

普通高等院校
计算机专业(本科)实用教程系列

计算机网络

实用教程(第二版)

刘云 主编
刘志华 郑宏云 编著
张公忠 主审



清华大学出版社

第2版
教育部高等学校计算机专业类
核心课程教材

计算机网络

实用教程 (第2版)

主编 王 刚
副主编 王 强 王 磊
编 者 王 刚 王 强 王 磊



清华大学出版社

ISBN 7-302-11111-1

普通高等院校计算机专业(本科)实用教程系列

计算机网络实用教程

(第二版)

刘 云

刘 云

张公忠

刘志华 郑宏云

主 编

编 著

主 审

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依据计算机专业本科教学的要求编写的。全书共分13章,在首先简要介绍计算机网络的体系结构和数据通信知识的基础上,分析了常用的计算机网络协议,其中包括广域网、局域网以及 Internet。接着,又从实用角度出发,结合实例对网络的硬件组成、布线系统、网络互联、网络操作系统和计算机网络的管理与安全等内容进行了介绍。

本书概念准确、条理清晰、结构新颖,既重视基本概念、基本原理和基本技术的阐述,又注重理论与实际的联系,书中结合了不少工程实例,以加强读者的实际动手能力。

本书既可以作为计算机专业、通信专业、信息专业的本科生教材,也可以供从事计算机网络及相关工作的工程人员学习参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络实用教程/刘云主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2006.1

(普通高等院校计算机专业(本科)实用教程系列)

ISBN 7-302-11700-4

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 098853 号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:徐培忠

文稿编辑:郑寅堃

印 刷 者:北京牛山世兴印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:19.25 字数:473千字

版 次:2006年1月第2版 2006年1月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-11700-4/TP·7637

印 数:1~5000

定 价:27.00元

普通高等院校计算机专业(本科)实用教程系列

编 委 会

主 任 孙家广(清华大学教授,中国工程院院士)

成 员 (按姓氏笔画为序)

王玉龙(北方工业大学教授)

艾德才(天津大学教授)

刘 云(北方交通大学教授)

任爱华(北京航空航天大学教授)

杨旭东(北京邮电大学副教授)

张海藩(北京信息工程学院教授)

徐孝凯(中央广播电视大学教授)

徐培忠(清华大学出版社编审)

樊孝忠(北京理工大学教授)

丛书策划 徐培忠 徐孝凯

序 言

时光更迭、历史嬗递。中国经济带着她足以令世人惊叹的持续高速发展驶入了一个新的世纪,一个新的千年。世纪之初,以微电子、计算机、软件、通信技术为主导的信息技术革命给我们生存的社会带来的变化令人目不暇接。软件是优化我国产业结构、加速传统产业改造和用信息化带动工业化的基础产业,是体现国家竞争力的战略性产业,是从事知识的提炼、总结、深化和应用的高智型产业;软件关系到国家的安全,是保证我国政治独立、文化不受侵蚀的重要因素;软件也是促进其他学科发展和提升的基础学科;软件作为 20 世纪人类文明进步的最伟大成果之一,代表了先进文化的前进方向。美国政府早在 1992 年“国家关键技术”一文中提出“美国在软件开发和应用上所处的传统领先地位是信息技术及其他重要领域竞争能力的一个关键因素”,“一个成熟的软件制造业的发展是满足商业与国防对复杂程序日益增长的要求所必需的”,“在很多国家关键技术中,软件是关键的起推动作用(或阻碍作用)的因素”。在 1999 年 1 月美国总统信息技术顾问委员会的报告“21 世纪的信息技术”中指出“从台式计算机、电话系统到股市,我们的经济与社会越来越依赖于软件”,“软件研究为基础研究方面最优先发展的领域”。而软件人才的缺乏和激烈竞争是当前国际的共性问题。各国、各企业都对培养、引进软件人才采取了特殊政策与措施。

为了满足社会对软件人才的需要,为了让更多的人可以更快地学到实用的软件理论、技术与方法,我们编著了《普通高等院校计算机专业(本科)实用教程系列》丛书。本套丛书面向普通高等院校学生,以培养面向 21 世纪计算机专业应用人才(以软件工程师为主)为目标,以简明实用、便于自学、反映计算机技术最新发展和应用为特色,具体归纳为以下几点:

1. 讲透基本理论、基本原理、方法和技术,在写法上力求叙述详细,算法具体,通俗易懂,便于自学。

2. 理论结合实际。计算机是一门实践性很强的科学,丛书贯彻从实践中来到实践中去的原则,许多技术理论结合实例讲,以便于学习的理解。

3. 本丛书形成完整的体系,每本教材既有相对独立性,又有相互衔接和呼应,为总的培养目标服务。

4. 每本教材都配以习题和实验,在各教学阶段安排课程设计或大作业,培养学生的实战能力与创新精神。习题和实验可以制作成光盘。

新世纪曙光激人向上,催人奋进。江总书记在十五届五中全会上的讲话:“大力推进国民经济和社会信息化,是覆盖现代化建设全局的战略举措。以信息化带动工业化,发挥后发优势,实现社会生产力的跨越式发展。”指明了我国信息界前进的方向。21 世纪日趋开放的国策与更加迅速发展的科技会托起祖国更加辉煌灿烂的明天。

孙家广

2001 年 3 月

再版前言

随着信息技术和网络技术的发展,人们迫切需要将最新的技术反映到教科书中。为了满足广大教师和学生的需要,本书作者在总结第一版的基础上编写了本书的第二版。

本版在编写内容上与第一版有很大的不同,首先,是将理论和实践区别开来,以便更有利于教学环节;其次,增加了一些网络的新内容和新知识,例如无线局域网等;再次,是考虑到初学者对网络知识和体系的理解,按照 ISO/OSI 的体系结构和 TCP/IP 的体系结构加以对照分章阐述,这样将更有利于学生理解和掌握。

本书共分为 13 章,第 1 章给出了计算机网络的基本概念以作为全书学习的基础;第 2 章介绍了数据通信的基本原理,是考虑到计算机专业学生的特点,为加强读者的计算机通信基本概念编写的。从第 3 章开始至第 7 章,分别逐层介绍了网络的各层功能与主要协议,其中并以 OSI 体系结构为主线,用类比的方法将广域网、局域网和互联网的主要协议进行了逐层对应分析,因此,前 7 章可以作为计算机网络的知识篇。本书的第 8 章至第 13 章,分别介绍了计算机网络互联、网络的设计与集成技术、局域网布线系统、网络操作系统、网络管理与网络安全方面的内容,内容充实,所以,后 6 章可以作为计算机网络的实践篇。

本书的第 1 章至第 7 章、第 9 章和第 12 章由刘云教授编写;第 5 章第 4 节的部分内容、第 8 章和第 10 章由刘志华同志编写;第 7 章第 2 节、第 11 章和第 13 章由郑宏云同志编写。全书的主编和校核工作由刘云教授承担,并承蒙张公忠教授对全书进行了认真的审阅,提出了许多宝贵的意见。

由于计算机网络技术发展十分迅速,书中涉及的内容一定还有很多不能反映网络技术当前发展的状况,今后我们一定会更加努力,及时修订本书。同时,对于书中可能出现的错误,也恳请各位同仁和广大读者给予批评指正。在此表示诚挚的谢意。

主编 刘云
于北京交通大学
2004 年 10 月

前 言

随着新世纪的开始,人类社会已经进入了信息时代,信息技术及信息产业将是社会经济发展的引擎,也是衡量一个国家国力的标志,因此,必须对网络理论与技术加以充分的重视。计算机网络是信息技术的核心,是信息社会的命脉和基础。计算机网络的飞速发展,推动了人们交往方式的变革,缩小了人类信息交往的时空、文化和语言的差异,改变了人类的工作、学习、生活和相互交流方式。可以预见,随着计算机网络理论和技术的不断深化与网络应用的普及,必将对整个社会的发展产生更加深刻的影响。

为了使读者掌握计算机网络的基本知识和加强读者的实践技能,本书作者们在多年教授本课程和参与科研工程实践的基础上,以所积累的大量素材及十几万字的教案为蓝本,特编写了此书以飨读者。本书以开阔的视野和独特的角度,在准确、清晰、系统而又全面阐述基本原理、概念、技术和理论的前提下,着重从实用化的角度对计算机网络的各方面理论与技术进行了描述。本书追踪了计算机网络的最新发展态势,从一个与以往同类专业书籍迥然不同的视点出发,力图对信息时代新形势下的计算机网络体系结构做出一种新的诠释,使读者不仅能够掌握计算机网络的基本原理和技术,而且要能建立起对计算机网络技术的新的全局概念和整体认识。

本书共分为12章,第1章给出了计算机网络的基本概念,作为全书学习的基础;第2章介绍了数据通信的基本原理,是考虑到计算机专业学生的特点,为加强读者的计算机通信基本概念而编写的。第3章全面系统地介绍了计算机网络协议,并以OSI体系结构为主线,以类比的方法,将广域网、局域网和互联网的主要协议进行了逐层对应分析,因此,前3章可以作为计算机网络的知识篇。本书的第4章至第12章,分别介绍了计算机网络的设计与集成技术、网络的软/硬件、网络通信的编程、局域网布线系统、网络互联、网络操作系统、互联网的应用以及网络管理与安全方面的内容,内容较为充实,所以,后9章可以作为计算机网络的实践篇。

本书的特点是概念准确、条理清晰、内容新颖,既重视基本原理和基本概念的阐述,又注重理论与实际的联系,书中结合了不少的工程实例,目的是加强读者的实践动手能力,以将理论更好地与实践相结合。

本书既可以作为计算机专业、通信专业、信息系统专业的本科生教材,也可以供从事计算机网络及相关技术工作的工程人员学习参考。

本书的第1、2、3和第4章由刘云教授编写;第6、7、8章由刘志华同志编写;第9、10和第12章由郑宏云同志编写;第5章和第11章由张振江同志编写。全书的主编和校核工作由刘云教授承担,并承蒙张公忠教授对全书进行了认真的审阅,提出了许多宝贵的修改意见。在本书的编写过程中,还曾得到许多同行专家和学者的关心与帮助。作为系列丛书的策划者,徐孝凯教授曾给予本书极大的关心。孙一峰同志承担了书中图表的绘制工作,周春月同志提供了许多素材,为本书的出版付出了辛勤的劳动。为此,特对他们的大力支持与热情的帮助表示诚挚的谢意。

由于计算机网络技术发展十分迅速,而我们的学习能力及水平有限,又加之编写时间仓促,书中肯定会有很多这样或者那样的错误,恳请各位同仁和广大读者给予批评指正。在此表示诚挚的谢意。

编著者

于北方交通大学

2001年2月27日

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1	2.3.2 报文交换	62
本章学习导引	1	2.3.3 分组交换	64
1.1 计算机网络的定义	2	2.3.4 快速交换方式	64
1.2 计算机网络的形成历史	3	2.4 小结	66
1.3 计算机网络的发展	5	练习题	67
1.4 计算机网络的功能	7	第 3 章 物理层协议及分析	69
1.5 计算机网络的组成	8	本章学习导引	69
1.6 计算机网络的分类	10	3.1 物理层功能	70
1.7 标准化组织介绍	12	3.2 物理层接口基本特性分析	70
1.8 网络体系结构	14	3.3 常见的物理层接口	73
1.8.1 网络体系结构的形成	14	3.3.1 RS-232 接口	73
1.8.2 协议与接口	15	3.3.2 RS-449 接口	75
1.8.3 OSI 的体系结构	15	3.3.3 X.21 接口	77
1.8.4 局域网的体系结构	21	3.3.4 V.35 接口	79
1.8.5 因特网的体系结构	23	3.4 小结	80
1.8.6 OSI 和 TCP/IP 模型的 比较	25	练习题	80
1.9 小结	26	第 4 章 数据链路层协议及分析	81
练习题	27	本章学习导引	81
第 2 章 数据通信基础	29	4.1 数据链路层的功能	82
本章学习导引	29	4.2 数据链路层的流量控制协议	82
2.1 基本概念	30	4.2.1 停-等流量控制	82
2.1.1 数据通信的定义与特点	30	4.2.2 滑动窗口流量控制	83
2.1.2 数据通信系统的模型	31	4.3 广域网数据链路传输控制规程	85
2.1.3 衡量数据通信系统的指标	34	4.3.1 面向字符型传输控制规程 分析	85
2.1.4 数字信号与传输代码	35	4.3.2 面向比特型传输控制规程 分析	90
2.1.5 数据信号的传输	39	4.4 局域网的数据链路层协议分析	96
2.1.6 字符代码	42	4.4.1 IEEE 802.2 逻辑链路控制 子层	97
2.1.7 通信介质	44	4.4.2 媒体访问控制子层	99
2.1.8 信息的传输	49	4.4.3 IEEE 802.3 标准及以太 局域网	99
2.1.9 资源分配与共享	53	4.4.4 IEEE 802.4 标准	102
2.2 差错控制	55	4.4.5 IEEE 802.5 标准	102
2.2.1 差错控制的方式	55	4.4.6 IEEE 802.11 标准	103
2.2.2 检错及纠错原理	57	4.4.7 典型的局域网介绍	105
2.2.3 常用的检纠错码	59		
2.3 数据交换方式	61		
2.3.1 电路交换	61		

4.5 Internet 数据链路层协议	115	7.3 小结	179
4.5.1 用户的接入方式	116	练习题	179
4.5.2 接入协议	117	第8章 网络互联及其设备	180
4.6 小结	119	本章学习导引	180
练习题	120	8.1 概述	180
第5章 网络层协议及分析	121	8.2 网络互联的技术与结构	182
本章学习导引	121	8.2.1 网络互联方式	182
5.1 网络层概述	122	8.2.2 常用网络互联协议	186
5.2 路由选择与流量控制	124	8.3 小结	192
5.2.1 路由选择	125	练习题	193
5.2.2 流量控制	129	第9章 计算机网络的设计与集成	194
5.3 X.25 协议简介	132	本章学习导引	194
5.3.1 X.25 的层次结构	133	9.1 网络规划的一般方法	194
5.3.2 X.25 的分组级协议	134	9.1.1 需求分析	195
5.4 Internet 的网络层协议分析	139	9.1.2 系统设计与设备的选择	196
5.4.1 IP 层的主要特点	139	9.1.3 系统的安装与调试	196
5.4.2 IP 协议的主要功能	139	9.1.4 系统的试运行与维护	197
5.4.3 IP 协议分析	140	9.1.5 系统的评价	197
5.4.4 IP 协议的发展——IPv6	149	9.2 计算机广域网的设计	197
5.5 小结	155	9.3 计算机局域网的设计实例	198
练习题	156	9.3.1 用户需求分析	199
第6章 传输层协议及分析	158	9.3.2 设计原则	204
本章学习导引	158	9.3.3 网络系统的设计	204
6.1 OSI 体系结构中的传输层	158	9.4 小结	213
6.2 Internet 体系中的传输层	159	练习题	213
6.2.1 TCP 协议	160	第10章 局域网布线系统	214
6.2.2 UDP 协议	162	本章学习导引	214
6.3 小结	163	10.1 概述	214
练习题	164	10.2 局域网结构化布线系统设计	216
第7章 高层协议及分析	165	10.2.1 结构化布线系统的组成	216
本章学习导引	165	10.2.2 结构化布线系统的设计	
7.1 广域网的高层协议	165	原则	218
7.1.1 会话层	165	10.2.3 结构化布线系统的设计	
7.1.2 表示层	166	依据	218
7.1.3 应用层	166	10.2.4 结构化布线各子系统的	
7.2 Internet 应用层协议	166	设计	219
7.2.1 域名系统(DNS)	166	10.3 局域网结构化布线系统测试	223
7.2.2 超文本传输协议(HTTP)	169	10.3.1 双绞线布线测试	223
7.2.3 简单邮件传输协议		10.3.2 光缆布线测试	227
(SMTP)	171	10.4 局域网结构化布线标准的新发展	228
7.2.4 文件传输协议(FTP)	174	10.4.1 六类双绞线传输标准的	
7.2.5 远程登录协议(TELNET)	177	主要内容	229
7.2.6 动态主机配置协议		10.4.2 六类双绞线布线系统的	
(DHCP)	178	测试	229

10.5 小结	231	12.2.2 公共管理信息协议	268
练习题	232	12.2.3 SNMP 和 CMIP 的比较	268
第 11 章 网络操作系统	233	12.3 几种典型的网络管理系统	269
本章学习导引	233	12.3.1 HP OpenView	269
11.1 网络操作系统的功能	233	12.3.2 TME 10 NetView	270
11.1.1 网络操作系统的基本服务 功能	233	12.3.3 Cisco Works 2000	270
11.1.2 网络操作系统的组成和 分类	235	12.3.4 3Com Transcend	271
11.2 Unix/Linux 网络操作系统	237	12.4 小结	272
11.2.1 Linux 网络操作系统的 基本组成和特点	237	练习题	272
11.2.2 Linux 的文件系统	240	第 13 章 计算机网络安全	273
11.2.3 Linux 网络操作系统的 网络服务功能	241	本章学习导引	273
11.3 Windows 2000 网络操作系统	243	13.1 概述	273
11.3.1 Windows 2000 的文件服务 和文件系统	245	13.1.1 计算机网络安全的定义	273
11.3.2 Windows 2000 的活动 目录	252	13.1.2 网络安全的内容	274
11.3.3 Windows 2000 的安全性	255	13.1.3 计算机网络面临的威胁	275
11.3.4 Windows 2000 的 Internet 信息服务	256	13.1.4 计算机网络的安全等级	275
11.4 小结	259	13.1.5 计算机网络的安全体系	276
练习题	260	13.2 数据加密技术	276
第 12 章 网络管理	262	13.2.1 数据加密	276
本章学习导引	262	13.2.2 对称密钥加密技术	277
12.1 概述	262	13.2.3 非对称密钥加密技术	279
12.1.1 网络管理的定义与发展	262	13.2.4 网络加密技术	281
12.1.2 网络管理的功能	263	13.3 防火墙技术	282
12.1.3 网络管理的体系结构	265	13.3.1 什么是防火墙	282
12.2 网络管理协议	266	13.3.2 防火墙的技术原理	283
12.2.1 简单网络管理协议	266	13.3.3 防火墙系统的实现类型	285
		13.4 认证和入侵检测	288
		13.4.1 认证和入侵检测技术	289
		13.4.2 虚拟专用网技术	289
		13.5 小结	290
		练习题	291
		参考文献	292

第 1 章 计算机网络概述

本章学习导引

人类已经进入了信息时代,在这个时代中,计算机网络技术已经成为如今社会中应用最为广泛的一项技术。为了对网络技术的起源、发展以及标准的制定等基本概念有系统的理解,本章将简单介绍计算机网络的定义、形成及其发展;介绍网络的功能、组成和分类;并按照计算机网络的发展进程着重讨论网络标准的发展过程、体系结构的制定以及相关的网络标准。

本章内容是全书的基础知识,所以在学习本章时,应注意对以下重点和难点的掌握和理解。

1. 重点

- 计算机网络的定义
- 计算机网络的形成与发展
- 计算机网络的分类
- 计算机网络的功能
- 计算机网络的体系结构

2. 难点

- 各种拓扑结构下网络的优缺点
- ISO/OSI/RM
- TCP/IP 协议
- IEEE 802 标准

21 世纪是信息时代,在这个时代中,信息、材料和能源是支撑未来社会的三大支柱,特别是信息,它将对未来社会的进步和发展起着更加重要的推动作用。因此,必须对信息的采集、加工、处理和共享加以充分的重视,而计算机网络正是推动信息技术进步的最重要的手段。

计算机网络(Computer Network,CN)是一门通信技术与计算机技术的高度融合的交叉学科,对信息具有很强的传输、存储与处理能力。随着通信与计算机技术的迅猛发展以及人们对信息需求的要求日趋提高,从 20 世纪 90 年代以来,基于网络的各种信息交换系统、大型企事业的管理信息系统(Management Information System,MIS)、办公自动化系统(Office Automation,OA)、生产及科研系统以及金融财贸系统等纷纷涌现,这充分体现了网络在社会各个方面都得到了广泛的应用,成为了当今计算机科学与工程中发展最为迅速活跃的一个分支,并已成为世界各国发展竞争的重要设施保障和衡量一个国家综合国力的重要因素。特别是随着 Internet 技术的发展完善和 Internet 网络的不断扩大,全世界范围内的计算机网络必将获得更大发展,并将日益深入到国民经济各个部门和社会生活的各

个方面。可以说,网络社会化,社会网络化已经成为当今社会发展的必然趋势。

1.1 计算机网络的定义

计算机网络是为适应客观实际的需要,在计算机技术(Computer Technology,CT)和通信技术(Communication Technology,CT)高度发展与密切结合的条件下产生的。随着计算机技术与通信技术的不断发展,计算机在各行各业都得到了普及,特别是随着微电子技术的发展,芯片的价格越来越低,使得应用计算机的单位越来越多,同时,不同计算机在信息收集、传送、存储和处理上的差别也在迅速地消失。为了提高计算机的应用效率,人们期望将分布在广阔的地理位置上的计算机连接起来,通过按一下按钮就能实现彼此通信,以提高收集、处理和发布信息能力。因此考虑把这些地理上分散的计算机相互连接起来,提供一种有效传输、存储、处理和查询信息的手段,充分发挥计算机与信息本身的作用,为用户提供方便,这就是产生建立计算机网络的初衷。

计算机网络就是指将地理上分散的、多台独立工作的计算机,用通信设备和线路连接起来,按照网络协议(Network Protocol,NP)进行通信,以实现资源共享(Resource Share,RS)的大系统。它是为了适应客观实际的需要,在计算机技术和通信技术高度发展与密切结合的条件下产生的。在本书中,计算机网络也常被简称为网络。

虽然关于计算机网络的定义有许多,但作者认为以上的定义更能精确地反映出计算机网络的实质内涵。概括起来,在该定义中包含了如下五大要素:

- 1) 必须是地理上分散的,即计算机系统所处的位置必须相隔一定的距离。
- 2) 具有多台功能独立的计算机系统,即计算机之间不存在主从关系,所有计算机都是平等独立的,不需要借助其他系统的帮助就能独立地处理数据。因此,以单计算机为中心的联机系统不能算是计算机网络。
- 3) 必须用通信设备和通信介质将多台计算机连接起来,以交换信息。当然,通信介质可以是双绞线、铜缆和光纤等“有线”介质,也可以是微波、卫星和红外线等“无线”介质。
- 4) 按照网络协议实现计算机系统之间的信息交换,而这些协议可以由硬件或软件完成。
- 5) 实现资源共享是网络建立的根本目的。

正如人们所注意到的,有些文献也经常采用计算机通信网(Computer Communication Network,CCN),又叫数据通信网(Data Communication Network,DCN)或者分布式计算机系统(Distributed System,DS)这样的定义,那么,到底计算机网络与计算机通信网、分布式计算机系统的区别在哪里呢?

一般说来,所谓“计算机通信网”(或“数据通信网”),它实际上也是指计算机网络,因为它在物理结构上已经具有计算机网络的雏形。但是计算机通信网与计算机网络又有一定的区别,具体说,它是以传输信息为主要目的的。在早期计算机网络操作系统不很完善的情况下,人们对计算机通信网的研究主要集中在网络中的信息如何被高效且可靠地传输上,当时研究和讨论的重点也更加侧重于计算机通信的技术层面,即着重于通信子网。资源共享能力弱,是计算机网络的低级阶段。

分布式系统(DS)的定义可以描述为“存在着一个能为用户自动管理资源的网络操作系统,由它调用完成用户任务所需要的资源,而整个网络像一个大的计算机系统一样,对用户是透明的”。由定义可以看出,分布式系统的典型特征是具有一个以全局方式管理系统资源的分布式操作系统,使得系统内部结构对用户是完全透明的。

应该指出,分布式操作系统与网络操作系统无论是在设计思想,还是在结构、工作方式与功能上都不相同。特别是目前计算机网络操作系统要求网络用户在使用网络资源时必须了解网络资源的分布情况。例如,在共享某一计算机资源时,首先要在这台计算机上登录,在成为该计算机的合法用户后,才能进行允许的资源共享操作。而分布式操作系统则以全局的方式管理系统的资源,并可以自动为用户任务调度网络资源,这样使得用户不必关心网络环境中资源的分布情况、联网计算机间的差异等,就可以轻松、方便地实现资源共享。

由以上分析可以看出:分布式系统与计算机网络的主要区别在于高层软件,而不在于它们的物理结构。分布式系统是计算机网络技术发展更高级的形式,是计算机网络工程师要努力追求的一种网络形式,而计算机网络技术为研究分布式系统提供了坚实的技术基础。

1.2 计算机网络的形成历史

计算机网络的发展历史可以追溯到 20 世纪 50 年代后期,到现在也不过 50 多年,它的形成过程可以分为以下三个阶段。

第一阶段 具有通信功能的联机系统——单终端系统

世界上第一台电子计算机(ENIAC)是在 1946 年问世的,虽然当时花费了数百万美元,但其无论在功能上还是体积上,都无法和当今的计算机相比。在随后的几年里,计算机的数量仍很少,而且价格昂贵,通常被视为瑰宝,放在专用计算机机房内,人们不能轻易使用。可以说,早期的计算机体积庞大、功能不强、应用也很不广泛,主要用在一些关键部门进行科学计算,因此,计算机是单机运行,利用率低,且需要用户到机房上机,有时甚至需要跋山涉水。为解决这种不便,人们在远离计算机的地方设置了远程终端(Remote Terminal,RT),并在计算机上增加了通信控制功能,经线路连接输送数据进行成批处理,这就产生了具有通信功能的单终端联机系统,如图 1.1 所示。

图 1.1 中,LC 是当时研制的带有通信功能的线路控制器(Line Controller,LC),T 是带有收发器功能的终端(Terminal,T)。

单终端系统的典型例子是美国半自动地面防空系统(CAGE)的科研人员在 1952 年,首次研究将远程雷达或其他测量设备的信息通过通信线路汇接到一台计算机上进行集中处理和控制的系统。

第二阶段 具有通信功能的分时系统——多终端系统

单终端系统减少了用户远程上机花费的时间,提高了计算机的应用效率。但是也存在着主机负担重和线路利用率低的缺点。为了克服这些不足,在 20 世纪 60 年代初,美国航空公司与 IBM 公司联手研究并首先建成了由一台计算机和遍布全美 2000 多个终端组成的美国航空订票系统(SABRE-1)。为了节省主机的时间,在该系统中专门设置了一台前端机(Front End Processor,FEP)负责通信控制业务,以保证主机的时间能充分地用于进行处

理,同时为了降低成本,可以在远程终端较密集的地区设置一个多路转换器(Multi-line Line Controller,MLC)或集中器(Concentrator,C),以实现将多路信号集中到一路或将一路信号分配到多路的转换功能。在这种线路中,先将若干个终端各自通过一条线路连接到一台多路转换器的各个端点上,使这条线路供若干个终端共享,再与中央计算机相连接,从而显著地提高了通信线路的利用率,这就产生了具有通信功能的多终端系统,如图 1.2 所示。

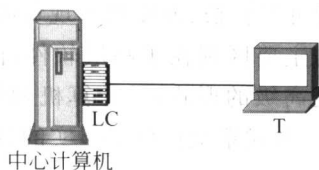


图 1.1 具有通信功能的单终端联机系统

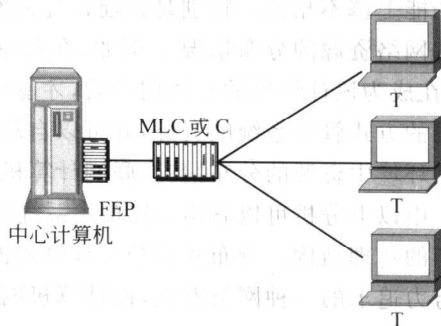


图 1.2 具有通信功能的多终端系统

从图 1.2 中可以看出,SABRE-1 系统的特点是出现了通信控制器和前端处理机,使通信系统发生了根本变革,另外,由于采用了实时、分时与分批处理的方式,提高了线路的利用率。

在这一阶段中,还有一类系统就是分时系统的实现。随着美国通用电气公司的信息服务网络(General Electricity Information Service,GEIS)的建立,计算机的多终端系统呈现出分时的特性。GEIS 是世界上最大的商用数据处理分时系统,于 1968 年投入使用,当时具有 16 个中央处理器和 75 个远程终端集中器,可将分布在美国、加拿大、澳大利亚、日本以及欧洲的许多终端连接起来,利用时差达到资源共享和资源充分利用的目的。另一个典型的分时系统的例子就是美国的 TYMNET 商用分时计算机网络,它是美国 Tymshare 公司于 1970 年建立的。该网络在美国各地分布了 80 个通信处理机,可与 26 个大型计算机进行通信。

第三阶段 计算机网络——多机系统

多终端系统为计算机的应用开辟了美好的前景,同时也对计算机技术提出了更高的要求。随着生产实践的需要,要求将若干个主计算机(Host,H)相互连接,以使系统中任一用户都能使用其他用户的资源,或者希望与其他计算机联合起来完成某一任务,这就形成了以共享资源为目的的计算机—计算机系统,也就是计算机网络。实际上,在 20 世纪 60 年代中期已经体现出了这种倾向,到了 1969 年 9 月,美国国防部高级研究计划所和十几个科研机构一起研制出了 ARPA 网(Advanced Research Project Agency Network,ARPAnet),该网的目的是将若干大学、科研机构和公司的多台计算机连接起来,从而实现资源共享。建网初期,ARPAnet 共有 4 个节点,到 1976 年在全美国已拥有 60 个接口信息处理机(Information Message Processor,IMP)和 100 个主机系统,在地理上也从美国本土延伸到夏威夷和欧洲。在 1983 年又发展成具有 100 个 IMP 和 300 个主机系统的世界性网络。虽然 ARPA 网已于 1990 年退役,但无论从网络规模还是技术上说,该网仍然被认为是世界上最具影响力的计算机网络。图 1.3 就是 ARPA 网络的示意图。

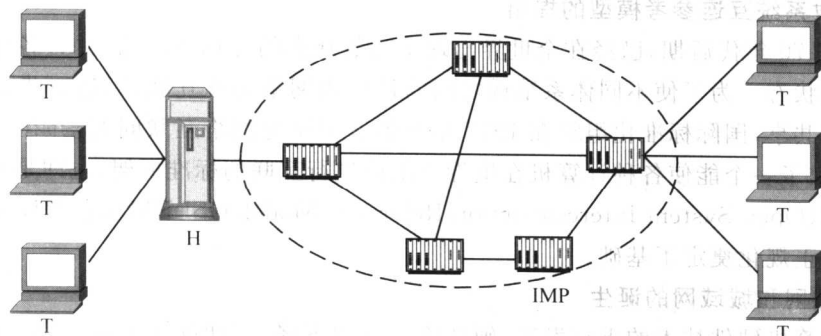


图 1.3 ARPANET 网络示意图

ARPA 网是第一个较为完善地实现了分布式资源共享的网络,为计算机网络的发展奠定了基础,是计算机网络理论与技术发展的重要里程碑。它的出现,不仅标志了计算机网络的诞生,而且使计算机网络由此后进入了大发展的阶段。通过对 ARPANET 网技术的分析,它对计算机网络具有如下四点主要贡献:

- 1) 将网络分成两个子网(Subnet)——即资源子网(Resource Subnet,RS)和通信子网(Communication Subnet,CS)。
- 2) 用网络操作系统实现资源共享。
- 3) 具有较完备的路由选择(Router Select,RS)和流量控制(Flow Control,FC)。
- 4) 实现了层次结构的网络协议。

上面的这些贡献也正是现代计算机网络的共同特征,因此,ARPANET 网被看作是“计算机网络”诞生的标志。

1.3 计算机网络的发展

作为一门学科,与其他学科一样,计算机网络也有一个形成和发展的过程。它于 20 世纪 60 年代萌芽,在 70 与 80 年代得到发展与完善,在 90 年代不断壮大,如火如荼地发展起来,并成为 21 世纪社会中不可或缺的重要工具。

分析网络的技术和标准的发展,大体经过了以下几个重要的过程。

1. 各国纷纷组建自己的网络,并推出了各自的体系结构

ARPA 网的出现后,世界上许多技术先进的国家都纷纷组建了自己的网络。例如美国建立了 CYBERNET 网络,提供了全国范围内的商用资源共享;法国、加拿大以及北欧也分别建立了全国的公众数据网 TRANSPAC、DATAPAC 和 NPDN,这些网络的出现,都在计算机网络的理论与实践方面做出了不小的贡献。与此同时,各大计算机公司先后推出了一些先进的网络体系结构。例如,IBM 公司提出了系统网络体系结构(System Network Architecture,SNA),DEC 公司提出了数字网络体系结构(Digital Network Architecture,DNA),还有其他一些公司也提出了自己的网络体系结构。这些体系结构的出现,表示计算机的理论与实践得到了进一步的发展。