

如图 4-24 所示,数据包在网络中的传输就像是体育运动中的接力赛一样,每一个路由器只负责将数据包在本站通过最优的路径转发,通过多个路由器一站一站地接力将数据包通过最优路径转发到目的地。当然,也有一些例外的情况,由于一些路由策略的实施,数据包通过的路径并不一定是最优的。需要补充说明的是,若一台路由器通过一个网络与另一台路由器相连接,则这两台路由器相隔一个网段,在互联网中认为这两台路由器相邻。图 4-24 所示的箭头即表示网段,至于每一个网段又由哪几条物理链路构成,路由器并不关心。

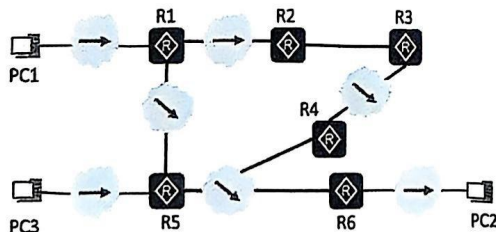


图 4-24 数据包在网络中的传输

通过上述简单说明可以发现,路由器对于数据包的传递是逐跳的,每台路由器按照一定的规则将自身收到的数据包发送出去,而对数据包的后续发送则不再过问。可以将其简单理解为,设备对于数据的转发是相互独立的,互不干涉。

4.4.2 路由的原理

我们已经知道了路由和路由器的概念,下面将从以下两个方面讲解路由的工作原理。

1. 路由表

路由器工作时依赖于路由表进行数据的转发。路由表就像一张地图,它包含着去往各个目的网络的路径信息(路由条目),每条信息至少应该包括以下内容。

- (1) 目的网络:表明路由器可以到达的网络的地址。
- (2) 下一跳:通常情况下,下一跳一般指向去往目的网络的下一台路由器的接口地址,该路由器称之为下一跳路由器。
- (3) 出接口:表明数据包从本路由器的哪个接口发送出去。

在路由器中,可以通过执行【display ip routing-table】命令查看路由表,其结果如图 4-25 所示。

```
[Huawei]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
1.1.1.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
192.168.1.0/24	Direct	0	0	D	192.168.1.1	Ethernet1/0/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
192.168.2.0/24	Static	60	0	RD	192.168.1.254	Ethernet1/0/0
192.168.1.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

图 4-25 查看路由表的结果

路由表中包含了下列关键项。

- (1) Destination: 目的地址, 用来标识 IP 包的目的地址或目的网络。
- (2) Mask: 网络掩码, 与目的地址一起标识目的主机或路由器所在的网段的地址。
- (3) Proto: 即 Protocol, 用来生成、维护路由的协议或者方式, 如 Static、OSPF、IS-IS、BGP 等。

(4) Pre: 即 Preference, 本条路由加入 IP 路由表的优先级。针对同一目的地, 可能存在不同下一跳、出接口的若干条路由, 这些不同的路由可能是由不同的路由协议发现的, 也可能是手工配置的静态路由。优先级高 (数值小) 者将成为当前的最优路由。

(5) Cost: 路由开销。当到达同一目的地的多条路由具有相同的优先级时, 路由开销最小的将成为当前的最优路由。Preference 用于不同路由协议间路由由优先级的比较, Cost 用于同一种路由协议内部不同路由由优先级的比较。

(6) NextHop: 下一跳 IP 地址, 表明 IP 包所经由的下一个设备。

(7) Interface: 输出接口, 表明 IP 包将由该路由器转发的接口。

在后续内容中, 我们将对路由表的建立、更新、应用、优化等内容进行更深入的讲解。

2. 路由的过程

在介绍完路由表之后, 接下来通过一个实例加深对于路由过程的了解。如图 4-26 所示, R1 左侧连接 10.3.1.0 网络, R3 右侧连接 10.4.1.0 网络, 当 10.3.1.0 网络中有一个数据包要发送到 10.4.1.0 网络时, IP 路由的过程如下。

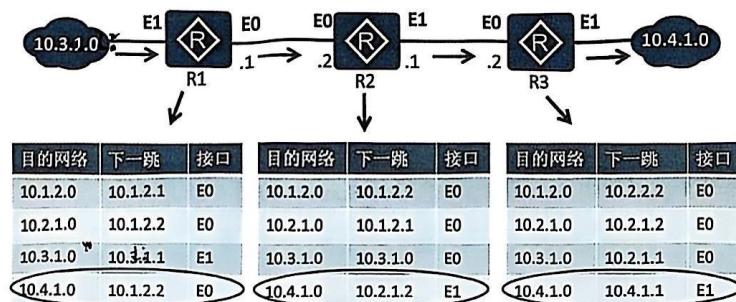


图 4-26 IP 路由的过程

首先, 10.3.1.0 网络的数据包被发送给与网络直接相连的 R1 的 E1 接口, E1 接口收到数据包后查找自己的路由表, 找到去往目的地址的下一跳为 10.1.2.2, 出接口为 E0, 于是数据包从 E0 接口发出, 交给下一跳 10.1.2.2。

其次, R2 的 10.1.2.2 (E0) 接口收到数据包后, 同样根据数据包的目的地址查找自己的路由表, 查找到去往目的地址的下一跳为 10.2.1.2, 出接口为 E1, 于是, 数据包从 E1 接口发出, 交给下一跳 10.2.1.2。

最后, R3 的 10.2.1.2 (E0) 接口收到数据包后, 依旧根据数据包的目的地址查找自己的路由表, 查找目的地址是自己的直连网段, 并且去往目的地址的下一跳为 10.4.1.1, 接口是 E1, 故数据包从 E1 接口发出, 交给目的地址。

4.4.3 路由的来源

路由的来源主要有 3 种, 分别是直连路由、动态路由和静态路由, 下面将分别进行介绍。

1. 直连路由

直连路由是指与路由器直连的网段的路由条目。直连路由不需要特别配置,只需要在路由器接口上设置 IP 地址,然后由数据链路层发现即可(数据链路层协议 UP,路由表中即可出现相应路由条目;数据链路层协议 DOWN,相应路由条目消失)。

在路由表中,直连路由的 Proto 字段显示为 Direct,如图 4-27 所示。

```
[Huawei-Ethernet1/0/0]ip address 192.168.1.1 24
```

```
[Huawei]display ip routing-table
```

Route Flags: R - relay, D - download to fib

Routing Tables: Public

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
192.168.1.0/24	Direct	0	0	D	192.168.1.1	Ethernet1/0/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
192.168.1.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

图 4-27 直连路由

当给接口 Ethernet1/0/0 配置 IP 地址后(数据链路层已 UP),路由表中会出现相应的路由条目。

2. 静态路由

静态路由是由管理员手工配置的路由。虽然通过配置静态路由同样可以达到网络互通的目的,但这种配置易出现问题。当网络发生故障后,静态路由不会自动修正,必须由管理员重新修改其配置。因此,静态路由一般应用于小规模网络。

在路由表中,静态路由的 Proto 字段显示为 Static,如图 4-28 所示。

```
[Huawei]display ip routing-table
```

Route Flags: R - relay, D - download to fib

Routing Tables: Public

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
192.168.1.0/24	Direct	0	0	D	192.168.1.1	Ethernet1/0/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
192.168.2.0/24	Static	60	0	RD	192.168.1.254	Ethernet1/0/0
192.168.1.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

图 4-28 静态路由

静态路由的优缺点如下。

(1) 优点。

① 使用简单,容易实现。

- ② 可精确控制路由走向，对网络进行最优化调整。
- ③ 对设备性能要求较低，不额外占用链路带宽。

(2) 缺点。

- ① 网络是否通畅及是否优化，完全取决于管理员的配置。
- ② 当网络规模扩大时，由于路由表项的增多，将增加配置的繁杂度及管理员的工作量。
- ③ 当网络拓扑发生变更时，不能自动适应，需要管理员参与修正。

基于上述原因，静态路由一般应用于小规模网络。另外，静态路由也常应用于路径选择的控制，即控制某些目的网络的路由走向。

假设路由器各接口及主机的 IP 地址和掩码如图 4-29 所示。要求采用静态路由，使图中任意两台主机之间都能互通。此时，需要在路由器上配置到达目的地址的 IPv4 静态路由，如 R2 的目的地址为 1.1.1.0、下一跳为 1.1.4.1 的静态路由，R2 的目的地址为 1.1.3.0、下一跳为 1.1.4.6 的静态路由。由此，R1 所属网络与 R3 所属网络通过上述静态路由实现了连通，具体配置和验证过程可参考第 5 章。

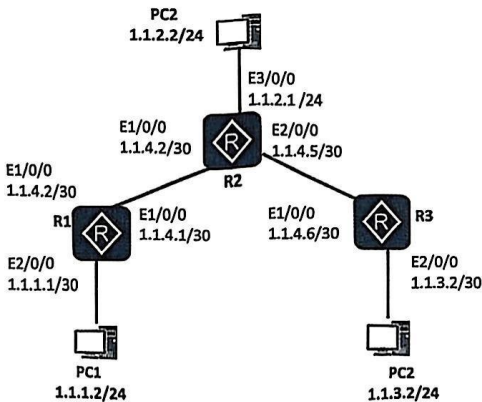


图 4-29 静态路由配置网络拓扑

3. 动态路由

动态路由是指由动态路由协议发现的路由。当网络拓扑结构十分复杂时，手工配置静态路由工作量大而且容易出现错误，这时即可使用动态路由协议，使其自动发现和修改路由，无须人工维护，但动态路由协议开销大，配置复杂。静态路由与动态路由的对比如图 4-30 所示。

静态路由	动态路由
◆ 由网络管理员手工指定的路由。 ◆ 当网络拓扑发生变化时，管理员需要手工更新静态路由。	◆ 路由器使用路由协议从其他路由器那里获悉的路由。 ◆ 当网络拓扑发生变化时，路由器会更新路由信息。

图 4-30 静态路由与动态路由的对比

网络中存在多种路由协议，如 OSPF 协议、IS-IS 协议、BGP 等，各路由协议都有其特点和应用环境。

在路由表中，动态路由的 Proto 字段显示为具体的某种动态路由协议，如图 4-31 所示。