

计算机图形学

计 算 机 网 络

安德鲁 S. 达兰贝姆 著

郭庆平 李光万 朱光渠 译
周龙虎 尹朝庆

武汉水运工程学院

一九八五年

译 者 的 话

安德鲁·达兰贝姆所著的Computer Networks是一本系统论述计算机网络的著作。该书按照ISO(国际标准化组织)提出的开放系统互连(OSI)七层参考网络模型逐层展开,各章又力求自成系统。每层首先对理论问题进行探讨,然后以三种著名网络ARPANET、IBM/SNA、DECNET以及公共数据网为例,分别说明实际上是如何实现的。在书中,作者把局部网网络层协议分成三类:载波检测型、环形和共享存储型,分别讨论了它们的工作过程、特性、内在联系以及与远程网的区别和联系。

该书内容丰富,说理透彻,结合实际,深入浅出。有关章节给出了许多算法的PASCAL程序,并对程序进行了分析。各章均附有大量习题。该书适于作为大专院校计算机科学、电气工程和有关学科高年级学生和研究生教材。对于具有计算机初步知识,想系统了解计算机网络的科技人员也是一本较好的参考读物。

本书是1981年英文版的译本。在译本中,删去了第十一章的附录和作者自序中与正文无关的部分内容,更正了某些明显的印刷错误,个别地方作了译者注。

本书由郭庆平、周龙虎、李光万、尹朝庆、朱光渠等人共同完成。第一章由尹朝庆翻译,第二章由尹朝庆、朱光渠合译。郭庆平翻译第三、四、七章。李光万翻译第五、六章。周龙虎翻译第八、九、十章。张济华翻译了第十一章的文献索引部分。

郭庆平为本书的翻译做了大量组织工作。

在翻译过程中,张金昌副教授一直给予鼓励和指导,并对部分译稿提出了许多宝贵意见,我们对此表示衷心的感谢。

武汉水运工程学院徐祖兴、田学祥同志为本书的编辑、制图做了大量工作,我们在此表示感谢。

我们还要感谢武汉水运工程学院计算机与自动化系的领导,《交通与计算机》编辑部,武汉水运工程学院院刊编辑部,《全国电脑书讯》编辑部,中国计算机用户协会湖北省分会,武汉水运工程学院教材料、教研科、印刷厂等单位的热情支持,以及全国广大读者对本书的关心和敦促。

由于我们水平有限,对原文的理解不尽妥贴,敬请读者批评指正。

译者

1985年6月

于武汉水运工程学院

序 言

随着计算机越来越小巧、便宜和普及，人们越来越对把它们连接在一起，构成网络和分布式系统感兴趣。最初，这种连接是按一种专门设置的方式进行的，典型的情况是每一台计算机把其它一些计算机看作终端。然而，在过去的十年里，一个以计算机联网为目标的知识实体已经发展起来，因此，未来的网络和分布式系统是能够系统地设计的。

计算机网络设计的关键问题首先由Julius Caesar概括为：分层治理。这个思想是将网络设计成层次序列或抽象机，每一层都建立在前一层上。通过把整体的研究简化成部分的研究，这个课题就变得较为容易处理。本书使用划分成七层的网络模型。其结构在相当大的程度上也是按照这种网络模型的结构来组织的。

第一章概论，它描述了计算机网络的一般结构，特别提出层次协议的概念。第二章讨论网络拓扑设计的一些算法和试探方法。第三章开始研究七层模型的底层（物理层），它涉及数据通信系统的体系结构，包括电话系统和人造卫星系统在内。第四章主要讨论数据链路层协议，及在不可靠的传输线路上进行可靠传输数据的算法。第五、六、七章全部与网络层有关。第五章讨论点对点网络，第六章论述人造卫星和报文分组无线网络，第七章讨论局域网。第八章研究转送层和对话层，特别是端——端协议和网际互连。第九章是关于表示层，包括密码术、文本压缩、虚终端协议和文件转换协议。第十章对某些应用层的问题，主要是分布式数据库和分布式操作系统提供一个概述。第十一章包括一个索引和一个文献目录。

本书可以作为计算机科学、电气工程和其他学科的二、四年级学生和研究生的教材。所需要的预备知识仅仅是一般地熟悉计算机系统和程序设计。虽然稍微了解基本的计算方法和基本的概率论知识也是需要的，但这并不重要。由于本书的内容作为一学期来安排可能太多，所以，根据学生的水平，我努力使每章相对独立于其它各章。这样做，可使得教师能自行选择跳过某些章的内容。特别是第二章较长和有较高的技巧，那么，不关心拓扑设计问题的学生可以略去，也不会失去连贯性。然而，如果第二章被略去，我建议这些学生看看方程（2—9）和方程（2—10），因为它们在后面的章节中分析网络性能的几个地方要用

到。

没有经过正式的计算机专业训练，但在小型计算机、汇编语言、系统程序语言、操作系统，或者数据通信方面具有实际经验的人理解这本书的内容困难较少，即使是不熟悉上述领域的程序员和管理员大概也能够了解这本书的主要内容。

很多人对这本书给我以帮助。我应该首先感谢Wiebren de Jonge，没有上百小时也有几十小时对原稿上几乎每一页都进行讨论和争辩，他的敦促使我对偶然的松懈感到惭愧，我反复修改各章节，直至我认为它们正确为止。

还有很多人也给予了帮助（人名省略——译者注）。他们共同的支援，使本书的很多方面有很大的改进。

对于贝尔实验室计算科学研究中心的全体成员，感谢他们在我于1979年夏季访问期间所进行的启发性的讨论。我特别要感谢Sandy Fraser为我安排事项，Brian Kernighan和Mike lesk向我介绍计算机辅助排字（CAT）的奥秘，以及Lorinda Cherry用高档小型机大量注释我的用字。

作者通常都要感谢他们的打字员，我不想破坏这种很好的习惯。我要感谢Andy Tanenbaum，对于他又快又准确地打出原稿不计其数的修改本表示感谢。还有一点，我应该感谢Ken Thompson，Dennis Ritchie和贝尔实验室计算科学研究中心的其它成员对于UNIX操作系统的开发。UNIX文本处理工具使得打印和重复打印组成最后稿本的1,231,788个字符成为一件愉快的工作而不是繁琐的负担。

IBM和DEC允许我使用他们的SNA和DECNET协议手册中的材料，为此，我分别向他们表示感谢。

安德鲁S. 达兰贝姆

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 计算机网络的用途	(2)
1.1.1 计算机网络的目的	(2)
1.1.2 网络的应用	(4)
1.2 网络结构	(5)
1.3 网络体系结构	(8)
1.3.1 协议层次	(8)
1.3.2 各层的设计问题	(10)
1.4 ISO参考模型	(11)
1.4.1 物理层	(12)
1.4.2 数据链路层	(12)
1.4.3 网络层	(12)
1.4.4 转送层	(13)
1.4.5 对话层	(14)
1.4.6 表示层	(14)
1.4.7 应用层	(15)
1.5 ARPANET、SNA、DECNET 和公共网络	(15)
1.5.1 ARPANET简介	(16)
1.5.2 SNA 简介	(16)
1.5.3 DECNET 简介	(19)
1.5.4 公共网络和X.25简介	(20)
1.6 本书的概貌	(20)
1.7 小结	(21)
习题	(21)
第二章 网络拓扑	(23)
2.1 拓扑设计问题简介	(23)
2.1.1 问题的表述	(23)
2.1.2 分层网络	(24)
2.2 连通性分析	(26)
2.2.1 图论简介	(26)
2.2.2 割集和网络流量	(30)
2.2.3 最大流量算法	(32)
2.2.4 不相交通路	(37)
2.2.5 Monte Carlo 连通度分析	(40)
2.3 延迟分析	(43)

2.3.1 排队论简介	(43)
2.3.2 平衡态的M/M/1 队列	(44)
2.3.3 M/M/1 队列网络	(47)
2.4 干线设计	(51)
2.4.1 设计过程	(51)
2.4.2 生成起始拓扑	(53)
2.4.3 流量分配与容量分配	(54)
2.4.4 扰动试探法	(57)
2.5 局域访问网络设计	(61)
2.5.1 集中器的位置分配	(61)
2.5.2 集中器选址问题	(63)
2.5.3 终端布局问题	(64)
2.6 小结	(66)
习题	(67)
第三章 物理层	(70)
3.1 数据通信的理论基础	(70)
3.1.1 付里叶分析	(70)
3.1.2 带宽受限信号	(71)
3.1.3 信道的最大数据速率	(73)
3.2 电话系统	(73)
3.2.1 世界电信组织情况简介	(74)
3.2.2 电话系统的结构	(75)
3.2.3 本地回路	(76)
3.3 传输和多路复用	(78)
3.3.1 频分复用和时分复用	(78)
3.3.2 数字传输	(79)
3.3.3 X.21 数字接口	(81)
3.3.4 通信卫星	(83)
3.3.5 电路交换和报文分组交换	(86)
3.4 终端管理	(89)
3.4.1 探测	(89)
3.4.2 多路复用与集中方式的比较	(90)
3.4.3 报文分组的装配/分解器	(91)
3.5 差错	(93)
3.5.1 传输差错的本质	(93)
3.5.2 纠错码	(94)
3.5.3 检错码	(96)
3.6 小结	(99)
习题	(100)

第四章) 数据链路层	(102)
4.1) 基本数据链路协议	(102)
4.1.1) 协议所需的某些说明	(102)
4.1.2) 不受限制的单工协议	(105)
4.1.3) 单工方式发送等待协议	(107)
4.1.4) 有噪信道的单工协议	(108)
4.2) 滑动窗口协议	(111)
4.2.1) 一位滑动窗口协议	(113)
4.2.2) 以流水线方式工作的协议	(116)
4.2.3) 接收无顺序帧的协议	(121)
4.3) 数据链路层举例	(125)
4.3.1) ARPANET 的数据链路层	(125)
4.3.2) SNA 和 X.25 的数据链路层	(127)
4.3.3) DECNET 的数据链路层	(130)
4.4) 协议分析	(132)
4.4.1) 协议效率	(132)
4.4.2) 协议验证	(134)
4.5) 小结	(139)
习题	(139)
第五章) 网络层 I: 点——点网络	(141)
5.1) 虚电路和数据报	(141)
5.1.1) 网络层提供的服务	(141)
5.1.2) 虚电路服务和数据报服务的比较	(142)
5.1.3) 通信子网的内部结构	(144)
5.1.4) 通信子网内虚电路和数据报的比较	(146)
5.1.5) 通信子网服务和通信子网结构的独立性	(147)
5.2) 路由选择算法	(147)
5.2.1) 扩散式	(148)
5.2.2) 静态路由选择	(149)
5.2.3) 集中式路由选择算法	(151)
5.2.4) 孤立式路由选择	(152)
5.2.5) 分布式路由选择算法	(154)
5.2.6) 拓扑修改问题	(154)
5.2.7) 分层路由选择	(158)
5.2.8) 广播式路由选择	(160)
5.3) 拥塞	(161)
5.3.1) 缓冲器的预分配	(162)
5.3.2) 丢弃报文分组	(163)
5.3.3) 许可证法	(164)

5.3.4 信息流控制	(165)
5.3.5 阻塞报文分组	(165)
5.3.6 死锁	(166)
5.4 网络层举例	(169)
5.4.1 ARPANET 的网络层	(169)
5.4.2 SNA 的网络层	(173)
5.4.3 DECNET 的网络层	(176)
5.4.4 X.25 的网络层	(178)
5.5 小结	(184)
习题	(187)
第六章 网络层Ⅱ：卫星与报文分组无线电广播	(187)
6.1 报文分组卫星广播	(187)
6.1.1 传统的信道分配方法	(188)
6.1.2 纯ALOHA和时分 ALOHA	(189)
6.1.3 有限用户的 ALOHA	(192)
6.1.4 时分ALOHA的延迟和有效通信量	(193)
6.1.5 时分 ALOHA 的稳定性	(198)
6.1.6 受控 ALOHA	(200)
6.1.7 预约 ALOHA	(202)
6.2 报文分组无线电广播	(204)
6.2.1 夏威夷大学的ALOHA系统	(204)
6.2.2 报文分组无线电网络的设计问题	(206)
6.3 小结	(210)
习题	(213)
第七章 网络层Ⅲ：局部网	(213)
7.1 载波检测网	(214)
7.1.1 坚持型和非坚持型 CSMA	(215)
7.1.2 以太网	(217)
7.1.3 无碰撞协议	(219)
7.1.4 限制争用协议	(223)
7.2 环形网	(227)
7.2.1 令牌环	(228)
7.2.2 争用环	(230)
7.2.3 时分环	(231)
7.2.4 寄存器插入环	(231)
7.3 共享存储系统	(233)
7.3.1 处理机—存储器互连	(233)
7.3.2 共享存储系统举例	(234)
7.4 小结	(236)

(018) 习题	(237)
第八章 转送层和对话层	(239)
(8.1) 转送协议设计问题	(239)
(018) 8.1.1 转送服务	(240)
(018) 8.1.2 寻址和连接的建立	(248)
(558) 8.1.3 信息流控制与缓冲	(251)
(558) 8.1.4 多路复用	(254)
(558) 8.1.5 在被滞后的包出现时的同步	(255)
(558) 8.1.6 故障恢复	(259)
(8.2) 报文分组转接网络间的互连	(261)
(188) 8.2.1 信关	(262)
(8.2) 8.2.2 网际互连级	(264)
(8.2) 8.2.3 X.75模型与数据报模型的比较	(265)
(8.2) 8.2.4 互连网报文分组的分段	(269)
(8.3) 对话层	(271)
(8.4) 转送层和对话层的例子	(272)
(8.4) 8.4.1 ARPANET 网络中的转送层	(272)
(8.4) 8.4.2 SNA 中的转送层和对话层	(278)
(8.4) 8.4.3 DECNET 中的转送层	(280)
(8.5) 小结	(281)
(8.5) 习题	(281)
第九章 表示层	(284)
(9.1) 网络的安全与保密	(284)
(9.1) 9.1.1 经典密码术	(285)
(9.1) 9.1.2 数据加密标准	(291)
(9.1) 9.1.3 密钥分发问题	(299)
(9.1) 9.1.4 公开密钥密码术	(301)
(9.1) 9.1.5 确证和数字化签署	(304)
(9.2) 文本压缩	(307)
(9.2) 9.2.1 类等符号的有限集编码	(307)
(9.2) 9.2.2 Huffman 编码	(308)
(9.2) 9.2.3 上下文有关编码	(308)
(9.3) 虚拟终端协议	(309)
(9.3) 9.3.1 终端的类别	(309)
(9.3) 9.3.2 数据结构模式	(310)
(9.3) 9.3.3 设计原理	(312)
(9.3) 9.3.4 虚拟终端协议的例子	(313)
(9.4) 文件转换协议	(314)
(9.5) 表示层的例子	(316)

9.5.1	ARPANET 中的表示层	(316)
9.5.2	SNA 中的表示层	(317)
9.5.3	DECNET 中的表示层	(318)
9.6	小结	(319)
	习题	(319)
第十章	应用层	(322)
10.1	分布式数据库系统	(322)
10.1.1	关系数据库模型	(322)
10.1.2	关系的分配问题	(326)
10.1.3	查询处理	(327)
10.1.4	并发控制	(331)
10.1.5	故障恢复	(334)
10.2	分布式计算	(337)
10.2.1	层次模型	(337)
10.2.2	CPU 高速缓存模型	(338)
10.2.3	用户—服务机模型	(340)
10.2.4	池处理机模型	(341)
10.2.5	数据流模型	(342)
10.3	网络操作系统和分布式操作系统	(350)
10.3.1	网络操作系统	(350)
10.3.2	分布式操作系统	(352)
10.4	小结	(354)
	习题	(355)
第十一章	阅读索引及文献目录	(357)
11.1	阅读索引	(357)
11.2	文献目录 (略)	(361)

第一章 概 论

过去的三个世纪中的每一个世纪都曾被某种单一技术所统治。十八世纪曾是伴随工业革命而来的机械系统时代。十九世纪是蒸汽动力时代。二十世纪期间,关键的技术是信息的收集、处理和分配。在众多的发展中,我们看到遍布全世界的电话网络设施,无线电和电视的发明,计算机工业的诞生和空前速度地成长,以及通信卫星的发射。

当我们展望本世纪末的前景时,这些领域的科学技术将急骤地汇集在一起,而且信息的收集、传送、存贮和处理之间的差别正在很快消失。在广阔的地域上组成的有上百个办公室的机构对日常事务的处理,希望按一下按钮就能检查甚至是最边远地点的当前情况。当我们收集、处理和分配信息的能力增长时,使人眼花缭乱的更多的信息处理的需求甚至增长得更快。

虽然计算机工业和其它工业比较而言(例如汽车工业和航空工业)是年轻的,但是,计算机在一个短时期内就已经取得惊人的发展。在它们出现后的头二十年期间,计算机系统是高度局域化的,通常放置在一个单独的大房间里使用。通常这种房间有几面玻璃墙,参观者通过这些玻璃墙可以惊愕地看见里面庞大的电子怪物。一个中等规模的公司或者一所大学也许会有一、二台计算机,规模很大的单位最多不过有十几台。在这二十年中,比邮票还要小,而且功能同样强的计算机将大量地成批生产的这种想法纯粹是科学幻想。

计算机和通信的结合对计算机系统的组成方式有重大影响。在一个房间里配置一台大型计算机,用户把他们的工作带来上机处理,像这样的“计算机中心”的概念正在迅速地变得陈旧。这种模式有两个缺陷:其一是单独一台大型计算机承担所有工作的概念,其二是用户把工作带给计算机,而不是把计算机交给用户的思想。

由一台单一计算机为各个机构的所有计算需要提供服务的旧模式,正在迅速地被用大量相互分隔但又互相连接的计算机来承担全部工作的结构模式所代替,这种系统称为计算机网络(Computer network)。这种网络的分析和设计就是本书的课题。

贯穿本书,我们将使用术语“计算机网络”来表示多台自治的计算机互相连接起来的一个集合体。如果两台计算机能够交换信息,就说它们是互相连接的。连接不必是经过铜导线,也可以使用光纤、微波、以及人造地球卫星。根据计算机是自治的要求,我们希望在我们的定义中不存在明显的主/从关系。如果一台计算机能够强制地启动、停止或者控制其它的计算机,这些计算机就不是自治的。一种ILLIAC-IV型的系统,有一个控制单元和许多从属单元,它就不是一个网络。配置远程卡片读入机、打印机和终端的一个大型计算机系统也不是一个网络。

在文献中,计算机网络和分布式系统(distributed system)两者之间的差别相当混淆不清。Ensflow的定义(1978年)要求一个分布式系统有一个全系统范围的操作系统,它按名而不是按位置请求提供服务。换句话说,一个分布式系统的用户不应该感到有多台处理机,它应该看来像是一台虚拟的单处理机。作业对处理机的分配,处理机调度,文件对磁盘

的分配，在文件存贮的地方和需要文件的地方之间的文件迁移，以及所有其它的系统功能都必须自动完成的。

另一方面，Liebowitg和Carson（1978年）提出：“分布式系统是这样一种系统，在其中，计算功能分散在若干个物理的计算单元中”。这种对分布式系统的定义明显地包括了Enslow定义所排斥的许多系统。

我们的意见是分布式系统是网络的一种特殊情况，它具有高度的内聚性和透明性。一个网络或许是或许不是一个分布式系统，这依赖于网络被使用的方式。然而，由于缺乏任何普遍接受的术语，我们将在一般意义上使用术语“计算机网络”来统称计算机网络和分布式系统。

1.1 计算机网络的用途

在我们开始详细讨论技术问题之前，值得花一些时间指出为什么人们对计算机网络感兴趣，以及网络能用来干什么。

1.1.1 计算机网络的目

有两种力量正在迫使集中式计算机系统让位给网络。第一种力量是许多机构已经有相当多的计算机在运行，它们常常相距很远。例如，一个公司有许多工厂，该公司可能在每个工厂都有一台计算机用来保存库存清单，监督控制生产率，结算本厂工资等等。最初，每台计算机可能都在相互独立的情况下工作。但是，到一定的时候，公司经理部门可能会决定把它们连接起来，以便提取与整个公司有关的信息和使整个公司的信息相关。

从更为一般的形式来看，这种目的在于使所有的程序、数据、以及其它资源可供网络上的任何一台计算机使用，而与资源和使用者的地理位置没有关系。换句话说，一个用户恰巧离他的数据有1000公里远的情况，也不应该妨碍他使用数据，就好象数据是在本地一样。分担负荷是资源共享的另一种形式。这个目的可以扼要地用一句话来概括，就是它试图结束“地理位置上的限制”。

第二个目的是依靠替换补充的资源来达到高可靠性。对于互相没有连接的计算机，如果一台机器比如说由于硬件故障而停机，即使在别处也许会有相当大的可供使用的计算能力，而本地的用户还是倒了霉。对于一个计算机网络，一台计算机的暂时失效不会引起那样严重的问题，因为该机的用户通常可以在别处得到调节，直到该机的服务恢复为止。对于军事、银行、工业过程控制，以及许多其它应用，由于自然的或其它原因导致某种大事故使计算能力完全丧失，那怕是几个小时，也是完全不能允许的。

分散计算能力的另一个重要原因与计算能力相对于通信的价格有关。直到大约1970年为止，与通信设备相比计算机相对昂贵。这个情况现在反过来了。在某些应用中，数据在广泛散布的地点产生，比如，监督空气污染的政府机构可能在遍布全国的不同地点采集数据。在1970年以前，在每个地点放置一台计算机去分析数据是行不通的，因为，计算机是如此昂贵。于是，取代以所有数据都传送到某地的一个计算机中心处理。现在，一台小型的计算机的价格是便宜的，所以，更吸引人的办法是在数据采集现场分析数据，而仅传送必要的摘要给计算机中心，使得现在在总费用中所占百分比要比往常多的通信花费降低。这种办法导致了计算机网络。

建立计算机网络还有一个与联网本身无关的目的。作为网络其它目的的一个附带效果，计算机网络能够为分隔得很远的人们提供一种强有力的通信手段。使用一个计算机网络，可以容易地使彼此居住和工作相隔很远的两个或更多的人一起来写一个作品。作品文本保持在线状态，以便所有的作者总是能访问当前版本。当一个作者作一次修改时，其它作者能够立即得到修改的内容，而不是要等几天才能得到一封信来说明修改的内容。这样一种提高几个数量级的速度使得相隔很远的人们能够建立以前不可能的合作关系。从长远的观点来看，利用网络来增强人与人之间的通信能力可能比单纯改善可靠性这类技术指标要重要得多。

正如我们早先提到的，连接现有的计算机系统的愿望不是计算机联网的唯一推动力。另一个主要力量是小型计算机系统的价格/性能比优于大型计算机。大型机的主机（Mainframe）比最大的单片微处理器的速度大约快10倍，但是，价格却要贵1000倍以上。这种不相称性使得许多系统设计者试图连接一群微型计算机，以较低的代价获得比一台大型主机要好的性能。这就好象古老西方的公共马车，由一队马而不是靠一匹超级良马来拉车一样。

这种目的导致人们设计一种由地域上彼此靠近的许多处理机组成的系统，称为局部网（Local network），以和地域上分布很远的远程网（Long-haul network）相区别。除了良好的价格/性能比之外，局部网还有超过单一集中系统的其它优点。举例来讲，它们更加可靠，因为，在一个设计得很好的网络中，一处硬件或软件失效仅只导致一台处理机停机，而不影响其它处理机。1%的处理机失效对每一个用户只是导致都稍许降低网的性能，而不是使1%的用户不能使用网络。与此相关，当工作负载增长时，只要增加一些处理机就可以逐步增加系统性能。

用连接大量较小的处理机来构成大型系统的另一个主要的吸引力是简化软件设计的可能性。在网络中，可以把某些（或全部）处理机用于特定功能，比如用于数据库管理功能。网络中每台机器在一个时间只做一件事，来取代具有多道程序设计（分时）的机器。由于取消多道程序设计，我们也就能够消除大型主机带来的大量的软件复杂性。

在图1-1中，我们根据分布的物理区域范围给出多处理器系统的分类表。在表中的顶部是数据流机器（data flow machine），它是用多个功能单元对同一个程序协同工作的高度并行的计算机。表中第二行是多处理器机（multiprocessor），这是依靠共享主存来实现通信的系统。在多处理器机之下

处理机之间的距离	处理机分布的物理区域
0.1m	一块电路板
1m	一个系统
10m	一个房间
100m	一栋建筑物
1km	一所校园
10km	一个城市
100km	一个国家
1000km	一个大洲
10.000km	全球范围

} 数据流机器
} 多处理器机
} 局部网
} 远程网
} 远程网的互连

才是真正的网络，网络中的计算机是依靠交换报文来通信的。表中的最后二行，是两个或更多不同网络的连接，称为网际互连（internetworking）。

图1-1 按物理规模对处理机互连的分类

1.1.2 网络的应用

由许多较小的分散的机器建立一个系统的主要优点如前所述：有利的价格/性能比，适当减轻故障的影响，以及良好的可扩展性。一般来说，用设置在一个房间内的局部网代替一台大型主机，除少数情况外不会带来任何新的应用可能。例外情况是可能带来一些有效的新的计算能力，但是，这不是系统分布特性的作用，而正是局部网总的速度较高的结果。

与此对照，一个（公共）计算机网络的实用价值应表现出某些新的应用可能。这些新的应用中的一些应用可能对社会整体带来重大影响。为了对计算机网络的某些可能的（将来的）应用有所了解，现在，我们简要地考查三个例子：对远程程序的访问，对远程数据库的访问，以及增值通信设施（Value added Communication facilities）。

一个研制有价值的程序的软件服务站，可以允许它们的买主经过在网络上注册来运行程序。当程序很大，用一种特殊语言写成，依赖于具体机器，或者嵌在一卷程序库中，以及是特殊的系统调用和有其它不便脱机的环境特征时，比起公开出售程序来，使顾客在软件服务站的机器上注册更有特别的吸引力。仿真程序常常属于这一类型。例如，一家公司也许提供关于国民经济或世界经济的一种模型，该模型软件使买主可以看到各种设想的通货膨胀率、利率、行情波动等等会怎样影响他们的生意。

计算机辅助教育是应用计算机网络的另一种可能途径，使用计算机网络可以提供许多不同的课程。接收病人的症状描述并作出医疗诊断的程序可能在缺少医生的地区迅速推广。这些程序也可能适用于那些看过几个医生，得到几个不相关联诊断的病人。能帮助人们在纳税方面节省金钱的程序的潜力几乎无需评论。别出心裁的游戏程序和其它娱乐活动程序也完全类似。

简言之，几乎任何对企业或个人能提供有效服务，而公开销售又过于复杂的程序都是经过网络来访问的可能对象。

网络的另一个主要的应用领域是用于访问远程数据库。例如，人们在家中坐在自己的终端前预订飞机票、火车票、汽车票、船票、预约旅馆、饭店、剧院等等，世界上任何地方的预订都可以立即确定。总有一天，这些事情是会容易做到的。家庭储蓄存款业务和自动化报纸也属于这种范畴。现在的报纸为登载每条新闻提供一小块版面，但是，不难剪辑电子化报纸，使其适合每个读者的个人兴趣（例如，有关计算机的每件事情，外交事务的主要报导，政治新闻，以及当前的流行病，可是，对不起，没有足球比赛的新闻）。自动化报纸自然应该有及时的天气预报和股票市场信息。它也可能有对话式征求广告栏。它允许古物栏的读者询问，例如，征询别处是否有人有纽约时报的文章拷贝。

自动化报纸的进一步发展（加上杂志和期刊）是完全自动化的图书馆。随着终端的价格、大小和重量下降，铅字印刷可能会废除。怀疑论者应该注意到手动印刷机对中世纪手抄本曾经产生过的影响。

联网的上述应用还有经济上的原因：经过网络访问一台远程计算机比直接访问它要便宜。价格之所以能够较低是因为常规的电话呼叫在通话期间要一直占用一条昂贵的专用线路，而经过网络访问仅只在数据实际传送时才占用长途线路。

第三类潜在的网络广泛应用是作为通信媒介。目前，一半以上的快邮来自各计算机生成的帐单。如果不是全部也是绝大多数帐单将来可由电子现金汇兑系统（electronic funds transfer System）结算，这种系统是企业 and 他们的顾客提供的一种巨大的储蓄系统。当

人们普遍认识到,这种又快又便宜的邮件服务在技术上可行时,那么,几世纪以来都没有变化的邮政服务就可能受到猛烈的冲击。

长途电信会议(Teleconferencing)是一种全新的通信形式。使用这种形式,分隔很远的人们可以在各自的终端上输入信息来举行一次会议,信息可以直接送达会议参加者的任何一部人。出席会议的人可以随意离开,并且在他们返回时能找到他们缺席时错过的内容。按一下按钮就能够去掉使人讨厌的内容。人员、议程和日期的摘要立即可以得到。甚至不必全部与会人同时出席,而且会议参加者也可以不需通报姓名。

人与人之间的国际交往(不同于政府之间的交往)通过以通信设施为基础的网络可能会大大地增强。同你在瑞士的朋友玩桥牌就像同你的邻居玩桥牌一样简单。孩子们可以借助计算机网络通信同外国的其它孩子互相学习对方的语言,还可能借助闭路电视的帮助。从原则上讲,电视图象也能经过计算机网络传送,就象数字化的声音能够通过网络传送一样。

有时候人们说,在运输和通信之间将会进行竞争,无论哪个取胜都将使另一个变为多余。把计算机网络当作一种精心设计的通信系统使用,可以减少往返运输的数量,这样,就可以节省能源。在家工作的方式可以普遍流行起来,特别是对那些要花部分时间带年幼的孩子的职工。我们现在熟悉的办公室和学校可能消失,商店可能被电子邮购订货编目系统(electronic mail order Catalogs)代替。城市可能分散,因为高质量的通信机构可以减少人们对那种互相亲身接触的需要。信息革命可能会象工业革命那样大大地改变社会。

1.2 网络结构

现在,该把我们的注意力从联网的社会意义转到网络设计的技术问题上来。在任何网络中,都有一批机器准备运行用户程序(也就是应用程序)。我们将沿用最先出现的主要网络之一ARPANET——的术语,把这些机器称为主机(host)。这些主机是由通信子网(Communication subnet)或简称为子网(subnet)连接。(某些作者使用术语转送系统(transport System)或传输系统(transmission sysem))。子网的任务是从主机到主机传送报文(message),就象电话系统从发话人到受话人传送话语那样。由于把网络的纯通信部分(子网)从应用部分(主机)分离开来,因而复杂的网络设计就大大简化了。

几乎在所有网络中,子网都由两个基本成分组成:交换单元(switching element)和传输线路(transmission line)。交换单元通常是专用计算机。我们仍然沿用ARPANET的术语,在本书中始终把它们称为信息接口处理机(IMP——Interface Message processor),虽然,通信计算机(Communication computer)、报文分组开关(Packet Switch)、节点(node)和数据转接交换机(data switching exchange)之类的术语也是常用的。传输线路通常称为线路(Circuit)或信道(Channel)。在图1—2所示的模型中,每

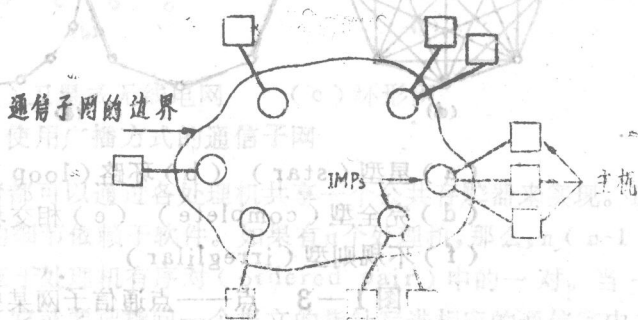


图1—2 主机和通信子网的关系

台主机连到一台（或者有时几台）IMP上。送往或来自主机的全部信息流都要经过该主机的IMP。

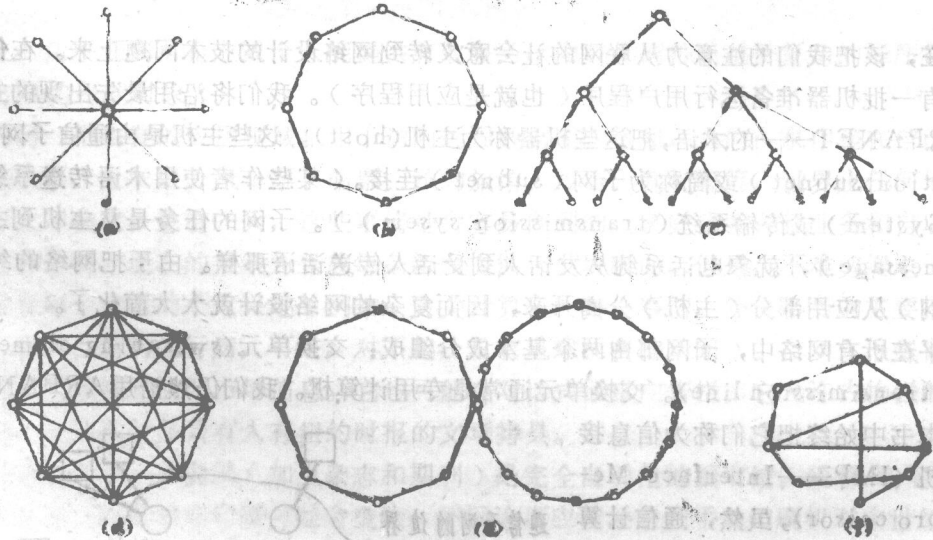
大致地讲，对通信子网有两种通常的设计类型：

- 1. 点——点信道
- 2. 广播信道

在第一种类型中，网络包括各种电缆或租用的电话线路，每一条线路连接一对IMP。如果两个IMP不共享一条电缆，但是仍希望相互通信，那么，它们一定是经过其它的IMP间接地进行通信。当从一个IMP经过一个或多个中间IMP发送一个报文到另一个IMP时，每个中间的IMP以整体形式接收报文，加以存贮，直到所需要的输出线路空闲时才向前转发。应用这一原则的通信子网称为点——点（Point-to-point）子网或存贮转发（store-and-forward）子网。

当使用点——点子网时，一个重要的设计问题是IMP的互连拓扑应该采用什么形式。图1—3表示几种可能的拓扑结构。局部网通常设计成有一种对称的拓扑结构。相反，不规则的拓扑结构往往是经过电话系统连接现有计算机的结果。

通信结构的第二种类型是使用广播方式。在这种设计中，一条单一通信信道被所有IMP共享。广播系统的本质是由任何一个IMP发送的报文被所有其它的IMP接收。报文本身的某部分一定要指明该报文打算发给谁。一个IMP在收到一条不打算给自己的报文时，将不予理采。



(a) 星型 (star) (b) 环路 (loop) (c) 树型 (tree)
(d) 完全型 (complete) (e) 相交环路 (intorsecting loops)
(f) 不规则型 (irreglilar)

图 1—3 点——点通信子网某些可用的拓扑结构

图 1—4 表示广播通信子网的某些可能情况。在总线或电缆网络中，在任何时刻，只有一台机器占用总线并被允许发送信息，而要求所有其它机器抑制发送。总线必须要有某种仲