



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102594683 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201210035746. 7

(22) 申请日 2012. 02. 17

(73) 专利权人 黑龙江省电力有限公司

地址 150090 黑龙江省哈尔滨市南岗区汉水路 301 号

专利权人 江苏金智科技股份有限公司
国家电网公司

(72) 发明人 赵建中 刘更 邢智辉 吴杰

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.

H04L 12/931 (2013. 01)

H04J 3/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101582733 A, 2009. 11. 18,

CN 101299749 A, 2008. 11. 05,

CN 101557258 A, 2009. 10. 14,

审查员 曹娟

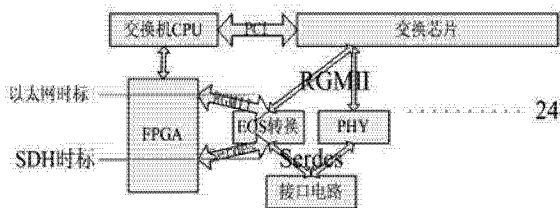
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法及设备

(57) 摘要

具备 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法, 电网的变电主站内的主时钟, 发送符合 IEEE-1588 协议的网络对时报文, 然后通过能够实现以太网到 SDH 网络转换的交换机, 将网络对时报文发送到各个子变电站; 在各子变电站中, 在通过 SDH 网络转换为以太网的交换机将网络对时报文转换为以太网协议的传递报文; 所述交换机包括内部 CPU 和三层网络交换芯片实现以太网的数据交换, 同时每一个以太网的数据交换接口配置选择是否采用 EOS 芯片实现 EOS 转换, 网络交换芯片的数据接口为 RGMII 接口, EOS 转换芯片输出为 Serdes 接口, FPGA 通过接收 RGMII 接口的数据和 Serdes 接口的数据, 实现了 1 微秒精确对时。



1. 具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法,其特征是电网的变电主站内的主时钟,发送符合 IEEE-1588 协议的网络对时报文,然后通过能够实现以太网到 SDH 网络转换的交换机,将网络对时报文发送到各个子变电站;在各子变电站中,在通过 SDH 网络转换为以太网的交换机将网络对时报文转换为以太网协议的传递报文;所述交换机包括内部 CPU 和三层网络交换芯片实现以太网的数据交换,同时每一个以太网的数据交换接口配置选择是否采用基于 SDH 的以太网 EOS 芯片实现 EOS 转换,EOS 的转换是通过 MAXIM 的 DS33M30 实现的 Gbit 到 OC-3/STM-1 数据转换;网络交换芯片的数据接口为 RGMII 接口,EOS 转换芯片输出为 Serdes 接口,FPGA 通过接收 RGMII 接口的数据和 Serdes 接口的数据,判断是否是 IEEE-1588 对时报文,并且记录下接收精确时间,计算出同一网络报文从 RGMII 接口输入到 Serdes 输出的时延,并且通过数据总线接口送给内部 CPU,CPU 将这个延迟记录下来,通过随后的采用 IEEE-1588 协议的方法将 follow-up 报文通过网络发送出去,从而在随后的计算中扣除这个时间,完成网络精确对时;

(1) 以太网的数据交换时在接收对时主钟的 SYNC 对时报文后,通过交换机内部 CPU 记录报文的接收时间戳 t_1 ,然后根据配置和接口状态将 SYNC 报文转发到各个接口,三层网络交换芯片同时记录下转发的 SYNC 报文从各个网络接口输出的时间戳 t_2 ;

(2) 数据交换时根据配置,将部分以太网报文通过 EOS 芯片转换为 OC-3/STM-1 接口,同时 FPGA 通过接收网络接口报文和 EOS 的 Serdes 接口报文同时记录下报文的时间戳 t_3 和 t_4 ;然后输出到 SDH 网络上;

(3) 交换机的内部 CPU 通过读取交换芯片记录下的时间戳以及 FPGA 记录下的接收时间戳 t_3 和 t_4 ;通过计算 $(t_2-t_1)+(t_4-t_3)$ 作为网络对时报文 SYNC 在交换机内部的驻留时间;填写在随后的 follow-up 报文中,发送到网络上。

2. 根据权利要求 1 所述的具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法,其特征是交换机的 FPGA 在 Serdes 接口监听到与交换机接口直接相连的其它网络接口的 pdelay 报文请求后,记录时间的方法和 SYNC 报文一致。

3. 实现权利要求 1 所述的具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法的专用网络交换设备,其特征是包括内部 CPU、以太网 PHY 芯片和三层网络交换芯片实现以太网的网络数据交换的芯片,实现 EOS 转换的 EOS 转换芯片,FPGA,网络数据交换芯片的数据接口为 RGMII 接口,EOS 转换芯片输出为 Serdes 接口,设置 FPGA 通过接收 RGMII 接口的数据和 Serdes 接口的数据,计算出同一网络报文从 RGMII 接口输入到 Serdes 输出的时延,并且通过数据总线接口送给内部 CPU,CPU 将这个延迟记录下来,通过随后的采用 IEEE-1588 协议的方法将 follow-up 报文通过网络发送出去,从而在随后的计算中扣除这个时间,完成网络精确对时;CPU 与 FPGA、交换芯片通过 PCI 总线连接;EOS 转换芯片与以太网 PHY 芯片通过 RGMII 接口与交换芯片实现连接,EOS 转换芯片与以太网 PHY 芯片通过 Serdes 接口与接口电路连接。

具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法及设备

技术领域

[0001] 本发明属于数据交换领域,涉及具备 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法及设备,本发明在电力系统网络精确同步对时中得到应用。

背景技术

[0002] 随着通讯技术的发展,以及智能电网发展的需求,广域保护逐渐发展起来,但是广域保护必须要解决的问题就是分散的各个变电站之间的实时数据传输以及精确时间同步。目前多数变电站之间的数据连结通道时 SDH 网络,用于电力系统的日常调度数据传输、图像监控传输、运行维护管理等数据传输。由于各个变电站之间距离远,分布广,所以很难在短期内重新敷设专门用于广域保护的实时数据通道,即使将现有的 SDH 网络升级成具备网络精确对时功能也需要耗费时间和巨大资金。如何在现有的 SDH 网络上实现各个变电站的实时数据的同步采集、传输便成为广域保护系统的关键技术。目前各个变电站内部的合并单元、智能终端以及广域保护设备数据传输通道都采用的是实时以太网技术,在该技术上实现的基于以太网络的精确对时已经成熟,但是如何将站内的以太网精确对时和 SDH 网络(Synchronous Digital Hierarchy,同步数字体系网络,将复接、线路传输及交换功能融为一体、并由统一网管系统操作的综合信息传送网络)结合起来,成为实现广域保护系统精确对时的难点之一。将各个变电站的实时数据集中到广域保护设备需要一个数据交换设备,而为了实现网络精确对时,该网络交换设备必须具备 IEEE-1588 的硬件辅助计时功能,这个功能用于精确记录对时报文在通过交换机时的“驻留时间”和通讯延迟,以便在对时计算中将这段时间扣除。目前具备 IEEE-1588 的硬件辅助计时功能的交换机已经比较成熟。同时将以太网数据转换为 SDH 数据的转换设备(ethernet over SDH 简称 EOS,基于 SDH 的以太环网)也比较常用。也就是将以太网数据转换为 SDH 通道数据从传输的角度来说已经可以实现,但是在这个转换过程中所带来的延迟和延迟抖动在所有的 EOS 设备都没有计算出来,同时即使计算出来也很难加入到网络精确对时的报文中。鉴于目前的技术状况和实际的广域保护系统需求,本发明将 EOS 集成在交换机中,并且通过 FPGA 将对时报文从以太网转换到 SDH 报文的时间记录下来,并且传递给 CPU,以便在网络精确对时计算中扣除。

发明内容

[0003] 本发明的目的是,提出具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法及设备,提出一个具有和 SDH 网络接口,并且能够实现在 SDH 网络上利用 IEEE-1588 协议实现变电站间的网络精确对时的专用交换机。该交换机具备 24 个 Gbit 的网络接口,这些接口可以实现以太网接口,也可以实现 SDH 的接口。在交换机内部不仅实现网络数据的交换,而且记录精确的网络数据的传输延迟、处理延迟以及基于 SDH 的以太网 EOS 转换延迟。通过精确记录这些延迟,我们可以根据 IEEE-1588 协议(网络测量和控制系统的精密时钟同步协议标准),通过 SDH 网络实现分散的各个变电站之间的网络精确对时。对时精度达

到 1 μ s。从而满足广域保护系统对各个变电站同步采样的需求。

[0004] 本发明通过以下技术方案实现的：具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法，电网的变电主站内的主时钟，发送符合 IEEE-1588 协议的网络对时报文，然后通过能够实现以太网到 SDH 网络转换的交换机（转换器），将网络对时报文发送到各个子变电站；在各子变电站中，在通过 SDH 网络转换为以太网的交换机将网络对时报文转换为以太网协议的传递报文，本发明的实现步骤如下：

[0005] 交换机包括内部 CPU 和三层网络交换芯片（Broadcom56520）实现以太网的数据交换，同时每一个以太网的数据交换接口配置（选择是否采用 EOS 芯片）实现 EOS 转换，EOS 的转换是通过 MAXIMM 的 DS33M30 实现的 Gbit 到 OC-3/STM-1 数据转换；层网络交换芯片的数据接口为 RGMII 接口（以太网 MAC 与 PHY 之间的媒体接口、单工，是一个普通高速串行信号），后者是通用可编程串行接口，差分输入输出），EOS 转换芯片输出为 Serdes 接口，FPGA 通过接收 RGMII 接口的数据和 Serdes 接口的数据，判断是否是 IEEE-1588 对时报文，并且记录下接收精确时间，计算出同一网络报文从 RGMII 接口输入到 Serdes 输出的时延，并且通过数据总线接口送给内部 CPU，CPU 将这个延迟记录下来，通过随后的采用 IEEE-1588 协议的方法将 follow-up 报文通过网络发送出去，从而在随后的计算中扣除这个时间，完成网络精确对时；

[0006] (1) 以太网的数据交换时在接收对时主钟的 SYNC 对时报文后，通过交换机内部 CPU 记录报文的接收时间戳 t_1 ，然后根据配置和接口状态将 SYNC 报文转发到各个接口，三层网络交换芯片同时记录下转发的 SYNC 报文从各个网络接口输出的时间戳 t_2 ；

[0007] (2) 交换时根据接口配置，将部分以太网报文通过 EOS 芯片转换为 OC-3/STM-1 接口，同时 FPGA 通过接收网络接口报文和 EOS 的 Serdes 接口报文同时记录下报文的时间戳 t_3 和 t_4 ；然后输出到 SDH 网络上；

[0008] (3) 交换机的内部 CPU 通过读取交换芯片记录下的时间戳以及 FPGA 记录下的接收时间戳 t_3 和 t_4 ；通过计算 $(t_2-t_1)+(t_4-t_3)$ 作为网络对时报文 SYNC 在交换机内部的驻留时间。填写在随后的 follow-up 报文中，发送到网络上；

[0009] (4) 交换机的 FPGA 在 Serdes 接口监听到与交换机接口直接相连的其它网络接口的 pdelay 报文请求后，记录时间的方法和 SYNC 报文一致。

[0010] 本发明将 EOS 转换集成到工业以太网交换机内部，并且能够精确计算出 EOS 转换的延迟，从而保证了基于 SDH 的网络精确对时的精度。与本发明相对的常规做法是将 EOS 设备外挂在交换机外，这样交换机无法获得 EOS 的转换延迟，这个延迟根据设备的不同和方案的不同，抖动的程度也不同。最小也达到微秒级。在网络精确对时的计算中，如果不能准确测量这个延迟并且记录下来，在网络精确对时计算中扣除，将不能实现 1 μ s 的对时精度，对时精度将呈发散状态，并且不能收敛，对时精度一般都在毫秒级别。毫秒的对时精度不能满足广域保护系统的同步采样的要求。

[0011] 实现所述的具备同步数字体系 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换方法的专用网络交换设备，包括内部 CPU、以太网 PHY 芯片和三层网络交换芯片（Broadcom56520）实现以太网的网络数据交换的芯片，实现 EOS 转换的 EOS 转换芯片，网络数据交换芯片的数据接口为 RGMII 接口，EOS 转换芯片输出为 Serdes 接口，设置 FPGA 通过接收 RGMII 接口的数据和 Serdes 接口的数据，计算出同一网络报文从 RGMII 接口输入到 Serdes 输出的时延，并

且通过数据总线接口送给内部 CPU, CPU 将这个延迟记录下来,通过随后的采用 IEEE-1588 协议的方法将 follow-up 报文通过网络发送出去,从而在随后的计算中扣除这个时间,完成网络精确对时;CPU 与 FPGA、交换芯片通过 PCI 总线连接;EOS 转换芯片与以太网 PHY 芯片通过 RGMII 接口与交换芯片实现连接,EOS 转换芯片与以太网 PHY 芯片通过 Serdes 接口与接口电路连接。

[0012] 采用三层网络交换芯片 (Broadcom56520) 实现最多 24 个 Gbit 以太网的数据交换,同时每一个接口可一配置选择是否实现 EOS 转换,EOS 的转换是通过 MAXIMM 的 DS33M30 实现的 Gbit 到 OC-3/STM-1 数据转换。交换芯片数据的接口为 RGMII 接口, EOS 转换芯片输出为 Serdes 接口, FPGA 通过接收 RGMII 接口的数据和 Serdes 接口的数据,判断是否是 IEEE-1588 对时报文,并且记录下接收精确时间,计算出同一网络报文从 RGMII 接口输入到 Serdes 输出的时延,并且通过数据总线接口送给交换机内部 CPU, CPU 将这个延迟记录下来,通过随后的 IEEE-1588 的 follow-up 报文通过网络发送出去,从而在随后的计算中扣除这个时间,完成网络精确对时。

[0013] 本发明的有益效果为:本发明提供了一种能够在 SDH 网络上实现各个变电站实现精确时间同步的专用交换机,以满足广域保护系统的实时同步采样的需求。这个专用交换机的优点就是能够实现在不需要改造现有的 SDH 网络的前提下就可以实现精确网络时间同步,满足广域保护系统的连续运行的要求。

附图说明

[0014] 图 1 具备 SDH 网络精确对时功能的专用网络交换机实现框图。

具体实施方式

[0015] 下面通过具体实施例对本发明作进一步详述,以下实施例只是描述性的,不是限定性的,不能以此限定本发明的保护范围。

[0016] 本发明的实施包括以下步骤:

[0017] (1). 交换机接收到对时主钟的 SYNC 对时报文后,通过交换机内的 CPU 记录报文的接收时间戳 t_1 ,然后根据配置和接口状态将 SYNC 报文转发到各个接口,交换芯片同时记录下转发的 sync 报文从各个网络接口输出的时间戳 t_2 。

[0018] (2). 交换机根据配置,将部分以太网报文通过 EOS 芯片转换为 OC-3/STM-1 接口,同时 FPGA 通过接收网络接口报文和 EOS 的 Serdes 接口报文同时记录下报文的时间戳 t_3 和 t_4 。然后输出到 SDH 网络上。

[0019] (3) 交换机的 CPU 通过读取交换芯片记录下的时间戳以及 FPGA 记录下的接收时间戳 t_3 和 t_4 。通过计算 $(t_2-t_1)+(t_4-t_3)$ 作为网络对时报文 SYNC 在交换机内部的驻留时间。(之所以采用交换芯片和 FPGA 分别记录各自的时间是因为两个芯片的采用的不同的晶体)。填写在随后的 follow-up 报文中,发送到网络上。

[0020] (4) 交换机的 FPGA 在 Serdes 接口监听到与交换机接口直接相连的其它网络接口的 pdelay 报文请求后,记录时间的方法和 SYNC 报文一致。

[0021] (5) 本发明的最大特征是将 EOS 转换集成到工业以太网交换机内部,并且能够精确计算出 EOS 转换的延迟,从而保证了基于 SDH 的网络精确对时的精度。与本发明相对的常

规做法是将 EOS 设备外挂在交换机外,这样交换机无法获得 EOS 的转换延迟,这个延迟根据设备的不同和方案的不同,抖动的程度也不同。最小也达到微妙级。在网络精确对时的计算中,如果不能准确测量这个延迟并且记录下来,在网络精确对时计算中扣除,将不能实现 1 μ s 的对时精度,对时精度将呈发散状态,并且不能收敛,对时精度一般都在毫秒级别。毫秒的对时精度不能满足广域保护系统的同步采样的要求。

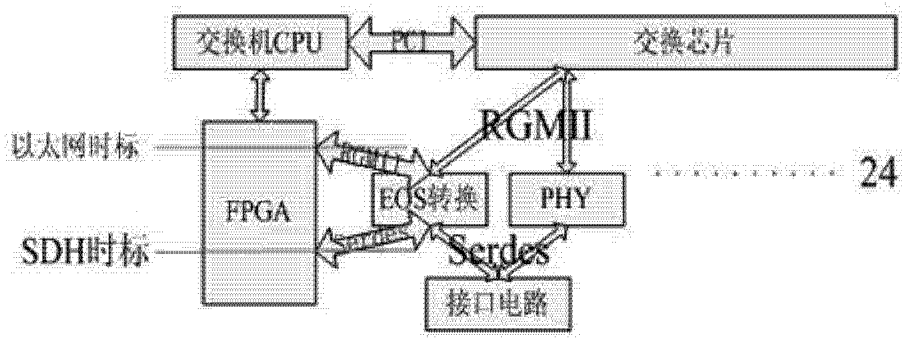


图 1