

ONLINE

Investing

Trading

信息交换与通信网

余燕平 李式巨 编

浙江大學出版社

信息交换与通信网

余燕平 李式巨 编

浙江大學出版社

内容提要

本书比较全面、系统地介绍了程控交换机软硬件结构、电信网、7号信令系统、信令网、计算机通信网络协议体系结构、物理层和物理媒体、数据链路层、局域网和介质访问子层、网络层、运输层和高层协议、TCP/IP核心协议以及Internet基本知识。

本教材着重于介绍基本原理,适当联系实际,并融进了近年来通信网络领域的最新成果。对所介绍的内容做到重点突出、层次分明、条理清楚、深入浅出。本书可作为电子通信类专业和其他相关专业高年级本科生的教材或教学参考书,也可以供从事通信领域的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

信息交换与通信网 / 余燕平, 李式巨编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2002. 7
ISBN 7-308-03074-1

I. 信... I. ①余... ②李... III. ①信息交换—高等学校—材料②通信网—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 051036 号

责任编辑 李桂云

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 浙江大学出版社电脑排版中心

印刷 杭州杭新印务有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 18.5

字数 467 千

版次 2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—2000

书号 ISBN 7-308-03074-1/TN·065

定价 28.00 元

前 言

当前通信技术发展迅速,各种交换技术也层出不穷,不同的交换技术形成了不同的通信网络,因此,交换和通信网涵盖的范围很广,涉及许多新技术。要在—本教材中全面介绍各种交换技术和通信网络,势必导致不能深入介绍每一种技术,这对于读者的学习反而不利。考虑到电话网和 Internet 是当前两个覆盖范围最广的网络,话音通信主要通过电话网实现,数据通信则主要通过 Internet 实现,本教材将从这两方面来重点介绍相关技术。

在教材的前半部分,主要介绍程控交换机软硬件结构、电信网、7 号信令系统、信令网等;在后半部分,主要以开放系统互联模型(OSI)为线索逐个介绍模型中的各层、局域网和介质访问子层、TCP/IP 核心协议以及 Internet 基本知识等。

至于其他交换技术,如帧中继交换、ATM 交换、IP 交换、光交换等,本书都不涉及。另外,本书对无线通信技术也基本不作介绍。

本教材着重于介绍基本原理,并适当联系实际,对所介绍的内容做到重点突出、深入浅出。每章后面附有若干思考题和习题,可供练习。本书可作为电子通信类专业和其他相关专业高年级本科生的教材或教学参考书,也可供从事通信领域的工程技术人员学习参考。

本教材的第一章综述了当前通信网络概况;第二章介绍了程控交换机的总体结构;第三章介绍了程控交换机的硬件系统;第四章、第五章介绍了程控交换机的软件系统;第六章介绍电话系统的结构;第七章介绍信令系统;第八章介绍协议分层体系结构、OSI 模型、图论和排队论基础知识;第九章介绍物理层和物理媒体;第十章介绍数据链路层;第十一章介绍媒体访问控制和局域网;第十二章介绍网络层;第十三章介绍传输层和高层协议;第十四章为 TCP/IP 核心协议和 Internet。

本教材的第一章、第八章至第十四章由李式巨编写,第二章至第七章由余燕平编写。

由于水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 4 月于求是园

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.1.1 通信网发展中的三网融合	1
1.1.2 电信网和互联网	3
1.1.3 我国通信网的发展	4
1.2 接入网与核心网	4
1.2.1 接入网	4
1.2.2 核心网	5
1.3 下一代网络体系和软交换	6
1.3.1 下一代通信网络(NGN)体系	6
1.3.2 软交换	7
1.4 通信网基本概念	7
1.5 本书内容安排	8
第二章 程控交换技术基础	9
2.1 电话交换技术的发展历史	9
2.1.1 机电式交换机的发展	9
2.1.2 程控交换技术的发展	10
2.1.3 数字程控交换技术的发展	10
2.1.4 我国电话交换技术的发展历史	11
2.2 电话机的基本组成和工作原理	11
2.2.1 电话机技术的发展历史	11
2.2.2 电话机的基本组成	12
2.2.3 双音多频电话机	12
2.3 程控交换机的优越性	13
2.4 程控交换机的新业务	14
2.5 程控交换机的硬件结构	15
2.5.1 模拟程控交换机的硬件结构	15
2.5.2 数字程控交换机的硬件结构	16
2.6 程控交换机的软件结构	17
2.6.1 软件组成	17
2.6.2 软件设计语言	22
2.6.3 程序文件	24
2.7 数据结构	25

2.7.1 线性表	26
2.7.2 栈和队列	27
2.7.3 翻译	29
2.7.4 呼叫信息的数据管理	31
思考题和习题	33
第三章 数字程控交换的硬件接口及交换网络	34
3.1 语音数字化基础	34
3.1.1 PCM 的基本原理	34
3.1.2 PCM 时分多路通信	35
3.1.3 PCM 高次群	36
3.2 数字交换系统的终端接口	37
3.2.1 用户模块	37
3.2.2 中继器	40
3.2.3 音频信号的产生、发送和接收	44
3.3 数字交换网络	45
3.3.1 时分接线器(T 接线器)	45
3.3.2 空分接线器(S 接线器)	47
3.3.3 串/并变换和并/串变换	48
3.3.4 数字交换网络	51
3.4 总结	54
思考题和习题	54
第四章 呼叫处理的基本原理	56
4.1 呼叫接续过程	56
4.2 SDL 图	57
4.2.1 稳定状态和状态迁移	57
4.2.2 本局呼叫的 SDL 图	58
4.3 输入处理	60
4.3.1 用户线扫描	60
4.3.2 双音频收号	66
4.3.3 多频信号的接收	67
4.3.4 中继线扫描	68
4.4 内部分析处理	68
4.4.1 去话分析	68
4.4.2 号码分析	69
4.4.3 来话分析	70
4.4.4 状态分析	71
4.5 任务执行程序	72
4.5.1 路由及中继选择	72

4.5.2 话路选择	73
4.6 输出处理	74
4.6.1 话路驱动	74
4.6.2 发送信号音	74
4.6.3 转发脉冲	74
4.6.4 其他	75
4.7 超时处理	75
思考题和习题	75
第五章 程序的执行管理	77
5.1 程序的执行级别	77
5.1.1 程序级别	77
5.1.2 空余时间	78
5.2 程序执行管理基本原则	89
5.3 程序执行周期的确定	80
5.4 时间表	81
5.4.1 基本概念	81
5.4.2 时间且实例	82
5.5 基本级的队列调度	83
思考题和习题	85
第六章 电话网结构	86
6.1 概述	86
6.2 我国长途电话网的等级结构	87
6.2.1 四级长途电话网结构	87
6.2.2 路由分类及路由选择顺序	88
6.2.3 我国目前的两级长话网	89
6.3 本地电话网	90
6.3.1 多局制网状网结构	90
6.3.2 汇接制二级本地网结构	90
6.4 国际电话通信网	93
6.4.1 国际电话局与国内电话局的连接	93
6.4.2 国际电话网结构	94
6.5 传输链路指标	94
6.5.1 全程参考当量和传输损耗	95
6.5.2 本地网各种通话连接的参考当量和传输损耗的分配	95
6.5.3 长话网通话连接的参考当量和传输损耗的分配	96
6.5.4 杂音	97
6.5.5 串音	97
6.5.6 频率衰减特性	97

6.6	编号方案	97
6.6.1	制定编号方案需考虑的因素	97
6.6.2	编号方案	98
6.7	计费方式	100
6.7.1	本地电话网的计费方式	100
6.7.2	长途自动电话计费方式	101
6.7.3	智能网业务的计费方式	101
	思考题和习题	101
第七章	信令系统	102
7.1	基本概念	102
7.1.1	信令分类	102
7.1.2	信令功能	104
7.1.3	信令技术	105
7.2	用户线信令	109
7.2.1	监视信号:用户状态信号	110
7.2.2	选择信号	110
7.2.3	铃流及信号音	110
7.3	中国 1 号信令系统	111
7.3.1	基本概念	111
7.3.2	带内单频脉冲线路信令	112
7.3.3	数字型线路信号	114
7.3.4	多频互控记发器信号	116
7.4	7 号公共信道信令系统	121
7.4.1	概述	121
7.4.2	7 号信令系统功能结构	124
7.4.3	7 号信令信号单元格式	125
7.4.4	消息传递部分各级的主要功能	129
7.4.5	用户部分	135
7.4.6	我国电话网的 7 号信令系统	139
	思考题和习题	145
第八章	通信规程和通信网理论基础	147
8.1	网络协议体系结构	147
8.1.1	通信规程和规程参考模型	147
8.1.2	业务原语	148
8.1.3	数据单元	148
8.1.4	开放系统互联(OSI)参考模型	150
8.1.5	互联 TCP/IP 参考模型	151
8.1.6	标准化组织	152

8.2 排队论基础	153
8.2.1 排队论基本概念	153
8.2.2 M/M/1 排队模型	154
8.2.3 排队论中 LITTLE 定理:	155
8.3 通信网拓扑结构	156
8.3.1 图论基本概念	156
8.3.2 图的矩阵表示	158
8.4 最短径	158
8.4.1 无约束条件最小生成树(Prim 法)	158
8.4.2 节点间的最短径	160
8.4.3 所有节点间最短路径算法	161
思考题和习题	162
第九章 传输媒体与物理层	164
9.1 传输媒体	164
9.1.1 双绞线	164
9.1.2 同轴电缆	164
9.1.3 光导纤维	165
9.1.4 无线传输	166
9.1.5 红外线和毫米波	167
9.2 OSI 参考模型物理层	168
9.2.1 EIA-232-D	168
9.2.2 X.21	170
思考题和习题	170
第十章 数据链路层	171
10.1 差错控制	171
10.1.1 自动重复请求协议	172
10.1.2 连续 ARQ	173
10.2 数据链路协议	174
10.2.1 HDLC 概述	174
10.2.2 HDLC 帧格式	175
10.2.3 HDLC 联机运行实例	178
10.3 X.25 链路访问规程	181
10.3.1 X.25 概述	181
10.3.2 X.25 和 HDLC 比较	181
10.4 数据链路层协议性能分析	182
10.4.1 停一等协议的性能	182
10.4.2 返回—N 协议性能	183
10.4.3 X.25 链路级(HDLC,LAPB)性能	184

思考题和习题	184
第十一章 媒体访问控制和局域网	186
11.1 局域网的模型和标准	186
11.2 多路访问通信协议	187
11.2.1 信道固定分配	188
11.2.2 随机访问技术	189
11.2.3 集中式按需分配方案	195
11.3 IEEE802.2 逻辑电路控制	198
11.3.1 IEEE802.2	198
11.3.2 LLC 帧结构	199
11.4 IEEE802.3 以太网	199
11.4.1 802.3 的帧结构	200
11.4.2 后退算法	201
11.4.3 802.3 性能	201
11.5 IEEE802.5 标准:令牌环	203
11.5.1 环接口操作方式	203
11.5.2 令牌环 MAC 子层协议	204
11.6 IEEE802.11 无线局域网访问协议	205
11.6.1 IEEE802.11 的一般结构	205
11.6.2 IEEE802.11 协议的总体结构	206
11.6.3 IEEE802.11 MAC 层协议分析	206
11.7 光纤分布式数据接口: FDDI	207
思考题和习题	210
第十二章 网络层	212
12.1 虚电路与数据报方式	212
12.2 路由策略	213
12.2.1 静态策略	214
12.2.2 动态策略	214
12.2.3 无表路由选择	219
12.3 拥塞控制	220
12.3.1 拥塞控制的基本原理	221
12.3.2 通信量的整形	222
12.4 流量控制策略和机制	224
12.4.1 缓冲区分配模式	224
12.4.2 窗口模式	225
12.4.3 网络入口模式	227
12.5 网络互联	227
12.5.1 网络互联	227

12.5.2 网桥	228
12.5.3 网关	229
12.5.4 协议转换器	231
12.6 网络层的协议	232
12.6.1 X.25	232
12.6.2 X.75	236
思考题和习题	236
第十三章 运输层及高层	238
13.1 运输层	238
13.1.1 OSI 运输服务原语	238
13.1.2 OSI 运输协议	241
13.1.3 运输层的连接管理	242
13.1.4 运输层协议的实现	246
13.2 会话层	250
13.3 表示层	252
13.3.1 数据表示	252
13.3.2 数据压缩	252
13.4 应用层	253
13.4.1 文件传送,访问和管理	253
13.4.2 虚拟终端	254
思考题和习题	254
第十四章 因特网	255
14.1 因特网概念	255
14.2 TCP/IP 协议	256
14.2.1 IP 协议	256
14.2.2 网际控制协议 ICMP	259
14.2.3 TCP 协议	260
14.3 UDP	265
14.4 因特网的地址系统	266
14.4.1 因特网地址结构与表示	266
14.4.2 地址解析	267
14.4.3 域名系统	268
14.5 因特网的管理	270
14.5.1 网络管理概述	270
思考题和习题	275

1.1 引言

我们居住的地球表面覆盖着一张通信网,它由担负通信功能的线缆、波、卫星等媒体和网络设备编织而成。通信网使得天涯之距近在咫尺。有了通信网,世界上不同国籍、不同肤色的公民仿佛生活在同一个小小的“地球村”中。

1.1.1 通信网发展中的三网融合

通信网中首推公用电信网(PSTN)。百年前直至今天,电信网的主要业务一直是电话业务,因而电信网一般称为电话网。从世界上出现第一台人工磁石交换机到今天的120年间,通信交换技术的发展可以说是日新月异。从电路交换到分组交换,发展到ATM交换、帧交换、MPLS交换、IP交换、软交换等,新的交换技术层出不穷。特别是在交换技术中采用程序控制概念以来,从模拟程控到数字程控,平均每5年就出现一代新的程控用户交换机。近10年来,全世界电话用户的年增长率平均为5%~10%。近几年来,由于计算机的广泛应用和普及,数据业务正呈现指数式增长态势,平均年增长率达25%~40%,远高于电话业务。特别是IP业务正呈现爆炸式增长,其规模和业务量已达到了约6~12个月就翻一番的地步。

与具有百余年发展历史的固定电话相比,移动电话算是后起之秀,从第一代的模拟技术到第二代的数字技术,到第三代移动通信技术,只经历了短短的20年时间。在最近10年内,世界上许多国家开放了电信市场。由于存在竞争,通信服务费用特别是移动通信服务费用大幅度下降,用户增长率远远高于估计值。2000年全球的移动用户数已超过4亿,到了2010年全球将会有超过17亿的移动用户。当前的蜂窝移动通信系统已从AMPS和TACS为代表的第一代模拟系统进入了以GSM与CDMA One为代表的第二代数字系统,预计今后十年将是第三代移动通信系统的天下。虽然第二代系统克服了第一代系统的系统容量小、频谱利用率低等缺陷,但是业务种类主要局限于话音业务和低速数据业务,已经很难满足未来发展的需要。20世纪90年代初期,ITU提出了第三代(3G)移动通信的概念。这套系统工作在2000MHz频段,并希望于2000年后投入商用,ITU将这套系统称为IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)。ITU从全球系统、新业务和新功能、演进和过渡及灵活性等方面提出了IMT-2000应具备以下主要关键特征和指标:

(1) 具备高速和多种速率传输能力,支持从话音分组数据到多媒体业务,包括低速寻呼、话音以及与视像和文件传输有关的高速业务。最低无线传输要求是:车辆通信144kb/s;步行通信384kb/s;室内通信2Mb/s。

(2) 全球覆盖及全球无缝漫游。

(3) 具有较高的频谱利用率。

(4) 高服务质量:要求各类移动通信的质量能与固定网业务质量相媲美。

(5) 高度灵活性:按需分配带宽以支持大范围、可变速率信息的传送;具有支持上行和下行速率不对称的能力,包括卫星移动通信系统;大范围的工作环境,包括海、陆、空间的通信;能与有线网互连与兼容;适合发展中国家的需求。

(6) 进一步改善安全性:满足具有巨大需求的个人通信的安全性要求。

(7) 个人化:用户可用惟一个人电信号码(PTN)在任何终端上获取所需要的电信业务,超越了传统的终端移动性,真正实现个人移动性。

为此,各国纷纷提出了自己的 3G 标准提案。经过修改和融合,ITU 最终确定了 3G 无线电传输技术(RTT)标准,它分为 CDMA 和 TDMA 两大类共五种技术,其中主流技术为三种 CDMA 技术:

(1) IMT-2000 CDMA-DS(直接扩频),即欧洲和日本共同提出的 WCDMA 技术;

(2) IMT-2000 CDMA-MC(多载波),即美国提出的 CDMA2000 技术;

(3) IMT-2000 CDMA TDD,包括我国提出的 TD-SCDMA 和欧洲提出的 UTRA TDD。

虽然第三代移动通信尚未正式投入使用,但学术界已有人在探讨第四代移动通信是什么样了。第四代移动通信(4G)的概念可称为宽带(Broadband)接入和分布网络,具有非对称的超过 2Mb/s 的数据传输能力。它包括宽带无线固定接入、宽带无线局域网、移动宽带系统和互操作的广播网络。第四代移动通信标准应该比第三代标准具有更多的功能。第四代移动通信可以在不同的固定、无线平台和跨越不同的频带的网络中提供无线服务,可以在任何地方宽带接入互联网(包括卫星通信),能够提供信息通信之外的定位定时、数据采集、远程控制等综合功能。第四代移动通信系统还应该是多功能集成的宽带移动通信系统,是宽带接入 IP 系统。

与第三代移动通信相比,第四代移动通信将有如下特点:首先,它应该比第三代移动通信更接近于个人通信。即在任何时间、任何地点的基础上实现任何形式的通信。这就要求通信的内容除话音外,其他多种媒体的通信均能很好的实现。其次,在技术上应比第三代高一个台阶。具体表现如下:在无线技术方面,蜂窝组网的概念将被突破,以达到更完美的覆盖;在容量方面,可能在 FDMA、TDMA、CDMA 的基础上引入空分多址(SDMA),从而使无线系统容量比现在提高 1~2 个数量级;核心网全面采用分组交换(信元交换),使得网络根据用户的需要分配带宽;将是全数字通信网,具有更宽的带宽和更高的比特率,下载速率最高可达 100Mb/s。无线频率的使用效率比第二代和第三代系统都高得多;具有移动网络的可伸缩性(Scalability),并具有全球移动性和便携业务;成本低,支持交互式多媒体业务,如视频会议、无线因特网等;具有极高的安全性。在应用上,第四代移动通信系统的终端将不仅仅是手机,甚至不只是用来听、说和看,还可以用作诸如定位、告警等。

从技术层面来看,第三代移动通信系统主要是以码分多址(CDMA)为核心技术,第四代移动通信系统技术则以正交频分多路复用技术(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)最受瞩目,采用 OFDM 的理由是无线电频率使用效率高、抗噪声能力相当强、适合高速数据传输等因素,因而受到无线通信专家的青睐。

几十年来数据通信从简单的计算机通信到计算机联网,从 ARPANET 到 Internet,经历了初始、推广、普及和发展的四个阶段。以 OSI 参考模型、TCP/IP 协议、万维网 WWW、搜索引擎、JAVA 语言的诞生等作为里程碑载入 Internet 发展史册。近年来,以因特网为代表的新技

术革命正在深刻地改变传统的电信概念和体系,其迅猛发展的速度是人类历史上所有工业中最快的。目前,北美骨干网上的业务量已达到了约 6~9 个月左右就翻一番的地步,比著名的 CPU 性能进展的摩尔定律(约 18 个月左右翻一番)还要快 2~3 倍。下一代的计算机网络 NGI 到底怎样?请访问站点: www.ngi.org。

有线电视以其频带宽的特点已被世界各国的专家公认为“信息高速公路的最后一公里”,具有巨大的产业开发价值。我国的有线电视经历了近 30 年的发展,目前全国有线电视用户已经达到 8000 多万户,有线电视网络线路长度超过 $3 \times 10^6 \text{ km}$ 。近 2000 个县建设了有线电视网络,其中有 600 多个县已实现了光缆到乡镇或到村。有线电视用户数以每年 500 万户以上的速度增长,已稳居世界第一位。有线电视网一开始就以宽带的方式进入寻常百姓家,用户只需再添加一个机顶盒就可以和外部世界交换信息。我国的有线电视正在向数字化、多媒体化方向发展。

通信网的公用电信网、计算机数据通信网和有电视网,各自走过一段曲折的道路。三网融合,资源共享,业务层互相渗透交叉,应用层使用统一的通信协议,网络层互连互通,技术上趋向综合一致,是一种发展的必然趋势。

1.1.2 电信网和互联网

具有 100 年历史的电路交换技术是以恒定的对称的话务量为中心的,采用了复杂的分等级的时分复用方法,语音编码和交换速率为 64kb/s。对于未来以突发性数据为主的业务而言,尽管采取种种措施后也可以传输,但效率较低,传输成本和交换成本较高,而且浪费网络资源,还必须采用复杂的信令、计费 and 网管,这种低效率状态将变得不可容忍,因而建设新的对数据业务最佳的新一代网络将势在必行。

分组网有着传统电话交换网所无法比拟的优势,诸如没有复杂的时分复用结构,有信息传输才占用网络资源,效率高,成本低,信令、计费和网管简单,可适应非对称的突发数据业务等。随着网络中数据业务量成为主导后,从传统的电路交换技术逐步转向以数据通信特别是 IP 通信为基础的电信新框架将是历史的必然趋向。所谓分组网,将来主要是指能最佳地支持 IP 业务的分组网。

若数据分组在源和目的之间有一条第二层传输直接通道,就不需经过路由器转发数据包,这是 IP 交换的基本思想。IP 交换使用第三层路由协议确定传送路径,数据包通过这条虚路径快速发送。传统的路由技术在每个交叉口都要计算下一步往那个方向走,IP 交换技术则像一条直通道,只需一开始知道目的地址就行了。

IP 是上层联网技术,其下面的承载传送技术可以有多种,目前研究最多也是最有希望的有 3 种,即 IP over ATM, IP over SDH 以及 IP over Optical。

IP 与 ATM(异步转移模式)的结合是面向连接的 ATM 与无连接的 IP 的统一,是选路与交换的优化组合,可以综合利用 ATM 的速度快、容量大、多业务支持能力强的优点以及 IP 的简单、灵活、易扩充和统一性的特点,达到优势互补的目的,主要用于网络边缘多业务的收集和一般 IP 骨干网。

IP 与 SDH 的结合则是将 IP 分组通过点到点协议直接映射到同步数字系列(SDH)帧,省掉了中间的 ATM 层,从而保留了因特网的无连接特征,简化了网络体系结构,提高了传输效率,降低了成本,易于兼容不同技术体系和实现网间互联。在 IP over SDH 中,SDH 是以链路方式来支持 IP 网的,没有从本质上提高 IP 网的性能。

从长远看,有可能最终会省掉中间的 ATM 层和 SDH 层,IP 直接在光路上传输,即实现所谓 IP over Optical。这是一种最简单直接的体系结构,由于省掉了昂贵的 ATM 交换机和大量普通 SDH 利用设备,且简化了网管,又采用了波分复用技术,因此其成本可望比传统电话交换网降低 1~2 个量级!

电信业正面对因特网爆炸式增长的严峻局面,国际标准开发组织也正面对巨大的挑战,重新考虑其工作方向和重点。几十年来,国际电信联盟(ITU)一直是负责电信网技术标准的国际权威组织,领导着电信网的前进方向。然而在 IP 领域,其领导地位显然已经被因特网工程任务组(IETF)所取代。为了重新确立其领导地位,ITU 已决定全面转向 IP 的工作。在标准制订方面,ITU-T 的优势是网络结构、网络互通和网络演进,而 IETF 的优势在于协议和应用领域,两者可以取长补短,共同合作领导这一领域的工作。ITU 已要求所有研究组都重新审查各自的研究课题,从而决定如何在各自负责的领域内开发与 IP 相关的标准建议。目前已开展的工作领域有:集成结构、利用电信实施接入 IP 网、IP 与电信网的互通、IP 结构信号的传送、信令与选路、电信网与 IP 网的综合管理、编号与选址、IP 网的安全性等。可以相信,随着 ITU 的全面介入,因特网的发展将会进入一个新的历史时期。

1.1.3 我国通信网的发展

改革开放以来,我国电信网发展极其迅速。2001 年底全国光缆总长度达到 150 万公里,全国长途光缆网通达全国除少数偏远地区外的县以上城市;中美海缆全线开通,与我国实现移动电话自动漫游的国家和地区增加到 76 个;实现了和世界上 200 多个国家和地区的电话直通业务;全国电话普及率达到 25.3%,80%以上行政村通了电话;移动电话普及率达到 11.3%,我国移动电话用户规模已超过美国,跃居世界第一位,固定电话用户数继续保持第二位,分别占全球的 14%和 17%以上。

2000 年底,公用通信网中数字数据网(DDN)容量达到 35.3 万个端口,宽带网达到 3.7 万个端口,IP 网端口数达到 357.7 万个;公用通信网数据通信用户达到 50 万户;互联网用户数达到 2250 万户,WWW 站点数为 26.5 万个,上网计算机 890 万台;电子商务、远程教育、远程医疗等业务也开始进行试验运营。作为电信网支撑系统的信令网、同步网、管理网初步建成,并逐步完善。光纤通信、数字微波、卫星通信、程控交换、移动通信、数据与多媒体通信等世界先进技术已在通信网上得到广泛应用,实现了电话交换程控化,长途和中继传输数字化,DWDM(密集波分复用)技术已经采用,ATM(异步转移模式)骨干网已经建立,IP(互联网协议)和多媒体通信网已初具规模。窄带、宽带、有线和无线等各种接入网技术开始推广使用。各种国产通信设备及软件在网上得到采用,“九五”新增程控交换机国内生产比重已达到 95%,具有我国自主知识产权的国产 SDH(同步数字系列)、DWDM 设备、ATM 设备、移动通信设备、接入设备、邮件分拣设备及软件已开始装备通信网,数据多媒体业务有了迅速发展,IP 网络初具规模。

1.2 接入网与核心网

1.2.1 接入网

在通信网中,宏观的物理结构可划分为接入网和核心网两大类。接入网介于终端和核心网

之间,规模庞大、分布广泛,据估计接入网的投资规模在信息网中占 50%左右,是信息技术产业化的极其重要的部分。接入网是完成语音、数据、视像等业务综合的必经之路,因此,它也是当前信息高新技术竞争最激烈和发展最快的部分之一,信息网中最敏感、最活跃、自身活力最大的部分就是接入网。由于接入网的发展长期处于停滞状态,铜线已独占天下百年,至今仍然由双绞铜缆和落后的模拟系统所主宰(90%以上),接入网的革命势在必行。新的政策法规、新的业务需求、以及一系列新技术的产生,提供了解决接入网问题的最好机遇,长期遭受冷落的接入网领域开始变得十分热门。完成接入网部分的融合,是三网融合中最困难也是意义最大的部分。

接入网可分为有线和无线两大类。有线接入分光纤接入、铜线接入和双绞线接入;无线接入分移动无线接入和固定无线接入。

有线接入技术有 CATV 电视接入、双绞铜线、非对称数字用户环路/高密度数字用户环路/甚高密度数字用户环路(ADSL/HDSL/VDSL)等。

无线接入有移动通信系统、无线本地环路系统、无绳电话系统、移动卫星接入系统和无线局域网系统。固定无线接入是接入网建设中较重要的解决方案,它具有建设速度快、维护简单、相对成本较低等特点。从应用的角度分类,固定无线接入包括本地多点分配业务 LMDS(Local Multipoint Distribution Service)、蓝牙、无线局域网、无线光通信等新技术。无线接入技术正从窄带、中宽带向宽带方向发展,以本地多点分配业务为代表的宽带无线固定接入技术正越来越受到广泛关注,成为一种不可忽视的发展趋势。这种系统工作在 20~40GHz 频带上,LMDS 传输速率为 155Mb/s,仅次于光纤,同时又兼有无线通信的经济和易于实施等优点,LMDS 为“最后一公里”宽带接入和交互式多媒体应用提供经济和简便的解决方案,它的宽带属性使其可以提供大量下一代电信服务和应用。

如果说 LMDS 技术是代替光纤解决“最后一公里”宽带接入的理想方案,那么蓝牙技术就是现代通信网络解决“最后 10 米”的宽带接入的最佳方案,它会像一种无处不在的、数字化的神经末梢一样,把现有的各种网络终端、各种信息化的设备在“最后 10 米”内不用任何电缆无线地连接起来。这就是用蓝牙技术组成的“微微网”,“微微网”将在人类生活中发挥出无法想像的变革。美国权威性杂志“网络计算”将蓝牙与 802.11b 无线局域网及宽带技术等评为“十年来十大热门新技术产品”。

近几年以来,和发达国家和地区一样,我国也加快了宽带接入网的建设,采用的方式除了采用光纤等数字专线外,还采用了 HFC(混合光纤同轴网)、CABLE MODEM(电缆调制解调器)、ADSL(不对称数字用户线)、Ethernet 以太网、APON(ATM 无源光网络)等方式,用以支持高速因特网接入、多媒体视像、虚拟专用网(VPN)接入等宽带业务需求。

1.2.2 核心网

宽带网可分三个层次,骨干网、城域网和接入网,骨干网和城域网统称通信网的核心网。核心网的传输能力在最近 10 年内的增长极为迅速,传输速度相对于信号处理能力有了更快的发展。核心网络的主要节点设备为 ATM 核心交换机、数字分插复用设备、高速骨干路由器。它们之间通过 SDH、波分复用 WDM 光传输系统以及 WDM 光传送网进行互联,此外还含有各种类型的带宽管理器(在光通道层或各种电通道层进行带宽管理)。

如上所述,宽带网络的业务节点有两类:ATM 交换机与路由器。两者都属于分组模式,但

连接方式不同,ATM 是面向连接的异步转移模式,路由器是无线连接模式,连接模式不同导致业务节点实现方式、组网形态不同。骨干核心网是整个信息网络结构的基础,它必须具备高速的数据传输能力,良好的可扩展性及良好服务质量保证功能。随着公共网 IP 业务的增长,如何实现 IP 业务在 ATM 上的有效传输是迫切需要解决的问题,采用带有 MPLS (Multi-protocol Label Switching) 功能的 IP 路由器和带有 MPLS 功能的 ATM 交换机组建宽带网是一个比较好的解决方法。

核心网络的主要作用是通过高速、可靠、经济地传送数据为接入网络提供良好的服务。由于核心网络集中大量的数据进行长途传输,带宽节省所带来的成本节约表现得尤为明显,DWDM 等技术的发展使得传输费用显著降低。核心网正在向透明传输发展,人们不再区分电路交换数据和分组交换数据,以便在同一网络上实现对实时业务和非实时业务的支持。以电路交换为主的电信网络向下一代以包交换为主的公用通信网络的演进将首先从核心网络开始。“十五”期间,光传输网仍是建设发展的重点,应当适当发展和完善微波和卫星网,使其成为光缆传输补充、保护和应急手段。

1.3 下一代网络体系和软交换

1.3.1 下一代通信网络(NGN)体系

随着技术的进步和需求的不断提升,能够提供集语音、图像、数据为一体的多媒体综合业务的开放的下一代网络 NGN 体系结构逐步显现。NGN 是可以提供包括语音、数据和多媒体等各种业务的综合开放的网络构架,其具有三大特征:

1. NGN 体系采用开放的网络构架

该构架将传统交换机的功能分离成独立的网络构件,各构件可按相应的功能划分。构件间的协议接口基于相应的标准,使得原有的网络逐步走向开放,可以根据业务需要自由组合各功能来组建网络,实现各种异构网的互通。

2. NGN 是业务驱动的网络

该网络通过业务与呼叫控制分离以及呼叫控制与承载分离实现相对独立的业务体系,使业务真正独立于网络,灵活有效地实现业务的提供。用户可以自行配置和定义自己的业务特征,不必关心承载业务的网络形式以及终端类型,使得业务和应用的提供有较大的灵活性,从而满足用户不断发展更新的业务需求,也使得网络具有可持续发展的能力和竞争力。

3. NGN 网络是基于统一协议的基于分组的网络

现有的通信网络,无论是电信网、计算机网还是有线电视网,都不可能以某一种网络作为信息基础设施。但近几年 IP 的发展,使人们认识到各种网络都将最终汇集到统一的 IP 网络,即所谓的三网融合。各种以 IP 为基础的业务在不同的网上都能实现互通,IP 协议成为统一的各个通信网都能够接受的通信协议,从技术上为 NGN 奠定了最坚实的基础。

未来的网络体系结构从下到上可以分为三个层次:网络通信、网络服务(智能)、网络应用。网络通信指信息在网上的传输,包括端到端的运输层传输、点到点的交换连接的网络层传输和点到点的链路和物理层传输。网络服务是通信的扩展和延伸,把运输层的资源转化为用户需求。从这个意义上说,网络服务层面可以称智能层,它提供独立使用的一组网络能力,包括网络