

XianDai TongXin JiaoHuan JiShu

现代通信交换技术

马虹 编著

COMMUNICATION



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

最新对地文探网图版，最新对地文探网图版，最新对地文探网图版

现代通信交换技术

马虹 编著

随着科学技术的飞速发展，通信网从点到点，数据通信日益普及，网络结构和用户数量上，我国电话网、数据网、有线电视网、移动通信网等，都取得了长足的进步。1876年，贝尔发明了电话，开创了通信网的新纪元。随着科学技术的飞速发展，通信网从点到点，数据通信日益普及，网络结构和用户数量上，我国电话网、数据网、有线电视网、移动通信网等，都取得了长足的进步。1876年，贝尔发明了电话，开创了通信网的新纪元。随着科学技术的飞速发展，通信网从点到点，数据通信日益普及，网络结构和用户数量上，我国电话网、数据网、有线电视网、移动通信网等，都取得了长足的进步。1876年，贝尔发明了电话，开创了通信网的新纪元。

本书共分10章，主要讲述程控交换机的基本工作原理，第1章绪论，第2章数字交换原理与数字交换网，第3章呼叫处理与存储程序控制原理，第4章信令系统，第5章程控交换机的组成，第6章数字程控交换网工程，第7章程控交换技术及应用，第8章时隙交换技术，第9章软交换技术，第10章程控交换网。

本书许多内容源于编者多年从事教学和通信工程实践的经验，参编人员大多具有教学和工程实践背景。为了适应高等院校教学和改革之急需，编写过程中采用任务驱动和项目制教学的方法，力求做到内容完整，突出可操作性，以便读者理解、查阅。

本书由马虹编著，并负责全书的统稿和校对工作；第1章由马虹编写，第2-10章由马虹编写。全书由马虹统稿。马虹，北京邮电大学通信工程学院教授，长期从事通信工程教学和科研工作，主持多项科研项目，发表多篇论文，出版多部著作。

需要说明的是，由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。本书可作为高等院校通信工程专业及相关专业的教材，也可供从事通信工程工作的工程技术人员参考。



机械工业出版社

北京 2009年10月第1版第1次印刷

随着我国通信事业的发展, 通信网络发展迅猛。通信网络交换技术是通信网络核心技术之一。

本书共分 10 章, 以工程实践为背景, 采用任务驱动为引导, 分项目实施的方式编写和组织内容, 全面讲述了现代通信网络交换技术的方法和工程运用。

第 1~6 章介绍了数字程控交换的基本概念、交换模块、呼叫处理与存储程序控制、信令系统、软硬件组成、网络工程等内容, 第 7~10 章以每章一个专题的形式介绍了分组交换、光交换、软交换、智能网方面的知识。

本书内容丰富, 资料翔实, 语言通俗流畅, 工程实践性强, 书中配有大量插图和表格, 帮助读者形象直观地理解, 每章后均附有习题, 任务驱动项目便于教师组织实施综合实训。本书适合高职院校通信类高年级学生使用, 也可供一般从事通信工程技术和管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信交换技术/马虹编著. —北京: 机械工业出版社, 2010. 2
ISBN 978-7-111-29614-0

I. 现… II. 马… III. 通信交换 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 013321 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 朱林 责任编辑: 朱林 版式设计: 张世琴
封面设计: 陈沛 责任校对: 李秋荣 责任印制: 乔宇
北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 19 印张 · 468 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-29614-0

定价: 39.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面防伪标均为盗版

4.1 信令的基本概念	89
4.2 信令的分类	90
4.3 用户信令	92
4.3.1 用户状态信令	92

分项工程检验批质	
量验收	166
数字程控交换机工程	170
程控用户交换机网工程设计	170

前 言

随着科学技术的发展和人类信息化的需求,通信技术日新月异,通信产业目前已成为一个国家的重要经济支柱之一。我国进入 20 世纪 90 年代以后,通信产业一直呈高速增长态势,固定电话网规模迅速扩大,移动网从无到有,数据通信日益普及。目前在网络规模和用户数量上,我国都已跻身世界前列。

1876 年,贝尔进一步发展了电报技术,发明了电话。他发现不仅消息能被转换为电信号,声音也能直接被转换为电信号,然后由一条电压连续变化的导线传输出去。在导线的另一端,电信号被重新转换为声音。这一伟大的发现诞生了通信业。由于人类对通信的迫切需求和科学技术的强力推动,特别是计算机和数字处理技术的快速发展,电话通信也发生了质的飞跃,程控交换机的应用就是典型代表。程控数字交换机能够将程控、时分、数字技术融合在一起。由于程控优于布控,时分优于空分,数字优于模拟,所以时分程控数字交换机得到了极大发展。

本书前 6 章主要讲述程控交换网的基本概念和工程运用,后 4 章讲述有线网交换技术未来发展的几种类型。具体为:第 1 章绪论,第 2 章数字交换原理与数字交换网,第 3 章呼叫处理与存储程序控制原理,第 4 章信令系统,第 5 章程控交换机的结构,第 6 章数字程控交换网工程,第 7 章分组交换技术及应用,第 8 章光交换技术,第 9 章软交换技术,第 10 章智能网。

本书许多内容源于编者多年从事教学和通信工程实践的资料、经验和体会,参编人员大多都具有教学和工程实践背景。为了适应高职院校教学和改革之急需,编写过程中采用任务驱动和分项目训练的方式。全书共有 10 个任务,23 个分项目,内容循序渐进,尽量保持叙述内容的完整性,突出可操作性、实践性和实用性。书中配有图表和习题,书后配有附录,以便读者理解、查阅。

本书由马虹编著,并负责 1、5、6、7、8、9、10 章的编写;第 2 章由北京电子科技职业学院的韩伟老师编写;第 3、4 章由天津电子信息职业技术学院的孙小红老师编写。丁龙刚老师通读了全书并提出了许多有益建议。编者同时查阅并引用了大量资料,在此,对所内容的作者一并深表感谢。

需要说明的是,鉴于课程时数和教材字数所限,本书只对一般交换技术的内容作了简单介绍,不可能面面俱到,也无法深入。需要进一步了解和掌握的读者可以根据实际需要和本书的提示查找相关资料。由于本书后 5 章相对独立,所以教学中也可针对需要进行适当取舍。有关任务驱动项目的设备、实验装置及电路等主要以中兴 HJD04-RM 和 S1240 以及上海贝尔阿尔卡特 SSU12A 数字程控交换机、南京秦泰科技通信实验箱为依据,教学中可根据实际情况进行选用。

由于本书涉及的内容广泛,加之时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不足,恳请读者批评指正。

为了配合教学,本书免费提供电子教案及相关教学资源,读者可与编辑朱林联系,联系方式为:010-88379045 或 zlhfc@yahoo.com.cn。

编 者

2009 年 11 月于南京

目 录

前言	2.3.4 STS 交换网	39
任务驱动项目一：通信网交换技术	2.3.5 其他类型的交换网	41
基础	2.3.6 数字交换网用芯片及其应用	43
分项目训练一：掌握交换技术基本知识	2.4 串/并变换原理及应用	44
分项目训练二：了解交换方式	习题二	45
分项目训练三：了解电话交换网及其发展	任务驱动项目三：呼叫处理过程与系统配置	47
第1章 绪论	分项目训练七：HJD04-RM 呼叫处理过程观察及测试	47
1.1 交换技术概述	分项目训练八：程控交换机的系统配置	48
1.1.1 交换的基本概念	第3章 呼叫处理与存储程序控制原理	52
1.1.2 交换系统的基本功能	3.1 呼叫接续的处理过程	52
1.2 交换方式	3.2 输入处理	55
1.3 电话交换网基本知识	3.2.1 用户线扫描及呼叫识别	56
1.3.1 话务基本知识	3.2.2 接收脉冲话机的拨号号码	59
1.3.2 网络阻塞的概念	3.2.3 按钮话机拨号号码的接收	62
1.3.3 BHCA 的测量	3.3 分析处理	64
习题一	3.3.1 去话分析	65
任务驱动项目二：交换网模块研究	3.3.2 号码分析	66
分项目训练四：PCM 编译码电路识别	3.3.3 来话分析	67
分项目训练五：空分交换网实例分析	3.3.4 状态分析	68
分项目训练六：时分交换网实例分析	3.4 任务执行和输出处理	69
第2章 数字交换原理与数字交换网	3.4.1 任务执行	70
2.1 PCM 系统	3.4.2 输出处理	70
2.2 数字交换原理	习题三	71
2.2.1 时隙交换的基本概念	任务驱动项目四：信令产生与测试	73
2.2.2 T 接线器和 S 接线器	分项目训练九：用户线信令	73
2.3 数字交换网	分项目训练十：信令的数据配置	77
2.3.1 TT 二级时分交换网	分项目训练十一：No. 7 信令系统配置	82
2.3.2 TTT 三级时分交换网	分项目训练十二：HJD04-RM 交换机信号系统	87
2.3.3 TST 交换网	第4章 信令系统	89

4.1 信令的基本概念	89	分项目工程检验批质	
4.2 信令的分类	90	量验收	166
4.3 用户信令	92	第6章 数字程控交换网工程	170
4.3.1 用户状态信令	92	6.1 程控用户交换机网工程设计	170
4.3.2 地址信令	92	6.1.1 程控用户交换机的选型原则	170
4.3.3 各种信号音	93	6.1.2 电话网的编号方案	170
4.4 随路信令	94	6.1.3 用户交换机工程设计的内容	175
4.4.1 随路信令的传输方式	94	6.1.4 用户交换机的调试、验收和开	
4.4.2 线路信令	95	通	176
4.4.3 多频记发器信令	99	6.1.5 机房与电源设计	177
4.5 公共信道信令	101	6.1.6 用户交换机进网要求	178
习题四	102	6.2 程控交换网工程	181
任务驱动项目五：程控交换机的硬件		6.2.1 程控交换机阶段验收测试	181
识别与软件测试	104	6.2.2 现场安装调试验收及开通	182
分项目训练十三：计费设置	104	习题六	191
分项目训练十四：程控交换机的		任务驱动项目七：数据交换网设备	192
维护	110	分项目训练十八：联机设置	192
分项目训练十五：阿尔卡特 SSU12AL		第7章 分组交换技术及应用	201
程控交换机故障处		7.1 概述	201
理	118	7.1.1 分组交换的基本概念	201
第5章 程控交换机的结构	124	7.1.2 分组交换提供的业务	202
5.1 程控交换机系统概述	124	7.1.3 分组交换系统指标体系	202
5.1.1 程控交换机的硬件系统	124	7.2 分组交换关键技术	202
5.1.2 程控交换机的软件系统	125	7.2.1 逻辑信道	202
5.2 程控交换机的话路与控制		7.2.2 虚电路	203
设备	126	7.2.3 数据报	204
5.2.1 话路设备	126	7.3 ATM 交换技术	204
5.2.2 控制系统	128	7.3.1 ATM 的基本概念和工作原理	204
5.3 程控交换机核心硬件简介	129	7.3.2 ATM 交换实现技术	209
5.3.1 主处理机	130	7.4 IP 交换	212
5.3.2 子处理机及其他接口电路	133	7.4.1 IP 交换基本概念	212
5.4 程控交换机的软件技术	152	7.4.2 IP 交换机工作原理	213
5.4.1 程控交换机的软件组成	152	7.4.3 IP 交换协议	213
5.4.2 程序的执行与管理	154	习题七	215
习题五	156	任务驱动项目八：光纤网络与工程	217
任务驱动项目六：程控交换机分项目		分项目训练十九：光缆敷设及光纤	
工程实施与验收	157	熔接	217
分项目训练十六：交换机柜机的		分项目训练二十：光交换器件	219
安装	157	第8章 光交换技术	223
分项目训练十七：程控电话交换系统		8.1 概述	223
		8.1.1 光交换基本概念	223

8.1.2 光交换类型	224	9.4.1 软交换的基本功能	262
8.2 光交换基本器件	224	9.4.2 软交换软件的系统功能	262
8.2.1 光开关	224	9.4.3 软交换软件的系统性能要求	265
8.2.2 波长转换器	227	9.5 软交换网面临的挑战	265
8.2.3 光存储器	228	9.6 软交换技术的应用	267
8.2.4 光调制器	228	9.6.1 软交换技术的基本应用	267
8.2.5 光滤波器	228	9.6.2 中兴公司软交换体系结构	271
8.3 光交换原理	229	习题九	272
8.3.1 光电路交换	229	任务驱动项目十：智能网实务	274
8.3.2 光分组交换	234	分项目训练二十三：实用智能网业	
8.3.3 光突发交换	237	务	274
8.4 自动交换光网络	240	第10章 智能网	276
习题八	242	10.1 智能网概述	276
任务驱动项目九：软交换及其实现	244	10.1.1 智能网的产生背景与发展历	
分项目训练二十一：熟悉软交换基		程	276
本网络管理功		10.1.2 智能网特点	278
能	244	10.2 智能网体系结构	279
分项目训练二十二：软交换测试	246	10.2.1 智能网概念模型	279
第9章 软交换技术	252	10.2.2 智能网的功能部件	280
9.1 软交换技术概况以及同IMS的		10.2.3 智能网的目标	281
关系	252	10.3 智能网业务	282
9.2 软交换产生的背景及特点	252	10.4 宽带智能网及其关键技术	284
9.3 软交换解决方案	254	10.4.1 宽带智能网	284
9.3.1 软交换技术设计思想	255	10.4.2 宽带智能网的问题	286
9.3.2 信令和通信协议不可知论	256	习题十	286
9.3.3 基于软交换技术的网络结构	257	附录 典型程控交换机介绍	288
9.3.4 软交换与现有电话网的比较	261	参考文献	296
9.4 软交换实现的主要功能	262		

1) 电路交换的原理及优缺点。

2) 分组交换的原理与优点。

3) 了解光交换和软交换技术的基本概念。

4) 了解光交换和软交换技术的基本概念。

4. 要求

分项目训练一：掌握交换技术基本知识

1) 掌握交换技术的基本概念。

1. 目的

1) 掌握交换技术的基本概念。

2) 了解交换系统的基本功能。

3) 初步建立通信网的概念。

2. 知识储备

通信网是由交换设备、传输设备、传输线路、用户终端设备等组成的，而其中的交换设备是极其重要的组成部分。在通信网中，交换就是在通信源和目的终端之间建立通话信道，实现通话信息传送的过程。引入交换节点后，用户终端只需要一对线与交换机相连，节省了线路投资，组网灵活方便。用户间通过交换设备连接方式使多个终端的通信成为可能。

交换设备是构成通信网的核心要素，它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配，实现一个用户终端呼叫和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择和连接，如各种类型的电话交换设备等。

通信网中通信接续的类型，即交换节点需要控制的基本接续类型主要有4种：本局接续、出局接续、入局接续和转接（汇接）接续。

通信网的分类按不同的划分方式有不同的分类方法，如按网络交换技术划分，则有电路交换网、分组交换网、异步转移模式（Asynchronous Transfer Mode, ATM）交换网、多协议标记交换（Multi Protocol Label Switching, MPLS）网、软交换网和光交换网等。

如果以通信网分别完成不同的功能来分，则通信网被划分为3个层次：应用层、业务层、传送层。

3. 项目内容

通过分项目训练需要掌握以下几个方面的内容：

1) 什么是交换？

2) 为什么在通信网中一定要引入交换的功能？

3) 通信网中交换设备究竟完成哪些功能？

4) 通信网如何建立？通信网如何进行分类？

4. 要求

1) 熟悉项目内容，熟悉相关知识点，掌握交换技术所用到的技术名词。

2) 根据个人所了解的一些通信网，谈谈自己对通信网中交换技术的理解。

3) 根据书中所讲述的内容，分析所有的框图，写出分析实训报告。

显然其效率是很低的。从此电话交换技术到光交换技术，其效率越来越高。

(1) 步进制交换机的发明

分项目训练二：了解交换方式

1. 目的

- 1) 了解现代通信网中应用的几种交换方式。
- 2) 熟悉电路交换与分组交换的联系和本质区别。

2. 知识储备

按照不同的交换方法及交换用的媒介，目前通信网中的交换方式主要有电路交换、多速率电路交换、快速电路交换、分组交换、帧交换、帧中继、ATM 交换、IP 交换、光交换和软交换等。

交换机在通信期间提供一条专用电路而不做差错检验和纠正，这种工作方式称为电路交换，是一种实时的交换。传统电话交换网中的交换局，GMN（Global Megamedia Network，全球多媒体网络）数字通信系统的移动交换局、窄带综合业务数字网中的交换局和智能网中的业务交换点使用的均是电路交换技术。

分组交换实质上是在存储—转发基础上发展起来的，它兼有电路交换和报文交换的优点。分组交换在线路上采用动态复用技术，传送时按一定长度分割为许多小段的“数据—分组”。每个分组标识后，在一条物理线路上采用动态复用技术，同时传送多个数据分组。把来自用户发送端的数据暂存在交换机的存储器内，接着在网络内转发。到达接收端，再去掉分组头，将各数据字段按顺序重新组合成完整的报文。分组交换比电路交换的电路利用率高，比报文交换的传输时延小、交互性好。

ATM 交换是一种先进交换方式，它既能像电路交换方式一样适用于实时业务连接，又能像分组交换方式一样适用于非实时业务连接，实际上是分组交换方式的一种改进。ATM 以信元为单位进行数字信息的交换与传输。信元具有固定长度，由 5B 的信头和 48B 的信息域，共 53B 组成。任何信息在发送前都必须经过分割、封装成统一格式的信元，在接收端完成相反操作，以恢复数据原来的形式。通信过程中信息信元的再现，取决于信息要求的数据传输速率（可称比特率）或信息瞬间的比特率。

IP 交换是 Ipsilon 公司提出的专门用在 ATM 网上传送 IP 分组的技术，其目的是使 IP 更快并能确保业务质量上的支持。IP 交换技术打算抛弃面向连接的 ATM 软件，而在 ATM 硬件的基础之上直接实现无连接的 IP 选路。这种方法旨在同时获得无连接 IP 的强壮性以及 ATM 交换的高速、大容量的优点。

软交换是网络演进以及下一代分组网络的核心设备之一，它独立于传送网络，主要完成呼叫控制、资源分配、协议处理、路由、认证、计费等主要功能；同时可以向用户提供现有电路交换机所能提供的所有业务，并向第三方提供可编程能力。软交换是包括媒体/接入层、传输层、控制层、业务/应用层的一种体系结构。

光交换技术是一种光纤通信技术，是指不经过任何光/电转换，在光域直接将输入的光信号交换到不同的输出端。光交换技术可分成光路光交换和分组光交换两种类型，国际上现有的分组光交换单元还要由电信号来控制，即所谓的电控光交换。随着光器件技术的发展，光交换技术的最终发展趋势将是光控光交换。

3. 项目内容

- 1) 电路交换的原理及优缺点。
- 2) 分组交换的原理与优点。
- 3) 了解 ATM 交换网。
- 4) 了解光交换和软交换技术的基本概念。

4. 要求

- 1) 掌握电路交换基本原理。
- 2) 掌握分组交换及演变。
- 3) 根据项目内容分析电路交换与分组交换的联系与区别，写出实训报告。

分项目训练三：了解电话交换网及其发展

1. 目的

- 1) 掌握电话交换网的基本知识。
- 2) 了解电话交换网的发展历史。

2. 知识储备

话务量又称为话务负荷或电话负荷，是反映交换系统话务负荷大小的量，是指从主叫用户出发，经交换网到达被叫用户的话务量。显然，呼叫次数越多，每次呼叫占用的时间越长，交换机的负荷就越重。所以，影响话务量的基本因素是呼叫次数和占用时长，这可用爱尔兰公式来表示。

由于交换系统的话源数远远大于话路数，同时呼叫的发生又是纯随机事件，因此可能出现用户呼叫时，交换系统的 M 条话路全部被占用，在网络中找不到一条空闲出线，致使接续不能建立，从而不能完成通话的情况出现。这是不能避免的事件。为统计该事件发生的情况，需考核交换设备未能完成接续的电话呼叫业务量与用户发出的电话呼叫业务量的比值，称之为呼损。

交换网通常要由多级接线器组成，这些接线器之间的连线称为链路。有空闲的入线和有空闲的出线，由于网络内部的级间链路不通，致使呼叫损失掉的情况称为交换网的内部阻塞。

1837 年，莫尔斯发明了电报。从此，通信领域发生了巨大的变革。这一发明使通过无线电的电脉冲来传递信息成为可能。报文的每一字符被转换为一串或长或短的电脉冲传输出去。1860 年，里斯发现可以把电加在电线上来传送声音。他在电线的一端绑了一个用香肠皮包裹着的软木塞（一个原始传声器），然后把电线缠到编织针上，并在软木塞和编织针之间装上电池。当他把编织针放在小提琴的琴弦上时，每次敲打软木塞，琴弦就会振动。反之，如果拨动小提琴的弦，软木塞也会发出声音。1876 年，贝尔进一步发展了电报技术，发明了电话。他发现不仅消息能被转换为电信号，声音也能直接被转换为电信号，然后由一条电压连续变化的导线传输出去。在导线的另一端，电信号被重新转换为声音。贝尔为他的发明“电报的改进”申请了专利并被誉为电话发明家。1877 年，贝尔又为一个把接收器和传声器装在一起的设备申请了专利。1878 年，出现了人工交换机，它借助话务员进行话务接续，显然其效率是很低的。从此电话交换技术大致经历了以下几个发展阶段。

(1) 步进制交换机的发明

1889年,第一部自动电话交换机由美国一个名叫史端乔的殡仪业者发明,他制作了第一台步进制电话交换机。用户通过电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时代迈入自动化的时代。

(2) 纵横制交换机的发明

1919年,瑞典比图兰得和帕尔格林发明了一种“纵横接线器”的新型选择器,并申请了专利。相对于步进制交换机,纵横制交换机有两方面的重要改进:一是利用由继电器控制的压触式接线器代替滑动摩擦方式触点的步进接线器,从而减少了磨损和杂音,提高了可靠性、接续速度和寿命;二是由直接控制过渡到间接控制方式,用户的拨号脉冲不直接控制接线器动作,而先由记发器接收、存储,然后通过标志器驱动接线器,以完成用户间的接续。

(3) 电子交换机的发明

电子技术尤其是半导体技术的迅速发展,猛烈地冲击着传统的机电式交换结构,使之走向电子化。引入电子技术的交换机,称作电子交换机,电子交换机首先应用于控制设备中。由于当时电子元器件的落差系数(断路和通路电阻比)达不到通话回路中交叉点的要求,所以通话回路的接续仍使用机械触点,因而出现了“半电子交换机”和“准电子交换机”。只有在微电子技术和数字技术进一步发展以后,才开始了全电子交换机的迅速发展。

- 1) 半电子交换机——接续部分使用纵横接线器,控制部分使用电子元器件;
- 2) 准电子交换机——接续部分使用比纵横集线器体积小、速度快的干簧接线器和剩簧接线器,控制部分使用电子元器件;
- 3) 全电子交换机——接续部分和控制部分均使用电子元器件。

(3) 程控交换技术的发展

程控交换机是存储程序控制(Stored Program Control, SPC)交换机的简称。它将用户的信息和交换机的控制、维护管理功能预先编成程序,存储到计算机内。当交换机工作时,控制部分自动监视用户的状态变化和所拨号码,并根据要求执行程序,从而完成各种功能。程控数字交换机的特点是将程控、时分、数字技术融合在一起。由于程控优于布控,时分优于空分,数字优于模拟,所以时分程控数字交换机具有灵活性大、能提供新的服务项目、便于维护管理、可靠性高、通话质量高、体积小、耗电省、便于保密、容易向综合业务数字网(ISDN)方向发展等特点。

3. 项目内容

- 1) 话务量的定义与计算。
- 2) 爱尔兰公式及意义。
- 3) 呼损的概念及意义。
- 4) 电话交换技术的历史与发展。

4. 要求

- 1) 掌握电话交换网定性和定量分析的基本方法。
- 2) 了解电话交换网的历史与发展。
- 3) 根据项目内容能够定量计算电路交换网的有关参数,用自己所学知识系统讲述电话交换技术的历史与发展前景,写出实训报告。

第1章 绪论

1.1 交换技术概述

1.1.1 交换的基本概念

通信的目的是快速而且有效、可靠地传递信息。一个最简单的通信系统是只由两个用户终端和连接这两个终端的传输线路所构成的。这种通信系统所实现的通信方式称为点到点通信方式，如图 1-1 所示。点到点通信方式仅能满足与一个用户终端进行通信的最简单的通信需求。然而，现实的通信是要求在一群用户之间能够实现相互通信，而不是仅仅与一个用户进行通信。现以最多的语音通信的电话为例，用户当然希望能与电话网内任何一个用户在需要时进行通话，这样，最直接的方法就是用通信线路将多个用户终端两两相连，如图 1-2 所示。

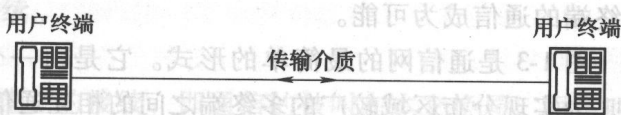


图 1-1 点到点通信方式

在图 1-2 中，6 个电话终端通过传输线路两两互连，实现了任意终端之间的相互通话。由此可知，当用这种互连方式进行通信且用户终端数为 6 时，每个用户要使用 5 条通信线路，将自己的电话机分别与另外的 5 个电话机相连。此外，每个电话机还需配备一个 5 选 1 的多路选择开关，根据通话的需要选择与不同电话机相连，以实现两两通话。若不使用多路选择开关，则每个用户就要使用 5 个电话终端实现与任意终端的通话。

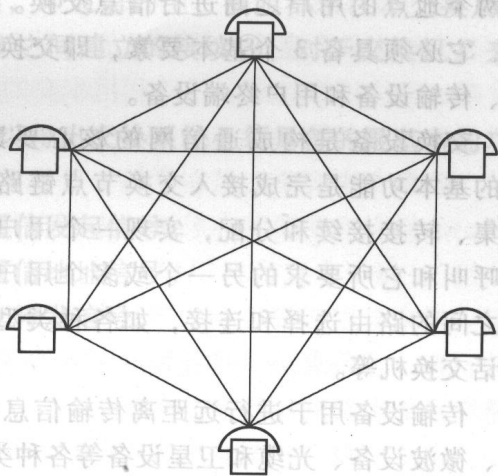


图 1-2 两两互连的电话通信

两两互连通话连接方式的特点如下：

- 1) 若用户终端数为 N ，则两两相连所需的线对数 $CN_2 = N(N-1)/2$ 。
 - 2) 每个用户终端需要配置一个 $(N-1)$ 路的选择开关。
- 例如，有 100 个用户要实现任意用户之间相互通话，采用两两互连的方式，终端数 $N = 100$ ，则需要的线对数 $CN_2 = N(N-1)/2 = 100 \times (100-1)/2 = 4950$ (条)，而且每个用户终端需要配置一个 99 路的选择开关。

由上述实例可知，这种方式有如下缺点：

- 1) 两两互连所需的线对数的数量很大，线路浪费大，投资大，非常不经济。
- 2) 要配置多路选择开关，而且主、被叫终端之间需要复杂的开关控制以及控制协调。
- 3) 增加一个用户终端的操作非常复杂。

因此,当用户终端数 N 较大时,采用这种方式实现多个用户之间的通信是不现实的,无法实用化。

为此,要实现多个终端之间的通信,引入了交换节点。有了交换节点,各个用户终端不再是两两互连,而是分别经由一条通信线路连接到交换节点上,如图 1-3 所示。该交换节点就是通常所说的交换设备(交换机),完成交换的功能。在通信网中,交换就是在通信源和目的终端之间建立通话信道,实现通话信息传送过程。引入交换节点后,用户终端只需要一对线与交换机相连,节省了线路投资,组网灵活方便。用户间通过交换设备连接方式使多个终端的通信成为可能。

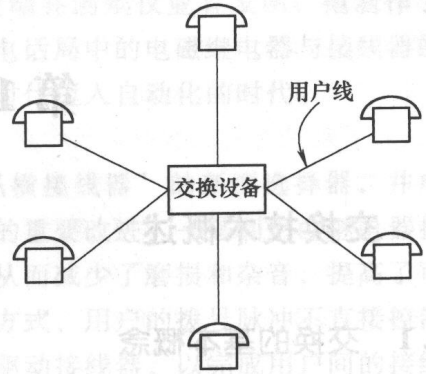


图 1-3 引入交换节点的多终端通信网

图 1-3 是通信网的最简单的形式。它是由一个交换节点组成的通信网。而在实际应用中,为实现分布区域较广的多终端之间的相互通信,通信网往往由多个交换节点构成。这些交换节点之间或直接连接,或通过汇接交换节点相连,通过多种多样的组网方式,构成覆盖区域广泛的通信网络。图 1-4 所示的就是由多个交换节点构成的通信网。

通信的基本目标就是在任何时刻使任何两个地点的用户之间进行信息交换。因此,它必须具备 3 个基本要素,即交换设备、传输设备和用户终端设备。

交换设备是构成通信网的核心要素,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配,实现一个用户终端呼叫和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择和连接,如各种类型的电话交换机等。

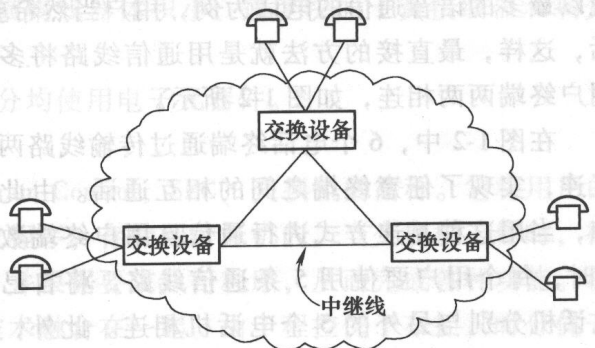


图 1-4 由多个交换节点构成的通信网

传输设备用于进行远距离传输信息(语音信号),如包括最简单的金属线对、载波设备、微波设备、光缆和卫星设备等各种类型的传输设备。

用户终端设备是用户与通信网之间的接口设备,具备将待传送的信息与在传输链路上传送的信息进行相互转换的功能。在发送端,将信源产生的信息转换成适合于在传输链路上传送的信号;而在接收端完成相反的交流。将信号与传输链路相匹配,由信号处理设备完成。这其中,用来完成一系列通信网络控制功能的信令信号的产生和识别,也是非常重要的部分。

这 3 个基本要素缺一不可。例如,在电话通信网中,电话交换机起着枢纽的作用,构成通信网中的各级节点。若没有电话交换机就不可能组成电话通信网,也不会出现一个电话用户可以随时同世界上任何地方的另一个电话用户进行通话的方便环境。

1.1.2 交换系统的基本功能

通信网中通信接续的类型,即交换节点需要控制的基本接续类型主要有 4 种:本局接

续、出局接续、入局接续和转接（汇接）接续，如图 1-5 所示。

(1) 本局接续

本局接续是只在本局用户之间建立的接续，即通信的主、被叫都在同一个交换局。如图 1-5 中的交换机 A 的两个用户 A 和 B 之间建立的接续①就是本局接续。

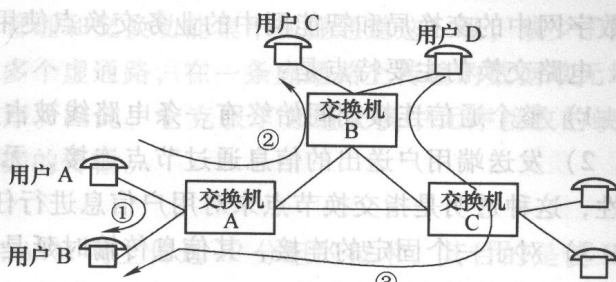


图 1-5 交换系统的接续类型

(2) 出局接续

出局接续是主叫用户线与出中继线之间建立的接续，即通信的主叫在本交换局，而被叫在另一个交换局，如图 1-5 中交换机 A 的用户 A 与交换机 B 的用户 C 之间建立的接续②，对于交换机 A 来说就是出局接续。

(3) 入局接续

入局接续是被叫用户线与入中继线之间建立的接续，即通信的被叫在本交换局，而主叫在另一个交换局，如图 1-5 中交换机 A 的用户 A 与交换机 B 的用户 C 之间建立的接续②，对于交换机 B 来说就是入局接续。

(4) 转接（汇接）接续

转接接续是入中继线与出中继线之间建立的接续，即通信的主、被叫都不在本交换局，如图 1-5 中的交换机 B 的用户 D 与交换机 A 的用户 B 之间建立的接续③，对于交换机 C 来说就是转接接续。

通过分析交换系统所要完成的 4 种接续类型，可以得出交换系统必须具备的最基本的功能是：

- 1) 能正确识别和接收从用户线或中继线发来的通信发起信号。
- 2) 能正确接收和分析从用户线或中继线发来的通信地址信号。
- 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) 能控制连接的建立与拆除。
- 5) 能控制资源的分配与释放。

1.2 交换方式

按照不同的交换方法及交换所用的媒介，目前通信网中的交换方式主要有电路交换、多速率电路交换、快速电路交换、分组交换、帧交换、帧中继交换、ATM 交换、IP 交换、光交换和软交换等。现对一些主要交换方式加以说明，本书后面的章节将分别深入讲述其基本工作原理。

1. 电路交换

电路交换是最早出现的一种交换方式，也是电话通信使用的交换方式。当用户需要通信时，交换机就在收发终端之间建立一条临时的电路连接。该连接在通信期间始终保持接通，直到通信结束才被释放。交换机所要做的就是将入线和指定出线的开关接通或断开。交换机在通信期间提供一条专用电路而不做差错检验和纠正，这种工作方式称为电路交换，是一种

实时的交换。传统电话交换网中的交换局、GSM 数字通信系统的移动交换局、窄带综合业务数字网中的交换局和智能网中的业务交换点使用的均是电路交换技术。

电路交换的主要特点是：

- 1) 整个通信连接期间始终有一条电路线被占用，信息传输时延小。
- 2) 发送端用户送出的信息通过节点连接，无限制地被传送到接收端，即具有电路的透明性，这种透明是指交换节点未对用户信息进行任何修正或解释。
- 3) 对于一个固定的连接，其信息传输时延是固定的。

电路交换的主要缺点是：

- 1) 所分配的带宽是固定的，造成网络资源的利用率降低，不适合突发业务传送。
- 2) 通信的传输通路是专用的，即使在无信息传送时他人也不能利用。因此，采用电路交换进行数据通信时，其效率较低。
- 3) 通信双方在信息传输速率、编码格式、同步方式、通信规程等方面要完全兼容，这使不同传输速率和不同通信协议之间的用户无法接通。
- 4) 由于通信线路的固定分配与占用方式会影响其他用户的再呼入，因此会造成线路利用率低。

电路交换适合于电话交换、文件传送、高速率传真业务使用，但它不适合突发业务和对差错敏感的数据业务使用。

2. 分组交换

分组交换是适应计算机通信的需求而发展起来的一种先进的通信技术，具有信息传输质量高、网络可靠性高和线路利用率高的特点，有利于不同类型终端间的相互通信，并提供高质量的灵活的数据通信业务。

分组交换实质上是在存储—转发基础上发展起来的，它兼有电路交换和报文交换的优点。分组交换在线路上采用动态复用技术，传送时按一定长度分割为许多小段的“数据—分组”。每个分组经标识后，在一条物理线路上采用动态复用技术，同时传送多个数据分组。把来自用户发送端的数据暂存在交换机的存储器内，接着在通信网内转发。到达接收端，再去掉分组头，将各数据字段按顺序重新装配成完整的报文。这就决定了分组交换比电路交换的电路利用率要高得多。

分组交换方式减少了节点的存储量，构成完整消息的各分组信息可以以分组为单位，独立地进行交换，然后通过不同路由传输到目的地。分组交换是报文交换的一种特殊形式，出于组网与存储上的考虑，可以应用虚拟电路交换技术。

3. ATM 交换

ATM 交换是一种先进交换方式，既能像电路交换方式一样适用于实时业务连接，又能像分组交换方式一样适用于非实时业务连接，实际上，它是分组交换方式的一种改进。ATM 以信元为单位进行数字信息的交换与传输。信元具有固定长度，由 5B 的信头和 48B 的信息域，共 53B 组成。任何信息在发送前都必须经过分割、封装成统一格式的信元，在接收端完成相反操作，以恢复数据原来的形式。通信过程中信息信元的再现，取决于信息要求的比特率或信息瞬间的比特率。

ATM 采用了虚连接技术，将逻辑子网和物理子网分离，ATM 首先选择路径，在两个通信实体间建立虚通路（VC），将路由选择与数据转发分开，使传输中间的控制较为简单，解

决了路由选择瓶颈问题。设立虚通道 (VP) 和虚通路 (VC) 两级寻址, 虚通道是由两节点间复用的一组虚通路组成的, 网络的主要管理和交换功能集中在虚通道这一级, 减少了网管和网控的复杂性; 在一条链路上可以建立多个虚通路, 在一条虚通路上传输的数据单元均在相同的物理线路上传输, 且保持其先后顺序。因此, 它克服了分组交换中无序接收的缺点, 保证了数据的连续性, 更适合于多媒体数据的传输。

4. IP 交换

IP 交换是 Ipsilon 公司提出的专门用在 ATM 网上传送 IP 分组的技术, 其目的是使 IP 更快并能确保业务质量上的支持。IP 交换技术打算抛弃面向连接的 ATM 软件, 而在 ATM 硬件的基础之上直接实现无连接的 IP 选路。这种方法旨在同时获得无连接 IP 的强壮性以及 ATM 交换的高速、大容量的优点。

IP 交换技术就是在 ATM 交换机硬件的基础上附加一个 IP 路由软件及控制交换的驱动器构成的。IP 交换的基础概念是流的概念, 核心是对流进行分类传送。对于持续期长、业务量大的用户数据流在 ATM 硬件中直接进行交换, 因此传输时延小、传输容量大; 而对于持续期短、业务量小、呈突发分布的用户数据则通过 IP 交换控制器中的 IP 路由软件完成转送, 省去了建立虚通路的开销, 提高了效率。

IP 交换的缺点是只支持 IP, 其效率取决于具体的用户业务环境, 适于持续期较长、业务量大的数据传送; 反之则效率将大打折扣。

5. 光交换

光交换技术是一种光纤通信技术, 是指不经过任何光/电转换, 在光域直接将输入的光信号交换到不同的输出端。光交换技术可分成光路光交换和分组光交换两种类型, 国际上现有的分组光交换单元还要由信号来控制, 即所谓的电控光交换。随着光器件技术的发展, 光交换技术的最终发展趋势将是光控光交换。

在带宽需求量迅猛增长的背景下, 光通信技术成为 21 世纪初最具发展潜力的技术。光分组交换技术将成为一项重要的通信技术而得到广泛应用。

6. 软交换

软交换是网络演进以及下一代分组网络的核心设备之一, 它独立于传送网络, 主要完成呼叫控制、资源分配、协议处理、路由、认证、计费等主要功能; 同时可以向用户提供现有电路交换机所能提供的所有业务, 并向第三方提供可编程能力。软交换是包括媒体/接入层、传输层、控制层、业务/应用层的一种体系结构。也就是说, 它是下一代网络的控制功能实体, 为下一个网络具有实时性的业务提供呼叫控制和连接控制功能, 是下一代网络呼叫与控制的核心。

目前软交换主要完成的功能有媒体网关接入功能、呼叫控制功能、业务提供功能、互联互通功能、支持开放的业务/应用接口功能、认证和授权功能、计费功能、资源控制功能和服务质量 (QoS) 管理功能、协议和接口功能等。

1.3 电话交换网基本知识

目前, 我们一般接触最多的还是公用电话交换网 (如 PSTN), 公用电话网大多还是模拟体制, 但其网络交换设备则基本采用数字程控交换技术, 因此, 这里首先介绍一下学习数

字程控交换技术所需要建立的一些基本概念和相关知识,以利于后续课程的学习。

我们已经知道,电话交换机(设备)的基本功能是交换信息。要经济有效地完成交换任务,就要研究电话交换的特点,即用户对电话的要求和使用电话的规律,这样在设计交换系统(交换设备及局间中继线配备数量)时,根据所承受的电话业务量(话务量)及规定的服务质量指标(呼损),做到经济合理地提供给用户满意的服务质量。本节将从理论上对影响交换能力的几种主要因素以及它们之间的关系进行讨论,主要有话务量、呼损、网络内部阻塞和系统的呼叫处理能力等。

1.3.1 话务基本知识

1. 话务量

(1) 话务量的概念

话务量又称为话务负荷或电话负荷,是反映交换系统话务负荷大小的量,是指从主叫用户出发,经交换网到达被叫用户的话务量。显然,呼叫次数越多,每次呼叫占用的时间越长,交换机的负荷就越重。所以,影响话务量的基本因素是呼叫次数和占用时长。

话务量可以用来衡量设备的利用率,例如一个用户在1 h内打了3次电话,各次通话所用时间分别是:0.05 h、0.08 h和0.06 h,则平均每次通话时长为 $(0.05 + 0.08 + 0.06) \text{ h} / 3$ 。这个小时内的话务量是 $3 \times [(0.05 + 0.08 + 0.06) / 3] \text{ E} = 0.19 \text{ E}$,单位为爱尔兰,用E表示。由此可见,话务量0.19E本身不能说明用户打了几次电话,也不能说明每次通话用了多长时间,只能说明电话在1 h内总的呼叫占用时间,等于呼叫次数乘上平均呼叫占用时间。

上面的0.19E话务量是一个用户在1 h内的话务量,但并不是每个小时都有0.19E的话务量。由于电话呼叫具有一定的随机性,所以,话务的负荷是经常不断地变化的,上个月和这个月、昨天和今天都有所不同。以同一天来说,波动就很大,如图1-6所示。一般在上、下午各有一个繁忙时间,到深夜负荷就很轻。因此,在计算用户话务量时,所用的呼叫次数C的含义不同,则所得话务量的性质也不同。

如C用全天呼叫次数,就得到全天话务量;C用忙时呼叫次数,就得到忙时话务量;C为一个用户的呼叫次数,就得到每户话务量;C为一群用户的呼叫次数,便得到一群用户的话务量。人们通常所说的话务量是指一天中话务最繁忙的1 h内(大约上午9点到10点)的忙时话务量。

把流入系统的话务量称为流入话务量;把系统完成了接续的那部分话务量称为完成话务量。流入话务量与完成话务量之差就是损失话务量。损失话务量与流入话务量之比,就是呼叫损失率,简称为呼损率。由于呼损率很低,故工程计算中认为流入话务量近似等于完成话务量,而不严格区别。

(2) 话务量的定义

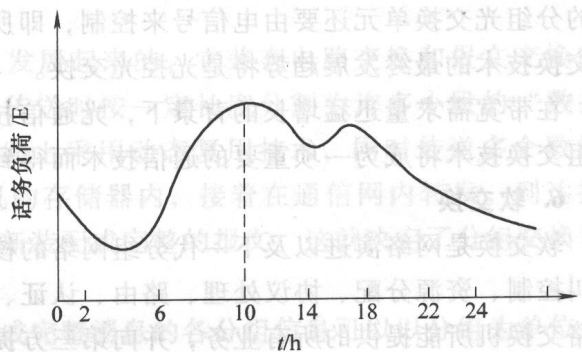


图 1-6 话务量变化示意图