

21 世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

# 网络工程实训 和实践应用教程

郑秋生 主编

夏冰 潘磊 副主编

可下载教学资料

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

清华大学出版社

21世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

# 网络工程实训 和实践应用教程

郑秋生 主编

夏冰 潘磊 副主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书主要根据网络工程专业的专业实践教学要求,设计了实验体系和知识结构,旨在系统培养学生的实践能力和工程能力。内容由网络基础知识、综合布线、交换路由、Windows Server 2008 操作系统、Linux 操作系统管理及服务器配置、协议分析、网络测量、网络管理、网络安全、网络编程、故障排除和网络系统集成与规划设计共 12 个部分组成,实践技能基本覆盖当前网络工程的各个环节和过程,为了满足不同学校实践教学需要和不同读者工程能力训练,本书提供设计、验证和综合等实验类型,在结构上,由实验目的、实验内容、实验原理、实验环境与网络拓扑、实验步骤、实验故障排除与调试、实验报告要求和实验思考组成。

本书主要面对网络工程专业、信息管理专业及计算机相关专业,作为实验教材使用,也可以作为网络管理员和网络工程师培训与应试的参考书籍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

网络工程实训和实践应用教程/郑秋生主编.--北京:清华大学出版社,2011.10

(21 世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材)

ISBN 978-7-302-26606-8

I. ①网… II. ①郑… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 177390 号

责任编辑:魏江江 张为民

责任校对:白 蕾

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:31 字 数:774 千字

版 次:2011 年 10 月第 1 版 印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:44.50 元

---

产品编号:034457-01

# 前 言

---

2010年6月23日,教育部在天津召开了启动“卓越工程师教育培养计划”的会议,将联合有关部门和行业协(学)会,共同实施“卓越工程师教育培养计划”。一方面,卓越计划要求全面提高工程教育人才质量,加强高校、行业、社会需求各方的密切合作程度;另一方面,网络工程是实践性较强的一门学科,需要从事该行业者具有扎实的理论知识和广博的实践经验。在此背景下,结合多年教学 and 实际工作经验,一批实践能力强、教学经验丰富的教师一起合作编写了本书。

“网络工程”专业在我国高校设置、招生已经有10年的历史了。10年的教学积累了大量的经验,各高校在教材的编写、实验室建设、专业建设方面都取得了显著的进步和成绩。目前的网络实验教材大多是针对网络工程的一个或几个环节和过程编写的,不能满足网络工程专业实践能力和工程能力系统培养的专业要求,同时,各高校教学运行过程中还存在不少的问题亟待解决,例如:

- (1) 不同学校网络工程专业的教学计划差异较大,一些课程选不到合适的教材。
- (2) 网络工程专业的知识体系没有编写到教材中。
- (3) 每门课程实践环节的任务要求一般都由授课教师设计,随意性较大,难易程度差别较大。
- (4) 存在实验内容重复的问题,是过分依赖授课老师对实验环节的任务设计。
- (5) 没有根据专业培养的要求,对学生的工程能力、实践能力有一个系统的课程设计。

基于教学过程中存在的以上问题,结合我们多年来在网络工程专业建设、课程建设的教学实践经验,编写了这本《网络工程实训和实践应用教程》,希望能够解决网络工程专业实践教学和工程能力培养的一些问题。

本书共12章,由网络基础知识、综合布线、交换路由、Windows Server 2008操作系统、Linux操作系统管理及服务器配置、协议分析、网络测量、网络管理、网络安全、网络编程、故障排除和网络系统集成与规划设计组成,共设计了134个实验(实训)项目,基本覆盖当前网络工程的方方面面。

第1章主要介绍网络工程所涉及的基本概念、协议族、基本原理,为本书做了一个导引。

第2章主要内容是网络综合布线相关知识,培训学生使用相关工具进行布线操作及测试线缆故障的能力。本章设计了22个实验,其中7个为选作实验。

第3章主要以CISCO设备为例,重点阐述交换和路由中的基本配置,广域网帧中继和PPP封装技术、IPv6配置、路由重分布配置等高级配置,最后以一个中小型网络为例集成路由和交换中的知识点。本章设计了21个实验,其中6个为选做实验。

第4章主要内容是Windows Server 2008操作系统基本服务的配置操作,使学生掌握

活动目录、DNS 服务、DHCP 服务和 Web 服务、FTP 服务等基本服务的配置方法。本章设计了 9 个实验,其中 1 个为选做实验。

第 5 章主要内容是 Linux 操作系统的管理及服务器的配置,包括基本操作、网络管理和安全管理等基本实验及常见服务器配置实验。通过实验,培训学生对 Linux 系统的操作能力和常见服务器的配置管理能力。本章设计了 10 个实验。

第 6 章主要以 Wireshark 为工具详细分析 TCP/IP 协议族中常见知识点和包结构,并对其他协议如 STP、DTP、CDP 和 IGMP 进行格式分析。本章设计了 8 个协议分析实验,其中 2 个为选做实验。

第 7 章主要以 Fluke 协议分析仪为工具进行网络性能测试和分析,详细介绍响应时间、吞吐量、协议分布量化和带宽利用率等性能参数。本章设计了 6 个实验。

第 8 章主要介绍网络管理基本原理、基本功能及其基于 SNMP 的软件开发。详细介绍 SNMP、MIB 和报文操作的基本内容,并以校园网为例,详细阐述在线状态监控、数据流量监控和认证授权等实验。本章设计了 10 个实验,其中 3 个为选做实验。

第 9 章主要内容包括 PKI 技术管理及 CA 证书的应用、计算机与网络资源的探测及扫描、防火墙的原理及规则设置,以及入侵检测技术配置等方面。本章设计了 7 个实验。

第 10 章主要阐述基本的套接字编程技术,以及利用 select、多线程实现服务器端多任务编程技术。结合 Windows 系统给出的各种机制,实现多任务服务器端编程的各种技术,并给出 MFC 中利用封装类实现多任务编程技术,以及利用封装类实现网络应用的编程技术,最后给出几种常用的网络抓包分析技术。本章设计了 14 个实验。

第 11 章以实际网络环境中的各种故障为例,介绍了网络故障的分类和排除的原则,以及各种常见网络故障的分析及排除方法。着重在实际故障的分析过程中加强学生对于网络基本概念的认识和实践动手能力的培养。本章设计了 23 个实验。

第 12 章以网络系统集成的理念,主要阐述小型局域网、安全局域网、校园网的网络系统集成与设计,并以实际的校园网为背景,进行大型校园网的规划与设计。本章设计了 4 个实验。

本书主要有以下几个特点:

- (1) 突出解决问题的技术与方案。
- (2) 突出网络工程操作规范。
- (3) 突出实践动手能力。
- (4) 突出网络工程的综合能力。

本书主要面向的读者对象是:

- (1) 网络工程专业学生。
- (2) 从事计算机网络教学的教师。
- (3) 网络工程技术人员。
- (4) 对网络工程感兴趣且想提高计算机网络应用水平的业余自学人员。

本书各章的工程实训和实践都是网络工程专业中的核心操作内容。在实践中,学生和老师在理解并熟练操作的基础上,只需要调整就可以很快实现符合自身需要的实验体系。

本书由郑秋生教授主编、统稿。第 1 章由郑秋生编写,第 2 章由裴斐编写,第 3 章由夏冰编写,第 4 章由刑颖编写,第 5 章由余雨萍编写,第 6 章由王桢编写,第 7 章由夏建磊编

写,第8章由何鹏和杨俊鹏编写,第9章由潘磊编写,第10章由王文奇编写,第11章由岳峰编写,第12章由潘磊和夏冰编写。本书编写过程中,夏冰做了大量的组织和校稿工作,苗凤君、董智勇、张书钦、孙飞显、潘恒参加了本书的规划、组稿和方案讨论工作,董跃钧、杨华、盛剑会、李向东提出了许多建设性意见,在此一并表示感谢。

由于编者水平和实验环境所限,书中错误或不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正,欢迎通过电子信箱 zztixiabing@sina.com 来信告知。

作 者

2011年7月于郑州

# 目 录

---

<b>第 1 章 网络基础知识</b> .....	1
1.1 网络基本术语 .....	1
1.2 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型 .....	2
1.2.1 分层的好处 .....	2
1.2.2 OSI 参考模型 .....	2
1.2.3 TCP/IP 模型 .....	4
1.2.4 层之间的通信流程 .....	5
1.3 以太网 .....	6
1.3.1 以太网基础 .....	6
1.3.2 以太网工作原理 .....	7
1.3.3 交换式以太网 .....	7
1.3.4 冲突域和广播域 .....	8
1.4 IP 地址 .....	8
1.4.1 IP 地址概述 .....	8
1.4.2 CIDR 和 VLSM .....	10
1.4.3 IPv6 .....	11
1.5 数据格式 .....	12
1.5.1 二层 Frame 结构 .....	12
1.5.2 三层 Packet 结构 .....	14
1.5.3 四层 Segment 结构 .....	15
1.6 实验安排 .....	16
<b>第 2 章 综合布线</b> .....	17
2.1 双绞线的制作 .....	18
2.1.1 简介 .....	18
2.1.2 双绞线连接操作工具 .....	20
2.1.3 标准网线及交叉线的制作 .....	21
2.1.4 故障线的制作 .....	23
2.1.5 配线架和信息模块的制作 .....	24
2.2 双绞线的测试 .....	25
2.2.1 简介 .....	25

2.2.2	线缆测试仪的基本操作 .....	27
2.2.3	接线图测试 .....	29
2.2.4	线缆长度的测试 .....	32
2.2.5	传输时延和时延偏离测试 .....	33
2.2.6	衰减的测试 .....	35
2.2.7	串扰的测试 .....	36
2.2.8	综合近端串扰的测试 .....	37
2.2.9	衰减串扰比的测试 .....	38
2.2.10	回波损耗的测试 .....	39
2.2.11	等效远端串扰和综合等效远端串扰的测试 .....	40
2.3	光纤的熔接和测试 .....	41
2.3.1	简介 .....	41
2.3.2	光纤熔接 .....	43
2.3.3	光纤长度测试 .....	45
2.3.4	光纤损耗测试 .....	45
2.4	无线网络 .....	46
2.4.1	简介 .....	46
2.4.2	无线对等网络的搭建 .....	48
2.4.3	无线接入点配置 .....	52
2.5	综合布线系统 .....	55
2.5.1	简介 .....	55
2.5.2	工作区子系统——网络插座安装 .....	56
2.5.3	水平子系统——PVC线管布线 .....	57
2.5.4	水平子系统——PVC线槽布线 .....	58
2.5.5	管理间子系统——铜缆配线设备安装 .....	59
2.5.6	垂直子系统——PVC线槽安装 .....	60
<b>第3章</b>	<b>交换路由 .....</b>	<b>61</b>
3.1	交换 .....	62
3.1.1	简介 .....	62
3.1.2	交换机的基本配置 .....	63
3.1.3	VLAN配置 .....	68
3.1.4	Trunk配置 .....	70
3.1.5	VTP配置 .....	74
3.1.6	STP配置 .....	76
3.1.7	流量监控与镜像配置 .....	81
3.1.8	三层交换机的配置 .....	82
3.2	路由 .....	85
3.2.1	简介 .....	85



3.2.2	基本配置 .....	85
3.2.3	静态路由配置 .....	87
3.2.4	RIP 路由协议综合配置 .....	89
3.2.5	单区域 OSPF 路由协议配置 .....	93
3.2.6	OSPF 路由协议综合配置 .....	95
3.2.7	EIGRP 路由协议配置 .....	98
3.2.8	DHCP 配置 .....	102
3.2.9	NAT 配置 .....	104
3.2.10	ACL 配置 .....	106
3.2.11	单臂路由配置 .....	109
3.2.12	IPv6 配置 .....	111
3.2.13	路由重分布配置 .....	114
3.2.14	帧中继配置 .....	117
3.2.15	PPP 配置 .....	122
3.3	中小型网络综合案例 .....	124
<b>第 4 章</b>	<b>Windows Server 2008 操作系统</b> .....	<b>130</b>
4.1	磁盘管理 .....	130
4.1.1	基本的磁盘操作 .....	130
4.1.2	高级磁盘操作 .....	134
4.2	DNS 服务配置 .....	139
4.3	活动目录配置 .....	144
4.3.1	活动目录的安装 .....	144
4.3.2	活动目录的基本配置 .....	147
4.3.3	组策略的管理 .....	150
4.4	Web 服务和 FTP 服务配置 .....	155
4.4.1	Web 服务配置 .....	155
4.4.2	FTP 服务配置 .....	159
4.5	DHCP 服务配置 .....	162
<b>第 5 章</b>	<b>Linux 操作系统管理及服务器配置</b> .....	<b>167</b>
5.1	基本管理 .....	168
5.1.1	基本操作 .....	168
5.1.2	网络管理 .....	172
5.1.3	安全管理 .....	175
5.2	基本服务 .....	177
5.2.1	远程联机服务器配置 .....	178
5.2.2	Samba 服务器配置 .....	181
5.2.3	DHCP 服务器配置 .....	183

5.2.4	FTP 服务器配置 .....	185
5.3	高级服务 .....	187
5.3.1	DNS 服务器配置 .....	188
5.3.2	Web 服务器配置 .....	191
5.3.3	电子邮件服务器配置 .....	194
<b>第 6 章</b>	<b>协议分析 .....</b>	<b>198</b>
6.1	协议分析 .....	198
6.1.1	网络协议 .....	198
6.1.2	协议分析工具介绍 .....	200
6.2	Wireshark 协议分析仪 .....	201
6.2.1	Wireshark 的基本操作 .....	201
6.2.2	ARP 数据包的生成与分析 .....	206
6.2.3	IP 数据包的生成与分析 .....	210
6.2.4	ICMP 数据包的生成与分析 .....	212
6.2.5	TCP 建立连接三次握手机制分析 .....	215
6.2.6	TCP 断开连接四次握手机制分析 .....	217
6.2.7	STP、DTP、CDP 和 IGMP 协议分析 .....	220
6.2.8	应用层协议的生成与分析 .....	224
<b>第 7 章</b>	<b>网络测量 .....</b>	<b>228</b>
7.1	网络测量 .....	228
7.1.1	简介 .....	228
7.1.2	网络测量仪厂商介绍 .....	229
7.2	Fluke 协议分析仪 .....	229
7.2.1	Fluke 协议分析仪的基本操作 .....	230
7.2.2	响应时间性能测量 .....	234
7.2.3	吞吐量性能测量 .....	237
7.2.4	网络协议分布量化性能测量 .....	238
7.2.5	链路带宽利用率性能测量 .....	242
7.2.6	以太网流量分析 .....	245
<b>第 8 章</b>	<b>网络管理 .....</b>	<b>250</b>
8.1	网络管理基本原理 .....	250
8.1.1	SNMP 基本配置 .....	250
8.1.2	MIB 的基本结构 .....	253
8.1.3	SNMP 的基本操作 .....	258
8.1.4	SNMP 报文格式分析 .....	262
8.2	网络管理基本功能演示 .....	264

8.2.1	网络管理功能简介 .....	264
8.2.2	网络设备在线状态的监控 .....	266
8.2.3	网络设备数据流量的监控 .....	278
8.2.4	网络认证和授权 .....	288
8.3	SNMP 开发 .....	295
8.3.1	SNMP++ 简述 .....	295
8.3.2	SNMP++ 核心类 .....	295
8.3.3	SNMP 配置管理编程 .....	297
8.3.4	SNMP 性能管理编程 .....	300
8.3.5	拓扑发现编程 .....	304
<b>第 9 章</b>	<b>网络安全 .....</b>	<b>311</b>
9.1	PKI 的配置和使用 .....	311
9.1.1	PKI 简介 .....	311
9.1.2	CA 的安装和证书申请 .....	313
9.1.3	HTTPS 配置与应用 .....	318
9.1.4	用证书发送安全电子邮件 .....	320
9.2	网络扫描技术 .....	324
9.2.1	网络扫描原理 .....	324
9.2.2	网络扫描实验 .....	325
9.3	防火墙的配置和使用 .....	330
9.3.1	防火墙的原理 .....	330
9.3.2	Windows 防火墙实验 .....	331
9.3.3	Linux 防火墙实验 .....	334
9.4	入侵检测系统 .....	338
9.4.1	入侵检测系统简介 .....	338
9.4.2	入侵检测系统实验 .....	340
<b>第 10 章</b>	<b>网络编程 .....</b>	<b>345</b>
10.1	基本伯克利套接字编程技术 .....	345
10.1.1	概述 .....	345
10.1.2	利用伯克利基本函数实现 TCP 协议编程 .....	347
10.1.3	利用伯克利基本函数实现 UDP 协议编程 .....	351
10.1.4	利用多线程技术实现服务器端多任务编程 .....	355
10.1.5	利用 select 技术实现服务器端多任务编程 .....	358
10.1.6	利用 C/S 实现一个简单的聊天程序 .....	361
10.2	Windows 下基本网络编程技术 .....	363
10.2.1	概述 .....	363
10.2.2	利用异步选择实现 TCP 协议服务器端编程 .....	363

10.2.3	利用事件选择实现 TCP 协议服务器端编程 .....	366
10.2.4	利用重叠式 I / O 实现 TCP 协议服务器端编程 .....	370
10.2.5	利用完成端口模型实现 TCP 协议服务器端编程 .....	377
10.3	Windows 高级编程技术 .....	381
10.3.1	概述 .....	381
10.3.2	利用 CAsyncSocket 实现 TCP 协议服务器端编程 .....	381
10.3.3	利用 CSocket 类实现 TCP 协议服务器端编程 .....	383
10.4	Windows 网络应用编程 .....	385
10.4.1	概述 .....	385
10.4.2	利用 WinInet 类实现 FTP 客户端程序 .....	387
10.5	网络抓包编程技术 .....	390
10.5.1	概述 .....	390
10.5.2	利用原始套接字编程实现网络抓包 .....	390
10.5.3	利用 Winpcap 实现网络抓包 .....	392
<b>第 11 章</b>	<b>故障排除 .....</b>	<b>400</b>
11.1	网络故障概述 .....	401
11.1.1	网络故障的分类 .....	401
11.1.2	网络故障排除的原则 .....	401
11.1.3	网络故障范围的判断 .....	403
11.2	网络故障的排除 .....	406
11.2.1	光纤链路故障的排除 .....	406
11.2.2	交换机、路由器故障的排除 .....	409
11.2.3	服务器故障的排除 .....	423
11.2.4	磁盘阵列故障的排除 .....	443
<b>第 12 章</b>	<b>网络系统集成与规划设计 .....</b>	<b>451</b>
12.1	网络系统集成 .....	451
12.2	网络实验室系统集成与设计 .....	452
12.3	可靠、安全的网络实验室系统集成与设计 .....	456
12.4	校园网系统集成设计 .....	459
12.5	大型园区网规划与设计 .....	464
12.5.1	校园网背景 .....	464
12.5.2	需求分析 .....	464
12.5.3	现有网络特征 .....	466
12.5.4	网络逻辑设计 .....	473
12.5.5	网络实施 .....	475
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>483</b>

本章主要介绍本书所涉及的计算机网络的基础知识,使得读者能够在进行具体网络实验学习之前,对所涉及的网络知识有一个学习和回顾。

## 1.1 网络基本术语

计算机网络是一个复杂的系统,包含大量的专业术语。为了能更好地进行网络实验,在此介绍一些常用的网络术语。

### 1. 网络协议

网络协议是网络的灵魂。一般把为进行网络数据交换而制定的约定、规定与标准称为网络协议。一个完整的协议由三个要素组成:语法、语义和同步。从三要素的角度看待协议,可以对学习新协议举一反三。

### 2. 网络体系结构

网络体系结构是计算机网络的各层及其协议的集合,是这个计算机网络及其部件所应完成的功能的精确定义。

网络体系结构通常都不会说明如何实现特定的功能,而仅仅说明特定通信规则所需要的功能是什么,并不规定这些规则应该如何具体实现,即所谓的“特定协议的实现与技术无关”或“体系结构是抽象的,实现是具体的”的含义。对体系结构概念的深刻理解,有助于理解服务、协议、对等层、协议栈等概念;也有助于随着网络技术的发展,学习和掌握新的网络技术。

### 3. 网络拓扑

网络拓扑是指网络设备及它们之间的互连布局或关系,一般分为物理拓扑和逻辑拓扑。物理拓扑是结点与它们之间的物理连接的布局,表示如何使用介质来互连设备。逻辑拓扑是网络将数据从一个结点传输到另一个结点的方法,表示信息流动的路线。

网络的物理拓扑很可能不同于逻辑拓扑。物理拓扑是协议无关的,逻辑拓扑是协议相关的。常见的网络拓扑有总线型、星型、点对点型和环型等。

### 4. 局域网

按照 IEEE 的定义,局域网(LAN)中的通信被限制在中小规模的地理范围内,例如一幢办公楼、一座工厂或一所学校,能够使用具有中等或较高数据速率的物理信道,且具有较低的误码率。局域网络是专用的,由单一组织机构所利用。

不同的局域网构架在覆盖的区域大小、连接的用户数量、可用的服务数量和类型等方面可能存在巨大差异。

本书关注局域网中的综合布线、路由交换、服务器配置、故障排除、网络规划设计等。

## 5. 广域网

广域网(WAN)通常跨接很大的物理范围,所覆盖的范围从几十千米到几千千米。它能连接多个城市或国家,或横跨几个洲并能提供远距离通信,形成国际性的远程网络。

本书关注广域网中的路由技术。

## 6. 带宽

信号的带宽是指该信号包含的各种不同频率成分所占据的频率范围,单位是赫兹(Hz),一般称为频带宽。各类双绞线都有不同的频带宽。

现在常见的带宽主要是指表示通信线路所能传送数据的能力,即在单位时间内从网络的一点到另一点通过的“最高数据率”,单位是位/秒(bps)。

## 7. 吞吐量

吞吐量是指在不丢包的情况下单位时间内通过网络设备(如防火墙)的数据包数量。网络吞吐量测试是网络维护和故障查找中最重要的手段之一,尤其是在分析与网络性能相关的问题时吞吐量的测试是必备的测试手段。

# 1.2 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型

从网络诞生到 1974 年系统网络体系结构 SNA 的出现,不同网络体系结构的用户迫切要求能互相交换信息,随后产生了两个著名的网络模型:OSI 参考模型和 TCP/IP 模型。

## 1.2.1 分层的好处

OSI 参考模型以及 TCP/IP 模型都采用了分层的设计。网络协议通常分不同层进行开发,每一层分别负责不同的通信功能。为了保证这些协议工作的协同性,应当将协议设计和开发成完整的、协作的协议系列,而不是孤立地开发每个协议。分层把复杂的网络功能进行了划分,使得更容易理解和设计网络协议。下面是网络分层设计的一些好处。

- (1) 人们可以很容易地讨论和学习协议的规范细节。
- (2) 层间的标准接口方便了工程模块化。
- (3) 创建了一个更好的互连环境。
- (4) 降低了复杂度,使程序更容易修改,产品开发的速度更快。
- (5) 每层利用紧邻的下层服务,更容易记住各层的功能。

以上是从网络体系结构的角度对网络进行分层,也就是从信息是如何被封装以及如何被协议处理的角度来分层。而在实际的网络规划设计中(例如校园网)也体现了分层的思想,只不过是网络构建的角度来看,一般把网络的结构分为接入层、分布层和核心层。这三层都有各自关注的重点,有不同的功能。读者可以在本书第 11 章和第 12 章体会到网络构建分层的好处。

## 1.2.2 OSI 参考模型

OSI(Open System Interconnection)是开放系统互连模型。开放是指非垄断,系统是指现实的系统中与互连有关的各部分。

OSI 参考模型把网络通信的工作分为 7 层, 从下至上分别是物理层(Physics Layer)、数据链路层(Data Link Layer)、网络层(Network Layer)、传输层(Transport Layer)、会话层(Session Layer)、表示层(Presentation Layer)和应用层(Application Layer), 如图 1-1 左侧所示。

OSI 参考模型是一个定义良好的协议规范集, 并有许多可选部分完成类似的任务。它定义了开放系统的层次结构、层次之间的相互关系以及各层所包括的可能任务, 是作为一个框架来协调和组织各层所提供的服务。

OSI 参考模型并没有提供一个可以实现的方法, 而是描述了一些概念, 用来协调进程间通信标准的制定。OSI 参考模型并不是一个标准, 而是一个在制定标准时所使用的概念性框架。

OSI 参考模型有三个主要的概念: 服务、接口和协议。

### 1. 物理层

物理层规定通信设备的机械的、电气的、功能的和过程的特性, 用以建立、维护和拆除物理链路连接。具体地讲, 机械特性规定了网络连接时所需插件的规格尺寸、引脚数量和排列情况等; 电气特性规定了在物理连接上传输比特流时, 线路上信号电平的大小、阻抗匹配、传输速率和距离限制等; 功能特性是指对各个信号先分配确切的信号含义, 即定义了 DTE 和 DCE 之间各个线路的功能; 过程特性定义了利用信号线进行比特流传输的一组操作规程, 是指在物理连接的建立、维护、交换信息时, DTE 和 DCE 双方在各电路上的动作系列。

在这一层, 数据的单位称为位(Bit)。物理层定义的典型规范包括 EIA/TIA RS-232、EIA/TIA RS-449 和 V. 35 等。

### 2. 数据链路层

数据链路层在物理层提供比特流服务的基础上, 建立相邻结点之间的数据链路, 通过差错控制提供数据帧在信道上无差错的传输。有些网络的数据链路层简化了可靠传输。

数据链路层在不可靠的物理介质上提供可靠的传输。该层的作用包括物理地址寻址、数据的成帧、流量控制、数据的检错和重发等。

在这一层, 数据的单位称为帧(Frame)。数据链路层协议的代表包括 SDLC、HDLC、PPP 和帧中继等。

### 3. 网络层

在计算机网络中进行通信的两个主机之间可能会经过很多个数据链路, 也可能还要经过很多通信子网。网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换结点, 确保数据及时传送。网络层将数据链路层提供的帧封装或解封成数据包, 包中封装有网络层包头, 其中含有逻辑地址信息, 即源站点和目的站点的网络地址。

如果在谈论一个 IP 地址, 那么是在处理第三层的问题, 这是“数据包”问题, 而不是第二层的“帧”。IP 是第三层问题的一部分, 此外还有一些路由协议和地址解析协议(ARP)。有关路由的一切事情都在第三层处理, 地址解析和路由是第三层的重要目的。网络层还可以实现拥塞控制、网际互联等功能。



图 1-1 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型

在这一层,数据的单位称为数据包或分组。网络层协议的代表包括 IP、IPX 和 AppleTalk 等。

#### 4. 传输层

传输层协议是端到端的协议。该层的任务是根据通信子网的特性最佳地利用网络资源,为两个端系统的会话层提供建立、维护和取消传输连接的功能,以可靠方式或不可靠方式传输数据。所谓可靠方式,是指保证把源主机发送的数据正确地送达目的主机;所谓不可靠方式,则是指不保证把源主机发送的数据正确地送达目的主机,数据有可能丢失或出错。

在这一层,数据的单位称为报文段(Segment)。常见的传输层协议有 TCP/IP 协议族中的 TCP 和 UDP 协议,以及 IPX/SPX 协议族中的 SPX 协议。

#### 5. 会话层

在会话层及以上的高层次中,数据传送的单位不再另外命名,统称为报文。会话层不参与具体的传输,它提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间通信的机制。如服务器验证用户登录便是由会话层完成的。

会话层提供的服务可使应用建立和维持会话,并能使会话获得同步。会话层使用校验点可使通信会话在通信失效时从校验点继续恢复通信。这种能力对于传送大的文件极为重要。会话层、表示层、应用层构成开放系统的高 3 层,面对应用进程提供分布处理、对话管理、信息表示、恢复最后的差错等。会话层同样要担负应用进程服务要求而传输层不能完成的那部分工作,给传输层功能差距以弥补。会话层主要的功能是对话管理、数据流同步和重新同步。

属于会话层的协议有 SQL、NES、NetBIOS Name、AppleTalk ASP 和 DECNet SCP 等。

#### 6. 表示层

表示层的主要目的是定义数据格式,像 ASCII 文本、EBCDIC、二进制、BCD 和 JPEG。加密解密也被 OSI 定义为表示层服务。例如,FTP 允许选择以二进制或 ASCII 格式传输文件。如果选择二进制格式,发送方和接收方不改变文件的内容。如果选择 ASCII 格式,发送方将把文本从发送方的字符集转换成标准的 ASCII 字符集后发送数据;接收方将标准的 ASCII 字符集转换成接收方计算机的字符集。

常见的表示层协议有 JPEG、ASCII、TIFF、GIF、PICT、加密、MPEG 和 MIDI 等。

#### 7. 应用层

应用层是对应用程序提供通信服务。负责对软件提供接口以使程序能使用网络服务。术语“应用层”并不是指运行在网络上的某个特别应用程序,应用层提供的服务包括文件传输、文件管理以及电子邮件的信息处理。

常见的应用层协议有 Telnet、HTTP、DNS、FTP、SMTP 和 SNMP 等。

### 1.2.3 TCP/IP 模型

由于 OSI 参考模型过于庞大和复杂,使它难以投入到实际运用中。而 TCP/IP 模型吸取了网络分层的思想,而且对网络的层次进行了简化,并在网络各层(除了网络接入层)都提供了完善的协议,这些协议构成了 TCP/IP 协议族。TCP/IP 协议是目前最流行的商业化



协议,是当前工业标准或“事实标准”。

TCP/IP 模型把网络通信的工作分为 4 层,从下至上分别是网络接入层、网际层、传输层和应用层,如图 1-1 右侧所示。

### 1. 网络接入层

实际上,TCP/IP 模型没有真正提供这一层的实现,也没有提供协议。它只是要求第三方实现的网络接入层能够为上层提供一个访问接口,使得网际层能利用网络接入层来传递 IP 数据包。该层包括操作系统中的设备驱动程序和计算机中的网卡,它们一起处理与传输介质的物理接口细节。

### 2. 网际层

网际层是整个参考模型的核心。它的功能是把 IP 数据包发送到目的主机。这涉及路由选择和分组转发。另外,网际层还具备连接异构网的功能。网际层协议包括 IP、ICMP 以及 IGMP 等。

### 3. 传输层

传输层主要为两台主机上的应用程序提供端到端的通信。在 TCP/IP 协议族中,有两个互不相同的传输协议 TCP 和 UDP。TCP 为两台主机提供高可靠性的数据通信。它所做的工作包括把应用程序交给它的数据分成合适的小块交给下面的网际层,确认收到的分组,设置发送最后确认分组的超时计时器等。由于传输层提供了高可靠性的端到端通信,因此应用层可以忽略这些细节。UDP 则为应用层提供一种非常简单的服务。它只是把称作数据报的分组从一台主机发送到另一台主机,但并不保证该数据报能到达另一端。

### 4. 应用层

TCP/IP 模型将 OSI 模型中的会话层和表示层的功能合并到应用层实现。针对各种各样的网络应用,应用层引入了许多协议。基于 TCP 协议的应用层协议主要有 Telnet(远程登录)、FTP(文件传输协议)和 SMTP(简单邮件传输协议);基于 UDP 协议的应用层协议主要有 DNS(域名系统)、网络电话和 SNMP(简单网络管理协议)等。

虽然 OSI 模型和 TCP/IP 模型都形成各自的协议栈,并且功能也大体相似,但是这两个模型仍然有较大的差异,具有各自的优缺点。在此不再详述。

## 1.2.4 层之间的通信流程

OSI 参考模型层之间的信息封装和传递如图 1-2 所示。AH、PH、SH、TH、NH、DH 和 DT 分别表示应用层头部、表示层头部、会话层头部、传输层头部、网络层头部、数据链路层头部和数据链路层尾部。虚线表示对等层通信,是虚拟的水平通信;实线表示层间真实的垂直通信。当源主机向目的主机发送数据时,在源主机方,数据先由上层向下层传递,每一层会给上一层传递来的数据加上一个信息头,然后向下层发出,最后通过物理介质传输到目的主机。在目的主机方,数据再由下层向上层传递,每一层先对数据进行处理,把信息头去掉,再向上层传输,最后到达最上层,就会还原成实际的数据。

各个层加入的信息头有着不同的内容,如网络层加入的信息头中包括源地址和目的地址信息;传输层加入的信息头中包括报文类型、源端口和目的端口、序列号和确认号等。数据链路层还会为数据加上信息尾。