

计算机网络 原理与技术

刘化君 等编著

Network

technology

principle

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

计算机网络原理与技术

刘化君 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以计算机网络体系结构为总纲,按照基于 ISO/OSI-RM 修改的五层参考模型:物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层,分层讲述了计算机网络的基本概念、主要协议及其应用;阐述了 Internet 采用的 TCP/IP 协议体系以及网络管理、网络安全等知识。作为对新兴计算机网络技术研究的介绍,讨论了 IP 网络服务质量(QoS)控制、队列管理、IP 分组调度等内容;简单介绍了网络处理器以及基于 NS2 的网络仿真、性能度量和测量。为帮助读者掌握基础理论知识,每章末均附有一定数量的思考题与练习题。

本书内容丰富,取材新颖,结构严谨,比较全面地展示了计算机网络领域的研究进展和最新成果。在文字叙述上由浅入深、循序渐进,概念描述准确,理论讲述透彻,清楚易懂。

本书既可以作为高等院校计算机科学与技术、通信、电子、信息、自动化等相关专业的教学参考书,也可供从事信息技术、计算机网络研究的工程技术人员和 IT 管理人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与技术/刘化君编著. —北京:电子工业出版社, 2005.7

高等学校电子信息类教材

ISBN 7-121-00830-0

I. 计… II. 刘… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 068358 号

责任编辑:许 楷

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:28 字数:717 千字

印 次:2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:36.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

计算机网络是计算机科学技术与通信技术紧密结合而产生的一门新技术。目前,人类社会正从工业社会快速进入信息社会,信息已经成为人们改造世界和推动社会发展的直接动力。美国著名未来学家阿尔文·托夫勒(Alvin Toffler)曾说,谁掌握了信息,谁掌握了网络,谁就将拥有整个世界。目前,计算机网络已经进入了大发展、普及应用阶段,以 Internet 为代表的计算机网络已成为现代社会最重要的信息基础设施之一。充分认识计算机网络的基础理论问题,不但是摆在我们面前的紧迫任务,而且是培养具有计算机网络理论和技术人才的迫切需要。在我们承担的“十五”国家级研究课题“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践——电子与电气信息类专业应用型人才培养的目标与模式”的研究中,如何构建应用型人才培养体系、突出工程技术能力本位的教育思想、构建优秀课程群及其教材是其重要的研究内容之一。本课题也旨在通过课题研究带动相应精品教材的研究与建设。

通过“电子与电气信息类专业应用型人才培养的目标与模式”课题研究发现,有关计算机网络方面的教材较多,但大多数按照 ISO/OSI-RM 或者 TCP/IP 协议体系,讲授计算机网络知识及其工程实现。由于 ISO/OSI-RM、TCP/IP 协议体系各自存在优缺点,而且全面深入地讲解计算机网络原理知识的书也较少,因而难以满足 IT 领域相关本科专业教学及高层次读者的需要。为实现应用型人才培养目标,拟撰写一本《计算机网络原理与技术》,以飨具有一定计算机网络技术基础知识且希望深入全面掌握计算机网络原理和工程技术的读者。

主要内容与体系

《计算机网络原理与技术》针对计算机网络的工作原理及其技术,以计算机网络体系结构为总纲,按照基于 ISO/OSI-RM 修改的五层参考模型:物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层,系统地分层讲述计算机网络的基本概念、主要协议及其应用,并将 Internet 所采用的 TCP/IP 协议体系渗透其中。同时,在我们所承担的江苏省高校自然科学研究计划项目“网络处理器路由队列管理与分组调度”中,对 IP 网络的服务质量(Quality of Service, QoS)控制、网络处理器(Network Processor, NP)等路由队列管理与分组调度问题,展开了一些研究工作。为体现相关的研究收获,反映当前计算机网络研究领域的最新技术和理论成果,构建一个新的计算机网络知识体系结构,用少许篇幅阐述 IP 网络服务质量控制、网络处理器以及网络仿真与性能度量等内容也是必要的。但考虑到计算机网络技术的发展非常迅速,限于篇幅,难以全面涵盖最新发展概况,还是以广泛使用的成熟网络理论技术为背景进行介绍和讨论较为恰当。全书共分 12 章,按以下体例结构组织内容:

第 1 章 绪论,介绍计算机网络的一些基本概念、诞生与发展历程,以及计算机网络组成和发展趋势等。

第 2 章 计算机网络体系结构,介绍研究制定计算机网络体系结构的科学方法,讲授网络协议及其分层的概念、ISO/OSI-RM、TCP/IP 协议体系结构、局域网体系结构、广域网和

综合业务数字网体系结构等。

第 3 章 数据传输和物理层, 主要讲授数据通信的理论基础、数据编码技术、多路复用技术、数据传输方式、数据交换技术和物理层特性等。

第 4 章 数据链路控制, 主要讲授数据链路层的基本概念、数据链路协议、无线链路、点到点的数据链路协议、广播网络的媒体访问控制及网络互连中的第二层交换技术。

第 5 章 网络互连与路由, 讲授网络层基本概念、网络层 IP 协议、路由技术基础和路由选择算法。

第 6 章 网络传输服务, 在概述传输层基本概念的基础上, 主要讲授传输层协议的基本要素、简单的传输协议实例、面向连接的 TCP 协议和无连接的 UDP 协议。最后介绍用简单协议分析工具进行协议分析的方法。

第 7 章 网络应用技术, 主要讲授应用层协议原理、动态主机配置协议、域名系统 (DNS)、万维网 WWW 及多媒体实时通信等, 阐明各种应用进程通过什么样的应用层协议来使用网络所提供的服务。

第 8 章 网络管理, 主要讨论网络管理的基本概念及功能, 介绍和讨论简单网络管理协议 (SNMP), 以及与网络管理相关的软件工具。

第 9 章 网络安全, 主要讲述网络安全的基本概念、数据加密技术基础、网络安全技术, 包括数字签字、数字证书, 简单介绍 Internet 的网络层安全协议族 IPSec, 以及防火墙技术等。

第 10 章 IP 网络服务质量控制, 主要讨论 IP 网络中 QoS 的概念、TCP/IP 拥塞控制机制、拥塞避免机制、IP QoS 体系结构和服务模型, 以及队列调度算法等。

第 11 章 网络处理器, 在介绍网络处理器基本概念、功能、结构的基础上, 主要讨论网络处理器技术原理、路由队列管理和 IP 分组调度算法, 简单介绍 Intel IXP1200 网络处理器, 以及网络处理器的研究发展概况。

第 12 章 网络仿真与性能度量, 在介绍 NS2 (Network Simulator V2) 组成结构和各组件的功能基础上, 讨论在 Windows XP 环境下的安装及操作使用方法, 并给出编程示例。同时, 对 NS2 仿真结果的输出结果及数据分析予以阐述。作为对 NS2 的应用实例, 以 ping 子类为例讨论怎样对 NS2 的功能进行扩展、增加一个新继承类对象进行仿真。最后讨论网络性能的度量和测试问题。

每章末均附思考与练习题, 这些题目与本书基本内容密切相关, 以利于巩固和复习有关的概念和理论知识。

编写理念与特色

计算机网络是现代计算机科学与技术、通信及电子信息类专业的一门主要专业课程。在编撰时, 作者努力使之具有理论性、创新性和应用性等特色。

本书具有一定的理论高度, 内容按照物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层, 系统地分层讨论计算机网络的基本概念、主要协议及其应用原理, 呈现出一个完整而系统的知识结构; 不但反映计算机网络技术的理论体系, 而且概念描述准确, 理论讲述透彻; 体现出理论性的特色。

本书具有一定的前瞻性和学术参考价值, 内容取材新颖、丰富, 体例结构严谨, 比较

全面地展示了近年来计算机网络领域的研究进展和最新成果,描述了 QoS、NP 的体系结构、实现机制、性能度量评价等,并在某些章节的内容中反映了作者相关的研究工作;体现出创新性特色。

本书注重理论联系实际,在文字叙述上由浅入深,循序渐进,清楚易懂。通过阅读学习,使读者能够了解有关计算机网络的基本概念,掌握基本工作原理及应用技术,理解 Internet 采用的 TCP/IP 协议体系工作原理和应用方法,形成以计算机网络体系结构的分层模型为总纲的知识链,有利于为今后各种计算机网络技术的专题学习和研究奠定基础。因此,本书具有较强的应用性。

本书适用范围较广,既可以作为高等院校计算机科学与技术、通信、电子、信息、自动化等相关专业的教学参考书,也可供从事信息技术、计算机网络研究的工程技术人员和 IT 管理人员参考使用。

本书是经多位同志共同努力而形成的一项成果,具体情况为:王志明(南京工程学院)执笔第 3,4 章,黄晓宇(湖南工程学院)执笔第 5,6 章,其余各部分由刘化君(南京工程学院)执笔。全书由刘化君主编并统稿。南京航空航天大学信息技术学院的王彩霞等在本书的编撰过程中做了许多工作。本书作者的研究工作得到了“十五”国家级研究课题“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践——电子与电气信息类专业应用型人才培养的目标与模式”(No: BIA010091-1-G12)和江苏省高校自然科学研究指导性计划项目(No: 04KJD520084)的资助支持,在此一并表示深深的谢意!

由于计算机网络发展速度很快,加上作者水平有限和时间仓促,因此本书难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评赐教。

编者
2005 年 3 月 6 日

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 计算机网络的诞生与发展	(1)
1.1.1 计算机网络的诞生	(1)
1.1.2 计算机网络的发展过程	(2)
1.1.3 Internet 的起源与发展	(6)
1.1.4 Internet 在中国的发展	(9)
1.2 计算机网络的基本概念	(10)
1.2.1 计算机网络的定义	(10)
1.2.2 计算机网络的主要功能	(12)
1.2.3 计算机网络的分类	(13)
1.3 计算机网络系统组成	(16)
1.3.1 计算机网络组成结构	(16)
1.3.2 计算机网络拓扑结构	(18)
1.3.3 计算机网络系统的组成	(19)
1.4 计算机网络的发展趋势	(22)
1.4.1 多媒体宽带网络	(22)
1.4.2 智能化信息网络	(23)
1.4.3 光网络	(23)
1.4.4 Ad Hoc 无线网络	(24)
1.4.5 主动网络	(25)
思考与练习	(26)
第 2 章 计算机网络体系结构	(27)
2.1 计算机网络体系结构	(27)
2.1.1 研究制定计算机网络体系结构的科学方法	(27)
2.1.2 计算机网络体系结构	(31)
2.1.3 分层体系结构中的基本概念	(32)
2.2 计算机网络与通信标准的制定	(38)
2.2.1 国际标准化组织	(38)
2.2.2 国际电信联盟	(39)
2.2.3 Internet 体系结构委员会 IAB	(40)
2.2.4 IEEE、EIA、ANSI 及中国国家标准局	(43)
2.3 计算机网络参考模型	(44)
2.3.1 ISO/OSI 参考模型	(44)
2.3.2 TCP/IP 协议体系	(48)

2.3.3	基于 OSI 的实用参考模型	(51)
2.4	局域网络体系结构	(53)
2.4.1	IEEE 802 局域网标准系列	(54)
2.4.2	IEEE 802 LAN 参考模型	(54)
2.4.3	光纤分布式数据接口	(55)
2.5	广域网体系结构简介	(57)
2.5.1	分组交换网	(57)
2.5.2	帧中继网络	(59)
2.5.3	宽带综合业务数字网	(60)
	思考与练习	(62)
第 3 章	数据传输和物理层	(64)
3.1	数据通信的理论基础	(64)
3.1.1	数据通信基本概念	(64)
3.1.2	傅里叶分析与有限带宽信号	(68)
3.2	数据编码技术	(70)
3.2.1	模拟信号传输模拟数据	(70)
3.2.2	模拟信号传输数字数据	(71)
3.2.3	数字信号传输数字数据	(71)
3.2.4	数字信号传输模拟数据	(73)
3.3	多路复用技术	(74)
3.3.1	频分多路复用技术	(75)
3.3.2	时分多路复用技术	(75)
3.3.3	密集波分复用技术	(78)
3.3.4	非对称数字用户线技术	(79)
3.4	数据传输方式	(80)
3.4.1	数据通信方式	(80)
3.4.2	数据同步方式	(81)
3.5	数据交换技术	(82)
3.5.1	电路交换技术	(82)
3.5.2	存储转发交换技术	(84)
3.5.3	数据交换技术比较	(86)
3.6	物理层	(88)
3.6.1	物理层的基本概念	(88)
3.6.2	传输媒体	(88)
3.6.3	物理层连接的四种特性及有关标准	(94)
3.6.4	物理层质量参数	(98)
3.6.5	物理层网络设备	(100)
	思考与练习	(102)

第 4 章 数据链路控制	(104)
4.1 数据链路层的基本概念	(104)
4.1.1 数据链路层功能	(104)
4.1.2 数据链路层提供的服务	(105)
4.1.3 成帧 (Framing)	(106)
4.1.4 差错检测和纠错技术	(107)
4.1.5 流量控制	(111)
4.2 滑动窗口协议	(111)
4.2.1 停止等待协议	(112)
4.2.2 回退 N -ARQ 协议	(115)
4.2.3 选择重发协议	(116)
4.3 无线链路	(117)
4.3.1 IEEE 802.11	(117)
4.3.2 蓝牙	(120)
4.4 点到点的数据链路协议	(121)
4.4.1 面向比特的数据链路协议	(121)
4.4.2 面向字符的数据链路协议	(128)
4.5 广播网络的媒体访问控制	(130)
4.5.1 广播网络需要解决的问题	(130)
4.5.2 IEEE 802 局域网的数据链路层	(133)
4.5.3 载波监听多点访问协议	(137)
4.5.4 以太网技术	(141)
4.6 第二层交换技术	(146)
4.6.1 局域网交换技术	(146)
4.6.2 网桥	(147)
4.6.3 以太网交换机	(149)
思考与练习	(150)
第 5 章 网络互连与路由	(152)
5.1 网络互连的基本概念	(152)
5.1.1 网络层需要解决的问题	(152)
5.1.2 网络层的地位和作用	(154)
5.2 TCP/IP 的网络层	(157)
5.2.1 IPv4 协议	(157)
5.2.2 IPv4 地址	(163)
5.2.3 子网和掩码	(166)
5.2.4 IPv4 地址映射	(173)
5.2.5 Internet 控制报文协议 ICMP	(176)
5.2.6 IPv6	(178)
5.3 路由技术基础	(187)

5.3.1	路由技术的基本概念	(187)
5.3.2	路由算法需要考虑的基本因素	(191)
5.3.3	路由选择协议概述	(192)
5.4	路由选择算法	(195)
5.4.1	路由选择算法的类型	(195)
5.4.2	路由选择算法	(196)
	思考与练习	(203)
第 6 章	网络传输服务	(204)
6.1	传输层概述	(204)
6.1.1	传输层的地位	(204)
6.1.2	传输层的必要性	(205)
6.1.3	传输层的功能	(205)
6.2	传输层协议的基本要素	(207)
6.2.1	标识端点(传输用户)	(208)
6.2.2	建立连接	(210)
6.2.3	释放连接	(211)
6.2.4	流量控制和缓冲策略	(213)
6.2.5	崩溃恢复	(215)
6.3	一个简单的传输协议	(216)
6.3.1	传输服务原语	(216)
6.3.2	网络层分组类型	(218)
6.3.3	连接状态	(219)
6.4	面向连接的 TCP 协议	(220)
6.4.1	TCP 协议概述	(220)
6.4.2	TCP 的端点标识	(222)
6.4.3	TCP 的报文段	(226)
6.4.4	TCP 的连接管理	(229)
6.4.5	TCP 传输控制	(233)
6.4.6	TCP 拥塞控制	(235)
6.4.7	TCP 定时管理	(238)
6.5	无连接的 UDP 协议	(240)
6.5.1	UDP 协议概述	(240)
6.5.2	UDP 数据报格式	(241)
6.5.3	UDP 校验和	(242)
6.5.4	UDP 与 TCP 的比较	(243)
6.6	协议分析工具与协议分析	(243)
6.6.1	协议分析工具运行环境设置	(243)
6.6.2	TCP 传输实例分析	(244)
	思考与练习	(252)

第7章 网络应用技术	(253)
7.1 应用层协议原理	(253)
7.1.1 应用层的地位和作用	(253)
7.1.2 TCP/IP 协议体系中的应用层协议	(254)
7.1.3 网络应用模式	(258)
7.2 动态主机配置协议	(261)
7.2.1 DHCP 概述	(261)
7.2.2 DHCP 工作原理	(263)
7.3 域名系统 (DNS)	(264)
7.3.1 域名和域名空间	(265)
7.3.2 DNS 数据库和资源记录	(267)
7.3.3 域名服务器与域名解析	(269)
7.4 万维网 WWW	(272)
7.4.1 WWW 概述	(272)
7.4.2 统一资源定位器	(274)
7.4.3 超文本传输协议 (HTTP)	(275)
7.4.4 Web 网页设计	(277)
7.5 多媒体实时通信	(280)
7.5.1 多媒体实时通信基本协议	(281)
7.5.2 H.323/SIP 协议简介	(283)
7.5.3 多媒体实时通信的主要应用	(284)
思考与练习	(287)
第8章 网络管理	(288)
8.1 网络管理的基本概念	(288)
8.1.1 网络管理的发展	(288)
8.1.2 网络管理的常用术语	(289)
8.1.3 网络管理系统的组成	(290)
8.2 网络管理的功能	(291)
8.2.1 故障管理	(292)
8.2.2 配置管理	(293)
8.2.3 计费管理	(295)
8.2.4 性能管理	(296)
8.2.5 安全管理	(297)
8.3 简单网络管理协议	(297)
8.3.1 SNMP 概述	(298)
8.3.2 管理信息结构	(299)
8.3.3 管理信息库	(299)
8.3.4 简单网络管理协议	(301)
8.3.5 网络管理站的实现	(305)

8.3.6	SNMPv2 和 SNMPv3	(306)
8.4	网络管理工具	(308)
8.4.1	网络管理工具的分类	(308)
8.4.2	网络管理平台	(308)
8.5	SNMP 在计费管理中的应用	(311)
8.5.1	网络计费的策略及计费系统模型	(312)
8.5.2	SNMP 在基于 IP 流量数据采集过程中的应用	(312)
8.6	网络管理的发展趋势	(314)
	思考与练习	(315)
第 9 章	网络安全	(317)
9.1	网络安全的基本概念	(317)
9.2	数据加密	(320)
9.2.1	加密的概念	(320)
9.2.2	加密算法的类型	(321)
9.2.3	私有密钥算法	(322)
9.2.4	公开密钥算法	(324)
9.2.5	散列算法	(326)
9.2.6	网络通信加密方式	(327)
9.2.7	密钥管理	(328)
9.3	数字签字和数字证书	(329)
9.3.1	数字签字	(330)
9.3.2	数字证书	(331)
9.4	Internet 的网络层安全协议族 IPSec	(332)
9.4.1	IPSec 服务	(333)
9.4.2	安全关联	(334)
9.4.3	IPSec 协议体系	(335)
9.5	防火墙技术	(337)
9.5.1	防火墙的概念	(337)
9.5.2	防火墙的体系结构	(342)
9.5.3	防火墙技术发展趋势	(344)
	思考与练习	(345)
第 10 章	IP 网络服务质量控制	(346)
10.1	服务质量 (QoS) 的概念	(346)
10.1.1	为什么需要 IP QoS	(347)
10.1.2	IP QoS 的定义描述	(348)
10.1.3	IP QoS 的分类与实现	(351)
10.1.4	当前 IP 支持 QoS 保障的概况	(353)
10.2	拥塞控制	(353)
10.3	TCP/IP 的拥塞控制机制	(356)

10.3.1	TCP 的拥塞控制	(356)
10.3.2	IP 拥塞控制机制	(361)
10.4	拥塞避免机制	(362)
10.4.1	基于 DECbit 的拥塞避免	(362)
10.4.2	随机早期检测算法	(362)
10.4.3	基于源端的拥塞避免	(366)
10.5	IP QoS 服务模型	(367)
10.5.1	IntServ/RSVP 模型	(367)
10.5.2	DiffServ 模型	(370)
10.5.3	IntServ 和 DiffServ 相结合的 QoS 模型	(376)
10.6	队列调度算法	(376)
	思考与练习	(381)
第 11 章	网络处理器	(382)
11.1	网络处理器概述	(382)
11.1.1	何谓网络处理器	(382)
11.1.2	网络处理器的发展	(384)
11.1.3	网络处理器的分类	(385)
11.2	网络处理器原理与技术	(386)
11.2.1	网络处理器的组成原理	(387)
11.2.2	网络处理器的编程模式	(390)
11.2.3	网络处理器的技术特点	(391)
11.3	Intel IXP1200 网络处理器	(392)
11.3.1	IXP1200 的基本体系结构	(392)
11.3.2	转发引擎分析	(394)
11.4	路由队列管理与 IP 分组调度	(394)
11.4.1	路由队列管理	(395)
11.4.2	IP 分组调度机制与算法	(398)
11.5	网络处理器的发展方向与关键技术	(399)
11.5.1	网络处理器的发展方向	(400)
11.5.2	需进一步研究解决的问题	(401)
	思考与练习	(402)
第 12 章	网络仿真与性能度量	(403)
12.1	基于 NS2 的网络仿真	(403)
12.1.1	NS2 概述	(403)
12.1.2	NS2 系统的层次体系结构	(404)
12.1.3	NS2 组成部件及其主要功能	(406)
12.1.4	分组	(408)
12.1.5	Windows XP 环境下安装编译 NS2	(408)
12.1.6	NS2 环境下仿真对象的开发设计	(411)

12.1.7 NS2 仿真器结果输出和分析	(414)
12.1.8 NS2 功能扩展	(417)
12.2 NS2 网络仿真应用实例	(422)
12.3 网络性能度量和测试.....	(423)
12.3.1 网络性能度量和测试准则	(424)
12.3.2 网络性能测试指标	(426)
12.3.3 测试方法	(427)
思考与练习	(429)
参考文献	(430)

第1章 绪 论

自 20 世纪 70 年代,世界上出现第一个远程计算机网络开始,到 80 年代的局域网,90 年代的综合业务数字网,……计算机网络得到了异常迅猛的高速发展。计算机网络的规模和功能也不断扩大,今天已经形成了 Internet,并向着全球智能网发展。计算机网络技术的发展促进了信息技术革命“第三次浪潮”的到来,把人类社会从工业化时代推向了信息化时代。30 年前,很少有人接触过网络;现在,计算机网络已经成为我们社会结构的一个基本组成部分。网络的出现,改变了人们使用计算机的方式;而 Internet 的出现,又改变了人们使用网络的方式。Internet 使计算机用户不再被局限于分散的计算机上,同时也脱离了特定网络的约束,计算机网络已遍布社会各个领域。任何人只要进入了 Internet,就可以利用网络中丰富的资源。从某种意义上讲,计算机网络的发展水平不仅反映了一个国家的计算机科学和通信技术的水平,同时也是衡量其国力及现代化程度的重要标识之一。

计算机网络的发展已经有了几十年的历史,其中大家最熟悉的计算机网络就是 Internet。实际上,20 年前,没有人敢设想计算机网络能够发展到这样大的规模,并且还能成功运行。21 世纪是一个计算机与网络的时代。在这个时代,信息的交流、获取和利用将成为个人与社会发展、经济增长与社会进步的基本要素。因此,每一个希望在信息时代有所作为的人都应该了解、学习、掌握和使用计算机网络。这对于我们每一个人,乃至整个社会既是一种机遇,也是一种挑战。

计算机网络涉及的技术内容比较广泛,已成为迅速发展并在信息社会中得到广泛应用的一门综合性学科。本章在简单介绍计算机网络的诞生及其发展过程的基础上,主要讨论计算机网络的定义、功能、计算机网络系统结构与组成等基本概念,并指出计算机网络的发展趋势。

1.1 计算机网络的诞生与发展

计算机技术与通信技术(Computer and Communication, C&C)的紧密结合,形成了现代计算机网络技术。计算机网络的发展过程是计算机技术与通信技术的融合过程。20 世纪 60 年代,计算机网络技术初现萌芽;70 年代兴起,以试验网络为主,出现了计算机局域网;80 年代,国际标准化组织(ISO)制定了计算机网络的开放型互连参考模型,学术网络得到了飞速的发展;90 年代以商业网络为主,Internet 得到空前普及和推广,Web 技术在 Internet/Intranet 中得到了广泛应用。现在,计算机网络已发展成为社会重要的信息基础设施。

1.1.1 计算机网络的诞生

自从 1946 年冯·诺依曼发明第一台存储程序电子计算机以来,计算机技术的研究和应用取得了异常迅猛的发展,计算机的应用渗透到了各个技术领域的社会的各个方面。社会的

信息化、数据的分布处理和各种计算机资源共享等种种应用需求,推动了计算机技术和通信技术紧密结合。计算机网络技术就是这种结合的结果。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,该系统于 1963 年建成,可以被看做是计算机技术与通信技术的首次结合。SAGE 系统是一专用网,整个系统分为 17 个防区,每个防区指挥中心配置 2 台 IBM 公司当时的 AN/FSQ-7 计算机(每台计算机有 58 000 只电子管,耗电 1 500kW)。由小型计算机构成的前置通信处理机 FEP,通过通信线路连接防区内各雷达观测站、机场、防空导弹和高炮阵地,形成终端联机计算机系统。

计算机通信技术应用用于民用系统,最早是由美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 50 年代初期开始联合研制、60 年代投入使用的联机飞机票预订系统 SABRE-I。它通过通信线路,将一台中央计算机 CABRE-I 与全美范围内 2000 多台终端连接起来,进行实时事务处理。可以认为 SABRE-I 是计算机技术与通信技术结合的典范。另一个典型范例是于 1968 年投入运行的美国通用电器公司的信息服务网络(GE Information Services)。这是 20 世纪 60 年代出现的面向终端分布的最大分时商用数据处理系统,各个终端连接到 75 个远程集中器,这些远程集中器再连接到 16 个中央集中器。其地理范围从美国本土延伸到加拿大、欧洲、日本和澳大利亚,分布在世界上的 23 个地点。

20 世纪 60 年代初,世界正处于冷战时期,美国国防部高级研究计划局(Defense Advanced Research Project Agency, DARPA)组织研究了一种受到攻击仍能有效实施控制和指挥的计算机系统。在 1964 年研究小组提交的研究报告中指出,这样的网络必须是分布式的,能够连接不同类型的计算机;各个网络结点(Node)平等独立,每个结点上的计算机都能生成、接收和发送信息;在网络上传输信息应分解成小包,从源结点沿不同路线传送到目的结点后重新组装。1969 年 DARPA 建成了这个计算机网络,并按该组织名称命名为 ARPANet。ARPANet 采用了崭新的“存储转发分组交换”原理及网络传输控制/因特网协议,即著名的 TCP/IP 协议,成功地连接了 4 台计算机系统。ARPANet 中提出的一些概念和术语至今仍被引用,为计算机网络的发展奠定了基础。因此,它有“分组交换网之父”的殊荣;而分组交换网的出现则被公认为现代电信时代的开始。ARPANet 的开通,标识着计算机网络的正式形成,是计算机技术与通信技术全面深入结合的里程碑。此后,许多大学、研究中心、各企业集团、各主要工业国家纷纷开始研制和建立专用的计算机网和公用交换数据网。

20 世纪 70 年代中期,随着计算机技术、通信技术的发展和应用领域的扩大,计算机网络技术一直在迅速发展。为了在更大范围内实现计算机资源的共享,将众多的局域网、广域网互连起来,形成了规模更大的、开放的互连网络,即常说的 Internet。

1.1.2 计算机网络的发展过程

计算机网络的发展经历了由简单到复杂、从低级到高级的过程。大致可分为面向终端的通信网络、计算机-计算机网络、开放式标准化网络及信息高速公路四个阶段。

1. 面向终端的通信网络(第一代)

面向终端分布的计算机系统是计算机技术与通信技术结合的前驱,由一台大型计算机和若干台远程终端设备通过通信线路连接起来,构成面向终端的通信网络,解决远程信息收集、计算和处理。根据信息处理方式的不同,它们可分为实时处理联机系统、批处理联机系统和分时处理联机系统。如 20 世纪 50 年代初美国的 SAGE 系统。图 1.1 是这类面向终端的

通信网络示意图, 其中, 每个终端占用一条通信线路, 主计算机通过线路复用控制器 MCU 和各终端相连。

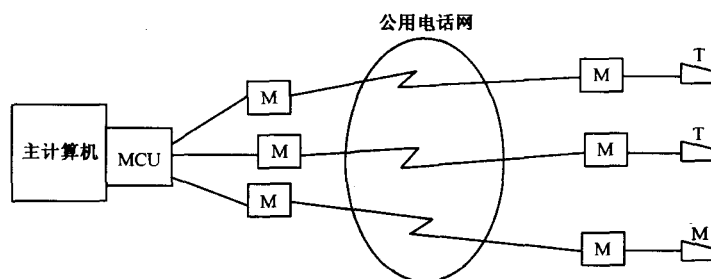


图 1.1 采用 MCU 的远程终端联机系统

20 世纪 60 年代初期, 随着远程终端数目的增加, 为减轻主计算机的负载, 在通信线路和计算机之间设置了一个前端处理机 (Front End Processor, FEP) 或通信控制器 (Communication Control Processor, CCP) 专门负责与终端之间的通信控制, 使数据处理和通信控制分工, 如图 1.2 所示。在远程终端比较集中的地方, 设置集中器 (或多路复用器), 通过近程低速线路把附近群集的终端连起来, 再由调制解调器 (Modem) 及高速线路与远程中心计算机的前端机相连。这样的远程联机系统既提高了线路的利用率, 又节约了远程线路的投资。

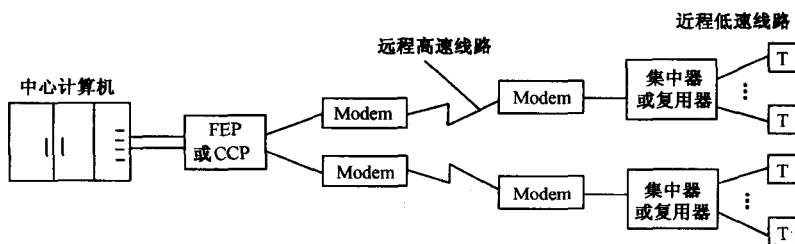


图 1.2 单计算机为中心的远程联机系统

面向终端的通信网络虽然还不能称为计算机网络, 但它提供了计算机通信的技术基础, 而这种系统本身也成为此后计算机网络的组成部分。因此, 面向终端分布的计算机系统也称为面向终端分布的计算机通信网; 也有人称它为第一代计算机网络。

2. 分组交换网络阶段 (第二代)

20 世纪 60 年代中期, 出现了多台计算机互连的系统, 开创了“计算机-计算机”通信时代。

在面向终端的通信网络中, 终端和计算机之间的数据通信是通过线路进行的。人们很快认识到这种传统的电路交换技术不适合计算机的数据传输, 因为计算机的数据是突发式和间歇性的出现在传输线路上, 在整个占线期间, 真正传送数据的时间往往不到 10% 甚至只有 1%。在绝大多数时间内, 线路往往是空闲的。另外, 呼叫过程相对传送数据来说也太长。显然需要寻找一种新的交换方式来改变电路交换, 以适应计算机通信的要求。在这种背景下, 1964 年 8 月, 巴兰 (Baran) 在德国兰德公司 (Rand) 讨论分布式通信时提出了分组交换 (Packet Switching) 的概念。在此前后, 即 1962 年至 1965 年, 美国国防部高级研究计划局 DARPA 和英国国家物理实验室 NPL 对新型计算机通信网也进行了研究。1969 年 12