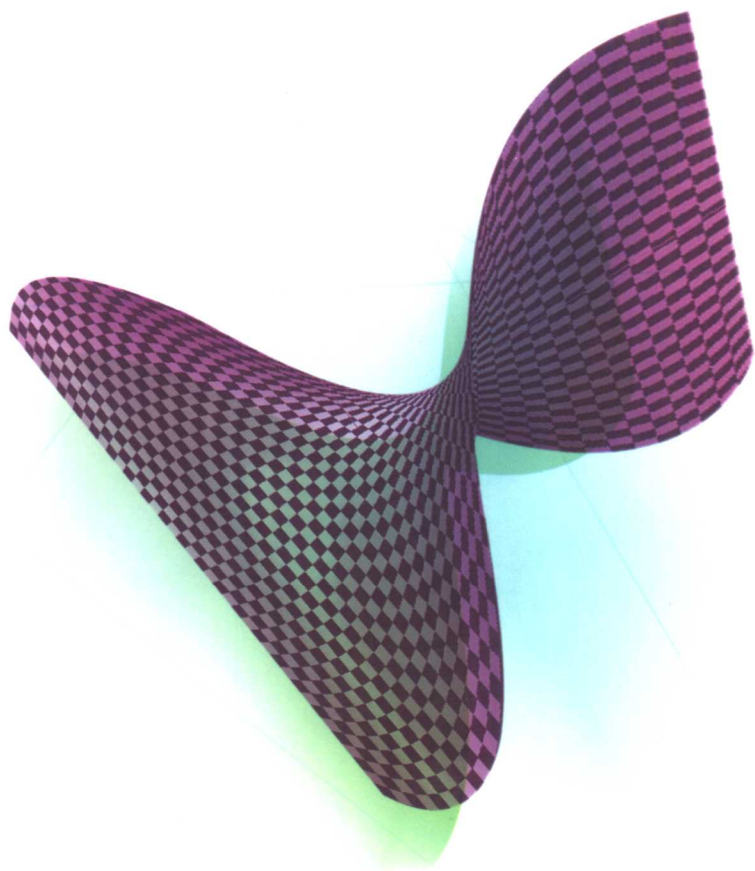


21 世纪通信教材

程控交换与宽带交换

CHENGKONG JIAOHUAN YU KUANDAI JIAOHUAN

张中荃 主编



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪通信教材

程控交换与宽带交换

张中荃 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

程控交换与宽带交换 / 张中荃主编. —北京: 人民邮电出版社, 2003.11

21 世纪通信教材

ISBN 7-115-11341-6

I. 程… II. 张… III. ①存储程序控制电话交换机—教材②宽带通信系统—综合业务通信网—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058398 号

内 容 提 要

本书以程控交换、ATM 交换到 MPLS 交换的技术发展为线索, 对程控交换和宽带交换进行介绍。重点介绍程控交换技术和 MPLS 交换技术, 简述移动交换的技术特点和 ATM 交换的基本机理, 并介绍软交换和光交换等技术。全书共分 11 章, 第一章为交换技术概述, 第二章为数字交换和数字交换网络, 第三章为程控交换机的硬件系统, 第四章为程控交换机的软件系统, 第五章为移动交换系统简介, 第六章为 ATM 交换技术, 第七章为 IP 和 ATM 的融合, 第八章为 MPLS 交换技术, 第九章为 MPLS 流量工程和 QoS 机制, 第十章为 MPLS 技术在 VPN 上的应用, 第十一章为交换新技术简介。

在本书的编写过程中, 力求做到内容新颖、知识全面, 由浅入深、通俗易懂, 注重基本概念和基本原理。本书可作为通信工程专业的本科生教材, 也适合于从事相关专业的工程技术人员阅读参考。

21 世纪通信教材

程控交换与宽带交换

◆ 主 编 张中荃

责任编辑 滑 玉

◆ 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>

读者热线 010-67129260

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19.75

字数: 480 千字

2003 年 11 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2003 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11341-6/TN · 2093

定价: 26.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

编者的话

程控数字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。同时随着人们对信息需求的日益扩大，以 ATM、IP 技术为基础的新的宽带网络正在迅速建设和发展。利用 ATM 传送 IP 技术构造 Internet 的骨干传送网，可以克服阻碍网络扩展的局限因素，并可大幅度地提高性能。因此，掌握程控交换机的基本原理，理解宽带交换技术及其相关概念，对从事通信工程的技术人员来说是十分必要的。

由于技术发展很快，需要讲述的内容很多，但限于篇幅，不可能将所有内容都进行详细的叙述。因此，本书以程控交换、ATM 交换和 MPLS 交换的技术发展为线索，共分 11 章对程控交换和宽带交换进行介绍。重点介绍了程控交换技术和 MPLS 交换技术，简述了移动交换的技术特点和 ATM 交换的基本机理。

在程控交换技术介绍中，首先从人们较为熟悉的电话通信入手，引入交换的基本概念和电话交换信令方式，并对各类交换技术进行了比较。然后介绍数字交换网络、模拟用户电路、用户集线器、数字用户电路、中继器、信号部件和控制系统等硬件组成，重点讨论了 T 型时分接线器、S 型接线器、多级时分交换网络、信号音产生等工作原理和用户电路 BORSCHT 功能。再次是介绍呼叫处理的基本原理、程序的执行管理、系统的诊断与维护等软件组成，重点分析讨论了用户摘挂机的识别原理、脉冲识别原理及计数、位间隔识别原理、双音频收号原理、时间表的工作原理以及设计。最后简要介绍了移动交换中的控制原理、位置登记、越区切换、漫游、网络安全等关键技术和接口信令。

多协议标记交换 (MPLS) 是 IP 路由技术与 ATM 高速交换技术有机结合的产物，将第三层的包交换转换成第二层的交换，并可用硬件实现表项的查找和匹配以及标记的替换，它将成为下一代网络的核心技术之一。因此，在介绍宽带交换技术时，从 ATM 交换技术、IP 与 ATM 融合的技术模型入手，重点介绍了多协议标记交换技术，主要有 MPLS 的网络体系结构、工作原理、标记分发协议 (LDP) 和标记交换路径 (LSP)、MPLS 流量工程和 QoS 机制、MPLS 在虚拟专用网中应用等相关内容，最后简要介绍了软交换技术和光交换技术。

本书是在翻阅大量参考文献的基础上，结合作者多年教学的心得和体会编写而成的。本书观点独到、语句精练、论述清楚、内容丰富、紧跟技术发展，以期为 21 世纪的科学技术发展和人才培养贡献一点儿绵薄之力。

本书主要有以下几个特点：

(1) 内容安排独具匠心。首次将交换技术的过去、现在和将来编排在一起，使学生通过本书的学习对当代各种交换技术有一个全面的认识与了解。

(2) 知识层次深浅得当。在本书的编写过程中，力求做到内容新颖、概念准确、知识全面、由浅入深，注重基本概念和基本原理。

(3) 文笔通俗亲和力强，可读性好。作者力求以通俗易懂的语言将枯燥的理论知识娓娓道来，以提高学生的阅读兴趣和阅读效率。

本书由张中荃、镇桂勤、郝亚平、马秀芳、王宏伟和杨恒编写，并由张中荃负责统稿和修改。但由于编者水平所限，书中错误不当之处难以避免，敬请读者斧正。

本书适用于通信工程专业在校本科层次学生和从事相关专业技术人员使用。对本书选用的参考文献的各位译作者表示衷心的感谢和崇高的敬意。

编者
2003年5月

目 录

第一章 交换技术概述	1
1.1 交换的基本概念	1
1.1.1 交换的引入	1
1.1.2 交换节点的基本功能	2
1.2 交换技术分类	2
1.2.1 模拟交换与数字交换	3
1.2.2 布控交换与程控交换	5
1.2.3 电路交换与分组交换	5
1.2.4 窄带交换与宽带交换	10
1.3 交换技术的发展	11
1.3.1 电话交换技术的发展	11
1.3.2 分组交换技术的发展	13
1.3.3 ATM 交换技术的发展	15
1.3.4 IP 交换技术的发展	17
1.4 电话交换信令方式	20
1.4.1 信令的概述	20
1.4.2 信令的类型	21
1.4.3 用户线信令	23
1.4.4 局间信令	23
复习思考题	28
第二章 数字交换和数字交换网络	29
2.1 数字交换原理	29
2.1.1 数字交换	29
2.1.2 时隙交换原理	29
2.1.3 数字交换网络	31
2.2 T 型时分接线器	31
2.2.1 T 接线器的基本组成	31
2.2.2 T 接线器的工作原理	32
2.2.3 T 接线器的电路组成	34
2.3 S 型时分接线器	41
2.3.1 S 型接线器的基本组成	41
2.3.2 S 型接线器的工作原理	42

2.4	多级时分交换网络	44
2.4.1	T-S-T型时分交换网络	44
2.4.2	S-T-S型时分交换网络	49
2.4.3	其他形式的多级时分交换网络	50
2.5	阻塞的概念与计算	51
2.5.1	阻塞的概念	51
2.5.2	阻塞概率的计算	51
	复习思考题	51
第三章	程控交换机的硬件系统	53
3.1	程控交换机的总体结构	53
3.2	话路系统	53
3.2.1	用户级话路	54
3.2.2	中继器	60
3.2.3	信号部件	62
3.3	控制系统	65
3.3.1	处理机控制方式	66
3.3.2	处理机的备用方式	68
3.3.3	控制系统可用性	70
3.3.4	存储器	70
	复习思考题	70
第四章	程控交换机的软件系统	72
4.1	程控交换机的软件组成	72
4.1.1	在线程序	72
4.1.2	支援程序	74
4.1.3	数据	75
4.2	呼叫处理的基本原理	77
4.2.1	呼叫处理过程及状态迁移	77
4.2.2	输入处理	79
4.2.3	分析处理	88
4.2.4	任务执行和输出处理	92
4.3	程序的执行管理	96
4.3.1	软件管理技术	96
4.3.2	程序的级别划分	98
4.3.3	程序的启动控制	99
4.3.4	周期级的调度管理	101
4.3.5	基本级程序的执行管理	103
4.4	系统的诊断与维护	106
4.4.1	故障处理的一般过程	106
4.4.2	故障检测与诊断	107

4.4.3 故障排除	107
复习思考题	108
第五章 移动交换系统简介	109
5.1 移动交换系统概述	109
5.1.1 系统组成	109
5.1.2 移动交换控制的特征	111
5.2 移动交换控制原理	112
5.2.1 移动呼叫处理	112
5.2.2 移动交换的基本技术	114
5.3 移动交换接口信令	117
5.3.1 无线接口信令	118
5.3.2 基站接入信令	120
5.3.3 网络接口信令	122
复习思考题	124
第六章 ATM 交换技术	125
6.1 概述	125
6.1.1 ATM 的基本概念	125
6.1.2 ATM 交换系统的基本构成及要求	128
6.2 ATM 交换网络的实现技术	131
6.2.1 空分交换结构	131
6.2.2 时分交换结构	134
6.2.3 总线交换结构	135
6.2.4 令牌环交换结构	137
6.2.5 ATM 多级交换网络	137
6.3 ATM 交换的分层技术	143
6.3.1 ATM 交换的协议参考模型	143
6.3.2 物理层	144
6.3.3 ATM 层	147
6.3.4 ATM 适配层	150
6.4 ATM 网络信令	157
6.4.1 ATM 网络的信令方式	157
6.4.2 用户网络接口信令	158
6.4.3 专用网络节点接口信令	166
6.4.4 公用网络节点接口信令	169
6.4.5 端到端的信令过程	170
复习思考题	171
第七章 IP 与 ATM 的融合	172
7.1 IP 与 ATM 融合的技术模型	172
7.1.1 重叠模型	172

7.1.2	集成模型	173
7.1.3	重叠模型与集成模型比较	174
7.2	重叠模型技术	174
7.2.1	ATM 上的传统 IP	174
7.2.2	IP 组播	178
7.3	集成模型技术	181
7.3.1	IP 交换	181
7.3.2	标记交换	185
7.3.3	多协议标记交换	187
	复习思考题	191
第八章	MPLS 交换技术	192
8.1	MPLS 总体介绍	192
8.1.1	MPLS 技术发展动力	192
8.1.2	MPLS 网络体系结构	194
8.1.3	MPLS 工作原理	199
8.1.4	实现 MPLS 的关键技术	201
8.2	标记分发协议 (LDP)	208
8.2.1	LDP 及其消息	208
8.2.2	LDP 操作	209
8.2.3	LDP 协议规范	218
8.3	标记交换路径 (LSP)	225
8.3.1	标记交换路径概述	225
8.3.2	LSP 路由选择	227
8.3.3	LSP 隧道	228
8.3.4	LSP 的快速重选路由	229
	复习思考题	232
第九章	MPLS 流量工程和 QoS 机制	233
9.1	流量工程概述	233
9.1.1	什么是流量工程	233
9.1.2	流量工程中的性能指标	234
9.1.3	网络拥塞的最小化	234
9.1.4	流量与资源控制	234
9.2	MPLS 流量工程	235
9.2.1	MPLS 流量工程技术基础	235
9.2.2	MPLS 流量工程组成部件	242
9.2.3	MPLS 流量工程的实现	244
9.3	QoS 概念及其实现方案	244
9.3.1	QoS 概念及实现过程	245
9.3.2	MPLS 的 QoS 实现方案	248

复习思考题	255
第十章 MPLS 技术在 VPN 上的应用	257
10.1 VPN 的概念和结构	257
10.1.1 VPN 的概念	257
10.1.2 VPN 结构	258
10.2 实现 VPN 的传统技术	262
10.2.1 隧道技术	262
10.2.2 基于 IPSec 的加密技术	265
10.2.3 密钥管理技术	266
10.2.4 身份认证技术	267
10.3 利用 MPLS 技术实现 VPN	268
10.3.1 MPLS VPN 结构	268
10.3.2 MPLS 技术对 IP 扩展头问题的解决	271
10.3.3 MPLS VPN 安全性	272
复习思考题	274
第十一章 交换新技术	275
11.1 软交换技术	275
11.1.1 软交换的概念	275
11.1.2 软交换的网络结构	276
11.1.3 软交换协议	280
11.1.4 软交换的应用	284
11.2 光交换技术	284
11.2.1 光交换的概念	284
11.2.2 光交换元件	285
11.2.3 光交换网络	287
11.2.4 新的光交换技术	294
复习思考题	294
附录 英文缩写对照表	296
参考文献	305

第一章 交换技术概述

通信网是由用户终端设备、传输设备和交换设备组成。它由交换设备完成接续，使网内任一用户可与其他用户通信。程控数字交换机是数字电话网、移动电话网及综合业务数字网中的关键设备，在通信网中起着非常重要的作用。为了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，介绍交换节点的基本功能、交换技术的分类和发展，并通过对不同交换方式的比较，使读者更能准确理解交换的概念。在本章的最后介绍了交换信令方式。

1.1 交换的基本概念

1.1.1 交换的引入

通信的目的是实现信息的传递。自从 1876 年 Bell.A.G 发明电话以来，一个电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、数据及图像等）转换成可被传输媒介接受的电信号，并将来自传输媒介的电信号还原成原始消息。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。

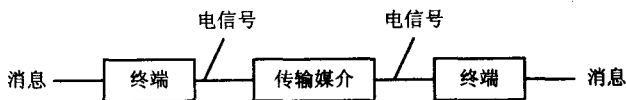


图 1.1 点对点通信系统

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（称为全互连方式），再加上相应的开关控制即可实现，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；

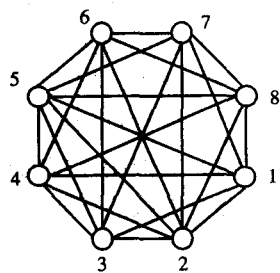


图 1.2 用户个个相连

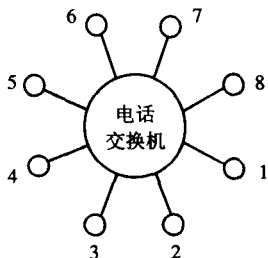


图 1.3 交换节点的引入

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；当增加第 $N+1$ 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，这种互连方式无法实用化。于是引入了交换设备（也称交换机或交换节点），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。

由此可见，实现通信必须要三个要素，即终端、传输和交换。

电话交换是电信交换中最基本的一种交换业务。它是指任何一个主叫用户的信息，可以通过通信网中的交换节点发送给所需的任何一个或多个被叫用户。

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 1.4 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 1.5 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。

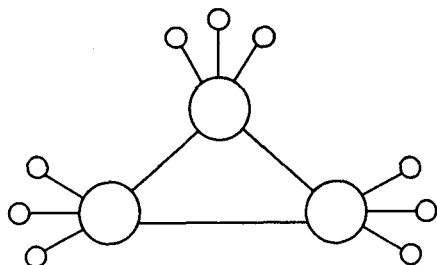


图 1.4 采用多个交换节点

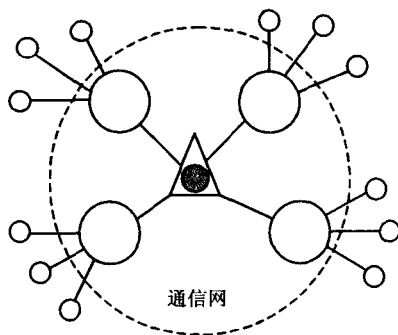


图 1.5 采用汇接交换节点

1.1.2 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：在入中继线与出中继线之间的接续。

为完成上述的交换接续，交换节点必须具备的最基本的功能如下。

- (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。

1.2 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、图形以及图像等。根据不同的通信形式，交换技术有着多种不同的分类方法。按照传输信号方式分类，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。

1.2.1 模拟交换与数字交换

通信所传输的消息虽然有多种形式，但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是随时间连续变化的，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，将连续消息和离散消息分别称为模拟消息和数字消息。

一、模拟信号和数字信号

对应于两种不同类型的消息，可以有两种信号形式。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 1.6 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）随着消息连续变化的信号，如图 1.6 (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，如电话信号就是话音声波的电模拟，它是利用送话器的声/电变换功能，把话音声波压力的强弱变化转变成话音电流的大小变化。

2. 数字信号

数字信号是指信号幅度并不随时间作连续的变化，而是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 1.6 (b) 所示。电报通信用五位而计算机通信用七位“0”和“1”的组合来表示传送的数据和控制字符就是这种形式的信号。

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。

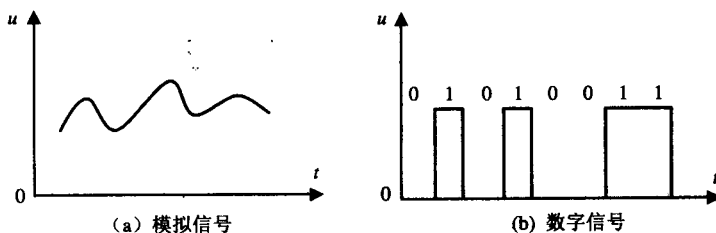


图 1.6 模拟信号和数字信号

二、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 1.7 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式。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，诸如抗干扰能力弱、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。

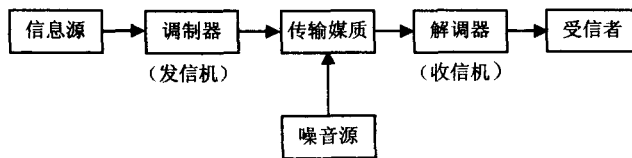


图 1.7 模拟通信系统模型

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通信，如图 1.8 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，它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用，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。

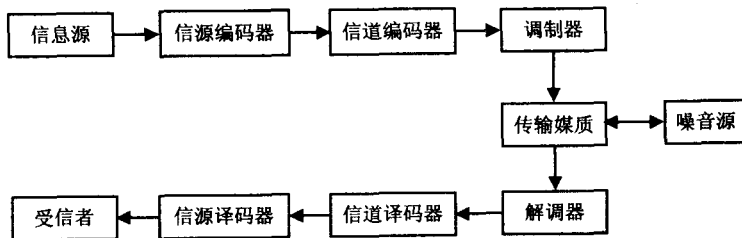


图 1.8 数字通信系统模型

数字通信与模拟通信相比，具有抗干扰性强、保密性好、设备易于集成化以及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所用的信道频带宽得多，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。

三、模拟交换和数字交换

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)。

1.2.2 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。

1.2.3 电路交换与分组交换

一、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，例如最早的人工电话的电话交换机采用的就是电路交换方式。电路交换是一种实时交换，当任一用户呼叫另一用户时，应立即在这两个用户间建立电路连接；如果没有空闲的电路，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 (简称呼损率) 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 1.9 所示。

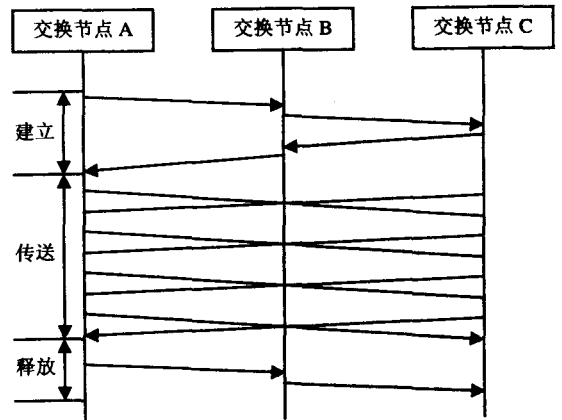


图 1.9 电路交换的基本过程

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，对于数据交换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，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, LC); 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, 才激活虚电路, 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, 会引起信息丢失或排队时延。

二、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) 三部分。报文交换的主要缺点是时延大, 且时延的变化也大, 不利于实时通信; 需要有较大的存储容量。

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

(1) 通信线路的资源共享

分组交换的最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 (预分配复用或固定分配) 资源法和动态分配 (或统计时分复用) 资源法。

(2) 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, 可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”把它们清楚地分开。

用户数据交织传输的方式有三种: 比特交织、字节或字符交织和分组 (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”, 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。

(3) 分组的形成

从上述分析可知，把一条实在的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，这种数据组就称为分组（Packet）。

(4) 分组的交换

分组交换是将报文分成多个分组来独立传送，收到一个分组即可以发送，减少了存储的时间，因而分组交换的时延小于报文交换，如图 1.10 和图 1.11 所示。分组长度的确定是一个重要的问题，分组长度缩短会进一步减少时延而增加开销（每个分组都有分组头），分组长度加大会减少开销但会增加时延。通常，分组长度的选择要兼顾到时延与开销这两个方面。

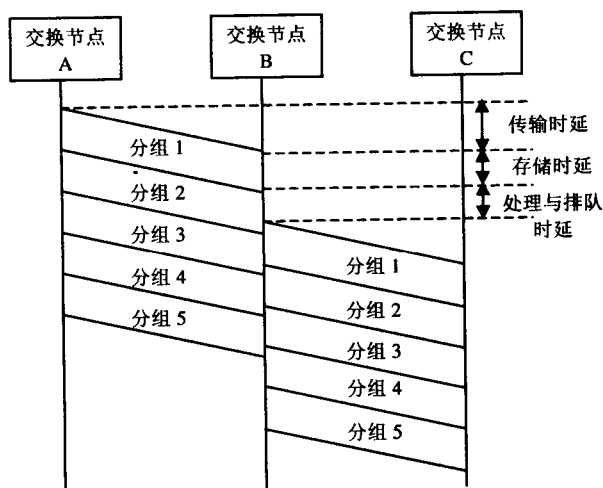


图 1.10 分组交换的时延

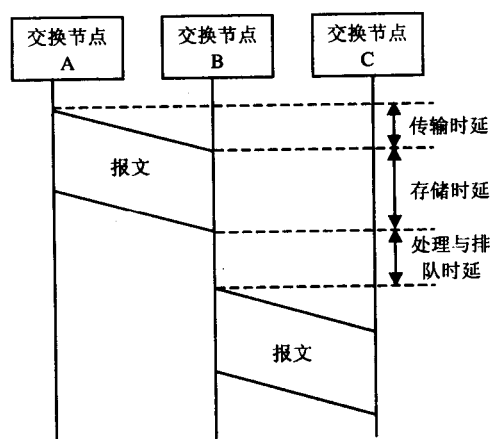


图 1.11 报文交换的时延

分组交换的主要优点是：第一，为用户提供了在不同速率、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；第二，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；第三，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。

分组交换的缺点是：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（Virtual Circuit, VC）和数据报（Datagram, DG）两种服务方式。所谓虚电路方式，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