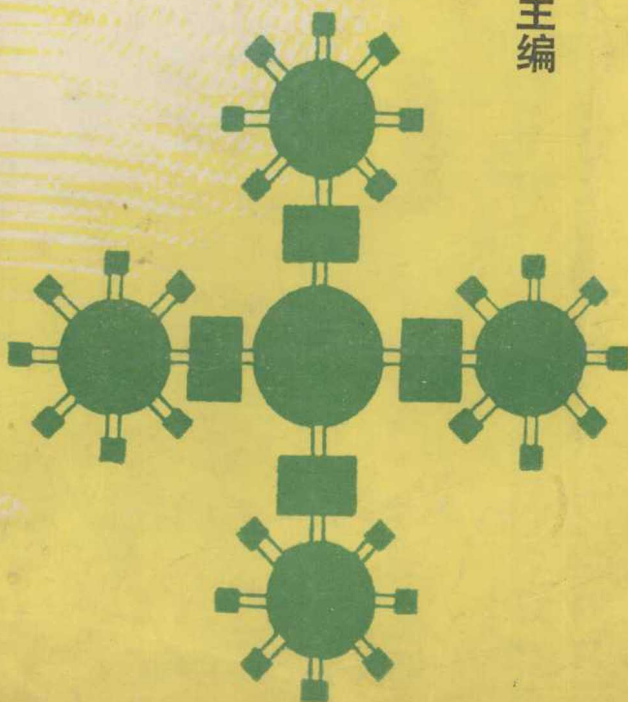
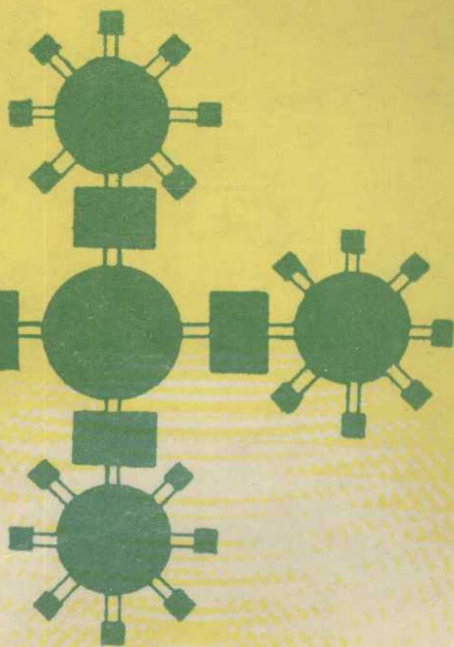


高等学校教材

计算机网络

西南交通大学 潘启敬 主编



中国铁道出版社

高等学校教材

计 算 机 网 络

西南交通大学 潘启敬 主编
长沙铁道学院 行谕民 主审

8130
7446
317

中 国 铁 道 出 版 社

1993年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书以国际标准化组织公布的 OSI/RM 参考模型——七层协议为主线,系统地介绍了物理层、数据链路层、网络层、传送层、会话层、表示层及应用层的功能、服务项目、分类、格式、原语等内容。本书还在网络传输理论方面对网络排队模型与性能进行了分析,对目前广泛使用的局域网作了较详细的介绍。在本书的最后一章列入了计算机网络设计与组建的内容,使读者在了解了上述理论及标准的基础上学会如何进行计算机网络设计。

高等学校教材

计 算 机 网 络

西南交通大学 潘启敬 主编

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 倪嘉寒 封面设计 翟达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张: 15.75 字数: 391 千

1993 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—3000 册

ISBN7-113-01455-0/TP·141 定价: 7.65 元

前 言

我们 1983 年编写的《计算机网络》，1984 年由中国铁道出版社出版，于 1985 年及 1988 年进行了第二次和第三次印刷，在我国高等学校及科技界，在计算机网络技术的教学与推广上起过一定作用。由于计算机网络技术的飞速发展，特别是国际标准化组织提出的 OSI/RM 开放式互连参考模型在世界上已得到广泛承认，也由于我们这几年在教学及科研中的一些实践经验，有必要对原来试用教材进行修订，使其更加完善。根据铁道部高等学校计算机及自动控制教学指导委员会 1990 年 4 月的决定，由西南交通大学潘启敬教授担任主编，由北方交通大学葛迺康、长沙铁道学院陈济彪及上海铁道学院阮永良三位副教授参加，合作修订本书。由长沙铁道学院行治民教授担任主审。

在编写工作中，反复征求了许多学校老师和专家们的意见。由长沙铁道学院、西南交通大学、上海铁道学院、华东交通大学等单位参加的审稿会，对初稿进行了认真审查。因此，本书的修订是在教学指导委员会的关心下和铁路高等院校等单位有关同志们的支持下完成的，在此对他们表示衷心的感谢。

这次修订版具有以下特点：

1. 在体系结构上作了根本的改变。全书以 OSI/RM 参考模型为一条主线，按照它的七层协议顺序进行编写。

2. 在内容上充分体现了计算机网络技术的新发展，更加结合我国的实际需要。

3. 着重基础，重视概念，合理掌握广度与深度。对数据通信、网络体系结构、各层协议分析描述、网络排队模型及性能分析、局域网络、网络设计等方面的基本知识都作了适当的介绍，适合于 70 学时左右的教学时数。对原书中打 * 号的较深部分和一些非基础的部分则作了删减，这是为学生打下较全面和系统的基础。

4. 各章均增补了习题，便于教学。

由于体系结构的变动，本次修订基本上是重新编写，编写分工如下：

潘启敬担任主编，并编写了第一、七、九章；葛迺康编写了第二、三章；阮永良编写了第四、八章；陈济彪编写了第五、六章。

潘启敬

1991 年 5 月 26 日

目 录

7X/1.5

第一章 绪 论	1
第一节 计算机网络的一般概念	1
第二节 计算机网络的发展概况	3
第三节 计算机网络的基本结构与组成	5
第四节 网络体系结构与协议	8
第五节 计算机网络的应用与展望	13
习 题	17
第二章 物 理 层	18
第一节 数据传输基本原理	18
第二节 传输介质	29
第三节 数据报文交换原理	36
第四节 数据传输设备	39
第五节 物理层接口协议	42
习 题	46
第三章 数据链路层	47
第一节 概 述	47
第二节 差错控制	51
第三节 基本协议及流控	57
第四节 链路效率分析	62
第五节 协议描述	68
第六节 HDLC	72
习 题	77
第四章 网 络 层	78
第一节 概 述	78
第二节 X.25 的网络层	83
第三节 路径选择	87
第四节 拥塞及流控	93
第五节 网际互连	99
习 题	105
第五章 传 送 层	106
第一节 概 述	106

第二节 传送连接管理	109
第三节 OSI 的传送层协议	122
第四节 TCP 的传送控制协议	128
习 题	130
第六章 高三层协议	131
第一节 概 述	131
第二节 会话层	132
第三节 表示层	137
第四节 应用层	142
习 题	149
第七章 网络排队模型与性能分析	150
第一节 概 述	150
第二节 M/M/1 排队模型	151
第三节 M/G/1 排队模型	157
第四节 M/M/M 排队模型	162
第五节 具有不同优先级的排队模型	164
第六节 排队网络	167
习 题	174
第八章 局 域 网	176
第一节 概 述	176
第二节 局域网协议	179
第三节 局域网典型系统举例	193
第四节 局域网性能分析	204
习 题	210
第九章 计算机网络设计与组建	212
第一节 设计问题概述	212
第二节 网络连通性与可靠性	214
第三节 链路容量及流量分配	218
第四节 地区访问网络拓扑设计	228
第五节 分布式骨干网络拓扑设计	237
第六节 建网问题	240
习 题	243
主要参考书	244

第一章 绪 论

第一节 计算机网络的一般概念

一、计算机网络的定义

计算机网络是计算机科学技术与通信科学技术相结合的产物,它已广泛地应用于社会的各个方面。在各种信息交换系统,大型企事业的管理信息系统,办公自动化系统,生产及科研系统,金融财贸系统,等等,到处都有大大小小的计算机网络在应用。计算机网络已成为现代高科技的一个重要组成部分。

随着技术的不断发展和人们研究和应用的侧重点不同,对计算机网络的含义和理解有所不同。早期,人们把一台计算机用通信线路与若干用户终端相连的“终端—计算机”系统,或用通信线路将分散于不同地点的计算机互相连接的“计算机—计算机”系统,均叫做计算机网络。这种观点主要是从计算机通信网络的意义上看待计算机网络的。

在 1970 年美国信息处理学会召开的春季计算机联合会议上,把计算机网络定义为“以能够共享资源(硬件、软件和数据等)的方式连接起来,并且各自具备独立功能的计算机系统之集合。”这一定义与上述的主要区别是:各结点的计算机必须是具备独立功能的计算机系统;计算机互连的目的是为了实现资源共享。

随着分布处理技术的发展以及为了更好的便于用户应用网络资源,出现了所谓用户透明的观点,把计算机网络定义为“必须具备能为用户自动管理资源的操作系统,由它来调用完成用户任务所需的资源,使整个网络象一个大的计算机系统一样对用户是透明的。”如果不具备这种透明性,需要用户来熟悉资源情况,确定和调用资源,那么就认为这种网络是计算机通信网络而不是计算机网络。按照这一观点,具有资源共享能力是计算机网络的必要条件,而非充分条件。符合这一定义的计算机网络实际上是一种远程分布式计算机系统,或叫做分布式计算机网络。这是计算机网络的发展方向。当前实际应用的计算机网络只能部分地做到“用户透明”。

在文献中也常常见到“数据通信网”,它实际上也是指计算机网络,但着重于计算机通信技术,即着重于通信子网。通信子网的工作常常由通信技术人员承担,主要任务是保证可靠的和高效能的数据通信。而计算机(包括软件、硬件和数据库)、终端等则属于资源子网,其工作常常由计算技术人员承担,主要任务是充分发挥系统资源进行数据处理,更好地为用户服务。

在本书中我们采用“计算机网络”这一术语,并采用如下定义:计算机网络是用通信线路将分散在不同地点并具有独立功能的多台计算机系统互相连接,按照网络协议进行数据通信,实现资源共享的信息系统。

二、计算机网络的功能

计算机网络之所以获得飞速发展,是因为它有以下主要功能:

1. 资源共享

连入计算机网络的用户可以共享网络中各种硬件及软件资源。只要在网络的某些结点设置高性能的主机系统、高速打印机、图象处理设备,其它结点可以通过网络很方便地使用这些设备;不同结点也可很方便地调用其他结点上的大型软件包、数据库、专家系统等。这样既大大节约了设备投资,又为用户应用提供了极大的方便。

计算机网络也提供了信道资源的共享。数据传输与一般的话音传输不同,它具有很大的突发性,即峰值负荷与平均负荷的比值很高,可达 100 : 1。因此多个用户可以采用存储—转发方式通过同一信道进行数据报文传输(详见后),从而提高了通道效率,节约了通信投资。

2. 实现远程数据传输及集中管理

计算机应用的发展过程是从科技计算到数据处理,从单机到网络化,例如管理信息系统(MIS)、决策支持系统(DSS)、办公自动化(OA)系统等,都离不开计算机网络。通过计算机网络可以实现铁路运输的实时管理与控制。许多国家都已经实现了铁路运营综合管理系统,提高了车辆及机车的利用率,增大了运输能力,获得了巨大的经济效益。我国已在重点进行着邮电、铁路、民航、银行、电网、国家经济信息系统等大型管理信息系统的建设工作。

利用计算机网络可为社会提供广泛的应用服务。通过计算机网络实行电子邮件比信件邮寄快得多而且便宜得多。将个人计算机连到网上,可以直接查询国家乃至国外资料中心的资料,迅速获得各种信息。通过计算机网络可以很方便地办理银行存款、取款、电子转帐。据报道,美国每年有 300 亿张支票用电子转帐,至少节约 540 亿美元。

3. 提高计算机的可靠性及可用性

在单机使用情况下,如没有备用机,则计算机一旦有故障便引起停机。而设置备用机,费用会大为增高。当计算机连成网络后,各计算机可以通过网络互为后备。另一方面,当网中某一计算机负荷过重时,可将新的作业转送给网中其他较空闲的计算机去处理,从而减少了用户的等待时间,均衡了各计算机的负担,提高了计算机的利用率。

4. 进行分布处理

微型计算机的飞速发展,使得分散设立多台计算机比集中设立一台大型机要便宜。将计算机设在各个主要用户所在地,方便用户应用,避免了用户往来计算中心的麻烦。用户可根据问题的性质和要求,选择网内最合适的资源来处理,从而能迅速经济地得到解决。对于综合的大型问题,可以采用合适的算法,将任务分散到不同的计算机上进行分布处理。通过网络也有利于各单位共同协作进行重大科研的开发研究。多台微型机通过网络可连成具有高性能的计算机系统,使它具有解决复杂问题的能力,而费用大为降低。

可见,计算机网络大大扩展了计算机系统的功能,增大了其应用范围,提高了可靠性,提供了用户应用的方便性和灵活性,减少了系统费用,提高了系统的性能/价格比。

计算机网络不仅为传输计算机数据服务,也可以实现数据、语音、图象等的综合传输,构成所谓综合服务数字网络 ISDN(Integrated Service Digital Network),为社会提供更广泛的应用服务。

三、计算机网络的分类

计算机网络可按照其分布范围的大小而分为广域网(或叫远程网,英文为 Long Haul Network)和局域网(或叫局部网,英文为 Local Area Network)。

局域网是一种在小范围内实现的计算机网络,一般分布在一个建筑物内,或一个工厂、一个事业单位内,一般为单位所独有。信道传输速率较高(1~20Mbps),网络拓扑结构比较简单(多采用总线型或环型结构)。

广域网与局域网不同,它的范围很广,可以分布在一个省、市或全国范围内,也可以是跨国际的。它的信道传输速率较局域网低($<0.1\text{Mbps}$)。网络拓扑结构较复杂(多采用分布式或网型结构)。从所有者来说,可以是为某个经济或事业系统专用的,例如国家经济系统网络,铁路系统计算机网络等;也可以是面向社会服务的公用数据网络,例如邮电部管理的为全国各行业应用的数据通信网络。

不同的广域网或局域网还可以根据需要互相连接,形成规模更大的网际网。

在计算机领域内目前受到人们重视的多机分布处理系统,在有些方面与局域网络相似,但不完全相同。分布式处理系统(Distributed Processing System)也是多个具有独立功能的计算机系统互连的集合体,能够实现资源共享,但它必须具有统一的操作系统,能够实现“用户透明”,能进行分布计算。目前所研究的分布式系统,计算机一般均设置在同一房间内,各机之间的关联很强,是一种紧耦合系统。而计算机网络中的计算机之间是一种松耦合关联。在将来计算机网络实现“用户透明”时,计算机网络与分布处理系统将无本质上的差别。

广域网、局域网与多机分布处理系统在范围与传输速率上的关系,大体如图 1—1 所示。

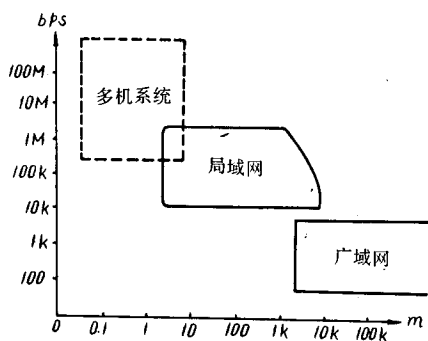


图 1—1 几种网络的关系

第二节 计算机网络的发展概况

计算机网络的发展,正像电子计算机的发展一样,历史不长,但速度很快。

第一阶段是面向终端的计算机网络,出现在五十年代。最初就是一台计算机经通信线路与若干终端直接相连,如图 1—2(a)所示。当通信线路增长时,线通费用比例增大,于是出现了若干终端共享通信线路的结构,如图 1—2(b)所示。为了有选择地与某一终端通信,以及为了解决多个终端同时要求与主机通信时的争用问题,主机需要增加相应的设备和软件,完成相应的通信协议。这些有关通信处理问题增加了主机的负担。为了减轻主机负担,在 60 年代出现了前端处理机或叫通信处理机,对一些分片集聚的远程终端,则设置集中器或多路器,如图 1—2(c)所示。集中器实际上是设在远程终端处的通信处理机。多路器是一个按时分或频分原理构成的多路开关,它们的作用都是为了实现多个终端共享同一通信线路。集中器还可以连接其他集中器或多路器,然后再与终端相连,从而构成多级的树形网络。

第二阶段是资源共享网络的产生。60年代末出现了多台分散在不同地点的计算机经通信线路互连的网络系统,即所谓计算机—计算机网络。连于网络中的各个用户可以共享网络中的各种设备、软件及数据,因此,这种网络也叫做资源共享网络。最有代表性的是美国国防部高级研究计划局的网络(ARPA网)。ARPA网开始于1969年,起初有四个结点,1973年发展到40个结点,1983年已有100多个结点。它连通了美国东西两部的许多高等学校及研究单位,并通过卫星与美国大陆以外相连。

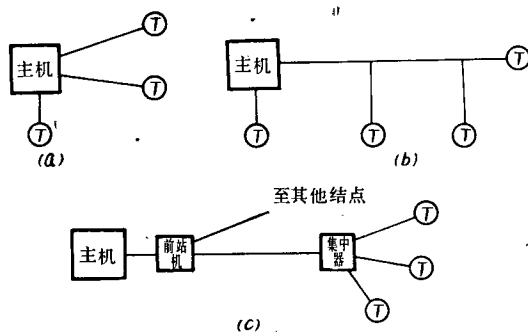


图 1—2 面向终端的网络 T—终端

ARPA 网为网络技术的发展作出了突出贡献,主要有以下几点:

1. 形成了用资源子网与通信子网组成的两级网络结构

ARPA 网示意图,如图 1—3 所示。通信子网是用 50kbps 通信线路把分散在不同地点的通信处理机(在 ARPA 网中叫 IMP)连接起来构成的,专门负责全网的数据通信工作。资源子网是由主机系统的软、硬件,数据库,各类集中器及终端等组成的,专门承担各种数据收集及处理业务。分为两个子网,可使每个子网的功能都比较单纯,有利于提高通信线路的利用率和充分发挥主机系统的效率。

2. 采用报文分组交换方式

报文在通信子网中的传输是以固定长度的报文分组(Packet)进行的。如果数据报文的长度大于一个分组的长度(ARPA 网中为 1008bit),则在发送端的 IMP 中被分解为几个报文分组,每个报文分组给予一个顺序号。各报文分组可沿不同线路传送到目的地的 IMP,在那里按顺序号重新组成原数据报文,再交给目的地主机。关于报文分组交换的详细情况,在第二章中将讲到,它是目前计算机网络中采用最广泛的交换方式。

3. 采用层次结构的网络协议

网络协议是网络中通信双方的规约(详见本章第四节)。ARPA 网中当时将协议分为四层。分层正像将复杂的程序分成若干模块一样,简化了软件的编制及调试,修改某一层时不影响其他层,便于维护管理。

ARPA 网的这些技术成就为后来的网络迅速发展奠定了基础。之后,世界上许多国家都纷纷组建了各种网络。有专用网,也有公用数据网,大都采用报文分组交换方式,技术上与 ARPA 网都很类似。

为了适应计算机网络迅速发展的需要,各主要计算机公司都大力投入网络体系结构的研究,目的是提供一组具有统一信息格式和协议的网络软件结构,使本公司的计算机系统可以很方便的实现连网。1974 年 IBM 公司首先提出了系统网络体系结构(SNA),它为 IBM 公司产品连网提供了一个标准。它解决了一整套联网的原则、方法和具体规则,并且统一考虑了由硬件和软件实现的功能划分。1975 年美国 DEC 公司提出了面向分布式网络的数字网络体系结构

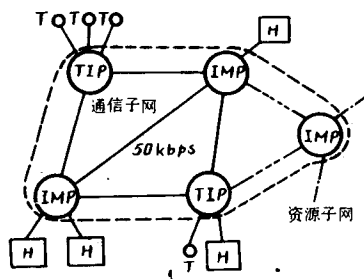


图 1—3 ARPA 网示意图

(DNA), 它实际上是 DEC 公司的一套网络软件和结构原则的总称。UNIVAC 公司也提出了它的体系结构, 叫做分布式通信体系结构(DCA)。这些体系结构的提出, 推动了计算机网络的发展。但是由于它们互不兼容, 对于异种机和异种网的互连造成了困难。因此有必要制订一个通用的国际标准。

第三个阶段是局域网络和 OSI/RM 的出现。1973 年 Robert 与 David 提出了 Ethernet, 它是一种总线型结构的局域网。1980 年 Intel、DEC 及 Xerox 三个公司联合公布了 Ethernet 规范, 奠定了总线型局域网的基础。

1980 年国际标准化组织公布了开放式互连参考模型(OSI/RM), 它完整地定义了一个通用的网络体系结构, 提出了七层参考模型, 成为世界上网络体系的共同标准。遵循此标准可以容易地实现网络的互连。

1980 年 IEEE 在总结各国局域网技术的基础上, 制订出符合 OSI/RM 的局域网络体系结构, 公布了 总线网、令牌环形网及令牌总线网的局域网规范, 即 IEEE802 标准。这一标准后来为国际标准化组织所采纳, 成为局域网的公共标准。

这两项国际标准现在已为世界各国承认, 原来 SNA 及 DNA 等也都逐步在向它靠拢, 或增设能够与它兼容的接口。

OSI/RM

第三节 计算机网络的基本结构与组成

这一节我们介绍计算机网络的基本拓扑结构和网络的基本组成部件。

一、基本结构

计算机网络的拓扑结构是指网络结点和通信线路连接成的图式。一般有以下几种:

1. 星型

星型结构如图 1—4(a) 所示, 每个端机(计算机或终端)均以一条单独信道与中心机相连。这种结构方式简单, 建网较容易, 一条信道或一个端机有故障时不影响网络其他部分的工作。但如果中心有故障则全网停止工作。通信线路总长度较长, 费用较大, 端机与端机之间通信需经过中心, 不方便。当数据传输主要是在端机与中心之间, 而端机间很少横向交换时, 或采用专用自动交换机(PABX)构成网络时, 常常应用这种结构。

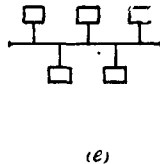
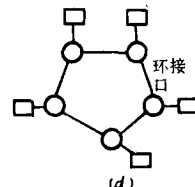
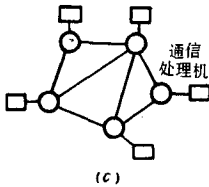
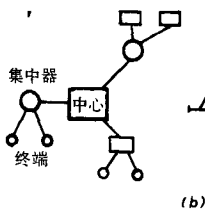
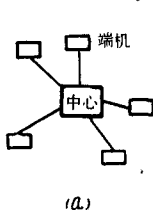


图 1—4 网络基本结构

2. 树型(集中型)

这种结构是星型的扩展, 如图

1—4(b)所示。当一簇端机离中心较远时, 可先将它们连于一个集中器或地区中心, 然后再通过高速信道连至中心。采用合理的连接方案可使通信线路的总费用比星型结构低很多。但这种

结构比星型复杂,数据在传输中要经过多条链路(链路指两个结点之间的一段线路),时延较大。

3. 网型(分布式)

网型结构如图 1—4(c)所示,是由分布在不同地点的计算机系统经信道连成的网状结构。每个结点至少有二条链路与其他结点相连,任何一条链路故障时,数据报文可经过其他链路传输,可靠性较高。报文在网络中从一个结点传输到另一个结点时,可以选择最佳路径,以减小时延,改善流量分配,获得较好的性能。目前大型广域网均属于这种类型。

4. 环型

环型结构如图 1—4(d)所示,各主机或终端经过环接口连成一个环形。这种结构在局域网中获得广泛应用。

5. 总线型

总线型结构如图 1—4(e)所示,它是在一条单总线上连接着所有工作站(主机)和其他共享设备(文件服务器、打印机等)。结构简单,连接方便。在同一时间总线上只能有一对结点发、收数据报文,如何解决好多站争用总线的问题,是总线网络的关键问题之一。这种网络结构也主要用于局域网中。例如前面提到的以太网(Ethernet),就是用这种结构。

6. 卫星通信网络

卫星通信网络如图 1—5 所示。地区网络可以是以上各种型式的网络,通信卫星形成一个中心交换站,通过地面站与地区网络互相连接。

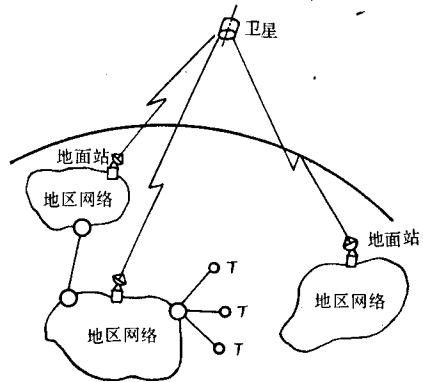


图 1—5 卫星通信网络

二、主要组成部分

计算机网络由计算机设备、通信设备及相关的软件组成。这里只简单介绍一下主要的硬件设备。

在一对用户实现数据通信时,必须在相关用户之间建立一条数据信道。数据信道的物理媒介可以是基带传送的数字信道,也可以是频带传送的模拟信道。目前广域网络常常采用模拟信道,利用电话或电报线路实现数据传输。就一对用户来说,数据通信所涉及的部件如图 1—6 所示。下面对图中各组成部分加以简要说明。

1. 主机(HOST)

在计算机网络中,分散在不同地点担负一定数据处理任务的计算机均称之为主机,在局域网中有时也称为工作站。主机可以是单机,也可以是多机系统。对于大型主机,要求具有实时批处理和交互式分时处理的能力,要求有通信能力及相关的接口,要有虚拟存贮系统及数据库管理功能。

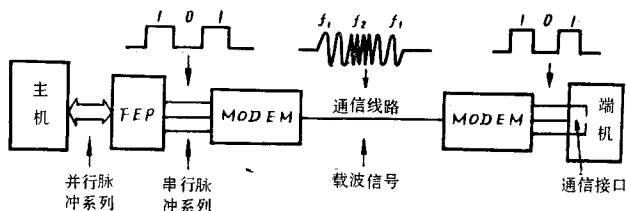


图 1—6 数据通信基本组成

2. FEP(Front End Processor)

早期在主机与 MODEM 之间的接口采用通信控制器,它的功能是将主机来的并行脉冲系列变为串行脉冲系列,并实现与 MODEM 的连接。目前在微小型机中仍采用通信控制器,例如微机中的异步通信接口板,它做成插板形式,插在主机箱内。在采用通信控制器的情况下,许多通信处理工作,例如代码变换、报文的分组与重装、路径选择等,都仍需主机来完成,加重了主机的负担,为了减轻主机负担,目前对于大中型主机,在通信网络与主机之间均设置一台小型或微型机来承担全部通信处理工作,这就是前置处理机(FEP),也就是 ARPA 网中的 IMP,它的作用,就是使主机用户在与远地用户进行数据通信时不必关心有关通信所需的功能,使通信功能对用户是透明的。集中器也是一种通信控制设备,不过它是设在终端侧,是为了实现若干终端共享一条通信线路而设置的一种通信处理机,也具有代码变换、报文缓冲、电路转接、多路复用等功能。

3. MODEM(调制解调器)

在使用模拟信道进行数据传输时,把数字信号调制成交流载波信号以便在线路上进行传输的设备叫调制器,在接收端将其反变为数字信号的设备叫解调器。两者常常做在一个装置中,合称调制解调器。调制方式有调频、调幅及调相三种,在数据通信中常用的是调频及调相两种。图 1—6 中线路的信号是按调频方式画出的。当调制器输入端有“1”时,输出载波频率为 f_1 ,有“0”时,输出载波频率为 f_2 。采用调相时,则对应“1”、“0”输出的载波有截然不同的相位。采用调幅时,则是载波的幅度随“1”、“0”有明显不同的数值。

4. 端 机

端机可以是一般具有键盘及显示功能的终端,也可以是一台计算机,是直接面对用户的工作站。在端机与 MODEM 之间可以应用通信控制器作接口,也可以应用通信处理机作接口。

5. 通信线路

常用的通信线路有双绞线、多路电缆、同轴电缆、光导纤维及无线通道。也可以是卫星通道。利用通信卫星实现远程高速的数据通信是目前的一个发展方向。一颗通信卫星的覆盖区跨度达 18000 多公里,信道容量很大,通信质量比较稳定,费用几乎与距离无关。但卫星通信地面站较贵,数据报文的传播时间较长,达 270ms。因此,卫星通信适合于大信息量的批处理系统,不适宜于交互系统。

在用电话线路传输数据时,一个话路,在带宽为 3000Hz 时,其速率一般为 600~1200bps,质量好的可用 2400~4800bps,但最多不能超过 9600bps。为了提高传输速率,就需多占几个话路,采用较宽的频带。

采用基带方式传输数据时,一对线路只用于一个信道。对双扭线来说,传输速率可达 1Mbps。在以太网总线一般采用同轴电缆,速率为 10Mbps。光纤的传输速率很高,抗干扰能力很强,是今后发展的重点。几种通信线路的速率范围如图 1—7 所示。

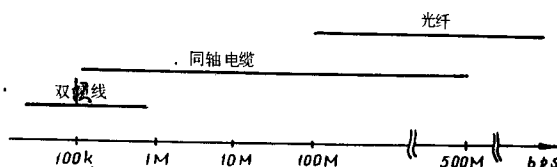


图 1—7 几种通信线路的传输速率

第四节 网络体系结构与协议

一、协议与服务

网络协议是关于双方通信过程的一组约定规则,用它来建立通信关系,进行数据交换。在人们打电话时,先拿起话筒,如线路空闲,可听到允许拨号声音,拨号成功时会听到对端电话铃响。对方拿起话筒后,双方互通姓名,然后对话。对话完毕,说声“再见!”结束通话。这就是一种人们常用的通话规则。在数据通信时也需有建立通信关系,进行数据通信及结束数据通信等过程,如图 1—8 中所示。

协议不仅规定通信过程,还需规定数据报文的格式及所使用的命令的含义,就像我们写信时要按照规定格式写信封,填上邮政代码等一样。一般说来,协议应包括以下一些规定:

1. 语法规则,即各种报文的格式。
2. 语义规定,即各种命令及回答响应的含义。
3. 时序规定,即应答次序和状态变化的规则。

完整的通信协议是很复杂的。为了简化协议的设计,便于协议的实现及维护,通常将整个协议分为若干层。层次划分时应考虑以下原则:

1. 各层的功能及技术实现有明显的差别,交界面的相互作用要少,某一层的内部变化不致影响另一层,各层相对独立。
2. 低层协议对高层而言是透明的,即低层对高层提供的服务与低层如何完成无关。例如通信双方的用户在进行数据通信时并不意识到通信线路采用什么媒介或采用什么调制方式。
3. 交界面有利于接口标准化,而且一般只在相邻两层之间设置接口。
4. 层次数应适当,不应过多,也不宜太少。应考虑数据传输过程的特点,在双方应形成对等层关系。

所谓对等层,就是双方相对等的层次,双方对等层之间好像直接有一条信道(逻辑信道)供双方对话。例如图 1—9 中,假设(n+1)层为会话层,n层为传送层,(n-1)层为网络层(这几层的含义见后),虽然双方会话层与会话层的对话是经过传送层、网络层等各低层实现的,但双方会话层好像直接在对话一样,只要它们遵照会话层协议即可。

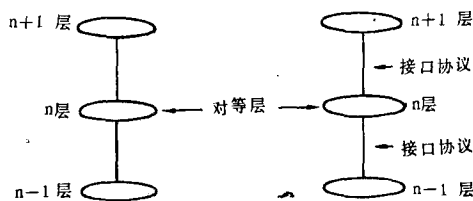


图 1—9 协议层次间的关系

双方对等层之间通信由对等层协议来规定。在同一端,各层之间通过层间接口连接。相邻层之间的关系是服务与被服务关系。服务是在服务访问点 SAP(Service Access Point)提供使用的,如图 1—10 所示。n 层 SAP 就是(n+1)层可以访问 n 层服务的地方。每一个 SAP 都有一个唯一识别它的地址。我们可以把 SAP 比做标准电话插孔,而 SAP 地址是这些插孔的电话号码。要想和他人通话,必须知道他的 SAP 地址。同样,在邮政系统中,SAP 地址是街名和信箱号,发一封

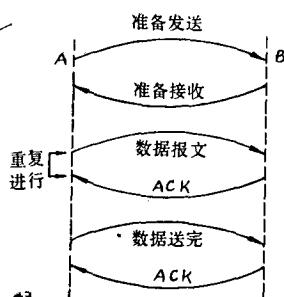


图 1—8 A 向 B 发送数据的简单过程

信, 必须知道收信人的 SAP 地址。

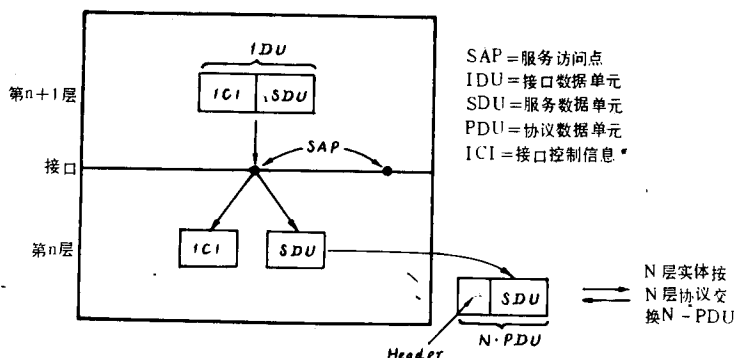


图 1—10 相邻层接口关系

相邻层间要交换信息, 对接口必须有一致同意的规则。图 1—10 中采用国际标准化组织的术语。(n+1)层实体通过 SAP 把一个接口数据单元 IDU (Interface Data Unit) 传递给 n 层实体。IDU 由服务数据单元 SDU (Service Data Unit) 和接口控制信息 ICI (Interface Control Information) 组成。SDU 是将要跨过网络传给对端同层实体, 然后向上交给对端 (n+1) 层的信息。接口控制信息是为了帮助下一层完成任务所需, 它本身不是数据的组成部分。

为了在网络传送 SDU, n 层实体可将 SDU 分成几段 (也可以只有一段, 视 SDU 的大小而定), 每一段加上一个报头 (Header) 后作为独立的协议数据单元 PDU (Protocol Data Unit) 送出, 例如报文分组 (Packet) 就是一个 PDU。n 层的协议数据单元叫 NPDU。

PDU 报头被同层实体用来执行它们的同层协议。报头中给出有关同等层协议的控制信息, 如报文分组序号、地址码、报文性质、确认代码等。高层协议的报头对低层来说像数据报文一样对待, 然后再加上低层的报头, 如图 1—11 所示, 这好像我们把一封写好收信人地址的信又外加一个信封, 写上中间转交人的地址一样。因此, 协议各层在发送端形成层层封装关系, 而在接收端则是层层拆封关系。

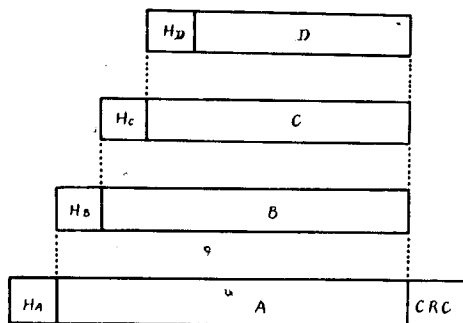


图 1—11 协议的封装关系

二、OSI/RM 参考模型

为了在国际上有一个通用的网络体系结构标准, 1980 年国际标准化组织公布了 开放系统互连参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection Reference Model) 建议。所谓开放系统, 就是按此体系结构形成的网络可以互连, 彼此是开放式。这就便于世界各地网络实现互连通信。

OSI/RM 将整个网络协议分为七层, 各层的作用范围可用图 1—12 说明, 各层的关系如图 1—13 所示。下面分别说明各层的功能。

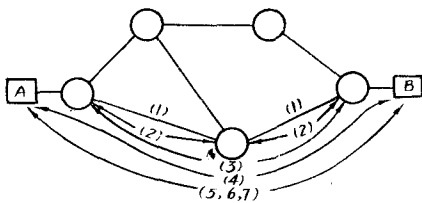


图 1—12 各层的作用范围

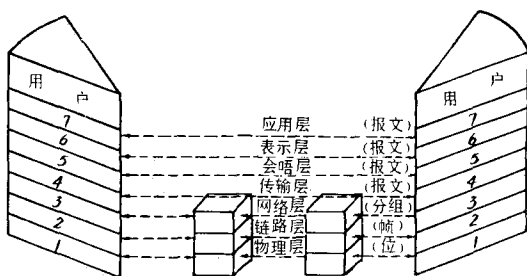


图 1—13 各层的关系

1. 物理层

物理层(图中的代号 1),是传送电信号的物理实体。设计本层的目的,是要确保二进制数字码“1”、“0”的正确传输。物理层协议主要规定了计算机或端机与通信设备之间接口的标准,包括插接线的方式和功能,电气特性,应答过程等。

2. 数据链路层

数据链路层(图中的代号 2)的任务主要是保证一段链路上数据帧的可靠传输。发送方把数据分组加上报头、报尾形成一个数据帧(Data frame)作为链路上的数据单元来传送。报头含有控制信息,报尾则装有循环冗余校验码,进行数据帧在传输过程中的差错校验,收端发现有错误时,给发送端发错误响应,发送端重发原数据帧。当因信道干扰或因其他原因发送端超时收不到接收端的响应(正确响应或错误响应)时,发送端也重发原数据帧。

链路层协议还负责链路上报文流量的控制,以免发送端与接收端接收能力不匹配。

3. 网络层

网络层(图中代号 3)的主要任务是保证报文分组从源结点到目的结点之间的正确传送。网络层关系到通信子网的运行控制,涉及到报文分组从源结点到目的结点的路径选择,网络中报文流量的控制,以免过多的报文量在网络中形成拥塞,乃至死锁。网络层协议主要是确定结点与通信子网接口的标准,以及路径选择及流量控制等问题。

4. 传送层

传送层(图中代号 4)的基本功能是从会话层接收数据,在必要时将它们划成较小的单元,传递给网络层,并确保到达对方的各段信息正确无误。而且这些任务能够高效率地完成。传送层使会话层不受网络层技术变化的影响,为双方主机间通信提供了透明的数据通道。

传送层也需有流量控制及差错控制机制。传送层协议的复杂程度与网络层的质量有关。OSI 对传送层提供了五类协议,以适应不同通信网络的情况。

5. 会话层

会话层(图中的代号 5)用来在双方的用户之间建立会话关系。会话服务之一是进行对话管理。会话层允许信息同时双向传输,或同一时刻只能单向传输。如果属于后者,类似单线铁路,会话层将记录当前哪一方该发送。

一种与会话控制有关的服务是令牌管理(Token Management)。只有持令牌的一方才可以执行某种关键操作。

另一种会话服务是同步。为了解决文件传送中途网络发生故障,而故障恢复后从头传送的问题,会话层提供了同步功能,即在数据流中插入检验点,每次网络故障恢复后,仅仅重传最后

一个检验点以后的数据。

6. 表示层

表示层(图中代号 6)的主要功能是为双方应用层提供相互通用的数据表示形式。表示层以下各层关心的是可靠传送数据的问题,而表示层关心的是所传送信息的语法及语义问题。在不同的机器上常用不同的代码来表示字符串(例如 ASC II 码, EBCDIC 码)、整数(例如二进制反码, 二进制补码)等,为了让采用不同表示法的计算机之间能够通信,交换中使用的数据结构可以用抽象的方式来定义。管理这些抽象数据结构,并把计算机内部的表示法转换为网络的标准表示法,这两项工作都由表示层来完成。

表示层还涉及到信息表示法的另外一些方面,例如数据压缩,保密码的加密及解密等问题。

7. 应用层

应用层(图中代号 7)提供了用户与网络服务之间的接口,包括大量人们普遍需要的协议。

例如,世界上有上百种不兼容的终端型式,假定网络上有很多不同型式的终端,各种终端的屏幕格式、插入、删除和光标移动的换码符等都不同,全屏幕编辑时的困难便是可想而知。解决这个问题的一种办法就是定义一个抽象网络虚终端,所有的编辑程序和其它程序都由虚终端处理。然后,再写一段软件,把网络虚终端的功能映射到实际的终端上去。比如,当编辑程序把虚终端上的光标移到屏幕的左角上时,该软件必须发出适当的命令,把实际终端的光标也移到同一位置。所有虚终端的软件都在应用层。

另一应用层功能是文件传输。不同的文件系统间传送文件所需要处理的各种不兼容的问题,也同样属于应用层的工作。此外还有电子邮件、远程任务录入、目录搜寻和其它通用和专用的功能。

上面的七层协议定义了同层对等实体间交换的数据帧、分组或报文的格式和意义的一组规则。除协议外,OSI 也定义了一组服务原语。这些原语供用户和其他实体进行服务访问。在 OSI 模型中服务原语可划分为如表 1—1 中所示的四类。这里用户是指相邻层的上一层即服务用户。服务是指相邻层的下一层,即服务提供者。

四类服务原语 表 1—1

原语	含义
Request	用户实体要求服务做某种工作
Indication	用户实体被告知某事件发生
Response	用户实体表示对某事件的响应
Confirm	用户实体收到关于它的请求的答复

原语 Request(请求),供服务用户用它促成某项工作。如建立连接,服务提供者执行这一请求后,将用原语 Indication(指示)通知接收端的用户实体。收到指示的用户实体使用原语 Response(响应),表示它对请求的反应。是否愿意接受建立连接,请求建立连接的一方可以通过接收原语 Confirm(证实)而获知对方的态度。

大多数原语都带有参数。“连接请求”原语的参数可能指明它要与哪台机器连接、需要的服务类别和拟在该连接上使用的最大报文长度。“连接指示”原语的参数可能包含请求者的标志、需要的服务类别和建议的最大报文长度。如果被呼叫的实体不同意请求者建议的最大报文长度,它可能在“响应”原语中提出不同的建议,通过“证实”原语告知原请求者。

服务分“有证实”和“无证实”两类。有证实服务包括请求、指示、响应和证实四个原语,如上面所示。无证实服务只有请求和指示两个原语。建立连接的服务属有证实服务,用“连接响应”作肯定证实,表示同意建立连接,用“断连请求”(DISCONNECT. request)作否定证实,表示拒