

组播隧道负载均衡的方法、装置、网关设备及存储介质

技术领域

5 本申请涉及网络通信技术领域，特别是涉及一种组播隧道负载均衡的方法、装置、网关设备及存储介质。

背景技术

通过自动组播隧道（Automatic Multicast Tunneling，AMT）协议可以使得不支持原生组播协议的组播接收者连接到组播源，进而能够接收来自组播源的组播流量。

10 AMT 协议采用客户端-服务端模式（Client-Server mode），网关设备可以通过任播的方式确定距离最近的中继设备，进而网关设备以组播成员的身份加入该中继设备维护的组播组，至此网关设备与该中继设备之间的 AMT 隧道建立成功。然后中继设备接收到来自组播源的组播数据流后，可以通过该 AMT 隧道将组播数据流发送至网关设备，网关设备再将组播数据流发送至组播接收者。

15 在 AMT 隧道建立成功后，若该中继设备在拓扑上一直距离网关设备最近，且该中继设备与网关设备之间的路由可达，则网关设备将一直通过该中继设备获取组播数据流。这种情况下，如果该中继设备的转发负担较重，但转发资源暂未完全耗尽，将导致组播数据流的转发效率较低。

发明内容

本申请提供一种组播隧道负载均衡的方法、装置、网关设备及存储介质，用于解决网关设备通过转发负担重，转发资源暂未耗尽的中继设备获取组播数据流，组播数据流的转发效率较低的问题，具体包括以下方案：

20 第一方面，本申请实施例提供一种组播隧道负载均衡的方法，应用于网关设备，所述网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，所述方法包括：

接收组播接收者发送的组播加入请求报文，所述组播加入请求报文包括组播组的信息；

获取所述多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，所述优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；

25 基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备；

向所述目标中继设备发送第一成员更新报文，所述第一成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得所述目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

30 在一种可能的实现方式中，所述网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，所述网关设备与所述多个中继设备建立 AMT 隧道的过程包括：

在所述网关设备上线后，分别向所述中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中继发现报文包括不同的任播地址；

在第一预设时长内，接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，所述中继通告报文包括中继设备的优先级数值；

35 分别建立与所述第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录所述第一数量个中继设备的优先级数值；

将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，所述第二数量个中继设备为所述中继设备组中，

未在所述第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，所述第一数量和所述第二数量的和值为所述中继设备组包括的中继设备的数量。

在一种可能的实现方式中，在所述记录所述第一数量个中继设备的优先级数值之后，所述方法还包括：

- 5 每隔第二预设时长，向所述第一数量个中继设备发送请求报文；
接收所述第一数量个中继设备发送的成员查询报文，所述成员查询报文包括中继设备的优先级数值；

基于所述成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的所述第一数量个中继设备的优先级数值。

- 10 在一种可能的实现方式中，所述基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备，包括：

获取每个中继设备的分担权重值；
从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；
从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为所述目标中继设备。

在一种可能的实现方式中，所述获取每个中继设备的分担权重值，包括：

- 15 根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值；或者，

针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与所述多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

- 20 在一种可能的实现方式中，在所述向所述目标中继设备发送第一成员更新报文之后，所述方法还包括：

若所述目标中继设备故障，则获取所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的中继设备中，为所述组播组重新选择一个目标中继设备；

- 25 向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，所述第二成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

在一种可能的实现方式中，所述中继通告报文包括优先级字段，所述优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

- 30 在一种可能的实现方式中，所述成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当所述第一标记位字段取值为第一值时，用于表示所述优先级字段承载中继设备的优先级数值。

在一种可能的实现方式中，所述成员查询报文还包括第二标记位字段；

若所述第二标记位字段取值为第一值，则表示所述优先级字段位于网关地址字段之后，与所述网关地址字段相邻的位置；

- 35 若所述第二标记位字段的取值为第二值，则表示所述优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与所述封装信息相邻的位置。

在一种可能的实现方式中，所述优先级字段占用 8 个保留比特位，当所述优先级字段取值为 0 时，表示所述优先级字段未携带优先级数值。

在一种可能的实现方式中，所述优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，所述健康度参

数包括以下任意一种或多种：

- 可访问的组播源的数量；
- 与组播源之间的网络质量；
- 与组播源之间的传输路径的故障率；

5 与组播源之间的路由链路质量。

在一种可能的实现方式中，所述负载值为中继设备负责的组播组数量。

第二方面，本申请实施例提供一种组播隧道负载均衡的装置，应用于网关设备，所述网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，所述装置包括：

10 接收模块，用于接收组播接收者发送的组播加入请求报文，所述组播加入请求报文包括组播组的信息；

获取模块，用于获取所述多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，所述优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；

选择模块，用于基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备；

15 发送模块，用于向所述目标中继设备发送第一成员更新报文，所述第一成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得所述目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

在一种可能的实现方式中，所述网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，所述网关设备与所述多个中继设备建立 AMT 隧道的过程包括：

20 在所述网关设备上线后，分别向所述中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中继发现报文包括不同的任播地址；

在第一预设时长内，接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，所述中继通告报文包括中继设备的优先级数值；

分别建立与所述第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录所述第一数量个中继设备的优先级数值；

25 将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，所述第二数量个中继设备为所述中继设备组中，未在所述第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，所述第一数量和所述第二数量的和值为所述中继设备组包括的中继设备的数量。

在一种可能的实现方式中，在所述记录所述第一数量个中继设备的优先级数值之后，所述装置还包括更新模块：

30 所述发送模块，还用于每隔第二预设时长，向所述第一数量个中继设备发送请求报文；

所述接收模块，还用于接收所述第一数量个中继设备发送的成员查询报文，所述成员查询报文包括中继设备的优先级数值；

所述更新模块，用于基于所述成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的所述第一数量个中继设备的优先级数值。

35 在一种可能的实现方式中，所述选择模块，具体用于：

- 获取每个中继设备的分担权重值；
- 从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；
- 从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为所述目标中继设备。

在一种可能的实现方式中，所述选择模块，具体用于：

根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值；或者，

5 针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与所述多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

在一种可能的实现方式中，所述获取模块，还用于若所述目标中继设备故障，则获取所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

所述选择模块，还用于基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的中继设备中，为所述组播组重新选择一个目标中继设备；

10 所述发送模块，还用于向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，所述第二成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

在一种可能的实现方式中，所述中继通告报文包括优先级字段，所述优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

15 在一种可能的实现方式中，所述成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当所述第一标记位字段取值为第一值时，用于表示所述优先级字段承载中继设备的优先级数值。

在一种可能的实现方式中，所述成员查询报文还包括第二标记位字段；

若所述第二标记位字段取值为第一值，则表示所述优先级字段位于网关地址字段之后，与所述网关地址字段相邻的位置；

20 若所述第二标记位字段的取值为第二值，则表示所述优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与所述封装信息相邻的位置。

在一种可能的实现方式中，所述优先级字段占用 8 个保留比特位，当所述优先级字段取值为 0 时，表示所述优先级字段未携带优先级数值。

25 在一种可能的实现方式中，所述优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，所述健康度参数包括以下任意一种或多种：

可访问的组播源的数量；

与组播源之间的网络质量；

与组播源之间的传输路径的故障率；

与组播源之间的路由链路质量。

30 在一种可能的实现方式中，所述负载值为中继设备负责的组播组数量。

第三方面，本申请实施例提供一种网关设备，所述网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，所述网关设备包括：

处理器；

收发器；

35 机器可读存储介质，所述机器可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令；所述机器可执行指令促使所述处理器执行以下步骤：

通过所述收发器接收组播接收者发送的组播加入请求报文，所述组播加入请求报文包括组播组的信息；

获取所述多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，所述优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；

基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备；

5 通过所述收发器向所述目标中继设备发送第一成员更新报文，所述第一成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得所述目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

在一种可能的实现方式中，所述网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

10 在所述网关设备上线后，通过所述收发器分别向所述中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中继发现报文包括不同的任播地址；

在第一预设时长内，通过所述收发器接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，所述中继通告报文包括中继设备的优先级数值；

分别建立与所述第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录所述第一数量个中继设备的优先级数值；

15 将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，所述第二数量个中继设备为所述中继设备组中，未在所述第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，所述第一数量和所述第二数量的和值为所述中继设备组包括的中继设备的数量。

在一种可能的实现方式中，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

每隔第二预设时长，通过所述收发器向所述第一数量个中继设备发送请求报文；

20 通过所述收发器接收所述第一数量个中继设备发送的成员查询报文，所述成员查询报文包括中继设备的优先级数值；

基于所述成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的所述第一数量个中继设备的优先级数值。

在一种可能的实现方式中，所述机器可执行指令促使所述处理器执行以下步骤：

获取每个中继设备的分担权重值；

25 从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；

从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为所述目标中继设备。

在一种可能的实现方式中，所述机器可执行指令促使所述处理器执行以下步骤，包括：

根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值；或者，

30 针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与所述多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

在一种可能的实现方式中，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

若所述目标中继设备故障，则获取所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

35 基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的中继设备中，为所述组播组重新选择一个目标中继设备；

通过所述收发器向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，所述第二成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

在一种可能的实现方式中，所述中继通告报文包括优先级字段，所述优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

在一种可能的实现方式中，所述成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当所述第一标记位字段取值为第一值时，用于表示所述优先级字段承载中继设备的优先级数值。

5 在一种可能的实现方式中，所述成员查询报文还包括第二标记位字段；

若所述第二标记位字段取值为第一值，则表示所述优先级字段位于网关地址字段之后，与所述网关地址字段相邻的位置；

若所述第二标记位字段的取值为第二值，则表示所述优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与所述封装信息相邻的位置。

10 在一种可能的实现方式中，所述优先级字段占用 8 个保留比特位，当所述优先级字段取值为 0 时，表示所述优先级字段未携带优先级数值。

在一种可能的实现方式中，所述优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，所述健康度参数包括以下任意一种或多种：

可访问的组播源的数量；

15 与组播源之间的网络质量；

与组播源之间的传输路径的故障率；

与组播源之间的路由链路质量。

在一种可能的实现方式中，所述负载值为中继设备负责的组播组数量。

20 第四方面，本申请实施例提供一种机器可读存储介质，存储有机器可执行指令，在被处理器调用和执行时，所述机器可执行指令促使所述处理器实现第一方面所述的方法。

第五方面，本申请实施例提供一种计算机程序产品，所述计算机程序产品促使所述处理器实现第一方面所述的方法。

25 采用上述技术方案，网关设备可以与多个中继设备建立 AMT 隧道，在接收到组播接收者发送的组播加入请求报文后，可以基于每个中继设备的优先级数值和负载值，为组播接收者请求加入的组播组选择一个目标中继设备，进而由该目标中继设备为该组播接收者转发该组播组的组播数据流。由于选择目标中继设备时综合考虑了优先级数值和负载值，可以使得各中继设备以负载分担的方式分担转发多个组播组的组播数据流，能够充分利用多个中继设备的设备资源，提高了组播数据流的转发效率。

附图说明

30 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解，构成本申请的一部分，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1 为本申请实施例提供的一种 AMT 网络架构的示意图；

图 2 为本申请实施例提供的一种网关设备与中继设备之间建立 AMT 隧道方法的流程图；

图 3 为本申请实施例提供的一种组播隧道负载均衡的方法流程图；

图 4 为本申请实施例提供的一种成员查询报文的示例性示意图；

35 图 5 为本申请实施例提供的一种中继通告报文的示例性示意图；

图 6 为本申请实施例提供的另一种组播隧道负载均衡的方法流程图；

图 7 为本申请实施例提供的一种组播隧道负载均衡的装置的结构示意图；

图 8 为本申请实施例提供的一种网关设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案、及优点更加清楚明白，以下参照附图并举实施例，对本发明进一步详细说明。显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

- 5 为便于理解本申请实施例提供的方案，首先对本申请实施例涉及的 AMT 网络架构进行介绍，如图 1 所示，该 AMT 网络架构中包括组播接收者（Receiver）、网关设备（Gateway）、中继设备（Relay）R1、中继设备（Relay）R2、组播源（Source）S1、组播源（Source）S2 以及组播源（Source）S3。

图 1 中的各设备数量仅为示例，实际实现中各设备数量不限于此。

- 10 其中，组播接收者可以为站点、主机或应用程序等不支持组播路由协议，且需获取组播数据的接收者。

网关设备位于不支持组播路由协议的网络中，组播接收者可以接入网关设备。

每个中继设备可以连接至少一个组播源，例如图 1 中的中继设备 R1 和中继设备 R2 均与组播源 S1、组播源 S2 以及组播源 S3 相连。

- 15 网关设备可以通过任播的方式与一个中继设备建立 AMT 隧道，进而通过 AMT 隧道接收中继设备发送的来自组播源的组播数据。

在图 1 中，以网关设备与中继设备 R1 建立 AMT 隧道为例，中继设备 R1 接收到任一组播源的组播数据后，可通过 AMT 隧道向网关设备转发组播数据，进而网关设备可以将组播数据转发给组播接收者。

以下对网关设备与中继设备建立 AMT 隧道的过程进行介绍。

- 20 如图 2 所示，网关设备与中继设备建立 AMT 隧道的过程包括以下步骤：

S201、网关设备向中继设备发送中继发现报文（Relay Discovery）。

其中，支持 AMT 协议的中继设备会通告具有相同 IP 地址前缀的路由，网关设备学习到这些路由后，可以基于该 IP 地址前缀生成任播地址。作为示例，任播地址包括该 IP 地址前缀，且其余位全部置 0。

- 25 网关设备在根据任播地址发送中继发现报文时，网关设备会根据任播路由表将该中继发现报文转发到拓扑位置最近，且已通告上述 IP 地址前缀的中继设备。

可选地，该中继发现报文中包括随机数。

S202、中继设备在接收到中继发现报文后，向网关设备发送中继通告报文（Relay Advertisement）。

- 30 中继设备在接收到中继发现报文后，可以从中继发现报文中获取随机数。并且，中继设备发送的中继通告报文中包括该随机数和该中继设备的单播互联网协议（Internet Protocol，IP）地址。

网关设备在接收到中继通告报文后，验证中继通告报文中的随机数与自身发送的随机数是否相同。若相同，则网关设备后续与该中继设备使用 AMT 协议通信时，可使用中继通告报文中的单播 IP 地址。

其中，上述 S201-S202 为中继设备发现阶段，通过上述步骤，网关设备可以确定能够与自身建立 AMT 隧道的中继设备。

- 35 S203、网关设备向中继设备发送请求报文（Request）。相应地，中继设备接收该请求报文。

其中，请求报文中包含 request 随机数和查询标识，该查询标识用于指示中继设备是否应向网关设备返回包含第三代因特网组管理协议（Internet Group Management Protocol version 3，IGMPv3）常规查询消息或第二代组播侦听发现协议（Multicast Listener Discover version 2，MLDv2）常规查询消息的报

文。

例如，查询标识的取值可以为 1 或 0，查询标识取值为 1 时，用于指示中继设备应向网关设备发送包含 IGMPv3 常规查询消息或 MLDv2 常规查询消息的报文；查询标识取值为 0 时，用于指示中继设备无需向网关设备发送包含 IGMPv3 常规查询消息或 MLDv2 常规查询消息的报文。

- 5 S204、中继设备向网关设备发送成员查询报文（Membership Query）。相应地，网关设备接收该成员查询报文。

中继设备接收到请求报文后，可以提取请求信息中的源 IP 地址、源用户数据报协议（User Datagram Protocol, UDP）端口、request 随机数和私有密钥等信息，然后对提取到的信息计算哈希摘要得到消息认证码。

- 10 进而，中继设备可以向网关设备返回成员查询报文，该成员查询报文中包括：上述 request 随机数、消息认证码以及 IGMPv3 常规查询消息或 MLDv2 常规查询消息。

S205、网关设备向中继设备发送成员更新报文（Membership Update）。

网关设备接收到成员查询报文后，可以验证成员查询报文中的 request 随机数与自身发送的请求报文中包括的 request 随机数是否相同。

- 15 若相同，则网关设备可以启动周期查询保活定时器（Query Timer），每当周期查询保活定时器超时时，触发网关设备向中继设备发送新的请求信息。

同时，网关设备保存该 request 随机数和消息认证码，并获取成员查询报文中的 IGMPv3 常规查询消息或 MLDv2 常规查询消息，由网关设备中的 IGMP 协议模块对 IGMPv3 常规查询消息进行处理，或者由 MLD 协议模块对 MLDv2 常规查询消息进行处理。

- 20 当网关设备接收到组播接收者发送的组播加入请求后，网关设备可以向中继设备发送成员更新报文。

其中，成员更新报文中包括：request 随机数、消息验证码、以及 IGMPv3 报告消息或 MLDv2 报告消息。

- 25 可以理解的是，在网关设备基于周期查询保活定时器周期性向中继设备发送请求信息的情况下，网关设备每次发送的成员更新报文中携带的随机数为网关设备最后一次接收到的成员查询报文中的 request 随机数，且携带的消息验证码为网关设备最后一次接收到的成员查询报文中的消息认证码。

S206、中继设备向网关设备发送组播数据报文（Multicast Data）。

- 30 中继设备在接收到成员更新报文后，基于成员更新报文的源 IP 地址、源 UDP 端口、request 随机数和私有密钥等信息计算消息验证码。若计算得到的消息验证码与该成员更新报文中的消息验证码相同，则中继设备接收并处理该成员更新报文，至此网关设备与中继设备之间成功建立 AMT 隧道。若计算得到的消息验证码与该成员更新报文中的消息验证码不同，则中继设备忽略该成员更新报文。

在网关设备与中继设备之间建立 AMT 隧道后，若中继设备接收到来自组播源的组播数据，且确定网关设备属于该组播源对应的组播组，即网关设备对该组播源的组播数据感兴趣，则中继设备可以将该组播数据封装到组播数据报文中，进而基于 AMT 隧道，将该组播数据报文发送至网关设备。

- 35 网关设备在接收到组播数据报文后，提取组播数据报文中的组播数据并将该组播数据发送至组播接收者。

在网关设备和中继设备之间的 AMT 隧道建立后，当该中继设备的转发负担较重且该中继设备的转发资源未完全耗尽，网关设备仍然通过该中继设备获取组播数据流，将导致组播数据流的转发效率

较低。

为了解决上述问题，本申请实施例提供一种组播隧道负载均衡的方法，该方法应用于网关设备，且该网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，如图 3 所示，该方法包括：

S301、接收组播接收者发送的组播加入请求报文。

5 其中，组播加入请求报文包括组播组的信息。

组播组的信息可以表示为 (S, G) 或 (*, G)，其中 S 为组播源的地址，G 为组播组的地址，“*”代表不限定组播源。

S302、获取多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值。

10 其中，优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量。中继设备的组播服务质量越高，中继设备的优先级数值越高；中继设备的组播服务质量越低，中继设备的优先级数值越低。

负载值用于表示中继设备的负载情况。作为示例，负载值可以为中继设备负责的组播组数量。中继设备负责的组播组数量越多，则负载值越大。

S303、基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从多个中继设备中，为组播组选择一个目标中继设备。

15 网关设备可以基于负载分担的原则，综合中继设备的优先级数值和负载值，为组播组选择一个目标中继设备。

S304、向目标中继设备发送第一成员更新报文。

其中，第一成员更新报文包括组播组的信息，以使得目标中继设备为组播接收者转发组播组的组播数据流。

20 目标中继设备接收到第一成员更新报文后，可以向上游的组播源请求复制该组播组的组播数据流，并通过网关设备向组播接收者转发该组播组的组播数据流。

采用上述技术方案，网关设备可以与多个中继设备建立 AMT 隧道，在接收到组播接收者发送的组播加入请求报文后，可以基于每个中继设备的优先级数值和负载值，为组播接收者请求加入的组播组选择一个目标中继设备，进而由该目标中继设备为该组播接收者转发该组播组的组播数据流。由于
25 选择目标中继设备时综合考虑了优先级数值和负载值，可以使得各中继设备以负载分担的方式分担转发多个组播组的组播数据流，能够充分利用多个中继设备的设备资源，提高了组播数据流的转发效率。

本申请实施例中，网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，在执行图 3 的流程之前，网关设备需要与中继设备组中的中继设备建立 AMT 隧道。

网关设备与多个中继设备建立 AMT 隧道的过程包括以下步骤：

30 步骤一、在网关设备上线后，分别向中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中继发现报文包括不同的任播地址。

本申请实施例中，可以预先为中继设备组中的每个中继设备配置指定数量个中继地址，每个中继地址具有不同的 IP 地址前缀，且网关设备与指定数量个中继地址之间的转发路径不同。其中，指定数量为中继设备组中包括的中继设备的数量。

35 进而，每个中继设备会通告指定数量个不同 IP 地址前缀的路由，网关设备可以学习到中继设备通告的路由。

一种实施方式中，网关设备可以为每个中继设备分别创建一个伪接口，分别为每个伪接口配置中继发现地址前缀 (Relay Discovery Address Prefix)，以及具有该 Relay Discovery Address Prefix 的中继

发现地址（Relay Discovery Address）。

例如，假设指定数量为 2，则可以创建 2 个伪接口，为伪接口 1 配置的 Relay Discovery Address Prefix 为中继设备通告的其中一个 IP 地址前缀，为伪接口 2 配置的 Relay Discovery Address Prefix 为中继设备通告的另一个 IP 地址前缀。

5 另一种实施方式中，网关设备可以创建一个伪接口，在该伪接口上同时配置指定数量个 Relay Discovery Address Prefix 和指定数量个 Relay Discovery Address。

可以理解的是，上述中继发现地址是任播地址，以中继设备组中包括两个中继设备为例，假设网关设备配置的两个中继发现地址分别为任播地址 1 和任播地址 2，则发送的一个中继发现报文的目的地址为任播地址 1，该中继发现报文可以被按照任播地址 1 路由到与网关设备距离最近的中继设备。

10 同理，网关设备发送的另一个中继发现报文的目的地址为任播地址 2，该中继发现报文被按照任播地址 2 路由到与网关设备距离最近的中继设备。因网关设备与任播地址 1 和任播地址 2 之间的拓扑路径不同，所以网关设备发送的两个中继发现报文将被发送至两个不同的中继设备。

步骤二、在第一预设时长内，接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，中继通告报文包括中继设备的优先级数值。

15 可选地，网关设备可以在发送上述中继发现报文后，启动通告等待定时器（Advertisement Timer），该通告等待定时器的超时时长为上述第一预设时长。如此，可以通过定时器超时机制确定是否到达第一预设时长。

第一数量为网关设备向中继设备组包括的各中继设备发送中继发现报文后，在第一预设时长内接收到的中继通告报文对应的中继设备的数量。

20 第一数量小于等于中继设备组包括的中继设备的数量。

步骤三、分别建立与第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录第一数量个中继设备的优先级数值。

网关设备接收到第一数量个中继设备发送的中继通告报文后，可分别记录第一数量个中继设备中每个中继设备的优先级数值。

25 步骤四、将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，第二数量个中继设备为中继设备组中，未在第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，第一数量和第二数量的和值为中继设备组包括的中继设备的数量。

30 若在第一预设时长内，网关设备未接收到中继设备组中任一中继设备发送的中继通告报文，则可按照 AMT 协议的规定，重新向该中继设备发送中继发现报文。并且，暂时将该中继设备的优先级数值记录为 0，即该中继设备暂时不参与负载分担。

若后续在重发中继发现报文后的第一时长内，网关设备接收到该中继设备发送的中继通告报文，则可获取中继通告报文携带的优先级数值，并记录该中继设备的优先级数值。并且建立与该中继设备之间的 AMT 隧道，使得该中继设备参与后续的负载分担。

35 采用该方法，网关设备可以同时与中继设备组中的多个中继设备建立 AMT 隧道，并且可记录多个中继设备的优先级数值，如此可以各中继设备的优先级数值和负载值，将不同的组播流以负载分担的方式分担到多个中继设备上，从而充分利用中继设备的网络资源，提升组播转发效率。

在本申请的一些实施例中，因中继设备的组播服务质量可能会发生变化，所以优先级数值也会随之变化。为了及时获取中继设备的变化后的优先级数值，在网络设备分别建立与第一数量个中继设备

之间的 AMT 隧道，并记录第一数量个中继设备的优先级数值之后，网关设备还可以执行步骤 A-C。

步骤 A、每隔第二预设时长，向第一数量个中继设备发送请求报文。

其中，网关设备在与每个中继设备建立 AMT 隧道过程中，会向中继设备发送请求报文，网关设备在接收到主用中继设备回复的成员查询报文，且验证该成员查询报文携带的 request 随机数正确后，

5 即可启动周期查询保活定时器（Query Timer），周期查询保活定时器的超时时长为第二预设时长。

进而，每当查询保活定时器超时，网关设备则向主用中继设备发送新的请求报文。

该请求报文为 AMT 协议中的 Request 报文，该成员查询报文为 AMT 协议中的 Membership Query 报文。

10 步骤 B、接收第一数量个中继设备发送的成员查询报文，成员查询报文包括中继设备的优先级数值。

中继设备每次接收到请求报文后，可获取自身最新的优先级数值，并将该优先级数值封装在成员查询报文中。

可以理解的是，网关设备每次向中继设备发送请求报文后，可以接收中继设备回复的成员查询报文，从而使得网关设备可以周期性获取每个中继设备的优先级数值。

15 步骤 C、基于成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的第一数量个中继设备的优先级数值。

针对第一数量个中继设备中的每个中继设备，每次接收到该中继设备的成员查询报文后，可以将该中继设备的优先级数值更新为该成员查询报文携带的优先级数值。

需要说明的是，在上述实施例，对于未在第一预设时长内回复中继通告报文的中继设备，若后续能够成功建立与该中继设备之间的 AMT 隧道，则也可以按照步骤 A-步骤 C 的方式更新已记录的该
20 中继设备的优先级数值。

采用本申请实施例，网关设备可以利用与中继设备之间的保活机制，周期性获取中继设备的优先级数值，即可以根据各中继设备准确的组播服务质量进行负载分担，可以提高组播服务质量。

在本申请实施例中，优先级数值可以基于中继设备的健康度参数确定，健康参数包括但不限于以下参数：

25 可访问的组播源的数量；

与组播源之间的网络质量；

与组播源之间的传输路径的故障率；

与组播源之间的路由链路质量。

其中，网络质量可以为中继设备与组播源之间的传输时延、抖动、丢包率等。

30 中继设备可以通过探测机制探测与组播源之间的传输路径的故障率，例如探测机制可以为一点到多点双向转发检测（point 2 multiple point Bidirectional Forwarding Detection，P2MP BFD）机制。

中继设备的每种健康度参数对应一个预设的权重值和阈值，中继设备的优先级数值为各健康度参数的权重值之和。每次获取到健康度参数后，若某一健康度参数小于该健康度参数对应的阈值，则将优先级数值降低该健康度参数对应的权重值。直至该健康度参数再次大于等于该健康度参数对应的阈值后，将优先级参数升高该健康度参数对应的权重值。
35

中继设备可以定时刷新自身的优先级数值。

一种实施方式中，中继设备可以基于自身的健康度参数计算自身的优先级数值。

另一种实施方式中，网络控制器可以集中监控各中继设备的健康度参数，并为各中继设备计算优

优先级数值，再为各中继设备下发优先级数值。

在本申请的一些实施例中，上述 S303、基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从多个中继设备中，为组播组选择一个目标中继设备，具体可以实现为：

5 获取每个中继设备的分担权重值，从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值，从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为目标中继设备。

其中，网关设备可以通过以下两种方式中的一种获取每个中继设备的分担权重值：

方式一、根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值。

其中，优先级数值越大，分担权重值越大，上述预设映射关系可以基于经验预先设置。

10 方式二、针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

若参与负载分担的中继设备数量为 N 个，N 个中继设备的优先级数值分别为 priority-1 至 priority-N，则中继设备 n 的分担权重值为：

$$\text{priority-}n / (\text{priority-1} + \text{priority-2} + \dots + \text{Priority-N}) * 100。$$

15 其中，n 的取值范围为 1 至 N。

通过上述公式，可以分别计算每个中继设备的分担权重值。然后可以从中筛选出超过预设阈值的分担权重值。预设阈值可基于经验设置。

假设 N 个中继设备中的中继设备 1、中继设备 3 和中继设备 5 的分担权重值大于预设阈值，则比较中继设备 1、中继设备 3 和中继设备 5 的负载值大小。

20 假设中继设备 1 的负载值最小，则可将中继设备 1 作为目标中继设备。

其中，负载值为中继设备负责的组播组数量，网关设备可维护每个中继设备负责的组播组数量，每为一个组播组选择一个目标中继设备后，即可将该目标中继设备的负载值加 1。

25 可选地，本申请实施例中选择目标中继设备的方式不限于此，还可以基于其他负载分担方式，基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从多个中继设备中，为组播组选择一个目标中继设备。本申请实施例对此不作具体限定。

例如，还可按照分担权重值从大到小的顺序，依次判断每个分担权重值对应的中继设备的负载分担值是否小于预设负载阈值，将首个负载分担值小于预设负载阈值的中继设备作为目标中继设备。

30 具体的，可以先选择最大的分担权重值，若该最大的分担权重值对应的中继设备的负载值小于预设负载值阈值，则将该中继设备作为目标中继设备；若该中继设备的负载值大于等于预设负载值阈值，则选择次大的分担权重值，若该次大的分担权重值对应的中继设备的负载值小于预设负载阈值，则将

35 该中继设备作为目标中继设备，否则，继续选择下一个分担权重值，以此类推，直至选择出目标中继设备为止。

采用上述技术方案，网关设备可以综合中继设备的分担权重值和负载值为组播组选择目标中继设备，选择出的目标中继设备能够提供更好的组播服务质量，可以避免选择负载过重或组播服务质量不好的中继设备，能够充分利用中继设备的资源，并提升组播转发效率。

在本申请的一些实施例中，网关设备为组播组选择目标中继设备后，除非网关设备接收到该组播接收者离开该组播组的请求，否则该组播组的组播数据流将一直由该目标中继设备负责转发。即使该目标中继设备的优先级数值或负载值发生变化，也无需为该组播组重新选择目标中继设备。

但是，若网关设备通过保活机制感知到目标中继设备不可达，即目标中继设备存在故障的情况下，在上述 S304、向目标中继设备发送第一成员更新报文之后，该方法还包括：

若目标中继设备故障，则获取多个中继设备中除目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

5 基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从多个中继设备中除目标中继设备之外的中继设备中，为组播组重新选择一个目标中继设备；

向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，第二成员更新报文包括组播组的信息，以使重新选择的目标中继设备为组播接收者转发组播组的组播数据流。

其中，重新选择目标中继设备的方法与上述实施例中选择目标中继设备的方法相同，对于由故障的目标中继设备负责的每个组播组，均需重新在中继设备组中选择目标中继设备。

10 如此，在目标中继设备发生故障后，可以及时为该故障的目标中继设备负责的组播组重新选择目标中继设备，可以提升 AMT 隧道的可靠性，避免组播业务中断。

基于上述实施例的介绍，本申请实施例在成员查询报文和中继通告报文中均增加了优先级数值，以下对成员查询报文和中继通告报文的报文格式进行介绍。

15 本申请的一个实施例中，成员查询报文中包括第一标记位字段和优先级字段，当第一标记位字段取值为第一值时，用于表示优先级字段承载中继设备的优先级数值。

另外，成员查询报文还包括第二标记位字段。

若第二标记位字段取值为第一值，则表示优先级字段位于网关地址字段之后，与网关地址字段相邻的位置。

20 若第二标记位字段的取值为第二值，则表示优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与封装信息相邻的位置。

例如，第一值可以为 1，第二值可以为 0。

作为示例，如图 4 所示，图 4 为第二标记位字段取值为第一值的情况下，成员查询报文的结构示意图。

25 成员查询报文中包括以下字段：版本（Version）、类型（Type）、保留位（Reserved）、P 标记位、L 标记位、G 标记位、响应媒体访问控制（Response Media Access Control，Response MAC）地址、请求随机数（Request Nonce）、常规查询消息（Encapsulated General Query Message）、网关设备端口号（Gateway Port Number）、网关地址（Gateway IP Address）和优先级（Priority）。

30 其中，版本字段 Version 的值为 0，类型字段 Type 的值为 4。若网关设备与中继设备之间基于 Ipv4 协议进行通信，则常规查询消息是基于 IGMPv3 协议的成员查询消息（Membership Query）；若网关设备与中继设备之间基于 Ipv6 协议进行通信，则常规查询消息是基于 MLDv2 协议的接收者查询消息（Listener Query）。网关设备的 IP 地址为 Ipv4 地址或 Ipv6 地址。

其中，第一标记位字段为 P 标记位字段，第二标记位字段为 G 标记位字段。当 P 标记位字段和 G 标记位的字段同时为 1 时，表示优先级字段位于图 4 中的 Gateway IP Address 字段之后。

35 当 P 标记位字段的取值为 1，且 G 标记位字段的取值为 0 时，表示成员查询报文中不包括 Gateway Port Number 字段和 Gateway IP Address 字段，优先级字段位于图 4 中的 Encapsulated General Query Message 之后。

本申请的另一个实施例中，中继通告报文包括优先级字段，优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

作为示例，如图 5 所示，图 5 为本申请实施例提供的一种中继通告报文的示意图。中继通告报文中包括以下字段：版本（Version）、类型（Type）、优先级（Priority）、保留位（Reserved）、发现随机数（Discovery Nonce）和中继地址（Relay Address）。其中，版本（Version）字段的取值为 0，类型（Type）字段的取值为 2、中继地址（Relay Address）字段包括 Ipv4 地址或 Ipv6 地址。优先级字段位于与类型字段之后，且与类型字段相邻。

在上述成员查询报文和中继查询报文中，优先级字段占用 8 个保留比特位，可以为无符号整数，有效范围可以为 1-255。当优先级字段取值为 0 时，表示优先级字段未承载中继设备的优先级数值。

如图 6 所示，以中继设备组中包括中继设备 1 和中继设备 2 为例，图 6 为本申请实施例提供的组播隧道负载均衡的方法的流程示意图，可以包括以下步骤：S601-S611。

10 S601、网关设备分别向中继设备 1 和中继设备 2 发送中继发现报文（Relay Discovery）。相应地，中继设备 1 和中继设备 2 接收到网关设备发送的中继发现报文。

S602、中继设备 1 接收到中继发现报文后，向网关设备发送中继通告报文（Relay Advertisement）。相应地，网关设备可接收该中继通告报文。

其中，该中继通告报文中包括中继设备 1 的优先级数值 Priority-1。

15 在 S602 之后，执行 S604。

S603、中继设备 2 接收到中继发现报文后，向网关设备发送中继通告报文（Relay Advertisement）。相应地，网关设备可接收该中继通告报文。

在 S603 之后，执行 S606。

其中，该中继通告报文中包括中继设备 2 的优先级数值 Priority-2。

20 S604、网关设备向中继设备 1 发送请求报文（Request）。

其中，网关设备接收到中继设备 1 发送的中继通告报文后，即可执行 S604。

S605、中继设备 1 接收到请求报文后，向网关设备发送成员查询报文（Membership Query）。

其中，成员查询报文中包括中继设备 1 的最新的优先级数值 Priority-1。

25 网关设备接收到中继设备 1 发送的成员查询报文后，可以启动与中继设备 1 之间的周期查询保活定时器（Query Timer）1，每当该周期查询保活定时器 1 超时，触发网关设备重新向中继设备 1 发送请求报文。

S606、网关设备向中继设备 2 发送请求报文（Request）。

其中，网关设备接收到中继设备 2 发送的中继通告报文后，即可执行 S606。

S607、中继设备 2 接收到请求报文后，向网关设备发送成员查询报文（Membership Query）。

30 其中，成员查询报文中包括中继设备 2 的最新的优先级数值 Priority-2。

网关设备接收到中继设备 2 发送的成员查询报文后，可以启动与中继设备 2 之间的周期查询保活定时器（Query Timer）2，每当该周期查询保活定时器 2 超时，触发网关设备重新向中继设备 2 发送请求报文。

35 后续，若网关设备接收到组播接收者 1 发送的组播加入请求报文，该组播加入请求报文请求加入组播组（S1，G1），则网关设备根据中继设备 1 和中继设备 2 的优先级数值以及负载值，为组播组（S1，G1）选择一个目标中继设备，假设选择的目标中继设备为中继设备 1，则继续执行 S608。

S608、网关设备向中继设备 1 发送成员更新报文（Membership Update）。相应地，中继设备 1 接收该成员更新报文。

其中，该成员更新报文包括组播组（S1，G1）的信息。

S609、中继设备 1 向网关设备发送（S1,G1）的组播数据流。相应地，网关设备接收中继设备 1 发送的（S1,G1）的组播数据流。

并且，网关设备可将（S1,G1）的组播数据流转发给组播接收者 1。

- 5 在 S607 之后，若网关设备接收到组播接收者 2 发送的组播加入请求报文，该组播加入请求报文请求加入组播组（S1，G2），则网关设备根据中继设备 1 和中继设备 2 的优先级数值以及负载值，为组播组（S1，G2）选择一个目标中继设备，假设选择的目标中继设备为中继设备 2，则继续执行 S610。

S610、网关设备向中继设备 2 发送成员更新报文（Membership Update）。相应地，中继设备 2 接收该成员更新报文。

- 10 该成员更新报文包括组播组（S1，G2）的信息。

S611、中继设备 2 向网关设备发送（S1,G2）的组播数据流。相应地，网关设备接收中继设备 2 发送的（S1,G2）的组播数据流。

并且，网关设备可将（S1,G2）的组播数据流转发给组播接收者 2。

- 15 采用该方法，网关设备可同时与多个中继设备建立 AMT 隧道，当接收到组播加入请求报文后，网关设备可以以负载分担的方式根据多个中继设备的优先级数值和负载值为组播组选择一个中继设备，由所选择的中继设备转发该组播加入请求所请求加入的组播组的组播数据流，可以提高组播转发效率。

基于相同的构思，本申请实施例提供一种组播隧道负载均衡的装置，该装置应用于网关设备，该网关已与多个中继设备建立 AMT 隧道，如图 7 所示，该装置包括：

- 20 接收模块 701，用于接收组播接收者发送的组播加入请求报文，组播加入请求报文包括组播组的信息；

获取模块 702，用于获取多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；

选择模块 703，用于基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从多个中继设备中，为组播组选择一个目标中继设备；

- 25 发送模块 704，用于向目标中继设备发送第一成员更新报文，第一成员更新报文包括组播组的信息，以使得目标中继设备为组播接收者转发组播组的组播数据流。

可选的，网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，网关设备与多个中继设备建立 AMT 隧道的过程包括：

- 30 在网关设备上线后，分别向中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中继发现报文包括不同的任播地址；

在第一预设时长内，接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，中继通告报文包括中继设备的优先级数值；

分别建立与第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录第一数量个中继设备的优先级数值；

- 35 将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，第二数量个中继设备为中继设备组中，未在第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，第一数量和第二数量的和值为中继设备组包括的中继设备的数量。

可选的，在记录第一数量个中继设备的优先级数值之后，该装置还包括更新模块：

发送模块 704，还用于每隔第二预设时长，向第一数量个中继设备发送请求报文；

接收模块 701，还用于接收第一数量个中继设备发送的成员查询报文，成员查询报文包括中继设备的优先级数值；

更新模块，用于基于成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的第一数量个中继设备的优先级数值。

5 可选的，选择模块 703，具体用于：

获取每个中继设备的分担权重值；

从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；

从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为目标中继设备。

可选的，选择模块 703，具体用于：

10 根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值；或者，

针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

15 可选的，获取模块 702，还用于若目标中继设备故障，则获取多个中继设备中除目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

选择模块 703，还用于基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从多个中继设备中除目标中继设备之外的中继设备中，为组播组重新选择一个目标中继设备；

发送模块 704，还用于向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，第二成员更新报文包括组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为组播接收者转发组播组的组播数据流。

20 可选的，中继通告报文包括优先级字段，优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

可选的，成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当第一标记位字段取值为第一值时，用于表示优先级字段承载中继设备的优先级数值。

可选的，成员查询报文还包括第二标记位字段；

25 若第二标记位字段取值为第一值，则表示优先级字段位于网关地址字段之后，与网关地址字段相邻的位置；

若第二标记位字段的取值为第二值，则表示优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与封装信息相邻的位置。

可选的，优先级字段占用 8 个保留比特位，当优先级字段取值为 0 时，表示优先级字段未携带优先级数值。

30 可选的，优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，健康度参数包括以下任意一种或多种：

可访问的组播源的数量；

与组播源之间的网络质量；

与组播源之间的传输路径的故障率；

与组播源之间的路由链路质量。

35 可选的，负载值为中继设备负责的组播组数量。

基于相同的构思，本申请实施例提供一种网关设备，如图 8 所示，该网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，该网关设备包括：

处理器 801；

收发器 804;

机器可读存储介质 802, 机器可读存储介质 802 存储有能够被处理器执行的机器可执行指令; 机器可执行指令促使处理器 801 执行以下步骤:

- 5 通过收发器 804 接收组播接收者发送的组播加入请求报文, 组播加入请求报文包括组播组的信息; 获取多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值, 优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量;

基于每个中继设备的优先级数值和负载值, 从多个中继设备中, 为组播组选择一个目标中继设备;

通过收发器 804 向目标中继设备发送第一成员更新报文, 第一成员更新报文包括组播组的信息, 以使得目标中继设备为组播接收者转发组播组的组播数据流。

- 10 可选的, 网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址, 机器可执行指令还促使处理器 801 执行以下步骤:

在网关设备上线后, 通过收发器 804 分别向中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文, 每个中继发现报文包括不同的任播地址;

- 15 在第一预设时长内, 通过收发器 804 接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文, 中继通告报文包括中继设备的优先级数值;

分别建立与第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道, 并记录第一数量个中继设备的优先级数值;

将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0, 第二数量个中继设备为中继设备组中, 未在第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备, 第一数量和第二数量的和值为中继设备组包括的中继设备的数量。

- 20 可选的, 机器可执行指令还促使处理器 801 执行以下步骤:

每隔第二预设时长, 通过收发器 804 向第一数量个中继设备发送请求报文;

通过收发器 804 接收第一数量个中继设备发送的成员查询报文, 成员查询报文包括中继设备的优先级数值;

基于成员查询报文包括的优先级数值, 更新已记录的第一数量个中继设备的优先级数值。

- 25 可选的, 机器可执行指令促使处理器 801 执行以下步骤:

获取每个中继设备的分担权重值;

从多个分担权重值中, 筛选出超过预设阈值的分担权重值;

从筛选出的分担权重值对应的中继设备中, 选择负载值最小的中继设备作为目标中继设备。

可选的, 机器可执行指令促使处理器 801 执行以下步骤, 包括:

- 30 根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系, 确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值; 或者,

针对每个中继设备, 确定该中继设备的分担权重值为: 该中继设备的优先级数值与多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

可选的, 机器可执行指令还促使处理器 801 执行以下步骤:

- 35 若目标中继设备故障, 则获取多个中继设备中除目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值;

基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值, 从多个中继设备中除目标中继设备之外的中继设备中, 为组播组重新选择一个目标中继设备;

通过收发器 804 向重新选择的目標中继设备发送第二成员更新报文, 第二成员更新报文包括组播

组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为组播接收者转发组播组的组播数据流。

可选的，中继通告报文包括优先级字段，优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

可选的，成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当第一标记位字段取值为第一值时，用于表示优先级字段承载中继设备的优先级数值。

5 可选的，成员查询报文还包括第二标记位字段；

 若第二标记位字段取值为第一值，则表示优先级字段位于网关地址字段之后，与网关地址字段相邻的位置；

 若第二标记位字段的取值为第二值，则表示优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与封装信息相邻的位置。

10 可选的，优先级字段占用 8 个保留比特位，当优先级字段取值为 0 时，表示优先级字段未携带优先级数值。

 可选的，优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，健康度参数包括以下任意一种或多种：

 可访问的组播源的数量；

 与组播源之间的网络质量；

15 与组播源之间的传输路径的故障率；

 与组播源之间的路由链路质量。

 可选的，负载值为中继设备负责的组播组数量。

 在图 8 中，还可以包括通信总线 803。处理器 801、机器可读存储介质 802 及收发器 804 之间通过通信总线 803 完成相互间的通信，通信总线 803 可以是外设部件互连标准（Peripheral Component Interconnect, PCI）总线或扩展工业标准结构（Extended Industry Standard Architecture, EISA）总线等。

20 该通信总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。

 收发器 804 可以为无线通信模块，收发器 804 在处理器 801 的控制下，与其他设备进行数据交互。

 机器可读存储介质 802 可以包括随机存取存储器（Random Access Memory, RAM），也可以包括非易失性存储器（Non-Volatile Memory, NVM），例如至少一个磁盘存储器。另外，机器可读存储介质还可以是至少一个位于远离前述处理器的存储装置。

25 处理器 801 可以是通用处理器，包括中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、网络处理器（Network Processor, NP）等；还可以是数字信号处理器（Digital Signal Processing, DSP）、专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）、现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array, FPGA）或其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

30 基于同一种发明构思，根据上述本申请实施例提供的组播隧道负载均衡的方法，本申请实施例还提供了一种机器可读存储介质，机器可读存储介质存储有能够被处理器执行的机器可执行指令。处理器被机器可执行指令促使实现上述组播隧道负载均衡的方法的步骤。

 在本申请提供的又一实施例中，还提供了一种包含指令的计算机程序产品，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述实施例中组播隧道负载均衡的方法的步骤。

35 需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或

者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

- 5 以上仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明保护的范围之内。

权利要求

- 1、一种组播隧道负载均衡的方法，其特征在于，应用于网关设备，所述网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，所述方法包括：
- 接收组播接收者发送的组播加入请求报文，所述组播加入请求报文包括组播组的信息；
- 5 获取所述多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，所述优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；
- 基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备；
- 向所述目标中继设备发送第一成员更新报文，所述第一成员更新报文包括所述组播组的信息，以
- 10 使得所述目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。
- 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，所述网关设备与所述多个中继设备建立 AMT 隧道的过程包括：
- 在所述网关设备上线后，分别向所述中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中
- 继发现报文包括不同的任播地址；
- 15 在第一预设时长内，接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，所述中继通告报文包括中继设备的优先级数值；
- 分别建立与所述第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录所述第一数量个中继设备的优先级数值；
- 将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，所述第二数量个中继设备为所述中继设备组中，
- 20 未在所述第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，所述第一数量和所述第二数量的和值为所述中继设备组包括的中继设备的数量。
- 3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在所述记录所述第一数量个中继设备的优先级数值之后，所述方法还包括：
- 每隔第二预设时长，向所述第一数量个中继设备发送请求报文；
- 25 接收所述第一数量个中继设备发送的成员查询报文，所述成员查询报文包括中继设备的优先级数值；
- 基于所述成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的所述第一数量个中继设备的优先级数值。
- 4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备，包括：
- 30 获取每个中继设备的分担权重值；
- 从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；
- 从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为所述目标中继设备。
- 5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述获取每个中继设备的分担权重值，包括：
- 根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担
- 35 权重值；或者，
- 针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与所述多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。
- 6、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在所述向所述目标中继设备发送第一成员更新报文

之后，所述方法还包括：

若所述目标中继设备故障，则获取所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

5 基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的中继设备中，为所述组播组重新选择一个目标中继设备；

向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，所述第二成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

7、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述中继通告报文包括优先级字段，所述优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

10 8、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当所述第一标记位字段取值为第一值时，用于表示所述优先级字段承载中继设备的优先级数值。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述成员查询报文还包括第二标记位字段；

若所述第二标记位字段取值为第一值，则表示所述优先级字段位于网关地址字段之后，与所述网关地址字段相邻的位置；

15 若所述第二标记位字段的取值为第二值，则表示所述优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与所述封装信息相邻的位置。

10、根据权利要求 7 或 8 所述的方法，其特征在于，所述优先级字段占用 8 个保留比特位，当所述优先级字段取值为 0 时，表示所述优先级字段未携带优先级数值。

20 11、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，所述健康度参数包括以下任意一种或多种：

可访问的组播源的数量；

与组播源之间的网络质量；

与组播源之间的传输路径的故障率；

与组播源之间的路由链路质量。

25 12、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述负载值为中继设备负责的组播组数量。

13、一种组播隧道负载均衡的装置，其特征在于，应用于网关设备，所述网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，所述装置包括：

接收模块，用于接收组播接收者发送的组播加入请求报文，所述组播加入请求报文包括组播组的信息；

30 获取模块，用于获取所述多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，所述优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；

选择模块，用于基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备；

35 发送模块，用于向所述目标中继设备发送第一成员更新报文，所述第一成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得所述目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

14、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，所述网关设备与所述多个中继设备建立 AMT 隧道的过程包括：

在所述网关设备上线后，分别向所述中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中

继发现报文包括不同的任播地址；

在第一预设时长内，接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，所述中继通告报文包括中继设备的优先级数值；

5 分别建立与所述第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录所述第一数量个中继设备的优先级数值；

将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，所述第二数量个中继设备为所述中继设备组中，未在所述第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，所述第一数量和所述第二数量的和值为所述中继设备组包括的中继设备的数量。

10 15、根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，在所述记录所述第一数量个中继设备的优先级数值之后，所述装置还包括更新模块：

所述发送模块，还用于每隔第二预设时长，向所述第一数量个中继设备发送请求报文；

所述接收模块，还用于接收所述第一数量个中继设备发送的成员查询报文，所述成员查询报文包括中继设备的优先级数值；

15 所述更新模块，用于基于所述成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的所述第一数量个中继设备的优先级数值。

16、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述选择模块，具体用于：

获取每个中继设备的分担权重值；

从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；

从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为所述目标中继设备。

20 17、根据权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述选择模块，具体用于：

根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值；或者，

针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与所述多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

25 18、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，

所述获取模块，还用于若所述目标中继设备故障，则获取所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

所述选择模块，还用于基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的中继设备中，为所述组播组重新选择一个目标中继设备；

30 所述发送模块，还用于向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，所述第二成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

19、根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述中继通告报文包括优先级字段，所述优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

35 20、根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当所述第一标记位字段取值为第一值时，用于表示所述优先级字段承载中继设备的优先级数值。

21、根据权利要求 20 所述的装置，其特征在于，所述成员查询报文还包括第二标记位字段；

若所述第二标记位字段取值为第一值，则表示所述优先级字段位于网关地址字段之后，与所述网

关地址字段相邻的位置；

若所述第二标记位字段的取值为第二值，则表示所述优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与所述封装信息相邻的位置。

22、根据权利要求 19 或 20 所述的装置，其特征在于，所述优先级字段占用 8 个保留比特位，当所述优先级字段取值为 0 时，表示所述优先级字段未携带优先级数值。

23、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述优先级数值是基于中继设备健康度参数确定的，所述健康度参数包括以下任意一种或多种：

可访问的组播源的数量；

与组播源之间的网络质量；

10 与组播源之间的传输路径的故障率；

与组播源之间的路由链路质量。

24、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述负载值为中继设备负责的组播组数量。

25、一种网关设备，其特征在于，所述网关设备已与多个中继设备建立 AMT 隧道，所述网关设备包括：

15 处理器；

收发器；

机器可读存储介质，所述机器可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令；所述机器可执行指令促使所述处理器执行以下步骤：

20 通过所述收发器接收组播接收者发送的组播加入请求报文，所述组播加入请求报文包括组播组的信息；

获取所述多个中继设备中的每个中继设备的优先级数值和负载值，所述优先级数值用于表示中继设备的组播服务质量；

基于每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中，为所述组播组选择一个目标中继设备；

25 通过所述收发器向所述目标中继设备发送第一成员更新报文，所述第一成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得所述目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播组的组播数据流。

26、根据权利要求 25 所述的网关设备，其特征在于，所述网关设备中配置有中继设备组包括的每个中继设备的任播地址，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

30 在所述网关设备上线后，通过所述收发器分别向所述中继设备组包括的每个中继设备发送中继发现报文，每个中继发现报文包括不同的任播地址；

在第一预设时长内，通过所述收发器接收第一数量个中继设备发送的中继通告报文，所述中继通告报文包括中继设备的优先级数值；

分别建立与所述第一数量个中继设备之间的 AMT 隧道，并记录所述第一数量个中继设备的优先级数值；

35 将第二数量个中继设备的优先级数值记录为 0，所述第二数量个中继设备为所述中继设备组中，未在所述第一预设时长内发送中继通告报文的中继设备，所述第一数量和所述第二数量的和值为所述中继设备组包括的中继设备的数量。

27、根据权利要求 26 所述的网关设备，其特征在于，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行

以下步骤：

每隔第二预设时长，通过所述收发器向所述第一数量个中继设备发送请求报文；

通过所述收发器接收所述第一数量个中继设备发送的成员查询报文，所述成员查询报文包括中继设备的优先级数值；

5 基于所述成员查询报文包括的优先级数值，更新已记录的所述第一数量个中继设备的优先级数值。

28、根据权利要求 25 所述的网关设备，其特征在于，所述机器可执行指令促使所述处理器执行以下步骤：

获取每个中继设备的分担权重值；

从多个分担权重值中，筛选出超过预设阈值的分担权重值；

10 从筛选出的分担权重值对应的中继设备中，选择负载值最小的中继设备作为所述目标中继设备。

29、根据权利要求 28 所述的网关设备，其特征在于，所述机器可执行指令促使所述处理器执行以下步骤，包括：

根据优先级数值与分担权重值之间的预设映射关系，确定每个中继设备的优先级数值对应的分担权重值；或者，

15 针对每个中继设备，确定该中继设备的分担权重值为：该中继设备的优先级数值与所述多个中继设备的优先级数值的和值之间的比值。

30、根据权利要求 25 所述的网关设备，其特征在于，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

20 若所述目标中继设备故障，则获取所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的每个中继设备的优先级数值；

基于获取的每个中继设备的优先级数值和负载值，从所述多个中继设备中除所述目标中继设备之外的中继设备中，为所述组播组重新选择一个目标中继设备；

通过所述收发器向重新选择的目标中继设备发送第二成员更新报文，所述第二成员更新报文包括所述组播组的信息，以使得重新选择的目标中继设备为所述组播接收者转发所述组播的组播数据流。

25 31、根据权利要求 26 所述的网关设备，其特征在于，所述中继通告报文包括优先级字段，所述优先级字段用于承载中继设备的优先级数值。

32、根据权利要求 27 所述的网关设备，其特征在于，所述成员查询报文包括第一标记位字段和优先级字段，当所述第一标记位字段取值为第一值时，用于表示所述优先级字段承载中继设备的优先级数值。

30 33、根据权利要求 32 所述的网关设备，其特征在于，所述成员查询报文还包括第二标记位字段；

若所述第二标记位字段取值为第一值，则表示所述优先级字段位于网关地址字段之后，与所述网关地址字段相邻的位置；

若所述第二标记位字段的取值为第二值，则表示所述优先级字段位于常规查询消息的封装信息之后，与所述封装信息相邻的位置。

35 34、根据权利要求 31 或 32 所述的网关设备，其特征在于，所述优先级字段占用 8 个保留比特位，当所述优先级字段取值为 0 时，表示所述优先级字段未携带优先级数值。

35、根据权利要求 25 所述的网关设备，其特征在于，所述优先级数值是基于中继设备的健康度参数确定的，所述健康度参数包括以下任意一种或多种：

可访问的组播源的数量；
与组播源之间的网络质量；
与组播源之间的传输路径的故障率；
与组播源之间的路由链路质量。

- 5 36、根据权利要求 25 所述的网关设备，其特征在于，所述负载值为中继设备负责的组播组数量。
- 37、一种机器可读存储介质，其特征在于，存储有机器可执行指令，在被处理器调用和执行时，所述机器可执行指令促使所述处理器：实现权利要求 1-12 任一所述的方法。
- 38、一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品促使所述处理器：实现权利要求 1-12 任一所述的方法。

10