

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

交换技术与设备应用

张中荃 主编

- 结合实践讲解原理，让学习更轻松、更直观
- 面向应用讲解操作，让学习更有效、更实用
- 经典案例贯穿全书，让学习更连贯、更深入



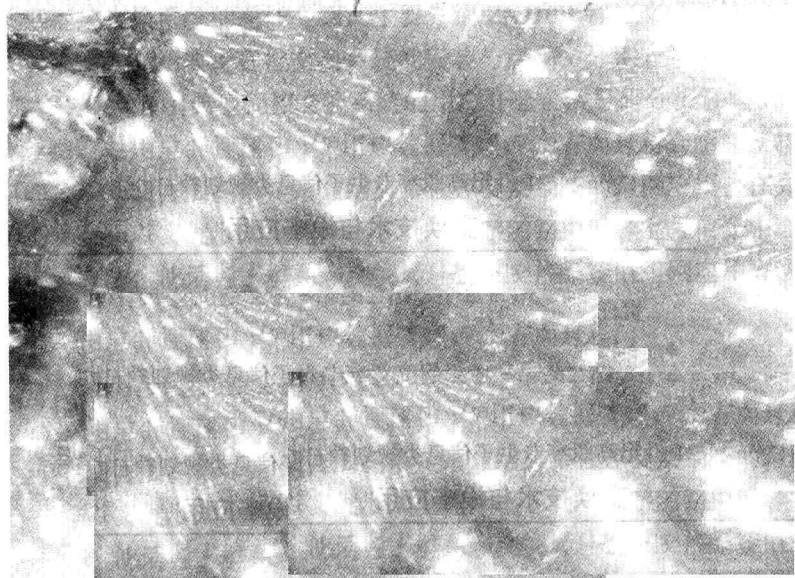
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材 398044

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

交换技术与设备应用



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

交换技术与设备应用 / 张中荃主编. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2010. 9
21世纪高职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-115-22478-1

I. ①交… II. ①张… III. ①通信交换—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第078353号

内 容 提 要

本书以理论和实用相结合的方式介绍了程控交换技术与交换设备的应用。全书共分 8 章。前 3 章是交换技术基本理论介绍, 讲述了交换技术的基本概念、程控交换机的硬件组成和软件组成、同步时分交换网络、呼叫处理基本原理等基本内容。后 5 章以 ZXJ10B 局用交换机为例, 在系统总体介绍的基础上, 以实例形式对典型程控交换系统的应用方法进行了全面讲解, 重点介绍了 ZXJ10B 程控交换系统的安装与配置启动、局内用户开通、组网应用、日常维护与业务处理等基本方法。

本书可作为高等职业教育专业教材, 也可用作通信专业相关方向的培训教材或供从事交换设备操作与维护的工程技术人员自学。

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

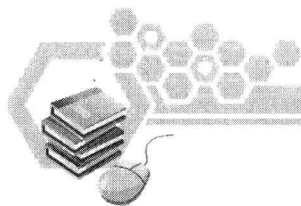
交换技术与设备应用

-
- ◆ 主 编 张中荃
 - 责任编辑 贾楠
 - ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 19.5
 - 字数: 501 千字
 - 2010 年 9 月第 1 版
 - 2010 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22478-1

定价: 36.00 元

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



由于高等院校目前广泛开设通信工程及其相关专业,而绝大多数高校没有相关专业的实习设备;面对当前十分激烈的就业竞争,大批通信专业学生及相关技术人员学习通信设备的系统构成、了解有关通信设备应用及其工程维护方面的基本知识,已成为当务之急。然而,当前市场上关于通信设备及工程维护等方面的书籍十分匮乏,而这方面正是我们经过多年教学与实践所形成的长处,因此,我们萌发了编写出版交换技术与设备应用(包括 ZXJ10B、C&C08、NGL04 等)系列教材的想法。本书以 ZXJ10B 程控交换系统为例,结合交换技术基本理论知识和设备构成原理,突出实际应用与工程维护,可供通信专业学员了解交换技术和交换设备应用相关知识,或作为通信院校各相关专业的教材及参考用书,也可供从事通信专业的其他人员阅读。

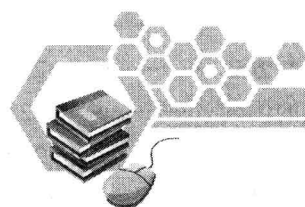
全书共 8 章。第 1 章是程控交换技术概述,主要包括交换的基本知识、程控交换机的硬件组成和软件组成,使读者了解程控交换机的总体情况。同步时分交换网络是程控交换机提供交换功能的核心部件,由 T 型和 S 型两种基本时分交换单元构成,因此第 2 章从数字交换的基本原理入手,详细分析了 T 型时分交换单元、S 型时分交换单元的基本原理,介绍了 TST 与 STS 三级交换网络的构成方法,并进行了性能分析。第 3 章重点介绍呼叫处理的基本原理,在分析呼叫接续基本过程和状态迁移图的基础上,以人们熟悉的日常打电话呼叫的基本过程为线索,剖析了用户线扫描及呼叫识别、去话分析、用户拨号扫描与接收、号码分析、来话分析与呼出被叫、状态分析、接通话路及话终处理的处理方法,使读者理解程控交换机实现交换功能的核心处理软件的工作原理。第 4 章是典型程控交换系统的总体介绍,主要介绍 ZXJ10B 程控交换系统的基本构成、硬件配置、信令方式。第 5 章介绍典型程控交换系统的安装与启动,分别介绍系统的硬件安装、软件安装和配置启动。第 6 章介绍典型程控交换系统的用户开通,从号码分析管理、PSTN 用户数据管理、用户新业务功能、用户群管理和 V5 用户数据管理 5 个方面进行介绍,使读者掌握程控交换系统局内用户的一般开通方法。第 7 章介绍典型程控交换系统的组网应用,在介绍组网应用方式及相关概念的基础上,以实例形式重点介绍了利用数字随路中继、七号信令中继和模拟环路中继的组网开通及调试方法,使读者了解在多交换局环境下交换系统的组网应用方法。第 8 章介绍日常维护与业务处理。

本书由张中荃、王宏伟、镇桂勤、谢国益、郝玉顺、郝亚平等编写,在编写过程中得到了厂家的大力协助和支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,错误和不足之处难以避免,敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月



目 录

第 1 章 程控交换技术概述	1
1.1 交换的基本知识	1
1.1.1 交换概念的形成	1
1.1.2 交换技术分类	3
1.1.3 交换技术的发展	9
1.2 程控交换机的硬件组成	13
1.2.1 程控交换机的总体结构	13
1.2.2 话路系统	13
1.2.3 控制系统	22
1.3 程控交换机的软件组成	25
1.3.1 在线程序	25
1.3.2 支援程序	27
1.3.3 数据	28
复习思考题	29
第 2 章 同步时分交换网络	30
2.1 数字交换原理	30
2.1.1 数字交换	30
2.1.2 时隙交换原理	31
2.1.3 数字交换网络	32
2.2 基本时分交换部件	32
2.2.1 T 型时分接线器	32
2.2.2 S 型时分接线器	44
2.3 三级时分交换网络	46
2.3.1 T-S-T 型时分交换网络	46
2.3.2 S-T-S 型时分交换网络	51
复习思考题	52
第 3 章 呼叫处理的基本原理	54
3.1 呼叫接续过程概述	54
3.1.1 呼叫处理的基本过程	54
3.1.2 状态迁移	55
3.2 用户线扫描及呼叫识别	59
3.2.1 用户线监视扫描	59
3.2.2 呼出识别	59
3.2.3 群处理	60
3.3 去话分析处理	62
3.3.1 表格的查找	63
3.3.2 去话分析	64
3.4 用户拨号扫描及识别接收	66
3.4.1 脉冲号码的扫描识别与接收	66
3.4.2 双音频号码的扫描识别与接收	69
3.5 号码分析处理	70
3.6 来话分析与呼出被叫	71
3.6.1 来话分析	71
3.6.2 呼出被叫	72
3.7 状态分析处理	74
3.8 接通话路及话终处理	76
3.8.1 接通话路	76
3.8.2 话终处理	76
复习思考题	77
第 4 章 典型程控交换系统的总体介绍	79
4.1 ZXJ10B 程控交换系统的基本构成	79
4.1.1 系统总体组成	79
4.1.2 前后台网络组织方式	82
4.2 ZXJ10B 程控交换系统的硬件配置	85
4.2.1 外围交换模块	85
4.2.2 中心模块	94
4.2.3 单板介绍	99
4.3 ZXJ10B 程控交换系统的信令方式	105
4.3.1 信令的基本概念	105
4.3.2 信令方式	106
复习思考题	111
第 5 章 典型程控交换系统的安装与启动	112
5.1 ZXJ10B 程控交换系统的安装	112



5.1.1 硬件安装	112	7.2.1 开通前的准备	221
5.1.2 软件安装	121	7.2.2 开通过程与方法	221
5.2 ZXJ10B 程控交换系统的配置与 启动	132	7.2.3 随路中继的调试	228
5.2.1 服务器及终端的启动	132	7.2.4 随路信令跟踪	230
5.2.2 交换系统数据配置	136	7.3 七号信令中继的组网开通	231
5.2.3 数据备份和数据传送	158	7.3.1 开通前的准备	231
复习思考题	160	7.3.2 开通过程与方法	231
第 6 章 典型程控交换系统的用户开通 ..	161	7.3.3 七号信令中继的调试	237
6.1 号码分析	161	7.3.4 七号信令跟踪	240
6.1.1 号码分析器	161	7.4 模拟环路中继的组网开通	243
6.1.2 号码分析选择子	168	7.4.1 环路中继概述	243
6.2 PSTN 用户管理	169	7.4.2 开通过程与方法	244
6.2.1 PSTN 用户放号	169	7.4.3 环路中继的调试	246
6.2.2 号码修改	179	复习思考题	247
6.3 用户新业务功能	185	第 8 章 日常维护与业务处理	249
6.3.1 新业务功能的实现	185	8.1 日常维护管理	249
6.3.2 新业务功能的使用	185	8.1.1 电路状态观察及处理	249
6.4 用户群管理	194	8.1.2 接续状态观察	254
6.4.1 开通特服群	194	8.1.3 呼叫业务观察	257
6.4.2 开通小交换机群	199	8.1.4 半固定连接管理	262
6.4.3 开通 Centrex 群	202	8.1.5 新业务管理	272
6.5 V5 用户数据管理	206	8.1.6 其他管理	277
6.5.1 V5 数据配置	206	8.2 业务处理	281
6.5.2 V5 PSTN 用户放号	212	8.2.1 日常事务处理	281
复习思考题	215	8.2.2 诊断测试	282
第 7 章 典型程控交换系统的组网应用 ..	216	8.2.3 文件管理	287
7.1 组网应用方式	216	8.3 告警处理	290
7.1.1 中继及其相关概念	216	8.3.1 告警局配置	290
7.1.2 中继组网方式	219	8.3.2 告警查看与处理	295
7.2 数字随路中继的组网开通	220	复习思考题	304
		参考文献	305

第1章

程控交换技术概述

在当今的信息社会中，通信占有越来越重要的地位，它已成为我们日常工作和生活不可缺少的一部分。通信网是由用户终端设备、传输设备和交换设备组成，是一个国家国民经济的基础建设之一，它的发展水平往往反映了一个国家的发达程度。在通信网中，交换设备根据用户的呼叫请求建立连接，使网内任一用户与另一用户相互传送语音、数据和图像等信息。数字程控交换机是数字电话网、移动电话网、综合业务数字网中的关键设备，在电信网中起着非常重要的作用。为了使读者更好地掌握交换技术的相关知识，本章从交换的基本概念入手，介绍了交换节点的基本功能和交换技术的分类。通过对不同交换方式的比较，读者能准确理解交换的概念。本章随后介绍了程控交换机的硬件组成和软件组成。

1.1 交换的基本知识

1.1.1 交换概念的形成

通信的目的是实现信息的传递。一个通信系统至少应由终端和传输媒介组成，如图 1.1 所示。终端将含有信息的信息（如语音、文本、数据、图像等）转换成可被传输媒介接受的电信号形式，并将来自传输媒介的电信号还原成原始信息；传输媒介则是把电信号从一个地点传送到另一地点，这种仅涉及两个终端的通信称为点对点通信。

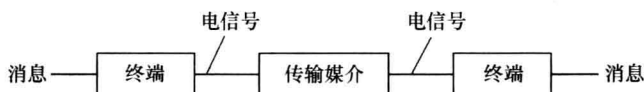


图 1.1 点对点通信系统



1. 交换的引入

当存在多个终端时，人们希望其中任意两个终端之间都可以进行点对点通信。在用户数量很少时，可以采用个个相连的方法（全互连方式），再加上相应的开关控制来实现，如图 1.2 所示。此时，若用户数为 N ，互连线对数为 $N(N-1)/2$ ，例如 $N=8$ ，则互连线需要 28 对。这种连接方式存在下列缺点：互连线对数随终端数的平方增加；终端间距离较远时，需要大量的长途线路；为保证每个终端与其他终端相接，每个终端都需要有 $N-1$ 个线路接口；每增加第 $N+1$ 个终端时，必须增设 N 对线路。因此，这种全互连方式是很不经济的，且操作复杂，当 N 较大时，这种互连方法根本无法实用化。于是引入了交换设备（也称交换节点），所有用户线都接至交换机上，由交换机控制任意用户间的接续，如图 1.3 所示。因此实现通信必须要有 3 个要素，即终端、传输和交换。引入了交换设备，对 N 个用户只需要 N 对线就可以满足要求，线路的投资费用大大降低。尽管增加了交换设备的费用，但它的利用率很高，相比之下，总的投资费用将下降。

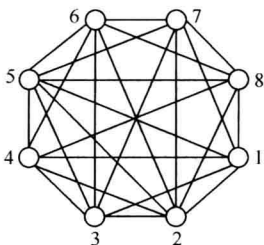


图 1.2 用户个个相连

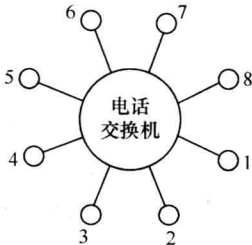


图 1.3 交换节点的引入

电话交换是电信交换中一种最基本的交换业务。它是指任何一个主叫用户的信息，可以通过电信网中的交换节点发送到所需的任何一个或多个被叫用户。如图 1.4 (a) 所示是最简单的通信网，它仅由一台交换机组成，每个通信终端通过一条专用的线路（称为用户线）与交换机的接口相连。图 1.4 (b) 所示为由多台交换机组成的通信网，每台交换机分别与一些终端相连，这种交换机称为本地交换机。在各个交换机中，有一台交换机只与其他交换机相连，而不接终端，这种交换机称为汇接交换机，在远距离传输中又称为长途交换机。交换机与交换机之间的连线称为中继线。

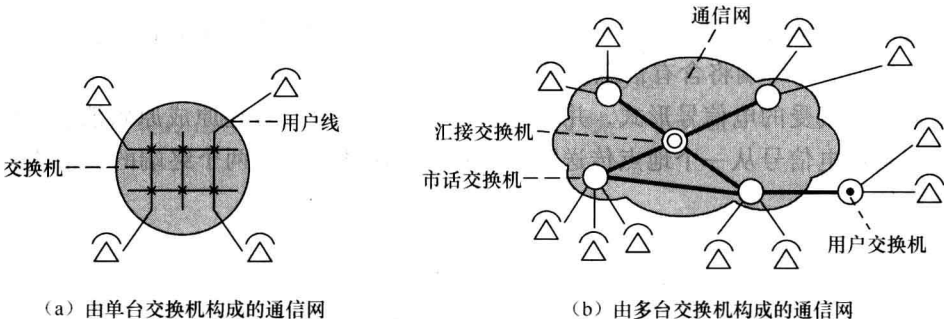


图 1.4 通信网组成结构

当电话用户数量较少、分布较为集中时，就可以采用图 1.4 (a) 所示的单局制交换网络。当电话用户分布的区域较广时，就需设置多个交换节点，交换节点之间用中继线相连，如图 1.5 所



示。当交换的范围更大时，多个交换节点之间也不能做到个个相连，而要引入汇接交换节点，如图 1.6 所示。

可以推想，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。

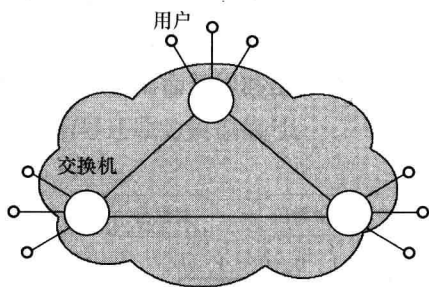


图 1.5 采用多个交换节点

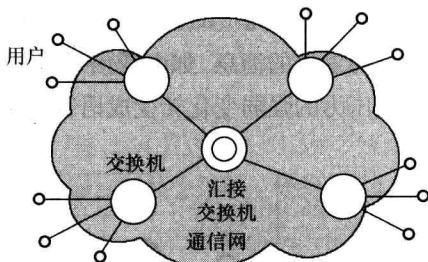


图 1.6 采用汇接交换节点

2. 交换节点的基本功能

交换节点可控制以下的接续类型。

- (1) 本局接续：本局用户线之间的接续。
- (2) 出局接续：在用户线与出中继线之间的接续。
- (3) 入局接续：在入中继线与用户之间的接续。
- (4) 转接接续：在入中继与出中继之间的接续。

为完成上述的交换接续，交换节点必须具备如下最基本的功能。

- (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。

1.1.2 交换技术分类

众所周知，通信所传输的消息有多种形式，如符号、文字、数据、语音、图形、图像等。根据不同的通信形式，交换技术有着多种不同的分类方法。按照传输信号形式分类，可以分为模拟交换和数字交换；按照接续控制方式分类，可以分为布控交换和程控交换；按照传输信道的占用方式分类，可以分为电路交换和分组交换；按照传输带宽分配方式分类，可以分为窄带交换和宽带交换。下面就按照不同的分类方式，介绍各种交换技术的基本概念。

1. 模拟交换与数字交换

通信所传输的消息有多种形式，它们大致可归纳成两种类型：连续消息和离散消息。连续消息指消息的状态随时间是连续变化的，如强弱连续变化的语音等。离散消息指消息的状态是可数的或离散的，如符号、文字和数据等。通常，我们把连续消息和离散消息分别称为模拟消息和数字消息。



(1) 模拟信号和数字信号

对应于两种不同类型的消息，可以有不同的信号形式，即对应于模拟消息的是模拟信号，对应于数字消息的是数字信号，如图 1.7 所示。

① 模拟信号。模拟信号是指代表消息的信号及其参数（幅度、频率或相位）随着消息的变化连续变化，如图 1.7 (a) 所示。这里，“模拟”两字的含义是指用电参量（如电压、电流）的变化来模拟信息源发送的消息，如电话信号就是语音声波的电模拟，它是利用送话器的声/电变换功能，把语音声波压力的强弱变化转变成语音电流的大小变化。

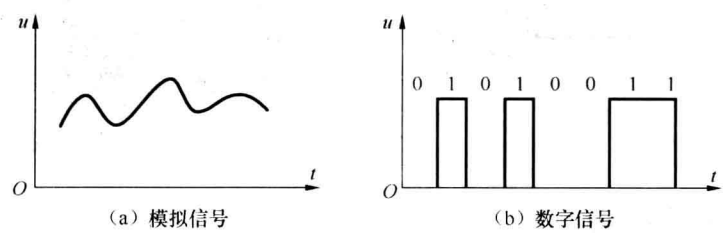


图 1.7 模拟信号和数字信号

② 数字信号。数字信号是指信号幅度不随时间作连续的变化，只能取有限个离散值的信号。通常用两个离散值（“0”和“1”）来表示二进制数字信号，如图 1.7 (b) 所示。电报通信与计算机通信分别用 5 位和 7 位“0”和“1”的组合来表示所传送的数据和控制字符。

需要指出的是，模拟信号和数字信号虽然是两种不同的信号形式，但它们在传输过程中是可以相互转换的。

(2) 模拟通信和数字通信

① 模拟通信。以模拟信号为传输对象的传输方式称为模拟传输，而以模拟信号来传送消息的通信方式称为模拟通信。图 1.8 所示为简单的模拟通信系统模型，信息源输出的是模拟信号。调制解调器分别起着发信机和收信机的作用，它们实质上是一种信号变换器，对信号进行各种变换，使其适合于传输媒质的特性；经过调制器调制的信号仍然是一种连续信号，称之为已调信号。解调器则对已调信号进行反变换，使其恢复成调制前的信号形状。在某些场合，未经调制的模拟信号也可以直接在信道上传输，通常称这种原始信号为基带信号，所以模拟通信系统又有基带模拟通信系统和调制模拟通信系统之分。用以传输模拟信号的信道称为模拟信道，用以传输数字信号的信道称为数字信道。在模拟通信中，传输信号的频谱比较窄，信道利用率较高；但也存在明显的缺点，如抗干扰能力弱、保密性差、设备不易大规模集成以及不适应计算机通信飞速发展的需要等。

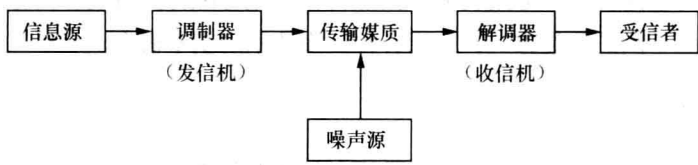


图 1.8 模拟通信系统模型

② 数字通信。以数字信号为传输对象的传输方式称为数字传输，以数字信号来传送消息的通信方式称为数字通信。如果信息源输出的是模拟信号，可以通过取样、量化和编码等数字化处理



后,以数字信号的形式来进行传输,如图1.9所示为数字通信系统的模型。图中信源编码器的作用是把信息源输出的模拟信号进行数字化处理,转变成数字信号,并具有提高数字信号传输有效性的作用。信道编码器的作用是将信源编码器输出的数字信号(码序列)按照一定的规则人为地加入多余码元,以便在接收端发现错码或纠正错码,从而提高通信的可靠性。调制器和解调器仅对采用模拟传输的数字通信系统才有必要,其作用和模拟通信系统中所述的类似。信道译码器的作用在于发现和纠正信号传输过程中引入的差错,消除信道编码器所加入的多余码元。信源译码器是把数字信号还原为模拟信号。

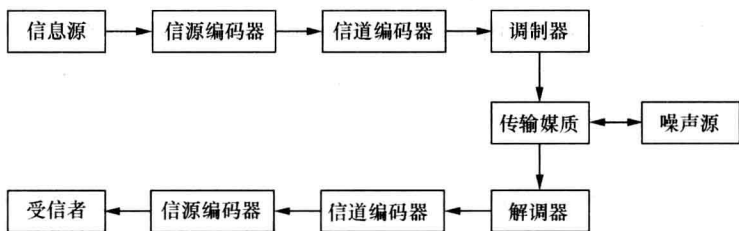


图1.9 数字通信系统模型

数字通信与模拟通信相比,具有抗干扰性强、保密性好、设备易于集成化、便于使用计算机技术进行处理等优点;其主要缺点是所用的信道频带比模拟通信宽得多,降低了信道的利用率。但随着信道性能的改善,这一问题会逐渐得到解决。

(3) 模拟交换与数字交换

要完成两个不同用户间的通信,交换起着关键性的作用。

① 模拟交换。以模拟信号为交换对象的交换方式称为模拟交换,传输和交换的信号是模拟信号的交换机称为模拟交换机。在模拟交换机中,交换网络的交换功能是通过交叉接点矩阵提供的,通过控制交叉接点的闭合来完成输入线和输出线的连接。

② 数字交换。以数字信号为交换对象的交换方式称为数字交换,传输和交换的信号是数字信号的交换机称为数字交换机。在数字交换机中,话路部分交换的是经过脉冲编码调制(Pulse Code Modulation, PCM)的数字化信号,交换网络采用的是数字交换网络(Digital Switch Network, DSN)。

2. 布控交换与程控交换

布控就是布线逻辑控制(Wired Logic Control, WLC),布控交换是利用逻辑电路进行控制的一种交换方式。步进制、机动制和纵横制等机电制交换机都是布控交换机。

程控就是存储程序控制(Stored Program Control, SPC),程控交换是利用计算机软件进行控制(即存储程序控制)的一种交换方式。程控交换包括模拟程控交换和数字程控交换。模拟程控交换是指其控制部分采用存储程序控制(SPC)方式的模拟交换。数字程控交换是指采用存储程序控制(SPC)方式的数字交换。

3. 电路交换与分组交换

(1) 电路交换

① 传统的电路交换。

电路交换 (Circuit Switching, CS) 是指固定分配带宽 (传送通路), 连接建立后, 即使无信息传送也占用电路的一种交换方式。电路交换是最早出现的一种交换方式, 包括最早的人工电话在内的电话交换机普遍采用电路交换方式。电路交换是一种实时交换, 当任一用户呼叫另一用户时, 应立即在两个用户间建立电路连接; 如果没有空闲电路, 呼叫就不能建立而遭受损失。故应配备足够的连接电路, 使呼叫损失率不超过规定值。电路交换的基本过程包括呼叫建立阶段、信息传送 (通话) 阶段和连接释放阶段, 如图 1.10 所示。

传统电路交换的特点是: 采用固定分配带宽, 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, 对数据进行交换时的可靠性没有分组交换高; 用基于呼叫损失制的方法来处理业务流量, 过负荷时呼损率增加, 但不影响已建立的呼叫。因此, 电路交换适合于电话交换、文件传送、高速传真等业务, 不适合突发 (Burst) 业务和对差错敏感的数据业务。

② 多速率电路交换。

多速率电路交换 (Multi-Rate Circuit Switching, MRCS) 是基于传统电路交换思想的一种改进方式, 它可以对不同的业务提供不同的带宽, 包括基本速率 (例如 8kbit/s 或 64kbit/s) 及其整数倍; 在节点内部的交换网络及其控制上可以采用两种方法来实现多速率交换的要求, 即采用多个不同速率的交换网络和采用一个统一的多速率交换网络。多速率电路交换具有以下缺点: 基本速率较难确定; 速率类型不能太多, 否则很难实现, 仍缺乏灵活性; 固定带宽分配, 不适应突发业务的要求; 控制较复杂等。

③ 快速电路交换。

快速电路交换 (Fast Circuit Switching, FCS) 是电路交换的又一种形式, 是为了克服传统电路交换中固定分配带宽的缺点和提高灵活性而提出的。快速电路交换的基本思路是只在信息要传送时才分配带宽和有关资源, 并快速建立通道, 用户没有信息传输时则释放传输通道。其具体过程是: 在呼叫建立时, 用户请求一个带宽为基本速率的某个整数倍的连接, 有关交换节点在相应路由上寻找一条适合的通道; 此时并不建立连接和分配资源, 而是将通信所需的带宽、所选的路由编号填入相关的交换机中, 从而“记忆”所分配的带宽和去向, 实际上只是建立了“虚电路” (Virtual Circuit, VC), 或称为逻辑连接 (Logical Connection); 当用户发送信息时, 通过呼叫标识可以查到该呼叫所需带宽和去向, 并激活虚电路, 迅速建立物理连接。由于快速电路交换并不为各个呼叫保留其所需带宽, 因此当用户发送信息时并不一定能成功地激活虚电路, 从而引起信息丢失或排队时延。

(2) 分组交换

为了克服电路交换中各种不同类型和特性的用户终端之间不能互通, 通信电路利用率低以及有呼损等方面的缺点, 提出了报文交换的思想。报文交换的基本原理是“存储—转发”。在报文交换中信息的格式是以报文为单位的, 包括报头 (发信站地址、终点收信站地址及其他辅助信息组

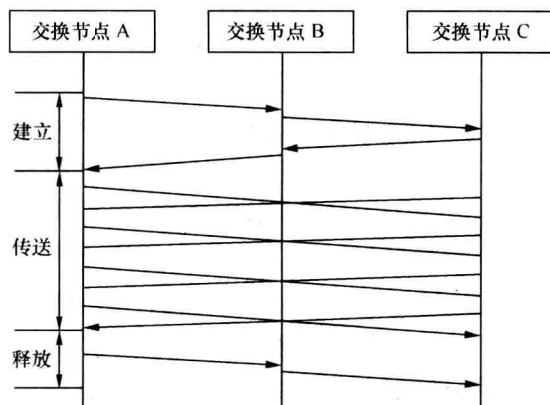


图 1.10 电路交换的基本过程



成)、正文(传输用户信息)和报尾(报文的结束标志,若报文长度有规定,则可省去此标志)3部分。报文交换的主要缺点是其时延大,且时延的变化也大,不利于实时通信;另外报文交换要求有较大的存储容量。

分组交换(Packet Switching, PS)采用了报文交换的“存储—转发”方式,但不像报文交换那样以报文为单位交换,而是把用户所要传送的信息(报文)分割为若干个较短的、被规格化了的“分组”(Packet)进行交换与传输。每个分组中有一个分组头(含有可供选路的信息和其他控制信息);分组交换节点采用存储转发方式对所收到的各个分组分别处理,按其中的选路信息选择去向,以便发送到能够到达目的地的下一个交换节点。

① 分组交换中的相关概念

a. 通信线路的资源共享

分组交换的基本思想就是实现通信资源的共享。现有通信线路(模拟信道和数字信道)具有一定的传输能力,而数据终端对实际通信速率的要求随着应用的不同,差别是很大的,经济有效地使用通信线路的方法就是组合多个低速的数据终端共同使用一条高速的线路,也就是多路复用。从如何分配传输资源的观点来考虑,多路复用方法可以分为两类:预分配(或固定分配)资源法和动态分配(或统计时分复用)资源法。

b. 交织传输

在预分配复用方式下,每个用户传输的数据都在特定的子信道中流动,接收端很容易把它们区分开来。在统计时分复用方式下,各个用户数据在通信线路上互相交织传输,因此不能再用预先分配时间片的方法把它们区分开来。为了识别来自不同终端的用户数据,我们将交织在一起的各种用户数据在发送到线路上之前,先给它们打上与终端(或子信道)有关的“标记”,通常是在用户数据之前加上终端号或子信道号,这样在接收端就可以通过识别用户数据的“标记”把它们清楚地区分开。

用户数据交织传输的方法有3种:比特交织、字节或字符交织、分组(或信息块)交织。比特交织的优点是时延最小,但是每一个用户数据比特都要加“标记”,其传输效率很低,一般不采用。计算机和数据终端常常以字节(或字符)为单位发送和接收数据,因而可以采用字节交织方式。分组(或信息块)交织的传输效率最高,因为增加的“标记”信息与用户数据相比所占比例很小,但是它可能引起比较大的时延,且该时延随着通信线路的数据传输速率的提高而减小。通常,中高速线路适用于采用分组交织方式,低速线路适用于采用字节交织方式。

c. 分组的形成

从上述分析可知,把一条物理线路分成许多逻辑上的子信道,将线路上传输的数据组附加上逻辑信道号,就可以让来自不同数据源的数据组在一条线路上交织传输,接收端很容易将它们按逻辑信道号区分开来,实现了线路资源的动态分配。为了提高复用的效率,将数据按一定长度分组,每一个组中包含了一个分组头,其中包含所分配的逻辑信道号和其他控制信息,这种数据分组就称为分组(Packet)。

d. 分组的交换

分组交换是分成多个分组来独立传送,收到一个分组就可以根据分组头所携带的地址信息进行直接发送,减少了存储的时间,因而分组交换的时延小于报文交换。

分组交换的主要优点:一是为用户提供了不同速率、不同代码、不同同步方式、不同通信控制协议的终端之间能够相互通信的灵活的通信环境;二是采用逐段链路的差错控制和流量控



制,出现差错可以重发,提高了传送质量和可靠性;三是利用线路动态分配,使得在一条物理线路上可以同时提供多条信息通路。但由于协议和控制复杂,信息传送时延大,通常只用于非实时的数据业务。

② 虚电路和数据报

分组交换可提供虚电路和数据报两种服务方式。

所谓虚电路 (Virtual Circuit, VC) 方式,就是在用户数据传送前先要通过发送呼叫请求分组建立端到端之间的虚电路;一旦虚电路建立后,属于同一呼叫的数据分组均沿着这一虚电路传送,最后通过呼叫分组来拆除虚电路。虚电路不同于电路交换中的物理连接,而是逻辑连接。虚电路并不独占线路,在一条物理线路上可以同时建立多个虚电路,也就是建立多个逻辑连接,以达到资源共享。VC 方式是面向连接的方式,主要特点有:预先有建立过程,有一定的处理开销;后续分组只需查找映像表,不用进行复杂的选路,分组头中只要含有对应于所建立的 VC 的逻辑信道标识即可;属于同一呼叫的各个分组在同一条虚电路上传送,分组会按原有顺序到达终点;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,需要重新建立;适用于较连续的数据流传送。

不需要预先建立逻辑连接,而是按照每个分组头中的目的地址对各个分组独立进行选路的方式称为数据报 (Datagram, DG) 方式。DG 方式是面向无连接的方式,主要特点有:不需要有建立过程;每个分组头要包含详细的目的地址,都要独立地进行选路;各个分组可以从不同的路由转送,可能会有失序现象;各个分组可选择不同路由,对故障的防卫能力较强,从而可靠性较高;适用于面向事务的询问/响应型数据业务 (突发业务)。

分组交换设备对分组数据传送有两种方式。

(3) 帧交换

通常的分组交换是基于 X.25 协议的。X.25 协议采用 3 层协议结构:第一层是物理层,第二层是数据链路层,第三层是分组层,对应于开放系统互连 (Open System Interconnection, OSI) 参考模型的下 3 层,每一层都包含了一组功能。帧交换 (Frame Switching, FS) 则只有下面两层,没有第三层,简化了协议,加快了处理速度。

帧交换是以一种帧方式 (Frame Mode) 来承载业务 (Bearer Service),在数据链路层以上采用简化的方式来传送和交换数据单元。通常,在第三层传送的数据单元称为分组,在第二层传送的数据单元称为帧。所以,帧方式是将用户信息流以帧为单位在网络内传送。

帧交换与传统的分组交换比较有两个主要特点:一个是帧交换是在第二层 (链路层) 进行复用和传送,而不是在分组层;另一个是帧交换将用户面与控制面分离,而通常的分组交换则未分离。用户面 (User Plane) 提供用户信息的传送,控制面 (Control Plane) 则提供呼叫和连接的控制,主要是信令 (Signaling) 功能。

(4) 快速分组交换

快速分组交换 (Fast Packet Switching, FPS) 可理解为尽量简化协议,只具有核心的网络功能,以提供高速、高吞吐量、低时延服务的交换方式。有时, FPS 是专指 ATM 交换,但广义的 FPS 包括帧中继 (Frame Relay, FR) 与信元中继 (Cell Relay, CR) 两种交换方式,信元中继为 ATM 所采用。实际上, ATM 是源自 FPS 和异步时分交换。

帧中继是典型的帧交换方式。与传统的帧交换比较,帧中继进一步简化了协议,非但不涉及第三层,第二层也只保留了链路层的核心功能,如帧的定界、同步、透明性以及帧传输差错检测



等。帧中继只进行差错检验,将错误帧丢弃,不再重发。帧中继采用ITU-T Q.922建议的链路层接入协议LAPF的一个子集,对应于数据链路层的核心子层,称为数据链路核心协议(DL-CORE)。帧中继采用可变长度帧,其数据传输采用数据链路连接标识符(Data Link Connection Identifier, DLCI)来指明信息传输通道,DLCI被填入到交换机的路由表中,并没有分配网络资源。只有当数据在终端用户之间传输时,才在相邻交换节点之间或端局节点和终端之间快速分配传输资源。帧中继可适应突发信息传送,非常适用于局域网(Local Area Network, LAN)的互连。

4. 窄带交换与宽带交换

传统的电话交换和数据交换分别适合于语音和2Mbit/s以下的数据交换,提供的业务速率限定为64kbit/s或 $n \times 64\text{kbit/s}$ ($n=2 \sim 30$)的业务交换,这种方式称为窄带交换。

20世纪80年代初期以来,随着宽带业务的发展及其业务发展的某些不确定性,迫切需要找到一种新的交换方式,因而导致了以异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)为代表的宽带交换方式,包括IP交换、IP/ATM集成交换、标记交换、帧中继交换及光交换等。

1.1.3 交换技术的发展

1. 电话交换技术的发展

(1) 机电式电话交换

自从1876年Bell A.G发明电话以后,为适应多个用户之间电话交换的要求,在1878年就出现了第一部人工磁石电话交换机。磁石电话机要配有干电池作为通话电源,并用手摇发电机发送交流的呼叫信号。后来又出现了人工共电交换机,通话电源由交换机统一供给,共电电话机中不需要手摇发电机而由电话机直流环路的闭合向交换机发送呼叫信号。

在1892年开通的第一部自动交换机是由Strowger A.B于1889年发明的步进制史端乔式自动交换机。用户通过话机的拨号盘发出的直流脉冲信号,可以控制交换机中电磁继电器与上升旋转型选择器的动作,从而完成电话的自动接续。步进制的得名是源于选择器的上升和旋转是逐步推进的。从此,电话交换由人工时代开始迈入自动化的时代。稍后,开始利用间接控制的原理,用户的拨号脉冲由交换机内的公用设备记发器接收和转发,以控制接线器的动作。旋转制选择器中的弧刷作弧形的旋转动作,升降制选择器作上升下降的直线动作,可统称为机动制。

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。纵横制最先在瑞典和美国获得较广泛的应用,具有代表性的是瑞典开发的ARF、ARM、ABK等系列交换机和美国先后于1938年、1943年和1948年开通的1号、4号和5号纵横制交换机。我国从20世纪50年代后期也致力于纵横制的研制,并陆续定型和批量生产。主要型号有用于市话的HJ921型交换机,用于长话的JT801型交换机,HJ905型和HJ906型则属于用户交换机。

步进制、机动制和纵横制都属于机电式自动交换。从20世纪初到20世纪50年代,机电式电话交换技术的发展日臻完善,在话路接续方面,从笨重、结构复杂的选择器发展到动作轻巧、比较完善的纵横接线器;在控制方式上,从十进制直接控制(Direct Control)逐步发展到间接控制(Indirect Control),以至完全的公共控制(Common Control)方式。

(2) 程控交换

1965年,美国开通了世界上第一个程控交换局,在公用电信网中引入了程控交换技术,这是

交换技术发展中具有更为重大意义的转折点。从此,各国纷纷致力于程控交换系统的研制。相对于机电式自动交换而言,程控交换(SPC)的优越性主要体现在以下几个方面:①灵活性大,适应性强;②能提供多种新服务性能;③便于实现共路信令;④操作维护管理功能的自动化;⑤适应现代电信网的发展,等等。

20世纪70年代开始出现数字程控交换,到20世纪80年代初期,数字程控交换在技术上已日趋成熟。从20世纪70年代到20世纪80年代前期,众多型号的数字程控交换系统纷纷推出。数字程控交换在发展的初期,有些系统由于成本和技术上的原因,曾采用过部分数字化,即选组级数字化,而用户级仍为模拟型,编译码器也曾采用集中的共用方式,而非单路编译码器。随着集成电路技术的发展,很快就采用单路编译码器和全数字化的用户级。数字程控交换普遍采用7号共路信令方式,这就是说,一方面从随路信令发展为共路信令,另一方面又从适用于模拟网的6号共路信令发展为适合于数字网的7号共路信令。

随着微处理机技术的迅速发展,数字程控交换普遍采用多级分散控制方式,灵活性高,处理能力增强,系统扩充方便而且经济。在软件方面,除去部分软件要注重实时效率和为了与硬件关系密切而用汇编语言编写以外,其他软件普遍采用高级语言,包括C语言、CHILL语言和其他电信交换的专用语言。对软件的主要要求不再是节省空间开销,而是可靠性、可维护性、可移植性和可再用性,使用了结构化分析与设计、模块化设计等软件设计技术,并建立和不断完善了用于程控交换软件开发、测试、生产、维护的支撑系统。自20世纪80年代中期以来,数字程控交换节点的功能在POTS的基础上不断增强,主要有以下3个方面:增强为窄带综合业务数字网中的交换节点;增强为智能网中的业务交换点;增强为移动网中的移动交换局。移动交换中心(Mobile Switching Center, MSC)实际上是在数字程控交换平台上增加了无线接口和相应的移动交换性能。

我国虽然起步较晚,但由于起点较高,在20世纪80年代中后期到20世纪90年代初相继研发出了HJD04、C&C08、ZXJ10、SP30等大型数字程控交换机,这些设备在我国电信网中的比重逐步增加,并出口到国外,使我国的数字程控交换技术和产业跻身于世界先进行列。

2. 分组交换技术的发展

1964年8月,Baran P.在以分布式通信为题的一组兰德(Rand)公司的研究报告中,首先提出了后来称之为分组交换的有关概念。在1962~1964年,美国国防部高级研究计划局对通过广域计算机网链接分时计算机系统产生了强烈的兴趣,虽未付诸实施,但激励了后继的研究工作。

在英国国家物理实验室(National Physical Laboratory, NPL)工作的Davies D.于1965年构思了存储转发分组交换系统的原理,并在1966年6月的建议中提出了“分组(packet)”这一术语,用来表达在网络中传送的128字节的信息块,1967年10月公开发表了NPL关于分组交换的建议。1967年6月美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)发布了ARPANET计划,用专线将多个节点的小型计算机互连,每个计算机可用作分组交换和接口设备。至1969年11月,具有4个节点的ARPANET已有效地运行,并且很快地,扩展至1971年4月支持23个主计算机,1974年6月支持62个主机,1977年3月支持111个主机。ARPANET的成功运行,表明动态分配和分组交换技术可以有效地用于数据通信。1972年10月,在第1届计算机通信国际会议(International Computer Communication Conference, ICC)上,分组交换首次进行



了公开演示。

ARPANET 和一些专用分组交换网的试验,促进了分组交换进入公用数据网,形成分组交换公用数据网(Packet Switched Public Data Network, PSPDN)。20世纪70年代前期,不少国家的邮电部或通信运营公司宣布了各自的公用分组交换网的计划,例如英国的 EPSS、美国的 TELENET、法国的 TRANSPAC、加拿大的 DATAPAC 等。在1974~1975年,已有5个独立的公用分组网在建设之中,于是产生了接口标准化的要求,从而在1976年3月 CCITT (Consultative Committee of International Telegraph and Telephone, 国际电报电话咨询委员会,现为 ITU-T) 制订了 X.25 协议。

作为第一个公用分组网,美国的 Telenet 于1975年8月运行。开始时只有7个互连的节点,到1978年4月增加到187个节点,使用了79部分组交换机,为美国156个城市服务,并与14个国家互连。X.25 建议产生后,Telenet 即采用 X.25 协议。

3. ATM 交换技术的发展

20世纪80年代初期以来,随着宽带业务的逐步发展及其业务发展的某些不确定性,迫切要求找到一种新的交换方式,能兼具电路交换与分组交换的优点。1983年出现的快速分组交换(Fast Packet Switching, FPS)和异步时分(Asynchronous Time Division, ATD)交换的结合,导致了 ATM 交换方式的产生。1983年,美国贝尔实验室提出了 FPS 的原理,研制了原型机。FPS 源自分组交换,减少了链路层协议的复杂性,有可能以硬件来实现协议的处理,从而大大提高了速度。同年,法国 Coudreuse J. P. 提出了 ATM 交换的概念,并在法国电信研究中心研制了演示模型。ATD 源自同步时分(Synchronous Time Division, STD)交换,采用标记复用。

1985年以来,原 CCITT 也开始了这种新交换方式的研究,开始称之为新传送模式。在1987年的原 CCITT 18 研究组会议上,决定采用信元来表示分组。一个重要的研究课题是采用固定长度信元还是可变长度信元,以及信元的长度和信头的长度如何。这些问题与带宽的使用效率、交换速度和实现的复杂性以及网络性能等重要因素均有密切关系。原 CCITT 第18研究组在1988年的会议上决定采用固定长度信元的异步传输模式,定名为 ATM,并确定 ATM 用作宽带综合业务网(Broad band-ISDN, B-ISDN)的复用、传输和交换的模式。1990年,原 CCITT 第18组制订了关于 ATM 的一系列协议,并在以后的研究中不断地深入和完善。

从20世纪80年代后期到20世纪90年代初期,不少计算机领域和通信领域的厂商致力于 ATM 技术的研究和 ATM 交换系统的开发。首先推出的是吞吐量在10G以下的一些小容量 ATM 交换机,用于计算机通信网。随着宽带业务的发展和 ATM 技术的逐渐成熟。ATM 交换技术的应用开始从专用网扩大到公用网,其标志是公用网大容量 ATM 交换系统的纷纷推出和一些公用 ATM 宽带试验网的运行。

1994年8月投入运营的美国北卡罗来纳信息高速公路,是美国第一个在州的范围内采用 ATM 和 SONET (Synchronous Optical NETwork) 的公用 ATM 宽带网,被看做是未来国家基础信息设施的雏型,用于远程教学、远程医疗、商务、司法和行政管理等领域,可以支持 ATM 信元中继业务、交换型多兆比特数据业务、帧中继业务以及电路仿真业务。公用网 ATM 骨干交换系统必须具有高吞吐量和可扩展性,吞吐量通常为40~160Gbit/s,应能支持各种接口、业务和连接类型。随着宽带信令标准的日益完善,除了永久虚连接(Permanent Virtual Connection, PVC)以外,应