

高等学校计算机专业规划教材

# 计算机网络 与下一代互联网



崔来中 傅向华 陆楠 编著

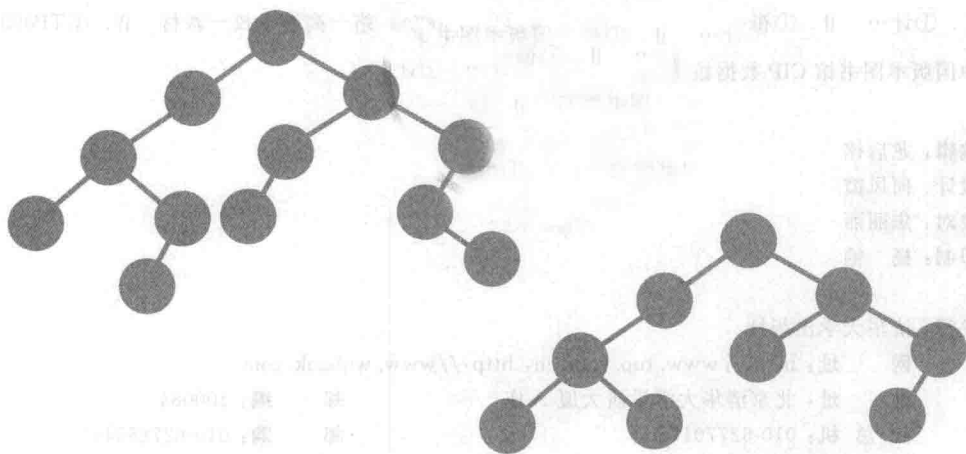
清华大学出版社

高等学校计算机专业规划教材

内容简介

本书以《计算机组成原理》课程为基础，结合《计算机组成原理》课程的教学内容，从计算机组成原理的角度，对计算机组成原理课程的教学内容进行深入、系统的分析和讲解。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事计算机组成原理工作的工程技术人员参考。

# 计算机网络 与下一代互联网



崔来中 傅向华 陆楠 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书采用自顶向下的系统分析方法,全面且系统地介绍计算机网络的基本概念、体系结构、协议模型以及技术原理,并在此基础上,重点介绍下一代互联网领域当前研究的重点和热点问题,系统地讨论IPv6技术、组播技术、QoS服务质量以及无线网络技术等。本书内容组织突出系统性、实用性和新颖性,使学生能够全面了解和掌握当前计算机网络技术和互联网发展潮流和热点。

本书适合作为计算机、软件工程、信息安全、通信、电子信息等相关专业的本科生与硕士研究生计算机网络课程的教材或教学参考书,也可供从事信息技术的工程技术人员与技术管理人员作为学习和研究网络技术的参考。

本书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

计算机网络与下一代互联网/崔来中,傅向华,陆楠编著. —北京:清华大学出版社,2015

高等学校计算机专业规划教材

ISBN 978-7-302-38796-1

I. ①计… II. ①崔… ②傅… ③陆… 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(2014)第296441号

责任编辑:龙启铭

封面设计:何凤霞

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

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×260mm 印 张:32.5

字 数:750千字

版 次:2015年2月第1版

印 次:2015年2月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00元

产品编号:061962-01



计算机网络是 20 世纪对人类社会产生最深远影响的科技成就之一。随着 Internet 技术的发展和信息基础设施的完善,计算机网络正在改变人们的生活、学习和工作方式,推动社会文明的进步。计算机网络已经成为人们获取和交流信息的一种十分重要、快捷的手段。

进入 21 世纪之后,信息化社会对巨量信息快速处理、存储、交换能力的迫切需求,计算机技术得到飞速发展,网络新概念、新思想、新技术、新型信息服务不断涌现,随着互联网应用需求的不断发展,目前的互联网在实际应用中越来越暴露出其不足之处,已经成为制约互联网发展的主要障碍。下一代互联网技术和发展将从根本上解决未来网络发展的技术挑战,并逐渐成为衡量一个国家综合实力的重要标志。

尽管计算机网络技术与应用的发展十分迅猛,但是我们深入到网络技术体系中系统地研究和总结会发现,计算机网络技术经过几十年的发展,已经形成了相对成熟的知识体系与处理问题的思维方式,这是学习计算机网络技术体系、掌握系统原理以及网络分析设计的基础。众所周知,计算机网络与互联网从技术上是密不可分的,未来互联网应用是现代网络技术最有影响力的应用。本教材从计算机网络技术的应用、分析与设计角度去介绍网络系统原理和体系结构,采用从应用层到物理层的“自顶向下”的内容组织形式。从介绍互联网应用开始,从高层协议到底层协议、从互联网体系到具体物理网结构;从下一代互联网概念、系统体系与应用,结合未来计算机网络新的技术和潮流,循序渐进,内容上突出新技术和实用性。

全书内容分为 12 章,第 1~7 章为基础篇,第 8~12 章为提高篇。基础篇自顶向下系统介绍了计算机网络与互联网技术基本概念、体系结构、协议标准,以及现代网络技术的发展潮流。提高篇则从下一代互联网技术与应用出发,重点介绍下一代互联网体系结构的层次模型、服务质量控制、IP 组播技术,以及无线网络协议体系和关键技术、网络安全协议以及安全解决方案等重点问题。

本书适合于作为普通高等院校计算机网络课的教材和主要教学参考书,建议学时数为 72 学时(含实验),基础篇为必修内容,提高篇则可根据实际情况,选择部分章节内容进行讲解。



本书是作者结合多年讲授网络课程的工作经验并在整理前期教材基础上修订编写而成,得到学校“计算机网络”精品课程建设项目资助。在编写过程中,得到了学院领导大力支持和帮助,特别感谢课程组老师在授课过程中对本书提出的建设性意见。由于时间仓促,作者水平有限,本书错漏之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

作者

2015年1月于深圳大学



## 第 1 章 计算机网络概论 / 1

1.1	计算机网络的产生与发展	1
1.1.1	计算机网络的产生	1
1.1.2	计算机网络各个发展阶段的特点	6
1.1.3	互联网应用的高速发展	7
1.1.4	互联网发展面临的挑战与下一代互联网	9
1.2	新兴网络形态介绍	12
1.2.1	物联网	12
1.2.2	云计算	13
1.2.3	数据中心网络	15
1.3	现代网络技术发展的三大趋势	16
1.3.1	现代网络技术发展趋势	16
1.3.2	从传统互联网到下一代互联网	17
1.3.3	从无线分组网到无线自组网与无线传感器网	17
1.3.4	网络安全技术	18
1.4	计算机网络基础知识	18
1.4.1	计算机网络的定义和功能	18
1.4.2	计算机网络的分类	20
1.4.3	计算机网络的结构和组成	21
1.4.4	计算机网络分组交换技术	22
1.4.5	计算机网络的拓扑结构与特点	26
1.5	网络体系结构的基本概念	27
1.5.1	网络协议与网络体系结构	27
1.5.2	ISO-OSI 参考模型	32
1.5.3	TCP/IP 参考模型	32
1.5.4	互联网管理机构	34
	习题	34

**第 2 章 应用层协议与互联网应用技术 /36**

2.1	互联网应用技术与工作模式	36
2.1.1	互联网应用发展的 3 个阶段	36
2.1.2	互联网端系统与核心交换的基本概念	37
2.1.3	应用进程间的相互作用模式	39
2.1.4	应用层 C/S 工作模式与 P2P 工作模式	40
2.1.5	网络应用与应用层协议	43
2.1.6	网络应用对传输层协议的选择	44
2.1.7	网络应用对低层提供服务的要求	46
2.2	Web 服务与 HTTP 协议	47
2.2.1	Web 服务的基本概念	47
2.2.2	HTTP 的工作机制	50
2.2.3	HTTP 报文格式	54
2.2.4	超文本标记语言 HTML	61
2.2.5	Web 浏览器	64
2.3	基于 Web 的网络应用	66
2.3.1	电子商务应用	66
2.3.2	电子政务应用	69
2.3.3	MOOC 应用	71
2.3.4	远程医疗应用	73
2.3.5	搜索引擎应用	75
2.4	电子邮件服务与协议体系	79
2.4.1	电子邮件服务的基本概念	79
2.4.2	电子邮件系统基本功能	81
2.4.3	电子邮件系统结构与工作原理	81
2.4.4	邮件报文交付的 3 个阶段	84
2.4.5	SMTP 协议的基本内容	85
2.4.6	MIME 协议的基本内容	89
2.4.7	POP3、IMAP4 协议与基于 Web 的电子邮件	89
2.5	网络文件传输与 FTP/TFTP 协议	90
2.5.1	文件传输的基本概念	91
2.5.2	FTP 协议特点	92
2.5.3	FTP 协议工作原理	93
2.5.4	FTP 交互命令与协议执行过程	94
2.6	域名系统与 DNS 服务	95
2.6.1	DNS 服务的概念	96
2.6.2	域名结构	97



2.6.3	DNS 服务的实现	99
2.6.4	域名解析的基本原理	100
2.6.5	域名系统的高速缓存	102
2.7	远程登录服务与 TELNET 协议	102
2.7.1	远程登录服务	102
2.7.2	TELNET 协议的工作原理	103
2.7.3	Windows 下使用远程登录	104
2.8	网络配置服务与网络管理协议	105
2.8.1	动态主机配置协议 DHCP	105
2.8.2	网络管理	108
2.8.3	SNMP 协议的基本内容	111
	习题	116

### 第 3 章 传输层协议与进程通信 /118

3.1	传输层的基本概念	118
3.1.1	传输层的基本功能	118
3.1.2	传输层与应用层、网络层之间的关系	119
3.1.3	应用进程、传输层接口与套接字	120
3.1.4	网络环境中的应用进程标识	121
3.1.5	传输层的多路复用与多路分解	123
3.2	传输层协议的特点与比较	124
3.2.1	TCP 协议与 UDP 协议的比较	124
3.2.2	TCP 协议、UDP 协议与应用层协议的关系	125
3.3	用户数据报协议 UDP	125
3.3.1	UDP 协议的主要特点	125
3.3.2	UDP 数据报格式	126
3.3.3	UDP 校验和计算	127
3.3.4	UDP 协议适用的范围	129
3.4	传输控制协议 TCP	129
3.4.1	TCP 协议的主要特点	129
3.4.2	TCP 报文格式	131
3.4.3	TCP 连接建立与释放	134
3.4.4	TCP 滑动窗口与确认重传机制	136
3.4.5	TCP 窗口与流量控制、拥塞控制	142
	习题	151

### 第 4 章 网络层与 IP 协议 /152

4.1	IPv4 协议的演变与发展	152
-----	---------------	-----





4.2	IPv4 协议的主要特点	153
4.3	IPv4 地址结构	154
4.3.1	IP 地址概念与地址划分方法	154
4.3.2	标准分类 IP 地址	157
4.3.3	划分子网的三级地址结构	161
4.3.4	无类别域间路由 CIDR	164
4.3.5	专用 IP 地址与内部网络地址规划方法	167
4.3.6	网络地址转换技术	168
4.4	IPv4 分组格式	170
4.4.1	IPv4 分组结构	170
4.4.2	IPv4 分组头格式	171
4.4.3	IP 分组的分段与组装	173
4.4.4	IP 分组头选项	175
4.5	路由选择算法与分组转发	176
4.5.1	分组转发和路由选择的基本概念	176
4.5.2	路由表的建立、更新与路由选择协议	182
4.5.3	路由信息协议 RIP	184
4.5.4	最短路径优先协议 OSPF	186
4.5.5	外部网关协议 BGP	190
4.5.6	路由器与第三层交换技术	192
4.6	互联网控制报文协议 ICMP	197
4.6.1	ICMP 的作用与特点	197
4.6.2	ICMP 报文类型和报文格式	198
4.6.3	ICMP 差错报文	199
4.6.4	ICMP 查询报文	203
4.6.5	ICMP 报文的封装	206
4.7	地址解析协议 ARP	206
4.7.1	IP 地址与物理地址的映射	206
4.7.2	地址解析协议	207
4.7.3	ARP 分组格式与封装	207
4.7.4	地址解析的工作过程	208
4.7.5	ARP 欺骗与防范	210
4.8	移动 IP 协议	212
4.8.1	移动 IP 协议的基本概念	212
4.8.2	移动 IP 的设计目标与主要特征	213
4.8.3	移动 IP 的结构与基本术语	214
4.8.4	移动 IPv4 的工作原理	215
4.8.5	移动结点和通信对端的基本操作	220

习题	220
<b>第 5 章 数据链路层协议与局域网交换技术</b>	<b>222</b>
5.1 数据链路层的基本概念	222
5.1.1 链路和数据链路	222
5.1.2 数据链路层的主要功能	223
5.1.3 数据链路层向网络层提供的服务	223
5.2 差错产生与差错控制方法	223
5.2.1 设计数据链路层的原因	223
5.2.2 差错产生的原因和差错类型	224
5.2.3 误码率的定义	225
5.2.4 检错码与纠错码	225
5.2.5 海明码工作原理	226
5.2.6 循环冗余码工作原理	228
5.2.7 差错控制机制	230
5.3 数据链路层的流量与拥塞控制	231
5.3.1 数据链路层协议模型	231
5.3.2 单帧停止等待协议	231
5.3.3 连续发送 ARQ 协议	233
5.3.4 滑动窗口协议	234
5.4 点对点 PPP 协议	237
5.4.1 互联网数据链路层协议	237
5.4.2 PPP 协议的基本内容	237
5.5 局域网参考模型与以太网工作原理	239
5.5.1 IEEE 802 参考模型	239
5.5.2 以太网基本工作原理	241
5.5.3 以太网卡与物理地址	247
5.6 现代以太网技术	249
5.6.1 交换式局域网技术	249
5.6.2 快速以太网	251
5.6.3 千兆以太网	253
5.6.4 十千兆以太网	254
5.6.5 虚拟局域网技术	255
5.6.6 以太网设备与组网方法	256
5.7 局域网互连与网桥	258
5.7.1 局域网互连的基本概念	258
5.7.2 网桥的层次结构	259
5.7.3 网桥的路由选择策略	260



习题	263
<b>第 6 章 物理层协议与数据通信 /264</b>	
6.1 物理层的基本概念	264
6.1.1 物理层的主要服务功能	264
6.1.2 物理层协议的类型	264
6.2 信息、数据与信号	265
6.2.1 信息与数据	265
6.2.2 信号与信道	267
6.3 数据编码技术	267
6.3.1 数据编码类型	267
6.3.2 模拟数据编码方法	268
6.3.3 数字数据编码方法	270
6.3.4 脉冲编码调制方法	271
6.4 数据通信系统结构与通信方式	273
6.4.1 数据通信系统结构	273
6.4.2 数据通信方式	273
6.5 传输介质的主要类型	276
6.5.1 双绞线的主要特性	276
6.5.2 同轴电缆的主要特性	277
6.5.3 光纤电缆的主要特性	277
6.5.4 无线与卫星通信技术	278
6.6 数据传输速率的定义与信道速率的极限	281
6.6.1 数据传输速率的定义	281
6.6.2 信道带宽与香农定理	282
6.7 多路复用技术	283
6.7.1 多路复用的基本概念	283
6.7.2 时分多路复用	284
6.7.3 频分多路复用	286
6.7.4 波分多路复用	286
习题	287
<b>第 7 章 IPv6 与下一代互联网 /288</b>	
7.1 IPv6 技术与下一代互联网	288
7.1.1 IPv4 存在的问题	288
7.1.2 IPv6 产生与发展	290
7.1.3 IPv6 的主要特征	294
7.1.4 IPv6 与 IPv4 的区别	295



7.1.5 IPv6 与下一代互联网的特征与发展 .....	296
7.2 IPv6 地址格式与分类 .....	301
7.2.1 IPv6 地址格式 .....	301
7.2.2 IPv6 前缀格式 .....	302
7.2.3 IPv6 地址分类 .....	302
7.3 IPv6 分组结构 .....	304
7.3.1 IPv6 分组头部格式 .....	304
7.3.2 IPv6 扩展头部 .....	306
7.3.3 IPv6 协议细节 .....	309
7.4 ICMPv6 控制报文 .....	311
7.4.1 ICMPv4 报文回顾 .....	311
7.4.2 ICMPv6 差错报文 .....	312
7.4.3 ICMPv6 信息报文 .....	314
7.5 IPv6 地址配置协议 .....	318
7.5.1 无状态地址自动配置协议 .....	318
7.5.2 IPv6 动态主机配置协议 .....	320
7.6 IPv6 过渡技术 .....	322
7.6.1 关于过渡问题 .....	322
7.6.2 IPv6 过渡技术要点 .....	325
7.6.3 双栈技术 .....	329
7.6.4 翻译技术 .....	331
7.6.5 隧道技术 .....	334
7.6.6 过渡技术面临的问题 .....	337
习题 .....	339

## 第 8 章 IP 组播与 IGMP 协议 /340

8.1 IP 组播的基本概念 .....	340
8.1.1 IP 组播与单播的区别 .....	340
8.1.2 IP 组播技术的优缺点 .....	342
8.2 IP 组播地址 .....	344
8.2.1 IPv4 组播地址 .....	344
8.2.2 组播 MAC 地址 .....	344
8.3 互联网组播管理协议 IGMP .....	345
8.4 组播分组转发 .....	347
8.4.1 源树 .....	347
8.4.2 共享树 .....	348
8.4.3 源树和共享树的比较 .....	349
8.4.4 组播转发 .....	349



8.5	组播路由协议	351
8.5.1	域内组播路由协议	352
8.5.2	域间组播路由协议	360
8.6	IPv6 组播	368
8.6.1	IPv6 组播地址	369
8.6.2	IPv6 组成员关系协议	370
8.6.3	IPv6 组播路由协议	370
8.6.4	CNGI 大规模可控组播	370
	习题	372
<b>第 9 章 QoS 与服务质量控制协议</b>		<b>/373</b>
9.1	QoS 的基本概念	373
9.2	QoS 服务框架	375
9.2.1	流量分类与标记	375
9.2.2	流量监管与整形	375
9.2.3	队列调度	376
9.3	集成服务与区分服务	378
9.3.1	集成服务 IntServ	378
9.3.2	区分服务 DiffServ	383
9.3.3	多协议标记交换 MPLS	389
	习题	395
<b>第 10 章 无线网络技术与应用</b>		<b>/396</b>
10.1	无线网络的基本概念	396
10.1.1	无线网络的分类与无线电频谱	396
10.1.2	无线分组网与无线自组网	398
10.1.3	无线自组网与无线传感器网络	398
10.1.4	无线自组网与无线网状网	398
10.2	无线局域网与 802.11 协议	399
10.2.1	无线局域网概述	399
10.2.2	无线局域网层次结构与组成	403
10.2.3	无线局域网层次模型结构	405
10.2.4	IEEE 802.11 的 CSMA/CA 工作原理	406
10.3	无线城域网与无线广域网	408
10.3.1	无线城域网概述	408
10.3.2	无线广域网概述	409
10.3.3	IEEE 802.16 系列协议标准与体系结构	410
10.3.4	IEEE 802.20 技术标准	414

10.3.5	无线城域网 WiMax 的应用	418
10.4	无线自组网与无线网状网	419
10.4.1	无线自组织网络的特点	419
10.4.2	Ad Hoc 网络体系结构	420
10.4.3	无线网状网 WMN 的特点	422
10.4.4	无线自组网的主要应用领域	427
10.4.5	无线自组网关键技术的研究	428
10.5	无线传感器网与物联网技术	430
10.5.1	无线传感器网络发展背景和特点	430
10.5.2	无线传感器网络的基本结构	431
10.5.3	物联网发展和特点	434
10.5.4	物联网体系结构	440
10.5.5	物联网典型协议	443
	习题	447
<b>第 11 章 P2P 体系结构与应用 /448</b>		
11.1	P2P 技术发展与应用	448
11.2	P2P 的体系结构	450
11.2.1	P2P 与应用层网络	450
11.2.2	无结构的 P2P 网络	452
11.2.3	有结构的 P2P 网络	456
11.2.4	P2P 研究展望	463
11.3	P2P 的典型应用与系统分析	464
11.3.1	BitTorrent	464
11.3.2	CoolStreaming	467
11.3.3	PPLive	469
11.3.4	PPVA	474
	习题	476
<b>第 12 章 网络安全与安全协议 /477</b>		
12.1	网络安全产生的背景	477
12.2	网络安全概述	478
12.2.1	网络安全威胁的因素	478
12.2.2	网络安全的目标与安全机制	479
12.2.3	网络安全的评估标准	481
12.3	加密技术及其应用	481
12.3.1	加密技术的历史	481
12.3.2	密码学的基本概念	483



12.4	IP 层安全协议 IPSec .....	485
12.4.1	IPSec 协议的作用 .....	485
12.4.2	IPSec 体系结构 .....	486
12.4.3	鉴别首部协议 .....	487
12.4.4	封装安全载荷协议 .....	489
12.4.5	IPSec 传输模式 .....	491
12.5	拒绝服务攻击防范 .....	491
12.5.1	拒绝服务攻击的危害 .....	491
12.5.2	拒绝服务攻击的基本方式 .....	492
12.5.3	拒绝服务攻击的防范 .....	496
12.6	恶意软件和僵尸网络 .....	498
12.6.1	恶意软件的发展状况 .....	498
12.6.2	传统计算机病毒 .....	498
12.6.3	蠕虫 .....	500
12.6.4	特洛伊木马 .....	501
12.6.5	僵尸网络 .....	502
	习题 .....	503

# 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高度发展、相互渗透、紧密结合的产物。互联网是计算机网络最重要的应用。计算机网络与互联网技术的广泛应用对当今人类社会的生、活、科技、教育、文化与经济的发展产生了重大的影响。计算机网络已成为信息社会的重要基础设施,其发展和应用水平直接反映了一个国家计算机技术和通信技术的水平,也是反映其现代化程度和综合国力的标志之一。

本章主要介绍:

- 计算机网络的产生与发展
- 计算机网络定义
- 计算机网络的形成、发展和趋势
- 计算机网络的分类和特点
- 计算机网络的拓扑结构
- 互联网的网络结构与特点

### 1.1 计算机网络的产生与发展

#### 1.1.1 计算机网络的产生

世界上第一台电子计算机的诞生是一个创举,任何人没有预测到计算机会在今天产生如此广泛和深远的影响。当 1969 年 12 月世界上第一个数据包交换计算机网络 ARPANET 出现时,也没有人预测到计算机网络会在现代信息社会中发挥如此重要的作用。

计算机网络涉及计算机技术和通信技术两大领域。计算机技术与通信技术的紧密结合,对人类社会进步做出了极大的贡献。

第一,通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段,它是计算机网络发展的基础;第二,计算机技术的发展渗透到通信技术中,提高了通信网络的各种性能。当然,这两个方面的结合都离不开半导体技术,特别是超大规模集成电路 VLSI 技术取得的辉煌成就,这是促进计算机网络发展的重要技术。

如同计算机的迅猛发展一样,计算机网络的发展也经历了从简单到复杂、由低级到高级的演变过程。在这一过程中,计算机技术与通信技术相结合、相互促进、共同发展,最终产生了计算机网络。



### 1. 面向终端的计算机通信网

在计算机刚问世后的几年里,计算机数量非常少,且非常昂贵,因此计算机和通信并没有什么关系。1954年,人们开始使用一种称为**收发器**(transceiver)的终端,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送到远程计算机。后来,电传打字机也作为远程终端和计算机相连,用户可在远程电传打字机上输入自己的程序,而计算机的处理结果又可以传送到远程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。

由于当初计算机是为成批处理而设计的,所以计算机与远程终端相连时,必须在计算机上增加一个接口,并且这个接口应当对计算机原来的硬件和软件的影响尽可能小。于是,就出现了所谓的“**线路控制器**”(因为在通信线路上是串行传输而在计算机内采用的是并行传输,因此线路控制器的主要功能是进行串行和并行传输的转换以及简单的差错控制)。在通信线路的两端还必须各加上一个**调制解调器**。这是因为电话线路本来是为传送模拟的语音信号而设计的,它不适合于传送计算机的数字信号。调制解调器的主要作用就是把计算机或终端使用的数字信号与电话线路上传送的模拟信号进行模数或数模转换。

随着远程终端数量的增多,为了避免一台计算机使用多个线路控制器,在20世纪60年代初,出现了**多重线路控制器**(multiline controller),它可和多个远程终端相连接(见图1.1),构成了面向终端的计算机通信网,它是最原始的计算机网络(有人称其为第一代计算机网络)。这里,计算机是网络的中心和控制者,终端围绕中心计算机分布在各处,而计算机的主要任务也还是进行成批处理,故称其为**联机系统**,以区别于早先使用的脱机系统。

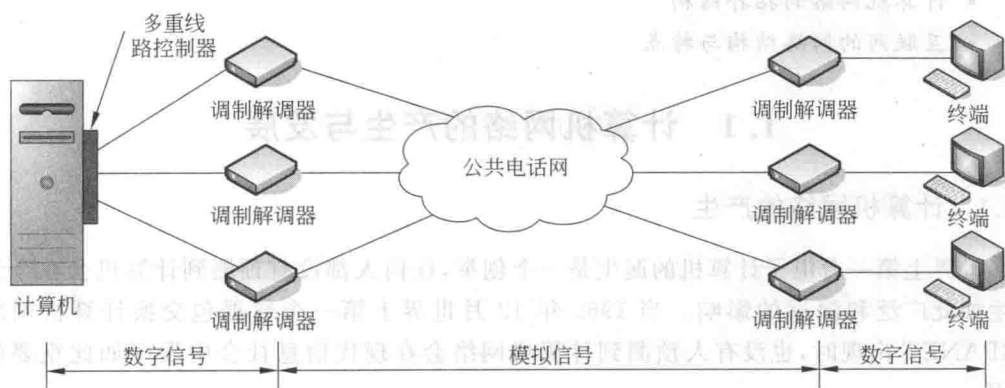


图 1.1 面向终端的计算机通信网

当人们认识到计算机还可用作数据处理时,计算机的用户数量就迅速增长。但是,每当需要增加一个新的远程终端时,上述的这种线路控制器就要进行许多硬件和软件的改动,以便和新加入的终端的字符集和传输速率等特性相适应。然而,这种线路控制器对主机却造成了相当大的额外开销。人们终于认识到应当设计出另一种不同硬件结构的设备来完成数据通信的任务。这就导致了具有较多功能的通信处理机的出现。通信处理机也称为**前端处理机**(Front End Processor, FEP),或简称为**前端机**。前端处理机分工完成全部的通信任务,而让主机专门进行数据的处理。这样就大大地提高了主机进行数据处理