



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115290121 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 04

(21) 申请号 202210916477.9

(22) 申请日 2022.08.01

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第五十四研究所

地址 050081 河北省石家庄市中山西路589号第五十四所卫星导航系统与装备技术国家重点实验室

(72) 发明人 刘天豪 蔚保国 易卿武 何成龙 郝菁 熊华捷

(74) 专利代理机构 河北东尚律师事务所 13124 专利代理师 王文庆

(51) Int. Cl.

G01C 25/00 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

G06T 7/80 (2017.01)

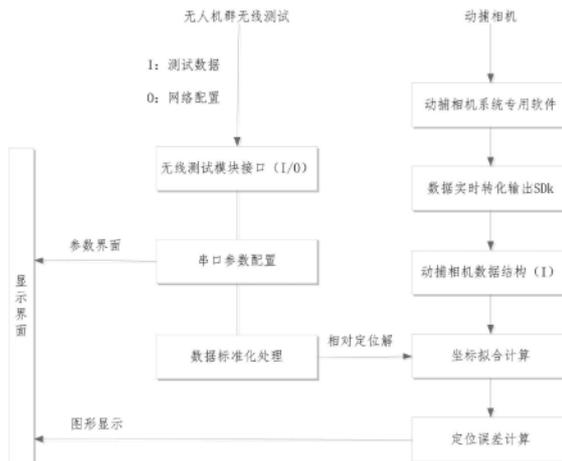
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

## (54) 发明名称

一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法

## (57) 摘要

本发明提供了一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法,属于导航定位性能评估技术领域。该方法包括以下步骤:初始化动捕相机;待测节点在相机覆盖范围内进行测试任务并实时回传自定位信息;通过交换机和专用软件获取待测节点在动捕相机下的真实位置;计算坐标转换;在动捕相机坐标系下计算定位误差。本方法操作简单,通用性强,实用性强,对室内条件下的多节点定位测试评估具有较高的应用价值。



1. 一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 手持标定杆,在室内动捕相机覆盖范围内绕场,初始化动捕相机,确定坐标系原点;

(2) 在动捕相机覆盖范围内放置至少四个待测无人机,并在待测无人机上安装用于动捕相机感知的基座;所述基座的几何中心与待测无人机定位测量设备的发射天线的几何中心重合;

(3) 开启动捕相机,通过动捕相机感知各基座的位置信息,并将位置信息传输给数据处理计算机,数据处理计算机将位置信息转化为动捕相机坐标系下的坐标;

(4) 开启待测无人机,待测无人机根据观测量实时进行自定位,并将定位结果传输给数据处理计算机,数据处理计算机将定位结果转化为自定位坐标系下的坐标;

(5) 对动捕相机坐标系下的坐标和自定位坐标系下的坐标进行最小二乘拟合,得到自定位坐标和动捕相机坐标的转换关系;根据转换关系,对待测无人机的自定位坐标进行坐标变换,得到待测无人机自定位结果在动捕相机坐标系下的坐标;

(6) 在动捕相机坐标系下计算自定位结果坐标和动捕相机获得的位置信息坐标的欧氏距离,得到各待测无人机的实时定位误差。

2. 根据权利要求1所述的一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法,其特征在于,步骤(5)的具体方式为:

(501) 将1个不共面的待测无人机作为自定位坐标系和动捕相机坐标系的公共节点,  $l \geq 4$ , 公共节点在动捕相机坐标系和自定位坐标系中的坐标分别记为:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_l & y_l & z_l \end{bmatrix} \quad X' = \begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & z'_1 \\ x'_2 & y'_2 & z'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_l & y'_l & z'_l \end{bmatrix}$$

(502) 用 $X'$ 的第2行到第 $l$ 行分别与第一行相减,得到:

$$A = \begin{bmatrix} x'_2 - x'_1 & y'_2 - y'_1 & z'_2 - z'_1 \\ x'_3 - x'_1 & y'_3 - y'_1 & z'_3 - z'_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_l - x'_1 & y'_l - y'_1 & z'_l - z'_1 \end{bmatrix}$$

(503) 用 $X$ 的第2行到第 $l$ 行分别与第一行相减,得到:

$$b = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_l - x_1 & y_l - y_1 & z_l - z_1 \end{bmatrix}$$

(504) 设 $A$ 与 $b$ 之间的旋转矩阵为 $Q$ ,利用最小二乘法求解旋转矩阵 $Q$ ;

(505) 根据旋转矩阵对待测无人机的自定位坐标进行坐标变换,得到待测无人机自定位结果在动捕相机坐标系下的坐标:

$$\begin{bmatrix} x_1, y_1, z_1 \\ AQ + (x_1, y_1, z_1) \end{bmatrix} \circ$$

## 一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于导航定位性能评估技术领域,特别是指一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法。

### 背景技术

[0002] 定位精度的测试评估是导航定位系统在测试以及实际应用过程中不可或缺的关键环节。传统的卫导定位精度评估方法通常是将测量天线放置在已知坐标的基准点上,以该点的坐标作为真实坐标。这种方法需要具有良好的卫导接收信号,测试环境无遮挡和电磁干扰。然而在楼宇附近和室内等卫导信号薄弱或失效的环境下,对装有UWB、惯导、摄像头等具有定位功能设备的多个节点进行定位精度的精准评估,成为难题。主要面临的困难有: 1) 多种定位方式的出处结果不同构,不处于同一坐标系,难以进行归一化的定位精度评估; 2) 定位精度的评估准确性无法进行保障,在室内如果通过手动标定的方式进行锚节点的布设,固有误差就相对较大,对于厘米级的定位精度评估无法保证准确性。

### 发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明提供一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法,本方法可面向室内具备动捕相机架设空间,卫导不可用,且不具备精密测绘能力的应用场景,实现多节点定位精度测试评估。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0005] 一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法,包括以下步骤:

[0006] (1) 手持标定杆,在室内动捕相机覆盖范围内绕场,初始化动捕相机,确定坐标系原点;

[0007] (2) 在动捕相机覆盖范围内放置至少四个待测无人机,并在待测无人机上安装用于动捕相机感知的基座;所述基座的几何中心与待测无人机定位测量设备的发射天线的几何中心重合;

[0008] (3) 开启动捕相机,通过动捕相机感知各基座的位置信息,并将位置信息传输给数据处理计算机,数据处理计算机将位置信息转化为动捕相机坐标系下的坐标;

[0009] (4) 开启待测无人机,待测无人机根据观测量实时进行自定位,并将定位结果传输给数据处理计算机,数据处理计算机将定位结果转化为自定位坐标系下的坐标;

[0010] (5) 对动捕相机坐标系下的坐标和自定位坐标系下的坐标进行最小二乘拟合,得到自定位坐标和动捕相机坐标的转换关系;根据转换关系,对待测无人机的自定位坐标进行坐标变换,得到待测无人机自定位结果在动捕相机坐标系下的坐标;

[0011] (6) 在动捕相机坐标系下计算自定位结果坐标和动捕相机获得的位置信息坐标的欧氏距离,得到各待测无人机的实时定位误差。

[0012] 进一步地,步骤(5)的具体方式为:

[0013] (501) 将1个不共面的待测无人机作为自定位坐标系和动捕相机坐标系的公共节

点,  $l \geq 4$ , 公共节点在动捕相机坐标系和自定位坐标系中的坐标分别记为:

$$[0014] \quad X = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_l & y_l & z_l \end{bmatrix} \quad X' = \begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & z'_1 \\ x'_2 & y'_2 & z'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_l & y'_l & z'_l \end{bmatrix}$$

[0015] (302) 用  $X'$  的第2行到第  $l$  行分别与第一行相减, 得到:

$$[0016] \quad A = \begin{bmatrix} x'_2 - x'_1 & y'_2 - y'_1 & z'_2 - z'_1 \\ x'_3 - x'_1 & y'_3 - y'_1 & z'_3 - z'_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_l - x'_1 & y'_l - y'_1 & z'_l - z'_1 \end{bmatrix}$$

[0017] (303) 用  $X$  的第2行到第  $l$  行分别与第一行相减, 得到:

$$[0018] \quad b = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_l - x_1 & y_l - y_1 & z_l - z_1 \end{bmatrix}$$

[0019] (304) 设  $A$  与  $b$  之间的旋转矩阵为  $Q$ , 利用最小二乘法求解旋转矩阵  $Q$ ;

[0020] (305) 根据旋转矩阵对待测无人机的自定位坐标进行坐标变换, 得到待测无人机自定位结果在动捕相机坐标系下的坐标:

$$[0021] \quad \begin{bmatrix} x_1, y_1, z_1 \\ AQ + (x_1, y_1, z_1) \end{bmatrix} \circ$$

[0022] 本发明与现有技术相比的有益效果为:

[0023] (1) 本发明解决了不同定位方式的异构数据归一化评估问题——无论是UWB、惯导还是视觉等其他定位方式, 只要能够获取待测节点的相对距离关系, 即可通过固定的坐标转化架构将观测坐标系转换到动捕相机坐标系下进行精度评估;

[0024] (2) 本发明能够实现节点动态运行过程中的实时定位精度评估, 不需要将数据采集后再集中处理, 能够实时展示测试过程中各个节点的定位性能。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明实施例方法的流程图。

## 具体实施方式

[0026] 以下结合附图和实施例对本发明做进一步的说明。

[0027] 如图1所示, 一种基于动捕相机标定的无人机定位精度测试方法, 包括以下步骤:

[0028] (1) 手持标定杆, 在室内动捕相机覆盖范围内绕场, 初始化动捕相机, 确定坐标系原点;

[0029] (2) 在动捕相机覆盖范围内放置多个待测无人机(大于等于4个),并在无人机上安装动捕相机可感知的基座,基座需与无人机的测量设备发射天线同中心;

[0030] (3) 开启动捕相机,通过动捕相机感知基座的动态信息,并通过交换机将数据传输给数据处理计算机上的动捕相机系统专用软件,并实施转化为可识别的坐标结构;

[0031] (4) 开启无人机,进行自主或手动控制的飞行任务,任务过程中根据观测量实时进行自定位,并将定位结果通过无线通信的方式传输给数据处理计算机,进行格式标准化处理;

[0032] (5) 假定所有无人机不共面,以这些无人机作为自定位坐标系和动捕相机坐标系的公共节点,通过最小二乘拟合的方式,计算无人机的自定位坐标系到动捕相机坐标系的旋转矩阵,并根据旋转矩阵对自定位坐标进行坐标变换,得到无人机群在动捕相机坐标系下的坐标;

[0033] (6) 计算自定位坐标和动捕相机输出的真实坐标的欧氏距离,得到各无人机的实时定位误差。

[0034] 进一步地,可将误差显式在屏幕上,从而实时显示无人机在飞行过程中任一时刻的定位效果。

[0035] 进一步的,步骤(5)的具体方式为:

[0036] (501) 将公共节点在动捕相机坐标系和自定位坐标系中的坐标分别记为:

$$[0037] \quad X = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_l & y_l & z_l \end{bmatrix} \quad X' = \begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & z'_1 \\ x'_2 & y'_2 & z'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_l & y'_l & z'_l \end{bmatrix};$$

[0038] (502) 用X'的2行到与第一行相减可得:

$$[0039] \quad A = \begin{bmatrix} x'_2 - x'_1 & y'_2 - y'_1 & z'_2 - z'_1 \\ x'_3 - x'_1 & y'_3 - y'_1 & z'_3 - z'_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_l - x'_1 & y'_l - y'_1 & z'_l - z'_1 \end{bmatrix};$$

[0040] (503) 用X的2到l行与第一行相减可得:

$$[0041] \quad b = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_l - x_1 & y_l - y_1 & z_l - z_1 \end{bmatrix};$$

[0042] (504) 设旋转矩阵为Q,则 $AQ=b$ , $Q=(A^T A)^{-1} A^T b$ 。但是,由于自定位坐标具有误差,因此A旋转后并不能与b完全重合,因此,采用最小二乘法对旋转矩阵Q进行求解;

[0043] (505) 根据旋转矩阵对A进行旋转,并将旋转后的A还原为1组坐标,即可完成坐标转换。

[0044] 总之,本发明具有不受定位方式约束的异构数据测试评估能力,在设计好初次应用流程之后,后续只需简单的基座替换和数据格式更新,即可对各种平台进行评估,操作流程简单,实时性强,通用性和实用性高,评估准确性高。

[0045] 本发明可用于无人机、机器人、手持终端等具备多节点定位能力的应用平台,通过动捕相机标定、设置或者选取公共节点、坐标转换、误差分析的测试过程,实现室内环境下通用化的多节点定位精度评估能力,对室内条件下的多节点定位测试评估具有较高的应用价值。

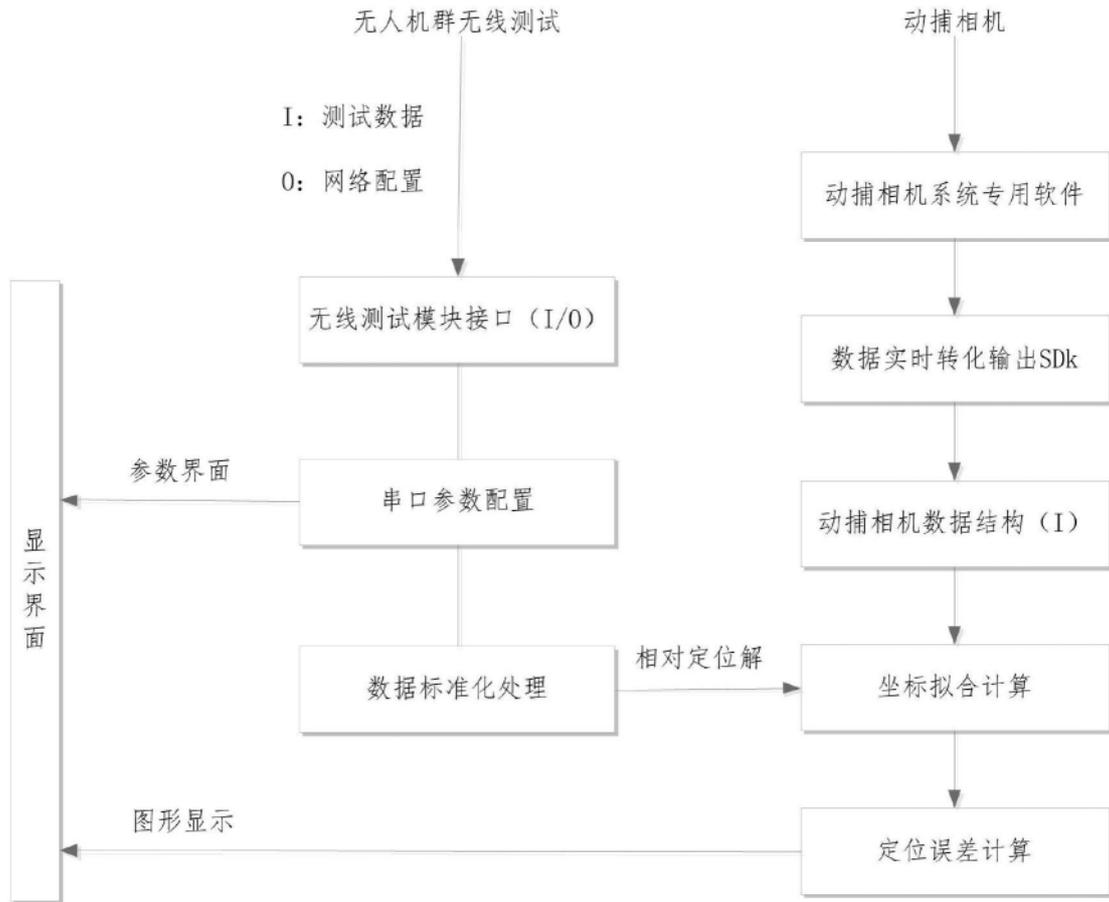


图1