

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2021年1月21日 (21.01.2021)



(10) 国际公布号  
**WO 2021/008473 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*H04L 12/26* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/101547
- (22) 国际申请日: 2020年7月13日 (13.07.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201910631286.6 2019年7月12日 (12.07.2019) CN
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 李彤 (LI, Tong); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 郑凯 (ZHENG, Kai); 中国广东省深圳市

龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 陈胜军 (CHEN, Shengjun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 陈君森 (CHEN, Junsen); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 王凡钊 (WANG, Fanzhao); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: SYSTEM, METHOD, AND APPARATUS FOR EVALUATING ROUND-TRIP TIME

(54) 发明名称: 一种评估往返时延的系统、方法及装置

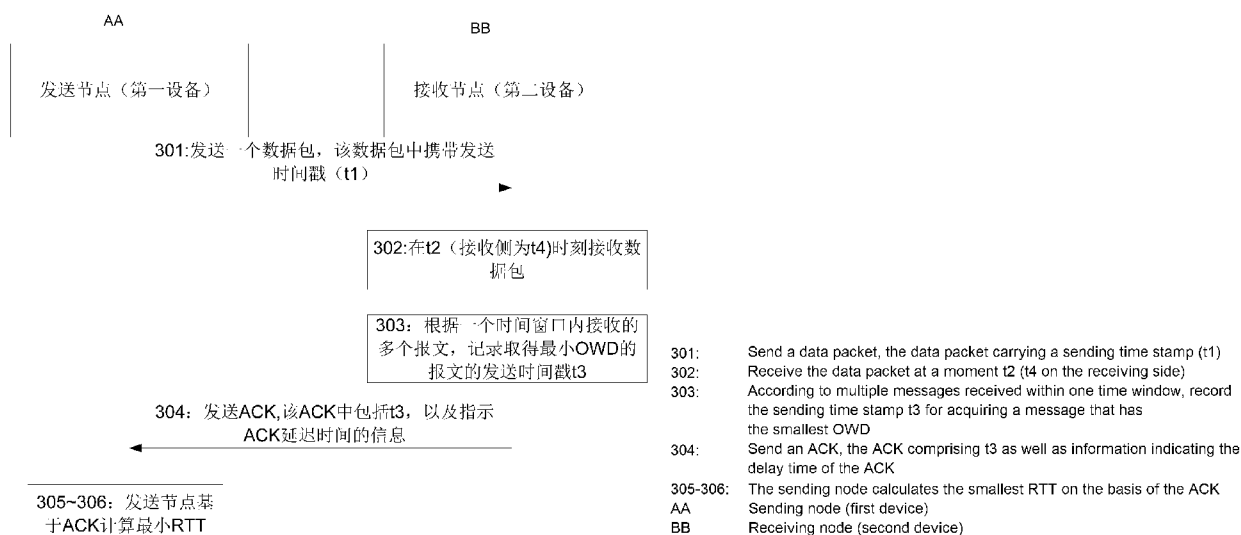


图 3 (a)

(57) Abstract: Disclosed in the present application are a system, method, and apparatus for evaluating round-trip time, which are used to improve accuracy in evaluating round-trip time. In the system, a first device sends multiple messages to a second device by means of the same path, each message among the multiple messages carrying a time stamp indicating the sending time of the message. The second device calculates a statistical value of the one-way delay of the multiple messages and determines one time stamp from among time stamps carried by the multiple messages; and the second device sends an ACK to the first device, the ACK comprising the determined time stamp and ACK time information. The first device determines a measurement value of the RTT of the path on the basis of the stamp in the ACK, the ACK time information, and the time at which the ACK is received.

WO 2021/008473 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

---

(57) 摘要: 本申请公开了一种评估往返时延的系统, 方法及装置, 用以提高往返时延的评估精度。该系统中, 第一设备通过同一路径向所述第二设备发送多个报文, 该多个报文中的每一个报文都携带有指示所述报文的发送时间的时戳。第二设备通过计算所述多个报文的单向时延的统计值, 从所述多个报文携带的时戳中确定出一个时戳, 第二设备向第一设备发送ACK, 该ACK包括确定出的时戳和ACK时间信息。第一设备基于ACK中的时戳、ACK时间信息以接收该ACK的时间, 确定该路径的RTT的一个测量值。

## 一种评估往返时延的系统、方法及装置

### 技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及一种评估往返时延的系统、方法及装置。

### 背景技术

虚拟现实 (VR, virtual reality)、增强现实、高清无线投屏以及基于人工智能的新型应用的兴起，催生出广域网(WAN, Wide Area Network)和无线局域网(WLAN, Wireless LAN)海量数据传输的需求。对带宽的需求越来越大，因此数据包传输要求高吞吐量。例如 4K 视频要求吞吐在 15-18 Mbps，高清 VR 甚至高达 167 Mbps，然而，现有 WLAN 传输能力远远无法满足高清视频应用的带宽需求，例如，2017 年全球移动网络传输能力平均值仅 8.7 Mbps。虽然底层技术在不断革新，但是传输层协议对数据路径层的协议并不友好，导致即使带宽有 600 Mbps，带宽利用率可能仅仅只有 61%。

而“高吞吐”对确认信息 (acknowledgement, ACK) 机制提出新的挑战。例如，IEEE 802.11 中，介质访问控制 (MAC, Media Access Control) 层协议强制要求每次频谱资源请求之前必须有一段空闲时间，然而某些传输层协议，如传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 是一个对称的协议，每发一个或两个数据包，就会回一个确认 (ACK, Acknowledgement) 字符，这种方式被称为每包确认。由于 ACK 与数据包消耗了几乎同样多的频谱资源，高吞吐场景下，单位时间正向路径 (从数据的发送节点到数据的接收节点的路径，也称数据路径) 传输的数据包增加，使得单位时间反向路径 (从数据的接收节点到数据的发送节点的用于传输确认字符的路径，也称控制路径) 传输的 ACK 的数量也会增大。这样，就会导致正向路径上数据的吞吐急剧下降。因此，减少 ACK 的频率是提高带宽利用率的有效手段。

延迟确认是减少 ACK 的频率的最常用的方法。延迟确认作为传输控制协议中的一种反馈方式，特指一个数据包从发送节点 (即上文的数据的发送节点) 到达接收节点 (即上文的数据的接收节点) 后，接收节点并不立刻回复一个 ACK，而是等待更多的数据包到达，或者等过一段时间再回复一个 ACK 的反馈方式。

往返时延 (Round-Trip Time, RTT) 是指数据包从发送节点发出到该数据包到达接收节点，然后该数据包对应的 ACK 被该发送节点接收到，所经历的总时间。由于网络的实时的传输性能会有波动，发送节点在不同的时间得到的 RTT 数值也同样会波动，因此，实际业务中 RTT 的测量值 (下文简称 RTT)，以及由多个 RTT 测量值计算出的统计值 (下文简称 RTT 的统计值) 都可以作为评估一个连接的传输性能的重要参数，很多传输控制策略都要基于 RTT 或 RTT 的统计值制定或者调整。其中 RTT 的统计值可以是最小 RTT (Minimum Round-Trip Time, minRTT)，即数据发送节点接收到多个 RTT 中值最小的一个；最大 RTT (Maximum Round-Trip Time, maxRTT)，即数据发送节点接收到多个 RTT 中值最大的一个；平均 RTT，即数据发送节点接收到多个 RTT 的平均值，平均 RTT 可以有多种计算方法；多个 RTT 中排第 K 大的 RTT 以及多个 RTT 中值为前 L% 小的 RTT ( $0 < L < 100\%$ )，如，第 95% 大的 RTT (95th percentile Round-Trip Time, 95<sup>th</sup> RTT) 等等。一些方式下，用于计算上述的 RTT 的统计值的多个 RTT 的测量值是在一个时间段内的值，例如，这个时间段可以是时长为预设长度 (例如 5S, 10S 或者 13S 等等) 的某个历史时间段，该历史时间段的一个端点可以是当前时刻。

然而，延迟确认的场景下，RTT 的计算只能依靠为数稀少的 ACK 来进行采样，这种采样的方式导致现有的方法很难保证对 RTT 的评估的准确性和可用性，也制约了数据传输的性能的提高。

## 发明内容

本申请提供一种评估往返时延的系统，方法和装置，通过单向时延 OWD 来筛选携带在 ACK 中的时间戳，从而辅助对 RTT 的评估，以提高对评估 RTT 的准确性和可用性。

第一方面，本申请实施例提供一种评估往返时延 RTT 的系统，该系统包括第一设备和第二设备，该第一设备用于通过同一路径向该第二设备发送多个报文，该多个报文中的每一个报文都携带有指示该报文的发送时间的的时间戳；该第二设备用于通过计算该多个报文的单向时延 OWD 的统计值，从该多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳，其中，该第一时间戳指示该多个报文中第一报文的发送时间，该第一报文的 OWD 的测量值等于该多个报文的 OWD 的统计值；该第二设备用于向该第一设备发送确认 ACK，该 ACK 包括该第一时间戳和 ACK 时间信息，该 ACK 时间信息与该第二设备从接收该第一报文到发送该 ACK 的时长有关；该第一设备用于接收该 ACK，以及基于该第一时间戳，该 ACK 时间信息以及第二时间戳，确定该路径的 RTT 的一个测量值，其中，该第二时间戳指示该第一设备接收该 ACK 的时间。

上述第一设备可以看做是发送设备（或发送节点），第一设备向第二设备发送报文的正向路径，第二设备可看做是接收设备（或接收节点），第二设备向第一设备发送 ACK 的路径是反向路径。第一设备和第二设备之间的通信可以多路径传输技术，例如 MPTCP，那么评估的就是一条子流的 RTT。

同一路径是指发送的多个报文使用相同的路由，多路径场景下，就是指该多个报文属于同一子流。

上述的多个报文可以是第二设备在一个第一时间窗内接收到的，则该多个报文的 OWD 的统计值就是第一时间窗内该路径的 OWD 的统计值。第一设备发送的报文可以是数据报文也可以是控制报文。

由于第一设备发送的报文中携带有指示该报文发送时间的的时间戳，第二设备就可以计算路径的单向时延，因为第二设备可能接受了多个报文后才返回 ACK，第二设备通过 OWD 的统计值来确定在 ACK 中携带哪个报文的发送时间戳，并将对应于该报文的能指示 ACK 发送时延的信息也携带在 ACK 中，也就是借助对 OWD 的分析来评估 RTT，这样就可通过第一设备和第二设备的配合，提高评估 RTT 的准确性。基于更准确更贴近实际网络情况的 RTT 控制该路径的数据传输，能提高该路径的传输性能。

该 ACK 时间信息与该第二设备从接收该第一报文到发送该 ACK 的时长有关，是指基于该 ACK 时间信息，能够确定出或者反映出该第二设备从接收该第一报文到发送该 ACK 的时长，故该 ACK 时间信息可以有多种表达方式。一种实现方式下，该 ACK 时间信息包括第三时间戳和第四时间戳，该第三时间戳指示该第二设备接收该第一报文的时间，该第四时间戳指示该第二设备发送该 ACK 的时间。另一种实现方式下，该 ACK 时间信息包括第一时间段，该第一时间段指示该第二设备从接收该第一报文到发送该 ACK 的时长。

另外，该第一设备计算 RTT 的测量值可以有多种方式。例如，一种实现方式下，该第一设备具体用于将该第二时间戳指示的时间减去该第一时间戳指示的时间，以及减去该第四时间戳与该第三时间戳之差，以得到该路径的 RTT 的一个测量值。再例如，该第一设备具体用于将该第二时间戳指示的时间减去该第一时间戳指示的时间，以及减去该第一时间段，以得到该路径的 RTT 的一个测量值。再例如，该第一设备完成上述的减法计算后，再做一些后处理，例如通过一些公式修正结果，将修正后的结果作为该路径的 RTT 的一个测量值。这些后处理是基于工程上处理数据的，比如使得数据更加平滑，由于评估的 RTT 进一步用于传输控制或者监控等业务场景，这些后处理是可能发生的。

一种实现方式下,该第一设备还用于基于在一个时间窗内收集的多个 ACK,计算该路径的 RTT 的多个测量值,以及计算该路径的 RTT 的多个测量值对应的统计值。统计值可以比测量值更好地反映路径的传输性能,因为统计值是一段时间内的多个测量值得到的,能减少网络的细微变化对 RTT 评估的影响。由于多个测量值是比较贴近实际情况比较准确的,基于这多个测量值得到的统计值也能比较准确地反映路径的真实的传输性能。

例如,这个时间窗可以是从第一设备收到上述 ACK 的时间起的一段时长。上述的多个 ACK 也应当是对应通过同一路径传输的报文。

一种实现方式下,该多个报文的 OWD 的统计值与该路径的 RTT 的统计值的类型相同,该类型为最大值,最小值和平均值中的一种。当然,这些类型可以遵循不同的计算公式,例如平均值还有更细分的种类,另一方面,还可以是其他统计值的类型,如多个 RTT(OWD) 中排第 K 大的 RTT(OWD) 以及多个 RTT(OWD) 中值为前 L% 小的 RTT(OWD) ( $0 < L < 100\%$ ) 等等。当然,另一种实现方式下,该多个报文的 OWD 的统计值与该路径的 RTT 的统计值的类型也可以不同,可按照用户的需求制定。

例如一个场景下,该多个报文的 OWD 的统计值为该多个报文的 OWD 的最小 OWD,该路径的 RTT 的统计值为该多个测量值中的最小 RTT。

综上,上述方法降低了 RTT 统计的准确性对每包确认机制的依赖程度,而 RTT 仍然能较为准确统计或者测量,也能使得很多基于 RTT 进行例如拥塞控制的传输控制算法能更好地发挥作用,提高传输效率。

第二方面,本申请提供一种评估时延的方法,该方法包括:第二设备通过同一路径接收来自第一设备的多个报文,该多个报文中的每一个报文都携带有指示该报文的发送时间的时戳;该第二设备通过计算该多个报文的单向时延 OWD 的统计值,从该多个报文携带的时戳中确定第一时间戳,其中,该第一时间戳指示该多个报文中第一报文的发送时间,该第一报文的 OWD 的测量值等于该多个报文的 OWD 的统计值;该第二设备向该第一设备发送确认 ACK,以便该第一设备基于该 ACK 评估该路径的 RTT,该 ACK 包括该第一时间戳和 ACK 时间信息,该 ACK 时间信息与该第二设备从接收该第一报文到发送该 ACK 的时长有关。

第二方面描述的是第二设备执行的方法,对应于第一方面描述的系统,因此,第二方面的具体实现方式和有益效果,请参考对第一方面的描述。

第三方面,本申请提供一种评估时延装置,该装置包括:接收模块,用于通过同一路径接收来自第一设备的多个报文,该多个报文中的每一个报文都携带有指示该报文的发送时间的时戳;时戳确定模块,用于通过计算该多个报文的单向时延 OWD 的统计值,从该多个报文携带的时戳中确定第一时间戳,其中,该第一时间戳指示该多个报文中第一报文的发送时间,该第一报文的 OWD 的测量值等于该多个报文的 OWD 的统计值;发送模块,用于向该第一设备发送确认 ACK,以便该第一设备基于该 ACK 评估该路径的 RTT,该 ACK 包括该第一时间戳和 ACK 时间信息,该 ACK 时间信息与该第二设备从接收该第一报文到发送该 ACK 的时长有关。

第四方面,本申请提供一种评估时延装置,该装置包括:通信接口、处理电路和存储介质;该存储介质用于存储软件程序,该通信接口用于通过该存储介质中的指令与其他设备收发报文,该处理电路用于运行该存储介质中的指令控制该通信接口以实现前述方面中第二设备执行的流程。

第三、四方面描述的是第一方面描述的系统,第二设备的两种实现方式,因此,第三、四方面的具体实现方式和有益效果,请参考对第一方面的描述。

第五方面,本申请提供一种芯片,该芯片包括:通信接口和处理电路;该处理电路用于控制该通信接口以实现第一方面的任意一种实现方式或第二方面的任意一种实现方式中第二设备执行的流程。

第六方面，本申请实施例提供了一种芯片，该芯片与存储器相连，用于读取并执行所述存储器中存储的软件程序，以实现第一方面的任意一种实现方式或第二方面的任意一种实现方式中第二设备执行的流程。

第七方面，本申请实施例中还提供一种计算机存储介质，该存储介质中存储软件程序，该软件程序在被一个或多个处理器读取并执行时可实现第一方面的任意一种实现方式或第二方面的任意一种实现方式中第二设备执行的流程。

第八方面，本申请实施例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，使得计算机执行第一方面的任意一种实现方式或第二方面的任意一种实现方式中第二设备执行的流程。

应当理解的是，本申请的第五至第八方面与本申请的第一方面和第二方面的技术方案相同或者类似，各方面及对应的可行实施方式所取得的有益效果相似，不再赘述。

### 附图说明

- 图 1(a)-(c)为本申请实施例提供的三种场景下返回 ACK 的示意图；
- 图 2 为本申请实施例提供的一种通信系统架构示意图；
- 图 3 (a) 为本申请实施例提供的评估往返时延的流程示意图；
- 图 3 (b) 为本申请实施例提供的计算单向时延的指示图；
- 图 4(a)-(c)为本申请实施例提供的发送 ACK 的时序和结构示意图；
- 图 5 为本申请实施例提供的一种数据传输装置（对应接收节点）的结构示意图；
- 图 6 为本申请实施例提供的一种数据传输装置（对应接收节点）的结构示意图。

### 具体实施方式

本申请实施例提供的方案可用在端到端通信，端云通信以及云到云通信等多种通信场景中。因此，本申请涉及到的接收节点或者发送节点可以是终端设备（也可以简称为终端），例如传感器、手机、平板、笔记本电脑、个人计算机、车载终端、机顶盒、电视盒子等；也可以是网络设备，例如网关、接入路由器、核心路由器、前端路由器、负载均衡器、服务器等。例如，端到端场景可以是，手机将一段视频投屏在智能电视或者通过电视盒子或接收器投屏在显示器上。再例如，两个终端设备之间通过某个应用的视频通话，则其中的一个终端和该应用的服务器，就是适用本申请描述的方法的端云场景。

应理解，本申请中的接收节点和发送节点都指设备，或者都指设备上运行的操作系统。例如，接收节点是指一个连接中，接收数据且发送反馈信息的设备或者该设备上运行的操作系统，发送节点是指一个连接中，发送数据的设备或者该设备上运行的操作系统，当然发送节点也可以发送控制报文。同一个设备可以在一段时间内是接收节点，而另一段时间内是发送节点，或者，由于一个设备可能是多条连接的端节点，这个设备还可以同时是接收节点和发送节点，例如一个手机，一边向网盘上传图片，这就可看作发送节点，一边打开新闻网站中的标题供用户阅读文章，这就可看作接收节点。为便于理解，本申请以一条连接的发送节点和接收节点为例描述。后续描述时，本申请实施例中发送节点也被称为第一节点或者第一设备，接收节点也被称为第二节点或者第二设备。换句话说，第一节点或者第一设备在一个 RTT 评估流程中，发送多个报文，该报文可以是数据包或者控制报文；而第二节点或者第二设备在一个 RTT 评估流程中，发送反馈信息，例如 ACK, SACK 或 NACK。

本申请的方案可以适用到所有支持时延统计的端到端协议中。这些端到端协议可以是，传输控制协议（transport control protocol, TCP）、用户数据协议（user data protocol, UDP）、快速 UDP 网络连接（quick UDP internet connection, QUIC）、流控制传输协议（stream control transmission protocol, SCTP）等等，甚至可以使用在多路径传输场景的子流（subflow），本申请不做限制。本申请中，评估往返时延所使用的报文应当是通过同一路径（path）发送的，

即这些报文的正向路径应当相同，使用不同路径发送的报文由于路由不同，网络状态也可能不同，是不合适用在一个往返时延的评估中的。其中，路径是指从发送节点到接收节点的路由。

通常，往返时延 (RTT) 等于发送节点接收到 ACK 时的当前时间减去 ACK 中携带的回显时间。由于当前时间和回显时间都是在实际组网中获取的，这样计算出的 RTT 的值可以作为一条路径的 RTT 的测量值，该路径用于传输该 ACK 回应的数据包。回显时间是指该 ACK 回应的数据包从发送节点发出的时间，而当前时间可用于指示 ACK 的接收时间。即可根据 ACK 的接收时间 (即当前时间) 和数据包的发送时间 (即回显时间)，得到该路径的 RTT 的测量值。多个 RTT 的测量值通过统计学的运算，例如求最大值，最小值，平均值等，就可以得到对应这多个 RTT 的统计值。另外，路径 (path) 是指从发送节点到接收节点的路由。

下面以计算最小 RTT 为例，简单描述 RTT 的统计值的计算方法。发送节点到接收节点可以有多个路径，在传输过程中，传输报文的路径也可能发生变化，采用全局最小 RTT (也就是所有统计到的 RTT 中的最小值) 来评估路径的传输性能会失真。本申请中计算的最小 RTT 是一条路径的最小 RTT，也就是说，计算该最小 RTT 的数据包是通过同一条路径从发送节点传输到接收节点的。其中，发送节点位于第一设备，或者就是第一设备，接收节点位于第二设备，或者就是第二设备。现有技术的做法是，发送节点针对多个 RTT 的测量值，通过最小窗口过滤器 (Windowed Minimum Filter) 计算该对节点 (发送节点和接收节点) 在某一时间窗口内的最小 RTT，并以此作为该路径的最小 RTT 的测量值。其中，最小窗口过滤器的实现如下：

$$mimRTT = \min(RTT_t) \quad \forall t \in [T - W_R, T]$$

其中， $RTT_t$  表示表示 t 时刻的 RTT 测量值，T 表示当前时刻， $W_R$  表示一个时间窗口，一般为若干秒 (例如 5s, 8s, 10s 或者 14s 等等)。

本申请的可用于各种对时延的统计要求比较精准，可是接收节点返回的 ACK 数量较少的场景中，较少是相对于接收节点接收到的报文数目等于接收节点发送的 ACK 的数目这种情况。例如，延迟确认场景下的时延统计，甚至包括某些每包确认场景下的时延统计，例如一些传输协议 (例如 TCP 协议，标准 RFC 1122) 规定的 TCP 的 ACK 不能延迟超过 2 个数据包且延迟不能超过一个阈值 (例如 500 ms)，这种情况虽然可以被理解为每包确认场景，但本申请描述的方法一样适用。延迟确认作为一种反馈机制，不仅能够减少 ACK 的频率，而且能够降低通信双方和中间网络设备的开销。

下面结合图 1，描述延迟确认场景对评估 RTT 及其统计值的影响，具体以最小 RTT 为例。图 1 中，发送节点中的每个黑色方块代表一个数据包，接收节点中的每个圆形代表一个 ACK，所有数据包使用同一路径传输。图 1 中的 (a) 示意，发送节点发送 5 个数据包，每包确认机制下，接收节点每收到一个数据包回复一个 ACK，对应数据包和 ACK 的数量比为 (1:1)，发送节点可以获得 5 个 RTT 的测量值，分别是 20 ms, 16 ms, 22 ms, 15 ms, 30 ms。发送节点根据这 5 个 RTT 的测量值，统计出最小 RTT 为 15 ms。在延迟确认机制下，假设每两个数据包回复一个 ACK，图 1 中只有 5 个数据包，故 (b) 中对应数据包和 ACK 的数量比为 (5:3)，发送节点可获得 3 个 RTT 的测量值，分别是 20 ms, 22 ms, 30 ms。发送节点根据测量 RTT 的集合，统计的该路径的最小 RTT 为 20 ms，该统计结果与图 1 (a) 的结果的偏差达到了 30%。再如图 1 (c)，示意的是每 N(N>2) 个数据包回复一个 ACK 的情况，图 1 中的 (c) 示意 (5:1)，假设 N=5，发送节点只能获取 1 个数据包的测量 RTT，即 30 ms。因此，这种情况下统计的该路径的最小 RTT 为 30 ms，该统计结果与图 1 (a) 的结果的偏差达到了 100%。

可见，在接收多个数据包后才返回一个 ACK 的情况下，RTT 的统计值很容易有偏差。因为机械地、粗暴地减少 ACK 数目，会产生一些问题：如 1. 改变发送模式产生流量突发 (Burst)，扰乱发送窗口更新和丢包检测算法；2. 对 ACK 丢失变得更加敏感；以及 3. 无法准

确评估 RTT 等。

可见，RTT 的测量依赖 ACK，如果 ACK 数量较每包确认一个 ACK 少，现有的方法获得准确的 RTT 测量值和统计值的概率就会降低，不同情况下，RTT 测量值和统计值的结果波动大，容易造成测量和统计的结果错误、或者与实际不符。因此，设计一种更好保障 RTT 的准确测量和统计，减少结果波动，尽量贴近实际情况的方法，对于 WLAN 以及非对称网络等场景具有重大的现实意义。

本申请的基本思想是在接收节点通过单向时延 (OWD, one-way delay) 的变化来推测往返时延 (RTT, round-trip time) 的变化，充分利用接收节点的能力差异，减少时延统计对每包确认机制的依赖，以一种间接的方式进行更为精准的时延统计。单向时延，是指一个数据包从发送节点发出到该数据包到达接收节点所经历的时间。需要说明的是，下文出现的 OWD 的测量值，OWD 的统计值 (例如最小 OWD，最大 OWD, OWD 的平均值等) 的解释和定义，可以参照对应的 RTT 的测量值和统计值的解释和定义，下文不再赘述。

其中，OWD 的统计值和 RTT 的统计值都是一段时间内的统计值，例如一个时间窗口。一种实现方式下，RTT 统计值的时间窗口长于 OWD 的统计值。

在传输控制中，相比 ACK，上层业务更关注被传输的数据包本身。例如，传输一个文件，用户体验与文件传输完成时间相关联，因此，用户只关心数据包从发送节点尽快到达接收节点，而不太关心其 ACK 的传输。由于 OWD 只与数据包的传输有关，RTT 则与数据包和 ACK 的传输都相关，本申请通过 OWD 变化来推测 RTT 的变化，是合理的，可行的。

基于此，本申请实施例提供一种数据传输方法及装置，用以提高对 RTT 的评估的准确性，从而提高数据的传输性能。其中，方法和装置是基于同一发明构思的，由于方法及装置解决问题的原理相似，因此装置与方法的实施可以相互参见，重复之处不再赘述。

另外，需要说明的是，本申请中，“至少一个”是指一个或者多个，“多个或者若干”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 以及单独存在 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。应当理解，尽管在本申请实施例中可能采用术语第一、第二等来描述各对象，但这些术语仅用来将各对象彼此区分开。

如图 2 所示，为本申请实施例示例的一种通信系统的具体的架构示意图。通信系统中包括发送节点和接收节点。示例性的，发送节点包括数据包构造模块 201、数据包发送模块 202、ACK 解析模块 203 和往返时延统计模块 204，在接收节点实现数据包解析模块 205、单向时延 OWD 统计模块 206、ACK 构造模块 207 和 ACK 发送模块 208，接收节点还可以包括数据包接收模块，图 2 中没有示出。要说明的是，发送节点和接收节点还可以包含其它本申请未说明的模块，本发明并不对节点上的模块数目做任何限制。另外，图 2 的架构只是一种举例，本申请不限定接收节点和发送节点中各自包括的模块，具体实现时，上述模块中的某几个模块的功能也可能在一个模块中实现。

下面以图 2 的系统为例，介绍一种装置结构如何完成本申请描述的方法，这个例子以发送节点发送数据包为例进行说明。

1. 发送节点通过数据包构造模块 201，构造数据包，通过数据包发送模块 202，将数据包经过通信路径发送给接收节点。其中，数据包中携带该数据包的发送时间戳。

其中，一个数据包的发送时间戳 (又称数据包发送时间戳) 指示该数据包从发送节点发出的时刻。

2. 接收节点通过数据包解析模块 205，获取数据包中携带的数据包发送时间戳，并记录该数据包的到达时间戳。

其中，一个数据包的到达时间戳 (又称数据包到达时间戳) 指示该数据包到达接收节

点的时刻。

3. 接收节点通过单向时延统计模块206, 根据该数据包的发送时间戳和到达时间戳, 计算该数据包的单向时延。通过这种方式, 接收节点可以统计每个接收到的数据包的单向时延。

4. 接收节点通过单向时延分析模块206, 分析一段时间内接收到的多个数据包的单向时延, 获得单向时延的分析结果。

例如, 分析结果可以是接收节点在这段时间内接收到的包中, 对应最小单向时延的包的信息, 例如该包的标识, 再例如, 这个分析结果为这段时间内接收到的单向时延的波动是否超过一个阈值。

5. 接收节点通过ACK构造模块207, 根据单向时延的分析结果, 构造ACK。接收节点通过ACK发送模块208, 将ACK经过通信路径发送给发送节点。

其中, ACK中携带发送节点计算往返时延所需要的信息。该信息可以是一个值, 用于指示某个包的OWD测量值, 或者某段时间内OWD的一种统计值。该信息还可以是该ACK的发送时间戳, 以及该ACK的发送延迟时间, 比如从接收到数据包到发送该数据包对应的ACK的时间之间的时间差。

6. 发送节点通过ACK解析模块203, 解析接收到的ACK, 获得发送节点计算往返时延所需要的信息, 并将该信息输出给往返时延统计模块204。

7. 发送节点通过往返时延统计模块204, 根据ACK解析模块203输出的信息(即发送节点计算往返时延所需要的信息), 得到往返时延的一个测量值。

上述过程发生多次, 就可以得到往返时延的多个测量值。

8. 发送节点通过往返时延统计模块204, 根据往返时延的多个测量值, 计算往返时延统计值。

另外, 本申请还提供另一种通信系统, 该系统中包括第一设备和第二设备, 其中第一设备就相当于图2所示系统中的发送节点, 第二设备就相当于图2所示系统中的接收节点。有关该通信系统如何实现下述流程的进一步详细的描述, 请参考本申请其他的对应段落, 例如对方法的描述, 以及上文的说明。

第一设备用于通过同一路径向第二设备发送多个报文, 该多个报文中的每一个报文都携带有指示该报文的发送时间的时间戳; 第二设备用于通过计算多个报文的单向时延 OWD 的统计值, 从多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳, 其中, 第一时间戳指示多个报文中第一报文的发送时间, 第一报文的 OWD 的测量值等于多个报文的 OWD 的统计值。第二设备用于向第一设备发送确认 ACK, ACK 包括第一时间戳和 ACK 时间信息, ACK 时间信息与第二设备从接收第一报文到发送 ACK 的时长有关。第一设备用于接收 ACK, 以及基于第一时间戳, ACK 时间信息以及第二时间戳, 确定路径的 RTT 的一个测量值, 其中, 第二时间戳指示第一设备接收 ACK 的时间。一种实现方式下, ACK 时间信息包括第三时间戳和第四时间戳, 第三时间戳指示第二设备接收第一报文的时间, 第四时间戳指示第二设备发送 ACK 的时间。

可见, 第一设备和第二设备中可以不包括如图 2 对应的系统中那么多的模块, 也就是说, 对设备或者节点中模块的划分方式是多样的。

一种实现方式下, ACK 时间信息包括第一时间段, 第一时间段指示第二设备从接收第一报文到发送 ACK 的时长。

一种实现方式下, 第一设备还用于基于在一个时间窗内收集的多个 ACK, 计算路径的 RTT 的多个测量值, 以及计算路径的 RTT 的多个测量值对应的统计值。

一种实现方式下, 多个报文的 OWD 的统计值与路径的 RTT 的统计值的种类都是最大值, 最小值, 或平均值。

这样, 上述的系统就可以通过借助 OWD, 提高对 RTT 的评估准确度。

上述过程中, 接收节点(第二设备)可以按照发送节点(第一设备)的“需求”得到

单向时延OWD的测量值或者统计值。“按需”表现在RTT的统计值包括多种形式，例如前文提到的最小RTT、最大RTT、第K大的RTT ( $0 < K < 100\%$ )和平均RTT等等，而接收节点计算的OWD的统计值与发送节点计算的RTT的统计值类别相同。例如，发送节点的“需求”是统计最小RTT，则对应接收节点上统计最小OWD；再例如，发送节点的“需求”是统计最大RTT，则对应接收节点上统计最大OWD；依此类推。这样，可以节省计算资源。当然，还可以有其他实施方式，是OWD的统计值与RTT的统计值类别不相同，即，不论发送节点的“需求”是最小RTT、最大RTT、第K大的RTT ( $0 < K < 100\%$ )还是平均RTT，对应接收节点上都统计第K大的OWD ( $0 < K < 100\%$ )，只是对应K的取值不相同。例如，最小RTT对应的K值为5%，最大RTT对应的K值为95%，平均RTT对应的K值为50%。

下面描述本申请提出的评估往返时延的方法。简单来说，发送节点（也称第一节点或第一设备）通过同一路径向接收节点（也称第二节点或第二设备）发送报文（该报文可以是数据包或者控制报文），在报文中携带发送节点发送该报文时的时间戳（即报文发送时间戳）。接收节点在一个时间窗内接收到一个或多个报文后，计算这些报文的OWD的统计值，以及在回复的ACK中，携带一个时间戳和发送节点计算往返时延所需要的信息（即ACK时间信息），例如用于指示某个报文的OWD测量值，或者某段时间（如第一时间窗）内OWD的一种统计值，或者是该ACK的发送时间戳和该ACK的发送延迟时间。ACK中携带的时间戳指示所述多个报文中一个报文的发送时间，这个报文的OWD的测量值等于所述多个报文的OWD的统计值。这样，发送节点就可以基于ACK，更准确地得到RTT的测量值或者进一步计算得到RTT的统计值，例如，发送节点基于第二时间窗内收到的多个ACK，计算该段时间内RTT的统计值。

上述过程还涉及接收节点和发送节点对时延的计算或者统计步骤。例如，接收节点可使用一个数据包到达该接收节点的时间戳和该数据包中携带的数据包发送时间戳计算OWD测量值并对其做一定的处理；接收节点还可以基于OWD的测量值，按照发送节点对RTT统计值的需要，计算某个类型的OWD统计值，从而确定要在ACK中携带的表示一个报文的发送时间的时间戳。

上述方法降低了RTT统计的准确性对每包确认机制的依赖程度，而RTT仍然能较为准确统计或者测量，也能使得很多基于RTT进行例如拥塞控制的传输控制算法能更好地发挥作用，提高传输效率。

接下来，以评估最小RTT为例，结合图3(a)，图3(b)，图4(a)，图4(b)和图4(c)，描述本申请方法的一种实现方式。很多传输控制协议都依赖于最小RTT评估的准确性，例如，瓶颈带宽和往返传输时间（Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time, BBR）和Copa是两种新型的拥塞控制算法，其中Copa是在USENIX NSDI 2018上发表的新算法，目前还没有对应的中文翻译。它们的算法效率与最小RTT统计的准确度密切相关。以BBR为例，BBR实时探测网络最大带宽和最小RTT，从而计算带宽时延积（bandwidth delay product, BDP），然后根据BDP确定最大能够往网络中发送的数据总量，从而进行拥塞控制。如果测量的最小RTT偏大，就会导致BBR往网络中发送的数量总量超过网络本身的容量，容易造成丢包、排队时延增大等后果，降低传输效率。

图3(a)描述了一种计算最小RTT的流程，其中包括：

步骤301：在 $t_1$ 时刻，发送节点通过正向路径向接收节点发送一个数据包，其中，该数据包中包括一个指示发送时刻（即 $t_1$ ）的时间戳。

其中，该指示发送时刻的时间戳即该数据包的数据包发送时间戳。

发送节点内可包括多个待发送的数据包，这些待发送的数据包中的数据可以是发送节点上运行的应用下发的，经过协议栈的封装，在发送队列中等待发送。

步骤302：接收节点在 $t_2$ 时刻接收到该数据包， $t_2$ 即为该数据包的接收时刻。则接收节点可基于该数据包中的指示发送时刻的时间戳和接收时刻得到该数据包在正向路径上的单向时延OWD。并且，将该数据包的OWD，作为OWD的测量值 $OWD=t_2-t_1$ ，如图3(b)所示。

图3 (b) 中描述的是发送节点有多个待发送的报文, 在 $t_1$ 时刻发送了一个, 且该在 $t_1$ 时刻发送的报文在 $t_2$ 时刻被接收节点接收, 接收节点将生成ACK, 以及通过反向路径向发送节点发送ACK。

另一种实现中, 接收节点通过指数加权移动平均的方法, 对该数据包的OWD进行平滑, 得到对应的平滑的OWD (用 $sOWD$ 表示), 即 $sOWD = a * sOWD + (1-a) * OWD$ , 其中  $a$  是一个可调因子, 比如 $a=0.9$ , 最终, 接收节点把 $sOWD$ 作为OWD测量值。

步骤303: 接收节点根据一个时间窗口内接收的多个报文, 记录取得最小OWD的报文的发送时间戳。

上述步骤中计算OWD的测量值或者统计值, 是为了评估出较为准确, 较为贴近实际情况的ACK延迟时间。

由于发送节点可以不断发送数据包, 则按照步骤302中的处理方式, 接收节点可接收多个带有时间戳的数据包, 分别得到多个OWD的测量值, 再通过最小窗口过滤器 (Windowed Minimum Filter), 确定出一个时间窗口 (称第一时间窗口) 的时长中, 值最小的OWD (简称最小OWD, 用 $minOWD$ 表示)。其中, 时间窗口的长度是预设的, 例如可按需配置, 比如20 ms。

即

$$minOWD = \text{MIN}(OWD_t) \quad \forall t \in [T - W1, T]$$

其中,  $OWD_t$  表示  $t$  时刻的OWD的测量值,  $T$  表示当前时刻, 函数  $\text{MIN}()$  表示取最小值,  $W1$  表示第一时间窗口的时长, 可按需配置, 比如20 ms。

接收节点记录取得最小OWD的数据包的发送时间戳。例如, 恰好记录到取得最小OWD的数据包就是前文作为例子描述的那个数据包, 该数据包的发送时间戳就是  $t_1$ , 该数据包到达接收节点的时间戳是  $t_2$ 。接收节点可以有自己管理这些时间戳的方式, 如设置一些参数记录这些时间戳。比如记  $t_3=t_1$ ,  $t_4=t_2$ 。

如果发送节点只需要计算RTT的测量值, 那么步骤303可以不执行。

步骤304: 接收节点构造ACK, 以及将构造好的ACK通过反向路径发送给发送节点。该ACK包括一个数据包的发送时间戳, 和指示ACK延迟时间的信息。

其中, 指示ACK延迟时间的信息, 例如可以是ACK的延迟时长, 也可以携带一个数据包接收时间戳 (指示接收节点接收该数据包的时间戳) 和该数据包对应的ACK的发送时间戳 (指示接收节点发送该ACK的时间戳)。

如果发送节点只需要计算RTT的测量值, 该ACK中携带的发送时间戳对应的任意一个包的发送时间戳。下文以携带对应最小OWD的数据包的发送时间戳为例描述。

下面结合图4 (a), 图4 (b) 和图4(c)来描述该过程的几种实现方式。

图4 (a) 以接收节点的视角描述。取得最小OWD的数据包的发送时间戳为  $t_3$ , 该数据包到达接收节点的时间戳为  $t_4$ , 接收节点在接收到该数据包后, 在  $t_5$  发送一个ACK, 则对于这个数据包, ACK延迟时间  $ack\_delay = t_5 - t_4$ 。需理解, 接收节点可能在  $t_4$  到  $t_5$  之间还接收了其他的数据包。

一种实现方式下, 如图4 (b) 所示, 接收节点构造的ACK中包括  $ack\_delay$  和  $t_3$ 。这两个参数可以在ACK的包头, 或者option字段, 也可以是数据字段。

以TCP协议为例, 现有TCP报文中选项(option)字段中, 时间戳选项已包含10字节, 除了2字节表示选项类型以外, 剩余8字节包括了时间戳  $t_3$  (4字节) 和时间戳  $t_5$  (4字节)。因此, 只需修改TCP报文选项字段, 用  $ack\_delay$  的值替换  $t_5$  的值即可。

一种实现方式下, 如图4 (c) 所示, 接收节点构造的ACK中包括  $t_3$ 、 $t_4$  和发送该ACK的时间戳  $t_5$ 。这三个参数可以在ACK的包头, 或者option字段, 也可以是数据字段。

这样, 发送节点接收到ACK后, 可通过  $t_5$  和  $t_4$  计算ACK延迟时间  $ack\_delay = t_5 - t_4$ 。以TCP为例, 现有TCP报文中选项字段(options)时间戳选项已包含10字节, 除了2字节表示选项类型以外, 剩余8字节包括了  $t_3$  (4字节) 和  $t_5$  (4字节)。因此, 只需修改TCP

报文选项字段中的时间戳为 14 字节，t3、t4 和 t5 分别占用 4 字节，由于 t3、t4 和 t5 从数值上可以区分（例如依次增大或者依次减小），这三个参数的先后顺序可以不限定。

步骤 305: 发送节点根据 ACK，计算一个 RTT 测量值。

发送节点通过 ACK 中的数据包的发送时间戳，以及指示 ACK 发送时延的信息，结合该 ACK 到达发送节点的时间戳 t6，计算出一个 RTT 测量值，即，一个 ACK 可得到一个 RTT 测量值，例如基于上文描述的 ACK， $RTT=t6-t3-ack\_delay$ 。

一种实现方式下，发送节点基于 ACK 中携带的信息以及该 ACK 到达发送节点的时间戳计算出一个 RTT 的值后（例如  $RTT=t6-t3-ack\_delay$ ），进一步通过指数加权移动平均的方法，对这个值进行平滑，得到对应的平滑的 RTT（用 sRTT 表示），即  $sRTT=a*sRTT+(1-a)*RTT$ ，a 是一个可调因子，比如 a=0.9。发送节点将 sRTT 作为 RTT 测量值。

步骤 306: 发送节点根据 RTT 对应的一个时间窗口（即第二时间窗口）内的多个接收的 ACK，计算最小 RTT。

类似接收节点在步骤 303 中的方式，按照步骤 305 中的处理方式，发送节点可接收多个 ACK 以及计算多个 RTT 测量值，发送节点通过最小窗口过滤器（Windowed Minimum Filter）对该多个 RTT 测量值进行过滤，以得到最小 RTT（用  $minRTT$  表示），即使用如下公式：

$$minRTT = \text{MIN}(RTT_t) \quad \forall t \in [T - W2, T]$$

其中， $OWD_t$  表示 t 时刻的 OWD 测量值，函数 MIN() 表示取最小值，T 表示当前时刻，W2 表示第二时间窗口的时长，可按需配置。可见，第二时间窗口可以从当前时刻起向以前回溯某个时长的时间段。一般 W2 大于 W1，比如 W2=10s。

上文中的第一时间段和第二时间段的时长设定后，后续可以被更新。

RTT 是往返时延，本申请的主要思想是用“往”的统计值来间接评估“往返”的统计值。最小 OWD 对应的是 RTT 中的“往”的部分，而“返”的部分是没有做任何评估的。如果最小 OWD 的那个数据包，在“返”的时候遇到了网络抖动，比如“返”的路径上堵塞了，就会导致这个 RTT 测量值较大。如果直接取这个测量值作为最小 RTT 的值，就不准确。为了避免这种异常情况，我们在发送端再根据第二时间窗口，计算多个测量值的最小值，主要还是为了消除误差。也就是说，虽然发送端计算多个 RTT 测量值的最小值，这个方法是现有的，但是，它在本申请描述的方法里的作用跟现有方法中有细微的差别。即，现有方法是为了同时消除“往”和“返”带来的误差，而本实施例中是为了消除“返”的误差。

当然，前文是以每个 ACK 中携带的是最小 OWD 对应的数据包的信息为例进行说明的，这样的“按需”统计能够更加准确地计算 RTT 的最小值。另一种实现方式下，ACK 中也可携带与该 ACK 对应的任一个数据包的发送时间戳和接收时间戳，发送节点同样可根据多个 ACK 来计算最小 RTT，同样也能得到相比于现有技术，更贴近实际情况，更为准确的 RTT 统计值。

上述过程是以最小 RTT 作为例子来描述的，但也可以扩展到计算其他种类的 RTT 统计值，例如最大 RTT、多个 RTT 中排第 K 大的 RTT，多个 RTT 中值为前 L% 小的 RTT 或者平均 RTT 等。相应的，如果是“按需”统计，只需把最小 OWD 相应地换成最大 OWD、多个 OWD 中排第 K 大的 OWD，多个 OWD 中值为前 L% 小的 OWD 或者平均 OWD 即可，如果不“按需”统计，则更加灵活。

现有技术中，接收节点只通过发送的 ACK 触发发送节点记录 ACK 到达时间，发送节点再结合本身记录的与该 ACK 对应的数据包发送时间，即由发送节点根据接收节点反馈的 ACK 的到达时间，获得 RTT 的测量值或者统计值，整个过程接收节点并没有为计算 RTT 做除发送标准的 ACK 外的工作。而本申请采用的是收发双方协作的方式。

另一方面，现有技术直接在发送节点计算 RTT 测量值，取所述 RTT 测量值中的最小值作为最小 RTT。本发明采用的是一种间接的方式，接收节点计算 OWD 测量值，取所述 OWD 测量值作为最小 OWD，然后发送节点计算取到所述最小 OWD 的数据包对应的 RTT 测量值；发送节点根据多个 RTT 测量值，再取所述 RTT 测量值中的最小值作为最小 RTT。ACK 返

回数目较每包确认少的情况下，本申请描述的方案能够保证最小 RTT 评估的准确性。

再者，与现有技术对比，本申请的方案中，本发明不需要发送节点和接收节点进行时钟同步。单向时延的测量具有一个通用的难题，就是发送节点和接收节点的时钟可能不同步，因此如果要获得 OWD 的准确值，必须进行时钟同步。但是，在本发明中，接收节点只对 OWD 测量值进行比较操作，仅仅涉及 OWD 之间的差值，因此，本发明不需要进行时钟同步，在评估也不需要获取真实的 OWD 测量值，也就消除了测量体系内系统误差的影响。本发明中的 OWD 的值都是带有时钟同步误差的相对值，该相对值不会影响本发明的效果。

本申请描述的方案在做适应性的改动后，同样可以用在接收节点基于来自发送节点的数据包，测量或者统计其他接收节点的传输参数，例如带宽，抖动 (jitter)，丢包率，以及接收节点的接收速率等等。其中接收节点的接收速率是指单位时间内，接收节点接收到的数据量。接收节点统计出某个传输参数后，将统计出的传输参数携带在 ACK 中反馈给发送节点。这样，发送节点基于 ACK 中携带的信息，可更准确地获知路径的传输性能，缓解现有技术基于 ACK 计算这些参数的方法准确度低，测量不便的现状。其中，本申请描述的方法和装置用在测量其他传输参数的场景时，只需对上述提及的一些参数做简单的替换，本申请不再赘述。例如，传输参数为接收节点的接收速率的场景，仅需把上述对 RTT 的测量换成对接收速率的计算。

这样，通过 OWD，在 ACK 比较稀疏的场景或者 ACK 延迟回复的场景下，发送节点基于 ACK 中携带的数据包发送时间戳和指示 ACK 延迟时间的信息，确定出 RTT 的测量值，当有多个测量值的情况下，就可以得到所需的统计值。这种方法可以减少时延统计对每包确认机制的依赖，确保最小 RTT 测量的精确度，从而使基于最小 RTT 进行控制的协议拥塞控制更加精准。例如，在一个测试场景下，网络固有往返时延设置为 100ms，接收节点每 20ms 回复一个 ACK 包，分别使用本申请描述的方法和现有技术，计算最小 RTT，实验结果表明，现有方案统计的最小 RTT 值有 6%-18% 的偏差（在不同的时间点采样计算结果会有抖动），而本申请的方案统计的最小 RTT 则更加精确，偏差在 1% 以内。

另外，较为准确的最小 RTT 可以使基于最小 RTT 进行控制的协议拥塞控制更加精准，从而提高传输效率。例如，提高传输效率可以体现在降低排队时延和降低冗余率。冗余率又被称为重传率，用于表示重传的数据包与总共发送的数据包之间的比例。例如，在 ACK 延迟机制下，实现 BBR 算法，BBR 算法中的最小 RTT 统计分别采用现有技术和本申请的方案。在谷歌数据中心的悉尼和东京分别租用虚拟机，在悉尼和东京之间进行数据传输，对比结果为：现有技术平均排队时延为 63ms，冗余率为 1.41%；本发明平均排队时延为 36ms，冗余率为 0.65%。因此，本发明相比现有技术，可以使排队时延降低 43%，使冗余率降低 54%。

另一方面，现有技术中，在延迟场景下，由于一个 ACK 要对应多个数据包，接收节点需要将接收的每个数据包的信息，例如接收到数据包的时间都缓存和管理起来。而使用上述方法接收节点则只需要缓存和管理部分接收到的数据包的信息，减少了接收节点的资源占用以及系统开销，但得到的 RTT 的统计值却更加精确，这样就较小的开销获得较为精准的往返时延统计值。

上述方法还可以用在监控 RTT 的计算上，也就是接收节点通过感知 OWD 的抖动，提示发送节点更新对 RTT 的计算。这种监控可用在单路径或者多路径连接，如果是多路径连接，那么下文中被使用的包应当都是在相同子流传输的，即 RTT 是同一往返路径的 RTT。下述实现不限定传输层的传输协议，例如 TCP, UDP, MP 协议, QUIC 协议等都适用。下文中以 UDP 协议为例进行描述。简单说，就是发送节点向接收节点发送携带用于估计 RTT 的包，这些包可以是控制报文，也可以是数据报文，这样的包也称时延探测包，接收节点返回 ACK, ACK 中包括统计 RTT 所需要的信息以便发送节点计算，例如指示 ACK 延迟时间的信息和该 ACK 对应的 UDP 包的发送时间戳。这样，发送节点就可以计算出 RTT 的测量值或

者统计值。与前述方法不同的是，可以由接收节点根据时延探测包根据 OWD 估计 RTT，当估计的 RTT 抖动超过一个范围时，把估计的 RTT 发送给发送节点，以提示发送节点再次计算 RTT 的测量值或者统计值。

下面以时延测量为例，描述上述方案在 UDP 协议场景下的一种实现方式。

第一阶段过程与前述方法类似，此处仅简单描述：发送节点向接收节点发送第一 UDP 包，该第一 UDP 包为时延探测包。该第一 UDP 包中包括该第一 UDP 包的发送时间戳。接收节点基于该第一 UDP 包，向发送节点回复 ACK，该 ACK 携带指示 ACK 延迟时间的信息和该 UDP 包的发送时间戳。发送节点收到 ACK 后，根据 ACK 延迟时间和发送时间戳、以及接收到 ACK 的时刻，计算该第一 UDP 包的 RTT，记为  $RTT_0$ 。

其中，接收节点接收到第一 UDP 包后，可基于该第一 UDP 包，估计发送节点与接收节点之间的 RTT。例如，记第一 UDP 包的 OWD 为  $OWD_0$ ，取  $RTT = a \cdot OWD_0$ ，其中  $1 \leq a \leq 2$ 。这是由基于 RTT 和 OWD 的定义，RTT 大于等于 OWD。就是说一方面可以接收节点来估计 RTT，并将 RTT 发送给发送节点，发送节点就将此视为 RTT 的测量值，而无需发送节点计算 RTT 的测量值。另一方面，接收节点估计了 RTT 后，也可以仍然由发送节点计算 RTT 测量值，接收节点估计的 RTT 只用于估计 RTT 的抖动。

随着时间的变化，网络连接的传输参数的值也会发生变化，这个变化可称为传输参数值的抖动。由于抖动的存在，一直使用上述计算出的  $RTT_0$  作为一条连接的往返时延不够准确。结合上述的过程，接收节点估计了 RTT 后，也可以仍然由发送节点计算 RTT 测量值，接收节点估计的 RTT 只用于估计 RTT 的抖动，估计 RTT 的抖动是用于提示发送节点何时更新计算 RTT 的测量值，也就是说，具体实现，可以是在接收节点估计的 RTT 的抖动超过某一阈值的情况下，接收节点通过发送指令或信息，例如接收节点将最近评估的 RTT 携带在 ACK 中发给发送节点，以触发发送节点更新（即重新计算或修正）RTT 的测量值或者统计值。本方案的下一阶段就通过后来接收的包的 OWD 来评估这种抖动，并用这种方式来修正  $RTT_0$ 。

第二阶段，包括以下步骤：

A. 发送节点向接收节点发送第二 UDP 包，该第二 UDP 包携带发送时间戳以及前述步骤得到的  $RTT_0$ 。从发送节点的时序看，第二 UDP 包可以是发送节点接收到第一 UDP 包的 ACK 后发送的第一个包，也可以是接收到第一 UDP 包的 ACK 后又经过一段时间后发送的，在经过的这一段期间，发送节点可能接收或者发送了其他的包。

上述的第二 UDP 包将  $RTT_0$  发送给接收节点后，后续发送的每个 UDP 包可以都携带  $RTT_0$ ，其中，携带的 RTT 可以是  $RTT_0$ ，也可以是发送节点基于第一 UDP 包的 ACK 之后接收到的 ACK，得到的 RTT。正如前文所述， $RTT_0$  是一个基准值，那么该基准值也是可以更新的，这样有助于接收节点更准确地估计当前连接的 RTT。如果一段时间内，都无需改变这些值，则在这段时间内发送节点发送的包都可以不携带  $RTT_0$ ，这样能够减少被传输的数据量，节约网络资源。

B. 接收节点收到该第二 UDP 包后，基于第二 UDP 包和第一 UDP 包的 OWD 来估计当前的 RTT。

一种实现方式下，接收节点根据第二 UDP 包中携带的发送时间戳和接收节点记录的第二 UDP 包的接收时间，计算第二 UDP 包的 OWD（记为  $OWD_1$ ）。接收节点计算第二 UDP 包的 OWD 与第一 UDP 包的 OWD（记为  $OWD_0$ ）之间的差值，该差值记为  $\Delta OWD_0$ 。进一步的，估计第二 UDP 包的 RTT（记为  $RTT_1$ ）， $RTT_1 = RTT_0 + b \cdot \Delta OWD_0$ ，其中  $1 \leq b \leq 2$ 。另外，估计此时发送节点与接收节点之间的连接的往返时延为  $RTT = c \cdot RTT_1 + (1 - c) \cdot RTT_0$ ，其中  $0 \leq c \leq 1$ 。这样，估计出的 RTT 会更加准确，也可以通过这种方式在接收节点估计 RTT 的变化。

在一个连接中传输数据的过程中，步骤A和B是可以多次发生的，下面以接收节点接收到第*i*个UDP包为例进行说明，其中*i*大于2。第*i*个UDP包是发送节点在第二UDP包之后发送的包，也是接收节点在第二UDP包之后接收第*i*个UDP包。第*i*个UDP包的OWD记为 $OWD_{i-1}$ 。接收节点计算第*i*个UDP包的OWD与第*i-1*个UDP包的OWD（记为 $OWD_{i-2}$ ）之间的差值，该差值记为 $\Delta OWD_{i-1}$ 。进一步的，估计第*i-1*个UDP包的RTT（记为 $RTT_{i-1}$ ）， $RTT_{i-1} = RTT_{i-2} + b \Delta OWD_0$ ，其中 $1 \leq b \leq 2$ ，需说明的是 $RTT_{i-2}$ 可能等于 $RTT_0$ 到 $RTT_{i-2}$ 中的任意一个值，即 $RTT_{i-2}$ 的作用就是一个基数，与作为基数的一直没有变化。接收节点计算 $\Delta OWD_{i-1} = OWD_{i-1} - OWD_{i-2}$ ，估计 $RTT_{i+1} = RTT_{i+2} \Delta OWD_i$ ； $RTT = a * RTT_{i+1} + (1-a) * RTT_i$ 。

这样，接收节点就可以通过估计RTT来监控RTT的抖动，当估计的RTT的变化高于阈值，则可通知发送节点重新测量，这样无需时刻计算RTT的测量值或统计值，就可以节省发送节点的处理资源，还可以使发送节点随着网络的实际变化更新RTT，也兼顾了实时性和准确性，能更准确反映路径的传输性能。

不同于之前描述的方法的目标是获得较为准确的RTT的测量值或统计值；上述以UDP为例的实施例，接收节点监控传输状态的变化，按需激活发送节点更新RTT的测量值或统计值。具体来说，通过在接收节点统计OWD的变化来推测RTT的变化，从而降低时延统计对ACK数目的依赖，减少不必要的ACK包，降低传输开销；其次，在接收节点统计OWD的变化，可以直接反映正向路径传输的状态，消除了反向路径上ACK传输过程中因反向路径上的抖动导致的干扰，从而使得时延变化估计值更接近真实的正向路径传输状态，使传输控制更准确。

基于与上述方法实施例同样的发明构思，本申请实施例还提供一种评估往返时延的系统。该系统包括第一设备和第二设备，可以执行前文描述的各种方法。一种实现方式下，第一设备对应前文的发送该第一设备用于通过同一路径向该第二设备发送多个报文，该多个报文中的每一个报文都携带有指示该报文的发送时间的戳；该第二设备用于通过计算该多个报文的单向时延OWD的统计值，从该多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳，其中，该第一时间戳指示该多个报文中第一报文的发送时间，该第一报文的OWD的测量值等于该多个报文的OWD的统计值；该第二设备用于向该第一设备发送确认ACK，该ACK包括该第一时间戳和ACK时间信息，该ACK时间信息与该第二设备从接收该第一报文到发送该ACK的时长有关；该第一设备用于接收该ACK，以及基于该第一时间戳，该ACK时间信息以及第二时间戳，确定该路径的RTT的一个测量值，其中，该第二时间戳指示该第一设备接收该ACK的时间。

由于第一设备发送的报文中携带有指示该报文发送时间的戳，第二设备就可以计算路径的单向时延，因为第二设备可能接受了多个报文后才返回ACK，第二设备通过OWD的统计值来确定在ACK中携带哪个报文的发送时间戳，并将对应于该报文的能指示ACK发送时延的信息也携带在ACK中，也就是借助对OWD的分析来评估RTT，这样就可通过第一设备和第二设备的配合，提高评估RTT的准确性。基于更准确更贴近实际网络情况的RTT控制该路径的数据传输，能提高该路径的传输性能。

关于该系统的各种实施细节，请参考前文对方法的描述，此处不再赘述。

基于与上述方法实施例同样的发明构思，本申请实施例还提供一种数据传输的装置，该装置对应前文描述的接收节点、也就是对应前文的第二设备或者第二节点，可以与发送节点（即前文的第一设备或者第一节点）配合，执行本申请描述的评估往返时延的方法。该装置具体可以是设备、设备中的处理器、芯片或芯片系统，下面结合图5进行描述。该数据传输装置500包括接收模块501，用于通过同一路径接收来自第一设备的多个报文，所述多个报文中的每一个报文都携带有指示所述报文的发送时间的戳；时间戳确定模块502，用于通过计算所述多个报文的单向时延OWD的统计值，从所述多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳，其中，所述第一时间戳指示所述多个报文中第一报文的发送时间，所述第

一报文的 OWD 的测量值等于所述多个报文的 OWD 的统计值；以及发送模块 503，用于向所述第一设备发送确认 ACK，以便所述第一设备基于所述 ACK 评估所述路径的 RTT，所述 ACK 包括所述第一时间戳和 ACK 时间信息，所述 ACK 时间信息与所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长有关。

其中，数据传输装置 500 也是图 2 对应的系统中的接收节点，也就是说，接收节点的内部结构可以有多种实现方式，本申请中只示意性地列出几种，只要接收节点可以执行前文描述各种的方法即可。例如，图 2 中接收节点的数据包解析模块 205、单向时延统计模块 206 和 ACK 构造模块可以认为对应的是图 5 中的时间戳确定模块 502。有关数据传输装置 500 的其他实现方式、功能以及所能达到的技术效果，请参考前文方法部分的相关描述，此处不再赘述。

应理解的是，本申请实施例中对模块的划分是示意性的，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，另外，在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一个处理器中，也可以是单独物理存在，也可以两个或两个以上模块集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。

基于相同的构思，如图 6 所示，为本申请提供的一种设备 600。装置 600 可以包括处理电路 601，装置 600 还可以包括至少一个存储介质 603，用于存储程序指令和/或数据。存储介质 603 和处理电路 601 耦合。本申请实施例中的耦合是装置、单元或模块之间的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式，用于装置、单元或模块之间的信息交互。处理电路 601 可能和存储介质 603 协同操作。处理电路 601 可能执行存储介质 603 中存储的程序指令。可选的，存储介质 603 中的至少一部分可以包括于处理电路 601 中。

装置 600 中还可以包括通信接口 604，装置 600 可以通过通信接口 604 和其它设备进行信息交互。通信接口 604 可以是电路、总线、收发器、天线或者其它任意可以用于进行信息交互的装置。

在一种可能的实施方式中，该装置 600 可以应用于接收节点，可以是能够支持接收节点实现上述涉及的任一实施例中的接收节点的功能的装置。存储介质 603 保存实现上述任一实施例中的接收节点的功能的必要计算机程序指令和/或数据。所述处理电路 601 可执行所述存储介质 603 存储的计算机程序指令，完成上述任一实施例中的接收节点执行的方法。应用于接收节点时，图 5 所示的接收模块 501，时间戳确定模块 502 以及发送模块 503 的功能均可以由处理电路 601 实现。另外，图 2 中所述的数据包解析模块 205、单向时延 OWD 统计模块 206、ACK 构造模块 207 和的功能也可以由处理电路 601 实现。

本申请实施例中不限定上述通信接口 604、处理电路 601 以及存储介质 603 之间的具体连接介质和连接方式，比如可以是电连接。图 6 中示意的是通过总线 602，其它部件之间的连接方式，仅是进行示意性说明，并不引以为限。所述总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 6 中仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

在本申请实施例中，处理电路 601 可以是通用处理器、数字信号处理器、专用集成电路、现场可编程门阵列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，可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各种方法及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者任何常规的处理器等。结合本申请实施例所公开的方法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。

在本申请实施例中，存储介质 603 可以是非易失性存储器，比如硬盘 (hard disk drive, HDD) 或固态硬盘 (solid-state drive, SSD) 等，还可以是易失性存储器 (volatile memory)，例如随机存取存储器 (random-access memory, RAM)。存储介质 603 还可以是能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质，但不限于此。本申请实施例中的存储器还可以是电路或者其它任意能够实现存储功能的装置，用于存储程序指令和/或数据。

本申请还提供一种芯片，该芯片可以包括通信接口和处理电路；该处理电路用于控制该通信接口以实现前文描述的方法。应理解，该芯片可以运行在一个设备上，该设备中包括存储介质，存储介质中可以保存执行前文描述方法的指令或者代码，这样该芯片上电后，处理电路就可以调用设备中的存储介质中的指令或者代码。

本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行前文描述的方法。

显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的范围。这样，倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

## 权 利 要 求 书

1.一种评估往返时延 RTT 的系统，所述系统包括第一设备和第二设备，其特征在于，所述第一设备用于通过同一路径向所述第二设备发送多个报文，所述多个报文中的每一个报文都携带有指示所述报文的发送时间的时间戳；

所述第二设备用于通过计算所述多个报文的单向时延 OWD 的统计值，从所述多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳，其中，所述第一时间戳指示所述多个报文中第一报文的发送时间，所述第一报文的 OWD 的测量值等于所述多个报文的 OWD 的统计值；

所述第二设备用于向所述第一设备发送确认 ACK，所述 ACK 包括所述第一时间戳和 ACK 时间信息，所述 ACK 时间信息与所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长有关；

所述第一设备用于接收所述 ACK，以及基于所述第一时间戳，所述 ACK 时间信息以及第二时间戳，确定所述路径的 RTT 的一个测量值，其中，所述第二时间戳指示所述第一设备接收所述 ACK 的时间。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述 ACK 时间信息包括第三时间戳和第四时间戳，所述第三时间戳指示所述第二设备接收所述第一报文的时间，所述第四时间戳指示所述第二设备发送所述 ACK 的时间。

3. 根据权利要求 1 或 2 任一所述的系统，其特征在于，所述 ACK 时间信息包括第一时间段，所述第一时间段指示所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长。

4. 根据权利要求 1 到 3 任一权要所述的系统，其特征在于，所述第一设备还用于基于在一个时间窗内收集的多个 ACK，计算所述路径的 RTT 的多个测量值，以及计算所述路径的 RTT 的多个测量值对应的统计值。

5. 根据权利要求 4 所述的系统，其特征在于，所述多个报文的 OWD 的统计值与所述路径的 RTT 的统计值的类型相同，所述类型为最大值，最小值和平均值中的一种。

6. 根据权利要求 4 或 5 任一所述的系统，其特征在于，所述多个报文的 OWD 的统计值为所述多个报文的 OWD 的最小值，所述路径的 RTT 的统计值为所述多个测量值中的最小 RTT。

7. 根据权利要求 2 所述的系统，其特征在于，所述第一设备具体用于将所述第二时间戳指示的时间减去所述第一时间戳指示的时间，以及减去所述第四时间戳与所述第三时间戳之差，以得到所述路径的 RTT 的一个测量值。

8. 根据权利要求 3 所述的系统，其特征在于，所述第一设备具体用于将所述第二时间戳指示的时间减去所述第一时间戳指示的时间，以及减去所述第一时间段，以得到所述路径的 RTT 的一个测量值。

9. 一种评估时延的方法，其特征在于，所述方法包括：

第二设备通过同一路径接收来自第一设备的多个报文，所述多个报文中的每一个报文都携带有指示所述报文的发送时间的时间戳；

所述第二设备通过计算所述多个报文的单向时延 OWD 的统计值，从所述多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳，其中，所述第一时间戳指示所述多个报文中第一报文的发送时间，所述第一报文的 OWD 的测量值等于所述多个报文的 OWD 的统计值；

所述第二设备向所述第一设备发送确认 ACK，以便所述第一设备基于所述 ACK 评估所述路径的 RTT，所述 ACK 包括所述第一时间戳和 ACK 时间信息，所述 ACK 时间信息与所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长有关。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述 ACK 时间信息包括第三时间戳和第四时间戳，所述第三时间戳指示所述第二设备接收所述第一报文的时间，所述第四时间戳指示所述第二设备发送所述 ACK 的时间。

11. 根据权利要求 9 或 10 任一所述的方法，其特征在于，所述 ACK 时间信息包括第一时间段，所述第一时间段指示所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长。

12. 根据权利要求 9 到 11 任一所述的方法，其特征在于，所述多个报文的 OWD 的统计值类型是最大值，最小值，或平均值。

13. 一种评估时延的装置，其特征在于，所述装置包括：

接收模块，用于通过同一路径接收来自第一设备的多个报文，所述多个报文中的每一个报文都携带有指示所述报文的发送时间的时间戳；

时间戳确定模块，用于通过计算所述多个报文的单向时延 OWD 的统计值，从所述多个报文携带的时间戳中确定第一时间戳，其中，所述第一时间戳指示所述多个报文中第一报文的发送时间，所述第一报文的 OWD 的测量值等于所述多个报文的 OWD 的统计值；

发送模块，用于向所述第一设备发送确认 ACK，以便所述第一设备基于所述 ACK 评估所述路径的 RTT，所述 ACK 包括所述第一时间戳和 ACK 时间信息，所述 ACK 时间信息与所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长有关。

14. 根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述 ACK 时间信息包括第三时间戳和第四时间戳，所述第三时间戳指示所述第二设备接收所述第一报文的时间，所述第四时间戳指示所述第二设备发送所述 ACK 的时间。

15. 根据权利要求 13 或 14 任一所述的装置，其特征在于，所述 ACK 时间信息包括第一时间段，所述第一时间段指示所述第二设备从接收所述第一报文到发送所述 ACK 的时长。

16. 根据权利要求 13 到 15 任一所述的装置，其特征在于，所述多个报文的 OWD 的统计值种类是最大值，最小值，或平均值。

17. 一种评估时延的装置，其特征在于，包括：

通信接口、处理电路和存储介质；

所述存储介质用于存储软件程序，所述通信接口用于通过所述存储介质中的指令与其他设备收发报文，所述处理电路用于运行所述存储介质中的指令控制所述通信接口以实现权利要求 9 至 12 任一项所述的方法。

18. 一种芯片，其特征在于，包括：

通信接口和处理电路；所述处理电路用于控制所述通信接口以实现权利要求 9 至 12 任一项所述的方法。

19. 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中存储软件程序，所述软件程序在被一个或多个处理器读取并执行时可实现权利要求 7 到 10 任一项所述的方法

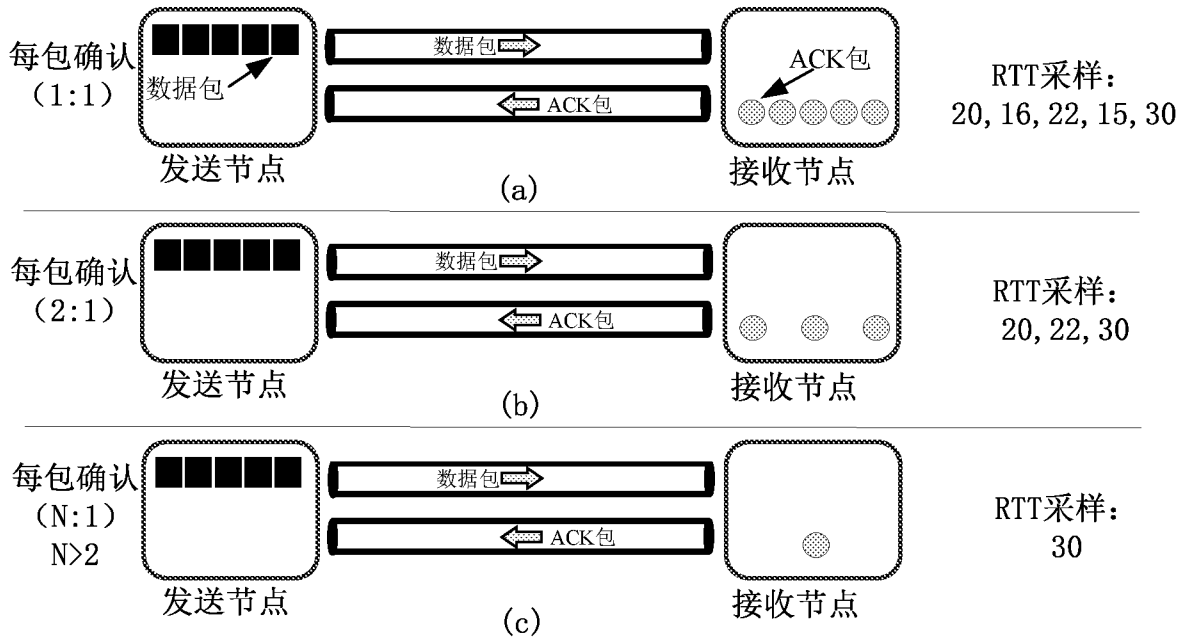


图 1

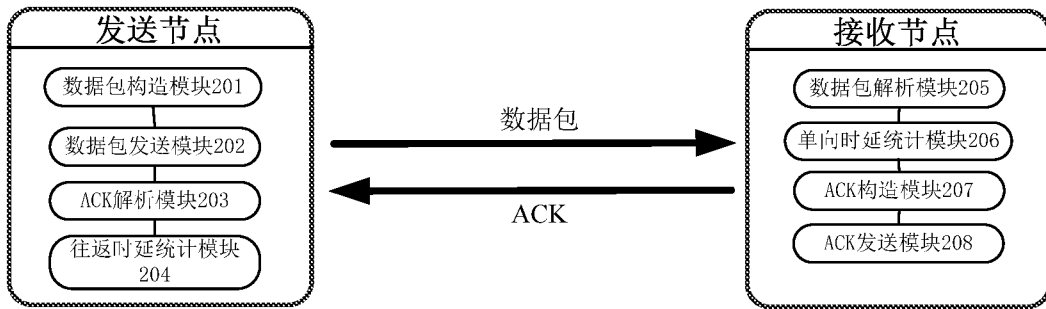


图 2

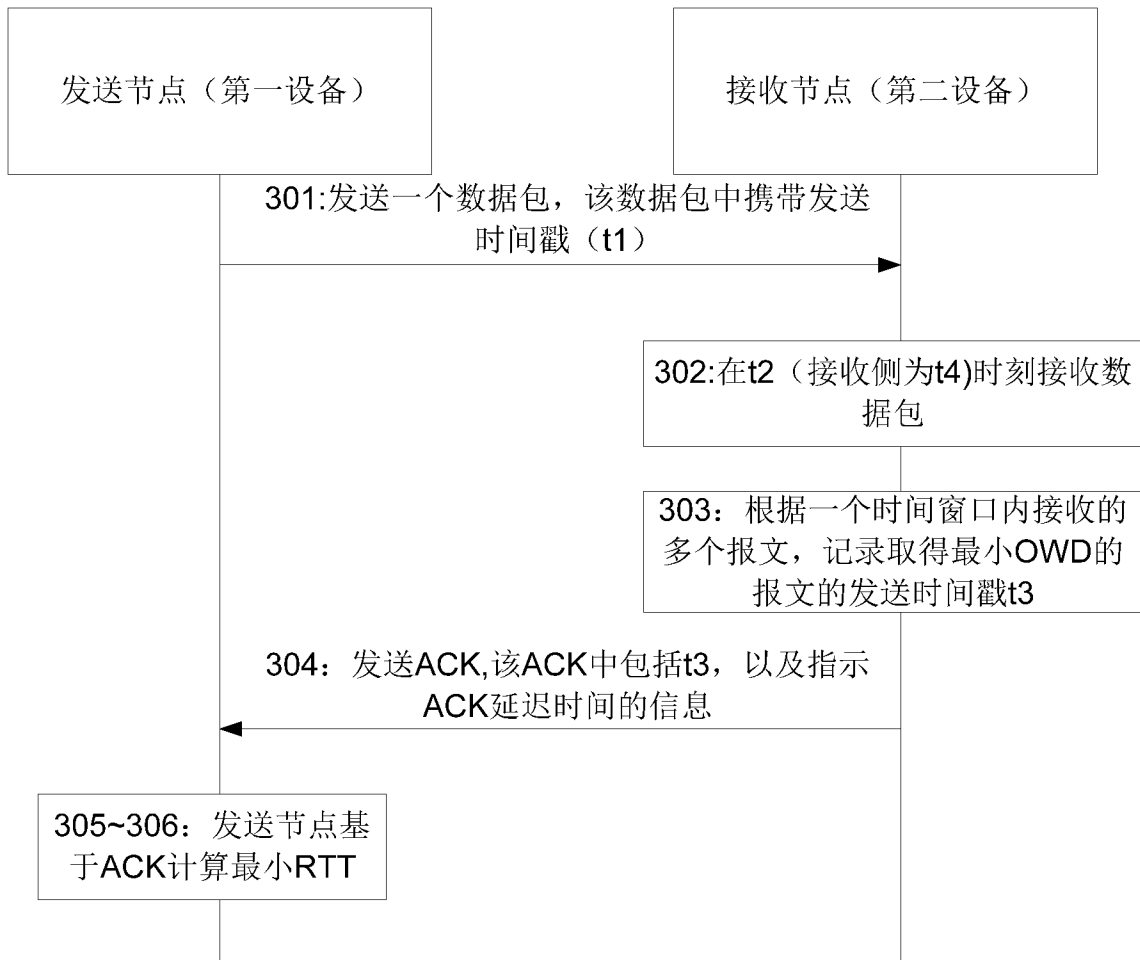


图 3 (a)

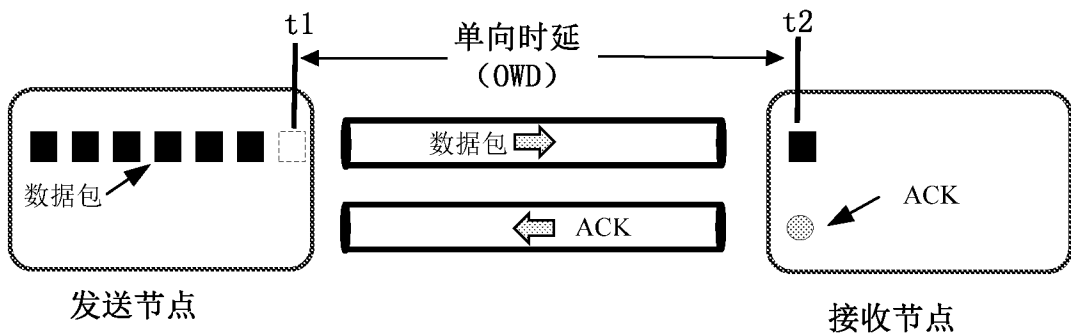


图 3 (b)

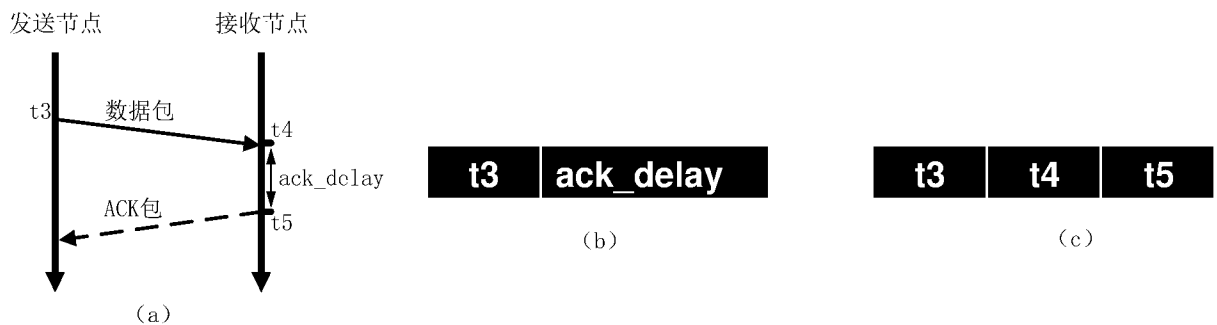


图 4

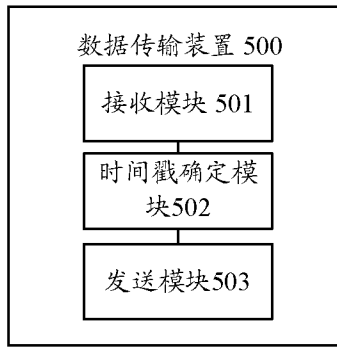


图 5

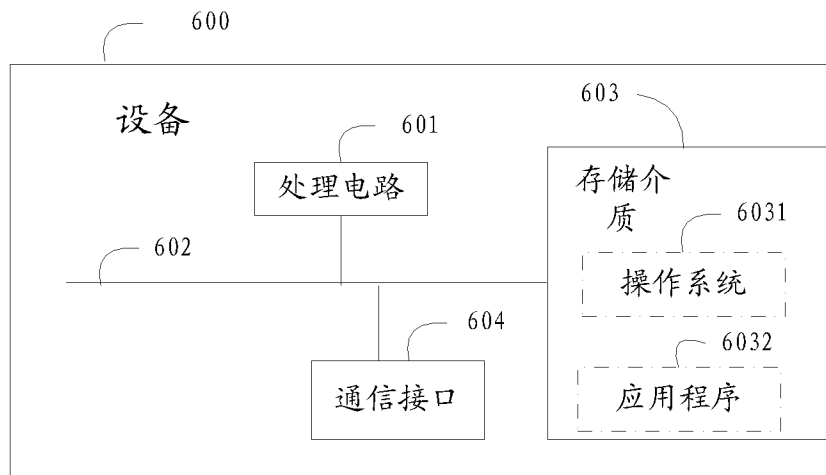


图 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/101547

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H04L 12/26(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H04L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
DWPI; CNTXT; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNABS; VEN; CNKI; IEEE: 往返时延, 评估, 测量, 计算, 估计, 报文, 多个, 时间戳, 单向时延, 统计, 虚拟现实, 时长, ACK, OWD, virtual, reality, packet?, multi+, time, VR, ack, round, trip, rtt, stamp+		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104618922 A (HANGZHOU H3C TECHNOLOGIES CO., LTD.) 13 May 2015 (2015-05-13) entire document	1-19
A	CN 106656642 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 10 May 2017 (2017-05-10) entire document	1-19
A	US 7123616 B2 (IXIA) 17 October 2006 (2006-10-17) entire document	1-19
A	JP 2002374302 A (NTT DOCOMO INC) 26 December 2002 (2002-12-26) entire document	1-19
A	CN 108737207 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 02 November 2018 (2018-11-02) entire document	1-19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
23 August 2020		02 September 2020
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/CN2020/101547</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	104618922	A	13 May 2015	CN 104618922 B	19 June 2018
CN	106656642	A	10 May 2017	CN 106656642 B	02 June 2020
US	7123616	B2	17 October 2006	US 2004264434 A1	30 December 2004
JP	2002374302	A	26 December 2002	None	
CN	108737207	A	02 November 2018	WO 2018196556 A1	01 November 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/101547

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H04L 12/26 (2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04L</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>DWPI;CNTXT;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNABS;VEN;CNKI;IEEE:往返时延, 评估, 测量, 计算, 估计, 报文, 多个, 时间戳, 单向时延, 统计, 虚拟现实, 时长, ACK, OWD, virtual, reality, packet?, multi+, time, VR, ack, round, trip, rtt, stamp+</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 104618922 A (杭州华三通信技术有限公司) 2015年 5月 13日 (2015 - 05 - 13) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106656642 A (华为技术有限公司) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 7123616 B2 (IXIA) 2006年 10月 17日 (2006 - 10 - 17) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2002374302 A (NTT DOCOMO INC) 2002年 12月 26日 (2002 - 12 - 26) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108737207 A (华为技术有限公司) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 104618922 A (杭州华三通信技术有限公司) 2015年 5月 13日 (2015 - 05 - 13) 全文	1-19	A	CN 106656642 A (华为技术有限公司) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文	1-19	A	US 7123616 B2 (IXIA) 2006年 10月 17日 (2006 - 10 - 17) 全文	1-19	A	JP 2002374302 A (NTT DOCOMO INC) 2002年 12月 26日 (2002 - 12 - 26) 全文	1-19	A	CN 108737207 A (华为技术有限公司) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 全文	1-19
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 104618922 A (杭州华三通信技术有限公司) 2015年 5月 13日 (2015 - 05 - 13) 全文	1-19																		
A	CN 106656642 A (华为技术有限公司) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文	1-19																		
A	US 7123616 B2 (IXIA) 2006年 10月 17日 (2006 - 10 - 17) 全文	1-19																		
A	JP 2002374302 A (NTT DOCOMO INC) 2002年 12月 26日 (2002 - 12 - 26) 全文	1-19																		
A	CN 108737207 A (华为技术有限公司) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 全文	1-19																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 8月 23日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 9月 2日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>刘欣科</p> <p>电话号码 86-(010)-62411274</p>																		

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/101547

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104618922	A	2015年 5月 13日	CN	104618922	B	2018年 6月 19日
CN	106656642	A	2017年 5月 10日	CN	106656642	B	2020年 6月 2日
US	7123616	B2	2006年 10月 17日	US	2004264434	A1	2004年 12月 30日
JP	2002374302	A	2002年 12月 26日	无			
CN	108737207	A	2018年 11月 2日	WO	2018196556	A1	2018年 11月 1日