

COMPUTER NETWORKS & THEIR COMMUNICATION PROCEDURE

内 蒙 古 电 子 计 算 中 心

前 言

为了促进我区计算机研究工作，我们于1979年7月，在呼和浩特举办了“计算机网络学术报告会”。邀请了中国科学院计算技术研究所曹东启，吴志美两同志到会作了有关计算机网络及数据通信等方面的专题学术报告。考虑到听报告的人的面较广，在报告会上，请曹东启同志增讲了“软件简介”的报告。根据报告会听众的要求，我们将曹东启，吴志美两同志所作学术报告的主要内容整理印出。

本资料是根据卫晓英，张树芬两同志的笔记及乌日根同志的录音记录，由邢竞侯、王侯、张树芬、程华华、万举才等同志负责整理的，未经本人审阅。由于水平所限，不妥之处在所难免，希读者及时指正。

在本资料的整理过程中，得到了河西公司计算室同志们的大力支持和热情帮助，谨在此致以谢意。

内蒙古电子计算中心

1979年10月

目 录

计算机网络简介 曹东启

一、计算机网络的发展过程.....	1
1.1 具有通信功能的单机系统.....	1
1.2 具有通信功能的多机系统.....	3
1.3 计算机网.....	4
二、计算机网络的结构和基本概念.....	6
2.1 计算机网络的功能、组成和结构类型.....	6
2.2 与通信有关的一些常用术语和概念.....	10
2.3 传输控制规程.....	16
2.4 通信子网.....	30
2.5 资源子网.....	39
三、各级网络协议及其实现梗概.....	46
3.1 面向分组交换网的协议.....	46
3.2 主机——主机协议.....	89
3.3 应用级协议.....	105
四、网络环境下的操作系统.....	107
4.1 概述.....	107
4.2 通信接口方式与中断处理程序.....	109
4.3 进程及网络软件.....	114

数据通信及其规程 吴志美

一、数据通信的历史.....	138
二、数据转输的现状.....	139
三、什么是(数字)通信规程.....	141
四、X·25建议书介绍.....	150
五、分组的汇编与拆卸(PAD).....	169

软件简介.....	曹东启
-----------	-----

§ 1.什么是软件.....	173
----------------	-----

§ 2.方便用户使用计算机的软件.....	173
-----------------------	-----

一、方便用户编写程序的软件.....	174
--------------------	-----

二、方便用户调试程序的软件.....	179
--------------------	-----

三、方便用户修改程序的软件.....	179
--------------------	-----

四、程序库与应用程序包.....	180
------------------	-----

§ 3.合理组织计算机的工作流程以充分发挥计算机各种资源利用率 的软件.....	180
---	-----

一、面向维护人员和管理人员的软件.....	180
-----------------------	-----

二、管理程序和操作系统.....	181
------------------	-----

§ 4.数据库、模拟系统和计算机网.....	187
------------------------	-----

一、计算机网络的发展过程

计算机网络是由于客观实际应用的需要，以及计算机技术和通信技术的高度发展、密切结合而产生的。它经历了一个从简单到复杂，从低级到高级的发展过程。概括地说，其发展过程可划分为具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统和计算机网络三个阶段。

1.1 具有通信功能的单机系统

早期计算机系统，由于没有提供管理程序和操作系统，用户只能亲自携带程序和数据，并采用手工方式上机。这种工作方式，对近地用户还算可以，但对远地用户来说是极不方便的。他们或是不辞辛苦，跋涉长途亲自到计算中心上机，或者对程序和数据写出详细的说明，并通过邮寄的办法委托计算中心的工作人员代劳。无论哪种办法，远地用户都要在时间上、精力上和经济上付出较大的代价。为解决远地用户使用计算机不方便的问题，最先出现了脱机系统。

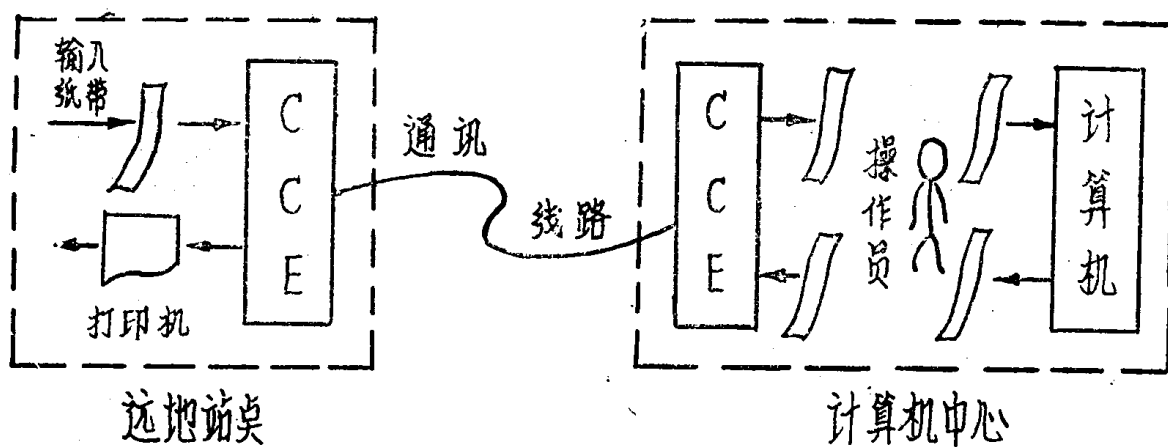
1.1.1 脱机系统

六十年代初期，计算机进入了第二代，同时在软件方面也诞生了批处理系统。这时，用户只要使用作业控制语言，编写自己的上机操作说明书，并将相应的程序和数据一起交给操作员，由操作员将它们输到计算机内，即可完成所需的计算。另外，在这一时期中，由于工业、商业、军事等部门已广泛地使用计算机，它们迫切需要对分散在各地的数据进行集中处理，从而促使批处理系统采用通信技术，产生了具有脱机通信功能的批处理系统。所谓脱机系统，就是在机房设置一些脱机输入输出装置，并利用通信线路把它们与远地站点的输入输出装置相连，当从远地站点经通信线路送来程序和数据时，先把它们通过机房的输入装置记录到纸带或磁带等存贮介质上，然后再由操作员将它们输入到计算机内进行处理，处理结果亦要由操作员用输出装置发送到远地站点。在通信线路的误码率较高以及计算机与通信设备的接口没有妥善解决的情况下，采用这种脱机通信系统是比较适宜的。但十分明显，由于这种“脱机”方式需要操作员直接插手干预远程输入输出，所以效率是很低的。脱机系统可以用图 1·1 表示：

1.1.2 联机系统

鉴于脱机通信系统的缺点，人们自然会想到，如果在计算机上设法增加通信控制功能，使远地站点的输入输出装置通过通信线路直接和计算机相连，那末，这样就可以摆脱操作员对远程输入输出的干预，使计算机直接经过通信线路从远地站点一边输入信息，一边处理信息，最后，处理结果亦可经过通信线路直接送回远地站点，这种系统就是所谓的联机系统。联机系统的示意图见图 1·2。

这种联机工作方式，不仅提高计算机系统的工作效率和服务能力，而且大大地促进了计算机系统和通信技术的发展。首先是终端设备的发展，为了适应不同应用领域实现自动监测和自动控制的需要，计算机除了能用通信线路和普通的输入输出设备相连外，还



CCE: 通信控制装置

图 1-1 脱机系统示意图

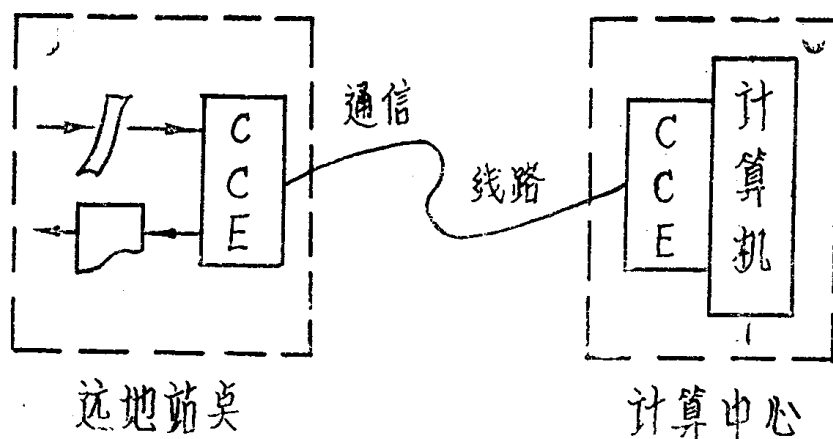


图 1-2 联机系统示意图

能和各式各样的末端设备（如监测设备、控制设备等）相连。这些末端设备统称为终端设备。随着不断地研究，通信技术也发展起来了，通信技术最初使用的是专用线，即每个终端都是占用一条专用线路和计算机固定相连。这种连结方式的最大缺点是投资大（在距离远、终端多时，尤为突出），而且线路利用率也很低。为克服这一缺点，出现了多点连接方式，亦即，多个用户终端公用一条线路和计算机相连，如图 1·3 所示，但这种方式存在的缺点是干扰大。六十年代末期，在实时控制和分时技术的基础上，出现

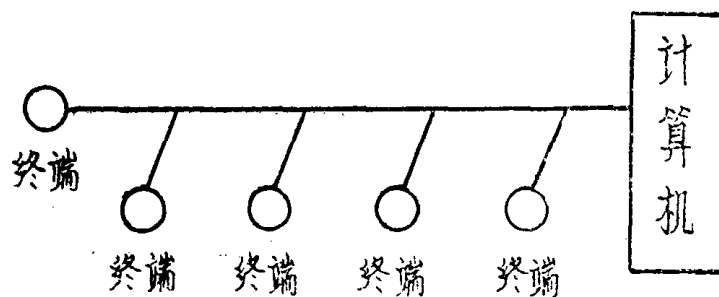


图 1-3 多点连接方式

了利用电话或电报，以交换线路方式，实现了一台计算机和大量的终端相连接，如图 1-4 所示。随着通信技术的发展，计算机系统也从简单的联机系统，发展成为远程成批处理系统、远程分时处理系统以及远程实时处理系统等更为复杂的联机系统。

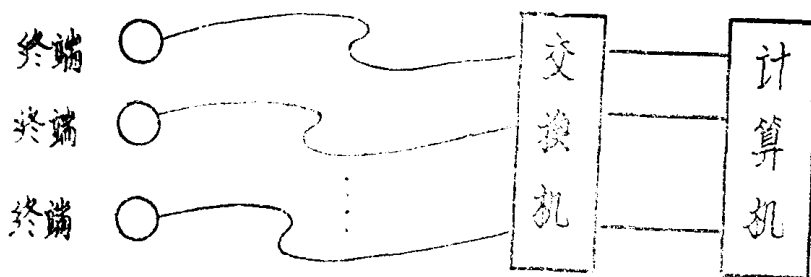


图 1-4 交换线路方式

1.2 具有通信功能的多机系统

连接大量终端的联机系统，存在两个缺点，其一是主机系统负荷较重，它既要承担数据处理工作，又要承担通信工作；其二是通信线路利用率较低，尤其是终端距离主机较远时更是如此。

为了克服第一个缺点，可以在主机之前设置一个前置处理机，专门负责与终端的通信工作，这样就使主机系统集中较多的时间进行数据处理。

为了克服第二个缺点，通常系用的办法是在终端较为集中的地区设置线路集中器，并用低速线路把附近的终端汇集到线路集中器上，然后，再用高速通信线路把集中器和主机相连。这样就可以把终端送来的信息通过集中器汇总，再经高速通信线路复用送入主机。

目前，计算机网络中通常采用小型计算机作为集中器，它不仅具有汇集终端信息的

功能，而且具有通信处理和压缩信息的功能。这种联机系统已不再是“终端——通信线路——计算机系统”这种简单的结构了，而是“终端群——低速通信线路——小型计算机（集中器）——高速通信线路——主机系统”这样一种较为复杂的系统结构了。当然，可以连结很多的集中器，所以这种结构已具备了计算机网络的雏形。

值得注意的是，上面的两种方式分别给出了两种典型的计算机复合方式：①通过总线或通道联结，把距离较近的计算机连接起来，这种方式叫紧密复合方式；②通过通信线路，把距离较远的计算机连接起来，这种方式叫作松散复合方式。

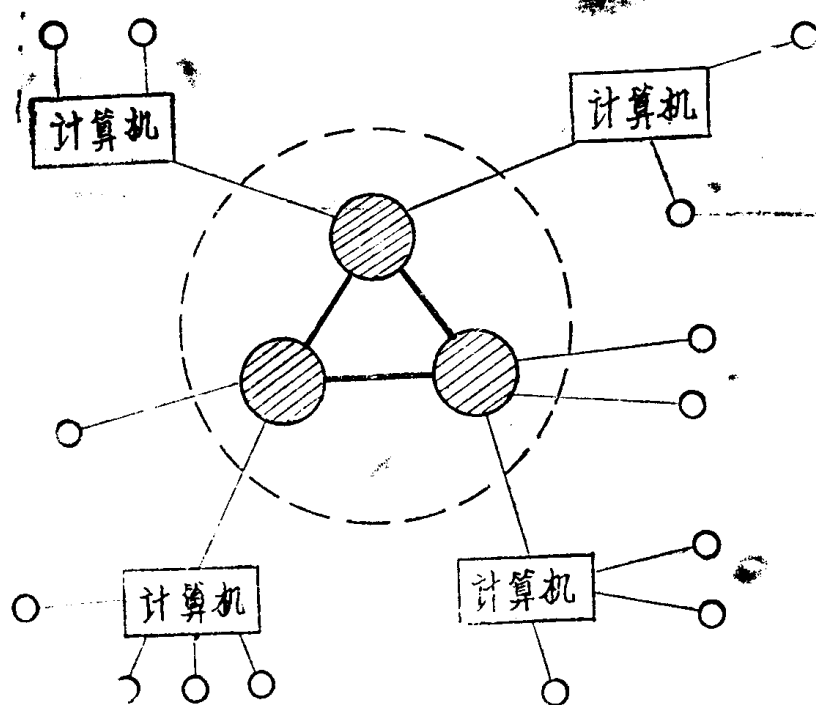
所谓计算机网都是采用这两种复合方式，把若干台计算机连在一起（远距离的计算机通过集中器，近距离的计算机通过前置机连结）构成的。由于大规模集成电路和微程序技术的发展，小型和微型计算机的研制越来越容易，其价格也越来越便宜，新的计算机复合技术今后必将在构造计算机系统、连接计算机网络中发挥更大的作用。

1.3 计算机网

联机系统的发展，为计算机应用开拓了新的领域；反之，新的应用领域又为计算机科学和计算机技术提出了新的课题和要求。最早提出的应用要求是计算机系统之间进行通信，这主要是由于大型事业、企业单位或军事部门通常都有多个计算中心，它们除了处理自己的日常业务之外，还要与其它计算中心彼此传递情报，进行业务联系但不把自己的业务委托给其他计算中心处理。人们就把这种以传输信息为目的的计算机网称为计算机通信网络。

随着计算机网络的发展和广泛使用，不久又提出了更高的要求，亦即，某计算机系统的用户希望使用其它计算机系统资源（硬件、软件、数据库等）为他服务，或者希望与其它系统联合起来共同完成某项业务，这就形成了以共享资源为主要目的的计算机网。为了实现这一主要目的，除了需要有可靠有效的计算机和通信系统外，还要求制定全网一致遵守的“协议”，并为每个站点的计算机编制和实现各级协议的支持软件。

随着计算机网络的完善和发展，又出现了从逻辑功能上把数据处理和数据通信分开的趋向。这种计算机网络是由数据处理子网（亦即资源子网）和数据通信子网（亦即通信子网）组成的两级网络结构，如图1·5所示。例如，美国国防部高级研究计划局的ARPA网就是一个建立较早，规模较大的两级计算机网络，它首先采用每秒传输50K二进位的租用线把分布在各处的IMP（接口信息处理机，最多可连四个主机）和TIP（终端信息接口处理机，一台主机可连60多个终端）连接起来构成ARPA的通信子网，专门负责全网的通信工作。然后再把各种资源（包括主机系统的硬件、软件、数据库以及各类集中器和终端设备等）与通信子网相连，构造资源子网。分开两个子网后，每个子网的功能都很单纯，这样既有利于提高通信线路的利用率，降低通信费用，又便于主机系统摆脱琐碎的数据通信工作，集中全力去进行数据处理工作，从而保证主机系统的效率，易于发挥网中各种资源的效能。



通信处理机 由高速线路连接



终端

虚线内圈为通信子网，虚线外圈为资源子网

图 1-5 两级结构计算机网络示意图

为了适应原有计算机网络的发展和扩大，以及适应各企业事业部门筹建新的计算机网络，从事通信事业的部门和公司纷纷建立公用数据通信网，如图 1-6 所示，图中画了两种计算机网，当然也可连更多的网。使用公用数据通信网时，不需铺设或租用专用线路，所以投资少，见效快，通用费用低，便于中小型事业企业的单位的计算机和终端入网；另外，由于公用数据通信网一般采用标准通信接口，所以新型计算机和新型终端都较容易连入网内；再有，由于有了公用数据通信网作为基础，不仅容易建立一个新网，而且扩充和发展计算机网都较容易。如果想要筹建新的计算机网络时，只要根据参加者的要求和资源设置情况，制定较高级别的网络协议，并在相应主机系统配置相应协议的支持软件即可。一个计算机还可以参加几个网，这只要在该计算机上配上相应的协议软件即可。

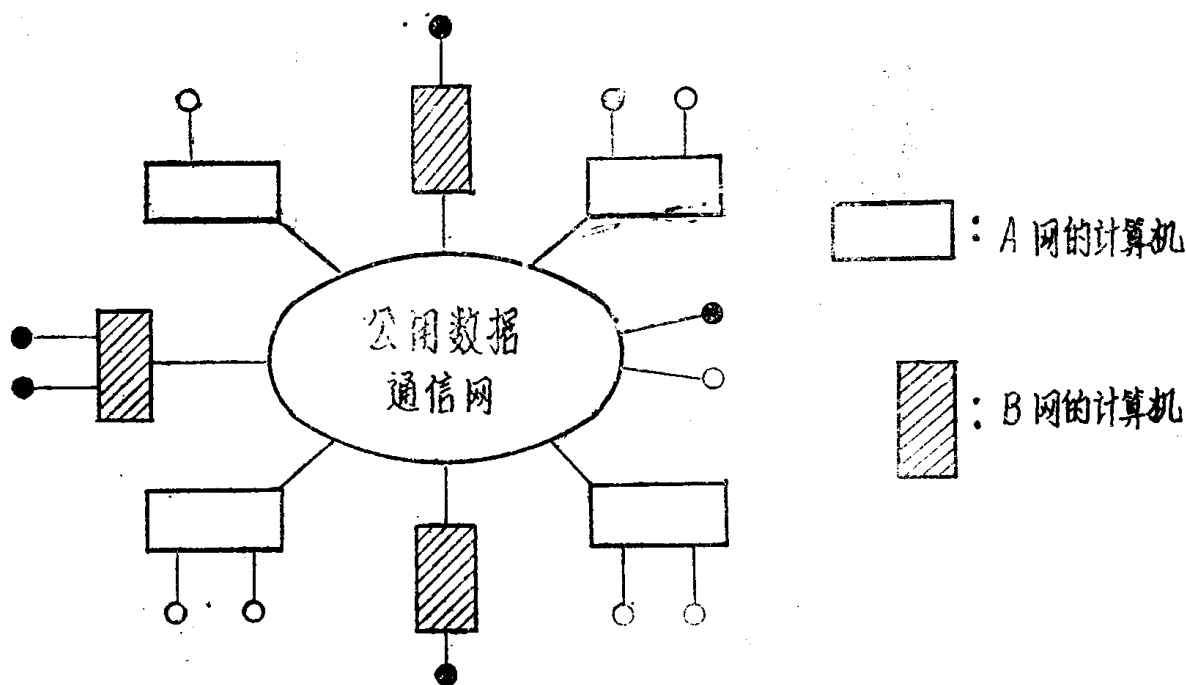


图 1-6 公用数据通信网示意图

二、计算机网络的结构和基本概念

2.1 计算机网络的功能、组成和结构类型

2.1.1 功能

计算机网络是为了适应客观实际需要而产生的，目的是利用各种通信手段（如电报、电话、微波、通信卫星等），把地理上分散的计算机系统有机地连接在一起，以便达到彼此通信、共享资源之目的，从而使用户能够简便灵活地使用网络中的各种资源，完成自己所需的工作。更进一步地说，计算机网络包括如下功能：

1. 信息的收集、交换和集中处理

例如，雷达监控，企业管理，气象预报以及信息检索，学术交流等，均包含大量的信息收集、交换和处理工作。

2. 充分合理地使用计算机系统资源

计算机系统连成计算机网络后，就可以实现资源（包括各种硬件、软件和数据库等）共享。（i）调剂有无，避免重复劳动和投资。于是，无计算机的用户只要有一台终端设备和网相连，就可以通过终端设备使用计算机系统，访问网中各种资源；只有小计算机系统的用户可以通过网络使用大型、巨型的计算机系统。（ii）“量体裁衣”。根据问题的性质、类型和规模，选择相适的计算机系统进行处理。（iii）便于均衡计算机系统的负荷。调剂忙闲不均的现象（如：调剂因时差产生的不均现象）。

3. 提高处理能力和可靠性

(i) 计算机系统连成网后, 可以看成是一个规模更大的巨型计算机系统, 它们协同工作、并行处理, 从而可以对付大型问题, 提供大规模处理能力。(ii) 由于资源分散, 使用集中, 大大提高了系统的可靠性。当某一站点的计算机系统或线路出现故障时, 可把重要的信息或急需的计算任务, 通过其它通信路径送到目的地或委托其它计算机系统代为处理。(iii) 就全网的可靠性和安全性来说, 它对局部地区因天灾或战争所遭受的意外破坏, 要比单独的计算机系统具有大得多的抵抗能力。

4. 方便用户, 扩大应用范围

连网后, 用户可通过终端, 请求各式各样的服务。据国外统计, 通过终端使用网络的远程服务项目, 可多达2000多种。这些服务大致可归纳分为: 问询系统、数据收集系统、信息转发系统、远程处理(计算或控制)以及远程作业录入系统统等。

2.1.2 计算机网络的组成

计算机网络一般是由如下的组成部分组成的:

1. 终端设备

用户请求网络服务所用的工具。终端设备种类很多, 常见的有如电传打字机, 键盘显示器, 终端集中器, 小型计算机等。按其使用方式可分为交互处理型和成批处理型两类终端。

2. 主机

主机是用于提供网络服务的主体部分, 是用于科技计算, 数据处理的计算机系统, 包括操作系统和其它软件(语言加工程序, 服务程序等), 外部设备(数据库)等。

3. 结点

结点是由通信控制处理机(CCP)组成的, 它承担数据的传输、交换和各种通信控制处理功能。

4. 本地线路

用于连接终端——结点和终端——主机的线路, 其中也包括集中器或多路器等。

5. 传输线路

连接诸结点的高速通信线路、通信卫星等。

2.1.3 计算机网的结构类型

尽管目前国际上已有的计算机网络形状各异, 但从其结构类型上来看, 可以归纳为三种典型结构, 即集中式、环式和分布式。

1. 集中式计算机网络

这种网络的特点是网中的控制机构和交换机构集中到一个叫做网络控制中心的站点。该站点的中央计算机系统通过公用子网接口和用户接口, 同各地的主机和终端相连(图2·1)。

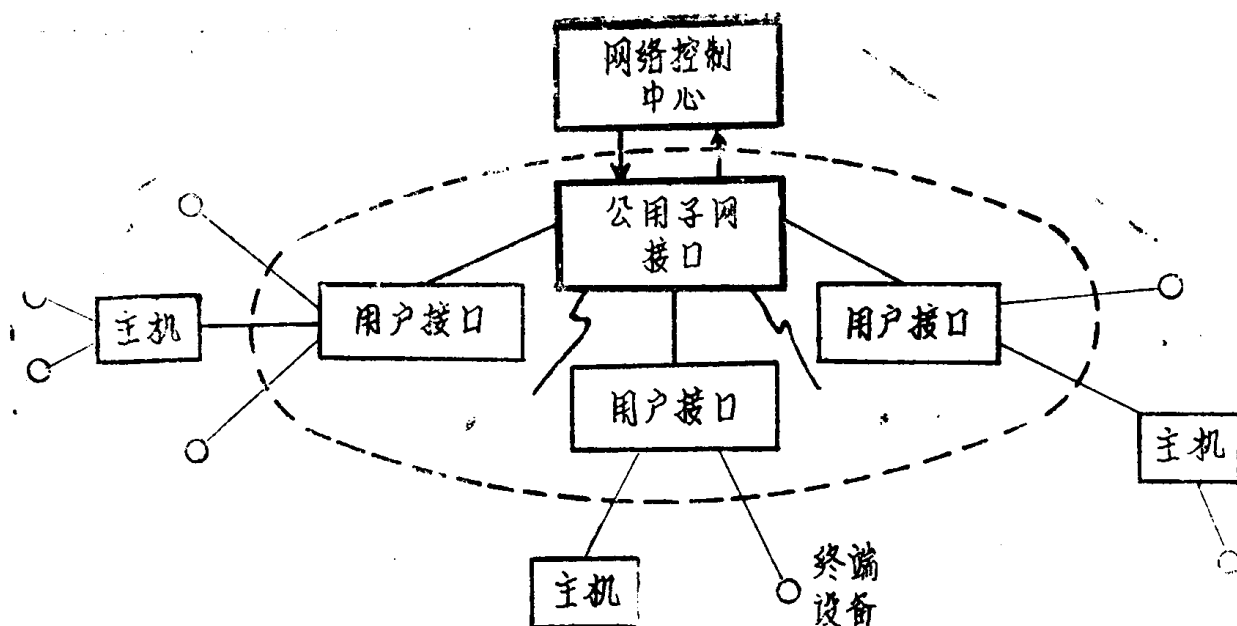
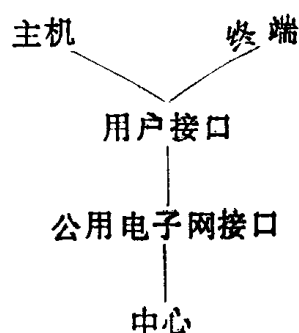


图 2-1 集中式计算机网络

其工作示意图为。



任何两个主机（或终端）要想通信时，必须通过网络控制中心进行控制和转接后才能实现。这种网络的最大缺点是中央计算机一旦出现故障，可能造成全网瘫痪。但其优点是控制简单，相应软件易于实现。

2. 环式计算机网络

这种网络是用若干个环接口处理机（RIP）连成一个环路；然后，再把希望入网的主机和终端连到RIP上（图 2·2）。另外，不同环路之间还可以通过交换处理机（SP）相连。

（i）如果环路中某主机A（或终端）想要和环路中另一主机B通信时，则先由A向自己所属的RIP发信息，然后信息沿环路送到B所属的RIP，再由这个RIP把信息传送给B。

（ii）如果主机A想要和其它环路上的主机通信时，则先由交换处理机SP将信息转送到其它环路之后，再在其它环路中进行通信。

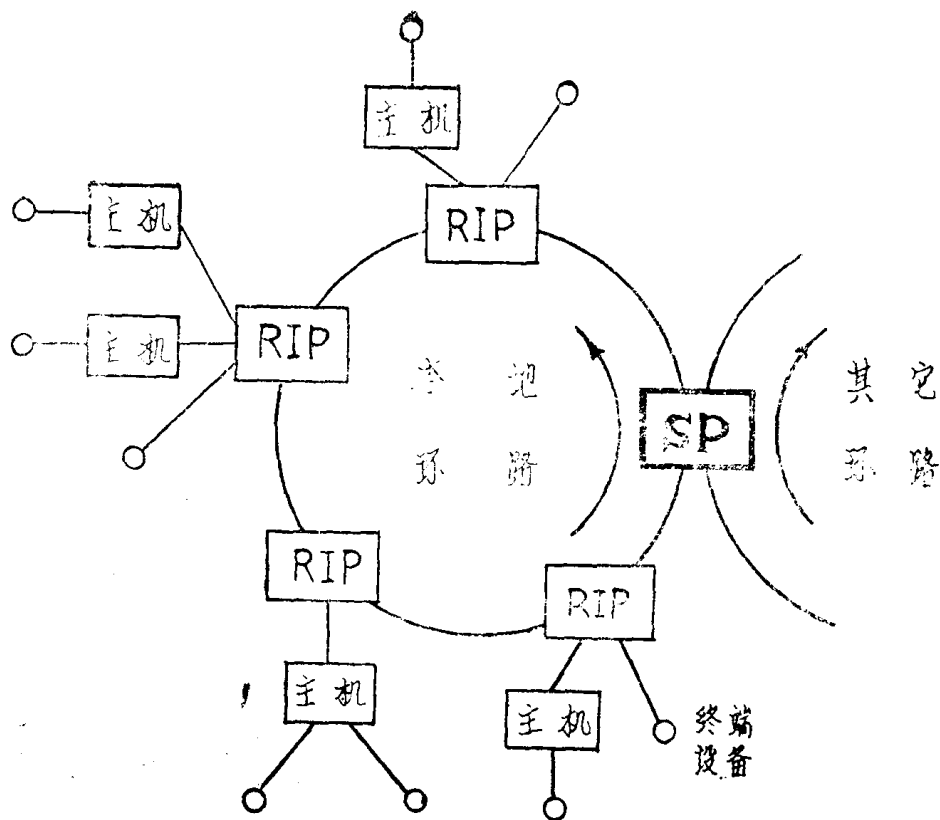


图 2·2 环式计算机网络

RIP: 环路接口处理机

SP: 交换处理机

环式网络的可靠性较集中式高,但环中的信息传输为串行方式,增加了排队等待时间。环式网的另一优点是控制和软件均较简单。

3. 分布式计算机网络

这种计算机网络先按地理区域和计算机资源分布情况设置很多台通信处理机,并用高速专用通信线路把它们连接起来构成通信子网;然后,再把主机和终端连到通信处理机 CCP (通常是就近的 CCP) 上。例如, ARPA 网就是分布式计算机网络(图 2·3)。它所用的通信处理机称作信息接口处理机 IMP (每台 IMP 最多可以连接四台主机);而专门用于连接终端的通信处理机称作终端接口信息处理机 TIP。

如果终端或主机想要和另一主机进行通信时,则先把信息送至相应的 IMP,然后再由这个 IMP 和中间的 IMP 按最小时间延迟,选择路径,送往目的主机。

分布式计算机网络有如下优点:

(i) 因为分布式计算机网络采用分散控制,所以可靠性高,亦即,一台 IMP 出现故障后,只影响有关的站点,整个网络仍能继续工作。

(ii) 又因分布式计算机网中具有路径选择功能,所以延迟时间小,传输效率高。

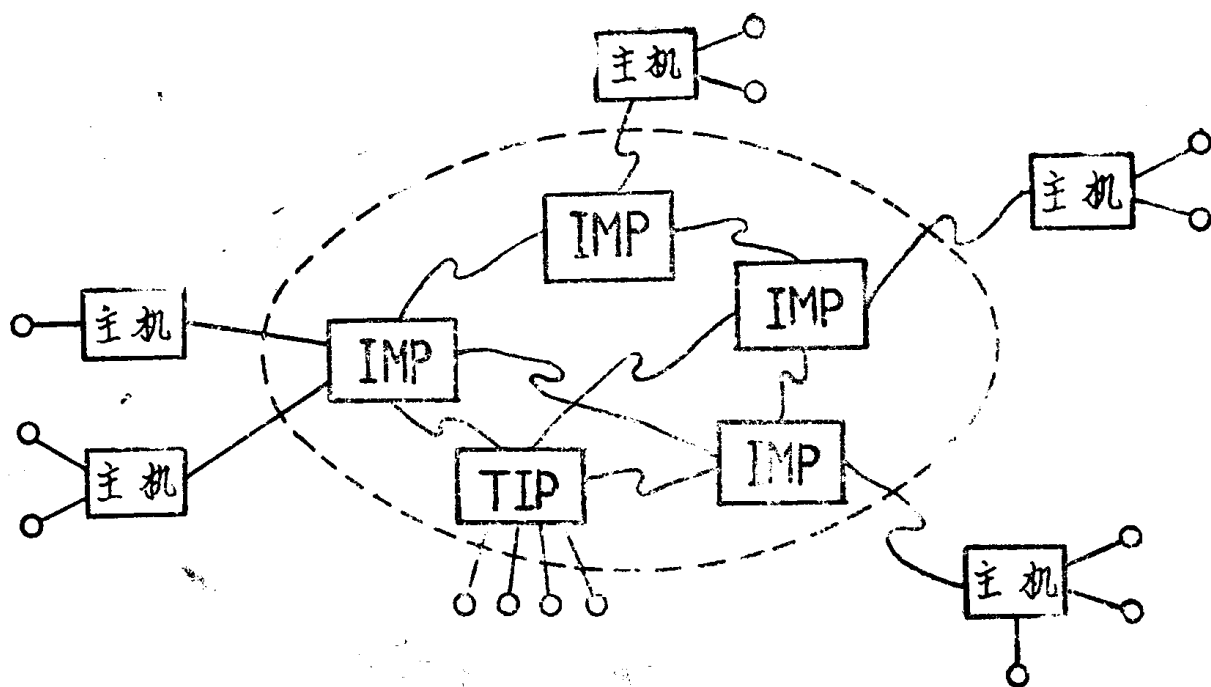


图 2.3 分布式计算机网络 (ARPA)

2. 2 与通信有关的一些常用术语和概念

通信系统是计算机网络的重要组成部分。为了有助于了解计算机网络的工作原理及其工作过程,下面从通信线路的连接方式及其传输特性,交换原理以及通信控制规程等几个方面,对计算机网络中所常用的通信术语和概念,作一简要介绍。

2.2.1 通信线路的连接方式及其传输特性

为了适应不同的应用需要,各站点之间可以采用如下几种连接方式。

1. 点——点连接方式 (图 2.4 a)

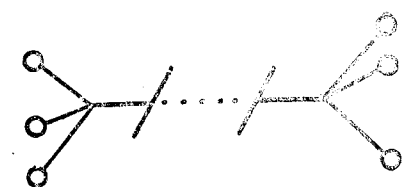
这是用一条通信线路连接两个站点的连接方式。采用的通信线路通常有专用线路,租用线路和交换线路三种 (交换线路是两个站点在必要时才把线路连接起来,不需要时就断开)。这种连接方式的优点是设备简单,但只能传输模拟信号。

2. 带调制解调器 (MODEM) 的连接方式 (图 2.4 b)

与上面的连接方式类型相同,只是在线路末端装有调制解调器 (MODEM),能实现模拟信号和数字信号之间的转换。因为这种连接方式能传输数字信号,所以更适于连接数据处理装置 (如终端,小型计算机等)。线路接口已标准化,通常是按国际电报电话咨询委员会 CCITT 的 V.24 建议书规定的标准连接。

3. 分支连接方式 (图 2.4 c)

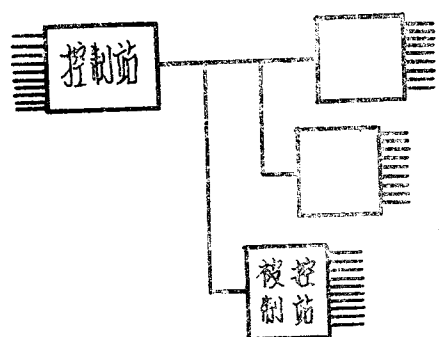
这种连接方式又称作多点连接方式,其特点是一条线路连接多个站点。所连接的站点中,通常要有一个控制站,它控制与其它站点之间的信息传输。分支连接方式的优点



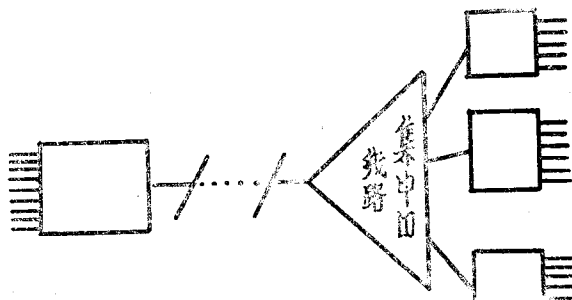
a. 点—点方式



b. MODEM方式



c. 分支(星)方式



d. 集线方式

2.4 线路的连接方式

是线路的利用率较高；但因连接设备较多，所以噪音和干扰增大，传输质量下降。

4. 集线连接方式(图2·4d)

当远地终端和特定中心相接时，可在终端群附近的地区设置线路汇集站，用线路集中器把终端侧的线路集中起来，再用高速通信线路与中心相连。这种连接方式的优点是减少了通信线路，增加了传输效率。

除上述各种简单连接方式外，还可以用这些连接方式组成更复杂的线路结构。

2.2.2 通信线路的同步方式

利用通信线路进行数据通信时，为了收发站点之间取得同步，保证对信息的正确采样，通常可以采用两种同步方式，即异步传输方式和同步传输方式。

1. 异步传输方式

信息是以字符为基础进行传输的。其特点是，每一字符发送的时间是异步的，亦即，后一字符的发送时间与前一字符的发送时间是无关的。每一字符所占用的位数依终端而定，通常可以是5、6、7或8单位的。但是大多数终端采用8单位字符(其中一位用作奇偶校验位)。为了收发站点之间取得同步，信息传输时，每个8单位字符均表为10位或11位的形式。图2·5a给出的是ISO 7单位字符“5”的传输形式。这种传输字符的开始处加一位低电平的起始位，并在字符之后加1或2位的终止位。因此，异步方式有时又称作起止式传输。字符是随机产生的，并按线路规定的速率发送(例如，电报

是50比特/秒，但大多数交互式终端是200—600比特/秒)。

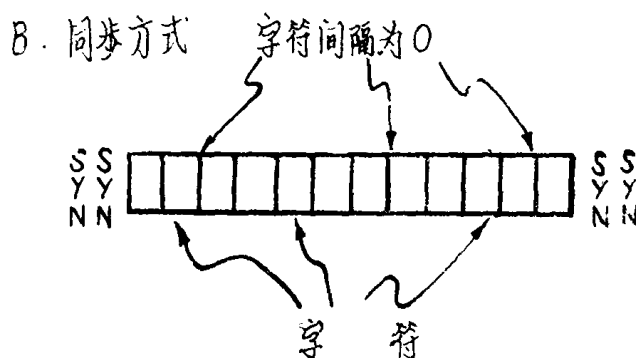
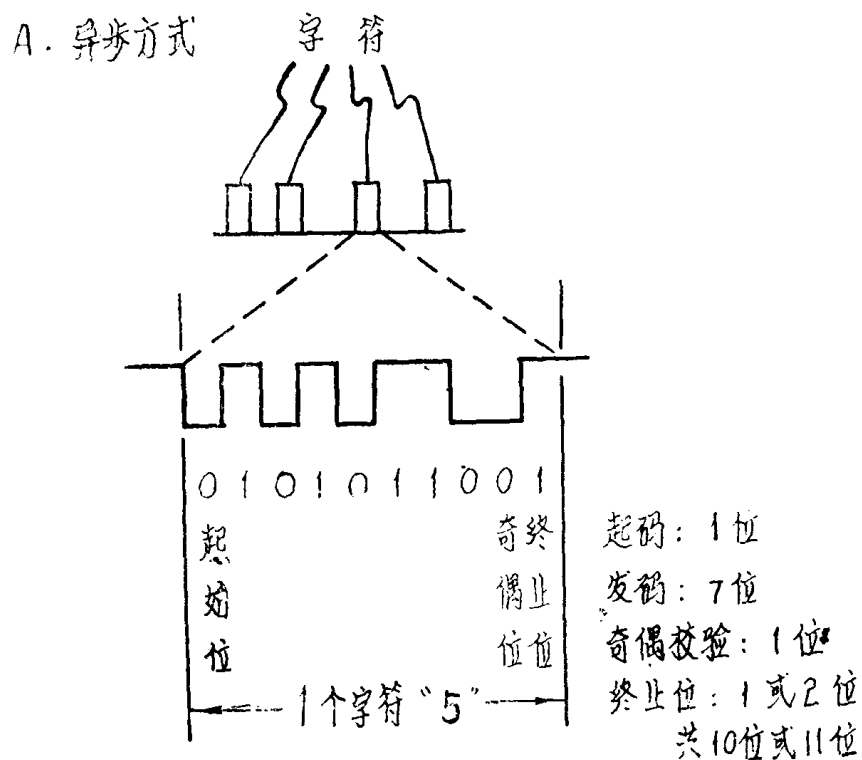


图 2-5 通信线路的同步方式

2. 同步传输方式

因为异步传输方式有很多缺点，每一个字符在传输过程中要加 1 位起始位，加 1—2 位终止位，中间信息时间间隔比较大，信息传输很不紧凑，传输效率不高。为了改善传输效率不高的缺点，又引入了同步传输方式。这种方式是以多个字符组成的比特序列（通常称之为电文）作为基础进行传输的（图 2·5 B）。在传输开始时，用同步字符（如 ISO 的 SYN 字符）使收发双方进入同步，此后就从传输的信息中抽出同步信息，修正同步性，并以此保证信息的正确采样。当没有数据要发送的时候，不象异步传输那样

发送标记，而是发送同步字符，故能不间断地传输数据。如图中，每一格表示一个字符，前面有若干个SYN后面有若干个SYN，字符与字符之间的间隔是0。字符序列是由SYN取得同步。字符序列开始，每8位就可识别出字符来。当没有字符时就用SYN填空。另外，由于字符序列之间减少了辅助信息，所以这种方式的传输效率较高，通常可达1200、2400或4800比特/秒。

2.2.3 通信线路的通信方式

通信线路另一个重要属性是通信方式，系指通信时信息的传输方向，一般有三种方式，即单工通信方式、半双工通信方式和全双工通信方式。单工通信方式的特点是数据仅能向一个固定的方向进行传输；半双工通信方式的特点是两个方向都能传输数据，但每一时刻仅能向一个方向传输；全双工通信方式的特点是两个方向能同时传输数据。

2.2.4 信息交换原理和分类

在考虑计算机网络的结构时，一个重要的因素就是如何有效地利用网络的通信设施。因此，网络资源之间，尤其是在距离较远，用户较多时，通常不采用两点间固定连接的通信线路，而是按照通信双方的要求动态地设定它们之间的通信路径。于是，引入了“交换”概念。目前经常采用的信息交换技术，大致可分为：

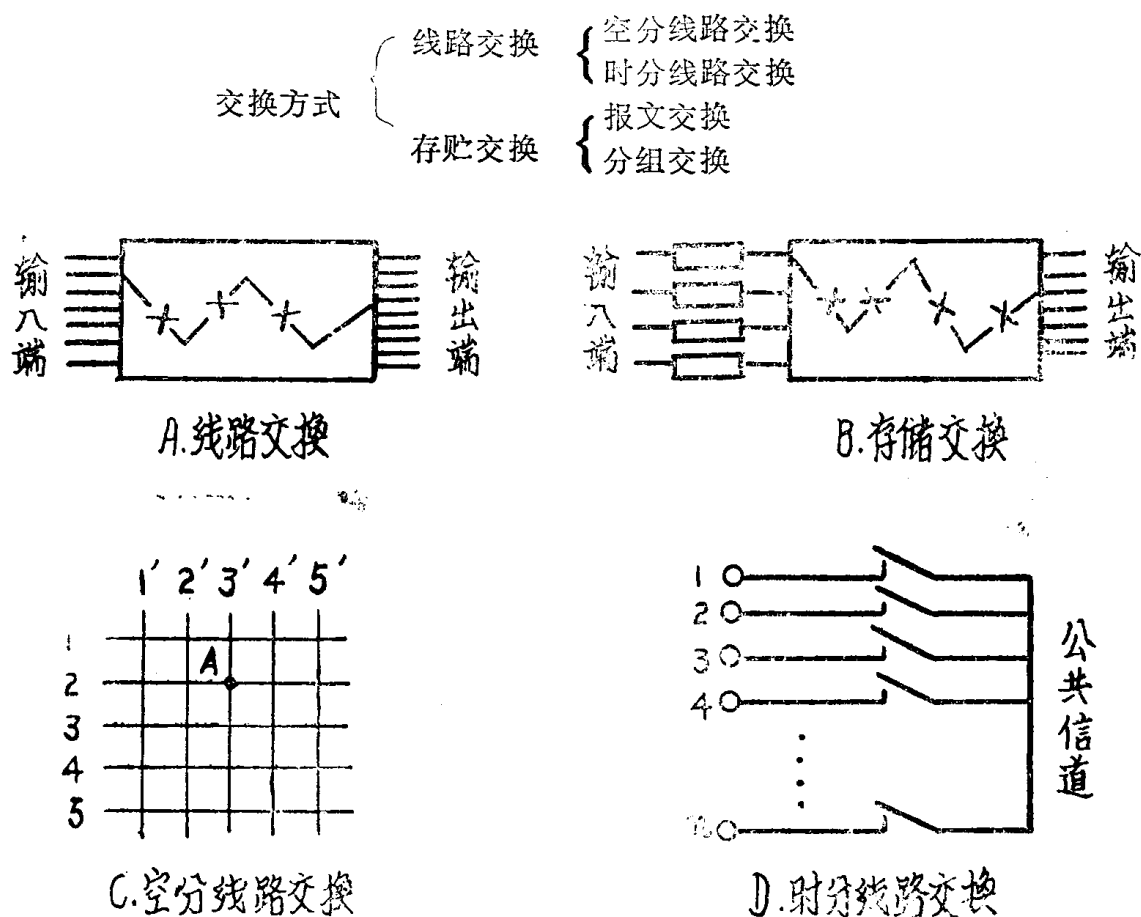


图 2-6 交换方式