

普通高等学校网络工程专业规划教材

# 计算机网络工程 实验教程

沈鑫剡 等 编著

清华大学出版社



TP393  
1309

普通高等学校网络工程专业规划教材

# 计算机网络工程 实验教程

沈鑫剡 俞海英 伍红兵 胡勇强 李兴德 编著

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书是与《计算机网络工程》教材配套的实验指导书,书中详细介绍了在 Cisco Packet Tracer 软件实验平台上完成校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络设计、配置与调试的过程和步骤。

本书从实验原理、实验过程中使用的 Cisco IOS 命令和实验步骤三个方面对每一个实验进行深入讨论,不仅便于读者掌握用 Cisco 网络设备完成各种类型网络设计、配置与调试的过程和步骤,更能使读者进一步理解实验所涉及的原理和技术。

本书适合作为高等学校计算机专业及相关专业教学用书,同时也可供相关技术人员参考。

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

计算机网络工程实验教程/沈鑫剡等编著. —北京:清华大学出版社,2013

普通高等学校网络工程专业规划教材

ISBN 978-7-302-33035-6

I. ①计… II. ①沈… 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(2013)第 145959 号

责任编辑:袁勤勇 顾 冰

封面设计:常雪影

责任校对:白 蕾

责任印制:李红英

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.25

字 数:349千字

版 次:2013年9月第1版

印 次:2013年9月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:25.00元

产品编号:053891-01

## 前言

本书是与《计算机网络工程》教材配套的实验教材,书中详细介绍在 Cisco Packet Tracer 软件实验平台上完成校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络设计、配置与调试的过程和步骤。

本书将完整网络的设计过程分解为多个实验,逐个增加实验的功能,最终完成完整网络的设计、配置和调试过程。每一个实验分实验原理、实验过程中使用的 Cisco IOS 命令和实验步骤三个方面进行深入讨论,不仅便于读者掌握用 Cisco 网络设备完成各种类型网络设计、实施的方法和步骤,更能使读者进一步理解实验所涉及的原理和技术。

Cisco Packet Tracer 软件实验平台的人机界面非常接近实际设备的配置过程,除了连接线缆等物理动作外,读者通过 Cisco Packet Tracer 软件实验平台完成实验与通过实际 Cisco 网络设备完成实验几乎没有差别,通过 Cisco Packet Tracer 软件实验平台,读者完全可以完成校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络的设计、配置和调试过程。更为难得的是, Cisco Packet Tracer 软件实验平台可以模拟 IP 分组端到端传输过程中交换机、路由器等网络设备处理 IP 分组的每一个步骤,显示各个阶段应用层报文、传输层报文、IP 分组、封装 IP 分组的链路层帧的结构、内容和首部中每一个字段的值,使得读者可以直观了解 IP 分组的端到端传输过程及 IP 分组端到端传输过程中各层 PDU 的细节和变换过程。

“计算机网络工程”课程本身是一门实验性很强的课程,需要通过实际网络设计过程来加深学生对教学内容的理解,培养学生分析、解决问题的能力,但实验又是一大难题,因为很少有学校可以提供设计、实施各种类型网络的网络实验室, Cisco Packet Tracer 软件实验平台和本书很好地解决了这一难题。

作为与《计算机网络工程》教材配套的实验教材,本书和《计算机网络工程》教材相得益彰,教材内容为读者提供了校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络的设计原理和方法。本书提供了在 Cisco Packet Tracer 软件实验平台上运用教材内容提供的理论和方法设计、配置和调试各种类型网络的过程和步骤,读者用教材提供的网络设计原理和方法指导实验,反

# FOREWORD

## 前 言

过来又通过实验来加深理解教材内容,课堂教学和实验形成良性互动。

本书既是一本与《计算机网络工程》教材配套的实验指导书,又是一本指导读者用 Cisco 网络设备完成校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络设计、实施的网络工程手册。

本书由解放军理工大学的沈鑫剡、俞海英、伍红兵、胡勇强和李兴德共同编写,由沈鑫剡定稿。限于作者的水平,书中不足和错误之处在所难免,殷切希望使用本书的老师和学生批评指正,也殷切希望读者能够就本书内容和叙述方式提出宝贵建议和意见,以便进一步完善本书内容。作者 E-mail 地址为 shenxinshan@163.com。

作者

2013年6月

# C O N T E N T S

## 目 录

<b>第 1 章 计算机网络工程实验基础</b> .....	1
1.1 Packet Tracer 5.3 使用说明 .....	1
1.1.1 功能介绍 .....	1
1.1.2 用户界面 .....	2
1.1.3 工作区分类 .....	3
1.1.4 操作模式 .....	4
1.1.5 设备类型和配置方式 .....	4
1.2 IOS 命令模式 .....	7
1.2.1 用户模式 .....	7
1.2.2 特权模式 .....	8
1.2.3 全局模式 .....	9
1.2.4 IOS 帮助工具 .....	9
1.3 网络设备配置方式 .....	10
1.3.1 控制台端口配置方式 .....	11
1.3.2 Telnet 配置方式 .....	12
<b>第 2 章 校园网设计实验</b> .....	15
2.1 直通线和交叉线 .....	15
2.2 VLAN 和 IP 接口配置实验 .....	16
2.2.1 实验目的 .....	16
2.2.2 实验原理 .....	16
2.2.3 关键命令说明 .....	19
2.2.4 实验步骤 .....	21
2.2.5 命令行配置过程 .....	26
2.3 三层交换机动态路由配置实验 .....	29
2.3.1 实验目的 .....	29
2.3.2 实验原理 .....	29

# C O N T E N T S

2.3.3	关键命令说明	33
2.3.4	实验步骤	35
2.3.5	命令行配置过程	39
2.4	分组过滤器配置实验	43
2.4.1	实验目的	43
2.4.2	实验原理	43
2.4.3	关键命令说明	45
2.4.4	实验步骤	46
2.4.5	命令行配置过程	46
<b>第3章 企业网设计实验</b>		<b>48</b>
3.1	企业网路由项配置实验	48
3.1.1	实验目的	48
3.1.2	实验原理	48
3.1.3	关键命令说明	50
3.1.4	实验步骤	51
3.1.5	命令行配置过程	55
3.2	NAT 配置实验	57
3.2.1	实验目的	57
3.2.2	实验原理	57
3.2.3	关键命令说明	58
3.2.4	实验步骤	59
3.2.5	命令行配置过程	63
3.3	分组过滤器配置实验	64
3.3.1	实验目的	64
3.3.2	实验原理	64
3.3.3	关键命令说明	65
3.3.4	实验步骤	67
3.3.5	命令行配置过程	68
3.4	两个内部网络互连实验	70
3.4.1	实验目的	70

# C O N T E N T S

3.4.2	实验原理	70
3.4.3	实验步骤	71
3.4.4	命令行配置过程	75
<b>第4章 ISP 网络设计实验</b>		<b>77</b>
4.1	广域网互连路由器实验	77
4.1.1	实验目的	77
4.1.2	实验原理	77
4.1.3	关键命令说明	79
4.1.4	实验步骤	80
4.1.5	命令行配置过程	83
4.2	自治系统配置实验	85
4.2.1	实验目的	85
4.2.2	实验原理	85
4.2.3	实验步骤	86
4.2.4	命令行配置过程	87
4.3	ISP 网络配置实验	89
4.3.1	实验目的	89
4.3.2	实验原理	89
4.3.3	关键命令说明	92
4.3.4	实验步骤	93
4.3.5	命令行配置过程	98
<b>第5章 接入网络设计实验</b>		<b>103</b>
5.1	宽带接入网络配置实验	103
5.1.1	实验目的	103
5.1.2	实验原理	103
5.1.3	关键命令说明	104
5.1.4	实验步骤	106
5.1.5	命令行配置过程	107
5.2	家庭局域网宽带接入实验	109



# C O N T E N T S

07	5.2.1	实验目的	109
17	5.2.2	实验原理	110
25	5.2.3	实验步骤	111
	5.3	企业局域网宽带接入实验	116
77	5.3.1	实验目的	116
77	5.3.2	实验原理	116
77	5.3.3	实验步骤	117
77	5.3.4	命令行配置过程	120
87	5.4	统一鉴别实验	121
90	5.4.1	实验目的	121
98	5.4.2	实验原理	121
78	5.4.3	关键命令说明	122
98	5.4.4	实验步骤	122
98	5.4.5	命令行配置过程	126
98			
	<b>第 6 章</b>	<b>VPN 设计实验</b>	<b>130</b>
98	6.1	点对点 IP 隧道配置实验	130
98	6.1.1	实验目的	130
98	6.1.2	实验原理	130
98	6.1.3	关键命令说明	132
98	6.1.4	实验步骤	132
98	6.1.5	命令行配置过程	136
	6.2	IP Sec 配置实验	140
801	6.2.1	实验目的	140
801	6.2.2	实验原理	140
801	6.2.3	关键命令说明	141
801	6.2.4	实验步骤	143
801	6.2.5	命令行配置过程	144
801	6.3	Cisco Easy VPN 配置实验	147
801	6.3.1	实验目的	147
801	6.3.2	实验原理	147

# C O N T E N T S

6.3.3	关键命令说明	148
6.3.4	实验步骤	151
6.3.5	命令行配置过程	154
<b>第 7 章 IPv6 网络设计实验</b>		159
7.1	基本配置实验	159
7.1.1	实验目的	159
7.1.2	实验原理	159
7.1.3	关键命令说明	159
7.1.4	实验步骤	160
7.1.5	命令行配置过程	163
7.2	静态路由项配置实验	163
7.2.1	实验目的	163
7.2.2	实验原理	163
7.2.3	关键命令说明	164
7.2.4	实验步骤	164
7.2.5	命令行配置过程	167
7.3	RIP 配置实验	168
7.3.1	实验目的	168
7.3.2	实验原理	168
7.3.3	关键命令说明	168
7.3.4	实验步骤	169
7.3.5	命令行配置过程	170
7.4	单区域 OSPF 配置实验	171
7.4.1	实验目的	171
7.4.2	实验原理	171
7.4.3	关键命令说明	172
7.4.4	实验步骤	172
7.4.5	命令行配置过程	174
7.5	双协议栈配置实验	175
7.5.1	实验目的	175

# C O N T E N T S

7.5.2	实验原理	175
7.5.3	实验步骤	176
7.5.4	命令行配置过程	178
7.6	隧道配置实验	179
7.6.1	实验目的	179
7.6.2	实验原理	179
7.6.3	关键命令说明	181
7.6.4	实验步骤	181
7.6.5	命令行配置过程	185
7.7	IPv6 网络与 IPv4 网络互连实验一	187
7.7.1	实验目的	187
7.7.2	实验原理	188
7.7.3	关键命令说明	189
7.7.4	实验步骤	190
7.7.5	命令行配置过程	193
7.8	IPv6 网络与 IPv4 网络互连实验二	195
7.8.1	实验目的	195
7.8.2	实验原理	195
7.8.3	关键命令说明	196
7.8.4	实验步骤	197
7.8.5	命令行配置过程	200
<b>第 8 章 网络设备配置实验</b>		<b>202</b>
8.1	控制台端口配置网络设备实验	202
8.1.1	实验目的	202
8.1.2	实验原理	202
8.1.3	实验步骤	202
8.2	Telnet 远程配置网络设备实验	204
8.2.1	实验目的	204
8.2.2	实验原理	204
8.2.3	关键命令说明	205



# C O N T E N T S

8.2.4	实验步骤 .....	206
8.2.5	命令行配置过程 .....	208
8.3	SNMP 配置网络设备实验 .....	210
8.3.1	实验目的 .....	210
8.3.2	实验原理 .....	210
8.3.3	关键命令说明 .....	211
8.3.4	实验步骤 .....	211
8.3.5	命令列表 .....	215
	参考文献 .....	216

# 第 1 章 计算机网络工程实验基础

Cisco Packet Tracer 是一个非常理想的软件实验平台,可以完成校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络的设计、配置和调试过程。除了不能实际接触外,Cisco Packet Tracer 提供了与实际实验环境几乎一样的仿真环境。

## 1.1 Packet Tracer 5.3 使用说明

### 1.1.1 功能介绍

“计算机网络工程”课程的教学目标是使学生具备设计并实现校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络的能力。需要通过两个方面完成这种能力的培养过程:一是通过“计算机网络工程”课程的学习,掌握校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络的普遍性设计原则、方法和过程。二是通过实验完成校园网、企业网、大型 ISP 网络、接入网、虚拟专用网和 IPv6 网络的设计、配置和调试过程,并通过实验加深了解交换式以太网和互联网相关算法和协议的工作原理与实现过程,网络安全相关理论、协议和技术的工作原理与实现过程。但目前很少有学校可以提供能够完成各种类型网络设计、实施实验的网络实验室。另外,对于一个初学者而言,掌握设计、配置和调试网络的过程固然重要,掌握分组端到端传输过程更加重要,而一般的实验环境无法让初学者观察、分析分组端到端传输过程中的每一个步骤。

Cisco Packet Tracer 5.3 是 Cisco(思科)公司为网络初学者提供的一个学习软件,初学者通过 Packet Tracer 可以用 Cisco 网络设备设计、配置和调试各种类型的网络,而且可以模拟分组端到端传输过程中的每一个步骤,除了不能实际接触外,Packet Tracer 提供了和实际实验环境几乎一样的仿真环境。

#### 1. 网络设计、配置和调试过程

根据网络设计要求选择 Cisco 网络设备,如路由器、交换机等,用合适的传输媒体将这些网络设备互连在一起,进入设备配置界面对网络设备逐一进行配置,通过启动分组端到端传输过程检验连接在网络上的任意两个终端之间的连通性。如果发现问题,通过检查网络拓扑结构、互连网络设备的传输媒体、设备配置、设备建立的控制信息(如交换机转发表、路由器路由表等)确定问题的起因,并加以解决。

#### 2. 模拟协议操作过程

网络中分组端到端传输过程是各种协议、各种网络技术相互作用的结果,因此,只有了解网络环境下各种协议的工作流程、各种网络技术的工作机制及它们之间的相互作用过程,才能掌握完整、系统的网络知识。对于初学者,掌握网络设备之间各种协议实现过程中相互传输的报文类型、报文格式、报文处理流程对理解网络工作原理至关重要,Packet Tracer 模拟操作模式给出了网络设备之间各种协议实现过程中每一个步骤涉及的报文类型、报文格

式及报文处理流程,可以让初学者观察、分析协议实现的每一个细节。

### 3. 验证教材内容

《计算机网络工程》教材的主要特色是为每一种类型的网络构建一个读者能够理解的网络环境,并在该网络环境下详细讨论该类网络的普遍性设计原则、方法和过程,而且所提供的网络环境和人们实际应用中所遇到的实际网络十分相似,较好地解决了课程内容和实际应用的衔接问题。在教学过程中,可以用 Packet Tracer 完成教材中每一个网络环境的设计、配置和调试过程,同时可以用 Packet Tracer 模拟操作模式给出协议实现过程中的每一个步骤,以及每一个步骤涉及的报文类型、报文格式和报文处理流程,以此验证教材内容,并通过验证过程更进一步加深读者对教材内容的理解,真正做到弄懂弄透。

#### 1.1.2 用户界面

启动 Packet Tracer 5.3 后,出现图 1.1 所示的用户界面。

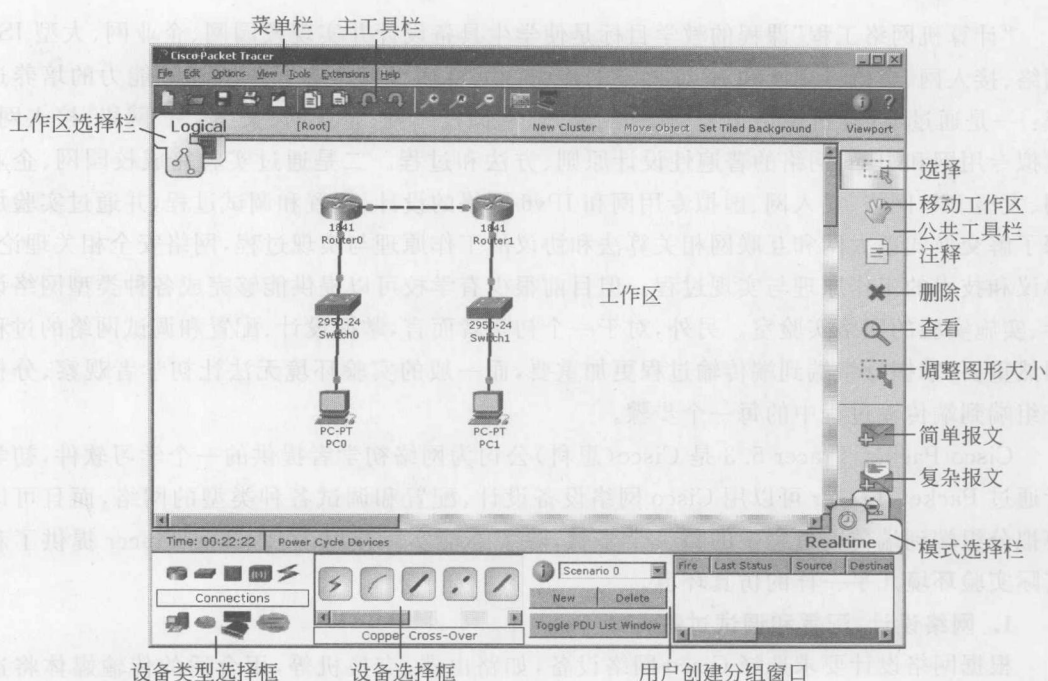


图 1.1 Packet Tracer 5.3 用户界面

下面分别介绍各选项的作用。

**菜单栏:** 提供该软件的 7 个菜单,其中文件(File)菜单给出工作区新建、打开和存储文件命令。编辑(Edit)菜单给出复制、粘贴和撤销输入命令。选项(Options)菜单给出 Packet Tracer 的一些配置选项。视图(View)菜单给出放大、缩小工作区中某个设备的命令。工具(Tools)菜单给出几个分组处理命令。扩展(Extensions)菜单给出有关 Packet Tracer 扩展功能的子菜单。帮助(Help)菜单给出 Packet Tracer 详细的使用说明,所有初次使用 Packet Tracer 的读者必须仔细阅读帮助菜单中给出的使用说明。

**主工具栏:** 给出 Packet Tracer 常用命令,这些命令通常包含在各个菜单中。

**公共工具栏：**给出对工作区中构件进行操作的工具。查看工具用于检查网络设备生成的控制信息，如路由器路由表、交换机转发表等。删除工具用于在工作区中删除某个网络设备。选择工具用于在工作区中移动某个指定区域，通过拖放鼠标指定工作区的某个区域，然后在工作区中移动该区域。当需要从其他工具中退出时，单击选择工具。移动工作区工具用于将工作区任意位置移动到当前用户界面中。注释工具用于在工作区任意位置添加注释。调整图像大小工具用于任意调整通过绘图工具绘制的图形的大小。

**工作区：**作为逻辑工作区时，用于设计网络拓扑结构、配置网络设备、检测端到端连通性等。作为物理工作区时，给出城市布局、城市内建筑物布局和建筑物内配线间布局等。

**工作区选择栏：**用于选择物理工作区和逻辑工作区。物理工作区中可以设置配线间所在建筑物或城市的物理位置，网络设备可以放置在各个配线间中，也可以直接放置在城市中。逻辑工作区中给出各个网络设备之间连接状况和拓扑结构。可以通过物理工作区和逻辑工作区的结合检测互连网络设备的传输媒体的长度是否符合标准要求，如一旦互连两个网络设备的双绞线缆长度超过 100m，两个网络设备连接该双绞线缆的端口将自动关闭。

**模式选择栏：**用于选择实时操作模式和模拟操作模式。实时操作模式可以验证网络任何两个终端之间的连通性。模拟操作模式可以给出分组端到端传输过程中的每一个步骤，以及每一个步骤涉及的报文类型、报文格式和报文处理流程。

**设备类型选择框：**设计网络时，可以选择多种不同类型的 Cisco 网络设备，设备类型选择框用于选择网络设备的类型，有路由器(Router)、交换机(Switch)、集线器(Hub)、无线设备(Wireless Devices)、连接线(Connection)、终端设备(End Device)、广域网仿真设备(WAN Emulation)和定制设备(Custom Made Device)等。广域网仿真设备用于仿真广域网，如公共交换电话网(Public Switched Telephone Network, PSTN)、非对称数字用户线(Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL)等。定制设备用于用户创建根据特定需求完成模块配置的设备，如安装无线网卡的终端、安装扩展接口的路由器等。

**设备选择框：**用于选择指定类型的网络设备型号，如果在设备类型选择框中选中路由器，可以通过设备选择框选择 Cisco 各种型号的路由器。

**用户创建分组窗口：**为了检测网络任意两个终端之间的连通性，需要生成并端到端传输分组。为了模拟协议操作过程和分组端到端传输过程中的每一个步骤，也需要生成分组，并启动分组端到端传输过程，用户创建分组窗口就用于用户创建分组并启动分组端到端传输过程。

### 1.1.3 工作区分类

工作区选择作为物理工作区时，用于给出城市间地理关系，每一个城市内建筑物布局，建筑物内配线间布局，如图 1.2 所示。当然，也可以直接在城市中某个位置放置配线间和网络设备。New City 按钮用于在物理工作区创建一座新的城市。同样，New Building、New Closet 按钮用于在物理工作区创建一栋新的建筑物和一间新的配线间。一般情况下，是指在指定城市中创建并放置新的建筑物，在指定建筑物中创建并放置新的配线间。逻辑工作区中创建的网络所关联的设备初始时全部放置于公司所在城市(Home City)的办公楼(Corporate Office)内的主配线间(Main Wiring Closet)中，可以通过 Move Object 菜单完成网络设备配线间之间的移动，也可直接将设备移动到城市中。当两个互连的网络设备放置

在不同的配线间时,或城市不同位置时,可以计算出互连这两个网络设备的传输媒体的长度。如果启动物理工作区距离和逻辑工作区设备之间连通性之间的关联,一旦互连两个网络设备之间的传输媒体距离超出标准要求,两个网络设备连接该传输媒体的端口将自动关闭。

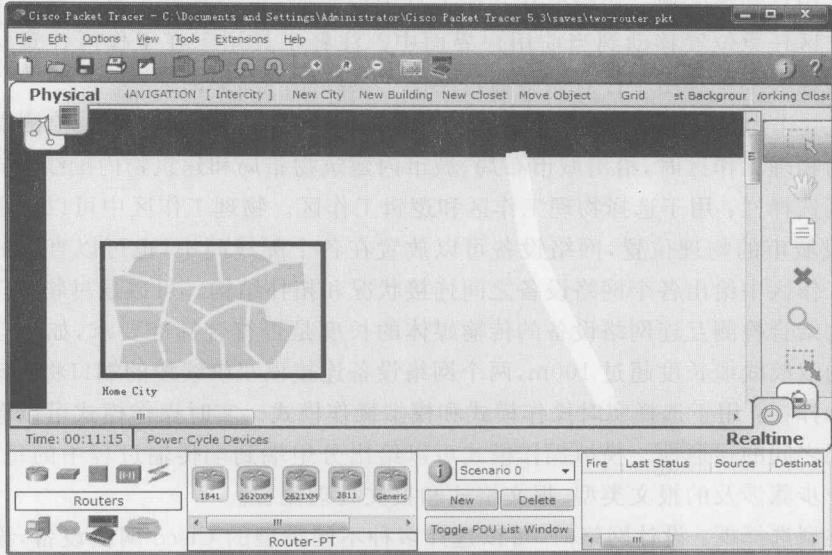


图 1.2 物理工作区

### 1.1.4 操作模式

Packet Tracer 操作模式分为实时操作模式和模拟操作模式,实时操作模式仿真网络实际运行过程,用户可以检查网络设备配置,转发表、路由表等控制信息,通过发送分组检测端到端连通性。模拟操作模式下,用户可以观察、分析分组端到端传输过程中的每一个步骤。图 1.3 是模拟操作模式的用户界面,事件列表(Event List)给出协议报文或分组的逐段传输过程,单击事件列表中某个报文,可以查看该报文内容和格式。情节(Scenario)用于设定模拟操作模式需要模拟的过程,如分组的端到端传输过程。Auto Capture/Play 按钮用于启动整个模拟操作过程,按钮下面的滑动条用于控制模拟操作过程的速度,事件列表列出根据情节进行的模拟操作过程所涉及的协议报文或分组的逐段传输过程。Capture/Forward 按钮用于单步推进模拟操作过程。Back 按钮用于回到上一步模拟操作结果。编辑过滤器(Edit Filters)按钮用于选择情节模拟操作过程中涉及的协议。通过单击事件列表中的协议报文或分组可以详细分析协议报文或分组格式,对应段相关网络设备处理该协议报文或分组的流程和结果。因此,模拟操作模式是找出网络不能正常工作的原因的理想工具,同时也是初学者深入了解协议操作过程和网络设备处理协议报文或分组的流程的理想工具。模拟操作模式是实际网络环境无法提供的学习工具。

### 1.1.5 设备类型和配置方式

Packet Tracer 提供了设计各种类型网络可能涉及的网络设备类型,如路由器、交换机、集线器、无线设备、连接线、终端设备、广域网仿真设备和定制设备等。其中广域网仿真设备



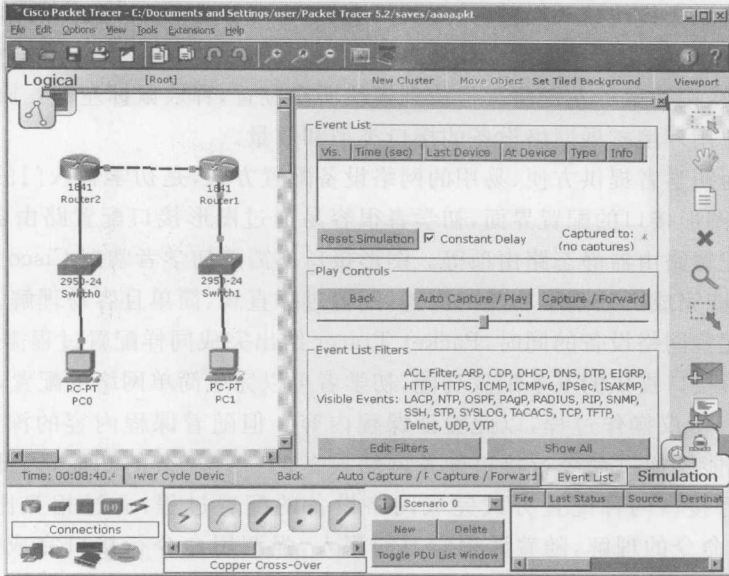


图 1.3 模拟操作模式

用于仿真广域网,如 PSTN、ADSL 和帧中继等,通过广域网仿真设备可以设计出广域网为互连路由器的传输网络的复杂互连网络。

一般在逻辑工作区和实时操作模式下进行网络设计。如果用户需要将某个网络设备放置到工作区中,用户在设备类型选择框中选择特定设备类型,如路由器,然后在设备选择框中选择特定设备型号,如 Cisco 1841 路由器,按住鼠标左键将其拖放到工作区的任意位置,释放鼠标左键。单击网络设备进入网络设备的配置界面,每一个网络设备通常有物理 (Physical)、图形接口(Config)和命令行接口 (CLI) 三个配置选项,物理配置选项用于为网络设备选择可选模块。图 1.4 是路由器 1841 的物理配置界面,可以为路由器的两个插槽选

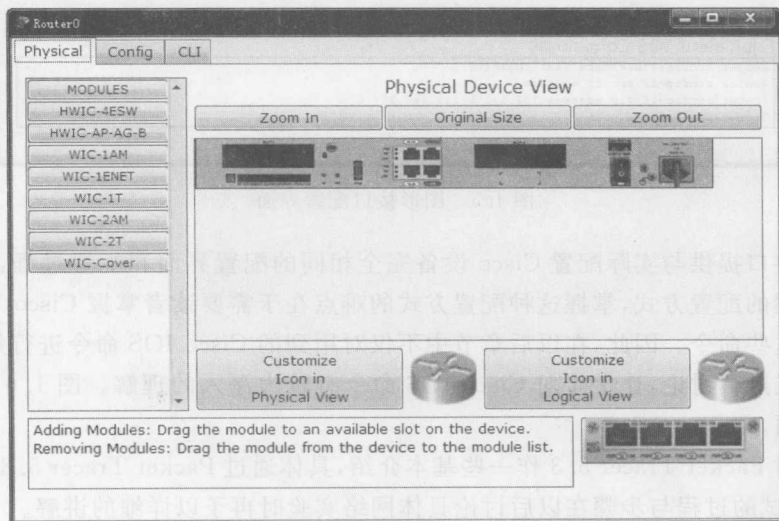


图 1.4 路由器 1841 物理配置界面