



北京希望电脑公司计算机技术丛书

计算机网络TCP/IP的设计与标准

共二册

1



海洋出版社

计 算 机 网 络 TCP/IP 的 设 计 与 标 准

第一部分 计算机网络TCP/IP 的设计

俞时权 杨 明 主编

白英彩 主审

海 洋 出 版 社

1993年·北京

内 容 简 介

本书以CONTEC的TCP/IP软件包为蓝本,详细介绍了CONTEC TCP/IP 软件包协议内核的设计思想及实现策略,使读者能对DOS环境下TCP/IP 协议的实现有一个较为全面的了解。

本书包括二部分组成:第一部分介绍CONTEC - TCP/IP协议的设计和实现,第二部分介绍有关网络标准。

需要本书的读者,请直接与北京8721信箱联系,邮码 100080 电话 2562329

(京)新登字087号

计算机网络TCP/IP的设计与标准

俞时权 杨明 主编

白英彩 主审

海洋出版社出版发行(北京复兴门外大街1号)

常熟市教育印刷二厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 41.25 字数: 986千字

1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷

印数: 1—5000

ISBN7-5027-3887-3/TP·242 定价: 49.00元/套

代 序

TCP/IP协议,它实际上是一个协议系列或称协议套。在TCP/IP协议套中迄今已发展到十多个协议,其中最重要的两个协议是“传输控制协议”TCP(Transmission Control Protocol)和网际互连协议IP(Internet Protocol),用这两个协议的名称组合TCP/IP来代表整个协议套。

在TCP/IP协议套中还包括地址转换协议ARP(Address Resolution Protocol)、网际控制报文协议ICMP(Internet Control Message Protocol)、用户数据报协议UDP(User Datagram Protocol)、网间连接器协议GGP(Gateway-Gateway Protocol)和外部网间连接器协议EGP(Exterior Gateway Protocol)、远程终端协议TELENET、文件传送协议FTP(File Transfer Protocol)和一般文件传送协议TFTP(Trivial File Transfer Protocol)、简单邮件传送协议SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)和名字服务协议NSP(Name Server Protocol)等协议。

TCP/IP仍处于不断发展之中,有一个称为“互连网络工作委员会IAB(Internet Activities Board)”的国际组织,它旨在促进TCP/IP更加臻于完善,在IAB下设十多个分组,其中的“网络信息中心组(Network Information Centre)经常发布有系列编号的技术报告,称作RFC(Request For Comments),RFC的内容包括文本、标准、实现技术、设计思想等等,迄今为止,已公开发表的RFC报告的编号逾千。可见TCP/IP发展之迅猛。深入理解RFC报告十分重要,这对我们应用和实现TCP/IP是有很意义的。书中附有这方面内容,希望对广大技术人员有所帮助。

大家知道,计算机网络是电子计算机及其应用技术与通信技术日益密切结合的产物,网络化是计算机技术90年代发展的重要趋势。显然,在一个计算机网络中不能只局限同一种机型的互连。TCP/IP是解决异种机连网和异网互连的重要手段。因此,人们对于TCP/IP的需求也日益强烈。

TCP/IP是随网络技术的发展而发展的。最初,网络是美国国防部于70年代提出的重大决策之一,并决定用TCP/IP协议套实现异网互连,达到数据通讯和资源共享的目标。其主要机理是,通过网间连接器(Gateway)、桥(Bridge)、路由器(Router)等设备将各种不同的网络连接起来,在各个网络的低层协议之上构造一个虚拟的大网,从用户的角度看,所有的主机都被连接到这个虚拟的大网中,用户与其他网上的主机通信就犹如与本网的主机通信一样方便。果然,TCP/IP实现了上述目标。

90年代,计算机网络将会有新发展,对TCP/IP的需求也日益加甚!

据称,1978年全世界约有700人每天使用计算机,十年后的1988年,上升到5000万人。目前,世界上计算机拥有量已超过1亿台,每天使用计算机的人数已达2亿以上。计算机的应用已渗透到国民经济的各个领域和部门,普及到家庭和个人,社会信息数据正以40%—45%的年增长率在增加,这一形势就要求计算机不断扩大网络化,把不断涌现出的各种新式个人计算机、便携式计算机都连接到网络之中。而且,网络传输的内容,也从单纯传输数据发展到传输声音,图形和图像等多种信息。要适应这种局面,一定要广泛地应用TCP/IP技术。这也是本书作者的出发点。书中内容,俾供广大读者参考。

目 录

第一章 绪论

1.1 TCP/IP协议的起源与发展	(1)
1.2 TCP/IP的体系结构与特点	(4)
1.3 PC与TCP/IP	(7)
1.3.1 PC TCP/IP综述	(7)
1.3.2 PC TCP/IP举例	(8)
1.4 TCP/IP软件的总体构成	(13)

第二章 UTILITY 模块的设计和实现

2.1 综述	(15)
2.1.1 CONTEC TCP/IP软件的开发环境	(15)
2.1.2 UTILITY模块的功能描述	(16)
2.1.3 UTILITY模块的总体结构	(16)
2.2 EMS的管理及EMS的页面调度策略	(16)
2.2.1 EMS中数据缓冲区的管理	(16)
2.2.2 EMS中的程序管理	(20)
2.2.3 EMS PAGE FRAME的管理	(20)
2.2.4 EMS在PAGE FRAME中的调度策略	(21)
2.2.5 设备驱动程序在EMS环境下的设计要求	(22)
2.3 UTILITY模块中用到的结构和常量定义	(23)
2.4 UTILITY模块中用到的变量定义	(23)
2.5 UTILITY模块的程序实现	(24)
2.5.1 UTIL_INIT模块	(24)
2.5.2 IOCTL模块	(25)
2.5.3 IOCTL_PROCESS (PROC FAR)	(26)
2.5.4 TIME_CONTROLLER	(26)
2.5.5 CALLMNG (PROC FAR)	(27)
2.5.6 GET_MBLK (PROC FAR)	(29)
2.5.7 PUT_MBLK (PROC FAR)	(32)
2.5.8 LOG_TO_PHY_ADDR (PROC FAR)	(33)
2.5.9 ENQUEUE (PROC FAR)	(34)
2.5.10 DEQUEUE (PROC FAR)	(34)
2.5.11 MAP_IN (PROC FAR)	(35)
2.5.12 SAVE_PAGE_FRAME_INFO (PROC FAR)	(37)

2.5.13	RESTORE_PAGE_FRAME_INFO (PROC FAR)	(38)
2.5.14	DATA_PAGE_RELEASE (PROC FAR)	(39)
2.5.15	DUPLICATE_PACKAGE (PROC FAR)	(39)
2.5.16	INSTALL_TIMER (PROC FAR)	(40)
2.5.17	MEM_ALLOC (PROC FAR)	(41)

第三章 CNETBIOS模块的设计和实现

3.1	综述	(43)
3.1.1	CNETBIOS模块的功能描述	(43)
3.1.2	CNETBIOS的总体结构	(43)
3.2	TCP/IP软件的用户界面——CNETBIOS规范	(43)
3.2.1	网络名(主机名)	(44)
3.2.2	网络通信步骤	(44)
3.2.3	CNETBIOS的使用	(44)
3.2.4	会话控制块(SCB)	(44)
3.2.5	主机地址格式的说明	(49)
3.2.6	CNETBIOS命令顺序示意图	(49)
3.2.7	CNETBIOS命令一览表	(51)
3.2.8	CNETBIOS接口界面的补充	(52)
3.2.9	CNETBIOS命令(与NETBIOS相似的命令)	(52)
3.3	CNETBIOS模块中用到的结构和常量定义	(73)
3.4	CNETBIOS模块中用到的变量定义	(74)
3.5	CNETBIOS模块的程序实现	(75)
3.5.1	CNETBIOS_INIT模块	(75)
3.5.2	IOCTL模块	(76)
3.5.3	IOCTL_PROCESS (PROC FAR)	(76)
3.5.4	INT 5CH模块	(77)
3.5.5	INT 5CH的总处理模块INT 5CH_PROCESS (PROC FAR)	(78)
3.5.6	CB_INPUT (PROC FAR)	(79)

第四章 IP模块的设计和实现

4.1	综述	(81)
4.1.1	IP模块的功能描述	(81)
4.1.2	IP模块的总体结构	(82)
4.2	网际协议IP	(82)
4.2.1	IP与上层协议的连接	(82)
4.2.2	IP与互连网域下层子网协议的连接	(83)
4.2.3	IP的报文格式	(84)
4.2.4	IP的分段和重装算法	(86)
4.2.5	IP的路由	(90)

4.2.6 IP的选项	(93)
4.3 IP模块中用到的结构和常量定义	(98)
4.4 IP模块中用到的变量定义	(100)
4.5 IP模块的程序实现	(101)
4.5.1 IP_INIT模块 (PROC NEAR)	(101)
4.5.2 IP_IOCTL模块 (PROC FAR)	(103)
4.5.3 IP_TIMER模块 (PROC FAR)	(107)
4.5.4 IP_INPUT模块 (PROC FAR)	(108)
4.5.5 IP_DOOPTIONS模块 (PROC NEAR)	(111)
4.5.6 IP_FORWARD模块 (PROC NEAR)	(111)
4.5.7 IP_REASS模块 (PROC NEAR)	(112)
4.5.8 IP_OUTPUT模块 (PROC FAR)	(114)
4.5.9 IP_CHKSUM模块 (PROC NEAR)	(117)
4.5.10 IP_UTIL模块 (PROC FAR)	(117)

第五章 TCP模块的设计和实现

5.1 综述	(123)
5.1.1 TCP模块的功能描述	(123)
5.1.2 TCP模块的总体结构	(124)
5.2 运输控制协议TCP	(124)
5.2.1 TCP的报文格式	(124)
5.2.2 TCP协议的状态转换图	(126)
5.2.3 TCP模块的协议控制块	(129)
5.2.4 TCP的协议机制及实现策略	(133)
5.3 TCP模块中用到的结构和常量定义	(144)
5.4 TCP模块中用到的变量定义	(145)
5.5 TCP模块的程序实现	(147)
5.5.1 TCP_INIT函数模块 (PROC NEAR)	(147)
5.5.2 TCP_USRREQ函数模块 (PROC FAR)	(148)
5.5.3 TCP_INPUT函数模块 (PROC FAR)	(154)
5.5.4 TCP_OUTPUT函数模块 (PROC NEAR)	(155)
5.5.5 TCP_TIMER函数模块 (PROC FAR)	(160)
5.5.6 TCP_CTLINPUT函数模块 (PROC FAR)	(163)
5.5.7 TCP_IOCTL函数模块 (PROC FAR)	(165)
5.5.8 TCP_REORDER函数模块 (PROC NEAR)	(165)
5.5.9 IN_CHKSUM函数模块 (PROC NEAR)	(167)
5.5.10 TCP_OPTIONS函数模块 (PROC NEAR)	(168)
5.5.11 TCB_INIT函数模块 (PROC NEAR)	(168)
5.5.12 POST_PROCESS函数模块 (PROC NEAR)	(169)

第六章 UDP模块的设计和实现

6.1 综述	(188)
6.1.1 UDP模块的功能描述	(188)
6.1.2 UDP模块的总体结构	(188)
6.2 用户数据报协议UDP	(188)
6.2.1 UDP的报文格式	(189)
6.2.2 UDP模块的协议控制块	(189)
6.3 UDP模块中用到的结构和常量定义	(190)
6.4 UDP模块中用到的变量定义	(191)
6.5 UDP模块的程序实现	(192)
6.5.1 UDP_INIT模块 (FAR)	(192)
6.5.2 UDP_INPUT (FAR)	(193)
6.5.3 UDP_CTLINPUT (FAR)	(195)
6.5.4 UDP_ABORT (NEAR)	(197)
6.5.5 UDP_USRREQ (FAR)	(198)
6.5.6 UDP_IOCTL (FAR)	(205)

第七章 ICMP模块设计和实现

7.1 综述	(206)
7.1.1 ICMP模块的功能描述	(206)
7.1.2 ICMP模块的总体结构	(206)
7.2 网际控制报文协议ICMP	(207)
7.2.1 ICMP的报文格式	(207)
7.3 ICMP模块中用到的结构和常量定义	(212)
7.4 ICMP模块用到的变量定义	(213)
7.5 ICMP模块的程序实现	(214)
7.5.1 ICMP_INIT模块 (FAR)	(214)
7.5.2 ICMP_IOCTL模块 (FAR)	(214)
7.5.3 ICMP_ERROR模块 (FAR)	(216)
7.5.4 ICMP_MANAGER模块 (NEAR)	(217)
7.5.5 ICMP_INPUT模块 (FAR)	(217)

第八章 网卡驱动程序模块的设计和实现

8.1 综述	(220)
8.1.1 DRIVER模块的功能描述	(220)
8.1.2 DRIVER模块的总体结构	(220)
8.2 地址分辨协议ARP	(221)
8.2.1 ARP的报文格式	(221)
8.2.2 ARP报文的产生	(223)

8.2.3 ARP报文的接收	(223)
8.3 DRIVER模块中用到的结构和常量定义	(224)
8.4 DRIVER模块中用到的变量定义	(225)
8.5 DRIVER模块中的程序实现	(227)
8.5.1 DRIVER_INIT模块(NEAR)	(227)
8.5.2 DRIVER_INTR模块 (FAR)	(228)
8.5.3 INTR_PROCESS模块(NEAR)	(229)
8.5.4 DRIVER_OUTPUT (FAR)	(230)
8.5.5 DRIVER_SEND (NEAR)	(232)
8.5.6 DRIVER_TX(NEAR)	(233)
8.5.7 ARP_INPUT(NEAR)	(234)
8.5.8 ARP_USRREQ(FAR)	(235)
8.5.9 ARP_TIME(FAR)	(240)
8.5.10 DRIVER_IOCTL (FAR)	(241)

第一章 绪 论

1.1 TCP/IP协议的起源与发展

TCP/IP问世已近20年了,但直到近几年才真正引起人们的广泛注意。原因很简单,前些年计算机网络还非常稀少,因而作为实现异种网络互连的TCP/IP协议,自然不会引起人们的注意。

随着计算机硬件价格的下降,个人计算机的出现,以往仅由单个大主机才能进行的工作,现在只需一些小型机甚至微机就能得以实现。正如现实生活中的人需要互相联系一样,计算机之间也需要互相通信;共同完成一些庞大的工作或其它事务。

假如所有的计算机都来自同一厂家,那么它们之间的通信应该是毫无问题的。但实际情况是,往往需要将来自不同厂家的不同机器通过网络连接起来。将不同厂家的异种机用网络连接起来是一件十分困难的事情。这是因为各厂家的机器有它们自己专用的硬件体系结构及操作系统,其中不同的硬件体系结构要求有与之总线对应的不同网卡,不同的操作系统要求有兼容各操作系统不同文件系统及I/O资源的网络集成环境。由此异种机互连成了十分关键的问题,许多厂家都试图寻求新的网络互连技术来满足其要求,这些要求包括易于实现、性能好、数据交换可靠、编程服务有效以及具备连接来自不同厂家计算机的能力。

纵观当今网络市场,可以发现TCP/IP协议只是众多比较完善的网络协议中的一种。许多其它网络协议,如Xerox的XNS,DEC的DECNET和IBM的SNA;虽然功能强大且产品众多,但它们在异种机互连方面功能很弱。国际标准化组织(ISO)为实现计算机网络互连制定了开放系统互连标准(OSI),但OSI目前还缺乏足够的产品支持,而且OSI的许多标准仍在制定之中。这种情况给众多的网络用户只留下很少的可选择余地。于是,在80年代初,人们选择了TCP/IP作为实现异种机互连的工业标准。这是一个在国际标准ISO/OSI尚未完全被采纳时,用户和厂家共同承认的标准。

在TCP/IP协议集成为工业标准之前,TCP/IP协议经历了近12年的实际测试。

早在70年代中期,为了支持研究工作,美国国防部高级研究计划署(以下简称高研署)就开始着手全美范围内异种计算机间的连接。那时,计算机与计算机之间的连接使用的还只是点对点专用线路,计算机与计算机间的通信规约采用的是各厂家自行定义的专门协议。高研署针对当时的现状与许多机构共同讨论制定了开放的通信协议标准,以满足日益迫切的基于异种操作系统的异种网络之间的通信连接。TCP/IP开放协议即从此开始诞生,成了10年后ISO/OSI的先导工作。

TCP/IP协议是从MIT、美国许多公司和工业部门所做的工作中发展演化而来的。1980年,高研署在它的网络上首次安装了TCP/IP模块,随即它又命令所有加入ARPANET网(也是由高研署赞助支持、目前已经覆盖全美的公用网)的计算机都必须遵循TCP/IP协议。

为了实现与其它部门之间的通信联系,高研署首先与许多公司达成协议,将TCP/IP模块安装在政府部门通用的计算机操作系统中。此外,它还与Bolt、Beranek和Newman (BBN)达成协议,为UNIX主机开发TCP/IP软件,这一举动使得美国各大学都能以较低的价格得到TCP/IP并利用它在多种环境下工作。

许多厂家在实现TCP/IP协议时往往或多或少地进行了某些修改,或者丢弃一些他们自认为“不必要”的功能。这样做的目的可能是为了省钱,也可能是为了保证其自身产品的独特性。国防部通信署检查并验证各种TCP/IP的产品,以确保它们符合标准并真正是可互操作的。这一测试行为在1987年结束。

TCP/IP虽然是美国国防部制定的军方标准,但同时它又成为一般商用系统的协议标准而广泛流行,究其原因不外乎下面几点:

首先,ARPANET采用了TCP/IP协议。ARPANET是连接美国主要大学和研究所、以资源共享和网络研究为目的的计算机网络。因此,采用TCP/IP就意味着具备了与ARPANET网上的计算机进行连接的可能性。

其次,BSD UNIX操作系统的流行。加州大学伯克利分校在AT&T研制的UNIX系统上安装了TCP/IP,这就是后来4.xBSD系列的UNIX操作系统。这一工作使得一些未加入ARPANET网的用户也可以通过UNIX4.xBSD操作系统使用TCP/IP。其后,随着安装了4.xBSD UNIX操作系统的SUN工作站的普及TCP/IP的需求量迅速增加。目前,AT&T的UNIX操作系统也采用了TCP/IP,在系统V的4.0版中,AT&T UNIX已与BSD合而为一。

第三,4.2 BSD UNIX的开发者在其操作系统中实现了地址分辨协议(ARP)。地址分辨协议是TCP/IP协议集中的一个协议,它能将Ethernet地址映射成Internet地址,(在本书中,我们约定Internet为高研署的Internet网络。Internet是一组网络的集合,它包括ARPANET、MILNET和NFSnet等,它用TCP/IP协议集来实现一个统一可互操作的网络。这样,便使得TCP/IP和Ethernet紧紧地联系到了一起。现在,Ethernet网成为介质访问的工业标准并日渐流行,也是TCP/IP当今在局域网上得以流行的一个主要原因。

今天,从巨型机一直到个人计算机,TCP/IP已经得到了广泛的实现。包括AT&T、IBM、DEC、HP、SUN等主要计算机和通信产品厂家在内,共有200多个厂家在它们各自的产品中提供了对TCP/IP网络互连协议的支持。在美国国防数据网(DDN)中,已有2000多个站点和上千个子网采纳了TCP/IP协议。TCP/IP与Ethernet的结合进一步使得它在办公室、工程设计等许多环境中找到了用武之地,同时也加速了它的流行。

随着采用TCP/IP协议的计算机数量的不断增加,计算机上是否配备有TCP/IP软件,已成为它能否具备网络互连能力的一个重要判别因素。

随着TCP/IP的普及和流行,今天,对TCP/IP的支持又出现了一些新的趋势。自1989年以来,出现了许多对外围设备提供TCP/IP支持的产品。

这种支持是将外围设备直接与安装有TCP/IP的主机相连。与前面提到的异机种间的连接不同,这是一个“异种设备之间的连接”。这一趋势是用户对网络需求的增加和TCP/IP日益普及流行的必然结果。

作为一个例子,请参见图1.1。通过装配有TCP/IP软件的ICE设备,像激光打印机等外围设备就可以直接连接到网络上与UNIX工作站相连。UNIX工作站通过多窗口的用户界面,可以同时进行多项工作。ICE上可以接入多种设备。这种方案特别适合于大规模分布式系统的应用。

UNIX工作站作主机

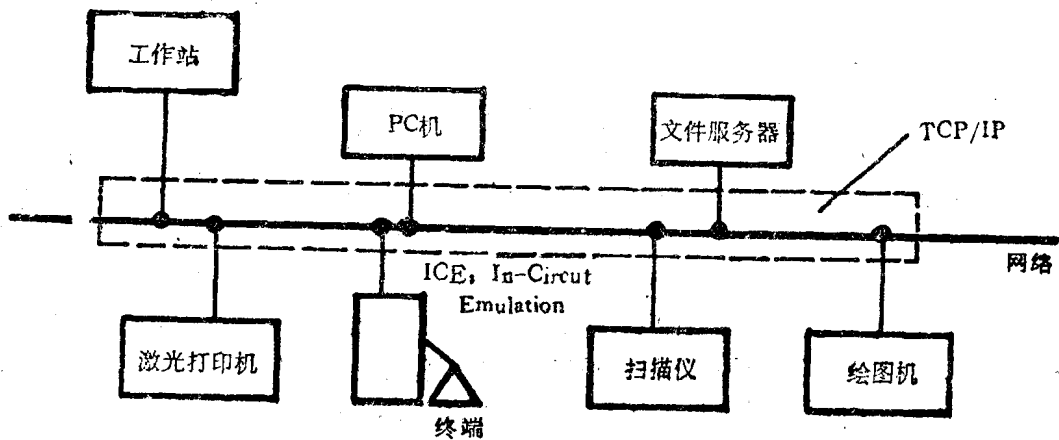


图1.1 一个支持异机种、异种设备的TCP/IP网络

在外部设备上采用TCP/IP后，首先可通过直接连接使用现有的UNIX工作站，其次也可以有效地利用现有UNIX工作站上的资源。

TCP/IP现在已经在多数计算机上得到了实现。即便是一直采用SNA作为其网络体系结构的IBM公司，也发表了其TCP/IP产品。这意味着TCP/IP已经变得愈来愈重要。面对TCP/IP的发展现状，今后将会有什么样的发展呢？

首先，是为OSI高层协议提供接口。仅就高层协议而言，OSI比TCP/IP显得更为有力，前者具有丰富的应用层功能。这样做不仅意味着能有效利用OSI的服务，而且也意味着可以实现由TCP/IP向OSI的平滑过渡。

其次，是充实TCP/IP上层协议。即使OSI已经得到普及，但它还不能覆盖所有应用情况。从这个意义上讲，今天的TCP/IP应用层还是有它自身特点的。

第三，支持外围设备的TCP/IP协议的实现变得更加容易。

网络上不仅有计算机系统，而且还有许多外围设备。目前，将这些外围设备连接到网络上时，必须有协议的转换机制。例如，TCP/IP与RS-232C之间的相互转换等等。因此，使这些外围设备支持TCP/IP，也是实用中的需求。

高层协议的充实，支持网络的TCP/IP向外围设备的扩充，与OSI的结合而最终提供合适的商品，是今后TCP/IP厂家的努力方向。

以上我们着眼于厂家讨论了TCP/IP的发展趋势；下面，将从学术上来探讨TCP/IP的发展趋势。我们这里主要讨论TCP/IP与OSI的关系。有关从TCP/IP向OSI的过渡问题已成为当今学术研究的一个热点，并且提出了许多TCP/IP与OSI协议过渡与共存的策略，其中的一些已经在实际中得到了应用。但这里的讨论只限于一般的分析。

随着计算机网络和通信的进一步发展，国际标准OSI逐渐引起了人们的注意，人们一致公认在今后的计算机网络中将采纳ISO/OSI作为标准。但由于OSI推出的时间尚短（有些尚无正式标准文本），市场上的OSI产品很少，因而在一段时间内，OSI还不会取代TCP/IP。

鉴于TCP/IP已流行了相当一段时期，它在全球范围内的装机量十分庞大，因而从保护现有投资的角度出发，无论是厂家、研究单位还是使用TCP/IP的用户，都在研究从TCP/

IP向OSI的过渡问题,即如何在保护现有投资的前提下,实现从TCP/IP向OSI的平滑过渡,在OSI取代TCP/IP之时,可立即得到OSI的支持。这一策略无论在理论上还是在实践上都取得了许多成果。如HP公司为印度一家工厂的集成制造系统(CIM)提供的计算机网络,就同时支持TCP/IP和OSI。我国CIMS实验工程的计算机网络,采用从TCP/IP向OSI的过渡与共存的策略,并在SUN工作站上成功地提供了基于TCP/IP的和基于OSI的两种服务。

对OSI取代TCP/IP的时间问题,虽然众说纷纭,但无论如何,在今天的条件下,解决异种网的互连问题仍只有TCP/IP是唯一现实的选择。在长期实践中,TCP/IP已经发展得比较完善。国内、外大量的联网实践证明,用TCP/IP连接起来的异种机,从未发现不能互相通信的情况。例如清华大学校园网和设立在清华大学的国家“863”CIMS实验工程研究中心的计算机网,集中了来自DEC、HP、SUN、DG、AT&T公司的不同机器和大量PC机,操作系统有UNIX、VMS、MV、MS-DOS等,这些异种机在TCP/IP支持下,均能很好地互连在一起工作。这充分体现了TCP/IP的优点。相比之下,OSI协议复杂,且很少得到实践的检验,它在真正被广泛采用之前,需要一段时期的检验与完善,才能逐渐取代TCP/IP而被公众接受。

总之,当前采取TCP/IP对异种网提供互连支持是没有任何异议的。即使今后OSI取代TCP/IP,也不必担心投资的浪费,因为TCP/IP庞大的装机量,会迫使厂家提供由TCP/IP向OSI过渡的策略。

1.2 TCP/IP的体系结构与特点

1969年,由美国国防部高研署(英文缩写为DARPA)赞助,开始了远程网络的研究工作。这一网络就是后来被公认为世界第一个计算机网络的ARPANET。它于1971年交由与美国国防有关的机构和大学使用。

在此期间,研究人员通过实践发现:那种简单的主机—主机之间的通信协议已不再适用于互连起来的分组网络。于是,在1973年,DARPA率先开始了适应和健全分组网络互连要求的协议和其它一些技术的研究,以支持基于异种操作系统的异种网络间的彼此互连。这一研究工作的成果表现为IP协议、TCP协议和其它一些应用层协议。此时OSI的大多数还仅处于讨论阶段。由于TCP/IP协议简单且易于实现,因而很快就被采纳了。

ARPANET的层次化体系结构见图1.2所示。最低层是网络接口层,它位于提供通信服务的下层网络之上,为高层提供统一的接口,并实现在互连网络上的地址和路由功能。其下层网络可能是远程网络、卫星链路或LAN该层相当于ISO/OSI参考模型的网络层。

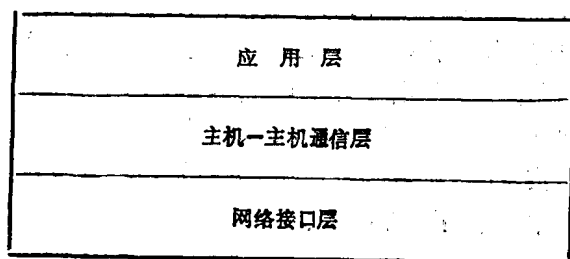


图1.2 ARPANET参考模型

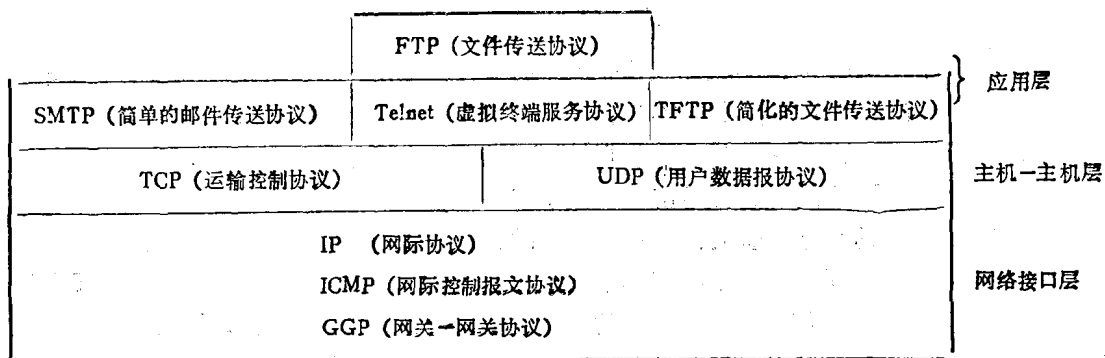


图1.3 ARPANET协议

网络接口层上面的一层是主机-主机的通信层。它提供了互连网络上两个节点进程之间的通信服务。传输的可靠性依赖于这一层所选择的协议。最上面的一层与应用服务有关，例如文件传输、虚拟终端和电子邮件等等。

ARPANET每一层使用的主要协议见图1.3所示。这些协议并不是ARPANET使用的协议的全部，有一些新的协议还处在不断补充之中。实际上，图1.3所给出的ARPANET协议，就是TCP/IP协议集的体系结构。

1983年，TCP/IP协议成了美国国防部（英文缩写DOD）Internet网上的标准协议集。与此同时，另一个名为MILNET的网络从ARPANET中独立出来，见图1.4所示。

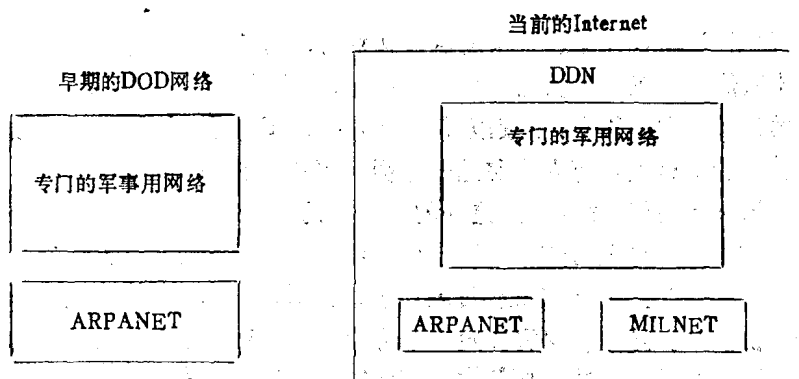


图1.4 ARPANET的发展

MILNET完成早期的ARPANET网有关军事部分的研究工作。MILNET、ARPANET和其它一些分类的网络，统称为国防数据网络（DDN）。

参与ARPANET网络研究的主要单位有SRI International、斯坦福大学、MIT、BBN等。今天的TCP/IP实际上是由ARPA开发的第二代协议。第一代协议主要是为单独的主机所设计的。该协议的说明采用了主机与主机之间的协议（TCP的前身）和主机与分组交换节点之间的协议（公用数据网X.25协议的前身）的概念。ARPANET本身也是基于X.25的公用数据交换网的前身，它由许多连接在分组交换节点上的主机所构成。这些分组交换节点为所有主机提供报文的转发功能。这些协议后来都发展成为TCP/IP协议。

今天的TCP/IP之所以大受欢迎，得归功于当初高研署作为设计目标的五个明显特征，即可靠性、可互操作性、安全性、灵活性及易于过渡到新协议（如OSI）的能力。上述这些

特征均被证明是网络运行中十分重要的因素。

可靠性是TCP/IP最重要的特征之一。Internet的开发人员所设计的IP并不保证可靠的数据传送,而只简单地保证网络间合适的数据传递。即:若要求数据从网上站点A送到站点B,IP可保证该数据不会被误送到站点C去。而TCP则提供了可靠的、全双工的、基于连接的数据传送能力。IP允许TCP进行这种通信,即使通信行为发生在与远程网络的联系过程中。

TCP/IP保证数据的可靠传输是通过TCP协议的带重传正向确认机制来实现的。TCP允许本地方高层协议(位于TCP之上的应用层协议)将数据以连续不断的“流”方式通过TCP送到目的方的高层协议,这好比在本地和目的间建立起了一条数据流通道。TCP在其内部将来自高层的数据流分成若干小的“数据段”(这里的数据段是指TCP进行传送的基本数据单位),再在这些数据段中加上相应的地址和控制信息,然后,交给IP通过网络发送出去。

所谓TCP的带重传正向确认策略,是指TCP在发送完一个数据段后,将等待接收对方送回一个已正确收到该数据段的确认信息,若等待一段时间后仍收不到确认信息,那么TCP就重新发送这一数据段,该过程一直持续到收到确认信息为止。不过,若重发次数太多,TCP也会自动中止发送并通知上层协议网络出错。

TCP/IP的可靠性还进一步由称为“窗口”的流量控制机制来保证。接收方TCP通过使用“窗口”来限制由发送方TCP发送的数据量。“窗口”规定了一段连续的可接收数据段的序号范围。随着数据段的到达,TCP在允许的序号范围内向上滑动“窗口”指针。“窗口”可根据各个运行环境的变化灵活增大或缩小(例如在IBM/PC和SUN工作站上,窗口大小就可能不同)。

TCP/IP的可靠性还表现在通过采用确认措施来协调高层应用软件之间的同步关系。当高层应用软件希望通信时,就使用相应的TCP来进行,而TCP则使用确认机制来建立连接。在这一最为简单的连接建立过程中,发送方和接收方的TCP需通过交换三个数据段,就可以同步一次新的通信过程。因此,有人也称这一过程为“三路握手”。

可互操作性是Internet的开发人员所追求的最重要的目标之一。在这里,可互操作性是指不同的计算机系统之间可彼此通信。可互操作性可由三个标准的TCP/IP实用程序体现出来。这三个标准实用程序是:FTP(文件传输协议),TELNET(虚拟终端服务)和SMTP(简单的邮件传输协议)。这些实用程序定义了用户软件与运输层以及网络层软件之间的界面,并允许不同厂家实现兼容性。如果没有这些实用程序,使用来自不同厂家的不同机器的用户就不能有效地彼此通信。

FTP提供文件传输能力。使用这一协议,用户可将二进制文件或ASCII文件从一台计算机传送到网络上的另一台计算机上。TELNET提供了一个虚拟终端的仿真功能。广义上说,TELNET协议支持标准的终端设备界面及基于终端的处理过程。借助于TELNET协议,用户就能使连接于某方机器的终端或监视设备作为网络上另外一台机器的终端使用,就像直接连接到这台机器中一样。SMTP协议则在网络上各主机之间提供了可靠而有效的邮件传输机制。

由于通过美国国防部网络传输的绝大部分信息都是十分敏感的,因此安全性亦成了TCP/IP设计的重要目标。IP协议在它的控制报头中有许多域允许有选择地对传输的信息实施保护。为建立TCP连接,在连接的每一端都必须就与该连接有关的安全性控制达成一致。

对美国国防部网络而言,另一个重要的应用就是“紧急”数据,即必须立即让对方知道的数据。在TCP/IP网络中,任何在TCP/IP之上的应用,都能指明它所要发送的数据是否

紧急（这可通过在TCP报头设置某一位控制信息来表示）。发送紧急数据的命令迫使TCP将紧急数据封装成包并立即发送出去，而且，这种发送不需要等待其它附加的数据的响应。这一机制可用于阻止可能发生的“死锁”，诸如应用程序永久地等待TCP数据。同时，这一机制也为应用程序提供了诸如中断等具有实时要求的信息发送能力。

优先级也是TCP/IP的一个特点。这里，优先级是指系统分配网络资源的能力，这一能力可用于提高网络的性能。TCP/IP规范将安全性与优先级结合在一起。当建立连接的某一方比另一方有较高的优先级时，这种连接就不可能建立起来。如果一次连接请求因为不匹配的安全性或优先级而中止，则这一结果就会被记录在案，供网络管理人员使用。必须指出的是，迄今为止，很少有厂家在商用的TCP/IP产品中实现安全性和优先级这两个特征，因为大多数商用的TCP/IP应用中并不需要这些功能。

TCP/IP第五个特点是它的灵活性。TCP/IP对它的下层支持协议和上层应用协议几乎不作特殊要求。因此，TCP/IP的使用不受传输介质和网络应用软件的限制。TCP/IP虽然还需要一些其它协议作辅助，但它可使用原语来允许不同的组合。同时，因为TCP/IP是从异机种、异种网互连的角度设计的，所以本质上它具有通用性，容易允许向新的协议过渡。这一点对美国国防部来说十分重要，出于对今后的考虑，他们并不想排斥其它商用协议。

1.3 PC与TCP/IP

1.3.1 PC TCP/IP综述

PC机通常通过LAN使用TCP/IP与非PC类计算机通信。有一种带CPU的智能Ethernet适配卡对于PC TCP/IP的成功起了极为重要的作用。

但是，TCP/IP并不限于Ethernet。IBM已经提供了在它的Token-Ring网上的TCP/IP软件。尽管有价格昂贵和传输介质等方面的不利因素，但是TCP/IP与Token-Ring的结合对于双方来说都极为重要。在Token-Ring上运行TCP/IP的能力和与IBM硬件的连接能力都是与IBM机器连接的重要手段，也是IBM市场策略的重要一环。

PC机有两种方法能使用TCP/IP。第一种方法是将TCP/IP模块安装在网络上的每一台机器上。另一种方法是使用网络上的某台机器作为连接到TCP/IP网络或设备的网关。

当网络上不同类型的主机之间有大量的交互行为时，最好还是在每一台PC机上安装TCP/IP软件模块。这样做的目的是防止网关过于拥挤。但所付出的代价是每台PC机上都占用太多的内存和加重网络负载。

克服上述弊病的一种方法是购买一块智能网络适配卡。这种卡有自己的RAM和CPU，可与主机CPU同时工作。将TCP/IP代码卸载到智能网络适配器上可能只需占用主机17KB~24KB的内存，而在普通的网卡上，可能会占据主机90KB的内存。

对异机网络上只需偶尔访问一下特定的TCP/IP主机的PC机来说，建立TCP/IP网关可能是一种最好的解决方案。在这种网络上，绝大多数PC机都使用PC LAN（如Netware、LAN Manager）提供的通信协议来实现PC机之间的通信。需要使用TCP/IP服务的PC机将把数据发送到网关，由网关来实现PC LAN与TCP/IP之间的翻译工作。TCP/IP软件一般运行在专门作为网关运行的计算机上。

在传送数据时，TCP/IP使用一种标准格式并使得该数据能送给高层协议处理。这些高

层协议包括：FTP（文件传输协议），SMTP（简单的邮件传送协议），TELNET（一种终端仿真和通信程序）。这些协议的说明可在DOD的标准出版物MIL_STD_1780, STD_1781, STD_1782中见到。除此以外，PC LAN的工业标准NetBIOS（原由IBM和Sytek开发）也在TCP/IP上被标准化。

FTP软件给予用户通过网络在异机种机器上登录的能力。它使用标准的文件（目录）操作命令实现与远程主机交换文件。FTP能做一些简单的数据格式翻译工作，如将标准ASCII字符转换成IBM的EBCDIC。对FTP的控制可采用命令方式和程序调用方式来进行。

SMTP只根据严格定义的格式来收发电子邮件。许多公司为多种计算机设计了SMTP软件。这种协议的真正优点在于存取Email信件的命令都是相同的，而不管机器是否充当主机的角色。

实现TELNET协议的软件的主要目标是将计算机变成某种机器的仿真终端。许多TELNET产品中都实现了DECVT-100终端的仿真能力。还有一些公司允许在TELNET之上运行其它特定的终端仿真程序。

几乎所有支持这些高层协议的产品都只是用来与主机系统通信。一般说来，无法实现两台PC机作为对等实体来使用FTP、TELNET和SMTP软件。但是有一些公司（如FTP Software）也提供一些让PC成为主机的软件，从而让PC机之间使用TELNET、FTP和SMTP软件进行会话。

本章下面即将提到的一些公司的产品都符合这些高层协议。但是对PC机的系统管理人员来说，NetBIOS的标准化可能比其它协议的标准化更为重要。PC LAN的开发人员往往都知道如何在NetBIOS上编程，许多PC LAN上的应用软件都使用NetBIOS接口。将NetBIOS引入到TCP/IP协议是一种新的发展，但并不是所有厂家都能支持NetBIOS标准。不过，在下面我们可以看到，许多支持NetBIOS的TCP/IP软件，它们的互操作性并不太好。

目前还没有像NetWare或Microsoft LAN Manager那样的高效文件服务器的正式标准。但是，许多生产TCP/IP软件的公司已经提供了可以连接到NetWare上的TCP/IP驱动模块。Microsoft也为LAN Manager的OEM提供了TCP/IP驱动模块需要的大部分代码。

下一节我们将介绍一些PC上的TCP/IP软件的产品。许多公司都在销售供PC或特殊PC LAN上使用的TCP/IP软件。在PC上，TCP/IP提供了与异种机和异种操作系统交换数据的最快捷和最有效的方法。

这里给出的PC机上的TCP/IP都是目前国内使用而且在国际上普遍流行的。

1.3.2 PC TCP/IP举例

1.3.2.1 LAN Workplace for DOS

LAN Workplace for DOS是一个产品家族的总称。它由许多部分构成，是由EXCELAN INC提供的。

LAN Workplace for DOS提供的基本系统叫做TCP/IP Transport System。Host-Access部分则增加了TELNET、FTP和许多TCP/IP用户所需要的终端仿真服务。Hostshare是Microsoft MS_NET的重定向器，它允许访问在MSNET服务器上的文件和打印机。HostAccess/3270提供了TELNET上IBM 3270终端的仿真能力。此外，还有NetBIOS仿真软件和NetWare driver。