

计算机网络技术 解析与实践

普措才仁 单广荣 主编



科学出版社

基金项目：甘肃省重点学科计算机科学与技术

计算机网络技术解析与实践

普措才仁 单广荣 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

《计算机网络技术解析与实践》的内容涵盖了计算机网络原理、组网技术、网络应用和网络攻防等几个方面,实践项目既包含了对网络原理的理解和运用,又融合了当今网络工程的某些主流技术,适应了基础与验证性、综合和设计性两种不同层次的要求。全书共 10 章,第 1 章介绍了计算机网络技术实践系统平台及其使用方法。第 2 章介绍了网络传输介质及其制作方法。第 3 章介绍了网络命令原理及其实践。第 4 章介绍了以太网组建及文件共享。第 5 章介绍了 H3C 交换机技术原理。第 6 章介绍了路由技术原理。第 7 章介绍了网络地址转换原理及方法。第 8 章介绍了网络编程原理。第 9 章介绍了入侵检测原理与入侵防御技术。第 10 章介绍了攻防系统。

本书可作为高等学校软件工程和计算机科学与技术本科专业、高职高专计算机及相关专业的辅导教材,也可作为全国计算机等级考试的辅导教材,还可供从事软件开发以及相关领域的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术解析与实践 / 普措才仁, 单广荣主编. —北京: 科学出版社, 2017.9

ISBN 978-7-03-053243-5

I. ①计… II. ①普… ②单… III. ①计算机网络—研究 IV.

①TP393.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 126126 号

责任编辑: 于海云 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 5 月第二次印刷 印张: 17 1/2

字数: 400 000

定价: 54.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

计算机网络是信息社会的基础,网络技术已经渗透到社会生活的各个方面,其在信息时代的地位和作用是毋庸置疑的。培养一大批既谙熟网络原理与技术,又具有综合应用和设计创新能力的计算机网络技术人才,是社会发展的迫切需要,也是高校相关专业的重要职责。针对计算机网络实验教学的需求,虽然近年来一些高校采用 H3C、Cisco、锐捷等厂商的设备搭建了网络实验环境,但大都停留在网络工程实践类实验层次,并没有解决网络协议等知识点的配套实验教学,容易使得学生仅会配置各种商用设备,而无法理解网络的内在原理,形成“会操作设备,不懂为什么”的局面,严重影响学生的能力培养与提高。

计算机网络技术的特点是理论性与实践性都很强,涉及的知识面较广,概念繁多,并且比较抽象,仅靠课堂教学,学生难以理解和掌握。在学习网络的一般性原理和技术的基础上,必须通过一定的实验训练,才能真正掌握其内在原理。然而,在课时有限的情况下如何组织计算机网络实验教学的内容和实验实施手段,使之既能配合课堂教学,加深对所学内容的理解,又能紧跟网络技术的发展,培养和提高学生的实际操作技能,却不是件容易的事。为了进一步提高学生计算机网络技术的综合应用和设计创新能力,西北民族大学数学与计算机科学学院联合西普科技于 2011 年共同建立了计算机网络与信息安全实验室。西普科技一直专注于实验教学系统,以专业、卓越、优质的服务博得了众多高校客户的信任。目前,全国已有超过 500 家单位在使用西普科技所提供的产品和服务。西普科技在与各大高校不断探讨的基础上,面向信息安全及相关专业提出了一套全面、系统、成熟的信息安全实验室解决方案。针对不同高校需求,先后在武汉大学、华中科技大学、深圳大学、沈阳工程学院及南京信息职业技术学院等进行了个性化的应用推广。

本书的内容涵盖网络原理、组网技术、网络应用和网络攻防等几个方面,实践项目既包含了对网络原理的理解和运用,又融合了当今网络工程的某些主流技术,适应了基础与验证性、综合和设计性两种不同层次的要求。

参加本书编写的人员有西北民族大学数学与计算机学院的普措才仁(负责全书统筹及策划,提纲撰写,撰写并且修改第 1、2 章)、单广荣(负责全书统筹),洪建超(负责撰写并且修改第 3~5 章)、赵彦(负责撰写并且修改第 6~10 章)。由普措才仁、洪建超、赵彦负责全书校对。作者均为多年从事计算机网络教学、科研的一线教师,有丰富的教学、实践经验,力求做到结构严谨、概念准确,内容组织合理,语言使用规范。

在本书的写作过程中,得到诸多专家和领导的热情支持与指导,在此一并表示衷心感谢。由于作者水平有限,加之时间仓促,书中不当之处在所难免,恳请同行和读者批评指正。

编 者

2017 年 3 月

目 录

第 1 章	计算机网络技术实践系统	1
1.1	SimplePAD-NetRiver2000 网络协议开发实验系统	1
1.1.1	开发背景	1
1.1.2	系统概述	1
1.1.3	系统特点	3
1.1.4	系统组成	3
1.2	SimpleNPTS 网络协议实验教学系统	6
1.2.1	开发背景	6
1.2.2	系统概述	6
1.2.3	系统结构	7
1.2.4	系统特点	8
1.2.5	系统组成	8
1.3	SimpleNATS 计算机网络辅助教学系统	11
1.3.1	开发背景	12
1.3.2	系统特点	12
1.3.3	系统功能	13
1.4	常见的网络设备	16
1.4.1	网卡简介	17
1.4.2	集线器简介	17
1.4.3	交换机简介	18
1.4.4	路由器简介	18
1.4.5	传输介质之双绞线	18
1.4.6	传输介质之同轴电缆	20
1.4.7	传输介质之光纤	21
1.5	计算机网络技术实践及其注意事项	21
第 2 章	网络传输介质及其实践	22
2.1	双绞线	22
2.2	RJ-45 连接器	23
2.3	跳线的制作标准和类型	23
2.4	双绞线的制作原理及实践	25
第 3 章	网络命令原理及其实践	28
3.1	ipconfig 命令	28
3.2	ping 命令	28

3.3	netstat 命令	29
3.4	arp 命令	30
3.5	tracert 命令	30
3.6	net 命令集	31
3.7	ftp 命令	35
3.8	telnet 命令	38
3.9	网络测试命令及实践	40
第 4 章	以太网组建及文件共享	50
4.1	以太网简介	50
4.2	以太网的工作原理	53
4.3	共享式以太网组网原理及实践	56
4.4	对等网和文件共享原理及实践	59
第 5 章	H3C 交换机技术	66
5.1	H3C 交换机介绍	66
5.1.1	H3C 交换机的概念和原理	66
5.1.2	H3C 交换机的分类	67
5.1.3	H3C 交换机的功能	67
5.1.4	H3C 交换方式	68
5.2	以太网交换机端口配置相关命令	68
5.2.1	H3C 交换机相关视图命令	68
5.2.2	H3C 以太网端口配置	70
5.3	VLAN 设置	72
5.3.1	VLAN 介绍	72
5.3.2	配置 VLAN 属性	74
5.3.3	配置基于端口的 VLAN	76
5.3.4	配置基于 MAC 的 VLAN	81
5.3.5	配置基于协议的 VLAN	84
5.3.6	配置基于 IP 子网的 VLAN	88
5.3.7	VLAN 显示和维护	89
5.3.8	VLAN 综合配置实验案例	89
5.4	MAC 地址表配置	91
5.4.1	MAC 地址表的生成方式	91
5.4.2	配置 MAC 地址表	92
5.4.3	MAC 地址表显示和维护	93
5.4.4	地址表的管理应用举例	93
5.4.5	MAC 地址表典型配置原理与实践	95
5.5	以太网链路聚合配置	96
5.5.1	以太网链路聚合简介	96

5.5.2	命令介绍	100
5.5.3	以太网链路聚合典型配置举例	102
5.6	MSTP 配置	108
5.6.1	STP	108
5.6.2	STP 配置原理与实践	115
5.6.3	RSTP	117
5.6.4	MSTP	117
5.6.5	MSTP 典型配置原理与实践	127
第 6 章	路由技术	134
6.1	IP 路由基础知识	134
6.1.1	路由简介	134
6.1.2	路由表显示和维护	137
6.2	静态路由配置	138
6.2.1	基本原理	138
6.2.2	缺省路由	138
6.2.3	命令介绍	139
6.2.4	静态路由表实践	140
6.3	RIP 路由配置	142
6.3.1	基本原理	142
6.3.2	命令介绍	144
6.3.3	在路由器上配置 RIP 实践	148
6.4	OSPF 单区域路由配置	150
6.4.1	基本原理	150
6.4.2	命令介绍	153
6.4.3	OSPF 单域的配置问题及实践	156
6.5	OSPF 多区域路由配置	159
6.5.1	基本原理	159
6.5.2	命令介绍	161
6.5.3	园区的网络分为 3 个区的方法及实践	162
6.6	BGP 配置	165
6.6.1	基本原理	165
6.6.2	命令介绍	166
6.6.3	3 个子自治系统配置 EBGp 与实践	171
6.7	IS-IS 配置	175
6.7.1	基本原理	175
6.7.2	命令介绍	179
6.7.3	IS-IS 基本配置及实践	180
第 7 章	网络地址转换	182

7.1	静态转换	182
7.1.1	基本概念	182
7.1.2	静态转换的配置	183
7.1.3	利用静态转换实现内外地址的转换实践	183
7.2	动态转换	186
7.2.1	基本概念	186
7.2.2	动态地址转换的配置	186
7.3	端口地址转换	189
7.3.1	基本概念	189
7.3.2	端口地址转换的配置	190
7.3.3	端口地址转换的配置及实践	190
7.4	TCP 负载均衡	192
7.4.1	基本概念	192
7.4.2	配置 TCP 负载均衡	192
7.4.3	配置 TCP 负载均衡及实践	193
第 8 章	网络编程	196
8.1	套接字(Socket)	196
8.1.1	Socket 编程原理: 采用 C/S 结构	196
8.1.2	利用套接字建立逻辑信道	197
8.1.3	Winsock	197
8.1.4	套接字的数据结构	197
8.1.5	Socket 使用的地址结构	198
8.1.6	Socket 的主要函数	198
8.1.7	Winsock 通信模式	198
8.2	客户和服务端工作模式分类	199
8.3	面向连接的 Client/Server 模式	199
8.3.1	面向连接的服务器工作流程	199
8.3.2	面向连接的客户端工作流程	202
8.4	TCP 通信和 UDP 通信	202
8.4.1	TCP 通信	202
8.4.2	UDP 通信	203
8.5	C/S 编程实践	204
8.5.1	基于 Socket 的简单网络程序	204
8.5.2	数据报式套接字程序设计	210
第 9 章	入侵检测与入侵防御	212
9.1	IDS 实践分析	215
9.2	数据包记录器实践分析	217
9.3	入侵行为检测实践分析	220

9.4 入侵检测规则编写实践分析 224

9.5 误报及漏报实践分析 232

9.6 异常行为检测实践分析 237

第 10 章 攻防系统 242

10.1 采集信息——扫描实践 242

10.1.1 端口扫描实践分析 242

10.1.2 综合扫描实践 247

10.2 采集信息——数据嗅探实践 255

10.2.1 ARP 欺骗 256

10.2.2 FTP 连接与密码明文抓取 259

参考文献 270

第 1 章 计算机网络技术实践系统

本章介绍 3 个计算机网络实践系统：SimplePAD-NetRiver2000 实践平台、SimpleNPTS 网络协议实践教学系统和 SimpleNATS 计算机网络辅助教学系统。

1.1 SimplePAD-NetRiver2000 网络协议开发实验系统

针对计算机网络技术实践教学的需求，虽然近年来一些高校采用 H3C、Cisco、锐捷等厂商设备搭建了网络实践环境，但大都停留在网络工程实践类实验层次，并没有解决网络协议等知识点的配套实验教学，容易使得学生仅会配置各种商用设备，而无法理解网络的内在原理，形成“会操作设备，不懂为什么”的局面，严重影响学生的能力培养。

对于一个完整的网络实验室，西普科技认为应实现以下功能需求。

(1) 支持课程实验教学：计算机网络课程教学普遍以网络协议为线索进行，实验室需满足教学大纲中规定的各个知识点的实验教学要求，能够通过实验手段强化学生对理论适应的理解掌握。

(2) 构建真实网络环境：基于计算机网络技术的工程性、应用性，网络实验室必须配置必要的路由器、交换机等网络设备，以便学生可以熟悉真实网络环境，提高实际动手操作能力。

(3) 综合能力培养体系：实验室不应只满足学生对各种网络设备的操作培训，而应从计算机网络知识及技能出发，培养学生的理论认知及实践能力，能够从原理验证、实训应用、综合分析、自主设计及研究创新等多个方面培养学生的综合素质。

1.1.1 开发背景

西普科技 SimplePAD-NetRiver2000 实验平台提供了支持程序编辑、编译、调试、可视化执行、自动测试、用户管理和在线教程等一体化实验环境，旨在增强高校计算机网络课程教学效果，促进学生对网络知识和操作技能的全面提升。在该实验系统下，一方面，网络协议的分析及应用实验使得学生可以通过可视化的组包及分析界面了解各种协议的分层结构；另一方面，支持各层协议开发的编程接口和辅助函数，使得学生能够集中精力实现网络协议的核心机制，而无需关心不重要的细节。

1.1.2 系统概述

1) 系统简介

网络协议开发实验系统 (SimplePAD-NetRiver2000) 是由西普科技与清华大学网络实验室共同研制的一款实验教学产品，它是以培养实用性网络人才为目标，专门针对高校计算机网络课程教学开发的集成化协议开发平台。通过该实验平台，可实现网络协议分析、协议开发及协议应用实验，从而满足学校对于网络原理及应用领域的实验教学需求，是目前国内非常理想的培养网络人才的实验平台。其系统层次图如图 1.1 所示。

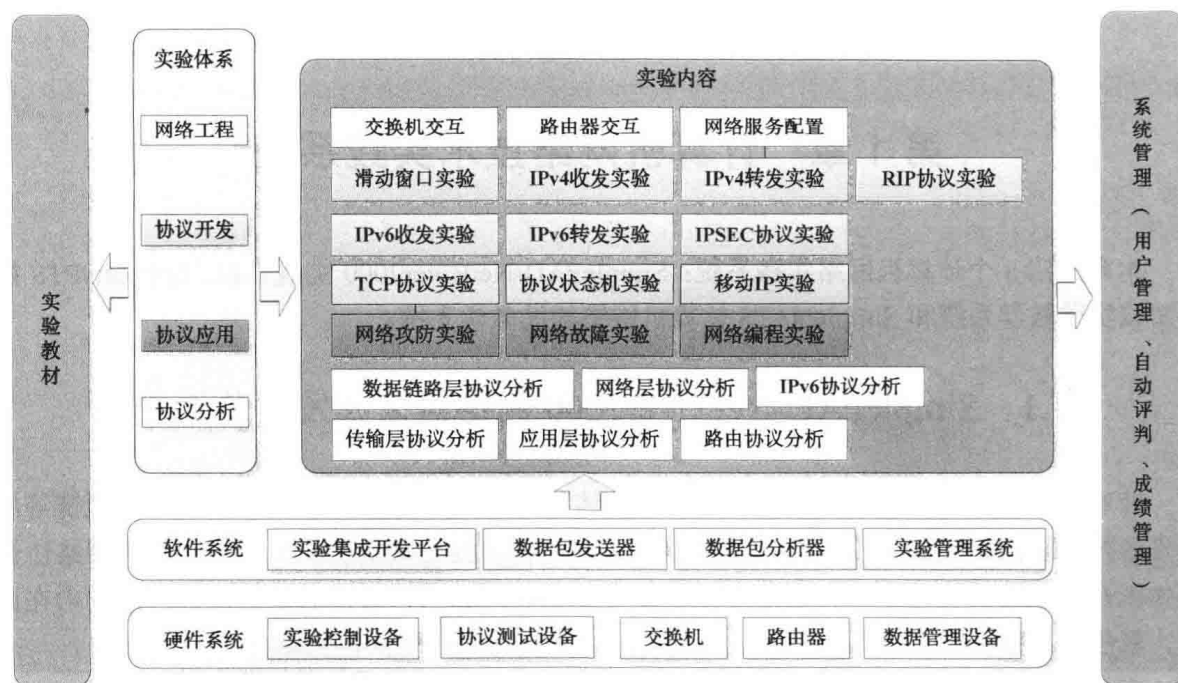


图 1.1 系统层次图

2) 系统结构

网络协议开发实验系统采用学生 C/S 模式实验、教师 B/S 模式管理的轻便式结构设计，在高校实验室环境中，仅需在学生 PC 机上安装客户端软件即可为用户提供基于 Windows 的集成实验环境，学生编写实验代码、调试和运行实验程序均在客户端软件上执行。系统逻辑结构图如图 1.2 所示。

此外，在原有网络环境中，接入系统所配置的实验机柜(内含各种硬件设备)即可完成网络协议开发实验系统的搭建。同时，配合国内知名网络设备厂商锐捷等公司的路由器、交换机等网络设备即可搭建出复杂多样的网络实验环境，可开展多种大型复杂网络实验。

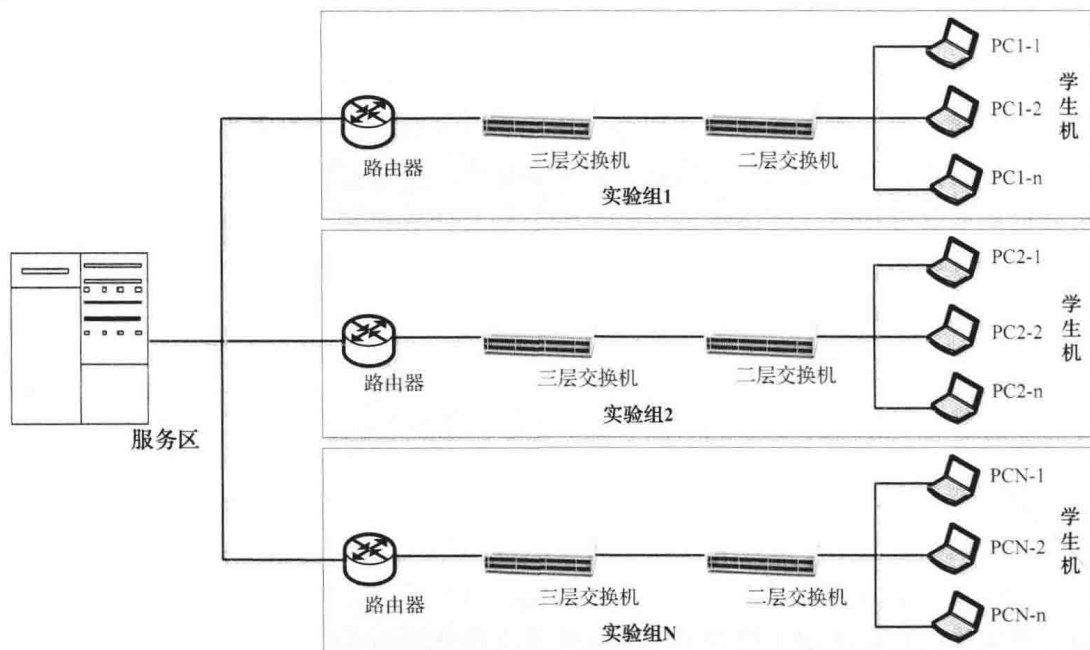


图 1.2 系统逻辑结构图

1.1.3 系统特点

1) 完整的协议实验体系

实验体系覆盖协议分析、应用、开发等实验内容，可为学校原有网络工程实验室提供无缝实验扩展支持，扩展实验教学范围。

2) 简便的系统部署方式

系统部署简便，只需在学校原有实验室主交换机上引出一根网线接入系统实验机柜，学生不管是否在实验室，只要下载客户端安装并连接系统即可进行实验。

3) 远程实验支持

针对学生进行 TCP/IP 经典协议编程实现的实验情况，提供远程实验支持，学生不管在哪里，通过集成开发环境进行代码开发，可随时将程序保存到服务端，下次下载即可继续实验。

4) 自动化的实验结果评判

实验系统可对该学生所编写的代码及答题进行自动化测试，同时返回正确与否结论，以及失败的原因。

5) 功能丰富的实验管理平台

学生可查看实验教程、自己做过哪些实验以及实验的通过情况；助教可通过该平台查看所有学生的实验情况，并可进行汇总分析；教师可通过设置每个实验分数，并通过自动化评分系统判断，实现整个学期学生所有实验成绩的统计。可控真实的全协议栈网络实验环境。提供了一个全协议栈的网络实验环境，学生实验涉及的完整协议栈，无论是数据链路层、网络层，还是传输层和应用层，都可以通过编程开发或者交互式配置观察来深入理解相应网络协议机制。

6) 支持实验代码编辑、编译和调试的集成开发环境

实验平台客户端提供了一整套开发调试解决方案，学生可在客户端上完成包括登录、实验选择、测试例选择、代码编写、编译、调试和测试在内的完整过程。界面设计友好，可让学生迅速进入实验状态。

7) 为已有网络工程实验室提供增值服务

通过数据包发送器及分析器，可对已有网络设备进行互动实验，进行详细的协议分析及应用实验操作，可提高网络设备的实验功能，扩展实验教学范围。

1.1.4 系统组成

网络协议开发实验系统 SimplePAD-NetRiver2000 主要由实验控制设备、协议测试设备等硬件设备及相关的软件系统构成，从而搭建网络协议分析、应用、开发等实验环境，此外，提供相关的实验教材，以辅助学校进行快速的实验开课。

1) 硬件组成

实验系统的硬件平台主要包括实验控制设备、数据管理设备、协议测试设备等硬件设备，为实验系统提供安全可靠的硬件环境，如表 1.1 所示。同时可根据学校需求，利用原有或新购置的网络设备，如交换机、路由器等，配合系统软件相关功能实现与网络设备的交互实验。

表 1.1 实验硬件设备

设备名称	设备描述
实验控制设备	提供协议分析实验相关的应用层服务，实现基于 Web 的实验管理功能，对所有实验用户进行认证控制，并提供学生管理、教师管理、在线电子课件、实验成绩统计等功能
协议测试设备	通过与集成开发环境交互协议包，实现协议开发实验功能，并提供自动测试和实验结果评分。单台设备最多可支持 50 个学生并发实验
数据管理设备	内置定制的数据管理系统为整个实验系统的数据存储和安全等提供保障
实验机柜	标准 19 英寸 600mm×900mm 机柜
实验交换机	提供服务区各类硬件设备的网络连通
三层交换机	提供相关网络协议的实验环境支持
二层交换机	提供相关网络协议的实验环境支持
路由器	提供相关网络协议的实验环境支持

2) 软件组成

网络协议开发实验系统 SimplePAD-NetRiver2000 的软件部分主要包含实验集成开发环境，为协议开发提供集成化的环境支持；实验管理系统，为整个实验平台的权限控制、实验日志、在线教程等提供管理服务；数据包发送器和数据包分析器则为常见协议分析及应用实验提供工具支持。

3) 实验集成开发环境

SimplePAD-NetRiver2000 所配置的集成开发环境，集用户登录、实验选择、程序编辑、编译、调试、可视化执行、自动测试等功能于一体，且提供支持各层协议开发的编程接口和辅助函数。

开发环境包括了编辑、分析等视图；平台根据所选择的实验来编写和测试协议相关的核心内容；可以分析编写的数据包结构、绘出报文流程示意图，有利于学生对协议的深入掌握。

(1) 编辑。

编辑视图中，可以通过编辑、调试、编译、执行一系列操作完成协议相关核心内容并触发网络行为，同时可单击“保存”按钮将程序保存到指定的文件夹，以便下次使用时直接打开程序，继续完成相关操作，或更新实验管理系统的程序附件。

(2) 调试编译执行。

在编辑视图下，集成开发环境集成了断点调试、编译、可视化执行等功能。

(3) 分析数据包。

分析视图可以分析编写的数据包结构，也可以分析组包，编程、执行、分析联动显示，以会话交互图的方式显示编程实现协议的完整的通信过程，直观呈现信息交互方式，数据包列表区、数据包协议树区以及十六进制显示区联动显示。

(4) 组包器。

可以编辑多种基于 IPv4、IPv6 的网络协议数据包。重点掌握 IPv4、IPv6 等协议的头部结构。

(5) 交互实验。

选择交互实验内容根据题目设置选择报文的出错字段，或自己填写、修改报文的各字段并提交，加深学生对协议细节的了解。

4) 数据包发送器

数据包发送器为学生提供多种编辑和发送数据包的方式，学生可以根据需要载入或编辑

一个帧序列，并按照自己的想法修改某一单帧的各种属性，包括从 MAC 层到应用层的各种协议字段的属性。在编辑的同时，相应地显示整个协议树的层次结构和层次模型，使学生对网络协议的层次结构有更直观的了解。

5) 数据包分析器

协议分析软件的主要功能是捕获网络上传输的数据包，并根据设置的过滤条件对捕获的数据进行解析。协议解析对捕获的所有数据帧进行分析显示，使学生对网络中传输的数据有直观的了解。当网络出现问题时，可以帮助学生找出引起问题的原因。

6) 实践管理系统

实验管理系统采用 B/S 模式，教师和学员通过 Web 浏览器就可以查看实验教程、自己做过的哪些实验以及实验的通过情况；助教可通过该平台查看所有学生的实验情况，并可进行汇总分析；教师除了可看到所有学生的情况之外，还可以通过系统进行实验的定制、对学生和实验进行增删等管理操作。该平台避免了手工管理大量学生实验成绩的繁琐过程，可高效、方便而又准确地对学生实验情况进行管理。

系统采用基于用户的管理模式分 3 种用户：老师、助教和学生。对不同用户提供不同的使用功能。在线教程可辅助教师和学生快速掌握实验平台，了解实验目的、实验要求，并能参考提供的帮助，进行相关实验。协议应用实验如表 1.2 所示。

表 1.2 协议应用实验

实 验 类 别	实 验 目 录
数据链路层协议分析	以太网链路层帧格式分析 802.1Q 数据格式分析 BPDU 报文结构分析 STP 工作原理分析
网络层协议分析	IP 地址分类与 IP 数据包的组成 ARP 地址解析协议 ICMP 互连控制报文协议 IGMP 因特网组管理协议
传输层协议分析	UDP 用户数据报协议 TCP 传输控制协议
应用层协议分析	TELNET 协议 FTP 协议 DNS 域名服务协议 SMTP 和 POP 协议 SNMP 协议与网络管理 DHCP 动态主机配置协议 HTTP 超文本传输协议 WINS 和 NETBIOS 协议
路由协议分析	路由信息协议 RIP 开放式最短路径优先协议 OSPF
IPv6 实验	基本 IPv6 报文分析 IPv6 扩展包头分析 用户数据包(UDP)与 IPv6 分析 传输控制协议(TCP)与 IPv6 分析 IPv6 因特网控制消息协议 ICMPv6 分析 IPv6 路径 MTU 发现(PMTUD) 邻居发现协议(NDP)分析

实 验 类 别	实 验 目 录
网络攻防实验	ARP 地址欺骗
	ICMP 重定向
	TCP 与 UDP 端口扫描
	路由欺骗
网络故障实验	网络冲突
	路由环与路由回路

1.2 SimpleNPTS 网络协议实验教学系统

计算机网络原理课程是计算机网络课程体系中最基础、最重要的课程之一。计算机网络原理课程通过学习网络协议来洞悉理论基础的本质，目前网络原理课程的教学都是以书本教学的模式为主，学生对网络协议内部的实现机制和在网络中的实际传输情况缺乏感性的认识和实验环节，教学效果不理想。随着经济和社会的发展和终身教育观念的普及，迫切需要有科学、方便、完善的网络协议教学系统，作为学习网络协议、分析网络协议的利器。

1.2.1 开发背景

作为信息技术的一个重要应用，西普科技网络协议实验教学系统从方便教师讲解网络协议课程的角度出发进行设计，面向广大在校师生，易学易用，通过对各种协议数据帧的灵活编辑、发送、获取数据和会话分析，学生可以深入地理解和掌握网络协议的内部原理和运行机制。同时支持作为下一代网络协议的 IPv6 协议，满足各大高校逐渐把 IPv6 协议教学转为网络教学重点的需求。借助此平台还可以学习网络程序设计、网络攻防和故障性能分析等相关知识，以满足计算机网络教学要求。

1.2.2 系统概述

网络协议实验教学系统(SimpleNPTS)结合高校教育的实际情况，针对网络原理课程中的网络协议部分原理知识，通过软件来实现辅助教学，让学生在实践的过程中更深入地掌握网络协议的基础理论知识。本系统能够使学生清楚地理解和掌握网络的内部结构和协议，通过编辑各种协议的数据包深入学习计算机网络的内部原理，同时也可以很好地辅助网络编程的调试。网络协议教学系统作为一门独立的课程体系，以实验为主，强调学生的主动性和设计性，能够拓宽学生的思路，真正达到教学互动，系统框架图如图 1.3 所示。

利用网络协议教学系统学生可以自由分组，分别担任不同的角色，也可以根据实验的不同，灵活搭建实验环境，进行实验分组和角色分配。每台机器上都安装报文编辑软件和协议分析软件，操作实验的时候，根据实验内容和角色的不同分别启动报文编辑软件或协议分析软件。报文编辑机可以模拟各种网络行为，编辑各种协议的数据包；协议分析软件接收报文编辑软件生成的各种协议数据包，通过分析捕获的数据包，学习并理解 IPv4 和 IPv6 的内容原理及实现过程。同时，该系统配套的实验考核功能可用来检验学生对网络协议实验的掌握情况，考试针对具体协议进行，由教师来编制协议试题，设定需要填写的协议分块内容、标

准答案，学生按照试题要求填空，系统自动判断学生的回答内容正确与否并进行评分。该系统作为一种教学工具，不仅为教师教学提供帮助，更是学生学习网络原理知识的好帮手。系统流程图如图 1.4 所示。

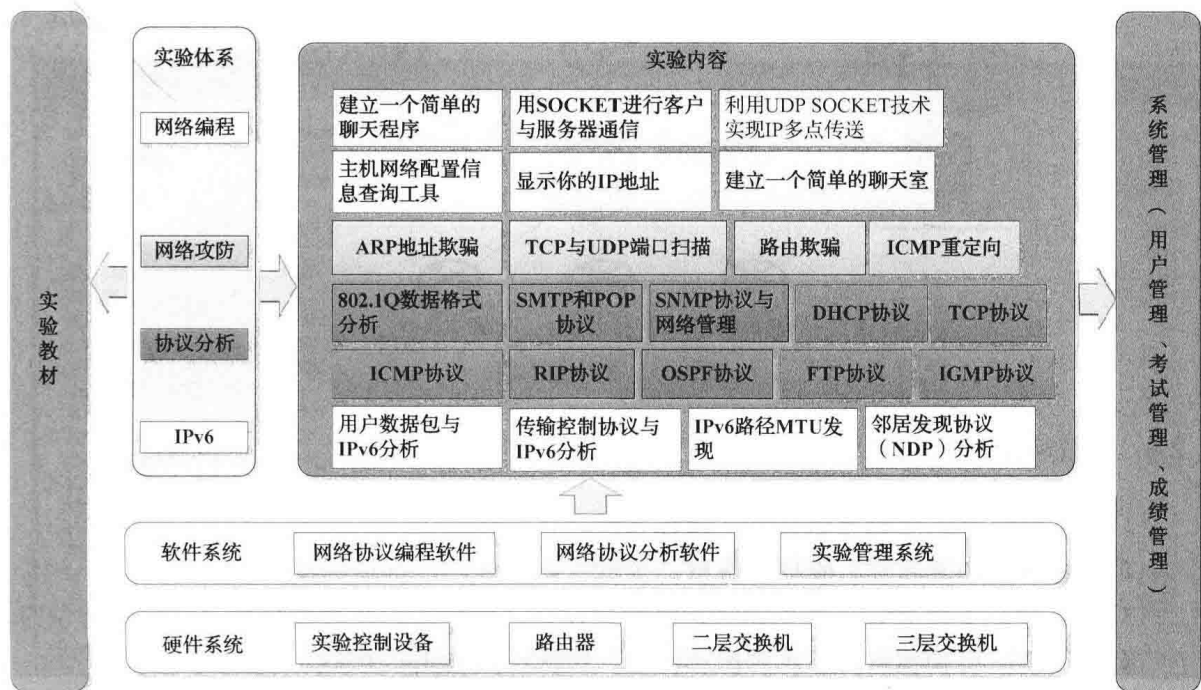


图 1.3 系统框架图

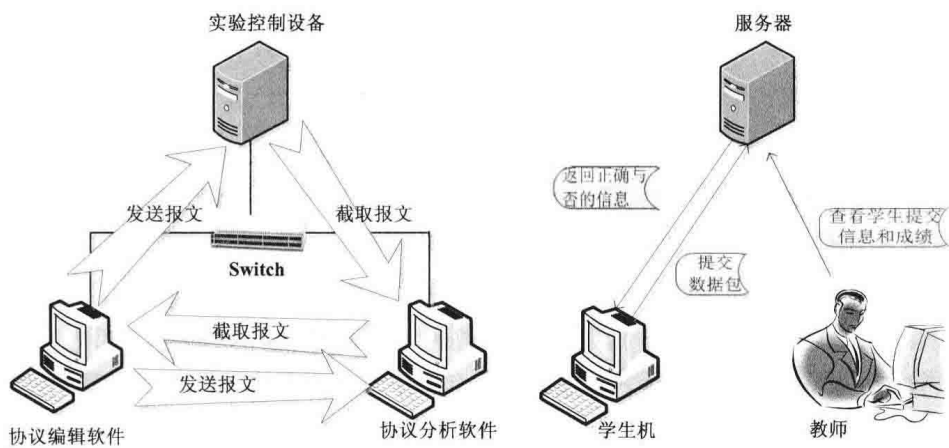


图 1.4 系统流程图

1.2.3 系统结构

网络协议教学系统可以根据实验的不同，灵活搭建实验环境，进行实验分组和角色分配。在 PC 上统一安装协议编辑软件和协议分析软件，操作实验的时候，根据实验内容和角色的不同分别启动不同的协议编辑软件或协议分析软件。同时，配合锐捷网络公司的网络工程实验设备可搭建出复杂多样的网络实验环境，与网络协议教学系统相互配合，可开展多种大型复杂网络实验，是目前国内高校非常理想的培养网络人才的实验平台，系统结构图如图 1.5 所示。

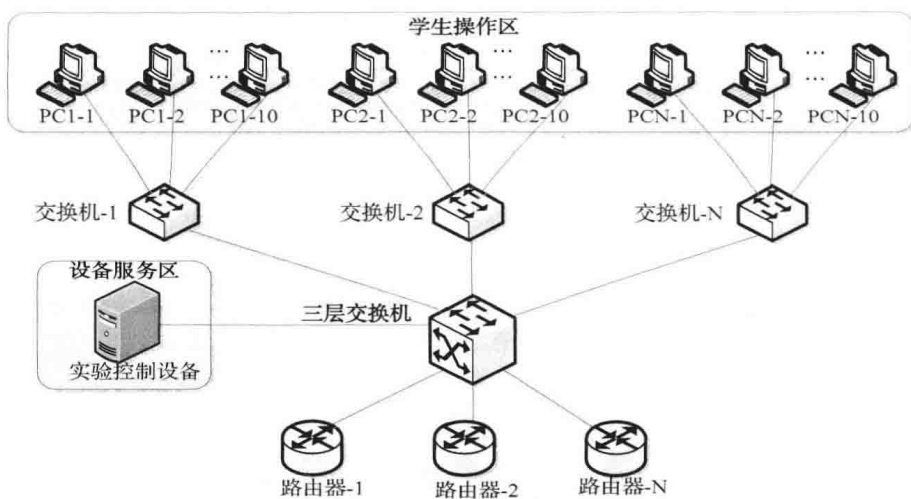


图 1.5 系统结构图

1.2.4 系统特点

- (1) 智能性：提供实验考核功能，减轻教师考核工作。
- (2) 全面性：系统软件、硬件、教材、实验考核四合一，打造完美实验室。
- (3) 先进性：支持 IPv6，还可进行网络程序设计、网络攻防和故障性能分析等课程学习。
- (4) 应用性：可构建出网络各种服务环境，例如：Routing、DNS、Web、FTP。
- (5) 真实性：提供真实的网络实验硬件平台，而非软件模拟。
- (6) 直观性：独特的会话交互图，使协议通信过程直观生动，使实验清晰明了。
- (7) 扩展性：能够方便扩充新协议，并添加新的实验内容。

1.2.5 系统组成

SimpleNPTS 由硬件系统、软件系统、实验教程等部分组成。SimpleNPTS 标准配置支持 30 台学生机，并可自由扩充，支持更多学生的并发实验。可以搭建不同的实验环境，并可以进行实验分组和角色分配，方便学生开展实验学习。

1) 硬件组成

SimpleNPTS 的硬件主要包括一台实验控制设备，用以提供应用层服务，实现基于 Web 的实验管理功能，同时提供数据采集和对客户端管理的功能，并为实验系统提供安全可靠的硬件服务环境。

2) 软件组成

网络协议编辑软件提供多种编辑和发送数据包的方式，可以根据需要载入或编辑一个帧序列，并按照自己的想法修改某一单帧的各种属性，包括从 MAC 层到应用层的各种协议字段的属性。在编辑的同时，会相应地显示整个协议树的层次结构和层次模型，使学生对网络协议的层次结构有更直观的了解，便于学生理解和学习。

按单帧或者帧序列的方式发送数据帧，发送的时间间隔可以自定义。通过系统提供的工具，可以更灵活地进行实验，掌握协议原理。

(1) 协议编辑视图：发送并编辑数据包，主要是在编辑视图进行，可以通过编辑并发送数据帧来触发网络行为，也可以通过系统自带的工具(如 TCP 连接、SNMP 连接工具等)来学习协议的基础原理。