



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117793317 A

(43) 申请公布日 2024.03.29

(21) 申请号 202410018655.5

(22) 申请日 2024.01.05

(71) 申请人 中国传媒大学

地址 100024 北京市朝阳区定福庄东街一
号

(72) 发明人 赵艳明 刘一飞 李朝晖 蒋伟
牛力丕

(74) 专利代理机构 北京盛询知识产权代理有限
公司 11901

专利代理师 张焱

(51) Int.Cl.

H04N 9/31 (2006.01)

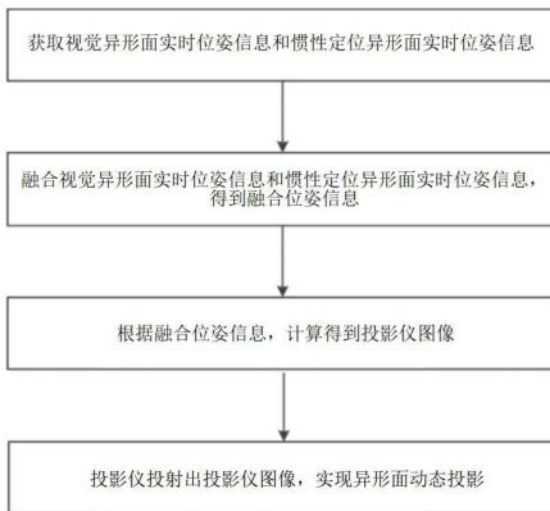
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法和装置

(57) 摘要

本发明公开一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法和装置,包括:获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。采用本发明的技术方案,容易实现异形面投影;同时当光照条件变化剧烈时,容易获取异形面实时位姿。



1. 一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,其特征在于,包括:
获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;
融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;
根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;
投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。
2. 如权利要求1所述的多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,其特征在于,利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息。
3. 如权利要求2所述的多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,其特征在于,根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像。
4. 如权利要求3所述的多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,其特征在于,通过照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息。
5. 一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影装置,其特征在于,包括:
获取模块,用于获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;
融合模块,用于融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;
计算模块,用于根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;
投影模块,用于投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。
6. 如权利要求5所述的多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影装置,其特征在于,融合模块利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息。
7. 如权利要求6所述的多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影装置,其特征在于,计算模块根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像。
8. 如权利要求7所述的多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影装置,其特征在于,获取模块通过照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;获取模块对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息。

一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法和装置

技术领域

[0001] 本发明属于动态投影技术领域,尤其涉及一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法和装置。

背景技术

[0002] 动态投影在文旅演出、展览展示中有着广泛的应用前景。目前,常见的投影展示方式为投影仪静止,投影面为平面幕、弧形幕等规则幕的投影方式。动态投影指投影仪位置固定不动,投影面运动,动态投影使文旅演出、展览展示等节目创作更灵活,给观众带来更震撼的观看体验。

[0003] 动态投影时,异形投影面位置改变,因此需要实时获取投影面的位姿信息。另外,异形面表面凹凸不平,不能采用规则幕投影时的单应变换实现投影几何校正,异形面投影相比规则幕(平面幕、弧形幕等)投影,难度大幅增加。同时,当光照条件变化剧烈时,异形面实时位姿有可能会获取失败。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是,提供一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法和装置。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用如下的技术方案:

[0006] 一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,包括:

[0007] 获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;

[0008] 融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;

[0009] 根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;

[0010] 投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。

[0011] 作为优选,利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息。

[0012] 作为优选,根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像。

[0013] 作为优选,通过照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息。

[0014] 本发明还提供一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影装置,包括:

[0015] 获取模块,用于获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;

[0016] 融合模块,用于融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;

[0017] 计算模块,用于根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;

- [0018] 投影模块,用于投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。
- [0019] 作为优选,融合模块利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息。
- [0020] 作为优选,计算模块根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像。
- [0021] 作为优选,获取模块通过照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;获取模块对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息。
- [0022] 本发明获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。采用本发明的技术方案,容易实现异形面投影;同时当光照条件变化剧烈时,容易获取异形面实时位姿。

附图说明

- [0023] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。
- [0024] 图1为本发明实施例一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法的流程图;
- [0025] 图2为本发明实施例另一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法的流程图;
- [0026] 图3为本发明实施例多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影系统图的结构示意图;
- [0027] 图4为投影仪-照相机系统标定硬件配置图;
- [0028] 图5为三维重建原理示意图;
- [0029] 图6为惯性定位系统的示意图。

具体实施方式

- [0030] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明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发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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他实施例,都属于本发明保护的范围。
- [0031] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。
- [0032] 实施例1:
- [0033] 如图1所示,本发明实施例提供一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,包括:
- [0034] 获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;

[0035] 融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;

[0036] 根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;

[0037] 投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。

[0038] 作为本发明实施例的一种实施方式,利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息。

[0039] 作为本发明实施例的一种实施方式,根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像。

[0040] 作为本发明实施例的一种实施方式,通过照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息。

[0041] 实施例2:

[0042] 如图2、3所示,本发明实施例提供一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影方法,包括:

[0043] 步骤S1、对投影仪和照相机进行刚性固定,得到照相机内、外参数和投影仪内、外参数;

[0044] 步骤S2、投影仪投射一组结构光图像,照相机拍摄得到被异形面调制后的结构光图像;

[0045] 步骤S3、获取异形面表面稠密点云;

[0046] 步骤S4、照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;

[0047] 步骤S5、对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息;

[0048] 步骤S6、利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;

[0049] 步骤S7、根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像;

[0050] 步骤S8、投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。

[0051] 作为本发明实施例的一种实施方式,步骤S1中,如图4所示,投影仪-照相机系统标定包括照相机和投影仪的内参数标定以及投影仪相对投影幕的位姿(或称为投影仪外参)标定。投影仪内参、外参标定是投影几何校正的基础,内参标定是外参标定的基础。投影仪不具备主动获取图像的能力,因此需要借助照相机来实现内、外参标定。

[0052] 如图3所示,对投影仪和照相机进行刚性固定,组成投影仪-照相机系统,将投影仪-照相机系统朝向贴有棋盘格图片的空间参考平面,并调整投影仪-照相机系统角度,使得投影区域与棋盘格图片不重叠且照相机视场能完全覆盖投影区域和棋盘格图片,进行照相机标定时,投影仪处于关闭状态,通过照相机拍摄棋盘格图片并进行标定,得到照相机内参数矩阵 K_c 和照相机外参数的旋转矩阵 R_c 、平移矩阵 T_c 。

[0053] 照相机外参数的旋转矩阵 R_c 的获取过程为:旋转矩阵是三个基本旋转的序列复合,关于右手笛卡尔坐标系的 x, y, z 轴的旋转分别叫做 R_x, R_y, R_z 。 R_x 可定义为

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$
, θ 即为绕x轴旋转的角度。同理可得 R_y, R_z , 将三个基本旋转相乘即为旋转矩阵 R_c 。

[0054] 照相机外参数的平移矩阵 T_c 的获取过程为: 平移矩阵 T_c 为分别沿着右手笛卡尔坐标系 x, y, z 轴的平移距离, t_x 为沿着x轴正方向平移的距离, 所以平移矩阵 T_c 可表示为 $\begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix}$ 。

[0055] 在已知三维空间点 X_w 与二维图像点 x_w 对应关系的条件下, 求取照相机内、外参数 K_c, R_c 和 T_c 的值, 计算公式为:

$$[0056] \quad x_w = P X_w = K_c [R_c | T_c] X_w$$

[0057] 使用定制的棋盘格标定板对照相机进行标定, 标定板上的棋盘格尺寸可以通过测量获得, 其对应的二维图像坐标可通过图像角点提取的方法获得。

[0058] 在获得照相机内参后, 根据已知三维空间点 X_w 与二维图像点 x_w 的对应关系, 使用线性或者非线性算法, 得到照相机外参数。

[0059] 投影仪可看作照相机的对偶系统, 并使用与照相机相同的成像模型进行标定, 但是由于投影仪没有主动获取图像的能力, 因此需要借助已标定好的照相机对投影仪进行标定。照相机标定时, 世界坐标系下三维空间点与图像坐标系下二维坐标点的对应关系分别通过人工测量和识别特征点来实现。在投影仪系统中, 图像坐标系下二维坐标点仿照照相机方法, 采用识别特征点的方法来提取, 但投射到空间中的三维点位置难以测量, 因此令投影仪与照相机关联, 利用照相机的空间测量能力间接标定投影仪。

[0060] 照相机完成标定后, 将粘贴在空间参考平面上的棋盘格图片撤下, 然后开启投影仪, 投射棋盘格图片。设棋盘格图片的角点在投影仪成像面中的二维坐标为 x_w , 其在空间参考平面上对应的三维空间点为 X_w , 照相机拍摄得到的此点二维图像坐标为 x_c 。 x_w 和 x_c 可以通过图像角点提取方法获得, X_w 依靠已标定的照相机计算获取。

[0061] 由于建立了投影仪图像二维坐标点 x_w 与其对应的三维空间点 X_w 的对应关系, 故可使用照相机标定方法对投影仪进行标定, 获得投影仪的内、外参数 K_p, R_p 和 T_p 。标定投影仪后, 进一步计算得到投影仪图像坐标与照相机图像坐标之间的映射关系, 设同一空间点 X_w 在照相机和投影仪坐标系下的三维坐标分别为 X_c 和 X_p , 它们之间的坐标变换关系可用下式表述:

$$[0062] \quad \begin{cases} X_C = R_C X_W + T_C \\ X_P = R_P X_W + T_P \end{cases}$$

[0063] 消去上述方程组中的 X_w , 可得:

$$[0064] \quad X_C = R_{CP} X_P + T_{CP}$$

[0065] 其中: $R_{CP} = R_C R_P^{-1}$; $T_{CP} = T_C - R_C R_P^{-1} T_P$ 。

[0066] 作为本发明实施例的一种实施方式, 步骤S2中, 采用基于结构光的主动视觉方法, 投影仪投射一组格雷码编码结构光图像到异形面; 照相机拍摄被异形面调制后的结构光图像。

[0067] 作为本发明实施例的一种实施方式, 步骤S3中, 根据投影仪投射的结构光图像、照

相机拍摄到的调制后的结构光图像、投影仪-照相机系统的内外参数矩阵,计算异形面表面三维点的坐标P,获取异形面表面稠密点云,如图5所示。

[0068] 对照相机拍摄得到的被异形面调制后的结构光图像进行格雷码解码,得到结构光图像和被异形面调制后的结构光图像的对应关系,如图4所示, P_L 为投影仪投射的结构光图像像素, P_R 为照相机拍摄的调制后的结构光图像对应的像素, P 为投影仪投射的结构光图像投射在异形面上的世界坐标系下的点。已知 P_L 、 P_R 投影仪内外参和照相机内外参,求P:

$$[0069] \quad S_p \begin{bmatrix} u_p \\ v_p \\ 1 \end{bmatrix} = K_p [R_p | T_p] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$[0070] \quad S_c \begin{bmatrix} u_c \\ v_c \\ 1 \end{bmatrix} = K_c [R_c | T_c] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0071] 其中 (X, Y, Z) 为点P的三维坐标,即要求解的异形面点云的坐标; K_c 为照相机内参矩阵; R_c 、 T_c 为照相机外参矩阵; K_p 为投影仪内参矩阵; R_p 、 T_p 为投影仪外参矩阵; (u_p, v_p) 为投影仪像素 P_L 的坐标, (u_c, v_c) 为照相机像素 P_R 的坐标。

[0072] 作为本发明实施例的一种实施方式,步骤S4中,本发明实施例采用SURF算法进行特征点提取,SURF算法对边缘和弱纹理的地方能够进行更准确地特征点提取,SURF算法提取出的特征点更分散,有利于后续计算异形面位姿信息。

[0073] 在完成特征点提取后,然后采用FLANN特征点匹配方法进行特征点匹配,得到匹配点对,FLANN匹配算法运算速度快。

[0074] 设得到的匹配点对为 $p1$ 、 $p2$,照相机内参矩阵为 K_c ,采用对极约束,求出异形面相对前一时刻的旋转矩阵 R_x 和平移矩阵 t_x ,利用矩阵分解:

$$[0075] \quad p_2^T K_c^{-T} \hat{t}_x R_x K_c^{-1} p_1 = 0$$

[0076] 求出基础矩阵(Fundamental Matrix) F :

$$[0077] \quad F = K_c^{-T} \hat{t}_x R_x K_c^{-1}$$

[0078] 已知照相机内参矩阵 K_c ,进一步求出本质矩阵(Essential Matrix) E :

$$[0079] \quad E = \hat{t}_x R_x$$

[0080] 采用八点法求出当前时刻异形面旋转矩阵 R_x 和平移矩阵 t_x ,得到视觉异形面实时位姿信息。

[0081] 由于光照等因素的影响,相机拍摄得到的图像含有噪声。对相机采集得到的图像进行预处理,可以提高图像特征点匹配的精度。本实施例采用高斯双边滤波去噪:

$$[0082] \quad F_{BL}(I_x) = \frac{1}{W_x} \sum_{y \in S} G_{\sigma_d}(\|x - y\|) G_{\sigma_r}(I_x - I_y) I_y$$

[0083] 其中:

$$[0084] \quad W_x = G_{\sigma_d}(\|x - y\|) G_{\sigma_r}(I_x - I_y) I_y$$

[0085] 其中, x 为当前点位置; y 为 $s*s$ 区域内点; $I_x、I_y$ 为当前点的像素值; G_{od} 为空间邻域关系函数; $\|x-y\|$ 为空间距离; G_{gr} 为灰度值相似关系函数; $\sigma_d、\sigma_r$ 为高斯标准差。

[0086] 高斯双边滤波后的图像,特征点具备鲁棒性,有利于相邻时刻相机图像的特征点提取与匹配。

[0087] 作为本发明实施例的一种实施方式,步骤S5中,惯性定位系统集成陀螺仪、加速度计、编码器等多种传感器,惯性定位系统上电之后,自动初始化,会以自身中心为坐标原点,如图6所示的 x 方向、 y 方向来获取坐标。惯性定位系统的坐标系被定义为一个绝对坐标系,惯性定位系统一旦被安装到异形面上,在惯性定位系统上电后,这个坐标系就确定了。由于惯性定位系统支持实时更新角度和坐标,因此每次数据更新,惯性定位系统的坐标系会随之改变。

[0088] 由于惯性定位系统的坐标系和照相机的坐标系是不重合的,所以在使用前需要先进行惯性定位系统和异形面的标定,标定的计算表达式如下:

$$[0089] \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{pmatrix}$$

[0090] 其中, x,y 为所述惯性定位系统读取的坐标, $t=[t_1, t_2, t_3]^T$ 为异形面的平移矩阵,所述异形面的平移矩阵通过相机反馈使用特征点匹配以及对极约束算法获取,通过上式得

$$[0090] \text{到标定参数} A: A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}。$$

[0091] 后续每隔一定时间,惯性定位系统都会获取实时传输异形面的坐标 x 和 y ,已知惯性定位系统实时传输异形面的坐标 x 和 y ,根据标定参数 A ,计算得到此时相对于照相机的异形面旋转矩阵 R' 和平移向量 t' 。

[0092] 作为本发明实施例的一种实施方式,步骤S6中,基于摄像机反馈的异形投影面位姿估计方法在使用中没有累计误差,可以比较准确地获得异形投影面的位姿。但是由于计算复杂,基于摄像机反馈的视觉位姿估计方法的时延无法单独满足动态投影的需求。基于惯性传感器的异形投影面位姿估计方法实时性好,计算时间短,实时性满足动态投影的需求,但是惯性传感器会随着时间的推移产生累计误差,因此需要结合基于摄像机反馈的位姿估计方法进行修正。本发明采用误差状态卡尔曼滤波器对视觉位姿和惯性传感器位姿进行数据融合。

[0093] (1) 构造滤波系统

[0094] 定义状态向量 $\delta X=[\delta_{p_i} \ \delta v \ \delta\theta_i \ \delta b_a \ \delta b_\omega]^T$ 。

[0095] 其中,状态向量 δX 是由惯性定位系统解算的误差向量,因为惯性定位系统与异形面刚性固定,故可用惯性定位系统解算的误差来表示异形面各参数误差: δp_i 为解算的异形面位置误差, $\delta\theta_i$ 为解算的异形面姿态误差, δv 为当前状态异形面速度误差, δb_a 为惯性定位系统加速度计零偏误差, δb_ω 为惯性定位系统陀螺仪零偏误差。

[0096] 则系统的状态方程为:

$$[0097] \delta X_k = F_{k-1} \delta X_{k-1} + B_{k-1} w_k$$

[0098] 其中, $F_{k-1} = \begin{bmatrix} I & IT & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I & -R_{k-1}T[a_{k-1} - b_{a_{k-1}}]_{\times} & -R_{k-1}T & 0 \\ 0 & 0 & -T[\omega_{k-1} - b_{\omega_{k-1}}]_{\times} & 0 & -IT \\ 0 & 0 & 0 & I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I \end{bmatrix}$, 为状态转移矩阵; $B_{k-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ R_{k-1}T & 0 & 0 & 0 \\ 0 & IT & 0 & 0 \\ 0 & 0 & IT & 0 \\ 0 & 0 & 0 & IT \end{bmatrix}$; a 和 ω 分别是加速度计和陀螺仪的输出; T

是卡尔曼滤波周期; R 为旋转矩阵; i 为单位阵。定义系统噪声 $w = [n_a \ n_{\omega} \ n_{b_a} \ n_{b_{\omega}}]^T$, $w_k \sim N(0, Q_k)$, Q 是系统噪声协方差矩阵。 n_a 、 n_{ω} 分别是加速度计的白噪声、陀螺仪的白噪声, n_{b_a} 、 $n_{b_{\omega}}$ 分别是加速度计的高斯随机游走噪声、陀螺仪的高斯随机游走噪声。运算符 $[\cdot]_{\times}$ 表示向量中各元素组成反对称矩阵。

[0099] 定义观测向量 $Z = [\delta p_v \ \delta \theta_v]^T$ 。

[0100] 其中 δp_v 为观测位置误差, $\delta \theta_v$ 观测姿态误差。 δp_v 和 $\delta \theta_v$ 由以下公式计算得出:

[0101]
$$\begin{cases} \delta p_v = p_i - p_v \\ \delta \theta_v = (R_v^T R_i - I)^v \end{cases}$$

[0102] 其中, p_i 和 R_i 为惯性定位系统解算的位置和旋转矩阵, p_v 和 R_v 相机估计的位置和旋转矩阵。

[0103] 系统的观测方程为:

[0104] $Z_k = H_k \delta X_k + C_k n_k$

[0105] 其中, 观测矩阵 $H_k = \begin{bmatrix} I & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I & 0 & 0 \end{bmatrix}$, $C_k = \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix}$, 观测噪声 $n = [n_{\delta p_v} \ n_{\delta \theta_v}]$ 。观测噪声满足 $E(n_k) = 0$, $n_k \sim N(0, N_k)$, N 表示观测噪声协方差矩阵。

[0106] (2) 初始化

[0107] 状态量 δX_0 初始为0, 以及设置各噪声功率初始值, 过程噪声和观测噪声一般在迭代中保持不变。

[0108] (3) 预测更新

[0109] 卡尔曼滤波预测过程:

[0110]
$$\begin{cases} \delta \tilde{X}_k = F_{k-1} \delta \hat{X}_{k-1} + B_{k-1} w_k \\ \tilde{P}_k = F_{k-1} \hat{P}_{k-1} F_{k-1}^T + B_{k-1} Q_k B_{k-1}^T \end{cases}$$

[0111] 卡尔曼滤波更新过程:

[0112]
$$\begin{cases} K_k = \tilde{P}_k H_k^T (H_k \tilde{P}_k H_k^T + C_k N_k C_k^T)^{-1} \\ \hat{P}_k = (I - K_k H_k) \tilde{P}_k \\ \delta \hat{X}_k = \delta \tilde{X}_k + K_k (Z_k - H_k \delta \tilde{X}_k) \end{cases}$$

[0113] 其中 P_k 为系统的协方差矩阵。 K_k 为卡尔曼增益。

[0114] (4) 计算后验位姿

[0115] 根据后验状态量,更新后验位姿并输出卡尔曼滤波后位置 \hat{p}_k 和旋转矩阵 \hat{R}_k :

$$[0116] \quad \begin{cases} \hat{p}_k = \check{p}_k - \delta\hat{p}_k \\ \hat{v}_k = \check{v}_k - \delta\hat{v}_k \\ \hat{R}_k = \check{R}_k \left(I - [\delta\hat{\theta}_k]_{\times} \right) \\ \hat{b}_{a_k} = \check{b}_{a_k} - \delta\hat{b}_{a_k} \\ \hat{b}_{\omega_k} = \check{b}_{\omega_k} - \delta\hat{b}_{\omega_k} \end{cases}$$

[0117] 通过卡尔曼滤波得到的后验位姿值融合了惯性定位系统以及摄像机反馈得到的数据,该位姿通过多传感器数据融合更加精确,可以提升后续异形面动态投影的精度。

[0118] 作为本发明实施例的一种实施方式,步骤S7中,利用三维重建获取的异形面表面稠密点云信息、投影仪-照相机系统标定的投影仪内、外参数,以及融合位姿信息,即可实现待投影图像的预畸变,把预畸变后的图像输入投影仪,计算得到投影仪图像。

[0119] 将得到的异形面相对前一时刻的旋转矩阵 R_x 、平移矩阵 t_x 和照相机的外参数进行计算,得到投影幕相对于投影仪的运动参数 R 、 T :

$$[0120] \quad R = R_c R_x, T = T_c + t_x$$

[0121] 异形面三维点云到投影仪图像二维坐标的转换公式如下:

$$[0122] \quad x_w = P X_w = K_p [R | T] X_w$$

[0123] 其中, X_w 为三维点云坐标; R 、 T 为当前时刻投影仪相对投影面的旋转矩阵和平移矩阵, K_p 为内参矩阵; x_w 为投影仪图像二维坐标。

[0124] 根据上式,计算出三维点云坐标 X_w 对应的投影仪图像二维坐标 x_w 后,把坐标 X_w 处的三维点云的颜色信息赋给 x_w 处的投影仪图像像素。对异形面上所有的点云实施该操作,则得到投影仪图像,实现异形面动态投影。

[0125] 实施例3:

[0126] 本发明实施例子提供一种多传感器卡尔曼融合的异形面动态投影装置,包括:

[0127] 获取模块,用于获取视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息;

[0128] 融合模块,用于融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息,得到融合位姿信息;

[0129] 计算模块,用于根据融合位姿信息,计算得到投影仪图像;

[0130] 投影模块,用于投影仪投射出投影仪图像,实现异形面动态投影。

[0131] 作为本发明实施例的一种实施方式,融合模块利用误差状态卡尔曼滤波融合视觉异形面实时位姿信息和惯性定位异形面实时位姿信息。

[0132] 作为本发明实施例的一种实施方式,计算模块根据异形面表面稠密点云、投影仪内外参数和融合位姿信息,计算得到投影仪图像。

[0133] 作为本发明实施例的一种实施方式,获取模块通过照相机实时拍摄异形面图像,得到视觉异形面实时位姿信息;获取模块对惯性定位系统和异形面进行刚性固定,并对惯性定位系统进行标定,得到惯性定位异形面实时位姿信息。

[0134] 以上所述的实施例仅是对本发明优选方式进行的描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

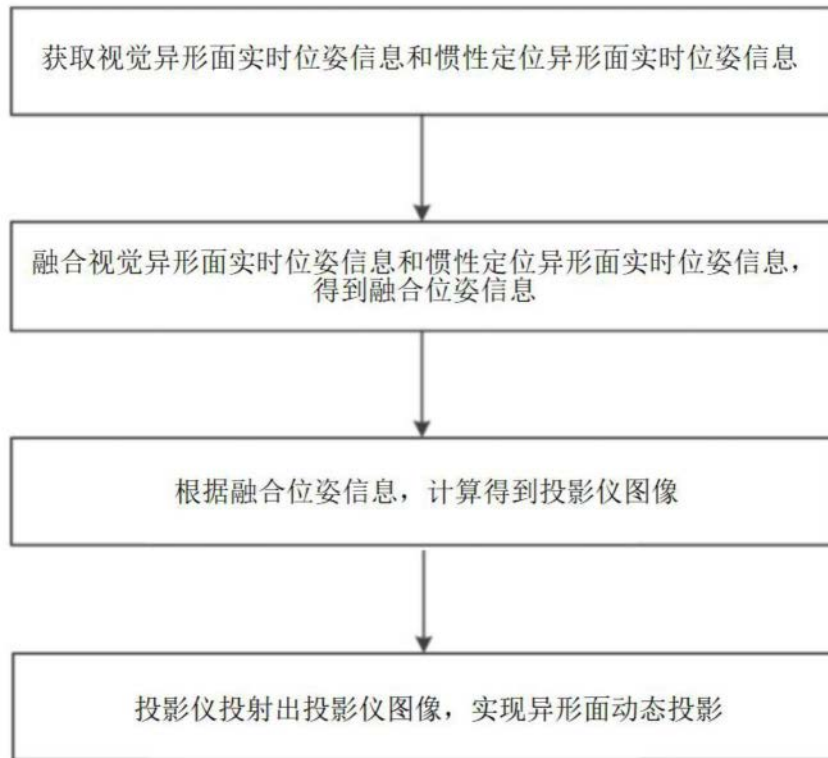


图1

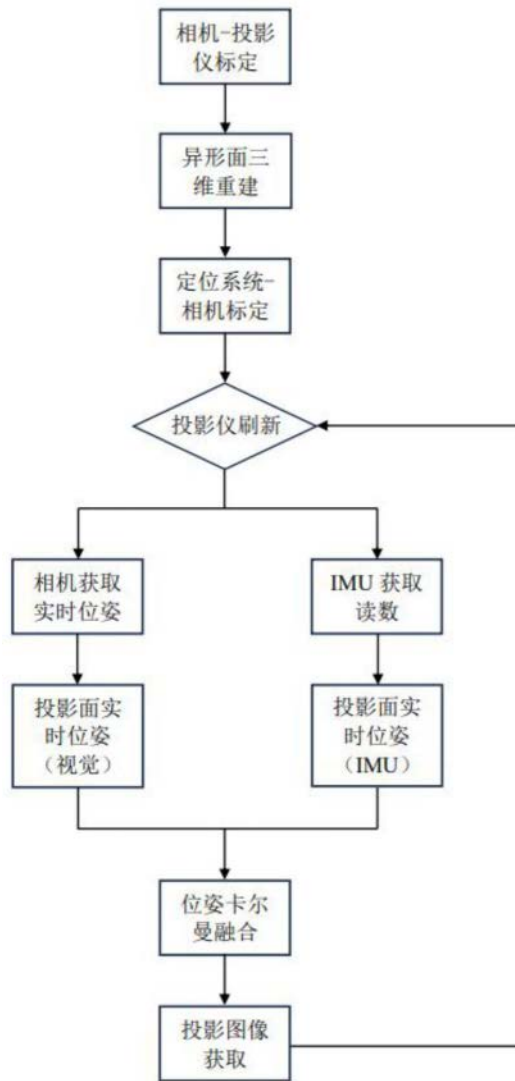


图2



图3

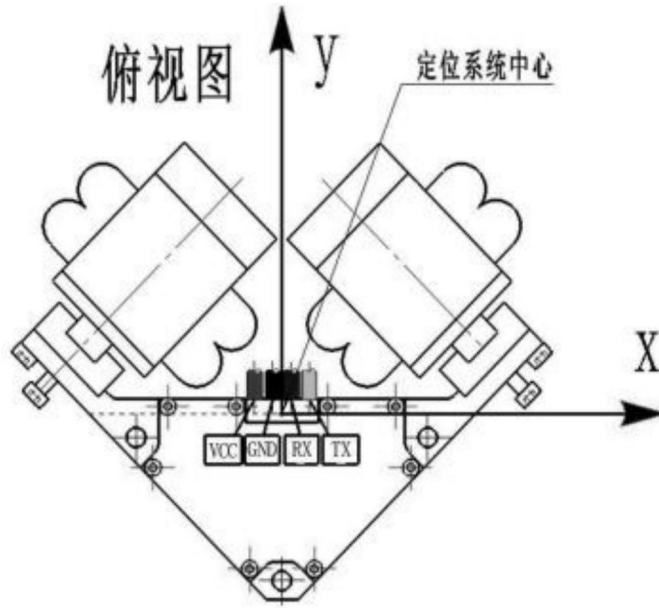


图6