

# 第八讲 路由综合实验与故障诊断



# 路由综合实验与故障诊断

- OSPF介绍
- OSPF配置
- 路由综合实验举例
- 故障诊断

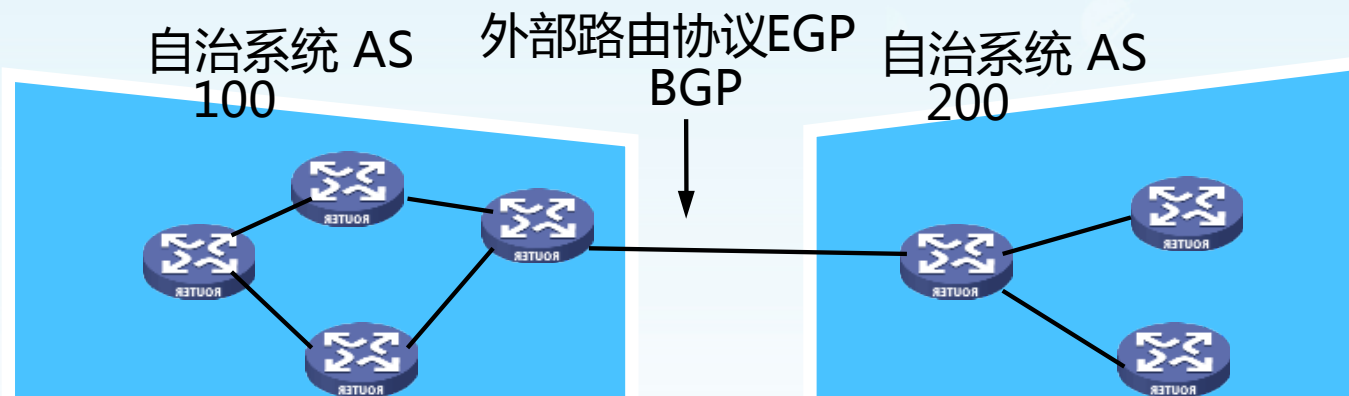


# OSPF介绍 — 概述

- OSPF (Open Shortest Path First)使用链路状态路由算法，是目前Internet上应用最广泛的Intra-AS路由协议。
- OSPF很复杂（244页RFC文档）
  - RIP仅39页RFC文档
- OSPF走过了一段很长的历史道路：
  - 1989: RFC 1131 OSPF Version 1
  - 1991: RFC 1247 OSPF Version 2
  - 1994: RFC 1583 OSPF Version 2 (revised)
  - 1997: RFC 2178 OSPF Version 2 (revised)
  - 1998: RFC 2328 OSPF Version 2 (current version)



# 自治系统

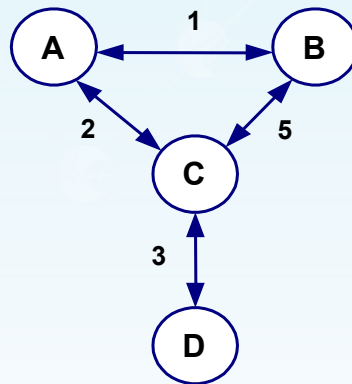
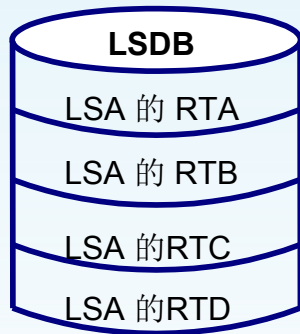
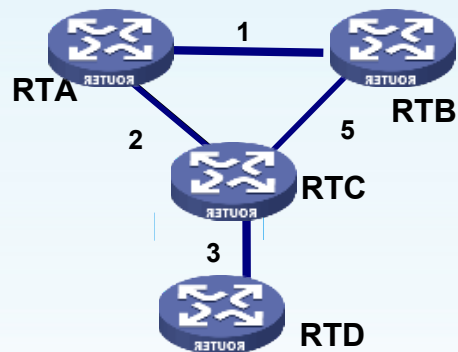


内部路由协议IGP  
RIP, IGRP, OSPF

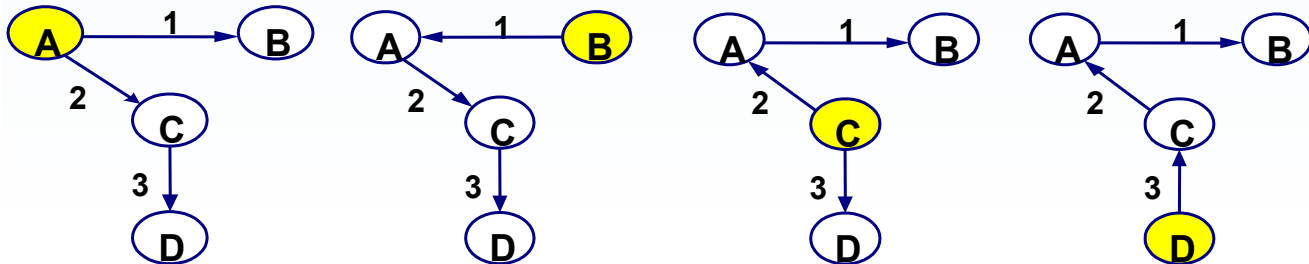
由同一机构管理，使用同一组选路策略（路由协议）的  
路由器的集合



# 链路状态路由协议算法



(一) 网络的拓扑结构 (二) 每台路由器的链 (三) 由链路状态数据库得到的带权有向图



(四) 每台路由器分别以自己为根节点计算最短路径树



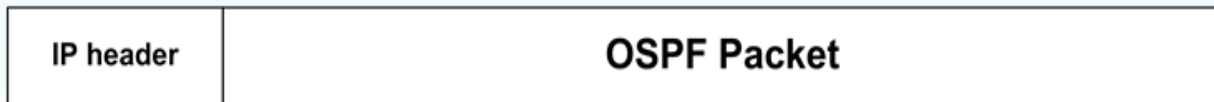
# OSPF介绍 – 特点

- OSPF 支持多种对距离的度量（物理距离，时延，带宽等）。
- 度量取值的范围是（0，65535），并且可以是不对称的。
- OSPF支持在开销相同的最短路线之间的负载平衡 (Load Balancing)
- OSPF支持分层路由（区域划分及路由分级）。
- OSPF支持Multicast路由。
- 安全
  - OSPF支持三种认证方式。

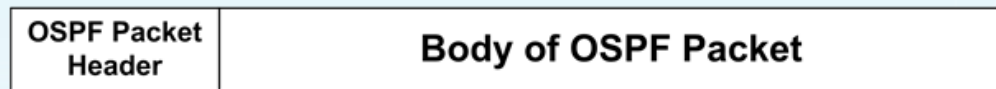


# OSPF介绍 – Packet格式

- OSPF Packet被直接封装在IP分组中传送。
- IP分组首部protocol域取值为89。



# OSPF介绍 – Packet格式 (续)

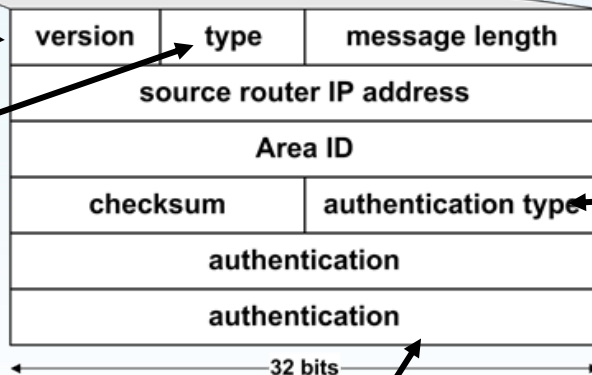


2: OSPF V2

Message types:

- 1: Hello
- 2: Database description
- 3: Link Status request
- 4: Link state update
- 5: Link state ack

- 0: can be anything
- 1: 64-bit cleartext password
- 2: 0x0000 (16 bits)  
KeyID (8 bits)  
length of Message Digest (8 bits)  
sequence number (32 bits)



- 0: null authentication
- 1: simple password authentication
- 2: cryptographic authentication

Message Digest 被附在  
OSPF Packet 的后面





# OSPF介绍- Packet类型

Type	Packet name	Protocol function
1	Hello	发现和维持邻居节点
2	Database Description	当发现新邻居节点时，向该邻居节点报告自己的数据库内容
3	Link State Request	向邻居节点请求链路信息
4	Link State Update	向邻居节点发送链路信息
5	Link State Ack	应答Link State Update

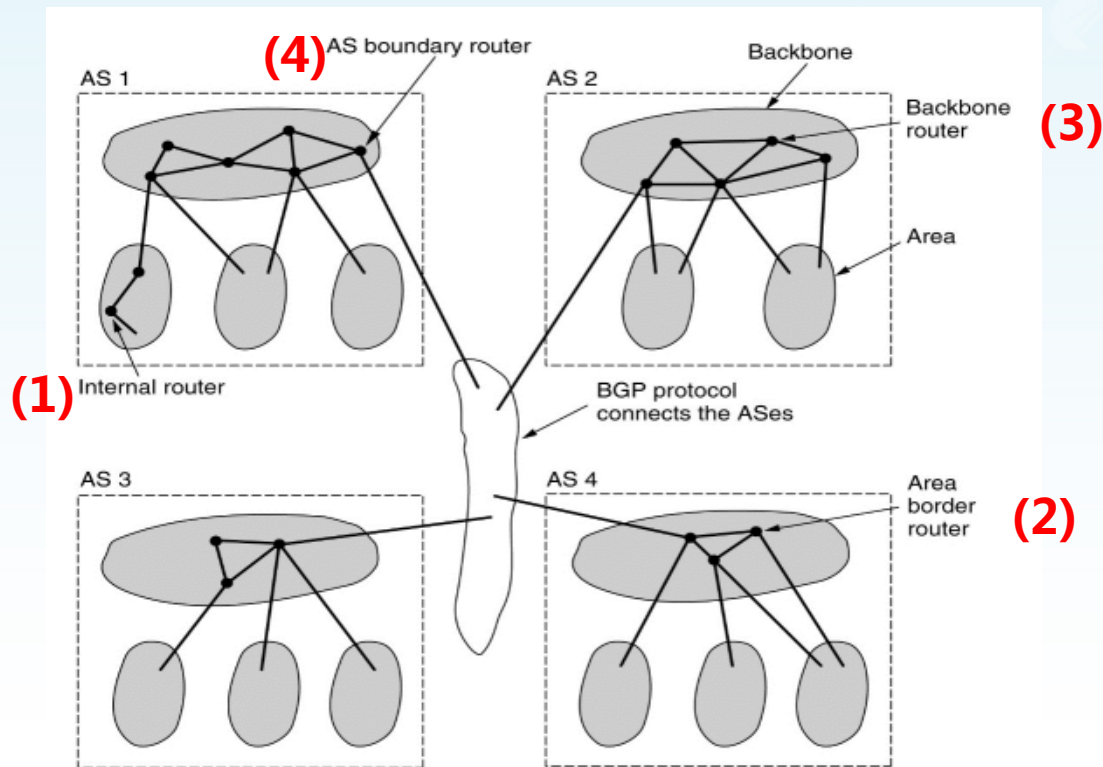


# OSPF介绍 – 分层路由

- OSPF支持两层路由结构：
  - Area：运行最短路径算法的基本单位
  - Backbone：所有Area都连接到Backbone
- 四种路由器（四种概念所定义的集合可以相交）
  - Area internal router
  - Area border router
  - Backbone router
  - AS boundary router



# OSPF介绍 – 分层路由 (续)



# OSPF介绍 – 与RIP比较

## OSPF

- 链路状态路由算法
- 收敛速度快
- 支持多种对链路开销的度量
- 没有网络范围的限制
- 复杂
- 在大规模的AS中应用较多

## RIP

- 距离向量路由算法
- 收敛速度慢
- 仅能用跳数来表示链路的开销
- 最大网络范围是15跳
- 简单
- 在小规模的AS中应用较多



# OSPF配置 — 创建/关闭OSPF进程

- 要在路由器上使能OSPF功能，必须先创建OSPF进程、指定该进程关联的区域以及区域包括的网段。

- 创建/关闭OSPF进程

```
[H3C]ospf [ process-id | router-id router-id ]
```

```
[H3C]undo ospf process-id
```

*process-id* 为进程号，缺省值为1。目前，系统支持OSPF多进程。当在一台路由器上启动多个OSPF进程时，需要指定不同的进程号。OSPF进程号是本地概念，不影响与其它路由器之间的报文交换。因此，不同的路由器之间，即使进程号不同也可以进行报文交换。

注：

- (1) 缺省情况下，系统不运行OSPF协议，即不运行OSPF进程。
- (2) OSPF的大部分特性都需要在OSPF视图下配置，接口视图下也有部分OSPF相关属性的配置。



# OSPF配置 — Router ID

- 配置路由器的ID:  
[H3C] router id *router-id*  
例如：[H3C] router id 1.1.1.1
- 取消路由器的ID:  
[H3C] undo router id

注：1. 路由器的ID号是一个32比特的无符号整数，为点分十进制格式，它是路由器所在自治系统中的唯一标识。一台路由器如果要运行OSPF协议，则必须存在Router ID

。

2. 如果路由器所有的接口都没有配置IP地址，那么用户必须配置路由器ID号，否则OSPF无法运行。

3. 通常的做法是将路由器的ID配置为与该路由器某个接口的IP地址，Router ID，则按照下面的规则进行选择：这样便可以保证它的唯一性。缺省情况下，未配置全局Router ID。如果没有配置全局

(1) 如果存在配置IP地址的Loopback接口，则选择Loopback接口地址中最大的作为Router ID

(2) 如果没有配置IP地址的Loopback接口，则从其他接口的IP地址中选择最大的作为Router ID（不考虑接口的up/down状态）



# OSPF配置 — 配置接口所在区域

创建/删除区域

```
[H3C-ospf-1] [undo] area area-id
```

例如：[H3C-ospf-1] area 0

```
[H3C-ospf-1-area-0.0.0.0]
```

在区域中指定/取消网段

```
[H3C-ospf-1-area-0.0.0.0] [undo] network ip-addr wildcard-mask
```

*ip-addr* : 路由器接口IP或路由器接口所在的网段地址

*wildcard-mask*: 反子网掩码

例如：[H3C-1-ospf-area0] network 192.168.1.1 0.0.0.255

也可以在指定接口上使能ospf(仅V7支持此配置命令)

```
[H3C- Serial1/0] ospf process-id area area-id
```

```
[H3C- Serial1/0] ospf 1 area 0
```

注：在系统视图下使用**ospf** 命令启动OSPF 后，还必须在区域视图下向该区域中加入网段，然后OSPF才会在该网段上运行（V5&V7）。



# OSPF配置 — 路由引入

- 引入/取消其它协议的路由

```
[H3C-ospf-1] [undo] import-route protocol  
protocol: Direct, Static, RIP, BGP, IS-IS
```

当OSPF网络中的设备需要访问运行其他协议的网络中的设备时，需要将其他协议的路由引入到OSPF网络中。

OSPF是一个无环路的动态路由协议，但这是针对域内路由和域间路由而言的，其对引入的外部路由环路没有很好的防范机制，所以在配置OSPF引入外部路由时一定要慎重，防止手工配置引起的环路。

注：在缺省情况下，OSPF不引入其它协议的路由。



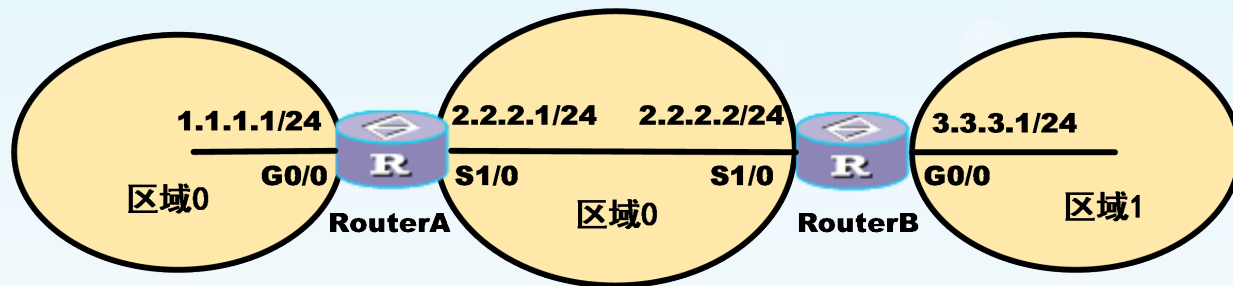


# OSPF配置 — 显示与调试

- 显示当前OSPF运行状态与配置信息  
[任意视图] display ospf
- 对OSPF报文进行调试
  - <H3C> terminal debugging
  - <H3C> terminal monitor
  - <H3C> debugging ospf 1 packet [interface *type num*]
- 关闭OSPF报文调试
  - <H3C> undo debugging ospf packet



# OSPF配置 — 举例(V5&V7)

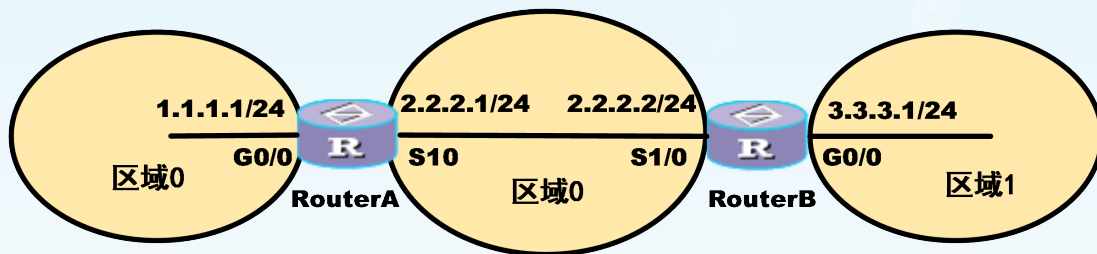


配置  
RouterA

```
[RouterA] router id 1.1.1.1
[RouterA] interface serial 1/0
[RouterA-serial1/0] ip address 2.2.2.1 24
[RouterA-serial1/0] interface G 0/0
[RouterA-G0/0] ip address 1.1.1.1 24
[RouterA] ospf
[RouterA-ospf-1] area 0
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.1 0.0.0.255
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 2.2.2.1 0.0.0.255
```



# OSPF配置 — 举例(V5&V7续)

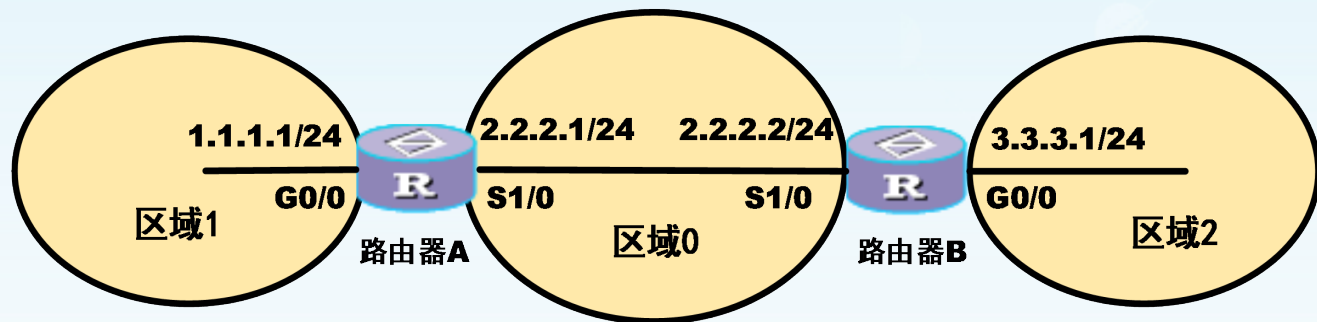


配置  
RouterB

```
[RouterB] router id 3.3.3.1
[RouterB] interface serial 1/0
[RouterB-serial1/0] ip address 2.2.2.2 24
[RouterB-serial1/0] interface G 0/0
[RouterB-G0/0] ip address 3.3.3.1 24
[RouterB] ospf
[RouterB-ospf-1] area 0
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 2.2.2.2 0.0.0.255
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] area 1
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.1] network 3.3.3.1 0.0.0.255
```



# OSPF配置 — 举例(V7)



路由器A

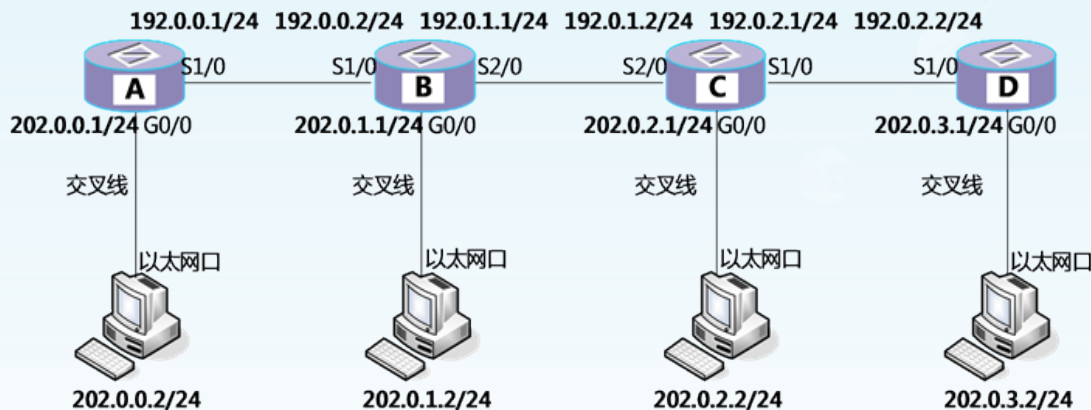
```
router id 1.1.1.1
ospf
interface Gigabitethetnet 0/0
ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0
ospf 1 area 1
interface serial 1/0
ip addr 2.2.2.1 255.255.255.0
ospf 1 area 0
```

路由器B

```
router id 3.3.3.1
ospf
interface Gigabitethetnet 0/0
ip addr 3.3.3.1 255.255.255.0
ospf 1 area 2
interface serial 1/0
ip addr 2.2.2.2 255.255.255.0
ospf 1 area 0
```



# 综合实验举例 — 实验环境



要求

- 路由器之间的链路层协议都封装PPP
- 在路由器A与B之间使用静态路由
- 在路由器B与C之间运行路由协议RIP
- 在路由器C与D之间运行路由协议OSPF



# 综合实验举例 — 路由配置

- 路由器A
  - [RA] ip route-static 0.0.0.0 0 192.0.0.2
- 路由器B
  - [RB] ip route-static 202.0.0.0 24 192.0.0.1
  - [RB] rip
  - [RB-rip-1] network 192.0.1.1
  - [RB-rip-1] network 202.0.1.1



## 综合实验举例 — 路由配置（续）

- 路由器C
  - [RC] rip
  - [RC-rip-1] network 192.0.1.2
  - [RC-rip-1] network 202.0.2.1
  - [RC] ospf
  - [RTC-ospf-1]area 0
  - [RC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.0.2.0 0.0.0.255
  - [RC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 202.0.2.0 0.0.0.255
  - [RC-G0/0] ospf 1 area 0 //V7特有命令
  - [RC-Serial1/0] ospf 1 area 0 //V7特有命令



## 综合实验举例 — 路由配置（续）

- 路由器D
  - [RD] ospf
  - [RD-ospf-1]area 0
  - [RD-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.0.2.0 0.0.0.255
  - [RD-ospf-1-area-0.0.0.0]network 202.0.3.0 0.0.0.255
  - [RD-G0/0] ospf 1 area 0 //V7特有命令
  - [RD-Serial1/0] ospf 1 area 0 //V7特有命令





# 综合实验举例 — 路由引入

路由器RB上的路由表(主要部分)：

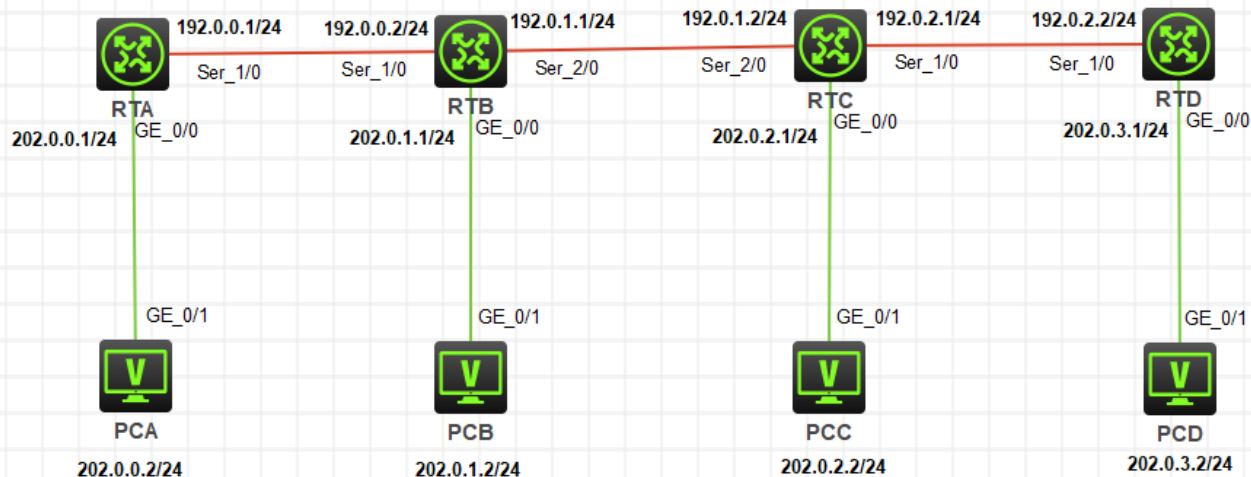
[RB] display ip routing-table  
Routing Tables:

Destination/Mask	Proto	Pref	Metric	Nexthop	Interface
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	LoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	LoopBack0
192.0.0.0/24	Direct	0	0	192.0.0.2	Serial1/0
192.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	LoopBack0
192.0.0.1/32	Direct	0	0	192.0.0.1	Serial1/0
192.0.1.0/24	Direct	0	0	192.0.1.1	Serial2/0
192.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	LoopBack0
192.0.1.2/32	Direct	0	0	192.0.1.2	Serial2/0
202.0.1.0/24	Direct	0	0	202.0.1.1	GE0/0
202.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	LoopBack0
202.0.0.0/24	Static	60	1	192.0.0.1	Serial1/0
202.0.2.0/24	RIP	100	1	192.0.1.2	Serial2/0

由上可见，路由表的信息缺少到202.0.3.0/24和192.0.2.0/24的表项



# 综合实验举例 — 路由引入



# 综合实验举例 — 路由引入

路由器RB上的路由表（模拟器全部）：

[RTB]display ip routing-table

Destinations : 24      Routes : 24

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.0.0/24	Direct	0	0	192.0.0.2	Ser1/0
192.0.0.0/32	Direct	0	0	192.0.0.2	Ser1/0
192.0.0.1/32	Direct	0	0	192.0.0.1	Ser1/0
192.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.0.255/32	Direct	0	0	192.0.0.2	Ser1/0
192.0.1.0/24	Direct	0	0	192.0.1.1	Ser2/0
192.0.1.0/32	Direct	0	0	192.0.1.1	Ser2/0
192.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.1.2/32	Direct	0	0	192.0.1.2	Ser2/0
192.0.1.255/32	Direct	0	0	192.0.1.1	Ser2/0
202.0.0.0/24	Static	60	0	192.0.0.1	Ser1/0
202.0.1.0/24	Direct	0	0	202.0.1.1	GE0/0
202.0.1.0/32	Direct	0	0	202.0.1.1	GE0/0
202.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
202.0.1.255/32	Direct	0	0	202.0.1.1	GE0/0
202.0.2.0/24	RIP	100	1	192.0.1.2	Ser2/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

由上可见，路由表的信息缺少到202.0.3.0/24和192.0.2.0/24的表项



# 综合实验举例 — 路由引入

路由器RC上的路由表（模拟器全部）：

[RTC]display ip routing-table

Destinations : 24      Routes : 24

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.1.0/24	Direct	0	0	192.0.1.2	Ser2/0
192.0.1.0/32	Direct	0	0	192.0.1.2	Ser2/0
192.0.1.1/32	Direct	0	0	192.0.1.1	Ser2/0
192.0.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.1.255/32	Direct	0	0	192.0.1.2	Ser2/0
192.0.2.0/24	Direct	0	0	192.0.2.1	Ser1/0
192.0.2.0/32	Direct	0	0	192.0.2.1	Ser1/0
192.0.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.2.2/32	Direct	0	0	192.0.2.2	Ser1/0
192.0.2.255/32	Direct	0	0	192.0.2.1	Ser1/0
202.0.1.0/24	RIP	100	1	192.0.1.1	Ser2/0
202.0.2.0/24	Direct	0	0	202.0.2.1	GE0/0
202.0.2.0/32	Direct	0	0	202.0.2.1	GE0/0
202.0.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
202.0.2.255/32	Direct	0	0	202.0.2.1	GE0/0
202.0.3.0/24	O_INTRA	10	1563	192.0.2.2	Ser1/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

由上可见，路由表的信息缺少到202.0.0.0/24和192.0.0.0/24的表项



# 综合实验举例 — 路由引入

路由器RD上的路由表（模拟器全部）：

[RTD]dis ip ro

Destinations : 18      Routes : 18

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.2.0/24	Direct	0	0	192.0.2.2	Ser1/0
192.0.2.0/32	Direct	0	0	192.0.2.2	Ser1/0
192.0.2.1/32	Direct	0	0	192.0.2.1	Ser1/0
192.0.2.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.0.2.255/32	Direct	0	0	192.0.2.2	Ser1/0
202.0.2.0/24	O_INTRA	10	1563	192.0.2.1	Ser1/0
202.0.3.0/24	Direct	0	0	202.0.3.1	GE0/0
202.0.3.0/32	Direct	0	0	202.0.3.1	GE0/0
202.0.3.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
202.0.3.255/32	Direct	0	0	202.0.3.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

由上可见，路由表的信息缺少到202.0.0.0/24，202.0.1.0/24，192.0.0.0/24，192.0.1.0/24的表项

## 综合实验举例 — 路由引入（续）

- 路由器B
  - [RB-rip-1] import-route static
  - [RB-rip-1] import-route direct
- 路由器C
  - [RC-rip-1] import-route ospf
  - [RC-rip-1] import-route direct
  - [RC] ospf
  - [RC-ospf-1] import-route rip
  - [RC-ospf-1] import-route direct

至此，整个网络应该完全连通



# 故障诊断 — 故障分类

- 连通性问题
  - 硬件故障（网络设备、传输介质、电源等）
  - 软件配置问题
  - 兼容性问题
- 性能问题
  - 网络拥塞
  - 路由环路



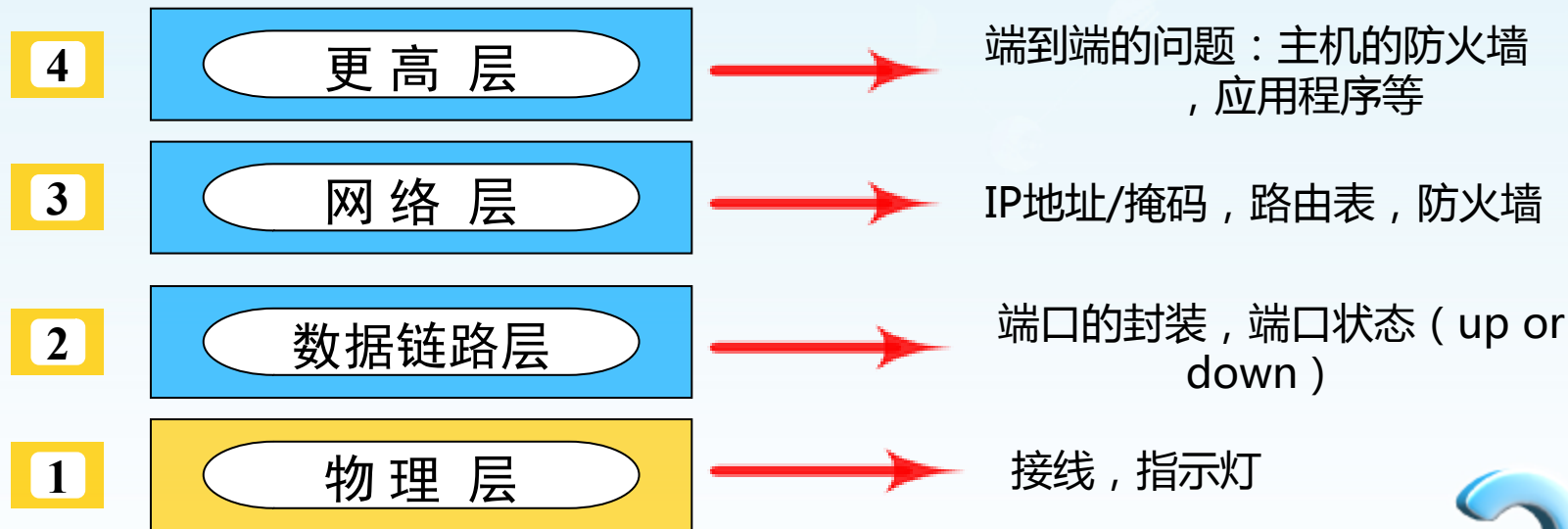
# 故障诊断 — 诊断方法

- 分层
  - 按照网络协议层由下至上诊断故障
- 分段
  - 将网络划分为不同的部分来分别诊断故障
- 替换法
  - 通过替换网络组件来确定故障位置





# 故障诊断 — 分层诊断



由下至上诊断故障



# 故障诊断 — 分段诊断

- 把网络分段，逐段排除故障
  - 主机本身
  - 主机到路由器
  - 路由器本身
  - 路由器到路由器



# 故障诊断 — 替换法

- 替换法是检查硬件问题最常用的方法
  - 当怀疑是网线问题时，更换一根确定是好的网线试一试；
  - 当怀疑是接口模块有问题时，更换一个其它接口模块试一试
- 在实际网络故障排错时，可以先用分段法找出故障大概位置，然后再用替换法确定之。



# 故障诊断 — 诊断工具

- ping 命令
- tracert 命令
- display 命令
- debugging 命令
- Wireshark



## 故障诊断 — display命令

- display current-configuration
- display interface *type number*
- display ip routing-table
- display acl
- display firewall
- display nat
- display rip
- display ospf



# 故障诊断 — display命令 ( 续 )

```
[H3C]display interface Serial 1/0
```

```
Serial1/0
```

```
Current state: UP
```

```
Line protocol state: UP
```

```
Description: Serial1/0 Interface
```

```
Bandwidth: 64 kbps
```

```
Maximum transmission unit: 1500
```

```
Hold timer: 10 seconds, retry times: 5
```

```
Internet address: 202.0.0.2/24 (primary)
```

```
Link layer protocol: PPP
```

```
LCP: opened, IPCP: opened
```

```
Output queue - Urgent queuing: Size/Length/Discards 0/100/0
```

```
Output queue - Protocol queuing: Size/Length/Discards 0/500/0
```

```
Output queue - FIFO queuing: Size/Length/Discards 0/75/0
```

```
Last link flapping: 0 hours 3 minutes 37 seconds
```

```
Last clearing of counters: Never
```

```
Current system time:2020-10-18 09:40:14
```

```
Last time when physical state changed to up:2020-10-18 09:36:36
```

```
Last time when physical state changed to down:2020-10-18 09:36:34
```



## 故障诊断 — debugging命令

- 开启debugging
  - < H3C > terminal debugging
  - < H3C > terminal monitor
  - < H3C > debugging rip 1 packet [interface *type num*]
- 关闭debugging
  - < H3C > undo debugging rip 1 packet



# 故障诊断 — Wireshark

- 对于交换机，可以结合端口镜像功能来使用
- 观察ICMP消息来诊断故障
- 观察协议的运行过程来诊断故障







## 感谢大家的理解与合作 本课程讲课部分结束！

- 不闻不若闻之，
- 闻之不若见之，
- 见之不若知之，
- 知之不若行之。
- 学至于行而止矣。

——《荀子·儒效》

希望大家学以致用