



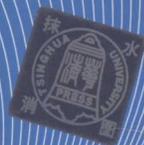
全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

网络工程师教程

（第三版）（修订版）

雷震甲 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编



清华大学出版社

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

(第三版) (修订版)

雷震甲 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编



1412503

清华大学出版社
北京

1421136

内 容 简 介

本书是全国计算机技术与软件专业技术资格考试指定用书。本教材根据第三版的内容,并根据考试的重点内容做了修订,书中主要内容包括:数据通信、广域通信网、局域网、城域网、因特网、网络安全、网络操作系统与应用服务器配置、组网技术、网络管理和网络规划和设计。

本书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。

本书扉页为防伪页,封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络工程师教程(第三版)(修订版)/雷震甲主编. —北京:清华大学出版社,2011.9
(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 978-7-302-26658-7

I. ①网… II. ①雷… III. ①计算机网络-工程技术人员-资格考试-教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第179880号

责任编辑:柴文强

责任校对:徐俊伟

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjcc@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明印装厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:41.25 防伪页:1 字 数:909千字

版 次:2011年9月第3版 印 次:2011年9月第1次印刷

印 数:1~8000

定 价:65.00元

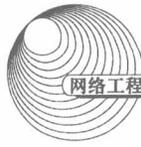
序 言

软件产业是信息产业的核心之一，是经济社会发展的基础性、先导性和战略性产业，在推进信息化与工业化融合、促进发展方式转变和产业结构升级、维护国家安全等方面有着重要作用。党中央、国务院高度重视软件产业发展，先后出台了 18 号文件、47 号文件等一系列政策措施，营造了良好的发展环境。近年来，我国软件产业进入快速发展期。2007 年销售收入达到 5834 亿元，出口 102.4 亿美元，软件从业人数达 148 万人。全国共认定软件企业超过 1.8 万家，登记备案软件产品超过 5 万个。软件技术创新取得突破，国产操作系统、数据库、中间件等基础软件相继推出并得到了较好的应用。软件与信息服务外包蓬勃发展，软件正版化工作顺利推进。

随着软件产业的快速发展，软件人才需求日益迫切。为适应产业发展需求、规范软件专业技术人员技术资格，20 余年前全国计算机软件考试创办，率先执行了以考代评政策。近年来，考试作了很多积极的探索，进行了一系列改革，考试名称、考试内容、专业类别、职业岗位也作了相应的变化。目前，考试名称已调整为计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试，涉及 5 个专业类别、3 个级别层次共 27 个职业岗位，采取水平考试的形式，执行资格考试政策，并扩展到高级资格，取得了良好效果。20 余年来，累计报考人数近 200 万，影响力不断扩大。程序员、软件设计师、系统分析师、网络工程师、数据库系统工程师的考试标准已与日本相应考试级别实现互认，程序员和软件设计师的考试标准与韩国实现互认。通过考试，一大批软件人才脱颖而出，为加快培育软件人才队伍、推动软件产业健康发展起到了重要作用。

最近，工业和信息化部电子教育与考试中心组织了一批具有较高理论水平和丰富实践经验的专家编写了这套全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书。按照考试大纲的要求，教材和辅导用书全面介绍相关知识与技术，帮助考生学习备考，将为软件考试的规范和完善起到积极作用。

我相信，通过社会各界共同努力，全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试将



更加规范、科学,培养出更多专业技术人才,为加快发展信息产业、推动信息化与工业化融合做出积极贡献。

工业和信息化部副部长

李政信

前 言

根据新的网络工程师考试大纲，这次修订版时对原书内容进行了部分调整。对基础知识部分进行了简化，对应用技术部分进行了改写，突出了网络服务器的配置、路由器和交换机的配置、以及网络安全和网络管理等实用技术。在适当调整后，全书缩减为 10 章，其主要内容介绍如下。

第 1 章介绍计算机网络的基本概念，这一章最主要的内容是计算机网络的体系结构——ISO 开放系统互连参考模型，其中的基本概念，例如协议实体、协议数据单元，服务数据单元、面向连接的服务和无连接的服务、服务原语、服务访问点、相邻层之间的多路复用，以及各个协议层的功能特性等，都是进行网络分析的理论基础，是网络工程技术人员应该掌握的基础知识。

第 2 章讲述数据通信的基础知识，这一章主要是属于物理层的内容。网络工程师除了熟悉网络协议的工作原理、能够操作网络互连设备之外，也应该掌握数据通信方面的基础知识，这样，在进行网络故障分析和故障排除时才能做到有的放矢，事半功倍地解决问题。

第 3 章介绍电话网、数据通信网、帧中继网和综合业务数字网等广域通信网方面的基础知识，这些网络都是进行网络互连时必须要用到的基础设施，这方面的基础知识可以帮助网络工程师根据已有的条件选择网络互连设备。

第 4 章详细介绍局域网和城域网方面的主要技术。这次修改时突出了快速以太网技术，删去了较少使用的令牌环网等，丰富了无线局域网和城域网方面的内容。这一章是网络工程师应该掌握的最重要的基础知识。

第 5 章讨论了网络互连的基本原理，深入讲解了 Internet 协议及其提供的网络服务。这一章也是网络工程师应该掌握的重要的基础知识。

第 6 章包含了网络安全方面的基础知识和应用技术。读者应该掌握诸如数据加密、报文认证、数字签名等基本理论，在此基础上深入理解网络安全协议的工作原理，并能够针对具体的网络系统设计和实现简单的安全解决方案。

第 7 章介绍了 Windows 和 Linux 操作系统的基础知识，并详细讲述了常用的各种服务器的配置方法。这一章的内容主要是在具体操作方面，网络工程师要能够熟练地配置各种网络服务器，排除网络服务器中出现的故障。

第 8 章是有关网络互连设备操作方面的基础知识和实用技术，这一章也是要求能够熟练地

操作,重点是 VLAN 和动态路由配置。要求网络工程师能够熟悉网络互连设备的工作原理,掌握路由器和交换机的配置命令,能够排除网络互连设备的故障。

第 9 章是网络管理,读者除了要熟悉 SNMP 协议的体系结构和操作原理之外,还要能实际操作网络管理系统,熟练地使用常见的网络管理命令,针对具体的网络给出实用的网络管理解决方案。

第 10 章讲述网络规划与设计。网络工程师应该能够根据网络的设计目标,按照系统工程的方法给出解决方案,写出规范的设计和实施方案。另外,这一章还给出了网络规划和设计的案例,作为学习时的参考。

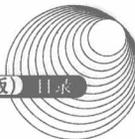
新大纲增加了 IPv6、802.11x、MPLS、光纤主干网等新技术,希望读者给予注意。

编者 2011 年 6 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	
1.2 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 我国建成的互联网络.....9	
1.4 计算机网络体系结构.....11	
1.4.1 计算机网络的功能特性.....11	
1.4.2 开放系统互连参考模型 的基本概念.....14	
1.5 几种商用网络的体系结构.....20	
1.5.1 SNA.....20	
1.5.2 X.25.....22	
1.5.3 Novell NetWare.....23	
1.6 OSI 协议集.....24	
第 2 章 数据通信基础29	
2.1 数据通信的基本概念.....29	
2.2 信道特性.....30	
2.2.1 信道带宽.....30	
2.2.2 误码率.....32	
2.2.3 信道延迟.....32	
2.3 传输介质.....32	
2.3.1 双绞线.....32	
2.3.2 同轴电缆.....33	
2.3.3 光缆.....35	
2.3.4 无线信道.....36	
2.4 数据编码.....37	
2.5 数字调制技术.....41	
2.6 脉冲编码调制.....42	
2.6.1 取样.....43	
2.6.2 量化.....43	
2.6.3 编码.....43	
2.7 扩频通信.....44	
2.7.1 频率跑动扩频.....44	
2.7.2 直接序列扩频.....45	
2.8 通信方式和交换方式.....47	
2.8.1 数据通信方式.....47	
2.8.2 交换方式.....48	
2.9 多路复用技术.....51	
2.9.1 频分多路复用.....51	
2.9.2 时分多路复用.....52	
2.9.3 波分多路复用.....53	
2.9.4 码分多路复用.....53	
2.9.5 数字传输系统.....54	
2.9.6 同步数字系列.....56	
2.10 差错控制.....56	
2.10.1 检错码.....57	
2.10.2 海明码.....57	
2.10.3 循环冗余校验码.....59	
第 3 章 广域通信网61	
3.1 公共交换电话网.....61	
3.1.1 电话系统的结构.....61	
3.1.2 本地回路.....62	
3.1.3 调制解调器.....66	
3.2 X.25 公共数据网.....68	
3.2.1 CCITT X.21 接口.....68	
3.2.2 流量控制和差错控制.....70	
3.2.3 HDLC 协议.....75	
3.2.4 X.25 PLP 协议.....81	
3.3 帧中继网.....86	

3.3.1 帧中继业务	87	4.6.1 城域以太网	146
3.3.2 帧中继协议	89	4.6.2 弹性分组环	149
3.3.3 固定虚电路	90	4.7 无线局域网	153
3.3.4 帧中继的应用	92	4.7.1 无线局域网的基本概念	153
3.4 ISDN 和 ATM	94	4.7.2 WLAN 通信技术	155
3.4.1 综合业务数字网	94	4.7.3 IEEE 802.11 WLAN 体系结构	158
3.4.2 ATM 物理层	98	第 5 章 网络互连与互联网	165
3.4.3 ATM 层	98	5.1 网络互连设备	165
3.4.4 ATM 高层	101	5.1.1 中继器	165
3.4.5 ATM 适配层	102	5.1.2 网桥	166
3.4.6 ATM 通信管理	104	5.1.3 路由器	167
第 4 章 局域网与城域网	106	5.1.4 网关	168
4.1 局域网技术概论	106	5.2 广域网互连	169
4.1.1 拓扑结构和传输介质	106	5.2.1 OSI 网络层内部结构	170
4.1.2 LAN/MAN 的 IEEE 802 标准	111	5.2.2 面向连接的网际互连	171
4.2 逻辑链路控制子层	113	5.2.3 无连接的网际互连	173
4.2.1 LLC 地址	113	5.3 IP 协议	176
4.2.2 LLC 服务	114	5.3.1 IP 地址	177
4.2.3 LLC 协议	115	5.3.2 IP 协议的操作	179
4.3 介质访问控制技术	116	5.3.3 IP 协议数据单元	181
4.3.1 循环式	116	5.4 ICMP	182
4.3.2 预约式	117	5.5 TCP 和 UDP	183
4.3.3 竞争式	117	5.5.1 TCP 服务	183
4.4 IEEE 802.3 标准	117	5.5.2 TCP 段头格式	184
4.4.1 ALOHA 协议	118	5.5.3 用户数据报协议	186
4.4.2 CSMA/CD 协议	120	5.6 域名和地址	188
4.4.3 CSMA/CD 协议的性能分析	125	5.6.1 域名系统	189
4.4.4 MAC 和 PHY 规范	126	5.6.2 地址分解协议	191
4.4.5 交换式以太网	130	5.7 网关协议	194
4.4.6 高速以太网	131	5.7.1 自治系统	194
4.4.7 虚拟局域网	134	5.7.2 外部网关协议	195
4.5 局域网互连	137	5.7.3 内部网关协议	196
4.5.1 网桥协议的体系结构	137	5.7.4 核心网关协议	197
4.5.2 生成树网桥	140	5.8 路由器技术	198
4.5.3 源路由网桥	144	5.8.1 NAT 技术	198
4.6 城域网	146	5.8.2 CIDR 技术	200



5.8.3 第三层交换技术	202	6.5 报文摘要	248
5.9 IP QoS 技术	204	6.5.1 报文摘要算法	249
5.9.1 集成服务	205	6.5.2 安全散列算法	250
5.9.2 区分服务	207	6.5.3 散列式报文认证码	251
5.9.3 流量工程	209	6.6 数字证书	252
5.10 Internet 应用	211	6.6.1 数字证书的概念	252
5.10.1 远程登录协议	211	6.6.2 证书的获取	253
5.10.2 文件传输协议	212	6.6.3 证书的吊销	254
5.10.3 简单邮件传输协议	213	6.7 密钥管理	254
5.10.4 超文本传输协议	214	6.7.1 密钥管理概述	254
5.11 IPv6	217	6.7.2 密钥管理体制	255
5.11.1 IPv6 分组格式	218	6.8 虚拟专用网	258
5.11.2 IPv6 地址	222	6.8.1 虚拟专用网的工作原理	258
5.11.3 IPv6 路由协议	228	6.8.2 第二层隧道协议	260
5.11.4 IPv6 对 IPv4 的改进	229	6.8.3 IPSec	266
5.12 移动 IP	229	6.8.4 安全套接层	269
5.12.1 移动 IP 的通信过程	230	6.9 应用层安全协议	274
5.12.2 移动 IPv6	232	6.9.1 S-HTTP	274
第 6 章 网络安全	237	6.9.2 PGP	274
6.1 网络安全的基本概念	237	6.9.3 S/MIME	276
6.1.1 网络安全威胁的类型	237	6.9.4 安全的电子交易	277
6.1.2 网络安全漏洞	238	6.9.5 Kerberos	278
6.1.3 网络攻击	238	6.10 可信任系统	279
6.1.4 安全措施的目标	239	6.11 防火墙	281
6.1.5 基本安全技术	239	6.11.1 防火墙概念	281
6.2 信息加密技术	240	6.11.2 防火墙的基本类型	282
6.2.1 数据加密原理	240	6.11.3 防火墙的设计	284
6.2.2 经典加密技术	241	6.11.4 防火墙的功能和 网络拓扑结构	284
6.2.3 现代加密技术	241	6.12 病毒防护和入侵检测	285
6.3 认证	245	6.12.1 病毒防护	285
6.3.1 基于共享密钥的认证	245	6.12.2 入侵检测	289
6.3.2 Needham-Schroeder 认证协议	246	第 7 章 网络操作系统与应用服务器配置	292
6.3.3 基于公钥的认证	247	7.1 网络操作系统	292
6.4 数字签名	247	7.1.1 网络操作系统的基本概念	292
6.4.1 基于密钥的数字签名	247	7.1.2 Windows Server 2003 操作系统	295
6.4.2 基于公钥的数字签名	248		

7.1.3 Linux 操作系统简介	298	7.7.1 电子邮件服务器的安装	367
7.2 网络操作系统的基本配置	298	7.7.2 邮箱存储位置设置	368
7.2.1 Windows Server 2003 本地 用户与组	298	7.7.3 域管理	369
7.2.2 Windows Server 2003 活动目录	299	7.7.4 邮箱管理	370
7.2.3 Windows Server 2003 终端服务	305	7.8 Samba 服务器的配置	371
7.2.4 Windows Server 2003 远程管理	308	7.8.1 Samba 协议基础	371
7.2.5 Linux 网络配置	312	7.8.2 Samba 主要功能	371
7.2.6 Linux 文件和目录管理	320	7.8.3 Samba 的简单配置	372
7.2.7 Linux 用户和组管理	328	7.9 Windows Server 2003 安全策略	373
7.3 Windows Server 2003 IIS 服务的配置	334	7.9.1 安全策略的概念	373
7.3.1 IIS 服务器的基本概念	334	7.9.2 帐户密码策略设置	377
7.3.2 安装 IIS 服务	335	7.9.3 IPSec 策略设置	378
7.3.3 配置 Web 服务器	336	7.9.4 Web 站点数字证书	382
7.3.4 配置 FTP 服务器	339	第 8 章 组网技术	386
7.4 Linux Apache 服务器的配置	342	8.1 交换机和路由器	386
7.4.1 Apache 的安装与配置	342	8.1.1 交换机基础	386
7.4.2 建立基于域名的虚拟主机	343	8.1.2 路由器基础	393
7.4.3 建立基于 IP 地址的虚拟主机	344	8.1.3 访问路由器和交换机	395
7.4.4 Apache 中的访问控制	344	8.2 交换机的配置	396
7.5 DNS 服务器的配置	346	8.2.1 交换机概述	397
7.5.1 DNS 服务器基础	346	8.2.2 交换机的基本配置	397
7.5.2 Windows Server 2003 DNS 服务器的安装与配置	355	8.2.3 配置和管理 VLAN	403
7.5.3 Linux BIND DNS 服务器的 安装	358	8.2.4 生成树协议配置	407
7.6 DHCP 服务器的配置	360	8.3 路由器的配置	410
7.6.1 DHCP 服务器基础	360	8.3.1 路由器概述	410
7.6.2 Windows Server 2003 DHCP 服务器的配置	361	8.3.2 路由器的基本配置	411
7.6.3 Linux DHCP 服务器的配置	365	8.4 配置路由协议	421
7.7 电子邮件服务器的配置	367	8.4.1 配置 RIP 协议	421
		8.4.2 配置 IGRP 协议	425
		8.4.3 配置 OSPF 协议	429
		8.4.4 配置 EIGRP 协议	432
		8.5 配置广域网接入	433
		8.5.1 配置 ISDN	433
		8.5.2 配置 PPP 和 DDR	436
		8.5.3 配置帧中继	440
		8.6 IPSec 配置与测试	444

8.6.1	IPSec 实现的工作流程	444	9.6	RMON	522
8.6.2	Cisco 配置举例	445	9.6.1	RMON 的基本概念	522
8.6.3	测试时常见的故障	448	9.6.2	RMON 的管理信息库	523
8.7	IPv6 配置与部署	451	9.6.3	RMON2 的管理信息库	524
8.7.1	IPv6-over-IPv4 GRE 隧道配置	452	9.7	网络诊断和配置命令	525
8.7.2	ISATAP 隧道配置	455	9.7.1	Ipconfig	525
8.7.3	NAT-PT	459	9.7.2	Ping	528
8.8	访问控制列表	463	9.7.3	Arp	529
8.8.1	ACL 的基本概念	463	9.7.4	Netstat	531
8.8.2	ACL 配置命令	464	9.7.5	Tracert	533
8.8.3	命名的访问控制列表	472	9.7.6	Pathping	535
8.8.4	ACL 综合应用	473	9.7.7	Nbtstat	537
第 9 章	网络管理	475	9.7.8	Route	540
9.1	网络管理系统体系结构	475	9.7.9	Netsh	543
9.1.1	网络管理系统的层次结构	475	9.7.10	Nslookup	547
9.1.2	网络管理系统的配置	476	9.7.11	Net	553
9.1.3	网络管理软件的结构	478	9.8	网络监视和管理工具	555
9.2	网络监控系统的组成	480	9.8.1	网络监听原理	556
9.2.1	管理信息的组成	480	9.8.2	网络嗅探器	556
9.2.2	网络监控系统的配置	481	9.8.3	Sniffer 软件的功能和 使用方法	557
9.2.3	网络监控系统的通信机制	482	9.8.4	HP OpenView	558
9.3	网络管理功能域	483	9.8.5	IBM Tivoli NetView	561
9.3.1	性能管理	483	9.8.6	CiscoWorks for Windows	563
9.3.2	故障管理	489	9.9	网络存储技术	565
9.3.3	计费管理	490	9.9.1	廉价磁盘冗余阵列	565
9.3.4	配置管理	491	9.9.2	网络存储	569
9.3.5	安全管理	493	第 10 章	网络规划和设计	572
9.4	简单网络管理协议	497	10.1	结构化布线系统	572
9.4.1	SNMPv1	498	10.2	网络分析与设计过程	575
9.4.2	SNMPv2	504	10.2.1	网络系统生命周期	575
9.4.3	SNMPv3	507	10.2.2	网络开发过程	578
9.5	管理数据库 MIB-2	510	10.2.3	网络设计的约束因素	582
9.5.1	被管理对象的定义	510	10.3	网络需求分析	583
9.5.2	MIB-2 的功能组	515	10.3.1	需求分析的范围	584
9.5.3	SNMPv2 管理信息库	519	10.3.2	编制需求说明书	596

10.4 通信流量分析	598	10.6.3 网络冗余设计	616
10.4.1 通信流量分析的方法	598	10.6.4 广域网络技术	618
10.4.2 通信流量分析的步骤	599	10.6.5 广域网互连技术	623
10.5 逻辑网络设计	605	10.6.6 安全运行与维护	630
10.5.1 逻辑网络设计目标	605	10.7 网络故障诊断	635
10.5.2 需要关注的问题	606	10.7.1 网络故障诊断	635
10.5.3 主要的网络服务	607	10.7.2 网络故障排除工具	637
10.5.4 技术评价	608	10.7.3 网络故障分层诊断	639
10.5.5 逻辑网络设计的工作内容	609	10.8 网络规划案例	640
10.6 网络结构设计	610	10.8.1 案例1	640
10.6.1 局域网结构	610	10.8.2 案例2	646
10.6.2 层次化网络设计	614		

第1章 计算机网络概论

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物。计算机网络是信息收集、分发、存储、处理和消费的重要载体。计算机网络作为一种生产和生活工具被人们广泛接纳和使用之后,对人类社会的经济、政治和文化生活产生了重大影响。本章讲述计算机网络的基本概念和发展简史,以及国际标准化组织定义的开放系统互连参考模型,后者是分析和认识计算机网络的理论基础。

1.1 计算机网络的形成和发展

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、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、澳洲和亚洲的日本。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等现代通信技术。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。

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,同时也出现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 个节点,以电话线路作为主干通信网络,两年后,建成 15 个节点,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,网络节点超过 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)以及日本电报电话公司的 DDX-3 公用数据网(1979)等。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 50Kb/s 左右。这一时期的网络被称为第二代网络,以远程大规模互连为其主要特点。

3. 计算机网络标准化阶段

经过 20 世纪六七十年代前期的发展,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(System Network Architecture, SNA),为用户提供能够互连互通的成套通信产品;1975 年,DEC 公司宣布了数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA);1976 年,UNIVAC 发布了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连参考模型 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进一步促进了网络技术的发展。

4. 微型机局域网的发展时期

20世纪80年代初期出现了微型计算机,这种适合办公室环境和家庭使用的新机种对社会生活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,以太网与微型机的结合使得微型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。

5. 国际因特网的发展时期

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成为美国国家骨干网,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、独立的国际合作互连网络”,“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发展和普及高潮。上网不再是网络操作人员和科学家的专利,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。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

可以共享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，而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、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，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，即网络节点和通信链路。网络节点又分为端节点和转发节点。端节点指信源和信宿节点，例如用户主机和用户终端；转发节点指网络通信过程中控制和转发信息的节点，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、无线信道、卫星线路、微波中继线路和光纤缆线等。网络节点通过通信链路连接成的计算机网络如图 1-1 所示。

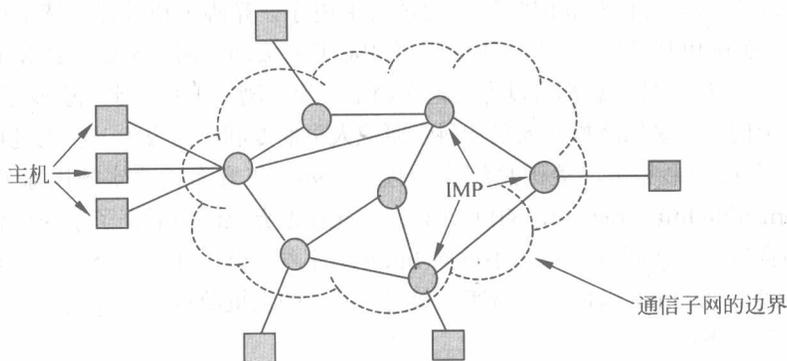


图 1-1 通信子网与资源子网

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，它们都是端节点。虚线框内的部分叫做通信子网，其任务是在端节点之间传送由信息组成的报文，主要由转发节点和通信链路组成。在图 1-1 中，按照 ARPA 网络的术语把转发节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 间接相连。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