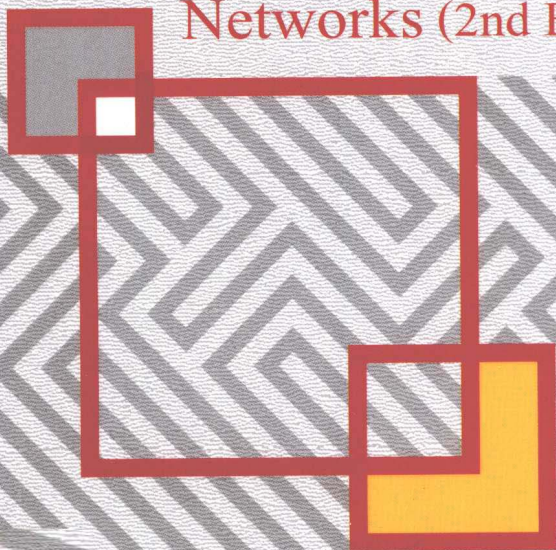


21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

现代通信 网络 (第2版)

沈庆国 邹仕祥 陈涓 编著

Modern Communication
Networks (2nd Edition)



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



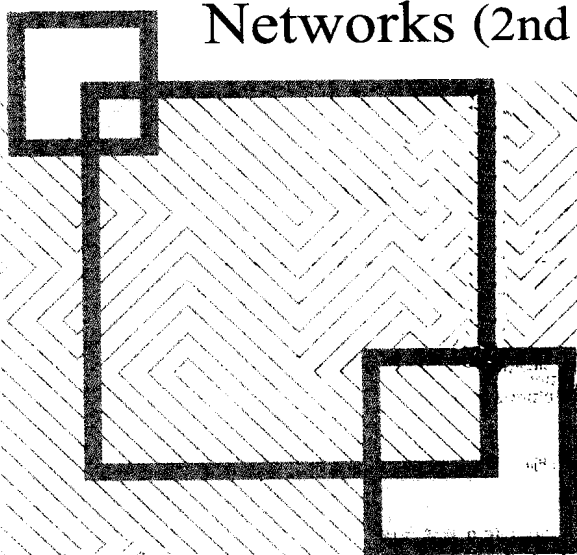
精品系列

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

现代通信 网络 (第2版)

沈庆国 邹仕祥 陈涓 编著

Modern Communication
Networks (2nd Edition)



人民邮电出版社
北京



精品系列

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网络 / 沈庆国, 邹仕祥, 陈涓编著. -- 2
版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2011.9
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
ISBN 978-7-115-24125-2

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(2011)第041555号

内 容 提 要

本书精心选取 ISDN 与 ATM、IP 技术以及宽带 IP 网络、移动网、智能网、下一代网络、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、个人化的特点。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。

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材

现代通信网络 (第2版)

-
- ◆ 编 著 沈庆国 邹仕祥 陈 涓
责任编辑 贾 楠
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 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: 21 75 2011 年 9 月第 2 版
字数: 529 千字 2011 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-24125-2

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

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

南京解放军理工大学通信工程学院

目 录

第1章 概论	1	1.8.2 光纤同轴混合网	40
1.1 现代通信网络的现状、特征及类型	1	1.8.3 通信应用	42
1.1.1 现代通信网络的现状	1	1.9 现代通信网络的发展趋势	43
1.1.2 现代通信网络的特征	2	1.9.1 在宽带 IP 网络中提供综合业务	43
1.1.3 现代通信网络及交换技术的类型	4	1.9.2 三网融合	43
1.2 电话通信网	6	1.9.3 下一代网络的发展趋势	43
1.2.1 公用交换电话网	6	1.10 现代通信网络中的一些基本概念	44
1.2.2 专用电话通信网	12	1.10.1 网络服务质量	44
1.2.3 移动电话通信网	12	1.10.2 网络拓扑结构	45
1.3 数据通信网	14	1.10.3 网络互连的基本知识	46
1.3.1 基本概念	14	小结	47
1.3.2 数据通信的主要特点	14	思考题与练习题	48
1.3.3 数据通信网特征	14	第2章 电话网	49
1.3.4 数据通信系统的组成	16	2.1 电话通信网的基本概念	49
1.4 计算机通信网	17	2.1.1 电话通信的概念	49
1.4.1 计算机通信网的产生过程	17	2.1.2 电话通信网的构成要素	50
1.4.2 计算机通信网的组成	18	2.1.3 电话通信网的特点	50
1.4.3 计算机通信网分类	20	2.1.4 电话交换网的分类	51
1.5 综合业务数字网	20	2.2 固定电话网	52
1.5.1 窄带综合业务数字网	20	2.2.1 固定电话通信网概念	52
1.5.2 宽带综合业务数字网	21	2.2.2 电话网的网络结构	53
1.6 传送网	22	2.3 长途通信网	54
1.6.1 传输介质	22	2.3.1 国内长途电话网	54
1.6.2 准同步数字体系	24	2.3.2 国际长途网	56
1.6.3 同步数字体系	25	2.4 本地电话网	57
1.6.4 下一代传送网	26	2.4.1 本地电话网及其网络结构	57
1.7 支撑网	27	2.4.2 电话网中用户的接入	59
1.7.1 信令网	27	2.5 路由选择	61
1.7.2 同步网	32	2.5.1 路由的概念及分类	61
1.7.3 管理网	39	2.5.2 路由选择	62
1.8 数字有线电视网	40	2.5.3 固定等级制选路规则	62
1.8.1 简介	40	2.5.4 其他选路方法简介	64

2.6 编号计划	66	3.10.4 ATM 网络信令的基本概念	124
小结	68	3.11 ATM 网络性能参数	126
思考题与练习题	68	3.12 ATM 网络流量管理和拥塞控制	126
第3章 ISDN 和 ATM	69	3.12.1 流量管理	126
3.1 ISDN 的基本概念	69	3.12.2 流量控制	127
3.2 ISDN 业务	70	3.12.3 拥塞控制	129
3.2.1 ISDN 基本业务	71	小结	129
3.2.2 ISDN 补充业务	75	思考题与练习题	131
3.3 ISDN 的结构	78	第4章 IP 技术基础	132
3.3.1 ISDN 的网络结构	78	4.1 协议和体系结构的概念	132
3.3.2 ISDN 用户—网络接口	79	4.1.1 计算机网络体系结构的形成	132
3.3.3 ISDN 的地址结构	85	4.1.2 OSI 参考模型	132
3.4 ISDN 协议	86	4.1.3 TCP/IP 参考模型	134
3.4.1 ISDN 协议的结构模型	87	4.2 局域网基本知识	135
3.4.2 用户—网络接口协议	87	4.2.1 局域网体系结构	135
3.4.3 ISDN 网络协议——No.7 信令系统	97	4.2.2 以太网	136
3.5 ISDN 的演进	97	4.2.3 无线局域网	140
3.6 ATM 网络的基本概念	98	4.3 广域网	140
3.6.1 ATM 的定义和特点	98	4.3.1 X.25 网	140
3.6.2 ATM 信元	99	4.3.2 数字数据网	141
3.6.3 ATM 网络的一般通信用过程	99	4.3.3 帧中继	141
3.6.4 虚信道连接和虚通路连接	100	4.4 IP	142
3.7 ATM 业务	101	4.4.1 IP 地址格式	142
3.7.1 承载业务	101	4.4.2 域名系统	144
3.7.2 用户终端业务	103	4.4.3 IP 数据报分组格式	145
3.8 ATM 的参考模型和协议	104	4.5 TCP	147
3.8.1 分层模型	104	4.6 Internet 通信原理	149
3.8.2 多平面模型	105	4.6.1 Internet 网络结构	149
3.8.3 物理层功能	106	4.6.2 路由器转发原理	149
3.8.4 ATM 层功能	107	4.6.3 路由选择基本知识	151
3.8.5 ATM 适配层功能	109	4.6.4 路由信息协议	153
3.9 ATM 网络接口和地址结构	113	4.6.5 开放最短路径优先	155
3.9.1 ATM 网络接口	113	4.7 IPv6 简介	156
3.9.2 ATM 网络地址结构	115	4.7.1 简化的报头和灵活的扩展	156
3.10 ATM 网络交换结构与信令	115	4.7.2 层次化的地址结构	157
3.10.1 交换的基本概念和要求	115	4.7.3 即插即用的连网方式	158
3.10.2 基本交换单元	118	4.7.4 网络层的认证与加密	158
3.10.3 交换结构	122		

4.7.5 更多的服务质量说明措施.....	159	5.5.5 多协议标签交换发展与应用.....	185
4.7.6 对移动通信更好的支持.....	159	5.6 IP/SDH 和 IP/DWDM.....	187
4.8 Internet 服务及资源.....	159	5.6.1 基本概念.....	187
4.8.1 电子邮件.....	160	5.6.2 IP/SDH 原理.....	188
4.8.2 新闻.....	160	5.6.3 IP/DWDM.....	189
4.8.3 公告牌系统.....	160	5.6.4 传统光网络向自动交换光 网络的演进.....	191
4.8.4 文件传输协议.....	161	小结.....	193
4.8.5 远程终端服务.....	161	思考题与练习题.....	194
4.8.6 环球网.....	161	第 6 章 智能网.....	195
4.8.7 P2P 资源共享.....	162	6.1 概述.....	195
小结.....	162	6.1.1 智能网概念的提出.....	195
思考题与练习题.....	162	6.1.2 智能网的基本概念.....	196
第 5 章 宽带 IP 网络.....	164	6.1.3 智能网的演进.....	197
5.1 宽带 IP 网络的关键问题.....	164	6.2 智能网概念模型.....	198
5.1.1 网络综合的历史与现状.....	164	6.2.1 业务平面.....	198
5.1.2 宽带 IP 网络服务质量保障 体系.....	165	6.2.2 全局功能平面.....	200
5.1.3 业务提供与控制体系.....	167	6.2.3 分布功能平面.....	202
5.1.4 IP 网络安全问题.....	168	6.2.4 物理平面.....	203
5.2 综合业务模型.....	168	6.3 智能网应用协议.....	205
5.2.1 基本概念.....	168	6.3.1 概述.....	205
5.2.2 综合业务模型的构成.....	169	6.3.2 INAP 体系.....	206
5.2.3 常见的队列调度算法.....	170	6.3.3 INAP 的操作.....	207
5.2.4 综合业务模型的优缺点.....	171	6.4 智能网业务.....	208
5.3 区分业务模型.....	172	6.4.1 固定智能网业务.....	208
5.3.1 基本概念.....	172	6.4.2 移动智能网业务.....	211
5.3.2 转发处理等级.....	173	6.5 智能网的发展.....	212
5.3.3 区分业务的调节算法.....	173	6.5.1 Internet 与智能网.....	212
5.3.4 区分业务模型的优缺点.....	174	6.5.2 下一代网络与智能网.....	213
5.3.5 区分业务模型与综合业务 模型的互通.....	174	小结.....	215
5.4 IP/ATM 网络互连模型.....	175	思考题与练习题.....	215
5.4.1 IP 技术与 ATM 技术的异同.....	175	第 7 章 移动通信网.....	216
5.4.2 IP/ATM 互连基本方案.....	177	7.1 移动通信概述.....	216
5.5 标签交换与多协议标签交换.....	180	7.2 系统结构.....	218
5.5.1 基本概念.....	180	7.2.1 网络结构.....	218
5.5.2 多协议标签交换的网络结构.....	180	7.2.2 编号计划.....	221
5.5.3 等价转发类.....	181	7.3 无线接口.....	223
5.5.4 路径标识与标签分发机制.....	182	7.3.1 空中接口部分关键技术.....	223
		7.3.2 空中接口协议模型.....	229

7.3.3 空中接口实例——GSM 空中接口	229	8.4.1 媒体网关控制协议	269
7.4 交换技术	233	8.4.2 H.323 协议	270
7.4.1 移动通信中的交换	233	8.4.3 会话启动协议	271
7.4.2 移动呼叫的一般过程	235	8.5 软交换的路由技术与电话路由信息协议	273
7.4.3 移动通信中的网络安全	237	8.5.1 路由方案	273
7.5 漫游管理	240	8.5.2 电话路由协议	274
7.5.1 漫游的分类	240	8.5.3 电话路由协议在软交换网络中的应用	275
7.5.2 漫游的基础	240	8.6 软交换的组网技术	276
7.5.3 漫游举例	241	8.6.1 软交换组网方案	276
7.6 GSM 移动通信系统	242	8.6.2 软交换网络中的各种终端的编号	277
7.6.1 GSM 概述	242	8.6.3 软交换组网中若干问题	278
7.6.2 移动交换信令	243	8.7 软交换技术的发展与应用	280
7.7 CDMA 移动通信系统	245	8.7.1 软交换优缺点	280
7.7.1 CDMA 系统概述	245	8.7.2 软交换应用情况	280
7.7.2 CDMA 系统的关键技术	246	8.8 IMS 的出现与下一代网络的发展	282
7.8 第三代移动通信系统	249	8.8.1 IMS 的由来	282
7.8.1 3G 系统概述	249	8.8.2 IMS 的体系结构	283
7.8.2 3G 标准化及网络结构	250	8.8.3 接口描述	286
小结	253	8.8.4 IMS 的通信流程	287
思考题与练习题	254	8.8.5 IMS 的应用及下一代网络的未来发展	289
第8章 软交换和下一代网络	255	8.9 基于全 IP 的宽带移动网络	291
8.1 下一代网络技术概述	255	8.9.1 移动网络的长期演进 LTE/SAE	291
8.1.1 下一代网络的产生	255	8.9.2 全 IP 移动网络	292
8.1.2 下一代网络的内容和特点	257	8.9.3 移动 IP	295
8.1.3 下一代网络的功能分层结构	259	8.10 下一代网络业务开发接口	298
8.2 基于软交换的网络结构	260	8.10.1 Parlay 概述	299
8.2.1 软交换的基本概念及特点	260	8.10.2 Parlay 网关的作用及组成结构	299
8.2.2 基于软交换的下一代网络系统组成	261	8.10.3 基于 Web 服务的 Parlay X	302
8.2.3 软交换的主要功能	263	8.10.4 Parlay 应用及 Telco 2.0 出现	303
8.3 软交换设备	264	8.11 三网融合	304
8.3.1 综合接入设备	264	小结	305
8.3.2 媒体网关	266		
8.3.3 信令网关	267		
8.3.4 SIP 终端与 SIP 服务器	268		
8.4 软交换的主要协议	269		

思考题与练习题	306	9.3.3 TMN 信息体系结构	317
第 9 章 网络管理和规划	307	9.3.4 TMN 物理体系结构	319
9.1 网络管理一般原理	307	9.3.5 TMN 优缺点及 TMN 的 应用	321
9.1.1 网络管理参考模型	307	9.4 通信网规划和设计	322
9.1.2 网络管理功能	308	9.4.1 通信网规划概述	322
9.2 Internet 网络管理	310	9.4.2 规划方法	323
9.2.1 TCP/IP 网管框架	310	9.4.3 典型通信网规划和设计	324
9.2.2 SNMP v1/v2/v3	311	小结	328
9.2.3 RMON	312	思考题与练习题	328
9.3 电信管理网	313	附录 英文缩略语	329
9.3.1 TMN 概要	313	参考文献	336
9.3.2 TMN 功能体系结构	314		

本章对典型通信网络（电话网、数据网、ISDN、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 世纪知识经济初显端倪，目前处于信息社会的初级阶段，其特征就是数字化、网络化、个人化和信息化。所谓信息化是指信息的开发、获取、传播、再生和利用，在国家、社会生活中的作用不断增强的过程。信息技术的广泛采用，使现代社会的人们逐步认识到信息是与物质、能量相并列的三大重要资源之一，是材料、工具、劳动者以外的又一重要经济要素。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。现代通信网络可以定义为：“现代通信网络是由现代通信网元组成的集合体，用以支持实现组织内外部的语音、数据、多媒体形式的通信要求”。

现代通信网络的基本概念是与时俱进、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，实现全球信息共享。1995 年 5 月，西方七国集团部长级会议在布鲁塞尔确定了 8 条原则和 11 个示范项目。1995 年 5 月，亚太地区经济合作组织召开了 17 国通信与信息产业部长会议，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4月28日,来自世界五大洲20多个国家的代表出席了在北京召开的国际信息基础结构会议,通过了一份纲领性文件《信息时代宣言》。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1GB,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。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的业务难题。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。

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。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10Mbit/s,吉比特以太网(GE)到小区也较普及,可以说用户接入能力十年增大近千倍。光纤到家(FTTH)在日本等国已开始应用,在

我国也开始试验,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,最近几年干线的数据流量平均年增 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,全球一百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。

网络泛在性将使连网的终端数较现在有数百甚至上千倍增加。如此之多的终端连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,

从用户的角度需要保障服务的安全性和可生存性,从设计的角度则需要提供网络的可管理性。

IP 网的安全问题成为影响网络发展的最大障碍。各国都在考虑建设信息安全监控体系、密码服务体系、网络信任体系和应急响应体系等问题,重点研究可信网络环境与可信计算理论、安全协议理论、生物识别科学、安全系统软件、高性能安全芯片技术、安全存储技术、逆向分析与可控理论、灾难恢复与故障容错技术等。安全协议和虚拟专用网(VPN)是目前比较重视并较多采用的措施,同时需要基于终端与基于网络的安全措施、基于网络层与基于应用层的安全措施。

目前,网络安全技术多、杂、零散,实现代价越来越大,对网络性能的影响越来越大、越来越复杂,其臃肿的弊端逐渐显示出来,可信网络在这种背景下被提出。可信网络可以提高网络的性能,简化因不信任带来的监控、防范等系统的开销,提高系统的整体性能。同时,动态行为的信任可以提供比身份信任更细粒度的安全保障。

网络可信技术是在原有网络安全技术的基础上增加行为可信的安全新思想,强化对网络状态的动态处理,为实施智能自适应的网络安全和服务质量控制提供基础策略。网络可信主要包括服务提供者的可信、网络信息传输的可信和终端用户的可信3个方面的内容。

1.1.3 现代通信网络及交换技术的类型

现代通信网络在不同的应用范围和不同的应用目标前提下,具有不同的含义。依据信号的传输方式和载体形式分类,一般可将现代通信网络分成电话通信网、数据通信网和计算机通信网、综合业务数字网等4种类型。它们采用的交换技术主要是电路交换或分组交换。现代通信网络是随着交换技术的发展而发展的。

1. 电路交换

国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)将电路交换(Circuit Switching)定义为“根据请求,从一套入口和出口中,建立起一条为传输信息而从指定入口到指定出口的连接”。电路交换是一种电路之间的实时交换。所谓实时,是指任一用户呼叫另一用户时,应立即在两用户之间建立通信电路的连接。这时通信网内的相关设备和线路都被这一用户占用着,不能再为其他用户服务。这种在一次呼叫中由通信网根据用户要求在指定的呼叫路由上固定分配设备的交换方式,称为电路交换方式。

采用电路交换方式的通信网可以为任一个发起呼叫的主叫用户提供一条临时的专用物理通路,它是由通路上各交换设备内部在空间上或在时间上完成电路交换而构成的,为主叫与被叫之间建立起一条直通线路。电路交换有空分和时分两种。空分电路交换是通过空间交叉连接矩阵的连通将某一条线上的语音或数据传递到另一条线上,其传递的信号可以直接采用模拟信号。时分电路交换是将某时分复用线上的某一时隙的语音或数据传递到另一时分复用线上的另一时隙上去,其传递的信号是数字信号。

经由电路交换而实现的通信包括3个阶段。呼叫建立阶段:通过呼叫信令完成逐个交换机的接续过程,建立起一条主叫到被叫的直通线路。语音或数据传输阶段:在主叫到被叫的直通线路上传输语音或数据。连接释放阶段:完成一次语音或数据传输之后,拆除该线路的连接,释放交换机和线路资源。

电路交换的主要特点:语音或数据的传输时延小且无抖动,语音或数据在通路中“透明”

传输,不需存储、分析和处理,传输效率比较高;但是,电路的接续时间较长,电路资源被通信双方独占,电路利用率低。

电路交换是最早出现的一种交换方式,包括最早的人工电话在内的电话交换均采用电路交换方式。电路交换经历了从空分到时分、从模拟到数字的过程,现有公用电话交换网普遍采用时分数字电路交换方式。

2. 分组交换

比起传统的电路交换方式来说,分组交换(Packet Switching)具有高效、灵活、迅速、可靠等优点。分组交换的概念是美国兰德(RAND)公司的保罗·布朗(Paul Baran)和他的同事于1961年在美国空军RAND计划的研究报告中首先提出来的,主要是为了解决军用电话的通信安全(防窃听),但在当时的技术条件下未能实现。当时,美国国防部高级研究规划局(ARPA)也在着手进行计算机网络的研究工作,希望寻求一种资源共享的方法,使计算机能更加有效地工作。ARPA研究人员看到了分组交换在满足这种通信要求方面的潜力,进行了分组交换技术的研究和开发工作,于1969年完成了世界上第一个分组交换网ARPANET,该网络后来逐步发展成为Internet。

分组交换最适合数据通信,由于它在降低通信成本、提高通信可靠性和灵活性方面的巨大成功,促使20世纪70年代中期以后的数据通信网几乎全部采用分组交换。20世纪80年代以来,世界各国的公用和专用分组交换网蓬勃发展,已经形成了全球性的数据通信网,我国公用分组交换网于1989年开放业务。

面对新的用户需求及通信环境,尤其是光纤通信技术的巨大成就,分组交换技术本身也在不断进步,出现了帧中继、ATM等快速分组交换技术,其应用领域也已从数据通信领域延伸到传统的视频、电话通信领域。

分组交换也称包交换。它将用户的一整份报文分割成若干定长的数据块,即分组。分组交换是一种综合电路交换和报文交换方式的优点而又尽量避免两者的缺点的第三种交换方式。它的基本原理是“存储—转发”,是以更短的、被规格化了的“分组”为单位进行交换、传输。分组交换最基本的思想就是实现通信资源的共享。但分组交换会造成较大的时延及其抖动,不能很好满足实时通信的需要。

3. 快速分组交换——异步传递方式

快速分组交换是一个概念,它包含多种不同的实现方式,且所有的方式都有一个共同的特征,就是具有最小网络功能的分组交换。所谓最小网络功能,是指通过定义一个短而固定长度的分组,简化网络内部节点对分组识别与转发、差错检验、流量控制等操作,提高了转发效率和业务吞吐量,支持业务对时间透明性和语义透明性的要求。不同的快速分组交换方式由不同的组织提出,用不同的名称。如异步传递方式(Asynchronous Transfer Mode, ATM),它是国际电信联盟电信标准化部门(ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-T)使用的正式名称。ATM交换技术是以固定长度的信元作为信息传输单位、以统计复用的方式占用信道资源,支持宽带信息交换,支持不同速率的各种业务,以面向连接的方式保持了电路交换实时性的优点,以短分组化的方式保持了分组交换网络资源利用率高的优点,它是一种适合语音、数据与图像业务的综合交换技术。