



# Cisco IP路由

—— 分组转发与域内路由协议



[美] Alex Zinin 著  
邱仲潘 译

Amazon网站五星级畅销书！！



清华大学出版社

# Cisco IP 路由

分组转发与域内路由协议

Alex Zinin 著

邱仲潘 译

清华大学出版社

北京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Cisco IP Routing, 1st by Alex Zinin, Copyright © 2002

EISBN: 0-201-60473-6

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China(excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Prentice Hall 授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2002-4520

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

#### 图书在版编目(CIP)数据

Cisco IP 路由—分组转发与域内路由协议 / 齐宁(Zinin, A.)著; 邱仲潘译. —北京: 清华大学出版社, 2005.4

书名原文: Cisco IP Routing

ISBN 7-302-10593-6

I. C… II. ①齐… ②邱… III. 计算机网络-通信协议-路由选择 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 016161 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客 户 服 务: 010-62776969

责任编辑: 常晓波

封面设计: 立日新

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 33 字数: 736 千字

版 次: 2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10593-6/TP·7184

印 数: 1~3000

定 价: 68.00 元

# 序

## 简介

如今，Internet 已经成为文化的一部分。孩子在学校里就开始学习如何使用 Internet，成百万人每天第一件事就是检查电子邮件。Internet 已经进入寻常百姓家。人们每天都使用 Internet，就像他们多年来使用汽车和电视一样。越来越多的设备连接到 Internet，而限于服务器和个人计算机。电子记事簿、移动电话、电视机和许多其他设备都带有 Internet 应用程序。数码摄像机和电话机也连接 Internet，可以向全世界的远程用户立即提供数据。

Internet 的价值不仅在于作为一个全球性的网络，更在于这个网络提供的丰富资源。终端设备(如服务器和个人计算机)是构成 Internet 的主体，它们提供和使用这些资源。而 Internet 中的另一个重要组成部分则是中间网络设备或路由器。路由器的作用是提供终端设备之间的连接，将终端设备发送的 Internet 协议(IP)分组正确地进行转发，以便交换各种数据，如电子邮件和 Web 页面内容。为了成功地把 IP 分组发送到目的地，路由器要使用路由协议相互传递网络可送达的信息。路由协议提供的信息使路由器可以计算远程网络的路径。所有路由协议分为两组：域间路由协议和域内路由协议。域内路由协议(如 RIP 与 OSPF)在 Internet 体系结构的基本块(域或自治系统)中进行路由选择，而域间路由协议(如今的 Internet 使用 BGPv4)在块之间交换路由信息。

Cisco 路由器在目前的 Internet 中是最广泛使用的网络设备，可以向最终用户提供连接，汇总多个访问设备的通信流和在 Internet 主干网中进行路由选择。本书深入讨论 Cisco 路由器功能的细节问题，特别强调分组转发和域内动态路由协议。

## 目标

Cisco 路由器配置、IP、IP 路由和 IP 网络设计方面已经有不少优秀书籍，但很难找到一本详细介绍路由器内部工作过程的书籍。然而，这方面的知识对网络专业人士非常重要，有助于他们正确配置和高效排除 Cisco 路由器故障。

本书不介绍如何构建网络，也不介绍 IP 协议或 Cisco 路由器的基本知识，而是要详细介绍几个问题——Cisco 路由器中的 IP 路由与 IP 转发。本书旨在使读者深入理解一般路由与转发技术及其在 Cisco 路由器中的实现方法，目的是让读者了解细节，而不只是记住这些细节。本书还要澄清 IP 路由技术与 Cisco 路由器方面的大量常见误解。

## 目标读者

本书要求读者至少对 IP 与 Cisco 路由器有一定的基础知识。尽管本书对这些问题做了一些介绍,但读者应花一些时间在实验室中进行 Cisco 路由器实验,并对 TCP/IP、ARP 与 Ethernet 有一定了解。

除此之外,本书适用于各种不同读者,包括 IP 网络设计师、工程师和操作员,可以帮助他们更了解 IP 路由技术与 Cisco 路由器工作原理,帮助网络工程师准备 CCIE(Cisco 认证网络互联工程师)考试,还可为网络支持与顾问工程师提供参考,等等。

## 本书内容安排

本书共 10 章。前三章介绍 Cisco 路由器、IP 寻址和路由技术知识,学习这些知识便于学习本书其余内容。其余各章详细介绍 Cisco 路由器中的一般路由与转发机制以及域内路由协议。下面简要介绍一下各章的内容。

**第 1 章 Cisco 路由器概述。**本章简要介绍 Cisco 路由器,包括路由器硬件与软件、配置与监视的基本信息。本章澄清一些对其余各章很重要的问题,描述演示所用的实验室网络。

**第 2 章 IP 寻址概述。**本章介绍的问题对路由选择非常重要,包括有类 IP 寻址与子网划分、无类 IP 寻址以及变长子网掩码。

**第 3 章 路由与转发过程。**本章奠定详细介绍特定路由技术所必需的基本背景,向读者介绍基本网络概念和路由器操作算法,介绍路由与转发过程的差别,然后介绍路由信息源,并详细介绍每个源和默认路由选择的原理。本章还介绍基本转发算法以及有类路由操作与无类路由操作的差别。

**第 4 章 路由表维护。**本章详细介绍 Cisco 路由器中路由信息的组织与维护。本章首先详细介绍每个路由信息源,然后介绍路由表维护过程,包括连接的静态与动态路由处理和默认路由选择算法。

**第 5 章 分组转发。**第 5 章详细介绍 IP 分组转发过程,这个模块使用路由表中的信息,将分组从一个接口移动到另一个接口。本章首先概述分组转发过程,然后介绍每个阶段的系统含义,之后介绍 Cisco IOS 中的分组交换机制,包括快速、优化、分布式、NetFlow 交换和 Cisco 快速转发(Cisco Express Forwarding)。本章最后介绍 Cisco 路由器提供的负荷共享技术。

**第 6 章 静态路由。**本章全面介绍的 Cisco IOS 中静态路由,包括递归静态路由、通过接口进行的静态路由、备份(浮动)、默认和放弃的静态路由。本章介绍的内容有助于读者了解用静态路由管理网络涉及的问题。

第 7 章 Cisco IOS 中的动态路由协议。本章介绍动态路由协议使用的一般性机制，包括基本路由协议配置、数据结构、路由再分配和事件处理。

第 8 章 距离向量路由协议。本章首先介绍距离向量路由的原则，特别介绍 Bellman-Ford 算法，并详细介绍两个距离向量路由协议：RIP(路由信息协议)和 IGRP(内部网关路由协议)。每个协议都会介绍协议分组格式、输入消息和事件处理、输出消息的生成方法以及配置命令和例子。

第 9 章 链路状态路由协议。本章介绍一般链路状态路由机制和链路状态路由协议 OSPF(开放最短路径优先路由协议)。本章首先详细介绍链路状态路由概念，包括 Dijkstra 算法、链路状态数据库同步与泛滥，并概要介绍 IP 领域中目前使用的两种链路状态路由协议(集成 IS-IS 与 OSPF)，然后完整介绍 OSPF 协议与 Cisco OSPF 实现细节。这个部分非常详细地介绍该协议的每个方面。本章最后还介绍 OSPF 配置命令和例子。

第 10 章 改进型 IGRP。本章详细介绍改进型 IGRP(EIGRP)，这是 Cisco 公司的专属路由协议，采用扩散更新计算算法。本章介绍 EIGRP(增强内部网关路由选择协议)概念，介绍这个协议如何解决距离向量路由协议中的实际问题。同前面几章一样，本章完整介绍 EIGRP 分组、消息与事件处理，以及更新生成方法。本章还介绍 EIGRP 中的默认路由支持与路由汇总，以及介绍 EIGRP 残根路由器扩展。本章最后还介绍 EIGRP 配置命令和例子。

## 方法

编写本书时，主要强调某些项目为什么以特定方式工作，而不只是介绍其如何工作。因此，本书几乎每一章都要举例介绍路由器中的特定机制。大多数情况下，特定问题的介绍放在 Cisco 的实现算法与机制中，用实际 Cisco 路由器日志进行演示。

本书介绍了许多算法，都是用可读语言介绍的，有些还提供了伪代码定义，从而更有利于理解。

第 4 章到第 10 章还回答了特定技术方面的最常见问题。

## 声明

作者要声明的是，本书的伪代码定义不是从 Cisco IOS(Cisco 互联网操作系统)源代码编译过来的，如果两者存在任何相似之处，纯属偶然。

# 目 录

<b>第 1 章 Cisco 路由器概述</b> .....	1
1.1 Cisco 路由器概述 .....	1
1.2 路由器接口 .....	2
1.3 路由器配置 .....	5
1.4 监视与查错工具 .....	10
1.5 测试实验室 .....	13
<b>第 2 章 IP 寻址概述</b> .....	14
2.1 IP 寻址 .....	14
2.2 子网划分 .....	16
2.3 特殊寻址规则 .....	18
2.4 有类寻址与无类寻址 .....	19
2.5 变长子网掩码 .....	19
2.6 Cisco 路由器 IP 寻址细节 .....	22
2.7 常见问题 .....	26
<b>第 3 章 路由与转发过程</b> .....	28
3.1 分组交换技术 .....	28
3.2 路由器操作概述 .....	29
3.3 路由信息源 .....	34
3.4 静态路由 .....	35
3.5 动态路由 .....	36
3.6 默认路由 .....	38
3.7 基本转发算法 .....	40
3.8 有类路由操作 .....	42
3.9 无类路由方法 .....	48
<b>第 4 章 路由表维护</b> .....	53
4.1 路由信息源 .....	53
4.1.1 直接连接网络与接口路由 .....	55

4.1.2	静态路由 .....	59
4.1.3	动态路由 .....	63
4.1.4	比较路由源 .....	65
4.2	路由表维护 .....	66
4.2.1	表示路由信息与接口 .....	66
4.2.2	路由表结构 .....	67
4.2.3	路由源选择 .....	83
4.2.4	路由表初始化 .....	93
4.2.5	异步表格维护 .....	94
4.2.6	路由可解析性 .....	96
4.2.7	改变接口状态 .....	99
4.2.8	改变接口地址 .....	102
4.2.9	动态路由处理 .....	105
4.2.10	静态路由处理 .....	107
4.2.11	手动清理路由表 .....	124
4.2.12	定义默认路由 .....	127
4.2.13	默认路由选择 .....	131
4.3	小结 .....	135
4.4	常见问题 .....	136
<b>第 5 章</b>	<b>分组转发 .....</b>	<b>139</b>
5.1	IP 转发概述 .....	139
5.2	分组输入 .....	142
5.3	转发引擎 .....	146
5.3.1	路由查找 .....	149
5.3.2	策略路由 .....	152
5.4	分组发送 .....	157
5.4.1	网络接口类型 .....	157
5.4.2	一般分组发送功能 .....	161
5.5	Cisco IOS 中的转发方法 .....	177
5.5.1	快速交换 .....	179
5.5.2	自治与 SSE 交换 .....	185
5.5.3	优化交换 .....	185
5.5.4	分布式交换 .....	186
5.5.5	Cisco 快速转发 .....	188



5.5.6	NetFlow 交换	193
5.6	Cisco IOS 中的负荷共享	195
5.6.1	进程交换路径中的按分组负荷共享	197
5.6.2	快速交换路径中的按目标负荷共享	198
5.6.3	Cisco 快速转发 (CEF) 中的负荷共享	199
5.7	小结	203
5.8	常见问题	203
<b>第 6 章</b>	<b>静态路由</b>	<b>205</b>
6.1	Cisco 路由器中的静态路由	205
6.2	备份静态路由	207
6.3	在 NBMA 和拨号环境中使用静态路由	209
6.4	默认路由	211
6.5	路由循环与放弃路由	212
6.6	实现情形	217
6.6.1	ISP 与客户	218
6.6.2	中央办公室与分支办公室 (部分网络)	221
6.7	常见问题	227
<b>第 7 章</b>	<b>Cisco IOS 中的动态路由协议</b>	<b>231</b>
7.1	动态路由协议常见功能	231
7.2	路由协议配置	232
7.3	路由协议数据结构	237
7.4	路由再分配	242
7.5	路由协议处理的事件	249
7.6	小结	250
7.7	常见问题	250
<b>第 8 章</b>	<b>距离向量路由协议</b>	<b>252</b>
8.1	距离向量协议的原理	252
8.1.1	拓扑发现	252
8.1.2	无穷计数问题	256
8.1.3	分界层面	258
8.1.4	保持定时器	259
8.1.5	触发更新	260

8.1.6	再谈无穷计数问题	261
8.1.7	Bellman-Ford 算法	261
8.2	路由信息协议	264
8.2.1	基本描述与发展演变	264
8.2.2	配置参数	264
8.2.3	消息格式	268
8.2.4	输入处理	270
8.2.5	事件处理	280
8.2.6	发送 RIP 更新	288
8.2.7	RIPv2	297
8.2.8	RIP 实时线路扩展	299
8.2.9	RIP 配置	300
8.2.10	小结	319
8.2.11	常见问题	321
8.3	内部网关路由协议	321
8.3.1	基本描述与发展演变	322
8.3.2	协议参数	326
8.3.3	消息格式	328
8.3.4	输入处理	330
8.3.5	事件处理	331
8.3.6	IGRP 配置	332
8.3.7	小结	344
8.3.8	常见问题	345
<b>第 9 章</b>	<b>链路状态路由协议</b>	<b>347</b>
9.1	链路状态路由简介	347
9.1.1	理论基础	347
9.1.2	Dijkstra 算法	350
9.1.3	数据库同步与泛滥算法	354
9.1.4	计算路由信息	357
9.1.5	链路状态路由协议概述	358
9.2	OSPF 协议	360
9.2.1	基本特性	360
9.2.2	一般数据结构	365
9.2.3	区内路由	371
9.2.4	区间路由	405

9.2.5	OSPF 中的外部网络路由	413
9.2.6	路由表计算和路由选择规则小结	421
9.2.7	实时线路 OSPF 扩展	422
9.2.8	Cisco OSPF 实现细节	423
9.2.9	OSPF 配置	425
9.2.10	配置示例	434
9.2.11	小结	457
<b>第 10 章</b>	<b>改进型 IGRP</b>	<b>459</b>
10.1	基本描述与发展演变	459
10.2	理论基础	460
10.3	子系统与数据结构	465
10.4	消息格式	469
10.5	输入处理	474
10.5.1	一般性分组处理	474
10.5.2	处理 EIGRP 更新	476
10.5.3	处理 EIGRP 查询	476
10.5.4	处理 EIGRP 答复	476
10.6	内部事件处理	477
10.7	发送 EIGRP 分组	477
10.7.1	发送 EIGRP Hello	478
10.7.2	发送更新与查询	478
10.7.3	发送答复	479
10.8	最短路径计算	479
10.9	默认路由支持	479
10.10	路由累计	480
10.11	EIGRP 残根路由器扩展	480
10.12	EIGRP 配置	482
10.13	配置示例	485
10.13.1	基本 EIGRP 配置	485
10.13.2	本地与分布式路由计算	491
10.13.3	配置变差参数	495
10.13.4	加入默认路由	497
10.13.5	手动路由汇总	505
10.13.6	路由再分配、过滤与路由图	508
10.14	常见问题	513

# 第 1 章 Cisco 路由器概述

本章主要介绍 Cisco 路由器的体系结构、配置与监视等方面的内容，这些内容对了解本书的其他问题非常重要。本章并不准备深入介绍这些问题，只是希望读者能够对 Cisco 设备有一定了解。

了解了 Cisco 路由器体系结构中的基本硬件与软件知识后，我们要介绍 Cisco 命令行界面（CLI），包括一组嵌入配置、监视和调试命令。然后介绍 Cisco 路由器配置，包括修改、存储与下载路由器设置的命令，之后介绍本书示例中用到的监视与查错工具。本章最后介绍本书大多数理论与实践问题进行演示时所使用的测试实验室。

## 1.1 Cisco 路由器概述

Cisco 路由器是数据网络中使用的专用计算机，提供远程计算机（也称主机）和网段之间的连接。Cisco 路由器位于 OSI（Open Systems Interconnection，开放系统互联）参考模型第三层，进行分组转发和确定最佳路径之类的工作。

Cisco 路由器体系结构与其他计算机非常相似。路由器具有内存和处理器，可以执行操作系统或各种进程与程序。一般来说，Cisco IOS（Internetwork Operation System，网间操作系统）是路由器中运行的一组进程，可以作为诸如网络层协议（如 AppleTalk）、路由协议（RIP，OSPF，BGP）、数据链层协议（PPP，HDLC 和帧中继协议）以及各种其他任务的转发引擎。

Cisco 路由器使用的中央处理器随路由器机型不同而不同。例如，2500 系列 Cisco 路由器使用 20MHz Motorola 68EC030，而更强大的路由器[如千兆位交换模式路由器（GSR）]使用 200MHz IDT R5000 RISC（简化指令集计算机）。路由器内部体系结构也随路由器机型不同而不同。2500 系列的体系结构是简单的“一个总线一个 CPU”结构，而 GSR 12416 使用交换光纤，具有 320Gbps 容量和分布式通信流处理能力。

每个 Cisco 路由器至少使用四种内存：

- 只读内存(ROM)
- 随机访问内存（RAM）
- 非易失性随机访问内存（NVRAM）
- 闪存

只读内存(ROM)存储启动代码,用于启动路由器。这个代码检查硬件和装入主 IOS 映像,通常将其从闪存中装入 RAM 中[有些 Cisco 路由器机型可以直接从闪存中运行 IOS(如 2500 系列路由器),闪存是 CPU(中央处理单元)可以直接寻址的内存。这个方法称为“从闪存运行”]。装入主 IOS 映像并提供控制后,路由器配置从 NVRAM 复制到 RAM 缓冲区,并传递到分析器中处理。然后分析器动态处理相应配置命令。

除了 CPU 和内存之外, Cisco 路由器还有输入/输出(I/O)设备,如网络接口控制器(NIC)和异步串行管理端口。网络接口控制器是路由器内部的硬件设备,提供网络连接的低级功能,如 LAN(局域网)和 WAN(广域网)接口。控制器用相应的数据格式与传输技术在指定物理媒介上发送与接收帧。控制器还计算与检查帧检查顺序(FCS)字段,保证数据完整性。I/O 控制器与 CPU 之间的通信过程主要取决于路由器体系结构。控制器可以让 CPU 参与分组处理,发送中断请求(比如低端路由器),也可以直接处理与其他控制器通信的分组(比如 Cisco 7500 与 GSR 之类的高端路由器)。

每个 Cisco 路由器都有一个控制台端口(CON),这是个简单异步串行控制器,以便通过终端访问路由器。大多数机型还有一个辅助异步串行端口(AUX),可以通过 Modem 实现直接终端连接和远程带外管理。

IOS(Cisco 路由器使用的操作系统)是特殊类型的多任务软件,向用户与管理员提供命令行界面和一组进程和实用程序。与 UNIX 操作系统中的用户级线程相似,IOS 多任务是非占先式和协作式的,即进程负责将控制返回任务调度器,以便其他运行进程能够工作。管理员无法直接控制路由器中运行的所有进程,无法像 UNIX 之类操作系统中一样显式启动和停止进程,但可以通过一组配置与管理命令隐式控制,这些命令可以在管理器取得路由器访问权和切换到优先方式之后发出。

## 1.2 路由器接口

路由器执行的程序中有一组进程,使管理员可以远程访问路由器和使用其命令行界面。Cisco IOS 中的 CLI 功能由 EXEC 进程提供,相当于 UNIX 中的 shell,使用户与管理员可以配置和监视路由器。要访问 EXEC 进程,可以使用终端到路由器控制台端口的直接连接,也可以通过 TELNET、安全 shell(SSH),X.25 PAD(分组汇编器/反汇编器)或 LAT(局域传输)服务远程访问(如图 1.1 所示)。

图 1.2 显示了 EXEC 进程与操作系统其他模块相互协作。可以看出,TELNET 监控程序、PAD 与 LAT 进程提供虚拟终端功能。终端线 CON、AUX、TTY(终端电传机)和 VTY(虚拟电传机)终止从远程主机建立的虚拟连接,EXEC 进程运行在堆栈顶部。怎么访问路由器并不重要,登录之后界面都是一致的。

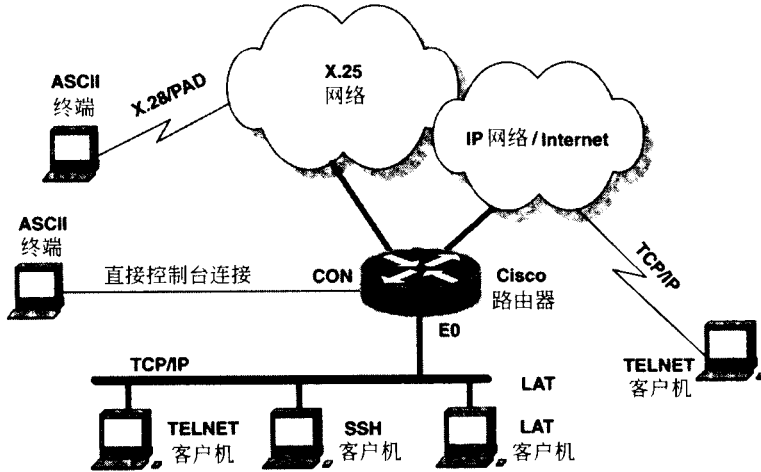


图 1.1 访问路由器命令行界面

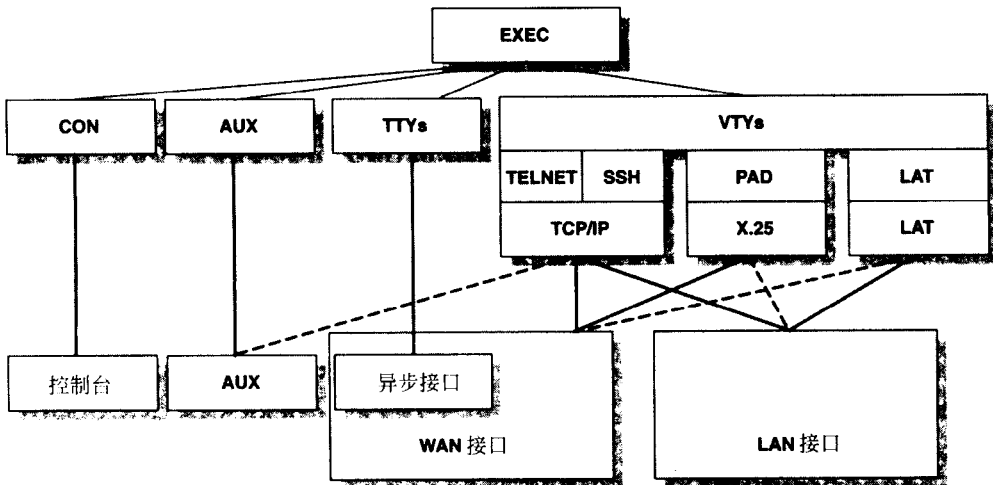


图 1.2 命令行界面协议堆栈

建立新的终端连接时，路由器请求用户名和口令，如清单 1.1 所示（这要求该路由器或外部路由器中具有用户数据库配置，见[SecConf]）。如果不提供用户数据库，则管理员只能配置口令）。如果正确输入用户名和口令，则建立新的 EXEC 实例，用户可以看到提示。

---

**清单 1.1 用 TELNET 访问路由器**

---

```
con>telnet 20.1.1.1
Trying 20.1.1.1 ... Open

User Access Verification

Username: adm
Password:
R1>
```

---

一定要注意 CON 端口与其他终端线的差别，包括 AUX 端口、与异步接口相连的 TTY 和远程连接使用的 VTY。默认情况下，Cisco 路由器只向 CON 线发送日志、系统和调试消息，而不向任何其他线发送这些消息。因此，使用默认设置时，TELNET 会话中看不到路由器的调试消息。原因是路由器在网络不同点中有多个终端会话，启动会话的人可能具有不同权限，因此不能在所有会话中发送只对系统管理员有用的调试或系统事件信息。

清单 1.2 显示了当前(优先方式)提示下如何用 `terminal monitor` 命令影响这个默认行为。

---

**清单 1.2 用 terminal monitor 命令改变默认日志行为**

---

```
R1#show logging
Syslog logging: enabled (0 messages dropped, 0 flushes, 0 overruns)
  Console logging: level debugging, 10070 messages logged
  Monitor logging: level debugging, 0 messages logged
  Trap logging: level informational, 84 messages lines logged
  Buffer logging: disabled
R1#
R1#terminal monitor
R1#show logging
Syslog logging: enabled (0 messages dropped, 0 flushes, 0 overruns)
  Console logging: level debugging, 10071 messages logged
  Monitor logging: level debugging, 0 messages logged
  Logging to: vty11(0)
  Trap logging: level informational, 85 messages lines logged
  Buffer logging: disabled
R1#
```

---

输入 `terminal monitor` 命令时，路由器会添加另一个日志目标 VTY11(0)，这是对应当前 TELNET 会话的 VTY 线的。这样，要登记消息时，如果使用这个命令，路由器也会将其发送到 TELNET 会话。

`terminal monitor` 命令是远程终端会话中显示系统与调试消息的惟一方法。我们通常用

这个命令对路由器进行监视或查错。但是，本书的示例中没有用这个命令，因为测试实验室的所有路由器都通过控制台端口访问。再用到这些示例时，别忘了这个命令。

## 1.3 路由器配置

Cisco 路由器是复杂硬件与软件的复杂组合，因此向管理员提供了大量可配置参数与选项。与其他可配置设备不同的是，Cisco 路由器将配置存放成很容易阅读的文本。这个方法很有用，可以简化查错和配置准备过程，而不需要用其他软件阅读、分析和编辑配置文件。下面是个简单的配置文件。

```
!  
version 11.3  
service timestamps debug datetime msec  
!  
hostname R1  
!  
enable secret 5...  
!  
ip subnet-zero  
no ip domain-lookup  
!  
interface Ethernet0  
ip address 10.1.1.1 255.255.255.224  
  
...
```

可以看出，配置语法非常简单，与普通语言非常接近，所以不必去记那些古怪的缩写。命令序列也很容易理解，只要熟悉嵌套配置与配置上下文。

要改变运行进程的参数，管理员应通过终端访问路由器（直接终端或远程 TELNET 连接），要知道通过 `enable` 命令切换到优先方式的口令（清单 1.3）。

### 清单 1.3 切换到优先方式

```
R1>enable  
Password:  
R1#
```

输入口令时，管理员可以改变路由器配置的任何部分。分析器是 EXEC 进程中负责命



令处理的部分，用 `configure` 命令可切换到配置上下文，通常有一个可选参数，用于指定配置源（见清单 1.4）。

清单 1.4 `configure` 命令参数表

---

```
R1#configure ?
memory          Configure from NV memory
network         Configure from a TFTP network host
overwrite-network overwrite NV memory from TFTP network host
terminal       Configure from the terminal
<cr>
```

---

```
R1#configure
```

---

`terminal` 关键字指定分析器用当前终端会话作为命令处理的输入与输出流。

管理员输入的命令被立即处理并应用于运行的软件模块，见清单 1.5，在此动态关闭和启动一个接口。

清单 1.5 动态改变路由器配置

---

```
R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int s0
R1(config-if)#shutdown
R1(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0, changed state to
down
R1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0, changed state to administratively down
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#
%LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0, changed state to
up
R1(config-if)#^z
R1#
```

---

`configure terminal` 命令是用手动输入的命令通过终端会话改变路由器配置。如果对 `configure` 命令指定 `memory` 关键字，则路由器读取 NVRAM 中的配置备份副本，将其传入分析器。路由器启动时就是这么做的。NVRAM 存储这个配置，在下次重装入路由器时使用这个配置。通常，`configure memory` 命令在复位部分或全部当前设置之后恢复路由器