

一种补偿时延上限的获取方法、装置及转发节点

技术领域

本申请涉及通信技术领域，特别是涉及一种补偿时延上限的获取方法、装置及转发节点。

5 背景技术

在确定性网络中，端到端服务可能跨越多个网络域，并且在每个网络域采用不同的排队机制。由于网络域边界的调度和流量准入控制，以及在确定性网络域内排队和转发机制不同，导致跨越多个网络域的端到端服务的抖动无法满足高确定性承载的要求。为满足高确定性承载的要求，需要获取路径的补偿时延上限，基于补偿时延上限，对数据报文进行时延补偿。

10 目前，获取补偿时延上限的前提是线路时延不发生变化。然而，实际应用中，受环境变化、路径变化等因素的影响，线路的长度会发生变化，进而导致线路时延发生变化。在线路时延发生变化的情况下，若仍以线路时延不发生变化为前提来获取补偿时延上限，将导致端到端的传输时延和抖动无界，无法保证高确定性承载的要求。

发明内容

15 本申请实施例的目的在于提供一种补偿时延上限的获取方法、装置及转发节点，以降低端到端服务的抖动，保证端到端服务的确定性传输。具体技术方案如下：

第一方面，本申请实施例提供了一种补偿时延上限的获取方法，应用于第一节点，所述第一节点通过目标路径组与第二节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述方法包括：

20 通过所述目标路径组中的第一路径，向所述第二节点发送请求报文，并获取所述第一节点发送所述请求报文的第一时间点；

通过所述目标路径组中的每条路径，分别接收所述第二节点发送的应答报文，并构造每条应答报文对应的元数据，每条应答报文对应的元数据包括所述第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的请求时延和应答时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延；

25 根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；

计算所述目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

30 第二方面，本申请实施例提供了一种补偿时延上限的获取方法，应用于第二节点，所述第二节点通过目标路径组与第一节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述方法包括：

通过所述目标路径组中的第一路径，接收所述第一节点发送请求报文，并构造所述请求报文对应的元数据，所述元数据包括所述请求报文携带的请求时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延；

35 将所述请求时延封装在应答报文中；

通过所述目标路径组中的每条路径，分别向所述第一节点发送应答报文。

第三方面，本申请实施例提供了一种补偿时延上限的获取装置，应用于第一节点，所述第一节点通过目标路径组与第二节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述装置包括调度模块、解析模块和主动探测模块；

40 所述调度模块，用于通过所述目标路径组中的第一路径，向所述第二节点发送请求报文，并获取所述第一节点发送所述请求报文的第一时间点，并将所述第一时间点上送所述主动探测模块；

所述解析模块，用于通过所述目标路径组中的每条路径，分别接收所述第二节点发送的应答报文，每条应答报文包括请求时延和应答时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的

驻留时延；构造每条应答报文对应的元数据，将每条应答报文对应的元数据上送所述主动探测模块，每条应答报文对应的元数据包括所述第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的所述请求时延和应答时延；

5 所述主动探测模块，用于根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；计算所述目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

第四方面，本申请实施例提供了一种补偿时延上限的获取装置，应用于第二节点，所述第二节点通过目标路径组与第一节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述装置包括调度模块、解析模块和被动响应模块；

10 所述解析模块，用于通过所述目标路径组中的第一路径，接收所述第一节点发送请求报文，并获取所述请求报文的元数据，所述元数据包括所述请求报文携带的请求时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延；将所述元数据上送所述被动响应模块；

所述被动响应模块，用于将所述请求时延封装在应答报文中；将应答报文发送给调度模块；

所述调度模块，用于通过所述目标路径组中的每条路径，分别向所述第一节点发送应答报文。

15 第五方面，本申请实施例提供了一种转发节点，执行第一方面提供的任一方法，或执行第二方面提供的任一方法。

本申请实施例提供的技术方案中，第一节点通过目标路径组中的一条路径，向第二节点发送请求报文；第二节点通过目标路径组中的每条路径，向第一节点发送应答报文。请求报文和应答报文沿着目标路径组中的路径传输，经过路径上的所有网络域，进而在请求报文和应答报文可以填充在路径上经过的所有网络域的驻留时延。基于此，基于请求报文和应答报文，第一节点可以获取到第一节点发送请求报文的第一时间点、第一节点接收应答报文的第二时间点、请求时延、每条路径对应的应答时延，进而基于获取的信息，准确地确定每条路径对应的线路时延，基于准确的线路时延，准确地确定每条路径对应的补偿时延上限。这实现了将线路时延的变化体现在补偿时延中，基于线路时延的变化可以自适应的调整补偿时延，也就是，基于准确的补偿时延上限，对数据报文进行时延补偿，可以有效的消除抖动，使得业务感知不到环境等因素引起的时延变化，降低了端到端服务的抖动，如降低了目标路径组的第一节点到第二节点之间的抖动，保证了端到端服务的确定性传输，提高了业务传输的可靠性。

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端到端服务的组网的第一种示意图；

图2为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取方法的第一种流程示意图；

图3为本申请实施例提供的节点间的报文传输的一种示意图；

图4为图3所示的路径组对应的时延分解的一种示意图；

35 图5为本申请实施例提供的生成请求报文的一种流程示意图；

图6为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取方法的第二种流程示意图；

图7为本申请实施例提供的第一表和第二表的一种结构示意图；

图8为本申请实施例提供的第三表和第四表的一种结构示意图；

图9为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取方法的第三种流程示意图；

40 图10为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取装置的第一种结构示意图；

图11为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取装置的第二种结构示意图；

图12为本申请实施例提供的主动探测模块的一种结构示意图；

图13为本申请实施例提供的端到端服务的组网的第二种示意图；

图14为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取装置的第三种结构示意图；

图 15 为本申请实施例提供的补偿时延上限的获取装置的第四种结构示意图；

图 16 为本申请实施例提供的被动响应模块的一种结构示意图；

图 17 为本申请实施例提供的主动探测模块学习补偿时延上限的流程 A 的示意图；

图 18 为本申请实施例提供的主动探测模块学习补偿时延上限的流程 B 的示意图；

5 图 19 为本申请实施例提供的主动探测模块学习补偿时延上限的流程 C 的示意图；

图 20 为本申请实施例提供的主动探测模块学习补偿时延上限的流程 D 的示意图。

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。

当前，全球机器通信连接数逐年高速增长，已经接近 300 亿，预计 2035 年将达到 10000 亿连接规模。以连接智能机器为主的全产业互联网将成为未来网络的重要发展方向。智能机器的通信模式和流量模型将发生根本变化，其中，远程控制、智能制造、陆海空一体化等数据通信场景对网络提出了超低时延、超低抖动的高确定性承载要求。

15 在确定性网络中，端到端服务可能跨越多个网络域，如图 1 所示的组网，该组网包括 3 个网络域，如确定性网络 1~确定性网络 3；确定性网络 1 包括 3 个转发节点，如 A1、B1 和 C1；确定性网络 2 包括 4 个转发节点，如 A2、B2、C2 和 D2；确定性网络 3 包括 3 个转发节点，如 A3、B3 和 C3。报文发送方（Talker）与报文接收方（Listener）之间通信时，跨越了确定性网络 1~确定性网络 3 这 3 个网络域。转发节点可以为路由器、交换机、网关等网络设备。确定性网络 1~确定性网络 3 采用不同的排队机制。由于网络域边界的调度和流量准入控制，以及在确定性网络域内排队和转发机制不同，导致跨越多个网络域的端到端服务的抖动无法满足高确定性承载的要求。

20 为满足高确定性承载的要求，需要获取路径的补偿时延上限，基于补偿时延上限，对数据报文进行时延补偿。仍以图 1 为例进行说明。转发节点 A1 与转发节点 B3 之间具有两条路径，即路径 1 和路径 2，路径 1 和路径 2 构成路径组 1，路径组 1 为转发节点 A1 与转发节点 B3 之间的数据传输提供保护服务，即路径组 1 中的一条路径故障，还可以采用其他路径进行数据传输，因此，路径组 1 又可以称为保护服务组。路径 1 和路径 2 的补偿时延如下公式（1）-公式（3）所示。

$$\text{CompD}_i = \text{Cap}_i - \text{ActD}_i \quad (1)$$

$$\text{Cap}_i = \text{PthRefD} - \text{FixD}_i \quad (2)$$

$$\text{ActD}_i = T1_i + T2_i + T3_i \quad (3)$$

30 其中， CompD_i 表示路径 i 的补偿时延， Cap_i 表示路径 i 的补偿时延上限， ActD_i 表示在路径 i 上经过的确定性网络 1~确定性网络 3 的驻留时延的和值； PthRefD 表示路径组 1 的参考时延， FixD_i 表示路径 i 上域间的线路时延， $T1_i$ 表示报文在路径 i 上经过的确定性网络 1 的驻留时延， $T2_i$ 表示报文在路径 i 上经过的确定性网络 2 的驻留时延， $T3_i$ 表示报文在路径 i 上经过的确定性网络 3 的驻留时延， $i=1$ 或 2。

35 对于跨越多个网络域的端到端服务，每条路径跨越多个网络域，报文沿一条路径传输时，会经过该路径所跨越的每个网络域，上述报文在每个网络域的驻留时延即为报文在每个网络域的传输时延。不同的报文在同一路径上经过同一网络域时，在该网络域的驻留时延可能相同，也可能不同。上述域间的线路时延为报文在两个相邻网络域之间的传输时延

40 上述获取补偿时延上限方法的前提是线路时延不发生变化。然而，实际应用中，受环境变化、路径变化等因素的影响，线路的长度会发生变化，例如，环境温度变化导致线路的长度，悬挂同轴电缆的网线使得线路的长度增长，路径故障后恢复导致线路的长度变化等。某些情况下，线路的长度变化可多达 20%。线路的长度发生变化，必然导致线路时延发生变化。在线路时延发生变化的情况下，若仍以线路时延不发生变化为前提来获取补偿时延上限，将导致端到端的传输时延和抖动无界，无法保证高确定性承载的要求。

为降低端到端服务的抖动，保证端到端服务的确定性传输，基于多路径规划，本申请实施例提供了一种补偿时延上限的获取方法，如图 2 所示。该补偿时延上限的获取方法应用于第一节点，第一节点通过目标路径组与第二节点连接，目标路径组包括多条路径。第一节点为进行时延补偿的转发节点，简称为时延补偿节点（COMPENSATION NODE，CN），时延补偿节点为路径的尾节点，如图 1 中的转发节点 B3。第二节点为路径的头节点（HEAD NODE，HN），如图 1 中的转发节点 A1。在获取补偿时延上限的过程中，第一节点 CN 为主动探测节点，第二节点 HN 为被动响应节点。目标路径组是为第一节点与第二节点之间通信提供保护服务的任一路径组。上述补偿时延上限的获取方法包括如下步骤。

步骤 S21，通过目标路径组中的第一路径，向第二节点发送请求报文，并获取第一节点发送请求报文的第一时间点；

步骤 S22，通过目标路径组中的每条路径，分别接收第二节点发送的应答报文，并构造每条应答报文对应的元数据，每条应答报文对应的元数据包括第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的请求时延和应答时延，请求时延为请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延；

步骤 S23，根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；

步骤 S24，计算目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

本申请实施例提供的技术方案中，第一节点通过目标路径组中的一条路径，向第二节点发送请求报文；第二节点通过目标路径组中的每条路径，向第一节点发送应答报文。请求报文和应答报文沿着目标路径组中的路径传输，经过路径上的所有网络域，进而在请求报文和应答报文可以填充在路径上经过的所有网络域的驻留时延。基于此，基于请求报文和应答报文，第一节点可以获取到第一节点发送请求报文的第一时间点、第一节点接收应答报文的第二时间点、请求时延、每条路径对应的应答时延，进而基于获取的信息，准确地确定每条路径对应的线路时延，基于准确的线路时延，准确地确定每条路径对应的补偿时延上限。这实现了将线路时延的变化体现在补偿时延中，基于线路时延的变化可以自适应的调整补偿时延，也就是，基于准确的补偿时延上限，对数据报文进行时延补偿，可以有效的消除抖动，使得业务感知不到环境等因素引起的时延变化，降低了端到端服务的抖动，如降低了目标路径组的第一节点到第二节点之间的抖动，保证了端到端服务的确定性传输，提高了业务传输的可靠性。

此外，本申请实施例提供的技术方案中，只需要进行网络域内的时间同步，就可以准确的获得各个网络域的驻留时延，进而准确的获得补偿时延上限，无需进行跨域的时间同步，降低了方案实现的难度，便于广泛应用，以及提高时延补偿的精度。

上述步骤 S21 中，第一路径可以为目标路径组中的任一条路径，还可以为预先指定的目标路径组中的一条路径，如故障概率低或路径长度最短的一条路径。请求报文为第一节点构造的用于获取补偿时延上限的 OAM（Operation Administration Maintenance，操作管理维护）报文。为便于后续获取请求时延，即请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，在请求报文中可以增加一个字段，如第一字段，第一字段用于承载请求时延。

在获取补偿时延上限时，第一节点构造请求报文，并通过第一路径向第二节点发送请求报文。在发送请求报文时，第一节点可以获取到发送请求报文的时间点，即第一时间点。请求报文在沿第一路径传输时，第一路径上的转发节点可以统计出请求报文在第一路径上经过的每个网络域的驻留时延，并将统计得到的驻留时延添加在请求报文中，例如，添加在上述第一字段中。

本申请实施例中，为减轻路径上转发节点的计算资源，每个网络域的驻留时延可以以独立的形式分别添加在请求报文中。例如，图 1 中，转发节点 B3 通过路径 1 向转发节点 A1 发送请求报文 1，请求报文 1 在路径 1 上经过的确定性网络 1~确定性网络 3，在路径 1 上确定性网络 3 的出口边缘转

发节点 C3 统计请求报文 1 在确定性网络 3 的驻留时延为 ActD_Req_3, 将 ActD_Req_3 添加在请求报文 1 中, 在路径 1 上确定性网络 2 的出口边缘转发节点 C2 统计请求报文 1 在确定性网络 2 的驻留时延为 ActD_Req_2, 将 ActD_Req_2 添加在请求报文 1 中, 在路径 1 上确定性网络 1 的出口边缘转发节点 A1 统计请求报文 1 在确定性网络 1 的驻留时延为 ActD_Req_1, 将 ActD_Req_1 添加在请求
5 报文 1 中, 此时, 请求报文 1 携带 ActD_Req_1、ActD_Req_2 和 ActD_Req_3。ActD_Req_1、ActD_Req_2 和 ActD_Req_3 的和值即为请求时延。

本申请实施例中, 为减轻第一节点的计算资源, 每个网络域的驻留时延可以以累加的形式添加在请求报文中。例如, 图 1 中, 转发节点 B3 通过路径 1 向转发节点 A1 发送请求报文 2, 请求报文 2 在路径 1 上经过的确定性网络 1~确定性网络 3, 在路径 1 上确定性网络 3 的出口边缘转发节点 C3
10 统计请求报文 1 在确定性网络 3 的驻留时延为 ActD_Req_3, 将 ActD_Req_3 添加在请求报文 1 中, 在路径 1 上确定性网络 2 的出口边缘转发节点 C2 统计请求报文 1 在确定性网络 2 的驻留时延为 ActD_Req_2, 计算 ActD_Req_3 和 ActD_Req_2 的和值, 得到 ActD_Req_2', 将请求报文 1 中的 ActD_Req_3 更新为 ActD_Req_2', 在路径 1 上确定性网络 1 的出口边缘转发节点 A1 统计请求报文 1 在确定性网络 1 的驻留时延为 ActD_Req_1 和 ActD_Req_2' 的和值, 得到 ActD_Req_1', 将请求报文
15 1 中的 ActD_Req_2' 更新为 ActD_Req_1', 此时, 请求报文 1 携带 ActD_Req_1'。ActD_Req_1' 即为请求时延。

上述实施例中均以出口边缘转发节点向请求报文中添加驻留时延为例进行说明, 本申请实施例中, 也可以由网络域中任一转发节点向请求报文中添加驻留时延, 因为在网络域内为确定性传输, 在路径确定的情况下, 任一转发节点均可以确定相应的驻留时延。

20 第一节点通过目标路径组中的第一路径发送请求报文后, 第二节点通过目标路径组中的第一路径, 接收第一节点发送的请求报文。在接收到第一节点发送的请求报文后, 第二节点可以构造请求报文对应的元数据, 如接收接口标识、第二节点接收请求报文的时间点 (如第三时间点)、目标路径组的标识、请求报文的源 IP (Internet Protocol, 网络协议) 地址、请求时延等描述请求报文的数据信息。基于请求报文对应的元数据, 第二节点构造 n 个 OAM 报文, 即应答报文, n 为目标路径组中的
25 的路径数量。为便于后续获取请求时延、以及应答时延, 便于第一节点计算补偿时延上限, 在应答报文中可以增加两个字段, 如第二字段和第三字段, 第二字段用于承载请求时延, 第三字段用于承载应答时延。应答时延即为应答报文在每条路径上经过的所有网络域的驻留时延。

第二节点从所接收的请求报文中提取出请求时延, 将请求时延添加在应答报文中, 如添加在上述第二字段中。第二节点通过目标路径组中的每条路径, 分别向第一节点发送应答报文。在通过目
30 标路径组中的每条路径发送应答报文时, 第二节点可以获取到第二节点通过每条路径发送应答报文的时间点, 即第四时间点。应答报文在沿各条路径传输时, 各条路径上的转发节点可以统计出应答报文在该路径上经过的每个网络域的驻留时延, 并将统计得到的驻留时延添加在应答报文中, 例如, 添加在上述第三字段中。

本申请实施例中, 为减轻路径上转发节点的计算资源, 每个网络域的驻留时延可以以独立的形式分别添加在应答报文中。例如, 图 1 中, 转发节点 A1 通过路径 1 和路径 2 分别向转发节点 B3 发
35 送应答报文 1, 以路径 1 为例, 应答报文 1 在路径 1 上经过的确定性网络 1~确定性网络 3, 在路径 1 上确定性网络 1 的出口边缘转发节点 C1 统计应答报文 1 在确定性网络 1 的驻留时延为 ActD_Ack_1, 将 ActD_Ack_1 添加在应答报文 1 中, 在路径 1 上确定性网络 2 的出口边缘转发节点 D2 统计应答报文 1 在确定性网络 2 的驻留时延为 ActD_Ack_2, 将 ActD_Ack_2 添加在应答报文 1 中, 在路径 1 上
40 确定性网络 3 的出口边缘转发节点 B3 统计应答报文 1 在确定性网络 3 的驻留时延为 ActD_Ack_3, 将 ActD_Ack_3 添加在应答报文 1 中, 此时, 应答报文 1 携带 ActD_Ack_1、ActD_Ack_2 和 ActD_Ack_3。ActD_Ack_1、ActD_Ack_2 和 ActD_Ack_3 的和值即为应答时延。

本申请实施例中, 为减轻第一节点的计算资源, 每个网络域的驻留时延可以以累加的形式添加在应答报文中。例如, 图 1 中, 转发节点 A1 通过路径 1 和路径 2 分别向转发节点 B3 发送应答报文

2, 以路径 1 为例, 应答报文 2 在路径 1 上经过的确定性网络 1~确定性网络 3, 在路径 1 上确定性网络 1 的出口边缘转发节点 C1 统计应答报文 2 在确定性网络 1 的驻留时延为 ActD_Ack_1, 将 ActD_Ack_1 添加在应答报文 2 中, 在路径 1 上确定性网络 2 的出口边缘转发节点 D2 统计应答报文 1 在确定性网络 2 的驻留时延为 ActD_Ack_2, 计算 ActD_Ack_2 与 ActD_Ack_1 的和值, 得到
5 ActD_Ack_2', 将应答报文 2 中的 ActD_Ack_1 更新为 ActD_Ack_2', 在路径 1 上确定性网络 3 的出口边缘转发节点 B3 统计应答报文 2 在确定性网络 3 的驻留时延为 ActD_Ack_3, 计算 ActD_Ack_3 与 ActD_Ack_2' 的和值, 得到 ActD_Ack_3', 将应答报文 2 中的 ActD_Ack_2' 更新为 ActD_Ack_3', 此时, 应答报文 2 携带 ActD_Ack_3'。ActD_Ack_3' 即为应答时延。

10 上述实施例中均以出口边缘转发节点向应答报文中添加驻留时延为例进行说明, 本申请实施例中, 也可以由网络域中任一转发节点向应答报文中添加驻留时延, 因为在网络域内为确定性传输, 在路径确定的情况下, 任一转发节点均可以确定相应的驻留时延。

本申请实施例中, 应答报文中携带的请求时延和应答时延的形式可以相同, 例如应答报文中携带的请求时延和应答时延均为累加的形式; 应答报文中携带的请求时延和应答时延的形式也可以不同, 例如, 应答报文中携带的请求时延为累加的形式, 应答报文中携带的应答时延为独立的形式。

15 在一些实施例中, 应答时延中可以包括第二节点处理请求报文的时延, 即处理时延。例如, 第二节点获取接收请求报文的第三时间点, 并获取通过一条路径发送应答时延的时间点 (如第四时间点), 计算第三时间点与第四时间点之差, 得到第三时间点至第四时间点的时延, 即处理时延, 第二节点可以将处理时延累加至该路径对应的应答时延中。这样, 第一节点最终获得的应答时延为两部分的和值, 即处理时延与应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值。

20 在上述步骤 S22 中, 第一节点通过目标路径组中的每条路径, 接收第二节点发送的应答报文, 目标路径组中包括的 n 条路径, 则在 n 条路径均正常的情况下, 第一节点可以接收到 n 个应答报文。不同的路径传输相同的应答报文, 传输该应答报文的应答时延可以相同, 也可以不同。一条路径传输应答报文所得的应答时延即为该路径对应的应答时延。

25 针对所接收的每个应答报文, 在接收到第一节点发送的该应答报文后, 第一节点可以构造应答报文对应的元数据, 如接收接口标识、第一节点接收应答报文的时间点 (如第二时间点)、目标路径组的标识、应答报文的源 IP 地址、请求时延、应答时延等描述应答报文的数据信息。第一节点接收到 n 个应答报文, 则可以构造得到 n 个元数据。

例如, 如图 3 所示的报文传输示意图, 第一节点 CN 与第二节点 HN 之间的粗直线表示路径。第一节点 CN 与第二节点 HN 之间具有由 n 条路径 (Path) 组成的路径组, 如路径 1~路径 n。第一节点 CN 从 n 条路径选择一条路径, 如路径 1, 通过路径 1, 向第二节点 HN 发送请求报文 Req_1, 发送 Req_1 的时间点为 tc_R_1。第二节点在时间点 th_R_1 通过路径 1 接收到请求报文 Req_1。第二节点 HN 构造应答报文, 得到 n 个应答报文副本 Ack_1~Ack_n, 在时间点 th_A_i 通过路径 i 向第一节点 CN 发送 Ack_i, i=1,...,n。第一节点 CN 分别在 tc_A_i 接收到 Ack_i。Ack_i 携带的应答时延即为路径 i 对应的应答时延。
30

35 在上述步骤 S23 中, 第一节点基于发送请求报文的第一时间点、以及接收应答报文的第二时间点、请求时延和应答时延等元数据, 确定目标路径组中的每条路径对应的线路时延, 进而执行步骤 S24, 针对目标路径组中的每条路径, 计算目标路径组对应的参考时延与该路径对应的线路时延的差值, 得到该路径对应的补偿时延上限。其中, 参考时延为沿目标路径组包括的路径, 第二节点发送报文的时间点至第一节点接收报文的时间点之间的时长。

40 本申请实施例中, 第一节点在获得每条路径对应的补偿时延上限后, 可以将获得的每条路径对应的补偿时延上限发送给第二节点。这样, 后续第二节点通过目标路径组中的路径向第一节点发送数据报文时, 数据报文可以携带该路径对应的补偿时延上限; 第一节点可以从接收的数据报文中快速获得补偿时延上限, 对数据报文进行时延补偿, 提高了时延补偿的效率。

在一些实施例中, 上述步骤 S23 可以为: 根据第一时间点、请求时延、第一路径对应的第二时

间点和第一路径对应的应答时延,确定第一路径对应的第一线路时延;根据第一时间点、请求时延、其他路径对应的第二时间点、其他路径对应的应答时延和第一线路时延,确定其他路径对应的第二线路时延,其他路径为目标路径组中除第一路径外的路径。

- 5 仍以图3为例进行说明。第一路径为路径1,第一时间点为 tc_R_1 ,第二时间点为 $tc_A_i, i=1, \dots, n$ 。
对于路径1,第一节点CN可以利用如下公式(4)计算得到路径1对应的线路时延 $FixD_1$,即第一线路时延。

$$FixD_1 = [(tc_A_1 - tc_R_1) - (ActD_Req_1 + ActD_Ack_1)]/2 \quad (4)$$

公式(4)中, $ActD_Req_1$ 表示请求报文 Req_1 的请求时延, $ActD_Ack_1$ 表示路径1对应的应答时延。

- 10 在计算得到 $FixD_1$ 后,对于路径 $i, i=2, \dots, n$,第一节点CN可以利用如下公式(5)计算得到路径 i 对应的线路时延 $FixD_i$,即第二线路时延。

$$FixD_i = [(tc_A_i - tc_R_1) - (ActD_Req_1 + ActD_Ack_i)] - FixD_1 \quad (5)$$

公式(5)中, $ActD_Req_1$ 表示请求报文 Req_1 的请求时延, $ActD_Ack_i$ 表示路径 i 对应的应答时延。

- 15 在获得每条路径对应的线路时延后,第一节点CN可以利用如下公式(6)计算得到每条路径对应的补偿时延上限。

$$Cap_i = PthRefD - FixD_i \quad (6)$$

公式(6)中, Cap_i 表示路径 i 对应的补偿时延上限, $PthRefD$ 表示路径组对应的参考时延, $FixD_i$ 表示路径 i 对应的线路时延, $i=1, \dots, n$ 。

- 20 通过上述实施例,网络域之间无需进行时钟同步,即可实现补偿时延上限的获取,这使得本申请实施例提供的技术方案适用于更加广泛的大规模确定性网络的应用场景。

本申请实施例中,第一节点还可以采用其他方式获得线路时延,例如,第一节点可以采用如下公式(4)计算得到 $FixD_1$,采用公式(7)计算得到 $FixD_i, i=2, \dots, n$ 。

$$FixD_i = (tc_A_i - tc_A_1) + FixD_1 \quad (7)$$

- 25 本申请实施例中,对获得线路时延的具体方式不做具体限定。

在一些实施例中,在指定条件下,第一节点可以配置参考时延,如第一次计算补偿时延时或在确定性流量部署前,第一节点配置参考时延。一个示例中,第一节点可以通过如下步骤确定参考时延:从目标路径组中确定第二路径;计算第二路径对应的应答时延、第二路径对应的线路时延和预设调整时延的和值,得到目标路径组对应的参考时延。

- 30 本申请实施例中,第二路径可以为目标路径组中的任一路径,如第二路径可以为目标路径组中最晚接收到应答报文的路径,即最长的路径。第二路径与第一路径可以相同,也可以不同。预设调整时延为预先配置的第二路径对应的调整时延,为结合线路膨胀、故障恢复后新链路长度增加余量、可变时延上限余量在内的值等工程需求所选择的需要调整的时延。在没有时钟同步的情况下,第一节点可以利用如下公式(8)确定参考时延。

- 35
$$PthRefD = FixD + ActD_Ack + Tr \quad (8)$$

公式(8)中, $PthRefD$ 表示目标路径组对应的参考时延, $FixD$ 表示第二路径对应的线路时延, $ActD_Ack$ 表示第二路径对应的应答时延, Tr 表示预设调整时延。

- 40 结合对图以图3所示的路径组包括路径1和路径2为例,路径组对应的时延分解示意图如图4所示。第一节点CN通过路径1向第二节点HN发送请求报文,对于路径1和路径2,第一节点CN到第二节点HN的传输时延 t_Req_1 是公共的,可以不考虑。从第二节点HN到第一节点CN的传输时延在路径1上近似为第二节点HN上的时间点 th_R_1 到第一节点CN上的时间点 tc_A_1 ;同理,从第二节点HN到第一节点CN的传输时延在路径2上近似为第二节点上的时间点 th_R_1 到第一节点CN上的时间点 tc_A_2 。从图4可以看出, tc_A_2 晚于 tc_A_1 , tc_A_2 对应的路径2比 tc_A_1 对应的路径1长,即路径2为最长路径,第一节点CN在 tc_A_2 的基础上,增加用户或控制器根据

工程需要选择的调整时延 Tr_2 ，得到参考时间点 tr 。基于此，参考时延 $PthRefD$ 为第二节点 HN 上的时间点 th_R_1 到第一节点 CN 上的参考时间点 tr ，即可以获得 $PthRefD = FixD_2 + ActD_Ack_2 + Tr_2$ ， $FixD_2$ 表示路径 2 对应的线路时延， $ActD_Ack_2$ 表示路径 2 对应的应答时延。

5 本申请实施例中，第一节点在获得目标路径组对应的参考时延后，可以将获得的目标路径组对应的参考时延发送给第二节点。这样，后续第一节点通过目标路径组中的路径向第二节点发送数据报文时，第二节点可以快速的获得参考时延，对数据报文进行时延补偿；或者，第二节点可以依据所接收的参考时延，快速更新第二节点中目标路径组包括的每条路径对应的补偿时延上限。

在一些实施例中，如图 5 所示，第一节点可以采用如下步骤周期性生成请求报文，实现周期性更新补偿时延上限。

10 步骤 S51，按照预设周期生成原始报文。

步骤 S52，从目标路径组中确定一条路径，作为第一路径。

步骤 S53，基于第一路径的隧道信息，对原始报文进行处理，得到请求报文。

本申请实施例中，由于线路时延受环境变化是渐近式的，有一个积累过程，因此周期性地更新补偿时延上限是可行的。而参考时延 $PthRefD$ 可以一直不变，补偿时延上限随线路变化调整，随线路时延变化调整补偿时延，因此在时延有界的范围内，应用不会感知到积累变化。

15 针对发生路径故障的场景，当故障发生时，只要不是路径组内的所有路径都出现故障，应用感知不到时延的变化。在路径恢复之后，只要新的路径长度不超过参考时延 $PthRefD$ ，应用也不会感知到路径故障，提高了业务传输的可靠性。

上述步骤 S51 中，预设周期为补偿时延上限的刷新周期。预设周期的取值取决于业务要达到的精度和环境变化的速度。业务要达到的精度越高，环境变化的速度越快，预设周期越短。

20 在一些实施例中，第一节点内注册有第一定时器事件，第一定时器事件为定时器事件，用于指示刷新补偿时延上限，第一定时器事件对应的第一定时器已启动。第一定时器的时长为预设周期，即补偿时延上限的刷新周期。在第一定时器超时后，说明到达了补偿时延上限的刷新时间，第一节点获取第一定时器对应的第一定时器事件，基于第一定时器事件生成原始报文，并重置第一定时器。

25 这样，当第一定时器再次超时后，继续刷新补偿时延上限。

本申请实施例中，第一节点还可以通过其他方式管理预设周期，对此不进行限定。

上述步骤 S52 中，第一节点可以按照预设周期，从目标路径组中确定一条路径，作为第一路径。例如，在第一定时器超时后，第一节点从目标路径组中确定一条路径，作为第一路径。具体的限定方式可参见上述步骤 S21 部分的相关描述。

30 本申请实施例不限定步骤 S51 与步骤 S52 的执行顺序。

上述步骤 S53 中，对原始报文的处理包括但不限于查询出接口、报文重封装等。第一节点在确定第一路径后，获取第一路径的隧道标识等控制平面下发的隧道信息，基于第一路径的隧道信息，对原始报文进行处理，得到请求报文。进而第一节点执行步骤 S21，通过第一路径向第二节点发送请求报文。

35 在一些实施例中，第一节点配置预设时长，预设时长为接收应答报文的超时时长。预设时长可以根据路径长度进行确定。路径长度越大，预设时长越大。为便于描述，将目标路径组包括的路径数量简称为第一数量。基于图 5 和图 2 所示实施例，本申请实施例还提供了一种补偿时延上限的获取方法，如图 6 所示，该方法可以包括如下步骤。

步骤 S61，按照预设周期生成原始报文。

40 步骤 S62，从目标路径组中确定一条路径，作为第一路径。

步骤 S63，基于第一路径的隧道信息，对原始报文进行处理，得到请求报文。

步骤 S64，通过目标路径组中的第一路径，向第二节点发送请求报文，并获取发送请求报文的第一时间点。

步骤 S65，通过目标路径组中的每条路径，分别接收第二节点发送的应答报文，并构造每条应

答报文对应的元数据，每条应答报文对应元数据包括第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的请求时延和应答时延，请求时延为请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延。

5 步骤 S66，判断当前时间点至第一时间点的时长是否到达预设时长。若否，则执行步骤 S67；若是，则执行步骤 S68。

本申请实施例中，当前时间点为执行步骤 S66 时的时间点。此外，本申请实施例不限定步骤 S65 和步骤 S66 的执行顺序。

10 在一些实施例中，在发送到请求报文后，第一节点可以在第一节点内注册第二定时器事件，并启动第二定时器事件对应的第二定时器，第二定时器的时长为预设时长。第二定时器事件为定时器事件，用于指示接收应答报文的超时时长，即预设时长。基于第二定时器，第一节点可以实时判断第二定时器是否超时；若第二定时器未超时，则获得第一判断结果，第一判断结果指示当前时间点至第一时间点的时长未到达预设时长；若第二定时器超时，则获得第二判断结果，第二判断结果指示当前时间点至第一时间点的时长到达预设时长。

本申请实施例中，第一节点还可以通过其他方式管理预设时长，对此不进行限定。

15 步骤 S67，判断接收到的应答报文数量是否达到第一数量。若否，则执行步骤 S65；若是，则执行步骤 S69。

步骤 S68，判断第一节点是否接收到应答报文。若否，则执行步骤 S62，直至重新执行步骤 S62 的次数达到预设次数；若是，则执行步骤 S69。

20 本申请实施例中，预设次数小于目标路径组包括的路径数量。一个示例中，为避免业务中断，预设次数为目标路径组包括的路径数量-1。另一个示例中，为了向第一节点和第二节点提供保护服务，预设次数为目标路径组包括的路径数量-2。预设次数还可以为其他值，对此不进行限定。

25 当前时间点至第一时间点的时长到达预设时长，需要执行步骤 S68 时，说明存在故障路径。为保障后续获取的补偿时延上限的准确性，实现业务不会感知到时延变化，以及确定性传输，执行步骤 S69 的前提是，第一节点已配置参考时延，如按照上述公式（8）计算得到参考时延。也就是，第一节点还可以确定第一节点是否已配置参考时延，当前时间点至第一时间点的时长到达预设时长，接收到至少一条应答报文，且第一节点已配置参考时延，则执行步骤 S69。若第一节点未配置参考时延，则结束补偿时延上限的获取流程。

30 在一些实施例中，当前时间点至第一时间点的时长到达预设时长时，在执行步骤 S68 获得第一节点接收到应答报文的判断结果的情况下，若第一节点未配置参考时延，则第一节点可以将未接收到应答报文的路径从目标路径组中剔除，进而继续执行步骤 S69，并计算以及更新参考时延。

本申请实施例中，当第一节点采用第二定时器管理预设时长时，若第一节点未接收到应答报文，返回执行步骤 S62，重置第二定时器，再次发送请求报文时，重启第二定时器。

步骤 S69，根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延。

35 步骤 S610，计算目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

本申请实施例提供的技术方案中，在执行步骤 S64，发送请求报文后，第一节点可以实时判断当前时间点至第一时间点的时长是否到达预设时长，得到判断结果。

40 若该判断结果指示未到达预设时长，且接收到第一数量个应答报文，则说明接收到通过所有路径传输的应答报文，第一节点执行步骤 S69，根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延、确定每条路径对应的线路时延，进而计算每条路径对应的补偿时延上限。

若该判断结果指示未到达预设时长，且接收的应答报文的数量未达到第一数量，则返回执行步骤 S65，继续等待接收应答报文。

若该判断结果指示到达预设时长,且未接收到应答报文,则说明当前的第一路径路障,则第一节点重新执行步骤 S62,选择新的第一路径,继续发送请求报文。当重新执行步骤 S62 的次数达到预设次数时,说明目标路径组无法提供服务,结束补偿时延上限的获取流程。在结束补偿时延上限的获取流程后,第一节点可以输出提示,以使得用户及时修复目标路径组,恢复第一节点与第二节点之间的业务通信。

若该判断结果指示到达预设时长,且接收到至少一条应答报文,如接收到第二数量个应答报文,第二数量小于第一数量,则依据所接收的应答报文,执行步骤 S69,根据第一时间点、请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延,确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延。例如,针对接收到应答报文的每条路径,根据上述公式(4)~公式(7)计算该路径对应的线路时延以及补偿时延上限。

采用上述实施例,实现了在部分路径故障的场景下获取并更新补偿时延上限,扩大了应用场景,进一步提高了确定性网络的可靠性。

在一些实施例中,每条应答报文对应的元数据还可以包括该应答报文的序列号。在接收到应答报文后,第一节点可以比较应答报文的序列号与请求报文的序列号。若应答报文的序列号与请求报文的序列号相同,则说明该应答报文为请求报文的应答报文。若应答报文的序列号与请求报文的序列号不同,则说明该应答报文不是请求报文的应答报文。

此外,为便于描述,将请求时延与传输该应答报文的路径对应的应答时延的和值简称为目标和值。在接收到应答报文后,第一节点还可以比较目标和值与预设时长,预设时长为接收应答报文的超时时长。若目标和值小于预设时长,则说明该应答报文为当前请求报文的应答报文。若目标和值大于等于预设时长,则说明该应答报文不是当前请求报文的应答报文。

结合上述两个条件,第一节点可以精准计算出每条路径对应的线路时延。

例如,在接收到一个应答报文后,若该应答报文的序列号与请求报文的序列号相同,且请求时延与传输该应答报文的路径对应的应答时延的和值小于预设时长,则第一节点可以利用该应答报文,执行步骤 S23,确定传输该应答报文的路径对应的线路时延。

再例如,在接收到一个应答报文后,若该应答报文的序列号与请求报文的序列号不同,和/或,请求时延与传输该应答报文的路径对应的应答时延的和值大于等于预设时长,则第一节点可以丢弃该应答报文,结束该应答报文的处理流程。

本申请实施例中,第一节点可以在接收到一个应答报文后,就直接计算传输该应答报文的路径对应的线路时延以及补偿时延上限,以提高补偿时延上限的实时性。第一节点还可以在接收到第一数量个应答报文或接收应答报文超时后,再计算传输该应答报文的路径对应的线路时延以及补偿时延上限,以避免长期占用第一节点的计算资源,提高第一节点的资源利用率。

本申请实施例中,若第一节点在接收到第一数量个应答报文或接收应答报文超时后,再计算传输该应答报文的路径对应的线路时延以及补偿时延上限,则当接收到的应答报文数量小于第一数量且接收应答报文未超时,记录应答报文对应的元数据。

本申请实施例中,为便于补偿时延上限的获取,第一节点内可以配置第一表和第一表关联的第二表;第一表用于记录控制器下发的目标路径组的第一配置信息,第二表用于记录控制器下发的目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。其中,控制器可以为 SDN (Software Defined Network, 软件定义网络) 控制器,还可以为其他类型的控制器,控制器实现了组网的控制平面,可以根据全局规划生成路径组,并把相关的路径规划的配置信息配置的第一节点和第二节点。

上述第一配置信息可以包括但不限于:目标路径组的标识、目标路径组包括的路径数量、第二节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针等,第一指针指向第二表的首地址。

上述第二配置信息可以包括但不限于:目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限。

第一表和第二表的结构可以图 7 所示。图 7 中，第一表的一行为一个表项，填充一个路径组的第一配置信息，第二表的一行为一个表项，填充一个路径的第二配置信息，该路径为第一表中第二表关联的表项所指示的路径组中的路径。

图 7 所示第一表中，组标识（GroupID）表示保护服务组标识，即目标路径组的标识，如图 7 中组标识一列的数字 1、2、3 等。组标识唯一标识一个路径组，路径组内每个成员为独立的路径，在逻辑上形成 ECMP（Equal Cost Multi Path，等价多路径），在业务传输时路径组内的多条路径并发传输同一确定性业务流的数据报文的不同副本，以增加可靠性。

路径数量（PathCnt）表示目标路径组所包括的路径的总数量，如图 7 中路径数量一列的数字 4、2 等。第一表的第一行的路径数量为 4，表示相应路径组 1 包括 4 条路径。

对端地址（Peer）表示对端节点的 IP 地址。当本端为第一节点时，对端地址为第二节点的 IP 地址；当本端为第二节点时，对端地址为第一节点的 IP 地址。如图 7 中对端地址为 20.20.20.20。

预设调整时延（Adjustment）表示保护服务组需要调整的补偿时延，即目标路径组中第二路径的调整时延，如上述 Tr₂。在图 7 中，路径组 1 的预设调整时延为 2ms（毫秒），表明在最晚到达的时间点基础上延后 2ms（毫秒），作为补偿时延上限。本申请实施例中，预设调整时延可以选择比较大的值，这样，当路径组内某条路径故障，更新为另一条路径后，不改变参考时延 PthRefID，让业务感知不到变化，2ms 可以支持 400 公里的线路时延，允许新的线路比路径组 1 中最长的路径长 400 公里。

参考时延（PthRefID）表示目标路径组对应的参考时延。本申请实施例中，第一节点可以在探测后计算得到参考时延，进而将得到的参考时延更新至第一表中。可选的，第一节点可以在第一次探测后计算得到参考时延，并更新第一表。第一表中，参考时延的初始值为指定值，如 0，当参考时延为 0 时，表示第一节点未配置参考时延，第一节点还未探测得到参考时延。在图 7 中，路径组 1 的预设调整时延为 40ms。

发送请求报文的周期（TimerInterval）表示定时探测报文（如请求报文）的探测周期，如上述预设周期。在图 7 中，路径组 1 对应的发送请求报文的周期为 1s（秒）。

接收应答报文的超时时长（TimeOut）表示每次探测报文（如应答报文）的超时时长，如上述预设时长。因为某些原因，可能导致路径不通，超过预设时长，则第一节点不继续等待。在图 7 中，路径组 1 对应的发送应答报文的周期为 200ms。

第一指针（PathInfoPtr），表示路径信息集合地址，第一指针指向第二表的首地址，即指向路径组的路径信息集合（PathInfoTbl）的首地址。在图 7 中，路径组 1 对应的第二表的首地址为 0xffe00080。

其中，图 7 所示的第二表可以包括如下第二配置信息：

路径标识（PathID）表示对应目标路径组包括的路径的标识，如图 7 中路径标识一列的数字 1、2、3、4，即指示路径组 1 包括路径 1、路径 2、路径 3 和路径 4。

接收接口标识（IntfID）表示接收应答报文的接收接口标识，如图 7 中接收接口标识一列的数字 0、1、2、3。

隧道标识（TunnelID）表示本节点内发送请求报文的隧道标识，用于发请求报文，如图 7 中隧道标识一列的数字 1、5、8、10。

补偿时延上限（Cap）表示学习到的补偿时延上限的值。本申请实施例中，在得到每条路径对应的补偿时延上限后，第一节点可以更新第二表，即将第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

转发节点可以从第一表和第二表中获取到对端地址、隧道标识等隧道信息，基于这些隧道信息对报文等进行查询出接口、报文重封装等处理，获得需要转发的请求报文或数据报文等，进而向对端发送请求报文或数据报文。上述第一表和第二表中，参考时延和补偿时延上限为第一节点和第二节点按照上述图 2-图 6 所示实施例进行探测学习后更新，其他信息由控制平面配置下发。

本申请实施例中，为便于补偿时延上限的获取，第一节点内可以配置第三表和第三表关联的第

四表。第三表和第四表用于记录获取补偿时延上限过程中目标路径组的相关信息，例如，第三表用于记录目标路径组的第三配置信息，第四表用于记录目标路径组包括的每条路径对应的用于获取补偿时延上限的第四配置信息。第三配置信息可以与第一配置信息相同，也可以为第一配置信息部分，还可以与第一配置信息不同。第四配置信息可以与应答报文对应的元数据相同，也可以为应答报文对应的元数据的部分内容。

这种情况下，在向第二节点发送请求报文之前，第一节点可以获取目标路径组的第三配置信息，将第三配置信息填至第三表；另外，在获取到应答报文对应的元数据后，将该元数据对应的第四配置信息填至第四表。为节约第一节点的表项资源，在获取到补偿时延上限后，回收目标路径组对应的第三表和第四表，如回收第三表中目标路径组对应的表项，以及该表项关联的第四表，也可以表达为回收第三表和第四表中目标路径组对应的资源，以便于复用这些资源记录获取其他路径组对应的补偿时延上限过程中的相关信息。在需要回收第三表和第四表中目标路径组对应的资源时，第三表中，第三配置信息还可以包括有效位。有效位为第一预设值时，表示相应表项被占用，用于记录目标路径组的相关信息；有效位为第二预设值时，表示相应表项未被占用，当开始新的获取补偿时延上限过程时，第一节点可以占用该有效位所在的表项，以记录相关信息。第一预设值和第二预设值可以根据实际需求进行设定，例如，第一预设值为 1，第二预设值为 0。

本申请实施例中，第三配置信息可以包括但不限于：目标路径组的标识、目标路径组包括的路径数量、接收应答报文的超时时长、尝试发送请求报文的路径数量、接收到应答报文的路径数量、预设调整时延、请求报文的序列号、第一时间点、以及第二指针等，第二指针指向所述第四表的首地址。该第三配置信息的多项参数构成一个向量。第四配置信息可以包括但不限于：所述目标路径组包括的路径的标识、请求时延、应答时延、第二时间点等。

第三表和第四表的结构可以图 8 所示。图 8 中，第三表的一行为一个表项，填充一个路径组的第三配置信息，第四表的一行为一个表项，填充一个路径传输的应答报文对应的元数据，该路径为第三表中第四表关联的表项所指示的路径组中的路径。

图 8 所示的第三表包括 10 个表项，每个表项记录一个路径组的公共信息，即上述第三配置信息，第三表的一个表项可以称为路径组的组头（GroupHead）。对于每个组头，可以包括如下信息。

有效位（Valid）表示本组头中记录的向量的有效性。例如，有效位为 1，表示本组头中记录的向量有效；有效位为 0，表示本组头中记录的向量无效，可以被新的学习补偿时延上限的路径组的相关信息。

组标识（GroupID）表示保护服务组标识，即目标路径组的标识，具体可以参见上述第一表中的组标识。对于端到端服务而言，提供保护服务的路径组的数量是有限的，本申请实施例中可以为每个路径组分配固定的第三表的表项资源。此时，第三表中可以省略组标识这一参数，将每个组头（即表项）的索引作为组标识。如图 8 中，提供保护服务的路径组的数量为 10，第三表的组头省略组标识，每个表项的索引 1~10 分别作为该表项指示的路径组的组标识。

路径数量（PathCnt）表示目标路径组所包括的路径的总数量，具体可以参见上述第一表中的路径数量。该路径数量可以用于指示分别表项资源，创建关联的第四表。

接收应答报文的超时时长（TimeOut）表示每次探测报文（如应答报文）的超时时长，具体可以参见上述第一表中的接收应答报文的超时时长。

尝试次数，即尝试发送请求报文的路径数量（TryPathNum）表示目标路径组中尝试发送请求报文的路径数量。第一节点可能因为路径原因不通，换一条路径发送重新发送请求报文，执行重新发送请求报文的次数达到指定次数。

接收次数，接收到应答报文的路径数量（RecvPathCnt）表示已经接收到应答报文的数量，达到一定的路径数就可以进行相应计算，获得补偿时延上限。

预设调整时延（Adjustment）表示保护服务组需要调整的补偿时延，具体可以参见上述第一表中的预设调整时延。

请求报文的序列号 (SeqNum) 表示获取补偿时延上限时, 请求报文的序列号, 同一个请求报文的所有应答报文的序列号相同, 因此, 请求报文的序列号即为应答报文的序列号。

发送请求报文的时间点 (tc_Req) 表示第一节点发出请求报文的时间点, 如上述第一时间点。

第二指针 (PathInfoPtr) 表示一组路径信息地址, 第一指针指向第四表的首地址, 即指向一组路径信息 (PathInfo) 的首地址。该路径信息即为第四配置信息, 一个路径组包括至少 2 条路径, 图 8 中以一个路径组包括 4 条路径为例。第四表可以包括的第四配置信息 (即路径信息) 可以包括:

路径标识 (PathID) 表示对应目标路径组包括的路径的标识, 具体可以参见上述第二表中的路径标识。

请求时延 (ActD_Req) 表示请求报文所经过的可变时延, 即请求报文在路径上所经过的所有网络域的驻留时延累计值。

应答时延 (ActD_Ack) 表示应答报文所经过的可变时延, 即应答报文在路径上所经过的所有网络域的驻留时延累计值。

接收应答报文的时间点 (tc_A) 表示应答报文到达第一节点的时间点, 如上述第二时间点。第二节点通过不同路径发送的同一请求报文的应答报文到达 CN 的时间可能不同。

在一些实施例中, 第二节点通过目标路径组中的第三路径, 向第一节点发送的报文包括应答报文和数据报文。第三路径可以为目标路径组中的任一路径, 可以与上述第一路径相同, 也可以与上述第一路径不同。

这种情况下, 第一节点通过第三路径, 接收到第二节点发送的报文后, 可以对接收的报文进行识别; 若识别所接收的报文为应答报文, 则第一节点执行构造每条应答报文对应的元数据的步骤, 进而确定第三路径对应的线路时延以及补偿时延上限。若识别所接收的报文为数据报文, 则第一节点根据第三路径对应的补偿时延上限, 对数据报文进行时延补偿。

本申请实施例中, 第三路径对应的补偿时延上限可以为第一节点中存储的补偿时延上限, 例如, 第一节点查询第一节点本地记录的各条路径对应的补偿时延上限, 得到第三路径对应的补偿时延上限。第三路径对应的补偿时延上限还可以为数据报文携带的补偿时延上限, 例如, 第一节点从所接收的数据报文中提取了第三路径对应的补偿时延上限, 该补偿时延上限可以为第一节点发送给第二节点的, 也可以为第二节点以及上述图 2 所示方法获取到的。

此外, 本申请实施例对时延补偿的方式不做具体限定。例如, 第一节点可以获取第三路径对应的补偿时延上限, 并获取该数据报文在第三路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值, 作为目标驻留时延, 计算第三路径对应的补偿时延上限与目标驻留时延的差值, 作为当前补偿时延; 延迟当前补偿时延后, 调度该数据报文。其中, 目标驻留时延可以携带在数据报文中。

本申请实施例提供的技术方案中, 第一节点基于准确的补偿时延上限, 对数据报文进行时延补偿, 可以有效的消除抖动, 降低了端到端服务的抖动, 保证了端到端服务的确定性传输。

基于上述应用于第一节点的补偿时延上限的获取方法, 本申请实施例还提供了一种补偿时延上限的获取方法, 如图 9 所示, 应用于第二节点, 第二节点通过目标路径组与第一节点连接, 目标路径组包括多条路径, 该方法包括如下步骤。

步骤 S91, 通过目标路径组中的第一路径, 接收第一节点发送请求报文, 并构造请求报文对应的元数据, 元数据包括请求报文携带的请求时延, 请求时延为请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延。

在一些实施例中, 请求报文携带第一字段, 第一字段用于填充请求时延。

步骤 S92, 将请求时延封装在应答报文中。

在一些实施例中, 应答报文携带第二字段和第三字段, 第二字段用于填充请求时延, 第三字段用于填充应答时延, 应答时延包括应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延。

步骤 S93, 通过目标路径组中的每条路径, 分别向第一节点发送应答报文。

第一节点通过目标路径组中的每条路径, 分别接收第二节点发送的应答报文, 并构造每条应答

报文对应的元数据，元数据包括第一节点接收应答报文的第二时间点、应答报文携带的请求时延和应答时延，请求时延为请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延；根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；计算目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

本申请实施例提供的技术方案中，第一节点通过目标路径组中的一条路径，向第二节点发送请求报文；第二节点通过目标路径组中的每条路径，向第一节点发送应答报文。请求报文和应答报文沿着目标路径组中的路径传输，经过路径上的所有网络域，进而在请求报文和应答报文可以填充在路径上经过的所有网络域的驻留时延。基于此，基于请求报文和应答报文，第一节点可以获取到第一节点发送请求报文的第一时间点、第一节点接收应答报文的第二时间点、请求时延、每条路径对应的应答时延，进而基于获取的信息，准确地确定每条路径对应的线路时延，基于准确的线路时延，准确地确定每条路径对应的补偿时延上限。这实现了将线路时延的变化体现在补偿时延中，基于线路时延的变化可以自适应的调整补偿时延，也就是，基于准确的补偿时延上限，对数据报文进行时延补偿，可以有效的消除抖动，使得业务感知不到环境等因素引起的时延变化，降低了端到端服务的抖动，如降低了目标路径组的第一节点到第二节点之间的抖动，保证了端到端服务的确性传输，提高了业务传输的可靠性。

此外，本申请实施例提供的技术方案中，只需要进行网络域内的时间同步，就可以准确的获得各个网络域的驻留时延，进而准确的获得补偿时延上限，无需进行跨域的时间同步，降低了方案实现的难度，便于广泛应用，以及提高时延补偿的精度。

在一些实施例中，请求报文的元数据还可以包括第三时间点，第三时间点为第二节点接收请求报文的时间点；这种情况下，上述步骤 S92 可以为：计算第三时间点至第四时间点的时延，作为处理时延，第四时间点为第二节点发送应答报文的时间点，处理时延与应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值为应答时延；将请求时延和处理时延封装在应答报文中。

在一些实施例中，上述步骤 S92 可以为：生成请求报文对应的原始报文，原始报文携带请求时延；基于目标路径组中每条路径的隧道信息，对原始报文进行查询出接口、报文重封装等处理，得到每条路径对应的应答报文。

本申请实施例中，目标路径组中每条路径的隧道信息可以为来自于控制平面。第一节点按照预设周期，周期性生成请求报文，并向第二节点发送请求报文。相应的，第二节点周期性接收请求报文，并获取目标路径组中每条路径的隧道信息，基于目标路径组中每条路径的隧道信息，生成并发送应答报文，更新补偿时延上限。由于线路时延受环境变化是渐近式的，有一个积累过程，因此周期性地更新补偿时延上限是可行的。而参考时延 P_{thRefD} 可以一直不变，补偿时延上限随线路变化调整，随线路时延变化调整补偿时延，因此在时延有界的范围内，应用不会感知到积累变化。

针对发生路径故障的场景，当故障发生时，只要不是路径组内的所有路径都出现故障，应用感知不到时延的变化。在路径恢复之后，只要新的路径长度不超过参考时延 P_{thRefD} ，应用也不会感知到路径故障，提高了业务传输的可靠性。

在一些实施例中，第二节点内配置有第一表和第一表关联的第二表；第一表用于记录控制器下发的目标路径组的第一配置信息，第二表用于记录控制器下发的目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。其中，第一配置信息可以包括但不限于：目标路径组的标识、目标路径组包括的路径数量、第一节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针，第一指针指向第二表的首地址。第二配置信息可以包括但不限于：目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限。第一表和第二表的结构可以参见上述图 7 部分的相关描述。

在一些实施例中，第一节点可以将计算得到补偿时延上限和参考时延发送给第二节点。若接收到第一节点发送的每条路径对应的补偿时延上限，则第二节点将第二表中的每条路径对应的补偿时

延上限更新为所得到的补偿时延上限；若接收到第一节点发送的目标路径组对应的参考时延，则第二节点将第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

这样，第二节点在向第一节点发送数据报文时，可以从目标路径组中确定第三路径，并获取第三路径对应的补偿时延上限，将第三路径对应的补偿时延上限填充在数据报文中，通过第三路径，
5 将携带第三路径对应的补偿时延上限的数据报文发送给第一节点。这样，第一节点可以从数据报文中快速的获取到第三路径对应的补偿时延上限，实现时延补偿，提高了时延补偿的效率。

在一些实施例中，为了准确处理报文，完成补偿时延上限的获取，第二节点接收的报文包括请求报文和数据报文。第二节点接收到报文后，可以对接收的报文进行识别；若识别所接收的报文为第一节点发送的请求报文，则第二节点执行构造请求报文对应的元数据的步骤，进而生成应答报文，
10 辅助第一节点确定线路时延以及补偿时延上限。若识别所接收的报文为向第一节点发送的数据报文，则第二节点从目标路径组中确定第三路径；通过第三路径，向第一节点发送数据报文。该数据报文可以携带第三路径对应的补偿时延上限，也可以不携带第三路径对应的补偿时延上限，对此不进行限定。

基于上述补偿时延上限的获取方法，本申请实施例还提供了一种补偿时延上限的获取装置，如图 10 所示，应用于第一节点，第一节点通过目标路径组与第二节点连接，目标路径组包括多条路径，装置包括调度模块 101、解析模块 102 和主动探测模块 103；

调度模块 101，用于通过目标路径组中的第一路径，向第二节点发送请求报文，并获取第一节点发送请求报文的第一时间点，并将第一时间点上送主动探测模块 103；

解析模块 102，用于通过目标路径组中的每条路径，分别接收第二节点发送的应答报文，每条
20 应答报文包括请求时延和应答时延，请求时延为请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延；构造每条应答报文对应的元数据，将每条应答报文对应的元数据上送主动探测模块 103，每条应答报文对应的元数据包括第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的请求时延和应答时延；

主动探测模块 103，用于根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径
25 对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；计算目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

本申请实施例提供的技术方案中，第一节点通过目标路径组中的一条路径，向第二节点发送请求报文；第二节点通过目标路径组中的每条路径，向第一节点发送应答报文。请求报文和应答报文沿着目标路径组中的路径传输，经过路径上的所有网络域，进而在请求报文和应答报文可以填充在
30 路径上经过的所有网络域的驻留时延。基于此，基于请求报文和应答报文，第一节点可以获取到第一节点发送请求报文的第一时间点、第一节点接收应答报文的第二时间点、请求时延、每条路径对应的应答时延，进而基于获取的信息，准确地确定每条路径对应的线路时延，基于准确的线路时延，准确地确定每条路径对应的补偿时延上限。这实现了将线路时延的变化体现在补偿时延中，基于线路时延的变化可以自适应的调整补偿时延，也就是，基于准确的补偿时延上限，对数据报文进行时
35 延补偿，可以有效的消除抖动，使得业务感知不到环境等因素引起的时延变化，降低了端到端服务的抖动，如降低了目标路径组的第一节点到第二节点之间的抖动，保证了端到端服务的确定性传输，提高了业务传输的可靠性。

本申请实施例中，补偿时延上限的获取装置可以对应一个或多个入接口，一个或多个出接口。也就是，补偿时延上限的获取装置可以处理来自一个或多个入接口的报文，向一个或多个出接口发送报文。

40 在一些实施例中，主动探测模块 103，具体可以用于：

根据第一时间点、请求时延、第一路径对应的第二时间点和第一路径对应的应答时延，确定第一路径对应的第一线路时延；

根据第一时间点、请求时延、其他路径对应的第二时间点、其他路径对应的应答时延和第一线路时延，确定其他路径对应的第二线路时延，其他路径为目标路径组中除第一路径外的路径。

- 在一些实施例中, 主动探测模块 103, 具体可以用于:
从目标路径组中确定第二路径;
计算第二路径对应的应答时延、第二路径对应的线路时延和预设调整时延的和值, 得到目标路径组对应的参考时延。
- 5 在一些实施例中, 第二路径为目标路径组中最晚接收到应答报文的路径。
在一些实施例中, 请求报文携带第一字段, 第一字段用于填充请求时延。
在一些实施例中, 应答报文携带第二字段和第三字段, 第二字段用于填充请求时延, 第三字段用于填充应答时延。
- 10 在一些实施例中, 每条路径对应的应答时延为处理时延与应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值, 处理时延为第三时间点至第四时间点的时延, 第三时间点为第二节点接收请求报文的时间点, 第四时间点为第二节点发送应答报文的时间点。
在一些实施例中, 如图 11 所示, 上述补偿时延上限的获取装置还可以包括转发模块 104; 如图 12 所示, 主动探测模块 103 可以包括控制子模块 1031 和包生成子模块 1032;
包生成子模块 1032, 用于按照预设周期生成原始报文, 将原始报文发送给控制子模块;
15 控制子模块 1031, 用于获取原始报文, 并从目标路径组中确定一条路径, 作为第一路径, 将第一路径的隧道信息和原始报文发送给转发模块 104;
转发模块 104, 用于基于第一路径的隧道信息, 对原始报文进行处理, 得到请求报文, 将请求报文发送给调度模块 101。
- 20 在一些实施例中, 如图 12 所示, 主动探测模块 103 还可以包括时间向量 1033; 时间向量 1033 内注册有第一定时器事件, 第一定时器的时长为预设周期;
控制子模块 1031, 还用于在第一定时器超时后, 从时间向量中获取第一定时器事件, 将第一定时器事件发送给包生成子模块 1032, 并重置第一定时器;
包生成子模块 1032, 具体用于在获取到第一定时器事件后, 基于第一定时器事件生成原始报文。
在一些实施例中, 控制子模块 1031, 还可以用于:
25 在发送请求报文后, 判断当前时间点至第一时间点的时长是否到达预设时长, 得到判断结果;
若判断结果指示未到达预设时长, 且接收到第一数量个应答报文, 则执行根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延, 确定每条路径对应的线路时延的步骤, 第一数量为目标路径组包括的路径数量;
若判断结果指示到达预设时长, 且未接收到应答报文, 则重新执行从目标路径组中确定一条路
30 径, 作为第一路径的步骤, 直至重新执行的次数达到预设次数;
若判断结果指示到达预设时长, 且接收到至少一条应答报文, 则根据第一时间点、请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延, 确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延。
- 35 在一些实施例中, 控制子模块, 具体用于: 确定第一节点是否已配置参考时延; 若判断结果指示到达预设时长, 接收到至少一条应答报文, 且确定第一节点已配置参考时延, 则根据第一时间点、请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延, 确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延。
- 40 在一些实施例中, 如图 12 所示, 主动探测模块 103 还可以包括时间向量 1033; 控制子模块 1031, 还可以用于:
在发送到请求报文后, 在第一节点内注册第二定时器事件, 并启动第二定时器事件对应的第二定时器, 第二定时器的时长为预设时长;
判断第二定时器是否超时;
若第二定时器未超时, 则获得第一判断结果, 第一判断结果指示当前时间点至第一时间点的时长未到达预设时长;

若第二定时器超时，则获得第二判断结果，第二判断结果指示当前时间点至第一时间点的时长到达预设时长。

在一些实施例中，每条应答报文对应的元数据还可以包括该应答报文的序列号；

5 主动探测模块 103，还可以用于若应答报文的序列号与请求报文的序列号相同，请求时延与传输该应答报文的路径对应的应答时延的和值小于预设时长，则根据第一时间点、请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延。

在一些实施例中，每条应答报文对应的元数据还可以包括该应答报文的序列号；

主动探测模块 103，还可以用于若应答报文的序列号与请求报文的序列号不同，和/或，请求时延与传输应答报文的路径对应的应答时延的和值大于等于预设时长，则丢弃该应答报文。

10 在一些实施例中，主动探测模块 103 内配置有第一表和第一表关联的第二表；第一表用于记录控制器下发的目标路径组的第一配置信息，第二表用于记录控制器下发的目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。

本申请实施例中，第一表和第一表配置在一个模块中，如图 12 所示的服务模块 1034；第一表和第二表配置在不同模块中，对此不进行限定。第一表和第二表可以由控制器下发至第一节点。如图 13 所示的端到端服务的组网，第一节点与第二节点之间建立多条路径，如图 13 中的路径 1~路径 3，这些路径构成提供保护服务的路径组。控制器位于控制平面，向第一节点下发路径相关信息，进而第一节点将路径相关信息存储至第一表和第一表，进而实现配合第一节点和第二节点内的各个功能模块，实现参考时延的测量和自适应调整。

20 在一些实施例中，第一配置信息可以包括但不限于：目标路径组的标识、目标路径组包括的路径数量、第二节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针，第一指针指向第二表的首地址；和/或

第二配置信息可以包括但不限于：目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限；

25 主动探测模块 103，还可以用于在得到每条路径对应的补偿时延上限后，将第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

在一些实施例中，主动探测模块 103，还可以用于若计算得到参考时延，则将第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

30 在一些实施例中，第一节点内配置有第三表和第三表关联的第四表，第三表用于记录目标路径组的第三配置信息，第四表用于记录目标路径组包括的每条路径对应的用于获取补偿时延上限的第四配置信息；

主动探测模块，还用于在调度模块向第二节点发送请求报文之前，获取目标路径组的第三配置信息，将第三配置信息填至第三表；在获取到元数据后，将元数据对应的第四配置信息填至第四表。

本申请实施例中，第三表和第四表配置在一个模块中，如图 12 所示的表模块 1035；第三表和第四表配置在不同模块中，对此不进行限定。

35 在一些实施例中，主动探测模块 103，还可以用于在获取到补偿时延上限后，回收目标路径组对应的第三表和第四表。

40 在一些实施例中，第三配置信息可以包括但不限于：目标路径组的标识、目标路径组包括的路径数量、接收应答报文的超时时长、尝试发送请求报文的路径数量、接收到应答报文的路径数量、预设调整时延、请求报文的序列号、第一时间点、以及第二指针，第二指针指向第四表的首地址；和/或

第四配置信息可以包括但不限于：目标路径组包括的路径的标识、请求时延、应答时延、以及第二时间点。

在一些实施例中，如图 11 所示，上述补偿时延上限的获取装置还可以包括补偿模块 105；

解析模块 102，还可以用于对接收的报文进行识别，若识别所接收的报文为请求报文对应的应

答报文,则构造每条应答报文对应的元数据,将每条应答报文对应的元数据上送主动探测模块 103;
若识别所接收的报文为数据报文,则将数据报文发送至补偿模块 105;

补偿模块 105,用于根据第三路径对应的补偿时延上限,对数据报文进行时延补偿,第三路径为传输数据报文的路径。

5 在一些实施例中,第三路径对应的补偿时延上限为主动探测模块在获取每条路径对应的补偿时延上限后,下发给补偿模块的补偿时延上限;或

第三路径对应的补偿时延上限为数据报文携带的补偿时延上限。

在一些实施例中,主动探测模块 103,还可以用于将获得的每条路径对应的补偿时延上限和/或参考时延发送给调度模块 101;

10 调度模块 101,还可以用于将获得的每条路径对应的补偿时延上限和/或参考时延发送给第二节点。

基于上述补偿时延上限的获取方法,本申请实施例还提供了一种补偿时延上限的获取装置,如图 14 所示,应用于第二节点,第二节点通过目标路径组与第一节点连接,目标路径组包括多条路径,装置包括调度模块 141、解析模块 142 和被动响应模块 143;

15 解析模块 142,用于通过目标路径组中的第一路径,接收第一节点发送请求报文,并获取请求报文的元数据,元数据包括请求报文携带的请求时延,请求时延为请求报文在第一路径上经过的所有网络域的驻留时延;将元数据上送被动响应模块 143;

被动响应模块 143,用于将请求时延封装在应答报文中;将应答报文发送给调度模块;

调度模块 141,用于通过目标路径组中的每条路径,分别向第一节点发送应答报文。

20 本申请实施例提供的技术方案中,第一节点通过目标路径组中的一条路径,向第二节点发送请求报文;第二节点通过目标路径组中的每条路径,向第一节点发送应答报文。请求报文和应答报文沿着目标路径组中的路径传输,经过路径上的所有网络域,进而在请求报文和应答报文可以填充在路径上经过的所有网络域的驻留时延。基于此,基于请求报文和应答报文,第一节点可以获取到第一节点发送请求报文的第一时间点、第一节点接收应答报文的第二时间点、请求时延、每条路径对应的应答时延,进而基于获取的信息,准确地确定每条路径对应的线路时延,基于准确的线路时延,准确地确定每条路径对应的补偿时延上限。这实现了将线路时延的变化体现在补偿时延中,基于线路时延的变化可以自适应的调整补偿时延,也就是,基于准确的补偿时延上限,对数据报文进行时延补偿,可以有效的消除抖动,使得业务感知不到环境等因素引起的时延变化,降低了端到端服务的抖动,如降低了目标路径组的第一节点到第二节点之间的抖动,保证了端到端服务的确性传输,提高了业务传输的可靠性。

在一些实施例中,请求报文携带第一字段,第一字段用于填充请求时延。

在一些实施例中,应答报文携带第二字段和第三字段,第二字段用于填充请求时延,第三字段用于填充应答时延,应答时延包括应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延。

在一些实施例中,元数据还包括第三时间点,第三时间点为第二节点接收请求报文的时间点;

35 被动响应模块 143,具体可以用于:

计算第三时间点至第四时间点的时延,作为处理时延,第四时间点为第二节点发送应答报文的时间点,处理时延与应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值为应答时延;

将请求时延和处理时延封装在应答报文中。

40 在一些实施例中,如图 15 所示,上述补偿时延上限的获取装置还可以包括转发模块 144;如图 16 所示,被动响应模块 143 可以包括控制子模块 1431 和包生成子模块 1432;

包生成子模块 1432,用于生成请求报文对应的原始报文,原始报文携带请求时延,将原始报文发送给控制子模块 1431;

控制子模块 1432,用于获取原始报文,将目标路径组中每条路径的隧道信息和原始报文发送给转发模块 144;

转发模块 144, 用于基于目标路径组中每条路径的隧道信息, 对原始报文进行处理, 得到每条路径对应的应答报文, 将每条路径对应的应答报文发送给调度模块 141。

本申请实施例中, 第二节点中还可以包括补偿模块或其他模块, 如图 15 所示, 对此不进行限定

5 在一些实施例中, 第二节点内配置有第一表和第一表关联的第二表; 第一表用于记录控制器下发的目标路径组的第一配置信息, 第二表用于记录控制器下发的目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。

10 本申请实施例中, 第一表和第二表配置在一个模块中, 如图 16 所示的服务模块 1433; 第一表和第二表配置在不同模块中, 对此不进行限定。第一表和第二表可以由控制器下发至第二节点, 如图 13 所示, 控制器可以向二节点下发路径相关信息, 进而第二节点将路径相关信息存储至第一表和第二表。

在一些实施例中, 第一配置信息可以包括但不限于: 目标路径组的标识、目标路径组包括的路径数量、第一节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针, 第一指针指向第二表的首地址; 和/或

15 第二配置信息可以包括但不限于: 目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限。

在一些实施例中, 解析模块 142, 还可以用于接收第一节点发送的每条路径对应的补偿时延上限, 将所得到的补偿时延上限发送给被动响应模块 143;

被动响应模块 143, 还可以用于将第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

20 在一些实施例中, 解析模块 142, 还可以用于接收第一节点发送的目标路径组对应的参考时延; , 将所得到的参考时延发送给被动响应模块 143;

被动响应模块 143, 用于将第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

25 在一些实施例中, 解析模块 142, 还可以用于对接收的报文进行识别; 若识别所接收的报文为请求报文, 则执行构造请求报文对应的元数据的步骤; 若识别所接收的报文为数据报文, 则从目标路径组中确定第三路径, 并将数据报文发送至调度模块 141;

调度模块 141, 还可以用于通过第三路径, 向第一节点发送数据报文。

在一些实施例中, 数据报文携带第三路径对应的补偿时延上限。

30 本申请实施例中, 第一节点和第二节点可以相互转换, 即第二节点可以作为目标路径组的尾节点, 第一节点作为目标路径组的头节点。为便于部署, 以及实现确定性传输, 第一节点和第二节点可以部署为相同的模块结构, 如图 12 和图 13 所示, 这种情况下, 当图 12 和图 13 所示模块结构部署于第二节点上时, 图 12 中的主动探测模块变更为被动响应模块。下面结合图 12 和图 13 所示的节点结构, 对本申请实施例提供的补偿时延上限的获取流程进行解释说明。

35 在第一节点中, 主动探测模块构造获取补偿时延上限的请求报文, 将请求报文发送到转发模块, 转发模块对请求报文进行查询出接口、报文重封装等处理后, 旁路掉补偿模块, 将请求报文发送到调度模块; 调度模块对请求报文进行合成调度后, 通过目标路径组中的一条路径发送给第二节点。当调度模块发送成功后, 根据请求报文的 OAM 类型的元数据指示, 将第一时间点 (发送请求报文的时间点) 发送给主动探测模块。

40 在第二节点中, 解析模块接收来自第一节点等其他设备的报文, 并对该报文进行识别。若识别该报文为来自第一节点请求报文, 则解析模块将接收该请求报文的相关信息构成元数据, 如接收接口标识、接收请求报文的时间点 (如第三时间点)、目标路径组的标识、请求报文的源 IP 址、请求时延等, 将元数据发送给被动响应模块; 被动响应模块根据请求报文的元数据, 构造多个应答报文, 并将这多个应答报文发送给转发模块; 转发模块对多个应答报文进行查询出接口、报文重封装等处理后, 旁路掉补偿模块, 将多个应答报文发送到调度模块; 调度模块对多个应答报文进行合成调度后, 通过目标路径组中的多条路径分别发送给第一节点。此外, 若识别该报文为向第一节点发

送的数据报文，则解析模块将该数据报文发送给转发模块；转发模块对数据报文进行查询出接口、报文重封装等处理后，旁路掉补偿模块，将数据报文发送到调度模块；调度模块对数据报文进行合成调度后，通过目标路径组中的多条路径发送给第一节点。

5 在第一节点中，解析模块接收来自第二节点的报文，并对该报文进行识别。若识别该报文为应答报文，则解析模块将接收该应答报文的相关信息构成元数据，如接收接口标识、接收应答报文的时间点（如第二时间点）、目标路径组的标识、请求报文的源 IP 址、请求时延、应答时延等，将元数据发送给主动探测模块；主动探测模块根据应答报文对应的元数据，计算参考时延和补偿时延上限；主动探测模块在计算完成后，将计算结果中的各路径的补偿时延上限更新到补偿模块中，以对确定性业务流进行时延补偿。

10 此外，若识别该报文为来自第二节点发送的确定性业务流的数据报文，则解析模块将该数据报文发送给转发模块；转发模块对数据报文进行查询出接口、报文重封装等处理后，发送给补偿模块；补偿模块根据各路径的补偿时延上限等，对该数据报文进行时延补偿。补偿模块时延补偿处理后，将数据报文发送给调度模块；调度模块对数据报文进行合成调度后，向接收端发送给数据报文。确定性业务流精度要求高，为保证确定性业务流高精度，调度模块以最高优先级调度确定性业务流的数据报文。

15 另外，结合图 17~图 20 所示的主动探测模块学习补偿时延上限的流程图，对本申请实施例提供的补偿时延上限的获取方法进行详细说明。其中，第一节点为目标路径组的尾节点，即 CN，第二节点为目标路径组的头节点，即 HN。在控制平面配置下，目标路径组创建完成后，CN 将在时间向量（Timer Vector）中加入定时器事件；定时器事件触发产生主动探测流程。其中，定时器事件有两类：
20 主动探测事件（即第一定时器事件）和请求应答超时事件（即第二定时器事件）。另外，当 CN 收到应答报文时，获得应答报文的相关信息，并基于相关信息进行参考时延和补偿时延上限的计算。

图 17 所示的流程 A 中：

步骤 S171，主动探测模块接收到定时器事件后，从时间向量中提取定时器事件关联的路径组标识和定时器事件类型。定时器事件类型包括主动探测事件和请求应答超时事件。所获取的路径组标识指示目标路径组。

25 步骤 S172，主动探测模块判断所获取的定时器事件类型是否为主动探测事件；若是，即所获取的定时器事件类型为主动探测事件，则执行步骤 S173，若否，即所获取的定时器事件类型为请求应答超时事件，则执行步骤 S175。

30 步骤 S173，主动探测模块根据所获取的路径组标识从第一表和第二表中获取目标路径组的配置信息，并在第三表中分配一个目标组头的空间，同时分配该目标组头关联的第四表；利用所获取的配置信息填充目标组头和第四表，如填充目标组头中的组标识、路径数量、预设时长、预设调整时延等，请求报文的序列号初始化为 0，有效位置为 1，另外，填充第四表中的路径标识等。

35 步骤 S174，主动探测模块设置目标组头中的尝试次数为 0，用于表示使用多少条路径尝试发送了请求报文。此外，主动探测模块初始化接收次数为 0，以便于准确计算补偿时延上限。之后执行图 18 所示的流程 B。

步骤 S175，主动探测模块判断目标组头中的接收次数是否为 0；若是，则说明请求报文发送失败，当前路径故障，执行步骤 S176；若否，则执行步骤 S177。

步骤 S176，主动探测模块将目标组头中的尝试次数增加 1，之后执行图 18 所示的流程 B。

40 步骤 S177，主动探测模块判断第一表中目标路径组的参考时延是否为 0；若是，则执行步骤 S178；若否，则执行图 19 所示的流程 C。

本申请实施例中，第一表中目标路径组的参考时延为 0，表明第一节点暂未学习到目标路径组的参考时延，为保障后续获取的补偿时延上限的准确性，实现业务不会感知到时延变化，以及确定性传输，主动探测模块执行步骤 S178，回收资源，结束目标路径组对应的补偿时延上限的获取流程。

第一表中目标路径组的参考时延不为 0，即第一表中目标路径组的参考时延大于 0，表明第一节

点已学习到目标路径组的参考时延，为适合部分路径故障的场景，主动探测模块可继续执行图 20 所示的流程 D，获取补偿时延上限。

步骤 S178，主动探测模块回收分配的目标组头和目标组头关联的第四表的资源。

图 18 所示的流程 B 中：

- 5 步骤 S181，主动探测模块判断目标组头中尝试次数是否小于预设次数；若是，则执行步骤 S182；若否，执行步骤 S184。

步骤 S182，主动探测模块设置目标组头中的接收次数为 0，启动超时定时器。

接收次数用于表示接收了来自几条路径的应答报文。超时定时器对应请求应答超时事件，超时定时器的时长为目标组头中的预设时长，

- 10 当目标组头中的接收次数等于路径数量时，表示所有路径均完成应答报文的接收，这可以作为探测（补偿时延上限获取）流程结束的条件之一；超时定时器超时也可以作为探测流程结束的条件之一。

- 15 步骤 S183，主动探测模块根据第一表和第二表中目标路径组的配置信息，确定当前发送请求报文的路径，并构造请求报文。其中，当前发送请求报文的路径即为当前目标组头中尝试次数对应的路径，构造请求报文所依据的配置信息可以包括但不限于对端地址和隧道标识等。

主动探测模块中的包生成子模块生成请求报文，并将请求报文发送给转发模块；当调度模块发送请求报文成功后，根据请求报文的 OAM 类型的元数据指示，回送发送请求报文的第一时间点给主动探测模块，进而将第一时间点更新到目标组头中。如果发送请求报文失败，则会产生请求应答超时事件，进而返回执行步骤 S171。

- 20 本申请实施例中，超时定时器也可以在执行 S183 时启动，对此不进行限定。

步骤 S184，主动探测模块回收分配的目标组头和目标组头关联的第四表的资源。

图 19 所示的流程 C 中：

步骤 S191，主动探测模块接收来自解析模块的应答报文、以及接收该应答报文的元数据，如组标识、请求时延、应答时延、接收接口标识、接收应答报文的时间点、应答报文的序列号等。

- 25 其中，主动探测模块可以通过查询 ACL（Access Control List，访问控制列表）获得应答报文的组标识。在主动探测模块中还可以配置接收接口标识和组标识的映射表，主动探测模块基于接收接口标识，通过查询映射表获得应答报文的组标识。

本申请实施例中，主动探测模块可以并列执行步骤 S171 和步骤 S191。当目标组头中的接收次数等于路径数量，或超时定时器超时，接收当前请求报文对应的探测流程。

- 30 步骤 S192，主动探测模块判断当前应答报文的序列号与目标组头中的序列号是否相同；若相同，则说明所接收的应答报文为当前请求报文的应答报文，执行步骤 S193；若不同，则说明所接收的应答报文不是当前请求报文的应答报文，结束当前应答报文的处理，可以丢弃该应答报文，并继续执行步骤 S191，等待接收应答报文。

- 35 步骤 S193，主动探测模块判断当前应答报文携带的请求时延与应答时延的和值是否小于目标组头中的预设时长；若是，则进一步说明所接收的应答报文为当前请求报文的应答报文，执行步骤 S194；若不同，则说明所接收的应答报文不是当前请求报文的应答报文，结束当前应答报文的处理，可以丢弃该应答报文，并继续执行步骤 S191，等待接收应答报文。

步骤 S194，主动探测模块将当前应答报文对应的元数据填充至目标组头关联的第四表中，并将目标组头中的接收次数增加 1。

- 40 步骤 S195，主动探测模块判断目标组头中的接收次数是否等于目标组头中的路径数量；若是，则执行步骤 S196；若否，则结束当前应答报文的处理，继续执行步骤 S191，等待接收应答报文。

步骤 S196，主动探测模块取消超时定时器，继续执行图 20 所示的流程 D，获取补偿时延上限。

图 20 所示的流程 D 中：

步骤 S201，主动探测模块利用目标组头和目标组头关联的第四表中的相关信息，计算尝试次数

对应的路径的线路时延。

例如，主动探测模块可以利用上述公式（4）计算得到尝试次数对应的路径的线路时延。

步骤 S202，主动探测模块判断已计算线路时延的路径数量是否小于目标组头中的路径数量；若是，则执行步骤 S203；若否，则执行步骤 S204。

5 本申请实施例中，主动探测模块可以将尝试次数作为发送请求报文的路径标识，并设置参数 p 指示当前计算线路时延的路径标识， p 的初始值为 0，且 p 小于等于路径数量-1， p 不等于尝试次数。主动探测模块判断 p 是否小于等于路径数量-1，若是，则执行步骤 S203，将 $p=p+1$ ；若否，则执行步骤 S204。

步骤 S203，主动探测模块利用上述公式（5）计算路径 p 对应的线路时延，返回执行步骤 S202。

10 步骤 S204，主动探测模块判断第一表中目标路径组的参考时延是否为 0；若是，则执行步骤 S205，计算目标路径组的参考时延；若是，则执行步骤 S206。

步骤 S205，主动探测模块利用上述公式（8）计算目标路径组的参考时延。

步骤 S206，主动探测模块利用上述公式（6）计算各路径的补偿时延上限。

15 步骤 S207，主动探测模块更新第一表中目标路径组的参考时延，更新第二表中各路径的补偿时延上限，并刷新补偿模块的时延补偿上限。

步骤 S208，主动探测模块回收分配的目标组头和目标组头关联的第四表的资源，结束探测流程。

20 采用本申请实施例提供的技术方案，可以使得业务感知不到环境等因素引起的时延变化，降低了端到端服务中的抖动，如降低了目标路径组的第一节点到第二节点之间的抖动，保证了端到端服务的确定性传输，提高了业务传输的可靠性。此外，本申请实施例提供的技术方案中，只需要进行网络域内的时间同步，就可以准确的获得各个网络域的驻留时延，进而准确的获得补偿时延上限，无需进行跨域的时间同步，降低了方案实现的难度，便于广泛应用，以及提高时延补偿的精度。

与上述补偿时延上限的获取方法对应，本申请实施例还提供了一种转发节点，该转发节点执行上述应用于第一节点的任一补偿时延上限的获取方法，或者，执行上述应用于第二节点的任一补偿时延上限的获取方法。

25 在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行所述计算机程序指令时，全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（DSL））或无线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质，（例如，软盘、硬盘、磁带）、光介质（例如，DVD）、或者半导体介质（例如固态硬盘 Solid State Disk (SSD)）等。

30 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。

40 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、转发节点实施例而言，

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。

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。

- 5 以上所述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. 一种补偿时延上限的获取方法，其特征在于，应用于第一节点，所述第一节点通过目标路径组与第二节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述方法包括：

5 通过所述目标路径组中的第一路径，向所述第二节点发送请求报文，并获取所述第一节点发送所述请求报文的第一时间点；

10 通过所述目标路径组中的每条路径，分别接收所述第二节点发送的应答报文，并构造每条应答报文对应的元数据，每条应答报文对应的元数据包括所述第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的请求时延和应答时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延；

根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；

15 计算所述目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延的步骤，包括：

根据第一时间点、所述请求时延、所述第一路径对应的第二时间点和所述第一路径对应的应答时延，确定所述第一路径对应的第一线路时延；

20 根据所述第一时间点、所述请求时延、其他路径对应的第二时间点、所述其他路径对应的应答时延和所述第一线路时延，确定所述其他路径对应的第二线路时延，所述其他路径为所述目标路径组中除所述第一路径外的路径。

3. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述参考时延通过如下步骤确定：

从所述目标路径组中确定第二路径；

25 计算所述第二路径对应的应答时延、所述第二路径对应的线路时延和预设调整时延的和值，得到所述目标路径组对应的参考时延。

4. 根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述第二路径为所述目标路径组中最晚接收到应答报文的路径。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的方法，其特征在于，所述请求报文携带第一字段，所述第一字段用于填充所述请求时延。

30 6. 根据权利要求1-4任一项所述的方法，其特征在于，所述应答报文携带第二字段和第三字段，所述第二字段用于填充所述请求时延，所述第三字段用于填充所述应答时延。

7. 根据权利要求1-4任一项所述的方法，其特征在于，每条路径对应的应答时延为处理时延与应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值，所述处理时延为第三时间点至第四时间点的时延，所述第三时间点为所述第二节点接收所述请求报文的时间点，所述第四时间点为所述第二节点发送应答报文的时间点。

35 8. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

按照预设周期生成原始报文；

从所述目标路径组中确定一条路径，作为第一路径；

基于所述第一路径的隧道信息，对所述原始报文进行处理，得到所述请求报文。

40 9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述第一节点内注册有第一定时器事件，所述第一定时器事件对应的第一定时器的时长为所述预设周期；

所述方法还包括：

在所述第一定时器超时后，基于所述第一定时器事件生成原始报文，并重置所述第一定时器。

10. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在发送所述请求报文后，判断当前时间点至所述第一时间点的时长是否到达预设时长，得到判断结果；

若所述判断结果指示未到达所述预设时长，且接收到第一数量个应答报文，则执行所述根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延的步骤，所述第一数量为所述目标路径组包括的路径数量；

若所述判断结果指示到达所述预设时长，且未接收到应答报文，则重新执行所述从所述目标路径组中确定一条路径，作为第一路径的步骤，直至重新执行的次数达到预设次数；

若所述判断结果指示到达所述预设时长，且接收到至少一条应答报文，则根据所述第一时间点、所述请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延，确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，在执行所述根据所述第一时间点、所述请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延，确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延的步骤之前，所述方法还包括：

确定所述第一节点是否已配置所述参考时延；

在确定所述第一节点已配置所述参考时延时，执行所述根据所述第一时间点、所述请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延，确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延的步骤。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在发送到所述请求报文后，在所述第一节点内注册第二定时器事件，并启动所述第二定时器事件对应的第二定时器，所述第二定时器的时长为预设时长；

所述判断当前时间点至所述第一时间点的时长是否到达预设时长，得到判断结果的步骤，包括：判断所述第二定时器是否超时；

若所述第二定时器未超时，则获得第一判断结果，所述第一判断结果指示当前时间点至所述第一时间点的时长未到达所述预设时长；

若所述第二定时器超时，则获得第二判断结果，所述第二判断结果指示当前时间点至所述第一时间点的时长到达所述预设时长。

13. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，每条应答报文对应的元数据还包括该应答报文的序列号；所述方法还包括：

若应答报文的序列号与所述请求报文的序列号相同，且所述请求时延与传输该应答报文的路径对应的应答时延的和值小于预设时长，则执行所述根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延的步骤。

14. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，每条应答报文对应的元数据还包括应答报文的序列号；所述方法还包括：

若应答报文的序列号与所述请求报文的序列号不同，和/或，所述请求时延与传输应答报文的路径对应的应答时延的和值大于等于预设时长，则丢弃该应答报文。

15. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一节点内配置有第一表和所述第一表关联的第二表；所述第一表用于记录控制器下发的所述目标路径组的第一配置信息，所述第二表用于记录控制器下发的所述目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其特征在于，所述第一配置信息包括：所述目标路径组的标识、所述目标路径组包括的路径数量、所述第二节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送所述请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针，所述第一指针指向所述第二表的首地址；和/或

所述第二配置信息包括：所述目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送所述请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限；

所述方法还包括：

在得到每条路径对应的补偿时延上限后，将所述第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

5 若计算得到参考时延，则将所述第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

18. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一节点内配置有第三表和所述第三表关联的第四表，所述第三表用于记录所述目标路径组的第三配置信息，所述第四表用于记录所述目标路径组包括的每条路径对应的用于获取补偿时延上限的第四配置信息；

所述方法还包括：

10 在向所述第二节点发送请求报文之前，获取所述目标路径组的第三配置信息，将所述第三配置信息填至所述第三表；

在获取到所述元数据后，将所述元数据对应的第四配置信息填至所述第四表。

19. 根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在获取到补偿时延上限后，回收所述目标路径组对应的第三表和第四表。

15 20. 根据权利要求 18 或 19 所述的方法，其特征在于，所述第三配置信息包括：所述目标路径组的标识、所述目标路径组包括的路径数量、接收应答报文的超时长、尝试发送请求报文的路径数量、接收到应答报文的路径数量、预设调整时延、所述请求报文的序列号、所述第一时间点、以及第二指针，所述第二指针指向所述第四表的首地址；和/或

20 所述第四配置信息包括：所述目标路径组包括的路径的标识、请求时延、应答时延、以及第二时间点。

21. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

对接收的报文进行识别；

若识别所接收的报文为所述请求报文对应的应答报文，则执行所述构造每条应答报文对应的元数据的步骤；

25 若识别所接收的报文为数据报文，则根据第三路径对应的补偿时延上限，对所述数据报文进行时延补偿，所述第三路径为传输所述数据报文的路径。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其特征在于，所述第三路径对应的补偿时延上限为所述第一节点中存储的补偿时延上限；或

所述第三路径对应的补偿时延上限为所述数据报文携带的补偿时延上限。

30 23. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

将获得的每条路径对应的补偿时延上限和/或参考时延发送给所述第二节点。

24. 一种补偿时延上限的获取方法，其特征在于，应用于第二节点，所述第二节点通过目标路径组与第一节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述方法包括：

35 通过所述目标路径组中的第一路径，接收所述第一节点发送请求报文，并构造所述请求报文对应的元数据，所述元数据包括所述请求报文携带的请求时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延；

将所述请求时延封装在应答报文中；

通过所述目标路径组中的每条路径，分别向所述第一节点发送应答报文。

40 25. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述请求报文携带第一字段，所述第一字段用于填充所述请求时延。

26. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述应答报文携带第二字段和第三字段，所述第二字段用于填充所述请求时延，所述第三字段用于填充应答时延，所述应答时延包括应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延。

27 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述元数据还包括第三时间点，所述第三时间

点为所述第二节点接收所述请求报文的时间点；

所述将所述请求时延封装在应答报文中的步骤，包括：

计算所述第三时间点至第四时间点的时延，作为处理时延，所述第四时间点为所述第二节点发送应答报文的时间点，所述处理时延与应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值为应答时延；

将所述请求时延和所述处理时延封装在应答报文中。

28. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述将所述请求时延封装在应答报文中的步骤，包括：

生成所述请求报文对应的原始报文，所述原始报文携带所述请求时延；

基于所述目标路径组中每条路径的隧道信息，对所述原始报文进行处理，得到每条路径对应的应答报文。

29. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述第二节点内配置有第一表和所述第一表关联的第二表；所述第一表用于记录控制器下发的所述目标路径组的第一配置信息，所述第二表用于记录控制器下发的所述目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述第一配置信息包括：所述目标路径组的标识、所述目标路径组包括的路径数量、所述第一节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送所述请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针，所述第一指针指向所述第二表的首地址；和/或

所述第二配置信息包括：所述目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送所述请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限。

31. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

接收所述第一节点发送的每条路径对应的补偿时延上限；

将所述第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

32. 根据权利要求 29 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

接收所述第一节点发送的所述目标路径组对应的参考时延；

将所述第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

33. 根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

对接收的报文进行识别；

若识别所接收的报文为所述请求报文，则执行所述构造所述请求报文对应的元数据的步骤；

若识别所接收的报文为数据报文，则从所述目标路径组中确定第三路径；通过所述第三路径，向所述第一节点发送所述数据报文。

34. 根据权利要求 33 所述的方法，其特征在于，所述数据报文携带所述第三路径对应的补偿时延上限。

35. 一种补偿时延上限的获取装置，其特征在于，应用于第一节点，所述第一节点通过目标路径组与第二节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述装置包括调度模块、解析模块和主动探测模块；

所述调度模块，用于通过所述目标路径组中的第一路径，向所述第二节点发送请求报文，并获取所述第一节点发送所述请求报文的第一时间点，并将所述第一时间上送所述主动探测模块；

所述解析模块，用于通过所述目标路径组中的每条路径，分别接收所述第二节点发送的应答报文，每条应答报文包括请求时延和应答时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延，每条路径对应的应答时延包括应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延；构造每条应答报文对应的元数据，将每条应答报文对应的元数据上送所述主动探测模块，每条应答报文对应的元数据包括所述第一节点接收该应答报文的第二时间点、该应答报文携带的所述请求时延和应答时延；

所述主动探测模块，用于根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延；计算所述目标路径组对应的参考时延与每条路径对应的线路时延的差值，得到每条路径对应的补偿时延上限。

36. 根据权利要求 35 所述的装置，其特征在于，所述主动探测模块，具体用于：

5 根据第一时间点、所述请求时延、所述第一路径对应的第二时间点和所述第一路径对应的应答时延，确定所述第一路径对应的第一线路时延；

根据所述第一时间点、所述请求时延、其他路径对应的第二时间点和所述其他路径对应的应答时延和所述第一线路时延，确定所述其他路径对应的第二线路时延，所述其他路径为所述目标路径组中除所述第一路径外的路径。

10 37. 根据权利要求 35 所述的装置，其特征在于，所述主动探测模块，还用于：

从所述目标路径组中确定第二路径；

计算所述第二路径对应的应答时延、所述第二路径对应的线路时延和预设调整时延的和值，得到所述目标路径组对应的参考时延。

15 38. 根据权利要求 37 所述的装置，其特征在于，所述第二路径为所述目标路径组中最晚接收到应答报文的路径。

39. 根据权利要求 35-38 任一项所述的装置，其特征在于，所述请求报文携带第一字段，所述第一字段用于填充所述请求时延。

40. 根据权利要求 35-38 任一项所述的装置，其特征在于，所述应答报文携带第二字段和第三字段，所述第二字段用于填充所述请求时延，所述第三字段用于填充所述应答时延。

20 41. 根据权利要求 35-38 任一项所述的装置，其特征在于，每条路径对应的应答时延为处理时延与应答报文在该路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值，所述处理时延为第三时间点至第四时间点的时延，所述第三时间点为所述第二节点接收所述请求报文的时间点，所述第四时间点为所述第二节点发送应答报文的时间点。

25 42. 根据权利要求 35 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括转发模块；所述主动探测模块包括控制子模块和包生成子模块；

所述包生成子模块，用于按照预设周期生成原始报文，将所述原始报文发送给所述控制子模块；

所述控制子模块，用于获取所述原始报文，并从所述目标路径组中确定一条路径，作为第一路径，将所述第一路径的隧道信息和所述原始报文发送给所述转发模块；

30 所述转发模块，用于基于所述第一路径的隧道信息，对所述原始报文进行处理，得到所述请求报文，将所述请求报文发送给所述调度模块。

43. 根据权利要求 42 所述的装置，其特征在于，所述主动探测模块还包括时间向量；所述时间向量内注册有第一定时器事件，所述第一定时器的时长为所述预设周期；

所述控制子模块，还用于在所述第一定时器超时后，从所述时间向量中获取所述第一定时器事件，将所述第一定时器事件发送给所述包生成子模块，并重置所述第一定时器；

35 所述包生成子模块，具体用于在获取到所述第一定时器事件后，基于所述第一定时器事件生成原始报文。

44. 根据权利要求 42 所述的装置，其特征在于，所述控制子模块，还用于：

在发送所述请求报文后，判断当前时间点至所述第一时间点的时长是否到达预设时长，得到判断结果；

40 若所述判断结果指示未到达所述预设时长，且接收到第一数量个应答报文，则执行所述根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延，确定每条路径对应的线路时延的步骤，所述第一数量为所述目标路径组包括的路径数量；

若所述判断结果指示到达所述预设时长，且未接收到应答报文，则重新执行所述从所述目标路径组中确定一条路径，作为第一路径的步骤，直至重新执行的次数达到预设次数；

若所述判断结果指示到达所述预设时长,且接收到至少一条应答报文,则根据所述第一时间点、所述请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延,确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延。

45. 根据权利要求 44 所述的装置,其特征在于,所述控制子模块,具体用于:

- 5 确定所述第一节点是否已配置所述参考时延;若所述判断结果指示到达所述预设时长,接收到至少一条应答报文,且确定所述第一节点已配置所述参考时延,则根据所述第一时间点、所述请求时延、传输所接收的每条应答报文的路径对应的第二时间点和传输所接收的每条应答报文的路径对应的应答时延,确定传输所接收的每条应答报文的路径对应的线路时延。

- 10 46. 根据权利要求 44 或 45 所述的装置,其特征在于,所述主动探测模块还包括时间向量;所述控制子模块,还用于:

在发送到所述请求报文后,在所述第一节点内注册第二定时器事件,并启动所述第二定时器事件对应的第二定时器,所述第二定时器的时长为预设时长;

判断所述第二定时器是否超时;

- 15 若所述第二定时器未超时,则获得第一判断结果,所述第一判断结果指示当前时间点至所述第一时间点的时长未到达所述预设时长;

若所述第二定时器超时,则获得第二判断结果,所述第二判断结果指示当前时间点至所述第一时间点的时长到达所述预设时长。

47. 根据权利要求 35 所述的装置,其特征在于,每条应答报文对应的元数据还包括该应答报文的序列号;

- 20 所述主动探测模块,还用于若应答报文的序列号与所述请求报文的序列号相同,且所述请求时延与传输该应答报文的路径对应的应答时延的和值小于预设时长,则根据第一时间点、所述请求时延、每条路径对应的第二时间点和每条路径对应的应答时延,确定每条路径对应的线路时延。

48. 根据权利要求 35 所述的装置,其特征在于,每条应答报文对应的元数据还包括该应答报文的序列号;

- 25 所述主动探测模块,还用于若应答报文的序列号与所述请求报文的序列号不同,和/或,所述请求时延与传输应答报文的路径对应的应答时延的和值大于等于预设时长,则丢弃该应答报文。

49. 根据权利要求 35 所述的装置,其特征在于,所述主动探测模块内配置有第一表和所述第一表关联的第二表;所述第一表用于记录控制器下发的所述目标路径组的第一配置信息,所述第二表用于记录控制器下发的所述目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。

- 30 50. 根据权利要求 49 所述的装置,其特征在于,所述第一配置信息包括:所述目标路径组的标识、所述目标路径组包括的路径数量、所述第二节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送所述请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针,所述第一指针指向所述第二表的首地址;和/或

- 35 所述第二配置信息包括:所述目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送所述请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限;

所述主动探测模块,还用于在得到每条路径对应的补偿时延上限后,将所述第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

51. 根据权利要求 50 所述的装置,其特征在于,所述主动探测模块,还用于若计算得到参考时延,则将所述第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

- 40 52. 根据权利要求 35 所述的装置,其特征在于,所述第一节点内配置有第三表和所述第三表关联的第四表,所述第三表用于记录所述目标路径组的第三配置信息,所述第四表用于记录所述目标路径组包括的每条路径对应的用于获取补偿时延上限的第四配置信息;

所述主动探测模块,还用于在所述调度模块向所述第二节点发送请求报文之前,获取所述目标路径组的第三配置信息,将所述第三配置信息填至所述第三表;在获取到所述元数据后,将所述元

数据对应的第四配置信息填至所述第四表。

53. 根据权利要求 52 所述的装置，其特征在于，所述主动探测模块，还用于：
在获取到补偿时延上限后，回收所述目标路径组对应的第三表和第四表。

5 54. 根据权利要求 52 或 53 所述的装置，其特征在于，所述第三配置信息包括：所述目标路径组的标识、所述目标路径组包括的路径数量、接收应答报文的超时时长、尝试发送请求报文的路径数量、接收到应答报文的路径数量、预设调整时延、所述请求报文的序列号、所述第一时间点、以及第二指针，所述第二指针指向所述第四表的首地址；和/或

所述第四配置信息包括：所述目标路径组包括的路径的标识、请求时延、应答时延、以及第二时间点。

10 55. 根据权利要求 35 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括补偿模块；

所述解析模块，还用于对接收的报文进行识别，若识别所接收的报文为所述请求报文对应的应答报文，则构造每条应答报文对应的元数据，将每条应答报文对应的元数据上送所述主动探测模块；若识别所接收的报文为数据报文，则将所述数据报文发送至所述补偿模块；

15 所述补偿模块，用于根据第三路径对应的补偿时延上限，对所述数据报文进行时延补偿，所述第三路径为传输所述数据报文的路径。

56. 根据权利要求 55 所述的装置，其特征在于，所述第三路径对应的补偿时延上限为所述主动探测模块在获取每条路径对应的补偿时延上限后，下发给所述补偿模块的补偿时延上限；或

所述第三路径对应的补偿时延上限为所述数据报文携带的补偿时延上限。

20 57. 根据权利要求 35 所述的装置，其特征在于，所述主动探测模块，还用于将获得的每条路径对应的补偿时延上限和/或参考时延发送给所述调度模块；

所述调度模块，还用于将获得的每条路径对应的补偿时延上限和/或参考时延发送给所述第二节点。

25 58. 一种补偿时延上限的获取装置，其特征在于，应用于第二节点，所述第二节点通过目标路径组与第一节点连接，所述目标路径组包括多条路径，所述装置包括调度模块、解析模块和被动响应模块；

所述解析模块，用于通过所述目标路径组中的第一路径，接收所述第一节点发送请求报文，并获取所述请求报文的元数据，所述元数据包括所述请求报文携带的请求时延，所述请求时延为所述请求报文在所述第一路径上经过的所有网络域的驻留时延；将所述元数据上送所述被动响应模块；

所述被动响应模块，用于将所述请求时延封装在应答报文中；将应答报文发送给调度模块；

30 所述调度模块，用于通过所述目标路径组中的每条路径，分别向所述第一节点发送应答报文。

59. 根据权利要求 58 所述的装置，其特征在于，所述请求报文携带第一字段，所述第一字段用于填充所述请求时延。

35 60. 根据权利要求 58 所述的装置，其特征在于，所述应答报文携带第二字段和第三字段，所述第二字段用于填充所述请求时延，所述第三字段用于填充应答时延，所述应答时延包括应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延。

61. 根据权利要求 58 所述的装置，其特征在于，所述元数据还包括第三时间点，所述第三时间点为所述第二节点接收所述请求报文的时间点；

所述被动响应模块，具体用于：

40 计算所述第三时间点至第四时间点的时延，作为处理时延，所述第四时间点为所述第二节点发送应答报文的时间点，所述处理时延与应答报文在路径上经过的所有网络域的驻留时延的和值为应答时延；

将所述请求时延和所述处理时延封装在应答报文中。

62. 根据权利要求 58 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括转发模块；所述被动响应模块包括控制子模块和包生成子模块；

所述包生成子模块,用于生成所述请求报文对应的原始报文,所述原始报文携带所述请求时延,将所述原始报文发送给所述控制子模块;

所述控制子模块,用于获取所述原始报文,将所述目标路径组中每条路径的隧道信息和所述原始报文发送给所述转发模块;

5 所述转发模块,用于基于所述目标路径组中每条路径的隧道信息,对所述原始报文进行处理,得到每条路径对应的应答报文,将每条路径对应的应答报文发送给所述调度模块。

63. 根据权利要求 58 所述的装置,其特征在于,所述第二节点内配置有第一表和所述第一表关联的第二表;所述第一表用于记录控制器下发的所述目标路径组的第一配置信息,所述第二表用于记录控制器下发的所述目标路径组包括的每条路径的第二配置信息。

10 64. 根据权利要求 63 所述的装置,其特征在于,所述第一配置信息包括:所述目标路径组的标识、所述目标路径组包括的路径数量、所述第一节点的地址、预设调整时延、参考时延、发送所述请求报文的周期、接收应答报文的超时时长、以及第一指针,所述第一指针指向所述第二表的首地址;和/或

15 所述第二配置信息包括:所述目标路径组包括的路径的标识、接收应答报文的接收接口标识、发送所述请求报文的隧道标识、以及补偿时延上限。

65. 根据权利要求 63 所述的装置,其特征在于,所述解析模块,还用于接收所述第一节点发送的每条路径对应的补偿时延上限,将所得到的补偿时延上限发送给所述被动响应模块;

所述被动响应模块,还用于将所述第二表中的每条路径对应的补偿时延上限更新为所得到的补偿时延上限。

20 66. 根据权利要求 63 所述的装置,其特征在于,所述解析模块,还用于接收所述第一节点发送的所述目标路径组对应的参考时延;将所得到的参考时延发送给所述被动响应模块;

所述被动响应模块,还用于将所述第一表中的参考时延更新为计算得到的参考时延。

25 67. 根据权利要求 58 所述的装置,其特征在于,所述解析模块,还用于对接收的报文进行识别;若识别所接收的报文为请求报文,则执行所述构造所述请求报文对应的元数据的步骤;若识别所接收的报文为数据报文,则从所述目标路径组中确定第三路径,并将所述数据报文发送至所述调度模块;

所述调度模块,还用于通过所述第三路径,向所述第一节点发送数据报文。

68. 根据权利要求 67 所述的装置,其特征在于,所述数据报文携带所述第三路径对应的补偿时延上限。

30 69. 一种转发节点,其特征在于,执行权利要求 1-23 任一项所述的方法,或执行权利要求 24-34 任一项所述的方法。