

处理网络拥塞的方法、更新模型的方法和相关装置

本申请要求于 2019 年 09 月 16 日提交中国专利局、申请号为 201910872469.7、名称为“处理网络拥塞的方法、更新模型的方法和相关装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及通信技术领域，更具体地，涉及处理网络拥塞的方法、更新模型的方法和相关装置。

背景技术

大数据时代，为了给用户提供更高质量的服务，很多大型互联网企业都在全球范围内修建了许多数据中心。网络拥塞是数据中心常见的一种问题。网络设备能力不足或者流量瞬间爆发是导致网络拥塞的常见原因。

数据中心内部的网络设备的缓存较小。因此，一旦发生严重的网络拥塞，网络设备会选择直接丢弃数据包，这就导致了业务产生较高的时延，从而影响了应用的实时性能，降低了用户体验。

发明内容

本申请提供一种处理网络拥塞的方法、更新模型的方法和相关装置，能够提升该网络设备的运行效率。

第一方面，本申请实施例提供一种控制网络拥塞的方法，包括：获取网络状态信息；根据该网络状态信息和显式拥塞通知 ECN 调优模型，确定与推荐 ECN 配置信息对应的参考概率；根据该参考概率，确定目的 ECN 配置信息；使用该目的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记。

基于上述技术方案，ECN 调优模型可以根据能够反映网络运行状态的网络状态信息，确定推荐 ECN 配置信息，网络设备可以根据 ECN 调优模型确定的推荐 ECN 配置信息，确定最终使用的目的 ECN 配置信息。上述技术方案使得网络设备最终使用的目的 ECN 配置信息适用于网络设备的当前运行环境，从而提升该网络设备的运行效率，提升网络设备的性能和用户体验。

在一种可能的设计中，该根据该参考概率，确定目的 ECN 配置信息，包括：根据该参考概率，确定该推荐 ECN 配置信息是否可信；若该推荐 ECN 配置信息可信，则确定该推荐 ECN 配置信息为该目的 ECN 配置信息；若该推荐 ECN 配置信息不可信，则确定参考 ECN 配置信息为该目的 ECN 配置信息。

上述技术方案可以在 ECN 调优模型推荐的 ECN 配置信息不适用当前运行环境在情况下使用其他 ECN 配置信息进行流控。

一种可能的设计中，在根据该参考概率，确定该目的 ECN 配置信息之前，该方法还包括：根据该网络状态信息，确定该参考 ECN 配置信息。

上述技术方案可以根据启发式学习流程自行确定用于流控的 ECN 配置信息，这样可以使得 ECN 配置信息适应当前网络环境。

在一种可能的设计中，该方法还包括：向网络分析设备发送该网络状态信息和该参考

ECN 配置信息；接收来自于该网络分析设备的模型更新信息；根据该模型更新信息，更新该 ECN 调优模型。

- 网络状态信息是与当前运行环境相关的，参考 ECN 配置信息也是适应于当前运行环境的 ECN 配置信息。因此上述技术方案通过上报该网络状态信息和参考 ECN 配置信息，使得网络分析设备可以利用与实际运行环境的参数调整 ECN 调优模型。这样，可以使得 ECN 调优模型更适应于网络设备的实际网络环境，从而提升 ECN 调优模型推荐的 ECN 配置信息的可信程度。

- 在一种可能的设计中，该参考概率包括 M 个概率值，M 为大于或等于 2 的正整数，该根据该参考概率，确定该推荐 ECN 配置信息是否可信，包括：确定该 M 个概率值中的目标概率值是否大于第一预设阈值，其中该目标概率值为该 M 个概率值中的最大值；若该目标概率值大于或等于该第一预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息可信；若该目标概率值小于该第一预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息不可信。

- 在一种可能的设计中，该参考功率包括 M 个概率值，该根据该参考概率，确定该推荐 ECN 配置信息是否可信，包括：确定该 M 个概率值中的最大 N 个概率值的波动系数是否大于第二预设阈值，N 为大于或等于 2 且小于 M 的正整数，M 为大于 N 的正整数；若该 N 个概率值的波动系数大于或等于该第二预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息可信；若该 N 个概率值的波动系数小于该第二预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息不可信，

其中该 N 个概率值的波动系数根据以下公式确定： $P_N = \frac{\text{std}(P_{\text{topN}})}{\text{mean}(P_{\text{topN}})}$ ，其中， P_N 表示该 N

个概率值的波动系数， P_{topN} 表示该 N 个概率值，mean 表示均值函数，std 表示标准差函数。

- 在一种可能的设计中，该网络状态信息包括网络流量信息和网络拥塞信息，该网络流量信息用于指示该交换器的流量，该网络拥塞信息用于指示该交换器的拥塞状况。

- 第二方面，本申请实施例提供一种更新模型的方法，包括：接收来自于网络设备的 P 个网络状态信息和 P 个 ECN 配置信息，该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息一一对应，P 为大于或等于 2 的正整数；根据该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息，确定用于更新 ECN 调优模型的模型更新信息；向该网络设备发送该模型更新信息。

网络状态信息是与当前运行环境相关的，参考 ECN 配置信息也是适应于当前运行环境的 ECN 配置信息。因此，利用上述技术方案，可以利用与实际运行环境的参数调整 ECN 调优模型。这样，可以使得 ECN 调优模型更适应于网络设备的实际网络环境，从而提升 ECN 调优模型推荐的 ECN 配置信息的可信程度。

- 在一种可能的设计中，该根据该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息，确定用于更新 ECN 调优模型的模型更新信息，包括：根据该 P 个 ECN 配置信息，确定 Q 个 ECN 配置信息组，其中，该 Q 个 ECN 配置信息组中的第 q 个 ECN 配置信息组包括该 P 个 ECN 配置信息中的 N_q 个 ECN 配置信息，该 N_q 个 ECN 配置信息对应的采样时刻是连续的，该 N_q 个 ECN 配置信息收敛于 ECN 配置信息 q， $q=1, \dots, Q$ ， N_q 为大于或等于 2 的正整数， $N_1, \dots, N_Q$ 的和为 P；确定 Q 个训练参数组，该 Q 个训练参数组中的第 q 个训练参数组包括 N_q 个网络状态信息和该 ECN 配置信息 q，该 N_q 个网络状态信息与该 N_q 个 ECN 配置信息一一对应；根据该 Q 个训练参数组，确定该模型更新信息。

在启发式学习流程最终会收敛到一个固定 ECN 配置信息。在这期间的 ECN 配置信息可能会随时变化，并且可能并不适用于网络运行环境。因此，上述技术方案将收敛后的

ECN 配置信息作为收敛过程中采集的网络状态信息的标签形成一组训练参数。这样，该组训练参数训练出的模型更新信息更为准确。

在一种可能的设计中，该 P 个 ECN 配置信息与 P 个连续的采样时刻一一对应，该根据该 P 个 ECN 配置信息，确定 Q 个 ECN 配置信息组，包括：根据该 P 个 ECN 配置信息中的两个 ECN 配置信息，确定两个连续的采样时刻中的第二个采样时刻是否为切换时刻，其中该两个 ECN 配置信息中的第一个 ECN 配置信息对应于该两个连续的采样时刻中的第一个采样时刻，第二个 ECN 配置信息对应于该第二个采样时刻；若该第二个采样时刻不为该切换时刻，则该两个 ECN 配置信息属于同一个 ECN 配置信息组；若该第二个采样时刻为该切换时刻，则该两个 ECN 配置信息分别属于两个 ECN 配置信息组。

网络设备上报的 ECN 配置信息可能包括多次完整的启发式学习流程。上述技术方案可以对该 P 个 ECN 配置信息进行时间分片，从而确定出每个启发式学习流程包括的 ECN 配置信息。

在一种可能的设计中，该根据该 P 个 ECN 配置信息中的两个 ECN 配置信息，确定两个连续的采样时刻中的第二个采样时刻是否为切换时刻，包括：若

$$|\text{Param}(t) - \text{Param}(t-1)| \times \text{Sign}(t-t_0-T) \geq \text{mean}(\text{Param_S}) + e \times \text{std}(\text{Param_S})$$
，则该第二个采样时刻为该切换时刻，否则，该第二个采样时刻不为该切换时刻，其中 T 为预设时长，Param(t) 表示该第一个 ECN 配置信息，Param(t-1) 该第二个 ECN 配置信息，t0 表示上一个切换时刻，Param_S 表示从该上一个切换时刻到该第二个采样时刻的 ECN 配置信息的序列，Sign 表示符号函数，mean 表示均值函数，std 表示标准差函数，e 表示尺度因子。

第三方面，本申请实施例提供一种电子装置，该电子装置包括用于实现上述第一方面的方法设计中任意一种可能的实现方式的单元。该通信装置可以为网络设备或者用于网络设备的部件（例如芯片、电路等）。

第四方面，本申请实施例提供一种电子装置，该电子装置包括用于实现上述第二方面的方法设计中任意一种可能的实现方式的单元。该通信装置可以为网络分析设备或者用于网络分析设备的部件（例如芯片、电路等）。

第五方面，本申请实施例提供一种网络设备，包括收发器和处理器。可选地，该网络设备还包括存储器。该处理器用于控制收发器收发信号，该存储器用于存储计算机程序，该处理器用于从存储器中调用并运行该计算机程序，使得该网络设备执行上述第一方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。

第六方面，本申请实施例提供一种网络分析设备，包括收发器和处理器。可选地，该网络分析设备还包括存储器。该处理器用于控制收发器收发信号，该存储器用于存储计算机程序，该处理器用于从存储器中调用并运行该计算机程序，使得该网络分析设备执行上述第二方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。

第七方面，本申请实施例提供一种通信系统，该系统包括上述第五方面的网络设备和第六方面网络分析设备。

第八方面，本申请实施例提供一种电子装置，该电子装置可以为用于实现上述第一方面方法设计中的网络设备，或者为设置在网络设备中的芯片。该电子装置包括：处理器，与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令和/或程序代码，以实现上述第一方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。可选地，该电子装置还包括存储器。可选地，

该电子装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

当该电子装置为网络设备时，该通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

当该电子装置为配置于网络设备中的芯片时，该通信接口可以是输入/输出接口。

可选地，该收发器可以为收发电路。可选地，该输入/输出接口可以为输入/输出电路。

- 5 第九方面，本申请实施例提供一种电子装置，该电子装置可以为用于实现上述第二方面方法设计中的网络分析设备，或者为设置在网络分析设备中的芯片。该电子装置包括：处理器，与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令和/或程序代码，以实现上述第二方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。可选地，该电子装置还包括存储器。可选地，该电子装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

- 10 当该电子装置为网络分析设备时，该通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

当该电子装置为配置于网络分析设备中的芯片时，该通信接口可以是输入/输出接口。

可选地，该收发器可以为收发电路。可选地，该输入/输出接口可以为输入/输出电路。

- 15 第十方面，本申请实施例提供一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括：计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。

第十一方面，本申请实施例提供一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括：计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行上述第二方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。

- 20 第十二方面，本申请实施例提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质存储有程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。

第十三方面，本申请实施例提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质存储有程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行上述第二方面的方法设计中任意一种可能的实现方式中的方法。

25 附图说明

图1示出了ECN配置信息中的各个信息之间的关系。

图2是可以应用本申请技术方案的一种数据中心网络的示意性结构图。

图3是可以应用本申请技术方案的另一种数据中心网络的示意性结构图。

图4是可以应用本申请技术方案的另一种数据中心网络的示意性结构图。

- 30 图5是利用ECN进行拥塞控制的示意图。

图6是根据本申请实施例提供的一种控制网络拥塞的方法的示意性流程图。

图7是根据本申请实施例提供的一种处理网络拥塞的方法。

图8是根据本申请实施例提供的更新模型的方法的示意性流程图。

图9示出了四个启发式学习流程的收敛过程示意图。

- 35 图10是根据本申请实施例提供的处理网络拥塞的方法的示意性流程图。

图11是根据本申请实施例提供的一种电子装置示意性结构框图。

图12是根据本申请实施例提供另一种电子装置的示意性结构框图。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。

另外，在本申请实施例中，“示例的”、“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请中被描述为“示例”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用示例的一词旨在以具体方式呈现概念。

5 本申请实施例中，“相应的 (corresponding, relevant)”和“对应的(corresponding)”有时可以混用，应当指出的是，在不强调其区别时，其所要表达的含义是一致的。

本申请实施例中，有时候下标如 W_1 可能会笔误为非下标的形式如 W1，在不强调其区别时，其所要表达的含义是一致的。

10 本申请实施例描述的网络架构以及业务场景是为了更加清楚的说明本申请实施例的技术方案，并不构成对于本申请实施例提供的技术方案的限定，本领域普通技术人员可知，随着网络架构的演变和新业务场景的出现，本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题，同样适用。

15 在本说明书中描述的参考“一个实施例”或“一些实施例”等意味着在本申请的一个或多个实施例中包括结合该实施例描述的特定特征、结构或特点。由此，在本说明书中的不同之处出现的语句“在一个实施例中”、“在一些实施例中”、“在其他一些实施例中”、“在另外一些实施例中”等不是必然都参考相同的实施例，而是意味着“一个或多个但不是所有的实施例”，除非是以其他方式另外特别强调。术语“包括”、“包含”、“具有”及它们的变形都意味着“包括但不限于”，除非是以其他方式另外特别强调。

20 本申请中，“至少一个”是指一个或者多个，“多个”是指两个或两个以上。“和/或”，描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 的情况，其中 A、B 可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。“以下至少一项(个)”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如，a、b、或 c 中的至少一项(个)，可以表示：a、b、c、a-b、a-c、b-c，或 a-b-c，其中 a、b、c 可以是单个，也可以是多个。

25 本申请中的报文(packet)也可以称为包或者分组。

为便于理解本申请实施例，首先对本申请中涉及的几个术语做简单说明。

1、显式拥塞通知(Explicit Congestion Notification, ECN)

30 ECN 是传输控制协议(Transmission Control Protocol, TCP)/互联网协议(Internet Protocol, IP)的一种扩展。采用了 ECN 的网络可以在不丢弃报文的情况下达到拥塞控制的目的。

35 具体地，交换机或有交换机功能的其他设备会在待转发的报文的 IP 头中添加 ECN 标记，以通知接收端设备网络发生拥塞。接收端设备在接收到了含有 ECN 标记的报文后，可以确定交换机上发生网络拥塞，并且该接收端设备可以向发送端设备发送响应报文。发送端设备在接收到该响应报文后，可以降低报文发送速率，这样可以缓解交换机的拥塞情况，从而达到在不丢弃报文的情况下，控制网络拥塞。

2、ECN 配置信息

交换机可以根据 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记。ECN 配置信息中通常包括以下的一个或多个：ECN 门限上限、ECN 门限下限，和最大 ECN 标记概率。为了便于描述，本申请实施例中假设 ECN 配置信息包括 ECN 门限上限、ECN 门限下限，和最大 ECN 标

记概率。

ECN 门限上限可以记为 $K_{\max}$ ，在队列中待传输的报文数目大于或等于 $K_{\max}$ 的情况下，交换机可以按照 100% 的概率标记队列中的报文。换句话说，若队列长度大于或等于 $K_{\max}$ ，则交换机会对队列中的每个报文进行标记。

- 5 ECN 门限下限可以记为 $K_{\min}$ ，在队列中待传输的报文数目小于或等于 $K_{\min}$ 的情况下，交换机可以以 0% 的概率标记队列中的报文。换句话说，若队列长度小于或等于 $K_{\min}$ ，则交换机不会对队列中的任一个报文进行标记。

- 10 最大 ECN 标记概率可以记为 $P_{\max}$ 。在队列中待传输的报文数目大于 $K_{\min}$ 且小于 $K_{\max}$ 的情况下，交换机可以以大于 $P\%$ 的概率标记队列中的报文， P 为大于 0 且小于或等于 $P_{\max}$ 的数， $P_{\max}$ 小于 100%。随着队列长度的增加，交换机队列中被标记的报文概率也随着提高，最大 ECN 标记概率是设定的队列的标记概率的最大值。换句话说，若队列长度大于 $K_{\min}$ 且小于 $K_{\max}$ ，则交换机会对队列中的 $P\%$ 的报文进行标记， P 的值与队列长度可以呈正相关。

- 15 ECN 门限上限、ECN 门限下限、ECN 标记概率和最大 ECN 标记概率的关系可以又如图 1 所示。

图 1 示出了 ECN 配置信息中的各个信息之间的关系。

如图 1 所示，在队列长度小于 $K_{\min}$ 的情况下，ECN 标记概率为 0。在队列长度大于或等于 $K_{\max}$ 的情况下，ECN 标记概率为 100%。在队列长度大于 $K_{\min}$ 且小于 $K_{\max}$ 的情况下，ECN 标记概率为大于 0 且小于 $P_{\max}$ 的值。

- 20 交换机根据 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记可以包括：若队列长度小于或等于 $K_{\min}$ ，则交换机不会对队列中的任一个报文进行标记；若队列长度大于或等于 $K_{\max}$ ，则交换机会对队列中的每个报文进行标记；若队列长度大于 $K_{\min}$ 且小于 $K_{\max}$ ，则交换机会对队列中的 $P\%$ 的报文进行标记， P 为大于 0 且小于或等于 $P_{\max}$ 的数， $P_{\max}$ 小于 100%。交换机对报文标记的方式可以是随机标记。

- 25 图 2 是可以应用本申请技术方案的一种数据中心网络的示意性结构图。图 2 所示的数据中心网络是三层结构的数据中心网络。三层网络分别为核心层、汇聚层和接入层。

- 30 如图 2 所示的数据中心网络中的核心层包括交换机 211 和交换机 212，汇聚层包括交换机 221 和交换机 222，接入层包括交换机 231、交换机 232、交换机 233 和交换机 234。交换机 231 与服务器 241 相连，交换机 232 与服务器 242 相连，交换机 233 与服务器 243 相连，交换机 234 与服务器 244 相连。

- 35 可以理解的是，图 2 所示的仅是一个三层结构的数据中心网络的示意，而并非对三层结构的数据中心网络的限制。例如，三层结构的数据中心网络还可以包括更多的交换机和/或服务器，或者，也可以由更少的交换机和/或服务器组成。此外，三层结构的数据中心网络中的交换机之间的连接关系和/或服务器与交换机的连接关系也可以是除图 2 所示以外的其他连接方式。

图 3 是可以应用本申请技术方案的另一数据中心网络的示意性结构图。图 3 所示的数据中心网络是两层结构的数据中心网络。两层网络分别为脊柱(spine)层和叶子层(leaf)。

如图 3 所示的数据中心网络中的脊柱层包括交换机 311 和交换机 312，叶子层包括交换机 321、交换机 322、交换机 323 和交换机 324。交换机 321 与服务器 331 相连，交换

机 322 与服务器 332 相连, 交换机 323 与服务器 333 相连, 交换机 324 与服务器 334 相连。

可以理解的是, 图 3 所示的仅是一个二层结构的数据中心网络的示意, 而并非对二层结构的数据中心网络的限制。例如, 二层结构的数据中心网络还可以包括更多的交换机和/或服务器, 或者, 也可以由更少的交换机和/或服务器组成。此外, 二层结构的数据中心网络中的交换机之间的连接关系和/或服务器与交换机的连接关系也可以是除图 3 所示以外的其他连接方式。

图 4 是可以应用本申请技术方案的另一种数据中心网络的示意性结构图。图 4 所示的数据中心网络是单层结构的数据中心网络。

图 4 所示的数据中心网络包括交换机 411、交换机 412、交换机 413 和交换机 414。如图 4 所示, 该数据中心网络中的每个交换机都与全部的服务器相连。例如, 交换机 411 与服务器 421、服务器 422、服务器 423 和服务器 424 相连。又如, 交换机 412 与服务器 421 至服务器 424 相连, 交换机 413 与服务器 421 至服务器 424 相连, 交换机 414 与服务器 421 至服务器 424 相连。

图 5 是利用 ECN 进行拥塞控制的示意图。图 5 中提到的“交换机”可以是图 2 至 4 中的交换机, 图 5 中提到的“发送端设备”可以是图 2~4 中的某个服务器, 图 5 中提到的“接收端设备”可以是图 2 至 4 中的某个服务器。当然, 发送端设备和接收端设备也可能是其他通过图 2 至 4 中的一个或多个交换机通信的设备。

501, 发送端设备向交换机发送报文。

相应的, 该交换机接收来自于该发送端设备的报文。

该报文的 IP 头中可以包括 ECN 指示域。该 ECN 指示域的值是用于表示否定的值, 即指示发生未网络拥塞。例如, 若 ECN 指示域的值 10 或 01, 则表示未发生网络拥塞。

502, 交换机将该报文转发至接收端设备。

相应的, 该接收端设备接收来自于该交换机的报文。

若该交换机未发生网络拥塞, 或者, 交换机的队列长度小于或等于 K_{min} , 则该交换机可以直接将该报文发送至该接收端设备。

若该交换机发生网络拥塞且队列的长度大于 K_{min} 且小于 K_{max} , 则该交换机按照 ECN 标记概率, 对队列中的报文进行 ECN 标记。

若该交换机发生网络拥塞且队列的长度大于或等于 K_{max} , 则该交换机对该报文进行 ECN 标记。

假设该报文是进行了标记的报文, 则该报文的 IP 头中的 ECN 指示域的值是用于表示肯定的值, 即指示网络发生拥塞。例如, 若 ECN 指示域的值 11, 则表示发生网络拥塞。

换句话说, 若该交换机对该报文进行 ECN 标记, 则该交换机将该报文的 IP 头中的 ECN 指示域的值从 10 或 01 更新为 11。

为了便于描述, 以下假设该报文是进行了 ECN 标记的报文。

503, 该接收端设备向该发送端设备发送响应报文。

相应的, 该发送端设备接收来自于该接收端设备的该响应报文。

该响应报文可以由该交换机转发的。换句话说, 该接收端设备向该交换机发送该响应报文, 该交换机直接将该响应报文转发至该接收端设备。

例如, 该响应报文可以是拥塞通知分组 (Congestion Notification Packet, CNP), 该

CNP 中的 IP 头中的 ECN 指示域的值可以为 01。

该发送端设备在接收到该响应报文后，可以降低向该交换机发送报文的速率。

例如，发送端设备在接收到该响应报文后可以根据公式 1.1 确定新的报文发送速率：

$$CR=TR\times(1-a/2), \quad (\text{公式 1.1})$$

- 5 其中 TR 表示在接收到该响应报文之前的报文发送速率，CR 表示调整后的发送速率，a 是一个预设的参数，a 的值可以是大于或等于 1。

在降低了报文发送速率后，若该发送端设备继续接收到来自于该接收端设备的响应报文，则该发送端设备可以继续降低报文发送速率。

- 10 在一些实施例中，若该发送端设备未继续接收到来自于该接收端设备的响应报文（例如在预设时间长度内没有接收到来自于该接收端设备的响应报文），则该发送端设备可以提高报文发送速率。

数据中心网络的运行环境随时可能会发生变化，ECN 配置信息可能并不能适用于所有运行环境。因此，如果 ECN 配置信息固定下来，那么数据中心网络可能不能适应所有的运行环境。

- 15 图 6 是根据本申请实施例提供的一种控制网络拥塞的方法的示意性流程图。图 6 所示的方法可以应用于图 2 至图 4 中任一数据中心网络。图 6 所示的方法可以由交换机执行，也可以由交互机中的部件（例如芯片或电路）执行。为了便于描述，以下以交换机为例对图 6 所示的方法进行描述。该交换机可以是图 2 至图 4 网络中与服务器相连的交换机，例如图 2 所示的数据中心网络中的接入层交换机，图 3 所示的数据中心网络中的叶子层交换机。
- 20 机。

601，交换机获取网络状态信息。

网络状态信息是用于反映该交换机的网络的运行状态的一些信息。该网络状态信息可以包括网络流量信息和网络拥塞信息中的一个或多个。

- 25 该网络流量信息用于指示该交换机的流量。该交换机的流量可以是该交换机的入口和/或出口流量。该网络流量信息可以包括带宽利用率、传输字节数、传输的总报文数、平均报文数等中的任一或多个。

- 30 该网络拥塞信息用于指示该交换器的拥塞状况。该网络拥塞信息可以包括 ECN 标记数、基于优先级的流控接收帧数、基于优先级的流控发送帧数、ECN 标记速率（即每个时间单元（例如每秒）进行标记的报文数目），队列深度（即待转发的报文数目）等中的任一或多个。

602，该交换机根据该网络状态信息和 ECN 调优模型，确定与推荐 ECN 配置信息对应的参考概率。

603，该交换机根据该参考概率，确定目的 ECN 配置信息。

604，该交换机使用该目的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记。

- 35 可选的，在一些实施例中，该交换机根据该参考概率，确定目的 ECN 配置信息，可以包括：该交换机根据该参考概率，确定该推荐 ECN 配置信息是否可信；若该推荐 ECN 配置信息可信，则该交换机可以确定该目标 ECN 配置信息为该推荐 ECN 配置信息；若该推荐 ECN 配置信息不可信，则该交换机可以确定参考 ECN 配置信息为该目的 ECN 配置信息。

该 ECN 调优模型是预先训练好并配置在该交换机中的。该交换机可以将该网络状态信息作为输入信息输入到该 ECN 调优模型，该 ECN 调优模型可以输出推荐 ECN 配置信息以及与该推荐 ECN 配置信息对应的参考概率。

5 可选的，在一些实施例中，该 ECN 调优模型可以同时输出推荐 ECN 配置信息和该参考概率。

可选的，在另一些实施例中，该 ECN 调优模型可以先输出该参考概率。在根据该参考概率确定该推荐 ECN 配置信息是该目的 ECN 配置信息的情况下，再输出该推荐 ECN 配置信息。

10 该参考概率可以包括 M 个概率值，M 为大于或等于 2 的正整数。该 M 个概率值与 M 个场景一一对应。该 M 个概率值中的第 m 个概率值用于指示该推荐 ECN 配置信息适用于第 m 个场景（即与第 m 个概率值对应的场景）的概率， $m=1, \dots, M$ 。

15 可选的，在一些实施例中，该交换机根据该参考概率，确定该推荐 ECN 配置信息是否可信，可以包括：该交换机确定该 M 个概率值中最大的概率值（可以称为目标概率值）是否大于第一预设阈值；若该目标概率值大于或等于该第一预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息可信；若该目标概率值小于该第一预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息不可信。

可选的，在一些实施例中，该第一预设阈值可以是大于或等于 0.4 且小于或等于 0.6 的数，比如 $0.4 \leq \text{第一预设阈值} \leq 0.6$ 。

20 可选的，在另一些实施例中，该交换机根据该参考概率，确定该推荐 ECN 配置信息是否可信，可以包括：该交换机确定该 M 个概率值中最大的 N 个概率值的波动系数是否大于第二预设阈值，N 为大于或等于 2 且小于 M 的正整数；若该 N 个概率值的波动系数大于或等于该第二预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息可信；若该 N 个概率值的波动系数小于该第二预设阈值，则确定该推荐 ECN 配置信息不可信。

该 N 个概率值的波动系数可以根据以下公式 1.2 确定：

$$25 \quad P_N = \frac{\text{std}(P_{\text{top}N})}{\text{mean}(P_{\text{top}N})}, \quad (\text{公式 1.2})$$

其中， P_N 表示该 N 个概率值的波动系数， $P_{\text{top}N}$ 表示该 N 个概率值，mean 表示均值函数，std 表示标准差函数。

如上所述，在该推荐 ECN 配置信息不可信的情况下，该交换机可以确定参考 ECN 配置信息为该目的 ECN 配置信息。

30 可选的，在一些实施例中，该参考 ECN 配置信息可以是一个预设的 ECN 配置信息。

例如，在一些实施例中，该预设的 ECN 配置信息可以是根据多个 ECN 配置信息总结出的一个 ECN 配置信息，该预设的 ECN 配置信息可以满足大多数的场景的需求。

35 可选的，在另一些实施例中，该参考 ECN 配置信息可以是根据该网络状态信息确定的。换句话说，在该交换机根据该参考概率，确定该目的 ECN 配置信息之前，该方法还可以包括：该交换机根据该网络状态信息，确定该参考 ECN 配置信息。该交换机根据该网络状态信息确定该参考 ECN 配置信息的过程可以称为启发式学习流程。下面将结合图 7 对利用启发式学习流程确定该参考 ECN 配置信息的过程进行简单描述。

可选的，在一些实施例中，该交换机还可以接收模型更新信息，并根据该模型更新信

息, 更新该 ECN 调优模型。

例如, 在该参考 ECN 配置信息是根据该网络状态信息确定的情况下, 该交换机还可以将该网络状态信息和该参考 ECN 配置信息发送至网络分析设备。该交换机可以接收该网络分析设备发送的模型更新信息, 并根据该模型更新信息更新该 ECN 调优模型。该网络状态信息和该参考 ECN 配置信息是用于确定该模型更新信息的参数。换句话说, 该交换机可以在该 ECN 调优模型推荐的 ECN 配置信息不可信的情况下, 将通过启发式学习流程得到的 ECN 配置信息以及对应的网络状态信息发送至网络分析设备。这样, 该网络分析设备可以根据这些 ECN 配置信息和网络状态信息, 更新该 ECN 调优模型, 并将更新信息发送至该交换机。

又如, 数据中心网络的管理员或者该交换机的生产商可以自行收集网络状态信息和对应的 ECN 配置信息, 并利用自行收集的网络状态信息和 ECN 配置信息重新训练该 ECN 调优模型, 确定模型更新信息, 并将该模型更新信息发送至该交换机。该交换机可以根据该模型更新信息更新该 ECN 调优模型。

可选的, 在另一些实施例, 该 ECN 调优模型也可以不被更新。

若图 6 所示的方法是第一次被执行, 则该网络状态信息是该交换机在使用初始 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记的情况下获取的。为了便于描述, 以下将获取该网络状态信息时用于对报文进行 ECN 标记的 ECN 配置信息称为与该网络状态信息对应的 ECN 配置信息。

可选的, 在一些实施例, 该初始 ECN 配置信息可以是根据多个 ECN 配置信息总结出的一个 ECN 配置信息, 该初始 ECN 配置信息可以满足大多数的场景的需求。

可选的, 在另一些实施例, 该初始 ECN 配置信息可以是根据多个 ECN 配置信息总结的两个 ECN 配置信息中的一个。上述预设的 ECN 配置信息是该两个 ECN 配置信息系中的另一个。该交换机的运行场景可以划分为两类。该初始 ECN 配置信息可以满足两类运行场景中的一类运行场景的需求。该预设的 ECN 配置信息可以满足两类运行场景中的另一类运行场景的需求。

若图 6 所示的方法不是第一次被执行, 则该网络状态信息是该交换机在使用上一轮确定的目的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记的情况下获取的。

图 7 是根据本申请实施例提供的一种处理网络拥塞的方法。图 7 所示的方法可以应用于图 2 至图 4 中任一数据中心网络。图 7 所示的方法可以由交换机执行, 也可以由交换机中的部件 (例如芯片或电路) 执行。为了便于描述, 以下以交换机为例对图 7 所示的方法进行描述。该交换机可以是图 2 至图 4 网络中与服务器相连的交换机, 例如图 2 所示的数据中心网络中的接入层交换机, 图 3 所示的数据中心网络中的叶子层交换机。

701, 交换机使用 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记。

为了便于描述, ECN 配置信息 1 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_1} , ECN 门限下限为 K_{min_1} , 最大 ECN 标记概率为 P_{max_1} 。

702, 该交换机获取网络状态信息 1。

该交换机是根据 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记的。因此, 该网络状态信息 1 是在该交换机使用 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

ECN 配置信息中可以包括用于指示网络流量的信息 (可以称为网络流量信息) 和用

于指示拥塞的信息(可以称为网络拥塞信息)。该网络流量信息用于指示该交换机的流量。该交换机的流量可以是该交换机的入口和/或出口流量。例如,该网络流量信息可以包括带宽利用率、传输字节数、传输的总报文数、平均报文数等中的任一个或多个。该网络拥塞信息可以包括 ECN 标记数、基于优先级的流控接收帧数、基于优先级的流控发送帧数、

5 ECN 标记速率(即每个时间单元(例如每秒)进行标记的报文数目),队列深度(即待转发的报文数目)等中的任一个或多个。

可选的,在一些实施例中,该网络流量信息中的带宽利用率、传输字节数、和/或传输的总报文数等可以是该交换机统计的一段时间内的总数。换句话说,该带宽利用率可以是一段时间内的总带宽利用率,该传输字节数可以是一段时间内的总传输字节数,该传输

10 的总报文数可以是一段时间内的总传输总报文数。类似的,该网络拥塞信息可以包括 ECN 标记数、基于优先级的流控接收帧数、基于优先级的流控发送帧数和/或队列深度可以是该交换机统计的一段时间内的总数。换句话说,ECN 标记数可以是一段时间内的总 ECN 标记数,基于优先级的流控接收帧数可以是一段时间内的总基于优先级的流控接收帧数,基于优先级的流控发送帧数可以是一段时间内的总基于优先级的流控发送帧数,队列深度

15 可以是是一段时间内的总队列深度。

可选的,在另一些实施例中,该网络流量信息中的带宽利用率、传输字节数、和/或传输的总报文数等可以是该交换机根据通知时间和统计的总数确定的单位时间数。换句话说,该带宽利用率可以是单位时间内的带宽利用率,该传输字节数可以是单位时间内的传输字节数,该传输的总报文数可以是单位时间内的传输总报文数。类似的,该网络拥塞信息

20 可以包括 ECN 标记数、基于优先级的流控接收帧数、基于优先级的流控发送帧数和/或队列深度可以是该交换机根据通知时间和统计的总数确定的单位时间数。换句话说,ECN 标记数可以是单位时间内的 ECN 标记数,基于优先级的流控接收帧数可以是单位时间内的基于优先级的流控接收帧数,基于优先级的流控发送帧数可以是单位时间内的基于优先级的流控发送帧数,队列深度可以是单位时间内的队列深度。

25 该网络状态信息 1 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如,假设该交换机是在 t_1 时刻开始使用该 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记,那么该交换机可以统计在 t_1+T_1 时刻时的网络状态信息(即网络状态信息 1)。从 t_1 时刻到 t_1+T_1 时刻,该交换机一直是使用 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记。 T_1 可以是一个预设值。

30 步骤 702 中,该交换机获取的网络状态信息 1 就是图 6 所示的方法的步骤 601 中交换机获取的网络状态信息。ECN 配置信息 1 就是与图 6 所示的方法的步骤 601 中的网络状态信息对应的 ECN 配置信息。

703,该交换机可以确定网络状态信息 1 中的 ECN 标记数是否小于预设阈值。

35 若 ECN 标记数小于该预设阈值,则该交换机可以继续使用 ECN 配置信息 1 对报文进行 ECN 标记,ECN 配置信息调整流程结束。

若 ECN 标记数大于或等于该预设阈值,则可以执行步骤 704。

704,该交换机根据 ECN 配置信息 1 确定 ECN 配置信息 2。

为了便于描述,ECN 配置信息 2 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_2} ,ECN 门限下限为 K_{min_2} ,最大 ECN 标记概率为 P_{max_2} 。

ECN 配置信息 1 与 ECN 配置信息 2 有如下关系: $K_{max_1} < K_{max_2}$, $K_{min_1} = K_{min_2}$, $P_{max_1} = P_{max_2}$ 。

换句话说, 该交换机可以提高 ECN 配置信息 1 中的 ECN 门限上限, 并保持 ECN 门限下限和最大 ECN 标记概率不变。

5 705, 该交换机使用 ECN 配置信息 2 对报文进行 ECN 标记。

706, 该交换机获取网络状态信息 2。

该交换机是根据 ECN 配置信息 2 对报文进行 ECN 标记的。因此, 该网络状态信息 2 是在该交换机使用 ECN 配置信息 2 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

10 与网络状态信息 1 类似, 该网络状态信息 2 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 2 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如, 假设该交换机是在 t_2 时刻开始使用该 ECN 配置信息 2 对报文进行 ECN 标记, 那么该交换机可以统计在 $t_2 + T_2$ 时刻时的网络状态信息 (即网络状态信息 2)。从 t_2 时刻到 $t_2 + T_2$ 时刻, 该交换机一直是使用 ECN 配置信息 2 对报文进行 ECN 标记。 T_2 可以是一个预设值。在一些实施例中, T_1 的值可以等于 T_2 。在另一些实施例中, T_1 的值可以不等于 T_2 。

15 707, 该交换机确定交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息 2 和网络状态信息 1 确定该交换机的拥塞程度是否降低。

在一些实施例中, 该交换机根据队列深度的变化确定该交换机的拥塞程度是否降低。

20 例如, 若 T_1 等于 T_2 , 则该交换机可以根据网络状态信息 1 中的队列深度和网络状态信息 2 中的队列深度确定该交换机的拥塞程度是否降低。若队列深度降低 (即网络状态信息 2 中的队列深度小于网络状态信息 1 中的队列深度), 则表示待转发的报文数减少。在此情况下, 该交换机可以确定该交换机的拥塞程度降低。若队列深度不变或者提高 (网络状态信息 2 中的队列深度等于或大于网络状态信息 1 中的队列深度), 则该交换机可以确定该交换机的拥塞程度未降低。

25 又如, 若 T_1 不等于 T_2 , 则该交换机可以确定利用 T_0 和 T_1 的取值以及网络状态信息 1 和网络状态信息 2 中的队列深度, 确定该交换机的拥塞程度是否降低。假设网络状态信息 1 中的队列深度为 L_1 , 网络状态信息 2 中的队列深度为 L_2 , 则该交换机可以确定 L_1/T_1 是否大于 L_2/T_2 。若 L_1/T_1 小于或等于 L_2/T_2 , 则表示该交换机的拥塞程度未降低; 若 L_1/T_1 大于 L_2/T_2 , 则表示该交换机的拥塞程度降低。

30 在另一些实施例中, 该交换机可以根据 ECN 标记数确定该交换机的拥塞程度是否降低。

35 例如, 若 T_1 等于 T_2 , 则该交换机可以根据网络状态信息 1 中的 ECN 标记数和网络状态信息 2 中的 ECN 标记数确定该交换机的拥塞程度是否降低。ECN 标记概率与队列深度可以呈正相关。换句话说, 若队列深度增加, 则 ECN 标记概率增加, 相应的, 在相同时间内的 ECN 标记数增加; 若队列深度减少, 则 ECN 标记概率减少, 相应的, 相同时间内 ECN 标记数减少。因此, 若 ECN 标记数减少 (即网络状态信息 2 中的 ECN 标记数小于网络状态信息 1 中的 ECN 标记数), 则表示 ECN 标记概率减少, 相应的, 待转发的报文数减少。在此情况下, 该交换机可以确定该交换机的拥塞程度降低。若 ECN 标记数不变或者提高 (网络状态信息 2 中的 ECN 标记数等于或大于网络状态信息 1 中的 ECN

标记数)，则该交换机可以确定该交换机的拥塞程度未降低。

又如，若 $T1 \neq T2$ ，则该交换机可以根据 $T1$ 和网络状态信息 1 中的 ECN 标记数确定单位时间内的 ECN 标记数（可以简称为 ECN 标记速率 1），根据 $T2$ 和网络状态信息 2 中的 ECN 标记数确定单位时间内的 ECN 标记数（可以简称为 ECN 标记速率 2）。

- 5 若 ECN 标记速率 1 大于 ECN 标记速率 2，则表示该交换机的拥塞程度降低；若 ECN 标记速率 1 小于或等于 ECN 标记速率 2，则表示该交换机的拥塞程度未降低。

在另一些实施例中，该交换机还可以根据传输字节数确定该交换机的拥塞程度是否降低。

- 10 例如，若 $T1 = T2$ ，则该交换机可以根据网络状态信息 1 中的传输字节数和网络状态信息 2 中的传输字节数确定该交换机的拥塞程度是否降低。如果网络拥塞程度降低，那么相同时间内传输字节数应该会提高。因此，若传输字节数提高（即网络状态信息 2 中的传输字节数大于网络状态信息 1 中的传输字节数），则该交换机可以确定该交换机的拥塞程度降低。若传输字节数不变或者减少（网络状态信息 2 中的传输字节数等于或小于网络状态信息 1 中的传输字节数），则该交换机可以确定该交换机的拥塞程度未降低。

- 15 又如，若 $T1 \neq T2$ ，则该交换机可以根据 $T1$ 和网络状态信息 1 中的传输字节数确定单位时间内的传输字节数（可以简称为传输速率 1），根据 $T2$ 和网络状态信息 2 中的传输字节数确定单位时间内的传输字节数（可以简称为传输速率 2）。若传输速率 1 小于传输速率 2，则表示该交换机的拥塞程度降低；若传输速率 1 大于或等于传输速率 2，则表示该交换机的拥塞程度未降低。

- 20 该交换机还可以利用网络状态信息 1 和网络状态信息 2 中的其他一个或多个信息来确定交换机的拥塞程度是否降低，在此修不一一列举。

若步骤 707 的确定结果为是（即该交换机的拥塞程度降低），则执行步骤 708。

若步骤 707 的确定结果为否（即该交换机的拥塞程度未降低），则执行步骤 712。

- 25 交换机的拥塞程度降低可以称为网络状态信息正反馈。交换机的拥塞程度提高可以称为网络状态信息负反馈。

708，该交换机根据 ECN 配置信息 2 确定 ECN 配置信息 3。

为了便于描述，ECN 配置信息 3 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_3} ，ECN 门限下限为 K_{min_3} ，最大 ECN 标记概率为 P_{max_3} 。

- 30 ECN 配置信息 2 与 ECN 配置信息 3 有如下关系： $K_{max_2} < K_{max_3}$ ， $K_{min_2} < K_{min_3}$ ， $P_{max_2} = P_{max_3}$ 。

换句话说，该交换机可以提高 ECN 配置信息 2 中的 ECN 门限上限和 ECN 门限下限，并保持最大 ECN 标记概率不变。

709，该交换机使用 ECN 配置信息 3 对报文进行 ECN 标记。

710，该交换机获取网络状态信息 3。

- 35 该交换机是根据 ECN 配置信息 3 对报文进行 ECN 标记的。因此，该网络状态信息 3 是在该交换机使用 ECN 配置信息 3 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

与网络状态信息 1 类似，该网络状态信息 3 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 3 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如，假设该交换机是在 $t3$ 时刻开始使用该 ECN 配置信息 3 对报文进行 ECN 标记，那么该交换机可以统计在 $t3 + T3$

时刻时的网络状态信息（即网络状态信息3）。从 t_3 时刻到 t_3+T_3 时刻，该交换机一直是使用 ECN 配置信息3对报文进行 ECN 标记。 T_3 可以是一个预设值。在一些实施例中， T_3 的值可以等于 T_2 。在另一些实施例中， T_3 的值可以不等于 T_2 。

711，该交换机确定交换机的拥塞程度是否降低。

5 该交换机可以根据网络状态信息2和网络状态信息3确定该交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息2和网络状态信息3确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式与根据网络状态信息1和网络状态信息2确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式类似，为了简洁在此就不再赘述。

10 若步骤 711 的确定结果为是（即该交换机的拥塞程度降低），则该交换机可以提高 ECN 配置信息3的 ECN 门限上限和 ECN 门限下限，并保持最大 ECN 标记概率不变。然后，该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记，并继续获取相应的网络状态信息，并根据网络状态信息和网络状态信息3确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说，若步骤 711 的确定结果为是，则该交换机执行的步骤类似于步骤 708 至步
15 骤 711，即该交换机根据 ECN 配置信息3确定 ECN 配置信息3-1；使用 ECN 配置3-1对报文进行标记；获取网络状态信息3-1；确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息3确定 ECN 配置信息3-1的确定方式与根据 ECN 配置信息2确定 ECN 配置信息3的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息3和网络状态信息3-1确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息2和网络状态信息3
20 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

若步骤 711 的确定结果为否（即该交换机的拥塞程度未降低），则该交换机可以提高 ECN 配置信息3的 ECN 门限上行，并保持 ECN 门限下限和最大 ECN 标记概率不变。然后，该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记，并继续获取相应的网络状态信息，并根据网络状态信息和网络状态信息3确定该交换机的拥塞程度是否降
25 低。换句话说，若步骤 711 的确定结果为否，则该交换机执行的步骤类似于步骤 704 至步骤 707，即该交换机根据 ECN 配置信息3确定 ECN 配置信息3-2；使用 ECN 配置3-2对报文进行标记；获取网络状态信息3-2；确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息3确定 ECN 配置信息3-2的确定方式与根据 ECN 配置信息1确定 ECN 配置信息2的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息3和网络状态信息3-2确定该交
30 换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息1和网络状态信息2确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

712，该交换机根据 ECN 配置信息2确定 ECN 配置信息4。

为了便于描述，ECN 配置信息4中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_4} ，ECN 门限下限为 K_{min_4} ，最大 ECN 标记概率为 P_{max_4} 。

35 ECN 配置信息4与 ECN 配置信息2有如下关系： $K_{max_2}=K_{max_4}$ ， $K_{min_2}<K_{min_4}$ ， $P_{max_2}=P_{max_4}$ 。

换句话说，该交换机可以提高 ECN 配置信息2中的 ECN 门限下限，并保持 ECN 门限上限和最大 ECN 标记概率不变。

713，该交换机使用 ECN 配置信息4对报文进行 ECN 标记。

714, 该交换机获取网络状态信息 4。

该交换机是根据 ECN 配置信息 4 对报文进行 ECN 标记的。因此, 该网络状态信息 4 是在该交换机使用 ECN 配置信息 4 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

5 与网络状态信息 1 类似, 该网络状态信息 4 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 4 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如, 假设该交换机是在 t_4 时刻开始使用该 ECN 配置信息 4 对报文进行 ECN 标记, 那么该交换机可以统计在 t_4+T_4 时刻时的网络状态信息 (即网络状态信息 3)。从 t_4 时刻到 t_4+T_4 时刻, 该交换机一直是使用 ECN 配置信息 4 对报文进行 ECN 标记。 T_4 可以是一个预设值。在一些实施例中, T_4 的值可以等于 T_2 。在另一些实施例中, T_4 的值可以不等于 T_2 。

10 715, 该交换机确定交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息 2 和网络状态信息 4 确定该交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息 2 和网络状态信息 4 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式与根据网络状态信息 1 和网络状态信息 2 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式类似, 为了简洁在此就不再赘述。

若步骤 715 的确定结果为是 (即该交换机的拥塞程度降低), 则执行步骤 716。

若步骤 715 的确定结果为否 (即该交换机的拥塞程度未降低), 则执行步骤 720。

716, 该交换机根据 ECN 配置信息 4 确定 ECN 配置信息 5。

20 为了便于描述, ECN 配置信息 5 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_5} , ECN 门限下限为 K_{min_5} , 最大 ECN 标记概率为 P_{max_5} 。

ECN 配置信息 4 与 ECN 配置信息 5 有如下关系: $K_{max_4}=K_{max_5}$, $K_{min_4}<K_{min_5}$, $P_{max_4}>P_{max_5}$ 。

换句话说, 该交换机可以提高 ECN 配置信息 4 中的 ECN 门限下限, 降低最大 ECN 标记概率, 并且保持 ECN 门限上限不变。

25 717, 该交换机使用 ECN 配置信息 5 对报文进行 ECN 标记。

718, 该交换机获取网络状态信息 5。

该交换机是根据 ECN 配置信息 5 对报文进行 ECN 标记的。因此, 该网络状态信息 5 是在该交换机使用 ECN 配置信息 5 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

30 与网络状态信息 1 类似, 该网络状态信息 5 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 5 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如, 假设该交换机是在 t_5 时刻开始使用该 ECN 配置信息 5 对报文进行 ECN 标记, 那么该交换机可以统计在 t_5+T_5 时刻时的网络状态信息 (即网络状态信息 5)。从 t_5 时刻到 t_5+T_5 时刻, 该交换机一直是使用 ECN 配置信息 5 对报文进行 ECN 标记。 T_5 可以是一个预设值。在一些实施例中, T_5 的值可以等于 T_4 。在另一些实施例中, T_5 的值可以不等于 T_4 。

35 719, 该交换机确定交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息 4 和网络状态信息 5 确定该交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息 4 和网络状态信息 5 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式与根据网络状态信息 1 和网络状态信息 2 确定该交换机的拥塞程度是否

降低的具体实现方式类似，为了简洁在此就不再赘述。

若步骤 719 的确定结果为是（即该交换机的拥塞程度降低），则该交换机可以提高 ECN 配置信息 5 中的 ECN 门限下限，降低最大 ECN 标记概率，并且保持 ECN 门限上限不变。然后，该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记，并继续获取相应的网络状态信息，并根据网络状态信息和网络状态信息 5 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说，若步骤 719 的确定结果为是，则该交换机执行的步骤类似于步骤 716 至步骤 719，即该交换机根据 ECN 配置信息 5 确定 ECN 配置信息 5-1；使用 ECN 配置 5-1 对报文进行标记；获取网络状态信息 5-1；确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息 5 确定 ECN 配置信息 5-1 的确定方式与根据 ECN 配置信息 4 确定 ECN 配置信息 5 的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息 5 和网络状态信息 5-1 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息 4 和网络状态信息 5 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

若步骤 719 的确定结果为否（即该交换机的拥塞程度未降低），则该交换机可以提高 ECN 配置信息 5 中的 ECN 门限下限，并保持 ECN 门限上限和最大 ECN 标记概率不变。然后，该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记，并继续获取相应的网络状态信息，并根据网络状态信息和网络状态信息 5 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说，若步骤 719 的确定结果为否，则该交换机执行的步骤类似于步骤 712 至步骤 715，即该交换机根据 ECN 配置信息 5 确定 ECN 配置信息 5-2；使用 ECN 配置 5-2 对报文进行标记；获取网络状态信息 5-2；确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息 5 确定 ECN 配置信息 5-2 的确定方式与根据 ECN 配置信息 2 确定 ECN 配置信息 4 的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息 5 和网络状态信息 5-2 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息 2 和网络状态信息 4 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

720、该交换机根据网络配置信息 4 确定网络配置信息 6。

25 为了便于描述，ECN 配置信息 6 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_6} ，ECN 门限下限为 K_{min_6} ，最大 ECN 标记概率为 P_{max_6} 。

ECN 配置信息 4 与 ECN 配置信息 6 有如下关系： $K_{max_4}=K_{max_6}$ ， $K_{min_4}=K_{min_5}$ ， $P_{max_4}>P_{max_6}$ 。

30 换句话说，该交换机可以降低 ECN 配置信息 4 中的最大 ECN 标记概率，并且保持 ECN 门限下限和 ECN 门限上限不变。

721，该交换机使用 ECN 配置信息 6 对报文进行 ECN 标记。

722，该交换机获取网络状态信息 6。

该交换机是根据 ECN 配置信息 6 对报文进行 ECN 标记的。因此，该网络状态信息 6 是在该交换机使用 ECN 配置信息 6 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

35 与网络状态信息 1 类似，该网络状态信息 6 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 6 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如，假设该交换机是在 t_6 时刻开始使用该 ECN 配置信息 6 对报文进行 ECN 标记，那么该交换机可以统计在 t_6+T_6 时刻时的网络状态信息（即网络状态信息 6）。从 t_6 时刻到 t_6+T_6 时刻，该交换机一直是使用 ECN 配置信息 6 对报文进行 ECN 标记。 T_6 可以是一个预设值。在一些实施例中，

T6 的值可以等于 T4。在另一些实施例中，T6 的值可以不等于 T4。

723、该交换机确定交换机的拥塞程度是否降低。

该交换机可以根据网络状态信息 4 和网络状态信息 6 确定该交换机的拥塞程度是否降低。

- 5 该交换机可以根据网络状态信息 4 和网络状态信息 6 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式与根据网络状态信息 1 和网络状态信息 2 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式类似，为了简洁在此就不再赘述。

若步骤 723 的确定结果为是（即该交换机的拥塞程度降低），则该交换机可以降低 ECN 配置信息 6 中最大 ECN 标记概率，并且保持 ECN 门限下限和 ECN 门限上限不变。

- 10 然后，该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记，并继续获取相应的网络状态信息，并根据网络状态信息和网络状态信息 6 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说，若步骤 723 的确定结果为是，则该交换机执行的步骤类似于步骤 720 至步骤 723，即该交换机根据 ECN 配置信息 6 确定 ECN 配置信息 6-1；使用 ECN 配置 6-1 对报文进行标记；获取网络状态信息 6-1；确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息 6 确定 ECN 配置信息 6-1 的确定方式与根据 ECN 配置信息 4 确定 ECN 配置信息 6 的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息 6 和网络状态信息 6-1 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息 4 和网络状态信息 6 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

若步骤 723 的确定结果为否（即该交换机的拥塞程度未降低），则执行步骤 724。

- 20 724、该交换机根据 ECN 配置信息 6 确定 ECN 配置信息 7。

为了便于描述，ECN 配置信息 7 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_7} ，ECN 门限下限为 K_{min_7} ，最大 ECN 标记概率为 P_{max_7} 。

ECN 配置信息 6 与 ECN 配置信息 7 有如下关系： $K_{max_6} > K_{max_7}$ ， $K_{min_6} = K_{min_7}$ ， $P_{max_6} = P_{max_7}$ 。

- 25 换句话说，该交换机可以降低 ECN 配置信息 6 中的 ECN 门限上限，并且保持 ECN 门限下限和最大 ECN 标记概率不变。

725、该交换机使用 ECN 配置信息 7 对报文进行 ECN 标记。

726、该交换机获取网络状态信息 7。

- 30 该交换机是根据 ECN 配置信息 7 对报文进行 ECN 标记的。因此，该网络状态信息 7 是在该交换机使用 ECN 配置信息 7 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

与网络状态信息 1 类似，该网络状态信息 7 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 7 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如，假设该交换机是在 t_7 时刻开始使用该 ECN 配置信息 7 对报文进行 ECN 标记，那么该交换机可以统计在 $t_7 + T_7$ 时刻时的网络状态信息（即网络状态信息 7）。从 t_7 时刻到 $t_7 + T_7$ 时刻，该交换机一直是使用 ECN 配置信息 7 对报文进行 ECN 标记。T7 可以是一个预设值。在一些实施例中，T6 的值可以等于 T7。在另一些实施例中，T6 的值可以不等于 T7。

727、该交换机确定交换机的拥塞程度是否提升。

该交换机可以根据网络状态信息 6 和网络状态信息 7 确定该交换机的拥塞程度是否提升。

该交换机可以根据网络状态信息 6 和网络状态信息 7 确定该交换机的拥塞程度是否提升的具体实现方式与根据网络状态信息 1 和网络状态信息 2 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式类似,为了简洁在此就不再赘述。

若步骤 727 的确定结果为否(即该交换机的拥塞程度未提升),则该交换机可以降低 ECN 配置信息 7 中的 ECN 门限上限,并且保持 ECN 门限下限和最大 ECN 标记概率不变。然后,该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记,并继续获取相应的网络状态信息,并根据网络状态信息和网络状态信息 7 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说,若步骤 727 的确定结果为否,则该交换机执行的步骤类似于步骤 724 至步骤 727,即该交换机根据 ECN 配置信息 7 确定 ECN 配置信息 7-1;使用 ECN 配置 7-1 对报文进行标记;获取网络状态信息 7-1;确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息 7 确定 ECN 配置信息 7-1 的确定方式与根据 ECN 配置信息 6 确定 ECN 配置信息 7 的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息 7 和网络状态信息 7-1 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息 6 和网络状态信息 7 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

若步骤 727 的确定结果为是(即该交换机的拥塞程度提升),则执行步骤 728。

728,该交换机根据 ECN 配置信息 7 确定 ECN 配置信息 8。

为了便于描述,ECN 配置信息 8 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_8} ,ECN 门限下限为 K_{min_8} ,最大 ECN 标记概率为 P_{max_8} 。

ECN 配置信息 7 与 ECN 配置信息 8 有如下关系: $K_{max_7}=K_{max_8}$, $K_{min_7}>K_{min_8}$, $P_{max_7}=P_{max_8}$ 。

换句话说,该交换机可以降低 ECN 配置信息 7 中的 ECN 门限下限,并且保持 ECN 门限上限和最大 ECN 标记概率不变。

729,该交换机使用 ECN 配置信息 8 对报文进行 ECN 标记。

730,该交换机获取网络状态信息 8。

该交换机是根据 ECN 配置信息 8 对报文进行 ECN 标记的。因此,该网络状态信息 8 是在该交换机使用 ECN 配置信息 8 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

与网络状态信息 1 类似,该网络状态信息 8 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 8 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如,假设该交换机是在 t_8 时刻开始使用该 ECN 配置信息 8 对报文进行 ECN 标记,那么该交换机可以统计在 t_8+T_8 时刻时的网络状态信息(即网络状态信息 8)。从 t_8 时刻到 t_8+T_8 时刻,该交换机一直是使用 ECN 配置信息 8 对报文进行 ECN 标记。 T_8 可以是一个预设值。在一些实施例中, T_8 的值可以等于 T_7 。在另一些实施例中, T_8 的值可以不等于 T_7 。

731、该交换机确定交换机的拥塞程度是否提升。

该交换机可以根据网络状态信息 7 和网络状态信息 8 确定该交换机的拥塞程度是否提升。

该交换机可以根据网络状态信息 7 和网络状态信息 8 确定该交换机的拥塞程度是否提升的具体实现方式与根据网络状态信息 1 和网络状态信息 2 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式类似,为了简洁在此就不再赘述。

若步骤 731 的确定结果为否(即该交换机的拥塞程度未提升),则该交换机可以降低

ECN 配置信息 8 中的 ECN 门限下限, 并且保持 ECN 门限上限和最大 ECN 标记概率不变。然后, 该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记, 并继续获取相应的网络状态信息, 并根据网络状态信息和网络状态信息 8 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说, 若步骤 731 的确定结果是否为, 则该交换机执行的步骤类似于步骤 728 至步骤 731, 即该交换机根据 ECN 配置信息 8 确定 ECN 配置信息 8-1; 使用 ECN 配置 8-1 对报文进行标记; 获取网络状态信息 8-1; 确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息 8 确定 ECN 配置信息 8-1 的确定方式与根据 ECN 配置信息 7 确定 ECN 配置信息 8 的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息 8 和网络状态信息 8-1 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息 7 和网络状态信息 8 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

若步骤 731 的确定结果为是 (即该交换机的拥塞程度提升), 则执行步骤 732。

732, 该交换机根据 ECN 配置信息 8 确定 ECN 配置信息 9。

为了便于描述, ECN 配置信息 9 中的 ECN 门限上限可以标记为 K_{max_9} , ECN 门限下限为 K_{min_9} , 最大 ECN 标记概率为 P_{max_9} 。

ECN 配置信息 8 与 ECN 配置信息 9 有如下关系: $K_{max_8}=K_{max_9}$, $K_{min_8}=K_{min_9}$, $P_{max_8}<P_{max_9}$ 。

换句话说, 该交换机可以提高 ECN 配置信息 8 中的最大 ECN 标记概率, 并且保持 ECN 门限上限和 ECN 门限下限。

733, 该交换机使用 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记。

734, 该交换机获取网络状态信息 9。

该交换机是根据 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记的。因此, 该网络状态信息 9 是在该交换机使用 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记的情况下采集的。

与网络状态信息 1 类似, 该网络状态信息 9 可以是该交换机在开始使用 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记之后的一个特定时间长度后统计的。例如, 假设该交换机是在 t_9 时刻开始使用该 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记, 那么该交换机可以统计在 t_9+T_9 时刻时的网络状态信息 (即网络状态信息 9)。从 t_9 时刻到 t_9+T_9 时刻, 该交换机一直是使用 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记。 T_9 可以是一个预设值。在一些实施例中, T_8 的值可以等于 T_9 。在另一些实施例中, T_8 的值可以不等于 T_9 。

735, 该交换机确定交换机的拥塞程度是否提升。

该交换机可以根据网络状态信息 8 和网络状态信息 9 确定该交换机的拥塞程度是否提升。

该交换机可以根据网络状态信息 8 和网络状态信息 9 确定该交换机的拥塞程度是否提升的具体实现方式与根据网络状态信息 1 和网络状态信息 2 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体实现方式类似, 为了简洁在此就不再赘述。

若步骤 735 的确定结果为否 (即该交换机的拥塞程度未提升), 则该交换机可以提高 ECN 配置信息 9 中的最大 ECN 标记概率, 并且保持 ECN 门限上限和 ECN 门限下限。然后, 该交换机可以是用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记, 并继续获取相应的网络状态信息, 并根据网络状态信息和网络状态信息 9 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说, 若步骤 735 的确定结果为否, 则该交换机执行的步骤类似于步骤 732 至步

步骤 735, 即该交换机根据 ECN 配置信息 9 确定 ECN 配置信息 9-1; 使用 ECN 配置 9-1 对报文进行标记; 获取网络状态信息 9-1; 确定该交换机的拥塞程度是否降低。该交换机根据 ECN 配置信息 9 确定 ECN 配置信息 9-1 的确定方式与根据 ECN 配置信息 8 确定 ECN 配置信息 9 的确定方式相同。该交换机根据网络状态信息 9 和网络状态信息 9-1 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式与该交换机根据网络状态信息 8 和网络状态信息 9 确定该交换机的拥塞程度是否降低的具体确定方式相同。

若步骤 735 的确定结果为是 (即该交换机的拥塞程度提升), 则可以确定网络状态信息 9 中的 ECN 标记数是否小于该预设阈值。若网络状态信息 9 中的 ECN 标记数小于该预设阈值, 则该交换机可以继续使用 ECN 配置信息 9 对报文进行 ECN 标记。若网络状态信息 9 中的 ECN 标记大于或等于该预设阈值, 则该交换机可以提高 ECN 配置信息 9 中的 ECN 门限上行, 并保持 ECN 门限下限和最大 ECN 标记概率不变。然后, 该交换机可以用调整后的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记, 并继续获取相应的网络状态信息, 并根据网络状态信息和网络状态信息 9 确定该交换机的拥塞程度是否降低。换句话说, 若步骤 735 的确定结果为是, 则该交换机执行的步骤类似于步骤 703。该交换机可以参照步骤 703, 继续确定 ECN 配置信息。

通过上述步骤, 该交换机确定的 ECN 配置信息可以最终收敛于 ECN 配置信息 9, ECN 配置信息调整流程结束。若该 ECN 配置信息未收敛于 ECN 配置信息 9, 则该交换机可以重复图 7 所示的方法, 直到 ECN 配置信息最终收敛, ECN 配置信息调整流程结束。换句话说, 在此情况下步骤 701 中的 ECN 配置信息为上一轮调整过程中得到的 ECN 配置信息 9。

若步骤 701 是第一次被执行, 即步骤 701 中的 ECN 配置信息不是上一轮调整过程中得到的 ECN 配置信息 9, 则该 ECN 配置信息 1 可以称为初始 ECN 配置信息。该初始 ECN 配置信息可以是一个预设值。

在图 7 所示的流程中, ECN 配置信息中的 ECN 门限上限被多次提高。例如, 步骤 704 中, 该交换机通过提高 ECN 配置信息 1 中的 ECN 门限上限得到 ECN 配置信息 2; 步骤 708 中, 该交换机在得到 ECN 配置信息 3 的过程中也提高了 ECN 配置信息 2 中的 ECN 门限上限。为了便于描述, 以下假设 $K_{\max_1}$, $K_{\max_2}$ 和 $K_{\max_3}$ 有如下关系:

$$K_{\max_2} = K_{\max_1} + \Delta_{12},$$

$$K_{\max_3} = K_{\max_2} + \Delta_{23}.$$

换句话说, ECN 配置信息 1 中的 ECN 门限上限提高了 Δ_{12} 后得到 ECN 配置信息 2 中的 ECN 门限上限, ECN 配置信息 2 中的 ECN 门限上限提高 Δ_{23} 后得到 ECN 配置信息 3 中的 ECN 门限上限, Δ_{12} 与 Δ_{23} 为大于 0 的数。

可选的, 在一些实施例中, ECN 门限上限是按照预设值提升的, 且每次提升的幅度都是相同的。换句话说, Δ_{12} 等于 Δ_{23} 。

可选的, 在另一些实施例中, ECN 门限上行是按照预设值提升的, 且每次提升的幅度可以不同。换句话说, Δ_{12} 不等于 Δ_{23} 。

可选的, 在另一些实施例中, ECN 门限上行是按照预设比例提升的, 且每次提升的比例都是相同的。例如, $\Delta_{12} = K_{\max_1} \times k\%$, $\Delta_{23} = K_{\max_2} \times k\%$, k 为大于 0 的数。

可选的, 在另一些实施例中, ECN 门限上行是按照预设比例提升的, 且每次提升的

比例都不相同。例如， $\Delta_{12}=Kmax_1 \times k_1\%$ ， $\Delta_{23}=Kmax_2 \times k_2\%$ ， k_1 与 k_2 为大于0的数，且 k_1 不等于 k_2 。

类似的，在图7所示的流程中ECN配置信息的ECN门限上限也被多次降低，该ECN门限上限每次降低的方式与ECN门限上限增加的方式可以是类似的。例如，每次下降的幅度都相同，或者，每次下降的幅度都不同，或者，每次下降的比例都相同，或者，每次下降的比例都不同。

该参考ECN配置信息是最终收敛的ECN配置信息。例如，若ECN配置信息收敛于ECN配置信息9，则ECN配置信息9是该参考ECN配置信息。

可以理解的是，在根据该网络状态信息确定该参考配置信息的过程中，该交换机可以使用启发式学习流程中确定的ECN配置信息对报文进行标记。

如上所述，该交换机可以将该网络状态信息和该参考ECN配置信息发送至网络分析设备，以便于该网络分析设备确定模型更新信息。

在利用图7的启发式学习流程的情况下，该交换机可以将启发式学习流程中确定的网络状态信息和对应的ECN配置信息发送至该网络分析设备。例如，假设在利用图7所示的方法的过程中，该交换机可以确定ECN配置信息1，ECN配置信息2，ECN配置信息4，ECN配置信息6，ECN配置信息7，ECN配置信息8和ECN配置信息9（假设最终启发式学习流程最终收敛于ECN配置信息9），则该交换机可以将如表1所示的ECN配置信息和网络状态信息发送至该网络分析设备。

表 1

ECN 配置信息 1	网络状态信息 1
ECN 配置信息 2	网络状态信息 2
ECN 配置信息 4	网络状态信息 4
ECN 配置信息 6	网络状态信息 6
ECN 配置信息 7	网络状态信息 7
ECN 配置信息 8	网络状态信息 8
ECN 配置信息 9	网络状态信息 9

下面将结合图8对网络分析设备如何根据来自于交换机的ECN配置信息和网络状态信息确定模型更新信息。

图8是根据本申请实施例提供的更新模型的方法的示意性流程图。

801，网络分析设备接收来自于交换机的P个网络状态信息和P个ECN配置信息。

可选的，在一些实施例中，对于图2或图3所示的数据中心网络，该网络分析设备可以部署在与服务器相连的交换机的上一层交换机中的一个交换机内。换句话说，对于图2所示的数据中心网络，该网络分析设备可以部署在汇聚层的交换机中。对于图3所示的数据中心网络，该网络分析设备可以部署在脊柱层的交换机中。对于图4所示的数据中心网络，该网络分析设备可以部署在其中一个交换机中。

可选的，在另一些实施例中，该网络分析设备可以是一个独立的设备，该设备与多个交换机相连，该多个交换机是与服务器相连的交换机。

可选的，在另一些实施例中，该网络分析设备可以部署在多个与服务器相连的交换机中的一个交换机内。

该 P 个网络状态信息与 P 个 ECN 配置信息一一对应，P 为大于或等于 2 的正整数。网络状态信息与 ECN 配置信息对应是指网络状态信息是在交换机使用对应的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记的过程中获取的。例如，该 P 个网络状态信息中的第 p 个网络状态信息是在交换机使用该 P 个 ECN 配置信息中的第 p 个 ECN 配置信息对报文进行标记的过程中获取的， $p=1, \dots, P$ 。

802，该网络分析设备根据该 P 个网络状态信息和 P 个 ECN 配置信息，确定用于更新 ECN 调优模型的模型更新信息。

803，该网络分析设备向该交换机发送该模型更新信息。

为了便于描述，以下将更新前的 ECN 调优模型称为第一 ECN 调优模型，将更新后的调优模型称为第二 ECN 调优模型。

可选的，在一些实施例，该模型更新信息可以是第二 ECN 调优模型的参数。换句话说，该网络分析设备在确定了更新后的 ECN 调优模型（即该第二 ECN 调优模型）后，直接将该第二 ECN 调优模型发送至该交换机。在此情况下，该交换机可以直接使用该模型更新信息作为 ECN 调优模型的参数。上述技术方案由于该交换机可以直接将该模型更新信息作为该 ECN 调优模型的参数，可以减低交换机的负担，并且可以快速将 ECN 调优模型到第二 ECN 调优模型。

可选的，在另一些实施例，该模型更新信息可以是第二 ECN 调优模型中与第一 ECN 调优模型不同的参数。换句话说，该网络分析设备在确定了该第二 ECN 调优模型后，确定第二 ECN 调优模型中的与第一 ECN 调优模型不同的参数，并将这些不同的参数发送至该交换机。在此情况下，该交换机可以根据该模型更新信息中的参数，更新该第一 ECN 调优模型，得到该第二 ECN 调优模型。这样，可以减少该网络分析设备向该交换机发送的信息的大小，降低网络负担。

可选的，在另一些实施例，该模型更新信息可以直接根据该 P 个 ECN 配置信息和该 P 个网络状态信息确定。换句话说，该网络分析设备可以不需要先确定该第二 ECN 调优模型，而直接根据该 P 个 ECN 配置信息和该 P 个网络状态信息确定该模型更新信息。

ECN 调优模型是采用机器学习的方式确定的。更具体地，ECN 调优模型是采用监督学习（supervised learning）的方式确定的。用于监督学习的训练数据可以包括多个训练参数组，该多个训练参数组中的每个训练参数组由[参数，标签]组成。用于训练该 ECN 调优模型的训练参数组中的参数可以是网络状态信息，对应的标签是与该网络状态信息对应的 ECN 配置信息。

用于确定该 ECN 调优模型和/或该模型更新信息的机器学习算法可以是决策树（decision tree, DT）、随机森林（random forest, RF）、逻辑回归（logistic regression, LR）、支持向量机（support vector machine, SVM）、卷积神经网络（convolutional neural network, CNN）、循环神经网络（recurrent neural network, RNN）等中的任一个。

为了便于描述，以下假设该第一 ECN 调优模型是根据第一训练参数组集合确定的。该第一训练参数组集合包括 K 个训练参数组。该 K 个训练参数组中的每个训练参数组包括一个作为参数的网络状态信息和一个作为参数的 ECN 配置信息，该 ECN 配置信息与该网络状态信息对应。

可选的，在一些实施例，该网络分析设备可以不对该 P 个网络状态信息和该 P 个

ECN 配置信息进行处理, 直接使用该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息作为训练参数组, 确定该模型更新信息。

可选的, 在一些实施例, 该交换机可以确定该 P 个网络状态信息和 P 个 ECN 配置信息中的每一个网络状态信息和对应的 ECN 配置信息作为一组训练参数。换句话说, 该 P 个网络状态信息和 P 个 ECN 配置信息共组成 P 个训练参数组。该交换机可以将确定的 P 个训练参数组发送至该网络分析设备。换句话说, 标签的标记工作可以是由该交换机实现的。该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息是通过 P 个训练参数组的方式发送至该交换机的。

可选的, 在另一些实施例, 该标签标记工作可以由该网络分析设备实现。换句话说, 该交换机可以直接将该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息发送至该网络分析设备。该网络分析设备自行确定该 P 个网络状态信息和 P 个 ECN 配置信息中的每一个网络状态信息和对应的 ECN 配置信息作为一组训练参数。

可选的, 在另一些实施例, 该网络分析设备可以根据该 P 个 ECN 配置信息, 确定 Q 个 ECN 配置信息组, 该 Q 个 ECN 配置信息组中的第 q 个 ECN 配置信息组包括该 P 个 ECN 配置信息中的 N_q 个 ECN 配置信息, N_q 个 ECN 配置信息对应的采样时刻是连续的, 所述 N_q 个 ECN 配置信息收敛于 ECN 配置信息 q, $q=1, \dots, Q$, N_q 为大于或等于 2 的正整数, $N_1, \dots, N_Q$ 的和为 P。

ECN 配置信息对应的采样时刻是指与该 ECN 配置信息对应的网络状态信息获取的时刻。例如图 7 所示的学习流程中, 与 ECN 配置信息对应的采样时刻是 t_1+T_1 , 与 ECN 配置信息 2 对应的某时刻是 t_2+T_2 , 以此类推。

如图 7 所示的启发式学习流程中, ECN 配置信息需要经过多次调整才能达到收敛。该交换机的网络状态在一定时间内的行为模式也较为稳定, 因此在一定时间内, 该交换机都可以采用启发式学习流程中收敛的 ECN 配置信息进行 ECN 标记。但是, 若该交换机的网络状态发生变化, 则该交换机可能需要重新进行启发式学习流程, ECN 配置信息可能会收敛到另一个结果。

图 9 示出了四个启发式学习流程的收敛过程示意图。如图 9 所示, 四个启发式学习流程中的第一个启发式学习流程最终收敛于 ECN 配置信息 a, 第二个启发式学习流程最终能收敛于 ECN 配置信息 b, 第三个启发式学习流程最终收敛于 ECN 配置信息 c, 第四个启发式学习流程最终收敛于 ECN 配置信息 d。

该网络分析设备可以通过确定如图 9 所示的切换时刻的方式, 确定该 Q 个 ECN 配置信息组。

该 P 个 ECN 配置信息与 P 个连续的采样时刻一一对应。本申请实施例中所称的 P 个连续的采样时刻, N_q 个 ECN 配置信息对应的采样时刻是连续的以及连续的两个采样时刻, 是指两个或更多的采样时刻在时间上是具有先后关系的。以 P 个连续的采样时刻为例, P 个连续的采样时刻中的第 p' 个采样时刻位于第 $p'-1$ 个采样时刻之后, 且位于第 $p'+1$ 个采样时刻之前, 其中 p' 是大于或等于 2 且小于或等于 P-1 的任一个正整数。

该网络分析设备可以根据该 P 个 ECN 配置信息中的两个 ECN 配置信息, 确定两个连续的采样时刻中的第二个采样时刻是否为切换时刻, 其中该两个 ECN 配置信息中的第一个 ECN 配置信息对应于所述两个连续的采样时刻中的第一个采样时刻, 第二个 ECN 配置

信息对应于该第二个采样时刻。若该第二个采样时刻不为该切换时刻，则该两个 ECN 配置信息属于同一个 ECN 配置信息组；若该第二个采样时刻为该切换时刻，则该两个 ECN 配置信息分别属于两个 ECN 配置信息组。

可选的，在一些实施例中，该网络分析设备根据该 P 个 ECN 配置信息中的两个 ECN 配置信息，确定两个连续的采样时刻中的第二个采样时刻是否为切换时刻，包括：

若 $|\text{Param}(t) - \text{Param}(t-1)| \times \text{Sign}(t-t_0-T) \geq \text{mean}(\text{Param_S}) + e \times \text{std}(\text{Param_S})$ ，
则第二个采样时刻为所述切换时刻，

否则，第二个采样时刻不为该切换时刻，

其中 T 为预设时长，Param(t) 表示该第一个 ECN 配置信息，Param(t-1) 该第二个 ECN 配置信息， t_0 表示上一个切换时刻（初始化为 0），Param_S 表示从该上一个切换时刻到该第二个采样时刻的 ECN 配置信息的序列，Sign 表示符号函数，mean 表示均值函数，std 表示标准差函数，e 表示尺度因子。尺度因子的取值可以为 1.5 或者 2 或者 3。

可选的，在另一些实施例中，该网络分析设备可以确定两个 ECN 配置信息的差异是否超出预设范围，若超出预设范围，则可以确定第二个采样时刻为该切换时刻，若未超出该预设范围，则可以确定第二个采样时刻不为该切换时刻。

例如，假设第一个 ECN 配置信息中的 ECN 门限上限、ECN 门限下限，和最大 ECN 标记概率分别为 Kmax_a, Kmin_a, Pmax_a，第二个 ECN 配置信息中的 ECN 门限上限、ECN 门限下限，和最大 ECN 标记概率分别为 Kmax_b, Kmin_b, Pmax_b。

若 Kmax_a 与 Kmax_b 的差的绝对值大于预设阈值 a，Kmin_a 与 Kmin_b 的差的绝对值大于预设阈值 b，Pmax_a 与 Pmax_b 的差的绝对值大于预设阈值 c，则可以取 U 的低谷第二个采样时刻为该切换时刻，否则确定该第二个采样时刻不为该切换时刻。

上述确定切换时刻的过程可以称为样本数据时间切片。通过样本数据时间切片，该网络分析设备可以得到该 Q 个 ECN 配置信息组。该 Q 个 ECN 配置信息组中的每个 ECN 配置信息组包括属于同一个启发式学习流程中网络状态信息。换句话说，该 Q 个 ECN 配置信息组分别对应于 Q 个启发式学习流程。

例如，假设表 1 所示的 7 个网络状态信息是属于如图 9 所示的第一个启发式学习流程。那么，与第一个启发式学习流程对应的 ECN 配置信息组中包括如表 1 所示的 7 个网络状态信息。此外，如上所述，表 1 对应的启发式学习流程最终收敛于 ECN 配置信息 9。因此，该 ECN 配置信息组中包括的 ECN 配置信息为 ECN 配置信息 9。换句话说，图 9 所示的 ECN 配置信息 a 为 ECN 配置信息 9。

启发式学习流程中达到收敛之前的过程可以称为搜索过程。通过上述技术方案，该网络分析设备可以将搜索过程中的网络状态信息对应的 ECN 配置信息替换为最终收敛的 ECN 配置信息。与搜索过程中的 ECN 配置信息相比，收敛的 ECN 配置信息更适合当前场景。因此，将收敛的 ECN 配置信息作为标签，可以使得提高训练参数组的质量。上述将搜索过程中的网络状态信息的标签从与网络状态信息对应的 ECN 配置信息更新为收敛的 ECN 配置信息的过程可以称为样本数据标签修正。

还以表 1 所示的网络状态信息和 ECN 配置信息为例。如上所示，表 1 所示的 ECN 配置信息最终收敛于 ECN 配置信息 9。因此，通过样本数据标签修正后得到的训练参数组如表 2 所示。

表 2

ECN 配置信息 1	网络状态信息 9
ECN 配置信息 2	网络状态信息 9
ECN 配置信息 4	网络状态信息 9
ECN 配置信息 6	网络状态信息 9
ECN 配置信息 7	网络状态信息 9
ECN 配置信息 8	网络状态信息 9
ECN 配置信息 9	网络状态信息 9

如表 2 所示的每一行表示一个训练参数组。表 2 共示出了 7 个训练参数组，这 7 个训练参数组的标签均为网络状态信息 9。

在对样本数据标签修正后，该网络分析设备还可以存储修正后的训练参数组，并根据修正后的训练参数组确定该模型更新信息。

可以理解的是，图 8 至只示出了网络分析设备根据来自于一个交换机的网络状态信息和 ECN 配置信息更新 ECN 调优模型的过程。在一些实现方式中，网络分析设备可以接收来自于多个交换机的网络状态信息和 ECN 配置信息，并根据多个交换机的网络状态信息和 ECN 配置信息，确定模型更新信息。

图 10 是根据本申请实施例提供的处理网络拥塞的方法的示意性流程图。

1001，交换机获取网络状态信息。

1002，该交换机根据该网络状态信息和 ECN 调优模型，确定与推荐 ECN 配置信息对应的参考概率。

1003，该交换机确定该推荐 ECN 配置信息是否可用。

若推荐 ECN 配置信息可用，则执行步骤 1004。

若推荐 ECN 配置信息不可用，则执行步骤 1005。

1004，该交换机使用该推荐 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记。

在执行了步骤 1004 后，该交换机继续执行 1001，进入下一周期迭代。

1005，该交换机根据启发式学习流程，确定目标 ECN 配置信息。

1006，该交换机使用目标 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记。

在执行了步骤 1006 后，该交换机继续执行 1001，进入下一周期迭代。

此外，该交换机在进行启发式学习流程过程中还可以执行以下步骤：

1007，该交换机收集启发式学习流程过程中获取的网络状态信息。

1008，该交换机使用 ECN 配置信息对对应的网络状态信息进行标记，得到至少一个训练参数组。

1009，该交换机将该至少一个训练参数组发送至网络分析设备。

该网络分析设备在接收到该至少一个训练参数组后可以执行以下步骤：

1010，该网络分析设备汇聚多个交换机发送的训练参数组。

1011，该网络分析设备进行样本数据时间切片。

1012，该网络分析设备进行样本数据标签修正。

1013，该网络分析设备存储修正后的训练参数组。

1014，该网络分析设备进行 ECN 调优模型更新训练，得到模型更新信息。

1015, 该网络分析设备将该模型更新信息发送至该交换机。相应的, 该交换机接收来自于该网络分析设备的模型更新信息。该交换机使用该模型更新信息, 更新该 ECN 调优模型。在下一周期的迭代过程中, 该交换机根据更新后的 ECN 调优模型, 确定推荐 ECN 配置信息和参考概率。

5 图 10 中各个步骤的具体实现方式可以参见图 6 至图 8 的方法, 为了简洁, 在此就不再赘述。

图 5 至图 10 是以支持 ECN 技术的交换机为例对本申请的技术方案进行描述的, 可以理解的是本申请实施例的技术方案可以应用于能够利用 ECN 技术进行流控的其他类型的网络设备, 例如服务器等。

10 图 11 是根据本申请实施例提供的一种电子装置示意性结构框图。如图 11 所示, 电子装置 1120 包括处理单元 1101 和收发单元 1102。电子装置 1120 可以执行图 6 或图 7 所示的方法、图 8 或图 10 所示方法中的交换机执行的各个步骤。电子装置 1120 可以为网络设备(例如交换机), 也可以是芯片。

处理单元 1101, 用于获取网络状态信息。

15 处理单元 1101, 还用于根据该网络状态信息和显式拥塞通知 ECN 调优模型, 确定与推荐 ECN 配置信息对应的参考概率。

处理单元 1101, 还用于根据该参考概率, 确定目的 ECN 配置信息。

处理单元 1101, 还用于使用该目的 ECN 配置信息对报文进行 ECN 标记。

收发单元 1102, 用于发送该报文。

20 可选的, 处理单元 1101, 具体用于根据该参考概率, 确定该推荐 ECN 配置信息是否可信; 若该推荐 ECN 配置信息可信, 则确定该推荐 ECN 配置信息为该目的 ECN 配置信息; 若该推荐 ECN 配置信息不可信, 则确定参考 ECN 配置信息为该目的 ECN 配置信息。

可选的, 处理单元 1101, 还用于根据该网络状态信息, 确定该参考 ECN 配置信息。

25 可选的, 收发单元 1102, 还用于向网络分析设备发送该网络状态信息和该参考 ECN 配置信息; 接收来自于该网络分析设备的模型更新信息; 处理单元 1101, 还用于根据该模型更新信息, 更新该 ECN 调优模型。

可选的, 该参考概率包括 M 个概率值, M 为大于或等于 2 的正整数, 处理单元 1101, 具体用于确定该 M 个概率值中的目标概率值是否大于第一预设阈值, 其中该目标概率值为该 M 个概率值中的最大值; 若该目标概率值大于或等于该第一预设阈值, 则确定该推荐 ECN 配置信息可信; 若该目标概率值小于该第一预设阈值, 则确定该推荐 ECN 配置信息不可信。

30 可选的, 该参考功率包括 M 个概率值, 处理单元 1101, 具体用于确定该 M 个概率值中的最大 N 个概率值的波动系数是否大于第二预设阈值, N 为大于或等于 2 且小于 M 的正整数, M 为大于 N 的正整数; 若该 N 个概率值的波动系数大于或等于该第二预设阈值, 则确定该推荐 ECN 配置信息可信; 若该 N 个概率值的波动系数小于该第二预设阈值, 则确定该推荐 ECN 配置信息不可信, 其中该 N 个概率值的波动系数根据以下公式确定:

$$P_N = \frac{\text{std}(P_{\text{top}N})}{\text{mean}(P_{\text{top}N})},$$

其中, P_N 表示该 N 个概率值的波动系数, $P_{\text{top}N}$ 表示该 N 个概率值, mean 表示均值函

数, std 表示标准差函数。

可选的, 该网络状态信息包括网络流量信息和网络拥塞信息, 该网络流量信息用于指示该电子装置的流量, 该网络拥塞信息用于指示该电子装置的拥塞状况。

若电子装置 1120 是网络设备, 则收发单元 1102 可以是该网络设备的收发单元, 处理单元 1101 可以是该网络设备的处理单元。收发单元 1102 也可以称为收发器、收发机、收发装置等。处理单元 1101 也可以称为处理器, 处理单板, 处理模块、处理装置等。可选地, 可以将收发单元 1102 中用于实现接收功能的器件视为接收单元, 将收发单元 1102 中用于实现发送功能的器件视为发送单元, 即收发单元 1102 包括接收单元和发送单元。收发单元有时也可以称为收发机、收发器、或收发电路等。接收单元有时也可以称为接收机、接收器、或接收电路等。发送单元有时也可以称为发射机、发射器或者发射电路等。

若电子装置 1120 为芯片, 则收发单元 1102 可以是输入输出电路或通信接口, 处理单元 1101 可以是该芯片上集成的处理器或者集成电路。

应理解, 图 9 仅为示例而非限定, 上述包括收发单元 1101 和处理单元 1102 的网络设备可以不依赖于图 9 所示的结构。

收发单元 1102 和处理单元 1101 的具体功能可以参考图 6 至图 8 所示的方法。

图 12 是根据本申请实施例提供另一种电子装置的示意性结构框图。如图 10 所示, 电子装置 1200 包括处理单元 1201 和收发单元 1202。电子装置 1200 可以执行图 7 所示方法中的第二交换机执行的各个步骤。电子装置 1200 可以为网络设备 (例如交换机), 也可以是芯片。

收发单元 1202, 用于接收来自于网络设备的 P 个网络状态信息和 P 个 ECN 配置信息, 该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息一一对应, P 为大于或等于 2 的正整数。

处理单元 1201, 用于根据该 P 个网络状态信息和该 P 个 ECN 配置信息, 确定用于更新 ECN 调优模型的模型更新信息。

收发单元 1202, 还用于向该网络设备发送该模型更新信息。

可选的, 处理单元 1201, 具体用于根据该 P 个 ECN 配置信息, 确定 Q 个 ECN 配置信息组, 其中, 该 Q 个 ECN 配置信息组中的第 q 个 ECN 配置信息组包括该 P 个 ECN 配置信息中的 N_q 个 ECN 配置信息, 该 N_q 个 ECN 配置信息对应的采样时刻是连续的, 该 N_q 个 ECN 配置信息收敛于 ECN 配置信息 q , $q=1, \dots, Q$, N_q 为大于或等于 2 的正整数, $N_1, \dots, N_Q$ 的和为 P ; 确定 Q 个训练参数组, 该 Q 个训练参数组中的第 q 个训练参数组包括 N_q 个网络状态信息和该 ECN 配置信息 q , 该 N_q 个网络状态信息与该 N_q 个 ECN 配置信息一一对应; 根据该 Q 个训练参数组, 确定该模型更新信息。

可选的, 该 P 个 ECN 配置信息与 P 个连续的采样时刻一一对应, 处理单元 1201, 具体用于根据该 P 个 ECN 配置信息中的两个 ECN 配置信息, 确定两个连续的采样时刻中的第二个采样时刻是否为切换时刻, 其中该两个 ECN 配置信息中的第一个 ECN 配置信息对应于该两个连续的采样时刻中的第一个采样时刻, 第二个 ECN 配置信息对应于该第二个采样时刻; 若该第二个采样时刻不为该切换时刻, 则该两个 ECN 配置信息属于同一个 ECN 配置信息组; 若该第二个采样时刻为该切换时刻, 则该两个 ECN 配置信息分别属于两个 ECN 配置信息组。

可选的, 处理单元 1201, 具体用于若

5 $|\text{Param}(t) - \text{Param}(t-1)| \times \text{Sign}(t-t_0-T) \geq \text{mean}(\text{Param_S}) + e \times \text{std}(\text{Param_S})$, 则该第二个采样时刻为该切换时刻, 否则, 该第二个采样时刻不为该切换时刻, 其中 T 为预设时长, $\text{Param}(t)$ 表示该第一个 ECN 配置信息, $\text{Param}(t-1)$ 该第二个 ECN 配置信息, t_0 表示上一个切换时刻, Param_S 表示从该上一个切换时刻到该第二个采样时刻的 ECN 配置信息的序列, Sign 表示符号函数, mean 表示均值函数, std 表示标准差函数, e 表示尺度因子。

10 若电子装置 1200 是网络分析设备, 则收发单元 1202 可以是该网络分析设备的收发单元, 处理单元 1201 可以是该网络分析设备的处理单元。收发单元 1202 也可以称为收发器、收发机、收发装置等。处理单元 1201 也可以称为处理器, 处理单板, 处理模块、处理装置等。可选地, 可以将收发单元 1202 中用于实现接收功能的器件视为接收单元, 将收发单元 1202 中用于实现发送功能的器件视为发送单元, 即收发单元 1202 包括接收单元和发送单元。收发单元有时也可以称为收发机、收发器、或收发电路等。接收单元有时也可以称为接收机、接收器、或接收电路等。发送单元有时也可以称为发射机、发射器或者发射电路等。

15 若电子装置 1200 为芯片, 则收发单元 1202 可以是输入输出电路或通信接口, 处理单元 1201 可以是该芯片上集成的处理器或者集成电路。

应理解, 图 10 仅为示例而非限定, 上述包括收发单元 1201 和处理单元 1202 的网络分析设备可以不依赖于图 10 所示的结构。

收发单元 1202 和处理单元 1201 的具体功能可以参考图 7 所示的方法。

20 本申请实施例还提供了一种处理装置, 包括处理器和接口。所述处理器可用于执行上述方法实施例中的方法。

应理解, 上述处理装置可以是一个芯片。例如, 该处理装置可以是现场可编程门阵列 (field programmable gate array, FPGA), 可以是专用集成电路 (application specific integrated circuit, ASIC), 还可以是系统芯片 (system on chip, SoC), 还可以是中央处理器 (central processor unit, CPU), 还可以是网络处理器 (network processor, NP), 还可以是数字信号处理电路 (digital signal processor, DSP), 还可以是微控制器 (micro controller unit, MCU), 还可以是可编程控制器 (programmable logic device, PLD)、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, 或其他集成芯片。

30 在实现过程中, 上述方法的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令或程序代码完成。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成, 或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器, 闪存、只读存储器, 可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器, 处理器读取存储器中的信息, 结合其硬件完成上述方法的步骤。为避免重复, 这里不再详细描述。

35 应注意, 本申请实施例中的处理器可以是一种集成电路芯片, 具有信号的处理能力。在实现过程中, 上述方法实施例的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令或程序代码完成。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成, 或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存

存储器, 闪存、只读存储器, 可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器, 处理器读取存储器中的信息, 结合其硬件完成上述方法的步骤。

可以理解, 本申请实施例中的存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器, 或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中, 非易失性存储器可以是只读存储器 (read-only memory, ROM)、可编程只读存储器 (programmable ROM, PROM)、可擦除可编程只读存储器 (erasable PROM, EPROM)、电可擦除可编程只读存储器 (electrically EPROM, EEPROM) 或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器 (random access memory, RAM), 其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明, 许多形式的 RAM 可用, 例如静态随机存取存储器 (static RAM, SRAM)、动态随机存取存储器 (dynamic RAM, DRAM)、同步动态随机存取存储器 (synchronous DRAM, SDRAM)、双倍数据速率同步动态随机存取存储器 (double data rate SDRAM, DDR SDRAM)、增强型同步动态随机存取存储器 (enhanced SDRAM, ESDRAM)、同步连接动态随机存取存储器 (synchlink DRAM, SLDRAM) 和直接内存总线随机存取存储器 (direct rambus RAM, DR RAM)。应注意, 本文描述的系统和方法的存储器旨在包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。

根据本申请实施例提供的方法, 本申请还提供一种计算机程序产品, 该计算机程序产品包括: 计算机程序代码, 当该计算机程序代码在计算机上运行时, 使得该计算机执行图 5 至图 8 和图 10 所示实施例中任意一个实施例的方法。

根据本申请实施例提供的方法, 本申请还提供一种计算机可读介质, 该计算机可读介质存储有程序代码, 当该程序代码在计算机上运行时, 使得该计算机执行图 5 至图 8 和图 10 所示实施例中任意一个实施例的方法。

根据本申请实施例提供的方法, 本申请还提供一种系统, 其包括前述的网络分析设备和一个或多个网络设备。

本领域普通技术人员可以意识到, 结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤, 能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行, 取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能, 但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到, 为描述的方便和简洁, 上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程, 可以参考前述方法实施例中的对应过程, 在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中, 应该理解到, 所揭露的系统、装置和方法, 可以通过其它的方式实现。例如, 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的, 例如, 所述单元的划分, 仅仅为一种逻辑功能划分, 实际实现时可以有另外的划分方式, 例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统, 或一些特征可以忽略, 或不执行。另一点, 所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口, 装置或单元的间接耦合或通信连接, 可以是电性, 机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的, 作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元, 即可以位于一个地方, 或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

5 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令或程序代码用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（Read-Only Memory, ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

10

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。