

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

网络工程师教程

（第2版）

雷震甲 主编

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室组编



清华大学出版社

2006版

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

网络工程师教程 (第2版)

雷震甲 主编

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室组编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的指定用书。按照新的网络工程师考试大纲的规定,本书包含了数据通信基础知识、网络体系结构和网络协议、广域通信网、局域网和城域网、TCP/IP 网络和互联网、网络操作系统、网络工程与组网技术、网络安全与网络管理技术,以及网络需求分析和网络性能评价等方面的内容。本书兼顾基础,突出实用,是参加本考试的必备教材,也可作为网络工程从业人员学习网络技术的教材或日常工作的参考用书。

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

本书扉页为防伪页，封面贴有清华大学出版社防伪标签，无上述标识者不得销售。

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

网络工程师教程 / 雷震甲主编. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2006.6

(全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试指定用书)

ISBN 7-302-13006-X

I. 网… II. 雷… III. 计算机网络-工程技术人员-资格考核-教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 047859 号

出版者: 清华大学出版社 地址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮编: 100084
社总机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑：柴文强

文稿编辑：刘霞

印刷者：北京市世界知识印刷厂

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 × 230 印张: 41 防伪页: 1 字数: 923 千字

版次: 2006 年 6 月第 2 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-13006-X/TP · 8251

印 数: 1 ~ 30000

定价: 66.00 元

序

在国务院鼓励软件产业发展政策的带动下，我国软件业一年一大步，实现了跨越式发展，销售收入由 2000 年的 593 亿元增加到 2003 年的 1633 亿元，年均增长速度 39.2%；2000 年出口软件仅 4 亿美元，去年则达到 20 亿美元，三年中翻了两番多；全国“双软认证工作体系”已经规范运行，截止 2003 年 11 月底，认定软件企业 8582 家，登记软件产品 18 287 个；11 个国家级软件产业基地快速成长，相关政策措施正在落实；我国软件产业的国际竞争力日益提高。

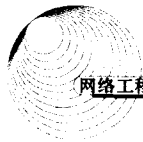
在软件产业快速发展的带动下，人才需求日益迫切，队伍建设与时俱进，而作为规范软件专业技术人员技术资格的计算机软件考试已在我国实施了十余年，累计报考人数超过一百万，为推动我国软件产业的发展作出了重要贡献。

软件考试在全国率先执行了以考代评的政策，取得了良好的效果。为贯彻落实国务院颁布的《振兴软件产业行动纲要》和国家职业资格证书制度，国家人事部和信息产业部对计算机软件考试政策进行了重大改革：考试名称调整为计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试；考试对象从狭义的计算机软件扩大到广义的计算机软件，涵盖了计算机技术与软件的各个主要领域（5 个专业类别、3 个级别层次和 20 个职业岗位资格）；资格考试和水平考试合并，采用水平考试的形式（与国际接轨，报考不限学历与资历条件），执行资格考试政策（各用人单位可以从考试合格者中择优聘任专业技术职务）；这是我国人事制度改革的一次新突破。此外，将资格考试政策延伸到高级资格，使考试制度更为完善。

信息技术发展快，更新快，要求从业人员不断适应和跟进技术的变化，有鉴于此，国家人事部和信息产业部规定对通过考试获得的资格（水平）证书实行每隔三年进行登记的制度，以鼓励和促进专业人员不断接受新知识、新技术、新法规的继续教育。考试设置的专业类别、职业岗位也将随着国民经济与社会发展而动态调整。

目前，我国计算机软件考试的部分级别已与日本信息处理工程师考试的相应级别实现了互认，以后还将继续扩大考试互认的级别和国家。

为规范培训和考试工作，信息产业部电子教育中心组织一批具有较高理论水平和丰富实践经验的专家编写了全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试的教材和辅导用书，按照



考试大纲的要求,全面介绍相关知识与技术,帮助考生学习和备考。

我们相信,经过全社会的共同努力,全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试将会更加规范、科学,进而对培养信息技术人才,加快专业队伍建设,推动国民经济和社会信息化作出更大的贡献。

信息产业部副部长 娄勤俭

前 言

(第 1 版)

作为一名网络工程师,应该具有计算机软件和硬件方面的基础知识,熟悉计算机网络的体系结构和网络协议,掌握基本的组网技术,具有网络规划和设计能力,能够对网络系统的安全保护、管理策略、网络系统的运行性能进行分析、评价和优化,并且了解网络技术的发展趋势,不断吸取新知识,提高自己的技术水准和职业素养,跟上迅速发展的技术潮流。

这次重编的网络工程师教程,根据新考试大纲的要求对内容作了较多调整。主要是增加了介绍主流技术和新技术的篇幅,扩充了网络工程方面的建网实例和分析方法,同时也更加强调网络基础知识的阐述,突出了网络管理和网络安全方面实用技术的介绍。这样一本兼顾基础、突出实用的教材是否能够满足网络从业人员的需要,还需在使用中进行检验,也希望得到业内专家的批评。

全书共分 13 章。雷震甲编写了第 1 章计算机基础知识、第 2 章计算机网络概论、第 3 章数据通信基础、第 4 章广域通信网、第 5 章局域网和城域网,以及第 6 章网络互联与互联网;第 7 章网络安全由姜建国编写;第 8 章网络操作系统由方敏编写;第 9 章网站设计和配置技术由岳建国编写;第 10 章接入网技术由臧明相编写;第 11 章组网技术由杨清永和严体华编写;第 12 章网络管理由权义宁编写;第 13 章网络需求分析和网络规划由黄健斌和严体华编写。雷震甲对部分文稿进行了修改,并对本书进行了统编。本书编写过程中得到武波、王亚平、陆开怀、程占斌、朱良根和万泰明等的大力支持,在此一并感谢。由于作者水平有限,时间仓促,本书内容如有不妥之处,敬请读者指正。

编 者

2004 年 6 月

前 言

(第 2 版)

根据两年来使用本教程的效果和发现的问题,作者对本教程进行了修订。这次的修订,除了纠正一些已发现的错误外,还删除了一些过时的内容,增加了一些必要的、实用的新内容。最主要的改动有:删去了原来的“计算机基础知识”部分,这部分内容属于公共试题部分,读者可以参考其他教材(例如软件设计师教程)进行学习;并在“网络互联和互联网”部分增加了“TCP 和 UDP”,以及 IPv6 内容;对“网络安全”部分进行了重写,突出了面向实用的网络安全管理知识;对“网络操作系统”的部分内容进行了重写,重点介绍了 Windows Server 2003 和 Red Hat Linux 9 网络的基础知识;“网站设计和配置技术”部分也是围绕 Windows Server 2003 和 Red Hat Linux 9 网站的配置和管理进行讲述。希望这些改动能够使得本教程向着系统和实用的方向前进一步。

编 者
2006 年 5 月

目录

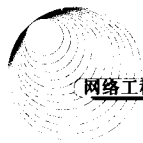
第1章 计算机网络概论1	
1.1 计算机网络的形成和发展.....1	
1.1.1 早期的计算机网络.....1	
1.1.2 现代计算机网络的发展.....1	
1.1.3 计算机网络标准化阶段.....2	
1.1.4 微机局域网的发展时期.....2	
1.1.5 国际互联网的发展时期.....3	
1.2 计算机网络的分类和应用.....3	
1.2.1 计算机网络的分类.....3	
1.2.2 计算机网络的应用.....6	
1.3 我国互联网的发展.....7	
1.3.1 我国互联网络的建设.....7	
1.3.2 我国建成的四大互联网络.....8	
1.4 计算机网络体系结构.....10	
1.4.1 计算机网络的功能特性.....10	
1.4.2 开放系统互连参考模型 的基本概念.....12	
1.5 OSI 协议集.....18	
1.5.1 物理层协议.....19	
1.5.2 数据链路层协议.....19	
1.5.3 网络层协议.....19	
1.5.4 传输层协议.....20	
1.5.5 会话层协议.....20	
1.5.6 表示层协议.....21	
1.5.7 应用层协议.....21	
第2章 数据通信基础23	
2.1 数据通信的基本概念.....23	
2.2 信道特性.....24	
2.2.1 信道带宽.....24	
2.2.2 误码率.....26	
2.2.3 信道延迟.....26	
2.3 传输介质.....26	
2.3.1 双绞线.....26	
2.3.2 同轴电缆.....27	
2.3.3 光缆.....28	
2.3.4 无线信道.....29	
2.4 数据编码.....31	
2.4.1 单极性码.....31	
2.4.2 极性码.....32	
2.4.3 双极性码.....32	
2.4.4 归零码.....32	
2.4.5 不归零码.....32	
2.4.6 双相码.....32	
2.4.7 曼彻斯特编码.....33	
2.4.8 差分曼彻斯特编码.....33	
2.4.9 多电平编码.....33	
2.5 数字调制技术.....33	
2.5.1 幅度键控 (ASK).....34	
2.5.2 频移键控 (FSK).....34	
2.5.3 相移键控 (PSK).....34	
2.6 脉冲编码调制.....35	
2.6.1 取样.....35	
2.6.2 量化.....36	
2.6.3 编码.....36	
2.7 通信方式和交换方式.....36	
2.7.1 数据通信方式.....36	
2.7.2 交换方式.....37	
2.8 多路复用技术.....40	
2.8.1 频分多路复用.....41	
2.8.2 时分多路复用.....41	
2.8.3 波分多路复用.....42	
2.8.4 数字传输系统.....42	
2.9 差错控制.....45	
2.9.1 检错码.....45	

2.9.2 海明码	46	4.3.3 竞争式	119
2.9.3 循环冗余校验码(CRC)	47	4.4 CSMA/CD 协议和 IEEE 802.3 标准	120
第3章 广域通信网	50	4.4.1 ALOHA 协议	120
3.1 公共交换电话网	50	4.4.2 CSMA/CD 协议	123
3.1.1 电话系统的结构	50	4.4.3 CSMA/CD 的性能分析	129
3.1.2 本地回路	51	4.4.4 IEEE 802.3 标准	132
3.1.3 调制解调器	56	4.4.5 高速以太网	137
3.1.4 信令系统	59	4.5 令牌总线和 IEEE 802.4 标准	140
3.2 X.25 公用数据网	64	4.5.1 令牌总线的 MAC 协议	141
3.2.1 CCITT X.21 接口	64	4.5.2 令牌总线的物理层规范	145
3.2.2 流量控制	66	4.6 令牌环和 IEEE 802.5 标准	146
3.2.3 差错控制	68	4.6.1 令牌环网的工作特点	146
3.2.4 HDLC 协议	73	4.6.2 令牌环的 MAC 协议	147
3.2.5 X.25 PLP 协议	79	4.6.3 令牌环的性能分析	152
3.3 帧中继网	85	4.6.4 令牌环的物理层规范	153
3.3.1 帧中继业务	86	4.7 分布式队列双总线和 IEEE 802.6 标准	155
3.3.2 帧中继协议	88	4.7.1 DQDB 网络的组成	156
3.3.3 交换虚电路	90	4.7.2 DQDB 协议	157
3.3.4 固定虚电路	93	4.8 光纤环网和 FDDI	160
3.3.5 帧中继的应用	95	4.8.1 FDDI 环网的工作特点	161
3.4 ISDN 和 ATM	96	4.8.2 FDDI 的容量分配	162
3.4.1 综合业务数字网(ISDN)	96	4.8.3 FDDI 的物理层编码	164
3.4.2 ATM 物理层	100	4.8.4 FDDI 协议	165
3.4.3 ATM 层	100	4.9 ATM 局域网	165
3.4.4 ATM 高层	103	4.9.1 ATM 局域网的系统配置	166
3.4.5 ATM 适配层(AAL)	104	4.9.2 ATM 局域网仿真	168
第4章 局域网和城域网	107	4.10 无线局域网	171
4.1 LAN 技术概论	107	4.10.1 无线局域网的基本概念	171
4.1.1 拓扑结构和传输介质	107	4.10.2 WLAN 的关键技术	173
4.1.2 LAN/MAN 的 IEEE 802 标准	113	4.10.3 IEEE 802.11 WLAN 体系结构	178
4.2 逻辑链路控制(LLC)子层	115	第5章 网络互联和互联网	185
4.2.1 LLC 地址	116	5.1 网络互联设备	185
4.2.2 LLC 服务	117	5.1.1 中继器	185
4.2.3 LLC 协议	117	5.1.2 网桥	186
4.3 介质访问控制(MAC)技术	118	5.1.3 路由器	187
4.3.1 循环式	119		
4.3.2 预约式	119		

5.1.4 网关	188	6.4.2 基于公钥的数字签名	258
5.2 局域网的互连	190	6.5 报文摘要	259
5.2.1 网桥协议的体系结构	190	6.5.1 报文摘要算法(MD5)	260
5.2.2 生成树网桥	193	6.5.2 安全散列算法(SHA-1)	261
5.2.3 源路由网桥	197	6.5.3 散列式报文认证码 (HMAC)	261
5.3 广域网互连	199	6.6 数字证书	263
5.3.1 OSI 网络层内部结构	199	6.6.1 数字证书的概念	263
5.3.2 无连接的网际互连	201	6.6.2 证书的获取	263
5.3.3 面向连接的网际互连	204	6.6.3 证书的吊销	264
5.4 Internet 协议和网络服务	206	6.7 密钥管理	265
5.4.1 IP 地址	207	6.7.1 密钥管理概述	265
5.4.2 IP 协议	210	6.7.2 密钥管理体制	266
5.4.3 ICMP 协议	213	6.8 虚拟专用网	269
5.4.4 域名和地址	214	6.8.1 虚拟专用网的工作原理	269
5.4.5 网关协议	220	6.8.2 第二层隧道协议	271
5.4.6 路由器技术	224	6.8.3 IPsec	277
5.4.7 第三层交换技术	230	6.8.4 安全套接层(SSL)	281
5.4.8 TCP 和 UDP	233	6.9 应用层安全协议	285
5.4.9 分布式应用	235	6.9.1 S-HTTP	285
5.4.10 IPv6	245	6.9.2 PGP	285
第6章 网络安全	249	6.9.3 S/MIME	287
6.1 网络安全的基本概念	249	6.9.4 安全的电子交易(SET)	288
6.1.1 网络安全威胁的类型	249	6.9.5 Kerberos	289
6.1.2 网络安全漏洞	250	6.10 可信任系统	290
6.1.3 网络攻击	250	6.11 防火墙	292
6.1.4 安全措施的目标	251	6.11.1 防火墙概念	293
6.1.5 基本安全技术	251	6.11.2 防火墙的基本类型	293
6.2 信息加密技术	252	6.11.3 防火墙的设计	295
6.2.1 数据加密原理	252	6.11.4 防火墙的功能和 网络拓扑结构	295
6.2.2 经典加密技术	253	6.11.5 采用的技术	297
6.2.3 现代加密技术	253	6.12 病毒防护	297
6.3 认证	256	6.13 入侵检测	300
6.3.1 基于共享密钥的认证	256	6.13.1 异常入侵检测技术	300
6.3.2 Needham-Schroeder 认证协议	256	6.13.2 误用入侵检测技术	301
6.3.3 基于公钥的认证	257	第7章 网络操作系统	303
6.4 数字签名	258	7.1 网络操作系统的基本概念	303
6.4.1 基于密钥的数字签名	258		

7.1.1	网络操作系统的功能和特性	303	8.4	电子邮件服务器的配置	392
7.1.2	网络操作系统的逻辑构成	306	8.4.1	电子邮件服务器的安装	392
7.1.3	网络操作系统与 OSI/RM	308	8.4.2	邮箱存储位置设置	394
7.1.4	常见的网络操作系统	309	8.4.3	域管理	395
7.2	Windows Server 2003 操作系统	312	8.4.4	邮箱管理	396
7.2.1	Windows Server 2003 简介	312	8.5	Linux RPM	397
7.2.2	配置 Windows Server 2003	317	8.5.1	Linux RPM 功能	397
7.2.3	Windows Server 2003 网络结构	346	8.5.2	Linux RPM 特点	398
7.3	Linux 操作系统	348	8.5.3	Linux RPM 的安装	399
7.3.1	Linux 简介	348	8.5.4	Linux RPM 其他操作	401
7.3.2	Linux 网络配置	349	8.6	Samba 服务器配置	403
7.3.3	文件和目录管理	356	8.6.1	Samba 协议基础	403
7.3.4	用户和组管理	364	8.6.2	Samba 主要功能	404
第 8 章	网站设计和配置技术	370	8.6.3	安装 Samba 服务组件	405
8.1	Windows Server 2003 IIS 服务的配置	370	8.6.4	配置 Samba 服务器	405
8.1.1	IIS 服务器的基本概念	370	8.6.5	测试 Samba 配置文件	408
8.1.2	安装 IIS 服务	371	8.6.6	启动 Samba 服务器	408
8.1.3	配置 Web 服务器	372	8.6.7	配置 Samba 文件共享	409
8.1.4	配置 FTP 服务器	376	8.7	Linux BIND DNS 服务器的配置	409
8.2	Windows Server 2003 DHCP 服务器的配置	380	8.7.1	Linux BIND DNS 服务 概述	409
8.2.1	在 Windows Server 2003 上 安装 DHCP 服务	381	8.7.2	Bind 域名服务器的安装	410
8.2.2	创建 DHCP 作用域	382	8.8	Linux Apache 服务器的配置	412
8.2.3	设置 DHCP 客户端	384	8.8.1	Apache 服务器概述	412
8.2.4	备份、还原 DHCP 服务器 配置信息	385	8.8.2	Apache 的安装与配置	412
8.2.5	DHCP 服务器的 IP 地址与 MAC 地址绑定策略	386	8.8.3	建立基于域名的虚拟主机	413
8.3	Windows Server 2003 DNS 服务器的配置	387	8.8.4	建立基于 IP 地址的 虚拟主机	414
8.3.1	DNS 服务器基础	387	8.8.5	Apache 中的访问控制	414
8.3.2	安装 DNS 服务器	388	第 9 章	接入网技术	416
8.3.3	创建 DNS 解析区域	389	9.1	接入网的基本概念	416
8.3.4	创建域名	390	9.1.1	接入网的定义	416
8.3.5	设置 DNS 客户端	391	9.1.2	接入网的主要功能和特点	417
			9.1.3	接入网的分类	418
			9.1.4	接入网的主要业务及其 技术发展趋势	419
			9.2	网络接口层协议	420
			9.2.1	SLIP 和 PPP 协议	420

9.2.2 宽带接入协议 PPPoE	421	10.1.4 新的结构化布线解决方案	478
9.2.3 以 SLIP/PPP 方式入网	422	10.2 访问路由器和交换机	480
9.3 xDSL 及 ADSL 接入	423	10.3 交换机的配置	481
9.3.1 xDSL 接入	423	10.3.1 交换机概述	481
9.3.2 ADSL	425	10.3.2 交换机的基本配置	482
9.4 HFC 接入	426	10.3.3 配置和管理 VLAN	488
9.4.1 HFC 简介	426	10.3.4 生成树协议 STP 配置	492
9.4.2 HFC 网的设备构成	426	10.4 路由器的配置	494
9.4.3 HFC 网络的构成	427	10.4.1 路由器概述	495
9.4.4 HFC 宽带数据通信系统	428	10.4.2 路由器的基本配置	496
9.5 高速以太网接入	430	10.5 配置路由协议	502
9.6 宽带无线接入	432	10.5.1 配置 RIP 协议	503
9.6.1 码分多址技术	432	10.5.2 配置 IGRP 协议	507
9.6.2 宽带码分多址技术		10.5.3 配置 OSPF 协议	510
CDMA2000	432	10.5.4 配置 EIGRP 协议	513
9.6.3 宽带码分多址技术		10.6 配置广域网接入	515
(WCDMA)	436	10.6.1 配置 ISDN	515
9.6.4 宽带无线接入概述	442	10.6.2 配置 PPP 和 DDR	518
9.6.5 本地多点分配业务		10.6.3 配置帧中继	522
(LMDS)	443	10.7 L2TP 配置与测试	525
9.6.6 多通道多点分配业务		10.7.1 L2TP 协议配置命令	526
(MMDS)	446	10.7.2 Cisco 配置举例	533
9.7 公共数据网络的接入	447	10.8 IPsec 配置与测试	534
9.7.1 X.25 网	447	10.8.1 IPsec 实现的工作流程	534
9.7.2 数字数据网	449	10.8.2 Cisco 配置举例	535
9.8 端用户的因特网接入方式	454	10.8.3 测试时常见的故障	538
9.8.1 以终端方式入网	455	第 11 章 网络管理	541
9.8.2 以 SLIP/PPP 方式入网	455	11.1 CMIP/CMIS	541
9.8.3 以 DDN 专线方式入网	455	11.2 管理信息库 MIB-2	541
9.8.4 使用其他通信线路入网	456	11.2.1 MIB 的基本概念	541
9.8.5 通过代理服务器 (Proxy)		11.2.2 MIB-2	543
入网	457	11.3 SNMP	545
9.8.6 连入因特网需要的设备	459	11.3.1 SNMP 的协议体系结构	546
第 10 章 组网技术	460	11.3.2 SNMP 的管理框架	547
10.1 结构化布线	460	11.3.3 SNMP 的协议数据单元	552
10.1.1 结构化布线系统简介	460	11.3.4 报文应答序列	555
10.1.2 结构化布线系统的组成	462	11.3.5 报文的发送和接受	557
10.1.3 结构化布线技术基础	468	11.3.6 SNMP 的操作	558



11.3.7	SNMP 的安全机制	560	12.2	校园网网络方案设计	614
11.4	RMON	565	12.2.1	校园网概述	614
11.4.1	RMON 的基本概念	565	12.2.2	小规模校园网络	615
11.4.2	RMON 的管理信息库	566	12.2.3	中等规模校园网络	617
11.4.3	RMON2 的管理信息库	569	12.2.4	大型校园网	619
11.5	网络管理工具及其相关技术	570	12.3	企业网网络方案设计	623
11.5.1	hp OpenView	570	12.3.1	企业计算机信息网络概述	623
11.5.2	TCP/IP 诊断命令	571	12.3.2	企业计算机网络各个 层次的特点	630
11.5.3	日志文件的使用	574	12.3.3	企业网需求分析	631
11.5.4	网络监视和管理工具	577	12.3.4	企业计算机网络的 结构化设计	632
11.5.5	网络故障诊断与排除	580	12.3.5	企业网设计思路	633
11.5.6	硬件防火墙配置以及 防火墙日志的使用	583	12.3.6	企业网的特点	634
11.5.7	端口扫描	588	12.3.7	企业网 Internet 接入方式及 安全考虑	634
11.5.8	DoS 攻击演习	590	12.4	网络测试	635
11.5.9	备份策略和数据恢复	591	12.4.1	结构化布线系统的测试	636
11.5.10	双工系统和 RAID	593	12.4.2	网络设备测试	638
11.6	网络存储 SAN	596	12.4.3	网络系统和应用测试	639
11.6.1	开放系统服务器的主要 I/O 路径技术	597	12.5	网络性能评价	640
11.6.2	网络连接存储	597	12.5.1	网络性能度量	640
11.6.3	存储区域网络	598	12.5.2	响应时间	641
第 12 章	网络需求分析和网络规划	600	12.5.3	吞吐量	642
12.1	网络工程组建方案设计	600	12.5.4	资源利用率	643
12.1.1	网络需求分析	600	主要参考文献		645
12.1.2	网络系统方案设计	600			

第 1 章 计算机网络概论

计算机和通信技术的结合正在推动着社会信息化的技术革命。人们通过连接各个部门、地区、国家,甚至全世界的计算机网络来获取、存储、传输和处理信息,广泛地利用信息进行生产过程的控制和经济计划的决策。全国乃至全球范围的计算机互联网络不断地高速发展并日益深入到国民经济的各个部门和社会生活的各个方面,计算机网络已经成为人们日常生活中必不可少的交际工具。

1.1 计算机网络的形成和发展

1.1.1 早期的计算机网络

自从有了计算机,就有了计算机技术与通信技术的结合。早在 1951 年,美国麻省理工学院林肯实验室就开始为美国空军设计称为 SAGE 的半自动化地面防空系统,该系统最终于 1963 年建成,被认为是计算机和通信技术结合的先驱。

计算机通信技术应用于民用系统方面,最早的当数美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 50 年代初开始联合研究,20 世纪 60 年代初投入使用的飞机订票系统 SABRE-I。美国通用电气公司的信息服务系统则是世界上最大的商用数据处理网络,其地理范围从美国本土延伸到欧洲、澳洲和日本。该系统于 1968 年投入运行,具有交互式处理和批处理能力,由于地理范围大,可以利用时差达到资源的充分利用。

在这一类早期的计算机通信网络中,为了提高通信线路的利用率并减轻主机的负担,已经使用了多点通信线路、终端集中器以及前端处理机。这些技术对以后计算机网络的发展有着深刻的影响。以多点线路连接的终端和主机间的通信建立过程,可以用主机对各终端轮询或是由各终端连接成维菊链的形式实现。考虑到远程通信的特殊情况,对传输的信息还要按照一定的通信规程进行特别的处理。

1.1.2 现代计算机网络的发展

20 世纪 60 年代中期出现了大型主机,因而也提出了对大型主机资源远程共享的要求。以程控交换为特征的电信技术的发展则为这种远程通信需求提供了实现的手段。现代意义上的计算机网络是从 1969 年美国国防部高级研究计划局(DARPA)建成的 ARPAnet 实验网开始的。

该网络当时只有 4 个结点,以电话线路作为主干网络,两年后,建成 15 个结点,进入工作阶段。此后,ARPAnet 的规模不断扩大。到了 20 世纪 70 年代后期,网络结点超过 60 个,主机 100 多台,地理范围跨越了美洲大陆,连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构,而且通过通信卫星与夏威夷和欧洲地区的计算机网络相互连通。ARPAnet 的主要特点是:(1)资源共享;(2)分散控制;(3)分组交换;(4)采用专门的通信控制处理机;(5)分层的网络协议。这些特点被认为是现代计算机网络的一般特征。

20 世纪 70 年代中后期是广域通信网大发展的时期。各发达国家的政府部门、研究机构和电报电话公司都在发展分组交换网络。例如,英国邮政局的 EPSS 公用分组交换网络(1973),法国信息与自动化研究所(IRIA)的 CYCLADES 分布式数据处理网络(1975),加拿大的 DATAPAC 公用分组交换网(1976),日本电报电话公司的 DDX-3 公用数据网(1979)。这些网络都以实现计算机之间的远程数据传输和信息共享为主要目的,通信线路大多采用租用电话线路,少数铺设专用线路,数据传输速率在 50 Kb/s 左右。这一时期的网络被称为第二代网络,以远程大规模互联为其主要特点。

1.1.3 计算机网络标准化阶段

经过 20 世纪 60 年代和 20 世纪 70 年代前期的发展,人们对组网的技术、方法和理论的研究日趋成熟。为了促进网络产品的开发,各大计算机公司纷纷制定自己的网络技术标准。IBM 首先于 1974 年推出了该公司的系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture),为用户提供能够互联的成套通信产品;1975 年 DEC 公司宣布了自己的数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture);1976 年 UNIVAC 宣布了该公司的分布式通信体系结构(Distributed Communication Architecture)。这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效,遵从某种标准的、能够互连的网络通信产品,只是同一公司生产的同构型设备。网络通信市场这种各自为政的状况使得用户在投资方向上无所适从,也不利于多厂商之间的公平竞争。1977 年国际标准化组织 ISO 的 TC97 信息处理系统技术委员会 SC16 分技术委员会开始着手制定开放系统互联参考模型 OSI/RM。作为国际标准,OSI 规定了可以互连的计算机系统之间的通信协议,遵从 OSI 协议的网络通信产品都是所谓的开放系统。今天,几乎所有的网络产品厂商都声称自己的产品是开放系统,不遵从国际标准的产品逐渐失去了市场。这种统一的、标准化产品互相竞争的市场又进一步促进了网络技术的发展。

1.1.4 微机局域网的发展时期

20 世纪 80 年代初出现了微型计算机,这种更适合办公室环境和家庭使用的新机种对社会的各个方面都产生了深刻的影响。1972 年 Xerox 公司发明了以太网,以太网与微机的结合使得微机局域网得到了快速的发展。在一个单位内部的微型计算机和智能设备互相连接起来,

提供了办公自动化的环境和信息共享的平台。1980年2月IEEE组织了一个802委员会,开始制定局域网标准。局域网的发展道路不同于广域网,局域网厂商从一开始就按照标准化,互相兼容的方式展开竞争。用户在建设自己的局域网时选择面更宽,设备更新更快。

1.1.5 国际互联网的发展时期

1985年,美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)利用ARPAnet协议建立了用于科学研究和教育的骨干网络NSFnet。1990年,NSFnet代替ARPAnet成为国家骨干网,并且走出了大学和研究机构进入社会。从此网上的电子邮件、文件下载和消息传输受到越来越多人们的欢迎并被广泛使用。1992年,Internet学会成立,该学会把Internet定义为“组织松散的、独立的国际合作互联网络”,“通过自主遵守计算协议和过程支持主机对主机的通信”。1993年,美国伊利诺斯大学国家超级计算中心开发成功了网上浏览工具Mosaic(后来发展成Netscape),使得各种信息都可以方便地在网上交流。浏览工具的实现引发了Internet发展和普及的高潮。上网不再是网络操作人员和科学研究人员的专利,而成为一般人进行远程通信和交流的工具。在这种形势下,美国总统克林顿于1993年宣布正式实施国家信息基础设施(National Information Infrastructure, NII)计划,从此在世界范围内展开了争夺信息化社会领导权和制高点的竞争。与此同时NSF不再向Internet注入资金,使其完全进入商业化运作。20世纪90年代后期,Internet以惊人的高速度发展,网上的主机数量、上网的人数、网络的信息流量每年都在成倍地增长。

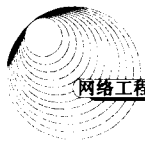
1.2 计算机网络的分类和应用

1.2.1 计算机网络的分类

计算机网络这一术语是指由通信线路互相连接的许多自主工作的计算机构成的集合体。这里强调构成网络的计算机是自主工作的,这是为了和多终端分时系统相区别。在后一种系统中,终端无论是本地的还是远程的,只是主机和用户之间的接口,它本身并不拥有计算资源,全部资源集中在主机中。主机以自己拥有的资源分时地为各终端用户服务。在计算机网络中的各个计算机(工作站)本身拥有计算资源,能独立工作,能完成一定的计算任务。同时用户还可以使用网络中其他计算机的资源(CPU、大容量外存或信息等)。

比计算机网络更高级的系统是分布式系统。分布式系统在计算机网络基础上为用户提供了透明的集成应用环境。用户可以用名字或命令调用网络中的任何资源或进行远程的数据处理,不必考虑这些资源或数据的地理位置。

与计算机网络类似的另一种系统是多机系统。多机系统专指同一机房中的许多大型主机互



连组成的功能强大、能高速并行处理的计算机系统。对这种系统互连的要求是高带宽和连通的多样性。计算机网络中的信息传输往往开销很大,实际的有效数据速率比通信线路能够提供的带宽要小得多。同时由于距离的原因,在计算机网络终端系统是通过交换设备互连的,这种有限互连的方式不能适应高速并行计算的要求。

计算机网络的组成元素可以分为两大类,即网络结点和通信链路。网络结点又分为端结点和转接结点。端结点指信源和信宿结点,例如用户主机和用户终端;转接结点指网络通信过程中起控制和转发信息作用的结点,例如交换机、集线器、接口信息处理机等。通信链路是指传输信息的信道,可以是电话线、同轴电缆、无线电路、卫星线路、微波中继线路、光纤缆线等。网络结点通过通信链路连成的计算机网络表示在图 1-1 中。

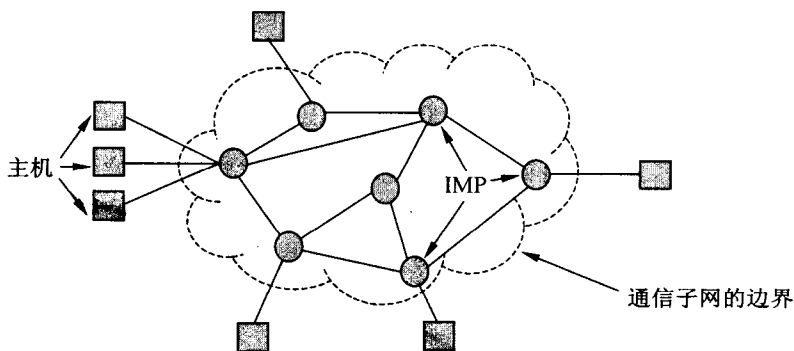


图 1-1 通信子网与资源子网

在图 1-1 中,虚线框外的部分称为资源子网。资源子网中包括拥有资源的用户主机和请求资源的用户终端,它们都是端结点。框内的部分叫做通信子网,其任务是在端结点之间传送由信息组成的报文,主要由转接结点和通信链路组成。在图 1-1 中,我们按照 ARPA 网络的术语把转接结点通称为接口信息处理机(Interface Message Processor, IMP)。IMP 是一种专用于通信的计算机,有些 IMP 之间直接相连,有些 IMP 之间必须经过其他 IMP 才能相连。当 IMP 收到一个报文后要根据报文的目标地址决定把该报文提交给与它相连的主机还是转发到下一个 IMP,这种通信方式叫做存储—转发通信。在广域网中的通信一般都采用这种方式。另外一种通信方式是广播通信方式,主要用于局域网中。局域网中的 IMP 简化为一个微处理器芯片,每台主机或工作站中都设置一个 IMP。在广播通信系统中,唯一的信道为所有主机共享,任何主机发出的信息所有主机都能收到。信息包中的目标地址则指明特定的接收站。在需要时可以用一个特殊的目标地址(例如全 1 地址)表示该信息包是发给所有站的,这叫做多目标发送。

通信子网中转发结点的互连模式叫做子网的拓扑结构。图 1-2 所示为常见的几种拓扑结构,其中全连接型对于点到点的通信是最理想的,但由于连接数接近结点数的平方倍,所以实际上