

中国通信学会普通高等教育『十二五』规划教材立项项目

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

穆维新 编著

Modern

Communication Networks



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

高校系列

中国通信学会普通高等教育『十二五』规划教材立项项目

21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

# 现代 通信网

穆维新 编著

## 要 目 录

第一章 绪论 1

1.1 通信网的发展 1

1.2 通信网的组成 2

1.3 通信网的分类 3

1.4 通信网的功能 4

1.5 通信网的研究内容 5

1.6 通信网的发展前景 6

第二章 通信网的基本概念 7

2.1 通信网的基本术语 7

2.2 通信网的性能指标 8

2.3 通信网的可靠性 9

2.4 通信网的安全性 10

2.5 通信网的互操作性 11

2.6 通信网的可扩展性 12

2.7 通信网的可管理性 13

2.8 通信网的可维护性 14

2.9 通信网的可配置性 15

2.10 通信网的可升级性 16

2.11 通信网的可移植性 17

2.12 通信网的可重用性 18

2.13 通信网的可集成性 19

2.14 通信网的可兼容性 20

2.15 通信网的可互操作性 21

2.16 通信网的可互操作性 22

2.17 通信网的可互操作性 23

2.18 通信网的可互操作性 24

2.19 通信网的可互操作性 25

2.20 通信网的可互操作性 26

2.21 通信网的可互操作性 27

2.22 通信网的可互操作性 28

2.23 通信网的可互操作性 29

2.24 通信网的可互操作性 30

2.25 通信网的可互操作性 31

2.26 通信网的可互操作性 32

2.27 通信网的可互操作性 33

2.28 通信网的可互操作性 34

2.29 通信网的可互操作性 35

2.30 通信网的可互操作性 36

2.31 通信网的可互操作性 37

2.32 通信网的可互操作性 38

2.33 通信网的可互操作性 39

2.34 通信网的可互操作性 40

2.35 通信网的可互操作性 41

2.36 通信网的可互操作性 42

2.37 通信网的可互操作性 43

2.38 通信网的可互操作性 44

2.39 通信网的可互操作性 45

2.40 通信网的可互操作性 46

2.41 通信网的可互操作性 47

2.42 通信网的可互操作性 48

2.43 通信网的可互操作性 49

2.44 通信网的可互操作性 50

2.45 通信网的可互操作性 51

2.46 通信网的可互操作性 52

2.47 通信网的可互操作性 53

2.48 通信网的可互操作性 54

2.49 通信网的可互操作性 55

2.50 通信网的可互操作性 56

2.51 通信网的可互操作性 57

2.52 通信网的可互操作性 58

2.53 通信网的可互操作性 59

2.54 通信网的可互操作性 60

2.55 通信网的可互操作性 61

2.56 通信网的可互操作性 62

2.57 通信网的可互操作性 63

2.58 通信网的可互操作性 64

2.59 通信网的可互操作性 65

2.60 通信网的可互操作性 66

2.61 通信网的可互操作性 67

2.62 通信网的可互操作性 68

2.63 通信网的可互操作性 69

2.64 通信网的可互操作性 70

2.65 通信网的可互操作性 71

2.66 通信网的可互操作性 72

2.67 通信网的可互操作性 73

2.68 通信网的可互操作性 74

2.69 通信网的可互操作性 75

2.70 通信网的可互操作性 76

2.71 通信网的可互操作性 77

2.72 通信网的可互操作性 78

2.73 通信网的可互操作性 79

2.74 通信网的可互操作性 80

2.75 通信网的可互操作性 81

2.76 通信网的可互操作性 82

2.77 通信网的可互操作性 83

2.78 通信网的可互操作性 84

2.79 通信网的可互操作性 85

2.80 通信网的可互操作性 86

2.81 通信网的可互操作性 87

2.82 通信网的可互操作性 88

2.83 通信网的可互操作性 89

2.84 通信网的可互操作性 90

2.85 通信网的可互操作性 91

2.86 通信网的可互操作性 92

2.87 通信网的可互操作性 93

2.88 通信网的可互操作性 94

2.89 通信网的可互操作性 95

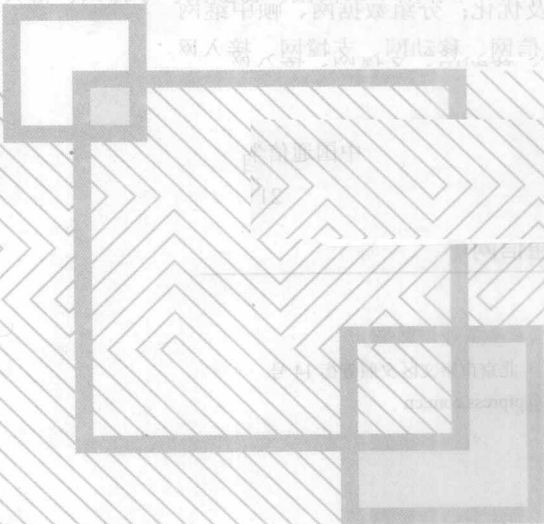
2.90 通信网的可互操作性 96

2.91 通信网的可互操作性 97

2.92 通信网的可互操作性 98

2.93 通信网的可互操作性 99

2.94 通信网的可互操作性 100



人民邮电出版社  
北京



## 图书在版编目(CIP)数据

现代通信网 / 穆维新编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010. 8

中国通信学会普通高等教育“十二五”规划教材. 21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
ISBN 978-7-115-22590-0

I. ①现… II. ①穆… 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(2010)第062019号

## 内 容 提 要

本书对现有通信网及系统的组成结构、信令协议、关键技术和业务应用等进行了全面的阐述。全书共分为14章, 主要内容包括: 基于IP通信的计算机网、互联网和宽带网; 基于软交换技术的下一代网络; 第三代移动通信、网络规划及优化; 分组数据网、帧中继网和数字数据网; 宽带综合业务数字网与ATM。另外, 还介绍了电信网、移动网、支撑网、接入网、广播电视网、传输网和智能网等。

本书可作为大专院校通信、信息及电子等专业的教材或学习参考用书, 也可作为相关专业的培训教材或专业技术人员的自学参考用书。

中国通信学会普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

### 现代通信网

- 
- ◆ 编 著 穆维新  
责任编辑 刘 博
  - ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京艺辉印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 24.5  
字数: 599千字
- 2010年8月第1版  
2010年8月北京第1次印刷

---

ISBN 978-7-115-22590-0

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

本书以现代通信网为主线，分别对当今的通信网、计算机网、广播电视网等作了全面的阐述，并对组成网络的各种传输系统及支撑网等也进行了充分的讲解。本书从实际出发，跟踪网络技术的最新发展动态，系统地将与信息网络有关的计算机、通信、交换、组网及传输等技术综合在一起，形成一个较为完整的信息网络及系统体系。

本书主要讲解目前的通信网络及系统技术，对以后较具发展潜力的技术进行了适当的介绍。其宗旨是通过本书的学习，读者能够理解什么是现代信息网络的宽带化、数字化、智能化和综合化，并能懂得各种网络的概念和定义、结构和组成、业务和应用、信令和协议以及今后发展的动向等基本内容。书中配有大量的网结构示意图，以增加可读性和易懂性。

全书共分 14 章：第 1 章主要介绍目前信息网的分类并对以后发展进行预测；第 2 章和第 4 章对电信网进行阐述，主要内容有 PSTN、IN、ISDN、PLMN、GPRS 等；第 3 章介绍支撑网，包括数字同步网、信令网、管理网；第 5 章是传输系统，即光纤通信、SDH、WDM、ASON 等；第 6 章介绍接入网、智能社区网、电缆配线系统和综合布线系统；第 7 章介绍第三代移动通信网的 WCDMA、TD-SCDMA 和 cdma2000；第 8 章讲解广播电视网；第 9 章至第 10 章讲述数据网，包括分组交换数据网、帧中继、数字数据网；第 11 章介绍宽带综合业务数字网与 ATM；第 12 章结合第三代移动通信介绍网络规划及优化；第 13 章介绍基于 IP 的通信网、互联网和宽带网；第 14 章讲述基于软交换技术的下一代网络 (NGN)。

本书每个章节都有一定的独立性。若要选择本书作为教材，可结合本专业的特点和课时数，选择有关章节系统地学习。建议通信、信息类专业，学时数为 51~72，高年级本科生必修第 2 章至第 7 章、第 13 章、第 14 章，其他章节可选学；研究生必修第 3 章至第 5 章、第 9 章至第 14 章，其他章节可选学。其他专业可结合本专业特点，参考以上建议确定所学内容。参加工作的读者可以根据自已的实际情况和兴趣有重点地学习。

本书是在《现代通信网技术》基础上改编而成的。在本书的编写过程中参考了有关作者的文献，引用了有关通信网络设备的运行记录或技术资料，并得到了郑州大学一些师生的热情支持，在此一并表示感谢。

由于时间关系，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第 1 章 概论</b> .....	1
1.1 现代通信网概述与基本结构.....	1
1.1.1 现代通信网概述.....	1
1.1.2 现代通信网的基本构成.....	2
1.2 现代通信网的发展趋势.....	5
<b>第 2 章 电话通信网</b> .....	12
2.1 PSTN.....	12
2.1.1 电话网络结构.....	13
2.1.2 电话网组织和路由计划.....	15
2.1.3 专用电话网.....	17
2.2 IN.....	18
2.2.1 智能网概述.....	18
2.2.2 智能网的模型.....	21
2.2.3 智能网应用协议.....	25
2.2.4 综合宽带智能网.....	27
2.3 ISDN.....	28
2.3.1 ISDN 概述.....	28
2.3.2 ISDN 用户—网络接口.....	29
2.3.3 N-ISDN 提供的业务.....	31
<b>第 3 章 支撑网</b> .....	32
3.1 数字同步网.....	32
3.1.1 同步网概述.....	32
3.1.2 滑动及其对通信的影响.....	33
3.1.3 同步方法及方式.....	34
3.1.4 滑动性能指标及分配.....	35
3.1.5 同步时钟的操作.....	36
3.2 信令网.....	37
3.2.1 信令的基本概念.....	37
3.2.2 消息传递部分.....	43
3.2.3 电话应用部分.....	46
3.2.4 信令连接控制部分.....	47
3.2.5 事务处理应用部分.....	48
3.2.6 综合业务数字网部分.....	49
3.2.7 信令点编码.....	51

3.3 管理网.....	52
3.3.1 管理网概述.....	52
3.3.2 电信网络管理系统.....	53
3.3.3 传输网的监控与管理.....	56
3.3.4 No. 7 信令网的维护监控系统.....	59
3.3.5 数据同步网的网管系统.....	60
3.3.6 数字数据网网管.....	60
3.3.7 移动电话网网管系统.....	61
<b>第 4 章 公共陆地移动网</b> .....	63
4.1 第二代移动通信网.....	63
4.1.1 GSM 系统.....	63
4.1.2 CDMA 系统.....	67
4.1.3 移动通信系统编号.....	68
4.1.4 PLMN 区域划分与接续.....	70
4.2 移动通信协议与信令.....	73
4.2.1 无线接口.....	73
4.2.2 A 接口.....	77
4.2.3 网络接口.....	79
4.2.4 GSM 信令网.....	82
4.3 GPRS 网络结构与协议.....	84
4.3.1 GPRS 网络结构.....	84
4.3.2 GPRS 接口协议.....	87
4.3.3 GPRS 容量规划.....	89
<b>第 5 章 传输系统</b> .....	92
5.1 传输技术概述.....	92
5.1.1 PCM 基础.....	92
5.1.2 PDH 技术的缺陷.....	94
5.1.3 SDH 技术的特点.....	95
5.1.4 传输技术分类及传输介质.....	96
5.2 光纤通信.....	98
5.2.1 光纤通信系统组成.....	98
5.2.2 光纤通信的优点.....	98
5.2.3 光纤通信的应用.....	99
5.3 SDH.....	100

5.3.1	SDH 的基本概念	100	7.1.2	IMT-2000 目标要求和业务类别	147
5.3.2	SDH 帧结构	101	7.1.3	IMT-2000 切换技术	148
5.3.3	SDH 的复用原理	103	7.2	WCDMA	150
5.3.4	映射和同步复用	105	7.2.1	R99 网络	150
5.3.5	SDH 传输网	108	7.2.2	R4 网络	154
5.4	WDM 系统	112	7.2.3	R5 网络与 IMS	158
5.4.1	WDM 概述	112	7.2.4	WCDMA 技术	159
5.4.2	WDM 系统的功能结构	114	7.3	TD-SCDMA	160
5.5	微波通信	115	7.3.1	TD-SCDMA 网络结构	160
5.5.1	数字微波通信概述	115	7.3.2	TD-SCDMA 技术	168
5.5.2	微波通信系统	116	7.4	cdma2000	170
5.6	卫星通信	118	7.4.1	cdma2000 体系结构与技术	170
5.6.1	卫星通信概述	119	7.4.2	cdma2000 网络结构	174
5.6.2	卫星通信系统	120	7.4.3	cdma2000 参考模型和接口	177
5.6.3	卫星通信网	122	7.4.4	3G 面临的问题	179
5.7	ASON	124	<b>第 8 章</b>	<b>广播电视网</b>	181
5.7.1	ASON 体系结构	125	8.1	广播电视网概述	181
5.7.2	ASON 连接	126	8.1.1	线缆调制解调	181
5.7.3	ASON 组网	127	8.1.2	有线电视数字机顶盒	183
<b>第 6 章</b>	<b>接入系统</b>	129	8.1.3	分配器和分支器	185
6.1	接入网	129	8.1.4	电网的数字化	185
6.1.1	光纤接入技术	129	8.2	HFC 网	187
6.1.2	铜缆接入技术	131	8.2.1	HFC 网的基本概念	187
6.1.3	以太网接入技术	132	8.2.2	HFC 网络结构及频率分配	187
6.1.4	混合接入网	133	8.2.3	HFC 组建宽带网	188
6.1.5	电话接入网	134	8.3	有线电网的应用及发展	189
6.1.6	无线接入网	134	8.3.1	CATV-HFC 网络的 IP 电话	189
6.1.7	综合接入技术	135	8.3.2	CATV-HFC 网络的 VOD	190
6.2	智能社区网	136	8.3.3	多媒体在 CATV 中的应用	190
6.3	电缆配线系统	138	8.3.4	IPTV 系统	190
6.3.1	电缆配线系统组成	138	8.3.5	有线电视网的发展趋势	193
6.3.2	电缆配线法	139	<b>第 9 章</b>	<b>分组与帧中继数据通信网</b>	196
6.3.3	电缆配线原则	139	9.1	分组交换网	196
6.4	综合布线系统	140	9.1.1	数据通信系统的基本构成	196
6.4.1	综合布线系统组成	140	9.1.2	分组交换数据网结构	198
6.4.2	综合布线系统安装	142	9.1.3	分组交换格式	200
<b>第 7 章</b>	<b>第三代移动通信网</b>	145	9.1.4	分组交换数据网虚电路建立与释放过程	202
7.1	IMT-2000 概述与切换技术	145			
7.1.1	IMT-2000 特点和优势	145			

9.2 X.25 协议	204	11.2.6 ATM 的 VP 交换和 VC 交换	239
9.2.1 X.25 的物理层	205	11.3 ATM 协议模型	240
9.2.2 X.25 的数据链路层	205	11.3.1 ATM 协议参考模型	240
9.2.3 X.25 分组层	206	11.3.2 物理层	241
9.3 分组交换网的应用	208	11.3.3 ATM 层	243
9.3.1 分组网业务	208	11.3.4 ATM 适配层 (AAL)	244
9.3.2 网络互联及终端接入	209	11.4 ATM 交换及信令	246
9.4 帧中继网	211	11.4.1 ATM 交换	246
9.4.1 帧中继的特点	212	11.4.2 ATM 信令	249
9.4.2 帧中继协议	213	11.5 ATM 组网	254
9.4.3 帧中继网络结构	214	11.5.1 ATM/B-ISDN 的网络环境	254
9.4.4 帧中继的应用	216	11.5.2 ATM 网络结构	254
9.4.5 帧中继的组网技术	218	11.5.3 ATM 主要接口	255
<b>第 10 章 数字数据网</b>	221	11.5.4 基于 ATM 的应用	257
10.1 DDN 概述	221	<b>第 12 章 网络规划与优化</b>	260
10.1.1 DDN 介绍	221	12.1 网络计算	260
10.1.2 DDN 的组成	222	12.1.1 通信网基础计算	260
10.1.3 DDN 的特点	225	12.1.2 移动网工程计算	267
10.2 DDN 的基本原理	225	12.1.3 3G 切换及接口等计算	271
10.2.1 DDN 节点的复用和交叉连接	226	12.2 网络规划	273
10.2.2 DDN 的同步及网管	226	12.2.1 3G 无线接入网规划	273
10.2.3 DDN 的网络结构	227	12.2.2 3G 核心网组网规划	278
10.3 DDN 的应用	227	12.3 网络优化	282
10.3.1 DDN 提供的业务	227	12.3.1 信令与传输网络优化	282
10.3.2 DDN 的应用	229	12.3.2 移动网络优化	286
10.3.3 DDN 的发展	230	<b>第 13 章 基于 IP 的通信网</b>	291
<b>第 11 章 宽带综合业务数字网与 ATM</b>	232	13.1 计算机网络	291
11.1 B-ISDN 概述	232	13.1.1 计算机网络基础	291
11.1.1 B-ISDN 发展起因	232	13.1.2 计算机网络分类与组成	295
11.1.2 B-ISDN 体系及结构	233	13.1.3 计算机网络协议	303
11.1.3 基于 ATM 的 B-ISDN	233	13.1.4 组建计算机网络	313
11.1.4 B-ISDN 主要业务应用	234	13.1.5 IPv6	316
11.2 ATM 技术	235	13.2 互联网	320
11.2.1 ATM 的定义	235	13.2.1 CHINANET	320
11.2.2 ATM 的特点	236	13.2.2 域名服务器	321
11.2.3 ATM 的信元结构	237	13.2.3 CHINANET 提供的 Internet 接入	323
11.2.4 ATM 的通信连接	238	13.3 宽带 IP 网	326
11.2.5 ATM 的统计复用	239		

13.3.1 宽带 IP 网的模型 ..... 326

13.3.2 IP 与 ATM 技术的融合 ..... 329

13.3.3 标记交换 IP 网 ..... 333

13.3.4 MPLS ..... 336

**第 14 章 基于软交换的下一代网络** ..... 340

14.1 NGN 概述 ..... 340

14.1.1 NGN 的提出 ..... 340

14.1.2 NGN 的特点 ..... 341

14.1.3 NGN 的结构 ..... 342

14.1.4 NGN 的主要技术 ..... 344

14.2 软交换技术 ..... 345

14.2.1 软交换的基本要素 ..... 345

14.2.2 软交换的功能 ..... 346

14.2.3 软交换的参考模型 ..... 347

14.3 软交换网关 ..... 348

14.3.1 网关分类和功能 ..... 348

14.3.2 网关应用 ..... 352

14.4 软交换协议 ..... 356

14.4.1 软交换互通协议 ..... 356

14.4.2 信令网关协议 ..... 359

14.5 软交换呼叫控制 ..... 360

14.5.1 软交换与 H.323 系统互通 ..... 361

14.5.2 软交换与 SIP 系统的互通 ..... 362

14.5.3 软交换与智能网的互通 ..... 364

14.6 基于软交换的 NGN 组网及发展 ..... 365

14.6.1 基于软交换的 NGN 组网 ..... 366

14.6.2 NGN 的发展 ..... 367

**附录 缩略语** ..... 369

**参考文献** ..... 383



# 第 1 章 概论

现代通信是当今社会的 3 大基础结构（能源、交通、通信）之一。现代通信网是由一系列设备、信道和规范（或信令）组成的有机整体，使与之相连的终端设备可以进行信息交流。现代通信网所传送的信息分为 3 大类，即音频、视频和数据，相应地有 3 类主要的通信技术，即语音通信、图像通信和数据通信，所对应的信息网络有电话通信网、广播电视网和计算机互联网。本章主要介绍通信网定义、分类、构成及发展趋势。

## 1.1 现代通信网概述与基本结构

传统通信网以电话网为主，人们曾想在此基础上扩大通信业务范围，成为综合业务数字网。然而，20 世纪 90 年代，国际因特网的开放使得用户可以利用计算机实现数据通信，数据业务量的增长率超过电话业务量的增长率，再加上移动通信的快速发展，所以下一代通信网必将是移动、数据通信为主体，以宽带分组网为基础的新型通信网。

### 1.1.1 现代通信网概述

在信息社会里，除了各种自然资源、生产工具外，信息作为一种重要的资源和财富，影响着社会的运转，而发挥着重要作用的是作为承载、交换、传输信息的现代通信网及系统。

#### 1. 现代通信网的定义

能够将各种语言、声音、图像、图表、文字、数据、视频等媒体转换成电信号，并且在任何两地间的任何两个人、两个通信终端设备、人和通信终端设备之间，按照预先约定的规则（或称协议）进行传输和交换的网络，就称为通信网。

通信网的特点：通信双方既可以进行文字的交流，也可以交换和共享数据信息；通信网络是社会的神经系统，已成为社会活动的主要机能之一，人们希望传递信息安全、可靠；通信网络配有强大功能的通信终端，可为用户提供方便的使用，既可以进行真诚的语音交流，也可以进行富有感情色彩的多媒体信息交流，拉近了人们之间的距离。

信息高速公路中的“中国信息基础设施”（CNII）的主要内容，就是发展通信技术和通信设施，建设高度发达的国家通信网；发展计算机技术和计算机设备，建立国民经济各领域的信息系统；建立丰富且使用方便的各类信息源，包括各种数据库、视频节目、电子图书馆

等；培养、建设、开发、使用信息高速公路的各类人才；开展信息科学技术研究，提高信息科学技术水平。

### 2. 常见网络分类

现代信息网从各个不同的角度出发，有各种不同的分类。常见的分类方法有以下几种。

① 按业务类型进行分类：电话网、广播电视网、数据网、传真网、综合业务网、多媒体网、智能网、信令网、同步网、管理网、计算机通信网（局域网、城域网和广域网）等。

② 按传输媒介进行分类：有线网（电线、电缆、光缆等）、无线网（长波、中波、短波、超短波、微波、卫星等）。

③ 按通信范围进行分类：本地通信网、市话通信网、长话通信网、国际通信网或局域网、城域网和广域网等。

④ 按通信服务的对象进行分类：公用网、专用网。

⑤ 按通信传输处理信号的形式进行分类：模拟网、数字网、混合网。

⑥ 按通信的终端进行分类：固定网、移动网。

⑦ 按通信的性质进行分类：业务网、传输网、支撑网。

### 3. 现代通信的三大网络分类

① 电信网。我国的电信网目前分为业务网和支撑网两类，共 14 个网。

业务网类：公用电话交换网（PSTN）、公用分组交换数据网（PSPDN）、公用陆地移动通信网（PLMN）、窄带综合业务数字网（N-ISDN）、宽带综合业务数字网（B-ISDN）、智能网（IN）、接入网（AN）、多媒体通信网、计算机互联网（Extranet and Intranet）、数字数据网（DDN）、同步数字系列传送网（SDH）等。

支撑网类：七号公共信道信令网（No.7 CCS）、数字同步网、电信管理网（TMN）。

② 广播电视网。包括无线电视网、无线广播网、有线广播电视网（CATV）等。

③ 计算机网。包括局域网（LAN）、城域网（MAN）、广域网（WAN）、因特网（Internet）等。

### 4. 通信技术的发展

现代通信技术的发展大致经历了以下 3 个阶段。

第一阶段是语言和文字通信阶段。1837 年，莫尔斯发明电报机，并设计莫尔斯电报码。在这一阶段，通信方式简单，内容单一。

第二阶段是电通信阶段。1876 年，贝尔发明电话机。这样，利用电磁波不仅可以传输文字，还可以传输语音，由此大大加快了通信的发展进程。1895 年，马可尼发明无线电设备，从而开创了无线电通信发展的道路。

第三阶段是电子信息通信阶段。

#### 1.1.2 现代通信网的基本构成

通信网是整个信息网络的核心，从图 1.1 中可以看到组成通信网的 3 个要素——终端设备、传输系统和交换节点，再通过好的网络技术就可以连接成一个通信网络。要完成一个通

信过程，必须要有通信网各部分的参与协作。通信网主要由信源、变换器、信道、反变换器和信宿等部分组成。

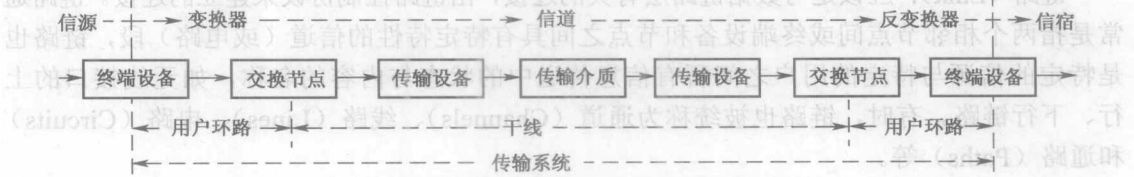


图 1.1 通信网的基本构成示意图

## 1. 终端设备

终端设备 (Termination Equipment) 是通信网中的源点和终点，它除对应于信源和信宿之外还包括了一部分变换器和反变换器。

### (1) 信源和信宿

信源 (Information Source): 指发出信息的基本设施。

信宿 (Information Sink): 信息传输的终点，也就是信息的接收者。

在有人参与的通信中，信源和信宿指的是直接发出和接收信息的人和终端设备。

### (2) 变换器和反变换器

变换器 (Convertor): 将信源发出的信息按一定的要求进行变换。通过变换器的变换，信源发出的信息被变换成适合在信道上传输的信息。反变换器 (Inverter) 的工作过程是变换器的逆工作过程。它们可以通过终端设备 (如调制解调器) 或边缘交换节点来实现。

## 2. 传输系统

传输系统是指完成信息传输的媒介和设备总称。从网络结构上看又分为用户环路和干线两部分；从提供信息的通路来看又分为信道、电路和链路等部分；从传输方式上看又分为面向连接和无连接。

用户环路 (Subscriber Loop): 也称为本地环线或用户线，是一个节点和用户设备或用户分系统之间简单的固定连接。用户环路通过 UNI (用户—网络接口) 连接。

干线: 也称主干线，是主干网 (Backbone) 上的某个连接。一条干线可以由一条或多条串联的链路组成。两个交换中心或节点之间通过干线连接。干线连接通常是以交换为基础，由许多用户复用或用户分系统复接的大容量电缆、光纤或无线电传输通路，在干线的两端提供适合节点工作的设备，如复用器/分路器。干线通过 NNI (网络—网络接口) 连接。

信道 (Channel): 是指在两点间的单向或双向通道，它分为逻辑信道、传输信道和物理信道。逻辑信道是指携带信息的信道，它定义了传送信息的类型；传输信道是在对逻辑信道信息进行特定处理后再加上传输格式等指示信息后的数据流，这些数据流仍然包括所有用户的数据；物理信道指的是承载传输信道业务的载频、码道、时隙等概念。不同的传输信道可以放到同一个物理信道上传输，不同物理信道上的数据流分别属于不同的用户或者是不同的功用。

**电路 (Circuit):** 应该是强调物理层 (或节点设备接口) 的连接能力, 一条电路就是两个或多个节点之间的一个物理路径。另外, 还有永久电路 (PC)、永久虚拟电路 (PVC) 等。

**链路 (Link):** 应该是与数据链路层有关的连接, 由链路控制协议来建立的连接。链路通常是指两个相邻节点间或终端设备和节点之间具有特定特性的信道 (或电路) 段, 链路也是特定的信源与特定的用户之间所有信息传送中的状态与内容的名称, 如无线接口的上行、下行链路。有时, 链路也被统称为通道 (Channels)、线路 (Lines)、电路 (Circuits) 和通路 (Paths) 等。

**路由 (Route):** 应该是与网络层协议有关的行为和动作, 是指把数据从一个地方传送到另一个地方的, 带有方向性的某个连接通路, 通常在信令网、路由器中强调路由的概念。

**面向连接 (Connection):** 两个节点在数据交换或传递之前必须先建立连接, 通信结束后要释放。

**无连接 (Connectionless):** 两个节点之间的通信不需要先建立一个连接, 靠每个报文携带的目的地址, 经系统节点选定的路线传递。

### 3. 交换节点

**交换节点 (Switching Node)** 是指进行交换的设备, 是用户环路和链路或链路之间的分配点, 根据寻址信息和网络控制指令进行链路连接或信号导向, 以使通信网中的多个用户建立信号通路。

电信网交换节点设备的范围可以从二线/四线转换设备, 到包括电路或信息交换、接线、信号处理、业务管理和技术控制等非常复杂的设备。以节点的形式与邻接的传输链路一起构成各种拓扑结构的通信网, 是现代通信网的核心。

目前常用的交换技术有电路交换、分组交换、帧交换及 ATM 交换等。对应于各种传送模式 (Transfer Mode) 的交换方式, 是交换节点用于交换功能所采用的互通技术, 如电路交换属于电路传送模式 (CTM) 或同步传送模式 (STM); 分组交换、帧交换、快速分组交换等属于分组传送模式 (PTM); ATM 交换是电路交换和分组交换的结合, 称为异步传送模式 (ATM)。以下介绍交换技术的几个演变过程。

**接续网络:** 从金属接点发展到数字开关 (分立元件→集成元件→光开关)。

**信息形式:** 从模拟 (电流) 发展到数字 (电脉冲→光脉冲)。

**复用方式:** 从空分到时分, 再发展到统计时分, 现在又有波分 (密集波分)。

**控制方式:** 从人工到机电, 再到电子, 最后发展到存储程序控制 (SPC)。

**信令方式:** 从信令与呼叫信息交替用同一信道 (随路信令) 发展到专用信道 (公共信令)。

**交换方式:** 从电路交换到分组交换 (或称 IP 交换)。

**信息带宽:** 从窄带发展到宽带。

### 4. 信道

信道是信息传输介质和中间设备的总称。不同的信源形式所对应的变换处理方式不同, 与之对应的信道形式也不同。通常情况下, 信道的划分标准有两种方式: 按传输介质的不同可分为无线信道和有线信道; 按传输信号形式的不同可分为模拟信道和数字信道。

信道主要由传输系统来实现, 在有的网络中, 交换节点设备包含传输接口及信道的调配

功能。如果中间要经过若干个交换节点转接，可以都把它看成是传输信息的信道。

### (1) 无线传输信道

无线传输信道中信息主要是通过自由空间进行传输的，但必须通过发射机系统、发射天线系统、接收天线系统和接收机系统才能使携带信息的信号正常传输，从而组成一条无线传输信道。

长波信道：所使用的频率在 300kHz 以下，波长在 1 000m 以上。

中波信道：所使用的频段为 0.3~3MHz，波长为 100~1 000m。

短波信道：所使用的频段为 3~30MHz，波长为 10~100m，也称为高频（HF，High Frequency）信道。

超短波信道：所使用的频率范围通常认为是 30~3 000MHz。更细一些划分，其中 30~300MHz 称为甚高频（VHF，Very High Frequency），300~3 000MHz 称为特高频（UHF，Ultra High Frequency）。

微波信道：所使用的频率在 3 000MHz 以上，通常泛称为微波，它在现代通信网中占有重要地位。

卫星信道：卫星信道是指利用人造地球卫星作为中继站转发无线电信号，在多个地球站之间进行通信的信息传输信道。

散射信道：在现代通信网的微波通信方式中，还常用散射信道。散射信道利用对流层和电离层的不均匀性或流星余迹，对于一定仰角的电磁波射束在上层空间中，有一部分电磁波能量可回到地面而被接收到的散射现象，构成散射信道。

### (2) 有线传输信道

在有线传输信道中，电磁波是沿有形媒介传播的，而且通常是构成直接信息流通的通路，适合于基带传输或频带传输。

平衡电缆：也称双绞线，每对信号传输线间的距离比明线小，而且包扎在绝缘体内。

同轴电缆：是容量较大的有线信道。常用的有两种：一种外径为 4.4mm 的细同轴电缆；另一种外径为 9.5mm 的粗同轴电缆。

光纤信道：光纤信道是以光为载波，以光导纤维（光纤）为传输介质的一种通信信道。

## 1.2 现代通信网的发展趋势

多年来，通信技术获得了迅猛的发展，现代通信网正向智能化、个人化、IP 化、综合化的方向发展，目前通信网仍存在运营机制和技术上过于个性化的问题。例如，为保障实时通信，通信网采用了电路交换技术，因而不能充分有效地利用传输资源；为适应非实时数据通信，计算机通信网采用分组交换，这样又不能有效支持实时通信的要求；为适应电视点对面的广播性质，最早采用了单向传输技术，这又不利于实现互动和交互的双向通信；为了顾及运营商各自的利益，重复建设较多，互联互通不畅等。

下面将结合有关技术阐述现代通信网的发展趋势。

### 1. 网络业务数据化

过去，通信网的主要业务一直是基于电路交换的电话业务，因而通信网一般称为电话网。现代通信网是以语音、视频、音频、图像、数据等组成的综合业务，分布在不同的业务网络

中实现。目前的 PSTN 用户随着时间的推移将逐步减少使用传统的固定电话,取而代之的是移动终端或 VoIP。语音业务走向无线化、IP 化是今后发展的主流。特别是随着网络宽带化的快速推进和 NGN 的发展,以后凡是基于分组网络的各种业务都称为数据业务。

现代通信网应用系统将向更深和更宽的数据业务方向发展,如远程会议、远程教学、远程医疗、远程购物及网络多媒体技术的应用等。今后,数据化业务主要分以下 5 类:视频类业务(包括流媒体组播、点播电视、视频电话等)、高速上网业务、VoIP 业务、互动游戏等媒体游戏类应用、信息服务类应用。网络业务数据化也更有利于今后物联网的广泛推进。

## 2. 网络传输光纤化

鉴于光纤的巨大带宽、低成本和易维护等一系列优点,特别是波分复用(WDM)技术的日益成熟,自动交换光网络(ASON)的逐步推出,以及基于 SDH 的多业务传送平台(MSTP)的应用领域在不断拓宽。因此,传输系统的光纤化是信息网发展的主要趋势之一,也便于今后传统的传输网向业务网方向的演进。

光传输技术主要体现在 MSTP、ASON 与智能化的光传输网络、WDM 与 CWDM,以及更高的传送容量和更长的传输距离、宽带无源光网和电信基础网络的城域光以太网。

## 3. 网络交换分组化

PSTN 以电路交换(CS)为主,它是一种直接的交换方式,对传输信息没有差错控制,电路连通后提供给用户的是“透明通道”,处理开销少,要在通信用户间建立专用的物理连接通路,实时性好。电路交换技术尽管有其不可磨灭的历史功绩和内在的高质量、严管理优势,但由于采用了同步的时分复用方法,呼叫建立时间长,存在呼损,电路利用率低,属于窄带范畴,交换速率仅为 64kbit/s。

分组化通信网具有传统电路交换通信网无法比拟的优势:信息的传输时延较小,而且变化不大,能较好地满足交互型通信的实时性要求;易于实现链路的统计时分复用,提高了链路的利用率;容易建立灵活的通信环境,便于在传输速率、信息格式、编码类型、同步方式以及通信规程等方面都不相同的数据终端之间实现互通;可靠性高,分组作为独立的传输实体,便于实现差错控制;经济性好,信息以“分组”为单位在交换机中进行存储和处理,节省了交换机的存储容量,提高了利用率,降低了通信的费用。但分组交换由于网络附加的信息较多,会影响到分组交换的传输效率。ATM、IP 等是分组网的典型代表。

ATM 最大的优势是与光纤连用,我国光纤的发展与 SDH 有关,现用的 ATM 均是基于光纤的。现阶段 ATM 最广泛的应用是利用其高速率、大容量和支持多业务的优势,作为传送数据业务平台,完成链路层功能。ATM 理论上可支持各种业务,但现在实际应用中仍面临许多问题,以后会与 IP 在桌面应用方面形成一定的竞争。

MPLS(多协议标记交换)既具有 ATM 的高速性能、QoS 性能、流量控制性能,又具有 IP 的灵活性和可扩充性。MPLS 可以在同一网络中同时提供 ATM 和 IP 业务,利用 ATM 传送 IP 是目前公用骨干网上最适用的技术方案之一。它不仅能够解决网络中存在的可扩展性、带宽瓶颈问题,而且能够实现强大的网络功能和网络的集中控制管理,有利于网络层业务的扩展。因此,MPLS 成为业界普遍看好的下一代 IP 骨干网技术。

软交换是下一代分组网络的核心设备,它独立于网络,主要完成呼叫控制、资源分配、

协议处理等功能,可以提供包括现在电路交换机所提供的全部业务和其他新业务。今后一段时间内,将逐步形成以分组交换为主、电路交换为辅,软交换、IMS(IP多媒体子系统)、PSTN共存的网络架构。IP over ATM、IP over SDH和IP over WDM将会共存互补。

#### 4. 网络组成宽带化

随着数据业务量特别是IP业务量的飞速增长,数据网由分组网到帧中继、ATM网络。根据业务的需求,以电话业务量为主的窄带传统通信网和提供综合业务的宽带数据通信网要共同生存较长的一段时间,并逐步淘汰电路交换机。但从现代信息网处理的具体业务上来看,随着信息技术的发展,用户对宽带新业务需求迅速增加,光纤传输、计算机和高速数字信号处理器件等关键技术,特别是软交换技术逐步成熟,通信网络的宽带化会得到快速的发展,从而使宽带综合业务数字网(B-ISDN)的实现成为可能。

ATM是B-ISDN的传递方式,支持不同速率、不同突发性、不同实时性的任何业务。ATM是一种面向连接的快速分组交换,属于异步传递模式。ATM具有光纤的速率,误码率低,既支持局域网、城域网和广域网等固定网,又支持移动网、卫星网等无线网;既支持核心网,又支持接入网。通过统计复用技术能有效利用网络资源,可实现单一的B-ISDN。ATM网具有电信级QoS,具有新型网络结构应达到的性能,这是IP网目前无法做到的。

WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA,属于宽带移动网,以后要发展的是B3G技术(IMT-Advanced)。IMT-Advanced技术需要实现更高的数据率和更大的系统容量,目标峰值速率为低速移动、热点覆盖场景下1Gbit/s以上,高速移动、广域覆盖场景下100Mbit/s以上。

#### 5. 网络接入多样化

网络接入就是指“最后一公里”,又大体分成有线和无线接入网两大类。以前,基本上是有线接入一统天下,只有在一些特殊的时期和地区才用到无线接入。

现在,网络接入向多样化的方向发展:光纤接入网(如FTTH等)、铜线接入网(如ADSL等)、混合光纤同轴接入网(如HFC)及无线接入的电话接入网(如远端模块等)、无线局域网(WLAN)等,以后还会有更多、更好的接入方式出现。在基于IEEE 802.16的WiMAX(全球微波接入互操作性)中,实现高速移动宽带接入;FTTH中将重点推广EPON(以太无源光网络)和GPON(吉比特无源光网络)技术;大力开发宽带接入的应用,如IPTV的接入等。

另外,通过家庭网关实现家庭联网是综合宽带接入用户的关键。家庭联网是使各类互不相干的网络,如固定电话网、因特网接入、移动网、无线接入网、有线电视网等实现互通,并能实现统一接口和管理;家庭网关是一种智能的、有线或无线的、窄带和宽带一体化的综合家庭网络接口单元,为用户联网业务提供相应外部公用网络的接入和控制功能。

宽带无线接入技术将有较大的发展,如WiMAX、WiFi、蓝牙、UWB(超宽带)等。

未来宽带接入网中,有线和无线共存,光纤接入是主流,无线接入因其组网方便,使用灵活和成本低等特点也将占有一席之地。

#### 6. 网络融合快速化

通信网、计算机网、广播电视网的三网融合是人们所期待的,但涉及这个问题的除技术之外还有运营机制等环境因素。目前有的运营商已开始尝试,从社区的接入网下手,开始通

过 FTTH 实现三网融合。现代网络技术的发展也促进了业务的相互融合,如 VoIP、IPTV 等技术的出现。当网络融合的发展进入一定阶段后,电视业务就不再是 CATV 专营了,语音业务也不再是 PSTN、PLMN 专营了。

目前,因特网业务的蓬勃发展,加快了传统网与以 IP 网为代表的数据网络的互通和融合。电信网通过采用光纤、xDSL、以太网和 ATM,提供 IP 的高速接入和交互多媒体业务;有线电视网通过铺设光缆,更换同轴电缆,采用 HFC 技术进行双向化改造,以其丰富的带宽资源在不断向外延伸;经营 Internet 业务的网络公司也在围绕新技术不断升级网络,力争在同一个网上支持全业务,以其低成本的优势争夺电话等实时业务;数据网也在提供 VoIP 电话,以其低廉的价格、灵活的服务方式迅速扩张,改变了传统电信业务的格局。

NGN 作为一个高度融合的网络,其融合的特征主要体现在以下几个方面。

**技术融合:** 语音通信、数据通信、移动通信、有线电视及计算机网络等技术相互融合,出现了大量的混合各种技术的产品,如路由器支持语音、交换机提供分组接口等技术的融合。

**网络融合:** 传统独立的网络逐步形成一个统一的网络,如固定与移动、语音与数据、电话与电视等网络的融合。

**业务融合:** 未来电信的经营格局更多的是语音、数据、图像 3 种在传统意义上完全不同的业务模式的全面融合。不同业务由单一网络的不同端口提供,而非通过不同网络提供,这就加快了业务提供速度。网络组件可根据业务需求重新配置,网络能实时调整配置,快速提供业务。语音、数据、视频融合的业务有 VoD、VoIP、IP 智能网、IPTV、Web 呼叫中心等。

**产业融合:** 网络和业务的融合必然导致传统制造业的融合,而制造业的融合又进一步促进了网络的融合。例如,数据通信厂商、计算机厂商开始进入电信制造业,传统电信厂商大量收购数据通信厂商等。

## 7. 网络管理综合化

ITU-T 提出电信管理网 (TMN) 就是要实现各种管理系统的平滑过渡。NetManager 是为了保证通信网络高效、可靠、安全运行,且成本较优化的管理系统,能够对不同地域的交换机等网络设备进行全面的、统一的网络管理。

目前,我国信息网络的组成按专业可分为传输网、广播电视网、局域网、固定电话交换网、移动电话交换网、数字数据网、分组交换数据网、数字同步网、No.7 信令网及电信管理网等,这些不同的专业网络也都有各自的网络管理系统,对其各自专业网的网络运行和业务服务都起着一定的管理和监控作用。网络的集中管理与运营机制是相关的,对未来的网络综合管理来说,可以分成以下 4 类。

① 在网络规划和设计(包括网络配置)中,用在线分析、实时交互式专家系统可支持网络配置的动态修改和网络操作中的故障检测、故障诊断和路由选择。

② 诊断专家系统用于解释网络运行中出现的差错信息、诊断故障,并提供处理建议。

③ 有人工智能的支持,将能实现用户可剪裁的服务特性,可以重构服务配置。

④ 开发环境中的人工智能可以提高网络管理软件的质量。

## 8. 网络发展天基化

天基综合信息网络是由不同轨道上的不同种类、不同性能的卫星或星座系统以及相应的



地面设施,按照信息资源的最大有效综合利用原则,通过星地、星间链路构成的天地一体化综合通信系统。

我国卫星通信网在今后十几年将有一个快速的发展,并将以我国自主的大容量通信卫星为主体,建立起完善、长期稳定运行的卫星通信系统。在提高现有频段的频谱利用率的基础上,不断开发新频段;利用 SDH 和 ATM,建立国家信息高速公路的天基通信网;卫星通信 ATM 将成为下一代卫星网络的标准;专用卫星通信网将进一步发展小型化、智能化的 VSAT 站和 VSAT 网;移动卫星通信网将积极发展与同步轨道移动卫星通信系统相关的技术,开展卫星通信网与其他异构网的互通、互联,完成卫星通信网与异构网的协议变换,信令呼叫接口技术等;网络管理和控制及网络动态分配处理的自动化技术;卫星通信网的网络安全、保密技术以及设备产业化将会得到快速发展。

### 9. 网络信令协议优化

目前,通信网上运行的信令、协议、规范非常之多,要实现互联互通,必须要经过大量的网关或网守、路由器协议转换设备等。随着传输平台智能化程度的提高(如全光网络等),终端设备综合处理能力的提高,综合宽带 IP 网的普及,原来网络的进一步优化等,各种信令、协议也要优胜劣汰。在相当一段时间内,IPv6、No.7 BISUP(或 BICC)将占据信息网络的主导地位;目前的 VoIP 是基于 H.323 协议开发的,在 H.323 的基础上会出现全新的视频、音频通信协议;在 NGN 中 SIP(会话初始协议)的应用将逐步增大,它是下一代软交换与软交换之间、软交换与应用服务之间、软交换与智能终端之间的呼叫控制协议,也是 3GPP IMS 呼叫控制服务器之间的多媒体控制协议。在 NGN 开始阶段,软交换与 IMS 共存,将来软交换的会话控制功能转给 IMS,软交换退化为网关控制和应用服务器。

### 10. 网络分布合理化

随着市场运营的规范发展及有序竞争,在网络资源分配上将更趋于合理。运营公司的资源可以相互使用,实现互联互通,避免重复建设。各个运营公司在同一个区域内重复建设(如管线、基站、接入网等)的现象将会减少。

### 11. 网络经营专业化

下一代网络架构中的一个重要思想就是业务与控制分离、控制与承载分离。未来的网络经营也可以参照这种分离模式,按专业化分工经营。

未来的网络及业务可能会出现专业化经营,如业务(电视、娱乐节目等)提供商、业务(如数据、语音等)运营商、传输系统主干网(如长途干线)运营商、城市线路(如管道线路)运营商、信息服务平台(存放信息、咨询信息等)提供商、接入网(最后一公里,统一的业务接入管理平台,实现综合接入)运营商、终端设备(专营终端设备)经销商、设备运营维护(网络设备维护)支撑商等。这样,便不会出现线路到处架、楼宇乱打孔等现象,会像铁路警察一样各管一段,规范专业化经营。

一些运营部门也提出从“传统网络运营商”向“综合信息服务商”的战略转型任务。