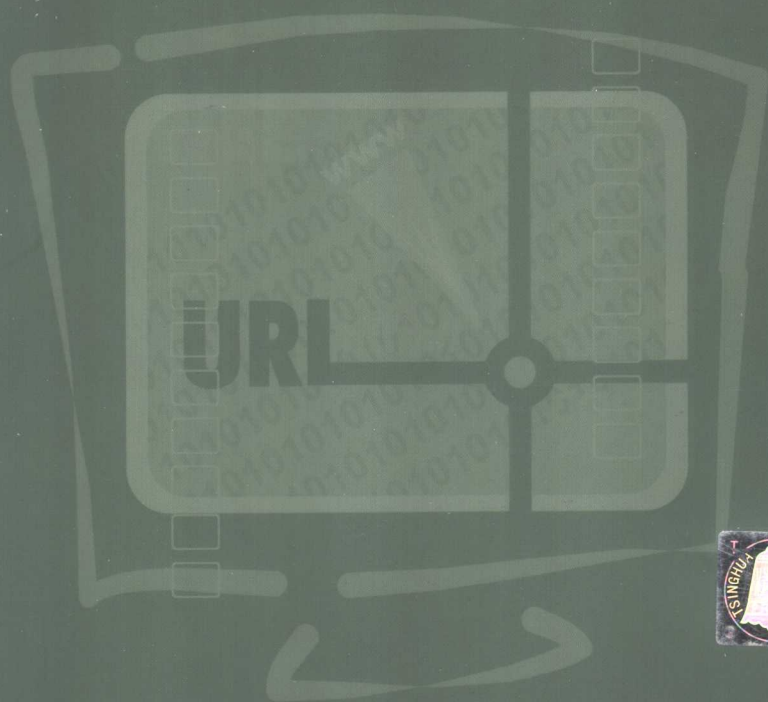


实用计算机网络技术丛书

# 网络协议

## 教程

陈明 编著



清华大学出版社

NETWORK

实用计算机网络技术丛书

# 网络协议教程

陈 明 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书详细和系统地介绍了当前网络协议的有关内容,主要包括数据通信基础、网络协议和服务、计算机网络体系结构、物理层协议、数据链路层协议、网络层协议、传输层协议、高层协议、简单网络管理协议等内容。

本书内容系统而全面,可作为大学计算机网络及相关课程教材,也可作为计算机网络工程技术人员的参考书。

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

网络协议教程/陈明编著. —北京:清华大学出版社,2004.6

(实用计算机网络技术丛书)

ISBN 7-302-08129-8

I.网… II.陈… III.计算机网络—通信协议—高等学校—教材 IV.TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 012650 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社总机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 冯志强

封面设计: 品位数码

印 刷 者: 清华园胶印厂

装 订 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 21.75 字数: 539 千字

版 次: 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08129-8/TP·5873

印 数: 1~5000

定 价: 29.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

# 总 序

计算机科学与技术的产生与发展是 20 世纪科学发展史上最伟大的事件之一,计算机网络技术的出现是计算机应用的又一里程碑,计算机网络的发展对人类的政治、经济和文化将产生深远的影响。十几年前,Sun 公司提出了“网络就是计算机”的著名理念,在此之后,计算机网络得到了飞速发展,走过了从局域网、广域网到因特网的普及的道路。今天,随着对等计算和网格计算的兴起,网络不仅成为充当连接不同计算机的桥梁,更应成为扩展计算能力、提供公共计算服务的平台。

计算机网络技术是计算机技术和通信技术的融合和交集,因此,涉及的基础是广泛的,包括的内容是丰富的。涉及的主要内容包括信息基础设施、三网合一、因特网服务等。信息基础设施的内容包括物理网、骨干网、宽带接入方式、网络安全应急响应服务、高性能网络体系结构等;三网合一是指通信网、广播网和计算机网络技术紧密结合,实现统一网络,主要内容包括数字电视系统、IP 电话、多媒体网络规划等;因特网服务主要包括电子业务和电子商务、应用基础设施提供商 AIP、互联网数据中心和应用服务提供商等。

这次推出的 6 本网络教程(《局域网络教程》、《广域网络教程》、《网络设备教程》、《网络协议教程》、《网络设计教程》和《网络安全教程》)是网络技术的重要组成部分,主要介绍网络构建方面所涉及的技术。对于较高层次透明的分布式系统没有介绍和讨论,对于基于网络环境下的各种类型的网络计算也没有涉及。

《局域网络教程》主要内容包括局域网络概述、数据通信基础、局域网络的物理介质、网络体系结构、经典局域网络、高速以太网、光纤分布数据接口、异步传输模式、光纤通道无线局域网络、城域网络、网络操作系统、网络安全和局域网络应用等。

《广域网络教程》主要内容包括广域网络通信基础、点对点选择、X.25 网、综合业务服务网、帧中继、光纤通道、异步传输模式、数字数据网、广域网络路由、广域网络方案设计等。

《网络协议教程》主要内容包括计算机网络概述、数据通信基础、网络协议和服务概述、计算机网络体系结构、物理层协议、数据链路层协议、网络层协议、传输层协议、高层协议、简单网络管理协议 SNMP 等。

《网络设备教程》主要内容包括网络设备概述、调制解调器、网络接口卡、集线器、网桥、交换机、路由器、网关、网络存储系统、网络服务器、网络打印设备。

《网络安全教程》主要内容包括网络安全概述、网络安全的基本概念、网络基础与 TCP/IP 详解、数据加密技术、网络攻击检测技术、网络攻击技术、计算机病毒与反病毒、防火墙技术、虚拟网技术、Web 安全、软件安全漏洞等。

《网络设计教程》主要内容包括网络分析与设计基础、网络分析与设计过程、网络需求分析、通信规范、逻辑网络设计、物理网络设计、网络测试、运行与维护等。

本套书是基于大专院校计算机专业和相近专业的教材而编写的,它们与计算机学科的科技参考书和专著不同,主要特点如下:

- 注重了全书的完整性、系统性、层次性。
  - 考虑到计算机网络技术的飞速发展,注重了对新技术、新方法的吸收和融合,增强了实用性和现代性。
  - 语言简洁,定义明确,对较困难和较繁琐问题的介绍深入浅出,增强了可理解性。
  - 每章都附有小结和习题,便于学习总结和自测。
  - 本书在理论上处于中等水平,因此,不仅适用于高等院校的教材,也适用于网络培训教材。
  - 在各本教程中,尽量减少内容重复,但保证每本教程的内容完整性。
  - 采用了原理和应用相结合的介绍方法,保证了教材应用的广泛性。
  - 书中结构为积木状,各章相对独立,增强了全书的开放性和独立性。
- 由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

陈 明

# 前 言

利用计算机网络进行通信时,需要控制信息传送的协议以及其他相应的网络软件。这是因为仅仅使用硬件进行通信就好像用 0 和 1 二进制编程那样难以实现。为了方便网络程序设计,计算机通常都是连接到使用复杂的软件的网络上。这些软件为应用程序提供了方便的高层接口,自动处理大多数底层的通信细节和问题。因此,大多数应用程序依靠网络软件通信,并不直接与网络硬件打交道。网络中的通信是指在不同系统中的实体之间的通信。实体是指能发送和接收信息的终端、应用软件和通信进程等。

实体之间通信需要一些规则和约定,如传送的信息块采用何种编码和怎样的格式;如何识别收发者的名称和地址;传送过程中出现错误如何处理;发送和接收速率不一致怎么办。简单地讲,通信双方在通信时需要遵循的一些规则和约定就是协议。

网络协议就是用来为完全不同的系统提供共同的用于通信的环境。LAN 协议使得网络通信电缆上传递的简单的电子信号变得有意义。没有协议,网络通信是不可能存在的。为了让两个工作站能够充分地进行通信,必须使用相同的协议。

计算机网络中不同系统的两个实体间只有在通信的基础上,才有可能相互交换信息,共享网络资源。一般来说,实体是软件元素或硬件元素的抽象,能发送和接收信息的实体可以是用户应用程序、文件传送包、数据库管理系统、电子邮件设备和终端等。而把计算机、交换机等设备称为网络节点,每个网络节点包含多个实体。系统可包含一个或多个实体,两实体间要是能通信,就必须能够相互理解,共同遵守都能接受的规则。把这些规则的集合称为协议。因此协议也可被称为两实体间控制数据交换规则的集合,它用来实现计算机网络资源共享、信息交换,各实体之间经常要进行的各种通信和对话。协议有 3 个要素:语义、语法和时序。协议就是计算机网络中实体之间有关通信规则约定的集合。通信协议的规则主要包括对通信的发送者和接收者完成的操作(语义)和交换信息的格式(语法)等。

本书主要介绍当前网络协议的有关内容,数据通信基础、网络协议和服务、计算机网络体系结构、物理层协议、数据链路层协议、网络层协议、传输层协议、高层协议、简单网络管理协议等内容。

在数据通信一章中,介绍了传输介质、模拟传输与数字传输、信道、通信方式、数据交换方式和差错控制等。

在网络协议和服务一章中,介绍了协议、数据单元、服务、接口和访问点、层次结构、面向连接的服务和无连接的服务、服务原语、协议与服务的关系等。

在计算机网络体系结构一章中,介绍了 OSI 参考模型、物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层、OSI 参考模型总结、TCP/IP 参考模型、IBM 系统网络体系结构模型、数据通信服务实体等。

在物理层协议一章中,主要介绍了物理层协议概述和物理层协议实例。

在数据链路层协议一章中,介绍了数据链路层协议机制、成帧、局域网协议、广域网协议等。

在网络层协议一章中,较详细地介绍了 IP 协议、Internet 控制协议、IP 路由选择协议、下一代的网际协议、X.25 的网络层协议、ATM 层、IBM SNA 路径控制协议及 NETBIOS 协议、Apple Talk 的 DDP 协议等。

在传输层协议一章中,介绍了传输控制协议(TCP)、TCP 报文段、TCP 连接管理、TCP 传输策略、TCP 拥塞控制、TCP 定时器管理、用户数据报(UDP)协议、TCP 和 UDP 协议、ATM 的 AAL 协议、IBM 的系统网络体系结构(SNA)传输控制协议、Apple Talk 的事务协议 ATP 等。

在高层协议一章中,介绍了域名系统(DNS)、文件传送和存取、远程登录协议(TELNET)、电子邮件、万维网、IBM NETBIOS 的 SMB 协议等。

在简单网络管理协议一章中,介绍了网管的基本概念、抽象语法符号 1(ASN.1)、SMI 管理信息的结构、管理信息库(MIB)、SNMP 协议、SNMP v2 协议、SNMP v3 协议等。

在本书的编写过程中,我的研究生徐东燕、陈清夷、刘庆、宋晓艳、张丽英、高雁、赵旭霞、王秀文、王永等参加了资料的收集和整理工作。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

陈 明

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 概述 .....            | 1  |
| 1.1 计算机网络的组成 .....        | 1  |
| 1.2 计算机网络的拓扑结构 .....      | 3  |
| 1.3 计算机网络的分类 .....        | 5  |
| 1.3.1 基于传输技术分类 .....      | 6  |
| 1.3.2 基于网络覆盖的地理范围分类 ..... | 7  |
| 1.3.3 基于网络的拓扑结构分类 .....   | 11 |
| 1.3.4 基于网络协议分类 .....      | 11 |
| 小结 .....                  | 12 |
| 习题 .....                  | 12 |
| 第 2 章 数据通信基础 .....        | 13 |
| 2.1 传输介质 .....            | 13 |
| 2.1.1 双绞线 .....           | 13 |
| 2.1.2 同轴电缆 .....          | 14 |
| 2.1.3 光纤 .....            | 14 |
| 2.2 模拟传输与数字传输 .....       | 14 |
| 2.2.1 模/数转换 .....         | 17 |
| 2.2.2 数据编码技术 .....        | 19 |
| 2.3 信道 .....              | 22 |
| 2.3.1 信道概述 .....          | 22 |
| 2.3.2 信道带宽 .....          | 23 |
| 2.3.3 传输时延 .....          | 24 |
| 2.3.4 信道容量 .....          | 24 |
| 2.3.5 信道复用 .....          | 25 |
| 2.4 通信方式 .....            | 31 |
| 2.4.1 数据传输方向 .....        | 31 |
| 2.4.2 异步传输和同步传输 .....     | 32 |
| 2.4.3 并行通信与串行通信 .....     | 33 |
| 2.5 数据交换方式 .....          | 34 |
| 2.5.1 电路交换 .....          | 34 |
| 2.5.2 报文交换 .....          | 35 |
| 2.5.3 分组交换 .....          | 36 |
| 2.6 差错控制 .....            | 39 |
| 2.6.1 传输差错 .....          | 39 |

---

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 2.6.2 差错控制方法 .....         | 39        |
| 2.6.3 纠错编码 .....           | 40        |
| 小结 .....                   | 45        |
| 习题 .....                   | 46        |
| <b>第3章 网络协议和服务 .....</b>   | <b>47</b> |
| 3.1 协议 .....               | 47        |
| 3.1.1 协议分层的概念 .....        | 48        |
| 3.1.2 开放系统、子系统、N层与实体 ..... | 49        |
| 3.1.3 分层与路由 .....          | 49        |
| 3.1.4 封装与解包 .....          | 50        |
| 3.2 数据单元 .....             | 53        |
| 3.3 服务、接口和访问点 .....        | 53        |
| 3.4 层次结构 .....             | 54        |
| 3.5 连接服务和无连接服务 .....       | 55        |
| 3.6 服务原语 .....             | 57        |
| 3.7 协议与服务的关系 .....         | 59        |
| 小结 .....                   | 60        |
| 习题 .....                   | 60        |
| <b>第4章 计算机网络体系结构 .....</b> | <b>61</b> |
| 4.1 OSI 参考模型 .....         | 61        |
| 4.2 物理层 .....              | 62        |
| 4.3 数据链路层 .....            | 63        |
| 4.3.1 数据链路层简介 .....        | 63        |
| 4.3.2 数据链路层服务 .....        | 63        |
| 4.4 网络层 .....              | 65        |
| 4.4.1 网络层简介 .....          | 65        |
| 4.4.2 网络层服务 .....          | 65        |
| 4.5 传输层 .....              | 66        |
| 4.5.1 传输层简介 .....          | 66        |
| 4.5.2 传输层服务 .....          | 67        |
| 4.6 会话层 .....              | 68        |
| 4.6.1 会话层简介 .....          | 68        |
| 4.6.2 会话层服务 .....          | 71        |
| 4.7 表示层 .....              | 72        |
| 4.7.1 表示层简介 .....          | 72        |
| 4.7.2 数据表示 .....           | 72        |
| 4.7.3 数据安全 .....           | 73        |
| 4.7.4 数据压缩 .....           | 74        |
| 4.8 应用层 .....              | 74        |

---

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 4.8.1 应用层简介 .....            | 74         |
| 4.8.2 文件传输、访问和管理(FTAM) ..... | 75         |
| 4.8.3 报文处理系统(MHS) .....      | 77         |
| 4.8.4 虚拟终端协议(VTP) .....      | 78         |
| 4.9 OSI 参考模型总结 .....         | 80         |
| 4.10 TCP/IP 参考模型 .....       | 81         |
| 4.11 IBM 系统网络体系结构模型 .....    | 84         |
| 4.12 其他协议概述 .....            | 86         |
| 4.12.1 NETBIOS 应用程序接口 .....  | 86         |
| 4.12.2 Apple Talk 协议 .....   | 86         |
| 4.13 数据通信服务 .....            | 88         |
| 4.13.1 X.25 协议 .....         | 88         |
| 4.13.2 帧中继 .....             | 89         |
| 4.13.3 异步传输模式(ATM) .....     | 94         |
| 小结 .....                     | 101        |
| 习题 .....                     | 101        |
| <b>第 5 章 物理层协议</b> .....     | <b>102</b> |
| 5.1 物理层协议概述 .....            | 102        |
| 5.2 物理层协议示例 .....            | 103        |
| 5.2.1 EIA RS-232 接口标准 .....  | 103        |
| 5.2.2 RS-449 接口标准 .....      | 107        |
| 5.2.3 X.21 标准 .....          | 109        |
| 5.2.4 ATM 的物理层 .....         | 111        |
| 小结 .....                     | 114        |
| 习题 .....                     | 115        |
| <b>第 6 章 数据链路层协议</b> .....   | <b>116</b> |
| 6.1 数据链路层协议机制 .....          | 116        |
| 6.1.1 停止等待协议 .....           | 116        |
| 6.1.2 滑动窗口协议 .....           | 123        |
| 6.2 成帧 .....                 | 127        |
| 6.2.1 字符计数法 .....            | 127        |
| 6.2.2 带填充字符的首尾界符法 .....      | 127        |
| 6.2.3 带填充位的首尾标志法 .....       | 128        |
| 6.3 局域网协议 .....              | 129        |
| 6.3.1 局域网体系结构 .....          | 129        |
| 6.3.2 逻辑链路控制(LLC)协议 .....    | 131        |
| 6.3.3 介质访问控制(MAC)协议 .....    | 138        |
| 6.4 广域网协议 .....              | 160        |
| 6.4.1 HDLC 协议 .....          | 161        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 6.4.2 串行线路网络协议(SLIP) .....           | 168        |
| 6.4.3 点到点协议(PPP) .....               | 169        |
| 6.4.4 X.25 协议的数据链路层 .....            | 171        |
| 6.4.5 帧中继(FR)的数据链路层 .....            | 171        |
| 6.4.6 ATM 的数据链路层 .....               | 174        |
| 小结 .....                             | 177        |
| 习题 .....                             | 177        |
| <b>第7章 网络层协议</b> .....               | <b>178</b> |
| 7.1 IP 协议 .....                      | 178        |
| 7.1.1 IP 协议概述 .....                  | 178        |
| 7.1.2 IP 地址的表示方法 .....               | 178        |
| 7.1.3 子网 .....                       | 181        |
| 7.1.4 IP 地址转换 .....                  | 183        |
| 7.1.5 IP 数据报的格式 .....                | 184        |
| 7.1.6 IP 数据报的封装、分段与重组 .....          | 187        |
| 7.1.7 IP 报文转发 .....                  | 188        |
| 7.1.8 IP 路由表 .....                   | 189        |
| 7.2 Internet 控制协议 .....              | 191        |
| 7.2.1 Internet 控制报文协议(ICMP) .....    | 191        |
| 7.2.2 Internet 组管理协议(IGMP) .....     | 193        |
| 7.2.3 地址解析协议(ARP) .....              | 195        |
| 7.2.4 反向地址解析协议(RARP) .....           | 197        |
| 7.3 IP 路由选择协议 .....                  | 198        |
| 7.3.1 内部网关路由选择协议 .....               | 198        |
| 7.3.2 外部网关路由选择协议 .....               | 213        |
| 7.4 IP v6(IPng) 协议 .....             | 221        |
| 7.4.1 IP v6 特点 .....                 | 221        |
| 7.4.2 IP v6 分组 .....                 | 221        |
| 7.5 X.25 的网络层协议 .....                | 227        |
| 7.5.1 X.25 分组层简介 .....               | 227        |
| 7.5.2 X.25 的分组格式 .....               | 230        |
| 7.6 ATM 层 .....                      | 234        |
| 7.6.1 信元格式 .....                     | 234        |
| 7.6.2 虚拟通路和虚拟通道 .....                | 236        |
| 7.6.3 ATM 虚拟连接的建立 .....              | 238        |
| 7.6.4 交换功能和路由选择 .....                | 240        |
| 7.6.5 服务类型和服务质量 .....                | 242        |
| 7.6.6 通信量整形和控制 .....                 | 244        |
| 7.7 IBM SNA 路径控制协议及 NETBIOS 协议 ..... | 247        |
| 7.7.1 SNA 路径控制协议 .....               | 248        |

---

|              |                                |            |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 7.7.2        | NETBIOS 协议 .....               | 248        |
| 7.7.3        | NETBEUI 协议 .....               | 249        |
| 7.8          | Apple Talk 的 DDP 协议 .....      | 250        |
| 小结           | .....                          | 251        |
| 习题           | .....                          | 251        |
| <b>第 8 章</b> | <b>传输层协议 .....</b>             | <b>253</b> |
| 8.1          | 传输控制协议(TCP) .....              | 253        |
| 8.1.1        | 端口和套接字 .....                   | 256        |
| 8.1.2        | TCP 的服务 .....                  | 257        |
| 8.2          | TCP 报文段 .....                  | 257        |
| 8.3          | TCP 连接管理 .....                 | 261        |
| 8.4          | TCP 传输策略 .....                 | 263        |
| 8.5          | TCP 拥塞控制 .....                 | 265        |
| 8.5.1        | 慢启动算法 .....                    | 266        |
| 8.5.2        | 拥塞避免算法 .....                   | 266        |
| 8.5.3        | 快速重传与快速恢复算法 .....              | 267        |
| 8.6          | TCP 定时器管理 .....                | 267        |
| 8.7          | 用户数据报协议(UDP) .....             | 269        |
| 8.8          | TCP 和 UDP 协议 .....             | 271        |
| 8.9          | ATM 的 AAL 层协议 .....            | 273        |
| 8.9.1        | ATM 适配 .....                   | 273        |
| 8.9.2        | ATM 适配层的结构和协议类别 .....          | 274        |
| 8.9.3        | 在 ATM 上面的帧中继 .....             | 277        |
| 8.10         | IBM 的系统网络体系结构(SNA)传输控制协议 ..... | 279        |
| 8.11         | Apple Talk 的事务协议(ATP) .....    | 279        |
| 小结           | .....                          | 280        |
| 习题           | .....                          | 280        |
| <b>第 9 章</b> | <b>高层协议 .....</b>              | <b>281</b> |
| 9.1          | 域名系统(DNS) .....                | 281        |
| 9.1.1        | DNS 名字空间 .....                 | 282        |
| 9.1.2        | 资源记录 .....                     | 283        |
| 9.1.3        | 域名服务器 .....                    | 285        |
| 9.1.4        | 域名解析服务 .....                   | 285        |
| 9.2          | 文件传输和存取 .....                  | 287        |
| 9.2.1        | 文件传输协议(FTP) .....              | 287        |
| 9.2.2        | 简单文件传输协议(TFTP) .....           | 292        |
| 9.2.3        | 网络文件系统(NFS) .....              | 292        |
| 9.3          | 远程登录协议(TELNET) .....           | 293        |
| 9.4          | 电子邮件 .....                     | 296        |

---

|               |                             |            |
|---------------|-----------------------------|------------|
| 9.4.1         | 电子邮件简介 .....                | 296        |
| 9.4.2         | 简单邮件传输协议(SMTP) .....        | 297        |
| 9.4.3         | 邮件读取协议(POP) .....           | 298        |
| 9.4.4         | 电子邮件格式 .....                | 298        |
| 9.5           | 万维网(WWW) .....              | 299        |
| 9.5.1         | Web 浏览器与 Web 服务器 .....      | 299        |
| 9.5.2         | 超文本传输协议(HTTP) .....         | 301        |
| 9.5.3         | 统一资源定位器(URL) .....          | 302        |
| 9.5.4         | 安装与配置 TCP/IP 协议 .....       | 304        |
| 9.6           | IBM NETBIOS 的 SMB 协议 .....  | 306        |
| 小结            | .....                       | 306        |
| 习题            | .....                       | 307        |
| <b>第 10 章</b> | <b>简单网络管理协议(SNMP)</b> ..... | <b>308</b> |
| 10.1          | 基本概念 .....                  | 308        |
| 10.1.1        | 网络管理结构 .....                | 308        |
| 10.1.2        | 网络管理协议体系结构 .....            | 311        |
| 10.1.3        | TRAP 导致的轮询 .....            | 312        |
| 10.1.4        | 委托 .....                    | 314        |
| 10.2          | 抽象语法符号 ASN.1 .....          | 315        |
| 10.2.1        | ASN.1 简介 .....              | 315        |
| 10.2.2        | 数据类型和值 .....                | 316        |
| 10.2.3        | 转换语法 .....                  | 318        |
| 10.3          | SMI 管理信息的结构 .....           | 320        |
| 10.4          | 管理信息库(MIB) .....            | 321        |
| 10.5          | SNMP 协议 .....               | 324        |
| 10.5.1        | SNMP 协议操作 .....             | 324        |
| 10.5.2        | SNMP 协议数据单元(PDU) .....      | 325        |
| 10.6          | SNMP v2 协议 .....            | 328        |
| 10.6.1        | SNMP v2 协议数据单元(PDU) .....   | 329        |
| 10.6.2        | 分散网络管理 .....                | 330        |
| 10.6.3        | 安全功能 .....                  | 330        |
| 10.6.4        | 数据传输 .....                  | 331        |
| 10.7          | SNMP v3 协议简介 .....          | 332        |
| 小结            | .....                       | 332        |
| 习题            | .....                       | 332        |
| <b>参考文献</b>   | .....                       | <b>333</b> |

# 第 1 章 概 述

计算机网络可以定义为一个互连的自治的计算机集合。互连是指计算机之间有通信信道相连,并且相互之间能够交换信息,通信信道可以是电缆、光纤、微波信道、卫星信道等。自治是指计算机之间没有主从关系,所有计算机都是平等独立的,因此以单计算机为中心的联机系统不是计算机网络。

## 1.1 计算机网络的组成

计算机网络主要由主机(Host)、终端(Terminal)、通信处理机和通信设备等网络单元经通信线路连接组成。

在逻辑上,网络是由通信子网和资源子网组成的两级结构的计算机网络。下面介绍通信子网和资源子网的概念。

以美国国防部高级研究计划局(DARPA)的 ARPANET(ARPA 网)为代表,采用崭新的“存储转发—分组交换”原理,这标志着计算机网络的兴起。ARPANET 所采用的一系列技术,为计算机网络的发展奠定了基础。ARPANET 中提出了分组交换网的概念。分组交换网的出现是现代电信时代的开始。此后,许多大学、研究中心、各企业集团、各主要工业国家纷纷研制和建立专用的计算机网和公用交换数据网。

ARPA 网中互连的运行用户应用程序的主计算机称为主机。但主机之间并不是通过直接的通信线路,而是通过称为接口报文处理机(IMP)的装置转接后互连的,如图 1-1 所示。

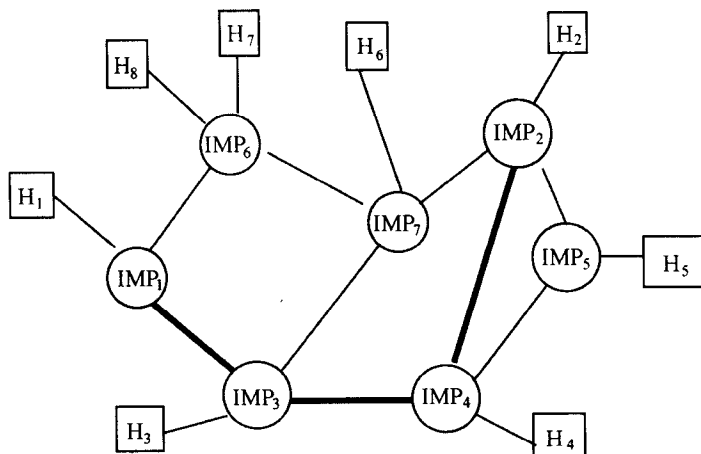


图 1-1 接口报文处理机和通信子网

当某个主机上的用户要访问远地的另一个主机时,首先将信息送至本地直接与其相连的 IMP,通过通信线路沿适当的路径经若干个 IMP 中途转接后,最终传送至远地目标 IMP,再送入与其直接相连的目标主机。

例如,如果图 1-1 中主机  $H_1$  上的某个用户要与远地主机  $H_2$  通信时,则首先将该信息送至  $IMP_1$ ,然后沿图中用粗线指出的路径,经  $IMP_3$  和  $IMP_4$  转接,最终送到目标  $IMP_2$  再送入主机  $H_2$ 。

其转接过程为: $IMP_1$  将主机  $H_1$  送来的信息接收并存储起来,在  $IMP_1$  和  $IMP_3$  之间的通信线路空闲时,将其传送至  $IMP_3$ , $IMP_3$  也是将信息接收并存储起来,直至  $IMP_3$  和  $IMP_4$  之间的通信线路空闲时,再将它转发到  $IMP_4$ ……

这种方式类似于邮政信件中的传送方式,称为存储转发。就远程通信而言,目前通信线路仍然是个较昂贵的资源。采用存储转发方式的好处在于通信线路不被某对通信所独占,因而大大提高了通信线路的有效利用率。例如,图 1-1 的例子中,当从主机  $H_1$  送往  $H_2$  的信息仍在  $IMP_1$  和  $IMP_3$  间传输时, $IMP_3$  和  $IMP_4$  间的通信线路可被由  $H_3$  经  $IMP_3$ 、 $IMP_4$  和  $IMP_5$  送往  $H_5$  的另一信息传输所使用。而一旦从主机  $H_1$  送往  $H_2$  的信息已为  $IMP_3$  接收并存储后, $IMP_1$  和  $IMP_3$  之间的通信线路又可为其他的(如  $H_3$  和  $H_1$  之间的)信息传输服务。

图 1-1 中 IMP 和在它们之间互连的通信线路一起负责完成主机间的通信任务,构成了通信子网。通过通信子网互连的主机负责运行用户应用程序,向网络用户提供可供共享的软、硬件资源,它们组成了资源子网。

ARPA 网采用的就是这种两级子网结构。把网络中通信子网与应用部分的主机分离开,就有可能将这两部分单独设计,从而使整个网络的设计简化而规范。

一个通信子网可以由政府部门或某个电信公司所拥有,但向社会公众开放服务,就像电话交换网那样。拥有主机资源的单位只要遵循子网所要求的接口标准,提出申请并付一定的费用,就可以接入这样的通信子网,利用它提供的服务来实现资源子网的通信任务。这类通信子网通常称为公用网,由于它传输的是数字化的数据,为了与电话交换网那样的模拟网相区别,又称为公用数据网。

目前世界上运行的远程通信子网几乎都采用了存储转发方式,使通信线路不被某对通信双方所独占,大大提高了昂贵的通信线路的利用效率。ARPA 网中存储转发的信息基本单位叫做分组(Packet)。它是将整个要交换的报文分成若干分组,对每个分组按存储转发的方式在通信子网上传输,因此把这种以存储转发方式传输分组的通信子网又称为分组交换数据网(PSDN)。

IMP 又称为分组交换节点(Packet Switching Node)。IMP 或分组交换节点通常是用小型计算机或微型机实现的,为了与资源子网中的主机相区别,也称为节点机。

对通信子网和资源子网的概念总结为,通信子网由节点计算机和高速通信线路组成,承担全网的数据传输、交换、加工等通信处理工作。资源子网包括主机、终端、通信子网接口设备和软件等,它负责全网的数据处理和为网络用户提供网络资源和网络服务。网络的逻辑结构如图 1-2 所示。

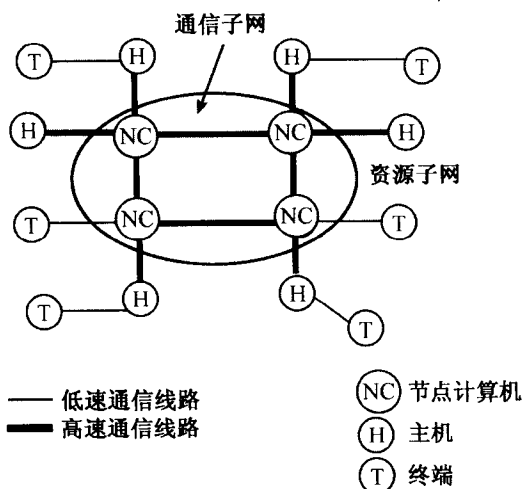


图 1-2 计算机网络的逻辑结构

## 1.2 计算机网络的拓扑结构

网络拓扑结构是计算机网络节点和通信链路所组成的几何形状。通常有总线状结构、环状、星状、树状、网状和混合状结构。

### 1. 总线状结构

总线状结构采用一条单根的通信线路(总线)作为公共的传输通道,所有的节点都通过相应的接口直接连接到总线上,并通过总线进行数据传输;总线状网络使用广播式传输技术,总线上的所有节点都可以发送数据到总线上,数据沿总线传播。但是,由于所有节点共享同一条公共通道,所以在任何时候只允许一个站点发送数据。

当一个节点发送数据,并在总线上传播时,数据可以被总线上的其他所有节点接收。各站点在接收数据后,分析目的物理地址是否为本节点地址,再决定是否接收该数据。粗、细同轴电缆以太网就是这种结构的典型代表,如图 1-3 所示。

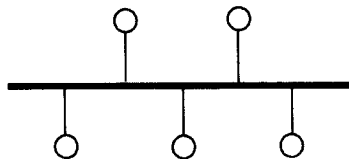


图 1-3 总线状拓扑结构

总线状拓扑结构的特点如下:

- 结构简单灵活,易于扩展。
- 共享能力强,便于广播式传输。
- 网络响应速度快,但负荷重时则性能迅速下降。
- 局部站点故障不影响整体,可靠性较高。但是,总线出现故障,则影响整个网络。
- 易于安装、费用低。
- 网络效率和带宽利用率低。
- 采用分布控制方式,各节点通过总线直接通信。

- 各工作站点平等,都有权争用总线,不受某站点仲裁。

## 2. 环状结构

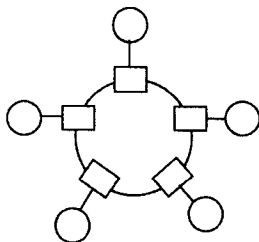


图 1-4 环状拓扑结构

环状结构是各个网络节点通过环接口连在一条首尾相接的闭合环状通信线路中。环状结构有两种类型,即单环结构和双环结构。环状拓扑结构如图 1-4 所示。令牌环(Token Ring)是单环结构的典型代表,光纤分布式数据接口(FDDI)是双环结构的典型代表。

环状拓扑结构的特点如下:

- 在环状网络中,各节点无主从关系,结构简单。
- 信息流在网络中沿环单向传递,延迟固定,实时性较好。
- 两个节点之间仅有惟一的路径,简化了路径选择。
- 可靠性差,任何线路或节点的故障,都有可能引起全网故障,且故障检测困难。
- 可扩充性差。

## 3. 星状结构

星状结构的每个节点都由一条点到点链路与中心节点(公用中心交换设备,如交换机、集线器等)相连。信息的传输是通过中心节点的存储转发技术实现的,并且只能通过中心站点与其他站点通信。星状拓扑结构如图 1-5 所示。

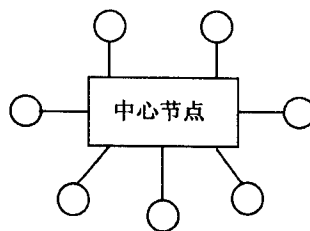


图 1-5 星状拓扑结构

星状结构的主要特点如下:

- 结构简单,便于管理和维护。
- 易实现结构化布线。
- 易扩充,易升级。
- 通信线路专用,电缆成本高。
- 网络由中心节点控制与管理,中心节点的可靠性基本上决定了整个网络的可靠性。
- 中心节点负担重,易成为信息传输的瓶颈,且一旦故障,全网瘫痪。

## 4. 树状结构

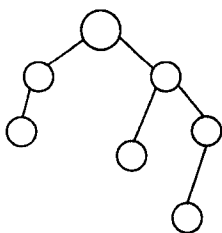


图 1-6 树状拓扑结构

树状结构是从总线状和星状结构演变来的,它分为两种类型:一种是由总线状拓扑结构派生出来的,它由多条总线连接而成。另一种是星状结构的变种,各节点按一定的层次连接起来,形状像一棵倒置的树,故得名树状结构。在树状结构的顶端有一个根节点,它带有分支,每个分支还可以再带子分支。树状拓扑结构如图 1-6 所示。

树状结构的主要特点如下:

- 是分级结构。
- 易于扩展。