“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

计算机网络

（第四版）

主编　袁家政
参编　张敬尊　梁爱华

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造

西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

普通高等教育“十二五”本科国家级规划教材

计算机网络

（第四版）

主编　袁家政

参编　张敬尊　梁爱华

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十二五”本科国家级规划教材，是2001年出版的高等学校教材《计算机网络》的第四版。与前三版相比，本书删去了已经过时的内容，增加了最新的网络技术。

全书主要从计算机网络基础知识，网络设计与系统集成，网络系统的安装、管理与维护，网络安全，网络应用与综合应用，实验与实训等六个方面进行编写，各方面知识内容所占比例为：30%的网络理论知识，10%的流行网络的技术特点，60%的网络设计、操作维护、安全及应用方面的知识。

本书在介绍一定网络理论基础知识的同时，突出网络的应用技术特点及网络工程构建等方面的内容，内容上注重实用性，即从具体的网络实例着手引出概念，从而使概念清晰易懂。书中有大量的网络工程实例和插图，内容紧密结合实际，深入浅出；同时，每一章开头都有概念的引入，最后进行归纳总结，并附有适量的习题，还增加了工程和创新方面的练习题。为提高学生的实践能力，本书特别增加了一章实验与实训内容。

本书可作为普通高等学校计算机相关专业的教材，也可作为网络工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 袁家政主编. —4版. —西安：西安电子科技大学出版社，2016.7

普通高等教育“十二五”本科国家级规划教材

ISBN 978-7-5606-4112-6

Ⅰ.① 计… Ⅱ.① 袁… Ⅲ.① 计算机网络—高等学校—教材 Ⅳ.① TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 140842 号

策　　划　马乐惠

责任编辑　马乐惠　杨天使

出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电　　话　(029)88242885　88201467　　邮　　编　710071

网　　址　www.xduph.com　　电子邮箱　xdupfxb001@163.com

经　　销　新华书店

印刷单位　陕西天意印务有限责任公司

版　　次　2016 年 7 月第 4 版　2016 年 7 月第 18 次印刷

开　　本　787 毫米×1092 毫米　1/16　印张 23.5

字　　数　560 千字

印　　数　101 001～104 000 册

定　　价　40.00 元

ISBN 978 – 7 – 5606 – 4112 – 6/TP

XDUP 4404004-18

前言

本书第一版于2001年出版，2006年和2010年经过两次修订后又出版了第二版和第三版，被评为北京市高等学校精品教材，同时第三版被纳入普通高等教育“十一五”本科国家级规划教材。前三版自出版以来得到了广大读者的认可，受到了各个学校广大师生的好评，被许多高校选为教材。此次修订出版的是第四版，并已被列选为普通高等教育“十二五”本科国家级规划教材。

根据计算机网络技术的迅速发展，编者对第三版进行了修订，删去了已经过时的内容，吸收了计算机网络的最新技术成果，例如无线网络技术、流媒体及Windows Server 2012等。

全书共9章，系统介绍了计算机网络基础知识，网络设计与系统集成，网络系统的安装、管理与维护，网络安全，网络应用与综合应用，实验与实训等内容。本书参考学时数为64学时，各学校可根据本校“计算机网络”课程的学时数和学生层次对各章教学内容有所侧重，书中冠以“*”号的内容对学生学习网络知识和从事工程方案设计有参考价值，可参考选用。

本书第一部分(第1、2、3章)概要介绍了计算机网络和基础知识。第1章具体介绍计算机网络的发展过程、定义、分类、拓扑结构、常见的网络操作系统等知识。第2章介绍计算机网络基础知识，包括数据通信基础知识、计算机通信接口、网络体系与层次结构、ISO/OSI开放系统互连参考模型、TCP/IP协议综述等网络知识。第3章介绍局域网，具体包括局域网的标准、典型的局域网标准、局域网的组成、以太网的产品标准、高速网络技术、虚拟局域网、无线局域网技术、无线个域网技术、广域网技术、下一代互联网等知识。

第二部分(第4章)是计算机网络设计与系统集成，主要内容为初级的网络设计、高级的网络设计、综合布线系统与设计、网络工程设计简述、网络操作系统的选择、网络工程设计及施工实例等方面的知识。

第三部分(第5章)为计算机网络系统的安装、管理与维护，主要介绍流行的网络操作系统、网络服务器的安装与配置、网络工作站的设置与安装、Windows Server 2012的Active Directory安装与配置、用活动目录管理Windows Server 2012的账户、Windows Server 2012共享资源与权限设置、Windows Server 2012网络打印配置、Windows Server 2012系统的诊断与修复等内容。

第四部分(第 6 章)为计算机网络的安全性，简明扼要地讲述了网络安全、密码技术、防火墙技术、常见的黑客工具及攻击方法、黑客攻击的一般步骤和实例、远程入侵 Windows Server 2012、网络病毒与防治等内容。

第五部分(第 7、8 章)主要介绍计算机网络在办公自动化和网络信息系统的应用及组网的综合应用，同时简要讲述计算机网络应用，包括办公自动化应用、网络数据库信息系统、Internet 技术、Web 页面制作、域名系统、万维网、文本传输协议、流媒体、网络应用程序架构、Windows Server 2012 组网的综合应用等内容。

第六部分(第 9 章)为实验与实训，分为计算机网络设计、计算机网络系统的安装与配置、计算机网络安全、计算机网络应用、Windows Server 2012 网络的综合应用等几大部分，每个部分由若干实验构成一个实训整体，整个实验与实训内容涵盖了计算机网络各个方面的理论知识。

本书各章在内容安排上有以下特点：每一章开头都有概念的引入，章末进行归纳总结，并附有适量的习题。此外，在第三版的基础上还增加了实践和讨论方面的练习题，增加实践题的目的是增强学生的动手能力，而讨论题没有答案或没有唯一的答案，主要培养学生的创新意识。本书以理论知识够用为度，充实实际应用的知识，加强应用技术能力的培养；内容上注重实用性，从具体的网络实例着手引出概念，使概念清楚易懂；紧密结合最新的网络技术；从两台计算机联网的方法出发，逐步扩大网络的范围，从简单到复杂，详细介绍各种网络工程的设计模型，为读者提供了许多网络工程的设计方案。

全书由北京联合大学袁家政主编，张敬尊、梁爱华参与了全书的编写工作。

第四版全体编者衷心感谢前三版编者的辛勤劳动成果，感谢被引用的各种参考文献的作者，特别要说明的是本书还参考了 Internet 上的内容，在参考文献中没有逐一列出。在本书的编写过程中，部分本科生、研究生为本书收集了部分资料并完成了许多实验数据材料，在此表示衷心的感谢！同时也要感谢西安电子科技大学出版社的大力支持。

由于计算机网络技术发展迅速，加之编者学识有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正(联系方式：jiazheng@buu.edu.cn)。

编 者

2016 年 4 月

目　录

第1章 计算机网络概述

计算机网络，是指将地理位置不同的具有独立功能的多台计算机及其外部设备，通过通信线路连接起来，在网络操作系统、网络管理软件及网络通信协议的管理和协调下，实现资源共享和信息传递的计算机系统。21世纪已进入计算机网络时代。计算机网络对人类生活产生了深远的影响：人们出门旅行可以通过网络订购到全国任何车次的车票和任何航班的飞机票；付账时也不用带现金，只需在某个银行开户存钱，在全国乃至全世界都可以提取；可以足不出户在家购物……网络缩短了人与人之间的距离，使宇宙变“小”了许多。

计算机网络是信息社会的基础，它使得信息的收集、存储、加工和传播不再是互相分离的几个部分，而是一个有机整体。原始信息可以从网络的任何一个终端输入，经过处理软件的加工，存储在网络数据库中，并按需要分发到网络的任何一个地方。人们只需要简单地敲击一下键盘或点击一下鼠标，便能获得各种信息，而不用了解这些信息是存放在本地还是在千里之外。

信息的存储和加工涉及计算机技术，而信息的传播则涉及通信技术。计算机网络是现代计算机技术和通信技术密切结合的产物，是随着社会对信息共享和信息传递的要求而发展起来的。

本章将介绍以下基本知识：

- 计算机网络的发展过程；
- 因特网的发展；
- 计算机网络的定义及分类；
- 计算机网络的组成、功能及应用；
- 流行的网络系统。

1.1 计算机网络的发展过程

计算机网络发展的第一阶段可以追溯到20世纪50年代中期，那时人们开始将彼此独立发展的计算机技术与通信技术结合起来，完成了数据通信与计算机通信网络的研究，为计算机网络的出现做

好了技术准备，奠定了理论基础。直到 20 世纪 70 年代中期，网络技术才得到迅速发展，形成了现代计算机网络的雏形和基础。它的形成经历了一个从简单到复杂的过程，即从为解决远程计算机信息的收集和处理而形成的联机系统开始，发展到以资源共享为目的而互联起来的计算机群。

计算机网络的发展主要经过了计算机网络互联初期的面向终端的计算机通信网、以通信子网为中心的分组交换网、符合开放系统互连基本参考模型的计算机网络以及宽带综合业务数字网等四个主要阶段，其中 Internet/Intranet 的发展最为迅速，新一代的网络技术——网格(GGG)技术和第二代 Internet 技术也在研究之中。

1.1.1 面向终端的计算机网络

面向终端的计算机网络的发展经历了具有通信功能的单机系统和具有通信功能的多机系统两个阶段。

1. 早期的“单机工作模式”

1946 年，世界上第一台数字电子计算机问世，在以后的几年里，计算机与网络并没有什么关系。早期的计算机数量很少，并且价格昂贵。就像我国现今研制的银河巨型机一样，大多数放置在被称为“计算中心”的房间里，主要处理成批的信息。用户如果想使用计算机，必须前往机房，而且计算机要完成所有用户提供给它的任务。当有许多用户都需要使用计算机时，就必须排队等候，计算机按一定的优先级算法(如先来先处理或紧急的数据优先处理)处理输出结果，如图 1-1 所示，通常将这种方法称为单机工作模式。显然，这种方法会给远距离的用户带来不便。

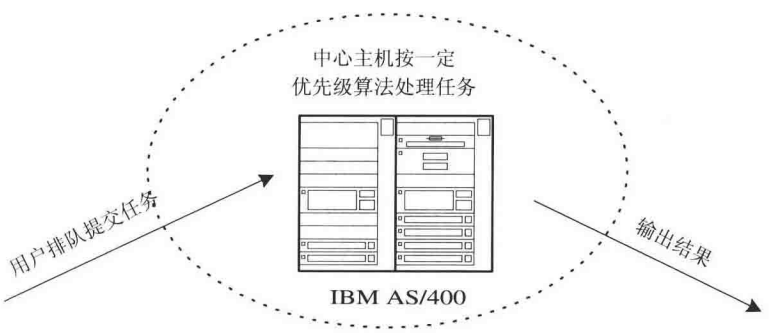

图 1-1 多个用户使用计算机的单机工作模式

单机工作模式的特点如下：

(1) 用户使用计算机时，独占计算机的所有资源。

(2) 早期是由用户找计算机，而不是将计算机交给用户。

(3) 单机模式下在某一段时间内只能有一个用户使用计算机，多个用户使用单个计算机时，必须排队等候，计算机按一定优先级算法处理输出。

2. 具有通信功能的单机系统

20 世纪 50 年代，一种叫作收发器的终端制作出来了。该设备是一种具有通信功能的输入/输出设备，它可以通过电话线路与远程计算机进行连接，把数据传送给远程计算机，同时可以接受远程计算机传来的处理完的数据结果。当然，终端与远程计算机连接时，必须在计算机上增加一个接口，这个接口就是线路控制器(现在称之为串行口)。由于计算机内采用并行传输(即一次传输多位数据)，而线路上采用串行传输(即一次传输一位数据)，所以线路控制器主要完成串行传输与并行传输的转换及简单的差错控制。另外，由于计算机的设计是用来处理数字信号的，而电话线路上的设计是用来传输语音等模拟信号的，因此必须在线路控制器及终端与电话系统之间增加一个称为调制解调器(Modem)的设备，用来完成数字信号与模拟信号之间的转换。这时，计算机的主要作用仍是信息的处理，但可以从远处收集信息来进行处理，我们称之为具有通信功能的单机系统，如图 1-2 所示。

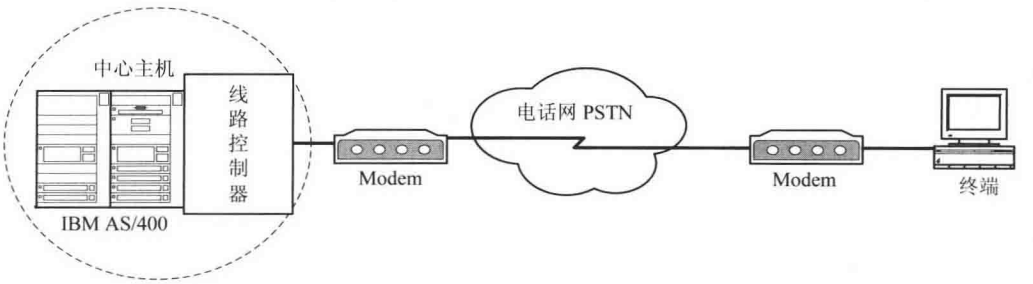

图 1-2　具有通信功能的单机系统

当计算机与多个远程终端相连时，为了避免一台计算机使用多个线路控制器，20 世纪 60 年代，出现了多重线路控制器。该设备与目前市场上的多用户适配器类似，它可以和多个远程终端相连。同时，主计算机(简称主机)为适应与多个远程终端同时通信、处理信息的状况，采用了一种分时系统的概念，即主机将单位时间分成许多时间片(比如将 1 秒(s)分成 10 个时间片，每个时间片为 0.1 s)，在每个时间片内主机都与一个终端相连，并处理该终端传来的数据，同时把结果传给终端，各终端轮流占有时间片。由于时间片很短，主机切换的速度很快，各用户感觉不到，因此在某段时间内，各用户都感觉自己占有了主机。这种系统机制称为多用户分时系统，但它仍属于具有通信功能的单机系统，如图 1-3 所示。

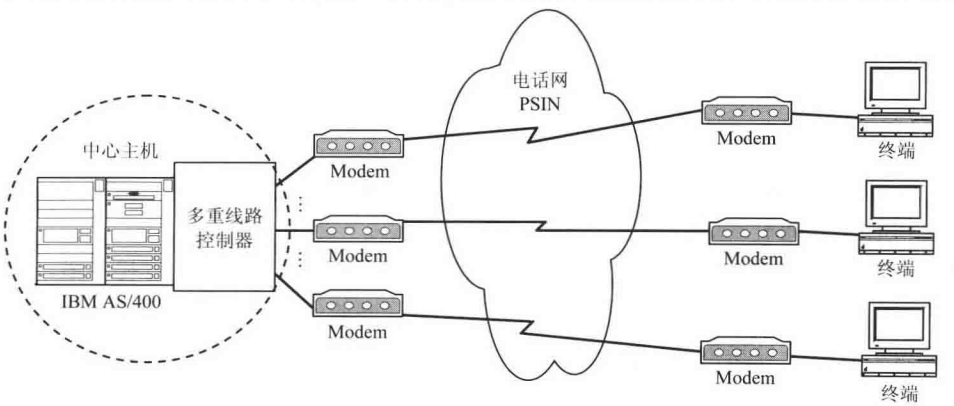

图 1-3　采用多重线路控制器的具有通信功能的单机系统

具有通信功能的单机系统的特点如下：

(1) 主计算机除承担数据的处理任务外，还承担与远程终端的通信任务，因此主计算机的任务较重。

(2) 当采用分时系统与多个终端通信时，线路的利用率较低。例如，假设 1 台主机通过多重线路控制器与 10 个远程终端相连，需要 10 条链路，如采用分时系统，将 1 秒(s)分成 10 个时间片，每个时间片为 0.1 s，即 1 s 内每个终端只有 0.1 s 的时间使用主机，每条链路有 0.9 s 是闲置的，所以线路利用率不超过 10%。

(3) 由于有了远程终端，因此用户通过终端就可以使用主计算机，这给远距离用户带来了很大的方便。

3. 具有通信功能的多机系统

随着使用计算机的用户数量的增多和终端数量的增加，主计算机会增加一部分时间与多个终端通信。这时，主计算机处理数据的时间相对减少，因而主计算机的负担加重了。当通信量很大时，主计算机几乎没有时间处理数据，同时由于引入分时操作，用户的增多使各用户使用主机的时间减少，速度会变得难以容忍。后来，人们设计出一种功能相对较差的计算机，即前端处理机，主要用来完成数据通信的任务。让前端处理机专门负责处理通信，这样大大减轻了主计算机的负担。另外，由于每个远程终端必须有一条专门的通信线路与主机相连，因此当终端的数量增多时，通信的费用随之增加，而且线路的利用率极低，终端与主机的距离越远，线路的利用率越低。于是人们又研究了一种称为集中器的通信处理机，主要安放在远程终端较密集处。集中器的一端用多条低速线路与各终端相连，另一端则用高速线路与前端处理机相连。一般把带有前端处理机及集中器的系统称为具有通信功能的多机系统，如图 1-4 所示。

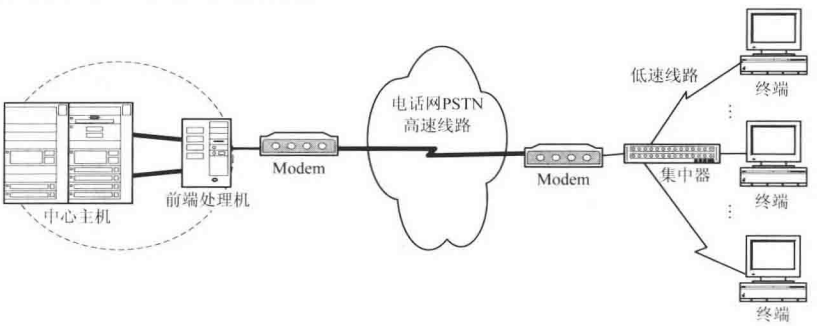

图 1-4 具有通信功能的多机系统

具有通信功能的多机系统的特点如下：

(1) 主计算机承担数据处理任务，前端处理机负责与远程终端通信，系统中由于有了主计算机和前端处理机，因而称之为多机系统。

(2) 集中器的使用降低了系统中线路的总的连接长度，提高了线路的利用率。

具有通信功能的多机系统又称为面向终端的计算机通信网，有人将这种最简单的计算机网络称为第一代计算机网络。20 世纪 60 年代，这种网络获得了很大的发展，而且这种网络建立在已有的公用电话网上，结构简单，联网较为方便。因此，现在许多网络还采用这种模式，如银行多用户系统，国内各银行大多采用终端进行业务的数据处理，其上运行

的软件是 UNIX 多用户系统，本书后面提到的多用户系统 Linux 与之类似。

1.1.2　分组交换网

1．电路交换技术

数据的通信必须借助于通信设备进行。比如两个距离很远的朋友联系，最简单的方法是打电话或写信。如果采用电话联系，必须在两个用户之间建立一端到另一端的物理通路。在用户之间架设直达的线路，费用太高，而公用电话网采用交换机方式实现用户之间互连。用户通话前，必须先申请建立一条通路，例如拨号，只有物理通路建立后，双方才能互相通话。在拨号的过程中，电话网中的程控交换机建立物理通路的过程，称为电路交换，如图 1-5 所示。在这种工作模式下，通话双方在通话过程中始终占有整个端到端的通路。

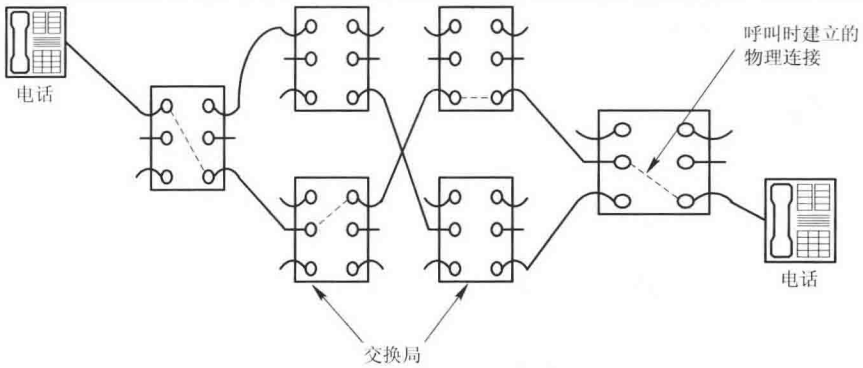

图 1-5　电路交换的工作模式

2．存储/转发技术

现代的邮政通信采用的是存储 / 转发技术的工作模式。如果两位朋友采用写信方式联系，比如，北京东城区的一位同学甲写信给天津河西区的朋友乙，其过程是：甲在信件上写上乙的住址投递到北京东城区邮政支局；北京东城区邮政支局汇集整个东城区用户发出的信件，然后根据地址分拣信件(如是东城区的信件，则直接交给用户，否则被传递给北京市邮政总局)；北京市邮政总局汇集来自各支局的所有信件，再根据目的地地址进行分类转发(比如发往天津的信件则转给天津市邮政局)，如此下去，最后甲发给乙的信件被传递到天津河西区邮政支局，由河西区邮政支局交给用户乙，如图 1-6 所示。

采用存储 / 转发技术的邮政通信中，由邮政通信中的各邮政局构成一个邮政通信网，它起将邮件收集转发的作用，而用户则借助它与邮政通信网传递邮件。

对于计算机或终端之间的通信，亦必须借助通信设备。早期的面向终端的计算机网络借助于公用电话网，其原理类似于人们打电话，采用的是电路交换方式，称之为电路交换网。当计算机终端借助电路交换网通信时，先进行呼叫，建立一条临时的专用物理通道，然后再进行数据或信号的传输，通信完后再断开连接。对于实时大批量连续的数据和信号的传输，适合使用电路交换网。但对于突发式的和间歇性的数据或信号的传输，电路交换网显然不合适。然而，计算机通信大部分数据是突发式的或间歇性的，因而，必须寻找新的适合于计算机通信的交换技术。

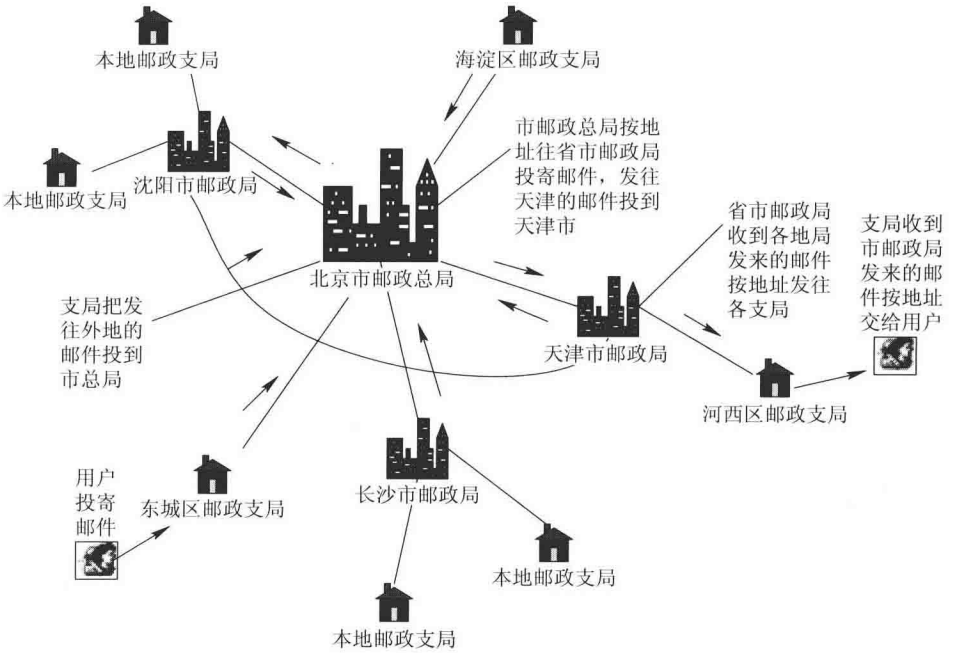

图 1-6　采用存储/转发技术的邮政通信

20 世纪 60 年代，一种新的计算机通信技术实验成功，其工作原理类似于邮政通信，采用的是存储 / 转发技术，称之为存储 / 转发交换通信网。存储 / 转发交换通信网的原理如图 1-7 所示，该网络由大量的节点集合相互连接构成，节点集合有可能是计算机、终端或其他的通信设备组成的系统。其中有一部分节点的主要任务是负责数据的存储、转发以及选择转发所经过的路由，由这一部分所构成的网络称为通信子网，其作用类似于邮政通信中各地邮政局构成的网络所起的作用。通信子网外围的计算机或终端则构成资源子网。资源子网可以利用通信子网进行通信来相互共享彼此拥有的软硬件资源。

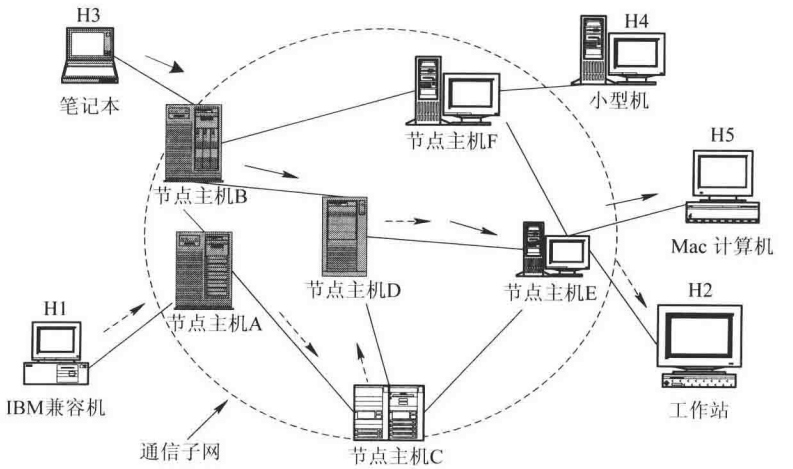

图 1-7　以通信子网为中心的分组交换网

在图 1-7 中，主机 H1 要与 H2 通信，则 H1 可以将数据发给 A，A 节点收到数据后，如遇线路忙时先将数据存入缓冲区，当线路空闲时发给 C，在通信子网中，数据以同样的

方式，经由节点 C、D、E 最后转发至 H2。显然，发送的数据必须带有目的地址。

由于采用存储 / 转发技术，各节点是通过直接相连或经中间节点转发通信的，因而无需拨号，且通信子网中各节点可转发不同链路传来的数据。如节点 D，既转发从 C 传来的数据，亦转发从 B 传来的数据。存储 / 转发技术非常适合实发式的计算机数据。存储 / 转发交换通信网分为报文交换网和报文分组交换网。

1) 报文交换

报文交换类似于发送信件。在报文交换网中，网络节点通常为一台专用计算机。当发送信息的计算机要发送数据时，以报文方式进行，每个报文由传输的数据和报头组成，报头中包含发送计算机的地址和接收信息的计算机的地址。通信子网根据报头目的地址为报文进行路径选择。通信子网为两个通信的主机转发信息时，是在两个节点间的一段链路上逐段传输的，不需要在两个主机间建立多个节点组成电路通道。在图 1-7 中，H3 通过通信子网转发报文给 H5，它的通路选择是 B—D—E，而链路 B—F—E 是空闲的。

2) 报文分组交换

在报文分组交换网中，通信子网不像报文交换那样以报文为单位进行转发，而是将报文分成更小的、等长的分组。以分组方式进行转发的方式更为灵活，且使发送端的报文传送时间更短。分组交换有两种方式：数据报传输分组交换和虚电路传输分组交换。

(1) 数据报。数据报方式是通信子网将进入子网的分组当作“小报文”处理，每个分组在通信子网中独自选择路径，被传输到目的地，如图 1-8 所示。在图 1-8 中，主机 H1 为了将报文发给主机 H2，先将报文发给节点 A，而报文在节点 A 分成了两个分组 1 和 2，这两个分组在通信子网中分别经过不同的路径被转发到 E。分组 1 经 A—C—E，分组 2 经 A—B—F—E，最后转发到 H2，再组装成报文，当然也可在节点 E 组装成报文，再转给 H2。数据报分组必须包含目的主机地址和源地址，且传输时延迟较大。

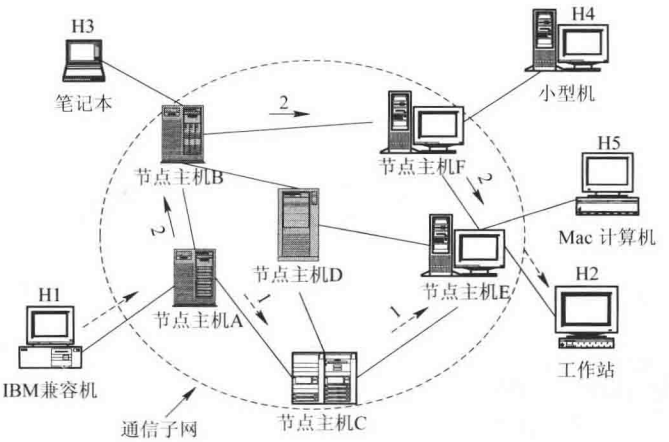

图 1-8　数据报传输分组交换

(2) 虚电路。在虚电路方式中，当网络有信息发送时，由发送报文的主机事先发一个虚呼叫(用来选择路径的分组)给目的主机，并在通信子网中选择一条路径，然后将报文分成许多报文分组，按事先选好的路径先后发送分组给目的主机。如图 1-9 所示，主机 H3 与 H5 通信时，选择的路径为 H3—B—D—E—H5，在通信过程中，H3 发给 H5 的所有分组都应按先

后顺序走这条通路。当然，在这种方式下，通信子网中各节点及链路是公用的，它与电路交换独占通路的方式不同。例如，主机 H3 与 H5 通信时通过的是 H3—B—D—E—H5 这条通路，而对于 D—E 链路，其他站点如 H1 与 H2 通信亦可使用 D—E 链路。

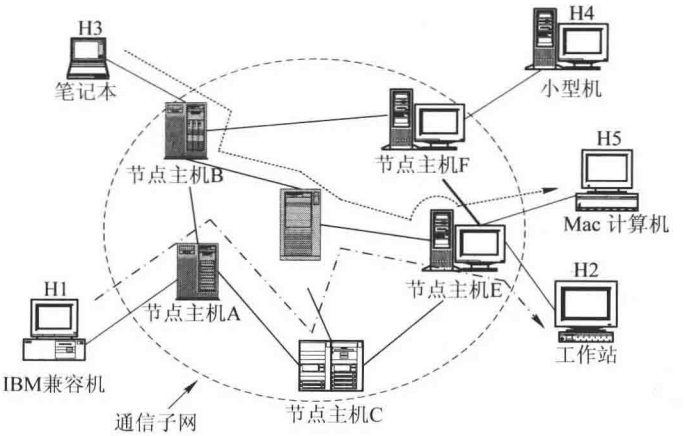

图 1-9　虚电路传输分组交换

值得注意的是，在采用虚电路方式通信时，发一个虚呼叫的报文分组中需要包含目的主机的地址，而通信过程中的报文分组则不需要目的主机的地址，只需填入虚呼叫阶段完成后所选择的虚电路号，每个节点需要存储空间来标识虚电路号。

3．三种交换方式比较

通过对电路交换、报文交换、报文分组交换三种方式进行比较，可以看到：电路交换需有链路的呼叫建立阶段，通信双方独占建立的链路，线路利用率低；报文交换采用存储 / 转发技术，线路利用率高，但节点的时延较大；相对地，报文分组交换方式高效、灵活、迅速、可靠和准确。图 1-10 为三种交换方式的事件时序比较，A 和 D 分别是源节点和目的节点，B 和 C 是通信子网的节点。

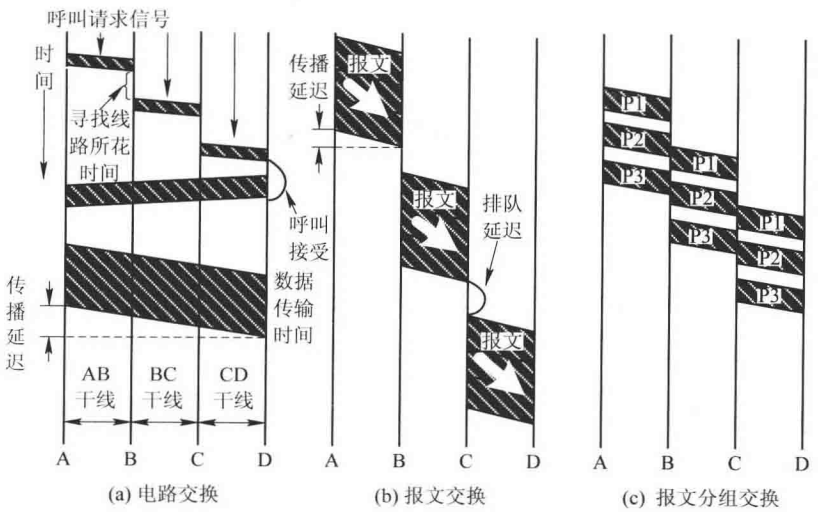

图 1-10　三种交换方式的事件时序比较