



郭贇生 邸瑞华 编著

计算机网络原理、 协议及应用

北京工业大学出版社

计算机网络原理、协议及应用

郭贇生 邸瑞华 编著

北京工业大学出版社

内 容 摘 要

本教材是为计算机应用专业及计算机软件专业的计算机网络课程编写的教材，适用于48~64学时的教学计划。全书共6章，第一章介绍计算机网络的组成和体系结构，开放系统OSI七层协议；第二章简要地介绍了数据通讯的基本设备和数据通讯技术，第三章介绍物理层协议；第四章内容为数据链路层协议；第五章是网络层协议；第六章讲解了局域网。本书是本着四个结合（系统理论与实际应用相结合，今后发展趋势与当前实际需要相结合，硬件与软件相结合，加强基础与面向应用相结合）的原则，对教材的内容作了较科学的安排。各学校可根据专业及学时要求，选用各章的内容；软件专业可不学第二章的内容。

计算机网络原理、协议及应用

郭寅生 邸瑞华 编著

*

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

北京通县燕山印刷厂印刷

*

1994年2月第1版 1994年2月第1次印刷

787×1092毫米 16开本 15.5印张 383千字

印数：1~1000册

ISBN7-5639-0225-2/T·31

定价：9.50元

(京)新登字212号

序 言

世界上许多国家已从落后的农业国步入先进的工业国。近年来越来越多的科技界人士认识到少数发达国家已进入了更为先进的信息社会。这些国家,在很大程度上是依赖知识和信息促进经济增长。计算机技术和数据通讯促进了信息革命的发展,是信息社会的重要组成部分。因此,计算机科学与数据通讯的结合产生了计算机通讯这一新兴学科,并对计算机自身体系结构产生了重大影响。

随着计算机通讯对社会影响的增长,“计算机网络”已成为几乎所有高等院校计算机专业的必修课程或选修课程。本书是为高等院校计算机专业编写的。全书由六章及两个附录组成:第一章概论;第二章基本数据通讯设备及通讯技术,附录2A调制解调器(Modem)和多路复用器(MUX)的应用,附录2B曼彻斯特编码与解码实验;第三章物理层协议;第四章数据链路层协议;第五章网络层协议;第六章局域网,附录6A局域网实例——Novell局域网。本教材适用于48~64学时的一学期教学;酌情筛选第一章和第四章内容,本教材也可作为非计算机专业网络课程的教材;本书还可作为计算机网络工作者的参考用书。

本书以世界标准化组织推荐的OSI参考模型七层协议为基础,全面、系统地阐述了数据通讯网络的协议层次概念、接口功能、典型网络协议功能、典型网络系统的设计和实现。本书强调协议层结构概念和协议的标准化,对于广泛应用的协议标准,如HDLC、X.25及IEEE802等标准协议进行了深入讨论。计算机通讯是计算机科学与数据通讯的产物,必要的数据通讯知识是计算机网络工作者所不可缺少的。为此,本书在第二章简单扼要地介绍了数据通讯的基本理论和重要的数据通讯技术。本书试图把抽象的通讯协议概念与实际应用结合起来。各章均有广泛应用的协议作为实例;本书最后一章以Novell公司的Netware系统作为综合举例,帮助读者理解抽象的层次概念和层间接口的实现,并详细介绍了局域网的规划和设计要点。

本书由郭宝生主编。第六章附录由邱瑞华编写,第二章附录A由徐任编写,第二章附录B由洪志奇编写,其余部分由郭宝生编写。海峰参加了4.1.5节的编写。本书是在北京工业大学计算机网络研究室的教学实践和科研基础上编写的。在此对网络研究室的全体合作者表示感谢,本书编写过程中得到鲁岩、王莹和李斌诸同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

作者

1993年7月

目 录

第一章 概论

1.1	数据通讯、计算机网络及计算机通讯	(1)
1.2	计算机网络的组成	(4)
1.3	计算机网络的体系结构	(7)
1.3.1	网络体系结构的层次和协议	(7)
1.3.2	虚拟通讯及实际信息流向	(9)
1.3.3	ISO/OSI参考模型	(11)
1.4	典型网络简介	(13)
1.4.1	ARP A 网	(13)
1.4.2	系统网络体系结构SNA (System Network Architecture)	(14)
1.4.3	公共网与X.25协议标准	(15)
1.4.4	DPA与UNIX网络系统	(16)
1.5	小结	(18)
	习题	(19)

第二章 基本数据通讯设备及通讯技术

2.1	基本数据通讯设备及通讯技术	(21)
2.1.1	通讯设备	(21)
2.1.2	常用通讯技术及术语	(23)
2.2	数据传输	(27)
2.2.1	信号的频率、频谱和带宽	(28)
2.2.1.1	时间范畴概念	(28)
2.2.1.2	频率范畴概念	(29)
2.2.2	传输系统带宽对传输性能的影响	(31)
2.2.3	信道容量	(34)
2.3	编码与调制	(36)
2.3.1	数字数据的数字信号传输	(36)
2.3.2	数字数据的模拟信号传输	(38)
2.3.2.1	幅移键控法	(38)
2.3.2.2	频移键控法	(39)
2.3.2.3	相移键控法	(40)

2.3.3 模拟数据的数字信号传输	(41)
2.3.3.1 PCM技术	(41)
2.3.3.2 DM调制	(42)
2.3.4 模拟数据的模拟信号传输	(43)
2.4 多路复用	(44)
2.4.1 频分多路复用(FDM)	(44)
2.4.2 时分多路复用(TDM)	(46)
2.5 同步及异步传输	(48)
2.5.1 异步传输	(49)
2.5.2 同步传输	(49)
2.6 小结	(50)
习题	(51)
附录2A 调制解调器和多路复用器的应用	(53)
2A.1 调制解调器	(53)
2A.2 多路复用器	(57)
2A.3 Modem、MUX的远程集中控制通讯管理系统	(60)
2A.4 Modem 和 MUX应用举例	(62)
附录2B 曼彻斯特编码与解码实验	(64)
2B.1 实验原理	(64)
2B.2 参考电路及思考	(64)
2B.3 实验内容及步骤	(65)
2B.4 实验设备	(66)
2B.5 集成芯片说明	(66)
2B.6 解码电路参考波形图	(69)

第三章 物量层

3.1 差错控制	(70)
3.1.1 差错控制方法	(71)
3.1.2 检错码	(71)
3.1.3 循环冗余码(CRC)	(72)
3.2 物理层接口	(75)
3.2.1 RS-232-C标准	(76)
3.2.2 RS-449/RS-422-A/RS-423-A标准	(80)
3.2.3 X.21数字接口标准	(82)
3.3 小结	(85)
习题	(85)

第四章 数据链路层

4.1 链路控制协议的功能及实现	(87)
------------------	------

4.1.1	链路结构及特性	(87)
4.1.2	对等结构点到点链路控制	(89)
4.1.3	主/次结构多点链路控制	(90)
4.1.4	基本数据传输功能	(91)
4.1.5	差错控制功能	(93)
4.2	停一等式ARQ协议的链路利用率	(95)
4.3	滑动窗口(SW)协议	(98)
4.3.1	滑动窗口协议的原理	(98)
4.3.2	滑动窗口协议的差错控制	(101)
4.3.2.1	后退N ARQ协议	(102)
4.3.2.2	选择重发ARQ协议	(102)
4.4	链路利用率	(103)
4.5	数据链路层举例	(106)
4.5.1	二进制同步通讯控制协议BSC	(106)
4.5.1.1	BSC帧格式	(107)
4.5.1.2	站间对话及链路管理	(108)
4.5.1.3	透明传输方式	(111)
4.5.2	数字数据通讯报文协议	(111)
4.5.3	面向位的链路层协议	(113)
4.5.3.1	HDLC的基本特性	(114)
4.5.3.2	HDLC帧格式	(115)
4.5.3.3	HDLC的控制字段及操作	(116)
4.6	小结	(120)
习题		(121)

第五章 网络层

5.1	交换技术(Switching Techniques)	(123)
5.1.1	线路交换	(123)
5.1.2	报文交换	(125)
5.1.3	包交换(分组交换)	(126)
5.1.4	专用交换机PBX	(128)
5.2	网络层提供的服务	(129)
5.3	通讯子网内部的工作模式	(133)
5.3.1	两种通讯模式在子网内部的实现	(134)
5.3.2	虚电路方式与数据报方式的比较	(136)
5.4	路由选择法	(136)
5.4.1	泛射式(Flooding)路由选择	(137)
5.4.2	随机(Random)路由选择	(138)

5.4.3 固定路由选择	(138)
5.4.4 集中式自适应路由选择	(138)
5.4.5 分布式路由选择	(139)
5.4.6 分级路由选择	(140)
5.5 拥塞	(142)
5.5.1 缓冲器预分配(预约)法	(142)
5.5.2 包丢弃法	(143)
5.5.3 许可证控制法	(143)
5.5.4 死锁	(144)
5.6 网络层举例	(145)
5.6.1 x.25中的网络层	(146)
5.7 小结	(152)
习题	(152)

第六章 局域网

6.1 局域网的特点及应用	(154)
6.1.1 局域网特点	(154)
6.1.2 局域网的应用	(155)
6.2 局域网的拓扑结构	(156)
6.3 信道访问技术	(157)
6.4 局域网协议标准	(159)
6.4.1 IEEE 802 标准	(160)
6.4.2 IEEE 802 LLC 帧格式	(160)
6.5 随机介质访问控制	(162)
6.5.1 ALOHA 协议	(162)
6.5.2 载波侦听多点访问协议(CSMA)	(163)
6.5.3 载波侦听多点访问/冲突检测协议	(164)
6.5.4 IEEE 802.3标准及以太网	(167)
6.5.4.1 IEEE 802.3标准的帧格式	(167)
6.5.4.2 以太网的体系结构	(168)
6.6 IEEE 802.5标准与环网	(172)
6.6.1 标记环网工作原理	(172)
6.6.2 标记环网帧格式	(175)
6.6.3 标记的维护	(176)
6.6.4 分槽环	(177)
6.6.5 寄存器插入环	(177)
6.7 IEEE 802.4标准及标记总线网	(179)
6.7.1 标记总线网帧格式	(180)
6.7.2 标记的维护	(180)

6.8 光纤分布式数据接口	(181)
6.8.1 光导纤维	(182)
6.8.2 FDDI	(183)
6.8.3 FDDI标记环网协议	(184)
6.9 局域网典型系统举例	(186)
6.9.1 用户—服务器模式	(186)
6.9.2 局域网网络操作系统	(187)
6.9.3 3+网络系统	(188)
6.9.3.1 3+网络体系结构	(188)
6.9.3.2 3+网络操作系统结构	(193)
6.9.4 Netware网络操作系统	(194)
6.9.4.1 Netware的网络体系结构	(195)
6.9.4.2 Netware网络操作系统结构	(199)
6.10 小结	(200)
习题	(201)
附录6A 局网实例——Novell局域网	(202)
6A.1 Novell网络的构成	(202)
6A.2 Novell网间互连技术	(211)

第一章 概 论

1.1 数据通讯、计算机网络及计算机通讯

计算机通讯是由计算机科学与数据通讯相结合而产生的一门新兴学科。这一新兴学科三十多年的飞速发展,对计算机系统的组成产生了巨大的影响。数据通讯与计算机科学这两门学科的发展是密切相关的。计算机系统从早期的批处理系统发展到今天的多用户系统、交互式系统、多处理机系统和分布式系统,若没有数据通讯技术相应的发展,是不可能实现的。而计算机科学的发展又对数据通讯不断提出新的要求,促进了它的发展。

数据通讯

数据通讯的主要目的是交换信息。根据国际标准化组织ISO*的定义,信息是人们通过施加于数据的一些规定而赋予数据的特定含义。对于数据可以进行定义、进行描述。译出数据的含义就得到了信息。因此,信息是由数据来表示的。数据的种类很多,例如用字母和数字表示的字母数据(Alphanumeric data)、用数字表示的数字数据(Digital data)以及由连续变化的物理量表示的模拟数据(Analog data)等。数据通讯由数据发送、数据传输和数据接收三个过程完成。图1.1为一个简化的通讯框图。通讯系统由源端系统、传输介质系统和终端系统组成。源端系统由输入设备和发送器组成。终端系统由接收器和输出设备组成。信息 m 通过输入设备表示为相应的数据 g 。数据从源端向终端的传递是借助于信号的传输而实现的。信号通常是随时间变化的物理量。数据通讯中常用的信号是随时间变化的电信号和光信号。发送器把数据转换为待发送信号 $s(t)$ 。 $s(t)$ 必须满足不同介质系统对传输信号的要求。

信号通过传输介质进行传输。在终端系统接收到的信号为 $r(t)$ 。由于传输过程信号的衰减和失真, $r(t)$ 不能完全重现 $s(t)$ 。接收器把 $r(t)$ 转换为适合于输出的数据 g' 。 g' 应非常接近于 g 。输出系统把 g' 转换为信息 m' 。 m' 最终被终端系统接收。下面通过具体的例子来进行解释。

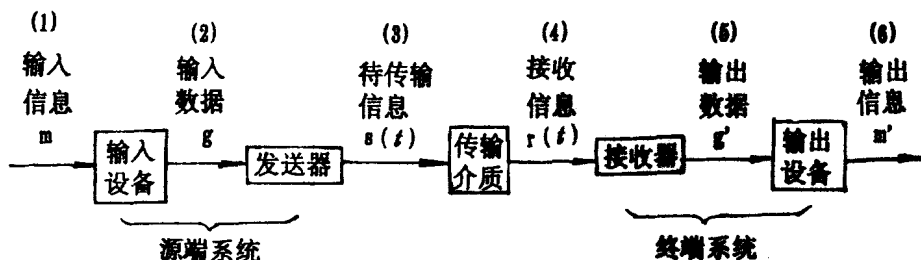
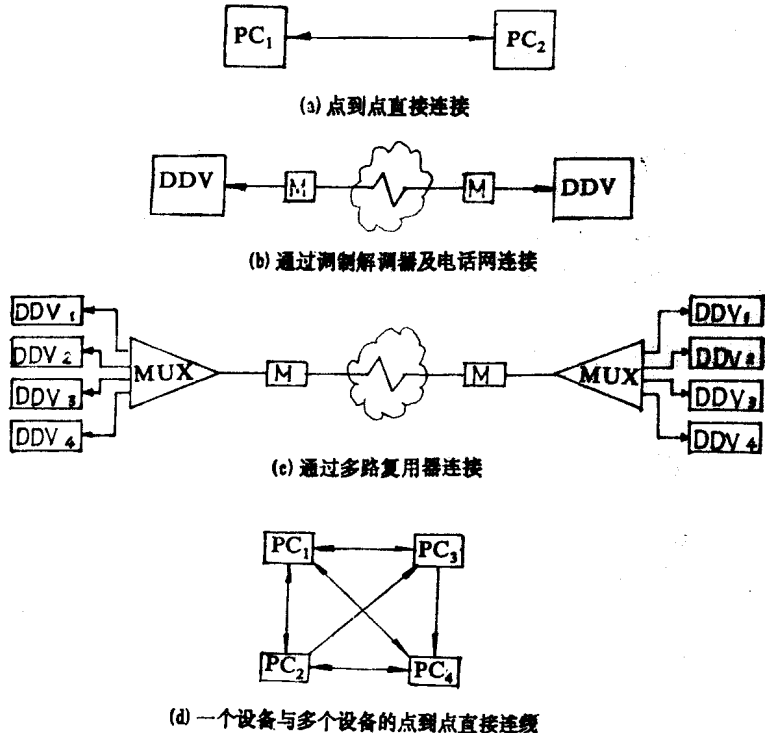


图1.1 简化的通讯框图

* International Standard Organization的缩写

以电子邮件为例，假定通过电子邮件系统传送一个会议通知，通知内容为“××会议定于×月×日×时召开”。设发送和接收的系统皆为微型机。此时输入设备为键盘，输出设备为显示器。对接收和发送设备的要求，随传输介质系统不同而变化。最简单的情况是通过异步通讯口，用专线直接连接两台微机。此时的发送和接收功能由串行接口板和相应的软件完成。源端微型机用户启动电子邮件软件包，通过键盘输入要发送的信息 m ——一组字符串。这些字符以二进制数据的形式暂存在微型机中。按照异步通讯规程，源端微机通过串行接口发送一组电压信号 $s(t)$ 。通过介质系统的传输，终端系统的接收器把接收到的信号 $r(t)$ 还原为数据 g' 。输出设备把 g' 转换为字符串 m' 。并在显示屏幕显示或在打印机上输出。在这个例子中，输入设备、发送器、接收器和输出设备都是微机系统的部件。

在上面的例子中，设两台微机直接用专用导线连接，如图1.2(a)所示。假如两个设备相距很远，传输介质就不可能采用专用线，而必须借助于公用电话系统。多数电话系统传输模拟信号，而数据通讯设备（如计算机）的输入和输出皆为数字信号。因此在数据通讯设备DDV和传输介质之间要加上调制解调器。在发送端把数字信号调制为模拟信号，而在接收端把模拟信号解调为数字信号。调制解调器简称为Modem，在图1.2(b)中用符号M表示。在不少场合，不只是一对设备之间要进行点到点的通讯，而是多对设备之间要进行点到点的通讯。为了节省通讯线路，多对设备可公用一对电话线。为此要在数据通讯设备与传输介质之间加入一个多路复用器（Multiplexer）。在图1.2(c)中用符号MUX表示。当一个设备要与多个设备通讯，仍可以采用这种点到点直接连接的方式，如图1.2(d)所示。在图1.2(d)中，为了实现四台PC微机之间的相互通讯，必须提供六对直接相连的线路，一般不采用这种直接连接的方式。



DDV: 数据通讯设备, M: 调制解调器, MUX: 多路复用器, PC: 微型机
图1.2 数据通讯设备的点到点连接

因为当一个设备要与多个设备通讯，而每对要进行通讯的设备之间都用专线直接相连，所需通讯线路的费用较高。特别是在通讯距离较远时费用就更可观了。因此，一般不采用图1.2

(d)那种在设备之间提供点到点直接连接的方法进行通讯，而是借助于通讯网络来实现设备之间的通讯。

通讯网

通讯网与通讯设备之间的关系如图1.3所示。在这里，设备指主机（或工作站）、终端或打印机。每个设备通过一个通讯接口设备连接到通讯网。通常把通讯接口设备称为网络节点，或简称为节点。

通讯网由传输介质和节点构成。节点也称为交换元件或交换设备。通讯网的主要功能是以规定的交换方式，通过中间节点的交换作用把信息从源端节点传输到终端节点。常用的交换方式有线路交换和包交换两种方式。

网络节点间的连接方式有多种方式，如星形、环形等。节点的连接方式称为拓扑结构。有关内容在1.2节中介绍。

由此可见，数据的传递可以通过直接相连的传输线，也可以借助于由通讯网为源端节点和终端节点之间提供的数据通路。因此通讯网的主要功能是实现节点之间的通讯。

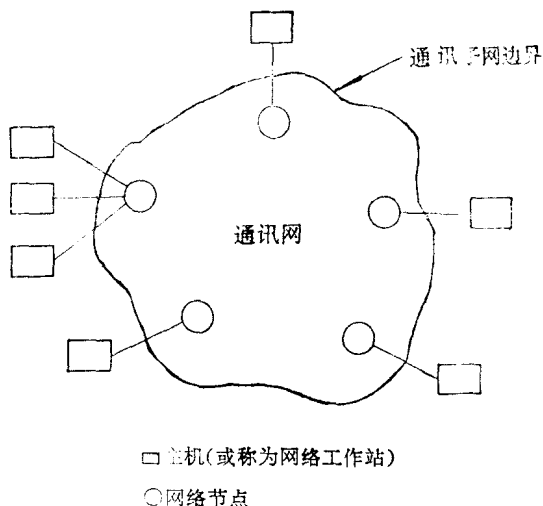


图1.3 通过通讯网实现设备间的互连

计算机网络

近代大规模集成电路的迅速发展推动了计算机工业的发展。超大规模集成电路芯片的集成度以惊人的速度不断提高，而其性能价格比以同样惊人的速度不断增加。这就大大促进了小型机和微型机的发展。微型机已经遍布社会的各个部门，甚至已进入了部分家庭。那种由一台大型机向所有用户提供服务的旧模式，已被若干台独立运行而又互连的计算机构成的系统所取代。人们把“若干台独立运行而又互连的计算机所构成的系统”称为“计算机网络”。这是一个为多数人所接受的简单定义。

计算机连网的目的是什么呢？

(1) 资源共享。计算机网络中的所有机器的用户可以共享网中的主机、软件、信息及外部设备等资源。

(2) 提高可靠性。由于可以用多台机器代替一台大型机，这就不会由于一台机器失灵而导致整个系统的瘫痪。

(3) 提高性能价格比。多台微小型机连网所需的花费比一台大型机要低。特别是当前软件版本更新的周期缩短，小型机更新软件的代价要比大型机低得多。

(4) 方便用户。由于实现远距离通讯，用户通过终端可以得到各种远程服务，如情报检索、电子邮件、订票、购物等。

(5) 系统结构灵活, 便于改动及扩展。

在上面的定义中, 互连的 (interconnected) 含义并不意味着硬导线的连接, 而是泛指可以实现信息交换功能的方式, 这种方式可以是“卫星通讯”、“微波通讯”方式, 也可以是光纤互连以及真正的硬导线连接方式。计算机网络的主要功能是实现计算机与计算机之间的通讯。若要在计算机之间交换信息, 除了必须选用上述几种方式之一提供数据通路之外, 至少还必须提供其它功能, 以传送文件为例:

(1) 源端系统必须初始化和启动数据通路, 数据通路可以是图1.2所示的直接连接的数据通路, 也可以是图1.3所示的经过通讯网交换的数据通路。

(2) 源端系统的文件发送软件必须知道终端系统上的文件管理软件准备接收文件并能存储接收到的文件。

(3) 如果源端系统和终端系统的文件格式不一致, 这两个系统中必须有一方提供格式转换的功能。

由此可见, 在计算机主机之间进行信息交换需要级别更高的协调。计算机之间的信息交换通常称为计算机通讯。前面提到的通讯网的主要功能是实现节点之间的通讯; 而计算机之间的通讯必须由计算机网络来实现。从组成上看, 计算机网络由主机 (或工作站) 与通讯网构成。(习惯上把通讯网称为“通讯子网”), 计算机网络的任务是把信息从源端主机传送到终端主机。这就要求主机之间有相应的通讯约定或规则, 这些约定的集合就是人们常说的通讯协议。

综上所述, 通讯网由一组以一定方式连接的节点和传输介质组成, 主要处理节点之间的通讯。计算机网络由主机与通讯网组成, 处理主机之间的通讯。这些主机应是独立运行的 (stand-alone) 机器。

1.2 计算机网络的组成

在上一节中已讲到, 计算机网络由主机和通讯子网组成。通讯子网由网络节点和传输介质组成。根据子网的结构及所采用的数据传输技术, 通讯子网可分为交换通讯网 (Switched communication networks) 和广播式通讯网 (Broadcast communication networks) 两大类。

在交换通讯网中, 不共有一条传输线的两个节点之间不能直接进行通讯, 只能经过中间节点进行间接通讯。例如在图1.4中, 主机 H_1 与主机 H_2 之间的通讯, 只有经过中间节点 N_1 或 N_7 的交换才能把信息从源端节点 N_1 传输到终端节点 N_2 去。最常用的交换技术为包交换和线路交换, 包交换网 (Packet-switched networks) 有时也称为分组交换网, 当每一个包 (packet, 也称为报文分组) 通过一个或多个中间节点从源端节点向终端节点传输时, 中间节点把接收到的包存贮起来, 在适当的时候再向下一个节点转发该包, 一直传输到终端节点为止。因此这种交换网也称为“存贮转发网” (Store and forward Network)。采用线路交换技术的交换网叫做“线路交换网” (Circuit-switched network)。在线路交换网络中, 必须在通讯的源端和终端主机之间建立一条专用的通讯通路。这条通路是由通讯网中若干节点之间的物理链路 (physical link) 连接而成的。电话系统是最典型的例子。在交换网中, 不管采用什么交换技术, 网络节点具有两个主要功能, 第一个功能是作为主机与通讯网的接口;

第二个功能是可以作为交换元件。

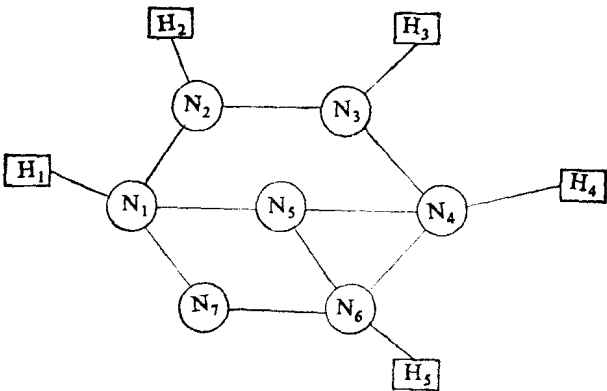


图1.4 交换通讯网

网络的拓扑结构是交换网中的一个重要设计课题。所谓拓扑结构是指通讯网中节点之间的连接方式。图1.5为交换网中常用的几种拓扑结构。

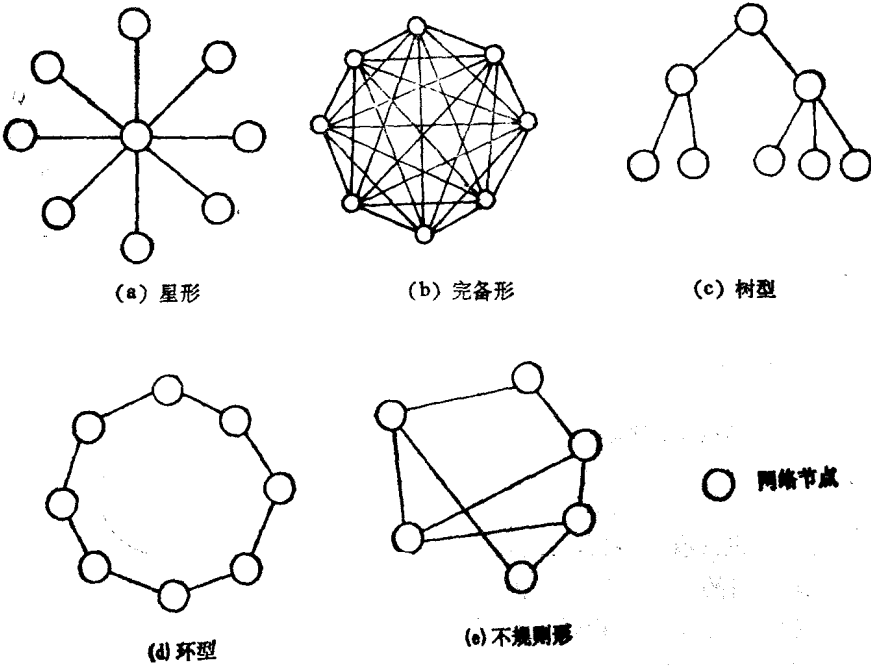


图1.5 交换通讯网的拓扑结构

在星形拓扑结构中，每一个节点都通过点到点的链路连接到一个公共的中央节点上。任何一对节点之间的通讯都必须通过中央节点的交换才能实现。星形拓扑结构属于集中式结构。因而它的可靠性较低，因为一旦中央节点失效，整个通讯网就将处于瘫痪状态。中央节点不但要提供足够数量的通讯端口 (Port)，而且必须建立一定数量的并发数据通路 (Concurrent data path)，因此中央节点往往是相当复杂的。通常要求由单处理机或多处理机系统

来实现。环形 (Loop) 拓扑结构是由节点连接形成的一个闭合回路。每一个节点有两条链路与相邻的两个节点连接。数据可以沿环单向传输,也可沿环向两个方向传输。前者称为单向环,后者称为双向环。环形拓扑结构的优点是便于增加新节点。其缺点是可靠性差,一个节点失效将影响整个网络。在完备形 (complete) 拓扑结构中,任何两个节点之间都有传输线连接。这种结构可靠性很高,每一对节点之间都有冗余通路。它的缺点是费用高,在一个由 N 个节点组成的通讯网中,共需 $N(N-1)$ 条链路,每一个节点需要 $N-1$ 个通讯端口。完备形拓扑结构也称为网状 (mesh) 结构。

第二类通讯网是广播式通讯网。在广播式通讯网中,所有节点共享传输介质,任何一个节点发送到网上的信息,可为网中所有其它节点接收。因此,每一个节点可以接收来自网中任何一个节点发送的信息。在广播式通讯网中,信息从源端节点向终端节点的传输过程中,不需要中间节点进行交换。换言之,广播网中节点的基本作用是作为工作站与通讯网的接口。而在交换网中,交换功能是节点的基本功能之一。图1.6给出了广播式通讯网中常见的拓扑结构。

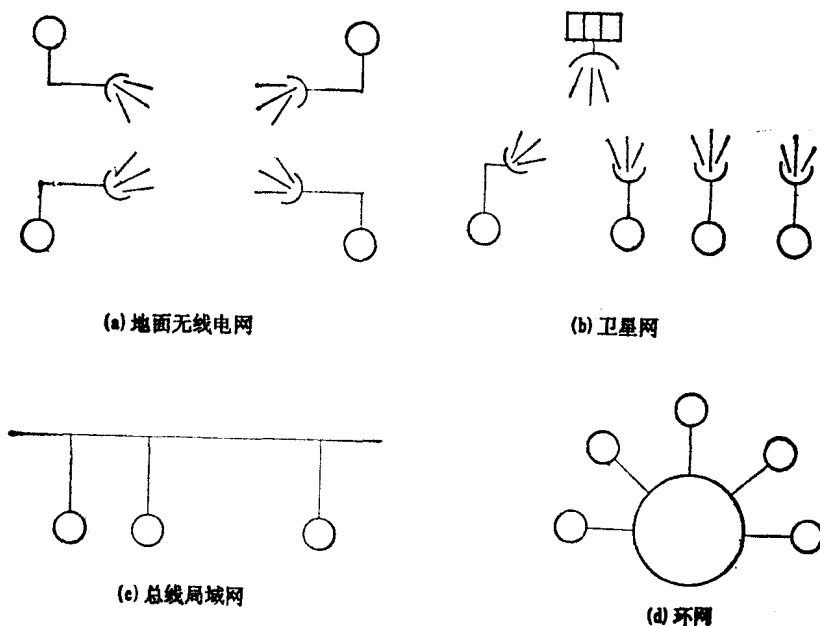


图1.6 广播式通讯网的拓扑结构

常用的广播式通讯网有局域网、卫星网以及地面无线电网络。总线 (BUS) 网和环 (RING) 网是最常用的局域网拓扑结构。在总线网中,所有的工作站都通过网络接口连接到一条称为总线的公共的导线或电缆上,任何一个站发送的信息都可沿总线向两个方向传送,并可为总线上所有其它的站所接收。环网由一个闭合的回路构成。每一个工作站通过一个接口设备连接到环上。任何一个站发送的信息都沿环传输,信息在经过其它各个接口设备时可为对应的工作站接收。总线网和环网的详细内容将在后续章节讲述。

1.3 计算机网络的体系结构

大规模集成电路的迅猛发展大大推动了微小型机的发展，它们在许多场合取代了单台的大中型机。这就对计算机系统的体系结构产生了很大影响。在六十年代初期，计算机设计人员开始提出“计算机系统结构 (Computer architecture)”的概念，随着计算机技术的不断发展，近年来对体系结构的理解，主要指计算机系统（包括软件和硬件）的逻辑结构和功能分配及其实现方法。包括指令格式和寻址方式；数据的结构和形成过程；中央处理机的结构；存储系统的管理功能；主机与外部设备的联接方式；硬件和软件功能的分工配合以及系统的扩充性和兼容性等等。计算机网络的发展使得设计者不仅要考虑单机系统的体系结构，还必须考虑计算机网络系统的体系结构。计算机网络系统是一种新型的计算机系统。计算机网络的体系结构与一般的计算机系统的结构有很大的差别。计算机网络体系结构的核心问题是管理和实现不同计算机系统之间的通讯。

1.3.1 网络体系结构的层次和协议

计算机之间的通讯是在不同系统上的实体 (Entity) 之间进行的。此处的实体是泛指任何可以发送或接收信息的软件或设备，例如终端、应用程序、文件传送软件包、数据库管理系统、电子邮件系统等。而此处的系统指计算机、终端、远程传感器等具有一个以上实体的物理设备。

为了能在两个实体之间正确地进行通讯，通讯双方必须遵守共同一致的规则和约定，例如通讯过程的同步方式、差错处理方式、数据格式、编码方式等等，否则通讯就将成为不可能或毫无意义。这些规则的集合就称为协议或规程 (Protocol)。这些通讯协议是相当复杂的。因为这些计算机系统分散在不同的地点，往往由不同的厂家所制造，各个厂家很可能各自定义了各不相同的通讯协议，因而不同的计算机系统上两个实体之间的通讯过程相当复杂，用一个单一的协议来处理这一过程是很困难的。把一个复杂的大任务分解为若干个较为简单的小任务来实现，往往是简化系统设计的一个有效方法。与其它复杂的计算机系统一样，计算机网络系统的设计采用结构化的设计方法。把计算机网络系统的功能分解为多个子功能。通常把计算机网络系统划分为若干层，每层实现部分功能。这种分层实现的方法降低了设计的复杂程度。图1.7是一个七层的结构模型。

分层概念是计算机网络系统的一个重要概念。由于通讯功能是分层实现的，因而进行通讯的两个系统就必须具有相同的层次结构，如图1.7所示的那样。两个不同系统上的相同层称为同级层 (Peer layers)。通讯在同级层之间进行。双方实现第N层功能所遵守的共同规则，称为第N层协议。由于每一层都有一个或多个实体，通讯是在相关的两个实体之间进行的。一个系统中第N层的一个实体，通过第N层协议与另一系统第N层的一个实体进行通讯，这两个实体就称为同级实体 (Peer entities) 或同级进程 (Peer processes)。计算机网络系统中的所有层次和对应的协议组合在一起，称为计算机网络的体系结构 (Network architectures)。

层间接口 (Interface) 是另一个重要的概念。任何一个结构化系统的设计，在划分模块的同时，必须规定每个模块与系统中其它模块的接口关系。同样，在设计计算机网络系统

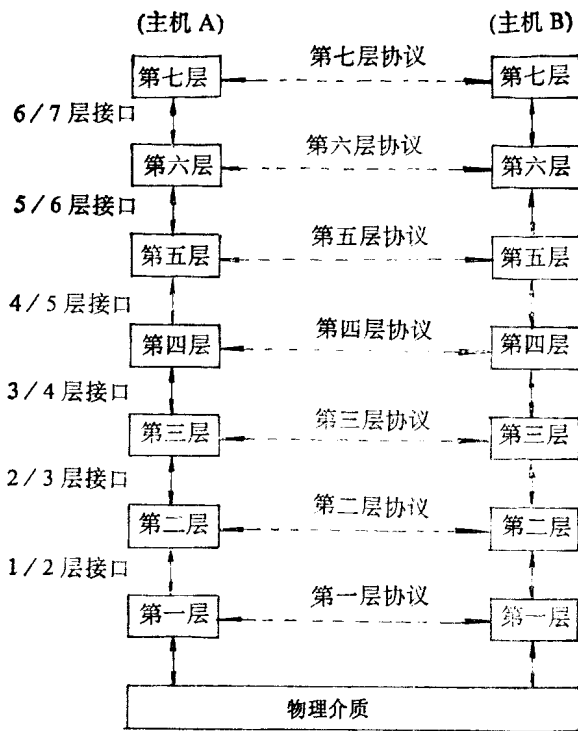


图1.7 网络层次、协议与接口

的过程中，在分层的同时就必须准确定义同一系统中相邻层之间的接口关系。

由上所述，协议是不同系统上级层实体间通讯的规则。但除物理层之外，同级层之间并不能直接进行通讯。数据从一个系统向另一个系统的传输，不是通过同级层进行的，而是在同一系统上通过相邻层之间的接口实现的。如图1.8所示，低层（ $N-1$ 层）的实体通过服务访问点SAP（service access point）向 N 层提供服务。每一个SAP都有一个唯一确定的地址标识符。正如在电话系统中，SAP地址相当于每台电话机的号码，而SAP相当于电话机与

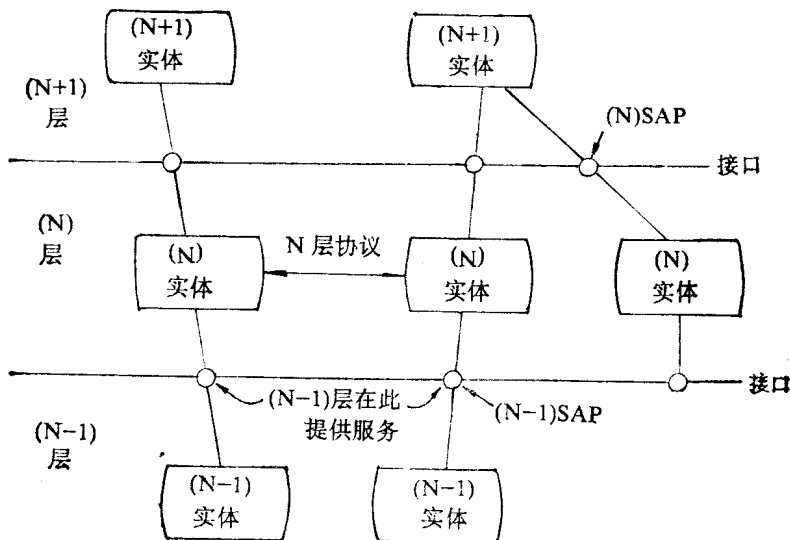


图1.8 通过SAP提供的层间服务