



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105759829 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(21)申请号 201610225245.3

(22)申请日 2016.04.12

(71)申请人 深圳市龙云创新航空科技有限公司

地址 518052 广东省深圳市南山区粤兴三
道虚拟大学园产业化基地A205-206

(72)发明人 鲍静云 王亚 范晋红 殷兰兰

(74)专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 唐致明

(51) Int. Cl.

G05D 1/08(2006.01)

G05D 1/10(2006.01)

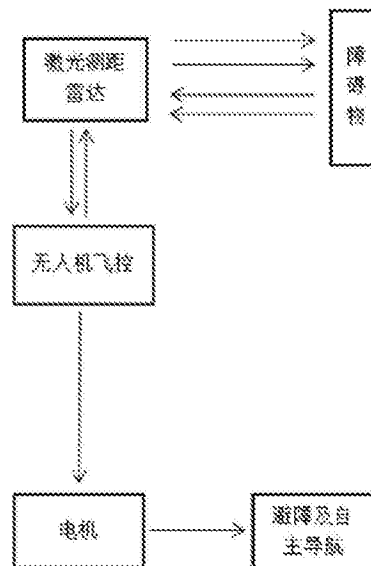
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

基于激光雷达的微型无人机操控方法及系
统

(57)摘要

本发明公开了一种基于激光雷达的微型无人
机操控方法,包括:采集实时激光测距信息;根
据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同
步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成
电机驱动信号,进而控制无人机飞行。一种基
于激光雷达的微型无人机操控系统,包括:无人
机飞控模块、激光测距雷达模块和电机。实现
了把低空复杂环境无人机自主导航关键技术推
向民用领域,降低硬件成本的同时提高了低空
复杂环境导航的可靠性。广泛应用于无人机技
术领域。



1. 一种基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,包括以下步骤:
采集实时激光测距信息;
根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。
2. 根据权利要求1所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于:
所述无人机位姿求解根据惯性测量单元以及采集的信息,利用人工图标进行位姿解算;
利用ICP算法进行姿态的增加值的计算;
对得到的位姿信息与惯性测量单元得到的位姿信息分别进行误差分析;
根据误差分析结果进行信息融合,得到准确的位姿信息。
3. 根据权利要求2所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,所述位姿解算采用奇异值分解法进行求解。
4. 根据权利要求1至3任一项所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,所述同步定位与地图构建,其包括:
将随机目标构建到地图中,并预测随机目标物体的轨迹;
在动态环境中进行路径规划,避免无人机与随机目标物体碰撞并耗时最短的到达目的地;
构建包含静态特征点和动态随机目标轨迹的地图。
5. 根据权利要求4所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,通过迭代执行运动学预测算法和测量更新算法,同步定位无人机并创建环境特征地图。
6. 根据权利要求5所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,所述同步定位与地图构建,其包括:
采集数据信息,并进行滤波处理去除噪音;
对所得信息进行区域分割和特征提取,采取直线特征来表示地图。
7. 根据权利要求6所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,动态航线规划利用位姿求解和同步定位与地图构建算法计算出无人机的当前位置坐标、目标位置坐标,以及无人机的待飞距 Δx 、侧偏距 Δy ,并将其转化为姿态控制回路的俯仰角 θ_cmd 和滚转角 γ_cmd 。
8. 根据权利要求7所述的基于激光雷达的微型无人机操控方法,其特征在于,所述待飞距 Δx 求解公式为:

$$\theta_cmd(t) = K_{xp} \times \Delta x(t) + K_{xt} \times \int \Delta x(t) dt + K_{xD} \times \frac{d\Delta x(t)}{dt}$$

式中, K_{xp} 为待飞距控制的比例系数, K_{xt} 为待飞距控制的积分系数, K_{xD} 为待飞距控制的微分系数。

9. 一种基于激光雷达的微型无人机操控系统,其特征在于,包括:
无人机飞控模块、激光测距雷达模块和电机,其中:
所述激光测距雷达模块位于无人机顶部,用于采集实时激光测距信息;
所述激光测距雷达模块和电机均与无人机飞控模块连接,该无人机飞控模块用于根据

所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

10. 一种基于激光雷达的微型无人机操控系统,其特征在于,包括:

第一模块,用于执行采集实时激光测距信息;

第二模块,用于执行根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

基于激光雷达的微型无人机操控方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及无人机技术领域,具体为基于激光雷达的微型无人机操控方法及系统。

背景技术

[0002] IMU:Inertial measurement unit,惯性测量单元。

[0003] 近年来,随着无人机产品的广泛推广,无人机的导航技术有了较大的发展,伴随着电子学和远程通信的进步,实现了远距离无线导航系统,例如相控阵雷达和GPS等技术,但大部分导航技术只适用于室外空旷的场地,无法适用于低空复杂环境,特别是室内未知环境的导航。虽然目前行业内已有类似的室内或低空复杂环境下的导航技术,例如基于视觉信息的地标识别与导航技术,其适用环境有限,对环境的光线有很高要求,并且视觉算法复杂,硬件消耗大,实时性与精确性对软硬件具有较高的要求;基于声纳传感器的导航技术,由于测量误差较大,获取的环境信息量较小,也无法在复杂的室内环境中应用,若采用多个声纳传感器阵列的方式以获得较多的环境信息量时,由于声纳传感器的以散射角发射的扇形区域,室内环境较拥挤时可能产生串扰,导致距离测量信息不准确;基于光流传感器的姿态估计及运动恢复算法虽然能够较好地适用于陌生环境的自主导航,但视觉信息解算速度和光流可靠程度仍待提高。因此,低空复杂环境的自主导航一直是微型无人机大范围应用的瓶颈。

[0004] 目前行业内现有的低空复杂环境导航技术,对环境要求较高,抗干扰能力和可靠程度低,并且算法复杂,硬件消耗巨大,实时性与精确性对软硬件具有较高的要求。因此,有必要进行改进。

发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明的目的是提供一种基于激光雷达的微型无人机操控方法,还提供一种基于激光雷达的微型无人机操控系统。

[0006] 本发明所采用的技术方案是:

[0007] 本发明提供一种基于激光雷达的微型无人机操控方法,包括以下步骤:

[0008] 采集实时激光测距信息;

[0009] 根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。作为该技术方案和改进,所述无人机位姿求解根据惯性测量单元以及采集的信息,利用人工图标进行位姿解算;利用ICP算法进行姿态的增加值的计算;对得到的位姿信息与惯性测量单元得到的位姿信息分别进行误差分析;根据误差分析结果进行信息融合,得到准确的位姿信息。

[0010] 进一步地,所述位姿解算采用奇异值分解法进行求解。

[0011] 进一步地,所述同步定位与地图构建,其包括:将随机目标构建到地图中,并预测随机目标物体的轨迹;在动态环境中进行路径规划,避免无人机与随机目标物体碰撞并耗

时最短的到达目的地;构建包含静态特征点和动态随机目标轨迹的地图。

[0012] 进一步地,通过迭代执行运动学预测算法和测量更新算法,同步定位无人机并创建环境特征地图。

[0013] 进一步地,所述同步定位与地图构建,其包括:

[0014] 采集数据信息,并进行滤波处理去除噪音;

[0015] 对所得信息进行区域分割和特征提取,采取直线特征来表示地图。

[0016] 进一步地,动态航线规划利用位姿求解和同步定位与地图构建算法计算出无人机的当前位置坐标、目标位置坐标,以及无人机的待飞距 Δx 、侧偏距 Δy ,并将其转化为姿态控制回路的俯仰角 $\theta_{_cmd}$ 和滚转角 θ_{γ_cmd} 。

[0017] 进一步地,所述待飞距 Δx 求解公式为:

$$[0018] \quad \theta_{_cmd}(t) = K_{xp} \times \Delta x(t) + K_{xt} \times \int \Delta x(t) dt + K_{xD} \times \frac{d\Delta x(t)}{dt}$$

[0019] 式中, K_{xp} 为待飞距控制的比例系数, K_{xt} 为待飞距控制的积分系数, K_{xD} 为待飞距控制的微分系数。

[0020] 另一方面,本发明还提供一种基于激光雷达的微型无人机操控系统,包括:

[0021] 无人机飞控模块、激光测距雷达模块和电机,其中:

[0022] 所述激光测距雷达模块位于无人机顶部,用于采集实时激光测距信息;

[0023] 所述激光测距雷达模块和电机均与无人机飞控模块连接,该无人机飞控模块用于根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

[0024] 再一方面,本发明还提供一种基于激光雷达的微型无人机操控系统,包括:

[0025] 第一模块,用于执行采集实时激光测距信息;

[0026] 第二模块,用于执行根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

[0027] 本发明的有益效果是:本发明提供一种基于激光雷达的微型无人机操控方法及操控系统,将激光测距雷达经过算法优化和飞控组成一套带有避障和自主规划路径的无人机飞控导航系统,解决现有飞行器在复杂环境下飞行不安全的问题。其可以实现微型无人机避障和自主优化飞行路径功能,使微型无人机在室内或低空复杂环境下进行安全飞行。对比传统探测导航系统,基于激光测距雷达的微型无人机避障及自主导航系统具有以下优点:硬件成本低;适用于室内或低空复杂环境,具备全天候能力;电磁干扰能力强,不易受环境温度及阳光的影响;抗隐身能力强,能穿透一定的遮蔽物、伪装和掩体;具有高的距离、角度和速度分辨率,能同时获得目标的多种数据。实现了把低空复杂环境无人机自主导航关键技术推向民用领域,降低硬件成本的同时提高了低空复杂环境导航的可靠性。

附图说明

[0028] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明:

[0029] 图1是本发明一实施例的基于激光测距雷达的无人机控制系统示意图;

[0030] 图2是本发明一实施例的激光测距雷达的工作示意图;

[0031] 图3是本发明一实施例的同步定位与地图构建算法中创建流程的一示意图;

[0032] 图4是本发明一实施例的动态航线规划算法的示意图；

[0033] 图5是本发明一实施例的位姿回路控制示意图。

具体实施方式

[0034] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0035] 参照图1,是本发明一实施例的基于激光测距雷达的无人机控制系统示意图。无人机避障及自主导航系统由激光测距雷达模组和飞控系统组成,激光测距雷达把采集到的距离数据和视觉数据实时传送给无人机飞控系统,飞控系统通过内部中央处理器解析出测距雷达的数据信息,经过位姿求解、地图构建和动态避障等多种算法处理,并和飞机姿态通过特殊的算法进行融合,转换为电机驱动信号控制无人机飞行,从而实现避障和自主路径规划。所述激光测距雷达模块实行360度全方位扫描测距检测;所述激光测距雷达模块位于无人机顶部;所述激光测距雷达模块和电机均与无人机飞控模块连接。

[0036] 本发明提供一种基于激光雷达的微型无人机操控系统,包括:

[0037] 无人机飞控模块、激光测距雷达模块和电机,其中:

[0038] 所述激光测距雷达模块位于无人机顶部,用于采集实时激光测距信息;

[0039] 所述激光测距雷达模块和电机均与无人机飞控模块连接,该无人机飞控模块用于根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

[0040] 进一步地,所述激光测距雷达模块包括视觉采集系统。具体地,所述激光测距雷达模块实行360度全方位扫描测距检测。

[0041] 另一方面,本发明还提供一种基于激光雷达的微型无人机操控系统,包括:

[0042] 第一模块,用于执行采集实时激光测距信息;

[0043] 第二模块,用于执行根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

[0044] 参照图2,为本发明一实施例的激光测距雷达的工作示意图。激光测距雷达采用了激光三角测距技术,配合内部集成的高速视觉采集处理结构,可进行每秒高达2000次以上的测距动作,每次测距过程中,发射经过调制的红外激光信号,该激光信号在照射到目标物体后产生的反射光将被测距雷达的视觉采集系统接收。经过嵌入在内部的DSP处理器实时解算,被照射到的目标物体与测距雷达的距离值以及当前的夹角信息将从通讯接口输出。同时,在电机结构的驱动下测距核心进行顺时针旋转,从而实现对环境的360度全方位扫描测距检测。

[0045] 无人机避障及自主导航技术面临的瓶颈,最主要是室内未知环境的导航技术。室内环境具有未知性和复杂性,所谓未知性,表现在无人机对室内环境的一无所知,不知道室内环境的大小、障碍物的形状与分布、而且无任何人工设置的参照物。而复杂性则表现在无人机处于很多不确定性和随机性的环境中,如障碍物的随机布置或相互遮挡,室内光照因无人机不同角度拍摄而发生变化等。目前对室内未知环境的导航控制也展开了一系列研究,但是尚未形成统一完善的体系,还有许多关键理论和技术尚未解决和完善。这些问题主要涉及室内环境的建模、无人机的定位、无人机的导航控制器调整、实时运动控制、导航控

制方法等技术问题。而本发明采用的激光测距雷达模组具有测量速度快,测量精度高,对环境中的噪声、光照强度不敏感的特点满足无人机导航需要的实时性和精确性,并与飞控系统进行匹配融合,突破实现微型无人机机载避障的关键技术。

[0046] 无人机动态避障控制技术:无人机在执行任务的过程中,对环境的感知以及对危险的检测和规避,是保证其安全的必要条件,因此无人机在飞行全过程中需要对遇到的动态、静态目标物体进行检测并规划合理的航线避开障碍。

[0047] 无人机实时动态航线规划技术:为了避免无人机与随机目标碰撞并耗时最短地到达方向点,需要在动态环境中进行路径规划。

[0048] 一种基于激光雷达的微型无人机操控方法,包括以下步骤:

[0049] 采集实时激光测距信息;

[0050] 根据所述激光测距信息进行无人机位姿求解、同步定位与地图构建以及动态航线规划,以生成电机驱动信号,进而控制无人机飞行。

[0051] 具体地,所述采集实时激光测距信息,其包括:

[0052] 激光信号发射至目标物体;

[0053] 接收经目标物体反射的光信息数据;

[0054] 解算数据并输出。

[0055] 作为该技术方案改进,所述无人机位姿求解根据惯性测量单元以及采集的信息,利用人工图标进行位姿解算;

[0056] 利用ICP算法进行姿态的增加值的计算;

[0057] 对得到的位姿信息与惯性测量单元得到的位姿信息分别进行误差分析;

[0058] 根据误差分析结果进行信息融合,得到准确的位姿信息。

[0059] 作为该技术方案改进,所述位姿解算采用奇异值分解法进行求解。

[0060] 作为该技术方案改进,所述同步定位与地图构建,其包括:

[0061] 将随机目标构建到地图中,并预测随机目标物体的轨迹;

[0062] 在动态环境中进行路径规划,避免无人机与随机目标物体碰撞并耗时最短的到达目的地;

[0063] 构建包含静态特征点和动态随机目标轨迹的地图。

[0064] 进一步地,通过迭代执行运动学预测算法和测量更新算法,同步定位无人机并创建环境特征地图。

[0065] 进一步地,所述同步定位与地图构建,其包括:

[0066] 采集数据信息,并进行滤波处理去除噪音;

[0067] 对所得信息进行区域分割和特征提取,采取直线特征来表示地图。

[0068] 进一步地,动态航线规划利用所述位姿求解和同步定位与地图构建算法计算出无人机的当前位置坐标、目标位置坐标,以及无人机的待飞距 Δx 、侧偏距 Δy ,并将其转化为姿态控制回路的俯仰角 $\theta_{_cmd}$ 和滚转角 θ_{γ_cmd} 。

[0069] 进一步地,所述待飞距 Δx 求解公式为:

$$[0070] \quad \theta_{_cmd}(t) = K_{xp} \times \Delta x(t) + K_{xt} \times \int \Delta x(t) dt + K_{xD} \times \frac{d \Delta x(t)}{dt}$$

[0071] 式中, K_{xp} 为待飞距控制的比例系数, K_{xt} 为待飞距控制的积分系数, K_{xD} 为待飞距

控制的微分系数。

[0072] 本发明采用体积小、质量轻、性能好的激光测距雷达模组与无人机飞控系统相结合,同时在软件上优化位姿求解算法、地图构建算法和动态避障方案,以实现可靠的避障及自主导航功能。

[0073] 1、微型无人机的位姿求解算法

[0074] 无人机的位姿解算,对于无人机的导航、定位等各个应用都是十分重要且必要的。较为准确的无人机姿态信息,是所有利用无人机位姿进行计算的各个应用能够得到较好的结果的前提。由于微型无人机的有效载荷以及续航等问题,不能够携带较为精准的姿态角测量的惯性测量单元,因此本发明利用精度较低的IMU以及通过其他途径获得的信息,比如图像匹配,人工图标等进行信息融合以得到较为精准的位姿估计的结果。根据IMU以及视觉信息,对微型无人机的位姿进行估计的流程包括以下几个方面:

[0075] (1)利用人工图标进行位姿解算;

[0076] (2)利用ICP(Iterative Closest Point)算法进行姿态的增加值的计算;

[0077] (3)将得到的位姿信息与IMU得到的位姿信息分别利用后方交会原理进行误差分析;

[0078] (4)根据误差分析结果,进行信息融合,以得到较为准确的位姿信息。

[0079] 其中位姿求解算法具体实现方法如下:

[0080] 本发明采用奇异值分解法(SVD),SVD能够较准确地计算位姿,其实质是计算点集的质心在两个坐标系中的坐标。假设它们存在如下式(1)所体现的坐标转换关系,实现所有的点在两个坐标系中的最小偏差拟合。

[0081] SVD法的计算思路为:

[0082] (1)分别计算质心在全局坐标系和局部坐标系中的坐标 P' 和 J' ;

$$[0083] \begin{cases} P' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \\ J' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n J_i \end{cases} \quad \text{式(1)}$$

[0084] (2)计算协方差矩阵 $H = \sum_{i=1}^n Q_i Q_i^T$,其中 $Q_i = P_i - P'$, $Q_i' = J_i - J'$;

[0085] (3)对所述协方差矩阵H进行奇异值分解 $H = UDV^T$,其中D是对角矩阵,V和U是正交矩阵, V^T 是矩阵V的转置矩阵;

[0086] (4)计算矩阵 $R = UV^T$,并求行列式的值 $|R|$;

[0087] 若 $|R| = 1$,矩阵足就是待求位姿矩阵;

[0088] 若 $|R| = -1$,则令 $V' = [v_1 \ v_2 \ -v_3]$,位姿矩阵为 $R = V'U^T$,其中

[0089] $v_1, v_2, -v_3$ 分别为矩阵V的第1列、第2列和第3列;

[0090] (5)在求出姿态矩阵足之后,可得到无人机的姿态的值,

$$[0091] \quad \begin{cases} \alpha = \arctan(R_{32}/R_{33}) \\ \beta = \arctan(R_{31}) \\ \gamma = \arctan(R_{21}/R_{22}) \end{cases} \quad \text{式 (2)}$$

[0092] 其中, R_{ij} 表示矩阵R的第i行第j列元素,位置矢量T可以由公式 $P=RJ+T$ 求得,从而得到x、y、z的值。

[0093] 2、同步定位与地图构建

[0094] SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)算法,即同步定位与地图构建算法,在地面和水下机器人导航中已得到成功运用,正逐步向无人飞行器应用拓展,对引导无人机自主探索未知环境具有极其重要的意义。

[0095] SLAM算法首先提取场景特征作为地标,解算地标相对于载体的位置,最后结合载体自身位置得到并记录该地标在地图中的位置。当室内无人机再次进入该区域后,通过对记录的地标模板进行匹配,可判断无人机全局位置信息。SLAM算法的研究重点在于地标的表示、数据关联以及观测误差、位姿解算误差和错误的关联带来的积累误差。采用扩展卡尔曼滤波等方式可以有效提高地图建立的精度和鲁棒性。相关研究在地面机器人领域早已开始并取得丰硕成果。然而室内无人机自由度较多,载荷较小,给SLAM算法中地标的描述方法带来了新的挑战。本发明主要包括以下几个部分:

[0096] 1.将随机目标构建到地图中,并预测随机目标的轨迹;

[0097] 2.为避免机器人与随机目标碰撞并耗时最短地到达方向点,需要在动态环境中进行路径规划;

[0098] 3.构建包含静态特征点和动态随机目标轨迹的地图。

[0099] 几何特征地图最早由Lu和Milios利用激光测距仪获取数据并提取直线特征绘制,也是一种紧凑的地图表示方法。大多数环境尤其室内环境利用几何特征如线段、圆、弧等来描述的地图都能精确反映环境信息。几何特征地图存储信息量小,方便位姿估算和目标识别,已经被广泛的应用在机器人的导航和路径规划上。

[0100] 参照图3,是本发明一实施例的同步定位与地图构建算法中创建流程的一示意图。基于激光测距仪创建局部地图采用几何特征地图来描述,创建流程如图3所示。激光测距仪采集到的数据都是点集,没有直接的地图,必须经过滤波处理去除噪音对其的干扰后,再进行区域分割和特征提取,最终采取直线特征来表示地图。

[0101] 其中同步定位与地图构建算法实现方法如下:

[0102] SLAM算法采用特征地图表达环境,在全局参考坐标系下,无人机k时刻的位姿表示为如下向量:

$$[0103] \quad X_{r,k} = [x_{r,k} \ y_{r,k} \ \theta_{r,k}]^T \in \mathbb{R}^3$$

[0104] 每一个特征 f_i 的参数表示为向量

$$[0105] \quad X_{f_i} = [p_{f_i}^1 \ p_{f_i}^2 \ \dots \ p_{f_i}^m]^T \in \mathbb{R}^m$$

[0106] 无人机位姿向量和n个特征的特征向量组成一个联合状态向量,如下式:

$$[0107] \quad X_k = [x_{r,k}^T \ x_{f_1}^T \ x_{f_2}^T \ \dots \ x_{f_n}^T]^T \in \mathbb{R}^{mn+3}$$

[0108] X_k 表示在全局参考坐标系中无人机的位姿信息和环境地图信息。在SLAM中,状态 X_k 用一个均值为 \hat{X}_k 、方差为 P_{kk} 的高斯分布来描述。采用横纵坐标描述其位置, $X_{fi}=[x_{fi}y_{fi}]^T \in \mathbb{R}^2$ 。 $k+1$ 时刻无人机从 $X_{r,k}$ 移动到 $X_{r,k+1}$ 。利用 k 时刻与 $k+1$ 时刻之间无人机获得的传感器数据,状态 X_{k+1} 的估计可以通过以下两个步骤获得:

[0109] a运动学预测

[0110] 离散时刻 k 到 $k+1$ 之间系统的运动学方程为:

$$[0111] \quad X_{k+1} = f(X_k, u_k, \omega_k)$$

[0112] 其中, u_k 为系统相应的控制输入; ω_k 为描述 u_k 的噪声,假定其服从均值为零方差为 Q_k 的高斯分布,即

$$[0113] \quad \omega_k \sim N(0, Q_k)$$

[0114] 根据下面两个公式,通过 k 时刻系统状态 X_k 的估计对 $k+1$ 时刻的状态 X_{k+1} 进行运动学预测:

$$[0115] \quad \hat{X}_{k+1k} = f(\hat{X}_k, u_k, 0)$$

$$[0116] \quad P_{k+1k} = FP_{kk}F^T + GQ_kG^T$$

$$[0117] \quad \text{其中, } F = \frac{\partial f}{\partial X}, G = \frac{\partial f}{\partial u}$$

[0118] 分别为运动学模型对状态变量 X_k 和控制输入量 u_k 的雅可比矩阵。

[0119] b测量更新

[0120] 无人机对环境的观测是无人机自身位置与特征参数之间的相对测量,即观测为状态 X_k 的函数:

$$[0121] \quad z_k = g(X_k, v_k)$$

[0122] 其中, v_k 为传感器观测噪声,假定其服从均值为零方差为 R_k 的高斯分布,即:

$$[0123] \quad v_k \sim N(0, R_k)$$

[0124] $k+1$ 时刻,无人机在位置 $X_{r,k+1}$ 获得对环境的观测值 z_{k+1} 。同时利用状态估计 \hat{X}_{k+1k} 得到关于特征的预测值:

$$[0125] \quad \hat{z}_{k+1} = g(\hat{X}_{k+1k}, 0)$$

[0126] 根据观测值与预测值的偏差对状态 X_{k+1} 进行测量更新:

$$[0127] \quad v_{k+1} = z_{k+1} - \hat{z}_{k+1}$$

$$[0128] \quad \hat{X}_{k+1} = \hat{X}_{k+1k} + W_{k+1}v_{k+1}$$

$$[0129] \quad P_{k+1k+1} = P_{k+1k} - W_{k+1}S_{k+1}W_{k+1}^T$$

$$[0130] \quad W_{k+1} = P_{k+1k}H^T S_{k+1}^{-1}$$

$$[0131] \quad S_{k+1} = HP_{k+1k}H^T + KR_{k+1}K^T$$

$$[0132] \quad \text{其中, } H = \frac{\partial g}{\partial X}, K = \frac{\partial g}{\partial v}$$

[0133] 其分别为观测模型对状态变量 X_{k+1} 和噪声 v_{k+1} 的雅可比矩阵。

[0134] 通过迭代地执行以上运动学预测和测量更新,算法同步地定位无人机并创建环境特征地图。

[0135] 3、无人机的动态避障算法

[0136] 无人机在执行任务的过程中,对环境的感知以及对危险的检测和规避,是保证其安全的必要条件。无人机在飞行全过程中需要对遇到的动态、静态目标物体进行检测并规划合理的航线避开障碍。同时,由于无人机飞行过程中随时可能遇到紧急情况,因此有必要探索无人机应急着陆技术。根据激光测距、视觉等多种信息,针对室内无人机感知与规避展开研究,以运动目标、应急着陆区域进行检测并规划航线为重点,主要包括3个部分:

[0137] 1.空中威胁运动目标检测与三维运动趋势分析技术;

[0138] 2.无人机应急着陆检测技术;

[0139] 3.无人机实时动态航线规划技术。

[0140] 其具体实现方法为:

[0141] 动态航线规划控制回路采用PID控制,将位置的偏差转换为对应的姿态角。如需要向前飞行时,将前进的距离转换为对应的俯仰角度。

[0142] 参照图4,是本发明一实施例的动态航线规划算法的示意图。无人机机体坐标系为右手系,机体坐标系的OX轴正向为机头指向的方向,即无人机的前进方向,对应的坐标称为待飞距;机体坐标系的OZ轴正向向下;根据笛卡尔坐标系,机体坐标系的OY轴正向与无人机前进方向垂直,指向右方,对应的坐标称为侧偏距。

[0143] 参照图5,是本发明一实施例的位姿回路控制示意图。动态航线规划需要通过位姿求解和地图构建算法计算出无人机当前位置坐标,目标位置和当前位置的差值作为无人机的待飞距 Δx 、侧偏距 Δy ,通过特殊算法将其转化为姿态控制回路的俯仰角 θ_cmd 和滚转角 θ_y_cmd 。待飞距控制回路和侧偏距控制回路的控制方法一样,以待飞距控制回路为例来说明,其控制规律如下式:

$$[0144] \quad \theta_cmd(t) = K_{xp} \times \Delta x(t) + K_{xt} \times \int \Delta x(t) dt + K_{xD} \times \frac{d\Delta x(t)}{dt}$$

[0145] 式中, K_{xp} 为待飞距控制的比例系数, K_{xt} 为待飞距控制的积分系数, K_{xD} 为待飞距控制的微分系数。其中微分项采用差分方法计算无人机的移动速度。

[0146] 本发明应用于微型无人机产品,其组成包括:激光测距雷达模组和无人机飞控系统。通过该系统,可以使无人机在室内或低空复杂环境下及时躲避障碍物以防止误碰误撞,同时自主选择最佳路线经进行安全飞行,从而达到避障和自主导航的目的。

[0147] 其实现方法为:无人机机身顶部安装一台激光测距雷达模组,将采集到的环境数据实时传输到无人机内部的中央处理单元,把环境数据进行特殊的位姿求解、地图构建和动态避障等算法处理,与飞控系统姿态数据融合运算后共同控制无人机,从而实现避障和自主优化飞行路径功能。

[0148] 本发明通过在飞行器的顶部安装一台激光测距雷达模组,将采集到的信息传输到飞行器内部的处理器,经过位姿控制、地图构建和动态避障等多种算法融合运算后和飞控系统共同控制飞行器,从而实现避障和自主优化飞行路径。本发明采用的基于激光测距雷达的低空复杂环境微型无人机机载自主导航系统,凭借较多具有可靠的测量精度和测量距离信息的数据点,可以很好的反映室内及低空复杂环境中的障碍物信息,很好的弥补了现有技术瓶颈。

[0149] 以上是对本发明的较佳实施进行了具体说明,但本发明创造并不限于所述实施

例,熟悉本领域的技术人员在不违背本发明精神的前提下还可作出种种的等同变形或替换,这些等同的变形或替换均包含在本申请权利要求所限定的范围内。

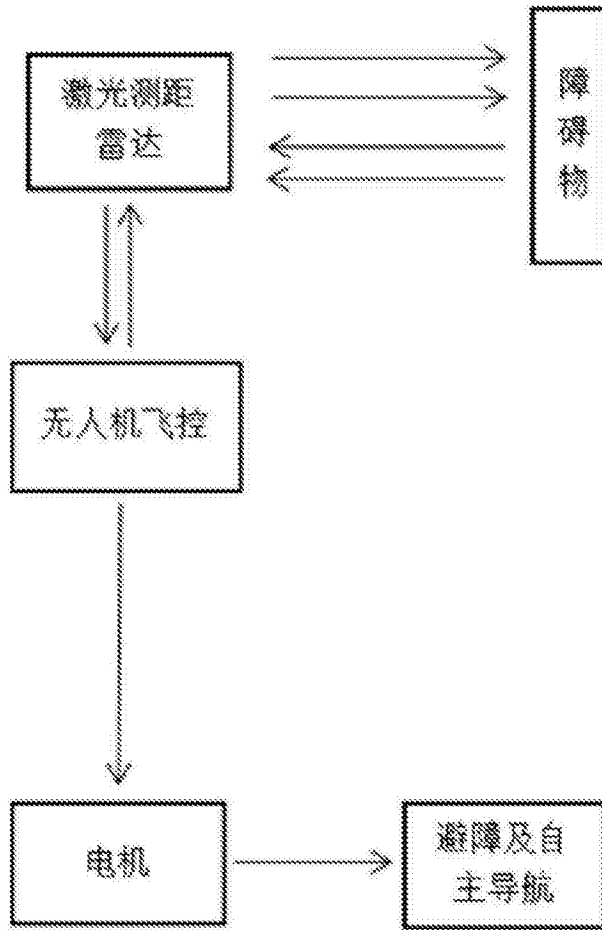


图1

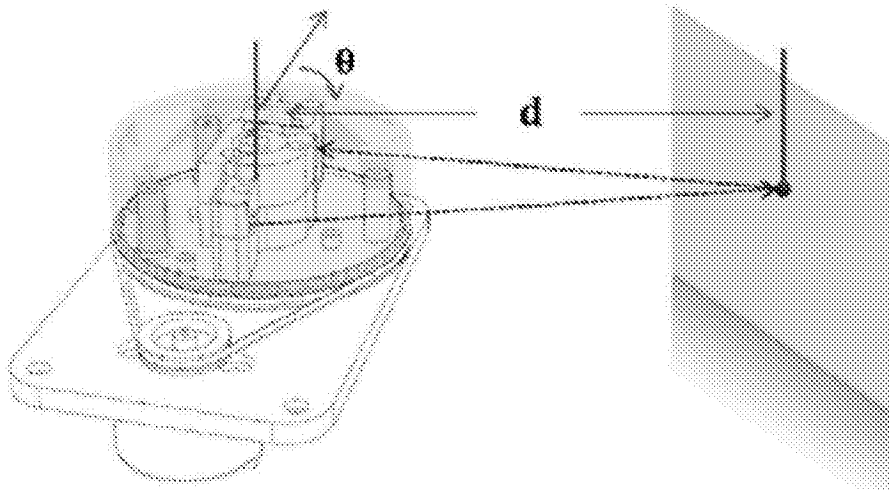


图2

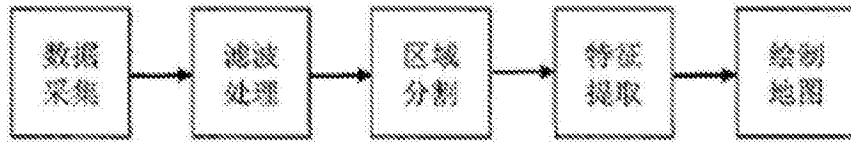


图3

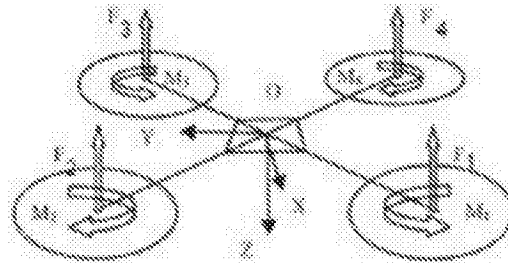


图4

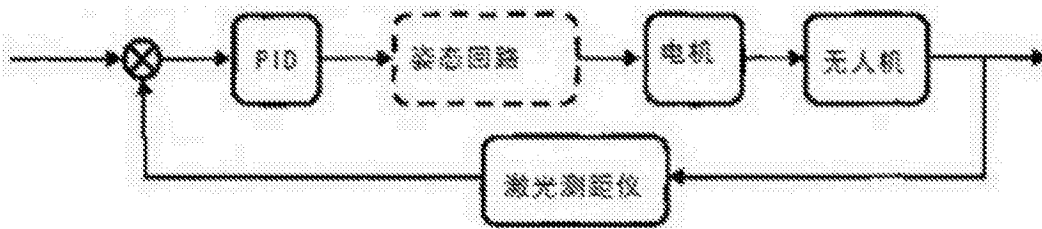


图5