



普通高等学校
电类规划教材
电子信息与通信工程

现代通信网络

第3版

©沈庆国 邹仕祥 陈茂香 编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



普通高等学校
电类规划教材
电子信息与通

现代通信网络

第3版

©沈庆国 邹仕祥 陈茂香 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

现代通信网络 / 沈庆国, 邹仕祥, 陈茂香编著. —
3版. — 北京: 人民邮电出版社, 2017. 7
普通高等学校电类规划教材. 电子信息与通信工程
ISBN 978-7-115-44540-7

I. ①现… II. ①沈… ②邹… ③陈… III. ①通信网
— 高等学校—教材 IV. ①TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第326789号

内 容 提 要

本书精心选取电话网、ISDN 与 ATM、IP 技术以及宽带 IP 网络、智能网、移动网、下一代网络、卫星网、SDN、云计算及其组网、网络管理等典型通信网技术作为内容, 以体现出现代通信网发展的多样化、宽带化、智能化、个性化的特点。在对宽带 IP、MPLS、软交换、Parlay 等技术的介绍中, 注重把握同 ATM、智能网等已有技术的内在联系, 阐释了下一代网络的基本原理。

本书把飞速发展的网络技术同基本原理结合起来, 对迅速发展和普及的现代通信网络及其主要相关技术有一个全面概括, 较好地把握成熟、实用的技术与热点技术之间的关系, 既反映网络发展趋势和规律, 又不盲目迎合炒作。本书对抽象复杂知识的介绍通俗易懂, 深入浅出。本书既便于教学实施, 又适合读者自学。

本书可作为高等院校计算机、电子信息工程类、通信工程类本科高年级学生、研究生教材或参考书, 也可供网络通信技术人员阅读。

-
- ◆ 编 著 沈庆国 邹仕祥 陈茂香
 - 责任编辑 张孟玮
 - 执行编辑 李 召
 - 责任印制 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 23 2017 年 7 月第 3 版
 - 字数: 562 千字 2017 年 7 月河北第 1 次印刷
-

定价: 59.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315
广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

自本书2011年第2版出版以来,通信网技术又有了很大的发展。本次修订,主要是增加了第9章“卫星通信网”和第10章“新型网络技术和业务”,并对其他章节进行了适当修改和精简,以反映现代通信网技术的新进展。

修订后全书共11章。

第1章概括介绍电信网、计算机网络的过去、现在和未来发展,重点阐述电路交换、分组交换的原理和发展过程,并介绍了传送网、支撑网、数字有线电视网等基本知识。

第2章较为详细地介绍了固定电话网的基本概念、网络结构、路由与编号。

第3章介绍了ISDN、ATM技术,它们都是由电信界提出并推动发展的通信网络技术。本章阐述了ISDN的基本概念、业务、网络结构、协议和演进过程,以及ATM网络的基本概念、参考模型和协议,对ATM网络交换结构做了详细的介绍。

第4章介绍IP网络及局域网、广域网技术,它们是由计算机界提出的,思路上和电信界有所不同。本章对IP相关技术和转发原理做了重点阐述。

第5章对宽带IP网络的服务质量保证体系进行介绍,具体内容包括区分业务模型、综合业务模型、多协议标签交换(MPLS)、IP/SDH、IP/DWDM等,这些内容是宽带IP技术的重要组成部分。

第6章对智能网概念模型、智能网应用协议(INAP)、常见智能网业务等做了详细的介绍,并对智能网与其他网络结合的发展趋势进行了探讨。

第7章对移动通信的基本概念、移动网络系统结构、无线接口、漫游管理等进行介绍,结合GSM、CDMA、3G等典型移动网络,阐述了移动通信网络的基本原理。

第8章介绍下一代网络的基本概念、基于软交换的网络体系结构、软交换的基本技术、主要协议,以及IMS、全IP移动网络、Parlay业务开发等内容。

第9章介绍卫星通信网,具体包括卫星通信概述(特点、组成)、多址方式、典型网络(VSAT、移动卫星通信)、抗干扰等内容。

第10章介绍新型网络技术和业务,具体内容包括多层次交换、SDN、NDN、云计算及其组网、P2P、移动互联网、M2M等新型网络和业务。

第11章概要介绍了网络管理和网络规划。基于OSI网管模型对网络管理的一般原理进行说明,阐述了TCP/IP互联网络管理、电信管理网(TMN)以及网络规划和设计的基本知识等内容。

本书提供丰富的教学资源, 相关资源请登录人邮教育社区 www.ryjiaoyu.com 下载。

本书由沈庆国主编和统稿。第1章、第3章、第4章、第5章、第10章、第11章由沈庆国编写和修订, 第2章、第6章、第7章和第1章第6节由邹仕祥编写和修订, 第9章由陈茂香编写。本书作者具有长期的通信网络方面教学经验和科研、工程实践经历, 对抽象复杂知识的介绍通俗易懂、深入浅出。作者承担的国家自然科学基金项目(NO.612T1254)的研究成果也在本书中得到体现

本书在编写和修订过程中, 得到解放军理工大学通信工程学院领导和专家的大力支持。周卫东和陈涓在第1版和第2版中编写的内容很多仍为本版所采用, 在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限, 书中难免存在错误, 敬请读者批评指正。

作 者

2017年2月

于南京解放军理工大学通信工程学院

第2版前言

本书自2004年出版(第1版)以来,已经印刷了7次。根据教学中的使用经验和反馈,以及6年来现代通信网发生的一些新变化,本次修订对原书进行了修改。在保持原书技术同原理相结合的体制基础上,扩充了不少新内容,精简了一些逐渐淡出实际应用的内容。主要变动是在第1章概论中增加了传送网、支撑网、数字有线电视网等内容,将电话网、移动通信网、软交换/下一代网络作为独立的3章(第2章、第7章、第8章),将原第2章(ISDN)、第3章(ATM)合并为一章(第3章)。

改版后全书共9章。

第1章概括介绍电信网、计算机网络的过去、现在和未来发展,重点阐述电路交换、分组交换的原理和发展过程,并介绍了传送网、支撑网、有线电视网等基本知识。

第2章较为详细地介绍了固定电话网的基本概念、网络结构、路由与编号。

第3章介绍了ISDN、ATM技术,它们都是由电信界提出并推动发展的通信网络技术。阐述了ISDN的基本概念、业务、网络结构、协议和演进过程,以及ATM网络的基本概念、参考模型和协议,对ATM网络交换结构做了详细的介绍。

第4章介绍IP网络及局域网、广域网技术,它们是由计算机界提出的,思路上和电信界有所不同,对IP和转发原理做了重点阐述。

第5章对宽带IP网络的服务质量保证体系进行介绍,具体内容包括区分业务模型、综合业务模型、多协议标签交换(MPLS)、IP/SDH、IP/DWDM等,这些内容是宽带IP技术的重要组成部分。

第6章对智能网概念模型、智能网应用协议(INAP)、常见智能网业务等做了详细的介绍,并对智能网与其他网络结合的发展趋势进行了探讨。

第7章对移动通信的基本概念、移动网络系统结构、无线接口、漫游管理等进行介绍,结合GSM、CDMA、3G等典型移动网络,阐述了移动通信网络的基本原理。

第8章介绍下一代网络的基本概念、基于软交换的网络体系结构、软交换的基本技术、主要协议、IMS、全IP移动网络、Parlay业务开发等内容。

第9章概要介绍了网络管理和网络规划。基于OSI网管模型对网络管理的一般原理进行说明,阐述了TCP/IP互联网络管理、电信管理网(TMN)以及网络规划和设计的基本知识等内容。

本书由沈庆国主编和统稿。第1章、第3章、第4章、第5章、第8章、第9章由沈庆

国编写,第2章、第7章和第1章第7节由邹仕祥编写,第6章由陈涓编写。本书作者具有长期的通信网络方面教学经验和科研、工程实践经历,对抽象复杂知识的介绍通俗易懂、深入浅出。

本书在编写过程中,得到解放军理工大学通信工程学院领导和专家的大力支持。周卫东为本书做了很多有益的工作,他在第1版中编写的内容很多仍为本版所采用,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误,敬请读者批评指正。

作 者

2011年1月

于南京解放军理工大学通信工程学院

当前各类通信网络（电信网、互联网、移动网等）正在飞速发展，并将按下一代网络框架在接入、传送、控制、业务等层面进行融合。目前这方面书籍比较缺乏，相关网络书籍和教材大多都不够系统、深入，读者看到的只是大量材料的罗列和堆砌，往往不得要领，难以接受、提高。

本书精心选取 ISDN 与 ATM、IP 网、智能网、移动网等典型通信网及关键技术作为内容，以体现出现代通信网发展的宽带化、智能化、个人化和多媒体化的特点。本书力图把这些内容有机联系在一起，形成一个较为清晰、完整的体系，避免简单堆砌和罗列，帮助读者梳理其知识结构，增强他们对飞速发展的网络技术的本质认识，消除纷繁多样的网络技术给他们造成的混乱印象。

下一代网络是一个全新的体系，但它不是凭空产生的，它所依赖的宽带 IP、MPLS、软交换等技术是对稍早以前的 ATM、智能网、网络互联技术等继承和发展。比如在 IP QoS 保障技术中，综合业务模型借鉴了 ATM 网络资源预留的思想，同时引入了流量分类处理的方法；区分业务模型则又继承、发展了综合业务模型流量分类处理方法，但抛弃了全程信令以提高系统的可扩展性；MPLS、ATM、帧中继都采用了第 2 层的虚电路连接方式，IP 分组、信元、数据帧在虚电路中都是按标签进行交换和传送，MPLS 重要改进在于在第 3 层采用灵活的 IP 路由选择技术，并把第 3 层选路同第 2 层标签路径结合起来；MPLS 也借鉴了区分业务模型智能流量分类处理的思想，并又有所发展，引入等价转发类以提高可伸缩性。

为此在本书撰写的过程中，贯彻了把飞速发展的网络技术同基本原理结合起来的编写思想，对迅速发展和普及的现代通信网络及其主要相关技术有一个全面概括，较好把握成熟、实用的技术与热点技术之间的关系，既反映网络发展趋势和规律，又不盲目迎合炒作。

全书共 7 章。第 1 章概括介绍电信网、计算机网络的过去、现在和未来，重点阐述电路交换、分组交换的原理和发展过程；第 2 章、第 3 章介绍了 ISDN、ATM 技术，它们都是电信界提出并发展的通信网络技术；第 2 章着重介绍 ISDN 的基本概念、业务、网络结构、协议和演进过程；第 3 章介绍 ATM 网络中的一些基本概念、参考模型和协议，着力阐述了 ATM 网络交换结构；第 4 章介绍 IP 网络及局域网、广域网技术，它们是由计算机界提出的，思路上和电信界有所不同，对 IP 协议内容和转发原理作了重点阐述；第 5 章对宽带 IP 网络的服务质量保证体系、业务提供与控制体系等进行介绍，具体内容包括区分业务模型、综合业务模型、多协议标签交换（MPLS）、软交换、全 IP 移动网络等，这些内容将是基于宽带 IP 技

术的下一代网络的重要组成部分;第6章对智能网概念模型及概念模型中的业务平面、全局功能平面、分布功能平面和物理平面的组成及功能作了详细的介绍,并阐述了移动智能网、智能网与互联网结合、宽带智能网等发展趋势;第7章基于OSI网管模型对网络管理的一般原理进行介绍,分别阐述了TCP/IP互联网络管理、电信管理网TMN方面的知识。

本书由沈庆国主编和统稿,薛高阜作了很多组织工作。第1章由薛高阜编写,第2章、第3章和第7章第3节由周卫东编写,第4章、第5章和第7章第1、2节由沈庆国编写,第6章由陈涓编写。本书作者具有长期的通信网络方面教学经验和科研、工程实践经历,对抽象复杂知识的介绍通俗易懂,深入浅出。作者在宽带移动系统方面承担了国家自然科学基金项目(No.60172075)和东南大学移动通信国家重点实验室开放课题,相关的研究成果也在本书中得到引用。

本书在编写过程中,得到解放军理工大学通信工程学院领导和专家的大力支持,寇化栋教授对本书提出了宝贵的意见,杨勤副教授也为本书做了一些有益的工作,在此表示衷心的感谢。

由于通信网络技术发展很快,加之作者水平有限,书中难免存在错误,敬请读者批评指正。

作 者

2003年10月

于南京解放军理工大学通信工程学院

目 录

第1章 概论1

1.1 现代通信网络的现状、 特征及类型1

1.1.1 现代通信网络的现状1

1.1.2 现代通信网络的特征2

1.1.3 现代通信网络及交换技术的 类型4

1.2 电话通信网6

1.2.1 公用交换电话网6

1.2.2 专用电话通信网11

1.2.3 移动电话通信网11

1.3 数据通信网12

1.3.1 基本概念12

1.3.2 数据通信网特征13

1.3.3 数据通信系统的组成14

1.4 计算机通信网15

1.4.1 计算机通信网的产生 过程15

1.4.2 计算机通信网的组成16

1.4.3 计算机通信网分类17

1.5 传送网17

1.5.1 传输介质18

1.5.2 准同步数字体系20

1.5.3 同步数字体系21

1.5.4 下一代传送网22

1.6 支撑网23

1.6.1 信令网23

1.6.2 同步网27

1.6.3 管理网31

1.7 数字有线电视网32

1.7.1 简介32

1.7.2 光纤同轴混合网32

1.7.3 通信应用35

1.8 现代通信网络的发展趋势35

1.8.1 在宽带 IP 网络中提供 综合业务35

1.8.2 三网融合35

1.8.3 下一代网络的发展趋势36

1.9 现代通信网络中的一些基础 概念36

1.9.1 网络服务质量36

1.9.2 网络拓扑结构37

1.9.3 网络互连的基本知识39

小结40

思考题与练习题40

第2章 电话网41

2.1 电话通信网的基本概念41

2.1.1 电话通信的概念41

2.1.2 电话通信网的构成要素42

2.1.3 电话通信网的特点42

2.1.4 电话通信网的分类43

2.2 固定电话网44

2.2.1 固定电话通信网概念44

2.2.2 电话网的网络结构45

2.3 长途通信网46

2.3.1 国内长途电话网46

2.3.2 国际长途网48

2.4 本地电话网49

2.4.1 本地电话网及其网络结构49

2.4.2 电话网中用户的接入51

2.5 路由选择52

2.5.1 路由的概念及分类53

2.5.2 路由选择概述54

2.5.3 固定等级制选路规则54

2.5.4 其他选路方法简介56

2.6 编号计划57

小结59

思考题与练习题60

第3章 ISDN 与 ATM61	
3.1 ISDN 的基本概念.....61	
3.2 ISDN 业务.....62	
3.2.1 ISDN 基本业务.....63	
3.2.2 ISDN 补充业务.....65	
3.3 ISDN 的结构.....67	
3.3.1 ISDN 的网络结构.....67	
3.3.2 ISDN 用户—网络接口.....68	
3.3.3 ISDN 的地址结构.....74	
3.4 ISDN 协议.....75	
3.4.1 ISDN 协议结构参考模型.....75	
3.4.2 用户—网络接口协议.....76	
3.4.3 ISDN 网络协议——No.7 信令系统.....85	
3.5 ISDN 的演进.....85	
3.6 ATM 网络的基本概念.....86	
3.6.1 ATM 的定义和特点.....86	
3.6.2 ATM 信元.....86	
3.6.3 ATM 网络的一般通信过程.....87	
3.6.4 虚信道连接和虚通路连接.....88	
3.7 ATM 业务.....88	
3.7.1 承载业务.....89	
3.7.2 用户终端业务.....91	
3.8 ATM 的参考模型和协议.....91	
3.8.1 分层模型.....92	
3.8.2 多平面模型.....92	
3.8.3 物理层功能.....93	
3.8.4 ATM 层功能.....94	
3.8.5 ATM 适配层功能.....96	
3.9 ATM 网络接口和地址结构.....101	
3.9.1 ATM 网络接口.....101	
3.9.2 ATM 网络地址结构.....102	
3.10 ATM 网络交换结构与信令.....102	
3.10.1 ATM 交换机的基本组成.....102	
3.10.2 交换结构.....104	
3.10.3 ATM 网络信令的基本概念.....106	
3.11 ATM 网络性能参数.....107	
3.12 ATM 网络流量管理和拥塞 控制.....108	
3.12.1 流量管理.....108	
3.12.2 流量控制.....108	
3.12.3 拥塞控制.....110	
小结.....111	
思考题与练习题.....111	
第4章 IP 技术基础113	
4.1 协议和体系结构的概念.....113	
4.1.1 计算机网络体系结构的形成.....113	
4.1.2 OSI 参考模型.....113	
4.1.3 TCP/IP 参考模型.....115	
4.2 局域网基本知识.....116	
4.2.1 局域网体系结构.....116	
4.2.2 以太网.....117	
4.2.3 无线局域网.....121	
4.3 广域网.....121	
4.3.1 X.25 网.....121	
4.3.2 数字数据网.....122	
4.3.3 帧中继.....122	
4.4 IP.....123	
4.4.1 IP 地址格式和分类.....123	
4.4.2 域名系统.....125	
4.4.3 IP 数据报分组格式.....126	
4.5 TCP.....128	
4.6 Internet 通信原理.....130	
4.6.1 Internet 网络结构.....130	
4.6.2 路由器转发原理.....131	
4.6.3 路由选择基本知识.....132	
4.6.4 路由信息协议.....134	
4.6.5 开放最短路径优先.....136	
4.7 IPv6 简介.....137	
4.7.1 简化的报头和灵活的扩展.....137	
4.7.2 层次化的地址结构.....138	
4.7.3 即插即用的连网方式.....139	
4.7.4 网络层的认证与加密.....140	
4.7.5 更多的服务质量说明措施.....140	
4.7.6 对移动通信更好的支持.....141	
4.8 Internet 服务及资源.....141	
小结.....141	
思考题与练习题.....142	

第5章 宽带 IP 网络	143	6.1.2 智能网的基本概念	174
5.1 宽带 IP 网络的关键问题	143	6.1.3 智能网的演进	175
5.1.1 网络综合的历史与现状	143	6.2 智能网概念模型	176
5.1.2 宽带 IP 网络服务质量保障 体系	144	6.2.1 业务平面	176
5.1.3 业务提供与控制体系	145	6.2.2 全局功能平面	178
5.1.4 IP 网络安全问题	146	6.2.3 分布功能平面	179
5.2 综合业务模型	147	6.2.4 物理平面	180
5.2.1 基本概念	147	6.3 智能网应用协议	183
5.2.2 综合业务模型的构成	148	6.4 智能网业务	184
5.2.3 常见的队列调度算法	149	6.4.1 固定智能网业务	184
5.2.4 综合业务模型的优缺点	150	6.4.2 移动智能网业务	186
5.3 区分业务模型	151	6.5 智能网的发展	187
5.3.1 基本概念	151	6.5.1 Internet 与智能网	187
5.3.2 转发处理等级	152	6.5.2 下一代网络与智能网	188
5.3.3 区分业务的调节算法	152	小结	190
5.3.4 区分业务模型的优缺点	153	思考题与练习题	190
5.3.5 区分业务模型与综合业务 模型的互通	153	第7章 移动通信网	191
5.4 IP/ATM 网络互连模型	154	7.1 移动通信概述	191
5.4.1 IP 技术与 ATM 技术的异同	154	7.2 系统结构	193
5.4.2 IP/ATM 互连基本方案	155	7.2.1 网络结构	193
5.5 标签交换与多协议标签交换	158	7.2.2 编号计划	196
5.5.1 基本概念	158	7.3 无线接口	198
5.5.2 多协议标签交换的网络结构	159	7.3.1 空中接口部分关键技术	198
5.5.3 等价转发类	160	7.3.2 空中接口协议模型	202
5.5.4 路径标识与标签分发机制	161	7.3.3 空中接口实例——GSM 空中接口	202
5.5.5 多协议标签交换发展与应用	163	7.4 交换技术	206
5.6 IP/SDH 和 IP/DWDM	165	7.4.1 移动通信中的交换	206
5.6.1 基本概念	165	7.4.2 移动呼叫的一般过程	208
5.6.2 IP/SDH 原理	166	7.4.3 移动通信中的网络安全	210
5.6.3 IP/DWDM	167	7.5 漫游管理	213
5.6.4 传统光网络向自动交换光 网络的演进	170	7.5.1 漫游的分类	213
小结	172	7.5.2 漫游举例	214
思考题与练习题	172	7.6 GSM 移动通信系统	215
第6章 智能网	173	7.6.1 GSM 概述	215
6.1 概述	173	7.6.2 移动交换信令	216
6.1.1 智能网概念的提出	173	7.7 CDMA 移动通信系统	218
		7.7.1 CDMA 系统概述	218
		7.7.2 CDMA 系统的关键技术	220

7.8 第三代移动通信系统	223	8.8.5 IMS 的通信流程	258
7.8.1 3G 系统概述	223	8.8.6 IMS 的应用及下一代网络的未 来发展	260
7.8.2 3G 标准化及网络结构	224	8.9 基于全 IP 的宽带移动网络	262
小结	227	8.9.1 移动网络的长期演进计划 LTE/SAE	262
思考题与练习题	228	8.9.2 全 IP 移动网络	263
第 8 章 软交换和下一代网络	229	8.9.3 移动 IP	264
8.1 下一代网络技术概述	229	8.10 下一代网络业务开发接口	267
8.1.1 下一代网络的产生	229	8.10.1 Parlay 概述	267
8.1.2 下一代网络的内容和特点	230	8.10.2 Parlay 网关的作用及组成 结构	268
8.1.3 下一代网络的功能分层结构	231	8.10.3 基于 Web 服务的 Parlay X	270
8.2 基于软交换的网络结构	233	8.10.4 Parlay 应用及 Telco 2.0 出现	271
8.2.1 软交换的基本概念及特点	233	小结	272
8.2.2 基于软交换的下一代网络系统 组成	234	思考题与练习题	273
8.2.3 软交换的主要功能	235	第 9 章 卫星通信网	274
8.3 软交换设备	236	9.1 卫星通信概述	274
8.3.1 综合接入设备	237	9.1.1 卫星通信的定义及特点	274
8.3.2 媒体网关	238	9.1.2 卫星通信的发展历程	275
8.3.3 信令网关	239	9.1.3 卫星通信网络的组成及通信 线路	276
8.3.4 SIP 终端与 SIP 服务器	240	9.1.4 通信卫星的构成	279
8.4 软交换的主要协议	241	9.2 卫星通信多址连接方式	281
8.4.1 媒体网关控制协议	241	9.2.1 频分多址 (FDMA)	281
8.4.2 H.323 协议	242	9.2.2 时分多址 (TDMA)	282
8.4.3 会话启动协议	243	9.2.3 码分多址 (CDMA)	283
8.5 软交换的路由技术	245	9.2.4 空分多址 (SDMA)	284
8.6 软交换的组网技术	246	9.2.5 信道分配方式	285
8.6.1 软交换组网方案	246	9.3 VSAT 卫星通信系统	286
8.6.2 软交换网络中的各种终端的 编号	247	9.3.1 VSAT 的基本概念及特点	286
8.6.3 软交换组网中若干问题	248	9.3.2 VSAT 系统分类	287
8.7 软交换技术的发展与应用	250	9.3.3 VSAT 卫星通信系统组成及工 作原理	288
8.7.1 软交换优缺点	250	9.4 卫星移动通信系统	290
8.7.2 软交换应用情况	250	9.4.1 卫星移动通信系统的组成	290
8.8 IMS 的出现与下一代网络的 发展	252	9.4.2 卫星移动通信系统的分类	292
8.8.1 IMS 的由来	252	9.5 卫星通信的对抗与防护	292
8.8.2 IMS 的体系结构	252		
8.8.3 接口描述	256		
8.8.4 IMS 的编号	257		

9.5.1 通信对抗与干扰基本概念	293	10.5.2 移动互联网业务	322
9.5.2 常见卫星通信抗干扰技术	295	10.5.3 M2M 业务	323
9.5.3 提高卫星防御能力的措施	297	小结	325
小结	298	思考题与练习题	325
思考题与练习题	299	第 11 章 网络管理和规划	326
第 10 章 新型网络技术和业务	300	11.1 网络管理一般原理	326
10.1 新型网络技术概述	300	11.1.1 网络管理参考模型	326
10.2 交换层次的多样性	301	11.1.2 网络管理功能	327
10.2.1 二层交换优缺点	302	11.2 Internet 网络管理	329
10.2.2 三层交换	302	11.2.1 TCP/IP 网管框架	329
10.2.3 四层交换	304	11.2.2 SNMP v1/v2/v3	330
10.2.4 应用层交换	306	11.2.3 RMON	331
10.3 新型组网技术	308	11.3 电信管理网	332
10.3.1 基于策略的组网技术	308	11.3.1 TMN 概要	332
10.3.2 软件定义网络 (SDN)	309	11.3.2 TMN 功能体系结构	333
10.3.3 NDN: 基于内容而非地址的 数据转发技术	310	11.3.3 TMN 物理体系结构	336
10.4 云计算	314	11.3.4 TMN 优缺点及 TMN 的 应用	338
10.4.1 云计算基本概念	314	11.4 通信网规划和设计	339
10.4.2 云计算体系结构	315	11.4.1 通信网规划概述	339
10.4.3 支撑云计算的数据中心组网 结构	316	11.4.2 规划方法	340
10.4.4 云计算服务模式	317	11.4.3 典型通信网规划和设计	342
10.5 新型业务	318	小结	345
10.5.1 基于 P2P 覆盖网络的 通信业务	318	思考题与练习题	346
		附录 英文缩略语	347
		参考文献	354

本章对典型通信网络（电话网、数据网、移动网等）及其支撑技术作了概括性介绍，对通信网络的现状进行了分析，对下一代通信网络的特征进行了阐述。交换技术是通信网络的核心技术，为此本章介绍了电路交换、分组交换的原理和发展过程。

从整体上了解现代通信网络的分类、特点和发展，是进一步深入学习各种通信网络技术的基础。

1.1 现代通信网络的现状、特征及类型

1.1.1 现代通信网络的现状

人类社会在经历了农业社会、工业社会阶段以后，正在向信息社会演进。21 世纪知识型社会形态逐步显现，目前处于智能信息社会的初级阶段，其特征就是数字化、网络化、个人化、自动化和信息化。而现代通信网络是现代社会基础设施的重要组成部分，是现代信息社会的中枢神经系统。现代通信网络已经成为人们日常生活、信息获取、信息查询、信息处理和科学研究等活动的重要基础平台，具有重大的经济效益和社会效益。

现代通信的基本形式是在信源与信宿之间建立一个传输或转移信息的通道，实现信息的传输。现代通信网络的定义：现代通信网络是由终端、传输和交换等现代通信设备组成的系统，用以实现语音、数据、多媒体等形式的通信要求。

现代通信网络是与时俱进、不断发展的。在不同的历史时期，用户不断提出新的需求，推动了网络技术向前发展，导致新型网络的诞生。自 20 世纪 90 年代以来，一股强大的信息化潮流席卷了全球。在 1993 年 9 月美国政府提出建设国家信息基础设施（NII）的行动后，世界各国兴起了筹备“信息高速公路”的热潮。1994 年 9 月，美国政府又提出了建设全球信息基础设施（GII）的倡议，欲将各国的 NII 连接起来，组成世界信息高速公路。1995 年 5 月，亚太地区经济合作组织发布了“APEC”信息基础设施汉城宣言，确立了亚太信息基础设施（APII）建议的 5 个目标和 10 项原则。1996 年 10 月，美国时任总统克林顿签署了开发新一代 Internet 计划。该计划动用联邦资金 5 亿美元，历经 5 年时间，采用 IP 技术，使带宽达到 1Gbit/s，能传输声音、图像、文字和数据交互的多媒体信息，速度比原来快 100~1000 倍。

中国自 20 世纪 80 年代以来，信息化的建设有了长足的进步和发展。我国坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条中国特色信息化的新路子。在现代社会，通信

是信息化的基础条件,而现代通信网络又是现代社会重要的基础设施,因此现代通信网络日益受到人们的重视。目前,我国有多家基础电信业务运营商,如中国电信、中国移动、中国联通等,在固定通信、移动通信、数据通信、卫星通信等领域形成了至少有两家公司竞争的局面。

现代通信网络的三大部分是传输、交换和终端设备,比如电话通信系统就是如此(见图 1-1)。因此,现代通信网络的发展是和这些通信设备、电子器件、计算机技术的发展紧密相关的,它在某种程度上是一个国家综合国力的体现。一方面,电子技术按摩尔定律或超摩尔定律飞速发展,日新月异,通信网络的发展呈现日益数字化的趋势,通信网络具有了宽带化、智能化、个人化和多媒体化的特征;另一方面,通信基础设施投资巨大,回收周期较长,促使人们在研究应用更先进的通信网络技术的同时,必须考虑到市场的需求,兼顾到投资回报率,形成与原有的通信网络长(短)期并存的局面。由于历史的原因,实际上不同类型的网络都是针对其特定应用而设计的,而每一种网络都有其独特的特性,都是为了解决当时网络需要解决业务难题。各种网络的共存、互联、融合、演进,已成为现代通信网络的重要特征。

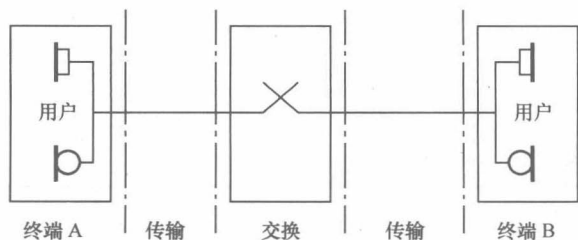


图 1-1 电话通信系统示意图

1.1.2 现代通信网络的特征

20 世纪 90 年代 Internet 和移动通信的发展是通信网络有史以来的最为辉煌的时期。进入 21 世纪后通信业务和网络应用的发展更加迅猛,呈现出多样化、宽带化、移动性、泛在化和可信化的趋势。

1. 多样化

通信网已存在并发展了 100 多年。一方面,由于涉及面广,规模庞大,技术复杂,加之各地区经济发展的不平衡,注定其发展演变只能以一种渐变的方式进行。另一方面,为了保持与原有技术的兼容性,又导致网络结构进一步复杂化,并且至今通信网仍在不断发展演变之中。以上因素导致了现代通信网形成目前多种网络技术体制并存的混合式结构,在接入、承载、交换、业务等各个层面都体现出多样化的特征,导致通信网络种类繁多,比如固定电话网、移动电话网、计算机网络、数据网络、Internet、ISDN 网、ATM 网、以太网、无线局域网、无线 Mesh 网络、WiMAX 网络、3G 网络、4G 网络和 NGN 等。

2. 宽带化

宽带化既表现为业务的宽带化,又表现为网络的高带宽增长。

通信业务已经从语音扩展到数据、多媒体与流媒体,接入链路带宽从十多年前的 28.8kbit/s 到现在的 ADSL 的 2Mbit/s 或者以太网 10/100Mbit/s,吉比特以太网(GE)到小区也较普及,可以说用户接入能力 10 年增大近千倍。光纤到家(FTTH)在日本、中国等国已开始应用,其接入带宽可超过 100Mbit/s。宽带化还表现在干线的带宽上,美国跨大西洋的光

纤干线带宽平均每6~7年增加100倍。我国更为显著,干线的数据流量曾有多保持平均年增260%。宽带化的趋势同样表现在移动网络上,移动高速数据和多媒体及流媒体业务开辟了移动通信的新应用。3G、4G、超宽带无线网等多种技术,可以提供几十Mbit/s乃至上百Mbit/s的无线接入速率。

与光纤传输能力飞速发展相比,网络节点(例如路由器和宽带交换机)的宽带化进展相对较慢,节点的可扩展性已明显受到业务带宽增长的压力,超大容量路由器的实现已越来越难,经济性及可控性都面临挑战。

与宽带化伴随的是对带宽的可管理性问题,包括调度灵活性(例如对每一通路或每一种业务类型按需分配带宽)和可生存性(在故障情况下的保护和恢复)及业务质量(QoS)的保证,这不仅要求传送网节点具有灵活分枝插入和交叉连接的功能,还要求传送网有自愈恢复功能。宽带化对网络体系提出了新的要求,也可以说宽带化将催生新的网络体系。

3. 移动化

由于移动通信随时随地使用的灵活性,其用户数迅速增长。目前,全球100多个国家移动通信用户数超过固定电话用户数,中国2003年底移动用户已多于固定用户。全球移动通信用户增长率两倍于固定电话,这种差距会越来越大。固定电话以家庭或办公室为基本使用对象,而移动通信则以个人为基本使用对象,从这一意义上说,移动通信用户将数倍于固定电话用户数。

移动通信不仅用户量大,而且在地理上分布也很不平衡,大城市中心区移动通信用户非常密集。假设在这些区域移动用户普及率达到70%(北京已超过90%),城市移动通信用户密度可达 $130\,000/\text{km}^2$,缩小移动通信蜂窝小区的半径(按微蜂窝配置)仍感到频谱资源的紧张。频谱利用率是考验新一代移动通信技术的重要指标,为此各国都在探索高效无线传输技术。另外,移动上网对用户和IP地址移动性管理提出了新问题,成为新的研究热点。

4. 泛在化

泛在化是指网络无处不在(Ubiquitous),就如同空气和水一样,自然地融入到人们的日常生活和工作中,主动地感知用户的需求并提供服务。这主要依赖于各种无线网络的发展,尤其是传感器网络技术和普及。

射频识别(RFID)芯片和传感器的技术发展及成本的大幅度下降,推动了网络的泛在性发展。所有物品和设备,都可通过RFID和传感器等将它们连到网上,构成了一个无处不在的网络,人们可以在任何时间、任何地方安全使用网络,但并不感觉其存在。通信不仅是发生在人与人之间,而且更多的业务流来自人与机器间以及物体间。

网络泛在性将使联网的终端数较现有数百甚至上千倍增加。如此之多的终端联网对网络体系和终端及地址管理等都提出新的挑战。网络的泛在性引发了对自律网(包含自组织网、自愈网、自我管理网、自优化网等概念)和复杂、异构、分布的网络体系研究的重视。

5. 可信化

网络可信化是指网络和用户的行为及其结果总是可预期与可管理的,能够做到行为状态可监测、行为结果可评估、异常行为可管理。具体而言,网络的可信化应该包括一组属性,