



北京高等教育精品教材

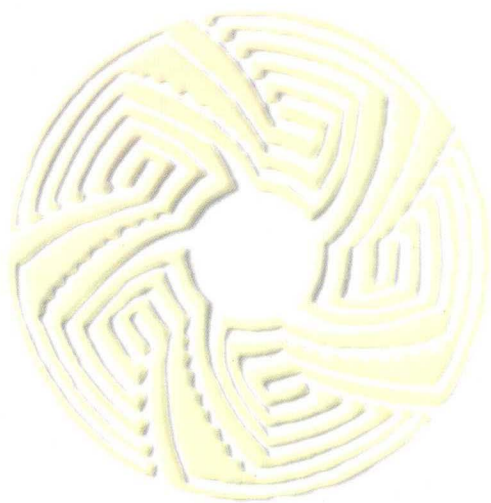
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

国家级精品课程“现代交换原理”配套教材

现代交换原理与通信网技术

XIANDAI JIAOHUAN YUANLI YU TONGXINWANG JISHU

卞佳丽 等编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

国家级精品课程“现代交换原理”配套教材

现代交换原理与通信网技术

卞佳丽 等编著

北京邮电大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地阐述了现代通信所采用的各种交换方式的基本原理和相关通信网技术,注重在较普遍的意义
上阐明交换的实质以及交换技术与通信网技术的有机结合。

全书共分 10 章,主要内容包括:交换的基本概念;各种交换方式的基本特点;电信交换系统的基本构成和
功能;通信网的基本概念;交换网络的基本构成、功能、特性以及工作原理;基于电路交换技术的数字程控交换
系统;电话通信网的基本原理和技术;信令的基本概念;No. 7 信令系统与信令网;分组交换及分组交换网;
ISDN交换与 ISDN;ATM 交换与 B-ISDN;IP 交换技术;软交换与下一代网络(NGN);光交换的基本原理和
技术。

本书可作为通信、电子和信息类专业的本科生和研究生的教材,也可作为通信工程技术人员的培训教材
和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代交换原理与通信网技术/卞佳丽等编著. --北京:北京邮电大学出版社,2005(2015.1 重印)

ISBN 978-7-5635-1055-9

I. 现… II. 卞… III. ①通信交换②通信网 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 023420 号

书 名: 现代交换原理与通信网技术

编 著: 卞佳丽 等

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 25.25

字 数: 569 千字

印 数: 44 501—46 500 册

版 次: 2005 年 5 月第 1 版 2015 年 1 月第 16 次印刷

ISBN 978-7-5635-1055-9

定 价: 46.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

进入 21 世纪的人类已经迈入了一个全新的信息化时代,通信网作为国家信息基础设施的主体和骨干,发挥着越来越重要的作用,成为社会发展、人类活动必不可少的重要组成部分,并成为信息时代各个国家战略意义上的竞争点。通信网技术发展极为迅猛,手段越来越现代化,应用领域越来越广阔。

交换技术是通信网的核心技术。交换类课程是通信与信息专业以及计算机与通信专业中有特色、必不可少的重要的专业基础课程。

早在 20 世纪 70 年代,北京邮电大学计算机学院就开设了交换课程,该课程是在国内院校中开设的第一个交换类课程。由国内著名的交换技术专家叶敏教授编写的第一本交换教材多次再版,每一版教材都被北京邮电大学和国内其他几十所大学交换类课程所采用,具有广泛的影响和很好的效果。20 世纪 90 年代初由卞佳丽副教授研制开发的交换课程配套系列实验,其设计思想巧妙,方法独特,国内独树一帜,将不可能进行的实验变为可能,填补了交换类课程实验教学的空白。1997 年该系列实验荣获北京市普通高等学校教学成果二等奖,被国内近 20 多所高校采用,使用多年,取得了很好的效果。

通信技术正处在当代科学技术发展的前沿,交换技术无疑是 30 年来发展最快的通信技术之一。30 多年来,围绕教学队伍、教学内容、教材建设、实验建设和教学手段等方面,我们坚持不懈地进行了一系列的课程建设,取得了丰硕的成果。其成果覆盖精品教材建设、仿真实验系统开发、多媒体课件制作、课程体系建设、立体化教材建设等一系列内容。北京邮电大学计算机学院开设的“现代交换原理课程”2004 年被评为北京市精品课程,2005 年被评为国家级精品课程;该课程的配套教材《现代交换原理与通信网技术》是 2001 年北京市精品教材建设立项项目,2006 年该教材被评为北京市精品教材;该课程的配套系列实验“现代交换原理仿真实验系统”是 2001 年北京市教委教改立项项目;该课程的多媒体教学课件是 2002—2003 年度北京邮电大学重点立项建设的网络多媒体教学课件和 2005 年北京邮电大学重点立项建设的精品多媒体教学课件。30 多年来,北京邮电大学计算机学院开设的交换课程一直成为全国高校交换类课程教学中的“领头羊”。

在本教材的编写过程中,我们始终遵循一个原则:在较普遍的意义阐明“交换”的实质。教材不局限于对各种交换技术和交换设备的具体介绍,而是注重对各种交换方式进行横向分析比较,归纳总结出交换的基本原理和各种交换方式的特点,以利于学生掌握不断发展的交换技术,力求使学生学到的知识是有效的,从而构成其终身学习的知识基础。我们形象地将其比喻为教会学生配钥匙的技术,即不是只教会学生认识几把现成的钥匙,而是当学生遇到这几把钥匙无法打开的锁时,学生都能自己配钥匙打开它。

教材所构建的知识基础平台内容丰富,覆盖了电路交换、ISDN 交换、分组交换、帧交换、ATM 交换、IP 交换、软交换和光交换等多种交换技术,并且与现代通信网技术有机结合,注重从通信网的全视角阐述交换原理,知识体系科学合理、循序渐进、重点突出。

教材在构建科学合理知识体系的同时,更注重学生认知能力的培养,在传授知识的同时,注重阐述分析和解决问题的方法和思路,注重知识的综合,使学生掌握科学的研究方法,培养良好的科研素质。

参加本教材编写的老师具有多年丰富的交换与通信网教学经验,曾经主持并参与了多项国家级、省部级等相关通信领域的科研项目,具有丰富的实际研发经验,并取得了突出的科研成果。由于网络与交换国家重点实验室所进行的科学和技术研究代表着我国交换与通信网技术发展的前沿水平,其研究成果达到了我国乃至世界交换技术领域的先进水平,而参加本教材编写的老师在网络与交换国家重点实验室承担着前沿技术与理论研究,所以该教材能够反映本学科发展的最新成果和最高技术水平,具有前沿性和时代性。

我们于 2004 年底完成的全新版本的“现代交换原理仿真系列实验系统”已投入教学使用,它是交换课程的配套实验,覆盖了教材的各主要知识点,包括程控交换实验、分组交换实验、ISDN 交换实验、ATM 交换实验、MPLS 实验等。构建了多层次(基础型实验模块、提高型实验模块、专业型实验模块)、系列化(提供了覆盖教学内容各个重要知识点和难点的实验达 17 个之多)的实验教学体系,将不可能进行的实验变为可能,节省了大量昂贵通信设备的投入。该仿真实验系统无需各类昂贵的通信设备,在最普及的微机系统上即可开设。实验的设计思想采用“嵌入—替换的方法”,使学生灵活、直观、方便地进行覆盖各知识点的多种实验,具有交互性强、实时动态检错、技术含量高(涉及各种交换技术和通信网复杂协议)的特点。任课教师可根据教学安排,适当选取实验指定学生完成,配合课堂教学内容的学习。

本书可作为通信、电子和信息类专业本科生和研究生使用的教材,也可作为通信工程技术人员的培训教材和参考书。建议课堂教学学时数为 51~68 学时,也可根据不同专业或不同层次的教学进行相应学时的调整和内容的取舍。

本书由卞佳丽教授主编,全书共有 10 章,其中第 1~5、7、8、10 章由卞佳丽教授编写;第 6 章由邝坚教授编写;第 9 章由杨放春教授编写。全书由卞佳丽教授统稿。参加本书编写工作的还有当时在校的研究生王慧琳、周岚、李东华、门卓、国枚、马元英,他们完成了书中大部分的插图制作和前期的资料收集工作,在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之内容涉及面较广,书中疏漏与不当之处在所难免,恳请同行和读者指正。

该书配套的多媒体教学课件及其他教学资源请参见“现代交换原理”国家级精品课程网站(<http://www.cs.bupt.cn:9000/JiaoHuanWeb2.0/index.jsp>)。

编者

2005 年 4 月

2009 年 1 月修改

目 录

| | |
|------------------|----|
| 第 1 章 交换概论 | 1 |
| 1.1 交换的引入 | 1 |
| 1.2 各种交换方式 | 3 |
| 1.2.1 电路交换 | 4 |
| 1.2.2 多速率电路交换 | 6 |
| 1.2.3 快速电路交换 | 7 |
| 1.2.4 分组交换 | 8 |
| 1.2.5 帧交换 | 10 |
| 1.2.6 帧中继 | 11 |
| 1.2.7 ATM 交换 | 12 |
| 1.2.8 IP 交换 | 13 |
| 1.2.9 光交换 | 13 |
| 1.2.10 软交换 | 13 |
| 1.3 交换系统 | 14 |
| 1.3.1 交换系统的基本结构 | 14 |
| 1.3.2 交换系统的基本功能 | 15 |
| 1.4 以交换为核心的通信网 | 16 |
| 1.4.1 通信网的分类 | 16 |
| 1.4.2 通信网的分层体系结构 | 17 |
| 1.4.3 通信网的组网结构 | 19 |
| 1.4.4 通信网的质量要求 | 20 |
| 小结 | 21 |
| 习题 | 22 |
| 第 2 章 交换网络 | 24 |
| 2.1 交换单元 | 24 |
| 2.1.1 交换单元的基本概念 | 24 |
| 2.1.2 空间交换单元 | 32 |

| | | |
|------------|-----------------------|-----------|
| 2.1.3 | 时分交换单元 | 38 |
| 2.2 | 交换网络 | 45 |
| 2.2.1 | 交换网络的基本概念 | 45 |
| 2.2.2 | CLOS 网络 | 48 |
| 2.2.3 | TST 网络 | 51 |
| 2.2.4 | DSN 网络 | 53 |
| 2.2.5 | banyan 网络 | 56 |
| 2.2.6 | benes 网络 | 63 |
| 小结 | | 63 |
| 习题 | | 65 |
| 第3章 | 数字程控电话交换与电话通信网 | 67 |
| 3.1 | 概述 | 67 |
| 3.1.1 | 电话通信与电话机 | 67 |
| 3.1.2 | 电话交换技术的发展 | 68 |
| 3.2 | 数字程控交换机系统结构 | 70 |
| 3.3 | 接口设备 | 72 |
| 3.3.1 | 数字程控交换机的接口类型 | 73 |
| 3.3.2 | 用户电路 | 74 |
| 3.3.3 | 中继电路 | 77 |
| 3.3.4 | 数字音频信号的产生、发送和接收 | 79 |
| 3.4 | 话路建立 | 82 |
| 3.4.1 | 复用器与分路器 | 82 |
| 3.4.2 | 话路建立 | 84 |
| 3.5 | 控制子系统 | 85 |
| 3.5.1 | 程控交换机对控制系统的基本要求 | 86 |
| 3.5.2 | 控制系统的构成方式 | 87 |
| 3.5.3 | 多处理机的工作方式 | 90 |
| 3.5.4 | 多处理机间的通信 | 92 |
| 3.6 | 程控交换软件技术 | 93 |
| 3.6.1 | 程控交换软件系统概述 | 93 |
| 3.6.2 | 呼叫处理的基本原理 | 96 |
| 3.6.3 | 程控交换软件技术 | 110 |
| 3.7 | 电话通信网 | 114 |
| 3.7.1 | 概述 | 114 |
| 3.7.2 | 本地电话网 | 115 |

| | | |
|------------|-------------------|------------|
| 3.7.3 | 国内长途电话网 | 119 |
| 3.7.4 | 国际电话网 | 122 |
| 3.7.5 | 编号计划 | 123 |
| 3.7.6 | 计费方式 | 124 |
| | 小结 | 125 |
| | 习题 | 127 |
| 第4章 | 信令系统 | 129 |
| 4.1 | 信令的基本概念 | 129 |
| 4.1.1 | 信令 | 129 |
| 4.1.2 | 信令的分类 | 131 |
| 4.1.3 | 信令方式 | 134 |
| 4.2 | No. 7 信令系统 | 139 |
| 4.2.1 | 概述 | 139 |
| 4.2.2 | No. 7 信令系统结构 | 141 |
| 4.2.3 | 信令单元格式 | 145 |
| 4.3 | No. 7 信令网 | 148 |
| 4.3.1 | 信令网的组成 | 148 |
| 4.3.2 | 信令工作方式 | 149 |
| 4.3.3 | No. 7 信令网的结构 | 150 |
| 4.3.4 | 信令网的路由选择 | 152 |
| 4.3.5 | 信令点编码 | 154 |
| | 小结 | 155 |
| | 习题 | 156 |
| 第5章 | 分组交换与分组交换网 | 158 |
| 5.1 | 分组交换技术的产生与发展 | 158 |
| 5.2 | 分组交换的基本原理 | 159 |
| 5.2.1 | 分组传送方式 | 159 |
| 5.2.2 | 分组的形成 | 160 |
| 5.2.3 | 分组交换方式 | 161 |
| 5.2.4 | 路由选择 | 163 |
| 5.2.5 | 流量控制 | 165 |
| 5.3 | 分组交换协议——X. 25 协议 | 167 |
| 5.3.1 | 分组交换协议 | 167 |
| 5.3.2 | X. 25 物理层 | 169 |
| 5.3.3 | X. 25 数据链路层——LAPB | 169 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 5.3.4 X.25 分组层 | 176 |
| 5.4 分组交换机 | 182 |
| 5.4.1 分组交换机的基本结构 | 182 |
| 5.4.2 分组交换机的性能指标 | 182 |
| 5.4.3 DPN-100 分组交换机 | 183 |
| 5.5 分组交换网 | 185 |
| 5.5.1 分组交换网的构成 | 185 |
| 5.5.2 分组交换网的工作原理 | 186 |
| 5.5.3 中国公用分组交换网 | 187 |
| 5.5.4 网络编号——X.121 | 189 |
| 5.5.5 网间互连 | 189 |
| 5.6 帧中继 | 192 |
| 5.6.1 帧中继技术的发展与应用 | 192 |
| 5.6.2 帧中继技术的特点 | 193 |
| 5.6.3 帧中继协议 | 195 |
| 5.6.4 帧中继交换机 | 198 |
| 小结 | 202 |
| 习题 | 203 |
| 第 6 章 ISDN 交换与综合业务数字网 | 205 |
| 6.1 ISDN 技术的发展 | 205 |
| 6.1.1 ISDN 技术的产生和发展 | 205 |
| 6.1.2 ISDN 技术的优点 | 207 |
| 6.1.3 ISDN 的应用 | 207 |
| 6.2 ISDN 的基本概念 | 208 |
| 6.2.1 ISDN 的定义和基本特征 | 208 |
| 6.2.2 ISDN 的业务 | 210 |
| 6.2.3 ISDN 的用户—网络接口 | 213 |
| 6.3 ISDN 交换技术 | 220 |
| 6.3.1 ISDN 交换系统结构和特点 | 220 |
| 6.3.2 数字用户接口 | 222 |
| 6.3.3 ISDN 协议 | 232 |
| 6.3.4 电路交换呼叫处理 | 246 |
| 6.3.5 分组交换呼叫处理 | 248 |
| 6.4 综合业务数字网 | 254 |
| 6.4.1 ISDN 的网络结构 | 254 |

| | | |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 6.4.2 | ISDN 的网络能力 | 255 |
| 6.4.3 | ISDN 的寻址和编码 | 255 |
| 6.4.4 | ISDN 和其他网络的互通 | 260 |
| 6.5 | AO/DI 技术 | 265 |
| | 小结 | 267 |
| | 习题 | 268 |
| 第 7 章 | ATM 交换与宽带综合业务数字网 | 270 |
| 7.1 | ATM 与 B-ISDN 的产生和发展 | 270 |
| 7.2 | ATM 基本原理 | 272 |
| 7.2.1 | ATM 信元及其结构 | 272 |
| 7.2.2 | 异步时分技术 | 275 |
| 7.2.3 | 面向连接的通信方式 | 275 |
| 7.2.4 | ATM 协议参考模型 | 279 |
| 7.3 | ATM 交换技术 | 286 |
| 7.3.1 | ATM 交换的基本原理 | 286 |
| 7.3.2 | ATM 交换系统 | 288 |
| 7.3.3 | ATM 交换网络 | 289 |
| 7.3.4 | ATM 交换系统举例 | 296 |
| 7.3.5 | ATM 呼叫控制信令 | 297 |
| 7.4 | 宽带综合业务数字网 | 300 |
| 7.4.1 | B-ISDN 网络概述 | 300 |
| 7.4.2 | B-ISDN 用户—网络接口参考配置 | 302 |
| 7.4.3 | B-ISDN 业务 | 302 |
| 7.4.4 | 有关 B-ISDN 的标准 | 306 |
| | 小结 | 307 |
| | 习题 | 308 |
| 第 8 章 | IP 交换技术 | 310 |
| 8.1 | 概述 | 310 |
| 8.1.1 | IP 与 ATM | 310 |
| 8.1.2 | IP 与 ATM 融合模型 | 311 |
| 8.2 | IP 交换 | 313 |
| 8.2.1 | IP 交换机结构 | 313 |
| 8.2.2 | IP 交换的工作原理 | 314 |
| 8.3 | 标签交换 | 315 |
| 8.3.1 | 标签交换及基本概念 | 315 |

| | | |
|---------------|---------------------------|------------|
| 8.3.2 | 标签交换的工作原理 | 317 |
| 8.4 | 多协议标记交换 | 320 |
| 8.4.1 | 什么是 MPLS | 320 |
| 8.4.2 | MPLS 网络体系结构及基本概念 | 321 |
| 8.4.3 | MPLS 基本交换原理 | 322 |
| 8.4.4 | MPLS 交换节点的体系结构及工作原理 | 327 |
| 8.4.5 | LDP 协议 | 328 |
| 8.4.6 | MPLS 相关技术简介 | 335 |
| 小结 | | 337 |
| 习题 | | 339 |
| 第 9 章 | 软交换与下一代网络 | 340 |
| 9.1 | 概述 | 340 |
| 9.2 | 软交换的基本概念 | 340 |
| 9.2.1 | 定义 | 340 |
| 9.2.2 | 软交换的特点和功能 | 341 |
| 9.2.3 | 软交换支持的协议 | 343 |
| 9.3 | 网关技术 | 348 |
| 9.3.1 | 媒体网关 | 348 |
| 9.3.2 | 信令网关 | 349 |
| 9.4 | 软交换呼叫控制原理 | 349 |
| 9.5 | 基于软交换的开放业务支撑环境 | 353 |
| 9.5.1 | 应用服务器 | 354 |
| 9.5.2 | 业务管理服务器 | 358 |
| 9.5.3 | 业务生成环境 | 358 |
| 9.6 | 应用编程接口 | 358 |
| 9.6.1 | Parlay 组织的发展 | 359 |
| 9.6.2 | Parlay API 的体系结构 | 359 |
| 9.6.3 | Parlay API 提供的第三方业务 | 360 |
| 小结 | | 360 |
| 习题 | | 361 |
| 第 10 章 | 光交换 | 362 |
| 10.1 | 概述 | 362 |
| 10.1.1 | 光交换的产生 | 362 |
| 10.1.2 | 光交换的特点 | 363 |
| 10.1.3 | 光交换的基本器件 | 363 |

| | | |
|--------|--------------------|-----|
| 10.2 | 光交换原理 | 365 |
| 10.2.1 | 空分光交换 | 365 |
| 10.2.2 | 时分光交换 | 366 |
| 10.2.3 | 波分/频分光交换 | 367 |
| 10.3 | 光分组交换技术 | 368 |
| 10.3.1 | 透明光分组交换技术 | 368 |
| 10.3.2 | 光突发交换技术 | 372 |
| 10.4 | 光交换的发展现状和前景 | 374 |
| 10.4.1 | 光交换机的发展现状和前景 | 374 |
| 10.4.2 | 光交换网络技术的发展现状和前景 | 375 |
| | 小结 | 376 |
| | 习题 | 376 |
| 附录 1 | 缩略语英汉对照表 | 378 |
| 附录 2 | No.7 信令方式技术规范目录一览表 | 388 |

第 1 章 交换概论

在学习交换原理和相关通信网技术之前,一定会有这样的一些问题:什么是交换,为什么在通信网中一定要引入交换的功能,通信网中交换设备究竟完成哪些功能,在现有通信网中都有哪些交换方式,不同交换方式之间的区别是什么。本章主要介绍交换及通信网的一些基本概念,并回答上述问题,使读者掌握通信中一些基本、重要的概念,为后续章节的学习打下基础。

1.1 交换的引入

通信就是在信息的源和目的之间进行信息传递的过程。人们的社会活动离不开通信,尤其是在一个信息化的社会,现代通信技术的飞速发展使人与通信的关系变得密不可分。在现代通信网络中,为满足不同通信需求而采用的通信方式各不相同,通信手段多种多样,通信内容丰富多彩,从而使通信系统的构成不尽相同。一个最简单的通信系统是只有两个用户终端和连接这两个终端的传输线路所构成的通信系统,这种通信系统所实现的通信方式称为点到点通信方式,如图 1.1 所示。



图 1.1 点到点通信方式

点到点通信方式满足仅能与一个用户终端进行通信的最简单的通信需求。比如,两个人要通话,最简单的办法就是各自拿一个话机,用一条双绞线将两个话机连接起来,即可实现话音通信,如图 1.2(a)所示。同样,两个人要传送文件,可各自使用一台计算机,通过串口线将两台计算机连接起来,即可实现数据的传送,如图 1.2(b)所示(图中未画出电源供电)。

然而,现实的通信更多的是要求在一群用户之间能够实现相互通信,而不是仅仅与一个用户进行通信。以电话通信为例,人们当然希望能与电话网内任何一个用户在进行需要时进行通话。那么,要想实现多个用户终端之间的相互通话,最直接的方法就是用通信线路将多个用户终端两两相连,如图 1.3 所示。



图 1.2 点到点通信举例

在图 1.3 中,6 个电话终端通过传输线路两两互连,实现了任意终端之间的相互通话。由此可知,采用这种互连方式进行通信,当用户终端数为 6 时,每个用户要使用 5 条通信线路,将自己的电话机分别与另外的 5 个话机相连。不仅如此,每个电话机还需配备一个 5 选 1 的多路选择开关,根据通话的需要选择与不同话机相连,以实现两两通话,如图 1.4 所示。若不采用这种多路选择开关,则每个用户就要使用 5 个电话终端实现与任意终端的通话。

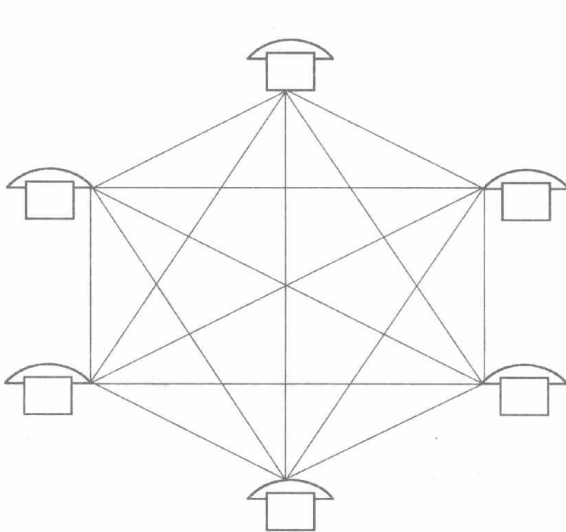


图 1.3 两两互连的电话通信

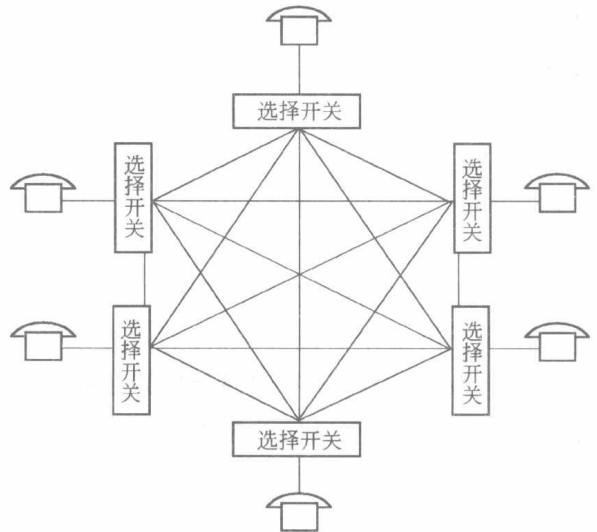


图 1.4 两两互连电话通信中的选择开关

两两互连的通信连接方式的特点是:

- 若用户终端数为 N ,则两两相连所需的线对数为 $C_N^2 = N(N-1)/2$ 。
- 每个用户终端需要配置一个 $N-1$ 路的选择开关。

例如,有 100 个用户要实现任意用户之间相互通话,采用两两互连的方式,终端数 $N=100$,则需要的线对数为 $N(N-1)/2=100 \times (100-1)/2=4950$ 条,而且每个用户终端需要配置一个 99 路的选择开关。显而易见,这种方式的缺点是:

- 两两互连所需线对数的数量很大,线路浪费大,投资大,很不经济。
- 要配置多路选择开关,且主、被叫终端之间需要复杂的开关控制及控制协调。
- 增加一个用户终端的操作很复杂。

因此,当用户终端数 N 较大时,采用这种方式实现多个用户之间的通信是不现实的,无法实用化。

为实现多个终端之间的通信,引入了交换节点,各个用户终端不再是两两互连,而是分别经由一条通信线路连接到交换节点上,如图 1.5 所示。该交换节点就是通常所说的交换机,它完成交换的功能。在通信网中,交换就是在通信的源和目的终端之间建立通信信道,实现通信信息传送的过程。引入交换节点后,用户终端只需要一对线对与交换机相连,节省了线路投资,组网灵活方便。用户间通过交换设备连接方式使多个终端的通信成为可能。

由一个交换节点组成的通信网,如图 1.5 所示,它是通信网最简单的形式。实际应用中,为实现分布区域较广的多终端之间的相互通信,通信网往往由多个交换节点构成,这些交换节点之间或直接相连,或通过汇接交换节点相连,通过多种多样的组网方式,构成覆盖区域广泛的通信网络。图 1.6 所示为由多个交换节点构成的通信网。

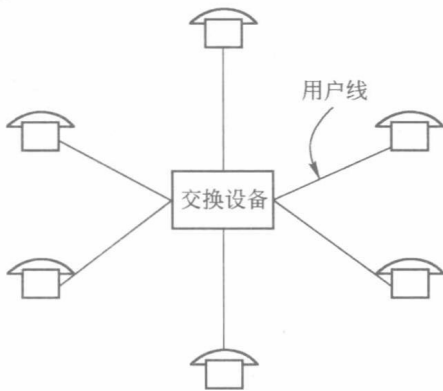


图 1.5 引入交换节点的多终端通信

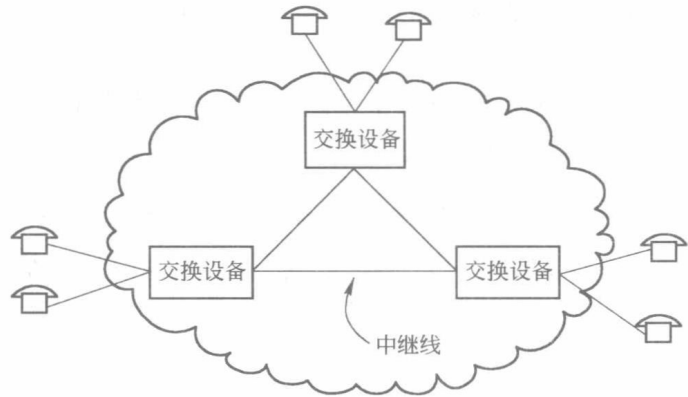


图 1.6 多个交换节点构成的通信网

用户终端与交换机之间的连接线路叫做用户线,交换机与交换机之间的连接线路叫做中继线(trunk),通信网的传输设备主要由用户线、中继线以及其他相关传输系统设备构成。交换设备、传输设备和用户终端设备是通信网的基本组成部分,通常称为通信网的三要素。

1.2 各种交换方式

在通信网中,交换功能是由交换节点即交换设备来完成的。不同的通信网络由于所支持业务的特性不同,其交换设备所采用的交换方式也各不相同,目前在通信网中所采用的或曾出现的交换方式主要有以下几种:

- 电路交换
- 多速率电路交换
- 快速电路交换
- 分组交换
- 帧交换

- 帧中继
- ATM 交换
- IP 交换
- 光交换
- 软交换

对于上述交换方式,通常按照信息传送模式和交换信息类型的不同进行分类。若按照信息传送模式的不同,可将交换方式分为电路传送模式(CTM:circuit transfer mode)、分组传送模式(PTM:packet transfer mode)和异步传送模式(ATM:asynchronous transfer mode)三大类,如电路交换、多速率电路交换、快速电路交换属于电路传送模式;分组交换、帧交换、帧中继属于分组传送模式;而 ATM 交换则属于异步传送模式。这种分类下的各种交换方式如图 1.7 所示,图中左边属于 CTM 的交换方式,右边属于 PTM 的交换方式,ATM 在图的中间。ATM 交换方式面向宽带多媒体应用,它是在 CTM 和 PTM 的基础上,避免了它们的缺陷,又借鉴了它们的优点,而产生的一种交换技术。在 ATM 交换方式之后又出现了一些新的交换方式和技术,如 IP 交换、光交换和软交换。



图 1.7 各种交换方式

此外,按照交换信息类型的不同,可将交换方式分为基于电信号的交换方式和基于光信号的交换方式,光交换是基于光信号的交换方式。还有其他对交换方式的分类,在此不一一说明。

1.2.1 电路交换

电路交换(CS:circuit switching)是通信网中最早出现的一种交换方式,也是应用最普遍的一种交换方式,主要应用于电话通信网中,完成电话交换,已有 100 多年的历史。

电话通信的过程是:首先摘机,听到拨号音后拨号,交换机找寻被叫,向被叫振铃同时向主叫送回铃音,此时表明在电话网的主被叫之间已经建立起双向的话音传送通路;当被叫摘机应答,即可进入通话阶段;在通话过程中,任何一方挂机,交换机会拆除已建立的通话通路,并向另一方送忙音提示挂机,从而结束通话。从电话通信过程的简单描述不难看出,电话通信分为三个阶段:呼叫建立、通话、呼叫拆除。电话通信的过程也就是电路交换的过程,因此电路交换的基本过程可分为连接建立、信息传送和连接拆除三个阶段,如图 1.8 所示。

电路交换具有 6 个特点。

(1) 信息传送的最小单位是时隙

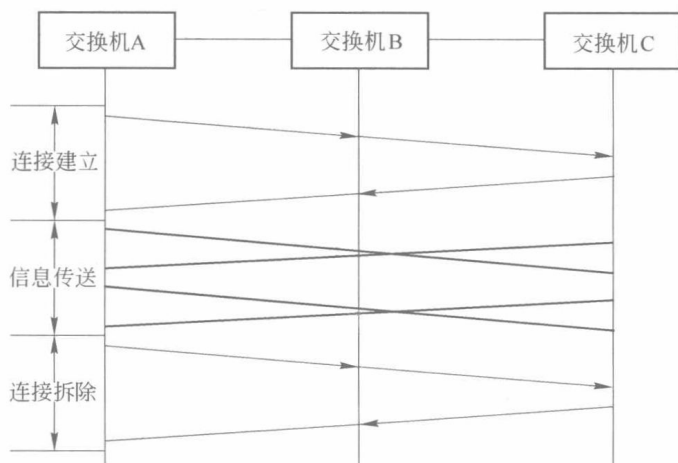


图 1.8 电路交换的基本过程

电路交换基于 PCM 传输系统中的时隙,在 PCM30/32 路传输系统中,每路通信的信道为一个时隙(TS;time slot),每个 TS 为 8 bit,每路通信的速率为 64 kbit/s。TS 是电路交换传输、复用和交换的最小单位,且长度固定。

(2) 面向连接的工作方式(物理连接)

电路交换的基本过程可分为连接建立、信息传送和连接拆除三个阶段,即在传送信息之前,先建立通信的源和目的之间信息通路的连接,它是一条物理连接通路,只要通信即刻就可传送信息。

(3) 同步时分复用(固定分配带宽)

同步时分复用的基本原理是把时间划分为等长的基本单位,一般称为帧,每个帧再划分为更小的单位叫做时隙。时隙依据其在帧中的位置编号,假设一帧划分为 n 个时隙,编号可以顺序记为 $0, 1, 2, \dots, n-1$ 。对一条同步时分复用的高速数字信道,采用这种时间分割的办法,可以把不同帧中各个编号相同的时隙组成一个恒定速率的数字子信道,那么这条高速的同步时分复用数字信道上就存在 n 条子信道,每个子信道也可以对应编号为 $0, 1, 2, \dots, n-1$ 。这些子信道有一个共同的特征,就是依据数字信号在每一帧中的时间位置来确定它是第几路子信道,因此,这些子信道又可以称为位置化信道,即通过时间位置来识别每路通信。这条同步时分复用的高速数字信道也称为同步时分复用线,其基本原理如图 1.9 所示。

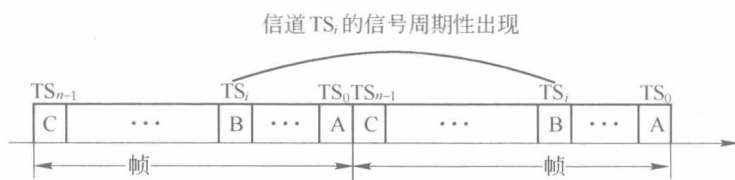


图 1.9 同步时分复用的基本原理

如图 1.10 所示,电路交换基于 PCM30/32 路同步时分复用系统,每秒传送 8 000 帧,每帧