

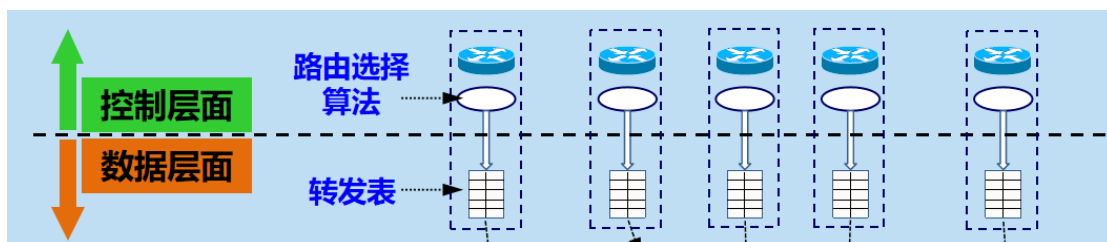
第十节 路由选择协议

一、课程目标

掌握常用的路由选择协议的算法逻辑与应用区别：RIP、OSPF 和 BGP。

二、课程内容

1、路由选择协议属于网络层控制层面的内容，分为静态路由选择策略（人工手动配置）和动态路由选择策略（自适应生成）两种。



2、分层次的路由选择协议：由于整个互联网划分为许多较小的自治系统 AS，因此采用分层次的路由选择协议，即

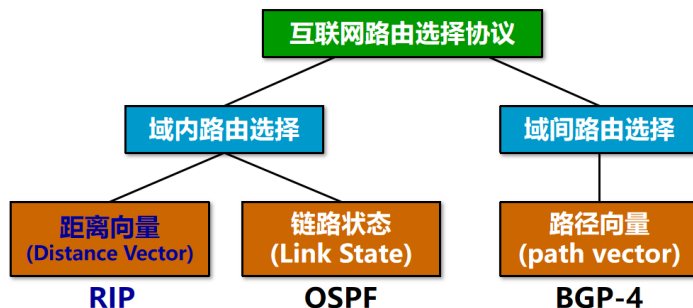
自治系统内部的路由选择或**域内路由选择** (intradomain routing)。

自治系统之间的路由选择或**域间路由选择** (interdomain routing)，

对应另一种说法：

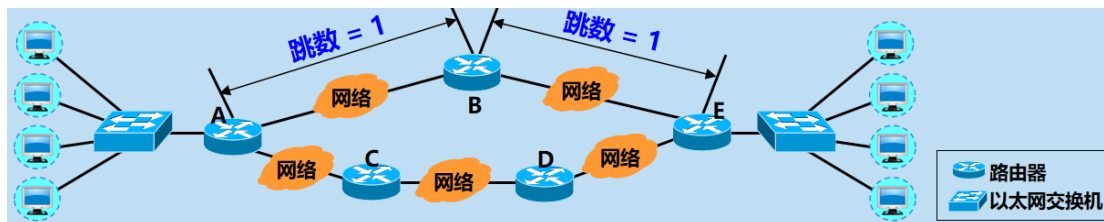
内部网关协议 IGP：在一个自治系统内部使用的路由选择协议。常用的是 RIP 和 OSPF。

外部网关协议 EGP：在不同自治系统之间进行路由选择时使用的协议。常用的是 BGP。



3、RIP (Routing Information Protocol)

基本思想：每个路由器维护从它自己到其他每一个目的网络的距离记录，依据【好路由=“距离短”，最佳路由=“距离最短”】原则（也就是最短距离优先）原则执行路由转发。



相关概念和原则：

(1) RIP 协议中的“距离”也称为“跳数” (hop count), 每经过一个路由器, 跳数就加 1。例如上图中路由 A-B-E 的距离=2, 路由 A-C-D-E 的距离=3。

(2) 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。

(3) RIP 不能在两个网络之间同时使用多条路由, 只选择距离最短的路由。

(4) RIP 路由器路由表包括目的网络、距离(最短)、下一跳地址三个信息。

(5) RIP 使用**距离向量算法**找出到达每个目的网络的最短距离(每个路由器利用相邻的路由器的信息更新自己的路由表, 优化自己的路线)。

【例】已知路由器 R₆ 有表 4-8(a) 所示的路由表。现在收到相邻路由器 R₄ 发来的路由更新信息, 如表 4-8(b) 所示。试更新路由器 R₆ 的路由表。

表 4-8(a) 路由器 R₆ 的路由表

目的网络	距离	下一跳路由器
Net2	3	R ₄
Net3	4	R ₅
...

表 4-8(b) R₄ 发来的路由更新信息

目的网络	距离	下一跳路由器
Net1	3	R ₁
Net2	4	R ₂
Net3	1	直接交付

表 4-8(d) 路由器 R₆ 更新后的路由表

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

② 计算更新

① 距离+1, 修改下一跳地址

表 4-8(c) 修改后的表 4-8(b)

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

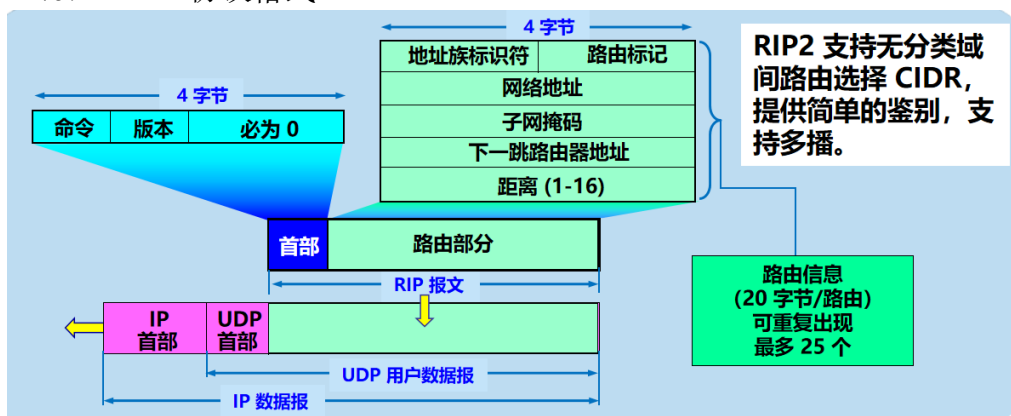
距离向量算法的处理逻辑：

(a) 对于已存在的目标网络, 且具有相同的下一跳: 替换自己路由表距离

(b) 对于已存在的目标网络, 且具有不同的下一跳: 比较距离, 若收到项目中的距离小于路由表中的距离, 则用收到项目更新原路由表中的项目。

(c) 对于没有的目标网络: 把该项目添加到自己的路由表中。

(6) RIPv2 协议格式



(7) RIP 特点总结

- (a) 仅和相邻路由器交换信息。
- (b) 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。
- (c) 按固定时间间隔交换路由信息，例如，每隔 30 秒。当网络拓扑发生变化时，路由器也及时向相邻路由器通告拓扑变化后的路由信息。同时导致好消息传播得快，坏消息传播得慢。



(8) RIP 优点：实现简单，开销较小。

RIP 缺点：网络规模有限。最大距离为 15（16 表示不可达）；交换的路由信息为完整路由表，开销较大；坏消息传播得慢，收敛时间过长。

4、OSPF (Open Shortest Path First)

命名原因：采用了 Dijkstra 提出的最短路径算法 SPF。

基本思想：(a) 每个路由器采用洪泛法 (Flooding) 向所有输出端口的所有相邻路由器发送路由信息，相邻路由器接力继续向所有输出端口 (除来源端口以外) 的所有相邻路由器发送路由信息。RIP 仅向相邻的路由器发送。

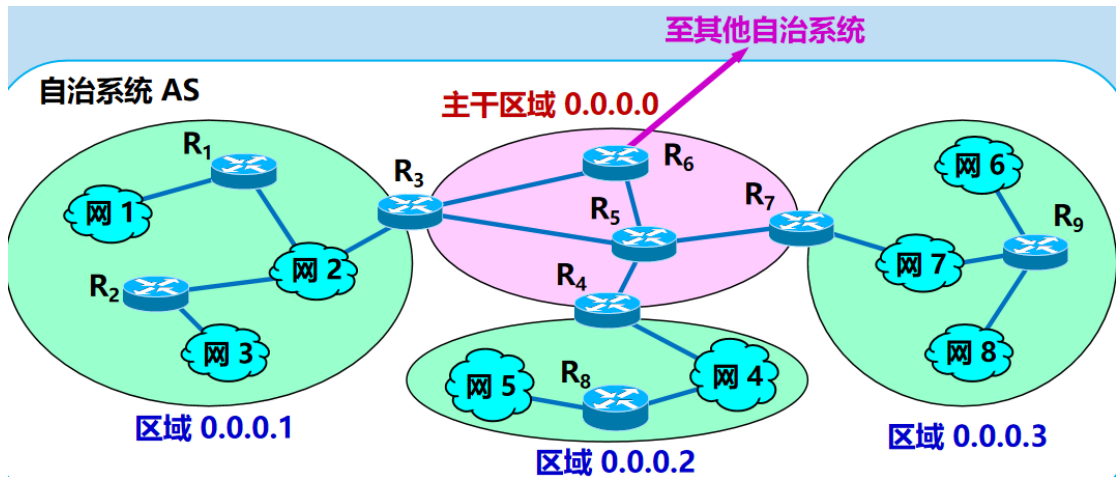
(b) 洪泛的信息是与本路由器相邻的所有路由器的链路状态，链路状态包括

相邻关系和链路度量 (Metric, 又称为代价, 可用费用、距离、时延、带宽等量化)。RIP 仅通告跳数。

(c) 只要链路状态发生变化或者每隔固定时间 (例如 30 分钟), 路由器就向所有路由器洪泛链路状态信息。最终, 所有路由器都能建立链路状态数据库。

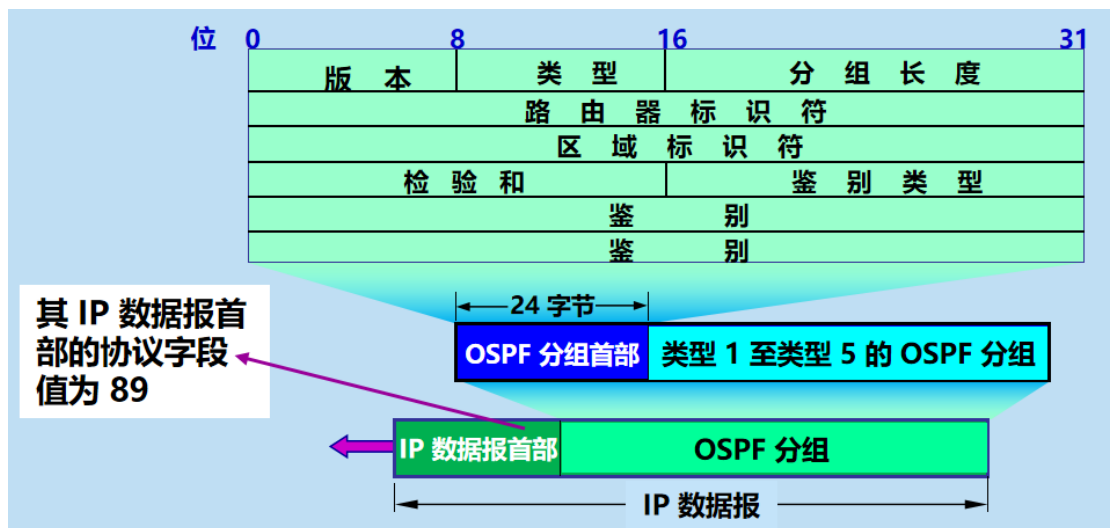
补充知识点:

(1) OSPF 将自治系统划分为两种不同的区域(area), 即主干区域和非主干区域。优点是减少了整个网络上的通信量和需要维护的状态数量, OSPF 协议能够用于规模很大的自治系统中; 缺点是交换信息的种类增多, OSPF 协议更加复杂。



上图中, 路由器存在三种身份: 区域边界路由器 ABR(area border router): R3 R4 R7; 主干路由器 BR (backbone router): R5 R6 R3 R4 R7; 自治系统边界路由器 ASBR (AS border router): R6。

(2) OSPF 协议格式



(3) OSPF 工作过程

(a) 确定邻站可达。相邻路由器每隔 10 秒钟要交换一次问候分组。若有 40 秒钟没有收到某个相邻路由器发来的问候分组, 则可认为该相邻路由器是不可达的。

(b) 同步链路状态数据库。同步指不同路由器的链路状态数据库的内容是一样的。两个同步的路由器叫做完全邻接的(fully adjacent)路由器。

(c) 更新链路状态。只要链路状态发生变化，路由器就使用链路状态更新分组，采用可靠的洪泛法向全网更新链路状态。为确保链路状态数据库与全网的状态保持一致，OSPF 还规定每隔一段时间，如 30 分钟，要刷新一次数据库中的链路状态。

(4) OSPF 五种分组类型：问候分组、数据库描述分组、链路状态请求分组、链路状态更新分组、链路状态确认分组。

(5) OSPF 优缺点总结：

优点：(a) OSPF 链路状态只涉及相邻路由器，与整个互联网的规模并无直接关系，因此当互联网规模很大时，OSPF 协议要比距离向量协议 RIP 好得多。

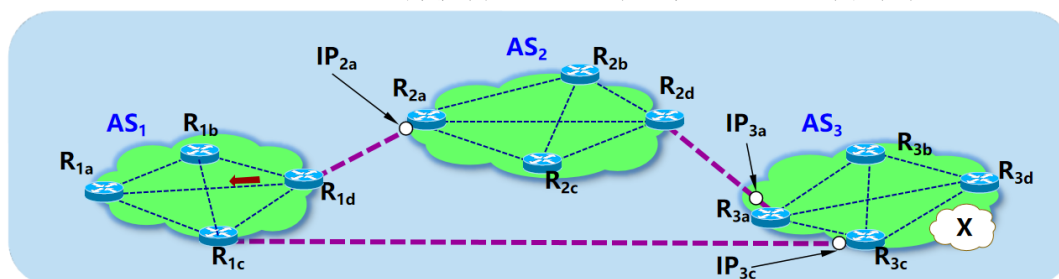
(b) OSPF 没有“坏消息传播得慢”的问题，收敛速度快。(c) 可以通过配置多条等价路径实现负载均衡。(d) 效率高，路由器频繁交换信息，但**难保持一致性**。

(e) OSPF 使用可靠的洪泛法，直接使用 IP，灵活、开销小。

缺点：**难保持一致性**，交换信息的种类增多，OSPF 协议复杂。

5、BGP (Border Gateway Protocol)

基本思想：每个自治系统有两种不同功能的路由器，即边界路由器和内部路由器，一个自治系统至少有一个边界路由器与相邻 AS 的边界路由器直接相连。两个边界路由器建立 TCP 连接(称为 eBGP)，向对等端发送 BGP 路由信息“X, AS3, R3a”，意思是“从 R3a 经 AS3 可以到达 X”。边界路由器与内部路由器建立 TCP 连接(称为 iBGP)，将获得的 BGP 路由信息转发给内部路由器。



AS₂ 可经 IP_{3a} 到前缀 X 的路由 = [前缀, AS-PATH, NEXT-HOP] = [X, AS₃, IP_{3a}]

路由 1: AS₁ 可经 IP_{2a} 到前缀 X 的路由 = [前缀, AS-PATH, NEXT-HOP] = [X, AS₂, AS₃, IP_{2a}]

路由 2: AS₁ 可经 IP_{3c} 到前缀 X 的路由 = [前缀, AS-PATH, NEXT-HOP] = [X, AS₃, IP_{3c}]

相关概念：

(1) 两种连接：eBGP 连接和 iBGP 连接

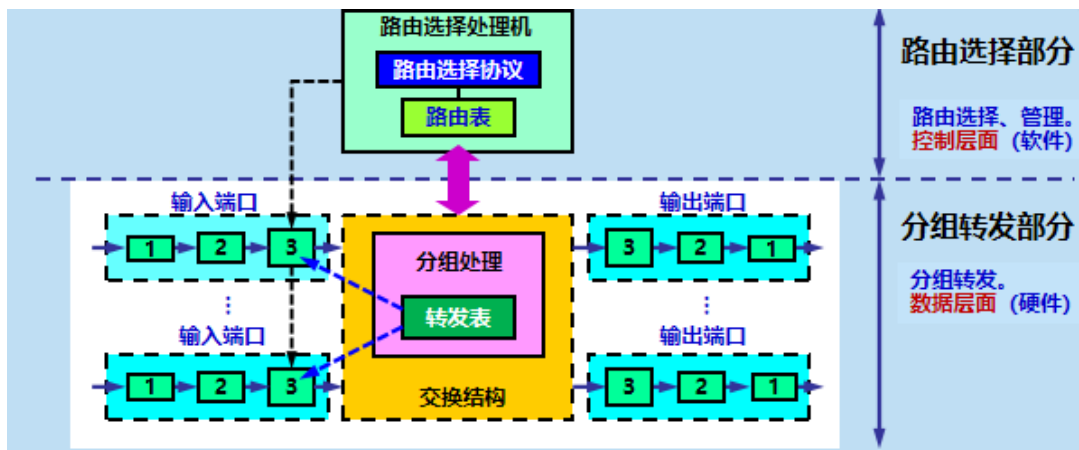
eBGP(external BGP)连接：运行 eBGP 协议，在不同 AS 之间交换路由信息。

iBGP(internal BGP)连接：运行 iBGP 协议，在 AS 内部的路由器之间交换 BGP 路由信息。

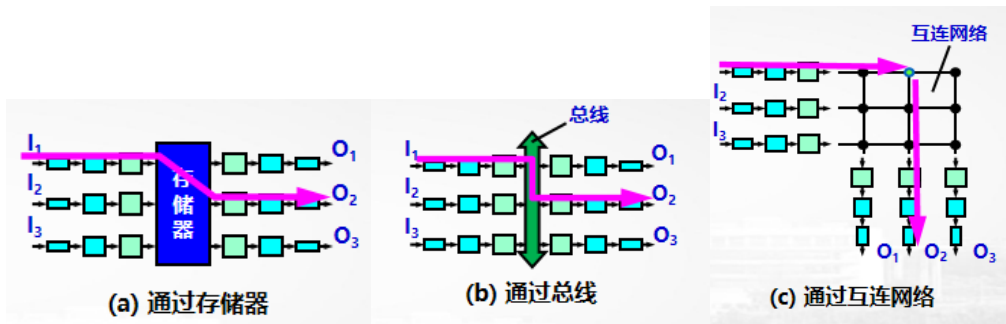
(2) BGP 四种报文：OPEN 报文、UPDATE 报文、KEEPALIVE 报文、NOTIFICATION 报文。

(3) 路由选择策略：本地偏好值最高者优先；AS 跳数（跨 AS 数）最少者次之；前两者均相同，执行热土豆路由选择算法；最后实在不行选择 BGP 标识符最小的路由。

5、路由器的结构：路由选择部分和分组转发部分。



(1) 三种交换方式：储存器、总线、纵横交换结构



(2) 路由表包括：目的网络、子网掩码、下一跳

(3) 转发和路由的区别：

转发实际是二层的概念：路由器根据转发表将用户的 IP 数据报从合适的端口转发出去，仅涉及一个路由器。转发表根据路由表得出，每一行包含到达的输出端口和某些 MAC 地址信息。

路由是三层的概念：按照路由选择算法，根据网络拓扑的变化情况，动态地改变选择的路由，并由此构造出整个路由表。涉及到很多路由器。路由表一般仅包含从目的网络到下一跳的映射。

三、重点习题

P202：全部