

第一日 计算机网络引论

1.1 计算机网络的发展

计算机网络是计算机技术和通信技术高度发展并相结合的产物,出现于五十年代初期,其历史虽短,发展极快,特别近年来计算机网络的发展尤其迅速,几乎到了日新月异的程度。为计算机技术开辟了崭新的应用领域,对广大计算机专业人才提出了挑战,也提供了展现身手的大好舞台。一个国家是否具有全国性的大型计算机网络,已经成为衡量该国家科学技术的重要标志。

计算机网络经历了从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。按不同的观点,此发展过程可划分为三个阶段或四个阶段,大多数概括为三个阶段:具有通信功能的单机系统,具有通信功能的多机系统以及计算机网络系统。当然,这个演变历史是与计算机技术和通信技术的发展紧密相关的。

一、具有通信功能的单机系统

早期的计算机每次各自处理一个单问题,即使发展了多程序环境,在计算机之间任何信息的交换仍然要通过物理存储介质(如磁盘、磁带等)来完成。即先把要交换的信息转储到磁带或磁盘上,再将该磁带(盘)送到另一台计算机上,供该机使用。由于数据量十分庞大,这是一个缓慢的过程而且操作人员强度很大。早期信息传输的需求主要是科学计算、数据采集和软件程序之间信息交换,解决的办法是在数据收集计算机和主计算机之间建立直接联系,这就是现在称为“终端-计算机”网络系统。例如:美国 50 年代

建立的半自动防空系统(SAGE)就属于这类网络,它把远距离的雷达和其它测量控制设备收集的信息,通过通信线路送到一台旋风型计算机进行控制和,首次实现了计算机技术与通信技术相结合,从这个意义上讲也可称该系统是计算机网络的先驱。

随着计算机能力日益加强,计算机的用途日趋广泛,这促使输入输出功能与主机分离。由一个远端微机执行这些输入输出功能,该微机本身通过电话线或专用线与主机相联结,这种微机称为远程终端,最早的代表是IBM的HASP。

同时,在软件方面也诞生了成批处理系统,这类系统可通过通信线路对分散在各地的数据进行集中处理,具有脱机通信功能的成批处理系统,是由一个脱机的通信装置和远程终端连结而成,脱机通信装置先接收远程终端发来的原始数据或程序等有关信息,在操作人员的干预下送入主计算机处理,再将处理后结果送回远程终端。这种联机系统有两个缺点,而且随着连结的终端数越来越多变得愈加明显:第一,主机负担过重,既要承担本身的数据处理,又要负责通信控制,特别当通信量很大时,使主机本身几乎没有时间处理数据;第二,通信线路利用率较低,由于每台远程终端都要一根通信线路使之与主机相联,随着终端数的增多,线路利用率大大降低。

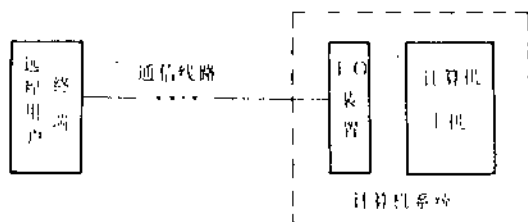


图 1-1 具有通信功能的单机系统

二、具有通信功能的多机系统

为解决上一节中提出的单机系统存在的缺点,采用了增加前置处理机、集中器等技术。

前置处理机又叫通信处理机,它承担通信控制任务,即在一条共享线路上,有选择地连通某一个终端,或者在发生多个终端争用主计算机时,负责解决该争用问题。

集中器的出现使通信网的结构发生了较大变化,即原来是一台计算机直接与若干台远程终端相连,而现在可以把地理位置相近的若干终端用低速通信线路先连至集中器,然后在通过高速通信线路接到主计算机上。

在这方面最典型的例子可数美国 60 年代初建成的美国航空公司飞机订票系统(SABRE)。它由一台主计算机连接了遍布全美的 2000 多个终端。

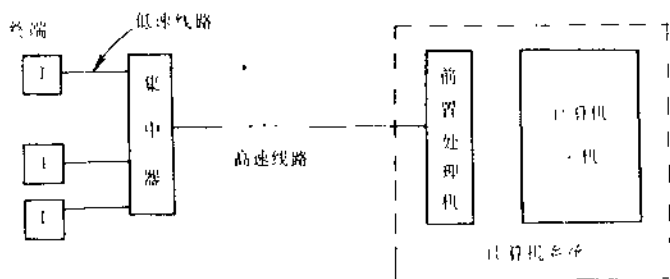


图 1-2 具有通信功能的多机系统

三、计算机-计算机网络

前面讨论的系统基本功能是传输、收集和分配数据,随着应用技术的高度发展,这些功能已不能满足生产实践的需要。如果在若干联机系统中的主计算机之间能互相连接,从而实现资源共享,即一个联机系统的用户希望使用另一个联机系统的资源,例如,系统

A 中的用户需要使用一个应用软件,本系统中没有,但他知道该软件在另一系统中配有,自然希望能够把这个软件调度到自己的系统中来使用,或者他需要使用在另一系统中的某些外部设备,如一台激光打印机,此时当然要把需打印的数据文件送到该系统,以便让激光打印机能打印出所需要的文档。于是产生了用通信线路把主计算机与主计算机连接起来的计算机通信网络系统。

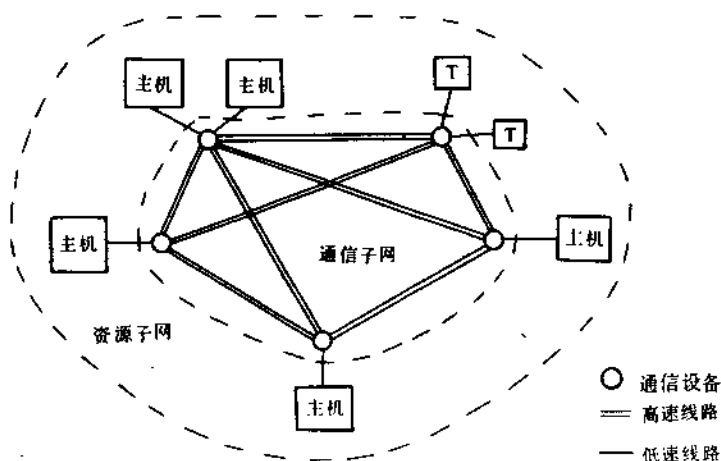


图 1-3 计算机网络系统

另外,由于硬件价格的下降,一个部门或大型公司往往拥有多个主机系统,这些系统完全可能分布在不同的地区,它们之间自然经常要交换信息,进行业务联系,这尽管是一种基于信息传输的资源共享,也需要把多个主机系统连接起来成为计算机通信网络系统。这种网络就是计算机网络的初级形式。70 年代美国国防部研制的 APRA 网就是最早的计算机通信网。

随着计算机通信网的广泛应用,通信网络用户对网络提出更高的要求:真正利用其它计算机系统的软硬件资源,甚至使用网内几个计算机系统共同完成某项任务。从用户观点看,要求整个网络就像一个大的计算机系统,使用网络中资源并不觉察到这些资源

存在地理位置上的差别,就像使用本地资源一样方便。终于诞生了计算机-计算机网络。

1.2 计算机网络的定义

一、什么叫协议

每一个计算机系统都有它独自の存储信息方式及与外界连接的方式。作为一个网络系统,把许多计算机连接在一起,这些计算机系统本身往往不相一致,要使它们正常地发挥作用,必须有一套公共的约定,以便在这些计算机系统间进行信息交换。就好比两支比赛的球队间,要有一个裁判员,他通过双方都能理解的手势,或示意比赛开始,或示意某某犯规等等,这时场上每个队员不仅都能服从(遵守)裁判,而且不论国籍如何,见到手势就能理解,并作出正确的反应,使比赛得以正常进行。作为网络系统远远要比一场比赛复杂,更需要一套各计算机系统公认的规则,就像裁判员的手势那样,可被各计算机系统理解和接受,保证计算机之间的通信正常进行,这套规则就是所谓的“协议”。

事实上最简单的单机系统里,采集数据的终端和主机之间也需要协议,尽管系统中的通讯线路是按专门要求设计的。但它们仍需要“统一”的格式和过程作信息转换。这个格式就是“协议”最早的例子。至于发展到现在的计算机网络系统,协议在其中的作用更加不容置疑了。

关于协议在第四日还要详细介绍。

二、计算机网络的定义

什么是计算机网络?自1970年以来已有几种定义,ARPA网投入运行后,把计算机网定义成“以相互共享资源(硬盘、软件和数据等)方式而连接起来,且各自具备独立功能的计算机系统之集

合”。显然,持这个观点的学者是从共享资源角度出发,着重于应用为目的,并没有指出网的物理结构。另外,随着“终端—通信线路—计算机”系统通信发展到“计算机—计算机”系统通信,又出现一种计算机通信网的定义,即:“在计算机间以传输信息为目的连接起来的计算机系统的集合”,换句话说,计算机通信网是一组物理上相互连接,能够彼此通信的,以共享硬件、软件和数据等资源为目的的计算机系统。

本书给出计算机网络定义如下:分布于各处的多个计算机在物理上互相连接,按照网络协议相互通信,以共享硬件、软件和数据等资源为目的的计算机系统。

这里,强调了计算机网络是在协议控制之下,由通信系统实现物理上互相连接,达到共享资源的目的。

在此,我们再深入讨论一下计算机通信网和计算机网络这两个概念。关于这两个名词,人们经常将它们混同使用,同一个东西,往往有人称之为计算机通信网,另一些人则称之为计算机网络。

图 1-4 给出了用户使用计算机通讯网的例子。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 C 编译程序的话,先要了解该编译器安装在哪个子系统中,然后才能通过接口发指令到该子系统中调用 C 编译程序,而到别的子系统访问是调不出所需的 C 编译程序。所以,计算机通信网络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 1-5 中所示的是用户使用计算机网络的情况。在计算机网络中,用户不需去熟悉所要的资料、文件等资源在哪个子系统中,而由网络操作系统(NOS)去完成这些任务。用户同样要使用 C 编译程序,他不必关心该编译器在哪个子系统中,只要确定整个系

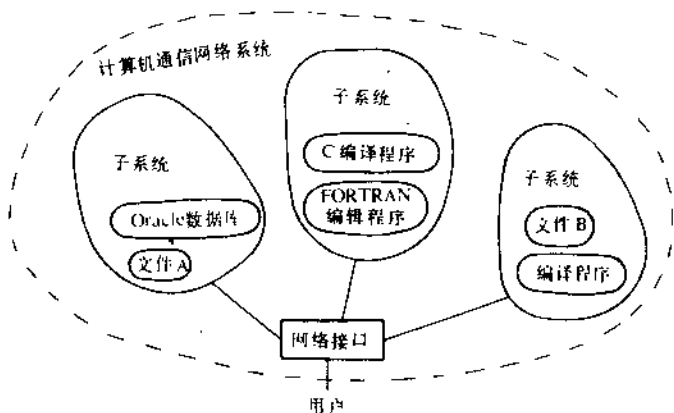


图 1-4 计算机通信网的使用

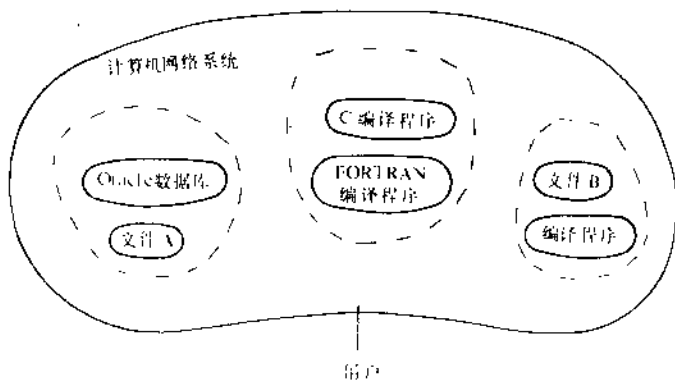


图 1-5 计算机网络的使用

统确有 C 编译器,发命令调用就可以了。实际的调用过程是网络操作系统去安排管理并完成的。所以,计算机网络的特点是用网络操作系统实现资源共享,在逻辑上,把整个网看成一个计算机系统,用 ELOVIDTZ 的话来说:“计算机通信网络是,用户明显地要

参与管理其计算机资源,而在计算机网络中,其资源是由网络操作系统自动地进行管理”。两者的根本区别就在于此。现在,我们就可将它们的关系归纳如下:现有的网络尚未具备完善的网络操用系统,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,换句话说,计算机通信网是计算机网络的初级形态,而具备了完善功能的网络才称为计算机网络。

三、计算机网络的组成

计算机网络是由主计算机、终端、网络节点、通信链路等网络单元组成。从逻辑功能上看,一个网络可分成两个子网:资源子网和通信子网。图 1-6 显示了一计算机网络示意图。

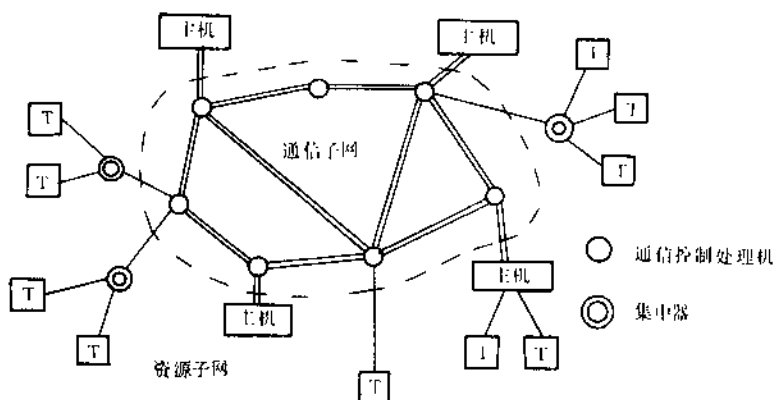


图 1-6 计算机网络组成图

(一)资源子网

资源子网由主计算机、终端及软件等组成,它提供访问网络和处理数据的能力。

主计算机负责数据处理,运行各种应用程序,它通过通信子网的接口与其它主计算机相连接。

终端是网络中用量最大,分布最广的设备,直接面对用户,为

用户提供访问网络资源的接口。

软件是网络中极为重要的一部分,负责管理、控制整个网络系统正常运行,为用户提供各种实际服务。

(二)通信子网

通信子网由网络节点、通信链路及信号变换器等组成,负责数据在网络中的传输与通信控制。

网络节点负责信息的发送和接受,信息的转发等功能,它可以连接几个主计算机,也可以通过它将终端直接接入网内。网络节点根据其作用不同,又可分为接口节点和转发节点。接口节点是资源子网和通信子网相连接的必经之路,负责管理和收发本地主机的信息;转发节点则为远程节点送来的信息选择一条合适的链路,并转发出去。

通常网络节点本身就是一台计算机,设置在主计算机与通信链路之间,以减轻主机的负担,提高主机的效率。

通信链路是两个节点之间的一条通信通道,常被称为信道。

信号变换器提供数字信号和模拟信号之间的变换,不同的传输介质采用不同类型的信号变换器,如普通电话线只能传输模拟信号,而计算机输出信号为数字信号,若用电话线作为通信链路,必须在中间加上一种叫做调制解调器的信号变换器。

四、计算机网络系统的功能

(一)计算机网络的基本功能

首先,计算机网络是计算机技术与通信技术高度发展并结合的背景下,为解决实践需要应运而生的,开发每个网络系统都有极强的应用目的,每个不同的计算机网络是为不同目的,解决不同需求而设计的,因此,各个具体网络系统的功能也不尽相同。一般而言,应有如下几种共同的功能。

1. 数据快速传送和集中处理

数据快速传送和集中处理是计算机网络的最基本功能,此项

功能使计算机与终端或计算机与计算机之间快速传送各种信息,对这些信息进行分散、分级或集中管理和处理,得以实现,从而使地理位置分散的生产单位或业务部门可通过计算机网络连接起来进行集中的控制和管理。如国家经济信息系统、气象数据收集系统等都需要计算机网络作为它们的物质基础。

2. 资源共享

资源共享包括共享软件、硬件和数据资源,是计算机网最有吸引力的功能。计算机的许多资源成本是非常昂贵的,例如,大容量存储器,特殊的外部设备,大型数据库等。资源共享指的是网上用户能部分或全部地享受这些资源,使网络中各地区的资源互通有无,分工协作,从而大大提高系统资源的利用率。

3. 提高可用性和可靠性

计算机网络中的各台计算机通过网络连接起来后,当某台计算机负载过重时,网络可将新任务转交网中较为空闲的计算机处理,如此,就能均衡各台计算机的负载,大大提高每台计算机的可用性。

另一方面,通过网络各台计算机可以彼此互为后备机,一旦某台计算机出现故障,该机的任务就可由网中其它计算机代为完成,避免了无后备单机状态下,因故障导致系统瘫痪的情况,提高了系统的可靠性。

4. 易于分布处理

网络中,各用户根据实际情况合理选择网内资源,就近、快速地处理,对大型综合性问题可将任务分交给几台计算机,实现分布处理的目的。对解决大型复杂问题,比用高性能的大、中型机费用要降低许多。

正是由于计算机网络具有上述的功能,使得它在经济、军事、生产管理和科学技术等部门发挥了重要作用,在事务处理和自动控制中扮演了越来越重要的角色。

(二)计算机网络的资源共享

计算机网络的主要特点之一是它具有资源共享的功能,但是人们对这个名词比较陌生,所以有必要分以下几方面来讨论:什么是资源?为什么要实现资源共享?如何实现资源共享?

1. 什么是资源与资源共享

在计算机网络中,“资源”就是指网络中所包含的各种类型的计算机、终端及其配套设备、数据和各种软件。所谓资源共享,就是指网内所有用户都能够享受上述资源中的一部分或者全部资源,不受其地理位置差异的限制。换句话说,同一份资源可以给多个用户使用。例如,上海有一个科学技术情报所,其情报检索系统是与国际有关系统联网的,于是,我们在上海就可以按一定的规定,经过网络系统索取国外的某些资料,从而大大地节约了用户的时间和费用。同样上海以外的用户也可以通过网络系统调取存放在上海的资料,这就是一个共享数据资源的例子。

2. 为什么要实现资源共享

通常,建立一个通信网络总是有一定的目的。比如,建立电话网的目的也很明确,就是缩短人与人之间的空间距离,从而使人与人之间、单位与单位之间加强联系,更广泛解决问题。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?大致可以归纳为如下几项:

(1) 可将地理位置上分散的多台计算机集中地处理数据等信息。

(2) 共享硬件资源。只有小型计算机,甚至微型计算机的用户,可通过网络分享大型计算机或特殊的外围设备,这样就可节省大量设备投资。

(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,一个好的软件是非常昂贵的。若能做到把一个现成的软件,通过通信网络提供大家使用,将大大降低使用成本。

(4) 共享数据资源。从某种意义上讲数据是一个部门的命脉,

比一个应用软件更重要,将同一类型的文件、数据等集中存储,供大家使用,不但可提高利用率,节约开支,更重要的是保证了数据的一致性。

(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关的系统和设备进行计算。例如,大型工程项目的 CAD 设计,可以把总体、土建、管道、设备、甚至装璜设计,分别送到相应的子系统设计处理,最后综合起来。这样,既充分发挥了各专业子系统的特长,又避免了传统设计中经常发生的因各部分设计数据修改产生的数据不一致。

(8) 易于扩展。当需要扩大该通信网或增加用户时,能方便地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。

3. 如何实现资源共享

计算机网络资源共享可分为三个方面:共享硬件资源、共享软件资源和共享数据资源,下面结合示意图,分别加以说明。

(1) 共享硬件资源

第一种方式是共享外围设备及其软件。图 1-7-1 与图 1-7-2 给出两种可能的形式。

图 1-7-1 所示,本地用户 B 共享远地 A 的硬件——外围设备 c(包括 c 所需要的软件 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。例如,硬件 c 可以是一台汉字输出设备,软件 e 可能是该台输出设备的驱动程序、字库等,

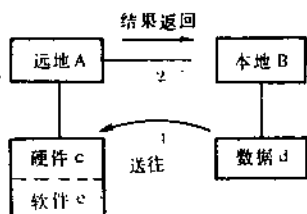


图 1-7-1

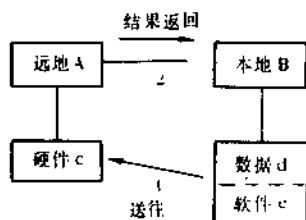


图 1-7-2

本地机可利用这台设备将有关数据 d 送往硬件 c 打印输出,并将结果回送本地机,当然该结果可以是表示此项请求完成情况的有关信息。

图 1-7-2 所示, B 仅仅共享 A 的硬件,送出利用硬件 c 所需要的软件 e 以及数据 d,得出处理结果后,送回 B。例如,硬件 c 可以是一台超大容量的存储器。

第二种方式是共享远地主机资源。图 1-7-3 与图 1-7-4 给出两种可能的形式。

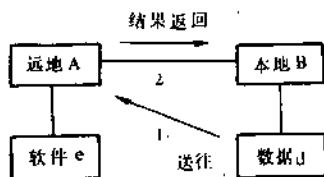


图 1-7-3

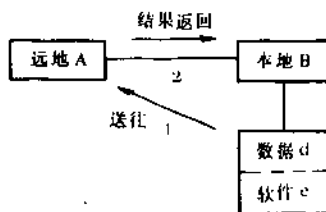


图 1-7-4

图 1-7-3 所示,设远地计算机 A 是一台高速的大型计算机,本地计算机 B 可利用该主机资源及有关软件 e,将其数据 d 送往 A,处理后将结果回送到本地计算机 B。

图 1-7-4 所示,设远地计算机 A 是共享的计算机资源,本地计

计算机 B 仅利用 A 的主机资源,将其数据 d 和软件 e 送往 A,处理后将结果回送到本地计算机 B。当本地机 B 负担较重,为使负载均衡,利用空闲远地机亦属这类形式。

(2) 共享软件资源

第一种方式是共享远地软件及主机资源。图 1-7-5 与图 1-7-6 给出两种可能的形式。

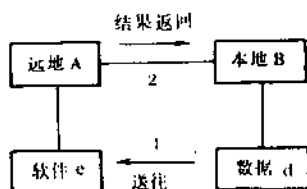


图 1-7-5

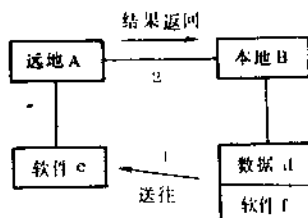


图 1-7-6

图 1-7-5 所示,设远地计算机 A 是一台高速的大型计算机,本地计算机 B 可利用该机软件 e 及主机资源,将其数据 d 送往 A,处理后将结果回送到本地计算机 B。请注意,本方式很像共享硬件中的一种方式(图 1-7-3),其实两者是完全不同,前者强调使用远地的软件,后者目的在于使用远地的硬件,涉及到的软件一般是为了使硬件能充分发挥其应有的功能。

图 1-7-6 所示,设软件 e 是远地计算机 A 中资源,本地计算机 B 主要利用 A 中的软件资源 e,过程为将其数据 d 和本地具有的软件 f 送往 A,用软件 e 和 f 共同处理数据后,将结果回送到本地计算机 B。

第二种方式是仅共享远地软件资源。图 1-7-7 与图 1-7-8 给出两种可能的形式。

图 1-7-7 所示,设 A 是远地计算机,软件 e 为其中的软件资源,可将该机软件 e 送到本地计算机 B,对数据 d 处理后,在 B 端输出结果。

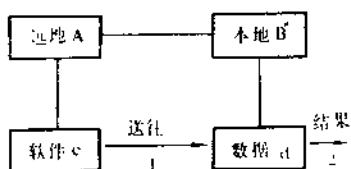


图 1-7-7

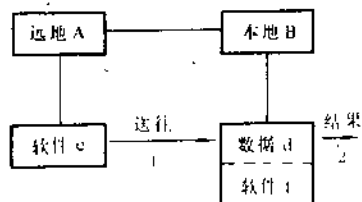


图 1-7-8

图 1-7-8 所示, 设软件 e 是远地计算机 A 中软件资源, 本地计算机 B 只要利用 A 中的软件资源 e, 将软件 e 送到 A, 与 B 端的软件 f 共同处理数据 d, 最后在 B 端输出结果。

(3) 共享数据资源

数据资源的共享也有两种方式。第一种方式是对共享数据给予控制信息。图 1-7-9 与图 1-7-10 给出两种可能的形式。

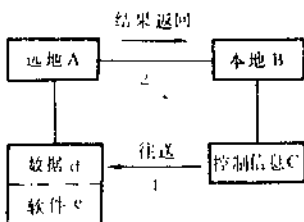


图 1-7-9

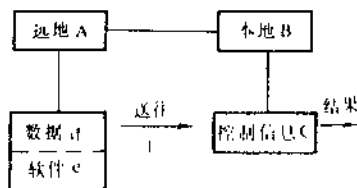


图 1-7-10

图 1-7-9 所示, 本地计算机 B 可共享远地的数据 d 和软件 e, 把控制信息送到 A, A 把结果送回到 B。一般大型订票系统中用户的订票、银行系统或科技情报系统中的查询都是这一类共享方式。

图 1-7-10 所示, 设软件 e 是远地计算机 A 中资源, 本地计算机 B 要共享 A 中的数据 d 和该数据所需要的软件资源 e, 过程为将其数据 d 和有关的软件 e 送往 B 处理后, 将结果从本地计算机 B 输出。

第二种方式是对共享数据给予控制信息和软件的共享数据方

式。图 1-7-11 与图 1-7-12 给出两种可能的形式。

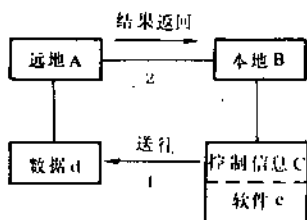


图 1-7-11

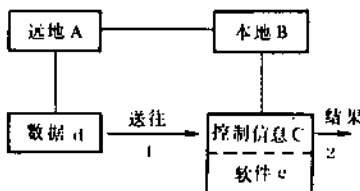


图 1-7-12

图 1-7-11 所示,设数据 d 是本地机指定的共享数据,并送去所需要的软件和控制信息。然后 A 将处理结果送回 B 。

图 1-7-12 所示,本地计算机 B 指定 A 中的数据资源 d ,从 A 送入 B ,利用 B 中的软件 e 对数据 d 处理并输出结果。

1.3 计算机网络的拓扑结构

一、拓扑结构定义

上一节讨论了计算机网络的组成、定义及其功能,为了更好地了解网络中节点间的互相关系,下面将对网络拓扑结构进行分析。首先,为什么要研究网络的拓扑结构? 拓扑原是几何学的一个分支,是一种研究与大小、形状无关的线和面(结点)的特性的方法。网络拓扑是从图论演变而来的。一般地,如果某物体本来连着的部分,不因某变换而分开,本来不连着的部分也不因该变换而连通起来,这样的具有保持连通性的变换称为拓扑变换。从实际网络客体经过拓扑变换得到一个抽象网络结构,就称之为网络拓扑结构,根据拓扑变换的特性,易知该结构保持了实际网络中各节点原有的连通性质。因此,只要对网络拓扑结构深入研究,既可对实际网络进行分析,也可在设计网络时,根据实际需要确定最佳的结构方

案。所以,对网络拓扑结构进行深入研究是十分有意义的。

二、网络拓扑结构

前面已阐述计算机网络在逻辑上分为资源子网和通信子网两部分。网络拓扑分析实际上是从结构上对通信子网进行分类研究。通信子网根据其不同的特点有不同的分类。

(一)按几何拓扑性质分类

通信子网的拓扑类型较多,主要的有以下的几种,如图所示。

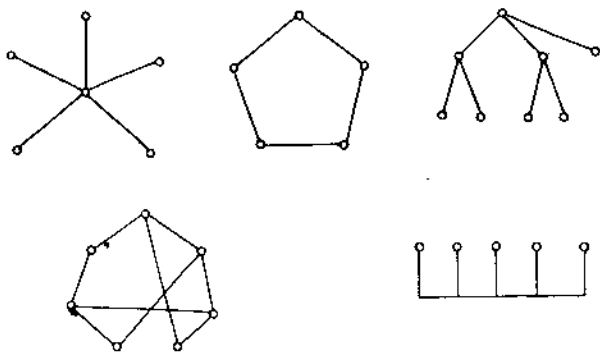


图 1-8-1 图 1-8-2 图 1-8-3 图 1-8-4 图 1-8-5

图 1-8 通信子网的拓扑结构

1. 星形结构。如图 1-8-1 所示,每个结点都有一条单独的链路与中心结点相连。除中心结点外的任何两个结点之间的通信都要经过中心结点,采用集中控制,中心结点就是控制结点。这种结构简单、容易建网,便于管理。但由于通信线路总长度较长,成本高。同时对中心结点的可靠性要求高,中心结点出故障将会引起整个网络瘫痪。

2. 环形结构。如图 1-8-2 所示,各网络结点连成环状。数据信息沿一个方向传递,通过各中间结点存储转发最后到达目的结点。这种结构没有路径选择问题,网络管理软件实现简单。但信息在传