



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106842236 B

(45)授权公告日 2019.01.29

(21)申请号 201510885309.8

(22)申请日 2015.12.04

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106842236 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(73)专利权人 航天恒星科技有限公司  
地址 100086 北京市海淀区知春路82号

(72)发明人 蔡仁澜 刘翔 周闪 李东俊

(74)专利代理机构 北京善任知识产权代理有限公司 11650

代理人 金杨

(51)Int.Cl.  
G01S 19/20(2010.01)

(56)对比文件

- US 2009/0147839 A1, 2009.06.11, 全文.
- WO 2013/088528 A1, 2013.06.30, 全文.
- CN 103529462 A, 2014.01.22, 全文.
- CN 105549046 A, 2016.05.04, 权利要求1-6.
- CN 104570011 A, 2015.04.29, 全文.
- CN 104749594 A, 2015.07.01, 全文.

审查员 鹿倩

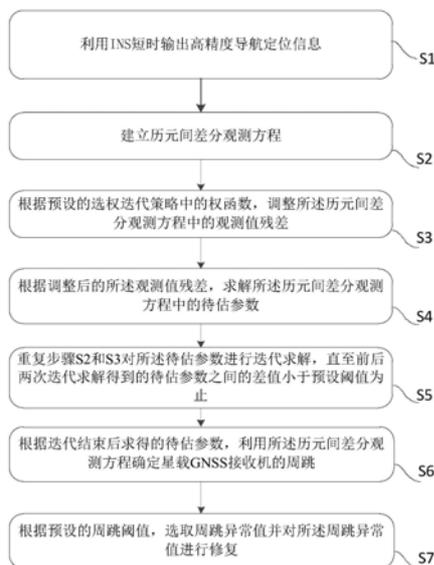
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

GNSS接收机周跳探测与修复处理装置

(57)摘要

本申请实施例提供了一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法及装置,利用INS短时输出的高精度导航定位信息,确保前后历元的位置差满足预设精度,通过对历元间差分观测方程中的待估参数进行迭代求解,从而能够获取精度较高的待估参数。进而可以通过所述历元间差分观测方程,利用观测值残差准确地反映周跳的变化,从而提高了周跳探测的精度。



1. 一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理装置,其特征在于,所述装置包括:

位置确定单元,利用INS短时输出高精度导航定位信息,以确保前一历元位置与下一历元位置之间的差值满足预设精度;

观测方程建立单元,用于建立历元间差分观测方程;

观测值残差调整单元,用于根据预设的选权迭代策略中的权函数,调整所述历元间差分观测方程中的观测值残差;

待估参数求解单元,用于根据调整后的所述观测值残差,求解所述历元间差分观测方程中的待估参数;

迭代单元,用于重复执行所述观测值残差调整单元和所述待估参数求解单元,以对所述待估参数进行迭代求解,直至前后两次迭代求解得到的待估参数之间的差值小于预设阈值为止;

周跳确定单元,用于根据迭代结束后求得的待估参数,利用所述历元间差分观测方程确定GNSS接收机的周跳;

周跳修复单元,用于根据预设的周跳阈值,选取周跳异常值并对所述周跳异常值进行修复。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述位置确定单元,利用INS输出高精度信息,基于前一历元位置及对下一历元位置进行积分外推,完成短时米级定位、厘米级测速;根据定位和测速的结果,基于前一历元GNSS接收机位置、速度,积分外推下一历元接收机位置,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度。

## GNSS接收机周跳探测与修复处理装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及GNSS精密定位技术领域,特别涉及一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法及装置。

### 背景技术

[0002] 随着卫星应用技术的快速发展,对卫星导航定位的精度要求越来越高,正确有效的探测周跳并修复是高精度定位的重要前提。在城市高楼林立,野外树林密布等观测条件比较恶劣的地区,使得卫星信号被暂时阻挡,造成载波相位量测和计数的暂时中断,即信号失锁,周跳探测现象频繁发生,因此在数据预处理模块需先探测修复周跳。

[0003] 对于周跳探测和修复的研究,方法很多,典型的周跳探测方法有两类,一类是通过检查观测数据及其线性组合的连续性来探测周跳,因为周跳破坏了数据的连续性。这类方法中比较经典的有高次差法、多项式拟合法、小波分析法。检验量包括电离层组合、双差组合等。另一类是利用粗差探测技术探测周跳,有卡尔曼滤波法、拟准检定法。

[0004] 然而上述对于周跳的探测方法的精度均不高,从而加大了后期对周跳进行修复的压力。

[0005] 应该注意,上面对技术背景的介绍只是为了方便对本申请的技术方案进行清楚、完整的说明,并方便本领域技术人员的理解而阐述的。不能仅仅因为这些方案在本申请的背景技术部分进行了阐述而认为上述技术方案为本领域技术人员所公知。

### 发明内容

[0006] 本申请实施例的目的在于提供一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法及装置,以提高周跳探测的精度。

[0007] 本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法及装置是这样实现的:

[0008] 一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法,包括:

[0009] S1:利用INS短时输出高精度导航定位信息,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度;

[0010] S2:建立历元间差分观测方程;

[0011] S3:根据预设的选权迭代策略中的权函数,调整所述历元间差分观测方程中的观测值残差;

[0012] S4:根据调整后的所述观测值残差,求解所述历元间差分观测方程中的待估参数;

[0013] S5:重复步骤S2和S3对所述待估参数进行迭代求解,直至前后两次迭代求解得到的待估参数之间的差值小于预设阈值为止;

[0014] S6:根据迭代结束后求得的待估参数,利用所述历元间差分观测方程确定GNSS接收机的周跳;

[0015] S7:根据预设的周跳阈值,选取周跳异常值并对所述周跳异常值进行修复。

[0016] 可选的,基于伪距观测值和多普勒观测值以及惯性导航系统INS算法,对所述GNSS接收机进行定位和测速,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度,具体包括:

[0017] 利用INS短时输出高精度信息,基于前一位置及对下一历元位置进行积分外推,完成短时米级定位、厘米级测速;

[0018] 根据定位和测速的结果,基于前一历元GNSS接收机位置、速度,积分外推下一历元接收机位置,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度。

[0019] 可选的,按照下述公式建立历元间差分观测方程:

$$[0020] \quad \nabla\Phi = \rho + C\delta t + \lambda\Delta N - \delta\rho_{iono} + X$$

[0021] 其中, $\nabla\Phi$ 表示两个历元间的观测值残差, $\rho$ 表示两个历元间的星地几何距离的变化值, $C\delta t$ 表示两个历元间卫星钟差的变化值, $\lambda$ 表示载波的波长, $\Delta N$ 表示周跳, $\delta\rho_{iono}$ 表示两个历元间电离层误差的变化值, $X$ 表示待估参数。

[0022] 可选的,所述预设的选权迭代策略中的权函数具体为:

$$[0023] \quad \rho(v) = \begin{cases} 1 & , |v| < 1.5\sigma \\ \frac{1}{k + |v|} & , 1.5\sigma < |v| \leq 2.5\sigma \\ 0 & |v| \geq 2.5\sigma \end{cases}$$

[0024] 其中, $\sigma$ 表示参数估计的单位权中误差, $v$ 表示观测值残差。

[0025] 可选的,所述方法还包括:

[0026] 利用观测值残差的方差协方差矩阵或者利用验后单位权方差来确定所述GNSS接收机的周跳精度。

[0027] 可选的,所述验后单位权方差具体为:

$$[0028] \quad \sigma_0^2 = \frac{V^T D_{LL}^{-1} V}{n - t}$$

[0029] 其中, $\sigma_0^2$ 表示所述验后单位权方差, $V$ 代表观测值残差, $D_{LL}$ 代表观测值向量的方差协方差矩阵, $n$ 代表参与计算的观测值个数, $t$ 为预设的观测值个数。

[0030] 一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法及装置,所述装置包括:

[0031] 位置确定单元,利用INS短时输出高精度导航定位信息,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度;

[0032] 观测方程建立单元,用于建立历元间差分观测方程;

[0033] 观测值残差调整单元,用于根据预设的选权迭代策略中的权函数,调整所述历元间差分观测方程中的观测值残差;

[0034] 待估参数求解单元,用于根据调整后的所述观测值残差,求解所述历元间差分观测方程中的待估参数;

[0035] 迭代单元,用于重复执行所述观测值残差调整单元和所述待估参数求解单元,以对所述待估参数进行迭代求解,直至前后两次迭代求解得到的待估参数之间的差值小于预设阈值为止;

[0036] 周跳确定单元,用于根据迭代结束后求得的待估参数,利用所述历元间差分观测方程确定GNSS接收机的周跳;

[0037] 周跳修复单元,用于根据预设的周跳阈值,选取周跳异常值并对所述周跳异常值进行修复。

[0038] 本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法及装置,通过对历元间差分观测方程中的待估参数进行迭代求解,从而能够获取精度较高的待估参数。进而可以通过所述历元间差分观测方程,利用观测值残差准确地反映周跳的变化,从而提高了周跳探测的精度。

[0039] 参照后文的说明和附图,详细公开了本申请的特定实施方式,指明了本申请的原理可以被采用的方式。应该理解,本申请的实施方式在范围上并不因而受到限制。在所附权利要求的精神和条款的范围内,本申请的实施方式包括许多改变、修改和等同。

[0040] 针对一种实施方式描述和/或示出的特征可以以相同或类似的方式在一个或多个其它实施方式中使用,与其它实施方式中的特征相组合,或替代其它实施方式中的特征。

[0041] 应该强调,术语“包括/包含”在本文使用时指特征、整件、步骤或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整件、步骤或组件的存在或附加。

## 附图说明

[0042] 所包括的附图用来提供对本申请实施例的进一步的理解,其构成了说明书的一部分,用于例示本申请的实施方式,并与文字描述一起来阐释本申请的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,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。在附图中:

[0043] 图1为本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法流程图;

[0044] 图2为本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复装置功能模块图。

## 具体实施方式

[0045] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都应当属于本申请保护的范围。

[0046] 图1为本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法流程图。虽然下文描述流程包括以特定顺序出现的多个操作,但是应该清楚了解,这些过程可以包括更多或更少的操作,这些操作可以顺序执行或并行执行(例如使用并行处理器或多线程环境)。如图1所示,所述方法可以包括:

[0047] S1:利用INS短时输出高精度导航定位信息,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度;

[0048] S2:建立历元间差分观测方程。

[0049] 在本申请实施例中,可以建立单频载波历元间差分观测方程,具体如下所示:

$$[0050] \quad \nabla\Phi = \rho + C\delta t + \lambda\Delta N - \delta\rho_{iono} + X$$

[0051] 其中, $\nabla\Phi$ 表示两个历元间的观测值残差, $\rho$ 表示两个历元间的星地几何距离的变化值, $C\delta t$ 表示两个历元间卫星钟差的变化值, $\lambda$ 表示载波的波长, $\Delta N$ 表示周跳, $\delta\rho_{iono}$ 表示两个历元间电离层误差的变化值, $X$ 表示待估参数。所述待估参数是包含了历元间接收机钟差的变化值以及各种模型残余误差的综合误差变化值。所述观测值残差的精度则取决于所述待估参数的精度。为了准确地利用观测值残差来反映周跳,则必须准确地求解出待估参数 $X$ 。

[0052] 在本申请一优选实施例中,为了保证建立的历元间差分观测方程的准确性,可以对两个历元的GNSS接收机的位置进行优化。具体地,本申请一优选实施例中,在建立历元间差分观测方程的步骤之前,可以基于前一历元GNSS接收机所处的位置,确定下一历元所述GNSS接收机所处的位置,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度。这样,基于前一历元位置和下一历元位置测得的数据会存在关联,从而能够保证建立的差分观测方程比较准确。

[0053] 具体来讲,先采用INS基于前一历元输出GNSS接收机位置、速度,预报下一历元接收机位置,使前后两历元位置差的精度保障在一定范围内,然后采用基于选权迭代的抗差估计进行解算。其算法步骤如下:

[0054] INS以 $X_k$ 位置为基础,积分外推 $k+1$ 历元接收机位置,前后历元位置差( $X_{k+1}-X_k$ )的值应小于某设定阈值;利用广播星历计算卫星坐标。

[0055] 按照上述组建观测方程,设置初始权阵为单位阵,并进行解算。

[0056] 在实际应用场景中,利用INS短时输出高精度信息,基于前一历元位置及对下一历元位置进行积分外推,完成短时米级定位、厘米级测速;根据定位和测速的结果,基于前一历元GNSS接收机位置、速度,积分外推下一历元接收机位置,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度。

[0057] S3:根据预设的选权迭代策略中的权函数,调整所述历元间差分观测方程中的观测值残差。

[0058] 在建立了历元间差分观测方程后,便需要对其中的待估参数进行求解。在本申请实施例中,可以采用选权迭代的抗差估计来对所述待估参数进行估算。具体地,可以预先选择选权迭代策略。选取了选权迭代策略后,与该选权迭代策略会对应一个权函数,从而可以根据该权函数对所述历元间差分观测方程中的观测值残差进行调整。在本申请实施例中,可以采用IGG选权迭代策略,对应的权函数即可以表示为:

$$[0059] \quad \rho(v) = \begin{cases} 1 & , |v| < 1.5\sigma \\ \frac{1}{k + |v|} & , 1.5\sigma < |v| \leq 2.5\sigma \\ 0 & |v| \geq 2.5\sigma \end{cases}$$

[0060] 其中, $\sigma$ 表示参数估计的单位权中误差, $v$ 表示观测值残差。

[0061] S4:根据调整后的所述观测值残差,求解所述历元间差分观测方程中的待估参数。

[0062] 当所述观测值残差进行调整后,便可以将该调整后的观测值残差代入历元间差分观测方程,从而求解出待估参数。由于本申请实施例中是采用迭代的方法进行求解所述待估参数,因此需要按照选权迭代策略进行观测值残差的调整,并再次求解所述待估参数。

[0063] S5:重复步骤S3和S4对所述待估参数进行迭代求解,直至前后两次迭代求解得到的待估参数之间的差值小于预设阈值为止。

[0064] 在本申请实施例中,每次迭代后便可以产生一个待估参数,当前后两次迭代求解得到的待估参数之间的差值小于预设阈值时,便可以停止迭代过程。

[0065] S6:根据迭代结束后求得的待估参数,利用所述历元间差分观测方程确定GNSS接收机的周跳。

[0066] 在停止迭代过程后,最后一次迭代计算得到的待估参数便可以是满足本申请实施例中预设精度的值,那么通过将该满足预设精度的待估参数代入历元间差分观测方程,从而可以准确地利用观测值残差来确定GNSS接收机的周跳。

[0067] S7:根据预设的周跳阈值,选取周跳异常值并对所述周跳异常值进行修复。

[0068] 在本申请实施例中,可以遍历观测值残差,并且根据预设的周跳阈值,从而可以选取周跳异常值并对所述周跳异常值进行修复。

[0069] 另外,在周跳的选权迭代估计过程收敛以后,可以得到观测值残差V的方差协方差阵;考虑待估参数为X,观测值向量为L,其方差协方差阵为 $D_{LL}$ ,设计矩阵为B,则由最小二乘原理可以得到:

$$[0070] \quad X = (B^T D_{LL}^{-1} B)^{-1} B^T D_{LL}^{-1} L$$

$$[0071] \quad V = B(B^T D_{LL}^{-1} B)^{-1} B^T D_{LL}^{-1} L - L$$

$$[0072] \quad D_{VV} = D_{LL}^{-1} - B(B^T D_{LL}^{-1} B)^{-1} B^T$$

[0073] 其中, $D_{VV}$ 为观测值残差的方差协方差矩阵,那么得到了观测值残差的方差协方差矩阵以后,可以用此来确定所探测周跳值的精度。同时得到的验后单位权方差

$\sigma_0^2 = \frac{V^T D_{VV}^{-1} V}{n - t}$ 也可以用来确定周跳探测的精度。其中, $\sigma_0^2$ 表示所述验后单位权方差,V代表

观测值残差, $D_{LL}$ 代表观测值向量的方差协方差矩阵,n代表参与计算的观测值个数,t为预设的观测值个数,在实际计算过程中,t往往等于1。

[0074] 在实际数据处理中,随着迭代的不断进行,单位权方差也会越来越小,此时若仍然按照权函数对观测值残差进行调整,将会导致将正常的观测值残差当做了周跳进行处理,这样不但会增加迭代次数,降低算法效率,还有可能得出错误的结果。因此在本申请一优选实施例中,需要对单位权中误差 $\sigma$ 设定阈值,当单位权中误差小于阈值后就不再进行调整。

[0075] 图2为本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复及装置功能模块图。如图2所示,所述装置包括:

[0076] 位置确定单元100,利用INS短时输出高精度导航定位信息,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度;

[0077] 观测方程建立单元200,用于建立历元间差分观测方程;

[0078] 观测值残差调整单元300,用于根据预设的选权迭代策略中的权函数,调整所述历元间差分观测方程中的观测值残差;

[0079] 待估参数求解单元400,用于根据调整后的所述观测值残差,求解所述历元间差分观测方程中的待估参数;

[0080] 迭代单元500,用于重复执行所述观测值残差调整单元和所述待估参数求解单元,以对所述待估参数进行迭代求解,直至前后两次迭代求解得到的待估参数之间的差值小于预设阈值为止;

[0081] 周跳确定单元600,用于根据迭代结束后求得的待估参数,利用所述历元间差分观测方程确定GNSS接收机的周跳;

[0082] 周跳修复单元700,用于根据预设的周跳阈值,选取周跳异常值并对所述周跳异常值进行修复。

[0083] 在本申请一优选实施例中,所述位置确定单元100,利用INS短时输出高精度信息,基于前一历元位置及对下一历元位置进行积分外推,完成短时米级定位、厘米级测速;

[0084] 根据定位和测速的结果,基于前一历元GNSS接收机位置、速度,积分外推下一历元接收机位置,以确保所述前一历元位置与所述下一历元位置之间的差值满足预设精度。

[0085] 本申请实施例提供的一种INS辅助GNSS接收机高可靠周跳探测与修复处理方法,通过对历元间差分观测方程中的待估参数进行迭代求解,从而能够获取精度较高的待估参数。进而可以通过所述历元间差分观测方程,利用观测值残差准确地反映周跳的变化,从而提高了周跳探测的精度。

[0086] 在本说明书中,诸如第一和第二这样的形容词仅可以用于将一个元素或动作与另一元素或动作进行区分,而不必要求或暗示任何实际的这种关系或顺序。在环境允许的情况下,参照元素或部件或步骤(等)不应解释为局限于仅元素、部件、或步骤中的一个,而可以是元素、部件、或步骤中的一个或多个等。

[0087] 上面对本申请的各种实施方式的描述以描述的目的提供给本领域技术人员。其不旨在是穷举的、或者不旨在将本发明限制于单个公开的实施方式。如上所述,本申请的各种替代和变化对于上述技术所属领域技术人员而言将是显而易见的。因此,虽然已经具体讨论了一些另选的实施方式,但是其它实施方式将是显而易见的,或者本领域技术人员相对容易得出。本申请旨在包括在此已经讨论过的本发明的所有替代、修改、和变化,以及落在上述申请的精神和范围内的其它实施方式。

[0088] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

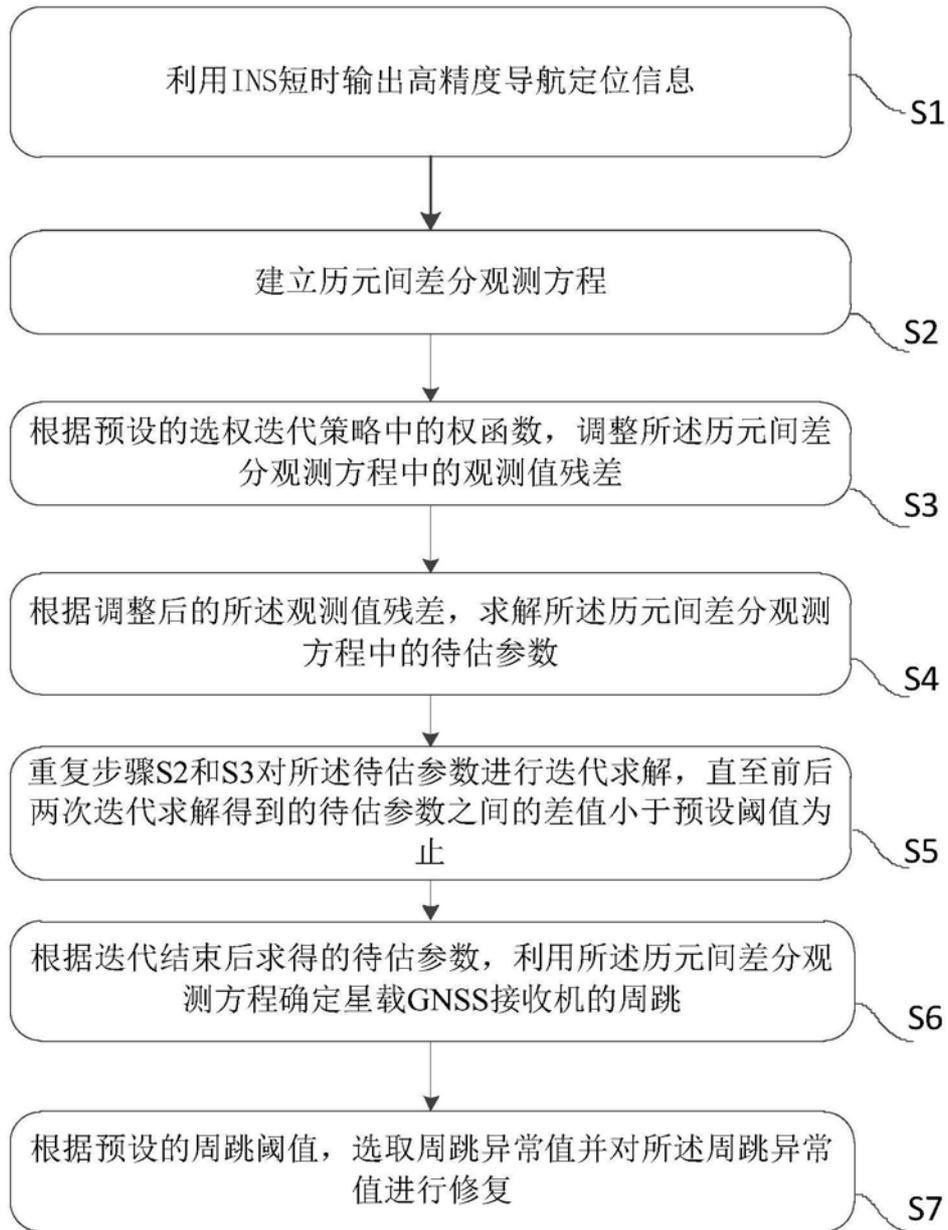


图1

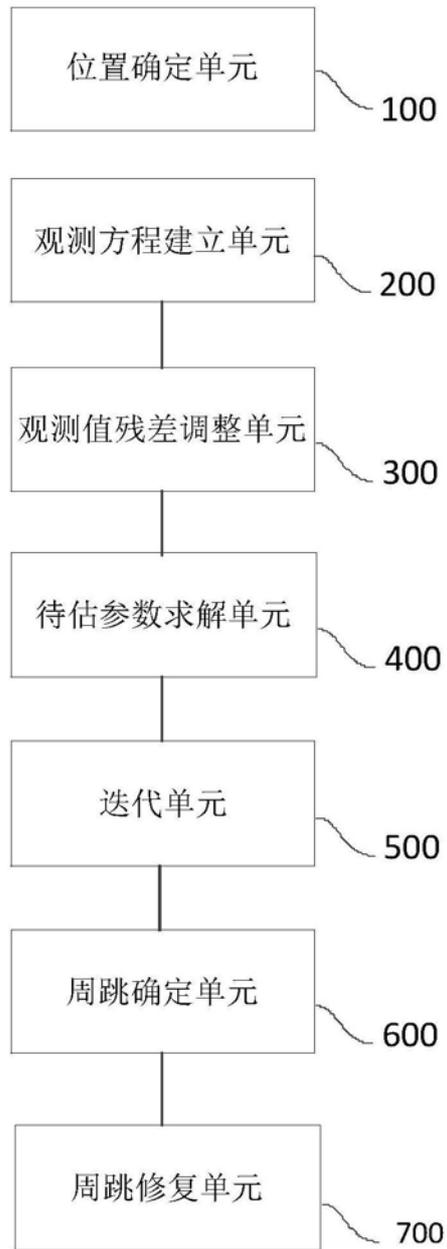


图2