



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

现代通信技术与交换网

尤克 主编

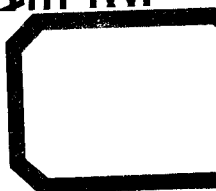


高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

现代通信技术与交换网

尤 克 主编
尤 克 黄静华 任力颖 编著
赵长奎 主审



高等教育出版社

内容简介

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果之一。

为更好地掌握交换与通信网技术,本书从现代交换的实用技术出发,引入脉码调制、数字交换、呼叫处理、话务和信令等基本概念,以我国迅速发展的电信业务为例,讲述了现代流行的国内外通信网的实用技术,重点介绍现代交换技术、电路交换技术、分组交换技术、ATM 异步传输模式、软交换技术、网络交换技术、通信网技术及电话网、宽带网、接入网、智能网等通信网络的实用技术与应用。

为适应专业课程教学学时数减少的情况,本书对通信技术的理论及推导做了适当精简,将交换技术与通信网技术合并,使这两部分内容与课程配合得更紧密。各章节都配有应用性例题和练习题,便于自学。

本书注重提高学生的实际操作能力,结合实例剖析了交换设备的硬件结构、控制系统、软件应用系统、电信工程设计、设备的使用、管理与维护,培养学生应用交换与网络的知识解决实际电信业务问题的意识、兴趣和能力。在保证教学基本要求的前提下,扩大了适应面,增强了伸缩性。

本书主要作为电子信息类专业的教材或教学参考书,也可供通信工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术与交换网/尤克主编. —北京:高等教育出版社, 2005.12

ISBN 7-04-018251-3

I. 现… II. 尤… III. ①通信技术②通信交换—通信网 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 129886 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京北苑印刷有限责任公司

开 本 787×960 1/16
印 张 19.25
字 数 360 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005 年 12 月第 1 版
印 次 2005 年 12 月第 1 次印刷
定 价 24.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18251-00

总序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要，满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求，探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系，全国高等学校教学研究中心（以下简称“教研中心”）在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上，组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校，进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索，在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果，并在高等教育出版社的支持和配合下，推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材，冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月，教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项，为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台，整体设计立项研究计划，明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式，分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现，组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组（亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组）。会后，教研中心组织了首批课题立项申报，有63所高校申报了近450项课题。2003年1月，在黑龙江工程学院进行了项目评审，经过课题领导小组严格的把关，确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月，各子课题相继召开了工作会议，交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题，确定了项目分工，并全面开始研究工作。计划先集中力量，用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是，“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上，紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实际需要，努力实践，大胆创新，采取边研究、边探索、边实践的方式，推进高校应用型人才工作，突出重点目标，并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础，作为体现教学内容和教学方法的知识载体，在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此，在课题研究过程中，各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果，并和教学实际结合起来，认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革，组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师，编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案，以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信，随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入，特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施，具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

通信网络是国家信息化进程中的重要基础设施,是实现通信业务和功能的物质基础。通信网络的发展经历了由窄带到宽带、由人工到智能、由单业务到综合业务的发展过程,并向着宽带化、个人化、分组化和综合化的方向发展。随着宽带多媒体通信网的建设 and 智能小区的出现,人们渴望在家中就能上网享受视频点播(VOD)、远程教育、远程医疗、网上购物、电视会议、网上电子商务等业务。而这一切,均需要通信网技术的支持。在这种形势下,学习现代交换与通信网技术尤为重要。

本书从日常生活中接触到的现代交换和通信网技术出发,在编写中注重实际应用,力求使内容丰富新颖、图文并茂,具有系统性、先进性和实用性、突出应用型的特点,强调“最新技术与实际应用相结合”原则,使读者既能学习到系统的理论知识,又能通过实例获得一些实用的技能,认识和掌握现代交换与通信网的关键技术,提高解决通信工程实际问题的能力。

本书共 12 章。前 6 章,主要介绍现代交换技术。其中,第 1 章现代交换技术概述,主要介绍程控交换技术、分组交换技术、ATM 以及网络交换技术的基本原理与发展。第 2 章电路交换技术,主要介绍交换技术基础知识、程控数字交换机的话路系统、控制系统、呼叫处理的基本概念。第 3 章分组交换技术,主要介绍数据通信网的交换方式、分组交换技术的基本概念、交换业务和应用。第 4 章异步传输模式(ATM),主要介绍 ATM 信元结构、传输特征、分层参考模型、拓扑结构及其应用。第 5 章软交换技术,主要介绍软交换技术的基本概念、主要功能、新业务简介、发展和应用。第 6 章网络交换技术,主要介绍网络分类、分层模型、互连设备、第二、三层交换及应用。第 7~11 章,主要讲述通信网技术。第 7 章通信网技术概述,简要介绍通信网的分类、公用交换电话网(PSTN)、移动通信网(MCN)、数字数据网(DDN)、X.25 分组交换数据网、帧中继(FR)、综合业务数字网(ISDN)、宽带综合业务数字网(B-ISDN)、异步传输模式(ATM)和宽带通信网、接入网、智能网(IN)、多媒体通信网、IP 网络、数据、语音一体化网络、家庭网络、下一代网络(NGN)、未来的网络。第 8 章电话通信网络及信令方式,主要介绍电话通信网络简述和信令方式。第 9 章光同步数字传输网,主要介绍光纤通信系统简述、光同步数字传输网、SDH/SONET 技术的发展、光学传输网络(OTN)——全光网。第 10

章智能网, 主要介绍智能网的基本概念、概念模型、功能部件、智能网的目标、业务、宽带智能网及其关键技术, 智能网新业务及应用, 智能网的发展。第 11 章接入网, 主要介绍接入网的基本概念、定义、定界和接口、功能、标准、技术和发展。第 12 章实验指导书, 安排了 5 个实验, 主要培训学生的实际操作能力, 通过实践环节加深对理论学习的理解。为了便于读者理解和复习, 各章末还附有习题。

本书基础理论知识的讲授以应用为目的, 精选内容, 深入浅出, 讲清原理, 突出基本概念, 掌握关键技术, 理论证明和公式推导从简。为配合教学, 我们编写了电子教学课件(光盘)。本书的参考学时数为 48~100 学时, 可安排为一学期或两学期的课程, 并辅以相应的实验课。

本书由尤克主编, 黄静华编写第 4、6、9 章, 任力颖编写第 2、8 章, 郑举编写第 12 章, 其余章节由尤克编写。徐歆恺为本书编写了电子教案。全书由赵长奎教授审核, 孙建京、王绍光、何希才对本书给予了关心和指导, 在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限, 书中难免存在错误与不足, 敬请各位专家与读者给予谅解和指正。

编者

2005 年 8 月

E-mail: youke@buu.com.cn

目 录

第 1 章 现代交换技术概述	1
1.1 我国通信规模居世界第一	1
1.2 电话交换机的基本原理	1
1.3 电话交换机的基本任务与结构	2
1.4 交换技术的四个发展阶段	4
1.5 现代交换技术简介	4
1.6 交换技术的发展趋势	14
1.7 我国交换技术的发展	16
练习题	17
第 2 章 电路交换技术	18
2.1 交换技术基础知识	18
2.2 程控数字交换机的话路系统	24
2.3 程控数字交换机的控制系统	41
2.4 程控交换机软件简述	45
2.5 呼叫处理的基本原理	57
练习题	69
第 3 章 分组交换技术	71
3.1 数据通信网的交换方式	71
3.2 分组交换技术的基本概念	72
3.3 分组交换业务	77
3.4 分组交换网组成	77
3.5 光分组交换技术	78
3.6 通用无线分组业务(GPRS)	79
3.7 我国的公用分组数据交换网	80
练习题	84
第 4 章 异步传输模式(ATM)	85
4.1 ATM 概述	85
4.2 ATM 交换	88
4.3 ATM 信元结构	91

4.4	ATM 传输特征	97
4.5	ATM 分层参考模型	102
4.6	ATM 拓扑结构	113
	练习题	122
第 5 章	软交换技术	124
5.1	软交换技术产生的背景	124
5.2	软交换技术的基本概念	125
5.3	软交换的主要功能	128
5.4	软交换系统的新业务简介	130
5.5	软交换技术的发展和应 用	130
	练习题	137
第 6 章	网络交换技术	139
6.1	计算机网络分类	139
6.2	网络分层模型	142
6.3	网络互连设备	154
6.4	第二层交换	161
6.5	第三层交换	164
6.6	进一步发展与应用	176
	练习题	178
第 7 章	通信网技术概述	181
7.1	通信网的分类	181
7.2	公用交换电话网(PSTN)	182
7.3	移动通信网(MCN)	183
7.4	数字数据网(DDN)	184
7.5	X.25 分组交换数据网	184
7.6	帧中继(FR)	185
7.7	综合业务数字网(ISDN)	185
7.8	宽带综合业务数字网(B-ISDN)	186
7.9	异步传输模式(ATM)和宽带通信网	187
7.10	接入网	187
7.11	智能网(IN)	189
7.12	多媒体通信网	189
7.13	IP 网络	190
7.14	数据、语音一体化网络	191
7.15	家庭网络	192

7.16 下一代网络(NGN)	194
7.17 未来的网络	195
练习题	195
第8章 电话通信网络及信令方式	197
8.1 电话通信网络简述	197
8.2 信令方式	204
练习题	219
第9章 光同步数字传输网	220
9.1 光纤通信系统简述	221
9.2 光同步数字传输网	222
9.3 SDH/SONET技术的发展	230
9.4 光学传输网络(OTN)——全光网	234
练习题	238
第10章 智能网	240
10.1 智能网的基本概念	240
10.2 智能网概念模型	243
10.3 智能网的功能部件	245
10.4 智能网的目标	246
10.5 智能网业务	247
10.6 宽带智能网及其关键技术	252
10.7 智能网新业务应用	255
10.8 智能网的发展	262
练习题	268
第11章 接入网	270
11.1 接入网的基本概念	270
11.2 接入网的定义	271
11.3 接入网的定界和接口	272
11.4 接入网的功能	273
11.5 接入网的标准	273
11.6 接入网的技术	274
11.7 接入网技术的发展	281
练习题	284
第12章 实验指导书	286
实验1 系统结构、硬件结构认识	286
实验2 系统编程操作	289

实验 3 电话分机参数设置	290
实验 4 电话分机新业务功能设置	291
实验 5 话务台操作	294
参考书目	297

第 1 章 现代交换技术概述

电信网络实现的关键是交换技术，它是支撑电话、移动电话和 Internet 技术发展的基础。交换技术主要有电路交换、报文交换、分组交换和异步传输模式(ATM)。电路交换是最早也是最成熟的交换技术，随着计算机网络的发展，分组交换技术得到了广泛应用。本章主要讲述程控交换技术、分组交换技术、ATM 以及网络交换技术的基本原理与发展，并介绍电信技术的发展趋势。

1.1 我国通信规模居世界第一

我国电话经过 100 多年的发展，现已建成世界规模最大、技术最先进的现代化网络，据 2005 年 5 月的统计数字：中国互联上网人数已达 9 880 万。固定电话和移动电话用户总数已达 6.74 亿户，规模居世界第一，普及率分别达到 24.9% 和 25.9%。其中，固定电话用户数突破 3 亿。固定电话的拥有率由新中国建国初期的每百人 0.07 部，增长为 1978 年的每百人 0.38 部，目前已达每百人 25 部。现在，对于中国电信来说，无论是网络规模和技术，还是客户资源都居于世界前列。

1.2 电话交换机的基本原理

电话交换机的基本功能是交换。图 1-1 是由一台电话交换机和许多用户话机相连的示意图，交换机实现所有电话的连接和中转业务，需要时将用户接至另一用户。

电话通信的基本目标是在任何时刻、使任何两个地点的人们之间进行通话，因此必须具备三个基本要素：

- ① 发送和接收话音的终端设备——电话机；
- ② 远距离传输话音信号的传输设



图 1-1 电话交换机与用户话机相连的示意图

备，包括最简单的金属线对、载波设备、微波设备、光缆和卫星设备等；

③ 对话音信号进行交换接续的交换设备——各种类型的电话交换机。

这三者缺一不可，电话交换机在整个电话通信网中起着枢纽的作用，构成网中的各级结点。如果没有电话交换机就不可能组成电话通信网，也不会出现一个电话用户可以随时同世界上任何地方的另一电话用户进行通话的方便环境。

1.3 电话交换机的基本任务与结构

1.3.1 电话交换机的基本任务

一般地说，电话交换机有四种基本呼叫任务，根据进出交换机的呼叫流向及发起呼叫的起源，可以将呼叫分为：本局呼叫、出局呼叫、入局呼叫和转移呼叫，如图1-2所示。

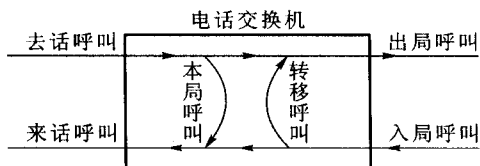


图1-2 四种基本呼叫任务

将电话交换机理解为一个交换局，本局一个用户发起的呼叫，根据呼叫的流向可以分为出局呼叫或本局呼叫。主叫用户生成去话，被叫的是本局中另一个用户时，即形成本局呼叫；被叫的不是本局的用

户，交换机需要将呼叫接续到其他的交换机时，即形成出局呼叫。相应地，从其他交换机发来的来话，呼叫本局的一个用户时生成入局呼叫；呼叫的不是本局的一个用户，由交换机又接续到其他的交换机，交换机只提供汇接中转，则形成转移呼叫。除了汇接局一般只具备“转接呼叫”的功能外，每个局用电话交换机都具备这四种呼叫的处理能力。

至于长途和特种服务呼叫，可以看做是呼叫流向的固定出局呼叫。

1.3.2 电话交换机的基本结构

电话交换机的基本结构由两大部分构成：话路系统和控制系统，如图1-3所示。

话路系统包括所有的提供电话接续任务的终端和交换设备。话路系统的核心部分是“交换网络”，从人工台的接线面板与塞绳电路、步进制的各级接线器、纵横制的用户级、选组级交换网络到数字交换机的数字交换网络，都是用以提供在各种交换方式下的通话通路的。话路系统中还包括各种需要通过交换

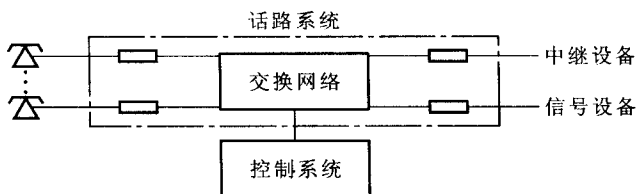


图 1-3 电话交换机基本结构

网络进行交换连接的终端，诸如用户电路、中继设备、信号设备等。

控制系统控制话路系统在需要的时候接通，提供语音信号的通路。电话交换机经历了从最初的人工进行控制接续到以数字电子计算机作为控制系统的核心，从基本的电话交换的控制功能来说，不论哪一种交换方式都具备，只是实现的手段和方法有所不同。

1.3.3 程控交换机的基本概念

程控数字交换机(PABX)实质上是一部由计算机软件控制的数字通信交换机，按用途可分为市话、长话和用户交换机。交换机在硬件上采用全模块化结构，提供高集成度、高可靠性、高性能、低成本的硬件产品。软件采用高级语言，具有多种为数据交换和连接而设计的系统软件，功能强大。

程控交换机的基本结构框图如图 1-4 所示。

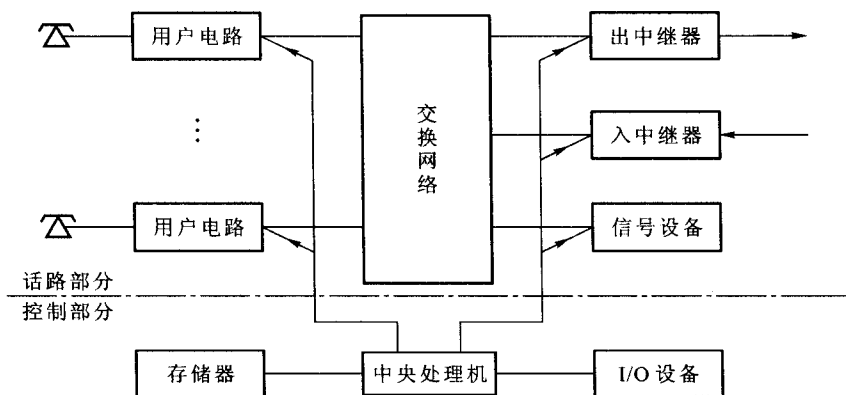


图 1-4 程控交换机结构框图

控制部分包括中央处理机(CPU)、存储器和 I/O 设备。

话路部分由交换网络、出/入中继器、用户电路等组成。

交换网络可以是各种接线器(如纵横接线器、编码接线器、簧簧接线器等)，

也可以是电子开关矩阵(电子接线器)。它可以是模拟空分的,也可以是数字时分的。交换网络由 CPU 给出的控制命令驱动。

出中继器和入中继器是与中继线相连的接口电路(中继线用于互连交换机),传输交换机之间的各种通信信号,也监视局间通话话路的状态。

用户电路是每个用户独用的设备,包括用户状态的监视和用户有关的功能。在电子交换机,尤其在数字交换机中,用户电路的功能越来越加强了。

图中所示的话路部分,包括交换网络、中继器、用户电路以及信号设备都受控制部分的中央处理机控制。所以说程控交换机实质上是数字电子计算机控制的电话交换机。

1.4 交换技术的四个发展阶段

自 1876 年美国贝尔发明电话以来,电话通信和电话交换机取得了巨大的进步和进展,电话交换技术发展经历了以下几个过程:

- ① 元器件的使用经历了由机电式到电子式的过程;
- ② 接续部分的组成方式由空分向时分方向发展;
- ③ 控制设备的控制方式由布线逻辑控制(布控)向程序控制(程控)发展;
- ④ 交换的信号类型由模拟向数字发展;
- ⑤ 交换的业务由电话业务向综合业务(ISDN)方向发展;
- ⑥ 交换的信号带宽由窄带向宽带发展。

交换技术不但运用在传统的话音业务上,在数字业务、多媒体业务上应用更为广泛。交换技术可以概括为四个发展阶段:电路交换技术,报文交换技术,分组交换技术,ATM 技术。其中电路交换和分组交换是两种主要的交换方式。

1.5 现代交换技术简介

1.5.1 电路交换

电路交换(CS:Circuit Switching)是最早出现的一种交换方式,公用交换电话网(PSTN)和移动网(包括 GSM 网和 CDMA 网)采用的都是电路交换技术。

1. 电路交换技术

电路交换是一种实时交换的技术,在双方通信前需要建立专用的物理链接

通路，一方发起呼叫，独占一条物理线路。当交换机完成接续，对方收到发起端的信号，双方即可进行通信。在整个通信过程中双方一直占用该电路。如果没有空闲的链接通路，通信就不能进行，待通信结束后，还需要根据信令将这条通路拆除。电路交换所分配的带宽是固定的，在连接建立后，即使无信息传送也要占用信道带宽，所以电路利用率比较低。

2. 电路交换特点

电路交换的最大优点是实时性好，时延小，交换设备成本较低，十分适用于电话交换。但存在电路接续时间长，通信效率低，不同类型终端用户之间不能通信等缺点。

3. 电路交换的应用

电路交换技术主要适用于传送与话音相关的业务，这种交换方式对于数据业务而言，有着很大的局限性。

例 1-1 用电路交换的方式叙述用户 A 与用户 B 通过交换网络的信息流通过程。

为了进行双向话音的交换，需要建立一条即时可用的通话路径，即在呼叫期间，提供相应的路径或电路，此种交换方式称为电路交换。电路交换预先分配传输带宽，再利用控制信号建立接续路径，从而使信息不间断地流经网络。

电路交换中建立的通路，包括了许多点到点的电路，这些电路在连接点由交换机连接，通路建立后，才可以传送语音或数据，直到挂机才拆线释放电路。在电路交换系统中，每次呼叫所建立的通路是供通话双方专用的，如图 1-5 所示。

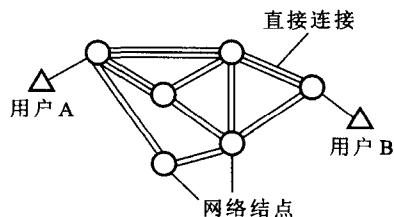


图 1-5 电路交换网络

1.5.2 报文交换

通常把在交换机中提供时延以达到交换目的的方法称为“报文交换”方式。

1. 报文交换技术

在这种方式中，用户间信息的交换是通过发送一系列互相独立的消息而进行的，如图 1-6 所示。用户要传送的消息被作为一个整体由某结点转发到另外结点。这种消息在特定结点进行排队，逐个链路传送通过网络。网络中利用小型计算机对信息进行缓存，并向终点方向寻找接到下个结点的路由。

2. 报文交换过程

报文交换过程的第一步是将信息传送到交换中心予以存储，如果通向下一

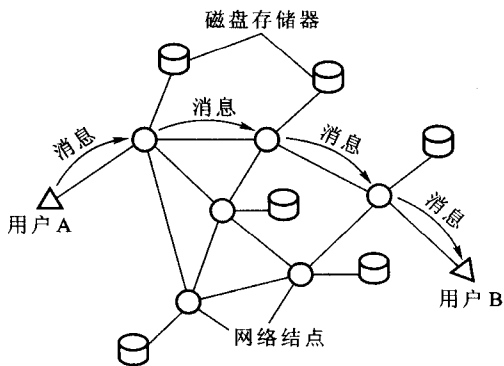


图 1-6 存储转发网络

个交换中心的有关设备可以占用的话，则信息传送并存储到该中心。沿途的每个结点把信息存到磁盘中。如果所要选用的通路示忙，则在该结点的信息需要排队、等待，因而要引起延时。这种存储、转发过程不断地进行，直到信息到达终点为止。

由于报文交换是为传送单向信息而设计的，不适于人或计算机之间实时对话，但中继线利用率高，即只在传送该信息期间占用通路，

其他时间可做他用。而电路交换中，当用户占用交换电路后，即使该通路不传数据，也不允许其他用户使用。

将用户的报文存储在交换机的存储器中。当所需要的输出电路空闲时，再将该报文发向接收交换机或终端，它以“存储—转发”方式在网内传输数据。报文交换的优点是中继电路利用率高，可以多个用户同时在一条线路上传送，可实现不同速率、不同规程的终端间互通。但它的缺点也是显而易见的。以报文为单位进行存储转发，网络传输时延大，且占用大量的交换机内存和外存，不能满足对实时性要求高的用户。

3. 报文交换的特点

(1) 报文交换的优点

① 由于存储交换系统能够在高峰期存储信息，等到线路空闲时转发出去，在信息高峰时有灵活的适应能力。这种交换系统不是按信息高峰时的参数进行设计，降低了系统的成本。

② 不要求主叫和被叫用户同时工作。为了保证不同工作特性的终端互相通信，这种交换方式允许进行速率和码型的变换。

③ 中继线利用率高，因为并不是把局间中继电路分配给固定的一对用户，多个用户报文按“先来先服务”的工作顺序共同使用中继电路。

④ 采用“存储—转发”方式，可实现不同速率、不同规程、不同代码终端间的互通。

(2) 报文交换的缺点

因为是以报文为单位进行存储—转发，报文的长度不定，当进行一个较长的报文传送时，会影响其后的多个短报文信息的发送，所以网络传输时延大并且要占用大量内存和外存空间，对于要求网络传输时延较短的数据通信系统不适合。