



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材 (编号: 2015-2-060)

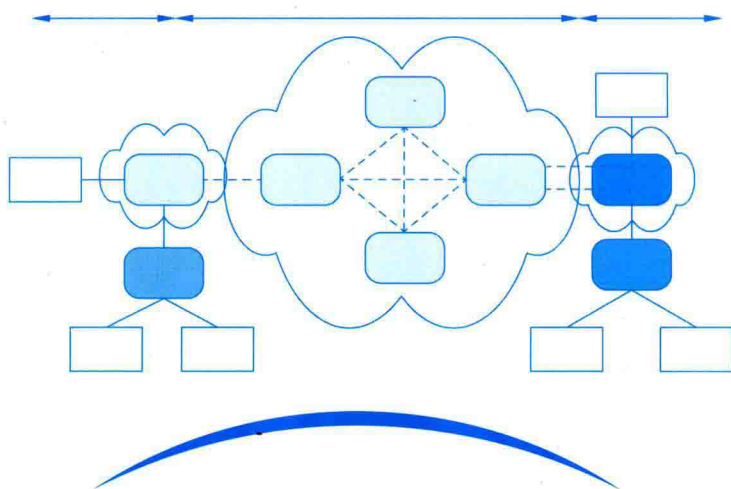


Protocols of Communication Networks

通信网协议

徐名海 编著

Xu Minghai



清华大学出版社



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材 (编号: 2015-2-060)

Protocols of Communication Networks

通信网协议

徐名海 编著

Xu Minghai

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

通信网协议是交换、传输等通信设备之间交互的规则集合,它是通信网络系统运行的保障。本书着眼于通信网运行的基础核心协议,侧重于协议机理的解析和实例分析,本书第1章是通信网概述,简要描述了通信网发展历程,以及各基础协议在通信网架构中所处位置与功能,第2章至第9章详细介绍了通信网常用的核心协议,包括七号信令系统(SS7)、高级数据链路控制协议(HDLC)和点对点协议(PPP)、多协议标签交换(MPLS)和运营级骨干网传输(PBT)、可靠传输协议(SCTP)、会话初始化协议(SIP)、抽象语法标记(ASN.1)、无线应用协议(WAP)、前台认证协议(PPP)与后台授权协议(Diameter),第10章给出了网络工程协议及协议开发工程的基本概念。

本书在选材上兼具系统性和实用性,可作为信息通信工程类研究生和高年级本科生的教材,也可供其他相关人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

通信网协议/徐名海编著. —北京:清华大学出版社,2016

(高等学校电子信息类专业系列教材)

ISBN 978-7-302-45125-9

I. ①通… II. ①徐… III. ①通信协议—高等学校—教材 IV. ①TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第231613号

责任编辑:盛东亮 王 芳

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.25

字 数:586千字

版 次:2016年12月第1版

印 次:2016年12月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:49.00元

产品编号:060750-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕忠伟 教授

前言

PREFACE

信息交流是人类社会的基本活动,而通信网是实现信息交流的重要设施,是推动人类社会文明、进步与发展的巨大动力。其中通信网协议是通信系统之间就如何进行信息传递而达成的规则集合,可以实现不同系统、不同硬件结构、不同厂商网络设备之间的通信和数据交换,是通信系统数据交流的基础。学习通信网协议,有利于构建通信网络的全景认知,有利于从精妙的协议设计中了解通信网各协议的原理和机制,有利于从协议设计的应用中培养理解问题、解决问题的能力。为了适应当前通信技术的发展,弥补市场通信网协议相关教材的不足,培养通信人才,拓宽学生知识视野,拓展学生思维,我们组织相关人员编写了这本《通信网协议》。

本书的编写紧密围绕“反映当代通信发展最新成果”这条主线,充分吸收通信网协议前沿研究成果,在对已出版的同类代表性教材学习和借鉴基础上,编写过程中注重与时俱进、挖掘协议内部原理,希望学生不仅掌握具体协议,更培养发现问题、解决问题的思维能力。

从整体结构上看,《通信网协议》共设置了 10 章。

第 1 章通信网概述,介绍通信网发展趋势和协议基本知识,并给出通信网架构。

第 2 章七号信令系统,是电话网中最重要的信令协议,用于传输电话控制信息。

第 3 章数据链路层协议,用于建立相邻节点之间的数据链路,通过差错控制提供数据帧在信道上无差错的传输,主要介绍高级数据链路控制协议(HDLC)和点对点协议(PPP),其中 PPP 协议从数据传输角度进行介绍。

第 4 章分组传送网协议,负责端到端分组数据的快速传送和用户数据隔离,主要介绍多协议标签交换(MPLS)和运营级骨干网传输(PBT)。

第 5 章可靠传输协议,流控制传输协议(SCTP)最初设计用于分组网络上传输电路交换网信令,而后由于其多宿主、多流、稳定、有序等特征,成为 IP 上的高效、可靠、安全数据报传输协议。

第 6 章会话初始化协议,主要是控制 IP 网络用户间呼叫和会话控制的会话初始化协议(SIP)。

第 7 章抽象语法标记,是表示层协议,主要介绍解决不同体系不同语言之间通信问题的 ASN.1。

第 8 章无线应用协议,主要介绍用于移动终端因特网接入和网页显示的无线应用协议(WAP)。

第 9 章接入控制协议,实现对用户接入的控制、管理和计费,主要为前台认证协议 PPP,和后台授权协议 Diameter,其中 PPP 协议从认证角度进行介绍。

第 10 章网络协议工程,是集成化、形式化的协议开发过程,其目的是减少协议开发过程

中潜在的错误,提高协议开发的效率,促进协议标准化的发展。

《通信网协议》适合通信工程相关专业本科生或研究生学习;由于教材深入浅出、条理分明,学生可以结合 PPT 自学,也可以在老师的授课中获得更全面的讲解;本教材主要按分层思想安排各章节,章节内容相互独立,却也有着内在联系,学生可以按章节顺序学习,也可以针对感兴趣的章节专门学习。

本书中,第 1 章由吴晶和奚杰杰执笔,第 2 章由奚杰杰和任朝阳执笔,第 3 章由奚杰杰和任朝阳执笔,第 4 章由吴晶和王笃会执笔,第 5 章由吴晶和刘尹平执笔,第 6 章由奚杰杰和任朝阳执笔,第 7 章由奚杰杰和王笃会执笔,第 8 章由顾宏博和刘尹平执笔,第 9 章由顾宏博和刘尹平执笔,第 10 章由顾宏博和王笃会执笔,附录由吴晶和王笃会执笔。全书由徐名海副教授统编定稿。为了便于各校的教学,本书编者还制作了电子教学课件,各校的任课教师均可以从出版社免费索取。

本次编写工作得到了南京邮电大学通信与信息工程学院的大力支持,同时感谢糜正琨老师的指导。

最后,对于支持本书出版的教师和读者表示衷心的感谢,并真诚希望对于书中的缺点和错误,给予指正。编者的电子邮件地址如下:

徐名海: d0207@njupt.edu.cn

(若来函请注明真实姓名、单位、职务、电话和通信地址。)

编 者

2016 年 4 月

目录

CONTENTS

第 1 章 通信网概述	1
1.1 通信网及其演进	1
1.1.1 电信网及其演进	2
1.1.2 计算机通信网及其演进	9
1.1.3 广播电视网及其演进	12
1.1.4 网络融合	14
1.2 通信网协议	16
1.2.1 通信网络分层模型	16
1.2.2 协议基本概念	19
1.2.3 网络架构与主要通信协议	21
第 2 章 七号信令系统	23
2.1 七号信令系统的基本思想	23
2.2 七号信令系统的基本概念	24
2.2.1 信令的定义	24
2.2.2 七号信令系统特点	25
2.2.3 七号信令系统基本术语和定义	25
2.3 七号信令网	26
2.3.1 电话网与信令网	26
2.3.2 信令点编号计划	28
2.4 七号信令协议栈和消息结构	28
2.4.1 七号信令系统功能结构	28
2.4.2 七号信令消息结构	30
2.5 消息传递部分(MTP)	32
2.5.1 MTP 简介	32
2.5.2 信令数据链路功能级(MTP1)	33
2.5.3 信令链路功能级(MTP2)	33
2.5.4 信令网功能级(MTP3)	37
2.6 电话用户部分(TUP)	42
2.6.1 TUP 简介	42
2.6.2 TUP 消息格式与类型	42
2.6.3 TUP 消息的基本信令过程	44
2.7 信令连接控制部分(SCCP)	47
2.7.1 SCCP 简介	47

2.7.2	SCCP 消息格式与编码	49
2.7.3	SCCP 寻址	51
2.7.4	SCCP 消息传送示例	56
2.8	事务处理能力应用部分(TCAP)	57
2.8.1	TCAP 简介	57
2.8.2	TCAP 基本结构和功能	58
2.8.3	TCAP 消息格式与编码	58
2.8.4	TCAP 应用	63
2.9	本章小结	64
2.10	课后习题	64
第 3 章	数据链路层协议	65
3.1	数据链路层协议的基本思想	65
3.2	数据链路层的设计问题	66
3.2.1	向网络层提供的服务	66
3.2.2	组帧	67
3.2.3	差错控制	68
3.2.4	流量控制	74
3.3	广域网数据链路层协议	76
3.3.1	高级数据链路控制(HDLC)协议	77
3.3.2	因特网中的点对点协议(PPP)	85
3.4	媒体接入控制(Media Access Control, MAC)	88
3.4.1	共享信道的分配问题	88
3.4.2	CSMA 协议	89
3.4.3	无线局域网 MAC 层	94
3.5	本章小结	101
3.6	课后习题	101
第 4 章	分组传送网协议	102
4.1	分组传送网的发展与演进	102
4.2	分组传送网协议的基本思想	105
4.3	基于 MPLS 的分组传送技术	105
4.3.1	MPLS 起源与发展	106
4.3.2	MPLS 协议机制	108
4.3.3	标签分发协议	121
4.3.4	MPLS 应用	130
4.4	基于以太网的分组传送技术	134
4.4.1	以太网发展简史	134
4.4.2	以太网基本概念	136
4.4.3	基于运营级以太网的分组传输技术	141
4.5	本章小结	146
4.6	课后习题	146
第 5 章	可靠传输协议	148
5.1	SCTP 起源与发展	148

5.2	SCTP 功能	153
5.3	SCTP 消息结构	156
5.4	SCTP 协议机制	160
5.4.1	偶联的建立和关闭	160
5.4.2	拥塞控制	165
5.5	SCTP 与应用层交互原语	168
5.5.1	SCTP 用户向 SCTP 发送的请求原语	169
5.5.2	SCTP 向 SCTP 用户发送的通知原语	171
5.6	SCTP 拓展与应用	171
5.6.1	SCTP 部分可靠性拓展与 PR-SCTP	171
5.6.2	SCTP 动态地址重新配置与 mSCTP	175
5.6.3	基于 SCTP 的并行多路径传输	177
5.7	本章小结	179
5.8	课后习题	179
第 6 章	会话初始化协议	180
6.1	SIP 简介	180
6.1.1	SIP 的基本思想	180
6.1.2	SIP 的诞生背景	181
6.1.3	SIP 协议基本概念	182
6.1.4	SIP 协议相关协议和相关术语	183
6.1.5	SIP 体系架构	185
6.2	SIP 消息	186
6.2.1	消息类型	188
6.2.2	消息结构	189
6.3	SDP 协议	194
6.3.1	SDP 简介	194
6.3.2	SDP 协议字段	195
6.3.3	SDP 在 SIP 中的应用	197
6.4	SIP 应用	198
6.4.1	SIP 会话过程	198
6.4.2	SIP 在 IMS 中的应用	199
6.5	SIP 扩展	204
6.5.1	SIP 消息类型扩展	204
6.5.2	SIP 消息头扩展	205
6.5.3	SIP 消息体扩展	205
6.5.4	SIP 在 IMS 中的扩展	205
6.6	本章小结	206
6.7	课后习题	207
第 7 章	抽象语法标记	208
7.1	ASN.1 简介	208
7.1.1	ASN.1 诞生背景	208
7.1.2	ASN.1 基本概念	210
7.2	ASN.1 的数据类型	212

7.2.1	ASN.1 数据类型	212
7.2.2	子类型约束	220
7.2.3	数据结构示例	222
7.3	ASN.1 的基本编码规则	223
7.4	ASN.1 的编码示例	229
7.4.1	ASN.1 查看工具和证书获取	229
7.4.2	证书 ASN.1 解析	230
7.5	本章小结	236
7.6	课后习题	236
第 8 章	无线应用协议	237
8.1	Web 技术发展历程	237
8.2	无线应用协议	238
8.2.1	WAP 起源与发展	238
8.2.2	WAP 基本思想	239
8.2.3	WAP 协议栈	241
8.2.4	WAP 的实现与应用	243
8.3	Web Service	251
8.3.1	Web Service 基本概念	251
8.3.2	Web Service 机制	254
8.3.3	Restful Web Service	256
8.4	本章小结	263
8.5	课后习题	263
第 9 章	接入控制协议	264
9.1	接入网与接入控制	264
9.1.1	接入网技术发展简史	264
9.1.2	接入控制模型	266
9.1.3	接入控制协议的基本思想	269
9.2	前台认证协议	270
9.2.1	PPP 协议产生背景	270
9.2.2	LCP 消息结构	270
9.2.3	PPP 认证方式	272
9.3	后台授权协议 Diameter	274
9.3.1	Diameter 协议的起源	274
9.3.2	Diameter 协议机制	276
9.3.3	Diameter 协议在 IMS 中的应用	288
9.4	本章小结	292
9.5	课后习题	292
第 10 章	网络协议工程技术	293
10.1	协议工程基本概念	293
10.1.1	协议分层模型	293
10.1.2	协议开发过程	295
10.1.3	协议工程技术	296

10.2	协议设计	298
10.2.1	协议设计目标与困难	298
10.2.2	协议设计原则与方法	300
10.2.3	协议设计举例	302
10.3	协议形式化描述	315
10.3.1	协议描述	315
10.3.2	FSM	316
10.3.3	Petri 网	323
10.4	本章小结	330
10.5	课后习题	331
附录 A	TUP 编码规则	332
附录 B	IEEE 802.11 MAC 帧格式	340
附录 C	T-MPLS/MPLS-TP	344
附录 D	SCTP 消息格式	349
附录 E	WAP 协议栈元素	357
附录 F	典型的接入管理系统	367

本书介绍了通信网协议,希望读者通过学习各协议的原理和应用,不仅了解各协议的起源、发展、特征、功能,掌握协议运行机制、消息结构、信息交互、参数设置等,更理解协议对通信问题的解决思路、方法和拓展,同时增强对通信网发展和趋势的整体把握。

本章首先介绍通信网及其演进,说明网络发展趋势,然后介绍通信网分层模型和协议基本概念,为后文知识作铺垫,并在此基础上给出通信网架构及本书各章节在该架构中的位置和作用。

1.1 通信网及其演进

狭义通信网是指以语音业务为主的电信网,实现人与人的通信。而广义通信网除了电信网,还包括计算机网和广播电视网,可以实现人与物或物与物的通信。

需求推动发展,电信网、计算机网和广播电视网在人们的需求变化下不断革新。如图 1-1 所示,最初的通信需求是通过听觉获取信息,为了追求远距离语音的传递,人们发明了电话,开始了话音通信。图像、视频等视觉信息的获取和传递推动了数据通信的发展,上网、观看直播、视频会议等应用极大丰富了人们的生活。六感中的味觉、嗅觉和触觉也是信息获取的有效方法,对其信息的传递将促进生物电通信的发展。感觉是认识和感受的抽象概念,而虚拟现实将实现感觉的传递和分享。虚拟现实通过网络设备生成虚拟世界,可以是现实世界或构想世界的再现,用户可借助视觉、听觉及触觉等多种传感通道与虚拟世界进行自然交互。

通信网是一个持续演进的系统,它从话音通信到数据通信,还将继续向虚拟现实发展,其演进受制于多种因素的综合作用,而演进的主要驱动力包括:新业务需求、网络流量变化和技术进步,如图 1-2 所示。

新业务需求是通信网发展最直接、最根本的驱动,只有最大化地符合用户利益,满足用户对新业务的需求,通信网才能健康持续发展。网络流量变化既包括流量的增长,也包括业务结构的变化,流量增长加大了对系统带宽、配置等的要求,业务结构变化带来管理结构和体系架构的变化,通信网需要升级改造以满足现实需求。技术进步则给通信网发展注入新的活力,推动了社会通信服务水平的提高。新业务需求、网络流量变化和技术进步共同推动新通信网在业务、管理和结构等方面的调整和完善。

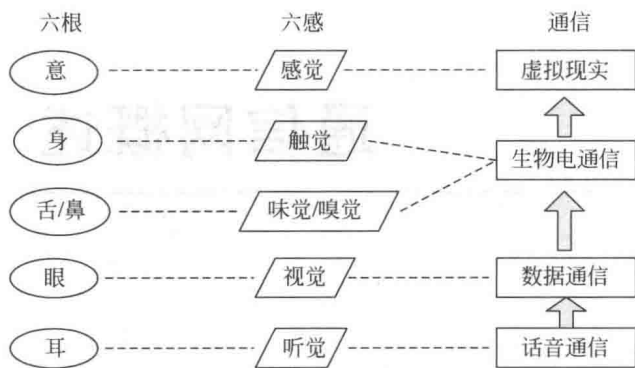


图 1-1 通信需求变化



图 1-2 通信网络演进驱动模型

三方面的发展驱动力也相互影响。新业务的出现改变了网络流量的组成,促进了流量的增长和业务结构的调整;技术进步催生了新业务的产生,进而引发网络流量变化;业务结构、体系架构等的调整促进了业务的融合和发展,业务发展又会刺激用户需求进一步膨胀,引发更多业务需求。三方面驱动力并非独立发展,而是相互依存、相互补充并相互促进,对于推动通信网发展、促进网络融合、提高通信服务水平、满足用户通信需求具有重要意义。

以下从电信网、计算机网和广播电视网三方面介绍通信网发展与演进,以及三网融合模型和趋势。

1.1.1 电信网及其演进

电信网的发展演进可以分为固定电话网和移动通信网发展两条线,如图 1-3 所示。电信网从公共交换电话网(Public Switched Telephone Network, PSTN)发展到下一代网络(Next Generation Network, NGN),再向新一代网络(New Generation, NwGN)发展。移动通信网则从第一代移动通信(1G)发展向第五代移动通信(5G),其发展离不开新业务需求、网络流量变化和技术进步的共同推动。

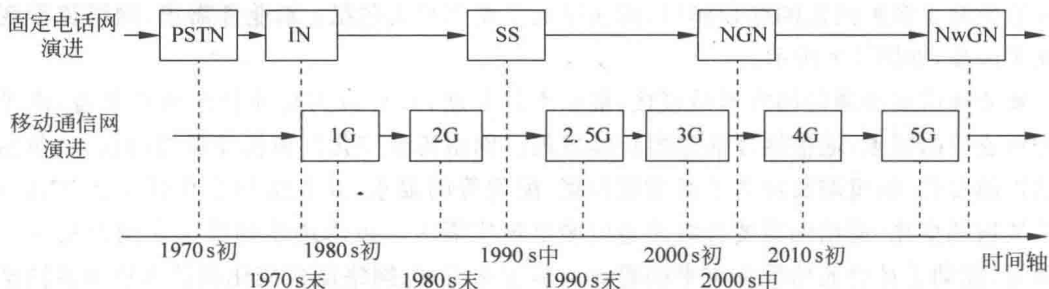


图 1-3 电信网发展演进

1. 市场需求推动电信网迅速扩展

1) 固定电话网演进

PSTN 是我们日常拨打固定电话所使用的电信网络,它以电路交换为基础传送模拟话音信号,提供呼叫、来电提醒、亲情号码等业务。

随着数字通信的发展,人们对电信网的要求越来越高,除了原有的语音业务外,还要求更丰富的信息服务和数据服务,其中信息服务包括预付费、被叫付费、彩铃、话费立现、一号双机、联网应急呼叫等服务,数据服务包括上网、邮件、图像、视频、电视会议等服务。电信网需要迅速而灵活地向用户提供各种电信业务,传统的做法是用户特性控制集中于每一个交换机中,每增加一种新业务,网中全部交换机就需要增加一部分软件。由于通信网中交换机数量众多、种类丰富,这样修改的工作量很大,还会引发交换机新业务互通问题。智能网(Intelligent Network, IN)为克服上述缺点而生,其基本思想是让交换机仅完成最基本的接续功能,而所有增值业务均由智能网提供。如图 1-4 所示,IN 将电信网络的呼叫控制和业务提供相分离,能够快速、方便、灵活、经济、有效地生成和实现各种新业务,即各种通信网服务,包括现有电话网、综合业务数字网、移动通信网等。

呼叫控制和业务提供的分离仅仅是第一步,随着承载的多样化,IP 承载网、异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)承载网、电话承载网等共存,在不同承载上部署新业务需要的时间较长,也带来新业务互通问题,必须将呼叫控制和承载连接进一步分离,这正是软交换(Soft Switch, SS)网络的基本思想。如图 1-4 所示,软交换将呼叫控制分离出来,通过软件实现基本呼叫控制功能,它独立于特定的底层硬件/操作系统,可以在基于不同技术、协议和设备的网络之间提供无缝的互操作性。由于分组网络的广泛应用,软交换网络采用分组交换方式传输数据,它能提供丰富的信息娱乐,除了话音、传真等基本业务及呼叫前转类、多方通话类、多方视频类等补充业务,还包括 IP 电话、虚拟专用网(Virtual Private Network, VPN)等增强业务。

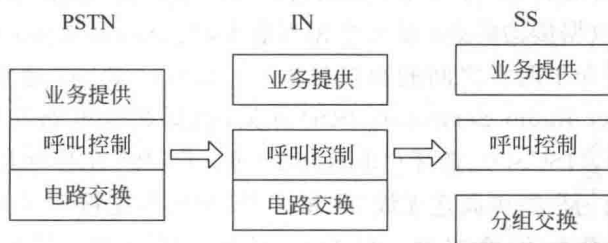


图 1-4 交换方式的变化

随着电信网中 IP 业务增长超过话音业务,IP 数据业务为运营商带来新的利润增长点,加上用户对个性化、多元化通信服务的渴望,在目前网络上,多媒体业务实现困难,运营维护管理要求高,对增值业务的支持日益力不从心。以软交换为核心,实现电话网、IP 网和移动通信网融合的 NGN 发展起来。NGN 是一个分组网络,能在统一的网络平台上以统一管理的方式提供话音、数据和互联网业务。

随着社会发展,人们追求个性化、智能化信息服务的需求会推动电信网向 NwGN 继续发展。

新业务需求和电信网发展如表 1-1 所示。

表 1-1 电信网的业务需求

业务类型	具体业务	网络
话音业务	呼叫等待与保持、呼叫转移、来电提醒、亲情业务、语音信箱、商旅服务等	PSTN
信息服务和数据服务	信息服务(预付费、被叫付费、彩铃、话费立现、一号双机、联网应急呼叫等) 数据服务(上网、邮件、图像、视频、电视会议等)	IN
信息娱乐	基本业务(话音、传真、点对点视频多媒体业务等) 补充业务(号码现实类、呼叫前转类、多方通话类、多方视频类、姓名显示类等) 增强业务(IP电话、VPN、统一消息处理、个人通信管理等)	SS
话音业务、数据业务和互联网服务	企业多媒体彩铃、一号通、混合放音、固定移动融合的虚拟专用移动网络(Virtual Private Mobile Network, VPMN)业务、IP超市等	NGN

2) 移动通信网演进

移动通信网是人们日常拨打移动电话所使用的电信网络,从模拟蜂窝网到数字蜂窝网,发展到如今的长期演进(Long Term Evolution, LTE)网络,移动通信展现出迅猛的发展趋势。

现代移动通信开始于 20 世纪 70 年代中期,随时随地可接入网络的需求推动了第一代移动通信的发展。1G 采用频分多址(Frequency Division Multiple Access, FDMA)传输模拟话音,蜂窝方式实现了频率再用,大大提高了系统容量。

模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露出频率利用率低、移动设备复杂、业务种类受限、通话易被窃听等问题,解决这些问题的方法是开发数字蜂窝移动通信,也就是 2G。2G 的主要体制为全球移动通信系统(Global System for Mobile communication, GSM),采用时分多址(Time Division Multiple Address, TDMA)和数字传输技术,通信质量极大提高,能提供数字话音和少量数据业务。

随着 Internet 网络的发展,人们对于数据传输的要求日趋高涨。从 2G 的几十 Kbps 的传输速度发展到高速数据传输的 3G 是一个相当浩大的工程,要从 2G 直接迈向 3G 不可能一步到位,因此出现了介于两者之间的衔接技术——2.5G。2.5G 通常与通用分组无线服务技术(General Packet Radio Service, GPRS)有关,包括高速电路交换数据(High Speed Circuit Switched Data, HSCSD)、蓝牙(Bluetooth)等。GPRS 在移动用户和数据网络之间提供一种连接,给移动用户提供高速无线 IP 和 X.25 分组数据接入服务。

为了追求更快的数据传输速度,3G 应运而生。目前 3G 存在三种标准:中国的 TD-SCDMA、欧洲和日本的 WCDMA、美国的 CDMA2000。3G 的传输速度可以达到几百 Kbps,通过 3G 人们可以在手机上直接浏览电脑网页、收发邮件、收看直播等。

作为 3G 的延伸,4G 近年来已被人熟知,该技术包括 TDD-LTE 和 FDD-LTE,要求 4G 服务的峰值速度在高速移动环境下达到 100Mbps,固定或低速移动环境下达到 1Gbps。相对于前几代,4G 系统不支持传统的电路交换业务,而是全 IP 的通信。4G 基于多输入多输出(Multiple Input Multiple Output, MIMO)的空分多址(Space Division Multiple Address, SDMA),进一步提高了频谱效率。

随着智能终端普及和数据业务增长,移动通信业务量增长迅猛,为提供更大容量,5G 的研究和商用正在进行中。5G 将引入更加先进的技术,通过更高的频谱效率、更多的频谱资