



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

面向工程教育的本科计算机类专业系列教材

Computer Networks  
(Third Edition)

# 计算机 网络 (第3版)

胡 亮 徐高潮 魏晓辉 车喜龙 编著

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

面向工程教育的本科计算机类专业系列教材

Computer Networks  
(Third Edition)

# 计算机 网络 (第3版)

胡亮 徐高潮 魏晓辉 车喜龙 编著

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书介绍计算机网络的基本概念、原理和技术。全书共 10 章, 主要内容包括概论、数据通信基础、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层、网络管理、网络安全和新型网络技术。

本书在注重基本概念和基本理论的基础上, 力求取材新颖, 反映计算机网络技术的最新发展。本书可作为高等院校计算机类专业本科教材以及研究生参考用书, 也可供有关科技人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络 / 胡亮等编著. --3 版. --北京: 高等教育出版社, 2018.9

ISBN 978-7-04-050382-1

I. ①计… II. ①胡… 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 (2018) 第 177997 号

策划编辑 倪文慧

责任编辑 倪文慧

封面设计 赵阳

版式设计 童丹

插图绘制 于博

责任校对 王雨

责任印制 刘思涵

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印刷 天津嘉恒印务有限公司

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 24.75

字数 560 千字

购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2002 年 8 月第 1 版

2018 年 9 月第 3 版

印 次 2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价 45.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 50382-00

## 数字资源使用说明页

本书配套的数字资源使用方法如下：

1. 电脑访问 <http://abook.hep.com.cn/1865078>，或手机扫描二维码，下载并安装 Abook 应用。
  2. 注册并登录，进入“我的课程”。
  3. 输入教材封底防伪标签上的数字课程账号（20 位密码，刮开涂层可见），或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码，完成课程绑定。
  4. 单击“进入课程”按钮，开始本数字课程的学习。
- 课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制，部分内容无法在手机端显示，请按提示通过计算机访问学习。
- 如有使用问题，请发邮件至 [abook@hep.com.cn](mailto:abook@hep.com.cn)。



扫描二维码

下载 Abook 应用

# 前 言

计算机网络是一门快速发展的学科，同时又是一门应用领域极其广泛的学科，对科学、技术和社会发展有着巨大的影响。高校的许多专业都开设了计算机网络课程，该课程配套教材的建设对于培养计算机网络方面的技术人才具有重要的意义。

为了适应计算机网络技术的快速发展，使读者能够深入理解最新的网络技术，作者在保持前版教材特色的基础上，对教材内容进行了精心组织和选材，力求达到系统性、继承性和可读性。为了达到系统性，本书对计算机网络的体系结构进行了较为详尽的介绍，并以计算机网络体系结构作为基本框架组织全书内容，由底层到顶层逐步介绍，使读者能够比较全面地了解计算机网络课程的基本内容。为了达到继承性，在介绍最新的网络技术之前，力求使读者理解该技术的理论基础和技术基础。为了达到可读性，在内容组织上由浅入深，前后紧密联系，辅以丰富的图示，力求做到既通俗易懂，又具有一定的理论深度。

本书共 10 章。第 1 章概论，主要介绍计算机网络的功能、组成、分类、拓扑结构、性能及分层体系结构，重点介绍 TCP/IP 网络体系结构。第 2 章数据通信基础，主要介绍数据通信系统的基本组成、信息的编码技术、线路配置和传输模式、多路复用技术、传统数据变换技术以及错误检测和控制。第 3 章物理层，主要介绍物理层的功能和接口标准、传输介质以及物理层互连设备。第 4 章数据链路层，主要介绍数据链路层的线路规程、流量与差错控制，以 HDLC 通信协议为例介绍了数据链路层通信协议，并且介绍了 IEEE 局域网通信协议、以太网、无线局域网和数据链路层网络互连设备及网桥路由算法。第 5 章网络层，介绍网络层的功能和提供的服务、网络层互连设备、路由选择原理、网络层的拥塞控制和流量控制，TCP/IP 协议族中的 IP 协议、ARP 协议、ICMP 协议、IGMP 协议等网络层协议及 Internet 路由问题。第 6 章传输层，介绍传输层的功能和服务，以 TCP/IP 协议族中的 UDP 协议和 TCP 协议为基础，加强对传输层功能和服务的理解，还介绍了如何利用 TCP 协议和 UDP 协议提供的服务接口 (socket) 进行应用程序设计。第 7 章应用层，以域名服务 (DNS)、电子邮件服务、FTP 服务以及 Web 服务等具有代表性的 Internet 服务为例，对应用层进行阐述。第 8 章网络管理，介绍网络管理的体系结构和功能、SNMP 协议及网络管理平台。第 9 章网络安全，对网络安全评价标准、网络安全基本配置、网络攻击技术、加密技术与数字签名、安全通信、防火墙技术、入侵检测系统等内容进行了介绍。第 10 章新型网络技术，介绍新型网络协议 IPv6、新型体系结构软件定义网络及新型通信理论量子通信等内容。

本书的参考学时数为理论教学 72 学时，实验教学 48 学时。在课程学时数较少的情况下可以只讲授前 7 章，这样也可以完成计算机网络最基本知识的学习。实验教学建议围绕 TCP/IP 协议展开，通过协议分析设计及故障诊断等实验项目，巩固加深对理论知识的理解。

本书配有全套 PPT 课件、针对重点难点进行讲解的丰富教学视频、生动的动画演示等教学资源，可供读者使用。

为了保证本书的正确性、准确性和时代性，我们参考了国内外许多优秀教材。在此，我们对所引用著作的作者和出版社深表感谢。

衷心希望读者指出疏漏，提出改进意见。作者联系方式为 [hul@jlu.edu.cn](mailto:hul@jlu.edu.cn) 和 [xugc@jlu.edu.cn](mailto:xugc@jlu.edu.cn)。

本书相关研究获得多个科技项目资助，其中包含国家重点研发专项（2017YFA0604500）、国家科技支撑计划项目（2014BAH02F00）、国家自然科学基金项目（61701190）、吉林省青年科学基金项目（20160520011JH & 20180520021JH）、吉林省中青年科技创新领军人才及团队项目（20170519017JH）、吉林省省校共建示范项目（SXGJSF2017-4）和吉林省重点科技研发项目（20180201103GX）。

作 者

2018 年 8 月

# 目 录

<b>第 1 章 概论</b> .....	1	2.2.2 数字—数字编码 .....	22
1.1 计算机网络的发展 .....	1	2.2.3 数字—模拟编码 .....	26
1.2 计算机网络的功能、组成及 拓扑结构 .....	1	2.2.4 奈奎斯特准则 .....	29
1.2.1 计算机网络的功能 .....	2	2.2.5 香农定理 .....	30
1.2.2 计算机网络的组成 .....	2	<b>2.3 线路配置和传输模式</b> .....	30
1.2.3 计算机网络的拓扑结构 .....	3	2.3.1 线路配置 .....	30
<b>1.3 计算机网络体系结构</b> .....	6	2.3.2 传输模式 .....	31
1.3.1 网络协议和分层 .....	6	<b>2.4 多路复用技术</b> .....	33
1.3.2 ISO OSI 参考模型 .....	7	2.4.1 频分多路复用 .....	34
1.3.3 层间通信与对等层间通信 .....	9	2.4.2 时分多路复用 .....	34
1.3.4 服务和数据单元 .....	10	2.4.3 波分多路复用 .....	36
1.3.5 面向连接和无连接的服务 .....	12	2.4.4 码分多路复用 .....	36
<b>1.4 TCP/IP 网络体系结构</b> .....	13	<b>2.5 传统数据交换技术</b> .....	39
1.4.1 TCP/IP 协议栈 .....	13	2.5.1 电路交换 .....	40
1.4.2 TCP/IP 的物理层和数据链路层 .....	13	2.5.2 报文交换 .....	40
1.4.3 TCP/IP 的网络层 .....	14	2.5.3 分组交换 .....	41
1.4.4 TCP/IP 的传输层 .....	15	<b>2.6 错误检测编码</b> .....	43
1.4.5 TCP/IP 的应用层 .....	16	2.6.1 奇偶校验码 .....	44
习题 1 .....	16	2.6.2 循环冗余校验 (CRC) 码 .....	45
<b>第 2 章 数据通信基础</b> .....	18	2.6.3 检查和 .....	47
2.1 数据通信系统 .....	18	习题 2 .....	48
2.1.1 数据通信系统的组成 .....	18	<b>第 3 章 物理层</b> .....	50
2.1.2 数据通信系统应解决的主要问题 .....	18	3.1 物理层功能 .....	50
2.1.3 数据通信的主要技术指标 .....	19	3.2 物理层的接口 .....	51
2.2 信号和数据编码 .....	20	3.2.1 RJ45 接口标准 .....	51
2.2.1 模拟与数字信号 .....	20	3.2.2 USB 接口标准 .....	52
		3.2.3 EIA-232 接口标准 .....	53

3.3 传输介质 .....	55	4.6.3 CSMA/CA 协议 .....	105
3.3.1 双绞线 .....	55	4.6.4 802.11b 标准 .....	107
3.3.2 同轴电缆 .....	56	4.7 数据链路层网络互连 .....	109
3.3.3 光缆 .....	57	4.7.1 网桥 .....	109
3.3.4 无线传输介质 .....	60	4.7.2 网桥路由算法 .....	112
3.4 物理层互连设备 .....	61	4.7.3 二层交换机 .....	119
习题 3 .....	62	4.7.4 帧中继 .....	120
<b>第 4 章 数据链路层</b> .....	<b>64</b>	习题 4 .....	124
4.1 线路规程 .....	64	<b>第 5 章 网络层</b> .....	<b>126</b>
4.1.1 询问/应答模式 .....	65	5.1 网络层的功能和服务 .....	126
4.1.2 轮询/选择模式 .....	66	5.1.1 网络层的功能 .....	126
4.2 流量控制与差错控制 .....	68	5.1.2 面向连接的网络服务 .....	127
4.2.1 停止等待协议 .....	69	5.1.3 无连接的网络服务 .....	128
4.2.2 滑动窗口协议 .....	72	5.2 网络层互连设备 .....	128
4.3 HDLC 通信协议 .....	81	5.2.1 路由器 .....	128
4.3.1 HDLC 支持的站点类型、链路 配置和通信方式 .....	82	5.2.2 三层交换机 .....	130
4.3.2 HDLC 帧格式 .....	83	5.2.3 网关 .....	131
4.3.3 S-帧的使用方式 .....	86	5.3 路由选择原理 .....	132
4.3.4 U-帧的种类 .....	86	5.3.1 距离向量路由算法 .....	133
4.3.5 HDLC 协议通信实例 .....	88	5.3.2 链路状态路由算法 .....	136
4.4 IEEE 局域网通信协议 .....	90	5.4 拥塞控制和流量控制 .....	143
4.4.1 IEEE 局域网标准 .....	90	5.4.1 拥塞控制 .....	143
4.4.2 IEEE 局域网参考模型 .....	91	5.4.2 流量控制 .....	146
4.4.3 逻辑链路控制 .....	92	5.5 IP 协议 .....	148
4.5 以太网 .....	95	5.5.1 IP 地址 .....	148
4.5.1 以太网访问模式: CSMA/CD .....	96	5.5.2 IPv4 报文格式 .....	150
4.5.2 以太网 MAC 帧格式 .....	98	5.5.3 子网编址与子网掩码 .....	153
4.5.3 以太网种类 .....	99	5.5.4 IP 路由选择 .....	155
4.6 无线局域网 .....	103	5.6 ARP: 地址解析协议 .....	157
4.6.1 无线局域网标准 .....	103	5.6.1 ARP 工作过程 .....	158
4.6.2 802.11 协议族 MAC 帧格式 .....	104	5.6.2 ARP 缓存 .....	158
		5.6.3 ARP 报文格式 .....	159

5.7 ICMP: Internet 控制报文协议	160
5.7.1 ICMP 报文格式和类型	160
5.7.2 ICMP 地址掩码请求与应答	163
5.7.3 使用 ICMP 协议的实例	163
5.8 IGMP: Internet 组管理协议	170
5.8.1 多播的基本概念	170
5.8.2 IGMP 报文格式	172
5.8.3 IGMP 协议功能	173
5.9 Internet 路由问题	175
5.9.1 内部网关路由选择协议: OSPF	177
5.9.2 外部网关路由选择协议: BGPv4	182
习题 5	185
<b>第 6 章 传输层</b>	<b>187</b>
6.1 传输层服务	187
6.1.1 传输层功能与服务概述	187
6.1.2 传输层寻址	189
6.1.3 传输层复用	190
6.1.4 可靠传输	190
6.1.5 传输层流量控制	193
6.1.6 传输连接	195
6.2 用户数据报协议	198
6.2.1 UDP 报文格式	198
6.2.2 UDP 检查和	199
6.3 传输控制协议	200
6.3.1 TCP 提供的服务	201
6.3.2 TCP 的报头格式	202
6.3.3 TCP 连接的建立和释放	205
6.3.4 传输层拥塞控制	207
6.4 socket 程序设计	210
6.4.1 传输层端口	210
6.4.2 面向连接编程模型	214
6.4.3 面向无连接编程模型	220
6.4.4 传输层协议模拟实现实例	225
习题 6	232
<b>第 7 章 应用层</b>	<b>234</b>
7.1 客户/服务器模型	234
7.2 域名服务	235
7.2.1 DNS 的历史	236
7.2.2 DNS 的工作原理	237
7.2.3 DNS 报文格式	243
7.2.4 DNS 与 ARP 的比较	246
7.3 电子邮件服务	247
7.3.1 电子邮件系统的组成	247
7.3.2 简单邮件传送协议	250
7.3.3 邮件读取协议	253
7.3.4 多用途 Internet 邮件扩充	254
7.4 文件传输服务	257
7.4.1 FTP 的工作原理	258
7.4.2 FTP 的主要命令	259
7.4.3 简单文件传输协议	260
7.5 万维网服务	261
7.5.1 超文本	261
7.5.2 超文本传输协议	263
7.5.3 Web 浏览器的结构	265
7.5.4 Web 网站的软件构架	267
7.5.5 HTTP 报文格式	269
习题 7	274
<b>第 8 章 网络管理</b>	<b>275</b>
8.1 网络管理基础	275
8.1.1 网络管理体系结构和功能	275
8.1.2 网络管理标准	277
8.1.3 网络管理总体模型	278
8.1.4 网络管理组织模型	279
8.1.5 网络管理信息模型	281

8.1.6 网络管理通信模型	282	9.5 防火墙技术	343
8.1.7 抽象语法标号 1	283	9.5.1 防火墙的分类	344
8.2 简单网络管理协议	287	9.5.2 常见的防火墙系统模型	345
8.2.1 SNMP 管理模型	287	9.5.3 创建防火墙的步骤	347
8.2.2 管理信息结构	290	9.6 入侵检测系统	348
8.2.3 对象标识符	291	9.6.1 入侵检测系统的概念	348
8.2.4 管理信息库	292	9.6.2 入侵检测的方法	349
8.2.5 MIB 组	295	9.6.3 入侵检测的步骤	350
8.2.6 SNMPv2 和 SNMPv3	302	习题 9	353
8.3 网络管理平台	303	<b>第 10 章 新型网络技术</b>	354
8.3.1 网络管理平台介绍	303	10.1 新型网络协议——IPv6	354
8.3.2 网络管理平台实例	304	10.1.1 IPv6 基本报头	355
习题 8	306	10.1.2 IPv6 扩展报头	356
<b>第 9 章 网络安全</b>	307	10.1.3 IPv6 地址	357
9.1 网络安全概述	307	10.1.4 IPv6 地址类型	358
9.1.1 网络安全的必要性	307	10.2 新型体系结构——软件定义网络	360
9.1.2 网络安全的评价标准	308	10.2.1 软件定义网络概论	361
9.1.3 网络安全的基本配置	312	10.2.2 SDN 系统结构	365
9.2 网络攻击技术	313	10.2.3 Openflow	366
9.2.1 网络扫描	313	10.2.4 SDN 控制系统	368
9.2.2 网络监听	317	10.3 新型通信理论——量子通信	371
9.2.3 网络入侵	318	10.3.1 量子	371
9.2.4 网络病毒	320	10.3.2 量子比特	371
9.3 加密技术与数字签名	323	10.3.3 量子比特的几何表示	372
9.3.1 对称密钥加密方法	323	10.3.4 量子比特的特性	374
9.3.2 公开密钥加密方法	326	10.3.5 量子通信的基本模型与量子通信网	376
9.3.3 数字签名	328	10.3.6 量子通信的典型应用技术	378
9.4 安全通信	331	习题 10	383
9.4.1 应用层安全加密技术 PGP	331	<b>参考文献</b>	384
9.4.2 传输层安全加密技术 SSL	333		
9.4.3 网络层安全加密技术 IPSec	338		

# 第1章 概 论

本章简要介绍计算机网络的发展过程，介绍计算机网络的功能、组成及拓扑结构，计算机网络体系结构的概念以及分层原理、各层之间和对等层之间的通信过程，并且系统分析了 OSI 模型和 TCP/IP 网络体系结构。

## 1.1 计算机网络的发展

从计算机网络的演变过程来看，计算机网络经历了以下 4 个发展阶段：① 具有通信功能的联机系统，即终端—通信线路—计算机模式；② 具有通信功能的分时系统，即（多）终端—集中器—通信线路—计算机模式；③ 计算机网络，即多计算机互连模式；④ 国际标准化网络，即具有统一的网络体系结构，遵循国际标准化协议的网络。

早在 20 世纪 50 年代初，美国半自动地面防空系统（Semi-Automatic Ground Environment System, SAGES）就着手研究将远距离的雷达和其他测量控制设备的信息通过通信线路接收到一台计算机进行集中处理和控制在，这是把计算机技术与通信技术相结合的最初尝试。这类简单的“终端—通信线路—计算机”系统一般称为远程联机系统。随着连接的终端数目越来越多，为了提高通信线路的利用率，出现了集中器和通信控制器等专用通信设备，多个终端可通过集中器或通信控制器与远程主机连接起来。上述简单的联机系统就发展成为具有通信功能的分时系统。从 20 世纪 60 年代中期开始，发展了若干个计算机互连的系统，开辟了“计算机—计算机”通信，这才是真正意义上的计算机网络。20 世纪 70 年代，以 ARPANET 为代表，标志着计算机网络处于兴起时期，TCP 机制的引入标志着计算机网络的标准化，ARPANET 最终发展成为现在的 Internet（因特网）。

## 1.2 计算机网络的功能、组成及拓扑结构

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物。自 1946 年第一台电子计算机 ENIAC 问世以来，人们使用计算机的方式有了根本的改变，由多人通过终端使用一台计算机发展到在一人可以通过计算机网络使用多台计算机。

### 1.2.1 计算机网络的功能



视频 1-1:

网络的功能与组成

计算机网络是由多台独立的计算机通过通信线路和通信设备互连起来的系统, 以实现彼此交换信息和共享资源为目的。计算机网络具有以下功能:

- ① 数据通信。网络系统中各相连的计算机能够相互传送数据信息, 使相距很远的用户之间能够直接交换数据。
- ② 资源共享。网络中的软硬件资源, 如外部设备、文件系统和数据等可为多个用户所共享。

③ 并行和分布式处理。在计算机网络中用户可根据问题的性质和要求选择网络内最适合的资源来处理。对于综合性的大问题, 可以采用适合的算法, 将任务分散到不同的计算机上进行分布和并行处理。

④ 提高可靠性。由于控制、数据、软件和硬件的分散性(不存在集中环节), 资源冗余以及结构上的可动态重组提高了可靠性。

⑤ 好的可扩充性。随着用户需求的增长, 包括性能方面和功能方面的增长, 只需增加新的计算机节点, 而不必替换整个系统。由于可扩充性, 可以避免较大的初始投资, 用多个微小机可以代替一个大型主机, 获得很好的性价比。

随着计算机网络的日益普及, 它已经应用在各个领域中, 在日常生活中常见的使用计算机的服务项目, 如银行的自动提款机、销售点的终端、支票和发票的核实等都依赖于计算机网络。下面是计算机网络应用的一些典型领域:

- ① 服务业。通过计算机网络系统进行酒店和航空公司的在线订房、订票, 远程购物等。
  - ② 金融服务业。现在的金融服务都依赖于计算机网络, 如外汇汇兑和投资服务、资金转账服务等。
  - ③ 企业管理。通过网络信息系统对企业生产、销售、财务等方面进行管理。
  - ④ 制造业。计算机网络在制造业的多个方面都有应用。如计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM), 这两种业务都允许同时有许多用户在同一个项目上工作。
  - ⑤ 电子消息传递。最广泛的应用是电子邮件。
  - ⑥ 信息服务。如电子公告板(BBS)和WWW站点。
  - ⑦ 实时信息传递。如音频和视频会议、视频点播、远程教学等。
- 总之, 计算机网络的应用已经深入社会和经济生活的各个方面。

### 1.2.2 计算机网络的组成

计算机网络从结构上可以分成两大部分: 负责数据处理的计算机和终端; 负责数据通信的通信控制处理机(Communication Control Processor, CCP)和通信线路。

计算机网络从逻辑功能上可以分为两个子网: 资源子网和通信子网, 其结构如图 1.1 所

示。资源子网由计算机系统、网络终端、外部设备（如打印机等）、各种软件资源与数据资源组成。资源子网负责全网的数据处理业务，向网络用户提供各种网络资源与网络服务。通信子网由网络通信控制处理机（如存储转发处理机、集中器、网络协议变换器、报文分组装配/拆卸设备等）、通信线路及其他通信设备组成。通信子网完成数据传输、转发等通信处理工作。

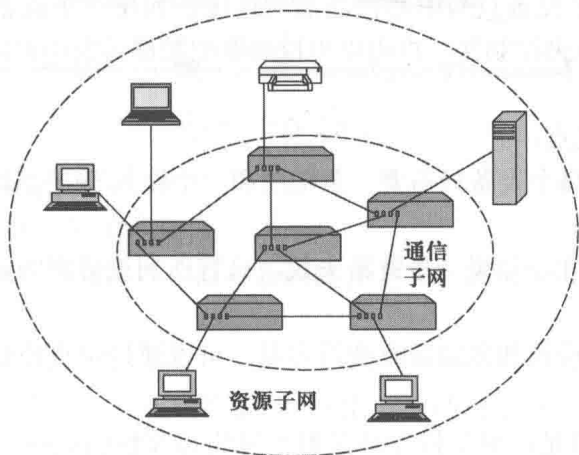


图 1.1 资源子网和通信子网

### 1.2.3 计算机网络的拓扑结构

所谓网络的拓扑结构是指网络中各节点间的互连模式，也就是网络链路与节点的几何布局，它定义了各节点间的物理与逻辑位置。常见的基本网络拓扑有 5 种：网状、星状、树状、总线型以及环状。

#### 1. 网状拓扑

在网状拓扑下，每个设备与其他任何一个设备都有一条专线连接。全连接拓扑如图 1.2 所示。

相对于其他网络拓扑结构，网状拓扑具有以下优点：

① 设备之间的数据负载有专门的连接承担，避免了共享链路中的拥塞问题。

② 具有很好的健壮性。当一条链路不可用时，不会使整个网络瘫痪。

③ 具有私有性和安全性。当每个消息都经由专用线路传输时，只有预期的接收者才能收到信息。

④ 点到点的连接使故障检测和故障隔离十分容易。网络流量可以选择避开有问题链路的路由，这便于网络管理员发现故障发生的精确位置。



视频 1-2:

网络的拓扑结构

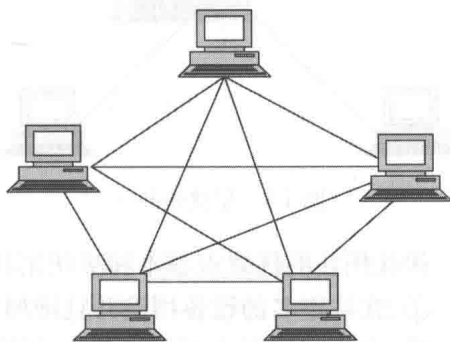


图 1.2 网状拓扑

网状拓扑结构的主要缺点是：所需要的电缆数量和设备上的输入/输出端口的数量过大，费用昂贵而且安装和重新配置十分困难。一个具有  $N$  个节点的全连接网络就会有  $N(N-1)/2$  条物理信道，网络中的每个设备必须要有  $N-1$  个输入/输出端口。

## 2. 星状拓扑

在星状拓扑中，每个设备只与中心控制器相连接。如果一个设备要向另一个设备发送数据，它先将数据发送到中央控制器，再由中央控制器把数据转发给对应的设备。星状拓扑如图 1.3 所示。

星状拓扑具有以下优点：

① 拓扑结构简单。每个设备只需要一条电缆和一个输入/输出端口就可以与任何数量的其他设备建立连接。

② 具有较好的健壮性。如果一条链路失效，只有连到该链路的设备受到影响，其他设备不受影响。

③ 便于管理，故障检测和故障隔离变得容易。可以通过中央控制器监视链路状态和旁路失效的链路。

星状拓扑网络的缺点是：中央控制器是整个网络可靠性的瓶颈，中央控制器出现故障会造成整个网络的瘫痪。中央控制器还是整个网络性能的瓶颈。

## 3. 树状拓扑

树状拓扑结构可以看成是星状拓扑结构的扩展。并不是所有的设备都直接连接到中央控制器上。绝大多数设备是首先连接到一个次级控制器上，再由次级控制器连接到中央控制器上。树状拓扑如图 1.4 所示。

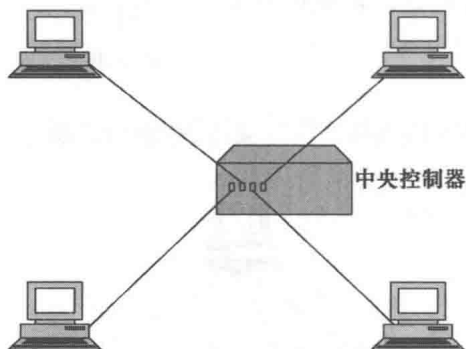


图 1.3 星状拓扑

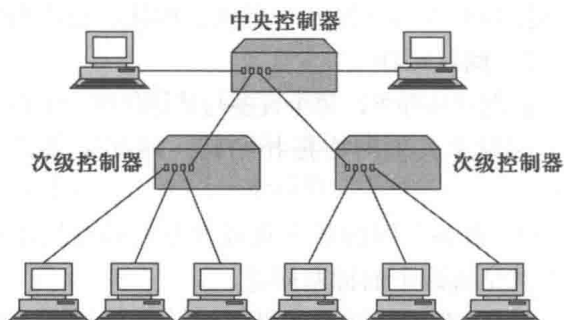


图 1.4 树状拓扑

树状拓扑的优缺点基本和星状拓扑相似，但次级控制器的引入带来了另外两个优势：

① 允许更多的设备相连并且增加了信号在设备间的传输距离。

② 允许网络隔离不同计算机的通信以及为不同计算机设定通信的优先级。例如，一台连到某个次级控制器的计算机可能具有比连接在另一个次级控制器上的计算机更高的优先级。

#### 4. 总线型拓扑

总线型拓扑网络由一条长电缆组成的主干和连接在上面的网络设备组成。网络节点通过引出线和分接头连接到总线电缆上。总线型拓扑如图 1.5 所示。

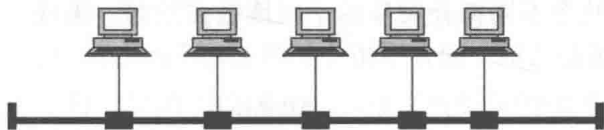


图 1.5 总线型拓扑

总线型拓扑具有以下优点：

- ① 信息传输不存在路由和转发的问题。
- ② 易安装性。主干电缆可以铺设在最有效的路径上，然后将网络节点通过各种长度的引出线连接到主干上。

总线型拓扑具有以下缺点：

- ① 故障隔离和重新配置困难，加入新设备可能需要改动或更新主干，在总线上出现的故障或断裂会终止所有的传输。
- ② 由于信号的衰减，总线的长度和连接的设备数受到限制。

#### 5. 环状拓扑

环状拓扑结构是网络中各设备通过一条首尾相连的通信链路连接起来的一个闭合环状结构网。每个设备只与其两侧的两个设备之间有专有的链路连接，信号在环中从一个设备到另一个设备单向传输，直到到达目的地为止。环状拓扑如图 1.6 所示。

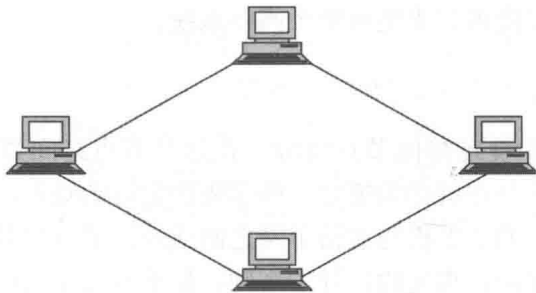


图 1.6 环状拓扑

环状拓扑具有以下优点：

- ① 环状网络相对比较容易安装和重新配置。加入和删除一个设备只需改动两条连接线即可。
- ② 故障隔离比较简单。如果一个设备在一段特定的时间后没有收到信号，它可以发出一个警告，这个警告提示了故障的存在和位置。

环状拓扑的缺点如下：

- ① 如果网络规模较大, 会有较大的传输延迟, 所以对环的最大长度和设备的数量要有限制。
- ② 在一个简单环中, 由于单向传输, 在整个环中的一个故障就能使整个网络瘫痪。

## 6. 混合型拓扑

通常一个网络会将几个不同拓扑结构的子网连接在一起, 组成一个更大的网络。整个网络连接成一个混合型的拓扑结构。混合型拓扑如图 1.7 所示。

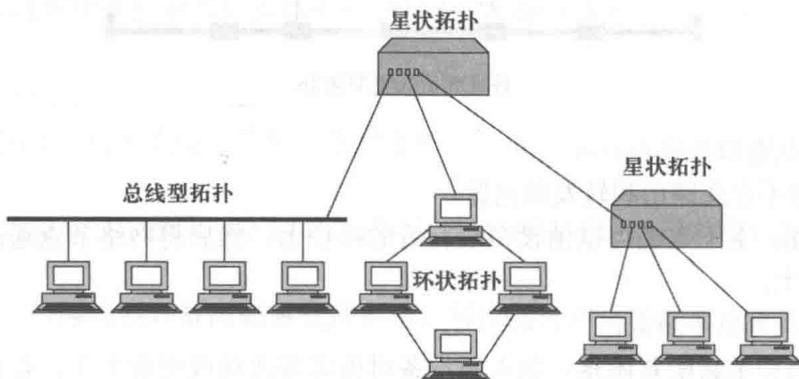


图 1.7 混合型拓扑

## 1.3 计算机网络体系结构

计算机网络是一个复杂的系统, 所以在计算机网络的设计和实现中需要进行分层处理, 每层完成特定的功能, 各层协调起来实现整个网络系统。

### 1.3.1 网络协议和分层

计算机网络由若干个相互连接的节点组成, 在这些节点之间要不断地进行数据交换。要进行正确的数据传输, 每个节点就必须遵守一些事先约定好的规则, 这些规则就是网络协议。网络协议是在主机与主机之间、主机与通信子网之间或通信子网中各通信节点之间的通信而使用的, 是通信双方必须遵守的, 事先约定好的规则、标准或约定。一个网络协议主要由以下 3 个要素组成。

- ① 语法: 即数据与控制信息的结构或格式, 如数据格式、信号电平等规定。
- ② 语义: 即需要发出何种控制信息, 完成何种动作, 以及做出何种应答, 包括用于调整和进行差错处理的控制信息。
- ③ 时序(同步): 即事件实现顺序的详细说明, 包括速度匹配和顺序。

对于复杂的网络协议, 其结构最好是采用层次式的, 分层有以下几个好处:

- ① 各层之间相互独立。一个层次并不需要知道它下面的一层是如何实现的, 而仅需知道

该层通过层间的接口所提供的服务，及调用此服务所需要的格式和参数。

② 灵活性好。当任何一层发生变化时，只要接口关系保持不变，则其他层次均不受影响。

③ 结构上可分隔开。各层可以采用最合适的技术来实现。

④ 易于实现和维护。这种层次结构使得一个复杂系统的实现和调试变得简单，因为整个系统已被分解为若干个小的易于处理的部分。

⑤ 有利于标准化工作。每一层的功能以及向其他层所提供的服务都有精确的说明，因此对于标准化工作是十分方便的。

计算机网络的各个层次及其相关协议的集合称为网络体系结构。换句话说，网络体系结构是计算机网络所应完成的功能的精确定义。体系结构与其具体实现是不同的，网络体系结构中的功能无论是用硬件实现，还是用软件实现，都是一个遵循这种体系结构的实现问题。由此可见，网络体系结构是抽象的，是对功能的精确描述。而实现是具体的，是真正运行的硬件和软件。

分层虽然是一个处理复杂问题的有效方法，但分层本身并不是一项简单的工作，目前还不存在一个最佳的层次划分方法。分层应遵循如下一些主要原则：

① 当需要有一个不同等级的抽象时，就应当有一个相应的层次。

② 每层的功能应当是十分明确的。

③ 应适当选择层与层的边界，使通过这些边界的信息量尽量少。

④ 层次的数量应适当。层数太少会使每一层的协议太复杂，而层数太多则在描述和综合各层的系统任务时会有较大的困难。

现代的计算机网络是围绕着分层协议或分层功能的概念来设计的，这些技术的发展是为了实现如下目标：

① 把一个复杂的网络合乎逻辑地分为若干个较小的、比较容易理解的部分（层）。

② 在各个网络功能之间提供标准接口，如软件之间的标准接口。

③ 网络中各节点执行功能的对称性，网络中各节点的相同层执行相同的功能。

④ 为预测和控制网络逻辑（软件或微码）的修改提供手段。

⑤ 为网络设计者、开发者在讨论网络功能时提供一种标准的语言。

### 1.3.2 ISO OSI 参考模型

世界上第一个网络体系结构是美国 IBM 公司在 1974 年提出的，取名为系统网络体系结构（System Network Architecture, SNA）。凡是遵循 SNA 标准的设备就称为 SNA 设备，这些 SNA 设备可以很方便地进行互连。此后许多计算机公司纷纷建立了自己的网络体系结构，这些体系结构大同小异，均采用分层技术，但各有特点以适合本公司生产的计算机网络。为了使不同厂家的网络产品能够相互通信，需要制定一个国际通用的标准的网络体系结构。



视频 1-3:

OSI 参考模型