



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105652292 B

(45)授权公告日 2018.06.15

(21)申请号 201410662660.6

CN 101772710 A,2010.07.07,

(22)申请日 2014.11.19

US 2014/0125521 A1,2014.05.08,

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105652292 A

Marcus Obst.Urban multipath detection and mitigation with dynamic 3D maps for reliable land vehicle localization.

(43)申请公布日 2016.06.08

《Position Location and Navigation

(73)专利权人 香港理工大学

Symposium (PLAYS),2012 IEEE/ION》.2012, 685-691.

地址 中国香港九龙红磡

(72)发明人 陈武

Ziyi Jiang, Paul D Groves.GNSS NLOS and Multipath Error using Advanced Multi-Constellation.《25th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation》.2012,79-88.

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(51)Int.Cl.

G01S 19/22(2010.01)

审查员 王晓琼

(56)对比文件

JP 特开2011-163817 A,2011.08.25,

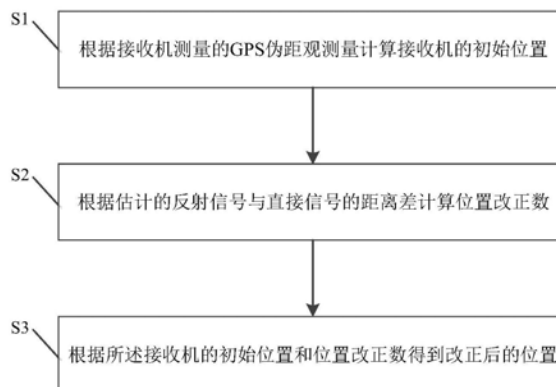
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种GPS多径效应改正定位方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种GPS多径效应改正定位方法和系统,其中方法包括以下步骤:S1、根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置;S2、根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数;以及S3、根据所述接收机的初始位置和位置改正数得到改正后的位置。本发明根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数,进而对接收机的位置进行改正,减小了多径效应,使得GPS在城市建筑密集区的定位精度大大提高,并且本发明的方法简单,成本低廉,可以直接用于GPS手机的定位模式。



1. 一种GPS多径效应改正定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置;

S2、根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数;

S3、根据所述接收机的初始位置和位置改正数得到改正后的位置;

所述步骤S2中通过以下公式计算位置改正数:

$$\Delta X = (A^T A)^{-1} A^T \Delta;$$

其中, X 是位置矢量; A 为由卫星位置坐标和接收机初始坐标决定的卫星系数矩阵; $\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)^T$; n 为卫星数量; δ_i 为估计的接收机收到的第 i 个卫星反射信号与直接信号的距离差, $i=1, 2, \dots, n$; 当第 i 个卫星反射信号的信噪比 S/N 大于预设值时, $\delta_i=0$; 当信噪比 S/N 小于预设值时, 计算反射信号与直接信号的距离差 δ_i 。

2. 根据权利要求1所述的GPS多径效应改正定位方法,其特征在于,所述步骤S2中根据所述接收机所处位置的建筑物高度、街道宽度以及对应卫星的天顶角计算所述反射信号与直接信号的距离差。

3. 根据权利要求1所述的GPS多径效应改正定位方法,其特征在于,所述步骤S2中根据所述接收机所处位置的建筑物平均高度计算所述反射信号与直接信号的距离差。

4. 根据权利要求3所述的GPS多径效应改正定位方法,其特征在于,所述方法还包括在步骤S3之后执行的步骤:

S4、利用三维城市模型,查找所述步骤S3得到的改正后的位置处的建筑物高度和街道宽度的数据;

S5、根据所述步骤S4查找得到的建筑物高度和街道宽度的数据与对应卫星的天顶角计算反射信号与直接信号的距离差,并求解位置改正数;

S6、根据步骤S3得到的改正后的位置和步骤S5得到的位置改正数得到再次改正后的位置。

5. 一种GPS多径效应改正定位系统,其特征在于,包括:

初始位置计算单元,用于根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置;

第一改正数计算单元,用于根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数;

第一位置改正单元,用于根据所述接收机的初始位置和位置改正数得到改正后的位置;

所述第一改正数计算单元通过以下公式计算位置改正数:

$$\Delta X = (A^T A)^{-1} A^T \Delta;$$

其中, X 是位置矢量; A 为由卫星位置坐标和接收机初始坐标决定的卫星系数矩阵; $\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)^T$; n 为卫星数量; δ_i 为估计的接收机收到的第 i 个卫星反射信号与直接信号的距离差, $i=1, 2, \dots, n$; 当第 i 个卫星反射信号的信噪比 S/N 大于预设值时, $\delta_i=0$; 当信噪比 S/N 小于预设值时, 计算反射信号与直接信号的距离差 δ_i 。

6. 根据权利要求5所述的GPS多径效应改正定位系统,其特征在于,所述第一改正数计算单元根据所述接收机所处位置的建筑物高度、街道宽度以及对应卫星的天顶角计算所述反射信号与直接信号的距离差。

7. 根据权利要求5所述的GPS多径效应改正定位系统,其特征在于,所述第一改正数计

算单元根据所述接收机所处位置的建筑物平均高度计算所述反射信号与直接信号的距离差。

8. 根据权利要求7所述的GPS多径效应改正定位系统,其特征在于,所述系统还包括:

数据查找单元,用于利用三维城市模型,查找所述第一位置改正单元得到的改正后的位置处的建筑物高度和街道宽度的数据;

第二改正数计算单元,用于根据所述数据查找单元查找得到的建筑物高度和街道宽度的数据与对应卫星的天顶角计算反射信号与直接信号的距离差,并求解位置改正数;

第二位置改正单元,用于根据所述第一位置改正单元得到的改正后的位置和所述第二改正数计算单元得到的位置改正数得到再次改正后的位置。

一种GPS多径效应改正定位方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及GPS(全球定位系统)定位技术领域,更具体地说,涉及一种GPS多径效应改正定位方法和系统。

背景技术

[0002] GPS技术对定位技术发展起着革命性的意义。GPS可在全天候提供高精度的导航定位。随着GPS接收机的价格日益降低,现在大量手机中已经装入了GPS接收机,而且接收机的灵敏度越来越高。

[0003] 但在城市环境中,由于大量建筑对GPS信号的反射,造成很强的多径效应,使得GPS定位精度极具下降,有时定位误差可达200米。多年来,各国科学家在对多径效应对GPS定位精度的影响方面做了大量的研究,并主要通过以下方法进行改进:1)改进GPS接收机内的接收环路算法,以减小多路径效应的影响;2)通过各种滤波技术,减少含多径效应的卫星观测量对最后定位结果的影响。但是,这些方法较为复杂,且仍然具有较大的误差。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有GPS定位的多径效应改进方法复杂且效果不佳的缺陷,提供一种直接根据反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数对位置进行改正的GPS多径效应改正定位方法和系统。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种GPS多径效应改正定位方法,包括以下步骤:

[0006] S1、根据接收机测量的GPS伪距观测值计算接收机的初始位置;

[0007] S2、根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数;

[0008] S3、根据所述接收机的初始位置和位置改正数得到改正后的位置。

[0009] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位方法中,所述步骤S2中通过以下公式计算位置改正数:

[0010] $\Delta X = (A^T A)^{-1} A^T \Delta$;

[0011] 其中,A为由卫星位置坐标和接收机初始坐标决定的卫星系数矩阵; $\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)^T$;n为卫星数量; δ_i 为估计的接收机收到的第i个卫星反射信号与直接信号的距离差, $i=1, 2, \dots, n$;当第i个卫星反射信号的信噪比S/N大于预设值时, $\delta_i=0$;当信噪比S/N小于预设值时,计算反射信号与直接信号的距离差 δ_i 。

[0012] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位方法中,所述步骤S2中根据所述接收机所处位置的建筑物高度、街道宽度以及对应卫星的天顶角计算所述反射信号与直接信号的距离差。

[0013] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位方法中,所述步骤S2中根据所述接收机所处位置的建筑物平均高度计算所述反射信号与直接信号的距离差。

[0014] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位方法中,所述方法还包括在步骤S3之

后执行的步骤：

[0015] S4、利用三维城市模型，查找所述步骤S3得到的改正后的位置处的建筑物高度和街道宽度的数据；

[0016] S5、根据所述步骤S4查找得到的建筑物高度和街道宽度的数据与对应卫星的天顶角计算反射信号与直接信号的距离差，并求解位置改正数；

[0017] S6、根据步骤S3得到的改正后的位置和步骤S5得到的位置改正数得到再次改正后的位置。

[0018] 本发明还提供了一种GPS多径效应改正定位系统，包括：

[0019] 初始位置计算单元，用于根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置；

[0020] 第一改正数计算单元，用于根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数；

[0021] 第一位置改正单元，用于根据所述接收机的初始位置和位置改正数得到改正后的位置。

[0022] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位系统中，所述第一改正数计算单元通过以下公式计算位置改正数：

[0023] $\Delta X = (A^T A)^{-1} A^T \Delta$ ；

[0024] 其中，A为由卫星位置坐标和接收机初始坐标决定的卫星系数矩阵； $\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)^T$ ；n为卫星数量； δ_i 为估计的接收机收到的第i个卫星反射信号与直接信号的距离差， $i=1, 2, \dots, n$ ；当第i个卫星反射信号的信噪比S/N大于预设值时， $\delta_i=0$ ；当信噪比S/N小于预设值时，计算反射信号与直接信号的距离差 δ_i 。

[0025] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位系统中，所述第一改正数计算单元根据所述接收机所处位置的建筑物高度、街道宽度以及对应卫星的天顶角计算所述反射信号与直接信号的距离差。

[0026] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位系统中，所述第一改正数计算单元根据所述接收机所处位置的建筑物平均高度计算所述反射信号与直接信号的距离差。

[0027] 在根据本发明所述的GPS多径效应改正定位系统中，所述系统还包括：

[0028] 数据查找单元，用于利用三维城市模型，查找所述第一位置改正单元得到的改正后的位置处的建筑物高度和街道宽度的数据；

[0029] 第二改正数计算单元，用于根据所述数据查找单元查找得到的建筑物高度和街道宽度的数据与对应卫星的天顶角计算反射信号与直接信号的距离差，并求解位置改正数；

[0030] 第二位置改正单元，用于根据所述第一位置改正单元得到的改正后的位置和所述第二改正数计算单元得到的位置改正数得到再次改正后的位置。

[0031] 实施本发明的GPS多径效应改正定位方法和系统，具有以下有益效果：本发明根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数，进而对接收机的位置进行改正，减小了多径效应，使得GPS在城市建筑密集区的定位精度大大提高，并且本发明的方法简单，成本低廉，可以直接用于GPS手机的定位模式。

附图说明

- [0032] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:
- [0033] 图1为根据本发明优选实施例的GPS多径效应改正定位方法流程图;
- [0034] 图2为接收机接收到的卫星反射信号示意图;
- [0035] 图3为根据本发明优选实施例的GPS多径效应改正定位系统的框图。

具体实施方式

[0036] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。

[0037] GPS在城市环境应用中,由于建筑物的阻挡,GPS接收机接收到的卫星信号本身就是反射信号。这会造成GPS在城市环境中定位产生很大的误差。本发明针对这类情况,提出了一种适用于在GPS城市定位减小多径效应的新方法,使得GPS在城市建筑密集区的定位精度大大提高。本发明可以直接用于GPS手机的定位模式。

[0038] 请参阅图1,为根据本发明优选实施例的GPS多径效应改正定位方法流程图。如图1所示,该实施例提供的GPS多径效应改正定位方法包括以下步骤:

[0039] 首先,在步骤S1中,根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置。

[0040] 假设线性化GPS伪距观测量的方程为:

$$[0041] \quad AX=L=L_0+\Delta+e; \quad (1)$$

[0042] 式中A为系数矩阵,由卫星位置坐标和接收机初始坐标决定。X是位置矢量。L是GPS伪距观测量, L_0 为无误差观测量。 Δ 为由于反射信号引起的误差,e是GPS伪距观测量的所有其他误差矢量。该GPS伪距观测量为伪距或载波相位信号。

[0043] 由公式(1)可知,当接收机的GPS伪距观测量已知时,可以通过以下公式计算接收机的初始位置:

$$[0044] \quad \hat{X}_0 = (A^T A)^{-1} A^T L; \quad (2)$$

[0045] 当在移动终端如手机中内置GPS接收机时,便可以通过公式(2)根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置。

[0046] 随后,在步骤S2中,根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数。

[0047] 优选地由该步骤S2中通过以下公式计算位置改正数:

$$[0048] \quad \Delta X = (A^T A)^{-1} A^T \Delta; \quad (3)$$

[0049] 其中,A为由卫星位置坐标和接收机初始坐标决定的卫星系数矩阵; $\Delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)^T$;n为卫星数量。

[0050] δ_i 为估计的接收机收到的第i个卫星反射信号与直接信号的距离差, $i=1,2,\dots,n$ 。当第i个卫星反射信号的信噪比S/N大于预设值 k_1 时,认为该信号为直接信号,所以上述第i个卫星反射信号与直接信号的距离差 $\delta_i=0$;当信噪比S/N小于预设值 k_1 时,认为该信号为反射信号,通过一定的方法计算反射信号与直接信号的距离差 δ_i 。

[0051] 最后,在步骤S3中,根据接收机的初始位置和位置改正数得到改正后的位置。

[0052] 由公式(1)可以推导出

$$[0053] \quad \hat{X} = (A^T A)^{-1} A^T (L - \Delta); \quad (4)$$

[0054] 因此,可以通过以下公式根据接收机的初始位置和位置改正数计算改正后的位

置:

$$[0055] \quad \bar{X} = \bar{X}_0 - \Delta X; \quad (5)$$

[0056] 在本发明的第一个优选实施例中,上述步骤S2中可以根据接收机所处位置的建筑物高度h、街道宽度D以及对应卫星的天顶角 α 来计算反射信号与直接信号的距离差,作为估计的反射信号与直接信号的距离差。

[0057] 请参阅图2,为接收机接收到的卫星反射信号示意图。如图2所示,0点为接收机的位置,本发明中假设接收机位于两栋高度相等的建筑物之间的街道中线上。由于卫星的直接信号被建筑物遮挡,接收机接收的实际信号其实是经过建筑物反射后的反射信号,因此其信号传播的距离比直接信号长。如果不进行改正,将造成GPS定位的误差。

[0058] 假设街道宽度为D,建筑物高度为h。因此接收机可接收的卫星的直接信号的最大天顶角为 $\alpha_0 = \tan^{-1}(\frac{D}{2h})$ 。当卫星的天顶角 $\alpha > \alpha_0$ 时,卫星信号将会被建筑物遮挡。在实际情况下,我们可以用接收的卫星信号信噪比S/N来判断接收信号是直接信号还是反射信号。当S/N大于预设值k1时,可以认为接收的信号为反射信号。

[0059] 根据图2可以计算直接信号与反射信号的距离差 δi :

$$[0060] \quad \delta i = OC - OD;$$

[0061] 设卫星天顶角为 $\alpha > \alpha_0$, $s1 = OA$, $s2 = OB$, $s3 = AC$, $s4 = AB$, $s5 = OD$, $s6 = OC$;

$$[0062] \quad s1 = \sqrt{(\frac{D}{2})^2 + h^2}; \quad (6)$$

$$[0063] \quad s2 = s1 \cos(\alpha - \alpha_0); \quad (7)$$

$$[0064] \quad s3 = \frac{D}{\cos(90 - \alpha)}; \quad (8)$$

$$[0065] \quad s4 = s1 \sin(\alpha - \alpha_0); \quad (9)$$

$$[0066] \quad s5 = s2 - s3; \quad (10)$$

$$[0067] \quad s6 = \sqrt{(s4)^2 + (s2 - s3)^2}; \quad (11)$$

[0068] 反射信号与直接信号的距离差为 δi :

$$[0069] \quad \delta i = s6 - s5; \quad (12)$$

[0070] 通过上述公式可以根据接收机所处位置的建筑物高度h和街道宽度D,以及所接收的信号来源的卫星的天顶角 α 计算反射信号与直接信号的距离差。在本发明的优选实施例中,可以根据步骤S1中计算的接收机的初始位置从数据库中查找该初始位置对应的建筑物高度h和街道宽度D的数据。由于步骤S1计算的初始位置并不是接收机的准确位置,因此通过这些方法计算的反射信号与直接信号的距离差并不是准确值,而是估计的反射信号与直接信号的距离差。在本发明的第二优选实施例中,步骤S2中可以通过以下简化的公式近似计算反射信号与直接信号的距离差:

$$[0071] \quad \delta i = \frac{h}{2}; \quad (13)$$

[0072] 其中,h为接收机所处位置的建筑物平均高度。在本发明的一些实施例中,可以根据步骤S1中计算的接收机的初始位置从数据库中获取该初始位置对应的建筑物高度h的平

均值数据,例如以某个城市或者区域为单位,计算该城市或者区域内的建筑物高度 h 的平均值。在本发明的另一些实施例中,也可以通过估计为建筑物高度 h 直接设定一个合理的平均值来估算反射信号与直接信号的距离差。通过这些方法计算的反射信号与直接信号的距离差并不是准确值,而是估计的反射信号与直接信号的距离差。

[0073] 在本发明的第三优选实施例中,可以利用三维城市模型计算更为精确的接收机位置。近年来三维城市模型已经广泛的使用与不同应用。因此可以通过移动终端获取这些高精度三维城市建筑模型的数据,并通过以下方法精确计算多径信号路径改正:

[0074] 首先,在步骤S1中,采用公式(2)根据接收机测量的GPS伪距观测量 L 计算接收机的初始位置。

[0075] 随后,在步骤S2中,根据第 i 个卫星反射信号的信噪比 S/N 判断接收机接收到的该卫星信号为直接信号还是反射信号,当 S/N 大于预设值 k_1 时为直接信号, $\delta_i=0$;当 S/N 小于预设值 k_1 时为反射信号,利用公式(13)由接收机所处位置的建筑物平均高度计算 δ_i 。再通过公式(3)计算位置改正数。

[0076] 随后,在步骤S3中,根据步骤S1得到的接收机的初始位置和步骤S2得到的位置改正数,采用公式(5)得到改正后的位置。

[0077] 随后,在步骤S4中,利用三维城市模型,查找步骤S3得到的改正后的位置处的建筑物高度 h 和街道宽度 D 的数据。

[0078] 随后,在步骤S5中,根据步骤S4查找得到的建筑物高度 h 和街道宽度 D 的数据,与所接收的信号来源的卫星的天顶角 α 一起通过公式(12)计算反射信号与直接信号的距离差,并通过公式(3)求解位置改正数。

[0079] 最后,在步骤S6中,根据步骤S3得到的改正后的位置和步骤S5得到的位置改正数得到再次改正后的位置,即采用公式(5)再次计算接收机的位置。

[0080] 通过第三优选实施例的方法,可以避免接受机初始大误差对最后结果的影响,使得GPS定位更加准确。

[0081] 请参阅图3,为根据本发明优选实施例的GPS多径效应改正定位系统的框图。如图3所示,该实施例提供的GPS多径效应改正定位系统100包括:初始位置计算单元10、第一改正数计算单元20和第一位置改正单元30。

[0082] 初始位置计算单元10用于根据接收机测量的GPS伪距观测量计算接收机的初始位置。该初始位置计算单元10的实现原理与过程与GPS多径效应改正定位方法中步骤S1一致,也可以采用公式(2)计算接收机的初始位置。

[0083] 第一改正数计算单元20用于根据估计的反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数。该第一改正数计算单元20的实现原理与过程与GPS多径效应改正定位方法中步骤S2一致,也可以采用公式(3)计算位置改正数。

[0084] 第一位置改正单元30用于根据初始位置计算单元10得到的接收机的初始位置和第一改正数计算单元20得到的位置改正数计算改正后的位置。该第一位置改正单元30的实现原理与过程与GPS多径效应改正定位方法中步骤S3一致,也可以采用公式(5)计算位置改正后的位置。

[0085] 在本发明的第四优选实施例中,上述第一改正数计算单元20中可以根据接收机所处位置的建筑物高度 h 、街道宽度 D 以及对应卫星的天顶角 α 来计算反射信号与直接信号的

距离差。例如,通过系统的第一优选实施例中的方法实现,首先根据第 i 个卫星反射信号的信噪比 S/N 判断接收机接收到的该卫星信号为直接信号还是反射信号,当 S/N 大于预设值 k_1 时为直接信号, $\delta_i=0$;当 S/N 小于预设值 k_1 时为反射信号,利用公式(12)计算反射信号与直接信号的距离差 δ_i ,再通过公式(3)计算位置改正数。

[0086] 在本发明的第五优选实施例中,上述第一改正数计算单元20可以根据接收机所处位置的建筑物平均高度 h 计算反射信号与直接信号的距离差。例如通过系统的第二优选实施例中的方法实现,先根据信噪比判断直接信号还是反射信号,再利用公式(13)由接收机所处位置的建筑物平均高度计算 δ_i ,再通过公式(3)计算位置改正数。

[0087] 在本发明的第六优选实施例中,可以在第五优选实施例的基础上,增设数据查找单元、第二改正数计算单元和第二位置改正单元。

[0088] 其中,数据查找单元用于利用三维城市模型,查找第一位置改正单元30得到的改正后的位置处的建筑物高度 h 和街道宽度 D 的数据。

[0089] 第二改正数计算单元,用于根据数据查找单元查找得到的建筑物高度 h 和街道宽度 D 的数据,与所接收的信号来源的卫星的天顶角 α 一起通过公式(12)计算反射信号与直接信号的距离差,并通过公式(3)求解位置改正数。

[0090] 第二位置改正单元,用于根据第一位置改正单元30得到的改正后的位置和第二改正数计算单元得到的位置改正数计算再次改正后的位置,即采用公式(5)再次计算接收机的位置。

[0091] 综上所述,本发明的GPS多径效应改正定位方法和系统考虑了多径效应对直接信号的影响,通过根据反射信号与直接信号的距离差计算位置改正数,进而对接收机的位置进行改正,减小了多径效应,使得GPS在城市建筑密集区的定位精度大大提高。本发明的成本低廉,计算方法简单且结果准确,可以直接用于GPS手机的定位模式。

[0092] 本发明是根据特定实施例进行描述的,但本领域的技术人员应明白在不脱离本发明范围时,可进行各种变化和等同替换。此外,为适应本发明技术的特定场合或材料,可对本发明进行诸多修改而不脱离其保护范围。因此,本发明并不限于在此公开的特定实施例,而包括所有落入到权利要求保护范围的实施例。

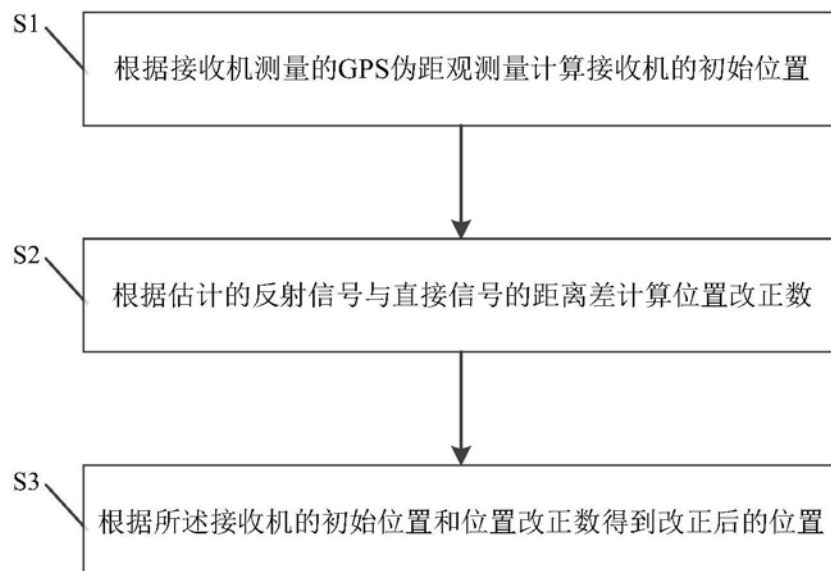


图1

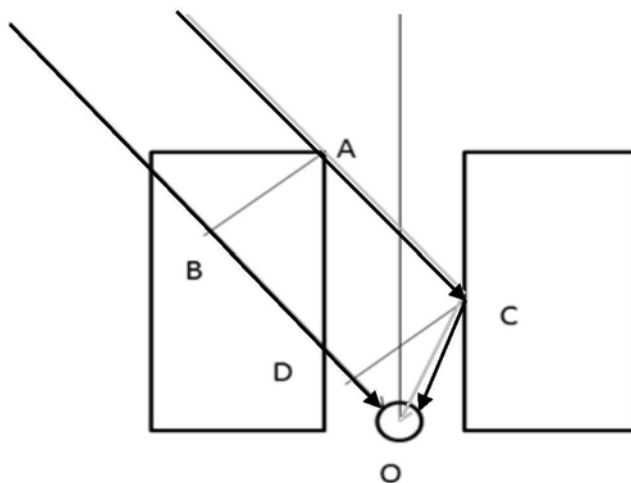


图2



图3