

///
HZ BOOKS
Cisco 专业技术丛书

(美) Robert N. Myhre 著
前导工作室 译

(考试号: 640-503)

CCNP Routing 2.0

认证指南

CCNP 2.0 Routing, Exam 640-503



机械工业出版社
China Machine Press

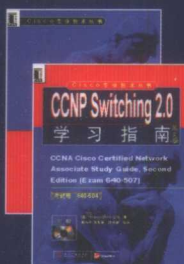


(考试号: 640-503)

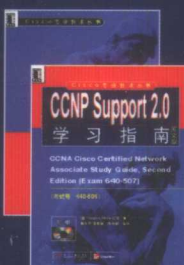
CCNP Routing 2.0 认证指南

为你传递当今最好的IT组织所必需的企业级的、内行的路由技术信息:

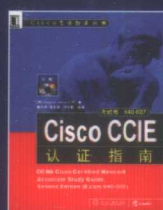
- 全面覆盖CCNP Routing 2.0考试目标
- 实战练习详解
- 涉及OSPF和BGP技术



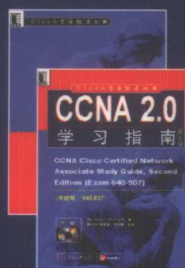
《CCNP Switching 2.0学习指南》(英文版)
(考试号: 640-504)



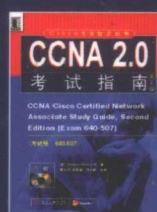
《CCNP Support 2.0学习指南》(英文版)
(考试号: 640-506)



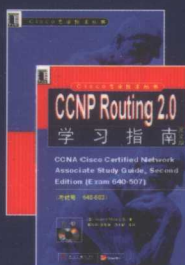
《Cisco CCIE 认证指南》(中文版)



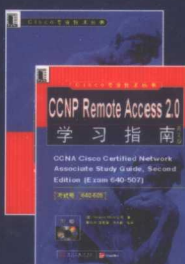
《CCNA 2.0学习指南》(英文版)
(考试号: 640-507)



《CCNA 2.0考试指南》(英文版)
(考试号: 640-507)



《CCNP Routing 2.0学习指南》(英文版)
(考试号: 640-503)



《CCNP Remote Access 2.0学习指南》(英文版)
(考试号: 640-505)

《CCNP Remote Access 2.0学习指南》(中文版)
(考试号: 640-505)

ISBN 7-111-09044-6



9 787111 090441



华章图书

北京市西城区百万庄南街1号 100037
购书热线: (010)68995261, 68995259, 8006100280 (北京地区)

www.China-Pub.com

ISBN 7-111-09044-6/TP · 1977
定价: 35.00 元

Cisco 专业技术丛书

CCNP Routing 2.0

认证指南

(考试号: 640-503)

(美) Robert N. Myhre 著

前导工作室 译



机械工业出版社
China Machine Press

本书是为新的CCNP 2.0 认证考试编写的, 同时也是一本学习书籍。

书中介绍了路由的基础知识和所有重要的Cisco协议及应用, 以便配置和优化可升级的、可靠的、安全的Cisco企业网络。书中有习题供读者学习使用。

Robert N. Myhre: CCNP 2.0 Routing, Exam 640-503.

Authorized translation from the English Language edition published by Prentice Hall.

Copyright © 2000 by Prentice Hall, Inc.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2001 by China Machine Press.

本书中文简体字版由美国Prentice Hall公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有, 侵权必究。

本书版权登记号: 图字: 01-2001-0692

图书在版编目(CIP)数据

CCNP Routing 2.0认证指南(考试号: 640-503)/(美)梅亚(Myhre, R. N.)著; 前导工作室译. -北京: 机械工业出版社, 2001.7

(Cisco专业技术丛书)

书名原文: CCNP 2.0 Routing, Exam 640-503

ISBN 7-111-09044-6

I. C… II. ①梅… ②前… III. 计算机通信网-路由选择-工程技术人员-资格考核-自学参考资料 IV. TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第038307号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑: 崔继承

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年8月第1版第1次印刷

787mm × 1092 mm 1/16 · 16.5印张

印数: 0 001-5 000册

定价: 35.00元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

译者序

随着人类步入信息社会，全球性的计算机网络——Internet已经进入人们的工作、学习和生活中。自然，社会也对网络职业提出了技术和技能的要求。对于那些筹划建网的单位而言，当然希望由精通专业、经验丰富的高级工程师进行网络规划设计，使设计方案能够满足日益增长的用户需求并适应网络技术的发展；对于那些正在建设或已经建成网络的单位而言，当然希望聘用掌握网络知识、熟悉网络产品的技术人员安装、调试、运行和维护投入了大笔资金建成的网络，使其发挥最大的效益。为此，网络领域著名的厂商——Cisco公司推出了针对其产品的网络规划和网络支持工程师资格认证计划（Cisco Career Certification Program, CCCP），并要求其在各国的代理处拥有这样的工程师，以提高对用户的服务质量。CCNP（Cisco认证资深网络工程师）则是该计划的组成部分之一。

从入门到精通，本书讲述了当今最好的IT组织所必需的企业级的、内行的路由技术。作者还以多年的经验在本书中提供了大量的网络配置实例，相信您一定会从中学到如何安装、配置和维护大型的、复杂的多协议网络，从而增长您的知识，增强您的竞争力以及拓展您的事业。本书严格遵照CCNP 2.0测试的规定编写，因此您完全可以相信本书不会遗漏任何知识点。细致地阅读并深入地理解本书将使您对于通过CCNP认证的信心倍增。

衷心感谢Robert N. Myhre先生为我们提供了这本好书。Robert N. Myhre是Cisco和Microsoft网络技术方面的专家，他是一个独立的培训者，并在时间允许时担当顾问。

在读本书时，本人感觉Robert N. Myhre先生是一位充满智慧而又细致耐心的长者，他乐于教学，愿意同他人分享自己的知识，并在分享知识的过程中获得了快乐。

全书由齐宁、姚继东组织翻译，前导工作室全体工作人员共同完成了本书的翻译、录排、校对等工作。本书最后由肖国尊统稿。由于时间仓促，且译者的水平有限，在翻译过程中难免会出现一些错误，请读者批评指正。

如果您在阅读中碰到了什么问题，请与我们工作室联系：qiandao@263.net。我们会尽力解决您的问题。

译者

2001年3月

前言

“作为一个处于教学环境中的教师，我知道有两种类型的教师。第一种，很骄傲地显示他的博学，但不喜欢其他人学到任何东西。这种类型的教师更关心的是优于其他人。第二种类型的教师，实际上乐于教学，他愿意同他人分享知识。我把自己归为第二类”。这是我的第二本书，上面的话引自我第一本书的序。我仍感觉这些论证是正确的，现在尤其强烈。又一年过去了，我仍钟爱教学与学习——一个很好的结合。

Cisco认证正处于修改变化中，伴随着这些改变，课程也有了变化。这本书是为新的CCNP 2.0认证所写的。并且我试着保持与第一本书的连贯性。我感觉一本认证书籍同时也应该是一本学习书籍，因此每一章最大可能地渐进地揭示新的信息。按照逻辑方式，每章配置一个或多个路由器；这样，即使没有实际的路由器来动手实践，你应当也可以看到所有行为的结果。

本书适合的读者

本书迅速跳到CCNP认证考试：Routing 2.0所需要的先进技术。我假定读者理解RIP及IGRP并可以配置这两种路由协议，且对Cisco IOS的其他方面相当熟悉。我还假定读者知道如何 subnetting，这意味着你真的可以对网络子网化，不使用计算器或者一个存储的表单。在你继续Cisco职业之路时，很重要的一点是对TCP/IP（包括子网划分）有完全的理解，从而在其他认证以及CCNP中表现突出。

本书的布局

Routing 2.0考试所需的材料包括Cisco环境的许多高级特性，尤其是路由协议。这个考试要求理解所有这些协议的基础及为基本的连接对它们进行设置。尽管我试图在每一个主题中给出多于考试所需的信息，这样能进一步帮助学习；但我尽量不放置过多的细节以避免因细节过多而导致混乱。

因此，本书参照Cisco站点发布的考试目标。顺序上的唯一区别是我将EIGRP放置在OSPF之前。我感觉先学习先进距离向量协议更有意义，因为它是构建在本书所期望的前提之上的。

尽管可能以任何顺序阅读第3、4、5章或第6、7章，但并不建议这样做。本书是要渐进地揭示信息，略过章节可能会导致信息遗漏。

如何获得Cisco认证

为了成为一个CCNP，你必须通过四个或两个考试。路由技术（Routing, 640-503，本书写作的目的）、交换技术（Switching, 640-504）以及远程访问（Remote Access, 640-505），可以独立进行认证，每门\$100。也可以把它们合并为一个大的考试，叫做基础知识（Foundation），价格为\$200。另一个考试叫做支持知识（Support, 640-506）。请参考Cisco站点以获得更新的信息（www.cisco.com/certifications）。

如果想参加一门考试，请打电话1-800-204-EXAM（3926）给Sylvan Prometric。你可以通过信用卡付费，或由他们发出帐单。注意，只有在付费后才可以真正参加考试。我建议参加考试前

24小时给Sylvan Prometric打电话加以确认。记得带上两个ID表格，以及一张照片。

其他的Cisco认证

感受不同认证的最好方式是访问位于www.cisco.com的Cisco站点，并浏览培训及认证途径。你会发现有许多其他的认证，它们包括：

- CCDA (Cisco Certified Design Associate), 设计小型LAN及WAN。
- CCNP (Cisco Certified Network Professional), 构建并配置较大且更复杂的LAN及WAN。
- CCDP (Cisco Certified Design Professional), 设计更大且更复杂的LAN及WAN。
- CCIE (Cisco Certified Internetworking Expert), 是行业中最大的而且最吸引人的认证。它要求至少\$1200才能通过考试，且还不包括机票费用。

在获得CCNP 认证后可能需专门化其技术。例如可以专门化于安全或IP语音。为获得更多信息，参考Cisco站点。

如何联系作者

可以通过cisco@networkawareinc.com与我联系。我会阅读所有的邮件，并尽力回复每个人的每封邮件，但若有其他急事，也许会耽搁几天。你可以访问我的网站：www.networkawareinc.com以获得更多的信息、白皮书、errata及本地新闻组。尽管我尽力在本书中避免错误，但错误还是不可避免的。请给我发邮件指出书中需要修正的地方。

目 录

译者序	
前言	
第1章 路由技术的概念	1
1.1 路由技术概览	1
1.1.1 路由表	2
1.1.2 负载均衡	6
1.1.3 管辖距离	8
1.1.4 收敛	8
1.2 路由协议的类型	12
1.2.1 距离向量	13
1.2.2 链路状态	13
1.2.3 先进的距离向量	14
1.2.4 有类	14
1.2.5 无类	16
1.3 小结	17
1.4 测试目标列表	18
1.5 练习题	18
第2章 管理IP地址	21
2.1 网络设计概述	21
2.2 IP地址简史	23
2.3 IP地址问题的解决方案	24
2.3.1 子网掩码 (RFC 950,1985)	24
2.3.2 路由汇总 (RFC 1518,1993)	24
2.3.3 无类域间路由 (RFC 1518, 1519, 2050)	24
2.3.4 网络地址转化 (RFC 1631, 1994)	24
2.3.5 私有地址 (RFC 1918,1996)	25
2.3.6 变长度子网掩码 (RFC 1812,1995)	26
2.3.7 IPv6 (RFC 2373,1998)	26
2.4 变长度子网掩码	26
2.4.1 IP地址回顾	26
2.4.2 计算VLSM地址	27
2.5 路由汇总	31
2.5.1 路由汇总的一个例子	31
2.5.2 计算路由汇总地址	34
2.5.3 非连续网络的汇总	36
2.6 CIDR	36
2.7 其他管理IP地址的方法	36
2.7.1 非编号IP	36
2.7.2 辅助地址	38
2.8 小结	40
2.9 测试目标列表	41
2.10 练习题	41
第3章 EIGRP	44
3.1 EIGRP概览	44
3.2 EIGRP操作	45
3.3 负载均衡	58
3.4 路由汇总	60
3.5 EIGRP和WAN	64
3.6 故障诊断	69
3.7 小结	71
3.8 测试目标列表	72
3.9 练习题	72
第4章 OSPF简介	77
4.1 OSPF概览	77
4.2 操作	78
4.2.1 概览	78
4.2.2 路由器ID	78
4.2.3 建立邻居	80
4.2.4 选择DR和BDR	83
4.3 配置OSPF	85
4.3.1 Exchange协议	89
4.3.2 Dijkstra算法	96

4.3.3 维护路由表	100	6.3.8 属性小结	162
4.4 WAN连接	100	6.3.9 路由聚合	163
4.4.1 点到点	100	6.3.10 对等体组	165
4.4.2 点到多点	101	6.4 内部BGP	165
4.4.3 无广播的点到多点	104	6.5 复习	170
4.4.4 NBMA	104	6.6 小结	173
4.4.5 广播NBMA	106	6.7 测试目标列表	173
4.4.6 WAN扼要重述	107	6.8 练习题	173
4.5 小结	108	第7章 BGP的可伸缩性	177
4.6 测试目标列表	108	7.1 路由反射器	177
4.7 练习题	108	7.2 前缀列表	182
第5章 OSPF的可伸缩性	112	7.3 multihome的可伸缩性问题	187
5.1 层次设计	112	7.3.1 可伸缩性问题	187
5.1.1 多域的配置	118	7.3.2 重分布内部网关协议之间的信息	189
5.1.2 路由汇总	123	7.4 小结	190
5.1.3 Stub域和完全Stub域	125	7.5 测试目标列表	190
5.1.4 虚拟链路	130	7.6 练习题	190
5.1.5 NBMA和多域	134	第8章 优化路由操作	192
5.2 小结	134	8.1 路由重分布	192
5.3 测试目标列表	134	8.1.1 静态路由	192
5.4 练习题	135	8.1.2 一个方向上的重分布	194
第6章 BGP简介	138	8.1.3 两个方向上的重分布	198
6.1 BGP概览	138	8.2 路由更新过滤	203
6.2 是否选择BGP	140	8.2.1 修改管辖距离	203
6.3 BGP操作	143	8.2.2 过滤路由更新	204
6.3.1 属性: 路径	149	8.3 策略映射	208
6.3.2 属性: 源	150	8.4 小结	218
6.3.3 属性: 下一跳步	151	8.5 测试目标列表	218
6.3.4 属性: 本地优先权	154	8.6 练习题	218
6.3.5 属性: 权	157	附录A 路由命令	221
6.3.6 属性: 多重出口区分	161	附录B 练习题答案	224
6.3.7 属性: community	162	附录C TCP/IP的子网划分	244

第1章 路由技术的概念

本章内容包括：

- 路由技术概览。
- 距离向量以及链路状态协议。
- 有类以及无类协议。

在跳到本书中所覆盖的先进路由技术之前，我们将构建路由所需要的术语及概念的坚实基础。换句话说，我们将要复习。“复习”这个词意味着我们将要读到一些我们已知的内容。然而，任何好的复习均应当引出一两个新的概念，本章也是如此。在本章中，我们将按照这些概念在路由器中的角色来讨论它们，有类与无类协议，距离向量与链路状态协议。

1.1 路由技术概览

我们知道，路由操作发生在网络层，或OSI模型中的第三层。我们还知道网络层主要负责两件事：逻辑地址如32位TCP/IP地址，以及将数据从一个网络传送到另一个网络，也就是路由。路由器自身有两个功能：路由以及交换。路由器必须学习网络拓扑结构，要么通过动态协议如RIP或OSPF，要么通过使用静态路由的网络工程师。当然，我们可以联合使用这两种方式。将数据从入口接口传送到出口接口的概念是交换。交换自身并不是一个新的概念。毕竟，交换机对它的每个端口上的数据进行相同的处理。路由器实现了将数据实际传输到最终目的地的功能。但究竟什么是路由器实现路由所必需的呢？

首先，一个路由器必须运行适当的路由协议。如果我们没有启用路由器的IPX路由，则路由器接收IPX报文没有任何用处。

第二，既然路由器可以读取目的地的逻辑地址，目的地是否在路由表中出现呢？如果路由器不知道将数据发送到哪里，它会丢弃这个报文并回送给发送者一个ICMP消息。路由表中不要有到达精确主机的路由。可以有到达网络的路径，或者有到有类网络（意味自身不是一个子网，而是A、B或C类网络）的路径，或者甚至是一条缺省的路由。如果任何一项可能的路由均不存在，路由器移到最后一项功能。

注意 “报文” (packet) 用于可靠传送策略，或使用TCP作为传送协议。“数据报” (datagram) 用于使用UDP作为传送协议的非可靠或最大努力传送策略。在实践中，通常使用“报文”来代表以上两种含义。

最后，路由器必须能够将报文从出口接口继续向前传送。一个路由器至少应有一条到达目的地的路径，但假如它们的量度一致，则可能有多条路径，在这种情况下路由器将以负载均衡方式使用这些路径。在本章稍后部分有关于负载均衡的描述。

1.1.1 路由表

在本章中，我们将使用如图1-1所示的网络设计。这个网络不是作为设计得很好的网络的示例，它只是用于定义本章中的一些概念。可以看到，从网络192.168.1.0到网络192.168.6.0有两条路径。

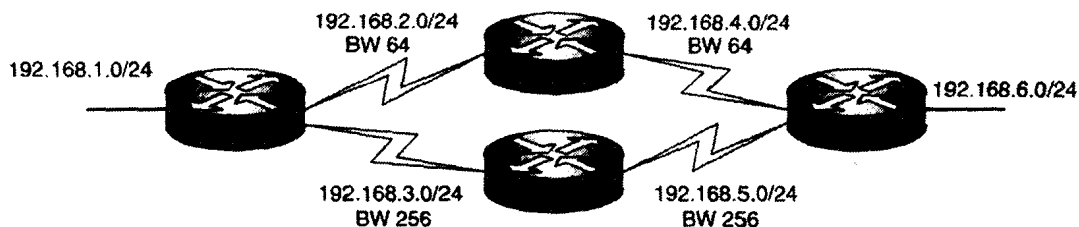


图1-1 网络示例

为观察该网络的细节，并复习一下配置该网络的命令，我们首先来配置各个路由器。每个设备使用如下的设置：

```
Router>ena
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#line con 0
Router(config-line)#exec-timeout 0 0
Router(config-line)#logging syn
Router(config-line)#hostname R0
R0(config)#int e0
R0(config-if)#ip addr 192.168.1.1 255.255.255.0
R0(config-if)#no shut
R0(config-if)#int s0
R0(config-if)#ip addr 192.
01:34:54: %LINK-3-UPDOWN: Interface Ethernet0, changed state to up
01:34:55: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet0, changed state to up
R0(config-if)#ip addr 192.168.2.1 255.255.255.0
R0(config-if)#no shut
R0(config-if)#clock rate 64000
R0(config-if)#band 64
R0(config-if)#int s1
R0(config-if)#ip addr 192.168.3.1 255.255.255.0
R0(config-if)#clock rate 250000
R0(config-if)#band 256
R0(config-if)#no shut
R0(config-if)#router rip
R0(config-router)#network 192.168.1.0
R0(config-router)#network 192.168.2.0
R0(config-router)#network 192.168.3.0
R0(config-if)#end
01:36:05: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R0#copy run start
Destination filename [startup-config]?<cr>
Building configuration...
[OK]
```

在第一个配置中，观察突出显示的内容。路由器配置的其余部分看起来是类似的。首先，注意命令exec-timeout。这个命令设置了控制台的超时值。如果在这段时间内，未检测到任何键盘活动，路由器将自动退出控制台。在这个配置中，我们禁用了它。因为安全的缘故，这对我们的服务器没有什么益处。

下一条命令logg syn（或更适当的，logging synchronous），它使得任何路由器输出被发送到控制台，以刷新我们正在操作的行。它类似于按下Ctrl-R键来刷新一行，但是它是自动完成的。可以通过观察控制台输出的Ethernet0链接改变的通知之前的行来看到它。当通知中断屏幕时，键入的命令是ip addr 192.，在输出完成之后，该行自动地被更新，我们可以继续键入。为节省空间及简洁，刷新的行只会以完整的行出现，而未完成的行则被删除掉了。

下一条命令clock rate在串行接口实现。在不使用CSU/DSU时，有必要建立一个时钟信号。在实验室环境中，经常会通过特定的电缆来模拟WAN链接。这些电缆一端提供一个DTE接口，另一端提供DCE接口。有DCE接口的那一端需要clock rate命令。

band（或band width）命令确定了这个链路将提供的带宽。在LAN接口，这个命令不是必需的，因为路由器可以感知适当的速度。在WAN链接中，时钟在CSU/DSU产生，因此必须专门告诉串行链路它所使用的带宽。串行链路真的需要这些信息吗？不，但有两个路由协议（IGRP和EIGRP）需要利用它来进行精确的计算。

最后，命令router rip和network用于打开这个路由器的RIP路由。这些命令还告诉它，从那些与网络命令联合的接口发布RIP广播。如果没有适当的网络命令，RIP不会发送更新，从而不与其他路由器联系以交换路由表信息。

注意 最后一个命令，copy run start（copy running-config startup-config）是较新的、将运行的设置保存到NVRAM中的策略。尽管你也许对命令write memory更熟悉，Cisco已经暗示write memory命令将在Cisco IOS的未来版本中消失。

```
Router>ena
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname R1
R1(config)#line con 0
R1(config-line)#exec-timeout 0 0
R1(config-line)#logg syn
R1(config-line)#int s0
R1(config-if)#ip addr 192.168.2.2 255.255.255.0
R1(config-if)#no shut
04:23:01: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0, changed state to up
04:23:03: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0, changed state to up
R1(config-if)#band 64
R1(config-if)#int s1
R1(config-if)#ip addr 192.168.4.2 255.255.255.0
R1(config-if)#no shut
R1(config-if)#
04:23:41: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial1, changed state to down
R1(config-if)#band 64
R1(config-if)#router rip
R1(config-router)#network 192.168.2.0
```

```
R1(config-router)#network 192.168.4.0
R1(config-if)#end
04:23:48: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#copy run start
Destination filename [startup-config]?<cr>
Building configuration...
[OK]
```

ROUTER R2

```
Router>ena
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname R2
R2(config)#line con 0
R2(config-line)#exec-timeout 0 0
R2(config-line)#logg syn
R2(config-line)#int s1
R2(config-if)#ip addr 192.168.3.2 255.255.255.0
R2(config-if)#no shut
R2(config-if)#band 256
03:59:44: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial1, changed state to down
R2(config-if)#int s0
R2(config-if)#ip addr 192.168.5.2 255.255.255.0
R2(config-if)#no shut
R2(config-if)#band 256
04:00:00: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0, changed state to down
R2(config-if)#router rip
R2(config-router)#network 192.168.3.0
R2(config-router)#network 192.168.5.0
R2(config-router)#end
04:00:18: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#copy run start
Destination filename [startup-config]?<cr>
Building configuration...

[OK]
```

ROUTER R3

```
Router>ena
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname R3
R3(config)#line con 0
R3(config-line)#exec-t 0 0
R3(config-line)#logg sync
R3(config-line)#int s1
R3(config-if)#ip addr 192.168.4.1 255.255.255.0
R3(config-if)#band 64
04:08:25: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial1, changed state to up
04:08:26: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial1, changed state to up
R3(config-if)#clock rate 64000
R3(config-if)#no shut
```

```

R3(config-if)#int s0
R3(config-if)#ip addr 192.168.5.1 255.255.255.0
R3(config-if)#clock rate 250000
R3(config-if)#band 256
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#int e0
04:09:26: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0, changed state to up
04:09:27: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0, changed state to up
R3(config-if)#ip addr 192.168.6.1 255.255.255.0
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#router rip
04:09:40: %LINK-3-UPDOWN: Interface Ethernet0, changed state to up
04:09:41: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet0, changed state to up
R3(config-router)#network 192.168.4.0
R3(config-router)#network 192.168.5.0
R3(config-router)#network 192.168.6.0
R3(config-router)#end
04:09:53: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#copy run start
Destination filename [startup-config]?<cr>
Building configuration...
[OK]

```

在这里，我们可以使用标准的工具（ping和traceroute）来校验连通性。使用命令show ip route，在Router 0上将显示如下的路由表：

```

R0# show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
       U - per-user static route, o - ODR
       T - traffic engineered route

Gateway of last resort is not set

C    1.0.0.0/8 is directly connected, Loopback1
R    192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, Serial0
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.3.2, Serial1
R    192.168.6.0/24 [120/2] via 192.168.2.2, Serial0
       [120/2] via 192.168.3.2, Serial1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Ethernet0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, Serial1
R0#

```

这个路由表告诉我们正在收到所有路由器的更新，并且可以看到所有的网络。尽管这是一个好的指示器，我们将仍使用ping命令来校验所有接口正在操作中。这次将省略它们，因为这是复习，而且我们知道我们已经正确地完成了所有的工作。

这里突出显示了一行，以复习一些细节。我们将把这一个表项分成几部分，在本章的后面

部分将详细讨论其中一些域。

- 在这个路由表项，我们可以看到网络192.168.5.0/24的路由是通过RIP路由协议学习得来的，由表项开始处的字母“R”指示。
- 下一个域，192.168.5.0，指示现在有路径可到达的一个远程网络。
- 括号中的表项[120/1]，有两个含义。第一个数字指示着管辖距离（Administrative Distance, AD），或路由器认为该协议的可靠程度。第二个数字指示到达远程网络的量度。
- via 192.168.3.2指示为了将数据从网络A传送到网络192.168.5.0使用的下一个路由器的地址。
- 列出的接口指示经由下一个路由器，发送报文到这个网络所使用的往外的接口。

1.1.2 负载均衡

负载均衡是路由器通过多个代价相同的路径，路由报文到达相同目的地的能力。例如，在本书前面的路由表输出中，可以看到如下的网络表项：

```
R    192.168.6.0/24      [120/2] via 192.168.2.2, Serial0
                        [120/2] via 192.168.3.2, Serial1
```

这个表项指示到达192.168.6.0网络，有两个代价相同的路径，它们的RIP代价均为两跳。这意味着报文可以从R0到R2到R3，然后到达目的网络，或从R0到R1到R3。如果观察示例图，可以看到这不是一个最好的方案，因为256Kbps链路要比64Kbps链路快很多。这是RIP的一个问题。

缺省情况下，使用IP负载均衡，而且最大支持四个代价相同的路径。在RIP配置模式下，可以通过使用maximum-paths命令配置最大支持六个代价相同的路径。

为了测试报文如何通过网络，可以按下面方式使用traceroute命令：

```
R0#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R0(config)#no ip domain-lookup
R0(config)#end
05:01:31: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R0#trace route 192.168.6.1
```

```
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.6.1
```

```
 1 192.168.3.2 16 msec
   192.168.2.2 24 msec
   192.168.3.2 12 msec
 2 192.168.4.1 36 msec
   192.168.5.1 12 msec *
```

```
R0#
```

第一个值得注意的，是命令no ip domain-lookup。这个命令可以防止traceout通过DNS试图学习每个IP地址的FQDN。我们没有在这个小的网络中启用DNS，通过这个命令将它禁用，便可以加快过程。

现在，当我们在报文离开R0时观察它，可以发现TTL为1的报文组（共三个报文）通过不同的路径到达目的网络。实际上，路由器使用了一种叫做round robin的策略，一个报文采用第一条路径，下一个报文采用第二条路径，第三个报文又采用第一条路径，依此类推。

负载均衡在正常工作时能够帮助确保可靠性及效率。尽管在本例中，RIP对网络起到的是不利的影响。IGRP怎么样呢？

为了观察IGRP对负载均衡的影响，我们把它应用到所有的四个路由器上。

```
R0#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R0(config)#router igrp 200
R0(config-router)#network 192.168.1.0
R0(config-router)#network 192.168.2.0
R0(config-router)#network 192.168.3.0
R0(config-router)#end
R0#
```

其他三个路由器配置为相同的样式，每个路由器被指定到我们希望通过IGRP通知的网络。

注意突出显示的表项。为启用IGRP，需要指定一个自主系统（Autonomous System）号（这里是200）。一个自主系统（AS）被定义为运行单独内部路由协议的单独管理单元。在以后几章里，会经常使用到AS。IGRP如果要把更新增加到路由表中，该更新必须是同一AS的一部分。

如果观察路由表，可以看到下面的结果：

```
R0#sho ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
       U - per-user static route, o - ODR
       T - traffic engineered route
```

Gateway of last resort is not set

```
C    1.0.0.0/8 is directly connected, Loopback1
I    192.168.4.0/24 [100/160250] via 192.168.2.2, Serial0
I    192.168.5.0/24 [100/43062] via 192.168.3.2, Serial1
I    192.168.6.0/24 [100/43162] via 192.168.3.2, Serial1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Ethernet0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, Serial1
R0#
```

既然路由器使用IGRP作为路由协议（注意每个路由项开始处的“I”），现在从R0只有一条路径到达网络192.168.6.0。这个网络只能通过192.168.3.2到达，该路径是通过256Kbps的链路。

IGRP能够使用多个路径，但它们的代价必须相同。由于IGRP为串行链接使用bandwidth语句，为LAN链接使用实际的带宽，因此IGRP是比RIP更灵活的协议，并且可以伸缩到较大的网络中去。然而，为了伸缩到更大一些的网络，则需要切换到更好的协议，本书中将要涉及到的有EIGRP和OSPF。

1.1.3 管辖距离

管辖距离 (Administrative Distance) 是路由协议的可靠性或可信度, 它用于当多个路由协议指示到达一个网络的路径时, 路由器可以选择最好的路径。例如, 现在运行IGRP和RIP。由于RIP的AD为120, IGRP的AD为100, IGRP (有较低的AD) 被认为更加可靠, 因此RIP更新被忽略。因为这一点, 路由器知道所有报文的最佳路径是通过256Kbps链路。表格1-1列出了每个协议的AD, 最低的值指示最好的选择。可以看到最好的AD (最可靠的策略) 是直接连接接口。在路由器直接连接到网络上的情况下, 不能欺骗路由器仍存在更好的路径。次优的是静态路由 (缺省的, 因为可以改变静态路由的AD)。因为我们可以输入信息 (作为网络工程师, 我们知道我们正在做什么), 所以这个策略有意义。最后, 可以在IP环境中工作的不同路由协议列表如下:

表1-1 管辖距离

路由的源头	管辖距离
连接的接口	0
使用一个接口的静态路由	0
使用一个IP地址的静态路由	1
EIGRP汇总路由	5
外部BGP	20
内部EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EGP	140
外部EIGRP	170
内部BGP (IBGP)	200
未知	255

注意 可以通过使用命令 `ip route prefix mask default-nexthop distance` 来改变静态路由的AD。例如 `ip route 10.3.0.0 255.255.0.0 10.2.1.1 254`, 这使得到10.3.0.0的路由的AD为254。任何通过动态路由协议学习到的路由均有一个较低的AD, 因此被认为更为可信。只在动态路由协议不报告AD时, 静态路由才会被使用。例如, 当网络链接发生故障时。静态路由表现为备份的含义。这通常被称为浮动路由 (floating route)。

在剩下的各章中, 我们将观察AD, 从而可以理解每个协议的优点, 以及每个协议何时向路由器报告路由更新。

1.1.4 收敛

收敛 (Convergence) 是指网络拓扑发生改变, 这个变化传播到所有路由器, 从而获得稳定的网络所需的时间。路由协议的收敛时间越长, 网络不能正常工作的时间也越长, 将导致报文