

(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
2024年5月23日 (23.05.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/103269 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 7/08 (2006.01) **G01S 5/02** (2010.01)
H04W 56/00 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/132119
- (22) 国际申请日: 2022年11月16日 (16.11.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 邓涛 (**DENG, Tao**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 罗嘉金 (**LUO, Jiajin**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 杜瑞 (**DU, Rui**); 中国广东省深圳市龙岗区

坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
周保建 (**ZHOU, Baojian**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京龙双利达知识产权代理有限公司 (**LONGSUN LEAD IP LTD.**); 中国北京市海淀区北清路81号院二区3号楼8层801-1室, Beijing 100094 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) **Title:** TIME SYNCHRONIZATION METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 一种时间同步方法和装置

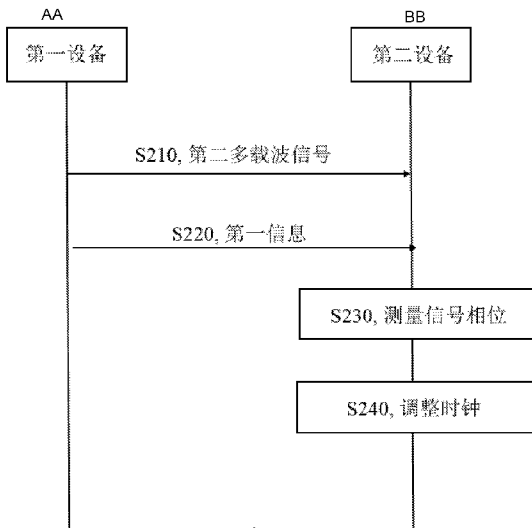


图 4

S210 Second multi-carrier signal
S220 First information
S230 Measure a signal phase
S240 Adjust a clock
AA First device
BB Second device

(57) **Abstract:** Provided in the present application are a time synchronization method and apparatus. The method comprises: a first device sending a second multi-carrier signal to a second device, and sending, to the second device, first information for indicating a phase, which is locally determined at the first device by means of analysis; and the second device receiving the second multi-carrier signal, and locally determining a phase at the second device by means of analysis. In this way, a second device can determine, according to a second multi-carrier signal and first information, a phase difference and a frequency difference of two places that correspond to the second multi-carrier signal, thereby adjusting a local clock such that the time of a first device is synchronized with the time of the second device, and thus improving the precision of time synchronization between the devices at a low cost.

(57) 摘要: 本申请提供了一种时间同步方法和装置, 第一设备向第二设备发送第二多载波信号, 并向第二设备发送第一信息用于指示第一设备本地分析确定的相位, 第二设备接收第二多载波信号, 并在第二设备本地分析确定相位, 这样, 第二设备可以根据第二多载波信号以及第一信息确定第二多载波信号对应的两地相位差、频差, 从而调整本地时钟使得第一设备与第二设备时间同步, 从而能够低成本地提高设备间时间同步的精度。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

说明书

一种时间同步方法和装置

5 技术领域

本申请涉及通信领域，并且具体地，涉及通信领域中一种时间同步的方法和装置。

背景技术

高精度时间同步技术是众多应用场景的关键基础技术。例如，在通信领域中，在涉及
10 多站的协同中，多站之间的时间不同步会引入位置的不确定度。此外目前的感知场景，收发之间的时间不同步会导致采集的数据中引入很大的随机相位噪声，影响感知效果。总结来说，低时间同步精度严重制约了感知性能的提升，限制了设备协同工作的应用场景范围。

目前民用通信基站主流的时间同步方式是基于全球导航卫星系统（Global Navigation
15 Satellite System,简称 GNSS）的授时技术和基于电气和电子工程协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, 简称 IEEE）1588v2 协议的时间同步技术。这两种主流的时间同步方法授时精度在一些应用场景中精度不够。基于本地高稳原子钟的时钟驯服技术可以实现很高的精度，然而高稳原子钟价格昂贵。此外目前存在的其它时间同步方式也难以同时实现时间同步的高精度、低成本的效果。

20 发明内容

基于上述问题，本申请提供一种时间同步方法，基于干涉测量，能够同时实现时间同步的高精度以及低成本的效果。

第一方面，提供了一种时间同步方法，所述方法用于第二装置，从而使得第一装置与
25 第二装置实现时间同步，所述方法包括步骤：第二装置检测第一多载波信号，其中第一多载波信号至少包括两个子载波 f_1 ， f_2 ，其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点；第二装置确定第一多载波信号包括的子载波 f_1 对应的第一相位 Φ'_1 ，子载波 f_2 对应的第二相位 Φ'_2 ；其中第一多载波信号为第一装置发送经过信道间传播的第二多载波信号；第二装置接收第一信息，其中，所述第一信息用于指示所述第二多载波信号对应的第三相位以及第四相位；其中，第三相位 Φ_1 对应子载波信号 f_1 ，第四相位 Φ_2 对应子载波 f_2 ；第二装置根据
30 第一相位差、第二相位差和第一频差，进行与所述第一装置的时间同步；其中，所述第一相位差为所述第一相位和第三相位的相位差，即 $\Delta\Phi_1 = \Phi'_1 - \Phi_1$ 。所述第二相位差为所述第二相位和第四相位的相位差，即 $\Delta\Phi_2 = \Phi'_2 - \Phi_2$ 。所述第一频差为所述第一多载波信号对应的频差，在第一多载波信号中包括的子载波 f_1 ， f_2 对应频差为 $\Delta f = f_2 - f_1$ 。

通过第二装置根据在本地得到的第一多载波信号、第二多载波信号分别对应的相位、
35 第一多载波信号的频差调整第二装置的时钟，使得第二装置和第一装置时间同步，可以实现装置间时间同步的高精度的同时，避免使用昂贵的高稳原子钟，从而降低成本。

一些可能实现中，第二装置可以利用经验公式、神经网络模型、传递函数、卷积公式等，将第一相位差 $\Delta\Phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\Phi_2$ 和第一频差 Δf 作为输入量输出调整量或者时钟差调整第二装置的本地时钟，从而使得第一装置与第二装置时间同步。

40 在一些可能的实现方式中，第二装置根据第一相位差 $\Delta\Phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\Phi_2$ 和第一频

差 Δf 确定第一调整量,所述第一调整量用于所述第一装置和所述第二装置的时间同步,且所述第一调整量 $\Delta\tau$ 满足以下条件: $\Delta\tau = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2\pi\Delta f}$ 。其中 $\Delta\Phi_1$ 表示所述第一相位差, $\Delta\Phi_2$ 表示所述第二相位差, Δf 表示所述第一频差。通过使用干涉测量法计算第一调整量,可以进一步实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低流程复杂度的时间同步的效果。

5 在一些可能的实现方式中,第二装置根据第一相位差 $\Delta\Phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\Phi_2$ 和第一频差 Δf 进行与所述第一装置的时间同步,需要同时考虑第一时延量。其中,第一时延量关联于第一装置与第二装置之间的几何路程,其中该几何路程可以指信号在第一装置与第二装置传播的路程。其中,第一时延量可以为几何时延量 $\Delta\tau_{g,12}$ 。通过进一步根据第一装置和
10 第二装置间的几何路程,在使用经验公式、神经网络模型、传递函数、卷积公式等计算用于第二装置的输出量或者时钟差时,提高运算速度。

在一些可能的实现方式中,第二装置根据第一相位差 $\Delta\Phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\Phi_2$ 和第一频差 Δf 确定第一调整量,所述第一调整量用于所述第一装置和所述第二装置的时间同步,且所述第一调整量 $\Delta\tau$ 满足以下条件: $\Delta\tau = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2\pi\Delta f} - \Delta\tau_{g,12}$ 。其中 $\Delta\Phi_1$ 表示第一相位差, $\Delta\Phi_2$ 表示第二相位差, Δf 表示所述第一频差, $\Delta\tau_{g,12}$ 表示第一时延量。通过使用干涉测量法计算
15 第一调整量,并直接扣除已知的几何时延量,可以进一步实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低流程复杂度的时间同步的效果。

结合第一方面的一种实现方式,在第一装置与第二装置间的几何路程未知的情况下,本申请提供一种提供双程测量方法,可以进一步消除几何路程关联的第一时延量 $\Delta\tau_{g,12}$ 。其中,该方法需要第一装置侧以及第二装置侧调整时钟,所述方法包括:第二装置发送第
20 三多载波信号,其中第三多载波信号至少包括两个子载波 f_{21} , f_{22} ,其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点;第二装置确定第三多载波信号包括的子载波 f_{21} 对应的第五相位 Φ'_{21} ,子载波 f_{22} 对应的第六相位 Φ'_{22} ;第二装置发送第二信息,其中所述第二信息用于指示第三多载波信号对应的第五相位 Φ'_{21} 以及第六相位 Φ'_{22} ,所述第三多载波信号和所述
25 第二信息用于所述第一装置调整本地时钟;第二装置检测第四多载波信号,其中第四多载波信号至少包括两个子载波 f_{31} , f_{32} ,其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点;第二装置确定所述第四多载波信号包括的子载波 f_{31} 对应的第七相位 Φ'_{31} ,子载波 f_{32} 对应的第八相位 Φ'_{32} 。其中第四多载波信号为第一装置发送经过信道间传播的第五多载波信号;第二装置接收第三信息,其中,所述第三信息用于指示所述第五多载波信号对应的第九相位以及第十相位。其中,第九相位 Φ_{31} 对应子载波信号 f_{31} ,第十相位 Φ_{32} 对应子载波 f_{32} ;

第二装置根据第三相位差、第四相位差和第二频差，调整本地时钟；其中所述第三相位差为所述第七相位和第九相位的相位差，即 $\Delta\Phi_{31} = \Phi'_{31} - \Phi_{31}$ ；所述第四相位差为所述第八相位和第十相位的相位差，即 $\Delta\Phi_{32} = \Phi'_{32} - \Phi_{31}$ ；所述第二频差为所述第四多载波信号对应的频差，在第四多载波信号中包括的子载波 f_{32} ， f_{31} 对应频差为 $\Delta''f = f_{32} - f_{31}$ ；其中第二装置调整本地时钟的方法可以为：第二装置根据第三相位差 $\Delta\Phi_{31}$ 、第四相位差 $\Delta\Phi_{32}$ 和第二频差 $\Delta''f$ 获得第三调整量 $\Delta\tau'_{12}$ ，从而调整本地时钟，如可以调整为 $t_{\text{clk}2} + \frac{\Delta\tau'_{12}}{2} - \Delta\tau_{12}$ 。

通过该方式，可以使得第一装置与第二装置双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 被消除，从而实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低复杂度的时间同步的目的。

结合第一方面的一种实现方式，在第一装置与第二装置间的几何路程未知的情况下，本申请提供一种提供双程测量方法，可以进一步消除几何路程关联的第一时延量 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 。其中，该方法需要第二装置侧调整时钟，所述方法包括：第二装置发送第三多载波信号，其中第三多载波信号至少包括两个子载波 f_{21} ， f_{22} ，其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点。第二装置确定第三多载波信号包括的子载波 f_{21} 对应的第五相位 Φ'_{21} ，子载波 f_{22} 对应的第六相位 Φ'_{22} 。第二装置发送第二信息，其中所述第二信息用于指示第三多载波信号对应的第五相位 Φ'_{21} 以及第六相位 Φ'_{22} ，所述第三多载波信号和所述第二信息用于所述第一装置调整本地时钟。第二装置检测第四多载波信号，其中第四多载波信号至少包括两个子载波 f_{31} ， f_{32} ，其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点。第二装置确定所述第四多载波信号包括的子载波 f_{31} 对应的第七相位 Φ'_{31} ，子载波 f_{32} 对应的第八相位 Φ'_{32} 。其中第四多载波信号为第一装置发送经过信道间传播的第五多载波信号。第二装置接收第三信息，其中，所述第三信息用于指示所述第五多载波信号对应的第九相位以及第十相位。其中，第九相位 Φ_{31} 对应子载波信号 f_{31} ，第十相位 Φ_{32} 对应子载波 f_{32} 。第二装置根据第三相位差、第四相位差和第二频差，确认第三调整量 $\Delta\tau'_{12}$ 。其中所述第三相位差为所述第七相位和第九相位的相位差，即 $\Delta\Phi_{31} = \Phi'_{31} - \Phi_{31}$ 。所述第四相位差为所述第八相位和第十相位的相位差，即 $\Delta\Phi_{32} = \Phi'_{32} - \Phi_{31}$ 。所述第二频差为所述第四多载波信号对应的频差，在第四多载波信号中包括的子载波 f_{32} ， f_{31} 对应频差为 $\Delta''f = f_{32} - f_{31}$ 。第二装置接收第四信息，其中所述第四信息用于指示第二调整量 $\Delta\tau_{21}$ 。第二装置根据第二调整量以及第三调整量 $\Delta\tau'_{12}$ 调整本地时钟，如可以调整为 $t_{\text{clk}2} - (\Delta\tau_{12} - \frac{\Delta\tau'_{12} + \Delta\tau_{21}}{2})$ 。通过该方式，可以使得第一装置与第二装置双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 被消除，从而实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低复杂度的时间同步的目的。

第二方面，提供了一种时间同步方法，所述方法需要第一装置，从而使得第一装置与第二装置实现时间同步，所述方法包括步骤：第一装置发送第二多载波信号，其中第二多载波信号至少包括两个子载波 f_1 , f_2 ，其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点；第一装置确定第二多载波信号包括的子载波 f_1 对应的第三相位 Φ_1 ，子载波 f_2 对应的第四相位 Φ_2 ；第一装置发送第一信息，其中，所述第一信息用于指示所述第二多载波信号对应的第三相位 Φ_1 以及第四相位 Φ_2 ，所述第二多载波信号和所述第一信息用于第二装置调整本地时钟。

通过第二装置根据在本地得到的第一多载波信号、第二多载波信号分别对应的相位，第一多载波信号的频差调整第二装置的时钟，使得第二装置和第一装置时间同步，可以实现装置间时间同步的高精度的同时，避免使用昂贵的高稳原子钟，从而降低成本。

结合第二方面的一种实现方式，在第一装置与第二装置间的几何路程未知的情况下，本申请提供一种提供双程测量方法，可以进一步消除几何路程关联的第一时延量 $\Delta\tau_{g,12}$ 。

其中，该方法需要第一装置侧以及第二装置侧调整时钟，所述方法包括：第一装置检测第六多载波信号，其中第六多载波信号至少包括两个子载波 f_{21} , f_{22} ，其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点；第一装置确定所述第六多载波信号包括的子载波 f_{21} 对应的第十一相位 Φ'_{31} ，子载波 f_{32} 对应的第十二相位 Φ'_{32} ；其中所述第六多载波信号为第二装置发送经过信道间传播的第三多载波信号；第一装置接收第二信息，其中，所述第二信息用于指示所述第三多载波信号对应的第五相位以及第六相位；其中，第五相位 Φ'_{21} 对应子载波信号 f_{21} ，第六相位 Φ'_{22} 对应子载波 f_{22} 。第一装置根据第五相位差、第六相位差和第五频差，调整本地时钟；其中所述第五相位差为所述第十一相位和第五相位的相位差，即 $\Delta\Phi_{21} = \Phi'_{21} - \Phi_{21}$ 。所述第六相位差为所述第十二相位和第六相位的相位差，即 $\Delta\Phi_{22} = \Phi'_{22} - \Phi_{22}$ 。所述第五频差为所述第六多载波信号对应的频差，在第五多载波信号中包括的子载波 f_{22} , f_{21} 对应频差为 $\Delta'f = f_{22} - f_{21}$ ；其中第一装置可以调整本地时钟为 $t_{\text{clk1}} - \frac{\Delta\tau_{21}}{2}$ 。第一装置发送第五多载波信号，其中第五多载波信号至少包括两个子载波

f_{31} , f_{32} ，其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点；第一装置确定第五多载波信号包括的子载波 f_{31} 对应的第九相位 Φ_{21} ，子载波 f_{32} 对应的第十相位 Φ_{22} ；第一装置发送第三信息，其中，所述第三信息用于指示第五多载波信号对应的第九相位 Φ_{21} 以及第十相位 Φ_{22} ，所述第五多载波信号和所述第三信息用于第二装置调整本地时钟。

通过该方式，可以使得第一装置与第二装置双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g,12}$ 被消除，从而实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低复杂度的时间同步的目的。

结合第二方面的一种实现方式，在第一装置与第二装置间的几何路程未知的情况下，本申请提供一种提供双程测量方法，可以进一步消除几何路程关联的第一时延量 $\Delta\tau_{g,12}$ 。

其中，该方法需要第二装置侧调整时钟，所述方法包括：第一装置检测第六多载波信号，

其中第六多载波信号至少包括两个子载波 f_{21} , f_{22} , 其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点。第一装置确定所述第六多载波信号包括的子载波 f_{21} 对应的第十一相位 Φ'_{31} , 子载波 f_{32} 对应的第十二相位 Φ'_{32} 。其中所述第六多载波信号为第二装置发送经过信道间传播的第三多载波信号。第一装置接收第二信息, 其中, 所述第二信息用于指示所述第三多载波信号对应的第五相位以及第六相位。其中, 第五相位 Φ'_{21} 对应子载波信号 f_{21} , 第六相位 Φ'_{22} 对应子载波 f_{22} 。第一装置根据第五相位差、第六相位差和第五频差, 确定第二调整量 $\Delta\tau_{21}$ 。其中所述第五相位差为所述第十一相位和第五相位的相位差, 即 $\Delta\Phi_{21} = \Phi'_{21} - \Phi_{21}$ 。所述第六相位差为所述第十二相位和第六相位的相位差, 即 $\Delta\Phi_{22} = \Phi'_{22} - \Phi_{22}$ 。所述第五频差为所述第六多载波信号对应的频差, 在第六多载波信号中包括的子载波 f_{22} , f_{21} 对应频差为 $\Delta f = f_{22} - f_{21}$ 。第一装置发送第四信息, 其中所述第四信息用于指示第二调整量 $\Delta\tau_{21}$, 所述第二调整量用于第二装置调整本地时钟。第一装置发送第五多载波信号, 其中第五多载波信号至少包括两个子载波 f_{31} , f_{32} , 其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点。第一装置确定第五多载波信号包括的子载波 f_{31} 对应的第九相位 Φ_{21} , 子载波 f_{32} 对应的第十相位 Φ_{22} 。第一装置发送第三信息, 其中, 所述第三信息用于指示第五多载波信号对应的第九相位 Φ_{21} 以及第十相位 Φ_{22} , 所述第五多载波信号和所述第三信息用于第二装置调整本地时钟。

通过该方式, 可以使得第一装置与第二装置双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 被消除, 从而实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低复杂度的时间同步的目的。

结合第一方面或第二方面, 在一些可能的实现方式中, 第二装置发送所述第三多载波信号和第一装置发送所述第五多载波信号为并行发生。即第一装置、第二装置分别在约定的时间发送第三多载波信号、第五多载波信号。从而可以抵消第一装置与第二装置响应时间, 进一步提高时间同步的精度。

进一步地, 第二装置发送第三多载波信号、第二信息, 以及第一装置发送第五多载波信号、第三信息为并行发生, 其中, 并行发生是指第二装置和第一装置各自在相同的约定时刻发送信号; 进一步地, 第一装置与第二装置的工作模式可以为全双工模式。从而可以进一步抵消第一装置与第二装置响应时间, 进一步提高时间同步的精度。

结合第一方面或第二方面, 在一些可能的实现方式中, 第一装置在本地分析第二多载波信号的相位第三相位以及第四相位, 并得到第二多载波信号对应的的时间信息; 第一装置发送第一信息, 用于指示第二多载波信号对应的第三相位以及第四相位, 和第二多载波对应的的时间信息。作为一种实现方式, 可以使用时间戳 (Timestamp) 指示第二多载波信号的对应时间信息。其中, 时间戳可以指自 1970 年 1 月 1 日 (00:00:00 GMT) 以来的秒数, 第一设备可以使用字符序列发送时间戳。

从而, 第二装置可以通过第二多载波信号对应的的时间信息, 分析获得第一多载波信号

所包括的各子载波 f_1, f_2 对应相位 $\phi'_1 \sim \phi'_2$ 。进一步地, 由于经过信道传输, 第一多载波信号包括的子载波频率 f_1, f_2 可能会发生轻微变化, 第二装置可以通过时间戳标记的对应时刻, 分析获得第一多载波信号所包括的各子载波 f'_1, f'_2 。通过发送及获得多载波信号对应的的时间信息, 可以进一步提高时间同步的精度。

- 5 结合第一方面以及第二方面, 在一些可能的实现方式中, 所述第一多载波信号包括第一子载波 f_1 、第二子载波 f_2 和第三子载波 f_3 , 所述第一子载波、第二子载波和第三子载波分别对应不同频率。其中, 第一子载波和第二子载波的频率之差对应第三频差, 即 $\Delta f = f_1 - f_2$ 。其中, 第二子载波和第三子载波的频率之差对应第四频差, 即 $\Delta''f = f_2 - f_3$ 。其中, 第三频差 Δf 大于第四频差 $\Delta''f$ 。由于测量范围与频差成反比, 且频差为等间隔时会
- 10 导致计算信号时延差时的测量误差增大, 通过对信号进行该方式设置, 可以使得在基于干涉测量技术计算信号时延差时, 既可以扩大测量范围(即第一装置与第二装置的路程范围), 也可以降低计算信号时延差时的测量误差。

- 进一步地, 所述第三频差 Δf 为所述第四频差 $\Delta''f$ 的K倍, K为正整数。即各子载波在频谱上可以对应的频点之间的频差以等比的形式增大, 从而进一步提高运算速度, 快速计算模糊度, 同时节约频点资源。
- 15

进一步地, 所述K为2。可以在本申请中基于干涉测量技术计算信号时延差的技术方案中, 如第二装置根据第一装置以及第二装置双站本地分析得到的相位进行差分, 生成一系列二进制指数序列, 如 $\{2^{i-1}\}$, 其中i为大于或等于1的自然数, 从而辅助快速计算模糊度, 提高运算速度。

- 20 第三方面, 提供一种通信装置, 一种可能的实现中, 该通信装置可以包括执行第一方面中所描述的方法/操作/步骤/动作所一一对应的模块或单元, 该模块或单元可以是硬件电路, 也可是软件, 也可以是硬件电路结合软件实现。一种可能的实现中, 该装置可以包括收发模块、信号处理模块。

- 其中收发模块用于接收第一多载波信号, 接收第一信息。处理模块用于检测第一多载波信号, 从而确定第一多载波信号对应的第一相位 ϕ'_1 、第二相位 ϕ'_2 ; 根据第一信息确定第二多载波信号对应的第三相位 ϕ_1 、第四相位 ϕ_2 ; 确定第一相位差 $\Delta\phi_1 = \phi'_1 - \phi_1$ 以及第二相位差 $\Delta\phi_2 = \phi'_2 - \phi_2$; 确定第一多载波信号对应的第一频差 Δf ; 并根据第一相位差、第二相位差和第一频差, 进行与所述第一装置的时间同步。
- 25

- 在一些实现方式中, 处理单元利用经验公式、神经网络模型、传递函数、卷积公式等, 将第一相位差 $\Delta\phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\phi_2$ 和第一频差 Δf 作为输入量输出调整量或者时钟差调整第二装置的本地时钟, 从而使得第一装置与第二装置时间同步。
- 30

在一些实现的方式中, 处理单元根据第一相位差 $\Delta\phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\phi_2$ 和第一频差 Δf 确定第一调整量, 所述第一调整量用于所述第一装置和所述第二装置的时间同步, 且所述第一调整量 $\Delta\tau$ 满足以下条件: $\Delta\tau = \frac{\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2}{2\pi\Delta f}$ 。

- 35 在一些实现方式中, 处理单元根据第一相位差 $\Delta\phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\phi_2$ 和第一频差 Δf 进行与所述第一装置的时间同步, 同时考虑第一时延量。

在一些实现方式中, 处理单元根据第一相位差 $\Delta\phi_1$ 、第二相位差 $\Delta\phi_2$ 和第一频差 Δf 确

定第一调整量, 所述第一调整量用于所述第一装置和所述第二装置的时间同步, 且所述第一调整量 $\Delta\tau$ 满足以下条件: $\Delta\tau = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2\pi\Delta f} - \Delta\tau_{g,12}$ 。

5 除此之外, 收发单元还可以用于发送第三多载波信号、发送第二信息、接收第四多载波信号、接收第三信息。处理单元根据第三多载波信号、第二信息获得第三调整量, 并根据第三调整量调整本地时钟。

除此之外, 收发单元还可以用于接收第四多载波信号、接收第三信息、接收第四多载波信号、接收第三信息、接收第四信息。处理单元根据第三多载波信号、第二信息获得第三调整量; 根据第四信息获得第二调整量; 并根据第二调整量、第三调整量调整本地时钟。

10 在一些实现方式中, 处理单元还用于确定第二多载波信号对应的的时间信息, 其中该时间信息可以根据第一信息所包括的时间戳确定。

15 在一些实现方式中, 收发模块所接收的第一多载波信号包括第一子载波 f_1 、第二子载波 f_2 和第三子载波 f_3 , 所述第一子载波、第二子载波和第三子载波分别对应不同频率。其中, 第一子载波和第二子载波的频率之差对应第三频差, 即 $\Delta f = f_1 - f_2$ 。其中, 第二子载波和第三子载波的频率之差对应第四频差, 即 $\Delta'''f = f_2 - f_3$ 。其中, 第三频差 Δf 大于第四频差 $\Delta'''f$ 。进一步地, 所述第三频差 Δf 为所述第四频差 $\Delta'''f$ 的K倍, K为正整数。进一步地, 所述K为2。

20 第四方面, 提供一种通信装置, 一种可能的实现中, 该通信装置可以包括执行第二方面中所描述的方法/操作/步骤/动作所一一对应的模块或单元, 该模块或单元可以是硬件电路, 也可是软件, 也可以是硬件电路结合软件实现。一种可能的实现汇总, 该装置可以包括收发模块、信号处理模块。

其中, 收发模块用于接收第六多载波信号, 接收第二信息; 处理模块用于检测第二多载波信号, 从而确定第一多载波信号对应的第三相位 Φ_1 、第四相位 Φ_2 。

除此之外, 收发单元还可以接收第六多载波信号、接收第二信息、发送第五多载波信号、发送第三信息。处理单元根据第六多载波信号、第二信息调整本地时钟。

25 除此之外, 收发单元还可以用于接收第六多载波信号、接收第二信息、发送第五多载波信号、发送第三信息、第四信息。处理单元根据第六多载波信号、第二信息获得第二调整量。

在一些实现方式中, 处理单元还用于确定第二多载波信号对应的的时间信息, 其中该时间信息可以根据时间戳确定, 并通过第一信息发送。

30 在一些实现方式中, 收发模块所发送的第二多载波信号包括第一子载波 f_1 、第二子载波 f_2 和第三子载波 f_3 , 所述第一子载波、第二子载波和第三子载波分别对应不同频率。其中, 第一子载波和第二子载波的频率之差对应第三频差, 即 $\Delta f = f_1 - f_2$ 。其中, 第二子

载波和第三子载波的频率之差对应第四频差，即 $\Delta'''f = f_2 - f_3$ 。其中，第三频差 Δf 大于第四频差 $\Delta'''f$ 。进一步地，所述第三频差 Δf 为所述第四频差 $\Delta'''f$ 的K倍，K为正整数。进一步地，所述K为2。第五方面，提供一种芯片，其包括处理器，所述处理器与存储器耦合，所述存储器用于存储计算机程序，所述处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序，使得上述第一方面及其任一种可能的实现、第二方面及其任一种可能的实现中所述的方法的部分或全部步骤被执行。

第六方面，提供一种计算机可读存储介质，其存储介质中存储有计算机程序或指令，当所述计算机程序或指令被处理器执行时，使得上述第一方面及其任一种可能的实现、第二方面及其任一种可能的实现中所述的方法的部分或全部步骤被执行。

第七方面，提供一种计算机产品，当该计算机程序产品被运行时，使得上述第一方面及其任一种可能的实现、第二方面及其任一种可能的实现中所述的方法的部分或全部步骤被执行。

第八方面，提供一种通信系统，包括第三方面及前述各方面的各种可能的实现提供的第一通信装置和第四方面及前述各方面的各种可能的实现提供的第二通信装置。

附图说明

图1是本申请的基于干涉测量技术实现第一装置和第二装置时间同步的应用场景示意图。

图2是本申请的基于干涉测量技术实现第一设备和第二设备时间同步的示意图。

图3是本申请的一种计算信号时延差的方法示意图。

图4是本申请的基于干涉测量技术实现第一设备和第二设备一种时间同步示意图。

图5是本申请的通过双程测量的方法消除几何时延差的一种方法示意图。

图6是本申请的通过双程测量的方法抵消几何时延差的另一种方法示意图。

图7是本申请的一种基于干涉测量技术实现时间同步的流程示意图。

图8是了本申请的时间同步方案的仿真结果。

图9是本申请的一种第一设备及第二设备发送的多载波信号的特征设置示意图。

图10是本申请的另一种第一设备及第二设备发送的多载波信号的特征设置示意图。

图11是本申请的实施设备本地分析多载波信号的一种装置示意图。

图12是本申请的一种实施基于干涉测量的时间同步方法的装置示意图。

图13是本申请实施例提供的一种第一设备和第二设备的结构示意图。

具体实施方式

本申请提供了一种时间同步方法，能够提高设备间时间同步的精度并且降低成本。

下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。

本申请实施例的技术方案可以应用于各种通信系统，例如：长期演进（long term evolution, LTE）系统、LTE频分双工（frequency division duplex, FDD）系统、LTE时分双工（time division duplex, TDD）、第五代（5th generation, 5G）系统例如新空口（new radio, NR）系统、5.5G系统或第六代（6th generation, 6G）系统等5G之后演进的系统。

本申请的适用场景包括但不限于地面蜂窝通信、非陆地通信网络（non-terrestrial

network, NTN)、车辆外联(vehicle-to-everything, V2X)、接入回传一体化(integrated access and backhaul, IAB), 以及可重构智能表面(reconfigurable intelligent surface, RIS)通信等场景。其中, NTN系统包括非地面设备, 非地面设备可作为基站, 也可作为终端设备, 也可以作为中继设备。非地面设备可以是无人机, 热气球, 低轨卫星, 中轨卫星, 高轨卫星、或高空通信平台(high altitude platform station, HAPS)设备等。

本申请实施例的技术方案对于同构网络与异构网络的场景均适用, 同时对于传输点也无限制, 可以是宏基站与宏基站、微基站与微基站和宏基站与微基站之间的多点协同传输, 对FDD/TDD系统均适用。本申请实施例的技术方案不仅适用于低频场景(sub 6G), 也适用于高频场景(6GHz以上), 太赫兹, 光通信等。本申请实施例的技术方案不仅可以适用于网络设备和终端的通信, 也可以适用于网络设备和网络设备的通信, 终端和终端的通信, 车联网, 物联网, 工业互联网等的通信。

本申请实施例的技术方案可以应用于终端与单个基站连接的场景, 其中, 终端所连接的基站以及基站所连接的核心网络(core network, CN)为相同制式或不同制式。比如CN为5G CN, 基站为5G基站, 5G基站直接连接5G CN; 或者CN为5G CN, 基站为4G基站, 4G基站直接连接5G Core。本申请实施例的技术方案也可以适用于终端与至少两个基站连接的双连接(dual connectivity, DC)场景。

本申请实施例中的终端设备可以是一种具有无线收发功能的设备, 可以指用户设备(user equipment, UE)、接入终端、用户单元(subscriber unit)、用户站、移动台(mobile station)、远方站、远程终端、移动设备、用户终端、无线通信设备、用户代理或用户装置。终端设备还可以是卫星电话、蜂窝电话、智能手机、无线数据卡、无线调制解调器、机器类型通信设备、可以是无绳电话、会话启动协议(session initiation protocol, SIP)电话、无线本地环路(wireless local loop, WLL)站、个人数字处理(personal digital assistant, PDA)、客户终端设备(customer-premises equipment, CPE)、智能销售点(point of sale, POS)机、具有无线通信功能的手持设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备、车载设备、高空飞机上搭载的通信设备、可穿戴设备、无人机、机器人、设备到设备通信(device-to-device, D2D)中的终端、V2X中的终端、虚拟现实(virtual reality, VR)终端设备、增强现实(augmented reality, AR)终端设备、工业控制(industrial control)中的无线终端、无人驾驶(self driving)中的无线终端、远程医疗(telemedicine)中的无线终端、智能电网(smart grid)中的无线终端、运输安全(transportation safety)中的无线终端、智慧城市(smart city)中的无线终端、智慧家庭(smart home)中的无线终端或者5G之后演进的通信网络中的终端设备等, 本申请实施例不作限制。

本申请实施例中用于实现终端设备的功能的装置可以是终端设备; 也可以是能够支持终端设备实现该功能的装置, 例如芯片系统。该装置可以被安装在终端设备中或者和终端设备匹配使用。本申请实施例中, 芯片系统可以由芯片构成, 也可以包括芯片和其他分立器件。

本申请实施例中的网络设备是具有无线收发功能的设备, 用于与终端设备进行通信的接入网设备。接入网设备可以为无线接入网(radio access network, RAN)中的节点, 又可以称为基站, 还可以称为RAN节点。接入网设备也可以是具有部分或全部基站功能的设备, 例如当基站采用集中式单元(centralized unit, CU)和分布式单元(distributed unit,

DU) 架构时, 接入网设备可以包括 CU 和/或 DU。接入网设备可以是 LTE 中的演进型基站 (evolved Node B, eNB 或 eNodeB); 或者下一代基站 (gNodeB, gNB) 等 5G 网络中的基站或者 5G 之后演进的公共陆地移动网络 (public land mobile network, PLMN) 中的基站, 宽带网络业务网关 (broadband network gateway, BNG), 汇聚交换机或者第三代合作伙伴项目 (3rd generation partnership project, 3GPP) 接入设备等。

本申请实施例中的网络设备还可以包括各种形式的基站, 例如: 宏基站、微基站 (也称为小站)、中继站、传输点 (transmitting and receiving point, TRP)、发射点 (transmitting point, TP)、移动交换中心以及无人机通信、设备到设备 (device-to-device, D2D)、车辆外联 (vehicle-to-everything, V2X)、机器到机器 (machine-to-machine, M2M) 通信中承担基站功能的设备等、NTN 通信系统中的网络设备, 本申请实施例不作具体限定。

本申请实施例中用于实现网络设备的功能的装置可以是网络设备, 也可以是能够支持网络设备实现该功能的装置, 例如芯片系统。该装置可以被安装在网络设备中或者和网络设备匹配使用。本申请实施例中的芯片系统可以由芯片构成, 也可以包括芯片和其他分立器件。

在本申请中, 提供一种时间同步方法, 可以基于干涉测量技术计算信号时延差, 从而获得时钟差用于第一设备以及第二设备时间同步。

首先, 对本申请提供的时间同步方法的应用场景作出说明。图 1 是本申请的基于干涉测量技术实现第一设备和第二设备时间同步的应用场景示意图。如图 1 中(a)所示, 本申请的时间同步方案可以应用于终端与多个网络设备连接的场景。例如在网络设备 101、网络设备 102 基于到达时间差定位法 (Time Difference of Arrival, TDOA) 对终端设备 103 进行定位的过程中, 时间同步误差会直接导致网络设备 101、网络设备 102 对终端设备 103 定位不准确, 而本申请的技术方案可以利用更低的成本实现更高的时间同步精度, 从而提高定位的准确度。如图 1 中(b)所示, 本申请的时间同步方案可以应用于终端于网络设备连接的场景。例如在网络设备 112 基于到达时间差定位法 ((Time of Arrival, TOA) 对终端设备 111 进行定位的过程中, 时间同步误差会直接导致网络设备 112 对终端设备 111 定位不准确, 而本申请的技术方案可以利用更低的成本实现更高的时间同步精度, 从而提高定位的准确度。除此之外, 本申请的时间同步方案可以应用于多站协同中。本申请的技术方案可以利用更低的成本实现更高的时间同步精度, 从而提高感知性能。

图 2 是本申请的基于干涉测量技术实现第一设备和第二设备时间同步的示意图。在第一设备和第二设备协同中, 现设定第一设备本地的独立时钟 t_{clk1} 与第二设备本地的独立时钟 t_{clk2} 不同步, 存在时钟差 $t_{clk1} - t_{clk2} = \Delta t_{clk}$ 。

由于第一设备和第二设备间存在距离以及时钟差, 同一信号源的信号在第一设备和第二设备间存在信号时延差。可以理解为在第一设备向第二设备发送信号时, 有信号时延差 $\Delta t_{12} = \Delta t_{g,12} + \Delta t_{clk} + n_1 \tau_r$ 。其中, $\Delta t_{g,12}$ 为几何时延, 即第一设备与第二设备之间几何路程导致的时延差。其中, 几何路程可以指信号在传播时走过的路线, 仅仅与第一设备和第二设备间路程有关。 Δt_{clk} 为时钟差, 即第一设备本地的独立时钟 t_{clk1} 与第二设备本地的独立

时钟 $t_{\text{clk}2}$ 不同步导致的时延。 $n_1\tau_r$ 为整周模糊度,即时延的估计值所包含的未知整波长数,其中 n_1 为大于或等于1的自然数, τ_r 为一个整周模糊度,整周模糊度 $n_1\tau_r$ 可以通过约束计算值,在计算信号时延差 $\Delta\tau_{12}$ 的过程消除。

同理,在第二设备向第一设备发送信号时,由于两次信号传输的方向相逆,有信号时延差为 $\Delta\tau_{21}=\Delta\tau_{g_{12}}-\Delta\tau_{\text{clk}}+n_2\tau_r$ 。其中, $\Delta\tau_{g_{12}}$ 为几何时延,即第一设备与第二设备之间几何路程导致的时延差。 $\Delta\tau_{\text{clk}}$ 为时钟差。 $n_2\tau_r$ 为整周模糊度,其中 n_2 为大于或等于1的自然数, τ_r 为一个整周模糊度,整周模糊度 $n_2\tau_r$ 可以通过约束计算值,在计算信号时延差 $\Delta\tau_{21}$ 的过程消除。

在第一设备与第二设备间几何路程已知的情况下,即几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 已知的情况下,在本申请中,可以通过图2中过程2所示的干涉测量技术,由第一设备向第二设备发送信号,由第二设备计算信号时延差 $\Delta\tau_{12}=\Delta\tau_{g_{12}}+\Delta\tau_{\text{clk}}+n_1\tau_r$,消除整周模糊度 $n_1\tau_r$,并在扣除已知的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 后,计算时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$ 。第二设备利用时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$ 调整本地时钟 $t'_{\text{clk}2}=t_{\text{clk}2}-\Delta\tau_{\text{clk}}$,使得第一设备与第二设备的时间同步,从而同时实现设备间时间同步的高精度并且降低成本。

而对于在第一设备与第二设备间几何路程未知的情况下,即几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 未知的情况下,如图2中过程1和过程2所示,在本申请中可以通过一种双程测量的方式,消除几何时延并实现时间同步。

过程1:

第一设备向第二设备发送信号,第二设备基于第一设备所发送信号计算信号时延差 $\Delta'\tau_{12}=\Delta\tau_{g_{12}}+\Delta\tau_{\text{clk}}+n_1\tau_r$;

第二设备向第一设备发送信号,第一设备基于第二设备所发送信号计算时延差,由于两次信号传输的方向相逆,第一设备计算所得信号时延差为 $\Delta\tau_{21}=\Delta\tau_{g_{12}}-\Delta\tau_{\text{clk}}+n_2\tau_r$;

过程2:

第一设备向第二设备发送信号,第二设备基于第一设备所发送信号计算信号时延差 $\Delta\tau_{12}=\Delta\tau_{g_{12}}+\Delta\tau_{\text{clk}}+n_1\tau_r$ 。

作为一种实现基于过程1和过程2实现时间同步的方式,第一设备基于 $\Delta\tau_{21}=\Delta\tau_{g_{12}}-\Delta\tau_{\text{clk}}+n_2\tau_r$ 调整本地时钟 $t_{\text{clk}1}$,第二设备基于 $\Delta'\tau_{12}=\Delta\tau_{g_{12}}+\Delta\tau_{\text{clk}}+n_1\tau_r$ 和 $\Delta\tau_{12}=\Delta\tau_{g_{12}}+\Delta\tau_{\text{clk}}+n_1\tau_r$ 调整本地时钟 $t_{\text{clk}2}$ 。第一设备的本地时钟调整为 $t'_{\text{clk}1}=t_{\text{clk}1}-\frac{\Delta\tau_{21}}{2}$;第二设备的本地时钟调整为 $t'_{\text{clk}2}=t_{\text{clk}2}+\frac{\Delta'\tau_{12}}{2}-\Delta\tau_{12}$;此时有第一设备与第二设备本地时

钟的差值为 $t'_{\text{clk1}} - t'_{\text{clk2}} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \left(\frac{\Delta\tau_{21}}{2} + \frac{\Delta\tau'_{12}}{2}\right) + \Delta\tau_{12} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \left[\Delta\tau_{g_{12}} + \left(\frac{n_1\tau_r + n_2\tau_r}{2}\right)\right] + \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{\text{clk}} + n_2\tau_r = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \Delta\tau_{\text{clk}} + \frac{n_2\tau_r - n_1\tau_r}{2}$, 在通过约束计算值消除整周模糊度 $n_1\tau_r$ 以及 $n_2\tau_r$ 后, 第一设备与第二设备本地时钟的差值为 $t'_{\text{clk1}} - t'_{\text{clk2}} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \Delta\tau_{\text{clk}} = 0$, 第一设备与第二设备时间同步。

5 作为另一种实现基于过程 1 和过程 2 实现时间同步的方式, 第一设备将计算所得信号时延差为 $\Delta\tau_{21} = \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{\text{clk}} + n_2\tau_r$ 发送给第二设备, 第二设备基于 $\Delta\tau_{12} = \Delta\tau_{g_{12}} + \Delta\tau_{\text{clk}} + n_1\tau_r$ 、 $\Delta\tau'_{12} = \Delta\tau_{g_{12}} + \Delta\tau_{\text{clk}} + n_1\tau_r$ 和 $\Delta\tau_{21} = \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{\text{clk}} + n_2\tau_r$ 调整本地时钟 t_{clk2} 。第二设备的本地时钟调整为 $t'_{\text{clk2}} = t_{\text{clk2}} - \left(\Delta\tau_{12} - \frac{\Delta\tau'_{12} + \Delta\tau_{21}}{2}\right)$; 此时有第一设备与第二设备本地时钟的差值为 $t'_{\text{clk1}} - t'_{\text{clk2}} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \left(\frac{\Delta\tau_{21}}{2} + \frac{\Delta\tau'_{12}}{2}\right) + \Delta\tau_{12} =$

10 $(t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \left[\Delta\tau_{g_{12}} + \left(\frac{n_1\tau_r + n_2\tau_r}{2}\right)\right] + \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{\text{clk}} + n_2\tau_r = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \Delta\tau_{\text{clk}} + \frac{n_2\tau_r - n_1\tau_r}{2}$, 在通过约束计算值消除整周模糊度 $n_1\tau_r$ 以及 $n_2\tau_r$ 后, 第一设备与第二设备本地时钟的差值为 $t'_{\text{clk1}} - t'_{\text{clk2}} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \Delta\tau_{\text{clk}} = 0$, 第一设备与第二设备时间同步。

在上述进行时间同步的过程中, 整周模糊度可以被消除, 如可以通过约束 $\text{restrict}\left(\frac{\Delta\tau_{12} + \Delta\tau_{21}}{2}\right) \in (-0.5\tau_r, 0.5\tau_r)$ 消除。

15 在基于图 2 中过程 1、过程 2 使得第一设备与第二设备的时间同步, 进一步实现在第一设备与第二设备间几何路程未知的情况下, 第一设备与第二设备间高精度、低成本、低流程复杂度的时间同步的效果。

本申请所指的基于干涉测量技术计算信号时延差, 可以为基于第一设备向第二设备发送多载波信号。其中, 多载波信号包括至少两个子载波, 其中各个子载波在频谱上分别对应不同分立的频点, 可将各子载波在频谱上对应的频点 f_i (i 为大于或等于 1 的自然数) 设定为 $f_1 \sim f_i$ 。为了方便描述, 以下将第一设备发送, 没有经过信道传输的多载波信号称为第二多载波信号; 将第二设备接收, 经过信道间传播后的多载波信号称为第一多载波信号。

25 作为一种实现方式, 第一设备可以在本地分析得到第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$, 并向第二设备发送第二多载波信号以及第一信息。其中第一信息用于指示第一设备在本地分析得到第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 。在第二设备接收到经过信道间传输的第一多载波信号后, 第二设备在本地分析获得第一多载波信号各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi'_1 \sim \phi'_i$, 并通过对第一多载波信号各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi'_1 \sim \phi'_i$ 与第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 进行差分, 将 $\phi'_i - \phi_i$ 获得 $\Delta\phi_i$, 根据各子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\phi_1 \sim \Delta\phi_i$, 计算信号时延差。

30 作为另一种实现方式, 第一设备可以在本地分析得到第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$, 以及第二多载波信号在第一设备本地对应的的时间信息。第一设备向第二设备发送第二多载波信号以及第一信息。其中第一信息用于指示第一设备在本地分

析得到第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 以及第二多载波信号对应的
的时间信息。在第二设备接收到经过信道间传输的第一多载波信号后，第二设备在本地通过
第二多载波信号对应的的时间信息，分析获得第一多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应
相位 $\phi'_1 \sim \phi'_i$ ，并通过对第一多载波信号各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi'_1 \sim \phi'_i$ 与第二多载波信
5 号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 进行差分，如将 $\phi'_i - \phi_i$ 获得 $\Delta\phi_i$ ，根据各子载波
 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\phi_1 \sim \Delta\phi_i$ ，计算信号时延差。进一步地，由于第一多载波信号经过信
道间传输，第一多载波信号包括的各子载波频率可能会发生轻微变化。第二设备还可以在
本地通过第二多载波信号对应的的时间信息，分析获得第一多载波信号所包括的各子载波
 $f'_1 \sim f'_i$ ，从而进一步精确计算信号时延差。

10 作为另一种实现方式，第一设备向第二设备发送第二多载波信号以及第二多载波信号
对应的在第一设备本地对应的的时间信息。在第二设备接收到经过信道间传输的第一多载波
信号后，第二设备在本地分析获得第一多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位
 $\phi'_1 \sim \phi'_i$ ，并利用第二多载波信号对应的的时间信息，反推第一设备在本地分析得到第一多
载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 。第二设备通过对第一多载波信号各子
15 载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi'_1 \sim \phi'_i$ 与第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 进行
差分，如将 $\phi'_i - \phi_i$ 获得 $\Delta\phi_1 \sim \Delta\phi_i$ ，根据各子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\phi_i$ ，计算信号时延差。
通过第二设备第二多载波信号对应的的时间信息反推第一多载波信号的在第一设备本地对
应的相位，可以降低第一设备向第二设备发送信号形式的复杂度，从而降低流程复杂度。

20 应理解，在上述计算中，各子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差、 $\Delta\phi_1 \sim \Delta\phi_i$ 统一利用第一多载波
信号与第二多载波信号对应之差的计算方式为示意性说明，其具体计算方法以及正负性根
据实际情况确定，例如，相位差还可以为第二多载波信号的相位减去第一多载波信号的相
位。

应理解，在本申请中，不对时间信息的具体形式、第一设备如何发送时间信息作限制。
作为一种实现方式，可以使用时间戳(Timestamp)指示第二多载波信号的对应时间信息。
25 其中，时间戳可以指自 1970 年 1 月 1 日 (00:00:00 GMT) 以来的秒数，第一设备可以使
用字符序列发送时间戳。

30 在以上三种方式中，通过采用基于本地相关的干涉测量法计算信号时延差，即第二设
备在本地分析得到第一多载波信号、第二多载波信号分别对应的相位，然后基于测量的相
位得到时延差。该方法用于在如往返时间 (Round trip time, RTT) 测量时，可以得到一种
形式简单且系统误差小的往返时间测量方法。此外，直接发送信号相位可以减小交互过
程中的信息量，避免采样的原始数据的传输。最后该方法避免了使用互相关求相位差，在减
小计算量的同时也避免了互相关方法可能引起的信噪比恶化问题，从而提升同步精度。

应理解，本申请不对第二设备如何根据子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\phi_i$ ，计算信号时延
差的方法做限制。如该计算方法可以是由大量的实验数据拟合得到的映射关系，或者根据
35 大量的实验数据训练专用的神经网络模型等。

作为一种实现方式，图 3 是本申请的一种计算信号时延差的方法示意图。在第一多载
波信号包括两个子载波的情况下，信号时延差 $\Delta\tau_{12}$ 可以通过公式 $\Delta\tau_{12} = \frac{\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2}{2\pi(f_1 - f_2)}$ 得到。其

中, f_1 为第一多载波信号所包括的第一子载波的频点, f_2 为第一多载波信号所包括的第二子载波的频点。其中, $\Delta\Phi_1$ 为第一设备与第二设备在本地各自分析得到的第一子载波相位之差, $\Delta\Phi_2$ 为第一设备与第二设备在本地各自分析得到的第二子载波相位之差。在第一多载波信号包括大于两个子载波的情况下, 作为示例而非限定, 可以通过直线拟合, 获得直线的斜率, 即为信号时延差 $\Delta\tau_{12}$ 。通过使用干涉测量法计算第一调整量, 可以进一步实现第一装置与第二装置间高精度、低成本、低流程复杂度的时间同步的效果。

除此之外, 在本申请的一些方案中, 第二设备也可以直接通过输入量 $f_1\sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\Phi_i$ 通过如传递函数、卷积公式等, 直接输出调整量或者时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$ 从而调整第二设备的本地时钟, 本申请不对此作出限制。在本申请的一些方案中, 第二设备通过输入量 $f_1\sim f_i$ 之间的频差、 $\Delta\Phi_i$ 以及第一时延量通过如传递函数、卷积公式等, 直接输出调整量或者时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$ 从而调整第二设备的本地时钟, 其中, 第一时延量关联于第一装置与第二装置之间的几何路程, 该几何路程可以指信号在第一装置与第二装置传播的路程。其中, 第一时延量可以为几何时延量 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 。通过考虑第一时延量, 可以提高运算速度。

下面, 将结合具体第一设备和第二设备之间的交互流程对本申请的时间同步方法作出说明。

图4是本申请的基于干涉测量技术实现第一设备和第二设备一种时间同步示意图。其中该方法适用于在第一设备与第二设备间几何路程已知的情况下, 包括步骤:

S210, 第一设备向第二设备发送第二多载波信号, 其中第二多载波信号包括至少两个子载波, 例如第二多载波信号包括: 子载波 $f_1\sim f_i$, 其中, i 为大于或等于2的正整数。

可选的, 步骤S210之前, 第一设备向第二设备发送指示信息, 其中指示信息用于指示第一设备与第二设备进行时间同步。

作为另一种实现方式, 第一设备可以向第二设备发送用于时间同步以及干涉测量的指示信息包。指示信息包中可以包括指示信息和用于干涉测量的参数, 其中, 指示信息用于指示第一设备与第二设备进行时间同步, 用于干涉测量的参数可以包括时间同步周期、信号参数等。时间同步周期用于规定进行一次时间同步操作的周期。信号参数包括中心频点, 频差, 频点数等, 用于规定第一设备向第二设备发送及第二设备接收多载波信号特征。在本申请中, 第一设备与第二设备也可以通过在本地提前设置的等方式获得以上参数, 本申请并不限于此。通过发送指示信息包, 可以达到规范化时间同步过程及优化资源分配。

S220, 第一设备向第二设备发送第一信息, 第一信息用于指示第一设备在本地分析得到的第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1\sim f_i$ 对应相位 $\Phi_1\sim\Phi_i$ 。

作为一种实现方式, 第一信息直接指示第一设备在本地分析得到的第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1\sim f_i$ 对应相位 $\Phi_1\sim\Phi_i$ 。

作为另一种实现方式, 第一信息直接指示第一设备在本地分析得到的第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1\sim f_i$ 对应相位 $\Phi_1\sim\Phi_i$, 以及第二多载波信号在第一设备本地对应的时间信息。

作为另一种实现方式,第一信息用于指示第二多载波信号在第一设备本地对应的的时间信息,第二设备利用第二多载波信号对应的的时间信息,反推第一设备在本地分析得到第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 对应相位 $\phi_1 \sim \phi_i$ 。

5 S230,第二设备接收第一多载波信号,并本地分析得到的第一多载波信号所包括的各子载波对应相位 $\phi'_1 \sim \phi'_i$ 以及各子载波对应频率 $f_1 \sim f_i$ 。其中,第一多载波信号为第一设备发送的第二多载波信号经过信道间传播后的信号。

S240,第二设备根据第一设备以及第二设备各自本地分析得到的相位进行差分,如将 $\phi'_i - \phi_i$ 获得 $\Delta\phi_i$,第二多载波信号所包括的各子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差,进行与第一设备时间同步。

10 其中第二设备进行与第一设备时间同步的方式可以为:

方式 a:第二设备通过输入子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\phi_i$,通过如传递函数、卷积公式等,直接输出调整量或者时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$,调整第二设备的本地时钟,使得第一设备与第二设备的时间同步。

15 方式 b:第二设备通过输入子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差以及 $\Delta\phi_i$,并根据第一设备与第二设备间几何路程关联的第一时延量,通过如传递函数、卷积公式等获得时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$,调整第二设备的本地时钟,使得第一设备与第二设备的时间同步。其中,第一时延量可以为几何时延量 $\Delta\tau_{g,12}$ 。

方式 c:第一设备与第二设备间几何路程对应的第一时延量为几何时延 $\Delta\tau_{g,12}$,在几何时延已知的情况下,第二设备根据公式 $\Delta\tau_{12} = \frac{\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2}{2\pi(f_1 - f_2)}$ 得到第一调整量

20 $\Delta\tau_{12} = \Delta\tau_{g,12} + \Delta\tau_{\text{clk}} + n_1\tau_r$,第二设备可以将第一调整量扣除已知的几何时延 $\Delta\tau_{g,12}$ 后,消除整周模糊度后,计算时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}} = \Delta\tau_{12} - \Delta\tau_{g,12}$,并根据时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$ 调整第二设备的本地时钟,如可以调整为 $t_{\text{clk}2} - \Delta\tau_{\text{clk}}$,使得第一设备与第二设备的时间同步。

25 应理解,在上述计算中,各子载波 $f_1 \sim f_i$ 之间的频差、 $\Delta\phi_1 \sim \Delta\phi_i$ 统一利用第一多载波信号与对而多载波信号对应之差的计算方式为示意性说明,其具体计算方法以及正负性根据实际情况确定。例如上文中的 $t_{\text{clk}1} - t_{\text{clk}2} = \Delta\tau_{\text{clk}}$,还可以是 $t_{\text{clk}2} - t_{\text{clk}1} = \Delta\tau_{\text{clk}}$ 。

应理解,本申请不对第一多载波信号所传达的信息作具体限制。并且,本申请不对第一信息具体承载的信号形式作具体限制。作为一种可能实现的方式,第一信息承载于第二多载波信号上。

30 在第一设备与第二设备间几何路程未知的情况下,本申请提供双程测量方法,可以进一步消除几何时延 $\Delta\tau_{g,12}$,从而通过信号时延差计算时钟差。

通过第二装置根据在本地得到的第一多载波信号、第二多载波信号分别对应的相位、第一多载波信号的频差调整第二装置的时钟,使得第二装置和第一装置时间同步,可以实现装置间时间同步的高精度的同时,避免使用昂贵的高稳原子钟,从而降低成本。

图5是本申请的通过双程测量的方法消除几何时延差的一种方法示意图。其中该方法

包括步骤:

S311, 第二设备向第一设备发送第三多载波信号, 其中第三多载波信号包括各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$, 其中, i 为大于或等于 2 的正整数。

5 S312, 第二设备向第一设备发送第二信息, 其中第二信息用于指示第二设备本地分析得到的第二多载波信号所包括的各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$ 对应相位 $\Phi_{21} \sim \Phi_{2i}$ 。

作为一种实现方式, 第二信息直接指示第一设备在本地分析得到的第三多载波信号所包括的各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$ 对应相位 $\Phi_{21} \sim \Phi_{2i}$ 。

10 作为一种实现方式, 第一信息直接指示第一设备在本地分析得到的第三多载波信号所包括的各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$ 对应相位 $\Phi_{21} \sim \Phi_{2i}$, 以及第三多载波信号在第一设备本地对应的时间信息。

作为一种实现方式, 第一信息用于指示第三多载波信号在第一设备本地对应的时间信息, 第二设备利用第三多载波信号对应的时间信息, 反推第一设备在本地分析得到第三多载波信号所包括的各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$ 对应相位 $\Phi_{21} \sim \Phi_{2i}$ 。

15 S320, 第一设备根据所接收的经过信道间传播后的第三多载波信号、第二信息, 获得第二调整量。其中, 第二调整量可以为基于干涉测量技术, 对第一设备以及第二设备各自本地分析得到的相位进行差分, 如将 $\Phi'_{21} - \Phi'_{2i}$ 获得 $\Delta\Phi_{2i}$, 根据各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$ 之间的频差以及 $\Delta\Phi_{21} \sim \Delta\Phi_{2i}$, 计算信号时延差 $\Delta\tau_{21} = \Delta\tau_{g_12} - \Delta\tau_{clk} + n_2\tau_r$ 。

S331, 第一设备向第二设备发送第四多载波信号, 其中第四多载波信号包括各子载波 $f_{31} \sim f_{3i}$, 其中, i 为大于或等于 2 的正整数。

20 S332, 第一设备向第二设备发送第三信息, 其中第三信息用于指示第一设备本地分析得到的第四多载波信号所包括各子载波 $f_{31} \sim f_{3i}$ 对应相位 $\Phi_{31} \sim \Phi_{3i}$ 。

作为一种实现方式, 第二信息直接指示第一设备在本地分析得到的第四多载波信号所包括的各子载波 $f_{31} \sim f_{3i}$ 对应相位 $\Phi_{31} \sim \Phi_{3i}$ 。

25 作为一种实现方式, 第一信息直接指示第一设备在本地分析得到的第四多载波信号所包括的各子载波 $f_{31} \sim f_{3i}$ 对应相位 $\Phi_{31} \sim \Phi_{3i}$, 以及第四多载波信号在第一设备本地对应的时间信息。

作为一种实现方式, 第一信息用于指示第四多载波信号在第一设备本地对应的时间信息, 第二设备利用第四多载波信号对应的时间信息, 反推第一设备在本地分析得到第四多载波信号所包括的各子载波 $f_{21} \sim f_{2i}$ 对应相位 $\Phi_{21} \sim \Phi_{2i}$ 。

30 S340, 第二设备根据所接收的经过信道间传播后的第四多载波信号、第三信息, 获得第三调整量。其中, 第三调整量可以为基于干涉测量技术, 对第一设备以及第二设备各自本地分析得到的相位进行差分, 将 $\Phi'_{31} - \Phi'_{3i}$ 获得 $\Delta\Phi_{3i}$, 根据各子载波 $f_{31} \sim f_{3i}$ 之间的频差以及 $\Delta\Phi_{31} \sim \Delta\Phi_{3i}$, 计算信号时延差 $\Delta\tau'_{12} = \Delta\tau_{g_12} + \Delta\tau_{clk} + n_1\tau_r$ 。

35 作为一种消除几何时延的方式, 通过步骤 S350, 第一设备根据第二调整量 $\Delta\tau_{21} = \Delta\tau_{g_12} - \Delta\tau_{clk} + n_2\tau_r$ 调整本地时钟 t_{clk1} ; 以及执行如图 3 所示的各步骤, 第二设备根据执行图 3 所示的各步骤根据干涉测量法得到信号时延 $\Delta\tau_{12} = \Delta\tau_{g_12} + \Delta\tau_{clk} + n_1\tau_r$, 以及第三

调整量 $\Delta\tau'_{12} = \Delta\tau_{g_{12}} + \Delta\tau_{clk} + n_1\tau_r$ 调整本地时钟 t_{clk2} 。作为示例而非限定，第一设备的本地时钟调整为 $t_{clk1} - \frac{\Delta\tau_{21}}{2}$ ，第二设备的本地时钟调整为 $t_{clk2} + \frac{\Delta\tau'_{12}}{2} - \Delta\tau_{12}$ ，此时有第一设备与第二设备本地时钟的差值为 $t'_{clk1} - t'_{clk2} = (t_{clk1} - t_{clk2}) - \left(\frac{\Delta\tau_{21}}{2} + \frac{\Delta\tau'_{12}}{2}\right) + \Delta\tau_{12} = (t_{clk1} - t_{clk2}) - \left[\Delta\tau_{g_{12}} + \left(\frac{n_1\tau_r + n_2\tau_r}{2}\right)\right] + \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{clk} + n_2\tau_r =$

- 5 $(t_{clk1} - t_{clk2}) - \Delta\tau_{clk} + \frac{n_2\tau_r - n_1\tau_r}{2}$ ，在通过约束计算值消除整周模糊度 $n_1\tau_r$ 以及 $n_2\tau_r$ 后，第一设备与第二设备本地时钟的差值为 $t'_{clk1} - t'_{clk2} = (t_{clk1} - t_{clk2}) - \Delta\tau_{clk} = 0$ ，第一设备与第二设备时间同步。

通过该方式，可以使得第一设备与第二设备双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 被消除，从而实现第一设备与第二设备间高精度、低成本、低复杂度的时间同步的目的。

- 10 通过采用基于本地相关的干涉测量法计算信号时延差，即第一设备、第二设备在本地分别分析得到第一多载波信号的相位，然后计算时延差。在双程测量中，基于本地相关的干涉测量法计算时延差可以消除第一设备及第二设备的设备响应时间引起的系统误差，提高几何时延的测量精度。

- 15 进一步地，步骤 S311 以及步骤 S331 可以为并行发生，即第一设备与第二设备在约定时间互相发送第三多载波信号、第四多载波信号；进一步地，步骤 S311、第二设备发送第二信息、步骤 S331、第一设备发送第三信息为并行发生；更进一步地第一设备与第二设备的工作模式为全双工模式，从而可以进一步抵消第一设备与第二设备响应时间，进一步提高时间同步的精度。

- 20 应理解，本申请不对第三多载波信号、第四多载波信号所传达的信息作具体限制。同时，本申请不对第二信息、第三信息承载的信号形式作具体限制。作为一种可能实现的方式，第二信息承载于第三多载波信号上。作为一种可能实现的方式，第三信息承载于第四多载波信号上。

应理解，本申请不对步骤的先后顺序作出限制，具体顺序应根据具体应用环境以及设计而定。

- 25 图 6 是本申请的通过双程测量的方法抵消几何时延差的另一种方法示意图。其中该方法包括步骤：

S411、S412、S420、S431、S432、S440 分别与如图 5 中步骤 S311、S312、S320、S331、S332、S340 对应，在此不再赘述。

作为一种消除几何时延的方式：

- 30 通过步骤 S450，第一设备向第二设备发送第四信息，其中，第四信息指示第二调整量。以及执行如图 3 所示的各步骤，第二设备根据执行图 3 所示的各步骤根据干涉测量法得到信号时延 $\Delta\tau_{12} = \Delta\tau_{g_{12}} + \Delta\tau_{clk} + n_1\tau_r$ 、第二调整量 $\Delta\tau_{21} = \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{clk} + n_2\tau_r$ 、第三调整量 $\Delta\tau'_{12} = \Delta\tau_{g_{12}} + \Delta\tau_{clk} + n_1\tau_r$ 调整本地时钟 t_{clk2} 。作为示例而非限定，此时可以有第二设备的本地时钟调整为 $t_{clk2} - \left(\Delta\tau_{12} - \frac{\Delta\tau'_{12} + \Delta\tau_{21}}{2}\right)$ ，此时有第一设备与第二设备本地时钟的差值

为 $t'_{\text{clk1}} - t'_{\text{clk2}} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \left(\frac{\Delta\tau_{21}}{2} + \frac{\Delta\tau'_{12}}{2}\right) + \Delta\tau_{12} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \left[\Delta\tau_{g_{12}} + \left(\frac{n_1\tau_r + n_2\tau_r}{2}\right)\right] + \Delta\tau_{g_{12}} - \Delta\tau_{\text{clk}} + n_2\tau_r\tau_r = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \Delta\tau_{\text{clk}} + \frac{n_2\tau_r - n_1\tau_r}{2}$, 在通过约束计算值消除整周模糊度 $n_1\tau_r$ 以及 $n_2\tau_r$ 后, 第一设备与第二设备本地时钟的差值为 $t'_{\text{clk1}} - t'_{\text{clk2}} = (t_{\text{clk1}} - t_{\text{clk2}}) - \Delta\tau_{\text{clk}} = 0$, 第一设备与第二设备时间同步。

5 通过该方式, 可以使得第一设备与第二设备双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 被消除, 从而实现第一设备与第二设备间高精度、低成本、低复杂度的时间同步的目的。

10 通过采用基于本地相关的干涉测量法计算信号时延差, 即第一设备、第二设备在本地分别分析得到第一多载波信号的相位, 然后计算时延差。在双程测量中, 基于本地相关的干涉测量法计算时延差可以消除第一设备及第二设备的设备响应时间引起的系统误差, 提高几何时延的测量精度。

在实际应用中, 在第一设备或第二设备双站之间路程未知的情况下, 本申请中可以通过实施图 5 和/或图 6 中所示的各步骤, 消除第一设备与第二设备双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$, 并通过多次实施图 4 所示的各步骤, 计算第一设备与第二设备的时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$, 从而使得第一设备与第二设备实现时间同步。应理解, 在具体的实施方式中, 不对实施图 15 5 和/或图 6 以及实施图 4 的次数, 以及先后顺序作限制。因此, 在本申请中可以通过闭环的方式, 实时消除第一设备与第二设备双站之间的几何时延以及时钟差, 从而实现高精度的时间同步。

应理解, 上述描述中的相位差、频差、时钟差、时延量、调整量的算法为方便理解的示意性说明, 其具体计算方法、正负性根据实际情况确定。

20 图 7 是本申请的一种基于干涉测量技术实现时间同步的流程示意图。

其中该方法包括步骤:

第一设备向第二设备发送示信息包, 其中包括指示信息和用于干涉测量的参数, 其中, 指示信息用于指示第一设备与第二设备进行时间同步; 用于干涉测量的参数可以包括时间同步周期、信号参数等。

25 双程测量消除几何时延, 多次实施步骤:

S511、S512、S520、S531、S532、S540 分别与如图 5 中步骤 S411、S412、S420、S431、S432、S440 对应, 在此不再赘述。

和/或如图 6 中所示的各步骤, 消除第一设备与第二设备双站之间路程对应的几何时延 $\Delta\tau_{g_{12}}$ 。

30 基于干涉测量技术计算信号时延差, 多次实施:

S531、S532 分别与如图 4 中所示的步骤 S210、S220 对应, 在此不再赘述。

第二设备根据上述步骤所获得的调整量获得时钟差 $\Delta\tau_{\text{clk}}$, 并调整第二设备的本地时钟, 第一设备与第二设备时间同步。

第二设备分析出此时双站已经达到同步, 第二设备向第一设备发送第二指示信息, 该

第二指示信息用于指示第一设备调整发送的信号结构,使得第一设备发送的多载波信号只包括两个子载波,其中两个子载波在频谱上分别对应分立的频点,达到节约发射资源的目的。作为另一种实现方式,第二指示信息用于指示第一设备调整发送的信号结构,使得第一设备发送的多载波信号包括三个子载波,其中三个子载波在频谱上分别对应分立的频点,在达到节约发射资源的目的的同时,使得时间同步的稳定性更强。

图 8 示出了本申请的时间同步方案的仿真结果。根据如图 7 所示的基于干涉测量技术实现时间同步的流程,在将多载波信号带宽设置为 10 Hz 的情况下,本申请可以在 ms 级别的积分时间即可对第一和第二设备的时钟差进行高精度估计。因而能够在 ms 级别的积分时间内生成高精度双设备时间同步校正量,从而实现快速变化的双设备时钟差进行校正。

在干涉测量技术中,如果使用的测量信号包括多个子载波,其中多个子载波在频谱上分别对应分立的频点,并采取等频差选取测量信号的频点的方法,则会消耗过多的频率资源,也增加了计算量。

在本申请中,可以通过对第一设备向第二设备发送的多载波信号特征进行设置,从而进一步优化本申请的基于干涉测量技术计算信号时延差的技术方案。在本申请中,可以通过第一设备向第二设备发送多载波信号,其中该信号至少包括三个子载波,该三个子载波在频谱上分别对应分立的频点。其中,第一子载波与第二子载波的频点具有第一频差,第二子载波与第三子载波的频点具有第二频差。其中,第一频差大于第二频差。

由于测量范围与频差成反比,且频差为等间隔时会导致计算信号时延差时的测量误差增大,通过对信号进行该方式设置,可以使得在基于干涉测量技术计算信号时延差时,既可以扩大测量范围(即第一设备与第二设备的路程范围),也可以降低计算信号时延差时的测量误差。

进一步地,可以设置第一频差为第二频差的整数倍,如在第一设备向第二设备发送的信号包括多个子载波时,其中各子载波在频谱上可以对应的频点之间的频差以等比的形式增大,从而进一步提高运算速度,快速计算模糊度,同时节约频点资源。

图 9 是本申请的一种第一设备及第二设备发送的多载波信号的特征设置示意图。如图所示,以设置第一频差为第二频差的整数倍为 2 为例,可以将各子载波在频谱上对应的频点 f_i (i 为大于或等于 1 的正整数) 设置为 $f_i = f_0 + \frac{1-(-2)^i}{3} \Delta f$, 其中 f_0 为中心频点。同理关于中心频点对称的各频点取值 $f_i = f_0 - \frac{1-(-2)^i}{3} \Delta f$ 也满足应用要求。

图 10 是本申请的另一种第一设备及第二设备发送的多载波信号的特征设置示意图。如图所示,以设置第一频差为第二频差的整数倍为 2 为例,可以将各子载波在频谱上对应的频点 f_i (i 为大于或等于 1 的正整数) 设置为 $f_i = f_0 + 2^{i-1} \Delta f$ 。同理关于中心频点 f_0 对称的一组频点设计也满足应用要求,表达为 $f_i = f_0 - 2^{i-1} \Delta f$ 。以设置第一频差为第二频差的整数倍为 2 为例,可以在本申请中基于干涉测量技术计算信号时延差的技术方案中,如第二设备根据第一设备以及第二设备双站本地分析得到的相位进行差分时,生成一系列二进制指数序列,如 $\{2^{i-1}\}$, 其中 i 为大于或等于 1 的自然数,从而辅助快速计算模糊度,提高

运算速度。

作为一种实现该第一设备及第二设备发送的多载波信号的特征设置的方式，可以将该多载波信号的特征设置到正交频分复用技术(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 简称 OFDM)的导频信号中，利用多个子载波来生成在频谱上对应该频点特征的信号。

5 通过将该第一设备及第二设备发送的多载波信号的特征设置的方式应用于本申请的如图 7 所示的基于干涉测量技术实现时间同步的流程，由于使用干涉测量的方法能够在 ms 级别的积分时间实现对双站时钟差的高精度估计，因此可以在 ms 级别的积分时间即可生成时钟校正量对双站时钟进行同步。进一步，相位噪声是快速变化的，而短积分时间的
10 时间同步校正操作可以跟踪相位噪声引起的时钟差并予以消除。本申请中提出的时间同步方法有潜力在使用一般晶振时实现 100ps~10ps 级别的无线时间同步。因此，本申请可以在低成本的前提下实现双站高精度时间同步。

此外，本申请实施例还提供一种装置，该装置可以实现上述的方法。图 11 是本申请的实施设备本地分析多载波信号的一种装置示意图。以第一设备向第二设备发送多载波信号为例，在第一设备中：首先生成数据；并对数据进行编码、调制、映射等步骤，获得数
15 字信号；然后对生成的数字信号进行数模转换 (digital to analog converter, DAC) 后得到模拟信号；通过上变频器将中低频的模拟信号转化为高频信号，并将高频信号通过功率放大器放大之后获得待发送的有效信号；第一设备通过本地的天线获得发送的多载波信号，并通过接收下变频器将高频信号转化为中低频的信号；然后对中低频的信号进行模数转换
20 (analog to digital converter, ADC) 得到数字信号；对数字信号进行解调、译码等步骤处理获得数据；并利用信号处理的方法测量信号的相位。

同理，第一设备可以通过本地的天线获得第二设备发送经过信道间传输的多载波信号，并通过接收下变频器将高频信号转化为中低频的信号；然后对中低频的信号进行 ADC 得
25 到数字信号；对数字信号进行解调、译码等步骤处理获得数据；并利用信号处理的方法测量信号的相位。

图 12 是本申请的一种实施基于干涉测量的时间同步方法的通信装置示意图。装置 600
包括：601 收发模块，用于与外部进行通信，还可以称为通信接口或通信单元；602 处理
30 模块，用于进行数据处理。

装置 600 可以用于执行上文方法实施例中第一设备侧所执行的如图 4~图 7 中动作，601
收发模块，用于执行上文方法实施例中第一设备侧发送即接收如图 4~图 7 中相关的操作，
30 602 处理模块用于执行上文方法实施例中第一设备侧的如图 4~图 7 中处理相关的操作。

装置 600 可以用于执行上文方法实施例中第二设备所执行的如图 4~图 7 中动作，601
收发模块，用于执行上文方法实施例中第二设备侧发送即接收如图 4~图 7 中相关的操作，
602 处理模块用于执行上文方法实施例中第二设备侧的处理如图 4~图 7 中相关的操作。

图 13 是本申请实施例提供的一种第一设备和第二设备的结构示意图。

35 其中，第一设备包括至少一个处理器 701 和至少一个收发器 703。可选的，第一设备还可以包括至少一个存储器 702、至少一个输出设备 704 或至少一个输入设备 705。

处理器 701、存储器 702 和收发器 703 通过通信线路相连接。通信线路可包括一个通路，在上述组件之间传送信息。

处理器 701 可以是通用中央处理单元 (central processing unit, CPU)，还可以是其它

通用处理器、数字信号处理器 (digital signal processor, DSP)、专用集成电路 (application specific integrated circuit, ASIC)、现场可编程门阵列 (field programmable gate array, FPGA) 或者其它可编程逻辑器件、晶体管逻辑器件, 硬件部件或者其任意组合。通用处理器可以是微处理器, 也可以是任何常规的处理器。在具体实现中, 作为一种实施例, 处理器 701 也可以包括多个 CPU, 并且处理器 701 可以是单核处理器或多核处理器。这里的处理器可以指一个或多个设备、电路或用于处理数据的处理核。

存储器 702 可以是具有存储功能的装置。例如可以是只读存储器 (read-only memory, ROM) 或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备、随机存取存储器 (random access memory, RAM) 或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备, 也可以是可编程只读存储器 (programmable ROM, PROM)、可擦除可编程只读存储器 (erasable PROM, EPROM)、电可擦可编程只读存储器 (electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM)、只读光盘 (compact disc read-only memory, CD-ROM) 或其他光盘存储、光碟存储 (包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质, 但不限于此。存储器 702 可以是独立存在, 通过通信线路与处理器 701 相连接。存储器 502 也可以和处理器 701 集成在一起。

其中, 存储器 702 用于存储执行本申请方案的计算机执行指令, 并由处理器 701 来控制执行。具体的, 处理器 701 用于执行存储器 702 中存储的计算机执行指令, 从而实现本申请实施例所述的随机接入方法。

或者, 可选的, 本申请实施例中, 也可以是处理器 701 执行本申请下述实施例提供的随机接入方法中的处理相关的功能, 收发器 703 负责与其他设备或通信网络通信, 本申请实施例对此不作具体限定。

可选的, 本申请实施例中的计算机执行指令也可以称之为应用程序代码或者计算机程序代码, 本申请实施例对此不作具体限定。

收发器 703 可以使用任何收发器一类的装置, 用于与其他设备或通信网络通信, 如以太网、RAN、或者无线局域网 (wireless local area networks, WLAN) 等。收发器 703 包括发射机 (transmitter, Tx) 和接收机 (receiver, Rx)。

输出设备 704 和处理器 701 通信, 可以以多种方式来显示信息。例如, 输出设备 704 可以是液晶显示器 (liquid crystal display, LCD), 发光二级管 (light emitting diode, LED) 显示设备, 阴极射线管 (cathode ray tube, CRT) 显示设备, 或投影仪 (projector) 等。

输入设备 705 和处理器 701 通信, 可以以多种方式接受用户的输入。例如, 输入设备 505 可以是鼠标、键盘、触摸屏设备或传感设备等。

第二设备包括至少一个处理器 801、至少一个收发器 803 和至少一个网络接口 804。可选的, 第二设备还可以包括至少一个存储器 802。其中, 处理器 801、存储器 802、收发器 803 和网络接口 804 通过通信线路相连接。网络接口 804 用于通过链路 (例如 S1 接口) 与核心网设备连接, 或者通过有线或无线链路 (例如 X2 接口) 与其它第二设备的网络接口进行连接 (图 13 中未示出), 本申请实施例对此不作具体限定。另外, 处理器 801、存储器 802 和收发器 803 的相关描述可参考第一设备中处理器 801、存储器 802 和收发器 803 的描述, 在此不再赘述。

此外，本申请实施例还提供一种芯片，该芯片获取指令并执行该指令来实现上述的方法。

可选地，作为一种实现方式，该芯片包括处理器与通信接口，该处理器通过该通信接口读取存储器上存储的指令，执行上述方法。

5 可选地，作为一种实现方式，该芯片还可以包括存储器，该存储器中存储有指令，该处理器用于执行该存储器上存储的指令，当该指令被执行时，该处理器用于执行上述方法。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储有指令，该指令用于上述方法实施例中的方法。

10 本申请实施例还提供一种包含指令的计算机程序产品，该指令用于实现上述方法实施例中的方法。

在本说明书中使用的术语“部件”、“模块”、“系统”等用于表示计算机相关的实体、硬件、固件、硬件和软件的组合、软件、或执行中的软件。例如，部件可以是但不限于，在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行文件、执行线程、程序和/或计算机。通过图示，在计算设备上运行的应用和计算设备都可以是部件。一个或多个部件可驻留在
15 进程和/或执行线程中，部件可位于一个计算机上和/或分布在 2 个或更多个计算机之间。此外，这些部件可从在上面存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。部件可例如根据具有一个或多个数据分组（例如来自与本地系统、分布式系统和/或网络间的另一部件交互的二个部件的数据，例如通过信号与其它系统交互的互联网）的信号通过本地和/或远程进程来通信。

20 本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

25 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组
30 件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络
35 单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现

有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

5

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1. 一种用于时间同步的方法，其特征在于，包括步骤：

5 第二装置检测第一多载波信号，以确定所述第一多载波信号的第一相位以及第二相位，其中所述第一多载波信号为第一装置发送的第二多载波信号经过信道间传播后的信号，所述第一多载波信号包括至少两个子载波；

第二装置接收第一信息，其中，所述第一信息用于指示所述第二多载波信号对应的第三相位以及第四相位；

10 第二装置根据第一相位差、第二相位差和第一频差，进行与所述第一装置的时间同步，其中，所述第一相位差为所述第一相位和第三相位的相位差，所述第二相位差为所述第二相位和第四相位的相位差，所述第一频差为所述第一多载波信号对应的频差。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第二装置根据第一相位差、第二相位差和第一频差，进行与所述第一装置的时间同步，包括：

15 所述第二装置根据第一调整量进行所述第二装置的时间同步，且所述第一调整量 $\Delta\tau$ 满足以下条件：

$$\Delta\tau = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2\pi\Delta f}$$

其中 $\Delta\Phi_1$ 表示所述第一相位差， $\Delta\Phi_2$ 表示所述第二相位差， Δf 表示所述第一频差。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第二装置根据第一相位差、第二相位差和所述第一信号和所述第二信号的第一频差，进行与所述第一装置的时间同步，包括：

20 第二装置根据所述第一相位差、所述第二相位差、所述第一频差和第一时延量，进行与所述第一装置的时间同步，所述第一时延量关联于所述第一装置与所述第二装置之间的几何路程。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，第二装置根据所述第一相位差、所述第二相位差、所述第一频差和第一时延量，进行与所述第一装置的时间同步，包括：

25 所述第二装置根据第一调整量进行所述第二装置的时间同步，所述第一调整量满足以下条件：

$$\Delta\tau = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{2\pi\Delta f} - \Delta\tau_{g_{12}}$$

其中 $\Delta\Phi_1$ 表示所述第一相位差， $\Delta\Phi_2$ 表示所述第二相位差， Δf 表示所述第一频差， $\Delta\tau_{g_{12}}$ 表示第一时延量。

5. 如权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，在第二装置检测第一多载波信号之前，所述方法还包括：

30 第二装置发送第三多载波信号；

第二装置发送第二信息，其中所述第二信息用于指示第三多载波信号对应的第五相位以及第六相位，所述第三多载波信号和所述第二信息用于所述第一装置调整本地时钟；

第二装置检测第四多载波信号，以确定所述第四多载波信号的第七相位以及第八相位，

其中所述第四多载波信号为第一装置发送的第五多载波信号经过信道间传播后的信号；

第二装置接收第三信息，其中，所述第三信息用于指示所述第五多载波信号对应的第九相位以及第十相位；

5 第二装置根据第三相位差、第四相位差和第二频差，调整本地时钟，其中所述第三相位差为所述第七相位和第九相位的相位差，所述第四相位差为所述第八相位和第十相位的相位差，所述第二频差为所述第四多载波信号对应的频差。

6. 如权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，在第二装置检测第一多载波信号之前，所述方法还包括：

第二装置发送第三多载波信号；

10 第二装置发送第二信息，其中所述第二信息用于指示第三多载波信号对应的第五相位以及第六相位，所述第三多载波信号和所述第二信息用于所述第一装置确定第二调整量；

第二装置检测第四多载波信号，以确定所述第四多载波信号的第七相位以及第八相位，其中所述第四多载波信号为第一装置发送的第五多载波信号经过信道间传播后的信号；

15 第二装置接收第三信息，其中，所述第三信息用于指示所述第五多载波信号对应的第九相位以及第十相位；

第二装置根据第三相位差、第四相位差和第二频差确定第三调整量，其中所述第三相位差为所述第七相位和第九相位的相位差，所述第四相位差为所述第八相位和第十相位的相位差，所述第二频差为所述第四多载波信号对应的频差；

第二装置接收第四信息，其中所述第四信息用于指示第二调整量；

20 第二装置根据第二调整量以及第三调整量调整本地时钟。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的方法，其特征在于，所述第三多载波信号和所述第五多载波并行传输。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述第二信息和第三信息为并行发送。

25 9. 如权利要求 1-6 中任意一项所述的方法，其特征在于，所述第一信息具体用于指示所述第二多载波信号对应的第三相位以及第四相位，和所述第三相位以及第四相位对应的时间信息。

30 10. 如权利要求 1-9 中任意一项所述的方法，其特征在于，所述第一多载波信号包括第一子载波、第二子载波和第三子载波，所述第一子载波、第二子载波和第三子载波分别对应不同频率，其中，所述第一子载波和第二子载波的频率之差对应第三频差，所述第二子载波和第三子载波的频率之差对应第四频差，所述第三频差大于所述第四频差。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述第一频差为所述第三频差的 K 倍，K 为正整数。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述 K 为 2。

13. 一种用于时间同步的方法，其特征在于，包括步骤：

35 第一装置发送第二多载波信号；

第一装置发送第一信息，其中，所述第一信息用于指示所述第二多载波信号对应的第三相位以及第四相位，所述第二多载波信号和所述第一信息用于第二装置调整本地时钟。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，在第一装置发送第二多载波信号之前，所述方法还包括：

第一装置检测第六多载波信号，以确定所述第六多载波信号对应的第十一相位、第十二相位，其中所述第六多载波信号为第二装置发送的第三多载波信号经过信道间传播后的信号；

5 第一装置接收第二信息，其中，所述第二信息用于指示所述第三多载波信号对应的第五相位以及第六相位；

第一装置根据第五相位差、第六相位差和第五频差，调整本地时钟，其中所述第五相位差为所述第十一相位和第五相位的相位差，所述第六相位差为所述第十二相位和第六相位的相位差，所述第五频差为所述第六多载波信号对应的频差；

第一装置发送第五多载波信号；

10 第一装置发送第三信息，其中，所述第三信息用于指示第五多载波信号对应的第九相位以及第十相位，所述第五多载波信号和所述第三信息用于所述第二装置调整本地时钟。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，在第一装置发送第二多载波信号之前，所述方法还包括：

15 第一装置检测第六多载波信号，以确定所述第六多载波信号对应的第十一相位、第十二相位，其中所述第六多载波信号为第二装置发送的第三多载波信号经过信道间传播后的信号；

第一装置接收第二信息，其中，所述第二信息用于指示所述第三多载波信号对应的第五相位以及第六相位；

20 第一装置根据第五相位差、第六相位差和第五频差，获得第二调整量，其中所述第五相位差为所述第十一相位和第五相位的相位差，所述第六相位差为所述第十二相位和第六相位的相位差，所述第五频差为所述第六多载波信号对应的频差；

第一装置发送第四信息，其中所述第四信息用于指示所述第二调整量，所述第二调整量用于所述第二装置调整本地时钟；

第一装置发送第五多载波信号；

25 第一装置发送第三信息，其中，所述第三信息用于指示第五多载波信号对应的第九相位以及第十相位，所述第五多载波信号和所述第三信息用于所述第二装置调整本地时钟。

30 16. 如权利要求 13-15 中任意一项所述的方法，其特征在于，所述第一多载波信号包括第一子载波、第二子载波和第三子载波，所述第一子载波、第二子载波和第三子载波分别对应不同频率，其中，所述第一子载波和第二子载波的频率之差对应第三频差，所述第二子载波和第三子载波的频率之差对应第四频差，所述第三频差大于第四频差。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述第一频差为所述第三频差的 K 倍，K 为正整数。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述 K 为 2。

35 19. 一种通信装置，用于执行如权利要求 1-12 中任意一项所述的方法，其特征在于，包括：收发模块、信号处理模块。

20. 一种通信装置，用于执行如权利要求 13-18 中任意一种所述的方法，其特征在于，包括：收发模块、信号处理模块。

21. 一种芯片，其特征在于，包括处理器，所述处理器与存储器耦合，所述存储器用于存储计算机程序，所述处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序，以使得所述芯

片执行如权利要求 1-18 中任一项所述的方法。

22. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述存储介质中存储有计算机程序或指令，当所述计算机程序或指令被处理器执行时，如权利要求 1-18 中任一项所述的方法被实现。

5 23. 一种计算机产品，其特征在于，当其在计算机上运行时，使得权利要求 1-18 中任一项所述的方法被执行。

24. 一种通信系统，其特征在于，包括终端设备和网络设备，其中所述终端设备用于执行如权利要求 1-12 中任一项所述的方法，所述网络设备用于执行如权利要求 13-18 中任一项所述的方法。

10

附图

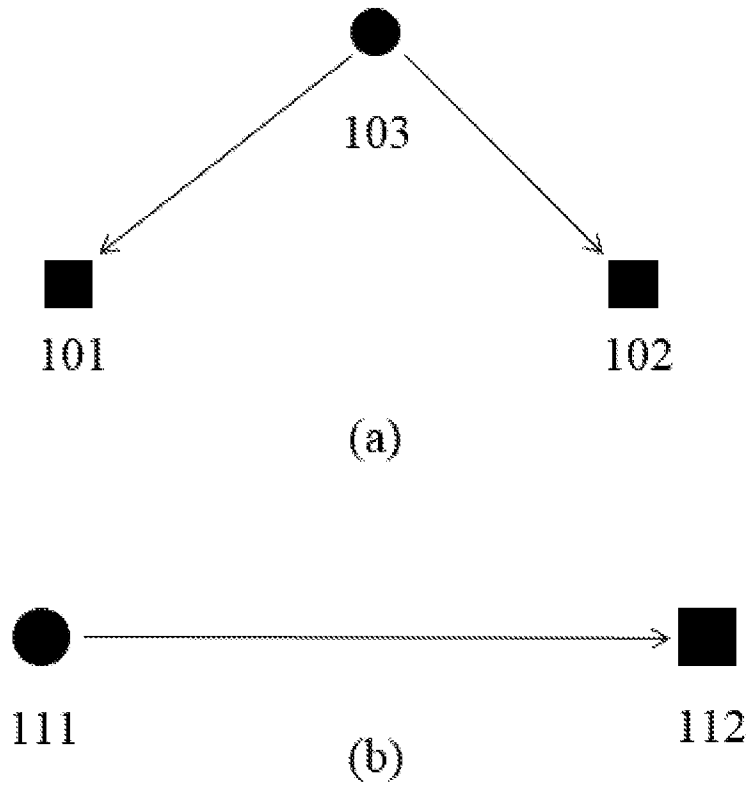


图 1

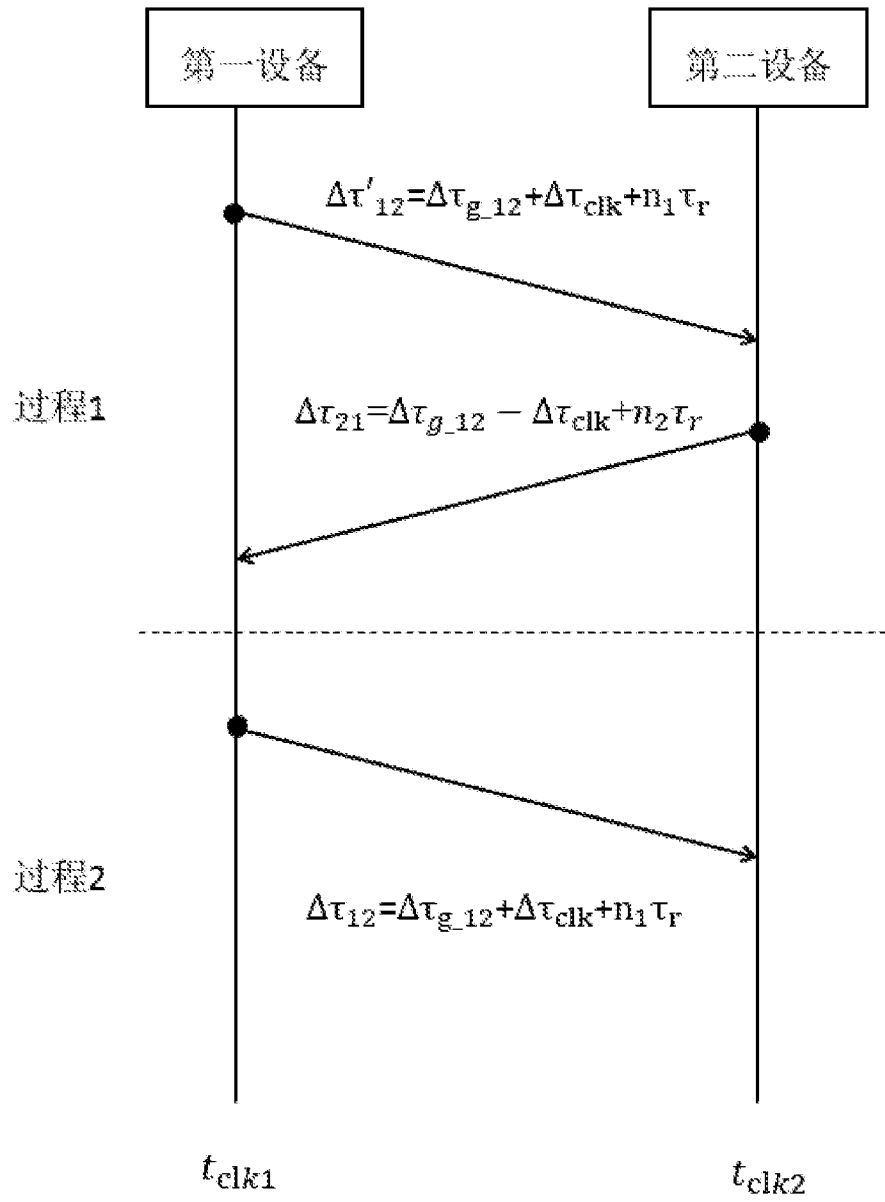


图 2

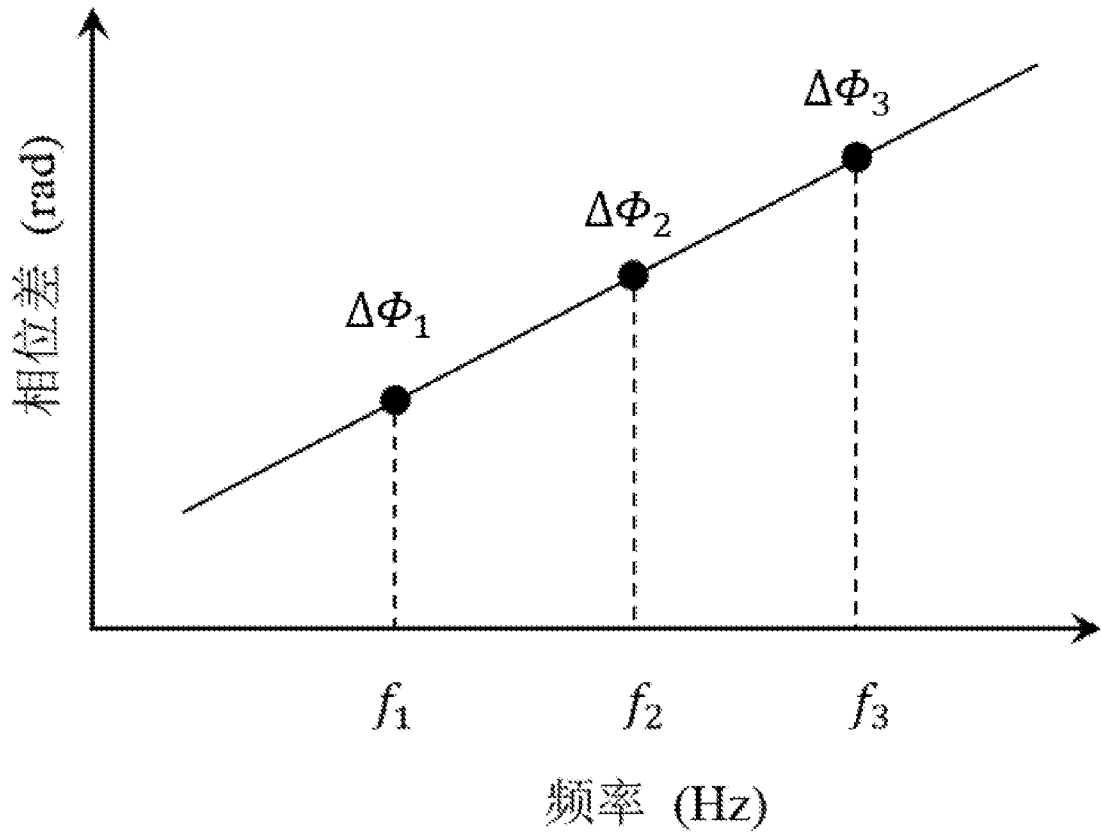


图 3

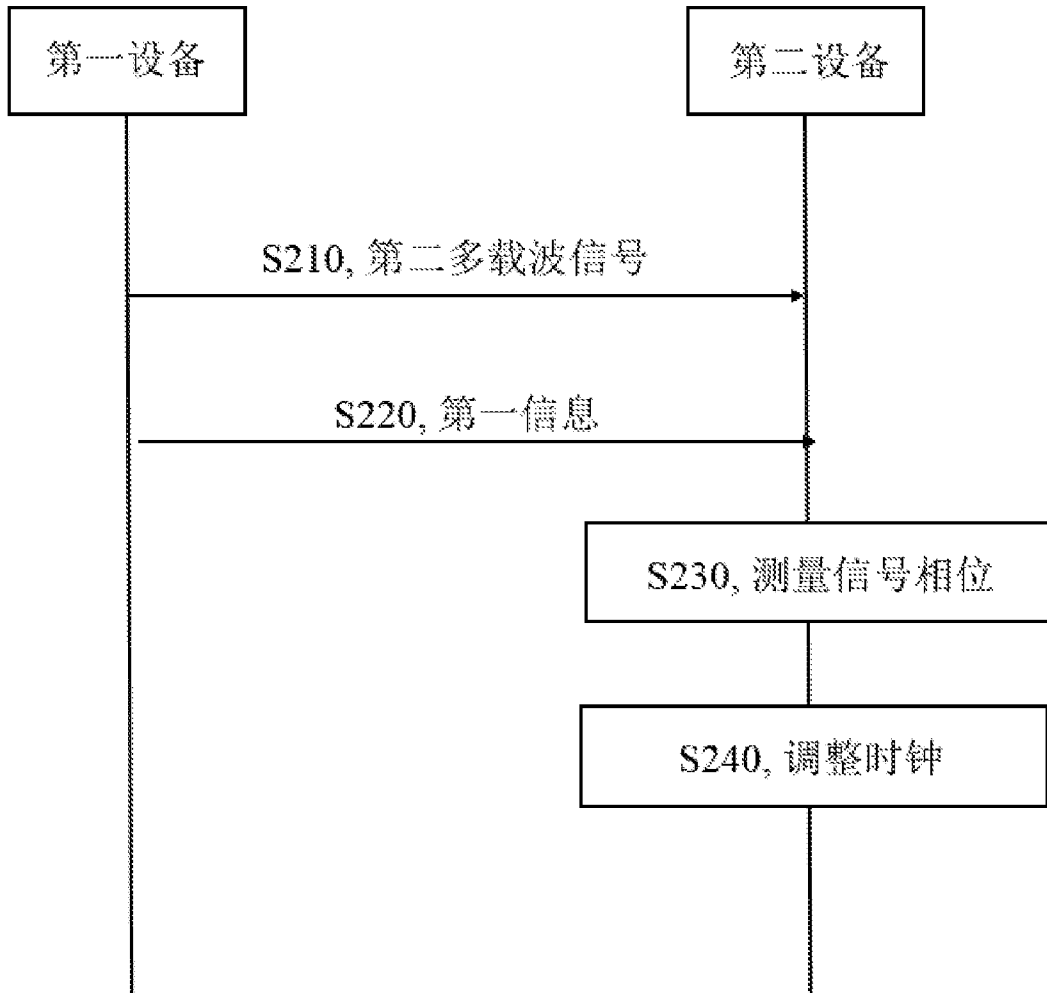


图 4

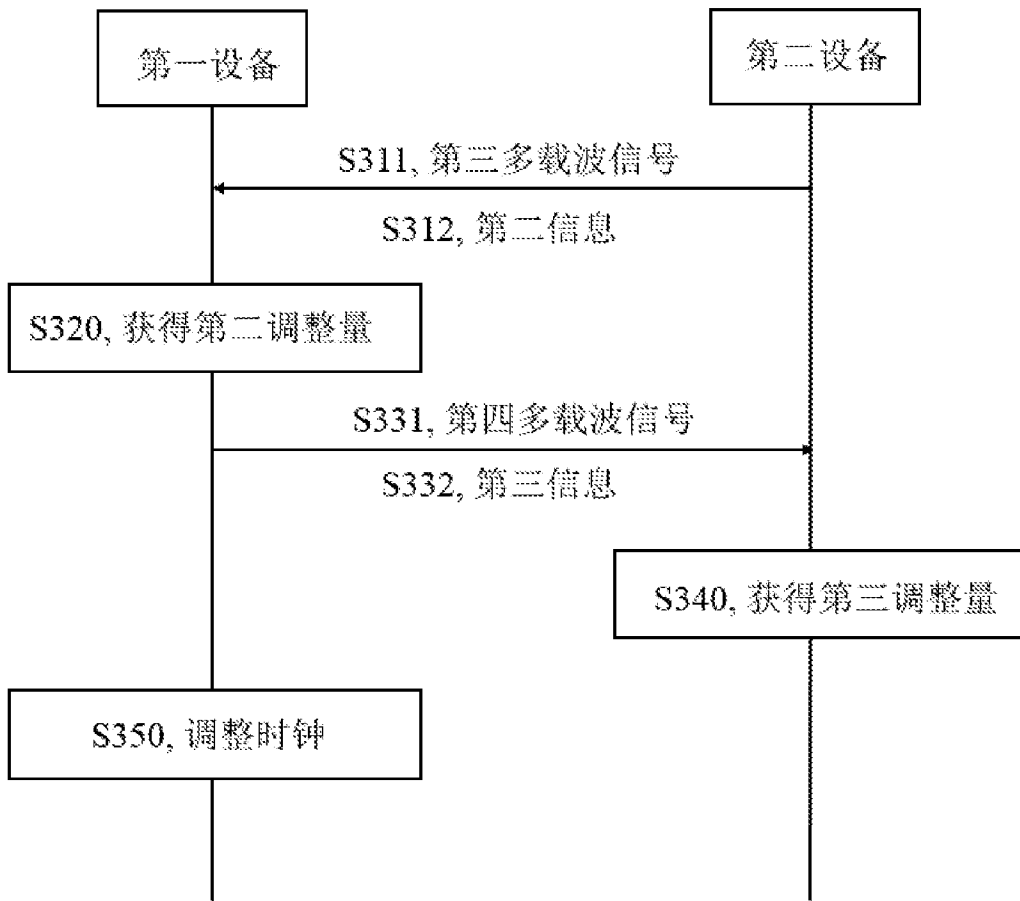


图 5

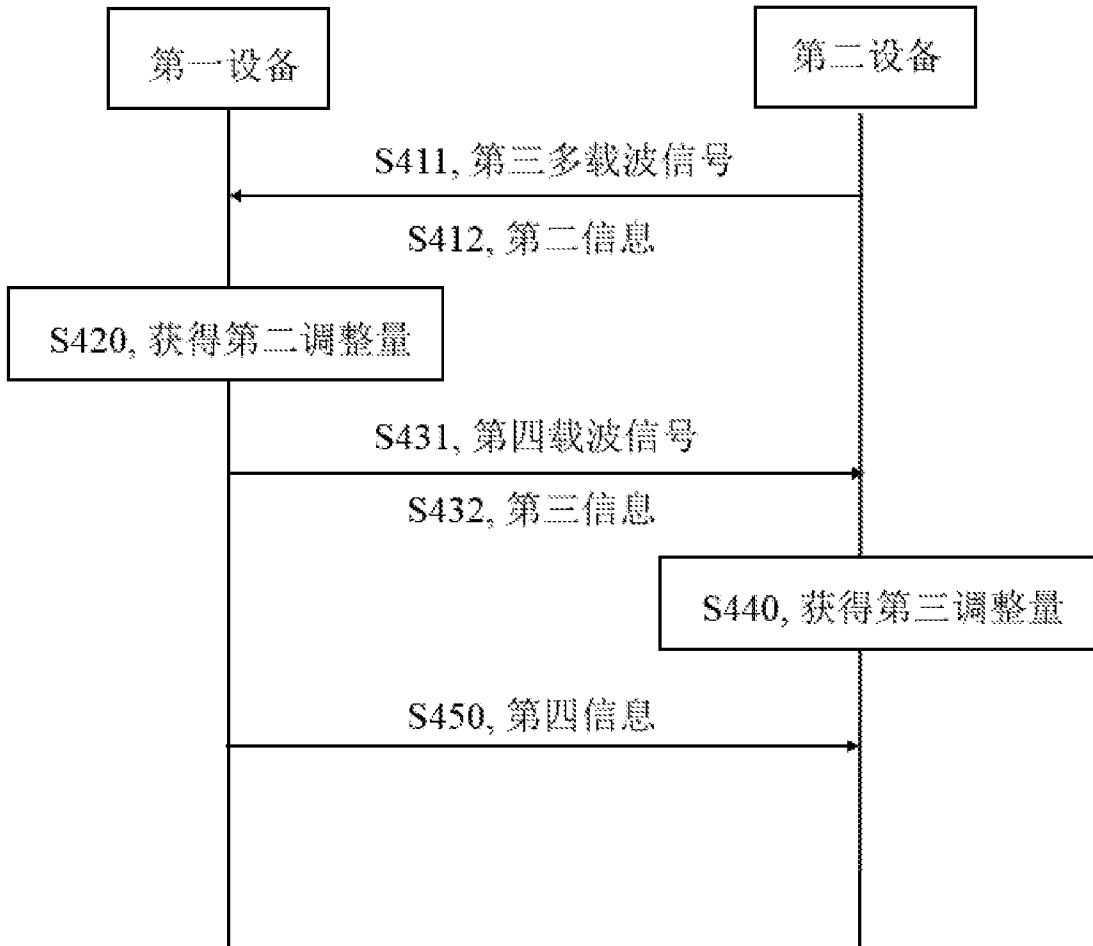


图 6

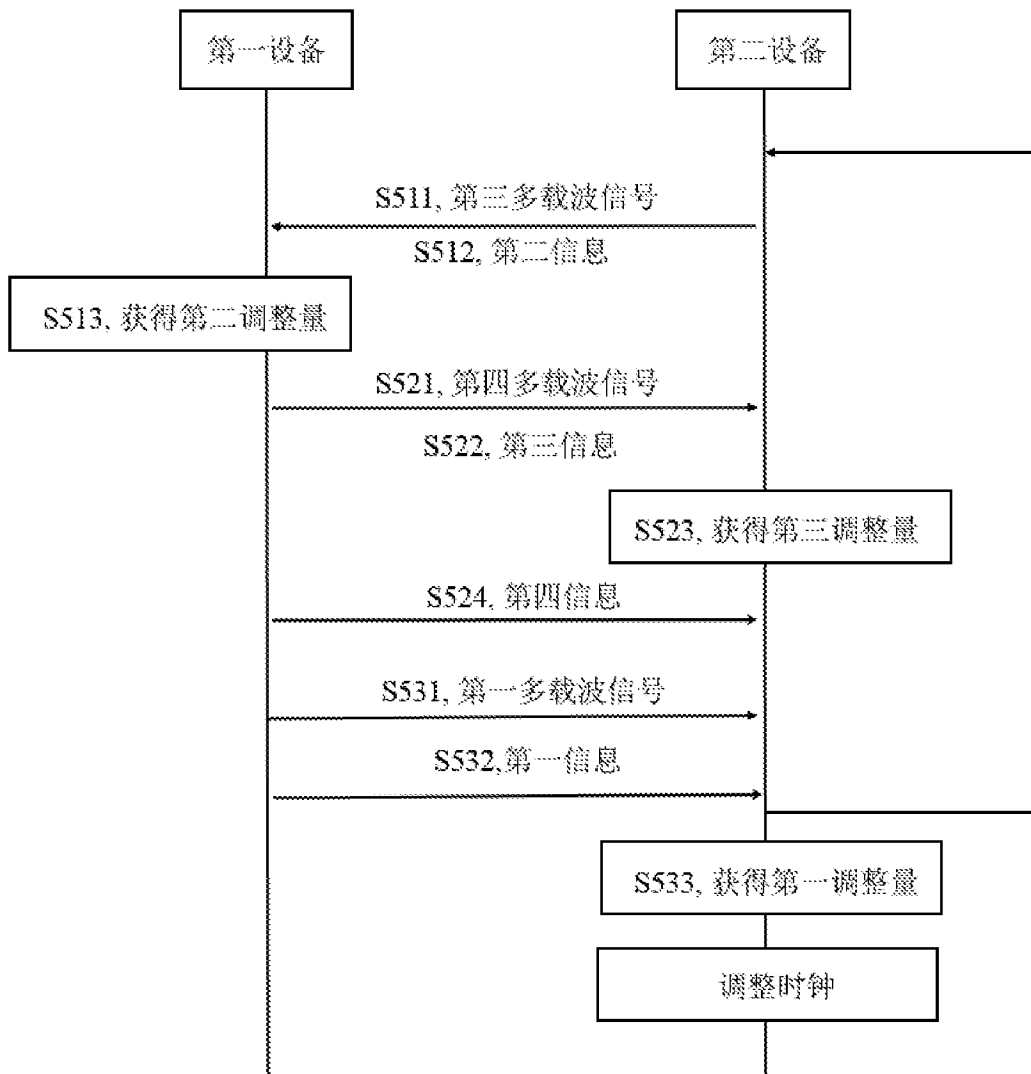


图 7

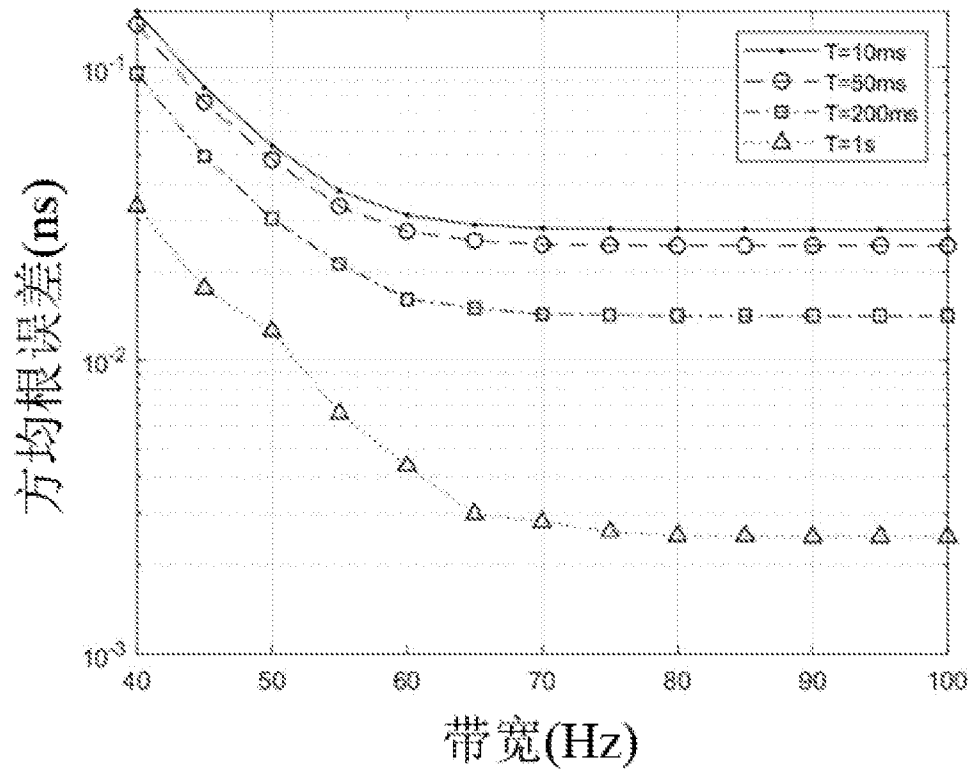


图 8

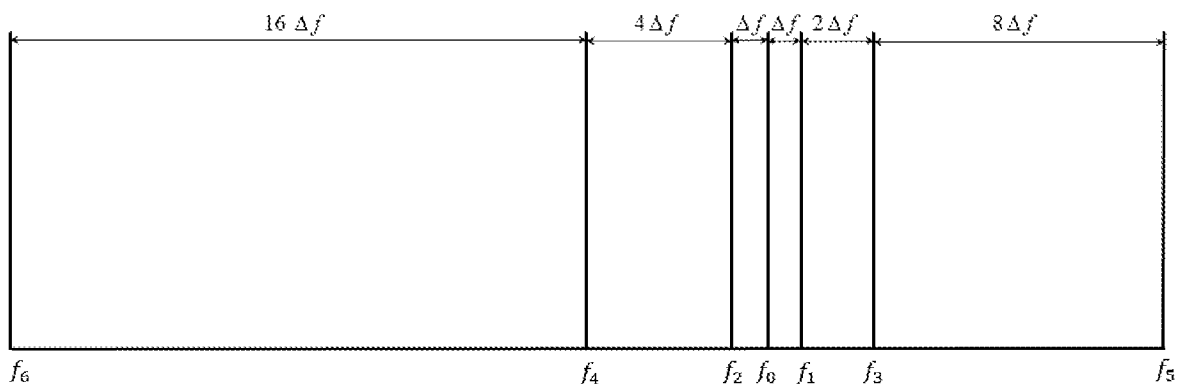


图 9

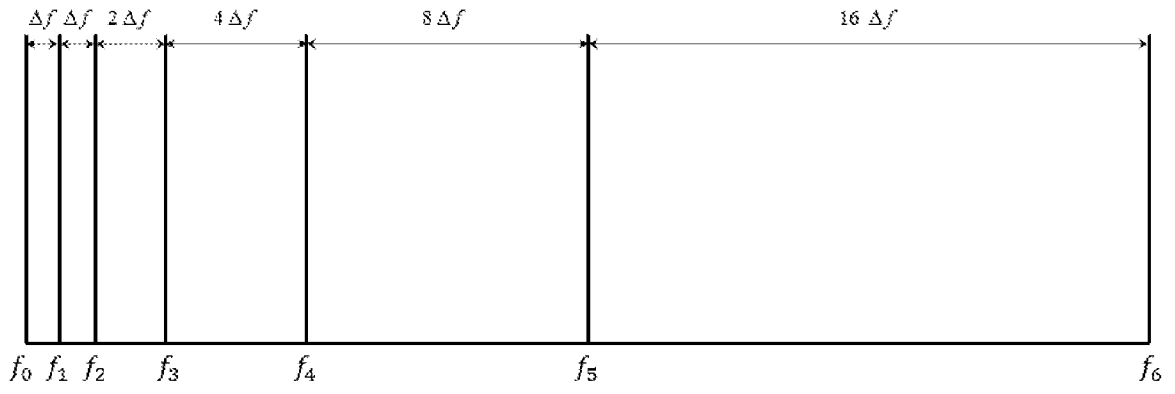


图 10

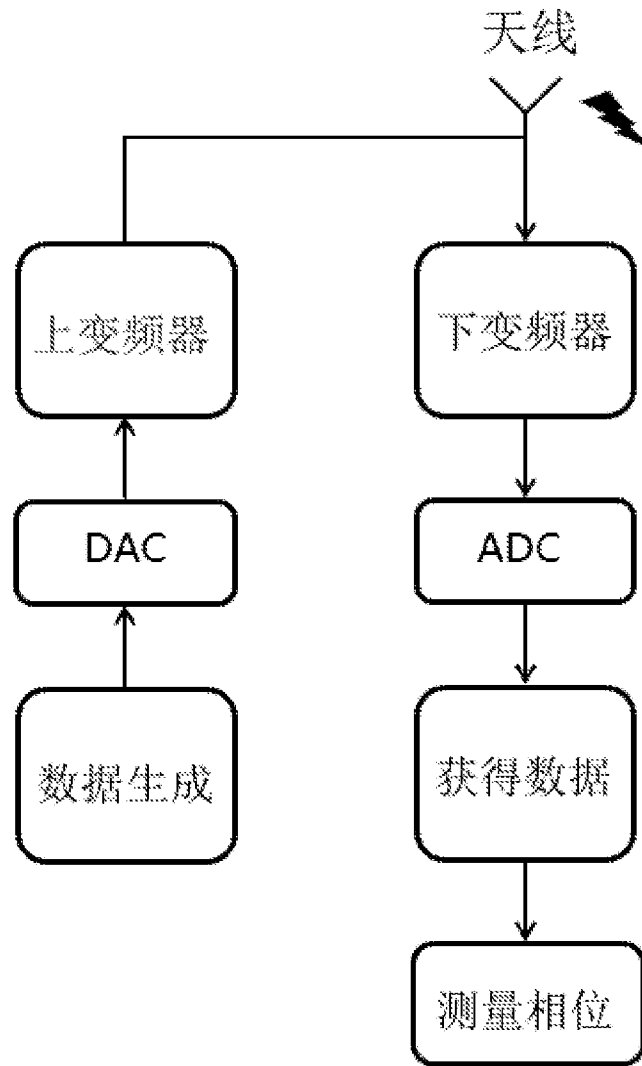


图 11

装置 600



图 12

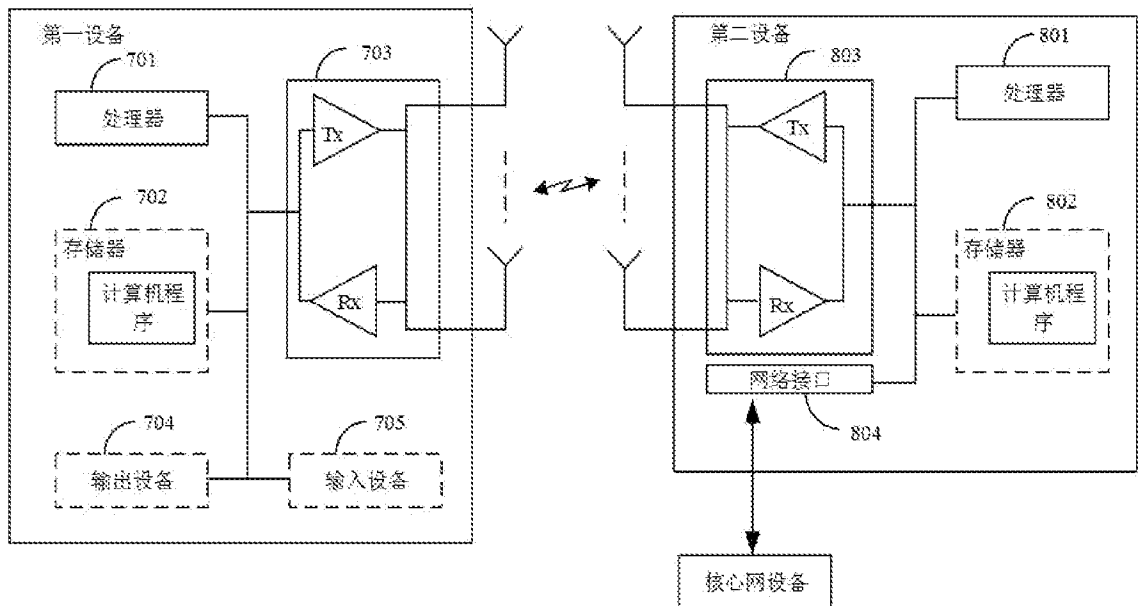


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/132119

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04L7/08(2006.01)i; H04W56/00(2009.01)i; G01S5/02(2010.01)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)		
H04L,H04W,G01S		
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)		
CNTXT, ENTXT, ENTXTC, VEN, 3GPP: 多载波, 载波, 干涉, 干涉测量, 频率, 时间, 时钟, 同步, 双向, 相位, 相位 10d 差, multi-carrier+, carrier+, interferometry, frequen+, time+, clock+, synchron+, phase+, difference		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022226233 A1 (ZAINAR INC.) 27 October 2022 (2022-10-27) claims 1-19, and description, paragraphs [0018]-[0027], [0075]-[0136], and [0197]-[0199], and description figures 1A-6C	1-4, 9-13, 16-24
X	US 2022095262 A1 (KONINKLIJKE KPN NV; DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY;) 24 March 2022 (2022-03-24) description, paragraphs [0075]-[0102], and figures 1-11	1-4, 9-13, 16-24
A	CN 102859927 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 02 January 2013 (2013-01-02) entire document	1-24
A	CN 110536405 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 03 December 2019 (2019-12-03) entire document	1-24
A	CN 111727377 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 29 September 2020 (2020-09-29) entire document	1-24
A	CN 113765613 A (QILU AEROSPACE INFORMATION RESEARCH INSTITUTE) 07 December 2021 (2021-12-07) entire document	1-24
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
29 June 2023		15 July 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		
		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/132119

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1643707 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 05 April 2006 (2006-04-05) entire document	1-24
A	US 2022030540 A1 (ZAINAR INC.) 27 January 2022 (2022-01-27) entire document	1-24
A	US 2022128677 A1 (ZAINAR INC.) 28 April 2022 (2022-04-28) entire document	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/132119

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022226233	A1	27 October 2022	None	
US	2022095262	A1	24 March 2022	WO	2020178459 A1 10 September 2020
CN	102859927	A	02 January 2013	WO	2012126420 A2 27 September 2012
				WO	2012126420 A3 18 April 2013
				WO	2012126420 A2 27 September 2012
				WO	2012126420 A3 18 April 2013
				CN	102859927 B 11 March 2015
CN	110536405	A	03 December 2019	JP	2021500821 A 07 January 2021
				JP	6984014 B2 17 December 2021
				KR	20200055047 A 20 May 2020
				KR	102351197 B1 13 January 2022
				EP	3675389 A1 01 July 2020
				EP	3675389 A4 26 August 2020
				WO	2019223462 A1 28 November 2019
CN	111727377	A	29 September 2020	IN	202047038333 A 25 September 2020
				JP	2021514580 A 10 June 2021
				JP	7221977 B2 14 February 2023
				US	2020408862 A1 31 December 2020
				US	11320501 B2 03 May 2022
				EP	3752846 A1 23 December 2020
				WO	2019158357 A1 22 August 2019
CN	113765613	A	07 December 2021	None	
EP	1643707	A1	05 April 2006	DE	502005005597 D1 20 November 2008
				EP	1643707 B1 08 October 2008
				DE	102004047600 A1 13 April 2006
US	2022030540	A1	27 January 2022	US	2022369072 A1 17 November 2022
				US	11425536 B2 23 August 2022
				EP	4182904 A1 24 May 2023
				US	2022030391 A1 27 January 2022
				US	11445333 B2 13 September 2022
				WO	2022016161 A1 20 January 2022
				US	2023014896 A1 19 January 2023
US	2022128677	A1	28 April 2022	US	11493619 B2 08 November 2022
				US	2023077523 A1 16 March 2023
				WO	2022093858 A1 05 May 2022

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04L7/08(2006.01)i; H04W56/00(2009.01)i; G01S5/02(2010.01)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>H04L, H04W, G01S</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>CNXT, ENXT, ENXTC, VEN, 3GPP:多载波, 载波, 干涉, 干涉测量, 频率, 时间, 时钟, 同步, 双向, 相位, 相位 10d 差, multi-carrier+, carrier+, interferometry, frequen+, time+, clock+, synchron+, phase+, difference</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>X</td> <td>WO 2022226233 A1 (ZAINAR INC) 2022年10月27日 (2022 - 10 - 27) 权利要求1-19、说明书第[0018]-[0027]、[0075]-[0136]、[0197]-[0199]段以及说明书附图1A-6C</td> <td>1-4、9-13、16-24</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2022095262 A1 (KONINKLIJKE KPN NV;UNIV DELFT TECH;) 2022年3月24日 (2022 - 03 - 24) 说明书第[0075]-[0102]段以及说明书附图1-11</td> <td>1-4、9-13、16-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102859927 A (华为技术有限公司) 2013年1月2日 (2013 - 01 - 02) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110536405 A (华为技术有限公司) 2019年12月3日 (2019 - 12 - 03) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111727377 A (皇家飞利浦有限公司) 2020年9月29日 (2020 - 09 - 29) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113765613 A (齐鲁空天信息研究院) 2021年12月7日 (2021 - 12 - 07) 全文</td> <td>1-24</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	X	WO 2022226233 A1 (ZAINAR INC) 2022年10月27日 (2022 - 10 - 27) 权利要求1-19、说明书第[0018]-[0027]、[0075]-[0136]、[0197]-[0199]段以及说明书附图1A-6C	1-4、9-13、16-24	X	US 2022095262 A1 (KONINKLIJKE KPN NV;UNIV DELFT TECH;) 2022年3月24日 (2022 - 03 - 24) 说明书第[0075]-[0102]段以及说明书附图1-11	1-4、9-13、16-24	A	CN 102859927 A (华为技术有限公司) 2013年1月2日 (2013 - 01 - 02) 全文	1-24	A	CN 110536405 A (华为技术有限公司) 2019年12月3日 (2019 - 12 - 03) 全文	1-24	A	CN 111727377 A (皇家飞利浦有限公司) 2020年9月29日 (2020 - 09 - 29) 全文	1-24	A	CN 113765613 A (齐鲁空天信息研究院) 2021年12月7日 (2021 - 12 - 07) 全文	1-24
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	WO 2022226233 A1 (ZAINAR INC) 2022年10月27日 (2022 - 10 - 27) 权利要求1-19、说明书第[0018]-[0027]、[0075]-[0136]、[0197]-[0199]段以及说明书附图1A-6C	1-4、9-13、16-24																					
X	US 2022095262 A1 (KONINKLIJKE KPN NV;UNIV DELFT TECH;) 2022年3月24日 (2022 - 03 - 24) 说明书第[0075]-[0102]段以及说明书附图1-11	1-4、9-13、16-24																					
A	CN 102859927 A (华为技术有限公司) 2013年1月2日 (2013 - 01 - 02) 全文	1-24																					
A	CN 110536405 A (华为技术有限公司) 2019年12月3日 (2019 - 12 - 03) 全文	1-24																					
A	CN 111727377 A (皇家飞利浦有限公司) 2020年9月29日 (2020 - 09 - 29) 全文	1-24																					
A	CN 113765613 A (齐鲁空天信息研究院) 2021年12月7日 (2021 - 12 - 07) 全文	1-24																					
<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>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</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>2023年6月29日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年7月15日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>舒思</p> <p>电话号码 (+86) 027-59371648</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	EP 1643707 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 2006年4月5日 (2006 - 04 - 05) 全文	1-24
A	US 2022030540 A1 (ZAINAR INC) 2022年1月27日 (2022 - 01 - 27) 全文	1-24
A	US 2022128677 A1 (ZAINAR INC) 2022年4月28日 (2022 - 04 - 28) 全文	1-24

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/132119

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)
WO	2022226233	A1	2022年10月27日	无			
US	2022095262	A1	2022年3月24日	WO	2020178459	A1	2020年9月10日
CN	102859927	A	2013年1月2日	WO	2012126420	A2	2012年9月27日
				WO	2012126420	A3	2013年4月18日
				WO	2012126420	A2	2012年9月27日
				WO	2012126420	A3	2013年4月18日
				CN	102859927	B	2015年3月11日
CN	110536405	A	2019年12月3日	JP	2021500821	A	2021年1月7日
				JP	6984014	B2	2021年12月17日
				KR	20200055047	A	2020年5月20日
				KR	102351197	B1	2022年1月13日
				EP	3675389	A1	2020年7月1日
				EP	3675389	A4	2020年8月26日
				WO	2019223462	A1	2019年11月28日
CN	111727377	A	2020年9月29日	IN	202047038333	A	2020年9月25日
				JP	2021514580	A	2021年6月10日
				JP	7221977	B2	2023年2月14日
				US	2020408862	A1	2020年12月31日
				US	11320501	B2	2022年5月3日
				EP	3752846	A1	2020年12月23日
				WO	2019158357	A1	2019年8月22日
CN	113765613	A	2021年12月7日	无			
EP	1643707	A1	2006年4月5日	DE	502005005597	D1	2008年11月20日
				EP	1643707	B1	2008年10月8日
				DE	102004047600	A1	2006年4月13日
US	2022030540	A1	2022年1月27日	US	2022369072	A1	2022年11月17日
				US	11425536	B2	2022年8月23日
				EP	4182904	A1	2023年5月24日
				US	2022030391	A1	2022年1月27日
				US	11445333	B2	2022年9月13日
				WO	2022016161	A1	2022年1月20日
				US	2023014896	A1	2023年1月19日
US	2022128677	A1	2022年4月28日	US	11493619	B2	2022年11月8日
				US	2023077523	A1	2023年3月16日
				WO	2022093858	A1	2022年5月5日