

IGMP 协议原理与配置

IGMP (Internet Group Management Protocol) 因特网组管理协议

组播服务模型：

ASM 全称为 Any-Source Multicast，译为任意源组播。

SSM 全称为 Source-Specific Multicast，译为指定源组播。

D 类组播地址的范围：224.0.0.0 ---- 239.255.255.255

=====

IGMPv1 支持两种类型的报文：

普遍组查询报文

成员报告报文

IGMPV1

主要基于查询和响应机制来完成对组播成员的管理

--两个报文

report：报告

query：查询

--路由器的两个角色

Querier 查询器

DR 指定路由器

在 V1 当中 DR 和查询器是同一台路由器

普遍组查询报文 (General Query)：路由器周期性地向 224.0.0.1 地址 (表示同一网段内所有主机和路由器) 发送通用查询报文，默认查询周期为 60 秒，发送周期可以通过命令配置。

成员关系报告报文 (Membership Report) : 用于主机加入某个组播组。

IGMPv1 没有 leave 消息, 成员离开后等 130s 才知道

$130 \text{ 秒} = 60 \times 2 + 10$

即组成员关系超时时间 = IGMP 普遍查询消息发送间隔 \times 健壮系数 + 最大查询响应时间

IGMPv1 无查询路由器选举机制, 查询者的确定依赖于组播路由协议 (优先级大, IP 地址大)

=====

IGMPv2 报文

普遍组查询报文

成员报告报文

特定组查询报文

成员离开报文

IGMPv2 与 IGMPv1 基本相似, 主要的不同点在于 IGMPv2 具有某些报文抑制机制, 可以减少不必要的 IGMP 重复报文, 从而节省网络带宽资源, 另外, 主机离开组播组时, 会主动向路由器发送离开报文。

IGMPv2 有特定组查询报文

收到成员发送 leave 消息后, 每隔 1 秒发送一次, 一共发送两次

对于普遍组查询, 最大响应时间默认为 10 秒。

对于特定组查询, 最大响应时间默认为 1 秒。

IGMPv2 使用独立的查询器选举机制，IP 地址最小的路由器将成为查询器

=====

IGMPv3 一般与 SSM 模型相结合

IGMPv3 增加了针对组播源的过滤模式 (INCLUDE/EXCLUDE)

IGMPv3 报文包含两大类：查询报文和成员报告报文，IGMPv3 没有定义专门的成员离开报文，成员离开通过特定类型的报告报文来传达。

普遍组查询报文

特定组查询报文

特定源组查询报文

成员报告报文

IGMP Snooping 简单的工作原理

IGMP Snooping 通过侦听组播路由器与主机之间交互的 IGMP 报文建立组播数据报文的二层转发表项，从而管理和控制组播数据报文在二层网络中的转发。

开启

SW1:

multicast routing-enable

igmp-snooping enable

vlan 1

igmp-snooping enable

display igmp-snooping port-info

```
[SW6]dis igmp-snooping port-info
```

(Source, Group)		Port	Flag
Flag: S:Static	D:Dynamic	M: Ssm-mapping	
VLAN 1, 1 Entry(s)			
(*, 225.1.1.1)		GE0/0/1	-D-
1 port(s)			



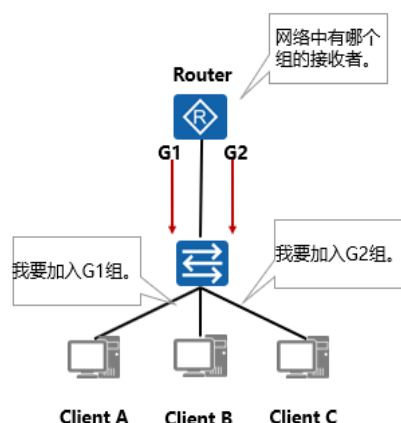
前言

- 组播通信中，发送者将组播数据发送到特定的组播地址。要使组播报文最终能够到达接收者，需要某种机制使与连接潜在接收者网段的组播路由器能够了解到该网段内有哪些组播接收者，保证接收者可以加入到相应的组播组中接收数据。
- IGMP (Internet Group Management Protocol) 因特网组管理协议，是 TCP/IP 协议族中负责 IP 组播成员管理的协议，它用来在接收者和与其直接相邻的组播路由器之间建立、维护组播组成员关系。



接收端如何接收组播数据

- 接收者与路由器间需要交换哪些信息？
 - 接收者需声明自己要接收哪个组的数据。
 - 路由器需了解哪些组播组存在接收者。
- 人工配置这些信息，有哪些问题？
 - 实时性差。
 - 灵活性差。
 - 工作量大、易出错。



- 组播源不关注接收者的位置信息，但是对于连接组成员的路由器而言，其需要收集和维持组成员的信息。

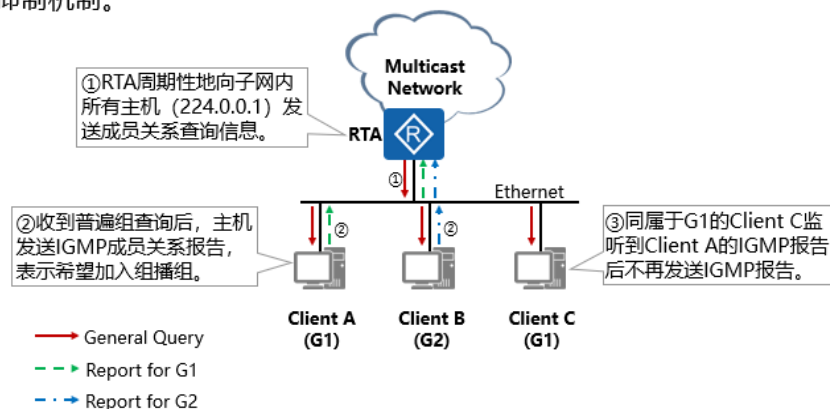
- 组播既不指定明确的接收者，也不是将数据发送给网络上的所有主机。如果主机想接收发往某一组播地址的数据，它需要加入这个组，成为该组播组的成员。
- 对于需要实现高效转发、灵活加组的网络，该如何部署？

组成员管理 - IGMP

- IGMP协议运行于主机与组播路由器之间。
- IGMP协议的作用：
 - 主机侧：通过IGMP协议向路由器通告组成员关系。
 - 路由器侧：通过IGMP协议维护组成员关系。
- IGMP (Internet Group Management Protocol) 作为因特网组管理协议，是 TCP/IP 协议族中负责 IP 组播成员管理的协议，它用来在 IP 主机和与其直接相邻的组播路由器之间建立、维护组播组成员关系。

IGMPv1的工作机制

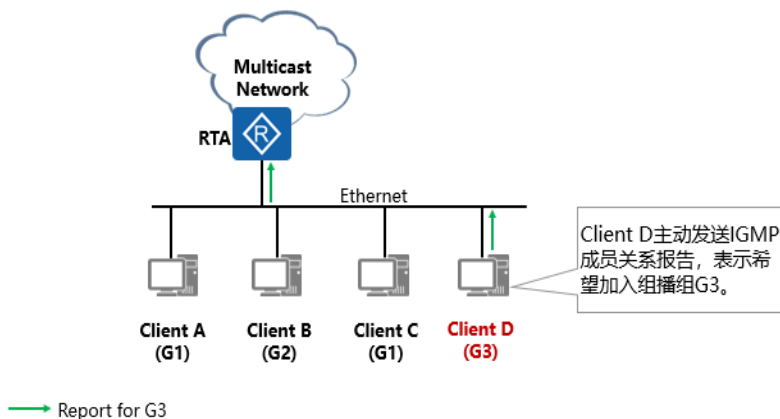
- 普遍组查询与响应。
- 响应抑制机制。



- IGMPv1 支持两种类型的报文：
- 普遍组查询报文（General Query）：路由器周期性地向 224.0.0.1 地址（表示同一网段内所有主机和路由器）发送通用查询报文，默认查询周期为 60 秒，发送周期可以通过命令配置。
- 成员关系报告报文（Membership Report）：用于主机加入某个组播组。
- 如图所示，假设 Client A 和 Client C 想要接收组播组 G1 的数据，Client B 想要接收组播组 G2 的数据。普遍组查询和响应过程如下：
- RTA 发送普遍组查询报文。
- 网段内所有主机都接收到该查询报文，Client A 和 Client C 是组播组 G1 成员，则在本地启动定时器 Timer-G1。Client B 是组播组 G2 的成员，则在本地启动定时器 Timer-G2。定时器的范围为 0 ~ 10 秒之间的随机值。定时器先超时的主机发送针对该组的成员报告报文。Client A 上的 Timer-G1 首先超时，向该网段发送目的地址为 G1 的成员报告报文。Client B 上的 Timer-G2 超时，向该网段发送成员报告报文，目的地址为 G2。
- Client C 侦听到 Client A 的成员报告报文，则停止定时器 Timer-G1，不再发送针对 G1 的成员报告报文。这就是响应抑制机制，可以减少网段上的协议流量。
- RTA 接收到成员报告报文后，了解到本网段内存在组播组 G1 和 G2 的成员，一旦 RTA 收到 G1 和 G2 的组播数据，将向该网段转发。

IGMPv1成员加入

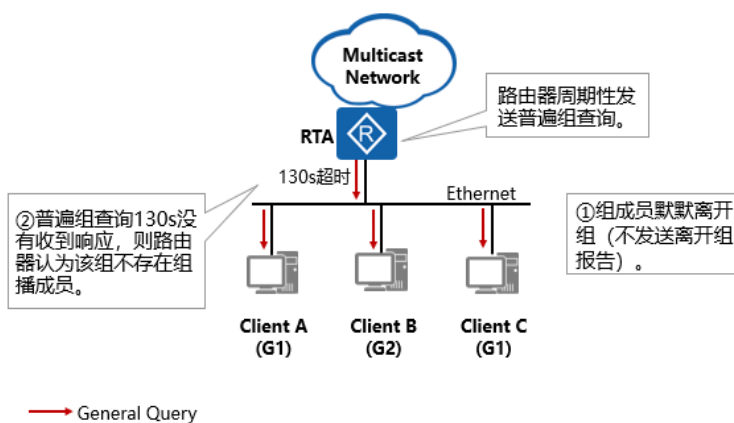
- 主机申请加组。



- 新接入主机 Client D 想加入组播组 G3，为了快速接收组播数据，不等待普遍组查询报文，而立即发送 G3 的成员报告报文。RTA 收到成员报告报文后，了解到本网段内出现了组播组 G3 的成员。一旦有 G3 的组播数据到达 RTA，将向该网段转发。

IGMPv1问题一：组成员离开

- 静默离开。

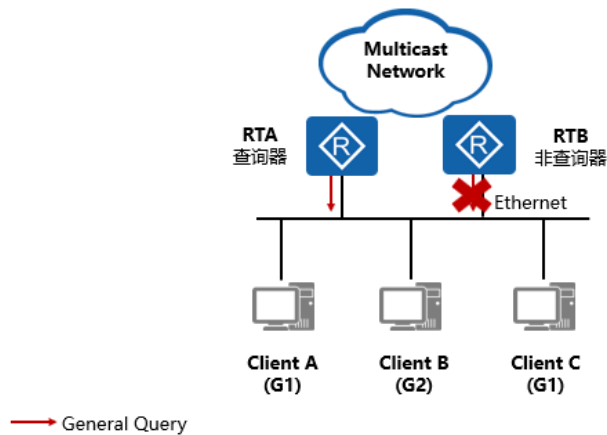


- IGMPv1 没有专门定义离开组消息。
- 当 Client 离开组播组时，将不会再对普遍组查询报文做出回应。假设所有 Client 退出组播组，Client 将不再对普遍组

查询报文进行响应。由于网段上不存在组播组的其他成员，RTA 不会收到任何成员报告报文，则在一定时间（ $130 \text{ 秒} = 120 \times 2 + 10$ ，即组成员关系超时时间 = IGMP 普遍查询消息发送间隔 \times 健壮系数 + 最大查询响应时间）后，删除对应的组播转发项。

IGMPv1问题二：查询器选举

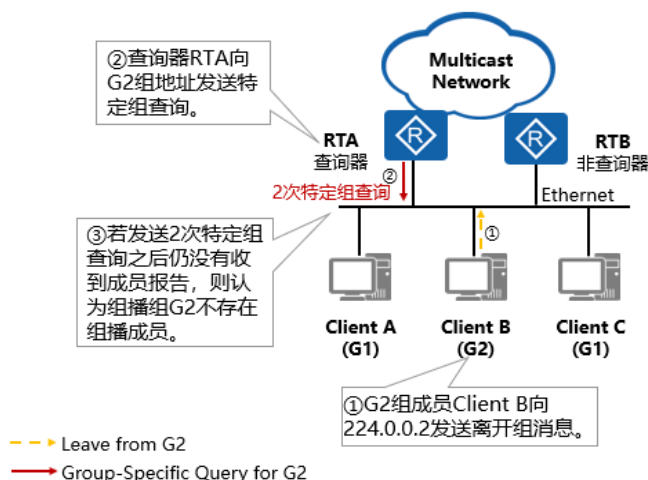
- 查询器选举依赖于组播路由协议。



- 多台路由器同时连接到同一接收端网络时，只需要有一台路由器进行 IGMP 的查询。
- IGMPv1 无查询路由器选举机制，其依赖于组播路由协议在末端网络中选举一个查询器。
- 由于不同的组播路由协议采用不同的选举机制，所以在 IGMPv1 中，同一末端网络中可能会存在多台查询器。
- 针对 IGMPv1 中的两个问题，IGMPv2 进行了改进和优化。



IGMPv2对IGMPv1的改进：组成员离开

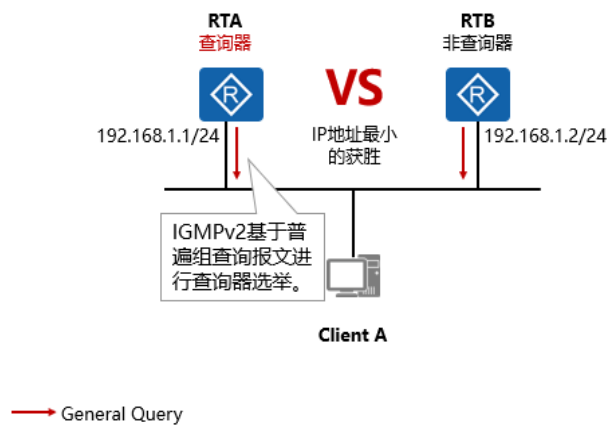


- 如图所示，在 IGMPv2 中，Client B 离开组播组 G2 的过程如下：
- Client B 向本地网段内的所有组播路由器（目的地址为 224.0.0.2）发送针对组 G2 的离开报文。
- 查询器收到离开报文，会发送针对 G2 的特定组查询报文，同时启动组成员关系定时器 $\text{Timer-Membership} = \text{发送间隔} \times \text{发送次数}$ 。缺省每隔 1 秒发送一次，一共发送两次，发送间隔和发送次数可以配置。
- 如果网段内不存在其他组 G2 的成员，则路由器不会收到组 G2 的成员报告报文。在 Timer-Membership 超时后，删除组播转发表项中对应的下游接口。路由器将不再向该网段转发 G2 的组播数据。如果网段内还有 G2 的其他成员，则这些成员在收到特定组查询报文后，会在最大响应时间内发送 G2 的成员报告报文。路由器继续向该网段转发 G2 的组播数据。



IGMPv2对IGMPv1的改进：查询器选举

- 独立的查询器选举机制。



- 相对于 IGMPv1，IGMPv2 使用独立的查询器选举机制。
- 所有 IGMPv2 路由器在初始状态时都认为自己是查询器，向本地网段内的所有主机和路由器发送普遍组查询报文。其他路由器在收到该报文后，将报文的源 IP 地址与自己的接口地址作比较。IP 地址最小的路由器将成为查询器，其他路由器成为非查询器。如图所示，RTA 的接口 IP 地址小于 RTB 的接口 IP 地址，则 RTA 当选为查询器。IGMP 的查询器和非查询器都会处理 IGMP 组加入信息，但是只有查询器负责发送查询报文。IGMP 非查询器不处理 IGMPv2 离开报文。
- 所有非查询器上都会启动一个定时器。如果在该定时器超时前收到了来自查询器的查询报文，则重置该定时器；否则就认为原查询器失效并发起新的查询器选举。



IGMPv1和IGMPv2报文比较

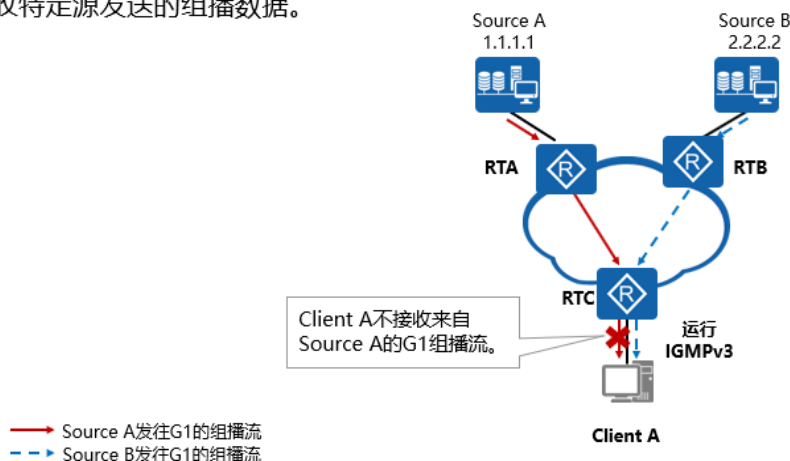


- 思考：IGMP如何引导组成员接收特定组播源的数据。
- IGMPv1 报文：
 - 版本：包含 IGMP 版本标识，因此设置为 1。
 - 类型：普遍组查询（0x11），成员关系报告（0x12）。
 - 组地址：普遍组查询报文中，组地址为 0；成员关系报告报文中，组地址为成员想要加入的组播组的地址。
- IGMPv2 报文：IGMPv2 报文与 IGMPv1 报文略有不同，它取消了版本字段，增加了最大响应时间字段。
- 类型：相比于 IGMPv1，IGMPv2 新增了两种报文：
 - 特定组查询报文（0x11）：查询器向共享网段内指定组播组发送的查询报文，用于查询该组播组是否存在成员。
 - 成员离开报文（0x17）：成员离开组播组时主动向路由器发送的报文，用于宣告自己离开了某个组播组。
- 最大响应时间：表示主机响应查询返回报告的最大时间。
- 对于普遍组查询，最大响应时间默认为 10 秒。
- 对于特定组查询，最大响应时间默认为 1 秒。
- 组地址：
 - 普遍组查询报文中，组地址设置为 0。
 - 特定组查询报文中，组地址为需要查询的组地址。
 - 在成员报告或离开组的消息中，组地址为需要报告或离

开的组地址。

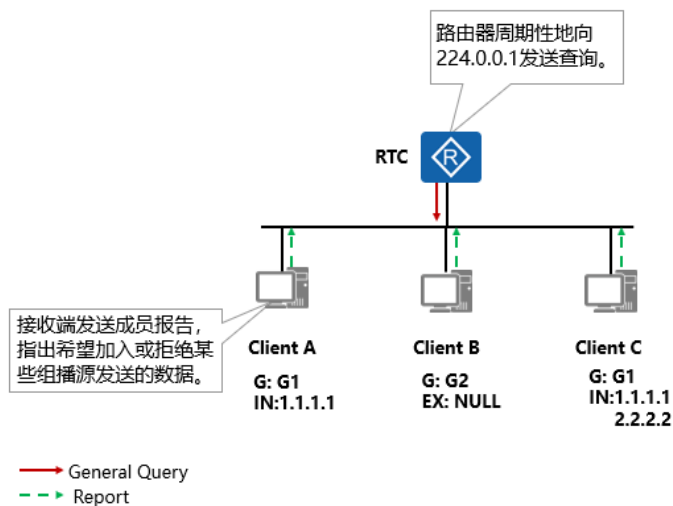
SSM模型中的新需求

- 只接收特定源发送的组播数据。



- 如果 Client A 和 RTC 之间运行的是 IGMPv1 或 IGMPv2，Client A 无法对组播源进行选择，无论其是否需要，都会同时接收到来自组播源 Source A 和 Source B 的数据。
- 为了满足 SSM 模型的新需求，IGMPv3 提供了在报文中携带指定组播源信息的能力。
- 接下来一起学习 IGMPv3 是如何设计的。

IGMPv3工作机制



- 与 IGMPv2 相比，IGMPv3 报文的变化如下：

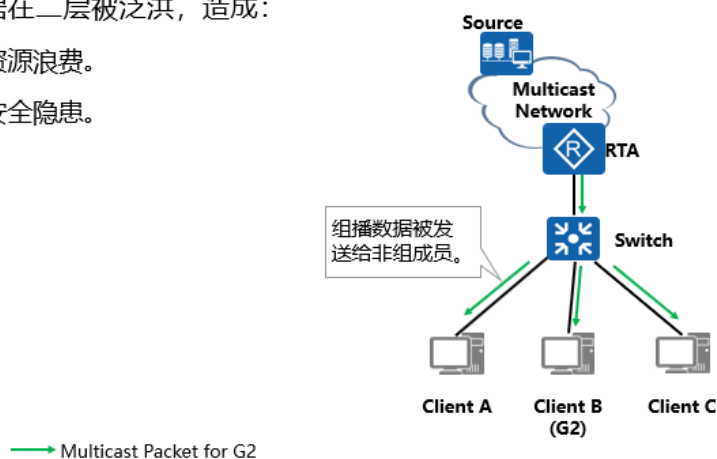
- IGMPv3 报文包含两大类：查询报文和成员报告报文。IGMPv3 没有定义专门的成员离开报文，成员离开通过特定类型的报告报文来传达。
- 查询报文中不仅包含普遍组查询报文和特定组查询报文，还新增了特定源组查询报文（Group-and-Source-Specific Query）。该报文由查询器向共享网段内特定组播组成员发送，用于查询该组成员是否愿意接收特定源发送的数据。特定源组查询通过在报文中携带一个或多个组播源地址来达到这一目的。
- 成员报告报文不仅包含主机想要加入的组播组，而且包含主机想要接收来自哪些组播源的数据。IGMPv3 增加了针对组播源的过滤模式（INCLUDE/EXCLUDE），将组播组与源列表之间的对应关系简单的表示为（G，INCLUDE，（S1、S2...）），表示只接收来自指定组播源 S1、S2.....发往组 G 的数据；或（G，EXCLUDE，（S1、S2...）），表示接收除了组播源 S1、S2.....之外的组播源发给组 G 的数据。当组播组与组播源列表的对应关系发生了变化，IGMPv3 报告报文会将该关系变化存放于组记录（Group Record）字段，发送给 IGMP 查询器。
- 在 IGMPv3 中一个成员报告报文可以携带多个组播组信息，而之前的版本一个成员报告只能携带一个组播组。这样在 IGMPv3 中报文数量大大减少。

IGMP各版本间的差异

机制	IGMPv1	IGMPv2	IGMPv3
查询器选举	依靠其他协议	自己选举	自己选举
成员离开方式	静默离开	主动发送离开报文	主动发送离开报文
特定组查询	不支持	支持	支持
指定源、组	不支持	不支持	支持

二层中组播数据转发的问题

- 组播数据在二层被泛洪，造成：
 - 网络资源浪费。
 - 存在安全隐患。



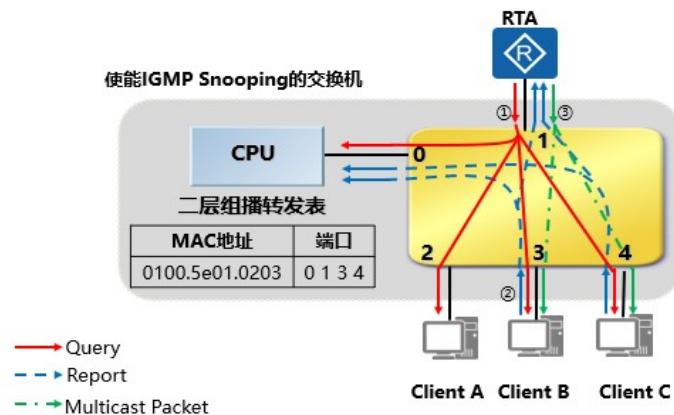
- 主机加入组播组需要向上游设备发送 IGMP 成员报告，这样上游设备才可以将组播报文发送给主机。由于 IGMP 报文是封装在 IP 报文内，属于三层协议报文，而二层设备不处理报文的三层信息，所以主机加组的过程二层设备并不知道，而且通过对数据链路层数据帧的源 MAC 地址的学习也学不到组播 MAC 地址（数据帧的源 MAC 地址不会是组播 MAC 地址）。
- 这样当二层设备在接收到一个目的 MAC 地址为组播 MAC 地址的数据帧时，在 MAC 地址表中就不会找到对应的表项。

那么这时候，它就会采用广播方式发送组播报文，这样一来不但对网络资源造成的极大浪费而且影响网络安全。

- IGMP Snooping 机制的提出，解决了二层组播泛洪问题，下面一起来学习该机制。

IGMP Snooping工作原理

- 使能IGMP Snooping机制后，查询响应仅向路由器接口转发。

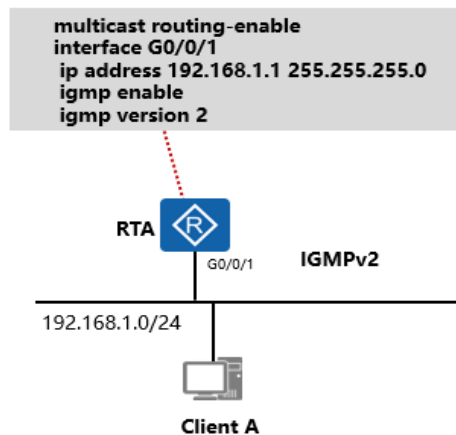


- IGMP Snooping 可以实现组播数据帧在数据链路层的转发和控制。
- 使能 IGMP Snooping 功能后，二层设备会侦听主机和路由器之间交互的 IGMP 报文。通过分析报文中携带的信息（报文类型、组播组地址、接收报文的接口等），建立和维护二层组播转发表，从而指导组播数据帧在数据链路层按需转发。
- IGMP Snooping 建立和维护二层组播转发表的过程：
- RTA 作为查询器，周期性的发送普遍组查询，该报文被扩散到交换机的所有端口，包括与交换机 CPU 相连的内部接口 0。交换机 CPU 收到查询报文后，判断 1 号接口为连接路由器的接口。
- Client B 希望加入组播组 224.1.2.3，因此以组播方式发送一个 IGMP 成员报告报文，报告中具有目的 MAC 地址 0x0100.5e01.0203。该报文将被发往路由器的接口以及交换机 CPU 相连的内部接口 0；当 CPU 收到 Client B 的 IGMP 报告时，

CPU 利用 IGMP 报告中的信息将该接口加入二层组播转发表中，此时表项包括 Client B 的接口号，连接路由器的接口号和连接交换机内部 CPU 的接口号。

- 形成此转发表项的结果是使后面任何目的地址为 0x0100.5e01.0203 的组播帧都被控制在端口 0、1 和 3，而且不向交换机其他端口扩散。
- Client C 加入组 224.1.2.3 并主动发一个 IGMP 报告，交换机 CPU 收到此报告，它在转发表项上为 MAC 地址 0x0100.5e01.0203 增加一个端口（端口 4）。

IGMP配置实现





IGMP配置验证

```
<RTA>display igmp interface
Interface information of VPN-Instance: public net
GigabitEthernet0/0/1(192.168.1.1):
IGMP is enabled
Current IGMP version is 2
IGMP state: up
IGMP group policy: none
IGMP limit: -
Value of query interval for IGMP (negotiated): -
Value of query interval for IGMP (configured): 60 s
Value of other querier timeout for IGMP: 0 s
Value of maximum query response time for IGMP: 10 s
Querier for IGMP: 192.168.1.1 (this router)
Total 1 IGMP Group reported

<RTA>display igmp group
Interface group report information of VPN-Instance: public net
GigabitEthernet0/0/1(192.168.1.1):
Total 1 IGMP Group reported
Group Address  Last Reporter  Uptime    Expires
239.255.255.250 192.168.1.11  00:04:18  00:02:07
```



思考题

1. IGMPv1中，当最后一个组播成员离开后该组后，组播路由器将在多长时间后删除所对应的组播转发表项？
2. IGMPv2中，特定组查询的目的IP是224.0.0.1吗？
3. IGMP Snooping的实现原理是什么？

- 答案： $60 \times 2 + 10 = 130s$ 。
- 答案：否，特定组查询的目的IP是所查询组播组的组播IP地址。
- 答案：IGMP Snooping通过侦听组播路由器与主机之间交互的IGMP报文建立组播数据报文的二层转发表项，从而管理和控制组播数据报文在二层网络中的转发。