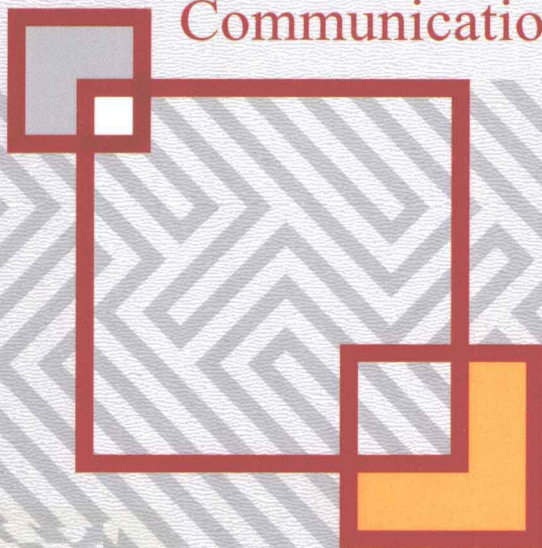


21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

计算机网络与 通信 (第2版)

申普兵 主编
刘红燕 梁璟 赵卫伟 行明顺 编著

Computer Network and
Communication (2nd Edition)



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS


精品系列

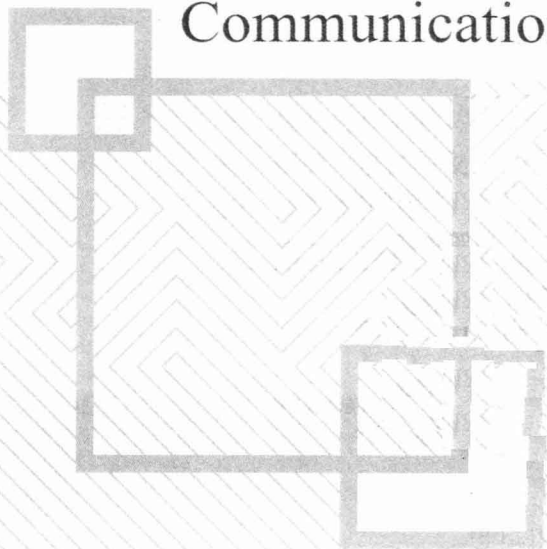
21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

计算机网络与 通信 (第2版)

申普兵 主编

刘红燕 梁璟 赵卫伟 行明顺 编著

Computer Network and
Communication (2nd Edition)



人民邮电出版社

北京



精品系列

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络与通信 / 申普兵主编 ; 刘红燕等编著
— 2版. — 北京 : 人民邮电出版社, 2012.9
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
ISBN 978-7-115-28841-7

I. ①计… II. ①申… ②刘… III. ①计算机网络—
高等学校—教材②计算机通信—高等学校—教材 IV.
①TP393②TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第172723号

内 容 提 要

本书共分12章, 主要内容包括计算机网络基础知识、网络体系结构与参考模型、物理层、数据链路层、局域网、网络层、广域网、传输层、应用层、网络安全、网络管理和网络设计基础等知识, 反映了计算机网络与通信技术的发展进程和最新进展。

本书内容翔实, 概念清楚, 在叙述时力求深入浅出, 并在每章前有重点、难点提示, 每章后有小结和习题。

本书是高等院校通信工程和计算机网络等专业的教材, 也适合从事通信、计算机网络工作的专业技术人员阅读参考。

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

计算机网络与通信 (第2版)

-
- ◆ 主 编 申普兵
编 著 刘红燕 梁 璟 赵卫伟 行明顺
责任编辑 滑 玉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市蒙文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21 2012年9月第2版
字数: 489千字 2012年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28841-7

定价: 42.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

进入21世纪,世界各国均把建立以计算机网络为基础的信息系统,作为重大战略决策来对待。计算机网络技术和通信技术已密不可分,并且渗透到人们生产和生活的每个角落,特别是多媒体技术的出现以及个人计算机进入家庭,计算机的用户已经从专业技术人员扩展到社会各个阶层的人士,人们对计算机网络与通信有了新的认识和新的需求,希望了解计算机网络与通信有关知识的人员正在迅速增加。

本书第2版在保留第1版基本框架的基础上,结合作者多年来从事计算机网络教学和科研的心得体会,以及计算机网络技术的最新发展,在内容上进行了较大的更新,在结构上进行了必要的调整,使其更加适合当前教学使用。

内容上更新了无线局域网、IPv6、IP多播和常用网络安全系统等新的、热点的技术知识,对局域网、广域网和传输层等部分内容进行了调整。结构上将原书第4章物理层与数据链路层拆分为物理层和数据链路层两章分别进行介绍,将原书第2章数据通信基础的内容纳入物理层介绍,将原书第8章高层协议调整为传输层和应用层两章进行介绍。调整后的结构更符合人们对计算机网络体系结构的认知。

本书主要内容包括:第1章讨论了计算机通信网的产生与发展、概念与功能、分类与应用;第2章介绍了网络体系结构与参考模型,对OSI参考模型和TCP/IP参考模型进行了讨论比较,提出了一种5层的混合模型结构。第3章讨论了物理层概念、接口特性以及数据通信传输方式和交换方式、传输介质和信道容量、信道复用技术、差错控制技术等等与物理层相关的数据通信基础知识。第4章讨论了数据链路层的概念、功能、ARQ协议、HDLC协议和PPP(协议)。第5章讨论了局域网的概念、媒体访问控制技术、以太网、无线局域网、令牌环局域网和局域网互连设备等内容,给出了一个局域网组网方案。第6章讨论了网络层的概念、IP(协议)、路由选择协议、ICMP(协议)、IGMP(协议)和IPv6等内容。第7章讨论了广域网的概念和路由技术以及DDN、FR、ISDN、ATM等几种广域网实现。第8章讨论了TCP和UDP两个传输层协议。第9章讨论了DNS、FTP、Telnet、Email、WWW、DHCP等几种常见的应用层服务。第10章讨论了网络安全问题、密码技术和常用的网络安全系统。第11章讨论了网络管理系统的概念和SNMP,给出了两个局域网管理实例。第12章讨论了排队论、图论、网络拓扑设计等网络设计基础知识。

本书的特点如下。

(1) 系统性强, 知识面广。本书按照第 2 章提出的一种 5 层混合模型结构, 从最低层物理层到最高层应用层进行内容的组织, 中间辅以局域网、广域网、网络安全、网络管理和网络设计等内容, 符合人们对计算机网络体系结构的认知和知识面的需求。

(2) 内容适当, 条理清晰。本书充分体现了高等教育理论知识的系统性和技术实用性。各章开头有学习本章的重点和难点说明, 结尾有对本章学习内容的小结和习题。内容安排科学, 符合网络知识学习的规律, 可以帮助读者循序渐进地系统掌握计算机网络与通信的知识。

(3) 内容图文并茂, 语言简明流畅, 避免了抽象晦涩的理论陈述, 可读性强。

本书在编写过程中充分考虑到该课程的教学特点, 力求使本书既可作为计算机、通信、电子、信息管理等相关专业本科生学习使用的教材, 也可作为相关领域研究人员和专业技术人员的参考书。本书作为高等院校教材使用时, 授课时间约 60 学时。

全书由申普兵负责统稿和审校工作。刘红燕、梁璟、赵卫伟和行明顺参加了编写工作。

由于作者水平有限, 加之计算机网络与通信技术发展非常迅速, 虽然经过艰苦努力, 但书中疏漏之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月

目 录

第1章 计算机网络概论.....1	3.1.1 数据通信的理论基础.....24
1.1 计算机网络的产生与发展.....1	3.1.2 数据通信系统.....26
1.1.1 面向终端的计算机网络.....1	3.1.3 数据通信的主要性能指标.....28
1.1.2 面向通信的计算机网络.....2	3.2 物理层概述.....31
1.1.3 标准化的计算机网络.....3	3.2.1 物理层的基本概念.....31
1.1.4 下一代的计算机网络.....3	3.2.2 物理层的接口特性.....31
1.2 计算机网络的定义与功能.....4	3.2.3 常用的物理层标准.....34
1.2.1 计算机网络的定义.....4	3.3 传输介质与信道容量.....36
1.2.2 计算机网络的功能.....6	3.3.1 有线传输介质.....36
1.3 计算机网络的分类与应用.....7	3.3.2 无线传输介质.....39
1.3.1 计算机网络的分类.....7	3.3.3 信道容量.....41
1.3.2 计算机网络的应用.....8	3.4 数据通信传输方式.....43
小结.....9	3.4.1 串行传输和并行传输.....43
习题.....9	3.4.2 模拟传输与数字传输.....43
第2章 网络体系结构与参考模型.....11	3.4.3 异步传输与同步传输.....44
2.1 网络体系结构与网络协议.....11	3.4.4 基带传输和频带传输.....45
2.1.1 网络体系结构.....11	3.5 信道复用技术.....45
2.1.2 分层原理.....12	3.5.1 频分复用技术.....46
2.1.3 网络协议.....13	3.5.2 时分复用技术.....46
2.2 OSI参考模型.....13	3.5.3 码分复用技术.....46
2.2.1 OSI参考模型的基本概念.....13	3.5.4 波分复用技术.....47
2.2.2 OSI参考模型的分层结构.....14	3.6 数据通信交换技术.....47
2.2.3 OSI协议集.....17	3.6.1 电路交换技术.....47
2.3 TCP/IP参考模型.....19	3.6.2 报文交换技术.....48
2.3.1 TCP/IP参考模型的基本概念.....19	3.6.3 分组交换技术.....48
2.3.2 TCP/IP参考模型的分层结构.....19	3.6.4 3种交换技术的比较.....49
2.3.3 TCP/IP协议集.....20	3.7 差错控制技术.....49
2.4 OSI与TCP/IP的比较.....21	3.7.1 差错类型及差错控制方法.....49
小结.....22	3.7.2 检(纠)错编码的基本原理.....50
习题.....22	3.7.3 奇偶校验码.....52
第3章 物理层.....24	3.7.4 循环码.....53
3.1 数据通信基础.....24	小结.....56
	习题.....57

第4章 数据链路层	59	5.5.3 无线局域网的物理层	113
4.1 数据链路层概述	59	5.5.4 无线局域网的 MAC 子层	115
4.1.1 数据链路层的基本概念	59	5.5.5 无线局域网的帧结构	115
4.1.2 数据链路层的主要功能	60	5.6 其他局域网	116
4.2 自动重传请求协议	61	5.6.1 令牌环局域网	116
4.2.1 停等 ARQ 协议	62	5.6.2 光纤分布式数据接口	118
4.2.2 连续 ARQ 协议	63	5.6.3 虚拟局域网	120
4.2.3 选择重传 ARQ 协议	68	5.7 局域网组网方案	122
4.3 数据链路层协议示例	68	5.7.1 校园网建设中的基本要求	122
4.3.1 高级数据链路控制规程	69	5.7.2 校园网建设实例	123
4.3.2 点到点协议	73	小结	124
小结	77	习题	125
习题	78	第6章 网络层	128
第5章 局域网	79	6.1 网络层概述	128
5.1 局域网的基本概念	79	6.1.1 网络层的基本概念	128
5.1.1 局域网的概念与特点	79	6.1.2 路由算法	129
5.1.2 局域网的参考模型	82	6.1.3 拥塞控制算法	130
5.1.3 IEEE 802 标准	83	6.2 因特网网际协议	133
5.1.4 IEEE 802.2 LLC 层	84	6.2.1 IP 地址	133
5.2 介质访问控制技术	87	6.2.2 IP 数据报	142
5.2.1 ALOHA 技术	87	6.2.3 地址解析协议	145
5.2.2 CSMA/CD 技术	89	6.2.4 IP 数据报的工作流程	146
5.2.3 令牌环技术	92	6.2.5 网际控制报文协议	147
5.2.4 MACA 技术	93	6.3 因特网路由选择协议	149
5.3 以太网	94	6.3.1 路由协议分类	149
5.3.1 以太网的物理层和 MAC		6.3.2 路由选择算法	150
子层	94	6.3.3 路由选择信息协议	154
5.3.2 交换式以太网	98	6.3.4 开放最短路径优先协议	156
5.3.3 快速以太网	99	6.3.5 边界网关协议	158
5.3.4 吉比特以太网	100	6.4 IP 多播和因特网组管理协议	160
5.3.5 10 吉比特以太网	101	6.4.1 IP 多播	160
5.4 局域网的互连	102	6.4.2 因特网组管理协议	163
5.4.1 使用集线器互连	102	6.5 下一代网际协议 IPv6	164
5.4.2 使用网桥互连	102	6.5.1 IPv6 地址	164
5.4.3 生成树协议	104	6.5.2 IPv6 帧格式	165
5.5 无线局域网	105	6.5.3 IPv6 的安全机制	167
5.5.1 无线局域网的基本概念	105	6.5.4 IPv6 和 IPv4 的比较	168
5.5.2 无线局域网的标准	110	小结	169

习题	170	控制	216
第 7 章 广域网	173	8.3.4 TCP 的重传机制	221
7.1 广域网的基本概念	173	8.3.5 TCP 的连接管理	223
7.1.1 广域网的参考模型	173	8.3.6 TCP 的有限状态机	224
7.1.2 广域网的构成	174	小结	226
7.1.3 广域网路由技术	174	习题	227
7.2 数字数据网	177	第 9 章 应用层	229
7.2.1 DDN 的特点	177	9.1 应用层协议概述	229
7.2.2 DDN 的网络业务	178	9.2 域名系统	230
7.2.3 DDN 的组成	179	9.2.1 域名系统概述	230
7.2.4 DDN 的网络结构	180	9.2.2 Internet 的域名系统	231
7.3 帧中继	181	9.2.3 域名解析	233
7.3.1 帧中继概述	181	9.3 文件传送和网络文件访问	237
7.3.2 帧中继的标准与协议	182	9.3.1 文件传送协议	237
7.3.3 帧中继的拥塞控制	183	9.3.2 简单文件传送协议	239
7.3.4 帧中继的带宽管理	184	9.3.3 网络文件系统	239
7.4 综合业务数字网	185	9.4 远程登录	240
7.4.1 ISDN 定义及特点	185	9.4.1 Telnet 的工作原理	240
7.4.2 ISDN 的结构及用户 / 网络 接口	185	9.4.2 Telnet 的使用	241
7.5 ATM 网络技术	188	9.5 电子邮件	242
7.5.1 ATM 网络的基本概念	188	9.5.1 电子邮件的基本概念	242
7.5.2 ATM 协议参考模型	190	9.5.2 电子邮件的格式	245
7.5.3 ATM 的信元传输方式	194	9.5.3 简单邮件传送协议 SMTP	246
7.5.4 ATM 的交换方式	197	9.5.4 邮件读取协议 POP3 和 IMAP	247
小结	200	9.5.5 多用途 Internet 邮件扩展 MIME	248
习题	200	9.5.6 电子邮件的加密	249
第 8 章 传输层	201	9.6 万维网	250
8.1 传输层协议概述	201	9.6.1 超文本与超介质	250
8.1.1 传输层中的两个协议	202	9.6.2 WWW 服务	251
8.1.2 端口的概念	202	9.6.3 WWW 浏览器	254
8.2 用户数据报协议	204	9.6.4 WWW 的导航系统	256
8.2.1 UDP 的应用	205	9.7 动态主机配置协议	256
8.2.2 UDP 报文的格式	206	9.7.1 DHCP 概述	256
8.3 传输控制协议	207	9.7.2 DHCP 服务器的设置	258
8.3.1 TCP 的报文格式	209	小结	262
8.3.2 TCP 的编号与确认	213	习题	263
8.3.3 TCP 的流量控制和拥塞			

第 10 章 网络安全	265	11.2.2 SMI 与 MIB	295
10.1 网络安全问题概述	265	11.2.3 SNMP 工作机制	296
10.1.1 网络安全基础知识	265	11.2.4 SNMP v1	298
10.1.2 网络面临的安全威胁	266	11.2.5 SNMP v2	298
10.1.3 网络安全的内容	267	11.2.6 SNMP v3	298
10.1.4 网络安全的体系结构	267	11.3 配置 SNMP	300
10.1.5 访问控制与口令	269	11.4 局域网管理实例	302
10.2 密码技术	270	11.4.1 Web 服务器与 FTP 服务器 的管理	302
10.2.1 密码技术概述	270	11.4.2 DNS 服务器的管理	304
10.2.2 DES 算法	271	小结	306
10.2.3 RSA 公开密钥算法	273	习题	306
10.2.4 DES 和 RSA 标准的比较	274	第 12 章 网络设计基础	308
10.3 常用网络安全系统	274	12.1 排队论基础	308
10.3.1 身份认证	274	12.1.1 排队论基本概念	308
10.3.2 访问控制	276	12.1.2 M/M/1 排队系统	314
10.3.3 入侵检测	277	12.2 图论基础知识	316
10.3.4 漏洞扫描	278	12.2.1 图的基本概念	316
10.3.5 风险评估	280	12.2.2 树	319
10.3.6 冗余备份	281	12.2.3 割	321
小结	284	12.2.4 最短路径	322
习题	284	12.3 网络拓扑设计	324
第 11 章 网络管理	285	12.3.1 计算机通信网的基本 要求	324
11.1 网络管理系统的基本概念	285	12.3.2 网络拓扑设计的方法及 内容	325
11.1.1 网络管理系统的功能模型	285	小结	326
11.1.2 对网络管理系统的要求	290	习题	327
11.1.3 网络管理工具	291	参考文献	328
11.1.4 网络管理协议标准	292		
11.2 简单网络管理协议	292		
11.2.1 SNMP 管理模型	293		

【本章内容简介】21 世纪人类已进入信息化时代，人们的生活、工作、学习和交往都离不开计算机网络，计算机网络已经成为当今社会发展最迅速、应用最广泛的网络。本章主要介绍计算机网络的产生与发展、计算机网络的概念与功能，以及计算机网络的分类与应用。

【本章重点难点】重点掌握计算机网络的概念、功能和分类。

1.1 计算机网络的产生与发展

计算机网络是计算机及其应用技术与通信技术逐步发展、日益密切结合的产物，它的形成过程是从简单的为解决远程计算、信息收集和处理而构成的远程联机系统开始的。随着技术的发展和服务的需要，又在联机系统的基础上发展到将多台中心计算机相互连接起来，从实现计算机之间相互传输数据的通信网络，到实现以资源共享为目的计算机网络，这标志着网络技术达到了成熟的高级阶段。概括地说，计算机网络发展过程可划分为 4 个阶段，即面向终端的计算机网络阶段、面向通信的计算机网络阶段、标准化的计算机网络阶段与下一代计算机网络阶段。

1.1.1 面向终端的计算机网络

1946 年世界上第一台计算机问世之初，计算机与通信并没有什么联系。早期的计算机数量很少，价格昂贵。由于设置高度集中，给用户使用计算机带来很大的不便。使用计算机的（本地的或远地的）用户只能亲自携带程序和数据，到机房用手工方式上机，或者委托机房工作人员代劳。这种工作方式，用户（尤其是远地用户）需在时间、精力和经济上付出较大的代价。到了 20 世纪 60 年代初期，由于计算机软件方面的发展，也由于计算机越来越广泛地在各个部门中应用，迫切需要对分散在各地的数据进行集中处理，从而促使批量处理系统采用通信技术，产生了具有通信功能的单机系统。其基本思想就是在计算机上设置一个通信装置使其增加通信功能，将远地用户的输入输出装置通过通信线路（模拟的或数字的）直接与计算机的通信控制装置相连。这样，计算机一边接收从远地站点发来的输入信息，一边处理信息。最后的处理结果也经过通信线路直接送回到远地站点的用户终端设备上。从通信的角度，当时称这种远程联机系统为“数据通信系统”。数据通信系统较之原先的本地系统不仅提高了计算机系统的工作效率和服务能力，而且大大促进了计算

机技术与通信技术的发展和密切结合。为了提高资源利用率,采用批处理的工作方式。将终端与计算机通过多重线路控制器进行连接,出现了多重线路控制器 (Multiline Controller),它使得一台计算机可以和许多台远程终端相互通信,如图 1.1 所示,这就是计算机与通信相结合的开始。

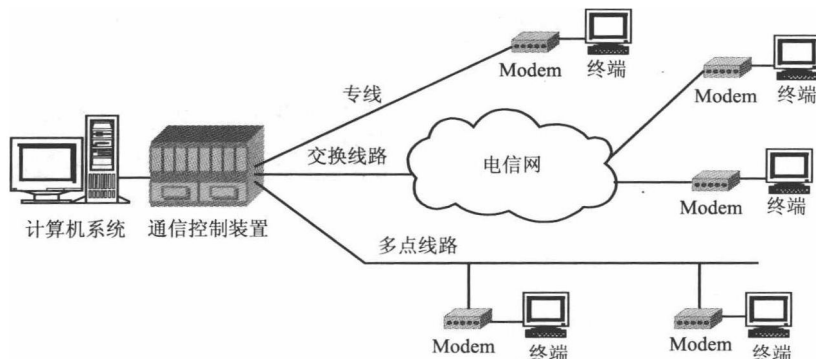


图 1.1 面向终端的计算机网络

这种以单个计算机为中心的远程联机系统也称为面向终端的计算机通信网,或称它为第一代计算机网络。

1.1.2 面向通信的计算机网络

20 世纪 60 年代后期,开始出现将多台计算机通过通信线路互连构成的计算机网络。这种系统已由第一阶段利用一台中心计算机为所有用户服务的模式发展到了由多台分散又互连的主机共同提供服务的模式。为了提高主计算机数据处理的效率,网络上的通信处理任务由通信控制处理机 (Communication Control Processor, CCP) 来承担。这样,CCP 负责网上各主机之间的通信控制和通信处理,各 CCP 之间构成的通信子网成为整个网络内层,而网络上的主机专门负责数据处理,这些主机和终端构成了资源子网,成为整个网络的外层。通信子网为资源子网提供信息传输服务。没有通信子网,整个网络无法工作,而没有资源子网,通信子网也将失去存在的意义,两者结合构成了资源共享的层次式网络。用户不仅共享通信子网的资源,还可共享资源子网的软件和硬件资源。图 1.2 给出了这种以通信子网为中心的计算机网络,通常称其为第二代计算机网络。

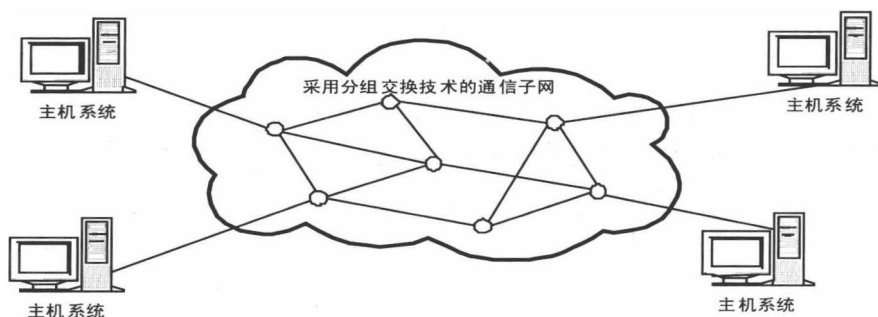


图 1.2 面向通信的计算机网络

第二代计算机网络的典型代表是 ARPA 网。20 世纪 60 年代后期,美国国防部高级研究计划局为促进对新型计算机网络的研究,提供经费资助美国的许多大学和公司,于 1969 年 2 月建成了一个连接美国加州大学洛杉矶分校、加州大学圣芭芭拉分校、斯坦福研究院和犹他大学的具有 4 个节点的实验性网络,即 ARPANET。ARPANET 的主要特点是以通信子网为中心,多台计算机通过通信子网构成一个有机的整体,原来单一计算机的负载可以分散到全网的各个计算机上,单机或部分通信设备及通信线路故障,不会导致整个网络系统的全面瘫痪。通信子网采用了先进的分组交换技术。

1.1.3 标准化的计算机网络

20 世纪 70 年代,计算机网络开始向着体系结构标准化的方向迈进,即进入标准化计算机网络阶段。第二代计算机网络存在的根本性不足是没有统一的网络体系结构,如:1974 年 IBM 公司提出了系统网络体系结构(System Network Architecture, SNA)标准,1975 年 DEC 推出了数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA)标准等。众多不同的专用网络体系结构标准,造成了不同制造厂家生产的计算机及网络设备互连起来十分困难。由此可见,计算机要想互连在一起,要求计算机网络体系结构必须标准化。

1977 年国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)为适应计算机网络向标准化发展的形势,其下属的计算机与信息处理标准化技术委员会 TC97 成立了一个新的分委员会 SC16(由于技术分工问题,SC16 已于 1984 年撤销,其原有工作由 SC6 和 SC21 接替),该委员会在研究和吸收已有网络体系结构经验的基础上,专门从事研究“开放系统互连”的问题。经过若干年的努力,ISO 在 1984 年正式颁布了“开放系统互连基本参考模型”的正式文件,即著名的 ISO 7498 国际标准,通常人们将它称为 OSI 参考模型,(Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM)。

与此同时,由 ARPANET 中计算机网络设备互连而演变来的体系结构,即 TCP/IP 参考模型于 1980 年正式推出,在 OSI 参考模型 1984 年正式颁布之前,TCP/IP 参考模已经被广泛地应用于大学、科研机构 and 计算机网络设备生产厂商。这些生产厂商不想再投资支持第二个体系结构,所以 OSI 没有被真正实现过,TCP/IP 成了事实上的国际标准。

从此,计算机网络的发展步入了标准化的道路。人们将符合国际标准化的计算机网络称为第三代计算机网络。

1.1.4 下一代的计算机网络

下一代的计算机网络也称下一代互联网(Next-Generation Internet, NGI)。NGI 最初是由美国克林顿政府支持开发的项目,目标是将连接速率提高至当时 Internet 速率的 100 倍到 1000 倍。突破网络瓶颈的限制,解决交换机、路由器和局域网络之间的兼容问题。

NGI 主要特点如下所述。

(1) 更大。这一代以 IPv4 为基础的互联网地址将在 2015 年左右彻底耗尽,下一代互联网将采用 IPv6,IPv6 在地址空间设计上采用 128 位长度,其地址容量约为 3.4×10^{38} ,可充分解决地址空间不够的问题,地址规模上无后顾之忧。

(2) 更快。下一代互联网与传统的宽带概念不同,它强调端到端的高速,而不是目前的接入概念,伴随着传输技术的发展,下一代互联网的速率在任何一个端与端之间有可能达到 100Mbit/s 以上。

(3) 更安全。目前的互联网因为种种原因,有严重的安全隐患。比如现在的互联网只管到哪里去,而不问从哪里来,从而造成了很多安全隐患。但下一代互联网不仅要管到哪里去,而且要管从哪里来,这些都将从根本的体系上解决安全问题。

(4) 更便捷。下一代互联网将突出地以人的便捷使用为原则,因此一切便捷的服务将完全渗透到下一代互联网中,如无线网络必将会成为下一代互联网的主要网络,而不会像现在是补充地位。

时至今日,NGI 在诸多方面都取得了长足进展,例如无损失及低损失数据压缩技术降低了音、视频信息传输对带宽的需求,速度更快、成本更低的接入技术也大量涌现,从而使 Web 视频已成为各类新型应用系统及操作系统的常备应用组件之一。下一代 Internet 协议 IPv6 等也为 NGI 的发展奠定了坚实的基础。IPv6 是由 Internet 工程工作小组研发的最新版 IP 技术,旨在取代已沿用了 20 年之久的 IPv4,它可以大大增加 IP 地址的数量和安全性能。

在上述需求推动下,57 位院士曾写信建议建设我国下一代互联网试验平台,发起了中国下一代互联网示范工程(CNGI)项目,其后国家计委组织专家组研究并起草“下一代互联网发展战略报告”和“中国下一代互联网示范工程(CNGI)项目实施方案建议”。该项目建议被列为国家重大高科技工程项目。经过几年的建设,CNGI 现已建成包括 6 个核心网络、22 个城市 59 个节点、2 个交换中心、273 个驻地网的 IPv6 示范网络,均远远超过了项目当初的设计及要求。依托 CNGI,已开展了大规模的基于下一代互联网的应用研究,如视频监控、环境监测等,并成功服务于北京奥运,开通了基于 IPv6 的奥运官方网站。依托 6 大核心网,先后布置了与产业化相关的项目 103 项,参与企业多达数十家。华为公司的 IPv6 核心路由器等产品均在 CNGI 的核心网上担当了主力,改变了以往我国网络关键设备几乎全是国外产品的局面,打破了国外产品与技术的垄断,并形成了系列的产业化格局。其中 CNGI 最大的核心网 CERNET2 在“建设纯 IPv6 大型互联网核心网”、“基于真实 IPv6 源地址的网络寻址体系结构”和“IPv4 over IPv6 网状体系结构过渡技术”等方面均属国际首创,目前已向国际互联网标准化组织 IETF 提交标准草案 9 项,其中 RFC4925 和 RFC5210 已获批准,这也是我国第一次进入国际互联网核心标准。

1.2 计算机网络的定义与功能

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络的确切定义至今尚未统一,其原因是处于不同阶段或从不同角度往往可能做出不尽相同的定义。

计算机网络最初的定义是:以实现远程通信为目的的、一些互连的、独立自主的计算机的集合。这里,所谓“互连”是指各计算机之间通过有线通信信道或无线通信信道彼此交换信息,而“独立自主”则强调它们之间没有明显的主从关系。按此定义,早期的面向

终端的计算机系统只能称为联机系统,因为当时的许多终端并不具有智能特性。后来随着硬件价格的下降,“终端”和“自治的计算机”之间的严格界限逐渐模糊,尤其是实现了终端智能化之后,无论是面向终端的计算机系统,还是面向计算机的计算机系统,以及以后发展起来的以共享通信子网为特征的公用数据网系统均可视为计算机网络。

当计算机网络发展处于第二阶段时,计算机网络被定义为:以相互共享资源(硬件、软件和数据)方式而连接起来、且各自具有独立功能的计算机系统之集合。这一定义是由美国信息学会联合会于1970年提出来的。此定义的含义有3个:第一,计算机之间相互通信的目的是为了共享计算机网络中硬件、软件和数据等资源;第二,计算机网络中的各个计算机系统不仅在地域上是分散的,而且各自具有独立的功能;第三,计算机网络应有一个全网性的网络操作系统,用户只需向网络操作系统提出使用资源的要求,而不必指出资源的具体归属,由网络操作系统自动地分配给该用户所需的资源。按照此定义的含义,当时真正称得上计算机网络的寥寥无几,而绝大多数的计算机网络(包括美国的分组交换网APRANET在内)都只能算是计算机通信网络,因为它们都没有全网性的网络操作系统。显然,这个定义侧重于应用目的,忽视了物理结构,没有充分反映计算机网络的内涵。

随着计算机网络技术的发展,特别是当计算机网络发展进入到第三阶段。一般认为计算机网络应当具有3个主要的组成部分(或3大组成要素)。

(1) 向用户提供服务的若干主机。

(2) 由一些专用的通信处理机(即通信子网中的节点交换机)和连接这些节点的通信链路所组成的一个通信子网。

(3) 为主机与主机,主机与通信子网,或者通信子网中各个节点之间通信而建立的一系列协议,即通信双方事先约定的,共同遵守的一组规则。

本书对计算机网络的定义是:计算机网络是将地理位置不同,且有独立功能的多个计算机(主机)系统利用通信设备和线路(通信子网)互相连接起来,辅以功能完善的网络软件(协议)实现网络资源共享和信息传递的系统。

从逻辑功能上看,一个计算机网络可分成两个子网:资源子网和通信子网。

资源子网由主机、终端及软件等组成。提供访问网络和处理及存储数据的能力。主机负责数据处理,运行各种应用程序,它通过通信子网的接口与其他主机相连接。终端是网络中用量最大、分布最广的设备,直接面对用户,为用户提供访问网络资源的接口。软件是网络中极为重要的一部分,负责管理、控制整个网络系统正常运行,为用户提供各种实际服务。

通信子网由网络节点、通信链路及信号变换器等组成,负责数据在网络中的传输与通信控制。网络节点负责信息的发送和接收及信息的转发等功能,它可以连接几个主机,也可以通过它将终端直接接入网内。网络节点根据其作用不同,又可分为接口节点和转发节点。接口节点是资源子网和通信子网相连接的必经之路,负责管理和收发本地主机的信息;转发节点则为远程节点送来的信息选择一条合适的链路,并转发出去。通常网络节点本身就是一台计算机,设置在主机与通信链路之间,以减轻主机的负担,提高主机的效率。通信链路是两个节点之间的一条通信通道,常被称为信道。信号变换器提供信号之间的变换。

不同的传输介质采用不同类型的信号变换器,如普通电话线只能传输模拟信号。而计算机输出信号为数字信号,若用电话线作为通信线路,必须在中间加上一种叫做调制解调器的信号变换器。

1.2.2 计算机网络的功能

计算机网络的主要目的是共享资源,它的功能随应用环境和现实条件的不同大体如下。

1. 可实现资源共享

资源共享包括共享软件、硬件和数据资源,是计算机网络最具吸引力的功能。计算机的许多资源成本是非常昂贵的,例如,大容量存储器、特殊的外部设备、大型数据库等。资源共享指的是网上用户能部分或全部地享受这些资源,使网络中各地区的资源互通有无,分工协作,从而大大提高系统资源的利用率。在第一代计算机网络中,多个终端的用户通过通信线路或通信网共享中心计算机的资源。而在第二代计算机网络中,网络用户可以共享位于资源子网中所有主机的资源。通过资源共享,消除了用户使用计算机资源受地理位置的限制,也避免了资源的重复设置所造成的浪费。

计算机网络的主要特点之一是它具有资源共享的功能,什么是资源?为什么要实现资源共享?在计算机网络中,“资源”就是网络中所包含的硬件、软件和数据。硬件资源有:处理器、内(外)存储器和输入输出设备等,它是共享其他资源的基础。软件资源是指各种语言处理程序、服务应用程序等。数据则包括各种数据文件和数据库中的数据等。资源共享就是指网内所有用户都能够享受上述资源中的一部分或者全部资源,不受其地理位置差异的限制。换句话说,同一份资源可以给多个用户使用。例如,上海有一个科学技术情报所,其情报检索系统是与国际有关系统联网的,于是,在上海就可以按一定的规定,经过网络系统索取国外的某些资料,从而大大地节约了用户的时间和费用。同样,上海以外的用户也可以通过网络系统调取存放在上海的资料,这就是一个共享数据资源的例子。

为什么要实现资源共享?通常,建立一个通信网络总是有一定的目的。比如,建立电话网的目的很明确,就是缩短人与人之间的空间距离,从而使人与人之间、单位与单位之间加强联系,更广泛地解决问题。那么,在计算机通信网中,实现资源共享的具体目的大致可以归纳为如下几项。

(1) 可将地理位置上分散的多台计算机集中地处理数据等信息。

(2) 共享硬件资源。只有小型计算机,甚至微型计算机的用户,可通过网络分享大型计算机或特殊的外围设备,这样就可节省大量设备投资。

(3) 共享软件资源。众所周知,研制一套完善的软件系统需要花费大量的人力、财力和时间,一个好的软件是非常昂贵的。若能做到把一个现成的软件,通过通信网络提供给大家使用,将大大降低使用成本。

(4) 共享数据资源。从某种意义上讲,数据是一个部门的命脉,比一个应用软件更重要,将同一类型的文件、数据等集中存储,供大家使用,不但可提高利用率,节约开支,更重要的是保证了数据的一致性。

(5) 可选择与需要解决的问题相适应的系统。在通信网中可设有解决各种专题的系统和设备, 把一些专业性强的问题送至与其相关的系统和设备进行计算。例如, 大型工程项目的 CAD (计算机辅助设计), 可以把总体、土建、管道、设备、甚至装潢设计, 分别送到相应的子系统设计处理, 最后综合起来。这样, 既充分发挥了设备专业子系统的特长, 又避免了传统设计中经常发生的因各部分设计数据修改产生的数据不一致。

(6) 易于扩展。当需要扩大该通信网或增加用户时, 能方便地将不同类型的计算机或终端接入通信网。

2. 提高了系统的可靠性

一般来说, 计算机网络中的资源是重复设置的, 它们被分布在不同的位置上。这样即使发生少量资源失效的现象, 用户仍可以通过网络中的不同路由访问到所需的同类资源, 这样只会导致系统的降级使用, 不会引起系统的瘫痪。计算机网络中这种替代资源的存在, 大大地提高了系统的可靠性。

3. 有利于均衡负荷

计算机网络还具有均衡网络负荷的功能。通过合理的网络管理, 将某时刻处于超负荷计算机上的任务分送给别的轻负荷的计算机去处理, 可达到均衡负荷的目的。这对地域跨度大的远程网络来说, 充分利用时差因素来达到均衡负荷尤为重要。

4. 提供了非常灵活的工作环境

用户通过网络把终端连接到家中的计算机上, 就可以在家里工作。商业经营人员带着终端或便携式计算机外出进行商务活动, 在各经营点利用电话与它们自己的网络连接, 这样就可以与主管部门及时交换销售、管理等方面的重要数据, 确定对策。

除此之外, 计算机网络还具有性能价格比高、扩充方便、通信手段多等功能。

1.3 计算机网络的分类与应用

1.3.1 计算机网络的分类

对计算机网络进行分类可以从不同的角度去分, 主要有以下几种分类方法。

(1) 按网络的覆盖范围进行分类: 可分为局域网、城域网和广域网。局域网指传输距离有限, 传输速率较高, 以共享网络资源为目的的网络系统。城域网指规模介于局域网和广域网之间的一种较大范围的高速网络。广域网指覆盖范围广、传输速率相对低, 以数据通信为主要目的的数据通信网。

(2) 按网络的拓扑结构进行分类: 可分为星型、树型、环型、总线型和网型。

星型结构: 如图 1.3 (a) 所示, 每个节点都有一条单独的线路与中心节点相连。除中心节点外的任何两个节点之间的通信都要经过中心节点, 采用集中控制, 中心节点就是控制节点。这种结构简单, 容易建网, 便于管理。但对中心节点的可靠性要求高, 中心节点出故障将会引起整个网络瘫痪。

环型结构: 如图 1.3 (b) 所示, 各网络节点连成环状。数据信息沿一个方向传送, 通

过各中间节点存储转发,最后到达目的节点。这种结构没有路径选择问题,网络管理软件实现简单。但信息在传输过程中要经过环路上的许多节点,容易因某个节点发生故障而破坏整个网络的通信。环型结构的网络一般用于局域网。

网型结构:如图 1.3 (c) 所示,这种结构无严格的布局规定和构型,这种结构中一个节点可取道若干路径到达另一个节点,故其最大优点是可靠性强,但所需通信线路总长度长,投资成本高,路径选择技术较复杂,网络管理软件也比较复杂。在局域网中较少采用。

树型结构:如图 1.3 (d) 所示,网络中各节点按层次进行连接,是一个在分级管理基础上集中式的网络,适合于各种统计管理系统。但任一节点的故障均会影响它所在支路网络的正常工作,故节点可靠性要求较高,而且处于越高层次的节点,其可靠性要求越高。

总线型结构:如图 1.3 (e) 所示,在此结构中,各节点通过一个或多个通信线路与公共总线连接。网中各节点连在一条总线(电缆)上。任一时刻,只允许一个节点占用总线,且只能由该节点发送信息,其他节点处于封锁发送状态,但允许接收。网络中任何一节点的故障都不会使整个网络发生故障,相对而言容易扩展。

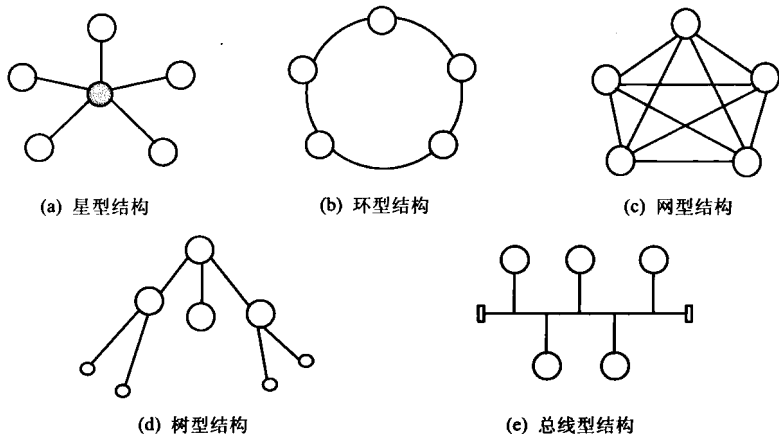


图 1.3 网络拓扑结构

(3) 按网络所属性质进行分类:可分为公用网和专用网。

公用网是国家信息化部门建造的网络,所有的人只要按规定交纳费用都可以使用。例如,中国电信、中国联通、中国移动等公司的网络。

专用网是某个部门或单位自己建造的网络,这种网络不向本部门或单位以外的人提供服务。例如,军队、铁路等部门的网络。

(4) 按网络的交换功能进行分类:可分为电路交换网、报文交换网和分组交换网。这3种网络分别采用的电路交换技术、报文交换技术和分组交换技术将在第3章第6节介绍。

1.3.2 计算机网络的应用

计算机网络的潜在功能使得它在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、金融贸易以及国防建设等领域中获得越来越广泛的应用。工矿企业借助计算机网络进行生产过程的检测和控制,实现管理和辅助决策;交通运输部门利用网络进行交通运输信息的收集、分析,实现运行管理和车船调度;邮电部门则利用遍及全国乃至全球的计算机通信网为用