(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106291609 A
(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610613043.6

(22)申请日 2016.07.29

(71)申请人 极翼机器人(上海)有限公司
地址 201203 上海市浦东新区张江高科技园区郭守敬路498号14幢22301-1706室

(72)发明人 杭义军 邢丽 吕印新 贾文峰

(51)Int.Cl.
G01S 19/23(2010.01)
G01S 19/41(2010.01)

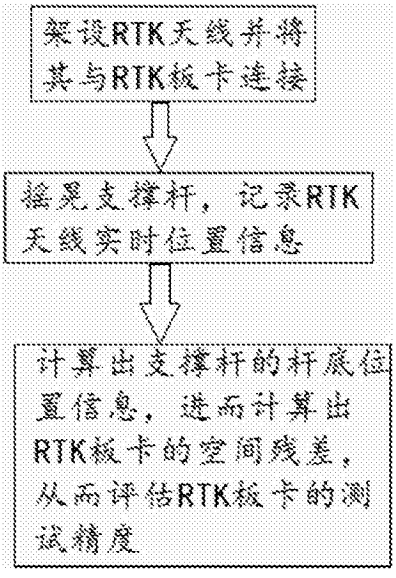
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种RTK精度评估方法

(57)摘要

本发明涉及设备精度评估领域，尤其涉及一种RTK精度评估方法。本发明公开设计的一种RTK精度估计方法，与传统的通过三种模拟运动装置模拟直线、正弦、及圆圈三种运动方式的RTK性能测试方法相比，提出的方法更为简便且性能评估更接近实用性能；提出的方法能够使人比较直观的了解RTK的定位精度和优越性，可以准确评估RTK板卡的使用精度(尤其是随机运动状态下的使用精度)，为使用者在设计初期全面掌握RTK板卡的综合性能提供设计参考，可有效提高RTK板卡的选型针对性和产品综合性能。



CN 106291609 A

1.一种RTK精度评估方法，其特征在于，包括：

将RTK天线架设在支撑杆顶端，并通过信号线与RTK板卡连接；

以所述支撑杆底端为原点并摇晃所述支撑杆，记录所述RTK天线实时位置信息并转换为坐标信息；

计算得出所述支撑杆的杆底位置信息，并以所述支撑杆的杆底位置信息计算所述RTK板卡的空间定位残差，进而评估所述RTK板卡的测试精度。

2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

测量所述支撑杆底部至所述RTK天线相位中心的距离，根据所述支撑杆底部至所述RTK天线相位中心的距离和所述RTK天线实时位置信息计算得出所述支撑杆的杆底位置坐标。

3.根据权利要求2所述的方法，其特征在于，通过最小二乘法计算得出所述支撑杆的杆底位置信息。

4.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

将所述RTK天线通过所述RTK板卡与中央处理器连接，以将采集的数据录入所述中央处理器进行计算，进而评估所述RTK板卡的测试精度。

5.根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述RTK板卡通过串口线与所述中央处理器连接。

6.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，采集大于等于3组所述RTK天线的实时位置坐标信息。

一种RTK精度评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及设备精度评估领域，尤其涉及一种RTK精度评估方法。

背景技术

[0002] 近年来，随着无人机和精密农业技术的发展，都对其导航系统的定位精度提出了较高的精度需求，而RTK技术以其极高的定位精度越来越多的被应用到无人机及其他相关领域。而RTK板卡的制造商和种类繁杂，有价格较高性能较优的如天宝、诺瓦泰的系列板卡，也有国内如司南、中海达等厂家的系列板卡，对于用户而言，仅仅从商家的用户手册中的性能指标和价格出发很难选择最合适的RTK板卡。

[0003] 同时，RTK板卡在测绘领域的应用多数集中在准静态产品中，虽然RTK从技术而言并没有动态与静态的限制，但以往在测绘领域积累的RTK板卡使用和选型经验并不能完全指导无人机领域里的RTK板卡选型，其原因主要是无人机的应用相对测绘仪领域有较大的不同，其对RTK的动态性能提出了更高的要求。

[0004] 而如何更好地测试和比较不同RTK板卡的性能指标成为一个亟待解决的问题，传统的测试方法一般会进行RTK板卡的静态、直线运动、环形运动，直线正弦运动，并最终评估RTK板卡的性能，这 些方法有两方面问题，首先，这些方法都需要一个特定的装置，而且这些装置还需要设计达到一定的精度性能，一般用户不能为了某个RTK板卡的选型而设计这样的系统，因此，这样的方法没有实用性；另外，上述测试方法中模拟的三种模式并不能很好地反映RTK在无人机中的使用性能，尤其是运动形式和运动动态都在发生随机变化的使用情况，因此，这样的方法也不够准确。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种RTK精度评估方法，鉴于上述问题，它弥补了上述的缺陷并提供以下优点：

[0006] 一种RTK精度评估方法，其特征在于，包括：

[0007] 将RTK天线架设在支撑杆顶端，并通过信号线与RTK板卡连接；

[0008] 以所述支撑杆底端为原点并摇晃所述支撑杆，记录所述RTK天线实时位置信息并转换为坐标信息；

[0009] 计算得出所述支撑杆的杆底位置信息，并以所述支撑杆的杆底位置信息计算所述RTK板卡的空间定位残差，进而评估所述RTK板卡的测试精度。

[0010] 上述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

[0011] 测量所述支撑杆底部至所述RTK天线相位中心的距离，根据所述支撑杆底部至所述RTK天线相位中心的距离和所述RTK天线实时位置信息计算得出所述支撑杆的杆底位置坐标。

[0012] 上述的方法，其特征在于，通过最小二乘法计算得出所述支撑杆的杆底位置信息。

[0013] 上述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

[0014] 将所述RTK天线通过所述RTK板卡与中央处理器连接，以将采集的数据录入所述中央处理器进行计算，进而评估所述RTK板卡的测试精度。

[0015] 上述的方法，其特征在于，所述RTK板卡通过串口线与所述中央处理器连接。

[0016] 上述的方法，其特征在于，采集大于等于3组所述RTK天线的实时位置坐标信息。

[0017] 综上所述，本发明公开设计的一种RTK精度估计方法，与传统的通过三种模拟运动装置模拟直线、正弦、及圆圈三种运动方式的RTK性能测试方法相比，提出的方法更为简便且性能评估更接近实用性能；提出的方法能够使人比较直观的了解RTK的定位精度和优越性，可以准确评估RTK板卡的使用精度(尤其是随机运动状态下的使用精度)，为使用者在设计初期全面掌握RTK板卡的综合性能提供设计参考，可有效提高RTK板卡的选型针对性和产品综合性能。

附图说明

[0018] 参考所附附图，以更加充分的描述本发明的实施例。然而，所附附图仅用于说明和阐述，并不构成对本发明范围的限制。

[0019] 图1是本发明的流程图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和具体的实施例对本发明作进一步的说明，但是不 作为本发明的限定。

[0021] 本发明提出了一种新型RTK动态精度评估方法，该方法只需要将RTK天线安装在一个2～5米长的测绘杆子顶端，然后固定杆子底部。通过绕圈摇晃测绘杆的方式，记录RTK输出的实时位置，然后利用最小二乘算法求得杆底位置，进而求取RTK测试的定位残差。对比杆底位置精度和拟合后残差大小就可以准确量化不同RTK板卡在随机运动动态使用环境下的精度指标，从而为设计者进行RTK板卡的选型工作提供宝贵的设计前技术参考。

[0022] 具体的，如图1所示，首先是RTK板卡精度测试的设备连接，选用一个2～5米的测绘杆，将RTK接收机天线固定在测绘杆的顶端，通过同轴电缆将接收机信号经过分线器分别引到需要测试的RTK板卡1与RTK板卡2中；

[0023] 测量测绘杆底部到RTK天线相位中心的距离l。；

[0024] 摇动测绘杆，采集RTK板卡实时输出的经纬高位置信息，通过串口连接两块板卡与电脑，采集测绘杆摇动过程中的RTK板卡实时输出的经纬高位置信息，设每次记录的经纬高坐标如式(1)所示，其中n为测量记录的数据个数。摇动过程为保持测绘杆底部位置不变，测试人员摇动测绘杆，则测绘杆顶部天线的运动轨迹将一直在一个半球面上，其运动速度和运动方向随着测试人员摇动测绘杆的幅度、速度一直在发生变化；

[0025] $[L^{(n)},\lambda^{(n)},h^{(n)}]$ (1)

[0026] 采集的RTK板卡经纬高位置到直角坐标的转换；

[0027] 利用记录的第一组位置坐标$[L^{(1)},\lambda^{(1)},h^{(1)}]$作为参考基准，将其余点的经纬高坐标转化到直角坐标系下$[x^{(n)},y^{(n)},z^{(n)}]$，转换过程如式(2)所示，其中，R为地球半径。

[0028] $x^{(n)}=(L^{(n)}-L^{(1)})\times(R+H^{(1)})$

[0029] $y^{(n)}=(\lambda^{(n)}-\lambda^{(1)})\times(R+H^{(1)})\times\cos(L^{(1)})$

[0030] $z^{(n)}=(H^{(n)}-H^{(1)})$ (2)

[0031] 利用最小二乘法求解测绘仪杆底位置，假设杆子底部在上述定义的直角坐标系中的直角坐标为[x,y,z]，则转换后的某一位置点的天线位置直角坐标$[x^{(n)},y^{(n)},z^{(n)}]$与杆底直角坐标[x,y,z]之间的关系如式(3)所示，其中l_o为所述的测绘杆底部到RTK天线相位中心的距离。将非线性方程组(3)进行一阶泰勒展开，则其在第k-1次迭代过程中的一阶泰勒展开式如式(4)所示。式(4)进行整理后可以得到如式(5)所示的表达式，其中$I_x^{(i)},I_y^{(i)},I_z^{(i)}(i=1...n)$的表达如式(6)所示。当所采集的数据点数满足n＞3时，即可以利用最小二乘法的计算式$\Delta X=(G^TG)^{-1}G^TB$，以及预设的初始迭代值$[x_o,y_o,z_o]$和ΔX的最小阈值(即迭代结束的条件)，通过式(5)进行迭代计算得到测绘杆底部在直角坐标系下的最优位置[x,y,z]。

[0032]
$$\begin{cases}\sqrt{\left(x^{(1)}-x\right)^2+\left(y^{(1)}-y\right)^2+\left(z^{(1)}-z\right)^2}=l_o\\ \sqrt{\left(x^{(2)}-x\right)^2+\left(y^{(2)}-y\right)^2+\left(z^{(2)}-z\right)^2}=l_o\\ \mathrm{M}\\ \sqrt{\left(x^{(n)}-x\right)^2+\left(y^{(n)}-y\right)^2+\left(z^{(n)}-z\right)^2}=l_o\end{cases} \quad (3)$$

[0033]
$$\begin{cases} l_O=f\left(x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1},x^{(1)},y^{(1)},z^{(1)}\right)+(x-x_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(1)},y^{(1)},z^{(1)}\right)}{\partial x}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}+\mathrm{L}\\ (y-y_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(1)},y^{(1)},z^{(1)}\right)}{\partial y}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}+(z-z_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(1)},y^{(1)},z^{(1)}\right)}{\partial z}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}\\ \mathrm{M}\\ l_O=f\left(x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1},x^{(k)},y^{(k)},z^{(k)}\right)+(x-x_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(k)},y^{(k)},z^{(k)}\right)}{\partial x}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}+\mathrm{L}\\ (y-y_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(k)},y^{(k)},z^{(k)}\right)}{\partial y}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}+(z-z_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(k)},y^{(k)},z^{(k)}\right)}{\partial z}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}\mathrm{L}\\ \mathrm{M}\\ l_O=f\left(x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1},x^{(n)},y^{(n)},z^{(n)}\right)+(x-x_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(n)},y^{(n)},z^{(n)}\right)}{\partial x}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}+\mathrm{L}\\ (y-y_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(n)},y^{(n)},z^{(n)}\right)}{\partial y}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}+(z-z_{k-1})\left.\dfrac{\partial f\left(x,y,z,x^{(n)},y^{(n)},z^{(n)}\right)}{\partial z}\right|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}}\mathrm{L}\end{cases} \quad (4)$$

[0034] $B=G\Delta X$

[0035]
$$\boldsymbol{B}=\begin{bmatrix} l_O-\left(\sqrt{\left(x^{(1)}-x_{k-1}\right)^2+\left(y^{(1)}-y_{k-1}\right)^2+\left(z^{(1)}-z_{k-1}\right)^2}\right)\\ \mathrm{M}\\ l_O-\left(\sqrt{\left(x^{(k)}-x_{k-1}\right)^2+\left(y^{(k)}-y_{k-1}\right)^2+\left(z^{(k)}-z_{k-1}\right)^2}\right)\\ \mathrm{M}\\ l_O-\left(\sqrt{\left(x^{(n)}-x_{k-1}\right)^2+\left(y^{(n)}-y_{k-1}\right)^2+\left(z^{(n)}-z_{k-1}\right)^2}\right)\end{bmatrix}$$

[0036] $$\boldsymbol{G}=\begin{bmatrix} I_x^{(1)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} & I_y^{(1)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} & I_z^{(1)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} \\ \mathrm{M} & \mathrm{M} & \mathrm{M} \\ I_x^{(k)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} & I_y^{(k)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} & I_z^{(k)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} \\ \mathrm{M} & \mathrm{M} & \mathrm{M} \\ I_x^{(n)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} & I_y^{(n)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} & I_z^{(n)}\big|_{x,y,z=x_{k-1},y_{k-1},z_{k-1}} \end{bmatrix}$$

[0037] $$\Delta\boldsymbol{X}=\begin{bmatrix} (x-x_{k-1}) \\ (y-y_{k-1}) \\ (z-z_{k-1}) \end{bmatrix} \qquad (5)$$

[0038] $$I_x^{(i)}=\frac{\partial f\left(x,y,z,x^{(i)},y^{(i)},z^{(i)}\right)}{\partial x}=\frac{\left(x^{(i)}-x\right)}{\sqrt{\left(x^{(i)}-x\right)^2+\left(y^{(i)}-y\right)^2+\left(z^{(i)}-z\right)^2}}$$

[0039] $$I_y^{(i)}=\frac{\partial f\left(x,y,z,x^{(i)},y^{(i)},z^{(i)}\right)}{\partial y}=\frac{\left(y^{(i)}-y\right)}{\sqrt{\left(x^{(i)}-x\right)^2+\left(y^{(i)}-y\right)^2+\left(z^{(i)}-z\right)^2}}$$

[0040] $$I_z^{(i)}=\frac{\partial f\left(x,y,z,x^{(i)},y^{(i)},z^{(i)}\right)}{\partial z}=\frac{\left(z^{(i)}-z\right)}{\sqrt{\left(x^{(i)}-x\right)^2+\left(y^{(i)}-y\right)^2+\left(z^{(i)}-z\right)^2}} \qquad (6)$$

[0041] 利用求解的杆底位置直角坐标计算RTK板卡的空间定位残差，评估RTK板卡的测试精度。

[0042] 当采集的数据点数n＞＞3，如n≥1000或更多点时，经过最小二乘算法拟合得到的测绘杆底部在直角坐标系下的最优位置[x,y,z]将非常精确。因此，可以以此点为球心求出RTK板卡输出位置的空间位置误差如式(7)所示。

[0043] $$lerr_n=l_O-\left(\sqrt{\left(x^{(n)}-x\right)^2+\left(y^{(n)}-y\right)^2+\left(z^{(n)}-z\right)^2}\right) \qquad (7)$$

[0044] 通过式(7)可以准确获取RTK输出位置在随机运动情况下的位置偏差，通过对这个位置偏差序列的统计分析与对比可以有效评估不同RTK板卡在随机运动环境下的定位性能优劣。

[0045] 综上所述，本发明公开设计的一种RTK精度估计方法，与传统的通过三种模拟运动装置模拟直线、正弦、及圆圈三种运动方式的RTK性能测试方法相比，提出的方法更为简便且性能评估更接近实用性能；提出的方法能够使人比较直观的了解RTK的定位精度和优越性，可以准确评估RTK板卡的使用精度(尤其是随机运动状态下的使用精度)，为使用者在设计初期全面掌握RTK板卡的综合性能提供设计参考，可有效提高RTK板卡的选型针对性和产品综合性能。

[0046] 通过说明和附图，给出了具体实施方式的特定结构的典型实施例，基于本发明精神，还可作其他的转换。尽管上述发明提出了现有的较佳实施例，然而，这些内容并不作为局限。

[0047] 对于本领域的技术人员而言，阅读上述说明后，各种变化和修正无疑将显而易见。因此，所附的权利要求书应看作是涵盖本发明的真 实意图和范围的全部变化和修正。在权利要求书范围内任何和所有等价的范围与内容，都应认为仍属本发明的意图和范围内。

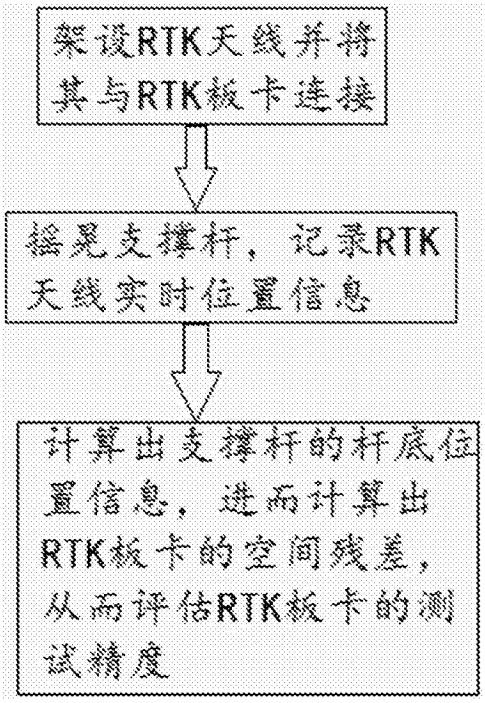

架设RTK天线并将其与RTK板卡连接
摇晃支撑杆，记录RTK天线实时位置信息
计算出支撑杆的杆底位置信息，进而计算出RTK板卡的空间残差，从而评估RTK板卡的测试精度

图1