

蓝星新技术开发有限公司教育用书

计 算 机 通 信 网 基 础

北 方 交 通 大 学
葛乃康 陈学如 等编著

國防工業出版社

内 容 简 介

本书主要介绍计算机通信网的基础知识。内容包括：计算机通信网的总体概念及发展过程；数据传输原理；计算机通信网硬件；传输控制规程；差错控制；报文分组交换、流控制及路径选择；网络协议和软件；链路延时及容量的计算；局部地区网络介绍。书末附有三种实用的源程序，可供读者上机算题练习。

本书叙述简明、通俗，由浅入深，前后连贯，理论联系实际。章后附有练习题，以便检查学习效果和巩固所学知识。因此，本书可作教学或自学之用。

本书可供从事通信、计算机等专业的工程、科研人员及有关院校师生参阅。

蓝星新技术开发有限公司教育用书

计算机通信网基础

北方交通大学

葛乃康 陈学如 等编著

责任编辑：王细李

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张 16 1/4 379千字

1985年12月第一版 1985年12月第一次印刷 印数：0,001—5,580册

统一书号：15034·2957 定价：3.35元

前 言

随着计算机和通信事业的迅速发展, 计算机通信网的发展也是势在必行。目前, 从事计算机通信网的研究、设计及教学工作人员已有相当的数量。有些高等院校已开设专业课, 且将有不断增加之势。有些单位也在开设短训班, 且将会越来越多。本书就是在这种背景下编写的。

本书是以作者为大学计算机专业四年级学生授课的讲义为基础编写而成, 其中绝大部分内容实施过五届学生和两期短训班。根据教学实践经验, 作者是采用按计算机通信网各组成部分来分析其原理、功能的。这样, 效果较好, 比较适合我国的习惯。在叙述的方法和章节的安排上既遵从讲授方便, 又照顾了自学的特点。为了检查学习效果和巩固所学知识, 章后均附有练习题。书末附有三种实用的源程序, 读者可以利用本单位计算机进行一些计算。这些程序对于学过 FORTRAN-IV 语言的同志来说, 一般有三至四小时就能完成调试工作。读者也可参考所给程序, 自己另编一个程序上机, 这样效果就更好。

作者在搜集资料的过程中, 高兴地发现, 我国科技人员在计算机通信网方面所进行的工作还是不少的。因此, 在引用参考资料或介绍某些设备时, 尽量采用中文资料和国产设备, 以便读者查阅。

全书共九章, 分三个主要部分: 第一部分是硬件部分(第二、三、五章); 第二部分是软件部分(第四、六、七章); 第三部分是理论计算部分(第八章以及第六章的路径选择部分)。最后还介绍了局部地区网。

在编写过程中, 除了参阅许多同志的资料、讲义、译文外, 还得到关英春副教授及陆志良工程师的热情帮助, 在搜集资料、整理书稿过程中还得到华长春等同志的协助, 在此一并表示衷心的感谢。

由于计算机通信网牵涉的专业面较广, 作者水平有限, 书中定有不少错误和挂一漏万之处, 敬希读者指正。

作 者

目 录

第一章 绪论	1	§ 6.1 报文分组交换原理及其标记与 填料技术	133
§ 1.1 计算机通信网概论	1	§ 6.2 分组格式的类型及虚电路、 数据报	139
§ 1.2 计算机通信网发展过程	3	§ 6.3 流控制	141
§ 1.3 资源共享	7	§ 6.4 路径选择及其算法	146
§ 1.4 计算机通信网的分类	11	练习题	154
§ 1.5 通信系统模型	17	第七章 网络协议及软件	156
练习题	19	§ 7.1 网络协议	156
第二章 数据传输原理	20	§ 7.2 网络软件	165
§ 2.1 数据传输系统	20	§ 7.3 联机系统软件举例	170
§ 2.2 码元及其波形	20	§ 7.4 网络操作系统	178
§ 2.3 信息交换用代码及信息传输速率	21	练习题	183
§ 2.4 基带传输	30	第八章 计算机通信网的链路延时 及容量	185
§ 2.5 频带传输	42	§ 8.1 排队论简介及链路延时 公式推导	185
练习题	53	§ 8.2 集中型网络链路延时及容量	190
第三章 计算机通信网硬件	54	§ 8.3 分布式网络链路延时及容量	200
§ 3.1 计算机-终端通信的硬件组成	54	练习题	202
§ 3.2 调制解调装置	55	第九章 计算机通信网举例	204
§ 3.3 MODEM与通信控制装置的接口	58	§ 9.1 ARPA网	204
§ 3.4 通信控制装置	64	§ 9.2 SE网	209
§ 3.5 计算机主机及其与通信控制装置 的接口	74	§ 9.3 ACYNET	216
§ 3.6 终端装置	78	§ 9.4 局部地区网(传输协议及几种 典型网)	217
§ 3.7 传输介质	85	附录	230
练习题	86	附录一 路径选择计算程序	230
第四章 数据传输控制规程	87	附录二 星形网链路最佳容量及延时的 计算框图和FORTRAN-IV 源程序	242
§ 4.1 概述	87	附录三 树形网链路最佳容量及 延时计算程序(FORTRAN -IV)	244
§ 4.2 面向字符的数据传输控制规程	89	附录四 有关计算机通信网英汉词汇	245
§ 4.3 面向比特的数据传输控制规程	103	主要参考书与资料	255
练习题	109		
第五章 差错控制	110		
§ 5.1 概述	110		
§ 5.2 差错控制分类	111		
§ 5.3 奇偶校验	113		
§ 5.4 循环冗余校验	120		
练习题	132		
第六章 报文分组交换、流控制及 路径选择	133		

第一章 绪 论

§ 1.1 计算机通信网概论

当今，随着计算机和通信这两个技术领域的迅速发展，人们从不同的角度，对这两个领域结合的产物——计算机通信网有很大兴趣，并在不同程度上正在进行这方面的研究和试验。那么到底什么是计算机通信网呢？这就众说纷纭。我们不可能罗列各种观点，逐一评论，但我们可以选择一种既能反映现状又符合发展趋势的观点来讨论计算机通信网的含义，以及它与计算机网络的关系。

一、什么是计算机通信网

要回答这个问题，我们可从弄清计算机通信网的含义入手。关于计算机通信网的含义可概括如下：凡将地理位置不同、具备独立功能的多台计算机、终端及其附属设备，用通信设备和线路连接起来，且配以相应的网络软件实现通信网资源共享者，称为计算机通信网。换句话说，计算机通信网既可以用通信线路将计算机和终端连成简单的网络，实现信息的收集、分配、传输和处理，也可以将数百台计算机和终端，用数千公里的通信线路连成全国或全球通信网，以实现资源共享。下面我们将通过对计算机通信网所包含内容的讨论来进一步解释和理解上述的概念。一个计算机通信网应由硬件和软件两部分组成，这两部分具体内容如下：

1. 硬件

一个典型的计算机通信网应如图1-1所示，它们包括：

- (1) 多台地理位置不同的计算机和终端设备；
- (2) 通信控制装置（具体来说可以是通信控制器、集中器、前置处理机或通信接口处理机）、调制解调器等设备；
- (3) 通信线路（电缆、架空明线、通信卫星等等）。

此外，大型网络还可用上述基本硬件构成本地网（低速传输信息）和高级网（高速传输信息）。

2. 软件

上述计算机通信网的硬件配置必须有网络协议等软件和共享的资源来支持。

这里，我们对“支持”一词稍加解释。譬如，一台电话交换机在原有的电话网中，它是一个硬设备，只要工厂制造出来就能使用，无需配什么软件。但计算机通信网中的交换处理机，就不单纯是硬设备，必须给它配上相应的控制程序（软件），才能正常工作，这就是用软件支持硬件的意思，这个词在计算机通信网中经常要用到。

由图1-1，我们还可从另一个角度认识计算机通信网，即一个计算机通信网由两个子网组成：一个是通信子网；一个是资源子网。通信子网的主要功能是完成数据的传输、交换以及通信控制，而资源子网的主要任务是提供所需共享的硬件、软件及数据等资源，并进行数据的处理。图1-2为预订客票用的简单计算机通信网示意图，我们通过该图，对计算机通信网的硬件配置将有一个感性的认识。

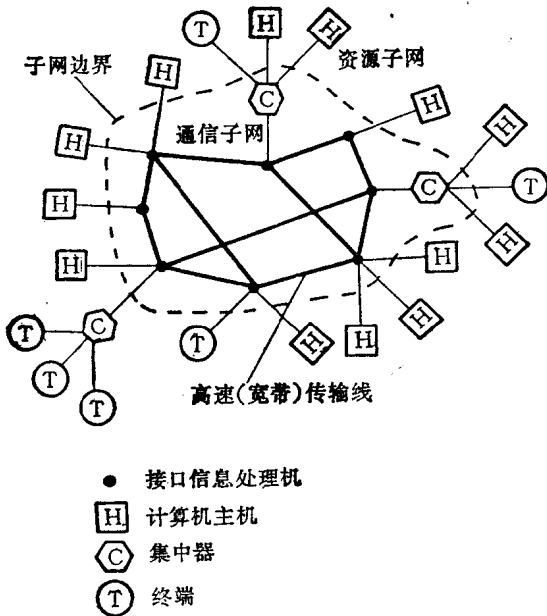


图1-1 典型的计算机通信网

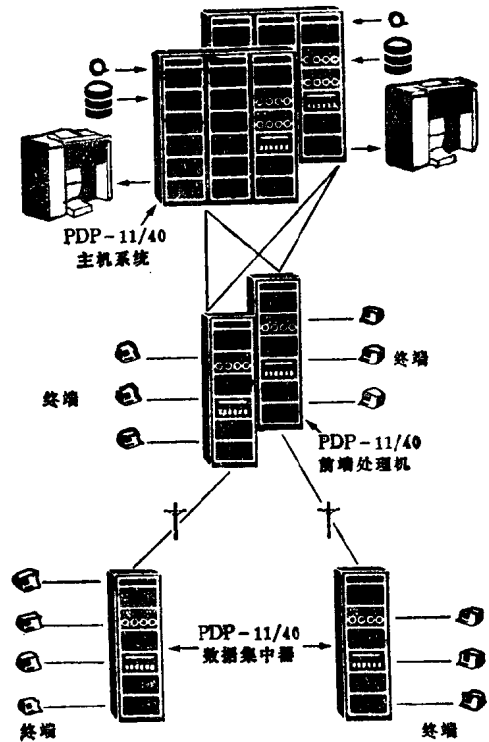


图1-2 预订客票用的计算机通信网

二、计算机通信网与计算机网的区别

关于这两个名词，人们常常把它们混同起来使用，同一个东西，有人把它称为计算机通信网，有人把它称为计算机网。为了进一步弄清这两个名词所代表的概念，我们不妨讨论一下这两种网各有什么特点。

图1-3反映了用户使用计算机通信网的情况。在计算机通信网中，用户把整个通信网看作是若干个功能不同的计算机系统的集合，用户为了访问这些资源，首先要了解网络中是否有所需的资源，然后才能调用它们。这就是说用户为了共享网内的资源，必须熟悉网内每个子系统。例如，用户需用文件B的话，先要了解该文件放在哪个子系统中，然后才能到该子系统中调用文件B，而到别的子系统访问是调不出文件B的。所以，计算机通信网的特点是用户必须具体地了解网内某一计算机的资源情况，各个计算机子系统相对独立，形成一个松散耦合的大系统。

在图1-4中所示的是用户使用计算机网络的情况。在计算机网中，用户把整个网看成一个大的计算机系统，它不需用户去熟悉所要的资料、文件等资源在哪一个子系统中，而由网络操作系统（NOS）去完成这些任务。所以，计算机网络的特点是用网络操作系统实现资源共享，不需要用户自己去了解、调用网络中某一资源。用 ELOVITZ 的话来说：“计算机通信网中，用户明显地要参与管理其计算机资源，而在计算机网中，其资源是由网络操作系统自动地进行管理”^{〔3〕}。两者区别的关键就在于此。现在，我们就可将它们的关系归纳如下：现有的网络由于尚未具备完善的网络操作系统，仅实现了一定程度的资源共享，我们把它称为计算机通信网，也可以说，计算机通信网是理想的计

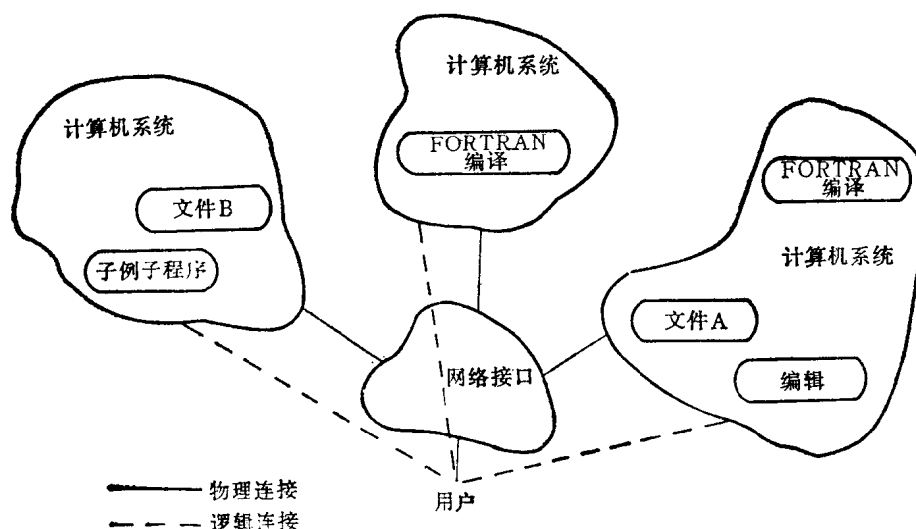


图1-3 用户使用计算机通信网

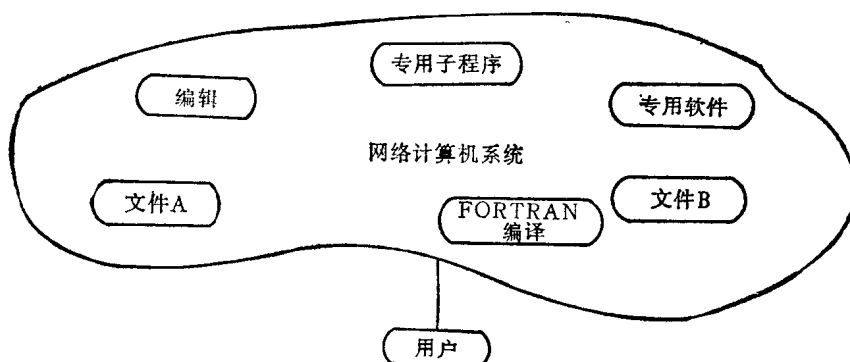


图1-4 用户使用计算机网络

算机网的低级形态，而将其高级形态，即具备了完善功能的网络称为计算机网络。那么，当今几个有名的 ARPA 网、TYMNET 等等网络应属于哪一类呢？回答是仍属于计算机通信网。从网络的发展趋势看，毫无疑问都正在努力朝着计算机网络的方向发展。

§ 1.2 计算机通信网发展过程

我们从计算机通信网这一名词就可知道，它是在计算机和通信这两个技术领域的基础上发展起来的，也就是说，它是由这两门技术结合而成的。那么，计算机和通信怎么会这样“情投意合”地结合在一起的呢？我们可从它们各自的发展进程中看到这种结合的必然性。

首先，让我们回顾一下计算机通信的发展过程。

一、单机运行及脱机的远程通信阶段

原来的计算机作为单机运行时，人们需要亲自上机算题，如果与计算机离得很远的话，上一次机就很不容易。我国目前大多数计算机还是作为单机运行，所以凡是上计算

机算过题目的读者对这种不方便会有所感受的。鉴于这种不便，人们设法在远处设立一远程终端设备（例如电传打字机），在计算中心一侧，除了计算机外，还设置脱机的输入输出装置，然后用通信线路将这两个设备连接起来，如图 1-5 所示。远地的用户将程序和数送入远程终端设备，通过通信线路送至计算中心脱机的输入输出装置，计算中心的操作人员将该脱机的输入输出装置输出的纸带或磁带（即远地用户的程序和数据），人工搬到与计算机直接相连的输入装置（光电读入机或磁带机）上，将程序和数据送至计算机进行处理，处理结果仍需操作人员将计算机输出装置（纸带穿孔机或磁带机）输

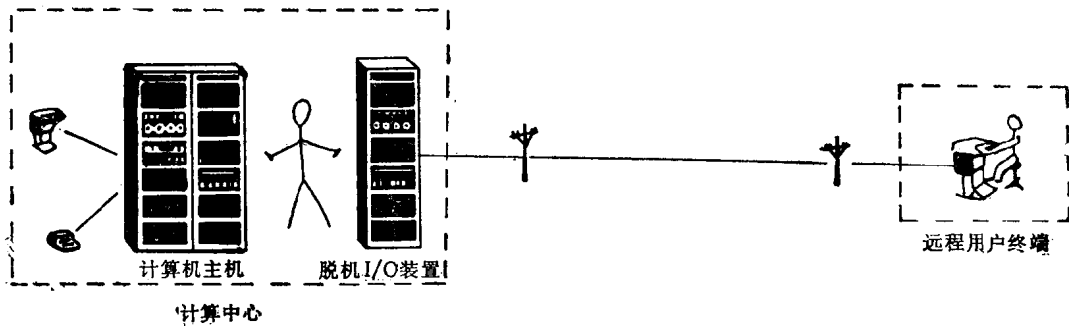


图1-5 脱机远程通信系统示意图

出的纸带或磁带，人工搬到脱机的输入输出装置，将结果通过线路发往远程终端，即用户。这种方法虽然麻烦一些，但远地用户可不必路远迢迢地赶到计算中心。这样，用户总算与计算中心的输入输出装置挂上勾了。由于需要操作员的介入，计算机的工作方式是一批一批地进行处理的，所以在这一阶段的计算机还不是直接与通信线路相连的。我们把这种方式称为脱机的远程通信。这就是由单个计算机走向计算机通信网的第一步。由这一步，我们看到计算机开始借助于通信线路，间接地实现远程交换信息。我国铁路系统过去也曾经采用这种方式进行远程终端与计算中心（计算机）的通信。

二、联机系统阶段

如上所述，人们一旦能在百里之外，千里之外与计算中心的某一个设备联系上之后，就大大缩短了人与计算机的空间和时间的距离，并促使人们设法在计算机上再加一些具有通信控制功能的设备或部件，让它取代操作员人工搬移纸带或磁带这一环节，也就是说，将远程终端通过通信线路送至计算中心的信息，直接送至计算机的通信控制部件，然后进入计算机；反过来，当计算机需向远地用户发送信息，也是通过它本身的通信控制部件经外线送至远地的终端设备（输出信息）。这就实现了一台远程终端与一台计算机的联机。它们的形式是：终端——通信线路——计算机。到了这一阶段，计算机和通信的关系就开始密切了。同时，也大大推进了计算机本身和通信技术的发展。计算机方面除了要使得它本身的外围设备能和通信线路相连外，更突出的是，各种各样能通过通信线路与计算机相连的终端设备，如雨后天春笋般的大量发展起来。到六十年代末，已发展到一台主计算机可以带几十个、几百个远程终端，从而构成了联机系统，如图1-6所示。但是，当有两个以上的用户终端与计算机构成联机系统时，就会出现用户终端争着与计算机通信的问题，弄不好会出现死锁现象，造成谁也不能进行正常工作的结果，这就促使计算机软件 and 硬件的进一步发展。软件上出现了“远程批处理”、“远程

分时处理”及“远程实时处理”等系统，以支持联机系统能与多个用户终端同时进行通信，使每个远程的用户终端好象自己单独享有一台主机，并与之通信。在这一阶段，硬件上出现了通信控制器、集中器和前置机等通信控制处理设备。这些设备的功能，都是为了让计算机主机摆脱通信控制的琐碎事务，以便专门处理数据的工作，同时也提高了效率。尤其是集中器的出现，使通信网的结构发生了变化。即原来是一台计算机直接与若干台远程终端相连，而现在就可将地理位置相近的若干终端用低速通信线路连至集中器，然后再通过高速通信线路接到计算机上，如图1-7。在以上的讨论中，无论是一个终端与单机相连，还是多个终端与单机相连，它们都属于联机系统。所不同的是，当

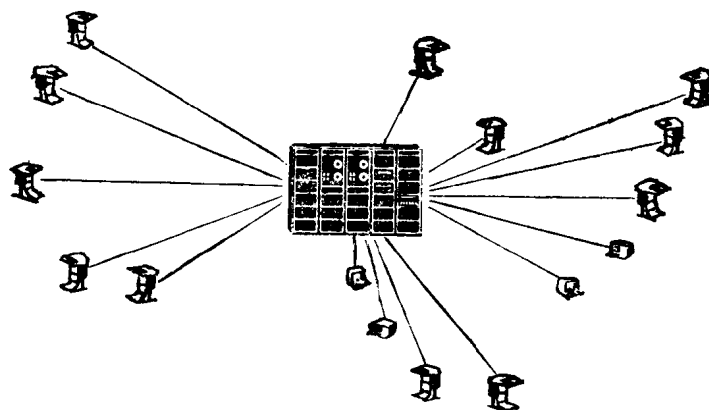


图1-6 具有分时功能的联机系统

有多个终端时，计算机的软件功能应加强，即增加远程分时和实时的软件系统。由于它们是按“计算机-终端”的形式构成通信网，所以又可称为面向终端网（简称终端网）。另外，人们还根据它的功能是传输、收集和分配数据的特点，将联机系统称为数据通信网。

联机系统的出现较早，应用也比较广。一般在建网初期多采用这种方式。早在1952年，当计算机还处于第一代（电子管）时期，美国就建立了半自动地面防空（SAGE）系统，这是将远距离的雷达和其它设备的信息，通过通信线路汇集到一台旋风型计算机上，第一次实现了利用计算机进行远距离的集中控制。有人誉它为“计算机通信发展的里程碑”。至1955年，该系统就改用了IBM的AN/F SQ-7型计算机，软件系统为SDC。在六十年代初期，美国建成由一台计算机和遍布全美两千个终端组成的美国航空公司飞机订票系统（SABRE-1）^[4]。随着大规模集成电路的发展，这种由一台中央计算机连接大量终端的通信网就大量出现。时至1960年，就出现了具有分时系统的通信网。最早的实验是在美国麻省理工学院设计的多重处理计算机上进行的^[4]。我国有的部门和单位所建的通信网，基本上是属于联机系统类型。

三、计算机-计算机通信网阶段

由于生产实践的需要，在若干个联机系统中的主计算机（在我国一般是计算中心）之间要求能互相连接起来，以达到资源共享的目的，即某一联机系统的用户希望利用另一联机系统计算机的资源，或者希望与其它计算机联合起来完成某项任务，这就形成了

目前阶段的以资源共享为目的的计算机通信网，如图 1-8 所示。这一阶段的计算机通信网的特点是：（1）多台计算机之间可以互相通信，而联机系统中只有一台主计算机与多台终端进行通信；（2）实现资源共享。所谓资源，它包括计算机通信网中的硬件、软件和数据库等。

为了实现上述这些较复杂的功能，我们又可在逻辑功能上将整个计算机通信网分成两个子网，即承担处理数据任务的资源子网和承担数据传输的通信子网（见图 1-1）。这样分成两个子网，使得每个子网的功能都很单纯，既利于提高线路的利用率、降低通信费用，又便于主计算机摆脱重复的琐碎的数据通信的管理工作，充分发挥主计算机运算速度高的长处，让主机集中全力去进行数据的计算和处理工作。一般来说，都是把美国 ARPA 网的出现作为计算机通信网的诞生标志。

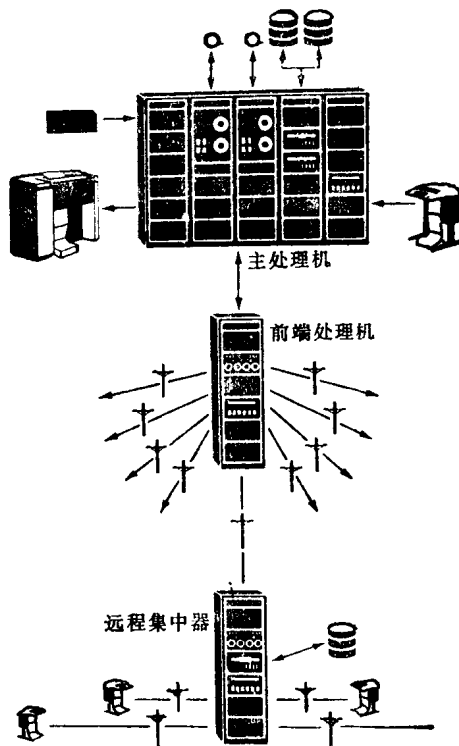


图1-7 有集中器的联机系统

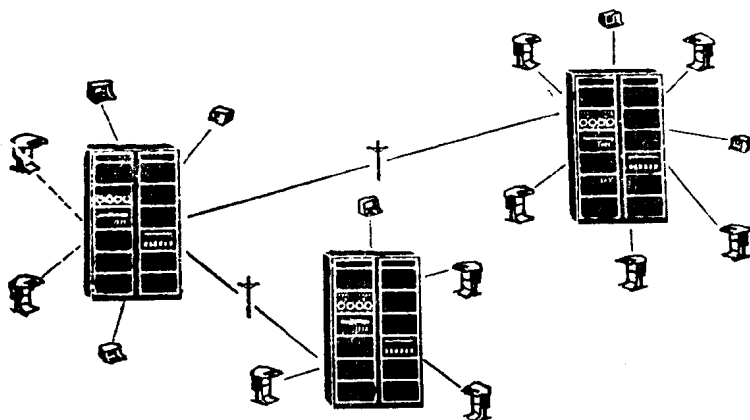


图1-8 计算机-计算机通信网

现在，我们可将计算机通信网的发展过程归纳如下：单机——脱机的远程通信——一个远程终端和计算机的联机以及多个远程终端的联机系统——以资源共享为目的的各种类型的计算机、通信处理机、终端连成的计算机通信网。

从计算机通信的发展过程这方面看，说明了计算机需要通信，甚至于离不开通信。同时，我们从通信技术的若干发展可以知道，通信也同样需要计算机。通信部门建立的公用数据通信网和程控交换机的出现，标志了通信设备的计算机化。最近几年出现的数字、语音、图象传真的综合通信网等，都说明了计算机与通信的结合是客观发展的结果。但是，这里需要指出的是，计算机和通信的发展，并不仅仅是上面所讨论的那些，还有

其它方面的影响,如大规模集成电路以及微型计算机的发展等,这里就不再深入讨论了。

§ 1.3 资源 共享

计算机通信网的主要特点之一是它具有资源共享的功能。但是人们对这一名词比较陌生,所以我们有必要讨论以下几个问题:计算机通信网为什么要实现资源共享;什么是资源;如何实现资源共享。

一、为什么要实现资源共享

通常,建立一个通信网总是有一定目的。比如,建立电话网是为了使人与人之间、单位与单位之间加强联系,解决的问题也很广泛。其目的也很明确,就是缩短人与人之间的空间距离。那么,在计算机通信网中,实现资源共享的具体目的是什么呢?我们可大致归纳如下几项:

- (1) 将地理位置分散的多台计算机实时、集中地处理数据等信息。
- (2) 共享硬件资源。只有小型计算机的用户,可通过网络分享大型计算机或特殊的外围设备,这样就可节省投资。
- (3) 共享软件资源。众所周知,编制、研究一套完善的软件系统需要花费大量的人力、财力和时间,若能做到把一个现成的软件,通过通信网提供大家享用,那是很有意义的。
- (4) 共享数据库资源。将同一类型的文件、数据,如银行的业务处理,铁路系统的站名、旅客列车座席号等集中存储,供大家使用。
- (5) 提高可靠性。当某一节点处理机发生故障时,可由别的路径传送信息或处理信息,因此可在通信网中的某些节点上设置一种能应付非常事件的文件系统,就可提高通信网可靠性的目的。
- (6) 负载均衡。当网络中某一个节点的计算机负荷过重时,可将一部分需运算、处理的工作调配到其它节点的计算机去处理,克服忙闲不均的现象。
- (7) 可选择与需要解决的问题相适应的系统。在通信网中可设有解决各种专题的系统和设备,把一些专业性强的问题送至与其相应的系统和设备进行计算。例如,当需要检索某专题情报资料时,可通过网内的专门情报检索计算机系统进行。
- (8) 易于扩展。当需要扩大该通信网或增加用户时,就可利用接口信息处理机(IMP)或终端接口处理机(TIP),将不同类型的计算机或终端接入通信网,如美国的ARPA网就是逐渐扩大为具有几百台计算机的大网。

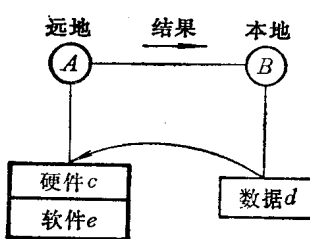
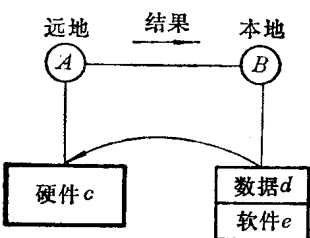
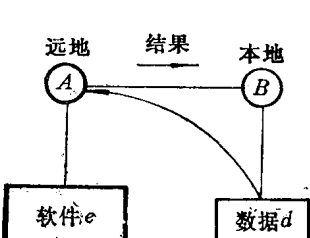
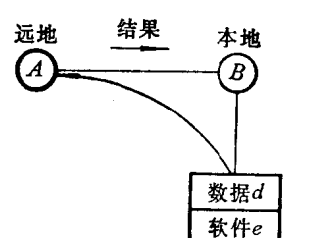
二、什么是资源及资源共享

在计算机通信网中,“资源”表示的是计算机通信网所包含的各种类型的计算机、终端及其配套设备(即硬件)、数据和软件(各种程序、语言)等。所谓资源共享,就是指网内所有用户均能享受上述资源中的任一部分资源或全部资源。如有的单位只有小型计算机,当他与计算机通信网相接后,就可共享网内大型计算机的资源,它的最大优点是避免浪费,降低工程投资。

三、如何在计算机通信网中实现资源共享

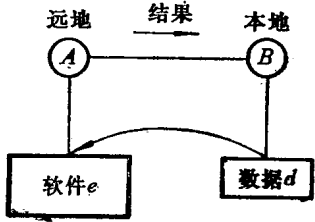
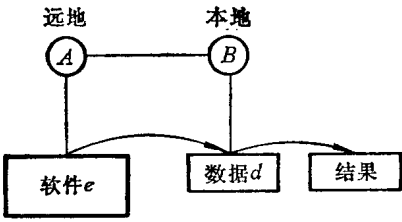
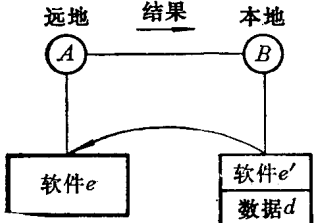
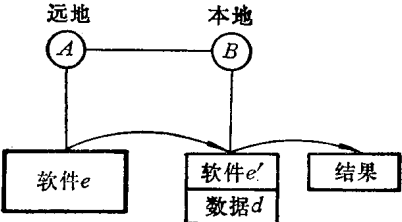
实现资源共享,可通过以下三种形式:共享硬件、共享软件以及共享数据。关于这三种共享的图解及说明可分别参见表1-1、表1-2和表1-3。

表1-1 共享硬件①

共享内容及方式	模 型	说 明
共享外围设备 及其软件	数据移动方式 	本地用户B共享远地A的硬件——外围设备c（包括c所需的软件e），把数据d送往A进行处理，处理后将结果送回B。结果的输出可以是脱机的。例：共享汉字输出设备或超大型存储器。
	数据和软件移动方式 	B仅仅共享A的硬件，送出利用硬件c所需的软件e以及数据d，得出处理结果后，送回B。结果的输出也可以是脱机的。例：同上。
共享主机本身	数据移动方式 	B指定共享远地A的计算机本身及其软件e，本地送出数据d，计算结果送回B。例：共享汉字处理系统。
	数据和软件移动方式 	B指定共享A的超大型计算机，然后送出利用A所需的软件e和数据d，将处理结果送回B。

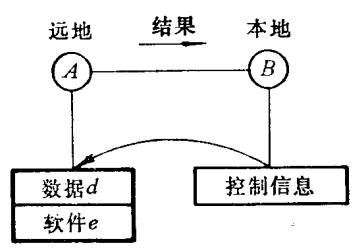
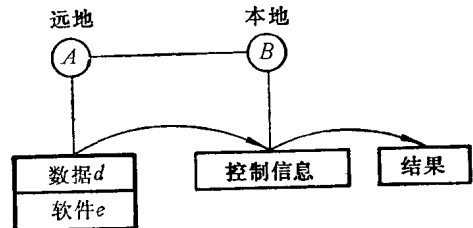
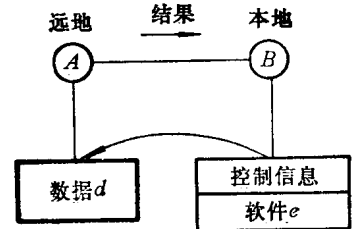
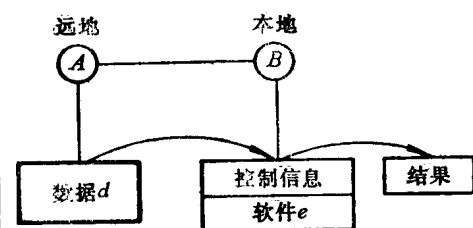
① 图中圆圈代表计算机，粗实线方框代表计算机的资源，无论是粗实线圆圈，还是粗实线方框均代表共享资源部分。以下表1-2、表1-3均一样。

表1-2 共享软件

共享内容及方式	模 型	说 明
共 享 数 据 移 动 方 式		本地用户B共享远地A的软件 e ，把数据 d 送往A进行处理①，再将结果从A送回B。
软 件 移 动 方 式		B指定用A的软件 e ，并将 e 从A调到B，B用软件 e 在本地处理数据 d ，得到结果。
以 子 程 序 方 式 共 享 数 据 移 动 方 式		B共享远地A的软件 e ，并把软件 e' 和数据 d 送往A，A把被共享的软件 e 和B送来的 e' 结合起来处理数据 d ，然后送回结果。
软 件 移 动 方 式 共 享 软 件		B指定用A的软件 e ，并将它调至B，B把软件 e 与本地的软件 e' 组合在一起，然后处理数据 d ，获得结果。

① 一般来说，数据移动比软件移动容易，因“数据变换”比较容易，可用“数据变换”服务程序，在不同类型的计算机之间，进行不同格式的数据变换。

表1-3 共享数据

共享内容及方式	模 型	说 明
共享数据及其软件	发送控制信息方式 	本地用户B共享远地A的数据d和所需的软件e，把控制信息送往A，A把处理结果送回B。例：订票系统中的用户订票、科技情报系统中的查询等。
	数据移动方式 	B共享A的数据d以及该数据所需的软件e，将数据d由A送至B，由B再将控制信息进行处理，获得结果。
只共享数据	发送控制信息方式 	B指定用A的数据d，并送去所需的软件e和控制信息，然后A将处理结果送回B。
	数据移动方式 	B指定用A的数据d，并从A调至B，B使用软件e和控制信息，对其进行处理，获得结果。

§ 1.4 计算机通信网的分类

在这一节中, 我们准备集中介绍一下计算机通信网的分类。通过这些介绍, 粗略地了解各种类型通信网的特点及原理, 以方便后面问题的讨论。当然, 计算机通信网的分类方法有好几种, 如有的是按功能分类^[7]、有的是按计算机通信网连接结构分类^[8]等等。这里我们仅介绍一些在后面将要用到的网络类型。

一、按拓扑结构分类

按拓扑结构分类, 有四种基本形式, 如图1-9所示。图(a)为星形网, 图(b)为树形网, 图(c)为网格形网, 图(d)为环形网。另一种分类则把它分为集中型和分布型网。集中型网对应于图1-9中的(a)、(b)(星形网和树形网), 而分布型网对应于图1-9(c)、(d)(环形网和网格形网)。

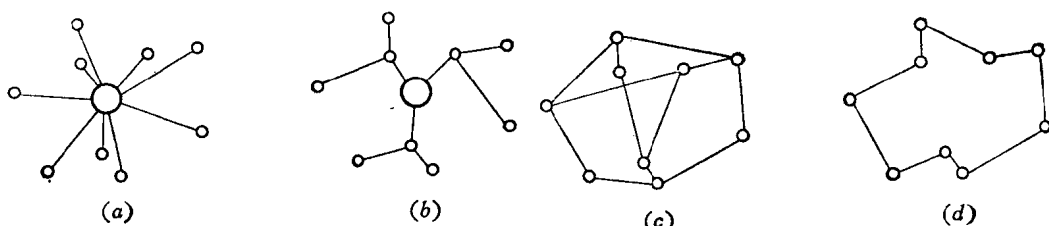


图1-9 通信网的拓扑结构

(a) 星形; (b) 树型; (c) 网格形; (d) 环形。

二、按信息交换方式分类

这是一种比较常用的分类方法。一般情况下, 建立一个计算机通信网的通信设备费用往往要花费总投资的一半, 因此, 人们总是在信息交换方式上想办法来提高原有通信设备和线路的利用率, 以达到降低成本的目的。按此方式可分为线路交换和存储-转发交换型两大类。

1. 线路交换 (Circuit Switching) 型

当计算机或终端与其它计算机之间需要通信时, 可像电话网那样, 由交换机负责在它们之间建立一条物理的信道, 而不改变传输数据的代码、格式, 即双方通信的内容不受交换机的干预。线路交换型网的建网投资和通信费用一般较低, 因为通信费用与线路占用时间成正比, 而线路交换的报文传送延迟时间短。关于传送报文的延迟时间和线路平均占线时间可以从以下几个公式求得^[9]:

$$U = am / c \quad (1-1)$$

$$D = (m / c) + a * m_2 / 2 (1 - U) \quad (1-2)$$

$$B = m / c (1 - U) \quad (1-3)$$

式中 a —— 报文平均速率 (报文/秒);
 m —— 报文平均长度 (比特/报文);
 m_2 —— 报文长度标准偏差;
 c —— 线路容量 (bit/s);
 U —— 线路利用率;

D ——报文平均占线时间 (秒/报文);

B ——线路平均占用时间 (秒/报文)。

从式 (1-1)、(1-3) 可以看出, 延时和线路占用时间是随线路利用率接近于 1 时迅速地增加, 也就是说, 线路利用率愈接近于 1, 线路的平均延时上升愈快, 即延时愈长, 占线时间也就愈长。

线路交换型网适用于一次连接后传输信息量大和要求实时通信的场合。线路交换方式, 根据交换机的原理不同可有以下两种:

(1) 空间分交换, 简称空分交换, 如图 1-10 所示。这种通信交换模式很象坐标网。如果用户 2 与用户 3' 通信, 则空间片 (图中的黑圆圈) 将 2-3' 这条路径接通。空分制的交换机, 一般是对模拟信号进行交换。如邮电系统大量采用的步进交换机、纵横制交换机等, 均属空分交换。近来出现的程控交换机, 从信息交换的角度来说, 也属于这一类型。

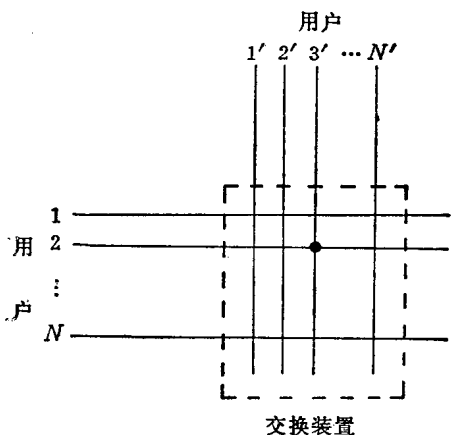


图 1-10 空分交换示意图

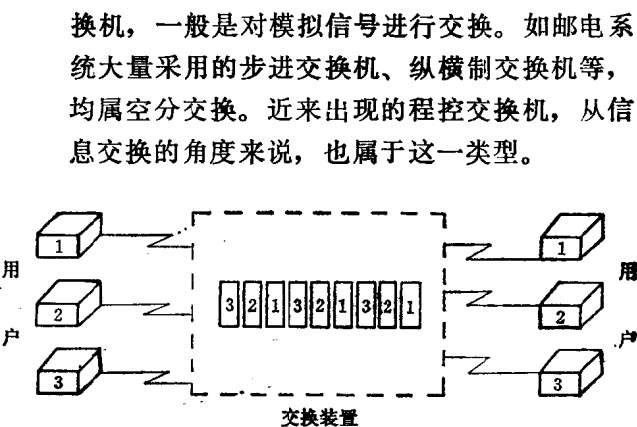


图 1-11 时分交换示意图

(2) 时间分交换, 简称时分交换。如图 1-11 所示, 将传输过程按时间划分, 即分成若干个时间片, 将时间片按次序分为若干个信道 (图中是分为三个信道), 每一信道为一对用户传送信息。如图中时间片 1 就表示在这一瞬间将标有 1 的用户连通, 这一对用户就可交换信息; 待到时间片 2 时, 就意味一对用户 2 可交换信息, 依此类推, 交换装置可按时间片将各用户接通。时分制交换机一般适用于数字信息的交换。

2. 存储-转发交换 (Store and forward Switching) 型

这类网的信息交换过程是先将要传送的信息存入交换装置的缓冲区中, 等到相应输出端线路空闲时, 再将信息输出到某一用户去。只要缓冲区足够大, 就不会发生阻塞。

在存储-转发交换中, 按交换信息单位的不同又可分为报文 (Message) 交换和报文分组 (Packet) 交换。报文一般长度为几千比特, 而报文分组的长度一般为一千比特左右。关于报文分组交换, 我们将在第六章专门讨论, 下面我们只讨论报文交换的方式。

由于报文交换 (图 1-12) 中的交换机有存储和处理能力, 所以它能改变数据的传输速度, 并能使不同类型的终端设备互相通信。在信源部分 [图 (a) 中的甲机], 将待发送的报文连同目的地址等辅助信息, 发往发端的交换机 (即小型专用计算机), 将报文存储起来。由于报文较长, 往往将其存入联机的大容量存储器 (如磁盘) 中, 等到去目的地的线路有空时, 再将报文转发到下一个中间交换机进行转接 (其中当然应包括对报文的正确性进行检查等环节)。靠近目的地的收端交换机, 将收到的报文传送给乙机。这种以报文为单位进行交换的方式叫报文交换。图 1-12(a) 表示交换网总的结构, 文中所

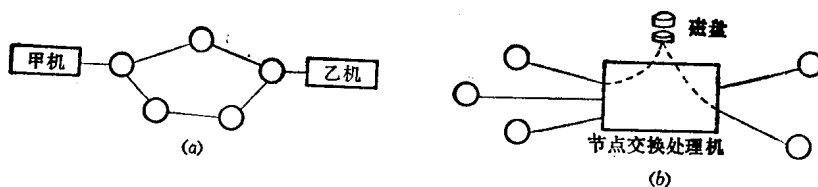


图1-12 报文交换

(a) 通信网总的结构; (b) 其中某一节点处理机的情况 (圆圈表示节点上的交换处理机)。

说的几个交换机就是图 (a) 中各节点上的交换机, 每个圆圈表示一个节点, 以后也将这种节点上的交换机叫作节点处理机。图1-12(b) 为一个节点交换机及其附属设备(如磁盘)的示意图。当报文很长时, 用这种交换方式显然慢得多, 需要好几分钟。所以后来又出现了报文分组交换 (详见第六章)。

三、按通信制式分类

网的信息交换按通信制式不同, 有单工、半双工、全双工之分。

1. 单工通信

所谓单工通信是指报文信息只能向一个方向传输, 不能进行与此方向相反的传输。

图1-13是单工通信的基本结构, 根据报文信息的流向, 终端A为发送装置, 终端B为接收装置。

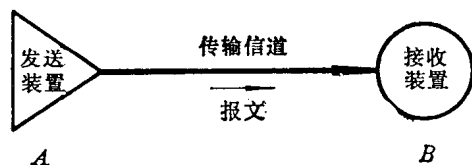


图1-13 单工通信

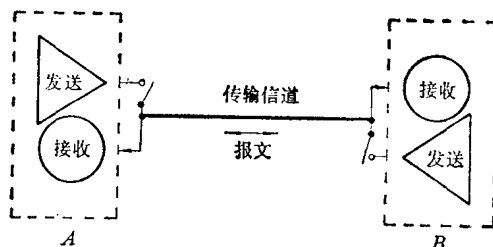


图1-14 半双工通信

2. 半双工通信

所谓半双工通信是指报文信息在信道上可按两个方向传输, 但在同一时刻只限于一个方向传输。由图1-14可见, 半双工通信的终端既有发送装置, 也有接收装置, 但需按报文信息流向决定这两个装置如何倒换使用 (实际上是这两个装置决定了信息的流向)。当A、B这两个终端在进行交互式会话时, 这种制式最为有效。

此外, 关于监测信号的应答有两种方法: 一种是只在应答时转换信息流向。例如, 当终端A发送报文给终端B时, 信息流向是A到B, 然后终端B要回答终端A, 报文是否正确收到, 这时就应转换信息流向, 由终端B至终端A。反之亦然。另一种是另设一传输监测信号用的窄带信道。此时, 传输报文信息的信道称为主信道。

3. 全双工通信

所谓全双工通信是指能同时在两个方向传输信息, 即双向通信。图1-15表示了全双工通信的原理。这时可采用四线制的通信线路形式, 即终端A到终端B用一对通信线路, 终端B到终端A用另一对通信线路。此外, 也可采用频率分割的方法, 将传输信道分为