

21 世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

网络工程综合实验教程

王亚文 主编

赵宇峰 张洁 刘庆 编著

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

清华大学出版社

21世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

网络工程综合实验教程

王亚文 主编

赵宇峰 张洁 刘庆 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书由 IPv4 基础实验、IPv6 路由实验、综合实验三部分组成,包括静态路由,默认路由,RIPv1 基本配置实验,RIPv2 基本配置实验,EIGRP 基本配置,单区域 OSPF 基本配置,基于区域的 OSPF MD5 认证,多区域 OSPF 配置实验,集成 IS-IS 的基本配置,EIGRP、RIP 和 OSPF 路由重分布,基于报文大小的策略路由,基于源 IP 地址的策略路由,PIM Dense,IBGP 和 EBGP 基本配置,用 BGP AS-PATH 属性控制选路,优先级队列,IPv6 静态路由,IPv6 RIPv6,IPv6 EIGRP,OSPFv3,基于 DynamipsGUI 的双出口网络,大型(多节点环网)网络,某公司办公网络项目等 23 个实验。

本书可用作高等院校网络工程及相关专业本、专科学生计算机网络、网络工程等课程的实验教材,也适合计算机爱好者和参加各类计算机考试的人员研究和学习之用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络工程综合实验教程/王亚文主编.--北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

ISBN 978-7-302-36433-7

I. ①网… II. ①王… III. ①计算机网络—实验—高等学校—教材 IV. ①TP393-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 095829 号

责任编辑:郑寅堃 赵晓宁

封面设计:何凤霞

责任校对:焦丽丽

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:12

字 数:283 千字

版 次:2014 年 7 月第 1 版

印 次:2014 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:25.00 元

产品编号:054168-01

前 言

为了适应在工程性较强的网络工程专业中建立创新型网络工程人才培养课程与实践体系的需要,很多学校已将“网络工程综合实验”设置为独立实验课程。这一举措必将带来学生培养质量的进一步提高,然而在此过程中,实践教材的建设显得尤为重要。本书就是在这背景下应运而生的。

本书的编写指导思想是:由浅入深,从基本的认识实验到综合性项目实践逐渐深入;追求新技术,在传统 IPv4 实验的基础上,加入了 IPv6 路由实验;重实践,本书中理论内容较少,要求使用者具备一定的理论知识,或借助其他理论教材作为辅助。

本书具有以下特色:

(1) 实践性强,本教材内容以实践为主,强调学生的亲身经历,要求学生积极参与到实践项目中去,在“做”、“考察”、“实验”、“探究”等一系列的活动中发现和解决问题,体验和感受生活,发展实践能力和创新精神。

(2) 内容新颖,本教材中包含了大量的网络工程项目,不仅包含目前比较常见的 IPv4 网络工程实践项目,还包含了最新的下一代 IPv6 网络工程实践项目。在内容上,基础实验以“必需和够用”为度,力求简单实用。

(3) 体系完整,为适应当前复杂网络情况下对网络工程人才的需要,本教材除了基本的路由配置外,还增加了路由优化、网络服务质量等实验内容,培养学生解决复杂网络问题的能力。

(4) 工程引入实践教学,开展任务驱动教学,“以任务为主线、教师为主导、学生为主体”,改变以往“教师讲,学生听”、以教定学的被动教学模式,创造以学定教、学生主动参与、自主协作、探索创新的新型学习模式,激发学生的学习兴趣,培养学生的分析问题、解决问题的能力,提高学生自主学习及与他人协作的能力。

本书是编者 5 年来讲授“网络工程综合实验”、“网络路由技术”两门课程的实践积累,所有实验均通过实际验证。

全书共包括三部分,共 23 个实验,其中赵宇峰编写了静态路由实验,张洁编写了默认路由实验,刘庆编写了 IPv6 静态路由、IPv6 RIPng、OSPFv3 等实验,其余实验的编写由王亚文完成。

由于时间仓促和编者水平所限,书中难免有些错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 4 月

目 录

第一部分 IPv4 基础实验

第 1 章 静态路由与默认路由实验	3
1.1 静态路由实验	3
1.1.1 实验目的	3
1.1.2 实验设备	3
1.1.3 实验拓扑	3
1.1.4 实验步骤	4
1.1.5 实验总结	9
1.2 默认路由实验	10
1.2.1 实验目的	10
1.2.2 实验设备	10
1.2.3 实验拓扑	10
1.2.4 实验步骤	10
1.2.5 实验总结	13
第 2 章 RIP 实验	15
2.1 RIPv1 基本配置实验	15
2.1.1 实验目的	15
2.1.2 实验设备	15
2.1.3 实验拓扑	15
2.1.4 实验步骤	16
2.1.5 实验总结	24
2.2 RIPv2 基本配置实验	25
2.2.1 实验目的	25
2.2.2 实验设备	25
2.2.3 实验拓扑	25
2.2.4 实验步骤	25
2.2.5 实验总结	30

第 3 章 OSPF 实验	31
3.1 单区域 OSPF 基本配置实验	31
3.1.1 实验目的	31
3.1.2 实验设备	31
3.1.3 实验拓扑	31
3.1.4 实验步骤	32
3.1.5 实验总结	37
3.2 基于区域的 OSPF MD5 认证实验	38
3.2.1 实验目的	38
3.2.2 实验设备	39
3.2.3 实验拓扑	39
3.2.4 实验步骤	39
3.2.5 实验总结	45
3.3 多区域 OSPF 配置实验	45
3.3.1 实验目的	45
3.3.2 实验设备	46
3.3.3 实验拓扑	46
3.3.4 实验步骤	47
3.3.5 实验总结	55
第 4 章 EIGRP 和 IS-IS 实验	56
4.1 EIGRP 基本配置实验	56
4.1.1 实验目的	56
4.1.2 实验设备	56
4.1.3 实验拓扑	56
4.1.4 实验步骤	57
4.1.5 实验总结	65
4.2 集成 IS-IS 的基本配置实验	65
4.2.1 实验目的	65
4.2.2 实验设备	65
4.2.3 实验拓扑	66
4.2.4 实验步骤	66
4.2.5 实验总结	72
第 5 章 BGP 实验	74
5.1 IBGP 和 EBGP 基本配置实验	74
5.1.1 实验目的	74
5.1.2 实验设备	74

5.1.3	实验拓扑	74
5.1.4	实验步骤	75
5.1.5	实验总结	82
5.2	用 BGP AS-PATH 属性控制选路实验	83
5.2.1	实验目的	83
5.2.2	实验设备	83
5.2.3	实验拓扑	83
5.2.4	实验步骤	84
5.2.5	实验总结	91
第 6 章	路由优化实验	92
6.1	基于报文大小的策略路由实验	92
6.1.1	实验目的	92
6.1.2	实验设备	92
6.1.3	实验拓扑	92
6.1.4	实验步骤	93
6.1.5	实验总结	96
6.2	基于源 IP 地址的策略路由实验	96
6.2.1	实验目的	96
6.2.2	实验设备	96
6.2.3	实验拓扑	97
6.2.4	实验步骤	97
6.2.5	实验总结	102
第 7 章	路由重分布、PIM Dense 和优先队列 PQ 实验	104
7.1	EIGRP、RIP 和 OSPF 路由重分布实验	104
7.1.1	实验目的	104
7.1.2	实验设备	104
7.1.3	实验拓扑	104
7.1.4	实验步骤	105
7.1.5	实验总结	112
7.2	PIM Dense 实验	113
7.2.1	实验目的	113
7.2.2	实验设备	113
7.2.3	实验拓扑	113
7.2.4	实验步骤	113
7.2.5	实验总结	119
7.3	优先级队列 PQ 实验	119
7.3.1	实验目的	119

7.3.2 实验设备	120
7.3.3 实验拓扑	120
7.3.4 实验步骤	120
7.3.5 实验总结	123

第二部分 IPv6 路由实验

第 8 章 IPv6 路由实验	127
8.1 IPv6 静态路由实验	127
8.1.1 实验目的	127
8.1.2 实验设备	127
8.1.3 实验拓扑	127
8.1.4 实验步骤	128
8.1.5 实验总结	132
8.2 IPv6 RIPng 实验	132
8.2.1 实验目的	132
8.2.2 实验设备	132
8.2.3 实验拓扑	132
8.2.4 实验步骤	133
8.2.5 实验总结	136
8.3 IPv6 EIGRP 实验	137
8.3.1 实验目的	137
8.3.2 实验设备	137
8.3.3 实验拓扑	137
8.3.4 实验步骤	137
8.3.5 实验总结	139
8.4 OSPFv3 实验	139
8.4.1 实验目的	139
8.4.2 实验设备	139
8.4.3 实验拓扑	139
8.4.4 实验步骤	140
8.4.5 实验总结	145

第三部分 综合实验

第 9 章 综合实验	149
9.1 基于 DynamipsGUI 的双出口网络综合实验	149
9.1.1 实验目的	149
9.1.2 实验设备	149

9.1.3	实验拓扑	149
9.1.4	实验步骤	150
9.1.5	实验总结	154
9.2	大型(多节点环网)网络综合实验	155
9.2.1	实验目的	155
9.2.2	实验设备	155
9.2.3	实验拓扑	155
9.2.4	实验步骤	157
9.2.5	实验总结	160
9.3	某公司办公网络项目实验	160
9.3.1	实验目的	160
9.3.2	实验设备	161
9.3.3	实验拓扑	161
9.3.4	实验步骤	163
9.3.5	实验总结	169
附录 A DynamipsGUI 使用介绍		170
A1	DynamipsGUI 中路由器各模块所包含的接口	170
A2	利用 DynamipsGUI 构建网络环境	171
参考文献		181

第一部分

IPv4基础实验

第 1 章

静态路由与默认路由实验

1.1 静态路由实验

1.1.1 实验目的

通过本实验,读者可以掌握如下技能:

- (1) 路由表的概念。
- (2) ip route 命令的使用。
- (3) 根据需求正确配置静态路由。

1.1.2 实验设备

- (1) 3 台思科 7200 系列路由器。
- (2) 3 台思科 3600 系列交换机。
- (3) 2 根 V35 线。
- (4) 3 根双绞线。

1.1.3 实验拓扑

静态路由实验的拓扑图如图 1-1 所示。

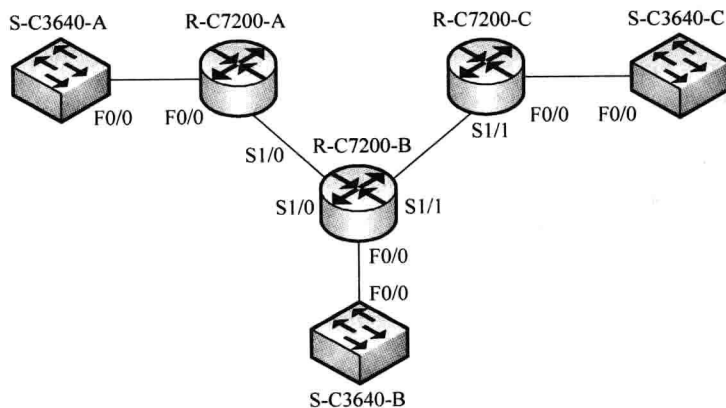


图 1-1 静态路由实验拓扑图

图中所涉及的实验设备情况如表 1-1 所示。

表 1-1 实验设备情况表

设备名称	IP 地址	设备类型	DynamipsGUI 中对应设备
R-C7200-A	F0/0:10.10.10.1/24 S1/0:192.168.1.2/24	路由器	Router1
R-C7200-B	F0/0:20.20.20.1/24 S1/0:192.168.1.1/24 S1/1:192.168.2.1/24	路由器	Router2
R-C7200-C	F0/0:30.30.30.1/24 S1/0:192.168.2.2/24	路由器	Router3
S-C3640-A		二层交换机	Switch1
S-C3640-B		二层交换机	Switch2
S-C3640-C		二层交换机	Switch3

1.1.4 实验步骤

1. 搭建网络环境

启动 DynamipsGUI2.8,在“设备参数配置”中选择 3 个路由器、3 个交换机,路由器的设备类型选择 7200,交换机的设备类型选择 3640,分别加载 c7200-is-mz.124-19b.bin、c3640-is-mz.124-16.bin,生成网络设备。

按照图 1-1 中的拓扑结构进行连线。

启动 Router1.bat、Router2.bat、Router3.bat、Switch1.bat、Switch2.bat、Switch3.bat,让路由器、交换机运行起来,接着启动 SecureCRT-v6.58H,用 Telnet 的方式登录到网络设备上。

2. 设备基本配置及网络测试

(1) R-C7200-A 路由器基本配置。

对路由器 R-C7200-A 进行如下配置。

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# hostname R- C7200 - A
R- C7200 - A(config)# interface fastEthernet 0/0
R- C7200 - A(config- if)# ip address 10.10.10.1 255.255.255.0
R- C7200 - A(config- if)# no shutdown
R- C7200 - A(config- if)# exit
R- C7200 - A(config)# interface serial 1/0
R- C7200 - A(config- if)# ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
R- C7200 - A(config- if)# clock rate 64000
R- C7200 - A(config- if)# no shutdown
R- C7200 - A(config- if)# end
R- C7200 - A# write
```

(2) R-C7200-B 路由器基本配置。

对路由器 R-C7200-B 的配置与路由器 R-C7200-A 相似,为 R-C7200-B 的接口 Serial1/0、Serial1/1、fastEthernet0/0 配置 IP 地址并开启接口,这里省略。

(3) R-C7200-C 路由器基本配置。

对路由器 R-C7200-C 的配置与路由器 R-C7200-A 相似,为 R-C7200-C 的接口 Serial1/1、FastEthernet0/0 配置 IP 地址并开启接口,这里省略。

(4) S-C3640-A 交换机基本配置。

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname S-C3640-A
S-C3640-A(config)#exit
S-C3640-A#write
```

(5) S-C3640-B 交换机基本配置。

对交换机 S-C3640-B 的配置与交换机 S-C3640-A 相似,这里省略。

(6) S-C3640-C 交换机基本配置。

对交换机 S-C3640-C 的配置与交换机 S-C3640-A 相似,这里省略。

(7) 在 R-C7200-A 上查看路由表信息。

```
R-C7200-A#show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
  10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.10.10.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial1/0
```

由 R-C7200-A 的路由表信息可知,R-C7200-A 与 10.10.10.0、192.168.1.0/24 两个网络直接相连。

(8) 在 R-C7200-B 上查看路由表信息。

```
R-C7200-B#show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
  20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       20.20.20.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial1/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, Serial1/1
```

(9) 在 R-C7200-C 上查看路由表信息。

```
R-C7200-C#show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial1/1
    30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    30.30.30.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

(10) 在路由器 R-C7200-A 上测试 10.10.10.1 到 30.30.30.1 连通性。

```
R-C7200-A#ping 30.30.30.1 source 10.10.10.1
```

【说明】 上面命令是带源地址的 ping 命令。

```
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100 - byte ICMP Echos to 30.30.30.1, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 10.10.10.1
...
Success rate is 0 percent (0/5)
```

由测试结果可知,10.10.10.1 到 30.30.30.1 无法通信。

3. 在各路由器上配置静态路由

(1) 在 R-C7200-A 上配置静态路由。

```
R-C7200-A(config)#ip route 20.20.20.0 255.255.255.0 serial 1/0
R-C7200-A(config)#ip route 30.30.30.0 255.255.255.0 192.168.1.1
```

配置从路由器 R-C7200-A 到目标网络 20.20.20.0 和 30.30.30.0 的静态路由。

【说明】 静态路由的配置命令为“ip route 目标网络 子网掩码 本路由器出口的名称(或下一跳路由器入口的 IP 地址)”。

(2) 在 R-C7200-B 上配置静态路由。

```
R-C7200-B(config)#ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 serial 1/0
R-C7200-B(config)#ip route 30.30.30.0 255.255.255.0 serial 1/1
```

配置从路由器 R-C7200-B 到目标网络 10.10.10.0 和 30.30.30.0 的静态路由。

(3) 在 R-C7200-C 上配置静态路由。

```
R-C7200-C(config)#ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 serial 1/1
R-C7200-C(config)#ip route 20.20.20.0 255.255.255.0 serial 1/1
```

配置从路由器 R-C7200-C 到目标网络 10.10.10.0 和 20.20.20.0 的静态路由。

(4) 在 R-C7200-A 上查看路由表信息。

```
R-C7200-A# show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
 20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    20.20.20.0 is directly connected, Serial1/0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.10.10.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial1/0
 30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    30.30.30.0 [1/0] via 192.168.1.1
```

由 R-C7200-A 的路由表信息可知, R-C7200-A 上已经有了到网络 20.20.20.0、30.30.30.0 的静态路由。

(5) 在 R-C7200-B 上查看路由表信息。

```
R-C7200-B# show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
 20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    20.20.20.0 is directly connected, FastEthernet0/0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    10.10.10.0 is directly connected, Serial1/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial1/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial1/1
 30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    30.30.30.0 is directly connected, Serial1/1
```

(6) 在 R-C7200-C 上查看路由表信息。

```
R-C7200-C# show ip route
Codes: C - connected, S - static, 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
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    20.20.20.0 is directly connected, Serial1/1
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    10.10.10.0 is directly connected, Serial1/1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial1/1
    30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    30.30.30.0 is directly connected, FastEthernet0/0

```

4. 实验测试

(1) 在路由器 R-C7200-A 上测试 10.10.10.1 到 30.30.30.1 连通性。

```

R-C7200-A#ping 30.30.30.1 source 10.10.10.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 30.30.30.1, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 10.10.10.1
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 56/87/120 ms

```

由测试结果可知,配置了静态路由后 10.10.10.1 到 30.30.30.1 能够进行通信。

(2) 在路由器 R-C7200-A 上 ping 30.30.30.1。

```

R-C7200-A#ping 30.30.30.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 30.30.30.1, timeout is 2 seconds:
...
Success rate is 0 percent (0/5)

```

由测试结果可知,R-C7200-A 到 30.30.30.1 无法 ping 通。

【提示】 出现上述现象是由于 ping 命令的特性和路由表中的信息造成的。

在执行 ping 30.30.30.1 source 10.10.10.1 时,R-C7200-A 首先查看自己的路由表,发现存在到目标网络 30.30.30.0 的路由条目 30.30.30.0 [1/0] via 192.168.1.1,所以 R-C7200-A 将数据包转发到 192.168.1.1,数据包就到了 R-C7200-B。R-C7200-B 接着查看自己的路由表,发现存在到目标网络 30.30.30.0 的路由条目 30.30.30.0 is directly connected, Serial1/1,所以 R-C7200-B 将数据包从自己的接口 Serial1/1 转发出去,数据包就到了 R-C7200-C。R-C7200-C 查看自己的路由表,发现存在到目标网络 30.30.30.0 的路由条目 30.30.30.0 is directly connected, FastEthernet0/0,所以 R-C7200-C 将数据包从自己的接口 FastEthernet0/0 转发出去,数据包就到了目标网络 30.30.30.0。R-C7200-C 响应 R-C7200-A 的数据包进行类似的过程。

在执行 ping 30.30.30.1 时,无法 ping 通,原因在于使用 ping 命令时,如果不指明源接口,则 R-C7200-A 路由器使用 S1/0 接口的 IP 地址(192.168.1.2)作为 IP 数据包的源 IP