

(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
2017年8月10日 (10.08.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/133472 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02F 1/39 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/071672
- (22) 国际申请日: 2017年1月19日 (19.01.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610073321.3 2016年2月2日 (02.02.2016) CN
- (71) 申请人: 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。
- (72) 发明人: 吴龟灵 (WU, Guiling); 中国上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。 张浩 (ZHANG, Hao); 中国上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。 陈建平 (CHEN, Jianping); 中国上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。
- (74) 代理人: 上海恒慧知识产权代理事务所(特殊普通合伙) (SHANGHAI HENGHUI INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国上海市徐汇区桂箐路69号29号楼4层, Shanghai 200233 (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, 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,

[见续页]

(54) Title: HIGH-PRECISION OPTICAL FIBER TIME TRANSMISSION BI-DIRECTIONAL OPTICAL AMPLIFICATION METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 高精度光纤时间传递双向光放大方法与装置

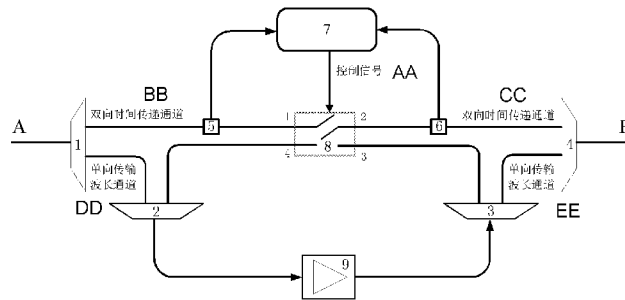


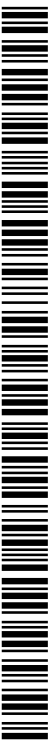
图1

AA CONTROLLING SIGNALS
 BB BI-DIRECTIONAL TIME TRANSMISSION CHANNEL
 CC BI-DIRECTIONAL TIME TRANSMISSION CHANNEL
 DD UNIDIRECTIONAL TRANSMISSION WAVELENGTH CHANNEL
 EE UNIDIRECTIONAL TRANSMISSION WAVELENGTH CHANNEL

(57) Abstract: The invention discloses a high-precision optical fiber time transmission bi-directional optical amplification method and device which belongs to the field of optical fiber time frequency transmission. According to the method, a time transmission channel is separated out from an optical fiber wavelength channel through a wave separator/combiner (1), and by controlling the state of a 2*2 optical switch (8), light signals (I,II) which are transmitted forwards and backwards on the time transmission channel are subjected to time division and enter a unidirectional optical amplifier (9) together with other unidirectional transmission wavelength channels, thereby realizing same-fiber same-wave bi-directional amplification of the light signals which carry timing signals in a same-fiber same-wave bi-directional time division multiplexing (BTDM-SFSW) time transmission link, guaranteeing the symmetry of the link to a maximum extent, and effectively avoiding the influence of multi-time amplification of noise such as Rayleigh scattering on the optical fiber time transmission performance. Meanwhile, amplification of the other unidirectional transmission wavelength channels in optical fibers is not influenced, and compatibility with a unidirectional optical fiber transmission optical amplification method in an optical fiber communication network is achieved.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/133472 A1



SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

一种光纤时间频率传递领域的高精度光纤时间传递双向光放大方法与装置。该方法通过分/合波器(1)从光纤波长通道中分离出时间传递通道, 并通过控制 2×2 光开关(8)的状态使时间传递通道上前向和后向传输的光信号(I,II)分时和其它单向传输波长通道一起进入单向光放大器(9), 实现同纤同波双向时分复用(BTDM-SFSW)时间传递链路中携带定时信号的光信号的同纤同波双向放大, 最大程度地保证链路对称性, 有效避免瑞利散射等噪声的多次放大对光纤时间传递性能的影响。同时, 不影响光纤中其它单向传输波长通道的放大, 实现与光纤通信网中单向光纤传输光放大方法的兼容。

高精度光纤时间传递双向光放大方法与装置

技术领域

本发明涉及一种光纤时间频率传递领域的光放大方法与实现装置，具体是一种高精度光纤时间传递双向光放大方法与装置。

背景技术

高精度的时间传递技术在卫星导航、航空航天、深空探测、地质测绘、基本物理量测量等领域有着重要的应用价值。目前基于卫星的时间传递技术，如 GPS 共视法 (CV)、双向卫星时间传递 (TWSTFT)，可以达到 ns 量级的时间传递精度。随着光钟等更高稳定性和不确定度钟源的发明和投入运行，这些技术已经不能满足科学研究和社会发展的需求。一种理论不确定度可以优于 100 ps 的基于卫星激光测距原理的天基时间传递技术 (T2L2) 目前也还在发展中。上述天基时间传递技术虽然已经相当成熟或者可行性得到了验证，但它们自身存在着体系复杂、成本昂贵、实现周期长、安全性差、可靠性差等缺点。光纤传输具有低损耗、大容量、高速、高稳定、安全可靠的优点，在通信领域已经得到了广泛的应用。利用现有的广泛分布的光纤通信网络，进行基于光纤的时间传递是实现高精度长距离时间传递的有效途径。

高精度光纤时间传递面临着光纤链路传输时延随温度、应力和传输波长等因素变化而变化的问题。为了实现高精度的时间传递，目前普遍采用同纤双向传输方案。对于长距离双向光纤时间传递而言，为了补偿光信号的衰减，必须进行双向光放大。但是现有光纤通信网络中采用的都是单纤单向传输和放大技术。光纤双向放大成为在光纤通信网络中实现高精度双向时间传递的关键技术之一。波兰 AGH 理工大学提出了一种单纤双向光放大器 [1]。通过将单向 EDFA 两端的隔离器换作滤波器实现单纤双向放大，保证了光纤时间传递链路传输时延的双向对称性，但瑞利散射等噪声由放大器双向传输性导致的多次光放大会严重恶化信噪比，限制了总的光纤链路长度 [2]。日本国家计量院 NMIJ [3] 提出了一种面向波分复用 (WDM) 光纤时间传递方案的双向光放大方案。利用 WDM 将两个方向的波长分开，分别插入一个隔离器，再合波的方法来抑制瑞利散射等噪声的多次放大。该方案信噪比的提高是以双向传输时延不对称为代价的，需要对放大器双向传输时延的不对称性进行标定，且标定的总误差随着放大器个数的增加线性增加；捷克 CESNET [4] 等采用分布式的拉曼放大器对双向传输的时间信号进行光放大，尽管可以保证链路传输时延的双向对称性，但瑞利散射等噪声也会得到多次光放大，同时还存在泵浦功率高、效率低且依赖输入光信号的偏振方向等问题。此外，为实施上述方案对现有光纤通信网络光放大设备进行的升级改造会极大的增加光纤时间传递系统的实施和运营成本。

- [1] L. Śliwczyński, P. Krehlik, A. Czubla, L. Buczek, and M. Lipiński, "Dissemination of time and RF frequency via a stabilized fibre optic link over a distance of 420 km," *Metrologia*, vol. 50, pp. 133-145, 2013.
- [2] L. Śliwczyński and J. Kołodziej, "Bidirectional Optical Amplification in Long-Distance Two-Way Fiber-Optic Time and Frequency Transfer Systems," *Instrumentation and Measurement*, vol. 62, pp. 253 - 262, 2013.
- [3] M. Amemiya, M. Imae, Y. Fujii, T. Suzuyama, F.-L. Hong, and M. Takamoto, "Precise frequency comparison system using bidirectional optical amplifiers," *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on*, vol. 59, pp. 631-640, 2010.
- [4] J. Vojtěch, V. Smotlacha, and J. Radil, "All optical two-way time transfer in strongly

heterogeneous networks," in *Proc. of SPIE*, 2014, pp. 92020S-92020S-6.

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，为基于同纤同波双向时分复用的光纤时间传递方案，提供一种高精度光纤时间传递双向光放大方法与装置。本发明通过波分复用从光纤波长通道中分离出时间传递通道，并通过 2×2 光开关的控制使时间传递通道上前向和后向传输的光信号分时经过单向光放大器，实现携带定时信号的光信号的同纤同波双向放大。在保证光纤时间传递链路传输时延双向对称性、有效抑制瑞利散射等噪声的多次放大的同时，实现与现有光纤通信单向放大技术的兼容。

本发明的技术解决方案如下：

一种高精度光纤时间传递双向光放大装置，其特点在于，包括：第一分/合波器、合波器、分波器、第二分/合波器、第一光分路器、第二光分路器、控制单元、 2×2 光开关和单向光放大器；

所述第一分/合波器的合波端与光纤链路相连，一个分波端经单向传输波长通道与所述合波器对应波长通道的分波端相连，另一分波端经双向传输波长通道与所述第一光分路器的合路端相连；

所述合波器的合波端与所述单向光放大器的输入端相连，该单向光放大器的输出端与所述分波器的合波端相连；

所述第二分/合波器的合波端与光纤链路相连，一个分波端经单向传输波长通道与所述分波器对应波长通道的分波端相连，另一分波端经双向传输波长通道与所述第二光分路器的合路端相连；

所述控制单元的输入端分别与所述第一光分路器的一分路端和第二光分路器的一分路端相连，该控制单元的控制输出端与所述 2×2 光开关的控制输入端相连；

所述 2×2 光开关的端口 1 与所述第一光分路器的另一分路端相连，该 2×2 光开关的端口 2 与所述第二光分路器的另一分路端相连，该 2×2 光开关的端口 3 与所述合波器的另一分波端相连，该 2×2 光开关的端口 4 与所述分波器的另一分波端相连。

进一步，从所述第一分/合波器的合波端输入的光信号被分为沿双向时间传递通道传递的、携带定时信号的前向光信号和沿单向传输波长通道传递的其它光信号；该携带定时信号的前向光信号经所述第一光分路器分为两路，一路进入控制单元，控制单元据此确定时刻 t_{11} 和设置 2×2 光开关的状态 I，让另一路前向光信号依次经过所述 2×2 光开关的端口 1、端口 4、所述合波器、单向光放大器、分波器、 2×2 光开关的端口 3、端口 2、第二光分路器和第二分/合波器，由该第二分/合波器的合路端输出到光纤链路；

从所述第二分/合波器的合波端输入的携带定时信号的后向光信号沿双向时间传递通道传递，经所述第二光分路器分为两路，一路进入控制单元，控制单元据此确定时刻 t_{21} 和设置 2×2 光开关的状态 II，让另一路后向光信号依次经过所述 2×2 光开关的端口 2、端口 4、所述合波器、单向光放大器、分波器、 2×2 光开关的端口 3、端口 1、第一光分路器和第一分/合波器，由该第一分/合波器的合路端输出到光纤链路；

所述沿单向传输波长通道传输的其它光信号依次经所述合波器、单向光放大器、分波器和第二分/合波器，由该第二分/合波器的合路端输出到光纤链路。

所述 2×2 光开关的状态 I 是指所述 2×2 光开关的端口 1 与端口 4、端口 2 与端口 3 处于连通状态，所述 2×2 光开关的状态 II 是端口 1 与端口 3、端口 2 与端口 4 处于连通状态。

另一方面，本发明还公开了一种高精度光纤时间传递双向光放大方法，其特点在于，通过分/合波器从光纤传输通道中选出双向时间传递通道，并通过 2×2 光开关控制使双向

时间传递通道上沿两个相反方向传输的光信号分时与沿单向传输波长通道传输的其它光信号一起进入单向光放大器，实现双向时分复用光纤时间传递链路中携带定时信号的光信号的同纤同波双向放大，以及其它单向传输波长通道的光放大。

对携带定时信号的前向光信号和后向光信号的放大过程如下：

1) 沿正方向传输的光信号经过第一分/合波器分为携带定时信号的前向光信号和沿单向传输波长通道传输的其它光信号，并将携带定时信号的前向光信号输入第一光分路器，将沿单向传输波长通道传输的其它光信号输入合波器的对应波长输入端口；

2) 第一光分路器将一部分的前向光信号输入控制单元，另一部分前向光信号输入 2×2 光开关；

3) 控制单元根据其探测到前向光信号的时刻 t_1 及前向光信号的传输方向，确定下一次将 2×2 光开关设置为状态 I 的时刻 $t_{11} < t_1 + T - t_s$ ， T 为被传递的定时信号的周期， t_s 为光开关的切换时间；在到达设置时刻 t_{11} 时，将 2×2 光开关设置并保持在状态 I，使得携带定时信号的前向光信号经过 2×2 光开关进入合波器；

4) 合波器将经过 2×2 光开关后的前向光信号与第一分/合波器的另一分波端输出的其它光信号合为一路，输入单向光放大器进行光放大；

5) 经单向光放大器放大输出的光信号经过分波器再次分成携带定时信号的前向光信号和沿单向传输波长通道传输的其它光信号；携带定时信号的前向光信号经过仍然保持在状态 I 的 2×2 光开关和第二光分路器进入第二分/合波器，与从所述分波器输出的其它光信号合为一路输出到光纤链路；

6) 沿反方向传输的携带定时信号的后向光信号经第二分/合波器进入第二光分路器；该第二光分路器将一部分携带定时信号的后向光信号输入控制单元，另一部分后向光信号输入 2×2 光开关；

7) 控制单元根据探测到后向光信号的时刻 t_2 及后向光信号的传输方向，确定下一次将 2×2 光开关设置为状态 II 的时刻 $t_{21} < t_2 + T - t_s$ ；在到达设置时刻 t_{21} 时，将 2×2 光开关设置并保持在状态 II，使得携带定时信号的后向光信号经过 2×2 光开关进入合波器；

8) 合波器将经过 2×2 光开关后的后向光信号与第一分/合波器另一个分波端输出的其它光信号合为一路，输入单向光放大器进行放大；

9) 经单向光放大器放大输出的光信号经过分波器再次分成携带定时信号的后向光信号和单向传输波长通道传输的其它光信号；携带定时信号的后向光信号经过仍然保持在状态 II 的 2×2 光开关到达第一光分路器，并经第一分/合波器输出到光纤链路上。

本发明以成熟的光通信器件为基础，利用商用单向光放大器对双向同纤同波传输的时间信号进行光放大，能最大限度地保证 BTDM-SFSW 时间传递链路时延的双向对称性，和有效避免瑞利散射等噪声的多次放大对光纤时间传性能的影响。同时，还能与现有光纤传输放大技术兼容，支持基于光纤通信网的高精度光纤时间传递。

附图说明

图 1 是本发明具体实施例示意图；

图 2 是双向放大过程示意图，其中，a 为与单向传输波长通道同向的光信号放大过程，b 为与单向传输波长通道反向的光信号放大过程。

具体实施方式

下面结合附图 1 给出本发明的一个具体实施例子。本实施例给出了本发明的详细实施方式和具体的工作流程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

本实施例中，单向传输波长通道的传输方向为从 A 向 B。双向时间传递的波长通道中，

传递的定时信号为 1PPS, 携带 1PPS 的光信号 I 的传输方向为 A 到 B, 即正方向, 携带 1PPS 的光信号 II 的传输方向为 B 到 A, 即反方向。光信号 I 和光信号 II 在链路中分时传递。实施例中, 2×2 光开关采用切换时间为毫秒量级的机械光开关, 单向光放大器采用商用单向 EDFA。

从 A 到 B 方向的光放大过程如图 2 (a) 所示。从 A 向 B 传输的光信号经过第一分/合波器 1 分为携带 1PPS 的光信号 I 和其它单向传输的波长通道 1。携带 1PPS 的光信号 I 经一个 1: 9 的第一光分路器 5 将 10% 的光信号 I 输入控制单元 7, 其余 90% 输入 2×2 光开关 8。控制单元 7 在探测到光信号 I 时将定时器的定时时间重置为 0.9s; 并根据探测到光信号 I 的输入端口, 将 2×2 光开关 8 的设置状态确定为状态 I。当定时器期满时, 控制器将 2×2 光开关设置并保持在状态 I, 使得携带 1PPS 的光信号 I 依次经过 2×2 光开关 8 的 1-4 端口、合波器 2、单向光放大器 9、分波器 3、 2×2 光开关 8 的 3-2 端口、第二光分路器 6 和第二分/合波器 4, 由该第二分/合波器 4 的合路端输出到光纤链路;

从 B 到 A 方向的光放大过程如图 2 (b) 所示。从 B 向 A 传输的携带 1PPS 的光信号 II 经过第二分/合波器 4 进入一个 1: 9 的第二光分路器 6。第二光分路器 6 将 10% 的光信号 II 输入控制单元 7, 其余 90% 输入 2×2 光开关 8。控制单元 7 在探测到光信号 II 时将定时器 2 的定时时间重置为 0.9s; 并根据探测到光信号 II 的输入端口, 将 2×2 光开关的设置状态确定为状态 II。当定时器 2 期满时, 控制器将 2×2 光开关 8 设置并保持在状态 II, 使得携带 1PPS 的光信号 II 依次经过 2×2 光开关 8 的 2-4 端口, 合波器 2、单向光放大器 9、分波器 3、 2×2 光开关 8 的 3-1 端口、第一光分路器 5 和第一分/合波器 1, 由该第一分/合波器 1 的合路端输出到光纤链路。

在双向放大时间波长通道的同时, 从第一分/合波器 1 输出的从 A 到 B 的单向传输波长通道的传输的其它信号光始终依次经合波器 2、单向光放大器 9、分波器 3、第二分/合波器 4, 由该第二分/合波器 4 的合路端输出到光纤链路, 如图 2 (a)、(b) 中所示。

权利要求书

1. 一种高精度光纤时间传递双向光放大装置,其特征在于,包括:第一分/合波器(1)、合波器(2)、分波器(3)、第二分/合波器(4)、第一光分路器(5)、第二光分路器(6)、控制单元(7)、 2×2 光开关(8)和单向光放大器(9);

所述第一分/合波器(1)的合波端与光纤链路相连,一个分波端经单向传输波长通道与所述合波器(2)对应波长通道的分波端相连,另一分波端经双向传输波长通道与所述第一光分路器(5)的合路端相连;

所述合波器(2)的合波端与所述单向光放大器(9)的输入端相连,该单向光放大器(9)的输出端与所述分波器(3)的合波端相连;

所述第二分/合波器(4)的合波端与光纤链路相连,一个分波端经单向传输波长通道与所述分波器(3)对应波长通道的分波端相连,另一分波端经双向传输波长通道与所述第二光分路器(6)的合路端相连;

所述控制单元(7)的输入端分别与所述第一光分路器(5)的一分路端和第二光分路器(6)的一分路端相连,该控制单元(7)的控制输出端与所述 2×2 光开关(8)的控制输入端相连;

所述 2×2 光开关(8)的端口1与所述第一光分路器(5)的另一分路端相连,该 2×2 光开关(8)的端口2与所述第二光分路器(6)的另一分路端相连,该 2×2 光开关(8)的端口3与所述合波器的另一分波端相连,该 2×2 光开关(8)的端口4与所述分波器的另一分波端相连。

2、根据权利要求1所述的高精度光纤时间传递双向光放大器装置,其特征在于:从所述第一分/合波器(1)的合波端输入的光信号被分为沿双向时间传递通道传递的、携带定时信号的前向光信号(I)和沿单向传输波长通道传递的其它光信号;该携带定时信号的前向光信号(I)经所述第一光分路器(5)分为两路,一路进入控制单元(7),控制单元据此确定时刻 t_{11} 和设置 2×2 光开关的状态I,让另一路前向光信号(I)依次经过所述 2×2 光开关(8)的端口1、端口4、所述合波器(2)、单向光放大器(9)、分波器(3)、 2×2 光开关的端口3、端口2、第二光分路器(6)和第二分/合波器(4),由该第二分/合波器(4)的合路端输出到光纤链路;

从所述第二分/合波器(4)的合波端输入的携带定时信号的后向光信号(II)沿双向时间传递通道传递,经所述第二光分路器(6)分为两路,一路进入控制单元(7),控制单元据此确定时刻 t_{21} 和设置 2×2 光开关的状态II,让另一路后向光信号(II)依次经过所述 2×2 光开关的端口2、端口4、所述合波器(2)、单向光放大器(9)、分波器(3)、 2×2 光开关的端口3、端口1、第一光分路器(5)和第一分/合波器(1),由该第一分/合波器(1)的合路端输出到光纤链路;

所述沿单向传输波长通道传输的其它光信号依次经所述合波器(2)、单向光放大器(9)、分波器(3)和第二分/合波器(4),由该第二分/合波器(4)的合路端输出到光纤链路。

3、根据权利要求1或2所述的高精度光纤时间传递双向光放大装置,其特征在于,所述 2×2 光开关的状态I是指所述 2×2 光开关的端口1与端口4、端口2与端口3处于连通状态,所述 2×2 光开关的状态II是所述 2×2 光开关的端口1与端口3、端口2与端口4处于连通状态。

4、一种高精度光纤时间传递双向光放大方法,其特征在于,通过分/合波器从光纤传输通道中选出双向时间传递通道,并通过 2×2 光开关控制使双向时间传递通道上沿两个相

反方向传输的光信号分时与沿单向传输波长通道传输的其它光信号一起进入单向光放大器, 实现双向时分复用光纤时间传递链路中携带定时信号的光信号的同纤同波双向放大, 以及其它单向传输波长通道的光放大。

5、根据权利要求 4 所述的高精度光纤时间传递双向光放大方法, 其特征在于, 对携带定时信号的前向光信号和后向光信号的放大过程如下:

1) 沿正方向传输的光信号经过第一分/合波器 (1) 分为携带定时信号的前向光信号 (I) 和沿单向传输波长通道传输的其它光信号, 并将携带定时信号的前向光信号 (I) 输入第一光分路器 (5), 将沿单向传输波长通道传输的其它光信号输入合波器 (2) 的对应波长输入端口;

2) 第一光分路器 (5) 将一部分的前向光信号 (I) 输入控制单元 (7), 另一部分前向光信号 (I) 输入 2×2 光开关 (8);

3) 控制单元 (7) 根据其探测到前向光信号 (I) 的时刻 t_1 及前向光信号 (I) 的传输方向, 确定下一次将 2×2 光开关设置为状态 I 的时刻 $t_{11} < t_1 + T - t_s$, T 为被传递的定时信号的周期, t_s 为光开关的切换时间; 在到达设置时刻 t_{11} 时, 将 2×2 光开关设置并保持在状态 I, 使得携带定时信号的前向光信号 (I) 经过 2×2 光开关进入合波器 (2);

4) 合波器将经过 2×2 光开关后的前向光信号 (I) 与第一分/合波器 (1) 的另一分波端输出的其它光信号合为一路, 输入单向光放大器 (9) 进行光放大;

5) 经单向光放大器放大输出的光信号经过分波器 (3) 再次分成携带定时信号的前向光信号 (I) 和沿单向传输波长通道传输的其它光信号; 携带定时信号的前向光信号 (I) 经过仍然保持在状态 I 的 2×2 光开关和第二光分路器 (6) 进入第二分/合波器 (4), 与从所述分波器 (3) 输出的其它光信号合为一路输出到光纤链路;

6) 沿反方向传输的携带定时信号的后向光信号 (II) 经第二分/合波器 (4) 进入第二光分路器 (6); 该第二光分路器 (6) 将一部分携带定时信号的后向光信号 (II) 输入控制单元, 另一部分后向光信号 (II) 输入 2×2 光开关;

7) 控制单元根据探测到后向光信号 (II) 的时刻 t_2 及后向光信号 (II) 的传输方向, 确定下一次将 2×2 光开关设置为状态 II 的时刻 $t_{21} < t_2 + T - t_s$; 在到达设置时刻 (II) t_{21} 时, 将 2×2 光开关设置并保持在状态 II, 使得携带定时信号的后向光信号 (II) 经过 2×2 光开关进入合波器 (2);

8) 合波器将经过 2×2 光开关后的后向光信号 (II) 与第一分/合波器 (1) 另一个分波端输出的其它光信号合为一路, 输入单向光放大器进行放大;

9) 经单向光放大器放大输出的光信号经过分波器再次分成携带定时信号的后向光信号 (II) 和单向传输波长通道传输的其它光信号; 携带定时信号的后向光信号 (II) 经过仍然保持在状态 II 的 2×2 光开关到达第一光分路器 (5), 并经第一分/合波器 (1) 输出到光纤链路上。

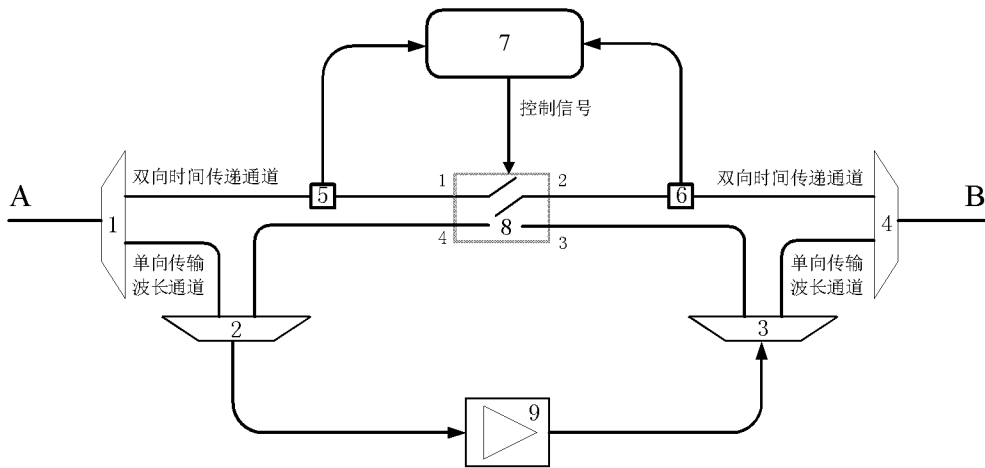
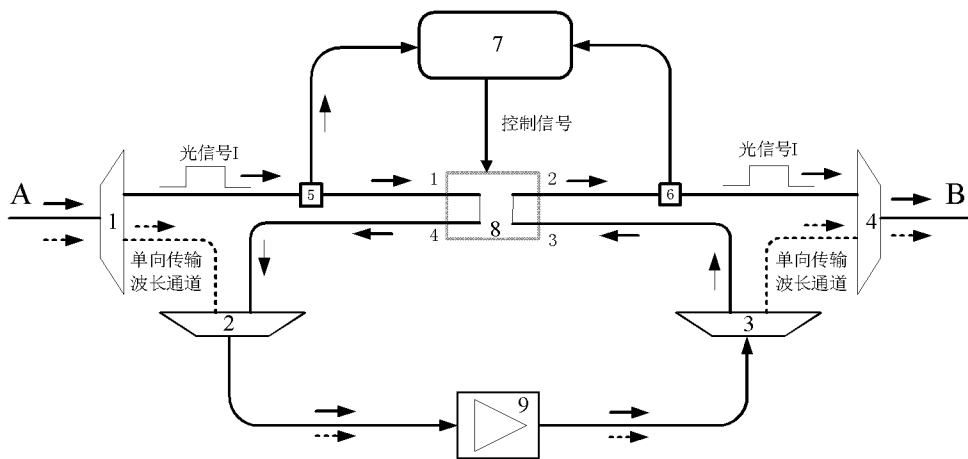
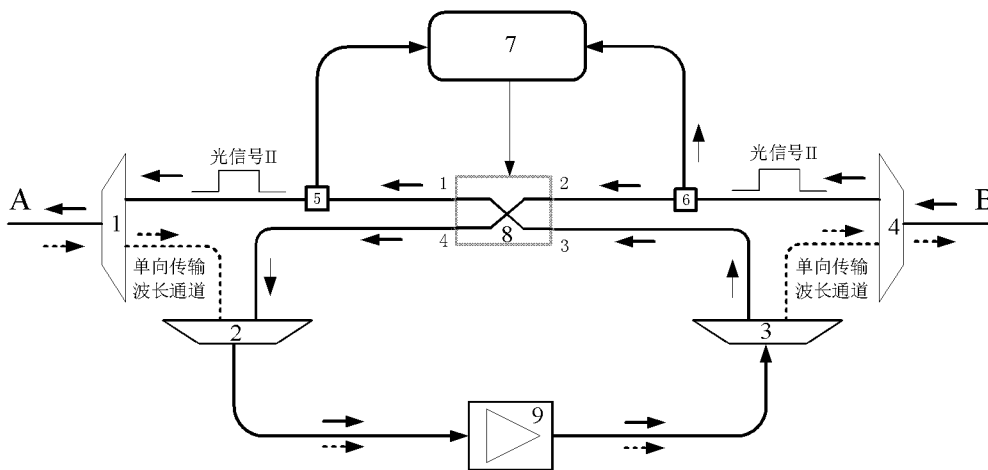


图 1



(a)



(b)

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/071672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F 1/39 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F; H04J; H04B

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)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, ISI WEB OF KNOWLEDGE: WU, Guiling; ZHANG, Hao; CHEN, Jianping; SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY; optical fibre, optical switch, multiplexer, demultiplexer, optical amplification, fiber, fibre, time, division, transfer+, transmission, bi?direction, TDM, time division multiplex+, unidirectional, optical, amplif+, SFSW, BTDM, SFBT, UOA

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105739215 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY), 06 July 2016 (06.07.2016), claims 1-5	1-5
A	WANG, Lingdong et al., "Simultaneous transfer of time and frequency over 100 km fibre link", ACTA OPTICA SINICA, vol. 35, no. 4, 30 April 2015 (30.04.2015), abstract, chapter 2, and figure 1	1-5
A	CN 104506269 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY), 08 April 2015 (08.04.2015), the whole document	1-5
A	CN 1330463 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC.), 09 January 2002 (09.01.2002), the whole document	1-5
A	US 2007258432 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 08 November 2007 (08.11.2007), the whole document	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
20 March 2017 (20.03.2017)

Date of mailing of the international search report
19 April 2017 (19.04.2017)

Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer
GE, Jiajia
Telephone No.: (86-10) **62413584**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/071672

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LI, Xiaoya et al., "Study on high precision disciplined time-frequency transferring experiments through optical fibre link", LUCENT TECHNOLOGIES INC., vol. 34, no. 5, 31 May 2014 (31.05.2014), 0506004-1-0506004-6	1-5
A	ZHANG, Hao et al., "High-Precision Time Transfer Over 2000-km Fiber Link", IEEE PHOTONICS JOURNAL, vol. 7, no. 6, 31 December 2015 (31.12.2015), 7600208	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/071672

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105739215 A	06 July 2016	None	
CN 104506269 A	08 April 2015	None	
CN 1330463 A	09 January 2002	US 6973268 B1	06 December 2005
		CA 2345181 A1	30 December 2001
		JP 3737393 B2	18 January 2006
		JP 2002077062 A	15 March 2002
		DE 60100036 T2	18 June 2003
		EP 1168686 B1	09 October 2002
		CN 1190024 C	16 February 2005
		DE 60100036 D1	14 November 2002
		EP 1168686 A1	02 January 2002
		CA 2345181 C	11 January 2005
US 2007258432 A1	08 November 2007	KR 100762637 B1	01 October 2007
		US 7773887 B2	10 August 2010

<p>A. 主题的分类</p> <p>G02F 1/39 (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. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)</p> <p>G02F; H04J; H04B</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>CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, ISI WEB OF KNOWLEDGE: 吴龟灵, 张浩, 陈建平, 上海交通大学, 光纤, 时间, 双向, 传输, 时分复用, 光开关, 合波器, 分波器, 光放大, 放大, fiber, fibre, time, division, transfer+, transmission, bi?direction, TDM, time division multiplex+, unidirectional, optical, amplif+, SFSW, BTDM, SFBT, UOA</p>																				
<p>C. 相关文件</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>PX</td> <td>CN 105739215 A (上海交通大学) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 权利要求1-5</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>王灵东 等. “基于100km光纤链路的时间和频率同时传递” 《光学学报》, 第35卷, 第4期, 2015年 4月 30日 (2015 - 04 - 30), 摘要、第2章、图1</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104506269 A (上海交通大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1330463 A (朗讯科技公司) 2002年 1月 9日 (2002 - 01 - 09) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2007258432 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2007年 11月 8日 (2007 - 11 - 08) 全文</td> <td>1-5</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	PX	CN 105739215 A (上海交通大学) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 权利要求1-5	1-5	A	王灵东 等. “基于100km光纤链路的时间和频率同时传递” 《光学学报》, 第35卷, 第4期, 2015年 4月 30日 (2015 - 04 - 30), 摘要、第2章、图1	1-5	A	CN 104506269 A (上海交通大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文	1-5	A	CN 1330463 A (朗讯科技公司) 2002年 1月 9日 (2002 - 01 - 09) 全文	1-5	A	US 2007258432 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2007年 11月 8日 (2007 - 11 - 08) 全文	1-5
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 105739215 A (上海交通大学) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 权利要求1-5	1-5																		
A	王灵东 等. “基于100km光纤链路的时间和频率同时传递” 《光学学报》, 第35卷, 第4期, 2015年 4月 30日 (2015 - 04 - 30), 摘要、第2章、图1	1-5																		
A	CN 104506269 A (上海交通大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文	1-5																		
A	CN 1330463 A (朗讯科技公司) 2002年 1月 9日 (2002 - 01 - 09) 全文	1-5																		
A	US 2007258432 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2007年 11月 8日 (2007 - 11 - 08) 全文	1-5																		
<p><input checked="" 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>“&” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2017年 3月 20日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2017年 4月 19日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局 (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>葛佳佳</p> <p>电话号码 (86-10) 62413584</p>																		

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	李晓亚 等. "高精度光纤时频伺服传递实验研究" 《光学学报》, 第34卷, 第5期, 2014年 5月 31日 (2014 - 05 - 31), 0506004-1-0506004-6	1-5
A	ZHANG, Hao 等. "High-Precision Time Transfer Over 2000-km Fiber Link" 《IEEE Photonics Journal》, 第7卷, 第6期, 2015年 12月 31日 (2015 - 12 - 31), 7600208	1-5

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/071672

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	105739215	A	2016年 7月 6日	无			
CN	104506269	A	2015年 4月 8日	无			
CN	1330463	A	2002年 1月 9日	US	6973268	B1	2005年 12月 6日
				CA	2345181	A1	2001年 12月 30日
				JP	3737393	B2	2006年 1月 18日
				JP	2002077062	A	2002年 3月 15日
				DE	60100036	T2	2003年 6月 18日
				EP	1168686	B1	2002年 10月 9日
				CN	1190024	C	2005年 2月 16日
				DE	60100036	D1	2002年 11月 14日
				EP	1168686	A1	2002年 1月 2日
				CA	2345181	C	2005年 1月 11日
US	2007258432	A1	2007年 11月 8日	KR	100762637	B1	2007年 10月 1日
				US	7773887	B2	2010年 8月 10日