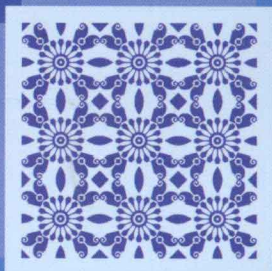


C

OMPUTER NETWORK PRINCIPLE

计算机网络原理

王志文 陈妍 夏秦 编著
西安交通大学



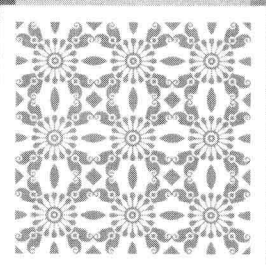
机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机教材系列

C
OMPUTER NETWORK PRINCIPLE

计算机网络原理

王志文 陈妍 夏秦 编著
西安交通大学



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络原理 / 王志文, 陈妍, 夏秦编著. —北京: 机械工业出版社, 2014. 1
(高等院校计算机教材系列)

ISBN 978-7-111-45248-5

I. 计… II. ①王… ②陈… ③夏… 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 (2013) 第 309353 号

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

计算机网络原理是现代计算机学科领域的一门核心主干课程, 是计算机及相关专业必修的专业基础课程之一。本书以层次化的网络体系结构为线索, 结合网络研究的主要领域详细地介绍了计算机网络的基本概念及数据通信的基本原理, 并给出了大量的实例。在系统介绍网络体系结构、局域网、广域网及 Internet 基本原理的同时, 还融合了大量近年来网络发展的最新热点技术, 如物联网、云计算、移动互联网、P2P 应用等。

本书内容新颖、概念准确、深入浅出、图文并茂, 在突出计算机网络基本概念和原理的基础上, 与实用网络技术相结合, 力图反映计算机网络技术的最新发展。

全书共分 9 章, 内容选取适中, 描述细腻, 通俗易懂。除最后一章外, 其余各章均配有不同类型的练习题, 便于学生强化和检验学习效果。本书可作为高等学校理工科专业本科生及研究生的计算机网络课程教材或教学参考用书, 也可供从事网络研究、网络工程建设与维护管理的技术人员使用。

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 朱秀英

北京瑞德印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

185mm × 260mm · 20 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-45248-5

定 价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzsj@hzbook.com

前 言

计算机网络是当今发展最为迅速且应用最为广泛的一门综合性学科，网络化已经成为信息化建设的必然，相应地，计算机网络的开发、研究以及培养该领域的专业技术人才越发受到社会各界广泛的重视。

本书作者从事计算机网络的教學和研究工作多年，在长期的教學过程中深切感受到，作为一门发展迅速的技术，新的网络技术和网络标准不断涌现，任何一本计算机网络教材都会因其内容跟不上新的技术发展而显得陈旧，因此迫切需要一本既能反映当前主要网络技术，又能将理论和实践紧密结合的计算机网络教材。作者依据多年对计算机专业本科生进行计算机网络教学以及相关科学研究的实践，在之前出版的计算机网络教材基础上加入了大量新的网络技术和应用的知识，从而完成了本书的编写。

本书主要有以下特色：

1. 紧密结合国内实际教学需求。本书从组织形式、内容取舍到表述方式都更适合中国学生的思维模式与学习特点，更容易理解。

2. 理论与实践联系密切。本书在突出计算机网络基本概念和原理的基础上，加强与实用网络技术的结合，因此，本书不仅可作为教材，也可作为从事计算机网络工作的工程技术人员的参考书。

3. 网络经典技术与新兴技术并重。本书在系统介绍计算机网络经典技术的同时，力图反映新兴的计算机网络技术，这对于拓展学生知识面、及时把握计算机网络技术的最新发展具有很大的参考价值。

4. 教辅资源配置合理。为了更好地让学生理解和掌握本书介绍的网络基础知识和实用技术，为本书配置了专门的教辅资源，主要是通过实验的途径强化学生对课程内容的感性认识。

本书遵照计算机网络自底向上的层次结构进行编写，共分9章，各章内容简要介绍如下。

第1章为计算机网络概述，主要介绍计算机网络的发展历程、基本概念以及分类方式。

第2章介绍网络体系结构，涵盖了网络体系结构的分层研究方法、专门术语及经典的网络参考模型，即OSI和TCP/IP模型。

第3章介绍数据通信技术，涵盖数据通信的基础知识及物理层协议，包括数据通信理论及模型、传输媒介、编码、复用以及交换等内容。

第4章介绍数据链路控制技术，涵盖差错控制、流量控制等协议，并重点介绍了PPP协议。

第5章介绍局域网技术，涵盖IEEE 802标准、各种形态的经典以太网技术、虚拟局域网技术、无线局域网技术。

第6章介绍广域网技术，涵盖路由选择算法、拥塞控制、网络互联、服务质量技术，并重点描述ATM、帧中继等广域网实例。

第7章介绍Internet基本原理，不仅包括Internet的网络层协议、运输层协议、Internet接入技术，还包括常见的Internet应用及对应的协议，包括域名服务、电子邮件、万维网、远程文件传输以及流媒体应用。

IV

第8章介绍网络安全与管理，内容涵盖计算机网络安全和管理的基础知识，包括网络安全定义与目标、密码学基础及应用、常见网络安全技术、SNMP管理模型等。

第9章介绍新兴网络技术与应用，内容涵盖当今的热门网络技术与应用，包括IPv6、MPLS、P2P、物联网、云计算以及移动互联网等，有志于网络研究的读者可适当关注。

本书第1~4章由王志文执笔，第5~7章由陈妍执笔，第8、9章由夏秦执笔，全书由王志文统稿。另外，西安交通大学的朱海萍老师对本书的编写提出了很多有益的建言和提议，在此表示衷心的感谢。

本书配套的电子教案及对应的教辅资源可在华章网站（www.hzbook.com）上免费下载。

由于计算机网络技术的发展迅速，且作者水平和能力有限，尽管投入了大量的时间和精力，书中难免会存在某些缺点和错误，欢迎同行专家和读者批评指正，我们将不胜感激。

作者

2013年10月于西安交通大学

教学建议

若采用本书作为“计算机网络原理”课程的教材，根据作者的授课经历及经验，建议至少安排 56 课时，最好是 60 课时，其中课堂讲授 52 课时，实践环节 4~8 课时。下表给出了以 56 课时为标准的教学建议。

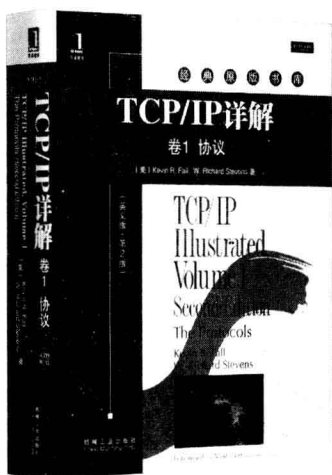
章	知识点	难点	实践环节	建议课时	
				授课	实践
第 1 章 计算机网络概述	计算机网络定义、发展历程、拓扑结构、网络分类、网络应用、相关标准组织	网络定义、网络与分布式系统的区别、拓扑结构定义、网络分类标准		2	0
第 2 章 网络体系结构	网络体系结构定义、分层思想、接口服务、数据单元、服务类型、OSI 模型、TCP/IP 模型	网络分层思想、接口与服务区别、面向连接服务与无连接服务的区别、服务与协议间关系、两种参考模型的异同点		4	0
第 3 章 数据通信技术	傅立叶分析、信号频谱特性、数据通信系统模型、传输媒介、数据编码、通信性能指标、信号采样原理、信道复用技术、数字传输系统、数据交换技术、物理层规范	信道与信号的频谱关系、传输媒介特性、单模/多模光纤的区别、信道极限容量、码分复用原理、波分复用与频分复用的区别、数据报方式与虚电路方式的别、物理层接口内涵		5	0
第 4 章 数据链路控制	向网络层提供的服务、帧边界划分方法、差错原因、海明码、CRC 码、停等协议过程及效率分析、发送窗口与接收窗口滑动过程、流量控制机理、SLIP 缺陷、PPP 工作流程	帧边界划分、海明码结论、停等协议工作过程及量化计算、连续 ARQ 工作过程、滑动窗口工作机理、PPP 状态迁移过程		5	0
第 5 章 局域网技术	LAN 特征、IEEE 802 LAN 标准、ALOHA 协议、CSMA 协议、令牌协议、传统以太网介质访问控制方法及帧格式、交换式与全双工以太网、高速以太网、VLAN 由来、划分方法及标准、802.11 WLAN 工作过程、信道分配方式	冲突协议与无冲突协议的区别、CSMA 工作机理及其变种、以太网工作机理、以太网地址类型、快速以太网编码方式、VLAN 用途及划分方式、802.11 WLAN 工作过程、CSMA/CA 由来	实验一 实验六	8	2
第 6 章 广域网技术	数据报与虚电路、路由器结构、距离向量路由、链路状态路由、分层路由、组播路由、移动主机路由、拥塞定义、开环拥塞控制、闭环拥塞控制、网络互连设备、综合服务、区分服务、帧中继、ATM	距离向量路由、链路状态路由、拥塞及其控制方法、综合服务、区分服务、帧中继、ATM		6	0

(续)

章	知识点	难点	实践环节	建议课时	
				授课	实践
第7章 Internet 基本原理	IP 协议与 IP 地址、ARP、CIDR、ICMP、IGMP、RIP、OSPF、BGP、TCP、UDP、网络应用模式、DNS、电子邮件、WWW、流媒体、Internet 接入	特殊 IP 地址类型、子网划分、物理地址解析、ICMP 用途及工作机理、IGMP 工作机理、RIP 与 OSPF 工作机理、TCP 段格式、拥塞控制、UDP 工作特点、C/S 工作特点、域名查询流程、HTTP 会话过程、动态与活动网页技术、Web 访问优化技术、ADSL 接入机理	实验二 实验三或四 实验五	15	2
第8章 网络安全与管理	网络安全的概念、对称密钥、公开密钥、数字签名与消息认证、IPSec、防火墙、入侵检测、入侵容忍、网络安全威胁、网络管理模型、SNMP 协议	公开密钥加密机制、数字签名与认证工作原理、IPSec 技术架构、防火墙作用及技术、入侵检测原理与分类、入侵容忍模型及机制、分布式拒绝服务攻击、僵尸网络、网络管理模型、SNMP 协议、MIB 库		4	0
第9章 网络技术与应用扩展	IPv6 报文格式、IPv6 过渡方案、MPLS 相关概念、MPLS 工作原理及应用、P2P 定义、P2P 组织结构、P2P 典型应用、物联网概念、物联网架构与关键技术、云计算概念、云计算架构及关键技术、移动互联网内涵、移动互联网支撑技术	IPv6 优点、IPv6 报文格式、编址及过渡方案、LSP 构建过程、P2P 思想、DHT 技术、物联网理念及应用领域、云计算概念及架构、移动互联网内涵与支撑技术		3	0

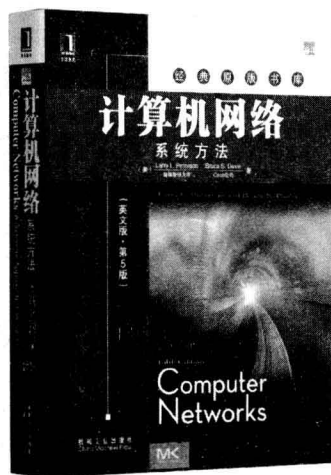
注：相关实验指导书可登录华章网站下载。

推荐阅读



TCP/IP详解 卷1：协议（英文版·第2版）

作者：Kevin R. Fall 等 ISBN：978-7-111-38228-7 定价：129.00元



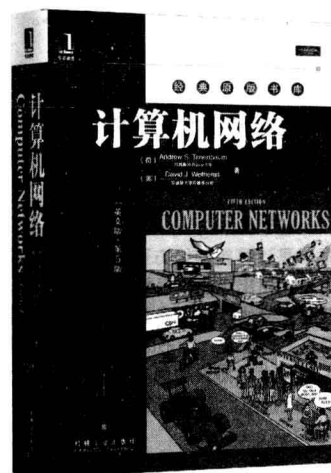
计算机网络：系统方法（英文版·第5版）

作者：Larry L. Peterson 等 ISBN：978-7-111-37720-7 定价：139.00元



计算机网络教程：自顶向下方法（英文版）

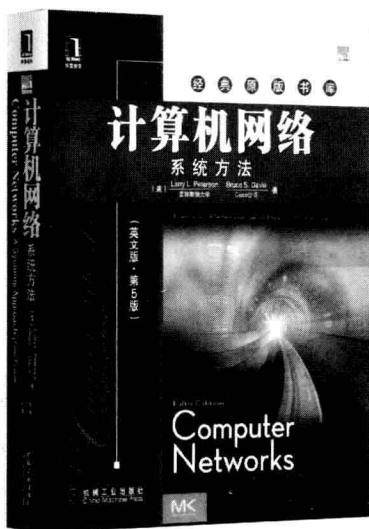
作者：Behrouz A. Forouzan 等 ISBN：978-7-111-37430-5 定价：79.00元



计算机网络（英文版·第5版）

作者：Andrew S. Tanenbaum 等 ISBN：978-7-111-35925-8 定价：99.00元

推荐阅读



计算机网络：系统方法（英文版·第5版）

作者：Larry L. Peterson Bruce S. Davie ISBN：978-7-111-37720-7 定价：139.00元

本书采用系统方法讲解计算机网络基本理论及其应用，不仅教授读者知其然，更要知其所以然：本版中，作者对内容进行了全面更新和修订，与时俱进，更加强调应用设计、无线技术和移动技术。

——David Clark，因特网先驱，MIT教授

Peterson和Davie清晰地描述了各层网络协议，并且在书中给出许多注释边框，来帮助读者更深入、全面地理解深刻影响我们这个社会的各种技术。

——Jean Walrand，加州大学伯克利分校

本书是计算机网络方面的经典教科书，凝聚了两位顶尖网络专家几十年的理论研究、实践经验和大量第一手资料，自出版以来已经成为网络课程主流教材，被哈佛大学、斯坦福大学、卡内基-梅隆大学、康奈尔大学、普林斯顿大学等众多名校采用。第5版秉承了前4版的特点，通过丰富的网络和协议设计实例，来阐述计算机网络关键原理。全书的重点在于“为什么这样设计网络”——不仅详细叙述当今网络系统的组成，而且还阐述关键技术和协议如何在实际应用中发挥作用，从而解决具体的问题。本版对内容进行了全面更新，覆盖p2p、无线技术、网络安全和应用等重要主题，更关注网络研究和设计中涉及的应用层问题。

TCP/IP详解 卷1：协议（英文版·第2版）

作者：Kevin R. Fall等 ISBN：978-7-111-38228-7 定价：129.00元

计算机网络（英文版·第5版）

作者：Andrew S. Tanenbaum等 ISBN：978-7-111-35925-8 定价：99.00元

计算机网络自顶向方法（原书第4版）

作者：James F. Kurose等 ISBN：978-7-111-16505-7 定价：66.00元

计算机网络教程：自顶向方法

作者：Behrouz A. Forouzan等 中文版：978-7-111-40088-2 定价：99.00元
英文版：978-7-111-37430-5 定价：79.00元

目 录

前 言
教学建议

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的定义	1
1.2 计算机网络发展历程	2
1.2.1 以单计算机为中心的联机 系统	2
1.2.2 分组交换网络的出现	4
1.2.3 计算机网络体系结构 标准化	5
1.2.4 局域网的崛起	6
1.2.5 Internet 时代	6
1.2.6 “三网”合一	8
1.2.7 宽带网络与全光网络技术	9
1.3 网络拓扑结构	10
1.4 计算机网络分类	11
1.5 计算机网络应用	13
1.5.1 计算机网络应用领域	13
1.5.2 计算机网络引发的社会 问题	15
1.6 计算机网络技术国际标准化 组织	15
1.6.1 国际标准界组织	15
1.6.2 Internet 标准组织	16
1.6.3 电信标准组织	17
1.7 习题	17
第 2 章 网络体系结构	18
2.1 概述	18
2.2 网络分层	19
2.2.1 分层思想	19
2.2.2 层次设计主题	21

2.2.3 实体和协议	22
2.2.4 接口和服务	22
2.2.5 数据单元	23
2.2.6 面向连接服务和无连接 服务	25
2.2.7 服务原语	26
2.2.8 服务与协议的关系	28
2.3 网络参考模型	28
2.3.1 OSI 参考模型	28
2.3.2 TCP/IP 参考模型	31
2.3.3 OSI 与 TCP/IP 参考模型的 比较	33
2.4 五层网络参考模型	34
2.4.1 OSI 与 TCP/IP 参考模型的 评价	34
2.4.2 五层网络参考模型	35
2.5 习题	36
第 3 章 数据通信技术	38
3.1 概述	38
3.2 数据通信理论基础	39
3.2.1 傅里叶分析	39
3.2.2 周期矩形脉冲信号的频谱 特性	40
3.3 数据通信系统模型	40
3.3.1 数据通信系统基本结构	40
3.3.2 数据与信号	41
3.3.3 信道通信方式	42
3.3.4 数据传输方式	43
3.4 传输媒介	44
3.4.1 电磁波谱	44
3.4.2 双绞线	45
3.4.3 同轴电缆	46

3.4.4	光纤	48	4.4.3	带差错控制的停等协议	82
3.4.5	无线媒介	49	4.4.4	停等协议效率分析	84
3.5	数据编码	51	4.5	连续 ARQ 协议	85
3.5.1	信号编码	51	4.5.1	连续 ARQ 协议工作原理	85
3.5.2	调制编码	51	4.5.2	连续 ARQ 协议的定量 分析	87
3.5.3	模拟数据数字化编码	53	4.5.3	滑动窗口	87
3.6	数据通信性能指标	54	4.6	选择重传 ARQ 协议	90
3.6.1	时延	54	4.7	因特网数据链路接入控制	91
3.6.2	可靠性指标	55	4.7.1	串行线路网际协议 (SLIP)	91
3.6.3	传输速率	55	4.7.2	点到点协议 (PPP)	92
3.6.4	信道极限容量	56	4.8	习题	94
3.7	信道复用技术	57	第 5 章	局域网技术	96
3.7.1	频分、时分复用	57	5.1	局域网概述	96
3.7.2	统计时分复用	58	5.1.1	局域网的基本特征	96
3.7.3	波分复用	59	5.1.2	IEEE 802 局域网络体系 结构	97
3.7.4	码分复用	59	5.2	信道共享技术	100
3.8	数字传输系统	62	5.2.1	ALOHA 协议	100
3.8.1	PCM 体制	62	5.2.2	CSMA 协议	101
3.8.2	SONET 与 SDH	63	5.2.3	令牌协议	102
3.9	数据交换技术	65	5.3	传统以太网	103
3.9.1	电路交换	65	5.3.1	以太网的基本原理	103
3.9.2	报文交换	66	5.3.2	以太网的介质访问控制	106
3.9.3	分组交换	67	5.3.3	以太网的帧格式	108
3.10	物理层规范	68	5.3.4	交换式以太网	109
3.10.1	DTE 与 DCE	68	5.3.5	全双工以太网	112
3.10.2	物理层接口标准	69	5.4	高速以太网	114
3.10.3	EIA-232	70	5.4.1	快速以太网	114
3.11	习题	72	5.4.2	千兆以太网	116
第 4 章	数据链路控制	74	5.4.3	10 吉比特以太网	118
4.1	概述	74	5.5	虚拟局域网	120
4.2	帧边界划分方法	75	5.5.1	虚拟局域网概述	120
4.3	差错控制	76	5.5.2	虚拟局域网的划分	121
4.3.1	差错原因与特点	76	5.5.3	虚拟局域网的标准	123
4.3.2	差错控制方法	76	5.6	无线局域网及无线网络	124
4.3.3	海明码	77	5.6.1	无线局域网概述	124
4.3.4	垂直水平奇偶校验码	78	5.6.2	IEEE 802.11 无线局域网	125
4.3.5	循环冗余检验码	78	5.6.3	IEEE 802.16 宽带无线 网络	131
4.3.6	校验和	80			
4.4	停等协议	80			
4.4.1	简单停等协议	80			
4.4.2	带流量控制的停等协议	81			

5.6.4	蓝牙网络	132	7.2.4	CIDR 协议	183
5.6.5	ZigBee 网络	135	7.2.5	ICMP 协议	185
5.6.6	RFID	136	7.2.6	IGMP 协议	186
5.7	习题	138	7.3	Internet 路由协议	188
第 6 章	广域网技术	140	7.3.1	Internet 路由的基本概念	188
6.1	广域网与网络层	140	7.3.2	路由信息协议	189
6.1.1	广域网概述	140	7.3.3	开放式最短路径优先路由 协议	189
6.1.2	网络层	141	7.3.4	边界网关协议 BGP	191
6.1.3	数据报与虚电路	142	7.4	传输层协议	193
6.2	路由算法	145	7.4.1	用户数据报协议	194
6.2.1	广域网中的路由选择	145	7.4.2	传输控制协议 TCP	195
6.2.2	路由器	147	7.5	应用层	203
6.2.3	距离向量路由算法	149	7.5.1	应用层概述	203
6.2.4	链路状态路由算法	150	7.5.2	网络应用模型	204
6.2.5	分层路由	152	7.5.3	域名服务	206
6.2.6	广播路由	153	7.5.4	简单电子邮件传输协议	208
6.2.7	组播路由	154	7.5.5	万维网	212
6.2.8	移动主机路由	155	7.5.6	文件传输	215
6.3	拥塞控制	156	7.5.7	流媒体传输	216
6.3.1	什么是拥塞	156	7.5.8	VoIP	219
6.3.2	拥塞控制的基本原理	157	7.6	Internet 接入技术	220
6.3.3	开环拥塞控制	158	7.6.1	电信网接入技术	221
6.3.4	闭环拥塞控制	159	7.6.2	HFC 及有线电视宽带 接入	224
6.3.5	其他拥塞控制方法	160	7.6.3	以太网接入	225
6.4	网络互连	160	7.6.4	无线接入	227
6.4.1	网络互连的基本要求	160	7.6.5	电力线接入	229
6.4.2	网络互连设备	162	7.7	习题	230
6.5	服务质量	164	第 8 章	网络安全与管理	234
6.5.1	服务质量概述	164	8.1	网络安全基础	234
6.5.2	综合服务	165	8.1.1	网络安全风险	234
6.5.3	区分服务	166	8.1.2	网络安全目标、安全服务和 安全机制	234
6.6	广域网实例	169	8.2	密码学基础及应用	236
6.6.1	帧中继	169	8.2.1	密码学的发展	236
6.6.2	ATM	172	8.2.2	对称密钥密码学	237
6.7	习题	175	8.2.3	公开密钥体制	238
第 7 章	Internet 基本原理	178	8.2.4	消息认证和数字签名	239
7.1	Internet 概述	178	8.2.5	密钥的分发和管理	240
7.2	网际层协议	178	8.3	网络安全技术	241
7.2.1	IP 协议与 IP 地址	178			
7.2.2	IP 分组及其转发	180			
7.2.3	ARP 协议	182			

8.3.1	IPSec	241	9.2.3	MPLS 工作原理	277
8.3.2	防火墙	243	9.2.4	MPLS 应用	278
8.3.3	网络入侵与安全检测	246	9.3	P2P	281
8.3.4	入侵容忍	249	9.3.1	P2P 组织结构	281
8.4	网络安全威胁	251	9.3.2	P2P 典型应用	285
8.4.1	分布式拒绝服务	251	9.4	物联网	287
8.4.2	僵尸网络	254	9.4.1	什么是物联网	287
8.5	网络管理	258	9.4.2	物联网体系架构及关键技术	289
8.5.1	网络管理概述	258	9.4.3	物联网应用	291
8.5.2	SNMP 协议	259	9.5	云计算	292
8.5.3	SNMP 安全机制	261	9.5.1	什么是云计算	292
8.6	习题	263	9.5.2	云计算体系架构	294
第9章	网络技术与应用扩展	264	9.5.3	云计算关键技术	296
9.1	IPv6	264	9.5.4	云计算平台	299
9.1.1	IPv6 技术基础	264	9.6	移动互联网	300
9.1.2	IPv6 报文格式	265	9.6.1	移动互联网内涵	300
9.1.3	IPv6 编址	269	9.6.2	移动互联网特点	301
9.1.4	IPv6 过渡方案	272	9.6.3	移动互联网技术	302
9.2	MPLS	274	9.6.4	移动互联网应用	306
9.2.1	MPLS 产生背景	274	参考文献		308
9.2.2	MPLS 基本概念	275			

第 1 章 计算机网络概述

1.1 计算机网络的定义

在计算机网络发展过程中的不同阶段，人们为计算机网络给出了不同的定义。不同的定义反映着当时网络技术发展的水平，以及人们对网络的认识程度。这些定义大致从三种不同的观点来看待计算机网络，即广义的观点、资源共享的观点与用户透明性的观点。从目前计算机网络的特点看，资源共享观点的定义能比较准确地描述计算机网络的基本特征。相比之下，广义的观点定义了计算机通信网络，而用户透明性的观点则定义了分布式计算机系统。

资源共享的观点将计算机网络定义为“以能够相互共享资源的方式互连起来的自治计算机系统的集合”。资源共享观点的定义符合目前计算机网络的基本特征，这主要表现在以下几个方面。

1) 建立计算机网络的主要目的是实现计算机资源的共享。计算机资源主要指计算机硬件、软件与数据。网络用户不但可以使用本地计算机资源，而且可以通过网络访问联网的远程计算机资源，还可以调用网络中不同的计算机共同完成特定的任务。

2) 互连的计算机是分布在不同地理位置的独立“自治计算机”。互连的计算机之间没有明确的主从关系，每台计算机既可以联网工作，也可以脱离网络独立工作。联网计算机可以为本地用户提供服务，也可以为远程网络用户提供服务。

3) 联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议。计算机网络是由多个互连的节点组成的，节点之间要做到有条不紊地交换数据，每个节点就必须遵守一些事先约定好的通信规则。这就和人们之间的对话一样，要么大家都说中文，要么大家都说英文，如果一个说中文，一个说英文，那么就需要找一个翻译。如果一个人只能说日文，另一个人不懂日文，而又没有翻译，那么这两个人就无法进行交流。

判断计算机是否互连成计算机网络，主要看它们是不是独立的“自治计算机”。如果两台计算机之间有明确的主从关系，其中一台计算机能强制另一台计算机开启与关闭，或者控制另一台计算机，那么其中的受控计算机就不是“自治”的计算机。根据资源共享观点的定义，由一个中心控制单元与多个从站组成的计算机系统不是一个计算机网络。同样，带有多个远程终端或远程打印机的计算机系统也不是一个计算机网络，只能称为联机系统（因为历史上的许多终端不能算是自治的计算机）。但随着硬件价格的下降，许多终端都具有一定的智能，“终端”和“自治的计算机”逐渐失去了严格的界限。因此，若用微型计算机作为终端，按上述定义，则早期的那种面向终端的网络也可称为计算机网络。

“计算机通信”与“数据通信”这两个名词也常混用。早期的数据通信与现代的计算机通信显然是有区别的。但随着技术的进步，数据通信的含义也在发生变化。因此，可以认为计算机通信与数据通信是可混用的名词，如美国的著名期刊 Data Communication 所刊登的文章现在也多是计算机网络领域的文章。在许多情况下，数据通信网往往指的是计算机网络中的分组交换网。

对于用户而言，计算机网络是一种透明的传输机构，用户在访问网络共享资源时，无需考

虑这些资源所在的物理位置。为此，计算机网络通常是以网络服务的形式来提供网络功能和透明性访问的。

从上述计算机网络的定义中不难看出，它的核心功能就是资源共享，而我们经常提及的分布式系统也是为共享资源而提出的，二者究竟有何差异呢？计算机网络与分布式计算机系统虽然有相同之处，但二者并不等同。分布式计算机系统的主要特点是系统中的各计算机对用户都是透明的。对用户来说，这种分布式计算机系统就好像是一台计算机一样。用户通过输入命令就可以运行程序，但用户并不知道是哪一台计算机在运行程序。实际上，是分布式系统在为用户选择最合适的计算机来运行其程序，并将运行的结果传送到合适的地方。这些工作都不需要用户的干预。而计算机网络则不同，用户必须先登录欲运行程序的计算机，然后按照该计算机的地址，将程序通过计算机网络传送到该计算机去运行。最后，根据用户的命令将结果传送到指定的计算机。由此可见，计算机网络不同于分布式计算机系统，二者的区别主要是软件的不同。一般来说，分布式计算机系统是计算机网络的一个特例。

计算机网络已经存在了半个多世纪，为信息共享和人类交互提供了极大的方便，尽管其间的计算机技术和网络通信技术发生了许多重大变化和进步，但它们在特定的领域总是表现出相似的变化过程。为此，一些专业人士提出了一系列关于 IT 技术变迁的论断和预言，其中最为著名的有下述 4 个：

- Intel 公司的创始人之一摩尔先生（Gordon Moore）在 1964 年曾预言：集成芯片的能力每 18 个月提高一倍，而其价格则降低一半。这就是著名的摩尔定律（Moore's Law）。摩尔本人当初也没有预料到这一预言至今仍然成立。
- 贝尔定律（Bell's Law）作为对摩尔定律的补充，其核心的思想是：如果保持计算机能力不变，微处理器的价格和体积每 18 个月减小一半。
- 20 世纪 90 年代，以太网发明人鲍伯·麦特卡夫（Bob Metcalfe）提出：网络的价值同网络用户数量的平方成正比。网络上的 n 个用户，每个用户都可以共享其他用户的信息，即任何一个用户都可以使用 n 个用户的信息，所以网络的价值与 n^2 成正比。
- 被称为数字时代三大思想家之一的乔治·吉尔德（George Gilder）预测：在未来 25 年，主干网的带宽每 6 个月增加一倍，其增长速率远远超过摩尔定律，是芯片增长速率的三倍。

以上 4 个论断和预言被人们习惯性地称为 IT 时代的四大定律，它们揭示了计算机和计算机网络技术惊人的发展速度和美好灿烂的前景。计算机和计算机网络技术已经改写了社会发展历程，它们的飞速发展必将创造出人类历史更加辉煌的篇章！

1.2 计算机网络发展历程

1.2.1 以单计算机为中心的联机系统

以单计算机为中心的联机网络系统通常被称为第一代网络。20 世纪 60 年代中期以前，由于计算机主机昂贵，而通信线路和通信设备的价格相对便宜，为了共享主机资源（强大的处理能力）和进行信息的采集及综合处理，常采用以单计算机为中心的联机终端网络这种系统结构形式。

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。该系统分为 17 个防区，每个防区的指挥中心装有两台 IBM 公司的 AN/FSQ-7 计算机，通过通信线路连接防区内各雷达观测站、机场、防空导弹和高射炮阵地，形成联机计

算机系统。由计算机程序辅助指挥员决策，自动引导飞机和导弹进行拦截。SAGE 系统最先采用了人机交互作用的显示器，研制了小型计算机形式的前端处理机，制定了 1600bps 的数据通信规程，并提供了高可靠性的多种路径选择算法。这个系统最终于 1963 年建成，被认为是计算机技术和通信技术结合的先驱。

最早应用计算机通信技术的民用系统是美国航空公司与 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-1。这个系统由一台中央计算机与全美范围内的 2000 个终端组成。这些终端采用多点线路与中央计算机相连。美国通用电气公司的信息服务系统（GE Information Service）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、澳大利亚和日本。该系统于 1968 年投入运行，具有交互式处理和批处理能力。网络配置为分层星形结构：各终端设备连接到分布在世界上 23 个地点的 75 个远程集中器；远程集中器分别连接到 16 个中央集中器，各主计算机也连接到中央集中器；中央集中器经过 50Kbit/s 线路连接到交换机。由于地理范围很大，可以利用时差达到资源的充分利用。

单处理机联机网络涉及多种通信技术、多种数据传输设备、数据交换设备等。从计算机技术的角度来看，这是从单用户独占一个系统发展到远距离的分时多用户系统。联机终端网络主要有如下缺点：一是主机负荷较重，既要承担通信工作，又要承担数据处理，主机的效率低；二是通信线路的利用率低，尤其在远距离时，分散的终端都要单独占用一条通信线路，费用贵，为了解决这个问题，在终端密集的区域，可采用远程线路集中器，尽量减少通信费用；三是这种网络结构属集中控制方式，可靠性低，中央主机的失效将直接导致整个系统崩溃。

在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，人们开始使用多点通信线路、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。

1) 所谓多点通信线路就是在一条通信线路上串接多个终端，如图 1-1a 所示。这样，多个终端可以共享同一条通信线路与主机进行通信。由于主机 - 终端间的通信具有突发性和高带宽的特点，所以各个终端与主机间的通信可以分时地使用同一高速通信线路。相对于每个终端与主机之间都设立专用通信线路的配置方式，这种多点线路能极大地提高信道的利用率。

2) 终端集中器和前端处理机（Front-End Processor, FEP）的作用是类似的，不过后者的功能要强一些。主机资源主要用于计算任务，如果由主机兼顾终端的通信任务，一来会影响主机的计算任务，二来使主机的接口很多，配置过于庞大，系统灵活性不好。为了解决这一矛盾，可以把与终端通信的任务分配给专门的终端集中器。终端集中器的硬软件配置都是面向通信的，可以放置于终端相对集中的地点，它与各个终端以低速线路连接，收集终端的数据，然后用高速线路传送给主机的前端处理机。这种通信配置的结构如图 1-1b 所示。

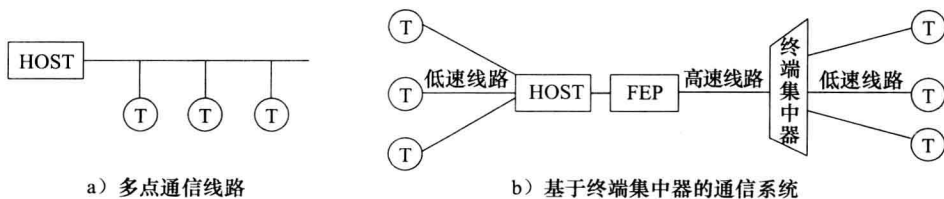


图 1-1 通信线路共享方式

终端集中器的硬件配置相对简单，它主要负责将数据从终端集中到主机，以及从主机分发到终端。显然采用终端集中器可提高远程高速通信线路的利用率。前端处理机除了具有以上功能外，还可以互相连接，并连接多个主机，具有路由选择功能，它能根据数据包的地址把数据

