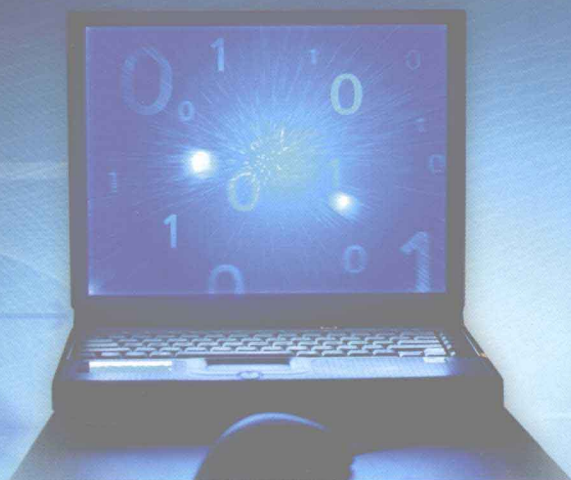


网络技术与实训

主 编 段 欣
副主编 董 蕾 王国鑫



高等教育出版社
Higher Education Press

任务引领课程改革系列教材

网络技术与实训

主 编 段 欣

副主编 董 蕾 王国鑫

高等教育出版社

内容提要

本书按照“以服务为宗旨，以就业为导向”的指导思想，采用“行动导向，任务驱动”的方法，根据工作岗位的实际需要，为培养计算机应用及相关专业学生的网络应用能力和实际操作能力而编写。

本书主要包括：计算机网络基础、计算机网络设备、局域网构建、网络操作系统配置、网络互连技术、Internet 技术、网络管理与网络安全以及综合实训等，全书还包含相应的实训练习，使学生在掌握基础知识的同时，进行相关的实践应用。

本书采用出版物短信防伪系统，同时配套学习卡资源。用封底下方的防伪码，按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作，可进入“中等职业教育教学在线”（<http://sve.hep.com.cn>）网络教学平台，获得更多的教学资源。

本书是劳动部门相关职业资格证书双证课程教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

网络技术与实训 / 段欣主编. —北京：高等教育出版社，
2009.6

ISBN 978 - 7 - 04 - 025956 - 8

I. 网… II. 段… III. 计算机网络 - 基本知识
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 065265 号

策划编辑	赵美琪	责任编辑	许 可	封面设计	赵 阳	责任绘图	杜晓丹
版式设计	王艳红	责任校对	胡晓琪	责任印制	陈伟光		

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	400 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京奥鑫印刷厂		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2009 年 6 月第 1 版
印 张	12	印 次	2009 年 6 月第 1 次印刷
字 数	290 000	定 价	17.50 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 25956-00

前 言

本书按照“以服务为宗旨，以就业为导向”的指导思想，采用“行动导向，任务驱动”的方法，根据工作岗位的实际需要，为培养计算机应用及相关专业学生的网络应用能力和实际操作能力而编写。

本书从计算机网络的基本概念入手，结合通俗的语言、直观的图片，全面系统地介绍了计算机网络的基础知识，并配有大量紧密结合实际的实训内容，使学生能够做到在做中学，在学中做。

全书共分8章，第1章介绍网络和数据通信基础知识；第2章介绍计算机网络设备，主要介绍常用网络传输介质、网络连接设备和网络互连设备；第3章介绍局域网的知识和构建技术；第4章介绍 Windows Server 2003 的配置，包括 Windows Server 2003 的安装与环境配置、活动目录的安装、用户账号和组的管理、共享资源的管理、网络服务等内容；第5章通过讲解交换机和路由器的配置介绍网络互连技术；第6章介绍 Internet 的基础知识、应用技术和接入 Internet 的方式；第7章介绍网络管理与网络安全知识，包括网络用户管理，磁盘管理和病毒、黑客的防范等；第8章通过构建无线局域网和安全校园网等实训，全面介绍网络系统建设的方法和步骤。

本书采用出版物短信防伪系统，同时配套学习卡资源。用封底下方的防伪码，按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作，可进入“中等职业教育教学在线”(<http://sve.hep.com.cn>)网络教学平台，获得本教材使用的所有图片和“思考与实训”的参考答案。

本书是劳动部门相关职业资格证书双证课程教材。

本书由段欣任主编，山东电子职业学院董蕾、王国鑫任副主编，济南信息工程学校谢夫娜、马志善、杜强等参加编写。本书经星网锐捷公司高峡老师审阅，并提出很多宝贵的修改建议；北京聚生网管科技公司陈世杰经理也对本书的编写给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。编者联系邮箱：dx866@126.com。

编 者

2009年3月

目 录

第1章 计算机网络基础.....1	4.2 Windows Server 2003 活动目录..... 71
1.1 计算机网络概述.....1	实训 7 安装并配置 Windows Server
1.2 计算机网络的组成与结构.....4	2003 服务器..... 75
1.3 计算机网络体系结构.....6	4.3 Windows Server 2003 域控制
1.4 数据通信基础知识.....10	器中用户账号的管理..... 76
1.5 计算机网络新技术.....11	4.4 Windows Server 2003 域控制
思考与实训.....14	器中组的管理..... 79
第2章 计算机网络设备.....16	实训 8 创建并管理用户组与用户
2.1 网络传输介质.....16	账号..... 81
实训 1 制作双绞线.....20	4.5 Windows Server 2003 中共享
2.2 网络连接设备.....23	资源的管理..... 83
实训 2 集线器的网络连接.....30	实训 9 设置并访问共享资源..... 85
2.3 网络互连设备.....32	4.6 Windows Server 2003 网络服务..... 88
实训 3 认识交换机.....36	实训 10 使用 Serv-U 7.0 软件搭建
思考与实训.....38	FTP 服务器..... 94
第3章 局域网构建.....40	思考与实训..... 97
3.1 局域网概述.....40	第5章 网络互连技术..... 99
实训 4 组建双机互连的对等网.....49	5.1 网络互连概述..... 99
实训 5 构建共享式对等网.....53	5.2 交换机的配置..... 103
3.2 局域网组建技术.....56	实训 11 交换机的基本配置..... 104
实训 6 观察校园网,画出网络	实训 12 单交换机端口的 VLAN
拓扑结构图.....64	划分..... 108
思考与实训.....65	实训 13 跨交换机端口的 VLAN
第4章 网络操作系统配置.....67	划分..... 110
4.1 Windows Server 2003 的安装与	5.3 路由器的配置..... 112
环境配置.....67	实训 14 路由器的基本配置..... 113
	实训 15 实现两个局域网的连接..... 115
	思考与实训..... 117
	第6章 Internet 技术..... 119

6.1 Internet 概述	119
6.2 接入 Internet	121
实训 16 通过 ADSL 接入 Internet	122
实训 17 通过局域网接入 Internet	124
6.3 Internet 提供的网络服务	126
实训 18 Internet 提供的网络服务	131
6.4 认识 Intranet	134
思考与实训	135

第 7 章 网络管理与网络安全137

7.1 网络管理	137
----------------	-----

实训 19 本地桌面网络管理工具 nstat 的使用	152
7.2 网络安全技术	157
实训 20 X-Scan 漏洞扫描软件的 使用	165
思考与实训	168

第 8 章 综合实训 169

实训 21 构建无线局域网	169
实训 22 实现全网络的互连互通	174
实训 23 构建安全校园网	177
思考与实训	182

计算机网络基础

1.1 计算机网络概述

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物。计算机网络可以把地理位置分散的计算机应用系统连接在一起,实现资源共享、分布处理和相互通信的目的。

1. 计算机网络的定义

1964年8月,美国兰德公司发布的《论分布式通信》研究报告使得美国军方设想建立一个类似于蜘蛛网的网络系统,美国军方希望在此系统中可以实现当通信网络中的某一个交换结点被破坏时,系统能够自动地寻找其他的路径,从而保证通信畅通并可共享计算机中的信息资源。20世纪60年代初,美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)投巨资研究各个计算中心之间的通信方法。1969年8月,加州大学洛杉矶分校贝拉涅克领导的研究小组成功推出由4个交换结点组成的分组交换式计算机网络系统 ARPANET,它被称为世界上第一个计算机网络系统。

1974年,网际协议(IP)和传输控制协议(TCP)诞生,并逐渐得到了工业界、学术界以及政府机构的认可,从而得以迅速发展。

1986年,ARPANET被正式分为 NSFNET(由美国国家科学基金会资助)和军方独立的国防数据网两大部分。此后,美国国家科学基金会支持许多地区和院校的网络使用 TCP/IP 协议来和 NSFNET 连接。使用 TCP/IP 协议连接的各个网络后来被正式改名为 Internet。

1994年,美国网景公司推出 Internet 浏览器 Netscape Navigator 1.0,极大地方便了用户在 Internet 上浏览和下载 WWW 服务器上发布和存储的各种软件与文件,WWW 与 Netscape 的结合引发了 Internet 的第二次大发展。

1995年,美国国家科学基金会宣布不再向 Internet 注入资金,Internet 完全进入商业化运作。目前计算机科学技术进入了以网络为中心的新的历史阶段。

计算机网络是将分布在不同地理位置上的具有独立功能的计算机通过通信设备和传输介质相互连接,并遵守共同的协议,实现相互通信、资源共享和协同工作。

计算机网络的功能主要表现在资源共享、网络通信、提高计算机可靠性、负载平衡与分布式处理、集中控制等方面。

(1) 资源共享

资源共享是指网络中的计算机可以共享网络中的软件和硬件资源。

(2) 网络通信

计算机网络为分布在各地的用户提供了强有力的通信手段,用户可以通过计算机网络发送电子邮件、发布新闻消息和进行电子商务活动,从而实现相互通信和信息交换。

(3) 提高计算机可靠性

计算机网络中分布在不同地理位置的计算机可以互为后备,当单台计算机暂时失效时可通过后备计算机提供资源,使计算机系统的可靠性得到极大提高。

(4) 负载平衡与分布式处理

通过负载平衡,计算机用户的要求可以在网络中找到最合适的计算机系统来完成。分布式处理则是把任务分散到网络中不同的计算机上并行处理,大大提高了工作效率,降低了成本。

(5) 集中控制

对于订火车票、银行业务、证券交易等组织分散,但需要统一集中管理的事务,可通过计算机网络实现集中控制管理。

2. 计算机网络的分类

从不同的角度看,计算机网络有不同的分类方法。一般可按照网络规模大小和通信距离远近将计算机网络划分为广域网、城域网和局域网。

(1) 广域网 (Wide Area Network, WAN)

广域网的作用范围通常为几十到几千甚至上万千米以上,可以跨越辽阔的地理区域进行长距离的信息传输,可以是一个地区、一个省、一个国家,甚至整个世界。在广域网内,用于通信的传输设备和介质一般由电信部门提供,网络则由多个部门或国家联合组建,网络规模大,能实现较大范围的资源共享。

(2) 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN)

城域网的作用范围介于广域网和局域网之间,是一个城市或地区组建的网络,地域范围可从十几千米到上百千米。城域网以及宽带城域网的建设已成为目前网络建设的热点,如图 1-1 所示。

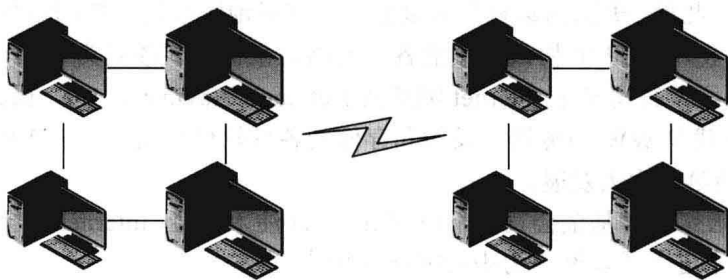


图 1-1 城域网

(3) 局域网 (Local Area Network, LAN)

局域网规模相对较小,计算机硬件设备不多,通信线路不长,距离一般不超过十几千米,

属于一个部门或单位组建的小范围网络。例如，一个建筑物内、一所学校、一个单位内等。局域网规模小、速度快，应用非常广泛，是计算机网络中最活跃的领域之一，如图 1-2 所示。

广域网、城域网和局域网的划分只是一个相对的分界，随着计算机网络技术的发展，三者间的界限已经变得越来越模糊。

按照网络中计算机所处的地位划分可以将计算机网络分为对等网络和基于客户-服务器模式的网络。

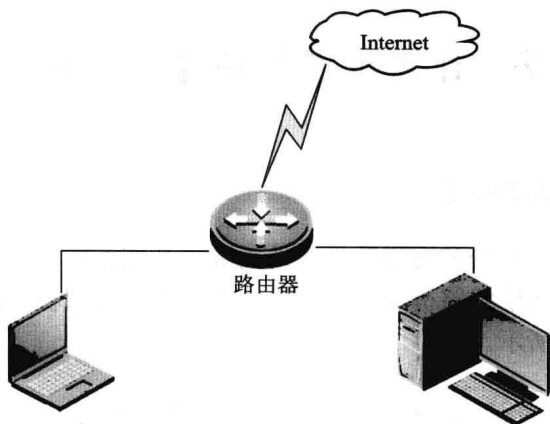


图 1-2 局域网

(1) 对等网络

对等网络是指网络中每台计算机的地位平等，每台计算机都可以平等地使用其他计算机内部资源的网络。对等网络中，没有专用的服务器，每台计算机既作为服务器，又作为客户机；既为其他计算机提供服务，又从其他计算机那里获取服务。对等网络适合于小型的、任务轻、安全要求不高的局域网，如图 1-3 所示。

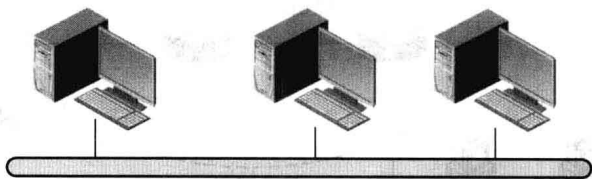


图 1-3 对等网络

(2) 基于客户-服务器模式网络

计算机网络中专门设立一台计算机来存储和管理需要共享的资源，这台计算机被称为服务器，其他计算机称为客户机或工作站。服务器除了负责保存网络的配置信息，还负责为客户机提供各种服务，客户机主要用于向服务器发送请求，从而获得相关服务，如图 1-4 所示。当需要构建一个复杂的企业网络时，适合采用基于客户-服务器模式的网络。

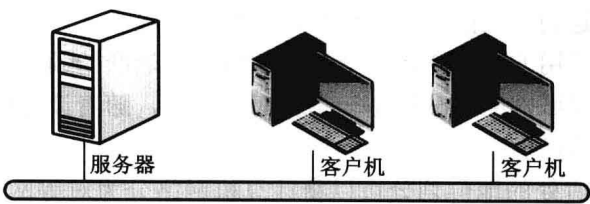


图 1-4 基于客户-服务器模式的网络

1.2 计算机网络的组成与结构

1. 计算机网络的基本组成

计算机网络由网络硬件系统和网络软件系统构成。从拓扑结构上讲，计算机网络由一些网络结点和连接这些结点的通信线路构成；从逻辑功能上讲，计算机网络由资源子网和通信子网两个子网组成，如图 1-5 所示。

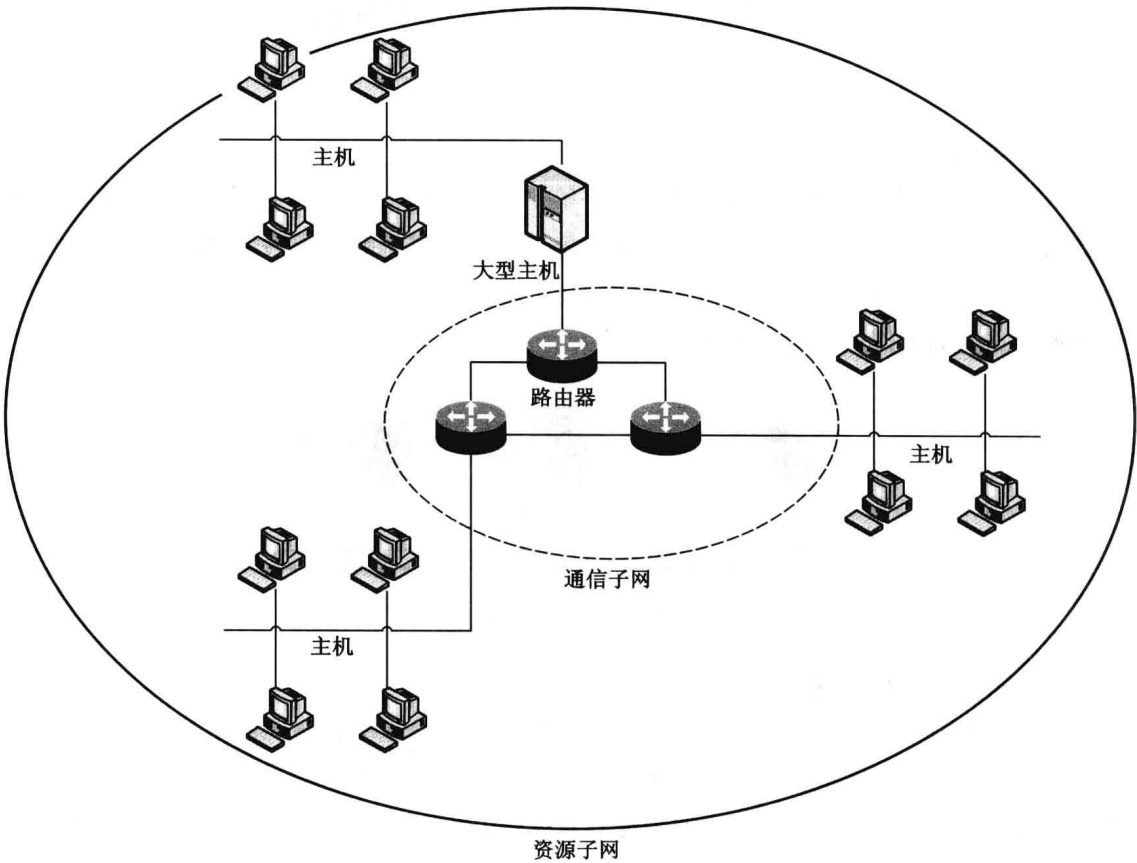


图 1-5 资源子网与通信子网

资源子网主要负责整个网络的信息处理，为网络用户提供网络服务和资源共享等，它主要包括网络中的所有的主机、I/O 设备、终端、网络软件和数据库等。通信子网主要负责整个网络的数据通信，为网络用户提供数据传输、转接、加工和交换等通信处理工作。通信子网主要包括通信线路（即传输介质）、网络连接设备（如网络接口设备、通信控制处理机、网桥、路由器、交换机、网关、调制解调器、卫星地面接收站等）、网络通信协议和通信控制软件等。

2. 计算机网络的拓扑结构

计算机网络的拓扑结构是指网络结点和通信线路组成的几何排列，也称网络逻辑结构图。计算机网络的拓扑结构的类型有总线型、星状、环状、树状和网状。

(1) 总线型

这种结构采用单根传输线路作为公共传输信道，这个公共的信道称为总线，所有网络结点通过专用连接器连接到总线上，总线具有信息的双向传输功能，如图 1-6 所示。总线型拓扑结构的优点是：结构简单、非常便于扩充、安装与使用方便。缺点是：由于信道共享，连接的结点不宜过多，否则会影响传输速率，在目前的建网实践中，已经很少采用。

(2) 星状

星状拓扑结构是一种以中央结点为中心，把若干外围结点连接起来的辐射式互连结构，如图 1-7 所示。星状拓扑结构的优点是：系统稳定性好，安装容易，结构简单，故障率低。缺点是：由于任何两个结点间通信都要经过中央结点，故中央结点出现故障时，整个网络会瘫痪。

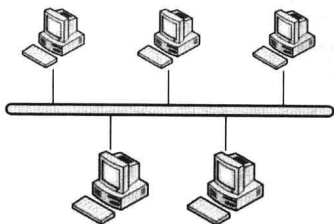


图 1-6 总线型拓扑结构

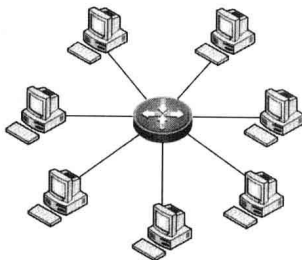


图 1-7 星状拓扑结构

(3) 环状

环状拓扑结构是将工作站、共享设备（服务器、打印机等）等网络结点通过通信线路连接成闭合环路，如图 1-8 所示。环状拓扑结构的优点是：结构简单，容易实现，信息在网络中沿固定方向流动，两个结点间有唯一的通路。缺点是：由于整个网络构成闭合环路，网络扩充起来不方便，如果网络中某个结点发生故障时，整个网络就不能正常工作。

(4) 树状

树状拓扑结构是一种分层结构，各个网络结点按一定的层次连接起来，形状像棵倒置的树，适合于分级管理和控制的网络系统。与星状拓扑结构相比，它的优点是：通信线路总长度短，成本较低，结点易于扩充，寻找路径比较方便，故障也容易处理。缺点是：整个网络对根结点的依赖性很大，一旦网络的根结点发生故障，整个系统就不能正常工作，如图 1-9 所示。

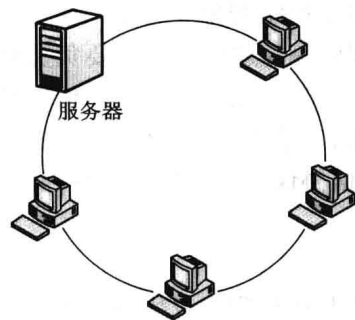


图 1-8 环状拓扑结构

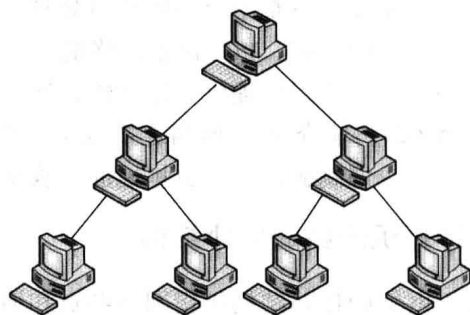


图 1-9 树状拓扑结构

(5) 网状

网状结构是将各网络结点与通信线路互连成各种形状，每个结点至少要与其他两个结点相连，如图 1-10 所示。在网状结构的网络中，传输数据时可充分、合理地使用网络资源，具有很高的可靠性，大型网络一般采用网状拓扑结构。

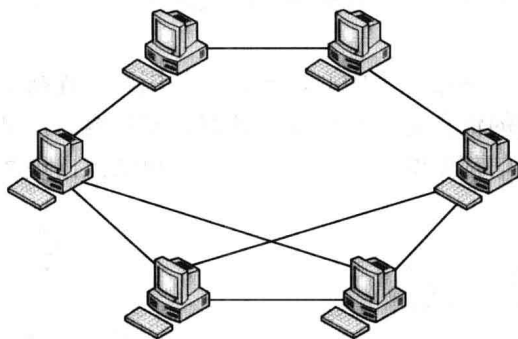


图 1-10 网状拓扑结构

1.3 计算机网络体系结构

1. OSI/RM 开放系统互连参考模型

为了实现不同制造商的计算机产品之间进行相互通信，20 世纪 70 年代后期，国际标准化组织（ISO）和国际电报电话咨询委员会（CCITT）共同制定了开放系统互连参考模型（Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM），也就是七层网络通信模型，通常称为 OSI 七层模型，它的颁布促使所有的计算机网络走向标准化，从而具备了开放和互连的条件，即只要遵循 OSI 标准，一个系统就可以与位于世界上任何地方、遵循同样标准的其他系统进行通信。

OSI 参考模型描述了信息或数据在计算机之间的通信过程，并把实现有效通信所需要的所有过程划分为七个层次：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

划分层次的原则是：

- 网路中各结点都有相同的层次。
- 不同结点的同等层具有相同的功能。
- 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。

(1) 物理层

物理层是 OSI 参考模型七层中的最底层，也是 OSI 模型的第一层。物理层直接与物理信道相连接。物理层的主要功能是利用物理传输介质，为数据链路层提供物理连接，主要任务是透明地传输比特流。

计算机网络中使用了许多物理设备和各种传输介质，物理层对上层的主要作用是要尽可能地屏蔽各种介质和设备的具体特性，使得数据链路层感觉不到差异的存在，这样数据链路层就可以只考虑本层的协议和服务。

(2) 数据链路层

数据链路层是 OSI 模型的第二层，负责接收来自物理层以位流形式传输的数据，并提取出帧封装后传输到上一层。同样，也将来自上层的数据包封装成数据帧转发到物理层，并且负责处理接收端发回的确认帧的信息，以便提供可靠的数据传输。

(3) 网络层

网络层是 OSI 模型的第三层，是 OSI 参考模型中核心的一层，传输的基本单元为分组或数据包。网络层的功能是实现在通信子网内源结点到目标结点分组的传输。数据链路层的数据在这一层被转换为数据包，然后通过路径选择、分段组合、流量控制等处理后，将信息从一台网络设备传输到另一台网络设备。

(4) 传输层

传输层位于 OSI 模型的第四层，是通信子网和资源子网的接口和桥梁，起到承上启下的作用。它的主要任务是向用户提供可靠的端到端的服务，传输的基本单元为数据报或数据段。传输层向高层屏蔽了下层数据通信的细节，即向用户透明地传输报文。

(5) 会话层

会话层是 OSI 模型的第五层，是用户应用程序和网络之间的接口，负责建立和维护两个结点间的会话连接和数据交换。

会话层不参与具体的数据传输，只是对数据传输进行管理，并建立、组织和协调两个互相通信的进程之间的交互。

(6) 表示层

表示层是 OSI 模型的第六层，负责对来自应用层的命令和数据进行解释，对各种语法赋予相应的含义，并按照一定的格式传输给会话层，其主要功能是处理两个通信系统中数据表示方面的问题，包括数据的编码、格式的转换、数据的压缩和恢复、数据的加密和解密等。

(7) 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层，是最接近用户的一层，主要功能是为用户的应用程序提供网络服务，是用户使用网络功能的接口。

OSI 的参考模型的每一层都提供一个特殊的网络功能。物理层、数据链路层、网络层和传

输层（低四层）主要提供数据传输和交换功能，即以结点到结点之间的通信为主，其中传输层作为上下两部分的桥梁，是整个网络体系结构中非常关键的部分。会话层、表示层和应用层（高三层）以提供用户与应用程序之间的信息和数据处理功能为主。概括地讲，通信子网的功能由低四层完成，资源子网的功能由高三层完成。

图 1-11 为 OSI 参考模型对等层通信结构图。



图 1-11 OSI 参考模型对等层通信结构图

2. TCP/IP 网络协议

网络间的互连需要各个网络共同遵守一个协议，即网络协议。TCP/IP 协议是目前被广泛使用的网络协议。

TCP/IP 协议不符合 OSI 标准，但它们是应用最广泛的网络协议，并被公认为事实上的工业标准。

TCP/IP 协议的特点是：

- 开放的协议标准，独立于特定的计算机硬件和操作系统；
- 统一分配网络地址，使整个 TCP/IP 设备在网络中具有唯一的 IP 地址；
- 同时适用于局域网、广域网和 Internet 中；
- 可以为用户提供多种可靠的网络服务。

TCP/IP 参考模型由上到下分为四个层次：应用层、传输层、网际层和网络接口层。

(1) 应用层

应用层直接向用户提供服务，相当于 OSI 参考模型的高三层，包括了所有的高层协议，并不断有新协议加入。常用的协议有：

- 远程登录协议（Telnet）：用于实现 Internet 中远程登录。
- 文件传输协议（FTP）：用于实现 Internet 中交互式文件传输功能。
- 简单邮件传输协议（SMTP）：用于实现 Internet 中电子邮件传输功能。
- 域名服务（DNS）：用于实现网络设备名字到 IP 地址映射的网络服务。
- 路由信息协议（RIP）：用于网络设备之间交换信息。
- 网络文件系统（NFS）：用于网络中不同主机间的文件共享。

- 超文本传输协议 (HTTP): 用于 WWW 服务。

(2) 传输层

传输层的主要功能是在 Internet 中的两个通信主机的相应应用进程之间建立端到端的连接, 传输层包括两种协议:

- 传输控制协议 (Transport Control Protocol, TCP): 是一种可靠的面向连接的协议。
- 用户数据报协议 (User Datagram Protocol, UDP): 是一种不可靠的面向无连接的协议。

(3) 网际层

网际层负责把源主机的数据报发送到目的主机, 并实现跨网传输。它的功能包括:

- 处理来自传输层的分组发送请求。
- 处理接收的数据报。
- 处理 Internet 中路径、流量控制、拥塞控制等问题。

网际层主要协议包括:

• 网际协议 (IP): 使用 IP 地址确定收发端, 提供端到端的“数据报”传递, 并规定计算机在 Internet 上通信时需要遵守的一些基本规则。

- ICMP 协议: 作用是协助网际层实现报文传输的控制, 提供错误和信息报告。
- ARP 协议: 将网络层地址转换成数据链路层地址。
- RARP 协议: 将数据链路层地址转换成网络层地址。

(4) 网络接口层

网络接口层负责通过网络发送和接收 IP 数据报。网络接口层使用的协议并没有硬性规定, 允许主机连入网络时使用多种现成的和流行的协议。网络接口层的协议主要有局域网的以太网协议、令牌环协议、FDDI 协议、ATM 协议等。

TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型的层次对应关系如图 1-12 所示。

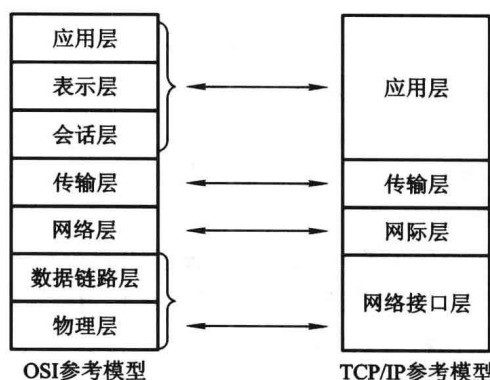


图 1-12 TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型的层次对应关系

IP 协议是 TCP/IP 体系中的网际层协议, TCP、UDP、ICMP 等协议都是以 IP 协议为基础的, IP 协议是 TCP/IP 协议中的核心协议。IP 协议作为一种通用协议, 允许任何地点的任何计算机在任何时间进行通信。

1.4 数据通信基础知识

1. 数据通信的基本概念

在数据通信的基础知识中所涉及的基本概念如下。

- 信息：是指消息所包含的内容，载体是数字、文字、语音、图形、图像等。计算机及其外部设备产生和交换的信息都是以二进制的代码来表示字母、数字或控制符号。
- 数据：传输的二进制代码。数据与信息区别在于，数据涉及事物的表示形式，而信息涉及数据的内容和解释。
- 信号：是数据在传输过程中电信号的表示形式，包括模拟信号和数字信号。
- 信道：通信中传输信息的通道，它由相应的发送信息与接收（或转发）信息的设备以及与之相连接的传输介质组成。
- 信道容量：单位时间内信道上所能传输的最大比特数，单位为 bps。
- 码元：或称码位，是对计算机网络传输的二进制数字中的每一位的通称。
- 码字：由若干个码元序列表示的数据单元代码称为码字。

2. 数据通信系统主要技术指标

数据通信系统的主要技术指标包括数据传输速率、信号传输速率、信道容量、误码率等。

- 数据传输速率：指单位时间内所传输的二进制代码的有效位（bit）数，也称比特率，单位是位每秒（bps）。常用的数据传输速率单位有：Kbps、Mbps、Gbps 与 Tbps，其中，1 Kbps = 10^3 bps，1 Mbps = 10^6 bps，1 Gbps = 10^9 bps，1 Tbps = 10^{12} bps。

数据传输速率计算公式

$$S = \log_2 N / T \text{ (bps)}$$

其中： T 表示单位脉冲宽度，单位为秒； N 表示一个脉冲所能表示的有效值状态，在二进制中，一个脉冲“有”和“无”表示 0 和 1 两种状态。对于多相调制来说， N 表示相的数目。通常，对于二进制编码传输， $N=2$ ；对于八进制编码传输， $N=8$ ；对于十六进制编码传输， $N=16$ 。如果为二进制编码传输， $N=2$ ， $S=1/T$ 。

- 信号传输速率：是指单位时间内通过信道传输的码元个数，也称码元速率、调制速率或波特率，单位是波特（baud）。信号传输速率的计算公式是 $B=1/T$ （baud），其中 T 为信号码元的宽度，单位为秒。波特率与比特率的关系为

$$S = B \log_2 N \text{ (bps) 或 } B = S / \log_2 N \text{ (baud)}$$

- 信道容量：指一个信道的最大数据传输速率，信道容量与数据传输速率的区别是信道容量表示信道的最大数据传输速率，是信道传输数据能力的最大值，数据传输速率是实际的数据传输速率。信道容量的单位是位每秒（bit/s 或 bps）。

- 误码率：指二进制数据位传输时出错的概率，是衡量数据通信系统在正常工作时的传输可靠性的指标。一般计算机网络通信系统要求误码率低于 10^{-6} 。

1.5 计算机网络新技术

1. xDSL 技术

数字用户线路 (Digital Subscriber Line, DSL) 是以普通电话线为传输介质的传输技术组合, 它包括 ADSL、HDSL、SDSL、VDSL 和 RADSL 等, 一般称之为 xDSL, 其主要区别体现在信号传输速率和距离的不同以及上行速率和下行速率对称性的不同这两个方面。

ADSL 是一种非对称的 DSL 技术。非对称是指用户线的上行速率与下行速率不同, 上行速率低、下行速率高, 适合传输多媒体信息业务。ADSL 在一对铜质双绞线电话线上支持上行速率 512 Kbps~1 Mbps, 下行速率 1~8 Mbps, 有效传输距离在 3~5 km 范围以内。传统的电话线系统使用铜线的低频部分 (4 kHz 以下频段), 而 ADSL 采用 DMT (离散多音频) 技术, 将原来电话线路 0~1.1 MHz 频段划分成 256 个频宽为 4.3 kHz 的子频带, 其中 4 kHz 以下频段用于传输传统电话业务, 20~138 kHz 的频段用来传输上行信号, 138~1.1 MHz 的频段用来传输下行信号。ADSL 现已成为众多家庭用户的首选接入方式。

VDSL 技术也属于非对称式传输, 是 xDSL 技术中最快的一种。在一对铜质双绞电话线上, 上行数据的速率为 1.5~19.2 Mbps, 下行数据的速率为 13~55 Mbps, 但是 VDSL 的传输距离在 300~1 000 m 以内。VDSL 的体系结构就像高速的 ADSL。VDSL 采用上传和下载管道以获取更高的传输速率, 并且也使用了内置纠错功能以解决噪声等干扰。

HDSL 是一种对称的高速数字用户环路技术, 上行和下行速率相等, 并且采用回波抑制、自适应滤波和高速数字处理技术, 一般采用两对电话线进行全双工通信。HDSL 无中继传输距离为 3~5 km, 每对电话线传输速率为 1 168 kbps, 两对线传输速率可达到 1.544~2.048 Mbps。HDSL 提供的传输速率是对称的, 即为上行和下行通信提供相等的带宽, 其典型的应用是代替光缆将远程办公室或办公楼连接起来。HDSL 是各种 DSL 技术中最成熟的一种, 互连性好, 传输距离较远, 设备价格较低, 适用于企业网络系统中部分边远结点的连接。

2. 三网融合

三网指的是电信网、计算机网和有线电视网。三网融合是一种广义的、社会化的说法, 在现阶段并不意味着电信网、计算机网和有线电视网三大网络的物理合一, 而主要是指高层业务应用的融合。其表现为技术上趋向一致, 网络层上可以实现互连互通, 并形成无缝覆盖; 业务层上互相渗透和交叉, 应用层上趋向使用统一的 IP 协议, 在经营上互相竞争、互相合作, 朝着向人们提供多样化、多媒体化、个性化服务的目标逐渐交汇在一起, 行业管制和政策方面也逐渐趋向统一。三大网络通过技术改造, 能够提供包括语音、数据、图像等综合多媒体的通信业务, 这就是所谓的三网融合。

三网融合在概念上从不同角度和层次上分析, 可以涉及技术融合、业务融合、行业融合、终端融合以及网络融合, 目前最主要的是应用层次上互相使用统一的通信协议。IP 优化光网络就是新一代电信网的基础, 就是所说的三网融合的结合点。