

47  
中国计算机软件专业技术资格和水平考试用书（新大纲）

# 网络程序员考试辅导教程与同步 试题训练

李云曦 梁嘉超 卢山 编著

北 京

冶金工业出版社

2002

## 内容简介

本书的目的是为了让网络程序员了解网络，认识网络的组成和特点，获知网络最新动态。本书先介绍网络的基础理论，主要讲述网络的抽象结构和网络的架构模型。并讲述了许多重要的网络通信概念，例如 FDM、TDM、分组交换等。接着讲述局域网、广域网、网络互连及 Internet，它们是对第一部分理论的运用。最后讲述网络具体应用，通过有限的实例让读者对网络应用有一个总体上的了解。

本书主要面向网络初学者和有志于参加网络程序员考试的读者，也适合其他科技工作者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

网络程序员考试辅导教程与同步试题训练 / 李云曦等编著.

北京: 冶金工业出版社, 2002.6

ISBN 7-5024-3030-X

I. 网... II. 李... III. 计算机网络—水平考试—  
试题 IV. TP393-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031638 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 戈兰

广东出版技校彩印厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2002 年 6 月第 1 版, 2002 年 6 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 32 印张; 744 千字; 502 页; 1-2500 册

40.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 前言

## 1. 关于本书

人类社会已经进入了信息时代，信息技术将直接影响到社会的发展、科学的进步。现代信息技术的基础是：信息采集、信息传输和信息处理。其中，信息传输对应着通信技术。而纵观全球，几乎没有什么通信手段能够比网络更加方便快捷。因此，网络成为了信息传输的重要手段，它正以惊人的速度在全球普及。现在，从事网络工作的科技人员越来越多，网络技术越来越受到重视，各种关于网络技术的考核、认证也随之产生。

为了普及网络知识，我们编写了这本书。它主要有以下两个目的：

- 1) 推广网络知识，向广大读者提供一本内容比较全面的网络技术书籍。
- 2) 配合中国计算机软件专业技术资格和水平考试中的网络程序员考试。

## 2. 本书特点

本书与一般介绍网络技术的书籍不同，有其独有的特点：

- 1) 本书介绍的知识比较全面，凡是涉及到网络的技术基本都有介绍。
- 2) 详略得当，重点在网络的基础部分。本书充分把握住网络技术的关键，并在此基础上有所深入，务求讲出网络的精髓。
- 3) 概念清晰严谨，这也是本书的最大特点。在如今的网络书籍中，能够真正将众多关于网络的技术、概念讲述清楚的为数不多，有的书对它们解释得不详尽，甚至还有的书把概念混淆、弄错，令人费解。而本书力求将所有的概念都解释清楚，尽量避免没有向读者介绍清楚概念就使用的情况。

## 3. 结构安排

本书是以网络程序员的考纲为基础编写出来的。为了适应考试，本书在考纲要求的内容上作了适当的扩展。真正使读者能更深一步了解网络，从而考出好成绩。本书以先基础，后应用的层进式结构，介绍了以下内容：网络基础知识部分、局域网、广域网和 Internet 技术部分以及网络应用部分。

网络基础知识部分主要讲述了网络的基础知识，包括第 1 章和第 2 章。第 1 章主要介绍了 ISO/OSI 模型和 TCP/IP 协议组中的一些协议。而第 2 章主要介绍了一些通信的基本知识，如交换技术、多路复用等。

第二部分则包括了第 3 章到第 6 章，主要是利用第一部分的知识来进一步分析局域网、广域网和 Internet 的相关技术。这部分和第一部分构成了网络应用的基础。

第三部分包括第 7 章到第 12 章，这里充分利用前面所学的知识来实现网络的一些基本应用，包括如何建立网络、如何使用网络软件 and 如何编写基本的网页等。

## 4. 适用对象

本书主要面向网络初学者和有志于参加网络程序员考试的读者，也适合其他科技工作者参考。

参加本书编写工作的有李云曦，梁嘉超和卢山。其中，李云曦负责第 1 到第 6 章，梁

嘉超完成大纲模拟试题并编写了第 7 章的部分，及第 10、11、12 章，卢山完成第 7 章的一部分及第 8、第 9 章。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中不妥之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者  
2002 年 5 月

# 目 录

## 第 1 章 网络的基础理论 ..... 1

- 1.1 网络的定义及其发展 ..... 1
  - 1.2 网络的分类 ..... 2
  - 1.3 计算机基础知识 ..... 2
  - 1.4 网络分层 ..... 3
    - 1.4.1 网络分层的原因 ..... 3
    - 1.4.2 ISO/OSI 模型 ..... 3
  - 1.5 TCP/IP 协议组简介 ..... 9
    - 1.5.1 协议 ..... 9
    - 1.5.2 协议栈 ..... 9
    - 1.5.3 TCP、IP 以及 UDP 简介 ..... 12
  - 1.6 小结 ..... 22
- 试题训练与分析一 ..... 23

## 第 2 章 通信基础 ..... 25

- 2.1 通信概述 ..... 25
- 2.2 数据通信技术 ..... 26
  - 2.2.1 数字信号和模拟信号 ..... 26
  - 2.2.2 通信系统的性能 ..... 28
  - 2.2.3 多路复用 ..... 29
- 2.3 数据传输方式 ..... 33
  - 2.3.1 并行传输方式 ..... 33
  - 2.3.2 串行通信方式 ..... 33
  - 2.3.3 单工、半双工和全双工 ..... 35
- 2.4 通信规程简介 ..... 36
  - 2.4.1 基本型通信控制规程 ..... 36
  - 2.4.2 高级型通信控制规程 ..... 36
- 2.5 数据交换技术 ..... 37
  - 2.5.1 线路交换 ..... 37
  - 2.5.2 报文交换 ..... 39
  - 2.5.3 分组交换 ..... 39
  - 2.5.4 信元交换 ..... 41
- 2.6 检错和纠错 ..... 41
  - 2.6.1 检错码 ..... 42
  - 2.6.2 纠错法 ..... 44
- 2.7 调制解调器 ..... 45
  - 2.7.1 调制方式 ..... 45
  - 2.7.2 MODEM 的压缩和差错控制标准 ... 46

- 2.7.3 MODEM 的分类 ..... 47
  - 2.7.4 MODEM 的工作模式 ..... 47
  - 2.8 EIA RS—232—C 接口 ..... 47
    - 2.8.1 RS—232—C 电气特性 ..... 48
    - 2.8.2 RS—232—C 引脚分配 ..... 48
    - 2.8.3 空 MODEM 连接 ..... 49
  - 2.9 小结 ..... 49
- 试题训练与分析二 ..... 51

## 第 3 章 局域网理论初步 ..... 57

- 3.1 计算机局域网基础知识 ..... 57
  - 3.2 局域网的硬件组成 ..... 57
    - 3.2.1 网络服务器 ..... 58
    - 3.2.2 工作站 ..... 58
    - 3.2.3 网卡 ..... 59
    - 3.2.4 传输介质 ..... 59
    - 3.2.5 网络互联设备 ..... 59
  - 3.3 局域网的拓扑分类 ..... 61
    - 3.3.1 总线型结构 ..... 61
    - 3.3.2 环型结构 ..... 61
    - 3.3.3 星型结构 ..... 62
    - 3.3.4 树型结构 ..... 62
    - 3.3.5 其他类型的拓扑结构 ..... 63
  - 3.4 介质访问控制及其几种类型 ..... 63
    - 3.4.1 坚持/非坚持 CSMA 协议 ..... 63
    - 3.4.2 CSMA/CD 协议 ..... 65
    - 3.4.3 令牌机制 ..... 66
  - 3.5 IEEE 802 局域网协议标准 ..... 66
    - 3.5.1 IEEE 802 局域网协议标准简介 ..... 66
    - 3.5.2 IEEE 802 局域网参考模型 ..... 67
  - 3.6 以太网简介 ..... 68
  - 3.7 物理地址 ..... 69
  - 3.8 网桥与交换机 ..... 71
    - 3.8.1 纯网桥的特点和作用 ..... 71
    - 3.8.2 学习式网桥 ..... 72
    - 3.8.3 源路由网桥 ..... 75
    - 3.8.4 交换机 ..... 76
  - 3.9 小结 ..... 76
- 试题训练与分析三 ..... 77

# 目 录

<b>第 4 章 常见的局域网</b> .....	79	5.5.7 异步传输模式	121
4.1 局域网传输技术.....	79	5.6 网络互联	125
4.1.1 基带传输.....	79	5.6.1 互联设备	125
4.1.2 调制传输.....	80	5.6.2 网络互联的类型	127
4.1.3 宽带传输.....	80	5.7 小结	128
4.2 IEEE 802.3 局域网和以太网.....	80	试题训练与分析五	129
4.2.1 IEEE 802.3 局域网.....	81	<b>第 6 章 Internet</b> .....	<b>133</b>
4.2.2 以太网	86	6.1 Internet 简介	133
4.2.3 快速以太网	89	6.1.1 Internet 的形成和发展	133
4.3 IEEE 802.5 和令牌环网络	91	6.1.2 与 Internet 相连	134
4.3.1 令牌环网的物理结构	91	6.1.3 Internet 的体系结构	135
4.3.2 令牌环网的操作原理	92	6.1.4 Internet 的应用和工具	136
4.3.3 IEEE 802.5 的帧格式	94	6.2 IP 地址	136
4.4 FDDI 网简介	96	6.2.1 IP 地址简介	136
4.4.1 FDDI 的物理特性	97	6.2.2 IPv4 的地址格式	137
4.4.2 FDDI 的 MAC 层	98	6.2.3 子网	139
4.4.3 FDDI 的工作原理	98	6.2.4 变长的子网掩码	140
4.4.4 FDDI 和令牌环的比较	99	6.3 IP 地址和硬件地址的关系	141
4.5 小结	101	6.3.1 ARP 简介	141
试题训练与分析四	102	6.3.2 RARP 简介	142
<b>第 5 章 广域网与网络互联</b> .....	<b>105</b>	6.3.3 综合实例	142
5.1 广域网概述	105	6.4 SLIP	145
5.2 广域网的通信技术	106	6.4.1 SLIP 简介	145
5.2.1 广域网交换技术	106	6.4.2 SLIP 的封装	145
5.2.2 广域网的多路复用技术	106	6.4.3 SLIP 的缺陷	146
5.2.3 广域网的连接方式	106	6.4.4 CSLIP	147
5.3 路由器和网关	107	6.5 PPP	147
5.3.1 路由器	108	6.6 ICMP 简介	150
5.3.2 网关	112	6.7 关于 PING	151
5.4 网络拥塞的概念	113	6.8 域名系统	151
5.5 广域网实例	114	6.8.1 层次式命名	152
5.5.1 公共电话交换网	115	6.8.2 Internet 的 DNS 结构	152
5.5.2 X.25	115	6.8.3 域名的分配	153
5.5.3 帧中继	116	6.8.4 DNS 服务器	153
5.5.4 数字数据网	118	6.8.5 DNS 服务器的解释工作	154
5.5.5 交换式多兆位数据服务	118	6.8.6 域名命名原则	156
5.5.6 综合业务数字网	119	6.9 小结	156
		试题训练与分析六	158

# 目 录

<b>第7章 TCP/IP 网络的安装、使用和测试</b> .....	162
7.1 TCP/IP 网络介绍 .....	162
7.1.1 计算机网络协议 .....	162
7.1.2 网络传输协议 .....	162
7.1.3 网络 TCP/IP 协议 .....	164
7.1.4 TCP/IP 体系结构 .....	165
7.1.5 Clients/Server 体系 .....	166
7.2 网络配置及其基本概念 .....	167
7.2.1 网卡的基本参数 .....	167
7.2.2 客户端的使用信息 .....	171
7.2.3 TCP/IP 协议使用信息 .....	175
7.2.4 IP 地址 .....	179
7.2.5 子网和子网掩码 .....	183
7.2.6 网关 .....	186
7.2.7 DNS 服务器 .....	186
7.3 网络安装与调试 .....	187
7.3.1 网卡的基本原理 .....	187
7.3.2 安装网卡和电缆 .....	189
7.3.3 网络硬件故障检测 .....	196
7.3.4 调制解调器 .....	198
7.4 TCP/IP 通信故障的一般查找方法 .....	202
7.4.1 网络故障的检修 .....	202
7.4.2 网络检测工具 .....	203
7.4.3 网络故障排除的例子 .....	208
7.5 Windows 平台下的 TCP/IP 联网 .....	209
7.5.1 Windows 下的 DOS 命令 .....	209
7.5.2 Windows 95/98 平台下的 TCP/IP 联网 .....	214
7.5.3 Windows NT 平台下的 TCP/IP 联网 .....	224
7.6 UNIX (Linux) 下的 TCP/IP 联网 .....	230
7.6.1 UNIX 的起源和发展 .....	231
7.6.2 UNIX 操作系统的特点 .....	232
7.6.3 UNIX 操作系统结构 .....	223
7.6.4 UNIX 的网络功能 .....	241
7.6.5 UNIX 操作系统上的 TCP/IP 配置 .....	252
7.6.6 微机上的 UNIX——Linux .....	259
7.7 Internet 的应用 .....	263
7.7.1 认识 Internet .....	263
7.7.2 Internet 的主要功能 .....	264
7.8 小结 .....	271
试题训练与分析七 .....	273
<b>第8章 网络服务器与工作站以及         网络的应用</b> .....	276
8.1 网络服务器 .....	276
8.1.1 打印服务器 .....	277
8.1.2 终端服务器 .....	278
8.1.3 磁盘服务器 .....	278
8.2 文件服务器 .....	281
8.3 网络工作站 .....	285
8.3.1 Windows 工作站 .....	285
8.3.2 UNIX 工作站 .....	286
8.4 网络的应用 .....	286
8.4.1 多用户应用 .....	286
8.4.2 电子表格 .....	288
8.4.3 电子邮件 .....	288
8.4.4 文字处理 .....	292
8.4.5 在线服务 .....	292
8.4.6 计算机集成制造系统网络 .....	295
8.4.7 Internet 与 Internet 服务 .....	301
8.5 环球信息网 .....	307
8.5.1 概述 .....	307
8.5.2 Web 服务器 .....	312
8.5.3 Netscape 浏览器使用简介 .....	313
8.6 小结 .....	327
试题训练与分析八 .....	329
<b>第9章 客户机/服务器模式和网络管理</b> .....	331
9.1 网络计算模式发展的 3 个阶段 .....	331
9.1.1 以大型机为中心的计算机模式 .....	331
9.1.2 以服务器为中心的计算机模式 .....	331
9.1.3 小型化和客户机/服务器 计算模式 .....	332
9.2 客户机/服务器的类型 .....	333
9.3 客户机/服务器模式的特点 .....	333

# 目 录

9.3.1 客户机特点.....	333	试题训练与分析十.....	393
9.3.2 服务器特点.....	334	<b>第 11 章 网络操作系统.....</b>	<b>394</b>
9.3.3 客户机/服务器计算模式的特点.....	334	11.1 操作系统概述.....	394
9.3.4 客户机/服务器计算模式的优点.....	335	11.1.1 网络操作系统的分类.....	394
9.3.5 客户机/服务器系统与工作站/文件 服务器系统的区别.....	336	11.1.2 网络操作系统的功能.....	395
9.4 客户机/服务器中间件.....	337	11.1.3 网络操作系统的组成.....	396
9.4.1 客户机/服务器中间件产生的 背景.....	337	11.2 网络操作系统的特点.....	399
9.4.2 中间件的功能.....	337	11.2.1 单机操作系统与网络 操作系统的区别.....	399
9.5 理解 BWD 模式.....	338	11.2.2 特点.....	400
9.6 网络管理.....	339	11.3 网络操作系统的结构.....	400
9.6.1 网络管理的概念、范围、系统 需求和对象.....	339	11.3.1 网络操作系统的结构介绍.....	400
9.6.2 网络管理者的职责和系统 管理守则.....	341	11.3.2 网络操作系统结构分类介绍.....	402
9.6.3 网络管理功能概述.....	342	11.4 选择操作系统的依据.....	409
9.6.4 通用管理系统协议.....	351	11.4.1 安全性和可靠性.....	409
9.6.5 网络安全层次以及防火墙原理.....	352	11.4.2 可使用性.....	409
9.7 小结.....	357	11.4.3 可集成性与可扩展性.....	410
试题训练与分析九.....	359	11.4.4 应用和开发支持.....	410
<b>第 10 章 结构化布线系统.....</b>	<b>361</b>	11.5 网络操作系统的网络功能.....	411
10.1 结构化布线系统.....	361	11.5.1 UNIX 操作系统.....	411
10.1.1 结构化布线的基本概念.....	361	11.5.2 NetWare 系统.....	412
10.1.2 结构化布线系统的应用环境.....	362	11.5.3 Windows NT 系统.....	413
10.1.3 结构化布线系统的组成与安装.....	364	11.5.4 对等式局域网.....	415
10.2 各种网的布线.....	365	11.6 小结.....	415
10.2.1 令牌环网的布线.....	365	试题训练与分析十一.....	417
10.2.2 Ethernet 网的布线.....	368	<b>第 12 章 HTML 网页制作.....</b>	<b>420</b>
10.2.3 10Base-T 网络的布线.....	373	12.1 网络编程技术概论.....	420
10.2.4 基于 PC 的 HUB 布线.....	375	12.1.1 HTML 语言简介.....	420
10.2.5 楼内结构化布线.....	380	12.1.2 HTML 语言的特点.....	421
10.2.6 智能大楼系统布线.....	383	12.1.3 用 HTML 语言设计文档的原则... ..	422
10.2.7 布线系统的测试.....	384	12.1.4 如何通过 HTML 设计文档.....	422
10.3 各种线缆的类型.....	385	12.1.5 动态多媒体网页技术介绍.....	423
10.3.1 铜缆.....	385	12.1.6 多媒体网页制作工具.....	425
10.3.2 光缆.....	389	12.2 HTML 语法.....	425
10.4 小结.....	392	12.2.1 HTML 元素的组成.....	426
		12.2.2 HTML 的特性.....	426
		12.2.3 注释语法.....	426



# 目 录

12.2.4 HTML 文件的整体结构.....	427	12.5 小结 .....	447
12.2.5 在 HTML 文件中建立超级链接 ...	428	试题训练与分析十二 .....	449
12.2.6 在 HTML 文件中使用图像.....	429	<b>附录 A 2001 年网络程序员考试大纲.....</b>	<b>452</b>
12.2.7 用 HTML 语言制作主页.....	429	A.1 考试说明.....	452
12.3 FrontPage Express 简介 .....	431	A.2 考试范围.....	452
12.3.1 了解 FrontPage Express .....	431	<b>附录 B 网络程序员考试模拟试卷一 .....</b>	<b>455</b>
12.3.2 建立主页 .....	432	上午试卷 .....	455
12.3.3 设置页面属性 .....	432	下午试卷 .....	466
12.3.4 设置一个超链接 .....	434	答案 .....	469
12.3.5 插入一段文本 .....	435	<b>附录 C 网络程序员考试模拟试卷二.....</b>	<b>478</b>
12.3.6 组件 .....	435	上午试卷 .....	478
12.3.7 高级功能.....	436	下午试卷 .....	490
12.3.8 保存并发布您的网页.....	437	答案 .....	495
12.4 JavaScript 简介 .....	437		
12.4.1 JavaScript 概述 .....	437		
12.4.2 变量与运算符 .....	438		
12.4.3 基本的流程结构 .....	443		

# 第 1 章 网络的基础理论

## 本章概述:

为了便于学习网络,需要对网络的大体以及它的一些基础理论有所了解。这一章主要介绍网络的一些最基本的理论,例如什么叫做网络,什么叫做 ISO/OSI 模型,什么叫做协议等。

## 1.1 网络的定义及其发展

计算机网络是地理位置上分散的多台计算机通过软、硬件互联起来,以实现交互通信、资源共享、信息交换、协同工作和在线处理等功能的系统,而它们的互联必须遵循约定的通信协议。

1946 年,世界上第一台数字计算机诞生。1945 年,人们发明了收发器(Transceiver),它允许人们从远程向计算机输入自己的程序,并让计算机计算出结果来。随着多重线路控制器的出现,多个终端可以通过电话网连接到计算机上,这就形成了最基本的第一代计算机网络。

1962 年,当时美国国防部为了壮大美国本土防卫力量,也为了保证海外防御武装即使受到前苏联一轮核打击也仍然具有一定的生存和反击能力,认为有必要设计出一种分散式指挥系统:它由一个个分散的指挥点组成,当部分指挥点被摧毁后,其他结点仍能正常工作,并且这些结点之间能够绕过那些已被摧毁的指挥点而继续保持联系。

为了验证这一构思,美国国防部的高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)于 1969 年资助建立了一个名为 ARPANET(即“阿帕网”)的网络,这个网络把位于洛杉矶的加利福尼亚大学、位于圣芭芭拉的加利福尼亚大学、斯坦福大学,以及位于盐湖城的犹它州州立大学的计算机主机联接起来,同时位于各个结点的大型计算机采用分组交换技术(第 2 章会讲到这一技术),通过专门的通信交换机和专门的通信线路相互连接。这个阿帕网就是 Internet 最早的雏形。1972 年,全世界电脑业和通讯业的专家学者在美国华盛顿举行了第一届国际计算机通信会议,就在不同的计算机网络之间进行通信达成协议,会议决定成立 Internet 工作组,负责建立一种能保证计算机之间进行通信的标准规范(即“通信协议”)。1973 年,美国国防部也开始研究如何实现各种不同网络之间的互联问题。

1974 年,网际协议 IP(Internet Protocol)和传输控制协议 TCP(Transfer Control Protocol)问世。

这两个协议定义了一种在电脑网络间传送报文(文件或命令)的方法。随后,美国国防部决定向全世界无条件地免费提供 TCP/IP,即向全世界公布解决电脑网络之间通信的核心技术,TCP/IP 核心技术的公开最终导致了 Internet 的大发展。

1980 年,世界上既有使用 TCP/IP 协议的美国军方的 ARPA 网,也有很多使用其他通信协议的各种网络。

为了将这些网络连接起来,美国人温顿·瑟夫(Vinton Cerf)提出一个想法:在每个

网络内部各自使用自己的通讯协议，在和其他网络通信时使用 TCP/IP 协议。这个设想最终导致了 Internet 的诞生，并确立了 TCP/IP 协议在网络互联方面不可动摇的地位。

1972 年，ARPANET 网上的网点数已经达到 40 个。这 40 个网点彼此之间可以发送小文本文件（当时称这种文件为电子邮件，也就是我们现在的 E-mail）和利用文件传输协议发送大文本文件，包括数据文件（即现在 Internet 中的 FTP）。同时，人们也发现了通过把一台电脑模拟成另一台远程电脑的一个终端，从而使用远程电脑上的资源的方法，这种方法被称为 Telnet。

由此可看到，E-mail、FTP 和 Telnet 是 Internet 上较早出现的重要工具，特别是 E-mail 仍然是目前 Internet 上最主要的应用之一。

## 1.2 网络的分类

为了对网络进行管理和学习，有必要将网络进行分类。我们可以对网络按不同方法进行划分：

- 1) 按地域范围：分为局域网（LAN）、广域网（WAN）。有时候也将规模介于这两者之间的网络称为城域网（Metropolitan Area Network, MAN），其技术基本上和局域网相同。
  - 2) 按拓扑结构：分为星型、总线型、环型和网型网络。
  - 3) 按交换方式：分为电路交换网、分组交换网、帧中继交换网和信元交换网。
  - 4) 按采用的网络协议：分为 TCP/IP 网、SNA 网、SPX/IPX 网、AppleTALK 网等。
  - 5) 按应用的规模：分为企业内部互联网（Intranet）和外部互联网（Extranet）等。
- 在后面的章节将会详细讨论这些网络及其技术。

## 1.3 计算机基础知识

计算机不懂得人类语言，它只能够认识 0 和 1。不同的 0 和 1 的排列组成不同的计算机数据和指令。

例如，0000001011001111 表示计算机将某两个值相加（这里是指 BH 和 CL 两个寄存器内部的值）。

当编写程序时，计算机将程序转换成这样的一串一串 0 和 1。这些 0 和 1 组成二进制数，其中每一个 0 或者 1 叫做一个比特（bit），8 个比特组成一个字节。1024 个字节组成 1K，1024K 组成 1M。

对于 n 进制数 x，我们利用下标来表示它是 n 进制的。

例如，10 进制数 168 表示为：(168)<sub>10</sub>。

对于任何一个二进制数  $a_{n-1} \cdots a_1 a_0 . b_1 b_2 \cdots b_{n-1} b_n$ ，都可以转换为十进制数。方法是按它的权展开，即：

$$(a_{n-1} \cdots a_1 a_0 . b_1 b_2 \cdots b_{n-1} b_n)_2 = (a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 + b_1 \times 2^{-1} + b_2 \times 2^{-2} + \cdots + b_{n-1} \times 2^{-(n-1)} + b_n \times 2^{-n})_{10}$$

例如，(1011100.10111)<sub>2</sub> = 26 + 24 + 23 + 22 + 2<sup>-1</sup> + 2<sup>-3</sup> + 2<sup>-4</sup> + 2<sup>-5</sup> = (92.71875)<sub>10</sub>

用二进制进行书写往往会很占用空间，因此我们常常将二进制数转化为 16 进制数书

写。

例如，二进制数 1111 就是十六进制数的 F。

在本书中，如果表示 16 进制数，后面会跟着字母“H”。例如，十六进制数 25 将会写成 25H。如果没有“H”，则表示是十进制的 25。

为了便于人类理解，通常将某个二进制数和某个特定的字符对应，而这些字符叫做 ASCII 码（美国国家标准信息交换码）。ASCII 码的每一个字母和符号都和某个特定的二进制数对应。

例如字符“A”所对应的二进制数为 01000001。对于 ASCII 码，有 ASCII 码表，它将每一个 ASCII 码以及它所对应的二进制数都列出来。

## 1.4 网络分层

在这一节将要讲到一个非常重要的模型：ISO/OSI 模型。它是学习网络的基础。在本书的每一个章节，它都几乎会被用到。

### 1.4.1 网络分层的原因

网络之所以得到广泛应用，是因为它使计算机之间的通信成为可能。于是，我们设计网络是本着如何能够实现在计算机之间的高效率通信。但是，因为通信的方法有很多种，所以被设计出来的网络也会有很多种。

在最初，网络以及它的设计方案是享有专利的，因此不同的厂家所设计出来的方案互不相同。所造成的结果是，厂商可以永久地留住顾客，然而不同的计算机平台却很难共享数据。显然，这种各自为政的做法不利于计算机互联。为此，开放式网络应运而生。开放式网络是一种连接方式，它使得在两种不同的计算机之间进行通信和数据共享成为可能。它之所以能够达到“开放”，一方面是因为合作开发的结果，而另一方面是因为有某些技术规范的支持。这些规范被称为开放式标准。

为了促进这种开放式的互联，国际化标准组织（International Standardization Organization, ISO）采用了“网络分层”的方案。它的做法是：将网络上计算机之间的通信会话过程分为 7 部分，每一部分为一个层，每一层完成一定的功能，它们结合起来就能够完成整个通信会话。

这样做的好处是为网络设计提供了一个标准，从而简化了网络设计过程。同时，如果网络设计人员都参照这样的架构设计网络（事实上不一定是，例如后面要讲到的 TCP/IP 网络），将会促进网络的开放式互联。

这个分层的模型叫做开放式系统互联参考模型（Open System Interconnect Reference Model），简称 OSI 模型。为了纪念 ISO 所作出的贡献，常常将 ISO 和 OSI 模型挂钩，称之为 ISO/OSI 模型。事实证明，ISO/OSI 模型是一个成功的模型，下面将详细讨论。

### 1.4.2 ISO/OSI 模型

ISO/OSI 模型的每一层都具有一定的功能。为了实现这些功能，每一层都要对数据进

行一定的作用，例如格式化，并写入或者读取某些信息。

图 1-1 描述了 ISO/OSI 模型。

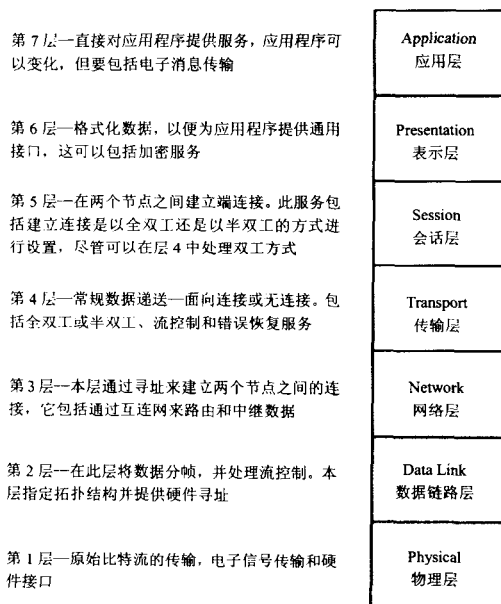


图 1-1

当计算机要传送某个数据时，它会将数据从上到下通过每一层。同时，相应的层会对数据进行作用。数据将会依次通过应用层、表示层、会话层等，并依次接受应用层、表示层、会话层等的作用。另外，数据经过某一层的作用后，会发生一定的改变。例如，它会被加入某些信息等。最后，数据被传到物理层。物理层也会对数据作用，通常这是将数据格式化为一串 0 或者 1 的物理信号。然后，数据会被放到物理介质上传出去。这时候的数据经过从上到下的一轮操作，已经发生了很大的变化了。因此，目的计算机的应用程序不能直接利用这些数据，而是要将这些数据还原。

而目的计算机收到数据后，将把数据从物理层开始向上经过各层传输。每经过一层，那层将会读取数据内的来自另一方的信息，同时会实现“逆运算”功能，将数据还原。

例如，计算机 A 向计算机 B 传送一个叫做“X<sub>0</sub>”的数据（如图 1-2 所示）。那么，当数据开始向下传输时，会分别经过 A 的应用层、表示层等等，最后是物理层。每经过一层，数据都会变样（这里先假设是这样，其实并不一定），它们会被相应的层包含入一定的信息；因为经过 7 层，所以不妨设 X<sub>0</sub> 在此过程中分别变为 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>…X<sub>6</sub>、X<sub>7</sub>。B 接收到的数据将是在物理介质中流动的 X<sub>7</sub>；然后数据沿 OSI 模型向上传输，通过 B 的物理层时，物理层实现“逆运算”功能；它读取 X<sub>7</sub> 内由发送方——物理层记录进去的信息，同时将 X<sub>7</sub> 还原为 X<sub>6</sub>，并交给 B 的数据链路层；在 B 的数据链路层看来，此时的数据 X<sub>6</sub> 和数据经过 A 数据链路层后变成的 X<sub>6</sub> 完全相同。B 的数据链路层读取信息时，会觉得这些信息是直接来自 A 的数据链路层传过来的，数据就像是并没有经过物理层和物理介质，此时 B 的数据链路层就像和 A 的数据链路层直接对话（如图 1-2 的虚线所示），这种“对话”被称为虚对话。同样，B 的数据链路层也读取来自 A 的数据链路层的信息，并将 X<sub>6</sub> 还原为 X<sub>5</sub>，传到网络

层，此时 B 的网络层读取信息时也感到数据是直接来自 A 的网络层传来的，这也是虚对话。如此下去，数据最终会在经过 B 的应用层后还原为  $X_0$ ，那么 A 和 B 就利用了 OSI 模型的各层功能成功实现了一次通信会话。

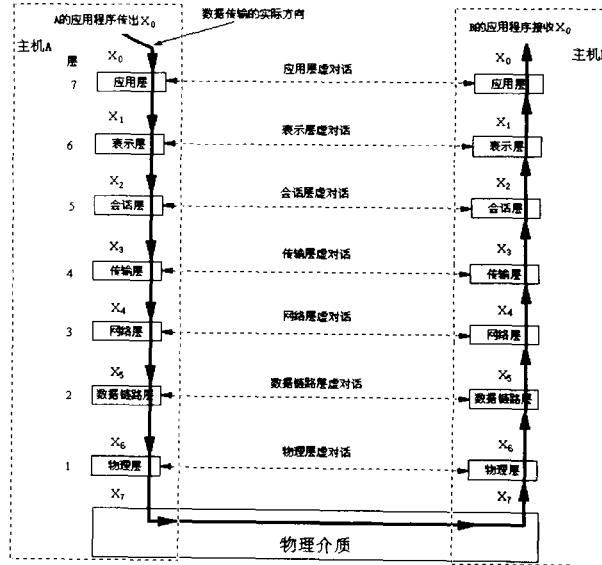


图 1-2

ISO/OSI 模型的特点和性质：

- 1) 它定义的是一种抽象结构，并没有告诉我们怎么实现其中每一层的功能。
- 2) 每一层所完成的功能都是独立的，与其他层完成的功能无关。
- 3) 低层存在的目的，是为了实现高层的虚对话；因此，低层是为高层提供服务的。
- 4) 相邻的两层之间存在接口，以便两层之间通信。
- 5) 每一层的功能都是自成体系的，并不依赖于操作系统和其他因素，因此它令开放式互联成为可能。
- 6) 网络设计人员通过使用虚对话，使高层忽略低层的分层细节。
- 7) 它为计算机互联提供了一种标准。但这仅仅是一种标准，一种参考（尽管它已经为大多数网络设计人员所接受）。其实，很多网络并没有将每一层的功能都实现，而是省略了一些层。

下面简单介绍一下 ISO/OSI 模型的每层功能。

### 1. 物理层 (Physical Layer)

物理层主要有以下功能：

- 1) 物理层提供了物理链路的机械、电气、功能和规程这四个基本特性，用以提供连接服务。

机械特性：例如网络连接使用多少电气管脚，传输线使用同轴电缆还是双绞线等。

电气特性：例如规定了用什么样的电信号或者光信号表示 0 或者 1 等。

功能和规程特性：例如数据传输使用单工、半双工还是全双工，采用永久的连接还是动态的交换连接等。再如不同网络的技术细节，如以太网、令牌环网络等细节。

2) 它通过物理媒介为计算机等开放系统之间建立、维持和断开数据电路的物理连接,并确保在通道上传输可识别的透明比特流信号和时钟信号。

3) 物理层为数据链路层提供服务,它从数据链路层接收数据,并按规定形式的信号和格式将数据发送。数据的传送方式通常是串行的,即一个一个比特位的传送,因此这常常被称为“比特流”。在接收方面,物理层负责接收比特流,并将其还原成数据链路层所能理解的数据格式,然后传给数据链路层。

4) 物理层也负责向数据链路层提供数据电路标识、故障状态通知以及服务质量参数等服务。

## 2. 数据链路层 (Data-Link Layer, DLL)

数据链路层为网络层提供服务,它使从源开放系统的网络层向目的开放系统的网络层传输数据成为可能,同时它屏蔽了物理层的特征。

在传输管理方面,它需要为网络层提供低出错率的、高可靠传输的数据链路而负责。例如,它将接收到的原始的二进制数据格式化为网络层所能理解的数据。又如,它负责将指令、数据等包装到帧中,以便为网络层发送数据。

帧 (frame) 是数据链路层生成的结构,它能够为物理层所理解,并包含足够的信息,确保数据可以安全地通过本地局域网到达目的地。

为了使数据帧是否完整无缺地到达目的地,帧中必须包含一种机制,用于确保在数据在传送过程中内容的完整性。

为做到这点,数据链路层间的通信必须要做到:

1) 当每个帧完整无缺地被目标节点收到时,源节点必须收到来自目标接点的一个回应。

2) 目标节点在发出“已收到帧”的回应之前,必须验证帧内容的完整性。

有很多情况会导致帧的发送不能到达目标或者在传输过程中被破坏。数据链路层有责任检测并修正所有这些错误。

在流量控制方面,数据链路层负责协调主机和通信设备之间的数据传输率。

总之,数据链路层主要负责实现以下功能:

1) 为网络层实体的通信建立和释放数据链路。

2) 提供数据链路的流控。

在数据链路层工作的设备的具体例子,如我们所熟悉的网卡。网卡用来实现数据链路层功能。受到物理层的不同技术细节影响,网卡也有不同的类型。例如,以太网网卡的设计和 ARCNET 网卡的设计是不同的。

物理层和数据链路层是最基础的两个层次,不论在何种类型的网络上通信,物理层和数据链路层都是必须的。

## 3. 网络层 (Network Layer)

网络层主要负责实现以下几个功能:

1) 路由的选择和中继。就是说,它负责根据数据包的起始地址确定数据包的传输路线。

2) 控制流量,以防网络过于拥挤。

3) 建立和撤销网络互联。

4) 对传输层屏蔽低层的传输细节。

5) 将数据分段合段, 对数据进行差错检测和恢复, 向传输层报告未恢复的错误, 并根据传输层的要求选用不同的服务技术, 实现单链路上的多网络连接复用。

网络层并不是一定需要的。例如, 处于同一个 LAN 内两台直接相连的计算机, 如果没有特别的需要, 它们可以只采用 LAN 通信机制通信就可以了。但是, 当计算机是处在像 WAN 或 Internet 这样的大网络, 或者是一台计算机想和另一台计算机通信, 而这两台计算机之间隔着路由器, 那如果想找到目的计算机就要使用 IP 地址。这时候, 网络层功能就成为必需了。

总之, 将网络层可被看做网络传输系统, 它在主机之间传送数据, 能够处理与寻址和传输有关的所有信息管理问题, 例如, 它可以计算网络的传输量, 从而实现计费信息的网络。它为两个主机之间建立点到点 (Point to Point) 的连接 (所谓的点, 就是网络上的“节点”, 如主机、路由器等)。

另外, 只要使用 IP 地址, 就必须涉及到网络层功能的实现。利用 IP 地址工作的路由器就是运作在网络层上的。

#### 4. 传输层 (Transport Layer)

传输层主要有以下一些功能:

1) 建立、维护和撤销传输链接, 在系统之间为上层提供可靠的透明的数据传送。

与网络层的连接不同, 传输层连接的建立以及管理是建立在进程和进程之间的, 即“端到端 (Port to Port)”上的。而网络层的连接是“点到点”的, 主要是处理两主机之间的数据传输。两台计算机通过网络通信时, 传输层负责对单个主机内多个进程之间的信息进行管理。它会接收到的数据正确地传送到应用程序。

2) 控制流量和控制差错, 确保数据的正确传送。传输层的差错控制是相当重要的。由于有了它, 高层所接收到的数据几乎是完整而无差错的。

3) 选择合适的网络层服务用以实现功能。

4) 传输层还提供数据的编号、排序、拼接, 以及重同步等功能。

例如, 传输层的一项重要功能就是将顺序发出而被乱序接收的数据包重新排序。数据包出现乱序有很多原因。例如, 这些包通过不同的路径被发送到目的地。不管是什么情况, 传输层可以识别出最初包的顺序, 并且能将这些包在传递给会话层之前将它们恢复成被发送时的顺序。

#### 5. 会话层 (Session Layer)

会话层的功能有:

1) 允许处于不同机器上的用户之间建立会话关系。会话层允许进行类似传输层的普通数据的传送, 在某些场合还提供了一些有用的增强型服务。它允许用户利用一次会话在远端的分时系统上登录, 或者在两台机器间传递文件。

2) 管理会话。所谓的会话就是指两台计算机之间的类似一问一答的通信。例如, 当用户登录到某台主机, 要输入其账号和密码时, 就建立了一个会话。会话层允许信息双向同时传输、两路交替传输或只能单向传输。如果属于后者, 会话层将作记录, 并判断此时该轮到哪一方发话。

3) 同步。它在数据中插入同步点。例如传送一个文件, 如果中途出现故障, 文件可



以不用重新传送，而仅仅重传最后一个同步点以后的数据。

会话层常常和传输层结合在一起使用。

### 6. 表示层 (Presentation Layer)

对传输数据的转换，如格式化、加密/解密、压缩/解压是表示层的功能。

表示层重要的作用是隐藏了不同硬件上的差异，使不同类型的计算机可以连接起来。例如，在 Internet 上，有不同类型的计算机：大型机、小型机还有 PC 机。它们的显示器、打印机、操作系统都不同，因此它们的文件格式也不同。表示层就是要使这些差异对应用程序来说是透明的。

### 7. 应用层 (Application Layer)

这一层主要是提供用户服务，例如文件传输、数据检索等。作为网络程序员对网络进行编程，例如编写一个 Telnet 程序，实际上就是在设计应用层功能。

会话层、表示层和应用层被统称为高层。由于本书并没有讲授如何编写网络应用程序，因此所涉及的 OSI 层一般都是较低的。

#### 例题 1-1:

ISO/OSI 模型中，“OSI”表示\_\_1\_\_；它是一个\_\_2\_\_的结构模型；它一共分为\_\_3\_\_层；其中每一层的存在都是为了对\_\_4\_\_提供服务。它相邻的两层之间\_\_5\_\_。

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1: A. Operating System Interface | B. Open Software Interface             |
| C. Open System Interconnect      | D. Organization of System Interconnect |
| 2: A. 具体的                        | B. 抽象的                                 |
| C. 对操作系统的                        | D. 非开放的                                |
| 3: A. 5                          | B. 7                                   |
| C. 9                             | D. 11                                  |
| 4: A. 下层                         | B. 高层                                  |
| C. 本层                            | D. 最低层                                 |
| 5: A. 存在接口，以便实现两层之间的通信           |  |
| B. 没有任何的依赖关系，每一层都是完全独立的          |  |
| C. 需要完成的功能大致上都是一样的               |  |
| D. 存在虚对话                         |  |

答案：1-C；2-B；3-B；4-B；5-A。

分析：

ISO/OSI 模型的一些有以下特点和性质：

- 1) 它定义的是一种抽象的结构，并没有告诉我们怎么实现其中每一层的功能。
- 2) 每一层所完成的功能都是独立的，与其他层完成的功能无关。
- 3) 低层存在的目的，是为了实现高层的虚对话；因此，低层是为高层提供服务的。
- 4) 相邻的两层之间存在接口，以便两层之间通信。
- 5) 每一层的功能都是自成体系的，并不依赖于操作系统和其他因素，因此它令开放式互联成为可能。
- 6) 网络设计人员通过使用虚对话，使高层忽略低层的分层细节。
- 7) 它为计算机互联提供了一种标准。但这仅仅是一种标准，一种参考（尽管它已经