第 3 章　RIP 路由协议

本章重点介绍 RIP 的工作原理、RIP 的两个版本的特点、RIP 的基本配置和调试检测、浮动静态路由的作用、被动接口与单播更新的应用以及 RIP 的认证与触发更新等。

3.1　RIP 理论基础

3.1.1　RIP 综述

RIP 协议是使用最广泛的距离矢量路由选择协议，是 Internet 中常用的路由协议。RIP 采用距离矢量算法，其度量(Metric)是基于跳数(用距离表示)的，每经过一台路由器，路径的跳数加 1。这样，跳数越多，距离越长，RIP 算法总是优先选择跳数最少的路径。它允许的最大跳数为 15，任何超过 15 的跳数(如 16)均被标记为不可达。另外，RIP 每隔 30s(按时间驱动路由更新，同时无论何时检测到网络拓扑结构发生改变也触发更新)向 UDP 端口 520 发送一次路由信息广播，广播自己的全部路由表，每一个 RIP 数据包包含一个指令、一个版本号和一个路由域以及最多 25 条路由信息，因而容易造成网络广播风暴，影响收敛速度，所以 RIP 只适用于小型的同构网络。

1. RIP 的两个版本 RIP v1 和 RIP v2

RIP v1 和 RIP v2 有以下共同特性：

(1) 以到达目的网络的最小跳数作为路由选择度量标准，而不是以链路带宽和延迟进行选择。

(2) 最大跳数为 15 跳，这限制了网络的规模。

(3) 默认路由更新周期为 30s，同时支持触发更新，并使用 UDP 协议的 520 端口。

(4) 管理距离为 120。

(5) 支持等价路径(在等价路径上负载均衡)，默认为 4 条，最大为 6 条；

RIP v1 和 RIP v2 的不同特性见表 3-1。

RIP 有以下缺点：

(1) 以跳数作为度量值，会选出非最优路由。

(2) 度量值最大为 16，限制了网络的规模。

(3) 可靠性差，它接受来自任何设备的更新。

(4) 收敛速度慢，通常要 5min 左右；容易造成路由环路。为了避免路由环路，RIP 采用水平分割、毒性逆转、定义最大跳数、触发更新和抑制计时 5 个机制来避免路由环路。

(5) 因发送全部路由表中的信息，RIP 协议占用太多的带宽。

表 3-1 RIP v1 和 RIP v2 的区别

RIP v1	RIP v2
是一个有类别路由协议，不支持不连续子网设计（在同一路由器中其子网掩码相同），不支持全 0 全 1 子网	是一个无类别路由协议，支持不连续子网设计（在同一路由器中其子网掩码可以不同），支持全 0 全 1 子网
不支持 VLSM 和 CIDR	支持 VLSM 和 CIDR
每 30s 采用广播地址 255.255.255.255 发送路由更新	每 30s 采用组播地址 224.0.0.9 发送路由更新
不提供认证	提供明文和 MD5 认证
通常在路由选择更新包中最多可以携带 25 条路由条目，不包含子网掩码信息。但在同属一个主类网络（如 172.16.0.0/16）且子网掩码长度都为 24（172.16.1.0/24、172.16.1.0/24 属不同子网）时，RIP v1 仍能识别；其接收子网路由的原则是以接收接口的掩码长度作为子网路由条目的掩码长度	在路由选择更新包中，在有认证的情况下最多只能携带 24 条路由，包含子网掩码信息和下一跳路由器的 IP 地址
默认自动汇总，且不能关闭自动汇总	默认自动汇总，但能用命令 no auto-summary 关闭自动汇总
路由表查询方式由大类到小类（即先查询主类网络，把属同一主类的全找出来，再在其中查询子网号）	路由表中每个路由条目都携带自己的子网掩码和下一跳地址，查询机制是由小类到大类（按位查询，最长匹配、精确匹配，先检查 32 位掩码）

3.1.2 RIP 的工作过程

RIP 的工作原理如下。

（1）RIP 启动时，初始 RIP 数据库（Database）仅包含本路由器声明的直连路由。

（2）RIP 协议启动后向各个接口广播或组播一个 RIP 请求（REQUEST）报文。

（3）邻居路由器的 RIP 协议从某接口收到此请求（REQUEST）报文，根据自己的 RIP Database 形成 RIP 更新（Update）报文，向该接口对应的网络广播。

（4）RIP 接收到邻居路由器回复的包含邻居路由器 RIP Database 的更新（Update）报文后，重新生成自己的 RIP Database。

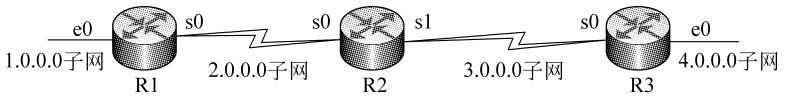
（5）RIP 的 Metric 以跳数为计算标准，最大有效跳数为 15 跳，16 跳为无穷大，代表无效。

（6）RIP 依赖 3 种定时器维护其 RIP Database 的路由信息的更新：更新定时器为 30 秒，路由失效定时器为 180 秒，清除路由条目时间为 240 秒。

下面以图 3-1～图 3-3 为例，来说明距离矢量算法的工作过程。

RIP 路由协议刚运行时，路由器之间还没有开始互发路由更新包。每个路由器的路由表里只有自己所直接连接的网络（直连路由），其距离为 0，是绝对的最佳路由，如图 3-1 所示。

路由器知道了自己直连的子网后，每 30 秒就会向相邻的路由器发送路由更新包，相



R1路由表

子网	接口	距离
1.0.0.0	e0	0
2.0.0.0	s0	0

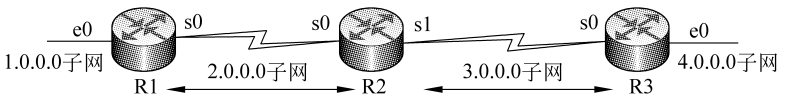
R2路由表

子网	接口	距离
2.0.0.0	s0	0
3.0.0.0	s1	0

R3路由表

子网	接口	距离
3.0.0.0	s0	0
4.0.0.0	e0	0

图 3-1　路由表的初始状态



R1路由表

子网	接口	距离
1.0.0.0	e0	0
2.0.0.0	s0	0
3.0.0.0	s0	1

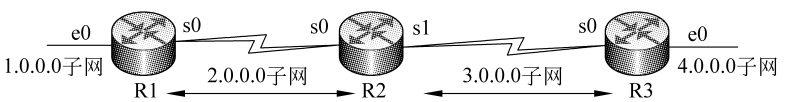
R2路由表

子网	接口	距离
2.0.0.0	s0	0
3.0.0.0	s1	0
1.0.0.0	s0	1
4.0.0.0	s1	1

R3路由表

子网	接口	距离
3.0.0.0	s0	0
4.0.0.0	e0	0
2.0.0.0	s0	1
1.0.0.0	s0	2

图 3-2　路由器开始向邻居发送路由更新包，通告自己直接连接的子网



R1路由表

子网	接口	距离
1.0.0.0	e0	0
2.0.0.0	s0	0
3.0.0.0	s0	1
4.0.0.0	s0	2

R2路由表

子网	接口	距离
2.0.0.0	s0	0
3.0.0.0	s1	0
1.0.0.0	s0	1
4.0.0.0	s1	1

R3路由表

子网	接口	距离
3.0.0.0	s0	0
4.0.0.0	e0	0
2.0.0.0	s0	1
1.0.0.0	s0	2

图 3-3　路由器把从邻居那里学习到的路由放进路由更新包，通告给其他邻居

邻路由器收到对方的路由信息后，先将其距离加 1，并改变接口为自己收到路由更新包的接口，再与自己的路由表比较，以 R1 为例：

（1）若自己的路由表中无此条目（目标网络），则加入该条目，如（3.0.0.0，s0，1）。

（2）若自己的路由表中有此条目（目标网络），则比较距离，取最小距离的条目，如（2.0.0.0，s0，10），为原来自己的路由条目。R1 此次交换产生的路由表如图 3-2 所示。

（3）若 180 秒（无效计时器）仍没有收到邻居路由器的 RIP 更新报文，则标记此路由条目失效（设置距离为 16）。

（4）若 240 秒（废除计时器）仍没有收到邻居路由器的 RIP 更新报文，则删除此路由条目。

路由器再把路由表放进路由更新包，再向邻居发送，如此重复，路由器就可以学习到远程子网的路由了，如图 3-3 所示。路由器 R1 再次从路由器 R2 处学习到路由器 R3 所直接连接的子网“4.0.0.0 s0 2”；路由器 R3 也能从路由器 R2 处学习到路由器 R1 所直接连接的子网“1.0.0.0 s0 2”，距离值在原基础上增 1 后变为 2。

待全网拓扑结构稳定，路由表中所反映的拓扑保持一致时，网络收敛。

3.1.3 路由环路

距离矢量路由协议通过定期广播路由表来跟踪互联网的变化，收敛慢，因此每台路由器不能同时或接近同时完成路由表的更新，因而产生了不协调或者矛盾的路由选择条目，就会发生路由环路问题，致使用户的数据包不停地在网络上循环发送，造成网络资源的严重浪费。

解决路由环路问题有6种方法：定义最大值、水平分割技术、路由中毒、反向路由中毒、控制更新时间、触发更新。

1. 定义最大值

距离矢量路由算法可以通过IP头部中的生存时间(TTL)来纠错。RIP定义了一个最大的跳数16，路由更新信息向网络中的路由器最多发送15次，16就视为网络不可到达。

2. 水平分割(Split Horizon)

水平分割的规则和原理是：路由器从某个接口接收到的更新信息不允许再从这个接口发回去。它能够阻止路由环路的产生；减少路由器更新信息占用的链路带宽资源。例如有3台路由器R1、R2和R3。R2向R3学习到访问网络4.0.0.0的路径以后，不再向R3声明自己可以通过R3访问4.0.0.0网络的路径信息；R1向R2学习到访问4.0.0.0网络路径信息后，也不再向R2声明；而一旦网络4.0.0.0发生故障无法访问，R3会向R1和R2发送该网络不可达到的路由更新信息，但不会再学习R1和R2发送的能够到达4.0.0.0的错误信息。

3. 路由中毒(Router Poisoning)

将不可达网络度量值置为无穷大(如RIP中置跳数为16)，而不是从路由表中删除这条路由表项，并向所有的邻居路由器发送此路由不可达的信息。这种为了删除路由信息而洪泛的行为，被称为路由中毒。假设有3台路由器R1、R2和R3，当网络4.0.0.0出现故障无法访问的时候，路由器R3便向邻居路由发送相关路由更新信息，并将其度量值标为无穷大，告诉它们网络4.0.0.0不可到达，路由器R2收到毒化消息后将该链路路由表项标记为无穷大，表示该路径已经失效，并向邻居R1路由器通告，依次毒化各个路由器，告诉邻居4.0.0.0这个网络已经失效，不再接收更新信息，从而避免了路由环路。

4. 反向中毒(也称为毒化反转)

当路由器R2看到到达网络4.0.0.0的度量值为无穷大的时候，就发送一个叫做毒化逆转的更新信息给R3路由器，说明4.0.0.0这个网络不可到达，这是超越水平分割的一个特例，这就保证了所有的路由器都接收到毒化的路由信息。

5. 抑制更新时间

当路由器收到一个网络不可达信息后，标记此路由不可访问，并启动一个抑制计时器，如果再次收到从邻居发送来的此路由可达的更新信息，就标记为可以访问，并取消抑制计时器。反之，在抑制计时器内仍没有收到任何更好的更新，就向其他路由传播此路由不可访问的信息。

6. 触发更新

正常情况下，路由器30s将路由表发送给邻居路由器。触发更新指当检测到网络故障时，路由器会立即发送一个更新信息给邻居路由器，并依次传播到整个网络。

以上6种解决方案可以同时工作，以防止在更复杂的网络设计中出现路由环路问题。

3.1.4 RIP中的计时器

RIP中一共使用了5个计时器：update timer(更新计时器)、timeout timer(无效计时器)、garbage timer(废除计时器)、holddown timer(抑制计时器)和触发更新计时器(Sleep Timer)。

1. 更新计时器

用于设置定期路由更新的时间间隔，一般为30s。即运行RIP协议的路由器向所有接口广播自己的全部路由表的时间间隔。

2. 无效计时器

路由器在认定一个路由成为无效路由之前所需要等待的时间，无效计时器默认是180s。如果在无效计时器所规定的时间内，路由器还没有收到此路由信息的更新，则路由器标记此路由失效(不可达)，并向所有接口广播不可达更新报文。如果在无效计时器所规定的时间内，路由器收到此路由信息的更新，就将该计数器复位(置0)。

3. 抑制计时器

用于设置路由信息更新被抑制的时间。当收到指示某个路由为不可达的更新数据包时(此路由标记为无效路由)，路由器将会进入保持失效状态，在这个状态下路由器保持其路由状态不变，不会理会所有关于此路由更差度量的路由信息，一直保持到一个带有更好度量的更新数据包到达，或这个保持失效定时器的时间到期。只有某一路由标记为不可达时，才在此路由上启动抑制计时器，默认为180s。

4. 废除计时器

用于设置某个路由成为无效路由并将它从路由表中删除的时间间隔，即路由条目废除的时间，默认为240s。在将它从表中删除前，路由器会通告它的邻居这个路由即将消亡。

废除有两种意思：

(1) 如果在废除时间内没有收到更新报文，那么该目的路由条目将被直接删除。

(2) 如果在废除时间内收到更新报文，那么该目的路由条目的废除计时器被刷新(置0)。

5. 触发更新计时器

在触发更新中使用的一种计时器，触发更新计时器使用1～5s的随机值来避免触发更新风暴。

改变计时器的命令格式如下：

```
Router(config-router)#timers basic update timeout holddown garbage
Router(config-router)#timers basic 30 90 100 300
```

以上命令定义路由更新、无效、抑制和废除时间分别为30、90、100和300。

注意：连接在同一网络中各路由器上的RIP定时器应该保持一致，可用no timers basic恢复默认值：

```
Router(config-router)#no timers basic
```

3.2 RIP的配置

3.2.1 RIP的配置步骤和常用命令

1. RIP配置步骤

RIP配置步骤如下：

(1) Router(config)#**router rip** /*设置路由协议为RIP*/

(2) Router(config-router)#**version** {**1**|**2**}

/*定义版本号为1或2，通常1为默认值*/

(3) Router(config-router)#**network network-number**

其中，network-number(网络号)必须是路由器直连的网络；如果是v1版本，这里必须是有类别的网络号，严格按A、B、C分类网络。

```
Router(config-router)#network 172.16.1.0
Router(config-router)#network 172.16.2.0
```

对v1版本，172.16.1.1与172.16.2.1的网络属同一大类网络，即B类172.16.0.0(即使用两条network，用show run命令显示时汇总为一条)。此时可按下面两种方式之一判定地址的网络前缀：

(1) 如果收到的网络信息与接收接口属于同一网络，选用配置在接收接口上的子网掩码。

(2) 如果收到的网络信息与接收接口不属于同一网络，选用大类别子网掩码，如A类为255.0.0.0，B类为255.255.0.0，C类为255.255.255.0。

对 v2 版本，172.16.1.1 与 172.16.2.1 的网络在路由表中通过使用子网掩码 255.255.255.0 属不同子网，可以有两条不同的路由条目。但用 show run 命令显示时仍汇总为一条。

2. 其他配置命令

```
Router(config-router)#timers basic update timeout holddown garbage
```

以上命令定义路由更新、无效、抑制和废除时间。

```
Router(config-router)#no timers basic          /*恢复各定时器为默认值*/
Router(config-if)#no ip split-horizon          /*抑制水平分割*/
Router(config-router) #passive-interface serial 1/2
```

上一行命令定义路由器的 s1/2 为被动接口。被动接口将抑制动态更新，禁止路由器的路由选择更新信息通过 s1/2 发送到另一个路由器。

```
Router(config-router) #neighbor network-number
```

以上命令配置向邻居路由器用单播发送路由更新信息，即此路由为单播路由。

注意：单播路由不受被动接口的影响，也不受水平分割的影响。

```
Router(config-router)#no auto-summary
```

以上命令关闭自动汇总，RIP 默认时打开自动汇总，且在 v1 版本中无法关闭。

3. 相关调试命令

(1) show ip protocols 显示与 RIP 路由协议相关的信息，下面逐行解释信息的内容。

```
RouterA#show ip protocols                      /*查看当前路由器所使用的路由协议*/
Routing Protocol is "rip"
```

表明此路由器上运行的路由协议为 RIP。

```
Sending updates every 30 seconds, next due in 1 seconds
```

表明该路由协议每 30s 发送一个数据更新(更新计时器)，下次更新是在 1s 之后。

```
Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
```

表明 180s 内没有收到过路由更新，则标记该路由失效(失效计时器)；在失效后 180s 内仍保持失效状态(抑制计时器)；如果在 240s 之后一直没有收到该路由更新，则从路由表中删除此路由条目(废除计时器)。

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

表明在出口方向没有设置过滤列表。

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

表明在入口方向没有设置过滤列表。

```
Redistributing: rip
```

表明只运行了RIP协议，没有其他协议重分布进来。

```
Default version control: send version 2, receive 2
```

默认版本控制：接收和发送的版本为RIP v2。

```
Interface            Send    Recv    Triggered RIP    Key-chain
Serial0/0               1       2
```

表明在接口s0/0上运行了RIP协议，此接口发送(Send)的版本为v1，接收(Recv)的版本为v2；此接口没有启动触发更新，没有启动认证。

```
Automatic network summarization is in effect
```

说明RIP协议默认开启自动汇总功能，自动汇总是距离矢量路由协议的特性，必须用no auto-summary关闭自动汇总，否则容易造成不连续的子网。

```
Maximum path: 4
```

表明RIP支持4条等价路径，即负载均衡链路数量最大为4，可以用maximum-paths 6命令改为6。

```
Routing for Networks:
10.0.0.0
192.168.1.0
```

以上3行表明RIP宣告的网络有两个：10.0.0.0和192.168.1.0。

```
Passive Interface(s):
FastEthernet0/0
```

以上两行表明有一个被动接口FastEthernet0/0，它只接收RIP更新包，但不发送RIP更新包。

```
Routing Information Sources:
Gateway         Distance      Last Update
10.0.0.2        120           00:00:12
```

以上3行表明路由信息源，其中Gateway为学习路由信息的路由器的接口地址为10.0.0.2，即下一跳的地址；Distance为管理距离值120，Last Update为上次更新的时间12s。

```
Distance: (default is 120)
```

表明管理距离为120。

(2) 显示路由表。

```
Router#show ip route
```

(3) 验证路由器接口的配置。

```
Router#show ip interface brief
```

(4) 显示本路由器发送和接收的 RIP 路由更新信息：

```
Router #clear ip route *
Router #debug ip rip                    /* v1 版本的 debug 显示 */
Sep 11 08:30:10.311: RIP: sending request on Serial0/0/0 to 255.255.255.255
```

以上表明向 s0/0/0 接口发送 RIP 广播请求，用 255.255.255.255 地址。

```
Sep 11 08:30:10.315: RIP: sending request on Loopback0 to 255.255.255.255
```

以上表明向 Loopback0 发送 RIP 请求。

```
Sep 11 08:30:10.323: RIP: received v1 update from 192.168.12.2 on Serial0/0/0
```

以上表明从 s0/0/0 接口接收路由更新。

```
Sep 11 08:30:10.323: 4.0.0.0 in 3 hops
Sep 11 08:30:10.323: 192.168.23.0 in 1 hops
Sep 11 08:30:10.323: 192.168.34.0 in 2 hops
```

以上 3 行表明从 s0/0/0 接收到 3 条路由更新，分别是 4.0.0.0，度量值是 3 跳；192.168.34.0，度量值是 2 跳；192.168.23.0，度量值是 1 跳。

```
Sep 11 08:30:20..311: RIP: sending v1 flash update to 255.255.255.255 via
Loopback0 (1.1.1.1)
```

以上表明向 Loopback0 发送路由更新包。

```
Sep 11 08:30:20..311: RIP: build flash update entries
Sep 11 08:30:20..311: network 4.0.0.0 metric 4
Sep 11 08:30:20..311: network 192.168.12.0 metric 1
Sep 11 08:30:20..311: network 192.168.23.0 metric 2
Sep 11 08:30:20..311: network 192.168.34.0 metric 3
```

以上 4 条表明修改路由表，更新 4 条路由。

(5) 关闭调试功能，停止显示：

```
Router#unDebug all
```

3.2.2 RIP 基本配置实例

有 3 台路由器和 2 台 PC。路由器 A 与路由器 B 之间为以太网连接，路由器 A 与路由器 C 之间串行连接。3 台路由器的接口号、IP 地址和 2 台主机的 IP 地址及网关如图 3-4 所示。通过下面的步骤理解和学习 RIP 的工作过程。本案例已在 packet Tracer 中实现。

1. 实验目的

(1) 理解 RIP 的工作过程。
(2) 熟悉 RIP 的配置方法。
(3) 熟练使用 show ip route 命令检测路由表。
(4) 掌握 debug、tracert、traceroute、ping 命令的排错方法。
(5) 熟悉 RIP 的各种验证和检测命令。

2. 网络拓扑

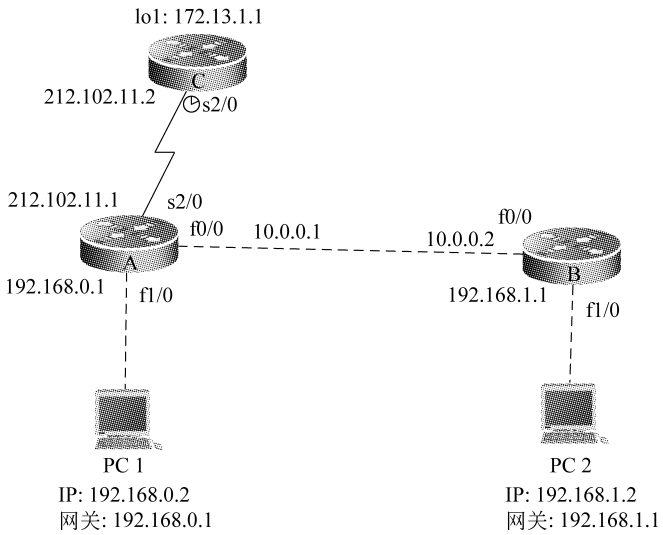


图 3-4 RIP 的基本配置

3. 实验配置步骤

路由器 A 的主要配置如下：

```
A(config)#interface FastEthernet0/0
A(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
A(config-if)#no shut
!
A(config)#interface FastEthernet1/0
A(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
A(config-if)#no shut
!
A(config)#interface Serial2/0
A(config-if)#ip address 212.102.11.1 255.255.255.0
A(config-if)#no shut
!
```