

一种报文传输方法、装置、网络设备及存储介质

技术领域

本申请涉及通信技术领域，特别是涉及一种报文传输方法、装置、网络设备及存储介质。

5 背景技术

目前的确定性传输方案中，需要预先指定确定性流映射的调度队列和调度周期，也就是，在一个调度周期，转发该调度周期关联调度队列中缓存的报文。而由于规划、拓扑变化、流量变化等原因，不同的调度队列和调度周期的忙闲程度是不一样的，这导致网络设备的资源利用率较低。

发明内容

10 本申请实施例的目的在于提供一种报文传输方法、装置、网络设备及存储介质，以提高网络设备的资源利用率。具体技术方案如下：

第一方面，本申请实施例提供了一种报文传输方法，应用于网络设备，所述方法包括：

监测调度周期，一个调度周期关联至少一个调度队列；

15 当监测到到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述目标调度周期包括所述第一调度队列关联的第一调度周期和与所述第一调度周期相邻的第二调度周期，所述第一调度队列具有预设标识。

在一些实施例中，所述预设标识指示所述第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值。

20 在一些实施例中，所述第一预设门限值与一个调度周期的时长内所述网络设备的最大转发能力值的比值为第一预设倍数，所述第一预设倍数小于 1。

在一些实施例中，所述网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值。

在一些实施例中，所述第二预设门限值与所有调度周期的总时长内所述网络设备的最大转发能力总值的比值为第二预设倍数，所述第二预设倍数小于 1。

在一些实施例中，所述第一调度周期为所述第二调度周期的上一个调度周期；

25 所述当监测到到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文的步骤，包括：

当监测到到达所述第一调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值；

当监测到到达所述第二调度周期时，转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。

30 在一些实施例中，所述方法还包括：

当监测到到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文，所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值；

35 将所述第二调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期，重新执行所述当监测到到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达第三调度周期为止，所述第一调度周期至所述第三调度周期的步长为预设调整步长。

在一些实施例中，所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中存在剩余的确定性报文；或

40 所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中不存在剩余的确定性报文。

在一些实施例中，所述第一调度周期为所述第二调度周期的下一个调度周期；

所述当监测到到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文的步骤，包括：

当监测到到达所述第二调度周期时,在所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文,所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值;

当监测到到达所述第一调度周期时,转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。

5 在一些实施例中,所述方法还包括:

当监测到到达第四调度周期时,在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文,所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值;

10 将所述第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期,重新执行所述当监测到到达第四调度周期时,在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文的步骤,直至到达所述第二调度周期为止,所述第四调度周期至所述第一调度周期的步长为预设调整步长。

在一些实施例中,所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值,所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中存在剩余的确定性报文;或

15 所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值,所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中不存在剩余的确定性报文。

在一些实施例中,所述网络设备中配置有可调的调度队列数量参数、调度队列长度参数、周期数量参数和周期宽度参数;

所述调度队列数量参数用于指示所述网络设备包括的调度队列数量;

20 所述调度队列长度参数用于指示一个调度队列的缓存量;

所述周期数量参数用于指示所述网络设备包括的调度周期数量;

所述周期宽度参数用于指示一个调度周期的时长。

在一些实施例中,所述网络设备位于汇聚层或核心层。

第二方面,本申请实施例提供了一种报文传输装置,应用于网络设备,所述装置包括:

25 监测模块,用于监测调度周期,一个调度周期关联至少一个调度队列;

转发模块,用于当监测到到达目标调度周期时,转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文,所述目标调度周期包括所述第一调度队列关联的第一调度周期和与所述第一调度周期相邻的第二调度周期。

30 在一些实施例中,所述预设标识指示所述第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值。

在一些实施例中,所述第一预设门限值与一个调度周期的时长内所述网络设备的最大转发能力值的比值为第一预设倍数,所述第一预设倍数小于1。

在一些实施例中,所述网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值。

35 在一些实施例中,所述第二预设门限值与所有调度周期的总时长内所述网络设备的最大转发能力总值的比值为第二预设倍数,所述第二预设倍数小于1。

在一些实施例中,所述第一调度周期为所述第二调度周期的上一个调度周期;

所述转发模块,具体用于:

当监测到到达所述第一调度周期时,转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文,所述第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值;

40 当监测到到达所述第二调度周期时,转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。

在一些实施例中,所述转发模块,还用于:

当监测到到达所述第二调度周期时,在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文,所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值;

将所述第二调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期，重新执行所述当监测到到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达第三调度周期为止，所述第一调度周期至所述第三调度周期的步长为预设调整步长。

5 在一些实施例中，所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中存在剩余的确定性报文；或

所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中不存在剩余的确定性报文。

在一些实施例中，所述第一调度周期为所述第二调度周期的下一个调度周期；

10 所述转发模块，具体用于：

当监测到到达所述第二调度周期时，在所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值；

当监测到到达所述第一调度周期时，转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。

15 在一些实施例中，所述转发模块，还用于：

当监测到到达第四调度周期时，在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值；

20 将所述第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期，重新执行所述当监测到到达第四调度周期时，在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达所述第二调度周期为止，所述第四调度周期至所述第一调度周期的步长为预设调整步长。

在一些实施例中，所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中存在剩余的确定性报文；或

25 所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中不存在剩余的确定性报文。

在一些实施例中，所述网络设备中配置有可调的调度队列数量参数、调度队列长度参数、周期数量参数和周期宽度参数；

所述调度队列数量参数用于指示所述网络设备包括的调度队列数量；

30 所述调度队列长度参数用于指示一个调度队列的缓存量；

所述周期数量参数用于指示所述网络设备包括的调度周期数量；

所述周期宽度参数用于指示一个调度周期的时长。

在一些实施例中，所述网络设备位于汇聚层或核心层。

35 第三方面，本申请实施例提供了一种网络设备，包括处理器和机器可读存储介质，所述机器可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令，所述处理器被所述机器可执行指令促使：实现上述第一方面提供的任一报文传输方法。

第四方面，本申请实施例提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质内存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述第一方面提供的任一报文传输方法。

40 第五方面，本申请实施例提供了一种计算机程序产品，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面提供的任一报文传输方法。

本申请实施例提供的技术方案中，调度周期与调度队列关联，对于第一调度周期关联的、具有预设标识的第一调度队列，网络设备利用第一调度周期和与第一调度周期相邻的第二调度周期，来转发第一调度队列中缓存的报文，也就是，由两个调度周期分担一个调度周期关联的调度队列中缓存的报文，这可以实现各个调度周期转发的报文达到均衡，使得各个调度队列中缓存的报文能够更加平滑的输出，从

而提高了网络设备的资源利用率。

当然，实施本申请的任一产品或方法并不一定需要同时达到以上所述的所有优点。

附图说明

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

- 图 1 为基于 TSN 的确定性传输的一种示意图；
- 图 2 为基于 CSQF 的确定性传输的一种示意图；
- 图 3 为调度队列忙闲程度的一种示意图；
- 图 4 为本申请实施例提供的报文传输方法的第一种流程示意图；
- 图 5 为本申请实施例提供的组网的一种结构示意图；
- 图 6 为本申请实施例提供的网络设备中的一种参数配置示意图；
- 图 7 为本申请实施例提供的步骤 S42 的第一种细化示意图；
- 图 8 为本申请实施例提供的报文传输场景的一种示意图；
- 图 9 为本申请实施例提供的向后平移分担转发的第一种示意图；
- 图 10 为本申请实施例提供的报文传输方法的第二种流程示意图；
- 图 11 为本申请实施例提供的向后平移分担转发的第二种示意图；
- 图 12 为本申请实施例提供的步骤 S42 的第二种细化示意图；
- 图 13 为本申请实施例提供的向前平移分担转发的第一种示意图；
- 图 14 为本申请实施例提供的报文传输方法的第三种流程示意图；
- 图 15 为本申请实施例提供的向前平移分担转发的第二种示意图；
- 图 16 为本申请实施例提供的报文传输装置的一种结构示意图；
- 图 17 为本申请实施例提供的网络设备的一种结构示意图。

具体实施方式

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

为便于理解，下面对本申请实施例中出现的词语进行解释说明。

时间敏感网络（Time Sensitive Network, TSN）：一组以太网标准，通过精准时间同步和定时调度等核心技术，实现时间同步的低延迟流服务，为系统内各单元提供低时延的等时的标准数据，从而为控制、测量、配置、用户界面（User Interface, UI）和文件交换基础架构等的融合提供基础。确定性网络：能保证业务的确定性带宽、时延、抖动、丢包率指标的网络。

时隙：时间按等分方式分成一个个时隙，是确定性网络中的最小调度单位。

周期指定排队转发（Cyclic Specific Queuing and Forwarding, CSQF）：是基于分段路由的周期具化的排队转发机制。

时延（latency）：数据报文经过端到端的网络传输所产生的延迟。

严格优先级（Strict Priority, SP）算法：严格按照调度队列优先级的高低顺序进行调度，也就是，如果有高优先级的报文，就一直转发高优先级的报文；只有高优先级调度队列中的报文全部调度完毕后，低优先级调度队列才有调度。

加权循环调度（Weighted Round Robin, WRR）算法：为每个调度队列分配一个权重，按照权重比例，对调度队列进行调度，以免低优先级的流量长时间等待。

互联网（Internet）经过几十年的蓬勃发展，实现了人与人、人与物、物与物等之间的无缝连接，给人们在生活和工作上带来了很大的便利性、并产生了巨大影响。而在“智能电网场景”、“远程医疗”、“影音娱乐”和“工业远程控制”等场景中需要低时延、低抖动的数据传输，即需要端对端的确定性传输；在多业务、大流量和广域等复杂场景中也需要端对端的确定性传输。确定性网络是一种新型的（服

务质量 Quality of Service, QoS) 保障技术, 能够满足上述确定性传输的需求, 可以用在自动驾驶、远程手术、全息通信等高实时性的新兴场景。

对确定性网络的需求主要来自两方面:

5 一、兼容以太网标准: 在工业自动化和智能制造等传统场景, 需要用以太网统一替代几十种现场总线和实时以太网标准, 融合信息技术 (Information Technology, IT) 网络和运营技术 (Operational Technology, OT) 网络, 实现尽力而为流与工业时延敏感流的共网传输, 降低成本。

二、承载确定性业务: 随着机器与机器间通信流量激增, 需要在自动驾驶、远程手术和全息通信等新兴网络应用场景中, 结合第五代移动通信技术 (5th Generation Mobile Communication Technology, 5G) 等技术, 打造网络里的超级高铁, 实现确定性业务的端到端传输, 简称确定性传输。

10 传统的互联网和工业网络主要采用以下四种方法, 来保证 QoS:

a) 扩容/轻载: 扩容就是扩带宽, 让网络处于轻载的状态。现在以太网已经能做到单端口的带宽为 400G 比特每秒 (Bit Per Second, bps)。

15 b) 流量整形: 通过令牌桶、信用整形等技术, 对特定端口或者流量进行限速。例如, 上游节点端口的带宽为 8Gbps, 下游节点的空余带宽只有 2Gbps, 这就要限制上游节点的传输带宽小于 2Gbps, 以免下游节点发生拥塞。

c) 调度队列调度: 是指在交换设备的出端口对流量进行调度。首先为报文标记上不同的优先级, 然后将报文加入对应的优先级调度队列, 最后采用不同的调度队列调度算法对报文进行处理。其中, 调度队列调度算法包括 SP 算法和 WRR 算法等。

20 d) 拥塞控制: 当流量过多, 缓冲调度队列的缓存空间不足时, 网络中会出现拥塞丢包, 这就需要进行拥塞控制, 让直至发送端的上游节点降低发送报文的速率。目前, 可采用显式拥塞通知 (Explicit Congestion Notification, ECN) 或数据中心传输控制协议 (Data Center Transmission Control Protocol, DCTCP) 等基于显式拥塞标记的拥塞控制方法探测拥塞, 或者采用 Timely、Swift 等基于往返时延 (Round-Trip Time, RTT) 的拥塞控制方法探测拥塞。

以上保障 QoS 的技术方案存在如下问题:

25 1) 缺少有界时延抖动保证: 由于是统计复用出端口的带宽资源, 缺少时延维度的 QoS 保障机制, 尽力而为转发总是存在排队等待和拥塞的情况, 业务时延在 50 毫秒 (ms) -1 秒 (s) 的量级, 并存在长尾时延。

2) 难以应对聚播和突发流量: 由于发送端的流量大小和发报文的时间不可控, 网络中存在多条数据流在下游节点汇聚 (即聚播) 以及某时刻流量激增 (即流量突发) 的现象, 导致网络中发生拥塞丢包。

30 为了解决上面两个问题, 相关技术中引入时分复用 (Time Division Multiplexing, TDM) 概念, 实现时钟同步和时隙规划, 简而言之, 全网按统一的节拍来调度转发报文, 从而实现确定的时延和抖动。

(1) 时钟同步: 即全网时钟同步, 终端和交换设备的时钟都相同, 网卡也要给报文打上硬时间戳。

35 目前有两种时钟同步方式: 一种是主从模式, 选出一个最精准的时钟作为主时钟, 其他从时钟都与主时钟同步; 一种是投票模式, 例如, 一个域内有 9 台设备, 5 台设备现在时钟是 1:00, 4 台是 1:01, 按照少数服从多数的原则, 将 9 台设备都调整为 1:00。

(2) 时隙规划: 时隙是交换设备出端口的时间维度的传输资源。

例如, 某交换设备出端口的带宽为 1Gbps, 一个报文有 1500 字节 (Byte), 也就是 12000 比特 (bit), 该报文的传输就占用该出端口某一段 12 微秒 (μs) 的时隙资源。而占用哪一段时隙资源, 由该报文的传输开始时间决定。

40 由于工业流量大多是周期性发送的、小于最大传输单元 (Maximum Transmission Unit, MTU) 的报文, 所以可以控制终端发送报文的开始时间, 通过全局时隙规划 (即时分复用), 让各个报文只在提前算好的时刻被“触发”发送, 保证其在每跳的出端口传输时占用的时隙互不冲突, 从而避免了聚播和突发流量的产生, 实现“准时准确”传输。

目前, 实现确定的时延和抖动的技术包括 TSN 和 CSQF。

基于 TSN 的确定性传输采用时间感知整形 (Time Awareness Shaper, TAS) 调度, 利用优先级门控调度队列, 即在优先级调度队列后加上门控开关, 通过门控时间表控制门控开关的打开闭合来保证时延抖动要求。

如图 1 所示的基于 TSN 的确定性传输示意图。网络设备的出端口包括 4 个调度队列 Q0~Q3, 各调度队列中存储报文 MSG1~MSG5。每个调度队列后安装有门控开关 0~开关 3, 门控时间表每 2000 μ s 为一个循环。网络设备按照门控时间表使能相应的门控开关, 对相应调度队列中存储的报文进行。例如, 在 0 μ s 使能门控开关 0 和门控开关 3, 去使能门控开关 1 和门控开关 2, 进而转发 Q0 和 Q3 中存储的报文; 在 500 μ s 去使能门控开关 0、门控开关 1 和门控开关 3, 使能门控开关 2, 进而转发 Q2 中存储的报文; 在 1000 μ s 去使能门控开关 0、门控开关 2 和门控开关 3, 使能门控开关 1, 进而转发 Q1 中存储的报文; 在 2000 μ s 去使能门控开关 2 和门控开关 3, 使能门控开关 0 和门控开关 1, 进而转发 Q0 和 Q1 中存储的报文, 如图 1 所示。

基于 CSQF 的确定性传输, 通过设备间频率同步、设备出端口调度队列循环排队转发, 来实现端对端的确定性时延和抖动。

如图 2 所示的基于 CSQF 的确定性传输示意图。网络设备 X、Y、Z、W 分别预先规划了确定性流与调度时隙 (也可以称为调度周期) 的映射关系, 如图 2 中, 网络设备 X 预先规划了确定性流与调度周期 0 的映射关系, 网络设备 Y 预先规划了确定性流与调度周期 2 的映射关系, 网络设备 Z 预先规划了确定性流与调度周期 1 的映射关系。网络设备 X 将确定性流存储在调度周期 0 关联的调度队列, 在调度周期 0 向网络设备 Y 转发确定性流, 网络设备 Y 将确定性流存储在调度周期 2 关联的调度队列, 在调度周期 2 向网络设备 Z 转发确定性流, 网络设备 Z 将确定性流存储在调度周期 1 关联的调度队列, 在调度周期 1 向网络设备 W 转发确定性流。

在一个网络设备中, 确定性流被设定一个调度周期内发送, 确定性流内各个报文的发送最早时刻为调度周期的起始时刻, 最晚时刻为调度周期的结束时刻, 因此网络设备内的时延抖动最大为一个调度周期宽度。

基于上述 TSN、CSQF 的调度能够实现确定性传输, 但需要预先指定确定性流映射的调度队列和周期。而由于规划、拓扑变化、流量变化等原因, 不同的调度队列和调度周期的忙闲程度是不一样的。如图 3 所示的调度队列忙闲程度示意图, 图 3 中, 一个调度队列对应一个周期, 数字既表示调度队列的标识, 也表示调度周期的标识, 每个调度周期中的填充部分表示确定性报文, 不同调度队列忙闲程度不一样代表不同周期的忙闲程度不一样。从图 3 中可以看出, 调度队列 0~调度队列 7 中, 调度队列 0、4、7 比较空闲, 调度队列 1、3、6 较忙。

由于有的周期忙, 有的周期空闲, 这导致网络设备的资源利用率较低。

为提高网络设备的资源利用率, 本申请实施例提供了一种报文传输方法, 如图 4 所示, 应用于网络设备。该网络设备可以为路由器或交换设备等具有通信功能的设备。该网络设备可以位于汇聚层或核心层, 如图 5 所示组网中的确定性域中的网络设备, 该网络设备还可以为端对端通信的设备, 如图 5 所示组网中的客户前置设备 (Customer Premise Equipment, CPE) 1 和 CPE2。其中, 确定性域可以为应用本申请实施例提供的技术方案弹性周期排队转发 (Resilient Cyclic Queuing and Forwarding, RCQF) 域或 CSQF 域, 确定性域可以为广域网或局域网。本申请实施例提供的报文传输方法包括如下步骤:

步骤 S41, 监测调度周期, 一个调度周期关联至少一个调度队列;

步骤 S42, 当监测到到达目标调度周期时, 转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文, 目标调度周期包括第一调度队列关联的第一调度周期和与第一调度周期相邻的第二调度周期。

本申请实施例提供的技术方案中, 调度周期与调度队列关联, 对于第一调度周期关联的、具有预设标识的第一调度队列, 网络设备利用第一调度周期和与第一调度周期相邻的第二调度周期, 来转发第一调度队列中缓存的报文, 也就是, 由两个调度周期分担一个调度周期关联的调度队列中缓存的报文, 这可以实现各个调度周期转发的报文达到均衡, 使得各个调度队列中缓存的报文能够更加平滑的输出, 从而提高了网络设备的资源利用率。

此外,本申请实施例提供的技术方式发生在调度转发报文期间,而不是在报文入队期间,有更高的自由度,对控制面的资源规划、拓扑和流量变化等更加友好。

上述步骤 S41 中,调度队列用于缓存确定性报文,确定性报文为确定性传输的报文。调度周期(Cycle)可以理解为调度转发的时隙,一个调度周期可以与一个或多个调度队列关联,一个调度队列与一个调度周期关联。

本申请实施例中,为了适应不同的应用和业务需求,网络设备中可以配置可调的调度队列数量参数、调度队列长度参数、周期数量参数和周期宽度参数,如图 6 所示。

(1) 调度队列数量参数。调度队列数量参数用于指示网络设备包括的调度队列数量。

本申请实施例中,可以根据确定性流的数量和带宽等特征,规划调度队列数量,即预先设定好上述调度队列数量参数。

(2) 调度队列长度参数。调度队列长度参数用于指示一个调度队列的缓存量;

本申请实施例中,可以根据确定性流的大小等属性和缓冲(Buffer)资源等资源情况,规划调度队列的长度,即预先设定好上述调度队列长度参数。

(3) 周期数量参数。周期数量参数用于指示所述网络设备包括的调度周期数量。

本申请实施例中,可以根据调度队列的数量设定调度周期数量。为了方便建立调度队列与调度周期的关联关系,调度队列数量为调度周期数量的正整数倍数,如调度队列数量为调度周期数量的 1、2 或 3 倍等。

(4) 周期宽度参数。周期宽度参数用于指示一个调度周期的时长。

本申请实施例中,可以根据端到端抖动精度要求等业务需求、晶振和调度精度等底层硬件情况,来设定每个调度周期的周期宽度,也就是每个调度周期所占的时间。例如,业务需求为端到端抖动精度小于 $10\mu\text{s}$,可以设定周期宽度参数为 $10\mu\text{s}$,表示在 $10\mu\text{s}$ 内可对外发送的确定性报文。

一个调度周期内不同接口可对外发送报文的字节数不同,例如,10Gbps 接口, $10\mu\text{s}$ 内大致可对外发送 12000 字节的报文。

上述 4 种参数设定好后,调度队列和调度周期关联,一条确定性流(即关键的业务流)可以映射到一个或多个调度队列。如图 6 所示,单个调度周期是整个调度飞轮中的其中一节(也就是一个时隙),调度飞轮是周而复始在转的,调度周期也是交替地变更的。如果调度飞轮分 8 节,则对应 8 个调度周期。如果单个调度周期宽度是 $10\mu\text{s}$,则调度飞轮转一圈为 $80\mu\text{s}$,也就是说 1 秒(s)内调度飞轮可以转 12.5 圈。本申请实施例中,通过调节“调度队列长度”、“调度队列数量”、“周期数量”、“周期宽度”等参数可以改变调度的策略,以适应不同的应用和业务的需求。

例如,端到端的抖动要求较低,单个调度周期宽度可以设置为较大的值,让单个调度周期内可以对外发送更多的报文。这样有二个好处:1)由于调度周期宽度增大,网络设备的转发效率上升,因为单位时间内调度周期的切换次数变少,从而因调度周期切换引起的保护时间也变少;2)网络设备可以内聚更多的确定性报文,因为调度周期宽度增大,在单个调度周期内可以转发更多的报文,从而可以把更多的确定性报文内聚在一个调度周期内转发。

再例如,通过增加调度队列数量和调度周期数量,把不同的确定性流映射到不同的调度队列中,以更好、更精细地支持更多的确定性流,可以为特殊流留出专门的调度队列。

上述步骤 S42 中,目标调度周期包括相邻的第一调度周期和第二调度周期,第一调度周期可以为第二调度周期的上一个调度周期,也可以为第二调度周期的下一个调度周期,对此不进行限定。例如图 3 中,调度队列 3 关联的调度周期 3 为第一调度周期,第二调度周期可以为调度队列 2 关联的调度周期 2,或调度队列 4 关联的调度周期 4。

预设标识可以采用任一符号表示,例如,预设标识可以采用字母“S”或数字“1”表示,表示预设标识的符号可以存储在各个调度队列对应的存储位置处,以便于网络设备确定每个调度队列是否具有预设标识,是否进行分担转发。

预设标识还可以采用其他形式实现。例如,网络设备配置寄存器,寄存器的位宽与调度队列的数量

相同，调度队列与寄存器的位一一对应，当寄存器的一位被置为 1 时，表明该位所对应的调度队列具有预设标识，否则标识该位所对应的调度队列不具有预设标识。本申请实施例中，对预设标识的具体实现形式不做限定。

5 第一调度周期关联的调度队列为第一调度队列，第二调度周期关联的调度队列为第二调度队列。当网络设备监测到当前时间到达第一调度周期时，网络设备转发第一调度队列中缓存的确定性报文；当网络设备监测到当前时间到达第二调度周期时，网络设备转发第二调度队列中缓存的确定性报文，同时，依然转发第一调度队列中缓存的确定性报文。

第一调度队列中缓存的确定性报文由两个调度周期分担转发，这可以实现各个调度周期转发的报文达到均衡，使得各个调度队列中缓存的报文能够更加平滑的输出，从而提高了网络设备的资源利用率。

10 本申请实施例中，为进一步提高网络设备的资源利用率，网络设备可以预先配置缓存量的第一预设门限值，预设标识指示第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值，缓存量可以为数量或数据量。第一预设门限值的大小可以根据实际需求进行设定。一个示例中，第一预设门限值与一个调度周期的时长内网络设备的最大转发能力值的比值为第一预设倍数，第一预设倍数小于 1，例如，第一预设倍数为 50%、60%或 70%等。

15 以 10Gbps 接口为例， $10\mu\text{s}$ 内大致可对外发送 12000 字节的报文，一个调度周期的宽度为 $10\mu\text{s}$ ，则一个调度周期网络设备的最大转发能力值为 12000 字节。假设，第一预设倍数为 50%，则第一预设门限值为 $12000 \times 50\% = 6000$ 字节。

20 当第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值时，说明第一调度周期较忙，网络设备可以为第一调度队列添加预设标识，执行上述步骤 S42，以由第二调度周期分担第一调度周期的报文转发；若第一调度队列中的确定性报文的缓存量低于等于第一预设门限值，说明第一调度周期较空闲，无需分担转发，则当到达第一调度周期时，网络设备转发第一调度队列中缓存的确定性报文，当到达第二调度周期时，网络设备转发第二调度队列中缓存的确定性报文，不再转发第一调度队列中缓存的确定性报文。

25 本申请实施例中，由于一个调度周期内转发的确定性报文可以由相邻的其他调度周期分担转发，因此，对于较忙的调度周期，网络设备可以增大该调度周期关联的调度队列的长度，使得该调度周期关联的调度队列能够缓存更多的报文，避免由于调度队列长度有限，导致该调度周期转发的报文无法写入调度队列而被丢弃的问题，提高了网络的可靠性；同时，由于可以借助相邻调度周期分担转发报文，确保了较忙调度周期的报文转发完成。

30 本申请实施例中，为进一步提高网络设备的资源利用率，避免资源的浪费，网络设备可以预先配置缓存量的第二预设门限值，网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值，缓存量可以为数量或数据量。第二预设门限值的大小可以根据实际需求进行设定。一个示例中，第二预设门限值与所有调度周期的总时长内网络设备的最大转发能力总值的比值为第二预设倍数，第二预设倍数小于 1，例如，第二预设倍数为 50%、60%或 70%等。

35 以 10Gbps 接口为例， $10\mu\text{s}$ 内大致可对外发送 12000 字节的报文，网络设备配置了 8 个调度周期，一个调度周期的宽度为 $10\mu\text{s}$ ，则一个调度周期网络设备的最大转发能力值为 12000 字节，所有调度周期网络设备的最大转发能力总值为 $12000 \times 8 = 96000$ 字节。假设，第二预设倍数为 50%，则第二预设门限值为 $96000 \times 50\% = 48000$ 字节。

40 当网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值时，说明网络设备中可能存在较忙调度周期和较空闲调度周期，网络设备执行上述步骤 S42，以进行分担转发，如当第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值时，当到达目标调度周期时，转发第一调度队列中缓存的确定性报文；若网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量大于等于第二预设门限值，说明网络设备中整体较忙，也就是，各个调度周期均较忙，则当到达第一调度周期时，网络设备转发第一调度队列中缓存的确定性报文，当到达第二调度周期时，网络设备转发第二调度队列中缓存的确定性报文，不再转发第一调度队列中缓存的确定性报文，也就是，无需进行分担转发，节约了网络设备的资源。

本申请实施例中，网络设备通过相邻调度周期分担转发的方式可以分为两种，即向后平移分担转发和向前平移分担转发。下面对这两种分担转发的方式进行说明。

(1) 向后平移分担转发方式。

5 网络设备采用向后平移分担转发方式时，第一调度周期为第二调度周期的上一个调度周期。这种情况下，如图 7 所示，上述步骤 S42 可以包括：

步骤 S421，当监测到到达第一调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值；

步骤 S422，当监测到到达第二调度周期时，转发第一调度队列中剩余的确定性报文。

10 例如，如图 8 所示的报文传输场景，节点 V 从入端口接收节点 U 发送的确定性报文，并将确定性报文写入调度队列，各个调度队列映射到相应的调度周期，如图中的调度队列 i 映射到调度周期 i， $i=0、1、...7$ ；节点 V 按照调度周期循环调度相应调度队列，从出端口向节点 W 发送确定性报文。节点 V 按照调度周期循环调度相应调度队列时，采用向后平移分担转发，如图 9 所示。

15 图 9 中，一个调度队列对应一个调度周期，数字表示调度周期的标识，每个调度周期中的填充表示该调度周期转发的确定性报文，虚线表示第一预设门限值 δ 。图 9 的左图示出了每个调度周期应当转发的确定性报文，也就是，每个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，从图 9 的左图可以看出，调度队列 0、4、7 比较空闲，调度队列 1、6 较忙。

20 采用本申请实施例提供的技术方案，以调度队列 1 为例，调度队列 1 中缓存的报文超过 δ ，网络设备为调度队列 1 添加预设标识，即第一调度队列为调度队列 1，第一调度周期为调度周期 1。在到达调度周期 1 时，网络设备转发调度队列 1 中缓存量 δ 的确定性报文；对于调度队列 1 中超过缓存量 δ 的确定性报文，网络设备将这些确定性报文平移到调度周期 2，也就是，在到达调度周期 2 时，网络设备转发这些确定性报文，这些确定性报文转发完成后，转发调度队列 2 中的确定性报文。其他较忙的调度队列，如调度队列 6，采用相同的方式进行分担转发。此时，每个调度周期实际转发的报文如图 9 的右图所示，图 9 的右图中，右倾斜线填充的部分表示相应的调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，竖直线填充的部分表示上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文平移到该调度周期的确定性报文。

25 本申请实施例提供的技术方案中，网络设备将第一调度队列中超过第一预设门限值的确定性报文平移到第二调度周期转发，避免了第一调度周期过度繁忙，保证了报文更加平滑的输出，从而整体提升了报文的转发效率和网络设备资源的利用率。

30 为进一步保证报文平滑的输出，提升了报文的转发效率和网络设备资源的利用率，在一些实施例中，网络设备还可以配置预设调整步长，通过多个调度周期完成对第一调度周期的分担。其中，预设调整步长的大小可以根据设备间的调度周期余量进行设定，例如，图 2 中，网络设备 X 发送确定性报文的周期为调度周期 0，网络设备 Y 发送确定性报文的周期为调度周期 2，调度周期 2 与调度周期 0 之间间隔 2 个调度周期，即网络设备 X 与网络设备 Y 之间的调度周期余量为 2，基于此，网络设备 X 可以设置预设调整步长为 2，同理，网络设备 Y 可以设置预设调整步长为 2 或 3。

这种情况下，如图 10 所示，上述报文传输方法可以包括：

35 步骤 S101，监测调度周期，一个调度周期关联至少一个调度队列。与上述步骤 S41 相同。

步骤 S102，当监测到到达第一调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值。与上述步骤 S421 相同。

步骤 S103，当监测到到达第二调度周期时，转发第一调度队列中剩余的确定性报文。与上述步骤 S422 相同。

40 步骤 S104，当监测到到达第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文，第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于第一预设门限值。

在首次执行步骤 S104 时，第二调度周期的上一个调度周期即为第一调度周期，在非首次执行步骤 S104 时，第二调度周期的上一个调度周期为旧的调度周期。当监测到到达第二调度周期时，网络

设备先转发上一个调度周期关联的调度队列中剩余的确定性报文,在上一个调度周期关联的调度队列中剩余的确定性报文转发完成后,再转发当前的第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文。

本申请实施例中,为进一步提高报文输出的平滑性,第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值,第二调度队列中存在剩余的确定性报文;第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于第一预设门限值,第二调度队列中不存在剩余的确定性报文。也就是,网络设备尽力转发第二调度队列中的确定性报文,以降低设备间传输的抖动,同时进一步提高报文输出的平滑性。

步骤 S105,将第二调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期,重新执行步骤 S104,直至到达第三调度周期为止,第一调度周期至第三调度周期的步长为预设调整步长。

本申请实施例中,在确定需要转发分担的第一调度周期后,网络设备根据预设调整步长,即可确定第三调度周期。

网络设备在获得新的第二调度周期后,重新执行步骤 S104,即当监测到到达第二调度周期时,转发上一个调度周期关联的调度队列中剩余的确定性报文,在上一个调度周期关联的调度队列中剩余的确定性报文转发完成后,转发当前的第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文。

当新的第二调度周期为第三调度周期时,网络设备不在执行步骤 S105,即不在将第三调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期。

仍以图 8 所示报文传输场景为例,节点 V 按照调度周期循环调度相应调度队列时,采用向后平移分担转发,如图 11 所示。

图 11 中,一个调度队列对应一个调度周期,数字表示调度周期的标识,每个调度周期中的填充表示该调度周期转发的确定性报文,虚线表示第一预设门限值 δ 。图 11 的左图示出了每个调度周期应当转发的确定性报文,也就是,每个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文,从图 11 的左图可以看出,调度队列 0、4、7 比较空闲,调度队列 1、6 较忙。

采用本申请实施例提供的技术方案,以调度队列 1 为例,调度队列 1 中缓存的报文超过 δ ,网络设备为调度队列 1 添加预设标识,即第一调度队列为调度队列 1,第一调度周期为调度周期 1。预设调整步长为 2,则第三调度周期为调度周期 3。

在到达调度周期 1 时,网络设备转发调度队列 1 中缓存量 δ 的确定性报文;对于调度队列 1 中超过缓存量 δ 的确定性报文,网络设备将这些确定性报文平移到调度周期 2,也就是,在到达调度周期 2 时,网络设备转发这些确定性报文,这些确定性报文转发完成后,转发调度队列 2 中的确定性报文,调度周期 2 转发的确定性报文的缓存总量小于等于 δ ;对于调度队列 2 中剩余的确定性报文,网络设备将这些确定性报文平移到调度周期 3,也就是,在到达调度周期 3 时,网络设备转发这些确定性报文,这些确定性报文转发完成后,转发调度队列 3 中的确定性报文,调度周期 3 转发的确定性报文的缓存总量小于等于 δ 。在到达调度周期 3 时,转发分担的步长达到了预设调整步长,网络设备不会将调度队列 3 中的部分确定性报文平移到调度周期 4。

其他较忙的调度队列,如调度队列 6,采用相同的方式进行分担转发。此时,每个调度周期实际转发的报文如图 11 的右图所示,图 11 的右图中,右倾斜线填充的部分表示相应的调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文,竖直线填充的部分表示上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文平移至该调度周期的确定性报文。

本申请实施例提供的技术方案中,通过上述的第一预设门限值、向后平移分担转发、预设调整步长等的调整和优化,可以做到调度队列整形、调度周期间分担以及报文更加平滑的输出,从而整体提升转发效率和资源的利用率。

另外,在现有周期排队转发组网规划中存在一定的调度周期余量,如图 2 所示。采用本申请实施例提供的报文传输方法,使用相邻的调度周期间分担转发,可以充分将调度周期余量弹性利用起来。

此外,上述网络设备可以部署在汇聚层或核心层,采用本申请实施例提供的技术方案,可以提升汇聚层和核心层的利用率,解决网络的瓶颈问题。另外,采用本申请实施例提供的技术方案,仅仅是汇聚层和核心层内网络设备间的抖动,而端到端通信的两端设备可以通过时延补偿等方式把端到端的抖动控

制在合理范围内，确保了确定性传输，如图 5 中，CQF 域内的网络设备采用本申请实施例提供的技术方案进行 IP 确定性报文传输，传输的报文中携带驻留时延 d ，端到端通信的末端设备 CPE2 利用参考时延 D 和驻留时延 d ，对报文进行时延补偿，即补偿 $D-d$ 后进行报文传输，这可以使得端到端的抖动控制在合理时间范围 XT 内。

5 (2) 向前平移分担转发方式。

网络设备采用向前平移分担转发方式时，第一调度周期为第二调度周期的下一个调度周期。这种情况下，如图 12 所示，上述步骤 S42 可以包括：

10 步骤 S423，当监测到到达第二调度周期时，在第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值；

步骤 S424，当监测到到达第一调度周期时，转发第一调度队列中剩余的确定性报文。

仍以图 8 所示报文传输场景为例，节点 V 按照调度周期循环调度相应调度队列时，采用向前平移分担转发，如图 13 所示。

15 图 13 中，一个调度队列对应一个调度周期，数字表示调度周期的标识，每个调度周期中的填充表示该调度周期转发的确定性报文，虚线表示第一预设门限值 δ 。图 13 的左图示出了每个调度周期应当转发的确定性报文，也就是，每个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，从图 13 的左图可以看出，调度队列 0、4、7 比较空闲，调度队列 1、6 较忙。

20 采用本申请实施例提供的技术方案，以调度队列 6 为例，调度队列 6 中缓存的报文超过 δ ，网络设备为调度队列 6 添加预设标识，即第一调度队列为调度队列 6，第一调度周期为调度周期 6。在到达调度周期 5 时，网络设备将调度队列 6 中的部分确定性报文平移至调度周期 5，平移至调度周期 5 的调度队列 6 中的确定性报文与调度队列 5 中的确定性报文的缓存总量为 δ ，也就是，网络设备转发调度队列 5 中缓存的确定性报文，在调度队列 5 中缓存的确定性报文转发完成后，转发调度队列 6 中缓存的确定性报文，调度周期 5 转发的确定性报文的缓存总量为 δ ；对于调度队列 6 中剩余的确定性报文，在到达调度周期 6 时，网络设备转发这些确定性报文。

25 其他较忙的调度队列，如调度队列 1，采用相同的方式进行分担转发。此时，每个调度周期实际转发的报文如图 13 的右图所示，图 13 的右图中，右倾斜线填充的部分表示相应的调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，竖直线填充的部分表示上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文平移至该调度周期的确定性报文。

30 本申请实施例提供的技术方案中，网络设备将第一调度队列中部分确定性报文平移至第二调度周期转发，避免了第一调度周期过度繁忙，保证了报文更加平滑的输出，从而整体提升了报文的转发效率和网络设备资源的利用率。

为进一步保证报文平滑的输出，提升了报文的转发效率和网络设备资源的利用率，在一些实施例中，网络设备还可以配置预设调整步长，通过多个调度周期完成对第一调度周期的分担。

这种情况下，如图 14 所示，上述报文传输方法可以包括：

35 步骤 S141，监测调度周期，一个调度周期关联至少一个调度队列。与上述步骤 S41 相同。

步骤 S142，当监测到到达第四调度周期时，在第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于第一预设门限值。

40 本申请实施例中，在确定需要转发分担的第一调度周期后，网络设备根据预设调整步长，即可确定第四调度周期。

当监测到当前时间到达第四调度周期时，网络设备先转发当前的第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，在第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，再转发第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文。

本申请实施例中，为进一步提高报文输出的平滑性，第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量等

于第一预设门限值，第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中存在剩余的确定性报文；第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于第一预设门限值，第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中不存在剩余的确定性报文。也就是，网络设备尽力转发第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中的确定性报文，以降低设备间传输的抖动，同时进一步提高报文输出的平滑性。

5 步骤 S143，将第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期，重新执行步骤 S142，直至到达第二调度周期为止，第四调度周期至第一调度周期的步长为预设调整步长。

 本申请实施例中，网络设备在获得新的第四调度周期后，重新执行步骤 S142，即当监测到到达第四调度周期时，转发当前的第四调度周期关联的调度队列中剩余的确定性报文，在当前的第四调度周期关联的调度队列中剩余的确定性报文转发完成后，转发当前的第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文。

10 当新的第四调度周期为第二调度周期时，网络设备不在执行步骤 S143，即不在将第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期。而是在执行步骤 S142 之后，执行步骤 S144。

 步骤 S144，当监测到到达第二调度周期时，在第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值。与上述步骤 S423 相同。

15 步骤 S145，当监测到到达第一调度周期时，转发第一调度队列中剩余的确定性报文。与上述步骤 S424 相同。

 仍以图 8 所示报文传输场景为例，节点 V 按照调度周期循环调度相应调度队列时，采用向前平移分担转发，如图 15 所示。

20 图 15 中，一个调度队列对应一个调度周期，数字表示调度周期的标识，每个调度周期中的填充表示该调度周期转发的确定性报文，虚线表示第一预设门限值 δ 。图 15 的左图示出每个调度周期应当转发的确定性报文，也就是，每个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，从图 15 的左图可以看出，调度队列 0、4、7 比较空闲，调度队列 1、6 较忙。

 采用本申请实施例提供的技术方案，以调度队列 6 为例，调度队列 6 中缓存的报文超过 δ ，网络设备为调度队列 6 添加预设标识，即第一调度队列为调度队列 6，第一调度周期为调度周期 6。预设调整步长为 2，则第四调度周期为调度周期 4。在到达调度周期 4 时，网络设备将调度队列 5 中的部分确定性报文平移至调度周期 4，平移至调度周期 4 的调度队列 5 中的确定性报文与调度队列 4 中的确定性报文的缓存总量小于等于 δ ，也就是，网络设备转发调度队列 4 中缓存的确定性报文，在调度队列 4 中缓存的确定性报文转发完成后，转发调度队列 5 中缓存的确定性报文，调度周期 4 转发的确定性报文的缓存总量小于等于 δ ；

25 在到达调度周期 5（第二调度周期）时，网络设备将调度队列 6 中的部分确定性报文平移至调度周期 5，平移至调度周期 5 的调度队列 6 中的确定性报文与调度队列 5 中的确定性报文的缓存总量为 δ ，也就是，网络设备转发调度队列 5 中剩余的确定性报文，在调度队列 5 中剩余的确定性报文转发完成后，转发调度队列 6 中缓存的确定性报文，调度周期 5 转发的确定性报文的缓存总量为 δ ；对于调度队列 6 中剩余的确定性报文，在到达调度周期 6 时，网络设备转发这些确定性报文。

30 其他较忙的调度队列，如调度队列 1，采用相同的方式进行分担转发。此时，每个调度周期实际转发的报文如图 15 的右图所示，图 15 的右图中，右倾斜线填充的部分表示相应的调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，竖直线填充的部分表示上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文平移至该调度周期的确定性报文。

40 本申请实施例提供的技术方案中，通过上述的第一预设门限值、向前平移分担转发、预设调整步长等的调整和优化，可以做到调度队列整形、调度周期间分担以及报文更加平滑的输出，从而整体提升转发效率和资源的利用率。

 另外，在现有周期排队转发组网规划中存在一定的调度周期余量，如图 2 所示。采用本申请实施例提供的报文传输方法，使用相邻的调度周期间分担转发，可以充分将调度周期余量弹性利用起来。

此外,上述网络设备可以部署在汇聚层或核心层,采用本申请实施例提供的技术方案,可以提升汇聚层和核心层的利用率,解决网络的瓶颈问题。另外,采用本申请实施例提供的技术方案,仅仅是汇聚层和核心层内网络设备间的抖动,而端到端通信的两端设备可以通过时延补偿等方式把端到端的抖动控制在合理范围内,确保了确定性传输。

5 与上述报文传输方法对应,本申请实施例还提供了一种报文传输装置,如图 16 所示,应用于网络设备,该装置包括:

监测模块 161,用于监测调度周期,一个调度周期关联至少一个调度队列;

转发模块 162,用于当监测到到达目标调度周期时,转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文,目标调度周期包括第一调度队列关联的第一调度周期和与第一调度周期相邻的第二调度周期。

10 在一些实施例中,预设标识指示第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值。

在一些实施例中,第一预设门限值与一个调度周期的时长内网络设备的最大转发能力值的比值为第一预设倍数,第一预设倍数小于 1。

在一些实施例中,网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值。

15 在一些实施例中,第二预设门限值与所有调度周期的总时长内网络设备的最大转发能力总值的比值为第二预设倍数,第二预设倍数小于 1。

在一些实施例中,第一调度周期为第二调度周期的上一个调度周期;

转发模块 162,具体可以用于:

当监测到到达第一调度周期时,转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文,第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值;

20 当监测到到达第二调度周期时,转发第一调度队列中剩余的确定性报文。

在一些实施例中,转发模块 162,还可以用于:

当监测到到达第二调度周期时,在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文,第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于第一预设门限值;

25 将第二调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期,重新执行当监测到到达第二调度周期时,在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文的步骤,直至到达第三调度周期为止,第一调度周期至第三调度周期的步长为预设调整步长。

30 在一些实施例中,第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值,第二调度队列中存在剩余的确定性报文;或

第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于第一预设门限值,第二调度队列中不存在剩余的确定性报文。

在一些实施例中,第一调度周期为第二调度周期的下一个调度周期;

转发模块 162,具体可以用于:

35 当监测到到达第二调度周期时,在第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文,第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值;

当监测到到达第一调度周期时,转发第一调度队列中剩余的确定性报文。

在一些实施例中,转发模块 162,还可以用于:

40 当监测到到达第四调度周期时,在第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文,第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于第一预设门限值;

将第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期,重新执行当监测到到达第四调度周期时,在第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后,转发第四调度周期的下一个调度周期

关联的调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达第二调度周期为止，第四调度周期至第一调度周期的步长为预设调整步长。

在一些实施例中，第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于第一预设门限值，第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中存在剩余的确定性报文；或

5 第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于第一预设门限值，第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中不存在剩余的确定性报文。

在一些实施例中，网络设备中配置有可调的调度队列数量参数、调度队列长度参数、周期数量参数和周期宽度参数；

10 调度队列数量参数用于指示网络设备包括的调度队列数量；

调度队列长度参数用于指示一个调度队列的缓存量；

周期数量参数用于指示网络设备包括的调度周期数量；

周期宽度参数用于指示一个调度周期的时长。

在一些实施例中，网络设备位于汇聚层或核心层。

15 本申请实施例提供的技术方案中，调度周期与调度队列关联，对于第一调度周期关联的、具有预设标识的第一调度队列，网络设备利用第一调度周期和与第一调度周期相邻的第二调度周期，来转发第一调度队列中缓存的报文，也就是，由两个调度周期分担一个调度周期关联的调度队列中缓存的报文，这可以实现各个调度周期转发的报文达到均衡，使得各个调度队列中缓存的报文能够更加平滑的输出，从而提高了网络设备的资源利用率。

20 与上述报文传输方法对应，本申请实施例还提供了一种网络设备，如图 17 所示，包括处理器 171 和机器可读存储介质 172，所述机器可读存储介质 172 存储有能够被所述处理器 171 执行的机器可执行指令，所述处理器 171 被所述机器可执行指令促使：实现上述任一报文传输方法。

机器可读存储介质 172 可以包括随机存取存储器（Random Access Memory，RAM），也可以包括非易失性存储器（Non-Volatile Memory，NVM），例如至少一个磁盘存储器。可选的，机器可读存储介质 172 还可以是至少一个位于远离前述处理器的存储装置。

25 处理器 171 可以是通用处理器，包括中央处理器（Central Processing Unit，CPU）、网络处理器（Network Processor，NP）等；还可以是数字信号处理器（Digital Signal Processor，DSP）、专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit，ASIC）、现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array，FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

30 在本申请提供的又一实施例中，还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质内存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一报文传输方法。

在本申请提供的又一实施例中，还提供了一种包含指令的计算机程序产品，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述任一报文传输方法。

35 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，40 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。

需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

5 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、网络设备、计算机可读存储介质和计算机程序产品实施例而言，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。

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

权 利 要 求

1. 一种报文传输方法，其特征在于，应用于网络设备，所述方法包括：
监测调度周期，一个调度周期关联至少一个调度队列；
当监测到到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述目标
- 5 调度周期包括所述第一调度队列关联的第一调度周期和与所述第一调度周期相邻的第二调度周期。
2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述预设标识指示所述第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值。
3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述第一预设门限值与一个调度周期的时长内所述网络设备的最大转发能力值的比值为第一预设倍数，所述第一预设倍数小于 1。
- 10 4. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值。
5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述第二预设门限值与所有调度周期的总时长内所述网络设备的最大转发能力总值的比值为第二预设倍数，所述第二预设倍数小于 1。
6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一调度周期为所述第二调度周期的上一个调度
- 15 周期；
所述当监测到到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文的步骤，包括：
当监测到到达所述第一调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述
- 20 第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值；
当监测到到达所述第二调度周期时，转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。
7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
当监测到到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文，所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值；
- 25 将所述第二调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期，重新执行所述当监测到到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达第三调度周期为止，所述第一调度周期至所述第三调度周期的步长为预设调整步长。
8. 根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，
- 30 所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中存在剩余的确定性报文；或
所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中不存在剩余的确定性报文。
9. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一调度周期为所述第二调度周期的下一个调
- 35 度周期；
所述当监测到到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文的步骤，包括：
当监测到到达所述第二调度周期时，在所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述第二调度周期转发的确定性
- 40 报文的缓存总量等于第一预设门限值；
当监测到到达所述第一调度周期时，转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。
10. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
当监测到到达第四调度周期时，在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，所述第四调度周期

转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值；

将所述第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期，重新执行所述当监测到达第四调度周期时，在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达所述第二调度周期为止，所述第四调度周期至所述第一调度周期的步长为预设调整步长。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，

所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中存在剩余的确定性报文；或

所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中不存在剩余的确定性报文。

12. 根据权利要求 1-11 任一项所述的方法，其特征在于，所述网络设备中配置有可调的调度队列数量参数、调度队列长度参数、周期数量参数和周期宽度参数；

所述调度队列数量参数用于指示所述网络设备包括的调度队列数量；

所述调度队列长度参数用于指示一个调度队列的缓存量；

所述周期数量参数用于指示所述网络设备包括的调度周期数量；

所述周期宽度参数用于指示一个调度周期的时长。

13. 根据权利要求 1-11 任一项所述的方法，其特征在于，所述网络设备位于汇聚层或核心层。

14. 一种报文传输装置，其特征在于，应用于网络设备，所述装置包括：

监测模块，用于监测调度周期，一个调度周期关联至少一个调度队列；

转发模块，用于当监测到达目标调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述目标调度周期包括所述第一调度队列关联的第一调度周期和与所述第一调度周期相邻的第二调度周期。

15. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述预设标识指示所述第一调度队列中的确定性报文的缓存量超过第一预设门限值。

16. 根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述第一预设门限值与一个调度周期的时长内所述网络设备的最大转发能力值的比值为第一预设倍数，所述第一预设倍数小于 1。

17. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述网络设备中所有调度队列中的确定性报文的缓存总量小于第二预设门限值。

18. 根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述第二预设门限值与所有调度周期的总时长内所述网络设备的最大转发能力总值的比值为第二预设倍数，所述第二预设倍数小于 1。

19. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述第一调度周期为所述第二调度周期的上一个调度周期；

所述转发模块，具体用于：

当监测到达所述第一调度周期时，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述第一调度周期内转发的确定性报文的缓存总量为第一预设门限值；

当监测到达所述第二调度周期时，转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。

20. 根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述转发模块，还用于：

当监测到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文，所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值；

将所述第二调度周期的下一个调度周期作为新的第二调度周期，重新执行所述当监测到达所述第二调度周期时，在上一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达第三调度周期为止，所述第一调度周期至所述第三调度周期的步长为预设调整步长。

21. 根据权利要求 20 所述的装置，其特征在于，
所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中存
在剩余的确定性报文；或
所述第二调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第二调度队列中不
存在剩余的确定性报文。
22. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述第一调度周期为所述第二调度周期的下一个
调度周期；
所述转发模块，具体用于：
当监测到到达所述第二调度周期时，在所述第二调度周期关联的第二调度队列中缓存的确定性报文
转发完成后，转发具有预设标识的第一调度队列中缓存的确定性报文，所述第二调度周期转发的确定性
报文的缓存总量等于第一预设门限值；
当监测到到达所述第一调度周期时，转发所述第一调度队列中剩余的确定性报文。
23. 根据权利要求 22 所述的装置，其特征在于，所述转发模块，还用于：
当监测到到达第四调度周期时，在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成
后，转发所述第四调度周期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文，所述第四调度周期
转发的确定性报文的缓存总量小于等于所述第一预设门限值；
将所述第四调度周期的下一个调度周期作为新的第四调度周期，重新执行所述当监测到到达第四调
度周期时，在所述第四调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文转发完成后，转发所述第四调度周
期的下一个调度周期关联的调度队列中缓存的确定性报文的步骤，直至到达所述第二调度周期为止，所
述第四调度周期至所述第一调度周期的步长为预设调整步长。
24. 根据权利要求 23 所述的装置，其特征在于，
所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量等于所述第一预设门限值，所述第四调度周期的下
一个调度周期关联的调度队列中存在剩余的确定性报文；或
所述第四调度周期转发的确定性报文的缓存总量小于所述第一预设门限值，所述第四调度周期的下
一个调度周期关联的调度队列中不存在剩余的确定性报文。
25. 根据权利要求 14-24 任一项所述的装置，其特征在于，所述网络设备中配置有可调的调度队列
数量参数、调度队列长度参数、周期数量参数和周期宽度参数；
所述调度队列数量参数用于指示所述网络设备包括的调度队列数量；
所述调度队列长度参数用于指示一个调度队列的缓存量；
所述周期数量参数用于指示所述网络设备包括的调度周期数量；
所述周期宽度参数用于指示一个调度周期的时长。
26. 根据权利要求 14-24 任一项所述的装置，其特征在于，所述网络设备位于汇聚层或核心层。
27. 一种网络设备，其特征在于，包括处理器和机器可读存储介质，所述机器可读存储介质存储有
能够被所述处理器执行的机器可执行指令，所述处理器被所述机器可执行指令促使：实现权利要求 1-13
任一所述的方法。
28. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质内存储有计算机程序，所述
计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1-13 任一所述的方法。
29. 一种计算机程序产品，其特征在于，当其在计算机上运行时，使得计算机执行权利要求 1-13
任一所述的方法。