IP	12	3.3 电信管理网	58
1.5 通信网络技术标准化	13	3.3.1 网络管理一般原理	59
1.5.1 ITU	14	3.3.2 电信管理网(TMN)	62
1.5.2 ISO	14	思考题	69
1.5.3 IAB	15	第 4 章 电话通信网	70
思考题	15	4.1 引言	70
第 2 章 现代通信网基础技术	16	4.2 电话网的结构	71
2.1 现代通信终端	16	4.2.1 本地电话网	71
2.1.1 固定电话机	16	4.2.2 长途电话网	71
2.1.2 移动电话机	18	4.2.3 国际电话网	73
2.2 现代传输技术	20	4.2.4 电话网的路由选择	74
2.2.1 传输介质	20	4.3 电话网的编号	75
2.2.2 多路复用	24	4.3.1 编号原则	75
2.3 数字通信技术	26	4.3.2 编号方案	75
2.3.1 数字通信过程	26	4.4 电话交换机	76
2.3.2 PCM 30/32 系统简介	29		

4.4.1 程控数字交换机的交换原理.....	76	6.4 局域网.....	138
4.4.2 程控数字交换机的硬件系统.....	77	6.4.1 局域网的基本组成.....	139
4.4.3 程控数字交换机的软件系统.....	80	6.4.2 局域网的拓扑结构.....	139
4.5 电话网的业务及服务质量.....	82	6.4.3 局域网的访问方式.....	140
4.5.1 电话网的业务种类.....	82	6.4.4 以太网.....	141
4.5.2 电话网的服务质量.....	84	6.4.5 高速以太网.....	143
思考题.....	88	6.5 Internet 与宽带 IP 网.....	144
第 5 章 移动通信网	89	6.5.1 Internet 概述.....	144
5.1 概述.....	89	6.5.2 TCP/IP 协议.....	145
5.1.1 移动通信的基本概念.....	89	6.5.3 网络互连设备.....	153
5.1.2 移动通信的发展历史.....	90	6.5.4 Internet 的基本应用.....	155
5.1.3 移动通信的基本技术.....	92	6.5.5 网络下载.....	157
5.2 GSM 系统.....	94	思考题.....	158
5.2.1 GSM 网络结构.....	95	第 7 章 宽带接入网	160
5.2.2 GSM 的区域、号码与识别.....	99	7.1 接入网概述.....	160
5.2.3 信道类型及时隙结构.....	101	7.1.1 接入网的产生.....	160
5.2.4 呼叫接续与移动性管理.....	103	7.1.2 接入网的功能结构与分层模型.....	161
5.2.5 GSM 系统的业务功能.....	108	7.1.3 接入网的接口.....	163
5.3 CDMA 系统.....	112	7.1.4 接入网的分类.....	163
5.3.1 CDMA 系统概述.....	112	7.2 有线宽带接入网.....	164
5.3.2 CDMA 技术的基本原理.....	113	7.2.1 铜线接入网.....	164
5.3.3 CDMA 网络结构.....	115	7.2.2 混合光纤/同轴电缆(HFC)接入网.....	165
5.3.4 CDMA 关键技术.....	116	7.2.3 光纤接入网.....	167
5.3.5 呼叫处理及移动性管理.....	117	7.2.4 其他有线宽带接入技术.....	171
思考题.....	120	7.3 无线宽带接入网.....	176
第 6 章 数据通信网	121	7.3.1 无线接入的概念.....	176
6.1 数据通信网概述.....	121	7.3.2 本地多点分配业务.....	176
6.1.1 数据通信网的基本概念.....	121	7.3.3 无线局域网.....	178
6.1.2 数据通信网的分类.....	122	7.3.4 其他无线宽带接入技术.....	182
6.1.3 数据通信网的主要性能指标.....	123	思考题.....	188
6.1.4 数据传输方式.....	124	第 8 章 现代通信网的发展	190
6.2 数据通信网体系结构.....	127	8.1 现代通信网发展引言.....	190
6.2.1 通信协议.....	127	8.1.1 三网融合.....	190
6.2.2 数据链路控制规程.....	130	8.1.2 下一代网络.....	190
6.3 分组交换网.....	132	8.2 自动交换光网络(ASON).....	191
6.3.1 分组交换网的构成.....	132	8.2.1 ASON 的功能.....	191
6.3.2 分组交换网的原理.....	134	8.2.2 ASON 的组成.....	192
6.3.3 ATM 网络.....	135	8.2.3 ASON 的控制平面.....	193

8.2.4 信令协议和路由协议.....	194	8.4.4 软交换技术的主要应用	207
8.2.5 对 ASON 节点的要求.....	194	思考题	207
8.3 智能网.....	195	附录 A 现代通信网实训	208
8.3.1 智能网概述.....	195	实训 1 e-Bridge 现代通信实验平台简介	208
8.3.2 智能网业务.....	198	实训 2 SDH 设备硬件总体介绍	212
8.3.3 智能网新的发展与应用.....	202	实训 3 C&C08 交换机系统介绍	224
8.4 软交换技术.....	204	实训 4 宽带设备总体介绍	242
8.4.1 概述.....	204	附录 B 英文缩略语	248
8.4.2 主要功能.....	205	参考文献	259
8.4.3 接口与协议.....	205		

第1章 概 论

近年来, 通信技术与通信产业一直以异乎寻常的高速度持续发展, 通信网已深入到社会生活的各个层面, 通信与能源、交通一起成为现代社会三大基础结构之一, 是现代信息社会运行机体的神经系统。通信网的作用和意义已经超越了它本身原有的范畴, 它像水、电、文字、交通工具一样, 成为人类社会生活中不可分割的一部分; 它不仅将我们带进信息时代, 而且深刻地影响和改变着我们的生活方式, 通信网的广泛使用已成为这个时代的显著标志。

电信从本质上讲就是实现信息传递功能的一门科学技术, 它将大量有用的信息无失真、高效率地进行传输, 同时在传输过程中将无用信息和有害信息进行抑制。

1.1 通信网的基本概念

1.1.1 信息、消息和信号

信息在不同的场合有各种各样不同的定义。从工程观点来讲, 信息是对客观存在的各个事物各种可能的状态及其随时间发生变化的反映。任何地方都有信息存在, 人们在各种社会活动中通过现象获取信息, 并逐步地认识事物的属性。

信息必须借助于载体以便于人们进行交换、传递和存储。携带信息的载体称为消息, 它是信息的物质表示。消息是某事件发生与否的论断, 传递或交换消息也就是传递或交换信息。

为了使消息适于在通信系统中传输和处理, 需要将其变换为电(或光)的形式, 称为电(或光)信号, 简称信号。电信号最常用的形式是电流或电压。

1.1.2 模拟信号和数字信号

按照变化规律, 信号可以分为模拟信号和数字信号。常见的语音和图像可以分别表示为函数形式, 比如 $u(t)$ 是语音的函数, $f(x, y, t)$ 是图像函数, t 表示时间, x 和 y 表示空间坐标。因为它们的自变量 t 、 x 和 y 的取值是连续的, 函数值也是连续的, 所以这种信号称为模拟信号(有时也称为连续信号), 其示例如图 1.1 所示。

如果信号的幅度随时间的变化只具有离散、有限的状态, 则称为数字信号。数字信号的参量取值是离散变化的, 其示例如图 1.2 所示。

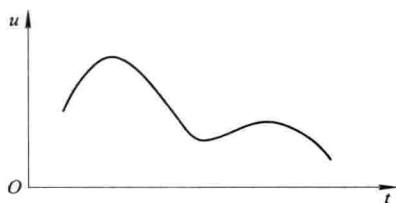


图 1.1 模拟信号

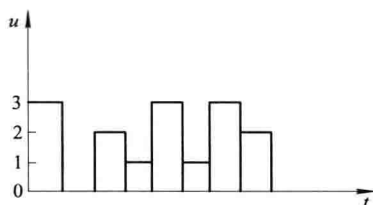


图 1.2 数字信号

数字信号的主要特点是状态的离散性，这些离散值可以用二进制数或 N 进制数表示。二进制数的“1”和“0”具体用什么样的电信号来传送是非常灵活的，例如，可以用电压的通与断、电压的正负极性、正弦振荡频率的高与低、正弦振荡的相位是否反转等方法表示。

在保证足够高精度的前提下，模拟信号可以转换为数字信号，这种转换称为模/数(A/D)转换，相反的转换称为数/模(D/A)转换。模/数转换大致分为三个步骤：取样、量化和编码。

通信系统中采用数字信号进行传输和处理，不但可以实现高质量的长距离传输，而且在交换、业务等方面也带来了新的根本性的变化。传输有限状态的数字信号，在接收端通过取样、判决来恢复原始信号，还可以通过纠错编码来进一步提高抗干扰能力；通过再生中继消除噪声积累，实现远距离高质量传输，便于对数字信息进行处理及统一化编码，实现综合业务数字化；采用复杂的非线性、长周期码序列对信号加密，安全性强。数字通信设备向着集成化、智能化、微型化、低功耗和低成本化发展，但数字通信占用带宽较大，取得同模拟通信同样质量的语音传输需占用 20~64 kHz 带宽。

1.1.3 通信、通信系统、通信网

通信是指利用电信号或光信号的形式传送、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。

通信活动中所需要的一切技术设备的总和称为通信系统。实际应用中存在各种类型的通信系统，它们在具体的功能和结构上各不相同，然而都可以抽象成图 1.3 所示的模型，其基本组成包括信源、发送器、信道、接收器和信宿五部分。



图 1.3 通信系统模型

上述通信系统只是一个点到点的通信模型，要实现多用户间的通信，则需要一个合理的拓扑结构将多个用户有机地连接在一起，并定义标准的通信协议，以使它们能协同，这样就形成了一个通信网。

简单的通信网如图 1.4 所示。交换点能完成接续交换任务。用户终端(图中以电话机为例)对应表示系统模型中的信源和信宿，还包括了发送器和接收器。终端与交换点之间的各连线对应表示通信系统模型的信道，也称为传输链路。

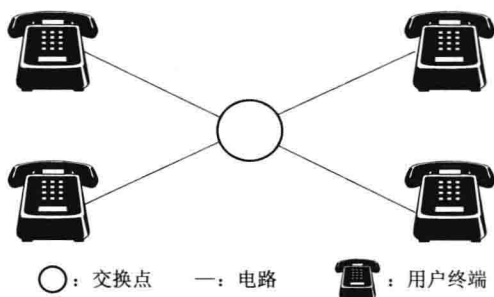


图 1.4 简单的通信网

1.2 通信网的发展

早在远古时代，人们曾利用烽火、金鼓、旗语等作为表现信息和传递信息的手段，其表现能力极为有限。文字的发明使信息的传送种类飞速增加，之后印刷术的出现使得向多人传递相同信息的手段发生了划时代的变化，信息得以流向大江南北，并世代相传。

自 1876 年贝尔发明电话以后的很短时间里，人们已经开始意识到电话线应该汇接到一个中心，在中心点上建立两个电话的线路连接，这就是以人工交换台为基础的电话通信网。1878 年第一台交换机投入使用，以此作为开端，现代通信网已经过了 130 多年的发展。这期间由于交换技术、信令技术、传输技术、业务实现方式的发展，通信网大致经历了下述三个发展阶段。

1.2.1 第一阶段

1880—1970 年为第一阶段，是典型的模拟通信网时代，网络的主要特征是模拟化、单业务单技术。这一时期电话通信网占统治地位，电话业务也是网络运营商主要的业务和收入来源，其主要的技术特点如下：

(1) 交换技术：由于语音业务量相当稳定，且所需带宽不高，因此网络采用控制技术相对简单的电路交换技术，为用户业务静态分配固定的带宽资源。

(2) 信令技术：网络采用模拟的随路信令系统。

(3) 传输技术：终端设备、交换设备和传输设备基本是模拟设备，传输系统采用 FDM(频分多路复用)技术、铜线介质，网络上传输的是模拟信号。

(4) 业务实现方式：网络通常只提供单一电话业务，并且业务逻辑和控制系统是在交换节点中用硬件逻辑电路实现的，网络几乎不提供任何新业务。

在这一时期，信息开始以电磁信号的形式实现远距离传输，但成本高、可靠性差、通信的服务质量差。以自动交换、数字传输体系、卫星通信等为代表的数字通信方式开始出现，但基本处于试验阶段。

1.2.2 第二阶段

1970—1994 年为第二阶段，是骨干通信网由模拟网向数字网转变的阶段。这一时期数

字技术和计算机技术在网络中被广泛使用,除传统 PSTN 网络外,还出现了多种不同的业务网,其主要的技术特点如下:

(1) 数字传输技术:基于 PCM(脉冲编码调制)技术的数字传输设备逐步取代了模拟传输设备,彻底解决了长途信号传输质量差的问题,降低了传输成本。

(2) 数字交换技术:数字交换设备取代了模拟交换设备,极大地提高了交换的速度和可靠性。

(3) 公共信道信令技术:公共信道信令系统取代了原来的随路信令系统,实现了话路系统与信令系统之间的分离,提高了整个网络控制的灵活性。

(4) 业务实现方式:在数字交换设备中,业务逻辑采用软件方式来实现,使在不改变交换设备硬件的前提下提供新业务成为可能。

在这一时期,电话业务仍然是网络运营商主要的业务和收入来源,骨干通信网仍是面向语音业务来优化设计的,因此电路交换技术仍然占主导地位。

基于分组交换的数据通信网技术在这一时期发展已成熟,TCP/IP、X.25、帧中继等都是在这期间出现并发展成熟的,但数据业务量与语音业务量相比,所占份额还很小,因此实际运行的数据通信网大多是构建在电话网的基础设施之上的。另外,光纤技术、移动通信技术、智能网技术也是在此期间出现的。

在这一时期,形成了以 PSTN 为基础,Internet、移动通信网等多种业务网络交叠并存的结构。由于不同业务网所采用的技术、标准和协议各不相同,使得网络之间的资源和业务很难共享和互通,因此在 20 世纪 80 年代末,开始研究如何实现一个多业务、单技术的综合业务网,其主要的成果是 N-ISDN、B-ISDN 和 ATM 技术。

1.2.3 当前阶段

1995 年至今,这一时期是信息通信技术发展的黄金时期,是新技术、新业务产生最多的时期。在这一阶段,骨干通信网实现了全数字化,骨干传输网实现了光纤化,同时数据通信业务增长迅速,独立于业务网的传送网也已形成。由于电信政策的改变,电信市场由垄断转向全面的开放和竞争。在技术方面,对网络结构产生重大影响的主要有以下三方面:

(1) 计算机技术:硬件方面,计算成本下降,计算能力大大提高;软件方面,面向对象(OO)技术、分布处理技术、数据库技术已发展成熟,极大地提高了大型信息处理系统的处理能力,降低了开发成本。其影响是使 PC 得以普及,智能网(IN)、电信管理网得以实现,这些为下一步的网络智能以及业务智能奠定了基础。另外,终端智能化使得许多原来由网络执行的控制和处理功能可以转移到终端来完成,骨干网的功能可由此而简化,这有利于提高其稳定性和信息吞吐能力。

(2) 光传输技术:大容量光传输技术的成熟和成本的下降,使得基于光纤的传输系统在骨干网中迅速普及并取代了铜线技术;实现宽带多媒体业务,在网络带宽上已不存在问题。

(3) Internet:1995 年后,基于 IP 技术的 Internet 的发展和迅速普及,使得数据业务的增长速度远远超过电话业务。在近几年内,数据业务将全面超越电话业务,成为运营商的主营业务和主要收入来源。这使得重组网络结构、实现综合业务网成为这一时期最迫切的任务。

在 1995 年以前,SDH 和 ATM 还被认为是宽带综合数字业务网(B-ISDN)的基本技术,

在 1995 年以后, ATM 已受到了宽带 IP 网的挑战。宽带 IP 网的基础是先进的密集波分复用 (DWDM) 光纤技术和多协议标签交换 (MPLS) 技术。随着相关标准及技术的发展和成熟, 下一代网络将是基于 IP 的宽带综合业务网。

1.3 通信网的构成要素与基本结构

1.3.1 交换式网络

要实现一个通信网, 最简单直观的方案就是在任意两个用户之间提供点到点的连接, 从而构成一个网状网络的结构, 如图 1.5 所示。该方法中每一对用户之间都需要独占一个永久的通信线路, 通信线路使用的物理媒介可以是铜线、光纤或无线信道。然而该方法并不适用于构建大型广域通信网, 其主要原因如下:

(1) 用户数目众多时, 构建网状网络成本太高, 任意一个用户到其他 $N-1$ 个用户都要有一个直达线路。

(2) 每一对用户之间独占一个永久的通信线路, 信道资源无法共享, 这会造成巨大的资源浪费。

(3) 这样的网络结构难以实施集中控制和管理。

为解决上述问题, 现代通信网普遍采用交换技术, 即在网络中引入交换节点, 组建交换式网络。在交换式网络中, 用户终端通过用户线与交换节点相连, 交换节点之间通过中继线相连, 任何两个用户之间的通信都要通过交换节点进行转接交换。在网络中, 交换节点负责用户的接入、业务量的集中、用户通信连接的创建、信道资源的分配、用户信息的转发, 以及必要的网络管理与控制功能的实现。从网络拓扑结构上来看, 形成了图 1.6 所示的星形网络结构。

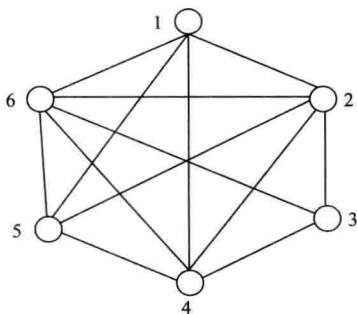


图 1.5 网状网络

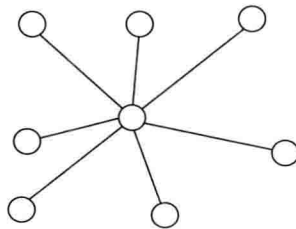


图 1.6 星形网络

树形网络如图 1.7 所示。树形网络结构可以看成是星形网络拓扑结构的扩展。在树形网络中, 节点按层次进行连接, 信息交换主要在上、下节点之间进行。树形网络结构也用于用户接入网和主从方式同步网中。

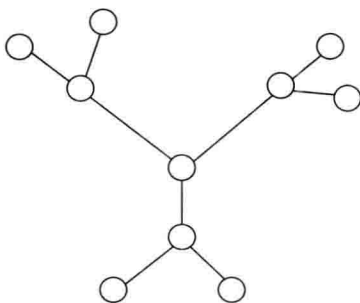


图 1.7 树形网络

实际的网络结构是网状网络和树形网络结构的组合,这是把各种结构的优点组合起来的复合式网络。实践证明,这种复合式结构有利于减小电话网的投资。

在交换式网络中,用户终端至交换节点可以采用有线接入方式,也可以采用无线接入方式;可以采用点到点的接入方式,也可以采用共享介质的接入方式。传统有线电话网中使用有线、点到点的接入方式,即每个用户使用一条单独的双绞线接入交换节点。如果多个用户采用共享介质方式接入交换节点,则需解决多址接入的问题。目前常用的多址接入方式有频分多址 (FDMA)接入、时分多址(TDMA)接入、码分多址(CDMA)接入、随机多址接入等。

另一方面,为了提高中继线路的利用率,降低通信成本,现代通信网采用复用技术,即将一条物理线路的全部带宽资源分成多个逻辑信道,使多个用户共享一条物理线路。复用技术大致可分为静态复用和动态复用(又叫统计复用)两大类。静态复用技术包括频分多路复用和同步时分复用两类;动态复用主要指动态时分复用(统计时分复用)技术。

1.3.2 通信网的构成要素

一个完整的通信网包括硬件和软件。通信网的硬件一般由终端设备、传输系统和转接交换系统等三部分电信设备构成,它们是构成通信网的物理实体。

(1) 终端设备。终端设备是通信网最外围的设备,它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与数据包等;或反之,它将从通信网中收到的电磁信号、光信号及数据包等转变为用户可识别的信息。

(2) 传输系统。传输系统是信息传递的通道,它将用户终端设备、转接交换系统(节点)及转接交换系统(节点)相互之间连接起来,形成网络。

(3) 转接交换系统。转接交换系统是通信网的核心,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配。电话网转接交换设备的基本功能是汇集、转接和分配。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的速率,因此为了提高传输链路的利用率,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。这种方式叫做存储-转发方式。

通信网的软件是指通信网为能很好地完成信息的传递与转接交换所必需的一整套协议和标准,包括网络结构、网内信令、协议和接口以及技术体制、技术标准等,这是通信网实现电信服务和运行支撑的重要组成部分。