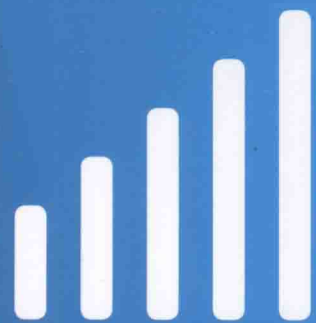


 21世纪高职高专系列规划教材

 高职高专“十二五”规划教材

通信技术专业 



现代交换技术

XIANDAI JIAOHUAN JISHU

主 编◎化雪荟

主 审◎张红梅



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

21世纪高职高专系列规划教材

通信技术专业

高职高专“十二五”规划教材

现代交换技术

常州大学图书馆藏书章

藏书章

主 编◎化雪荟

参 编◎朱云鹏 冯友谊

孙 兵 李春祎

陆 辉

主 审◎张红梅



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代交换技术 / 化雪荟编. —北京: 北京师范大学出版社, 2012.2

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-303-13097-9

I. ①现… II. ①化… III. ①通信交换—高等职业教育—教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 149594 号

营销中心电话 010-58802755 58800035
北师大出版社职业教育分社网 <http://zjfs.bnup.com.cn>
电子邮箱 bsdzyjy@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 保定市中华美凯印刷有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 184 mm × 260 mm

印张: 20.75

字数: 480 千字

版次: 2012 年 2 月第 1 版

印次: 2012 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 32.50 元

策划编辑: 周光明

责任编辑: 周光明

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 锋尚设计

责任校对: 李 菡

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

前 言

交换的概念是伴随着电话系统产生的。随着我国电信事业的不断发展,我国固定电话用户的总量稳居世界第一,建成了具有世界先进技术水平电信网络,并且随着智能化、数字化、宽带化、多媒体化等综合业务的不断发展,交换技术与通信网络都发生了很大的变化,这对于与交换技术和通信网络相关课程的教学提出了更高的要求。

本书是高职高专教材,参编者都是在高职院校多年从事现代交换技术教学的一线教师以及在企业担任工程项目设计开发的一线工程师,积累了丰富的教学和实践经验。在此基础上,以“必需、够用”为度,深入浅出,讲清原理,突出基本概念,掌握关键技术,而理论证明和公式推导从简。本书以应用和实际操作为核心,强调新技术和实际应用相结合,注重介绍实际的通信网和最新实用交换机,大大加强了实用性,并与企业联合开发了设计类的实训项目,代替了传统的验证性实验项目,真正起到了提高学生技能的高职教育目的。

全书共分为13章。第1章为绪论,介绍了交换的概念、各种交换技术的特点及其发展过程;第2章介绍了语音信号的数字化过程及PCM时分多路复用技术;第3章介绍了几种典型的数字交换网络,并详细描述了数字交换的基本原理;第4章和第5章介绍了数字交换系统的硬件结构和软件组成,以及数字交换系统对呼叫的处理过程;第6章讲述了通信网中的信令技术,并重点讲述了No.7信令系统的基本原理;第7章介绍了目前在电话通信网中广泛使用的两种典型程控交换系统:深圳华为生产的C&C08和上海阿尔卡特生产的S1240;第8章介绍了分组交换技术原理和分组交换网的构成;第9章介绍了ISDN的技术特点及B-ISDN的业务和应用;第10章为ATM异步传输模式,介绍了ATM相关技术及典型的ATM交换系统;第11章介绍了TCP/IP协议、IP与ATM结合技术的应用以及典型的IP交换系统;第12章介绍了软交换技术、光交换技术等交换新技术;第13章为实训内容,设计开发了用户接口电路的实训课程。

本书第1、2、3、4、5、11章及附录由化雪荟编写,第6章由朱云鹏编写,第7、9章由冯友谊编写,第8、10章由孙兵编写,第12章由李春祎编写,第13章由陆辉、化雪荟、冯友谊编写。全书由化雪荟统稿,张红梅审定,化雪荟担任主编,张红梅担任主审。在本书编写过程中,部分图片由在校学生钟晓润、徐志超、洪春林等整理,天津师范大学刘南平副教授给予了关心和指导,南京润众科技有限公司陆辉博士、姜海涛工程师为本书提供了很大的帮助,在此一并表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,参考了有关作者的资料,在此表示感谢。

尽管编写组同心协力,但由于水平有限,书中的疏漏之处在所难免,敬请各位专家和读者批评指正。

编 者

2007年12月

目 录

第 1 章 绪 论 (1)

1.1 交换机 (1)

1.1.1 交换机与通信网 (1)

1.1.2 程控交换机的基本结构
..... (3)

1.1.3 交换节点的基本功能 (4)

1.2 主要交换技术 (5)

1.2.1 通信网的业务特点 (5)

1.2.2 电路交换 (6)

1.2.3 多速率电路交换 (7)

1.2.4 分组交换 (8)

1.2.5 帧中继 (9)

1.2.6 ATM 交换 (10)

1.2.7 计算机网络中使用的交换
技术 (10)

1.3 交换技术的发展 (12)

1.3.1 电路交换技术的演进与发展
..... (12)1.3.2 分组交换技术的演进与发展
..... (14)

1.3.3 宽带交换技术的发展 (17)

1.4 以交换为核心的通信网
..... (19)

1.4.1 通信网概述 (19)

1.4.2 电话通信网 (22)

本章小结 (33)

第 2 章 电话技术与语音信号的传输

..... (35)

2.1 电话技术 (35)

2.1.1 电话机的通话原理 (35)

2.1.2 电话机的拨号方式 (36)

2.1.3 直流脉冲拨号式话机的
工作原理 (38)2.1.4 DTMF 电话机的工作原理
..... (38)2.2 语音信号的数字化传输
..... (39)

2.3 时分多路复用技术 (41)

2.3.1 PCM 时分多路复用原理
..... (41)2.3.2 时分多路复用中的同步技术
..... (42)2.3.3 30/32 路 PCM 时分多路
复用的帧结构 (43)

2.4 PCM 高次群 (45)

本章小结 (46)

第 3 章 数字交换网络 (47)

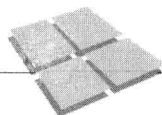
3.1 数字交换基础 (47)

3.2 基本交换单元 (49)

3.2.1 空分接线器 (49)

3.2.2 时间接线器 (51)

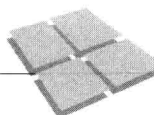
3.2.3 时/空一体的数字交换单
元(DSE) (54)



3.3	数字交换网络	(55)
3.3.1	TST 网络	(56)
3.3.2	STS 网络	(59)
3.3.3	其他类型的交换网络	(60)
3.4	采用复用器和分路器的数字交换网络	(64)
3.4.1	复用和分路	(64)
3.4.2	串/并、并/串变换	(65)
3.5	交换网络的内部阻塞	(66)
	本章小结	(69)
第4章	数字程控交换机的硬件结构	
		(71)
4.1	数字程控交换机硬件的基本结构	(71)
4.2	数字程控交换机的接口设备	(73)
4.2.1	数字程控交换机的接口类型	(73)
4.2.2	用户模块	(74)
4.2.3	数字用户电路	(80)
4.2.4	中继电路	(81)
4.2.5	数字音频信号的产生、发送和接收	(83)
4.3	控制系统	(87)
4.3.1	控制系统的结构方式	(87)
4.3.2	控制系统的冗余配置方式	(90)
4.3.3	处理机之间的通信方式	(92)
4.4	数字程控交换机控制系统的指标体系	(94)
4.4.1	性能指标	(94)
4.4.2	服务质量指标	(98)
4.4.3	可靠性指标	(99)
4.4.4	运行维护性指标	(99)
	本章小结	(100)

第5章	呼叫处理的基本原理	(102)
5.1	基本呼叫过程	(102)
5.2	用 SDL 图描述的呼叫处理过程	(104)
5.2.1	状态和状态迁移	(104)
5.2.2	用 SDL 图描述的呼叫处理过程	(104)
5.2.3	呼叫处理程序的结构	(106)
5.3	呼叫处理的基本原理	(109)
5.3.1	呼叫识别原理	(109)
5.3.2	去话分析原理	(111)
5.3.3	号码接收原理	(112)
5.3.4	号码分析原理	(117)
5.3.5	来话分析原理	(121)
5.3.6	话路建立原理	(121)
5.3.7	计费处理	(122)
5.4	数字程控交换机的软件系统	(125)
5.4.1	程序软件的特点	(125)
5.4.2	软件的结构	(126)
5.4.3	程序的执行与管理	(129)
	本章小结	(133)
第6章	信令系统	(135)
6.1	信令系统概述	(135)
6.1.1	信令的基本概念	(135)
6.1.2	信令的分类	(135)
6.1.3	信令方式	(138)
6.1.4	CCITT 建议的信令系统简介	(141)
6.2	中国 No. 1 信令	(142)
6.2.1	数字型线路信令	(143)
6.2.2	记发器信令	(144)
6.2.3	中国 No. 1 信令应用举例	(146)

6.3 No. 7 信令系统	(147)	8.2.2 X.25 的物理层	(218)
6.3.1 No. 7 信令系统的特点 ..	(147)	8.2.3 X.25 的数据链路层 ..	(219)
6.3.2 No. 7 信令系统的功能结构	(149)	8.2.4 X.25 分组层	(220)
6.3.3 信令单元格式	(151)	8.3 公用分组数据交换通信网	(223)
6.3.4 消息传递部分各级的主要功能	(153)	8.3.1 概 述	(223)
6.3.5 电话用户部分	(159)	8.3.2 CHINAPAC 提供的业务功能	(225)
6.4 信令网	(165)	8.3.3 CHINAPAC 的用户终端种类及入网方式	(225)
本章小结	(173)	8.4 帧中继原理	(226)
第 7 章 典型数字程控交换机示例	(175)	8.4.1 概 述	(226)
7.1 C&C08 数字程控交换系统	(175)	8.4.2 帧中继的协议结构和帧格式	(227)
7.1.1 C&C08 系统概述	(175)	8.4.3 帧中继的交换原理	(228)
7.1.2 中心模块	(179)	8.4.4 帧中继的特点、模型及应用范围	(230)
7.1.3 交换模块 SM	(189)	8.5 帧中继网络	(233)
7.1.4 呼叫处理	(195)	8.5.1 帧中继的组网	(233)
7.2 S1240 数字程控交换系统	(197)	8.5.2 基于 DDN 提供帧中继业务的组网	(233)
7.2.1 S1240 系统概述	(197)	8.5.3 采用 ATM 技术组建帧中继网	(235)
7.2.2 模 块	(200)	本章小结	(236)
7.2.3 数字交换网络(DSN)	(204)	第 9 章 综合业务数字网 ISDN	(238)
本章小结	(209)	9.1 ISDN 的特点	(238)
第 8 章 分组交换	(211)	9.2 ISDN 的组成部分	(239)
8.1 分组交换的原理	(211)	9.2.1 ISDN 的网络接口标准	(239)
8.1.1 分组交换的概念	(211)	9.2.2 数字用户线	(242)
8.1.2 分组交换的原理	(211)	9.2.3 ISDN 交换系统	(243)
8.1.3 分组传输方式	(212)	9.3 ISDN 的应用	(244)
8.1.4 统计时分复用	(214)	9.4 宽带 ISDN(B-ISDN)	(245)
8.1.5 逻辑信道	(215)	本章小结	(246)
8.1.6 分组交换的特征	(215)		
8.2 X.25 协议	(217)		
8.2.1 X.25 协议的分层结构	(217)		



第 10 章 ATM 交换技术	(247)
10.1 概 述	(247)
10.1.1 ATM 的传输模式 ...	(247)
10.1.2 异步传输模式与同步传输模式的比较	(248)
10.1.3 ATM 与分组交换的比较	(249)
10.2 ATM 协议参考模型	(250)
10.3 ATM 交换原理	(252)
10.3.1 ATM 信元	(252)
10.3.2 面向连接的工作方式	(255)
10.3.3 ATM 交换的基本原理	(256)
10.4 ATM 交换机	(258)
10.4.1 ATM 交换机的功能	(258)
10.4.2 ATM 交换机的组成	(258)
10.4.3 ATM 典型交换机 ...	(259)
10.5 ATM 组网技术	(261)
10.5.1 基于 ATM 的宽带综合业务网	(261)
10.5.2 ATM 网和现有网互联	(263)
本章小结	(263)
第 11 章 IP 交换技术	(265)
11.1 TCP/IP 参考模型与协议	(265)
11.2 IP 与 ATM 技术的结合	(267)
11.3 IP 交换	(269)
11.4 标签交换	(272)
11.5 多协议标记交换——MPLS	(274)
本章小结	(277)
第 12 章 交换新技术介绍	(279)
12.1 通信网络的演变	(279)
12.2 软交换技术	(280)
12.2.1 软交换技术简介	(280)
12.2.2 基于软交换技术的网络体系结构	(282)
12.2.3 软交换支持的协议 ...	(286)
12.2.4 基于软交换的应用实例	(289)
12.3 光交换技术	(290)
12.3.1 光交换技术的产生与特点	(290)
12.3.2 光交换器件	(291)
12.3.3 光交换技术的分类 ...	(294)
12.3.4 光交换技术的未来发展展望	(297)
12.3.5 光交换机的发展	(297)
本章小结	(299)
第 13 章 实训部分	(301)
实训一 程控交换机房及设备的认识	(301)
实训二 交换机的管理和维护	(305)
实训三 用户环路接口电路的设计和制作	(307)
附录 缩略语英汉对照表	(314)
参考文献	(324)

第 1 章 绪 论

本章介绍了交换的基本概念，一个交换系统应具有的基本功能及其基本结构，并按照交换技术的传送模式重点介绍了几种交换方式及其特点和发展背景。本章最后介绍了我国电话通信网的相关知识。

1.1 交换机

1.1.1 交换机与通信网

通信的目的是实现信息的传递。图 1-1(a)所示为两部电话机通过一条双绞线连接起来实现话音信号传送的通信，图 1-1(b)所示为两台计算机之间通过一条串口线经 RS232 接口连接起来实现文件传送的通信。这种通信方式称为点到点的通信，是最简单的通信方式，仅涉及两个终端。



图 1-1 点到点的通信

当一群用户之间需要相互通信时，可以采用全互联方式，如图 1-2 所示。这种通信方式是通过通信线路直接将多个用户终端两两相连。但是随着通信终端的普及，当用户终端数量大量增加时，采用全互联通信方式存在下列一些缺点。

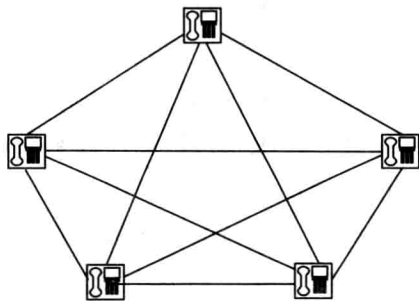
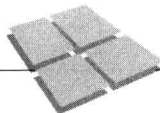


图 1-2 全互联通信方式

- (1) 要实现 n 个用户两两互联，则需要 $n(n-1)/2$ 条线对，线路投资量大。
- (2) 每个用户终端都需要 $n-1$ 个线路接口与其他用户终端相接。



(3)如果用户终端分别位于相距很远的两地，则需要大量的长线路，线路浪费大。

(4)系统维护工作量大。

因此，在目前的通信网中，通常采用由交换机组成的通信网来实现大量用户之间信息的单向或双向通信。所谓交换机，是指在用户分布密集地区的中心安装的一种设备，各用户的通信终端通过一条线对连接到该设备上，当其中任意两个用户之间需要通信时，该设备能够根据主叫用户的呼叫请求，把主叫用户和被叫用户的线对接通，在两者之间完成语音、图像、数据等信息的传送。在通信网中，通常将交换机所完成的这种以转接方式来实现信息通路接续的技术称为交换技术。

由交换机组成的通信网如图 1-3 所示，每个用户终端通过一条专门的线路与交换机中的相应接口连接，交换机能在任意选定的两个用户之间建立和释放一条通信链路。可以看出，与全互联方式相比，这样的组网方式虽然增加了交换机的费用，但是节省了大量的用户线路，而且一台交换机能够为成千甚至上万个用户服务，利用率很高，显著克服了全互联方式存在的缺点。

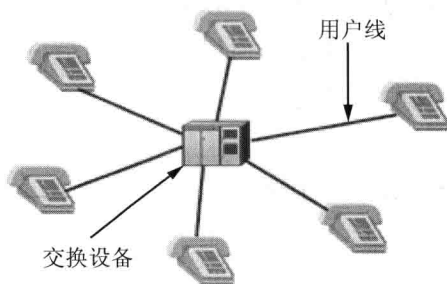


图 1-3 由交换机组成的通信网

图 1-3 给出的是由一台交换机组成的通信网，这是最简单的通信网形式。在实际应用中，通信网往往由多台交换机组成，如图 1-4 所示。图 1-4 中，用户与交换机之间的传输线路称为用户线，通常采用双绞线；交换机与交换机之间的传输线路称为中继线，可以采用双绞线、同轴电缆、微波、卫星以及光纤等。要实现任意两个终端之间的通信，只需要网络中的各个交换节点通过转接建立一条通信链路即可。由多台交换机组成的网络分布区域较为广泛，甚至通过不同的组网方式可以构成覆盖多个省市乃至全国范围的通信网络。

通信网的种类很多，在不同的通信网中，使用的交换机类型不同，例如电话传输系统中的程控交换机，数据传输系统中的分组交换机，宽带通信系统中的 ATM 交换机，光纤通信系统中的光交换机，因特网中的路由器、LAN 交换机等。交换机在通信网中起着枢纽作用，通常将终端设备、传输设备和交换设备统称为构成通信网的三要素。

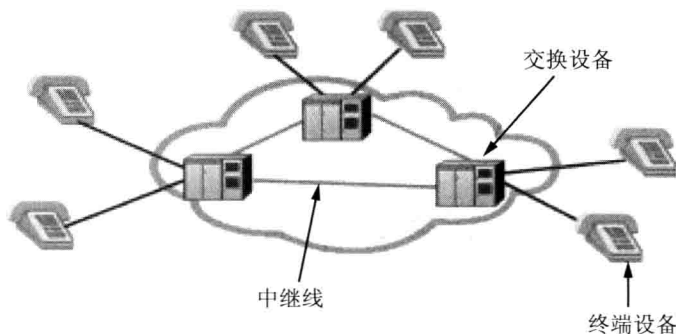


图 1-4 由多台交换机组成的通信网

1.1.2 程控交换机的基本结构

电话通信网是我国覆盖面积最大的通信网络之一，程控交换机是电话通信网中不可缺少的重要组成部分。我国于 1982 年 11 月在福州首次开通了 FETEX-150 的万门市话程控交换机，随后程控电话通信网发展很快，到 1997 年 8 月四川凉山彝族自治州普格彝族自治县开通程控交换机后，我国县以上城市全部实现了程控化。截至 2004 年 12 月，我国固定电话用户已经达到 3.12 亿户。

程控交换机的基本结构如图 1-5 所示，分为话路系统和控制系统两部分。

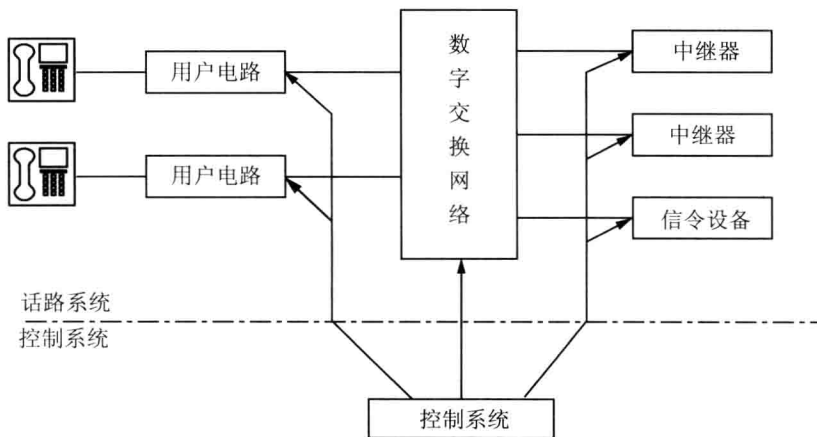


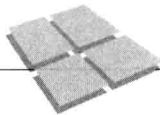
图 1-5 程控交换机的基本结构

1. 话路系统

话路系统主要包括数字交换网络、各种接口电路以及信令设备。

(1) 数字交换网络

数字交换网络 (Digital Switching Network, DSN) 是交换机中完成交换功能的



主要部件，也是交换机的核心部件。它的基本功能是在连接到交换机的任意入线与出线之间建立互联，使入线与出线之间能够相互传送数字信号。因此，构建具有连接能力强、无阻塞、高性能、低成本、灵活扩充、便于控制的交换网络是交换领域重点研究的问题。

(2) 接口电路

接口电路的主要功能是完成传输线路上的信号与交换机内部所使用的信号之间的相互转换，这种转换包括信号码型、速率等方面的转换。交换网络的接口电路分为两大类：用户接口和中继接口。用户接口是指交换机与用户线之间的接口电路，它为每个用户话机服务，功能包括对用户线状态的监视、信号的转换等。中继接口是指交换机与中继线之间的接口，功能包括对交换机之间的各种通信信号的传输以及监视局间通话话路的状态等。

(3) 信令设备

信令设备指交换机中的信号音发生器、多频接收器和发送器等用来完成接续过程中控制信息收/发的设备。

2. 控制系统

控制系统由中央处理机(CPU)、存储器、输入/输出设备以及运行在 CPU 上的系统软件、应用软件和 OAM(操作、管理和维护)软件等组成。控制系统相当于交换机的“指挥中心”，完成交换机的各种控制功能，以驱动和协调交换网络、各种接口以及其他功能部件来共同完成呼叫处理和维护管理任务。

1.1.3 交换节点的基本功能

在通信网中，根据进出交换机的呼叫流向和发起呼叫的起源，可以将呼叫分为以下 4 种类型。

- (1) 本局呼叫：本局用户之间的呼叫，即通信的主、被叫用户在同一个交换局。
- (2) 出局呼叫：本局用户与出中继线之间的呼叫，即主叫用户在本交换局，被叫用户在另一个交换局。
- (3) 入局呼叫：进入本局的呼叫，即本局用户与入中继线之间的呼叫接续。
- (4) 转接呼叫：主、被叫用户都不在本交换局，即入中继线与出中继线之间的呼叫接续。

为完成上述各种类型的呼叫接续，交换节点必须具备控制、交换连接、接入以及信号监视等最基本的功能，具体包括如下几个方面。

- (1) 能在众多的用户中及时发现哪一个用户有呼叫请求。
- (2) 能正确接收和分析从用户线或中继线发来的呼叫信号。
- (3) 能正确接收和分析从用户线或中继线发来的地址信号。

- (4)能按目的地址正确地进行选路以及在中继线上转发信号。
- (5)能按照所收到的释放信号拆除连接。
- (6)同交换机之间的用户能自由通话。
- (7)在同一时间内交换机要能允许若干对用户同时进行通话且互相不受干扰。

1.2 主要交换技术

1.2.1 通信网的业务特点

不同的通信网承载的业务不同,如电话通信网主要承载语音业务,数据通信网主要承载数据业务。不同的业务对所传输的信息要求不同,具体内容包括如下几个方面。

(1)对信息传送的误码率要求不同

误码率是指误码比特与发送的所有数据比特之比,它是用来衡量信道传输数据质量的指标。一般而言,话音通信误码率可以允许达到 10^{-3} ,而数据通信的误码率必须控制在 10^{-8} 以下。不同业务对误码率要求的不同是由于不同信息中信息的相关程度不同所致。对于语音码组,传输过程中如果一个比特发生错误,不会影响它的语意;如果出现多个错误,根据前后语意的相关性,也可以推断出其含义。但如果一个数据码组在传输中发生一个比特错误,则在接收端可能会被理解成为完全不同的含义,特别对于银行、军事、医学等关键事务的处理,发生毫厘之差都会造成巨大的损失。

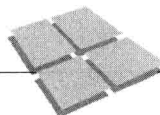
(2)时延要求不同

要求比特流以很小的时延和时延抖动(抖动是指信息的不同部分到达目的地时具有不同的时延)到达对端的业务叫实时业务。电话语音业务是典型的实时业务,端到端的时延不能大于25ms(ITU-TG.164),否则需要加上回波抵消器。即使在有回波抵消器的情况下,时延也不能大于500ms,否则交互式的会话将变得十分困难。与话音业务相比,大多数的数据业务对时延并不敏感。

(3)信息突发率不同

突发率是指业务峰值比特率和平均比特率的比值。例如,话音信号的平均比特率为32Kb/s,突发率为2;交互式数据的平均比特率为1~100Kb/s,突发率为10;批量数据的平均比特率为1~10Kb/s,突发率为1~10;标准质量图像的平均比特率为1.5~15Mb/s,突发率为2~3。突发率越大,表明业务速率变化越大。

综上所述,语音、数据、图像等不同的通信业务具有不同的特点,因而在网络发展过程中形成了不同的交换方式。可以分别从电信网络和计算机通信网络使用的



交换技术两条线索对目前在通信网中所采用的或曾出现的交换方式进行总结,如图 1-6 所示。从图 1-6 中可以看出,在 ATM 出现以前,电路交换和分组交换分别以两种独立的网络交换方式为人们提供两类性质不同的电信业务,即实时语音和非实时数据业务。随着信息活动的丰富,出现了专用的信元交换方式 ATM,用于把语音、数据和图像结合起来,并以一种统一的接入方式提供综合的多媒体服务。多协议标记交换由 IETF 在 1997 年提出,融合了各种交换式路由技术的优点,是一种更具弹性、扩充性以及效率更高的交换式路由技术。

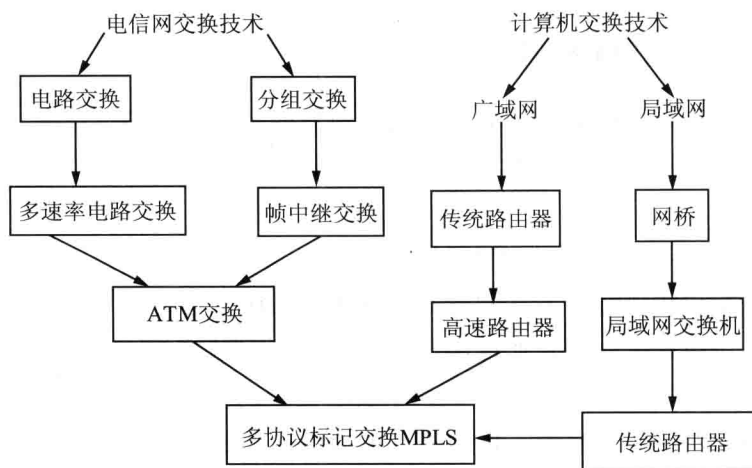


图 1-6 交换技术分类

1.2.2 电路交换

交换机根据用户的呼叫请求,为通信的双方寻找并建立一条全程物理通路以供双方传输信息,直到通信结束,通信链路才会被拆除,这样的—个信息传输过程称为电路交换(Circuit Switching, CS)。

电路交换的基本过程分为 3 个阶段:根据呼叫请求建立连接、信息传送、链路拆除。电话通信的过程就是典型的电路交换过程,电路交换过程具有如下特点。

(1)采用面向连接的工作方式,属于预分配电路资源系统,即在—次呼叫接续中,电路资源(—对实线、—个时隙或频段)预先分配给—对用户固定使用。当通信双方之间的物理通路—旦建立,双方可以随时通信,因此信息传输实时性强、可靠性高。但是在双方通信过程中,即使通信线路空闲,也不能供其他用户使用,直到通信结束拆除连接为止,因而信道利用率低。并且由于电路接续时间较长,当传输比较短的信息时,通信信道建立的时间可能大于通信时间,使网络利用率降低。因此电路交换适合于较长信息及实时性业务(如电话、传真、非突发性数据)的传输与交换。

(2)在信息传送过程中不进行差错控制措施,信息传输具有透明性。交换节点对传输的信息不作任何处理,而是原封不动地进行传送,称作透明传输。在电路交换方式下,交换机对用户的信息不进行存储、分析、处理,信息在通路中“透明”传输。因此交换机控制相对简单,在处理方面的开销比较小,且数据传输时延小,并且对同一次接续而言,传输时延固定不变。

(3)采用基于呼叫损失制的流量控制。在电路交换中,当过负荷时,再到来的呼叫不是采用排队等待的方式,而是直接呼损掉,从而达到流量控制的目的。因此过负荷时虽然呼损率增加,但不影响已建立的呼叫。采用基于呼叫损失制的流量控制方法,符合电路交换所支持的实时业务特性。

(4)采用同步时分复用、固定分配带宽的方式适合于实时性、恒定速率的业务,不适合突发业务的传送。

(5)电路交换既适用于传输模拟信号,也适用于传输数字信号。

(6)电路交换的传输费用与传输距离、时间等有关。

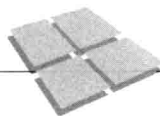
电路交换是根据电话交换的原理发展起来的一种交换方式,是最传统的语音交换方式,也是通信网中最早出现的一种交换方式,已有一百多年的历史。目前电路交换依然承载着绝大多数电话业务的交换,公众电话网(PSTN)和移动网(包括GSM网和CDMA网)采用的都是电路交换技术。

1.2.3 多速率电路交换

电路交换通常只能提供一种传送速率,如64Kb/s。为了适应多种业务的需要,包括较高带宽的业务,人们提出了多速率电路交换(Multi-Rate Circuit Switching, MRCS)的概念。多速率电路交换是基于传统电路交换的一种改进方式,它可以针对不同的业务提供不同的带宽,包括基本速率(例如8Kb/s或64Kb/s)及其整数倍。

多速率电路交换的一种实现方式是将几个基本信道捆绑起来构成一个速率更高的信道,窄带综合业务数字网(Narrowband Integrated Services Digital Network, N-ISDN)中对可视电话业务的交换就是采用了这种方式。这种实现方式的一个难点是如何确定基本速率的大小,基本速率定得低,难以实现高速的业务;基本速率定得高,低速业务会造成浪费。例如,高清晰度电视(HDTV)业务的传输速率为140Mb/s左右,如果将基本速率定为2Mb/s,则需要捆绑70个基本速率信道,而这对于1Kb/s的遥测业务和64Kb/s的话音业务在带宽上将造成极大的浪费。

多速率电路交换的另一种实现方式是设置多种基本信道速率。当采用这种方式实现MRCS的交换设备时,其交换网络需要由多个不同速率的子交换网络叠加而成,每个子交换网络用于专门完成相应的基本信道速率的交换。如图1-7所示即为采用了4种基本信道速率的多速率电路交换系统。在这种实现方式中,多速率的数



量如果太多,交换网络的结构及控制就会变得非常复杂,甚至无法实现。并且这种实现方式虽然能提供多种速率,但这些速率是事先制定好的,仍然是固定分配带宽,不能真正灵活地适应突发业务的需要。因此多速率电路交换没有得到广泛的应用。

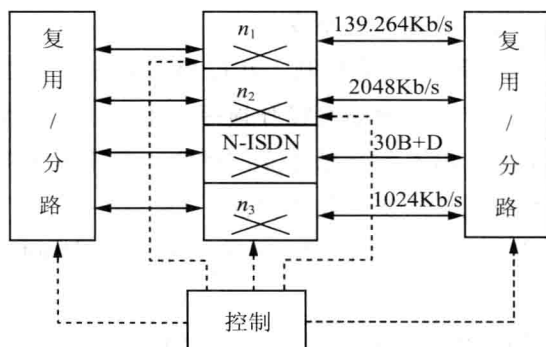


图 1-7 采用 4 种基本信道速率的多速率交换系统

1.2.4 分组交换

分组交换(Packet Switching, PS)也称为包交换,是为了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,是数据通信的重要手段之一。

分组交换是在报文交换的基础上提出来的。报文交换(Fast Circuit Switching, FCS)是指以报文作为数据交换单位,采用“存储转发”进行传输的方式。报文交换是根据电报的特点提出来的,公用电信网的电报自动交换是报文交换的典型应用,有的专用数据网也采用报文交换方式。这种交换方式中交换机不需要为通信双方预先建立一条专用的通信线路,而是将来自用户的报文暂时存放在交换机内存中,并根据报文携带的目的地址、源地址等信息选择路由,然后在选择的路由上排队,当路由空闲时转发出去。由于通信双方不是固定占有一条通信线路,因而可以采用多路复用来提高通信线路的利用率。但是由于数据进入交换节点后要经历存储、转发这一过程,从而引起转发时延(包括接收报文、检验正确性、排队、发送等),且网络的通信量愈大,造成的时延就愈大,因此报文交换方式实时性差,不适合实时或交互式业务。另外,由于报文长度没有限制,而每个中间节点都需要完整地接收传来的整个报文,并且当没有空闲输出线路时可能需要存储几个完整报文等待转发,因此要求网络中每个交换节点有较大的缓冲区。有时为了降低成本、减少交换节点中缓冲存储器的容量,需要把等待转发的报文存储在磁盘上,这会进一步增加传输时延。

为了克服报文交换的缺点,工程师们提出了分组交换的概念。分组交换是指把一个长的报文按一定长度分割成若干个较短的数据段,称为分组(Packet),并在每

个分组前面加上一个分组头，然后送到交换机内存中进行排队和处理；交换机根据每个分组头里的地址标志，为各个分组独立寻找路径，同一报文的不同分组可以沿着不同的路径传送；到达接收端后，交换设备根据分组头中的控制信息，将各数据段按顺序重新装配成完整的报文发送给用户。

报文交换与分组交换的区别如图 1-8 所示。与报文交换相比，分组交换仍然采用存储转发的传输方式，所不同的是传输单位不是整个报文，而是分组。因此分组交换比报文交换的时延要小很多。

分组交换具有很强的差错控制功能，使传输质量大大提高，分组网内全程的误码率在 10^{-10} 以下，并且分组交换的传输费用与距离无关。因此分组网为用户提供了经济实惠的信息传输手段。

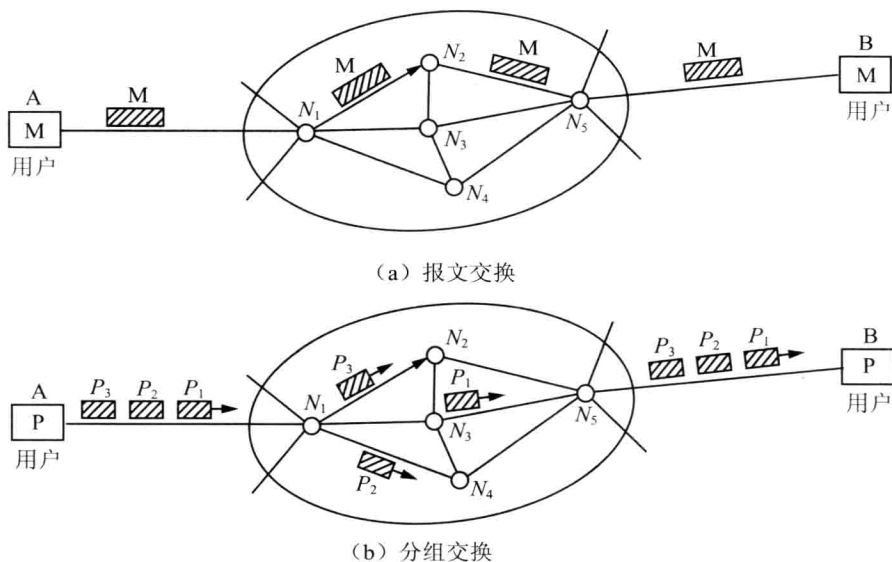


图 1-8 报文交换与分组交换

1.2.5 帧中继

帧中继(Frame Relay, FR)是以分组交换技术为基础的快速分组交换技术。所谓快速分组交换(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、低时延的服务的交换方式。有时 FPS 是专指 ATM 交换，但广义的 FPS 包括帧中继和信元中继(Cell Relay, CR)两种交换方式，其中信元中继方式为 ATM 所采用。

帧中继是在分组技术充分发展、数字与光纤传输线路逐渐替代已有的模拟线路、用户终端日益智能化的条件下诞生并发展起来的。它对目前分组交换中广泛使