

一种报文转发方法、装置、网络设备及存储介质

技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及一种报文转发方法、装置、网络设备及存储介质。

5

背景技术

IPv6 段路由流量工程策略（Internet Protocol Version 6 Segment Routing Traffic Engineering Policy，SRv6 TE Policy）是在互联网协议第 6 版段路由（Internet Protocol Version 6 Segment Routing，SRv6）技术基础上发展的一种新的隧道引流技术。采用该隧道引流技术，可以将业务报文引流到合适的 SRv6 TE Policy，进而利用该 SRv6 TE Policy 中的转发路径对业务报文进行转发。

10

为了增强转发路径的可靠性，控制器会在源节点上同时部署多条候选路径，当高优先级的主用候选路径全部不可用时，可切换到低优先级的备用候选路径。

发明内容

15

有鉴于此，本申请提供了一种报文转发方法、装置、网络设备及存储介质，以及时获取到转发路径上的节点的最小可用带宽。具体技术方案如下：

第一方面，本申请实施例提供一种报文转发方法，应用于第一节点，所述方法包括：

获取第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，所述 SRv6 转发路径中节点包括所述第一节点以及所述第一节点的全部上一跳节点；

20

在所述 SRv6 转发路径上发送所述第一报文，以使得尾节点上报所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

在一种可能的实现方式中，当所述第一节点为源节点时，所述获取第一报文，包括：

接收第二报文；

25

获取第一带宽，所述第一带宽为所述第一节点的出接口的最小可用带宽；

将所述第一带宽携带在所述第一 IPv6 选项头中，并在所述第二报文的外层封装所述第一 IPv6 选项头，得到所述第一报文。

在一种可能的实现方式中，当所述第一节点为中间节点时，所述获取第一报文，包括：

接收第三报文，所述第三报文包括第二 IPv6 选项头，所述第二 IPv6 选项头包括第二带宽，所述第二带宽为所述第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；

30

若所述第二带宽小于等于所述第一节点的最小可用带宽，则维持所述第二带宽，得到所述第一报文；

若所述第二带宽大于所述第一节点的最小可用带宽，则将所述第二带宽更新为所述第一节点的最小可用带宽，得到所述第一报文。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述中间节点为端点节点或中转节点，且所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

35

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述中间节点为端点节点，且所述全部上一跳节点均为端点节点。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小

可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第二报文为数据报文或主动性能测量报文。

第二方面，本申请实施例提供一种报文转发方法，应用于第二节点，所述方法包括：

5 接收第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为所述第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，所述全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

上报第三带宽，所述第三带宽为所述第一带宽和第二带宽中的最小带宽，所述第二带宽为所述第二节点的最小可用带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第一报文的内层封装有数据报文；所述上报第三带宽，包括：

10 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报所述第三带宽；或者，

若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，所述 IP 报文包括所述第三带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第一报文内层封装有主动性能测量报文；所述上报第三带宽，包括：

向源节点发送所述主动性能测量报文的应答报文，所述应答报文包括 TLV 结构，所述 TLV 结构用于承载所述第三带宽。

20 在一种可能的实现方式中，所述主动性能测量报文为 STAMP 报文，所述 TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第三带宽，所述 STAMP TLV 标记位包括 U 标志，所述 U 标志的取值为 1。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述全部上一跳节点均为端点节点。

25 在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

第三方面，本申请实施例提供一种报文转发装置，应用于第一节点，所述装置包括：

30 获取模块，用于获取第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，所述 SRv6 转发路径中节点包括所述第一节点以及所述第一节点的全部上一跳节点；

发送模块，用于在所述 SRv6 转发路径上发送所述第一报文，以使得尾节点上报所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

在一种可能的实现方式中，当所述第一节点为源节点时，所述获取模块，具体用于：

接收第二报文；

35 获取第一带宽，所述第一带宽为所述第一节点的出接口的最小可用带宽；

将所述第一带宽携带在所述第一 IPv6 选项头中，并在所述第二报文的外层封装所述第一 IPv6 选项头，得到所述第一报文。

在一种可能的实现方式中，当所述第一节点为中间节点时，所述获取模块，具体用于：

接收第三报文，所述第三报文包括第二 IPv6 选项头，所述第二 IPv6 选项头包括第二带宽，所述第二带宽为所述第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；

若所述第二带宽小于等于所述第一节点的最小可用带宽，则维持所述第二带宽，得到所述第一报文；

5 若所述第二带宽大于所述第一节点的最小可用带宽，则将所述第二带宽更新为所述第一节点的最小可用带宽，得到所述第一报文。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述中间节点为端点节点或中转节点，且所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述中间节点为端点节点，且所述全部上一跳节点均为端点节点。

10 在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第二报文为数据报文或主动性能测量报文。

第四方面，本申请实施例提供一种报文转发装置，应用于第二节点，所述装置包括：

15 接收模块，用于接收第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为所述第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，所述全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

上报模块，用于上报第三带宽，所述第三带宽为所述第一带宽和第二带宽中的最小带宽，所述第二带宽为所述第二节点的最小可用带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第一报文的内层封装有数据报文；所述上报模块，具体用于：

20 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报所述第三带宽；或者，

25 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，所述 IP 报文包括所述第三带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第一报文内层封装有主动性能测量报文；所述上报模块，具体用于：

向源节点发送所述主动性能测量报文的应答报文，所述应答报文包括 TLV 结构，所述 TLV 结构用于承载所述第三带宽。

30 在一种可能的实现方式中，所述主动性能测量报文为 STAMP 报文，所述 TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第三带宽，所述 STAMP TLV 标记位包括 U 标志，所述 U 标志的取值为 1。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述全部上一跳节点均为端点节点。

35 在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

第五方面，本申请实施例提供一种网络设备，应用于第一节点，所述网络设备包括：

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：

5 获取第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，所述 SRv6 转发路径中节点包括所述第一节点以及所述第一节点的全部上一跳节点；

在所述 SRv6 转发路径上发送所述第一报文，以使得尾节点上报所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

10 在一种可能的实现方式中，当所述第一节点为源节点时，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

接收第二报文；

获取第一带宽，所述第一带宽为所述第一节点的出接口的最小可用带宽；

将所述第一带宽携带在所述第一 IPv6 选项头中，并在所述第二报文的外层封装所述第一 IPv6 选项头，得到所述第一报文。

15 在一种可能的实现方式中，当所述第一节点为中间节点时，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

接收第三报文，所述第三报文包括第二 IPv6 选项头，所述第二 IPv6 选项头包括第二带宽，所述第二带宽为所述第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；

若所述第二带宽小于等于所述第一节点的最小可用带宽，则维持所述第二带宽，得到所述第一报文；

20 若所述第二带宽大于所述第一节点的最小可用带宽，则将所述第二带宽更新为所述第一节点的最小可用带宽，得到所述第一报文。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述中间节点为端点节点或中转节点，且所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

25 所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述中间节点为端点节点，且所述全部上一跳节点均为端点节点。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第二报文为数据报文或主动性能测量报文。

第六方面，本申请实施例提供一种网络设备，应用于第二节点，所述网络设备包括：

30 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：

35 接收第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为所述第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，所述全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

上报第三带宽，所述第三带宽为所述第一带宽和第二带宽中的最小带宽，所述第二带宽为所述第二节点的最小可用带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第一报文的内层封装有数据报文；所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报所述第三带宽；或者，

若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，所述 IP 报文包括所述第三带宽。

在一种可能的实现方式中，所述第一报文内层封装有主动性能测量报文；所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

向源节点发送所述主动性能测量报文的应答报文，所述应答报文包括 TLV 结构，所述 TLV 结构用于承载所述第三带宽。

在一种可能的实现方式中，所述主动性能测量报文为 STAMP 报文，所述 TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第三带宽，所述 STAMP TLV 标记位包括 U 标志，所述 U 标志的取值为 1。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述全部上一跳节点均为端点节点。

在一种可能的实现方式中，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

第七方面，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：上述第一方面所述的方法。

第八方面，本申请实施例提供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第一方面所述的方法。

采用上述技术方案，第一节点获取的第一报文包括第一 IPv6 选项头和第二报文，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的带宽值，SRv6 转发路径中节点包括第一节点以及第一节点的全部上一跳节点。进而，第一报文被按照 SRv6 转发路径转发，使得尾节点能够获知 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，从而能够上报该最小值。如此，使得控制器或源节点能够及时获取到 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。该最小值能够反映 SRv6 转发路径的最小可用带宽，进而能够避免因无法感知到 SRv6 转发路径的最小可用带宽而导致的丢包问题。

附图说明

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 SRv6 报文转发过程的示例性示意图；

图 2 为本申请实施例提供的一种报文转发方法的流程图；

图 3 为本申请实施例提供的一种 IPv6 选项头的示意图；

图 4 为本申请实施例提供的另一种报文转发方法的流程图；
图 5 为本申请实施例提供的一种 TLV 结构的示意图；
图 6 为本申请实施例提供的一种多路径场景的示意图；
图 7 为本申请实施例提供的一种报文转发装置的结构示意图；
图 8 为本申请实施例提供的另一种报文转发装置的结构示意图；
图 9 为本申请实施例提供的一种网络设备的结构示意图；
图 10 为本申请实施例提供的另一种网络设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案、及优点更加清楚明白，以下参照附图并举实施例，对本申请进一步详细说明。显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

为方便理解，对本申请实施例涉及到的相关概念进行解释说明。

1、SRv6 简介。

云计算的发展对广域网提出了新的挑战，要求传统广域网进行变革。软件定义广域网（software-defined networking in a wide area network, SD-WAN）作为重构广域网的核心技术，通过自动部署、集中控制、智能调度及可视化等手段，加速网络交付，优化应用体验，提高带宽利用率，简化网络运维，满足了云计算对广域网的需求。智能调度是新一代广域网的一个关键能力，对应用质量的保障、带宽资源的优化非常重要。现有的多协议标签交换（Multi-Protocol Label Switching, MPLS）及基于流量工程扩展的资源预留协议（Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering, RSVP-TE）等流量工程技术可以满足应用对带宽的差异化保障需求，但存在协议种类多、部署复杂、管理困难、可扩展性差等问题，无法满足新一代广域网所要求的动态部署、灵活调度、快速、可扩展等方面的要求。因此，出现了一种新的协议段路由（Segment Routing, SR）。

SR 采用源节点路径选择机制，预先在源节点封装转发路径所要经过段（Segment）的段标识（Segment Identifier, SID），当报文经过 SR 节点时，SR 节点根据报文的 SID 对报文进行转发。除源节点外，其它节点无需维护路径状态。

IPv6 段路由（Segment Routing IPv6, SRv6）是指基于 IPv6 转发平面实现 SR。SRv6 的源节点可以在 IPv6 报文中插入一个路由扩展头，即段路由头（Segment Routing Header, SRH），并在 SRH 中添加转发路径所要经过的所有段的 SID，即 SID 列表，从而显式指定该 IPv6 报文的转发路径。SRv6 为 SD-WAN 提供了一种灵活高效的控制手段，具有部署简单、容易扩展的特点，能够更好地实现流量调度和路径优化，保障关键业务质量、均衡流量分布、提高专线利用率和降低线路成本。

按照功能的不同，SRv6 网络中的节点分为如下几种角色：

源节点：负责在 IPv6 报文的 IPv6 头中插入 SRH，或者在报文外层封装 IPv6 头并插入 SRH。源节点用于将报文流引入 SRH 中段列表（Segment List）定义的 SRv6 路径。

中转节点：位于报文的 SRv6 路径上，不参与 SRv6 处理，只执行普通的 IPv6 报文转发。中转节点可以是支持 SRv6 的节点，也可以是不支持 SRv6 的节点。

端点（Endpoint）节点：若接收到的 SRv6 报文的 IPv6 目的地址是 Endpoint 节点上配置的 SRv6 SID，则按 SRv6 SID 的指令进行处理，并更新 SRH。

尾节点：SRv6 转发路径的最后一个 Endpoint 节点。

同一个节点在不同 SRv6 路径中可以有不同的角色，比如一个节点在一个 SRv6 路径中是源节点，在其他 SRv6 路径中可以是中转节点或者 Endpoint 节点。

2、SRv6 报文转发过程。

如图 1 所示，图 1 中的设备 A 为源节点，设备 C 和设备 E 为 Endpoint 节点，设备 B 和设备 D 为
5 中转节点。SRv6 报文转发过程包括以下步骤：

步骤 1、设备 A 作为源节点接收到 IPv6 报文后，为 IPv6 报文封装 SRH 和 IPv6 头，然后根据封装的 IPv6 头中的目的地址查找路由表，从而将封装后的报文转发给设备 B。

由于从设备 A 至设备 D 的路径需要经过设备 C 和设备 E 两个 Endpoint 节点，因此，SRH 中的 SL 为 2-1，即 SL=1，SRH 中封装的 SID 列表中包括 Segment List [0]=E、Segment List [1]=C。

10 IPv6 头中的源地址为设备 A 的一个地址，目的地址为 SL 指示的地址，即 SL=1 指示的 Segment List [1]的地址，也就是设备 C 的地址。

步骤 2、设备 B 接收到报文后，根据 IPv6 头中的目的地址查找路由表，将报文转发给设备 C。

步骤 3、设备 C 检查 SRH 中的 SL，如果 SL>0，则将 SL 值减 1，将 IPv6 头中的目的地址更新为 SL 指示的地址。即 SL=0 对应的 Segment List [0]，也就是设备 E 的地址。然后设备 C 根据 IPv6 头中的
15 目的地址查找路由表，从而将报文转发给设备 D。

步骤 4、设备 D 接收到报文后，根据 IPv6 头中的目的地址查找路由表，将报文转发给设备 E。

步骤 5、作为尾节点的设备 E 接收到报文，检查 SRH 头中的 SL 值，发现 SL=0，则对报文进行解封装，删除封装的 IPv6 头和 SRH，根据原始的 IPv6 报文的目的地址进行报文转发。

20 为了增强转发路径的可靠性，控制器预先在源节点上部署多条候选路径。源节点优先将高优先级的主用候选路径转发流量，当高优先级的主用候选路径全部不可用时，可将流量切换至低优先级的备用候选路径。

转发路径中各个节点承载的业务不同，转发能力也有所差异。当流量较大时，转发路径中的某些节点可能会出现流量拥塞，导致该转发路径的实际最大可转发的流量比预期可转发的流量更少。当出现这
25 种情况时，若源节点不及时调整转发路径，而是仍然按照预置的带宽在原转发路径上转发报文，将引起因带宽不足而导致丢包的问题。

为了解决该问题，需要获取当前的转发路径中各节点的最小可用带宽的最小值，该最小值能够反映当前的转发路径的最小可用带宽。若当前的转发路径的最小可用带宽不足，则可以及时将流量切换到带宽充足的转发路径上，从而避免丢包。

30 然而，目前控制器和源节点均无法获取到当前的转发路径中各节点的最小可用带宽的最小值，从而无法感知到当前的转发路径的最小可用带宽是否不足，进而无法及时进行路径切换，仍然存在丢包的问题。

为了解决上述问题，本申请实施例提供一种报文转发方法，该方法应用于第一节点，第一节点为
35 SRv6 转发路径中的源节点或中间节点，如图 2 所示，该方法包括：

S201、获取第一报文，第一报文包括第一 IPv6 选项头，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，SRv6 转发路径中节点包括第一节点以及第一节点的全部上一跳节点。

其中，SRv6 转发路径为 SRv6 网络中从源节点至尾节点之间的转发路径，SRv6 转发路径中的中间节点可以为中转节点或端点节点。

例如，在图 1 中，SRv6 转发路径为设备 A、设备 B、设备 C、设备 D、设备 E 组成的转发路径。

5 S202、在 SRv6 转发路径上发送第一报文，以使得尾节点上报 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

可以理解的是，尾节点接收到的报文的第一 IPv6 选项头中包括尾节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值（简称为带宽 A）。尾节点可将带宽 A 与自身的最小可用带宽进行比较，若自身的最小可用带宽小于带宽 A，则将自身的最小可用带宽作为 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值；若自身的可用带宽大于等于带宽 A，则仍将带宽 A 作为 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

10 采用该方法，第一节点获取的第一报文包括第一 IPv6 选项头和第二报文，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的带宽值，SRv6 转发路径中节点包括第一节点以及第一节点的全部上一跳节点。进而，第一报文被按照 SRv6 转发路径转发，使得尾节点能够获知 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，从而能够上报该最小值。如此，使得控制器或源节点能够及时获取到 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。该最小值能够反映 SRv6 转发路径的最小可用带宽，进而能够避免因无法感知到 SRv6 转发路径的最小可用带宽而导致的丢包问题。

可以理解的是，在控制器或源节点获取到 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值后，即可将该最小值作为 SRv6 转发路径的最小可用带宽。进而在当前使用的 SRv6 转发路径的最小可用带宽不足时，及时进行路径切换，避免因带宽不足而丢包的问题。

其中，在进行路径切换时，除最小可用带宽之外，还可以综合其他因素进行决策，例如传输时延等，本申请实施例对路径切换的方法不做限定。

在本申请实施例中，第一节点可以为源节点或者中间节点，以下分别进行介绍。

25 当第一节点为源节点时，S201、获取第一报文，可以实现为：

接收第二报文；获取第一带宽，将第一带宽携带在第一 IPv6 选项头中，并在第二报文的外层封装第一 IPv6 选项头，得到第一报文。

第一带宽为第一节点的出接口的最小可用带宽，该出接口为第一节点在 SRv6 转发路径上的出接口。

其中，第二报文为数据报文或主动性能测量报文。作为示例，主动性能测量报文可以为简单双向主动测量协议(Simple Two-Way Active Measurement Protocol, STAMP)、双向主动测量协议(Two-Way Active Measurement Protocol, TWAMP)等。

可以理解的是，源节点在利用 SRv6 网络转发第二报文之前，需为第二报文封装 IPv6 头和 SRH，本申请实施例中额外封装了用于承载第一带宽的第一 IPv6 选项头。第一 IPv6 选项头位于 IPv6 头和 SRH 之间。由于源节点是 SRv6 转发路径中的第一个节点，因此源节点封装的第一带宽为源节点出接口的最小可用带宽。SRH 包括 SID 列表，SID 列表包括 SRv6 转发路径所经过的各端点节点的 SID。

35 采用该方法，源节点在为第二报文加 SRv6 封装时，额外封装一个用于承载最小可用带宽的第一 IPv6 选项头，使得 SRv6 转发路径中的节点收到第一报文后，能够按照自身的最小可用带宽更新第一 IPv6 选项头承载的最小可用带宽，从而使得尾节点能够获得 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。进而，后续源节点或控制器进行路径切换时能够参考该最小值，避免因带宽不足引起丢包。

当第一节点为中间节点时，S201、获取第一报文，可以实现为：

接收第三报文，第三报文包括第二 IPv6 选项头，第二 IPv6 选项头包括第二带宽，第二带宽为第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值。

若第二带宽小于等于第一节点的最小可用带宽，则维持第二带宽，得到第一报文；

5 若第二带宽大于第一节点的最小可用带宽，则将第二带宽更新为第一节点的最小可用带宽，得到第一报文。

可以理解的是，第一节点接收到第三报文后，可将第二带宽与自身的最小可用带宽进行比较。

若第二带宽小于等于第一节点的最小可用带宽，说明最小可用带宽的最小值未发生变化。因此维持第二带宽，也就是将第二带宽作为第一带宽，从而得到第一报文。

10 若第二带宽大于第一节点的最小可用带宽，说明最小可用带宽的最小值发生了变化，因此将第二带宽更新为第一节点的最小可用带宽，也就是将第一节点的最小可用带宽作为第一带宽，从而得到第一报文。

可以理解的是，在第一节点为端点节点的情况下，第一节点接收到第三报文后，还需更新 IPv6 头中的目的地址以及 SRH 中的 SL，然后得到第一报文，进而继续沿 SRv6 转发路径转发第一报文。

15 采用该方法，SRv6 转发路径中的中间节点接收到第三报文后，可将第三报文携带的第二带宽与自身的最小可用带宽进行比较。若第二带宽更小，则维持第二带宽；若自身的最小可用带宽更小，则将第三报文中的第二带宽更新为自身的最小可用带宽。经过各中间节点进行最小可用带宽的比较以及更新，使得尾节点能够获得 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。进而，后续源节点或控制器进行路径切换时能够参考该最小值，避免因带宽不足引起丢包。

20 本申请实施例中，SRv6 转发路径中的途径的各节点的最小可用带宽的最小值作为一个 IPv6 选项被封装在第一 IPv6 选项头中，该 IPv6 选项可以命名为最小可用带宽选项（Minimum Available Bandwidth Option）。

最小可用带宽选项的封装位置取决于测量需求，如果需要测量 SRv6 转发路径中的所有 IPv6 节点（包括中转节点和端点节点）的最小可用带宽的最小值，则最小可用带宽选项被封装在逐跳选项头（Hop-by-Hop Options header）中。在这种情况下，第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，上述实施
25 例中的中间节点为端点节点或中转节点。相应地，全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点。例如，对于图 1 中的设备 B 而言，设备 B 的全部上一跳节点只有设备 A，设备 A 为端点节点，即设备 B 的全部上一跳节点均为端点节点。再例如，对于图 1 中的设备 C 而言，设备 C 的全部上一跳节点包括设备 A 和设备 B，设备 A 为端点节点，设备 B 为中转节点，也就是说，设备 C 的全部上一跳节点包括端点
30 节点和中转节点。

或者，如果需要测量 SRv6 转发路径中各段（即每个端点节点）的最小可用带宽，则最小可用带宽选项被封装在目的选项头（Destination Options header）中。在这种情况下，第一 IPv6 选项头为目的选项头，上述实施例中的中间节点为端点节点。相应地，全部上一跳节点均为端点节点。由于目的选项头用于携带仅需报文的地址所在的节点处理的可选信息，第一报文沿 SRv6 转发路径转发时，IPv6 头
35 中的目的地址只可能更新为 SID 列表指示的端点节点的 IP 地址，而不会被更新为中转节点的 IP 地址。因此只有端点节点能够识别目的选项头中包括的最小可用带宽选项，并对最小可用带宽选项中承载的带宽值进行比较和更新。这种情况下，尾节点上报的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，是指 SRv6 转发路径中全部端点节点的最小可用带宽的最小值。

如图 3 所示, 第一 IPv6 选项头包括选项类型 (Option Type) 字段、选项数据长度 (Opt Data Len) 字段以及最小可用带宽 (Minimum available bandwidth) 字段, 最小可用带宽字段用于承载第一带宽。

其中, 选项类型字段和选项数据长度字段均占用 1 个字节, 最小可用带宽字段为 4 字节整数。

5 对应于上述方法实施例, 本申请实施例还提供一种报文转发方法, 应用于第二节点, 第二节点可以为 SRv6 转发路径中的尾节点, 如图 4 所示, 该方法包括:

S401、接收第一报文, 第一报文包括第一 IPv6 选项头, 第一 IPv6 选项头包括第一带宽, 第一带宽为第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值, 全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中。

10 其中, SRv6 转发路径为 SRv6 网络中从源节点至尾节点之间的转发路径, 尾节点已接收到第一报文, 因此第一带宽为 SRv6 转发路径中除尾节点之外的各节点的最小可用带宽的最小值。

S402、上报第三带宽, 第三带宽为第一带宽和第二带宽中的最小可用带宽, 第二带宽为第二节点的最小可用带宽。

其中, 在第二节点的最小可用带宽小于等于第二带宽的情况下, 第三带宽为第二节点的最小可用带宽; 在第二节点的最小可用带宽大于第一带宽的情况下, 第三带宽为第一带宽。

15 可以理解的是, 第三带宽为尾节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值。尾节点在接收到第一报文后, 在去除 SRv6 封装之前, 先从第一 IPv6 选项头中获取第一带宽, 然后将第一带宽与本地链路的最小可用带宽进行比较, 从而确定第三带宽。

20 采用该方法, 第二节点接收到的第一报文包括第一 IPv6 选项头, 第一 IPv6 选项头包括第一带宽, 第一带宽为第二节点的全部上一跳的最小可用带宽的最小值。进而第二节点将自身的最小可用带宽与第一带宽中的最小带宽作为第三带宽, 并上报第三带宽。如此, 使得控制器或源节点能够及时获取到 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。该最小值能够反映 SRv6 转发路径的最小可用带宽, 进而能够避免因无法感知到 SRv6 转发路径的最小可用带宽而导致的丢包问题。

25 可以理解的是, 在控制器或源节点获取到 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值后, 即可将该最小值作为 SRv6 转发路径的最小可用带宽。进而在当前使用的 SRv6 转发路径的最小可用带宽不足时, 及时进行路径切换, 避免因带宽不足而丢包的问题。

在本申请实施例中, 第二节点上报第三带宽, 具体包括以下三种情况:

情况 1、若第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值, 或者第三带宽与前一次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同, 则向控制器上报第三带宽。

30 其中, 第二节点得到 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值之后, 会将该最小值记录在本地。第二节点确定第三带宽后, 若本地当前未记录该 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值, 则可确定第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。反之, 若本地当前已记录前一次选择出的该 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值, 则将第三带宽与已记录的最小值进行比较。若两者不同, 则说明最小可用带宽的最小值发生了变化, 进而第二节点
35 上报第三带宽; 若两者相同, 则说明最小可用带宽的最小值未发生变化, 第二节点无需重新上报第三带宽, 可以节省传输和处理开销。

情况 2、若第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值, 或者第三带宽与前一次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同, 则向源节点发送 IP

报文，IP 报文包括第三带宽。

其中，IP 报文为自定义格式的报文，本申请实施例对该 IP 报文的格式不做限定。

需要说明的是，在情况 1 和情况 2 中，第一报文的内层封装有数据报文，即源节点在普通的数据报
文外层封装了第一 IPv6 选项头，使得尾节点能够获得 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最
5 小值，进而按照配置向控制器或者源节点上报第三带宽。

情况 3、第一报文的内层封装有主动性能测量报文。在这种情况下，第二节点向源节点发送主动性能
测量报文的应答报文，该应答报文包括 TLV 结构，TLV 结构用于承载第三带宽。

在一种实施方式中，主动性能测量报文为 STAMP 报文。相应地，如图 5 所示，该 TLV 结构包括
STAMP TLV 标记位 (Flags)、类型(Type)字段、长度(Length)字段和最小可用带宽 (Minimum available
10 bandwidth) 字段，最小可用带宽字段用于承载第三带宽，STAMP TLV 标记位包括 U 标志，U 标志的
取值为 1。其中，U 标志为 1 代表该 TLV 是需要对端识别的扩展 TLV。

其中，STAMP TLV 标记位占用 1 个字节；

类型字段占用 1 个字节；

长度字段用于指示该 TLV 结构携带的内容长度，占用 2 字节，取值为 4；

15 最小可用带宽字段为 4 字节的整数。

在本申请实施例中，尾节点作为 STAMP 会话反射器，在尾节点支持带宽测量功能的情况下，在尾
节点获得 SRv6 转发路径的最小可用带宽（即第三带宽）后，需将该最小可用带宽封装在应答报文的
TLV 中，从而使得该最小可用带宽作为反射数据被传输至源节点。

如此，可以利用 STAMP 协议来测量 SRv6 转发路径的最小可用带宽，尾节点作为会话反射器通过
20 扩展应答报文的 STAMP TLV，使得 STAMP TLV 携带最小可用带宽，从而使得会话发送端（即源节点）
得到 SRv6 转发路径的最小可用带宽，从而在最小可用带宽不足时及时进行路径切换，避免因带宽不足
导致的丢包。

以下结合具体例子进行说明，如图 6 所示，图 6 示出了 SRv6 policy（策略）多路径场景，对于从
节点 A 至节点 E 的业务流量，控制器向源节点 A 下发了两条候选路径（Candidate Path，CP），分别为
25 CP1 和 CP2。

其中，CP1 为主用候选路径，CP2 为备用候选路径，CP1 和 CP2 的段列表（segment list）路径的预
置带宽均为 100Mbps。

源节点 A 上的 SRv6 转发路径配置如下：

SRv6 policy POL1（策略 1）

30 Candidate Path CP1（候选路径 1）

Preference 200（优先级 200）

Segment List 11 <SID-A,SID-B,SID-E>, Weight 1, 100Mbps

Segment List 12 <SID-A,SID-B,SID-D,SID-E>, Weight 1, 100Mbps

Candidate Path CP2

35 Preference 100

Segment List 21 <SID-A,SID-C,SID-F,SID-E>, Weight 1, 100Mbps

Segment List 22 <SID-A,SID-F,SID-E>, Weight 1, 100Mbps

即，候选路径 1 的优先级为 200，且候选路径 1 中包括两条 segment list 路径。其中，节点 A、节点

B 和节点 E 组成的路径权重为 1，带宽为 100Mbps；节点 A、节点 B、节点 D 和节点 E 组成的路径权重为 2，带宽为 100Mbps。

候选路径 2 的优先级为 100，且候选路径 2 中包括两条 segment list 路径，其中，节点 A、节点 C、节点 F 和节点 E 组成的路径权重为 1，带宽为 100Mbps；节点 A、节点 F 和节点 E 组成的路径权重为 1，带宽为 100Mbps。

正常情况下，主用候选路径 CP1 可转发 200Mbps 的流量，当 CP1 出现流量拥塞，不再满足转发要求时，源节点 A 需及时将流量切换到备用候选路径 CP2。作为示例，转发要求为候选路径的带宽需大于 150Mbps。

针对该切换需求，可按照本申请实施例的方法在 SRv6 转发路径上开启最小可用带宽测量功能。假如节点 D 上存在流量拥塞，节点 D 实际可转发业务的带宽（即最小可用带宽）降到 50Mbps 以下，例如 43Mbps，其余节点的最小可用带宽仍为 100Mbps。节点 D 在接收到 SRv6 报文时，会将自身的最小可用带宽封装在 IPv6 选项头中，并向节点 E 转发该 SRv6 报文。节点 E 可确定当前 A、节点 B、节点 D 和节点 E 组成的路径中的最小可用带宽的最小值为 43Mbps，并将该最小可用带宽的最小值反馈至源节点 A。源节点 A 可计算出此时 CP1 的两条 segment list 路径的最小可用带宽为 143Mbps，已经小于转发要求规定的 150Mbps，进而可快速切换候选路径，将业务流切换至无拥塞的 CP2。

可见，通过本申请实施例，可以测量出 SRv6 转发路径实际的最小可用带宽，当 SRv6 转发路径的实际最小可用带宽不满足转发要求时，控制器或源节点能够快速感知，并及时为业务流选择新的转发路径。

需要说明的是，上述切换路径的方法仅为示例，在实际实现中，可以综合 SRv6 转发路径的最小可用带宽和其他因素进行路径切换，本申请实施例对此不做限定。

对应于上述方法实施例，本申请实施例还提供一种报文转发装置，该装置应用于第一节点，如图 7 所示，该装置包括：

获取模块 701，用于获取第一报文，第一报文包括第一 IPv6 选项头，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，SRv6 转发路径中节点包括第一节点以及第一节点的全部上一跳节点；

发送模块 702，用于在 SRv6 转发路径上发送第一报文，以使得尾节点上报 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

可选地，当第一节点为源节点时，获取模块 701，具体用于：

接收第二报文；

获取第一带宽，第一带宽为第一节点的出接口的最小可用带宽；

将第一带宽携带在第一 IPv6 选项头中，并在第二报文的外层封装第一 IPv6 选项头，得到第一报文。

可选地，当第一节点为中间节点时，获取模块 701，具体用于：

接收第三报文，第三报文包括第二 IPv6 选项头，第二 IPv6 选项头包括第二带宽，第二带宽为第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；

若第二带宽小于等于第一节点的最小可用带宽，则维持第二带宽，得到第一报文；

若第二带宽大于第一节点的最小可用带宽，则将第二带宽更新为第一节点的最小可用带宽，得到第一报文。

可选地，第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，中间节点为端点节点或中转节点，且全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

第一 IPv6 选项头为目的选项头，中间节点为端点节点，且全部上一跳节点均为端点节点。

5 可选地，第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，最小可用带宽字段用于承载第一带宽。

可选地，第二报文为数据报文或主动性能测量报文。

对应于上述方法实施例，本申请实施例还提供一种报文转发装置，该装置应用于第二节点，如图 8 所示，该装置包括：

10 接收模块 801，用于接收第一报文，第一报文包括第一 IPv6 选项头，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

上报模块 802，用于上报第三带宽，第三带宽为第一带宽和第二带宽中的最小带宽，第二带宽为第二节点的最小可用带宽。

可选地，第一报文的内层封装有数据报文；上报模块 802，具体用于：

15 若第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者第三带宽与前一次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报第三带宽；或者，

20 若第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者第三带宽与前一次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，IP 报文包括第三带宽。

可选地，第一报文内层封装有主动性能测量报文；上报模块 802，具体用于：

向源节点发送主动性能测量报文的应答报文，应答报文包括 TLV 结构，TLV 结构用于承载第三带宽。

25 可选地，主动性能测量报文为 STAMP 报文，TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，最小可用带宽字段用于承载第三带宽，STAMP TLV 标记位包括 U 标志，U 标志的取值为 1。

可选地，第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

第一 IPv6 选项头为目的选项头，全部上一跳节点均为端点节点。

30 可选地，第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，最小可用带宽字段用于承载第一带宽。

对应于上述方法实施例，本申请实施例还提供一种网络设备，该网络设备应为第一节点，如图 9 所示，该网络设备包括：

35 处理器 901；

收发器 904；

机器可读存储介质 902，机器可读存储介质 902 存储有能够被处理器 901 执行的机器可执行指令；机器可执行指令促使处理器 901 执行以下步骤：

获取第一报文，第一报文包括第一 IPv6 选项头，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为 SRv6

转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，SRv6 转发路径中节点包括第一节点以及第一节点的全部上一跳节点；

在 SRv6 转发路径上发送第一报文，以使得尾节点上报 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

- 5 可选地，当第一节点为源节点时，机器可执行指令还促使处理器 901 执行以下步骤：
接收第二报文；
获取第一带宽，第一带宽为第一节点的出接口的最小可用带宽；
将第一带宽携带在第一 IPv6 选项头中，并在第二报文的外层封装第一 IPv6 选项头，得到第一报文。
可选地，当第一节点为中间节点时，机器可执行指令还促使处理器 901 执行以下步骤：
- 10 接收第三报文，第三报文包括第二 IPv6 选项头，第二 IPv6 选项头包括第二带宽，第二带宽为第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；
若第二带宽小于等于第一节点的最小可用带宽，则维持第二带宽，得到第一报文；
若第二带宽大于第一节点的最小可用带宽，则将第二带宽更新为第一节点的最小可用带宽，得到第一报文。
- 15 可选地，第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，中间节点为端点节点或中转节点，且全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，
第一 IPv6 选项头为目的选项头，中间节点为端点节点，且全部上一跳节点均为端点节点。
可选地，第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，最小可用带宽字段用于承载第一带宽。
- 20 可选地，第二报文为数据报文或主动性能测量报文。
如图 9 所示，网络设备还可以包括通信总线 903。处理器 901、机器可读存储介质 902 及收发器 904 之间通过通信总线 903 完成相互间的通信，通信总线 903 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。该通信总线 903 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。
- 25 收发器 904 可以为无线通信模块，收发器 904 在处理器 901 的控制下，与其他设备进行数据交互。
机器可读存储介质 902 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 902 还可以是至少一个位于远离前述处理器的存储装置。
处理器 901 可以是通用处理器，包括中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、网络处理器
- 30 (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。

- 35 对应于上述方法实施例，本申请实施例还提供一种网络设备，该网络设备为第二节点，如图 10 所示，该网络设备包括：
处理器 1001；
收发器 1004；
机器可读存储介质 1002，机器可读存储介质 1002 存储有能够被处理器 1001 执行的机器可执行指

令；机器可执行指令促使处理器 1001 执行以下步骤：

接收第一报文，第一报文包括第一 IPv6 选项头，第一 IPv6 选项头包括第一带宽，第一带宽为第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

5 上报第三带宽，第三带宽为第一带宽和第二带宽中的最小带宽，第二带宽为第二节点的最小可用带宽。

可选地，第一报文的内层封装有数据报文；机器可执行指令还促使处理器 1001 执行以下步骤：

若第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者第三带宽与前一次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报第三带宽；或者，

10 若第三带宽为首次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者第三带宽与前一次选择出的 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，IP 报文包括第三带宽。

可选地，第一报文内层封装有主动性能测量报文；机器可执行指令还促使处理器 1001 执行以下步骤：

15 向源节点发送主动性能测量报文的应答报文，应答报文包括 TLV 结构，TLV 结构用于承载第三带宽。

可选地，主动性能测量报文为 STAMP 报文，TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，最小可用带宽字段用于承载第三带宽，STAMP TLV 标记位包括 U 标志，U 标志的取值为 1。

20 可选地，第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

第一 IPv6 选项头为目的选项头，全部上一跳节点均为端点节点。

可选地，第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，最小可用带宽字段用于承载第一带宽。

25 如图 10 所示，网络设备还可以包括通信总线 1003。处理器 1001、机器可读存储介质 1002 及收发器 1004 之间通过通信总线 1003 完成相互间的通信，通信总线 1003 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。该通信总线 1003 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。

30 收发器 1004 可以为无线通信模块，收发器 1004 在处理器 1001 的控制下，与其他设备进行数据交互。

机器可读存储介质 1002 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 1002 还可以是至少一个位于远离前述处理器的存储装置。

35 处理器 1001 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。

基于同一种发明构思，根据上述本申请实施例提供的报文转发方法，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任一报文转发方法的步骤。

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任一报文转发方法的步骤。

- 5 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……”
10 限定的要素，并不排除在包括要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述仅为本申请的较佳实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请保护的范围之内。

权 利 要 求

- 1、一种报文转发方法，其特征在于，应用于第一节点，所述方法包括：
- 获取第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，所述 SRv6 转发路径中节点包括所述第一节点以及所述第一节点的全部上一跳节点；
- 5 在所述 SRv6 转发路径上发送所述第一报文，以使得尾节点上报所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。
- 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，当所述第一节点为源节点时，所述获取第一报文，包括：
- 10 接收第二报文；
- 获取第一带宽，所述第一带宽为所述第一节点的出接口的最小可用带宽；
- 将所述第一带宽携带在所述第一 IPv6 选项头中，并在所述第二报文的外层封装所述第一 IPv6 选项头，得到所述第一报文。
- 3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，当所述第一节点为中间节点时，所述获取第一报文，包括：
- 15 接收第三报文，所述第三报文包括第二 IPv6 选项头，所述第二 IPv6 选项头包括第二带宽，所述第二带宽为所述第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；
- 若所述第二带宽小于等于所述第一节点的最小可用带宽，则维持所述第二带宽，得到所述第一报文；
- 若所述第二带宽大于所述第一节点的最小可用带宽，则将所述第二带宽更新为所述第一节点的最小可用带宽，得到所述第一报文。
- 20 4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，
- 所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述中间节点为端点节点或中转节点，且所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，
- 所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述中间节点为端点节点，且所述全部上一跳节点均为端点节点。
- 25 5、根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。
- 6、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述第二报文为数据报文或主动性能测量报文。
- 7、一种报文转发方法，其特征在于，应用于第二节点，所述方法包括：
- 30 接收第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为所述第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，所述全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；
- 上报第三带宽，所述第三带宽为所述第一带宽和第二带宽中的最小带宽，所述第二带宽为所述第二节点的最小可用带宽。
- 35 8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述第一报文的内层封装有数据报文；所述上报第三带宽，包括：
- 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制

器上报所述第三带宽；或者，

若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，所述 IP 报文包括所述第三带宽。

- 5 9、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述第一报文内层封装有主动性能测量报文；所述上报第三带宽，包括：

向源节点发送所述主动性能测量报文的应答报文，所述应答报文包括 TLV 结构，所述 TLV 结构用于承载所述第三带宽。

- 10 10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述主动性能测量报文为 STAMP 报文，所述 TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第三带宽，所述 STAMP TLV 标记位包括 U 标志，所述 U 标志的取值为 1。

- 11、根据权利要求 7-10 任一项所述的方法，其特征在于，

所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

- 15 所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述全部上一跳节点均为端点节点。

- 12、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

- 13、一种报文转发装置，其特征在于，应用于第一节点，所述装置包括：

- 20 获取模块，用于获取第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，所述 SRv6 转发路径中节点包括所述第一节点以及所述第一节点的全部上一跳节点；

发送模块，用于在所述 SRv6 转发路径上发送所述第一报文，以使得尾节点上报所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

- 25 14、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，当所述第一节点为源节点时，所述获取模块，具体用于：

接收第二报文；

获取第一带宽，所述第一带宽为所述第一节点的出接口的最小可用带宽；

将所述第一带宽携带在所述第一 IPv6 选项头中，并在所述第二报文的外层封装所述第一 IPv6 选项头，得到所述第一报文。

- 30 15、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，当所述第一节点为中间节点时，所述获取模块，具体用于：

接收第三报文，所述第三报文包括第二 IPv6 选项头，所述第二 IPv6 选项头包括第二带宽，所述第二带宽为所述第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；

若所述第二带宽小于等于所述第一节点的最小可用带宽，则维持所述第二带宽，得到所述第一报文；

- 35 若所述第二带宽大于所述第一节点的最小可用带宽，则将所述第二带宽更新为所述第一节点的最小可用带宽，得到所述第一报文。

- 16、根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，

所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述中间节点为端点节点或中转节点，且所述全部上

一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述中间节点为端点节点，且所述全部上一跳节点均为端点节点。

5 17、根据权利要求 13-16 任一项所述的装置，其特征在于，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

18、根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述第二报文为数据报文或主动性能测量报文。

19、一种报文转发装置，其特征在于，应用于第二节点，所述装置包括：

10 接收模块，用于接收第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为所述第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，所述全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

上报模块，用于上报第三带宽，所述第三带宽为所述第一带宽和第二带宽中的最小带宽，所述第二带宽为所述第二节点的最小可用带宽。

20、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述第一报文的内层封装有数据报文；所述上报模块，具体用于：

15 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报所述第三带宽；或者，

20 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，所述 IP 报文包括所述第三带宽。

21、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述第一报文内层封装有主动性能测量报文；所述上报模块，具体用于：

向源节点发送所述主动性能测量报文的应答报文，所述应答报文包括 TLV 结构，所述 TLV 结构用于承载所述第三带宽。

25 22、根据权利要求 21 所述的装置，其特征在于，所述主动性能测量报文为 STAMP 报文，所述 TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第三带宽，所述 STAMP TLV 标记位包括 U 标志，所述 U 标志的取值为 1。

23、根据权利要求 19-22 任一项所述的装置，其特征在于，

30 所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述全部上一跳节点均为端点节点。

24、根据权利要求 23 所述的装置，其特征在于，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

25、一种网络设备，其特征在于，应用于第一节点，所述网络设备包括：

35 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：

获取第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为 SRv6 转发路径中节点的最小可用带宽的最小值，所述 SRv6 转发路径中节点包括所述第一节点以及所述第一节点的全部上一跳节点；

5 在所述 SRv6 转发路径上发送所述第一报文，以使得尾节点上报所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值。

26、根据权利要求 25 所述的网络设备，其特征在于，当所述第一节点为源节点时，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

接收第二报文；

获取第一带宽，所述第一带宽为所述第一节点的出接口的最小可用带宽；

10 将所述第一带宽携带在所述第一 IPv6 选项头中，并在所述第二报文的外层封装所述第一 IPv6 选项头，得到所述第一报文。

27、根据权利要求 25 所述的网络设备，其特征在于，当所述第一节点为中间节点时，所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

15 接收第三报文，所述第三报文包括第二 IPv6 选项头，所述第二 IPv6 选项头包括第二带宽，所述第二带宽为所述第一节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值；

若所述第二带宽小于等于所述第一节点的最小可用带宽，则维持所述第二带宽，得到所述第一报文；

若所述第二带宽大于所述第一节点的最小可用带宽，则将所述第二带宽更新为所述第一节点的最小可用带宽，得到所述第一报文。

28、根据权利要求 27 所述的网络设备，其特征在于，

20 所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述中间节点为端点节点或中转节点，且所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；或者，

所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述中间节点为端点节点，且所述全部上一跳节点均为端点节点。

25 29、根据权利要求 25-28 任一项所述的网络设备，其特征在于，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

30、根据权利要求 26 所述的网络设备，其特征在于，所述第二报文为数据报文或主动性能测量报文。

31、一种网络设备，其特征在于，应用于第二节点，所述网络设备包括：

处理器；

30 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：

35 接收第一报文，所述第一报文包括第一 IPv6 选项头，所述第一 IPv6 选项头包括第一带宽，所述第一带宽为所述第二节点的全部上一跳节点的最小可用带宽的最小值，所述全部上一跳节点均位于 SRv6 转发路径中；

上报第三带宽，所述第三带宽为所述第一带宽和第二带宽中的最小带宽，所述第二带宽为所述第二节点的最小可用带宽。

32、根据权利要求 31 所述的网络设备，其特征在于，所述第一报文的内层封装有数据报文；所述

机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向控制器上报所述第三带宽；或者，

5 若所述第三带宽为首次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值，或者所述第三带宽与前一次选择出的所述 SRv6 转发路径中全部节点的最小可用带宽的最小值不同，则向源节点发送 IP 报文，所述 IP 报文包括所述第三带宽。

33、根据权利要求 31 所述的网络设备，其特征在于，所述第一报文内层封装有主动性能测量报文；所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

10 向源节点发送所述主动性能测量报文的应答报文，所述应答报文包括 TLV 结构，所述 TLV 结构用于承载所述第三带宽。

34、根据权利要求 33 所述的网络设备，其特征在于，所述主动性能测量报文为 STAMP 报文，所述 TLV 结构包括 STAMP TLV 标记位、类型字段、长度字段和最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第三带宽，所述 STAMP TLV 标记位包括 U 标志，所述 U 标志的取值为 1。

15 35、根据权利要求 31-34 任一项所述的网络设备，其特征在于，
所述第一 IPv6 选项头为 Hop-by-Hop 选项头，所述全部上一跳节点包括端点节点和/或中转节点；
或者，
所述第一 IPv6 选项头为目的选项头，所述全部上一跳节点均为端点节点。

20 36、根据权利要求 35 所述的网络设备，其特征在于，所述第一 IPv6 选项头包括选项类型字段、选项数据长度字段以及最小可用带宽字段，所述最小可用带宽字段用于承载所述第一带宽。

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。

25