



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115412463 B

(45) 授权公告日 2024.06.04

(21) 申请号 202110589929.2

H04L 43/50 (2022.01)

(22) 申请日 2021.05.28

H04J 3/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115412463 A

(56) 对比文件

CN 111835565 A, 2020.10.27

CN 112733303 A, 2021.04.30

(43) 申请公布日 2022.11.29

WO 2021031454 A1, 2021.02.25

(73) 专利权人 中国移动通信有限公司研究院

WO 2021036969 A1, 2021.03.04

地址 100053 北京市西城区宣武门西大街
32号

潘成康; 王爱玲. 面向6G的URLLC需求与关键技术分析. 移动通信. 2020, (第02期), 全文.

专利权人 中国移动通信集团有限公司

Sun Wen等.Reducing Offloading Latency for Digital Twin Edge Networks in

(72) 发明人 杨红伟 王丹

6G. IEEE. 2020, 全文.

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

审查员 于水晶

专利代理师 许静 曹娜

(51) Int. Cl.

H04L 43/0852 (2022.01)

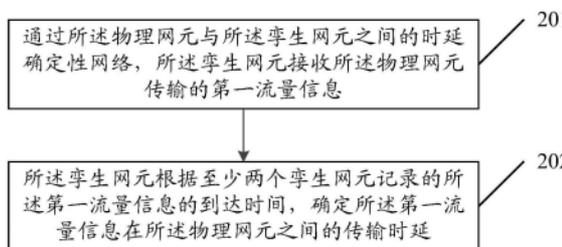
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

时延测量方法、装置及数字孪生网络

(57) 摘要

本发明提供一种时延测量方法、装置及数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;该方法包括:通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,所述孪生网元接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;所述孪生网元根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延;该时延测量方法中物理网络不需要发送测量报文、不更改物理网络、不改变业务报文、不需要物理网元支持时间同步协议,且可测试所有业务类型、时延测量精度高。



1. 一种时延测量方法,其特征在于,应用于数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述方法包括:

通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,所述孪生网元接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

所述孪生网元根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

所述孪生网元根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述孪生网元根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,包括:

根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

$$T = t_n + T_{\max} - T_n;$$

其中, T 为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{\max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

4. 根据权利要求2或3所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

所述孪生网元确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;选取最大的传输时延作为所述基准时延。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,若多个孪生网元分布在不同物理实体,所述方法还包括:

物理实体之间使用精确时间协议PTP或者网络时间协议NTP实现各个孪生网元之间的时间同步。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述孪生网元根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延,包括:

根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延,包括:

确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到

达时间之间的差值。

8. 一种时延测量装置,其特征在于,应用于数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述装置包括:

接收模块,用于通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

确定模块,用于根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

9. 一种数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述孪生网元包括处理器和收发器,所述收发器在控制器的控制下接收和发送数据,其特征在于,所述处理器用于执行以下操作:

通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

10. 根据权利要求9所述的数字孪生网络,其特征在于,所述处理器还用于执行以下操作:

根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

11. 根据权利要求10所述的数字孪生网络,其特征在于,所述处理器还用于执行以下操作:

根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

$$T = t_n + T_{\max} - T_n;$$

其中,T为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{\max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

12. 根据权利要求10或11所述的数字孪生网络,其特征在于,所述处理器还用于执行以下操作:

确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;

选取最大的传输时延作为所述基准时延。

13. 根据权利要求9所述的数字孪生网络,其特征在于,所述处理器还用于执行以下操作:

若多个孪生网元分布在不同物理实体,物理实体之间使用精确时间协议PTP或者网络时间协议NTP实现各个孪生网元之间的时间同步。

14. 根据权利要求9所述的数字孪生网络,其特征在于,所述处理器还用于执行以下操作:

根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

15. 根据权利要求14所述的数字孪生网络,其特征在于,所述处理器还用于执行以下操作:

确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间之间的差值。

16. 一种数字孪生网络,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序;其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1-7任一项所述的时延测量方法。

17. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现如权利要求1-7任一项所述的时延测量方法中的步骤。

时延测量方法、装置及数字孪生网络

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其是指一种时延测量方法、装置及数字孪生网络。

背景技术

[0002] 如图1所示,数字孪生网络的定义为:一个具有物理网络实体及虚拟孪生体,且二者可进行实时交互映射的网络系统。在此系统中,各种网络管理和应用可利用数字孪生网络对物理网络进行高效的分析、诊断、仿真和控制。其中,数字孪生网络包括:物理网络层和孪生网络层。孪生网络层完成了物理网络层的虚拟映射,即物理网络层每一个物理网元在孪生网络层都有对应的孪生网元。物理网络层中的网元连接关系、流量数据、网元状态数据等信息都会在孪生网络层有虚拟映射,物理网络和孪生网络互相映射,数据实时交互。

[0003] 数字孪生网络可实现网络低成本试错、网络智能运维、网络全生命周期管理等功能,是未来网络的重要技术方向。

[0004] 传统的网络时延测量方法有下述3种方式:

[0005] 1) 主动测量:向网络中发送测量协议报文实现发送端和接收端的环回时延或单向时延的测量,主动测量优势是应用灵活,缺点是仅对测量协议报文的测量,无法测量真实业务的时延,并且测量单向时延时需要发送端和接收端的物理网元支持时间同步协议;

[0006] 2) 被动测量:通过采集实际业务流量计算网络时延,被动测量优势是可测量真实业务时延指标,缺点是只能测量有往返报文的协议,例如TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议),对于单向传输,没有往返确认报文的协议,例如UDP (User Datagram Protocol, 用户数据报协议),被动测量无法测量时延。

[0007] 3) 混合测量:混合测量是主被动测量结合起来,即在业务报文中插入一些字段或者标志位,实现对实际业务的时延测量,缺点是改变了实际业务报文格式,会影响业务的转发行为,造成观察者效应,并且需要物理网元能识别并转发修改后的业务报文。

[0008] 综上,上述3种时延测量方式有以下缺点:

[0009] 1) 向实际网络注入测量报文,会增加网络负担,占用网络资源;

[0010] 2) 无法测量所有协议类型的时延,对协议类型有要求;

[0011] 3) 改变业务报文格式后需要升级物理网络,实施难度大;

[0012] 4) 测量单向时延需要物理网元支持时间同步协议。

发明内容

[0013] 本发明实施例的目的在于提供一种时延测量方法、装置及数字孪生网络,以解决现有技术中传统的网络时延测量方法无法满足数字孪生网络的时延测量的问题。

[0014] 为了解决上述问题,本发明实施例提供一种时延测量方法,应用于数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述方法包括:

[0015] 通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,所述孪生网元接收所

述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

[0016] 所述孪生网元根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

[0017] 其中,所述方法还包括:

[0018] 所述孪生网元根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

[0019] 其中,所述孪生网元根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,包括:

[0020] 根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

[0021] $T = t_n + T_{\max} - T_n$;

[0022] 其中,T为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{\max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

[0023] 其中,所述方法还包括:

[0024] 所述孪生网元确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;

[0025] 选取最大的传输时延作为所述基准时延。

[0026] 其中,若多个孪生网元分布在不同物理实体,所述方法还包括:

[0027] 物理实体之间使用精确时间协议PTP或者网络时间协议NTP实现各个孪生网元之间的时间同步。

[0028] 其中,所述孪生网元根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延,包括:

[0029] 根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

[0030] 其中,所述根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延,包括:

[0031] 确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间之间的差值。

[0032] 本发明实施例还提供一种时延测量装置,应用于数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述装置包括:

[0033] 接收模块,用于通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同

步;

[0034] 确定模块,用于根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

[0035] 本发明实施例还提供一种数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述孪生网元包括处理器和收发器,所述收发器在控制器的控制下接收和发送数据,所述处理器用于执行以下操作:

[0036] 通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

[0037] 根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

[0038] 其中,所述处理器还用于执行以下操作:

[0039] 根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

[0040] 其中,所述处理器还用于执行以下操作:

[0041] 根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

[0042] $T = t_n + T_{\max} - T_n$;

[0043] 其中, T 为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{\max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

[0044] 其中,所述处理器还用于执行以下操作:

[0045] 确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;

[0046] 选取最大的传输时延作为所述基准时延。

[0047] 其中,所述处理器还用于执行以下操作:

[0048] 若多个孪生网元分布在不同物理实体,物理实体之间使用精确时间协议PTP或者网络时间协议NTP实现各个孪生网元之间的时间同步。

[0049] 其中,所述处理器还用于执行以下操作:

[0050] 根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

[0051] 其中,所述处理器还用于执行以下操作:

[0052] 确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间之间的差值。

[0053] 本发明实施例还提供一种数字孪生网络,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序,所述处理器执行所述程序时实现如上所述的时延测

量方法。

[0054] 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现如上所述的时延测量方法中的步骤。

[0055] 本发明的上述技术方案至少具有如下有益效果:

[0056] 本发明实施例的时延测量方法、装置及数字孪生网络中,根据孪生网元记录的流量信息的到达时间得到该流量信息在物理网元之间的传输时延;该时延测量方法中物理网络不需要发送测量报文、不更改物理网络、不改变业务报文、不需要物理网元支持时间同步协议,且可测试所有业务类型、时延测量精度高。

附图说明

[0057] 图1表示数字孪生网络的结构示意图;

[0058] 图2表示本发明实施例提供的时延测量方法的步骤流程图;

[0059] 图3表示本发明实施例提供的时延测量方法对应的数字孪生网络的原理示意图之一;

[0060] 图4表示本发明实施例提供的时延测量方法对应的数字孪生网络的原理示意图之二;

[0061] 图5表示本发明实施例提供的时延测量方法的示例图;

[0062] 图6表示本发明实施例提供的时延测量装置的结构示意图;

[0063] 图7表示本发明实施例提供的数字孪生网络的结构示意图。

具体实施方式

[0064] 为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0065] 如图2所示,本发明实施例提供一种时延测量方法,应用于数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述方法包括:

[0066] 步骤201,通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,所述孪生网元接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

[0067] 步骤202,所述孪生网元根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

[0068] 本发明实施例中,物理网络与孪生网络之间的流量信息传输网络使用时延确定性网络,使得每个物理网元到其对应的孪生网元之间流量信息传输时延固定不变。如图3所示,物理网元1与孪生网元1之间的传输时延为 T_1 ,物理网元2与孪生网元2之间的传输时延为 T_2 ,物理网元3与孪生网元3之间的传输时延 T_3 ,物理网元4与孪生网元5之间的传输时延为 T_4 ,物理网元n与孪生网元n之间的传输时延 T_n , $T_1 \sim T_n$ 可以相等,也可以不相等,但 $T_1 \sim T_n$ 的各自的数值是固定不变的。孪生网络能够提前计算并确定流量信息的传输时延 $T_1 \sim T_n$ 。

[0069] 需要说明的是,本发明实施例中,“孪生网元记录的第一流量信息的到达时间”和

“第一流量信息到达所述孪生网元时该孪生网元的本地时间”可以相同,也可以不同。

[0070] 在本发明的至少一个实施例中,所述方法还包括:

[0071] 所述孪生网元根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

[0072] 其中,所述孪生网元根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,包括:

[0073] 根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

[0074] $T = t_n + T_{\max} - T_n$;

[0075] 其中,T为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{\max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

[0076] 例如,如图3所示,当物理网元1将第一流量信息传输到孪生网元1时,此时孪生网元1本地时间是 t_1 ,传输时延是 T_1 ,则孪生网元1记录的第一流量信息的到达时间为: $t_1 + T_{\max} - T_1$ (而不是此时的本地时间 t_1 ,即本地时间 t_1 延后 $T_{\max} - T_1$);类似的,其他孪生网元记录第一流量信息达到时间为 $t_n + T_{\max} - T_n$ 。最后,孪生网元根据记录的第一流量信息的到达时间计算第一流量信息在物理网元之间的传输时延。

[0077] 作为本发明的至少一个可选实施例,所述方法还包括:

[0078] 所述孪生网元确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;

[0079] 选取最大的传输时延作为所述基准时延。

[0080] 例如,孪生网络提前计算流量信息传输时延 $T_1 \sim T_n$,选取其中的最大时延 T_{\max} 作为基准时延,如图3中 T_3 是最大时延 T_{\max} 。

[0081] 作为又一个可选实施例,孪生网络中各孪生网元之间实现时间同步,如果不同的孪生网元承载在同一个物理实体中,例如部署在同一台服务器中,则共用一个本地时钟,孪生网元间就是时间同步的;而若多个孪生网元分布在不同物理实体,所述方法还包括:

[0082] 物理实体之间使用PTP(Precise Time Protocol,精确时间协议)或者NTP(Network Time Protocol,网络时间协议)实现各个孪生网元之间的时间同步。

[0083] 作为一个可选实施例,步骤202包括:

[0084] 根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

[0085] 可选的,所述根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延,包括:

[0086] 确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息

的到达时间之间的差值。

[0087] 例如,如图3及图4所示,当第一流量信息的某个数据包到达物理网元1时,物理网元1将该第一流量信息传输给孪生网元1,传输时延 T_1 ,此时孪生网元1本地时间为 t_1 ,孪生网元1记录第一流量信息的到达时间为: $t_1+T_{\max}-T_1$;

[0088] 如图3及图4所示,物理网元2检测到同一个数据包(即第一流量信息)到达后,经过时延 T_2 到达孪生网元2,此时孪生网元2的本地时间为 t_2 ,孪生网元2记录第一流量信息的到达时间为: $t_2+T_{\max}-T_2$,则 $(t_2+T_{\max}-T_2)-(t_1+T_{\max}-T_1)$ 是这个第一流量信息在孪生网元1和孪生网元2之间的单向传输时延,也是该第一流量信息从物理网元1到物理网元2的单向时延。

[0089] 同理,如图3及图4所示,该数据包经过物理网元 n ,物理网元 n 的第一流量信息经过时延 T_n 到达孪生网元 n ,孪生网元 n 本地时间为 t_n ,则孪生网元 n 记录的第一流量信息的到达时间为: $t_n+T_{\max}-T_n$,则 $(t_n+T_{\max}-T_n)-(t_1+T_{\max}-T_1)$ 是物理网络中从物理网元1到物理网元 n 的单向传输时延。

[0090] 至此,通过孪生网元记录的流量信息的到达时间,得到了流量信息在物理网元的传输时延,测量过程中仅需要孪生网元时间同步,不需要物理网元时间同步。时延测量精度取决于孪生网元的时间同步精度,如果使用PTP同步协议,则时延测量精度可以到纳秒级。

[0091] 如图5所示,该时延测量方法包括:

[0092] 1:根据物理网络进行建模,构建数字孪生网络;

[0093] 2:孪生网络中各孪生网元之间实现时间同步;

[0094] 如果不同的孪生网元承载在同一个物理实体中,例如部署在同一台服务器中,则共用一个本地时钟,孪生网元间就是时间同步的;

[0095] 如果不同的孪生网元分布在不同物理实体,则物理实体之间使用PTP或者NTP实现时间同步,从而实现所有孪生网元时间同步;

[0096] 3:从物理网络到孪生网络的流量信息传输网络使用时延确定性网络,保证每个物理网元到孪生网元之间流量信息传输时延固定不变;

[0097] 4:孪生网络提前计算流量信息传输时延 $T_1 \sim T_n$,选取其中的最大时延 T_{\max} 作为基准,如图3中 T_3 是最大时延 T_{\max} 。当物理网元1将流量信息传输到孪生网元1时,此时孪生网元1本地时间是 t_1 ,传输时延是 T_1 ,则孪生网元记录流量信息到达时间是 $t_1+T_{\max}-T_1$,而不是此时的本地时间 t_1 ,即延后 $T_{\max}-T_1$;类似的,其他孪生网元记录流量信息达到时间为 $t_n+T_{\max}-T_n$ 。最后,孪生网元根据这些流量信息达到时间计算流量在物理网元之间的传输时延。

[0098] 综上,本发明实施例根据孪生网元记录的流量信息的到达时间得到该流量信息在物理网元之间的传输时延;该时延测量方法中物理网络不需要发送测量报文、不更改物理网络、不改变业务报文、不需要物理网元支持时间同步协议,且可测试所有业务类型、时延测量精度高。

[0099] 如图6所示,本发明实施例还提供一种时延测量装置,应用于数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述装置包括:

[0100] 接收模块601,用于通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,接

收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

[0101] 确定模块602,用于根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

[0102] 作为一个可选实施例,所述装置还包括:

[0103] 时间确定模块,用于根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

[0104] 作为一个可选实施例,所述时间确定模块包括:

[0105] 时间确定子模块,用于根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

[0106] $T = t_n + T_{max} - T_n$;

[0107] 其中,T为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

[0108] 作为一个可选实施例,所述装置还包括:

[0109] 第一时延确定模块,用于确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;

[0110] 第二时延确定模块,用于选取最大的传输时延作为所述基准时延。

[0111] 作为一个可选实施例,若多个孪生网元分布在不同物理实体,所述装置还包括:

[0112] 时间同步模块,用于物理实体之间使用精确时间协议PTP或者网络时间协议NTP实现各个孪生网元之间的时间同步。

[0113] 作为一个可选实施例,所述确定模块包括:

[0114] 第一确定子模块,用于根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

[0115] 作为一个可选实施例,所述第一确定子模块包括:

[0116] 确定单元,用于确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间之间的差值。

[0117] 本发明实施例根据孪生网元记录的流量信息的到达时间得到该流量信息在物理网元之间的传输时延;该时延测量方法中物理网络不需要发送测量报文、不更改物理网络、不改变业务报文、不需要物理网元支持时间同步协议,且可测试所有业务类型、时延测量精度高。

[0118] 需要说明的是,本发明实施例提供的时延测量装置是能够执行上述时延测量方法的装置,则上述时延测量方法的所有实施例均适用于该装置,且均能达到相同或相似的有益效果。

[0119] 如图7所示,本发明实施例还提供一种数字孪生网络,所述数字孪生网络包括:物

理网络和孪生网络,所述物理网络的各个物理网元在所述孪生网络均设置有对应的孪生网元;所述孪生网元包括处理器700和收发器710,所述收发器710在处理器700的控制下接收和发送数据,所述处理器700用于执行以下操作:

[0120] 通过所述物理网元与所述孪生网元之间的时延确定性网络,接收所述物理网元传输的第一流量信息;其中,所述孪生网络的各个孪生网元之间实现时间同步;

[0121] 根据至少两个孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在所述物理网元之间的传输时延。

[0122] 作为一个可选实施例,所述处理器700还用于执行以下操作:

[0123] 根据所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间、所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延以及基准时延,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间。

[0124] 作为一个可选实施例,所述处理器700还用于执行以下操作:

[0125] 根据第一公式,确定所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间;其中,所述第一公式为:

[0126] $T = t_n + T_{max} - T_n$;

[0127] 其中,T为所述孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间, t_n 为所述第一流量信息到达所述孪生网元时所述孪生网元的本地时间, T_{max} 为所述基准时延, T_n 为所述物理网元与所述孪生网元之间的传输时延。

[0128] 作为一个可选实施例,所述处理器700还用于执行以下操作:

[0129] 确定各个物理网元和该物理网元对应的孪生网元之间的传输时延;

[0130] 选取最大的传输时延作为所述基准时延。

[0131] 作为一个可选实施例,所述处理器700还用于执行以下操作:

[0132] 若多个孪生网元分布在不同物理实体,物理实体之间使用精确时间协议PTP或者网络时间协议NTP实现各个孪生网元之间的时间同步。

[0133] 作为一个可选实施例,所述处理器700还用于执行以下操作:

[0134] 根据第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间和第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间,确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延;其中,所述第一物理网元为所述第一孪生网元对应,所述第二物理网元与所述第二孪生网元对应。

[0135] 作为一个可选实施例,所述处理器700还用于执行以下操作:

[0136] 确定所述第一流量信息在第一物理网元和第二物理网元之间的传输时延为:第二孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间与第一孪生网元记录的所述第一流量信息的到达时间之间的差值。

[0137] 本发明实施例根据孪生网元记录的流量信息的到达时间得到该流量信息在物理网元之间的传输时延;该时延测量方法中物理网络不需要发送测量报文、不更改物理网络、不改变业务报文、不需要物理网元支持时间同步协议,且可测试所有业务类型、时延测量精度高。

[0138] 需要说明的是,本发明实施例提供的数字孪生网络是能够执行上述时延测量方法的数字孪生网络,则上述时延测量方法的所有实施例均适用于该数字孪生网络,且均能达

到相同或相似的有益效果。

[0139] 本发明实施例还提供一种数字孪生网络,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现如上所述的时延测量方法实施例中的各个过程,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。

[0140] 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现如上所述的时延测量方法实施例中的各个过程,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。其中,所述的计算机可读存储介质,如只读存储器(Read-Only Memory,简称ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,简称RAM)、磁碟或者光盘等。

[0141] 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读存储介质(包括但不限于磁盘存储器和光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0142] 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、嵌入式处理机或其它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它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/或一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0143] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其它可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储介质中,使得存储在该计算机可读存储介质中的指令产生包括指令装置的纸制品,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。

[0144] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其它可编程数据处理设备上,使得计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供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步骤。

[0145] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

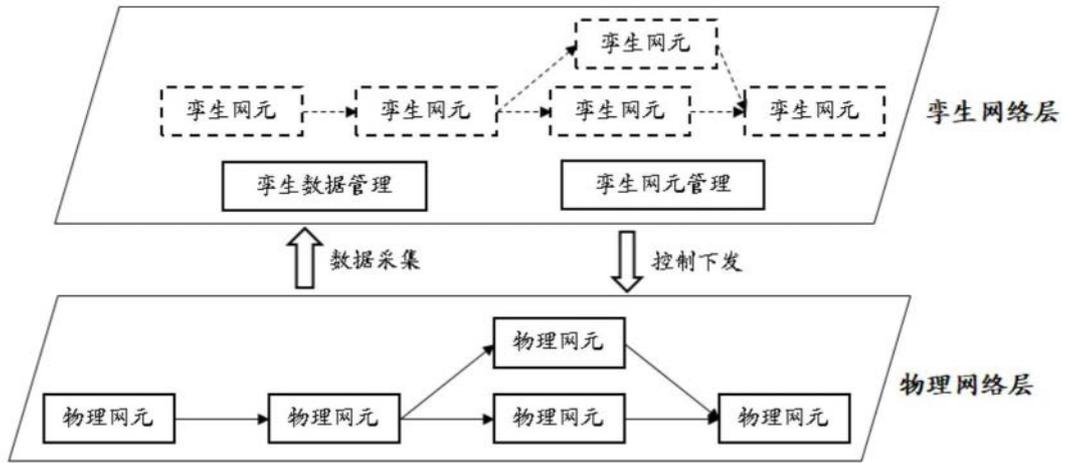


图1

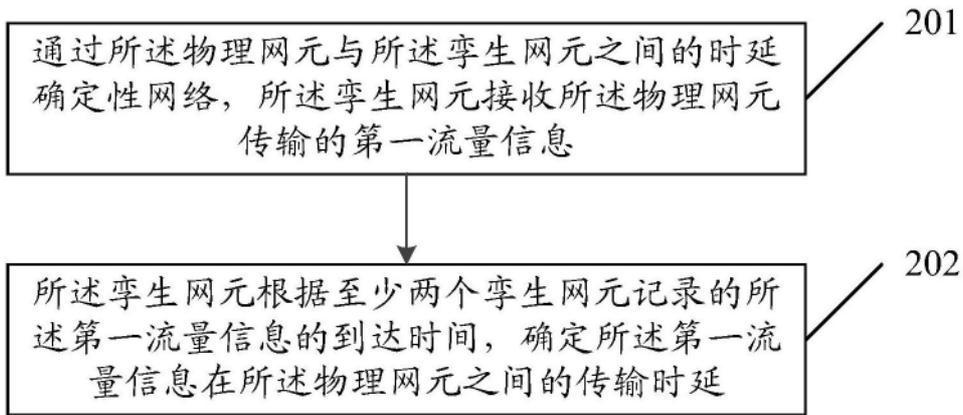


图2

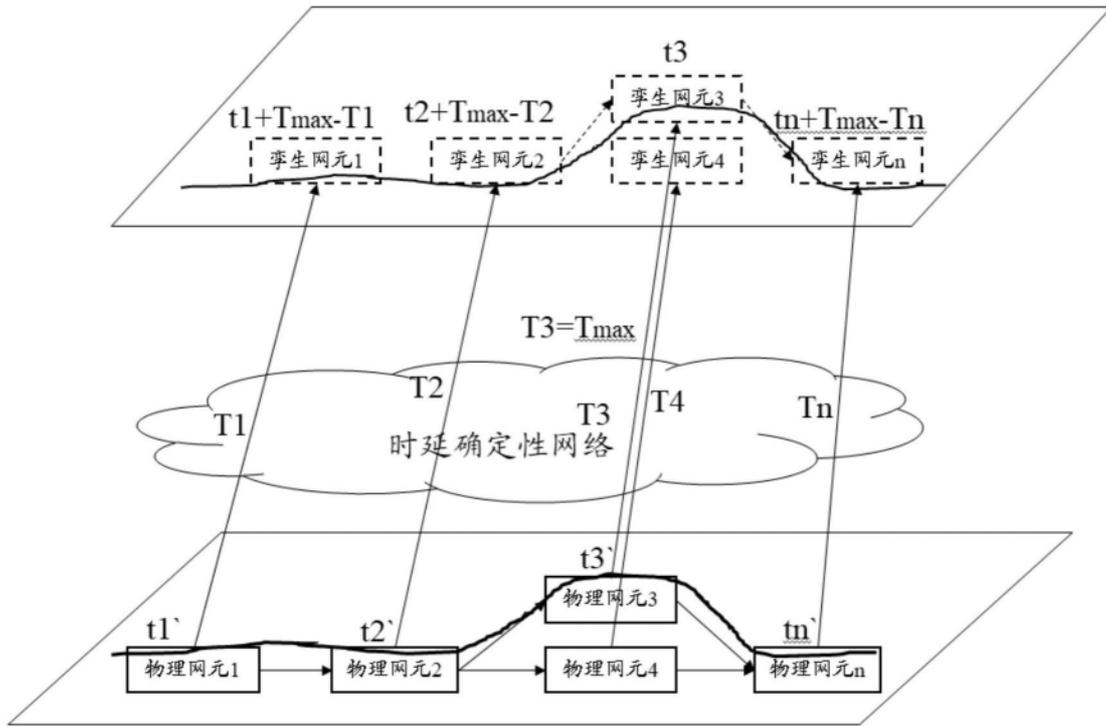


图3

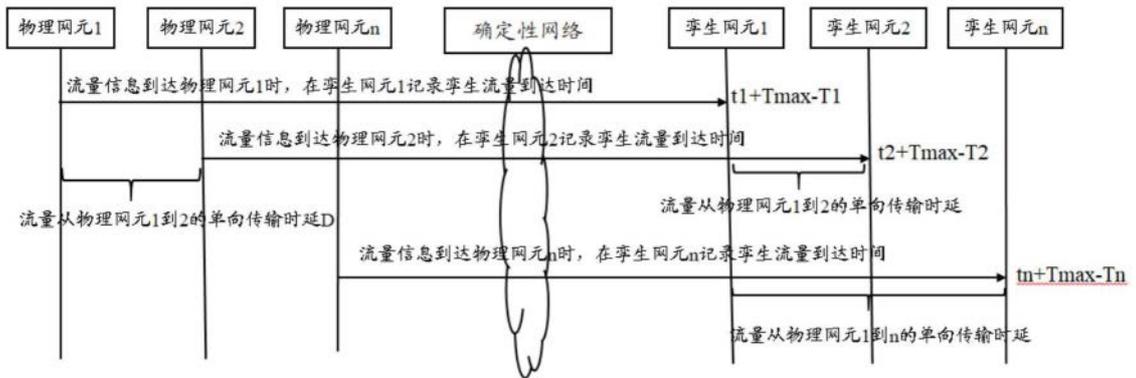


图4

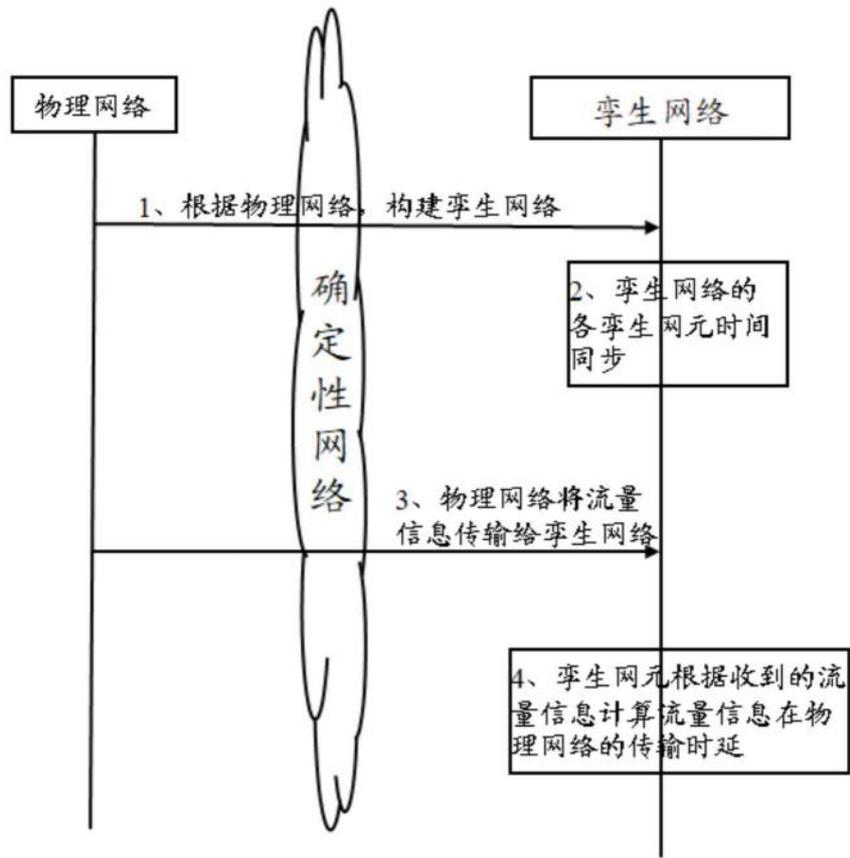


图5

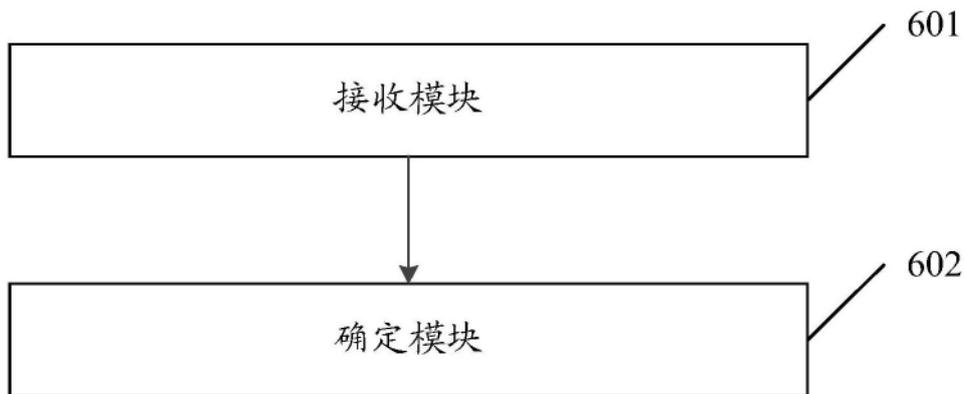


图6

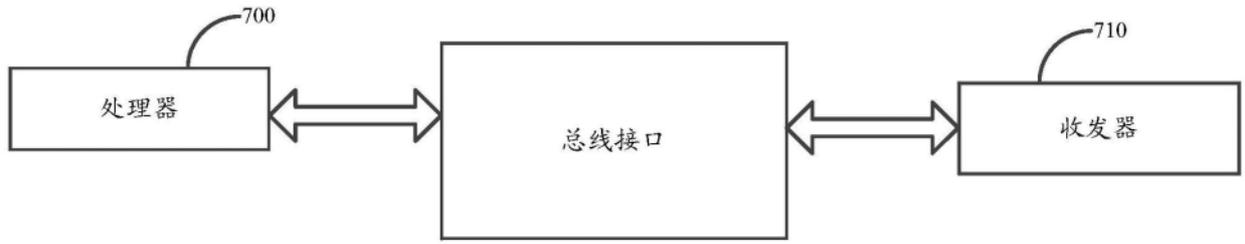


图7