

计算机网络 及其接口分析

胡世熙
王达恩 编著

科学技术文献出版社重庆分社

计算机网络及其接口分析

胡世熙 编 著
王达恩

科学技术文献出版社重庆

计算机网络及其接口分析

胡世熙 王达恩 编著

责任编辑 林云梯

科学技术文献出版社重庆分社 出 版 行

重庆市市中区胜利路132号

全 国 各 地 新 华 书 店 经 销
重 庆 新 华 印 刷 厂 印 刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 23 字数: 73万
1990年10月 第1版 1990年10月 第1次印刷
科技新书目: 225—335 印数: 1—4000

ISBN7-5023-1176-9/TP·33 定价: 10.40元

内容简介

本书系统地介绍计算机网络基本原理,较详细地分析了世界上几个典型局部网络的接口。全书共十一章,包括:绪论,数据通信基础,计算机网络体系结构(ISO OSI/RM)及通信协议,排队论,路径选择,流量控制与拥挤控制,局部网络总论,总线型局部网络,环型局部网络,DECnet网络,3COM Ethernet网络适配器,高性能的Ethernet网络适配器,IBM TOKEN RING网络适配器等。

本书可作为高等院校计算机、自动化、通信技术等专业本科生、研究生教材,也可供从事数据通信、计算机网络、自动化及计算机应用的科技人员学习和参考。

前 言

计算机网络是计算技术、通信技术和自动化技术相结合的产物，是一门新兴的学科，是社会发展的必然条件之一。它的应用如同计算机一样，已深入到各个领域。因此，研究、开发、应用计算机网络的水平，是衡量一个国家科技水平的标准之一。为了满足国内教学 and 工程技术上的需要，我们编写了这本教材，旨在积极促进我国计算机网络技术的发展。

本书是作者在搜集了截至1988年国内外有关计算机网络的参考文献，翻译了Intel公司的《局部网络器件用户手册》的基础上，并结合教学、科研(网络分析、建网及二次开发)的经验编写而成。全书以国际标准化组织推荐的远程网络“开放系统互连参考模型(ISO OSI M)”和IEEE802局部网络标准贯穿进行系统的介绍与分析。网络分析已从网络级深入到网络接口及网络通信协议软件一级，目前国内还没有这样的教材。本书对远程网作了一定的讨论，但重点放在局部网络及其接口与控制器(网络适配器)的分析上。书中多数章节附有思考与习题，是一本颇有特色和体系结构较完备的教科书。

本书是在本科和研究生教学中分别使用过三次的《计算机网络》、《计算机网络接口分析》案的基础上，采用积木式层次结构编写的。在编写本教材时，参考了1983年9月全国计算机教材编审委员会提出的有关内容。教师可根据本科生必修课和研究生选修课的特点去组织教学，本科生约需70学时，研究生约需60学时。为使教学环节的模块化和考虑整体性，在编写中着重对以下几方面进行讨论：

1. 数据通信基本原理在第二章中讲述。(约8学时)
2. 网络原理(网络组成、网络体系结构与网络通信协议)在第一、三章讲述，共需20学时。(第一章3学时，第三章17学时)
3. 网络设计，在第四章讲述，约需6~10学时，本科生可少讲些。
4. 局域网及广域网，在第五、六、七、八章讨论，约需30学时(第五章约6学时，第六、七、八章各约8学时)。
5. 网络接口分析，在第九、十、十一章讨论。这部分主要供研究生教学选用，本科生教学可根据学时数选其中一个接口进行讲述，共约需28学时左右(第九章约8学时，第十章约14学时，第十一章约6学时)。

本书有较大的实用性，可供本科生毕业设计，研究生完成硕士论文及科技人员分析和开发计算机网络时参考。

本书一、二、三、五、六、七、十一章由计算机系王达恩编写，四、八、九、十、算中心胡世熙编写，全书主要由胡世熙同志负责完成统一审稿工作。参加编写工作系副教授郑景秀，工程师李敏基等同志。本书由重庆大学计算机系主任刘兆毓、

本书在编写过程中得到重庆大学计算机系主任刘兆毓、总支书记苟云秀

副教授，计算中心主任邵斌副研究员、副主任郑景偃高级工程师等有关领导的大力支持和帮助；在获取知识和进行本书的编写过程中，受到中国科学院软件所研究员曹东启、计算所副研究员钱华林，以及清华大学计算机系史美林、张公忠教授的大力支持和帮助。对以上同志的大力支持和帮助表示衷心的感谢。

本书部分引用了清华大学的研究成果及学术论文，在此向其作者表示衷心感谢。

由于笔者水平有限，虽曾有3COM(三科)Ethernet和DECnet建网和开发的经验，但可能在教材内容取舍及编写方法上难免有错误及不妥之处，请读者批评指正。

编 者

1989年3月于重庆大学

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 计算机网络的发展、定义与功能	(1)
1.1.1 计算机网络的发展	(1)
1.1.2 计算机网络的定义、功能与分类	(5)
1.2 计算机网络的基本组成	(7)
1.2.1 通信子网和资源子网	(7)
1.2.2 计算机网络的拓扑结构	(8)
1.2.3 计算机网络的硬件组成	(10)
1.2.4 网络通信协议	(16)
第二章 数据通信基础	(18)
2.1 数据通信系统	(18)
2.1.1 数据通信系统的定义	(18)
2.1.2 数据通信系统的基本组成	(20)
2.2 通信线路(信道)	(21)
2.2.1 传输介质与通信方式	(21)
2.2.2 通信线路的连接方式和通信方式	(23)
2.2.3 数据通信的主要技术指标	(25)
2.3 数据传输原理	(26)
2.3.1 信息交换代码	(27)
2.3.2 基带传输、频带传输及调制解调技术	(28)
2.3.3 多路复用和同步技术	(32)
2.3.4 差错控制	(36)
2.4 数据交换	(41)
2.4.1 数据交换的概念及分类	(41)
2.4.2 线路交换	(42)
2.4.3 存储交换	(44)
2.5 传输控制	(46)
2.5.1 概述	(46)
2.5.2 通信控制阶段及其联系	(47)
2.5.3 基于字符的基本型通信控制规程	(48)
思考题与习题	(52)

第三章 计算机网络体系结构	(53)
3.1 网络体系结构概述	(53)
3.1.1 网络通信的分层和协议的层次	(53)
3.1.2 网络体系结构模型——ISO 的开放系统互连参考模型	(56)
3.2 物理层	(59)
3.2.1 OSI标准关于物理层的描述	(59)
3.2.2 物理层特性	(60)
3.2.3 物理层举例	(61)
3.3 数据链路层	(68)
3.3.1 OSI 标准关于数据链路层的描述	(68)
3.3.2 寻址和存取控制	(69)
3.3.3 透明性的实现	(70)
3.3.4 差错控制	(71)
3.3.5 数据链路层通信协议	(72)
3.3.6 高级数据链路控制规程 HDLC	(73)
3.4 网络层	(79)
3.4.1 OSI 标准关于网络层的描述	(79)
3.4.2 虚电路和数据报	(81)
3.4.3 X.25中的分组级(网络层)	(84)
3.4.4 X.25分组级的数据流控制	(86)
3.5 传输层	(94)
3.5.1 OSI 标准关于传输层的描述	(94)
3.5.2 传输服务	(96)
3.5.3 网际互连	(99)
3.6 会话层	(102)
3.6.1 OSI 标准关于会话层的描述	(103)
3.6.2 会话通路	(104)
3.7 表示层	(105)
3.7.1 OSI 标准关于表示层的描述	(105)
3.7.2 表示层中终端协议的必要性	(107)
3.7.3 虚拟终端协议	(108)
3.7.4 虚拟文件协议	(110)
3.7.5 作业传送和操作协议	(110)
3.7.6 包装配/拆卸协议	(111)
3.8 应用层	(112)
3.8.1 OSI 标准关于应用层的描述	(113)
3.8.2 应用层通信协议	(113)
3.8.3 系统管理功能	(114)
3.8.4 应用层管理功能	(115)

思考题与习题	(116)
第四章 排队论、路径选择、流量与拥挤控制	(118)
4.1 排队论	(118)
4.1.1 排队论的基本知识	(118)
4.1.2 链路容量分配策略	(125)
4.1.3 容量分配策略的特性比较	(130)
4.1.4 链路容量分配例子	(131)
4.2 路由选择	(139)
4.2.1 概述	(139)
4.2.2 路径算法的分类	(142)
4.3 流量控制与拥挤控制	(149)
4.3.1 概述	(149)
4.3.2 流控规程的层次及其种类	(151)
4.3.3 拥挤控制	(158)
思考题与习题	(160)
第五章 局部地区网络总论	(162)
5.1 局部地区网络概述	(162)
5.1.1 局部网络的定义与特性	(162)
5.1.2 局部网络的基本技术	(164)
5.1.3 局部网络与分布式系统的区别	(167)
5.1.4 局部网络的应用	(168)
5.1.5 局部网络的研究和开发	(169)
5.2 局部网络信道访问控制方法	(170)
5.2.1 随机访问策略	(171)
5.2.2 令牌传递访问控制方式	(179)
5.3 局部网络体系结构	(181)
5.3.1 局部网络的层次结构	(181)
5.3.2 IEEE 802 局部地区网络标准	(182)
5.3.3 局部网络在广域网中的作用	(186)
思考题与习题	(187)
第六章 总线型局部网络原理	(188)
6.1 总线型局部网络概述	(188)
6.1.1 总线型局部网络	(188)
6.1.2 分布式控制、广播式通信和争用总线	(188)
6.1.3 总线型网络的后退延迟算法	(191)
6.1.4 总线型网络的特点	(192)
6.2 Ethernet 原理及组成结构	(193)

6.2.1	Ethernet 工作原理	(194)
6.2.2	Ethernet 局部网络组成结构	(195)
6.3	Ethernet 数据链路层规范的基本内容	(199)
6.3.1	帧格式	(199)
6.3.2	Ethernet 数据链路层功能	(201)
6.3.3	Ethernet 数据链路层的程序模型	(204)
6.4	Ethernet 物理层规范的基本内容	(217)
6.4.1	信道配置模型	(217)
6.4.2	收发器电缆接口	(218)
6.4.3	同轴电缆接口	(219)
6.4.4	收发器及中继器	(220)
6.4.5	信道逻辑	(221)
6.5	3COM Ethernet 网络	(223)
6.5.1	概述	(223)
6.5.2	以太系列网络	(224)
6.5.3	3 + (3PLUS) 网络	(228)
	思考题与习题	(234)
第七章	环型局部网络	(235)
7.1	环型局部网络概述	(235)
7.1.1	环接口及其中继器	(236)
7.1.2	按位转发环的传送机构与访问控制方式	(238)
7.1.3	存储转发环网	(239)
7.1.4	环型局部网络特点	(240)
7.2	环型局部网络的可靠性及提高可靠性的措施	(241)
7.2.1	环型网的可靠性	(241)
7.2.2	双环局部网络	(242)
7.2.3	单环双向局部网络	(245)
7.3	令牌环型网络与令牌总线型网络	(246)
7.3.1	令牌环型网络	(246)
7.3.2	令牌总线型网络	(247)
7.3.3	典型局部网络访问协议比较	(252)
7.4	IBM TOKEN RING LAN	(255)
7.4.1	系统结构	(256)
7.4.2	工作原理	(262)
	思考题与习题	(268)
第八章	DECnet 网络及其体系结构	(270)
8.1	DECnet 概述	(270)
8.1.1	DECnet 的定义	(270)

8.1.2	DECnet 网络的构成	(270)
8.2	DECnet网络的体系结构(DNA)	(276)
8.2.1	DNA 的设计目的	(276)
8.2.2	DNA 的设计原则	(277)
8.2.3	逻辑链路的通信	(278)
8.2.4	DNA 的体系结构	(279)
8.2.5	DNA、DECnet 和 Ethernet 的关系	(293)
8.3	DECnet 网络中的几个概念	(294)
8.3.1	结点	(294)
8.3.2	线路、链路、电路和虚电路的概念	(295)
8.3.3	数据流	(299)
8.4	DEC 以太网计算机网络	(301)
8.4.1	以太网计算机网络	(301)
8.4.2	以太网的操作	(305)
8.5	DEC 以太网的组成	(306)
8.5.1	以太网控制器(网络适配器)	(306)
8.5.2	服务器	(306)
8.5.3	以太网的结构	(308)
第九章	3COM Ethernet网络适配器的功能与结构	(311)
9.1	概述	(311)
9.2	网络适配器控制逻辑电路的主要功能块	(314)
9.3	传输系统	(315)
9.4	主机接口控制电路和数据缓冲存储器	(316)
9.5	Ethernet数据链路控制器	(321)
9.6	曼彻斯特编码转换器	(330)
9.7	网络收发器	(334)
9.8	网络适配器编程举例	(336)
第十章	高性能的 Ethernet 网络适配器	(349)
10.1	概述	(349)
10.2	82586局部网络协议处理器	(350)
10.3	82586发送功能	(356)
10.3.1	形成帧	(356)
10.3.2	链路管理	(357)
10.3.3	优先级	(358)
10.3.4	链路管理算法的描述	(358)
10.4	82586的接收功能	(359)
10.4.1	帧接收	(360)
10.4.2	编址	(360)

10.5	82586的网络管理和诊断功能	(361)
10.5.1	发送/接收错误报告	(361)
10.5.2	网络的设计和维护	(362)
10.5.3	工作站诊断	(362)
10.5.4	82586的自测试	(362)
10.6	82586 与CPU的硬件结构及其逻辑关系	(363)
10.6.1	逻辑接口	(364)
10.6.2	硬件总线接口	(366)
10.6.3	存储器寻址空间	(367)
10.7	82586 的初始化	(368)
10.7.1	初始化引导程序格式	(368)
10.7.2	初始化过程	(369)
10.8	82586 的控制	(369)
10.8.1	系统控制块(SCB)的格式	(369)
10.8.2	控制命令的开始与结束	(371)
10.8.3	命令单元(CU)的控制	(372)
10.8.4	接收单元(RU)的控制	(375)
10.8.5	复位	(378)
10.8.6	错误统计寄存器	(378)
10.8.7	SCB状态的修改	(379)
10.9	动作命令	(379)
10.9.1	一般动作命令	(380)
10.9.2	NOP	(381)
10.9.3	IA-SETUP	(381)
10.9.4	CONFIGURE(配置)	(383)
10.9.5	MC-SETUP	(386)
10.9.6	TRANSMIT(发送)	(390)
10.9.7	TDR(时域反射器)	(394)
10.9.8	DUMP(转储)	(396)
10.9.9	DIAGNOSE(诊断)	(402)
10.10	帧接收	(403)
10.10.1	接收帧区(RFA)	(403)
10.10.2	帧描述符(FD)格式	(403)
10.10.3	接收缓冲区描述符(RDB)格式	(405)
10.10.4	接收帧区的初始结构	(406)
10.10.5	接收一帧的具体操作	(407)
10.11	82501 串行接口	(409)
10.11.1	82501 概述	(409)
10.11.2	功能描述	(409)
10.11.3	接口举例	(415)

第十一章	TOKEN RING 网络适配器	(416)
11.1	TOKEN RING 适配器结构及功能	(416)
11.1.1	通信处理器	(417)
11.1.2	协议处理器	(419)
11.1.3	系统接口	(423)
11.1.4	环接口线路	(426)
11.2	适配器设计分析	(427)
11.2.1	系统接口 DMA 和 DIO 一般过程	(428)
11.2.2	8 位总线适配器分析	(429)
11.2.3	用于AT机的16位数据总线适配器分析	(435)
11.3	编程初步	(436)
11.3.1	命令介绍	(436)
11.3.2	程序实例	(444)

第一章 绪 论

1.1 计算机网络的发展、定义与功能

1.1.1 计算机网络的发展

计算机网络是现代计算技术和通信技术相结合的产物。计算机网络的发展，如同计算机一样，历史并不长，但发展却很快，大致可以分为以下几个阶段。

1. 面向终端的计算机网络

在50年代中期，出现了“具有通信功能的单处理机系统”，在这种系统中，一台计算机经过通信线路与若干终端直接相连，或者多个终端共享一条通信线路与一台计算机相连，其结构如图1-1(a)所示。

这种具有通信功能的单处理机系统的典型代表是美国半自动地面防空系统(SAGE)，它将雷达和其它测量控制设备的信息经过通信线路集中到一台计算机进行集中处理，第一次实现了用计算机网络进行远程集中控制。此外还有60年代初美国建成的全国性航空公司订票系统(SABRE)，用一台中央计算机连接着遍布全国各地的2000多个终端。中央计算机又称为主(计算)机(系统)，简称主机(HOST)。

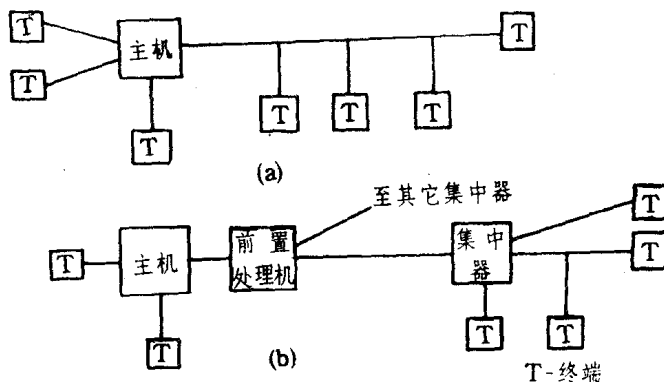


图1-1 面向终端的计算机网络的演变

连接大量终端的联机系统有两个显著的缺点，其一是主机系统负荷较重，它既承担数据处理工作，又承担通信工作；其二是通信线路的利用率低，尤其是终端距主机较远时更加明显。为了克服上述缺点，可以在主机之前设置一个前置处理机(又称通信处理机)专门负责与终端的通信工作，这样就使主机系统能集中较多的时间进行数据处理工作；在终端较为集中

的地区设置线路集中器(通常用小型机来担任),并用低速线路把附近的终端的信息先汇集到集中器上,然后再用高速通信线路把集中器与主机系统相连,把汇总的信息送主机系统。集中器不仅具有汇集终端信息的功能,而且还具有通信处理和压缩信息的功能。这就是六十年代末出现的“具有通信功能的多处理机系统”,其结构如图1-1(b)所示。其中有代表性的是美国商用分时系统(TYMNET),在六十个城市设有终端(包括西欧的四个城市),除了商用外,可供所有终端检索国立医药图书馆资料。美国通用电气公司(GEC)的GE网是世界最大的商业数据处理网,网络为树型多级系统,其主机与7个中心集中器相连,后者又与分布在23个地点的75个远程集中器相连,并设有两套交换器使各中心集中器之间可以转接,以提高可靠性和灵活性。

以上的联机系统中,只具有“终端-计算机”的通信,故称之为面向终端的计算机网络。

2. 计算机-计算机网(计算机通信网)

面向终端的计算机网络的发展为计算机应用开拓了新领域。

由于大型企业、银行、公司、军事部门有许多计算机分布在广泛的地区中,这些计算中心除了处理自己的日常业务外,还需要与其他计算中心彼此传递情报,进行各种各样的业务联系。在六十年代后期,出现了用通信线路将分散在不同地区的计算机系统互相连接的计算机-计算机网络。在这种计算机网中,一般不把本计算中心的业务委托其它计算中心去处理,这种以传输信息为目的网又称之为计算机通信网。其结构如图1-2所示。

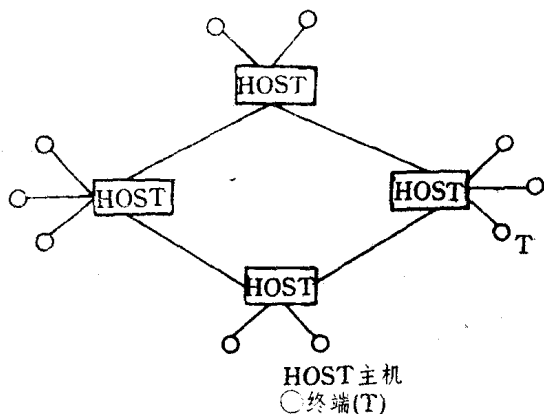


图1-2 主机直接互连的计算机网络(计算机-计算机网络)

有代表性的计算机-计算机网是英国劳埃德(Lloyds)银行远程处理网和国际航空通信协会(SITA)的SITA网。劳埃德银行网将伦敦和伯明翰两个计算中心的IBM 360/65大型机相连,每个计算中心又与下面各分行的计算机系统或终端相连。SITA网在六十年代后期建成,在1975年发展成为由纽约(美)、伦敦(英)、巴黎(法)、阿姆斯特丹(荷)、布鲁塞尔(比)、罗马(意)、法兰克福(德)、马德里(西班牙)和香港等九个计算中心组成的“高级网”,为这些地区的160多家航空公司预订飞机票、交换营业情况和寻找丢失行李等业务的信息交换服务。

3. 资源共享网络

随着计算机通信网的发展和广泛使用,不久又提出更高的要求,这就是计算机系统用户希望使用其它计算机系统硬件、软件和数据等资源为他服务,或希望与其他计算机联合起来共同完成某个大的计算任务和科研项目。这就形成了以共享资源为主要目的的计算机网络。

资源共享网络的主要标志是美国国防部高级研究计划局(ARPA)的ARPA网。该网1969年建成时有4个结点相连,1971年演变到26个结点。从1969年到1975年进行了大量的实验研究,于1975年夏正式移交美国国防部通信局,结束实验阶段。到1976年2月,已发展到57个结点和1000多台主机2000多个用户,地理上不仅跨越美国大陆,而且通过通信卫星链路连接至夏威夷、欧洲的结点。ARPA网最初结构如图1-3所示。主计算机与主计算机之间由小型

机组成的接口信息处理机IMP(通信处理机)连接,各地用户终端均与本地主机相连。1972年,ARPA网络中增设了终端接口处理机TIP,如图1-3虚线所示,它既有IMP的功能,又能直接与终端相连。这样,有的终端就可以不必经过主机,只要与本地TIP相连即可。ARPA网有如下特点:

其一,采用报文分组交换。当用户需要访问远地主机时,先经过本地主机将报文送至本地IMP,在这里将报文分解成为规定长度的报文分组(又称为报文包),将各报文分组沿适当的路径送至目的IMP,在这里将它们重新组装成报文,送至目的主机。这种交换报文的方式叫做报文分组交换方式,它是ARPA网络的主要特点之一。其二,把整个网络分为通信子网和资源子网两级结构。各IMP和TIP经高速通信线路连成的子网叫通信子网,通信子网的主要任务是保证可靠和高性能的数据通信。主机和终端对它来说不过是数据通信的用户。主机系统(包括软件、硬件及数据库)、终端、集中器等统称为资源子网,它的主要任务是数据处理,它不需再管理繁琐的通信处理,从而可集中力量于主机效能的发挥,更好地提高对用户服务的质量。ARPA网络的第三个主要特点是实现了层次结构的网络通信协议(简称网络协议)。它将网络协议分为四个层次,如图1-4所示。所谓网络协议是计算机网络中通信双方共同遵守的规则和约定,如通信方式,应答方式,信息格式等。网络协议是网络中各结点进行数据交换时必不可少的,是网络中极其重要的一部分。网络协议的层次结构使协议的设计和修改都比较方便。例如对某一层通信协议(简称协议)的修改或变动,不致于影响到其它层。低级层对高级层而言是透明的,有利于用户应用。

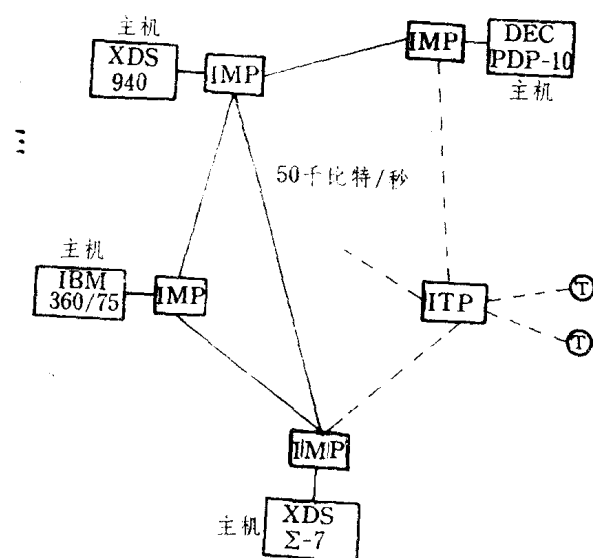


图1-3 ARPA网最初的结构

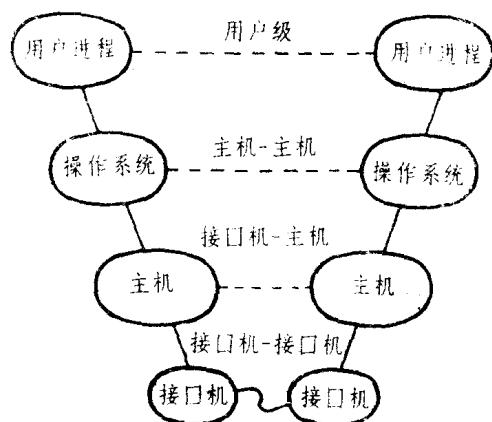


图1-4 ARPA网络协议的层次结构

实线连接——实际通信线路;
虚线连接——虚拟通信线路。

ARPA网是第一个完善地实现了分布式资源共享的网络,为计算机网络的进一步发展奠定了基础,它的许多技术成就对计算机网络的进一步发展产生了深远的影响。随着ARPA网络的建成,进一步显示出计算机网络的优越性。许多先进国家都纷纷开始建立较大规模的计算机网络,如美国的全国商用资源共享网CYBERNET,网内包括CYBER-76、STAR-100巨型机,还包括欧洲及澳大利亚的一些网络结点,是具有国际性的网络。欧洲情报网EIN网络,是国际性的网络,参加的国家有十多个。通过五台小型计算机及六条国际租用线路把伦

敦、巴黎、米兰、苏黎世以及伊斯普勒五个计算中心连接起来，然后伸向其它各地。此外，英国皇家物理研究所的NPL网，法国的CYLADES网，日本的JIPNET网都是有名的计算机网，都是采用报文分组(包)交换方式，技术上与ARPA网都很相似。

为了适应计算机网络迅速发展的需要，世界上各计算机研究部门都大力投入计算机网络体系结构的研究，目的是提供具有统一信息格式和通信协议的网络软件结构，使网络的实现、扩充和变动更容易。1974年IBM公司最先提出了“系统网络体系结构(SNA)”，它是利用IBM公司的产品组成计算机网络的一种标准化体系结构。它解决了一套联网的原理、方法和具体规则，并且统一地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型的数字网体系结构(DNA)，它实际上是DEC公司提供的一套网络软件的总称。1976年，UNIVAC公司提出了分布式通信结构(DCA)，是一种分布式网的体系结构，此外，还有日本东芝公司的先进的网络体系结构(ANSA)，Honeywell公司的DSA，Brroughs公司的ENA，富士通公司的FNA等等。其结构大同小异，都是采用划分为几个功能层次的。正是由于各大公司网络体系结构的研制成功，促进了70年代后期计算机网络的飞速发展。但各计算机公司的网络体系结构都是为了发展他们自己的计算机网络而提出来的，不能很好解决网络之间(网际)互连问题和异型机入网问题。随着计算机网络的飞速发展，网络种类繁多，网际互连存在着许多问题，人们迫切要求网络体系结构标准化。1977年，国际标准化组织计算机网络标准化分会(ISO/TC97/SC16)成立，开始研究计算机网络标准化问题，该分会在综合当时已有的计算机网络体系结构的基础上，经过多次会议讨论研究，在1981年正式推出了计算机网络体系结构的参考模型——开放系统互连参考模型(缩写为ISO/OSI RM)，成为计算机网络体系结构的国际标准。关于网络体系结构的问题，我们将在第三章详细讨论。

计算机网络的进一步发展，促使研究功能更加完善的网络操作系统(Nos)，实现用户透明的资源共享，即由网络操作系统自动地为用户任务分配调用资源。ARPA网络资源共享执行系统是这种网络的雏型。美国马里兰州大学的分布式计算机网络(DCN)具有这种网络的性质，它采用进程-进程之间的通信，而不是计算机-计算机间的通信。为用户设有统一的进程间的通信机构，用户通过公共接口将任务提交网络后，由网络各点的进程管理程序共同协作，选择最合适的资源为它服务。通过文件管理系统自动地找到所需要的文件。至于处理机用的是哪一台，文件处于何处，用户均不必过问。

局域网络(LAN)的发展非常迅速。这种网络地理分布范围较小，一般在十公里以内，它是在小型计算机和微型计算机的大力推广之后才发展起来的，其发展过程大致可以分为三个阶段。

第一阶段 60年代末至70年代初为局域网络的萌芽阶段，其主要特点是为增加单机系统的计算能力和资源共享。国外某些大学和实验室将小型机连接成局部网络。其典型代表是美国贝尔实验室1969年研制的牛霍尔(Newhall)环型局域网，1972年开发的皮尔斯(Pierce)环型局域网以及同年加州大学开发的分布式计算机系统(DCS)。

这阶段值得一提的是1970年美国夏威夷大学完成的ALOHA网络。这是一种采用无线电信道的随机访问式网络。如图1-5所示。计算中心通过通信处理机及调制解调器(MODEM)以超高频无线电波将报文同时送往各终端，象无线电广播一样，故又称为广播式访问。各终端可随时向计算中心发报(报文出现是随机的)。报文交换采用分组交换方式，如果有两个或多个报文分组(包)同时访问计算中心，则形成冲突，传输失败。发送端在规定时间内得不到确认回答时便进行重发，直至重发成功或连续三次失败为止。