



高等学校计算机教材建设立项项目

计算机系列教材

# 计算机网络技术与实验

张建忠 徐敬东 编著

清华大学出版社

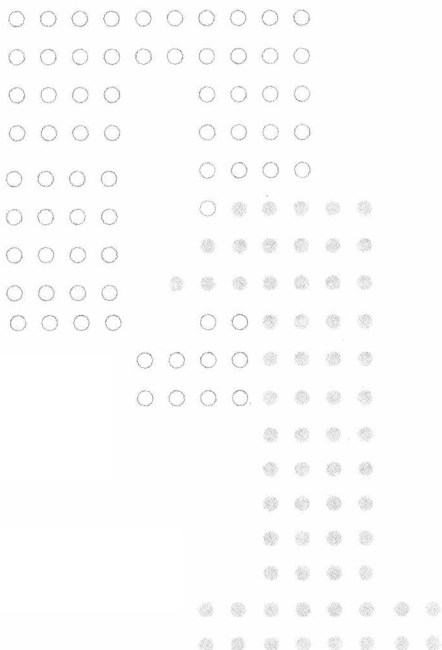




高等学校计算机教材建设立项项目 计算机系列教材

张建忠 徐敬东 编著

# 计算机网络技术与实验



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书系统地介绍计算机网络理论及应用。全书共 16 章,主要介绍计算机网络的基本概念,讨论有线和无线局域网的理论知识 and 组网方法,讲述 TCP/IP 互联网的概念和主要的应用、服务类型,介绍网络安全和网络接入等主要技术。本书强调基础理论知识与实践实验内容的结合,因此在大部分章节设置实验和实践内容。相关的实验内容涵盖了组网方法、网络配置与管理、网络数据包捕获、路由器程序设计、网络接入等。通过学习本书内容,读者不但能够深入了解网络原理和网络协议的相关内容,而且能够增强处理和解决实际问题的能力。

本书内容丰富,结构合理,系统性和可操作性强。可作为普通高等学校计算机科学与技术专业及相关专业计算机网络技术类课程的教材,也可以作为网络培训或工程人员自学的参考书。

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

计算机网络技术与实验/张建忠,徐敬东编著. --北京:清华大学出版社,2016

计算机系列教材

ISBN 978-7-302-43695-9

I. ①计… II. ①张… ②徐… III. ①计算机网络—实验—高等学校—教材 IV. ①TP393-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 084735 号

责任编辑:张瑞庆 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

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 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:22.75

字 数:529 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版

印 次:2016 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

产品编号:065741-01

计算机网络课程不但是一门理论性的课程,同时也是一门实践性很强的课程。只有理论联系实际,学生才能真正掌握和深入理解计算机网络的精髓。随着计算机网络技术和应用的深入,各出版单位纷纷推出各种形式的计算机网络教材。这些教材在内容安排、写作方式等方面风格各异,为计算机网络技术人才的培养起到了积极的作用。但是,纵观这些教材,适合计算机网络本科教学的不多。有的教材以高深的理论知识为主,很少谈及理论知识的具体应用;有的教材以操作层面的实践为主,很少谈及这些操作背后蕴含的理论知识。作为一线教师,作者深知教材在计算机网络教学中的重要性。在总结多年理论教学和实践教学经验的基础上完成了本书。

本书是一本面向普通高等学校本科教育的计算机网络教材,具有较强的系统性和可操作性。在内容组织上将计算机网络基础理论知识与实际应用相结合,在讲解基础理论知识的同时,介绍相应理论知识在网络系统中的具体应用,使读者能够对网络的基本原理、网络协议有一个直观认识。与此同时,通过动手实践和对实践现象的解释,读者可以加深对理论知识的理解,掌握其背后的理论支撑,从而进一步将理论应用于解决实际问题之中。

全书共 16 章,除了讲述基础知识之外,各章还给出了具体的实验内容。这些实验要求的环境相对简单和统一,实验内容可以在大部分学校计算机网络实验室环境中完成。同时,每章的最后都附有实践性或拓展性的练习题,读者可以通过这些练习检查自己的学习效果和对应知识的理解程度。

本书第 1 章对计算机网络的基本概念进行介绍。讨论计算机网络的概念,介绍存储转发与包交换、协议与分层等基本技术,讨论著名的 ISO/OSI 参考模型和 TCP/IP 体系结构。

第 2~4 章介绍底层的物理网技术,对目前常用的共享式以太网、交换式以太网、无线局域网的理论和组网方法进行讨论,同时介绍虚拟局域网的组网等相关技术。

第 5~10 章详细介绍互联网技术,其内容涵盖了 IP 提供的服务、IP 协议、路由器与路由选择算法、IPv6 技术、TCP 与 UDP 等具体内容。

第 11~14 章讨论互联网提供的主要服务和应用类型。其中包括应用程序进程交互模型、域名系统、Web 系统、电子邮件系统等内容。

第 15 和 16 章分别对网络安全和网络接入技术进行介绍。

在本书编写过程中,作者参考了许多文献资料并做了大量实验。对于每个实验,作者

都在实验室中亲自动手完成,以保证实验内容的正确性。在写作中,作者力求做到层次清楚,语言简洁流畅,内容深入浅出。希望本书对计算机网络技术教学以及对读者掌握网络基础知识有一定的帮助。

限于作者的学术水平,加之时间仓促,在本书的选材、内容取舍和安排上可能有不妥与错误之处,恳请读者与同行批评指正。

作者的电子邮件地址为: zhangjz@nankai. edu. cn; xujd@nankai. edu. cn。

作 者

2016 年 3 月于南开园

F O R E W O R D

## 第 1 章 计算机网络的基本概念 /1

- 1.1 计算机网络的概念 /1
  - 1.1.1 计算机网络的组成部件 /2
  - 1.1.2 物理网络与互联网络 /2
- 1.2 存储转发与包交换 /3
- 1.3 协议与分层 /5
  - 1.3.1 协议的基本概念 /5
  - 1.3.2 网络的层次结构 /6
- 1.4 ISO/OSI 参考模型 /6
  - 1.4.1 ISO/OSI 参考模型的结构 /7
  - 1.4.2 OSI 参考模型各层的主要功能 /8
  - 1.4.3 数据的封装与传递 /9
- 1.5 TCP/IP 体系结构 /11
  - 1.5.1 TCP/IP 体系结构的层次划分 /11
  - 1.5.2 TCP/IP 体系结构中各层的功能 /12
  - 1.5.3 TCP/IP 中的协议栈 /14
- 练习与思考 /15

## 第 2 章 以太网原理与组网技术 /16

- 2.1 共享式以太网的原理 /16
  - 2.1.1 以太网中的数据帧 /17
  - 2.1.2 CSMA/CD 介质访问控制方法 /19
- 2.2 以太网的传输介质 /23
- 2.3 以太网的相关标准 /25
- 2.4 组网所需的器件和设备 /27
  - 2.4.1 10/100Mbps 以太网集线器 /27
  - 2.4.2 10/100Mbps 网络接口卡 /27
  - 2.4.3 10/100Mbps 以太网中的非屏蔽双绞线 /28
- 2.5 双绞线以太网的组网 /30

- 2.5.1 单一集线器结构 /31
- 2.5.2 多集线器级联结构 /31
- 2.6 实验：组建简单的以太网 /33
  - 2.6.1 设备、器件及测量工具的准备和安装 /33
  - 2.6.2 网络连通性测试 /35
  - 2.6.3 集线器级联 /37
- 练习与思考 /38

### 第3章 交换与虚拟局域网 /40

- 3.1 交换式以太网的提出 /40
  - 3.1.1 共享式以太网存在的问题 /40
  - 3.1.2 交换的提出 /41
- 3.2 以太网交换机的工作原理 /42
  - 3.2.1 以太网交换机的工作过程 /42
  - 3.2.2 数据转发方式 /43
  - 3.2.3 地址学习 /44
  - 3.2.4 通信过滤 /45
  - 3.2.5 生成树协议 /46
- 3.3 虚拟局域网 VLAN /47
  - 3.3.1 共享式以太网与 VLAN /47
  - 3.3.2 VLAN 的划分方法 /48
  - 3.3.3 IEEE 802.1Q 协议与 VLAN 数据流的处理过程 /51
  - 3.3.4 VLAN 的优点 /55
- 3.4 实验：交换式以太网组网和 VLAN 配置 /57
  - 3.4.1 交换式以太网的组网 /57
  - 3.4.2 以太网交换机的配置 /58
  - 3.4.3 配置 VLAN /61
- 练习与思考 /65

### 第4章 无线局域网组网技术 /67

- 4.1 无线局域网的传输介质 /67

|       |                   |      |
|-------|-------------------|------|
| 4.1.1 | 无线传输与有线传输的区别      | /67  |
| 4.1.2 | 无线传输技术            | /68  |
| 4.1.3 | 无线局域网的信道          | /75  |
| 4.2   | IEEE 802.11 体系结构  | /76  |
| 4.2.1 | 基本服务集和扩展服务集       | /76  |
| 4.2.2 | 关联与加入             | /78  |
| 4.3   | 介质控制访问方法和帧结构      | /81  |
| 4.3.1 | CSMA/CA           | /81  |
| 4.3.2 | IEEE 802.11 帧格式   | /83  |
| 4.4   | 无线局域网的相关标准与设备     | /87  |
| 4.4.1 | 技术标准              | /87  |
| 4.4.2 | 组网所需的器件和设备        | /88  |
| 4.5   | 实验：动手组装简单的自组无线局域网 | /89  |
| 4.5.1 | 设备、器件的准备和安装       | /89  |
| 4.5.2 | 网络软件的安装和配置        | /90  |
| 4.5.3 | 无线网络的连通性测试        | /93  |
|       | 练习与思考             | /95  |
| <br>  |                   |      |
| 第 5 章 | 互联网与 IP 协议        | /97  |
| 5.1   | 互联网               | /97  |
| 5.2   | 网络互联解决方案          | /98  |
| 5.2.1 | 面向连接的解决方案         | /98  |
| 5.2.2 | 面向非连接的解决方案        | /99  |
| 5.3   | IP 协议与 IP 层服务     | /100 |
| 5.3.1 | IP 互联网的工作机理       | /101 |
| 5.3.2 | IP 层服务            | /102 |
| 5.3.3 | IP 互联网的特点         | /102 |
|       | 练习与思考             | /103 |
| <br>  |                   |      |
| 第 6 章 | IP 数据报            | /104 |
| 6.1   | IP 数据报的格式         | /104 |
| 6.2   | IP 封装、分片与重组       | /105 |



|       |                  |      |
|-------|------------------|------|
| 6.2.1 | MTU 与分片          | /106 |
| 6.2.2 | 重组               | /107 |
| 6.2.3 | 分片控制             | /108 |
| 6.3   | IP 数据报选项         | /108 |
| 6.4   | 差错与控制报文          | /109 |
| 6.4.1 | ICMP 差错控制        | /109 |
| 6.4.2 | ICMP 控制报文        | /111 |
| 6.4.3 | ICMP 请求/应答报文对    | /112 |
| 6.5   | 实验: IP 数据报捕获与分析  | /113 |
| 6.5.1 | 实验环境             | /113 |
| 6.5.2 | 利用 WinPcap 捕获数据包 | /113 |
| 6.5.3 | IP 数据报捕获与分析实验指导  | /117 |
|       | 练习与思考            | /125 |

## 第 7 章 IP 地址与 ARP 协议 /127

|       |                        |      |
|-------|------------------------|------|
| 7.1   | IP 地址的作用               | /127 |
| 7.2   | IP 地址的组成               | /128 |
| 7.2.1 | IP 地址的层次结构             | /128 |
| 7.2.2 | IP 地址的分类               | /128 |
| 7.2.3 | IP 地址的直观表示法            | /130 |
| 7.3   | 特殊的 IP 地址形式            | /130 |
| 7.3.1 | 网络地址                   | /131 |
| 7.3.2 | 广播地址                   | /131 |
| 7.3.3 | 回送地址                   | /131 |
| 7.4   | 编址实例                   | /132 |
| 7.5   | 子网编址                   | /133 |
| 7.5.1 | 子网编址方法                 | /133 |
| 7.5.2 | 子网地址和子网广播地址            | /134 |
| 7.5.3 | 子网表示法                  | /135 |
| 7.5.4 | 无类别 IP 编址——子网编址的<br>延伸 | /136 |
| 7.6   | 地址解析协议 ARP             | /138 |

|       |                           |      |
|-------|---------------------------|------|
| 7.6.1 | ARP 协议的基本思想               | /138 |
| 7.6.2 | ARP 协议的改进                 | /139 |
| 7.6.3 | 完整的 ARP 工作过程              | /140 |
| 7.6.4 | ARP 数据的封装和报文格式            | /141 |
| 7.7   | 实验：获取 IP 地址与 MAC 地址的映射关系  | /142 |
| 7.7.1 | 实验环境                      | /142 |
| 7.7.2 | 利用命令获取 IP 地址与 MAC 地址的映射关系 | /142 |
| 7.7.3 | 通过编程获取 IP 地址与 MAC 地址的映射关系 | /144 |
|       | 练习与思考                     | /148 |

## 第 8 章 路由器与路由选择 /150

|       |                      |      |
|-------|----------------------|------|
| 8.1   | 路由选择                 | /150 |
| 8.1.1 | 表驱动 IP 选路            | /150 |
| 8.1.2 | 标准路由选择算法             | /151 |
| 8.1.3 | 无类别域间路由——标准路由选择算法的扩充 | /151 |
| 8.1.4 | IP 数据报传输与处理过程        | /158 |
| 8.2   | 路由表的建立与刷新            | /160 |
| 8.2.1 | 静态路由                 | /160 |
| 8.2.2 | 动态路由                 | /161 |
| 8.3   | 路由选择协议               | /163 |
| 8.3.1 | RIP 协议与向量-距离算法       | /163 |
| 8.3.2 | OSPF 协议与链路-状态算法      | /167 |
| 8.4   | 部署和选择路由协议            | /168 |
| 8.5   | 实验：路由配置及简单路由程序的设计    | /169 |
| 8.5.1 | 实验环境的选择              | /169 |
| 8.5.2 | 路由配置                 | /172 |
| 8.5.3 | 简单的路由程序设计            | /176 |
|       | 练习与思考                | /178 |

## 第 9 章 IPv6 /180

- 9.1 IPv6 的新特征 /180
- 9.2 IPv6 地址 /181
  - 9.2.1 IPv6 地址表示法 /181
  - 9.2.2 IPv6 地址类型 /183
- 9.3 IPv6 数据报 /185
  - 9.3.1 IPv6 的基本头 /186
  - 9.3.2 IPv6 扩展头 /187
- 9.4 IPv6 差错与控制报文 /188
  - 9.4.1 多播侦听器发现 /188
  - 9.4.2 邻居发现 /188
- 9.5 地址自动配置与路由选择 /191
  - 9.5.1 地址自动配置 /191
  - 9.5.2 路由选择 /192
- 9.6 实验：配置 IPv6 /194
  - 9.6.1 IPv6 地址的配置命令 /195
  - 9.6.2 显示 IPv6 地址 /196
  - 9.6.3 链路本地地址 /196
  - 9.6.4 配置 IPv6 /197
- 练习与思考 /201

## 第 10 章 TCP 与 UDP /203

- 10.1 端对端通信 /203
- 10.2 传输控制协议 TCP /204
  - 10.2.1 TCP 提供的服务 /204
  - 10.2.2 TCP 报文段格式 /205
  - 10.2.3 TCP 的可靠性实现 /206
  - 10.2.4 TCP 的缓冲、流控与窗口 /208
  - 10.2.5 TCP 连接与端口 /209
- 10.3 用户数据报协议 UDP /210
- 10.4 实验：端口的应用——网络地址转换 /212
  - 10.4.1 使用网络地址转换的目的 /212

- 10.4.2 NAT 的主要技术类型 /212
- 10.4.3 配置网络地址转换服务器 /215
- 练习与思考 /220

## 第 11 章 应用程序交互模型 /222

- 11.1 客户/服务器模型 /222
  - 11.1.1 客户/服务器的概念 /222
  - 11.1.2 客户与服务器的特性 /222
  - 11.1.3 标识一个特定的服务 /224
  - 11.1.4 服务器对并发请求的响应 /224
- 11.2 对等计算模型 /225
  - 11.2.1 对等计算的概念 /225
  - 11.2.2 对等网络的分类 /227
  - 11.2.3 对等计算模型的特点 /232
  - 11.2.4 对等计算模型的主要应用 /233
- 11.3 实验：编写简单的客户/服务器程序 /235
  - 11.3.1 网络编程界面 socket /236
  - 11.3.2 利用 CAsyncSocket 编制网络应用程序 /236
  - 11.3.3 简单的客户/服务器程序实验指导 /241
- 练习与思考 /243

## 第 12 章 域名系统 /245

- 12.1 互联网的命名机制 /245
  - 12.1.1 层次型命名机制 /245
  - 12.1.2 TCP/IP 互联网域名 /247
  - 12.1.3 Internet 域名 /247
- 12.2 域名解析 /249
  - 12.2.1 TCP/IP 域名服务器与解析算法 /249
  - 12.2.2 提高域名解析的效率 /252
  - 12.2.3 域名解析的完整过程 /253

- 12.3 资源记录 and DNS 报文 /254
  - 12.3.1 资源记录 /254
  - 12.3.2 DNS 报文 /255
- 12.4 实验：配置 DNS 服务器 /257
  - 12.4.1 域名服务器管理的域名树 /257
  - 12.4.2 配置 Windows 2003 Server DNS 服务器 /257
  - 12.4.3 测试配置的 DNS 服务器 /259
- 练习与思考 /261

### 第 13 章 Web 服务 /263

- 13.1 Web 服务基础 /263
  - 13.1.1 Web 服务系统 /263
  - 13.1.2 Web 服务器 /264
  - 13.1.3 Web 浏览器 /265
  - 13.1.4 页面地址——URL /267
- 13.2 Web 系统的传输协议 /268
  - 13.2.1 HTTP 信息交互过程 /268
  - 13.2.2 HTTP 报文格式 /269
- 13.3 Web 系统的页面表示方式 /272
- 13.4 实验：配置和管理 Web 服务器 /276
  - 13.4.1 IIS 的基本配置方法 /276
  - 13.4.2 IIS 的安全性控制 /279
- 练习与思考 /284

### 第 14 章 电子邮件系统 /286

- 14.1 电子邮件系统基础 /286
  - 14.1.1 电子邮件系统 /286
  - 14.1.2 电子邮件的传输过程 /286
  - 14.1.3 电子邮件地址 /288
- 14.2 电子邮件传递协议 /288
  - 14.2.1 简单邮件传输协议 SMTP /288

|        |                               |      |
|--------|-------------------------------|------|
| 14.2.2 | 第3代邮局协议 POP3                  | /290 |
| 14.3   | 电子邮件的报文格式                     | /292 |
| 14.3.1 | RFC822                        | /292 |
| 14.3.2 | 多用途 Internet 邮件扩展协议<br>MIME   | /292 |
| 14.4   | 基于 Web 的电子邮件                  | /296 |
| 14.5   | 实验：编写简化的 SMTP 服务器并观察<br>其通信过程 | /297 |
| 14.5.1 | 编写简化的 SMTP 服务器指导              | /297 |
| 14.5.2 | 观察 SMTP 客户与服务器的交互<br>过程       | /297 |
|        | 练习与思考                         | /299 |

## 第 15 章 网络安全 /301

|        |                    |      |
|--------|--------------------|------|
| 15.1   | 网络安全的基本概念          | /301 |
| 15.1.1 | 网络提供的安全服务          | /301 |
| 15.1.2 | 网络攻击               | /302 |
| 15.2   | 数据加密和数字签名          | /303 |
| 15.2.1 | 数据加密               | /303 |
| 15.2.2 | 数字签名               | /307 |
| 15.2.3 | 数据加密和数字签名的区别       | /309 |
| 15.2.4 | 密钥的分发              | /309 |
| 15.3   | 保证网络安全的几种具体措施      | /312 |
| 15.3.1 | 防火墙                | /312 |
| 15.3.2 | SSL 协议             | /316 |
| 15.4   | 实验：利用 SSL 实现安全数据传输 | /317 |
| 15.4.1 | 安装证书管理软件和服务        | /317 |
| 15.4.2 | 为 Web 服务器申请和安装证书   | /318 |
| 15.4.3 | 验证并访问安全的 Web 站点    | /327 |
|        | 练习与思考              | /327 |

|        |                    |      |
|--------|--------------------|------|
| 第 16 章 | 接入互联网              | /329 |
| 16.1   | 常用的接入技术            | /329 |
| 16.1.1 | 借助电话网接入            | /329 |
| 16.1.2 | 利用 ADSL 接入         | /330 |
| 16.1.3 | 使用 HFC 接入          | /332 |
| 16.1.4 | 利用 3G/4G 网络接入      | /334 |
| 16.1.5 | 通过数据通信线路接入         | /337 |
| 16.2   | 接入控制与 PPPoE        | /338 |
| 16.2.1 | PPP 协议             | /338 |
| 16.2.2 | PPPoE 协议           | /339 |
| 16.3   | 实验：PPPoE 服务器的配置和应用 | /342 |
| 16.3.1 | 网络和接入服务器的配置        | /343 |
| 16.3.2 | 接入 Internet        | /347 |
|        | 练习与思考              | /347 |
|        | 参考文献               | /349 |

# 第 1 章 计算机网络的基本概念

在现代社会中,计算机网络无处不在。工作中,人们利用计算机网络交流协作,提高工作效率;生活中,人们利用计算机网络消遣娱乐,提高生活质量。因此,掌握和运用计算机网络技术是现代社会人们必须具有的技能之一。

计算机网络的产生是社会强烈需求驱动的结果。早期的计算机之间相互独立、自行工作,配备的资源只能自己使用。随着计算机应用的广泛和深入,人们发现这种方式既不高效率又不经济,资源浪费非常严重。随着共享计算机资源的呼声越来越高,计算机网络诞生了。

## 1.1 计算机网络的概念

计算机网络是利用通信线路将具有独立功能的计算机连接起来而形成的计算机集合,计算机之间借助于通信线路传递信息,共享软件、硬件和数据等资源,如图 1-1 所示。计算机网络建立在通信网络基础之上,以资源共享和在线通信为目的。利用计算机网络,不必花费大量的资金为每一位职员配置打印机,因为网络使共享打印机成为可能;利用计算机网络,不但可以利用多台计算机处理数据、文档、图像等各种信息,而且可以和其他人分享这些信息。在信息化高度发达的社会,在“时间就是金钱,效率就是生命”的今天,计算机网络为团队作业、协同工作提供了强有力的支持平台。

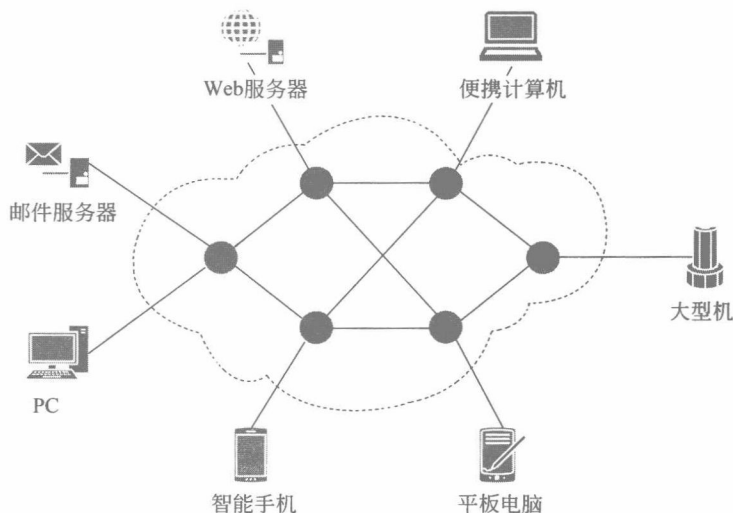


图 1-1 计算机网络示意图



### 1.1.1 计算机网络的组成部件

计算机网络由三大类部件组成,它们是主机、通信设备和传输介质。

#### 1. 主机

主机是信息资源和网络服务的载体,是对终端处理设备的统称。在计算机网络中,大型机、小型机、PC、平板设备(PAD)、智能电话等终端设备都被叫作主机。人们通过主机向网络提供服务,通过主机使用网络的服务。

按照在计算机网络中扮演的角色不同,主机分为服务器和客户机两类。其中,服务器是网络服务和网络资源的提供者,客户机是网络服务和网络资源的使用者。但是,在对等网络应用中,主机之间地位平等,一台主机身兼两职,既是网络资源的提供者又是网络资源的使用者。

#### 2. 通信设备

通信设备接收源主机或其他通信设备传入的数据,在对数据进行必要的处理(如差错校验、路由选择等)后转发给下一通信设备或目的主机。

通信设备的种类很多,常见的通信设备包括集线器、网桥、交换机、路由器等。这些设备位于计算机网络路径的交叉口,尽管采用的技术路线和完成的功能不同,但都可以处理接收到的数据,并指挥这些数据按照正确的路径前进。

#### 3. 传输介质

主机和通信设备之间,通信设备和通信设备之间通过传输介质互联。在传输介质上,主机和通信设备之间(或通信设备和通信设备之间)会形成一条(或多条)传输数据的信道,一条信道有时又被称为一条链路。

计算机网络中使用的传输介质可以分为有线和无线两种。有线传输介质包括非屏蔽双绞线、屏蔽双绞线、同轴电缆、光纤等。无线传输介质包括短波信道、微波信道、红外信道、卫星信道等。不同的传输介质具有不同的传输特性,传输距离和传输速度也相差很大。

### 1.1.2 物理网络与互连网络

计算机网络从技术角度可以细化为物理网络和互连网络。

#### 1. 物理网络

在一种物理网络中,连网主机和通信设备需要遵循共同的网络协议和行动准则。它们拥有的相同的地址形式,使用相同的数据格式,运行相同的路由选择算法,采用相同的差错处理方式……由于不同种类的物理网络可以采用不同的技术方法实现,因此形成的