

(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
2020 年 11 月 26 日 (26.11.2020)

(10) 国际公布号
WO 2020/233158 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01S 19/42 (2010.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/072411
- (22) 国际申请日: 2020 年 1 月 16 日 (16.01.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910428335.6 2019年5月22日 (22.05.2019) CN
- (71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市玄武区四牌楼二号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (72) 发明人: 高成发 (GAO, Chengfa); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼二号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路179号12楼B座, Jiangsu 210005 (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, (CN)。 陈波 (CHEN, Bo); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼二号, Jiangsu 210096 (CN)。 刘永胜 (LIU, Yongsheng); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼二号, Jiangsu 210096 (CN)。 孙璞玉 (SUN, Puyu); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼二号, Jiangsu 210096 (CN)。

(54) **Title:** HIGH-PRECISION SINGLE-POINT POSITIONING METHOD AND APPARATUS BASED ON SMARTPHONE

(54) 发明名称: 一种基于智能手机的高精度单点定位方法与装置

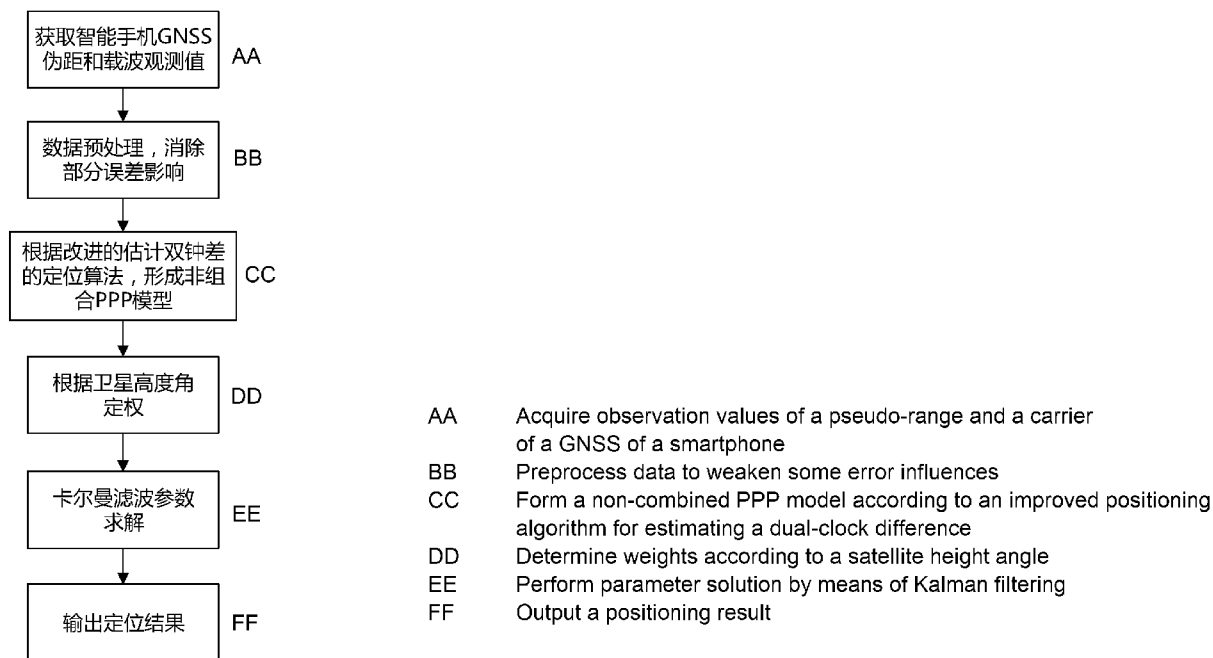


图 1

(57) **Abstract:** A high-precision single-point positioning method and apparatus based on a smartphone, wherein same fall within the technical field of satellite positioning. According to the method, a conventional non-combined PPP positioning model is improved, and high-precision positioning is performed only by using an original GNSS observation value received by a smartphone, without the need for a GNSS reference station. The method comprises the following steps: acquiring observation values, such as a pseudo-range and a carrier phase, of an original GNSS of a smartphone; preprocessing data to weaken some error influences and then forming a

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))。

non-combined model for original observation values according to an improved accurate single-point positioning method for estimating a dual-clock difference; determining weights of satellite observation values according to a satellite height angle; and performing filtering positioning by means of an improved Kalman filtering method to obtain a high-precision single-point positioning result. A test experiment result shows that the positioning precision with the plane being superior to 0.9 m and the elevation being superior to 1.7 m can be realized for a smartphone by using the method.

(57) 摘要: 一种基于智能手机的高精度单点定位方法与装置, 属于卫星定位技术领域。该方法改进了常规的PPP非组合定位模型, 无需GNSS参考站, 仅使用智能手机接收的原始GNSS观测值进行高精度定位。该方法包括以下步骤: 获取智能手机原始GNSS伪距和载波相位等观测值; 在进行数据预处理削弱部分误差影响之后, 根据改进的估计双钟差的精密单点定位方法, 对原始观测值形成非组合模型; 根据卫星高度角确定各卫星观测值权重; 通过改进的卡尔曼滤波方法进行滤波定位, 得到高精度单点定位结果。测试实验结果表明, 使用该方法能够对智能手机实现平面优于0.9m, 高程优于1.7m的定位精度。

一种基于智能手机的高精度单点定位方法与装置

技术领域

本发明涉及全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）卫星定位方法，具体涉及一种基于智能手机原始 GNSS 观测值的高精度单点定位方法与装置。

背景技术

智能手机等智能设备是如今人们生活中不可或缺的工具，智能手机中的 GNSS（Global Navigation Satellite System，全球导航卫星系统）模块已经极大地改善了现代人类生活。在 GNSS 导航定位技术的发展中，导航或定位精度一直是制约其进一步应用于人类生产生活并发挥巨大作用的关键问题，对于智能手机的 GNSS 导航定位也是如此。由于一直以来智能手机中的 GNSS 导航定位模块都封装于手机操作系统之中，研究人员只能获取定位最终结果来进行应用层面的开发，因此相对于传统测地型接收机，智能手机原始观测值的分析与定位算法研究都非常缺乏。

从 2016 年开始，谷歌公司在 Android N 操作系统上提供了访问 GNSS 原始观测数据的接口，学者们开始着手于对智能手机接收的 GNSS 数据进行质量评估，并对定位性能进行分析。目前国内外学者关于利用原始 GNSS 观测值实现智能手机高精度定位的研究，主要分为三个方向：1）移动终端 GNSS 原始观测值数据质量分析；2）综合利用各种类型的 GNSS 数据，通过滤波的方式提高定位精度；3）利用伪距或载波差分的方式，提升移动终端定位精度。这些研究都是将现有的导航定位增强手段应用到智能手机上来，并且大部分的研究对象都是 Android 平板电脑，对于普通大众使用的智能手机，目前的定位性能较差。更重要的是，目前还没有根据智能手机原始观测值性质改进现有定位方案的先例。

发明内容

发明目的：基于以上背景技术，针对测试发现的智能手机伪距观测值和载波观测值变化率不一致的性质，改进 PPP（Precise Point Positioning，精密单点定位）算法，实现高精度的智能手机实时单点定位。

技术方案：为实现上述发明目的，本发明采用的技术方案为：

一种基于智能手机的高精度单点定位方法，包括以下步骤：

- （1）获取智能手机导航定位模块的 GNSS 伪距和载波相位原始观测值；
- （2）在进行数据预处理削弱部分误差影响之后，根据改进的估计双钟差的精密单点定位方法，对原始观测值形成非组合观测值模型；

(3) 根据卫星高度角确定各卫星观测值权重;

(4) 使用改进的静态卡尔曼滤波进行计算, 得到高精度的单点定位结果。

在优选的实施方案中, 步骤(1)中, 利用智能手机操作系统提供的基于位置服务的 API 直接获取部分 GNSS 原始数据, 包括时间数据、GNSS 系统类型和载波相位观测值, 然后根据 GNSS 原始数据中的时间数据通过信号传播时间差值解算出伪距。

在优选的实施方案中, 步骤(2)中, 所削弱的误差影响包括对接收到观测值使用精密星历、精密钟差文件消除轨道误差和卫星钟差, 使用电离层格网文件削弱电离层延迟, 以及将多路径效应视作观测噪声, 所形成的非组合观测值模型为:

$$\begin{aligned} P_i^g &= \rho_i^g + cd\tilde{t}_p + d_{trop}^g + \epsilon_p^g \\ \Phi_i^g &= \rho_i^g + cd\tilde{t}_\phi + d_{trop}^g + \tilde{N}_i^g + \epsilon_\phi^g \\ P_j^e &= \rho_j^e + cd\tilde{t}_p + cd\tilde{t}_{sys}^e + d_{trop}^e + \epsilon_p^e \\ \Phi_j^e &= \rho_j^e + cd\tilde{t}_\phi + cd\tilde{t}_{sys}^e + d_{trop}^e + \tilde{N}_j^e + \epsilon_\phi^e \\ P_k^c &= \rho_k^c + cd\tilde{t}_p + cd\tilde{t}_{sys}^c + d_{trop}^c + \epsilon_p^c \\ \Phi_k^c &= \rho_k^c + cd\tilde{t}_\phi + cd\tilde{t}_{sys}^c + d_{trop}^c + \tilde{N}_k^c + \epsilon_\phi^c \end{aligned}$$

式中, 上标 g 、 e 、 c 分别表示 GPS 系统、Galileo 系统和 BDS 系统, 下标 i 、 j 、 k 表示第 i 、 j 、 k 颗卫星, 左侧 P 、 Φ 分别为伪距和载波观测值, ρ 为手机终端到卫星的距离, c 为光速, $d\tilde{t}_p$ 、 $d\tilde{t}_\phi$ 分别为伪距和载波观测值的移动端钟差, d_{trop} 为对流层延迟, $\tilde{N}$ 为载波整周模糊度, ϵ_p 、 ϵ_ϕ 分别为伪距和载波相位观测值的残差; $d\tilde{t}_{sys}^e$ 和 $d\tilde{t}_{sys}^c$ 分别表示 Galileo 和 BDS 系统与 GPS 系统之间的时间偏差。

在优选的实施方案中, 步骤(3)中, 根据卫星高度角确定各卫星观测值权重的定权方案具体为:

当卫星高度角小于 10° 时, 该卫星观测值权重为 0;

当卫星高度角大于 10° 时, 该卫星观测值权重为 $\sin E$, E 为卫星高度角。

在优选的实施方案中, 步骤(4)中, 改进的静态卡尔曼滤波具体为:

对于单个历元, 根据步骤(2)所述的非组合观测值模型, 一颗卫星的观测方程数为 2 个, 设某历元观测到 GPS 卫星 n_1 颗, Galileo 卫星 n_2 颗, BDS 卫星 n_3 颗, 满足 $n_1 + n_2 + n_3 \geq 8$; 此时卡尔曼滤波中待估参数向量为:

$$\mathbf{X}^T = [x \ y \ z \ cd\tilde{t}_p \ cd\tilde{t}_\phi \ cd\tilde{t}_{sys}^e \ cd\tilde{t}_{sys}^c \ d_{trop} \ \tilde{N}_1^g \ \cdots \ \tilde{N}_{n_1}^g \ \tilde{N}_1^e \ \cdots \ \tilde{N}_{n_2}^e \ \tilde{N}_1^c \ \cdots \ \tilde{N}_{n_3}^c]$$

式中, x 、 y 和 z 为智能手机位置参数; 则观测方程总数为 $2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$ 个, 待估参数为 $n_1 + n_2 + n_3 + 8$ 个, 多余观测数为 $n_1 + n_2 + n_3 - 8$ 个;

卡尔曼滤波的观测方程系数阵 $\mathbf{H}$ 为:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \alpha_1^g & \beta_1^g & \gamma_1^g & 1 & 0 & 0 & 0 & MF_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \alpha_1^g & \beta_1^g & \gamma_1^g & 0 & 1 & 0 & 0 & MF_1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_i^e & \beta_i^e & \gamma_i^e & 1 & 0 & 1 & 0 & MF_i & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \alpha_i^e & \beta_i^e & \gamma_i^e & 0 & 1 & 1 & 0 & MF_i & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_n^c & \beta_n^c & \gamma_n^c & 1 & 0 & 0 & 1 & MF_n & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \alpha_n^c & \beta_n^c & \gamma_n^c & 0 & 1 & 0 & 1 & MF_n & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

矩阵 $\mathbf{H}$ 中, 行数为 $2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$, 列数为 $n_1 + n_2 + n_3 - 8$, 下标 1 至 n 表示卫星序号, $n = 2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$, 上标表示 GNSS 系统类型, g 、 e 、 c 分别表示 GPS 系统、Galileo 系统和 BDS 系统; 奇数行对应伪距观测值, 偶数行对应载波相位观测值; 前 3 列 α 、 β 、 γ 为卫星-移动端的方向余弦, 第 4、5 列为伪距观测值和载波观测值的钟差系数, 奇数行第 4 列为 1, 偶数行第 5 列为 1; 第 6、7 列为系统间偏差系数, 当观测值来自 Galileo 卫星时, 第 6 列为 1, 当观测值来自 BDS 卫星时, 第 7 列为 1; MF 为对流层湿延迟投影系数; 第 9 列之后为载波相位模糊度系数, 奇数行为 0, 偶数行第 $i + 8$ 列为 1, i 为卫星序号; 滤波过程中各卫星观测值的权重由步骤 (3) 确定。

基于相同的发明构思, 本发明提供一种基于智能手机的高精度单点定位装置, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 所述计算机程序被加载至处理器时实现所述的一种基于智能手机的高精度单点定位方法。

有益效果: 本发明提出一种基于智能手机的高精度单点定位方法, 在现有的定位算法上, 根据手机端原始 GNSS 观测值独特性质, 优化了非组合 PPP 观测值模型, 能够在不需要参考站的情况下, 实现普通智能手机的亚米级定位精度, 且收敛速度较快。基于手机端的高精度定位技术, 可以向大众用户会提供更好的城市定位、车载导航和旅游交通等用户体验, 在正在到来智能互联时代, 更高精度的位置服务意味着难以预估的应用前景, 物联网、自动驾驶和智慧城市等现代人类生活发展方向中, 无一不包含着低成本的位置服务, 因此本发明具有重大意义。

附图说明

图 1 是基于智能手机的高精度单点定位方法的流程图;

图 2 是同步观测的测地型接收机和智能手机的观测值对比图；

图 3 是本发明实施例的定位结果图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的技术方案作进一步详细说明。

图 1 为本发明实施例公开的基于智能手机的高精度单点定位方法流程图。本实施例中，首先通过 Android 系统（7.0 及以上版本）提供的基于位置服务的 API，获取 GNSS 原始伪距和载波观测值等原始观测值。在进行数据预处理削弱部分误差影响之后，根据改进的估计双钟差的精密单点定位算法，对原始观测值形成非组合 PPP 模型。然后采用卫星高度角定位模型，确定各卫星观测值权重。最后，使用改进的静态卡尔曼滤波方式，得到高精度、快速收敛的实时单点定位结果。以下叙述详细过程。

第一步，通过 Android 系统提供的基于位置服务的 API，获取 GNSS 伪距和载波相位等原始观测值。首先利用 Android 系统开发中的 android.location 包中的 GnssMeasurement 类与 GnssClock 类直接获取获取部分 GNSS 原始数据，包括时间数据、GNSS 系统类型、载波相位（表 1 第 1 行）、伪距率、载噪比，GnssMeasurement 类和 GnssClock 类包含的原始数据内容如表 1、表 2 所示。

表 1 GnssMeasurement 类主要 GNSS 原始数据表

原始数据	名称（单位）	备注
getAccumulatedDeltaRangeMeters()	累积载波相位增量（m）	AccumulatedDeltaRangeMeters = -k * CarrierPhase, k=c/f, 其中 c 为光速, f 为载波频率, CarrierPhase 为载波相位
getAccumulatedDeltaRangeState()	累积载波相位增量状态	0: 状态无效或未知; 1: 状态有效; 2: 已被重置; 4: 检测到周跳
getCarrierFrequencyHz()	载波频（Hz）	
getCn0DbHz()	载噪比（dB）	
getConstellationType()	星座类型	1: GPS; 2: SBAS; 3: GLONASS; 4: QZSS; 5: BDS; 6: Galileo; 9: unknown
getMultipathIndicator()	多路径标志	0: 状态未知; 1: 存在多路径; 2: 未存在多路径
getPseudorangeRateMetersPerSecond()	伪距变化率（m/s）	PseudorangeRateMetersPerSecond = -k * DopplerShift, k=c/f, 其中 DopplerShift 为多普勒频移数据
getReceivedSvTimeNanos()	接收到卫星信号的发射时刻（ns）	即从当前 GPS 周开始计时, 取值范围 [0,604800]*10 ⁹
getState()	卫星状态	各种状态的累积和
getSvid()	卫星 ID	
getTimeOffsetNanos()	本地钟偏（ns）	

表 2 GnssClock 类主要 GNSS 原始数据

原始数据	名称（单位）	备注
<code>getBiasNanos()</code>	手机本地钟差（ns）	
<code>getFullBiasNanos()</code>	手机本地时钟总偏差（ns）	即 1980 年 1 月 6 日零点 GPS 时与手机本地时钟之差。
<code>getHardwareClockDiscontinuityCount()</code>	硬件时钟的不连续计数	
<code>getLeapSecond()</code>	闰秒（s）	
<code>getTimeNanos()</code>	手机本地时钟（ns）	

然后根据 GNSS 原始数据中的时间数据解算出伪距，其实质是通过信号传播时间差值计算伪距：

$$P = (t_{Rx} - t_{Tx}) \cdot c \quad (1)$$

其中： P 表示伪距， t_{Rx} 表示接收机接收到信号的时刻， t_{Tx} 表示接收到卫星发射信号的时刻， c 为光速。 t_{Tx} 可通过 `getReceivedSvTimeNanos()`方法直接获取，数值为本 GPS 周内的秒数。

$$t_{Rx} = t_{Rx_{GNSS}} - GNSS_{week} \quad (2)$$

$$t_{Rx_{GNSS}} = TimeNanos + TimeOffsetNanos - (FullBiasNanos + BiasNanos) \quad (3)$$

其中 $t_{Rx_{GNSS}}$ 表示从 1980.6.1 到当前时间的总秒数， $GNSS_{week}$ 表示所有整 GPS 周秒数和， $TimeNanos$ 为接收机本地时钟值 `getTimeNanos()`， $TimeOffsetNanos$ 为本地时钟偏移值 `getTimeOffsetNanos()`， $FullBiasNanos$ 为接收机本地时钟总偏差 `getFullBiasNanos()`， $BiasNanos$ 为接收机本地钟差 `getBiasNanos()`。

第二步，在进行数据预处理削弱部分误差影响之后，根据改进的估计双钟差的 PPP 算法，对原始观测值形成非组合观测值模型。

前期实验将智能手机和测地型接收机置于相同地点进行同步观测，收集原始观测值，并将智能手机原始观测值文件转换为 Rinx 格式文件。图 2 为相同时间相同卫星测地型接收机的原始观测值和智能手机（华为 P10 手机）的观测值对比。图中，接收机载波与伪距观测值重合在一起，实际上二者之差为载波相位的整周模糊度×载波波长。测地型接收机观测值在一段时间之后会有一个大幅度的跳动，这是接收机钟跳引起的，不影响原始观测值的定位解算。而可以明显地观察出手机伪距与载波相位观测值相互之间的差值不固定，这个性质与测

地型接收机是不相同的,影响手机终端载波相位数据的使用。

对同一设备不同卫星原始观测值进行分析,发现同一时刻不同卫星的伪距变化率和载波观测值变化率之间的差异是相同的,故在定位时认为手机终端伪距观测值和载波观测值具有不同的钟差。

根据以上性质改进定位方案,在参数求解时估计两个钟差参数。以 GPS 系统为例,单频观测方程为:

$$P_i^g = \rho_i^g + cd\tilde{t}_p - cdT^g + d_{orb}^g + d_{trop}^g + d_{ion}^g + d_{mult/P}^g + \epsilon_p^g \quad (4)$$

$$\Phi_i^g = \rho_i^g + cd\tilde{t}_\phi - cdT^g + d_{orb}^g + d_{trop}^g - d_{ion}^g + \tilde{N}_i^g + d_{mult/\Phi}^g + \epsilon_\phi^g \quad (5)$$

式中,上标 g 表示 GPS 系统,下标 i 表示第 i 颗卫星, P_i^g 、 Φ_i^g 为伪距和载波观测值, ρ_i^g 为手机端到卫星的距离, c 为光速, $d\tilde{t}_p$ 、 $d\tilde{t}_\phi$ 分别为伪距和载波观测值的钟差, dT^g 为卫星钟差, d_{trop}^g 为对流层延迟, d_{orb}^g 为卫星轨道误差, d_{ion}^g 为电离层延迟, $d_{mult/P}^g$ 、 $d_{mult/\Phi}^g$ 分别为伪距和载波多路径效应延迟, $\tilde{N}_i^g$ 为载波整周模糊度, ϵ_p^g 、 ϵ_ϕ^g 分别伪距和载波相位观测值的残差。

实时下载 IGS (International GNSS Service, 国际 GNSS 服务组织) 提供的预测精密星历、钟差文件和预测电离层格网文件,消除卫星轨道误差和钟差,削弱电离层延迟误差,并通过模型改正消除相对论效应和地球自转等误差影响,将多路径效应视作观测噪声后,简化观测值方程,得到非组合观测值模型:

$$P_i^g = \rho_i^g + cd\tilde{t}_p + d_{trop}^g + \epsilon_p^g \quad (6)$$

$$\Phi_i^g = \rho_i^g + cd\tilde{t}_\phi + d_{trop}^g + \tilde{N}_i^g + \epsilon_\phi^g \quad (7)$$

$$P_j^e = \rho_j^e + cd\tilde{t}_p + cd\tilde{t}_{sys}^e + d_{trop}^e + \epsilon_p^e \quad (8)$$

$$\Phi_j^e = \rho_j^e + cd\tilde{t}_\phi + cd\tilde{t}_{sys}^e + d_{trop}^e + \tilde{N}_j^e + \epsilon_\phi^e \quad (9)$$

$$P_k^c = \rho_k^c + cd\tilde{t}_p + cd\tilde{t}_{sys}^c + d_{trop}^c + \epsilon_p^c \quad (10)$$

$$\Phi_k^c = \rho_k^c + cd\tilde{t}_\phi + cd\tilde{t}_{sys}^c + d_{trop}^c + \tilde{N}_k^c + \epsilon_\phi^c \quad (11)$$

式中,左侧为各个 GNSS 系统的伪距和载波观测值,上标 e 、 c 分别表示 Galileo 系统和 BDS 系统,下标 j 、 k 表示第 j 、 k 颗卫星, $d\tilde{t}_{sys}^e$ 和 $d\tilde{t}_{sys}^c$ 分别表示 Galileo 和 BDS 系统与 GPS 系统之间的时间偏差。

第三步,确定各卫星观测值权重。本方法根据卫星高度角确定各卫星观测值权重,定权

方案具体为:

$$\begin{cases} W = 0, & E < 10^\circ \\ W = \sin E, & E \geq 10^\circ \end{cases} \quad (12)$$

式中, W 为权重, E 为手机端到卫星连线的高度角。

第四步, 使用卡尔曼滤波进行参数求解, 得到高精度定位结果。

对观测值形成第二步所示的非组合模型, 此时, 单个历元一颗卫星的观测方程数为 2 个, 假设某历元观测到 GPS 卫星 n_1 颗, Galileo 卫星 n_2 颗, BDS 卫星 n_3 颗, 此时卡尔曼滤波中待估参数向量为:

$$\mathbf{X}^T = [x \ y \ z \ cd\tilde{t}_p \ cd\tilde{t}_\phi \ cd\tilde{t}_{sys}^e \ cd\tilde{t}_{sys}^c \ d_{trop} \ \tilde{N}_1^g \ \dots \ \tilde{N}_{n_1}^g \ \tilde{N}_1^e \ \dots \ \tilde{N}_{n_2}^e \ \tilde{N}_1^c \ \dots \ \tilde{N}_{n_3}^c] \quad (13)$$

式中, x 、 y 和 z 为智能手机位置参数。

则观测方程总数为 $2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$ 个, 待估参数为 $n_1 + n_2 + n_3 + 8$ 个, 多余观测数为 $n_1 + n_2 + n_3 - 8$ 个。

本发明采用的卡尔曼滤波, 具体步骤为:

(1) 输入系统状态初始值初值 $\mathbf{X}_0$, 及其方差 $\mathbf{P}_0$ 。 $\mathbf{X}$ 即为式 (13) 中的待估参数向量, 下标 0 表示初始时刻, 即设置待估参数的初值, 此时前 3 个参数为智能手机近似坐标 (通过伪距单点定位获得), 之后的参数分别为伪距钟差、载波钟差、系统间偏差、对流层湿延迟和 $n_1 + n_2 + n_3$ 颗卫星的模糊度, 全设为 0。

(2) 计算进一步预测值 $\mathbf{X}_{k,k-1}$ 及预测值的方差-协方差阵 $\mathbf{P}_{k,k-1}$ (下标 k 为历元数):

$$\mathbf{X}_{k,k-1} = \boldsymbol{\Phi}_{k,k-1} \mathbf{X}_{k-1} \quad (14)$$

$$\mathbf{P}_{k,k-1} = \boldsymbol{\Phi}_{k,k-1} \mathbf{P}_{k-1} \boldsymbol{\Phi}_{k,k-1}^T + \boldsymbol{\Gamma}_{k,k-1} \mathbf{Q}_{k-1} \boldsymbol{\Gamma}_{k,k-1}^T \quad (15)$$

式中, $\boldsymbol{\Phi}_{k,k-1}$ 为状态转移矩阵 (因为卫星数量会改变, 需要将上个历元的 n 阶 $\mathbf{X}_{k-1}$ 变为这个历元 m 阶 $\mathbf{X}_k$)。 $\boldsymbol{\Gamma}_{k,k-1}$ 为系统噪声驱动阵, $\mathbf{Q}_{k-1}$ 为系统误差 (模型的误差) 为正定矩阵, 每个历元都要进行输入, 可以直接将 $\boldsymbol{\Gamma}_{k,k-1} \mathbf{Q}_{k-1} \boldsymbol{\Gamma}_{k,k-1}^T$ 看为一个整体, 定为 m 阶对称矩阵。在首次定位是跟 $\mathbf{P}_0$ 一样, 在之后历元的定位中, 三个位置参数和 n 个模糊度参数真值应该不变, 所以过程噪声为 0 (系统噪声对应的方差), 手机钟差、系统间偏差及对流层延迟参数的随机模型采用随机游走过程模型模拟。

(3) 计算增益矩阵 $\mathbf{K}_k$:

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_{k,k-1} \mathbf{H}_k^T (\mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k,k-1} \mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}_k)^{-1} \quad (16)$$

式中, $\mathbf{H}_k$ 为观测方程的系数阵。相对于常规的静态卡尔曼滤波, 本方法中的 $\mathbf{H}_k$ 需要进行相应的修改:

$$\mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} \alpha_1^g & \beta_1^g & \gamma_1^g & 1 & 0 & 0 & 0 & MF_1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \alpha_1^g & \beta_1^g & \gamma_1^g & 0 & 1 & 0 & 0 & MF_1 & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ & & & \vdots & & & & & & & & & \\ \alpha_i^e & \beta_i^e & \gamma_i^e & 1 & 0 & 1 & 0 & MF_i & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \alpha_i^e & \beta_i^e & \gamma_i^e & 0 & 1 & 1 & 0 & MF_i & 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\ & & & \vdots & & & & & & & & & \\ \alpha_n^c & \beta_n^c & \gamma_n^c & 1 & 0 & 0 & 1 & MF_n & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \alpha_n^c & \beta_n^c & \gamma_n^c & 0 & 1 & 0 & 1 & MF_n & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$\mathbf{H}_k$ 行数为 $2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$, 列数为 $n_1 + n_2 + n_2 + 8$, 式中 $n = 2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$; 下标表示卫星序号, 上标表示 GNSS 系统类型; 奇数行对应伪距观测值, 偶数行对应载波相位观测值; 前 3 列, α 、 β 、 γ 为卫星-移动端的方向余弦, 计算公式见式 (18); 第 4、5 列为伪距观测值和载波观测值的钟差系数, 奇数行第 4 列为 1, 偶数行第 5 列为 1; 第 6、7 列为系统间偏差系数, 当观测值来自 Galileo 卫星时, 第 6 列为 1, 当观测值来自 BDS 卫星时, 第 7 列为 1; 第 8 列, MF 为对流层湿延迟投影系数 (对流层干延迟通过 Hopfield 模型改正, 投影函数为 Niell 模型)。第 $9 \sim n_1 + n_2 + n_2 + 8$ 列为载波相位模糊度系数, 第 $2 \times i$ 行, $i + 8$ 列为 1, i 为卫星序号。

$$\begin{cases} \alpha = -\frac{x^s - x_0}{\rho_0} \\ \beta = -\frac{y^s - y_0}{\rho_0} \\ \gamma = -\frac{z^s - z_0}{\rho_0} \end{cases} \quad (18)$$

式中, x^s 、 y^s 和 z^s 为卫星坐标 (通过星历文件获得), x_0 、 y_0 和 z_0 为智能手机近似坐标 (通过伪距单点定位获得), ρ_0 为手机端到卫星的近似距离 (通过卫星坐标和手机近似坐标计算)。

式 (16) 中 $\mathbf{R}_k$ 为观测噪声方差矩阵:

$$\mathbf{R}_k = \begin{bmatrix} \left(\frac{\sigma_p}{w_1}\right)^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \left(\frac{\sigma_\phi}{w_1}\right)^2 & \cdots & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \left(\frac{\sigma_p}{w_n}\right)^2 & 0 \\ & & 0 & \left(\frac{\sigma_\phi}{w_n}\right)^2 \end{bmatrix} \quad (19)$$

式中, σ_p 和 σ_ϕ 分别为伪距观测值和载波观测值的天顶方向标准差, w 为各卫星权重, 即式 (12) 计算的各卫星观测值权重。卡尔曼滤波过程中, 观测值的方差设置非常重要, 设置不当容易造成滤波发散, 严重影响定位结果。本发明中, 观测值天顶方向标准差根据先前实

验测得的智能手机原始 GNSS 观测值数据质量来确定, 实施例所使用的小米 8 手机, 伪距观测值和载波相位观测值天顶方向标准差分别设置为 3.0m 和 0.2m。

(4) 计算当前历元滤波参数估值向量 $\mathbf{X}_k$ 和对应的方差-协方差阵 $\mathbf{P}_k$:

$$\mathbf{X}_k = \mathbf{X}_{k,k-1} + \mathbf{K}_k (\mathbf{L}_k - \mathbf{H}_k \mathbf{X}_{k,k-1}) \quad (20)$$

$$\mathbf{P}_k = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k) \mathbf{P}_{k,k-1} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k)^T + \mathbf{K}_k \mathbf{R}_k \mathbf{K}_k^T \quad (21)$$

式中, $\mathbf{L}_k$ 为观测值向量, 即式 (6) ~ (11) 中各 GNSS 系统的伪距和载波观测值, $\mathbf{I}$ 为单位阵。

计算完成后, $\mathbf{X}_k$ 向量中前 3 项即为当前历元计算的智能手机精确坐标。若当前历元不是最后一个历元, 则返回步骤 (2) 进行循环滤波计算, 最终得到多历元滤波解。

实验例:

实验时间为 2018.10.19, 使用小米 8 智能手机, 测试地点为东南大学校园内的 GE01 控制点, 进行了 5 次观测, 每次 6 分钟左右, 采样间隔 1s。此测站精确坐标已经通过网络 RTK 的方式事先得到。

使用本发明方法对小米 8 手机进行定位测试, 结果如图 3 所示。在观测一段时间之后, 5 个时段数据的 N、E 方向误差都能收敛到 1m 以下。

统计 5 个时段的定位中误差, 如表 3 所示。平均的平面中误差为 0.81m, 而平均高程中误差为 1.65m, 这个结果优于目前使用普通智能手机能够获得的最高定位精度。

表 3 实施例各时段定位中误差

时段	中误差 (m)				
	E	N	U	平面	三维
1	0.64	0.62	2.24	0.89	2.41
2	0.42	0.64	1.47	0.76	1.66
3	0.63	0.25	1.33	0.68	1.49
4	0.63	0.58	1.86	0.85	2.05
5	0.61	0.64	1.35	0.88	1.61
平均	0.59	0.54	1.65	0.81	1.84

定义收敛时间为, 从定位开始时刻到 N 和 E 方向定位误差均小于 1m, 且后续历元误差不再超过 1m 的时刻为止经过的时间。统计 5 个时段的收敛时间如表 4 所示, 各时段均能在 30s 之内实现收敛, 说明本方法能够应用于实时定位, 提供低延迟的高精度智能手机定位结果。

表 4 实施例各时段收敛时间

时段	收敛时间 (s)
----	----------

1	26
2	25
3	11
4	2
5	3

基于相同的发明构思，本发明实施例公开的一种基于智能手机的高精度单点定位装置，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述计算机程序被加载至处理器时实现所述的一种基于智能手机的高精度单点定位方法。

1、一种基于智能手机的高精度单点定位方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1) 获取智能手机导航定位模块的 GNSS 伪距和载波相位原始观测值；

(2) 在进行数据预处理削弱部分误差影响之后，根据改进的估计双钟差的精密单点定位方法，对原始观测值形成非组合观测值模型；

(3) 根据卫星高度角确定各卫星观测值权重；

(4) 使用改进的静态卡尔曼滤波进行计算，得到高精度的单点定位结果。

2、根据权利要求 1 所述的基于智能手机的高精度单点定位方法，其特征在于，步骤 (1) 中，利用智能手机操作系统提供的基于位置服务的 API 直接获取部分 GNSS 原始数据，包括时间数据、GNSS 系统类型和载波相位观测值，然后根据 GNSS 原始数据中的时间数据通过信号传播时间差值解算出伪距。

3、根据权利要求 1 所述的基于智能手机的高精度单点定位方法，其特征在于，步骤 (2) 中，所削弱的误差影响包括对接收到观测值使用精密星历、精密钟差文件消除轨道误差和卫星钟差，使用电离层格网文件削弱电离层延迟，以及将多路径效应视作观测噪声，所形成的非组合观测值模型为：

$$P_i^g = \rho_i^g + cd\tilde{t}_p + d_{trop}^g + \epsilon_p^g$$

$$\Phi_i^g = \rho_i^g + cd\tilde{t}_\phi + d_{trop}^g + \tilde{N}_i^g + \epsilon_\phi^g$$

$$P_j^e = \rho_j^e + cd\tilde{t}_p + cd\tilde{t}_{sys}^e + d_{trop}^e + \epsilon_p^e$$

$$\Phi_j^e = \rho_j^e + cd\tilde{t}_\phi + cd\tilde{t}_{sys}^e + d_{trop}^e + \tilde{N}_j^e + \epsilon_\phi^e$$

$$P_k^c = \rho_k^c + cd\tilde{t}_p + cd\tilde{t}_{sys}^c + d_{trop}^c + \epsilon_p^c$$

$$\Phi_k^c = \rho_k^c + cd\tilde{t}_\phi + cd\tilde{t}_{sys}^c + d_{trop}^c + \tilde{N}_k^c + \epsilon_\phi^c$$

式中，上标 g 、 e 、 c 分别表示 GPS 系统、Galileo 系统和 BDS 系统，下标 i 、 j 、 k 表示第 i 、 j 、 k 颗卫星，左侧 P 、 Φ 分别为伪距和载波观测值， ρ 为手机终端到卫星的距离， c 为光速， $d\tilde{t}_p$ 、 $d\tilde{t}_\phi$ 分别为伪距和载波观测值的移动端钟差， d_{trop} 为对流层延迟， $\tilde{N}$ 为载波整周模糊度， ϵ_p 、 ϵ_ϕ 分别为伪距和载波相位观测值的残差； $d\tilde{t}_{sys}^e$ 和 $d\tilde{t}_{sys}^c$ 分别表示 Galileo 和 BDS 系统与 GPS 系统之间的时间偏差。

4、根据权利要求 1 所述的基于智能手机的高精度单点定位方法，其特征在于，步骤 (3) 中，根据卫星高度角确定各卫星观测值权重的定权方案具体为：

当卫星高度角小于 10° 时, 该卫星观测值权重为 0;

当卫星高度角大于 10° 时, 该卫星观测值权重为 $\sin E$, E 为卫星高度角。

5、根据权利要求 1 所述的基于智能手机的高精度单点定位方法, 其特征在于, 步骤 (4) 中, 改进的静态卡尔曼滤波具体为:

对于单个历元, 根据步骤 (2) 所述的非组合观测值模型, 一颗卫星的观测方程数为 2 个, 设某历元观测到 GPS 卫星 n_1 颗, Galileo 卫星 n_2 颗, BDS 卫星 n_3 颗, 满足 $n_1 + n_2 + n_3 \geq 8$; 此时卡尔曼滤波中待估参数向量为:

$$\mathbf{X}^T = [x \ y \ z \ cd\tilde{t}_p \ cd\tilde{t}_\phi \ cd\tilde{t}_{sys}^e \ cd\tilde{t}_{sys}^c \ d_{trop} \ \tilde{N}_1^g \ \cdots \ \tilde{N}_{n_1}^g \ \tilde{N}_1^e \ \cdots \ \tilde{N}_{n_2}^e \ \tilde{N}_1^c \ \cdots \ \tilde{N}_{n_3}^c]$$

式中, x 、 y 和 z 为智能手机位置参数; 则观测方程总数为 $2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$ 个, 待估参数为 $n_1 + n_2 + n_3 + 8$ 个, 多余观测数为 $n_1 + n_2 + n_3 - 8$ 个;

卡尔曼滤波的观测方程系数阵 $\mathbf{H}$ 为:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \alpha_1^g & \beta_1^g & \gamma_1^g & 1 & 0 & 0 & 0 & MF_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \alpha_1^g & \beta_1^g & \gamma_1^g & 0 & 1 & 0 & 0 & MF_1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ & & & & & & & \vdots & & & & & & & & \\ \alpha_i^e & \beta_i^e & \gamma_i^e & 1 & 0 & 1 & 0 & MF_i & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \alpha_i^e & \beta_i^e & \gamma_i^e & 0 & 1 & 1 & 0 & MF_i & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ & & & & & & & \vdots & & & & & & & & \\ \alpha_n^c & \beta_n^c & \gamma_n^c & 1 & 0 & 0 & 1 & MF_n & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \alpha_n^c & \beta_n^c & \gamma_n^c & 0 & 1 & 0 & 1 & MF_n & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

矩阵 $\mathbf{H}$ 中, 行数为 $2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$, 列数为 $n_1 + n_2 + n_3 - 8$, 下标 1 至 n 表示卫星序号, $n = 2 \times (n_1 + n_2 + n_3)$, 上标表示 GNSS 系统类型, g 、 e 、 c 分别表示 GPS 系统、Galileo 系统和 BDS 系统; 奇数行对应伪距观测值, 偶数行对应载波相位观测值; 前 3 列 α 、 β 、 γ 为卫星-移动端的方向余弦, 第 4、5 列为伪距观测值和载波观测值的钟差系数, 奇数行第 4 列为 1, 偶数行第 5 列为 1; 第 6、7 列为系统间偏差系数, 当观测值来自 Galileo 卫星时, 第 6 列为 1, 当观测值来自 BDS 卫星时, 第 7 列为 1; MF 为对流层湿延迟投影系数; 第 9 列之后为载波相位模糊度系数, 奇数行为 0, 偶数行第 $i + 8$ 列为 1, i 为卫星序号; 滤波过程中各卫星观测值的权重由步骤 (3) 确定。

6、一种基于智能手机的高精度单点定位装置, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被加载至处理器时实现根据权利要求 1-5 任一项所述的一种基于智能手机的高精度单点定位方法。

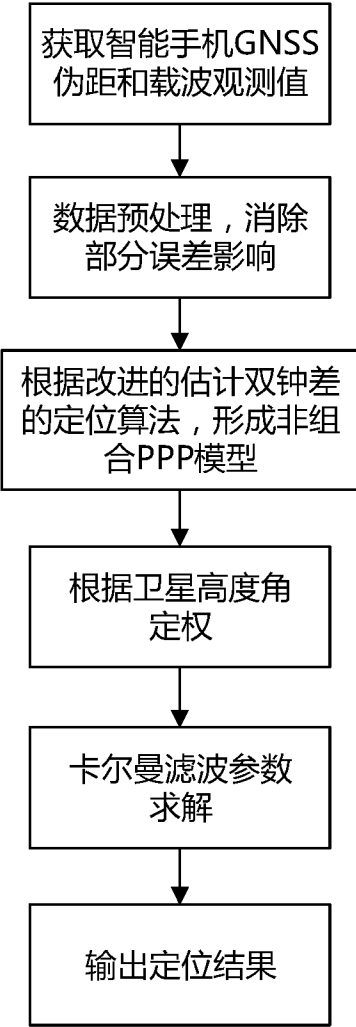


图 1

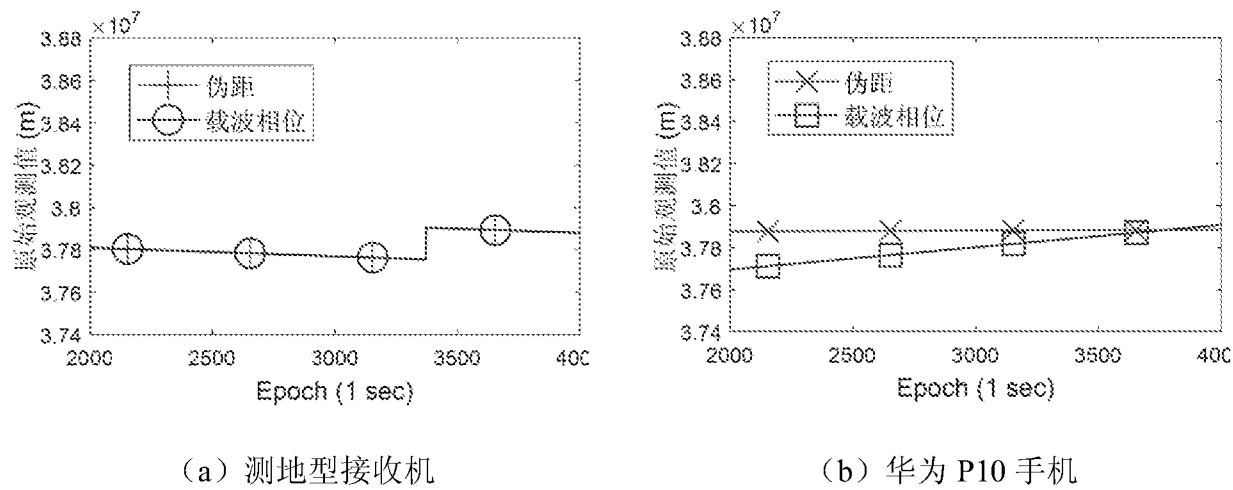


图 2

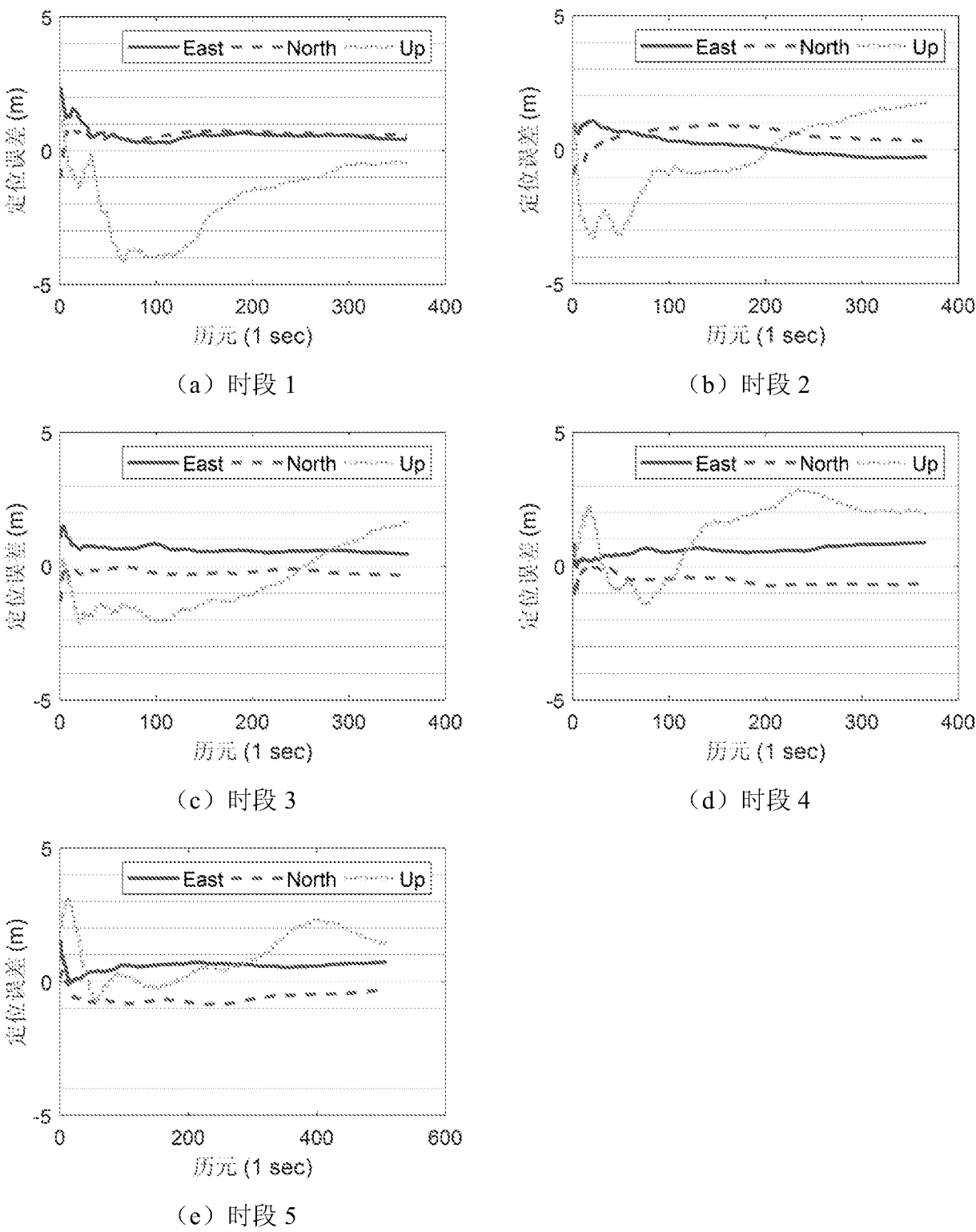


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/072411

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 19/42(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)

G01S19/-

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)

CNKI; CNPAT; WPI; EPODOC: 高成发, 手机, 移动终端, 移动电话, 精密, 高精度, 单点定位, 非组合, 模型, 原始, 观测, 载波, 伪距, 观测, 钟差, 高度角, 权, 卡尔曼滤波, 静态, smart, mobile, +phone, handset, precise w point w position+, PPP, uncombined, origin+, observ+, carrier, pseudo w range, clock w error?, weight+, kalman, filter+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110275192 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 24 September 2019 (2019-09-24) Claims 1-6	1-6
Y	CN 107356947 A (INSTITUTE OF GEODESY AND GEOPHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 17 November 2017 (2017-11-17) description, paragraphs [0093]-[0132], figure 1	1-2, 4, 6
Y	李杰 等 (LI, Jie et al.). "Android移动终端单频BDS/GPS实时PPP技术研究 (Research on real-time BDS/GPS single-frequency PPP technology for Android mobile terminal)" 测绘科学 (Science of Surveying and Mapping), Vol. 44., No. 3, 31 March 2019 (2019-03-31), ISSN: 1009-2307, pp. 150-151	1-2, 4, 6
A	CN 104714244 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 17 June 2015 (2015-06-17) entire document	1-6
A	CN 109343090 A (SOUTHEAST UNIVERSITY et al.) 15 February 2019 (2019-02-15) entire document	1-6
A	CN 104597465 A (HOHAI UNIVERSITY) 06 May 2015 (2015-05-06) entire document	1-6



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

03 April 2020

Date of mailing of the international search report

20 April 2020

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

International application No.

PCT/CN2020/072411

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014002299 A1 (TRIMBLE NAVIGATION LIMITED) 02 January 2014 (2014-01-02) entire document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/072411

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110275192	A	24 September 2019	None			
CN	107356947	A	17 November 2017	CN	107356947	B	18 June 2019
CN	104714244	A	17 June 2015	CN	104714244	B	17 November 2017
CN	109343090	A	15 February 2019	None			
CN	104597465	A	06 May 2015	CN	104597465	B	15 March 2017
US	2014002299	A1	02 January 2014	US	9651667	B2	16 May 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/072411

A. 主题的分类

G01S 19/42 (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)

G01S19/-

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))

CNKI; CNPAT; WPI; EPDOC: 高成发, 手机, 移动终端, 移动电话, 精密, 高精度, 单点定位, 非组合, 模型, 原始, 观测, 载波, 伪距, 观测, 钟差, 高度角, 权, 卡尔曼滤波, 静态, smart, mobile, +phone, handset, precise w point w position+, PPP, uncombined, origin+, observ+, carrier, pseudo w range, clock w error?, weight+, kalman, filter+

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
PX	CN 110275192 A (东南大学) 2019年 9月 24日 (2019 - 09 - 24) 权利要求1-6	1-6
Y	CN 107356947 A (中国科学院测量与地球物理研究所) 2017年 11月 17日 (2017 - 11 - 17) 说明书第[0093]-[0132]段, 图1	1-2, 4, 6
Y	李杰 等. "Android移动终端单频BDS/GPS实时PPP技术研究" 测绘科学, 第44卷, 第3期, 2019年 3月 31日 (2019 - 03 - 31), ISSN: 1009-2307, 第150-151页	1-2, 4, 6
A	CN 104714244 A (东南大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文	1-6
A	CN 109343090 A (东南大学 等) 2019年 2月 15日 (2019 - 02 - 15) 全文	1-6
A	CN 104597465 A (河海大学) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 全文	1-6

☒ 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, 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

2020年 4月 3日

国际检索报告邮寄日期

2020年 4月 20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

授权官员

郝霏霏

电话号码 86-(10)-53962456

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2014002299 A1 (TRIMBLE NAVIGATION LIMITED) 2014年 1月 2日 (2014 - 01 - 02) 全文	1-6

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/072411

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	110275192	A	2019年 9月 24日	无	
CN	107356947	A	2017年 11月 17日	CN 107356947	B 2019年 6月 18日
CN	104714244	A	2015年 6月 17日	CN 104714244	B 2017年 11月 17日
CN	109343090	A	2019年 2月 15日	无	
CN	104597465	A	2015年 5月 6日	CN 104597465	B 2017年 3月 15日
US	2014002299	A1	2014年 1月 2日	US 9651667	B2 2017年 5月 16日