

Cisco CCNA 考试适用

# 网络工程概论

蔡建新 编著

## 内容大纲

常用网络拓扑  
虚拟局域网  
代理服务器  
路由协议  
广域网  
子网  
模拟试题  
实用附录  
网络设备与媒体  
网络访问控制  
Cisco路由器实例  
OSI网络模型结构  
常见网络故障原因  
不均等分割子网



清华大学出版社

# 网络工程概论

蔡建新 编著

清华大学出版社

## (京)新登字 158 号

### 内 容 简 介

CCNA 是 Cisco System 公司在全球范围推出的主要面向初级网络工程技术人员的 一种认证, 是 Cisco System 公司的基础认证。

本书讨论的内容主要包括 OSI 参考模型、路径的选择、IP 路由和地址的配置细节、子网划分以及路由的简单配置和操作。另外, 本书还介绍了网络发展史、常见网络故障排除、不均等分割子网、网络管理及代理服务器等实用内容, 以适应网络相关教学与满足用户求职应聘的需要。

本书各章均含大量习题, 帮助用户检查学习进度, 并对 CCNA 考试重点进行复习。

本书适合作为 CCNA 认证的培训教材使用, 对于希望了解网络基本技术知识和技能的读者, 也是很好的参考资料。

本书繁体字版书名为《网路工程概论》, 由文魁资讯股份有限公司出版, 版权属蔡建新所有。本书简体字中文版由文魁资讯股份有限公司授权清华大学出版社独家出版。未经本书原版出版者和本书出版者书面许可, 任何单位和个人均不得以任何形式或任何手段复制或传播本书的部分或全部内容。

北京市版权局著作权合同登记号: 图字 01-2002-4418 号

**版权所有, 翻印必究。**

**本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。**

#### 图书在版编目(CIP)数据

网络工程概论/蔡建新编著. —北京: 清华大学出版社, 2002

ISBN 7-302-05928-4

I.网... II.蔡... III.计算机网络—概论 IV.TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 074556 号

**出 版 者:** 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

**责任编辑:** 王方明

**印 刷 者:** 清华大学印刷厂

**发 行 者:** 新华书店总店北京发行所

**开 本:** 787×1092 1/16 **印张:** 25.5 **字数:** 570 千字

**版 次:** 2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

**书 号:** ISBN 7-302-05928-4/TP·3522

**印 数:** 0001~4000

**定 价:** 33.00 元

# 前 言

本书主要针对参加 CCNA(Cisco Certified Network Associate, 思科认证的网络助理) 认证考试的人员而编写, 书中文字说明通俗易懂, 并附以配套图片、表格加以说明。除了 CCNA 考试范围之外, 本书还增加了网络起源、RFC 摘要表、常见的网络故障原因、不均等分割子网(VLSM)、网络管理和代理服务器等内容, 以期符合网络相关教学与求职应聘的需要。本书适合下列人员使用:

- 准备 Cisco CCNA 网络工程师证书考试的人
- 进行计算机网络教学的老师
- 应聘网络工作的求职者
- 准备面试题目的主考官
- 攻读计算机网络工程科目的学生
- 网络知识的自学人员

准备参加 Cisco CCNA 证书考试的人员应该仔细阅读每一个章节、附图和表格。预计用两个月的时间使用本书来准备 CCNA 考试, 应该可以通过考试, 但总时数不宜少于 160 小时。

CCNA 的考试大纲列举如下, 附录 C 有更详细的介绍:

- Bridging/Switching(桥接与交换)
- OSI Reference Model & Layered communications(OSI 参考模型与分层通信)
- Network Protocols(网络通信协议)
- Routing(路由)
- WAN Protocols(广域网通信协议)
- Network Management(网络管理)
- LAN Design(局域网设计)
- Cisco Basics, IOS & Network Basics(Cisco 设备、IOS 和网络的基础知识)

本书根据上述大纲编排, 内容包括:

1. 网络起源
2. OSI 七层模型
3. 网络设备
4. 常用网络拓扑
5. 子网
6. 虚拟局域网(VLAN)
7. 路由选择协议
8. 路由器

9. Cisco 路由器实际操作
  10. 网络访问控制
  11. 网威路由协议(Novell IPX)
  12. 广域网(WAN)
  13. 帧中继(Frame Relay)简介
  14. 点对点通讯协议(PPP)
  15. 综合业务数字网
  16. 网络管理
  17. 常见网络故障诊断(Trouble Shooting)
  18. 不均等分割子网(VLSM)
  19. 代理服务器
  20. CCNA 模拟考题
- 附录 A 习题解答
- 附录 B 计算机主机网络设置
- 附录 C CCNA 考试范围
- 附录 D 应聘网络工程师常考问题

如前所述，本书除了应考的主要目的外，还包括网络管理、实例探讨等部分，可以作为补充教学与实际操作之用。在阅读本书的时候，读者应该养成良好的习惯，在继续本书每章内容的学习前，应先阅读该章最前面的引言，以决定是否继续阅读。最为关键的是，从引言中了解该章是否为 CCNA 的考试内容。

希望本书能成为有志从事网络工程工作读者的启蒙读本；更希望能成为 CCNA 考证人员备考的有效参考与复习指导书。本书虽经多次勘校，但仍不免有遗漏，敬请读者不吝指正，我们将伺再版时予以修正。

编者

2002/8/20

# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <b>第 1 章 网络起源</b> .....            | 1  |
| 1.1 从 ARPANET 到 Internet .....     | 1  |
| 1.2 TCP/IP .....                   | 1  |
| 1.3 以太网 .....                      | 2  |
| 1.4 计算机与网络设备的发展 .....              | 3  |
| 1.5 RFC .....                      | 4  |
| 1.6 小结 .....                       | 6  |
| 1.7 练习 .....                       | 7  |
| <b>第 2 章 OSI 七层模型</b> .....        | 8  |
| 2.1 物理层 .....                      | 9  |
| 2.1.1 通信媒体 .....                   | 9  |
| 2.1.2 常见的编码方式 .....                | 10 |
| 2.2 数据链路层 .....                    | 12 |
| 2.2.1 媒体访问控制 .....                 | 13 |
| 2.2.2 逻辑链路控制 .....                 | 14 |
| 2.2.3 滑动窗口法 .....                  | 14 |
| 2.2.4 网络拓扑 .....                   | 15 |
| 2.3 网络层 .....                      | 15 |
| 2.4 传输层 .....                      | 17 |
| 2.4.1 三段式握手法 .....                 | 18 |
| 2.4.2 传输控制与确认 .....                | 19 |
| 2.5 会话层 .....                      | 20 |
| 2.6 表示层 .....                      | 21 |
| 2.7 应用层 .....                      | 22 |
| 2.8 OSI 七层模型如何工作 .....             | 23 |
| 2.9 TCP/IP 模型 .....                | 26 |
| 2.9.1 网络访问层 .....                  | 27 |
| 2.9.2 Internet 层 .....             | 27 |
| 2.9.3 主机层 .....                    | 27 |
| 2.9.4 应用层 .....                    | 27 |
| 2.9.5 TCP/IP 和 OSI 模型<br>的比较 ..... | 28 |
| 2.10 IEEE 标准 .....                 | 29 |
| 2.11 小结 .....                      | 30 |
| 2.12 练习 .....                      | 31 |
| <b>第 3 章 网络设备</b> .....            | 32 |
| 3.1 物理层设备 .....                    | 33 |
| 3.1.1 中继器 .....                    | 33 |
| 3.1.2 集线器 .....                    | 34 |
| 3.1.3 收发器 .....                    | 35 |
| 3.1.4 调制解调器 .....                  | 35 |
| 3.2 数据链路层设备 .....                  | 36 |
| 3.2.1 网卡 .....                     | 36 |
| 3.2.2 网桥 .....                     | 37 |
| 3.2.3 交换机 .....                    | 39 |
| 3.3 网络层设备 .....                    | 41 |
| 3.4 媒体 .....                       | 42 |
| 3.4.1 同轴电缆 .....                   | 42 |
| 3.4.2 双绞线 .....                    | 44 |
| 3.4.3 光纤 .....                     | 45 |
| 3.4.4 无线信号 .....                   | 46 |
| 3.4.5 缆线规格 .....                   | 47 |
| 3.5 信号与噪声 .....                    | 49 |
| 3.5.1 传播 .....                     | 50 |
| 3.5.2 衰减 .....                     | 50 |
| 3.5.3 反射 .....                     | 51 |
| 3.5.4 噪声 .....                     | 51 |
| 3.5.5 延迟 .....                     | 52 |
| 3.5.6 碰撞 .....                     | 53 |
| 3.6 小结 .....                       | 53 |
| 3.7 练习 .....                       | 54 |

|                              |    |                                  |     |
|------------------------------|----|----------------------------------|-----|
| <b>第 4 章 常用网络拓扑</b> .....    | 56 | 6.3 帧标志.....                     | 96  |
| 4.1 共享媒体环境.....              | 56 | 6.4 生成树协议.....                   | 97  |
| 4.2 碰撞域.....                 | 57 | 6.5 小结.....                      | 99  |
| 4.3 广播域.....                 | 58 | 6.6 练习.....                      | 100 |
| 4.4 网络分段.....                | 58 | <b>第 7 章 路由选择协议</b> .....        | 101 |
| 4.5 中继器使用规则.....             | 60 | 7.1 网络层寻址.....                   | 101 |
| 4.6 拓扑.....                  | 61 | 7.2 IP 包格式.....                  | 102 |
| 4.6.1 总线型.....               | 61 | 7.3 网络层交换.....                   | 103 |
| 4.6.2 环型.....                | 62 | 7.4 IP 地址分配.....                 | 104 |
| 4.6.3 双环型.....               | 62 | 7.5 ARP.....                     | 105 |
| 4.6.4 星型.....                | 64 | 7.6 ICMP.....                    | 107 |
| 4.6.5 扩展星型.....              | 65 | 7.7 路由基础.....                    | 107 |
| 4.6.6 树型.....                | 65 | 7.8 路由选择分类.....                  | 110 |
| 4.6.7 网型.....                | 66 | 7.9 路由环路解决方案.....                | 111 |
| 4.6.8 蜂窝型.....               | 67 | 7.10 可路由协议.....                  | 113 |
| 4.7 以太网.....                 | 68 | 7.11 路由选择协议.....                 | 114 |
| 4.7.1 帧结构.....               | 68 | 7.12 网络层协议工作原理.....              | 116 |
| 4.7.2 载波侦听多重<br>访问/碰撞检测..... | 69 | 7.13 小结.....                     | 117 |
| 4.8 权标环网.....                | 71 | 7.14 练习.....                     | 118 |
| 4.9 FDDI.....                | 72 | <b>第 8 章 路由器</b> .....           | 119 |
| 4.10 小结.....                 | 75 | 8.1 路由器的结构.....                  | 119 |
| 4.11 练习.....                 | 76 | 8.2 路由器模式.....                   | 120 |
| <b>第 5 章 子网</b> .....        | 77 | 8.2.1 检查指令.....                  | 121 |
| 5.1 互联网协议.....               | 77 | 8.2.2 命令模式.....                  | 121 |
| 5.1.1 从 IP 谈起.....           | 77 | 8.3 启动顺序.....                    | 124 |
| 5.1.2 网络地址.....              | 79 | 8.4 配置.....                      | 129 |
| 5.2 子网掩码.....                | 81 | 8.5 Cisco 查找协议.....              | 132 |
| 5.2.1 分割子网.....              | 82 | 8.6 小结.....                      | 135 |
| 5.2.2 合并网络.....              | 86 | 8.7 练习.....                      | 136 |
| 5.3 专用 IP.....               | 87 | <b>第 9 章 Cisco 路由器实际操作</b> ..... | 137 |
| 5.4 小结.....                  | 88 | 9.1 开始.....                      | 137 |
| 5.5 练习.....                  | 89 | 9.2 初始化设置.....                   | 141 |
| <b>第 6 章 虚拟局域网</b> .....     | 90 | 9.2.1 配置路由器时钟.....               | 145 |
| 6.1 虚拟局域网.....               | 90 | 9.2.2 编辑键表.....                  | 146 |
| 6.2 配置虚拟局域网.....             | 94 | 9.3 实例.....                      | 147 |
|                              |    | 9.4 基本命令.....                    | 154 |

|                                |            |                            |            |
|--------------------------------|------------|----------------------------|------------|
| 9.4.1 用户模式.....                | 155        | 12.4.1 包交换服务.....          | 238        |
| 9.4.2 特权模式.....                | 161        | 12.4.2 信元交换服务.....         | 240        |
| 9.4.3 会话式配置模式.....             | 165        | 12.4.3 线路交换服务.....         | 240        |
| 9.4.4 全局配置模式.....              | 165        | 12.4.4 数字服务专线.....         | 241        |
| 9.4.5 其他配置模式.....              | 167        | 12.4.5 其他广域网服务.....        | 242        |
| 9.5 Rxboot 模式.....             | 169        | 12.5 网络设计.....             | 243        |
| 9.6 使用 TFTP.....               | 171        | 12.6 小结.....               | 245        |
| 9.7 更多练习.....                  | 172        | 12.7 练习.....               | 246        |
| 9.8 小结.....                    | 180        | <b>第 13 章 帧中继.....</b>     | <b>247</b> |
| 9.9 练习.....                    | 180        | 13.1 帧中继.....              | 247        |
| <b>第 10 章 网络访问控制.....</b>      | <b>182</b> | 13.2 术语.....               | 249        |
| 10.1 访问控制列表.....               | 182        | 13.3 帧格式.....              | 251        |
| 10.2 配置 ACL.....               | 183        | 13.4 LMI.....              | 252        |
| 10.3 通配符掩码.....                | 185        | 13.5 帧中继子接口.....           | 256        |
| 10.4 标准型 ACL.....              | 191        | 13.6 帧中继配置.....            | 257        |
| 10.5 扩展型 ACL.....              | 195        | 13.7 小结.....               | 262        |
| 10.6 命名 ACL.....               | 202        | 13.8 练习.....               | 262        |
| 10.7 测试 ACL.....               | 207        | <b>第 14 章 点对点通信协议.....</b> | <b>264</b> |
| 10.8 小结.....                   | 209        | 14.1 点对点通信协议.....          | 264        |
| 10.9 练习.....                   | 209        | 14.2 PPP 帧格式.....          | 265        |
| <b>第 11 章 Novell 路由协议.....</b> | <b>213</b> | 14.3 建立 PPP 会话.....        | 266        |
| 11.1 Novell NetWare.....       | 213        | 14.4 PPP 验证.....           | 267        |
| 11.2 IPX/SPX 协议.....           | 214        | 14.5 小结.....               | 269        |
| 11.3 路由选择.....                 | 215        | 14.6 练习.....               | 269        |
| 11.4 服务广告协议.....               | 217        | <b>第 15 章 综合业务数字网.....</b> | <b>270</b> |
| 11.5 封装.....                   | 219        | 15.1 综合业务数字网.....          | 270        |
| 11.6 路由器配置.....                | 220        | 15.2 ISDN 设备.....          | 271        |
| 11.7 访问控制列表.....               | 224        | 15.3 ISDN 参考点.....         | 272        |
| 11.8 故障查找.....                 | 225        | 15.4 封装.....               | 273        |
| 11.9 小结.....                   | 230        | 15.5 ISDN 类型.....          | 274        |
| 11.10 练习.....                  | 231        | 15.5.1 BRI.....            | 274        |
| <b>第 12 章 广域网.....</b>         | <b>232</b> | 15.5.2 PRI.....            | 275        |
| 12.1 广域网服务.....                | 232        | 15.6 ISDN 帧格式.....         | 276        |
| 12.2 广域网设备.....                | 235        | 15.7 DDR.....              | 276        |
| 12.3 广域网与 OSI 模型.....          | 236        | 15.8 小结.....               | 277        |
| 12.4 广域网技术.....                | 238        | 15.9 练习.....               | 278        |



|                              |     |                               |     |
|------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| <b>第 16 章 网络管理</b> .....     | 279 | 18.3 小结 .....                 | 303 |
| 16.1 网络规划 .....              | 279 | 18.4 练习 .....                 | 303 |
| 16.2 错误处理 .....              | 280 | <b>第 19 章 代理服务器</b> .....     | 304 |
| 16.3 配置管理 .....              | 280 | 19.1 代理服务器 .....              | 304 |
| 16.4 性能管理 .....              | 283 | 19.2 Proxy Caching .....      | 305 |
| 16.5 账户管理 .....              | 284 | 19.3 负载均衡 .....               | 307 |
| 16.6 安全维护 .....              | 284 | 19.4 透明代理服务器 .....            | 309 |
| 16.7 日常工作 .....              | 285 | 19.5 WCCP .....               | 310 |
| 16.8 防火墙 .....               | 286 | 19.6 Squid .....              | 311 |
| 16.9 小结 .....                | 287 | 19.7 小结 .....                 | 315 |
| 16.10 练习 .....               | 288 | <b>第 20 章 CCNA 模拟考题</b> ..... | 316 |
| <b>第 17 章 常见网络故障诊断</b> ..... | 291 | 20.1 测试 .....                 | 316 |
| 17.1 物理层故障 .....             | 292 | 20.2 测试二 .....                | 327 |
| 17.2 数据链路层故障 .....           | 292 | 20.3 测试一 .....                | 336 |
| 17.3 网络层故障 .....             | 293 | 20.4 测试四 .....                | 346 |
| 17.4 处理程序 .....              | 294 | 20.5 测试五 .....                | 355 |
| 17.5 其他故障原因 .....            | 294 | <b>附录 A 习题解答</b> .....        | 365 |
| 17.6 UPS .....               | 296 | <b>附录 B 计算机主机网络配置</b> .....   | 386 |
| 17.7 小结 .....                | 298 | <b>附录 C CCNA 考试范围</b> .....   | 389 |
| 17.8 练习 .....                | 298 | <b>附录 D 应聘网络工程师常考问题</b> ..... | 395 |
| <b>第 18 章 不均等分割子网</b> .....  | 299 |                               |     |
| 18.1 可变长子网掩码 .....           | 299 |                               |     |
| 18.2 VLSM 实例 .....           | 300 |                               |     |

# 第1章 网络起源

计算机网络的历史很复杂，一般是以 1969 年美国国防部在加州大学洛杉矶分校 (UCLA)、加州大学圣塔巴巴拉分校(UCSB)、斯坦福研究所和犹他大学等四地设立的 ARPANET 实验网络，作为现代网络的起源。本章简单介绍网络历史和计算机及通信的发展，章后小结并附有计算机与通信年表，以及参考网址。CCNA 考试不考本章内容。

## 1.1 从 ARPANET 到 Internet

目前遍及全世界的互联网，最初起源于美国国防部的一项军用网络研究，当初设计时，并没有想到要把网络拉到全世界，只是为了在核战争爆发时，能有一种网络在受到毁灭性攻击之后，仍然可以通行全世界，具有迅速恢复、畅通的能力。20 世纪 60 年代后期，美国国防部开始实施 DARPA 计划，开始架设网络，重点放在当美、俄两地间的网络线路中断时，数据仍可绕道别的国家到达目的地，这项计划实施的成果就是 ARPANET。

ARPANET 原来只是由美国国防部提供经费开发的准军事用途的网络系统，但是后来，由于加入的教育机构、研究单位和商业公司越来越多，ARPANET 逐渐成为非国防部通信的媒体。考虑到军事安全的问题，美国国防部在 1983 年另外成立了专门用于军事用途的 MILNET 网络。1986 年，美国国家科学基金会(NSF) 建立了 NSFnet，逐步取代 ARPANET 原先所提供的非国防部通信服务，专门负责全球民间网络交流，也就是后来的 Internet。

从 20 世纪 60 年代直到 20 世纪 90 年代，美国国防部(Department of Defense, DoD) 发展了大型、可靠的广域网络(Wide Area Network, WAN)。其中某些技术用于发展局域网(Local Area Network, LAN)，但更为重要的是，DoD 的 WAN 最后演变成为 Internet。

20 世纪 90 年代中期，美国国家计算机中心(NCSA)推出万维网(WWW)的第一个浏览器——Mosaic，为今日蓬勃的网页信息流通揭开了序幕。著名的 Netscape 和 Internet Explorer，以及许多其他的互联网浏览器，都由 Mosaic 发展而来。

当新世纪来临时，下一步就是计算机和通信技术的整合，特别是声音、影像和数据的整合——这些传统上由不同系统传输的信息可整合成为一条信息流。

## 1.2 TCP/IP

美国国防部最初对网络通信协议的研究，主要着眼于“包交换”(Packet Switching) 的

技术。从 1969 年开始进行如下项目的研究：

- 统一的通信协议
- 稳定的通信过程
- 易于重新配置

这项研究计划最后的产物便是 TCP/IP 的雏形。TCP/IP 是一套通信协议，包含多种通信规则，传输控制协议(TCP)与网际协议(IP)是这套通信协议中最重要的两种通信协议——该通信协议便以此命名。

最初的 TCP/IP 通信协议是在 20 世纪 80 年代初期发展出来的，并于 1983 年成为 ARPANET 的标准通信协议。伯克利标准版(BSD)的 UNIX 4.2 版第一次引入 TCP/IP 作为内置的网络通信协议，由于此版本的 UNIX 流传甚广，使得 TCP/IP 协议与 UNIX 操作系统密不可分。

以下是几个与 TCP/IP 有关的通信协议及服务：

- **Telnet**：模拟终端连接远程主机的通信协议，让用户可以登录并且使用网络上的其他主机(称为远程主机)。
- **FTP(File Transfer Protocol)**：文件传输协议，让用户能够在计算机主机之间传输文件。
- **NFS(Network File System)**：网络文件系统，这是较为复杂的远程文件访问服务，让用户能够访问在远程计算机主机中的文件，这些文件就好像是存放在自己的计算机中一样。
- **SNMP(Simple Network Management Protocol)**：简单网络管理协议，用于管理远程网络设备。
- **SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)**：简单邮件传输协议，用于传送电子邮件。
- **POP(Post Office Protocol)**：电子邮局协议，用于接收与转发电子邮件。
- **DNS(Domain Name Service)**：域名服务，将计算机名称转换为计算机 IP 地址，便于用户使用计算机名称(有意义的文字)，而不必使用 IP 地址(不能望文生义的数字)连接远程计算机。
- **HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)**：超文本传输协议，用于浏览 WWW 网页。

随着互联网的发展，TCP/IP 通信协议的内容也不断更新。最近几年，互联网的应用已经远远超过原始的运作范围，新的 TCP/IP 家族成员陆续加入，扩展的 TCP/IP 通信协议，如微软的 NetBEUI over TCP/IP 也是随着 TCP/IP 的广泛使用而出现的。

有关 TCP 的工作原理与 IP 的详细介绍，请参阅第 2 章、第 5 章和第 7 章各节。

## 1.3 以太网

在局域网的不同网络类型当中，以太网(Ethernet) 是使用最多的一种。以太网受到普遍欢迎的主要原因是容易架设与维护、便宜的器材设备，以及简单的工作原理。

有关以太网处理冲突和冲突领域的历史，可以追溯到 20 世纪 70 年代夏威夷大学的研究，以及他们试图为夏威夷岛研制的无线通信系统。这一时期研究人员开发了一套名

为 Aloha 的协议，是以太网发展的基础。

1970 年末，夏威夷大学开发了一种无线通信系统(ALOHA)用于连接夏威夷群岛的通信。该通信系统采用的协议允许用户随意传输，结果造成了无线电“碰撞”，大家在传输时，可以互相监听彼此的讯息。后来，ALOHA 发展成为一种计算机网络通信协议，称为载波监听多重访问/冲突检测(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD)。

CSMA/CD 是一套简单的通信规则。每个成员在发送数据时必须先侦测网络上是否有数据正在传输，如果侦测不到信号，就表示可以传输。但是，由于数据在传输媒体上传输会有延迟，因此可能会发生误判。在同一个网络媒体上，如果有一个以上的成员同时传送数据，就会产生碰撞。网络上的每一个成员，不管是正在传送数据，或是正在准备传送数据，都必须侦测碰撞信号，一旦侦测到碰撞信号，这时任何人都必须停止传输，开始安静等待，直到碰撞信号消失，才能再试着传输。有关 CSMA/CD 的详细介绍，请参阅第 4.7 节“以太网”。

## 1.4 计算机与网络设备的发展

1938 年，Konrad Zuse 研制了一部可编写程序的二进制机器，原名叫“V1”，后来改为“Z1”。这个计数机采用浮点进行的操作，有 7 个比特的指数，16 个比特的尾数，以及一个正负号位。1941 年 2 月，Zuse 完成“V3”(后来叫 Z3 的)研制，它是第一部可编写程序的计数机，也是用浮点进行的操作，有 7 个比特的指数，14 个比特的尾数，以及一个正负号位，存储器可以贮存 64 个字，需要 1 400 个继电器，它的运算及控制部件超过 1 200 个。

由宾西法尼亚大学(University of Pennsylvania)电机系的 John Mauchly 及 J. Presper Eckert 负责进行的研究项目的产物——ENIAC，1946 年 2 月在费城首次公开，一般公认这是世界上第一台计算机。ENIAC 的全称为“Electronic Numerical Integrator and Computer”。后来，Mauchly 及 Eckert 于同年 3 月底辞去教学工作，创立了第一家计算机公司。

1947 年，William Shockley、John Bardeen 以及 Walter Brittain 发明了“转移电阻”(transfer resistance)，后来称为电晶体，它比真空管更可靠，这是计算机史上的重大改革。在 20 世纪 50 年代，执行打卡程序的大型计算机主机开始为大型机构所普遍使用。集成电路在 20 世纪 50 年代末问世，它在一小片半导体上集合多个电晶体。在接下来的 60 年代，终端机连着大型计算机主机已经十分常见，且集成电路的使用越来越广泛。

20 世纪 60 年代末至 70 年代后期，被称为迷你计算机的微型计算机(虽然从今天的标准来看还是很庞大)开始出现。1978 年，苹果计算机(Apple Computer)推出个人计算机。1981 年，IBM 推出开放结构的个人计算机。易学易用的 Mac、开放结构的 IBM PC，以及更微小的集成电路，使得个人计算机在家庭和商业中得以开始广泛使用。20 世纪 80 年代末期，计算机用户开始使用单台计算机去共享数据(文件)和资源(打印机)。这时，有人开始提议，为何不将各台计算机连接起来？

就在这一切发生的同时，电话系统也在持续发展中，特别是在交换技术领域和长途服务方面，发展了贯通全世界的可靠电话系统。通过网络接口控制卡(NIC)和网络传输媒体，如双绞线、同轴电缆、光纤、无线电、激光、微波和红外线等装置，计算机与计算机可以互相连接起来；再加上适当的通信协议，计算机与计算机之间便可以互相通信了。

假如互相通信的计算机距离遥远，所传输的信号便有可能产生衰减。中继器(repeater)可以有效增强衰减的信号，通过多个中继器(或称信号还原器、信号放大器)便可以提供远距离的信号传输。当互相连接、共享资源的计算机不只两台时，则需使用多端口中继器(或称集线器)，使一群用户可以共享文件、服务器及外围设备。我们可以称之为工作组网络。

很快的，工作组可能也需要与其他工件组进行通信。这时，由于集线器的功能会将全部信息广播到所有与之相连的计算机或设备，当主机的数目和工作组的数目增加，通信阻塞就会越来越严重。此时，使用桥接器可以将网络分段，以避免不必要的广播连通。

集线器的最大特点是“集中与连接”，桥接器的最大特点是“分段”，两者结合产生了交换机。交换机有很多端口，端口之间互相连接，而且每两个端口之间都等同于一个双端口的桥接器，可以隔离不必要的通信。因此，一个交换机可以同时容纳更多的用户和进行大容量的通信。

在 20 世纪 80 年代中期，被称为网关机器(后来称路由器)的特殊用途的计算机开发出来，这些设备可让各处独立的局域网相互联接。于是，网络便相互连接，成为互联网络(internetworks)。此前，美国国防部早已经开发出了功能全面的互联网络，但是，可执行最佳路由选择、能在不同协议间进行数据交换的路由器的全面商业化，才是造成网络爆炸性成长的主要因素。

## 1.5 RFC

RFC 的全称是 Request for Comments，意为“请求注释”。要想在开放式的网络中建立新的通信协议，必须通过国际标准化组织(International Standardization Organization, ISO) 发出 RFC，由全球的用户给予批评和建议，经过共同的监督、测试与使用之后，才能成为大家都能接受的标准。

由该机制产生的协议，必须通过层层检验、测试及审核，通过广泛认可之后才能在网络中使用。所以 RFC 是依据大多数人的需求，在开放的网络环境下，建立一个大众需要的网络协议规则，或称之为标准，然后将这个规则应用到网络中，使全球的用户都可以受惠，这也是开放式网络深受欢迎的原因之一。在成为标准的过程中，通信协议要经过几个阶段，如“提案标准”(Proposed Standard)、“草案标准”(Draft Standard)，以及最后定案成为普遍依据的“标准”(Standard)。

审核通过的 RFC 会以编号的方式记录下来。例如，我们所熟悉的 FTP 协议，它的 RFC 编号是 959，所以只要找到 RFC-959 编号的文件，便可以查阅 FTP 协议的详细规格。表 1.1 中列出了一些常用的网络协议所对应的 RFC 编号。

表1.1 常用通信协议的RFC编号表

| RFC 编号     | 说 明   |
|------------|---|
| 768        | User Data Program (UDP)                                 |
| 791        | Internet Protocol (IP)                                  |
| 792        | Internet Control Message Protocol (ICMP)                |
| 793        | Transmission Control Protocol (TCP)                     |
| 826        | Address Resolution Protocol (ARP)                       |
| 854        | Telnet Protocol (Telnet)                                |
| 894        | IP over Ethernet  |
| 919, 922   | IP Broadcast Datagrams (broadcasting with subnets)      |
| 950        | Internet Standard Subnetting Procedure (Updates RFC792) |
| 1001, 1002 | NetBIOS Service Protocols                               |
| 1034, 1035 | Domain Name System                                      |
| 1042       | IP over Token Ring                                      |
| 1055       | Transmission of IP over Serial Lines (IP-SLIP)          |
| 1058       | Routing Information Protocol                            |
| 1112       | Internet Gateway Multicast Protocol (IGMP)              |
| 1157       | Simple Network Management Protocol (SNMP)               |
| 1188       | IP over FDDI  |
| 1201       | IP over ARCNET  |
| 1350       | Trivial File Transfer Protocol (TFTP)                   |
| 1519       | Classless Inter-Domain Routing (CIDR)                   |
| 1661       | Point to Point Protocol                                 |
| 1662       | PPP in High-level Data Link Control (HDLC) Framing      |
| 1994       | PPP Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)  |
| 2131       | Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)              |
| 2453       | Routing Information Protocol Version 2                  |

具有 RFC 编号的文件一经公开之后, 就不能够再用同样的 RFC 编号对该文件进行修正。任何公开修正都会再经过如前所述的取得通信协议标准的程序, 使用新的 RFC 编号。如果有新的 RFC 文件取代了旧的 RFC 文件, 会在新的 RFC 文件标题页上载明作废的旧的 RFC 编号, 并在旧的 RFC 文件上标注作废的标签, 指出新的 RFC 文件编号。RFC 文件标题页上的标注, 视其处理情况, 可有如下不同的名称:

- 标准(S): 互联网的正式标准通信协议。
- 草案标准(DS): 在认可为标准之前, 处于最后研究阶段的通信协议。
- 提案标准(PS): 纳入未来标准化考虑的通信协议。
- 实验性的(E): 正在进行实验但尚未准备进入标准处理的通信协议。
- 知识性的(I): 未经标准审查处理的通信协议。

- 历史性的(H): 已废除或不再考虑标准化的通信协议。

RFC 的管理及审核单位有 4 个, 分别是:

- IAB(Internet Activities Board): 在协议产生前或审核作业中, 负责验证的单位。所有成为 RFC 的标准协议, 在这之前, 都必须通过 IAB 的认可。
- IRTF(Internet Research Task Force): 负责协调 RFC 的内容, 避免出现重复定义的协议。
- IETF(Internet Engineering Task Force): 负责解决 RFC 在互联网工程协议的问题。
- NIC(Network Information Center): 负责管理收集 RFC 的标准通信协议, 将 RFC 的数据复制分发到世界各地的 NIC 分支机构。

要查询 RFC, 可以登录 NIC 的网站: <http://www.internic.net>, 或到其他提供 RFC 数据下载服务的 FTP 站点, 如以下的几个网址:

- <http://www.internic.net>
- <http://nis.nsf.net>
- <http://www.ietf.org>
- <http://wuarchive.wustl.edu>

## 1.6 小 结

本章概括介绍了最早的计算机网络——由美国国防部提供经费开发的 ARPANET; TCP/IP 的由来, 及常见的通信协议; 以太网的起源, 载波侦听多重访问/冲突检测 (CSMA/CD) 工作原理简述; 计算机的历史与网络设备的发展; 请求注释(Request For Comments, RFC)通信协议标准的产生与废止, 及其相关的管理单位与网址。

有关 ARPANET 的相关信息可参考下面两个网址:

- <http://webopedia.internet.com/TERM/A/ARPANET.html>
- <http://www.dei.isep.ipp.pt/docs/arpa.html>

表 1.2 为计算机与通信年表:

表1.2 计算机与通信年表

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| 19 世纪 90 年代 | 贝尔发明电话; 电话服务迅速扩展                      |
| 1900 年以前    | 长途通信包括信差、驿车、烟雾信号、信鸽与电报                |
| 20 世纪 20 年代 | AM 收音机发明                              |
| 1939        | FM 收音机出现                              |
| 20 世纪 40 年代 | 二次世界大战加速了收音机和微波通信的发展                  |
| 1946        | ENIAC 1946 年 2 月在费城首次公开, 一般公认这是第一台计算机 |
| 1947        | 半导体问世                                 |

续表 1.2

|             |  |
|-------------|--|
| 20 世纪 50 年代 | 发明集成电路(IC)   |
| 20 世纪 60 年代 | 大型主机计算机问世  |
| 1962        | 研究包交换网络  |
| 1969        | ARPANET 在 UCLA、UCSB、Stanford 和 Utah University 成立  |
| 20 世纪 70 年代 | 数字式集成电路广泛使用; 个人计算机问世   |
| 1972        | 发明电子邮件程序   |
| 20 世纪 80 年代 | 广泛使用个人计算机、UNIX 系统和微型计算机  |
| 1981        | BITNET (Because It's Time Network) 国际学术网络启用, 从 CUNY 连接到 Yale   |
| 1982        | 发表 OSI 模型和协议   |
| 1983        | ARPANET 分为两部分, 即军事用途的 MILNET 及一般用途的 Internet   |
| 1984        | Cisco Systems 成立   |
| 1986        | NFSNET(美国国家科学基金会网络)成立, 连接美国境内 5 个高速计算机中心   |
| 20 世纪 90 年代 | 互联网用户每半年增长一倍   |
| 1991        | ARPANET 停止运行   |
| 1993        | 最早的图形界面浏览器 Mosaic 问世   |
| 1994        | Netscape Navigator 问世  |
| 1995        | IETF 推出 IPv6   |
| 1998        | 5 月, Intel、Ericsson、Nokia、IBM 及 Toshiba 组成一个特别兴趣小组(Special Interest Group, SIG), 目标是制定一套短距离射频无线连接技术的标准, 此标准即为蓝牙技术(Bluetooth)<br>Cisco 网络学院成立 |
| 1999        | Y2K 千年虫危机处理计算机时序问题   |

第 2 章将介绍 OSI 参考模型, 以及当数据通过各个层时, OSI 模型的每一层如何执行其功能。

## 1.7 练 习

1. 简述 ALOHA 的工作原理。
2. 简述 TCP/IP 的发展史。
3. RFC 的全称是什么, 它是做什么用的?
4. 简述 CSMA/CD 的工作原理。
5. WWW 是何时问世的?
6. 请举出本章中所提到的网络设备。



## 第 2 章 OSI 七层模型

OSI 七层模型(Open System Interconnection 7-Layer Model)是国际标准化组织于 1984 年提出的网络协议结构模型。其主要目的如下:

- 模块化通信结构
- 标准化接口
- 降低复杂程度
- 增进技术交流
- 加速研究开发
- 简化教育与学习

OSI 七层模型由上到下每一层的名称如下:

|     |              |       |
|-----|--------------|-------|
| 第七层 | Application  | 应用层   |
| 第六层 | Presentation | 表示层   |
| 第五层 | Session      | 会话层   |
| 第四层 | Transport    | 传输层   |
| 第三层 | Network      | 网络层   |
| 第二层 | Data Link    | 数据链路层 |
| 第一层 | Physical     | 物理层   |

这套模型类似于一栋七层楼的建筑物,每一个在互联网上的成员,也就是具备上网能力的计算机,都可被视为拥有这样一栋七层的楼房,如图 2.1 所示。

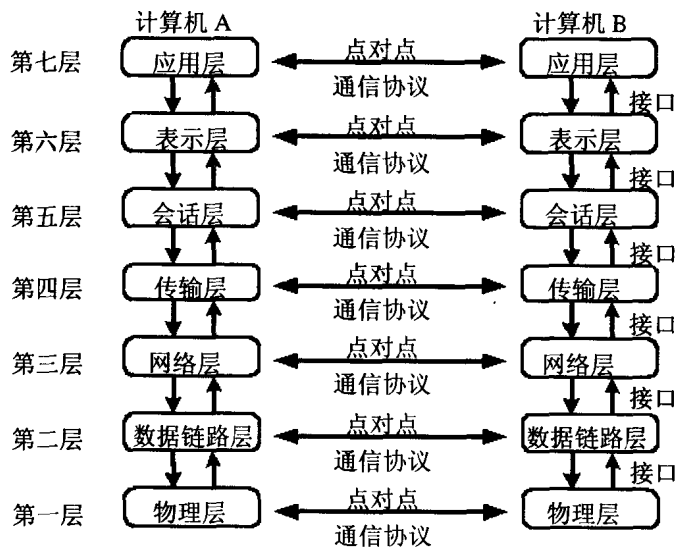


图 2.1 OSI 网络七层模型