(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
2022 年 6 月 2 日 (02.06.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/111419 A1

(51) 国际专利分类号:
H04J 3/06 (2006.01) *H04W 4/80* (2018.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/132132

(22) 国际申请日: 2021 年 11 月 22 日 (22.11.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202011331137.7 2020年11月24日 (24.11.2020) CN

(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: 杨素林 (**YANG, Sulin**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 张晓风 (**ZHANG, Xiaofeng**); 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: 北京汇思诚业知识产权代理有限公司 (**UNI-INTEL PATENT AND TRADEMARK LAW FIRM**); 中国北京市朝阳区建国门外大街永安东里甲3号通用国际中心A座3层, Beijing 100022 (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, IT,

(54) **Title:** TIME SYNCHRONIZATION METHOD, CONTROL APPARATUS, DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 时间同步方法及控制装置、设备、存储介质

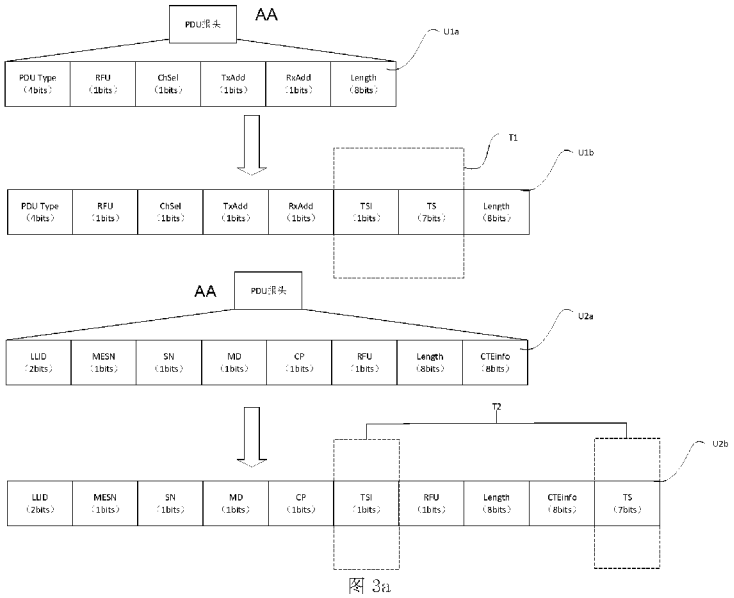

图 3a1

AA PDU header

(57) **Abstract:** The present application provides a time synchronization method, a control apparatus, a device, and a storage medium. The time synchronization method based on a slave device comprises: acquiring a first Bluetooth packet sent by a master device, wherein the first Bluetooth packet carries first timestamp information which represents a sending moment T1 of the first Bluetooth packet determined on the basis of a clock of the master device; and correcting a local time of a slave device according to the first timestamp information. The time synchronization between the master device and the slave device can be performed by means of the timestamp added in the Bluetooth packet between the master device and the slave device, without obtaining a network time, and the problem in

WO 2022/111419 A1

[见续页]

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

the prior art that ms-level high-precision requirements cannot be satisfied is overcome by means of sending a Bluetooth packet. The time synchronization method can enable an intelligent wearable device to realize high-precision comprehensive motion posture and health assessment functions.

(57) 摘要：本申请提供一种时间同步方法及控制装置、设备、存储介质，基于从设备的时间同步方法包括获取主设备发送的第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示基于主设备的时钟所确定的第一蓝牙报文的发送时刻t1；以及根据第一时间戳信息对从设备的本地时间进行修正。可以在无需获取网络时间的情况下，通过主从设备间的蓝牙报文中添加的时间戳进行主从设备的时间同步，并且通过发送蓝牙报文的方式克服现有技术中无法满足ms级高精度需求的问题，通过上述时间同步方法可以使智能穿戴设备实现高精度的综合运动姿态和健康评估功能。

时间同步方法及控制装置、设备、存储介质

技术领域

本发明涉及时间同步技术领域，尤其涉及一种时间同步方法及控制装置、设备、存储介质。

背景技术

运动特性是智能穿戴设备的主要功能。当前的智能手表、手环、戒指、耳机等智能穿戴设备可提供计步等基础运动特性。由于绝大部分运动都是身体多个部位的运动，当前的穿戴设备只能支持单点运动检测，无法提供运动状态下，人体多个部分的运动姿态评估。当用户佩戴多个智能穿戴设备，只能单独提供每个智能穿戴设备的检测结果，缺少高精度的综合运动姿态和健康评估功能。若想获得该高精度的综合运动姿态和健康评估信息，需要多个穿戴设备的多个传感器多点同步检测，需要多传感器间有精确的时间同步。

目前蓝牙标准中没有时间同步的机制，现有技术中主设备通过在应用层获取网络时钟参考(Network Time Reference，NTR)，并通过 BLE 数据通道将 NTR 发送给需要时间同步的从设备。或者是每个设备分别获取标准时间，根据该标准时间调整本地时间，以实现多设备之间的时间同步。

现有技术中的上述方案存在以下缺陷：

若通过获取网络时间进行时间同步，则需要获取网络时间的设备需增设网络时间入口，然而大多数应用不需要网络时间，且通过数据通道传输时间信息受到 BLE 调度的不确定性和底层传输时延不固定的影响，时间精度差，无法满足 ms 级高精度需求。

申请内容

本申请提供一种时间同步方法及控制装置、设备、存储介质，其中该时间同步方法，可以在主从设备之间发送的蓝牙报文的物理帧中添加时间戳信息，该时间戳信息为该条蓝牙报文的发送时刻，从设备根据主设备发送的蓝牙报文中的时间戳信息对从设备的本地时间进行修正。可以在无需获取网络时间的情况下，通过主从设备间的蓝牙报文中添加的时间戳进行主从设备的时间同步，并且通过发送蓝牙报文的方式克服现有技术中无法满足 ms 级高精度需求的问题，通过上述时间同步方法可以使智能穿戴设备实现高精度的综合运动姿态和健康评估功能。

第一方面，本申请提供一种时间同步方法，方法包括：

第一电子设备获取第二电子设备发送的第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；以及

第一电子设备根据第一时间戳信息对第一电子设备的本地时间进行修正；

其中，第一蓝牙报文的发送时刻 t_1 通过下方式确定：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；以及

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1。

进一步地，字段包括第一字段和第二字段；

第一字段和第二字段分别为时间戳标记和时间戳，时间戳标记表示蓝牙物理帧携带时间戳，时间戳包括发送时刻 t_1。

进一步地，根据第一时间戳信息对从设备的本地时间进行修正包括：

将发送时刻 t_1 作为第一电子设备的当前本地时间。

进一步地，根据第一时间戳信息对从设备的本地时间进行修正之后还包括：

向第二电子设备发送第二蓝牙报文，其中，第二蓝牙报文携带第二时间戳信息，第二时间戳信息表示第二蓝牙报文的发送时刻 t_2，第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 为第二蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻；

获取第二电子设备发送的第三蓝牙报文，其中，第三蓝牙报文携带第三时间戳信息，第三时间戳信息表示第二电子设备与第二电子设备之间的平均单向传输时延；以及

根据平均单向传输时延对第一电子设备的本地时间进行修正。

第二方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第一电子设备获取第二电子设备发送的第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示基于第二电子设备的时钟信息所确定的第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

其中，第一蓝牙报文的发送时刻 t_1 通过下方式确定：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；以及

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

第一电子设备基于本地时钟确定接收到第一蓝牙报文的接收时刻 t_4；

向第二电子设备发送的第四蓝牙报文，其中，第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，第四时间戳信息中包括第一蓝牙报文的接收时刻 t_4 和第四蓝牙报文的发送时刻 t_5，发送时刻 t5 为第四蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻；

第一电子设备获取第二电子设备发送的第五蓝牙报文，其中第五蓝牙报文携带第五时间戳信息，第五时间戳信息包括第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延、第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差以及第四蓝牙报文的接收时刻 t_6；

第一电子设备根据平均单向传输时延、频偏时差以及第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 对第一电子设备的本地时间进行修正。

第三方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；以及

第二电子设备在第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，且第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段。

进一步地，字段包括第一字段和第二字段；

第一字段和第二字段分别为时间戳标记和时间戳，时间戳标记表示蓝牙物理帧携带时间戳，时间戳包括第一蓝牙报文的发送时刻 t_1。

进一步地，第二电子设备在第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文之后，还包括：

第二电子设备获取第一电子设备发送的第二蓝牙报文，其中，第二蓝牙报文携带第二时间戳信息，第二时间戳信息表示第二蓝牙报文的发送时刻 t_2；

第二电子设备基于第二电子设备的时钟信息确定接收到第二蓝牙报文的接收时刻 t_3，根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延；

第二电子设备向第一电子设备发送第三蓝牙报文，其中第三蓝牙报文携带第三时间戳信息，第三时间戳信息表示第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延。

进一步地，根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延包括通过以下公式计算：

$$T_1 = \frac{t_3 - t_1 - (t_2 - t_1)}{2}$$

其中，T_1 表示第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延。

第四方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

第二电子设备在第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，且第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

第二电子设备获取第一电子设备发送的第四蓝牙报文，其中，第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，第四时间戳信息中包括第一蓝牙报文的接收时刻 t_4 和第四蓝牙报文的发送时刻 t_5；

第二电子设备基于第二电子设备的时钟信息确定接收到第四蓝牙报文的接收时刻 t_6，根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、第四蓝牙报文的发送时刻 t_5 以及第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延和第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差，频偏时差为时钟间的频率偏差导致的时间偏差；

第二电子设备向第一电子设备发送第五蓝牙报文，其中第五蓝牙报文携带第五时间戳信息，第五时间戳信息包括第一电子设备与第二电子设备之间的平均单向传输时延、第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差以及第四蓝牙报文的接收时刻 t_6。

进一步地，根据发送时刻 t_1、接收时刻 t_4、发送时刻 t_5 以及接收时刻 t_6 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延和第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差包括通过以下公式计算：

$$T_2 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) + \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_2 表示第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延；

$$T_3 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) - \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_3 表示第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差。

第五方面，本申请提供一种电子设备，包括：

处理器和存储器，存储器用于存储至少一条指令，指令由处理器加载并执行时以实现如下方法中的任一者：

上述第一方面提供的时间同步方法；

上述第二方面提供的时间同步方法；

上述第三方面提供的时间同步方法；或者

上述第四方面提供的时间同步方法。

第六方面，本申请提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，当其在计算机上运行时，使得计算机执行时实现如下方法中的任一者：

上述第一方面提供的时间同步方法；

上述第二方面提供的时间同步方法；

上述第三方面提供的时间同步方法；或者

上述第四方面提供的时间同步方法。

在一种可能的设计中，第六方面中的程序可以全部或者部分存储在与处理器封装在一起的存储介质上，也可以部分或者全部存储在不与处理器封装在一起的存储器上。

通过上述技术方案，从设备在接收到主设备发送的携带时间戳信息的蓝牙报文的情况下，可以根据主设备发送的蓝牙报文中的时间戳信息对从设备的本地时间进行修正。在无需获取网络时间的情况下，通过主从设备间的蓝牙报文中添加的时间戳进行主从设备的时间同步，并且通过发送蓝牙报文的方式克服现有技术中无法满足 ms 级高精度需求的问题，通过上述时间同步方法可以使智能穿戴设备实现高精度的综合运动姿态和健康评估功能。

上述技术方案为在第二电子设备一侧计算第一电子设备和第二电子设备之间的时延信息，在另一种实现方式中，还可以在第一电子设备一侧计算上述第一电子设备和第二电子设备之间的时延信息，具体如下：

第七方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第一电子设备获取第二电子设备发送的第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

其中，第一蓝牙报文的发送时刻 t_1 通过下方式确定：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；以及

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

第一电子设备根据第一时间戳信息对第一电子设备的本地时间进行修正；

第一电子设备向第二电子设备发送第二蓝牙报文，其中，第二蓝牙报文携带第二时间戳信息，第二时间戳信息表示第二蓝牙报文的发送时刻 t_2，第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 为第二蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻；

第一电子设备获取第二电子设备发送的第六蓝牙报文，其中，第六蓝牙报文携带第六时间戳信息，第六时间戳信息表示第二蓝牙报文的接收时刻 t_3，第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 为第二电子设备基于第二电子设备的时钟信息确定的接收到第二蓝牙报文的接收时刻 t_3；

第一电子设备根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延；以及

根据平均单向传输时延对第一电子设备的本地时间进行修正。

进一步地，根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延包括通过以下公式计算：

$$T_1 = \frac{t_3 - t_1 - (t_2 - t_1)}{2}$$

其中，T_1 表示第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延。

第八方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第一电子设备获取第二电子设备发送的第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示基于第二电子设备的时钟信息所确定的第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

其中，第一蓝牙报文的发送时刻 t_1 通过下方式确定：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；以及

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

第一电子设备基于本地时钟确定接收到第一蓝牙报文的接收时刻 t_4；

第一电子设备向第二电子设备发送的第四蓝牙报文，其中，第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，第四时间戳信息中包括第一蓝牙报文的接收时刻 t_4 和第四蓝牙报文的发送时刻 t_5，发送时刻 t_5 为第四蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻；

第一电子设备获取第二电子设备发送的第七蓝牙报文，其中，第七蓝牙报文中携带第七时间戳信息，第七时间戳信息表示第四蓝牙报文的接收时刻 t_6，第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 为第二电子设备基于第二电子设备的时钟信息确定的接收到第二蓝牙报文的接收时刻 t_6；

第一电子设备根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、第四蓝牙报文的发送时刻 t_5 以及第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延和第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差，频偏时差为时钟间的频率偏差导致的时间偏差；

第一电子设备根据平均单向传输时延、频偏时差以及第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 对第一电子设备的本地时间进行修正。

进一步地，根据发送时刻 t_1、接收时刻 t_4、发送时刻 t_5 以及接收时刻 t_6 计算第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延和第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差包括通过以下公式计算：

$$T_2 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) + \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_2 表示第二电子设备与第一电子设备之间的平均单向传输时延；

$$T_3 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) - \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_3 表示第二电子设备与第一电子设备之间的频偏时差。

第九方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；以及

第二电子设备在第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，且第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

第二电子设备获取第一电子设备发送的第二蓝牙报文，其中，第二蓝牙报文携带第二时间戳信息，第二时间戳信息表示第二蓝牙报文的发送时刻 t_2；

第二电子设备基于第二电子设备的时钟信息确定接收到第二蓝牙报文的接收时刻 t_3；

第二电子设备向第一电子设备发送第六蓝牙报文，其中，该第六蓝牙报文中携带第六时间戳信息，第六时间戳信息表示第二蓝牙报文的接收时刻 t_3。

第十方面，本申请还提供一种时间同步方法，包括：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取第二电子设备的时钟信息，并基于第二电子设备的时钟信息确定第一蓝牙报文的预开始发送时刻；

第二电子设备根据第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

第二电子设备在第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文，其中，第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，第一时间戳信息表示第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，且第一时间戳信息为第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

第二电子设备获取第一电子设备发送的第四蓝牙报文，其中，第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，第四时间戳信息中包括第一蓝牙报文的接收时刻 t_4和第四蓝牙报文的发送时刻 t_5；

第二电子设备基于第二电子设备的时钟信息确定接收到第四蓝牙报文的接收时刻 t6；

第二电子设备向第一电子设备发送第七蓝牙报文，其中，该第七蓝牙报文中携带第七时间戳信息，第七时间戳信息表示第四蓝牙报文的接收时刻 t_6。

第十一方面，本申请还提供一种电子设备，包括：

处理器、存储器，存储器用于存储至少一条指令，指令由处理器加载并执行时以实现如下方法中的任一者：

上述第七方面提供的时间同步方法；

上述第八方面提供的时间同步方法；

上述第九方面提供的时间同步方法；或者

上述第十方面提供的时间同步方法。

第十二方面，本申请还提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，

计算机程序被处理器执行时实现如下方法中的任一者：

上述第七方面提供的时间同步方法；

上述第八方面提供的时间同步方法；

上述第九方面提供的时间同步方法；或者

上述第十方面提供的时间同步方法。

在一种可能的设计中，第十二方面中的程序可以全部或者部分存储在与处理器封装在一起的存储介质上，也可以部分或者全部存储在不与处理器封装在一起的存储器上。

通过上述技术方案，从设备在接收到主设备发送的携带时间戳信息的蓝牙报文的情况下，可以根据主设备发送的蓝牙报文中的时间戳信息对从设备的本地时间进行修正。在无需获取网络时间的情况下，通过主从设备间的蓝牙报文中添加的时间戳进行主从设备的时间同步，并且通过发送蓝牙报文的方式克服现有技术中无法满足 ms 级高精度需求的问题，通过上述时间同步方法可以使智能穿戴设备实现高精度的综合运动姿态和健康评估功能。

附图说明

为了更清楚地说明本申请或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本申请提供的应用场景的示意图；

图 2 为本申请提供的报文发射时刻参考位置的示意图；

图 3a 为本申请提供的时间戳位置的示意图；

图 3b 为本申请提供的蓝牙广播报文结构示意图；

图 3c 为本申请提供的蓝牙数据报文结构示意图；

图 4 为本申请提供的一种时间同步方式的示意图；

图 5a 为本申请提供的另一种时间同步方式的示意图；

图 5b 为本申请提供的另一种时间同步方式的示意图；

图 6a 为本申请提供的另一种时间同步方式的示意图；

图 6b 为本申请提供的另一种时间同步方式的示意图；

图 7a 为本申请一个实施例提供的电子设备的结构示意图；

图 7b 为本申请另一个实施例提供的电子设备的结构示意图；

图 8 为本申请提供的从设备中信息传递的示意图；

图 9 为本申请提供的关于运动健康监测系统采样控制的信令示意图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请中的附图，对本申请中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本申请实施例提供的时间同步方法可以应用于电子设备，其中，上述电子设备可以为智能手机、平板电脑、可穿戴设备、增强现实（augmented reality，AR）/ 虚拟现实（virtual reality，VR）设备等设备；本申请实施例对电子设备的具体类型不作任何限制。

图 1 为本申请提供的应用场景的示意图，如图 1 所示，本申请提供的时间同步方法，应用于由主设备和从设备构成的场景，其中，该主设备可以为上述第二电子设备 M1，该从设备可以为上述第一电子设备 S1，且该场景中可以包括多个从设备。例如，主设备为智能手机 M1，从设备为智能穿戴设备 S1~S4，多个智能穿戴设备分别穿戴在用户不同部位，在用户进行运动时对相应部位进行运动姿态评估。需要说明的是，图 1 为示例图，从设备的数量在此不作限定。由于用户在普通运动场景（跑步或骑行等）或高速运动场景中（如打羽毛球或进行某种极限运动时），对多个智能穿戴设备的多个传感器间的时间同步有较高精确度的时间同步标准，如时间同步需求<100us 甚至<10uS。通过本申请提供的时间同步方法进行主从设备的时间同步，其中主设备为该场景中的中心设备，并以主设备的本地时间作为主从设备时间同步的标准时间。主设备向从设备发送蓝牙报文，并将主设备的本地时间作为时间戳携带在该蓝牙报文中，从设备根据接收到的蓝牙报文中携带的时间戳所表示的时间信息进行时间同步操作。

本申请提供的时间同步方法通过将时间同步信息（时间戳信息）携带在蓝牙报文中，主设备将该携带该时间戳信息的蓝牙报文发送至从设备，其中，该时间戳信息表示基于主设备的时钟所确定的蓝牙报文的发送时刻。

关于蓝牙报文的发送时刻，可以将蓝牙报文中某个域中某个字节中某个比特作为报文发送时刻的计时参考位置，由于蓝牙报文存在不同结构，如图 2 所示，蓝牙报文 P1 为 BLE 的物理层为无编码物理层的蓝牙报文，蓝牙报文 P2 为 BLE 的物理层为编码物理层的蓝牙报文。如图 2 所示，蓝牙报文 P1 与蓝牙报文 P2 的组成结构不同，因此，该计时参考位置需要为不同结构蓝牙报文所共有的位置，具体地可以将蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻作为该条 BLE 蓝牙报文的发送时刻。

在 BLE 的物理层为无编码物理层的情况下，如图 2 所示的 BLE 蓝牙报文 P1 以前导码（preamble)字段开始，preamble 字段后一般为接入地址(Access-Address)字段。Preamble 字段主要用于收发时钟频率同步。可以将 BLE 蓝牙报文 P1 中接入地址的第一个比特 A1 的发送时刻作为该条 BLE 蓝牙报文 P1 的发送时刻。

在 BLE 的物理层为编码物理层的情况下，将如图 2 所示的 BLE 蓝牙报文 P2 中接入地址的第一个比特 A2 的发送时刻作为该条 BLE 蓝牙报文 P2 的发送时刻。

通过以上操作可以确定蓝牙报文的发送时刻，还需将所确定的蓝牙报文的发送时刻作为时间戳携带在该蓝牙报文中，以使接收端在接收到该蓝牙报文时可以通过该蓝牙报文中的时间戳确定该蓝牙报文的发送时刻，即接收端可以在获取到该时间戳（蓝牙报文发送时刻）时得知发送端发送该蓝牙报文时发送端的本地时间（标准时间）。

具体地，蓝牙报文发送时刻可以作为时间戳并携带在蓝牙报文的协议数据单元（PDU，protocol Data Unit）的报头（PDU 报头）中。其中，该蓝牙报文的发送时刻可以为某一预设时刻 t_A，即，预设蓝牙报文在某一时刻（预开始发送时刻 t_0）开始发送，进而使该蓝牙报文中接入地址的第一个比特在 t_A 时刻发出。其中蓝牙报文中接入地址的第一个比特发送时刻 t_A 的确定方式如下：

基于图 2 所示的蓝牙报文的组成结构，可以确定接入地址前的区域为前导码，可以根据蓝牙报文的历史发送数据确定前导码从开始发送至发送完成所花费的时间 T_P，并根据前导码从开始发送至发送完成所花费的时间 T_P 确定蓝牙报文的提前发送时间，例如，首先

根据蓝牙报文的历史发送数据确定多个前导码从开始发送至发送完成所花费的时间 T_P，并根据上述多个时间 T_P 确定前导码从开始发送至发送完成的平均发送时间 $\triangle T_P$。若预设主设备在 t_0 时刻开始向从设备发送蓝牙报文中前导码的第一个比特，则可以确定该蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻 $t_A=(t_0+\triangle T_P)$，进而在编辑该蓝牙报文时，将通过上述计算得到的接入地址的第一个比特的发送时刻 tA 作为时间戳携带在该蓝牙报文的 PDU 报头中，且该时间戳表示该蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻为 t_A。

在一些实施例中，可以通过在蓝牙报文的 PDU 报头中增加字段来实现在蓝牙报文中携带上述时间戳信息（可以包括时间戳标记和时间戳）。

跟据蓝牙报文类型，不同的蓝牙报文类型，其蓝牙报文中 PDU 的结构也不同，具体地，蓝牙报文类型为广播报文时，蓝牙广播报文中 PDU 报头的结构如图 3a 中的 U1a 所示；蓝牙报文类型为数据报文时，蓝牙数据报文中的 PDU 报头的结构如图 3a 中的 U2a 所示。

其中，在发送的蓝牙报文需要携带上述时间戳信息的情况下，在如图 3a 所示的 PDU 报头结构 U1a 或 PDU 报头结构 U2a 中增加新的字段来实现在发送的蓝牙报文中携带时间戳信息以提供给接收端。

具体地，上述作为时间戳信息的新增字段可以包括第一字段和第二字段，该第一字段和第二字段分别为时间戳标记（TSI, Time Slot Indication）和时间戳（TS, Time Slot）。其中，该时间戳标记 TSI 表示蓝牙报文中蓝牙物理帧的 PDU 报头中是否携带时间戳，具体地，若确定该蓝牙物理帧中携带该时间戳标记 TSI 则表示该蓝牙物理帧中还携带有时间戳 TS，反之，则不存在时间戳 TS。并且所携带的时间戳 TS 包括蓝牙报文的发送时刻，即该时间戳可以为蓝牙报文接入地址的第一个比特的发送时刻。具体地，如图 3a 所示，该蓝牙报文可以为广播报文和数据报文，广播报文和数据报文均可携带表示蓝牙报文中接入地址的第一个比特发送时刻的时间戳信息。在蓝牙报文为广播报文的情况下，该广播报文中的 PDU 报头如图 3a 中 U1a 所示，通过在 PDU 报头 U1a 中增加字段，即，将时间戳信息 T1 封装在协议数据单元报头中得到具有时间戳信息 T1 的 PDU 报头 U1b，其中，上述时间戳信息 T1 中可以包括时间戳标记 TSI 和时间戳 TS。在蓝牙报文为数据报文的情况下，该广播报文中的 PDU 报头如图 3a 中 U2a 所示，通过在 PDU 报头 U2a 中增加字段，即，将时间戳信息 T2 封装在协议数据单元报头中得到具有时间戳信息 T2 的 PDU 报头 U2b。

在本实施例中，蓝牙报文的接收端可以通过确定接收到的蓝牙报文中的 PDU 报头中是否有新增字段，具体地，接收端可以确定 PDU 报头中新增字段中是否存在表示时间戳标记 TSI 的第一字段，若存在第一字段，则进一步获取新增字段中表示时间戳的第二字段的相应信息。反之，接收端确定 PDU 报头中不存在新增字段（上述第一字段和第二字段）则本次蓝牙报文中未携带上述时间戳信息。

在其他一些实施例中，可以不通过上述增加字段的方式实现在蓝牙报文中携带时间戳标记和时间戳，具体如下：

图 3b 示出了本申请提供的蓝牙广播报文的结构示意图，在一种可实现的方式中，还可以对如图 3b 所示的报文类型字段指示的信息含义进行扩展，在原有报文类型的基础上对报文类型的保留位进行扩展使用，以广播报文类型为例，若原有的报文类型有 7 种，其中，LSB=0000 的报文类型表示通用广播指示、LSB=0001 的报文类型表示定向连接指示、LSB=0010 的报文类型表示不可连接指示、LSB=0011 的报文类型表示主动扫描请求、

LSB=0100 的报文类型表示主动扫描响应、LSB=0101 的报文类型表示连接请求、LSB=0110 的报文类型表示可扫描指示、LSB=0111~1111 为保留字段。对保留字段进行拓展使用，可以在 PDU 报头中表示报文类型的 LSB（最低位）字段增加属性值，例如，可以使 LSB=1010 的报文类型表示时间同步指令，即，从设备在报文类型的 LSB=1010 的情况下确定广播报文类型为时间同步广播报文，且该蓝牙物理帧的 PDU 报头中携带时间戳信息（本蓝牙报文的发送时刻）。在报文类型的 LSB=1010 的情况下从设备可以将本地时间调整为该发送时刻。

从设备在报文类型的 LSB=1011，的情况下确定广播报文类型为时间同步广播报文，且该蓝牙物理帧的 PDU 报头中携带时间戳信息（本蓝牙报文的发送时刻以及主从设备之间的时延信息）。在报文类型的 LSB=1011 的情况下从设备可以根据时间戳信息中的蓝牙报文的发送时刻以及主从设备之间的时延信息调整本地时间，以实现从设备调整后的本地时间与主设备的时间同步。

若蓝牙报文为数据报文，基于上述同理实现时间同步，在此不再赘述。

在一种可实现的方式中，还可以将如图 3b 所示的蓝牙广播报文的 PDU 报头中的保留字段(RFU，reserved for future use)的 1bit 或多 bit 作为时间戳标记 TSI。例如，蓝牙广播报文的 PDU 报头中的保留字段(RFU)的 bit0 作为 TSI，当 bit0 为 1 时，即 RFU=X1（bit1 为 X，X 为 0 或 1），则表示该蓝牙物理帧中携带时间戳 TS，反之，当 bit0 为 0 时，即 RFU=X0（bit1 为 X，X 为 0 或 1），则表示该蓝牙物理帧的 PDU 报头中没有携带时间戳 TS。

图 3c 示出了本申请提供的蓝牙数据报文结构示意图，在一种可实现的方式中，可以将图 3c 所示的蓝牙数据报文的 PDU 报头中的保留字段中的 1bit 或多个 bit 来作为时间戳标记 TSI。例如，蓝牙数据报文的 PDU 报头中的保留字段(RFU)的 bit0 作为 TSI，当 bit0 为 1 时，即 RFU=$X_2X_1$1（bit1 为 X_1,bit2 为 X_2，X_1为 0 或 1 且 X_2为 0 或 1），表示该蓝牙物理帧中携带时间戳 TS，反之，当 bit0 为 0 时，即 RFU=$X_2X_1$0（bit1 为 X1,bit2 为 X2，X1 为 0 或 1 且 X2 为 0 或 1），则表示该蓝牙物理帧中没有携带时间戳 TS。

在一种可实现的方式中，可以直接在蓝牙广播报文或蓝牙数据报文中直接以净荷(payload)的形式来传输时间戳信息。具体地，如果蓝牙广播报文或蓝牙数据报文携带时间戳标记 TSI，则在时间戳信息通过图 3b 或图 3c 中所示的该广播报文或数据报文的净荷中的部分长度(N 个 bit)或全部长度来传递。

本发明提供了以下实施例对主从设备间的时间同步进行说明。

在不考虑主从设备之间的传输时延 Delay 以及主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差 Offset 的情况下，提供如下实施例一提供的主从设备之间的时间同步方法。

实施例一

图 4 示出了本申请提供的一种时间同步方式的示意图，如图 4 所示，主设备向从设备发送第一蓝牙报文，该第一蓝牙报文中携带第一时间戳信息，该第一时间戳信息为基于主设备的时钟所确定的第一蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻 t_1。从设备在接收到主设备发送的第一蓝牙报文时，获取该第一蓝牙报文中的第一时间戳信息中的发送时刻 t_1，从设备将第一蓝牙报文中携带的发送时刻 t_1视为从设备接收到该第一蓝牙报文的接

收时刻，即，从设备可以在获取到该发送时刻 t_1 时将从设备本地时间进行修正，具体可以为将从设备的本地时间调整为该发送时刻 t_1。

以上为实施例一所提供的时间同步方法，其中，BLE 传输距离一般<100m，无线信号传输速度 3*10^8m/s，100m 的距离需要的传输时间为 0.3uS，往返的传输时延<1us。所以传输时延相对 100uS 同步诉求可以忽略不计。即使在不考虑主从设备之间的传输时延 Delay 以及主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差 Offset 的情况下，根据主设备通过蓝牙报文发送的时间戳对从设备的本地时间进行修正，无需获取网络时间且避免了通过 BLE 数据通道传输时间信息带导致的 BLE 调度的不确定性和底层传输时延不固定的影响，并且实施例一所提供的时间同步方法可以满足 100uS 级的普通场景的时间同步需求。

在考虑主从设备之间的传输时延 Delay 且不考虑主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差 Offset 的情况下，提供如下实施例二提供的主从设备之间的时间同步方法。

实施例二

图 5a 示出了本申请提供的另一种时间同步方式的示意图，如图 5a 所示，主设备向从设备发送第一蓝牙报文，该第一蓝牙报文中携带第一时间戳信息，该第一时间戳信息为主设备的发送时刻 t_1，该发送时刻 t_1 为基于主设备的时钟所确定的第一蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻。从设备在接收到主设备发送的第一蓝牙报文时，获取该第一蓝牙报文中的第一时间戳信息中的发送时刻 t_1，从设备将第一蓝牙报文中携带的发送时刻 t_1 视为从设备接收到该第一蓝牙报文的接收时刻，即从设备可以在获取到该发送时刻 t_1 时将从设备本地时间进行修正，具体可以为将从设备的本地时间预调整为该发送时刻 t_1，或者可以将从设备的本地时间预调整为该发送时刻 t_1+dt1，其中 dt1 为从设备接收到第一蓝牙报文后，根据该第一蓝牙报文中的发送时刻 t_1 调整从设备本地时间所花费的处理时间 dt1，即，从设备在接收到第一蓝牙报文时开始计时，并在执行本地时间调整前结束该计时并确定处理时间 dt1，并将从设备的本地时间调整为发送时刻 t_1+dt1。

由于主设备将第一蓝牙报文传输给从设备的传输阶段存在传输时延 Delay，因此，从设备的当前本地时间与主设备的当前本地时间存在时间差，且该时间差为该传输时延 Delay。为获取该传输时延 Delay，从设备向主设备发送第二蓝牙报文，该第二蓝牙报文中携带第二时间戳信息，该第二时间戳信息表示第二蓝牙报文的发送时刻 t_2，发送时刻 t_2 为基于从设备的当前时钟所确定的第二蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻。

主设备基于本地时钟确定接收到从设备发送的第二蓝牙报文的接收时刻 t_3，并获取到第二蓝牙报文中携带的发送时刻 t_2。

主设备根据第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 确定主从设备之间的传输时延，具体地，其计算过程如下：

其中 t_3-t_1 为主设备与从设备之间一次信息往来所用时间，t_2-t_1 为从设备接收到第一蓝牙报文至发送第二蓝牙报文间本地处理时延，其中 t_2-t_1 中包含上述调整从设备本地时间所花费的处理时间 dt1，进而可以得出（t_3-t_1）-（t_2-t_1）为第一蓝牙报文和第二蓝牙报文传输阶段所用时间的总和，进一步可以通过以下公式计算得到主设备与从设备之间的平均单向传输时延：

$$T_1 = \frac{t_3 - t_1 - (t_2 - t_1)}{2}$$

其中，T_1表示主设备与从设备之间的平均单向传输时延。

主设备在计算得到该主设备与从设备之间的平均单向传输时延T_1的情况下，向从设备发送第三蓝牙报文，该第三蓝牙报文中携带第三时间戳信息，该第三时间戳信息表示主设备与从设备之间的平均单向传输时延T_1。需要说明的是，蓝牙报文中携带的时间戳信息除表示蓝牙报文的发送时刻的信息外还可以为表示主从设备之间时延的相应信息，如上述表示主设备与从设备之间的平均单向传输时延T_1。该时间戳信息中的时间戳 TS 中除包括表示蓝牙报文的发送时刻的信息或表示主从设备之间时延的信息外，还可以包括相应的信息标识，例如，在时间戳 TS 中同时包括表示蓝牙报文的发送时刻的第一信息以及表示该第一信息为蓝牙报文的发送时刻的第一标识信息、表示主从设备之间传输时延的第二信息以及表示该第二信息为主从设备之间传输时延的第二标识信息。从设备可以基于时间戳 TS 中的上述标识信息确定接收到的信息类型，并在确定信息类型后执行相应时间同步操作。

从设备接收主设备发送的第三蓝牙报文，并获取该第三时间戳中的平均单向传输时延T_1，根据该平均单向传输时延T_1对从设备的本地时间进行修正，具体可以为在从设备的当前本地时间（经过上述任一种预调整的当前本地时间）的基础上加上该平均单向传输时延T_1，得到修正后的从设备的本地时间，进而实现从设备时间与主设备时间的时间同步。

以上为本申请二提供的时间同步方法，相比于实施例一，其进行主从设备时间同步时考虑到主从设备之间的传输时延 Delay，经过实施例二中的时间同步操作后，主从设备的时间差精度再次提高，实施例二提供的时间同步方法可以满足更高精度场景的时间同步需求。

在同时考虑到主从设备之间存在传输时延 Delay 以及主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差 Offset 的情况下，提供如下实施例三提供的主从设备之间的时间同步方法。

上述方式为在主设备一侧计算主设备和从设备之间的时延信息，在另一种实现方式中，还可以在从设备一侧计算上述主设备和从设备之间的时延信息，具体如下：

图 5b 示出了本申请提供的另一种时间同步方式的示意图，如图 5b 所示，主设备向从设备发送第一蓝牙报文，该第一蓝牙报文中携带第一时间戳信息，该第一时间戳信息为主设备的发送时刻 t_1，该发送时刻 t_1 为基于主设备的时钟所确定的第一蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻。从设备在接收到主设备发送的第一蓝牙报文时，获取该第一蓝牙报文中的第一时间戳信息中的发送时刻 t_1，从设备将第一蓝牙报文中携带的发送时刻 t_1 视为从设备接收到该第一蓝牙报文的接收时刻，即从设备可以在获取到该发送时刻 t_1 时将从设备本地时间进行修正，具体可以为将从设备的本地时间预调整为该发送时刻 t_1，或者可以将从设备的本地时间预调整为该发送时刻 t_1+dt1，其中 dt1 为从设备接收到第一蓝牙报文后，根据该第一蓝牙报文中的发送时刻 t_1 调整从设备本地时间所花费的处理时间 dt1，即，从设备在接收到第一蓝牙报文时开始计时，并在执行本地时间调整前结束该计时并确定处理时间 dt1，并将从设备的本地时间调整为发送时刻 t_1+dt1。

由于主设备将第一蓝牙报文传输给从设备的传输阶段存在传输时延 Delay，因此，从设备的当前本地时间与主设备的当前本地时间存在时间差，且该时间差为该传输时延 Delay。为获取该传输时延 Delay，从设备向主设备发送第二蓝牙报文，该第二蓝牙报文中携带第二时间戳信息，该第二时间戳信息表示第二蓝牙报文的发送时刻 t_2，发送时刻 t_2 为基于从设备的当前时钟所确定的第二蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻。

主设备基于本地时钟确定接收到从设备发送的第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 后，向从设备发送第六蓝牙报文，该第六蓝牙报文中携带第六时间戳信息，且该第六时间戳信息中包括上述第二蓝牙报文的接收时刻 t_3。

从设备在接收到主设备发送的上述第六蓝牙报文中，获取其中第六时间戳信息中的第二蓝牙报文的接收时刻 t_3。进而根据上述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、上述第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及上述第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 确定主从设备之间的传输时延，具体地，其计算过程如下：

其中 t_3-t_1 为主设备与从设备之间一次信息往来所用时间，t_2-t_1 为从设备接收到第一蓝牙报文至发送第二蓝牙报文间本地处理时延，其中 t_2-t_1 中包含上述调整从设备本地时间所花费的处理时间 dt1，进而可以得出（t_3-t_1）-（t_2-t_1）为第一蓝牙报文和第二蓝牙报文传输阶段所用时间的总和，进一步可以通过以下公式计算得到主设备与从设备之间的平均

单向传输时延：

$$T_1 = \frac{t_3 - t_1 - (t_2 - t_1)}{2}$$

其中，T_1 表示主设备与从设备之间的平均单向传输时延。

从设备根据该平均单向传输时延 T_1 对从设备的本地时间进行修正，具体可以为在从设备的当前本地时间（经过上述任一种预调整的当前本地时间）的基础上加上该平均单向传输时延 T_1，得到修正后的从设备的本地时间，进而实现从设备时间与主设备时间的时间同步。

实施例三

图 6a 示出了本申请提供的另一种时间同步方式的示意图，如图 6a 所示，主设备向从设备发送第一蓝牙报文，该第一蓝牙报文中携带第一时间戳信息，该第一时间戳信息为主设备的发送时刻 t_1，该发送时刻 t_1 为基于主设备的时钟所确定的第一蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻。

在接收到第一蓝牙报文时，从设备基于自己的时钟确定接收到第一蓝牙报文的接收时刻 t_4。

由于考虑到主设备时钟和从设备时钟之间的存在频率偏差，导致从设备的当前本地时间与主设备的当前本地时间存在时间差，且主设备将蓝牙报文传输给从设备的传输阶段存在传输时延 Delay，为实现高精度时间同步，需要确定该传输时延 Delay 和主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差（频偏时差）Offset，以通过传输时延 Delay 和频偏时差 Offset 对从设备本地时间进行调整以实现从设备与主设备时间同步。

为获取该传输时延 Delay 和频偏时差 Offset，从设备向主设备发送第四蓝牙报文，该第四蓝牙报文中携带第四时间戳信息，该第四时间戳信息包括：接收到第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、以及第四蓝牙报文的发送时刻 t_5。

主设备在接收到该第四蓝牙报文时基于本地时钟确定第四蓝牙报文的接收时刻 t_6，并获取第四蓝牙报文中第四时间戳中的第一蓝牙报文的接收时刻 t_4 和第四蓝牙报文的发送时刻 t_5。

其中，主设备可以根据主设备发送第一蓝牙报文的时刻 t_1、从设备接收第一蓝牙报文的时刻 t_4、从设备发送第四蓝牙报文的时刻 t_5 以及主设备接收第四蓝牙报文的时刻 t_6 确定以下信息：

$$（t_4-t_1）=Delay-Offset;$$

$$（t_6-t_5）=Delay+Offset;$$

进一步地，主设备还可以根据主设备发送第一蓝牙报文的时刻 t_1、从设备接收第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、从设备发送第四蓝牙报文的时刻 t_5 以及主设备接收第四蓝牙报文的时刻 t_6 计算得到主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay 和频偏时差 Offset，具体计算过程如下：

$$T_2 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) + \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_2 表示主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay；

$$T_3 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) - \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_3 表示主设备与从设备之间的频偏时差 Offset。计算得到的 Offset 为带符号的数值，上述 t_4-t_1=Delay-Offset，假定是从设备相对主设备的慢 Offset 的时间。计算所得的 Offset 值如果为“正值”表示从设备慢；“负值”表示从设备快。因为 t_4-t_1=Delay-Offset 假定从设备相对主设备慢 Offset，也就是假定主设备比从设备快 Offset.因此，t_6-t_5=Delay+Offset，且计算所得的 Offset 值如果为“正值”表示从设备慢；“负值”表示从设备快。

主设备在计算得到该主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay、主设备与从设备之间的频偏时差 Offset 的情况下，向从设备发送第五蓝牙报文，该第五蓝牙报文携带第五时间戳，且该第五时间戳中包括主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay、主设备与从设备之间的频偏时差 Offset 以及主设备发送第五蓝牙报文的时刻 t_7。

该时间戳信息中的时间戳 TS 中除包括表示蓝牙报文的发送时刻的信息或表示主从设备之间时延的信息外，还可以包括相应的信息标识，例如，在时间戳 TS 中同时包括表示蓝牙报文的发送时刻的第一信息以及表示该第一信息为蓝牙报文的发送时刻的第一标识信息、表示主从设备之间传输时延的第二信息以及表示该第二信息为主从设备之间传输时延的第二标识信息、表示主从设备之间频偏时差的第三信息，以及表示该第三信息为主从设备之间频偏时差的第三标识信息。从设备可以基于时间戳 TS 中的上述标识信息确定接收到的信息类型，并在确定信息类型后执行相应时间同步操作。

从设备基于自己的时钟确定在 t_8 时刻接收到主设备发送的第五蓝牙报文，并获取第五时间戳中的主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay、主设备与从设备之间的频偏时差 Offset。从设备在接收到第五蓝牙报文时，基于从设备的本地时间以及主从设备之间的频偏时差 Offset 将从设备本地时间调整为（t_8+Offset），由于主设备将第五蓝牙报文发送至从设备途中存在传输时延 Delay，进一步在（t_8+Offset）的基础上消除传输时延 Delay，即，从设备在接收到第五蓝牙报文时，将本地时间调整为（t_8+Offset）+Delay。在此同步过程中还存在本地数据处理的时延，还可以在（t_8+Offset）+Delay 的基础上进一步消除本地数据处理时延 dt2，该 dt2 为从设备将本地时间 t_8 调整为（t_8+Offset）+Delay 所花费的处理时间 dt2。

以上为本申请三提供的时间同步方法，相比于实施例一和实施例二，实施例三在进行主从设备时间同步时既考虑了主从设备之间的传输时延 Delay 还考虑到主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差 Offset，经过实施例三中的时间同步操作后，主从设备的时间差精度再次提高，实施例三提供的时间同步方法可以满足更高精度场景的时间同步需求。

上述方式为在主设备一侧计算主设备和从设备之间的时延信息，在另一种实现方式中，还可以在从设备一侧计算上述主设备和从设备之间的时延信息，具体如下：

图 6b 示出了本申请提供的另一种时间同步方式的示意图，如图 6b 所示，主设备向从设备发送第一蓝牙报文，该第一蓝牙报文中携带第一时间戳信息，该第一时间戳信息为主设备的发送时刻 t_1，该发送时刻 t_1 为基于主设备的时钟所确定的第一蓝牙报文的接入地址的第一个比特的发送时刻。

在接收到第一蓝牙报文时，从设备基于自己的时钟确定接收到第一蓝牙报文的接收时刻 t_4。

由于考虑到主设备时钟和从设备时钟之间的存在频率偏差，导致从设备的当前本地时间与主设备的当前本地时间存在时间差，且主设备将蓝牙报文传输给从设备的传输阶段存在传输时延 Delay，为实现高精度时间同步，需要确定该传输时延 Delay 和主从设备的时钟之间的频率偏差导致的时间差（频偏时差）Offset，以通过传输时延 Delay 和频偏时差 Offset 对从设备本地时间进行调整以实现从设备与主设备时间同步。

为获取该传输时延 Delay 和频偏时差 Offset，从设备向主设备发送第四蓝牙报文，该第四蓝牙报文中携带第四时间戳信息，该第四时间戳信息包括：接收到第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、以及第四蓝牙报文的发送时刻 t_5。

主设备在接收到该第四蓝牙报文时基于本地时钟确定第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 后，主设备向从设备发送第七蓝牙报文，该第七蓝牙报文中携带第七时间戳信息，且该第七时间戳信息中包括上述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6。

从设备基于自己的时钟确定在 t_8 时刻接收到该第七蓝牙报文，从设备在接收到主设备发送的上述第七蓝牙报文中，获取其中第七时间戳信息中的上述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6。进而从设备可以根据上述第一蓝牙报文的时刻 t_1、上述第一蓝牙报文的时刻 t_4、上述第四蓝牙报文的时刻 t_5 以及上述第四蓝牙报文的时刻 t_6 确定以下信息：

$$(t_4-t_1)=Delay-Offset;$$

$$(t_6-t_5)=Delay+Offset;$$

进一步地，从设备还可以根据上述第一蓝牙报文的时刻 t_1、上述第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、上述第四蓝牙报文的时刻 t_5 以及上述第四蓝牙报文的时刻 t_6 计算得到主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay 和频偏时差 Offset，具体计算过程如下：

$$T_2 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) + \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_2 表示主设备与从设备之间的平均单向传输时延 Delay；

$$T_3 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) - \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_3 表示主设备与从设备之间的频偏时差 Offset。计算得到的 Offset 为带符号的数值，上述 t_4-t_1=Delay-Offset，假定是从设备相对主设备的慢 Offset 的时间。计算所得的 Offset 值如果为“正值”表示从设备慢；“负值”表示从设备快。因为 t_4-t_1=Delay-Offset 假定从设备相对主设备慢 Offset，也就是假定主设备比从设备快 Offset.因此，t_6-t_5=Delay+Offset，且计算所得的 Offset 值如果为“正值”表示从设备慢；“负值”表示从设备快。

从设备可以基于从设备的本地时间以及主从设备之间的频偏时差 Offset 将从设备本地时间调整为（t_8+Offset），由于主设备将第五蓝牙报文发送至从设备途中存在传输时延 Delay，进一步在（t_8+Offset）的基础上消除传输时延 Delay，即，从设备在接收到第五蓝牙报文时，将本地时间调整为（t_8+Offset）+Delay。在此同步过程中还存在本地数据处理的时延，还可以在（t_8+Offset）+Delay 的基础上进一步消除本地数据处理时延 dt2，该 dt2 为从设备将本地时间 t_8 调整为（t_8+Offset）+Delay 所花费的处理时间 dt2。

本申请还提供一种电子设备，该电子设备可以为上述从设备也可以为上述主设备，图 7a 为本申请一个实施例提供的电子设备的结构示意图，如图 7a 所示，该电子设备可以包括处理器 701 以及存储器 702，其中该存储器 702 用于存储至少一条指令，上述指令由处理器 701 加载并执行时以实现本申请提供的上述任一时间同步操作。

在一种可能的实现方式中，本申请另一个实施例提供一种如图 7b 所示的电子设备，该电子设备可以为上述从设备也可以为上述主设备，如图 7b 所示，该电子设备可以包括 BLE 蓝牙模块 30、控制器 c1、以及多个传感器 Sen1~Senn。其中，图 7a 所示实施例中的处理器 701 以及存储器 702 封装在一起构成图 7b 所示实施例中的控制器 c1，且如图 7b 所示的从设备可以通过该 BLE 蓝牙模块 30 与如图 7b 所示的主设备进行通信以实现本申请提供的上述任一时间同步操作。

在主从设备均为智能穿戴设备的实施例中，该智能穿戴设备具有多个传感器，例如智能手表或手环包括 IMU 传感器(Inertial Measurement Unit，惯性测量单元)、PPG 传感器(photoplethysmography,光学体积描记术)，其中 IMU 传感器可用来测量人体的运动状态，PPG 传感器可用于测量人体的心率。传感器一般通过数字接口与控制器相连(接收控制器的指令，向控制器传输配置数据、采样数据、状态信息等)，数字接口一般为低速的串行接口(如 SPI 或 I2C)。传感器一般内部也集成微型的控制器，完成传感器自身内部的配置和控制。传感器一般可以采用内置的时钟信号或者外部时钟信号，外部时钟信号一般由智能穿戴设备的控制器或主板上的时钟来提供。

由于每个传感器时钟频率可能不一样，每个传感器采样时刻不一样，传感器内部信号链路的延迟不一样，其中包括模拟前端（Analog Front End，AFE)的延迟不同。当前多个传感器采样数据在时间上没有对齐，导致进行联合数据处理时，存在数据对齐的问题或者联合数据处理得到的结果与真实结果差异过大。为了解决穿戴设备内部多传感器采样数据时间同步问题，可以采用以下方案:

方案 1:通过单独引脚传递时间同步信息，如图 8 所示。

具体的，传感器 Sen1~Senn 与控制器 c1 的接口增加一个时间同步引脚，控制器 c1 周期性的发送时间同步信息给传感器 Sen1~Senn。时间同步信号可以是一个或多个脉冲信号，或者是电平信号等。

传感器 Sen1~Senn 可以采用两种方式进行数据采样。第一种，每次收到时间同步信号时，对内部计数器进行复位。此内部计数器用于对内部时钟或外部时钟进行分频，分频后的信号作为传感器 Sen1~Senn 的采样时钟，传感器 Sen1~Senn 以此采样时钟进行采样。第二种，传感器 Sen1~Senn 基于内部时钟或外部时钟进行采样，收到时间同步信息时，在当前采样或下一次采样时记录时间延迟(如，记录当前采样或下一次采样相对时间同步信息延迟了多少个内部或外部时钟周期)。其中，当前采样表示传感器 Sen1~Senn 在采样结束前从设备根据主设备发送信息执行一次时间同步操作。

传感器 Sen1~Senn 向控制器 c1 上传数据时,可以有两种方式实现对采样数据的标识。第一种方式可以为在每个采样数据中增加一个 bit，标识此采样数据是否为收到时间同步信息后的第一个采样数据或最近的一个采样数据。第二种，传输采样数据时，额外多传输一个或多个字节的数据，用于标识所传输的数据中，哪个数据(例如第 N 个)是收到时间同步信息后的第一个采样数据或者最近的一个采样数据。可选的，可以把采样偏移时间信息传递给控制器 c1(采样时刻相对收到时间同步信息时的第一个采样数据或最近的一个采样数据的偏移时间，或者采样时刻相对收到时间同步信息时的第一个采样数据或最近的一个采样数据的偏移时间+AFE 的信号通路的延迟时间)。

方案 2: 通过串行通信接口的信号线进行发送时间同步信息

对串行外设接口（SPI，Serial Peripheral Interface），可以通过片选信号（CS，chip select）、主机输入/从机输出数据（MISO，Master Input Slave Output）、主机输出/从机输入数据（MOSI，Master Output Slave Input）、时钟信号（CLK，Clock）任何一个信号或组合信号复用来传递时间同步信息，如可以在 CS 上连续发送多个窄脉冲传递时间同步信息，或者在 CS 禁止时，通过 MISO、MOSI、CLK 同时拉低来传递时间同步信息。

对 I2C 接口，可以通过串行数据线信号（SCL）、串行时钟线信号（SDA）中任何一个信号或组合信号复用来传递时间同步信息。如可以一定时间内连续发送 N 个(N>=1)Start 或 Stop 信号传递时间同步消息。或者连续一个 Start 和 Stop 来传递时间同步消息。

传感器 Sen1~Senn 向控制器 c1 传送数据的方法与方案 1 相同。

方案 3: 通过控制命令传递时间同步信息。例如对设定的地址写入一个设定的值(如对 0x6f，写入 0xaa)。可以约定时间同步信息的起始位置为发送的控制命令的某个设定位置。如对 I2C 接口，可以约定为发送控制命令的 Start 信号位置或者 R/W 指示 BIT 位置。

传感器 Sen1~Senn 向控制器 c1 传送数据的方法与方案 1 相同。

本申请还提供一种运动健康监测系统，该系统可以用于获得用户的高精度综合运动姿态和/或健康评估信息，该系统包括一个主设备和一个或多个从设备。该系统的结构可以如图 1 所示，在一种可能实现的方式中，该系统中的从设备可以为智能穿戴设备，从设备可以为智能手机，如图 1 所示，其中上述系统中可以包括作为主设备的智能手机 M1、作为从设备的智能穿戴设备 S1、S2、S3 和 S4。在该系统中，主设备并不限定于智能手机，还可以为其他智能移动终端，例如，主从设备均为智能穿戴设备。

图 9 示出了本申请一个实施例提供的运动健康监测系统采样控制的信令示意图，如图 9 所示，该运动健康监测系统包括一个主设备和多个从设备，并通过以下步骤完成数据采样、数据上传以及数据融合处理：

步骤 S1：主设备向从设备发送携带时间同步信息的蓝牙报文；

步骤 S2：从设备基于接收到的时间同步信息与主设备进行时间同步；

步骤 S3：控制器 c1 向 1 个或多个传感器 Sen1~Senn 发送时间同步信息；

步骤 S4：传感器 Sen1~Senn 调整内部时钟实现与控制器的时间同步；

步骤 S5：根据内部时钟进行采样，并将采样数据上传至控制器 c1；

步骤 S6：根据采样数据的采样时间为采样数据添加时间戳；

步骤 S7：将带有时间戳的采样数据传输至主设备；

步骤 S8：将多个传感器 Sen1~Senn 发送的采样数据（带有时间戳的传感器数据）进行数据融合处理。

关于该步骤 S1~S8 的详细流程如下：

其中，该步骤 S1-S2 可以根据上述实施例一、实施例二或实施例三中任一种时间同步方式进行主从设备之间的时间同步，该时间同步流程在此不再赘述。

以下为主从设备完成时间同步后，主从设备所执行的进行相应数据交互的操作过程（步骤 S3-S8）：

具体地，主设备（Master）和一个或多个从设备（Slave）间采用 BLE 时间同步方法进行同步，其中，可以为从设备根据本申请提供的上述时间同步操作（如实施例一~实施例三中任一种）实现与主设备的时间同步，并且可以周期性执行上述时间同步操作为。

从设备内部的控制器 c1 周期性的发射时间同步消息给传感器 Sen1~Senn，传感器根据时间同步消息将传感器的时间同步到控制器，并基于经过时间同步的内部时钟进行采样。具体为传感器 Sen1~Senn 收到时间同步消息后，用于复位采样的时钟的分频计数器或者记录与时间同步消息之后一次采样数据或最近一次采样数据标记，可选记录收到时间同步消息后的一次采样或最近一次采样相对时间同步消息的采样时间偏移。

传感器 Sen1~Senn 对采样数据进行时间标记(例如可以通过标记收到时间同步消息时的采样数据点),把标记过的数据传递给控制器 c1。

控制器 c1 对传感器采样数据添加时间标签。例如，假定时间[T, T+10 秒]内有 100 个数据，采样率 10Hz,则可以把 100 个数据的起始时间 T 或结束时间 T+10 秒作为时间戳，添加到要传输给主设备的数据中。从设备的控制器 c1 把添加时间戳的数据传递给主设备。

主设备根据多个从设备的上传的带有经过时间同步后的时间戳信息的采样数据，进行融合的数据处理。例如根据手上和脚上的穿戴设备上传的数据，融合处理计算用户当时四肢运动状态或四肢的配合度。

在通过本申请提供的时间同步操作完成主从设备时间同步的基础上，多个穿戴设备的多个传感器多点同步检测，可以满足普通场景或高速运动场景。

可以理解的是，所述应用可以是安装在终端上的应用程序（nativeApp），或者还可以是终端上的浏览器的一个网页程序（webApp），本申请对此不进行限定。

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。

在本发明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，在本发明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。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

上述以软件功能单元的形式实现的集成的单元，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。上述软件功能单元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装置（可以是个人计算机，服务器，或者网络装置等）或处理器（Processor）执行本发明各个实施例所述方法的部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明保护的范围之内。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1. 一种时间同步方法，其特征在于，所述方法包括：

第一电子设备获取第二电子设备发送的第一蓝牙报文，其中，所述第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，所述第一时间戳信息表示所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，所述第一时间戳信息为所述第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；以及

所述第一电子设备根据所述第一时间戳信息对所述第一电子设备的本地时间进行修正；

其中，所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1 通过下方式确定：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取所述第二电子设备的时钟信息，并基于所述第二电子设备的时钟信息确定所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻；以及

所述第二电子设备根据所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

所述字段包括第一字段和第二字段；

所述第一字段和第二字段分别为时间戳标记和时间戳，所述时间戳标记表示所述蓝牙物理帧携带所述时间戳，所述时间戳包括所述发送时刻 t_1。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第一时间戳信息对从设备的本地时间进行修正包括：

将所述发送时刻 t_1 作为所述第一电子设备的当前本地时间。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第一时间戳信息对从设备的本地时间进行修正之后还包括：

向所述第二电子设备发送第二蓝牙报文，其中，所述第二蓝牙报文携带第二时间戳信息，所述第二时间戳信息表示所述第二蓝牙报文的发送时刻 t_2，所述第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 为所述第二蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻；

获取第二电子设备发送的第三蓝牙报文，其中，所述第三蓝牙报文携带第三时间戳信息，所述第三时间戳信息表示所述第二电子设备与所述第二电子设备之间的平均单向传输时延；以及

根据所述平均单向传输时延对所述第一电子设备的本地时间进行修正。

5. 一种时间同步方法，其特征在于，所述方法包括：

第一电子设备获取第二电子设备发送的第一蓝牙报文，其中，所述第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，所述第一时间戳信息表示基于所述第二电子设备的时钟信息所确定的

所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，所述第一时间戳信息为所述第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

其中，所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1 通过下方式确定：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取所述第二电子设备的时钟信息，并基于所述第二电子设备的时钟信息确定所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻；以及

所述第二电子设备根据所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

所述第一电子设备基于本地时钟确定接收到所述第一蓝牙报文的接收时刻 t_4；

向所述第二电子设备发送的第四蓝牙报文，其中，所述第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，所述第四时间戳信息中包括所述第一蓝牙报文的接收时刻 t_4 和所述第四蓝牙报文的发送时刻 t_5，所述发送时刻 t_5 为所述第四蓝牙报文中接入地址的第一个比特的发送时刻；

所述第一电子设备获取所述第二电子设备发送的第五蓝牙报文，其中所述第五蓝牙报文携带第五时间戳信息，所述第五时间戳信息包括所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延、所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的频偏时差以及所述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6；

所述第一电子设备根据所述平均单向传输时延、所述频偏时差以及所述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 对所述第一电子设备的本地时间进行修正。

6. 一种时间同步方法，其特征在于，所述方法包括：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取所述第二电子设备的时钟信息，并基于所述第二电子设备的时钟信息确定所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻；

所述第二电子设备根据所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；以及

第二电子设备在所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文，其中，所述第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，所述第一时间戳信息表示所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，且所述第一时间戳信息为所述第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，

所述字段包括第一字段和第二字段；

所述第一字段和第二字段分别为时间戳标记和时间戳，所述时间戳标记表示所述蓝牙物理帧携带所述时间戳，所述时间戳包括所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1。

8. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述第二电子设备在所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文之后，还包括：

所述第二电子设备获取所述第一电子设备发送的第二蓝牙报文，其中，所述第二蓝牙报文携带第二时间戳信息，所述第二时间戳信息表示所述第二蓝牙报文的发送时刻 t_2；

所述第二电子设备基于所述第二电子设备的时钟信息确定接收到所述第二蓝牙报文的接收时刻 t_3，根据所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、所述第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及所述第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 计算所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延；

所述第二电子设备向所述第一电子设备发送第三蓝牙报文，其中所述第三蓝牙报文携带第三时间戳信息，所述第三时间戳信息表示所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、所述第二蓝牙报文的发送时刻 t_2 以及所述第二蓝牙报文的接收时刻 t_3 计算所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延包括通过以下公式计算：

$$T_1 = \frac{t_3 - t_1 - (t_2 - t_1)}{2}$$

其中，T_1 表示所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延。

10. 一种时间同步方法，其特征在于，所述方法包括：

第二电子设备向第一电子设备发送第一蓝牙报文前，获取所述第二电子设备的时钟信息，并基于所述第二电子设备的时钟信息确定所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻；

所述第二电子设备根据所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻确定所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻，并将确定的所述第一蓝牙报文中接入地址的第一比特的发送时刻作为所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1；

第二电子设备在所述第一蓝牙报文的预开始发送时刻开始向第一电子设备发送第一蓝牙报文，其中，所述第一蓝牙报文携带第一时间戳信息，所述第一时间戳信息表示所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1，且所述第一时间戳信息为所述第一蓝牙报文中蓝牙物理帧的协议数据单元中的字段；

所述第二电子设备获取所述第一电子设备发送的第四蓝牙报文，其中，所述第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，所述第四蓝牙报文携带第四时间戳信息，所述第四时间戳信息中包括所述第一蓝牙报文的接收时刻 t_4 和所述第四蓝牙报文的发送时刻 t_5；

所述第二电子设备基于所述第二电子设备的时钟信息确定接收到所述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6，根据所述第一蓝牙报文的发送时刻 t_1、所述第一蓝牙报文的接收时刻 t_4、所述第四蓝牙报文的发送时刻 t_5 以及所述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6 计算所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延和所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的频偏时差，所述频偏时差为时钟间的频率偏差导致的时间偏差；

所述第二电子设备向所述第一电子设备发送第五蓝牙报文，其中所述第五蓝牙报文携带第五时间戳信息，所述第五时间戳信息包括所述第一电子设备与所述第二电子设备之间的平均单向传输时延、所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的频偏时差以及所述第四蓝牙报文的接收时刻 t_6。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述根据所述发送时刻 t_1、所述接收时刻 t_4、所述发送时刻 t_5 以及所述接收时刻 t_6 计算所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延和所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的频偏时差包括通过以下公式计算：

$$T_2 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) + \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_2 表示所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的平均单向传输时延；

$$T_3 = \frac{\left[\left(t_6 - t_5\right) - \left(t_4 - t_1\right)\right]}{2}$$

其中，T_3 表示所述第二电子设备与所述第一电子设备之间的频偏时差。

12. 一种电子设备，其特征在于，所述电子设备包括：

处理器和存储器，所述存储器用于存储至少一条指令，所述指令由所述处理器加载并执行时以实现如下方法中的任一者：

权利要求 1-4 中任意一项所述的时间同步方法；

权利要求 5 所述的时间同步方法；

权利要求 6-9 中任意一项所述的时间同步方法；或者

权利要求 10 或 11 所述的时间同步方法。

13. 一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如下方法中的任一者：

权利要求 1-4 中任意一项所述的时间同步方法；

权利要求 5 所述的时间同步方法；

权利要求 6-9 中任意一项所述的时间同步方法；或者

权利要求 10 或 11 所述的时间同步方法。

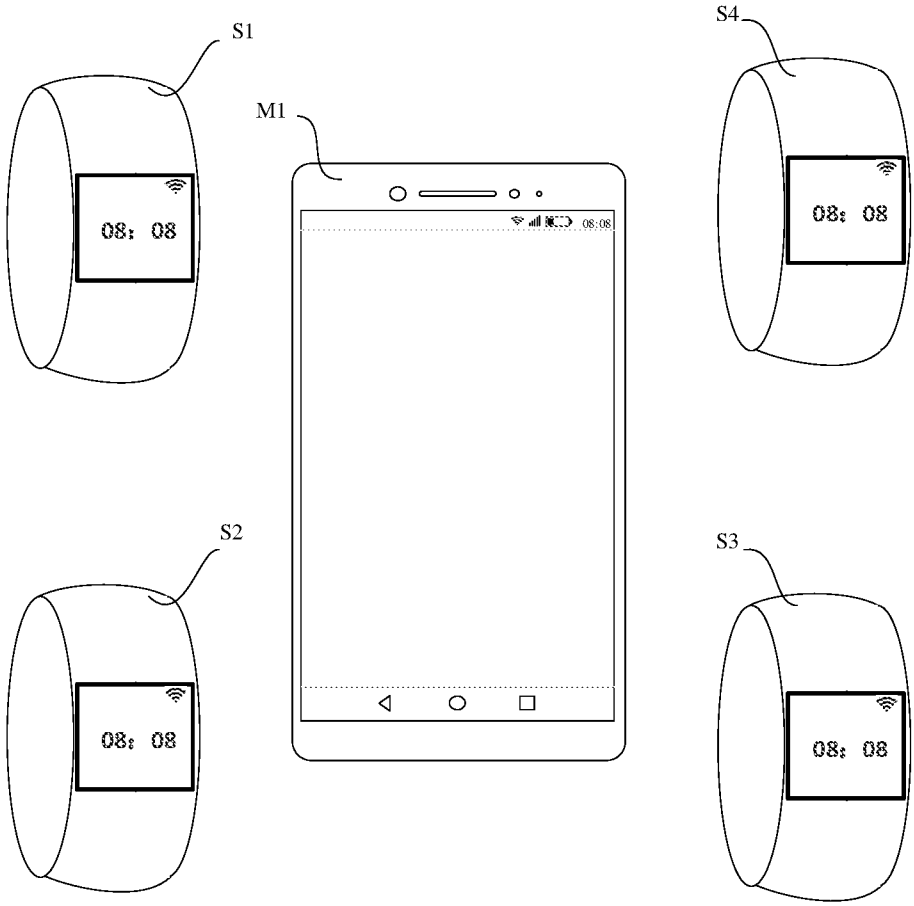
S1
M1
S4
S2
S3
08：08

图 1

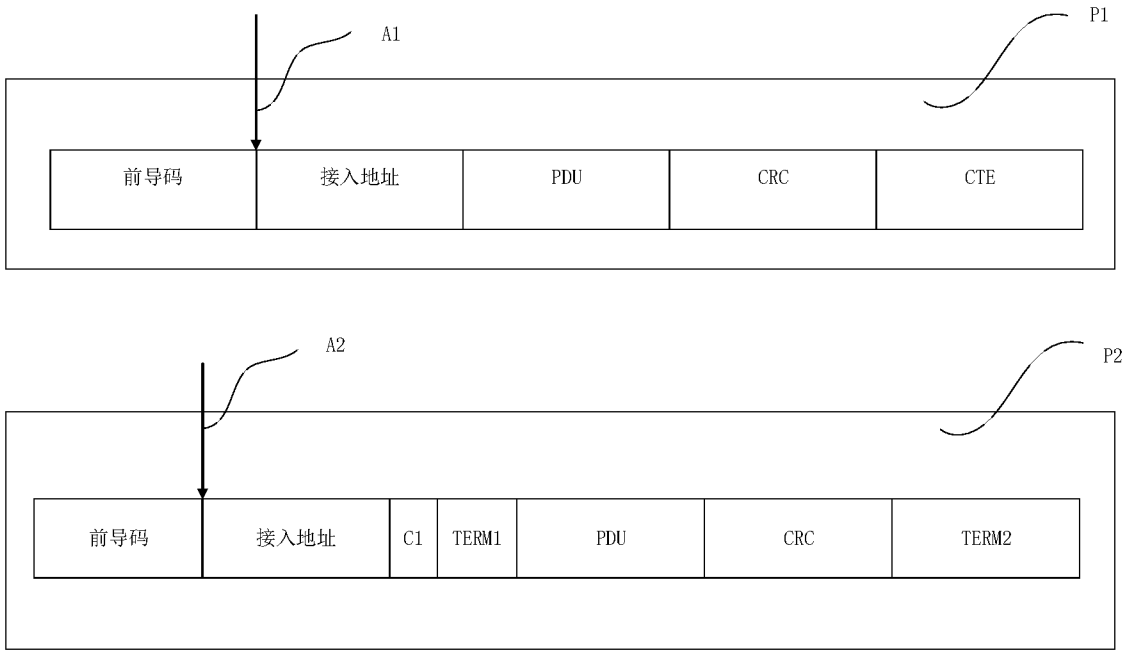
A1
P1
前导码
接入地址
PDU
CRC
CTE
A2
P2
前导码
接入地址
C1
TERM1
PDU
CRC
TERM2

图 2

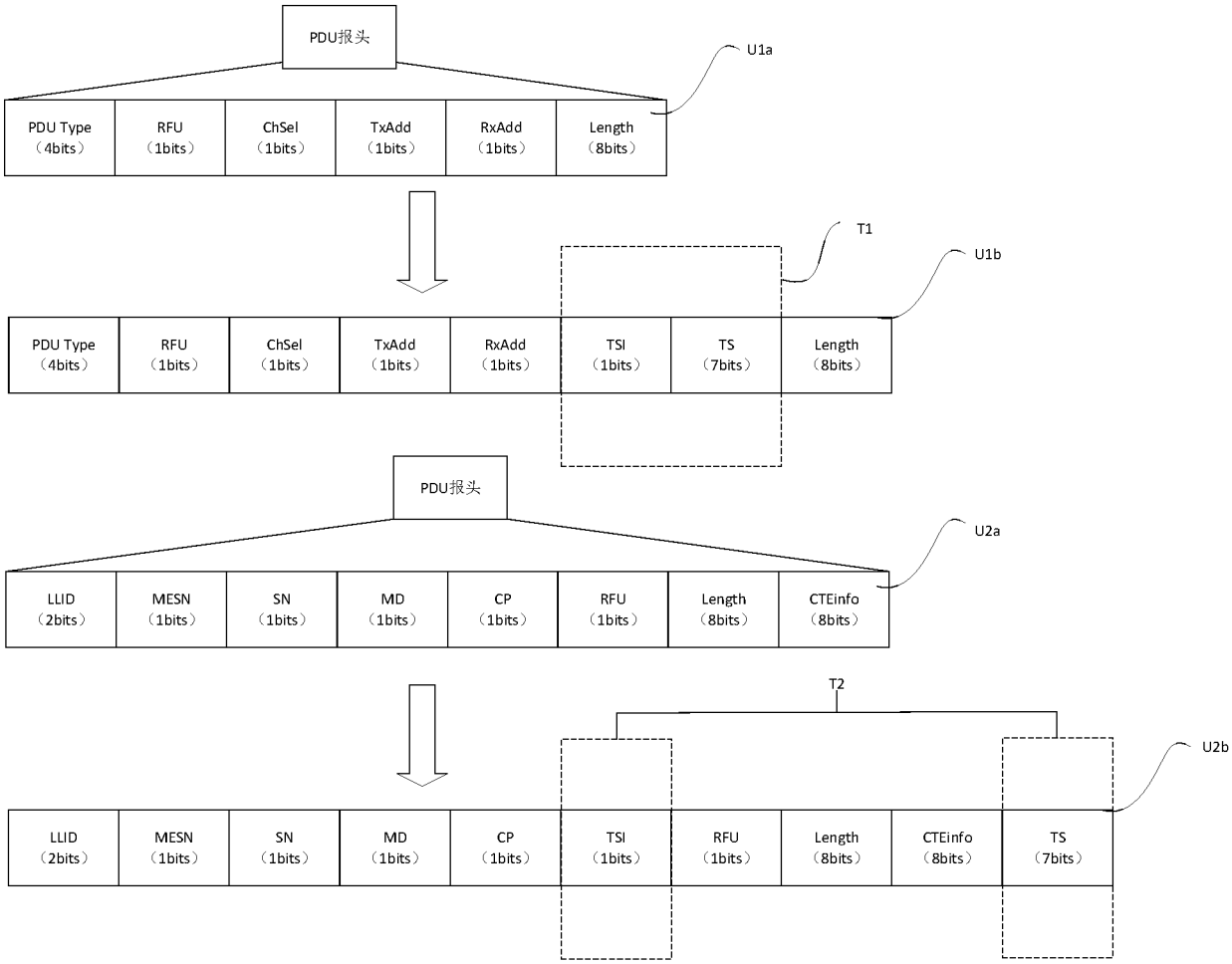
PDU报头
U1a
PDU Type（4bits）
RFU（1bits）
ChSel（1bits）
TxAdd（1bits）
RxAdd（1bits）
Length（8bits）
T1
U1b
TSI（1bits）
TS（7bits）
PDU报头
U2a
LLID（2bits）
MESN（1bits）
SN（1bits）
MD（1bits）
CP（1bits）
RFU（1bits）
CTEinfo（8bits）
T2
U2b

图 3a

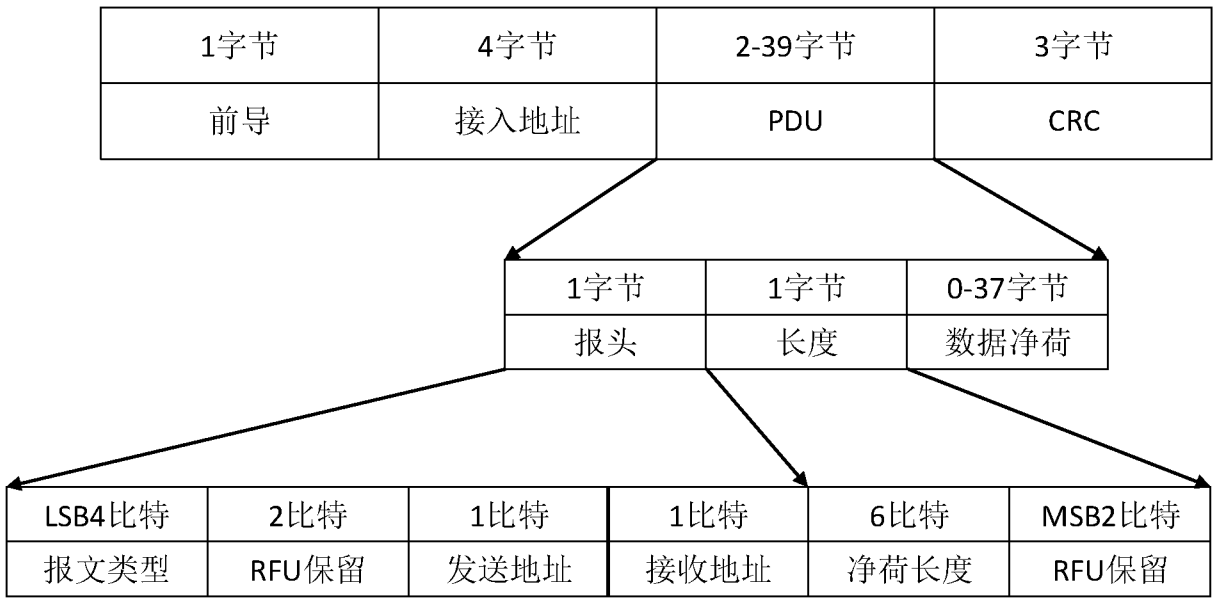
1字节
4字节
2-39字节
3字节
前导
接入地址
PDU
CRC
1字节
1字节
0-37字节
报头
长度
数据净荷
LSB4比特
2比特
1比特
1比特
6比特
MSB2比特
报文类型
RFU保留
发送地址
接收地址
净荷长度
RFU保留

图 3b

1字节	4字节	1字节	1字节	0-27字节	4字节	3字节
前导	接入地址	报头	长度	数据净荷	MIC	CRC

LSB 2比特	1比特	1比特	1比特	3比特	5比特	3比特
LLID	NESN	SN	MD	RFU	长度	RFU
链路标识符	期望下一报文序列号	报文序号	更多数据	保留	净荷长度	保留

图 3c

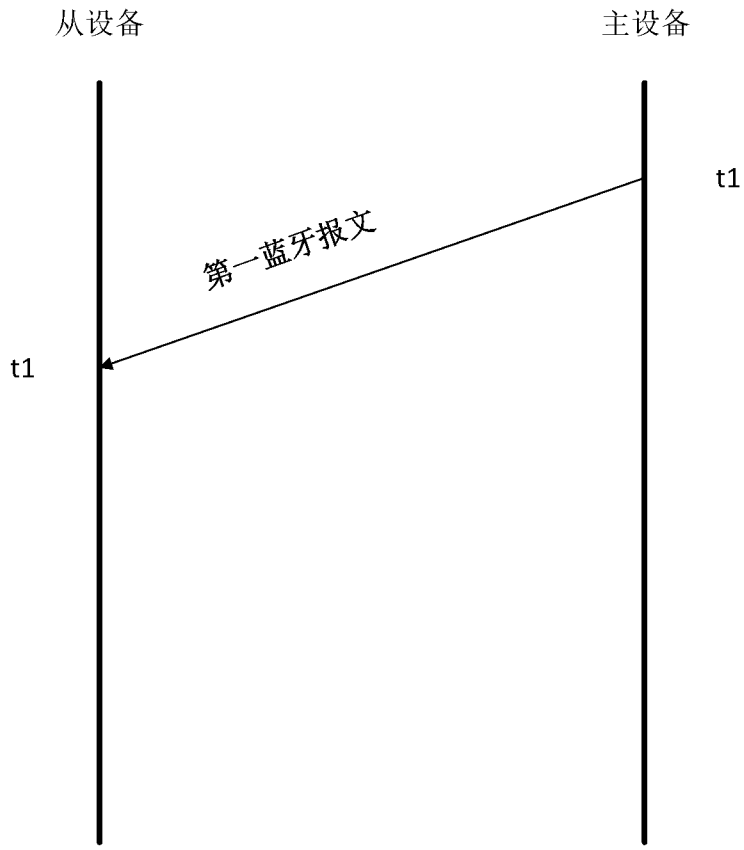

图 4

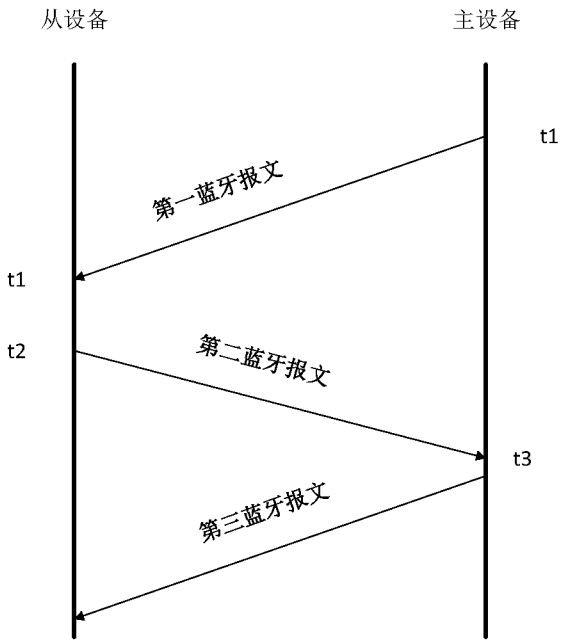

图 5a

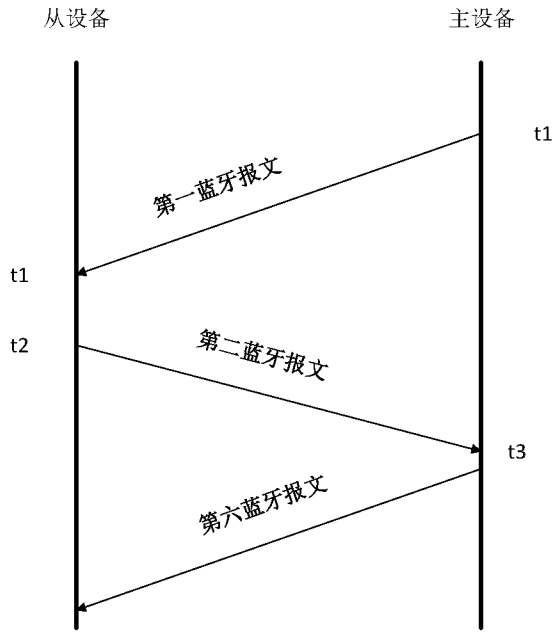

图 5b

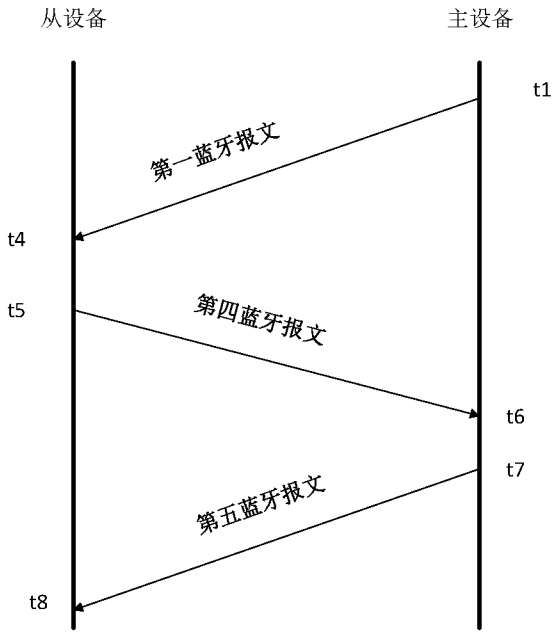

图 6a

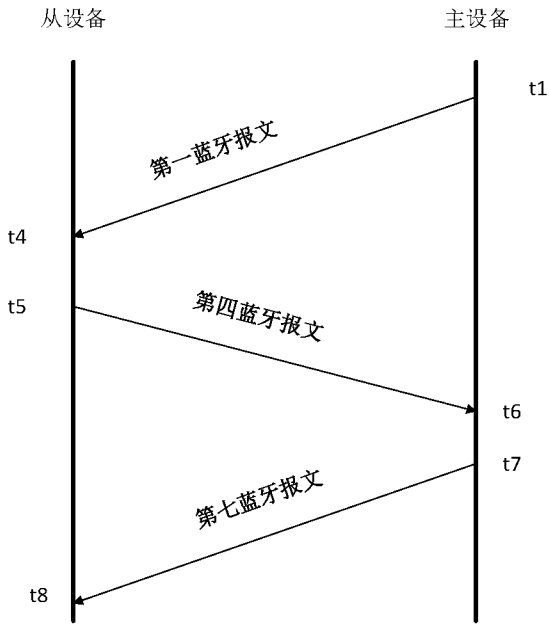

图 6b

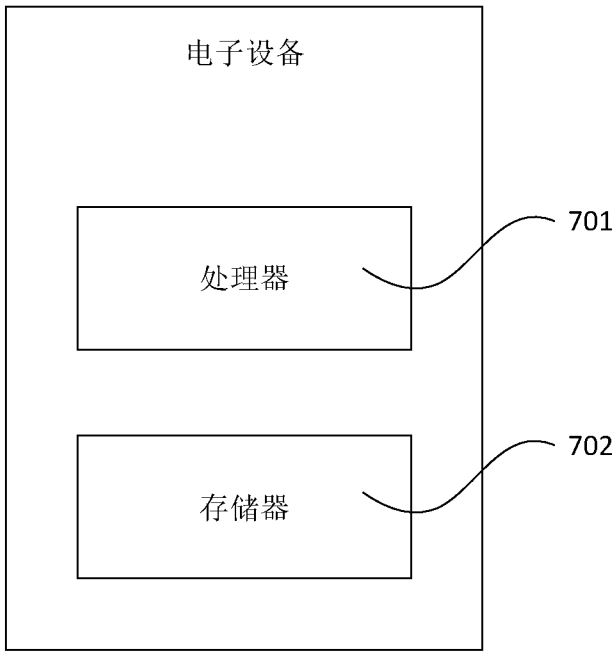
电子设备
处理器
701
存储器
702

图 7a

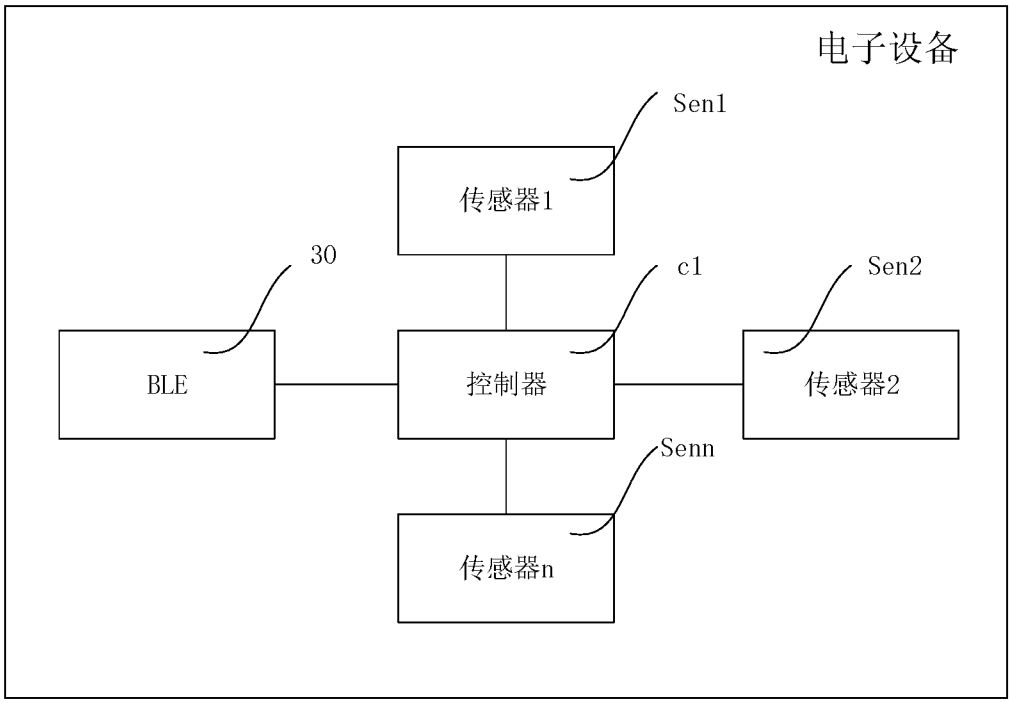
电子设备
Sen1
传感器1
30
c1
Sen2
BLE
控制器
传感器2
Senn
传感器n

图 7b

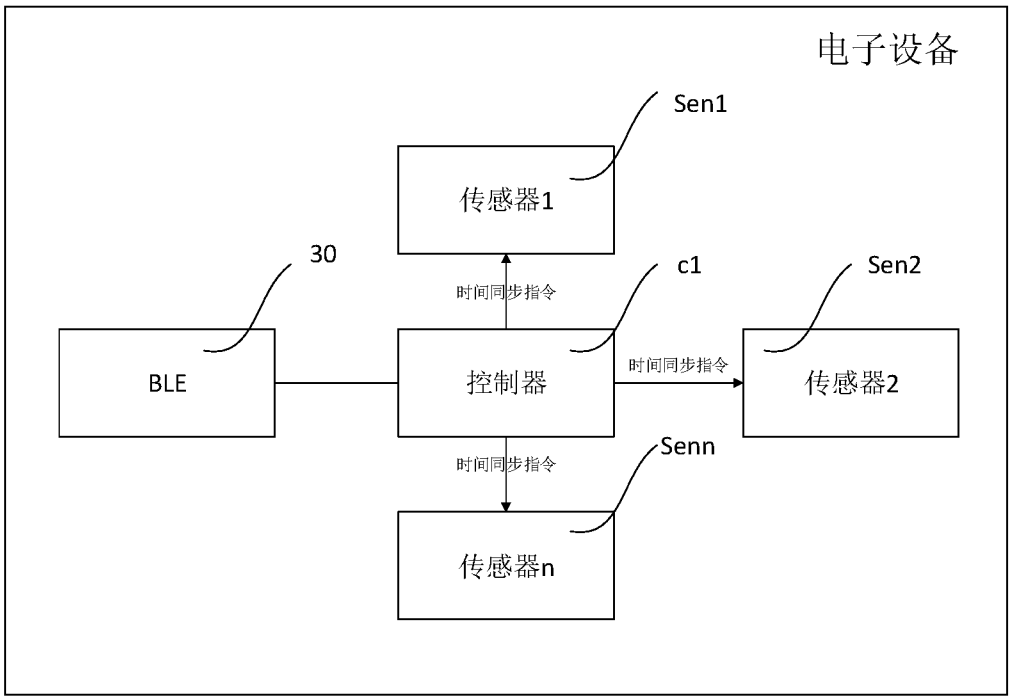
电子设备
Sen1
传感器1
30
c1
Sen2
时间同步指令
BLE
控制器
时间同步指令
传感器2
时间同步指令
Senn
传感器n

图 8

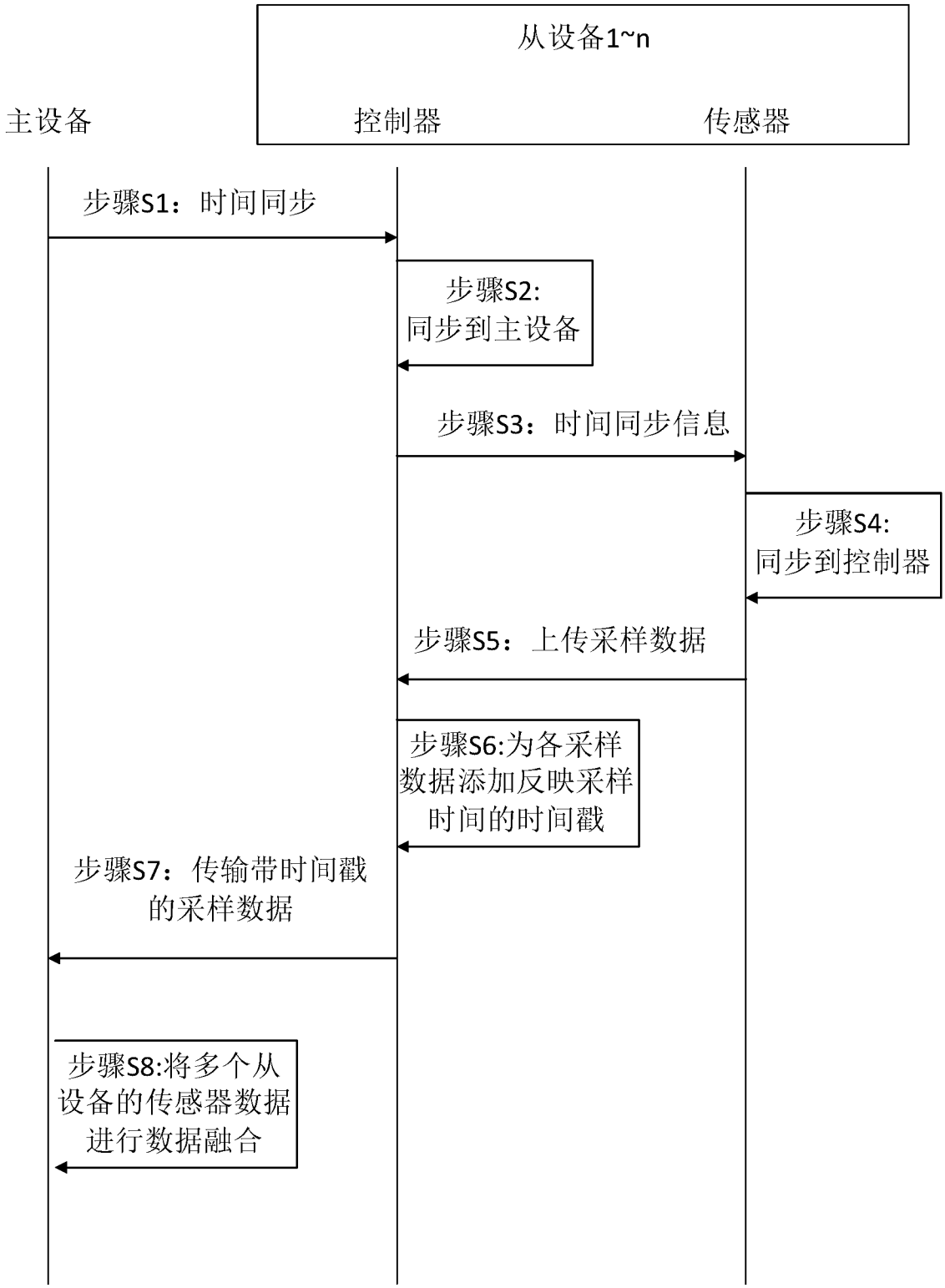
从设备1~n
主设备
控制器
传感器
步骤S1：时间同步
步骤S2:
同步到主设备
步骤S3：时间同步信息
步骤S4:
同步到控制器
步骤S5：上传采样数据
步骤S6:为各采样数据添加反映采样时间的时间戳
步骤S7：传输带时间戳的采样数据
步骤S8:将多个从设备的传感器数据进行数据融合

图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2021/132132

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J 3/06(2006.01)i; H04W 4/80(2018.01)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)

H04J H04W H04L

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)

CNABS, CNTXT, CNKI: 时间, 同步, 时钟, 蓝牙, 无线, 时间戳, 偏差, 发送, 接收, 时延, 延时; VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT, 3GPP: time, synchronization, clock, buletooth, wireless, timestamp, difference, send, transmit, receive, delay

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 110568753 A (QINGDAO XIAONIAO KANKAN TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 December 2019 (2019-12-13) description, paragraphs [0022]-[0098], and figures 1-6	1-3, 6-7, 12-13
X	WO 2020133183 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 02 July 2020 (2020-07-02) description page 6 last paragraph - page 27 paragraph 5, figures 1-10	1-3, 6-7, 12-13
A	CN 111918261 A (NANJING ZHONGGAN MICROELECTRONIC CO., LTD.) 10 November 2020 (2020-11-10) entire document	1-13
A	US 2019045304 A1 (INTEL CORPORATION) 07 February 2019 (2019-02-07) entire document	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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
"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
27 January 2022	**11 February 2022**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2021/132132

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 110568753 A	13 December 2019	None	
WO 2020133183 A1	02 July 2020	CN 113228701 A	06 August 2021
CN 111918261 A	10 November 2020	None	
US 2019045304 A1	07 February 2019	US 10652659 B2	12 May 2020

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2021/132132

A. 主题的分类

H04J 3/06(2006.01)i; H04W 4/80(2018.01)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)

H04J H04W H04L

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））

CNABS, CNTXT, CNKI：时间，同步，时钟，蓝牙，无线，时间戳，偏差，发送，接收，时延，延时；VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT, 3GPP：time, synchronization, clock, buletooth, wireless, timestamp, difference, send, transmit, receive, delay

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
X	CN 110568753 A (青岛小鸟看看科技有限公司) 2019年12月13日 (2019-12-13) 说明书第[0022]-[0098]段，附图1-6	1-3，6-7，12-13
X	WO 2020133183 A1 (华为技术有限公司) 2020年7月2日 (2020-07-02) 说明书第6页最后1段-第27页第5段，附图1-10	1-3，6-7，12-13
A	CN 111918261 A (南京中感微电子有限公司) 2020年11月10日 (2020-11-10) 全文	1-13
A	US 2019045304 A1 (INTEL CORPORATION) 2019年2月7日 (2019-02-07) 全文	1-13

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2022年1月27日	2022年2月11日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(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 陈俊茹 电话号码 86-（010）-62411493

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/132132

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 110568753 A	2019年12月13日	无	
WO 2020133183 A1	2020年7月2日	CN 113228701 A	2021年8月6日
CN 111918261 A	2020年11月10日	无	
US 2019045304 A1	2019年2月7日	US 10652659 B2	2020年5月12日