



新世纪应用型高等教育
网络专业系列规划教材

交换机与路由器的配置

JIAOHUANJI YU LUYOUQI DE PEIZHI

新世纪应用型高等教育教材编审委员会 组编

主编 孙翠娟 权义宁



大连理工大学出版社



新世纪应用型高等教育
网络专业系列规划教材

交换机与路由器的配置

JIAOHUANJI YU LUYOUQI DE PEIZHI

新世纪应用型高等教育教材编审委员会 组编

主编 孙翠娟 权义宁
副主编 樊克利 王宗武



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

交换机与路由器的配置 / 孙翠娟, 权义宁主编.
—大连: 大连理工大学出版社, 2013.3
新世纪应用型高等教育网络专业系列规划教材
ISBN 978-7-5611-7643-6

I. ①交… II. ①孙… ②权… III. ①计算机网络—
信息交换机—高等学校—教材②计算机网络—路由选择—
高等学校—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 029570 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

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:11.5 字数:261 千字

印数:1~1500

2013 年 3 月第 1 版

2013 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑:马 双

责任校对:张海贤

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-7643-6

定 价:26.00 元

前言

近年来计算机和网络技术迅速普及,在社会信息化和信息社会化的进程中,计算机网络实用技术扮演着越来越重要的角色。为了适应社会对网络技术人才的需求,我们编写了本教材,力图引进最实用的计算机网络应用技术。

本书内容循序渐进、浅显易懂,不仅适合作为高等学校计算机及相关专业的教材或参考书,也适合学习组网配置的技术人员以及从事网络管理和维护的人员阅读。

本书提供了一个综合网络实验环境,仅仅通过一台电脑,便可以亲自动手完成本书涉及的所有路由器和交换机的实验配置和测试内容。本书所涉及的实例都可以在思科仿真软件 Cisco Packet Tracer 5.2 版本中完成。

本书共八章。第一章介绍了思科路由器的硬件组成、访问方式以及路由器的基本配置。第二章介绍了路由选择协议,主要包括直连路由、静态路由、默认路由、动态路由的相关知识及路由环路的形成和解决方法。第三章介绍了 RIP,包括 RIP 的基本知识、RIP 配置、RIPv1 和 RIPv2 的区别以及 VLSM 和 CIDR 的相关知识。第四章介绍了 OSPF,主要包括链路状态路由协议的基本知识、OSPF 基本配置和高级配置等内容。第五章介绍了 EIGRP,主要包括 EIGRP 的概述、EIGRP 基本配置和高级配置。第六章介绍了思科交换机,主要包括交换机的访问、基本配置、交换机安全和端口安全。第七章介绍了 VLAN 的相关知识,主要包括 VLAN 划分、VLAN 间路由及 VLAN 故障排除等知识。第八章介绍了 DHCP 和 NAT 配置,主要包括本地 DHCP 分配、DHCP 中继代理、静态 NAT 配置、动态 NAT 配置和 NAT 过载等内容。



2 / 交换机与路由器的配置 □

本书内容由西安电子科技大学计算机学院网络工程系权义宁副教授组织,由孙翠娟、权义宁任主编,其中第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章由孙翠娟老师编写,第八章及附录内容由樊克利和王宗武老师编写。

编写本书的过程中,作者参考了国内外有关计算机网络技术的著作和文献,并查阅了互联网上公布的一些相关资料,在此对所有作者表示感谢。本书在编写过程中得到了教研室的孙兆宏、陈勉、刘志娟和王惠萌老师的帮助,在此表示感谢。

由于作者水平有限,对于书中的疏漏和不妥之处,请广大读者和专家批评指正。

编 者
2013年3月

所有意见和建议请发往:dutpbk@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.cn>

联系电话:0411-84707492 84706104

目 录

第一章 Cisco 路由器	1
1.1 路由器简介	1
1.2 路由器的一般操作	5
1.3 简单的网络配置、管理和排错	16
1.4 路由器远程登录	21
1.5 CDP 协议	23
1.6 路由器常见错误的处理	26
1.7 练习题	26
第二章 路由选择协议	29
2.1 路由原理	29
2.2 直连路由	31
2.3 静态路由	34
2.4 默认路由	42
2.5 动态路由协议	44
2.6 练习题	46
第三章 路由信息协议(RIP)	48
3.1 RIP 概述	48
3.2 RIP 配置	51
3.3 VLSM 和 CIDR	63
3.4 RIPv2 配置	66
3.5 练习题	71
第四章 OSPF	72
4.1 链路状态路由协议	72
4.2 OSPF 概述和基本配置	74
4.3 OSPF 高级配置	85
4.4 练习题	93
第五章 EIGRP	95
5.1 EIGRP 概述	95
5.2 EIGRP 基本配置	98
5.3 EIGRP 高级配置	106
5.5 练习题	111

第六章 Cisco 交换机	112
6.1 交换机简介	112
6.2 交换机基本配置	114
6.3 交换机的安全配置	120
6.4 交换机端口安全	125
6.5 练习题	130
第七章 VLAN	132
7.1 VLAN 介绍	132
7.2 VLAN 干线	134
7.3 配置 VLAN	136
7.4 VLAN 间路由	142
7.5 VLAN 故障排除	147
7.6 练习题	149
第八章 DHCP 和 NAT 配置	151
8.1 DHCP 简介	151
8.2 DHCP 的工作过程	151
8.3 DHCP 配置实例	153
8.4 NAT 简介	157
8.5 练习题	167
附 录	169
参考答案	174

第一章

Cisco 路由器

本章主要介绍 Cisco(思科)路由器的硬件和软件,主要内容有路由器基本硬件、基本软件、路由器的引导过程、Cisco 的命令行端口介绍、路由器的基本配置以及 CDP 协议的使用等。

1.1 路由器简介

路由器是一种连接多个网络或网段的网络设备,它能将不同网络或网段之间的数据信息进行“翻译”,使它们能够相互“读”懂对方的数据,从而构成一个更大的网络。路由器是一种典型的网络层设备。在 OSI 参考模型中被称为中介系统,完成网络层中继或第三层中继的任务。路由器负责在两个局域网的网络层间传输数据分组,并确定网络上数据传送的最佳路径。路由器有两大典型功能,即数据通道功能和控制功能。数据通道功能包括转发决定、背板转发以及输出链路调度等,一般由特定的硬件来完成。控制功能一般由软件来实现,包括相邻路由器之间的信息交换、系统配置、系统管理等。

现在 Cisco 的路由器大致可以分为三个等级,十多个系列:

- 端接入路由器,包括 Cisco 2600/3600/3700 系列;
- 终端模块化访问路由器,包括 Cisco 7200/7600 系列;
- 高端电信级核心路由器,包括 Cisco 10000/12000 GSR 系列。

本书以基本的 Cisco 路由器设备 Cisco 2600 系列路由器为例来介绍路由器的基本硬件组成、路由器的引导过程以及路由器的功能等。

1.1.1 路由器的硬件组成

Cisco 路由器系列包含各种类型的路由器产品,尽管这些产品的处理能力和所支持的端口数目具有相当大的差异,但它们都由相似的核心硬件组成,即微处理器(CPU)、ROM 和 RAM 以及所使用的端口。

一、中央处理器(CPU),CPU 执行操作系统的功能,包括系统初始化、路由和交换功能等。

二、闪存(Flash Memory),闪存是一种可擦写的非易失性存储器,在大多数型号的路由器上它被用来保存路由器的操作系统,也就是 IOS。当路由器启动时,IOS 被拷贝到 RAM 中。一些老型号路由器的 IOS 可以直接在闪存中运行。闪存由 SIM 或 PCMCIA

2 / 交换机与路由器的配置 □

卡组成,可以被升级到更大的存储空间。只要有足够的有效空间,闪存中可保存多于一个操作系统的映像,这对于测试新的系统映像是很有用的。设备断电重启后,闪存中的内容不会丢失。

三、只读存储器(Read Only Memory,ROM)

ROM 中存储了那些不需要被更改或更新的内容,包括:

1. Bootstrap instructions(引导程序);
2. Basic diagnostic software(基本诊断程序);
3. Scaled-down version of IOS(缩小版的 IOS);
4. 设备断电或重启后,ROM 中的内容不会丢失。

四、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)

RAM 用来保存路由表,执行包缓冲,并对那些因某一端口超载而不能直接输出的包进行排队。另外, RAM 可缓存 ARP 协议中地址映射的信息,即 ARP 表。

当设备在运行时, RAM 用来存储一些临时的指令和数据,包括:

1. Operating System(运行的操作系统):在路由器启动的时候, Cisco IOS(Internet network Operating System, 互联网操作系统)被复制到 RAM 中运行。

2. Running-config(运行配置文件):存储路由器 IOS 当前正在运行的配置命令的文件。除少数以外,路由器上的所有配置命令都存储在运行配置文件中,称为运行配置。

3. IP Routing Table(IP 路由表):存储直接连接的远程网络的信息,用来决定最佳的数据包转发路径。

4. ARP Cache(ARP 缓存):缓存了 IPv4 到 MAC 地址的映射,类似于计算机上的 ARP 缓存,这样可减少地址解析消息的数量,并提高与路由器相连的局域网的通信能力。ARP 缓存用于路由器的局域网端口,如以太网端口,在串行的广域网端口上是没有 MAC 地址的,也不用 ARP 缓存。

5. Packet Buffer(包缓冲区):当端口收到数据包或数据包离开端口时,数据包都会被暂时存放在一个缓冲区中。

6. 设备断电或重启后, RAM 中的内容全部丢失。

五、非易失性随机存取存储器(NVRAM)

NVRAM 即使在断电的时候仍保留其中的内容。路由器使用 NVRAM 来保存启动配置文件(Startup-config),所有对配置文件的改变都保存在 RAM 中的运行配置文件中(Running-config),并立即发生作用。如果希望路由器断电或重启后,所做的修改仍然起作用,需要对运行的配置文件进行保存,也就是把改变保存到启动配置文件中。这样设备断电或重启后, NVRAM 中的内容不会丢失。

六、输入/输出端口(Input/Output, I/O)

I/O 端口就是数据包进出路由器所通过的端口。每个 I/O 端口与一个特定介质转换器相连,特定介质转换器为各种特定的介质,如以太网、令牌环局域网、RS-232 或 V.35 广域网提供物理上的转换端口。

1.1.2 路由器的引导过程

打开路由器电源后,它执行 4 个主要步骤:执行 POST、加载引导程序、定位和加载 IOS、定位和装入启动配置文件或进入 Setup 模式,如图 1-1 所示是路由器初始化过程中所执行的主要功能流程图。

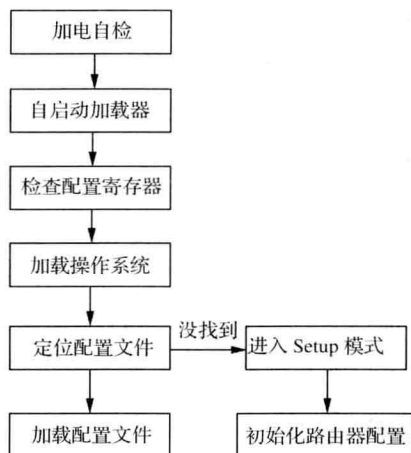


图 1-1 路由器初始化过程

一、执行 POST

几乎所有的路由器都需要执行 POST(Power-On Self Test,加电自检),加电自检被用来测试路由器的硬件。当路由器打开电源后,它执行一系列诊断测试来校验其 CPU、RAM 和 NVRAM。加电自检完成后,路由器开始加载引导程序。

二、加载引导程序(Bootstrap)

POST 完成后,引导程序被从 ROM 中拷贝到 RAM 中,CPU 开始执行引导程序中的指令。引导程序主要功能就是定位 IOS,并把 IOS 加载到 RAM 中。

三、定位和加载 IOS

操作系统文件,也叫 IOS。操作系统文件包含一系列规则,这些规则规定如何通过路由器传送数据,管理缓存空间,支持不同的网络功能,更新路由表和执行用户命令等。同一型号的路由器也有很多版本的 IOS,不同版本的 IOS 支持的功能不同,比如是否支持 IP 高级特性、是否支持安全特性、是否支持语音特性等。基本功能的 IOS 支持的功能较少,对硬件的要求较低。不同版本的 IOS 对内存的需求也不一样,读者可以根据应用选择合适的 IOS 版本。

加载 IOS 之前,首先需要确定从哪里加载 IOS,这是因为镜像文件可能放在闪存或 ROM 中,甚至可能在网络上。为了找到操作系统的镜像文件放在哪里,引导程序会检查配置寄存器的值。该值可以由硬件跳线或软件来设置,这与路由器的型号有关。寄存器的设置指定了操作系统所在的位置并定义了其他设备的功能,如路由器怎样响应控制台键盘的击键以及是否将自检的信息显示到控制终端上等。

多数型号路由器的配置寄存器是存储在 NVRAM 里的一个 16 位的值,但它并不是一个物理实体。在一些较老型号的路由器中,配置寄存器是一个 16 针的跳线。无论是软

件或硬件寄存器,最后 4 位指明引导字段,引导字段告诉路由器配置文件的位置。

四、定位和装入启动配置文件

路由器找到闪存中有效 Cisco IOS 映像文件时,通常将它加载到 RAM 中来运行。一些路由器(包括 Cisco 2500 系列路由器)由于没有足够的 RAM 来存储 Cisco IOS 映像,因此它们将直接从闪存中运行 Cisco IOS 映像。

如果将映像加载到 RAM,它必须首先解压。当映像文件解压到 RAM 中以后,它就已经启动。从闪存中运行的 Cisco IOS 映像没有经过压缩。

加载并启动 Cisco IOS 映像后,必须配置路由器才能使其发挥更大作用。如果 NVRAM 中存在已经保存的配置文件(启动配置),将执行此文件。如果 NVRAM 中不存在已经保存的配置文件,或者说路由器加载配置文件失败,路由器会出现“Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]:”提示,若回答“y”,则进入配置对话框模式,按照预先设定的顺序提问并进行配置,如果回答“n”,则进入命令行配置模式。建议对路由器不熟悉的同学都回答“n”,进入命令行配置模式对路由器进行配置。本书后面章节的例子全部使用命令行配置模式对路由器和交换机进行配置。

1.1.3 Show version 命令

Show version 命令可以被用来检验和排除路由器基本硬件和软件问题,用于检验配置寄存器设置的更改,配置寄存器的新值将在路由器重新加载后生效。在用户模式下输入“show version”命令可以进行查看。

```
Router>show version
Cisco IOS Software, 1841 Software (C1841-ADVIPSERVICESK9-M), Version 12.4(15)T1,
RELEASE SOFTWARE (fc2) // IOS 文件的版本信息
Cisco 1841 (revision 5.0) with 114688K/16384K bytes of memory.
//路由器型号和内存数量
Processor board ID FTX0947Z18E //主板信息
M860 processor: part number 0, mask 49 //CPU 信息
2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s) //路由器端口信息
191K bytes of NVRAM //NVRAM 空间
63488K bytes of ATA CompactFlash (Read/Write) //Flash 的空间,闪存用来存储路
//路由器的 IOS 文件
Configuration register is 0x2102 //配置寄存器的值
```

1.1.4 路由器外观

一、前面板

以 Cisco 2600 系列路由器 2621 为例,其前面板如图 1-2 所示,上面有三个 LED (Light Emitting Diode,发光二极管)指示灯:

1. System Power LED:设备的电源指示灯,开机后一般是持续绿色;
2. System RPS LED:设备冗余电源指示灯,开机自检后就不亮了;
3. System Activity LED:发送或接收任何数据包,以及监控系统,系统有活动时,该

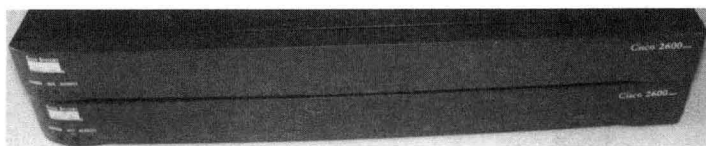


图 1-2 路由器前面板

灯闪烁。

二、后面板

Cisco 2600 系列路由器的后面板如图 1-3 所示,有电源开关、局域网端口、Console 端口、Aux 端口、广域网端口及扩展槽。

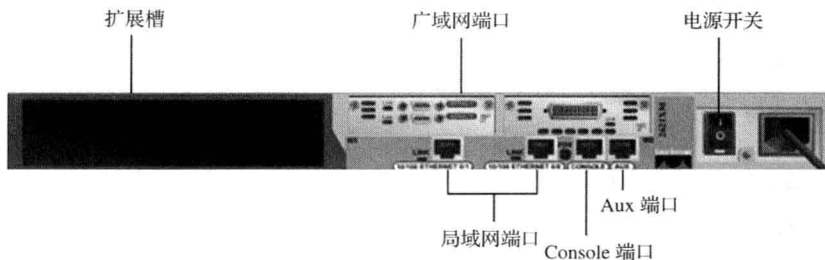


图 1-3 路由器后面板

1. 局域网端口:以太网口 Fa0/0 和 Fa0/1,用于将路由器连接到局域网。
2. Console 端口:也称为控制台端口,使用专用配置线缆直接连接至计算机的串行接口,利用终端仿真程序(Windows 下的超级终端)对路由器或交换机进行初始配置。路由器 Console 端口多为 RJ-45 端口。
3. Aux 端口(Auxiliary Port,辅助配置端口):Aux 端口为异步端口,可以用于拨号上网。除了通过 Console 端口对路由器进行配置外,还可以使用 Aux 端口借助 Modem 对路由器进行远程配置。
4. 广域网端口:如串行端口、ISDN 端口和帧中继端口,这些端口用于连接路由器与分布在距离比较远的外部网络。
5. 扩展槽:用于扩展路由器端口。

1.2 路由器的一般操作

本节主要介绍路由器的基本配置,包括路由器的控制台连接、路由器 CLI(Command Line Interface,命令行端口)、路由器的配置模式、路由器命名、密码配置、端口配置等内容。

1.2.1 控制台连接

路由器第一次加电时,使用默认出厂配置,路由端口没有配置 IP 地址,需要借助于计算机并使用配置线缆通过 Console 端口对路由器进行初始化配置,配置过程如下:

一、连线

如图 1-4 所示,接好 PC 机和路由器各自的电源线,在未开机的情况下,把 PC 机的串

口 1(COM1)通过控制台电缆与路由器的 Console 端口相连,即完成准备工作。

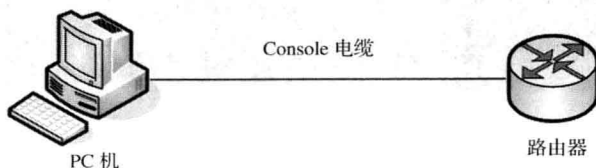


图 1-4 设备连接

路由器 Console 端口的缺省参数如下,这些数据可以在 Cisco 设备说明书中取得。

- 端口速率:9600 bit/s;
- 数据位:8;
- 奇偶校验:无;
- 停止位:1;
- 流控:无。

配置 PC 机的 COM1 端口时只有与上述参数相匹配,才能成功地访问到路由器。本书所有实例中使用的运行环境均为 Windows 2003 中文专业版操作系统,路由器型号是 Cisco 2621。

二、访问控制台

连接好 Console 电缆后,首先打开 PC 机,启动 Windows 操作系统。系统启动后依照下述步骤配置超级终端仿真程序。

步骤一:打开超级终端程序

启动 Windows 2003 下“开始”→“程序”→“附件”→“通讯”下的“超级终端”程序,屏幕上出现如图 1-5 所示的对话框。

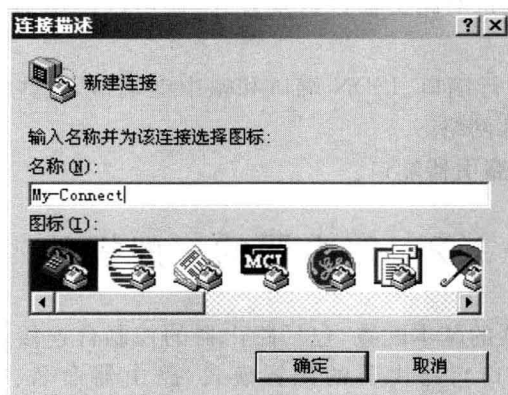


图 1-5 超级终端对话框(I)

在对话框的“名称”一栏中输入你要新建连接的名称,该名称可以是喜欢的任何字符串。在“图标”一栏中选择你喜欢的图标作为该连接的图标,然后选择“确定”按钮。该连接建立成功后在此处键入的名称和图标将出现在“开始”→“程序”→“附件”→“通讯”→“超级终端”程序组下,以后再使用终端来配置路由器时直接选择该连接运行即可,无需再进行终端配置。

此时会进入下一个新的对话框,如图 1-6 所示。

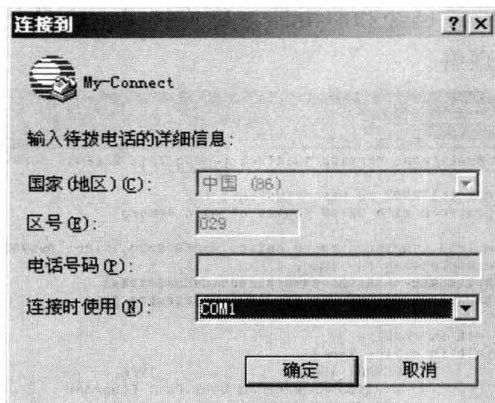


图 1-6 超级终端对话框(II)

如果新安装的操作系统第一次运行超级终端程序,则该窗口会在第一个对话框之前弹出,提示选择“国家(地区)”项和输入“区号”以及“电话号码”,此时你只需选择国家和填入区号即可,电话号码可以不用输入。在以后新建连接的对话框中将不再出现该选择。我们只需要在“连接时使用”下拉列表中选择“COM1”(注意,如果你的 Console 电缆连入电脑的 COM2 端口,此时应该选择 COM2),然后单击“确定”按钮,进入第二步操作。

步骤二:配置端口属性

完成第一步操作后,会出现如图 1-7 所示的“COM1 属性”对话框。

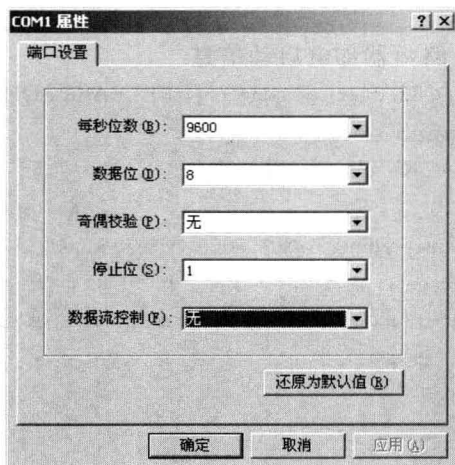


图 1-7 “COM1 属性”对话框

在该对话框中配置串口 COM1 的属性,该属性要和所配置的路由器或交换机的 Console 端口属性完全相同,在这里我们选择:“每秒位数”为 9600,“数据位”为 8,“奇偶校验”为无,“停止位”为 1,“数据流控制”为无。然后单击“确定”按钮,完成对 COM1 端口属性的配置。

步骤三:测试超级终端与路由器之间的连接

完成以上两步的操作后,就可以打开路由器的电源开关,启动路由器。这时会在超级

终端页面上显示如图 1-8 所示路由器的启动信息。如果终端界面上出现信息并且全部字符没有乱码,则表明超级终端已经和路由器正确连接了。启动信息中包含许多有用的信息,读者应该认真阅读并理解。

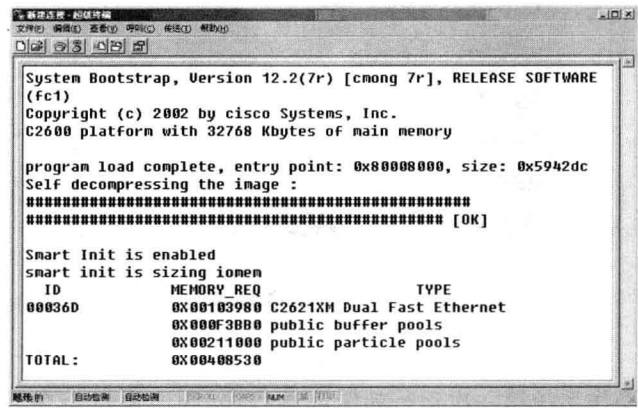


图 1-8 路由器的启动信息

如果此时终端界面无任何信息显示,且左下角状态为断开状态,则可能是终端到路由器没有连接成功,应该参照常见问题解决。如果左下角状态为连接,则很可能是路由器在打开终端以前已经启动完毕,此时可以在键盘上多键入几个回车键,看看能否出现操作提示符“Router>”。或者重新开关路由器电源,使其重新启动,即可以看到路由器的启动信息。

以 Cisco 2600 系列路由器 Cisco 2621 为例,路由器启动后输出的全部信息如清单 1-1 所示。

清单 1-1 Cisco 2621 路由器加电启动信息

```
System Bootstrap, Version 12.2(7r) [cmong 7r], RELEASE SOFTWARE (fc1)
Copyright (c) 2002 by cisco Systems, Inc.
C2600 platform with 32768 Kbytes of main memory

program load complete, entry point: 0x80008000, size: 0x5942dc
Self decompressing the image : #####
#####
#####
##### [OK]

Smart Init is enabled
smart init is sizing iomem

ID          MEMORY_REQ          TYPE
00036D      0X00103980 C2621XM Dual Fast Ethernet
           0X000F3BB0 public buffer pools
           0X00211000 public particle pools
TOTAL:      0X00408530

Press RETURN to get started!
```

清单中列出了硬件平台、ROM 启动程序版本、IOS 版本、各种存储器 (RAM、NVRAM、FLASH) 的容量、所具有的端口类型等重要信息。

1.2.2 Setup 模式

路由器启动后,如果找不到启动配置文件,将出现“Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]:”提示,如果输入“y”,将进入 Setup 配置模式,此时配置的参数是路由器内部按预定顺序设定问题。

```

Would you like to enter basic management setup? [yes/no]: y
//是否进入初始化配置,这里选择“y”
Configuring global parameters:                                //开始配置全局参数

Enter host name [Router]: R0                                  //输入路由器名字 R0
The enable secret is a password used to protect access to
privileged EXEC and configuration modes. This password, after
entered, becomes encrypted in the configuration.
Enter enable secret: cisco                                    //输入加密的使能密码
The enable password is used when you do not specify an
enable secret password, with some older software versions, and
some boot images.
Enter enable password: class                                  //输入使能密码
The virtual terminal password is used to protect
access to the router over a network interface.
Enter virtual terminal password: cisco                        //输入虚拟终端的密码
Configure SNMP Network Management? [no]:y                    //要配置简单网络管理协议吗?
Community string [public]:

Current interface summary

Interface          IP-Address      OK? Method Status      Protocol

FastEthernet0/0    unassigned      YES manual administratively down down
FastEthernet0/1    unassigned      YES manual administratively down down
Serial0/0           unassigned      YES manual administratively down down
Serial0/1           unassigned      YES manual administratively down down

Enter interface name used to connect to the
management network from the above interface summary: fastethernet0/0

```

```
Configuring interface FastEthernet0/0:                                     //管理 FastEthernet0/0

Configure IP on this interface? [yes]:

IP address for this interface: 192.168.1.1                             //输入端口的 IP 地址
Subnet mask for this interface [255.255.255.0] :                       //输入端口的子网掩码

The following configuration command script was created:

!
hostname R0
enable secret 5 MYM1MYMmERrMYMhx5rVt7rPNoS4wqbXKX7m0
enable password class
line vty 0 4
password cisco
!
interface FastEthernet0/0
  no shutdown
  ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
!
end

[0] Go to the IOS command prompt without saving this config.           //放弃保存,退出配置模式
[1] Return back to the setup without saving this config.               //放弃保存,重新执行 Setup
[2] Save this configuration to nvram and exit.                         //保存配置,退出配置模式

Enter your selection [2]:                                             //输入您的选项
```

注:本书后面章节涉及的所有实例都不使用配置对话,路由器启动后,出现“Would you like to enter basic management setup? [yes/no]:”提示时全部输入“n”,即不使用配置模式。

1.2.3 路由器的操作模式

路由器常用的操作模式有用户模式、特权模式、全局配置模式以及端口配置模式等,它们之间的转换关系如图 1-9 所示:

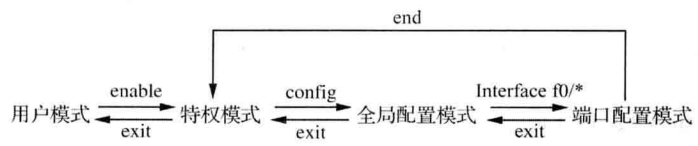


图 1-9 路由器操作模式转换