

(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



(10) 国际公布号
WO 2024/149391 A1

(43) 国际公布日
2024年7月18日 (18.07.2024)

- (51) 国际专利分类号:
G01C 21/16 (2006.01) G01S 19/41 (2010.01)
G01C 21/20 (2006.01) G01S 19/43 (2010.01)
G01C 21/34 (2006.01) G01S 19/47 (2010.01)
G01C 21/36 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/072135
- (22) 国际申请日: 2024年1月12日 (12.01.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310093543.1 2023年1月13日 (13.01.2023) CN
- (71) 申请人: 广州导远电子科技有限公司 (GUANGZHOU ASENSING TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市高新技术

产业开发区南翔二路1号自编一栋B101室, Guangdong 510663 (CN)。

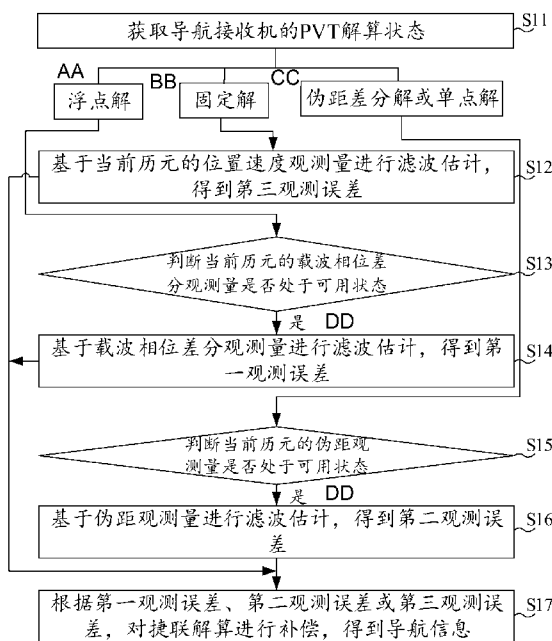
(72) 发明人: 徐浩 (XU, Hao); 中国广东省广州市高新技术产业开发区南翔二路1号自编一栋B101室, Guangdong 510663 (CN)。

(74) 代理人: 北京超凡宏宇知识产权代理有限公司 (CHOFN INTELLECTUAL PROPERTY); 中国北京市海淀区北四环西路68号左岸工社1215-1218室, Beijing 100080 (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,

(54) Title: IN-VEHICLE STRAPDOWN INTEGRATED NAVIGATION METHOD AND APPARATUS, AND ELECTRONIC DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质



- S11 Acquire a PVT solving state of a navigation receiver
- S12 Perform filtering estimation on the basis of position and velocity observation quantities at the current epoch to obtain a third observation error
- S13 Determine whether a carrier phase differential observation quantity at the current epoch is in an available state
- S14 Perform filtering estimation on the basis of the carrier phase differential observation quantity to obtain a first observation error
- S15 Determine whether a pseudo-range observation quantity at the current epoch is in an available state
- S16 Perform filtering estimation on the basis of the pseudo-range observation quantity to obtain a second observation error
- S17 Compensate for strapdown calculation according to the first observation error, the second observation error or the third observation error, so as to obtain navigation information
- AA Float solution
- BB Fixed solution
- CC Pseudo-range differential solution or single-point solution
- DD Yes

图2

(57) Abstract: An in-vehicle strapdown integrated navigation method and apparatus, and an electronic device and a storage medium, which belong to the technical field of navigation. The method comprises: acquiring a PVT solving state of a navigation receiver; when the PVT solving state is a float solution and a carrier phase differential observation quantity is available, performing filtering estimation on the basis of the carrier phase differential observation quantity to obtain a first observation error; when the PVT solving state is a pseudo-range differential solution or a single-point solution, and a pseudo-range observation quantity is available, performing filtering

LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, 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, 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))。

estimation on the basis of the pseudo-range observation quantity to obtain a second observation error; when the PVT solving state is a fixed solution, performing filtering estimation on the basis of position and velocity observation quantities to obtain a third observation error; and compensating for strapdown calculation according to the obtained observation error, so as to obtain navigation information.

(57) 摘要: 一种车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质, 属于导航技术领域, 通过获取导航接收机的PVT解算状态, 当PVT解算状态为浮点解且载波相位差分观测量可用时, 基于载波相位差分观测量进行滤波估计得到第一观测误差, 当PVT解算状态为伪距差分解或单点解, 且伪距观测量可用时, 基于伪距观测量进行滤波估计得到第二观测误差, 当PVT解算状态为固定解时, 基于位置速度观测量进行滤波估计得到第三观测误差, 从而得到的观测误差对捷联计算进行补偿, 得到导航信息。

车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质

相关申请的交叉引用

本公开要求于 2023 年 01 月 13 日提交中国专利局的申请号为 CN202310093543.1、名称为“车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本公开涉及导航技术领域，具体而言，涉及一种车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质。

背景技术

在自动驾驶定位领域中，全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）/惯性导航系统（inertial navigation system, INS）组合导航是必备的绝对定位方式之一。由于城市道路环境复杂，GNSS 卫星信号易受遮挡、多径效应等问题影响。

传统的 GNSS/INS 紧组合导航方法中，通常采用伪距伪距率紧组合的方式，直接使用 GNSS 原始观测量的伪距和伪距率观测量构建量测方程。由于伪距信息观测噪声较大，容易受多径效应的影响，导致定位精度低，导航准确度差。

发明内容

有鉴于此，本公开的目的在于提供一种车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质，其能改善传统的 GNSS/INS 紧组合导航方法所存在的定位精度低和导航准确度差的问题。

为了实现上述目的，本公开实施例采用的技术方案如下：

第一方面，本公开实施例提供一种车载捷联组合导航方法，所述方法包括：

获取导航接收机的 PVT 解算状态；

当所述 PVT 解算状态为浮点解时，判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态；

若所述载波相位差分观测量处于可用状态，则基于所述载波相位差分观测量进行滤波估计，得到第一观测误差；

当所述 PVT 解算状态为伪距差分或单点解时，判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态；

若所述伪距观测量处于可用状态，则基于所述伪距观测量进行滤波估计，得到第二观测误差；

当所述 PVT 解算状态为固定解时，基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计，得到第三观测误差；

根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差，对捷联解算进行补偿，得到导航信息。

可选的，所述方法还包括：

若所述载波相位差分观测量未处于可用状态，则执行所述判断当前的伪距观测量是否处于可用状态的步骤。

可选的，所述方法还包括：

若所述载波相位差分观测量和所述伪距观测量均处于不可用状态时，利用航位推算法，得到导航信息。

可选的，所述判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态的步骤，包括：

获取当前历元的每颗卫星的载波相位差分观测量和卫地位置单位矢量，以及当前历元的车辆组合导航位置相对前一历元的位置矢量；

计算所述位置矢量和所述卫地位置单位矢量的乘积，计算出每颗卫星的所述载波相位差分观测量与所述乘积的第一差值，并计算出所有所述第一差值的第一标准差；

判断所述第一标准差是否小于预设的第一阈值，若是，则所述载波相位差分观测量处于可用状态，否则所述载波相位差分观测量未处于可用状态。

可选的，所述判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态的步骤，包括：

获取当前历元的每颗卫星的伪距观测量，以及当前历元的车辆组合导航位置和每颗卫星位置之间的卫地距离；

计算出每颗卫星的所述伪距观测量与所述卫地距离的第二差值，并计算出所有所述第二差值的第二标准差；

判断所述第二标准差是否小于预设的第二阈值，若是，则所述伪距观测量处于可用状态。

可选的，所述基于所述载波相位差分观测量进行滤波估计，得到第一观测误差的步骤，包括：

将所有所述第一差值中的中位数所对应的卫星作为参考星，将所述参考星的第一差值作为第一条条件值；

从当前历元的所有卫星的载波相位差分观测量中，选择所述第一差值与所述第一条条件值之间的差值小于第一偏差门限的载波相位差分观测量作为选定观测量；

基于所有所述选定观测量，建立第一量测方程和第一状态方程；

基于所述第一量测方程和所述第一状态方程，采用卡尔曼滤波估计误差估计，得到第一观测误差；其中，所述第一观测误差包括经纬高位置误差、速度误差和姿态误差。

可选的,所述基于所述伪距观测量进行滤波估计,得到第二观测误差的步骤,包括:

将所有所述第二差值中的中位数所对应的卫星作为参考星,将所述参考星的第二差值作为第二条件值;

从当前历元的所有卫星的伪距观测量中,选择所述第二差值与所述第二条件值之间的差值小于第二偏差门限的伪距观测量作为选定观测量;

基于所有所述选定观测量,建立第二量测方程和第二状态方程;

基于所述第二量测方程和所述第二状态方程,采用卡尔曼滤波估计误差估计,得到第二观测误差;其中,所述第二观测误差包括经纬高位置误差、速度误差和姿态误差。

可选的,所述根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差,对捷联解算进行补偿,得到导航信息的步骤,包括:

根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差,对捷联解算所得到的位置、速度和航向信息进行补偿,得到导航信息。

可选的,所述获取导航接收机的PVT解算状态的步骤,包括:

根据导航接收机的PVT解算的状态标识,确定PVT解算状态。

可选的,所述第一差值的计算公式包括:

$$D_{\varphi i} = \Delta\varphi_i - e_i\Delta b$$

其中, $D_{\varphi i}$ 表示第*i*颗卫星的第一差值, $\Delta\varphi_i$ 表示第*i*颗卫星的载波相位差分观测量, e_i 表示第*i*颗卫星的位置坐标到导航接收机的位置坐标的卫地位置单位矢量, Δb 表示车辆组合导航位置相对前一历元的位置矢量。

可选的,所述第二差值的计算公式包括:

$$D_{\rho i} = \rho_i - P_i$$

其中, $D_{\rho i}$ 表示第*i*颗卫星的第二差值, ρ_i 表示第*i*颗卫星的伪距观测量, P_i 表示车辆组合导航位置和第*i*颗卫星的卫地距离。

第二方面,本公开实施例提供一种车载捷联组合导航装置,包括状态确定模块、误差估计模块和补偿模块;

所述状态确定模块,用于获取导航接收机的PVT解算状态;

所述误差估计模块,用于当所述PVT解算状态为浮点解时,判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态,若所述载波相位差分观测量处于可用状态,则基于所述载波相位差分观测量进行滤波估计,得到第一观测误差;

所述误差估计模块,还用于当所述PVT解算状态为伪距差分或单点解时,判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态,若所述伪距观测量处于可用状态,则基于所述伪距观测量进行滤波估计,得到第二观测误差;

所述补偿模块,用于根据所述第一观测误差或所述第二观测误差,对捷联解算进行补偿,得到导航信息。

第三方面,本公开实施例提供一种电子设备,包括处理器和存储器,所述存储器存储有能够被所述处理器执行的计算机程序,所述处理器可执行所述计算机程序以实现如第一方面所述的车载捷联组合方法。

第四方面,本公开实施例提供一种存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如第一方面所述的车载捷联组合方法。

本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质,通过获取导航接收机的PVT解算状态,当PVT解算状态为浮点解且当前历元的载波相位差分观测量处于可用状态时,基于载波相位差分观测量进行滤波估计得到第一观测误差,当PVT解算状态为伪距差分或单点解,且当前历元的伪距观测量处于可用状态时,基于伪距观测量进行滤波估计得到第二观测误差,当PVT解算状态为固定解时,基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计得到第三观测误差,从而根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差对捷联计算进行补偿,得到导航信息,实现根据定位状态和观测量质量来切换不同的观测量进行误差估计,以进行导航,从而极大地提高了复杂场景下的组合导航精度。

为使本公开的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本公开的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

图1示出了本公开实施例提供的车载捷联组合导航系统的方框示意图。

图2示出了本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法的流程示意图之一。

图3示出了本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法的流程示意图之二。

图 4 示出了图 2 或图 3 中步骤 S13 的部分子步骤的流程示意图。

图 5 示出了图 2 或图 3 中步骤 S15 的部分子步骤的流程示意图。

图 6 示出了图 2 或图 3 中步骤 S14 的部分子步骤的流程示意图。

图 7 示出了图 2 或图 3 中步骤 S16 的部分子步骤的流程示意图。

图 8 示出了本公开实施例提供的车载捷联组合导航装置的方框示意图。

图 9 示出了本公开实施例提供的电子设备的方框示意图。

附图标记：100-车载捷联组合导航系统；110-导航接收机；120-卫星；130-车载终端；140-车载捷联组合导航装置；150-状态确定模块；160-误差估计模块；170-补偿模块；180-电子设备。

具体实施方式

下面将结合本公开实施例中附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本公开实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

因此，以下对在附图中提供的本公开的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本公开的范围，而是仅仅表示本公开的选定实施例。基于本公开的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

需要说明的是，术语“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

在自动驾驶定位领域的 GNSS/INS 组合导航技术中，通常使用最优估计方法获得车辆的位置、速度、姿态等导航信息，用于自动驾驶的决策。其中，最常用的最优估计方法为卡尔曼滤波，根据车辆运动方程构建状态方程，根据 GNSS 观测量信息构建观测方程。由于车辆的运动状态相对于机载、弹载和船载等场景，具有机动较小、路线相对固定、低速低扰动等优点。因此，INS 的运动学模型的准确性对最优估计的精度影响相对较小。

但是，车辆的行驶环境相对其他场景更为复杂，卫星信号易受干扰，GNSS 观测量对估计精度的影响较大。传统的松组合方式在复杂场景下 GNSS 的 PVT 解算信息精度下降时和可用卫星数小于 4 颗时无法有效的利用卫星信息进行误差修正，导致定位精度低，影响导航准确度。

传统的 GNSS/INS 紧组合方法中，通常使用伪距伪距率紧组合的方式，直接使用 GNSS 原始观测量的伪距和伪距率观测量构建量测方程。然而伪距信息观测噪声较大，容易受多径效应的影响，导致定位精度低，影响导航准确度。同时，观测量较多时，滤波器运算量大。

基于上述考虑，本公开实施例提供一种车载捷联组合导航方法，其能够传统的组合导航方法所存在的定位精度低和导航准确度差的问题。以下，对该方案进行介绍。

本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法，可以应用于图 1 所示的车载捷联组合导航系统 100 中，该车载捷联组合导航系统 100 包括导航接收机 110 和车载终端 130，导航接收机 110 可以通过 can 总线与车载终端 130 通信连接，且导航接收到与多颗导航卫星 120 通信。

导航接收机 110，用于接收、跟踪、变换和测量关于卫星 120 的 GNSS 信号，来得到 PVT 解算。

其中，GNSS 信号包括但不限于：相对于每颗卫星 120 的位置速度观测量、载波相位差分观测量和伪距观测量。PVT 解算是指导航接收机 110 的位置、速度和时间解算。

车载终端 130，用于根据 PVT 解算状态，实现如本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法。

车载捷联组合导航系统 100 还可以包括惯性传感器，惯性传感器可以与导航接收机 110 固连，惯性传感器可以通过 can 总线与车载终端 130 通信连接，车载终端 130 可以根据惯性传感器的输出信息进行数值积分求解，得到捷联解算。

在一种可能的实施方式中，参照图 2，本公开实施例提供了一种车载捷联组合方法，可以包括以下步骤。在本实施方式中，以该方法应用于图 1 中的车载终端 130 来举例说明。

S11，获取导航接收机的 PVT 解算状态。当 PVT 解算状态为固定解时，执行步骤 S12，当 PVT 解算状态为浮点解时，执行步骤 S13，当 PVT 解算状态为伪距差分解或单点解时，执行步骤 S15。

需要说明的是，PVT 解算状态一般分为固定解、浮点解、伪距差分解和单点解。

S12, 基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计, 得到第三观测误差。

S13, 判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态。若是, 则执行步骤 S14。

S14, 基于载波相位差分观测量进行滤波估计, 得到第一观测误差。

S15, 判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态。若是, 则执行步骤 S16。

S16, 基于伪距观测量进行滤波估计, 得到第二观测误差。

S17, 根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差, 对捷联解算进行补偿, 得到导航信息。

其中, 捷联解算指的是捷联惯性导航系统中惯性传感器与导航接收机固连, 通过获取惯性传感器的输出信息, 并对输出信息进行数值积分求解, 得到的导航参数。捷联解算包括导航接收机的姿态、速度和位置等参数。

车载终端 130 实时获取与导航接收机 110 固连的关系传感器的输出信息, 并对该输出信息进行处理, 得到捷联解算。

同时, 导航接收机 110 实时对获取的当前历元的 GNSS 信号进行处理, 得到 PVT 解算, 并实时发送给车载终端 130。

车载终端 130 获取导航接收机 110 当前历元的 PVT 解算, 并确定 PVT 解算状态。在一种可能的实施方式中, PVT 解算中包括状态标识, 每个状态标识对应一个 PVT 解算状态, 车载终端 130 可以根据导航接收机 110 的 PVT 解算的状态标识, 确定出 PVT 解算状态。

当 PVT 计算状态为固定解时, 车载终端 130 基于导航接收机 110 测量的当前历元的位置速度观测量进行滤波估计得到第三观测误差。当 PVT 解算状态为浮点解, 且导航接收机 110 测量的当前历元的载波相位差分观测量处于可用状态时, 车载终端 130 基于载波相位差分观测量进行滤波估计得到第一观测误差。当 PVT 解算状态为伪距差分或单点解, 且导航接收机 110 测量的当前历元的伪距观测量处于可用状态时, 车载终端 130 基于伪距观测量进行滤波估计得到第二观测误差。进而, 车载终端 130 根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差, 对捷联解算进行补偿, 得到导航信息。

载波相位差分信息能够提供前后历元间的卫星 120 和接收机的相对距离之差, 观测量噪声较小, 不易受多径效应的影响, 观测量精度高。

与传统的组合导航方法相比, 本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法根据定位状态和观测量质量, 来切换位置速度观测量、载波相位差分观测量或伪距观测量进行误差估计, 并基于估计出的观测误差对捷联解算进行补偿来得到导航信息, 能够尽可能地降低多径效应的影响, 极大地提高了复杂场景下的定位精度和导航准确度。

考虑到 PVT 解算状态为浮点解时, 当前历元的载波相位差分观测量存在不可用的情况, 为了顺利进行导航以及尽可能提高导航准确度, 在一种可能的实施方式中, 参照图 3, 在步骤 S13 时, 若判定载波相位差分观测量处于不可用状态, 则执行步骤 S15。在浮点解时, 且载波相位差分观测量不可用时, 判断伪距观测量是否处于可用状态, 若是, 则基于伪距观测量进行滤波估计, 以使用估计出的第二观测误差补偿捷联解算, 得到导航信息。

可选的, 考虑到伪距观测量处于不可用状态时, 为了尽可能提高导航准确度, 并及时提供导航信息, 在一种可能的实施方式中, 请继续参照图 3, 本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法还可以包括步骤 S18, 在步骤 S15 中判定当前历元的伪距观测量处于不可用状态时, 执行步骤 S18。

S18, 利用航位推算法, 得到导航信息。

航位推算法是基于获知当前时刻位置的条件下, 通过车辆移动的距离和方位, 推算下一时刻位置的方法。航位推算法是导航技术领域中的传统的导航方法, 本实施方式中, 不再做介绍。

判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态的方式可以灵活设置, 例如, 可以按照预设规则进行判断, 也可以采用神经网络算法进行判断, 本实施方式中, 不作具体限定。

为了进一步提高定位精度和导航准确度, 在判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态的过程中引入标准差和第一阈值。其中, 第一阈值为根据大量的历史经验数据或者多次实验过后设定的值。在此基础上, 参照图 4, 上述步骤 S13 可以进一步实施为以下步骤。

S131, 获取当前历元的每颗卫星的载波相位差分观测量和卫地位置单位矢量, 以及当前历元的车辆组合导航位置相对前一历元的位置矢量。

S132, 计算位置矢量和卫地位置单位矢量的乘积, 计算出每颗卫星的载波相位差分观测量与乘积的第一差值, 并计算出所有第一差值的第一标准差。

S133, 判断第一标准差是否小于预设的第一阈值。若是, 则载波相位差分观测量处于可用状态, 否则载波相位差分观测量未处于可用状态。

应当理解的是, 用于导航的卫星系统中包括多颗卫星, 因此, 对于每颗卫星, 都有一个载波相位差分观测量和一个位置矢量。

第一差值的计算公式可以表示为： $D_{\varphi i} = \Delta\varphi_i - e_i\Delta b$ 。

其中， $D_{\varphi i}$ 表示第*i*颗卫星的第一差值， $\Delta\varphi_i$ 表示第*i*颗卫星的载波相位差分观测量， e_i 表示第*i*颗卫星的位置坐标到导航接收机的位置坐标的卫地位置单位矢量， Δb 表示车辆组合导航位置相对前一历元的位置矢量。

所有卫星的第一差值可以用一个多维矩阵进行表示，该矩阵可以为： $N_{n \times 1} = [\Delta\varphi_1 - e_1\Delta b, \Delta\varphi_2 - e_2\Delta b, \dots, \Delta\varphi_n - e_n\Delta b]$ 。其中，*n*表示可用的载波相位差分观测量的个数。

所有第一差值的第一标准差可以表示为： $\text{std}(N_{n \times 1})$ ，第一阈值可以表示为 T_{stdcp} 。在此基础上，当满足 $\text{std}(N_{n \times 1}) < T_{\text{stdcp}}$ 时，则载波相位差分观测量处于可用状态。

同理，判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态的方式可以灵活设置，例如，可以按照预设规则进行判断，也可以采用神经网络算法进行判断，本实施方式中，不作具体限定。

为了进一步提高定位精度和导航准确度，在判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态的过程中引入标准差和第二阈值。其中，第二阈值为根据大量的历史经验数据或者多次实验过后设定的值。在此基础上，参照图5，上述步骤S15可以进一步实施为以下步骤。

S151，获取当前历元的每颗卫星的伪距观测量，以及当前历元的车辆组合导航位置和每颗卫星位置之间的卫地距离。

S152，计算出每颗卫星的伪距观测量与卫地距离的第二差值，并计算出所有第二差值的第二标准差。

S153，判断第二标准差是否小于预设的第二阈值。若是，则伪距观测量处于可用状态，否则伪距观测量处于不可用状态。

由于用于导航的卫星系统中包括多颗卫星，因此，对于每颗卫星120，导航接收机还可以观测到该卫星的伪距观测量，以及前历元的车辆组合导航位置和该卫星位置之间的卫地距离。

第二差值的计算公式可以表示为： $D_{\rho i} = \rho_i - P_i$ 。

其中， $D_{\rho i}$ 表示第*i*颗卫星的第二差值， ρ_i 表示第*i*颗卫星的伪距观测量， P_i 表示车辆组合导航位置和第*i*颗卫星的卫地距离。

所有卫星的第二差值可以用一个多维矩阵进行表示，该矩阵可以为： $M_{m \times 1} = [\rho_1 - P_1, \rho_2 - P_2, \dots, \rho_m - P_m]$ 。其中，*m*表示可用的伪距观测量的个数。

所有第二差值的第二标准差可以表示为： $\text{std}(M_{m \times 1})$ ，第二阈值可以表示为 T_{stdpsr} 。在此基础上，当满足 $\text{std}(M_{m \times 1}) < T_{\text{stdpsr}}$ 时，则伪距观测量处于可用状态。

滤波估计的方式可以灵活选择，例如，可以是松组合卡尔曼滤波，也可以是中值滤波，一阶滤波等，在本实施方式中，不作具体限定。

在一种可能的实施方式中，针对步骤S12，在PVT解算状态为固定解释，可以对当前历元的位置速度观测量进行松组合卡尔曼滤波，得到第三观测误差。由于基于位置速度观测量进行松组合卡尔曼滤波为导航中常用的方法，故本实施方式中，不作详细赘述。

由于传统的组合导航方法中，对于不同的卫星，导航接收机存在钟差，导致定位精度差。在一种可能的实施方式中，为了尽可能消除导航接收机的钟差，以提高采用载波相位差分观测量进行滤波估计时的定位精度，引入星间差分和卡尔曼滤波。具体地，参照图6，上述步骤S14可以进一步实施为以下步骤。

S141，将所有第一差值中的中位数所对应的卫星作为参考星，将参考星的第一差值作为第一条件值。

S142，从当前历元的所有卫星的载波相位差分观测量中，选择第一差值与第一条件值之间的差值小于第一偏差门限的载波相位差分观测量作为选定观测量。

S143，基于所有选定观测量，建立第一量测方程和第一状态方程。

S144，基于第一量测方程和第一状态方程，采用卡尔曼滤波估计误差估计，得到第一观测误差。

需要说明的是，第一观测误差包括但不限于是：经纬高位置误差、速度误差和姿态误差。第一偏差门限为根据大量的历史经验数据或多次实验后设定的值。

第一差值的多维矩阵 $N_{n \times 1} = [\Delta\varphi_1 - e_1\Delta b, \Delta\varphi_2 - e_2\Delta b, \dots, \Delta\varphi_n - e_n\Delta b]$ 的中位数所对应的卫星（即参考星）编号为 $ref1$ ，使用参考星的第一差值作为星间差分的第一条件值，第一条件值可以表示为： $\Delta\varphi_{ref1} - e_{ref1}\Delta b$ ，第一偏差门限可以表示为 T_{maxcp} 。

对于第*i*颗卫星的载波相位差分观测量，满足 $(\Delta\varphi_i - e_i\Delta b) - (\Delta\varphi_{ref1} - e_{ref1}\Delta b) < T_{\text{maxcp}}$ 时，则该载波相位差分观测量即为选定观测量。

第一状态方程可以表示为： $\dot{X}_1(t) = F(t)X_1(t) + w(t)$ 。

$$\text{第一状态方程中, } F(t) = \begin{bmatrix} 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2\Omega_{ie}^e & [(C_b^n f_{ib}^b) \times] & -C_b^n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Omega_{ie}^e & 0 & C_b^n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

以及, $X_1(t) = [\delta r, \delta v, \delta \Psi, \delta b_a, \delta b_g, \delta t_{ru}]^T$, $\dot{X}_1(t)$ 为 $X_1(t)$ 的一阶微分。

其中, δr 为东北地坐标系下的经纬高位置误差, δv 为东北地坐标系下的速度误差, $\delta \Psi$ 为姿态误差, δb_a 为加速度计零偏误差, δb_g 为陀螺仪零偏误差, δt_{ru} 为导航接收机的历元间钟差之差所引起的观测量误差, I 为 3×3 单位矩阵, Ω_{ie}^e 为地球自转速度的反对称阵, C_b^n 为载体坐标系到导航坐标系的旋转矩阵, f_{ib}^b 为加速度计在载体坐标系下的测量值, $w(t)$ 为高斯白噪声矢量。载体可以是导航接收机。

第一量测方程可以表示为: $Z_1(t) = H_1(t)X_1(t) + v(t)$ 。

$$\text{第一量测方程中, } Z_1(t) = \begin{bmatrix} \Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_{\text{ref1}} - \widehat{\Delta b} \\ \Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_{\text{ref1}} - \widehat{\Delta b} \\ \vdots \\ \Delta\varphi_n - \Delta\varphi_{\text{ref1}} - \widehat{\Delta b} \end{bmatrix}.$$

$$\text{以及, } H_1(t) = \begin{bmatrix} -(e_1 - e_{\text{ref1}}) & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -(e_2 - e_{\text{ref1}}) & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -(e_n - e_{\text{ref1}}) & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

其中, $v(t)$ 为高斯白噪声矢量。

基于上述第一状态方程和第一量测方程, 利用卡尔曼滤波估计第一观测误差, 将连续卡尔曼滤波公式列写为如下的离散卡尔曼滤波计算公式。

$$\hat{X}_{k/k-1} = \Phi_{k/k-1} \hat{X}_{k-1}, \quad P_{k/k-1} = \Phi_{k/k-1} P_{k-1} \Phi_{k/k-1}^T + Q_{k-1}, \quad K_k = P_k H_k^T R_k^{-1}, \quad \hat{X}_k = \hat{X}_{k/k-1} + K_k (Z_k - H_k \hat{X}_{k/k-1}),$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k/k-1}.$$

上述离散卡尔曼滤波计算公式中, 式中 $\hat{X}_{k/k-1}$ 为 t_{k-1} 到 t_k 一步转移状态估计量, $\Phi_{k/k-1} = I + F(t_{k-1})T$, $P_{k/k-1}$ 为 t_{k-1} 到 t_k 一步转移状态误差矩阵, K_k 为滤波增益矩阵, P_k 为 t_k 时刻的状态误差矩阵, Q_{k-1} 为状态噪声矩阵, R_{k-1} 为量测噪声矩阵。

将上述第一量测方程和第一状态方程代入离散卡尔曼滤波计算公式进行计算, 即可得到估计出的第一观测误差 \widehat{X}_{1k} 。

通过上述步骤 S141-S144, 使用参考星作为星间差分, 以基于参考星的第一条件值, 消除卫星钟差和接收机钟差对定位的影响, 从而能够极大地提高定位精度。

用于导航的卫星系统多种多样, 例如, GPS 系统、伽利略系统和北斗系统。而导航接收机对不同卫星系统的原始观测量的处理方式不同, 导致导航接收机对不同卫星系统的接收机钟差特性不同。

在一种可能的实施方式中, 为了消除导航接收机对不同卫星系统处理不同而引入的误差, 以提高基于伪距观测量的定位精度, 引入星间差分和卡尔曼滤波, 并对伪距观测量进行分系统处理。具体地, 参照图 7, 上述步骤 S16 可以进一步实施为以下步骤。

S161, 将所有第二差值中的中位数所对应的卫星作为参考星, 将参考星的第二差值作为第二条件值。

S162, 从当前历元的所有卫星的伪距观测量中, 选择第二差值与第二条件值之间的差值小于第二偏差门限的伪距观测量作为选定观测量。

S163, 基于所有选定观测量, 建立第二量测方程和第二状态方程。

S164, 基于第二量测方程和第二状态方程, 采用卡尔曼滤波估计误差估计, 得到第二观测误差。

需要说明的是, 第二观测误差也可以包括经纬高位置误差、速度误差和姿态误差。第二偏差门限为根据大量的历史经验数据或多次实验后设置的值。

第二差值的多维矩阵 $M_{m \times 1} = [\rho_1 - P_1, \rho_2 - P_2, \dots, \rho_m - P_m]$ 的中位数所对应的卫星(即参考星)编号为 ref2, 使用参考星的第二差值作为星间差分的第二条件值, 第二条件值可以表示为: $\rho_{\text{ref2}} - P_{\text{ref2}}$, 第二偏差门限可以表示为 T_{maxpsr} 。

对于第 i 颗卫星的伪距观测量, 满足 $(\rho_i - P_i) - (\rho_{\text{ref}} - P_{\text{ref}}) < T_{\text{maxpsr}}$ 时, 则该伪距观测量即为选定观测量。

第二状态方程可以表示为: $\dot{X}_2(t) = F(t)X_2(t) + w(t)$ 。

第二状态方程中, $X_2(t) = [\delta r, \delta v, \delta \Psi, \delta b_a, \delta b_g, \delta t_{gu}, \delta t_{cu}]^T$ 。其中, δt_{gu} 为 GPS 系统的导航接收机钟差引起的观测量误差, δt_{cu} 为北斗系统的导航接收机钟差引起的观测量误差。应当理解的是, 当卫星系统及卫星系统的数量发生变化时, 则

可以在 $X_2(t)$ 中对导航接收机钟差引起的观测量误差进行调整,例如,增加、删除或修改。

第二量测方程可以表示为: $Z_2(t) = H_2(t)X_2(t) + v(t)$ 。

$$\text{第二量测方程中, } Z_2(t) = \begin{bmatrix} \rho_{g1} - \widehat{P}_{g1} \\ \rho_{g2} - \widehat{P}_{g2} \\ \vdots \\ \rho_{gn} - \widehat{P}_{gn} \\ \rho_{c1} - \widehat{P}_{c1} \\ \rho_{c2} - \widehat{P}_{c2} \\ \vdots \\ \rho_{cn} - \widehat{P}_{cn} \end{bmatrix}。$$

$$\text{以及, } H = \begin{bmatrix} -e_{g1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -e_{g2} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 \\ -e_{gn} & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -e_{c1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -e_{c2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & -1 \\ -e_{cn} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}。$$

其中, \widehat{P}_{gn} 表示 GPS 系统的第 n 颗卫星的卫地距离的估计量, e_{gn} 表示 GPS 系统的第 n 颗卫星的卫地位置单位矢量, \widehat{P}_{cn} 表示北斗卫星的第 n 颗卫星的卫地距离的估计量, e_{cn} 表示北斗卫星的第 n 颗卫星的卫地位置单位矢量。

同理,将上述第二量测方程和第二状态方程代入离散卡尔曼滤波计算公式进行计算,即可得到估计出的第二观测误差 \widehat{X}_{2k} 。

通过上述步骤 S161-S164,使用参考星作为星间差分,以基于参考星的第二条件值,消除卫星钟差和接收机钟差对定位的影响,同时,将导航接收机对不同卫星系统的接收机误差分开估计,同时对不同卫星系统的观测量噪声分开设置,能够极大地提高定位精度。

得到估计出的第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差后,车载终端根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差,对捷联解算所得到的位置、速度和航向信息进行补偿,得到导航信息。

捷联解算包括姿态更新方法,速度更新方法和位置更新方法。

姿态更新方法可以表示为: $\dot{C}_b^n = C_b^n(\omega_{nb}^b) \times$ 。

求解上式微分方程可更新当前姿态矩阵,式中 ω_{nb}^b 为载体系相对导航系的角速度。通过姿态矩阵可进一步求解载体的俯仰角、横滚角和航向角。

速度更新方法可以表示为: $\dot{v}^n = C_b^n f_{nb}^b + g^n$ 。其中, f_{nb}^b 为载体系下加速度计测得的比力, g^n 为当地重力加速度。

位置更新方法可以表示为: $\dot{r} = M_{pv} v^n$ 。

$$\text{式中: } M_{pv} = \begin{bmatrix} 0 & 1/(R_M + h) & 0 \\ \sec(L)/(R_N + h) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}。$$

其中, L 为纬度, R_M 为子午圈半径, R_N 为西卵圈半径, h 为海拔高。

在得到第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差时,将各误差量通过加、乘等任意补偿方式,分别补偿到捷联解算得到的姿态、位置和速度等导航参数上,即可完成补偿,得到导航信息。

本公开实施例提供的车载捷联组合导航方法,根据卫星定位状态和原始观测量信息质量实现速度位置松组合、载波相位差分紧组合和伪距紧组合的无缝切换,提高复杂场景下的组合导航精度。简化载波相位差分的量测模型,通过中位数法选取参考星做星间差分进一步消除导航接收机钟差,提高导航精度。同时,在伪距观测量的第二量测方程和第二状态方程中使用分卫星系统的接收机钟差估计方法,实现更精确地修正伪距原始观测量,以进一步提高导航精度。

基于上述车载捷联组合导航方法的发明构思,在一种可能的实施方式中,本公开实施例还提供了一种车载捷联组合导航装置 140,可以应用于图 1 中的车载终端 130。参照图 8,该车载捷联组合导航装置 140 可以包括状态确定模块 150、误差估计模块 160 和补偿模块 170。

状态确定模块 150,用于获取导航接收机的 PVT 解算状态。

误差估计模块 160,用于当 PVT 解算状态为浮点解时,判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态,若载波相位差分观测量处于可用状态,则基于载波相位差分观测量进行滤波估计,得到第一观测误差。

误差估计模块 160,还用于当 PVT 解算状态为伪距差分或单点解时,判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状

态，若伪距观测量处于可用状态，则基于伪距观测量进行滤波估计，得到第二观测误差。

误差估计模块 160，还用于当 PVT 解算状态为固定解时，基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计，得到第三观测误差。

补偿模块 170，用于根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差，对捷联解算进行补偿，得到导航信息。

上述车载捷联组合导航装置 140 中，通过状态确定模块 150、误差估计模块 160 和补偿模块 170 的协同作用，根据定位状态和观测量质量，来切换位置速度观测量、载波相位差分观测量或伪距观测量进行误差估计，并基于估计出的观测误差对捷联解算进行补偿来得到导航信息，能够尽可能地降低多径效应的影响，极大地提高了复杂场景下的定位精度和导航准确度。

关于车载捷联组合导航装置 140 的具体限定可以参见上文中对于车载捷联组合导航方法的限定，在此不再赘述。上述车载捷联组合导航装置 140 中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于电子设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于电子设备的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

在一种实施方式中，提供了一种电子设备 180，该电子设备 180 可以是终端，其内部结构图可以如图 9 所示。该电子设备 180 包括通过系统总线连接的处理器、存储器、通信接口、显示屏和输入装置。其中，该电子设备 180 的处理器用于提供计算和控制能力。该电子设备 180 的存储器包括非易失性存储介质、内存存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该电子设备 180 的通信接口用于与外部的终端进行有线或无线方式的通信，无线方式可通过 WIFI、运营商网络、近场通信（NFC）或其他技术实现。该计算机程序被处理器执行时实现如上述实施方式提供的车载捷联组合导航方法。

图 9 中示出的结构，仅仅是与本公开方案相关的部分结构的框图，并不构成对本公开方案所应用于其上的电子设备 180 的限定，具体的电子设备 180 可以包括比图 9 中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

在一种实施方式中，本公开提供的车载捷联组合导航装置 140 可以实现为一种计算机程序的形式，计算机程序可在如图 9 所示的电子设备 180 上运行。电子设备 180 的存储器中可存储组成该车载捷联组合导航装置 140 的各个程序模块，比如，图 8 所示的状态确定模块 150、误差估计模块 160 和补偿模块 170。各个程序模块构成的计算机程序使得处理器执行本说明书中描述的车载捷联组合导航方法中的步骤。

例如，图 9 所示的电子设备 180 可以通过如图 8 所示的车载捷联组合导航装置 140 中的状态确定模块 150 执行步骤 S11。电子设备 180 可以通过误差估计模块 160 执行步骤 S12-S16。电子设备 180 可以通过补偿模块 170 执行步骤 S17。

在一种实施方式中，提供了一种电子设备 180，包括存储器和处理器，该存储器存储有计算机程序，该处理器执行计算机程序时实现以下步骤：获取导航接收机的 PVT 解算状态；当 PVT 解算状态为浮点解时，判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态，若载波相位差分观测量处于可用状态，则基于载波相位差分观测量进行滤波估计，得到第一观测误差；当 PVT 解算状态为伪距差分或单点解时，判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态，若伪距观测量处于可用状态，则基于伪距观测量进行滤波估计，得到第二观测误差；当 PVT 解算状态为固定解时，基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计，得到第三观测误差；根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差，对捷联解算进行补偿，得到导航信息。

在一种实施方式中，提供了一种存储介质，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步骤：获取导航接收机的 PVT 解算状态；当 PVT 解算状态为浮点解时，判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态，若载波相位差分观测量处于可用状态，则基于载波相位差分观测量进行滤波估计，得到第一观测误差；当 PVT 解算状态为伪距差分或单点解时，判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态，若伪距观测量处于可用状态，则基于伪距观测量进行滤波估计，得到第二观测误差；当 PVT 解算状态为固定解时，基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计，得到第三观测误差；根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差，对捷联解算进行补偿，得到导航信息。

在本公开所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，附图中的流程图和框图显示了根据本公开的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分，所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现方式中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个连续的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图

中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

另外，在本公开各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分，也可以是各个模块单独存在，也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

所述功能如果以软件功能模块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，本公开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）执行本公开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、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述仅为本公开的优选实施例而已，并不用于限制本公开，对于本领域的技术人员来说，本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范围之内。

工业实用性

本公开提供一种车载捷联组合导航方法，该方法包括：获取导航接收机的 PVT 解算状态；当 PVT 解算状态为浮点解算时，判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态；若载波相位差分观测量处于可用状态，则基于载波相位差分观测量进行滤波估计，得到第一观测误差；当 PVT 解算状态为伪距差分或单点解算时，判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态；若伪距观测量处于可用状态，则基于伪距观测量进行滤波估计，得到第二观测误差；当 PVT 解算状态为固定解算时，基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计，得到第三观测误差；根据第一观测误差、第二观测误差或第三观测误差，对捷联解算进行补偿，得到导航信息。根据本公开所提供的车载捷联组合导航方法，根据定位状态和观测量质量，来切换位置速度观测量、载波相位差分观测量或伪距观测量进行误差估计，并基于估计出的观测误差对捷联解算进行补偿来得到导航信息，实现根据定位状态和观测量质量来切换不同的观测量进行误差估计，以进行导航，能够尽可能地降低多径效应的影响，极大地提高了复杂场景下的定位精度和导航准确度。

此外，可以理解的是，本公开所提供的车载捷联组合导航方法是可以重现的，并且可以用在多种工业应用中。例如，本公开所提供的车载捷联组合导航方法、装置、电子设备及存储介质可以应用于导航技术领域。

权利要求书

1.一种车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述方法包括:

获取导航接收机的PVT解算状态;

当所述PVT解算状态为浮点解时,判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态;

若所述载波相位差分观测量处于可用状态,则基于所述载波相位差分观测量进行滤波估计,得到第一观测误差;

当所述PVT解算状态为伪距差分或单点解时,判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态;

若所述伪距观测量处于可用状态,则基于所述伪距观测量进行滤波估计,得到第二观测误差;

当所述PVT解算状态为固定解时,基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计,得到第三观测误差;

根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差,对捷联解算进行补偿,得到导航信息。

2.根据权利要求1所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述方法还包括:

若所述载波相位差分观测量未处于可用状态,则执行所述判断当前的伪距观测量是否处于可用状态的步骤。

3.根据权利要求2所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述方法还包括:

若所述伪距观测量均处于不可用状态,则利用航位推算,得到导航信息。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态的步骤,包括:

获取当前历元的每颗卫星的载波相位差分观测量和卫地位置单位矢量,以及当前历元的车辆组合导航位置相对前一历元的位置矢量;

计算所述位置矢量和所述卫地位置单位矢量的乘积,计算出每颗卫星的所述载波相位差分观测量与所述乘积的第一差值,并计算出所有所述第一差值的第一标准差;

判断所述第一标准差是否小于预设的第一阈值,若是,则所述载波相位差分观测量处于可用状态,否则所述载波相位差分观测量未处于可用状态。

5.根据权利要求1至3中任一项所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态的步骤,包括:

获取当前历元的每颗卫星的伪距观测量,以及当前历元的车辆组合导航位置和每颗卫星位置之间的卫地距离;

计算出每颗卫星的所述伪距观测量与所述卫地距离的第二差值,并计算出所有所述第二差值的第二标准差;

判断所述第二标准差是否小于预设的第二阈值,若是,则所述伪距观测量处于可用状态。

6.根据权利要求4所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述基于所述载波相位差分观测量进行滤波估计,得到第一观测误差的步骤,包括:

将所有所述第一差值中的中位数所对应的卫星作为参考星,将所述参考星的第一差值作为第一条件值;

从当前历元的所有卫星的载波相位差分观测量中,选择所述第一差值与所述第一条件值之间的差值小于第一偏差门限的载波相位差分观测量作为选定观测量;

基于所有所述选定观测量,建立第一量测方程和第一状态方程;

基于所述第一量测方程和所述第一状态方程,采用卡尔曼滤波估计误差估计,得到第一观测误差;其中,所述第一观测误差包括经纬高位置误差、速度误差和姿态误差。

7.根据权利要求5所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述基于所述伪距观测量进行滤波估计,得到第二观测误差的步骤,包括:

将所有所述第二差值中的中位数所对应的卫星作为参考星,将所述参考星的第二差值作为第二条件值;

从当前历元的所有卫星的伪距观测量中,选择所述第二差值与所述第二条件值之间的差值小于第二偏差门限的伪距观测量作为选定观测量;

基于所有所述选定观测量,建立第二量测方程和第二状态方程;

基于所述第二量测方程和所述第二状态方程,采用卡尔曼滤波估计误差估计,得到第二观测误差;其中,所述第二观测误差包括经纬高位置误差、速度误差和姿态误差。

8.根据权利要求1至3中任一项所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差,对捷联解算进行补偿,得到导航信息的步骤,包括:

根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差,对捷联解算所得到的位置、速度和航向信息进行补偿,得到导航信息。

9.根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述获取导航接收机的 PVT 解算状态的步骤,包括:

根据导航接收机的 PVT 解算的状态标识,确定 PVT 解算状态。

10.根据权利要求 4 所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述第一差值的计算公式包括:

$$D_{\varphi i} = \Delta\varphi_i - e_i\Delta b$$

其中, $D_{\varphi i}$ 表示第 i 颗卫星的第一差值, $\Delta\varphi_i$ 表示第 i 颗卫星的载波相位差分观测量, e_i 表示第 i 颗卫星的位置坐标到导航接收机的位置坐标的卫地位置单位矢量, Δb 表示车辆组合导航位置相对前一历元的位置矢量。

11.根据权利要求 5 所述的车载捷联组合导航方法,其特征在于,所述第二差值的计算公式包括:

$$D_{\rho i} = \rho_i - P_i$$

其中, $D_{\rho i}$ 表示第 i 颗卫星的第二差值, ρ_i 表示第 i 颗卫星的伪距观测量, P_i 表示车辆组合导航位置和第 i 颗卫星的卫地距离。

12.一种车载捷联组合导航装置,其特征在于,包括状态确定模块、误差估计模块和补偿模块;

所述状态确定模块,用于获取导航接收机的 PVT 解算状态;

所述误差估计模块,用于当所述 PVT 解算状态为浮点解时,判断当前历元的载波相位差分观测量是否处于可用状态,若所述载波相位差分观测量处于可用状态,则基于所述载波相位差分观测量进行滤波估计,得到第一观测误差;

所述误差估计模块,还用于当所述 PVT 解算状态为伪距差分或单点解时,判断当前历元的伪距观测量是否处于可用状态,若所述伪距观测量处于可用状态,则基于所述伪距观测量进行滤波估计,得到第二观测误差;

所述误差估计模块,还用于当所述 PVT 解算状态为固定解时,基于当前历元的位置速度观测量进行滤波估计,得到第三观测误差;

所述补偿模块,用于根据所述第一观测误差、所述第二观测误差或所述第三观测误差,对捷联解算进行补偿,得到导航信息。

13.一种电子设备,其特征在于,包括处理器和存储器,所述存储器存储有能够被所述处理器执行的计算机程序,所述处理器可执行所述计算机程序以实现如权利要求 1 至 11 中任一项所述的车载捷联组合方法。

14.一种存储介质,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权利要求 1 至 11 中任一项所述的车载捷联组合方法。

附图

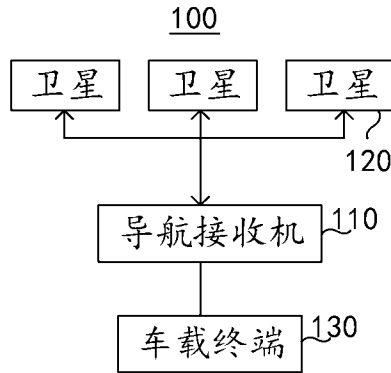


图 1

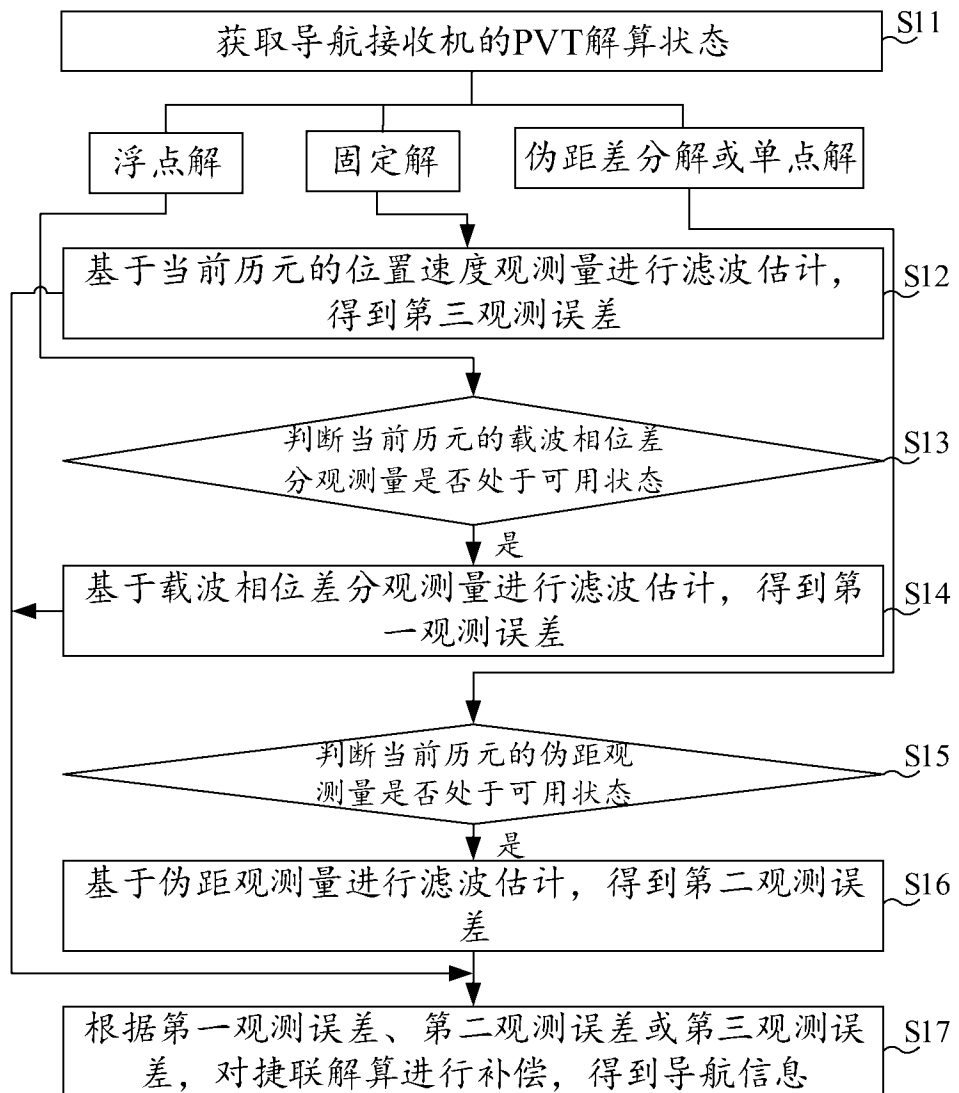


图 2

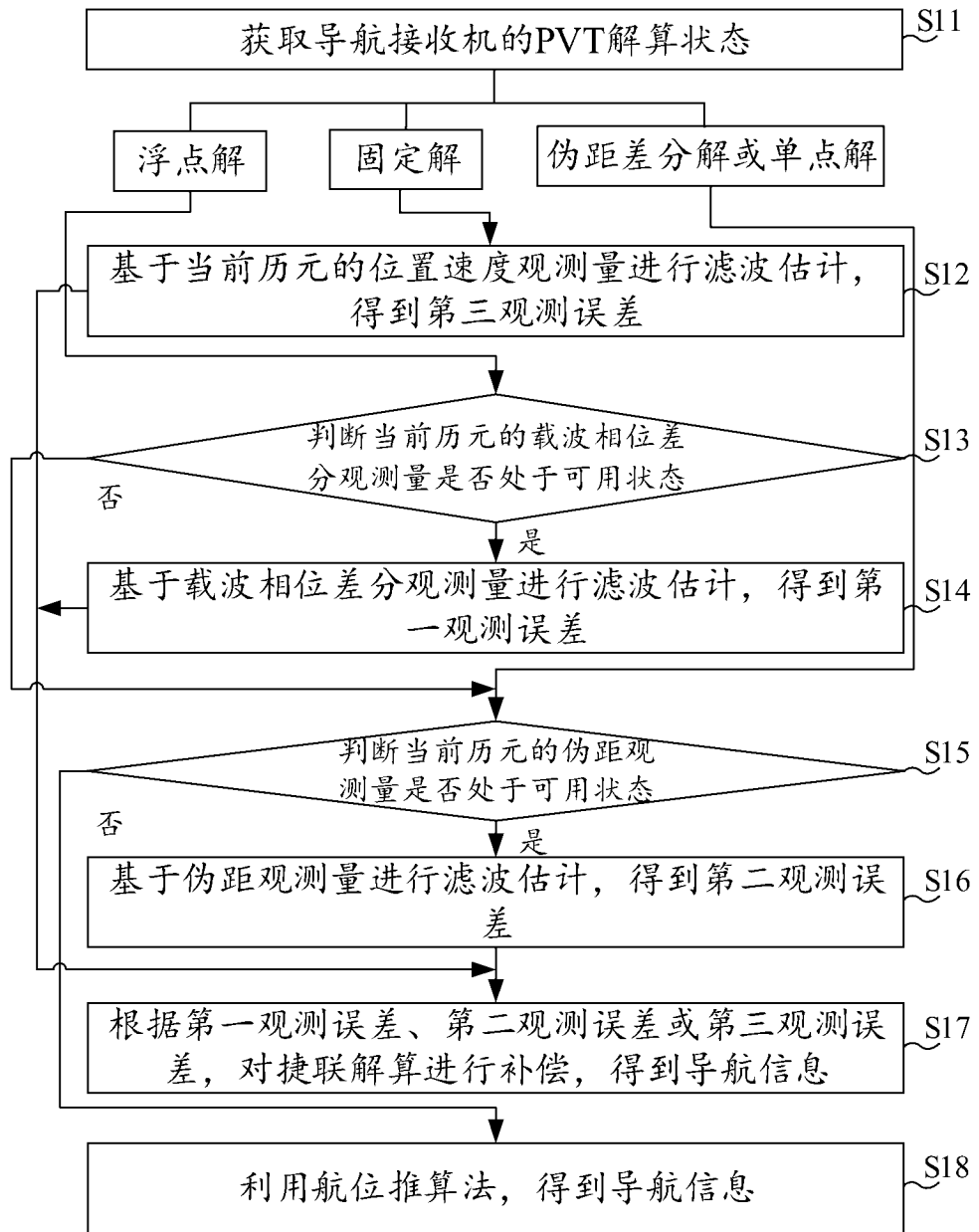


图 3

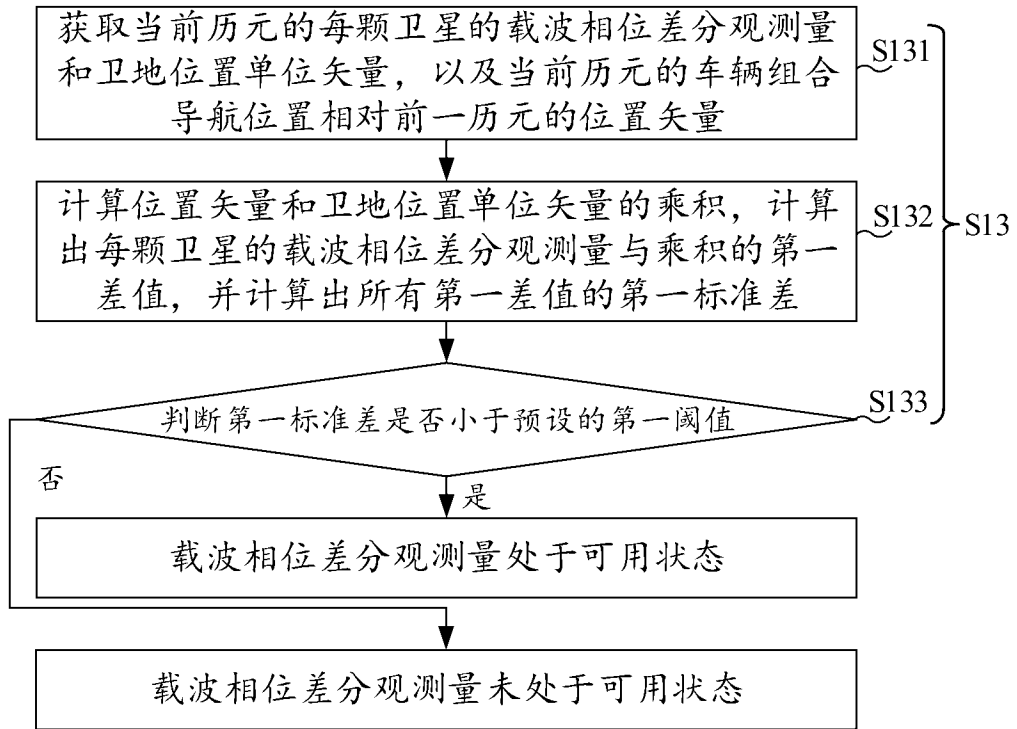


图4

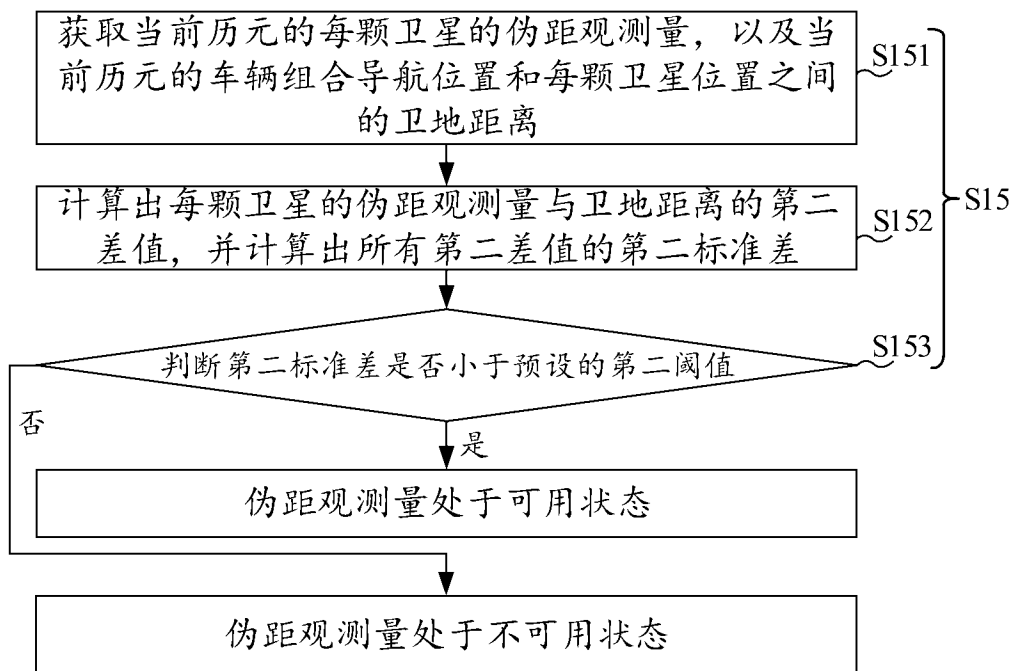


图5

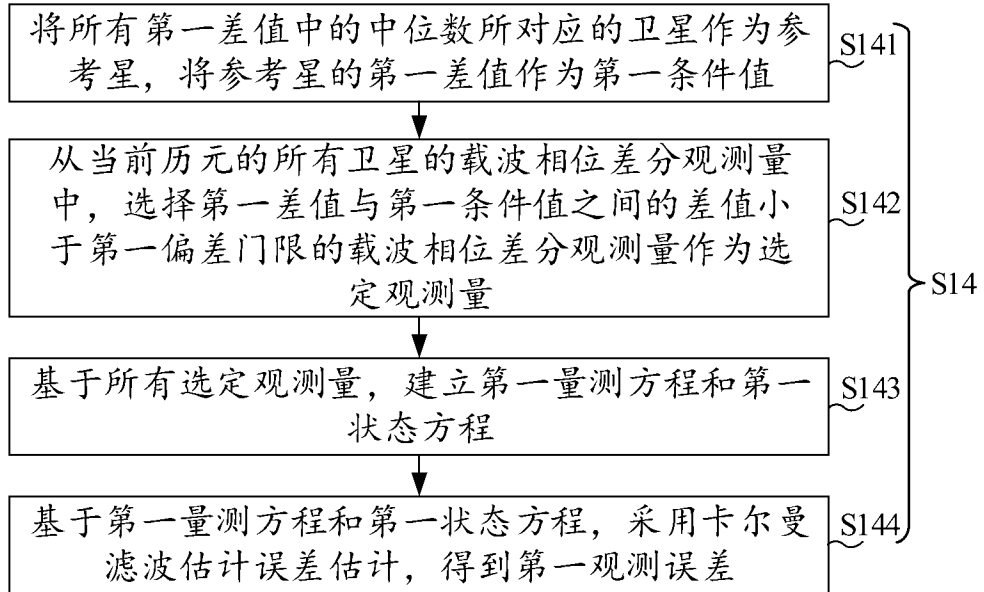


图6

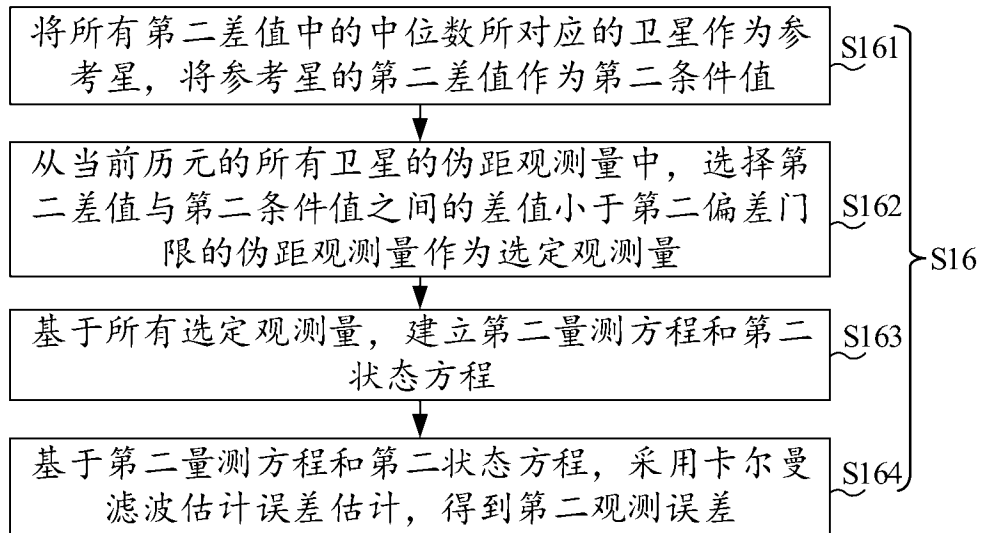


图7

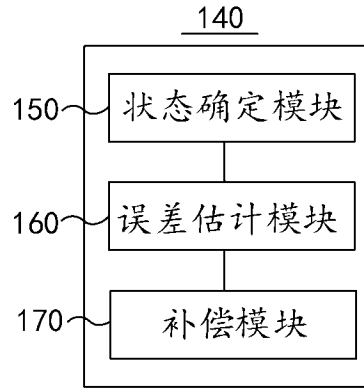


图 8

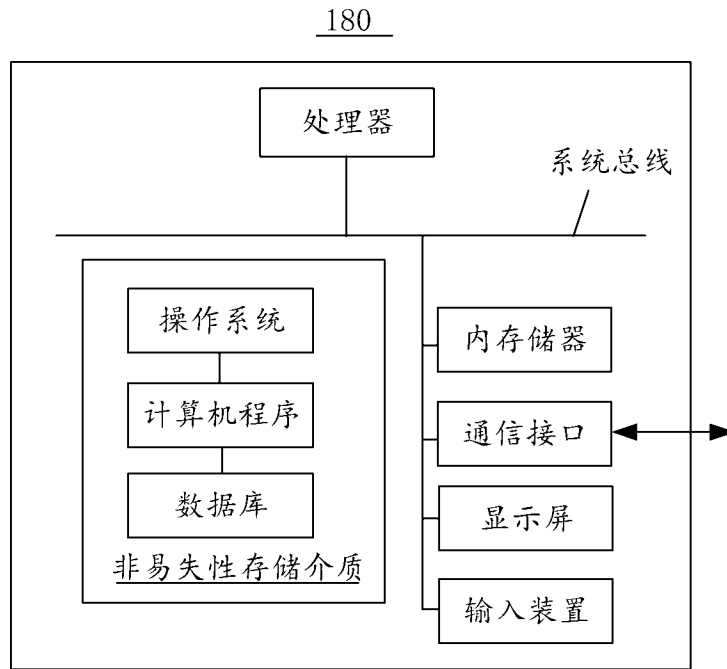


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/072135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01C21/16(2006.01)i; G01C21/20(2006.01)i; G01C21/34(2006.01)i; G01C21/36(2006.01)i; G01S19/41(2010.01)i; G01S19/43(2010.01)i; G01S19/47(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) IPC:G01C 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) CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; IEEE: 广州导远电子科技有限公司, 车载, 捷联, 导航, 组合, 浮点解, 相位, 差分解, 单点解, 伪距, 滤波, 固定解, 误差, 补偿, PVT, vehicle, navigation, combination, float+, phase, difference, filter, error, compensation		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116182847 A (GUANGZHOU ASENSING ELECTRONICS CO., LTD.) 30 May 2023 (2023-05-30) claims 1-14	1-14
A	CN 109991640 A (SHANGHAI COMNAV TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 July 2019 (2019-07-09) description, paragraphs [0004]-[0079], and figures 1-6	1-14
A	CN 106443746 A (CHINA MERCHANTS CHONGQING COMMUNICATIONS RESEARCH & DESIGN INSTITUTE CO., LTD. et al.) 22 February 2017 (2017-02-22) entire document	1-14
A	CN 108828642 A (TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 16 November 2018 (2018-11-16) entire document	1-14
A	CN 115079238 A (ANHUI JIAOXIN TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 September 2022 (2022-09-20) entire document	1-14
<input 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 02 April 2024		Date of mailing of the international search report 15 April 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/072135

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 116182847 A	30 May 2023	None	
CN 109991640 A	09 July 2019	None	
CN 106443746 A	22 February 2017	None	
CN 108828642 A	16 November 2018	None	
CN 115079238 A	20 September 2022	None	

A. 主题的分类 G01C21/16(2006.01)i; G01C21/20(2006.01)i; G01C21/34(2006.01)i; G01C21/36(2006.01)i; G01S19/41(2010.01)i; G01S19/43(2010.01)i; G01S19/47(2010.01)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) IPC:G01C G01S 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;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;IEEE:广州导远电子科技有限公司, 车载, 捷联, 导航, 组合, 浮点解, 相位, 差分解, 单点解, 伪距, 滤波, 固定解, 误差, 补偿, PVT, vehicle, navigation, combination, float+, phase, difference, filter, error, compensation																				
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>PX</td> <td>CN 116182847 A (广州导远电子科技有限公司) 2023年5月30日 (2023 - 05 - 30) 权利要求1-14</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109991640 A (上海司南卫星导航技术股份有限公司) 2019年7月9日 (2019 - 07 - 09) 说明书第[0004]-[0079]段, 图1-6</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106443746 A (招商局重庆交通科研设计院有限公司 等) 2017年2月22日 (2017 - 02 - 22) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108828642 A (太原理工大学) 2018年11月16日 (2018 - 11 - 16) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 115079238 A (安徽交欣科技股份有限公司) 2022年9月20日 (2022 - 09 - 20) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 116182847 A (广州导远电子科技有限公司) 2023年5月30日 (2023 - 05 - 30) 权利要求1-14	1-14	A	CN 109991640 A (上海司南卫星导航技术股份有限公司) 2019年7月9日 (2019 - 07 - 09) 说明书第[0004]-[0079]段, 图1-6	1-14	A	CN 106443746 A (招商局重庆交通科研设计院有限公司 等) 2017年2月22日 (2017 - 02 - 22) 全文	1-14	A	CN 108828642 A (太原理工大学) 2018年11月16日 (2018 - 11 - 16) 全文	1-14	A	CN 115079238 A (安徽交欣科技股份有限公司) 2022年9月20日 (2022 - 09 - 20) 全文	1-14
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 116182847 A (广州导远电子科技有限公司) 2023年5月30日 (2023 - 05 - 30) 权利要求1-14	1-14																		
A	CN 109991640 A (上海司南卫星导航技术股份有限公司) 2019年7月9日 (2019 - 07 - 09) 说明书第[0004]-[0079]段, 图1-6	1-14																		
A	CN 106443746 A (招商局重庆交通科研设计院有限公司 等) 2017年2月22日 (2017 - 02 - 22) 全文	1-14																		
A	CN 108828642 A (太原理工大学) 2018年11月16日 (2018 - 11 - 16) 全文	1-14																		
A	CN 115079238 A (安徽交欣科技股份有限公司) 2022年9月20日 (2022 - 09 - 20) 全文	1-14																		
<input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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	2024年4月2日	国际检索报告邮寄日期																		
ISA/CN的名称和邮寄地址	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	授权官员 徐雅 电话号码 (+86) 0512-88997059																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2024/072135

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 116182847 A	2023年5月30日	无	
CN 109991640 A	2019年7月9日	无	
CN 106443746 A	2017年2月22日	无	
CN 108828642 A	2018年11月16日	无	
CN 115079238 A	2022年9月20日	无	