



“十一·五”规划教材

计算机网络原理

(第3版)

陈妍 王志文 朱海萍 李增智



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

“十一五”规划教材

计算机网络原理

(第3版)

陈妍 王志文 朱海萍 李增智

西安交通大学出版社

· 西安 ·

内容提要

计算机网络原理是现代计算机学科领域的一门核心主干课程,是计算机及相关专业必修的专业基础课程。本书以网络协议模型为线索,结合网络研究的主要领域详细地介绍了计算机网络的基本概念及数据通信的基本原理,并给出了大量的实例。在系统介绍局域网、广域网及 Internet 网络的基本原理的同时,还融合了大量近年来网络发展的最新及热点技术,例如 ADSL、WLAN、蓝牙网络、安全及管理、多媒体技术等。

本书内容新颖、概念准确、深入浅出、图文并茂。在突出计算机网络的基本概念和原理的基础上,与实用网络技术相结合,并力图反映计算机网络技术的最新发展。

全书共分 10 章,内容选取适中,理论结合实际,每章均配有习题。本书可作为高等学校理工科各专业本科生及研究生的计算机网络课程教材或参考书,也可供从事网络研究、网络工程以及使用或管理网络的科研和工程技术人员使用。

本书配套的电子教案可在 <http://ligong.xjtpress.com> 网站上免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理/陈妍等编著. —3 版—西安:西安交通大学出版社,

2008.2

“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5605-2683-6

I. 计… II. 陈… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008638 号

书 名 计算机网络原理(第 3 版)
编 著 陈妍 王志文 朱海萍 李增智
责任编辑 任振国 李 晶

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西丰源印务有限公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 27.125 字数 502 千字
版次印次 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-2683-6/TP·506
定 价 39.00 元

读者购书、书店添货如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdgy31@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

计算机网络是正在迅速发展并获得了十分广泛应用的一门综合性学科,网络化已经成为计算机发展的方向之一。计算机网络的开发研究和培养这方面的专业技术人才受到了广泛的重视。

作者在从事计算机网络教学中深切感受到,作为一门发展迅速的技术,新的网络技术和新的网络标准不断涌现,因此迫切需要一本既能反映当前主要网络技术,又能将理论和实践紧密结合的计算机网络教材。作者依据多年对本科生和研究生进行计算机网络教学以及计算机网络相关科学研究的实践,在 1991 年出版的《计算机网络原理》(第 1 版)和 2000 年出版的《计算机网络原理》(第 2 版)的基础上做了大量的修改工作,从而完成了本书的编写。

与早期版本相比,本书主要有以下特色:

1. 结合实际教学经验,教材从组织形式到内容取舍及表述都更适合中国学生的学习特点;
2. 本书在突出计算机网络的基本概念和原理的基础上,加强与实用网络技术相结合,因此,不仅可作为教材,还可作为其他从事计算机网络工作的工程技术人员的参考书;
3. 本书力图反映计算机网络技术的最新发展,对于那些想了解计算机网络最新技术的人员也有一定的参考价值。

本书共分 10 章。第 1 章为概述,主要介绍计算机网络的发展及其基本概念;第 2 章为网络体系结构,介绍网络体系结构的分层研究方法及主要的网络参考模型;第 3 章为数据通信技术,介绍数据通信的基础知识及物理层协议;第 4 章为数据链路控制,介绍差错控制、流量控制等协议,并重点介绍了 HDLC、PPP 等数据链路层主要协议;第 5 章为局域网技术,介绍 IEEE802 标准、各种速率的以太网技术、虚拟局域网技术、无线局域网技术;第 6 章为广域网技术,介绍路由选择、拥塞控制、网络互联技术,并重点介绍了 X.25、ATM、帧中继等广域网实例;第 7 章为 Internet 基本原理,介绍 Internet 的网络层协议、运输层协议、Internet 接入技术;第 8 章为 Internet 应用,介绍 Internet 应用层的各种协议,包括:域名服务、电子邮件传输、万维网 WWW、远程文件传输 FTP 等,并重点介绍了客户/服务器模型等

常用网络应用模式;第9章为网络安全与管理,介绍计算机网络安全和管理的基础知识;第10章为多媒体应用与QoS控制,介绍多媒体的主要协议和典型应用,以及如何满足人们对于网络化多媒体技术日益增长的服务质量需求。

本书第1、2、3、4章由王志文执笔完成;第5、6、7、8章由陈妍执笔完成;第9、10章由朱海萍执笔完成;全书由李增智教授统稿。

西安交通大学的伍卫国、唐亚哲、王换招老师对本书的有关内容提出了很多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

本书配套的电子教案可在<http://ligong.xjtupress.com>网站上免费下载。

由于计算机网络技术发展迅速,作者水平有限,加之时间紧促,尽管我们投入了大量的时间和精力,但书中难免还会存在一些缺点错误,欢迎同行专家和读者批评指正。

作 者

2007年12月于西安交大

目 录

| | |
|---------------------------|------|
| 第 1 章 计算机网络概述 | (1) |
| 1.1 什么是计算机网络 | (1) |
| 1.2 计算机网络发展历程 | (4) |
| 1.2.1 以单计算机为中心的联机系统 | (4) |
| 1.2.2 分组交换网络的出现 | (5) |
| 1.2.3 计算机网络体系结构标准化 | (7) |
| 1.2.4 局域网的崛起 | (8) |
| 1.2.5 Internet 时代 | (9) |
| 1.2.6 “三网”合一 | (12) |
| 1.2.7 宽带网络与全光网络技术 | (13) |
| 1.3 网络拓扑结构 | (14) |
| 1.4 计算机网络分类 | (17) |
| 1.4.1 按传输技术进行分类 | (17) |
| 1.4.2 按覆盖范围进行分类 | (18) |
| 1.4.3 按其他标准分类 | (19) |
| 1.5 计算机网络应用 | (20) |
| 1.5.1 计算机网络应用领域 | (20) |
| 1.5.2 计算机网络引发的社会问题 | (23) |
| 1.6 计算机网络技术国际标准化组织 | (24) |
| 1.6.1 国际标准化组织 | (24) |
| 1.6.2 Internet 标准组织 | (24) |
| 1.6.3 电信界标准组织 | (26) |
| 习题 | (26) |
| 第 2 章 网络体系结构 | (27) |
| 2.1 概述 | (27) |
| 2.2 网络分层 | (29) |

| | | |
|--------------|----------------------|-------------|
| 2.2.1 | 分层思想 | (29) |
| 2.2.2 | 层次设计主题 | (31) |
| 2.2.3 | 实体和协议 | (32) |
| 2.2.4 | 接口和服务 | (33) |
| 2.2.5 | 数据单元 | (35) |
| 2.2.6 | 面向连接服务和无连接服务 | (37) |
| 2.2.7 | 服务原语 | (39) |
| 2.2.8 | 服务与协议的关系 | (41) |
| 2.3 | 网络参考模型 | (41) |
| 2.3.1 | OSI 参考模型 | (42) |
| 2.3.2 | TCP/IP 参考模型 | (46) |
| 2.3.3 | OSI 与 TCP/IP 参考模型比较 | (48) |
| 2.4 | 五层网络参考模型 | (50) |
| 2.4.1 | OSI 与 TCP/IP 参考模型的评价 | (50) |
| 2.4.2 | 五层网络参考模型 | (51) |
| | 习题 | (52) |
| 第 3 章 | 数据通信技术 | (54) |
| 3.1 | 概述 | (54) |
| 3.2 | 数据通信理论基础 | (56) |
| 3.2.1 | 傅里叶分析 | (56) |
| 3.2.2 | 周期矩形脉冲信号的频谱特性 | (56) |
| 3.3 | 数据通信系统模型 | (58) |
| 3.3.1 | 数据通信系统基本结构 | (58) |
| 3.3.2 | 数据与信号 | (59) |
| 3.3.3 | 信道通信方式 | (60) |
| 3.3.4 | 数据传输方式 | (62) |
| 3.3.5 | 数据同步方式 | (63) |
| 3.4 | 传输媒介 | (66) |
| 3.4.1 | 电磁波谱 | (66) |
| 3.4.2 | 双绞线 | (67) |
| 3.4.3 | 同轴电缆 | (69) |
| 3.4.4 | 光纤 | (71) |
| 3.4.5 | 无线媒介 | (73) |
| 3.5 | 数据通信性能指标 | (76) |

| | | |
|--------------|---------------------|--------------|
| 3.5.1 | 时延与时延带宽积 | (76) |
| 3.5.2 | 误码率与误比特率 | (77) |
| 3.5.3 | 信息传输速率与码元传输速率 | (78) |
| 3.5.4 | 奈奎斯特准则与香农定理 | (79) |
| 3.6 | 数据编码 | (80) |
| 3.6.1 | 信号编码 | (81) |
| 3.6.2 | 调制编码 | (82) |
| 3.6.3 | 模拟数据数字化编码 | (83) |
| 3.6.4 | 调制解调器 | (84) |
| 3.7 | 信道复用技术 | (87) |
| 3.7.1 | 频分复用与时分复用 | (87) |
| 3.7.2 | 统计时分复用 | (89) |
| 3.7.3 | 波分复用 | (90) |
| 3.7.4 | 码分复用 | (91) |
| 3.7.5 | SONET 与 SDH | (94) |
| 3.8 | 数据交换技术 | (98) |
| 3.8.1 | 电路交换 | (98) |
| 3.8.2 | 报文交换 | (100) |
| 3.8.3 | 分组交换 | (101) |
| 3.9 | 物理层规程 | (103) |
| 3.9.1 | DTE 与 DCE | (103) |
| 3.9.2 | 物理层接口标准 | (104) |
| 3.9.3 | EIA RS-232 | (106) |
| 3.9.4 | EIA RS-449 | (108) |
| | 习题 | (109) |
| 第 4 章 | 数据链路控制 | (111) |
| 4.1 | 概述 | (111) |
| 4.2 | 向网络层提供的服务 | (113) |
| 4.3 | 帧边界划分方法 | (115) |
| 4.4 | 差错控制 | (116) |
| 4.4.1 | 差错起因与特点 | (116) |
| 4.4.2 | 差错控制方法 | (116) |
| 4.4.3 | 海明码 | (117) |
| 4.4.4 | 垂直水平奇偶校验码 | (118) |

| | | |
|-------|------------------|-------|
| 4.4.5 | 循环冗余检验码 | (119) |
| 4.4.6 | 校验和 | (121) |
| 4.5 | 停等协议 | (123) |
| 4.5.1 | 简单停等协议 | (123) |
| 4.5.2 | 带流量控制的停等协议 | (124) |
| 4.5.3 | 带差错控制的停等协议 | (126) |
| 4.5.4 | 停等协议效率分析 | (127) |
| 4.6 | 连续 ARQ 协议 | (129) |
| 4.6.1 | 连续 ARQ 协议工作原理 | (129) |
| 4.6.2 | 连续 ARQ 协议的定量分析 | (131) |
| 4.6.3 | 滑动窗口 | (132) |
| 4.6.4 | 信道效率与最佳帧长 | (136) |
| 4.7 | 选择重传 ARQ 协议 | (138) |
| 4.8 | 高级数据链路控制规程(HDLC) | (138) |
| 4.8.1 | HDLC 协议概述 | (138) |
| 4.8.2 | HDLC 的帧结构 | (139) |
| 4.9 | 因特网数据链路接入控制 | (143) |
| 4.9.1 | 串行线路网际协议(SLIP) | (143) |
| 4.9.2 | 点到点协议(PPP) | (145) |
| | 习题 | (148) |

第 5 章 局域网技术 (150)

| | | |
|-------|------------------|-------|
| 5.1 | 局域网概述 | (150) |
| 5.1.1 | 局域网的产生及基本特征 | (150) |
| 5.1.2 | IEEE 802 局域网体系结构 | (151) |
| 5.2 | 信道共享技术 | (156) |
| 5.2.1 | 冲突协议 | (157) |
| 5.2.2 | 无冲突协议 | (160) |
| 5.3 | 传统以太网 | (162) |
| 5.3.1 | 以太网的基本原理 | (162) |
| 5.3.2 | 以太网介质访问控制子层 MAC | (166) |
| 5.3.3 | 以太网的帧格式 | (169) |
| 5.3.4 | 网桥及交换式以太网 | (171) |
| 5.3.5 | 全双工以太网 | (175) |
| 5.4 | 高速以太网 | (177) |

| | | |
|--------------|--------------------|--------------|
| 5.4.1 | 快速以太网 | (177) |
| 5.4.2 | 千兆以太网 | (180) |
| 5.4.3 | 10 吉比特以太网 | (183) |
| 5.5 | 虚拟局域网 | (186) |
| 5.5.1 | 虚拟局域网概述 | (186) |
| 5.5.2 | 虚拟局域网的划分 | (187) |
| 5.5.3 | 虚拟局域网的标准 | (189) |
| 5.6 | 无线局域网 | (191) |
| 5.6.1 | 无线局域网概述 | (191) |
| 5.6.2 | IEEE 802.11 无线局域网 | (196) |
| 5.6.3 | IEEE 802.16 宽带无线网络 | (202) |
| 5.6.4 | 蓝牙技术 | (204) |
| | 习题 | (208) |
| 第 6 章 | 广域网技术 | (209) |
| 6.1 | 基本概念 | (209) |
| 6.1.1 | 网络层提供的功能和服务 | (209) |
| 6.1.2 | 虚电路和数据报 | (211) |
| 6.2 | 路由选择 | (216) |
| 6.2.1 | 路由选择的基本工作原理 | (216) |
| 6.2.2 | 距离向量路由选择算法 | (221) |
| 6.2.3 | 链路状态路由选择算法 | (224) |
| 6.3 | 拥塞控制 | (226) |
| 6.3.1 | 拥塞及拥塞控制 | (226) |
| 6.3.2 | 拥塞控制的常用方法 | (228) |
| 6.4 | 网络互联 | (231) |
| 6.4.1 | 网络互联的基本要求 | (231) |
| 6.4.2 | 网络互联设备 | (233) |
| 6.5 | 广域网实例 | (235) |
| 6.5.1 | X.25 | (235) |
| 6.5.2 | 帧中继 | (237) |
| 6.5.3 | ATM | (241) |
| | 习题 | (246) |

| | |
|----------------------------------|-------|
| 第 7 章 Internet 基本原理 | (248) |
| 7.1 概述 | (248) |
| 7.2 网际层协议 | (250) |
| 7.2.1 IP 协议 | (250) |
| 7.2.2 与 IP 地址相关的一组协议 | (257) |
| 7.2.3 Internet 控制报文协议 ICMP | (260) |
| 7.2.4 IP 组管理协议 IGMP | (263) |
| 7.2.5 无分类地址 CIDR | (266) |
| 7.2.6 IPv6 | (268) |
| 7.3 Internet 路由协议 | (272) |
| 7.3.1 Internet 路由基本概念 | (272) |
| 7.3.2 内部网关协议 | (274) |
| 7.3.3 边界网关协议 BGP | (279) |
| 7.4 传输层协议 | (283) |
| 7.4.1 传输层协议概述 | (283) |
| 7.4.2 用户数据报协议 UDP | (293) |
| 7.4.3 传输控制协议 TCP | (295) |
| 7.5 Internet 接入技术 | (306) |
| 7.5.1 电信网接入技术 | (307) |
| 7.5.2 HFC 及有线电视宽带接入 | (313) |
| 7.5.3 以太网接入 | (315) |
| 7.5.4 无线接入 | (318) |
| 7.5.5 电力线接入 | (320) |
| 习题 | (322) |
| 第 8 章 Internet 应用 | (324) |
| 8.1 应用层概述 | (324) |
| 8.2 常用网络应用模式 | (326) |
| 8.2.1 客户/服务器模型 | (326) |
| 8.2.2 浏览器/服务器模型 | (327) |
| 8.2.3 P2P 模型 | (328) |
| 8.2.4 Socket 编程 | (330) |
| 8.3 域名服务 | (333) |
| 8.3.1 Internet 中的域名结构 | (333) |
| 8.3.2 域名解析基本原理 | (334) |

| | | |
|--------------|-----------------------|--------------|
| 8.4 | 电子邮件传输协议 | (338) |
| 8.4.1 | 简单电子邮件传输协议 SMTP | (338) |
| 8.4.2 | POP3 及其他邮件接收协议 | (342) |
| 8.5 | 万维网 WWW | (344) |
| 8.5.1 | 万维网的基本工作原理 | (344) |
| 8.5.2 | 超文本传输协议 HTTP | (346) |
| 8.5.3 | 超文本标记语言 HTML | (350) |
| 8.5.4 | 动态网页技术 | (351) |
| 8.5.5 | Web 服务加速机制 | (354) |
| 8.6 | 远程文件传输协议 FTP | (357) |
| | 习题 | (360) |
| 第 9 章 | 网络安全与管理 | (361) |
| 9.1 | 网络安全概述 | (361) |
| 9.2 | 密码学 | (364) |
| 9.2.1 | 密码学的发展 | (364) |
| 9.2.2 | 对称密钥体制 | (365) |
| 9.2.3 | 公开密钥体制 | (369) |
| 9.2.4 | 数字签名和消息认证 | (371) |
| 9.2.5 | 密钥的分发和管理 | (373) |
| 9.3 | 网络安全技术 | (374) |
| 9.3.1 | 防火墙 | (374) |
| 9.3.2 | 网络入侵与安全检测 | (377) |
| 9.3.3 | 虚拟专用网 VPN | (378) |
| 9.3.4 | 病毒防范 | (379) |
| 9.4 | 网络安全应用 | (381) |
| 9.4.1 | IP 安全 | (381) |
| 9.4.2 | 电子邮件安全 | (384) |
| 9.4.3 | Web 安全 | (386) |
| 9.4.4 | 无线网络安全 | (388) |
| 9.5 | 网络管理 | (389) |
| 9.5.1 | 网络管理概述 | (389) |
| 9.5.2 | SNMP 协议 | (391) |
| 9.5.3 | SNMP 安全机制 | (396) |
| | 习题 | (398) |

| | |
|------------------------------|-------|
| 第 10 章 多媒体应用与 QoS 控制 | (399) |
| 10.1 基本概念 | (399) |
| 10.1.1 多媒体 | (399) |
| 10.1.2 网络化多媒体应用类别 | (401) |
| 10.1.3 流媒体技术 | (402) |
| 10.2 多媒体支撑技术 | (405) |
| 10.2.1 音/视频压缩 | (405) |
| 10.2.2 RTP、RTCP 与 RTSP | (407) |
| 10.2.3 QoS 支持 | (410) |
| 10.3 典型多媒体应用 | (412) |
| 10.3.1 网络电话 VoIP | (412) |
| 10.3.2 视频点播 VOD | (413) |
| 10.3.3 视频会议 | (415) |
| 10.4 多媒体与服务质量控制 | (416) |
| 10.4.1 概述 | (416) |
| 10.4.2 综合服务/RSVP | (417) |
| 10.4.3 区分服务 | (418) |
| 习题 | (422) |

第 1 章 计算机网络概述

1.1 什么是计算机网络

计算机与通信的结合深刻地影响和改变着人类的生产与生活方式,极大地促进了人类文明的进步,使人类步入信息社会。在信息社会中,信息的获取、处理和传输是社会运行的首要任务。网络和信息系统是现代社会最重要的基础设施,成为国家进步和社会发展的基本需求,渗透到社会的各个领域,整个社会通过计算机网络联系在一起,如图 1-1 所示。

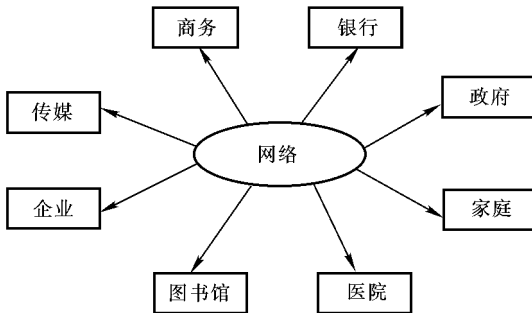


图 1-1 信息社会结构

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物,是信息化社会重要的基础设施。传统的通信只能进行信息的传递,而在计算机网络中,不仅可使信息传递得更快、更可靠,而且还可以进行信息的收集、存储和加工处理,提供多样化的信息服务。网络互联技术的发展使整个社会实现网络化成为可能,并开始形成“社会网络化,网络社会化”的局面。它是当代高新技术的生长点和经济发展的重要推动力。众所周知 Internet 已经为全球创造了数万亿美元的新财富。

什么是计算机网络,或者说如何定义计算机网络?在不同的发展时期有着不同的定义。计算机网络的发展经历了从联机系统到“三网”合一等多个阶段,在不同的发展阶段人们对计算机网络有着不同的定义,这些定义不仅反映了当时网络技术的发展水平,也反映了人们对网络的认识程度。这些定义从三种不同的观点

来看待计算机网络,即:广义的观点、资源共享的观点与用户透明性的观点。从目前计算机网络的特点看,资源共享观点的定义能比较准确地描述计算机网络的基本特征。相比之下,广义的观点定义了计算机通信网络,而用户透明性的观点定义了分布式计算机系统。

资源共享观点将计算机网络定义为以能够相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合。资源共享观点的定义符合目前计算机网络的基本特征,这主要表现在以下几个方面。

① 计算机网络建立的主要目的是实现计算机资源的共享。

计算机资源主要指计算机硬件、软件与数据。网络用户不但可以使用本地计算机资源,而且可以通过网络访问联网的远程计算机资源,还可以调用网络中几台不同的计算机共同完成某项任务。

② 互联的计算机是分布在不同地理位置的多台独立的“自治计算机”。

互联的计算机之间可以没有明确的主从关系,每台计算机既可以联网工作,也可以脱离网络独立工作;联网计算机可以为本地用户提供服务,也可以为远程网络用户提供服务。

③ 联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议。

计算机网络是由多个互连的结点组成的,结点之间要做到有条不紊地交换数据,每个结点都必须遵守一些事先约定好的通信规则。这就和人们之间的对话一样,要么大家都说中文,要么大家都说英文,如果一个说中文,一个说英文,那么就需要找一个翻译。如果一个人只能说中文,另一个人又不懂中文,而又没有翻译,那么这两个人就无法进行交流。

我们判断计算机是否互联成计算机网络,主要看它们是不是独立的“自治计算机”。如果两台计算机之间有明确的主从关系,其中一台计算机能强制另一台计算机开启与关闭,或者控制另一台计算机,那么其中受控计算机就不是“自治”的计算机。根据资源共享观点的定义,由一个中心控制单元与多个从站组成的计算机系统不是一个计算机网络,例如,一个带有多台远程终端或远程打印机的计算机系统也不是一个计算机网络,只能称为联机系统(因为早期的终端不能算是自治的计算机)。但随着硬件价格的下降,许多终端都具有一定的智能,因而“终端”和“自治的计算机”逐渐失去了严格的界限。因此,若将微型计算机作为终端使用,按上述定义,则早期的那种面向终端的网络也可称为计算机网络。

“计算机通信”与“数据通信”这两个名词也常混用。早期的数据通信与现代的计算机通信显然是有区别的。但随着技术的进步,数据通信的含义也在发生变化,可以认为计算机通信与数据通信是可混用的名词。例如:美国的期刊《Data Communication》所刊登的文章现在也都是计算机网络领域的文章。在许多情况下,数

据通信网往往指的是计算机网络中的分组交换网。

对于用户而言,计算机网络提供的是一种透明的传输机制,用户在访问网络共享资源时,无需考虑这些资源所在的物理位置。为此,计算机网络通常是以网络服务的形式来提供网络功能和透明性访问。

从上述计算机网络的定义中不难看出,它的最大功能就是资源共享,而我们经常提及的分布式系统也是为共享资源而提出的,二者究竟有何差异呢?实质上,计算机网络与分布式计算机系统有许多相同之处,但二者并不等同。分布式计算机系统的最主要特点是整个系统中的各计算机对用户都是透明的。也就是说,对用户来说,这种分布式计算机系统就好像只有一个计算机一样。用户通过键入命令就可以运行程序,但用户并不知道是哪一个计算机在为其运行程序,而是由分布式操作系统为用户选择一个最合适的计算机来运行程序,并将运行的结果传送到合适的地方,这些都不需要用户的干预。而计算机网络则不同。用户必须先欲运行程序的计算机上进行登录,然后按照该计算机的地址,将程序通过计算机网络传送到该计算机去运行,最后,根据用户的命令将结果传送到指定的计算机。由此可见,计算机网络并不等同于分布式计算机系统,二者的区别主要是软件配置的不同。一般说来,分布式计算机系统是计算机网络的一个应用特例。

经过半个多世纪的发展,计算机网络为信息共享和人类交互提供了极大的方便,尽管其间的计算机技术和网络通信技术发生了许多重大变化和进步,但它们在特定的领域总是表现出相似的变化过程。为此,一些专家提出了一系列关于 IT 技术变迁的论断和预言,其中最为著名的有下述四个。

① Intel 公司的创始人之一摩尔先生(Gordon Moore)在 1964 年曾预言:集成芯片的能力每 18 个月提高一倍,而其价格则降低一半。摩尔本人当初也没有预料到这一预言一直延续至今仍然成立,这就是著名的摩尔定律(Moore's Law)。

② 贝尔定律(Bell's Law)作为对摩尔定律的补充,表述的意思是:如果保持计算机能力不变,微处理器的价格和体积每 18 个月减小一半。

③ 20 世纪 90 年代,以太网发明人鲍伯·麦特卡尔夫(Bob Metcalfe)提出:网络的价值同网络用户数量的平方成正比。网络上的 n 个用户,每个用户都可以共享使用其他用户的信息,即任何一个用户都可以使用 n 个用户的信息,则网络的价值与 n^2 成正比。

④ 被称为数字时代三大思想家之一的乔治·吉尔德(George Gilder)预测:在未来 25 年,主干网的带宽每 6 个月增加一倍,其增长速率远远超过摩尔定律,是芯片增长速率的三倍。

以上四个论断和预言被人们称作 IT 时代的四大定律,揭示了计算机和计算机网络技术惊人的发展速度和美好灿烂的前景。计算机和计算机网络技术已经改

写了社会发展历程,它们的飞速发展必将创造出人类历史更加辉煌的篇章!

1.2 计算机网络发展历程

1.2.1 以单计算机为中心的联机系统

以单计算机为中心的联机网络系统也被称为第一代网络。20世纪60年代中期以前,计算机主机昂贵,而通信线路和通信设备的价格相对便宜,为了共享主机资源(强大的处理能力)和进行信息的采集及综合处理,以单计算机为中心的联机终端网络是一种主要的系统结构形式。

早在1951年,美国麻省理工学院林肯实验室就开始为美国空军设计称为SAGE的半自动化地面防空系统。该系统分为17个防区,每个防区的指挥中心装有两台IBM公司的AN/FSQ-7计算机,通过通信线路连接防区内各雷达观测站、机场、防空导弹和高射炮阵地,形成联机计算机系统。由计算机程序辅助指挥员决策,自动引导飞机和导弹进行拦截。SAGE系统最先采用了人机交互作用的显示器,研制了小型计算机形式的前端处理机,制定了1600 b/s的数据通信规程,并提供了高可靠性的多种路径选择算法。这个系统最终于1963年建成,被认为是计算机技术和通信技术结合的先驱。

计算机通信技术应用用于民用系统方面,最早的是美国航空公司与IBM公司在20世纪50年代初开始联合研究,60年代初投入使用的飞机订票系统SABRE-1。这个系统由一台中央计算机与全美范围内的2000个终端组成。这些终端采用多点线路与中央计算机相连。美国通用电气公司的信息服务系统(GE Information Service)则是世界上最大的商用数据处理网络,其地理范围从美国本土延伸到欧洲、澳洲和日本。该系统于1968年投入运行,具有交互式处理和批处理能力。网络配置为分层星型结构:各终端设备连接到分布在世界上23个地点的75个远程集中器;远程集中器分别连接到16个中央集中器,各主计算机也连接到中央集中器;中央集中器经过50 Kb/s线路连接到交换机。由于地理范围很大,可以利用传输时差达到资源的充分利用。

单处理机联机网络涉及到多种通信技术、多种数据传输设备、数据交换设备等,从计算机技术上来看,这反映由单用户独占一个系统逐渐发展到远距离的分时多用户系统的演变过程。联机终端网络主要有如下缺点:一是主机负荷较重,既要承担通信工作,又要承担数据处理工作,因而主机的效率低;二是通信线路的利用率低,尤其在远距离时,分散的终端都要单独占用一条通信线路,造成费用高,为了解决这个问题,在终端密集的区域,可采用远程线路集中器,尽量减少通信费用;三