

计算机 通信网络

张绍诚 编著

北京理工大学出版社

计算机通信网络

张绍诚 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书是参照IEEE83教程的推荐大纲,扩大充实局域网的内容编写的。本书对广域网和局域网的体系结构、工作原理及其主要技术进行了全面系统的阐述,同时考虑到计算机网络已发展到标准化的时代特点,全书以各种计算机通信协议标准为主线,按照OSI的七层协议展开讨论。全书共十章。第一章绪论。第二章介绍了OSI/RM。三至七章分别讨论了OSI各层的功能及其主要技术问题,八至十章从IEEE802标准角度介绍了局域网的控制访问协议、性能分析、实例以及网络互连问题。读者对象:高等院校计算机、通信及自动化等有关专业师生,及上述专业的科技人员。适合70学时左右用。

计 算 机 通 信 网 络

张绍诚 编著

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

850×1168毫米,32开本 13 125印张 338千字

1990年1月第一版 1990年1月第一次印刷

ISBN 7-81013-286-5/TP·20 — 4

印数:1—3000册 定价:3.30元

前 言

社会在前进，技术在发展，在信息化时代里，通信技术与计算机技术的高度发展，并紧密结合，形成了计算机通信网络这个新兴技术。它在人类生产、管理自动化、控制、指挥及其它领域的应用中，引起社会各界的关注和兴趣，促进了这一新兴技术的发展和前进。

为适应计算机网络新兴学科的发展和教学的需要，本书是参照IEEE83教程的高级课程“计算机通信网络”的推荐大纲，在编者讲授“计算机网络”课所用教材的基础上写出的。

目前已出版的计算机网络的各书，或侧重于广域网，或专门介绍局域网。本书采用广域网与局域网并重的指导思想。因此，包含了计算机网络和局域网的主要内容，希望通过对本书的学习，使读者对广域网和局域网的体系结构及其主要技术问题能有较全面的理解；同时考虑到计算机网络已发展到标准化、系统化时代的特点，本书以各种计算机通信协议标准为主线，按照ISO的七层协议全面讨论各主要技术特点。本书第一章概括了网络概念、计算机网络的形成与发展，及其定义、功能和组成。第二章从体系结构角度介绍了OSI参考模型。第三章介绍计算机网络的通信理论基础，从网络角度介绍对有关硬件的要求及特点。第四至七章分别讨论了OSI/RM的2-7层中各层功能及主要技术问题。第八章从IEEE802标准角度，介绍局域网的通信方式特点，控制访问协议及性能分析。接着，第九章介绍总线及树型LAN的基带网(Ether net)和宽带网(Wang net)的实例。最后第十章讨论了网络互连问题。

本书承蒙北方交通大学汪希时教授审阅了全部书稿，并提出

了宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

本书的编写工作还得到北京理工大学教材建设委员会，北京理工大学出版社及教材科的支持和鼓励，还有一些为本书出版工作提供各种帮助的同志，谨向他们表示谢意。

本书的主要内容曾在教学中多次使用，但由于计算机网络技术发展迅速，新技术不断涌现，又因本人水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

1988年

目 录

第一章 绪论	1
§1-1 计算机网络的定义与功能.....	1
§1-2 计算机网络的组成.....	3
§1-3 计算机网络的形成与发展.....	7
§1-4 计算机网络的体系结构	11
第二章 OSI参考模型的概念	23
§2-1 概述	23
§2-2 OSI/RM的主要概述	24
§2-3 OSI/RM 的描述	39
§2-4 对等层协议和层次间通信	45
§2-5 协议与接口	47
第三章 网络要素	50
§3-1 通信理论基础	50
§3-2 计算机网络硬件	65
§3-3 物理层协议	79
第四章 数据链路协议	90
§4-1 数据链路通信控制规程的基本特点	90
§4-2 使用不可靠信道进行可靠通信	93
§4-3 差错控制	104
§4-4 信息流控制	112
§4-5 数据链路协议标准举例.....	116
第五章 交换与线路协议	134
§5-1 线路交换与分组交换.....	134
§5-2 虚电路与数据报.....	139
§5-3 路由选择方法.....	146
§5-4 信息流控制.....	162

§5-5	拥挤控制	166
§5-6	网络层协议及举例	172
第六章	端对端协议	191
§6-1	端-端协议的职能	191
§6-2	信息流控制与缓冲	198
§6-3	延迟与恢复	202
§6-4	OSI传输层协议	206
第七章	高层协议	229
§7-1	会话层功能及其实例	229
§7-2	表示层功能及其实例	238
§7-3	应用层协议	255
第八章	局部区域网络	267
§8-1	概述	267
§8-2	局域网的基本类型	272
§8-3	局域网协议	285
§8-4	局域网的性能分析	336
第九章	局域网实例	352
§9-1	OMNINET	352
§9-2	Ethernet(以太网)	356
§9-3	王安网络(Wang Net)	384
第十章	网络互连	392
§10-1	网络互连概述	392
§10-2	网络互连原理	394
§10-3	网络互连协议	402
§10-4	同构型局域网	407
主要参考文献		410

第一章 绪 论

§1-1 计算机网络的定义与功能

由于计算机技术与通信技术的结合,已使计算机的组成模式产生了深远的影响。用单台计算机来完成全部计算任务所需要服务的模式已为新的模式所取代。在新的工作模式中,计算任务是由大量自主的而又互相连接的计算机来完成,这种系统就称为计算机网络。从广义的观点来说,计算机网络是用通信线路和通信设备,将分散在不同地点并具有独立功能的多个计算机系统互相连接,按照网络协议进行数据通信,实现共享资源(网络中的硬件、软件、数据库等)的计算机集合。这个定义,表明计算机网络是在协议控制下,通过通信系统来实现计算机之间的连接(协议是计算机网络中使用的重要概念,将在第二章详细介绍)。计算机网络包括从具有通信功能联机系统的终端-计算机网通信,到具有通信功能的多机系统、多计算机系统集合的计算机-计算机网通信等。计算机通信网络,是指以计算机之间传输信息为目的而连接起来的计算机系统的集合。因此,广义的计算机网络与计算机通信网络的含义是相同的。

从着重于应用和资源共享的目的出发,把计算机网络定义为:把地理上分散的,以能够相互共享资源(硬件、软件和数据等)的方式连接起来,并且各自具备独立功能的计算机系统的集合。目前,这种定义已广为采用。

计算机网络和分布式系统两者在定义上存在某种混淆。按 Ensrow 的定义:一个分布式系统应具有一个全系统范围的操作系统,可以用名称而不用地址来请求服务。换句话说,系统对用

户应具有透明性。即分布式系统的用户不必知道有多少个处理机在分别工作，看起来好象是一台单机在工作一样。各处理机的作业分配，处理机的调度，文件在磁盘上的分配，文件的传送以及所有其他系统功能，都必须是自动完成的。目前，计算机网络还不具备这种透明性。

应当说，分布式系统是计算机网络的一种特例，它具有高度的内聚性和透明性。从本质上说，计算机网络可以是或者可以不是一个分布式系统。这要根据如何使用来决定。

根据上述定义，计算机网络应具有以下的功能。

(1) 数据传送 在计算机网络内最基本的功能之一是，终端与计算机、计算机与计算机之间能够相互传送数据和交换信息。能够对地理上分散的生产单位和业务部门进行实时控制与管理。

(2) 共享数据、共享数据库 计算机网络使大量的、分散的数据能迅速正确的集中、分析和处理，或使网内各计算机之间以不同方式交换数据，以充分利用网内数据资源，为用户提供方便。网内各计算机不必重复设置大的数据库，可避免重复投资。

(3) 共享软件 计算机网络内共享的软件包括各种语言处理程序、服务程序和应用程序等。在网内某站点计算机研制的应用程序可供其它站点计算机调用，或者某站点计算机处理其他站点送来的数据，然后将结果送回原处。总之，上述网内共享的软件程序，在网内各计算机间可以相互调用。

(4) 共享硬件 网内的共享硬件资源主要指一些具有特殊功能的计算机或外部设备，目的是使专门的贵重机器设备供全网使用，以减少全网投资。

(5) 提高可靠性 计算机网络内各站点的计算机连接成网后可以互为后备，当某站点的计算机发生故障时，可以由其他站点的计算机来处理故障计算机的任务，以保证全网仍处于正常工作状态。

(6) 分担负荷 当网中某站点的计算机负担过重时，可将新

的作业任务传递到网中任务不饱满的计算机去处理，从而减少用户的等待时间，并均衡了各计算机的负担。

除了上述功能外，还可以从使用角度列出分布处理，易于扩展以及作为协作手段等各种功能。

§1-2 计算机网络的组成

计算机网络由于具体应用不同，其网络的规模大小，具体结构形式，和所采用的传输技术也不完全相同。例如，早期的公用数据网采用模拟传输技术、调制解调器和电路转接方式，而新型的公用数据网采用数字传输技术和报文分组转接方式，减少了误码率，省去了调制解调器。其代表性结构如图1-1所示。这种网络一般可分为通信子网与资源子网两级。通信子网的主要任务是完成数据传输、交换和通信处理，而资源子网主要进行数据处理，

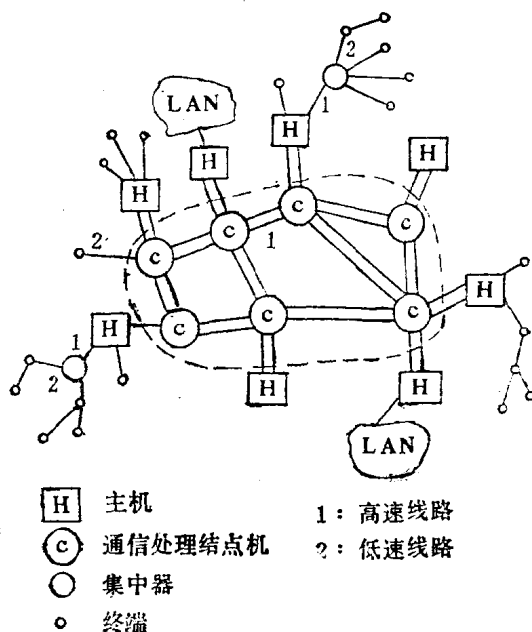


图1-1

为网络用户提供网络服务和资源共享功能。各种局部区域网络(在第八、九两章详细介绍)可以通过不同的接口连接到公用数据网上,组成更大的网络互连系统。然而,不管计算机网络的构形如何,都是由许多基本拓扑结构组成的。因此,下面分别介绍网络的拓扑结构与基本组成。

1-2-1 网络的拓扑结构

计算机网络有以下几种基本结构。

(1) 总线形 这种网络结构通常采用广播式信道,即一个网络结点发送时,所有结点均可接收。如图1-2(a)所示。

(2) 环形 这种网络结构采用点-点式信道(一个结点发送时,仅一个结点可以接收),将各网络结点连接成环状。环形结构又可分为单环和多环结构。通常,单环的信息流是单向的;双环则允许信息流在两个方向上同时传送;还可以让多个环经过若干交连的结点互连,使计算机网络在地理上伸展开来。如图1-2(b)所示。

(3) 星形 星形结构存在一个中心结点,它是其他结点上唯一的中继结点。如图1-2(c)所示。

(4) 树形 树形结构实际上有两种:一种是总线形派生的,即由多条总线按树形连接而成,另一种是星形结构按层次延伸而构成的,同一层中可以有不只一个中继结点,但最高一层只有一个中继结点。这两种树形结构如图1-2(d)所示。

(5) 网状形 这是最一般化的网络结构,各结点通过物理信道连接成不规则的形状。如图1-2(e)所示。如果在任意两个结点之间均有物理信道相连则构成全相连形。

一个大型计算机网络的构形,可能采用上述基本结构的若干种组合而成。例如,通信子网的基本骨架是网状形,局部是星形结构或总线形及树形结构。

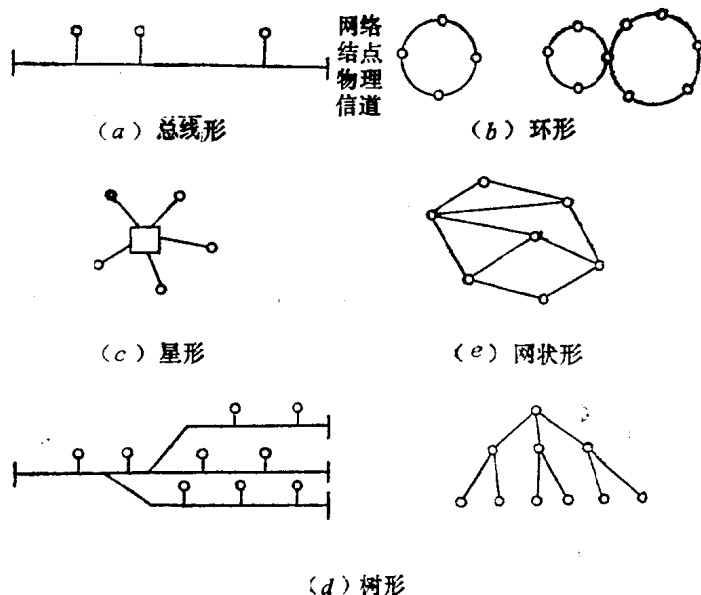


图1-2

1-2-2 基本组成部分

这里仅从计算机网络体系结构角度，简要介绍网络基本组成部分如下。

(1) 主机 计算机网络中的主机是指担负数据处理的计算机系统，可以是单机，也可以是多机系统。要求主机具有完成批实时和交互式分时处理能力的硬件和操作系统，要有通道部件及相关的接口。在分布式网络中要考虑程序兼容和可移植问题。要具有虚拟存储系统及数据库管理功能等。

(2) 通信处理机 为减轻主机的负担，常常在主机和网络之间设置一部小型计算机负责有关网络通信处理工作，如差错控制，代码变换，报文的分组与重装，路由选择等等。这种处理机有时也叫前端处理机或接口信息处理机(IMP)，它的作用总的说来是

使主机用户在与远地站点进行数据通信时，无需意识到通信所必需的功能，即通信功能对用户是透明的。另外，在通信子网中为了进行报文的中转交换设有分组交换处理机。ARPA网中的接口信息处理机IMP兼有前端处理机和存储转发交换机的功能。而终端接口处理机TIP除具有IMP的功能外，还可直接连接终端设备，兼有集中器的功能。

(3) 集中器 集中器的作用是把若干终端经本地线路集中起来，连到1~2条高速线路，以提高信道效率和降低通信费用。可用小型计算机或微型机担任，也具有差错控制，代码转换，报文缓冲，电路转接及轮询等功能。实际上可以说是接在终端一侧的通信处理机。

(4) 调制解调器 在使用模拟信道进行数据传输时，所需要的信号变换设备。

(5) 终端 人与网络交互作用时所必需的设备。泛指计算机系统的终端设备及其他有关通信设备。

(6) 通信线路 目前大多数通信线路采用架空明线、电缆、同轴电缆等有线通信线路。数据传输率在4800~9600bps(比特/秒)为高速，1200~2400bps为中速，1200bps以下为低速。光纤纤维已经开始作为新型线路用于计算机通信中，这是非常有前途的性能优良的新型通信线路。

模拟线路中信号易受干扰而发生畸变，为了克服这一缺点，数字通信已取得较大的发展。数字信号采用编码调制方式后，信号畸变容易校正，抗干扰能力强，所以人造卫星及光纤通信中均将应用数字通信方式。

1-2-3 网络协议

为了使网络内不同结点之间能正常进行数据通信，在通信双方就必须有一套彼此能够相互了解和共同遵守的规则和约定。例如，应按照什么格式规定传输的报文，什么样的码字表示启动？

什么样的码字表示结束？传输中出现差错怎么办？如何分辨不同性质的报文？如何通报收、发报者的名称和地址等等。这些格式、约定及应答关系概括起来就叫作网络协议。

网络协议一般采用层次结构。

为了更好的了解和认识计算机网络，有必要回顾计算机网络的形成历史和发展过程。

§1-3 计算机网络的形成与发展

计算机网络是适应客观的需要，在计算机技术和通信技术高度发展的基础上，由二者密切结合的产物。计算机网络的突出特点是综合利用当代所有重要信息技术的研究成果，通过信息的收集、识别、存储、交换、传输和处理等技术，把分散在广泛区域中的许多信息处理系统有机地连接在一起，组合成一个规模更大、功能更强、可靠性更高的信息综合处理系统。

计算机网络有一个产生、形成和发展的过程。它经历了一个从简单到复杂，从初级到高级，不断完善的发展过程。实际上是由单机增加通信功能开始的，随着计算机技术的发展，使计算机系统增加通信功能的形式也逐渐在改善。例如，在计算机软件方面出现了成批处理系统后，采用了通信技术，形成了远距离通信脱机功能的成批处理系统。这种脱机方式需要操作员直接干预远程输入输出，所以工作效率很低。为了克服这一缺点，人们在计算机上增加通信控制功能，使远地结点的终端设备通过通信线路直接与计算机相连，形成了联机系统。为了适应不同应用领域的需要，计算机除了能用通信线路和普通的输入、输出设备外，又研制了大量能和计算机相连的监测设备和控制设备，形成计算机-终端系统。这种系统中使用的通信手段可以是点-点、多点、公用通信线路以及专用集中器等设备。这种计算机-终端系统根据信息处理方式又有实时处理联机系统、成批处理联机系统和分时处

理联机系统等几种。这种计算机-终端系统是计算机与通信结合的前驱,为计算机通信提供了许多基本方法。这种系统本身也成为后来的计算机网络的组成部分。但由于这种系统中仅有一台主机,因此它还不是真正的计算机网络。

如果采用小型计算机作为集中器,它不仅具有汇集终端信息的功能,而且还可以进行通信处理以及压缩信息等功能。这就形成了终端群-低速通信线路-集中器(小型计算机)-高速通信线路-主机系统的结构,形成了功能分散的多计算机系统。在这种系统中,不仅要解决计算机与终端的通信问题,还要解决计算机间的通信问题。这种系统是由单一的操作系统对计算机通信进行管理的。

随着计算机网络的发展,某计算机系统的用户希望使用其它计算机系统的资源为他服务,或希望与其它计算机系统联合起来共同完成统一的任务,这就形成了以共享资源为主要目的的计算机网络。这种计算机网络的显著特点是在全网范围内必须有共同遵守的网络协议。为此,网络中每个结点的计算机必须有适应网络协议的支持软件。而且在计算机网络中,计算机之间的通信的管理,通常并不由单一的操作系统实现。即网络中各结点计算机是平等的、独立的、没有主从关系。同时,网络中计算机之间的通信一般是通过通信线路连接的,它们之间的信息交换一般采用串行传输。由于网络中计算机之间的距离较远,而且远距离信息传输可靠性较低,一般必须采取有效的差错控制措施。另外计算机网络多为网状结构,互连较复杂,有许多关于信息交换的控制问题都需要妥善解决。

随着计算机网络的形成和发展,网络的结构不断完善,出现了从逻辑功能上把数据处理和数据通信分开的趋势。这种网络是由通信子网与资源子网两级组成的网络结构。例如,美国国防部高级研究计划局建立的ARPA网,就是第一个规模较大的两级计算机网络。它利用租用的通信线路,把分布在各地的通信处理机连接起来构成通信子网,专门负责全网的通信工作,然后把各种

资源与通信子网相连，构成资源子网，从事数据处理业务。分开两个子网后，既有利于提高通信线路利用率，降低通信费用，又便于主机系统免去繁琐的通信处理工作、集中力量进行数据处理，从而提高主机系统的效率，易于充分发挥网中各种资源的效能。

自从美国的ARPA网投入运行以后，世界各地的计算机网络进入大发展的年代。许多技术先进的国家纷纷组建本国范围的计算机网络，各大计算机公司也先后推出了自己的计算机网络体系。许多企事业单位和政府部门在广泛使用计算机网络之后，取得了显著的经济效益和社会效益。因此，计算机网络在理论、技术、产品和应用各个方面都有非常重要的进展。

随着计算机网络应用范围的扩大和普及，应用部门对数据通信提出更高、更迫切的要求，进一步促进了计算机网络技术的发展。各技术先进国家纷纷建立本国的公用数据通信网，以改善现有数据通信服务质量，增加新型数据通信服务业务，扩大应用范围。目前各国公用数据通信网多采用线路交换、分组交换和卫星通信三种形式中之一，或兼有其中两种、三种形式来实现。

进入八十年代以来，微型计算机蓬勃发展，且其价格不断下降，性能日益提高，数量急剧增加，应用范围迅速普及到社会的各行各业。同时由于远程计算机网络技术的成熟和发展，促进了计算机局部区域网络的大发展。由于局域网的投资少、见效快、适应能力强，使局域网的发展异常迅速，吸引着越来越多的制造商和公司加入研制、开发局域网的行列。据公开资料报导，国外局域网产品已有百余种。广泛用于办公自动化、工业过程控制、企业管理、军用等领域。今后还必将继续随着应用的普及、开拓出更多更新的应用领域。

计算机网络在经历了技术发展阶段之后，进入网络标准化时代。前边提到，各技术先进国家在组建本国范围的计算机网络时，许多大公司提出了自己的网络体系结构。如IBM公司于1974年提出了“系统网络体系”(SNA)，它提出了一整套网络原理，方法和

具体规则，并统一考虑了由硬件、软件实现的功能划分；DEC公司于1975年提出了“数字网络体系”(DNA)，它是面向分布型网络的网络软件系统；UNIVAC公司于1976年推出了“分布式通信系统”(DCA)等等。这些系统一般都是针对本公司产品提出的。从理论上说它们是接近的，但具体结构上又存在着许多不同之处。正是由于这种差异的存在，使得现有的不同的网络系统之间的相互连接、协调工作存在不少困难。为了解决这种矛盾，许多组织，如国际标准化组织(ISO)，国际电报电话咨询委员会(CCITT)和美国电气与电子工程师学会(IEEE)等都成立了相应的研究机构，为了把计算机系统、微机网络、局域网和广域网互连起来，相互“开放式”地通信与合作，实现资源共享、实时控制和分布处理。ISO制定了开放系统互连参考模型(OSI/RM)。它的主要目的是要制定计算机、终端、进程、网络、用户、操作人员之间交换数据和相互通信时所应遵循的一整套标准协议。

开放系统互连参考模型包括物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层等七层协议。国际标准化组织第97技术委员会建立的第16分技术委员会(ISO/TC97/SC16)，专门负责OSI/RM的制定工作。对七个层次分别制定出各层协议的标准。由于OSI标准的指导意义已逐渐为人们所认识和理解。许多计算机制造厂商争相研制符合OSI标准的网络产品。世界上最大的计算机公司IBM，在不断完善其SNA体系结构的同时，也正致力于研制开放系统互连参考模型OSI标准的网络产品。IBM已完成了OSI七层的第四层和第五层的标准化工作。一些欧洲的计算机制造厂商成立了促进OSI结构标准化的组织(SPAC)，企图与IBM抗衡。现在，不仅欧洲的SPAC正在为实现OSI而努力，美国国内四十余家厂商也于1985年成立了开放系统公司(COS)以促进OSI标准的早日实现。美国DEC公司也正改造其DNA系统，使之符合OSI标准。DEC公司宣称其DEC net phase V已在五层以下完全实现了OSI标准，等到phase VI推出后，便可完全实