



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

雷震甲 主编 / 严体华 景为 副主编
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

第5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5版）

雷震甲 主编
严体华 景为 副主编

常州大学图书馆
藏书章

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）考试指定用书。作者在前4版的基础上，根据网络工程师新版大纲的要求，针对考试的重点内容做了较大篇幅的修订，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、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，无上述标识者不得销售。

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/雷震甲主编. —5版. —北京：清华大学出版社，2018（2018.4重印）
（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 978-7-302-49223-8

I. ①网… II. ①雷… III. ①计算机网络-资格考核-教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第331861号

责任编辑：杨如林 柴文强

封面设计：常雪影

责任校对：徐俊伟

责任印制：沈 露

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@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：北京市密云县京文制本装订厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×230mm 印 张：45 防伪页：1 字 数：977千字

版 次：2004年7月第1版 2018年2月第5版 印 次：2018年4月第3次印刷

印 数：10001~14000

定 价：128.00元

产品编号：075521-01

第 5 版前言

考虑到交换机与路由器设备在市场上的占有率以及服务器操作系统的升级换代，本次修编对交换机和路由器的配置以及服务器操作系统及配置进行了替换。第 1 章由雷震甲、张凡编写；第 2 章由吴小葵、杨俊卿编写；第 3 章由严体华、刘伟编写；第 4 章由张永刚、王亚平编写；第 5 章由雷震甲编写；第 6 章由高悦、刘强编写；第 7 章由吴振强、武波编写；第 8 章由高振江、王黎明编写；第 9 章由张武军、张志钦编写；第 10 章由景为、宋胜利编写；第 11 章由谢志诚、霍秋艳编写；第 12 章由曹燕龙、褚华编写。

作者

2018 年 1 月

第3版（修订版）前言

根据新的网络工程师考试大纲，这次再版时对本书内容进行了比较大的调整，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，全书分为 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

2009 年 4 月

目 录

第 1 章 计算机网络概论	1	2.6.3 编码	41
1.1 计算机网络的形成和发展	1	2.7 通信方式和交换方式	41
1.2 计算机网络的分类和应用	3	2.7.1 数据通信方式	41
1.2.1 计算机网络的分类	3	2.7.2 交换方式	43
1.2.2 计算机网络的应用	6	2.8 多路复用技术	46
1.3 我国互联网的发展	7	2.8.1 频分多路复用	46
1.4 计算机网络体系结构	9	2.8.2 时分多路复用	47
1.4.1 计算机网络的功能特性	9	2.8.3 波分多路复用	48
1.4.2 开放系统互连参考模型的 基本概念	11	2.8.4 数字传输系统	48
1.5 几种商用网络的体系结构	18	2.8.5 同步数字系列	50
1.5.1 SNA	18	2.9 差错控制	50
1.5.2 X.25	20	2.9.1 检错码	51
1.5.3 Novell NetWare	21	2.9.2 海明码	51
1.6 OSI 协议集	22	2.9.3 循环冗余校验码	53
第 2 章 数据通信基础	27	第 3 章 广域通信网	56
2.1 数据通信的基本概念	27	3.1 公共交换电话网	56
2.2 信道特性	28	3.1.1 电话系统的结构	56
2.2.1 信道带宽	28	3.1.2 本地回路	57
2.2.2 误码率	30	3.1.3 调制解调器	61
2.2.3 信道延迟	30	3.2 X.25 公共数据网	63
2.3 传输介质	30	3.2.1 流量控制和差错控制	64
2.3.1 双绞线	30	3.2.2 HDLC 协议	69
2.3.2 同轴电缆	31	3.2.3 X.25 PLP 协议	75
2.3.3 光缆	33	3.3 帧中继网	78
2.3.4 无线信道	34	3.3.1 帧中继业务	78
2.4 数据编码	35	3.3.2 帧中继协议	80
2.5 数字调制技术	38	3.3.3 帧中继的应用	82
2.6 脉冲编码调制	40	3.4 ISDN 和 ATM	83
2.6.1 取样	40	3.4.1 综合业务数字网	83
2.6.2 量化	41	3.4.2 ATM 虚电路	87
		3.4.3 ATM 高层	88

3.4.4	ATM 适配层	89	5.3.1	蓝牙技术	170
3.4.5	ATM 通信管理	90	5.3.2	ZigBee 技术	175
第 4 章	局域网与城域网	93	5.4	无线城域网	181
4.1	局域网技术概论	93	5.4.1	关键技术	181
4.1.1	拓扑结构和传输介质	93	5.4.2	MAC 子层	182
4.1.2	LAN/MAN 的 IEEE 802 标准	98	5.4.3	向 4G 迈进	183
4.2	逻辑链路控制子层	100	第 6 章	网络互连与互联网	186
4.2.1	LLC 地址	101	6.1	网络互连设备	186
4.2.2	LLC 服务	101	6.1.1	中继器	186
4.2.3	LLC 协议	102	6.1.2	网桥	187
4.3	IEEE 802.3 标准	103	6.1.3	路由器	188
4.3.1	CSMA/CD 协议	103	6.1.4	网关	189
4.3.2	CSMA/CD 协议的性能分析	108	6.2	广域网互连	190
4.3.3	MAC 和 PHY 规范	109	6.2.1	OSI 网络层内部结构	191
4.3.4	交换式以太网	114	6.2.2	面向连接的网际互连	192
4.3.5	高速以太网	115	6.2.3	无连接的网际互连	194
4.3.6	虚拟局域网	118	6.3	IP 协议	197
4.4	局域网互连	120	6.3.1	IP 地址	198
4.4.1	网桥协议的体系结构	120	6.3.2	IP 协议的操作	200
4.4.2	生成树网桥	123	6.3.3	IP 协议数据单元	202
4.4.3	源路由网桥	129	6.4	ICMP 协议	203
4.5	城域网	131	6.5	TCP 和 UDP 协议	204
4.5.1	城域以太网	132	6.5.1	TCP 服务	205
4.5.2	弹性分组环	135	6.5.2	TCP 协议	205
第 5 章	无线通信网	139	6.5.3	TCP 拥塞控制	208
5.1	移动通信	139	6.5.4	UDP 协议	211
5.1.1	蜂窝通信系统	139	6.6	域名和地址	211
5.1.2	第二代移动通信系统	140	6.6.1	域名系统	213
5.1.3	第三代移动通信系统	142	6.6.2	地址分解协议	214
5.2	无线局域网	143	6.7	网关协议	218
5.2.1	WLAN 的基本概念	143	6.7.1	自治系统	218
5.2.2	WLAN 通信技术	145	6.7.2	外部网关协议	218
5.2.3	IEEE 802.11 体系结构	150	6.7.3	内部网关协议	220
5.2.4	移动 Ad Hoc 网络	156	6.7.4	核心网关协议	228
5.2.5	IEEE 802.11 的新进展	165	6.8	路由器技术	229
5.3	无线个人网	169	6.8.1	NAT 技术	230

6.8.2	CIDR 技术	232	8.1.2	网络安全漏洞	305
6.8.3	第三层交换技术	234	8.1.3	网络攻击	305
6.9	IP 组播技术	236	8.1.4	安全措施的目标	306
6.9.1	组播模型概述	236	8.1.5	基本安全技术	306
6.9.2	组播地址	237	8.2	信息加密技术	307
6.9.3	因特网组管理协议	238	8.2.1	数据加密原理	307
6.9.4	组播路由协议	242	8.2.2	经典加密技术	308
6.10	IP QoS 技术	247	8.2.3	现代加密技术	308
6.10.1	集成服务	248	8.3	认证	312
6.10.2	区分服务	250	8.3.1	基于共享密钥的认证	312
6.10.3	流量工程	252	8.3.2	Needham-Schroeder 认证协议	313
6.11	Internet 应用	254	8.3.3	基于公钥的认证	314
6.11.1	远程登录协议	255	8.4	数字签名	314
6.11.2	文件传输协议	256	8.4.1	基于密钥的数字签名	314
6.11.3	简单邮件传输协议	257	8.4.2	基于公钥的数字签名	315
6.11.4	超文本传输协议	258	8.5	报文摘要	315
6.11.5	P2P 应用	261	8.5.1	报文摘要算法	316
第 7 章 下一代互联网		265	8.5.2	安全散列算法	317
7.1	IPv6	265	8.5.3	散列式报文认证码	318
7.1.1	IPv6 分组格式	266	8.6	数字证书	319
7.1.2	IPv6 地址	270	8.6.1	数字证书的概念	319
7.1.3	IPv6 路由协议	275	8.6.2	证书的获取	320
7.1.4	IPv6 对 IPv4 的改进	277	8.6.3	证书的吊销	321
7.2	移动 IP	278	8.7	密钥管理	321
7.2.1	移动 IP 的通过程	278	8.7.1	密钥管理概述	321
7.2.2	移动 IPv6	280	8.7.2	密钥管理体制	322
7.3	从 IPv4 向 IPv6 的过渡	284	8.8	虚拟专用网	325
7.3.1	隧道技术	285	8.8.1	虚拟专用网的工作原理	325
7.3.2	协议翻译技术	292	8.8.2	第二层隧道协议	327
7.3.3	双协议栈技术	296	8.8.3	IPSec	333
7.4	下一代互联网的发展	298	8.8.4	安全套接层	337
7.4.1	IP 地址的分配	299	8.9	应用层安全协议	341
7.4.2	我国的下一代互联网研究	301	8.9.1	S-HTTP	341
第 8 章 网络安全		304	8.9.2	PGP	341
8.1	网络安全的基本概念	304	8.9.3	S/MIME	343
8.1.1	网络安全威胁的类型	304			

8.9.4 安全的电子交易	344	9.3.1 IIS 服务器的基本概念	404
8.9.5 Kerberos	345	9.3.2 安装 IIS 服务	404
8.10 可信系统	346	9.3.3 配置 Web 服务器	405
8.11 防火墙	348	9.3.4 配置 FTP 服务器	407
8.11.1 防火墙的基本概念	348	9.4 Linux Apache 服务器的配置	409
8.11.2 防火墙的功能和拓扑结构	349	9.4.1 Apache 的安装与配置	409
8.12 计算机病毒及防护	353	9.4.2 建立基于域名的虚拟主机	410
8.12.1 计算机病毒概述	353	9.4.3 建立基于 IP 地址的虚拟主机	410
8.12.2 计算机病毒防护	355	9.4.4 Apache 中的访问控制	411
8.13 入侵检测	357	9.5 DNS 服务器的配置	412
8.13.1 入侵检测系统概述	357	9.5.1 DNS 服务器基础	412
8.13.2 入侵检测技术	363	9.5.2 Windows Server 2008 R2 DNS 服务器的安装与配置	422
8.13.3 入侵检测技术的发展	364	9.5.3 Linux BIND DNS 服务器的安装	424
8.14 入侵防御系统	364	9.6 DHCP 服务器的配置	427
8.14.1 入侵防御系统的概念	364	9.6.1 DHCP 服务器基础	427
8.14.2 入侵防御系统与入侵检测系统的区别	365	9.6.2 Windows Server 2008 R2 DHCP 服务器的配置	428
8.14.3 IPS 的优势与局限性	365	9.6.3 Linux DHCP 服务器的配置	431
第 9 章 网络操作系统与应用服务器	367	9.7 Samba 服务器的配置	432
9.1 网络操作系统	367	9.7.1 Samba 协议基础	432
9.1.1 Windows Server 2008 R2 操作系统	367	9.7.2 Samba 的主要功能	433
9.1.2 Linux 操作系统简介	370	9.7.3 Samba 的简单配置	434
9.2 网络操作系统的基本配置	371	9.8 Windows Server 2008 R2 安全策略	435
9.2.1 Windows Server 2008 R2 本地用户与组	371	9.8.1 安全策略的概念	435
9.2.2 Windows Server 2008 R2 活动目录	372	9.8.2 账户密码策略设置	438
9.2.3 Windows Server 2008 R2 远程桌面服务	377	9.8.3 IPsec 策略设置	440
9.2.4 Windows Server 2008 R2 远程管理	381	9.8.4 Web 站点数字证书	443
9.2.5 Linux 网络配置	384	第 10 章 组网技术	449
9.2.6 Linux 文件和目录管理	390	10.1 交换机和路由器	449
9.2.7 Linux 用户和组管理	398	10.1.1 交换机基础	449
9.3 Windows Server 2008 R2 IIS 服务的配置	404	10.1.2 路由器基础	455
		10.1.3 访问路由器和交换机	458
		10.2 交换机的配置	459
		10.2.1 交换机概述	459
		10.2.2 交换机的基本配置	460

10.2.3	配置和管理 VLAN	464	11.3.1	性能管理	545
10.2.4	生成树协议的配置	468	11.3.2	故障管理	551
10.3	路由器的配置	470	11.3.3	计费管理	552
10.3.1	路由器概述	471	11.3.4	配置管理	553
10.3.2	路由器的基本配置	472	11.3.5	安全威胁	555
10.4	配置路由协议	482	11.3.6	安全管理	558
10.4.1	配置 RIP 协议	482	11.4	简单网络管理协议	559
10.4.2	配置 IS-IS 协议	488	11.4.1	SNMPv1	560
10.4.3	配置 OSPF 协议	490	11.4.2	SNMPv2	566
10.4.4	配置 BGP 协议	494	11.4.3	SNMPv3	569
10.5	配置广域网接入	499	11.5	管理数据库 MIB-2	572
10.5.1	配置 PPP 和 DCC	499	11.5.1	被管理对象的定义	572
10.5.2	配置帧中继	503	11.5.2	MIB-2 的功能组	577
10.5.3	配置 ISDN	504	11.5.3	SNMPv2 管理信息库	581
10.6	IPSec 配置与测试	506	11.6	RMON	584
10.6.1	IPSec 实现的工作流程	506	11.6.1	RMON 的基本概念	584
10.6.2	IPSec 配置举例	510	11.6.2	RMON 的管理信息库	585
10.6.3	常见的故障	514	11.6.3	RMON2 的管理信息库	586
10.7	IPv6 配置与部署	517	11.7	网络诊断和配置命令	587
10.7.1	IPv6-over-IPv4 GRE 隧道配置	518	11.7.1	ipconfig	587
10.7.2	ISATAP 隧道配置	521	11.7.2	ping	590
10.8	访问控制列表	525	11.7.3	arp	591
10.8.1	ACL 的基本概念	525	11.7.4	netstat	593
10.8.2	ACL 配置命令	527	11.7.5	tracert	595
10.8.3	ACL 综合应用	531	11.7.6	pathping	597
第 11 章	网络管理	537	11.7.7	nbtstat	599
11.1	网络管理系统体系结构	537	11.7.8	route	602
11.1.1	网络管理系统的层次结构	537	11.7.9	netsh	605
11.1.2	网络管理系统的配置	538	11.7.10	nslookup	609
11.1.3	网络管理软件的结构	540	11.7.11	net	616
11.2	网络监控系统的组成	542	11.8	网络监视和管理工具	617
11.2.1	管理信息的组成	542	11.8.1	网络监听原理	617
11.2.2	网络监控系统的配置	543	11.8.2	网络嗅探器	618
11.2.3	网络监控系统的通信机制	544	11.8.3	Sniffer 软件的功能和 使用方法	618
11.3	网络管理功能域	545	11.8.4	HP OpenView	620

11.8.5 IBM Tivoli NetView	622	12.5.2 需要关注的问题	665
11.8.6 CiscoWorks for Windows	624	12.5.3 主要的网络服务	666
11.9 网络存储技术	626	12.5.4 技术评价	667
11.9.1 廉价磁盘冗余阵列	626	12.5.5 逻辑网络设计的工作内容	668
11.9.2 网络存储	630	12.6 网络结构设计	669
第 12 章 网络规划和设计	633	12.6.1 局域网结构	669
12.1 结构化布线系统	633	12.6.2 层次化网络设计	673
12.2 网络分析与设计过程	636	12.6.3 网络冗余设计	675
12.2.1 网络系统生命周期	636	12.6.4 广域网络技术	677
12.2.2 网络开发过程	639	12.6.5 广域网互连技术	682
12.2.3 网络设计的约束因素	643	12.6.6 安全运行与维护	689
12.3 网络需求分析	644	12.7 网络故障诊断与故障排除工具	694
12.3.1 需求分析的范围	644	12.7.1 网络故障诊断	694
12.3.2 编制需求说明书	655	12.7.2 网络故障排除工具	696
12.4 通信流量分析	657	12.7.3 网络故障分层诊断	698
12.4.1 通信流量分析的方法	657	12.8 网络规划案例	699
12.4.2 通信流量分析的步骤	658	12.8.1 案例 1	699
12.5 逻辑网络设计	664	12.8.2 案例 2	704
12.5.1 逻辑网络设计目标	664		

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的主要特点如下。

- (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50Kbps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公司宣布了自己的数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA)；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,这种更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发展和普及的高潮。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。到了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。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，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、无线线路、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。

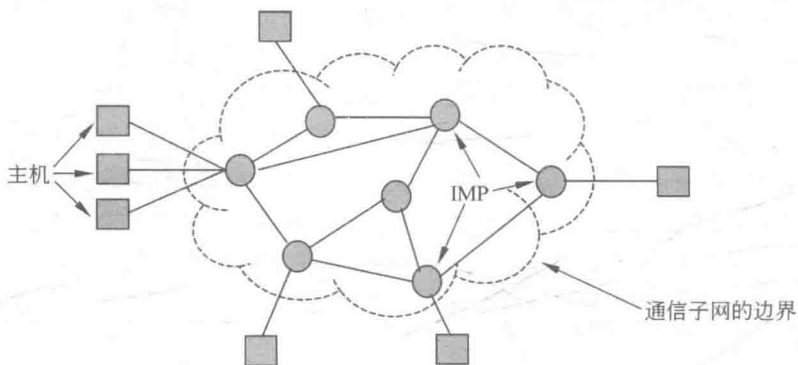


图 1-1 通信子网与资源子网

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。虚线框内的部分叫作通信子网，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统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，这种通信方式叫作存储-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所共享，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，这叫作多目标发送。

通信子网中转发节点的互连模式叫作子网的拓扑结构。图 1-2 中列出了可能有的几种拓扑结构，其中全连接型对于点对点的通信是最理想的，但由于连接数接近节点数的平方倍，所以实际上是行不通的。在广域网中常见的互连拓扑是树型和不规则型，而在局域网中则常用星型、环型、总线型等规则型拓扑结构。

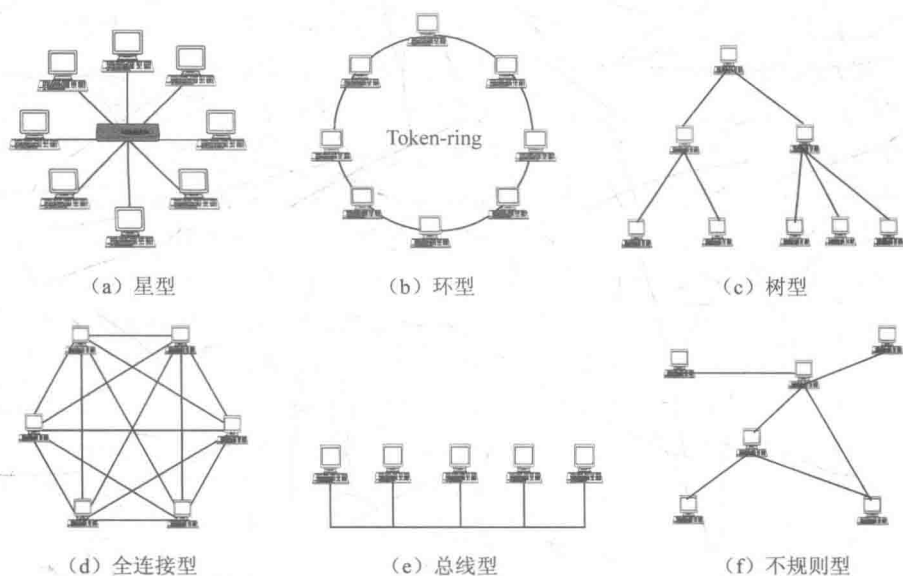


图 1-2 网络的拓扑结构

可以按照不同的方法对计算机网络进行分类。按照互连规模和通信方式，可以把网络分为局域网（LAN）、城域网（MAN）和广域网（WAN），这 3 种网络的比较如表 1-1 所示。

表 1-1 LAN、MAN 和 WAN 的比较

	局 域 网	城 域 网	广 域 网
地理范围	室内，校园内部	建筑物之间，城区内	国内，国际
所有者和运营者	单位所有和运营	几个单位共有或公用	通信运营公司所有
互联和通信方式	共享介质，分组广播	共享介质，分组广播	共享介质，分组交换
数据速率	每秒几十兆位 至每秒几百兆位	每秒几兆位 至每秒几十兆位	每秒几十千位