数字程控交换原理与应用

姚般木 编著

中国铁道出版社
1997年·北京

(京)新登字 063 号

图书在版编目(CIP)数据

数字程控交换原理与应用/姚槃著 .- 2 版 .- 北京:中国铁道出版社,1997

ISBN 7-113-02598-6

Ⅰ.数… Ⅱ.姚… Ⅲ.存储程序控制电话交换机 Ⅳ.TN916.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 08374 号

数字程控交换原理与应用

姚 槃 编著

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑 黄成士 封面设计 陈东山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850× 1168 1/32 印张:20.375 字数:543 千

1997 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1- 3000 册

ISBN7-113-02598-6/TP · 259 定价:34.00 元

内 容 简 介

本书介绍数字程控交换原理与应用，是在对国内外主要数字程控交换系统进行全面分析、提炼和概括总结的基础上，全面系统而又具体地介绍了数字程控交换系统的基本概念、工作原理、软硬件结构和实现技术，对综合业务数字网的基本内容与实现方法也作了介绍。

本书既有实用价值，也反映了当前数字程控交换领域的新发展。

本书可供从事数字程控交换机设计、生产、维护的工程技术人员使用，也可作为大专院校有关专业师生的参考书。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

序　　言

通信技术是当今世界发展最活跃的科技领域之一。通信的发展,在很大程度上取决于通信技术手段的先进性,光缆通信技术使电信网的带宽资源有了保证,为国家公用网和专用通信网的发展打下了坚实的基础,计算机技术与通信技术的广泛结合与应用,使交换技术进入了前所未有的大发展阶段,电话交换设备已进入大变革和大发展时期,在信息时代,充当非常重要的角色。

从自动电话交换机发明至今天,不过短短一百多年的历史,在这一百余年的时间内,交换技术经历了几次具有划时代意义的转变,1965 年美国贝尔公司研制出存储程序控制式电子交换机 ESS No.1,显示了“存储程序控制”的巨大优越性,开辟了程控交换的新纪元。1970 年,法国在拉尼翁开通了数字程控电话交换机,显示出“数字交换”的优越性,开始了数字程控交换的新时期。

在科学技术飞速发展和人们对通信需求进一步提高的推动下,为适应信息数据化、业务综合化、系统集成化和网络智能化的要求,交换设备正在从单一的话音交换向包括话音、数据和图象信息交换的综合业务数字交换过渡,朝着集信息交换与信息处理为一体的方向发展。旧的设备与技术已经过时,可用的东西不多,对于新的技术,我们有很多不熟习的东西,而且通信新技术发展又很快,新的技术日新月异,因此我们必须紧跟科学技术发展的步伐,跟不上就要掉队,就会落在时代的后面,就会贻误我们的工作。

我们正处在一个非常重要的历史时刻,随着改革开放的深入和现代化建设的发展,我国的科学技术将以更快的速度发展,数字程控交换技术也不例外,为此从事通信设计、建设和管理维护的技术人员,就需要不断学习掌握数字程控交换技术,以适应通信发展的要求。

《数字程控交换原理与应用》一书正是为了适应这一需要而出版的。作者长期从事交换设备的研制、引进、施工和教学工作，吸纳了国内外数字程控交换系统的核心技术，结合自己多年从事交换技术的经验，编著了这本书，该书具有较强的理论性、系统性和实用性，理论密切联系实际，我相信这本书会对广大通信技术人员学习数字程控交换技术有所帮助。

侯 唯 一

1997 年 5 月

前　　言

随着通信技术和计算机技术的发展,以及它们在各个层次上的相互渗透结合,使信息交换领域进入了一个新的发展阶段,传统的电话交换机正在发展成为能够交换语音、数据和图象等多种业务的综合交换系统。

在交换技术领域,信息数字化、业务综合化、系统集成化和网络智能化,使交换机的作用由单一的链路接续变为能集信息交换、信息处理与信息数据库为一体的大型复杂系统。以数字程控交换系统为主体结构的综合业务数字网 ISDN 正在逐步形成,并日臻完善。

目前数字程控交换机已在国内外普及,窄带综合业务数字网 N-ISDN 国外已大量使用,国内正在规划逐步实现,已进行了大量的试验工作,宽带综合业务数字网 B-ISDN 的研究已取得很大的进展,国外的宽带系统 ATM 交换机已研制成功,并将逐步实用化。

为适应信息交换技术的发展,学习和掌握数字程控交换技术成为有关工程技术人员的需要。由于数字程控交换采用技术的先进性和广泛性,它也是各类信息处理与传输专业的必备知识。

数字程控交换机是通信技术、计算机技术和大规模集成电路相结合的产物,本书在内容安排与具体论述中充分考虑了这一特点,并对国内外数字程控交换系统的技术资料,进行了提炼、概括和加工,试图在内容方面,既包括了数字程控交换的核心技术,又具有系统性。对数字程控交换系统的各个组成部分进行了较系统深入的讨论,除介绍基本原理外,还尽量采用国内外的实际交换系统作为例子。为增强本书的实用性,书中介绍了较多的交换用集成电路芯片的原理与应用,以及部分实用数据。

全书共分九章,第一章简要介绍交换的技术基础,是研究系统组成所必需的。第二章介绍数字交换的基本原理和数字程控交换系统的组成,帮助读者建立整体概念。第三章介绍各种数字交换网络的组成、工作原理与特点。第四章介绍信令系统。第五章介绍接口设备,用一定篇幅介绍了 ISDN 和数字用户线接口。第六章讨论系统结构、控制方式、处理机和处理机间通信。第七章讨论存储程序控制的具体实现问题,介绍程序控制原理。第八章讲数字程控交换软件的特点,软件用语言和软件结构等。第九章讲网同步,比较详细地介绍了主从同步方法。

本书可供从事数字程控交换系统设计、生产、维护、应用及有关人员使用,也可作为大专院校相关专业的参考书。

在本书编写过程中,黄伯明参与了大部分书稿的整理与校对,国内外从事芯片制造和程控交换机生产的公司提供了不少资料(见参考文献),在此一并表示感谢。

限于作者水平,书中难免有错误与不足之处,敬请读者指正。

作　　者

1996 年 12 月

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

目　　录

1　概　　述 …… 1
1.1　交换技术的发展 …… 1
1.2　电话交换原理 …… 3
2　数字电话交换 …… 20
2.1　数字通信基本原理 …… 20
2.2　数字电话交换原理 …… 30
2.3　数字程控电话交换系统的组成 …… 36
2.4　数字程控交换的特点 …… 43
3　数字交换网络 …… 44
3.1　数字交换网络的基本电路 …… 44
3.2　T 型数字交换网络 …… 63
3.3　数字交换网络用芯片及其应用 …… 67
3.4　集中(扩展)式 T 型数字交换网络 …… 85
3.5　T 型交换网络容量的扩充 …… 89
3.6　TST 数字交换网 …… 101
3.7　无网络交换——动态时隙分配 …… 107
3.8　数字交换网络的衰耗控制 …… 116
4　信令系统 …… 120
4.1　信　　令 …… 122
4.2　用户线信令 …… 131
4.3　局间随路信号 …… 136
4.4　公共信道信号 …… 159
4.5　信令终端 …… 214
5　接口设备 …… 240
5.1　数字程控交换系统应具备的接口 …… 240

5.2 模拟用户线接口 …… 246
5.3 数字用户线接口 …… 305
5.4 数字中继线接口 …… 356
5.5 会议电话终端 …… 395
6 系统结构、控制方式与处理机 …… 402
6.1 系统结构 …… 402
6.2 处理机间通信 …… 426
6.3 控制系统 …… 444
7 程序控制原理 …… 483
7.1 各种处理的实现方法 …… 483
7.2 程控交换技术 …… 519
7.3 呼叫处理 …… 547
7.4 话务处理能力与超负荷控制 …… 571
8 数字程控交换系统软件 …… 579
8.1 程控交换系统软件的特点 …… 579
8.2 程控交换系统的运行软件结构 …… 582
8.3 支援软件 …… 590
8.4 交换软件用语言 …… 591
8.5 运行软件的开发 …… 608
8.6 数字程控交换系统软件实例 …… 609
9 数字网同步 …… 628
9.1 滑 码 …… 629
9.2 网同步方法 …… 631
参考资料 …… 642

1 概　　述

1.1 交换技术的发展

交换技术是从自动电话交换机开始发展起来的,目前的交换机已发展成一种能交换话音、数据和图象等多种业务的通用性的通信网组网设备,因此目前的交换机已不再称为电话交换机而改称数字程控交换系统,表明它可以交换的不再只限于话音信号。

自动电话交换机是 1889 年问世的,在发展的过程中,经历了种种演变。早期的自动电话交换机是机电式的,控制方式是原始的直接控制式的。

30 年代初期研制出的纵横制自动电话交换机,仍然是机电式的,但采用了间接控制方式,使用布线逻辑控制。

1946 年,第 1 台存储程序控制的电子计算机的诞生,对现代科学技术的发展,起了划时代的作用,也使得在交换技术中引入了“存储程序控制”这一新的概念。

半导体的发明以及随之而来的集成电路技术的迅速发展,冲击了几十年来进展缓慢的机电式电话交换机的结构,使之走向电子化。

1965 年,美国贝尔公司研制出第 1 台存储程序控制式电子交换机 ESS No.1,开始了程控交换机应用的新阶段。但由于技术原因,当时的程控交换机仍然使用机械接点做交换接续元件,只有在微电子技术进一步发展,以及数字通信技术发展以后,才使电话交换技术步入数字程控电话交换的新阶段。

电话交换机实现“存储程序控制”之后,显示了巨大的优越性,不仅可以开展很多的新业务,而且可以使维护工作自动化。

自 60 年代脉冲编码调制(PCM)技术成功地应用于传输系统以来,数字电话通信的优越性,越来越多地为人们所赏识,于是产

生了将 PCM 信息直接进行交换的设想。大规模集成电路的出现，使这种设想变成了现实。1970 年，法国首先在拉尼翁开通了第 1 个程控数字电话交换系统，开始了数字交换的新时期。

到了 80 年代，随着微处理机技术的发展，交换机普遍采用了多机分散控制方式，包括分级分散控制与分布式分散控制，使处理能力大幅度增长，可靠性显著提高。

80 年代后期，几乎所有主要的数字程控交换机都在原有系统结构上，实现了窄带 ISDN 业务，交换机从单纯的话音交换走向话音/非话音的综合交换。信令系统也根据业务需要随着技术进步从随路走向共路，使信令系统的功能更加完善，效率和可靠性都明显提高。

综观交换技术的发展，在非常短的时间内，随着技术进步，实现了从布控走向程控，从模拟走向数字，从集中控制走向分散控制，从随路信令走向共路信令，从单纯的话音交换走向话音/非话音的综合交换等一系列转变。

进入 90 年代以来，交换技术的发展进入一个新时期，数字程控交换系统日新月异，新的产品不断涌现，技术和功能都有很大提高，技术愈来愈先进，功能越来越完善。技术提高主要来自微电子技术和微处理机技术的发展，微电子技术的发展使交换系统硬件的集成度不断提高，体积和功耗都进一步缩小，可靠性也跟着进一步提高。微处理机技术的发展使交换系统的整机处理能力大幅度提高。功能完善来自通信网的改革与用户需求的多样化—多媒体、多种业务和移动要求，交换系统不再只限于电话通信和窄带 ISDN，而开始向宽带 ISDN 和智能网等多方面发展，可以交换视觉信号的 ATM 交换机已经出现。

为了适应通信网的综合化、智能化、个人化和宽带化，各种新的产品应运而生，国内采用全开放技术，具有广泛适应性和很强生命力的各种新型交换系统，陆续投入运用，并日趋成熟，使我国的交换技术走向一个新的阶段，国外既有的交换系统也在逐步自我完善，利用其技术优势，增加新功能，开通新业务，以适应新的需

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

求。目前在系统结构上的趋向是朝着以下两个方向发展: 一是融交换与传输为一体, 使光纤到大楼(FTTB)和光纤到路边(FTTC), 以提高通信质量和降低成本; 二是交换与网络结合, 交换系统的结构按通信网络建设的需要设计, 融交换于整个通信网之中。在承载业务方面, 继续朝综合化、智能化和宽带化方向发展。

1.2 电话交换原理

1.2.1 电话交换基本任务

一个自动电话交换机, 不管它是什么形式的, 其基本任务都是一样的, 即为它所能连通的任何一对用户之间的通话提供路由。因此交换机应能根据用户要求建立接续路由, 在通话期间保持和监视接续, 并在通话结束时, 将接续拆除。为此在用户与交换机之间或交换机之间, 除了传输话音信号(300～3400Hz)之外, 还必须传送为建立接续、监视和拆除所需的各种信号。

在一个电话网中, 设有若干个交换局, 如图 1—1 中 A, B, C。

图 1—1 呼叫类型

局内装设交换机, 交换可能在一个交换局的两个用户之间进行, 也可能在不同的交换局的两个用户之间进行, 两个交换局用户之间的通信有时还需要经过第 3 个交换局进行转接。在电话交换术语中, 用户与交换机间的线路称为用户线; 两个交换机之间的线路称为局间中继线; 连接在一个交换局上的两个用户 a 和 a 之间的接

续称为本局呼叫;用户 a 从交换局 A 呼叫另一交换局 B 的用户 b 的接续,对交换局 A 来说称为出局呼叫,又称去话呼叫;而对交换局 B 来说称为入局呼叫,又称来话呼叫。转接呼叫也是一种入局呼叫,只是被叫用户不连接在本局内。

1.2.2 电话交换基本原理

电话交换机的基本功能是交换。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。根据客观情况,设计交换网络,使电话交换不仅用户满意,而且还很经济。这一节主要从使用角度谈交换网络的组成原理及电话交换的一些名词术语。

1. 话务量与服务等级

话务量、忙时试呼次数(BHCA)与服务等级是说明一个交换系统性能的几个重要指标。

(1)话务量与忙时试呼次数

话务量是电话交换中常用的一个术语,在讨论交换问题时经常碰到。

①用户话务量

在电话交换中,用户打电话的需求量称为用户的话务量。

在忙时的一段时间内,一个用户的话务量等于该期间这个用户各次通话时间的总和,它与打电话的频繁程度及每次通话的持续时间有关。因为用户的话务量是随一天中不同的时间而变化的,整个一昼夜内会出现话务最繁忙的时间,通常我们把话务量最繁忙的那一小时称为“忙时”,交换机应在忙时满足用户要求,因此话务量 A_T 定义为忙时用户打电话的需求量。

$$A_T = \sum_{i=1}^{n} t_i$$

也可以写作

$$A_T = nt$$

式中 t 为每次呼叫的平均保持时间。

为了考查话务量的密度,把单位时间内话务量定义为话务流量 A_1,即

$$A_1 = \frac{A_T}{T} = \frac{nt}{T}$$

话务流量单位是爱尔兰,以纪念话务量理论的创始人 A.K Erlang 写作 Erl,是一个无量纲的量。

设某用户在繁忙的一小时内,共通了三次电话,一次 0.05h,一次 0.04h,一次 0.06h,则该用户的话务量 A_T 是 0.05+ 0.04+ 0.06= 0.15h。

而话务流量为 $A_1 = \frac{0.15}{1} = 0.15\text{Erl}$

呼叫次数 n= 3 平均通话时长 t= 0.05h= 3min

因为如考察时间为单位时间,则话务量与话务流量的数值是一样的,所以通常把话务流量简称为话务量。

用户的话务(流)量大小,与电话普及率关系很大,普及率较高的地区用户话务量较小,目前在我国,由于电话普及率不高,忙时用户的话务量约在 0.12～0.20Erl 之间。

用户的话务量分为呼出话务量与呼入话务量两部分,在一般情况下,呼出与呼入话务量是相等的,通常所说的话务量是指呼出话务量与呼入话务量之和。

②忙时试呼次数

忙时试呼次数(Busy Hour Call Attempt)简称 BHCA,可通过用户忙时呼出的话务量推算得出,它是对程控交换机控制设备提出的处理要求,用于衡量交换机的处理能力。

如忙时用户的发话话务量为 $A_{发}$,用户每次呼叫的平均占用时间为 t,则忙时试呼次数等于

$$BHCA = \frac{A_{发}}{t}$$

在实际运用中,用户的呼叫有成功的,有不成功的,把不成功的呼叫次数也包括在内的呼叫次数称为 BHCA,不成功的呼叫主要包括:

· 被叫用户忙,未能通话

· 被叫用户久叫不应,未能通话

· 主叫用户中途放弃

· 设备或线路忙,未能接通

根据既往统计所得参考数据,不成功的呼叫约占总呼叫次数的20%～25%左右,因此,BHCA值应为BHC的1.3倍左右。

③中继线的话务量

中继线处于A,B两个交换局之间,所以为交换局A的所有用户所公用,故其利用率应比用户线高,以减少回线数,另外,A局用户也不会同时都呼叫B局用户。基于上述两个原因,中继线的数量要比用户线少,而每线的话务量却比用户线高,在忙时一般为0.7～0.8Erl。中继线的线数是由通向B局的总话务量和允许的阻塞概率(或服务等级)来确定的。

(2)服务质量

对一个电话交换系统的评价,从使用的角度来说,主要有两条标准:第1条标准是两个用户之间通话清晰,即在通话信号不太弱(衰耗和畸变不超过限值)和无干扰(噪音和串音不超过标准)的情况下进行通话,能听得清;第2条标准就是应当打得通,不会因设备或线路数量少而产生阻塞。在电话交换中用服务等级来说明打电话的畅通程度。

第1条标准是由传输指标要求决定的,将在本书后续章节讨论,这里只讲服务等级。

①服务等级

在电话交换中,用遇忙阻塞概率P来衡量打电话的畅通程度。所谓遇忙阻塞概率,是指在单位时间内,因为设备或线路都已被占用而不能呼叫的可能性(被叫用户忙除外),例如在忙时一个交换机有10000次呼叫,因设备或中继线忙而有10次受阻而不能接通,则遇忙阻塞概率为0.001。一个系统所能达到的呼损率常称做服务等级,简记作gos(grade of service)。

在交换机或通信网中一个重要问题是,已给定总的话务量和

所希望达到的呼损后,如何确定公用设备或线路的数量,下面以上述 A、B 两局间的中继线为例来说明。

假如 A 局拥有用户 1000 门,通过调查统计得知在忙时(最繁忙的一小时内)呼叫 B 局用户共 100 次,呼叫的时刻并非同时。呼叫发生的时刻与每次通话的时间都是随机的。每次呼叫的平均占用时间为 0.05h(3min),即总话务量为 100× 0.05= 5Erl。如果仅从话务量角度来计算中继线的数量,即用中继线话务量去除总话务量求出中继线数量,5/0.7≈7 条。理论计算与实际测试都证明这样做会引起很大的呼损,呼损值将大于 0.1,显然是不行的。

在已知话务量 A 和中继线数 M 的条件下,呼损 P(M,A)一般使用 CCITT 建议 Q80 认定的爱尔兰——B 公式计算,即

$$p(M,A)=\frac{A^{M}/M!}{\sum_{i=0}^{M}A^{i}/i!} \qquad (1-1)$$

式中 P(M,A)为呼损值,上述公式也适用于计算公用设备和交换机内部话路(链路)数量的依据。表 1—1 给出了呼损分别为 0.1、0.01 和 0.001,话务量为 1～3000Erl 时,所需公用设备或话路的数量。

话务量、呼损、中继线数计算表　　表 1—1

话务量 Erl	呼损			话务量 Erl	呼损		
	0.1	0.01	0.001		0.1	0.01	0.001
1	3	5	6	95	92	112	123
2	5	7	8	100	97	117	128
3	6	8	10	110	106	128	139
4	7	10	12	120	115	138	151
5	8	11	14	130	124	149	162
6	9	13	15	140	133	159	173
7	10	14	17	150	142	170	183
8	11	15	18	160	151	180	194
9	12	17	20	170	160	190	205
10	13	18	21	180	169	201	216
11	14	19	23	190	178	211	227
12	15	20	24	200	188	221	238

续上表

话务量 Erl	呼　　损			话务量 Erl	呼损		
	0.1	0.01	0.001		0.1	0.01	0.001
13	16	22	26	250	233	273	291
14	17	23	27	300	278	324	344
15	18	24	28	350	323	375	397
16	19	25	30	400	368	426	450
17	20	27	31	450	413	476	502
18	21	28	32	500	458	527	555
19	22	29	34	550	503	577	607
20	23	30	35	600	549	628	659
25	28	36	41	650	594	678	711
30	32	42	47	700	639	728	763
35	37	47	54	750	684	779	814
40	42	53	60	800	729	829	866
45	46	58	65	850	774	879	918
50	51	64	71	900	819	929	969
55	59	69	77	950	864	979	1021
60	60	75	83	1000	909	1029	1072
65	65	80	89	1200	1089	1228	1279
70	69	85	95	1500	1359	1529	1585
75	74	91	100	1800	1629	1829	1891
80	78	96	106	2000	1809	2028	2095
85	83	101	112	2500	2259	2526	2603
90	88	107	117	3000	2709	3023	3110

对于一定话务量范围(5～50Erl),有时也可采用下述近似公式计算

$$M = 5.5 + 1.17A \qquad \text{呼损} = 0.01$$

$$M = 7.8 + 1.28A \qquad \text{呼损} = 0.001$$

②接续速度

除呼损之外,在服务质量中还有一个问题需要考虑,即接续时延又称接续速度,它也是交换机反映给用户最直接而又感受很明显的第二个服务质量问题。当用户摘机呼叫后,在接续的各个阶段(例如听拨号音、听回铃音等),信号到达的快慢及接续完成所花费的时间,将直接影响用户对交换机的满意程度。交换机不可能按照

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com