



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TONGXIN JIAOHUAN JISHU

通信交换技术

孟祥真 主 编
黄红艳 李 影 侯 蒙 副主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

TN91/111

2008



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

通信交换技术

孟祥真 主 编

黄红艳 李 影 侯 蒙 副主编

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书主要讲述交换技术的基本原理,分析和介绍目前主流在网通信设备中应用的各种交换技术,并对两款国产数字程控交换机进行了全面的分析。

本书作为高职高专通信类专业教材,在章节目录编排上力求体现高职高专侧重实践能力培养的教育特色,适度把握理论和实践之间的关系,体现工学结合的基本思想。在章节编排上从交换产生的背景入手,逐步深入介绍交换技术的基本理论,在此基础上介绍目前主流的交换技术,并对目前发展的交换新技术作必要的阐述。最后结合国内各电信运营商主流的在网交换设备,从设备运行、系统维护等方面作了较全面的介绍。

全书共 11 章。第 1 章介绍交换的基本概念;第 2 章从数字交换技术入手介绍 T 接线器、S 接线器和 TST 组合的接线器,进而介绍程控交换技术;第 3 章介绍交换中的信令系统和 No.7 信令系统;第 4 章至第 9 章介绍各种交换技术,分别包括分组交换、ATM 交换、IP 交换、多协议标签交换(MPLS)、软交换和光交换等技术;第 10 章和第 11 章介绍两款国产的数字程控交换机,分别是华为的 C&C08 数字程控交换机和中兴的 ZXJ10 数字程控交换机。

本书可作为通信工程、电子信息等专业高职高专教材,是通信工程技术人员、电子信息工程技术人员从事通信技术的实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信交换技术/孟祥真主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008.4

ISBN 978-7-5635-1673-5

I. 通… II. 孟… III. 通信交换 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 027369 号

书 名: 通信交换技术

作 者: 孟祥真

责任编辑: 王晓丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 384 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1673-5

定价: 25.00

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

编者的话

自1878年发明电话以来,电话交换经历了磁石交换、共电式交换、步进制交换、准电子交换到今天的数字程控交换。随着计算机技术、存储技术等相关技术的发展,交换技术也由最初的简单的电路交换,发展到今天各种各样的宽带交换技术,交换的内容也不再仅仅局限于话音,可以是视频等各种可以转换为数据的信息。本书介绍了交换的基本原理和当今流行的各种交换技术。本书力求通俗易懂、深入浅出、循序渐进,从基本概念入手逐步深入介绍各种交换技术,在介绍过程中尽量避免复杂的公式推导和计算,适合高职高专的学生学习。

全书共11章,主要介绍交换的基本概念和当今的各种交换技术。

第1章介绍交换的基本概念、交换技术的发展、交换的分类、话务量的概念及话务理论。

第2章介绍数字交换技术、交换网络的T接线器、S接线器和TST接线器,从而引出程控交换技术的基本原理。

第3章介绍交换中的信令系统。主要包括信令的概念、信令的分类和传输方式、用户话机到交换机及交换机到交换机之间的信令、No.7信令系统、信令网等。

第4章介绍分组交换和帧中继技术。包括分组交换的概念、原理和协议,帧中继的概念、应用、协议,帧中继的用户接入及帧中继设备介绍。

第5章介绍ATM交换技术。主要介绍ATM基本概念包括信元结构、ATM协议参考模型和ATM技术特点,还介绍了ATM交换原理和ATM交换网络。

第6章介绍IP交换技术。包括IP交换的基本概念、IP over ATM、IP over SDH/SONET和IP over WDM。

第7章介绍多协议标签交换(MPLS)技术。包括MPLS的基本概念、工作原理、基于IP的虚拟专用网及GMPLS的基本概念等。

第8章介绍软交换技术。包括软交换与下一代网络NGN的基本概念、软交换的体系结构、协议结构、QoS机制及其应用等。

第9章介绍光交换技术。包括光交换的基本概念、原理及光网络等。

第10章介绍国产的华为C&C08数字程控交换机。主要包括C&C08的性能、体系结构、业务功能、交换机配置、管理与维护等。

第11章介绍国产的中兴ZXJ10数字程控交换机。主要包括ZXJ10的性

能、硬件结构、业务功能、系统的安装调试、管理与维护等。

本书可作为通信工程、电子信息等专业高职高专教材,是通信技术人员、电子信息工程技术人员从事通信技术工作的实用参考书。

本书由孟祥真负责全书的组织与统稿。第1章、第2章、第4章由孟祥真编写,第3章、第7章、第8章由黄红艳老师编写,第5章、第6章、第9章由李影老师编写,第10章、第11章由侯蒙老师编写。

本书的编写得到了同事和朋友给予的帮助和支持,特别是得到了教育部高职高专通信教指委主任、石家庄邮电技术学院孙青华教授的大力支持,孙教授在百忙之中对本书的编写提出了很多具体的指导意见。王焕友、杨延广、张志平、靳利斌、刘麟、张星等领导和老师对我的工作给予了大力的支持。在此向他们表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 交换技术基础

1.1 交换的概念	1
1.1.1 交换的引入	1
1.1.2 通信网的概念	2
1.1.3 电话通信网	4
1.2 交换技术的发展	6
1.2.1 人工交换时代	7
1.2.2 自动交换时代	8
1.2.3 程控交换机	9
1.3 交换的分类	10
1.3.1 交换机的分类	10
1.3.2 程控交换机的分类	10
1.3.3 交换方式的分类	11
1.4 话务理论	13
1.4.1 话务量	13
1.4.2 常用的话务指标	14
小结	15
习题与思考题	15

第 2 章 程控交换技术

2.1 数字交换原理	17
2.2 数字交换网络	21
2.2.1 T 接线器	21
2.2.2 S 接线器	22
2.2.3 TST 网络	24
2.3 程控交换技术	25
2.3.1 程控交换机硬件结构	25
2.3.2 交换机的交换原理	28
2.3.3 程控交换机软件	29
2.3.4 程控交换通话处理流程	31
小结	33
习题与思考题	33

第3章 No.7 信令技术

3.1 概述	35
3.1.1 信令的概念	35
3.1.2 信令的分类	37
3.1.3 信令方式	38
3.2 模拟用户线信令	40
3.2.1 用户话机到交换机的信令	40
3.2.2 交换机发出的信令	41
3.3 No.7 信令系统	41
3.3.1 No.7 信令的特点	42
3.3.2 No.7 信令系统的功能结构	43
3.3.3 No.7 信令系统的基本消息单元	48
3.3.4 信令流程举例	50
3.4 No.7 信令网	52
3.4.1 信令网概述	52
3.4.2 我国 No.7 信令网	54
小结	57
习题与思考题	59

第4章 分组交换与帧中继技术

4.1 分组交换概述	60
4.2 分组交换原理	62
4.3 分组交换协议	65
4.4 帧中继	69
4.4.1 帧中继技术及其应用	69
4.4.2 帧中继协议	73
4.4.3 帧中继用户接入及帧中继设备	77
小结	81
习题与思考题	82

第5章 ATM 交换技术

5.1 ATM 基本概念	83
5.1.1 信元结构	84
5.1.2 ATM 协议参考模型	85
5.1.3 ATM 技术特点	86
5.2 ATM 交换原理	87
5.3 ATM 交换网络	89
5.3.1 时分交换结构	89

5.3.2 空分交换结构	90
5.3.3 ATM 交换机	91
5.4 ATM 网络	92
小结	94
习题与思考题	94

第 6 章 IP 交换技术

6.1 IP 交换概述	95
6.1.1 IP 交换机的构成及工作原理	96
6.1.2 IP 交换协议	97
6.2 IP over ATM	98
6.2.1 重叠模型	98
6.2.2 集成模型	100
6.3 IP over SDH/SONET	102
6.3.1 IP over SDH 技术概述	102
6.3.2 PPP over SDH	103
6.3.3 采用 LAPS 的 IP over SDH	103
6.3.4 IP over SDH 技术的特点	104
6.4 IP over WDM	104
6.4.1 IP over WDM 帧结构	105
6.4.2 IP over WDM 的特点	105
6.4.3 IP over WDM 技术与其他两种技术的比较	106
小结	107
习题与思考题	107

第 7 章 多协议标签交换(MPLS)技术

7.1 MPLS 简介	109
7.1.1 MPLS 的产生	109
7.1.2 MPLS 的基本概念	111
7.2 MPLS 工作原理	112
7.2.1 MPLS 网络的基本元素	113
7.2.2 MPLS 的工作原理	114
7.2.3 MPLS 提供的服务	116
7.3 MPLS VPN	116
7.3.1 基于 IP 的虚拟专用网	117
7.3.2 MPLS VPN	118
7.4 MPLS 的流量工程	121
7.4.1 MPLS 的流量工程的概念	121
7.4.2 流量中继主干线	123

7.5 GMPLS	125
7.5.1 GMPLS 的产生	125
7.5.2 GMPLS 的关键技术	126
小结	129
习题与思考题	130

第8章 软交换技术

8.1 软交换与下一代网络	133
8.1.1 下一代网络产生的背景	133
8.1.2 下一代网络	134
8.1.3 下一代网络与软交换	136
8.2 软交换的体系结构	136
8.2.1 软交换技术发展的背景	136
8.2.2 软交换技术的优势	137
8.2.3 软交换的网络结构及实现	138
8.2.4 软交换的功能	140
8.3 软交换的协议结构	141
8.4 软交换的 QoS 机制	145
8.5 软交换的应用	151
8.5.1 软交换技术的可提供的新业务	151
8.5.2 基于软交换的 IP Centrex 业务	152
8.5.3 基于软交换的一号通业务	154
小结	155
习题与思考题	156

第9章 光交换技术

9.1 光交换的概念	157
9.2 光交换的基本原理	158
9.2.1 光交换的元件	158
9.2.2 光交换网络	163
9.3 光交换技术	165
小结	168
习题与思考题	168

第10章 C&C08 数字程控交换机

10.1 C&C08 机性能及特点	170
10.1.1 系统性能	170
10.1.2 系统特点	172
10.2 C&C08 机系统结构	175

10.2.1 模块化的层次结构	176
10.2.2 系统部件	176
10.2.3 软件结构	180
10.2.4 对外接口	182
10.2.5 系统组网	184
10.3 C&C08 机业务功能	186
10.3.1 基本业务	186
10.3.2 补充业务	186
10.3.3 增值业务	187
10.4 C&C08 机数据配置	189
10.4.1 机框配置	190
10.4.2 单板、资源配置	191
10.4.3 SM、SM II、RSM II 配置	193
10.4.4 配置命令	195
10.5 C&C08 机管理与维护	196
10.5.1 日常运行状况维护操作指导	196
10.5.2 季度维护操作指导	201
10.5.3 年度维护操作指导	205
10.6 应用实例	207
小结	208
习题与思考题	208

第 11 章 ZXJ10 数字程控交换机

11.1 ZXJ10 数字程控交换机的性能及特点	210
11.1.1 系统性能	211
11.1.2 系统特点	212
11.2 ZXJ10 数字程控交换机的硬件系统结构	213
11.2.1 系统组成	213
11.2.2 交换网络组成	215
11.2.3 系统通信控制方式	216
11.2.4 网同步系统组成	217
11.2.5 操作维护系统	217
11.3 ZXJ10 程控交换机业务功能	218
11.3.1 基本业务	218
11.3.2 补充业务	219
11.3.3 增值业务	220
11.4 程控用户交换机的调试、验收和开通	221
11.4.1 安装前准备工作	222
11.4.2 硬件系统安装	223

11.4.3 软件系统安装.....	226
11.5 程控用户交换机的管理与维护.....	227
11.5.1 操作维护系统概述.....	227
11.5.2 日常维护.....	229
11.5.3 月维护.....	232
11.5.4 季度维护.....	233
小结.....	234
习题与思考题.....	234
参考文献	235

第 1 章

交换技术基础

本章内容

- 交换的概念
- 交换技术的发展
- 交换的分类
- 话务理论

本章重点

- 交换技术的概念、交换技术的发展

本章难点

- 程控交换技术、话务理论

本章学时数

- 4 学时

学习本章的目的和要求

- 了解交换的基本概念
- 了解交换技术的分类和交换技术的发展
- 掌握话务理论知识

1.1 交换的概念

电话是人们使用最多、最为普及的通信工具,它已经成为人们工作、生活中密不可分的伙伴。电话之间能进行正常通信是由放置在电信运营商的交换设备来控制完成的。

1.1.1 交换的引入

通信的目的是在信息的源和目的之间传送信息,这个源和目的对应的就是各种通信终端。比如两个人要想通话,最简单的就是各自拿一个话机,用一条通信线路连接起来就可实现通话;同样,两个人要想传送文件,可各自使用一台计算机,通过计算机接口连接起来,从而完成计算机与计算机之间的数据通信。点到点的通信如图 1-1 所示。

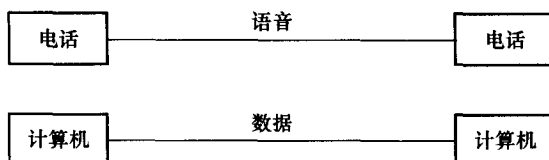


图 1-1 点到点的通信

这种最简单的通信方式叫做点到点的通信方式,即由一条通信线路将两个终端连接起来的通信方式。当有多个终端要完成它们之间的相互通信,例如五个电话终端,同样采用上述点到点的方式,即两两之间通过传输线路分别连接起来,如图 1-2 所示。

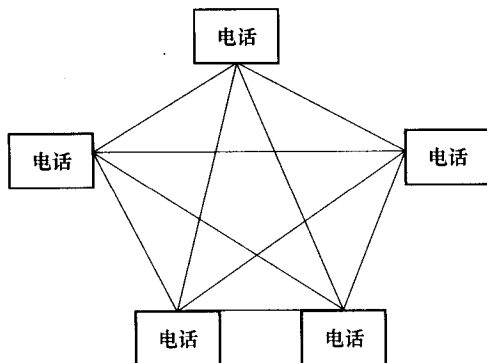


图 1-2 多个终端设备之间的点到点通信

采用这种通信方式每个用户就要用 4 条通信线路,将自己的电话机分别与另外的 4 个终端相连,如果采用现有的电话机不作改动,每个用户就要使用 4 个电话终端。一般情况,当 n 个终端要实现两两之间的通信,采用上述两两互连的方法,需要的线路数为 $m = n(n-1)/2$ 。当终端数 $n=100$ 时,则线路数 $m=100 \times (100-1)/2=4\,950$ 条,可见,如果用这种终端之间两两互连的方法实现多个用户的通信是不现实的,线路浪费很大。

上述方式无法实现多个终端之间的通信,如果引入交换的概念,各用户的通信终端不是两两互连,而是各自都分别连到交换机上,在两个终端需要通信时通过交换机来实现两个用户终端之间的通信连接,如图 1-3 所示。

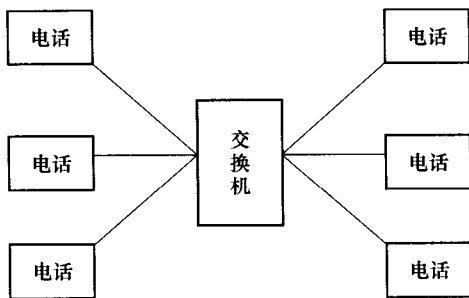


图 1-3 多个用户终端的交换连接

对于这种集中接入的方式,它是将各用户的通信终端均连到交换机上,由交换机完成用户终端之间的通信连接,而不是两两互连。这样,每个用户终端只需要一对线与交换机相连即可,大大简化了线路配置,实现方式也更加容易。

多个计算机之间的通信也可采用这一方式,只是将图中的电话终端更换为计算机终端,电话交换机更换为计算机网络交换机。

1.1.2 通信网的概念

通信网是信息社会的基础设施,随着通信技术的发展、通信业务的增加,通信网的类型

和结构也在发生变化。目前,我国通信网的数字化进程基本完成,已初步建立了一个现代通信网,现代通信网络正在向综合化、宽带化、智能化、个人化方向发展。

1. 通信网的类型

(1) 公用网与专用网

按区域和运营方式分为公用网与专用网。公用通信网是向社会公众开放的通信网,主要包括公用电话网和公用数据网。专用通信网是指机关、企业自建或利用公用资源在逻辑上建立一个仅供本部门内部使用的通信网,如用户小交换机(PABX)、虚拟用户交换机(Centrex)等。

(2) 长途网与本地网

按服务范围分为长途网与本地网。

(3) 电话通信网与数据通信网

按信息类型分为电话通信网与数据通信网。电话通信网包括公用电话交换网(PSTN)、公用移动电话网(PLMN)、专用电话网、IP电话网。数据通信网包括基础数据网和IP数据网,其中基础数据网主要由分组交换公用数据网(PSPDN)、数字数据网(DDN)和帧中继网(FR)组成;IP数据网主要由IP骨干网、城域网和数据接入网组成。IP数据网实际上就是计算机通信网。

(4) 业务网、传送网与支撑网

按技术层次分为业务网、传送网与支撑网。业务网是指向用户公众提供通信业务的网络,包括固定电话网、移动电话网、IP电话网、数据通信网、智能网、综合业务数字网(ISDN)。传送网是指数字信息传送网络,包括PDH传送网、SDH传送网等。由传输线路和传输设备组成的传送网是通信基础网络。支撑网是指为业务网和传送网提供支撑的网络,保证通信网络的正常运行和通信业务的正常提供,包括No. 7信令网、数字同步网和电信管理网。

2. 通信网的基本构成

(1) 通信网的基本结构

通信网的基本结构形式主要有网形网、星形网、复合形网、总线形网、环形网和树形网,如图1-4所示。

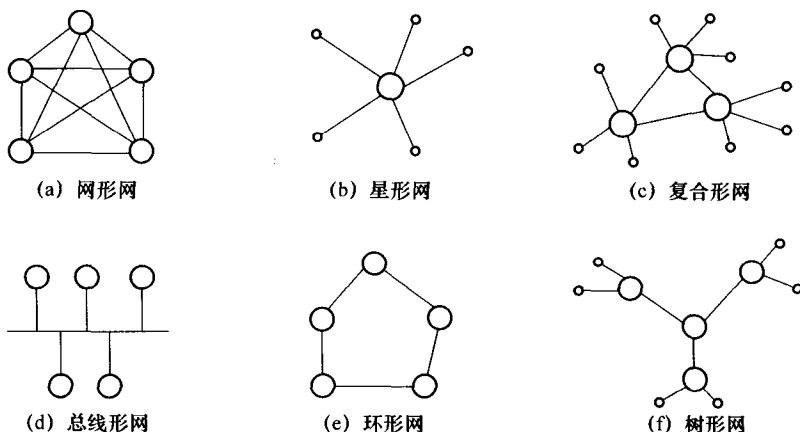


图 1-4 通信网的基本结构

(2) 通信网的构成要素

通信网的构成要素包括交换系统、传输系统、终端设备以及实现互连互通的信令协议,即一个完整的通信网包括它的硬件和软件。通信网的硬件一般由交换设备、传输设备、通信线路、终端设备组成,它是构成通信网的物理实体。

• 交换设备

交换设备是通信网的核心,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、呼叫接续和分配。对于主要用于计算机通信的数据业务网,由于数据终端或计算机终端可有各种不同速率,同时为了提高传输链路利用率,可将流入信息流进行存储然后再转发到所需要的链路上去。这种方式叫做存储转发方式,如分组数据交换机就是采用这种交换方式。

• 传输系统

传输系统是信息传递的通道。它将用户终端设备与转接交换系统(节点)及转接交换系统相互之间连接起来,形成网络。

• 终端设备

终端设备是通信网最外围的设备。它将用户要发送的各种形式的信息转变为适合于相关的电信业务网传送的电磁信号、数据包等;或反之,将从通信网络中收到的电磁信号、符号、数据包等转变为用户可识别的信息。

通信网的软件是指通信网为能很好地完成信息的传送和交换所必需的一整套协议、标准,包括通信网的网络结构、网内信令、协议和接口以及技术体制、技术标准等,是通信网实现电信服务和运行支撑的重要组成部分。

3. 交换节点的概念

在实际的电信网络中,不可能就只有一台电话交换机来负责全市、全省和全国的电话接入。它是由许多电话交换机相互冗余连接组成的交换网络,在交换网络中的这些交换机称为交换节点。当交换的范围更广时,多个交换节点之间也不能个个相连,而要引入汇接交换节点。长途电话网中的长途交换节点一般要分为几级,形成逐级汇接的交换网。

交换节点有4种接续类型:本局接续、出局接续、入局接续和转接接续。

本局接续完成一个交换节点内的两个终端设备之间的接续。出局接续是本交换节点的终端设备需要出局连接到另外交换节点的终端设备的接续,即用户线与出中继线之间的接续。入局接续与出局接续的意思相反,是站在被接入一端的交换节点上考虑问题,即入中继线与用户线之间的接续。转接接续是指两个终端设备都不在自己的交换节点上,通过本交换节点完成其他交换节点内的两个终端设备之间的接续,即入中继线与出中继线之间的接续。本局接续由一个交换节点即可完成,其他接续都是至少由两个交换节点来完成。

交换节点的功能如下:

- (1) 能正确接收和分析从用户线或中继线发来的呼叫信号;
- (2) 能正确接收和分析从用户线或中继线发来的地址信号;
- (3) 能按目的地址正确地进行选路以及在中继线上转发信号;
- (4) 能控制连接的建立;
- (5) 能按照所收到的释放信号拆除连接。

1.1.3 电话通信网

1. 固定电话网

固定电话网是目前覆盖范围最广、业务量最大的通信网络,分为本地电话网和长途电

话网。

本地电话网是指在同一长途编号区内的网络,本地电话网中的汇接局负责汇接本汇接区的本地话务。本地电话网由端局、汇接局、中继线、用户线和话机组成。

本地电话网用户之间的相互呼叫,只需拨打本地电话号码,为了保证本地电话网用户的通信质量,本地电话网服务范围一般不超过 300 km。本地电话网的建立,打破了原有市话、郊区电话和农话的界限,进行统一组网和统一编号。从而可使组网更加灵活,节约号码资源,方便用户,有利于电话通信的发展。但在建立本地电话网后,对不同区间的电话呼叫,在计费方式和费率上可以有所不同。

我国原来的长途电话网分为 5 级,即由 C1、C2、C3、C4(长途汇接局)和 C5(本地网端局)组成。目前的电话网分为 3 级:DC1(C1、C2 合并),DC2(C3、C4 合并),DC3(C5)为端局。目前我国固定长话网结构如图 1-5 所示。

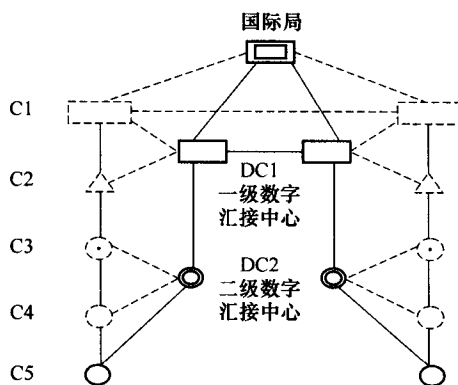


图 1-5 固定电话网等级结构

2. 移动电话网

移动电话网目前已是完全数字化的通信网络。移动电话网分为 GSM 移动网和 CDMA 移动网。GSM 和 CDMA 虽然是两种不同的技术体制,但 GSM 和 CDMA 构成的移动电话网结构是相似的。

我国移动电话网分为 3 级,即由一级汇接中心(TMSC1)、二级汇接中心(TMSC2)和 MSC 组成。一级汇接中心之间为网状网,如图 1-6 所示。

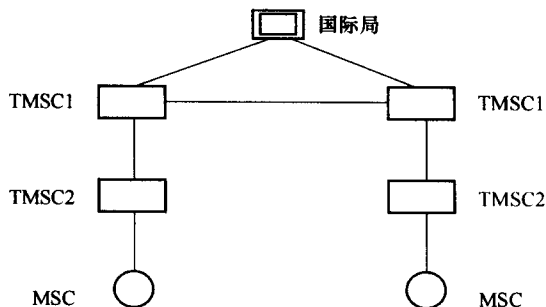


图 1-6 移动电话网结构

3. IP 电话网

IP 电话是指在基于 IP 协议的 IP 网上通过 TCP/IP 协议实时传送语音信息的通信业务。最初的 IP 电话是利用 PC 机在 Internet 上实现的,称为 Internet 电话或 IP Phone。

传统的电话网通过电话交换网传送电话信号。IP 电话是通过分组交换网传送电话信号的。在 IP 电话网中,主要采用两种技术:话音压缩技术、话音分组交换技术。由于这两种技术的采用,IP 电话的通话收费低于传统电话的收费,因此,IP 电话受到了使用者和运营商的普遍关注。传统电话网一般采用 A 律 13 折线 PCM 编码技术,每条数字电路传输速率为 64 kbit/s;IP 电话采用激励线性预测编码法、统计复用技术,平均每路电话实际传输速率仅为 4 kbit/s,节省了带宽资源。IP 电话网由网关、网守(也称关守)、支持系统和终端等组成,如图 1-7 所示。

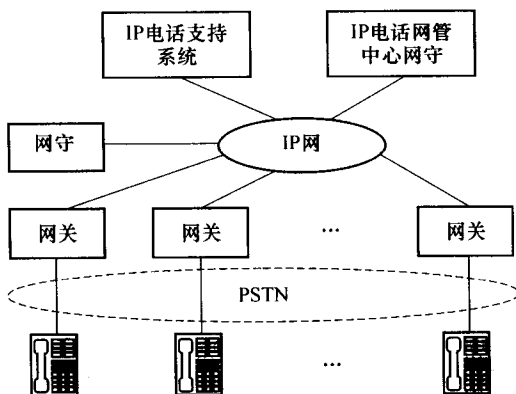


图 1-7 IP 电话网结构

网关是 Internet 与其他网络(PSTN、ISDN)之间的接口设备。网关完成分组交换与电路交换(或其他通信规程)之间的协议转换,支持模拟电话线、数字电话线、数字中继线和 PBX 线路;完成语音压缩,将 64 kbit/s 的语音信号压缩成低速率的信号;完成呼叫控制、寻址和信令转换;具有 IP 网络接口和 PSTN/ISDN 的互连接口。

网守是网关的管理者,控制网关完成呼叫接续过程。网守完成用户数据管理,计费数据收集、传送,服务质量控制。网守可以独立设置,也可以和网关共同设置。

支持系统包括认证中心、计费中心、网管中心和业务中心。认证中心负责用户的身份验证及授权;计费中心负责计费信息采集和处理,产生话单;网管中心负责设备的监控和维护;业务中心负责业务管理。

IP 电话终端可以是普通电话、ISDN 终端、PC 机及多媒体终端。

1.2 交换技术的发展

如果需要在两部电话机之间进行通话,只要用一对导线将两部电话机连起来就可实现。如果有成千上万部电话机之间需要互相通话,则不可能采用一一相连的办法。如果在用户分布的区域中心设置一个公用设备,则每一用户都有一对线路与该设备相连,这种公共使用