高等学校计算机课程规划教材

计算机网络实验教程

王盛邦 编著
农 革 审

清华大学出版社

高等学校计算机课程规划教材

计算机网络实验教程

王盛邦 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共12章，覆盖了交换技术、路由技术、网络安全技术、网络编程技术、协议分析技术、VPN技术、IPv6技术等内容。本书内容丰富，实例众多，针对性强，叙述和分析透彻。每章都配有相关实验习题，具有可读性、可操作性和实用性强的特点。

第1章实验基础，介绍常用的网络命令、交换机路由器原理、协议分析软件、CISCO的模拟软件等；第2章介绍传输介质双绞线以及如何制作跳线、模块等；第3章介绍交换机技术；第4章介绍路由技术；第5章介绍访问控制列表；第6章介绍NAT地址转换；第7章介绍VPN技术；第8章介绍IPv6技术；第9章介绍网络嗅探与协议分析；第10章介绍网络编程技术；第11章介绍网络安全；第12章综合实验。

本书图文并茂，结构合理，适合作为计算机网络专业本专科教材，也可供网络工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络实验教程/王盛邦编著. --北京：清华大学出版社，2012.10
（高等学校计算机课程规划教材）
ISBN 978-7-302-29753-6

Ⅰ.①计… Ⅱ.①王… Ⅲ.①计算机网络－实验－高等学校－教材 Ⅳ.①TP393-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第189141号

责任编辑：汪汉友
封面设计：傅瑞学
责任校对：焦丽丽
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：清华大学印刷厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　　张**：26　　**字　　数**：633千字
版　　次：2012年10月第1版　　**印　　次**：2012年10月第1次印刷
印　　数：1～2500
定　　价：44.50元

产品编号：044697-01

出版说明

信息时代早已显现其诱人魅力，当前几乎每个人都随身携有多个媒体、信息和通信设备，享受其带来的快乐和便捷。

我国高等教育早已进入大众化教育时代。而且计算机技术发展很快，知识更新速度也在快速增长，社会对计算机专业学生的专业能力要求也在不断翻新。这就使得我国目前的计算机教育面临严峻挑战。我们必须更新教育观念——弱化知识培养目的，强化对学生兴趣的培养，加强培养学生理论学习、快速学习的能力，强调培养学生的实践能力、动手能力、研究能力和创新能力。

教育观念的更新，必然导致教材的更新。一流的计算机人才需要一流的名师指导，而一流的名师需要精品教材的辅助，而精品教材也将有助于催生更多一流名师。名师们在长期的一线教学改革实践中，总结出了一整套面向学生的独特的教法、经验、教学内容等。本套丛书的目的就是推广他们的经验，并促使广大教育工作者进一步更新教育观念。

在教育部相关教学指导委员会专家的帮助和指导下，在各大学计算机院系领导的协助下，清华大学出版社规划并出版了本系列教材，以满足计算机课程群建设和课程教学的需要，并将各重点大学的优势专业学科的教育优势充分发挥出来。

本系列教材行文注重趣味性，立足课程改革和教材创新，广纳全国高校计算机专业一线优秀名师参与，从中精选出佳作予以出版。

本系列教材具有以下特点。

1. 有的放矢

针对计算机专业学生并站在计算机课程群建设、技术市场需求、创新人才培养的高度，规划相关课程群内各门课程的教学关系，以达到教学内容互相衔接、补充、相互贯穿和相互促进的目的。各门课程功能定位明确，并去掉课程中相互重复的部分，使学生既能够掌握这些课程的实质部分，又能节约一些课时，为开设社会需求的新技术课程准备条件。

2. 内容趣味性强

按照教学需求组织教学材料，注重教学内容的趣味性，在培养学习观念、学习兴趣的同时，注重创新教育，加强“创新思维”和“创新能力”的培养、训练，强调实践，案例选题注重实际和兴趣度，大部分课程各模块的内容分为基本、加深和拓宽内容 3 个层次。

3. 名师精品多

广罗名师参与，对于名师精品，予以重点扶持，教辅、教参、教案、PPT、实验大纲和实验指导等配套齐全，资源丰富。同一门课程，不同名师分出多个版本，方便选用。

4. 一线教师亲力

专家咨询指导，一线教师亲力；内容组织以教学需求为线索；注重理论知识学习，注重学

习能力培养，强调案例分析，注重工程技术能力锻炼。

经济要发展，国力要增强，教育必须先行。教育要靠教师和教材，因此建立一支高水平的教材编写队伍是社会发展的需要，特希望有志于教材建设的教师能够加入到本团队。通过本系列教材的辐射，培养一批热心为读者奉献的编写教师团队。

清华大学出版社

前　言

网络经过十几年的发展，已不是传统的简单数据交换的模式了，而是朝着复杂、统一应用的先进网络发展。网络专业的学生，将面临的是更复杂的网络应用环境。结合网络技术的发展现状，针对网络教学需求，我们编写了本书。本书以通俗易懂的形式，为读者介绍网络技术和研究应用成果。学习完本书后，学生可以进行网络的规划设计和开发实践。本书着重于理论知识与网络工程实践相结合，希望能对网络工程类专业的学生和其他感兴趣的读者提供实质性的帮助。

本书介绍网络基本配置、网络设备、网络编程、协议分析、VPN 技术、网络安全等网络工程应用实例。实验主要基于 Windows XP 操作系统平台，也有少量基于 Linux。书中实验设备主要基于锐捷网络设备，由于锐捷设备的指令与 Cisco 的指令高度相似，因此也适于在具有 Cisco 产品的实验环境中使用。本书专门介绍了网络虚拟软件，对于不具备物理实验设备的学校或学生，实验仍可在实例的引导下在虚拟环境中完成。第 1 章的内容是本书的基础，介绍常用的网络命令、交换机路由器原理、协议分析软件、Cisco 的模拟软件等，这些知识将会在后续内容使用到；第 2 章介绍传输介质双绞线以及如何制作跳线、模块等；第 3 章介绍交换机技术，包括 VLAN、生成树、端口聚合、端口镜像等。第 4 章介绍路由技术；第 5 章介绍访问控制列表；第 6 章介绍 NAT 地址转换；第 7 章介绍 VPN 技术；第 8 章介绍 IPv6 技术；第 9 章介绍网络嗅探与协议分析；第 10 章介绍网络编程技术；第 11 章介绍网络安全，主要涉及防火墙、ARP 欺骗、网络盗链、蜜罐系统、入侵检测系统等；第 12 章汇集了 12 个内容较为深入的综合实验。本书提供了大量的工程应用实践案例，每章都配有相当数量的类型多样的习题。部分习题取材于近年的全国计算机等级考试四级网络工程师试题。

本书由王盛邦编写，农革审，锐捷网络大学的李铮、张选波老师审阅了本书的第 3～8 章。信息科学与技术学院研究生林展凯同学对本书的编写提出了宝贵的建议并测试了大部分实验。

本书在编写过程中，作者参阅了大量书籍资料，包括网络上论坛、博客，借鉴了许多网络工程经验，作者对其中相关文献已尽量列出，如有遗漏，欢迎指正。中山大学大学城校区教学实验中心刘树郁博士为本书的出版给予了大力支持。清华大学出版社相关人员为本书的顺利出版做了大量的工作。在此对所有为本书的顺利出版提供帮助的人士及所有参阅书籍和文献的作者，一并致以敬意，并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，在使用本书的过程中，如果发现错误和不当之处，编者将不胜感激。编者的联系方式为 wangshb@mail. sysu. edu. cn。

编　者

2012 年 6 月

目　录

实例索引

第1章 实验基础

本章主要介绍与计算机网络实验有关的基础知识，包括常用的命令、交换机路由器原理、协议分析软件、网络仿真软件、绘制拓扑图以及实验报告的书写要求等。

1.1 常用网络命令

1.1.1 ping 命令

在进行网络实验、调试的过程中，ping 是最常用的一个命令。ping 命令全称 Packet Internet Grope(因特网包探测器)，一般用来测试源主机到目的主机网络的连通性。无论是在 UNIX、Linux、Windows 中还是 Cisco 路由器的 IOS 中都集成了 ping 命令。

ping 命令是在 IP 层中利用回应请求/应答 ICMP 报文来测试目的主机或路由器的可达性的。不同操作系统对 ping 命令的实现有所差异。通过执行 ping 命令主要可获得如下信息。

① 监测网络的连通性，检验与远程计算机或本地计算机的连接。

② 确定是否有数据报被丢失、复制或重传。ping 在所发送的数据包中设置唯一的序列号，以此检查其接收到应答报文的序列号。

③ ping 在其所发送的数据包中设置时间戳(Timestamp)，根据返回的时间戳信息可以计算数据包往返的时间(Round Trip Time，RTT)。

④ ping 校验每一个收到的数据包，据此可以确定数据包是否损坏。

在 Windows XP 环境下，ping 命令语法如下：

```
ping [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-f] [-i TTL] [-v TOS] [-r count] [-s count]
    [[-j host-list] | [-k host-list]] [-w timeout] target_name
```

表 1-1 给出了 ping 命令各选项的具体含义。从表 1-1 可以看出，ping 命令的许多选项实际上是指定互联网如何处理和携带回应请求/应答 ICMP 报文的 IP 数据包。

表 1-1 ping 命令选项及含义

选　项	含　义
-t	不停地 ping 目的主机，直到按 Control+C 键时手动停止
-a	将 IP 地址解析为计算机主机名
-n count	发送回送请求 ICMP 报文的次数(默认值为 4)
-l size	定义 echo 数据包大小(默认值为 32B)
-f	在数据包中不允许分片(默认为允许分片)
-i TTL	指定生存时间

续表

选　项	含　义
-v TOS	指定要求的服务类型
-r count	记录路由
-s count	使用时间戳选项
-j host-list	利用主机列表指定宽松的源路由
-k host-list	利用主机列表指定严格的源路由
-w timeout	指定超时间隔，单位为毫秒

(1) 发送 ping 测试报文

发送 ping 测试报文可以不用选项。例如，执行命令“ping IP 地址”或“ping 域名”，则向指定的 IP 地址的主机或域名发送 ping 测试报文。这是最常用的一种使用方法。

【例 1-1】 ping sohu 公司的域名。

```
C:\>ping www.sohu.com
    Pinging pgderbjt01.a.sohu.com [118.228.148.143] with 32 bytes of data:

    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=69ms TTL=48
    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=69ms TTL=48
    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=64ms TTL=48
    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=67ms TTL=48

    Ping statistics for 118.228.148.143:
        Packets: Sent=4, Received=4, Lost=0 (0%loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum=64ms, Maximum=69ms, Average=67ms
```

【例 1-2】 ping Sohu 公司的 IP 地址。

```
C:\>ping 118.228.148.143
    C:\>ping 118.228.148.143
    Pinging 118.228.148.143 with 32 bytes of data:

    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=67ms TTL=48
    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=64ms TTL=48
    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=67ms TTL=48
    Reply from 118.228.148.143: bytes=32 time=65ms TTL=48

    Ping statistics for 118.228.148.143:
        Packets: Sent=4, Received=4, Lost=0 (0%loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum=64ms, Maximum=67ms, Average=65ms
```

在例 1-1 中，已经知道了域名 www. sohu. com 的 IP 地址是 118. 228. 148. 143，所以在

例 1-2 中改用 ping IP 地址，结果是一样的。此例说明，可以利用该命令从域名查找对应的 IP 地址。

在例 1-1(或例 1-2)命令显示的结果中，都返回了 4 个测试数据包，其中 bytes＝32 表示测试中发送的数据包大小是 32B，time＝67ms 表示与对方主机往返一次所用的时间是 67ms。信息显示，这 4 个数据包当中返回速度最快为 64ms，最慢为 69ms，平均速度为 67ms。ping 能够以毫秒为单位显示发送回送请求和收到回送应答之间的时长。如果应答时间短，表示数据包没有通过太多的路由器或网络连接速度较快。

TTL＝48 表示当前测试使用的 TTL 值为 48。因为 ping 命令使用网络层协议 ICMP，所以 TTL(Time to Live，生存时间)指的是一个网络层的数据包(Package)的生存周期。不同操作系统对 TTL 赋予不同的默认值，这个值可以通过修改某些系统的网络参数来改变。例如，Windows 默认为 128(可通过注册表修改。对于 Windows，键值位于[HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\Tcpip\Parameters]，修改"DefaultTTL"字段)，Cisco IOS 是 255，而 Linux 则是 64。

TTL 的作用是在过长路径或有环路情况下，令设备抛弃 ICMP Request 包。因为一个包从一台计算机到另一台计算机中间可能需要经过很长的路径，这个路径可能是很复杂的，并且很可能存在环路。假设一个数据包在传输过程中进入了环路，如果不中止它的话，它会一直循环下去，如果很多个数据包都这样循环的话，将会严重影响网络的正常运行。所以需要在包中设置"生存时间"，并且在包每经过一个结点时，将这个值递减 1，最终包在这个值还为正数的时候到达目的地，或者是在经过一定数量的结点后，这个值减为 0。前者代表完成了一次正常的传输，后者代表包可能选择了一条非常长的路径甚至是进入了环路，所以在这个值为 0 的时候，网络设备将不会再传递这个包而是直接将其抛弃，并发送一个通知给包的源地址。因此通过 TTL 值，可知道包经过多少结点后到达目的地。

与 TTL 有关的参数是指定生存时间"-i TTL"，即可以自行定义 TTL 值来发送 ICMP Request 包，而忽略操作系统默认的 TTL 值。例如：

```
ping 192.168.1.100 -i 17
```

如果用少于 17 的值，将会发现

```
Request timed out.
```

就是说，在到达对方之前这个包的生命周期就结束了，由于 TTL 减为 0，设备会丢弃包并发送一个 TTL 过期的 ICMP 反馈给源地址。

(2) 连续发送 ping 测试报文

在网络调试过程中，有时需要连续发送 ping 探测报文，一旦配置正确，测试主机可以立即报告目的地可达信息。连续发送 ping 测试报文可以使用-t 选项。如执行命令

```
ping 192.168.1.100 -t
```

表示连续向 IP 地址为 192.168.1.100 的主机发送 ping 测试报文，可以使用 Ctrl＋break 键显示发送和接收回应请求/应答 ICMP 报文的统计信息，此时 ping 仍然继续。要结束 ping 命令可以使用 Ctrl＋C 键。