



普通高等教育“十一五”规划教材

计算机网络

王相林 编著

JISUANJI WANGLUO



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TP393/562

2008

普通高等教育“

计 算 机 网 络

王相林 编著

机 械 工 业 出 版 社

本书从计算机网络体系结构的应用层开始,采用自顶向下方法逐层介绍当代计算机网络体系结构的层次和协议内容。本书结合 Internet 应用讲述计算机网络基本原理和技术,注重难点和重点的讨论。

本书共 9 章,按知识单元分为四个部分。第一部分包括第 1 章计算机网络概述、第 2 章计算机网络体系结构和网络协议,讲述计算机网络的基本概念和基本知识。第二部分包括第 3 章数据通信技术基础,讨论与计算机网络密切联系的数据通信的基础知识。第三部分为全书的核心,包括第 4 章应用层、第 5 章运输层、第 6 章网络层、第 7 章数据链路层和局域网、第 8 章物理层,力求讲透五层协议每一层所包含的理论知识、实现功能和描述方法。第四部分包括第 9 章网络管理与网络安全,讨论网络管理模型和网络管理协议,讲述网络数据加密、认证与数字签名技术。

本书的叙述顺序按知识结构渐进,书中的内容和例子均经过验证,是编者多年教学实践和经验的总结。每章有思考题和习题,题目内容与讲述内容紧密衔接。本书可用作计算机、电子、通信工程相关专业本科生和研究生的计算机网络课程教材,也适合从事计算机网络研究和应用的科技工作者参考和阅读。

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:wbj@mail.machineinfo.gov.cn。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/王相林编著. —北京:机械工业出版社, 2008.1

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-22935-3

I. 计… II. 王… 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 185258 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:马军平 责任校对:姜 婷 封面设计:张 静

责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20 印张·493 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22935-3

定价:30.00 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) 88379727

封面无防伪标均为盗版

前 言

我们生活在信息时代, 计算机网络技术是信息时代的主要技术之一。进入 21 世纪以来, Internet 技术和应用迅速发展, 计算机网络已经渗透到社会生活的各个领域, 计算机网络已经或正在改变着人们生活、工作和学习的方式。人们的学习、工作和生活与计算机网络技术密切联系, 计算机网络为人们架起信息传递的桥梁, 通过计算机网络人们可以即时交流信息, 计算机网络提供了丰富的信息资源, 人们有了计算机网络这一获取知识的新途径, 使人们实现终生学习、知识更新更加方便, 同时计算机网络上的电子图书馆、电子博物馆、音频和视频资源又丰富了人们的生活。对计算机网络理论和技术的了解、学习和掌握已经成为基本要求, 人们迫切希望学习计算机网络的理论、技术和应用方法。

本书是在多年教学讲义积累的基础上编写的, 采用较新的“自顶向下”方法逐层介绍计算机网络层次和协议, 以符合人们接受知识的习惯。针对计算机网络理论与实际应用的需求, 结合生活中的示例讲述理论问题, 讲清楚计算机网络协议的实现机制。通过告诉学生所学的是是什么, 让学生知道为什么会是这样, 怎样运用所学的知识, 这些知识怎样与网络实际联系, 从而培养学生学习计算机网络知识的兴趣。

本书的主要内容围绕当代计算机网络体系结构的层次和协议进行解释和阐述, 注重难点和重点的讨论。突出计算机网络理论和技术的核心内容。网络应用以 TCP/IP 协议为主线展开, 突出因特网的应用, 既考虑一般读者, 又顾及到提高者。

本书内容循序渐进、脉络清晰, 讲清楚计算机网络的知识是什么、为什么、怎样用, 做到举一反三、触类旁通。在内容组织上立足让读者读懂, 用通俗的语言叙述, 注重与生活中网络应用的联系。

全书共 9 章, 按知识单元分为四个部分。

第一部分包括第 1 章计算机网络概述、第 2 章计算机网络体系结构和网络协议, 讲述计算机网络的基本概念和基本知识, 计算机网络的发展历史, 计算机网络涉及的标准, 计算机网络体系结构和计算机网络协议的基本概念。

第二部分包括第 3 章数据通信技术基础, 讨论与计算机网络密切联系的数据通信的基础知识, 主要内容为学习计算机网络时用到的数据通信理论知识, 以及信道复用技术、交换技术、信号编码技术、差错控制技术。数据通信技术内容的安排以学习计算机网络够用为止。

第三部分为全书的核心, 采用自顶向下方法逐层介绍当代计算机网络体系结构的层次和协议内容。包括第 4 章应用层、第 5 章运输层、第 6 章网络层、第 7 章数据链路层和局域网、第 8 章物理层。力求结合 Internet 应用讲透每一层协议所包含的理论知识、实现功能和描述方法。这一部分的重点在第 5 章、第 6 章和第 7 章, 结合实例对端到端可靠传输的实现方法、网络协议的设计方法、网络互连、网络寻址、路由选择、源节点到目的节点之间可靠传输, IP 地址技术、相邻节点之间可靠传输、局域网实现技术、物理层协议的四个特性进行分析和讨论。

第四部分包括第9章网络管理与网络安全。计算机网络管理讨论网络管理的基本概念、网络管理的功能、网络管理模型和网络管理协议。计算机网络安全讲述网络安全面临的威胁、Internet的安全层次、数据加密技术、认证与数字签名技术,以及报文鉴别技术和密钥分配技术。最后讨论了网络安全中常用的防火墙技术和入侵检测技术。

书中内容注重知识更新,反映计算机网络最新理论和新技术。叙述顺序按知识结构渐进,书中的内容和例子均经过验证,是在多年教学实践和经验积累上的概括和总结。每章有思考题和习题,题目内容与讲述内容紧密衔接。

本书可用作计算机、电子、通信工程相关专业的本科生和研究生的计算机网络课程教材,也适合从事计算机网络研究和应用的科技工作者参考和阅读。

胡维华教授、万健教授、董云耀副教授、李向丽副教授和石磊副教授对书稿提出了很多宝贵的意见,作者表示诚挚的谢意。

吴阿明、王源参加了书稿修改工作。卢庆菲、李蓓蕾、陈守元、曹旭、刘垚峰、徐静静、李作亲参加了资料整理工作。

由于作者水平有限,书中难免存在有不妥之处,恳请读者批评指正。作者的电子邮箱是:wangedu@163.com。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:wbj@mail.machineinfo.gov.cn。

作 者

李 磊

目 录

前言

第一部分 计算机网络基础知识

第1章 计算机网络概述1	2.1.2 计算机网络协议的要素.....22
1.1 计算机网络技术的发展历程.....1	2.1.3 网络协议与人类通信所使用协议的比较.....22
1.1.1 计算机网络的定义.....1	2.1.4 计算机网络协议的格式.....23
1.1.2 通信技术和计算机网络技术的发展.....3	2.2 计算机网络体系结构.....23
1.1.3 计算机网络发展的划代.....5	2.2.1 计算机网络体系结构的定义.....23
1.1.4 计算机网络的功能和用途.....7	2.2.2 网络体系结构分层的原则.....24
1.1.5 计算机网络技术的特征.....8	2.2.3 两种形式的网络服务.....25
1.1.6 计算机网络在我国的发展.....9	2.2.4 服务原语.....26
1.2 计算机网络的组成和结构.....10	2.2.5 对等协议的通信过程.....27
1.2.1 计算机网络的物理构成.....11	2.2.6 接口和数据单元.....27
1.2.2 计算机网络的拓扑结构.....12	2.2.7 协议和服务的关系.....28
1.2.3 计算机网络的协议体系结构.....13	2.3 OSI 参考模型.....28
1.2.4 计算机网络的分类.....13	2.3.1 OSI 参考模型概述.....28
1.2.5 计算机网络的硬件.....15	2.3.2 OSI 参考模型的结构.....29
1.2.6 计算机网络的软件.....15	2.3.3 OSI 参考模型各层的功能.....29
1.2.7 计算机网络的常用术语.....15	2.3.4 OSI 参考模型的数据传输.....31
1.3 与计算机网络有关的技术标准.....16	2.4 TCP/IP 协议.....32
1.3.1 国际组织与有关的标准.....16	2.4.1 TCP/IP 协议是 Internet 的语言.....32
1.3.2 国际标准的制定过程.....17	2.4.2 TCP/IP 协议的层次结构.....33
1.3.3 Internet 标准及制定组织.....18	2.4.3 网络协议的捆绑.....34
1.3.4 RFC 文档.....18	2.4.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 协议的比较.....35
1.3.5 有关 Internet 管理组织和技术标准的网址.....19	2.5 计算机网络实例.....36
小结.....19	2.5.1 ARPANET 网络.....36
思考题与习题.....20	2.5.2 X.25 网络.....36
第2章 计算机网络体系结构和网络协议21	2.5.3 交换式多兆位数据服务.....37
2.1 计算机网络协议.....21	2.5.4 Internet 与 Internet 2.....37
2.1.1 计算机网络协议的作用.....21	小结.....39
	思考题与习题.....39

第二部分 数据通信基础知识

第3章 数据通信技术基础41	
3.1 数据通信基本知识.....41	
3.1.1 信息、数据与信号.....41	
3.1.2 通信的基本要求.....42	
3.1.3 数据通信传输系统模型.....42	
3.1.4 信道的最大容量.....43	
3.1.5 调制速率和数据传输率.....44	
3.1.6 基带传输和频带传输.....44	
3.1.7 通信双方信息交互的方式.....45	
3.1.8 异步传输和同步传输.....45	
3.2 有线传输介质.....46	
3.2.1 传输介质的分类.....46	
3.2.2 双绞线.....46	
3.2.3 同轴电缆.....48	
3.2.4 光纤.....49	
3.3 无线传输介质.....52	
3.3.1 电磁波谱.....52	
3.3.2 无线电传输.....53	
3.3.3 微波传输.....54	
3.3.4 红外线传输.....55	
3.3.5 激光传输.....55	
3.3.6 卫星传输.....56	
3.4 信道复用技术.....57	
3.4.1 频分复用.....57	
3.4.2 时分复用.....58	
3.4.3 时分复用与频分复用的比较.....58	
3.4.4 波分复用.....58	
3.4.5 空分复用.....59	
3.4.6 统计复用.....59	
3.5 数据编码技术.....60	
3.5.1 数字数据编码为模拟信号.....60	
3.5.2 数字数据编码为数字信号.....61	
3.5.3 模拟数据编码为数字信号.....62	
3.5.4 模拟数据编码为模拟信号.....63	
3.6 交换技术.....63	
3.6.1 交换技术的用途.....63	
3.6.2 电路交换.....63	
3.6.3 报文交换.....63	
3.6.4 分组交换.....63	
3.6.5 传统交换技术的比较.....64	
3.6.6 信元交换.....65	
3.7 差错控制技术.....65	
3.7.1 差错产生的原因.....65	
3.7.2 差错控制方法.....65	
3.7.3 前向纠错及海明校验.....66	
3.7.4 循环冗余校验编码.....67	
小结.....68	
思考题与习题.....70	

第三部分 自顶向下的计算机网络体系结构

第4章 应用层72	
4.1 应用层协议原理.....72	
4.1.1 应用层协议及描述.....72	
4.1.2 应用层需要的服务.....73	
4.1.3 网络应用的计算模式.....73	
4.1.4 进程通信与应用层协议.....74	
4.1.5 Internet 运输协议提供的服务.....74	
4.2 域名系统.....75	
4.2.1 域名与 IP 地址.....75	
4.2.2 域名系统提供的服务.....75	
4.2.3 域名地址空间结构.....75	
4.2.4 域名系统工作原理.....78	
4.2.5 域名系统记录和报文.....78	
4.3 Web 服务和超文本标记语言.....80	
4.3.1 超文本、超媒体及超链接.....80	
4.3.2 超文本标记语言.....80	
4.3.3 统一资源定位符.....82	
4.3.4 HTTP 报文格式.....84	
4.3.5 Web 高速缓存.....86	
4.4 文件传输协议.....86	

4.4.1 概述	86	5.3.5 选择重传协议	115
4.4.2 FTP 服务器与客户机	87	5.3.6 三种可靠数据传输协议的比较	115
4.4.3 匿名 FTP 服务	87	5.4 拥塞控制	116
4.4.4 FTP 的工作原理	88	5.4.1 拥塞与拥塞控制	116
4.4.5 客户端应用程序	88	5.4.2 与拥塞控制有关的因素	117
4.4.6 FTP 交互工作过程的例子	89	5.4.3 流量控制与拥塞控制	117
4.4.7 FTP 与 HTTP 的比较	90	5.4.4 拥塞控制原理	118
4.4.8 简单文件传输协议	90	5.4.5 拥塞控制方法	119
4.5 电子邮件服务	91	5.5 TCP/IP 协议簇中的运输层协议	124
4.5.1 电子邮件系统的组成	91	5.5.1 TCP/IP 协议簇的运输层协议	124
4.5.2 电子邮件协议	92	5.5.2 应用层协议对应的运输层协议	124
4.5.3 电子邮件地址	93	5.5.3 运输层的端口	124
4.5.4 电子邮件报文格式	93	5.6 用户数据报协议	125
4.5.5 电子邮件服务器之间的工作过程	94	5.6.1 用户数据报协议的特点与作用	125
4.5.6 通用 Internet 邮件扩展	96	5.6.2 用户数据报协议的格式	126
4.5.7 SMTP 与 HTTP 的比较	98	5.6.3 用户数据报协议的校验和	126
小结	98	5.7 运输控制协议	127
思考题与习题	99	5.7.1 运输控制协议的功能描述	127
第 5 章 运输层	101	5.7.2 运输控制协议的格式	128
5.1 运输层提供的服务	101	5.7.3 运输控制协议的连接与控制管理	129
5.1.1 运输层的作用	101	5.7.4 端口和套接字	130
5.1.2 运输层与网络层的关系	102	5.7.5 运输控制协议的流量控制和拥塞控制	131
5.1.3 运输层协议与相邻层的关系描述	103	5.7.6 运输控制协议的重传机制	133
5.1.4 运输层的服务质量	103	5.8 网络服务质量	133
5.1.5 运输服务原语和运输协议数据单元	104	5.8.1 网络服务质量描述	133
5.2 运输协议的要素	105	5.8.2 调度和管制机制	134
5.2.1 网络中的寻址	105	5.8.3 综合服务	135
5.2.2 复用与分用	106	5.8.4 区分服务	136
5.2.3 运输连接的建立与释放	107	5.8.5 多协议标记交换	136
5.2.4 连接控制与缓冲管理	108	5.8.6 QoS 技术实现时的一些问题	138
5.2.5 差错控制	108	小结	138
5.2.6 超时机制和序号设置	109	思考题与习题	140
5.3 基本的网络协议设计与分析	109	第 6 章 网络层	143
5.3.1 滑动窗口协议描述	109	6.1 网络层涉及的问题	143
5.3.2 理想网络情况的协议	110	6.1.1 网络层实现的功能	143
5.3.3 停-等协议	111	6.1.2 虚电路服务和数据报服务	145
5.3.4 回退 N 协议	114	6.1.3 通信子网的内部结构	147

6.2 路由选择.....148	6.9.4 专用 IP 地址及用途.....178
6.2.1 路由选择的作用及原则.....148	6.9.5 IP 地址的一些要点.....179
6.2.2 IP 分组的交付.....150	6.9.6 IP 层转发分组的过程.....179
6.2.3 路由选择模块与路由表.....151	6.9.7 子网划分技术.....181
6.2.4 路由技术要素.....151	6.9.8 使用子网掩码的分组转发过程.....183
6.3 静态路由.....152	6.9.9 无分类编址.....184
6.3.1 静态路由选择基本概念.....152	6.9.10 Internet 控制报文协议.....187
6.3.2 固定路由选择算法.....152	小结.....188
6.3.3 随机路由选择算法.....153	思考题与习题.....190
6.3.4 扩散路由选择算法.....153	第 7 章 数据链路层和局域网.....195
6.3.5 最短路由选择算法.....153	7.1 数据链路层的基本概念.....195
6.4 动态路由选择.....154	7.1.1 数据链路层概述.....195
6.4.1 动态路由选择基本概念.....154	7.1.2 数据链路层的用途.....196
6.4.2 孤立式自适应路由选择算法.....154	7.1.3 帧的组成及帧的边界.....197
6.4.3 距离矢量路由选择.....155	7.1.4 数据链路层的流量控制.....198
6.4.4 链路状态路由选择.....157	7.2 数据链路层协议.....199
6.5 层次路由选择.....158	7.2.1 二进制同步通信协议.....199
6.5.1 层次的路由选择基本概念.....158	7.2.2 高级数据链路控制协议.....200
6.5.2 自治系统.....159	7.2.3 Internet 中的数据链路层协议.....202
6.5.3 层次路由中的区域.....160	7.3 局域网.....203
6.6 广播和多播路由选择算法.....160	7.3.1 局域网的基本概念.....203
6.6.1 广播路由选择算法.....160	7.3.2 局域网涉及到的问题.....203
6.6.2 多播路由选择算法.....161	7.3.3 局域网的体系结构.....204
6.7 Internet 路由选择协议的应用.....162	7.3.4 局域网 IEEE 802 标准.....205
6.7.1 内部路由协议 RIP.....162	7.4 信道访问协议.....206
6.7.2 内部路由协议 OSPF.....164	7.4.1 信道访问技术分类.....206
6.7.3 外部路由协议.....167	7.4.2 固定信道划分协议.....206
6.8 网络互连.....169	7.4.3 随机访问协议.....206
6.8.1 网络互连基本概念.....169	7.4.4 轮流访问协议.....209
6.8.2 网络互连需要解决的问题.....170	7.5 局域网地址与地址解析协议.....209
6.8.3 互连类型及涉及的层次.....170	7.5.1 局域网地址.....209
6.8.4 网络互连模型及互连规则.....171	7.5.2 地址解析协议.....210
6.8.5 网络互连设备.....171	7.5.3 反向地址解析协议.....214
6.8.6 网络互连层次之间的关系.....172	7.6 传统局域网.....214
6.8.7 IP 虚拟互连网络.....173	7.6.1 以太网.....214
6.9 Internet 上的网络层协议.....173	7.6.2 令牌总线型局域网.....216
6.9.1 IP 协议描述.....173	7.6.3 环形局域网.....217
6.9.2 IP 数据报的分片.....175	7.7 快速以太网和千兆以太网.....219
6.9.3 IP 地址及表示方法.....176	7.7.1 快速以太网.....219

7.7.2 100base-T 以太网.....	219	7.10.6 IEEE 802.11 的协议体系结构.....	238
7.7.3 千兆以太网.....	220	7.10.7 IEEE 802.11 的 MAC 层.....	239
7.7.4 万兆以太网.....	221	7.10.8 IEEE 802.11 的物理层.....	242
7.7.5 以太网的宽带接入.....	222	7.10.9 其他无线计算机网络.....	243
7.8 交换式局域网.....	222	小结.....	243
7.8.1 交换式局域网的结构和工作 原理.....	222	思考题与习题.....	245
7.8.2 交换机的交换方式.....	223	第 8 章 物理层	249
7.8.3 交换机的功能和性能.....	223	8.1 物理层协议.....	249
7.8.4 交换机的主要技术参数.....	224	8.1.1 物理层涉及的问题.....	249
7.8.5 三层交换的概念.....	225	8.1.2 物理层协议描述.....	249
7.8.6 局域网采用的三层交换技术.....	226	8.1.3 物理层的四个特性的内容.....	250
7.8.7 三层交换与传统路由器的比较.....	227	8.2 物理层标准举例.....	250
7.9 虚拟局域网.....	228	8.2.1 EIA- RS-232-E 标准.....	250
7.9.1 使用虚拟局域网的原因.....	228	8.2.2 EIA- RS-232-E 标准的四个特性 描述.....	251
7.9.2 虚拟局域网的基本概念.....	229	8.2.3 两台计算机直连.....	252
7.9.3 静态虚拟局域网和动态虚拟 局域网.....	230	8.3 宽带接入技术.....	252
7.9.4 虚拟局域网内主机之间的通信.....	231	8.3.1 xDSL 技术.....	252
7.9.5 虚拟局域网之间主机的通信.....	232	8.3.2 光纤同轴混合技术.....	253
7.10 无线局域网.....	233	8.4 同步数字体系.....	254
7.10.1 无线局域网的基本概念.....	233	8.4.1 同步数字体系的基本概念.....	254
7.10.2 无线局域网的发展历程.....	234	8.4.2 同步数字体系的技术特点.....	255
7.10.3 IEEE 802.11 无线局域网.....	235	8.4.3 同步数字体系的速率体系.....	255
7.10.4 有固定基础设施的无线 局域网.....	236	8.4.4 SONET 的体系结构.....	256
7.10.5 无固定基础设施的自组织网络.....	237	小结.....	257
		思考题与习题.....	257

第四部分 计算机网络管理与安全

第 9 章 网络管理与网络安全	259	9.1.7 管理信息库结构.....	265
9.1 网络管理.....	259	9.1.8 网络管理技术发展.....	266
9.1.1 基本概念.....	259	9.2 网络安全.....	267
9.1.2 网络管理协议.....	260	9.2.1 概述.....	267
9.1.3 网络管理模型.....	261	9.2.2 网络安全面临的威胁.....	268
9.1.4 网络管理代理.....	262	9.2.3 网络安全层次划分.....	269
9.1.5 网络管理站和 SNMP 规定的 操作.....	262	9.2.4 Internet 的网络安全层次.....	270
9.1.6 简单网络管理协议.....	263	9.3 传统数据加密技术.....	272
		9.3.1 网络安全模型.....	272

9.3.2 对称密钥密码体制·····	273	9.6.1 入侵检测系统的定义和分类·····	286
9.3.3 数据加密标准·····	274	9.6.2 入侵检测系统与 P ² DR 模型·····	287
9.4 公钥密码体制·····	276	9.6.3 网络入侵检测系统设计的问题·····	288
9.4.1 公钥密码体制的概念·····	276	9.6.4 入侵检测系统模型·····	289
9.4.2 RSA 公钥密码体制·····	278	9.6.5 入侵检测技术研究的新问题·····	290
9.4.3 数字签名技术·····	279	小结·····	290
9.4.4 报文鉴别技术·····	280	思考题与习题·····	292
9.4.5 密钥分配技术·····	281	附录·····	294
9.4.6 链路加密与端到端加密·····	283	附录 1 ASCII 码表·····	294
9.5 防火墙技术及结构·····	284	附录 2 常用的 RFC 文档·····	298
9.5.1 防火墙技术概念·····	284	附录 3 书中英文缩写词·····	301
9.5.2 防火墙结构·····	285	附录 4 常用网址·····	307
9.6 入侵检测技术·····	286	参考文献·····	308

第一部分 计算机网络基础知识

第 1 章 计算机网络概述

本章学习内容及要求

计算机网络和 Internet（因特网）推动了社会的发展，对人们的生活、学习和工作方式产生了深刻的影响。本章首先介绍了计算机网络技术的形成和历史、计算机网络的发展过程，以及重要的技术发展事件。进一步讨论计算机网络的组成涉及哪些网络硬件和网络软件，有哪些结构形式和描述方法，涉及到哪些技术术语，这些技术术语又怎样理解，和人们的日常工作和生活怎样联系。计算机网络怎样分类，有哪些拓扑结构。

计算机网络技术的发展离不开标准化，国际上有哪些与计算机网络和数据通信有关的标准组织，这些组织又制定有哪些技术标准，与计算机网络技术应用怎样联系，尤其是 Internet 技术标准是什么，怎样能够浏览到这些标准内容。

通过本章学习，要求了解计算机网络技术的形成和历史、典型的计算机网络、与计算机网络有关的国际组织和国际标准，以及计算机网络目前应用和研究的热点问题；掌握计算机网络的定义、计算机网络的组成和结构、计算机网络的分类方法、常用的拓扑结构；熟悉计算机网络的常用术语。

1.1 计算机网络技术的发展历程

1.1.1 计算机网络的定义

1. 什么是计算机网络

计算机网络是通过传输介质、通信设施和网络通信协议，把分散在不同地点的计算机设备互连起来，实现资源共享和信息传输的系统。图 1-1 给出计算机网络的组成和连接。

在上述计算机网络定义中，涉及到七个知识点：①传输介质；②通信协议；③不同地点；④计算机设备；⑤资源共享；⑥数据传输；⑦系统。计算机网络的原理和技术围绕这 7 个知识点展开讨论，对计算机网络的学习就是分析这些知识点的含义，涵盖的内容，涉及到的技术。

计算机网络是一个互连的计算机系统和通信系统的集合，这些计算机系统是分散的，可以在一个房间内、一个大楼内、一个校园或企业内，也可以是在一个城市内、一个国家乃至

全球范围内。

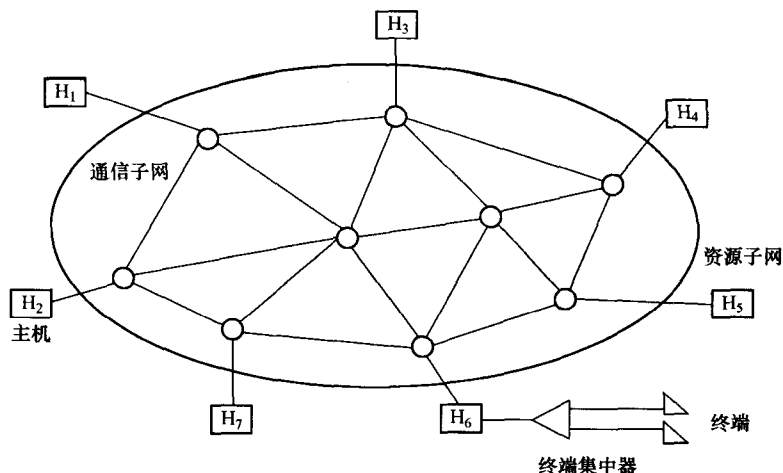


图 1-1 计算机网络的组成和连接

计算机网络系统中的每台计算机都可以独立地工作，并在网络通信协议的控制下协同工作。系统互连要通过传输介质、传输设备和交换设备。

计算机网络系统通过通信设施执行信息交换，实现资源共享、互操作（Interoperation）和协同处理（Interworking），支持互连网络环境下的异构计算机系统之间的进程通信。

借助计算机网络，可以实现任何人（Whoever）在任何时间（Whenever）、任何地方（Wherever）、都可以和任何另一个人（Whoever）通过计算机网络进行通信，可以传递任何信息（Whatever），即可以是多媒体信息。这也称为五个 W 的计算机网络应用。

2. 什么是通信

通信是从一个地点向另一个地点传递消息。在人类社会的生活活动和生产活动中都离不开消息的传递和交流，通信是人类生存、生产和生活的需要。

完成一次通信必须具备三个要素：①通信双方都有通信的愿望；②通信双方之间有用传输介质构成的传输通路；③要有通信双方彼此理解和遵循的通信规则和协议。

通信可以分为“非电的通信”、“电的通信”、“光的通信”。非电的通信有文字、书信、手语等；电的通信有电话、电报、移动电话等；光的通信有古代的烽火，以及现在的通过光纤传输介质传输光信号等。

3. 计算机网络与分布式计算机系统

在计算机网络发展的不同阶段，人们对计算机网络的定义和理解是不同的，这些理解和描述也反映了对网络技术的认识程度，以及当时网络技术发展的水平。最初的联机终端网络是从数据传输的观点来认识计算机网络的，逐步发展到明确建立计算机网络的主要目的是实现资源共享、计算机网络中的计算机是自治的、各计算机之间的通信需要遵循彼此约定的协议，逐步形成计算机网络的基本特征。

人们定义的计算机网络对网络用户来说是透明的，所谓透明指的是用户不必关心和知道一个具体的计算机网络系统是怎样组成的，用户只需要遵循计算机网络使用的协议，由网络操作系统为用户自动管理、调用网络资源。

分布式计算机系统是建立在计算机网络基础上的，从网络硬件来看，分布式计算机系统

与计算机网络几乎是一样的,但是两者的最主要的区别是在软件上,表现在分布式操作系统与网络操作系统的设计思想、结构、工作方式和实现功能是不同的。计算机网络由网络硬件和网络软件组成,网络系统软件称为网络操作系统。在计算机网络中,要求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,登录到网络中的一台计算机,成为该台计算机的合法用户后,才能使用可共享的资源。

分布式计算机系统以全局方式管理系统资源,用户不必关心资源的分布情况,用户的作业管理与文件管理过程对用户是透明的。分布式操作系统的功能可以分散到网络环境中的多个计算机上,系统中拥有多种通用的物理和逻辑资源,可以动态地给它们分配任务,这些资源通过计算机网络实现信息交换,系统中的计算机既合作又自治,用户在使用分布式计算机系统时,像使用一台计算机那样,感觉不到分布式计算机系统的存在,系统内部结构对用户是透明的。分布式计算机系统是一种紧耦合系统,而计算机网络是一种松耦合系统。

1.1.2 通信技术和计算机网络技术的发展

计算机网络技术是计算机技术和通信技术相结合的技术,计算机技术和通信技术两者又离不开微电子技术的支撑。计算机网络从20世纪60年代出现,到20世纪70年代、80年代兴起和发展,直到20世纪90年代大发展。进入21世纪以后,计算机网络技术已经成为信息社会的基础设施,深入到人类社会的方方面面,与人们的工作、学习和生活息息相关。任何一门科学技术发展的动力都是来自社会的需要,回顾人类社会通信技术和计算机技术发展的历程,以及涉及到的技术,对理解计算机网络技术的发展很有帮助。

1837年电报发明,1876年电话出现,两者采用电磁技术,人类社会进入近代电信时代。

1906年发明出电子管;1912年又研制成功电子管放大器,揭开现代电子技术的序幕。

1930年微波通信开始应用。

1946年世界上第一台计算机研制成功,计算机技术开始应用。

1947年12月23日研制出世界上第一个晶体管,半导体技术,即微电子技术开始应用。

1949年又提出PN结理论;1950年研制出具有PN结的晶体管;1959年研制出硅平面管,发明集成电路;之后根据摩尔定律,集成电路的集成度每18个月翻一番;到2002年,现在的超大规模集成电路(VLSI),在一个拇指指甲盖大小面积上可集成近1亿个晶体管。

1962年第一颗人造地球通信卫星发射成功,卫星上的转发器使用微波与地面通信站进行通信。

1966年英国国家物理实验室完成第一个分组交换实验网。

1969年美国ARPANET网建成,是计算机网络技术发展的里程碑。ARPANET网现在已经演变为Internet,1990年ARPANET网退出使用。

1972年美国施乐公司开发出以太网(Ethernet)技术,用于组建局域计算机网络,揭开组建局域计算机网络的序幕。

1974年TCP/IP开始研制,之后在1983年TCP/IP成为在ARPANET上正式的网络协议,在1985年和1988年进行了修改和补充。

1975年Zilog公司生产出Z80芯片。

1976年CCITT制定X.25建议书,该建议书是用于传输计算机数据的分组交换网的一个标准。

1977 年美国苹果计算机公司推出 8 位微型计算机 Apple-II。半导体技术的发展, 超大规模集成电路的研制使得微型计算机的研制成为可能, 微电子技术的产品构成了电子工业的粮食。

1980 年 2 月美国 IEEE 制定出局域计算机网络的标准, 称为 IEEE 802 标准; 之后 IEEE 802 标准成为系列标准, 包括城域网、无线局域网等的标准。随着局域网的应用需求和技术发展, IEEE 802 标准序列一直有新的标准在补充。

1981 年美国 IBM 公司个人计算机 (PC) 问世。IBM 公司采取开放微机操作系统 PC-DOS 源代码的措施, DOS 是磁盘操作系统, 使用命令行工作方式, 使得各计算机厂商生产出与之兼容的计算机产品。之后 PC 兼容机大量生产出来, 进一步有了把 PC 和大型计算机互联起来, 使得 PC 之间、PC 和大型机之间可以相互通信、共享资源。这样, 局域计算机网络迅速发展起来, 同时互联网异军突起。

1981 年国际学术网络 BITNET (Because It's Time Network) 启用。

1982 年电子邮件格式定义, 进入 1990 年以后, 电子邮件成为计算机网络中最广泛的应用之一。

1982 年 SUN 公司研制出计算机工作站, 使用 Space/Saloris 操作系统平台。此后, 广泛使用微型计算机和 UNIX 操作系统。

1983 年国际标准化组织 (ISO) 给出开放系统互连 (Open System Interconnection, OSI) 基本参考模型的正式文件, 国际标准号为 ISO7498, 用于提供研制计算机网络体系结构的框架, 使得不同厂家按照 OSI 设计的产品能够很好的互连起来, 实现彼此的开放。早在 1977 年, ISO 就认识到不同厂家的计算机网络体系结构不能互连的问题, 开始制定开放的国际标准。

1983 年 ARPANET 分为两部分, 即军事用途的 MILNET 和一般用途的 Internet。

1984 年美国苹果计算机公司研制出用于苹果微型计算机的图形用户界面 (GUI) 操作系统 Macintosh, 这是世界上第一个 GUI 的操作系统, 更加方便用户使用计算机, 鼠标自键盘之后成为主要使用的输入工具。之后, 微软公司的 GUI 操作系统 Windows 操作系统研制出来, 成为最广泛使用的主流操作系统。

1984 年 DEC 公司研制出 PDP、VAX 系列超级小型计算机, DEC 代表了世界超级小型计算机的研究方向。

1986 年美国国家科学基金网络 (NFSNET) 建成, 逐步取代 ARPANET。

1989 年 CCITT 给出用于宽带综合业务数字网 (B-ISDN) 的 I 系列建议书, 异步传输模式 (ATM) 技术成为 21 世纪的计算机网络技术, 主要用于在一个计算机网络中传输多媒体信息。

1990 年欧洲粒子物理研究中心的科学家, 为了在计算机网络上传输和浏览科学报告和论文, 研制利用超文本传输协议 (HTTP)、超文本标记语言 (HTML)、超链接 (HyperLink) 技术实现 WWW, 标志 Internet 应用时代的到来。

1990 年 ARPANET 退出使用, 演变为 Internet, 之前 ARPANET 与 NFSNET 构成 Internet 的主干网络。

1990 年, 芬兰赫尔辛基大学学生 Linus Torvalds 开发出 Linux 操作系统。Linux 于 1991 年首次公布于众, 是一个完全的源代码开放, 共享和免费的软件。

1991 年, IETF 开始研制 IPng 协议。

1993 年美国提出建设国家基础信息设施 NII 计划, 即国家信息高速公路建设。Internet 基本建成, 开始得到广泛应用。

1994 年中国接入 Internet, 提供用户接入 Internet 的服务。中国政府开始实施“三金工程”。中国教育和科研计算机网络 (CERNET) 开始建设, 中国国家教育委员会启动“211 工程”。

1995 年 IETF 推出 IPv6。给出 IPv6 协议规范的建议标准。

1996 年 7 月和 1997 年 1 月先后发布 IPv6 协议版本 2 和版本 2.1 的草案标准。

1998 年 12 月发布 IPv6 协议标准 RFC 2460。1999 年完成 IETF 要求的协议审定和测试。

1998 年千兆以太网研制成功, SGI 给出用于 WLAN 的蓝牙技术标准。

2001 年 7 月思科公司宣布与微软、IBM、惠普、SUN 和摩托罗拉组成伙伴关系, 开展 IPv6 软、硬件产品的开发。

2002 年万兆以太网研制成功。

2003 年美国国防部宣布到 2008 年美国国防部所属网络系统将全部升级到 IPv6 网络。

2003 年由中国国家发展和改革委员会等八部委联合发起并启动中国下一代互联网示范工程 CNGI。

2004 年 3 月, CERNET2 试验网正式开通。2004 年 12 月, CNGI 核心网 CERNET2 正式开通。

1.1.3 计算机网络发展的划代

对计算机网络技术发展阶段的划分, 目前还没有定论。任何一门技术的出现和不断发展都与两个因素有关: 一个是社会需求; 另一个是前期技术的成熟和支撑。计算机网络技术的发展过程中出现了许多可以称为里程碑的技术, 例如: 数据通信技术用于计算机通信; ARPANET 网络建设; 分组交换技术; 开放网络体系结构设计; 网络协议标准化研究; Internet 和高速网络技术研究等。计算机网络的发展历程经历了 4 代, 从联机终端网络到 Internet。

1. 联机终端网络

联机终端网络, 时间在 20 世纪 50 年代到 60 年代中期, 当时计算机比较少, 远程终端利用拨号和通信线路与计算机主机连接, 多个终端共享主机的资源。

特征是主机一个, 终端多个, 以主机为中心, 终端之间不能进行通信。对数据通信技术用于计算机数据传输进行研究和应用, 为计算机网络的产生做了技术准备。若要严格按计算机网络定义来描述, 这种联机终端网络实际是一个计算机通信网, 并不是真正的计算机网络。

2. 计算机-计算机网络

计算机-计算机网络, 时间在 20 世纪 60 年代末期到 70 年代中期, 随着计算机应用的推广, 把分散在不同地点的计算机互连起来, 使各计算机之间可以共享资源, 传输数据。计算机-计算机网络是符合计算机网络定义的系统。最为典型的网络为 1969 年建成的 ARPANET 网, 标志着计算机网络发展的里程碑, 这个网络最后演变成了 Internet。ARPANET 网的研究成果对促进计算机网络技术发展和理论体系的建立产生了重要影响。

特征是主机多个, 采用分层的概念, 把计算机网络的功能分到不同的层次, 简化了网络的设计。通信双方的对等层采用彼此能够理解的协议, 把各层功能用控制协议实现, 协议放

在传输数据的前面,与传输数据一起构成协议数据单元(Protocol Data Unit, PDU)。采用分组交换技术,把传输的报文划分成分组,以适应计算机数据传输突发性的特点。这一阶段也称为分组交换网时代,也标志着现代电信技术的开始。计算机网络的组成包括两级子网,即用于通信控制、传输和通信处理的通信子网,以及用于数据处理的资源子网。通信子网由节点交换机和传输线路组成,资源子网由计算机、终端、大型数据库、网络打印机组成。计算机网络从第一阶段以主机为中心演变到以通信子网为中心。

3. 开放的计算机网络体系结构

开放的计算机网络体系结构,时间从 20 世纪 70 年代末到 80 年代末期,不同的计算机厂商研制设计各自的网络体系结构,如 IBM 公司的系统网络体系结构 SNA、DEC 公司的 DECNET 等。按照某一公司的网络体系结构生产的计算机网络硬件和软件,只能在本公司生产的网络产品之间进行互连,无法与其他公司的网络产品互连。这些各个公司的网络产品组成的计算机网络系统形成了“封闭系统”。ISO 考虑计算机网络发展需要制定一个大家都遵循的计算机网络参考模型框架,凡是按照这一框架生产的网络硬件和软件都可以互连起来。1983 年 ISO 给出了开放系统互连(OSI)参考模型,OSI 参考模型用七个层次描述,由低层向高层排列,分别是:物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层、应用层,每一层完成特定的功能,不同系统中的同等层利用对等层协议通信。遵循 OSI 设计的计算机网络系统为“开放系统”。

在这一阶段,TCP/IP 协议有了长足的发展,成为 ARPANET 的正式协议,采用 IP 协议使得异构计算机和异构计算机网络可以实现互连。TCP/IP 协议逐步成为计算机网络事实上的工业标准。同时 TCP/IP 协议和 OSI 参考模型的研究与竞争,对计算机网络理论体系的形成,以及计算机网络技术应用具有重要的推动作用。

由于局域网技术的产生与发展,IEEE 802 标准系列在这一阶段开始制订,IEEE 802 标准还涉及到城域网技术。

4. Internet

Internet 也称为因特网,这一阶段的时间从 20 世纪 90 年代初到现在,计算机网络的设计和应用得到迅速发展,信息化社会对计算机网络的迫切需求成为计算机网络技术发展的强大动力。人们通过计算机网络传输信息、检索需要的信息已经成为日常工作和生活不可缺少的组成部分。这一阶段采用超文本传输协议(HTTP)、电子邮件协议(SMTP)等应用层协议,用户通过 Internet 浏览 Web 网页信息、发送电子邮件,可以在 Internet 上通信、学习、交友、娱乐、购物,真正实现了多媒体信息的传输、处理和共享。

计算机网络的基本技术已经发生了根本的改变,高数据传输率、高带宽网络建立起来,异步传输模式(ATM)技术、信元交换技术、光交换、光传输、移动网络、无线网络、Java 网络编程语言、千兆以太网技术等新技术大量涌现出来。Internet 上信息膨胀,又促进了网络信息检索技术,以及 P2P 技术、信息安全技术、网络技术和存储网络技术的发展。

人们之间的通信“距离”在缩小,通信形式多样化,音频、视频信息可以方便地通过 Internet 传输和处理。计算机网络的发展又极大地促进了信息社会的发展。计算机网络已经成为人类历史上发展最为迅速和成功的技术。

对 Internet 的应用经历了三种服务:接入服务,由 ISP(Internet Service Provider)提供;内容服务,由 ICP(Internet Content Provider)提供;应用服务,由 IAP(Internet Application