



电子计算机软件

网络与分布系统教程

国防科学技术大学

郑若忠 葛陵源 慈向荣编

湖南科学技术出版社



电 子 计 算 机 软 件

网 络 与 分 布 系 统 教 程

郑若忠 葛陵元 慈向荣编

湖 南 科 学 技 术 出 版 社

网络与分布系统教程

郑若忠 葛陵源 慈向荣 编写

责任编辑：周翰宗

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1988年2月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：14.75 字数：366,000

印数：1—3,400

ISBN 7—5357—0272—4

TP·8 定价：3.60元

湘目 87—41

内 容 简 介

本书系统地介绍网络与分布数据库的知识。全书共分六章，第一至五章按照国际标准化组织的开系统互连参考模型介绍网络体系结构各层的功能和协议，第六章系统地介绍分布数据库的知识。

本书概念清晰、层次分明，系统性好，内容较新，可作计算机网络与分布系统课程的教材，亦可供计算机工作者、科技人员、大专院校有关专业师生参考。

前 言

计算机网络与分布系统在人类社会中正起着越来越重要的作用，它的发展状况体现了一个国家的科学技术水平。早在六十年代先进国家就着手计算机网络的研制工作。其中有些成果如著名的ARPANET网已横跨半个地球，在计算机网络的发展过程中具有先锋和示范的功用。七十年代中期又开始了网络体系结构标准化的研究，国际标准化组织的开系统互连参考模型（简称RM/OSI）就是这种研究的结果，它促进了网络与分布系统的发展，使许多网络向这个参考模型靠拢，从而加速了网络的标准化。

我国正处在计算机网络的开发时期，四化建设需要建立大量的网络和更多地开发网络的应用。为了适应这种形势的发展，各高等院校也纷纷开设网络与分布系统方面的课程，并与科研单位、计算机公司一起积极发展我国的网络与分布系统。本书的目的在于给从事网络与分布系统的科技人员、教员和读者提供网络与分布数据库方面比较系统的材料。全书共六章，各章内容概述如下：

第一章概论。介绍网络与分布系统的有关概念，国际标准化组织的开系统互连参考模型，国内外网络发展状况，作为全书的提纲与引导。

第二章网络服务。介绍开系统互连参考模型的三个低层（物理层、数据链层和网络层）的功能和协议，说明计算机网络的通信原理和过程。

第三章传输服务。介绍参考模型的第四层，说明不同主机上进程间的通信。

第四章会话服务。介绍参考模型的高层功能和协议，也就是面向用户的各种服务工作。

第五章用户接口与网络管理。介绍用户使用网络的命令语言，各层接口，以及建立、监督、测试网络的网络管理功能。

第六章分布数据库。介绍分布数据库的基本概念、结构、完整性，以及同构与异构分布数据库。这是网络与数据库两大技术的结合，是网络与分布系统应用的一个重要领域。

本书是为“网络与分布系统”课程编写的教材，可供计算机系研究生或本科生的有关课程选用。一般地说，只要有计算机原理、程序设计和操作系统的基本知识就能学习前五章的内容，但对第六章的学习来说，则需要集中数据库方面的知识。

中国科学院学部委员慈云桂教授十分关心本书的出版，对本书的编写曾多方给以指导。陈火旺、胡守仁、俞咸宜、李勇、陈立杰、宫德荣、王广芳、陈洛资、王鸿武、赵雄芳、曹新谱等教授与副教授，张学平高级工程师、黄彻为、高作明等同志对本书给与大力支持、帮助，提出过宝贵意见。在给研究生讲授或讨论的过程中，也得到不少有益的建议，我们在此表示衷心地感谢。本书引用了许多文献的内容，仅向这些文献的作者表示谢意。

由于我们水平不高，缺点错误在所难免，欢迎专家、读者指正。

编 者

一九八五年八月

目 录

第一章 概论 (1)

§ 1.1 什么是网络和分布系统 (1)

§ 1.1.1 分布与集中 (1)

§ 1.1.2 分布系统的产生与应用 (3)

§ 1.1.3 分布系统的模型 (5)

§ 1.2 网络的构成 (6)

§ 1.3 网络的功能结构 (8)

§ 1.4 开系统互连参考模型 (9)

§ 1.4.1 RM/OSI的分层结构 (10)

§ 1.4.2 RM/OSI的各层内容 (11)

§ 1.4.3 RM/OSI的数据流程 (14)

§ 1.4.4 对RM/OSI的评价 (15)

§ 1.5 网络发展概况 (16)

§ 1.5.1 ARPANET (16)

§ 1.5.2 CYCLADES (17)

§ 1.5.3 SNA (18)

§ 1.5.4 DECNET (21)

§ 1.5.5 ETHERNET (22)

§ 1.5.6 国内网络的发展 (23)

第二章 网络服务 (24)

§ 2.1 数据传输原理 (24)

§ 2.1.1 信号传输技术 (24)

§ 2.1.2 频谱分析 (26)

§ 2.1.3 多路共传 (29)

§ 2.2 数据交换 (30)

§ 2.2.1 通信系统 (30)

§ 2.2.2 通信方式 (31)

§ 2.2.3 数字传送 (33)

§ 2.2.4 多终端到计算机的连接 (33)

§ 2.2.5 数据交换方式 (34)

§ 2.3 传送错误的检校 (36)

§ 2.3.1 编码理论 (36)

§ 2.3.2 循环冗余码 (37)

§ 2.3.3 循环冗余码的检错概率 (39)

§ 2.4 数据链层 (39)

§ 2.4.1 单工停等协议 (40)

§ 2.4.2 双工停等协议 (42)

§ 2.4.3 窗口概念 (42)

§ 2.4.4 滑窗协议 (44)

§ 2.4.5 与上下层的接口 (50)

§ 2.4.6 HDLC协议 (50)

§ 2.4.7 X.25的数据链层 (54)

§ 2.4.8 ARPANET的数据链层 (54)

§ 2.4.9 DECNET的DDCMP (55)

§ 2.5 网络层 (56)

§ 2.5.1 数据报服务 (57)

§ 2.5.2 虚电路服务 (58)

§ 2.5.3 X.25的虚电路与数据报 (61)

§ 2.5.4 路由选择 (66)

§ 2.5.5 路由算法中的问题 (72)

§ 2.5.6 文包的缓冲与队列 (73)

§ 2.5.7 拥塞 (74)

§ 2.5.8 死锁 (75)

§ 2.5.9 DECNET的网络层 (76)

第三章 传输服务 (79)

§ 3.1 传输服务的工作环境 (79)

§ 3.1.1 提供传输服务的必要性 (79)

§ 3.1.2 进程的命名与寻址 (80)

§ 3.1.3 传输服务的一般问题 (81)

§ 3.2 进程间的通信 (82)

§ 3.2.1 建立进程间的连接 (82)

§ 3.2.2 数据传输和结束通信 (84)

§ 3.2.3 传输层内部数据结构 (86)

§ 3.2.4 ARPANET的NCP (87)

§ 3.2.5 DECNET的NSP (90)

§ 3.2.6 一个简单的传输站 (91)

§ 3.3 传输层的难题 (95)

§ 3.3.1 主机对主机的回答 (95)

§ 3.3.2 故障恢复问题 (96)

§ 3.3.3 延迟文包的影响 (97)

§ 3.3.4 三步信息交换法 (98)

§ 3.4 文包交换网的互连 (99)

§ 3.4.1 网际网的拓扑结构 (99)

§ 3.4.2 网连器的设计 (100)

§ 3.4.3 网络互连的X.75建议 (101)

§ 3.4.4 报文在网际网中的行进 (102)

§ 3.4.5 TCP协议与网际数据报 (104)

第四章 会谈服务	(107)
§ 4.1 会谈层	(107)
§ 4.2 表示层	(109)
§ 4.2.1 文本压缩	(109)
§ 4.2.2 密码通信	(110)
§ 4.2.3 数字签字	(112)
§ 4.2.4 虚终端协议	(113)
§ 4.2.5 文件传输协议	(117)
§ 4.2.6 DECNET的DAP	(120)
第五章 用户接口与网络管理	(123)
§ 5.1 网络的用户接口	(123)
§ 5.1.1 用户进程与网络层次的接口	(123)
§ 5.1.2 系统的命令语言	(126)
§ 5.1.3 命令语言DCL	(127)
§ 5.2 DECNET-VAX用户接口	(130)
§ 5.2.1 DCL访问层	(130)
§ 5.2.2 RMS层的远程文件访问	(132)
§ 5.2.3 RMS层的进程间通信	(136)
§ 5.2.4 系统服务层接口(透明通信)	(138)
§ 5.2.5 系统服务层接口(非透明通信)	(141)
§ 5.3 网络管理	(143)
§ 5.3.1 DECNET的网络管理	(143)
§ 5.3.2 网络的建立	(144)
§ 5.3.3 网络的控制与监视	(148)
§ 5.3.4 网络的测试	(150)
§ 5.3.5 装入系统软件	(153)
第六章 分布数据库	(154)
§ 6.1 分布数据库概述	(154)

§ 6.1.1 分布数据库的工作环境	(154)
§ 6.1.2 分布数据库的分类	(155)
§ 6.1.3 数据的分布	(156)
§ 6.1.4 分布数据库的逻辑结构	(158)
§ 6.1.5 分布访问请求的处理	(159)
§ 6.2 分布数据库的完整性	(161)
§ 6.2.1 DCS编码系统	(161)
§ 6.2.2 数据库的状态与事务	(161)
§ 6.2.3 可串行化调度	(164)
§ 6.2.4 两段封锁协议	(166)
§ 6.2.5 分布死锁的预防与诊断	(167)
§ 6.2.6 多副本修改	(170)
§ 6.2.7 两段交付协议	(175)
§ 6.2.8 事务管理与故障	(176)
§ 6.2.9 消除故障后的重启	(178)
§ 6.3 同构分布数据库	(180)
§ 6.3.1 全局概念模式与段模式	(180)
§ 6.3.2 数据字典及其分布	(182)
§ 6.3.3 关系的轮廓	(184)
§ 6.3.4 询问的转换	(186)
§ 6.3.5 分布询问的优化	(187)
§ 6.3.6 连接运算的处理	(188)
§ 6.3.7 全局关系上的插入删除	(189)
§ 6.3.8 R*简介	(190)
§ 6.4 异构分布数据库	(193)
§ 6.4.1 异构引起的问题	(194)
§ 6.4.2 DDTs系统	(195)
附录A 草案国际标准ISO/DIS 7498: 信息 处理系统——开系统互连——基本 参考模型(1982年4月)	(200)
附录B 参考模型中定义的服务和功能	(227)
参考文献	(229)

第一章 概 论

§ 1.1 什么是网络和分布系统

七十年代以来, 计算机发展的显著特点之一是计算机网络 (Computer Network) 和分布系统 (Distributed System) 的崛起。它们的产生和发展正迅速改变数据处理的面貌, 不仅使计算机世界日新月异地变化, 而且改变人们生产、生活和社会活动的方式。人们通过计算机网络可以访问千里之遥的计算机上的文件、检索本地没有的资料; 通过与分布系统相连的终端解决科学计算问题, 管理企业, 指挥生产; 通过分布系统的家用终端在家就医、上班和办公; …。总之, 网络和分布系统已成为信息革命和人类文明的重要支柱, 并为它们的发展推波助澜。

§ 1.1.1 分布与集中

传统的计算或数据处理工作是集中的, 在一个地点、一台机器或单个计算机系统上进行。而分布计算却把工作分布在若干地点、若干计算机上协同完成。在这里, “分布” 一词是分散而又联系的意思。为了把计算或数据处理工作分散, 就得有多个CPU或多台计算机; 为了相互联系, 就得在这些CPU或计算机之间进行数据交换或通信。概括地说, 实现分布计算或分布数据处理的系统称为计算机网络或分布系统, 由相互连接的多个CPU或计算机构成, 各计算机一般带有自己的外部设备。显然, 这个定义尚不够精确, 未能区别网络与分布系统, 之所以用它主要是当前还没有公认的精确定义, 且严格区分两者似乎也没有必要, 不加区分使我们能用统一的观点看待网络与分布系统, 使用术语时有较大的自由。由于分散与联系在程度上可以有很大差别, 故上述定义包含着特征、构造、用途、性能不同的众多系统, 还可按不同的准则对其进一步分类:

(一)按地理范围分类 分布系统中可分布的成分有硬件、处理功能、数据和控制。硬件中处理机的物理分布 (地理范围) 是分布量度的一个重要准则。

①处理机相距1米左右的称为多处理机 (Multiprocessor) 系统。如共享存储或共享总线通信的多微型机 (Multimicrocomputer) 系统和多小型机系统。

②分布范围在10米到10公里以内的, 在一栋大楼、一个工厂或校园内的称为局域网 (Local Area Network)。如以太网 (Ethernet)、剑桥环 (Cambridge Ring)、OMNINET网等。

③分布范围在10公里到几千公里的是远程网。如一个省市 一个国家的计算机网。

④分布范围在几个国家或由几个远程网相互连接起来的是互连远程网或网际网。如ARPANET。

(二)按相互联系分类 分布系统中的处理机、终端等由信道连接起来, 它们或者通过共

享存储, 或者通过交换信息通信以保持相互联系。处理机间的联系可分为两类:

①主从联系。在系统中有一个主处理机, 其它均为从处理机, 由主处理机来控制其它处理机的启动、关闭、运行。如一个主机带若干外围机的ILLIAC IV系统, 我国的银河机系统, 主机与外围机是主从联系, 它类似于中央与省市的关系, 故这种系统称为中心控制系统。

②伙伴联系。各处理机平等自主 (任一主机不受其它主机的明显控制)、相互协作 (按照一定的协议共同完成任务), 它类似于各省市之间的关系, 故这种系统称为分布控制系统。

(三)按处理机间耦合程度分类 耦合程度从紧到松的排列次序如下: 数据流计算机、多处理机、总线局域网、存储转发网。

(四)按系统功能分类 当系统给用户提供的主要功能是传输信息时, 则称之为计算机通信网; 为共享资源时则称之为计算机网; 若给用户提供的主要功能是共同求解问题、分布数据库访问等高级功能, 则称之为分布系统。从这里也可以看出网络主要考虑的是处理机要分布到一定的地理范围, 耦合程度要比较松散; 分布系统则主要强调系统的功能与管理方面。

对分布系统已有许多定义。Liebowitz (1978年) 定义“分布系统是把计算功能分散在若干物理计算单元中的系统”。Bochmann (1979年) 定义分布系统为“由几个交互作用部件组成的系统, 部件间的耦合程度可弱可强, 但不包括耦合很强的系统”^[1]。Enslow (1978年) 则强调分布系统的协作自主性 (Cooperative Autonomy), 要求系统资源根据自己的状态接受/拒绝命令、消息或传输, 有高级的操作系统协调整个系统。他用描述分布量度的三维空间图^[6] (见图1.1) 指出分布系统研究的范围。

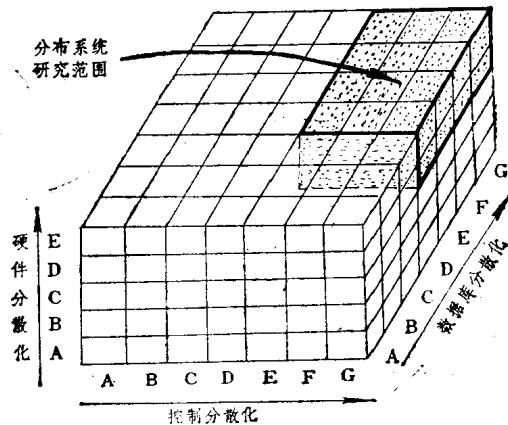


图1.1 描述分布的量度

图1.1中的硬件分散化解释如下:

- A——单个CPU, 包括一个控制部件、一个算术逻辑部件和一个中央存储器。
- B——多个执行体, 包括一个控制部件和多个同样的算术逻辑部件, 可能还有多个独立的中央存储器。
- C——分离的专门功能体, 系统包括一个普通目的的控制部件和多个算术逻辑部件或处理机, 后者可能执行专门的功能, 如通道、I/O处理机、快速F氏变换等。
- D——多处理机, 包含多个控制部件、多个算术逻辑部件、多个独立的中央存储器, 但仅一个可调I/O系统。
- E——多计算机, 每个普通目的的CPU都有控制部件、算术逻辑部件、中央存储器和I/O系统。

图1.1中的控制分散化解释如下:

- A——单个固定的控制点, 可以是物理的或逻辑的。
- B——固定的主从联系, 只能由外部动作修改这种联系。
- C——动态的主从联系, 系统软件可修改这种联系。
- D——重复全自主, 如两个分开的计算机仅在I/O级通过传输报文相互作用。

E——多控制点协同执行分成若干子任务的任务。

F——多个同样的控制点，在执行任务时协作。

G——多个控制点（不必同样）执行任务时协作。

图1.1中的数据库分散化解释如下：

A——外存单副本中心数据库。

B——内存单副本中心数据库。

C——文件分布，有中心目录，无本地目录。

D——完全复制数据库。

E——分割数据库，每个结点保存自己的数据，主结点有其他结点所有数据的副本。

F——分割数据库，在处理结点有本地数据（文件与目录），主结点不复制文件，但维持整个系统的目录。

G——分割数据库，无主文件，无主目录。

在图1.1的阴影范围内的分布系统应有如下特点：

(1) 系统内有多个处理机或多个计算机系统，可以动态地给它们分配任务。

(2) 系统的处理机间、计算机间的操作和相互作用是平等自主、相互协作的，经过通信设备按协议交换信息。

(3) 每个计算机都有自己的本地操作系统，但有一个系统范围的操作系统与用户接口，统一地管理各种资源。对用户来说，系统是透明的，整个系统就象一个计算机系统，用户按名称请求服务，不必知道所需资源在何处、哪个（些）处理机在运行他的作业。

(4) 出现了分布数据库，这是一个新特点，因为数据信息是人类活动的越来越重要的资源，需要分布系统的重要原因已从共享硬件、软件逐渐过渡到共享数据。

现阶段完全具备上述特点的分布系统是少见的，还存在许多有待进一步研究的问题：分布系统的结构、设计选择、资源管理和分布环境下的故障检查与测试。我们不死抠分布系统的定义与分类，重在讨论系统的结构、功能和应用。

§ 1.1.2 分布系统的产生与应用

集中系统向分布系统发展已成为一种必然的趋势，其因素是多方面的。

(1) 许多企业、公司、单位在地理上是分散的，其从属单位的计算机，常常相距较远，不便于交换数据信息，故需连成网络，便于整个系统的应用和管理。如银行系统、保险公司，有多地点、多分部的其它公司就是这种情况。

(2) 提高计算机系统的使用效率、资源利用率和可靠性，实现更大范围内的计算机硬、软资源和数据的共享。单个计算机常常忙闲不匀，有时一个用户需要的程序或数据本计算机没有，在另一计算机上，而用户使用该机器又可能受到地理条件及不熟悉那个机器等因素的限制。单个计算机坏了会影响企业的工作，坏机上的作业不能很快转移到好机上去做。只有计算机连网才能解决这些问题。

(3) 微型机、小型机的价格性能比已低于大型机。七十年代以前公认的Grosch规律（执行每条机器指令的费用与机器规模的平方成反比）使计算机经济学趋向于建立集中的大型机。但自七十年代以来，Grosch规律开始有疑问，因由于VLSI电路的大量生产，使得小型机上每条指令的费用已低于大型机，某些微型机上的每条指令的费用又低于小型机。当前大型机比最大的单板机运算速度大约快10倍，而费用则高 10^3 倍。故用多个微型机组组成与大型机功能相当的分布系统，其费用比大型机低得多。

比较费用时软件也是一个重要的参数。在某个事务进入系统、经处理执行而后撤离出去的过程中，除了执行该事务的指令外，还要执行系统软件的许多指令，这种指令的数目称为

事务的路径长度。典型地小型机单道程序运行，一次处理一个事务，路径长度在 10^3 以下，而在有虚拟操作系统、数据库和数据通信设备的大型机上，路径长度可达 10^6 以上，故微小型机网的软件费用比大型机低得多。

基于上述原因，微小型机局域网很有吸引力，特别是在实现办公自动化方面起着重要的作用，成为分布系统发展最为活跃的一个方向。

(4) 通信技术迅速发展，通信费用下降很快。小型无线电收发设备使机动用户可用便携式终端随时访问分布系统；光纤通信容量大，光缆重量轻，已从实验阶段走向大规模应用阶段，有取代有线通信之势；卫星通信为计算机远距离互连提供了有效的通信手段。

(5) 随着社会的更加信息化、知识化，共享数据和知识已越来越成为用户的迫切要求。新的数据在不断产生，老的数据渐渐过时。为了数据信息的新颖性，要在产生它们的地方及时将它们登记到系统中。某类数据可能集中在这里，另一类数据又集中在那里，因而对数据的分布式访问是免不了的。

(6) 开发计算机的各类新应用，提供单机系统、集中系统不能提供的服务。

现今分布系统的应用方面可罗列如下：

(1) 提供各类复杂问题的求解。这些解算程序一般大且复杂，置于分布系统的某个大型机上，用户通过终端可以近程或远程地访问它们。

(2) 提供各种行业服务。如航空、旅馆、交通、银行的网络服务；国内外市场信息服务，电子图书馆服务，用户可以查阅各种专题的书籍、技术报告和论文；各种投资信息服务；各种预测模型；各种专门的复杂设计过程等。

(3) 提供办公自动化系统。起草报告，查找文件，传输图表、单据，安排工作日程，召开会议讨论计划、方案等，都可在办公自动化系统上进行。

(4) 提供公共的、家庭的计算机服务。如电子报纸、信息银行服务，包括天气预报、新闻时事、广播电视节目、车船、飞机时刻表、商品采购指导等。

(5) 提供医疗教育服务。如访问医疗诊断系统，决定对疾病的处理，提供电视教学、自学指导等。

(6) 提供各种专家服务。如访问各种专家系统、知识库和分布数据库。

(7) 提供全新的通信服务。如电子邮件、其速度超过所有的信件和电报；远程会议，人们可在各自的终端参加会议，打印信息，讨论问题；通过国际网络扩大人们的国际交往和联系。

Martin^[10]对三类计算机应用的增长趋势作了如图1.2的描述。从图可以看出：科学技术计算方面的应用增长较慢；管理计算和团体信息系统增长较快，用于问题求解、医疗、教育、通信的个人计算机和办公信息系统增长最快。可以预言，今后分布系统的终端作为一种通信媒介，将象电视、报纸和书籍一样，成为社会信息结构的组成部分，并对人类活动起着越来越重要的作用。

- a. 私用网络远程处理的首先使用
- b. 私用数据网迅速扩展
- c. 转接计算机网的首先使用
- d. 早期公用数据网
- e. 公用数据网的大量增长

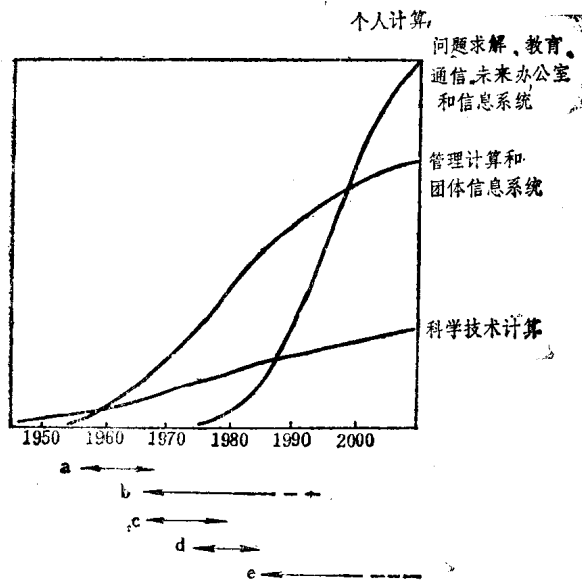


图1.2 三类计算机应用的增长

§ 1.1.3 分布系统的模型

近来，人们对分布系统作了不少研究工作，提出了关于分布系统的各种模型，其中主要有对象模型 (Object Model) 和进程模型 (Process Model) 两种。在这两种模型中，分布系统是一个逻辑系统，由分布操作系统及其管理的资源或对象组成。这些对象可以是实际的，如处理机、外存、I/O设备等；也可以是抽象的，如进程、文件、目录、数据库、虚拟I/O设备、时钟、日志等。分布操作系统的功能在于给用户提供一个统一的接口，实现用户对这些对象的访问，同时方便地增加新对象，扩充系统。

对象又可分为主动的和被动的两大类。后者（如消息、文件、目录、日志、数据库、I/O设备、信道等）只有在主动对象对其作用后才能改变内容。但主动对象可以改变自身和其他对象表示的内容。原始主动对象是进程，它是在实机或虚机的特定关联中执行的程序，即指令或命令系列。

在对象模型中，每个对象均具有类型、表示和在其上能执行的一系列操作。用户要在对象上执行操作，就得具有某种权力，分布操作系统的功能是管理所有对象和权力，使有权力的用户能操作相应的对象。在分布控制的网络中如何使用对象模型是一个有待解决的问题。

进程模型中的对象由进程管理，其每个对象都有一个服务进程为用户提供服务，致使用户对这些对象的访问变为用户进程与该对象的服务进程通信。分布操作系统的任务就是管理这些进程之间的通信(图1.3)。

进程通信的方式是发送、接收消息或报文 (Message)，报文的通常形式为请求和回答。用户进程发送请求报文时，其中要包含给所需服务进程提出的操作和参数。为了回答用户进程的请求，服务进程可能要访问它本地的数据结构，或者要发送另外的请求给别的服务程序，让它们帮助自己执行原来的用户请求。当请求执行完后，服务进程给用户进程发送回答报文，其中包含执行成功或失败的指示和结果。

在这个模型中，一个进程有时可能作为服务进程运行，有时又可作用户进程运行。这些

进程可能在同一主机中，也可能在不同主机中。就该模型的观点而言，分布系统可以是也可以不是物理上分布的，故一个分布系统不一定就是一个网络，因为网络强调物理上的分布。

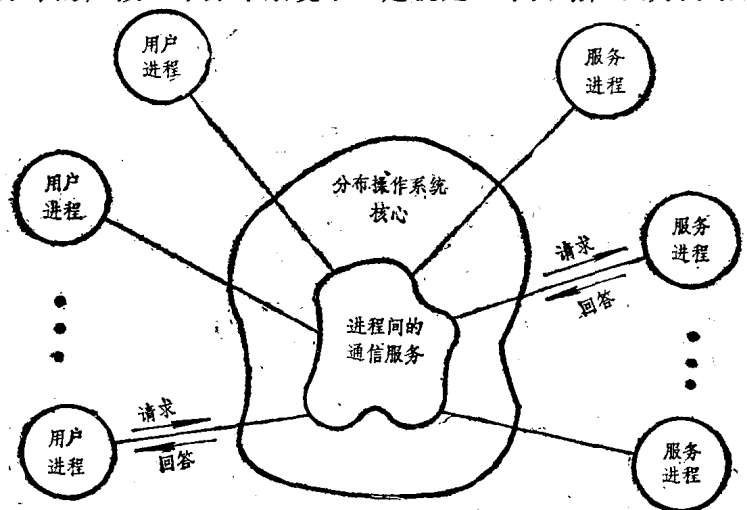


图1.3 分布系统的进程通信模型

反之，一个网络也不一定是分布系统，因为网络不一定提供进程间的通信。

毫无疑问，建立在网络上的分布系统，无论在应用还是分析讨论中都是主要的。按实现分布系统所使用的不同的网络技术，分布系统又可分为如下几种类型：

存储转发网型 由于存储转发网可以跨越很大的地理范围，建立在其上的分布系统有着广泛的应用，如远程文件传输、电子邮件、远程作业装入、远程信息检索、分布数据库访问等。

总线广播网型 这种分布系统广泛地使用微、小型机和同轴电缆，价格便宜，容易安装和重新组合，广泛地用于企业管理、办公室自动化、分布数据库和分布系统研究等方面。

多处理机型 目前多处理机系统主要用于研究方面，已有少量处理机连接的操作经验，如C.mmp系统连接了16个PDP-11。国外已在作连接128个处理机的试验，如果成功，则可能进行连接上千个处理机的试验。这种研究的目的在于进一步获得多处理机协同工作的经验，提高问题求解的速度，可望用于推理机和人工智能方面。

§ 1.2 网络的构成

在网络中有数据处理和数据通信两类工作，设计网络时，通常从逻辑功能上把二者分开，由智能终端、主机（可能带若干终端）提供资源，运行用户程序，处理数据；由通信控制处理机CCP（或称接口信息处理机IMP）、通信设备、信道组成通信子网（简称子网）负责数据通信。把数据通信功能分离出来的好处是：主机与子网的功能都变得比较单纯，以简化系统设计。子网只管通信，可提高通信效率；主机摆脱了烦琐的通信工作，可全力以赴处理数据。系统的构成如图1.4所示。其成分有：

1. 终端 如电传打字机、键盘CRT显示器和微型机，它是用户与系统相互作用的工具。智能终端是带有外部设备（如磁盘）的微、小型机，便携式终端则是带有无线电收发机的轻便终端，通过无线电与数里之遥的子网交换站联接。

2. 终端控制器 它将多个终端的信号多路传输给主机或CCP, 节省远地终端线路费用。

3. 主机 可以是小型机、中型机或大型机, 配有操作系统、编译程序、数据库等, 它连接到一、两个CCP上, 来去主机的所有信息都要经过CCP。

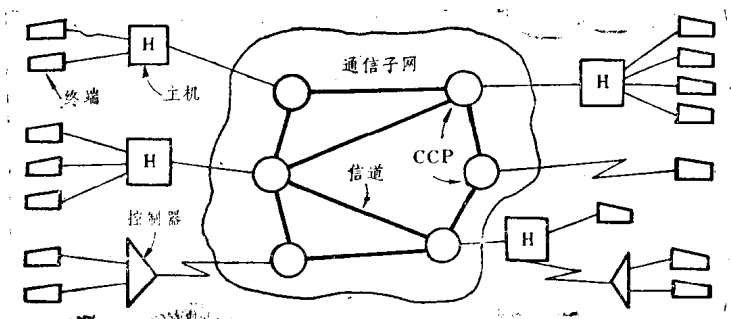


图1.4 网络的构成

4. CCP 为通信控制处理机, 负责数据交换, 处理通信控制, 典型的为一小型机。若无CCP时, 则由主机承担它的工作。

以上成分统称为结点、站、位置或地点, 今后将混合使用这些术语, 不作严格区分, 以使行文方便。

5. 信道 又称通道或线路, 是连接各站的通路, 又是数据信息之路由。它可以是普通电话线, 同轴电缆、光纤, 也可以是无无线电波、微波和卫星通道。

信道可粗略地分为两类: 点对点信道和广播信道。前者每条信道直接连接两个结点; 后

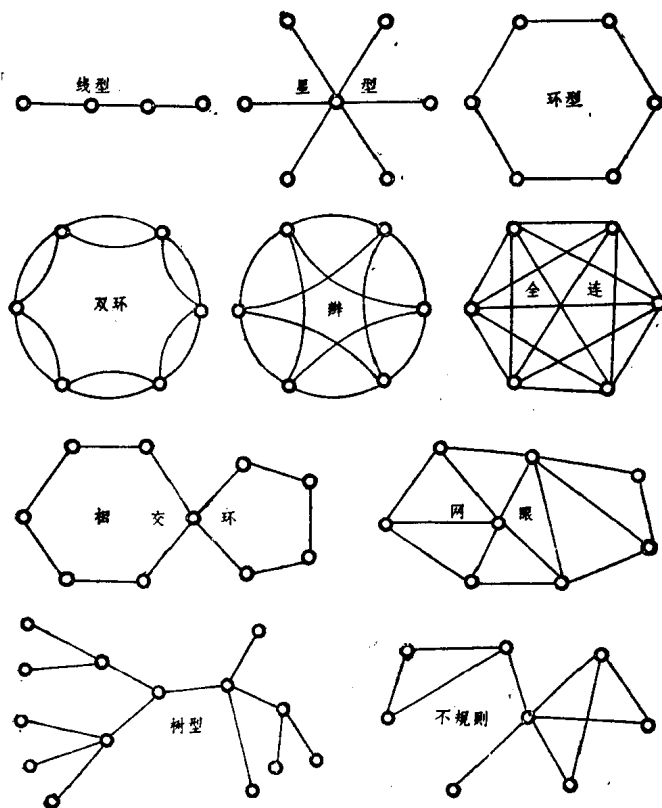


图1.5 全点对点信道子网的拓扑

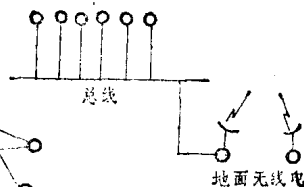
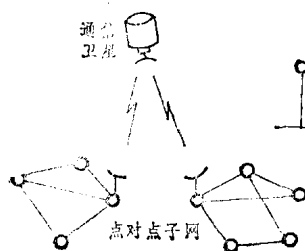
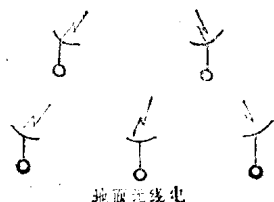
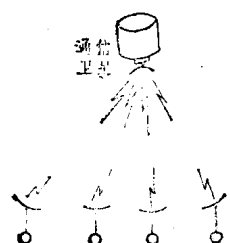
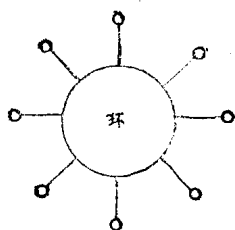
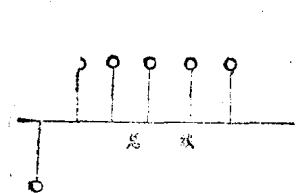


图1.6 广播信道网

图1.7 混合信道网

者一条信道直接连接三个以上结点。子网中结点、信道组成的连络图称为子网的拓扑，它的结构是各式各样的，但可分为如下几种类型。

(1) 全点对点信道子网。它用电缆等信道把结点点对点连接起来。若两个结点不共享同一信道，那么它们必须经过中间结点才能通信。每个中间结点接收并存储来自上一结点的信息数据，等到所需信道空闲时再向下一站传送。这种子网也称为存储转发子网，其可能拓扑如图1.5所示。不规则拓扑常常是利用已有电话系统连接计算机的结果。

(2) 广播信道子网。在此种子网中，所有结点共享单一信道，其固有特点是任一结点发送的消息均能被所有其他结点接收。

(3) 混合信道网。点对点网的远距离连接可用通信卫星，总线网可用地面无线电扩大通信距离。这样一来，子网中就会包含多种信道，形成混合信道网。

对一个网络系统来说，用户所在的结点称为他的本地结点，其他结点都称为他的远程结点，故本地与远程是一个相对概念，一个用户的本地结点同时也是他的远程结点用户的远程结点。有时又把与一个结点有物理信道直接相连的那些结点称为它的邻接结点。在点对点信道网中，远程结点有些是本地结点的邻接结点，有些则不是；而在广播信道网中，所有其他结点都是本地结点的邻接结点。

§ 1.3 网络的功能结构

在§ 1.1.3中介绍了分布系统的进程模型，其核心是实现整个系统范围内的进程间的通信。对单计算机系统来说，所有进程都寄居在同一主机内，其间的通信可由单个主机的操作系统实现。网络的情况则与单个计算机大不相同，需通信的两个进程分别在不同的主机上，两个主机可能是也可能不是同一型号的，两者的操作系统也可能完全不同。如果只是把两者用物理线路简单地连接起来，它们还是无法实现通信。欲实现通信就需要建立网络操作系统。这有两种方式：其一是抛弃各主机上现有的操作系统，而建立全新的分布操作系统，以管理整个系统的所有对象和进程间的通信，这种方法已在微、小型机局域网上试验，有希望成为局域网网络操作系统设计的主要方法。其二是保留各主机现行的操作系统（可能要作少量修

改), 增加一些功能模块来执行网络范围内的进程通信功能, 这些模块就构成网络操作系统。这种方法是当前构造网络的主要方法, 它将继续为存储转发网络和大型机、现已有完善软件的主机联网所采用。

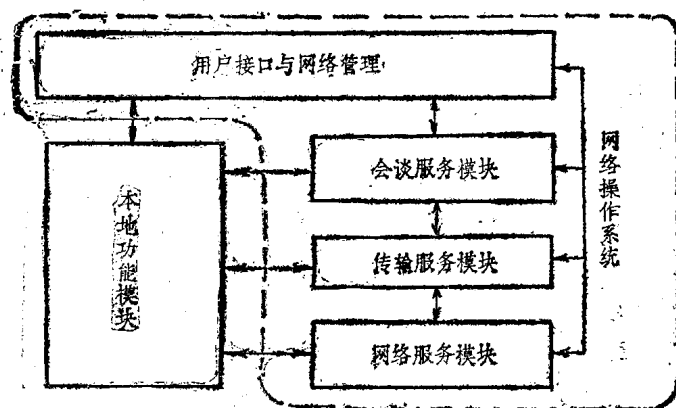


图1.8 网络主机的功能结构

按照第二种方法, 网络中一个主机的功能结构如图1.8所示。各模块的主要功能如下:

1.本地功能模块 具有主机单机环境的一切功能, 执行本地用户的操作以及远程用户通过网络请求在本地执行的操作。它典型地包括本地操作系统、编译程序、各种实用程序、系统服务、文件系统、数据库管理系统等软件。

2.网络接口和管理 为网络用户提供使用网络的接口, 一般允许用户和操作员、系统管理员对网络进行透明访问和非透明访问; 同时管理网络的资源, 提供各种支持和服务, 如建立和修改系统, 测试信道和网络软件故障, 日志系统事件等。现今的网络接口和管理常为本机操作系统的扩充, 即在本机操作系统的基础上扩充命令语言, 扩充命名空间, 增加本地、远程交通指挥和网络的若干支持程序。

3.会谈 (Session) 服务模块 主要是提供各种资源服务的支持功能和用户进程间通信的服务功能, 如电子邮件、分布文件系统、分布数据库管理、密码变换, 建立、管理、撤消会谈等。因为网络用户之间的会谈是各种各样的, 所以会谈服务模块比较复杂, 随着具体系统的不同, 其功能差别较大。许多网络只提供较简单的会谈功能, 有些网络甚至不提供会谈功能。

4.传输服务模块 负责本地计算机与远地计算机的进程间的通信和数据传输工作, 使得这种工作独立于具体的网络, 或者说使网络对上层用户透明。

5.网络服务模块 具体地执行网络主机之间的数据传输服务, 将数据从一个主机经网络传送到另一主机。网络服务不解释数据的含义。

网络接口拦截用户对网络的访问请求, 能在本地回答的送本地功能模块执行, 涉及远程对象的送会谈服务模块、经传输服务模块和网络服务模块送远程结点执行。由于会谈、传输和网络三个服务模块涉及与远程结点的联系, 故需要有网络范围内统一的功能接口标准。本书将按照图1.8的结构, 分章介绍各个模块的功能。

§ 1.4 开系统互连参考模型

当任何计算机系统中的应用进程(即用户进程)仅能在该计算机系统内部操作时, 这种计

计算机系统称之为闭系统（如单计算机系统）。如果一个计算机系统中的应用进程能与另一计算机系统的进程通信，则称之为开系统。显然，开系统是由通信子网连接的计算机系统，也就是网络中的主机。

在网络发展初期，各厂家团体自行发展网络，为了简化设计的复杂性，都用高度结构化的方法设计。一般把系统的功能分成若干层（Layer），每层完成确定的功能集合，上层利用下层的的服务功能，下层为上层提供服务。两个主机对应层之间均按相应的协议（Protocol）通信（所谓协议是通信双方事先约定的通信的语义和语法规则的集合），各层功能及其通信协议构成网络的体系。然而，已建立的网络体系是很不一致的，互不相容，难于相互连接。为了使网络体系标准化，国际标准化组织（ISO——international Standards Organizztion）从1978年2月开始研究开系统互连参考模型（RM/OSI —Reference Model/Open Systems Interconnection），1980年12月就第一个草案建议（DP 7498）征求意见，1982年4月形成草案国际标准（ISO/DIS 7498）。这个七层模型（图1.9）已为ISO、CCITT、ECMA、ANSI 和许多厂商接受，作为发展计算机网络标准的指导。

§ 1.4.1 RM/OSI的分层结构

参考模型RM/OSI的目标是协调不同系统（可以是终端、计算机系统或整个网络）中的

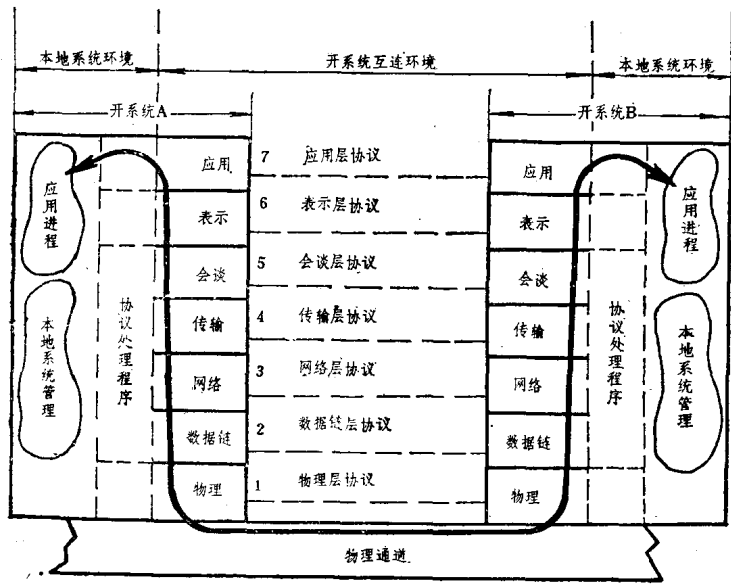


图1.9 RM/OSI参考模型

应用活动（称为应用进程），使其间的信息交换过程标准化。为此RM/OSI将开系统分成两部分：本地系统环境和开系统互连环境。后者包括七层功能及其对应的协议；前者包括本地系统管理、应用进程和各层功能协议对应的处理程序，它们都是在本地系统环境下执行的。

RM/OSI只关心开系统互连环境，它把不同系统上的应用进程间的通信工作分成七层，每层完成一个明确定义的功能集合，并按协议相互通信。层与层之间的联系如图1.10所示。每层向上层提供它所需要的服务，在完成本层协议时使用下层提供的服务。各层的功能是独立的，层间的相互作用通过层接口实现。只要保证层接口不变，那么任何一层实现技术的改变均不影响其余任何一层。这里应该指出，参考模型RM/OSI的目标是使各层的功能和协议标准