

报文转发方法、装置、网络设备及存储介质

技术领域

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

背景技术

随着工业互联网、元宇宙的发展，远程互动业务对网络的时延、抖动、丢包都提出了更严格的要求，确定性网络技术成为满足以上需求的广域网解决方案。

10 确定性网络是指为承载的业务提供确定性业务保证能力的网络，能保证业务的确定性时延、时延抖动、丢包率等指标，确定性网络技术是一种新型的服务质量（Quality of Service，QoS）保障技术。

目前，确定性网络可以基于周期性循环排队转发（Cyclic Specific Queuing and Forwarding，CSQF）机制实现，软件定义网络（Software Defined Network，SDN）控制器可以规划确定性业务的报文在确定性网络中的转发路径，并规定确定性网络中的每一跳网络设备的 CSQF 转发资源，以使得网络设备按照规定的 CSQF 转发资源转发报文。

20 在 CSQF 机制中，在每个 Cycle（周期）发送的报文均为 SRv6 报文，但是由于 SRv6 报文的报头较长，导致大量的 CSQF 转发资源被用于转发 SRv6 报文的报头，严重影响了 CSQF 转发的带宽利用率。

发明内容

本申请实施例的目的在于提供一种报文转发方法、装置、网络设备及存储介质，用于提高 CSQF 转发的带宽利用率。具体技术方案如下：

25 第一方面，本申请实施例提供一种报文转发方法，应用于第一网络设备，所述方法包括：

接收用户侧设备发送的业务报文；

将所述业务报文缓存至所述业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

30 在到达所述调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及所述调度队列中的多个业务报文。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。

35 在一种可能的实现方式中，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

在一种可能的实现方式中，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头

长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

- 5 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

第二方面，本申请实施例提供一种报文转发方法，应用于第三网络设备，所述方法包括：

- 10 接收组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，所述多个业务报文属于同一确定性流；

向用户侧设备转发所述多个业务报文。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度；在所述接收组合报文之后，所述方法还包括：

- 15 基于所述扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从所述组合报文中获取所述多个业务报文。

在一种可能的实现方式中，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

- 20 在一种可能的实现方式中，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

在一种可能的实现方式中，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

- 25 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

第三方面，本申请实施例提供一种报文转发装置，应用于第一网络设备，所述装置包括：

- 30 接收模块，用于接收用户侧设备发送的业务报文；

缓存模块，用于将所述业务报文缓存至所述业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

- 35 发送模块，用于在到达所述调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及所述调度队列中的多个业务报文。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。

在一种可能的实现方式中，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个

报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

5 在一种可能的实现方式中，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

10 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

第四方面，本申请实施例提供一种报文转发装置，应用于第三网络设备，所述装置包括：

接收模块，用于接收组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，所述多个业务报文属于同一确定性流；

15 转发模块，用于向用户侧设备转发所述多个业务报文。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度；所述装置还包括：

获取模块，用于基于所述扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从所述组合报文中获取所述多个业务报文。

20 在一种可能的实现方式中，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

25 在一种可能的实现方式中，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

30 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

第五方面，本申请实施例提供一种网络设备，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：

接收用户侧设备发送的业务报文；

将所述业务报文缓存至所述业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

在到达所述调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及所述调度队列中的多个业务报文。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。

- 5 在一种可能的实现方式中，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

- 10 在一种可能的实现方式中，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

- 15 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

第六方面，本申请实施例提供一种网络设备，包括：

处理器；

收发器；

- 20 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：

接收组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，所述多个业务报文属于同一确定性流；

向用户侧设备转发所述多个业务报文。

- 25 在一种可能的实现方式中，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度；

所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

基于所述扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从所述组合报文中获取所述多个业务报文。

- 30 在一种可能的实现方式中，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

在一种可能的实现方式中，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

在一种可能的实现方式中，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

- 35 所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字

段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

第七方面，本申请实施例提供了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：实现上述第一方面或第二方面所述的方法。

5 第八方面，本申请实施例提供了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：实现上述第一方面或第二方面所述的方法。

采用该上述技术方案，第一网络设备可将业务报文缓存至业务报文所属确定性流对应的调度队列中，并在到达该调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，该组合报文包括 IPv6 头、SRH 以及调度队列中的多个业务报文。如此无需分别为每个业务报文封装 IPv6 头和 SRH，可以使得多个业务报文共用一个 IPv6 头和一个 SRH，减少了 IPv6 头和 SRH 对传输带宽的占用，提高了带宽利用率。

附图说明

15 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确定性流的转发机制的示意图；
- 图 2 为本申请实施例提供的一种确定性网络的网络架构示意图；
- 图 3 为本申请实施例提供的一种 SRv6 报文的结构示意图；
- 20 图 4 为本申请实施例提供的一种报文转发方法的流程示意图；
- 图 5 为本申请实施例提供的 SRv6 报文中的扩展头的结构示意图；
- 图 6 为本申请实施例提供的另一种报文转发方法的流程示意图；
- 图 7 为本申请实施例提供的 PE1 设备发送组合报文的过程的示例性示意图；
- 25 图 8 为本申请实施例提供的 PE2 设备接收组合报文的过程的示例性示意图；
- 图 9 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 10 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 11 为本申请实施例提供的一种网络设备的结构示意图；
- 30 图 12 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。

35 为了便于理解，首先对本申请实施例中涉及的相关概念进行说明。
确定性网络中每个网络设备将每个周期 T 划分为多个时长相同且连续的时间片，可以将每个时间片称为一个 Cycle。例如，可以将 T 划分为 N 个时

间片，分别为 Cycle 1 至 Cycle N，N 的取值可以为 10、100 或 1000 等，可基于实际情况设置。

特定的确定性网络协议(deterministic internet protocol, DIP)的确定性流只在规定的时延片内被转发。比如，确定性流 1 在每个周期 T 内的 Cycle 1 被转发，确定性流 2 在每个周期 T 内的 Cycle 3 被转发，确定性流 3 在每个周期 T 内的 Cycle 3 被转发，以此类推。因每一个确定性流在转发路径的每个网络设备中对应确定的时间片，如果报文到达一个网络设备的时刻晚于当前周期 T 的时间片的发送时刻，则可在下一周期 T 的时间片内转发该报文，因此报文转发的时延抖动可以被限制在宽度为 2T 的时延范围内，即转发时延的抖动是有界的。

确定性流的转发路径上每一网络设备的抖动都不会增加该网络设备的之后的一个网络设备的时延抖动，即抖动与转发路径包括的网络设备数量无关。但是网络设备数量的增加会使得报文在转发路径上的总延时会增加。

上述周期 T 为预定义的确定性流的调度队列的时隙宽度，则整个转发路径的时延抖动范围为 $0 \sim 2T$ ，比如 $T=10\mu s$ ，则时延抖动在最恶劣情况下为 $20\mu s$ ，与转发路径长度、网络设备数量无关。

如图 1 所示，假设 X、Y、Z 和 W 为转发路径中连续的四个网络设备，每一网络设备的循环转发周期 T 由 0、1、2 和 3 共四个 Cycle 组成，每个 Cycle 的时长为 $10\mu s$ ，即网络设备以 $10\mu s$ 循环模式发送数据包。每一网络设备接收到报文后，在该报文所属确定性流对应的预设的 Cycle 内发送该报文，即每一网络设备上预先配置了确定性流与 Cycle 的映射关系。

例如，X 设备在 Cycle 0 内发出报文，该报文在 X 设备与 Y 设备之间的链路传输。

Y 设备接收到该报文后，在 Cycle 2 内将该报文发出，进而该报文在 Y 设备与 Z 设备之间的链路传输。

Z 设备接收到该报文后，在自身的 Cycle 1 内将该报文发出，进而该报文在 Z 设备与 W 设备之间的链路传输，W 可接收到该报文。

在上述过程中，受稳定的循环映射关系约束，一旦该报文在 X 的发送周期确定，则该报文在 W 的接收周期也可以确定，X 至 W 每次传输确定性流的报文的时延抖动可以控制在 $10\mu s$ 以内。

需要说明的是，确定性网络中的各网络设备之间的时钟可以同步，图 1 中示例性地示出了各网络设备之间的时钟有细微差异的情况。

如图 2 所示，图 2 为一种确定性网络的网络架构示意图，以人机接口 (Human Machine Interface, HMI) 与机械设备 (robotic) 之间的确定性网络为例，该确定性网络中包括服务提供商网络边缘 (Provider Edge, PE) 设备和 P 设备，服务提供商 (Provider, P) 设备是指网络侧核心设备。图 2 中的 HMI 与 robotic 均为用户侧设备。

图 2 中示例性地示出了 PE1、PE2 以及 P1 至 P4，实际实现中各设备的数

量不限于此。

其中，PE 设备用于实现确定性网络中用户侧设备和网络侧设备之间的报文转发。

SDN 控制器可以预先为 PE 设备规划从用户侧设备进入确定性网络的业务报文的 SRv6 转发路径，并为转发路径中的每一跳网络设备规划转发资源，该转发资源具体可以为下一跳、出接口和 Cycle，使得各网络设备按照指定的转发资源转发确定性流的业务报文。

其中，从用户侧设备进入确定性网络的业务报文，是指用户侧设备发出的通过以太网封装的有确定性业务需求的业务报文，即确定性流的业务报文。

确定性流属于时延敏感的业务流量，非确定性流为非时延敏感的业务流量，例如，非确定性流可以为适用于尽力而为(Best Effort)转发策略的流。

PE 设备具有确定性流专用的用户侧接口，不与非确定性流混合使用。如果用户侧接口需要被确定性流和非确定性流混合使用，则可以通过时间敏感网络(Time Sensitive Network, TSN)技术将确定性流和非确定性流区分开。

PE 设备通过用户侧接口接收到用户侧设备发送的业务报文后，PE 设备按照 SDN 规划的 SRv6 转发路径和指定的调度周期，通过网络侧接口将业务报文转发给下一网络设备，以使业务报文在确定性网络中传输。其中，确定性网络中传输的是通过具有时间同步机制的以太网封装的 SRv6 报文，也就是说，PE 设备接收到用户侧设备发送的业务报文后，会将该业务报文封装为 SRv6 报文。

如图 3 所示，图 3 示出了 SRv6 报文的格式，SRv6 报文中包括新的互联网协议第 6 版(Internet Protocol Version 6, IPv6)基本头、SRH 以及原始报文，该原始报文即为用户侧设备发送的业务报文。

其中，本申请实施例中将新的 IPv6 基本头简称为 IPv6 头，IPv6 头包括：版本号 (Version)、流量等级 (Traffic Class)、流标签 (Flow Label)、负载长度 (Payload Length)、下一个报头 (Next header)、跳数限制 (Hop limit)、源地址 (Source Address, SA)、目的地址 (Destination Address, DA)，源地址和目的地址的长度均可以为 128bits。其中，Next header 取值为 43，表示下一个报头为路由扩展头。

SRH 包括：

下一个报头 (Next Hdr)，长度为 8bits，用于标识下一个报文头的类型。

扩展头长度 (Hdr Ext Len)，长度为 8bits，表示以 8 个字节为单位的 SRH 头的长度，不包括第一个 8 字节。

路由类型 (Routing Type)，长度为 8bits，取值为 4，表示携带的是 SRH。

段索引 (Segments Left, SL)，长度为 8bits，表示需要查找的下一个 SID 的编号，初始取值为 n-1, n 表示 SRH 中封装的 SID 的数量，每经过一个 endpoint 节点，SL 的值减 1。

最后一跳 (Last Entry)，长度为 8bits，取值为 SRH 中 SID 列表中第一个

SID 的编号，即报文转发路径中最后一跳的 SID 的编号。

标志位 (Flags)，长度为 8bits，为标志位信息。

标签 (Tag)，长度为 16bits，用于标记具有相同特性的一组报文。

- 段列表 (Segment List)，为 SID 列表，按照报文转发路径上节点从远到近的顺序进行排列，即 Segment List [0] 表示路径的最后一个 SID，Segment List [1] 表示路径的倒数第二个 SID，以此类推。每个 SID 均可以为一个 128bit 的 IPv6 地址 (128 bits IPv6 address)。

Optional Type Length Value objects(variable)，为可选类型长度值对象变量。

图 3 中的原始报文为用户侧设备发送的业务报文。

- 10 确定性网络中的各网络设备的时间同步机制可以使用精确时间协议 (precision time protocol, PTP)、带外的时间同步网络或同步以太网等。

PE 设备的网络侧接口也可以接收 P 设备转发的 SRv6 报文，并按照 SRv6 转发路径将接收到的 SRv6 报文传输至目的用户侧接口，并按照先到先出的调度机制在用户侧接口将业务报文发送给用户侧设备。

- 15 P 设备主要负责网络侧设备和网络侧设备之间的报文转发，P 设备的入接口按照接收的 SRv6 报文的 SRv6 转发路径，采用预先指定的调度周期对 SRv6 报文进行转发。

- 20 在确定性网络架构中，网络设备在每个 Cycle 发出的报文均为 SRv6 报文，但是 SRv6 报文的报头较长，经统计，对于 100GE 的带宽，若采用 CSQF 的转发机制，用于转发业务报文的带宽可能仅占 80% 左右，剩余 20% 左右的带宽均被用于传输 SRv6 报文的报头。

为了提高带宽利用率，本申请实施例提供了一种报文转发方法，该方法应用于第一网络设备，该第一网络设备为 SRv6 网络的头节点，例如，可以为图 2 中的 PE1。如图 4 所示，该方法包括：

- 25 S401、接收用户侧设备发送的业务报文。

S402、将业务报文缓存至业务报文所属的确定性流对应的调度队列中。

其中，第一网络设备接收到报文后，可通过查路由表确定该报文对应的 Cycle，进而将该报文缓存至该 Cycle 对应的调度队列中。

- 30 S403、在到达该调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，该组合报文包括 IPv6 头、SRH 以及该调度队列中的多个业务报文。

确定性流对应的每个调度队列分别对应一个调度周期，该调度周期即 Cycle 对应的的时间片，第一网络设备按照各个调度队列的调度周期，向第二网络设备转发各个调度队列中缓存的报文。

- 35 本申请实施例中，在到达一个调度队列的调度周期时，第一网络设备可以将该调度队列中缓存的报文封装为组合报文，并向第二网络设备发送该组合报文。作为示例，第二网络设备可以为业务报文的转发路径上的中间节点，例如图 2 中的 P1 设备。

其中，被缓存至同一个调度队列的各业务报文在 SRv6 网络内的转发路径

相同，即这些业务报文是从相同的源 PE 被转发到相同的目的 PE，所以正常为调度队列中每个业务报文封装 SRv6 头时，为各业务报文封装的 SRv6 头均是相同的。所以，在本申请实施例中，可以将多个业务报文封装为一个组合报文，使得多个业务报文共用 IPv6 头和 SRH。

5 采用该方法，第一网络设备可将业务报文缓存至业务报文所属确定性流对应的调度队列中，并在到达该调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，该组合报文包括 IPv6 头、SRH 以及调度队列中的多个业务报文。如此无需分别为每个业务报文封装 IPv6 头和 SRH，可以使得多个业务报文共用一个 IPv6 头和一个 SRH，减少了 IPv6 头和 SRH 对传输带宽的占用，提高
10 了带宽利用率。

 需要说明的是，组合报文的尺寸小于等于最大传输单元（Maximum Transmission Unit, MTU）。作为示例，该 MTU 可以为 9KB。第一网络设备在将一个调度队列包括的各业务报文封装为组合报文时，可按照业务报文进入该调度队列的顺序，依次将业务报文封装入组合报文，若确定封装某一业务
15 报文后，组合报文将超过 MTU，则停止封装。并构建下一个组合报文，将该业务报文以及该调度队列中后续的业务报文封装至下一个组合报文中。

 在本申请的一些实施例中，组合报文还包括扩展头，扩展头包括组合报文中的每个业务报文的报文长度。

 并且，SRH 包括下一个报头字段，下一个报头字段用于表示 SRH 之后的
20 下一个报头为所述扩展头。

 该可扩展头具体可以为 CSQF 聚合扩展头，简称为 CSQF_AGG。例如，可以将图 3 的 SRH 中的 Next Header 字段定义为 CSQF_AGG。即本申请实施例中可以在 SRH 之后相邻的位置增加一个 CSQF 聚合扩展头。

 该扩展头的结构如图 5 所示，该扩展头包括下一个报头（Next Hdr）字段
25 和扩展头长度（Hdr Ext Len）字段，下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特。

 该扩展头中包括的每个报文长度占用 16 个比特。

 组合报文中的每个业务报文为一个 payload，扩展头中包括的每个报文长度即为每个 payload 的长度，例如图 3 中示例性地示出了 n 个 payload 的长度，
30 分别为 payload 1 Len（负载 1 长度）、payload 2 Len（负载 2 长度）、payload 3 Len（负载 3 长度）、……、payload n Len（负载 n 长度）。

 在该扩展头包括的下一个报头字段、扩展头字段和报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，扩展头还包括结束字段，结束字段占用
35 16 个比特，且取值为 0。例如，图 5 中 payload n Len 之后，还包括一个取值为 0 的 End 字段。

 可以理解的是，在扩展头中包括的下一个报头字段、扩展头字段和报文长度占用的总比特数是 32 比特的整倍数的情况下，则扩展头中不包括结束字段。

基于相同的发明构思，本申请实施还提供一种报文转发方法，该方法应用于第三网络设备，第三网络设备为 SRv6 网络的尾节点，例如，可以为图 2 中的 PE2。如图 6 所示，该方法包括：

S601、接收组合报文，组合报文包括 IPv6 头、SRH 以及多个业务报文。

5 其中，多个业务报文属于同一确定性流，即多个业务报文在 SRv6 网络内的转发路径相同。

S602、向用户侧设备转发多个业务报文。

采用该方法，第三网络设备可以接收组合报文，组合报文包括 IPv6 头、SRH 以及多个业务报文，可见多个业务报文能够共用一个 IPv6 头和一个 SRH，
10 且第三网络设备可以向用户侧设备转发组合报文包括的多个业务报文，不影响多个业务报文被正常转发至用户侧设备。如此，无需分别为每个业务报文添加 IPv6 头和 SRH，可以减少 IPv6 头和 SRH 对传输带宽的占用，提高了带宽利用率。

在本申请实施例中，组合报文还包括扩展头，扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。基于此，第三网络设备在接收组合报文之后，
15 可以基于扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从组合报文中获取多个业务报文。扩展头的具体格式可参考上述实施例中的相关描述，此处不再赘述。

参见图 5，第三网络设备可以基于 payload 1 Len，从扩展头后的原始报文部分读取长度为 payload 1 Len 的内容，即可得到业务报文 1。然后继续向后
20 读取长度为 payload 2 Len 的内容，即可得到业务报文 2，以此类推，直至得到业务报文 n。

第三网络设备在从组合报文中获取业务报文时，可基于扩展头中的 Hdr Ext Len 字段的取值判断是否已经获取到扩展头包括的所有报文长度。若获取到的报文长度在扩展头中占用的比特数达到 Hdr Ext Len 字段的取值，则可确定已获取到扩展头包括的所有报文长度。可选的，若读取到扩展头包括的结束字段，也可确定已获取到扩展头包括的所有报文长度。
25

以下结合具体示例对本申请实施例提供的报文转发方法进行介绍，如图 7 所示，PE1 设备中包括 5 个调度队列，分别为 Cycle 0 至 4 对应的 CSQF 队列。

其中，假设在到达 Cycle 0 时，Cycle 0 对应的 CSQF 队列中缓存有 5 个业务报文，即 Packet 1-5，则 PE1 设备将 Packet 1-5 封装为组合报文 1，并发送该组合报文 1，组合报文 1 的包括 IPv6 头、SRH、CSQF 聚合扩展头以及 payload，该 payload 包括 Packet 1-5。
30

需要说明的是，由于 Packet 1-5 被缓存至同一 CSQF 队列，代表着 Packet 1-5 将按照相同路径从同一源 PE 设备转发至同一目的 PE 设备，若 PE1 设备分别为 Packet 1-5 封装 SRv6 头，则需为 Packet 1-5 封装相同的 SRv6 头。而
35 本申请实施例中，可以将 Packet 1-5 封装在一个组合报文中，使得 Packet 1-5 共用一个 SRv6 头。Packet 1-5 的源 IP 地址和目的 IP 地址可能不同，即 Packet 1-5 对应的源用户侧设备和目的用户侧设备可能不同，但源用户侧设备的 IP

地址和目的用户侧设备的 IP 地址均被封装在原始报文（Packet 1-5）中，所以将 Packet 1-5 封装在一个组合报文中不会影响 Packet 1-5 的正常转发。

假设在到达 Cycle 1 时，Cycle 1 对应的 CSQF 队列中缓存有 4 个业务报文，即 Packet 1-4，则 PE1 设备将 Packet 1-4 封装为组合报文 2，并发送该组合报文 2，组合报文 2 的包括 IPv6 头、SRH、CSQF 聚合扩展头以及 payload，该 payload 包括 Packet 1-4。

假设在到达 Cycle 2 时，Cycle 2 对应的 CSQF 队列中缓存有 6 个业务报文，即 Packet 1-6，则 PE1 设备将 Packet 1-6 封装为组合报文 3，并发送该组合报文 3，组合报文 3 的包括 IPv6 头、SRH、CSQF 聚合扩展头以及 payload，该 payload 包括 Packet 1-6。

假设在到达 Cycle 3 时，Cycle 3 对应的 CSQF 队列中缓存有 7 个业务报文，即 Packet 1-7，则 PE1 设备将 Packet 1-7 封装为组合报文 4，并发送该组合报文 4，组合报文 4 的包括 IPv6 头、SRH、CSQF 聚合扩展头以及 payload，该 payload 包括 Packet 1-7。

Cycle 4 对应的 CSQF 队列中暂未缓存报文。

上述组合报文 1-4 将沿各自的转发路径进行转发，中间节点转发组合报文 1-4 的过程中，无需识别组合报文中的 CSQF 聚合扩展头。

假设组合报文 1-4 均被转发至 PE2 设备，如图 8 所示，PE2 设备可以接收到组合报文 1-4。

PE2 设备可以基于组合报文 1 中的 CSQF 聚合扩展头从组合报文 1 中获取 Packet 1-5，放入一个接收队列中。

PE2 设备可以基于组合报文 2 中的 CSQF 聚合扩展头从组合报文 2 中获取 Packet 1-4，放入一个接收队列中。

PE2 设备可以基于组合报文 3 中的 CSQF 聚合扩展头从组合报文 3 中获取 Packet 1-6，放入一个接收队列中。

PE2 设备可以基于组合报文 4 中的 CSQF 聚合扩展头从组合报文 4 中获取 Packet 1-7，放入一个接收队列中。

PE2 设备可以基于各业务报文的报头向业务侧设备转发各业务报文。

采用该方法，可以减少在 CSQF 转发过程中 SRv6 头对带宽资源的占用，提升带宽利用率。

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，该装置应用于第一网络设备，如图 9 所示，该装置包括：

接收模块 901，用于接收用户侧设备发送的业务报文；

缓存模块 902，用于将业务报文缓存至业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

发送模块 903，用于在到达调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及调度队列中的多个业务报文。

可选的，组合报文还包括扩展头，扩展头包括组合报文中的每个业务报文的报文长度。

可选的，SRH 包括下一个报头字段，下一个报头字段用于表示 SRH 之后的下一个报头为扩展头。

5 可选的，组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

可选的，扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

10 在扩展头包括的下一个报头字段、扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

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，该装置应用于第三网络设备，如图 10 所示，该装置还包括：

15 接收模块 1001，用于接收组合报文，组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，多个业务报文属于同一确定性流；

转发模块 1002，用于向用户侧设备转发多个业务报文。

可选的，组合报文还包括扩展头，扩展头包括组合报文中的每个业务报文的报文长度；该装置还包括：

20 获取模块，用于基于扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从组合报文中获取多个业务报文。

可选的，SRH 包括下一个报头字段，下一个报头字段用于表示 SRH 之后的下一个报头为扩展头。

可选的，组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

25 可选的，扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

在扩展头包括的下一个报头字段、扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，扩展头还包括结束字段，结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

30 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，如图 11 所示，该网络设备包括：

处理器 1101；

收发器 1104；

35 机器可读存储介质 1102，机器可读存储介质 1102 存储有能够被处理器 1101 执行的机器可执行指令；机器可执行指令促使处理器 1101 执行以下步骤：

接收用户侧设备发送的业务报文；

将业务报文缓存至业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

在到达调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，组合报

文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及调度队列中的多个业务报文。

可选的，组合报文还包括扩展头，扩展头包括组合报文中的每个业务报文的报文长度。

5 可选的，SRH 包括下一个报头字段，下一个报头字段用于表示 SRH 之后的下一个报头为扩展头。

可选的，组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

可选的，扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

10 在扩展头包括的下一个报头字段、扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，扩展头还包括结束字段，结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

如图 11 所示，网络设备还可以包括通信总线 1103。处理器 1101、机器可读存储介质 1102 及收发器 1104 之间通过通信总线 1103 完成相互间的通信，
15 通信总线 1103 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 1103 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。

收发器 1104 可以为无线通信模块，收发器 1104 在处理器 1101 的控制下，与其他设备进行数据交互。

20 机器可读存储介质 1102 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 1102 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 1101 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 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，如图 12 所示，该网络设备包括：

处理器 1201；

收发器 1204；

机器可读存储介质 1202，机器可读存储介质 1202 存储有能够被处理器 1201 执行的机器可执行指令；机器可执行指令促使处理器 1201 执行以下步骤：

35 接收组合报文，组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，多个业务报文属于同一确定性流；

向用户侧设备转发多个业务报文。

可选的，组合报文还包括扩展头，扩展头包括组合报文中的每个业务报

文的报文长度；

机器可执行指令还促使所述处理器 1201 执行以下步骤：

基于扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从组合报文中获取多个业务报文。

- 5 可选的，SRH 包括下一个报头字段，下一个报头字段用于表示 SRH 之后的下一个报头为扩展头。

可选的，组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

可选的，扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

- 10 扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

在扩展头包括的下一个报头字段、扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，扩展头还包括结束字段，结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

- 如图 12 所示，网络设备还可以包括通信总线 1203。处理器 1201、机器
15 可读存储介质 1202 及收发器 1204 之间通过通信总线 1203 完成相互间的通信，通信总线 1203 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 1203 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。

- 收发器 1204 可以为无线通信模块，收发器 1204 在处理器 1201 的控制下，
20 与其他设备进行数据交互。

机器可读存储介质 1202 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 1202 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 1201 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
35 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报文转发方法的步骤。

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

5 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。

10 本说明书中的各个实施例均采用相关的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于装置实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

15 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，应用于第一网络设备，所述方法包括：
- 接收用户侧设备发送的业务报文；
- 5 将所述业务报文缓存至所述业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；
- 在到达所述调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及所述调度队列中的多个业务报文。
- 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。
- 10 3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。
- 4、根据权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，所述组合报文的
- 15 尺寸小于等于最大传输单元 MTU。
- 5、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；
- 所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；
- 所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；
- 20 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。
- 6、一种报文转发方法，其特征在于，应用于第三网络设备，所述方法包括：
- 25 接收组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，所述多个业务报文属于同一确定性流；
- 向用户侧设备转发所述多个业务报文。
- 7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度；在所述接
- 30 收组合报文之后，所述方法还包括：
- 基于所述扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从所述组合报文中获取所述多个业务报文。
- 8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。
- 35 9、根据权利要求 6-8 任一项所述的方法，其特征在于，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。
- 10、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述扩展头还包括下一

个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

- 5 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

11、一种报文转发装置，其特征在于，应用于第一网络设备，所述装置包括：

接收模块，用于接收用户侧设备发送的业务报文；

- 10 缓存模块，用于将所述业务报文缓存至所述业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

发送模块，用于在到达所述调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及所述调度队列中的多个业务报文。

- 15 12、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。

13、根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

- 20 14、根据权利要求 11-13 任一项所述的装置，其特征在于，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

15、根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

- 25 所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

- 30 16、一种报文转发装置，其特征在于，应用于第三网络设备，所述装置包括：

接收模块，用于接收组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，所述多个业务报文属于同一确定性流；

转发模块，用于向用户侧设备转发所述多个业务报文。

- 35 17、根据权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度；所述装置还包括：

获取模块，用于基于所述扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从所述组合报文中获取所述多个业务报文。

18、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

19、根据权利要求 16-18 任一项所述的装置，其特征在于，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

20、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

10 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

21、一种网络设备，其特征在于，包括：

处理器；

15 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：

接收用户侧设备发送的业务报文；

20 将所述业务报文缓存至所述业务报文所属的确定性流对应的调度队列中；

在到达所述调度队列的调度周期时，向第二网络设备发送组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及所述调度队列中的多个业务报文。

22、根据权利要求 21 所述的网络设备，其特征在于，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度。

25 23、根据权利要求 22 所述的网络设备，其特征在于，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

24、根据权利要求 21-23 任一项所述的网络设备，其特征在于，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

30 25、根据权利要求 22 所述的网络设备，其特征在于，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

35 在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

26、一种网络设备，其特征在于，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 接收组合报文，所述组合报文包括 IPv6 头、段路由头 SRH 以及多个业务报文，所述多个业务报文属于同一确定性流；

向用户侧设备转发所述多个业务报文。

27、根据权利要求 26 所述的网络设备，其特征在于，所述组合报文还包括扩展头，所述扩展头包括所述组合报文中的每个业务报文的报文长度；

所述机器可执行指令还促使所述处理器执行以下步骤：

10 基于所述扩展头包括的每个业务报文的报文长度，从所述组合报文中获取所述多个业务报文。

28、根据权利要求 27 所述的网络设备，其特征在于，所述 SRH 包括下一个报头字段，所述下一个报头字段用于表示所述 SRH 之后的下一个报头为所述扩展头。

15 29、根据权利要求 26-28 任一项所述的网络设备，其特征在于，所述组合报文的尺寸小于等于最大传输单元 MTU。

30、根据权利要求 27 所述的网络设备，其特征在于，所述扩展头还包括下一个报头字段和扩展头长度字段；

所述下一个报头字段和扩展头长度字段各占用 8 个比特；

20 所述扩展头包括的每个报文长度占用 16 个比特；

在所述扩展头包括的所述下一个报头字段、所述扩展头字段和各报文长度占用的总比特数不是 32 比特的整倍数的情况下，所述扩展头还包括结束字段，所述结束字段占用 16 个比特，且取值为 0。

25 31、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 1-5 或 6-10 任一所述的方法。

32、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 1-5 或 6-10 任一所述的方法。