

高等学校网络工程专业规划教材

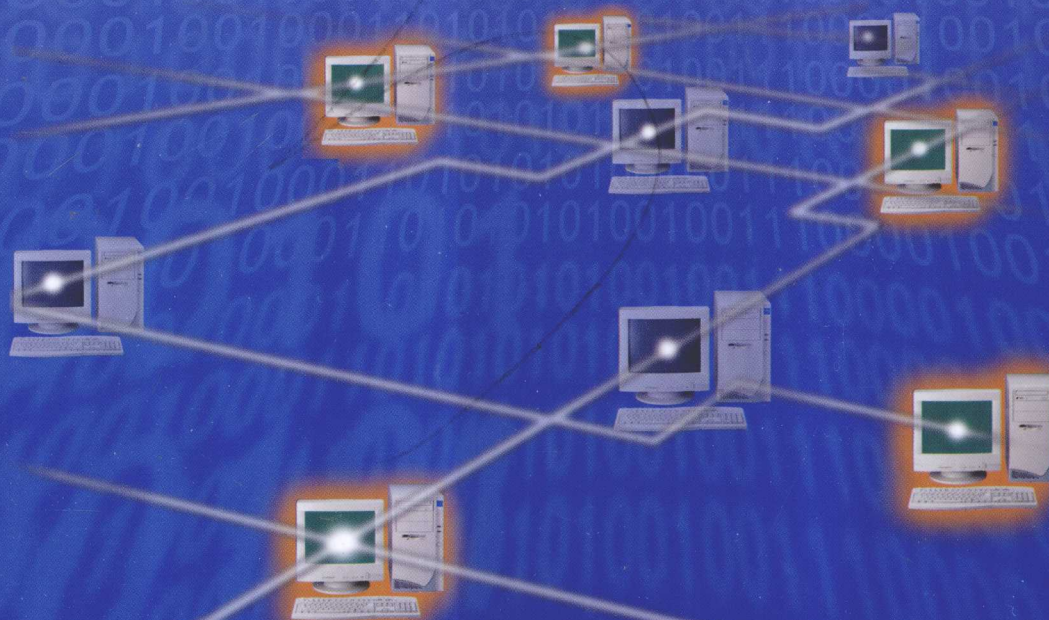
创新网络技术教材研究编审委员会系列教材

计算机网络工程实践教程

——基于锐捷路由器与交换机

王 东 秦品乐 林 焰 © 主编

安淑梅 © 主审



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

教育部“十三五”规划教材

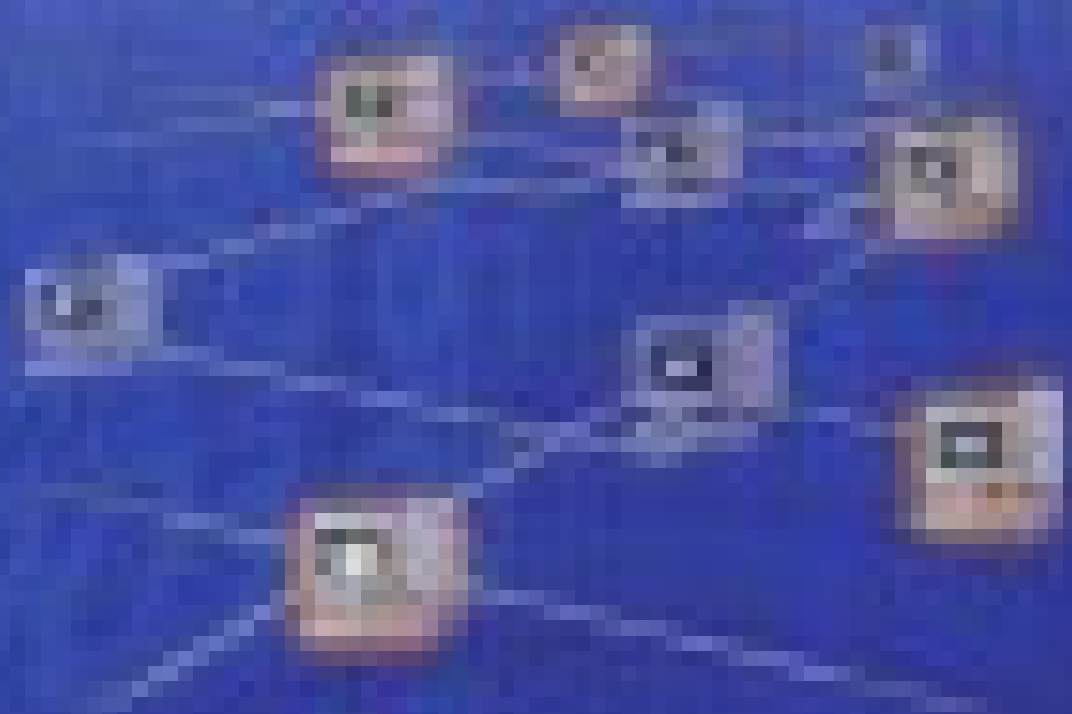
教育部高等学校计算机专业类教学指导委员会推荐教材

计算机网络工程实践教程

——基于网络工程实训平台

王 强 王 强 王 强 王 强 王 强

清华大学出版社



清华大学出版社

TP393/812

2010

高等学校网络工程专业规划教材

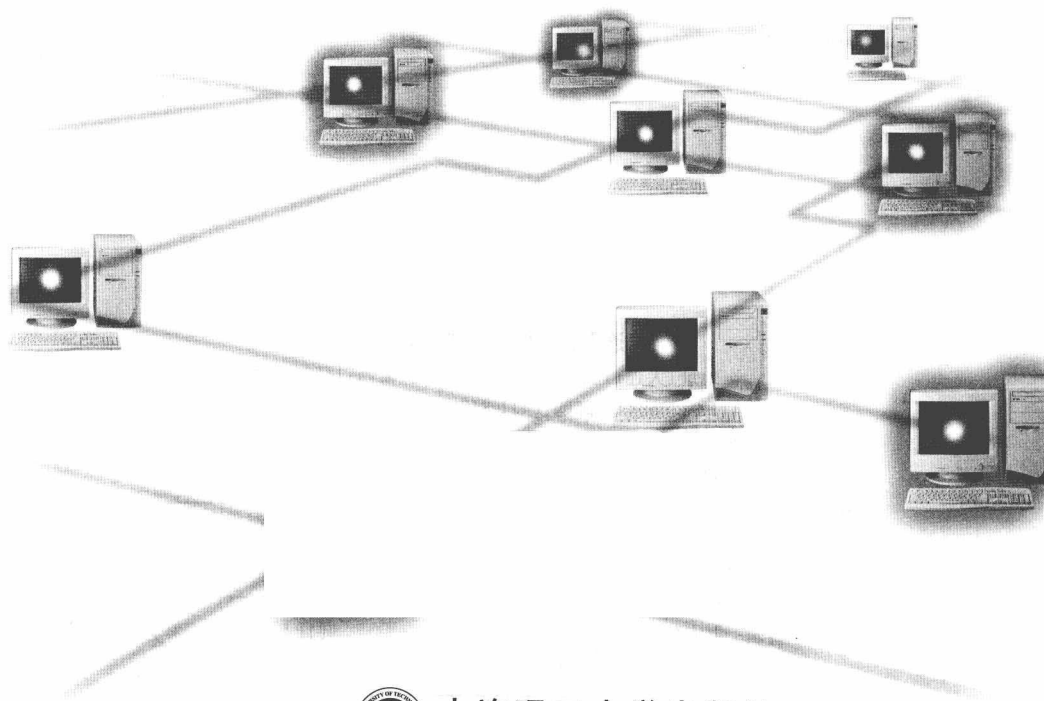
创新网络技术教材研究编审委员会系列教材

计算机网络工程实践教程

——基于锐捷路由器与交换机

王 东 秦品乐 林 焰 ◎ 主编

安淑梅 ◎ 主审



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络工程实践教程：基于锐捷路由器与交换机 / 王东, 秦品乐, 林焰主编. — 大连：大连理工大学出版社, 2010.5

ISBN 978-7-5611-5527-1

I. ①计… II. ①王… ②秦… ③林… 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(2010)第 071928 号

大连理工大学出版社出版

地址：大连市软件园路 80 号 邮政编码：116023

发行：0411-84708842 邮购：0411-84703636 传真：0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连北方博信印刷包装有限公司

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸：204mm×260mm
2010 年 5 月第 1 版

印张：25.25 字数：611 千字
2010 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑：曲宏宇

责任校对：知 轩

封面设计：宋 蕾

ISBN 978-7-5611-5527-1

定 价：49.00 元

前 言

在社会信息化和信息社会化的进程中,计算机网络承担了越来越重要的任务。研究网络的基础理论、解决网络发展的关键技术、培养适应时代需要的高质量人才,是计算机科学与技术学科和网络工程专业在新形势下的首要任务。建设先进的网络实验体系和实训教材,对于网络时代高质量人才的培养具有尤其重要的意义。

本书的编写遵循优化结构、精选内容、突出重点和知行合一的原则,以目前高校中普遍使用的锐捷网络实验室为依托,在重点阐明计算机网络理论基础和基本交换路由原理的同时,力图反映从园区网组建、网络接入技术到全面的网络服务性能管理的最新技术发展,使读者能够学以致用。

本书编写的目的是使读者在实践能力上得到较好的培养。重视实践教学,符合马克思主义的认识论,不但能加深学生对理论知识的理解,更能激发读者的学习兴趣。本书在介绍理论知识和技术原理的同时,提供大量的配置案例,以达到理论与实践相结合的目的。

实践出真知。任何创造、发明或是在业务竞争中“解难”、“攻关”产生的,或是观察外部世界或社会需求时发现提出的,这就是创造、发明的机遇。本书的实验配置案例中设计了思考与提示,使读者在做实验的同时进一步强化对理论知识的理解。

本书作为网络工程专业学生的计算机网络实验教材,适合作为“网络集成与设备配置”、“现代网络工程实践”等课程的教学用书,也可以作为网络集成从业技术人员的参考资料,同时本书还可以作为全国职业技能网络大赛的实验练习手册。

本书主要包含网络基础实验、交换机和路由器基础、网络协议分析实验、路由器和交换机高级配置以及综合实验与案例五部分。在内容安排上力求循序渐进,先通过基础的原理验证型实验来加深对网络原理和技术的理解,进而逐步涉及难度较大的设计型和研究型实验,最终通过综合型实验来全面了解和掌握网络工程应用技术。

第1章介绍所依托的设备条件和实验环境,以便学习者顺利进入学习场景。第2章介绍基本网络知识和组建小型对等网的方法。第3章和第4章是局域网交换机和接入路由器的基本实验,包括设备管理、虚拟局域网 VLAN、生成树协议、路由技术、广域网接入技术、ACL 安全技术和 DHCP、NAT 服务的应用技术。目的是帮助读者快速掌握园区网常用技术,具备中小型网络组网能力。第5章是网络协议分析,包括数据链路层协议分析实验、网络层协议分析、传输层 TCP 和 UDP 协议分析以及应用层常用协议的分析实验。目的是使读者全面掌握 TCP/IP 网络体系结构,加深对网络协议的理解。第6章

和第7章介绍高级路由和交换技术,包括帧中继实验,RIP、OSPF 协议分析和应用实验,路由重发布和策略路由实验,交换机安全及管理技术,多层交换网络技术实验,组播和 QoS 实验。目的是使读者具备大型网络的规划、和技术实施能力。第8章为综合实验与案例,包括常见网络工程案例的介绍以及综合实验自测。

本书由中北大学网络工程系王东、秦品乐、高媛老师及大连理工大学电信学院博士生导师林焰教授联合编写,其中王东老师负责本书的整体构架以及6、7、8章的编写,秦品乐老师负责3、4、5章的编写,林焰老师负责1、2章的编写,高媛老师参与了2、3、8章的编写工作及配置案例的校验工作。

本书是在参考国内外最新文献资料和锐捷公司培训教材的基础上结合我们多年的网络工程积累、教学经验总结以及对网络技术的深刻理解上编写而成的,直接适应于拥有锐捷网络设备的实验室,同时对拥有其他公司产品的网络实验设计也有很好的参考作用。

感谢锐捷网络大学首席讲师安淑梅女士精心审阅了书稿,感谢锐捷网络大学和创新网络教材编审委员会所提供的技术帮助!

在使用本书过程中,如果您需要书中所使用的软件或配合此书的电子教案,请通过以下方式同我们联系:wangd@nuc.edu.cn 或者 qpl@nuc.edu.cn。

由于作者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

第 1 章 网络实验室	1
1.1 网络实验室技术结构	1
1.2 网络实验室的管理	4
第 2 章 计算机网络基础实验	7
2.1 双绞线网线制作	7
2.1.1 双绞线网线制作标准	7
2.1.2 双绞线网线制作工具	9
2.1.3 双绞线网线制作实验	11
2.1.4 信息模块的制作	13
2.2 组建小型对等网	14
2.2.1 对等网介绍	14
2.2.2 Windows XP 双绞线对等网组建	15
第 3 章 交换机基础配置	19
3.1 交换机的基本配置	19
3.1.1 交换机配置的基础知识	19
3.1.2 交换机的基础配置实验	24
3.1.3 利用 TFTP 服务器备份和恢复交换机配置实验	29
3.2 虚拟局域网 VLAN	31
3.2.1 VLAN 实现交换机端口隔离实验	32
3.2.2 跨交换机的 VLAN 划分实验	34
3.2.3 三层交换机实现 VLAN 间通信及链路聚合应用实验	39
3.3 生成树协议 STP	44
3.3.1 生成树协议 STP 的应用实验	44
3.3.2 快速生成树协议 RSTP 的应用实验	49
第 4 章 路由器基础配置	53
4.1 路由器的基本配置	53
4.1.1 路由器的基本配置实验	53
4.1.2 路由器的静态路由配置实验	59
4.1.3 路由器的动态路由-RIP 配置实验	62
4.1.4 利用 TFTP 服务器备份和恢复路由器配置实验	67
4.2 点到点协议 PPP 配置	72

4.2.1 配置 PPP 协议的 PAP 认证实验	72
4.2.2 配置 PPP 协议的 CHAP 单向认证实验	78
4.2.3 配置 PPP 协议的 CHAP 双向认证实验	82
4.3 IP 访问控制列表的配置	86
4.3.1 标准 IP 访问控制列表的配置实验	87
4.3.2 扩展 IP 访问控制列表的配置实验	93
4.3.3 命名的 IP 访问控制列表的配置实验	96
4.4 其他应用配置	101
4.4.1 NAT/NAPT 配置实验	101
4.4.2 DHCP 配置实验	107
4.4.3 单臂路由配置实验	114
第 5 章 网络协议分析实验	119
5.1 OSI 和 TCP/IP 网络体系	119
5.1.1 ISO/OSI 参考模型	119
5.1.2 TCP/IP 体系结构	123
5.2 网络协议分析器 Ethereal	125
5.2.1 Ethereal 主窗口简介	126
5.2.2 Ethereal 菜单栏简介	127
5.2.3 Ethereal 工具栏简介	128
5.2.4 Ethereal 的网络数据抓包过程	129
5.2.5 由 Ethereal 协议窗口分析协议的格式	131
5.3 数据链路层协议分析	134
5.3.1 以太网链路层帧格式分析实验	134
5.3.2 VLAN 802.1Q 帧格式分析实验	137
5.4 网络层协议分析	142
5.4.1 ICMP 协议分析实验	142
5.4.2 IP 协议分析实验	147
5.4.3 IP 数据报分片实验	150
5.4.4 ARP 协议分析实验	151
5.5 传输层协议分析	154
5.5.1 TCP 协议分析实验	155
5.5.2 UDP 协议分析实验	159
5.6 应用层协议分析	161
5.6.1 DNS 协议分析实验	162
5.6.2 FTP 协议分析实验	166
5.6.3 HTTP 协议分析实验	172
5.6.4 电子邮件相关协议分析实验	175
5.6.5 TELNET 协议分析实验	182

第 6 章 路由器高级配置	187
6.1 帧中继	187
6.1.1 帧中继基本配置实验	187
6.1.2 帧中继地址映射实验	191
6.1.3 帧中继点到点子接口实验	197
6.1.4 帧中继点到多点子接口实验	201
6.2 路由信息协议 RIP	204
6.2.1 RIP 协议分析实验	204
6.2.2 RIPv2 协议分析和邻居认证实验	211
6.2.3 RIP 水平分割和边界汇总应用实验	217
6.3 开放的最短路径优先协议 OSPF	223
6.3.1 OSPF 邻接关系及报文交换分析实验	223
6.3.2 SPF 算法及 LSDB 结构分析实验	232
6.3.3 多区域 OSPF 及认证配置实验	240
6.3.4 OSPF 的 NBMA 网络配置实验	246
6.3.5 OSPF 的点到点网络配置实验	251
6.3.6 OSPF 的点到多点网络配置实验	255
6.4 IP 路由“协议无关”特性	260
6.4.1 通过浮动的静态路由实现链路备份实验	260
6.4.2 通过动态路由协议实现链路备份实验	264
6.4.3 通过动态路由协议转发缺省路由配置实验	267
6.4.4 路由过滤配置实验	271
6.4.5 路由重发布配置实验	276
6.4.6 策略路由配置实验	279
第 7 章 交换机高级配置	285
7.1 交换机安全及管理技术	285
7.1.1 交换机安全管理实验	285
7.1.2 集群管理配置实验	289
7.1.3 交换机端口安全配置实验	297
7.1.4 基于时间的访问控制列表配置实验	302
7.2 园区网冗余链路	308
7.2.1 MSTP 配置实验	308
7.2.2 VRRP 配置实验	316
7.3 组播	323
7.3.1 IGMP Snooping 配置实验	324
7.3.2 PIM-DM 配置实验	334
7.3.3 PIM-SM 配置实验	342
7.4 交换网络的 QoS	352

7.4.1 流量限速和 QoS 分类实验	353
7.4.2 加权循环队列 WRR 配置实验	361
第 8 章 综合实验与案例	370
8.1 基础实验自测	370
8.1.1 自测题	370
8.1.2 综合实验	374
8.2 综合案例	379
8.2.1 小型简单组网案例	379
8.2.2 单核心组网案例	381
8.2.3 双核心组网案例	385
8.3 综合实验自测	393

第 1 章 网络实验室

网络技术是一门实践性很强的课程,学生不仅需要学习大量的网络知识,还需要大量的网络实验。随着需要进行网络实验的学生数量的增多,网络实验的需求量也越来越大。如何有效地管理网络实验室,如何方便地进行灵活的网络实验组合,如何组织配套的相关实验资料,成为建设网络实验室的重要问题。

据了解,国内一些院校的网络实验室,有的采用思科设备,有的采用华为设备,有的采用多家公司的设备,其投资往往达千万以上。从节约投资的角度出发,不少院校采用了锐捷公司的网络实验室解决方案。本书的所有实验项目在锐捷网络实验室条件下全部通过验证。实践证明,这些设备能够和目前国际主流的网络设备的配置方法兼容。只要掌握了本书的实验内容,也就能够对目前同类主流的网络设备进行配置。

下面介绍实验室网络结构,以便学习者顺利进入实验环境。

1.1 网络实验室技术结构

1. 网络实验室拓扑结构

锐捷网络实验室解决方案把实验室分为 4 个区域:教师机区域、学生机区域、实验的 RACK(实验台)区域和出口接入区域。

如图 1-1 所示网络实验室拓扑结构,学生机区域是在 S2150G 交换机上连接着 6×6 共 36 台 PC 机,通过交换机 S2150G 连接 S6506 到对应的访问控制管理服务器(RCMS)。RCMS 提供了 Web 界面的集成化管理,提供对应网络设备的连接。学生机区域中的每个学生机使用双网卡,一个网卡用来实现所有实验设备的连接配置,另一个网卡用于组网实验的结果验证。

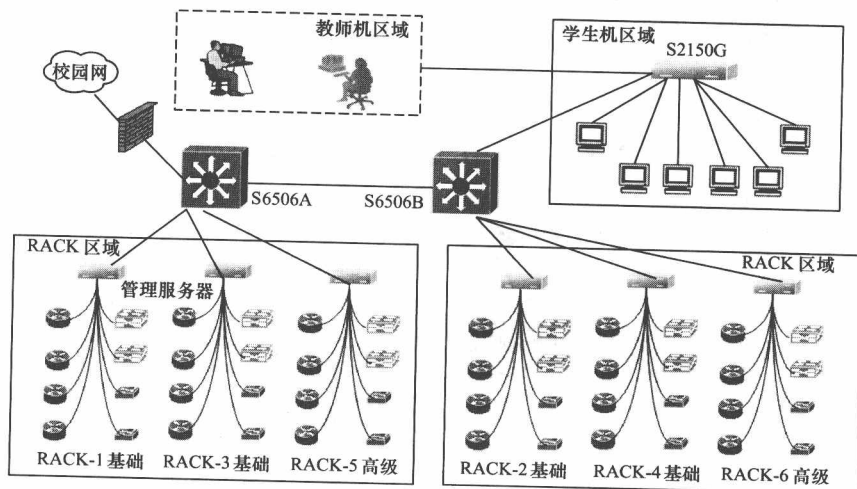


图 1-1 网络实验室拓扑结构

2. RACK 的组成

实验室方案中实验用的网络设备都由标准机柜式 RACK 这一网络实验基本单元组成。每个标准 RACK 都由一台访问控制管理服务器及相关的网络设备组成。网络设备的连接可以任意组合,用户通过 RCMS 来控制相关的网络实验设备,完成指定的实验功能。

每个标准 RACK 的实验环境为:每个实验小组配置一台 RCMS,学生只需登录访问控制管理服务器,就可以轻松地登录下面任何一台实验设备。

标准 RACK 如图 1-2 所示,包括 4 台 R1762 路由器、2 台 S3550-24 交换机、2 台 S2126G 交换机和 1 台访问控制管理服务器。其中,学生可以配置两台三层交换机,作为每个小组的三层汇聚设备;配置两台安全网管型交换机,作为每个小组的二层接入交换机;配置四台模块化路由器,作为每个小组的路由实验环境。

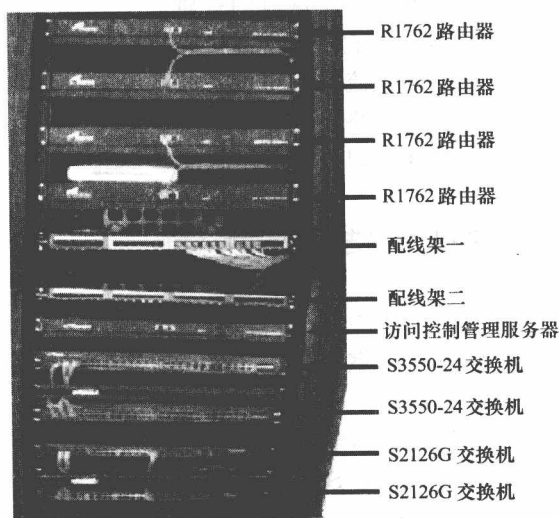


图 1-2 RACK 实验台组成

采用上述 8 台设备组成的标准 RACK 可以完成高等院校教学中几乎所有的路由、交换实验需要。由图 1-2 可以看到,路由器与交换机的部分连接已经连好,这样可以减少实验时的某些连接。这种连接可以实现 RIP、OSPF、NAT、VPN、VoIP、帧中继等实验项目,如图 1-3 所示。

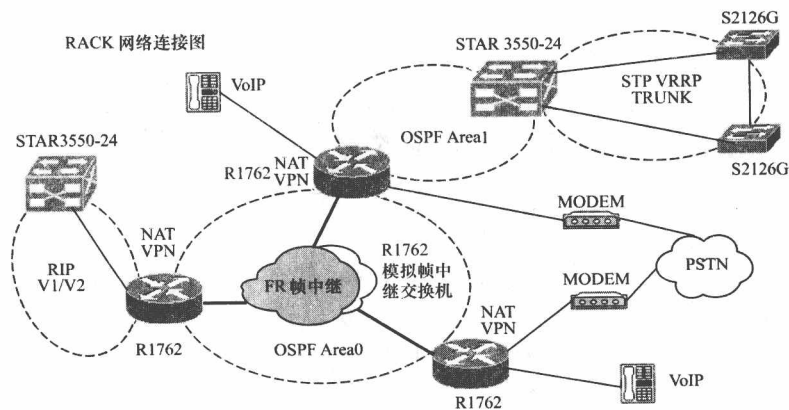


图 1-3 RACK 实验台内部连接

3. 配线架插座的说明

为了减少实验时直接在实验设备上多次插拔,在实验柜内部将交换机、路由器的部分端口和PC机的全部接口都连接到配线架上,图1-4为一个实验台的内部连接和配线架插座的说明。

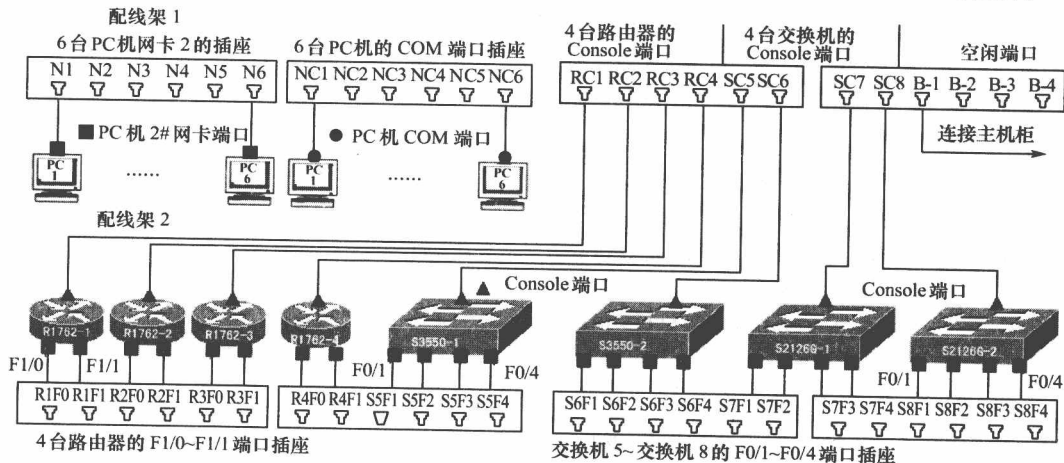


图1-4 实验台的内部连接和配线架插座说明

由图1-4可以看到,RACK中设备端口(以太、控制)引线至配线架,具体为:6台PC机的2#网卡端口和COM端口连接到配线架1上,4台路由器的Console端口和4台交换机的Console端口也连接到配线架1上;4台路由器各自的快速以太网F1/0~F1/1端口连接到配线架2上,4台交换机各自的快速以太网F0/1~F0/4端口也连接到配线架2上。同时,RACK与核心机柜配线架间建立四条连接链路,其中1条用于RCMS与S6506的连接,3条信道预留,用于RACK间组网联系。

所有组网实验连线在配线架跳线完成,实验时利用事先提供的双绞线,直接在配线架插座上插拔,这样既方便又能保证实验设备的使用寿命。

4. 实验室设备清单

为满足综合实验需要,实验室采用双核心的6组RACK单元结构,提供6×6学生的实验需要。实验室的布局如图1-5所示。

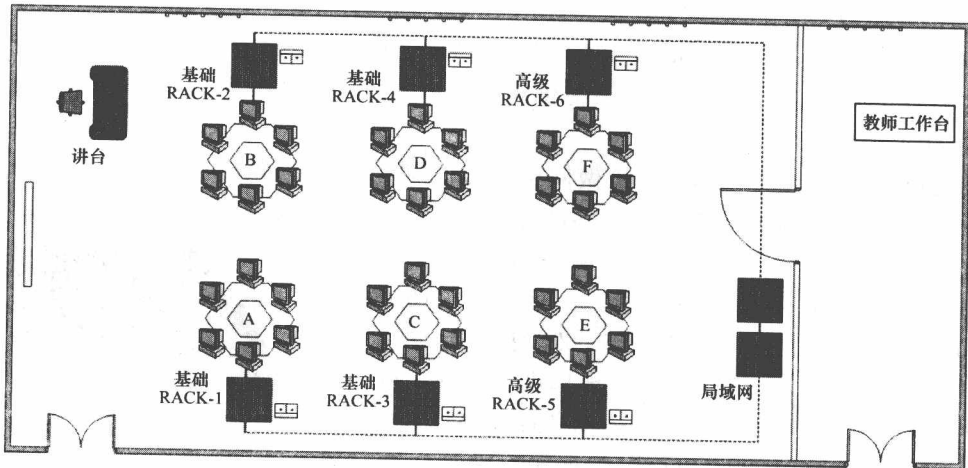


图1-5 实验室的布局

实验室所需全部设备及相关扩展模块见表 1-1。

表 1-1		实验室设备清单	
设备型号	技术说明	数量	
S6506-BASE	S6506 全模式化核心交换机	2	
S6506-CM	S6506 核心交换机主控引擎	2	
M6506-12SFP	12 端口千兆电口/MINI-GBIC 复用模块	2	
STAR-S2150G	二层交换机,48 端口 10/100 自适应	1	
RG-S3706-48	三层交换机,48 端口 10/100 自适应,4 个 SFP 端口	2	
RG-MWLL 50	百兆防火墙,3 个 10/100 M 自适应以太网口	1	
RG-RCMS-8	管理服务器,2 个 10/100 M 以太网口,1 个 Console 端口,1 个 AUX 端口,1 个 8 端口异步接口	6	
RG-R1762	路由器,2 个 10/100 M 以太网口,2 个高速同步端口,1 个 Console 端口,1 个 AUX 端口	24	
NM-2HAS	2 个帧中继端口	6	
NM-4FXS	4 个 100 M 以太网口,语音模块	2	
STAR-S3550-24	三层交换机,24 端口 10/100 自适应	10	
STAR-S2126G	二层交换机,24 端口 10/100 自适应	12	
M2131	堆叠模块	12	
RG-WSG108R	高速无线局域网路由器,1 个 10/100 M 高速广域网端口,4 个 100 M 以太网口	1	
RG-WS54U	无线局域网外置 USB 网卡	10	
V.35DCE	DCE 线缆	18	
V.35DTE	DTE 线缆	18	

1.2 网络实验室的管理

1. RCMS 简介

RCMS 是网络实验室机架控制和管理服务器的简称,锐捷的 RCMS 实质上是一台路由器,类似的设备有 Cisco 的 2509 或 2511。RCMS 提供一个八合一异步串行端口,利用一根异步一转八电缆(俗称八爪鱼线或章鱼线),连接到异步串口,电缆的另一头连接到需要控制网络设备的 Console 端口。RCMS 用来提供对实验台中的多台网络设备进行管理,如路由器、交换机、防火墙等。

如果没有 RCMS,学生用 PC 机做网络实验时,都是采用 PC 机上的 COM(串口)连接交换机、路由器等控制台端口(Console)进行管理和配置。在多台设备配置时,需要多次连接。同时,在实验过程中,做完一组网络实验后,又需要把网络设备上的配置还原,很不方便。一种较简单的方法是既能同时管理涉及的多台网络设备,又能把多台网络设备的配置一次性清空。RCMS 就很好地提供了这种手段。

图 1-6 为 RG-RCMS 外观图,它有 RG-RCMS-8 和 RG-RCMS-16 两个型号,分别可以同时管理和配置 8 台和 16 台

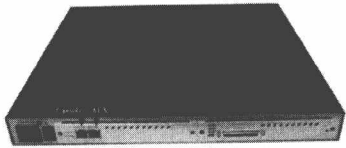


图 1-6 RG-RCMS 外观图

网络设备。

RCMS-8 和 RCMS-16 分别提供了 8 条和 16 条控制台线缆,每条线缆连接一台网络设备,从而实现同时管理和配置 8 台和 16 台网络设备,学生的 PC 机只要通过网络连接到 RCMS 上,再通过 RCMS 来操作网络设备即可,无需进行配置线缆的拔插。

2. 基于 Web 的 RCMS 访问管理

RCMS 提供了 Web 界面的集成化管理,下面首先介绍反向 Telnet(Reverse Telnet)。

对于网络设备来说,无论是 Telnet 还是 Console 或是 Modem 配置连接,都有相应的管理线路(Line)与其相对应(如 con 0, vty1, tty, ...),在正常状况下都是外界通过这些管理线路对路由器进行连接。而反向 Telnet 是通过路由器预留端口与 IP 地址的绑定实现路由路由由里向外的连接,这样,用户就可以通过选择登录端口来管理和配置绑定线路所对应的网络设备。

实验台的 RCMS 提供一个 Web 界面,可以通过反向 Telnet 来集中控制所要访问的网络设备,因此学生不需要做 Console 连线,只需登录 RCMS 即可。

图 1-7 为 RCMS 登录界面,在连接 RCMS 的 PC 机上打开 IE 浏览器,在地址栏中键入 RCMS 的地址并指定访问端口为 8080,即可访问 RCMS 主页。

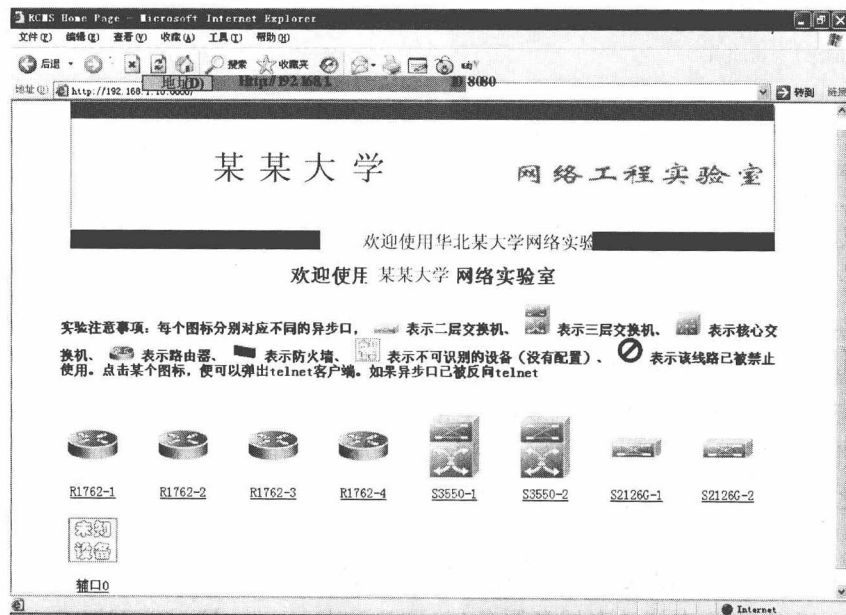


图 1-7 RCMS 登录界面

在登录界面上,列出了 RCMS 的所有异步线路及其所连的设备。若某个设备是可访问的,则在图标上和名称上出现超链接,点击这个超链接即可弹出一个 Telnet 客户端,通过反向 Telnet 访问相应的设备。若已经有用户通过反向 Telnet 连接到该设备,则超链接消失而不可点击。若一个异步线路不允许反向 Telnet,则显示已禁止的提示。异步线路及其所连的设备和类型可通过 ip host 命令进行配置,如果没有配置,则认为是未知设备。

在实验室中,学生机通过 IE 浏览器访问本组 RCMS。实验室中各组的设备地址见表 1-2。以第一组为例,统一资源定位地址(URL)为 <http://192.168.1.10:8080>。

表 1-2 各实验台的地址表

设备型号	设备管理 IP	设备型号	设备管理 IP
RCMS-1	192.168.1.10	RCMS-4	192.168.1.40
RCMS-2	192.168.1.20	RCMS-5	192.168.1.50
RCMS-3	192.168.1.30	RCMS-6	192.168.1.60

3. 一键清和其他功能

所谓一键清,是指用一条指令即可把所有连接在 RCMS 上的网络设备的配置恢复成为缺省配置。网络实验室在学生做完实验后,为了给下一组做实验学生提供一个干净的环境,需要把实验台上的网络设备的配置全部清除。RCMS 提供了独特的一键清功能,可以通过一个简单的指令把所有实验台上的网络设备的配置清除掉,从而大大降低了实验室管理的维护工作量。

一键清的工作原理是利用 RCMS 对实验台中设备配置口的连接,建立用于设备还原的批处理命令文件。只要设备的特权口令未被更改,登录相应的 RCMS 运行该文件即可实现设备还原。其执行操作如下:

```
RCMS-1>enable
Password:
RCMS-1# execute rcms1_clear_all.text
executing script file rcms1_clear_all.text
.....
executing done
.....
```

由于 rcms1_clear_all.text 中按顺序处理了对所有设备连接、还原的有关命令,因此,只需一次执行就可以还原整个 RACK 实验环境。

此外,因为在 RCMS 上连接了多台网络设备,RCMS 提供了多种权限设置模式。对 RCMS 的操作分为管理权限和使用权限,同时可以为连接在 RCMS 上的每台网络设备设置访问口令,此外还可以设定实验台上的网络设备只能由指定的 PC 机才能访问等多种权限方式。

RCMS 上提供了两个以太口,一个用来连接内部网,另一个可以连接到 Internet 上实现远程访问。由于 RCMS 支持动态域名服务器(DDNS,Dynamic Domain Name Server),即使是 ADSL 的 Internet 接入,没有固定的公网 IP 地址,也可以通过 DDNS 功能,采用域名方式简单地访问。

第 2 章 计算机网络基础实验

在计算机网络发展过程的不同阶段,人们对计算机网络提出了不同的定义。

强调信息传输的观点认为,以计算机之间传输信息为主要目的连接起来,从而实现远程信息处理和进一步实现资源共享的计算机系统就是计算机网络;

强调资源共享的观点认为,以共享资源为主要目的,把具有独立功能的计算机连接起来的计算机系统的集合就是计算机网络;

强调用户透明性的观点则认为,计算机网络就是一个巨大的计算机系统,用户不会察觉多个计算机系统的存在,不用熟悉资源的分布情况就可以调用计算机各系统的资源。

这些不同的定义反映了人们对于网络的认识和当时网络发展的水平。

从目前计算机网络的特点来看,计算机网络应具备以下基本特征:

(1) 主机

主机是指分布在不同地理位置上的具有独立工作能力的“自治计算机”,它们之间没有明确的主从关系,安装各自的操作系统,可以联网工作,也可以独立工作。联网计算机可以为本地用户提供服务,也可以为远程网络用户提供服务。

(2) 通信子网

联网主机必须由通信线路和通信设备物理地连接起来,由通信子网来实现端系统之间的互联。大到接入互联网中的计算机,小到直通电缆连接,有线或无线方式的通信线路、相关的传输交换设备所构成的通信设施是主机间实现通信的前提和保障。

(3) 通信协议

联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议,按照对等通信的原则,通过建立标准来实现开放系统之间的互联。

结合以上特征以及计算机网络的主要功能,为计算机网络定义如下:

凡是分布在不同地理位置上具有独立工作能力的计算机、终端及其附属设备,通过通信设备和通信线路连接起来,并配置网络软件和通信协议,以实现数据传输和资源共享的系统均叫做计算机网络。

本章我们将从最基本的网线做起,实现基于 Windows 系统的对等网络连接,同时初步了解实验室的环境情况。

2.1 双绞线网线制作

2.1.1 双绞线网线制作标准

双绞线网线的制作就是网线水晶头的制作,即把双绞线的 4 对 8 芯网线按一定规则插到水晶头中,所需工具仅是一把专用压线钳。采用 4 对 8 芯网线是为了适应更多的使用范围,