



工业和信息化部普通高等教育“十三五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材



计算机网络技术 基础（第2版）

Fundamentals of Computer
Network Technology

■ 周舸 李昕昕 主编

■ 张志敏 唐宾徽 张慧娟 副主编

- 介绍计算机网络中成熟的理论和最新知识
- 零点起步，学与练紧密结合，便于老师教学和学生自学
- 最后一章配有丰富的实验内容，加深读者对相关知识的理解



中国工信出版集团

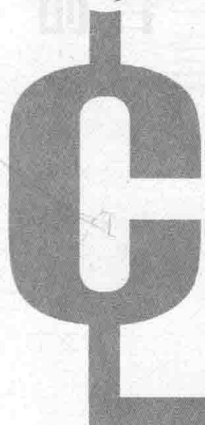


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材



计算机网络技术 基础（第2版）

Fundamentals of Computer
Network Technology

■ 周舸 李昕昕 主编

■ 张志敏 唐宾徽 张慧娟 副主编



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术基础 / 周炯, 李昕昕主编. — 2版

— 北京: 人民邮电出版社, 2017.7

21世纪高等教育计算机规划教材

ISBN 978-7-115-45926-8

I. ①计… II. ①周… ②李… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第124700号

内 容 提 要

本书是一本计算机网络技术的基础教程。全书共 15 章, 前 14 章系统地介绍了计算机网络基础知识、数据通信技术、计算机网络体系结构与协议、局域网、广域网接入技术、网络互连技术、Internet 基础知识、Internet 接入技术、Internet 的应用、移动 IP 与下一代 Internet、网络操作系统、网络安全、网络管理、云计算与互联网等内容, 最后一章为实验部分。为了让读者能够及时地检查学习效果, 巩固所学知识, 每章最后还附有丰富的习题。

本书既可作为高等院校计算机及相关专业网络基础课程的教材, 也可作为非计算机专业的网络普及教材, 还可作为计算机网络培训或技术人员自学的参考资料。

◆ 主 编 周 炯 李昕昕

副 主 编 张志敏 唐宾徽 张慧娟

责任编辑 李育民

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21

2017 年 7 月第 2 版

字数: 548 千字

2017 年 7 月河北第 1 次印刷

定价: 54.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

前言

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物。经过半个多世纪的发展，网络技术取得了长足的进步，尤其是在过去的十几年里，计算机网络已经渗透到现代社会的方方面面，并以前所未有的方式改变着人们的生活。与此同时，社会对网络人才的需求越来越迫切，要求越来越多的人掌握计算机网络的基础知识。因此“计算机网络基础”已经成为当代大学生的一门重要课程。

本书第 1 版自 2014 年出版以来，受到了众多高等院校的欢迎，为了更好地满足广大高等院校的学生对网络知识学习的需要，作者结合近几年的教学改革实践、科研成果以及广大读者的反馈意见，对本书进行了仔细的修订。这次修订的主要内容如下。

(1) 补充和更新了一些新知识。例如，增加了第 14 章云计算与物联网，更新了教材中一些过时的内容，如 Windows Server 2008 操作系统、IE10.0 浏览器，使本书内容更具全面性和前瞻性。

(2) 增加了实验内容。全书精心设计了 11 个实验，包括理解网络的基本要素、双绞线接头的制作与应用、网络连接性能的测试、交换机和路由器的基本配置、交换机 VLAN 技术的配置、路由器的基本配置及静态路由、路由器动态路由协议的配置、WWW 服务、使用电子邮件、DHCP 和 DNS 服务器的安装与配置等内容，并在每个实验之后给出了可以进一步掌握该实验内容的练习与思考题。

(3) 更新和补充了大量课后习题，并提供了习题的参考答案，有利于读者参加高水平的网络认证考试（如 CCNA、CCNP 等）。

在本书的修订过程中，作者始终贯彻介绍计算机网络中成熟的理论和新知识，基础理论以应用为目的，以必要、够用为度。本书经修订后，内容更全面，叙述更加准确和通俗易懂，更有利于教师的教学和读者的自学。为了让读者能够在较短的时间内掌握本书的内容，及时地检查自己的学习效果，巩固和加深对所学知识的理解，每章最后还附有丰富的习题。

全书参考总教学学时数为 72 学时，其中理论 56 学时、实验 16 学时。各章的学时分配如下表所示。

章	名 称	学时数	章	名 称	学时数
第 1 章	计算机网络基础知识	2	第 9 章	Internet 的应用	2
第 2 章	数据通信技术	6	第 10 章	移动 IP 与下一代 Internet	2
第 3 章	计算机网络体系结构与协议	4	第 11 章	网络操作系统	2
第 4 章	局域网	8	第 12 章	网络安全	4
第 5 章	广域网接入技术	4	第 13 章	网络管理	2
第 6 章	网络互联技术	6	第 14 章	云计算与物联网	2
第 7 章	Internet 基础知识	8	第 15 章	网络实验	16
第 8 章	Internet 接入技术	4			

本书由周舸和李昕昕担任主编，张志敏、唐宾徽和张慧娟担任副主编。周舸编写了第1~6章、第14~15章以及各章习题，张慧娟编写了第7~8章李昕昕编写了第9~11章，唐宾徽编写了第12~13章，全书由周舸拟定大纲并统稿。

在本书的修订过程中得到了四川大学锦城学院计算机学院相关领导的大力支持，张志敏院长，周光峦教授都对本书的编写提出了很多宝贵的意见。何敏、高天等老师完成了部分文稿的录入工作，周沁、朱镕申等老师完成了部分图片的处理工作，陈爱琦、余欣等老师完成了部分文稿的校对工作。在此，向所有关心和支持本书出版的人表示衷心的感谢！

限于作者的学术水平，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，来信请至 zhou-ge@163.com。

周 舸

2017年5月

1	第1章 绪论	1	第1章 绪论	1
2	第2章 局域网技术	2	第2章 局域网技术	2
3	第3章 广域网技术	3	第3章 广域网技术	3
4	第4章 网络层协议	4	第4章 网络层协议	4
5	第5章 传输层协议	5	第5章 传输层协议	5
6	第6章 应用层协议	6	第6章 应用层协议	6
7	第7章 网络安全	7	第7章 网络安全	7
8	第8章 网络管理	8	第8章 网络管理	8
9	第9章 网络应用	9	第9章 网络应用	9
10	第10章 网络案例	10	第10章 网络案例	10
11	第11章 网络实训	11	第11章 网络实训	11
12	第12章 网络综合实训	12	第12章 网络综合实训	12
13	第13章 网络综合实训	13	第13章 网络综合实训	13
14	第14章 网络综合实训	14	第14章 网络综合实训	14
15	第15章 网络综合实训	15	第15章 网络综合实训	15

目录

第1章 计算机网络基础知识.....1

1.1 计算机网络的产生与发展.....1
1.2 计算机网络概述.....3
1.2.1 计算机网络的基本概念.....3
1.2.2 通信子网和资源子网.....4
1.3 计算机网络的功能.....4
1.4 计算机网络的分类和拓扑结构.....5
1.4.1 计算机网络的分类.....5
1.4.2 计算机网络的拓扑结构.....6
1.5 计算机网络的应用.....7
1.6 三大网络介绍.....8
1.7 标准化组织.....9
小结.....11
习题1.....12

第2章 数据通信技术.....14

2.1 数据通信的基本概念.....14
2.1.1 信息、数据与信号.....14
2.1.2 基带信号与宽带信号.....15
2.1.3 信道及信道的分类.....15
2.1.4 数据通信的技术指标.....16
2.1.5 通信方式.....16
2.2 传输介质的主要特性和应用.....18
2.2.1 传输介质的主要类型.....19
2.2.2 双绞线.....19
2.2.3 同轴电缆.....21
2.2.4 光纤.....22
2.2.5 双绞线、同轴电缆与光纤的性能比较.....23
2.3 无线通信技术.....23
2.3.1 电磁波谱.....23
2.3.2 无线通信概述.....24
2.3.3 微波通信.....25
2.3.4 卫星通信.....26
2.3.5 移动通信.....26

2.4 数据交换技术.....27
2.4.1 电路交换.....27
2.4.2 存储转发交换.....28
2.5 数据传输技术.....30
2.5.1 基带传输技术.....30
2.5.2 频带传输技术.....30
2.5.3 多路复用技术.....32
2.6 数据编码技术.....34
2.6.1 数据编码的类型.....34
2.6.2 数字数据的模拟信号编码.....34
2.6.3 数字数据的数字信号编码.....35
2.6.4 脉冲编码调制.....36
2.7 差错控制技术.....36
2.7.1 差错产生的原因与差错类型.....36
2.7.2 误码率的定义.....37
2.7.3 差错的控制.....37
小结.....40
习题2.....41

第3章 计算机网络体系结构与协议.....44

3.1 网络体系结构与协议概述.....44
3.1.1 网络体系结构的概念.....44
3.1.2 网络协议的概念.....44
3.1.3 网络协议的分层.....45
3.1.4 其他相关概念.....47
3.2 OSI 参考模型.....48
3.2.1 OSI 参考模型的概念.....48
3.2.2 OSI 参考模型各层的功能.....49
3.2.3 OSI 参考模型中的数据传输过程.....50
3.3 TCP/IP 参考模型.....51
3.3.1 TCP/IP 概述.....51
3.3.2 TCP/IP 参考模型各层的功能.....51
3.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型.....53
3.4.1 两种模型的比较.....53
3.4.2 OSI 参考模型的缺点.....54

3.4.3 TCP/IP 参考模型的缺点	54	5.2.4 分组交换数据网 (PSDN)	96
3.4.4 网络参考模型的建议	54	5.2.5 帧中继 (Frame Relay)	97
小结	55	5.2.6 数字用户线路 xDSL	99
习题 3	56	小结	100
第 4 章 局域网	59	习题 5	101
4.1 局域网概述	59	第 6 章 网络互连技术	104
4.2 局域网的特点及其基本组成	60	6.1 网络互连的基本概念	104
4.3 局域网的主要技术	61	6.1.1 网络互连概述	104
4.3.1 局域网的传输介质	61	6.1.2 网络互连的要求	105
4.3.2 局域网的拓扑结构	62	6.2 网络互连的类型和层次	105
4.3.3 介质访问控制方法	63	6.2.1 网络互连的类型	105
4.4 局域网体系结构与 IEEE 802 标准	64	6.2.2 网络互连的层次	106
4.4.1 局域网参考模型	64	6.3 典型网络互连设备	106
4.4.2 IEEE 802 局域网标准	65	6.3.1 中继器	107
4.5 局域网组网技术	66	6.3.2 网桥	108
4.5.1 传统以太网	66	6.3.3 网关	109
4.5.2 IBM 令牌环网	70	6.3.4 路由器	110
4.5.3 交换式以太网	72	6.4 路由协议	113
4.6 快速网络技术	75	6.4.1 路由信息协议 (RIP)	113
4.6.1 快速以太网组网技术	75	6.4.2 内部路由协议 (OSPF)	114
4.6.2 吉比特以太网组网技术	76	6.4.3 外部路由协议 (BGP)	114
4.6.3 ATM 技术	78	6.5 路由器的基本配置	115
4.7 VLAN	79	6.5.1 路由器的接口	115
4.7.1 VLAN 概述	79	6.5.2 路由器的配置方法	118
4.7.2 VLAN 的组网方法	81	小结	120
4.8 WLAN	82	习题 6	121
4.8.1 WLAN 概述	82	第 7 章 Internet 基础知识	124
4.8.2 WLAN 的实现	83	7.1 Internet 的产生和发展	124
4.8.3 WLAN 组网实例——家庭无线 局域网的组建	84	7.1.1 ARPANET 的诞生	124
小结	87	7.1.2 NSFNET 的建立	125
习题 4	88	7.1.3 全球范围 Internet 的形成与发展	125
第 5 章 广域网接入技术	91	7.2 Internet 概述	125
5.1 广域网概述	91	7.2.1 Internet 的基本概念	125
5.2 常见的广域网接入技术	92	7.2.2 Internet 的特点	126
5.2.1 数字数据网 (DDN)	92	7.2.3 Internet 的组织机构	126
5.2.2 综合业务数字网 (ISDN)	94	7.3 Internet 的主要功能与服务	127
5.2.3 宽带综合业务数字网 (B-ISDN)	95	7.3.1 Internet 的主要功能	127
		7.3.2 Internet 的主要服务	127

7.4 Internet 的结构	131	8.3 局域网接入 Internet	157
7.4.1 Internet 的物理结构	131	8.4 ADSL 接入技术	158
7.4.2 Internet 协议结构与 TCP/IP	132	8.4.1 ADSL 概述	158
7.4.3 客户机/服务器的工作模式	134	8.4.2 ADSL 的主要特点	158
7.5 Internet 地址结构	135	8.4.3 ADSL 的安装	159
7.5.1 IP 地址概述	135	8.4.4 PPP 与 PPPoE	159
7.5.2 IP 地址的组成与分类	135	8.5 Cable Modem 接入技术	159
7.5.3 特殊类型的 IP 地址	137	8.5.1 CATV 与 HFC	159
7.5.4 IP 地址和物理地址的转换	137	8.5.2 Cable Modem 概述	160
7.6 子网和子网掩码	138	8.5.3 Cable Modem 的主要特点	160
7.6.1 子网	138	8.6 光纤接入技术	161
7.6.2 子网掩码	139	8.6.1 光纤接入技术概述	161
7.6.3 A 类、B 类、C 类 IP 地址的标准 子网掩码	139	8.6.2 光纤接入的主要特点	162
7.6.4 子网掩码的确定	139	8.7 无线接入技术	162
7.7 域名系统	140	8.7.1 无线接入概述	162
7.7.1 域名系统的层次命名机构	140	8.7.2 WAP 简介	162
7.7.2 域名的表示方式	141	8.7.3 当今流行的无线接入技术	164
7.7.3 域名服务器和域名的解析过程	142	8.8 连通测试	168
7.8 IPv4 的应用及其局限性	143	小结	170
7.8.1 什么是 IPv4	143	习题 8	171
7.8.2 IPv4 的应用	143	第 9 章 Internet 的应用	172
7.8.3 IPv4 的局限性	143	9.1 Internet 应用于家庭	172
7.9 IPv6 简介	144	9.1.1 家庭用户连入 Internet	172
7.9.1 IPv6 的发展历史	144	9.1.2 使用浏览器浏览 Internet	175
7.9.2 IPv4 的缺点及 IPv6 的技术 新特性	145	9.1.3 家庭娱乐	182
7.9.3 IPv4 与 IPv6 的共存局面	146	9.2 Internet 应用于电子商务	183
7.9.4 从 IPv4 过渡到 IPv6 的方案	147	9.2.1 电子商务及其起源	183
7.9.5 IPv6 的应用前景	149	9.2.2 电子商务的特点	184
小结	150	9.2.3 电子商务的内容	184
习题 7	152	9.3 Internet 应用所带来的社会问题	185
第 8 章 Internet 接入技术	155	9.4 Internet 应用的发展趋势与研究热点	186
8.1 Internet 接入概述	155	小结	187
8.1.1 接入到 Internet 的主要方式	155	习题 9	187
8.1.2 ISP	156	第 10 章 移动 IP 与下一代 Internet	190
8.2 电话拨号接入 Internet	156	10.1 移动 IP 技术	190
8.2.1 SLIP/PPP 概述	156	10.1.1 移动 IP 技术的概念	190
8.2.2 Winsock 概述	157	10.1.2 与移动 IP 技术相关的几个重要	

术语	191	12.2.2 防火墙的主要类型	218
10.1.3 移动 IP 的工作原理	193	12.2.3 防火墙的主要产品	221
10.1.4 移动 IP 技术发展的 3 个阶段	193	12.3 网络加密技术	222
10.2 第三代 Internet 与中国	194	12.3.1 网络加密的主要方式	223
10.2.1 什么是第三代 Internet	194	12.3.2 网络加密算法	224
10.2.2 第三代 Internet 的主要特点	195	12.4 数字证书和数字签名	228
10.2.3 中国的下一代互联网	195	12.4.1 电子商务安全的现状	228
小结	198	12.4.2 数字证书	229
习题 10	198	12.4.3 数字签名	230
第 11 章 网络操作系统	200	12.5 入侵检测技术	232
11.1 网络操作系统概述	200	12.5.1 入侵检测的基本概念	232
11.1.1 网络操作系统的基本概念	200	12.5.2 入侵检测的分类	232
11.1.2 网络操作系统的基本功能	201	12.6 网络防病毒技术	233
11.1.3 网络操作系统的发展	202	12.6.1 计算机病毒	234
11.2 Windows NT Server 操作系统	203	12.6.2 网络病毒的危害及感染网络病毒的主要原因	237
11.2.1 Windows NT Server 的发展	203	12.6.3 网络防病毒软件的应用	238
11.2.2 Windows NT Server 的特点	204	12.6.4 网络工作站防病毒的方法	238
11.3 Windows Server 2012 操作系统	205	12.7 网络安全技术的发展前景	239
11.3.1 Windows Server 2012 简介	205	12.7.1 网络加密技术的发展前景	239
11.3.2 Windows Server 2012 的特点	205	12.7.2 入侵检测技术的发展趋势	240
11.4 NetWare 操作系统	206	12.7.3 IDS 的应用前景	240
11.4.1 NetWare 操作系统的发展与组成	206	小结	241
11.4.2 NetWare 操作系统的特点	207	习题 12	242
11.5 UNIX 操作系统	209	第 13 章 网络管理	245
11.5.1 UNIX 操作系统的发展	209	13.1 网络管理概述	245
11.5.2 UNIX 操作系统的特点	210	13.1.1 网络管理的基本概念	245
11.6 Linux 操作系统	211	13.1.2 网络管理体系结构	246
11.6.1 Linux 操作系统的发展	211	13.2 网络管理的功能	247
11.6.2 Linux 操作系统的特点	211	13.3 MIB	248
小结	212	13.3.1 MIB 的结构形式	248
习题 11	212	13.3.2 MIB 的访问方式	249
第 12 章 网络安全	215	13.4 SNMP	249
12.1 网络安全的现状与重要性	215	13.4.1 SNMP 的发展	249
12.1.1 网络安全的基本概念	215	13.4.2 SNMP 的设计目标	250
12.1.2 网络面临的威胁	216	13.4.3 SNMP 的工作机制	250
12.2 防火墙技术	217	13.5 网络管理工具	252
12.2.1 防火墙的基本概念	217	13.5.1 HP Open View	252
		13.5.2 IBM TME 10 NetView	253

13.5.3 Cisco Works 2000	253	15.3.1 实验目的、性质和器材	279
13.5.4 3Com Transcend	254	15.3.2 实验导读	279
13.6 网络管理技术的发展趋势	255	15.3.3 实验内容	279
小结	256	15.3.4 实验作业	283
习题 13	257	15.4 实验 4 交换机和路由器的基本配置	284
第 14 章 云计算与物联网	259	15.4.1 实验目的、性质和器材	284
14.1 云计算及其发展	259	15.4.2 实验导读	284
14.1.1 云计算的概念	259	15.4.3 实验内容	286
14.1.2 云计算的特点	260	15.4.4 实验作业	290
14.1.3 网格计算与云计算	260	15.5 实验 5 交换机 VLAN 技术的配置	290
14.2 主流的云计算技术	261	15.5.1 实验目的、性质和器材	290
14.2.1 Google 云计算	261	15.5.2 实验导读	290
14.2.2 Amazon 云计算	262	15.5.3 实验内容	291
14.2.3 微软云计算	262	15.5.4 实验作业	295
14.3 物联网及其应用	263	15.6 实验 6 路由器的基本配置及静态路由	295
14.3.1 物联网的发展	263	15.6.1 实验目的、性质和器材	295
14.3.2 物联网的定义	263	15.6.2 实验导读	296
14.3.3 物联网的技术架构	264	15.6.3 实验内容	297
14.3.4 物联网的应用	265	15.6.4 实验作业	299
14.4 云计算与物联网的关系	265	15.7 实验 7 路由器动态路由协议的配置	300
14.5 大数据时代	266	15.7.1 实验目的、性质和器材	300
14.5.1 什么是大数据	266	15.7.2 实验导读	300
14.5.2 大数据的基本特征	267	15.7.3 实验内容	301
14.5.3 大数据的影响	267	15.7.4 实验作业	304
小结	267	15.8 实验 8 WWW 服务	304
习题 14	268	15.8.1 实验目的、性质和器材	304
第 15 章 网络实验	270	15.8.2 实验导读	304
15.1 实验 1 理解网络的基本要素	270	15.8.3 实验内容	305
15.1.1 实验目的、性质和器材	270	15.8.4 实验作业	305
15.1.2 实验导读	270	15.9 实验 9 使用电子邮件	305
15.1.3 实验内容	272	15.9.1 实验目的、性质和器材	305
15.1.4 实验作业	274	15.9.2 实验导读	305
15.2 实验 2 双绞线的制作与应用	275	15.9.3 实验内容	306
15.2.1 实验目的、性质和器材	275	15.9.4 实验作业	310
15.2.2 实验导读	275	15.10 实验 10 DHCP 服务器的安装与配置	311
15.2.3 实验内容	277	15.10.1 实验目的、性质和器材	311
15.2.4 实验作业	278		
15.3 实验 3 网络连接性能的测试	279		

15.10.2	实验导读	311
15.10.3	实验内容	312
15.10.4	实验作业	316
15.11	实验 11 DNS 服务器的安装与配置	316
15.11.1	实验目的、性质和器材	316

15.11.2	实验导读	316
15.11.3	实验内容	317
15.11.4	实验作业	323

参考文献	324
------	-----

第12章 网络管理	324
12.1 网络管理概述	324
12.1.1 网络管理的发展	324
12.1.2 网络管理的任务	324
12.1.3 网络管理的层次	324
12.1.4 网络管理的对象	324
12.1.5 网络管理的工具	324
12.2 网络配置管理	324
12.2.1 网络配置管理概述	324
12.2.2 网络配置管理的任务	324
12.2.3 网络配置管理的层次	324
12.2.4 网络配置管理的对象	324
12.2.5 网络配置管理的工具	324
12.3 网络性能管理	324
12.3.1 网络性能管理概述	324
12.3.2 网络性能管理的任务	324
12.3.3 网络性能管理的层次	324
12.3.4 网络性能管理的对象	324
12.3.5 网络性能管理的工具	324
12.4 网络安全管理	324
12.4.1 网络安全管理概述	324
12.4.2 网络安全管理的任务	324
12.4.3 网络安全管理的层次	324
12.4.4 网络安全管理的对象	324
12.4.5 网络安全管理的工具	324
12.5 网络故障管理	324
12.5.1 网络故障管理概述	324
12.5.2 网络故障管理的任务	324
12.5.3 网络故障管理的层次	324
12.5.4 网络故障管理的对象	324
12.5.5 网络故障管理的工具	324
12.6 网络计费管理	324
12.6.1 网络计费管理概述	324
12.6.2 网络计费管理的任务	324
12.6.3 网络计费管理的层次	324
12.6.4 网络计费管理的对象	324
12.6.5 网络计费管理的工具	324
12.7 网络文档管理	324
12.7.1 网络文档管理概述	324
12.7.2 网络文档管理的任务	324
12.7.3 网络文档管理的层次	324
12.7.4 网络文档管理的对象	324
12.7.5 网络文档管理的工具	324

第 1 章

计算机网络基础知识

计算机网络是当今最热门的学科之一，在过去的几十年里取得了长足的发展。近十几年来，因特网（Internet）深入到了千家万户，网络已经成为一种全社会的、经济的、快速存取信息的必要手段。因此，网络技术对未来的信息产业乃至整个社会都将产生深远的影响。

为了帮助初学者对计算机网络有一个全面的、感性的认识，本章将从介绍计算机网络的发展历程入手，对网络的功能定义、分类、应用以及在我国的发展现状等进行系统的介绍。

本章的学习目标如下。

- 了解计算机网络产生的历史背景与发展的 4 个阶段。
- 掌握计算机网络的概念、特点和目标。
- 理解计算机网络的功能。
- 掌握计算机网络的分类。
- 理解计算机网络在当今社会的应用。
- 了解计算机网络在我国的发展现状。

1.1 计算机网络的产生与发展

计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。网络技术的进步正在对当前信息产业的发展产生着重要的影响。纵观计算机网络的发展历史可以发现，计算机网络与其他事物的发展一样，也经历了从简单到复杂、从低级到高级、从单机到多机的过程。在这一过程中，计算机技术和通信技术紧密结合，相互促进，共同发展，最终产生了计算机网络。计算机网络的发展大体上可以分为 4 个阶段：面向终端的通信网络阶段、计算机互连阶段、网络互连阶段、Internet 与高速网络阶段。

1. 面向终端的通信网络阶段

1946 年，世界上第一台数字计算机 ENIAC 的问世是人类历史上划时代的里程碑，但最初的计算机数量稀少，并且非常昂贵。当时的计算机大都采用批处理方式，用户使用计算机首先要将程序和数据制成纸带或卡片，再送到中心计算机进行处理。1954 年，出现了一种被称为收发器（Transceiver）的设备，人们使用这种终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远地的计算机。此后，电传打字机也作为远程终端和计算机相连，用户可以利用计算机在远地电传打字机上输入自己的程序，而计算机计算出来的结果也可以传送到远地的电传打字机上并打印出来，计算机网络的基本原型就这样诞生了。

由于当初的计算机是为批处理而设计的, 因此当计算机和远程终端相连时, 必须在计算机上增加一个线路控制器 (Line Controller) 接口。随着远程终端数量的增加, 为了避免一台计算机使用多个线路控制器, 20 世纪 60 年代初期, 出现了多重线路控制器 (Multiple Line Controller), 其可以和多个远程终端相连接, 这样就构成了面向终端的第一代计算机网络。

在第一代计算机网络中, 一台计算机与多台用户终端相连接, 用户通过终端命令以交互的方式使用计算机系统, 从而将单一计算机系统的各种资源分散到了多个用户手中, 极大地提高了资源的利用率, 同时也极大地刺激了用户使用计算机的热情, 在一段时间内计算机用户的数量迅速增加。但这种网络系统也存在着两个缺点: 一是其主机系统的负荷较重, 既要承担数据处理任务, 又要承担通信任务, 导致了系统响应时间过长; 二是对远程终端来讲, 一条通信线路只能与一个终端相连, 通信线路的利用率较低。

后来又出现了多机连机系统。这种系统的主要特点是在主机和通信线路之间设置前端处理机 (First End Processor, FEP), 如图 1-1 所示。前端处理机承担所有的通信任务, 减轻了主机的负荷, 极大地提高了主机处理数据的效率。另外, 在远程终端较密集处增加了一个集中器 (Concentrator)。集中器的一端用低速线路与多个终端相连, 另一端则用一条较高速的线路与主机相连, 如图 1-2 所示, 这样就实现了多台终端共享一条通信线路, 提高了通信线路的利用率。

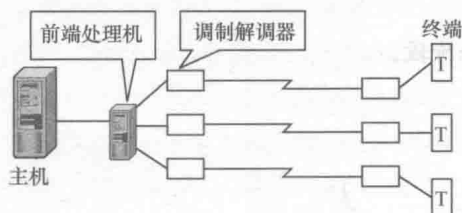


图 1-1 引入 FEP 的多机连机系统

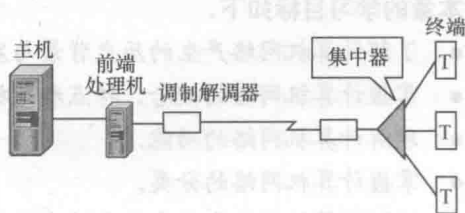


图 1-2 引入集中器的多机连机系统

多机连机系统的典型代表为 1963 年在美国投入使用的航空订票系统 (SABRAI), 其中心是设在纽约的一台中央计算机, 2 000 个售票终端遍布全国, 使用通信线路与中央计算机相连。

2. 计算机互连阶段

随着计算机应用的发展以及计算机的普及和价格的降低, 出现了多台计算机互连的需求。这种需求主要来自军事、科学研究、地区与国家经济信息分析决策、大型企业经营管理, 希望将分布在不同地点且具有独立功能的计算机通过通信线路互连起来, 彼此交换数据、传递信息, 如图 1-3 所示。网络用户可以通过计算机使用本地计算机的软件、硬件与数据资源, 也可以使用连网的其他地方的计算机软件、硬件与数据资源, 以达到计算机资源共享的目的。

这一阶段研究的典型代表是美国国防部高级研究计划局 (Advanced Research Projects Agency, ARPA) 的 ARPANET (通常称为 ARPA 网)。ARPANET 是世界上第一个实现了以资源共享为目的的计算机网络, 所以人们往往将 ARPANET 作为现代计算机网络诞生的标志, 现在计算机网络的很多概念都来自于 ARPANET。

ARPANET 的研究成果对推动计算机网络发展的意义是十分深远的。在 ARPANET 的基础上, 20 世纪 70~80 年代计算机网络发展十分迅速, 出现了大量的计算机网络, 仅美国国防部就

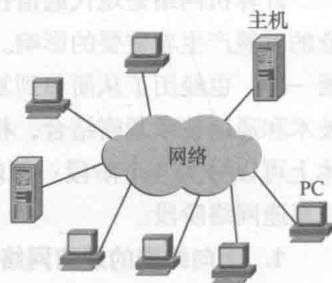


图 1-3 计算机互连示意图

资助建立了多个计算机网络。同时还出现了一些研究试验性网络、公共服务网络、校园网,如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS 网、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网 WWWN、欧洲情报网 EIN 等。

在这一阶段中,公用数据网(Public Data Network, PDN)与局部网络(Local Network, LN)技术也得到了迅速的发展。总而言之,计算机网络发展的第二阶段所取得的成果对推动网络技术的成熟和应用极其重要,所研究的网络体系结构与网络协议的理论成果为以后网络理论的发展奠定了坚实的基础,很多网络系统经过适当修改与充实后至今仍在广泛使用。目前国际上应用广泛的 Internet 就是在 ARPANET 的基础上发展起来的。但是,20 世纪 70 年代后期,人们已经看到了计算机网络发展中出现的问题,即网络体系结构与协议标准的不统一限制了计算机网络自身的发展和应用。网络体系结构与网络协议标准必须走国际化的道路。

3. 网络互连阶段

计算机网络发展的第 3 个阶段——网络互连阶段是加速体系结构与协议国际化的研究与应用的时期。1984 年,经过多年卓有成效的工作,国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)正式制定和颁布了“开放系统互连参考模型”(Open System Interconnection Reference Model, OSI RM)。ISO/OSI RM 已被国际社会所公认,成为研究和制订新一代计算机网络标准的基础。OSI 标准使各种不同的网络互连、互相通信变为现实,实现了更大范围内的计算机资源共享。我国也于 1989 年在《国家经济系统设计与应用标准化规范》中明确规定选定 OSI 标准作为我国网络建设的标准。1990 年 6 月,ARPANET 停止运行。随之发展起来的国际 Internet 的覆盖范围已遍及全球,全球各种各样的计算机和网络都可以通过网络互连设备连入 Internet,实现全球范围内的数据通信和资源共享。

ISO/OSI RM 及标准协议的制定和完善正在推动计算机网络朝着健康的方向发展。很多大的计算机厂商相继宣布支持 OSI 标准,并积极研究和开发符合 OSI 标准的产品。各种符合 OSI RM 与协议标准的远程计算机网络、局部计算机网络与城市地区计算机网络已开始广泛应用。随着研究的深入,OSI 标准将日趋完善。

4. Internet 与高速网络阶段

目前,计算机网络的发展正处于第 4 个阶段。这一阶段计算机网络发展的特点是互连、高速、智能与更为广泛的应用。Internet 是覆盖全球的信息基础设施之一。对用户来说,Internet 是一个庞大的远程计算机网络,用户可以利用 Internet 实现全球范围的信息传输、信息查询、电子邮件、语音与图像通信服务等功能。实际上 Internet 是一个用网络互连设备实现多个远程网和局域网互连的国际网。

在 Internet 发展的同时,随着网络规模的增大与网络服务功能的增多,高速网络与智能网络(Intelligent Network, IN)的发展也引起了人们越来越多的关注和兴趣。高速网络技术的发展表现在宽带综合业务数据网(Broadband Integrated Service Digital Network, B-ISDN)、帧中继、异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)、高速局域网、交换式局域网与虚拟网络上。

1.2 计算机网络概述

1.2.1 计算机网络的基本概念

所谓计算机网络,就是把分布在不同地理区域的计算机与专门的外部设备用通信线路互连成

一个规模大、功能强的网络系统，从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息，共享硬件、软件、数据信息等资源。

计算机网络主要包含连接对象、连接介质、连接的控制机制和连接的方式4个方面。“对象”主要是指各种类型的计算机（如大型机、微型计算机、工作站等）或其他数据终端设备；“介质”是指通信线路（如双绞线、同轴电缆、光纤、微波等）和通信设备（如网桥、网关、中继器、路由器等）；“控制机制”主要是指网络协议和各种网络软件；“连接方式”主要是指网络所采用的拓扑结构（如星型、环型、总线型和网状型等）。

1.2.2 通信子网和资源子网

从功能上分，计算机网络系统可以分为通信子网和资源子网两大部分，计算机网络的结构如图1-4所示。通信子网提供数据通信的能力，资源子网提供网络上的资源以及访问的能力。

1. 通信子网

通信子网由通信控制处理机（Communication Control Processor, CCP）、通信线路和其他网络通信设备组成，主要承担全网的数据传输、转发、加工、转换等通信处理工作。

通信控制处理机在网络拓扑结构中通常被称为网络节点。其主要功能一是作为主机和网络的接口，负责管理和收发主机和网络所交换的信息；二是作为发送信息、接收信息、交换信息和转发信息的通信设备，负责接收其他网络节点送来的信息，并选择一条合适的通信线路发送出去，完成信息的交换和转发功能。

通信线路是网络节点间信息传输的通道，通信线路的传输媒体主要有双绞线、同轴电缆、光纤、无线电和微波等。

2. 资源子网

资源子网主要负责全网的数据处理业务，向全网用户提供所需的网络资源和网络服务。资源子网主要由主机（Host）、终端（Terminal）、终端控制器、连网外部设备以及软件资源和信息资源等组成。

主机是资源子网的重要组成单元，既可以是大型机、中型机、小型机，也可以是局域网中的微型计算机。主机是软件资源和信息资源的拥有者，一般通过高速线路和通信子网中的节点相连。

终端是直接面向用户的交互设备。终端的种类很多，如交互终端、显示终端、智能终端、图形终端等。

连网外部设备主要是指网络中的一些共享设备，如高速打印机、绘图仪和大容量硬盘等。

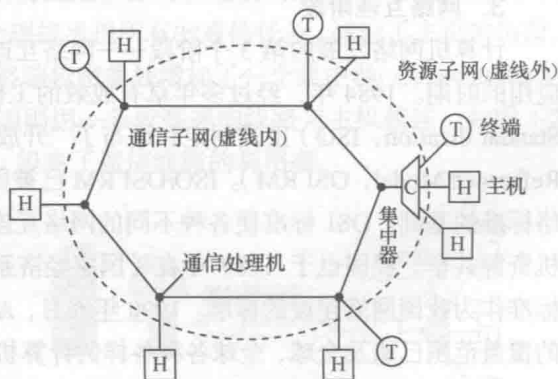


图1-4 计算机网络结构示意图

1.3 计算机网络的功能

社会及科学技术的发展为计算机网络的发展提供了更加有利的条件。计算机网络与通信网的结合，可以使众多的个人计算机不仅能够同时处理文字、数据、图像、声音等信息，还可以使这些信息四通八达，及时地与全国乃至全世界的信息进行交换。计算机网络的主要功能归纳起来主要有以下几点。

1. 数据通信

数据通信是计算机网络最基本的功能，为网络用户提供了强有力的通信手段。计算机网络建设的主要目的之一就是使分布在不同物理位置的计算机用户相互通信和传送信息（如声音、图形、图像等多媒体信息）。计算机网络的其他功能都是在数据通信功能基础之上实现的，如发送电子邮件、远程登录、连机会议、WWW 等。

2. 资源共享

（1）硬件和软件的共享。计算机网络允许网络上的用户共享不同类型的硬件设备，通常有打印机、光驱、大容量的磁盘以及高精度的图形设备等。软件共享通常是指某一系统软件或应用软件（如数据库管理系统），如果占用的空间较大，则可将其安装到一台配置较高的服务器上，并将其属性设置为共享，这样网络上的其他计算机即可直接利用，极大地节省了计算机的硬盘空间。

（2）信息共享。信息也是一种宝贵的资源，Internet 就像一个浩瀚的海洋，有取之不尽、用之不竭的信息与数据。每一个连入 Internet 的用户都可以共享这些信息资源（如，各类电子出版物、网上新闻、网上图书馆和网上超市等）。

3. 均衡负荷与分布式处理

当网络中某台计算机的任务负荷太重时，可将任务分散到网络中的各台计算机上进行，或由网络中比较空闲的计算机分担负荷。这样既可以处理大型的任务，使其中一台计算机不会负担过重，又提高了计算机的可用性，起到了均衡负荷和分布式处理的作用。

4. 提高计算机系统的可靠性

提高计算机系统的可靠性也是计算机网络的一个重要功能。在计算机网络中，每一台计算机都可以通过网络为另一台计算机备份以提高计算机系统的可靠性。这样，一旦网络中的某台计算机发生了故障，另一台计算机可代替其完成所承担的任务，整个网络可以照常运转。

1.4 计算机网络的分类和拓扑结构

1.4.1 计算机网络的分类

用于计算机网络分类的标准很多，如拓扑结构、应用协议、传输介质、数据交换方式等。但是，这些标准只能反映网络某方面的特征，不能反映网络技术的本质。最能反映网络技术本质特征的分类标准是网络的覆盖范围。按网络的覆盖范围可以将网络分为局域网（Local Area Network，LAN）、广域网（Wide Area Network，WAN）、城域网（Metropolitan Area Network，MAN）和国际互联网（Internet），如表 1-1 所示。

表 1-1 不同类型网络之间的比较

网 络 种 类	覆 盖 范 围	分 布 距 离
局域网	房间	10 m
	建筑物	100 m
	校园	1 km
广域网	国家	100 km 以上
城域网	城市	10 km 以上
国际互联网	洲或洲际	1 000 km 以上

(1) 局域网。局域网的地理分布范围在几千米以内,一般局域网络建立在某个机构所属的一个建筑群内或一个学校的校园内部,甚至几台计算机也能构成一个小型局域网络。由于局域网的覆盖范围有限,数据的传输距离短,因此局域网内的数据传输速率都比较高,一般在 $10 \sim 100 \text{ Mbit/s}$,现在高速的局域网传输速率可达到 $1\,000 \text{ Mbit/s}$ 。

(2) 广域网。广域网也称为远程网,是远距离的、大范围的计算机网络。这类网络的作用是实现远距离计算机之间的数据传输和信息共享。广域网可以是跨地区、跨城市、跨国家的计算机网络,覆盖范围一般是几百千米到几千千米的广阔地理区域,通信线路大多借用公用通信网络(如公用电话网 PSTN)。由于广域网涉辖的范围很大,连网的计算机众多,因此广域网上的信息量非常大,共享的信息资源极为丰富。但是广域网的数据传输速率比较低,一般在 $64 \text{ kbit/s} \sim 2 \text{ Mbit/s}$ 。

(3) 城域网。城域网的覆盖范围在局域网和广域网之间,一般为几千米到几十千米,通常在一个城市内。

(4) 国际互联网。Internet 并不是一种具体的网络技术,而是将同类和不同类的物理网络(局域网、广域网和城域网)通过某种协议互连起来的一种高层技术。

1.4.2 计算机网络的拓扑结构

拓扑(Topology)是从图论演变而来的,是一种研究与大小形状无关的点、线、面特点的方法。网络拓扑结构是指用传输介质互连各种设备的物理布局,通俗地讲就是这个网络看起来是一种什么形式。将工作站、服务器等网络单元抽象为“点”,网络中的通信介质抽象为“线”,从拓扑学的观点来看计算机和网络系统就形成了点和线组成的几何图形,从而抽象出网络系统的具体结构。网络拓扑结构并不涉及网络中信号的实际流动,而只是关心介质的物理连接形态。网络拓扑结构对整个网络的设计、功能、可靠性和成本等方面具有重要的影响。

常见的计算机网络拓扑结构有星型、环型、总线型、树型和网状型。

(1) 星型拓扑网络。在星型拓扑网络结构中,各节点通过点到点的链路与中央节点连接,如图 1-5 所示。中央节点可以是转接中心,起到连通的作用;也可以是一台主机,此时具有数据处理和转接的功能。星型拓扑网络的优点是很容易在网络中增加和移动节点,容易实现数据的安全性和优先级控制;缺点是属于集中控制,对中央节点的依赖性大,一旦中央节点有故障就会引起整个网络的瘫痪。

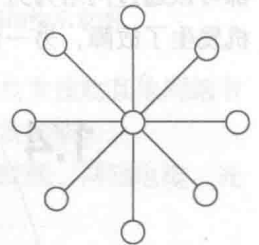


图 1-5 星型拓扑结构

(2) 环型拓扑网络。在环型拓扑网络中,节点通过点到点的通信线路连接成闭合环路,如图 1-6 所示。环中数据将沿一个方向逐站传送。环型拓扑网络结构简单,传输延时确定,但是环中每个节点与连接节点之间的通信线路都会成为网络可靠性的屏障。环中某一个节点出现故障就会造成网络瘫痪。另外,对于环型网络,网络节点的增加和移动以及环路的维护和管理都比较复杂。

(3) 总线型拓扑网络。在总线型拓扑网络中,所有节点共享一条数据通道,如图 1-7 所示。一个节点发出的信息可以被网络上的每个节点接收。由于多个节点连接到一条公用信道上,所以必须采取某种方法分配信道,以决定哪个节点可以优先发送数据。

总线型网络结构简单,安装方便,需要铺设的线缆最短,成本低,并且某个站点自身的故障一般不会影响整个网络,因此是普遍使用的网络之一。其缺点是实时性较差,总线上的故障会导致全网瘫痪。