

IGMP 原理与配置

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

IGMP 是非对称协议，最后一跳路由器与 PC 之间运行

组播服务模型：

ASM 全称为 Any-Source Multicast 任意源组播。

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

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

IGMP 协议

IGMPv1 是一个相对老旧的版本，它只定义了基本的组成员查询及组成员关系报告机制。

IGMPv2 在 IGMPv1 的基础上做了一些改进，其中包括定义了组成员离开机制、支持特定组播组查询以及定义了查询器选举机制等。

IGMPv3 在之前的版本基础上增加了组成员对特定组播源的限制功能，另外，IGMPv3 也是 SSM (Source-Specific Multicast，特定源组播) 的重要组件之一。

高版本的 IGMP 具有向前兼容性。

IGMPv1

IGMPv1 定义了两种类型的报文：

成员关系查询报文 Membership Query

成员关系报告报文 Membership Report

Spanning-tree-(for-brid...	STP	119 MST. Root
224.0.0.1	IGMPv1	60 Membership
224.1.1.1	IGMPv1	46 Membership
Spanning-tree-(for-brid...	STP	119 MST. Root

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。

响应抑制机制

同一个组内多个成员时，成员之间会有一个定时器

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。

IGMPv1 的报文格式如图 12-9 所示。

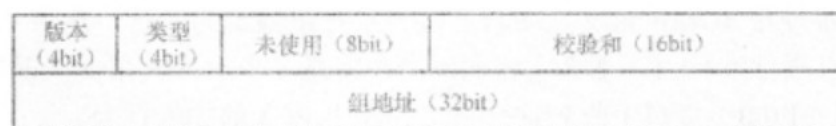


图 12-9 IGMPv1 报文格式

组地址 :

对于 IGMPv1 成员关系查询报文，该字段的值被设置为 0.0.0.0 ;

对于 IGMPv1 成员关系报告报文，该字段的值被设置为主机所加入的组播组地址。

路由器的两个角色

Querier 查询器

DR 指定路由器

在 IGMPv1 中 DR 和查询器是同一台路由器

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）

IGMPv1 没有 leave 消息，成员离开后等 130s 才知道

130 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 × 健壮系数 + 最大查询响应时间

[display default-parameter igmp](#) 查看 IGMP 的缺省配置

IGMP View Default Configurations:

```
-----  
Lastmember-queryinterval: 1 s  
Max-response-time: 10 s  
Require-router-alert: disabled  
Robust-count: 2  
Send-router-alert: enabled  
Ssm-mapping: disabled  
Timer other-querier-present: 125 s  
Timer query: 60 s
```

Interface View Default Configurations:

```
-----  
Group-policy: disabled  
Lastmember-queryinterval: 1 s  
Lastmember-query time: 2 s  
Max-response-time: 10 s
```

```
Other-querier-present-timer-expiry: off
Prompt-leave: disabled
Require-router-alert: disabled
Robust-count: 2
Send-router-alert: enabled
Ssm-mapping: disabled
Startup-query-timer-expiry: off
Static-group: disabled
Timer other-querier-present: 125 s
Timer query: 60 s
Version: 2
Ip-source-policy: disabled
```

普遍查询消息发送间隔

IGMP 查询器会周期性地发送 IGMP 普遍组查询报文，以判断网络上是否有组播组成员，发送间隔即为“IGMP 普遍组查询报文的发送间隔”。可以根据网络的实际情况来修改周期性发送 IGMP 普遍组查询报文的时间间隔。

接口视图或 IGMP 视图

```
int g0/0/0
```

```
igmp enable
```

```
igmp timer query 70 ，默认为 60 ，最大值为 18000
```

健壮系数

IGMP 查询器的健壮系数是为了弥补可能发生的网络丢包而设置的报文重传次数。

在主机所在的共享网络上，IGMP 查询器负责维护接口上的组播组成员关系，IGMP 健壮系数会影响组成员关系的超时时间。

接口视图或 IGMP 视图

multicast routing-enable

igmp

robust-count 3 默认为 2，最大值为 5

int g0/0/0

igmp robust-count 3

最大查询响应时间 (IGMPv2 IGMPv3)

如果主机在接收到 IGMP 普遍组查询报文后立即发送报告报文，可能会发生同一网段大量主机同时向 IGMP 查询器发送报告报文的情况，从而造成网络的流量过大。

为了避免这种情况，IGMPv2 报文和 IGMPv3 报文规定了主机接收到 IGMP 普遍组查询报文后的最大响应时间。运行 IGMP v2 和 IGMPv3 的主机在接收到 IGMP 普遍组查询报文后，会为其所要加入的组播组启动一个定时器，该定时器的超时时间在 0 ~ “最大响应时间”之间随机选定。当定时器超时，主机才发送报告报文。

最大响应时间规定了主机发送报告报文的最后期限。合理的设置最大响应时间，可以使主机快速响应查询报文，同时又可以避免大量主机同时发送报告报文而造成的网络拥塞。

接口视图或 IGMP 视图

int g0/0/0

igmp enable

igmp version 2

igmp max-response-time 15 默认为 10，最大值为 25

IGMPv2

IGMPv2 定义了四种类型的报文：

- 1 成员关系查询 Membership Query ：常规查询，特定组查询
- 2 成员关系报告 Membership Report
- 3 离组 Leave Group
- 4 版本 1 成员关系报告 Version 1 Membership Report: 用于兼容 IGMPv1

224.1.1.1	IGMPv2	46 Membership Report group 224.1.1.1
224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
224.1.1.1	IGMPv2	46 Membership Report group 224.1.1.1
224.1.1.1	IGMPv2	46 Leave Group 224.1.1.1
224.1.1.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for gro
224.1.1.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for gro
224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general

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。

图 12-14 显示了 IGMPv2 的报文格式，留意到在 IGMPv1 报文中未被使用的 8bit，在 IGMPv2 中被重新定义了。

版本 (4bit)	类型 (4bit)	最大响应时间 (8bit)	校验和 (16bit)
组地址 (32bit)			

图 12-14 IGMPv2 报文格式

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

离组报文

查询器收到离开报文，会发送针对离开组发送特定组查询报文，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的成员，则路由器不会收到组的成员报告报文。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该组的组播数据。如果网段内还有组的其他成员，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组的成员报告报文。路由器继续向该网段转发该组的组播数据。

发送间隔

```
int g0/0/0
```

```
igmp lastmember-queryinterval 3 默认为 1，最大值为 5
```

发送次数

```
int g0/0/0
```

```
igmp robust-count 3 默认为 2，最大值为 5
```

该命令和 IGMP 视图下的 `robust-count` 命令功能完全相同，差别只是作用范围不同。IGMP 视图下的配置具有全局性，对所有接口有效；接口视图下的配置只对当前接口有效。系统优先采用接口视图下的配置。当接口视图下没有进行配置，才采用 IGMP 视图下的配置。

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

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。

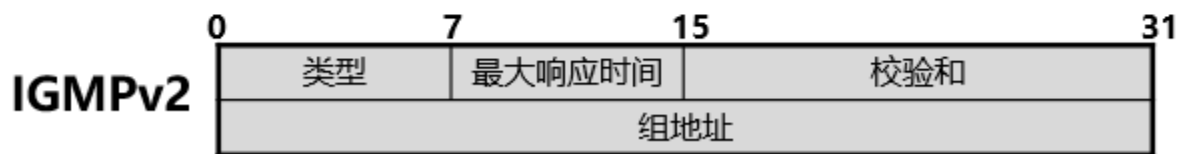
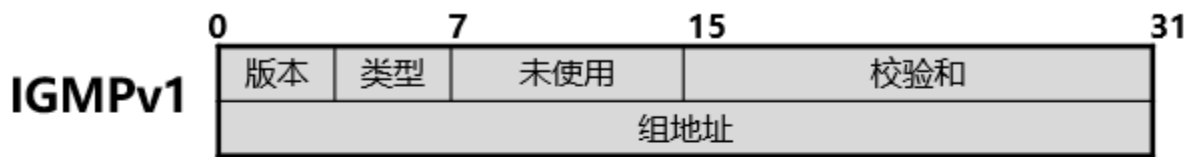
其他 IGMP 查询器的存活时间 (IGMPv2 IGMPv3)

当成员主机网段连接多台三层组播设备时，只有一台设备会被选作 IGMP 查询器，负责向该网段的主机发送查询报文。如果在某些情况下（比如查询器设备发生故障）查询器无法正常发送查询报文，组成员关系将无法建立和维护。运行 IGMPv2 和 IGMPv3 的非查询器，会在选举失败后启动一个定时器，即“其他 IGMP 查询器的存活时间”，如果非查询器在这段时间内收不到查询器发送的查询报文，就认为查询器失效，从而重新发起查询器选举。

其他 IGMP 查询器的存活时间的计算公式是：其他 IGMP 查询器的存活时间 = 健壮系数 × IGMP 普遍查询报文发送间隔 + (1/2) × 最大查询响应时间。当健壮系数、IGMP 普遍查询报文发送间隔和最大查询响应时间都取缺省值时，其他 IGMP 查询器的存活时间的值为 125 秒。

```
int g0/0/0
igmp enable
igmp version 2
igmp timer other-querier-present 200 默认为 125，最大值为 300
```

IGMPv1 和 IGMPv2 报文比较



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，组地址为要加入组的地址。

IGMPv2 报文：IGMPv2 报文与 IGMPv1 报文不同，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。

IGMPv1 普遍组查询 0.0.0.0, MRT 10s, 周期性 60

IGMPv2 特定组查询 某一个组，如 224.0.0.1，MRT 1s，收到 leave 报文触发

IGMPv3

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 报文包主要含两大类：[成员关系查询报文](#)和[成员关系报告报文](#)，（除去兼容 v1 v2 的报文）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。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。

- 1.普遍组查询报文
- 2.特定组查询报文
- 3.特定源组查询报文
- 4.成员关系报告报文

表 12-2

IGMPv3 组记录类型

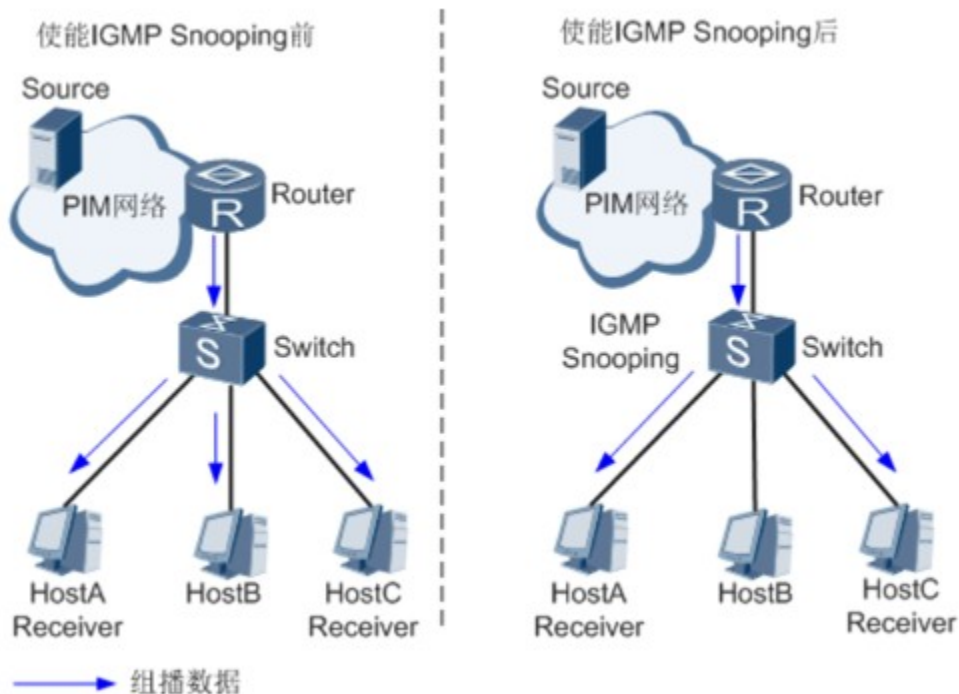
分类	说明	组记录类型
当前状态记录 (Current-State Record)	用于对成员关系查询进行回应, 并宣告当前状态	Mode_Is_Include
		Mode_Is_Exclude
过滤模式改变记录 (Filter-Mode-Change Record)	用于宣告过滤模式发生变化	Change_To_Include_Mode
		Change_To_Exclude_Mode
源列表改变记录 (Source-List-Change Record)	用于宣告源列表发生变化	Allow_New_Sources
		Block_Old_Sources

要离组时, 发送一个 IGMPv3 成员关系报告, 在该报告中包含 Change_To_Include_Mode 类型的组记录, 并在该组记录中, 组地址为离开的组, 组播源为空

```
Internet Protocol, Src: 192.168.1.1 (192.168.1.1), Dst: 224.0.0.22 (224.0.0.22)
Internet Group Management Protocol
[IGMP Version: 3]
Type: Membership Report (0x22)
Header checksum: 0xeaf9 [correct]
Num Group Records: 1
= Group Record : 239.1.1.3 Change To Include Mode
  Record Type: Change To Include Mode (3)
  Aux Data Len: 0
  Num Src: 0
  Multicast Address: 239.1.1.3 (239.1.1.3)
```

IGMP Snooping

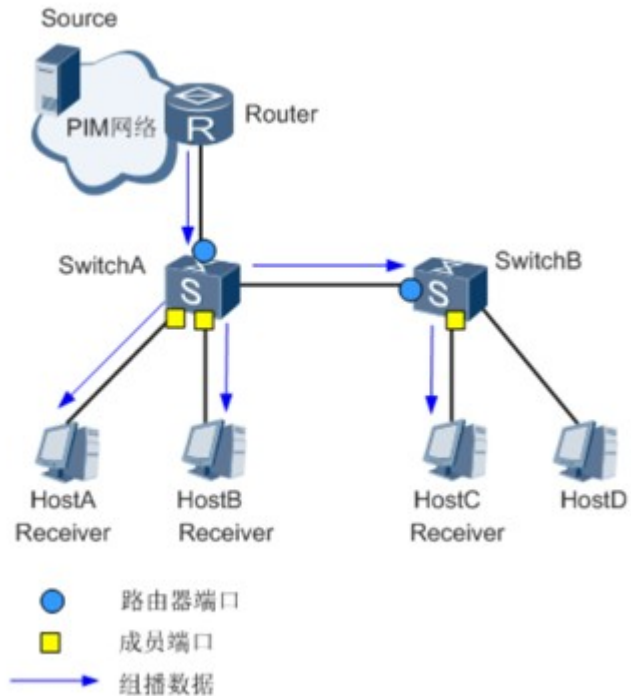
当路由器与组成员之间存在二层交换机时, 缺省时, 交换机只是简单地转发网络中的 IGMP 报文, 不会对这些报文的内容感兴趣。此外, 当交换机在某个 VLAN 内收到组播流量时, 它会将这些流量在相同 VLAN 内所有接口上进行泛洪



交换机部署了 IGMP Snooping 之后，它将会侦听组成员与 IGMP 查询器之间交互的 IGMP 报文，并解析 IGMP 报文中的相关信息，然后结合这些信息与接口、VLAN-ID 等建立二层组播转发表项，这些转发表项将用于指导组播流量转发，确保流量只被转发到正确的接口

路由器接口 (Router Port)指的是运行了 IGMP Snooping 的交换机朝向上游组播路由器的接口

成员接口 (Member Port)是 IGMP Snooping 交换机朝向组播组成员的接口



二层组播转发表 (Layer 2Multicast Forwarding Table)

运行 IGMP Snooping 的交换机会侦听 IGMP 查询器与组成员之间交互的 IGMP 报文，并维护一个重要的数据表——二层组播转发表，该表格中的表项将用于指导交换机转发组播流量。在二层组播表项中包含组播组地址、接口信息（路由器接口、成员接口）以及 VLAN-ID 等信息。在交换机上使用 display 12-multicast forwarding-table 命令即可查看其二层组播转发表。

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。

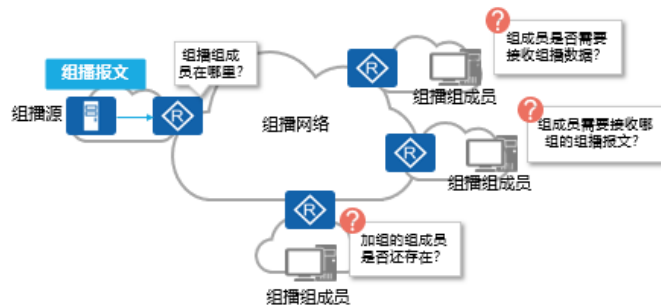
- 组播通信中，组播网络需要将组播数据发送给特定的组播组成员，因此组播网络需要知道组成员的位置与组成员所加的组播组。
- 通过 IGMP (Internet Group Management Protocol ，因特网组管理协议) ，组成员可以将加组消息发送给组播网络，

从而让组播网络感知到组成员的位置和所加组播组。

- 本课程主要讲解 IGMP 的作用和基本原理，包括 IGMPv1、IGMPv2 和 IGMPv3 三个版本的原理与区别，和 IGMP Snooping 的工作机制、IGMP SSM Mapping 工作机制、IGMP 代理的工作机制。

组播网络的转发困境

- IP组播通信的特点是报文从一个源发出，被转发到一组特定的组播组成员。在组播通信模型中，组播源不关注接收者的位置信息，组播数据转发需要依赖组播网络才能将数据发送至组播组成员。
- 组播数据在进行传递时，组播网络为了将组播数据转发至组播组成员，需要知道**组播组成员的位置与所加组播组**。
- 组播网络**如何感知组播组成员**？



感知组播组成员

- 组播网络感知组播组成员有两种方法：
 - 手工静态配置：在组播路由器上静态指定连接组播组成员的接口，静态配置组成员加组信息。
 - 手工静态方式灵活性差，配置工作量大，但相对比较稳定，对于新上线的组成员能够快速建立组播转发通路。
 - 动态感知：通过**IGMP**协议通知组播网络，组播网络根据IGMP消息感知组播组成员所在接口，以及组成员加组信息。
 - 动态感知方式较为灵活，且配置简单，**现网一般使用动态感知方式**。
- 当组播网络获得组成员位置与加组信息后，可以基于这些信息转发组播报文。

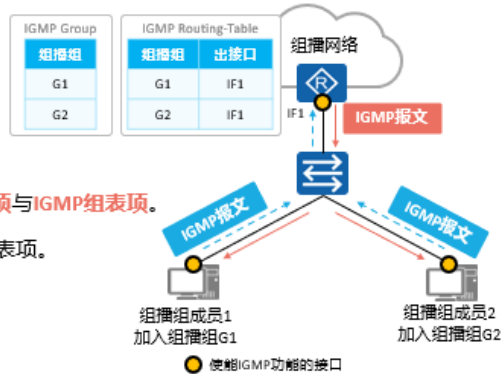


- 组播网络转发报文时需要依赖组播分发树，该分发树的形成将在《PIM 原理与配置》课程讲解。



IGMP协议的概述

- IGMP是TCP/IP协议族中负责IPv4组播成员管理的协议，用来在接收者主机和与其直接相邻的组播路由器之间**建立和维护组播组成员关系**。
- IGMP通过在组播组成员和组播路由器之间交互IGMP报文实现组成员管理功能，IGMP报文封装在IP报文中。
- 到目前位置，IGMP有三个版本：
 - IGMPv1
 - IGMPv2
 - IGMPv3
- 组播路由器与组成员间交互报文后会生成**IGMP路由表项与IGMP组表项**。
- IGMP路由表项与IGMP组表项将帮助设备生成组播路由表项。



IGMP组表项与路由表项

- IGMP协议会生成IGMP路由表项与IGMP组表项，组播路由表项需要基于IGMP路由表项与IGMP组表项的信息生成。
 - IGMP组表项**是由用户主机发送的IGMP加入报文触发创建的，用于维护组加入信息并通知组播路由协议（通常所说的为PIM协议）创建相应(*,G)表项。
 - IGMP组表项如下：
- IGMP路由表项**的作用主要是用来扩展组播路由表项的出接口。
 - IGMP路由表项如下：

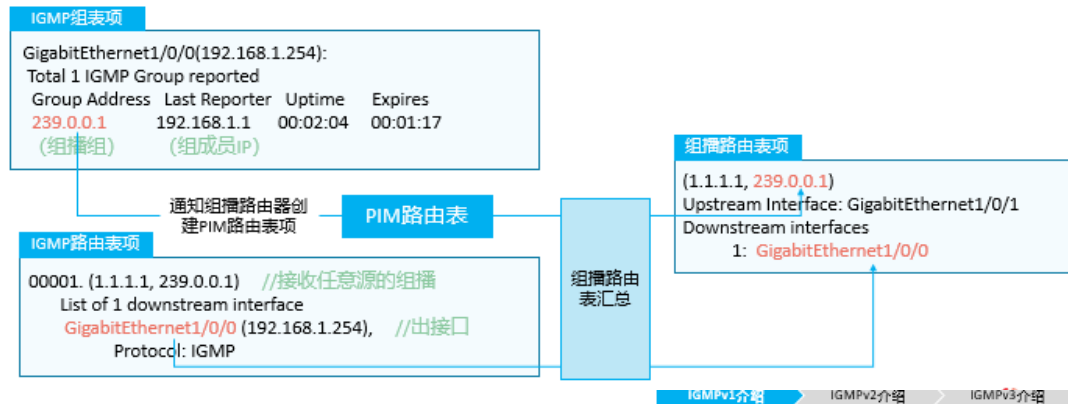
```
GigabitEthernet1/0/0(192.168.1.254):  
Total 1 IGMP Group reported  
Group Address  Last Reporter  Uptime    Expires  
239.0.0.1      192.168.1.1  00:02:04  00:01:17  
(组播组)      (组成员IP)
```

```
00001. (*, 239.0.0.1) //接收任意源的组播  
List of 1 downstream interface  
GigabitEthernet1/0/0 (192.168.1.254), //出接口  
Protocol: IGMP
```



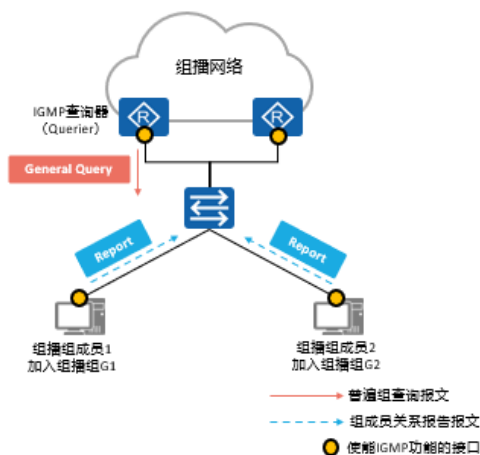
IGMP表项与组播路由表项

- 在**最后一跳组播路由器（组播叶子路由器）**上，组播路由表可以基于IGMP路由表项，IGMP组表项与组播协议路由表（PIM路由表）汇总后形成。
- IGMP路由表项与IGMP组表项能为组播协议路由表提供**组播组地址信息**与**出接口信息**。



IGMPv1基本概念

- IGMPv1主要基于查询和响应机制完成组播组管理。
- 查询和响应机制由两种报文实现：
 - 普遍组查询报文 (General Query)：** 查询器向共享网络上所有主机和路由器发送的查询报文，用于查询哪些组播组存在成员。
 - 成员关系报告报文 (Report)：** 主机向查询器发送的报告报文，用于申请加入某个组播组或者应答查询报文。
- 由于IGMP报文是组播报文，因此一个多路访问网络里只需要一个组播路由器发送查询报文即可，该组播路由器被称为**IGMP查询器 (Querier)**。





IGMPv1报文格式

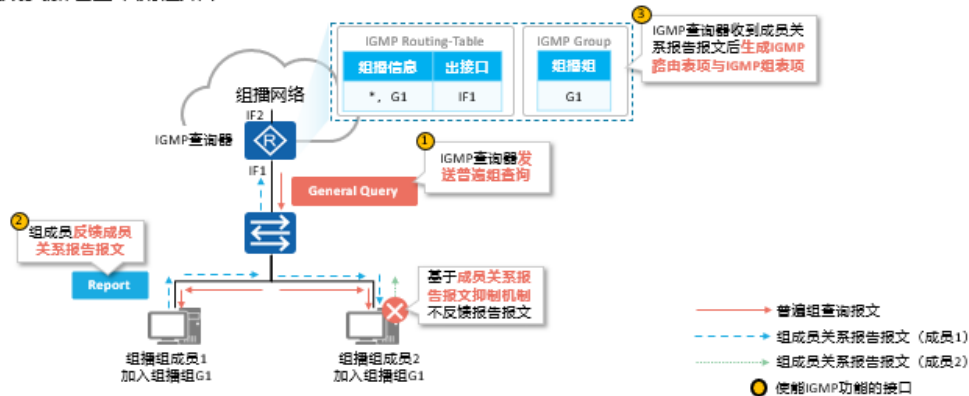
- IGMPv1普遍组查询报文与成员关系报告报文均为组播报文，目的地址为224.0.0.1。
- IGMPv1普遍组查询报文与成员关系报告报文格式类似，其中最主要的是Version, Type, Group Address这三个字段：

0	3	7	15	31
Version	Type	Unused	Checksum	
Group Address				
字段	说明			
Version	IGMP版本，值为1			
Type	报文类型。该字段有以下两种取值： 0x1：表示普遍组查询报文 0x2：表示成员关系报告报文			
Group Address	组播组地址。在普遍组查询报文中，该字段设为0；在成员关系报告报文中，该字段为成员加入的组播组地址			



IGMPv1组成员加组机制

- 通过普遍组查询报文与成员关系报告报文，IGMP查询器可以了解到该网段内哪些组播组存在成员。
- IGMPv1组成员加组基本流程如下：

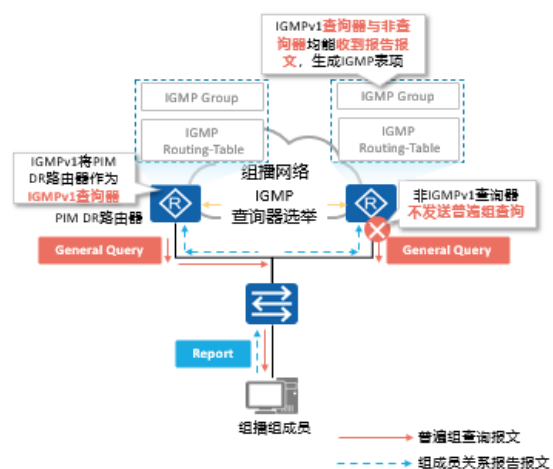


- IGMPv1 普遍组查询和响应过程如下：
- IGMP 查询器发送目的地址为 224.0.0.1（表示同一网段内所有主机和路由器）的普遍组查询报文；收到该查询报文的组成员启动定时器。普遍组查询报文是周期性发送的，发送周期可以通过命令配置，缺省情况下每隔 60 秒发送一次。组成员 1 和组成员 2 是组播组 G1 的成员，则在本地启动定时器 Timer-G1。缺省情况下，定时器的范围为 0 ~ 10 秒之间的随机值。
- 第一个定时器超时的组成员发送针对该组的报告报文。

- IGMP 查询器接收到组播组成员 1 的报告报文后，了解到本网段内存在组播组 G1 的成员，则由生成 IGMP 组表项与 (*, G1) IGMP 路由表项，“*”代表任意组播源。网络中一旦有组播组 G1 的数据到达路由器，将向该网段转发。
- 成员关系报告报文抑制机制：
- 普遍组查询报文是周期性发送的，发送周期可以通过命令配置，缺省情况下每隔 60 秒发送一次。组成员 1 和组成员 2 是组播组 G1 的成员，则在本地启动定时器 Timer-G1。缺省情况下，定时器的范围为 0 ~ 10 秒之间的随机值。
- 假设组成员 1 上的 Timer-G1 首先超时，组成员 1 向该网段发送目的地址为 G1 的报告报文。也想加入组 G1 的组成员 2 收到此报告报文，则停止定时器 Timer-G1，不再发送针对 G1 的报告报文。这样报告报文被抑制，可以减少网段上的流量。

IGMPv1 查询器选举机制

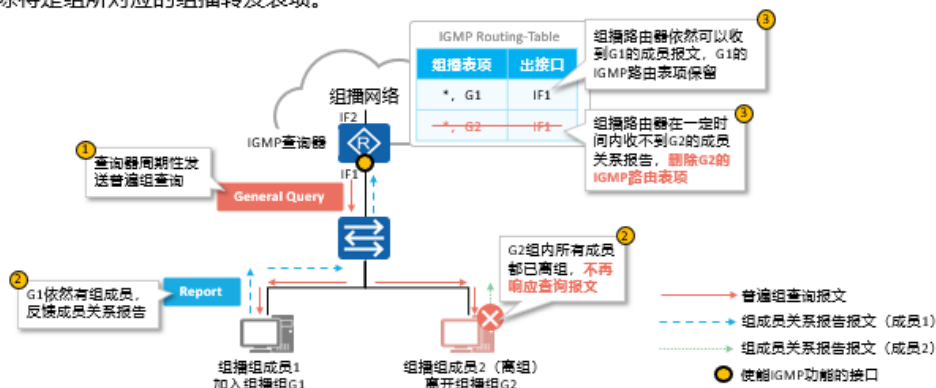
- 普遍组查询是组播报文，因此同一网段内只需要一台查询器即可查询所有组成员的加组信息。
- IGMPv1 没有基于 IGMP 的查询器选举机制，所以需要依赖组播路由协议（PIM）进行 IGMP 查询器选举。
- IGMPv1 将组播路由协议（PIM）选举出唯一的组播信息转发者（Assert Winner 或 DR）作为 IGMPv1 的查询器，负责该网段的组成员关系查询。
- 查询器和非查询器均能收到成员关系报告（目的地址 224.0.0.1），因此均能形成 IGMP 路由表与 IGMP 组表项。



- Assert Winner 或 DR 用于转发组播流量。
- 关于 Assert Winner 或 DR 的具体作用，将在《PIM 原理与配置》课程介绍。

IGMPv1组成员离组机制

- IGMPv1没有专门定义离开组消息，当组播组成员离开组播组时，将不会再对普遍组查询报文做出回应。
- 当网段内不存在特定组的组成员，IGMP查询器不会收到特定组成员的报告报文，则在一定时间（缺省值为130s）后，删除特定组所对应的组播转发表项。



- 组成员离开机制：
- 假设组成员 2 想要退出组播组 G2
- 组成员 2 收到 IGMP 查询器发送的普遍组查询报文时，不再发送针对 G2 的报告报文。由于网段内不存在组 G2 的其他成员，IGMP 查询器不会收到 G2 组成员的报告报文，则在一定时间（缺省值为 130 秒）后，删除 G2 所对应的 IGMP 表项。
- 组成员 1 收到 IGMP 查询器发送的普遍组查询报文时，反馈针对 G1 的报告报文，IGMP 查询器不删除 G1 相应 IGMP 表项



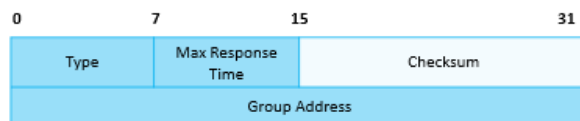
IGMPv2介绍

- IGMPv1在离组机制与查询器选举机制上有一定缺陷：
 - IGMPv1离组使用超时机制，组成员只能静默离组。在未超时的时间内，组播流量依然会被组播路由器转发。
 - IGMPv1查询器选举必须要依赖PIM协议，导致查询器选举不够灵活。
- IGMPv2改善了IGMPv1的缺陷：
 - IGMPv2组成员加组机制与IGMPv1基本相同
 - IGMPv2增加了离开组机制
 - IGMPv2增加了查询器选举机制
- IGMPv2能与IGMPv1兼容。



IGMPv2报文格式

- 为了改善组成员离开机制，IGMPv2新增了两种报文：
 - 成员离开报文 (Leave)**：成员离开组播组时主动向查询器发送的报文，用于宣告自己离开了某个组播组。成员离开报文目的地址为224.0.0.2。
 - 特定组查询报文 (Group-Specific Query)**：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。特定组查询报文目的地址为所查询组播组的组地址。
- IGMPv2对普遍组查询报文格式也做了改进，添加了最大响应时间 (Max Response Time) 字段。此字段取值可以通过命令配置，用于控制成员对于查询报文的响应速度。
- IGMPv2报文格式如下：



- IGMPv2 报文各字段说明：
- Type：
- 报文类型。该字段有以下四种取值：
- 0x11:表示查询报文。IGMPv2 的查询报文包括普遍组查询报文和特定组查询报文两类。
- 0x12:表示 IGMPv1 成员关系报告报文。
- 0x16:表示 IGMPv2 成员关系报告报文。
- 0x17:表示成员离开报文。
- Max Response Time：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。
- Group Address :
- 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。
- 在成员关系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。

IGMPv1介绍

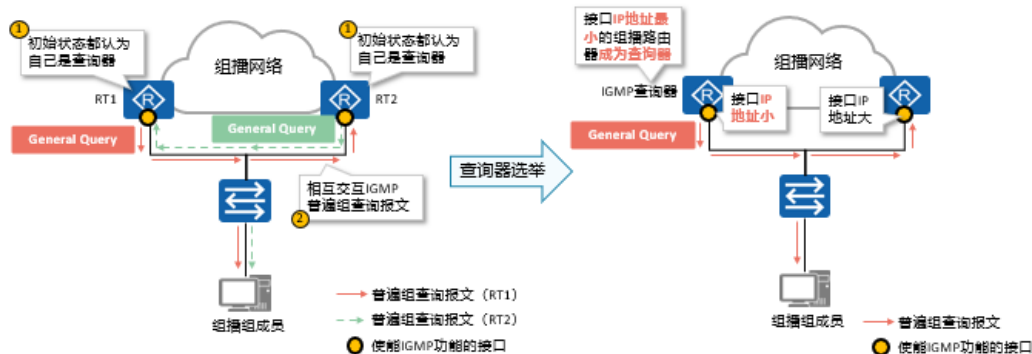
IGMPv2介绍

IGMPv3介绍



IGMPv2查询器选举机制

- IGMPv2组成员**加组机制与IGMPv1一致**，不再赘述。
- IGMPv2查询器选举机制与IGMPv1有较大差异。IGMPv2使用**独立的查询器选举机制**，当共享网段上存在多个组播路由器时，IP地址最小的路由器成为查询器。

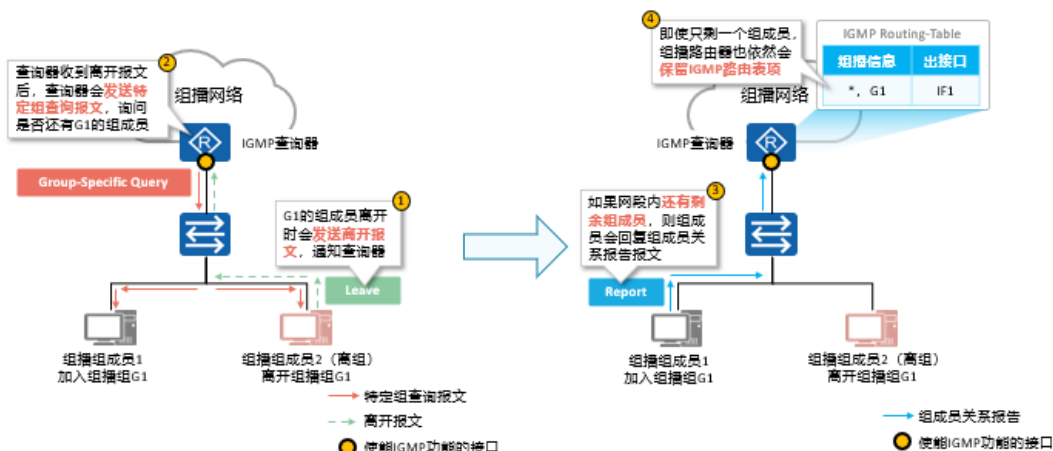


- 非查询器上都会启动一个定时器（即其他查询器存在时间定时器 Other Querier Present Timer）。在该定时器超时前，如果收到了来自查询器的查询报文，则重置该定时器；否则，就认为原查询器失效，并发起新的查询器选举过程。



IGMPv2组成员离开机制

- IGMPv2使用成员离开报文与特定组查询报文加速感知IGMPv2组成员离开。

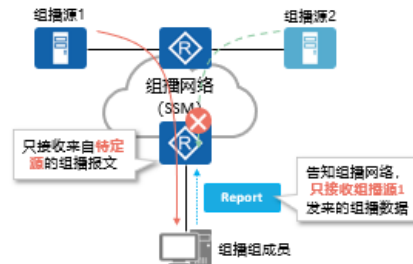


- 组播组成员向本地网段内的所有组播路由器（目的地址为 224.0.0.2）发送针对组 G1 的离开报文。
- 查询器收到离开报文，会发送针对组 G1 的特定组查询报文。发送间隔和发送次数可以通过命令配置，缺省情况下每隔 1 秒发送一次，共发送两次。同时查询器启动组成员关系定时器（Timer-Membership=发送间隔 x 发送次数）。
- 如果该网段内还存在组 G1 的其他成员，这些成员在收到查询器发送的特定组查询报文后，会立即发送针对组 G1 的报告报文。查询器收到针对组 G1 的报告报文后将继续维护该组成员关系。
- 如果该网段内不存在组 G1 的其他成员，查询器将不会收到针对组 G1 的报告报文。在 Timer-Membership 超时后，查询器将删除（*, G1）对应的 IGMP 组表项。当有组 G1 的组播数据到达查询器时，查询器将不会向下游转发。



SSM模型带来的挑战

- 出于安全考虑，组播组成员可以只选择接收从特定组播源发来的组播数据。组成员需要告知组播网络，接收来自哪些特定组播源的组播流量。
- IGMPv1与IGMPv2的报文中均**无法携带组播源的信息**，因此**无法配合SSM使用**（可使用SSM Mapping功能解决这个问题）。
- IGMPv3主要是为了配合SSM（Source-Specific Multicast）模型发展起来的，提供了在报文中携带组播源信息的能力，即主机可以对组播源进行选择。



- SSM 模型的组播地址范围：232.0.0.0~232.255.255.255
- SSM Mapping 功能将在 IGMP 特性章节介绍。

IGMPv3 介绍

- IGMPv3 大部分工作机制与 IGMPv2 类似：
- 查询器选举机制一致：IP 地址小的为查询器。
- 使用普遍组查询报文查询组成员加组信息。
- 使用特定组查询报文查询特定组播的成员存活情况。
- IGMPv3 需要支持上报组播源信息，与 IGMPv2 相比 IGMPv3 的变化如下：
- IGMPv3 查询报文除了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）。
- IGMPv3 成员关系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。
- 由于同个组播组的不同成员可能希望接收来自不同源的组播，因此 IGMPv3 **无需成员关系报告报文抑制机制**。
- 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。



IGMPv3报文格式 – 查询报文

- IGMPv3的查询报文共有三类：
 - 普遍组查询报文 (General Query)**。该报文作用与IGMPv1,IGMPv2中的普遍组查询报文作用一致。
 - 特定组查询报文 (Group-Specific Query)**。该报文作用与IGMPv2中的特定组查询报文作用一致。
 - 特定源组查询报文 (Group-and-Source-Specific Query)**。该报文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。
- IGMPv3查询报文格式如下：

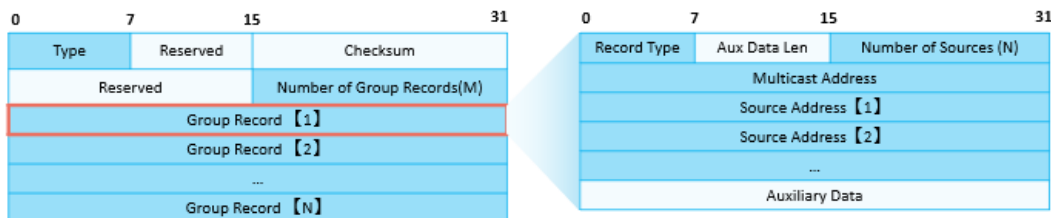
0			7			15			31		
Type			Max Resp Code			Checksum					
Group Address											
Resv	S	QRV	QQIC			Number of Sources(N)					
Sources Address [1]											
Sources Address [2]											
...											
Sources Address [N]											

- IGMPv3 查询报文重要字段说明：
- Type：报文类型，取值为 0x11。
- Max Response Code：最大响应时间。成员主机在收到 IGMP 查询器发送的普遍组查询报文后，需要在最大响应时间内做出回应。
- Group Address：组播组地址。在普遍组查询报文中，该字段设为 0；在特定组查询报文和特定源组查询报文中，该字段为要查询的组播组地址。
- Number of Sources：报文中包含的组播源的数量。对于普遍组查询报文和特定组查询报文，该字段为 0；对于特定源组查询报文，该字段非 0。此参数的大小受到所在网络 MTU 大小的限制。
- Source Address：组播源地址，其数量受到 Number of Sources 字段值大小的限制。



IGMPv3报文格式 – 成员关系报告报文

- IGMPv3成员关系报告报文除了通告组成员的加组信息外，还能通告组成员希望接收的组播源信息。通告组播源主要有两种模式：
 - INCLUDE：希望接收来自特定组播源的组播流量
 - EXCLUDE：希望过滤来自特定组播源的组播流量
- 成员关系报告报文中的组播组信息和组播源信息的关系会记录在组记录（Group Record）字段，发送给IGMP查询器。IGMPv3成员关系报告报文的地址为224.0.0.22，报文格式如下：



- 在 IGMPv3 中一个成员关系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关系报告只能携带一个组播组。这样在 IGMPv3 中报文数量大大减少。
- IGMPv3 成员关系报告报文重要字段说明：
 - Type：报文类型，取值为 0x22。
 - Number of Group Records：报文中包含的组记录的数量。
 - Group Record：组记录。
 - Group Record 重要字段说明：
 - Record Type：组记录的类型。共分为三大类。
 - 当前状态报告。用于对查询报文进行响应，通告自己目前的状态，共两种：一种是 MODE_IS_INCLUDE，表示接收源地址列表包含的源发往该组的组播数据。如果指定源地址列表为空，该报文无效；另一种是 MODE_IS_EXCLUDE，表示不接收源地址列表包含的源发往该组的组播数据。
 - 过滤模式改变报告。当组和源的关系在 INCLUDE 和 EXCLUDE 之间切换时，会通告过滤模式发生变化，共两种：一种是 CHANGE_TO_INCLUDE_MODE，表示过滤模式由 EXCLUDE 转换到 INCLUDE，接收源地址列表包含的新组播源发往该组播组的数据。如果指定源地址列表为空，主机将离开组播组；另一种是 CHANGE_TO_EXCLUDE_MODE，表示

过滤模式由 INCLUDE 转换到 EXCLUDE，拒绝源地址列表包含的新组播源发往该组的组播数据。

IGMPv1介绍

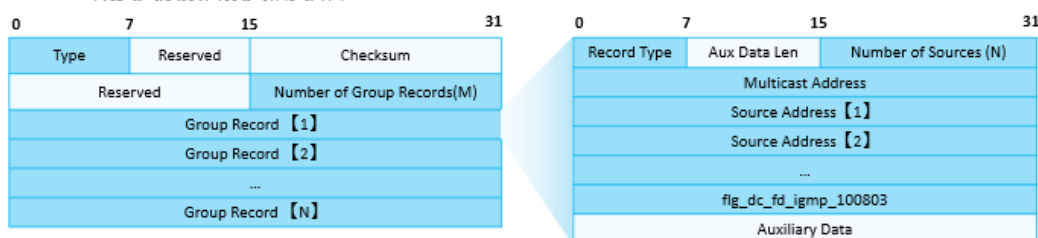
IGMPv2介绍

IGMPv3介绍



IGMPv3报文格式 – 成员关系报告报文

- IGMPv3成员关系报告报文除了通告组成员的加组信息外，还能通告组成员希望接收的组播源信息。通告组播源有两种模式：
 - INCLUDE：希望接收来自特定组播源的组播流量
 - EXCLUDE：希望过滤来自特定组播源的组播流量
- 组播组信息和组播源信息的关系会记录在组记录（Group Record）字段，发送给IGMP查询器。
- IGMPv3成员关系报告报文格式如下：

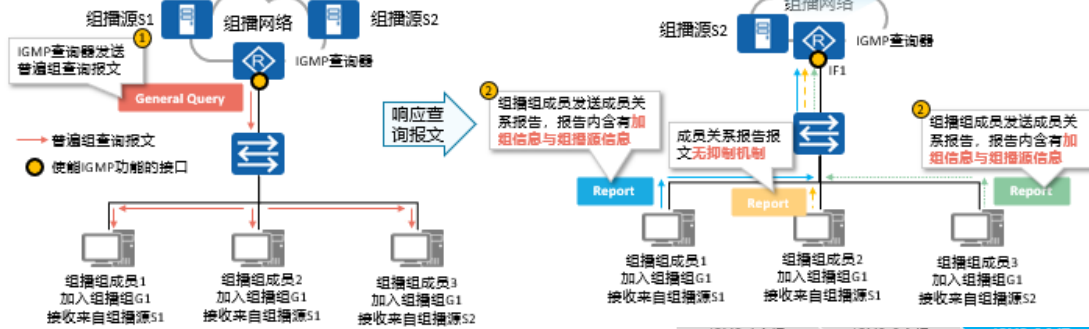


- 源列表改变报告。当指定源发生改变时，会通告源列表发生变化，共两种：一种是 ALLOW_NEW_SOURCES，表示在现有的基础上，需要接收源地址列表包含的组播源发往该组播组的组播数据。如果当前对应关系为 INCLUDE，则向现有源列表中添加这些组播源；如果当前对应关系为 EXCLUDE，则从现有阻塞源列表中删除这些组播源；另一种是 BLOCK_OLD_SOURCES，表示在现有的基础上，不再接收源地址列表包含的组播源发往该组播组的组播数据。如果当前对应关系为 INCLUDE，则从现有源列表中删除这些组播源；如果当前对应关系为 EXCLUDE，则向现有源列表中添加这些组播源。
- Number of Sources：本记录中包含的源地址数量。
- Multicast Address：组播组地址。
- Sources Address：组播源地址。



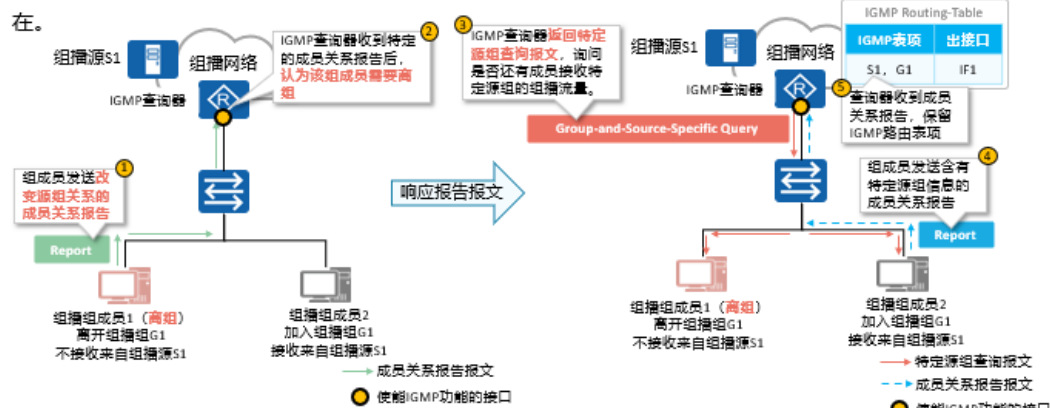
IGMPv3组成员加组机制

- IGMPv3组成员加组机制与IGMPv2类似，但有以下不同：
 - IGMPv3的成员关系报告报文能够携带组播源信息。
 - IGMPv3成员关系报告报文**没有成员关系报告报文抑制机制**。
- IGMPv3组成员加组流程如下：



IGMPv3组成员离组机制

- IGMPv3没有专门的成员离开报文，成员离开需要借助组成员关系报告实现。
- IGMP查询器在收到**改变源组对应关系的成员关系报告**后，会发送特定源组查询报文，确认是否还有组成员存在。



- 改变源组关系的成员关系报告报文很多，比如：
- 设备原来接收来自S1的组播数据，那么通过发布 (G1, EXCLUDE, S1) 报文或 (G1, CHANGE_TO_EXCLUDE_MODE, S1) 报文都可以改变源组关系。

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	主动离开	主动离开
特定组查询	不支持	支持	支持
指定源、组	不支持	不支持	支持
版本兼容性		IGMPv1	IGMPv1、IGMPv2

以太网的组播转发问题

- 当组播数据从最后一跳路由器发往组播组成员时，往往会经过交换机。由于组播数据的**目的MAC地址是组播MAC地址**，默认情况下交换机将泛洪此类数据帧，有可能导致不同组的组播流量会被别组的成员接收。
- IGMP Snooping功能可以控制组播流量在以太网的泛洪范围，避免不同组的组播流量被别组成员接收。

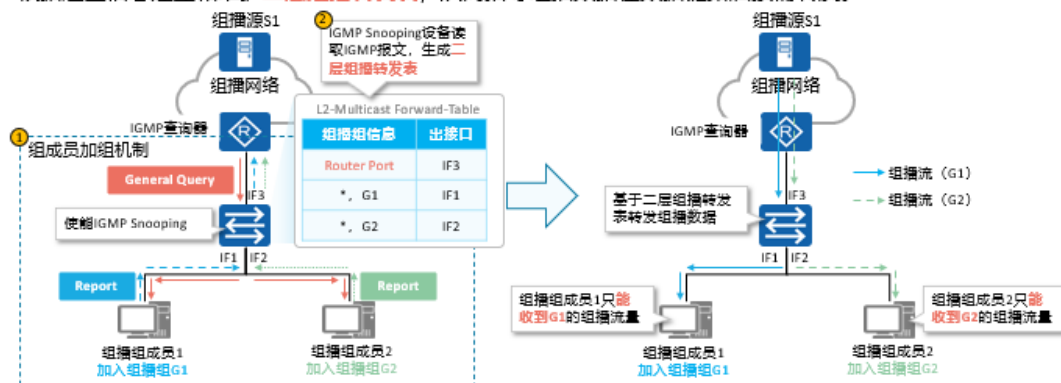


- 当 Router 将组播报文转发至 Switch 以后，Switch 负责将组播报文转发给组播用户。由于组播报文的目的地址为组播组地址，在二层设备上学习不到这一类 MAC 表项的，因此组播报文就会在所有接口进行广播，和它在同一广播域内的组播成员和非组播成员都能收到组播报文。这样不但浪费了网络带宽，而且影响了网络信息安全。
- IGMP Snooping 有效地解决了这个问题。配置 IGMP Snooping 后，二层组播设备可以侦听和分析组播用户和上游路由器之间的 IGMP 报文，根据这些信息建立二层组播转发表项，

控制组播数据报文转发。这样就防止了组播数据在二层网络中的广播。

IGMP Snooping介绍

- IGMP Snooping可以实现组播数据在数据链路层的转发和控制。
- 当主机和上游三层设备之间传递的IGMP协议报文通过二层组播设备时，IGMP Snooping分析报文携带的信息，根据这些信息建立和维护**二层组播转发表**，从而指导组播数据在数据链路层按需转发。



- Router Port：路由器端口

IGMP Snooping端口与转发表介绍

- 二层组播转发表项中存在两类接口：
 - 路由器端口 (Router Port)**：二层组播设备上朝向三层组播设备（DR或IGMP查询器）一侧的接口，二层组播设备从此接口接收组播数据报文。
 - 成员端口 (Member Port)**：又称组播组成员端口，表示二层组播设备上朝向组播组成员一侧的端口，二层组播设备往此接口发送组播数据报文。

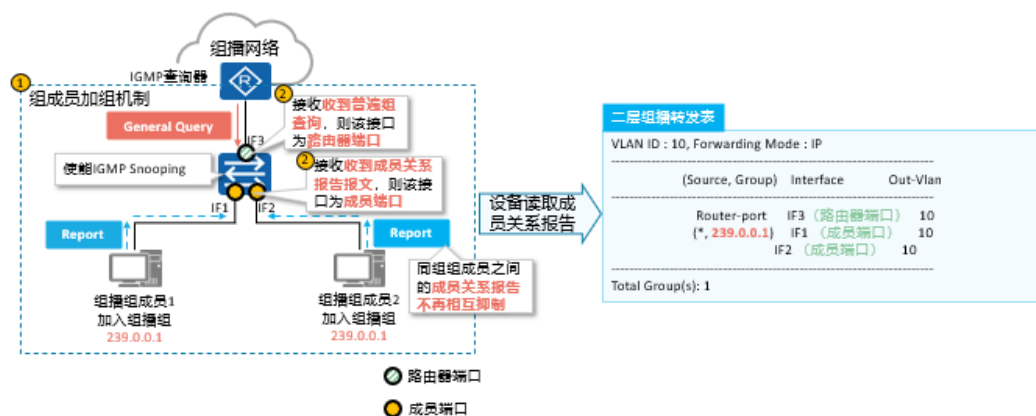


- 路由器端口生成过程：
- 由协议生成的路由器端口叫做动态路由器端口。收到源地址不为 0.0.0.0 的 IGMP 普遍组查询报文或 PIM Hello 报文（三层组播设备的 PIM 接口向外发送的用于发现并维持邻居关系的报文）的接口都将被视为动态路由器端口。
- 手工配置的路由器端口叫做静态路由器端口。

- 成员端口生成过程：
- 由协议生成的成员端口叫做动态成员端口。收到 IGMP Report 报文的接口，二层组播设备会将其标识为动态成员端口。
- 手工配置的成员端口叫做静态成员端口。

IGMP Snooping工作原理 – 形成转发表项

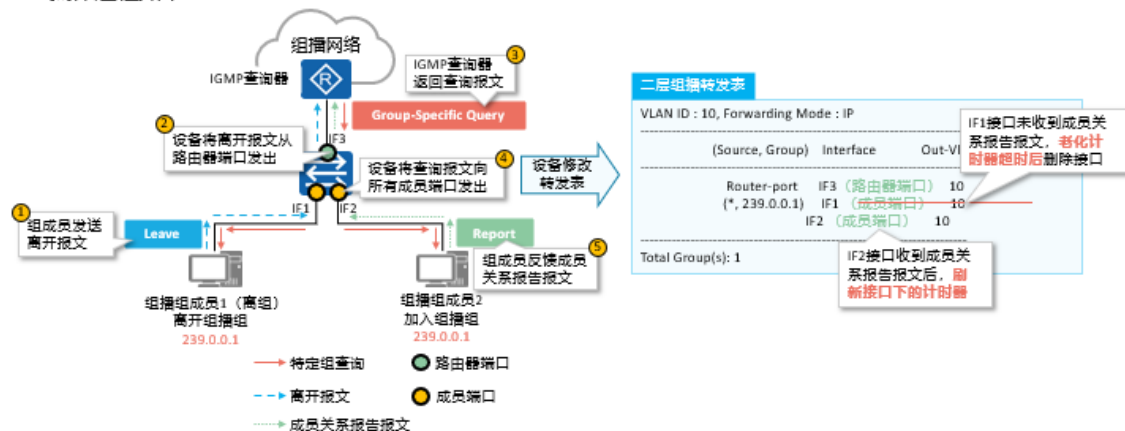
- IGMP Snooping设备通过监听IGMP报文，形成二层组播转发表，并决定接口类型，具体过程如下：



- 路由器端口形成后会启动老化计时器（默认 180s），当路由器端口收到新的普遍组查询后刷新该计时器。
- 成员端口形成后会启动老化计时器（默认 180s），当成员端口收到新的成员关系报告报文后刷新该计时器。
- IGMP Snooping 不再使用成员关系报告报文抑制机制：
- 由于 IGMP Snooping 需要监听 IGMP 报文才能决定端口角色，进而指导转发，所以所有组成员都需要发送 IGMP 组成员关系报告报文。
- 当 IGMP Snooping 设备收到成员关系报告报文后，只将成员关系报告报文从路由器接口发送出去，从而避免其余组成员收到成员关系报告报文，不触发成员关系报告报文抑制机制。

IGMP Snooping工作原理 – 维护转发表项

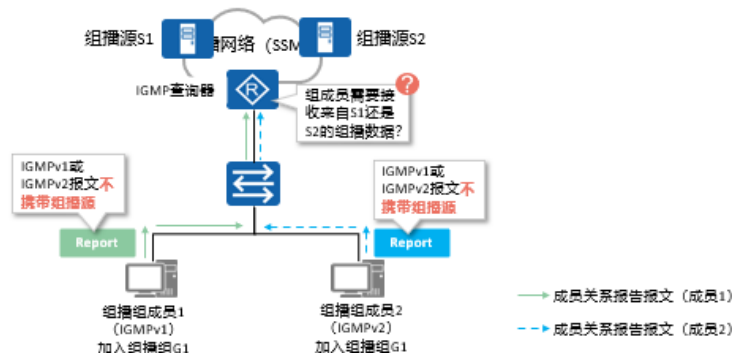
- IGMP Snooping设备通过监听IGMP离开报文，IGMP成员关系报告报文决定特定端口是否还需要发送特定组播，具体过程如下：



- 收到 IGMP 离开报文后，成员端口的老化定时器 = 健壮系数（默认 2）x 特定组查询间隔（默认 1s）。

IGMP SSM Mapping介绍

- 现网中存在部分只能运行IGMPv1与IGMPv2的老旧终端，在部署SSM模式的组播时，由于IGMPv1与IGMPv2报文中无法携带组播源信息，因此无法使用SSM模式的组播网络。
- IGMP SSM Mapping通过静态的将组播源与组播组进行绑定，使得IGMPv1与IGMPv2的组成员也能接入SSM组播网络。

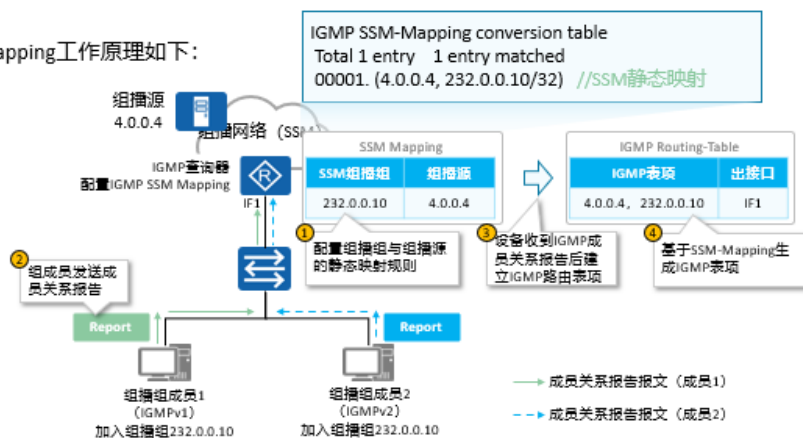


- 无论使用 IGMPv1，IGMPv2 或 IGMPv3 加入 SSM 组播组，SSM 组播组的地址依然是 232.0.0.0~232.255.255.255。

IGMP SSM Mapping工作原理

- 在IGMP查询器上静态配置SSM地址的映射规则，将IGMPv1或IGMPv2成员关系报告中的**组信息**映射为**源组信息**。

- IGMP SSM Mapping工作原理如下：



- 配置了 SSM Mapping 规则后，当 IGMP 查询器收到来自成员主机的 IGMPv1 或 IGMPv2 报告报文时，首先检查该报文中所携带的组播组地址 G，然后根据检查结果的不同分别进行处理。
- 如果 G 在 ASM (Any-Source Multicast) 范围内，则只提供 ASM 服务。
- 如果 G 在 SSM 组地址范围内 (缺省情况下为 232.0.0.0 ~ 232.255.255.255)：
- 如果路由器上没有 G 对应的 SSM Mapping 规则，则无法提供 SSM 服务，丢弃该报文。
- 如果路由器上有 G 对应的 SSM Mapping 规则，则依据规则将报告报文中所包含的(*, G)信息映射为(G, INCLUDE, (S1, S2...))信息，提供 SSM 服务。
- IGMP SSM Mapping 不处理 IGMPv3 的报告报文。为了保证同一网段运行任意版本 IGMP 的主机都能得到 SSM 服务，需要在与成员主机所在网段相连的组播路由器接口上运行 IGMPv3。



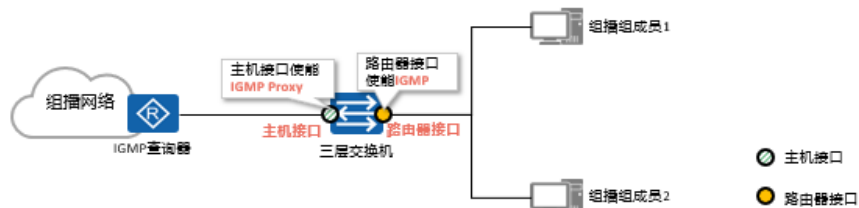
IGMP Proxy介绍

- 现网中可能存在一台IGMP查询器需要管理大量组成员的情况，大量成员主机频繁加入/离开组播组时，会产生大量的IGMP成员关系报告/离开报文，从而给IGMP查询器带来较大的处理压力。
- 通过IGMP Proxy功能可**减少**IGMP查询器接收**IGMP成员关系报告/离开报文的数量**，减轻IGMP查询器压力。
- IGMP Proxy通常被部署在IGMP查询器和成员主机之间的三层设备上。



IGMP Proxy基本概念

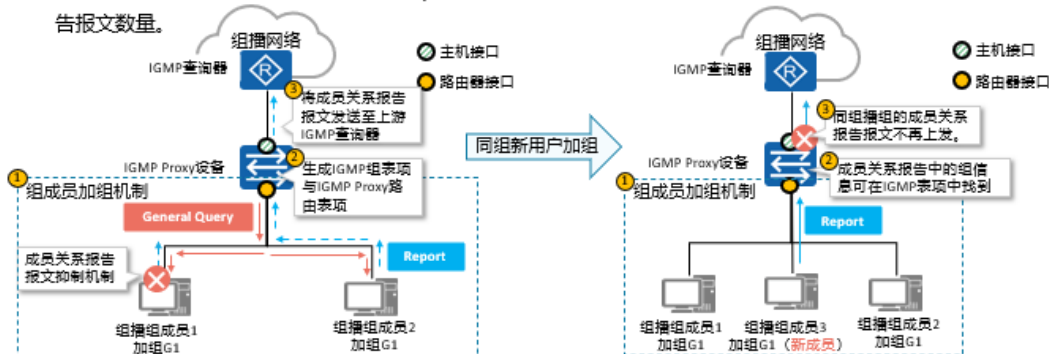
- 为了缓解IGMP查询器压力，IGMP Proxy设备将成员关系报告/离开报文汇聚后统一上送给IGMP查询器。
- IGMP Proxy设备也可以代理IGMP查询器向成员主机发送查询报文，维护组成员关系，基于组成员关系进行组播转发。
- 为了实现以上功能，IGMP Proxy定义了两类接口：
 - **主机接口 (Host Interface)**：IGMP Proxy设备上配置IGMP Proxy功能的接口，该接口一般**面向IGMP查询器**。
 - **路由器接口 (Router Interface)**：IGMP Proxy设备上配置IGMP功能的接口，该接口一般**面向组成员**。





IGMP Proxy工作机制 – 成员加组

- IGMP Proxy减少成员关系报告报文的工作机制如下：
 - 路由器接口作为IGMP接口，对下呈现为IGMP查询器，发送查询报文，处理成员关系报告报文，形成IGMP表项，并将成员关系报告从主机接口发送给上游的IGMP查询器。
 - 当新用户加入同一个组播组时，IGMP Proxy设备不会再向IGMP查询器反馈成员关系报告报文，因此减少了成员关系报告报文数量。

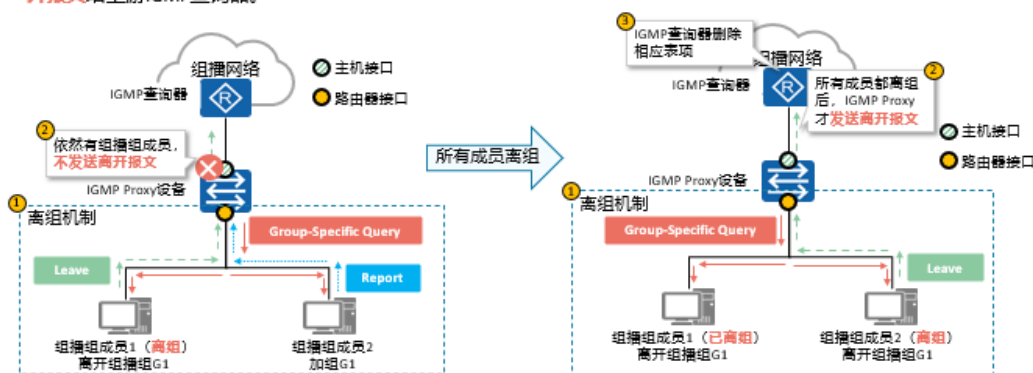


- IGMP 代理设备收到某组播组的报告报文后，会在 IGMP 组表项中查找该组播组：
- 如果没有找到相应的组播组，IGMP 代理设备会向接入设备发送针对该组播组的报告报文，并在组播转发表中添加该组播组；
- 如果找到相应的组播组，IGMP 代理设备就不需要向接入设备发送报告报文。
- IGMPv1/IGMPv2/IGMPv3 成员加组机制不再赘述



IGMP Proxy工作机制 – 成员离组

- IGMP Proxy减少离组报文的工作机制如下：
 - 当组成员离开时，IGMP Proxy通过IGMP离组机制确定是否有特定组播组的组成员，当确定已经没有组成员后才发送离开报文给上游IGMP查询器。



- IGMP 代理设备收到某组播组 G1 的离开报文后，会向接收到该离开报文的接口发送一个特定组查询报文，检查该接口下是否还存在组播组 G1 的其他成员：
- 如果没有其他成员，在组播转发表中将该接口删除，然后判断组播组 G1 是否还有其他接口。
- 如果没有，IGMP 代理设备再会向接入设备发送针对该组播组的离开报文；
- 如果有，IGMP 代理设备不向接入设备发送针对该组播组的离开报文；
- 如果有其他成员，IGMP 代理设备会继续向该接口转发组播数据。
- IGMPv1/IGMPv2/IGMPv3 成员离组机制不再赘述。



IGMP协议的基本配置 (1)

1. 使能IGMP功能

```
[Huawei - GigabitEthernet1/0/0] igmp enable
```

2. 配置IGMP版本

```
[Huawei - GigabitEthernet1/0/0] igmp version number
```

3. 全局使能IGMP snooping功能

```
[Huawei ]igmp-snooping enable
```

4. VLAN下使能IGMP代理功能

```
[Huawei-vlan10] igmp-snooping proxy
```

5. 在接口下使能IGMP SSM Mapping

```
[Huawei - GigabitEthernet1/0/0] igmp ssm-mapping enable
```

IGMP协议的基本配置 (2)

6. 在IGMP视图下配置静态SSM映射关系。

```
[Huawei-igmp] ssm-mapping group-address group-mask source-address
```

7. 查看接口的IGMP配置和运行信息

```
<Huawei> display igmp interface
```

8. 查看加入组播组的成员信息

```
<Huawei> display igmp group
```

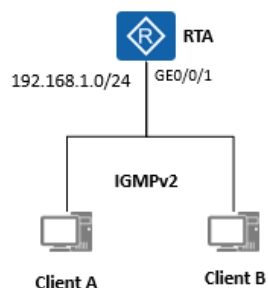
9. 查看二层组播转发表

```
<Huawei> display l2-multicast forwarding-table vlan vlan-id
```

10. 查看IGMP SSM Mapping静态映射关系

```
<Huawei> display igmp ssm-mapping
```

IGMP基础实验



RTA的配置如下:

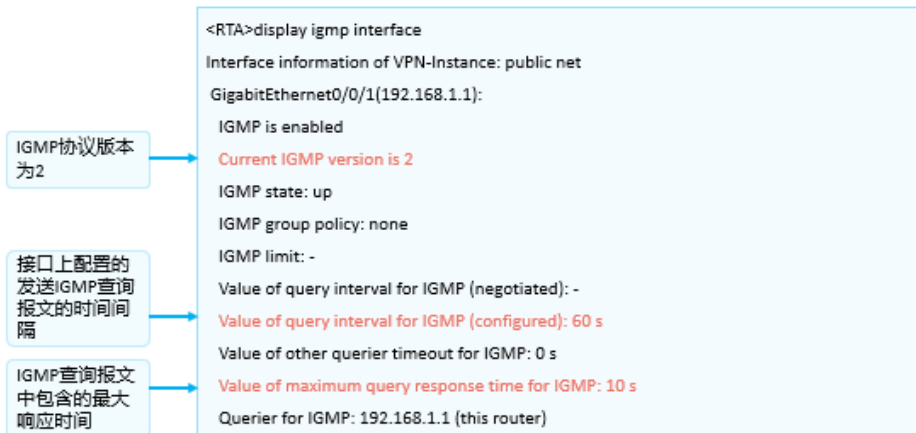
```
[RTA]multicast routing-enable
[RTA]interface g0/0/1
[RTA-GigabitEthernet0/0/1]ip address 192.168.1.1 24
[RTA-GigabitEthernet0/0/1]igmp enable
[RTA-GigabitEthernet0/0/1]igmp version 2
```

在上述路由器配置IGMP协议，实现IP组播成员管理。
通过配置RTA的GE0/0/1口使能IGMP协议，RTA成为
查询器负责发送接收IGMP报文。



IGMP配置验证

在路由器RTA上查看查看接口的IGMP配置和运行信息。



思考题：

- （简答题）在 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？
- （简答题）在 IGMPv2 中，特定组查询的目的 IP 是 224.0.0.1 吗？
- （单选题）IGMP 协议支持哪些版本？
- IGMPv1、IGMPv2
- IGMPv3
- IGMPv2、IGMPv3
- IGMPv1、IGMPv2、IGMPv3

答案：

- $60 \times 2 + 10 = 130s$ 。
- 否，特定组查询的目的 IP 是所查询组播组的组播 IP 地址。
- D