

21 世纪高等院校计算机网络与通信教材

数字交换技术

北京希望电子出版社 总策划
王 昱 穆道生 编 著
王擎天 主 审



中国林业出版社
China Forestry Publishing House
www.cfph.com.cn



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

21 世纪高等院校计算机网络与通信教材

数字交换技术

北京希望电子出版社 总策划
王 罡 穆道生 编 著
王擎天 主 审



中国林业出版社
China Forestry Publishing House
www.cfph.com.cn



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内容简介

为了适应计算机科学与技术学科的发展和现代计算机教学的需要,作者在多年研究生、本科生和大专生的计算机教学、实践的基础上,编写了本书。本书以公用电话交换网(PSTN)为背景,阐述了数字通信网中交换技术的基础知识、基本原理和通用标准,选材侧重于工程应用方面必备的数字交换技术,同时给出了一些发展中的新技术概念。

本书层次清晰,概念准确,内容丰富,图文并茂,既兼顾了交换技术知识的全面性,又突出了重点和实用性,适用于高等院校的专业课教学,同时可供通信技术人员在工程中参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字交换技术/王罡,穆道生编著.—北京:中国林业出版社;北京希望电子出版社,2006.2

21世纪高等院校计算机网络与通信教材

ISBN 7-5038-4100-1

I.数... II.①王...②穆... III.数字传输系统—高等学校—教材
IV. TN915.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 106619 号

出版:中国林业出版社(100009 北京市西城区刘海胡同7号 010-66184477)

北京希望电子出版社(100085 北京市海淀区上地3街9号金隅嘉华大厦C座611)

网址: www.bhp.com.cn 电话: 010-82702660(发行) 010-62541992(门市)

印刷:北京市媛明印刷厂

发行:全国新华书店经销

版次:2006年2月第1版

印次:2006年2月第1次

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:16.5

字数:376千字

印数:0001~3000册

定价:23.00元

21 世纪高等院校计算机网络与通信教材

编委会

主 任 曲 炜 装备指挥技术学院博士生导师

副主任 卢 昱 中国计算机学会维护与管理专业副主任委员, 博士生导师

赵洪利 北京通信学会理事, 博士生导师

李新明 中国计算机学会抗恶劣环境专业委员会委员, 博士生导师

陆卫民 中国科学出版集团北京希望电子出版社社长

委 员 (以姓氏笔画为序)

马彦恒 万定生 王擎天 王成友 王向阳

朱诗兵 刘作学 吴善培 何新华 何忠龙

张 文 杨喜权 周 辉 郑明红 罗建华

赵立军 姚秀芳 徐建华 徐远超 郭德纯

梁计春 韩素华 葛洪华 樊秀梅 穆道生

序

目前,中国固定和移动两大网络的规模都已位居世界第2位,上网用户2004年总数达9400万,中国的信息通信制造业也得到很大的发展。今后5年中国信息产业预计将仍会以高于20%的速度增长。中国将加快建设新一代信息通信网络,全面振兴信息通信产品制造业和软件业,建立能够支撑信息通信业发展的技术、生产体系。在向数字化、集成化、网络化转变的过程中,简单服务要向个性化服务发展,低带宽要向高带宽发展,电路交换要向分组交换发展。无线网络、网络多媒体、多媒体计算、人机自然语音通信是网络与通信专业重点建设的四大方向。

面对潜力巨大的中国市场,我国大学的相关专业需要培养具有知识创新能力的高素质人才,在通信高新技术的研究上争创国际先进水平,为我国在信息领域达到国际一流的目标作出贡献。

科技的发展使得教育要跟上时代发展的步伐,但是目前市面上还没有一套系统、完整的关于计算机网络与通信方面的教材。现有的教材有些偏重理论,有些则偏重实用,不太适合于课堂教学。而对于学习网络与通信的学生来说,不仅要懂得原理,还必须学会技术,这样才能符合“培养人才、创造知识、转化成果、服务社会”的教学宗旨,在人才培养、科学研究和技术应用等方面有所成就,为我国通信与信息领域的发展做出贡献。

为了获得与国际接轨的教学内容,达到提高整体教学水平的目的,北京希望电子出版社组织国内各大高校相关专业的教授、专家、学者,共同编选本套丛书。本套丛书强化学生实践能力和创新意识的培养,定位准确、内容创新、结构合理。在选材上主要采用了成熟的理论,并通过对目前研究现状的跟踪,补充了最新的研究成果;充分考虑了内容组织的系统性和完整性,从学生的认知规律出发,力求做到简明和便于教学的特色;以培养学生分析问题和解决问题的能力为目标,着重基本概念、基本原理和基本分析方法的论述。本套丛书特别突出了各项技术的实用性,可作为计算机网络和通信专业或相近专业本科生、研究生的教科书,同时,还可以作为从事网络系统开发的科研人员和相关行业技术人员、管理人员有用的参考资料。

在撰写过程中参阅了大量的参考书、论文和资料,这里谨向所有的作者致以崇高的敬意!

我们欢迎更多的优秀教师参与到教材建设中来,真诚希望广大教师、学生与读者朋友在使用本丛书过程中提出宝贵的意见和建议。若有投稿或建议,请发至本丛书出版者电子邮件: textbook@bhp.com.cn

21世纪高等院校计算机网络与通信教材编委会

前 言

信息时代的技术特征是数字化和网络化。顺应这一发展趋势,世界电信网已经从 PSTN 经 NISDN 走向 BISDN;传输技术已经从点对点传输经 PDH 走向 SDH 与 WDM;交换技术正在从电路交换和分组交换经帧中继(FR)交换向 ATM 交换与 IP 交换发展。信息网络正在逐步完成由窄带向宽带的演变。未来网络的带宽资源将主要用于图像和数据业务,而话音业务则只用固定不变的或更少的带宽。通信新技术的迅速发展以及用户业务需求的日益频繁,对通信系统提出了更高的要求,通信网络的技术更新和升级势在必行。

交换技术历来在通信网中占据着重要位置,电话几乎成了人手一部的工具。电路交换已经有 100 多年的历史了;分组交换的理论和实践至今也已发展 40 余年;计算机技术的发展和计算机互连需求的增加,使得基于 IP 或 ATM 的分组交换数据网日益进步,这种分组交换网适合各种类型信息的传输,而且网络资源利用率高。

为适应未来通信的发展,培养新世纪的通信技术人才,特编写了本教材。本书前 5 章介绍了数字交换原理(以电路交换网 SCN 为背景),第 6 章介绍交换机的安装与维护,第 7 章讲解一些目前热点的数字交换新技术,第 8 章给出几个不同类别的交换机实例。本书的内容既兼顾交换技术知识的全面性,又突出了重点和实用性,可作为高等院校的专业课教材,也可作为通信技术人员的培训教材和自学参考书。

本书主要由王罡、穆道生主编,王擎天教授主审。在编写过程中,曲来莹、高小玲及其他多位老师参与了编辑,蒋太杰、许英、陈刚、李颖、李睿、庞海生、赵东杰等做了大量文字工作,在此一并表示诚挚的感谢。

由于交换技术涉及的通信领域太广,不同业务网络的交换方式差异很大,尤其是宽带交换尚有许多技术问题有待研究,再加上作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者不吝赐教。

编 者

目 录

编委会.....	i	3.1 信令的概念.....	56
序.....	iii	3.1.1 电话网中信令的分类.....	56
前言.....	v	3.1.2 信令方式.....	58
第1章 概论.....	1	3.2 用户线信令.....	61
1.1 基本概念.....	1	3.2.1 普通电话用户线信令.....	61
1.1.1 数字交换和模拟交换.....	1	3.2.2 程控电话信令.....	63
1.1.2 时分交换和空分交换.....	2	3.3 局间信令.....	63
1.1.3 同步传送方式和异步传送方式.....	4	3.3.1 中国1号信令.....	64
1.1.4 电路交换与分组交换.....	5	3.3.2 E&M 信令.....	70
1.2 数字交换技术基础.....	9	3.4 公共信道信令系统.....	70
1.2.1 话音信号数字化.....	9	3.4.1 概述.....	70
1.2.2 数字复用和复接.....	13	3.4.2 No.7 信令系统原理.....	71
1.2.3 数字传输码型.....	15	3.4.3 中国电信网的 No.7 信令系统.....	74
1.3 数字交换原理.....	17	3.5 习题.....	81
1.3.1 数字交换系统.....	17	第4章 控制电路及接口.....	82
1.3.2 时隙互换电路.....	19	4.1 控制电路.....	82
1.3.3 多级时分交换网络.....	24	4.1.1 控制系统结构与特点.....	82
1.4 习题.....	27	4.1.2 并行处理和多机控制.....	86
第2章 电话交换网.....	29	4.2 软件技术.....	93
2.1 交换机的技术特性.....	29	4.2.1 软件分类及生成工具.....	93
2.1.1 话务量与服务质量.....	30	4.2.2 呼叫处理.....	97
2.1.2 可靠性与可用性.....	33	4.2.3 分析处理.....	99
2.1.3 PABX 功能特性.....	35	4.2.4 输出处理.....	100
2.2 网络结构.....	36	4.2.5 交换机的用户数据输入.....	101
2.2.1 公用电话网.....	36	4.3 交换机接口.....	102
2.2.2 专用电话网.....	38	4.3.1 模拟用户接口.....	103
2.2.3 中继方式.....	39	4.3.2 模拟中继接口.....	105
2.3 话务量和中继线计算.....	41	4.3.3 ab 接口.....	107
2.3.1 话务量调查和计算.....	41	4.3.4 E/M 接口.....	108
2.3.2 中继线计算.....	43	4.3.5 数字用户接口.....	109
2.4 交换机中继、路由数据填写.....	46	4.3.6 数字中继接口 A.....	112
2.4.1 中继数据.....	46	4.3.7 V5 接口.....	115
2.4.2 中继表格.....	47	4.4 习题.....	120
2.5 习题.....	55	第5章 电话网的编号方案.....	121
第3章 交换系统的信令.....	56	5.1 编号原则.....	121

5.2 中国 PSTN 编号制度	122	7.1.4 ISDN 基群速率接口	177
5.3 国际电话网编号方案	126	7.1.5 ISDN 交换机	179
5.4 ISDN 编号与寻址	127	7.2 帧中继交换	182
5.4.1 ISDN 编号方案	128	7.2.1 帧中继的特点	183
5.4.2 ISDN 寻址方式	129	7.2.2 帧中继的网络技术	184
5.5 自动计费系统	130	7.2.3 帧交换的呼叫控制	185
5.6 c&c08 程控交换机计费系统	134	7.3 IP 电话交换	187
5.6.1 计费信息的生成	134	7.3.1 IP 电话交换的原理	187
5.6.2 计费信息的读取	135	7.3.2 IP 电话网体系结构	187
5.6.3 计费信息的转储	135	7.3.3 IP 电话和传统电话的比较	188
5.7 习题	136	7.4 ATM 交换	190
第 6 章 交换机的安装与维护	137	7.4.1 ATM 基本概念	192
6.1 对专网交换机的安装要求	137	7.4.2 ATM 交换协议与接口	196
6.1.1 交换设备机械结构与工艺要求	137	7.4.3 ATM 交换机	204
6.1.2 过压保护	138	7.5 软交换技术	215
6.1.3 环境要求	139	7.5.1 软交换概念	215
6.1.4 电源与接地	140	7.5.2 软交换的特点及关键技术	217
6.2 阶段验收测试基本内容	142	7.5.3 软交换技术的主要应用	220
6.3 现场安装调试验收和开通	143	7.6 习题	221
6.3.1 施工前的准备工作	143	第 8 章 数字交换设备实例	223
6.3.2 施工前的检查	143	8.1 C&C08 数字程控交换机	223
6.3.3 硬件安装	144	8.1.1 C&C08 数字交换机系统 性能及特点	223
6.3.4 电缆及电源线布放	145	8.1.2 C&C08 数字交换机硬件 系统结构	225
6.3.5 系统测试	146	8.1.3 管理和通信模块	227
6.3.6 移交测试	147	8.1.4 交换模块	231
6.3.7 试运行验收测试	152	8.1.5 各种接口单元和接口电路	233
6.3.8 工程总验收	153	8.1.6 C&C08 数字交换机软件系统	237
6.4 交换系统的维护	157	8.2 1100HSS 帧中继交换机	239
6.4.1 交换系统的维护测试性能	157	8.3 ZXJ10 ISDN 交换机	243
6.4.2 设备状态显示与设备闭塞	159	8.3.1 ZXJ10 系统特点	243
6.4.3 告警系统	161	8.3.2 ZXJ10 系统结构	243
6.5 习题	162	8.3.3 ZXJ10 的组网方式与能力	247
第 7 章 数字交换新技术	163	8.4 Magellan 系统 ATM 交换设备	248
7.1 ISDN 交换	163	8.4.1 ATM 骨干交换机 Concorde	249
7.1.1 ISDN 基本概念	163	8.4.2 ATM 边缘交换机 Vecter	252
7.1.2 ISDN 交换接口	164	8.4.3 ATM 接入交换机 Passport	254
7.1.3 ISDN 基本速率接口协议 内容描述	167		

第1章 概 论

1.1 基 本 概 念

数字通信 (Digital Communication) 是按照一致同意的协定进行数字信息传递的过程。数字通信一般借助于数字通信网 (数字电信网络)。通信网 (Communication Network) 是在两个或多个规定点间提供连接, 以便在这些点间建立电信业务的节点与链路的集合。其中, 链路 (Link) 是两点间具有特定特性的传输手段 (通常要指明传输通道的类型, 如无线链路、同轴链路或 2048kb/s 链路); 节点 (Node) 是链路的互连点, 进行交换的点, 或在该点上各链路借助于交换以外的其他手段进行互连。

通信网的基本结构如图 1-1 所示。图中, CPN (Customer Premises Network) 为用户驻地网, 它由大量用户终端设备 (如电话机、传真机、微机) 和用户终端网络 (如以太网) 组成; 接入网 (Access Network) 是指将 CPN 接入交换网的一种网络。如果把从交换端局到用户的线路 (有时也包括终端与交换机之间的通信设施) 称为用户本地环路, 则接入网实际是包含着大量用户本地环路的信息/信令网。长途网和本地网均由交换机及传输设备构成, 目前国际上倾向于将长途网和本地网合在一起称为核心网 (Core Network) 或转接网 (Transit Network)。

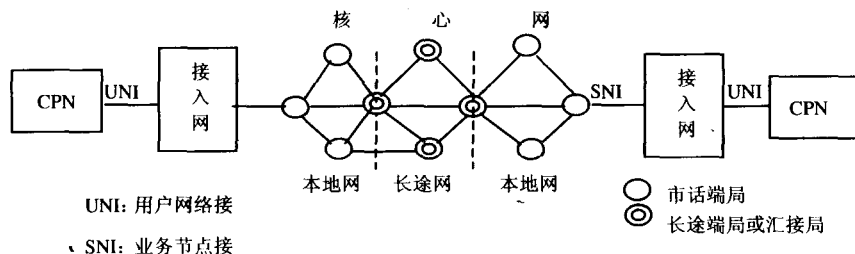


图 1-1 通信网的基本结构

由图 1-1 可以明显看出交换在通信网中的地位和作用。交换 (Switching) 是在需要传送信号的时候, 把一些功能单元 (软件和硬件的集合体)、传输通路或电信电路互连起来的处理过程。通信网中总是存在多个终端, 而且它们之中任何两个都可能交换信息。如果仅靠传输设备把它们分别互连起来显然是不经济、不先进的, 有效的办法是配备交换设施, 使每个终端通过一条专用线 (用户线) 接入交换网而无需与其他终端直接相连。交换网的作用是根据终端的要求, 将一个终端发出的消息传送给通信网中任何其他一个或多个终端。数字交换网中的核心实体 (这里 “实体” 可理解为一群硬件和软件的集合) 是数字交换机, 亦称数字交换系统。

1.1.1 数字交换和模拟交换

数字交换是相对模拟交换而言的。从概念上讲, 在数字交换过程中被交换的是数字信号, 而在模拟交换过程中被交换的是模拟信号。数字信号和模拟信号是信息的不同表示方

式，模拟信号的电参数随着被表达的物理量呈连续变化状态；数字信号则使用在某一时刻呈现一组规定的离散信号中的任何一个来表达物理量。而从历史演变上讲，目前有两种定义数字交换（或网络）的角度。第一种角度是着眼于交换机（或网络）内部，如果交换机内部交换网络交换的是时间连续或断续的模拟信号，则称之为模拟交换；如果交换机内部交换网络交换的是时间断续的数字信号则称之为数字交换。第二种角度是着眼于交换机（或网络）接口（这一接口通常定义为用户—网络接口），如果该接口处的信号是数字信号则称之为数字交换，否则，为模拟交换（如图 1-2 所示）。目前有关数字交换的技术文献一般取第一种角度定义其设备，而有关数字网络（如 ISDN）的技术文献一般取第二种角度定义其网络。

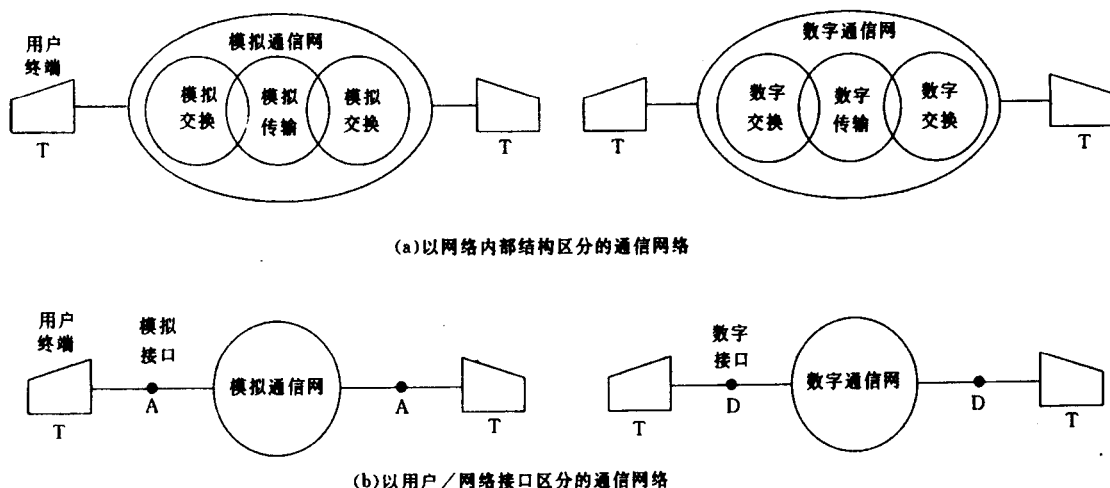


图 1-2 模拟通信网和数字通信网

1.1.2 时分交换和空分交换

从原理上讲，数字交换和模拟交换都可以分为时分交换和空分交换。但随着通信网的宽带化，数字空分交换实际上已不存在。

数字时分交换机的由来如图 1-3 所示，交换机已经经历了人工交换—模拟布控自动交换—数字程控自动交换的演变。布控和程控分别为布线逻辑控制（WLC，Wired Logic Control）和存储程序控制（SPC，Stored Program Control）的简称。布控是通过布线方法实现交换机的逻辑控制功能，其核心交换网络是交叉连接矩阵；而程控则是将用户的数据和交换机的控制、维护与管理功能预先编成程序，存储到计算机的存储器内。当交换机工作时，控制部分自动监测用户的状态变化和所拨号码，并根据要求执行程序，从而完成各种交换功能。通常这种交换机属于全电子类型。

程控交换机按其接续方式可分为空分与时分交换机。由于程控空分交换机的接续网络（或交换网络）采用空分接线器（或交叉点开关阵列），且在话路部分中一般传送与交换的是模拟语音信号，因而习惯称之为程控模拟交换机。这种交换机不需进行语音的模数转换（或解码），用户电路简单，因而成本低，目前主要用作小容量用户交换机。

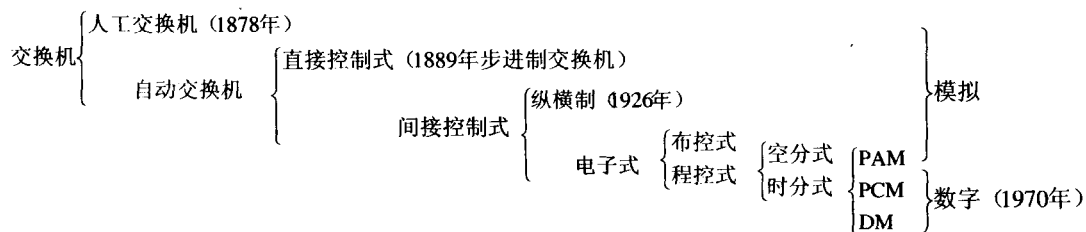


图 1-3 数字时分交换机的由来

程控时分交换机一般在话路部分中传送与交换的是数字话音信号，因而又称为程控数字交换机。随着数字通信与脉冲编码调制 (PCM) 技术的迅速发展和广泛应用，世界各先进国家自 20 世纪 60 年代开始竞相研制程控数字交换机。程控数字交换机以其技术的先进性和设备的经济性，使交换技术跨上了一个新的台阶，为开通非话业务、实现综合业务数字交换奠定了基础。

数字时分交换的概念可由 $n \times m$ 交叉矩阵简单说明，如图 1-4 所示。该交叉矩阵的入端有 n 条数字复用线，出端有 m 条数字复用线。时分交换的功能可将任一入线上的任一时段数字（图中阴影部分所示）转送到任一出线的任一时段上去。

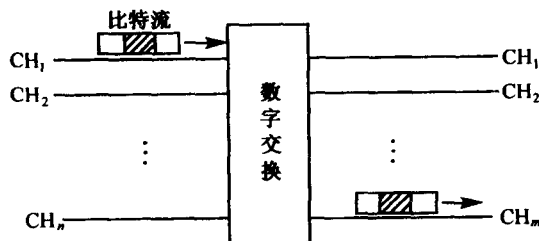


图 1-4 数字时分交换的概念

因为入线和出线都是数字复用线，所以依照同步时分复用和异步时分复用的原理，数字交换也对应两种类型的交换方式，即同步时分交换和异步时分交换。

在同步时分交换中同时存在两种交换：复用总线的交换和时隙的互换。被交换的主、被叫话音各占用一条复用总线中一个时隙信道。数字话音在各自的时隙中每 $125\mu\text{s}$ 变更一次。相应地，交换机也要每秒钟作 8000 次时隙的交换。

在同步时分交换方式下，控制系统的接续控制操作为每次通话只作一次，即在通信开始之前，在主、被叫终端之间建立一个固定的路由，该路由由通话者独占，直到话终拆线为止。这种交换方式又称为电路交换。

同步时分交换还具有将多个 64kb/s 信道“绑”在一起进行交换的能力。这样可以形成一个速率为 $64n\text{kb/s}$ 的交换信道， n 的数值在理论上仅受接口复用线上可用 64kb/s 信道数量的限制，但实际上还应受到整个网络中业务流量的限制。

在异步时分交换中，占用输入复用线上不同时段的信息块是分组 (Packet) 和信元 (Cell)，它们都由信息和附加的标记 (信头) 组成。每条复用线上都复用着多个逻辑信道，

它们靠标记来区分。异步时分交换完成 3 项功能：处理标记，信息的空间交换以及时间复用。交换设备的构造与复用信道的速率完全无关。目前的 IP 电话分组交换公用数据网（PSPDN）就是异步时分交换的一种应用。

与同步时分交换相反，异步时分交换并不建立固定的电路连接，而是像处理“邮包”那样处理信息：逐个查看标记并寻找空闲时段把它们发往目的地。在这种交换方式下，只有传送分组时才占用电路，其他时间电路可以为别的用户服务。这样大大提高了网络资源的利用率，特别是对于间歇型的交互式通信更显出其优越性。此外，这种交换具有灵活性，它使不同速率的终端可以直接通信。但是也应看到，异步时分交换不能象同步时分交换那样为每一次通信安排一次控制操作，而必须频繁地“查看”标记以便安排路由，这必然带来控制处理的繁重负担和随之而来的交换机的复杂性。

1.1.3 同步传送方式和异步传送方式

传统上，人们把信息承载的技术分为传输、复用、交换 3 个领域。但是近年来随着时分交换和时分复用的发展，这 3 个领域已越来越密不可分。因此，现在人们使用传送方式（Transfer Mode，也常译作转移模式）这个词来统一描述传输、复用和交换的方式。

通信网中采用的传送方式分同步传送方式（STM）和异步传送方式（ATM）两大类。数字电话网中的时分复用和前述的 2B+D 信道都属于 STM。它们的特征是，在时分复用信道中，各路信息都是按一定时间间隔周期性出现的，所以仅依据时间就可以确定和区别各路信息。而 ATM 则相反，各路信息信号不一定按一定时间间隔周期性地出现，因此需要另外附加一个标志来表明一段信息属于哪一路所有。可见，ATM 方式比 STM 灵活，可适应用户各种不同速率的要求。但这种灵活是有代价的，因为需要为分析标志付出时间。因此，目前倾向使用 SDH（同步数字序列）传输子网和 ATM 结合构成的信息高速公路。SDH 传输子网信息传输率高，属于 STM 方式。

我们把两种传送方式所包括的基础技术概括为图 1-5 所示的形式，并通过对该图的解释阐明与数字交换有关的技术基础。从概念上讲，目前的 PSTN 属于综合数字网络（IDN）并且正逐步向综合业务数字网（ISDN）过渡。在 IDN 内部，除了在交换机的接续部件（又称交换网络）上对信号所作的处理属于“数字交换”外，在交换机和 IDN 的其他范围，信号均处于数字传输状态：音频终端的模拟信号先经过数字化处理变为数字基带信号，经物理链路传输到复用器上作时分复用形成基群信号，或经几次复接形成高次群信号，再经物理介质传输到交换网络进行交换，交换后的数字信号或经反向信道找到被叫终端，或出局传输到它局。如果用户线上连接的是数字终端（数字话机、维护终端、数字接口适配器等），则用户线本身就有数字传输的问题（模数变换环节在终端内完成）。

由上述可见，无论是在同步传送方式下还是异步传送方式下，数字交换都涉及到语音信号数字化、数字多路复用、数字复接、数字传输码型等技术问题。

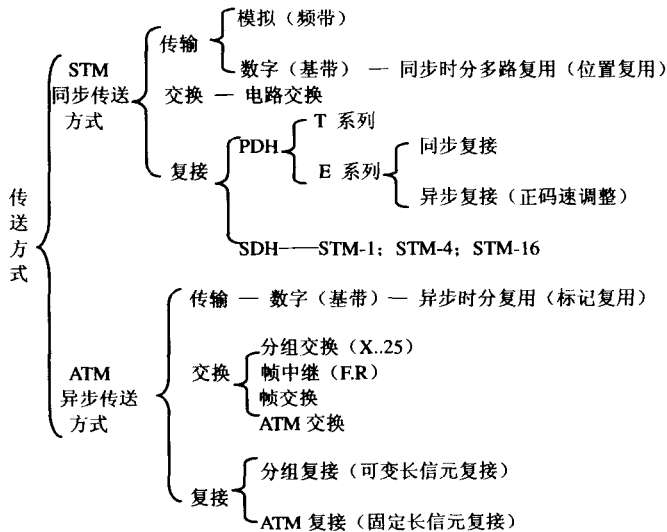


图 1-5 传送方式

1.1.4 电路交换与分组交换

1. 电路交换 (Circuit Switching)

如前所述，电路交换属于同步传送方式下的交换技术。电路交换是在同一电信网用户群中任意两个或多个用户终端之间建立电路暂时连接的交换方式。暂时连接独占一条通路并保持到连接释放为止。

电路交换方式是即时通信，它提供一次性无间断信道，在通信过程中不会因电路交换而产生明显时延，因此非常适用于交互式实时通信。但实时通信连接要求主、被叫双方用户同时都是空闲的，否则就造成呼损。

电路交换的路由是若干节点（交换机）和链路（中继线）串连而成的。在一次通信接续过程中，各段链路（时隙信道）都是独立的，并保持到通信结束。也就是说，静止（无信息时）时隙也不能挪作它用，因而降低了信道利用率。电路交换网络利用建立用户间的专用路由提供服务。如果某人向交换系统发出被叫电话号码（呼叫），交换机就建立两用户间的通路（包括许多点到点的链路）。这种接续是通过贯穿全网的信令信息建立的。通路建立后，就开始传送话音，直到用户挂机方可拆线。数据终端设备（譬如一台微机）也可以利用电话呼叫完成与另一 DTE 的通信，但必须通过 DCE（数据电路终接设备，譬如一台 Modem），将数据转换成音频信号后，方可在话路中传输和交换。用户传真机利用电话网通信也属于这种情况。在电路交换系统中，每次呼叫所建立起来的通路都是供两用户专用的。虽然在传输系统的某些部分可能进行话路复用，但用户并不关心，也无感觉。

电路交换还有以下两个特点。首先它容许用户间连续地传送信息，直到满意为止，因此适于中速率长时间通信；其次，电路交换可以交互方式工作，通话一方询问，对方马上回答。

电路交换的缺点是用户必须在通信之前完成接续,而且在整个通信期间该接续(由链路和交换机组成)必须处于可用状态。

电路交换网络的拓扑结构可分为几类。多数国家的公用电话系统采用分级制网络。这种网络的优点在于能够有效地利用中继线,并可采用简单而便宜的节点控制方法有效地选择信息传送路由。

电路交换机和整个交换网对信息业务量高峰适应性较差,各段链路所需通信路由(信道)的数量,必须根据高峰(即忙时)负荷按一定呼损值设计配置。

鉴于电路交换的上述特点,电路交换方式适用于用户之间需要以较恒定的速率进行较长时间的通信。用户间可实时地互通信息,这正是电话业务的服务特点,因此目前 PSTN 是一个电路交换网。但应注意,现存的电路交换方式的通信网决非 PSTN 一家,用户电报网中的用户电报交换机也普遍采用程控电路交换方式。所不同的是,用户电报终端不像电话机(录音电话除外)那样必须有人在场才能完成通信,即使被叫用户无人值守,主叫用户也能自动启动对方电机完成通信,这为有时差的两地之间的通报提供了便利,因而广泛用于国际通信。另外,用户电报(Telex)的电文具有法律的凭证作用,这也是电话业务无法取代的。

除了用户电报网外,电路交换还可用于信息量更大的数据通信,如电路交换公用数据网(CSPDN)。数据交换的原理与话音交换基本一样,一个或几个网络交换机根据主叫用户的要求在主被叫用户终端(或计算机)之间建立一条供它们专用的数据通道,在通信结束后拆除这条通道。这种交换方式的优点是传输实时性好,适于传输大批量数据,但对于大批量的会话式数据通信来说,其数据通道的利用率低,并有着使用不同速率、码型和传输规程的各用户间不能互通的重要缺点。因此从 20 世纪 80 年代以后在建设公用数据网方面绝大多数国家都优先发展分组交换技术,而把电路交换限制在一定的水平上。

2. 组交换(Packed Switching)

异步传送方式下的交换方式比较多,如图 1-5 所示,而目前应用最广的是分组交换。PSPDN(公用分组数据网)是分组交换的典型应用,网内采用 ITU-T X.25 协议,故又称 X.25 网。

分组交换根据对分组信息的不同处理方式而分为两种工作模式:数据报(Datagram)和虚电路(Virtual Circuit),目前较多采用虚电路模式。

(1) 数据报模式

数据报方式类似于报文传输方式,将每个分组作为一份报文一样对待。每个数据分组中都包含终点地址信息。分组交换机为每一组数据独立地寻找路径,因此一份报文包含的不同分组可能沿着不同路径到达终点,在网络终点需要重新排序。图 1-6 中分组终端 A 和非分组终端 C 之间采用的是数据报方式,这里分组头部装载有关目的地址的完整信息,以便分组交换机寻路。这种方法在用户之间的通信不需要经历呼叫建立和呼叫清除阶段,对短报文通信传输效率比较高,这一点类似数据通信的报文交换方式。只不过一个发送终端发出的是若干个数据报,而不止一个报文。这种方式的特点是:数据分组传输时延较大,分组的传输时延和传输路径有关,所以时延差别较大;对网络故障的适应性较强,一旦某个路由的分组交换机出现故障可以另选传输路径。

(2) 虚电路模式

虚电路方式是指两个用户在互传数据之前必须通过网络建立逻辑上的连接,一旦这种连接建立以后,用户发送的数据(以分组为单位)将通过该路径按顺序通过网络传送到终点。当通信完成之后,用户发出拆链请求,网络清除连接。可见这种方式非常类似电路交换中的通信过程。但是虚电路分组交换方式中电路的建立是逻辑上的,只是在收发终端之间建立逻辑通道,即在分组交换机中设置相应的路由对照表,指明分组传输的路径,并没有像电路交换那样确定具体电路或 PDH 具体时隙。如果收发两端在通信过程中一段时间没有数据发送,那么网络仍旧保持这种连接,但并不占用网络的传输资源。虚电路方式的特点是:一次通信具有呼叫建立、数据传输和呼叫清除 3 个阶段;数据分组中不需要包含终点的地址,对于数据量较大的通信传输效率高,例如,图 1-6 中终端 B 和 D 之间的电路使用虚电路方式,每个分组头部指明的只是虚电路标识号,而不必标明目的地址;数据分组按已建立的路径顺序通过网络,在网络终点不需要对数据重新排序,分组传输时延小,而且不容易产生数据分组的丢失。虚电路方式的缺点是当网络由于线路或设备故障导致虚电路中断时,需要重新呼叫建立新的逻辑连接,但是现在许多采用虚电路方式的网络已能提供呼叫重新连接的功能,当网络出现故障时将由网络自动选择并建立新的虚电路,不需要用户重新呼叫,并且不丢失用户数据。

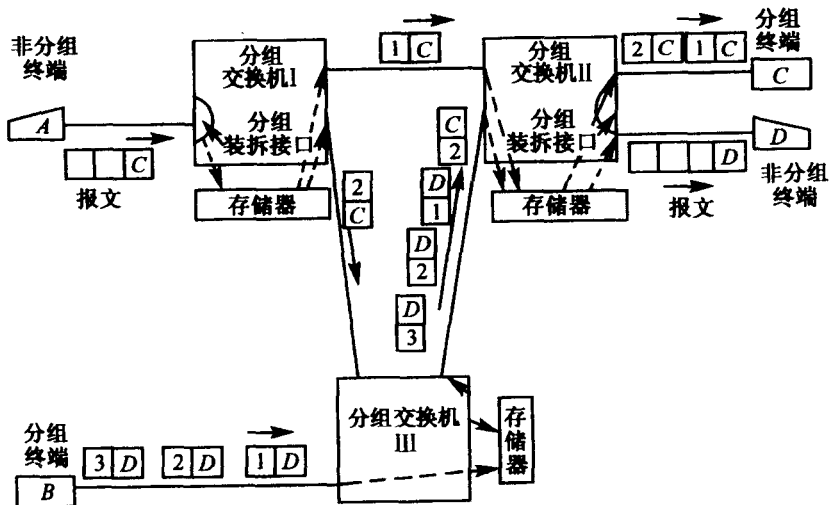


图 1-6 分组交换网工作原理

分组交换的另一个缺点是由网络附加的传输信息较多,传输时为了保证分组能够按照正确的路径安全到达终点,要给每个数据分组加上控制信息(分组头),除此之外还要设计许多不包含数据信息的控制分组,用它们来实现数据通路的建立、保持和拆除,并进行差错控制以及数据流量的控制等。

分组交换对大多数数据业务是有效的通信手段,而用于话音业务则必须解决一些技术问题。首先应指出,话音业务的分组交换是一件有意义的事,因为全双工的话音电话实际上只在低于 50% 的通话期间内被利用。当用户不说话时完全可以不发送信息分组而把信道分配给别的用户使用,从而提高整个网络的利用率。

3. 分组交换的基本原理

(1) “分组”的形成及消息的还原

在分组交换方式中,“分组”是交换与传输处理的对象。消息与“分组”的关系以及“分组”的格式如图 1-7 所示。“分组”的装配(打包)、分解(分包)过程称为 PAD(Packet Assembly and Disassembly) 功能。

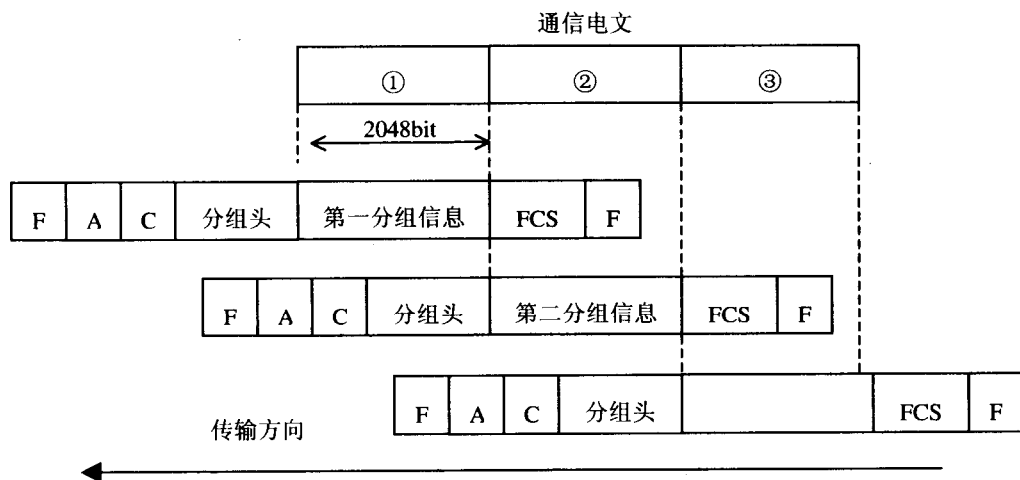


图 1-7 X.25 协议的消息与“分组”

数据分组交换须遵循传输控制规程(协议)。不同规程中消息的“分组”格式也不同。图 1-7 所示的格式为 X.25 协议的标准,若该格式去掉“分组头”部分则为 HDLC(高级数据链路控制)规程所规定的格式。

图中各符号表示的意义如下:

F 为标志序列,表示一个帧的开始和结束,代码为 01111110;

FCS 是帧校验序列,包含差错控制代码,长度 16bit;

C 是控制字段,占 8bit,包含各种控制信息和表示帧顺序的序列号;

A 是地址字段,占 8bit,包含对方终端地址和本方终端地址;

消息部分也称数据字段,长度取 8 的整数倍。

“分组头”中,包含下列内容:

GFI 为格式标志信息;

LCGN 为逻辑信道组号,最大可取 16;

LCN 为逻辑信道号,每个 LCGN 可有 1~256 个 LCN;

P(S) 为发送序列号;

P(R) 为接收序列号。

(2) 分组交换过程

在分组交换网中,分组式终端(PT)能按照分组格式收发消息;而非分组式终端(NPT)只能按照传统报文格式收发消息。这两种终端都可与分组交换机连接,但 PT 可以直接连

接到交换机中的高速信息控制设备 (HSE)，而 NPT 发出的消息需要到交换机的 PAD 功能部分，变换为分组后才能进行交换。

分组交换机的主要工作是处理从 PT、NPT 以及其他分组交换机送来的分组。所有分组全部通过 HSE 接收，存放在存储器中，交换机的处理系统通过软件控制 HSE，将分组向收信 PT 或其他分组交换机发送。

分组交换过程可以图 1-7 为例说明。PT 和 NPT 分别发出电文 D 和 C，经用户线传送到分组交换机，由其中的 PAD 功能部件将电文分组，存储在分组交换机的存储器中。交换机根据当时网络的状态为每个分组选择空闲路由。由图可见，同一终端发出的信息可以经过不同的路由传输。当各个分组传送到接收端的分组交换机时，该交换机根据对应于各个收信终端 的分组的序号，将分组重新排序。如果收信终端是 PT，交换机即可按重新排好的顺序，将各分组通过用户线传送到 PT，再由该 PT 恢复成原始电文。如果收信终端是 NPT，则由交换机内的 PAD 功能部件对重新排序后的分组进行处理，恢复成原始电文，再通过用户线传送到 NPT。

(3) 分组交换网

图 1-8 所示的是分组交换网的构成。网络由交换系统和复用系统构成。交换系统由多个分组交换机 (PS) 互连呈网状，复用系统采用分组多路复用器 (PMX)。PMX 具有多路复用和 PAD 两重功能，以树形结构将多个 NPT (也可连接 PT) 进行复用系统连接后再接到分组交换机 (PS) 上。

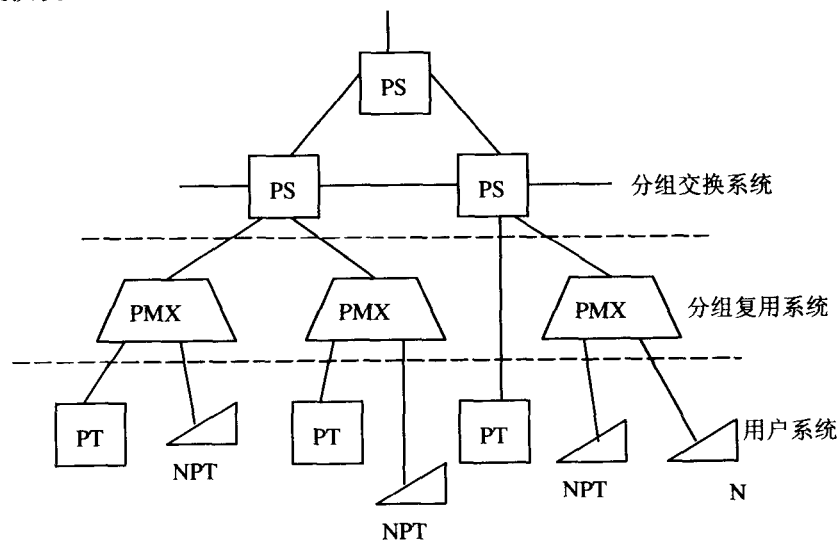


图 1-8 分组交换网的构成

1.2 数字交换技术基础

1.2.1 语音信号数字化

我们已经在很多教科书上了解到将话音“编码”为数字信号的技术，主要有基于时域波形的“波形编码”和发声机理的“参数编码”及基于话音频带特性的“频域编码”3类。