

Computer Network Principle
Basic Course

计算机网络原理 基础教程

王雷 魏焕新 聂清彬 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

计算机网络原理 基础教程

王 雷 魏焕新 聂清彬 主 编
匡林爱 周 维 副主编

内 容 简 介

本书是从计算机网络的基础知识与网络新技术的发展现状相结合的角度,结合目前计算机网络的实际教学需要与特点,组织编写的一本计算机应用技术与通信技术方面的专业教材。

全书共分为8章。第1~6章构成了本书的第一部分,重点介绍了计算机网络的定义与分类、演变与发展,以及计算机网络的体系结构,这是计算机网络的基础知识部分;第7章为本书的第二部分,重点介绍了P2P网络、移动通信网络、无线传感器网络、社交网络,以及物联网等现代计算机网络及其网络新技术,这是网络新技术的发展现状部分;第8章为本书的第三部分,重点介绍了网络中的传统加密技术、现代分组密码加密技术、公开密钥加密技术、信息认证技术、远程接入控制技术、Web安全机制等基于加密技术的安全保障机制以及防火墙技术与网络入侵检测技术等其他安全保障机制,这是计算机网络的安全技术部分。

本书适用于计算机应用技术与通信技术相关专业的大专生、本科生与研究生使用,同时,也可供其他专业的学生、计算机网络技术的爱好者,以及计算机应用技术相关的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理基础教程 / 王雷, 魏焕新, 聂清彬主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 2

ISBN 978-7-5682-1778-1

I. ①计… II. ①王… ②魏… ③聂… III. ①计算机网络-教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 011502 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京九州迅驰传媒文化有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 352 千字

版 次 / 2016 年 2 月第 1 版 2016 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 45.00 元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

背景动机

现代社会是信息社会，随着 Internet 在全球范围内的迅速普及，网络对人们的学习、工作、生活以及对社会的影响越来越大。计算机网络技术被誉为“近代最深刻的技术革命”，人们用“网络时代”、“网络经济”等术语来描述计算机网络对社会信息化与经济发展的影响。

社会的信息化、数据的分布式处理、各种计算机资源的共享等应用需求，推动着计算机网络的迅速发展，各种网络新技术，如 4G 技术、无线传感器网络技术、P2P 网络技术、物联网技术等层出不穷。虽然目前已有大量的相关专业书籍与文献对上述网络新技术进行了分门别类的深入介绍，但综合介绍这些网络新技术的教材却不多见。

传统的教材主要是以 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型为出发点，重点介绍计算机网络的体系结构与协议等计算机网络的基础知识，而忽略了对当前计算机网络的发展现状与网络新技术的全面介绍与分析，因此，难以让学生通过计算机网络这门课程的学习真正了解或掌握现代的计算机网络技术。

上述这些构成了本书的一个主要编写目的。另外，大学生所处的年龄阶段是人生中的一个黄金阶段，很多伟人都是在这个年龄阶段做出了杰出的成就，例如：伽罗华 19 岁提出了群论、牛顿 22 岁发现了二项式定理、爱因斯坦 26 岁提出了相对论。与前人相比，现代大学生不但具有更广博的知识，同时也不缺乏研究的激情，因此，引导学生在掌握已有技术的基础之上进一步学会思考与研究，也是本书的主要编写目的之一。

目标读者

本书的目标读者包括计算机相关专业的大专生、本科生与研究生，计算机网络技术的爱好者，以及计算机应用技术相关的工程技术人员。

组织结构

考虑到读者在阅读本书之前对计算机网络的了解程度不尽相同，为此，本书主要分为以下三大部分，其中：

① 第一部分为计算机网络技术基础，重点介绍计算机网络的定义与分类、演变与发展，以及计算机网络的体系结构。

② 第二部分为现代计算机网络技术概述，重点介绍 P2P 网络、移动通信网络、无线传感器网络、社交网络，以及物联网等现代计算机网络及其网络新技术。

③ 第三部分为计算机网络安全技术概述，重点介绍计算机网络中的传统加密技术、现代分组密码加密技术、公开密钥加密技术、信息认证技术、远程接入控制技术、Web 安全机制等基于加密技术的安全保障机制以及防火墙技术与网络入侵检测技术等其他安全保障机制。

编者

CONTENTS

目录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的定义与分类	1
1.1.1 网络改变世界	1
1.1.2 计算机网络的发展历史	4
1.1.3 计算机网络的拓扑结构	7
1.1.4 计算机网络的分类	8
1.1.5 计算机网络的定义	12
1.1.6 计算机网络的发展趋势	15
1.2 计算机网络的参考模型	19
1.2.1 OSI 参考模型	19
1.2.2 TCP/IP 参考模型	23
1.2.3 OSI 与 TCP/IP 模型的比较	25
1.2.4 网络参考模型与邮政系统模型的比较	26
1.3 现代常用网络术语	28
1.4 本章小结	32
1.5 本章习题	32
第 2 章 物理层	33
2.1 物理层的功能	33
2.2 物理层相关术语概述	34
2.2.1 信息、数据与信号	34
2.2.2 基带传输、频带传输与宽带传输	35
2.3 数据通信系统的组成模型	36
2.3.1 模拟通信系统	37
2.3.2 数字信号的频带传输通信系统	37
2.3.3 数字信号的基带传输通信系统	38
2.3.4 模拟信号数字化后的基带传输通信系统	38
2.3.5 数字通信系统的优缺点	39
2.4 数字数据的通信方式	40
2.4.1 串行通信与并行通信	40



2.4.2	单工通信、半双工通信与全双工通信	41
2.4.3	同步通信与异步通信	41
2.5	数字数据的电信号编码方法	42
2.6	数据传输速率	43
2.6.1	数据传输速率的单位	43
2.6.2	信号带宽与信道带宽	43
2.6.3	奈奎斯特准则与香农定律	44
2.7	数字调制技术	45
2.7.1	数字调制技术的基本形式	45
2.7.2	数字调制技术的星座图表示	45
2.8	多路复用技术	46
2.8.1	频分多址 FDMA 技术	47
2.8.2	时分多址 TDMA 技术	47
2.8.3	码分多址 CDMA 技术	48
2.8.4	波分多址 WDMA 技术	49
2.9	宽带接入技术	49
2.9.1	接入网的定义与概念	49
2.9.2	宽带接入技术	50
2.9.3	宽带无线接入技术	53
2.10	本章小结	56
2.11	本章习题	57
第 3 章	数据链路层	58
3.1	数据链路层的功能	58
3.2	成帧与帧同步	60
3.3	差错控制	60
3.3.1	差错检测技术	60
3.3.2	差错纠正技术	61
3.3.3	数据帧重传技术	63
3.4	流量控制	64
3.4.1	相关术语	64
3.4.2	基于回退 N 帧技术的流量控制机制	66
3.4.3	基于选择性重传技术的流量控制机制	66
3.5	链路管理	67
3.5.1	高级数据链路控制协议 HDLC	68
3.5.2	点到点链路控制协议 PPP	69
3.5.3	介质访问控制协议 MAC	70
3.5.4	避免冲突的多路访问 MACA	73
3.6	协议验证	74
3.6.1	有限状态机	74



3.6.2 Petri 网	75
3.7 本章小结	77
3.8 本章习题	77
第 4 章 网络层	79
4.1 网络层的功能	79
4.2 网络层协议与分组格式	80
4.2.1 IP 协议与 IP 分组格式	81
4.2.2 ATM 网中的信元格式	83
4.2.3 分组交换	84
4.3 IP 地址	84
4.3.1 IP 地址的表示	84
4.3.2 IP 地址的分类	85
4.3.3 单播、组播与广播	86
4.3.4 IP 地址的分配原则	86
4.3.5 子网与子网掩码	87
4.3.6 无类别域间路由	89
4.3.7 网络地址转换	90
4.4 路由算法	91
4.4.1 路由算法涉及的主要参数	91
4.4.2 路由算法的分类	91
4.5 差错控制策略	100
4.6 拥塞控制策略	100
4.6.1 开环策略	100
4.6.2 闭环策略	101
4.6.3 虚电路子网中的拥塞控制	101
4.6.4 数据报子网中的拥塞控制	101
4.7 流量控制策略	102
4.8 网络互连	103
4.8.1 网络互连设备	103
4.8.2 隧道技术	106
4.9 网络管理	107
4.9.1 ICMP 协议	108
4.9.2 IGMP 协议	108
4.9.3 ARP 协议	108
4.9.4 RARP 协议	110
4.10 IP 分片与重组	110
4.11 本章小结	111
4.12 本章习题	111



第 5 章 传输层	113
5.1 传输层的功能	113
5.2 传输层的地址表示	114
5.3 传输层协议	116
5.3.1 UDP 协议	116
5.3.2 TCP 协议	117
5.4 传输连接管理	118
5.4.1 TCP 连接建立的三次握手过程	119
5.4.2 TCP 连接释放的四次挥手过程	120
5.4.3 两军问题	121
5.4.4 多路复用与多路分解	123
5.5 报文分段与重组	124
5.6 差错控制和流量控制	125
5.6.1 传输层服务质量衡量指标	125
5.6.2 确认重传机制	125
5.6.3 拥塞控制机制	126
5.6.4 流量控制机制	127
5.7 虚拟专用网络	128
5.8 本章小结	129
5.9 本章习题	129
第 6 章 应用层	131
6.1 应用层的功能	131
6.2 应用层协议	131
6.2.1 FTP 协议	132
6.2.2 TFTP 协议	133
6.2.3 Telnet 协议	133
6.2.4 DNS 协议	134
6.2.5 HTTP 协议	135
6.2.6 SMTP 协议与 POP3 协议	136
6.2.7 SNMP 协议	138
6.2.8 DHCP 协议	138
6.3 本章小结	139
6.4 本章习题	139
第 7 章 现代计算机网络	140
7.1 移动互联网	140
7.1.1 移动互联网简介	140
7.1.2 移动通信网络	141
7.1.3 移动 IP 技术	147
7.1.4 云计算	148



7.1.5	大数据	150
7.1.6	移动互联网的未来发展趋势	152
7.2	物联网	153
7.2.1	物联网的定义	153
7.2.2	物联网的体系结构	154
7.2.3	物联网的应用场景	155
7.2.4	物联网的技术难题	156
7.2.5	无线传感器网络技术	157
7.2.6	RFID 技术	160
7.2.7	物联网中的安全与隐私保护技术	161
7.3	P2P 网络	163
7.3.1	P2P 网络简介	163
7.3.2	P2P 网络的拓扑结构	164
7.3.3	P2P 网络的应用领域	167
7.4	社交网络	168
7.4.1	社交网络简介	168
7.4.2	主流的网络社交工具	169
7.5	本章小结	170
7.6	本章习题	170
第 8 章	计算机网络安全概述	171
8.1	计算机网络面临的安全问题	171
8.1.1	计算机网络安全概述	171
8.1.2	计算机网络安全的分类	172
8.1.3	网络攻击的一般过程与常用方法	173
8.2	传统密码加密技术	175
8.2.1	传统密码加密技术简介	175
8.2.2	传统密码加密技术的缺陷	176
8.2.3	几类典型的传统密码加密系统	177
8.3	分组密码加密技术	178
8.3.1	分组密码加密技术简介	178
8.3.2	数据加密标准 DES	179
8.3.3	高级加密标准 AES	183
8.4	公开密钥加密技术	186
8.4.1	公开密钥加密技术简介	186
8.4.2	RSA 加密系统	187
8.4.3	ElGamal 加密系统	188
8.5	信息认证技术	190
8.5.1	数字签名机制	190
8.5.2	基于消息认证码的信息认证技术	194



8.5.3 基于哈希函数的信息认证技术·····	195
8.6 远程访问控制技术·····	195
8.6.1 密码系统·····	196
8.6.2 一次性密码·····	196
8.7 防火墙技术·····	198
8.7.1 防火墙技术简介·····	198
8.7.2 防火墙的优缺点·····	199
8.7.3 防火墙的分类·····	200
8.7.4 防火墙的设计方法·····	205
8.8 网络入侵检测技术·····	207
8.8.1 网络入侵检测技术简介·····	207
8.8.2 网络入侵检测系统的基本模型·····	208
8.8.3 网络入侵检测系统的工作流程·····	210
8.8.4 网络入侵检测关键技术·····	212
8.9 本章小结·····	221
8.10 本章习题·····	221
致谢·····	223
参考文献·····	224

第1章

计算机网络概述

本章将从以下三个方面深入介绍计算机网络：首先，将对计算机网络的定义进行全面剖析，并进而基于不同的分类标准，分别介绍计算机网络的不同分类方式；其次，在回顾计算机网络的演变历程基础上，分析探讨了计算机网络的未来发展趋势；最后，将对 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型这两类目前最主要的计算机网络参考模型进行分析比较，分析两者之间的异同与各自的优缺点。此外，还对当前流行与常用的现代网络术语进行简要介绍。

1.1 计算机网络的定义与分类

1.1.1 网络改变世界

1969 年 9 月 2 日，当加州大学洛杉矶分校的研究人员开始早期的网络数据传输试验时，他们可能没有预料到，世界将会因计算机网络（Computer Network）的诞生而发生巨变。如果说蒸汽机是 18 世纪最伟大的发明，发电机是 19 世纪最伟大的发明，那么网络则无疑是 20 世纪最伟大的发明。前两者都只是解决了人类生产生活中的动力问题，而网络的诞生则是在人类政治、经济、文化、社会等各个领域都掀起了一次全方位的革命。

2002 年，全球网民超过 5 亿，2006 年，全球网民超过 10 亿，2008 年，全球网民超过 15 亿，2014 年，全球网民超过 30 亿。现在，互联网业已成为全球各个角落各种信息的汇聚之地，也成为全球用户了解世界、接触世界的最广阔平台。

几内亚有一名雕刻家，他所雕刻的红木制品融非洲土著传统和东方艺术于一炉，深受市场欢迎。但实际上，他只到中国学习了半年，后来则主要是从互联网上所看到的众多实物图片中学习雕刻技法。如今，他为自己的作品开设了一个网店，客户遍及全世界。2009 年，瑞士伯尔尼的居民苏珊，则通过互联网与住在澳大利亚悉尼的坎贝尔达成了“换房旅游”协议，这样的方式如今在西方国家的年轻人中非常流行。



生活在偏远地区的农民第一次发现世界是如此的小，也开始鼓起勇气用习惯干农活的双手去敲打键盘，上网查询粮食、土地价格和医疗保健信息，把自己的土豆、郁金香或是灰天鹅卖到省外甚至邻国。对于众多非洲小商人来说，互联网使他们可以直接登录厂家的网站——这个厂家也许在德国、马来西亚或者中国大陆，并选择自己中意的式样，在网络和电话的帮助下完成大部分磋商，从而可以大幅度缩短交易的周期。

生活在喜马拉雅山脉贫困地区的印度妇女们，也学会了使用电子邮件给在遥远的大城市打工的丈夫写信，或者通过网络给政府部门提出建议。在一些沿海地带，年轻的姑娘们则已开始靠互联网挣钱，她们通过网络为一些公司打字，每页可以挣到 22 美分，而她们的父母，则热衷于在网上为女儿在全国范围内寻找夫婿，并检索男方的星象。

时光荏苒，如今，计算机网络已经完全改变了人们的日常生活，从高官到贫民、从精英到草根，世界各地各阶层的人们都在使用互联网，网络的影响力业已超过人类历史上任何一个发明所带来的变革。其中，网络对人类社会的主要影响大致体现在以下几个方面：

(1) 网络金融：网络金融是传统金融行业与互联网相结合的新兴领域，网络金融模式包括第三方支付、在线理财产品的销售、信用评价审核、金融中介、金融电子商务等。网络金融模式在未来将成主流。移动支付替代传统支付业务、P2P 小额信贷替代传统存贷款业务、众筹融资替代传统证券业务，是网络金融业已呈现的三个重要发展趋势。

(2) 网络支付：网银、第三方支付、移动支付是目前互联网支付的主要表现形式。随着传统的现金支付逐渐退居二线，各种在线支付方式（如支付宝、微支付等）业已成为人们日常消费的主要支付方式。银行推出的网银以及民营企业推出的各种各样的第三方支付平台大大方便了人们的生活，网络支付终端也从桌面电脑扩展到了移动终端和电视终端等多种形式的终端之上，网络支付正变得无处不在。

(3) 网络购物：网购正在改变人们的购物模式，淘宝、京东等购物网站的出现，让人们再也无须为是去沃尔玛、巴诺书店还是百思买购物而感到纠结。据统计数据显示，2013 年美国人的网购总金额达到了 2 700 亿美元，而 2014 年淘宝仅仅在“光棍节”一天的交易额就高达 600 亿元人民币。

(4) 在线教育：在线教育可以突破时间和空间的限制，提升了学习效率，还可跨越因地域等方面造成的教育资源不平等分配，使教育资源共享化，从而降低了学习的门槛。据统计数据显示，2014 年中国在线教育领域投融资金额已超过 44 亿元人民币。

(5) 在线旅游：依托互联网，以满足旅游消费者信息查询、产品预订及服务评价为核心目的，囊括了包括航空公司、酒店、景区、租车公司、海内外旅游局等旅游服务供应商及搜索引擎、OTA、电信运营商、旅游资讯及社区网站等在线旅游平台的新产业正在改变着传统的旅游方式。据调查显示，2014 年全球有超过 70% 的旅游者都是通过利用在线方式来制订自己的出行计划，包括酒店和机票的预定。

(6) 在线医疗：从前，人们在看病时不得不提早前往医院排队等待，现在则可在诸如 WebMD（美国最大的医疗健康服务网站）、梅奥诊所等在线医疗网站上上传自己的病征，也可以在专门为病人和医生之间提供视频服务的 MDLiveCare 平台上进行医生和患者之间的视频问诊。

(7) 网络犯罪：据知名安全软件厂商赛门铁克发布的调查报告显示，目前每天大约有 150 万人成为网络犯罪的受害者。网络犯罪手段主要包括：黑客通过网络病毒方式盗取别人虚拟

财产；网友通过网上交友方式来进行欺诈，利用网络结识，待被盗者信任后再获取其财物资料；此外，骗子还可通过互联虚假宣传，组织没有互联网工作经验的人员，以刷网络广告等手段为噱头，收敛会费进行诈骗。

(8) 视频通话：现在，视频通话已经不仅仅是只在科幻影片之中才会出现的场景，包括 Skype、谷歌 Hangouts 和 FaceTime 这些服务的出现，使我们对视频通话服务已经非常熟悉。

(9) 在线交友：现在，年轻人无须再等待阿姨叔叔级的家人、朋友、媒人为他们安排约会对象了。据统计数据显示，目前已经有超过 4 000 万美国人在诸如 Match.com、eHarmony 等在线交友网站上上传了自己的个人信息，而世纪佳缘交友网的注册会员数更是高达 1.26 亿人。

(10) 新闻传播：在互联网出现之后，消息传播的速度变得更加快捷。现在网络新闻完全取代了电视新闻频道或者报纸头条，已经成为人们获取最新消息的最便捷渠道。此外，得益于 Youtube、新浪微博等大众传播平台的存在，几乎任何人都有可能在一夜间成为国际巨星。

(11) 工作求职：在互联网的应用范围逐渐扩展之后，人们或许无须与自己的同事在一间办公室工作，甚至无须和他们见面，因为电子邮件、即时消息服务和远程接入软件完全可以满足人们的日常工作需要。此外，人们也无须再为了参加一场大型招聘会而特地去理发、擦亮自己的皮鞋了，因为根据 Beyond.com 公布的数据显示，目前已经有超过 90% 的求职者在网上求职。

(12) 网络游戏：在互联网出现之后，大型游戏的联网对战模式已成为一件再普通不过的事情。

(13) 信息检索：得益于谷歌翻译等服务的存在，人们现在可以毫不费力地看懂多国文字内容。而且随着谷歌、百度等搜索引擎的出现，向陌生人问路的现象已大幅减少，因为诸如谷歌地图这些应用已经足够强大。此外，人们还可以如 NASA 宇航员一样自行展开宇宙探索，因为网络上拥有众多从国际空间站传回的高清航拍数据、照片。

(14) 网络社交：是指人与人之间的关系网络化，在网上表现为以各种社会化网络软件，例如 Blog、WIKI、Tag、SNS、RSS 等一系列 Web2.0 核心应用而构建的社交网络服务（Socail Networking Service, SNS）平台。目前，社交网站主要包括以下四种类型：娱乐交友型（如 Facebook、YouTube、猫扑网、优酷网等）、物质消费型（主要涉及各类产品与休闲消费、生活百事等，如口碑网、大众点评网等）、文化消费型（主要涉及书籍、影视、音乐等，如豆瓣网等）以及综合型（话题、活动都比较杂，广泛涉猎个人和社会的各个领域，公共性较强。如人民网的强国社区、天涯社区、百度贴吧等）。

(15) 网络舆情：是指在互联网上发表对社会问题不同看法的网络舆论，是社会舆论的一种表现形式，是通过互联网传播的公众对现实生活中某些热点、焦点问题所持的有较强影响力、倾向性的言论和观点。网络舆情形成迅速，对社会影响巨大。其表现方式主要包括：新闻评论、BBS（Bulletin Board Service，公告板服务）论坛、博客、播客、聚合新闻（Really Simple Syndication, RSS）、新闻跟帖及转帖等。

如上所述，计算机网络虽然可以为社会发展带来有利的方面，但如果不加以正确利用，同样也会给社会发展带来许多的危害。例如：由于目前网络技术还没有发展到一个比较完善的阶段，网络还存在着很大的虚拟性和不真实性，从而导致在网络上思想和政治领域的斗争有了发展条件。由于目前网络管理还存在着很大的不规范性，网络正成为许多组织和个人宣



传自身理论和思想的地方，甚至成为一些政治团体和个人用来抨击对手的工具。此外，由于网络可以打破时间与空间上距离，可以让每一个人不出门就与世界各地联系在一起，这样也可能导致人们的集体意识变得越来越淡薄，人们的社会意识也会随之慢慢降低。

1.1.2 计算机网络的发展历史

自从 1946 年 2 月 15 日世界上第一台计算机 ENIAC（埃尼阿克）在美国宾夕法尼亚大学投入运行以来，随着计算机技术和通信技术的发展及相互渗透结合，促进了计算机网络的诞生和发展。到目前为止，计算机网络的发展经历了面向终端的远程联机系统、计算机互连网络、标准化计算机网络、网络互连与高速网络以及移动互联网五个阶段，其中：

第一阶段（面向终端的远程联机系统阶段）：在计算机网络出现之前，信息的交换是通过磁盘进行相互传递资源的，20 世纪 50 年代，人们开发出了一个以单个计算机为中心的远程联机系统，开创了把计算机技术和通信技术相结合的尝试，构成了计算机网络的雏形，也称为第一代计算机网络。如图 1.1 所示，在面向终端的远程联机系统阶段，主要是以一台中心主机来连接大量的在地理上处于分散位置的终端，其中，所谓的终端，通常是指一台计算机的外部设备，仅包括显示器和键盘，但无中央处理器和内存等。因此，从严格意义上来说，第一代计算机网络和现代计算机网络之间存在着根本的区别，因为面向终端的远程联机系统除了一台中央计算机外，其余的终端设备没有独立处理数据的功能，还不能算是真正意义上的计算机网络。典型的第二代计算机网络范例为美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 60 年代联合开发的飞机订票系统 SABRE-I，当时在全美广泛应用。

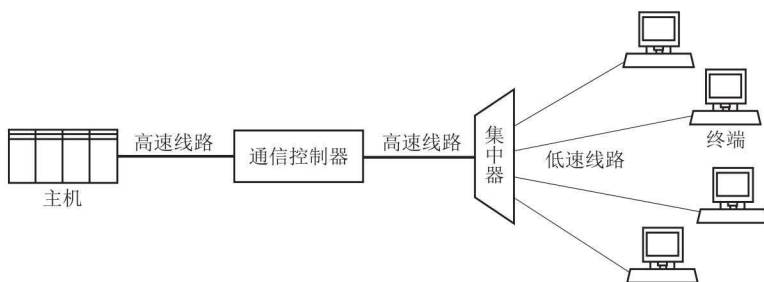


图 1.1 第一代计算机网络拓扑结构

第二阶段（计算机互连网络阶段）：为了提高网络的可靠性和可用性，人们开始研究将多台计算机主机相互连接起来的方法。20 世纪 60 年代中期开始，出现了计算机主机通过通信线路互连的系统，开创了计算机-计算机通信时代。如图 1.2 所示，在计算机互连网络阶段，主机之间不是直接通过线路相连，而是通过接口报文处理机（Interface Message Processor, IMP）转接后再互连在一起。IMP 与通信线路一起负责主机间的通信任务，构成“通信子网”。经由通信子网互连起来的主机负责运行程序，提供资源共享，组成“资源子网”。典型的第二代计算机网络范例为美国国防部高级研究计划局协助开发的 ARPA（Advanced Research Projects Agency，高级研究计划局）网络。

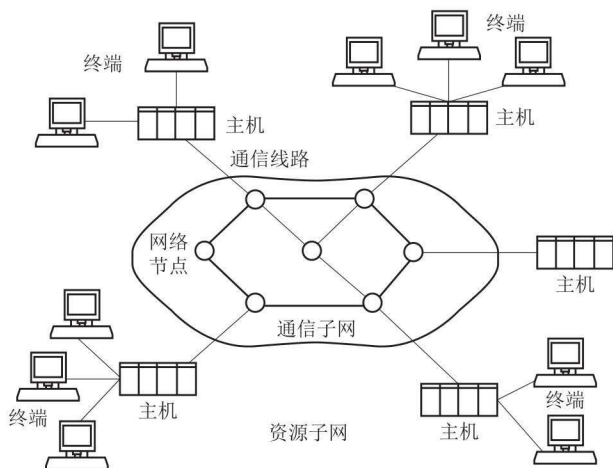


图 1.2 第二代计算机网络拓扑结构

第三阶段（标准化计算机网络阶段）：随着计算机与网络的应用发展，为了霸占市场，各大厂家先后提出了基于自己独有技术的不同的网络体系结构，例如 IBM 提出了 SNA（System Network Architecture，系统网络体系结构）、DEC 公司提出了 DNA（Digital Network Architecture，数字网络体系结构）。但是，由于这些不同的网络体系结构之间互不兼容，从而导致不同厂家的设备之间也无法实现互连，这样就阻碍了大范围网络的发展。20 世纪 70 年代中期，为了实现不同厂家的设备之间互连，计算机网络开始向体系结构标准化方向迈进。1983 年，国际标准化组织 ISO（International Standards Organization）颁布了一个称为“开放系统互连参考模型（Open System Interconnection Reference Model，简称为 OSI/RM 标准）”的国际标准 ISO 7498，即著名的 OSI 七层参考模型，从此，网络产品有了统一标准，计算机网络也正式步入了标准化阶段，从而加速了计算机网络的发展。标准化计算机网络阶段的网络体系结构如图 1.3 所示，其中，通信子网的交换设备主要包括了路由器和交换机，通信子网的功能是把消息从网络中的一台主机传送到另一台主机。

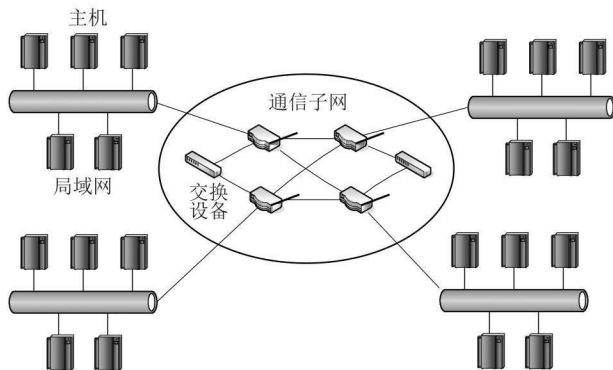


图 1.3 第三代计算机网络拓扑结构

第四阶段（网络互连与高速网络阶段）：进入 20 世纪 90 年代，随着局域网技术的发展成熟以及光纤与高速网络技术的出现，特别是 1993 年美国宣布建立国家信息基础设施 NII（National Information Infrastructure）之后，全世界许多国家纷纷制定与建立本国的 NII，从而



极大地推动了计算机网络技术的发展,使得计算机网络进入了一个崭新的阶段,这就是计算机网络互连与高速网络阶段。网络互连与高速网络阶段的网络拓扑结构如图 1.4 所示。目前,全球以 Internet 为核心的高速计算机互连网络已经形成,Internet 已成为人类社会中最重要与最宏大的知识宝库。

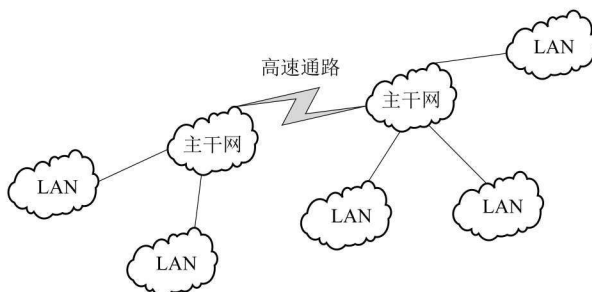


图 1.4 第四代计算机网络拓扑结构

第五阶段（移动互联网阶段）：进入 21 世纪以来,随着宽带无线接入技术和移动终端技术的飞速发展,人们迫切希望能够随时随地乃至在移动过程中都能方便地从互联网获取信息和服务,移动互联网应运而生并迅猛发展。与传统的互联网不同,移动互联网具有开放性、互动性和大数据三大显著特性,且包含无线宽带、移动智能终端以及基于云计算的大数据平台三个要素。移动互联网阶段的网络拓扑结构如图 1.5 所示。2014 年,4G 牌照的发放,标志着移动互联网时代的正式到来。

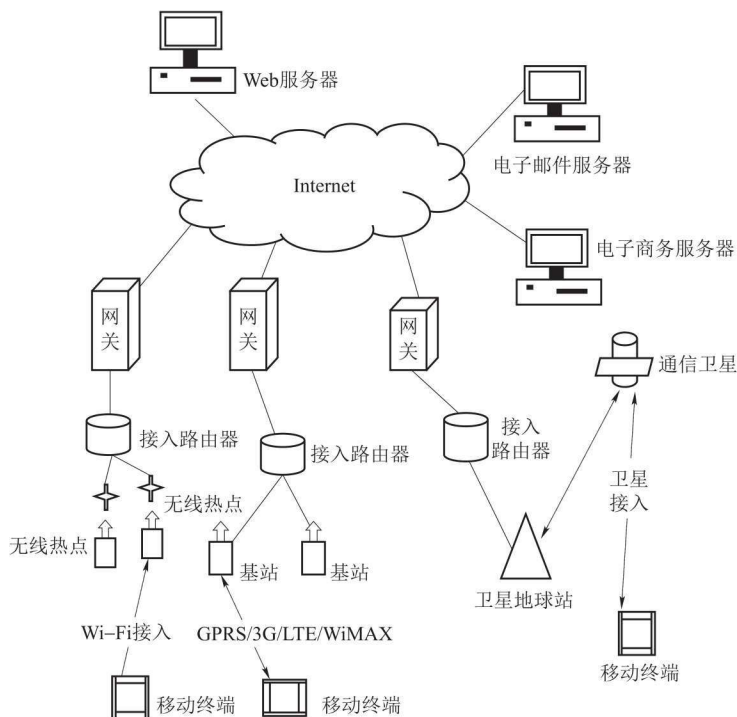


图 1.5 第五代计算机网络拓扑结构

1.1.3 计算机网络的拓扑结构

计算机网络的拓扑（Topology）结构，就是指计算机网络中的通信线路和结点（包括计算机、通信设备等）的相互连接的几何形式。计算机网络的拓扑结构主要包括：总线型拓扑、环型拓扑、星型拓扑、树型拓扑、网型拓扑、蜂窝型拓扑和混合型拓扑七种。

（1）总线型拓扑：如图 1.6 所示，在总线型网络拓扑结构中，所有的计算机共用同一条通信线路。总线型网络的特点是安装简单方便，需要铺设的通信线路短，成本低，且单台计算机的故障不会影响整个网络的运行，但其主要不足在于通信线路的故障会导致整个网络瘫痪。

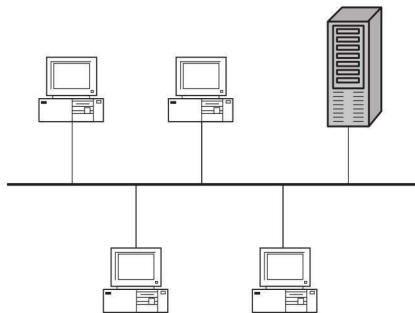


图 1.6 总线型网络拓扑结构

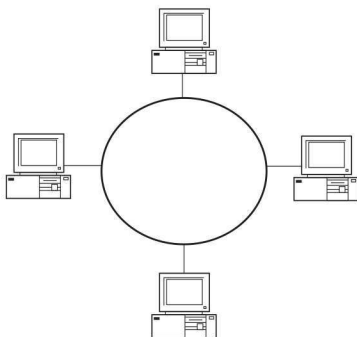


图 1.7 环型网络拓扑结构

（3）星型拓扑：如图 1.8 所示，在星型网络拓扑结构中，每台计算机使用单独的通信线路连接到网络之中，因此，若一台计算机出了问题，不会影响整个网络的运行。

（4）网型拓扑：如图 1.9 所示，在网型网络拓扑结构中，由于结点之间有多条通信线路相连，因此网络的可靠性较高，其主要不足在于网络的拓扑结构比较复杂，因此建设成本较高。

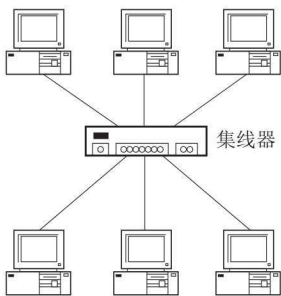


图 1.8 星型网络拓扑结构

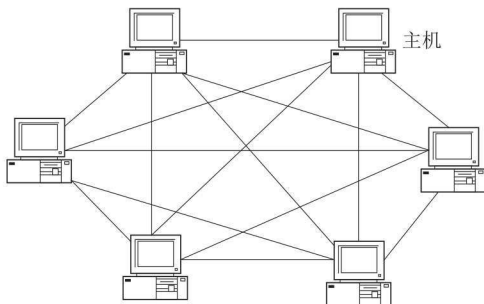


图 1.9 网型网络拓扑结构

（5）树型拓扑：如图 1.10 所示，树型网络拓扑结构是一种分级结构，在树型拓扑结构的网络之中，任意两个结点之间不产生回路，且每条通信线路均可支持双向传输。树型网络拓扑结构