

面向21世纪

高等学校信息工程类专业系列教材

计 算 机 通 信 网

Computer Communication Networks

沈金龙 编 著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材

计算机通信网

Computer Communication Networks

沈金龙 编著

西安电子科技大学出版社

2003

内 容 简 介

本书介绍了计算机通信网的基本原理和技术,较全面、系统地阐述了计算机通信与网络的一系列关键技术。本书内容涵盖了计算机通信协议和网络体系结构;数据传输、通信接口、数据链路控制(流量控制、差错控制)技术和高级数据链路控制规程;以广域网数据交换技术为主线的分组交换原理,重点介绍了 ATM 交换网络结构、网络路由选择方法、阻塞控制;局域网与城域网;网间互联技术,因特网 IP 地址与域名系统、虚拟局域网,宽带 IP 网、MPLS 技术,改进 IP 网服务质量的综合业务、分类业务模型,具有潜在应用市场的 IPv6;计算机通信网服务和应用;网络接入技术;网络管理;网络安全技术,包括数据加密、认证、防火墙、虚拟专用网;网络工程,包括网络规划、设计、实施和测试,以及网络性能分析基础。

本书内容丰富、新颖,既着重基本原理、方法的阐述与分析,又介绍计算机通信网技术的新进展,深入浅出,简明扼要,图文并茂。本书可作为高等院校“计算机通信网”课程的本科教材,也可作为各类专业研究生、技术人员、管理干部的参考用书。

★ 本书配有电子教案,需要者可与西安电子科技大学出版社联系,免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

计算机通信网=Computer Communication Networks/沈金龙编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2003.8

(面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材)

ISBN 7-5606-1277-6

I. 计… II. 沈… III. 计算机通信网—高等学校—教材 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 056445 号

责任编辑 马乐惠 张晓燕

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)8227828 8201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 22.875

字 数 541 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 24.00 元

ISBN 7-5606-1277-6/TP·0674(课)

XDUP 1548001—1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应的教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入 21 世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子工业学院、桂林电子工业学院、北京信息工程学院、深圳大学、解放军电子工程学院等 10 余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大类的教学计划和课程大纲,对目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人。这套教材预计在 2004 年春季全部出齐。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、好中选优、以质取胜。教材内容要反映 21 世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用;体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会
2002 年 8 月

高等学校计算机、信息工程类专业

系列教材编审专家委员会

主任: 杨震 (南京邮电学院副院长、教授)

副主任: 张德民 (重庆邮电学院通信与信息工程学院院长、教授)

韩俊刚 (西安邮电学院计算机系主任、教授)

李荣才 (西安电子科技大学出版社总编辑、教授)

计算机组

组长: 韩俊刚 (兼)

成员: (按姓氏笔画排列)

王小民 (深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授)

王小华 (杭州电子工业学院计算机分院副院长、副教授)

孙力娟 (南京邮电学院计算机系副主任、副教授)

李秉智 (重庆邮电学院计算机学院院长、教授)

孟庆昌 (北京信息工程学院教授)

周 娅 (桂林电子工业学院计算机系副主任、副教授)

张长海 (吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授)

信息工程组

组长: 张德民 (兼)

成员: (按姓氏笔画排列)

方 强 (西安邮电学院电信系主任、教授)

王 晖 (深圳大学信息工程学院电子工程系主任、副教授)

胡建萍 (杭州电子工业学院电子信息分院副院长、副教授)

徐 祎 (解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授)

唐 宁 (桂林电子工业学院通信与信息工程系副主任、副教授)

章坚武 (杭州电子工业学院通信工程分院副院长、教授)

康 健 (吉林大学通信工程学院副院长、教授)

蒋国平 (南京邮电学院电子工程系副主任、副教授)

总策划: 梁家新

策划: 马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案: 马武装

前 言

21 世纪是信息社会的时代, 计算机通信作为计算机技术和通信技术相结合的一种通信方式, 在这个时代的人类活动和经济建设中将起到至关重要的作用, 特别是因特网(Internet)在各行各业的广泛应用, 形成了势不可挡的 IT 潮流, 又进一步促进了计算机通信与网络的持续发展。计算机通信网技术的更新与发展, 对建立一个完整、统一、先进的国家公用信息基础设施(NII), 乃至全球信息基础设施(GII)具有催化和倍增的功效。在技术和知识的竞争中, 网络占据了重要的地位, 谁掌握了网络, 占有了网络, 谁就将赢得主动。

在新世纪、新时代的社会背景下, 本书编写的基本思路是: 面对本科教学, 立足基本技术, 放眼发展方向, 拓宽知识范围。

全书共分 12 章。第 1 章是引论, 讲述了现代电信网的构架, 使读者能较全面地了解现有的通信系统; 引述了计算机通信网的变革、定义、组成、分类以及相应的关键技术, 并概述了计算机通信与网络应用及其发展前景。第 2 章介绍了计算机通信协议与网络体系结构, ISO/OSI 参考模型及结构化分层功能, 通信协议、服务和访问点, 数据单元和数据传输流程, 通信原语等重要概念; 阐述了因特网 TCP/IP 协议栈和分层结构; 介绍了标准化组织与机构。第 3 章叙述数据传输技术, 包括传输介质及其特性, 数据调制与编码, 多路复用技术, 数字、模拟传输系统, 数据传输质量参数等内容。第 4 章阐述了数据通信基础, 基于开放系统互连的通信接口特性, 介绍了数据链路控制的基本结构及功能、协议机理与分析, 流量控制和差错控制基本技术和高级数据链路控制(HDLC)规程。第 5 章以广域网使用的数据交换技术为主线, 介绍了电路交换、报文交换、分组交换的基本原理与特点, 综述了 X.25 分组交换网、帧中继、ATM 技术, 重点介绍了 ATM 交换网络结构、网络路由选择方法和阻塞控制。第 6 章概述了局域网与城域网的特征、参考模型, 介质访问控制方法(CSMA/CD、标记环、标记总线), 以太网和以太交换, 高速以太网(快速以太网、100VG-Any LAN、千兆以太网), 光纤分布式数据接口(FDDI), 城域网和 DQDB。第 7 章着重讨论了网间互联和宽带 IP 网, 包括因特网的分层模型, IP 地址与域名系统, 网间互联子层, 因特网路由器与寻径(RIP、OSPF 等)技术, 虚拟局域网(VLAN), ATM 承载 IP 业务解决方案(叠加模型和传递模型); 详细地描述了 MPLS 技术作为宽带 IP 网(IP over SDH、IP over WDM)的基本模式, 给出了改进 IP 网 QoS 的方案: 综合业务(Int-Serv)和分类业务(Diff-Serv)模式, 在 3G 中具有潜在应用的 IPv6。第 8 章阐述了计算机网络服务和应用, 如端到端的因特网传输层协议, 网络应用模式, 网络基本服务, 网络电话技术及其应用。第 9 章讲述了接入网的基本概念、V5.x 接口、用户驻地网, 用户接入方式(包括铜缆接入、基于光缆的接入、无线接入以及传统的电话网拨号接入(PPP/SLIP)等方式。第 10 章介绍了网络管理的基本概念、功能、系统结构和相关的管理协议(CMIP, SNMP), 电信管理网(TMN)以及 Q3 接口。第 11 章介绍了网络安全技术的基本知识, 并阐述了数据加密、用户认证、报文摘要以及访问控制(防火墙、虚拟专用网、高层安全技术)等基本技术

与方法。第12章从网络工程角度阐述了网络规划、网络设计、网络实施与网络测试的基本概念、准则与方法，并介绍了网络性能分析基础、排队论、系统仿真等概念。

本书由南京邮电学院沈金龙教授编著，在编写过程中得到南京邮电学院教务处的的大力支持，并将本书的编写列为教材与教学改革项目内容之一，对此深表感谢。参加本书编写工作的有项目组成员杨庚教授，曾鹏副教授，计算机科学与技术系计算机通信网教研室主任章韵副教授；张美玲老师也为本书原稿的整理、校对、编排做了大量的工作，西北工业大学的张歆博士审阅了全书，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请专家和广大读者指正。

作 者

2003年4月15日

目 录

第 1 章 引论	1	第 3 章 数据传输技术	37
1.1 现代电信网	1	3.1 数据传输的基本概念	37
1.1.1 通信系统模型	1	3.1.1 信息、数据和信号	37
1.1.2 现代电信网的构架	2	3.1.2 传输方式	38
1.2 计算机通信网的变革	6	3.2 传输介质及其特性	39
1.2.1 面向终端的远程联机集中处理 计算机系统	6	3.1.1 线传输介质	39
1.2.2 计算机系统互联成网	8	3.1.2 软传输介质	43
1.2.3 计算机网络体系结构的标准化	9	3.3 数据调制与编码	46
1.3 计算机通信网的基本概念	11	3.3.1 数字数据的模拟信号调制	46
1.3.1 计算机通信网的定义	11	3.3.2 数字数据的数字信号编码	47
1.3.2 计算机通信网的组成	11	3.3.3 模拟数据的数字信号编码	49
1.3.3 计算机通信网的分类	12	3.3.4 模拟数据的模拟信号调制	50
1.4 计算机通信与网络应用及发展前景	13	3.4 多路复用技术	50
习题与思考	17	3.4.1 时分复用	50
第 2 章 计算机通信协议与网络体系 结构	19	3.4.2 频分复用	52
2.1 概述	19	3.4.3 码分多址	52
2.1.1 通信协议与分层体系结构	19	3.4.4 波分复用	53
2.1.2 ISO/OSI 参考模型	20	3.5 传输系统	53
2.1.3 结构化分层功能	21	3.5.1 数字传输系统	53
2.2 OSI 参考模型功能简述	22	3.5.2 模拟传输系统	57
2.3 OSI - RM 分层结构的重要概念	24	3.6 数据传输质量参数	58
2.3.1 通信协议、服务和服务访问点	24	3.6.1 传输损耗	58
2.3.2 数据单元	26	3.6.2 信道容量	60
2.3.3 数据传输流程	27	3.6.3 误码率和误组率	61
2.3.4 通信原语	28	习题与思考	62
2.4 因特网 TCP/IP 协议栈和分层结构	29	第 4 章 数据通信接口与链路控制	64
2.4.1 TCP/IP 分层体系结构	29	4.1 数据通信系统	64
2.4.2 TCP/IP 模型的工作机理	30	4.1.1 通信方式	65
2.5 标准化组织与机构	31	4.1.2 异步通信和同步通信	66
习题与思考	35	4.1.3 传输代码	67
		4.2 数据通信接口特性	68
		4.2.1 通信接口的机械特性	69
		4.2.2 通信接口的电气特性	69
		4.2.3 通信接口的功能特性	70

4.2.4 通信接口的规程特性	75	5.5.3 ATM 物理层	133
4.3 数据链路控制的基本概念	78	5.5.4 ATM 层	136
4.3.1 物理链路的基本结构	78	5.5.5 ATM 适配层	139
4.3.2 数据链路控制的功能	78	5.6 ATM 交换网络结构	146
4.4 数据链路控制协议机理与分析	79	5.6.1 ATM 交换网络结构的 基本功能	146
4.4.1 停止等待协议	79	5.6.2 ATM 交换结构分类	147
4.4.2 滑动窗口的流量控制方法	85	5.6.3 ATM 缓存方式	150
4.4.3 连续 ARQ 协议	87	5.7 网络的路由选择和阻塞控制	152
4.4.4 选择重传 ARQ 协议	89	5.7.1 路由选择方法	152
4.5 差错控制	89	5.7.2 网络阻塞控制	157
4.5.1 奇偶校验码	89	习题与思考	157
4.5.2 海明码	90		
4.5.3 循环冗余码	91		
4.5.3 纠/检错能力分析	93		
4.6 高级数据链路控制(HDLC)规程	95	第 6 章 局域网与城域网	159
4.6.1 HDLC 的基本特点	95	6.1 局域网技术特征	159
4.6.2 HDLC 的帧结构	96	6.1.1 局域网的基本特征	159
4.6.3 数据链路控制的操作	100	6.1.2 局域网的基本技术	159
习题与思考	101	6.2 局域网/城域网参考模型和标准	162
		6.2.1 IEEE 802 局域网/城域网参考 模型	162
第 5 章 数据交换技术	103	6.2.2 IEEE 802 局域网标准	165
5.1 交换技术概述	103	6.2.3 IEEE 802 局域网帧结构	166
5.1.1 交换节点的基本组成	103	6.3 介质访问控制方法	168
5.1.2 交换方式	104	6.3.1 争用技术基础	168
5.2 交换基本原理	105	6.3.2 CSMA/CD 介质访问控制方法	170
5.2.1 电路交换原理	105	6.3.3 标记环介质访问控制方法	173
5.2.2 报文交换原理	107	6.3.4 标记总线介质访问控制方法	177
5.2.3 分组交换原理	108	6.4 以太网和以太交换	178
5.3 X.25 分组交换网	111	6.4.1 以太网	178
5.3.1 X.25 接口规程	111	6.4.2 交换式以太网	180
5.3.2 X.25 分组级	112	6.5 高速以太网	182
5.3.3 X.25 帧级	119	6.5.1 快速以太网	182
5.3.4 X.25 物理级	120	6.5.2 100VG-Any LAN	183
5.3.5 分组交换网性能指标	120	6.5.3 千兆以太网	183
5.4 帧中继	121	6.6 光纤分布式数据接口	186
5.4.1 帧中继基本原理与特点	122	6.7 城域网和 DQDB	189
5.4.2 帧中继协议结构	122	习题与思考	191
5.4.3 帧中继的帧格式	124		
5.4.4 帧中继的管理与控制	125		
5.4.5 帧中继的呼叫控制	127	第 7 章 网间互联和宽带 IP 网	193
5.5 异步传送模式(ATM)	128	7.1 网络互联——因特网	193
5.5.1 ISDN 概述	128	7.1.1 网络互联问题和因特网 解决方案	193
5.5.2 ATM 网络组成与特点	130	7.1.2 因特网的分层模型	195

7.2 IP 地址与域名系统	195	8.4.1 网络电话的基本分类	251
7.2.1 IP 地址	195	8.4.2 网络电话系统的组成	252
7.2.2 域名与域名系统	200	8.4.3 网络电话应用的关键技术	253
7.3 网间互联子层	203	习题与思考	256
7.3.1 IP 数据报	203	第 9 章 网络接入技术	258
7.3.2 因特网控制报文协议	205	9.1 接入网	258
7.3.3 地址转换协议和反向地址 转换协议	206	9.1.1 接入网基本概念	258
7.4 因特网路由器与寻径	207	9.1.2 V5.x 接口	260
7.4.1 路由器	207	9.1.3 用户驻地网	264
7.4.2 因特网寻径	210	9.2 用户接入方式	267
7.5 虚拟局域网技术	215	9.2.1 铜缆接入	267
7.5.1 虚拟局域网概念	215	9.2.2 基于光缆的接入网技术	270
7.5.2 VLAN 的划分方式	216	9.2.3 无线接入	275
7.5.3 VLAN 成员间通信方式	217	9.3 电话拨号接入	278
7.6 ATM 承载 IP 业务解决方案	218	9.3.1 调制解调器	278
7.6.1 ATM 承载 IP 业务解决方案 分类	218	9.3.2 远程访问网络	280
7.6.2 ATM 网与 IP 网络的关键问题	220	9.3.3 SLIP/PPP	280
7.6.3 多协议标签交换(MPLS)	223	习题与思考	282
7.7 宽带 IP 网	227	第 10 章 网络管理	283
7.7.1 IP over SDH	228	10.1 网络管理的基本概念	283
7.7.2 IP over WDM	229	10.1.1 网络管理目标	283
7.7.3 IP 网的 QoS 技术	230	10.1.2 网络管理标准化	284
7.7.4 IPv6	233	10.2 网络管理系统的逻辑结构	285
习题与思考	236	10.2.1 网络管理系统的逻辑模型	285
第 8 章 计算机通信网的服务和应用	239	10.2.2 Internet 网络管理逻辑模型	286
8.1 因特网传输层协议	239	10.3 网络管理的主要功能	287
8.1.1 传输控制协议	240	10.4 网络管理协议	288
8.1.2 用户数据报协议	245	10.4.1 公共管理信息协议(CMIP)	289
8.2 网络应用模式	245	10.4.2 简单网络管理协议(SNMP)	291
8.2.1 以大型机为中心的应用模式	245	10.4.3 网络管理系统	296
8.2.2 以服务器为中心的应用模式	246	10.5 电信管理网	297
8.2.3 客户机/服务器应用模式	246	10.5.1 TMN 与电信网的关系	298
8.2.4 基于 Web 的客户机/服务器应用 模式	247	10.5.2 TMN 的管理功能及管理分层	298
8.3 网络基本服务	248	10.5.3 TMN 的体系结构	299
8.3.1 Telnet	248	习题与思考	303
8.3.2 FTP	249	第 11 章 网络安全	305
8.3.3 SMTP	250	11.1 网络安全概述	305
8.3.4 HTTP	250	11.2 数据保密技术	306
8.4 网络电话技术及其应用	250	11.2.1 对称密钥密码技术	307

11.2.2 非对称密钥密码技术	308	12.2 网络设计	327
11.3 用户身份认证	310	12.2.1 网络设计的基本原则	327
11.3.1 基于共享秘密密钥的用户 认证协议	310	12.2.2 网络体系结构	328
11.3.2 基于公开密钥算法的用户 认证协议	311	12.2.3 子网划分	328
11.3.3 基于密钥分发中心的用户 认证协议	311	12.2.4 网络拓扑结构设计	328
11.3.4 数字签名	312	12.2.5 宽带 IP 城域网组网技术	329
11.3.5 报文摘要	313	12.2.6 网络设备的选型	332
11.4 访问控制	314	12.3 网络实施	335
11.4.1 访问控制机理	314	12.3.1 网络实施	335
11.4.2 防火墙技术	314	12.3.2 结构化布线系统	335
11.4.3 虚拟专用网	315	12.4 网络测试	336
11.4.4 高层安全	318	12.4.1 网络测试概述	336
习题与思考	321	12.4.2 数据传输信道测试	337
第 12 章 网络工程	323	12.4.3 网络规程测试	340
12.1 网络规划	323	12.4.4 网络性能测试	342
12.1.1 网络系统需求分析	324	12.5 网络性能分析基础	343
12.1.2 系统可行性分析	325	12.5.1 网络时延分析	343
		12.5.2 系统仿真基础	351
		习题与思考	352
		参考文献	355

第 1 章 引 论

计算机通信(Computer Communications)是面向计算机(含服务器)和数据终端的一种现代通信方式,用来实现计算机与计算机(包括服务器)、人(通过终端、微机或计算机)与计算机之间的数据信息的生成、传送、交换、存储和处理等功能。它是计算机技术和通信技术融合的产物^[1]。计算机通信的实质是计算机进程之间的通信,为此美国某学者曾提出新词汇“Compunication”^[2]。计算机通信网已是现代通信网的重要组成部分,随着网络技术的融合和多网组合,如何构造虚拟综合网作为下一代网络(NGN)的技术,正在受到关注。

本章结合通信系统模型,概要地解释了现代电信网的组成、分类及其业务概念,介绍了计算机通信与网络发展进程的三个阶段,并阐明了计算机通信网的定义、组成和分类,最后还展望了计算机通信网的应用和发展前景。

1.1 现代电信网

1.1.1 通信系统模型

通信技术的发展已有 100 多年的历史。早在 19 世纪 30 年代,莫尔斯就实现了有线电报通信;进而在 19 世纪 70 年代,有线电话通信开始形成;19 世纪末,人们利用电磁波辐射原理发明了无线电报,从此开辟了无线通信发展的道路。

不论有线还是无线通信方式,其通信系统模型的基本组成如图 1.1.1 所示。发信源在发送端通过发信设备,经信道将信号传送到接收端的接收设备并转交给收信者,实现端到端的通信。在传输的过程中,信号常受内、外干扰源的干扰而影响通信质量。

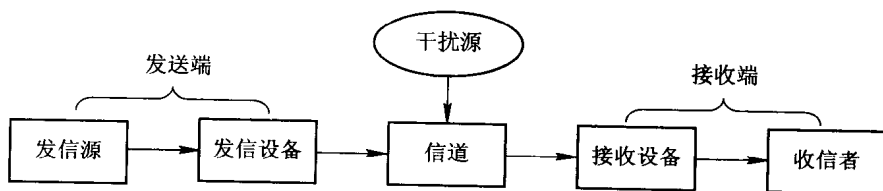


图 1.1.1 通信系统模型的基本组成

通信系统的基本任务是确保发信源的信息(包括话音或/和数据、图像)能迅速、准确、安全、可靠地传递到收信者。应当指出,图 1.1.1 仅是单方向通信(如传统的广播、电视)的简单示例,实际的通信系统(如话音通信、数据通信等)大多都是双向的。

1.1.2 现代电信网的构架

1. 现代电信网的组成

现代电信网是一个复杂的大通信系统。在上述通信系统模型的基础上,现代电信网的组成可包括三个部分:终端系统、交换系统和传输系统,如图 1.1.2 所示。现代电信网的主要功能是提供面向信息的处理、交换和传送服务。

从网络的角度来分,传输系统可分为两大类:中继传输系统和用户传输系统。从传输信息特征来分,传输系统有两种:模拟传输系统和数字传输系统。在传输系统中使用的传输媒体一般可分为线传输媒体(有线线路)、软传输媒体(无线信道)两类,前者包括双绞线、同轴电缆及光缆,后者主要包括无线电波、地面微波、卫星微波等。交换系统包括各类交换设备,电信网的交换方式有电路交换、报文交换、分组交换以及快速分组交换等。终端系统由各类终端设备构成,图 1.1.2 中仅画出电话、移动电话、电视、电脑(计算机)等,终端的类型、功能与电信网提供的业务有关。

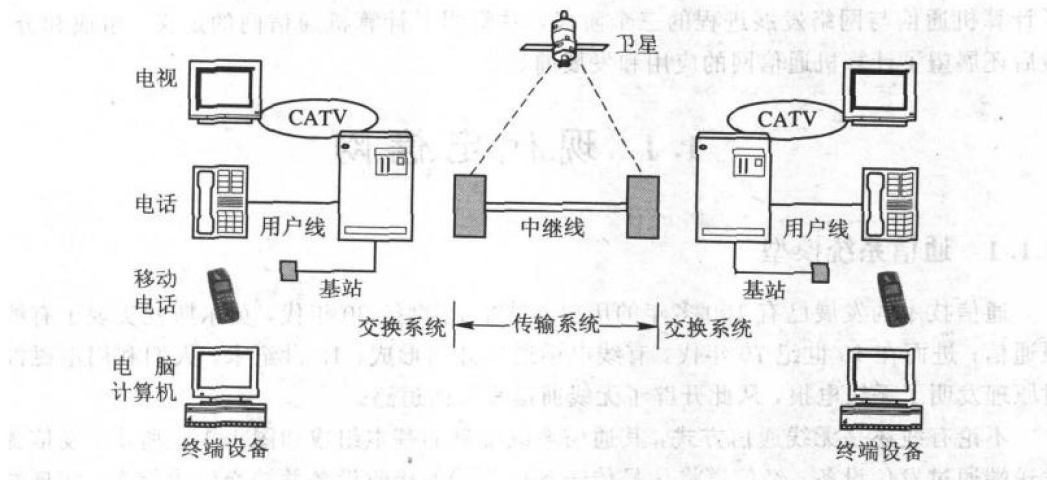


图 1.1.2 电信网的基本组成

2. 电信网的分类

电信网可以按下列不同的方法进行分类^[7]:

(1) 按服务的性质来分,电信网分为公用网和专用网。我国的公用网是由中国电信(China Telecom)、中国网通(China Netcom)、中国移动(CMC)、中国联通(China Unicom)、中国铁通等部门(公司)建立和管理的开放式网络;专用网则是由特定部门(如电力、民航、银行、石油、军事等)专设的网络。

(2) 按信号传输方式来分,电信网可分为模拟网、数字网两大类。数字网是今后发展的主流,它可细分为综合数字网(IDN)、综合业务数字网(ISDN)、数字数据网(DDN)等。

(3) 按信号在网中的处理方式来分,电信网可分为交换网和广播网。

(4) 按网络结构等级功能来分,电信网可分主干网(Backbone Net)、区域网和本地网(Local Net)。

(5) 按电信业务类型来分,电信网可分为电话网、电报网和数据网等。随着通信技术

与计算机技术的结合,电信网支持的电信业务层出不穷,除了传统的电话(Telephone)、用户电传(Telex)、智能用户电报(Teletex)、用户传真外,又有诸如图文电视(Videotext)、电视电话(Video Phone)、网络电话(IP Phone)、网络电视(IP TV)、电子邮件(E-mail)、语音邮件(Voice-mail)、电子数据交换(EDI)、电子化服务(E-Service)、计算机电话集成(CTI, Computer Telephone Integration)等新型业务涌现出来。

综上所述,电信网正处在不断变革之中,网络类型以及所提供的服务种类不断地增加和更新,形成了复杂的电信网络框架结构,如图 1.1.3 所示。

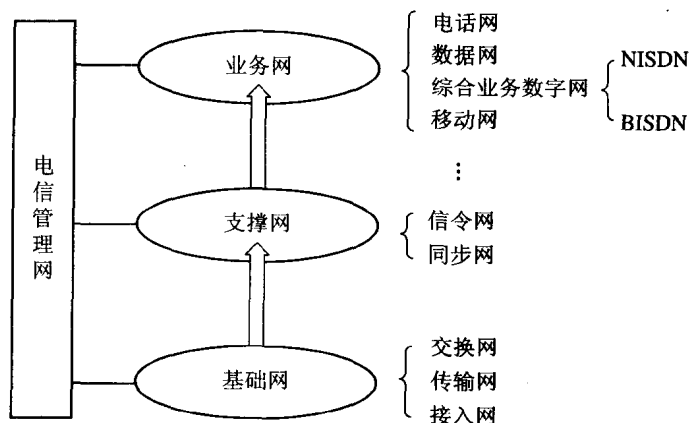


图 1.1.3 现代电信网的基本框架结构

1) 基础网

基础网主要包括交换网、传输网、接入网等部分。

在交换网内,通常按网络规划设计设置若干交换节点(交换机),在交换节点之间用中继线(Trunk)相连,每个交换节点向用户提供大量的用户接口,用户终端设备利用用户线接到交换节点上。按交换方式的不同,交换网大体上可分为三类:

(1) 电路交换网,如现代的程控电话交换系统、窄带综合业务数字网(NISDN)、电路交换公用数据网(CSPDN)等。

(2) 报文交换网,如传统的电报通信系统。

(3) 分组交换网,如 X.25 分组交换公用数据网(PSPDN)、帧中继网(FRN)、ATM 网等。

传输网中包括线传输媒体(如双绞线、同轴电缆和光缆)和软传输媒体(如无线信道、微波信道、卫星信道以及移动通信的手机到基站信道等)。在国家主干网上,以光缆为主、卫星为辅成网。在有线数字传输网中,现有准同步数字系列(PDH)和同步数字系列(SDH)两种。

接入网即用户接入网,是由 SNI(业务节点接口,位于电信公司侧)与 UNI(用户网络接口)之间一系列传送实体组成的、为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统,可经由电信管理网的 Q3 接口进行配置和管理。

2) 支撑网

支撑网对用户来讲是透明的, 主要包括信号网、同步网等。

信号网又称信令网, 由信号点(SP, Signal Point)、信号转接点(STP, Signal Transfer Point)以及连接它们的信号链路组成。在信号网中, 目前主要采用公共信道信号系统 CCSS No. 7, 在逻辑上, 7 号信号网独立于所服务的信息网。实质上, 7 号信号网是一个专用的分组交换数据网。7 号信令方式主要作为电话网中的局间信号, 在公共信号链路上传送消息信号单元(MSU, Message Signal Unit), 可控制一群话路的接续。

现代通信网大都采用时间同步网。同步网中有一个精度极高的主时钟, 取自铯原子钟或铷原子钟。同步网是分级网, 一般采用主—从同步方式, 下级局可在接收信号中获取同步信号。

3) 业务网

业务网是电信网中最具活力的一个层面, 各类网络所提供的基本业务就是设计这些网络的主要对象, 参看表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 电信网提供的基本业务

业务网名称		基本业务	增值业务/补充业务
电话网		话音通信	数据传输、传真(Fax)、语音信箱(Voice Box)、计算机电话集成(CTI)等
窄带综合业务数字网	NISDN 一线通	话音、数据、图像(窄带)的综合业务	(1) 号码识别业务; (2) 呼叫提供类业务; (3) 呼叫完成类业务; (4) 多方通信类业务; (5) 社团性业务(闭合用户群、虚拟网); (6) 计费类业务; (7) 附加信息传送类业务
智能网(IN): 电话智能网		电话网智能化管理	补充业务: 电话智能网功能集(INCS - 1) 25 种目标业务 ^①
数据网	X.25 分组交换网	数据文件传送、信息查询。 基本业务: SVC、PVC; 可选业务: 闭合用户群、反向付费、呼叫重定向、搜索群业务、快速选择等	电子邮件(E-mail) 电子数据互换(EDI)
	数字数据网(DDN)	租用专线(半永久连接)	
	帧中继网(FRN)	面向连接的 PVC 服务	

续表

业务网名称		基本业务	增值业务/补充业务
IP 网		数据: 电子邮件(E-mail)、文件传送(FTP)、远程登录(Telnet) IP 电话	因特网增值电信业务: (1) 因特网接入服务业务; (2) 因特网数据中心业务; (3) 因特网信息服务业务; (4) 因特网虚拟专用网业务; (5) 因特网会议电视、图像服务业务(IP-TV); (6) 因特网呼叫中心业务; (7) 其他因特网增值电信业务
宽带综合业务数字网	BISDN ATM	支持立体声音乐、高速数据、宽带活动图像综合业务, 如可视电话、会议电视、远程教学、远程医疗、电子商务等	
卫星通信网		卫星移动通信业务, 卫星转发器出租、出售业务, 卫星固定通信业务	甚小地球站(VSAT)通信业务
移动通信网	模拟蜂窝移动通信	频分多址 FDMA	(2001 年 12 月底, 中国已关闭蜂窝模拟移动通信)
	数字蜂窝移动通信	全球通 GSM 时分多址 TDMA	数字集群通信业务 GPRS(通用分组无线业务)
		码分多址 CDMA	
	IMT-2000	第 3 代移动通信系统	TD-SCDMA(中国) WCDMA(日本) CDMA2000(北美)

注: 表 1.1.1 中智能电话网的补充业务一栏中, 电话智能网功能集(INCS-1)的 25 种目标业务包括: 缩位拨号、记账卡呼叫、自动更换记账单、呼叫分配、呼叫前向转移、重选呼叫路由、完成遇忙用户呼叫、会议呼叫、信用卡呼叫、按目的码选路、跟我转移、被叫集中付费、恶意呼叫识别、大众呼叫、发端去话筛选、附加费率、安全性检查、遇忙/无应答可选的呼叫前转、分摊计费、电话投票、终端呼叫筛选、通用接入号码、通用个人通信、按用户规定选路、虚拟专用网(VPN)。

4) 电信管理网

随着信息技术, 尤其是计算机硬、软件(大型关系数据库、面向对象技术、高性能多处理机服务器)技术的发展, 电信网的管理模式正在不断改进。电信管理网(TMN, Telecommunication Management Network)是电信企业管理网络资源和业务运行、维护的支撑网。

按照国际标准化组织(ISO)的规定, TMN 的网络管理功能包括配置管理、性能管理、故障管理、计费管理、安全管理, 所有的经营、管理、维护和运行都可映射为 TMN 体系结构中各层的对应管理运行实体。

图 1.1.4 给出了现代电信网的类型与服务对象。图中虚线右侧部分为当前电信网的类型; 虚线左侧部分为电信网的服务对象。

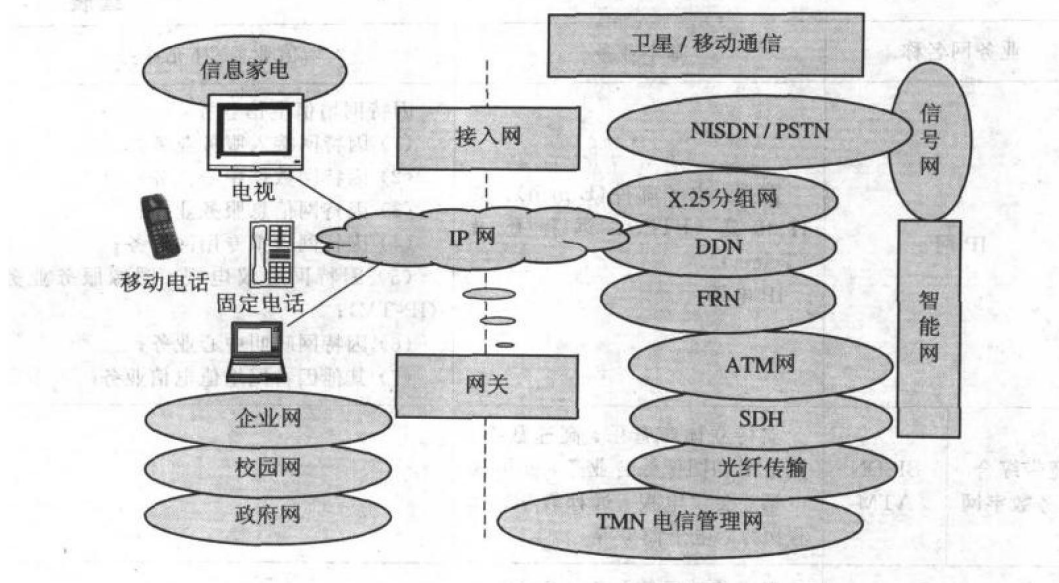


图 1.1.4 现代电信网的类型与服务对象

1.2 计算机通信网的变革

相对通信技术而言,计算机系统及其网络的发展历史较短。自1945年第一台计算机问世以来,到如今的50多年的时间里,计算机系统发生了巨大的变化和进展,成为人类科学发展史上的一个重要进程。单从计算机的名称变化就可看出计算机系统所呈现的魅力,如大型计算机(Mainframe Computer)、小型计算机(Minicomputer)、微型计算机(Microcomputer)、笔记本电脑(Notebook Computer)、掌上电脑(Palm Computer),以及新兴的多媒体计算机系统等等。

计算机通信网是计算机技术与通信技术结合的产物。数据通信是计算机通信与网络的实现基础。计算机应用离不开通信网络环境的支持,计算机系统应用的广泛普及又大大促进了通信网络新技术的不断更新。随着因特网(Internet)掀起的应用浪潮,人们对计算机通信与网络给予了少有的关注并产生了极大的热情。

我们从三个阶段来看计算机通信网的变革^{[1][4][5][10]}。

1.2.1 面向终端的远程联机集中处理计算机系统

在第一台计算机问世之后的头10年里,计算机和远程通信并没有太多关联,通常用户解题必须到计算中心机房去使用计算机。1954年设计了具有收/发功能的终端设备(Terminal),人们可利用终端设备通过线路将信息发送到远程的计算机,逐步形成了面向终端的远程联机集中处理计算机系统,如图1.2.1所示,也可称之为第一代计算机网络。从计算机技术的观点来看,这是一个支持多用户终端的远程信息集中处理系统,主机与终端间呈主—从关系,远程信息以大型计算机为中心集中处理。