



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114978400 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202210557252.9

(22) 申请日 2022.05.20

(71) 申请人 中国计量科学研究院

地址 100029 北京市朝阳区三环东路18号

(72) 发明人 杨志强 王玉琢 刘年丰 张爱敏

(74) 专利代理机构 北京安之律师事务所 11707

专利代理师 章彦奇

(51) Int. Cl.

H04J 3/06 (2006.01)

H04B 10/079 (2013.01)

H04B 10/25 (2013.01)

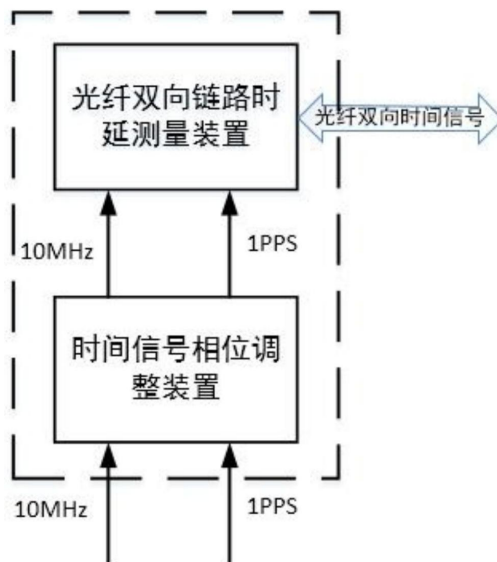
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种光纤双向时间比对链路时延校准系统与
方法

(57) 摘要

一种光纤双向时间比对链路时延校准系统，包括光纤双向链路时延测量装置和时间信号相位调整装置；其中，光纤双向链路时延测量装置用于本地时间信号与远端时间信号时间差的测量，时间信号相位调整装置用于在使用不同的时间频率参考源条件下，实现光纤双向链路时延测量装置的参考时间信号和参考频率信号的相位差保持不变。本发明还提供了一种光纤双向时间比对链路时延校准系统的使用方法。



1. 一种光纤双向时间比对链路时延校准系统,其特征在于,包括光纤双向链路时延测量装置和时间信号相位调整装置;其中,光纤双向链路时延测量装置用于本地时间信号与远端时间信号时间差的测量,时间信号相位调整装置用于在使用不同的时间频率参考源条件下,实现光纤双向链路时延测量装置的参考时间信号和参考频率信号的相位差保持不变。

2. 采用权利要求1所述的一种光纤双向时间比对链路时延校准系统的校准方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

(1) 在A实验室,利用光纤双向时间比对链路时延校准系统C与第一光纤时间比对系统(A)开展共钟差校准测量;使用光纤双向链路时延测量装置测量并记录传送和接收信号之间的时延,使用时间信号相位调整装置测量并记录A实验室时间频率参考源提供给光纤双向时间比对链路时延校准系统C的时间参考信号(C_1)和频率参考信号之间的相位差 Δt ,利用下式计算第一光纤时间比对系统(A)的校准测量值:

$$\begin{aligned} TD(A) - TD(C_1) = & +RE(A) - RE(C_1) \\ & +RI(A) - RI(C_1) \\ & +CD(A) - CD(C_1) \end{aligned}$$

其中,TD(i)为光纤时间传递设备的总延时;RE(i)代表光纤双向链路时延测量装置i外部参考延时,即本地时标参考到时延测量装置i的时间信号出入口之间延时;RI(i)代表光纤双向链路时延测量装置i内部参考延时,即时延测量装置i的时间信号出入口到设备内部参考点之间延时;CD代表光纤双向链路时延测量装置i的时延测量值,即设备传送和接收信号之间的时延。

(2) 在B实验室,利用光纤双向时间比对链路时延校准系统C与第二光纤时间比对系统(B)开展共钟差校准测量;使用光纤双向链路时延测量装置测量并记录传送和接收信号之间的时延,使用时间信号相位调整装置测量并调整B实验室时间频率参考源提供给光纤双向时间比对链路时延校准系统C的时间参考信号(C_2)和频率参考信号的相位差等于步骤1中的相位差 Δt ,利用下式计算第二光纤时间比对系统(B)的校准测量值:

$$TD(B) - TD(C_2) = +RE(B) - RE(C_2) + RI(B) - RI(C_2) + CD(B) - CD(C_2)$$

(3) 利用下式计算第一光纤时间比对系统(A)与第二光纤时间比对系统(B)的时间比对链路时延校准值CAL(A-B):

$$CAL(A-B) = (TD(A) - TD(C_1)) - (TD(B) - TD(C_2))。$$

一种光纤双向时间比对链路时延校准系统与方法

技术领域

[0001] 本发明属于高精度时间传递链路领域,具体涉及一种光纤双向时间比对链路时延校准系统与方法。

背景技术

[0002] 目前高精度时间传递链路中采用多种时间比对方法。它们在比对精度、覆盖范围和运行费用等方面不尽相同。表1列出了几种时间比对技术在不确定度等方面的比较情况。

[0003] 表1时间比对技术不确定及基本特点

比对方式	不确定度	基本特点
GPS CA 码	(1.0-1.5) ns	不发射信号, 成本较低
GPS P3 码	0.7 ns	不发射信号, 成本较低
GPS 载波相位	0.3 ns	不发射信号, 成本较低
卫星双向时间传递	(0.3~0.5) ns	需要租借通信卫星, 建设观测站的成本较高
光纤	皮秒量级	观测站一一相对应, 相距数百公里
光纤双向时间传递	小于 0.1ns	租用光纤专线, 距离超过 80 公里需要中继放大

[0005] 由于光纤的优良特性,与其他时间传递方法比对,光纤时间传递被认为是一种具有更高精度和更低不确定度的时间传递方法,合成不确定度在百皮秒级。

[0006] 国外在20世纪80年代后期就开始研究利用光纤来传递时间和频率。目前,绝大部分的研究工作集中在频率传递方面,尤其是近几年来各国对光钟研究的热衷,使得光钟的研究进展迅速,这也使得基于光纤对光钟频率比对方法的研究得到了快速的发展,代表有:德国PTB、法国OP、日本NICT等。

[0007] 对于时间传递,进行研究的主要是美国的国家标准技术研究院(NIST)和PTB,NIST的研究主要利用SONET(SDH)传送网进行时间传递,但由于当时时间传递链路校准相关技术发展的滞后,并未对时间传递链路进行校准,只分析了比对结果的稳定度,并得到准确度结果,也就没有实现真正的时间传递;从2010年前后,为了其园区内标准时间信号的约1km的实际传输需求,PTB开始研究基于光纤的标准时间信号单向传输方法,对传输链路进行了校

准,得到了初步结果,进行了不确定度分析。之后,法国OP也进行了类似的实验。

[0008] 国内对于光纤时间频率传递的研究起步较晚,处于方法研究和实验室试验阶段,仅讨论精度(仅为时间频率传递不确定度评定中的一项内容)概念,没有进行光纤时间传递链路校准的研究,没有进行不确定度分析。

[0009] 国内,中国计量科学研究院与解放军卫星定位总站之间的建立了高精度光纤时间频率比对链路,开展了光纤时间比对链路校准方面的科学研究。光纤双向时间传递结构原理如下图1所示,其中TWOTFT代表光纤双向时间频率传递,0/E代表光电转换器,E/O代表电光转换器。光纤除了传递用于比对的时间频率信号外,同时传输每个站实时计算出来的各自端与对端发来时频信号的时差值,也就是电信号调制了载有时间频率中频信号和数字信息数据。

[0010] 光纤时间比对系统见图1,大致实现流程:在参考端,我们将本地调制解调器(如SATRE Modem)接入参考端时标A,其发射单元将测距码调制到中频载波上(BPSK调制),同时输出与接入外部1pps同步的1pps和测距码,之后经过E/O(电光转换)转换成光信号,通过光纤进行传输,在远距离的客户端站点通过O/E(光电转换)转换成电信号后,由客户端的调制解调器的接收单元接收中频载波,对调制的测距码进行解调,测量出信号从发射到接收的时延,同输出本地复现的1pps和测距码。同时在相反方向,客户端发射,参考端接收,也进行类似的操作,这样就形成了光纤双向时间频率比对链路。

[0011] 时间频率传递链路包括时间频率传递双方、时间频率传递路径及路径上的仪器设备。时间传递时,链路中设备的时延需要确定,以便将传递双方的时间进行比对。时间信号在时间传递链路中的时延进行测量并补偿,即时间传递链路校准。

[0012] 目前,应用最广泛的两种最主要远程时间传递手段,有GNSS(Global Navigation Satellite System,全球卫星导航系统)时间传递和卫星双向时间传递(Two Way Satellite Time and Frequency Transfer,TWSTFT)。国光纤时间传递链路校准目前由于光纤时间传递尚未有成熟方法,故光纤时间传递链路校准也未有成熟规范的校准方法。

发明内容

[0013] 针对以上不足,本发明提供了一种光纤双向时间比对链路时延校准系统,本发明的校准系统是通过如下技术方案实现的:

[0014] 一种光纤双向时间比对链路时延校准系统,包括光纤双向链路时延测量装置和时间信号相位调整装置;其中,光纤双向链路时延测量装置用于本地时间信号与远端时间信号时间差的测量,时间信号相位调整装置用于在使用不同的时间频率参考源条件下,实现光纤双向链路时延测量装置的参考时间信号和参考频率信号的相位差保持不变。

[0015] 本发明还提供了一种光纤双向时间比对链路时延校准系统的校准方法,包括如下步骤:

[0016] (1)在A实验室,利用光纤双向时间比对链路时延校准系统C与第一光纤时间比对系统(A)开展共钟差校准测量;使用光纤双向链路时延测量装置测量并记录传送和接收信号之间的时延,使用时间信号相位调整装置测量并记录A实验室时间频率参考源提供给光纤双向时间比对链路时延校准系统C的时间参考信号(C1)和频率参考信号之间的相位差 Δt ,利用下式计算第一光纤时间比对系统(A)的校准测量值:

[0017] $TD(A) - TD(C_1) = +RE(A) - RE(C_1) + RI(A) - RI(C_1) + CD(A) - CD(C_1)$

[0018] 其中,TD(i)为光纤时间传递设备的总延时;RE(i)代表光纤双向链路时延测量装置i外部参考延时,即本地时标参考到时延测量装置i的时间信号出入口之间延时;RF(i)代表光纤双向链路时延测量装置i内部参考延时,即时延测量装置i的时间信号出入口到设备内部参考点之间延时;CD代表光纤双向链路时延测量装置i的时延测量值,即设备传送和接收信号之间的时延。

[0019] (2)在B实验室,利用光纤双向时间比对链路时延校准系统C与第二光纤时间比对系统(B)开展共钟差校准测量;使用光纤双向链路时延测量装置测量并记录传送和接收信号之间的时延,使用时间信号相位调整装置测量并调整B实验室时间频率参考源提供给光纤双向时间比对链路时延校准系统C的时间参考信号(C2)和频率参考信号的相位差等于步骤1中的相位差 Δt ,利用下式计算第二光纤时间比对系统(B)的校准测量值:

[0020] $TD(B) - TD(C_2) = +RE(B) - RE(C_2) + RI(B) - RI(C_2) + CD(B) - CD(C_2)$

[0021] (3)利用下式计算第一光纤时间比对系统(A)与第二光纤时间比对系统(B)的时间比对链路时延校准值:

[0022] $CAL(A-B) = (TD(A) - TD(C_1)) - (TD(B) - TD(C_2))$

[0023] 通过上述技术方案,本发明的一种光纤双向时间比对链路时延校准系统与方法可以实现皮秒级光纤时间比对链路延迟的精确校准,可以适用于多种体制的光纤比对设备。可以调整测量装置的时间参考信号和频率参考信号的相位差,使得每次测量时该相位差保持不变,不受限于不同实验室的时间频率参考源。

附图说明

[0024] 图1为光纤时间比对系统的结构原理图;

[0025] 图2为本发明的光纤双向时间比对链路时延校准系统的结构原理图;

[0026] 图3为本发明的校准系统与第一光纤时间比对系统共钟测试的原理图;

[0027] 图4为本发明的校准系统与第二光纤时间比对系统共钟测试的原理图。

具体实施方式

[0028] 如图2所示,一种光纤双向时间比对链路时延校准系统,包括光纤双向链路时延测量装置和时间信号相位调整装置;其中,光纤双向链路时延测量装置的作用是实现本地时间信号与远端时间信号时间差的测量,时间信号相位调整装置是在使用不同的时间频率参考源条件下,实现光纤双向链路时延测量装置的参考时间信号和参考频率信号的相位差保持不变。

[0029] 本发明还包括一种采用光纤双向时间比对链路校准系统的校准方法;

[0030] 步骤1、在A实验室,利用光纤双向时间比对链路时延校准系统C与第一光纤时间比对系统(A)开展共钟差校准测量;使用光纤双向链路时延测量装置测量并记录传送和接收信号之间的时延,使用时间信号相位调整装置测量并记录A实验室时间频率参考源提供给光纤双向时间比对链路时延校准系统C的时间参考信号(C1)和频率参考信号之间的相位差 Δt ,利用下式计算第一光纤时间比对系统(A)的校准测量值:

[0031] $TD(A) - TD(C_1) = +RE(A) - RE(C_1) + RI(A) - RI(C_1) + CD(A) - CD(C_1)$ (1)

[0032] 其中,TD (i) 为光纤时间传递设备的总延时;RE (i) 代表光纤双向链路时延测量装置i外部参考延时,即本地时标参考到时延测量装置i的时间信号出入端口之间延时;RF (i) 代表光纤双向链路时延测量装置i内部参考延时,即时延测量装置i的时间信号出入端口到设备内部参考点之间延时;CD代表光纤双向链路时延测量装置i的内部延时,即设备传送和接收信号之间的延时。

[0033] 步骤2、在B实验室,利用光纤双向时间比对链路时延校准系统C与第二光纤时间比对系统 (B) 开展共钟差校准测量;使用光纤双向链路时延测量装置测量并记录传送和接收信号之间的时延,使用时间信号相位调整装置测量并调整B实验室时间频率参考源提供给光纤双向时间比对链路时延校准系统C的时间参考信号 (C₂) 和频率参考信号的相位差等于步骤1中的相位差 Δt ,利用下式计算第二光纤时间比对系统 (B) 的校准测量值:

$$[0034] \quad TD (B) - TD (C_2) = +RE (B) - RE (C_2) + RI (B) - RI (C_2) + CD (B) - CD (C_2) \quad (2)$$

[0035] 步骤3、利用公式3计算光纤时间比对系统A与光纤时间比对系统B的时间比对链路时延校准值CAL (A-B) :

$$[0036] \quad CAL (A-B) = (TD (A) - TD (C_1)) - (TD (B) - TD (C_2)) \quad (3)$$

[0037] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

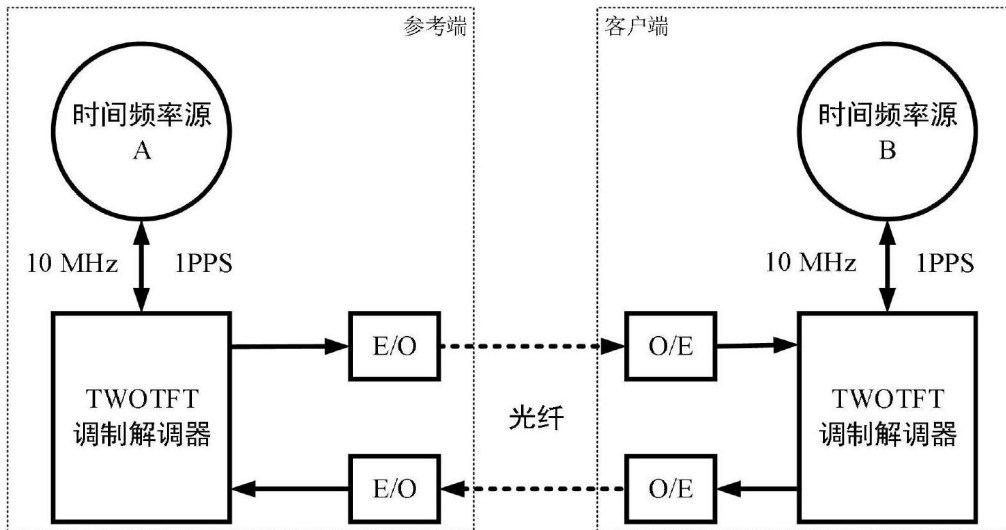


图1

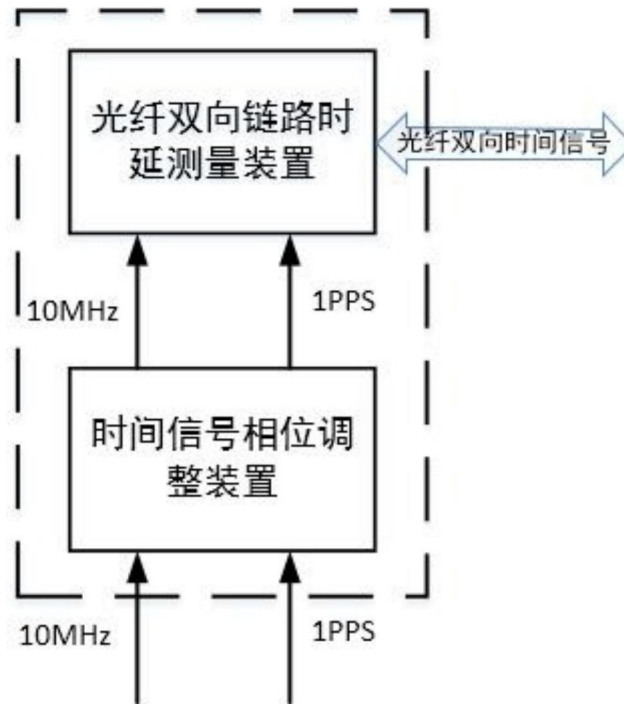


图2

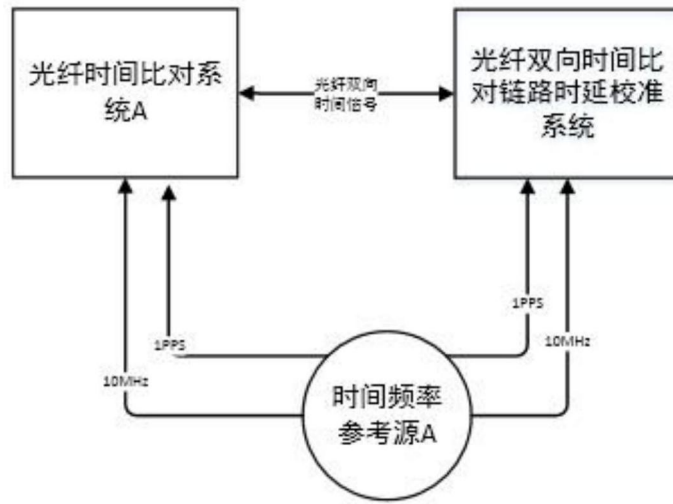


图3

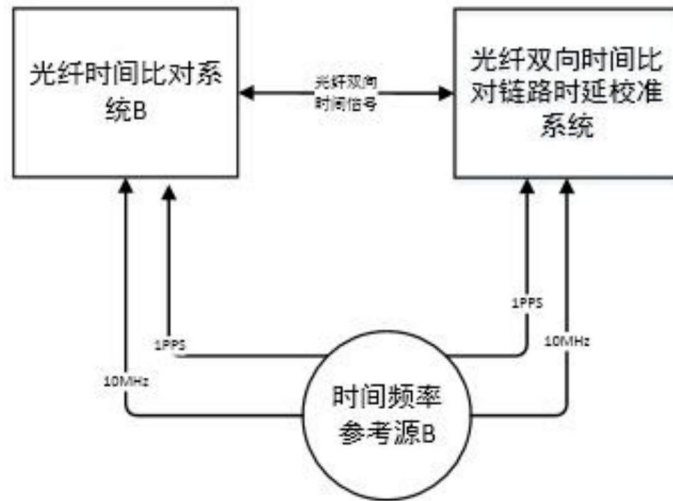


图4