



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106506260 A

(43)申请公布日 2017. 03. 15

(21)申请号 201610902400.0

(22)申请日 2016.10.17

(71)申请人 国电南瑞科技股份有限公司
地址 210061 江苏省南京市高新区高新路
20号

申请人 国电南瑞南京控制系统有限公司

(72)发明人 周华良 郑玉平 杨志宏 谢黎
胡国 吴海 王凯 赵马泉

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限
公司 32224

代理人 董建林 姚兰兰

(51) Int. Cl.

H04L 12/26(2006.01)

H04J 3/06(2006.01)

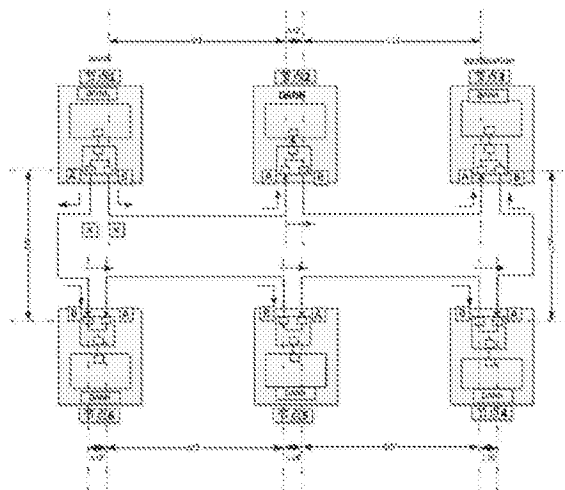
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,包括以下步骤:源节点同时向HSR双向环网的两个方向目标接收节点发送同一份以太网报文;通过记录以太网报文在每个节点进出时标来计算报文在此节点的驻留时间;计算节点之间的路径延时;将计算得到的以太网报文在本节点驻留时间和节点之间的路径延时累加到以太网报文的时延修正域中,得到最终延时修正域字段,从而实现以太网报文传输时延的修正;目标接收节点选取最先到达方向的那份报文,并将此份报文中最终延时修正域字段作为此报文的最终时延。本发明保证了在网络故障时恢复零延时、故障时不丢帧、网络高可靠性,并且能够修正报文中延时修正域字段。



1. 一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,其特征在于,包括以下步骤:

源节点同时向HSR双向环网的两个方向目标接收节点发送同一份以太网报文;

通过记录以太网报文在每个节点进出时标来计算报文在此节点的驻留时间;并通过测量两个相邻节点之间的传输路径时间来计算节点之间的路径延时;

将计算得到的以太网报文在本节点驻留时间和节点之间的路径延时累加到以太网报文的时延修正域中,得到最终延时修正域字段,从而实现以太网报文传输时延的修正;

所述目标接收节点选取最先到达方向的那份报文,并将此份报文中最终延时修正域字段作为此报文的最终时延。

2. 根据权利要求1所述的基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,其特征在于,所述最终时延的计算方法如下:

假设一份以太网报文的源节点为节点1,目标接收节点为节点3;源节点通过端口A和端口B往HSR双向环网的两个方向同时发出同一份报文,其中,端口A发出的报文先后经过节点6、节点5、节点4到达目标接收节点的端口B,端口B发出的报文先后经过节点2到达目标接收节点的端口A,这两份报文每经过一个节点时,此节点记录接收时标T1和转发时标T2,计算出报文在本节点的驻留时间,并对报文中的延时修正域字段进行时间值累加修正,即 $FTCF' = FTCF - T1 + T2$,其中,FTCF为延时修正域字段;同时,计算出本节点接收报文的端口与上一节点发送报文的端口之间的路径延时,并对报文中的延时修正域字段进行时间值累加修正,即 $FTCF'' = FTCF' + PathDelay = FTCF - T1 + T2 + PathDelay$,其中,PathDelay为节点中计算的路径延时;

节点1端口B发出的报文到节点3端口A接收总时延:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$$

其中, Δt_1 为节点1端口B到节点2端口A路径延时;

Δt_2 为报文在节点2中的驻留时间;

Δt_3 为节点2端口B到节点3端口A路径延时;

节点1端口A发出的报文到节点3端口B接收总时延:

$$\Delta t' = \Delta t_1' + \Delta t_2' + \Delta t_3' + \Delta t_4' + \Delta t_5' + \Delta t_6' + \Delta t_7'$$

其中, $\Delta t_1'$ 为节点1端口A到节点6端口B路径延时;

$\Delta t_2'$ 为报文在节点6中的驻留时间;

$\Delta t_3'$ 为节点6端口A到节点5端口B路径延时;

$\Delta t_4'$ 为报文在节点5中的驻留时间;

$\Delta t_5'$ 为节点5端口A到节点4端口B路径延时;

$\Delta t_6'$ 为报文在节点4中的驻留时间;

$\Delta t_7'$ 为节点4端口A到节点3端口B路径延时;

节点3取最先到达的那份报文,其报文传输总时延即为此报文从节点1到节点3的时延,即最终报文从节点1到达节点3的报文时延为两条路径过来的同一报文的最小时间:

$$\Delta T = \text{Min}(\Delta t, \Delta t')$$

3. 根据权利要求1所述的基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,其特征在于,所述报文在每个节点中驻留时间的计算方法如下:

(1-1) 以太网报文从端口A开始接收,当接收到报文的SFD标识时,以本节点的内部时标

记录此接收时刻T1作为报文的接收时标,当接收到此报文的延时修正域字段FTCF时,将FTCF-T1的值替换掉原FTCF,其它报文内容保持不变;

(1-2) 此报文从端口B开始转发,当发送完成此报文的SFD标识时,以本节点的内部时标记录此发送时刻T2作为报文的接收时标;

(1-3) 则以太网报文在此节点中驻留时间即为T2-T1。

4. 根据权利要求3所述的基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,其特征在于,以节点1端口B到节点2端口A路径延时计算为例,所述节点之间的路径延时的计算方法如下:

(2-1) 节点2端口A定时往节点1端口B发送延时测量请求报文Pdelay_req,并记录发送时刻t1即节点2时标;

(2-2) 节点1端口B接收延时测量请求报文Pdelay_req,并记录接收时刻t2即节点1时标;

(2-3) 节点1端口B往节点2端口B发送延时测量请求响应报文Pdelay_resp,并记录发送时刻t3即节点1时标,并将t3-t2计算的结果更新报文中的Frame transmit correction Field字段;

(2-4) 节点2端口A接收延时测量请求响应报文Pdelay_resp;并记录接收时刻t4即节点2时标,并计算t4-t1;

(2-5) 则在节点2中计算路径延时 $PathDelay = [(t4-t1) - (t3-t2)]/2$ 。

5. 根据权利要求4所述的基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,其特征在于,所述最终延时修正域字段的计算方法如下:

HSR节点在端口接收报文时已将延时修正域字段改写为FTCF-T1,当本节点转发此报文,在发送到此报文的延时修正域字段时,将发送时刻T2和计算出来的路径延时PathDelay的值都累加到时延修正域中,即最终延时修正域字段变为FTCF-T1+T2+PathDelay,其它报文内容保持不变。

一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,属于电力系统自动化通信技术领域。

背景技术

[0002] 国家电网公司目前在大力推进智能电网的建设,其中智能变电站的建设是其中重要的一环。网络通信的可靠性对整个智能变电站系统的稳定有重要作用。网络单点断线的自愈时间是衡量网络通信可靠性的重要指标。目前常用的快速生成协议(rapid spanning tree protocol, RSTP)等网络冗余协议无法达到零自愈时间的要求。为了提高网络的可靠性,必须降低自愈时间。

[0003] IEC62439-3定义了高可用无缝环网协议(HSR)。其具有网络故障恢复零延时、故障时不丢帧、网络可靠性高等特点,在智能变电站领域,越来越受到大家的重视。国外已经有ABB公司研制了具有HSR网络功能的变电站保护测控装置,但此类装置目前价格相当昂贵,基本垄断了海外市场。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的不足,本发明目的是提供一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,保证了在网络故障时恢复零延时、故障时不丢帧、网络高可靠性,并且能够修正报文中延时修正域字段。

[0005] 为了实现上述目的,本发明是通过如下的技术方案来实现:

[0006] 本发明的一种基于HSR双向环网的报文时延测量及修正方法,包括以下步骤:

[0007] 源节点同时向HSR双向环网的两个方向目标接收节点发送同一份以太网报文;

[0008] 通过记录以太网报文在每个节点进出时标来计算报文在此节点的驻留时间;并通过专用报文的方式测量两个相邻节点之间的传输路径时间来计算出节点之间的路径延时;

[0009] 将计算得到的以太网报文在本节点驻留时间和节点之间的路径延时累加到以太网报文的时延修正域中,得到最终延时修正域字段,从而实现以太网报文传输时延的修正;

[0010] 所述目标接收节点选取最先到达方向的那份报文,并将此份报文中最终延时修正域字段作为此报文的最终时延。

[0011] 上述最终时延的计算方法如下:

[0012] 假设一份以太网报文的源节点为节点1,目标接收节点为节点3;源节点通过端口A和端口B往HSR双向环网的两个方向同时发出同一份报文,其中,端口A发出的报文先后经过节点6、节点5、节点4到达目标接收节点的端口B,端口B发出的报文先后经过节点2到达目标接收节点的端口A,这两份报文每经过一个节点时,此节点记录接收时标T1和转发时标T2,计算出报文在本节点的驻留时间,并对报文中的延时修正域字段进行时间值累加修正,即 $FTCF' = FTCF - T1 + T2$,其中,FTCF为延时修正域字段;同时,计算出本节点接收报文的端口与上一节点发送报文的端口之间的路径延时,并对报文中的延时修正域字段进行时间值累加

修正,即 $FTCF'' = FTCF' + PathDelay = FTCF - T1 + T2 + PathDelay$,其中, $PathDelay$ 为节点中计算的路径延时;

[0013] 节点1端口B发出的报文到节点3端口A接收总时延:

[0014] $\Delta t = \Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3$

[0015] 其中, $\Delta t1$ 为节点1端口B到节点2端口A路径延时;

[0016] $\Delta t2$ 为报文在节点2中的驻留时间;

[0017] $\Delta t3$ 为节点2端口B到节点3端口A路径延时;

[0018] 节点1端口A发出的报文到节点3端口B接收总时延:

[0019] $\Delta t' = \Delta t1' + \Delta t2' + \Delta t3' + \Delta t4' + \Delta t5' + \Delta t6' + \Delta t7'$

[0020] 其中, $\Delta t1'$ 为节点1端口A到节点6端口B路径延时;

[0021] $\Delta t2'$ 为报文在节点6中的驻留时间;

[0022] $\Delta t3'$ 为节点6端口A到节点5端口B路径延时;

[0023] $\Delta t4'$ 为报文在节点5中的驻留时间;

[0024] $\Delta t5'$ 为节点5端口A到节点4端口B路径延时;

[0025] $\Delta t6'$ 为报文在节点4中的驻留时间;

[0026] $\Delta t7'$ 为节点4端口A到节点3端口B路径延时;

[0027] 节点3取最先到达的那份报文,其报文传输总时延即为此报文从节点1到节点3的时延,即最终报文从节点1到达节点3的报文时延为两条路径过来的同一报文的最小时间:

[0028] $\Delta T = \text{Min}(\Delta t, \Delta t')$ 。

[0029] 上述报文在每个节点中驻留时间的计算方法如下:

[0030] (1-1) 以太网报文从端口A开始接收,当接收到报文的SFD标识时,以本节点的内部时标记录此接收时刻 $T1$ 作为报文的接收时标,当接收到此报文的延时修正域字段 $FTCF$ (Frame Transmit Correction Field)时,将 $FTCF - T1$ 的值替换掉原 $FTCF$,其它报文内容保持不变;

[0031] (1-2) 此报文从端口B开始转发,当发送完成此报文的SFD标识时,以本节点的内部时标记录此发送时刻 $T2$ 作为报文的接收时标;

[0032] (1-3) 则以太网报文在此节点中驻留时间即为 $T2 - T1$ 。

[0033] 以节点1端口B到节点2端口A路径延时计算为例,所述节点之间的路径延时的计算方法如下:

[0034] (2-1) 节点2端口A定时往节点1端口B发送延时测量请求报文 $Pdelay_req$,并记录发送时刻 $t1$ 即节点2时标;

[0035] (2-2) 节点1端口B接收延时测量请求报文 $Pdelay_req$,并记录接收时刻 $t2$ 即节点1时标;

[0036] (2-3) 节点1端口B往节点2端口B发送延时测量请求响应报文 $Pdelay_resp$,并记录发送时刻 $t3$ 即节点1时标,并将 $t3 - t2$ 计算的结果更新报文中的Frame transmit correction Field字段;

[0037] (2-4) 节点2端口A接收延时测量请求响应报文 $Pdelay_resp$;并记录接收时刻 $t4$ 即节点2时标,并计算 $t4 - t1$;

[0038] (2-5) 则在节点2中计算路径延时 $PathDelay = [(t4 - t1) - (t3 - t2)] / 2$ 。

[0039] 上述最终延时修正域字段的计算方法如下：

[0040] HSR节点在端口接收报文时已将延时修正域字段改写为FTCF-T1,当本节点转发此报文,在发送到此报文的延时修正域字段时,将发送时刻T2和计算出来的路径延时PathDelay的值都累加到时延修正域中,即最终延时修正域字段变为FTCF-T1+T2+PathDelay,其它报文内容保持不变。

[0041] 本发明的有益效果是：

[0042] 1) 保证在网络故障时恢复零延时、故障时不丢帧、保障了网络高可靠性,每个节点采用最先到的那份报文,丢弃后到的报文,保证了智能变电站系统内部以太网报文对实时性的要求；

[0043] 2) 以太网报文通过网络中的每个节点时,每个节点自动计算出报文在本节点的驻留时间,并修正报文中延时修正域字段；

[0044] 3) 以太网报文通过网络中的每个节点时,每个节点还自动计算出报文在上一节点与本节点之间传输时间,并修正报文中延时修正域字段。

附图说明

[0045] 图1为本发明的HSR网络通讯传输示意图；

[0046] 图2为本发明的以太网报文在每个节点中驻留时间的计算示例图；

[0047] 图3为本发明的节点之间路径延时计算方法示意图；

[0048] 图4为本发明的以太网报文每经过一个HSR节点修改发送报文延时修正域字段的方法示意图。

具体实施方式

[0049] 为使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合具体实施方式,进一步阐述本发明。

[0050] 本发明利用FPGA实现HSR协议,通过查找算法,在数据链路层上实现快速双向环网冗余数据处理,从而保证在网络故障时恢复零延时、故障时不丢帧、网络高可靠性。HSR环网中各设备的对时同步以及相关的保护测控采样值报文的计算控制等功能都需要精确测量以太网报文在路径传输过程中的延时。

[0051] 因此,提供一种智能变电站内相关设备在HSR环网架构中以太网报文延时测量及修正技术,对于HSR环网协议在智能变电站内应用,精简智能变电站架构和成本,提高智能变电站运行的可靠性具有很重要的意义。

[0052] 参见图1,假设某份以太网报文的源节点为节点1,目标接收节点为节点3。源节点(节点1)通过端口A和端口B往HSR环网的两个方向同时发出同一份报文,其中端口A发出的报文先后经过节点6、节点5、节点4到达目标接收节点(节点3)的端口B,端口B发出的报文先后经过节点2到达目标接收节点(节点3)的端口A,这两份报文每经过一个节点时,此节点记录接收和转发的时标,并将差值(即报文在本节点的驻留时间)对报文中的延时修正域字段进行修正,同时,还需将本节点计算出来的本节点接收报文的端口与上一节点发送报文的端口之间的路径延时时对报文中的延时修正域字段进行修正,转发时发送的报文即是通过计算修改过延时修正域字段后的报文。

[0053] 节点1端口B发出的报文到节点3端口A接收总时延:

[0054] $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$

[0055] 其中, Δt_1 为节点1端口B到节点2端口A路径延时

[0056] Δt_2 为报文在节点2中的驻留时间

[0057] Δt_3 为节点2端口B到节点3端口A路径延时

[0058] 节点1端口A发出的报文到节点3端口B接收总时延:

[0059] $\Delta t' = \Delta t_1' + \Delta t_2' + \Delta t_3' + \Delta t_4' + \Delta t_5' + \Delta t_6' + \Delta t_7'$

[0060] 其中, $\Delta t_1'$ 为节点1端口A到节点6端口B路径延时

[0061] $\Delta t_2'$ 为报文在节点6中的驻留时间

[0062] $\Delta t_3'$ 为节点6端口A到节点5端口B路径延时

[0063] $\Delta t_4'$ 为报文在节点5中的驻留时间

[0064] $\Delta t_5'$ 为节点5端口A到节点4端口B路径延时

[0065] $\Delta t_6'$ 为报文在节点4中的驻留时间

[0066] $\Delta t_7'$ 为节点4端口A到节点3端口B路径延时

[0067] 节点3取最先到达的那份报文,其报文传输总时延即为此报文从节点1到节点3的时延。即最终报文从节点1到达节点3的报文时延为两条路径过来的同一报文的最小时间:

[0068] $\Delta T = \text{Min}(\Delta t, \Delta t')$

[0069] 参见图2,本发明的以太网报文在每个节点中驻留时间的计算示例如下:

[0070] 1) 以太网报文从端口A开始接收,当接收到报文的SFD标识时,以本节点的内部时标记录此接收时刻T1作为报文的接收时标,当接收到此报文的延时修正域字段FTCF (Frame Transmit Correction Field)时,将FTCF-T1的值替换掉原FTCF,其它报文内容保持不变。

[0071] 2) 此报文从端口B开始转发,当发送完成此报文的SFD标识时,以本节点的内部时标记录此发送时刻T2作为报文的接收时标

[0072] 3) 以太网报文在此节点中驻留时间即为T2-T1

[0073] 参见图3,为本发明的节点之间路径延时计算方法,以图1中节点1端口B到节点2端口A路径延时计算为例:

[0074] 1) 节点2端口A定时往节点1端口B发送延时测量请求报文(Pdelay_req报文),并记录发送时刻t1(节点2时标)

[0075] 2) 节点1端口B接收延时测量请求报文(Pdelay_req报文)并记录接收时刻t2(节点1时标)

[0076] 3) 节点1端口B往节点2端口B发送延时测量请求响应报文(Pdelay_resp报文)并记录发送时刻t3(节点1时标),并将t3-t2计算的结果更新报文中的Frame transmit correction Field字段

[0077] 4) 节点2端口A接收延时测量请求响应报文(Pdelay_resp报文)并记录接收时刻t4(节点2时标),并计算t4-t1

[0078] 5) 在节点2中计算路径延时 $\text{PathDelay} = [(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)] / 2$

[0079] 参见图4,为本发明以太网报文每经过一个HSR节点通过修改发送报文延时修正域字段实现报文延时计算及延时修正:

[0080] 由于HSR节点在端口接收报文时已将延时修正域字段该写为FTCF-T1,当本节点转

发此报文在发送到此报文的延时修正域字段时,将发送时刻 T_2 和上述计算出来的路径延时 $PathDelay$ 的值都累加到修正域值,即修正域字段变为 $FTCF-T_1+T_2+PathDelay$,其它报文内容保持不变。

[0081] 从源节点到目标接收节点经过HSR环网所传递的两份报文经过HSR环网的每一个节点时对延时修正域字段都做上述处理,最终目标接收节点取最先收到的那份报文,并将其中延时修正域字段取出,用于与源节点进行对时、同步。基于本发明的报文时延测量及修正技术,智能变电站内HSR环网内各个网络节点相关设备可靠的完成相关保护测控功能。

[0082] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

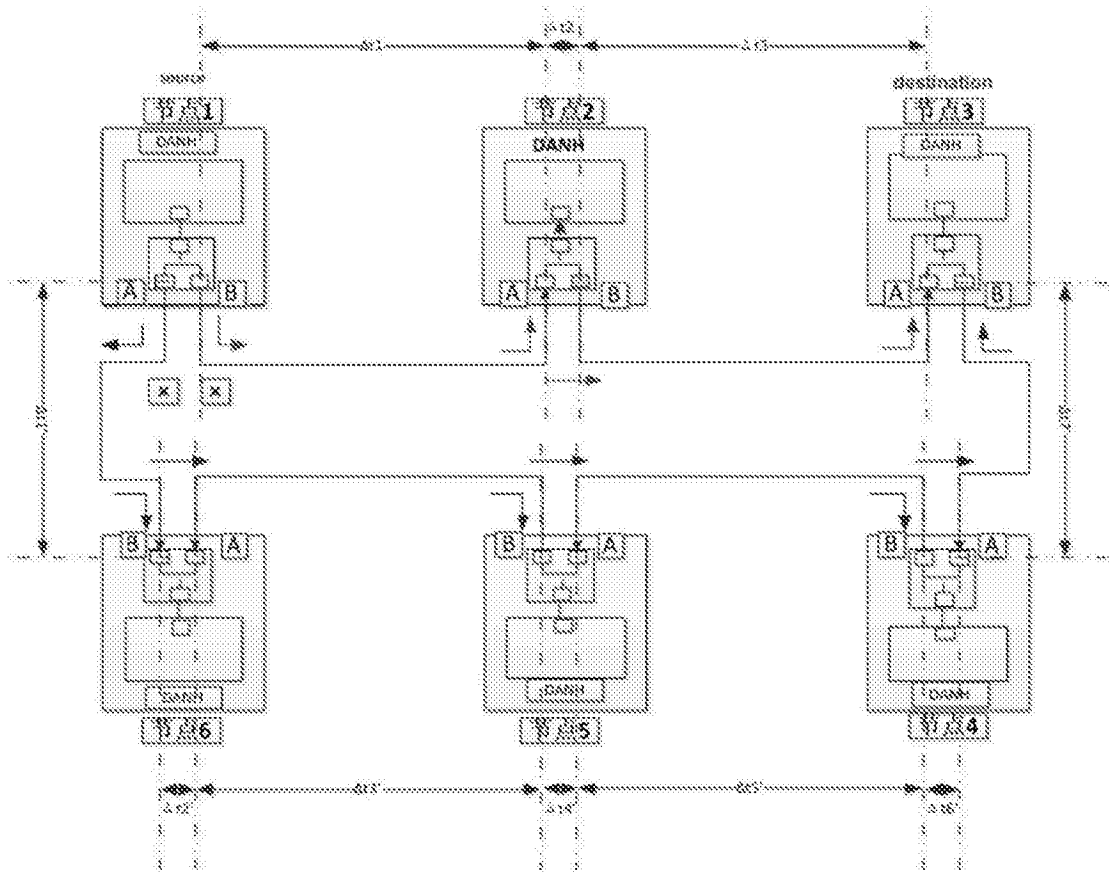


图1

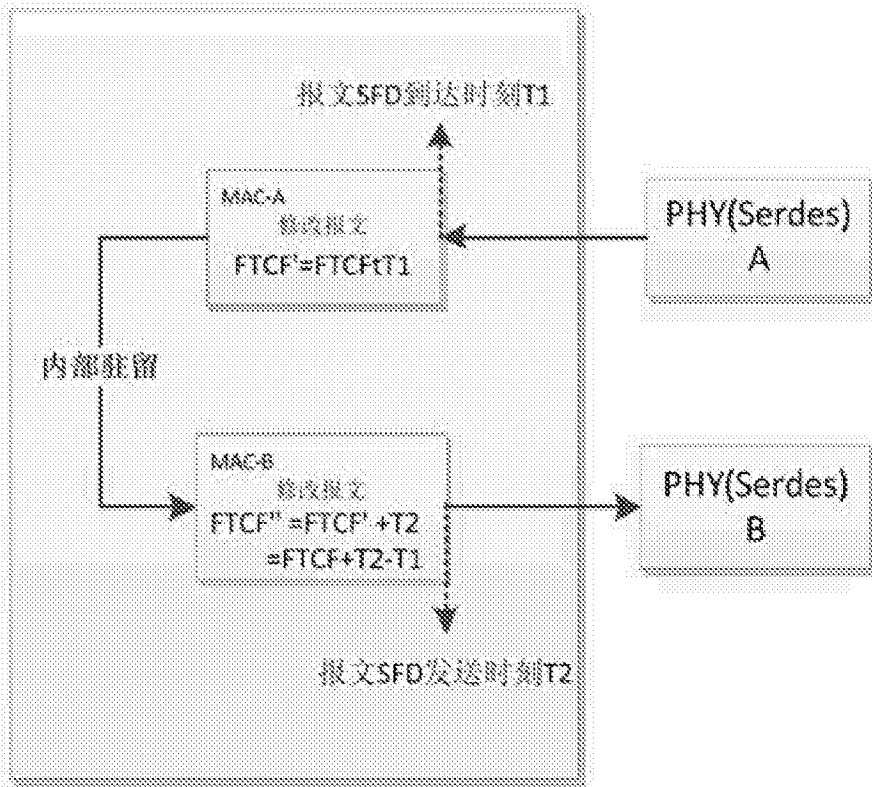


图2

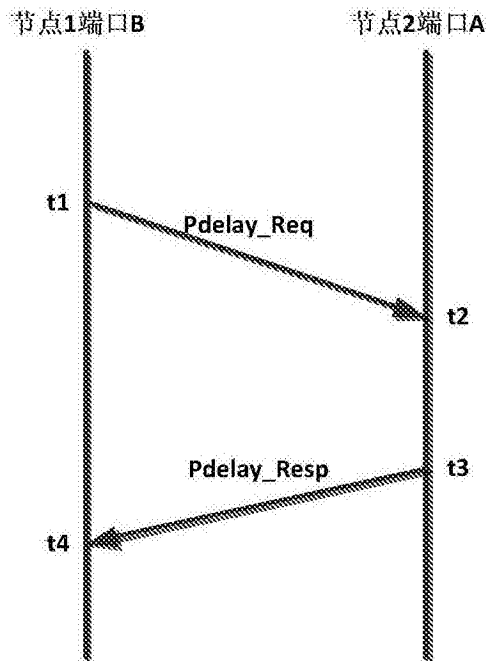


图3



图4