

高等学校教材

# 计算机网络 原理与设计

李成忠 编著



高等教育出版社

高等学校教材

# 计算机网络原理与设计

李成忠 编著

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书系统而深入地介绍了计算机网络的基本原理、体系结构与协议、网络各层次的主要问题、解决办法和相关技术、网络设备和网络设计及建网问题、计算机网络通信技术的发展以及若干网络应用研究案例。本书可作为大专院校学生及研究生的教材或参考教材,亦适合电子信息、机械、电气、土木工程、管理工程、交通运输、财经等领域的广大科技人员阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与设计 / 李成忠编著. —北京: 高等教育出版社, 2003.12  
ISBN 7-04-012316-9

I. 计... II. 李... 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(2003)第110827号

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-82028899		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京市南方印刷厂		
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2003年12月第1版
印 张	36.25	印 次	2003年12月第1次印刷
字 数	870 000	定 价	39.50元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

# 前 言

在社会快速信息化的进程中,计算机网络技术起着极为重要的作用,“网络就是计算机”的观点已经在很大程度上被人们接受。计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的一个新的科学技术领域,计算机网络的产生与发展,已使人类获取、处理和运用信息的能力有了巨大的进步。有无覆盖全国并与世界沟通的高速、安全,能提供丰富的信息资源的计算机网络,是一个国家综合国力的重要体现。有无高效、安全且能包容企业重要业务以及能与外界交换信息的企业网,则是一个企业能否生存的重要条件。在这种情况下,社会对熟练掌握计算机网络技术的人才的需求越来越大,人们学习计算机网络技术的热情也愈加高涨。

计算机网络已经成为高等学校普遍开设的核心专业课程。计算机网络立足于电子信息基础之上,在信息技术主要专业课程(如操作系统、数据库、通信技术、软件工程、程序设计等)的支持下,直接为电子商务、电子政务、金融、远程测控、MIS、CMIS、远程教育和医疗等应用服务,在电子信息类专业的知识结构中起着承上启下的关键作用。

基于上述认识,在四川省实施的《新世纪四川省高等教育教学改革工程》的“高等教育人才培养方案及课程体系和教学内容的改革项目”中,我们申报并承担了“‘计算机网络’课程教学内容体系改革与实验环境建设研究”项目。本书就是上述研究项目的成果之一。

当把视线转向计算机网络的学时,可以发现我国与国外有较大的差距,原因在于我国的经济实力和信息技术水平与国外相比有一定的差距,具体表现为:缺乏好的、适合国情的教材;实验条件差。

当前计算机网络课程教学方面存在的问题,从学生和教师两方面都有所反映。一些研究生,在学过多门计算机网络课程(如计算机网络、计算机网络理论与设计、网络工程、网络通信基础、网络编程、Internet 技术等)之后,才认为真正学懂了计算机网络;一些本科生又从另一极端反映:“计算机网络就是些概念,太简单”,但一接触实际,很多概念又不大清楚,动手能力差。

而教师们则深感要在有限时间内把计算机网络的概念、原理讲清楚而又能结合实际,殊非易事。

这些情况表明,社会迫切需要较好的计算机网络教材。

要编写一本较好的计算机网络教材,我们深感责任重大。如何用有限的篇幅,系统地、全面地介绍计算机网络技术全貌,使读者能在较短时间内掌握计算机网络的基本原理、体系结构、网络技术的发展趋势和网络应用研究的基本方法,这就是我们编写本书的目的。计算机技术和通信技术的快速发展使计算机网络的新技术和新标准不断面世,用技术爆炸来形容,一点也不过分。在这种技术进步日新月异的情况下,编写教材最难的就是内容的选取。通过对《中国计算机科学与技术学科教程 2002》的深入领会和 20 多年来从事计算机网络教学科研的实践,我们认为,重要的是在教材中把基本原理讲清楚,具体地说,就是要把计算机网络的体系结构(包括 ISO/OSI RM 和 TCP/IP 协议族)讲清楚,这是学好计算机网络的关键,

这种观点正逐步被人们所接受;理论必须与实际相结合,但不应该把教材写成网络产品的说明书;教材不应写成计算机网络标准文档的缩写本;教材要强调严谨性,要重视理论分析和应用;内容要贴近教学,有利于教师组织课堂教学,容易转变为教师的讲稿,也应有利于学生的复习和自学;适当介绍新的技术发展,以开阅读者的眼界。

### 本书的取材原则是:

① 讲清计算机网络的原理。只要有利于读者建立起计算机网络的观念,即使是计算机网络早期的技术,也不必因其“过时”而轻易抛弃,如 X.25 就是这样。

② 联系实际,但要掌握好“度”,不能写成产品使用说明书。重点关注在实际中经常用到的知识,例如,局域网的冲突域概念,在网络建设中十分重要,应该重点讨论;又例如,路由选择在 Internet 的建设中也很重要,要把概念讲清楚。

③ 对协议的介绍,重在原理和概念。

面对计算机网络涉及到的如此广泛的技术问题,唯一的办法是选材要少而精。例如路由选择,要讲清关键点,例如:物理编址、下一站转发、源地址独立性、层次地址与路由的关系、缺省路由等。面对大量具体的路由算法,只要把关键的 Dijkstra 算法和一个典型的 VD (矢量—距离)算法讲清楚就可以了;而对 VD 算法,可以分阶段循序渐进逐步深化。例如,在介绍一个网络内的路由选择时,介绍 VD 的原理(算法);而在学习 Internet 时,再从互联网角度介绍;最后,在学习路由器时,总结性地介绍在 IP 中如何具体使用 VD 算法。通过这样的安排,学生对路由选择的掌握普遍较好。

### 本书在取材方面的一些具体考虑是:

具有适当深度的理论内容。对计算机网络教学的最大误解是,把它降低到单纯网络产品的介绍和配置、使用以及操作的应用培训课程。大学生和研究生应当掌握适当深度的理论内容,为此,在本书的第 2 章介绍网络排队模型和自相似通信量,以便为计算机网络资源共享及链路容量优化等设计问题准备适当的理论基础。有限状态机和 Petri 网模型,则用于对协议的理解和验证。

既要覆盖计算机网络的基本内容,但又应重点突出。例如,路由选择和局域网的冲突域是重点,但又要设法将计算机网络技术的全貌展现给读者。

对计算机网络通信技术及发展,如 ISDN、帧中继、ATM、接入网技术、DWDM、RPR、NGN、软交换、主动网络等进行适当的介绍。

网络应用与设计问题,如链路容量优化、建网技术和方法、IP 电话、企业网络管理、网络搜索、网络入侵检测、计算机网络中的嵌入式系统及应用、网络信息系统的开发等,这些都是网络应用中的重要问题,在本书中作者结合自己的研究工作,对上述问题进行了简要的介绍,希望能对读者有所帮助。

本书既可供学生使用,也可供技术人员作为参考书自学用。作为教材,本书适用于电子信息类高年级本科生和研究生使用。通过本书的学习,读者应对计算机网络的体系结构和基本技术有一个初步的掌握,为进一步的学习和研究打下较为坚实的基础,这是我们所期望的。

表 1 列出了将本书用于不同教学对象时的建议教学计划,可供教师参考。



表 1 本书用于不同授课对象时的教学计划建议

课程名 (授课对象)	计算机网络(A) (理工类四年制本科) 注:三年制专科可参考此计划适当修改(例如,学时可延长到64,难度适当调低)	计算机网络理论与设计 (理工经管类硕士研究生)	计算机网络(B) (经济管理类本科)
学时	48	48	32
教学目的和要求	要求学生基本掌握计算机网络的体系结构,各层涉及的技术问题及解决方法,为进一步学习和参与网络设计、建设、运行以及网络的应用奠定基础	要求学生较好地掌握计算机网络的组成、体系结构、协议、设计和分析等方面的基本理论和方法	要求学生掌握计算机网络的基本概念、组成和应用
必要的先修课程	计算机原理、操作系统、概率论、通信原理	计算机组成原理、操作系统、通信原理、概率论和随机过程	计算机文化基础
可开设的后续课程	计算机网络实验、网络工程与设计、计算机网络安全、计算机网络管理、TCP/IP与网络编程、计算机网络系统性能分析、电子商务与网站建设	网络工程与设计、网络互联与路由技术、网络规划与网络管理、计算机网络建模及系统性能分析	计算机网络应用实验、网络工程与组网技术、管理信息系统、电子商务
教学内容(学时)	第1章 计算机网络技术概论	1.1 计算机网络的一般概念、1.2 计算机网络体系结构与协议(3学时)	1.1 计算机网络的一般概念、1.2 计算机网络体系结构与协议(4学时)
	第2章 网络排队模型和自相似通信量	2.1 排队模型概述、2.2 M/M/1 排队模型(3学时)	2.1 排队模型概述、2.2 M/M/1 排队模型、2.3 M/M/m 排队模型、2.4 M/G/1 排队模型、2.5 具有不同优先级报文的排队系统、2.6 排队网络、2.7 自相似通信量(9学时)
	第3章 物理层	3.1 数据传输基本原理、3.2 常用的物理层标准(3学时)	3.1 数据传输基本原理、3.2 常用的物理层标准(6学时)
	第4章 数据链路层	4.1 数据链路层的基本概念、4.2 停止等待协议、4.3 连续 ARQ 协议、4.4 选择重传 ARQ 协议、4.5 HDLC、4.6 PPP 简介(5学时)	4.1 数据链路层的基本概念、4.2 停止等待协议、4.3 连续 ARQ 协议、4.4 选择重传 ARQ 协议、4.5 HDLC、4.6 PPP 简介、4.7 协议的形式描述和有限状态机(4学时)

续表

教学 内容 (学时)	第5章 网络层	5.1 广域网的基本概念、5.2 路径选择、5.3 拥塞控制、5.4 X.25(6学时)	5.1 广域网的基本概念、5.2 路径选择、5.3 拥塞控制(4学时)	5.1 广域网的基本概念(2学时)
	第6章 网际互连	6.1 网络互连概念、6.2 Internet上的网络层(4学时)	6.1 网络互连概念、6.2 Internet上的网络层(3学时)	6.1 网络互连概念、6.2 Internet上的网络层(3学时)
	第7章 运输层	7.1 运输层概述、7.2 TCP/IP协议族中的运输层、7.3 UDP、7.4 TCP、7.5.1 影响计算机网络的若干因素(4学时)	7.1 运输层概述、7.2 TCP/IP协议族中的运输层、7.3 UDP、7.4 TCP、7.5 性能问题(4学时)	7.4 TCP、7.5.1 影响计算机网络的若干因素(3学时)
	第8章 局域网	8.2 IEEE 802 标准概述、8.3 IEEE 802.3、8.4 快速以太网(3学时)	8.1 通道访问技术、8.2 和8.3 中以太网的冲突域和覆盖范围问题(3学时)	8.2 IEEE 802 标准概述、8.3 IEEE 802.3、8.4 快速以太网(3学时)
	第9章 网络高层协议	9.1 ISO/OSI RM 的高三层、9.2 TCP/IP 协议族的应用层、9.3 域名系统 DNS、9.4 计算机网络管理、9.5 计算机网络安全、9.6 计算机网络操作系统(6学时)	9.1 ISO/OSI RM 的高三层、9.2 TCP/IP 协议族的应用层、9.3 域名系统 DNS、9.4 计算机网络管理、9.5 计算机网络安全、9.6 计算机网络操作系统(6学时)	9.2 TCP/IP 协议族的应用层、9.3 域名系统 DNS、9.4 计算机网络管理、9.5 计算机网络安全、9.6 计算机网络操作系统(4学时)
	第10章 网络设备和建网	10.1 联网设备概述、10.2 调制解调器、10.3 网卡、10.4 中继器和集线器、10.5 网桥、10.6 交换机、10.7 路由器、10.8 建网技术、10.9 网络建设方法(6学时)	10.6 交换机、10.7 路由器、10.8 建网技术、10.9 网络建设方法、10.10 计算机网络优化设计研究(4学时)	10.1 联网设备概述、10.2 调制解调器、10.3 网卡、10.4 中继器和集线器、10.5 网桥、10.6 交换机、10.7 路由器、10.8 建网技术、10.9 网络建设方法(6学时)
	第11章 计算机网络通信技术及发展	11.2 帧中继、11.4 接入网技术、11.6 计算机网络技术的发展(3学时)		
	第12章 网络应用与设计	12.4 网络信息系统开发(3学时)	12.1 IP电话、12.3、网络拓扑搜索、12.4 网络信息系统开发、12.6 入侵检测系统的设计与实现(7学时)	

本书由李成忠主编,参加编写的同志及各自完成的工作见表2。

表 2 本书各章编著者

章 次	编 著 者
第 1 章	李成忠、韩鹏、郭大春
第 2 章	李成忠、郭大春、张宏海、李路、李望
第 3 章、第 5 章	李成忠、郭大春、李路、李望
第 4 章	李成忠、韩鹏、郭大春、李路、李望
第 6 章、第 7 章	李成忠、张乃胜、郭大春、李路、李望
第 8 章	李成忠、郑文兵、郭大春
第 9 章	李成忠、李洪伟、李路、郭大春
第 10 章	李成忠、郑文兵、郭大春、李望、李路
第 11 章	张新有、李成忠、郭大春
第 12 章	高小龙、孙凤栋、王俊鹏、刘姝、常衡生、张宏海、张俊安、李健、李成忠、张新有、郭大春、张乃胜

在本书的编写过程中参考了国内外有关论著(见参考文献),谨向论著的作者们致以深切的谢意。

感谢四川省实施的《新世纪四川省高等教育教学改革工程》的“高等教育人才培养方案及课程体系和教学内容的改革项目”对本书的支持。感谢西南交通大学及其专家们的鼓励,将《计算机网络原理与设计》作为西南交通大学重点教材立项给与支持。

本书的主要内容已在多届研究生和本科生的相关课程中进行了讲授。从学生中也获得了很多宝贵建议,在此表示感谢。

最后,我们还要向所有指导和培养过我们的师长以及帮助和支持过我们的朋友们致以崇高的敬意。

限于编著者的水平和视野,书中定有错误和不妥之处,敬请读者指教。

李成忠

2003年9月25日于西南交通大学



# 目 录

第 1 章 计算机网络技术概论 .....	( 1 )	2.7 自相似传输模型 .....	( 70 )
1.1 计算机网络的一般概念 .....	( 1 )	2.7.1 自相似现象 .....	( 71 )
1.1.1 计算机网络定义 .....	( 1 )	2.7.2 自相似随机过程的定义 .....	( 73 )
1.1.2 计算机网络的功能 .....	( 1 )	2.7.3 计算机网络自相似数据 通信量研究简况 .....	( 78 )
1.1.3 计算机网络的分类 .....	( 2 )	习题 .....	( 82 )
1.1.4 计算机网络的组成 .....	( 4 )	第 3 章 物理层 .....	( 86 )
1.2 计算机网络体系结构与协议 .....	( 5 )	3.1 数据传输基本原理 .....	( 86 )
1.2.1 协议与服务概念 .....	( 6 )	3.1.1 数据传输系统组成 .....	( 86 )
1.2.2 ISO/OSI RM .....	( 8 )	3.1.2 数据通信基础 .....	( 87 )
1.2.3 计算机网络发展简况 .....	( 10 )	3.1.3 传输介质 .....	( 91 )
1.2.4 OSI 模型和 TCP/IP 的比较 .....	( 18 )	3.1.4 信道的极限容量 .....	( 96 )
习题 .....	( 19 )	3.1.5 模拟传输与数字传输 .....	( 98 )
第 2 章 网络排队模型和自相似通信量 .....	( 22 )	3.2 常用的物理层标准 .....	( 105 )
2.1 排队模型概述 .....	( 22 )	3.2.1 物理层接口(DTE/DCE)特性 .....	( 106 )
2.1.1 网络性能指标 .....	( 22 )	3.2.2 EIA - 232 - E 接口标准 .....	( 106 )
2.1.2 排队模型 .....	( 23 )	3.2.3 RS - 449 接口标准 .....	( 110 )
2.2 M/M/1 排队模型 .....	( 26 )	习题 .....	( 110 )
2.2.1 报文到达及发送过程 .....	( 26 )	第 4 章 数据链路层 .....	( 112 )
2.2.2 排队系统参数分析 .....	( 32 )	4.1 数据链路层的基本概念 .....	( 112 )
2.2.3 利特尔(Little)定律 .....	( 37 )	4.1.1 链路 .....	( 113 )
2.2.4 $\gamma$ 时延 .....	( 41 )	4.1.2 链路层的功能和提供的服务 .....	( 115 )
2.3 M/M/m 排队模型 .....	( 42 )	4.1.3 数据链路连接与物理 连接的区别 .....	( 121 )
2.3.1 M/M/m 模型 .....	( 42 )	4.2 停止等待协议 .....	( 122 )
2.3.2 解 M/M/m 问题 .....	( 43 )	4.3 连续 ARQ 协议 .....	( 124 )
2.3.3 最优化问题 .....	( 48 )	4.3.1 连续 ARQ 协议工作的原理 .....	( 124 )
2.4 M/G/1 排队模型 .....	( 50 )	4.3.2 滑动窗口控制 .....	( 125 )
2.4.1 用概率母函数分析 M/G/1 排队模型 .....	( 50 )	4.4 选择重传 ARQ 协议 .....	( 127 )
2.4.2 M/G/1 排队系统参数分析 .....	( 56 )	4.5 HDLC .....	( 128 )
2.4.3 M/D/1 排队系统 .....	( 58 )	4.5.1 HDLC 的产生 .....	( 128 )
2.4.4 几种模型的对比 .....	( 59 )	4.5.2 HDLC 的基本工作方式 .....	( 129 )
2.5 具有不同优先级报文的排队系统 .....	( 59 )	4.5.3 HDLC 的主要内容 .....	( 130 )
2.6 排队网络 .....	( 63 )	4.6 PPP .....	( 136 )
2.6.1 排队网络的一般模型 .....	( 63 )	4.6.1 Internet 中常用的数据 链路层协议 .....	( 136 )
2.6.2 闭排队网络性能分析 .....	( 64 )		
2.6.3 开排队网络性能分析 .....	( 67 )		

mess3/05

4.6.2 PPP 简介 .....	(137)	6.2.1 IP 及其配套协议 .....	(195)
4.7 协议的形式描述和有限状态机 .....	(139)	6.2.2 Internet 的基本概念 .....	(197)
4.7.1 有限状态机模型 .....	(139)	6.2.3 IPv6 .....	(205)
4.7.2 Petri 网模型 .....	(141)	习题 .....	(217)
4.7.3 协议的验证 .....	(144)	<b>第 7 章 运输层</b> .....	(221)
习题 .....	(145)	7.1 运输层概述 .....	(221)
<b>第 5 章 网络层</b> .....	(148)	7.1.1 运输层的位置和作用 .....	(221)
5.1 广域网的基本概念 .....	(148)	7.1.2 运输服务和原语 .....	(223)
5.1.1 网络层和广域网 .....	(148)	7.1.3 运输层的运行环境及其对协议的影响 .....	(224)
5.1.2 广域网的构成和存储转发 .....	(149)	7.2 TCP/IP 协议族中的运输层 .....	(229)
5.1.3 局域网经广域网互连 .....	(150)	7.2.1 两个运输协议 .....	(229)
5.1.4 网络层的服务 .....	(151)	7.2.2 端口 .....	(230)
5.1.5 虚电路和数据报 .....	(152)	7.3 UDP .....	(232)
5.2 路径选择 .....	(155)	7.4 TCP .....	(233)
5.2.1 广域网的地址方案 .....	(155)	7.4.1 TCP 数据传输过程简况 .....	(233)
5.2.2 下一站转发和源地址独立性 .....	(157)	7.4.2 TCP 报文段格式 .....	(233)
5.2.3 层次地址与路由的关系 .....	(157)	7.4.3 TCP 连接管理 .....	(235)
5.2.4 广域网中的路由 .....	(158)	7.4.4 TCP 的有限状态机 .....	(237)
5.2.5 路由算法分类 .....	(159)	7.4.5 TCP 报文段的序号和传输策略 .....	(239)
5.2.6 非自适应路由选择 .....	(160)	7.4.6 TCP 的流量控制 .....	(240)
5.2.7 自适应路由选择 .....	(163)	7.4.7 TCP 的拥塞控制 .....	(242)
5.2.8 分级路由选择 .....	(166)	7.4.8 TCP 的重发机制 .....	(244)
5.3 拥塞控制 .....	(167)	7.5 性能问题 .....	(245)
5.3.1 概述 .....	(167)	7.5.1 影响计算机网络的若干因素 .....	(245)
5.3.2 拥塞控制的一般原理 .....	(170)	7.5.2 测定网络性能 .....	(247)
5.3.3 开环拥塞控制 .....	(170)	7.5.3 对优化计算机网络性能有益的若干系统设计规律 .....	(247)
5.3.4 闭环拥塞控制 .....	(173)	7.5.4 吉位网络协议的一些问题 .....	(248)
5.4 X.25 .....	(175)	习题 .....	(249)
5.4.1 功能概述 .....	(175)	<b>第 8 章 局域网</b> .....	(252)
5.4.2 分组级报文格式与数据的传输 .....	(179)	8.1 通道的访问方法 .....	(252)
5.4.3 X.25 分组级逻辑信道状态变换图 .....	(183)	8.1.1 ALOHA .....	(253)
习题 .....	(186)	8.1.2 分片 ALOHA(Slotted ALOHA) .....	(255)
<b>第 6 章 网络互连</b> .....	(190)	8.1.3 CSMA .....	(256)
6.1 网络互连概念 .....	(190)	8.1.4 CSMA/CD .....	(260)
6.1.1 基本概念 .....	(190)	8.1.5 非坚持 CSMA/CD 的最大吞吐率 .....	(262)
6.1.2 两种网络互连方式 .....	(191)	8.1.6 其他访问控制方式 .....	(264)
6.1.3 隧道 .....	(192)		
6.1.4 互联网路由选择 .....	(193)		
6.1.5 分段 .....	(194)		
6.2 Internet 上的网络层 .....	(194)		

8.1.7 通道访问方法小结 .....	(265)	9.5.3 数据加密基础 .....	(338)
8.2 IEEE 802 标准概述 .....	(268)	9.5.4 IP 安全协议 .....	(344)
8.2.1 IEEE 802 系列标准间的关系 ..	(268)	9.5.5 电子商务安全 .....	(347)
8.2.2 LAN 的参考模型(RM)和 实现模型(IM) .....	(269)	9.5.6 防火墙 .....	(349)
8.2.3 LAN 的层次 .....	(270)	9.6 计算机网络操作系统 .....	(351)
8.2.4 局域网的数据链路层 .....	(271)	9.6.1 计算机网络操作系统的功能 ..	(351)
8.3 IEEE 802.3 .....	(272)	9.6.2 计算机网络操作系统的分类 ..	(352)
8.3.1 CSMA/CD .....	(272)	9.6.3 网络操作系统示例 .....	(354)
8.3.2 IEEE 802.3 与以太网帧结构的 区别 .....	(273)	习题 .....	(356)
8.3.3 10 Mb/s 以太网 .....	(274)	<b>第 10 章 网络设备和建网</b> .....	(358)
8.4 快速以太网 .....	(278)	10.1 连网设备概述 .....	(358)
8.4.1 100 Mb/s 以太网 .....	(278)	10.2 调制解调器 .....	(359)
8.4.2 1 Gb/s 以太网 .....	(282)	10.2.1 调制解调器的工作原理 .....	(359)
习题 .....	(285)	10.2.2 调制解调器的分类 .....	(359)
<b>第 9 章 网络高层协议</b> .....	(287)	10.3 网卡 .....	(361)
9.1 ISO/OSI RM 的高 3 层 .....	(287)	10.3.1 网卡的功能 .....	(361)
9.1.1 概述 .....	(287)	10.3.2 网卡的分类 .....	(361)
9.1.2 会话层 .....	(288)	10.3.3 网卡的选择 .....	(361)
9.1.3 表示层 .....	(291)	10.4 中继器和集线器 .....	(362)
9.1.4 应用层 .....	(292)	10.4.1 中继器的工作原理 .....	(362)
9.2 TCP/IP 协议族的应用层 .....	(295)	10.4.2 集线器 .....	(364)
9.2.1 区分网络应用和应用层协议 ..	(295)	10.5 网桥 .....	(365)
9.2.2 客户机/服务器模型 .....	(296)	10.5.1 网桥的基本原理 .....	(365)
9.2.3 某些网络应用的特性和协议 ..	(298)	10.5.2 生成树算法 .....	(367)
9.2.4 常用 Internet 应用和协议 .....	(298)	10.6 交换机 .....	(368)
9.3 域名系统 DNS .....	(312)	10.6.1 交换机的工作原理 .....	(368)
9.3.1 顶层域名 .....	(312)	10.6.2 交换方式 .....	(369)
9.3.2 中国互联网域名体系结构与 中文域名 .....	(314)	10.6.3 交换机的特性和功能 .....	(370)
9.3.3 域名服务器 .....	(315)	10.6.4 三层交换 .....	(371)
9.3.4 域名解析 .....	(316)	10.7 路由器 .....	(374)
9.3.5 逆向域名解析 .....	(317)	10.7.1 路由器的作用 .....	(374)
9.4 计算机网络管理 .....	(318)	10.7.2 路由器对 IP 数据包的 处理过程 .....	(375)
9.4.1 网络管理概述 .....	(318)	10.7.3 路由协议 .....	(377)
9.4.2 OSI 网络管理 .....	(320)	10.8 建网技术 .....	(388)
9.4.3 SNMP .....	(323)	10.8.1 结构化布线 .....	(388)
9.4.4 网络管理产品简介 .....	(332)	10.8.2 虚拟局域网 .....	(391)
9.5 计算机网络安全 .....	(335)	10.8.3 交换型以太网全双工技术 .....	(393)
9.5.1 计算机网络安全问题 .....	(335)	10.9 网络建设方法 .....	(394)
9.5.2 OSI 安全体系结构 .....	(335)	10.9.1 计算机网络的系统集成 .....	(394)
		10.9.2 一个园区网的示例 .....	(395)
		10.10 计算机网络优化设计研究 .....	(397)

10.10.1 概述 .....	(397)	11.6.4 NGN .....	(475)
10.10.2 计算机网络设计问题 .....	(397)	11.6.5 软交换 .....	(480)
10.10.3 计算机网络链路容量 优化设计 .....	(399)	11.6.6 主动网络 .....	(482)
10.10.4 设计举例 .....	(401)	<b>第 12 章 网络应用与设计</b> .....	(485)
习题 .....	(402)	12.1 IP 电话 .....	(485)
<b>第 11 章 计算机网络通信技术及发展</b> .....	(404)	12.1.1 IP 电话关键技术 .....	(485)
11.1 综合业务数字网(ISDN) .....	(404)	12.1.2 计算机到计算机结构的 IP 电话软件开发 .....	(490)
11.1.1 基本概念 .....	(404)	12.1.3 局域网 IP 电话系统 .....	(494)
11.1.2 综合业务数字网技术 .....	(411)	12.2 企业网络管理 .....	(499)
11.2 帧中继 .....	(417)	12.2.1 网络管理与 SNMP 基础 .....	(499)
11.2.1 概述 .....	(417)	12.2.2 TCP/IP 网络管理实现策略 .....	(501)
11.2.2 帧中继的结构 .....	(419)	12.2.3 Intranet 网络管理解决方案 .....	(502)
11.2.3 帧中继的帧格式 .....	(421)	12.2.4 Intranet 网络管理系统设计 与实现范例 .....	(503)
11.2.4 数据帧的传输过程 .....	(422)	12.3 网络拓扑搜索 .....	(514)
11.2.5 帧中继的拥塞控制 .....	(423)	12.3.1 网络配置管理概述 .....	(514)
11.2.6 帧中继网络接入 .....	(424)	12.3.2 网络拓扑搜索引论 .....	(516)
11.3 ATM 与 IP 技术的结合 .....	(426)	12.3.3 网络拓扑发现方法的 研究和设计 .....	(521)
11.3.1 同步数字序列 SDH .....	(426)	12.4 网络信息系统开发 .....	(530)
11.3.2 ATM 技术 .....	(428)	12.4.1 系统需求分析 .....	(530)
11.3.3 ATM 与 IP 的结合策略 .....	(436)	12.4.2 总体方案设计 .....	(532)
11.3.4 覆盖模型 .....	(436)	12.4.3 数据库设计 .....	(535)
11.3.5 综合模型(MPLS) .....	(437)	12.4.4 通信协议设计 .....	(538)
11.4 接入网技术 .....	(442)	12.5 嵌入式实时操作系统的设计及 在计算机网络中的应用 .....	(540)
11.4.1 接入网概述 .....	(442)	12.5.1 ZERTLinux 的总体结构 .....	(541)
11.4.2 ADSL 接入技术 .....	(443)	12.5.2 ZERTLinux 的开发过程 .....	(541)
11.4.3 光纤同轴混合网(HFC 网) .....	(446)	12.5.3 为实现 ZERTLinux 的实时性所 进行的改进 .....	(543)
11.4.4 FTTx 接入方式 .....	(450)	12.5.4 ZERTLinux 的特点 .....	(547)
11.4.5 无线接入网 .....	(451)	12.5.5 ZERTLinux 在网络中的应用 .....	(548)
11.5 中国互联网概览 .....	(459)	12.6 入侵检测系统的设计与实现 .....	(551)
11.5.1 中国互联网络简介 .....	(459)	12.6.1 入侵检测系统的基本概念 .....	(551)
11.5.2 互联网地址空间分布 .....	(460)	12.6.2 入侵检测系统的类型 .....	(552)
11.5.3 互联网信道容量分布 .....	(461)	12.6.3 入侵检测系统的标准化 .....	(552)
11.5.4 国家互联网交换中心 .....	(463)	12.6.4 入侵检测系统设计实例 .....	(553)
11.5.5 中国教育和科研网 .....	(464)	<b>参考文献</b> .....	(562)
11.6 计算机网络技术的发展 .....	(466)	<b>参考站点</b> .....	(567)
11.6.1 WDM 与 DWDM .....	(466)		
11.6.2 IP Over WDM .....	(467)		
11.6.3 弹性分组环 (Resilient Packet Ring) .....	(471)		

# 第 1 章 计算机网络技术概论

本章对计算机网络进行概念性的介绍,包括其定义、功能、分类和组成以及发展过程。对 ISO/OSI RM 和 TCP/IP 协议族的介绍以及对计算机网络标准化的讨论,将有助于读者建立起计算机网络的分层体系结构的思想,这种思想将贯穿于全书的讨论中,并将长期伴随着我们从事与计算机网络有关的所有工作。

## 1.1 计算机网络的一般概念

### 1.1.1 计算机网络定义

计算机网络就是相互连接的、独立自主的计算机系统的集合。

在计算机网络定义中强调的是**相互连接**和**独立自主**这两个概念。**相互连接**指的是两台或更多的计算机经过连接介质(例如,金属导体、微波、光纤、卫星信道等)相互交换由数据携带的信息;**独立自主**则强调在计算机网络的定义中排除明显的主从关系,即不能由网络中一台计算机具有控制别的计算机的能力,网络中每一台计算机都具有独立的操作系统。

计算机网络不同于分布式系统(Distributed System)。在分布式系统中,多台计算机的存在不为用户所察觉(透明,Transparent),由操作系统自动调度资源,对用户就像一台虚拟的单一处理机一样。计算机网络对用户则是不透明的。需由用户指定登录的计算机、文件传输的去向,要给出待访问的主机地址、文件所在的目录等。就其效果来说,分布式系统是网络的一个特例,它的软件具有高度的整体性和透明性。计算机网络和分布式系统的区别,更多的是取决于软件,特别是操作系统,而不是硬件。

### 1.1.2 计算机网络的功能

计算机网络最重要的功能是资源共享。可供共享的资源包括数据、软件和硬件,硬件资源包括计算机的处理能力、存储能力以及网络信道带宽。资源共享打破了地理位置的约束,用户使用千里之外的资源就像使用本地资源一样;资源共享使在全网范围内均衡地分担负载成为可能。

大数定律和规模经济性是资源共享的基础。

**大数定律(Law of Large Numbers)** 大量用户,每个用户使用资源的要求都是突发性的、随机产生的。将全体用户看成一个“整体”,则这个整体对资源的使用要求就变得相当“平滑”,可以预测,比较平稳。

**规模经济性(Economy of Scale)**:当资源与用户数目同时按比例增长时,在一定范围内,规模越大就越经济。

例如,当数据网的通信能力和用户的通信量均加倍时,网络的平均时延将减小到原来的二分之一,在本书的第 2 章将会介绍。

在计算机网络中存在着可替代的资源,能使系统的可用性和可靠性提高。

在网络环境下协同工作的若干台计算机,为了达到与一台巨型机相当的性能,所需的资源投入将低于后者,因此具有较高的性能/价格比。

利用计算机网络,可以实现数据传输和集中管理。利用电子邮件,可以使居住在不同地方的人合写一篇文章;利用计算机网络,使数据管理得以实现,从而提高管理水平和经济效益。在经济领域的管理经历了这样一个发展过程:电子数据处理(Electrical Data Process, EDP)、管理信息系统(Management Information System, MIS)、决策支持系统(Decision Support System, DSS)、电子数据交换(Electronic Data Interchange, EDI)和电子商务(Electronic Commerce, EC),它们都离不开计算机网络的支持。

随着 Internet 的广泛应用,社会信息服务得到了长足的进展,人们利用 Internet 可以访问远端的程序,可以远程查询数据库,可以作为通信媒介传递电子邮件和打 IP 电话,社会信息服务是计算机网络的最大用武之地。

计算机技术与现代通信技术相结合,由此产生了计算机网络。计算机网络使人类处理信息的能力发展到了一个空前的高度,并且还将继续快速发展。有无全国性的高速、安全的计算机网络,已经成了衡量一个国家科学技术和综合国力的重要标志。而能否通过 Internet 与世界沟通,则决定了一个企业从整个世界获取资源的能力。在 21 世纪,谁能控制信息,控制网络,谁就将控制整个世界。

### 1.1.3 计算机网络的分类

#### 1. 按网络采用的交换方法分类

交换(Switch)就是转接。在通信网中,在一对用户间提供直通链路是不经济的。因此,不可能在每对用户间都提供直通信道,只能经交换设备,在需要时为该用户提供数据传输的通道。主要的交换方法有:电路交换(Circuit Switching)、报文交换(Message Switching)和分组交换(Packet Switching),分别用于不同的交换网络。综合业务数字网(Integrated Services Digital Network, ISDN)则是混合交换(Mixed Switching)的实例。

#### 2. 按网络的拓扑结构分类

网络的拓扑结构指的是网络中**结点**(网络中的设备)和**链路**(连接网络设备的通信信道)的结构。在计算机网络中采用的信道有点到点信道和共享信道。

图 1.1 所示为由点到点信道构成的常见网络拓扑。

点到点信道连接两个设备,共享信道则可为多个(两个以上)设备提供互相通信的途径。

当用于用户接入时,由点到点信道构成的拓扑结构主要是集中式网(星形、树形);当用于主干网时,由点到点信道构成的拓扑结构为分布式网(格状)。

由点到点信道构成的网络可分为树形网(星形网是其特例)和分布式网。树形网有一个中心结点,作为树的根,所有结点间的通信均经过中心结点交换。分布式网络是网孔状的,网中任何一个结点都至少和其他两个结点直接相连,这些结点都具有交换功能,因而可靠性



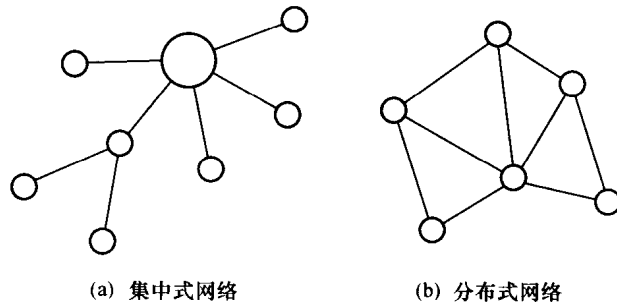


图 1.1 由点到点信道构成的常见网络拓扑

大为提高。在这里,任何两个结点间都有一条专用链路,这种网称为“点到点”网络。

共享信道包括总线、环以及无线信道等。广泛使用的共享信道主要是总线结构,无线传输也相当于一个共享总线,共享该总线的所有结点平等地挂在总线上,通过一定的介质访问控制方法获取总线,以进行通信。共享信道还可以构成环。图 1.2 显示了由共享信道构成的常见网络拓扑。

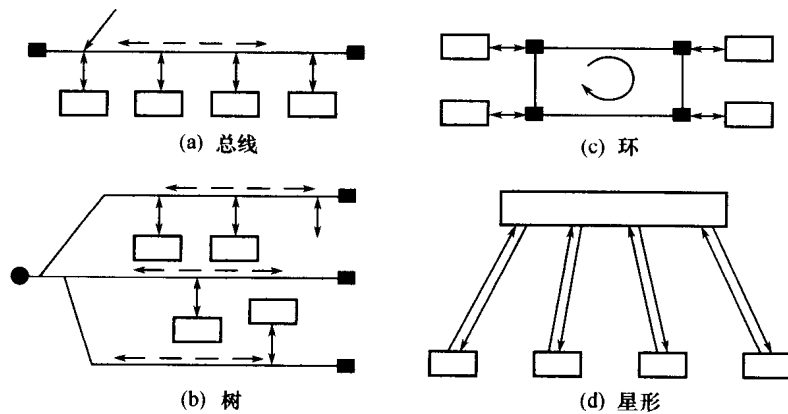


图 1.2 由共享信道构成的常见网络拓扑

### 3. 按网络的作用范围分类

**局域网 (Local Area Network, LAN)** 覆盖范围从几 m 到几 km,数据传输速率一般在 10 Mb/s 以上。

**城域网 (Metropolitan Area Network, MAN)** 覆盖一个城市,从几 km 到几十 km,数据传输速率比 LAN 更高。

**广域网 (Wide Area Network, WAN)** 从几十 km 直到覆盖全球以至延伸到星际(例如月球、火星),数据传输速率可以从几 kb/s 到几 Gb/s。

此外,有必要把多处理机、数据流机与计算机网络区别开来。

**多处理机 (Multiple Processor)** 通过共享存储器进行通信,各处理机在一个系统内,处理机间相距 1 m 左右,各处理机独自运行,但要互相交换数据。

**数据流机 (Data Flow Machine)** 利用多个功能单元执行同一程序的高度并行计算机,各

处理机在同一印制板上,处理机间相距 0.1 m 左右。

多个处理机互连的系统按其大小的分类见表 1.1。

表 1.1 多个处理机互连的系统按其大小的分类

处理机之间的距离	处理机所在的范围	实 例
0.1m	印制板	数据流计算机
1m	系统	多处理机
10 m	房间	局域网
100 m	建筑物	
1 km	校园	
10 km	城市	城域网
100 km	国家	广域网
1000 km	国家、洲	广域网、互连的广域网

图 1.3 显示了多处理器(机)、局域网、城域网和广域网在覆盖范围和传输速率方面的比较。

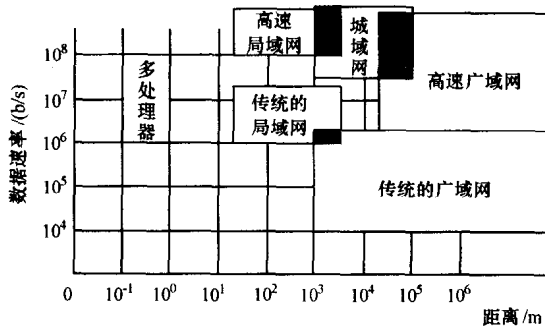


图 1.3 多处理器、局域网、城域网和广域网的比较

#### 4. 按网络的使用范围分类

公用网(Public Network)一般是电信公司建造的网络,“公用”的意思就是所有愿意按电信公司规定交纳费用的人都可以使用,因此公用网也可称为公众网。

专用网(Private Network)是某个部门为本系统工作的需要而建造的网络。这种网络一般不向本系统以外的人提供服务。例如,军队、铁路、电力等系统均有本系统的专用网。

#### 1.1.4 计算机网络的组成

计算机网络早期是连机系统,20 世纪 70 年代,随着 ARPANET(Advanced Research Projects Agency Network,美国国防部高级研究项目代理网络)的研究和发展产生了分组交换网。可以认为:分组交换网才称得上真正的计算机网络。随着技术的进步,计算机网络也在不断变化,但所采用的交换方式仍然以分组交换为主。在此,讨论分组交换网的组成。分组交换网由通信子网和资源子网两部分组成,如图 1.4 所示。

通信子网由分组交换结点(Packet Switch Node)以及连接这些结点的链路组成,负责在主机(Host,H)间传输分组。在 ARPANET 中,将分组交换结点称为接口报文处理机(Interface Message Processor,IMP),在 Internet(网间网或互联网)中则称为网关(Gateway,G),也可称为路由器(Router,R),为了表示的简便,这里都称为 R。需要注意的是,在网间网中,连接 R 的链路是一个网络,但是已抽象成了一条链路。

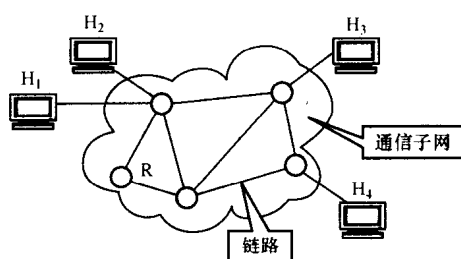


图 1.4 分组交换网

资源子网由连在网上的主机构成,资源子网向全网的用户提供共享的资源。提供用户入网的途径和方法。

在局域网中,联网的每台主机都通过网络接口卡连接到共享介质上,网络接口负责经共享介质在各个主机间发送和接收分组,显然,网卡和共享介质构成了局域网的通信子网,资源子网则由除去网卡的各台主机构成。

## 1.2 计算机网络体系结构与协议

在计算机网络中的通信是按照一定的协议来进行的,由于协议太复杂,采用分层的方法以使其简化,而各层都按各自的协议工作,层和协议的集合称为网络体系结构。

计算机网络为什么需要分层体系结构?因为计算机网络是一个非常复杂的系统。为了说明这一点,可以设想一个最简单的情况,联在网络上的两台计算机之间传送一个文件,如图 1.5 所示。

首先,两台计算机间必须有一条数据通路,必须完成以下几项典型的任务:

① 源系统应将数据通路激活(Active),并要告诉网络如何识别目的系统。

② 源系统必须查明目的系统是否已准备好接收数据。

③ 运行在源系统上的文件传送应用程序必须清楚,在目的系统中的文件管理程序是否已做好接收数据的准备,即准备好接收和存储这个文件。

④ 若两个系统中的文件格式不兼容,则其中的一个系统应该负责完成格式的转换。

⑤ 对出现的各种差错和意外事故,如数据传送错误、重复或丢失,某结点处理机出故障等,应有稳妥的措施保证最后在目的系统仍能收到正确的文件。

由此可见,相互通信的两个计算机系统必须高度协调、按照一定的协议工作。为了设计这样复杂的计算机网络系统,早在最初的 ARPANET 设计时就提出了分层的思想。这样,可将复杂而庞大的问题转化成若干局部问题,而这些局部问题比较易于研究和处理。这就是计算机网络采用分层体系结构的原因。

在计算机网络发展过程中,有代表性的几种网络体系结构是:

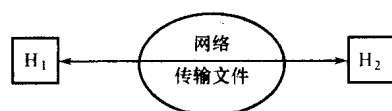


图 1.5 两台计算机通过网络传输文件