http://www.phei.com.cn

思 科 系 列 丛 书

思科网络实验室

CCNP

(路由技术)实验指南

◎ 梁广民 王隆杰 编著
◎ 马 刚 李涤非 审校

以企业需求为**指导**

提升读者的实际操作技能

讲求**实用**

理论够用，**操作**为主

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

思科系列丛书

思科网络实验室 CCNP（路由技术）实验指南

梁广民　王隆杰　编著

马　刚　李涤非　审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以 Cisco2811 路由器和 Catalyst3560 交换机为平台，以新版 CCNP（ROUTE）内容为基础，以实验为依托，从行业的实际需求出发组织全部内容，全书共 10 章，主要内容包括：实验拓扑和路由器管理、IP 路由原理、EIGRP、OSPF、IS-IS、路由重分布与路由更新控制、BGP、分支机构和移动办公、IPv6，以及综合案例实施。

本书既可以作为思科网络技术学院的实验教材，用来增强学生的实际操作技能，也可以作为电子和计算机等专业的网络集成类课程的教材或者实验指导书使用，还可以作为培训教材。同时对于从事网络管理和维护的技术人员，也是一本很实用的技术参考书。

图书在版编目（CIP）数据

思科网络实验室 CCNP（路由技术）实验指南 / 梁广民，王隆杰编著. —北京：电子工业出版社，2012.3
（思科系列丛书）

ISBN 978-7-121-16071-4

Ⅰ. ①思… Ⅱ. ①梁… ②王… Ⅲ. ①计算机网络—路由选择—实验—指南 Ⅳ. ①TN915.05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 026000 号

策划编辑：宋 梅
责任编辑：宋 梅
印 刷：涿州市京南印刷厂
装 订：
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
开 本：787×1 092 1/16 印张：25.75 字数：659 千字
印 次：2012 年 3 月第 1 次印刷
印 数：4 000 册 定价：68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

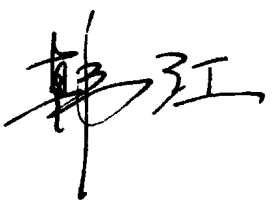
序

仔细阅读了梁广民和王隆杰老师的这部新作，我对他们多年来能够潜心钻研网络技术并不断取得的成果表示敬佩。两位老师是中国区思科网络技术学院金牌教师，均通过两个领域的 CCIE 认证考试，具有扎实的网络基础和娴熟的网络技能，多年来一直工作在教学第一线，其教学风格和教学效果得到来自全国各地的教师和学生的高度认可，在他们的指导下，该校 150 多名学生通过 CCIE 认证考试，登上了网络领域的珠穆朗玛峰，同时他们指导的学生在网络大赛中成绩斐然，是中国至今囊括思科网络技术学院学生所有级别（中国大陆地区、大中华区、亚太区）比赛冠军的唯一院校。他们以企业实际需要来组织和编写本书，并把自己对网络技术的热情以及从事第一线教学工作的经验和专业知识倾注于此书，书中所阐述的网络原理深入浅出，案例充足、实用，实验结果和分析说明详尽，与从国外引进的原版翻译教材相比，更适合中国人的阅读思维和习惯，有助于读者快速理解和掌握知识，提高网络技能。

我相信本书对于加入思科网络技术学院的学生、计划参与思科认证考试的人员以及从事网络工程的技术人员都是非常有帮助的。

思科公司总裁约翰·钱伯斯先生曾说，“互联网和教育是推动社会公平发展的两个核心动力”。秉承这一理念，思科公司积极参与和推动中国教育事业的发展，在中国设立了近 400 所思科网络技术学院，在校学生超过 5 万名，累计参加学习的学生人数超过 15 万名。思科公司始终坚信，互联网必将改变人们的工作、学习、生活和娱乐方式，而这一理念的实现，是全体支持互联网发展的研究专家、系统厂商、技术与应用开发商、运营商、教育机构和消费者共同努力的结果。在此也感谢二位老师为此所付出的努力！

思科系统（中国）网络技术有限公司
中国思科网络技术学院总经理



2012 年 1 月 1 日

前　言

思科公司作为全球领先的互联网设备供应商，其产品已经涉及路由、交换、安全、语音、无线和存储等诸多方面。而思科推出的系列职业认证 CCNA、CCNP 和 CCIE 无疑是 IT 领域最为成功的职业认证规划之一。本书以 CCNP（ROUTE）为依托，从实际应用的角度出发，以思科网络实验室为背景设计拓扑，全面、细致地介绍了新版 CCNP（ROUTE）的内容。本书的特色如下所述。

在目标设计上，以企业实际需求为向导，以培养学生的网络设计能力、对网络设备的配置和调试能力、分析和解决问题的能力以及创新能力为目标，讲求实用。

在内容选取上，坚持集先进性、科学性和实用性为一体，全面覆盖新版 CCNP（ROUTE）的内容，但又不局限于 CCNP 范围，尽可能覆盖最新、最实用的技术。例如，本书对 IS-IS 路由协议、IPv6 技术、IPSec VPN 技术和 ADSL 技术等领域做了适当的扩展和有益的补充。

在内容表现形式上，把握“理论够用、操作为主”的原则，用最简单和最精炼的描述讲解网络技术基本原理，然后通过详尽的实验现象分析来分层次、分步骤地讲解网络技术，并且对实验配置和调试结果进行详细的注释，把作者多年实验获得的经验加以汇总和注释，写入本书，使其直观、易懂。

在内容结构上，本书按照 CCNP（ROUTE）新版教材的结构和布局，设计为 10 章：实验拓扑和路由器管理、IP 路由原理、EIGRP、OSPF、IS-IS、路由重分布与路径控制、BGP、分支机构和移动办公、IPv6 以及综合案例实施。从配置开始，逐渐展开，结合实验调试结果来巩固和深化所学的网络知识，最后达到学习知识和培养能力的目的。

本书以 Cisco2811 路由器和 Catalyst3560 交换机为硬件平台，由于各个实验室的具体情况不同，所以在实际使用过程中，读者可能需要稍微做一些改动，以适应自己实验室的不同实验设备和环境。

本书既可以作为思科网络技术学院的实验教材，用来增强学生的实际操作技能，也可以作为电子和计算机等专业的网络集成类课程的教材或者实验指导书使用，又可以作为培训教材。同时对于从事网络管理和维护的技术人员，也是一本很实用的技术参考书。

本书由梁广民（CCIE#14496 R/S，Security）和王隆杰（CCIE#14676 R/S，Security）组织编写及统稿，参加编写工作的还有张喜生、石淑华、杨旭、刘平、张立涓、石光华、邹润生、杨名川和齐治文。从复杂和庞大的 Cisco 网络技术中，编写出一本简明的、适合实验室使用的实验教材确实不是一件容易的事情，因此衷心地感谢思科网络学院邵丹等金牌教师在本书编写过程中给予的支持和帮助。感谢北京邮电大学马刚老师和李涤非老师在百忙之中审校全书。感谢思科公司韩江总经理、刘亢经理和熊露颖经理对本书提出的建设性意见和建议，感谢韩江总经理在百忙之中为本书作序。感谢沃尔夫网络实验室（www.wolf-lab.com）对本书中的关键技术给予的指导和帮助。如果没有他们的帮助，本书是不可能在很短的时间内高质量完成的，在此也向他们表示衷心感谢！

由于时间仓促，加上作者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请同行专家指正。

E-mail：gmliang@szpt.edu.cn。

编 著 者

2012 年 1 月于深圳

目　录

第 1 章　实验拓扑和路由器管理

本章首先介绍本书中用到的实验台拓扑结构的连接和搭建，使得读者采用该拓扑能够按照实验的需求灵活地将路由器和交换机进行组合；本章还详细介绍如何配置终端服务器和如何管理路由器。

1.1　实 验 拓 扑

1.1.1　本书实验拓扑

为了完成本书的各个实验，需要构建不同的拓扑，如果每次都临时进行拓扑的搭建会花费大量的时间。为此设计了一个功能强大的网络拓扑，如图 1-1 和图 1-2 所示，图中不包含终端服务器及其连接；本书所有的分解实验均可以使用该拓扑完成。拓扑中的路由器和交换机均通过终端访问服务器来进行控制。

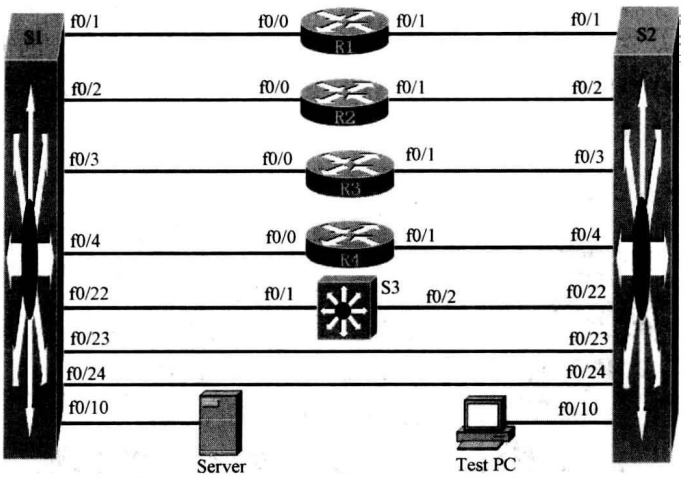


图 1-1　本书实验拓扑（以太网连接部分）

在图 1-1 拓扑中，4 台路由器均为 Cisco 2811 路由器，3 台三层交换机为 Catalyst 3560 交换机。所有路由器的 FastEthernet0/0 以太网接口和交换机 S1 相连接，FastEthernet0/1 以太网接口和交换机 S2 相连接。交换机 S1 和交换机 S2 之间通过 FastEthernet0/23 和 FastEthernet0/24 进行连接，交换机 S3 的 FastEthernet0/1 接口连接到交换机 S1 的 FastEthernet0/22 上，FastEthernet0/2 接口连接到交换机 S2 的 FastEthernet0/22 上。交换机 S3 的 FastEthernet0/10 接口连接到 Server，该服务器提供 TFTP 和 Syslog 等服务。为了便于测试，在图 1-1 中还连接了一台 PC。4 台路由器之间串行链路连接如图 1-2 所示。

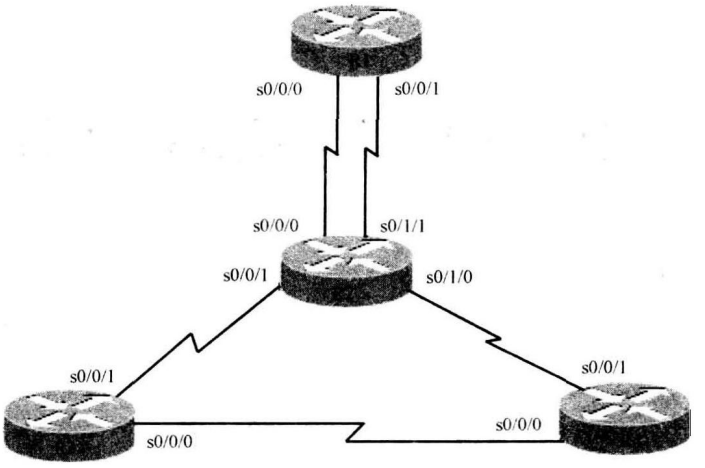


图 1-2　本书实验拓扑（串行链路连接部分）

1.1.2　终端访问服务器

稍微复杂一点的实验就会用到多台路由器或者交换机；如果通过计算机的 COM 口和网络设备的 Console 口连接，由于一个 COM 口只能连接一台设备，就需要多台计算机或者经常性拔插 Console 线，非常不方便。终端访问服务器可以解决这个问题，其连接方法如图 1-3 所示。终端访问服务器可以是一台有 8 个异步口（NM-8A 模块）或者 16 个异步口（NM-16A 模块）的路由器，从它引出多条连接线到各个路由器上（被控设备）的 Console 口。在使用时，用户首先 Telnet 到终端访问服务器，然后再从终端访问服务器访问各个路由器和交换机等被控设备，这样就能同时控制多台设备。

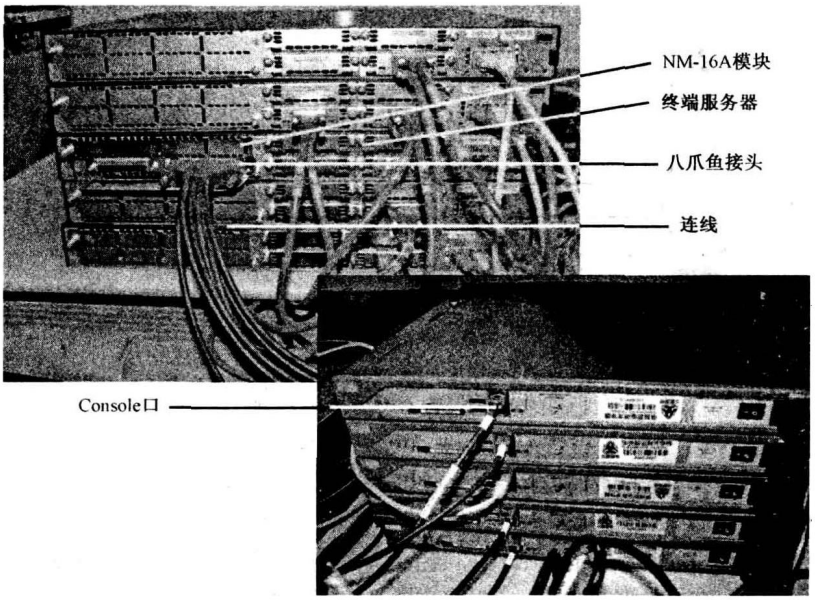


图 1-3　终端访问服务器和网络设备的连接

1.2　路由器管理

1.2.1　实验 1：终端访问服务器配置

使用终端访问服务器（就是插有异步模块的路由器）可以避免在同时配置多台路由器时频繁拔插 Console 线，为了方便使用终端服务器，还可以制作一个简单的操作指引菜单，使用时非常清晰和方便。

1. 实验目的

通过本实验可以掌握：

① 配置终端访问服务器，并制作一个简单的操作菜单；

② 使用终端访问服务器控制路由器和交换机。

2. 实验拓扑

终端服务器与路由器和交换机连接实验拓扑如图 1-4 所示。

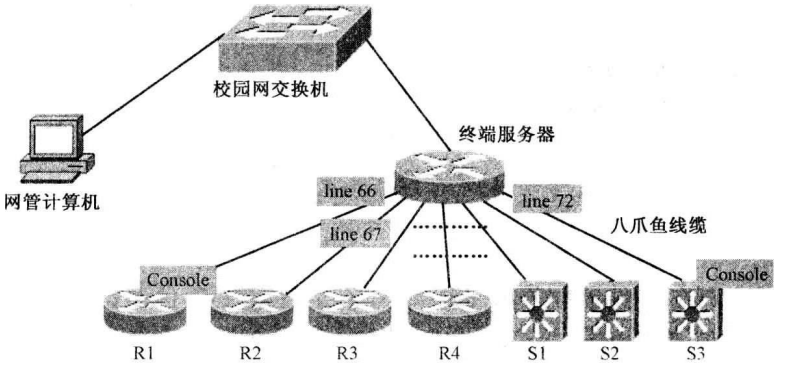


图 1-4　终端服务器与路由器、交换机连接实验拓扑

3. 实验步骤

（1）终端服务器的基本配置

```
Router(config)#hostname Terminal-Server
Terminal-Server(config)#enable secret CISCO123
Terminal-Server(config)#no ip domain-lookup
Terminal-Server(config)#line vty 0 ?
<1-988>  Last Line number  //查看该路由器支持 vty 虚拟终端的数量，可以看到该数量为 0～988。注意：路由器支持多少 vty 和路由器的 IOS 有关。
Terminal-Server(config)#line vty 0 988
Terminal-Server(config-line)#no login
```

```
Terminal-Server(config-line)#logging synchronous
Terminal-Server(config-line)#exec-timeout 0 0
Terminal-Server(config-line)#exit
Terminal-Server(config)#interface fastEthernet0/0
Terminal-Server(config-if)#ip address 10.3.24.31 255.255.255.192
Terminal-Server(config-if)#no shutdown
Terminal-Server(config)#no ip routing  //关闭路由功能，终端服务器相当于一台计算机
Terminal-Server(config)#ip default-gateway 10.3.24.62  //配置终端服务器网关
```

（2）配置线路、制作简易菜单

首先，通过“**show line**”命令查看终端服务器上异步模块的各异步口所在的线路编号。

```
Terminal-Server#show line
   Tty Line Typ     Tx/Rx    A Modem  Roty AccO AccI  Uses  Noise Overruns  Int
*    0    0 CTY                 -    -    -    -    -     4      0     0/0    -
     1    1 AUX    9600/9600    -    -    -    -    -     0      0     0/0    -
*   1/0  66 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -    14      1     0/0    -
*   1/1  67 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -    13   2790     0/0    -
*   1/2  68 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -    12      7    4/16    -
    1/3  69 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -    12      2     0/0    -
*   1/4  70 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -     4     55     0/0    -
（此处省略部分输出）
   1/14  80 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -     0      0     0/0    -
   1/15  81 TTY    9600/9600    -    -    -    -    -     0      0     0/0    -
*  514  514 VTY                 -    -    -    -    -    21      0     0/0    -
（此处省略部分输出）
    520  520 VTY                -    -    -    -    -     6      0     0/0    -
```

在以上输出中，代码“**TTY**”表示的线路类型为异步模块，该终端服务器有一个 16 接口异步模块（NM-16A），线路编号为 66～81；本实验台共 7 台设备，所以实际上只用线路 66～72。记住线路的编号，后面需要根据这些编号进行配置。

```
Terminal-Server(config)#line 66 81  //进入线路模式下
Terminal-Server(config-line)#transport input telnet ssh  //线路允许 telnet，ssh
Terminal-Server(config-line)#no exec
Terminal-Server(config-line)#exec-timeout 0 0
Terminal-Server(config-line)#logging synchronous
Terminal-Server(config)#interface loopback0
Terminal-Server(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
Terminal-Server(config)#ip host R1 2066 1.1.1.1
Terminal-Server(config)#ip host R2 2067 1.1.1.1
Terminal-Server(config)#ip host R3 2068 1.1.1.1
Terminal-Server(config)#ip host R4 2069 1.1.1.1
Terminal-Server(config)#ip host S1 2070 1.1.1.1
Terminal-Server(config)#ip host S2 2071 1.1.1.1
Terminal-Server(config)#ip host S3 2072 1.1.1.1
```

技术要点

从终端服务器控制各路由器和交换机是通过反向 Telnet 实现的，此时 Telnet 的端口号为线路编号加上 2000，例如，线路编号 66，其端口号为 2066，如果要控制 line 66 线路上连接的路由器，可以采用“**telnet 1.1.1.1 2066**”命令。然而这样命令很长，为了方便，使用“**ip host**”命令定义一系列的主机名，因此“**telnet R1**”和“**telnet 1.1.1.1 2066**”执行效果一样。

```
Terminal-Server(config)#alias exec cr1 clear line 66
Terminal-Server(config)#alias exec cr2 clear line 67
Terminal-Server(config)#alias exec cr3 clear line 68
Terminal-Server(config)#alias exec cr4 clear line 69
Terminal-Server(config)#alias exec cs1 clear line 70
Terminal-Server(config)#alias exec cs2 clear line 71
Terminal-Server(config)#alias exec cs3 clear line 72
//以上 7 行定义命令的别名，“clear line”命令的作用是清除线路，例如，此设备正在被他人访问，如果想使用就需要把线路清除
Terminal-Server(config)#privilege exec level 0 clear line
Terminal-Server(config)#privilege exec level 0 clear
//以上配置命令授权，使得用户模式下也能执行“clear line”和“clear”命令
Terminal-Server(config)#banner motd @
Enter TEXT message.  End with the character '@'.
        ************************************
        R1-------R1      cr1------clear line 66
        R2-------R2      cr2------clear line 67
        R3-------R3      cr3------clear line 68
        R4-------R4      cr4------clear line 69
        S1-------s1      cs1------clear line 70
        S2-------s2      cs2------clear line 71
        S3-------s3      cs3------clear line 72
        ************************************
@
```

以上是制作一个简单的菜单，为用户操作提供友好的界面。要控制路由器 R1 可以使用“R1”命令（大小写不敏感），要清除 R1 路由器所连接的线路，可以使用“cr1”命令。该菜单是利用路由器的“**banner motd**”功能实现的，该功能使得用户 Telnet 到路由器后，就显示以上简易菜单。

```
Terminal-Server#copy  running-config startup-config  //保存配置
```

4．实验调试

（1）测试能否从终端服务器控制路由器和交换机

```
C:\>telnet 10.3.24.31
        ************************************
        R1-------R1      cr1------clear line 66
        R2-------R2      cr2------clear line 67
        R3-------R3      cr3------clear line 68
```

```
            R4-------R4          cr4------clear line 69
            S1-------s1          cs1------clear line 70
            S2-------s2          cs2------clear line 71
            S3-------s3          cs3------clear line 72
            ************************************
    //Telnet 到 10.3.24.31 后，出现简易菜单
    Terminal-Server>cr1
    [confirm]
     [OK]
    Terminal-Server>  //先用“cr1”命令清除线路 66，该线路上连接了路由器 R1
    Terminal-Server>r1
    Trying R1 (1.1.1.1, 2066)... Open
            ************************************
            R1-------R1      cr1------clear line 66
            R2-------R2      cr2------clear line 67
            R3-------R3      cr3------clear line 68
            R4-------R4      cr4------clear line 69
            S1-------s1      cs1------clear line 70
            S2-------s2      cs2------clear line 71
            S3-------s3      cs3------clear line 72
            ************************************
    R1>
    //输入“r1”命令，如果出现“R1>”或者“Router>”等字符，表明可以控制 R1 路由器了。如果出现以下情况：
    Terminal-Server>r1
    Trying R1 (1.1.1.1, 2066)...
    % Connection refused by remote host
```

请执行几次“cr1”命令后，重新执行“r1”命令。

（2）使用 SecureCRT 软件在同一个窗口中控制路由器和交换机

SecureCRT 终端软件的功能完善，因此强烈推荐使用。使用 SecureCRT 软件在同一个窗口中控制路由器和交换机，如图 1-5 所示。

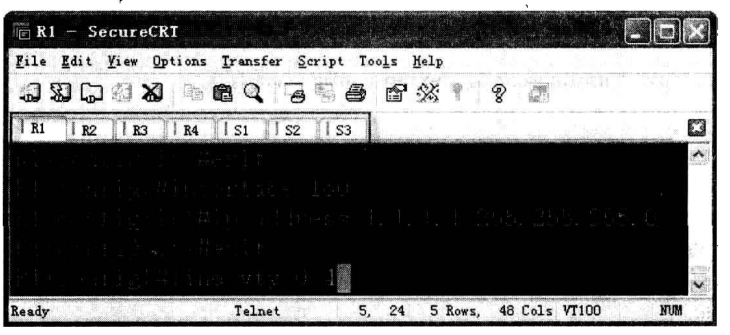


图 1-5　使用 SecureCRT 软件同时打开多个路由器和交换机的控制窗口

1.2.2　实验 2：路由器 IOS 恢复和密码恢复

1. 实验目的

通过本实验可以掌握：

① TFTP 方式恢复 IOS 的步骤；

② Xmodem 方式恢复 IOS 的步骤；

③ 路由器密码恢复的步骤。

2. 实验拓扑

路由器 IOS 恢复和密码恢复实验拓扑如图 1-6 所示。

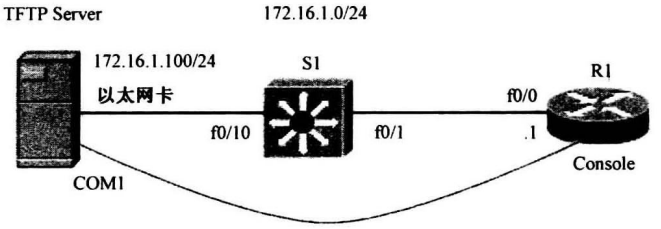


图 1-6　路由器 IOS 恢复和密码恢复实验拓扑

3. 实验步骤

如果工作中不慎误删路由器 IOS，或者升级了错误版本的 IOS，导致路由器不能正常启动，可以通过 TFTP 恢复 IOS，还可以采用 Xmodem 方式通过 Console 口恢复 IOS。然而，由于 Console 接口的速率很慢，很少有人采用。需要注意的是，如果误删除了 IOS，请不要将路由器关机或者重启，这样可以直接使用“**copy tftp flash**”命令从 TFTP 服务器恢复 IOS，这比起上述两种方法都简单。注意：可以通过命令“**tftp-server flash:c2800nm-adventerprisek9-mz. 124-22.T.bin**”把路由器配置成 TFTP 服务器。

（1）通过 TFTP 恢复 IOS

路由器加载 IOS 文件失败后，开机将进入 rommon（ROM 监控）模式。恢复 IOS 之前请确保服务器上启动 TFTP 服务，并将 IOS 放置到正确的目录，路由器配置步骤如下：

```
rommon 2 > IP_ADDRESS=172.16.1.1   //路由器以太口 IP 地址
rommon 3 > IP_SUBNET_MASK=255.255.255.0   //掩码
rommon 4 > DEFAULT_GATEWAY=172.16.1.100
//默认网关地址，由于路由器和 TFTP 服务器在同一网段，是不需要网关的，但是必须配置该参数，所以把默认网关指向了 TFTP 服务器 IP 地址
rommon 5 > TFTP_SERVER=172.16.1.100   //TFTP 服务器 IP 地址
rommon 6 > TFTP_FILE=c2800nm-adventerprisek9-mz.124-22.T.bin   //IOS 文件名
//以上 5 个参数必须配置
rommon 8 > tftpdnld   //该命令从 TFTP 服务器恢复 IOS
```