高等院校计算机实验与实践系列示范教材

计算机网络原理实验分析与实践

朱晓燕 刘羽 王彦丽 李晓娟 编著

清华大学出版社

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

计算机网络原理实验分析与实践

朱晓燕 刘羽 王彦丽 李晓娟 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按照 TCP/IP 协议栈的层次结构，采用自顶向下的方式组织。针对应用层、传输层、网络层、数据链路层、物理层分别设计了不同难度的相关实验，并对每层主要协议的相关知识进行描述、总结。这些知识，除了可以帮助学生很好地完成相关实验内容之外，对于深刻理解协议原理也是很有帮助的。

本书语言通俗易懂，每个实验互相独立，实验内容丰富翔实。可以作为高等院校相关专业本、专科生"计算机网络"的配套实验教材使用，也可作为从事网络的相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理实验分析与实践/朱晓燕等编著. —北京：清华大学出版社，2012.8
高等院校计算机实验与实践系列示范教材
ISBN 978-7-302-29355-2

Ⅰ. ①计… Ⅱ. ①朱… Ⅲ. ①计算机网络—基本知识 Ⅳ. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 156945 号

责任编辑：闫红梅　李　晔
封面设计：常雪影
责任校对：白　蕾
责任印制：张雪娇

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175　　邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
课 件 下 载：http://www.tup.com.cn，010-62795954

印 装 者：三河市李旗庄少明印装厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　　张**：13　　**字　　数**：318 千字
版　　次：2012 年 8 月第 1 版　　**印　　次**：2012 年 8 月第1 次印刷
印　　数：1～3000
定　　价：23.00 元

产品编号：047876-01

出版说明

当前，重视实验与实践教育是各国高等教育界的发展潮流，我国与国外教学工作的差距也主要表现在实践教学环节上。面对新的形式和新的挑战，完善实验与实践教育体系成为一种必然。为了培养具有高质量、高素质、高实践能力和高创新能力的人才，全国很多高等院校在实验与实践教学方面进行了大力改革，在实验与实践教学内容、教学方法、教学体系、实验室建设等方面积累了大量的宝贵经验，起到了教学示范作用。

实验与实践性教学与理论教学是相辅相成的，具有同等重要的地位。它是在开放教育的基础上，为配合理论教学、培养学生分析问题和解决问题的能力以及加强训练学生专业实践能力而设置的教学环节；对于完成教学计划、落实教学大纲，确保教学质量，培养学生分析问题、解决问题的能力和实际操作技能更具有特别重要的意义。同时，实践教学也是培养应用型人才的重要途径，实践教学质量的好坏，实际上也决定了应用型人才培养质量的高低。因此，加强实践教学环节，提高实践教学质量，对培养高质量的应用型人才至关重要。

近年来，教育部把实验与实践教学作为对高等院校教学工作评估的关键性指标。2005年1月，在教育部下发的《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》中明确指出："高等学校要强化实践育人的意识，区别不同学科对实践教学的要求，合理制定实践教学方案，完善实践教学体系。要切实加强实验、实习、社会实践、毕业设计（论文）等实践教学环节，保障各环节的时间和效果，不得降低要求。"，"要不断改革实践教学内容，改进实践教学方法，通过政策引导，吸引高水平教师从事实践环节教学工作。要加强产学研合作教育，充分利用国内外资源，不断拓展校际之间、校企之间、高校与科研院所之间的合作，加强各种形式的实践教学基地和实验室建设。"

为了配合开展实践教学及适应教学改革的需要，我们在全国各高等院校精心挖掘和遴选了一批在计算机实验与实践教学方面具有潜心研究并取得了富有特色、值得推广的教学成果的作者，把他们多年积累的教学经验编写成教材，为开展实践教学的学校起一个抛砖引玉的示范作用。

为了保证出版质量，本套教材中的每本书都经过编委会委员的精心筛选和严格评审，坚持宁缺毋滥的原则，力争把每本书都做成精品。同时，为了能够让更多、更好的实践教学成果应用于社会和各高等院校，我们热切期望在这方面有经验和成果的教师能够加入到本套丛书的编写队伍中，为实践教学的发展和取得成效做出贡献；也衷心地期望广大读者对本套教材提出宝贵意见，以便我们更好地为读者服务。

清华大学出版社

联系人：索梅 suom@tup.tsinghua.edu.cn

前言

以互联网(因特网)为标志的计算机网络的发展,改变了人们的生活方式,同时使人们对网络技术的需求也更加强烈。目前,各高等院校相关专业普遍开设了计算机网络原理课程,计算机网络原理实验是计算机原理课程的重要组成部分,配套的实验教程也多种多样,且各有侧重点。本书结合作者多年的网络原理实验课程的教学经验,归纳整理了一套实验教学的思路和方法,力求帮助读者更好地理解网络原理。

本书主要通过对大量、真实的网络数据进行详细分析,使用简便易行的方法对网络通信进行复原和再现,帮助读者学习和理解 TCP/IP 协议。本书适合作为高等院校相关专业本、专科生"计算机网络原理"的配套实验教材,也可供从事网络的相关人员作为参考书。

本书按照 TCP/IP 协议栈的层次结构,采用自顶向下的方法组织内容。全书共分为 6 章,外加 6 个附录。第 1 章介绍网络常用命令、诊断工具,并设计了 3 个基本实验。第 2 章介绍应用层协议(DHCP、HTTP、FTP、SMTP、POP3、DNS),5 个实验分别对这些协议进行了详细的分析、总结。第 3 章介绍传输层(TCP、UDP),对应的 2 个实验分别是对传输层 2 个协议的分析。第 4 章介绍网络层,主要对 IP、ICMP、NAT 以及内部网关协议 RIP、OSPF 进行分析。第 5 章介绍数据链路层,通过 ARP 协议的分析,理解以太网及其帧封装。第 6 章介绍最底层物理层,主要是网络传输介质的内容。在进行这 6 章实验的同时,附录部分描述了一些相关知识以及服务器的配置。附录 A 详细介绍 TCP/IP 协议的层次结构,并深入描述数据的封装与分解过程,因为这些是复杂网络体系结构的主要思想,也是协议分析的基本思路。附录 B~F,则是配合第 2 章~第 4 章实验所需要的服务器配置过程,包括 WWW、FTP、NAT、路由(RIP、OSPF)以及邮件服务器的配置过程。在进行每章实验之前,最好先预习本章的相关内容以及相关的附录内容。

本书的特色如下:

- 层次清晰、内容丰富、图文并茂。在内容组织上,按照 TCP/IP 协议栈的层次结构,采用自顶向下的顺序来组织本书,同时注重原理与实践紧密结合,具有很强的实用性;在写作上,采用通俗易懂的语言进行描述,尽量做到深入浅出、简洁明了。
- 采用大量截图,直观展示每个协议的内部构成,并对各协议进行详细的分析、总结。
- 多种获取协议数据包的方法,尽量全面展示各类协议报文。
- 以捕获到的网络上真实的数据包为例,以图文并茂的方式进行分析,使读者直观地学习、理解各层协议的内容。
- 只需要一些常用的设备,安装一些通用软件,就可以完成本书的所有实验。不需要购买专用的软件或者硬件,一般学校都可以方便地引入教学中。

• 对于每章提供的实验，教师可以根据自己学校及教学的实际情况，相应地进行选做。

在本书的编写中，参考了大量网络书籍和因特网上的资料，在此对相关作者表示感谢。由于计算机网络技术发展迅速，涉及的知识面广，而作者本人水平有限，书中难免会有疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编　者

2012 年 5 月

如何阅读和使用本书

本书以计算机网络原理实验为基础，结合实验对网络原理进行分析和实验实践。本书可以用作多种用途：可以作为计算机网络实验的教材，书中涵盖了计算机网络原理知识的各个方面，并且配有实验内容和思考题，方便实验教学的开展。实验教师可以根据各自的需要，自行选择相应的章节和实验进行教学；本书也可以作为学生和网络爱好者的参考书。书中的实验均可以再现，读者可以通过这些实验，加深对网络原理中相关概念的理解。

全书分为 6 章，内容基本上是独立的。

第 1 章，实验基础。主要介绍全书实验中所需的网络环境、基本命令和工具等。实验基础是整个网络原理实验的基础。熟练掌握实验基础中的内容，有利于进行后续的实验分析和实验实践。

第 2 章～第 6 章，以 TCP/IP 协议栈为线索，自顶向下介绍应用层、传输层、网络层、数据链路层和物理层的相关协议和实验内容。在每个网络分层中，分别选取具有典型意义的和重要的协议进行分析和实践。读者可以根据各自的教学和学习需要进行选取。全书最后提供了大量的附录，主要用来帮助开展实验课程的教师搭建实验环境。

目 录

第1章 实验基础

内容简介

本章主要介绍书中实验需要搭建的网络环境，实验需要用到的网络配置管理命令、工具和分析软件。通过两个简单的网络实例，使读者对计算机网络有一个基本了解，掌握计算机网络的基本概念，为后续章节的讲解、分析和实践做好准备。

1.1 网络环境的搭建与配置

1.1.1 网络拓扑结构

拓扑（Topology）一词源自几何学。网络拓扑结构是指用传输介质互连各种设备的物理布局，简单地说，就是用什么样的方法将网络中的计算机和网络设备连接起来。构成网络的拓扑结构有很多种。比较常见的有星状结构、环状结构、总线结构、分布式结构、树状结构、网状结构、蜂窝状结构等。

本书中所有实验所需要的拓扑结构，除非特殊说明，都是基于星状的网络结构。

1.1.2 网络配置

网络配置是计算机进行网络通信的基础。正确配置计算机的网络设备是进行网络通信、开展网络实验的前提。

一般情况下，计算机设备进行网络通信有两种网络接入方式：直接电缆连接和拨号方式。直接电缆连接主要用在局域网、小区宽带等结构中。拨号方式主要用在家庭和移动应用中。

直接电缆接入方式一般需要配置计算机的网络适配器。网络适配器即常见的网卡。网络适配器有两种配置方法：一种是采用动态主机控制协议（DHCP）自动配置；另一种是采用手工方法对网卡进行配置。实际应用中具体采用哪种配置方法，是由网络环境中的网络设备配置决定的，具体情况需要询问网络管理员。

1.2 常用的网络命令与工具

Windows 操作系统和 UNIX/Linux 操作系统都提供了丰富的网络操作命令。这些命令需要在命令提示符或者终端中以命令行方式运行。以命令行方式运行的网络操作命令比

图形化方式运行的程序具有更好的可靠性和即时性。学习掌握这些命令对于网络管理、维护与诊断具有很好的实用性。本节只是介绍了本书实验中所涉及的网络操作命令和命令选项。根据操作系统的不同，命令的执行可能具有细微的差别。有关命令的详细用法和其他未列出的命令可以查阅操作系统帮助文档或者相关书籍。

除非特殊说明，本书中所介绍的网络操作命令都是基于 Windows 操作系统平台。

1.2.1 IPCONFIG

ipconfig 命令可以查看 TPC/IP 协议的配置情况，诊断并修复动态地址分配，更新 DNS 缓存。ipconfig 是 Windows 专有命令。在 UNIX/Linux 系统中，ifconfig 具有 ipconfig 所提供的功能。

用法：

```
ipconfig [/? | /all |
          /renew [adapter] | /release [adapter] |
          /renew6 [adapter] | /release6 [adapter] |
          /flushdns | /displaydns
```

选项：

adapter——网络适配器的名称。

/? ——显示此帮助消息。

/all——显示完整配置信息。

/release——释放指定适配器的 IPv4 地址。

/release6——释放指定适配器的 IPv6 地址。

/renew——更新指定适配器的 IPv4 地址。

/renew6——更新指定适配器的 IPv6 地址。

/flushdns——清除 DNS 解析程序缓存。

/displaydns——显示 DNS 解析程序缓存的内容。

说明：

默认情况下，ipconfig 可不用任何选项直接运行。ipconfig /all 则可以显示完整的网络配置信息，其中包括网络适配器的 MAC 地址(物理地址)。ipconfig /renew 可以更新并获得 IP 地址。绝大多数情况下，新获得的 IP 地址和之前曾获得的 IP 地址相同。

1.2.2 PING

ping 命令是利用 ICMP 协议对网络进行诊断，根据目标主机的网络拓扑位置的不同，可以得出不同的诊断结果。ping 命令是实际应用中最常用的网络诊断命令。

用法：

```
ping [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-f] [-i TTL] target_name
```

选项：

-t——ping 指定的主机，直到停止。输入 Control-Break 可以查看统计信息并继续操作；输入 Control-C 可以停止执行。

-a——将地址解析成主机名。

-n count——要发送的回显请求数。

-l size——发送缓冲区即 ICMP 协议中的数据内容的大小。

-f——在数据包中设置“不分段”标志(仅适用于 IPv4)。

-i TTL——生存时间,即数据包可以通过的路由器的数量。

说明:

ping 命令的某些选项(如-f、-i 等)在绝大多数情况下无法从屏幕的回显中看出差别,想要看到这些选项的运行差异,需要多个选项配合使用或者使用网络分析工具进行数据分析获得。

1.2.3 NETSTAT

netstat 命令可以显示当前网络的连接状态和路由状态。在某些情况下,netstat 命令可以帮助我们诊断计算机网速缓慢等故障。

用法:

netstat [-a] [-e] [-n] [-o] [-p proto] [-r] [-s] [-t] [interval]

选项:

-a——显示所有连接和侦听端口。

-e——显示以太网统计。此选项可以与 -s 选项结合使用。

-n——以数字形式显示地址和端口号。

-o——显示拥有的与每个连接关联的进程 ID。

-p proto——显示 proto 指定的协议的连接;proto 可以是下列任何一个:TCP、UDP、TCPv6 或 UDPv6。如果与 -s 选项一起用来显示每个协议的统计,proto 可以是下列任何一个:IP、IPv6、ICMP、ICMPv6、TCP、TCPv6、UDP 或 UDPv6。

-r——显示路由表。

-s——显示每个协议的统计。默认情况下,显示 IP、IPv6、ICMP、ICMPv6、TCP、TCPv6、UDP 和 UDPv6 的统计;-p 选项可用于指定默认的子网。

-t——显示当前连接卸载状态。

interval——重新显示选定的统计,各个显示间暂停的间隔秒数。按 Ctrl+C 停止重新显示统计。如果省略,则 netstat 将打印当前的配置信息一次。

说明:

netstat 命令默认运行时会尝试将所有地址转换为主机名。对于互联网上的计算机而言,获取主机名需要相对多的时间,因此在绝大多数情况下 netstat 命令都会带上 -n 选项使用。

1.2.4 TRACERT

tracert 命令被设计用来跟踪从源计算机到目标计算机所经过的路由器。通过向目的主机发送带有不同 TTL 值的 ICMP 数据报,tracert 命令根据路由器返回的 ICMP 差错报

告获得链路中的各路由器信息。

用法：

```
tracert [ - d] [ - h maximum_hops] [ - w timeout] target_name
```

选项：

-d—— 不将地址解析成主机名。

-h maximum_hops——搜索目标的最大跃点数，默认值是 30 跳。

-w timeout——等待每个回复的超时时间(us)，如果超时，则显示星号“ * ”，默认超时间隔是 4s。

说明：

tracert 命令默认运行时也会尝试将所有地址转换为主机名，因此在绝大多数情况下，tracert 命令都会带上 -d 选项一起使用。tracert 是 Windows 操作系统专用命令，UNIX/Linux 系统下对应的命令为 traceroute。

1.2.5 PATHPING

pathping 命令结合了 ping 和 tracert 命令的功能，可以显示通信线路上每个子网的延迟和丢包率，提供这两个命令都无法提供的附加信息。

用法：

```
pathping [ - h maximum_hops] [ - n] [ - p period] [ - q num_queries] [ - w timeout]
    target_name
```

选项：

-h maximum_hops——搜索目标的最大跃点数。默认是 30。

-n——不将地址解析成主机名。

-p period——两次 ping 之间等待的时间(以毫秒为单位)，默认是 1.4s。

-q num_queries——每个跃点的查询数。默认是 100 个。

-w timeout——每次回复等待的超时时间。默认是 3s。

说明：

pathping 与 tracert 相比较，除了能够提供路由路径检测外，还可以对各跃点进行多次 ICMP 检测并提供相应的统计信息。

1.2.6 NSLOOKUP

nslookup 被设计用来进行 DNS 域名解析测试。通过命令可以从指定的 DNS 服务器获得详细的域名和 IP 地址的映射关系。

用法：

```
nslookup [ - opt ...]                    # 使用默认服务器的交互模式
nslookup [ - opt ...] - server           # 使用 "server" 的交互模式
nslookup [ - opt ...] host               # 仅查找使用默认服务器的 "host"
nslookup [ - opt ...] host server        # 仅查找使用 "server" 的 "host"
```