

计算机系统 网络系统 结构分析

倪鹏云 编著

国防工业出版社

TP393
430



33727402

计算机网络系统结构分析

倪鹏云 编著



C0446115

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络系统结构分析/倪鹏飞编著. — 北京: 国防工业出版社, 1999/1

ISBN 7-118-01945-X

I. 计… II. 倪… III. 计算机网络-结构分析 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 25524 号

IS435/17

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 33¼ 785 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 45.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

前 言

在当今社会向信息化和进一步开放方向的发展过程中, 计算机网络正以空前的速度、广度和深度发展起来, 计算机网络应用已遍及政治、经济、军事、科技、生活等几乎人类活动的一切领域, 并正在对社会发展、生产结构以致人们的日常生活方式产生着深刻的影响和冲击。计算出网络势将成为 21 世纪全球信息社会的重要支柱和基础设施。

在社会应用需求的推动下, 各种网络新技术和新产品日新月异, 如高速光纤环网 FDDI、异步转移模式 ATM、局域网交换 LAN Switch、千兆位 Ethernet、国际互联网 Internet、企业内互联网 Intranet 及信息高速公路 ISHW 等一浪接一浪, 令人目不暇接。世界上各种计算机网络系统已不下百种, 在国内流行过或正在流行的计算机网络系统例如 PC-net、C-net、PLANnet、Wangnet、3COM、DECnet、TCP/IP 网、SNA 网、Mashintosh-net、BNS 网、Novell 网、MAP/TOP 网等等也不下数十种。在这些网络系统中, 有的时兴过一时就逐渐消亡或被淘汰, 有的则由于能不断改造、更新自己的系统和产品以适应新的需求而能较长期保持较好的发展势头。显然, 计算机网络市场也存在着激烈的竞争。如何更深刻的认识计算机网络的本质特性, 正确把握计算机网络发展的趋向, 不仅是网络公司、网络厂家为能设计和开发具有强劲竞争能力的网络系统和网络产品所关心的问题, 而且也是广大网络用户为能选择一个性能/价格比较好、生命力较强以保护自己投资的网络系统所关心的问题。

从计算机网络系统本身的发展过程来看, 计算机网络所涉及的技术与科学理论非常广泛, 既是一项高度综合和交叉的技术, 又有它独特的规律与特征。但由于网络系统发展的迅猛之势, 人们对它的很多本质问题似乎还来不及很深入地研究, 特别是在与一些相关技术、相关科学的关系上仍存在不少有争议的看法。例如从计算机系统结构的角度, 人们从传统的单机系统研究了多机系统、平行处理系统、分布计算系统等, 于是自然把局域网系统 (LAN)、广域网系统 (WAN) 也看成为计算机系统结构的延伸和扩张, 提出了网络计算和网络计算机的概念, 以致学术界有时把计算机网络当作分布计算系统的一个分支看待。实际上, 计算机网络和在计算机网络基础上形成的网络计算以及网络计算机仍有更高、更广和更丰富的功能和含义, 如何看待计算机网络系统与分布式系统、平行处理系统的关系, 有待更深入的研究。从通信系统的角度来看, 从传统模拟电话通信、载波通信到数字通信、数据通信, 特别是计算技术引入通信系统而形成的各种计算机通信网络, 如 X.25 包交换公共数据网络、DDN 数字数据网络、综合业务数字网络 ISDN, 以及正在迅速发展的光纤通信、卫星通信和个人移动通信网络等, 它们都在逐渐把传统的电信业务与计算机数据通信业务结合起来, 所以人们又常把计算机网络看成为通信系统增值、智能化的延伸。很长一段时间内, 计算机网络的学术活动、学会组织往往被附属于通信系统领域。事实上, 虽然计算机网络系统必定要以各种通信系统和通信技术为基础, 但无论从系统目标、功能、结构还是其所涉及的技术来看都已远远

超出传统通信系统的范围。如何分析通信系统、通信网络与计算机网络的区别与联系,通信系统与计算机网络系统如何结合,传统的电信业务以致视像业务是否可能融合到计算机网络系统之中,这些不仅是学术问题,而且还可能影响到一个国家如何发展各种信息系统的战略方针,所有这些问题都值得进一步深入研究。

随着计算机网络技术的发展与应用的扩张,在一些大型复杂的计算机网络应用系统中,如 CIMS 系统、C3I 系统、石油勘探系统、天气预报系统等,计算机网络系统中不仅包括计算机和通信技术,而且已逐步把雷达技术、红外技术、遥控遥测技术、数控技术、机器人技术等各种信息采集与控制技术也都集成到计算机网络系统中来。其他一些新兴的信息技术,如数据库技术、光盘技术、多媒体技术、人工智能技术等也都无不与网络技术结合或者在网络环境中应用。计算机网络实际上已经发展成为一个综合各种信息技术的新型大系统。近来智能网络、神经网络等新概念的提出与研究,将对计算机网络的发展有何影响,这已引起学术界的关注,这些问题都需要对计算机网络的本质特性作更深入研究。

近几年,随着计算机网络的迅猛发展,许多高等学校、科研机构已纷纷设置计算机网络专业,成立计算机网络教研室或研究室;不少专家、学者也编写了一批计算机网络的专业书籍或教材,这些对于推动我国计算机网络专业发展,培养计算机网络技术人材无疑都起了积极的作用。但其中也反映出对计算机网络这门学科的性质还存在不少有争议的问题,如计算机网络课程应为软件班开设还是硬件班开设,研究生的计算机网络课题应归属计算机应用还是计算机体系结构方向等。在专业书籍与教材方面,传统上往往把计算机网络课程的内容归结为对网络分层体系模型中各层通信协议的讨论,网络通信协议虽然在计算机网络系统中具有极重要的作用,但它主要也还是用以解决网络系统中信息传输方面的问题,似乎不能替代整个网络系统许多更高层次更丰富的内容。近几年,书刊市场上还出现了不少实用的计算机网络书籍,其中有的是翻译成的某些具体网络系统的说明书和有关资料,有的是为培训某种具体网络系统编写的培训教材,也有少数是在剖析某种具体网络系统以后总结的分析资料。这些材料能够帮助人们比较具体地了解一个网络系统,尽快地掌握这个具体网络系统的使用和开发,所以也颇受人们欢迎,但其内容的选择、介绍的深度也往往易受具体网络系统性能、功能和所用具体技术的局限,并且还可能受商业竞争、宣传方面的影响。还有些网络书仍以 LAN 与 WAN 来划分网络,分别讨论 LAN 和 WAN 技术,这是受计算机网络发展历史的影响的结果。WAN 和 LAN 在相当一段时间内,确实像“两套马车”一样各走各的路,但 90 年代以来,随着计算机网络向更开放的结构发展,LAN 和 WAN 实际上已逐步结合走在一起来了,所以仍把 LAN 和 WAN 分开来设置课程或编写教材已不太合适。

基于以上认识,笔者编著本书的基本思想是:试图在一个较高的层次上以较统一的观点,即从信息科学和系统科学的基本理论和方法来分析计算机网络的形成和发展;研究其本质特性、系统结构以及与相关学科的关系;研究各种信息技术如何在计算机网络这个大系统中综合与融合。本书尽力从系统和系统结构的高度把网络通信协议问题、应用问题、管理问题和网络工程规划、系统集成等问题联系起来分析,也力图把计算机网络的基本理论、原理、概念与一些先进的流行网络系统的具体结构、软硬件实现技术结合起来分析。本书分为三篇。

第一篇为“计算机网络引论——信息·系统·网络”。将从信息科学理论与信息观点分析信息、信息技术与社会信息化发展的相辅相成关系；分析社会信息网络发展与计算机网络形成的关系；分析计算机网络的本质信息特征及它在社会开放、社会信息化进程中的特殊重要地位。从系统科学理论与系统观点分析计算机网络系统的基本组成要素、功能、环境、结构、性质及系统设计目标等，这是全书的开篇和总纲。

第二篇为“计算机网络通信体系结构分析”。将从系统观点把网络通信分层体系作为网络系统中的一个子系统，按照系统结构的概念分析网络分层通信体系各层的功能分工关系、层间接口关系与同层通信协议关系。着重分析网络通信体系结构中一些共同性的本质问题，也联系一些实际网络体系结构的特点。

第三篇为“计算机网络系统总体结构分析”。将从计算机网络系统的整体性出发分析网络系统总体结构中的一些重要问题，如计算机网络系统与通信系统的结合与融合问题、网络开放性结构与网络互联问题、网络一体化结构与网络 C-S 模式问题、多媒体网络与“三电合一”问题、网络管理与网管系统结构问题以及应用系统结构与系统集成问题等。也将联系讨论一些流行计算机网络系统的系统结构特点。网络系统总体结构是影响和决定网络系统功能、性能的最重要因素，是体现网络系统发展方向的主要内容，并将规定和影响网络通信体系结构和网络软、硬件结构的设计。所以也是本书重点分析的内容。

本书初稿是笔者在 1987 年指导研究生剖析某些实际计算机网络系统内部结构基础上编写的“网络内部结构分析”研究生教材。近 10 年来，根据多年教学经验和参加多项网络系统科研和建网工程任务的实践，在进一步分析国内外网络系统、网络技术发展趋势的基础上，笔者对原教材内容进行了多次修改和重写，逐步形成本书现在的内容框架。

本书主要观点和内容曾在我校多届研究生班及各种全国性网络学习班上讲授。有关思想也曾先后在全国分布式会议、全国计算机网络会议、军用网会议等场合与国内有关专家一起交流和探讨过，也参阅过他们的有关著作或论文，均获得很多启示和帮助。这些专家有中国科学院曹东启研究员、清华大学施美林教授、南京大学谢立教授，华北计算所马如山研究员、北京邮电大学赵辰教授等。本校齐治昌教授、卢锡城教授、邹鹏教授、龚正虎教授和苏金树副教授等对本书的出版一直给予极大的关心与支持，并审阅过部分书稿，提出过许多宝贵的意见。书中有些内容还直接得自我系计算机网络室的各项科研成果，室里许多同志都参加了有关内容的讨论。我的历届研究生高跃清、邱士伟、孙树田、康治方、严伟、蒋志文、罗昌华、李小勇、裘鸿林、张晓红及武志振等在他们各自的硕士研究课题中，也都为本书的形成提供了大量有用的资料和素材，书中许多观点、内容都是在与他们共同研究讨论过程中形成的，有的还直接帮助校阅了书中有关章节并提出许多有益的建议。在本书编写过程中，王绿园、兰晋旗、尚英、倪锋和黄俭等为书稿的计算机录入、画图、校对和打印等作了大量工作，付出了辛勤的劳动。在此一并向他们表示衷心地感谢。

由于本书内容涉及面很广，特别是涉及系统科学、信息科学等许多学术界可能还有争议的概念，难免有不当或错误之处，真诚希望有关专家和读者指正。网络系统科学中许多概念和问题也还有待各方面有关专家共同更深入地研究探讨。

编 者

目 录

第一篇 计算机网络引论——信息·系统·网络

第一章 从信息观点对计算机网络的基本分析	(2)
1.1 关于信息概念的基本讨论	(2)
1.1.1 信息在客观现实世界中的概念分析	(3)
1.1.2 信息在主观认识世界中的概念分析	(5)
1.1.3 信息概念模型	(10)
1.1.4 信息特征简析	(12)
1.2 信息技术对人自然信息功能的扩张与加强	(12)
1.2.1 信息收集技术的作用	(13)
1.2.2 信息存储技术的作用	(14)
1.2.3 信息处理技术的作用	(14)
1.2.4 信息传输技术的作用	(14)
1.2.5 信息利用技术的作用	(14)
1.3 信息增长、信息技术发展与社会信息化的相辅相成	(15)
1.3.1 关于信息增长原理	(15)
1.3.2 信息技术的发展和信息技术革命	(16)
1.3.3 人类社会发展进程和社会信息化	(17)
1.4 计算机网络的信息特征分析	(18)
1.4.1 计算机网络和社会信息网络的有序化	(18)
1.4.2 计算机网络信息功能的基本分析	(19)
1.4.3 计算机网络的信息功能模型和基本信息特性	(20)
第二章 从系统观点对计算机网络的基本分析	(23)
2.1 关于系统概念的基本讨论	(23)
2.1.1 关于系统和要素的辩证关系	(24)
2.1.2 关于系统结构和结构有序性问题	(24)
2.1.3 关于系统功能、环境与系统开放性问题	(25)
2.1.4 系统的特征简析	(27)
2.2 计算机网络系统特性的基本分析	(27)
2.2.1 计算机网络系统的功能和环境	(28)
2.2.2 计算机网络系统的要素和结构	(29)
2.2.3 计算机网络系统的本质特性分析	(34)
2.2.4 从计算机网络分析信息、系统、控制三者的关系	(39)
2.2.5 计算机网络系统的总体设计目标	(40)

第二篇 计算机网络通信体系结构分析

第三章 网络分层体系的功能分工关系分析	(44)
3.1 网络通信的基本概念	(44)
3.1.1 网络通信与网络系统拓扑结构	(44)
3.1.2 网络通信中的点一点通信与端一端通信概念	(45)
3.2 网络通信体系分层的基本分析	(46)
3.2.1 点一点通信中通信服务层和用户服务层的基本划分	(46)
3.2.2 端一端通信中网络服务层的引入	(47)
3.2.3 OSI 标准七层模型层次划分的基本分析	(48)
3.2.4 网络通信体系的树形层次结构分析	(52)
3.2.5 分层原则讨论	(54)
3.2.6 子层问题	(54)
第四章 网络分层体系的垂直接口关系分析	(56)
4.1 网络分层通信过程、原理及特点	(56)
4.2 层间服务关系及有关概念分析	(58)
4.2.1 层间嵌套服务关系的基本概念	(58)
4.2.2 层间服务与层功能的关系	(59)
4.2.3 层间接口的数据传输单元及分段	(61)
4.3 网络分层体系中的链路通信与拓扑结构分析方法	(63)
4.3.1 服务访问点 SAP 的概念	(63)
4.3.2 由服务访问点构成分层通信链路与拓扑结构	(64)
4.3.3 多链路拓扑结构中的多路复用	(66)
4.3.4 网络分层体系中的编址、寻址问题	(69)
第五章 网络通信协议及同步问题分析	(73)
5.1 通信协议的基本概念分析	(73)
5.1.1 从通信语言的角度分析网络通信协议	(73)
5.1.2 从通信同步的角度分析网络通信协议	(75)
5.2 网络通信协议中同步问题分析	(78)
5.2.1 通信状态的同步	(78)
5.2.2 联接与通信基本过程的同步	(79)
5.2.3 传输速率的同步	(80)
5.2.4 介质访问控制的竞争同步	(84)
5.3 网络通信中的差错控制问题	(86)

第三篇 计算机网络系统总体结构分析

第六章 网络系统的基础结构与特性分析	(89)
6.1 网络通信中的信息传输特性及信号结构分析	(89)
6.1.1 信息、信号与信息传输原理	(89)
6.1.2 信号频谱和信道频带的基本概念	(93)
6.1.3 信息传输速率与信道容量问题	(104)

6.2 网络系统的基本组网技术与结构分析	(113)
6.2.1 网络系统中的多路复用技术	(113)
6.2.2 网络系统中的交换技术	(124)
6.2.3 网络交换系统的基本结构与特性分析	(131)
第七章 计算机网络系统与通信系统的结合和融合	(139)
7.1 公共服务通信网络的发展及与计算机网络系统的结合	(139)
7.1.1 公共服务电话网络 PSTN 对计算机网络的支持	(140)
7.1.2 数字数据网络 DDN 的发展及对计算机网络的支持	(148)
7.1.3 包交换数据网络 PSDN 及其对计算机网络系统的支持	(150)
7.1.4 帧中继网络 FRN 的发展及与计算机网络的结合	(157)
7.1.5 综合业务数字网络 ISDN 的发展及对计算机网络系统结构的影响	(159)
7.2 光纤高速通信技术的发展推动高速宽带计算机网络的发展	(171)
7.2.1 光纤通信的基本原理和特点	(172)
7.2.2 光纤通信技术对传统公共通信网络结构的影响	(175)
7.2.3 SDH 高速传输体制及 SDH 网络	(176)
7.2.4 ATM 高速交换技术与 ATM 网络	(184)
7.2.5 宽带综合业务数字网络 B-ISDN 的发展	(191)
7.2.6 关于 GIGA 网和信息高速公路 ISHW	(196)
7.3 无线移动通信技术发展推动无线计算机网络系统的发展	(197)
7.3.1 无线通信联网的基本特点	(197)
7.3.2 用无线信道联网的基本方法与结构分析	(201)
7.3.3 无线微波专用区域网	(204)
7.3.4 基于 PSTN 移动通信的移动计算机网络	(210)
7.3.5 基于卫星通信的无线计算机网络	(216)
7.3.6 无线室内局域计算机网络 WIN	(219)
7.4 计算机网络与通信系统进一步融合趋势分析	(221)
第八章 计算机网络开放性结构与网络互联	(226)
8.1 计算机网络系统开放性的基本概念分析	(226)
8.1.1 对应网络互联环境 and 应用环境的系统开放性概念	(226)
8.1.2 系统开放性与子系统开放性的关系	(229)
8.1.3 计算机网络开放性与标准化	(231)
8.1.4 计算机网络系统开放性的局限与问题	(238)
8.2 计算机网络低层通信子网的互联及互联网结构	(240)
8.2.1 计算机中间结点在互联网子网中的作用	(240)
8.2.2 专用网络互联设备的发展	(251)
8.2.3 互联网结构分析	(267)
8.3 网络中、高层的互通和互操作问题	(293)
8.3.1 在互联网通信平台上建立统一的中、高层网络体系	(293)
8.3.2 不同中、高层体系共用低层体系的互联结构	(295)
8.3.3 按需协议体系结构	(297)
8.3.4 中、高层网关	(298)
8.4 计算机网络对应应用环境的开放性问题	(303)

8.4.1 网络应用软件运行环境分析	(303)
8.4.2 网络统一应用环境及有关接口标准	(304)
第九章 计算机网络一体化结构与网络计算机	(309)
9.1 计算机网络一体化结构与计算机系统结构发展的内在联系	(309)
9.1.1 资源共享需求的推动——从分时计算机到分布资源共享的计算机网络	(309)
9.1.2 分布处理需求的推动——从机内分布处理到分布处理网络	(312)
9.1.3 高速处理需求的推动——从并行计算机到网络分布计算系统	(315)
9.1.4 方便用户需求的推动——从虚拟计算机到网络计算机	(318)
9.2 计算机网络系统中的客户—服务器结构分析	(322)
9.2.1 客户—服务器的基本概念和一般结构模式	(322)
9.2.2 基本网络应用服务的 C—S 结构分析	(325)
9.2.3 C—S 模式对计算机网络系统一体化结构发展的影响	(333)
9.3 网络分布计算环境与分布应用服务	(336)
9.3.1 分布计算环境的有关概念分析	(336)
9.3.2 网络分布命名服务	(339)
9.3.3 网络分布文件服务	(343)
9.3.4 超文本网络分布查询服务	(345)
9.3.5 网络分布数据库应用服务与分布数据库系统	(351)
9.3.6 WWW 超文本查询方法与分布数据库系统的结合	(365)
第十章 多媒体计算机网络结构与“三网合一”	(367)
10.1 多媒体技术与计算机网络融合的必然趋势	(367)
10.1.1 多媒体的信息概念及其基本特征	(367)
10.1.2 计算机网络与多媒体技术的自然结合	(368)
10.1.3 多媒体计算机网络的基本结构模型	(369)
10.1.4 多媒体技术和多媒体计算机网络发展过程与趋势分析	(370)
10.2 多媒体计算机网络中主要技术问题分析	(372)
10.2.1 多媒体计算机网络的信息采集和显示控制技术	(372)
10.2.2 多媒体数据的压缩与解压缩技术	(379)
10.2.3 多媒体计算机网络通信传输技术及有关问题	(383)
10.2.4 多媒体计算机网络中的信息存储与查询技术	(391)
10.2.5 多媒体信息处理技术分析	(404)
10.3 多媒体网络系统结构与“三电一体化”的发展趋势	(406)
10.3.1 多媒体计算机网络与电信系统的结合和融合	(406)
10.3.2 多媒体计算机网络与视像系统的结合和融合	(410)
10.3.3 三电一体化向多媒体计算机网络总汇合	(416)
第十一章 计算机网络系统管理及管理系统结构	(419)
11.1 计算机网络管理体制与基本系统结构分析	(419)
11.1.1 网络管理体制的集中与分布	(419)
11.1.2 网络管理系统与网络基本系统的关系	(423)
11.1.3 网络管理基本系统结构与工作模式分析	(424)
11.2 计算机网络系统配置管理	(430)
11.2.1 网络地址分配和管理	(431)

11.2.2 网络结点接入和撤出的管理	(439)
11.2.3 网络系统中自动加载和转储的管理	(441)
11.3 计算机网络系统性能管理	(443)
11.3.1 网络性能管理的目标、内容和基本方法	(443)
11.3.2 网络通信性能的监控	(445)
11.4 计算机网络系统故障管理	(449)
11.4.1 网络故障管理的基本责能与方法	(449)
11.4.2 网络故障的检测与诊断	(452)
11.4.3 网络系统容错设计	(460)
11.5 计算机网络系统安全管理	(464)
11.5.1 信息安全和信息保护的有关概念和方法	(464)
11.5.2 网络访问控制	(465)
11.5.3 网络中的数据加密技术	(473)
11.5.4 计算机网络病毒与反病毒技术	(481)
第十二章 网络应用系统结构与系统集成	(483)
12.1 网络应用系统基本结构及有关问题分析	(483)
12.1.1 网络应用系统的形成与发展	(483)
12.1.2 网络应用系统与网络基本系统的接口关系	(485)
12.1.3 网络应用系统的分布处理工作模式	(489)
12.1.4 网络应用系统的体系结构分析	(490)
12.2 网络应用系统分类分析	(493)
12.2.1 数据处理系统 DPS 分析	(494)
12.2.2 管理信息系统 MIS 分析	(495)
12.2.3 决策支持系统 DSS 分析	(497)
12.2.4 办公自动化系统 OA 分析	(499)
12.2.5 信息检索系统 IRS 分析	(500)
12.2.6 事务处理系统 TPS 分析	(502)
12.2.7 电子数据交换系统 EDI 分析	(504)
12.2.8 分布式计算机控制系统 DCCS 分析	(506)
12.2.9 计算机支持合作工作 CSCW 分析	(507)
12.2.10 计算机辅助教育系统 CAES 分析	(509)
12.3 网络综合信息系统的基本分析	(511)
12.3.1 网络综合信息系统的一般特性	(511)
12.3.2 计算机集成制造系统 CIMS 基本分析	(512)
12.4 网络综合信息系统的系统设计与系统集成	(515)
12.4.1 系统工程的一般方法与有关概念	(516)
12.4.2 网络综合信息系统总体规划的一般流程	(520)
12.4.3 网络综合信息系统的若干设计原则问题讨论	(524)
参考文献	(526)

第一篇

计算机网络引论 ——信息·系统·网络

我们所以把信息、系统、网络联系在一起，作为计算机网络引论来分析，是基于以下几点基本考虑：

(1) 计算机网络本身就是一个典型的信息系统。无论从网络系统的功能、结构及其行为来看，都是以信息的活动为其主要特征的。建造网络系统，也是一项大的信息系统工程。

(2) 计算机网络系统是综合了一切现代先进信息技术的信息系统，是又一次新的信息技术革命。

(3) 计算机网络系统的应用已深入人类社会生活的各个方面，实际上已成为现代信息化社会的重要基础设施和支柱。并正在对现代社会的信息化进程，产生越来越深刻的影响。

(4) 从辩证唯物主义的哲学观点看，系统、信息和网络也是自然密切联系的。由许多子系统相互联系而形成系统，信息则是联系子系统和体现系统功能的基本因素。而网络则是系统的一般结构形式。

本篇正是试图从信息科学和系统科学的基本理论、方法和观点对计算机网络系统的形成、发展和本质特性进行一些分析。也试图对上述问题进行一些论证和探讨。这些分析也将是本书后面对计算机网络系统结构分析的基础。

第一章 从信息观点对计算机网络的基本分析

信息、信息技术、信息资源、信息系统、信息产业、信息爆炸、信息垃圾、信息化社会和社会信息化等等与信息有关的术语，已成为当今社会上的热门话题。信息观点、概念和方法实际上已经在政治、经济、生产、科技、军事等社会各方面为人们所接受和使用，并在社会发展中起着越来越重要的作用。而这些有关信息的概念又几乎无一不与计算机网络这个综合信息系统的发展有密切联系。本章将首先对信息本质概念进行分析，在此基础上，从信息技术发展的进程分析计算机网络系统发展与社会信息网络、社会信息化发展的相辅相成关系。最后将从综合信息技术角度分析计算机网络的信息功能模型及有关特性。

1.1 关于信息概念的基本讨论

信息理论、信息科学的发展已有数十年历史，人们从不同角度在不同领域对信息概念所下的定义或有关论述不下数十种，我们可以列举一些如下：

- (1) 信息是事物普遍属性的表征。
- (2) 信息是事物相互作用过程的表征。
- (3) 信息是物质的一种反映属性，是被一物所反映的另一物的属性和状态。
- (4) 信息是客观世界中物质运动的形式。
- (5) 信息是物质和能量在空间和时间中分布不均匀的程度。
- (6) 信息是事物组织性、有序性的表征。
- (7) 信息是负熵。
- (8) 信息是能用来消除或减少信宿关于信源不确定性的东西。
- (9) 信息是人脑对客观事物属性的能动反映。
- (10) 信息是物质与意识的中介，是认识的中介。
- (11) 信息是在我们适应外部世界，并使这种适应为外部世界所感到的过程中，我们同外部世界交换的东西的名称（维纳语）。
- (12) 信息是有用的消息。
- (13) 信息是对消息接受者来说预先不知道的报道（辞海定义）。
- (14) 信息是用来通信的事实，在观察中得到的数据、新闻和知识（美国韦伯字典定义）。
- (15) 信息是指人类共享的一切知识。

定义是揭示概念内涵的重要逻辑手段。从上述种种关于信息概念的定义和论述，我们可以看出，虽然至今仍有这么多不同观点和看法，但毕竟已逐步在深化对信息的认识。可以看出，信息的概念已经从当初通信的具体领域扩展到哲学的更深、更广的领域。

中。长期争论本身也说明信息概念的深刻性和复杂性。

本着学习和探讨的态度，下面我们也将对信息的实质概念进行一些分析。这里我们有两个基本出发点：一是力图从哲学高度探讨信息的实质；二是不限制信息概念只具有单一层次的内涵。因此，我们将从客观现实世界和主观认识世界这两个不同但又密切联系的层次和领域来分别分析。我们认为，前述种种有关信息的概念，大致也可分属于这两个不同的领域。

1.1.1 信息在客观现实世界中的概念分析

辩证唯物主义哲学对于客观世界的认识有以下基本观点：

- (1) 世界是物质的，物质是不依赖于人的意志而独立存在的客观实在。
- (2) 物质世界是处于永恒运动之中，运动是物质存在的普遍属性和存在方式。
- (3) 运动的物质必处于一定的时间、空间。时间、空间也是物质客观实在的存在形式。

(4) 运动的物质总是伴随一定的能量。

(5) 运动的物质又处于全面、普遍的相互联系、相互作用之中。

信息和信息概念的引入，丰富和发展了上述辩证唯物主义的物质观，这可从以下两个方面分析。

一、信息是客观事物属性更一般、更普遍的表征

根据上述辩证唯物主义传统的物质观，对客观事物的普遍属性通常可用它的运动性、时空性、反映性、能量、质料等来表示，近代系统科学发展以来，人们还把系统性也列入为事物的固有属性和存在基本形式。换言之，对任何一个给定的事物，我们总可通过以下问题的回答来表示出该事物的属性：

- (1) 采取什么运动方式，处于何种运动状态。
- (2) 占用什么样的空间、形状、大小。
- (3) 处于发展的什么阶段、年龄、生命期。
- (4) 具有什么性质的能量、能量大小。
- (5) 什么样的内部结构，包括什么构成要素，要素间如何联系，组织程度、有序性如何。
- (6) 什么性质，重量、质量、颜色、强度及化学特性等如何。
- (7) 以什么方式与其他事物联系。

事物的这些普遍属性，既是事物之间千差万别的表现，又是事物之间相互联系的内容。那么，信息概念的引入是如何与客观事物属性相联系的呢？我们可以列举一些日常很容易观察到的现象和很容易接受的概念来作一些研究，例如：

- (1) 地球上昼夜的变化是一种信息，它反映了地球绕太阳自转的运动特性和状态。
- (2) 山的高度是一种信息，它反映了山的空间特性。
- (3) 树干的年轮数是一种信息，它反映了树成长的时间特性——树龄。
- (4) 闪电是一种信息，它反映了云层中所含能量的特性。
- (5) 花的香味也是一种信息，它反映了花分子结构的化学特性等。

由以上分析我们可以认为，信息概念实际上是客观事物运动状态、时空特性、能量

大小、系统特性、质料、相互联系方式等一切反映事物属性的总称。也即，信息是客观事物属性更一般、更普遍的表征。这里我们使用“表征”这个术语，意指“特征的表示”。我们认为，关于信息是客观事物属性表征的概念是信息最本质的概念，信息以后的一些概念和表示形式，实际上都是以这一概念为基础的。关于信息的这一概念，我们还可指出以下几点：

(1) 信息既然是客观事物属性的表征，它必定也是客观存在和普遍存在的。有物质就有表征其属性的信息。但它的客观存在是指它依附于客观存在的物质，而不是指信息是实在的一种物质。

(2) 事物的差异、区别，实质上也就是事物属性的差别，所以信息实际上也反映了事物的差异性，或者说反映了物质、能量的不均匀性。

(3) 运动物质的运动状态是事物属性的重要表示，因此也是信息的重要内涵。事物可能出现的状态越多，反映事物的不定性越大，而某个确定状态出现的概率一般也就越小（虽然各确定状态出现的概率不一定相同），但这个给定状态出现所表示的信息量越大，因为它是从很大不确定性中获得的一个确定状态。所以人们又往往把信息与事物状态的不确定性或消除不确定性的程度相联系。

(4) 既然事物具有系统性，系统结构的有序性也是事物普遍属性之一，信息自然也反映了事物结构的组织程度。并且越是有序，表征这些有序方式和程度的内容越多，信息量也越大。如地球进化从无机物到产生生物、人和人类社会，地球表面的有序性、组织性增大，其信息内容（表征地球属性的内容）也比原始地球的信息要丰富得多。

二、信息在事物相互联系过程中的反映作用

前已指出，客观运动的事物之间存在着普遍的联系和相互作用，是辩证唯物主义物质观的重要观点。事物之间通过联系和相互作用，各自的属性都可能以一定形式在对方留下“印记”而得到反映。所以“反映”也是物质存在的一个重要普遍属性。

根据辩证唯物主义的物质观，事物相互作用首先也应该是物质的作用。这个物质作用，除了固态物体运动以及气体、液体流动造成物体间明显的直接相互作用外，还应包括各种力场、电磁场、光、粒子流、热辐射等非分子形态的物质作用。根据运动的物质必定包含一定能量的观点，在事物之间上述的物质相互作用过程中，必定同时伴随着能量的作用。在这些物质、能量的作用下，作用端事物的某种属性就会反映到被作用物中而留下“印记”。我们已经指出，信息是事物属性的表征，所以，这个“印记”实际上就是作用端事物发出的信息通过物质。能量的作用传输到被作用端物体的表现。对此我们也可举一些例子如下：

(1) 两物体相撞而互相产生的裂痕、凹痕等印记，都反映了对方质量、速度、形状等属性的信息。

(2) 太阳照向地面上的光和热使地面万物生长也反映了太阳能量、温度等属性的信息。

(3) 火星发出的电磁波为地球上的人为装置接收，可以获得有关火星结构和地质等属性的信息。

所以，我们说，事物之间普遍存在的相互联系和作用，除了物质和能量的相互作用外，必定伴随着信息的传输和作用。从信息观点看，常把发出信息的作用物称为信源，

接收信息的被作用物称为信宿，而携带信源信息的作用力、电磁场等物质传输媒质则称为信道。有人并把信源、信道、信宿看成为构成信息系统的三大要素，从而把事物之间相互联系和作用的过程，归结为在这信息系统中信源通过信道向信宿传输信息的过程。

下面对此有关概念再作进一步讨论：

(1) 我们曾指出，事物之间的相互联系、作用是普遍的、全面的，或者说是相互的、多向的。因此，万物中每一个给定的事物，既可能是信源，同时又可能是信宿。并且可能同时向许多信宿发出信息，又同时接收许多信源发来的信息。一个事物接收到其他事物发出的信息后，一方面反映了发送信息事物的某种属性，一方面也会在一定方式、一定程度上影响和改变自己原有的属性。因此，当我们说一个事物的属性时，实际上总是包含或反映了许多周围与它有联系的事物属性在内。例如，我们地球的属性，它的形状、地理结构、运动规律、质量大小及气候温度等等，无一不是与宇宙中太阳和其他许多行星、恒星相互作用的结果，反映了太阳和其他许多星球的属性在内。可见，反映属性也是事物的普遍属性之一，一事物反映其他事物的属性也是综合在自己的属性中体现的。但有时为了强调事物之间相互联系的反映属性。我们也可把信息概念归结为：“信息是客观事物普遍属性及相互联系特性的表征”。这对理解主观认识世界中的信息概念也有重要意义。

(2) 我们已指出，事物之间的相互作用是物质作用、能量作用与信息作用的综合作用，三者是不可分割的。不可能存在单纯的能量作用、单纯的物质作用，也不可能存在单纯的信息作用。但这三者又不是等同的。事物间多样性的复杂联系中，有时物质的作用可能是主要作用，如洪水泛滥、空气污染等；有时能量的作用是主要的，如闪电烧毁树木、阳光使万物生长；有时信息的作用是主要的，如花香吸引蜜蜂采蜜，虽然花香的信息是由带有香味的某种花分子运动扩散作用到蜜蜂身上的，但蜜蜂飞向花的主要作用是香味的信息作用。遥远星球上传到地球上的电磁波，其物质和能量的作用可能是很微弱的，但人们通过对所接收电磁波频率等特征分析可以了解许多有关该星球的特性，其信息作用是很大的。

(3) 事物之间的相互联系和作用的过程，既然存在着信息从信源到信宿的传输过程，这实际上也就可以看成是一个通信过程，这就有一个信宿从信源接收信息量多少的问题。通常认为，信宿所获得反映信源属性的内容越多，则获得的信息量越大。所以有人把信息概念归结为“信息是用来消除或减少信宿对信源不确定性的东西”。这个概念虽然仍是以信息是事物属性表征这一概念为基础的，但它指出了在通信过程中信宿接收信息量的多少不仅与信源发出信息的多少有关，而且与信道和信宿的状态与特性有关。这一点，当信宿为具有自组织能力的生物体，特别是有思维的人时，将具有更重要的意义。这也是我们下一节要进一步分析研究的。

1.1.2 信息在主观认识世界中的概念分析

辩证唯物主义哲学的认识论有以下基本观点：

(1) 人通过实践认识客观世界，从感性认识能动地发展到理性认识，然后再通过实践改造世界。

(2) 实践—认识—再实践—再认识，这个过程不断反复，使认识逐步逼近客观世界

的实际，逼近真理。

信息和信息概念的引入也进一步发展和丰富了辩证唯物主义的认识论，这可以从以下几个方面来分析：

一、信息在人对客观世界感性认识过程中的作用

人是在地球长期进化过程中形成的一种具有生命和大脑思维功能的高级自组织体。但他仍然是客观世界中的一个客观实体。所以在客观世界事物之间普遍相互联系和作用的过程中，人与他周围的客观事物之间也必定存在着各种联系和相互作用。客观事物的属性通过各种力、场、光、声及分子物质扩散等物质介质（伴随一定能量）作用于人的各种器官传递给大脑，在大脑中形成对这些客观事物属性的印记或反映，这就形成人对客观事物的初步感性认识。这实际上也就是客观事物发出的表征自己属性的信息被人的各种器官接收并传递给大脑存储的结果。由此可见，所谓人对客观事物的认识，实际上是对客观事物属性的认识，是通过对事物运动状态、形状、大小、结构等特性的综合反映，而形成的对事物比较完整的整体认识。显然，从外界接收并存储在我们大脑中而形成对事物认识的东西，不是物质（怎能设想把诺大的客观物质实体移进我们小小的大脑中来呢？）也不是能量（虽然在传输、存储过程有一定能量作用，但这种能量形不成认识）只能是表征事物属性的信息。所以，我们可以认为，在人类的主观认识世界中，信息的概念可直接归结为“人对客观事物（属性）的认识”。它是客观事物属性在人脑中留下的印记，是物质反映属性的高级形式。

从信息观点看，人的各种外部器官功能，如眼的视觉、耳的听觉、鼻的嗅觉、舌的味觉、皮肤的感觉及手脚的触觉等都是些信息接收功能。人正是通过它们来接收客观事物发出的各种信息送给大脑综合形成对客观事物的感知和认识的。我们把人的这些直接接收客观事物信息的器官功能称为人的自然信息功能，这是人认识客观世界的基础。人的这种通过人的自然信息功能接收客观事物信息以认识客观事物的概念，进一步深化了辩证唯物主义认识论中，强调实践是认识的基础以及物质是第一性的重要论点。

我们曾指出，在客观世界中，一切事物之间都是相互联系、相互作用的，因此也是相互传输信息的。但是信息意义和作用的飞跃，还在于世界从无机物到有机物、生物和动植物的进化，特别是进化到具有更高级信息功能的人和人类社会以后。实际上，进化过程也有信息的遗传、选择作用。

关于人通过自身的自然信息功能接收外界客观事物发出的信息而形成人对客观事物的感性认识的过程，我们还可指出以下一些特点：

（1）综合性。人对客观事物的印象往往是通过看、听、嗅、触等多条信息输入通道同时接收同一对象的不同方面的特征信息而综合形成的。所以感性认识过程往往也可分为感觉（捕捉对象的个别特性信息）、知觉（获得对象多方面的特性信息）及表象（反复获得对象多方面信息后留下对象较完整的印象）等不同阶段。

（2）选择性和过滤性。客观事物传输给人的信息在传输过程中可能受到各种噪声、干扰的影响。人的自然信息功能具有一定选择和过滤功能，以从噪声和干扰中提取有关对象的正确特性信息。

（3）能量转换作用。客观事物发出的信息，通过力、电、场、光、声和分子运动等各种形式的物质、能量作用于人的各种器官，都被统一转换成一种能刺激人体内神经网