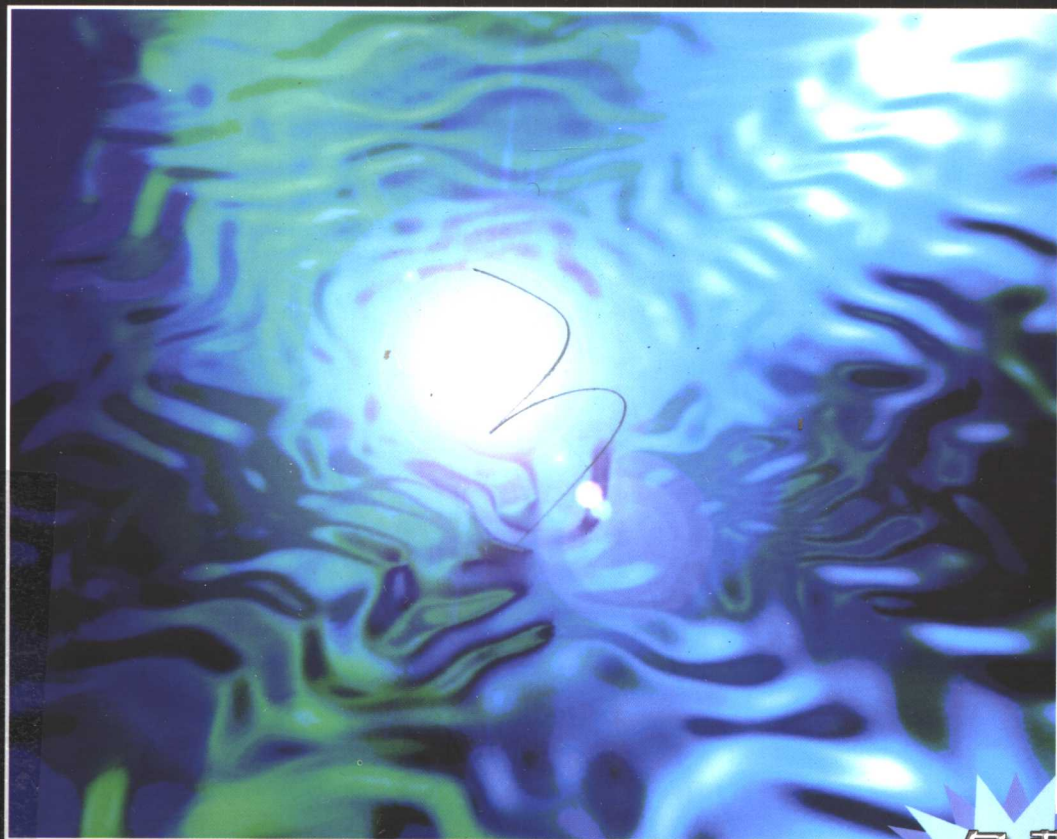




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

网络工程概论

程良伦 主编



免费
电子课件

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TP393/540

2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

网络工程概论

主 编 程良伦

副主编 郑日荣 潘运红

参 编 高明琴 曾启杰 刘洪涛

张小波 张 钢

主 审 汤 庸 罗 飞

机械工业出版社

针对教学研究型大学电气、信息、控制等领域相关专业“计算机网络”课程的特点,编者对计算机网络课程教学内容、体系结构等进行了悉心研究,在广东工业大学校级精品课程、广东省高等学校精品课程的基础上编写了本书。本书既涵盖了经典的网络理论和技术,如网络通信技术、网络体系结构、局域网技术、网络互联等;又介绍了网络技术的最新发展,如无线网络与移动网络技术、网络计算、网络性能优化技术等;还介绍网络程序设计和网络系统集成、规划与设计等内容,详细讲解了网络程序设计和网络系统集成的理论方法和步骤;另外,还把网络在工业控制中的应用——工业控制网络,也作为一个重点内容进行了介绍;最后,介绍了网络信息安全的理论和技术。

本书体系结构新颖,内容全面、丰富,注重理论联系实际,注重反映计算机网络理论和技术的最新成就。

本书文字流畅,由浅入深,循序渐进,逻辑性强,概念阐述清晰准确,易于学习和理解。网络技术新内容的安排,为日后进行计算机网络的研究开阔了思路,同时配以大量的图表,以帮助学生学习和理解。

本书适合作为电气信息类本科生、研究生“计算机网络”或“网络工程”等课程的教材。对于从事网络研究、网络工程以及使用和管理网络的科技和工程技术人员,本书也可作为参考读物。

本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的老师索取,索取邮箱:

EdmondYan@sina.com

EdmondYan@hotmail.com

图书在版编目(CIP)数据

网络工程概论/程良伦主编. —北京:机械工业出版社, 2007.4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-111-21152-5

I. 网... II. 程... 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(2007)第033572号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·371千字

标准书号:ISBN 978-7-111-21152-5

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379725

封面无防伪标均为盗版

前 言

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物。经过半个世纪的发展,计算机网络已经渗透到社会政治、军事、经济、生产、生活以及科学、文化、艺术等各个领域,在极大地提高生产效率的同时,也极大地便利了人们的工作、生活、学习和娱乐。目前,计算机网络已发展到了其最高形式——互联网(网络的网络),其应用可以说是无处不在,但网络技术仍在日新月异地飞速发展。因此,在编写计算机网络教材时,存在着在讲述计算机网络基本工作原理和经典理论的同时,如何反映网络技术的最新发展这样一对基本矛盾。本教材力图妥善处理这对基本矛盾。

本书来源于广东省高等学校精品课程、广东工业大学精品课程“计算机网络”,它是多年来该校计算机网络教学实践经验的总结,是众多授课教师的科研成果和教学成果的结晶。针对教学研究型大学计算机网络和控制、信息、电气等领域的专业在课程设置、教学等方面的要求,对教学内容的选择、体系结构的安排和文字表述,编者进行了精心的研究,力求既适应课程设置、教学方面的要求,又符合教与学的客观规律,从而形成了本书的特色,归结起来有如下几点:

1) 注重内容的先进性、系统性和实用性。既涵盖了经典的网络理论和技术,如网络通信技术、网络体系结构、局域网技术等,又介绍了网络技术的最新发展,如无线网络与移动网络技术、网格计算、网络性能优化技术等其他教材甚少涉及的新技术;在注重网络理论介绍的同时,对与实践相结合的问题给予了充分的重视,安排了网络程序设计和网络系统集成、规划与设计两章,详细讲解了网络程序设计和网络系统集成的理论方法和步骤;另外,本书把网络在工业控制系统中的应用——工业控制网络,也作为一个重点内容进行了介绍,这样,网络的概念就涵盖了信息网络和控制网络,深化了学生对网络概念和应用领域的理解,这是其他教材所少有的;最后,本教材还介绍了网络信息安全的理论和技术。

2) 体系结构新颖,有创意,内容全面、丰富,注重理论联系实际,注重反映计算机网络理论和技术的最新成就。在介绍 OSI 参考模型时,突破了一般教材常用的按七层协议平叙的传统模式,而采用自底向上的方式介绍 OSI 参考模型的七层结构;在介绍经典网络理论的同时,努力反映计算机网络理论和技术方面的最新成果和热点研究问题,把最新的计算机网络理论和技术





介绍给学生,使学生在学习和掌握基础理论的同时,接触新的理论和观点;既注重理论的严密性,又注重工程的实用性。

3) 贴近教学研究型大学电气、信息、网络和控制等领域本科教学的需要,在详细讲授计算机网络理论知识的同时,也以大量的篇幅介绍网络工程方面如网络程序设计、计算机网络系统的规划、设计和实施的知识,使学生既能掌握计算机网络的基本概念和理论,也具备计算机网络系统规划、设计、实施和计算机网络管理等方面能力。

4) 在文字的表述方面,注重文字流畅,讲解力求由浅入深、循序渐进,逻辑性强,概念阐述清晰准确,易于学习和理解,同时配以大量的图表,以帮助学生学习和理解教材的内容。

本教材共分12章。第1章对计算机网络的发展、功能、分类及一些主要的新技术进行了简要的介绍。第2章介绍网络通信技术方面的基本概念、多路复用技术、网络交换技术及差错控制技术。第3章以OSI参考模型和TCP/IP参考模型为例,讲述了网络体系结构和网络协议的概念,并详细讲述了OSI参考模型各层内容和TCP、IP这两个重要协议,最后对OSI、TCP/IP两个参考模型进行了比较。第4章对计算机网络的重要组成部分——局域网的各种技术进行介绍,并介绍了局域网的扩展技术。第5章讲述网络互联技术,全面介绍了网络互联的层次、各层次互联的技术和设备,并介绍了网际互联协议IP和各种路由协议。第6章是无线和移动网络技术,主要内容有无线局域网、宽带无线网、蓝牙技术、移动IP和无线传感器网络。第7章讲述网络基本概念、网络体系结构、Globus项目和网络应用。第8章介绍网络安全面临的威胁和各种信息安全技术:身份认证技术、访问控制技术、信息加密和数字签名技术、防火墙技术、入侵检测技术等。第9章对网络性能分析的最新研究进展进行了叙述。第10章介绍面向协议和面向应用的网络程序设计方法。其中对于面向协议的程序设计,介绍了专门针对网络通信协议的编程以及基于Socket的编程;对于面向应用的网络程序设计,介绍了Web上的网络编程,以及在分布式环境下进行网络应用开发的核心技术。第11章介绍工业控制网络的组成及特点,现场总线和工业以太网的概念及特征,并介绍了现场总线的国际标准及工业以太网中的常用协议。第12章着重介绍网络系统集成的基本概念、基本理论和技术,并给出一个企业信息网的设计实例,最后介绍了工业企业网的集成技术。

本书编写时,力求做到体系结构完整,内容丰富、新颖、实用,叙述方法浅显易懂、由浅入深。本书适合作为电气信息类本科“计算机网络”及“网络工程”等课程的教材;也可作机电类等相关专业本科生、研究生的教材



或参考书。根据教学要求的不同,本书设计了三套讲授方案:第一套,对于非计算机类电类、非电类本科生主讲第1、2、3、4、5、8等章节作为一般的计算机网络原理课程,计划学时40~48;第二套,对于计算机类或电气信息类的自动化、电气工程及自动化等专业主讲第1、3、4、5、8、10、11、12等章节作为计算机网络原理课程,计划学时48;第三套,对于网络工程等专业主讲第1、3、4、5、6、7、8、9、10、12等章节作为计算机网络原理或网络工程的课程,计划学时64。对于网络计算、网络性能分析、工业控制网络、网络程序设计、信息安全、网络系统集成等内容,可供较高层次的研究生和工程技术人员参考,也可作为本科生的自学内容以提高学生的自学能力,开拓学生的视野。

本书由广东工业大学程良伦教授任主编并编写第9章,郑日荣、潘运红任副主编。第1、12章由郑日荣编写,第2、11章由潘运红编写,第3章由高明琴编写,第4章由曾启杰编写,第5、7章由刘洪涛编写,第6章由张小波编写,第8章由张小波、张钢编写,第10章由张钢编写。全书由程良伦教授负责总策划与统稿。

本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的老师索取,索取邮箱:EdmondYan@sina.com EdmondYan@hotmail.com

本书在编写过程中,参考和引用了已有的教材和文献资料,在此向所有参考文献的作者表示衷心的感谢。

在本书编写过程中,得到了广东工业大学教务处、自动化学院、网络工程系等单位,以及章云教授、王钦若教授、邓则名教授、蔡延光教授、唐平教授、何小敏副教授、王春茹老师等的大力支持,特别是中山大学信息科学与技术学院汤庸教授、华南理工大学自动化学院罗飞教授对全书进行审阅,并提出宝贵意见。在此,编者对上述单位与个人,一并表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,敬请广大专家和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

习题 29

第1章 计算机网络概述 1

- 1.1 计算机网络的产生和发展 1
- 1.2 计算机网络的定义和功能 6
 - 1.2.1 计算机网络的定义 6
 - 1.2.2 计算机网络的功能 6
- 1.3 网络新技术简介 7
 - 1.3.1 IPv6 7
 - 1.3.2 全光网络 7
 - 1.3.3 10Gbit/s 以太网 7
- 1.4 计算机网络发展趋势和应用
 前景 8
 - 1.4.1 网格 8
 - 1.4.2 下一代网络 9
 - 1.4.3 计算机网络向各领域渗透 9
 - 1.4.4 计算机网络的应用前景 10
- 习题 10

第2章 网络通信技术 11

- 2.1 多路复用技术 11
 - 2.1.1 频分多路复用 (FDM) 12
 - 2.1.2 时分多路复用 (TDM) 13
 - 2.1.3 码分复用 (CDMA) 14
 - 2.1.4 波分复用 (WDM) 16
- 2.2 数据交换技术 18
 - 2.2.1 电路交换 19
 - 2.2.2 报文交换 20
 - 2.2.3 分组交换 20
 - 2.2.4 三种交换技术的比较 23
- 2.3 差错控制技术 24
 - 2.3.1 差错控制概述 24
 - 2.3.2 常用检错技术 25
 - 2.3.3 差错控制策略 26

第3章 网络体系结构及网络协议 30

- 3.1 网络协议及 OSI 参考模型 30
 - 3.1.1 网络协议及体系结构 30
 - 3.1.2 OSI 参考模型 32
- 3.2 物理层 34
 - 3.2.1 物理层的功能 34
 - 3.2.2 物理层接口的特性 34
- 3.3 数据链路层 35
 - 3.3.1 数据链路层的功能 35
 - 3.3.2 数据链路控制协议举例——
 HDLC 36
- 3.4 网络层 38
 - 3.4.1 网络层提供的服务 38
 - 3.4.2 路由选择 39
- 3.5 运输层 40
 - 3.5.1 运输层的功能和服务 40
 - 3.5.2 运输层协议和通信子网的
 关系 40
- 3.6 高层协议介绍 41
 - 3.6.1 会话层 41
 - 3.6.2 表示层 42
 - 3.6.3 应用层 42
- 3.7 TCP/IP 参考模型及协议 43
 - 3.7.1 TCP/IP 体系结构与协议 43
 - 3.7.2 TCP/IP 的网络层 45
 - 3.7.3 TCP/IP 的传输层 48
- 习题 52

第4章 局域网技术 53

- 4.1 局域网概述 53
- 4.2 以太网 55
 - 4.2.1 以太网和 IEEE 802 标准 55





4.2.2 CSMA/CD 协议和 IEEE 802.3	57	第 6 章 无线网络技术	109
4.2.3 以太网的连接方法	62	6.1 无线网络概述	109
4.3 局域网的 MAC 子层	64	6.1.1 无线网络的特点	110
4.3.1 MAC 子层的硬件地址	64	6.1.2 无线网络的分类	110
4.3.2 两种不同的 MAC 帧格式	65	6.1.3 无线网络的标准	110
4.4 局域网的扩展	66	6.2 无线 LAN; 802.11	111
4.4.1 使用集线器扩展局域网	67	6.2.1 802.11 协议栈	111
4.4.2 使用网桥扩展局域网	67	6.2.2 802.11 物理层	112
4.4.3 多端口网桥——以太网交换机	72	6.2.3 802.11 MAC 子层协议	112
4.5 虚拟局域网	73	6.2.4 802.11 帧结构	113
4.5.1 虚拟局域网的概念	73	6.3 宽带无线网	115
4.5.2 虚拟局域网的分类	74	6.3.1 802.16 协议栈	115
4.5.3 虚拟局域网的应用	75	6.3.2 802.16 物理层	116
4.6 高速以太网	76	6.3.3 802.16 MAC 子层协议	116
4.6.1 100BASE-T 以太网	76	6.3.4 802.16 帧结构	117
4.6.2 1Gbit/s 以太网	77	6.3.5 802.11 与 802.16 的比较	117
4.6.3 10Gbit/s 以太网	78	6.4 蓝牙技术	119
4.6.4 其他种类的高速局域网	80	6.4.1 蓝牙的体系结构	119
习题	82	6.4.2 蓝牙协议栈	120
第 5 章 网络互联	84	6.4.3 蓝牙基带层	121
5.1 网络互联基础	84	6.4.4 蓝牙 L2CAP 层	122
5.1.1 网络互联的基本类型	84	6.4.5 蓝牙帧结构	123
5.1.2 网络互联的层次	85	6.5 3G 技术	124
5.1.3 网络互联设备	85	6.5.1 3G 的标准	124
5.2 因特网路由选择协议	87	6.5.2 TD-SCDMA 的关键技术	125
5.2.1 路由基本知识	87	6.6 无线传感器网络	126
5.2.2 内部网关协议 RIP	90	6.7 无线组网实例	128
5.2.3 外部网关协议 OSPF	94	习题	130
5.2.4 外部网关协议 BGP	97	第 7 章 网络计算	131
5.2.5 组播路由协议	99	7.1 网络概述	131
5.3 虚拟专用网 VPN	102	7.1.1 网络的目的	132
5.3.1 虚拟专用网概述	102	7.1.2 网络的基本要求	132
5.3.2 基于 Internet 的 VPN 连接和基于 Intranet 的 VPN 连接	104	7.1.3 网络概念的分歧	133
5.4 IPv6 和 IPv4 之间的通信机制和方法	106	7.1.4 从网络到网络	134
习题	108	7.2 网络体系结构及其关键技术	135
		7.2.1 五层沙漏结构	135
		7.2.2 开放网络服务体系结构 (OGSA)	136
		7.2.3 网络计算系统的关键技术	139





网络工程概论

7.2.4 网络计算系统的系统软件	139
7.3 网络应用及研究现状	140
7.3.1 网络应用现状	140
7.3.2 网络研究现状	141
习题	142

第8章 网络安全技术

8.1 网络安全问题	143
8.2 加密技术	144
8.2.1 密码学基本概念	144
8.2.2 对称密钥算法	144
8.2.3 非对称密钥算法	145
8.3 数字签名与身份认证	146
8.3.1 数字签名	146
8.3.2 身份认证	148
8.4 入侵检测技术	150
8.4.1 基于误用的入侵检测技术	150
8.4.2 基于异常的入侵检测技术	151
习题	155

第9章 网络性能分析

9.1 网络性能参数	156
9.1.1 性能参数的制定原则	156
9.1.2 ITU-T 定义的 IP 网络性能参数	157
9.1.3 IETF 定义的 IP 网络性能参数	157
9.1.4 网络性能结构模型	157
9.2 网络性能测量	157
9.3 自相似过程	160
9.4 拥塞控制	162
9.5 拥塞相变	164
9.5.1 自相似数据对网络的影响	164
9.5.2 常用的几种拓扑结构	164
9.5.3 基于 Transit-Stub 分级结构的模型	164
9.5.4 幂率现象分析	165
9.5.5 基于网络排队熵的研究	167
9.6 细胞自动机模型	168
9.6.1 细胞自动机概述	168

9.6.2 一维 NaSch 网络模型	168
9.6.3 闭合 NaSch 网络模型的分析	169
9.6.4 NaSch 网络模型的平均场理论	171
习题	172

第10章 网络程序设计

10.1 基于 Socket 的程序设计	174
10.1.1 Socket 编程模型	174
10.1.2 WSAAsyncSelect 模型	175
10.1.3 完成端口模型	176
10.2 基于 HTTP 的网络编程	179
10.2.1 HTTP 协议的基本原理	179
10.2.2 一个使用 HttpRequest 和 HttpResponse 的例子	182
10.3 基于 ICMP 协议的程序设计	185
10.3.1 ICMP 的协议格式	186
10.3.2 Ping 的原理及编程实现	186
10.3.3 Traceroute 的原理及编程实现	190
习题	195

第11章 工业控制网络

11.1 工业控制网络概述	196
11.1.1 工业控制网络的特点	197
11.1.2 工业控制网络的基本模型	197
11.2 工业控制网络技术	200
11.2.1 现场总线	200
11.2.2 工业以太网	203
11.3 工业控制网络的实现	204
11.3.1 基于现场总线技术的卷烟厂制丝线控制系统	204
11.3.2 现场总线控制系统 (FCS) 和网络集成技术在制碱厂中的应用	207
习题	209

第12章 网络系统集成

12.1 网络系统集成的概念	210
12.1.1 网络系统集成的目标、方法	210





和内容	210
12.1.2 网络系统集成的原则	212
12.2 网络系统规划设计	212
12.2.1 需求分析	212
12.2.2 系统分析与逻辑设计	214
12.2.3 系统总体设计	214
12.2.4 文档建设	214
12.2.5 网络系统集成的项目管理	215
12.2.6 系统测试验收	215
12.3 网络拓扑结构的设计	215
12.3.1 网络拓扑的层次性	216
12.3.2 主干网络(核心层)的设计	216
12.3.3 汇聚层/接入层的设计	217
12.4 服务器设计	217
12.4.1 服务器硬件设计	217
12.4.2 网络操作系统选择	219
12.5 网络设备选择	220
12.5.1 交换机的选择	220
12.5.2 路由器的选择	221

12.6 一个工业企业信息网络设计	
实例	222
12.6.1 系统设计原则	222
12.6.2 需求分析	222
12.6.3 网络拓扑结构	223
12.6.4 系统安全设计	224
12.6.5 系统可靠性设计	228
12.6.6 网管系统	229
12.7 工业企业网络的集成	229
12.7.1 工业企业网	230
12.7.2 控制网络和信息网络的集成	231
12.7.3 现场总线控制网络的集成	233
12.7.4 现场总线控制网络与 DCS 网 络的集成	237
习题	239

参考文献	240
------------	-----

第 1 章

计算机网络概述

在当今社会向信息化发展的过程中，计算机网络正以空前的速度发展着。计算机网络的应用已经遍及人类活动的各个领域，并不断在改变着人类的生产和生活方式。

本章将对计算机网络的发展、功能、热点及新技术作简单介绍。

1.1 计算机网络的产生和发展

计算机网络源于计算机技术与通信技术的结合，开始于 20 世纪 50 年代，在最近 20 年来得到了迅猛的发展。

计算机网络的发展可以说经历了以下 4 个阶段：

1. 第一代计算机网络——面向终端的联机系统

第一代计算机网络的主要目的是共享昂贵的硬件资源。1946 年世界上第一台电子数字计算机在美国诞生后的很长一段时间内，计算机的成本很高，只有大的机构或大学才有足够的财力拥有计算机，此时的计算机在同一时刻只能供给一个用户使用，之后虽然发展了批处理系统和分时系统，在多用户方面有了一定的进步，但通信仍然没有引入计算机系统，用户使用计算机仍需到计算机中心去。20 世纪 50 年代中期，美国半自动地面防空预警系统（Semi-Automatic Ground Environment, SAGE）通过通信线路把远方的雷达和其他测量控制设备的信息汇集传送到一台名叫“旋风”的 IBM 计算机进行处理。之后，很多系统也通过通信线路把地理分散的多个终端连接到中心计算机上，这样就产生了第一代面向终端的计算机网络。





第一代计算机网络实际上是一种面向终端的分时计算机联机系统，主要由多台终端设备通过通信线路连接到一台中央计算机上而构成，其结构如图 1-1 所示。

在这种结构的计算机网络中，最初，每个终端是分别通过一条通信线路连接到中央主机的，中央主机除了要承担所有的数据处理任务以外，还必须承担通信处理的任务，这样主机的一部分资源不得被用于通信处理，降低了中央主机处理数据的速度和效率。可见这种系统存在主机负担重、通信线路利用率低的问题。对于此问题，后来引入了前置处理机来分担通信处理的任务，中央主机在通信方面的开销就减少了，使得其数据处理的速度和效率得到大幅度提高。另外，在减低线路成本方面也提出了新的方案，即可选择采用成本较低的低速线路，将本地各个终端连接到一个集中器，然后再通过高速线路将集中器与前置处理机连接起来，然后最终连接到中央主机。这里采用的集中器也是一种通信处理机，能够起到动态分配线路资源的作用。改进后的第一代计算机网络的结构如图 1-2 所示。

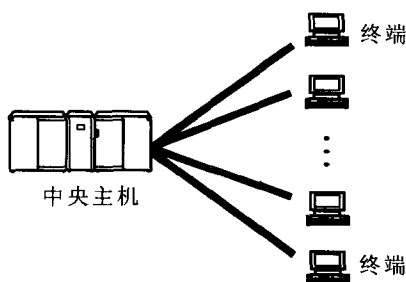


图 1-1 第一代计算机网络的结构

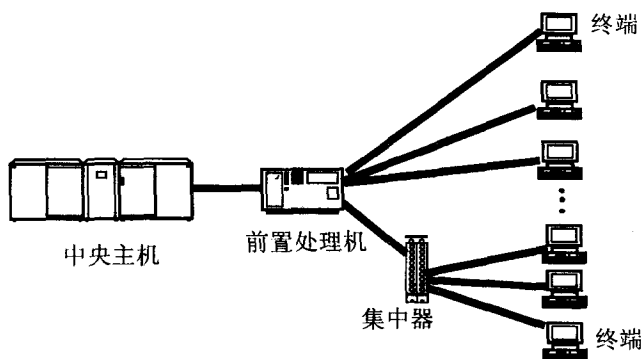


图 1-2 改进后的第一代计算机网络的结构

第一代计算机网络把远方的终端连接到中心计算机上，大大方便了用户使用计算机。但是这一代计算机网络中除了中央主机以外，其他的终端都不具有自主处理能力，从严格意义上来看，第一代计算机网络和目前已经比较成熟的计算机网络相比较，还不能算是一个计算机网络，只能看作是计算机网络的雏形。

2. 第二代计算机网络——分组交换网的出现

20 世纪 60 年代后期，随着计算机技术和通信技术的进步，出现了将多台计算机通过通信线路连接起来为用户提供服务的网络，这就是计算机—计算机网络，即第二代计算机网络的基础。它与第一代计算机网络中以单台计算机为中心的联机系统的显著区别是：这里的多台计算机都具有自主处理能力，它们之间不存在主从关系。在这种系统中，终端和中心计算机之间的通信已发展到计算机与计算机之间的通信。在这个阶段的发展初期，通信系统使用的仍然是电话交换系统，所采用的数据交换技术是电路交换，这种交换技术是



专为语音通信而设计的,在通信过程中,通信双方必须占用一条专用的物理线路,电路交换技术的这种特征使得计算机网络的稳健性难以得到保证,因为网络中某一节点或某条链路遭受破坏的话,就会中断正在使用此节点或链路所进行的通信。

这个时期也正是美国与前苏联严重对峙的年代,美国国防部认为提高军用计算机网络的可靠性是至关重要的,因此提出了要建设一个稳健的计算机网络的设想,要求计算机网络即使在遭受核打击或网络的一部分损坏的情况下仍然能够进行通信。为此目的,美国国防部向美国许多大学和公司提供经费,以促进稳健性计算机网络的研究,其结果是导致一个4节点的实验性网络于1969年投入运行和使用,这就是ARPA网(Advanced Research Projects Agency Network, ARPANet)——因特网的前身。

为了达到提高计算机网络的系统稳健性的要求,就必须寻求一种新的交换技术,分组交换技术就是在这种需求下出现的。ARPA网就是第一个采用分组交换技术的计算机网络。分组交换技术不同于电路交换技术,在数据通信过程中,不要求专用的通信线路,使得计算机间的通信更易于实现。分组交换技术出现后,计算机网络的应用得到了迅猛的发展,计算机网络的概念及结构也因此产生了根本性的变化,开始出现了分组交换网的概念。分组交换网中通信部分变得更为独立而高效,此阶段的计算机网络分为通信子网和资源子网两部分:通信子网由一些专门负责通信功能的计算机或通信处理机构成,提供对计算机网络中的通信支持,资源子网由提供共享资源的计算机组成。很明显,分组交换网络即第二代计算机网络的主要特征是采用了分组交换技术并形成了以通信子网为中心的网络结构。第二代计算机网络的结构如图1-3所示。

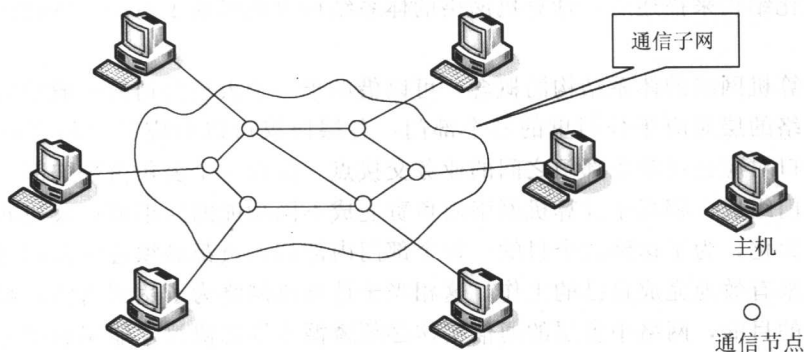


图1-3 第二代计算机网络的结构

在ARPA网成功运行之后,一些著名的研究机构、大学和工业巨头,为了各自不同的目的,纷纷研究开发了自己的第二代计算机网络,各大计算机公司更是网络急先锋,它们纷纷颁布自己的网络体系结构,其中最为著名、影响最大的是IBM公司的SNA(System Network Architecture, 系统网络体系结构)和DEC公司(Digital Equipment Corporation, 数字设备公司)的DNA(Digital Network Architecture, 数字网络体系结构),并提供实现各自网络体系结构的软硬件产品。用户购买这些计算机公司的网络产品,自己数设或租用电信公司的通信线路,就可组建自己的计算机网络。20世纪80年代至90年代



中期,第二代计算机网络在我国仍很流行,如 DEC 公司的 VAX、Alpha 小型机网络系统等。

第二代计算机网络的发展后期,一个很让人头痛的事实是,不同的计算机网络采用不同的网络体系结构及协议标准,计算机网络之间的差异性很大,不同厂家的产品的互联非常困难,这种现象使得计算机网络的信息共享范围受到了局限。人们迫切希望实现异种网络的互联,实现更大范围的资源和信息共享,这直接导致了第三代计算机网络的产生。

3. 第三代计算机网络——网络标准化

第三代计算机网络是以网络体系结构形成和协议标准化以及网络互联为特征的。国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)很早就致力于异种网络互联标准化的研究,并于 1984 年颁布了一个名为“开放系统互连基本参考模型”(Open System Interconnection Basic Reference Model, 简称 OSI/RM)的国际标准 ISO7498。

对于发展到一定阶段的系统,通常会形成自己的体系结构。对于计算机网络,此时颁布的这个 OSI 模型把进行信息交换的“源系统”和“目的系统”划分为七个子系统,每个子系统提供网络中所需的某一种或某一类服务功能,并用层的概念来描述每个子系统所对应的功能集合的逻辑构造。从层次上来看,OSI 模型的结构有七层。计算机网络中的“源系统”和“目的系统”之间要能完成通信功能的话,每一层的源端和目的端系统必须遵循一定的网络协议标准,这里的网络协议是指计算机网络中相互通信的对等层实体之间交换数据或通信时所必须遵守的规则或标准的集合。每一层基于本层的协议完成本层的功能后,层与层之间还必须能够有机地协调工作才能够完成整个计算机网络的数据通信,因此层与层之间存在信息传递,常把层与层之间的信息传递点称为层间接口。可见,计算机网络用层次化结构来描述后,计算机网络的体系结构也就形成了由层、各层协议和各层间接口的集合。

对于计算机网络的体系结构的概念,可以借助于一个大型公司的一般结构来理解,并把计算机网络的层对应于公司里的各个部门,各层协议可以对应各个部门内部的规章制度,层间接口对应公司各个部门之间的业务交接点。假设一个公司由采购部、财务部等不同功能的部门组成,相当于计算机网络由负责完成不同功能的层组成;公司的最终目标是经营利润最大化,为了达到这个目的,每个部门内部的人员都必须遵守公司对此部门制定的规章制度来有效地完成自己的工作,这相当于计算机网络为了达到通信,双方能快速有效传送数据的目的,网络中各层的通信实体必须遵循本层的协议才能完成本层的功能;公司的各个部门之间并不是完全独立的,有可能有业务来往,必须做到有机地协调才可能完成公司的总体目标,比如采购部完成采购动作后,必须向财务部提交相关的单据。在这里,部门间的业务交接点相当于计算机网络中的层与层之间的接口。层、协议、接口的示意图如图 1-4 所示。

20 世纪 80 年代中期,ISO 和 CCITT(国际电话电报咨询委员会)等机构为 OSI/RM 各层开发了一系列协议标准,构成了一个庞大的 OSI 基本标准集。由于这时网络的开放和互联已成为共识和发展方向,各大计算机厂商为了各自的商业利益相继宣布支持 OSI,并研制 OSI 产品,这极大地促进了网络互联技术的发展。



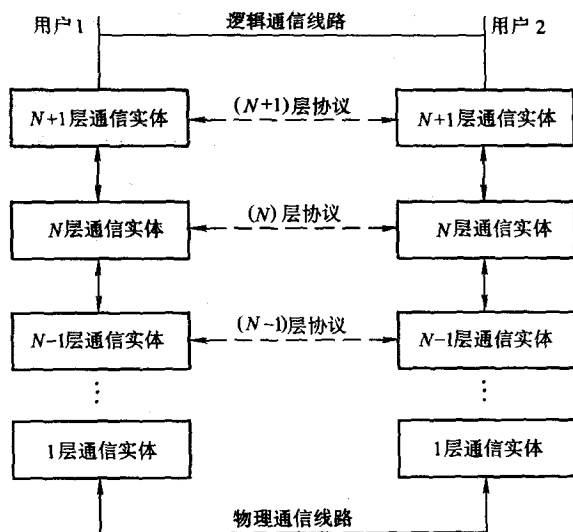


图 1-4 层、协议、接口的示意图

比 ISO 网络互联标准化努力更早,即在 20 世纪 70 年代中期,美国国防部高级研究项目局 (Defence Advanced Research Projects Agency, 即 DARPA, ARPA 为其前身) 为了实现异种网络的互联互通,大力资助网络互联技术的研究开发,这最终导致了著名的 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, 传输控制协议/网际协议) 的产生和发展。此后, DARPA 决定将 ARPANET 上所有机器转向 TCP/IP,而 ARPANET 是互联网的基础。从此, TCP/IP 与互联网一起不断发展壮大。为了推广 TCP/IP, DARPA 还采取了另外两个颇有远见的举措,其一是低价销售实现 TCP/IP 的软件;其二是资助加州伯克利大学把 TCP/IP 与 BSD UNIX 结合在一起,而 BSD UNIX 是当时多数大学流行的操作系统。这后两个措施有力地促进了 TCP/IP 技术的研究和应用开发。

今天, TCP/IP 的应用范围已极为广泛,装机范围已从微机发展到巨型机,从局域网发展到广域网,也正是 TCP/IP 支撑着互联网的发展。TCP/IP 已成为网络互联的事实上的工业标准。和 OSI 模型不一样, TCP/IP 网络体系结构是一个 4 层的结构。

4. 第四代计算机网络——网络普及和高速化综合化发展

网络体系结构及协议标准化后,计算机网络的发展更加迅猛,很快进入了普及发展的阶段。20 世纪 90 年代后,计算机网络开始不断应用到各行各业,已经渗透到了人类生活的各个领域,人们越来越体会到计算机网络带来的好处,同时也对计算机网络提出了高速化、综合化及智能化的要求。高速化需要计算机网络提供更宽的频带和更低的时延,这就促进了光缆技术及快速交换技术的发展;综合化智能化的要求希望将语音、视频、图像、数据等多种业务综合到一个网络中去,并能智能化地完成人们需要的各种应用功能,这些需求促使多媒体技术及智能化技术在网络中的应用得到迅速发展。

随着信息高速公路计划的提出与实施以及 Internet 技术越来越广泛的应用,计算机的



发展也已进入了网络计算的新时代,即以网络为中心的时代。现在,计算机通常都以某种形式接入网络,实现共享信息或协同工作,否则就无法充分发挥其效能。

从计算机网络的演变及发展过程来看,计算机技术和通信技术的发展都不可缺少。一方面,计算机技术应用到通信领域,改造更新通信设备,促进了通信由模拟向数字并最终向综合服务的发展方向发展;另一方面,通信技术又为多台计算机之间信息的快速传输、资源共享和协调合作提供了必要的技术手段,促进了计算机网络的极大发展。计算机技术和通信技术互相渗透,互相促进,使计算机网络走过了从简单到复杂、从低级到高级的4个发展阶段。

1.2 计算机网络的定义和功能

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络是指利用通信线路把具有独立功能的、分布在不同地理位置的计算机连接起来,并通过网络协议实现数据通信和资源共享的信息系统。

从计算机网络的定义很容易看出,计算机网络具有三个基本的特征:

- 1) 具有共享能力,能实现资源共享和信息交流。
- 2) 互联的计算机必须是独立(自主)的计算机,网络中的计算机都是平等的,没有主从关系。
- 3) 通信网是计算机网络的一个基本要素,信息传输时要遵循约定的通信协议。

1.2.2 计算机网络的功能

计算机网络具有如下5种最基本的功能:

1. 数据通信

数据通信是计算机网络最基本的功能,是其他所有网络功能的基础。利用计算机网络可实现各计算机之间快速可靠地互相传送数据,进行信息处理。

2. 资源共享

资源共享包括共享硬件资源、软件资源和信息资源。

3. 均衡负载互相协作

通过网络可以缓解用户资源缺乏的矛盾,使各种资源得到合理的调整。

4. 分布处理

一方面,对于一些大型任务,可以通过网络分散到多个计算机上进行分布式处理,也可能使各地的计算机通过网络资源共同协作,进行联合开发、研究等;另一方面,计算机网络促进了分布式数据处理和分布式数据库的发展。

5. 提高计算机的可靠性

计算机网络系统能实现对差错信息的重发,网络中各计算机还可以通过网络成为彼此的后备机,从而增强了系统的可靠性。



1.3 网络新技术简介

1.3.1 IPv6

近年来,随着因特网和网上业务的爆炸性增长,应用和用户的不断增加,因特网正在使用的网络互联协议 IPv4 越来越力不从心,IPv4 面临的严重挑战:首先,IP 地址严重不足,由于 IPv4 只用 32 位二进制数来表示地址,地址空间很小,IP 网将会因地址耗尽而无法继续发展;其次,IPv4 当初设计的初衷是为了提供一种便利信息共享的通信手段,它假设通信的各方是可信任的,因而对这种通信及所共享的信息的安全性考虑甚少,这是导致目前具有众多的针对 TCP/IP 的攻击手段的主要原因。第三,因特网提供的是“尽力而为的服务”,难以提供满意的服务质量(Quality of Service, QoS)保证。

IPv4 的上述不足和因特网的迅速发展,迫切需要一个新的网际协议。在这种情况下,因特网工程任务组(Internet Engineering Task Force, IETF)提出了新的网际协议的概念,并相继发表了相关的 RFC(Request for Comments),最后,一种名为增强型简单因特网协议(Simple Internet Protocol Plus, SIPP)被选中,并命名为 IPv6。IPv6 有许多优良的特性,尤其在 IP 地址量、安全性、服务质量、移动性等方面比 IPv4 具有明显优势。首先,IPv6 的地址为 128 位,它能提供巨大的地址空间,IP 地址不足的问题将不复存在。其次,在 IPv6 中,IPSec(IP Security)安全协议是必选的,提供了认证和加密两种安全机制,大大增强了安全性。再次,IPv6 基于服务类型和优先级提供更好的服务质量保证。最后,IPv6 在 IPv4 的基础上,针对移动性进行考虑、修订,提供一整套 IP 路由机制,可以使任何网络节点以一个永久的 IP 地址连接到互联网的任何链路上,从而提供了更好的移动性。

1.3.2 全光网络

现在普遍使用的光纤通信,主要是采用了光的复用技术,如波分复用技术(Wavelength Division Multiplexing, WDM)、时分复用技术(TDM)和空分复用技术(SDM),在这种光纤通信网络中,网络节点必须完成光/电、电/光转换,容易产生“电子瓶颈”。全光网络(All Optical Network, AON)就是在这种背景下提出来的。在 AON,从源节点到目的节点的整个数据传输过程中,数据信号都是在光域内传输,不再经过光/电、电/光转换。AON 的交换设备则是高可靠性、大容量和高灵活性的光交叉连接设备(OXC)。AON 被认为是下一代网络的主要支柱之一。

1.3.3 10Gbit/s 以太网

因特网上多媒体业务的蓬勃发展,导致了对通信速率的似乎是永无止境的需求。人们还沉浸在千兆以太网的喜悦中时,10Gbit/s 以太网又登场了。10Gbit/s 以太网的目标在于扩展以太网技术,使之能进入城域网和广域网,实现局域网、城域网和广域网的无缝集成;10Gbit/s 以太网是向前兼容的,即兼容 10Mbit/s 和 100Mbit/s 以太网,这意味着现

