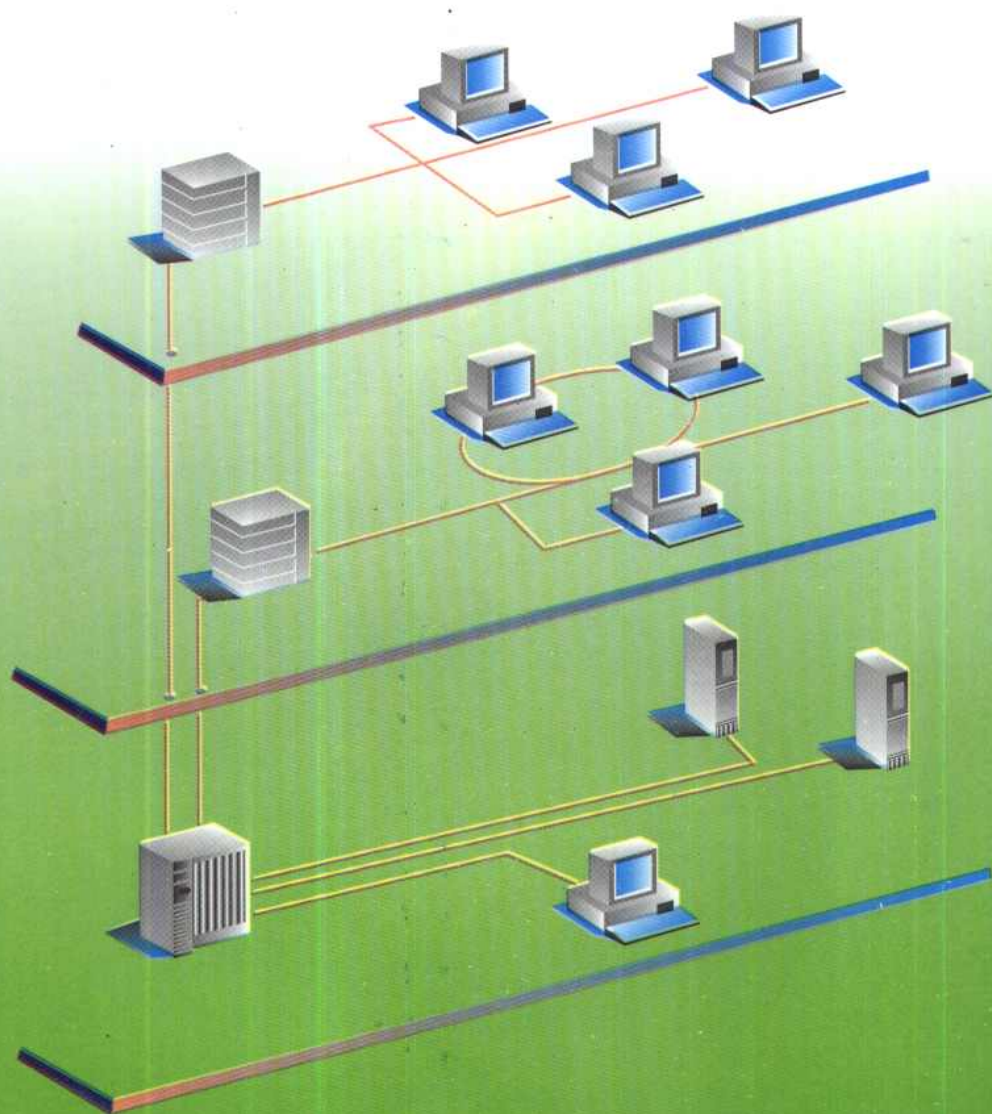


计算机网络

朱家铨 王兴伟 刘 恩 主编



70363-48
Z81

计 算 机 网 络

朱家铨
王兴伟 主 编
刘 恩

东北大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络/朱家镗, 王兴伟, 刘恩主编. —沈阳: 东北大学出版社,
1997.2 (2001.3 重印)

ISBN 7-81054-137-4

I. 计… II. ①朱… ②王… ③刘… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 08507 号

内 容 简 介

本教材是在多年教学实践和科研工作的基础上经整理、充实后成稿的。

本教材由三大部分构成, 前六章是计算机网络的基础理论。第七章至第十一章介绍计算机网络的新技术和新应用领域, 第十二章是网络实验举例。在基础理论部分讲解了计算机网络体系结构, 七个协议层次的功能及部分层次的协议标准, 较详细介绍了局域网的体系结构, 它的通信特点以及 CSMA/CD, Token Bus, Token Ring 和 MAN 等 4 种局域网标准的工作原理。第七章介绍了网络互连技术和互连设备, 以及目前广泛应用的 TCP/IP 协议标准。第八章介绍了客户机—服务器模型的操作系统及网络管理的技术和要求。第九章介绍了网络实例及应用。第十章介绍了网络通信技术的发展。第十一章介绍了计算机网络的各种性能指标及对其进行研究的理论和方法。

本书可作为大学本科生及研究生的教材, 也可作为从事计算机网络工作的专业人员和使用人员的参考书。

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110006)

电话: (024) 23890881

传真: (024) 23892538

网址: <http://www.neupress.com> E-mail: neuph@neupress.com

沈阳农业大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787mm × 1092mm 1/16

字数: 474 千字

印张: 19

印数: 7001 ~ 10000 册

1997 年 2 月第 1 版

2001 年 3 月第 3 次印刷

责任编辑: 李毓兴

责任校对: 薛 升

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

定价: 21.90 元

前 言

《计算机网络》是计算机专业的专业课。计算机网络技术,特别是局域网技术、网络互连技术、网络交换技术和高速网络技术近几年来得到了飞速发展。“网络就是计算机”、“信息高速公路”等口号的提出,反映了在信息时代计算机网络在经济发展、信息传递、人际交流、国家安全…等方面起着越来越重要的作用。

在我国计算机网络的应用,无论在广度和深度上都得到飞速进步。例如,邮电部门建立的全国公用数据网有 X·25 分组交换网和 DDN 网。邮电部的 CHINANET,高等院校的 CERNET,科学院系统的 CASNET 分别都与 Internet 连接共享资源。其他如银行、邮电、航空、铁路等部门的联网服务也在开发和使用中。网络应用在我国还有广泛的发展前景。因此,掌握和了解计算机网络技术和计算机网络应用是计算机专业学生的迫切任务,其他专业的学生也应对网络技术和应用有所了解。本教材是在多年教学实践的基础上,经整理、充实后成稿的。特别增加了网络通信技术的发展一章,介绍了目前较新的网络技术。但是,网络通信技术是目前发展最快的技术之一,这本教材付印的时候可能会又出现很多有关网络新理论、新概念、新技术和新产品。作为教材能为读者奠定一个基础,能在今后的工作和学习中跟上网络发展步伐,更新自己的知识,也就实现了编写这本教材的初衷。

本教材注重在理论与实践相结合的基础上组织各章节的内容。目前有人认为 OSI 层次模型的概念已经过时,但目前仍有大量的网络是以层次模型建立;层次模型概念也有助于我们理解计算机网络的工作原理和通信过程;另外很多网络新技术也是在层次模型基础上发展起来的。因此,我们仍以 OSI 层次模型作为计算机网络的基础知识来讲解。

前六章是以国际标准化组织的开放系统互连体系结构为中心展开讨论。介绍了体系结构的层次模型,及每一层功能和协议,较详细介绍了局域网的三种协议标准。还对网络互连和网络操作系统作了较深入的讨论。在教材的后半部介绍了一些网络的实例和产品,以及网络的应用,可为读者在网络应用中作为参考。

第一章首先讨论了计算机网络的发展历史,分类和物理拓扑结构,重点讨论了计算机网络的体系结构和 OSI 层次模型,对协议、接口和服务等概念做了较详细的讨论,对用户数据在 OSI 层次模型中的传输过程进行了描述。这一部分内容是学习全书的基础。

从第二章开始逐层介绍 OSI 的层次模型。第二章介绍物理层,从数据通信的基本概念入手介绍了实现数据通信基本技术,对物理层协议的功能和标准 RS-232-C, X·21 进行了讨论。

第三章涉及数据链路层的功能及具体实现技术,重点讨论了成帧技术、滑动窗口协议以及协议标准 HDLC。

第四章讨论了局域网的体系结构,与 OSI 模型的不同点,重点介绍了 IEEE802 的 4 个协议标准;CSMA/CD、Token Bus、Token Ring 和 DQDB。

第五章介绍网络层,它是通信子网的最高层,对数据报和虚电路的概念及路由算法进行了讨论,详细地介绍了 CCITT X·25 建议和 X·25 分组交换。

我们把传输层及以上的层次称为高层协议,以区别于通信子网中低三层协议。传输层以

上各层都是端到端的协议。第六章介绍了传输层、会话层、表示层和应用层等层次的功能和协议的内容。在这一章的最后介绍了两个在实际中得到广泛应用的协议集。TCP/IP 和 SNA 协议集。

第七章讨论了目前网络应用和研究的热点内容——网络互连,从互连原则到互连设备都做了扼要介绍。

第八章讨论了网络操作系统的功能与分类,重点介绍了客户——服务器模型和 Netware 网络操作系统。对 WINDOWS NT 仅叙述了他的部分网络功能。

以太网特别是双绞线以太网、令牌环网、FDDI、CBX 和 ISDN 等网络是当前最广泛应用的局域网产品,本教材在第九章中作了介绍。本章还叙述了 Internet 的几个主要的网络服务及如何通过 CERNET 访问 Internet 的途径。计算机支持的协作工作(CSCW)是网络应用的又一新领域,我们在这一章中作了扼要介绍。

在第十章中集中介绍了几种网络新技术,如帧中继、LAN 交换、ATM 网,并对组通信概念和多媒体通信技术进行了讨论。由于篇幅所限,这一章的内容还没有充分展开。

第十一章简要叙述了研究网络性能的数学工具和网络性能评价指标,并以计算机仿真模型为例说明网络性能评价的具体方法。

在教材最后附加了几个网络实验,实验都有一定难度。主要是针对网络二次开发的需要而设计的。实验主要是在 WINDOWS 环境下利用 WINSOCK 接口实现的。读者可以采用不同的编程接口来实现,例如,IPX,SPX,NetBIOS 等。第一个实验是模拟 HDLC 标准实现点到点通信,根据简化的 HDLC 功能和实验条件来设计一种帧格式,并用程序来实现。这对于初学者理解网络层次和协议很有好处。如受实验条件限制,可在两台 PC 机之间用 RS-232-C 串行口连接起来,在 DOS 环境下用汇编语言或其它高级编程语言来模拟 HDLC 协议实现点到点通信。

本教材可根据不同要求,选择不同章节进行讲授。例如,对于大学本科计算机专业的学生,以第一~五、九章为重点讲授,其它各章只作概述性介绍即可,有条件的可做第一个实验。以上内容也可作为非计算机专业研究生的学习之用。对于计算机专业的研究生,应在掌握上述内容的基础上,以第六、七、八、十章为重点讲授,并补充有关网络最新进展的内容。如研究生从事计算机网络的研究方向,还应学习第十一章的内容,并在第二、三个实验中选做一个。

朱家鏗编写了第一、二、三、十一章和 4.5、9.5、10.1、10.2、10.3、10.4 等章节。王兴伟编写了第四、七、八章和 6.5、10.5、10.6 等章节。刘恩编写了第五、六、九章。郭萍撰写了 8.4.2 一节,孙艳春撰写了 9.7 一节。朱克敌编写了实验举例一章。朱家鏗审阅了全稿,并对部份内容进行了修改和补充。

由于网络技术发展迅速,教材很难全面充分反映当前网络理论和技术的最新进展,加之编者水平有限,书中不妥和错误之处难免,请读者不吝指正,以便在再版时修改和充实。

编 者

1996 年 12 月

第一章 概 述

1.1 计算机网络的定义及发展历史

1.1.1 计算机网络的定义及网络构成

简单地说计算机网络是“一个互连的自主的计算机集合”。或者说计算机网络是一种在地理上分散的多台独立自治的计算机,通过通信设备和通信介质互相连接起来,实现资源共享的大系统。“在地理上分散的”是相对的概念,可以在一个房间内,也可以在全球范围内。“独立自治的计算机”是指在网络中计算机都是独立自主的,没有主从关系,一台计算机不能去控制起动或停止另一台计算机的运行。“通信设备”是在计算机和通信介质之间按照一定通信协议传输数据的设备,它可以是一台专用计算机,也可以是一块通信接口板。“通信介质”可以是有线的,如双绞线、同轴电缆和光纤等,也可以是无线的,如微波和通信卫星等。“资源共享”是指在网络中的每台计算机可以使用系统中的硬件、软件和数据等资源。

因此,计算机网络可以用图1.1来表示。网中的通信设备为接口信息处理机(IMP Interface Message Processor),有时称网络中的结点(Node)或站(Station)。图中通信介质没有表示出来,因为不同的通信介质其连接方式和表示方式都是不一样的。虚线内表示 IMP

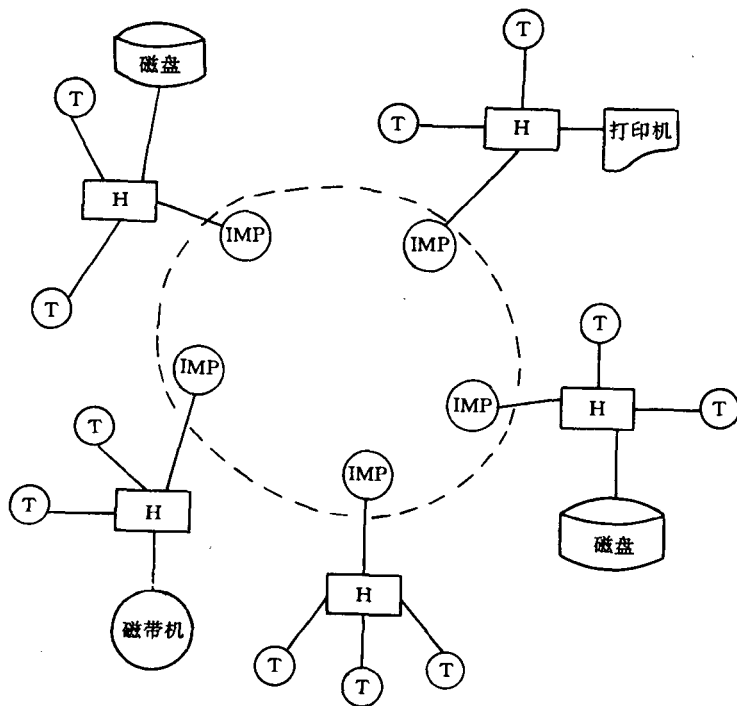


图 1.1 计算机网络示意图

与通信介质组成的通信网络。IMP 与主计算机(H)相连,网络中的用户终端(T)和资源都连接到不同的主计算机上。

计算机网络是在用户应用需要的推动下,促使计算机技术和通信技术的不断发展和完善,逐步形成的。计算机网络的发展大致经历了 3 个阶段,才形成真正的计算机网络。

1.1.2 具有通信功能的计算机系统

早期的计算机功能弱,价格昂贵,只能在少数单位建立计算中心。用户的程序必须在计算机旁输入并等待运行结果。远地用户也必须将程序和数据拿到计算机旁输入。一旦一个用户程序在计算机中运行,其它用户就不能使用计算机。随着计算机应用不断深入到科研、商业、军事等部门,它们要求经常处理分散在各地的数据。由此,计算机软件出现了批处理技术。在用户所在地,将用户的程序和数据脱机输入到纸带或磁带上,送到计算中心,由操作员集中输入到计算机中去进行批处理。这样,节约了大量的计算机时间。为了节约纸带和磁带的传送时间,用户通过终端和通信线路将程序和数据传送到计算机的脱机输入输出设备并写入纸带或磁带。然后由操作员送入计算机处理,并把结果通过通信线路传送给用户。这种系统称为脱机批处理系统,它仍需人力干预,工作效率低。用户调试一个程序,要等运行结果传到用户终端后才能修改。

如果远程用户通过终端和通信线路直接与计算机进行通信。计算机一边输入信息一边处理信息。用户可以直接从终端得到运行结果。计算机分时操作系统的出现,允许多个用户“同时”使用计算机。提高了计算机系统的工作效率。用户程序的运行和通信过程都在同一台计算机的控制下进行的,称这样的系统为具有通信功能的单机系统。

很显然,这种工作方式使主机系统的负载加重,它既要处理用户程序又要进行通信控制。通信线路利用率低,用户使用计算机与计算机的通信都是突发性的,通信线路的大部分时间处于空闲状态。为此,在主计算机前增加一通信控制机(前置处理机),专门处理与终端的通信工作,将用户的程序和数据集中提交给主机处理,节约了主机的 CPU 时间。在终端比较集中的地方设置线路集中器,各终端通过低速线路连到集中器,由集中器通过高速线路与前置处理机相连,如图 1.2 所示。前置处理机和线路集中器的功能都很复杂,需要一台专用计算机来完成通信功能。这样的系统不再是一台计算机,而是由多台计算机所组成。因此,称之为具有通信功能的多机系统。

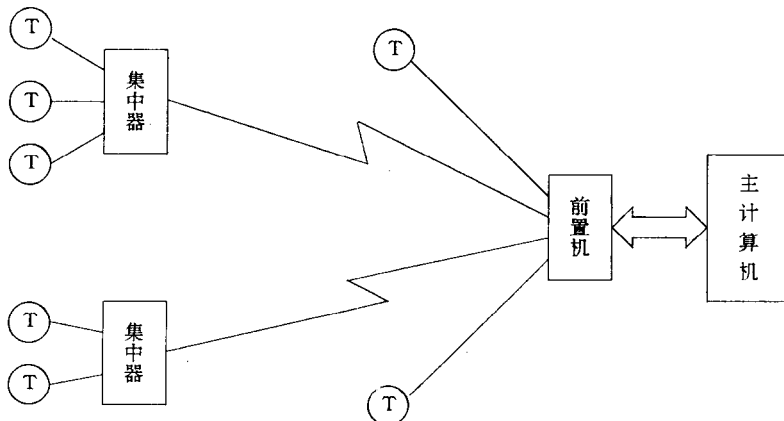


图 1.2 具有通信功能的多机系统

在前两个系统中,用户都通过终端和低速通信线路与主计算机连接,用户都使用主计算机的资源,包括 CPU 和内存资源,用户终端没有独立处理业务的能力。

1.1.3 计算机网络

在前两个系统中,用户都使用主计算机的资源,用户终端没有独立处理业务的能力。这就不能满足一些应用的需要。随着计算机价格的不断下降,一些单位、部门分布在不同地点的分部都拥有自己的计算机。它们都属于同一个部门,彼此之间需要交换信息,进行各种业务联系,需要共享一些计算机资源。这就要求分布在各地的计算机通过通信网络连接起来,满足应用的要求。这些计算机既可以独立工作,处理本地的信息和业务;又可以联网向网络中其它用户提供信息或使用其它用户的资源。为了减少主机的负担,主机还是通过前置处理机(接口信息处理机)与通信网络连接。

就计算机网络整体而言,将网络的通信功能和网络的资源共享功能分开。接口信息处理机和通信网络完成通信功能称通信子网(图 1.1 的虚线框内)。网络中的主计算机对共享资源进行管理,供用户使用称资源子网(图 1.1 的虚线框外)。

通常联网的计算机分布范围比较广,可以遍布于全国。这对通信子网的建设带来问题。可以有两种不同经营方式的网络:专用网和公用网。专用网是由某个政府部门或单位,如铁道部、军事部门等组建管理的,不允许其它单位或个人入网使用。专用网的所有单位要大量投资用于建网和维护,非一般单位能承受的。公用网又称公用数据网,由政府部门,如邮电部,组建、管理和经营,采用标准的通信接口设备。用户可以租用公用网的传输和交换设备,具有投资少、通信费用低,有统一的标准,通信可靠等优点。在很多国家和国际上得到迅速发展和广泛应用。在我国也已建立起初具规模的公用数据网。特别是改革开放以来,我国计算机网络的建设和发展得到飞速的发展。目前,在国内已建立全国性的网络有 X·25 分组交换网和 DDN 网等。

美国国防部高级研究计划局于 1969 年建成由 4 个结点构成的 ARPA 网络是计算机网络的早期标志。它已具备了计算机网络的大部分功能。例如两个子网的划分,具有层次结构的网络协议等。到 1975 年已有 100 多台各种型号的计算机连入网内。ARPA 网络的成功运行,促进了计算机网络和网络技术的发展与完善,形成了覆盖全世界的 Internet 网。

1.1.4 计算机局域网(局部地区网络)

随着大规模集成电路和微型计算机技术的迅猛发展,计算机的硬件价格越来越低,性能越来越高。当前的高档微机已超过了 70 年代末的小型机的水平。一个单位内拥有多台微机已是普遍现象。随着计算机的普及,计算机的应用范围和应用水平也逐步得到推广和提高,特别是在办公自动化领域。目前已到了信息化时代,单位内部要处理和交流的信息量越来越多。因此,在单位内部将计算机连成网络,共享单位内的各种资源的需求推动了计算机局域网的产生和发展。

计算机局域网是在计算机网络(相对于局域网称为广域网)的基础上发展起来的,广域网的很多技术也在局域网中得到应用。两种网络除了在覆盖的地理范围方面不同外,通信子网的实现技术也有很大的差别。我们将在以后的章节中给予介绍。

美国 IEEE(电气和电子工程师学会)局域网标准化委员会在 1980 年对局域网提出了一个笼统的不严格的定义:

局域网与其它类型的数据网络不同,通常被限制在中等规模的地区内,如一座办公楼,一个仓库或一个学校,具有中等到较高数据传输速率(1—40Mbps)、低时延、低误码率的物理信道,为一个单位所拥有。

局域网技术是在夏威夷大学研究的 ALOHA 网的基础上发展起来的。对 ALOHA 网络的改进,研制出为局域网广泛采用的 CSMA/CD 传送机制。1979 年美国的 Xerox 公司、DEC 公司和 Intel 公司共同推出了以 CSMA/CD 为基础的 Ethernet 网络产品和规范,稍后作为局域网的技术标准之一。

1.1.5 网络互连(网际网)

随着信息化社会的不断发展,在单个局域网范围内的信息共享已不能满足用户要求。例如,国际贸易中的 EDI(电子数据交换)系统,所有的贸易业务往来都通过计算机和通信网络来完成,被称为电子贸易。今后,如谁拥有 EDI、谁才能成为国际贸易伙伴。因此,网络互连,建立全球性的信息网络是这阶段网络技术的特点。传输介质普遍采用光纤,数字微波和卫星等,并直接采用数字信号进行传输。

目前,互连网的典型例子是 Internet,它是由大量子网互连起来。目前已覆盖 107 个国家,到 1995 年年底已有 2400 万个用户进入 Internet,在网上提供广泛的应用服务和共享资源。随着新的应用的不断增加,Internet 的规模也会迅速增长,预计到 2000 年它将成为真正的全球性的信息网络。我国用户可以通过 CHINANET、CERNET 和 CASNET 访问 Internet。

网络互连的发展将出现一些技术问题需要解决,例如网络连接的技术,网络的安全与保密,网络的速率和容量,网络的使用和管理、新的应用领域的开发等等。

1.1.6 计算机网络技术展望

如前所述建立全球性的信息网络仍将是今后一段时间内的努力方向。网络互连的关键性问题是建立一个开放系统环境。早在 70 年代,国际标准化组织 ISO 就制定了计算机网络的开放系统互连参考模型。但它是实现网络通信的协议分层功能描述,除此之外,开发系统环境还应包括标准数据交换格式,标准操作系统接口、公共用户接口、标准应用程序接口等。

提高网络通信数据传输速率也是网络技术发展的一个方向。随着计算机网络的普遍使用,计算机处理速度不断提高,多媒体技术的采用,要求有实时通信的功能,在短时间内要求传送大量多媒体数据。因此,在 80 年代流行的 10Mbps 的局域网已不能满足应用要求,目前已开始流行具有 100Mbps 的 FDDI 光纤环网。1000Mbps 和更高速率的网络通信技术已正在研究之中。

但是,人们很快发现单纯提高数据传输速率,并不能彻底改善网络性能,满足用户需求。原有的网络技术已是提高网络性能的瓶颈,例如在局域网上的众多用户是分时共享介质,分到每个用户的通信带宽是有限的;在分组交换网上,分组在各 IMP 间要进行耗时的误码校验和各种应答机制。因此,突破原有通信子网技术的局限性,已是通信技术发展的新趋势。例如,可为用户动态分配带宽的 ATM(异步传输模式 Asynchronous Transport Model)网;可为局域网用户分配全部带宽的局域网交换技术;不在广域网的中间 IMP 间进行校验和应答的帧中继技术等。

随着笔记本型计算机的普及,用户要求随时随地能将计算机入网通信。因此,移动数字

通信技术也应运而生。可移动的无线数字通信网络可以在移动电话网的技术上发展,但它是建立在模拟广播技术基础上,数据传输速率不可能太高,必须寻求新的技术和通信协议。来提高移动数字通信网络的性能。

随着计算机网络应用的深入,网络的互连使网络的规模越来越大,也越来越复杂,使用户越来越关心网络运行的可靠性和安全性,比较有效的办法是使系统具有自动进行故障的检测、诊断和排除的功能。网络管理技术和它的智能化也是目前网络技术研究的一个方向。

随着计算机网络应用的深化,各种新的应用领域不断涌现。针对不同应用开发的网络技术也层出不穷。例如,已有上千万用户的 Internet 网上,各种应用软件及开发工具不断地涌现。有的软件还可在网上免费提供。

下面我们用一个年表(表 1.1)来表示在不同年代的网络技术的进展。

表 1.1 网络技术进展年表	
时 期	网络技术进展
60 年代	开始采用 RS-232 接口及报文交换技术
70 年代早期	出现了专用网络(IBM 的 SNA,DEC 的 DECnet)和实验性共享网络(ARPANET)
1976 年	CCITT 公布了 X·25 建议
70 年代后期	出现第一批公用 X·25 网络(DATAPAC,TELENET)
80 年代早期	X·25 建议的网络普及化,ISO 公布了 OSI/RM 模型,出现 LAN 和 ISDN 标准
80 年代后期	LAN 普及,互连网络开始使用
90 年代	互连网的广泛使用,出现多种高速网络技术(ATM,100Base)广泛推广 ISDN

1.2 通信子网的分类及物理拓扑结构

1.2.1 通信子网的分类

通信子网的种类繁多,可以用各种不同的分类方法。有时为了突出通信子网某个方面的特点,给予不同的命名方法。例如,光纤网突出了它的传输介质是光纤;基带网突出了它在介质上传送的是基带信号;其它如总线网、环形网、异构网、同构网等都分别突出了网络的拓扑结构和组成网络的计算机的类型的异同。

在有的资料中把多处理机系统和通信子网放在一起,按照系统内计算机(处理机)之间的耦合程度和覆盖范围来进行分类。

一、多处理机系统

它是紧密耦合型系统。多个处理机分布在一块印刷电路板上或一个机柜内,通过高速并行总线或矩阵开关网络将多个处理机、存储器连接在一起的系统。通常在一个操作系统的控制下,实现系统内不同作业或进程的并行操作,共享系统内的存储器。这样的系统具有速度快,多个处理机可以协同分工执行同一个程序,而提高程序执行速度;可靠性高,当系统内一个处理机出现故障时,它的功能可转给其它处理机来完成,也可用硬件冗余来提高系统的容错能力,从而提高了整个系统的可靠性。

二、计算机局域网(LAN Local Area Network)

LAN 是松散耦合型的系统,各计算机间由通信信道相连。一台计算机可以把其它计算机看作是输入输出设备,从而在计算机系统间实现信息传输。用这种方法来共享局域网内的

资源。每台计算机都有自己的操作系统,连网的计算机可以分布在一个房间内,一个大楼内,或在一个校园内。由于其连接距离较近,计算机间一般采用广播式通信进行信息传输。

就系统的覆盖范围而言高速局域网(HSLN)和计算机交换机(CBX)也可归入局域网的范畴。通常高速局域网限制在一个计算机房内,主要用于主机与大容量存储器之间高速传输数据。因此,要求有高速的通信接口,一般不低于 50Mbps。信道的距离不能太远,网络上的设备数也受到限制,一般为 10 台左右。

CBX 是在小型电话交换机(PBX)的基础上发展起来的计算机化的交换机,既能处理声音连接,又能处理数据连接的交换机。各种计算机和需要进行数据交换的设备都通过双绞线连接到 CBX 上,形成星形拓扑结构,点到点通信的方式。CBX 的数据传输速率较低,一般在 64Kbps 以下。CBX 可以和终端、计算机、局域网、广域网进行互连。其灵活的互连方式,较方便地与广域网互连,使 CBX 的应用越来越普遍。

三、计算机广域网(WAN Wide Area Network)

从逻辑上讲它也是松散耦合型的,计算机之间的信息传输都是通过输入输出通信控制设备和通信信道进行的。但其覆盖范围远大于局域网,通常可以覆盖一个城市、一个省区、一个国家、一个洲,甚至覆盖整个地球。覆盖一个城市又称为城域网,有时作为局域网的一种来讨论。覆盖全球的网络一般就是网际网。目前广域网的数据传输速率比较低,一般从数百 bps 到数百 Kbps。

为了对 3 种网络的特点进行比较,将它们的覆盖范围和数据传输速率分别列于图 1.3。该图只能作为一种参考,随着网络通信技术的发展,很快或已经冲破了图中所示的局限。例如,商业化的 FDDI 网络的传输速率已达 100Mbps,覆盖范围也超过了 10km。因此,分类标准也会随之变化。

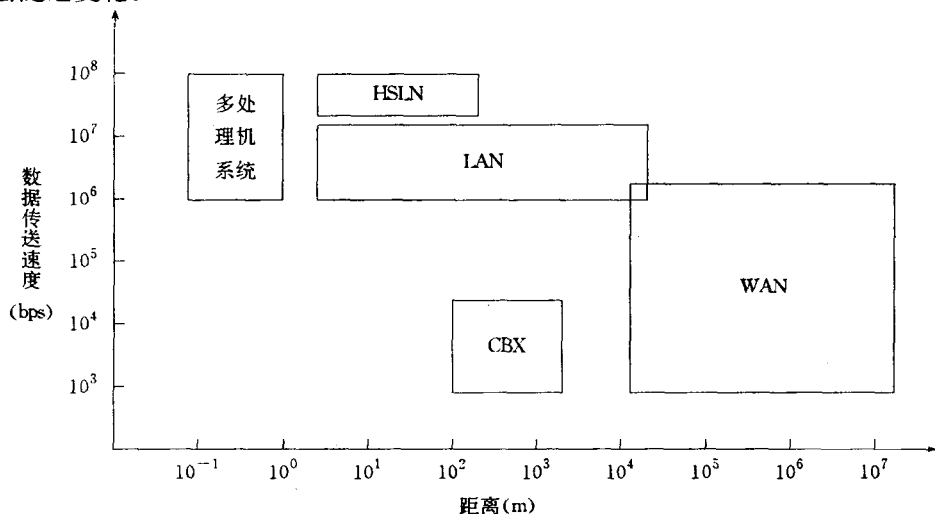


图 1.3 3 种系统的通信距离与数据速率的比较

1.2.2 通信子网的物理拓扑结构

通信子网的拓扑结构,也是通信介质和接口信息处理机互连的拓扑结构。如果以几何形状来分类比较杂乱,掩盖了通信子网内通信机制不同的矛盾。因此,通常以子网的通信方式分成点到点通信和广播式通信两大类。

一、点到点通信方式

所有信息传输都是在两个相邻 IMP(有通信介质直接连接的)之间进行。如两个要求通信的 IMP 没有直接通路时,需要经由其它 IMP。发送 IMP 将信息传给相邻的 IMP,相邻 IMP 将信息全部接收下来后,再传给下一个 IMP,一直到目的 IMP。这种传输过程称存储转发,两个相邻 IMP 间进行点到点的通信。适合于这种通信方式的子网拓扑结构示于图 1.4。这种通信方式的优点是通信线路的利用率较高,在源与目的端多个 IMP 间的线路段是分时使用的。这对用户在同一时间内只使用一段线路,其它线路段仍可为别的用户服务。

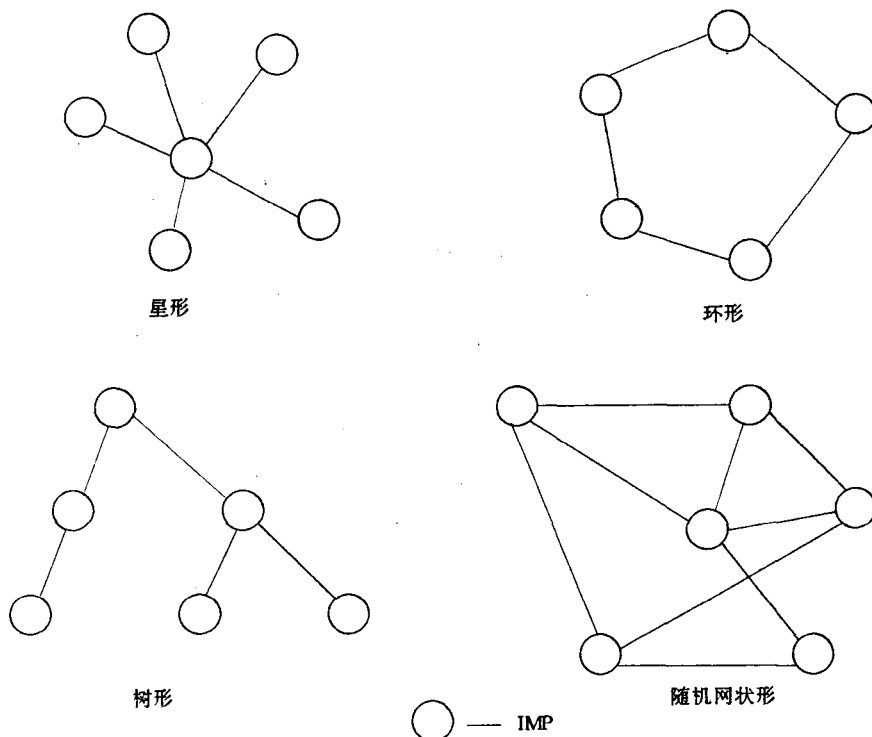


图 1.4 点到点通信方式的拓扑结构

1. 星形

星形结构有一个中心结点,其它结点通过通信介质与之相连。它们只能与中心结点进行点到点的通信。彼此之间的通信都要经过中心结点的存储转发。这是一种由中心结点集中式控制的网络。相对而言,其结构简单,控制易于实现。但是,网络中所有通信都经过中心结点处理,这样中心结点必然会成为网络通信容量的瓶颈。同时,中心结点的故障会使整个网络失去通信能力。

2. 环形

环形网络是由通信介质将网络中所有结点串联成一闭合回路。信息在环路中单向传输,经过中间结点时也是采用存储转发方式。环形网络也具有结构简单,控制方便的特点。当信息传输需经过多个中间结点时,都要存储转发,延长了信息到达目的地的传输时间。一旦环路中断会使网络瘫痪。

3. 树形

树形网络有根结点、分叉结点和最终用户结点。根结点管理整个网络的通信机制,分叉结点管理它这个支路的通信。各结点的计算机仍有独立处理业务的能力。从结构上看,最终

用户结点之间通信都要经过分叉结点,甚至根结点的存储转发。因此,树形网络不适合于最终用户结点间频繁通信的场合,而适合于上下级结点间频繁通信的场合。

4. 随机网状形

这是一种拓扑结构不规则互连的网络,一个结点可以与多个结点连接,通信时可以选择一条较佳通路。组网时可以根据结点的地理位置,通信量等条件来设计网络的拓扑结构。由于一个结点与多个结点相连,当一条通路或一个结点有故障时,可以通过其它结点和通路进行数据传输,不会影响整个网络的通信功能。这种网络采用分散控制方式,即没有一个结点来集中管理整个网络的通信过程。因而带来了网络管理的复杂性。这种结构的网络在广域网中得到了广泛的应用。

二、广播式通信方式

所谓广播式通信,网络中一个结点发送的信息,其它各结点都能收到,例如,电视广播是一种典型的广播式通信。但是,计算机网络的广播式通信还有其特点。网中的结点都能发送和接收信息,网络中所有结点都使用同一个通信信道发送信息,信息在信道上传输是双向的。为了避免信息在信道上发生冲突,而导致通信失败,在同一时间内只允许一个结点往共用信道上发送信息。这就需要有相应措施来解决多个结点争用信道的问题。另外,点到点通信时通信双方的关系比较明确。在广播式通信中收发关系是在通信时确定的,在信息分组中必须有信息源结点地址和目的结点地址。接收时根据目的地址,并从源地址得知信息的发送结点。广播式通信方式大多用于局域网。广播式通信子网的物理拓扑结构示于图 1.5。

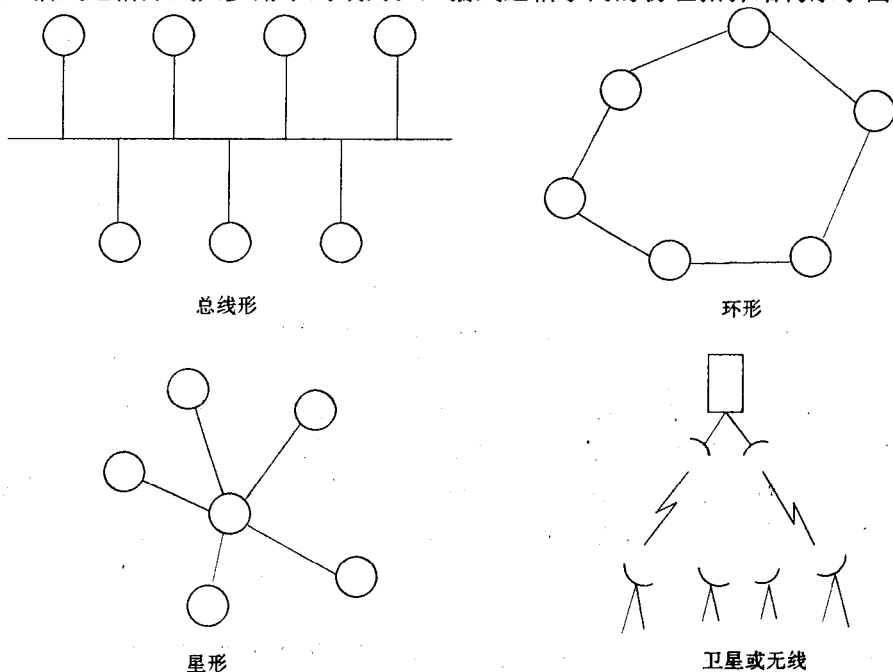


图 1.5 广播式通信的拓扑结构

1. 总线形

网中所有结点通过接收器和发送器接到同一条通信信道(总线)上。结点的接收器一直是开通的,随时监听总线,接收总线上的信息。只有处于发送状态的结点的发送器才与总线接通,向总线发送信息。总线形网络结构简单,易于扩充;一个结点的故障不会影响网络的正常工作。当两个或多个结点要同时发送信息时,要采用某种控制机制来解决总线竞用问题。

2. 星形

可以把星形结构看成一个总线网的特例,即将总线集中为一个点。网上各结点共享这个点的通信介质,也要用与总线相同的机制来解决竞用问题。

3. 环形

广播式通信的环形网从外形上与点到点通信的环网很相似,但它们的通信机制完全不同。在广播式环网中,信息经过中间结点时不采用存储转发,在每个结点上有一旁路电路P。图1.6是一个结点的示意图。当结点处于接收状态时,开关SW在“1”的位置。信息到达结点时分成两路,一路进入IMP以便对信息进行识别和处理。另一路进入旁路电路,延迟1位或1个字节后再进入环路。因此,可以认为信息在环路中环行时,环网中的所有结点几乎都能同时收到,也是一种广播式通信。发送信息的结点把开关SW放在“2”的位置,IMP通过SW往环网上发送信息,信息在环网上只环行一周。在环形网中也要有一种控制机制,在同一时间内只允许一个结点处于发送状态。否则,一个站发送的信息不能广播到环网上的所有结点。

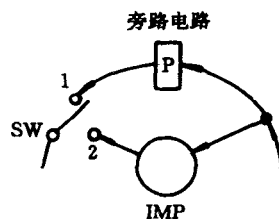


图 1.6 环网中一个结点的示意图

4. 卫星或无线

网中每个站都有天线,能发送和接收信息。信息在卫星网中是通过卫星转发,可以传输很远的距离。这种网没有固定的拓扑结构。

1.3 计算机局域网的功能及应用范围

1.3.1 计算机局域网的功能

在计算机网络的定义中已概要地说明了它的功能是资源共享。在此再展开讨论一下。

一、能实现数据信息的快速传输

在连网的计算机之间能快速地传输数据和信息。可以根据需要在不同计算机上进行集中的或分散的处理这些数据和信息。

二、能实现网络内的资源共享

这些资源包括硬件、软件和数据资源。这种功能是建筑在前一个数据信息快速传输功能的基础上的。例如,一台计算机的用户可以把自己的数据库建立在另一台具有大容量磁盘存储器的计算机系统内,来共享该大容量磁盘存储器。

三、能进行分布式处理和并行计算

当一个很大的用户作业交给单机去运行时,可能会处理很长时间。当网络具有分布式处理功能时,可以将大作业分解成多个可平行运行的子作业,交给多个计算机去处理,可加快作业的运行时间。当然必须在网络的基础上具备分布式操作系统和分布式处理的功能。

四、能均衡网络内各计算机的负载

如网内某台计算机负载过重时,可将它的部份任务传送给其它计算机去处理。提高了网络内计算机资源的利用率。

五、可提高系统的可靠性

容错技术是靠增加系统的冗余度来提高其可靠性的。如是单机系统就要两套相同的系

统,这样初投资大,非特别重要的场合,很少采用。如网络内多台同样的计算机,再冗余配置一台计算机,供整个系统调配。当一台计算机出现故障时,它的任务就可交给备用计算机来执行。以最小的投资,达到提高可靠性的目的。网络中计算机也可互为备用。

1.3.2 计算机局域网的应用范围

计算机网络的普遍应用还是在局域网出现之后。由于局域网价格低廉、安全可靠、安装使用方便、系统扩展容易,得到广大用户的欢迎。广阔的市场促进了局域网的硬件、软件产品发展。特别是应用软件,功能众多,用户界面友好,更扩大了局域网的应用范围。目前,局域网主要用于办公自动化和分布式实时控制系统。下面分别作一简要介绍。

一、办公自动化

办公自动化(OA Office Automation)又称办公自动化信息系统或电子办公。它是用现代化的科学技术改进目前的办公手段和方法。例如函电公文的来往,文件档案的保管和检索、数据信息的采集、传输、处理、统计、显示等都采用计算机技术。由于计算机的应用和通信技术的发展,在短时间内就可处理非常庞大的信息量,并且可以超越距离的障碍。进而可以运用系统工程学、管理科学、经济学等科学方法,使高层管理人员能迅速而全面地掌握情况进行决策,或直接提供决策信息。

实现办公自动化必须要有一定的基础条件,例如管理工作的规范化,才能使办公系统实现自动化,那种长官意志、朝令夕改的管理方式是不能适应的。办公自动化不能单纯靠设备的现代化,还要对旧的组织结构和传统的工作方式和观念进行彻底改造。办公设备除了自动化外,还要求数字化、智能化和无纸化。所谓数字化是指办公自动化的所有信息,包括声音、图象等,都是数字化的,这样计算机才能对信息进行处理、存储和传输。智能化是指引入了计算机、使办公设备具有编辑、存储、检索信息的能力,能对信息进行加工处理,具有不同程度的决策功能。所谓无纸化,是指办公信息不以纸张为主要载体,信息都记录在磁带、磁盘等介质上,办公信息的交换也不再依赖于纸张,而是在计算机之间通过通信网络直接交换。

办公自动化是一门综合性技术,除了计算机通信和网络技术外,还包括了办公自动化设备、现代管理学、行为科学、管理信息、决策支持、数据库以及多媒体技术等,办公自动化也是这些学科和技术的应用领域。

随着办公自动化技术的深入发展,局域网范围内的办公自动化已不能满足日益扩大的应用要求。局域网与广域网互连,在更大的范围内进行信息交换,共享资源是目前计算机网络应用的新的特点。在全球范围内的电子邮件和文件传送早已得到广泛的应用。当前,电子数据交换(EDI Electronic Data Interchange)和计算机支持的合作工作(CSCW Computer Supported Cooperative Work)技术是计算机网络应用的新领域。

EDI是按照协议,对具有一定结构特征的标准经济信息,经过数据通信网络,在商业贸易伙伴间的计算机系统之间进行交换和自动处理。也就是用共同遵守的标准组织有关数据,并在计算机之间传送业务信息和进行业务处理。更具体地说,EDI是将与贸易和商业有关的海关、运输、保险、银行等业务信息,以一种国际公认的标准进行编制组织,在有关部门和企业之间传送和处理。在最短时间内,完成原材料的采购、产品销售、银行汇总、保险、货物托运、海关申报等所有商业贸易活动。因此,EDI的主要特征是标准化和网络化,而且是一个复杂的系统工程。

EDI的采用具有很多优越性,如交易速度快,及时性强;准确性高,差错率低;安全库存

量小,开销费用低;使企业内部管理合理化,改进了工作质量和服务质量;降低成本,获得竞争优势。因此,EDI 一出现立即为西方工业发达国家广泛采用。美国和欧洲共同体大部分国家的海关宣布,从 1992 年起,采用 EDI 方式办理海关业务,如不采用 EDI 方式,其海关手续将被推迟处理,或不再选为贸易伙伴。亚洲四小龙也积极发展 EDI 应用,新加坡宣称已有 95% 的贸易实现了 EDI 方式。因此,EDI 是经济走向世界的通行证,是提高国际贸易竞争力的保证。

我国 EDI 的应用还处于起步阶段。迫于国际贸易的严峻形势,一些部门和 EDI 的主要用户对 EDI 的试点应用做了不少基础工作。但与国际水平相比,在计算机应用,通信网络规模和服务,信息开发和共享、管理科学化和应用人才等方面存在相当大的差距。为此,1993 年新组建的电子工业部决定把推广应用 EDI 作为一项重大信息系统工程,列为近期的重点任务。力争到 2000 年初步建立起覆盖全国的通用 EDI 系统。

CSCW 是一个新的网络应用领域。支持在不同地理位置的组织和人员利用计算机和通信网络为同一项任务进行合作工作,合作解决一个特定的问题。例如日本电气公司的一个实用系统可支持广泛的小组合作工作。分散的用户可以共同观看和处理多媒体会议文件,如图象、正文、图形等;也可同时交换声音和电视图象信号。这种分布环境的合作越来越受到重视,它要求办公室的个人计算机、工作站互连成网,实现高速的和准确的数据通信。支持分散的用户可面对面地进行可视通信和实时合作。因此,CSCW 也是一个多学科应用的研究领域。它也要求局域网和广域网的互连,以扩大其应用范围。

二、分布式实时控制系统

在 60 和 70 年代,生产过程的计算机控制采用集中控制方式,即用一台小型计算机控制整个生产过程。由于是集中控制,一旦主机出现故障,整个系统就不能工作。为提高系统的可靠性,在一些要求严格的场合,采用双机系统,一台计算机通电备用。这将增加系统的投资。另外,过程控制要求实时性,也就是要求计算机的控制作用能跟上生产过程参数的变化速度。当计算机需控制多个参数时,要求在一个采样周期内完成对所有参数的控制,即要求计算机有很高的运算处理速度。

微型计算机的出现改变了计算机过程控制系统的结构。由于微型机价格便宜,工作可靠,可以将一台小型机的集中控制功能分散给多台微型机来完成。每台微型机需控制的参数量减少,而降低对其运算速度上的要求。多台微型机可共同配置一台后备计算机,任何一台微型机出现故障时,可用后备计算机来替代故障机工作。例如,一台多机架连轧机可用多台微型机来分别控制各机架轧机的速度、张力、压下量等工艺参数。系统还要协调各参数间的关系,不断给出新的设定值。也就是要将各台计算机互连成网络进行协调控制,提高控制系统的可靠性和灵活性。这种控制方式受到广泛的重视。针对工业控制的特殊环境,对工业控制用局域网特别强调网络的实时性、可靠性和安全性,以保证工业设备的正常运行和操作人员的人身安全。因此,有专门用于工业控制环境的局域网产品。

智能化检测仪表的使用,使数据采集、过程控制和数据处理集成为统一的分布式信息处理系统。进一步将生产过程自动化和工厂管理信息系统通过多级计算机网络的互连,使工厂的生产管理和经营管理融为一体,组成计算机集成制造系统。

总之,随着信息化社会的到来,大量信息的存储、传递和共享越来越迫切。计算机网络(包括局域网和广域网)的应用会深入到每个人的生活和工作中去。了解网络、使用网络是摆在我们面前的迫切任务。

1.4 计算机网络的体系结构

1.4.1 协议与层次

下面用大家熟悉的和经常使用的电话通信作为例子来说明通信过程中涉及的问题。

如图 1.7a 所示,在通信电话机两端必须有两个人在通话。通信双方必须共同遵守一些约定,如:必须使用同一种类型的电话机,用相同的语种来交谈,交流相同的内容等,否则就无法通信。把这种通信机制抽象化后画成图 1.7b 的示意图。通信的每一方由三个层次组成:物理层、语言层和知识层。它们分别表示使用的电话机、语种和交流的内容。通信双方要共同遵守的约定是在双方的同一层次之间,称为协议。上下层之间通过接口连接,下层通过接口为上层提供服务。例如,电话机通过话筒来传送语音,即为语言层提供传送语音的服务。

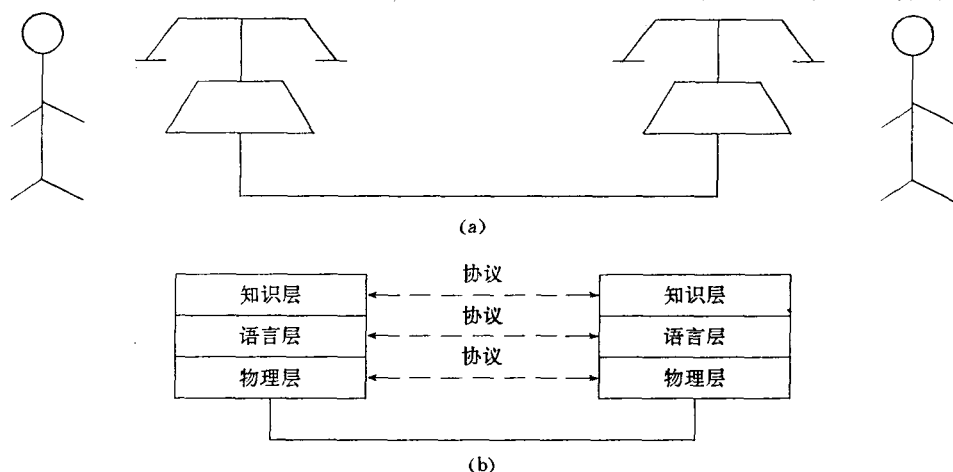


图 1.7 电话通信示意图

通过分层可以将复杂的通信过程分解成相互关联,功能简化的通信模型,有利于对通信机制的理解和掌握。同时,只要不改变与其它层的接口,改变某一层次的功能不会影响通信的进行。例如,可以用汉语、英语或其它语种来使用同样的电话机和交流同样的内容。另外,每一层次都有自己的独立功能,便于设计,实现和修改某一层次的功能。

现代计算机网络的设计,是按高度结构化方式进行的。为了减少协议设计的复杂性,大多数网络都按层或级的方式来组织,每一层都建立在它的下层之上,不同的网络,其层的数量,各层的名称,内容和功能不尽相同。但是,在所有的网络中,每一层的功能都是为其上层提供服务,而把服务是如何实现的具体细节对上层加以屏蔽。

通信双方对等层之间必须遵守一定的规则和协定,这些规则和协定称为协议。协议应包含三部份内容:

- 语法 可以是数据单元的格式,信号电平;
- 语义 数据格式中各位的含义,差错处理的控制信息等;
- 时序 对等层次间传输速度的匹配,数据单元的顺序控制等。

实际上,在通信过程中,数据不是从一方的第 n 层直接传送到另一方的第 n 层。而是每一层都把数据和控制信息传给它的下层,一直传到最下层,再通过物理介质进行实际的数据