

(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 6 月 29 日 (29.06.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/107519 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 56/00 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/096268
- (22) 国际申请日: 2016 年 8 月 22 日 (22.08.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510973345.X 2015 年 12 月 22 日 (22.12.2015) CN
- (71) 申请人: 中兴通讯股份有限公司 (ZTE CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 欧阳会丹 (OUYANG, Huidan); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 周江鹏 (ZHOU, Ji-angpeng); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 赵飞 (ZHAO, Fei); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guang-

dong 518057 (CN)。 冯瑞雷 (FENG, Ruilei); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。

- (74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限公司 (KANGXIN PARTNERS, P.C.); 中国北京市海淀区知春路甲 48 号盈都大厦 A 座 16 层, Beijing 100098 (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, 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, KN, KP, KR, 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, 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,

[见续页]

(54) Title: CLOCK SYNCHRONIZATION METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 时钟同步方法和装置

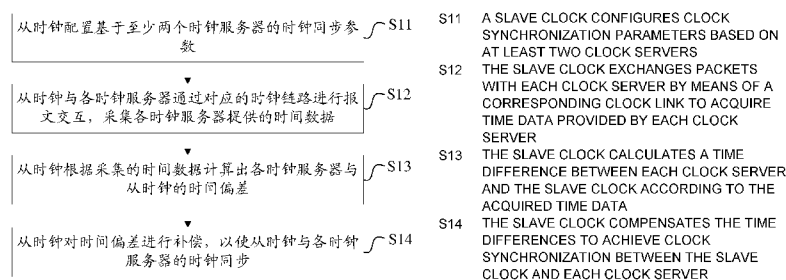


图 2

(57) Abstract: Disclosed are a clock synchronization method and device. The method comprises the steps of: a slave clock configures clock synchronization parameters based on at least two clock servers, wherein the clock synchronization parameters comprise at least two clock links, all of which have an identical packet interval; the slave clock exchanges packets with each clock server by means of the corresponding clock link to acquire time data provided by each clock server; the slave clock calculates a time difference between each clock server and the slave clock according to the acquired time data, and compensates the multiple time differences to achieve clock synchronization between the slave clock and each clock server. By using a synchronization mode of multiple clock servers, a slave clock can exchange packets with multiple clock servers at the same time, such that data acquisition is accelerated and the duration in which a clock is locked is greatly shorten, thereby facilitating flexible deployment of the clock servers and achieving smooth switching between master and slave clock servers.

(57) 摘要: 本发明公开了一种时钟同步方法和装置, 所述方法包括步骤: 从时钟配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数, 时钟同步参数包括至少两条时钟链路, 各时钟链路具有相同的发包间隔; 从时钟与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互, 采集各时钟服务器提供的时间数据; 从时钟根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与从时钟的时间偏差, 并对多个时间偏差进行补偿, 以使从时钟与各时钟服务器的时钟同步。通过采用多时钟服务器同步方式, 使得从时钟可以同时与多个时钟服务器进行报文交互, 加快了数据采集速度, 大大缩短了时钟锁定时长, 且有利于时钟服务器的灵活部署, 对主备时钟服务器的切换也可以达到平滑处理的要求。



WO 2017/107519 A1



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))。

时钟同步方法和装置

5 技术领域

本发明涉及通讯技术领域，尤其是涉及一种时钟同步方法和装置。

背景技术

目前，LTE 基站采用的时钟同步主要有三种：GPS 时钟同步、时钟服务器同步、空口同步。其中，GPS 时钟同步容易实现，但其具有成本高、选址难、失效率高、不方便维护等缺点；空口同步不能实现全网同步，且受空间环境影响大，若基站之间距离较远，其精度将会受限；时钟服务器同步，是一种可以实现全网同步的时钟同步技术，不仅可以达到亚微秒级的时钟同步精度，甚至可以达到纳秒级的时钟同步精度，而且其结构简单易于实现，是目前最常用的一种时钟同步方式。

现有的时钟服务器同步，主要采用单时钟服务器同步方式。如图 1 所示，时钟服务器 30 锁定全球定位系统（GPS，Global Positioning System）40，通过交换机（Switch）20 连接基站 10（可以连接多个基站），通过单个时钟服务器 30 与基站 10 进行来回传送报文的方式，实现基站 10 与时钟服务器 30 的时钟同步。但这种同步方式依赖于对报文数据的大量采集处理，导致时钟锁定时长过长；同时在工程实践的组网中，还需要对时钟服务器 30 进行特定部署，因为部署不合理会导致时钟服务器 30 不能够提供时钟服务；而且在进行时钟服务器 30 切换时，时钟切换不够平滑。

综上所述，现有的时钟同步技术具有时钟锁定时间过长、时钟服务器部署不灵活，以及时钟切换不平滑等问题。

发明内容

本发明实施例的主要目的在于提供一种时钟同步方法和装置，旨在解决时钟同步过程中时钟锁定时间过长、时钟服务器部署不灵活的技术问题。

为达以上目的，本发明提出一种时钟同步方法，包括步骤：

从时钟配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数，所述时钟同步参数包括至少两条时钟链路，各时钟链路具有相同的发包间隔；

所述从时钟与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据；

5 所述从时钟根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差，并对多个所述时间偏差进行补偿，以使所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

可选地，所述从时钟与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据，包括：

10 所述从时钟接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的同步报文，获取各时钟服务器发送所述同步报文的时间，并记录接收到所述同步报文的时间；

所述从时钟通过对应的时钟链路向各时钟服务器发送延迟请求报文，并记录发送所述延迟请求报文的时间；

15 所述从时钟接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的延迟应答报文，并获取各时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间。

可选地，所述从时钟根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差包括：

20 所述从时钟根据公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差；

其中，Offset 代表所述时间偏差，T4 代表所述时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间，T3 代表所述从时钟发送所述延迟请求报文的时间，T2 代表所述从时钟接收到所述同步报文的时间，T1 代表所述时钟服务器发送所述同步报文的时间。

25 可选地，对多个所述时间偏差进行补偿包括：

采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差数据进行处理，获得 PID 控制参数和一个时间偏差；

根据所述 PID 控制参数计算出压控电压；

30 根据所述压控电压调整晶振频率，使得所述从时钟与各时钟服务器的频率同步；

根据获得的所述一个时间偏差进行时间补偿，使得所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

可选地，所述从时钟为 LTE 基站，所述时钟服务器为 1588 时钟服务器。

本发明实施例同时提出一种时钟同步装置，应用于从时钟，包括配置模块、采集模块、计算模块和处理模块，其中：

所述配置模块，设置为配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数，所述时钟同步参数包括至少两条时钟链路，各时钟链路具有相同的发包间隔；

所述采集模块，设置为与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据；

所述计算模块，设置为根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差；

所述处理模块，设置为对多个所述时间偏差进行补偿，以使所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

可选地，所述采集模块包括：

第一采集单元，设置为接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的同步报文，获取各时钟服务器发送所述同步报文的时间，并记录接收到所述同步报文的时间；

第二采集单元，设置为通过对应的时钟链路向各时钟服务器发送延迟请求报文，并记录发送所述延迟请求报文的时间；接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的延迟应答报文，并获取各时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间。

可选地，所述计算模块设置为：

根据公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差；

其中，Offset 代表所述时间偏差，T4 代表所述时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间，T3 代表所述第二采集单元发送所述延迟请求报文的时间，T2 代表所述第一采集单元接收到所述同步报文的时间，T1 代表所述时钟服务器发送所述同步报文的时间。

可选地，所述处理模块设置为：

采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差数据进行处理，获得 PID 控制参数和一个时间偏差，根据所述 PID 控制参数计算出压控电压，

根据所述压控电压调整晶振频率，使得所述从时钟与各时钟服务器的频率同步，根据获得的所述一个时间偏差进行时间补偿，使得所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

5 根据本发明的又一个实施例，还提供了一种存储介质。该存储介质设置为存储用于执行以下步骤的程序代码：

配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数，所述时钟同步参数包括至少两条时钟链路，各时钟链路具有相同的发包间隔；与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据；根据采
10 集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差，并对多个所述时间偏差进行补偿，以使所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

本发明实施例所提供的一种时钟同步方法，通过采用多时钟服务器同步方式，使得从时钟可以同时与多个时钟服务器进行报文交互，采集多个时钟
15 服务器提供的数据，从而加快了数据采集速度，大大缩短了时钟锁定时长，且无需对多个时钟服务器进行特定部署，有利于时钟服务器的灵活部署，对主备时钟服务器的切换也可以达到平滑处理的要求。

附图说明

20 图 1 是现有技术中时钟同步系统的拓扑结构示意图；
图 2 是本发明第一实施例的时钟同步方法的流程图；
图 3 是本发明第一实施例中采集时间数据的具体流程图；
图 4 是本发明实施例中时钟服务器与从时钟进行报文交互的时序图；
图 5 是本发明第二实施例的时钟同步方法的流程图；
25 图 6 是本发明第二实施例中采集时间数据的具体流程图；
图 7 是本发明第三实施例的时钟同步系统的拓扑结构示意图；
图 8 是本发明第三实施例的时钟同步系统的另一拓扑结构示意图；
图 9 是本发明第三实施例的时钟同步系统的又一拓扑结构示意图；
图 10 是本发明第四实施例的时钟同步装置的模块示意图；
30 图 11 是本发明第四实施例中采集模块的模块示意图。

本发明目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照附图做进一步

说明。

具体实施方式

应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

本发明的时钟同步方法，采用多时钟服务器同步方式，通过搭建多时钟服务器的时钟同步网络环境，使得从时钟（如基站）可以同时与多个时钟服务器进行报文交互，采集各个时钟服务器提供的数据，从而加快了数据采集速度，缩短了时钟锁定时长，而且无需对多个时钟服务器进行特定部署，使得系统部署更加灵活。

实施例一

参见图 2，提出本发明第一实施例的时钟同步方法，所述方法包括以下步骤：

S11、从时钟配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数。

具体的，各时钟服务器（如 1588 时钟服务器）均锁定 GPS，且默认各个时钟服务器的时间完全同步。从时钟（如基站）配置的时钟同步参数，包括至少两条时钟链路，即为每一时钟服务器配置一条时钟链路，并为各时钟链路配置相同的发包间隔。例如，同步（Sync）报文配置为每隔 2 秒发送一次，延迟请求（Delay_req）报文配置为每隔 1/16 秒发送一次，延迟应答（Delay_resp）报文配置为每隔 1/16 秒发送一次。

S12、从时钟与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据。

本步骤 S12 中，从时钟与多个时钟服务器进行报文交互，采集多个时钟服务器提供的时间数据，其具体采集过程如图 3 所示：

S121、从时钟接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的同步报文，获取各时钟服务器发送同步报文的时间，并记录接收到同步报文的时间。

具体的，各时钟服务器分别通过对应的时钟链路向从时钟发送同步报文，并打上或嵌入发送时刻的时间戳 T1。从时钟接收到每个时钟服务器发送的同步报文后，获取该同步报文的发送时间 T1，并记录接收到该同步报文的时间 T2。

S122、从时钟通过对应的时钟链路向各时钟服务器发送延迟请求报文，并记录发送延迟请求报文的时间。

具体的，从时钟向每个时钟服务器发送延迟请求报文时，同时记录发送该延迟请求报文的时间 T3。

5 S123、从时钟接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的延迟应答报文，并获取各时钟服务器发送延迟应答报文的时间。

具体的，各时钟服务器接收到延迟请求报文后，分别通过对应的时钟链路向从时钟发送延迟响应报文，并打上或嵌入发送时刻的时间戳 T4。从时钟接收到每个时钟服务器发送的延迟响应报文后，获取该延迟响应报文的发送
10 时间 T4。

前述同步报文的发送时间 T1、同步报文的接收时间 T2、延迟请求报文的发送时间 T3 和延迟响应报文的发送时间 T4 即为从时钟采集的时间数据，当有 N (N ≥ 2) 个时钟服务器时，从时钟则采集到 N 组这样的时间数据。

S13、从时钟根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与从时钟的时间偏
15 差。

具体的，如图 4 所示，为时钟服务器与从时钟进行报文交互的时序图。图 4 中，T1 为时钟服务器 (Master) 发送同步报文的时间，T2 为从时钟 (Slave) 接收到同步报文的接收时间，T3 为从时钟 (Slave) 报文延迟请求的时间，T4 为时钟服务器 (Master) 发送延迟响应报文的时间。设时钟服务器 (Master) 与从时钟 (Slave) 的时间偏差为 Offset，报文在时钟服务器 (Master) 与从时钟 (Slave) 之间的传输时延为 Delay，并假设正向传输链路延迟和反向传输链路延迟相等，则有：

$$T2 = T1 + \text{Delay} + \text{Offset}; \quad (1)$$

$$T4 = T3 + \text{Offset} - \text{Delay}; \quad (2)$$

25 根据式 (1) 和式 (2)，可得：

$$\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2; \quad \text{Delay} = ((t4 - t3) + (t2 - t1)) / 2。$$

从而，可以将采集到的每组时间数据 (T1-T4) 代入到公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 中，计算出各个时钟服务器与从时钟的时间偏差 Offset。

30 S14、从时钟对时间偏差进行补偿，以使从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

具体的，从时钟采用 PID(Proportional Integral Differential，比例积分微分)控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差数据进行处理，获得 PID 控制参数和一个时间偏差数据；然后根据 PID 控制参数计算出压控电压；接着根据压控电压调整晶振频率，使得从时钟与各时钟服务器的频率同步；最后根据获得的一个时间偏差数据进行时间补偿，使得从时钟与各时钟服务器的时钟同步，从而使得从时钟保持与时钟服务器时间一致的频率与相位。从时钟根据不同的时间偏差数据在自由运行、快捕、锁定三个控制状态下依次切换。利用 PID 控制算法进行数据处理为现有技术，在此不再赘述。

假设利用现有技术的单时钟服务器同步方式采集一定数量的数据，需用时 t ；当采用本发明的多时钟服务器同步方式采集相同数量的数据时，如果时钟服务器数量为 $N(N \geq 1)$ ，则只需用时 t/N 。例如，当时钟服务器数量为 2 时，则用时 $t/2$ ；当时钟服务器数量为 3 时，则用时 $t/3$ 。从而大大缩短了时钟锁定时长。

本发明实施例的时钟同步方法，通过采用多时钟服务器同步方式，使得从时钟可以同时与多个时钟服务器进行报文交互，采集多个时钟服务器提供的数据，从而加快了数据采集速度，大大缩短了时钟锁定时长，且无需对多个时钟服务器进行特定部署，有利于时钟服务器的灵活部署，对主备时钟服务器的切换也可以达到平滑处理的要求。

实施例二

参见图 5，提出本发明第二实施例的时钟同步方法，本实施例以从时钟为 LTE 基站、时钟服务器为 1588 时钟服务器且为两个为例进行详细说明，所述方法包括以下步骤：

S21、LTE 基站配置基于两个 1588 时钟服务器的时钟同步参数。

具体的，两个 1588 时钟服务器（如中兴 NT8200）均锁定 GPS，且默认两个 1588 时钟服务器的时间完全同步。LTE 基站配置的时钟同步参数，包括两条时钟链路，即为每一 1588 时钟服务器配置一条时钟链路，并为两个时钟链路配置相同的发包间隔。例如，同步（Sync）报文配置为每隔 2 秒发送一次，延迟请求（Delay_req）报文配置为每隔 1/16 秒发送一次，延迟应答（Delay_resp）报文配置为每隔 1/16 秒发送一次。

S22、LTE 基站与两个 1588 时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集两个 1588 时钟服务器提供的时间数据。

本步骤 S22 中, LTE 基站分别与两个 1588 时钟服务器进行报文交互, 采集各 1588 时钟服务器提供的时间数据, 其具体采集过程如图 6 所示:

S221、1588 时钟服务器 1 和 1588 时钟服务器 2 分别通过时钟链路 1 和时钟链路 2 向 LTE 基站发送同步报文, 并嵌入发送时刻的时间戳 T11 和 T21。

5 S222、LTE 基站接收 1588 时钟服务器 1 和 1588 时钟服务器 2 发送的同步报文, 获取发送时间 T11 和 T21, 记录接收时间 T12 和 T22。

S223、LTE 基站分别通过时钟链路 1 和时钟链路 2 向 1588 时钟服务器 1 和 1588 时钟服务器 2 发送延迟请求报文, 并记录发送延迟请求报文的时间 T13 和 T23。

10 S224、1588 时钟服务器 1 和 1588 时钟服务器 2 分别通过时钟链路 1 和时钟链路 2 向 LTE 基站发送延迟应答报文, 并嵌入发送时刻的时间戳 T14 和 T24。

S225、LTE 基站接收 1588 时钟服务器 1 和 1588 时钟服务器 2 发送的延迟应答报文, 获取发送时间 T14 和 T24。

前述同步报文的发送时间 T11、同步报文的接收时间 T12、延迟请求报文的发送时间 T13 和延迟响应报文的发送时间 T14 即为 LTE 基站采集的 1588 时钟服务器 1 提供的时间数据; 前述同步报文的发送时间 T21、同步报文的接收时间 T22、延迟请求报文的发送时间 T23 和延迟响应报文的发送时间 T24 即为 LTE 基站采集的 1588 时钟服务器 2 提供的时间数据。

20 S23、LTE 基站根据采集的时间数据计算出两个 1588 时钟服务器与 LTE 基站的时间偏差。

具体的, 设 1588 时钟服务器 1 与 LTE 基站的时间偏差为 Offset1, 报文在 1588 时钟服务器 1 与 LTE 基站之间的传输时延为 Delay1, 1588 时钟服务器 2 与 LTE 基站的时间偏差为 Offset2, 报文在 1588 时钟服务器 2 与 LTE 基站之间的传输时延为 Delay2, 则根据第一实施例中步骤 S13 推导的时间偏差和传输时延计算公式, 有:

$$\text{Offset1} = ((T14 - T13) - (T12 - T11)) / 2, \text{ Delay1} = ((t14 - t13) + (t12 - t11)) / 2;$$

$$\text{Offset2} = ((T24 - T23) - (T22 - T21)) / 2, \text{ Delay2} = ((t24 - t23) + (t22 - t21)) / 2.$$

S24、LTE 基站对时间偏差进行补偿, 以使 LTE 基站与两个 1588 时钟服务器的时钟同步。

30 具体的, LTE 基站采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差数据进行处理, 获得 PID 控制参数和一个时间偏差数据; 然后根据 PID 控制

参数计算出压控电压；接着根据压控电压调整晶振频率，使得从时钟与两个 1588 时钟服务器的频率同步；最后根据获得的一个时间偏差数据进行时间补偿，使得从时钟与两个 1588 时钟服务器的时钟同步，从而使得 LTE 基站保持与 1588 时钟服务器时间一致的频率与相位。LTE 基站根据不同的时间偏差数据在自由运行、快捕、锁定三个控制状态下依次切换。利用 PID 控制算法进行数据处理为现有技术，在此不再赘述。

假设利用现有技术的单时钟服务器同步方式采集一定数量的数据，需用时 t ；当采用本实施例的双时钟服务器同步方式采集相同数量的数据时，则只需用时 $t/2$ ，大大缩短了时钟锁定时长。

实施例三

参见图 7，提出本发明第三实施例的时钟同步系统，所述系统包括全球定位系统（GPS）400、时钟服务器 300、交换机（Switch）200 和从时钟 100，时钟服务器 300 有 n ($n \geq 2$) 个，且均锁定 GPS400，各时钟服务器 300 的时间完全同步，各时钟服务器 300 通过交换机 200 连接从时钟 100，从时钟 100 可以为一个、两个或多个。

从时钟 100：设置为配置基于至少两个时钟服务器 300 的时钟同步参数，该时钟同步参数包括至少两条时钟链路，每一时钟服务器 300 对应一时钟链路，各时钟链路具有相同的发包间隔。

时钟服务器 300：设置为通过对应的时钟链路与从时钟 100 进行报文交互。

具体的，时钟服务器 300 通过对应的时钟链路向从时钟 100 发送同步报文，并打上或嵌入发送时刻的时间戳。时钟服务器 300 接收到从时钟 100 发送的延迟请求报文后，通过对应的时钟链路向从时钟 100 发送延迟响应报文，并打上或嵌入发送时刻的时间戳。

从时钟 100 还设置为：与各时钟服务器 300 通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器 300 提供的时间数据；根据采集的时间数据计算出各时钟服务器 300 与从时钟的时间偏差，并对时间偏差进行补偿，以使从时钟 100 与各时钟服务器 300 的时钟同步。

具体的，从时钟 100 接收各时钟服务器 300 通过对应的时钟链路发送的同步报文，获取各时钟服务器 300 发送同步报文的时间，并记录接收到同步报文的时间；通过对应的时钟链路向各时钟服务器 300 发送延迟请求报文，并记录发送延迟请求报文的时间；接收各时钟服务器 300 通过对应的时钟链

路发送的延迟应答报文，并获取各时钟服务器 300 发送延迟应答报文的时间。其中，同步报文的发送时间、同步报文的接收时间、延迟请求报文的发送时间和延迟响应报文的发送时间即为从时钟 100 采集的时间数据，当有 $n(n \geq 2)$ 个时钟服务器 300 时，从时钟 100 则采集到 n 组这样的时间数据。

5 从时钟 100 根据公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 计算出各时钟服务器 300 与从时钟 100 的时间偏差；其中，Offset 代表时间偏差，T4 代表时钟服务器 300 发送延迟应答报文的时间，T3 代表从时钟 100 发送延迟请求报文的时间，T2 代表从时钟 100 接收到同步报文的时间，T1 代表时钟服务器 300 发送同步报文的时间。

10 从时钟 100 对时间偏差进行补偿具体为：采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差数据进行处理，获得 PID 控制参数和一个时间偏差数据；根据 PID 控制参数计算出压控电压；根据压控电压调整晶振频率，使得从时钟 100 与各时钟服务器 300 的频率同步；根据获得的一个时间偏差数据进行时间补偿，使得从时钟 100 与各时钟服务器 300 的时钟同步，从而使得
15 从时钟 100 保持与时钟服务器 300 时间一致的频率与相位。从时钟 100 根据不同的时间偏差数据在自由运行、快捕、锁定三个控制状态下依次切换。利用 PID 控制算法进行数据处理为现有技术，在此不再赘述。

可选地，时钟服务器 300 优选为 1588 时钟服务器，从时钟 100 可以为基站，如 LTE 基站。如图 8 所示的时钟同步系统中，1588 时钟服务器 310 有两个，两个 1588 时钟服务器 310 均锁定 GPS400，并通过交换机 200 连接基站
20 110，基站 110 可以为一个、两个或多个。如图 9 所示的时钟同步系统中，1588 时钟服务器 310 有多个，多个 1588 时钟服务器 310 均锁定 GPS400，多个 1588 时钟服务器 310 通过交换机 110 与一个、两个或多个基站 110 连接。

应当理解，上述实施例提供的时钟同步系统与时钟同步方法实施例属于
25 同一构思，其具体实现过程详见方法实施例，且方法实施例中的技术特征在系统实施例中均对应适用，这里不再赘述。

本发明实施例的时钟同步系统，通过采用多时钟服务器同步方式，使得从时钟 100 可以同时与多个时钟服务器 300 进行报文交互，采集多个时钟服务器 300 提供的数据，从而加快了数据采集速度，大大缩短了时钟锁定时长，
30 且无需对多个时钟服务器 300 进行特定部署，有利于时钟服务器 300 的灵活部署，对主备时钟服务器的切换也可以达到平滑处理的要求。

实施例四

参见图 10, 提出本发明第四实施例的时钟同步装置, 所述装置应用于前述从时钟, 包括配置模块 101、采集模块 102、计算模块 103 和处理模块 104, 其中:

5 配置模块 101: 设置为配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数, 该时钟同步参数包括至少两条时钟链路, 每一时钟服务器对应一时钟链路, 各时钟链路具有相同的发包间隔。

 采集模块 102: 设置为与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互, 采集各时钟服务器提供的时间数据。

10 具体的, 采集模块 102 如图 11 所示, 包括:

 第一采集单元 1021, 设置为接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的同步报文, 获取各时钟服务器发送同步报文的时间, 并记录接收到同步报文的时间;

 第二采集单元 1022, 设置为通过对应的时钟链路向各时钟服务器发送延迟请求报文, 并记录发送延迟请求报文的时间; 接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的延迟应答报文, 并获取各时钟服务器发送延迟应答报文的时间。

 其中, 同步报文的发送时间、同步报文的接收时间、延迟请求报文的发送时间和延迟响应报文的发送时间即为采集模块 102 采集的时间数据, 当有 N
20 ($N \geq 2$) 个时钟服务器时, 采集模块 102 则采集到 N 组这样的时间数据。

 计算模块 103: 设置为根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与从时钟的时间偏差。

 具体的, 计算模块 103 根据公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差; 其中, Offset 代表时间偏差, T4 代表时钟
25 服务器发送延迟应答报文的时间, T3 代表采集模块 102 的第二采集单元 1022 发送延迟请求报文的时间, T2 代表采集模块 102 的第一采集单元 1021 接收到同步报文的时间, T1 代表时钟服务器发送同步报文的时间。

 处理模块 104: 设置为对多个时间偏差进行补偿, 以使从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

30 具体的, 处理模块 104 采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差数据进行处理, 获得 PID 控制参数, 根据 PID 控制参数计算出压控电压,

根据压控电压调整晶振频率，使得从时钟与各时钟服务器的频率同步，根据获得的一个时间偏差数据进行时间补偿，使得从时钟与各时钟服务器的时钟同步，从而使得从时钟保持与时钟服务器时间一致的频率与相位。从时钟根据不同的时间偏差数据在自由运行、快捕、锁定三个控制状态下依次切换。

5 利用 PID 控制算法进行数据处理为现有技术，在此不再赘述。

可选地，从时钟为基站，如 LTE 基站，时钟服务器为 1588 时钟服务器。

应当理解，上述实施例提供的时钟同步装置与时钟同步方法实施例属于同一构思，其具体实现过程详见方法实施例，且方法实施例中的技术特征在装置实施例中均对应适用，这里不再赘述。

10 本发明实施例的时钟同步装置，通过配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数，使得从时钟可以同时与多个时钟服务器进行报文交互，采集多个时钟服务器提供的数据，从而加快了数据采集速度，大大缩短了时钟锁定时长，且无需对多个时钟服务器进行特定部署，有利于时钟服务器的灵活部署，对主备时钟服务器的切换也可以达到平滑处理的要求。

15 本领域普通技术人员可以理解，实现上述实施例方法中的全部或部分步骤可以通过程序来控制相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，所述的存储介质可以是 ROM/RAM、磁盘、光盘等。

应当理解的是，以上仅为本发明的优选实施例，不能因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

工业实用性

25 本发明实施例提供了一种时钟同步方法，通过采用多时钟服务器同步方式，使得从时钟可以同时与多个时钟服务器进行报文交互，采集多个时钟服务器提供的数据，从而加快了数据采集速度，大大缩短了时钟锁定时长，且无需对多个时钟服务器进行特定部署，有利于时钟服务器的灵活部署，对主备时钟服务器的切换也可以达到平滑处理的要求。

权利要求书

1、一种时钟同步方法，包括步骤：

从时钟配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数，所述时钟同步参数包括至少两条时钟链路，各时钟链路具有相同的发包间隔；

所述从时钟与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据；

所述从时钟根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差，并对多个所述时间偏差进行补偿，以使所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

2、根据权利要求 1 所述的时钟同步方法，其中，所述从时钟与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据，包括：

所述从时钟接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的同步报文，获取各时钟服务器发送所述同步报文的时间，并记录接收到所述同步报文的时间；

所述从时钟通过对应的时钟链路向各时钟服务器发送延迟请求报文，并记录发送所述延迟请求报文的时间；

所述从时钟接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的延迟应答报文，并获取各时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间。

3、根据权利要求 2 所述的时钟同步方法，其中，所述从时钟根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差包括：

所述从时钟根据公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差；

其中，Offset 代表所述时间偏差，T4 代表所述时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间，T3 代表所述从时钟发送所述延迟请求报文的时间，T2 代表所述从时钟接收到所述同步报文的时间，T1 代表所述时钟服务器发送所述同步报文的时间。

4、根据权利要求 1 所述的时钟同步方法，其中，对多个所述时间偏差进行补偿包括：

采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差进行处理，获得 PID

控制参数和一个时间偏差；

根据所述 PID 控制参数计算出压控电压；

根据所述压控电压调整晶振频率，使得所述从时钟与各时钟服务器的频率同步；

- 5 根据获得的所述一个时间偏差进行时间补偿，使得所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

5、根据权利要求 1-4 任一项所述的时钟同步方法，其中，所述从时钟为 LTE 基站，所述时钟服务器为 1588 时钟服务器。

- 10 6、一种时钟同步装置，应用于从时钟，包括配置模块、采集模块、计算模块和处理模块，其中：

所述配置模块，设置为配置基于至少两个时钟服务器的时钟同步参数，所述时钟同步参数包括至少两条时钟链路，各时钟链路具有相同的发包间隔；

所述采集模块，设置为与各时钟服务器通过对应的时钟链路进行报文交互，采集各时钟服务器提供的时间数据；

- 15 所述计算模块，设置为根据采集的时间数据计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差；

所述处理模块，设置为对多个所述时间偏差进行补偿，以使所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

7、根据权利要求 6 所述的时钟同步装置，其中，所述采集模块包括：

- 20 第一采集单元，设置为接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的同步报文，获取各时钟服务器发送所述同步报文的时间，并记录接收到所述同步报文的时间；

- 25 第二采集单元，设置为通过对应的时钟链路向各时钟服务器发送延迟请求报文，并记录发送所述延迟请求报文的时间；接收各时钟服务器通过对应的时钟链路发送的延迟应答报文，并获取各时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间。

8、根据权利要求 7 所述的时钟同步装置，其中，所述计算模块设置为：

根据公式 $\text{Offset} = ((T4 - T3) - (T2 - T1)) / 2$ 计算出各时钟服务器与所述从时钟的时间偏差；

- 30 其中，Offset 代表所述时间偏差，T4 代表所述时钟服务器发送所述延迟应答报文的时间，T3 代表所述第二采集单元发送所述延迟请求报文的时间，

T2 代表所述第一采集单元接收到所述同步报文的时间，T1 代表所述时钟服务器发送所述同步报文的时间。

9、根据权利要求 6 所述的时钟同步装置，其中，所述处理模块设置为：

5 采用 PID 控制算法对不同控制状态下的多个时间偏差进行处理，获得 PID 控制参数和一个时间偏差，根据所述 PID 控制参数计算出压控电压，根据所述压控电压调整晶振频率，使得所述从时钟与各时钟服务器的频率同步，根据获得的所述一个时间偏差进行时间补偿，使得所述从时钟与各时钟服务器的时钟同步。

10 10、根据权利要求 6-9 任一项所述的时钟同步装置，其中，所述从时钟为 LTE 基站，所述时钟服务器为 1588 时钟服务器。

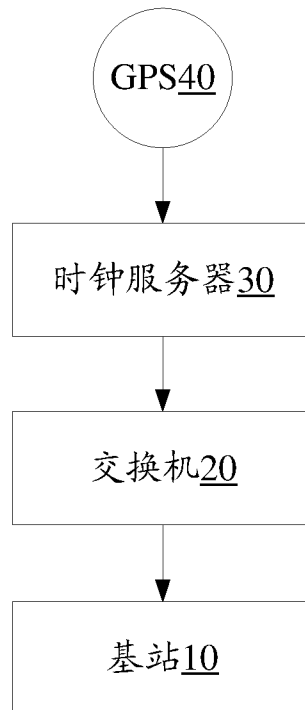


图 1

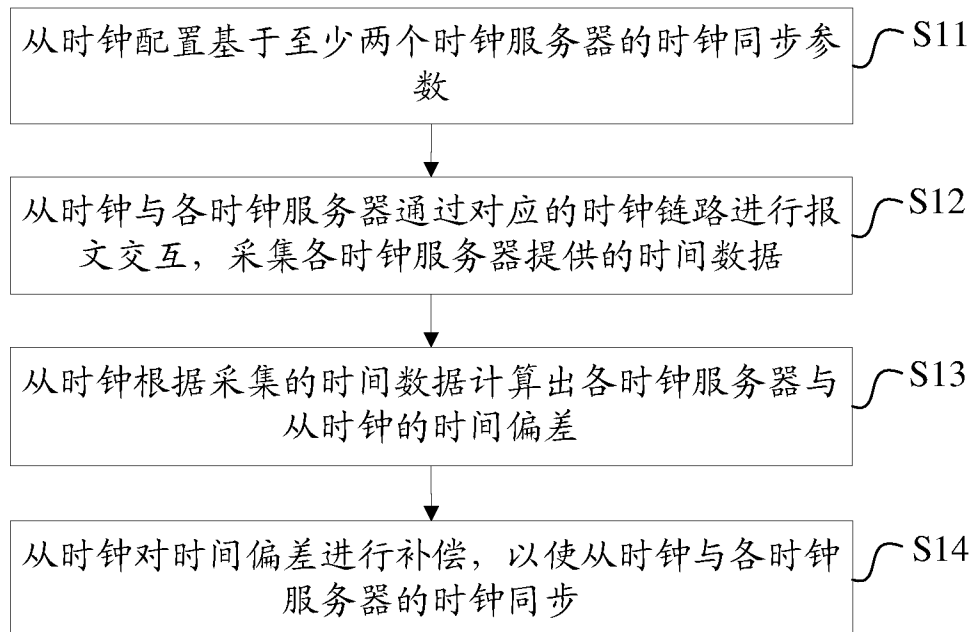


图 2

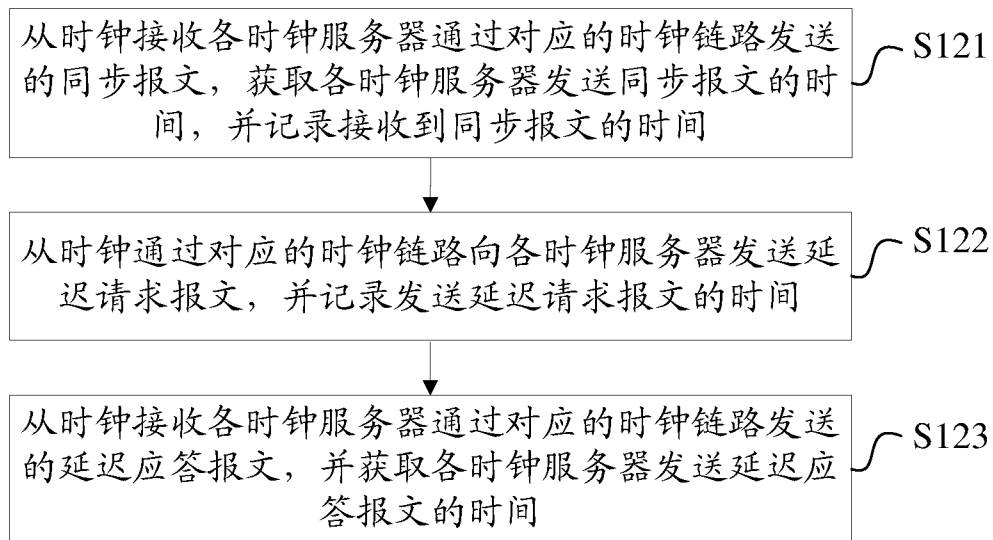


图 3

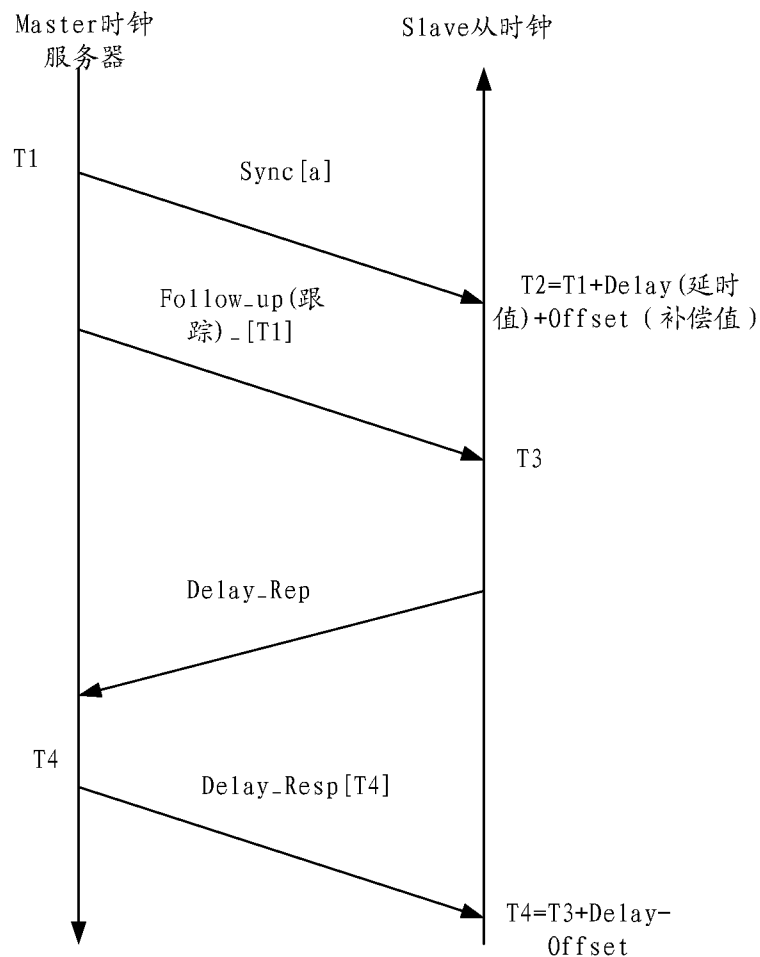


图 4

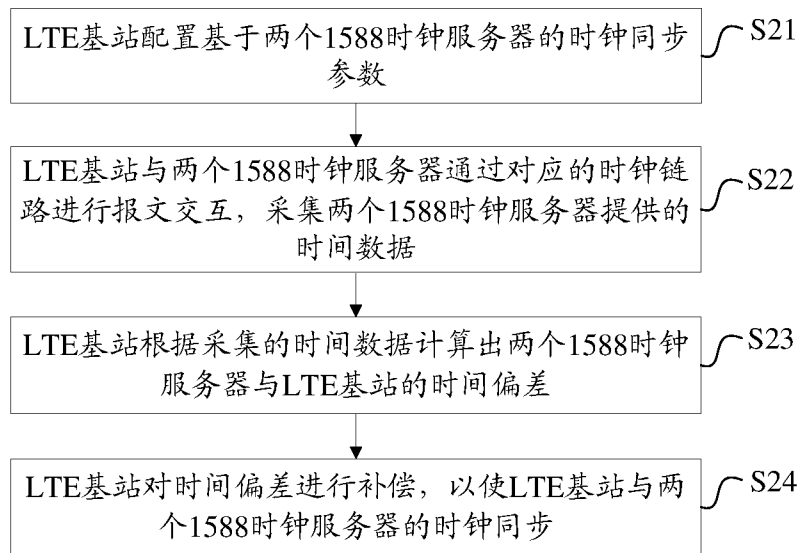


图 5

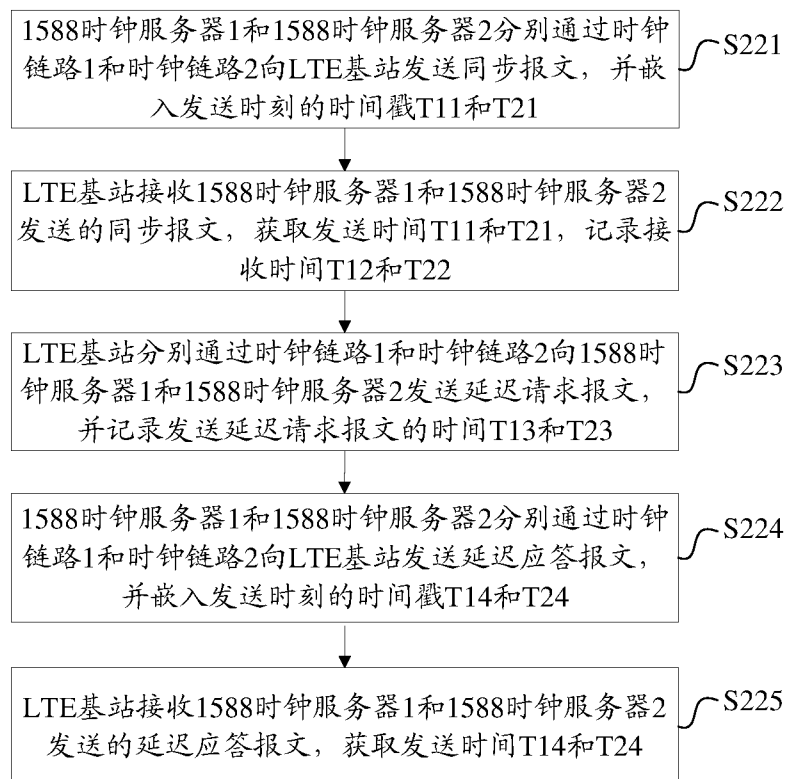


图 6

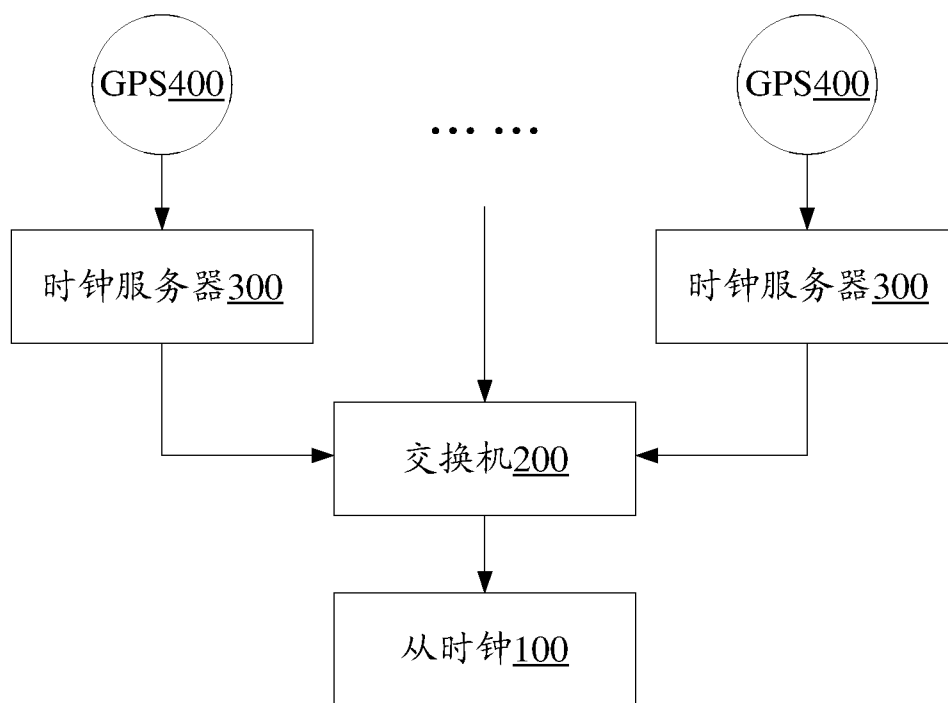


图 7

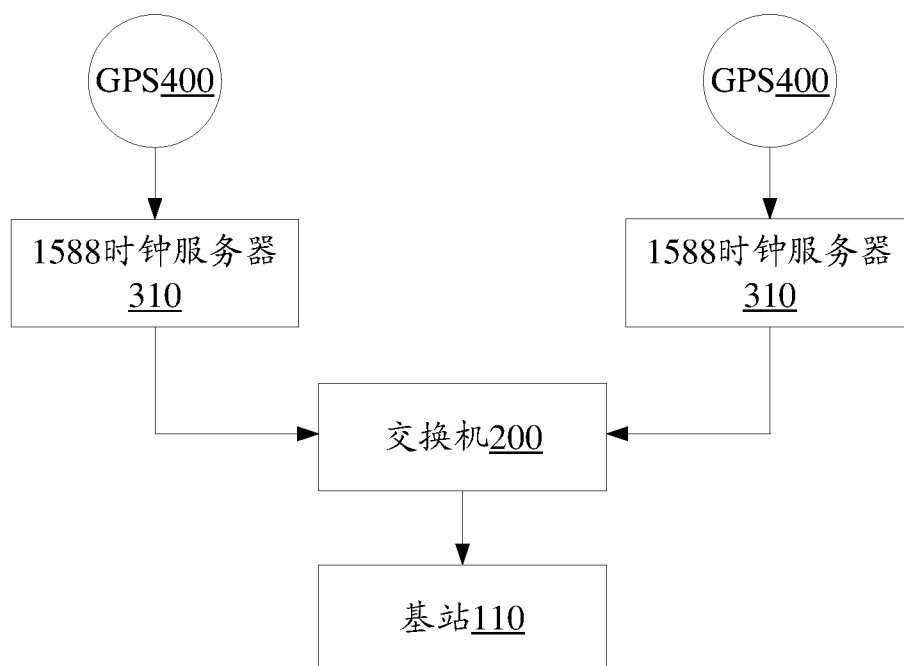


图 8

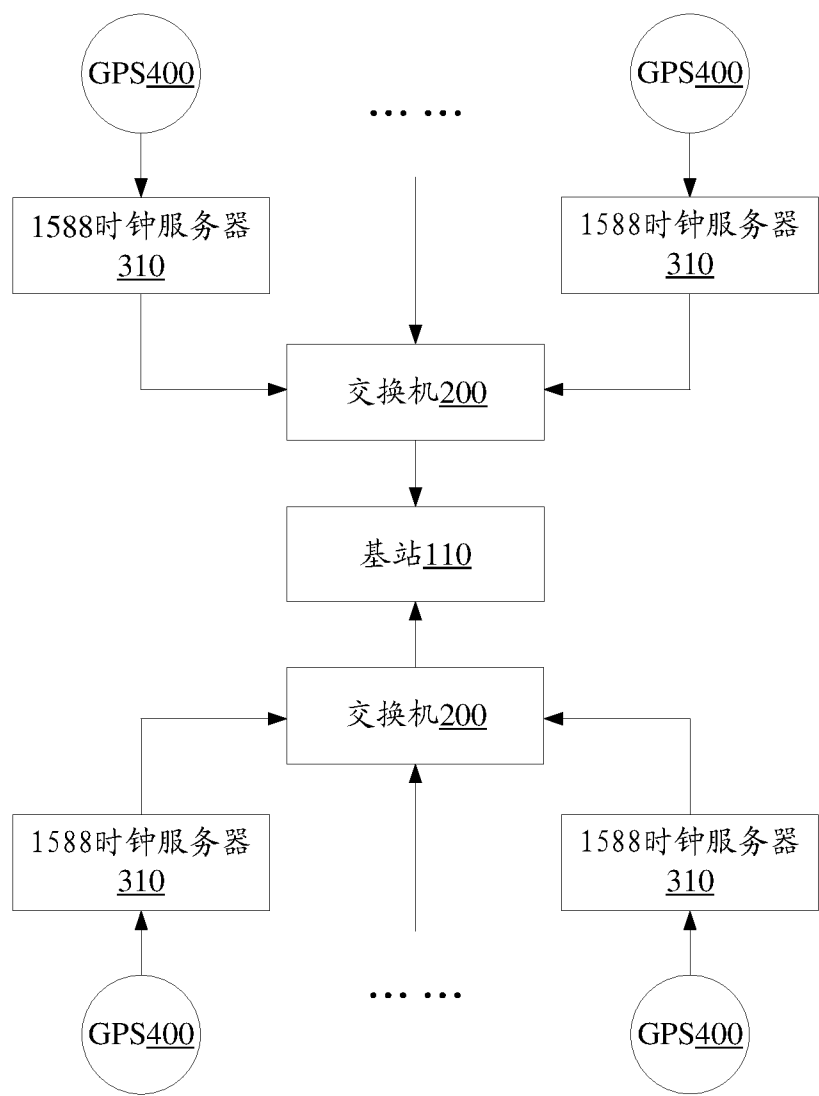


图 9

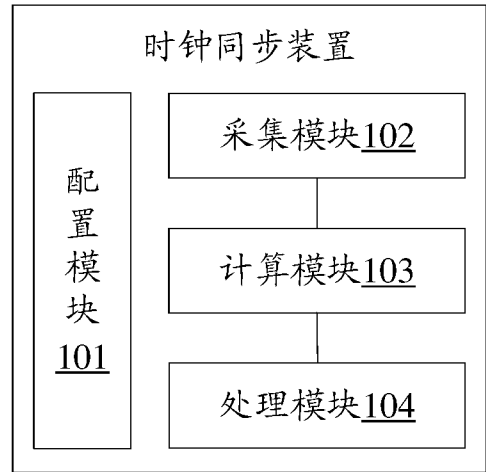


图 10

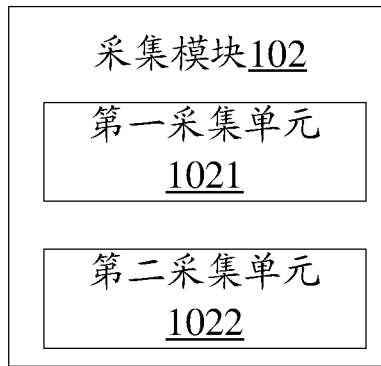


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/096268

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 56/00 (2009.01) 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)

H04W 56/-

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)

CNXTX, CNABS, CNKI, VEN, USTXT: clocks/1588/time, master, slave, synchro+, multiple/two, message, delay/offset/difference, compensat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102291232 A (ZTE CORPORATION) 21 December 2011 (21.12.2011) claim 1	1-10
Y	CN 104584467 A (MARVELL ISRAEL MISL CO., LTD.) 29 April 2015 (29.04.2015) claims 1, 12 and 23	1-10
Y	CN 101834712 A (ZHE JIANG UNIVERSITY) 15 September 2010 (15.09.2010) claims 1-4	2, 3, 7, 8
A	US 2015092793 A1 (KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND RESEARCH et al.) 02 April 2015 (02.04.2015) the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 27 October 2016	Date of mailing of the international search report 10 November 2016
Name and mailing address of the ISA 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 ZHANG, Yanqing Telephone No. (86-10) 62411428

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/096268

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102291232 A	21 December 2011	RU 2583847 C2	10 May 2016
		RU 2014112233 A	10 October 2015
		EP 2738971 A4	28 January 2015
		WO 2013029441 A1	07 March 2013
		EP 2738971 A1	04 June 2014
		EP 2738971 B1	21 September 2016
CN 104584467 A	29 April 2015	WO 2013167977 A1	14 November 2013
CN 101834712 A	15 September 2010	CN 101834712 B	14 November 2012
US 2015092793 A1	10 November 2015	US 2015092793 A1	02 April 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/096268

A. 主题的分类 H04W 56/00 (2009.01) i 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																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H04W 56/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) CNTXT, CNABS, CNKI: 时钟/1588/时间, 主, 从, 同步, 多个/两个/二个, 报文, 偏差/时差, 补偿; VEN, USTXT: clocks/1588/time, master, slave, synchro+, multiple/two, message, delay/offset/difference, compensat+																	
C. 相关文件 <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>Y</td> <td>CN 102291232 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 权利要求1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104584467 A (马维尔以色列M. I. S. L. 有限公司) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1、12、23</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101834712 A (浙江大学) 2010年 9月 15日 (2010 - 09 - 15) 权利要求1-4</td> <td>2, 3, 7, 8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015092793 A1 (KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND RESEARCH 等) 2015年 4月 2日 (2015 - 04 - 02) 全文</td> <td>1-10</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	Y	CN 102291232 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 权利要求1	1-10	Y	CN 104584467 A (马维尔以色列M. I. S. L. 有限公司) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1、12、23	1-10	Y	CN 101834712 A (浙江大学) 2010年 9月 15日 (2010 - 09 - 15) 权利要求1-4	2, 3, 7, 8	A	US 2015092793 A1 (KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND RESEARCH 等) 2015年 4月 2日 (2015 - 04 - 02) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
Y	CN 102291232 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 12月 21日 (2011 - 12 - 21) 权利要求1	1-10															
Y	CN 104584467 A (马维尔以色列M. I. S. L. 有限公司) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1、12、23	1-10															
Y	CN 101834712 A (浙江大学) 2010年 9月 15日 (2010 - 09 - 15) 权利要求1-4	2, 3, 7, 8															
A	US 2015092793 A1 (KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND RESEARCH 等) 2015年 4月 2日 (2015 - 04 - 02) 全文	1-10															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2016年 10月 27日		国际检索报告邮寄日期 2016年 11月 10日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 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 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 张艳青 电话号码 (86-10) 62411428															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/096268

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	102291232	A	2011年 12月 21日	RU	2583847	C2	2016年 5月 10日
				RU	2014112233	A	2015年 10月 10日
				EP	2738971	A4	2015年 1月 28日
				WO	2013029441	A1	2013年 3月 7日
				EP	2738971	A1	2014年 6月 4日
				EP	2738971	B1	2016年 9月 21日
CN	104584467	A	2015年 4月 29日	WO	2013167977	A1	2013年 11月 14日
CN	101834712	A	2010年 9月 15日	CN	101834712	B	2012年 11月 14日
US	2015092793	A1	2015年 11月 10日	US	2015092793	A1	2015年 4月 2日