

物联网工程技术及其应用系列规划教材



现代通信网络

XIANDAI TONGXIN WANGLUO

主 编 胡珺珺 赵瑞玉



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

物联网工程技术及其应用系列规划教材

现代通信网络

主 编 胡珺珺 赵瑞玉

副主编 李美丽 高文文 孙 霞

主 审 鲜继清



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书较全面地介绍了通信网络的主体概念、基本构成、常用技术及其发展过程,并以网络处理信息的具体对象为主线,对通信系统、通信网络、传输网络、交换网络、接入网络、支撑网络、下一代通信网络等方面的基本概念、特点、结构、功能等要素做了深入浅出的阐述。另外,本书还分别介绍了各种常见的业务网,内容涵盖电话网络、移动通信、数据通信、计算机通信网络和有线电视通信系统。

本书具有完整性和系统性的特点,内容广泛、信息量大、涉及较多基础知识,行文简练,重点突出,方便学习。书后附有案例分析与大量习题,以帮助读者结合实践进行学习。

本书可作为普通高校通信、电子等相关专业的教学用书,也可根据广大应用型本科、高职高专院校的特色,作为其教材和参考用书,还可作为通信专业工程技术人员的培训及自学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网络/胡珺珺,赵瑞玉主编. —北京:北京大学出版社, 2014.9

(物联网工程技术及其应用系列规划教材)

ISBN 978-7-301-24557-6

I. ①现… II. ①胡…②赵… 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(2014)第170623号



书 名: 现代通信网络

著作责任者: 胡珺珺 赵瑞玉 主编

策 划 编 辑: 程志强

责 任 编 辑: 程志强

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-24557-6/TN · 0114

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 441 千字

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

21 世纪是信息时代,各大高等院校通信工程及电子信息工程等信息技术类本科专业普遍开设了有关通信网络技术方面的课程。但现有的教材,大多对研究型大学和应用型大学未做区分,因此本书本着内容全面、知识新颖、强调实践的原则,在理论结合应用上针对应用型大学教学模式做出了大胆尝试。

本书是编者在多次讲授“现代通信网络”课程的基础上,参考国内外相关文献,经过重新整理编写而成。通信网的内容广泛、信息量大,全书共分为 10 章。第 1 章综述,旨在让读者对本课程有一个较全面的了解,掌握学习和分析问题的方法。第 2 章至第 6 章涵盖了几种常见的业务网。其中,第 2、3 章分别针对的是电话网络和移动通信网络,面向的是通信工程、电信等专业的学生。由于《现代交换原理》和《移动通信》等课程是其专业必修课,为避免重复教学,老师可略讲甚至跳过章节的中间部分,而侧重于章节后半部分涉及应用和比较的内容。对于电子信息等其他专业的同学,则可以根据情况详讲。第 4、5、6 章在介绍数据通信网、计算机通信网络以及有线电视网时,考虑到相关课程在大多数院校通信、电子等专业的课程设置中普遍为选修课。因此本书中的阐述相对详细,以保证未选修相关课程的同学知识结构的完整性。第 7 章简单介绍了三大支撑网。第 8、9 章对传输网和接入网做了深入浅出的阐述,并涉及蓝牙、微波和卫星等通信系统。最后,第 10 章对下一代网络和软交换进行了介绍。

本书有两大特点,一是力争在“应试”和“应用”之间寻求平衡。为此,本书一方面添加了工程案例、方案设计、扩展阅读材料和推荐参考书目,旨在使学生拓宽知识面、加强理论联系实际,缩短学生对抽象知识的距离感,培养其学以致用能力。另一方面,在书后附上源自各类认证考试的真题或模拟题精选,通过把试题精确分配到每一章中的每个小节的方法,使得在日常教学中,每堂课、每结束一个知识点时,均能方便地找到对应的习题,及时加以巩固。

本书的另一特色是,力争成为一本“好用”的教材,最大限度方便学习。为此,在章节安排上,重点突出,充分考虑了通信工程等专业的整体课程设置,以及和其他课程之间的互补。在讲解中,力求做到科学性和通俗性的有机结合,多打比喻,多对比。在行文上,语言简练,少用复句、从句。在排版上,本书有“七多”:即多断句、多提行、多分类、多排序、多加注、多表格、多图片。

本书的第 1、2、4、5、10 章由胡珺珺编写,第 3、7 章由赵瑞玉编写,第 6 章由李美丽编写,第 8 章由高文文编写,第 9 章由孙霞编写,全书由鲜继清教授主审。在本书的编写和出版过程中,参考了大量的书籍资料,并在网络上获取了很多相关的资料和素材,因篇幅有限,不能一一列举资料出处,在此一并表示感谢!另外,本书在编写过程中,得到重庆邮电大学移通学院、北京大学出版社编辑的大力支持,在此表示衷心感谢!

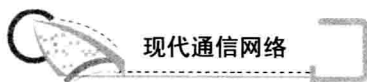
由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月

目 录

第 1 章 通信网络概述.....1	2.4.1 本地网的编号方式.....41
1.1 通信网的基本概念和分类.....3	2.4.2 国内长途电话的编号方式.....41
1.1.1 通信网的基本概念.....3	2.4.3 国际长途电话的编号方式.....43
1.1.2 通信网的分类.....4	2.5 智能网.....45
1.2 通信网的发展.....4	2.5.1 智能网的基本概念.....45
1.2.1 通信网的发展历程.....4	2.5.2 智能网的业务.....46
1.2.2 通信网的发展趋势.....5	2.5.3 智能网的结构.....51
1.3 现代通信系统的组成模型和 功能模块.....8	2.5.4 彩铃业务的流程.....53
1.3.1 现代通信系统的组成模型.....8	2.6 IP 电话.....54
1.3.2 信息处理技术.....10	2.6.1 VoIP 概念和发展.....54
1.3.3 差错控制技术.....13	2.6.2 IP 电话的特点.....55
1.3.4 多路复用和多址技术.....16	2.6.3 IP 电话的标准.....56
1.4 通信网的拓扑结构.....19	2.6.4 IP 电话在国内的应用.....57
1.5 通信相关专业和行业介绍.....21	2.6.5 IP PBX.....58
1.5.1 通信相关专业介绍.....21	本章小节.....59
1.5.2 通信相关行业介绍.....22	习题.....59
本章小节.....23	第 3 章 数字移动通信网.....61
习题.....24	3.1 移动通信的发展历程.....62
第 2 章 电话通信网.....25	3.2 无线传播环境.....64
2.1 电话网的特点和发展.....27	3.2.1 无线信道基本传播特性.....64
2.1.1 电话网的概念.....27	3.2.2 无线信号的传播特性.....65
2.1.2 固定电话终端设备.....28	3.3 数字蜂窝移动通信系统的 组网技术.....67
2.1.3 电话交换设备的发展.....30	3.3.1 小区制覆盖方式.....67
2.2 主要的交换方式.....34	3.3.2 越区切换和位置更新.....69
2.2.1 电路交换.....34	3.4 GSM 与 CDMA.....72
2.2.2 报文交换.....35	3.4.1 GSM.....73
2.2.3 分组交换.....36	3.4.2 CDMA.....75
2.2.4 面向连接和无连接.....37	3.4.3 GPRS.....77
2.3 电话网的结构.....39	3.5 第三代移动通信.....77
2.3.1 我国的长途电话网.....39	3.5.1 WCDMA.....78
2.3.2 本地电话网.....40	3.5.2 CDMA2000.....78
2.4 电话网的编号计划.....41	3.5.3 TD-SCDMA.....78
	3.5.4 WiMAX.....78
	3.6 4G 通信.....79



3.6.1 4G 通信的特点.....	79	5.4.3 网络层设备.....	132
3.6.2 4G 系统的关键技术.....	80	5.4.4 传输层设备.....	136
本章小节.....	82	5.5 计算机网络的地址和域名设置.....	137
习题.....	82	5.5.1 IPv4 地址.....	137
第 4 章 数据通信网和综合业务		5.5.2 IPv6 地址.....	143
数字网	84	5.5.3 DNS 域名系统.....	149
4.1 通信网的体系结构.....	85	5.6 Internet 业务.....	154
4.1.1 通信协议的概念.....	85	5.6.1 常见的 Internet 业务.....	154
4.1.2 标准化组织.....	85	5.6.2 我国的互联网业务	
4.1.3 协议分层的好处.....	87	发展实况.....	160
4.2 OSI/RM.....	88	本章小节.....	162
4.2.1 物理层.....	89	习题.....	162
4.2.2 数据链路层.....	90	第 6 章 广播电视网	167
4.2.3 网络层.....	92	6.1 广播电视网的发展历程.....	169
4.2.4 传输层.....	92	6.2 CATV 系统的结构和演变.....	171
4.2.5 高层.....	93	6.3 有线电视系统技术指标.....	172
4.3 数据业务的概念和性能指标.....	93	6.3.1 电视节目信号的干扰.....	172
4.4 分组交换网和数字数据网.....	94	6.3.2 C/N 载噪比.....	173
4.5 综合业务数字网的概念和		6.3.3 载波组合二次差拍比和	
接口标准.....	98	载波组合三次差拍比.....	174
4.6 N-ISDN 和帧中继.....	101	6.4 视频编码技术.....	175
4.6.1 N-ISDN.....	101	6.5 广电接入网双向的改造.....	177
4.6.2 帧中继.....	101	6.5.1 CM 方案.....	178
4.7 B-ISDN 和 ATM.....	104	6.5.2 EPON 方案.....	178
本章小节.....	110	6.5.3 FTTH 方案.....	181
习题.....	110	6.6 三网融合.....	182
第 5 章 计算机通信网与 Internet	113	6.6.1 三网融合的概念和	
5.1 计算机通信网的发展历程.....	115	业务基础.....	182
5.2 计算机网络的结构和分类.....	117	6.6.2 三网融合的关键技术和	
5.3 局域网.....	118	实施方案.....	183
5.3.1 局域网的定义和特点.....	118	6.6.3 三网融合的现状和发展.....	185
5.3.2 信道访问技术.....	120	6.7 下一代广播电视网的前景展望.....	187
5.3.3 IEEE 802 标准.....	123	6.7.1 广电网络和物联网的融合.....	187
5.3.4 以太网.....	124	6.7.2 交互式有线电视.....	191
*5.3.5 令牌局域网.....	127	6.7.3 CMMB 新业务.....	192
5.4 网际互联设备.....	128	本章小节.....	193
5.4.1 物理层设备.....	128	习题.....	194
5.4.2 数据链路层设备.....	129		



第 7 章 支撑网	196	9.1.3 接入网的特点	247
7.1 信令网.....	197	9.2 铜线接入网	247
7.1.1 信令的概念和分类	197	9.2.1 铜线接入网概念	248
7.1.2 No.7 信令系统	198	9.2.2 常用的数字用户环路技术	248
7.1.3 我国 No.7 信令网的结构	202	9.3 光纤接入网	249
7.2 同步网.....	204	9.3.1 光纤接入网基本概念	250
7.2.1 同步的概念	205	9.3.2 光纤接入网分类	251
7.2.2 网同步设备	206	9.4 无线接入网	253
7.2.3 我国同步网络结构图	208	9.4.1 无线接入网概念	253
7.3 管理网.....	210	9.4.2 常用无线接入技术	255
7.3.1 TMN 概述	211	本章小节	257
7.3.2 网络管理协议——SNMP	213	习题	258
7.3.3 基于 CORBA 的网络管理技术	213	第 10 章 下一代网络	260
本章小节	214	10.1 NGN 的概念	261
习题	214	10.2 软交换技术	262
第 8 章 信息传输网	216	10.2.1 软交换技术的基本概念	262
8.1 数据传输介质.....	217	10.2.2 软交换网络的结构	262
8.1.1 有传输导向的传输介质	217	10.2.3 软交换网络的设备	263
8.1.2 无线介质	221	10.2.4 常见的软交换网络设备	266
8.2 光传输网络.....	224	10.3 软交换中采用的主要协议	270
8.2.1 SDH 传送网	224	10.3.1 SIP	271
8.2.2 波分复用光网络	228	10.3.2 SDP	274
8.3 分组数据传送网.....	230	10.3.3 H.248/Megaco	275
8.4 微波与卫星通信网.....	232	10.3.4 BICC 协议	277
8.4.1 数字微波通信网	232	10.3.5 流传送控制协议	277
8.4.2 卫星通信网	234	10.3.6 信令适配协议	278
8.4.3 VSAT 卫星通信网	236	10.4 NGN 的演进策略和案例分析	279
8.4.4 低轨道卫星通信	238	10.4.1 固网的智能化改造方式	279
本章小节	240	10.4.2 固网智能化改造实例—— 湖北鄂州电信固网智能化改造与运维	280
习题	241	10.5 下一代网络与我们的生活	284
第 9 章 用户接入网	243	本章小节	285
9.1 接入网介绍.....	244	习题	285
9.1.1 接入网的概念	244	附录 A 常用英文缩略语精选	287
9.1.2 接入网的模型	246	参考文献	291



第1章

通信网络概述

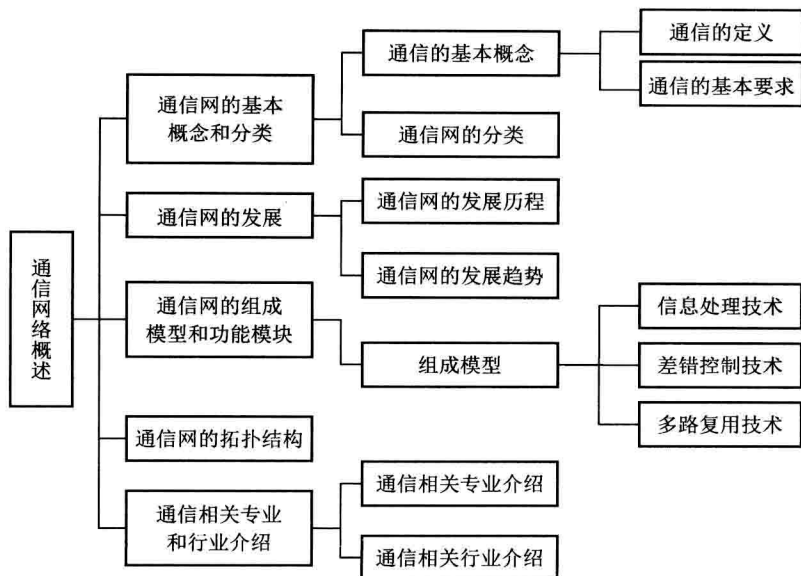


学习目标

- ☞ 理解通信的定义、基本要求、通信网的定义和分类方式
- ☞ 了解通信的发展历程、发展趋势
- ☞ 掌握通信的三大要素，通信系统的简单模型
- ☞ 理解常见的信息处理技术、常见的差错控制技术和多路复用的原理
- ☞ 掌握通信网的拓扑结构
- ☞ 了解通信专业和行业的发展状况，以及常用的学术检索方式



本章知识结构



案例一、古今通信对比

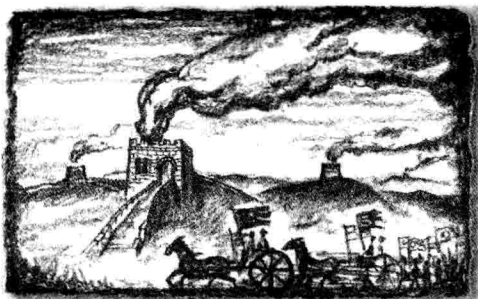
客从远方来，遣我双鲤鱼。

呼儿烹鲤鱼，中有尺素书。

——汉代乐府民歌《饮马长城窟行》

据闻一多先生考证说，这是古代的信封。闻一多说，古人送信，需准备两块木板。这两块木板往往刻成鲤鱼的模样。使用的时候，会把信纸夹在两块木板中间，外面用绳子缠绕三圈。然后，又有一个方孔，专门用来糊上胶泥，胶泥上加了印信，以示保密。

当古人展信一读的时候，今天的人们却仅仅在冲着微信“摇一摇”。花木兰需要燃起烽火才能传递军情，王成却借助步话机喊出了“向我开炮！”；苏武鸿雁传书，轻舞飞扬却是在 E-mail 上认识了痞子蔡；张九龄养信鸽传书，乌叔却凭借超越 1 亿次的微博提及量跃居“新浪 2012 年度微博名人”之首；传说中，王母娘娘用青鸟传书，而现如今英国女王开通了自己的 Facebook。在图 1.1 中可以看出：古代和现代的通信方式，发生了翻天覆地的变化。



(a) 古代军事通信：烽火狼烟



(b) 近现代军事通信：无线步话机



(c) 两千年前：苏武鸿雁传书



(d) 2010 年：英国王室开通了 Facebook

图 1.1 古今通信对比

案例二、谁控制了世界

两千五百年前古希腊海洋学家狄克斯托克曾言：“谁控制了海洋，谁就控制了陆地。”西点军校一位将军说：“谁控制了天空，谁就控制了海洋”。美国参议员史密斯曾说：“谁控制了太空，谁就控制了地球。”



而美国前国务卿基辛格则说：“如果你控制了石油，你就控制了所有国家；如果你控制了粮食，你就控制了所有人类；如果你控制了货币，你就控制了整个世界。”——但是，实际上，在现代社会里，谁控制了信息，谁就会轻而易举地控制了“石油、粮食、货币、陆地、海洋、天空和太空”。

是通信，为我们保证了信息的传输；是通信方式的变革，极大地影响着其他各行各业。通信是高科技产业的龙头；通信，是一种生活方式。那么，什么是通信？它包含哪些方面？学习通信应从何处下手？本章将会带你走入通信的世界。

1.1 通信网的基本概念和分类

在学习通信网络之前，首先要明白“通信”一词的概念，进一步明确“通信网络”的定义。

1.1.1 通信网的基本概念

(1) 通信的定义：由信源与信宿间有效和可靠地传输消息。

根据《现代汉语词典》第5版的定义，通信是：①用书信互通消息，反映情况等；②利用电波、光波等信号传送文字、图像等。根据信号方式的不同，它可分为模拟通信和数字通信(旧称通讯)。

《牛津辞典》将 Communication 一词定义为①传递思想、感情、信息的行为过程；②发送信息的方法，如电话、收音机、计算机，或公路、铁路等。

(2) 通信的基本要求：

- ① 接通的任意性与快速性。
- ② 信号传输的透明性与传输质量的一致性。
- ③ 网路的可靠性与经济合理性。

有了运输网，人员和货物可以流动；有了通信网，信息才可以四通八达。邮寄业务需要好的运输系统，电子邮件业务则需要高效的通信网。

(3) 通信网(Communication Network)的定义：通信网是通信系统的一种形式，它由一定数量的节点(Node)(包括终端设备和交换设备)和连接节点的传输链路(Link)相互有机地组合在一起，以实现两个或多个规定点之间信息传输的通信体系。也就是说，通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体，用以完成规定的功能。本书中的通信系统特指使用光信号或电信号传递信息的通信系统。

(4) 通信网的要素：从硬件结构看，通信网由终端节点、交换节点、业务节点、传输系统构成。其功能是完成接入交换网控制、管理、运营和维护。从软件结构看，它们有信令、协议、控制、管理、计费等。其功能是完成通信协议以及网络管理来实现相互间的协调通信。

(5) 通信网的机制：通过保持帧同步和位同步，遵守相同的传输体制实现。

(6) 现代通信网的主要特点：使用方便、安全可靠、灵活多样、覆盖范围广。

在了解了什么叫“通信网络”之后，下面我们可以看看它包含了哪些东西。

1.1.2 通信网的分类

现代通信网从各个不同的角度出发,可有各种不同的分类,常见的有以下几种。

(1) 按实现的功能分:业务网、传送网、支撑网。业务网负责向用户提供各种通信业务;其技术要素包括:网络拓扑结构、交换节点技术、编号计划、信令技术、路由选择、业务类型、计费方式、服务性能保证机制。传送网独立于具体业务网,负责按需要为交换节点/业务节点之间的互连分配电路,提供信息的透明传输通道,包含相应的管理功能;其技术要素包括:传输介质、复用体制、传送网节点技术等。支撑网提供业务网正常运行所必需的信令、同步、网络管理、业务管理、运营管理等功能,以提供用户满意的服务质量,包括同步网、信令网、管理网。

(2) 按业务类型分:电话通信网、电报通信网、电视网、数据通信网、综合业务数字网、计算机通信网和多媒体通信网等。

(3) 按传输手段分:光纤通信网、长波通信网、载波通信网、无线电通信网、卫星通信网、微波接力网和散射通信网等。

(4) 按服务区域和空间距离分:农话通信网、市话通信网、长话通信网和国际长途通信网,或局域网、城域网和广域网等。

(5) 按运营方式和服务对象分:公用通信网、专用通信网等。

(6) 按处理信号的形式分:模拟通信网和数字通信网等。

(7) 按活动方式分:固定通信网和移动通信网等。

1.2 通信网的发展

在理解了通信网络的定义之后,还需关注通信网络的发展历程,从宏观上对通信网络有更加深刻的了解。这有助于我们理解当下各种通信技术的成因和它们在全网中所处的地位,以及对通信网络未来的发展趋势作出正确的分析。

1.2.1 通信网的发展历程

原始的通信方式包括:语言通信、实物通信、图画通信、视觉通信、听觉通信、文字通信、邮驿通信等传统手段。

近现代通信:18世纪以来,人类通信史上出现了革命性变化,以“电”信号为载体的信息传递技术极大地改变了人们的生活。

近现代通信包括以下4个阶段。

(1) 第一阶段/初级阶段:1753年,《苏格兰人》杂志上刊登的一篇文章中,提出了用电流进行通信的大胆设想。1793年,法国查佩兄弟在巴黎和里尔之间架设了一条230千米长的接力方式传送信息的托架式线路。据说,查佩兄弟也是首次使用“电报”这个词的人。

1844年,有线电报的发明人莫尔斯(Samuel Morse)亲自从华盛顿向他的大学发出了第一份电报,创造性地利用电流的“通”、“断”和“长断”来代替人类的文字,这就是鼎鼎大名的莫尔斯电码。



1842年,苏格兰人亚历山大·贝恩从一项用电控制的互连同步母子钟的研究中受到启发,研发了一种原始的电学记录方式的传真机。1850年,英国人贝卡尔,采用“滚筒和丝杆”装置代替了钟摆结构。虽然传真机是近20年才开始广泛使用的,但它的发明专利却在150年前,比贝尔的电话专利整整早了30年。

1876年,美国波士顿大学的教授亚历山大·格雷厄姆·贝尔(Bell)获得发明电话专利。

(2) 第二阶段/近代通信阶段:以1948年香农提出信息论为标志。晶体管、半导体集成电路和计算机等技术的发展,为通信网的腾飞起到了关键作用。这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。电话通信网在这一时期依旧占统治地位,电话业务也是网络运营商主要的业务和收入来源,因此整个通信网都是面向话音业务来优化设计的。

(3) 第三阶段:1970—1994年,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外,还出现了多种不同的业务网。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,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。

(4) 第四阶段/现代通信阶段:从1995年一直到目前,可以说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。互联网、光纤通信、移动通信称为这一阶段的主要标志。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,宽带化的步伐日益加快。

在了解了通信网络的发展历程之后,我们也可以知古鉴今,对通信网未来的发展趋势做出展望。

1.2.2 通信网的发展趋势

现代通信网未来的发展方向必是沿着数据化、光纤化、宽带化、无线化、分组化、标准化、综合化、智能化的方向发展的。

1. 网络业务数据化

100多年来,通信网的主要业务一直是电话业务,因此通信网一般称为电话通信网。传统的电话网设计都是以恒定对称的话务量为对象的,网络呈资本密集型,通信网容量与话务容量高度一致,业务和网络均呈稳定低速增长。而现在,IP业务呈爆炸式增长,其规模和业务量已达到约6~12个月就翻一翻的地步,比著名的CPU性能进展的摩尔定律(一年半翻一番)还快。数据业务逐渐超过电话业务。最终电信网将以数据业务为主,电话业务将变为副业。网络的业务性质将发生根本性变化。

2. 网络信道光纤化

鉴于光纤的巨大带宽、小重量、低成本和易维护等一系列优点,从20世纪80年代中期以来,“光进铜退”一直是包括中国在内的世界各国通信网发展的主要趋势之一。最初,光纤化的重点是长途网,然后转向中继网和接入网馈线段、配线段。现在,随着铜期货的



价格上涨, 光纤的优势越来越明显。光纤正沿着光纤到路边、到小区、到大楼的趋势, 最终开始进军 FTTH 光纤入户了。

3. 网络容量宽带化

随着数据业务量特别是 IP 业务量的飞速增长, 主要有下面三大类应用对以电话业务量为主的传统通信网形成越来越大的压力:

- 大量低延时数据业务应用(如 Web 浏览、LAN)需要高带宽。
- 本身带宽窄, 但通信量极大的业务应用(如电话、E-mail)也需要很高的网络带宽。
- 固有的宽带应用(如图像、文件备用)更需要高带宽。

仅有波分复用链路而不消除节点“瓶颈”, 是无法真正实现通信网络容量宽带化的。因此在接入网中, 各种宽带接入技术争奇斗妍, ADSL、HFC、PON 等技术纷纷登场。

从现代通信网处理的具体业务上来看, 随着信息技术的发展, 用户对宽带新业务的需求开始迅速增加。光纤传输、计算机和高速数字信号处理器件等关键技术的进展, 使宽带化的进程日益加速。1990 年, 网络的主要业务是 E-mail, 带宽仅 1Kbps。1995 年, 主要业务是 Web 浏览, 带宽为 50Kbps。2000 年起, 活动图像成为重要业务, 带宽要求 5Mbps 以上。而现在, 更多高清、实时的业务, 对带宽提出了更高的要求。

4. 网络接入无线化

100 多年来, 无论是核心网, 还是接入网, 公用电信网基本上是有线一统天下, 无线只有在特殊时期(战争)和特殊地区(偏远地区), 才有过短暂的辉煌。但 20 世纪 50 年代以后, 无线化的传输手段以其方便灵活的接入方式, 越来越受用户的欢迎。2003 年 10 月底, 我国移动电话用户数已经超过固定电话用户数。这个标志性事件说明移动通信仅仅用了 10 多年的时间就赶上了经营数十年的固网通信。固网通信一方面面临移动话务分流的压力, 另一方面业务的开展受到了传统 PSTN 的限制。而与此同时, 蜂窝移动通信系统的性价比却还有极大的改进潜力。

5. 网络传输分组化/IP 化

具有 100 年历史的电路交换技术尽管有其不可磨灭的历史功勋和内在的高质量、严管理优势, 但其基本设计思想是以恒定对称的话务量为中心, 采用了复杂的分等级时分复用方法, 语音编码和交换速率为 64kbit/s。而分组化通信网具有传统电路交换通信网所无法具备的优势, 尤其是其中的 IP 技术, 以其无与伦比的兼容性, 成为了人们的最终选择。所以, 未来网络的分组化, 实际是指 IP 化。原来电信传输网的基础网是 SDH、ATM, 而如今 IP 网成为基础网。语音、视频等实时业务, 转移到了 IP 网上, 出现了 Everything On IP 的局面。

6. 网络管理标准化

通信网一般是由许多独立管理的专用网和公用交换网互连组成的。它们大多采用各自的管理协议, 互不兼容, 这样导致了即使是在一个通信网中也有多个不同管理功能和服务设施与通信网管理系统的共存。在选用通信网络设备时, 应考虑它具有开放性, 设备可以和其他设备兼容, 并与其他用户连通。





7. 综合业务与三网融合

20 多年前, 通信业界就提出“综合 Integration”一词, 如“综合业务数”, 现在又有了“三网融合”的概念。图 1.2 给出了网络演进的 4 个阶段, 从中可以看出网络的融合, 不是简单的叠加, 而是把各种异构网络平滑过渡到一个统一的网络层面上, 从而实现在应用上的大统一。

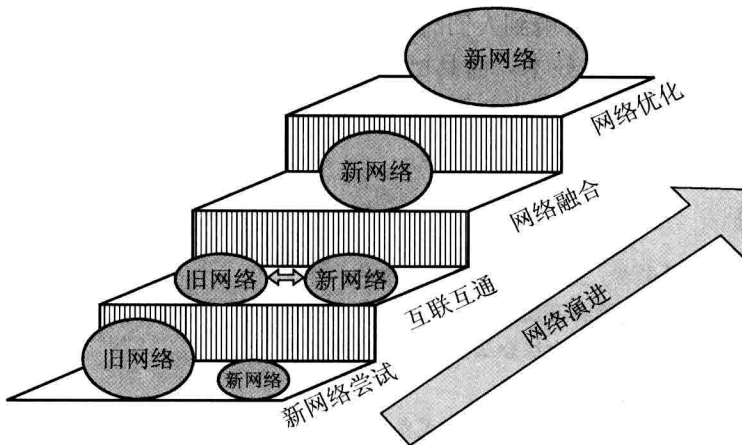


图 1.2 网络演进的 4 个阶段

8. 网络智能化

网络智能化不仅仅是指网络具有智能分析的能力, 而是系统层面的、整个安全层面的智能化, 包括以下多个方面。

(1) 在网络边缘上实现智能化, 方便用户接入和使用。

(2) 在业务提供上实现智能化, 例如固网网络的智能化改造。其基本原理就是在现有固定电话网中引入用户数据库(Subscriber Data Center, SDC)新网元, 交换机和 SDC 之间通过 ISUP、INAP、MAP 等协议或者相关扩展协议进行信息交互, 实现用户数据查询, 为用户提供多样化的增值服务。

(3) 在网络管理上实现智能化。随着 IT 业务变得越来越富有挑战性, 信息技术领域的工作也变得越来越复杂。如何优化设备和网络配置, 使网络系统充分发挥优势, 是今天网络建设正面临的一项艰巨任务。通过智能化网管系统为网络把脉, 查看全网的网络连接关系, 实时监控各种网络设备可能出现的问题, 检测网络性能瓶颈出在何处, 并进行自动处理或远程修复, 实现高效的网络管理, 促进网络的高效运转。



扩展阅读

摩尔定律是由英特尔(Intel)创始人之一戈登·摩尔(Gordon Moore)提出来的。其内容为: 当价格不变时, 集成电路上可容纳的晶体管数目, 约每隔 18 个月便会增加一倍, 性能也将提升一倍。换言之, 每一美元所能买到的计算机性能, 将每隔 18 个月翻两倍以上。这一定律揭示了信息技术进步的速度。



IBM 前首席执行官郭士纳又提出了“十五年周期定律”的观点，他认为信息的模式每隔 15 年就会发生一次大的变革。这一判断像摩尔定律一样准确：1965 年前后出现了大型机，1980 年前后出现了 PC，1995 年前后诞生了互联网革命。

由此可见，通信技术的迅猛发展，与其他技术的相互渗透与密切结合，计算机在通信中的应用等多方面因素，使新的通信技术和领域得以快速发展，促进了通信网络最终向综合性服务方向发展。通信网络在当今社会和经济发展中起着非常重要的作用，网络已经渗透到人们生活的各个角落，影响到人们的日常生活。在某种程度上，通信网络的发展速度不仅反映了一个国家的科学技术，而且已经成为衡量其国力及现代化程度的重要标志之一。未来社会对网络的发展需求也将提升到更高的层次。所以，对通信网络的学习已迫在眉睫。



典型试题

关于网络技术的发展趋势，以下()是不正确的。

- A. 网络由面向终端向资源共享发展
- B. 网络由单一的数据通信网向综合业务数字通信网发展
- C. 网络由分组交换向报文交换发展
- D. 网络由对等通信方式向网站/浏览器方式发展

——【选自 2003 年 4 月全国计算机等级考试三级笔试试卷(57)】

解析：互联网的精神就是：开放、平等、协作和分享。所以，A 选项的说法是正确的。

综合业务以及数字通信，显然也是网络的发展方向。所以，B 选项的说法也是正确的。

对等通信(P2P: peer-to-peer communication)中的两台主机，不必区分哪个是服务器请求方，哪个是服务提供方，只要两台主机都运行了对等连接软件，就可以平等通信。这种方式和浏览器方式都是当下常见的通信方式。相比之下，由于网站可以提供更为丰富的资源，因而浏览器方式被应用得更多一些。将来，在云计算的引领下，还会进一步发展。所以，D 选项的说法也是正确的。

只有 C 选项把交换的发展方向说反了。应该是电路、报文等其他交换方式向着分组交换的方式发展，尤其是分组交换中的 IP 方式，是将来三网融合的核心。所以本题答案为 C。

1.3 现代通信系统的组成模型和功能模块

在对通信网络有了概念性的了解之后，接下来可以进一步对通信网络进行功能上的划分，了解通信网络组成部分之间的逻辑关系，有助于我们明确已学习的和将要学习的各种通信技术在整个通信过程中所处的位置。

1.3.1 现代通信系统的组成模型

1. 三大基本要素

对通信系统的分析，首先可以从软件、硬件两大方向来入手。

通信系统的软件：是为了使全网协调合理地工作，包括各种规定，如信令方案、各种



协议、网路结构、路由方案、编号方案、资费制度与质量标准等。

通信系统的硬件设备：其构成有以下“三大基本要素”。

- (1) 终端设备：用户与通信网之间的接口设备。
- (2) 传输链路：信息的传输通道，是连接网路节点的媒介。
- (3) 交换设备：构成通信网的核心要素，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。

2. 通信系统的简单模型

可以用一个统一的模型来概括通信系统(见图 1.3)，大体分为 5 个部分：信源、变换器/发送器、信道、反变换/接收器、信宿。

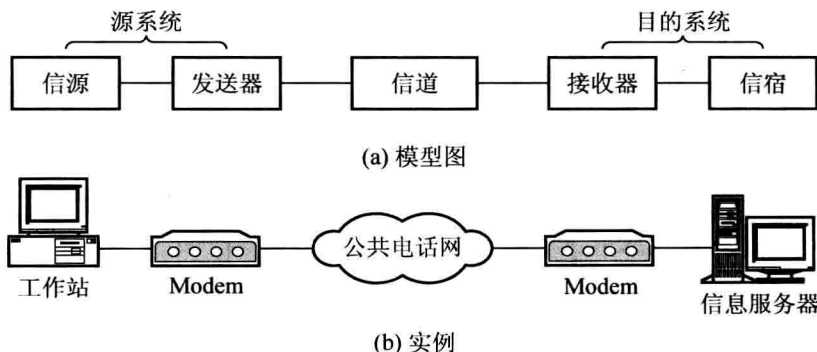


图 1.3 简单通信系统模型

信源：产生各种信息的信息源，它可以是人或机器(如计算机等)。

变换器/发送器：负责将信源发出的信息转换成适合在传输系统中传输的信号。对应不同的信源和传输系统，发送器会有不同的组成和信号变换功能，一般包含编码、调制、放大和加密等功能。

信道：信号的传输媒介，负责在发送器和接收器之间传输信号。通常按传输媒介的种类可分为有线信道和无线信道；按传输信号的形式则可分为模拟信道和数字信道。

反变换/接收器：负责将从传输系统中收到的信号转换成信宿可以接收的信息形式。它的作用与发送器正好相反。主要功能包括信号的解码、解调、放大、均衡和解密等。

信宿：负责接收信息。

3. 通信系统的其他模型

还可以对图 1.3(a)中的模型进行进一步细分，如图 1.4 所示。

在图 1.4 中，各主要模块的功能，从下一小节起开始叙述。其中，调制技术已在先行课程《通信原理》中学习过了，加密、同步技术将在以后的章节中介绍。

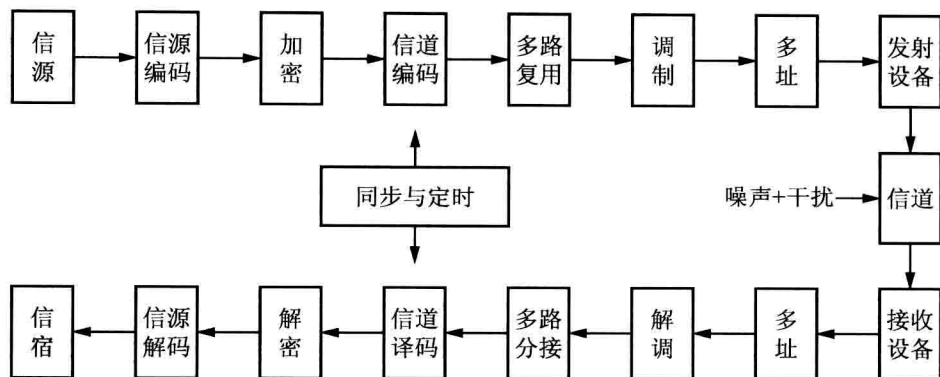


图 1.4 通信系统的其他模型



扩展阅读

值得注意的是：图 1.3 和图 1.4 都是一个对称的系统，发送方和接收方互为逆过程。但需要提醒的是，并不是所有系统的示意图都一定画成对称的。例如，扩频通信的系统框图往往会如图 1.5 这样表示，请同学们思考一下其中解扩和解调的先后顺序为何如此。

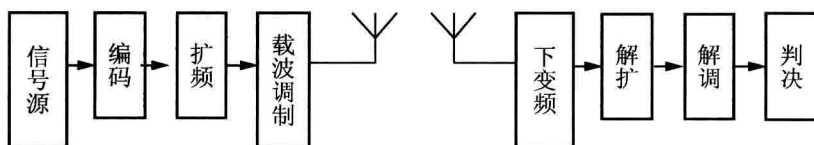


图 1.5 扩频通信系统模型

在了解了通信系统的各个功能组成之后，下面将对其中几个关键的功能模块，按信号发送的先后顺序加以学习。

1.3.2 信息处理技术

1. 信源编码(source coding)

信源编码是一个做“减法”的过程。它以信源输出符号序列的统计特性来寻找某种方法，把信源输出符号序列变换为最短的码字序列，使后者的各码元所载荷的平均信息量最大，即优化和压缩了信息。同时又能保证无失真地恢复原来的符号序列，并且打成符合标准的数据压缩编码。信源编码减小了数字信号的冗余度，提高了有效性、经济性和速度。

最原始的信源编码就是莫尔斯电码，另外还有 ASCII 码和电报码。现在常用的数字电视通用编码 MPEG-2 和 H.264(MPEG-Part10 AVC)编码方式都是信源编码。

按编码效果，信源编码可分为：有损编码和无损编码。无损编码常见的有 Huffman 编码、算术编码、L-Z 编码。

按编码方式，信源编码又可分为：波形编码和参量编码。

(1) 波形编码：将时间域信号直接变换为数字代码，力图使重建语音波形保持原语音信号的波形形状。

