



普通高等教育“十一五”
国家级规划教材

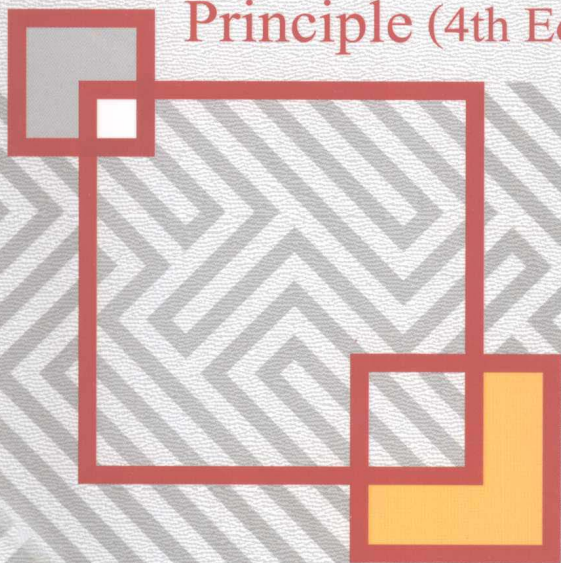
桂海源 张碧玲 编著

现代交换 原理 (第4版)

北京市精品教材

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

Modern Switch
Principle (4th Edition)



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

精品系列



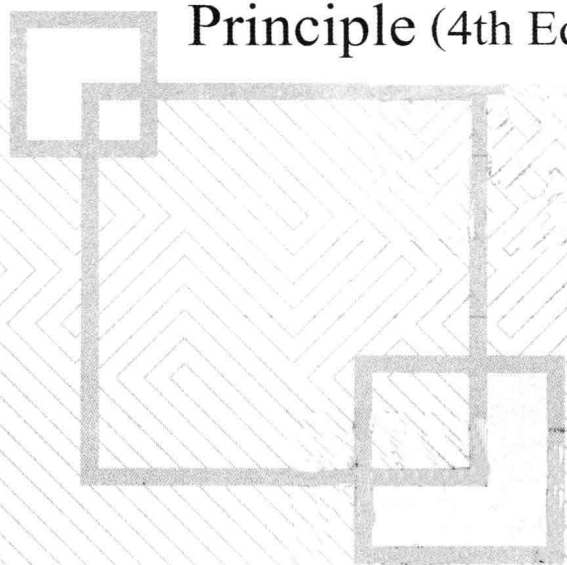
普通高等教育“十·
国家级规划教材

现代交换 原理 (第4版)

张碧玲 编著

北京市精品教材
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

Modern Switch
Principle (4th Edition)



人民邮电出版社

北京



精品系列

图书在版编目 (C I P) 数据

现代交换原理 / 桂海源, 张碧玲编著. — 4版. —
北京: 人民邮电出版社, 2013. 1
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
ISBN 978-7-115-29346-6

I. ①现… II. ①桂… ②张… III. ①通信交换—高等
学校—教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第237397号

内 容 提 要

本书较全面地讨论了语音通信相关的交换技术。其内容包括: 电话机的基本组成和工作原理, 我国电话网的结构, No.7 信令系统的结构和功能; 程控数字交换系统的硬件和软件结构, 数字交换原理, 程控数字交换机的终端和接口, 交换软件的基本特点, 交换机运行软件的结构, 呼叫处理程序的基本原理; 移动通信系统的结构及信令, 移动通信呼叫处理的过程和主要的信令过程, 固定智能网和移动智能网的基本概念和结构, 我国固定电话网的智能化改造方案。几种主要的分组交换技术(ATM, IP)的协议结构和工作原理, 重点介绍了与IP网络有关的交换技术; 以软交换为中心的下一代网络结构, 固定电话网向下一代网络发展的演进步骤和软交换技术在移动电话网的应用; 多媒体信息在IP网络中的传输有关的技术, 包括IP网络中传输媒体信息的协议栈, IP承载网的服务质量, 多协议标签交换(MPLS)网络的结构和工作原理。

本书是高等院校教学用书, 也可作为通信工程技术人员的技术参考书。

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材

现代交换原理 (第 4 版)

-
- ◆ 编 著 桂海源 张碧玲
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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25 2013 年 1 月第 4 版
字数: 496 千字 2013 年 1 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-29346-6

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

本教材主要介绍与语音通信相关的交换技术。由于所讲述的是交换技术的基本原理，所以修订时，在第 4 版中保留了第 3 版中最主要的内容；同时，为了反映交换技术的发展状况，第 4 版教材增加了很多新的内容，更加适应交换技术教学的要求。第 4 版主要修改是：删除了一些陈旧的内容（如中国 1 号信令，X.25 网和帧中继网），压缩了传统的程控交换机的内容，将原第 3 章和第 4 章合并为第 3 章；由于以太网已成为 IP 网络中最重要的传输网络，所以增加了以太网交换技术的介绍；由于 IP 电话的迅速发展，所以增加了第 8 章多媒体信息在 IP 网络中的交换技术的介绍；对原第 7 章下一代网络的内容予以修改，详细介绍了下一代网络的体系结构及软交换技术在固定电话网和移动电话网的应用。

第 1 章简单介绍了电话网、电话机和交换机的基本组成及各部分的工作过程，使读者对电话交换的基本原理有了初步认识，并简单说明了电路交换方式和分组交换方式。

第 2 章详细地介绍了信令系统、特别是 No.7 信令系统的基本组成和工作原理，引导读者运用已学过的计算机通信系统的知识来作为分析 No.7 信令系统的工具，用 No.7 信令系统来作为学习计算机通信系统的示例，以便加深对计算机通信系统中一些比较抽象的概念的理解。

第 3 章介绍了程控数字交换机的三种主要结构，说明了数字交换的基本原理，对国内几种主要的交换网络的结构和工作原理都予以说明，对各部分硬件的功能、相互关系和与软件之间的接口都详细介绍，使读者能建立系统的概念，并为学习交换软件打下基础。程控交换机的软件是一个庞大的系统，如何说明程控软件的原理历来是该课程的一个难点。在本章中首先介绍了交换软件的特点，数据驱动程序的结构和有限状态机的概念，开发交换软件的几种语言，交换软件的基本组成和各部分功能，交换机中作业处理的一般流程，呼叫处理程序的结构和功能，并用程序流程图和状态迁移图描述了主要程序的功能，局数据和用户数据是交换软件的重要组成，交换机的高、中级技术维护管理人员的一个主要任务就是维护交换机的局数据，根据本局的设备安装情况和业务要求定义局数据，教材中描述了交换机中主要的数据关系，说明了呼叫处理程序与局数据和用户数据的关系，为读者在交换软件的开发和维护上奠定了一定的理论基础。

由于移动通信技术的迅速发展及移动电话对固定电话的替代作用越来越明显，在第 4 章中详细地介绍了移动交换技术。移动通信技术是一项综合性很强的技术，涉及无线通信和交换技术，在已出版的移动通信的教材中主要介绍的是移动通信的无线技术，而本教材的第 4 章是从交换的角度来介绍移动通信系统，主要说明了移动通信系统的结构，移动交换系统的

各种编码,移动通信的信令,移动通信呼叫处理的过程,支持移动用户漫游的原理,移动用户位置登记与更新、切换和短消息业务的信令流程。

第5章在第3、4章的基础上,首先说明了新业务的传统实现方法,介绍了得到广泛应用的虚拟用户交换机的实现原理,同时也分析了传统实现方法的局限性,由此引入智能网的概念,介绍了智能网的概念模型,典型智能业务的含义和特性,固定智能网和移动智能网的网络结构及各个功能实体的基本功能,固定电话网的智能化改造。最后详细说明了彩铃、预付费、移机不改号等得到广泛应用的智能业务。

由于下一代网络的传输网采用分组交换技术,在第6章分组交换技术中介绍了分组交换的基本原理,两种主要的分组交换方式(虚电路方式和数据报方式)。比较详细地说明了ATM技术、IP交换技术的基本原理。

在第7章(下一代网络)中说明了推动电信网向下一代网络发展的主要因素,介绍了下一代网络的特点和分层结构,下一代网络采用的信令,软交换技术在固网智能化改造中的应用,利用AG完成端局的软交换改造和采用EPON构建软交换端局的方案。并介绍了移动电话网向下一代网的演进方式。介绍了第三代移动通信系统的结构(基于R4的核心网的结构)。说明了软交换技术在中国移动长途网和移动本地网的应用方案。

由于本教材主要介绍的是与语音通信有关的交换技术,增加了第8章多媒体信息在IP网络中的传输,介绍了在IP网络中传输媒体信息的相关协议(IP、UDP、RTP),说明了多媒体数据在IP网络中传送时所占的带宽计算方法;说明了影响IP电话服务质量的主要因素,IP网络为提高IP电话服务质量采用的主要措施,并详细地介绍了多媒体数据在IP网络中传送时采用的多协议标签交换(MPLS)和MPLS VPN的基本原理。

本书在编写过程中参考了参考文献中所列的相关书籍和资料,在此向这些书籍和资料的编写者表示衷心的感谢。

桂海源

2012年12月

目 录

第 1 章 电信交换基础	1	2.4.2 信令链路功能	27
1.1 电话交换的基本原理	1	2.4.3 信令网功能	30
1.1.1 电话通信网的基本组成及 功能	1	2.5 TUP 和 ISUP	31
1.1.2 电话机的基本组成及 工作原理	1	2.5.1 电话用户部分	32
1.1.3 交换机的基本组成及 工作原理	3	2.5.2 综合业务数字网用户部分	39
1.2 电话交换机的类型及发展	4	2.5.3 ISUP 与 TUP 的信令配合	47
1.3 主要的交换方式	5	2.6 信令连接控制部分	48
1.3.1 电路交换	5	2.6.1 信令连接控制部分的来源及 目标	48
1.3.2 分组交换	6	2.6.2 SCCP 的基本功能及 所提供的业务	49
1.4 我国电话通信网的结构和 编号计划	7	2.6.3 SCCP 消息的格式	51
1.4.1 长途电话网	7	2.6.4 SCCP 的结构及路由控制 功能	54
1.4.2 本地电话网	8	2.6.5 无连接程序	57
1.4.3 编号计划	9	2.7 事务处理能力	62
小结	11	2.7.1 事务处理能力概述	62
思考题与练习题	12	2.7.2 事务处理能力的基本结构	62
第 2 章 信令系统	13	2.7.3 事务处理能力消息格式及 编码	68
2.1 信令的基本概念和分类	13	小结	72
2.1.1 信令的基本概念	13	思考题与练习题	75
2.1.2 信令的分类	14	第 3 章 程控交换技术	77
2.2 用户线信令	15	3.1 数字程控交换机硬件的 基本结构	77
2.2.1 用户话机发出的信令	15	3.1.1 采用分级控制方式的交换机的 硬件基本结构	77
2.2.2 交换机发出的信令	15	3.1.2 全分散控制方式交换机的 基本结构	79
2.3 No.7 信令系统概述	16	3.1.3 基于容量分担的分散控制 方式交换机的基本结构	81
2.3.1 No.7 信令系统的特点和 功能	16	3.2 数字交换原理和数字交换网络	82
2.3.2 No.7 信令系统的结构	17	3.2.1 语音信号数字化和时分 多路通信	82
2.3.3 信令单元的格式	21		
2.3.4 我国 No.7 信令网的结构	23		
2.4 消息传递部分	26		
2.4.1 信令数据链路	26		

3.2.2 数字交换的基本概念和基本接线器	85	4.1.2 移动通信系统的接口	151
3.2.3 数字交换网络	89	4.1.3 移动通信系统中位置信息的表示方法	153
3.2.4 交换网络的阻塞计算	92	4.2 移动通信系统的编号计划	154
3.3 数字程控交换机的终端与接口	93	4.3 移动交换信令系统	155
3.3.1 用户模块	93	4.3.1 移动交换信令系统的结构	155
3.3.2 中继器	97	4.3.2 Um 空中接口的信令协议	157
3.3.3 信令设备	98	4.3.3 A-bis 接口信令	159
3.4 程控交换软件的概述	100	4.3.4 A 接口信令	160
3.4.1 程控交换软件的基本特点	100	4.3.5 移动应用部分 MAP	161
3.4.2 数据驱动程序的特点及其结构	102	4.4 移动交换的处理过程	162
3.4.3 有限状态机和有限消息机的概念	105	4.4.1 移动呼叫处理特点和一般过程	162
3.4.4 在交换软件设计中应用的3种类型的程序设计语言	105	4.4.2 位置登记与更新	165
3.5 运行软件的一般结构	111	4.4.3 查寻被叫 MS 路由信息程序	168
3.5.1 运行软件的基本结构	111	4.4.4 切换	169
3.5.2 局数据和用户数据	111	4.4.5 短消息处理流程	170
3.6 操作系统	112	小结	172
3.6.1 操作系统的基本功能	113	思考题与练习题	174
3.6.2 程序的优先级、各类程序的特点及驱动方式	113	第5章 智能网	175
3.6.3 时钟级程序的调度	114	5.1 新业务的传统实现方法	175
3.6.4 基本级程序的调度	116	5.1.1 虚拟用户交换机	175
3.6.5 定时管理	118	5.1.2 呼叫前转	177
3.7 呼叫处理程序	121	5.2 智能网的基本概念	177
3.7.1 呼叫处理的基本原理	121	5.3 几种典型的智能业务	181
3.7.2 呼叫处理程序的基本组成及层次结构	124	5.3.1 被叫集中付费业务	181
3.7.3 呼叫处理中用到的数据	125	5.3.2 记账卡呼叫业务	182
3.7.4 信令处理程序	127	5.3.3 虚拟专用网业务	182
3.7.5 呼叫控制程序	137	5.3.4 个人通信业务	183
小结	143	5.3.5 彩铃业务	183
思考题与练习题	147	5.4 固定智能网的结构	184
第4章 移动交换技术	148	5.5 智能网应用部分	186
4.1 移动通信系统的结构和接口	148	5.5.1 INAP 操作	187
4.1.1 移动通信系统的结构和主要部分的功能	148	5.5.2 信令发送顺序	189
		5.6 固网的智能化改造	192
		5.6.1 固定电话网存在的问题	192

5.6.2 本地网智能化改造后网络的一般结构	192	7.1.3 下一代网络的定义	267
5.6.3 本地网智能化改造后处理流程	194	7.1.4 下一代网络的特点	268
5.7 移动智能网	198	7.2 以软交换为中心的下一代网络结构	268
5.7.1 移动智能网的结构	198	7.2.1 下一代网络的一般结构	268
5.7.2 移动智能网的智能业务的触发	199	7.2.2 软交换技术的特点	272
小结	201	7.2.3 下一代网络的协议	273
思考题与练习题	202	7.3 固定电话网向下一代网络的演进	278
第 6 章 分组交换技术	203	7.3.1 固定电话网向下一代网络的演进步骤	278
6.1 分组交换的基本原理	203	7.3.2 软交换技术在固网智能化改造中的应用	279
6.1.1 虚电路方式	204	7.3.3 软交换作为端局时的应用	281
6.1.2 数据报方式	205	7.4 软交换技术在移动电话网的应用	286
6.1.3 虚电路方式和数据报方式的比较	206	7.4.1 移动电话网向下一代网络的演进	286
6.2 计算机网络协议结构	207	7.4.2 软交换技术在中国移动长途网的应用	289
6.2.1 分层协议概念	207	7.4.3 软交换技术在中国移动本地网的应用	291
6.2.2 OSI 参考模型	207	小结	293
6.2.3 IP 网络的体系结构	211	思考题与练习题	295
6.3 ATM	213	第 8 章 多媒体信息在 IP 网络中的传输	296
6.3.1 ATM 概述	213	8.1 IP 网络中传输媒体信息的协议栈	296
6.3.2 ATM 协议结构	219	8.1.1 语音编码	296
6.3.3 ATM 物理层规范	220	8.1.2 RTP	297
6.3.4 ATM 层规范	222	8.1.3 UDP	300
6.3.5 ATM 适配层	227	8.1.4 IP	301
6.4 IP 交换	231	8.1.5 多媒体数据在 IP 网络中传送时所占的带宽计算	301
6.4.1 与 IP 网络有关的交换技术	231	8.2 IP 承载网的服务质量	302
6.4.2 以太网	233	8.2.1 影响 IP 电话服务质量的主要因素	302
6.4.3 IP 网络层的交换功能	242	8.2.2 IP 网络为提高 IP 电话服务质量采用的主要措施	304
6.4.4 传输层的交换功能	254		
6.4.5 域名系统 DNS	259		
小结	260		
思考题与练习题	264		
第 7 章 NGN 与软交换	265		
7.1 下一代网络概述	265		
7.1.1 下一代网络产生的背景	265		
7.1.2 推动网络向下一代网络发展的主要因素	266		

8.3 多协议标签交换技术	308	工作过程	310
8.3.1 多协议标记交换的 基本概念	308	8.3.5 MPLS VPN	311
8.3.2 MPLS 中的常用术语	309	小结	313
8.3.3 MPLS 网络的结构	310	思考题与练习题	315
8.3.4 多协议标签交换的		参考文献	316

本章介绍电话交换的基本原理，电话交换机的类型及发展，几种主要的交换方式以及我国电话通信网的结构和编号计划。

1.1 电话交换的基本原理

1.1.1 电话通信网的基本组成及功能

电话通信网的基本组成设备包括终端设备、传输设备和交换设备。

最简单的终端设备是电话机。电话机的基本功能是将人的话音信号转换为交变的语音电信号，并完成简单的信令接收与发送。

传输设备的功能是将电话机和交换机、交换机与交换机连接起来。常用的传输介质有电缆、光纤等。

交换设备的基本功能是完成交换，即将不同的用户连接起来，以便完成通话。

当用户数很少时，可以采用各个相连的方法，再加上必要的控制开关可完成通话。当用户数很多时，这种方法显然不能实现，于是引入了交换机。每个用户都连接到交换机上，由交换机完成任意用户间的接续。

当电话用户分布的区域较广时，就要设置多个交换机，交换机之间用中继线连接。当交换的区域更广时，多个交换机之间要做到各个相连就很繁琐了，这时就要引入汇接交换机，形成多级交换网络。这样，用户只要接入到一个交换机，就能与世界上的任一用户通话了。

1.1.2 电话机的基本组成及工作原理

1. 电话机的基本组成及功能

电话机的基本组成部分有通话设备、信令设备和转换设备。

通话设备：包括送话器、受话器以及必要的接口电路。其主要功能是完成声电转换和电声转换。

信令设备：包括发号的号盘和接收呼叫指示的振铃装置。其主要功能是完成信令的发送和接收。

转换设备：如叉簧，其主要功能是在通话设备与振铃设备之间转换，接通或断开用户直流环路。

2. 电话机的基本工作原理

按照发出信号的方式，电话机可分为拨号脉冲电话机和双音多频（DTMF）电话机。

(1) 拨号脉冲电话机的工作原理

拨号脉冲电话机的工作原理图如图 1-1 所示。图中，拨号接点 D 是常闭接点，短路接点 M 是常开接点。下面简要说明拨号脉冲电话机在各种工作状态下与交换机的配合。

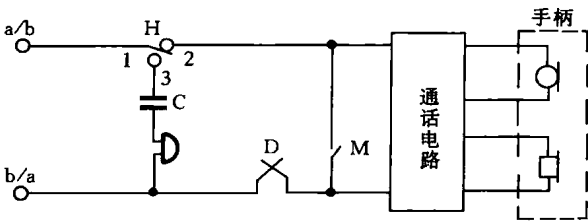


图 1-1 拨号脉冲电话机的工作原理图

- ① 挂机状态。在挂机状态下，叉簧 H 的 1, 3 接点闭合，1, 2 接点断开，用户线的直流环路中串有隔直流电容 C，用户线直流环路断开。交换机通过检查用户线的状态，能检测到用户话机处于挂机状态。
- ② 振铃状态。在振铃状态下，电话机的连接情况与挂机状态相同，不同的是交换机的振铃发生器这时接入用户直流环路。由于振铃发生器发出的是 25Hz 的交流信号，该信号能通过隔直流电容，使电话机中的振铃装置发出振铃声。
- ③ 摘机状态。在摘机状态下，叉簧 H 的 1, 3 接点断开，1, 2 接点闭合，用户线的直流环路闭合，向交换机发出摘机信号。
- ④ 拨号状态。采用直流脉冲拨号时，电话机的短路接点 M 闭合，拨号接点 D 根据用户拨号的数字，有规律地断开若干次，例如，如果用户拨的数字是 5，则拨号接点 D 断开 5 次，向交换机发出 5 个脉冲，代表各个拨号数字的脉冲串之间由位间隔分开。位间隔指分隔各个脉冲的一段较长的闭合时间。

(2) 双音多频（DTMF）电话机的工作原理

DTMF 电话机简化的原理图如图 1-2 所示。DTMF 电话机与拨号脉冲电话机的工作原理基本相同，其主要区别是拨号方式。DTMF 信号用高、低两个不同的频率代表一个拨号数字。DTMF 电话机号盘频率编码如表 1-1 所示。

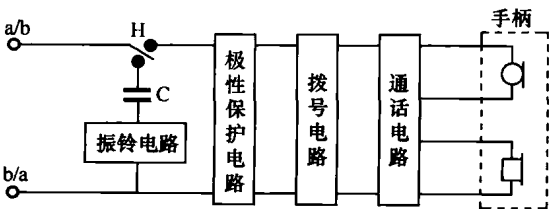


图 1-2 DTMF 电话机简化的原理图

表 1-1DTMF 电话机号盘频率编码

	1 209Hz	1 336Hz	1 477Hz	1 633Hz
697Hz	1	2	3	A
770Hz	4	5	6	B
852Hz	7	8	9	C
941Hz	*	0	#	D

DTMF 信号的频带范围在话音频带的范围内，所以能通过交换机的数字交换网络和局间数字中继线在局间正确传输。

1.1.3 交换机的基本组成及工作原理

1. 交换机的基本组成及功能

交换机的硬件系统基本组成如图 1-3 所示，它是由用户电路、中继器、交换网络、信令设备和控制系统这几部分组成的，其功能如下。

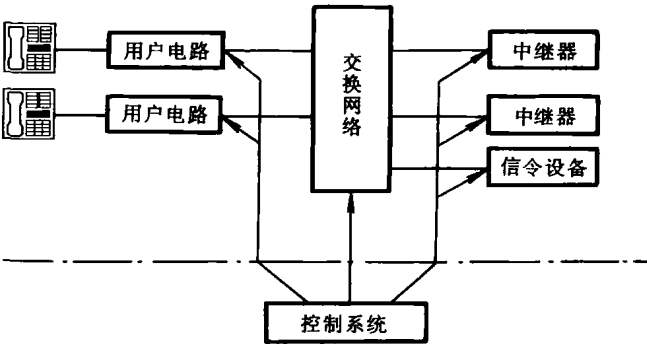


图 1-3 交换机的基本组成

- ① 用户电路：交换机与用户电话机的接口。
- ② 中继器：交换机与交换机之间的接口。
- ③ 交换网络：用来完成任意两个用户之间，任意一个用户与任意一个中继器之间，任意两个中继器之间的连接。
- ④ 信令设备：用来接收和发送信令信息。
- ⑤ 控制系统：是交换机的指挥中心，接收各个话路设备发来的状态信息，确定各个设备应执行的动作，向各个设备发出驱动命令，协调各设备共同完成呼叫处理和维护管理任务。

2. 呼叫处理的基本过程

下面以本局呼叫为例，简要说明呼叫处理的基本过程。

(1) 用户呼出阶段

在用户呼出阶段，交换机按照一定的周期检查每一条用户线的状态。当发现用户摘机时，交换机就根据用户线在交换机上的安装位置找到该用户的用户数据，并对其进行分析。如该用户有权发起呼叫，交换机就寻找一个空闲的收号器并通过交换网络将该用户电路与收号器

连接, 向用户送拨号音, 进入收号状态。

(2) 数字接收及分析阶段

该阶段是处理任务最繁重的一个阶段。在此阶段, 交换机接收用户拨号。对于直流拨号脉冲方式, 每次收到的是一个脉冲, 并由信令接收程序将收到的多个脉冲装配为拨号数字; 而对于 DTMF 信号, 每次收到的是一个数字。当交换机收到一定位数的号码后将进行数字分析, 从而确定呼叫的类型、路由等。当数字分析的结果是本局呼叫时, 就通知信令接收程序继续接收剩余号码。

(3) 通话建立阶段

当被叫号码收齐后, 交换机根据被叫号码查询被叫的用户数据。若被叫空闲且未登记与被叫有关的新业务(如呼叫前转), 交换机就在交换网络中寻找一条能将主叫用户和被叫用户连接的通路, 并预先占用该通路, 同时向被叫用户送振铃信号, 向主叫用户送回铃音。

(4) 通话阶段

当被叫用户摘机应答后, 交换机停止向被叫用户送振铃信号, 停止向主叫用户送回铃音, 将交换网络中连接主、被叫用户的链路接通, 同时启动计费, 呼叫处理进入通话阶段。

(5) 呼叫释放阶段

在通话阶段, 交换机如果发现一方挂机时, 就给另一方送忙音。当双方都挂机时, 交换机就收回此次呼叫占用的资源, 停止计费, 呼叫处理结束。

从以上呼叫处理的过程看出, 可将呼叫的全过程分为若干稳定状态, 交换机每次对呼叫的处理, 总是使呼叫由一个稳定状态转移到另一个稳定状态。

1.2 电话交换机的类型及发展

自从 1876 年贝尔发明电话以来, 为适应多个用户之间电话交换的要求, 出现了多种类型的交换机: 人工电话交换机、机电制交换机、程控交换机, 现在又出现了软交换机和 IP 电话。

1. 机电制电话交换机

机电制电话交换机主要有步进制交换机和纵横制交换机。步进制交换机的基本特点是由用户话机发出的拨号脉冲直接控制交换机的步进选择器动作, 从而完成电话的自动接续。纵横制交换机的出现, 是电话交换技术进入自动化以后具有重要意义的转折点。纵横制的技术进步主要体现在两个方面: 一是采用了比较先进的纵横接线器, 杂音小、通话质量高、不易磨损、寿命长、维护工作量少; 二是采用公共控制方式, 将控制功能和话路设备分开, 使控制部分可以独立设计, 功能加强, 灵活性提高, 接续速度快, 便于汇接和选择迂回路由, 实现长途自动化。公共控制方式的实现孕育着计算机程序控制方式的出现。

2. 程控交换机

1965 年, 美国开通了世界上第一台程控交换机, 在电话交换机中引入了计算机控制技术, 这是交换技术发展中具有重大意义的转折点。程控交换机可分为模拟程控交换机和数字程控交换机。模拟程控交换机的控制部分采用计算机控制, 而话路部分传送和交换的仍然是模拟的话音信号。20 世纪 70 年代开始出现了数字程控交换机, 数字程控交换机是数字通信技术、

计算机与大规模集成电路相结合的产物。与模拟程控交换机不同,数字程控交换机在话路部分交换的是经过脉冲编码调制(Pulse Code Modulation, PCM)后的数字化的话音信号,数字交换机的交换网络是数字交换网络,用户话机发出的模拟话音信号在数字交换机的用户电路上要转换为PCM信号。

我国的公用网是从1982年开始引进数字程控交换机的,由于我国交换机的程控化开展得比较晚,所以在我国公用网上运行的都是数字程控交换机。

数字程控交换机是数字通信技术、计算机技术与大规模集成电路相结合的产物。

3. 软交换

传统的电路交换机将传送交换硬件、呼叫控制和交换以及业务和应用功能结合进单个昂贵的交换机设备内,是一种垂直集成的、封闭和单厂家专用的系统结构,新业务的开发也是以专用设备和专用软件为载体,导致开发成本高、时间长、无法适应今天快速变化的市场环境和多样化的用户需求。而软交换打破了传统的封闭交换结构,采用完全不同的横向组合的模式,将传输、呼叫控制和业务控制三大功能之间接口打开,采用开放的接口和通用的协议,构成一个开放的、分布的和多厂家应用的系统结构,可以使业务提供者灵活选择最佳和最经济的组合来构建网络,加速新业务和新应用的开发、生成和部署,快速实现低成本广域业务覆盖,推进话音和数据的融合。

软交换的关键特点是采用开放式体系结构,实现分布式通信和管理,具有良好的结构扩展性。软交换应用层和呼叫控制层已经与媒体层硬件分离并纳入开放的标准的计算环境,允许充分利用商用的标准计算平台、操作系统和开发环境。其次,采用软交换后,实现了多个业务网的融合,简化了网络层次和结构以及跨越不同网络(电路交换网、分组网、固定网和移动网等)的业务配置,避免了建设维护多个分离业务网所带来的高成本和运行维护的复杂性。另外,采用分组交换技术后,提高了网络资源利用率,减少了交换机互连的复杂性和业务网的承载成本。由于软交换的价格可以遵循软件许可证方式,投资大小随用户数量而增长,有利于新的电信运营商或传统运营商开发新市场。最后,软交换设备占地很小,不仅明显提高了机房空间利用率,而且也便于节点的灵活部署。

目前,电信网正在向以软交换为核心的下一代网络演进。

1.3 主要的交换方式

现代通信网中采用的交换方式主要有电路交换和分组交换方式,传统的电话网主要采用电路交换方式,而ATM、帧中继和IP网络采用的都是分组交换方式。

1.3.1 电路交换

电路交换是最早出现的一种交换方式。传统的电话交换一般采用电路交换方式。电路交换方式是指两个用户在相互通信时使用一条实际的物理链路,在通信过程中自始至终使用该条链路进行信息传输,同时不允许其他用户终端设备共享该链路的通信方式。

电路交换属于电路资源预分配系统,即在一次接续中,电路资源预先分配给一对用户固定使用,不管电路上是否有其他信息传输,电路一直被占用着,直到通信双方要求拆除电路

连接为止。

电路交换的特点如下。

① 在通信开始时首先要建立连接,在通信结束时要释放连接。

② 一个连接在通信期间始终占用该电路,即使该连接在某个时刻没有信息传送,该电路也不能被其他连接使用,电路利用率低。

③ 交换机对传输的信息不作处理,对交换机的处理要求简单,但对传输中出现的错误不能纠正。

④ 一旦连接建立以后,信息在系统中的传输时延基本上是一个恒定值。

综上所述,电路交换是固定分配带宽,连接建立以后,即使无信息传输也要占用电路,电路利用率低;要预先建立连接,有一定的连接建立时延,通路建立后可实时传送信息,传输时延一般可以不计;无差错控制措施,对数据传输的可靠性没有分组交换高;一旦通信建立,在数据传输过程中,一般不需要交换机进行处理,交换节点的处理负担轻。电路交换适合传输信息量较大且传输速率恒定的业务,如电话通信业务,但不适合突发性强和对差错敏感的数据业务。

1.3.2 分组交换

分组交换(Packet Switching)原来是为完成数据通信业务发展起来的一种交换方式,由于分组交换技术的迅速发展,利用分组交换技术不仅可以用来完成数据通信业务,也可以用来完成语音和视频通信。分组交换利用存储—转发的方式进行交换。在分组交换方式中,首先将需传送的信息划分为一定长度的分组,并以分组为单位进行传输和交换。在每个分组中都有一个3~10字节的分组头,在分组头中包含有分组的地址和控制信息,以控制分组信息的传输和交换。

分组交换采用统计复用方式,电路的利用率较高。但统计复用的缺点是有产生附加的随机时延和丢失数据的可能。这是因为用户传送数据的时间是随机的,若多个用户同时发送分组数据,则必然有一部分分组需要在缓冲区中等待一段时间才能占用电路传送,若等待的分组超过了缓冲区的容量,就可能发生部分分组的丢失。

另外,在传统的分组交换中普遍采用逐段反馈重发措施,以保证数据传送是无差错的。所谓逐段反馈重发,是指数据分组经过的每个节点都对数据分组进行检错,在发现错误后要求对方重新发送。

分组交换有两种方式:虚电路(面向连接)方式和数据报(无连接)方式。

1. 虚电路方式

虚电路是指两个用户在进行通信之前要通过网络建立逻辑上的连接。建立连接时,主叫用户发送“呼叫请求”分组,该分组包括被叫用户的地址及为该呼叫在出通路上分配的虚电路标识,网络中的每一个节点都根据被叫地址选择出通路,为该呼叫在出通路上分配虚电路标识,并在节点中建立入通路上的虚电路标识与出通路上的虚电路标识之间的对应关系,向下一节点发送“呼叫请求”分组。被叫用户如果同意建立虚电路,可发送“呼叫连接”分组到主叫用户。当主叫用户收到该分组时,表示主叫用户和被叫用户之间的虚电路已建立,可进入数据传输阶段。

在数据传输阶段，主、被叫之间可通过数据分组相互通信，在数据分组中不再包括主、被叫地址，而是用虚电路标识表示该分组所属的虚电路，网络中各节点根据虚电路标识将该分组送到呼叫建立时选择的下一通路，直到将数据传送到对方。同一报文的不同分组沿着同一路径到达终点。

数据传送完毕后，每一方都可以释放呼叫，网络释放该呼叫占用的资源。

虚电路不是电路交换中的物理连接，而是逻辑连接。虚电路并不独占电路，在一条物理线路上可以同时建立多个虚电路，以达到资源共享。

虚电路方式在一次通信过程中分为呼叫建立、数据传输和释放呼叫 3 个阶段，有一定的处理开销。一旦虚电路建立，数据分组按已建立的路径通过网络，分组按发送顺序到达终点。虚电路在每个中间节点不需进行复杂的选路，对数据量较大的通信有较高效率，但对故障较为敏感，当传输链路或交换节点发生故障时可能引起虚电路的中断。

ATM 和帧中继采用虚电路方式。

2. 数据报方式

数据报方式是独立地传送每一个数据分组。每一个数据分组都包含终点地址的信息，每一个节点都要为每一个分组独立地选择路由，因此，一份报文包含的不同分组可能沿着不同的路径到达终点。

数据报方式在用户通信时不需有呼叫建立和释放阶段，对短报文传输效率比较高，对网络故障的适应能力较强，但属于同一报文的多个分组独立选路，故接收端收到的分组可能失去顺序。

IP 网络中交换采用的是数据报方式。

1.4 我国电话通信网的结构和编号计划

我国的电话通信网采用分级网结构，包括长途电话网和本地电话网两大部分。我国的电话通信网过去长期采用五级网的结构，其中长途电话网长期采用四级网络结构。随着通信技术的进步、长途骨干光缆的铺设和本地电话网的建设，我国长途电话网的等级结构已由四级逐步演变为两级，整个电话通信网相应地由五级网向三级网过渡，即两级的长途交换中心和一级的本地交换中心。而且，将来的长途电话网将进一步演变为动态无级网结构，整个电话通信网也将由 3 个层面组成，即长途电话网层面、本地电话网层面和用户接入网层面。在这种结构中，长途网将采用动态路由选择，本地网也可以采用动态路由选择，用户接入网将实现光纤化和宽带化。

1.4.1 长途电话网

我国长途电话通信网过去采用四级辐射汇接制的等级结构，近年采用两级网结构。

根据长途交换中心在网路中的地位和所汇接的话务类型不同，长途电话二级网将国内长途交换中心分为两个等级：汇接全省转接（含终端）长途话务的交换中心为省级交换中心，用 DC1 表示；汇接本地网长途终端话务的交换中心用 DC2 表示。

长途电话二级网的等级结构及网路组织示意图如图 1-4 所示。

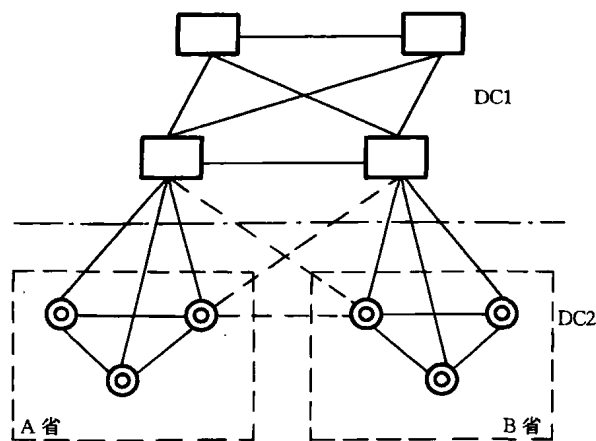


图 1-4 长途电话二级网等级结构及网路组织示意图

(1) 一级交换中心

一级交换中心（DC1）为省（自治区、直辖市）长途交换中心，其功能主要是汇接所在省（自治区、直辖市）的省际长途来、去话务和所在本地网的长途终端话务。

DC1 之间以基于路由网状相连。

DC1 设置在省会（自治区、直辖市）城市，在高话务量要求的前提下，可以在同一城市设置两个甚至多个 DC1。地（市）本地网的 DC2 与本省（自治区）所属的 DC1 均以基于路由相连。

(2) 二级交换中心

二级交换中心（DC2）是本地网的长途交换中心，其主要职能为汇接所在本地网的长途终端话务。

DC2 与本省的 DC1 之间设直达电路，根据话务流量流向，二级交换中心也可与非从属一级交换中心建立直达电路群，如图 1-4 中虚线所示。同一省的 DC2 之间以不完全网状连接。话务量较大时，相邻省的 DC2 之间也可设置直达电路。

DC2 一般设置在地（市）本地网的中心城市。长途话务量较大的省会城市也可设置 DC2。有高话务量要求时，同一城市可以设置两个以上的 DC2。

长途网中较高等级的交换中心可以具有较低等级的交换中心职能，如在两级长途网中，DC1 也可以包含 DC2 的职能。

由于两级长途电话网简化了网络的等级结构，也就使长途路由选择得到了简化，但仍然应遵循尽量减少路由转接次数和少占用长途电路的原则，即优先选择直达路由，后选择迂回路由，最后选择由基于路由构成的最终路由。

1.4.2 本地电话网

本地电话网指由同一个长途编号区范围内的所有交换设备、传输设备和用户终端设备组成的电话网络。

本地网的交换局主要是端局，也可以包括汇接局。所谓端局就是通过用户线路直接连接用户的交换局，仅有本局交换功能和来、去话功能，端局直接与用户连接。根据组网需要，端局以下还可接远端用户模块、用户集线器和用户交换机（PABX）等用户装置。