

实用计算机网络技术丛书

网络设备

教程

陈明 编著



清华大学出版社

实用计算机网络技术丛书

网络设备教程

陈 明 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

计算机网络设备是计算机网络中的重要组成部分,其主要功能是传递数据和存储数据。为了掌握计算机网络的组成原理和应用,学习和掌握计算机网络设备的功能和使用方法是十分必要的。本书是一本网络设备教程,从原理和应用的角度介绍了网络中常用的设备,主要内容包括: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、网络打印设备等。本书可作为大专院校网络技术教材,也可作为从事计算机网络应用和开发的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

网络设备教程/陈明编著. —北京:清华大学出版社,2004.3

ISBN 7-302-08100-X

I.网… II.陈… III.计算机网络—通信设备 IV.TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 011177 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

责任编辑: 冯志强

封面设计: 品位数码

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

装 订 者: 三河市金元装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 16.75 字数: 409 千字

版 次: 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08100-X/TP·5855

印 数: 1~4000

定 价: 22.00 元

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

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、主干网、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、运输层协议、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

计算机网络互联设备是计算机网络中重要的不可缺少的组成部分。在构建计算机网络时,要根据性能价格比来选择网络设备。因此,学习网络设备,进而掌握设备的功能和详细性能指标是非常必要的。本书正是基于这一出发点而产生的。书中较详细地介绍了常用的网络设备,主要包括: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、网络服务器和网络打印设备等。

在调制解调器一章中,介绍了调制解调器的功能、原理、分类和 Modem 池等。在网络接口卡一章中,介绍了网卡的功能、分类、服务器网络接口卡、主导型网卡产品和网络接口卡的选择等。在集线器一章中,介绍了集线器的工作原理、分类、结构、应用方法和选择等。在网桥一章中,介绍了网桥的功能、分类、协议结构、路由和局限性等。在交换机一章中,介绍了交换机的功能、分类、以太网交换机、令牌环交换机、交换机性能评定方法、交换机之间的连接、交换机与服务器之间的连接、交换机的选择等。在路由器一章中,介绍了路由器的原理、功能、特点、类型、路由选择访问 TCP/IP 协议;路由表与路由表的生成方法;路由算法;路由器的配置与调试等。在网关一章中,介绍了网关的原理、分类、协议转换器、防火墙等。在网络存储系统一章中,介绍了 SCSI 接口总线、SCSI 控制卡产品、独立磁盘冗余阵列 RAID、性能、分类、流行技术、服务器选型等。在网络打印设备一章中,介绍了网络打印的基本概念与操作、网络打印机选择等。

本书在结构上呈积木式,便于读者有选择地阅读。

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

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
于北京

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 网络互联设备概述 | 1 |
| 1.1 网络体系结构 | 1 |
| 1.1.1 计算机网络的发展过程 | 1 |
| 1.1.2 计算机网络的体系结构 | 2 |
| 1.2 网络互联的常用术语 | 11 |
| 1.3 网络互联设备简介 | 13 |
| 1.3.1 物理层互联设备 | 14 |
| 1.3.2 数据链路层互联设备 | 14 |
| 1.3.3 网络层互联设备——路由器 | 17 |
| 1.3.4 应用层互联设备——网卡 | 18 |
| 小结 | 19 |
| 习题 | 19 |
| 第 2 章 调制解调器 | 20 |
| 2.1 调制解调器的原理、用途及分类 | 20 |
| 2.1.1 调制解调器的原理 | 20 |
| 2.1.2 调制解调器的用途 | 21 |
| 2.1.3 调制解调器的分类 | 22 |
| 2.2 调制解调器的功能 | 23 |
| 2.3 调制解调器的联网方式 | 23 |
| 2.4 线缆调制解调器简介 | 24 |
| 2.5 如何选择调制解调器 | 25 |
| 2.6 Modem 池 | 26 |
| 2.6.1 Modem 池产品 | 26 |
| 2.6.2 典型应用 | 28 |
| 2.7 Modem 的发展及未来 | 29 |
| 小结 | 32 |
| 习题 | 32 |
| 第 3 章 网络接口卡 | 33 |
| 3.1 网卡的功能与分类 | 33 |
| 3.1.1 网卡的功能 | 33 |
| 3.1.2 网卡的类别 | 36 |
| 3.2 网卡的总线类型 | 37 |

| | | |
|--------------|--------------------------------------|-----------|
| 3.2.1 | ISA 总线网卡 | 38 |
| 3.2.2 | PCI 总线网卡 | 38 |
| 3.2.3 | PCMCIA 总线接口网卡 | 39 |
| 3.2.4 | All-in-One 型网卡 | 39 |
| 3.3 | 服务器网卡 | 39 |
| 3.3.1 | 服务器网卡的总线类型 | 40 |
| 3.3.2 | 服务器网卡性能评测 | 40 |
| 3.3.3 | 服务器网卡技术指标 | 41 |
| 3.3.4 | 服务器网卡的选择 | 42 |
| 3.4 | 主导型网卡产品 | 43 |
| 3.4.1 | 3Com EtherLink 10/100Mbps 桌面网卡 | 43 |
| 3.4.2 | Intel PRO/100S 服务器网卡 | 43 |
| 3.4.3 | 3Com 千兆位以太网服务器网卡(3C985B-SX) | 44 |
| 3.5 | 网卡的选择 | 45 |
| 3.5.1 | 网卡的线速度 | 45 |
| 3.5.2 | 网卡价格 | 46 |
| 3.5.3 | 网卡的选购 | 46 |
| 3.5.4 | 产品的担保和可靠性 | 47 |
| 3.5.5 | 产品的附加功能 | 47 |
| 3.5.6 | 网卡的网络管理 | 47 |
| 小结 | ..... | 48 |
| 习题 | ..... | 48 |
| 第 4 章 | 集线器(Hub) | 49 |
| 4.1 | 集线器的功能 | 49 |
| 4.2 | 集线器工作原理 | 50 |
| 4.2.1 | 以太网简介 | 50 |
| 4.2.2 | 集线器的工作原理 | 51 |
| 4.3 | 集线器的分类 | 52 |
| 4.3.1 | 以类型为标准划分集线器 | 52 |
| 4.3.2 | 以发展过程为标准划分集线器 | 57 |
| 4.4 | 集线器的结构 | 58 |
| 4.4.1 | 外部结构 | 58 |
| 4.4.2 | 内部结构 | 60 |
| 4.5 | 集线器在组网中的应用 | 61 |
| 4.5.1 | 概述 | 61 |
| 4.5.2 | 集线器在以太网中的应用 | 61 |
| 4.6 | 集线器的选择 | 62 |
| 4.6.1 | 以传输带宽为标准 | 62 |

| | | |
|--------------|------------------|-----------|
| 4.6.2 | 以外形尺寸为依据 | 63 |
| 4.6.3 | 是否支持网络管理功能 | 63 |
| 4.6.4 | 选择结构 | 64 |
| 4.6.5 | 接口类型 | 64 |
| 4.6.6 | 新的特征 | 65 |
| 4.6.7 | 考虑品牌和价格 | 65 |
| 4.6.8 | 还要注意的问题 | 65 |
| 小结 | ..... | 66 |
| 习题 | ..... | 66 |
| 第 5 章 | 网桥 | 67 |
| 5.1 | 网桥的功能 | 67 |
| 5.1.1 | 数据过滤和转发 | 67 |
| 5.1.2 | 自学习能力 | 68 |
| 5.1.3 | 连接广域网络 | 69 |
| 5.1.4 | 设备管理 | 69 |
| 5.2 | 网桥协议结构 | 70 |
| 5.3 | 网桥的分类 | 72 |
| 5.3.1 | 透明网桥 | 73 |
| 5.3.2 | 源路由网桥 | 74 |
| 5.3.3 | 转换网桥 | 74 |
| 5.3.4 | 封装网桥 | 75 |
| 5.3.5 | 网桥的广播(多播) | 76 |
| 5.3.6 | MAC 网桥 | 77 |
| 5.3.7 | LLC 网桥 | 77 |
| 5.4 | 网桥的路由 | 78 |
| 5.4.1 | 固定路由 | 78 |
| 5.4.2 | 生成树路由 | 81 |
| 5.4.3 | 源路由 | 82 |
| 5.5 | 网桥的局限性 | 84 |
| 小结 | ..... | 84 |
| 习题 | ..... | 84 |
| 第 6 章 | 交换机 | 85 |
| 6.1 | 网络交换技术概述 | 86 |
| 6.1.1 | 网络的过载 | 86 |
| 6.1.2 | 交换技术 | 86 |
| 6.2 | 交换机的功能及分类 | 87 |
| 6.2.1 | 交换机的功能 | 88 |
| 6.2.2 | 交换机的分类 | 89 |

| | | |
|--------------|--------------|------------|
| 6.3 | 以太网交换机 | 90 |
| 6.3.1 | 以太网交换机的结构 | 90 |
| 6.3.2 | 以太网交换机的工作原理 | 92 |
| 6.3.3 | 怎样快速选择以太网交换机 | 94 |
| 6.4 | 令牌环交换机 | 96 |
| 6.4.1 | 概述 | 96 |
| 6.4.2 | 令牌环交换技术的应用 | 96 |
| 6.4.3 | 令牌环交换技术的性能 | 96 |
| 6.4.4 | 令牌环交换机的选择 | 97 |
| 6.5 | 交换机性能的评定方法 | 98 |
| 6.5.1 | 应用交换机应注意的问题 | 98 |
| 6.5.2 | 数字的内在因素 | 99 |
| 6.5.3 | 交换机的重要技术参数 | 100 |
| 6.6 | 交换机之间的连接 | 102 |
| 6.7 | 交换机与服务器之间的连接 | 103 |
| 6.8 | 新一代交换机前景展望 | 103 |
| 6.8.1 | 多层交换 | 104 |
| 6.8.2 | 光交换 | 104 |
| 6.8.3 | ATM 与 IP 结合 | 105 |
| 6.8.4 | MPLS 交换机 | 106 |
| 6.8.5 | 以太网交换机 | 106 |
| 6.9 | 交换机的选择 | 107 |
| | 小结 | 108 |
| | 习题 | 108 |
| 第 7 章 | 路由器 | 109 |
| 7.1 | 路由器的原理 | 109 |
| 7.1.1 | 原理与作用 | 109 |
| 7.1.2 | 路由器结构 | 110 |
| 7.2 | 路由器中的基本概念 | 111 |
| 7.2.1 | 路由表 | 111 |
| 7.2.2 | 端口地址 | 112 |
| 7.2.3 | 网段与端口 | 113 |
| 7.3 | 路由器的功能与特点 | 114 |
| 7.3.1 | 路由选择 | 114 |
| 7.3.2 | 数据转发 | 114 |
| 7.3.3 | 分段和组装功能 | 116 |
| 7.3.4 | 流量控制 | 117 |
| 7.3.5 | 网络管理功能 | 118 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 7.3.6 能支持多种协议的路由选择 | 118 |
| 7.3.7 协议转换 | 118 |
| 7.4 路由器类型 | 119 |
| 7.4.1 模块化路由器 | 119 |
| 7.4.2 单协议路由器 | 119 |
| 7.4.3 多协议路由器 | 120 |
| 7.5 路由选择 | 122 |
| 7.5.1 路由选择策略 | 122 |
| 7.5.2 外部路由选择协议 | 125 |
| 7.5.3 内部路由选择协议 | 130 |
| 7.6 访问一个 TCP/IP 网络的协议 | 135 |
| 7.7 路由表及其生成方法 | 136 |
| 7.7.1 路由表(以 IP 协议为例) | 136 |
| 7.7.2 静态路由表及其生成方法 | 139 |
| 7.7.3 动态路由表及其生成方法 | 140 |
| 7.8 路由算法 | 142 |
| 7.8.1 设计目标 | 143 |
| 7.8.2 算法类型 | 144 |
| 7.8.3 路由的度量 | 146 |
| 7.9 路由器的配置与调试 | 147 |
| 7.9.1 配置 | 147 |
| 7.9.2 综合调试 | 149 |
| 7.10 路由器发展趋势 | 150 |
| 7.10.1 速度更快 | 150 |
| 7.10.2 技术含量更高 | 151 |
| 7.10.3 具有智能化的管理 | 153 |
| 小结 | 154 |
| 习题 | 154 |
| 第 8 章 网关 | 155 |
| 8.1 网关的原理及应用 | 155 |
| 8.2 网关的分类 | 156 |
| 8.3 协议转化器 | 160 |
| 8.4 防火墙 | 162 |
| 8.4.1 防火墙概述 | 162 |
| 8.4.2 防火墙的发展史 | 163 |
| 8.4.3 防火墙的优点与缺点 | 164 |
| 8.4.4 防火墙的设计 | 165 |
| 8.4.5 防火墙的安装策略 | 166 |

| | | |
|---------------|-------------------------------|------------|
| 8.4.6 | 透明接入防火墙 | 167 |
| 8.4.7 | 防火墙安全与效能之间的平衡 | 168 |
| 8.4.8 | 防火墙产品介绍 | 169 |
| 8.4.9 | 防火墙软件 | 171 |
| 8.4.10 | 防火墙的选购策略 | 172 |
| 8.4.11 | Internet 防火墙 | 173 |
| 8.4.12 | 防火墙的分类 | 174 |
| 8.4.13 | 防火墙的体系结构 | 181 |
| 8.4.14 | 内部防火墙 | 187 |
| 8.4.15 | 防火墙新技术 | 187 |
| 8.4.16 | 防火墙的发展趋势 | 190 |
| 小结 | ..... | 191 |
| 习题 | ..... | 192 |
| 第 9 章 | 网络存储系统 | 193 |
| 9.1 | SCSI 接口总线 | 193 |
| 9.1.1 | SCSI 概述 | 193 |
| 9.1.2 | SCSI 的系统结构 | 193 |
| 9.1.3 | SCSI 分类 | 195 |
| 9.1.4 | SCSI 电缆、终结器和连接器 | 197 |
| 9.1.5 | SCSI 的优缺点 | 197 |
| 9.2 | SCSI 控制卡产品 | 198 |
| 9.3 | 独立磁盘冗余阵列(RAID) | 200 |
| 9.3.1 | RAID 概述 | 200 |
| 9.3.2 | RAID 技术的实现方法及其级别 | 202 |
| 9.3.3 | IDE 硬盘之 RAID 技术的多种实现及测试 | 205 |
| 9.4 | 服务器数据备份系统 | 206 |
| 9.4.1 | 服务器技术 | 206 |
| 9.4.2 | 数据备份的必要性 | 209 |
| 9.4.3 | 网络数据备份的特点 | 210 |
| 9.4.4 | 磁带备份的主要技术 | 210 |
| 9.4.5 | 服务器数据备份和恢复 | 212 |
| 9.4.6 | 日常备份制度概述 | 214 |
| 9.5 | 网络存储系统结构 | 216 |
| 小结 | ..... | 223 |
| 习题 | ..... | 223 |
| 第 10 章 | 网络服务器 | 224 |
| 10.1 | 服务器概述 | 224 |
| 10.1.1 | 服务器的功能 | 224 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 10.1.2 服务器与普通 PC 的不同 | 224 |
| 10.2 服务器的性能与分类 | 225 |
| 10.2.1 服务器的性能 | 225 |
| 10.2.2 服务器的分类 | 227 |
| 10.3 服务器的流行技术 | 228 |
| 10.3.1 集群技术 | 228 |
| 10.3.2 对称多处理技术 | 228 |
| 10.3.3 分布式内存存取 | 229 |
| 10.3.4 应急管理端口 | 229 |
| 10.3.5 服务器控制 | 229 |
| 10.4 系统集成技术中的服务器选型 | 230 |
| 10.5 服务器技术发展趋势 | 237 |
| 10.6 服务器应用实例 | 238 |
| 小结 | 240 |
| 习题 | 241 |
| 第 11 章 网络打印设备 | 242 |
| 11.1 网络打印的基本概述 | 242 |
| 11.2 网络打印的操作 | 243 |
| 11.3 常见网络打印机一览 | 245 |
| 11.4 网络打印机的选择 | 248 |
| 小结 | 251 |
| 习题 | 251 |
| 参考文献 | 252 |

第 1 章 网络互联设备概述

1.1 网络体系结构

从组成结构来讲,计算机网络就是通过特定的设备和线路,将分布在相同或不同地域的多台计算机连接在一起所形成的集合。从应用的角度讲,计算机网络是将具有独立功能的多台计算机连接在一起,以实现各计算机间信息的互相交换,并共享计算机资源的系统。随着大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)技术不断取得更新更高的成就,计算机网络迅速发展,并已经涉及到计算机技术和通信技术两个领域。通信技术为计算机之间数据的传输和交换提供了必要的手段,反过来计算机技术已渗透到通信技术中,并提高了通信网络的各项性能。

1.1.1 计算机网络的发展过程

计算机网络经历了四个发展阶段。

1. 第一代计算机网络——面向终端

第一代计算机网络约产生于 1954 年,当时只是一种面向终端的计算机网络,用户端不具备数据存储和数据处理能力。世界上第一台计算机(ENIAC)问世以后的几年中,电子计算机受价格和数量等诸多因素的制约,很少有人会想到在计算机之间进行通信。1954 年,一种叫做收发器(transceiver)的终端研制成功,人们开始将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远地的计算机上,实现了计算机与计算机之间的相互通信。第一代计算机网络是一种以单个主机为中心的星状网络,各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源。

2. 第二代计算机网络——强调网络的整体性

1969 年出现了第二代计算机网络。第二代计算机网络强调了网络的整体性,用户不仅可以共享主机的资源,而且其他用户的软、硬件资源也可以被共享。现在的计算机网络仍然沿用第二代计算机网络的工作方式,尤其是中小型局域网很注重和强调其整体性,以扩大系统资源的共享范围。

3. 第三代计算机网络——逐步走向标准化

第三代计算机网络出现在 20 世纪 70 年代。计算机网络开始实现将不同厂家生产的计算机互联成网。1977 年前后,国际标准化组织成立了一个专门机构,提出了一个各种计算机能够在世界范围内互联成网的标准框架,这就是著名的开放系统互联参考模型 OSI/RM。

OSI 模型的提出,为计算机网络技术的发展开创了一个新纪元。现在的计算机网络是以 OSI 为标准进行工作的。

4. 第四代计算机网络——综合化和高速化

第四代计算机网络是在进入 20 世纪 90 年代后,随着数字通信的出现而产生的,其特点是综合化和高速化,是指采用交换的数据传送方式将多种业务综合到一个网络中完成,如语音、数据、图像等以二进制代码的数字形式综合到一个网络中高速传送。

1.1.2 计算机网络的体系结构

尽管计算机网络的发展经过了四个不同的过程,但是,层次化的计算机网络体系结构这一思想一直得到了贯彻。即将一个计算机网络分为若干层,较高层次的系统只利用较低层次的系统提供的接口和功能,完全不需要了解低层实现该功能所采用的是什么算法和协议;同时,较低层次的系统也仅使用从高层系统传送来的参数,这就是层次之间的透明性。因为有了这种透明性,不同层次间的每个模块都可以用一个新的模块取代,只要新的模块与旧的模块具有相同的功能和接口,即使它们使用的算法和协议不一样也没有关系。

网络中的计算机与计算机或者计算机与终端之间传送信息和数据,必须在数据传输的顺序、数据的格式及信息内容等很多方面有一些约定或规则,这些约定或规则统称为协议。

网络协议主要有以下三个要素:

- **语义** 语义是对协议元素的含义进行的解释,不同类型的协议元素所规定的语义是不同的。例如,需要发出何种控制信息、完成何种动作及得到什么样的响应等。
- **语法** 语法就是将若干个协议元素和数据组合在一起用来表达一个完整的内容所应遵循的格式,也就是对信息的数据结构进行的一种规定。例如,用户数据信息与控制信息的结构与格式等。
- **时序** 时序是对事件实现顺序的详细说明。例如,在双方进行通信时,发送点发出一个数据报文,如果目标点正确收到,则向源点作出回答,报告接收正确;若接收到错误的信息,则要求源点重发一次。

由此可以看出,协议实质上是网络通信时所使用的一种语言。网络协议对于计算机网络来说是必不可少的。不同结构的网络,不同厂家的网络产品,所使用的协议也不一样,但都遵循相同的协议标准,这样便于不同厂家的网络产品进行互联,这一点读者在学完 1.3 节的相关内容后将会有一个较深入的了解。一个功能完善的计算机网络需要制订一套复杂的协议集,对于这种协议集,最好的组织方式就是层次结构模型。通常将计算机网络层次结构模型与各层协议的集合定义为计算机网络体系结构。

网络体系结构描述计算机网络应设置的层次,以及精确定义每层应提供的功能。至于到底如何实现功能,则不属于网络体系结构部分。也就是说,网络体系结构只是从功能上描述计算机网络的体系结构,而不涉及每层硬件和软件的组成,也不涉及这些硬件或软件的实现问题。由此看来,网络体系结构是抽象的。但是,学习网络互联设备必须首先了解网络的体系结构,因为网络互联设备的功能、结构以及应用到的协议都与它所在层次有关。

世界上第一个网络体系结构是 1974 年由 IBM 公司提出的“系统网络体系结构 SNA”。

之后,许多网络体系结构陆续提出,但它们都是属于厂家专用的,它们的体系结构都带有明显的差异性。所有这些体系结构都采用了分层技术,但它们层次的划分、功能的分配及采用的实现技术均不相同。随着信息技术的发展,不同结构的计算机网络互联已成为人们迫切需要解决的问题。为使不同计算机厂家的计算机能够互相通信,以便在更大范围内建立计算机网络,有必要建立一个国际范围的网络体系结构标准。在这个前提下,提出了开放系统互联参考模型(OSI)。

网络体系结构层次的划分遵循下列原则:

- 网络中各结点都有相同的层次,相同的层次具有同样的功能。
- 同一结点内相邻层之间通过接口通信。
- 每一层使用下层提供的服务,并向其上层提供服务。
- 不同结点的同等层按照协议实现对等层之间的通信。

根据以上原则,国际标准化组织(ISO)制订了开放系统参考模型 OSI/RM。

ISO 于 1981 年正式推荐了一个网络系统结构——七层参考模型,也就是开放系统互联模型(Open System Interconnection, OSI)。这个标准模型的建立,推动了网络通信的发展。

OSI 参考模型将整个网络通信的功能划分为七个层次,如图 1.1 所示。它们由低到高分别是物理层(PH)、数据链路层(DL)、网络层(N)、传输层(T)、会话层(S)、表示层(P)、应用层(A)。每层完成一定的功能,每层都直接为其上层提供服务,并且所有层次都互相支持。第四层到第七层主要负责解决互操作性问题,而第一层到第三层则用于创造两个网络设备间的物理连接,本书所介绍的互联设备一般工作在这三层。

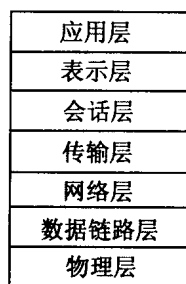


图 1.1 OSI 参考模型的七个层次划分示意图

1. 物理层

物理层为建立、维护和释放数据链路实体之间的物理连接提供机械的、电气的、功能的特性规定。物理连接可以通过中继系统,允许进行全双工或半双工的比特流传输。物理层的数据服务单元是二进制比特,它可以通过同步或异步的方式进行传输。

从以上定义中可以看出物理层具有以下主要特点:

- 物理层的功能是负责在物理连接上传输二进制比特流;
- 物理层提供为建立、维护和释放物理连接所需要的机械、电气、功能以及规程的特性规定。

物理层负责在计算机之间传递二进制比特流,它为在物理媒体上传输的比特流建立一些规则,这一层定义电缆如何连接到网卡上,以及需要用何种传送技术在电缆上发送数据,同时还定义了数据位的同步与检查。这一层表示了用户的软件与硬件之间的实际连接。它实际上与任何协议都不相干,但是它定义了数据链路层所使用的访问方法。

可见物理层是 OSI 参考模型的最低层,直接与传输数据流的物理介质相连接。物理层协议是各种网络设备进行互联时必须遵守的低层协议。设立物理层的目的是实现两个网络

物理设备之间的比特流的透明传输,对其直接上层即数据链路层屏蔽物理传输介质,以便对高层协议有最大的透明性。

在几种常用的物理层标准中,有些设备具有一定数据处理能力和发送、接收数据能力,这样的设备叫做数据终端设备 DTE(Data Terminal Equipment),而把介于 DTE 与传输介质之间的设备叫做数据通信设备 DCE(Data Communication Equipment)。DCE 处在 DTE 与传输介质之间,为它们提供信号变换和编码,并负责建立、维护和释放物理连接。DTE 可以是一台计算机,也可以是一台 I/O 设备。而 DCE 典型的设备是与电话线路连接的调制解调器。DCE 虽然处在通信环境中,但它和 DTE 均属于用户设施。

在物理层通信过程中,DCE 一方面要将 DTE 传送的数据,按比特流顺序逐位发往传输介质,同时也需要将传输介质接收到的比特流按顺序传送给 DTE。因此在 DTE 与 DCE 之间,既应有数据信息的传输,也应有控制信息的传输,这就需要高度协调工作,需要制订 DTE 与 DCE 的接口标准,也就是我们所说的物理接口标准。

物理层标准与物理接口标准是不同的。OSI 参考模型中物理层标准化的工作要比数据链路层、网络层等高层进行得缓慢。其主要原因在于以下两点:第一是物理层涉及到许多具体的物理设备、传输介质以及通信手段等,而它们又是非常复杂的;另一个更重要的原因是,在 ISO 提出 OSI 参考模型之前,许多属于物理层的模型和协议就已经提出,并在某些领域已形成相当的工业生产规模和广泛的应用。这些模型、协议没有严格遵循分层的方法与原则,也没有像 OSI 那样分为服务定义与协议的规则说明。在现实情况下,要把已有的物理层模型和协议统一到 OSI 物理层服务定义与协议说明的框架之下难度很大。关于物理层标准,目前已经提出了方案,但仍处于理论研究阶段。

物理接口标准定义了物理层与物理传输介质之间的边界与接口。最常用的物理接口标准是 EIA-232-D、EIA RS-449 与 CCITT X.21。在物理接口协议中,描述了物理接口的四个特性,即机械特性、电气特性、功能特性与规程特性。

- 机械特性

物理层的机械特性规定了物理连接时所使用可接插器件的形状、尺寸、引脚的数量以及排列情况等。

- 电气特性

物理层的电气特性规定了在物理连接上传输二进制比特流时线路上信号电平的高低、阻抗和阻抗匹配、传输速率以及距离限制等。早期的标准定义了物理连接边界点上的电气特性,而较新的标准定义了发送和接收器的电气特性,同时给出了互联电缆的有关规定。显然,新的标准更有利于发送和接收电路的集成化工作。

- 功能特性

物理层的功能特性规定了物理接口上各条信号线的功能和确切定义。物理接口信号线一般分为数据线、控制线、定时线和地线。

- 规程特性

物理层的规程特性定义了信号线进行二进制比特流传输的一组操作过程,包括各信号线的工作规则和时序。

不同物理接口标准在以上四个重要特性上都不尽相同。在实际网络中比较广泛使用的物理接口标准有 EIA-232-D、EIA RS-449 和 CCITT X.21。