



# 计算机网络与通信技术

## 第四章 网络层

北京交通大学 刘彪



# 计算机网络与通信技术

知识点：路由选择协议RIP

北京交通大学 刘彪



# 理想的路由算法

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 算法必须是正确的和完整的。
- 算法在计算上应简单。
- 算法应能适应通信量和网络拓扑的变化，这就是说，要有自适应性。
- 算法应具有稳定性。
- 算法应是公平的。
- 算法应是最佳的。



# 代价（度量）

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 在研究路由选择时，需要给每一条链路指明一定的**代价**，又叫**度量**。
- 这里“代价”并不是指“钱”，而是由一个或几个因素综合决定的一种**度量**(metric)，如链路长度、数据率、链路容量、是否要保密、传播时延等，甚至还可以是一天中某一个小时内的通信量、结点的缓存被占用的程度、链路差错率等。



# 关于“最佳路由”

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 不存在一种绝对的最佳路由算法。
- 所谓“最佳”只能是相对于某一种特定要求下得出的较为合理的选择而已。
- 实际的路由选择算法，应尽可能接近于理想的算法。
- 路由选择是个非常复杂的问题
  - 它是网络中的所有结点共同协调工作的结果。
  - 路由选择的环境往往是不不断变化的，而这种变化有时无法事先知道。



# 分层次的路由选择协议

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

互联网采用分层次的路由选择协议。这是因为：

- (1) 互联网的规模非常大。如果让所有的路由器知道所有的网络应怎样到达，则这种路由表将非常大，处理起来也太花时间。而所有这些路由器之间交换路由信息所需的带宽就会使互联网的通信链路饱和。
- (2) 许多单位不愿意外界了解自己单位网络的布局细节和本部门所采用的路由选择协议（这属于本部门内部的事情），但同时还希望连接到互联网上。



# 自治系统 AS

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

(Autonomous System)

- 自治系统 AS 的定义：在单一的技术管理下的一组路由器，而这些路由器使用一种 AS 内部的路由选择协议和共同的度量以确定分组在该 AS 内的路由，同时还使用一种 AS 之间的路由选择协议用以确定分组在 AS 之间的路由。



# 两大类路由选择协议

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- **内部网关协议** IGP (Interior Gateway Protocol)
  - 在一个自治系统**内部使用**的路由选择协议。
  - 目前这类路由选择协议使用得最多，如 **RIP** 和 **OSPF** 协议。
- **外部网关协议** EGP (External Gateway Protocol)
  - 若源站和目的站处在不同的自治系统中，当数据报传到一个自治系统的边界时，就需要使用一种协议**将路由选择信息传递到另一个自治系统中**。这样的协议就是外部网关协议 EGP。
  - 在外部网关协议中目前使用最多的是 **BGP-4**。





# 两大类路由选择协议

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



自治系统之间的路由选择也叫做**域间路由选择** (interdomain routing), 在自治系统内部的路由选择叫做**域内路由选择** (intradomain routing)。



# 内部网关协议RIP

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

### (Routing Information Protocol)

- 路由信息协议 RIP 是内部网关协议 IGP中最先得到广泛使用的协议。
- RIP 是一种分布式的基于**距离向量**的路由选择协议。
- RIP 协议要求网络中的每一个路由器都要维护从它自己到其他每一个目的网络的**距离记录**。



# “距离”的定义

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 从一路由器到**直接连接**的网络的距离定义为 **1**。
- 从一个路由器到**非直接连接**的网络的距离定义为**所经过的路由器数加 1**。
- RIP 协议中的“距离”也称为“**跳数**” (hop count), 因为每经过一个路由器, 跳数就加 1。



# “距离”的定义

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- RIP 认为一个好的路由就是它通过的路由器的数目少，即“**距离短**”。
- RIP 允许一条路径最多只能包含 **15** 个路由器。
- “距离”的最大值为16 时即相当于不可达。可见 RIP 只适用于**小型互联网**。
- RIP 选择一个具有最少路由器的路由（即最短路由），哪怕还存在另一条高速（低时延）但路由器较多的路由。



# RIP 协议的三个要点

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

实现RIP实际就是实现路由信息的交换

- 仅和**相邻路由器**交换信息。（向谁发）
- 交换的信息是当前本路由器所知道的**全部信息**，即自己的路由表。（发什么）

— 交换信息的内容

（目的网络，距离，下一跳）

- 按**固定的时间间隔**交换路由信息，例如，每隔 30 秒。（何时发）



# 路由表的建立

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 路由器在刚刚开始工作时，只知道到直接连接的网络的距离（此距离定义为1）。
- 以后，每一个路由器也只和数目非常有限的**相邻**路由器交换并更新路由信息。
- 经过若干次更新后，所有的路由器最终都会知道到达本自治系统中任何一个网络的最短距离和下一跳路由器的地址。
- RIP 协议的**收敛**(convergence)过程较快，**收敛**即在自治系统中所有的结点都得到正确的路由选择信息的过程。



# 距离向量算法

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

收到相邻路由器（其地址为 X）的一个 RIP 报文：

(1) 先修改此 RIP 报文中的所有项目：将“下一跳”字段中的地址都改为 X，并将所有的“距离”字段的值加 1。

(2) 对修改后的项目重复以下步骤：

若项目中的距离 < 路由表中的距离，则将收到的项目加入到路由表中。

否则

若下一跳

的，则将收到的项目

否则

若收到项目中的距离小于路由表中的距离，则进行更新，

(3) 若 3 分

邻路由器

示不可达

(4) 返回。

目的网络	距离	下一跳路由器
Net1	3	A
Net2	4	B
Net3	1	直接交付

目的网络	距离	下一跳路由器
Net1	4	X
Net2	5	X
Net3	2	X

重复以下步骤：

项目加入到路由表中。

的，则将收到的项目

路由表，则将此相

为16（距离为16表



# 距离向量算法

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

目的网络	距离	下一跳路由器
Net1	4	X
Net2	5	X
Net3	2	X

目的网络	距离	下一跳路由器
Net2	3	X
Net3	4	Y

(2) 对修改后的 RIP 报文中的每一个项目，重复以下步骤：  
若项目中的**目的网络**不在路由表中，则将该项目加到路由表中。  
否则

若**下一跳**字段给出的路由器地址是同样的，则将收到的项目替换原路由表中的项目。

否则

若收到项目中的**距离**小于路由表中的距离，则进行更新，  
否则，什么也不做。

(3) 若 3 分钟还没有收到相邻路由器的更新路由表，则将此相邻路由器记为不可达（距离为16表示不可达）。

(4) 返回。

目的网络	距离	下一跳路由器
Net1	4	X
Net2	5	X
Net3	2	X





# 距离向量算法

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

收到相邻路由器（其地址为 X）的一个 RIP 报文：

(1) 先修改此 RIP 报文中的所有项目：将“下一跳”字段中的地址都改为 X，并将所有的“距离”字段的值加 1。

(2) 对修改后的 RIP 报文中的每一个项目，重复以下步骤：  
若项目中的目的网络不在路由表中，则将该项目加到路由表中。

否则

若下一跳字段给出的路由器地址是同样的，则将收到的项目替换原路由表中的项目。

否则

若收到项目中的距离小于路由表中的距离，则进行更新，  
否则，什么也不做。

(3) 若 3 分钟还没有收到相邻路由器的更新路由表，则将此相邻路由器记为不可达的路由器，即将距离置为16（距离为16表示不可达）。

(4) 返回。



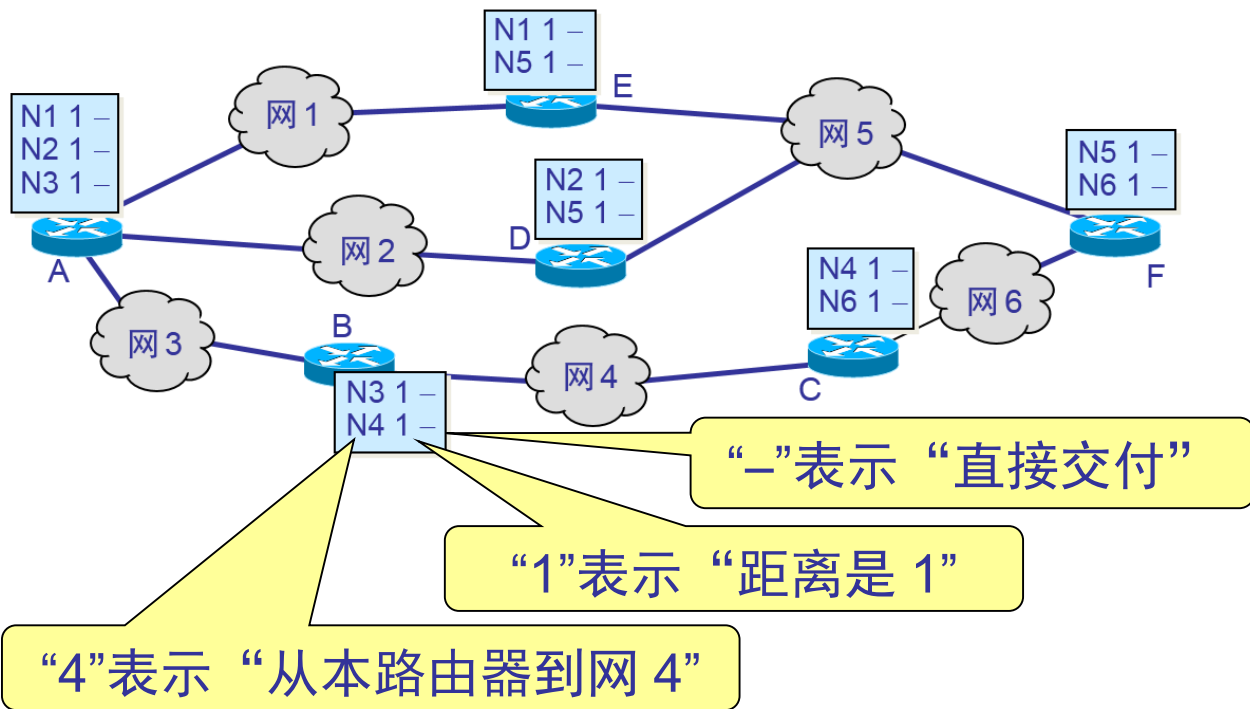
# 举例

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



一开始，各路由表只有到相邻网络的信息



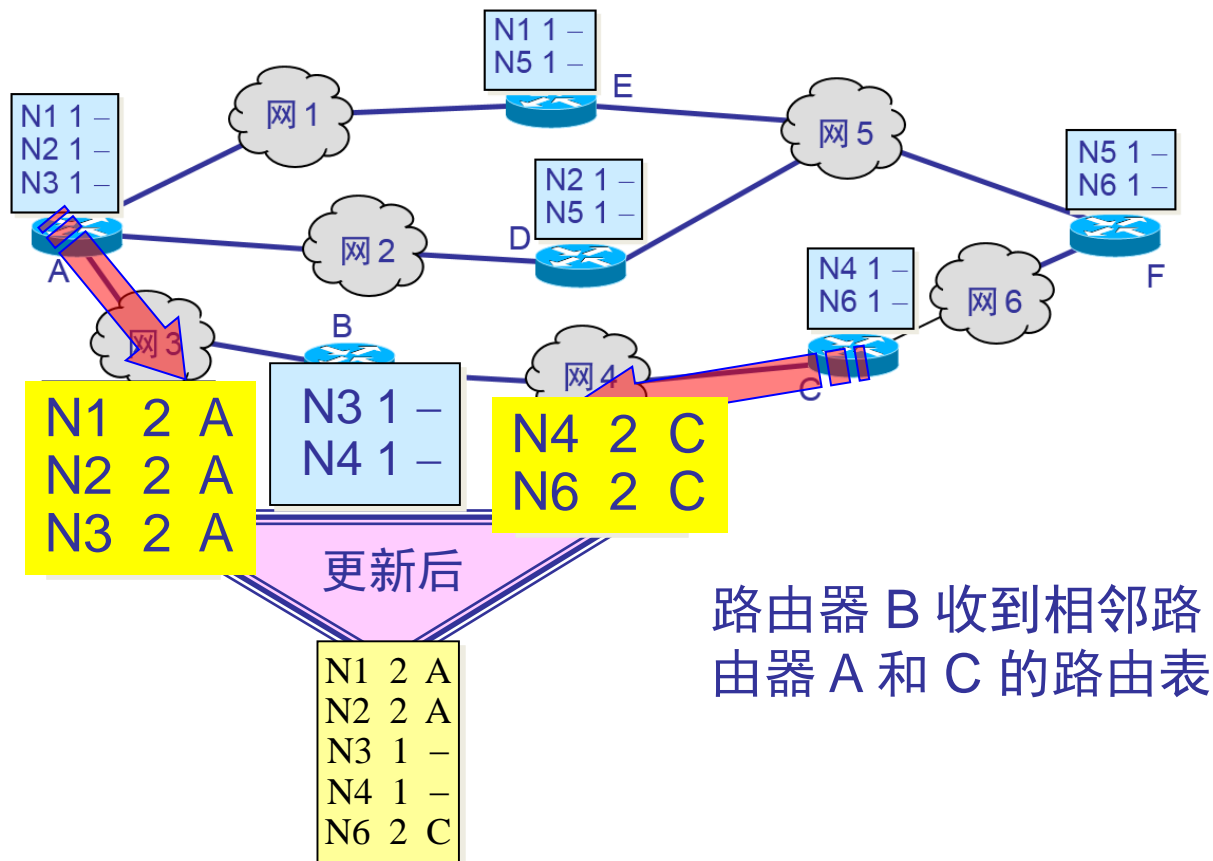
# 举例

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播





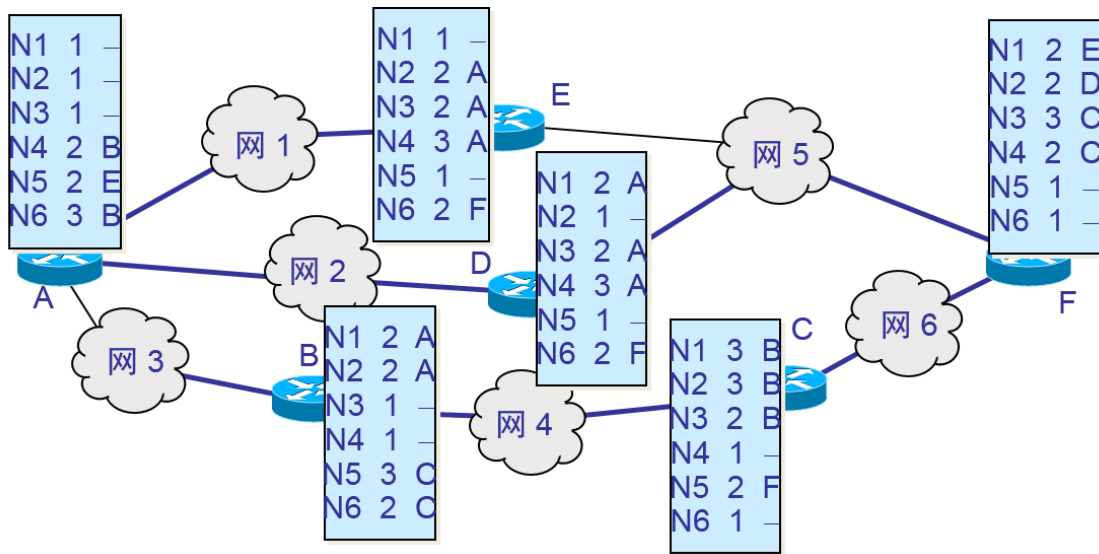
# 举例

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



最终所有的路由器的路由表都更新了



# RIP协议位置

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- RIP 协议使用运输层的**用户数据报 UDP**进行传送（使用 UDP 的端口 520）。
- 因此 RIP 协议的位置应当在**应用层**。但转发 IP 数据报的过程是在网络层完成的。
- 路由器也是一个主机，也是有应用层的，但是在分组转发过程中只达到网络层。



# RIP协议的优缺点

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- RIP 协议最大的优点就是**实现简单**，**开销较小**。
- RIP **限制了网络的规模**，它能使用的最大距离为 15（16 表示不可达）。
- RIP 存在的一个问题是当**网络出现故障**时，要经过**比较长的时间**才能将此信息传送到所有的路由器（坏消息传播慢）。
- 路由器之间交换的路由信息是路由器中的**完整路由表**，因而随着网络规模的扩大，开销也就增加。



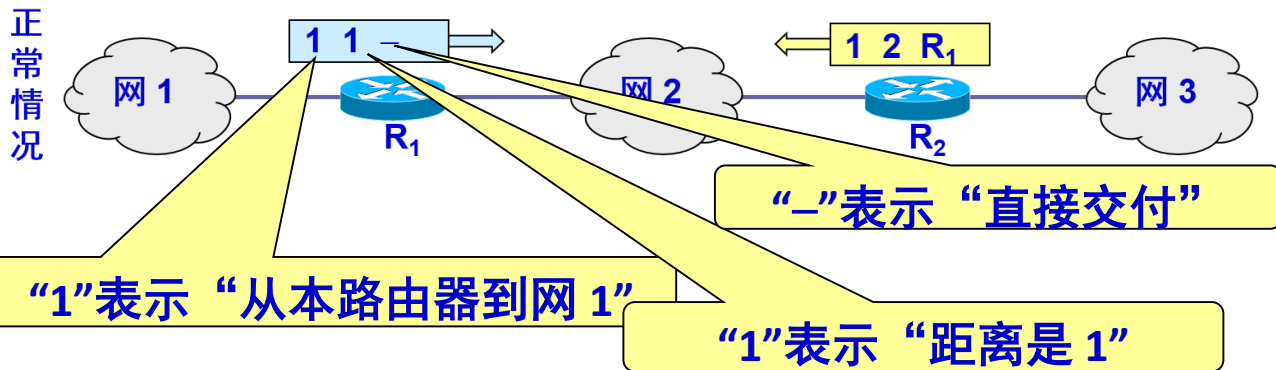
# RIP坏消息传播慢

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



R<sub>1</sub> 说：“我到网1的距离是1，是直接交付。”



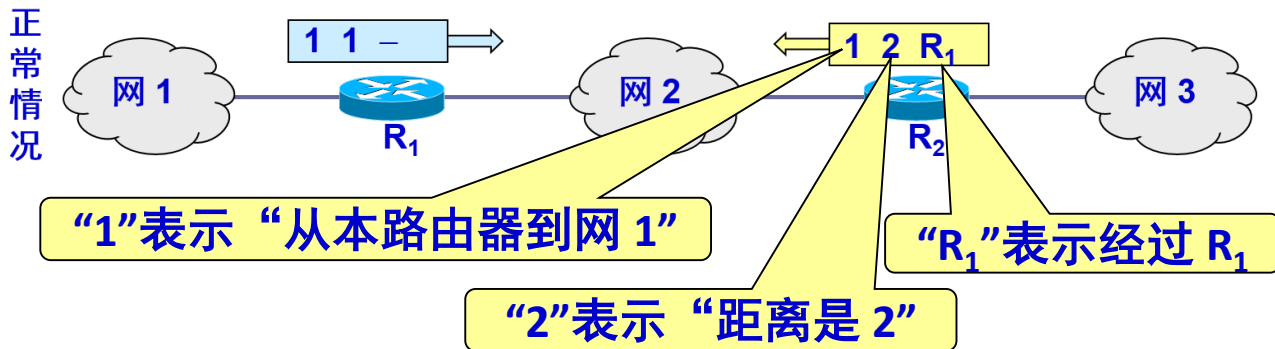
# RIP坏消息传播慢

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



R<sub>2</sub> 说：“我到网1的距离是2，是经过 R<sub>1</sub>。”





# RIP坏消息传播慢

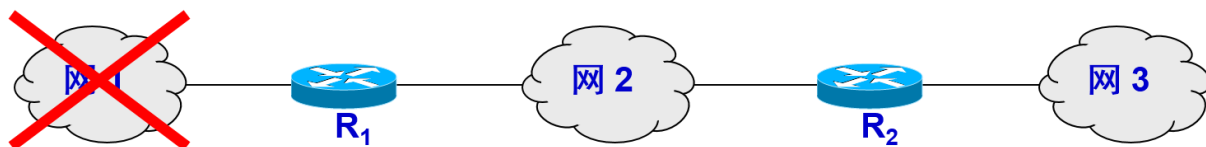
4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

正常情况



网1出了故障

1 16 -

1 2 R1

$R_1$  说：“我到网 1 的距离是 16（表示无法到达），是直接交付。”

但  $R_2$  在收到  $R_1$  的更新报文之前，还发送原来的报文，因为这时  $R_2$  并不知道  $R_1$  出了故障。



# RIP坏消息传播慢

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

正常情况



网1出了故障

1 16 -

1 3 R<sub>2</sub>

1 2 R<sub>1</sub>

R<sub>1</sub>收到R<sub>2</sub>的更新报文后，误认为可经过R<sub>2</sub>到达网1，于是更新自己的路由表，说：“我到网1的距离是3，下一跳经过R<sub>2</sub>”。然后将此更新信息发送给R<sub>2</sub>。



# RIP坏消息传播慢

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

正常情况



网1出了故障

1 16 -

1 3 R<sub>2</sub>

1 2 R<sub>1</sub>

1 4 R<sub>1</sub>

$R_2$  以后又更新自己的路由表为 “1, 4,  $R_1$ ”, 表明 “我到网 1 距离是 4, 下一跳经过  $R_1$ ”。



# RIP坏消息传播慢

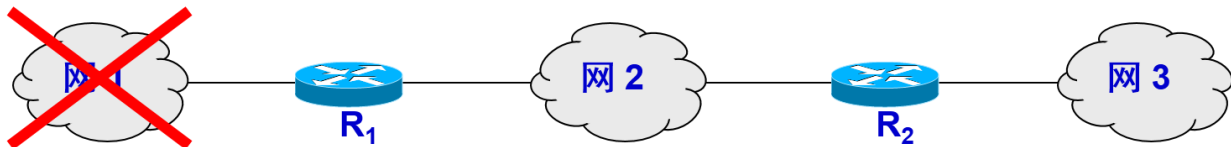
4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

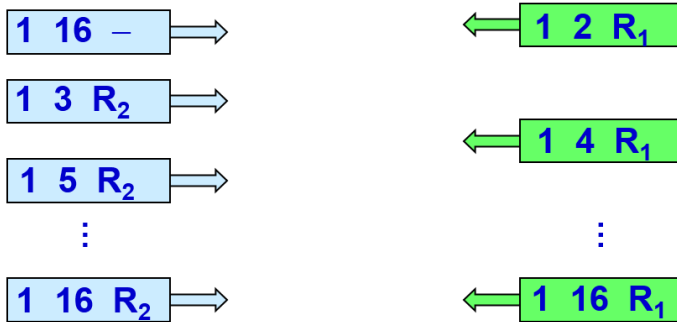
4.11 IPv6

4.12 IP多播

正常情况



网1出了故障



这样不断更新下去，直到 R<sub>1</sub> 和 R<sub>2</sub> 到网 1 的距离都增大到 16 时，R<sub>1</sub> 和 R<sub>2</sub> 才知道网 1 是不可达的。



## 例题

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

若网络中路由器B的路由表有如下项目：

目的网络	跳数	下一跳路由器
$N_1$	7	A
$N_2$	2	C
$N_6$	8	F
$N_8$	4	E
$N_9$	4	F

现在B收到从C发来的路由信息如下：

目的网络	跳数	下一跳路由器
$N_2$	4	F
$N_3$	8	E
$N_6$	4	D
$N_8$	3	B
$N_9$	5	G

试求出路由器B更新后的路由表。