

// 高等学校通信教材

gaodeng xuexiao tongxin jiaocai

© 沈庆国 周卫东 陈涓 薛高阜 编著

XIANDAI TONGXIN
WANGLUO

现代通信 网络



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校通信教材

现代通信网络

沈庆国 周卫东 编著
陈 涓 薛高阜

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网络/沈庆国等编著. —北京:人民邮电出版社,2004.1

高等学校通信教材

ISBN 7-115-12024-2

I. 现... II. 沈... III. 通信网—高等学校—教材 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 000689 号

内 容 提 要

本书精心选取 ISDN 与 ATM、IP 技术、宽带 IP 网络、移动网、智能网、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宽带化、智能化、个人化和多媒体化的特点。在对宽带 IP、MPLS、软交换等的介绍中,注重把握同 ATM、智能网等已有技术的内在联系,阐述了下一代网络的基本原理。

本书将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,较好把握成熟、实用的技术与技术热点之间的关系,反映网络发展趋势和规律,对抽象复杂知识的介绍通俗易懂,深入浅出,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。

高等学校通信教材

现代通信网络

◆ 编 著 沈庆国 周卫东 陈 涓 薛高阜
责任编辑 滑 玉

◆ 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>
读者热线 010-67194042
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 396 千字
印数: 1-5 000 册

2004 年 1 月第 1 版
2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12024-2/TN · 2237

定价: 22.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

编者的话

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、业务等层面上进行融合。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的 ATM、智能网、网络互联等技术的继承和发展。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、帧中继都采用了第二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 重要改进在于在第三层采用灵活的 IP 路由选择技术，并把第三层选路同第二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、实用的技术与技术热点之间的关系，既反映网络发展趋势和规律，又不盲目迎合炒作。

全书共分 7 章。第一章概括介绍电信网和计算机网络的过去、现在及未来；重点阐述电路交换、分组交换的原理和发展过程。第二、三章介绍了 ISDN，ATM 技术，它们都是电信界提出并发展的通信网络技术。第二章着重介绍 ISDN 的基本概念、业务、网络结构、协议和演进过程。第三章介绍 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。第四章介绍 IP 网络及局域网、广域网技术，对 IP 协议和转发原理作了重点阐述。第五章对宽带 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，这些技术将是基于宽带 IP 技术的下一代网络的重要组成部分。第六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。第七章基于 OSI 网管模型对网络管理的一般原理进行介绍，分别阐述 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，薛高阜做了很多组织工作。第一章由薛高阜编写，第二、三章和第七章第 3 节由周卫东编写，第四、五章和第七章第 1、2 节由沈庆国编写，第六章由

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

2004 年 1 月

目 录

第一章 概论	1
1.1 现代通信网络的现状及类型	1
1.1.1 现代通信网络的现状	1
1.1.2 现代通信网络及交换技术的类型	2
1.2 电话通信网	4
1.2.1 公用交换电话网	4
1.2.2 专用电话通信网	12
1.2.3 移动电话通信网	12
1.3 数据通信网	14
1.3.1 基本概念	14
1.3.2 数据通信的主要特点	14
1.3.3 数据通信网特征	14
1.3.4 数据通信系统的组成	16
1.4 计算机通信网	17
1.4.1 计算机通信网的产生过程	17
1.4.2 计算机通信网的组成	18
1.4.3 计算机通信网分类	20
1.5 综合业务数字网	21
1.5.1 窄带综合业务数字网	21
1.5.2 宽带综合业务数字网	22
1.5.3 综合传输技术	22
1.6 现代通信网络技术基础	23
1.6.1 网络互连的基本概念	23
1.6.2 网络互连的基本方式	23
1.7 现代通信网络的发展趋势	24
1.7.1 在宽带 IP 网络中提供综合业务	24
1.7.2 三网融合	24
1.7.3 下一代网络的发展趋势	24
小结	25
思考题与练习题	25
第二章 综合业务数字网 (ISDN)	27
2.1 ISDN 的基本概念	27
2.2 ISDN 业务	28
2.2.1 ISDN 基本业务	29

2.2.2 ISDN 补充业务	33
2.3 ISDN 的结构	36
2.3.1 ISDN 的网络结构	36
2.3.2 ISDN 用户—网络接口	37
2.3.3 ISDN 的地址结构	43
2.4 ISDN 协议	45
2.4.1 ISDN 协议的结构模型	45
2.4.2 用户—网络接口协议	45
2.4.3 ISDN 网络协议—No.7 信令系统	66
2.5 ISDN 的演进	67
小结	68
思考题与练习题	68
第三章 宽带 ATM 通信网	70
3.1 ATM 网络的基本概念	70
3.1.1 宽带 ISDN 对信息传送方式的要求	70
3.1.2 ATM 的定义和特点	71
3.1.3 ATM 信元	72
3.1.4 ATM 网络的一般通信过程	72
3.1.5 虚信道连接和虚通路连接	73
3.1.6 电路交换、分组交换和 ATM 比较	74
3.2 ATM 业务	75
3.2.1 承载业务	75
3.2.2 用户终端业务	78
3.3 ATM 的参考模型和协议	79
3.3.1 分层模型	79
3.3.2 多平面模型	80
3.3.3 物理层功能	81
3.3.4 ATM 层功能	83
3.3.5 ATM 适配层功能	85
3.4 ATM 网络接口和地址结构	89
3.4.1 ATM 网络接口	89
3.4.2 ATM 网络地址结构	90
3.5 ATM 网络交换结构与信令	91
3.5.1 ATM 交换机的基本组成和对其要求	91
3.5.2 基本交换单元	93
3.5.3 交换结构	97
3.5.4 ATM 网络信令的基本概念	100
3.5.5 ATM 网络接入信令	102
3.5.6 ATM 网络局间信令	105

3.6 ATM网络性能	108
3.6.1 信元丢失	109
3.6.2 信元延时	110
3.7 ATM网络流量管理和拥塞控制	111
3.7.1 流量管理	111
3.7.2 流量控制	111
3.7.3 拥塞控制	113
小结	114
思考题与练习题	114
第四章 IP 技术基础	116
4.1 协议和体系结构的概念	116
4.1.1 计算机网络体系结构的形成	116
4.1.2 OSI 参考模型	116
4.1.3 TCP/IP 参考模型	118
4.2 局域网基本知识	119
4.2.1 局域网体系结构	119
4.2.2 以太网	120
4.2.3 无线局域网	124
4.3 广域网	124
4.3.1 X.25 网	124
4.3.2 数字数据网(DDN)	125
4.3.3 帧中继	125
4.4 IP	126
4.4.1 IP 地址格式	126
4.4.2 域名服务	129
4.4.3 IP 数据报分组格式	130
4.5 TCP	131
4.6 Internet 通信原理	133
4.6.1 Internet 网络结构	133
4.6.2 路由器转发原理	134
4.6.3 路由选择基本知识	136
4.6.4 路由信息协议(RIP)	138
4.6.5 开放最短路径优先(OSPF)	139
4.7 IPv6 简介	140
4.7.1 简化的报头和灵活的扩展	140
4.7.2 层次化的地址结构	141
4.7.3 即插即用的连网方式	142
4.7.4 网络层的认证与加密	143
4.7.5 更多的服务质量说明措施	144

4.7.6 对移动通信更好的支持	144
4.8 Internet 服务及资源	144
4.8.1 电子邮件(E-mail)	144
4.8.2 新闻(News)	145
4.8.3 公告牌系统(BBS)	145
4.8.4 文件传输协议(FTP)	145
4.8.5 远程终端服务(Telnet)	146
4.8.6 环球网(WWW)	146
小结	147
思考题与练习题	147
第五章 宽带 IP 网络	148
5.1 宽带 IP 网络的关键问题	148
5.1.1 网络综合的历史与现状	148
5.1.2 宽带 IP 网络服务质量保障体系	149
5.1.3 业务提供与控制体系	151
5.1.4 IP 网络安全问题	152
5.2 综合业务模型	153
5.2.1 基本概念	153
5.2.2 综合业务模型的构成	153
5.2.3 常见的队列调度算法	154
5.2.4 综合业务模型的优缺点	155
5.3 区分业务模型	156
5.3.1 基本概念	156
5.3.2 转发处理等级	157
5.3.3 区分业务的调节算法	158
5.3.4 区分业务模型的优缺点	158
5.3.5 区分业务模型与综合业务模型的互通	159
5.4 IP/ATM 网络互连模型	159
5.4.1 IP 技术与 ATM 技术的异同	159
5.4.2 IP/ATM 互连基本方案	162
5.5 标签交换与 MPLS	165
5.5.1 基本概念	165
5.5.2 MPLS 信令的实现	165
5.5.3 MPLS 的网络构成	166
5.5.4 MPLS 的工作原理	166
5.5.5 MPLS 优缺点	167
5.6 IP/SDH 和 IP/DWDM	168
5.6.1 基本概念	168
5.6.2 SDH/SONET 概要	168

5.6.3 IP/SDH 原理	169
5.6.4 IP/DWDM	170
5.6.5 传统光网络向自动交换光网络 ASON 的演进	173
5.7 软交换	174
5.7.1 基本概念	174
5.7.2 模型构成	175
5.7.3 软交换的主要功能	176
5.7.4 媒体网关控制协议 H.248	177
5.7.5 H.323 协议	178
5.7.6 SIP 协议	179
5.7.7 IP 网络中的信令承载协议	181
5.7.8 软交换优点和缺点	182
5.8 基于全 IP 的宽带移动网络	183
5.8.1 第 1/2/3 代移动网络及其演变	183
5.8.2 全 IP 移动网络	184
5.8.3 移动 IP	187
5.9 三网融合	191
小结	192
思考题与练习题	192
第六章 智能网	194
6.1 智能网概述	194
6.1.1 智能网的产生	194
6.1.2 智能网的结构	195
6.1.3 智能网的标准	196
6.2 智能网概念模型	197
6.3 业务平面(SP)	198
6.3.1 智能网业务的类型	198
6.3.2 智能网业务	199
6.3.3 业务特征	199
6.3.4 业务和业务特征间的关系	201
6.3.5 智能网业务举例	201
6.4 全局功能平面(GFP)	202
6.4.1 与业务无关的构造块(SIB)	203
6.4.2 基本呼叫处理部分(BCP)	205
6.4.3 全局业务逻辑(GSL)	206
6.5 分布功能平面(DFP)	207
6.5.1 分布功能平面模型	207
6.5.2 业务交换功能/呼叫控制功能(SSF/CCF)	208
6.5.3 业务控制点(SCF)	213

6.5.4 特殊资源功能(SRF)	214
6.5.5 业务数据功能(SDF)	215
6.5.6 业务管理系统(SMS)	215
6.5.7 业务生成环境(SCE)	216
6.6 物理平面(PHP)	216
6.7 INCM 中各平面间的关系	218
6.8 智能网应用协议(INAP)	218
6.8.1 智能网应用协议概述	218
6.8.2 INAP 的协议体系	220
6.8.3 INAP 的操作	220
6.9 智能网的发展	222
6.9.1 移动智能网	222
6.9.2 智能网与 Internet 的结合	225
6.9.3 宽带智能网	226
小结	227
思考题与练习题	227
第七章 网络管理	228
7.1 网络管理一般原理	228
7.1.1 网络管理参考模型	228
7.1.2 网络管理功能	229
7.2 互联网络管理	231
7.2.1 TCP/IP 网管框架	231
7.2.2 SNMP v1/v2/v3	232
7.2.3 RMON	233
7.3 电信管理网(TMN)	234
7.3.1 TMN 概要	234
7.3.2 TMN 功能体系结构	235
7.3.3 TMN 信息体系结构	238
7.3.4 TMN 物理体系结构	240
7.3.5 TMN 的优缺点	242
小结	243
思考题与练习题	243
英文缩略语	244
参考书目	252

第一章 概 论

本章概括介绍典型的通信网络（电话网、数据网、ISDN 及移动网等）、现代通信网络的现状及下一代通信网络的特征。同时本章还介绍了通信网络的核心技术——交换技术（电路交换、分组交换）的原理和发展过程。

从整体上了解掌握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、工业社会以后，正在向信息社会演进，知识经济初显端倪，已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，在国家和社会生活中的作用不断增强的过程。由于信息技术的广泛采用，人们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信息社会的重要组成部分，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话音、数据、多媒体形式的通信要求”。

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，全世界兴起了筹备“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，用 5 年时间，采用 IP 技术，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。1995 年 12 月，国务院批准成立了国家经济信息化联席会议，由 24 个部委（总局）组成。1996 年 4 月成立了国务院信息化工作领导小组，确立了中国国家信息化的定义和国家信息化体系，我国的信息化进入了有组织、有计划的推进阶段。2000 年，我国提出了“以信息化带动工业化”的战略方针。2001 年 8 月，重新组建国家信息化工作领导小组，国务院总理亲自任领导小组组长。

现代通信网络三大组成部分是传输、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。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，通信网络发展呈现日益数字化的趋势，具有宽带化、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理论技术的同时，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急需解决的业务难题。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 现代通信网络及交换技术的类型

1. 现代通信网络类型

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、综合业务数字网等四种类型。它们采用的交换技术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。

2. 交换技术类型

(1) 电路交换

国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）将交换定义为“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（Circuit Switching）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，将某一条线上的话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话音或数据传递到另一时分复

用线上另一时隙上去,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三个阶段。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。话音或数据传输阶段:在主叫到被叫的直通线路上传输话音或数据。连接释放阶段:完成一次话音或数据传输之后,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:话音或数据的传输时延小且无抖动,话音或数据在通路中“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和军用长途电话网普遍采用时分数字电路交换方式。

(2) 分组交换

分组交换(Packet Switching)相对传统的电路交换方式来说,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,不能满足实时通信的需要。

(3) 快速分组交换——异步传递方式(ATM)

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的识别与转发、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组(ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-

T) 的前身国际电报电话咨询委员会 (Consultative Committee International Telegraph and Telephone, CCITT) 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。

(4) IP 交换

Internet 的基本思想是建立统一协调、能够共享服务的通信系统, 其实现的方法是在低层网络技术与高层应用程序之间采用 TCP/IP 协议, 从而抽象和屏蔽硬件细节, 向用户提供通用网络服务。Internet 协议 (IP) 属于网络层, 主要实现 IP 分组在互联网上的寻址和传送, 但不保证 IP 分组传送的正确性和顺序; 传输控制协议 (TCP) 属于运输层, 提供端对端的可靠通信。IP 协议的关键是为互连的异种物理网络提供了统一的 IP 地址, 从而屏蔽了底层物理网络地址的差异性, 统一了异种网络地址, 保证了异种网络互通。

目前, Internet 正在向宽带 IP 网络发展, 在宽带 IP 网络中要提供数据、语音、视频等多媒体综合服务。为了克服传统分组交换不能保证服务质量的缺点, 宽带 IP 网络借鉴了 ATM 等快速分组交换的思想, 采用 IP 交换技术, 通过在 IP 分组上打标记、用硬件实现标记交换、智能流量管理等方法, 达到快速转发分组、提高服务质量的目的是。

1.2 电话通信网

电话通信网是针对用电信号传输语音信息而设计的通信网络, 它是世界上最早的通信网络, 也是全世界最大的通信网络。按话路接续的操作方式的不同分为人工电话和自动电话; 按传输媒介的不同可分为有线电话和无线电话; 按通信距离和范围的不同分为市内电话和长途电话网; 按传输信号形式的不同分为模拟电话和数字电话。它包括公用交换电话网 (Public Switched Telephone Network, PSTN)、专用通信网和移动通信网。通信自古就是一个神奇的话题。最初的通信是人们简单交流信息的手段, 最早的通信网络用于军事, 是指挥员用语言、动作或通过传令兵下达命令, 后来出现旗、鼓、角、金等简易信号工具的通信网。公元前 14 世纪, 中国甲骨文中有关将边防军情报传到殷京 (今河南安阳) 的记载。公元前 8 世纪, 西周建立了烽火台和邮驿, 用以组织接力通信, 还创造了使用“阴符”和“阴书”的通信保密方法。19 世纪 30 年代, 有线电通信和无线电通信相继问世。1876 年 3 月 10 日, 贝尔发明了电话。1877 年, 有了军用有线电话。1965 年在美国萨加桑纳开通世界上第一部商用 2000 门空分程控电话交换机, 1970 年在法国的皮诺斯盖利克第一部商用数字时分程控电话交换机进入运转, 标志着电话通信进入了数字时代。

1.2.1 公用交换电话网

公用交换电话网是电话通信网的骨干网, 涉及到的基本概念和常用技术较多。本节主要介绍以下几方面的内容: 公用电话通信的基本要求和特点, 公用交换电话网的产生、发展和种类。

1. 公用电话通信的基本要求

(1) 通话质量要有保证

电话是人们交流信息的工具，人们的语言经过电话通信系统传递后，要能够听得到、听得懂，达到满意的程度，通话质量要有足够的保证。因此，电话通信系统中的终端设备、传输设备和交换设备都应满足语言和听觉方面的基本要求。

(2) 损耗要小，效率要高

效率是保证声音响度的一项指标。电话传输是将声振动转换为随声振动变化的话音电流，再将变化的话音电流转换为相应的声振动。这种转换实际上是能量的转换，若电话通信设备质量很差，能量转换时损耗就大，它将影响声音的响度。使受话人听不清楚或听不到发话人的声音。为保证声音的响度，而发话人也不需高声呼叫，使人们感到在电话听筒前说话就像双方面对面交谈一样，一般要求送话器接收 $1\sim 10\mu\text{W}$ 的功率就能可靠地工作，送入受话器的电功率在 $1\mu\text{W}$ 以上时，就可听到足够大的声音。经过电话通信系统所允许的最大净损耗不超过：

$$10\lg 10 = 10\text{dB}$$

(3) 非线性失真系数要小

在某一固定频率下，通过电话通信设备的声电转换并不是线性关系，因此，需用非线性失真系数来评定能量转换中信号失真的情况。非线性失真系数越小，电信设备质量越好，通常是取通频带中间的一个频率（如 800Hz ），经过设备转换后，测量其基波和各次谐波的幅度，再经过计算求得。

一般要求送话器非线性失真系数为 $15\%\sim 20\%$ ，受话器不得超过 $10\%\sim 20\%$ 。

(4) 频率特性要好

在电话通信系统中，能量转换的效率与频率有关。在同样的声能下，频率变化会引起相应的响度变化。一般来说，声音强度大，听起来就响，这只是对同一个频率来说才是正确的。由于电话通信具有一定宽度的频带，所以评价送话器、受话器等设备的标准指的是平均效率的概念。平均效率在数值上等于频率特性曲线所包围的总面积除以所在频带内的横坐标轴的长度。现代电话通信系统选用的电话传输频带为 $300\sim 3400\text{Hz}$ 。

(5) 清晰度要高

电话通信中，要保证一定通信质量，并不要求毫无失真地发出原来的声音，而是要求能听懂所传递的语言，要准确，清晰度要高。所谓清晰度，就是在发话端发出一定数量的无意义音节，在收听端由几个收听者记录听到的音节，统计其记录中正确接收的音节和发话端所发音节总和的百分比。清晰度能较客观地判断电话传输系统的质量。实验证明，电话系统如果传送 $300\sim 2700\text{Hz}$ 时，清晰度可达 92% ；如传送 $300\sim 3400\text{Hz}$ 时，清晰度可达 96% 。现代电话通信系统选用的电话传输频带为 $300\sim 3400\text{Hz}$ 。

(6) 速度要快

现代通信的关键要准确快捷，在信息社会，时间就是效益。

2. 公用电话通信的主要特点

(1) 点到点通信

电话通信的基本原理是在发送端通过送话器变声波为电信号，由传输线送至接收端，接收端通过受话器将电信号转换为声信号。电话通信是一个电话终端对另一个电话终端的通

信，因此，它属于点到点通信的范畴。

(2) 主被叫连接

在电话通信中，除采用专线或对讲线固定连接一对电话终端外，用户通话都需经过交换设备进行连通。电话交换设备在接收主叫端送来的选择信号后，把主叫端和它所需要的被叫端接通，才能使这对电话终端进行通话。

(3) 双向通信

电话通信属于双向通信。既能把主叫端的电信号传送到被叫端，又能把被叫端的电信号传送到主叫端。

3. 电话通信系统的构成

电话通信系统的基本任务是提供从任一终端到另一个终端传送话音信息的路由，完成信息传输、信息交换后，为终端提供良好的服务。电话通信系统的基本原理如图 1-1 所示。主要由终端设备、传输线（电）路及交换设备三个部分组成。

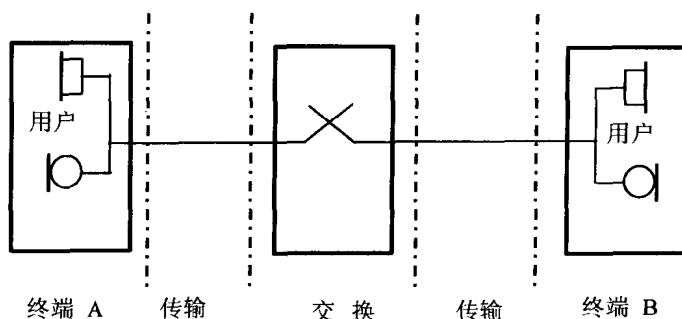


图 1-1 电话通信系统示意图

(1) 终端设备

在电话业务中，终端设备就是电话机。终端设备的基本功能是在用户发话时将话音信号转换成电信号，同时将对方终端设备送过来的电信号还原为话音信号。保密电话机还有其特殊的密码转换功能。另外，终端设备还具有产生和发送表示用户接续要求的控制信号功能，如用户状态信号和建立接续的选择信号等。

(2) 传输设备

传输设备是指终端设备与交换中心以及交换中心到交换中心之间的传输线路及其相关设备。传输设备可以传送电信号，也可以传输光信号。所传输的电信号既可以为模拟信号，也可以为数字信号。

(3) 交换设备

交换设备根据主叫终端所发出的选择信号来选择被叫终端，使这两个终端建立连接，然后经过交换设备所连通的路由传递电信号。交换设备有各种不同的制式，但相互之间通过接口技术能够协调工作。

4. 公用交换电话网的产生

自从 1876 年 A. G. Bell 发明电话以来，就产生了在一群用户之间互相通话的要求。由此，公用交换电话网应运而生。这里要明确两个不同网络的层次，即电话机终端交换网络和交换机终端的交换网络。