21世纪

高等院校规划教材

主　编　张保通
副主编　陶　力　张红旗　刘子程

网络互连技术

——路由、交换与远程访问实训教程

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪高等院校规划教材

网络互连技术——路由、交换与远程访问实训教程

主　编　张保通

副主编　陶　力　张红旗　刘子程

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《网络互连技术——路由、交换与远程访问》（张保通主编，中国水利水电出版社出版）的配套实训指导用书。全书围绕主教材中的路由、交换与远程访问技术三个方面的知识点，设计了近三十个分解实训及两个综合实训。

为了方便没有实验设备的读者完成实训，全书实训均采用 Cisco 路由器模拟器软件 Dynamips/Dynagen 进行设计。同时，本书附录 A 对 Dynamips/Dynagen 的使用进行了详细的讲解；附录 B 对实训中用到的数据包捕获、分析软件 Sniffer 的使用进行了介绍，以帮助读者快速掌握该工具软件的使用技巧。

本书适合作为各类高等院校计算机网络专业的辅助教材，也可作为网络互连技术的培训、自学教材。此外，还可供网络工程技术人员和管理人员参考。

本书所有 Dynagen 配置文件均经过运行验证，这些文件可以在中国水利水电出版社和万水书苑网站下载，网址为 http://www.waterpub.com.cn/softdown 和 http://www.wsbookshow.com。

图书在版编目（CIP）数据

网络互连技术 : 路由、交换与远程访问实训教程 / 张保通主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2009.10

21世纪高等院校规划教材
ISBN 978-7-5084-6917-1

Ⅰ. ①网… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①计算机网络－路由选择－高等学校－教学参考资料②计算机网络－信息交换机－高等学校－教学参考资料③远程网络－高等学校－教学参考资料 Ⅳ. ①TP393.03

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第191502号

策划编辑：雷顺加　责任编辑：杨元泓　加工编辑：陈　洁　封面设计：李　佳

书　名	21世纪高等院校规划教材 **网络互连技术——路由、交换与远程访问实训教程**
作　者	主　编　张保通 副主编　陶　力　张红旗　刘子程
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座　100038） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：mchannel@263.net（万水） sales@waterpub.com.cn 电话：（010）68367658（营销中心）、82562819（万水）
经　售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　版	北京万水电子信息有限公司
印　刷	北京蓝空印刷厂
规　格	184mm×260mm　16开本　15.25印张　379千字
版　次	2010年1月第1版　2010年1月第1次印刷
印　数	0001—4000册
定　价	25.00元

前　言

本书是《网络互连技术——路由、交换与远程访问》（张保通主编，中国水利水电出版社出版）的配套实训指导用书。为了配合理论教学，加深读者对主教材知识点的理解并增强读者的实际动手能力，我们精心编写了本书。全书围绕主教材中的路由、交换与远程访问技术三个方面的知识点，设计了近三十个分解实训及两个综合实训。其中，分解实训在安排顺序上与主教材的各章相对应，囊括了主教材理论知识要求完成的相关验证实验。两个综合实训旨在加强读者对互连网络的综合设计、实现及验证能力。

为了方便没有实验设备的读者完成实训，全书的实训均采用 Cisco 路由器模拟器软件 Dynamips/Dynagen 进行设计。在每个实训中均给出了该实训使用的 Dynagen 配置文件供参考。同时，本书的附录 A 对 Dynamips/Dynagen 的使用进行了详细的讲解，覆盖了关于该软件在实际环境中可能用到的几乎所有使用技巧，便于读者在完成本书的实训后，还可以进一步独立设计、构建所需的各种形式的网络拓扑；附录 B 对实训中用到的数据包捕获、分析软件 Sniffer 的使用进行了介绍以帮助读者快速掌握该工具软件的使用技巧。

各章的内容如下：

第 1 章：作为全书的铺垫，安排了一个基本实训环境构建实训和一个 TCP/IP 协议分析实训。

第 2 章：包含了和路由器基本配置及路由器安全管理配置相关的 9 个实训。

第 3 章：包括静态路由、RIP 动态路由协议、OSPF 动态路由协议在内的 9 个相关内容的实训。

第 4 章：安排了交换机基本配置、VLAN、STP 调整、诊断相关的 3 个实训。

第 5 章：安排了和远程访问技术有关的 NAT、HDLC、PPP 配置实训。

第 6 章：作为总结和提高，本章安排了交换网络综合设计、路由网络综合设计两个综合实训。

本书适合用作各类高等院校计算机网络专业的辅助教材，也适合用作网络互连技术的培训、自学教材。此外，也可供网络工程技术人员和管理人员参考。

本书由张保通任主编，陶力、张红旗、刘子程任副主编。赵丽艳、袁全波、邹彭涛、王振夺、李伟红、朱蓬华、王永平、李冰冰制作了本书的部分插图。

在本书的编写过程中得到了很多帮助和支持，在此谨表谢意。

限于笔者水平，书中难免存在一些错误或不妥之处，恳请读者批评指正。笔者的 E-mail 为：zhangbt@gmail.com。

作　者

2009 年 9 月

目　　录

第 1 章　基本实训环境构建及 TCP/IP 协议分析

实训 1-1　基本实训环境构建

【实训目的】

1．掌握通过 Dynamips/Dynagen 构建基本实训环境的方法。
2．掌握 Dynamips/Dynagen 的基本配置方法和使用技巧。

【实训任务】

安装逻辑网络适配器、安装 Dynamips/Dynagen 软件、配置 Dynamips/Dynagen 软件实现基本实训环境的构建。

【实训设备】

PC 工作站一台（运行 Windows XP 操作系统）；Dynamips/Dynagen 软件；超级终端应用程序；SecureCRT 软件。

【实训环境】

在真实环境中，是通过控制台线缆连接路由器和 PC 工作站的，如图 1-1 所示。其中，控制台线缆的 RJ-45 端口连接到路由器的控制台接口（Console），控制台线缆的 DB-9 端口连接到 PC 工作站的串行通信接口（COM）。

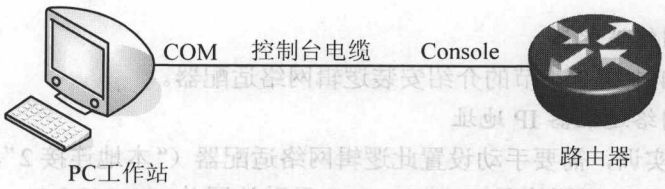

图 1-1　真实环境

为了便于实训环境的搭建，这里利用路由器模拟软件（虚拟路由器）Dynamips/Dynagen 在 PC 工作站上模拟真实路由器来完成各种实验，如图 1-2 所示。其中，在 PC 工作站上运行的路由器模拟软件 Dynamips/Dynagen 模拟出来的路由器在本地的某个 TCP 端口（如 3001）进行监听，PC 工作站通过 telnet 程序在本地的某个 TCP 端口（如 1028）和模拟路由器的监听端口 3001 建立 TCP 连接从而登录到模拟路由器的控制台，进而可以开始配置路由器的各种参数，完成有关实验。

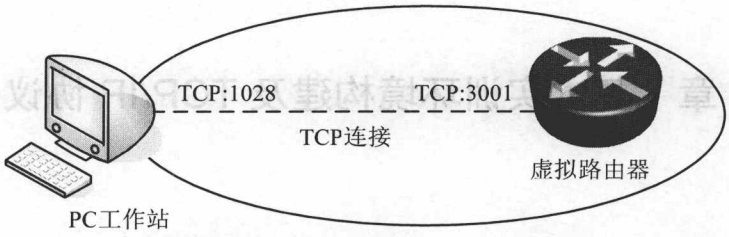

图 1-2 通过路由器模拟软件 Dynamips/Dynagen 搭建的实训环境

【相关知识】

Dynamips 软件是一套 Cisco IOS 模拟系统，它不但能够完整模拟很多版本的 IOS，还可以以各种方式实现这些模拟路由器设备的互连互通，更可以实现模拟路由器和真实网络设备之间的通信。目前 Dynamips 已经可以支持很多 Cisco 路由器平台，包括：7200、3745、3725、3600、2691、2600、1700 等。Dynamips 可以模拟包括 ATM、ETHERNET、FASTETHERNET、SERIAL、POS（OC3）在内的多种路由器常见接口。Dynamips 可以实现以太网交换链路、帧中继线路等特性。可以说 Dynamips 完全能够满足普通技术人员完成各种路由器技术参数的实验、测试的需要。

Dynagen 是 Dynamips 的一个基于文本的前端程序。它大大简化了使用 Dynamips 来模拟网络拓扑的过程。Dynagen 的类似于.ini 文件的配置文件内容格式使我们很容易阅读。也使我们能够很容易地模拟上面提到的各种 Cisco 路由器平台，同时方便地构造各种模拟网络拓扑。

本书的所有实训都可以通过 Dynamips/Dynagen 来完成。在后续实训的讲解中，我们也将主要采用 Dynamips/Dynagen 来进行实训环境的搭建。当然，对于有设备条件的读者来说，所有的实训也可以通过真实的路由、交换设备来完成。

关于 Dynamips/Dynagen 的详细使用说明，请参考本书附录 A。

【实训步骤】

1. 安装逻辑网络适配器

按照附录 A.2.4 中第 2 小节的介绍安装逻辑网络适配器。

2. 配置逻辑网络适配器 IP 地址

为了完成后续实训，需要手动设置此逻辑网络适配器（“本地连接 2”，此处为“loop 0”）的 IP 地址 192.168.0.2、子网掩码 255.255.255.0 及默认网关 192.168.0.1。

3. 安装 WinPcap 软件

按照附录 A.2.1 中第 1 小节的介绍安装 WinPcap 软件。

4. 安装 Dynamips/Dynagen 软件

Dynamips 软件已被集成到 Dynagen 软件中，所以只需要安装 Dynagen 软件也即安装了 Dynamips 软件。

按照附录 A.2.1 中第 2 小节的介绍安装 Dynagen 软件。

5. 配置 Dynamips/Dynagen 软件

（1）建立 Dynamips/Dynagen 目录结构。为了方便使用，可以在 PC 工作站上合适的磁

盘分区建立 Dynamips/Dynage 实验专用目录结构，如图 1-3 所示。

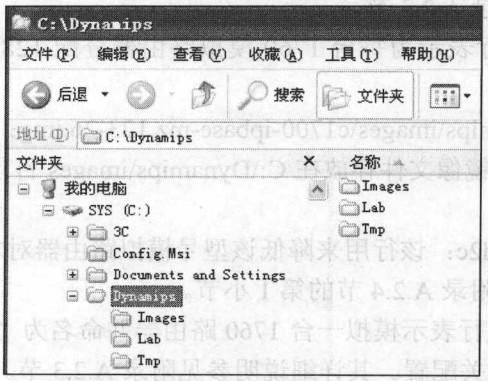

图 1-3　建立 Dynamips/Dynagen 目录结构

其中，磁盘分区 C 的 Dynamips 目录为主目录；Images 目录用于存放 IOS 文件，供 Dynamips/Dynage 调用；Lab 目录用于存放实验用的.net 文件；Tmp 目录用于存放模拟路由器在运行的时候产生的临时文件。

（2）处理、安置 IOS 文件。利用 WinRAR 或 WinZip 将适合本实训使用的 IOS 文件 c1700-ipbase-mz.123-26.bin 解压缩并重命名为 c1700-ipbase-mz.123-26.img。将该文件复制/移动到磁盘分区 C 的 Dynamips 目录下的 Images 目录中。

（3）配置.NET 文件。利用记事本等纯文本编辑工具在磁盘分区 C 的 Dynamips 目录下的 Lab 目录中创建本实验使用的.net 配置文件并将该文件命名为 Lab 1-1.net，其内容如下所示。

```
#Lab 1-1
autostart = False
[localhost]
    workingdir = C:\Dynamips\tmp
    [[1760]]
        ram = 128
        image = C:\Dynamips\images\c1700-ipbase-mz.123-26.img
        idlepc = 0x802b3d2c
    [[router r1]]
        model = 1760
        console = 3001
    f0/0 = NIO_gen_eth:\Device\NPF_{910A39C1-3C12-48AF-AFF6-D8C98160D749}
```

其中：

- #Lab 1-1 为注释。
- autostart = False：该行表示本.NET 文件载入后，各模拟路由器需使用 start 命令手动启动。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- [localhost]：该行表示后续的各行所描述的模拟路由器运行在本终端默认端口（TCP：7200）。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- workingdir = C:\Dynamips\tmp：该行设置将模拟路由器运行产生的临时文件统一存放在 C:\Dynamips\tmp 目录下。其详细说明参见附录 A.2.3 节。

- [[1760]]：该行表示后续的各行所描述的内容是对 Cisco 1760 平台路由器的描述。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- ram = 128：该行表示为每台 1760 模拟路由器分配 128M 内存。其详细说明参见 A.2.3 节。
- image = C:\Dynamips\images\c1700-ipbase-mz.123-26.img：该行表示每台 1760 模拟路由器使用的 IOS 镜像文件存放在 C:\Dynamips\images 目录下。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- idlepc = 0x802b3d2c：该行用来降低该型号模拟路由器对本 PC 工作站的 CPU 占用。其详细用法参见附录 A.2.4 节的第 1 小节。
- [[router r1]]：该行表示模拟一台 1760 路由器并命名为“r1”，在该行后面的若干行用于描述 r1 的相关配置。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- model = 1760：该行表示路由器 R1 的平台型号为 1760。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- console = 3001：该行表示用来连接到路由器 R1 控制台的 TCP 端口号为 3001。其详细说明参见附录 A.2.3 节。
- f0/0 = NIO_gen_eth:\Device\NPF_{910A39C1-3C12-48AF-AFF6-D8C98160D749}：该行表示此 R1 的快速以太网接口 fastEthernet 0/0 和本 PC 工作站的某个网卡相连。其详细说明及如何获得 PC 工作站的网卡参数参见附录 A.2.4 节的第 2 小节。

6. 启动路由器 r1

（1）双击桌面上的“Dynamips Server”图标启动 Dynamips 后台服务程序。

（2）右击新创建的 Lab 1-1.net 文件，选择“打开方式”为“dg-local”，如图 1-4 所示。

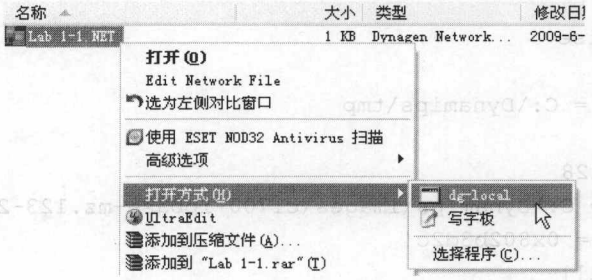

图 1-4 以“dg-local”方式打开 Lab 1-1.net 文件

（3）在弹出的 Dynagen 管理控制台窗口中键入命令 list（注意命令大小写）并回车，列出当前.net 配置文件中的路由器列表，如图 1-5 所示。

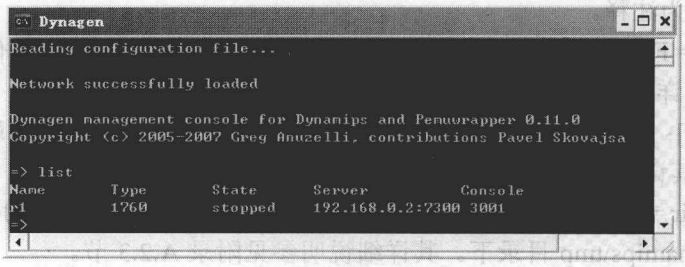

图 1-5 Dynagen 管理控制台窗口

（4）在 Dynagen 管理控制台窗口中键入命令 start R1 启动模拟路由器 R1，如图 1-6 所示。

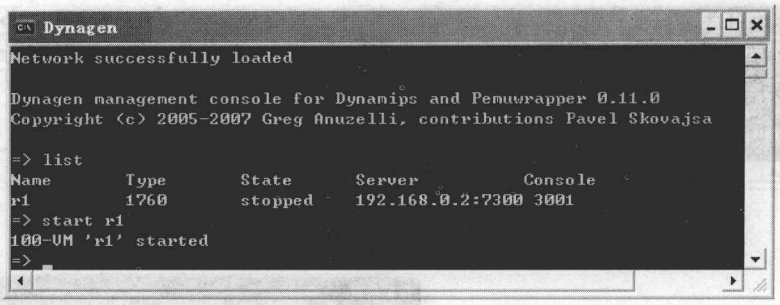

图 1-6　启动模拟路由器 R1

（5）通过 MS-DOS 命令 netstat 可以发现模拟路由器 R1 开始在 TCP 端口 3001 上进行侦听，如图 1-7 所示。

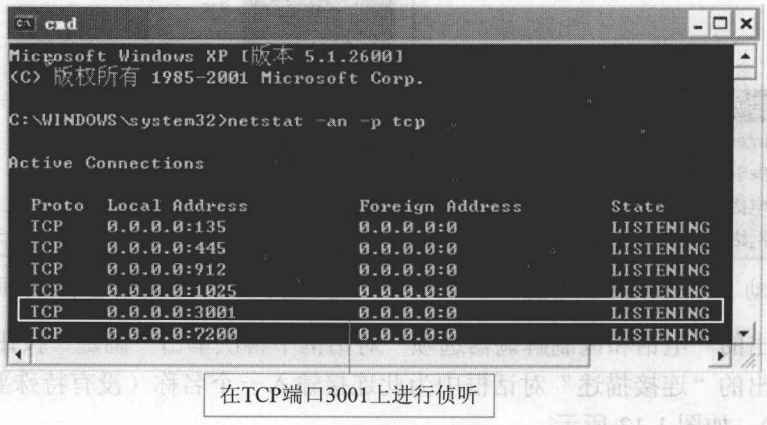

图 1-7　MS-DOS 命令 netstat 的输出结果

7. 使用 telnet 应用程序登录路由器

在 MS-DOS 窗口下键入命令 telnet 127.0.0.1 3001 并回车登录到路由器 R1 的控制台端口。如图 1-8 和图 1-9 所示。

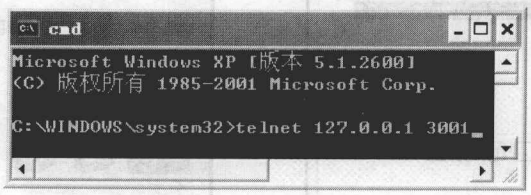

图 1-8　在 MS-DOS 窗口下键入命令 telnet 127.0.0.1 3001

8. 使用超级终端登录路由器

“超级终端”是 Windows 系列操作系统自带的一个通用的串行交互工具，可以通过这个工具对路由器和交换机等设备进行配置。

在 PC 工作站端启动“超级终端”应用程序，如图 1-10 所示。在“位置信息”中随意输

入一个区号，如 010，单击“确定”按钮，如图 1-11 所示。

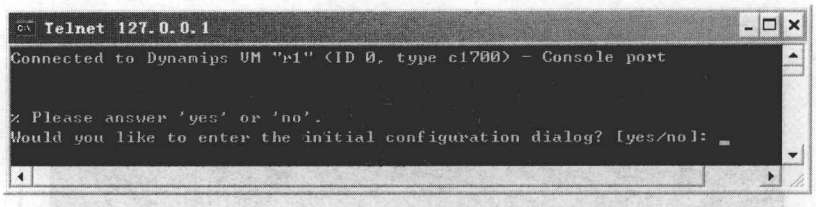

图 1-9 登录到路由器 r1 的控制台端口

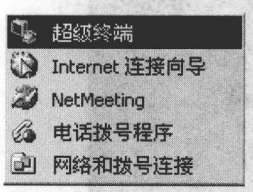

图 1-10 启动“超级终端”应用程序

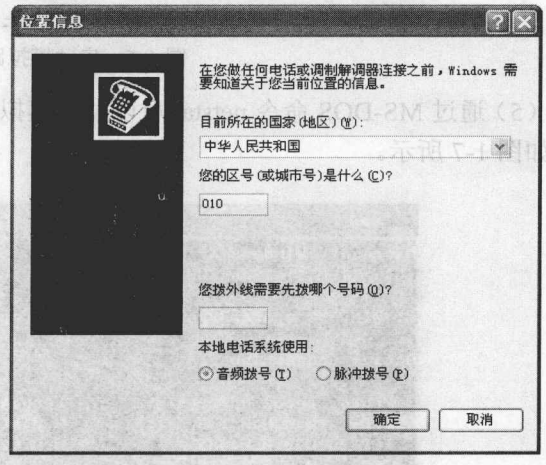

图 1-11 “位置信息”对话框

在随后弹出的“电话和调制解调器选项”对话框中再次单击“确定”按钮，如图 1-12 所示。在随后弹出的“连接描述”对话框中为此连接输入一个名称（没有特殊要求，有一定的代表意义即可），如图 1-13 所示。

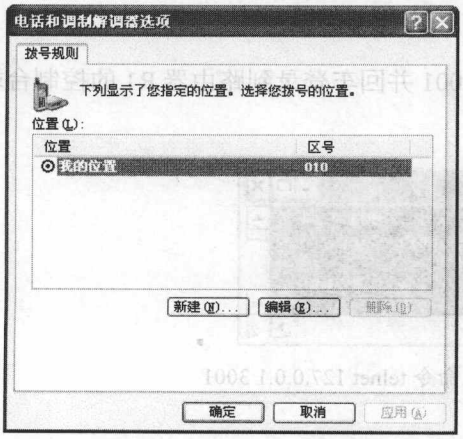

图 1-12 “电话和调制解调器选项”对话框

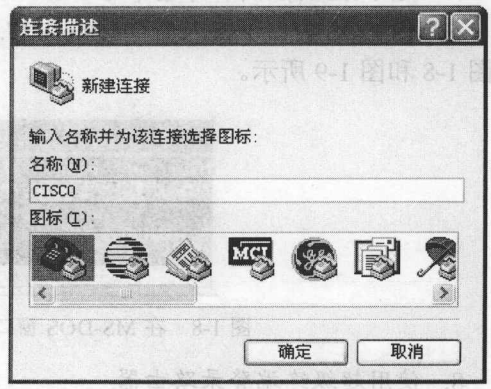

图 1-13 输入连接描述

然后，选择连接所使用的端口为“TCP/IP（Winsock）”，如图 1-14 所示。最后，将主机地址设置为 127.0.0.1、端口号设置为 3001，之后单击“确定”按钮，如图 1-15 所示。

图 1-14　选择连接所使用的端口

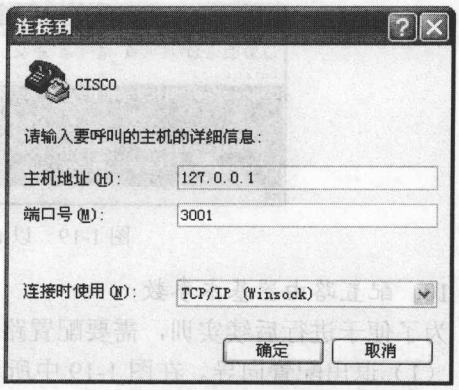

图 1-15　设置主机地址、端口号

之后，就可以登录到路由器的控制台端口了，如图 1-16 所示。

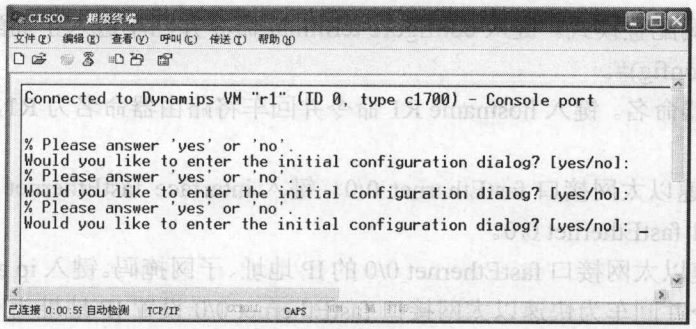

图 1-16　登录到路由器的控制台端口

9. 使用 SecureCRT 登录路由器

也可以使用软件 SecureCRT 连接到模拟路由器进行配置。

首先，在 SecureCRT 软件的工具栏上单击“快速连接”图标，如图 1-17 所示。在随后弹出的“快速连接”对话框中，选择协议类型为 Telnet，输入 PC 工作站的环回测试地址 127.0.0.1，将端口修改为 3001，保持其他选项为默认值，如图 1-18 所示。单击“连接”按钮以 telnet 方式登录到路由器，如图 1-19 所示。

图 1-17　建立快速连接

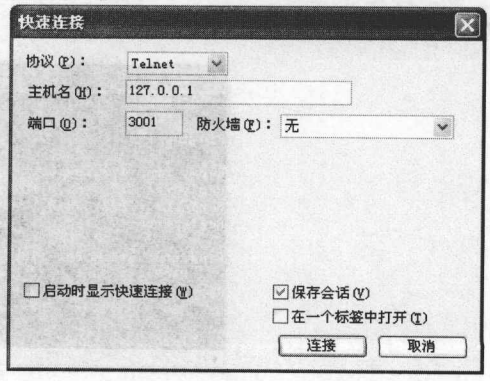

图 1-18　“快速连接”对话框

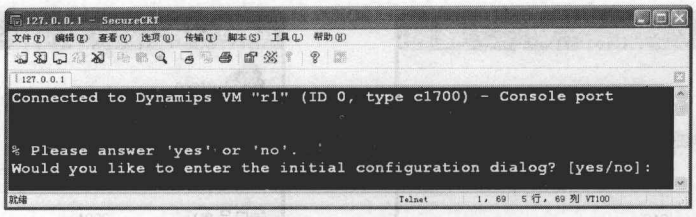

图 1-19 以 telnet 方式登录到路由器

10. 配置路由器基本参数

为了便于进行后续实训，需要配置路由器 R1 的一些基本参数。

（1）退出配置向导。在图 1-19 中所示的配置向导中，输入“n”并回车若干次，退出配置向导直到出现路由器提示符 Router>。

（2）进入特权用户模式。键入 enable 命令并回车进入特权用户模式，系统显示提示符 Router#。

（3）进入全局配置模式。键入 configure terminal 命令并回车进入全局配置模式，系统显示提示符 Router(config)#。

（4）为路由器命名。键入 hostname R1 命令并回车将路由器命名为 R1，系统显示提示符 R1(config)#。

（5）进入快速以太网接口 fastEthernet 0/0。键入 interface fastEthernet 0/0 命令并回车进入快速以太网接口 fastEthernet 0/0。

（6）设置快速以太网接口 fastEthernet 0/0 的 IP 地址、子网掩码。键入 ip address 192.168.0.1 255.255.255.0 命令并回车为快速以太网接口 fastEthernet 0/0 设置 IP 地址为 192.168.0.1，子网掩码为 255.255.255.0。

（7）激活快速以太网接口 fastEthernet 0/0。键入 no shutdown 命令并回车激活快速以太网接口 fastEthernet 0/0。

（8）回到特权用户模式。键入 end 命令并回车回到系统提示符 R1#。

（9）保存路由器配置。键入 copy running-config startup-config 或 write 命令并回车将上述对路由器 R1 的配置存盘。

11. 验证连通性

在 MS-DOS 窗口键入命令 ping 192.168.0.1 测试到路由器 R1 的 fastEthernet 0/0 接口的连通性，如图 1-20 所示。

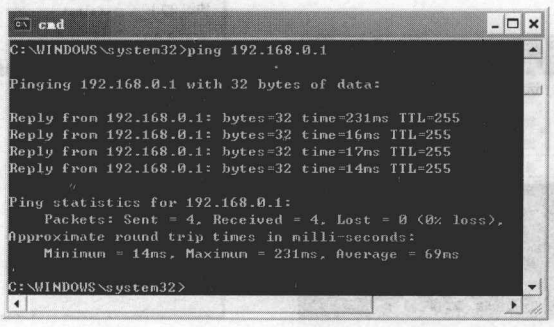

图 1-20 执行 MS-DOS 命令 ping 192.168.0.1

如果没有测试成功，对上述步骤 1~10 进行必要的检查和修正。

【实训报告要求】

1．写出通过超级终端应用程序登录路由器控制台的步骤。
2．写出通过 SecureCRT 登录路由器控制台的步骤。
3．写出本实训中配置路由器基本参数用到的各种命令。

实训 1-2　TCP/IP 协议分析

【实训目的】

1．掌握利用 Sniffer 软件进行协议数据包捕获、分析的方法。
2．掌握利用 Sniffer 软件分析 Ethernet II/IP/TCP/UDP/ARP/ICMP 协议的方法。
3．掌握 Ethernet II/IP/TCP/UDP/ARP/ICMP 协议数据包的头部结构。

【实训任务】

利用 Sniffer 软件捕获、分析 Ethernet II/IP/TCP/UDP/ARP/ICMP 协议数据包。

【实训设备】

PC 工作站一台（运行 Windows XP 操作系统）；Dynamips/Dynagen 软件；超级终端应用程序或 SecureCRT 软件；数据包捕获、分析软件 Sniffer。

【实训环境】

实训环境如图 1-21 所示。

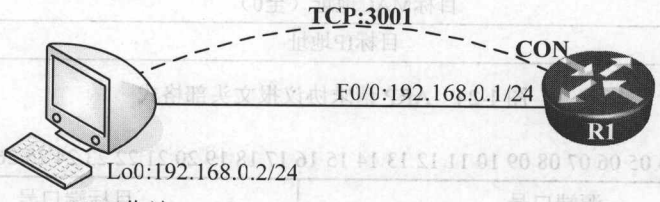

图 1-21　“TCP/IP 协议分析”实训环境

【相关知识】

本实训利用 Sniffer 软件捕获、分析 Ethernet II/IP/TCP/UDP/ARP/ICMP 协议数据包。为了便于与实验结果对照，下面分别给出了 Ethernet II、IP、ARP、TCP、UDP、ICMP 协议数据包的头部结构，如图 1-22 至图 1-27 所示。

限于篇幅关系，各协议数据包字段的意义和作用这里不再给出，请读者参考本书配套主教材《网络互连技术——路由、交换与远程访问》中的相关章节的叙述。

Ethemet 帧头	IP 头部	TCP 头部	上层数据	FCS

图 1-22　Ethernet II 帧格式

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 bit

版本	报头长度	服务类型	总长度
标识		标志位	段偏移量
生存期	协议	头部校验和	
源地址			
目标地址			
可选项			
数据			

图 1-23　IP 头部格式

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 bit

广播MAC地址（全1）	
广播MAC地址（全1）	源MAC地址
源MAC地址	
协议类型	
硬件类型	协议类型
硬件地址长度 / 协议地址长度	操作类型
源MAC地址	
源MAC地址	源IP地址
源IP地址	目标MAC地址（全0）
目标MAC地址（全0）	
目标IP地址	

图 1-24　ARP 请求协议报文头部格式

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 bit

源端口号								目标端口号
顺序号								
确认号								
头部长度	保留	URG	ACK	PSH	RST	SYN	FIN	窗口大小
校验和								紧急指针
可选项								
数据								

图 1-25　TCP 头部结构

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 bit

源端口号		目标端口号
长度		校验和
数据		

图 1-26　UDP 数据段格式

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31　bit

IP 头部（20 字节）		
类型（0，8）	代码（0）	校验和
标识符		序列号
选项（若有）		

图 1-27　ICMP 回射请求和应答报文头部格式

【实训步骤】

1. 构建基本实训环境

按照实训 1-1 中的步骤构建基本实训环境、配置路由器的基本参数并测试 PC 工作站到路由器 R1 的快速以太网接口的连通性。

2. 捕获、分析 ARP 数据包

（1）启动 Sniffer 软件，选择 PC 工作站的环回接口为捕获数据包的网卡，如图 1-28 所示。如果之前选择过其他网卡作为捕获网卡，可以选择 Sniffer 软件主界面的“File”菜单下的“Select Settings....”重新选择捕获网卡。

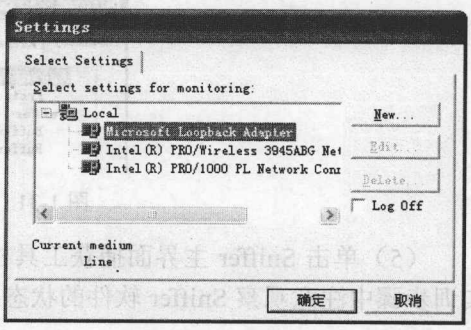

图 1-28　选择捕获数据包的网卡

（2）关闭仪表盘窗口，单击 Sniffer 主界面捕获工具栏的“定义过滤器（Define Filter）”图标，在随后弹出的“定义捕获过滤器（Define Filter-Capture）”对话框中选择“高级（Advanced）”标签，如图 1-29 所示。

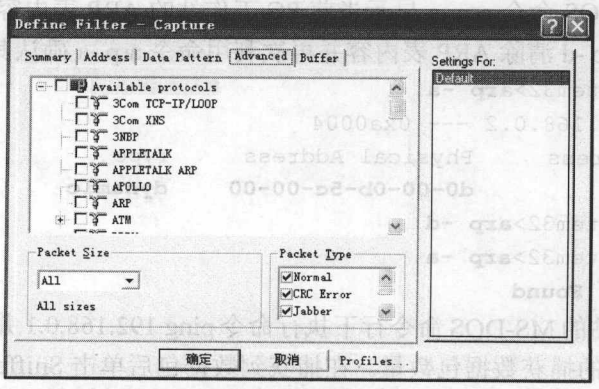

图 1-29　“高级（Advanced）”标签

（3）选择可用协议（Available protocols）中的 ARP 协议或 IP ARP 协议，如图 1-30 所示。

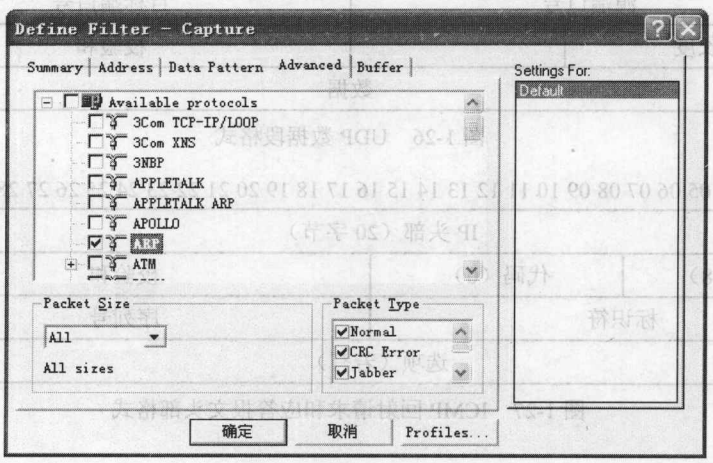

图 1-30　选择 ARP 协议或 IP ARP 协议

（4）选择摘要（Summary）标签，可以看到已选择了要捕获的数据包类型为 ARP，如图 1-31 所示。单击“确定”按钮返回 Sniffer 软件主界面。

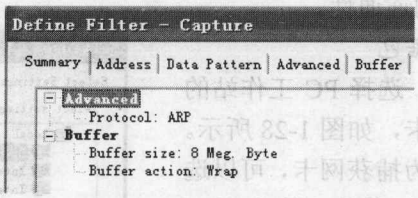

图 1-31　摘要（Summary）标签

（5）单击 Sniffer 主界面捕获工具栏的“开始（Start）”图标开始捕获数据包，在后续的实训步骤中注意观察 Sniffer 软件的状态工具栏上的“捕获数据包数量”图标，如图 1-32 所示。

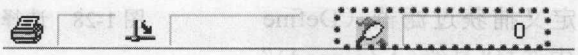

图 1-32　状态工具栏上的“捕获数据包数量”图标

（6）利用 MS-DOS 命令 arp -a 显示当前 PC 工作站的 ARP 表内容，如果当前的 ARP 表不为空，利用命令 arp -d 清除 ARP 表内容并再次利用命令 arp -a 确认其内容为空。

```
C:\WINDOWS\system32>arp -a
Interface: 192.168.0.2 --- 0xa0004
  Internet Address      Physical Address      Type
  192.168.0.1           d0-00-0b-5c-00-00     dynamic
C:\WINDOWS\system32>arp -d
C:\WINDOWS\system32>arp -a
No ARP Entries Found
```

（7）在 PC 工作站的 MS-DOS 命令行下执行命令 ping 192.168.0.1 并回车，同时观察 Sniffer 软件捕获状态工具栏的捕获数据包数量。在捕获到数据包后单击 Sniffer 主界面捕获工具栏的“停止并显示（Stop and Display）”图标，在弹出的数据包分析窗口中选择解码（Decode）标