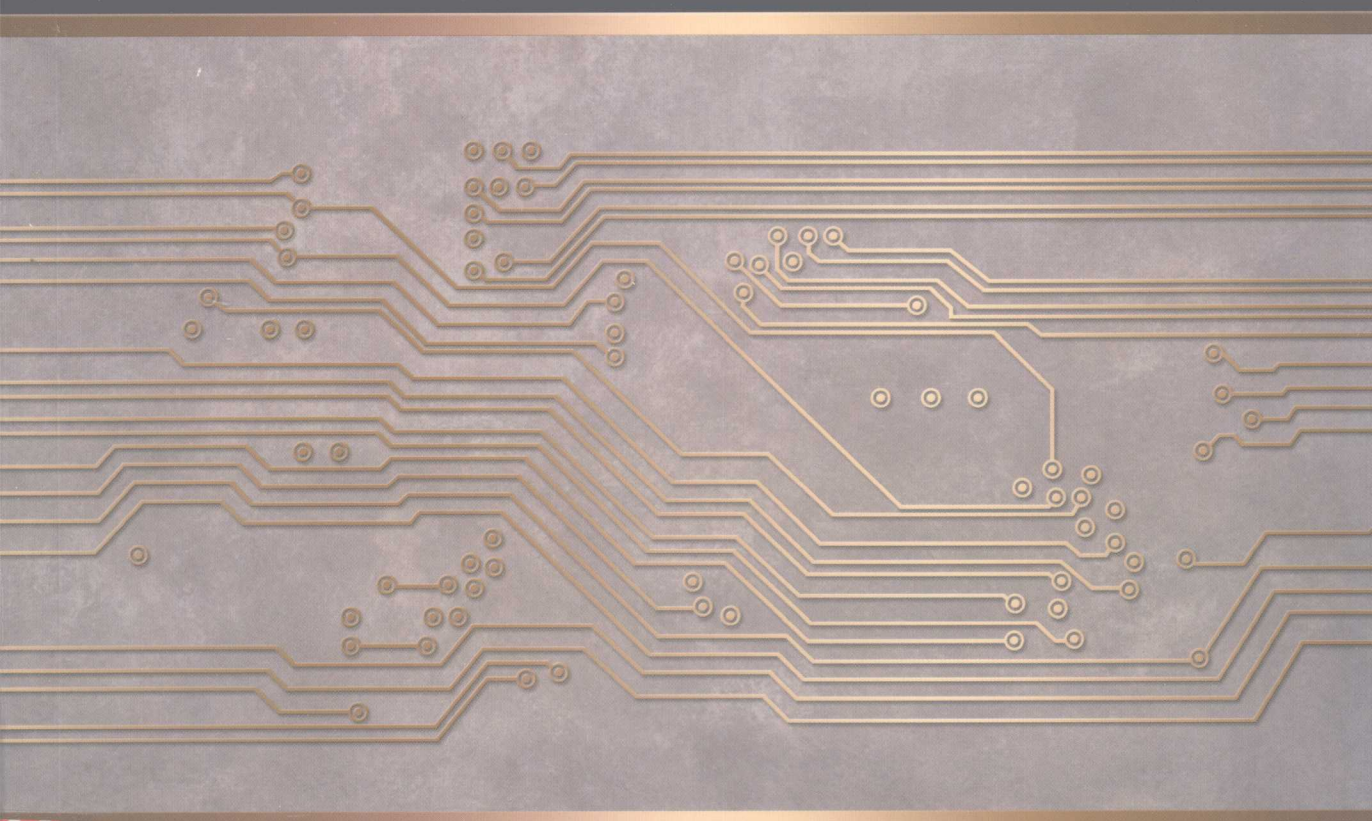


新编电气与电子信息类本科规划教材·电子信息科学与工程类专业

# 现代通信交换

穆维新 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

## 内 容 提 要

本书以现代通信交换为主线,理论联系实际,分别对涉及当今语音通信的电路交换和数据通信的分组交换进行了全面介绍。全书共分为 13 章,介绍了电话网的电路交换、公共信令、移动交换、软件系统、硬件结构和操作维护;又介绍了数据网的分组交换、帧中继、ATM 交换等;还对下一代网络的 IP 交换、VoIP、标签交换、软交换、IMS、ASON 等进行了介绍。本书与同类书籍相比,增加了一定比例的电路原理示意图、组网结构、局数据配置,以及 IP 和软交换等实用性较强的内容。

本书可作为高等院校通信工程、电子信息等相关专业的教学用书,也可作为通信领域科研人员和通信设备维护技术人员的培训教材或参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代通信交换/穆维新编著. —北京:电子工业出版社,2008.8  
新编电气与电子信息类本科规划教材. 电子信息科学与工程类专业  
ISBN 978-7-121-06886-7  
I. 现… II. 穆… III. 通信交换—高等学校—教材 IV. TN91  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 084052 号

策划编辑:张 濮

责任编辑:宋兆武 何 况

印 刷:北京市通州大中印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:544 千字

印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

随着信息经济的快速发展，现代通信正在向数字化、智能化、宽带化、个人化和全球化的方向发展，而交换节点是组成通信网络的重要枢纽。因此，现代交换原理和技术在通信专业就显得尤为重要。

本书主要介绍了电路交换和分组交换。在电路交换部分，内容涵盖了从交换设备整体结构到主要组成部件，从交换机的呼叫接续过程到数字交换网络的时隙交换，从交换局的数据配置到各种局用终端的操作等方面。另外，对 No.7 信令和包含 3G 在内的移动通信交换也做了介绍。在分组交换部分，介绍了分组、帧中继、ATM 等交换，并针对 NGN 的 IP 交换、VoIP、MPLS、软交换、ISM 及 ASON 等也做了相应的介绍。

在本书的编写过程中，结合实际图纸，给出了电路结构示意图和网络拓扑图，以开阔读者的思路，加深对本专业知识的理解；依据枯燥的信令标准，编写了 No.7 信令、X.25 协议、软交换协议等内容，尽可能使读者易学易懂；从 NGN 发展战略出发，编写了面相 IP 的交换、软交换、ISM 等内容，以使读者多接触新技术，把握今后通信的发展方向；根据交换局的实际运行数据，编写了系统、中继、用户等参数内容，以增强读者对通信网和交换系统的了解。尽可能地做到在有限篇幅的前提下，使书中内容丰富、不空洞，使读者从中受益。

本书注重通信交换与网络技术的融合，深入浅出，重点突出，介绍关键技术，简化公式推导。相信读者通过对本书的学习，能够较系统地理解现代通信交换的相关基础知识、原理和应用。读者在此学习的基础上，如再去翻阅与通信交换相关的工程手册、协议、信令、标准和交换设备说明书等资料时，就会感觉到容易得多。

全书共分为 13 章：第 1 章简述电路交换机和各种交换技术；第 2 章介绍一些与交换相关的基础知识，如语音信号处理、时分复用和交换基础理论等；第 3 章主要介绍 No.7 信令网；第 4~7 章介绍电路交换，包括数字交换网络（DSN）、硬件结构、软件系统、局终端维护操作系统等；第 8 章介绍移动交换的 PLMN、3G 等；第 9 章介绍分组交换，包括 X.25 协议、帧中继；第 10 章介绍 ATM 交换及相关组网、协议等；第 11~13 章介绍新的交换技术，包括 IP 交换、标签交换、VoIP、软交换、ISM 和 ASON 等。

每个章节的内容相对独立，但又有联系，读者学完全部课程后，能将现代通信网和它的各种交换技术有机地结合起来，形成完整的概念。建议在学习时有重点地选择内容：本科（含专科）参考学时为 54~72 学时，第 1~8 章、第 11 章、第 12 章必修，其他内容（含“\*”部分）选修；技术人员可根据自己的需要来选择学习。为便于教学和学习，本书配有电子课件、英文缩略语对照表等电子资源，读者可以登录电子工业出版社华信教育资源网（[www.huaxin.edn.cn](http://www.huaxin.edn.cn)）下载。

本书是根据作者多年从事交换机等通信行业工作的实际经验，结合课堂讲义整理而成的。在本书的编写过程中，参考了有关资料，在此对相关作者表示衷心的感谢。

由于本人水平有限，书中的疏漏与不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 著 者

# 目 录

<b>第1章 概 论</b> .....	1	3.3 消息传递部分 .....	34
1.1 交换概述 .....	1	3.3.1 信令数据链路功能级 .....	34
1.1.1 交换节点 .....	1	3.3.2 信令链路功能级 .....	34
1.1.2 交换机的发展过程 .....	3	3.3.3 信令网功能级 .....	36
1.2 交换技术 .....	3	3.3.4 用户信令消息 .....	38
1.2.1 交换技术概述 .....	3	3.4* No.7 信令数据 .....	40
1.2.2 交换技术的发展趋势 .....	6	3.4.1 系统参数 .....	40
习 题 .....	6	3.4.2 数据描述 .....	41
<b>第2章 交换基础</b> .....	7	3.4.3 数据配置 .....	43
2.1* 语音信号处理 .....	7	习 题 .....	44
2.1.1 语音信号分析 .....	7	<b>第4章 同步时分数字交换网络</b> .....	45
2.1.2 抽样 .....	8	4.1 交换网络基础 .....	45
2.1.3 脉冲振幅调制 .....	10	4.1.1 交换单元 .....	45
2.1.4 抽样信号量化 .....	10	4.1.2 时隙交换的概念 .....	46
2.1.5 编码及调制 .....	15	4.1.3 T型接线器 .....	47
2.2 时分复用 .....	17	4.1.4 S型接线器 .....	48
2.2.1 时分复用的工作原理 .....	17	4.2 数字交换网络 .....	50
2.2.2 语音信号的时分多路复用 .....	17	4.2.1 TST交换网络 .....	50
2.3 交换基础理论 .....	20	4.2.2 STS交换网络 .....	51
2.3.1 话务理论 .....	20	4.2.3 其他类型的交换网络 .....	52
2.3.2 呼叫处理能力 .....	22	4.2.4 串/并变换原理及应用 .....	53
2.3.3 可靠性计算 .....	23	4.2.5 交换网络内部阻塞计算 .....	56
习 题 .....	25	4.3* 典型交换网络 .....	58
<b>第3章 信令系统</b> .....	27	4.3.1 用户级 .....	59
3.1 信令系统概述 .....	27	4.3.2 选组级交换网络 .....	61
3.1.1 信令系统分类 .....	27	习 题 .....	70
3.1.2 No.7 信令系统结构 .....	29	<b>第5章 程控交换机硬件结构</b> .....	71
3.2 No.7 信令网 .....	31	5.1 交换机的硬件概述 .....	71
3.2.1 No.7 信令网的结构 .....	31	5.1.1 交换机的基本功能 .....	71
3.2.2 信令转接点设备 .....	32	5.1.2 交换机总体结构 .....	72
3.2.3 路由选择 .....	33	5.2 主处理机系统 .....	75
		5.2.1 主处理机 .....	75

5.2.2	辅助存储器	76
5.2.3	时序关系	78
5.3	用户接口电路	80
5.3.1	SLIC 的基本组成及功能	80
5.3.2	SLIC 的核心厚膜电路	82
5.3.3	典型 SLIC 分析	83
5.4	子处理机及其他电路	86
5.4.1	模拟接口信令处理机	86
5.4.2	环路中继接口电路	89
5.4.3	E&M 中继接口电路	90
5.4.4	数字中继接口及处理机	91
5.4.5	数字用户线路接口电路	93
5.4.6	数字用户信令处理机	95
5.4.7	V5 接口处理机	96
5.4.8	外测处理机	98
5.4.9	双音处理机	100
5.4.10	其他电路	101
	习题	102

## 第 6 章 程控交换机软件系统 103

6.1	软件系统组成	103
6.1.1	运行软件	103
6.1.2	支援软件	107
6.1.3	软件结构	107
6.1.4	程序的执行管理	107
6.1.5	故障处理	108
6.2	交换机呼叫处理的基本原理	110
6.2.1	基本呼叫过程	110
6.2.2	局内呼叫进程	112
6.2.3	输入处理程序	114
6.2.4	网络选路	118
6.2.5	周期级程序的启动	119
6.3*	字冠数据	122
6.3.1	字冠分析	122
6.3.2	字冠数据	125
6.4*	局向中继	127
6.4.1	局向中继分析	127
6.4.2	局向中继特征	129
6.4.3	局向中继电路群参数	131
6.5*	参数设置	132

6.5.1	系统参数	132
6.5.2	用户线参数	133
	习题	135

## 第 7 章 程控交换机维护操作管理 136

7.1	电信管理网	136
7.1.1	TMN 的组成及功能	136
7.1.2	TMN 系统操作	138
7.2	维护操作	139
7.2.1	日常维护	139
7.2.2	控制操作	140
7.2.3	设备控制	141
7.2.4	系统设定操作及观测	142
7.2.5	内部测试	144
7.2.6	No.7 信令的维护操作	145
7.3*	计费系统	148
7.3.1	自动计费系统概述	149
7.3.2	话费计算原理	150
	习题	154

## 第 8 章 移动通信交换 155

8.1	移动通信概述	155
8.1.1	移动通信系统特点	155
8.1.2	移动通信系统分类	155
8.1.3	移动通信系统区域	157
8.1.4	移动通信系统结构	158
8.1.5	移动通信系统频率分配	162
8.1.6	移动通信系统编号	164
8.1.7	移动通信系统容量	165
8.2	移动交换信令	166
8.2.1	无线接口信令	166
8.2.2	基站接入信令	169
8.2.3	网络接口信令	171
8.2.4	GPRS 接口协议	172
8.3	移动交换系统	173
8.3.1	移动交换机的结构	173
8.3.2	移动交换机的容量估算	174
8.3.3	移动呼叫处理	176
8.3.4	切换实现技术	179
8.4	第三代移动通信	183

8.4.1	IMT-2000 的目标要求.....	183	10.3	ATM 交换机.....	241
8.4.2	WCDMA.....	183	10.3.1	ATM 交换机的定义及参数.....	241
8.4.3	TD-SCDMA.....	186	10.3.2	ATM 交换机的分类.....	242
8.4.4	cdma2000.....	187	10.3.3	ATM 交换机的功能模块.....	242
8.4.5	4G 要求及 OFDM.....	189	10.3.4	ATM 交换机的交换网络.....	243
	习 题.....	190	10.3.5	ATM 典型交换机.....	248
			10.3.6	ATM 交换机组网.....	250
<b>第 9 章 分组交换</b>		<b>191</b>	10.4	ATM 通信网信令.....	251
9.1	分组交换技术.....	191	10.4.1	ATM 用户/网络接口的信令.....	252
9.1.1	分组交换网的组成.....	191	10.4.2	网络节点接口信令.....	252
9.1.2	分组交换网的编号方式.....	192	10.4.3	ATM 的呼叫和连接控制.....	253
9.1.3	用户终端设备接入方式.....	194		习 题.....	256
9.1.4	各类分组式.....	195	<b>第 11 章 面向 IP 的交换</b>		<b>258</b>
9.1.5	交换电路的建立与释放举例.....	198	11.1	IP 交换.....	258
9.1.6	路由选择和流量控制.....	200	11.1.1	三层交换.....	258
9.1.7	分组交换机.....	202	11.1.2	IP 交换机.....	259
9.2	X.25 协议.....	204	11.1.3	四层交换.....	264
9.2.1	X 系列建议.....	204	11.1.4	多层交换.....	264
9.2.2	X.25 协议分层结构.....	204	11.2	VoIP.....	267
9.2.3	X.25 物理层.....	205	11.2.1	VoIP 系统.....	267
9.2.4	X.25 数据链路层.....	206	11.2.2	VoIP 原理.....	268
9.2.5	X.25 分组层.....	207	11.2.3	VoIP 组网.....	269
9.3	帧中继.....	209	11.2.4	VoIP 技术.....	271
9.3.1	帧中继概述.....	209	11.3	ATM 支持 IP 的方法.....	272
9.3.2	帧中继协议.....	211	11.3.1	经典的 IP Over ATM.....	272
9.3.3	帧中继用户接入.....	214	11.3.2	ATM 基础上的多协议.....	274
9.3.4	帧中继交换机.....	215	11.4*	多协议标签交换.....	276
9.3.5	帧中继网络.....	216	11.4.1	标签交换概述.....	276
	习 题.....	218	11.4.2	MPLS 标签分发协议.....	277
<b>第 10 章 ATM 交换</b>		<b>219</b>	11.4.3	转发等价类.....	279
10.1	ATM 交换技术.....	219	11.4.4	标签交换过程.....	280
10.1.1	ATM 的概念.....	219		习 题.....	281
10.1.2	ATM 的优势和特点.....	220	<b>第 12 章 软交换</b>		<b>282</b>
10.1.3	ATM 信元结构.....	221	12.1	软交换概述.....	282
10.1.4	ATM 交换原理.....	222	12.1.1	软交换的概念.....	282
10.2	ATM 协议栈.....	224	12.1.2	软交换的特点.....	283
10.2.1	物理层.....	225	12.1.3	软交换的功能.....	283
10.2.2	ATM 层.....	227	12.2	软交换协议.....	285
10.2.3	ATM 适配层.....	233			

12.2.1	软交换协议概述 .....	285
12.2.2	H.323 协议族 .....	289
12.2.3	SIP 协议栈 .....	292
12.2.4	No.7 信令与 IP 适配层协议 .....	294
12.2.5	No.7 信令与 IP 互通 .....	298
12.3	软交换网络 .....	300
12.3.1	软交换体系结构 .....	300
12.3.2	软交换组网 .....	304
12.4*	IMS .....	306
12.4.1	IMS 体系结构 .....	307
12.4.2	IMS 组网 .....	309
	习题 .....	311

## 第 13 章\* 自动交换光网络 312

13.1	ASON 概述 .....	312
13.1.1	ASON 的体系结构 .....	312
13.1.2	ASON 协议 .....	313
13.1.3	ASON 端到端的连接类型 .....	314
13.1.4	ASON 呼叫的建立过程 .....	315
13.2	ASON 功能层面及组网 .....	315
13.2.1	ASON 控制平面 .....	316
13.2.2	ASON 管理平面 .....	317
13.2.3	ASON 组网 .....	317
	习题 .....	319

附录	通信交换常用英文缩略语英汉对照表 .....	320
----	------------------------	-----

# 第 1 章

## 概 论

现代通信网是在电路交换的基础上发展而来的，电路交换的特点是可靠性高、实时性强、组网规模大。而分组交换则是数据通信的产物，也是通信网宽带化发展的必然。本章将概述电话交换机和各种交换技术。

### 1.1 交换概述

本节主要介绍电话交换机的结构、功能、分类及发展过程。

#### 1.1.1 交换节点

“交换”就是转接，交换节点是通信网实现信息传输的必不可少的环节。

##### 1. 交换节点的引入

要把一个地域中的  $N$  个电话机——直接连通，则需要  $N(N-1)/2$  对线，如图 1.1 (a) 所示。很明显，当  $N$  增大时，线对急剧增多，如果在用户分布中心放置一个交换节点，如图 1.1 (b) 所示，则  $N$  个用户只需  $N$  对线即可。当要完成不同地域之间的电话通信时，就要引入更多的交换节点去完成相应的交换和接续任务，如图 1.1 (c) 所示。

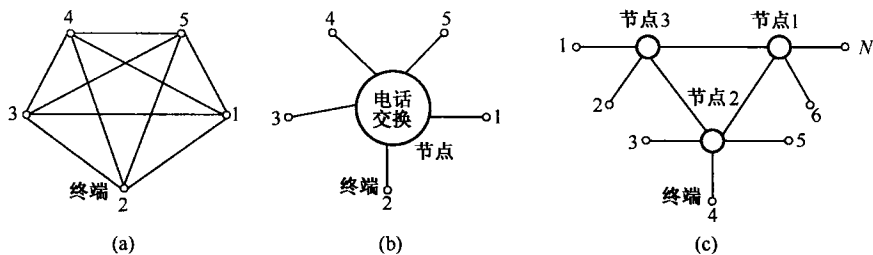


图 1.1 交换网络节点形成示意图

处于电话网网络节点位置的电话交换机在电话网中完成话路的选路和连接功能。所谓选路是指交换机的处理机根据被叫用户号码选择输出路由（属于同一局向的话路群）；所谓连接是指在交换机的处理机控制下，由接线器完成输入话路与输出话路的连接。

##### 2. 交换机的基本结构与功能

交换节点的主要设备就是交换机，程控交换机的基本结构框图如图 1.2 所示。图中分为接



口部分、交换网络部分、信令部分和控制部分。

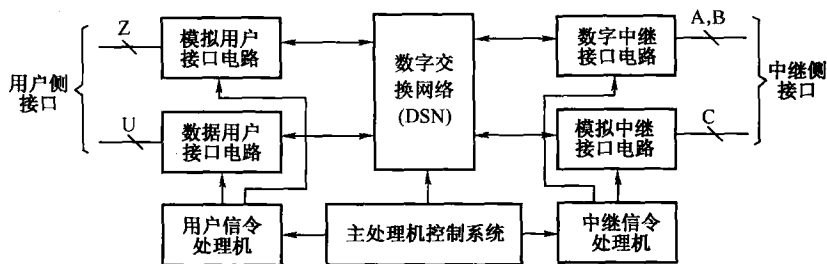


图 1.2 程控交换机的基本结构框图

接口部分又分为用户侧接口和中继侧接口。用户侧的用户电路为每个用户话机服务。它包括用户状态的监视以及与用户直接有关的功能等，有提供 Z 接口功能的模拟用户接口部分以及提供 U 接口功能的数据用户接口部分。中继侧为出中继电路和入中继电路，是与其他交换机连接的接口电路，用于传输交换机之间的各种通信信号，同时也用于监视局间通话话路的状态，有提供 A、B 接口功能的数字中继接口部分和提供 C 接口功能的模拟中继接口部分。

数字交换网络 (DSN) 用来完成进、出交换系统信息的可靠接续，可以是各种接线器，也可以是电子开关矩阵。它可以是空分的，也可以是时分的。它受主处理机的控制命令驱动。

信令部分用来完成接续过程中控制信息的收发，负责用户接口电路的用户信令处理机，负责中继接口电路的中继信令处理机和提供随路信令的多频信令处理机或提供公共信令的 No.7 信令系统等。

交换机实现的基本功能：接收和分析从用户线或中继线发来的呼叫信号；接收和分析从用户线或中继线发来的地址信号；按固定地址正确选路和在中继线上转发信号；按照所收到的释放信号拆除连接。

### 3. 交换机的分类

交换机的分类方法很多。按电话交换机服务范围不同，可分为局用交换机和用户交换机；按系统控制方式不同，可分为布控交换机和程控交换机；按话路设备构成方式不同，可分为空分交换机和时分交换机；按交换的语音信号形式不同，可分为模拟交换机和数字交换机等。

#### (1) 按话路系统的构成方式分类

① 空间分隔方式 (空分方式)。该方式中交换网络的每个连接通路各自占据不同的空间位置，这种方式的交换网络多用金属节点或电子节点构成，如步进制和纵横制交换机中的交换网络。在这种方式下，交换网络中传递的是模拟信号。

② 时间分隔方式 (时分方式)。在这种方式中，交换网络的各条话路具有不同的时间位置，各路语音的传输时间是相互错开的。在时分交换网络中传递离散模拟信号的早期交换机已经基本被淘汰，现在使用这种时分方式的交换机基本上都是将离散的模拟信号进行二进制数字编码后，再送到交换网络中进行交换的。

#### (2) 按控制系统的控制方式分类

① 布线逻辑控制方式 (布控方式)。这种方式中，将各种电路元件焊装在电路板上，通过硬件构成控制电路进行控制。

② 存储程序控制方式 (程控方式)。这种方式中，将计算机应用于交换控制系统，用计算机中的存储程序控制和处理交换网络。

### (3) 程控交换机的大致分类

① 空分模拟程控交换机。这种交换机的话路系统是空分的，只能交换模拟信号。

② 时分模拟程控交换机。这种交换机的话路系统是时分的，所传输、交换的是脉冲幅度调制信号。

③ 时分数字程控交换机。这种交换机的话路系统是时分的，传输交换的是脉冲编码调制的数字信号。这是目前应用得最多的电路交换类型，也就是数字程控交换机。

程控交换机的大致分类如图 1.3 所示。

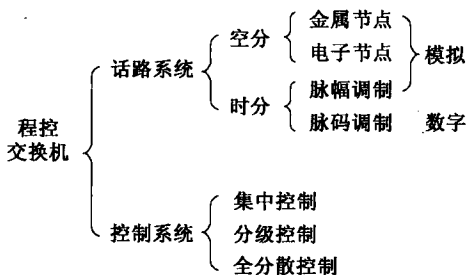


图 1.3 程控交换机的大致分类

## 1.1.2 交换机的发展过程

### (1) 人工电话交换机

1876 年，美国科学家贝尔发明了电话。其后，为适应多个用户之间的电话交换，于 1878 年出现了第一部人工磁石交换机。由于磁石交换机的容量不易扩大，话务员操作与用户使用均不方便，在 1891 年出现了人工供电交换机。

### (2) 自动交换机

1892 年，美国出现了步进制交换机，用户通过话机的拨号盘控制电话局中的电磁继电器与接线器的动作，完成电话的自动接续。从此，电话交换开始由人工操作转为自动化操作。

### (3) 纵横制交换机

1919 年，瑞典首先制成了小型纵横制交换机并投入使用。纵横制交换机采用了比较理想的接线器和高效率的公共控制方式。

### (4) 电子式交换机

1965 年，美国贝尔实验室在新泽西州开通了世界上第一台存储程序控制的商用电子交换机，标志着电话交换从机电时代进入电子时代，使交换技术发生划时代的变革。

### (5) 数字程控交换机

1970 年，法国首先在拉尼永(Lannion)成功地开通了世界上第一个数字程控交换系统 E10，它标志着交换技术从传统的模拟交换进入数字交换时代。

我国于 1982 年在福州引进了第一台 F150 交换机。随后开始研制各种容量的程控交换机，并且从国外引进了大批程控交换机，在此基础上通过选优和定点，陆续建立了 S-1240、EWSD 等多条生产线。20 世纪 80 年代末，我国自行研制成功了 HJD04 和 DS30 程控交换机。此后，08 机、10 机、601 机相继研制成功，结束了交换机依靠进口的历史。

## 1.2 交换技术

### 1.2.1 交换技术概述

常用的交换技术有电路交换、分组交换、ATM 交换及软交换等。从最初适应语音通信的电路交换，到适应数据通信的分组交换，又发展到适应于宽带综合数据业务的 ATM。为了适

应 NGN（下一代网络）的发展，又推出软交换、IMS、MPLS 及 ASON 等新技术，各种交换方式发展关系如图 1.4 所示。

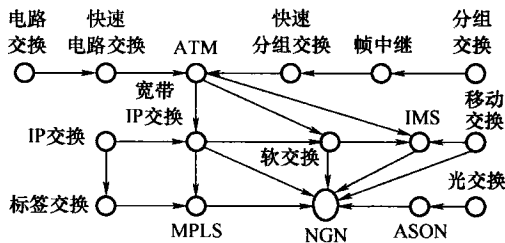


图 1.4 各种交换方式的发展关系

### （1）电路交换

电路交换（CS）是一种直接的交换方式，它为一对需要进行通信的站点之间提供一条临时的专用传输通道，该通道既可以是物理通道，也可以是逻辑通道。这条通道是由节点内部电路对节点间传输路径通过适当选择、连接而形成的，是由多个节点和多条节点间传输路径组成的链路。电路交换具有下列特点。

① 呼叫建立时间长，且存在呼损。在通信双方所在的两节点之间（中间可能有若干个节点）建立一条专用信道所花的时间称为呼叫建立时间。

② 对传送信息没有差错控制，电路连通后提供给用户的是“透明通道”，即交换网对用户信息的编码方法、信息格式以及传输控制程序等都不加以限制，但对通信双方来说，必须做到双方的收发速度、编码方法、信息格式以及传输控制等完全一致才能完成通信。

③ 对通信信息不做任何处理，原封不动地传送（信令除外）。一旦电路建立后，数据以固定的速率传输。除通过传输通道形成的传输延迟以外，没有其他延迟。

④ 线路利用率低。从电路建立到进行数据传输，直至通信链路拆除，通道都是专用的，再加上通信建立时间、拆除时间和呼损，其利用率较低。

⑤ 通信用户间必须建立专用的物理连接通路。通信前建立的连接过程只要不释放，物理连接就永远保持。

⑥ 实时性较好。每一个终端发起呼叫或出现其他动作，系统能够及时发现并做出相应的处理。

### （2）快速电路交换

快速电路交换（FCS）的指导思想是对每个接续不分配固定的带宽，而是在信息传送时才分配带宽和有关资源。该带宽的分配是动态的，其过程是先收集信息进行分析，根据信息分析的结果进行带宽分配，然后再进行连接，所以实现起来电路也较复杂。快速电路交换具有以下特点。

① 由于不为每个呼叫专门分配和保留其所需的带宽，因此提高了带宽的使用效率。

② 物理连接的建立和拆除要有相当高的速度。

③ 在信息发送时才建立真正的连接，因此时延比通常的电路交换要大。

④ 控制复杂，灵活性不足，所以不能得到广泛应用。

### （3）分组交换

分组交换（PS）采用存储转发方式，将用户要传送的信息分成若干组，以减少存储时间。分组交换的主要特点是所有分组都必须沿着事先建立的虚电路传输。这种方法对于数据量

较大的通信来说具有传输率高、分组传输时延小和不容易产生分组丢失等优点，但它存在对网络依赖性大的缺点。分组交换具体分为数据报传输分组交换和虚电路传输分组交换。

数据报传输分组交换：交换网把进网的任一个分组都当做单独的小报文来处理，而不理会它究竟属于哪个报文的分组。作为基本传输单位的“小报文”称为数据报。

虚电路传输分组交换是指两个用户的终端设备在开始互相收发数据之前需要通过通信网络建立逻辑上的连接，这种连接直至用户不需要收发数据时才被清除。

#### (4) 帧交换

帧交换 (FS) 基于 X.25 协议，只有下面两层，没有第三层，所以加快了处理速度。通常在第三层上传输的数据单元称为分组，在第二层上传输的数据单元称为帧 (Frame)，在数据链路上以简化的方式来传输和交换数据单元。

#### (5) 快速分组交换

快速分组交换 (FPS) 可以理解为尽量简化协议，只具有核心网络功能，这种交换方式可以提供高速、高吞吐量和低时延的服务。FPS 包含帧中继 (FR) 和信源中继 (CR) 两种交换方式。

#### (6) ATM

ATM(异步传送模式)是 ITU-T 确定用于宽带综合业务数字网 (B-ISDN) 的复用、传输和交换模式技术。ATM 在综合了电路交换和分组交换优点的同时，克服了电路交换方式中网络资源利用率低、分组交换方式信息时延大和抖动的缺点，提高了网络的效率。ATM 的传输过程分为建立连接、数据传输和连接终止 3 个阶段。ATM 提供高速、高服务质量的信息交换，灵活的带宽分配及适应从很低速率到很高速率的带宽业务。

#### (7) 移动通信交换

移动通信的范围很广，如陆地移动通信系统 (PLMN)、卫星移动通信系统和小灵通电话系统等。目前的 PLMN 的核心网主要采用电路交换，随着网络的不断升级也可采用 ATM，也可采用软交换或 ISM (IP 多媒体子系统)。蜂窝移动通信系统主要采用 FDMA (频分复用多址)、TDMA (时分复用多址) 和 CDMA (码分复用多址) 等技术。

#### (8) IP 交换

随着网络通信业务从电话、数据向视频、多媒体等宽带业务方向发展，人们迫切需要一种具有足够宽频带和高交换速率的传输交换网络。但一直以来，建设宽带传输交换网的核心技术存在两个发展方向：一个是计算机界推崇的 IP 网络技术，另一个是电信界所倡导的 ATM 技术。将第二层的 ATM 高速交换技术与第三层的 IP 路由技术的优点结合起来，就形成了 IP 交换技术。目前，有各种基于 IP 的交换技术，如 MPLS (多协议标签交换)，ATM 网上运行 IP (IPOA)、局域网仿真 (LANE) 以及 ATM 上的多协议 (MPOA) 等。

#### (9) MPLS

在标签交换的基础上发展起来的 MPLS (多协议标签交换)，既具有 ATM 的高速性能，又具有 IP 的灵活性和可扩充性，可以在同一网络中同时提供 ATM 和 IP 业务。利用 ATM 传送 IP 是目前公用骨干网上最适用的技术方案之一。MPLS 已成为业界普遍看好的下一代 IP 骨干网技术。

#### (10) 软交换

人们将软交换 (SS) 概念引入到下一代交换网络 (NGN) 中。软交换技术是一种分布的软件系统，可以基于各种不同技术、协议和设备，在网络环境之间提供无缝的互操作功能。软

交换技术通过相应的协议控制或通信规程支持 IP PBX 和 IP 电话,同时它还具有网关处理能力。软交换设备是下一代分组网络的核心设备,它独立于网络,主要完成呼叫控制、资源分配、协议处理等功能,可以提供包括现在电路交换机所提供的全部业务和其他新的业务。

#### (11) IMS

IP 多媒体子系统体系 (IMS) 结构设计利用了软交换技术,实现了业务与控制相分离、呼叫控制与媒体传输相分离。IMS 虽然是 3GPP 为了移动用户接入多媒体服务而开发的系统,但由于它全面融合了 IP 域的技术,并在开发阶段就和其他组织进行密切合作,使得 IMS 实际已经不仅仅局限于只为移动用户进行服务。

#### (12) 光交换

经过多年的广泛研究,WDM(波分复用)技术在光网络中日趋成熟,全光交叉连接设备(OXC)和全光分插复用设备(OADM)已经达到了实用的程度,光信号可以根据其波长直接在光网络中确定路由,而不需要进行光—电—光的转换。ASON(自动交换光网络)将 IP 传输网的智能性和 WDM 光网络的宽带有机地结合在了一起。现在商用单波光纤的传输容量可以达到 10Gbps 以上,如果采用光复用技术,一根光纤的传送容量至少可以达到 2000Gbps 以上,这就为人们研究全光交换网络技术带来了极大的诱惑。目前用到的技术有波分光交换、时分光交换、自由空间光交换及混合光交换等。


### 1.2.2 交换技术的发展趋势

交换机以提供单一的语音业务为主逐步向提供数据业务为主过渡,以硬件为主逐步向以软件为主过渡,以电路交换为主逐步向以分组交换(含软交换等)为主过渡,以支持窄带业务为主的电话网逐步向以支持宽带业务为主的综合业务数字网过渡。


面向 IP 交换的各种产品将日益增多,高度融合的 IP 交换网络的功能将日益显现出来。

## 习 题

- 1-1 简述交换机的基本结构和功能。
- 1-2 目前,通信网上都有哪些主要的交换技术?电路交换技术具有哪些特点?
- 1-3 浅谈电话交换机的主要分类和交换技术的发展趋势。



## 第 2 章



### 交换基础

- ② 保密性强。语音信号数字化后，在通信设备中很容易处理和加密，以提高信号的安全性。
- ③ 随着现代科技的发展，数字化的语音信号便于采用新型的大规模和超大规模集成电路，使设备更加小型化、轻型化，使成本不断下降。
- ④ 语音和非语音数字化信号更适合纳入综合业务数字网，以适应新的技术设备。

当然，数字信号也有一些负面影响，由于目前终端设备（如电话机）大部分都是模拟的，所以在交换设备中要进行大量的 A/D 转换和 D/A 转换工作，需付出较高的成本。

## 2.1.2 抽样

抽取信号样值的过程称为抽样。通常在相等的时间间隔上进行，即用很窄的矩形脉冲按一定周期读取模拟信号的瞬时值。

### 1. 抽样定理

关于抽样，必须提到的就是抽样定理，因为它是模拟信号数字化的理论基础。抽样定理表明，对某一带宽有限的时间连续信号（模拟信号）进行抽样，且抽样频率达到一定数值时，根据这些抽样值就能准确地确定原信号。

一个频带限制在  $(0, f_H)$  内的时间连续信号，如果以  $T \leq 1/(2f_H)$  的间隔对它进行等间隔抽样，则连续信号  $m(t)$  将被所得到的抽样值完全确定。此定理使用在均匀间隔  $T \leq 1/2f_H$  上给定信号的抽样值来表征信号，所以被称为均匀抽样定理。这意味着当抽样频率  $f_s \geq 2f_H$  时，根据抽样值就能准确地确定原信号。也就是说，若需传输模拟信号，则只传输抽样定理得到的抽样值即可。换句话说，在传输限带连续信号时，只要传送信号的每个抽样值（脉冲）的序列就够了。这个抽样值的幅度等于连续信号在该时刻的瞬时值，而抽样频率  $f_s$  至少等于所传输信号频率的 2 倍。

抽样定理说明：

- ① 连续信号必须有最高频率  $f_m$ ， $f_m$  是有限值。
- ② 抽样频率不得低于  $2f_m$ ，即  $f_s \geq 2f_m$ ，也就是抽样间隔不得大于  $1/(2f_m)$ 。

模拟信号的抽样过程如图 2.1 所示，模拟信号  $m(t)$  经过抽样信号  $\delta_T(t)$ （其周期为  $T$ ）抽样  $m(t) \times \delta_T(t)$ ，就可得到抽样信号  $m_s(t)$ 。以下对其过程做一简单的证明。

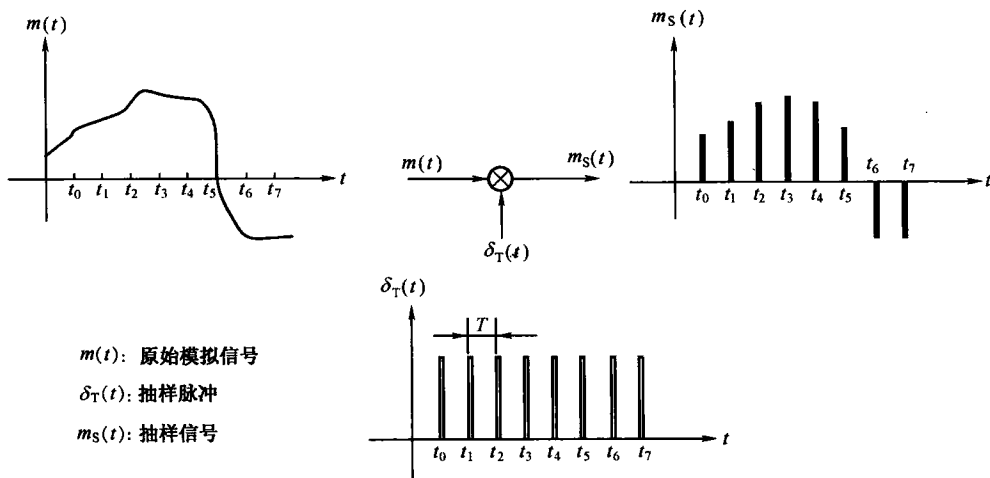


图 2.1 模拟信号的抽样过程

假设  $m(t)$  是一个频带限制在  $(0, f_H)$  内的模拟信号, 将信号  $m(t)$  和周期性冲激函数  $\delta_T(t)$  相乘, 如图 2.2 所示, 乘积函数  $m_S(t)$  便是均匀间隔为  $T$  的冲激序列。这些冲激的强度等于相应瞬间上  $m(t)$  的值, 它表示对函数  $m(t)$  的抽样, 这里用  $m_S(t)$  表示此抽样函数, 表示为

$$m_S(t) = m(t) \delta_T(t) \quad (2-1)$$

既然是从频率的角度来讨论问题, 就必须通过傅里叶变换, 将以时间  $t$  为变量的函数转换为以频率  $\omega$  为变量的函数。假定  $m(t)$ 、 $\delta_T(t)$ 、 $m_S(t)$  的频谱分别为  $M(\omega)$ 、 $\delta_T(\omega)$ 、 $M_S(\omega)$ 。按照频率卷积定理,  $m(t) \delta_T(t)$  的傅里叶变换是  $M(\omega)$  和  $\delta_T(\omega)$  的卷积, 表示为

$$M_S(\omega) = \frac{1}{2\pi} [M(\omega) \times \delta_T(\omega)] \quad (2-2)$$

因为  $\delta_T(\omega) = \frac{2\pi}{\omega_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_s)$ , 且  $\omega_s = \frac{2\pi}{T}$ , 所以

$$M_S(\omega) = \frac{1}{T} \left[ M(\omega) \times \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_s) \right]$$

又因为卷积关系式  $F(\omega) \times \delta(\omega - \omega_0) = F(\omega - \omega_0)$ , 所以上式可写为

$$M_S(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(\omega - n\omega_s) \quad (2-3)$$

式 (2-3) 表明, 已抽样信号  $m_S(t)$  的频谱  $M_S(\omega)$  是由无穷多个间隔为  $\omega_s$  的  $M(\omega)$  相叠加而成的。这就意味着  $M_S(\omega)$  中包含  $M(\omega)$  的全部信息。

以上讨论只限于频带有限的信号。严格地说, 频带有限的信号并不存在, 如果信号存在于时间的有限区间, 它就包含无限频率分量。但是, 实际上对于所有信号, 频谱密度函数在较高频率上都要减小, 大部分能量由一定频率范围内的分量所携带。因而在所有实用的意义上, 信号可以被认为是频带有限的, 高频分量所引入的误差可以忽略不计。

上面讨论了低通型连续信号的抽样。对于带通信号, 经分析可得: 当带通信号的最高频率  $f_H$  是带宽  $B$  的整数倍时, 其最小抽样频率为  $2B$ ; 当最高频率不一定为带宽的整数倍时, 其最小抽样频率为

$$f_s = 2B \left( 1 + \frac{k}{n} \right)$$

由此还可以得到的结论是, 实际中广泛应用的窄带 (带宽为  $B$ ) 高频信号, 其抽样频率近似等于  $2B$ 。

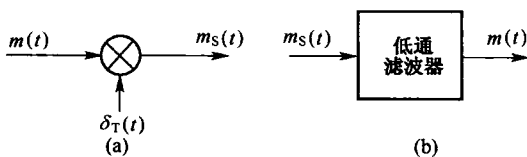


图 2.2 抽样与恢复



## 2. 抽样频率

最低抽样频率  $f_s=2f_H$  被称为奈奎斯特频率。实用中的抽样频率则高于奈奎斯特频率，以使抽样信号频谱的各次边带间有足够的间隔，从而使收端所使用的低通滤波器留有一定的过渡带。对 300~3400Hz 范围内的电话信号，其奈奎斯特频率为 6.8kHz，通常使用的抽样频率为 8kHz。

## 3. 抽样脉冲宽度

抽样定理只对抽样频率的最低值有限制，而对抽样脉冲的宽度没有限制。在一个抽样周期内，每路样值仅占一个很小的宽度，余下的时间完全可以安排其他路的信号样值，这就有可能实现时分多路复用 (TDM)。

理论上可以使抽样脉冲宽度趋于 0，这种情况称为理想抽样。理论上此时可以安排无限多路的 TDM 信号，但这时要传送抽样后的信号，就需要有无限宽频带的脉冲振幅调制 (PAM) 通道，这是不现实的。当抽样脉冲宽度不可忽略时，可降低对 PAM 通道宽度的要求，但这样一来在抽样周期内可传送的路数也随之减少。通常根据需要的和实现的难易程度来选定抽样脉冲宽度。

### 2.1.3 脉冲振幅调制

以时间离散的脉冲串作为载波，用基带信号去改变脉冲的某些参数的调制称为脉冲调制。按基带信号改变脉冲的某些参数（如幅度、宽度等）的不同，脉冲调制可分为脉冲振幅调制 (PAM)、脉冲宽度调制 (PDM) 和脉冲位置调制 (PPM) 等。而 PAM 是脉冲编码调制的基础，简称为脉幅调制。

所谓 PAM，即脉冲载波的幅度随基带信号变化而变化的一种调制方式。如果脉冲载波是由冲激脉冲组成的，则符合前面所说的抽样定理中的脉幅调制原理。但是，实际上真正意义的冲激脉冲并不能实现，而通常只能采用窄脉冲串来实现。

在 PAM 方式中，有两种抽样形式：一种是“曲顶”的脉冲调幅；另一种是“平顶”的脉冲调幅。通常，把曲顶的抽样方法称为自然抽样，它所得到的已抽样信号的脉冲顶部是随  $m(t)$  变化而变化的，即在顶部保持了  $m(t)$  变化的规律。把平顶的抽样方法称为瞬时抽样或平顶抽样，它所得到的已抽样信号的每一个抽样脉冲的幅度都正比于抽样值，但它们的形状都相同。

### 2.1.4 抽样信号量化

利用预先规定的有限个电平来表示每一个模拟抽样值的过程叫做量化。抽样是把一个连续的信号变换成时间离散的信号，而量化则是将取值连续的抽样变成取值离散的抽样。量化分为均匀量化和非均匀量化。

#### 1. 均匀量化

把输入信号的取值域按相等距离分割的量化称为均匀量化。在均匀量化中，每个量化区间的量化电平均取在各区间的中点，其量化间隔  $\Delta v$  取决于输入信号的变化范围和量化电平数。若输入信号的最小值和最大值分别用  $a$  和  $A$  表示，量化电平数为  $M$ ，那么均匀量化时的量化间隔为