



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109436329 A  
(43)申请公布日 2019.03.08

(21)申请号 201811465610.3

(22)申请日 2018.12.03

(71)申请人 张家蔚

地址 100089 北京市海淀区万柳星标家园8  
号楼1单元1003号

(72)发明人 张家蔚

(74)专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限公司 11232

代理人 李娜

(51)Int.Cl.

B64D 1/02(2006.01)

B64D 47/00(2006.01)

B64C 27/08(2006.01)

A62C 19/00(2006.01)

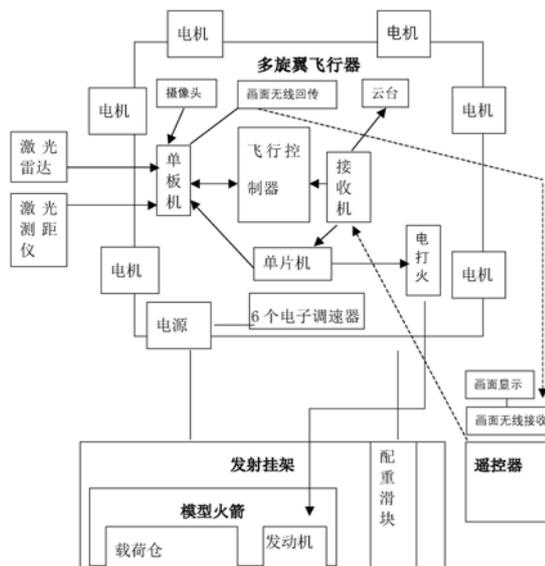
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法

(57)摘要

本发明公开一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法,该装置包括:小型多旋翼无人机、遥控器、激光雷达、激光测距仪、单板机、单片机、电打火系统、发射系统、摄像头及图像传输接收模块、云台;本发明采用模型火箭的无后坐力发射,保证了小型飞行器姿态稳定性,配置滑块调重心的方法使发射平台重心不改变,对发射控制性能的影响降到了最低,空中发射定位精度组合性提高,实现小型无人机空中精准发射物品。与传统灭火方案相配合,可大幅度提高灭火速度并降低人员的伤亡风险。本发明具有不受高度及道路交通限制,具备灵活机动、精准度高,发射救援物品种类多等多重优势,并且发射成本低。



1. 一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置,其特征在于:该装置具体包括:小型多旋翼无人机、遥控器、激光雷达、激光测距仪、单板机、单片机、电打火系统、发射系统、摄像头及图像传输接收模块、云台;

小型多旋翼无人机为整个装置在空中飞行的动力装置,其至少包含飞行控制器、接收机、电子调速器、电机、机架和电源;

遥控器通过无线连接并操控小型多旋翼无人机、控制带摄像头的云台、控制发射系统瞄准发射目标和进行发射操作;

激光雷达与单板机相连,用于小型多旋翼无人机空中水平的定位;

激光测距仪与单板机相连,用于测量小型多旋翼无人机离地面的高度;

单板机用于接收激光雷达、激光测距机、摄像头视频的数据,进行激光定位和弹道计算,并与小型多旋翼无人机的飞行控制器通信;

单片机与单板机、电打火系统及接收机相连,解析接收机的数据,控制电打火系统和控制单板机运行弹道计算程序;

电打火系统用于接收单片机信号后接通发射系统中模型火箭发动机的电点火头,使模型火箭发射;

发射系统,悬挂在小型多旋翼无人机下方,具体包括发射挂架、配重滑块,模型火箭;发射挂架为双开口式管道,其内部设有滑轨,与模型火箭上设置的导向管配合,使模型火箭可以沿滑轨移动;配重滑块,通过该滑轨配合安装并可沿滑轨移动;模型火箭用于装载救援物品,并将其发射到指定位置;该模型火箭主要包括载荷仓、模型火箭发动机及点火装置,该点火装置为电点火头,其载荷仓内部可放灭火弹或者救援物品;

摄像头及图像传输接收模块用于将摄像头的画面回传到地面终端显示屏上;

云台通过遥控器控制调整摄像头的上下左右的镜头视角。

2. 根据权利要求1所述的一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置,其特征在于:所述的装置,其通信方案为:单板机内部运行两个程序,一个是激光SLAM程序,另一个是弹道计算的程序,由Python语言编写;执行激光SLAM程序以及弹道计算程序运行于单板机,单片机控制模型火箭发动机的电打火;飞行控制器采用Mavlink通信协议与单板机之间进行通信;飞行控制器、单板机、单片机与遥控器、接收机之间构成通信网络,实现了对整个装置的协同控制。

3. 一种小型无人机空中精准发射救援物品的方法,其特征在于:该方法具体包括如下步骤:

步骤一、通过遥控器拨杆等定义遥控器的通道

在遥控器上定义“确定目标”和“发射开关”的拨杆,一个为“确定目标”,一个为“发射开关”,确定调云台的摇杆,为连续可调;

步骤二、带救援物品的模型火箭及配重滑块装入双开口式管道发射挂架

S21、将救援物品装入模型火箭的载荷仓,头锥尾翼安装好;

S22、在尾部装好模型火箭的发动机;

S23、将模型火箭装入发射挂架内;

S24、其后面放入一配重滑块;

步骤三、确定空中发射目标,拨遥控器的“确定目标”的拨杆

遥控器启动小型多旋翼无人机飞到空中,通过遥控云台上摄像头,找到要发射的目标入口;然后拨遥控器的“确定目标”的拨杆;

步骤四、通过激光雷达和弹道定位程序控制,使小型多旋翼无人机自主调整位置,遥控器“确定目标”拨杆信息传到接收机,接收机将信息传给单片机,单片机传给单板机,单板机运行激光SLAM程序和弹道计算程序,利用弹道程序算出发射时的小型多旋翼无人机高度,并通过飞行控制器自动控制小型多旋翼无人机调整空中位置;

步骤五、确定发射,拨遥控器的“发射开关”的拨杆,将模型火箭发射出去;

看到小型多旋翼无人机位置调整稳定后,拨动遥控器的“发射开关”的拨杆,接收机收到信号后通过单片机触发信号,使模型火箭的发动机的电点火头接通,将装有救援物品的模型火箭发射出去,同时配重滑块向后运动。

## 一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法。该装置及方法采用发射无后坐力的模型火箭，加调重心的配重滑块，再辅以SLAM激光定位和弹道控制的方法，解决了小型飞行器空中发射物品时其后坐力对飞行器稳定性影响、发射时因重心变化飞行器平衡性差和飞行器在空中发射定位精度不高的问题。属于小型无人机空中发射救援物资技术领域。

### 背景技术

[0002] 高层建筑火灾救援是一个世界性的难题，消防部队火灾救援的难度很大，特别是受困于阳台门窗内的待救人员急需绳索、面具、切割等逃生器材和设备，但因楼层高，电梯停运，消防人员很难到达救援现场，50至上100米的消防云梯数量少、价格昂贵且在火灾现场受地面、火情等环境因素影响大，带来诸多受救援现场限制，影响了救援装备性能的发挥。在高楼密集的城市，采用大型无人机进行救援，受自身及环境等影响有诸多不便。

[0003] 采用小型飞行器对高层救援发射物资，要解决三大难题：稳定、平衡、精准。因“发射”这一任务动作在小型飞行器上并不常见，原因在于空中发射这一动作产生的后坐力将引起机体巨大的动量变化，极易造成飞行器失控，从而导致发射精度较低。

[0004] 目前利用小型多旋翼飞行器对高层救援取得一些应用成果。无人机主要任务载荷仍然是各类感知设备，利用自身携带各类感知设备进行非接触式应用，如光学摄像头、激光雷达、喊话照明，这类的应用已经比较成熟。小型多旋翼无人机在火灾救援领域，主要研究空中救援应用大致有四类：

[0005] 第一类为主要研究多旋翼飞行器(无人机)在高层火灾救援中的监测、侦检、侦察、监控追踪、强光照明和救援指挥，无人机通过音视频无线传输，使决策人员及时掌握灾害现场情况，做出科学的灭火救灾方案等。此类专利如：“一种高层火灾无人机救援装置”等，“基于无人机的火灾救援系统”研究无人机设置有容纳牵引绳的容纳空间，“一种基于无人机技术开发的高层建筑救生系统”研究无人机系统将缆绳送至高层建筑内部或顶部，利用缆绳搭建逃生索道。

[0006] 第二类为研究无人机自身利用灭火器或高压泵进行灭火。专利如：“一种用于火灾救援无人机”研究利用360°多喷头的喷淋灭火，高压气泵喷有超细干粉灭火；“一种基于无人机的高层建筑救火装置及其工作方法”研究高压水泵水枪灭火；“一种用于高层建筑灭火救援的无人机装置”使用电磁型七氟丙烷灭火器快速灭火，“一种高楼消防多旋翼无人机”控制灭火器灭火。

[0007] 第三类为主要研究高层火灾中的投射或投放灭火弹和消防物资，采用向下方地面投放即利用地球重力的垂直落下。根据提前设定好的灭火弹自爆高度，向地面投掷，投放灭火弹和消防用品，或向地面抛投。专利如：“一种无人机精准投弹灭火系统”利用火焰以及烟雾传感器的信号控制灭火弹投放装置投放灭火弹；“一种基于无人机精确抛投控制系统”，“一种基于无人机的消防救援装置”、“无人机载灭火弹的垂直投放装置”、“一种基于多旋翼

无人机的高层楼宇灭火系统”、“无人机灭火弹发射系统”、“一种可在建筑火灾中向被困者投放消防用品的无人机装置”等为飞到火场,利用重力,向下方地面投放。

[0008] 以上三类主要用于灾情的监测侦查和对其下方进行投掷物品如灭火剂等,其任务动作没有采用空中发射的行动,只是抓取和放下的动作,主要是利用地球重力作用。

[0009] 第四类主要研究高层火灾中的投射或发射灭火弹和消防物资,主要利用压缩气泵气动或机械力进行投掷或发射灭火弹或物资。如:“一种无人机载灭火弹发射装置”利用弹簧活塞发射,“机载气动救生物资投射装置”气泵提供气压对单体投射,“一种无人机用救援包发射装置”利用储气罐高压气体推动发射活塞通过弹簧弹射救援包。此类投掷发射会产生后坐力,将影响无人机飞行姿态从而影响投射精度。

[0010] 对于空中发射救援物资方面,由于动力有限的多旋翼飞行器难以抵抗发射的后坐力对无人机的飞行姿态的影响,会严重影响多旋翼无人机发射时的稳定性。当前在高楼的火灾救援中不进入灾害现场情况下,通过高层建筑的窗口精准发射救援物资或灭火弹等任务有局限性。

[0011] 如何能将装载救援物资非接触定向发射到指定高层建筑屋里,并能使无人机飞行姿态影响较小,提高发射精准度成为亟待解决的问题。如面对高层建筑,能将救援物资从距十几米或几十米的窗口精准发射进去。

[0012] 对于小型飞行器在空中发射救援物品,提高发射精准度所要解决的技术问题是:如何能使飞行器在空中发射物资同时克服其后坐力对无人机飞行姿态的影响,提高无人机空中发射时的稳定性和发射的精度准确性成为亟待解决的问题。其核心解决三个问题:空中发射时后坐力影响飞行器稳定性、发射时因重心变化使飞行器平衡性差、飞行器空中发射定位精度不高的问题。

[0013] (1) 空中发射时后坐力影响飞行器稳定性问题,是指对被发射物品的动量必然产生后坐力,会严重影响多旋翼飞行器发射时的稳定性,从而导致发射精度较低。

[0014] (2) 发射时因重心变化导致飞行器平衡性差问题,是指发射系统作为变质量系统,发射物品时的运动影响整体重心的变化,会严重影响无人机发射的平衡性。

[0015] (3) 空中发射定位精度不高问题,是指飞行器自身依赖卫星定位精度不能满足任务需求,远距离发射物品时射入精度不高。

[0016] 针对此情,我们发明了模型火箭装载救援物品,加调重心的配重滑块,再辅以SLAM激光定位和弹道控制的方法,解决了空中发射物品时其后坐力对飞行器稳定性影响、因重心变化发射平衡性差和飞行器空中发射定位精度不高的问题,整体提高发射救援物品的精准度。在高楼外立面不进入火灾现场的情况下,精准地向高楼火源地发射灭火弹或消防救援物资,在最短的时间内将用于救援、逃生的物品精准发射给需要救援的人,为火灾救援和挽救生命争取了时间,最大程度降低人员伤亡和财产损失的风险。

## 发明内容

[0017] 本发明的目的是提供一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法。其技术问题:动力有限的小型无人机,在空中发射救援物品时后坐力对无人机飞行姿态的影响,发射物品使飞行器作为变质量系统重心变化导致发射控制平衡性差,空中飞行器及火箭发射定位精度不高,解决了小型无人机空中发射物品时精准度不高的问题,为无人机

空中精准发射救援物资提供了一种新的方法和装置。

[0018] 本发明设计一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法。其设计思想是：在小型六旋翼无人机的基础上，首先采用无后坐力发射物品的模型火箭作为装载救援物品的载体；然后设计配置滑块调重心的方法和双开口管道式发射装置，在其内部前置模型火箭，后置配重滑块；接着辅以SLAM激光定位进行飞行器空中自身定位精度提高；最后开发弹道计算程序，提高远距离发射火箭的精度。

[0019] 一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置，具体包括：小型多旋翼无人机、遥控器、激光雷达、激光测距仪、单板机、单片机、电打火系统、发射系统、摄像头及图像传输接收模块、云台。图4为装置硬件连接结构示意图。

[0020] 小型多旋翼无人机为整个装置在空中飞行的动力装置，其至少包含飞行控制器、接收机、电子调速器、电机、机架和电源等。

[0021] 遥控器通过无线连接并操控小型多旋翼无人机、控制带摄像头的云台、控制发射系统瞄准发射目标和进行发射操作。

[0022] 激光雷达与单板机相连，用于小型多旋翼无人机空中水平的定位。

[0023] 激光测距仪与单板机相连，用于测量小型多旋翼无人机离地面的高度。

[0024] 单板机用于接收激光雷达、激光测距仪、摄像头视频的数据，进行激光定位和弹道计算，并与小型多旋翼无人机的飞行控制器通信。

[0025] 单片机与单板机、电打火系统及接收机相连，解析接收机的数据，控制电打火系统和控制单板机运行弹道计算程序。

[0026] 电打火系统用于接收单片机信号后接通发射系统中模型火箭发动机的电点火头，使模型火箭发射。

[0027] 发射系统，悬挂在多旋翼无人机下方，具体包括发射挂架、配重滑块，模型火箭；发射挂架为双开口式管道，其内部设有滑轨，与模型火箭上设置的导向管配合，使模型火箭可以沿滑轨移动；配重滑块，通过该滑轨配合安装并可沿滑轨移动。模型火箭用于装载救援物品，并将其发射到指定位置。该模型火箭主要包括载荷仓、模型火箭发动机及点火装置，该点火装置为电点火头，其载荷仓内部可放灭火弹或者救援物品。

[0028] 摄像头及图像传输接收模块用于将摄像头的画面回传到地面终端显示屏上。

[0029] 云台通过遥控器控制调整摄像头的上下左右的镜头视角。

[0030] 所述的一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置，其通信方案为：单板机内部运行两个程序，一个是激光SLAM任务的ROS程序，另一个是弹道计算的程序，由Python语言编写。执行激光SLAM任务的ROS程序以及弹道计算程序运行于单板机，单片机控制模型火箭发动机的电打火。飞行控制器采用Mavlink通信协议与单板机之间进行通信。飞行控制器、单板机、单片机与遥控器、接收机之间构成通信网络，实现了对整个装置的协同控制。

[0031] 本发明装置的工作原理为两步：第一步，选定发射目标。人员通过遥控器调整摄像头设定发射点，在遥控器上拨动定义为“确定目标”的拨杆，接收机收到信号传给单片机，单片机传给单板机，单板机内部的激光SLAM的ROS程序和弹道计算程序通过激光测距仪和激光雷达的数据计算好小型多旋翼无人机的位置，将信息传给飞行控制器使其自动调整多旋翼无人机的飞行位置。其简要流程：遥控器——接收机——单片机——单板机（激光SLAM和弹道计算）——飞行控制器——飞行器位置。

[0032] 第二步,调整好小型多旋翼无人机位置,遥控电打火发射火箭。在多旋翼无人机下方悬挂发射系统,内置模型火箭,遥控器上拨动定义为“发射开关”的拨杆,触发信号传给接收机,接收机传给单片机,单片机输出信号触发电打火系统,使模型火箭的发动机电点火头接通,将模型火箭发射出去。

[0033] 本发明装置的工作过程为:通过遥控器无线遥控电打火系统发射模型火箭,将其载荷仓内的物品送到火灾现场。其实现了空中精准地对高楼火源地发射灭火弹与救援物资,实现灭火和救援物品补给功能。这种发射方式,既无后坐力,又无水平重心改变,对发射控制性能的影响降到了最低,提高了发射的精度。

[0034] 一种小型无人机空中精准发射救援物品的方法,具体包括如下步骤:

[0035] 步骤一、通过遥控器拨杆等定义遥控器的通道

[0036] 在遥控器上定义“确定目标”和“发射开关”的拨杆,可以为0-1档,一个为“确定目标”,一个为“发射开关”,确定调云台的摇杆,为连续可调。

[0037] 步骤二、带救援物品的模型火箭及配重滑块装入双开口式管道发射挂架

[0038] S21、将救援物品装入模型火箭的载荷仓,头锥尾翼安装好;

[0039] S22、在尾部装好模型火箭的发动机;

[0040] S23、将模型火箭装入发射挂架内;

[0041] S24、其后面放入一配重滑块;

[0042] 步骤三、确定空中发射目标,拨遥控器的“确定目标”的拨杆

[0043] 遥控器启动小型多旋翼无人机飞到空中,通过遥控云台上摄像头,找到要发射的目标入口(如窗口)。然后拨遥控器的“确定目标”的拨杆。

[0044] 步骤四、通过激光雷达和弹道定位程序控制,使小型多旋翼无人机自主调整位置,遥控器“确定目标”拨杆信息传到接收机,接收机将信息传给单片机,单片机传给单板机,单板机运行激光SLAM程序和弹道计算程序,利用弹道程序算出发射时的小型多旋翼无人机高度,并通过飞行控制器自动控制多旋翼无人机调整空中位置。

[0045] 步骤五、确定发射,拨遥控器的“发射开关”的拨杆,将模型火箭发射出去。

[0046] 看到小型多旋翼无人机位置调整稳定后,拨动遥控器的“发射开关”的拨杆,接收机收到信号后通过单片机触发信号,使模型火箭的发动机的电点火头接通,将装有救援物品的模型火箭发射出去,同时配重滑块向后运动。

[0047] 本发明装置灭火功能的实现,是通过小型多旋翼无人机飞到高层楼宇着火处的对面,通过遥控小型多旋翼无人机空中发射系统对准着火处目标,无线遥控将带有灭火弹的模型火箭通过门窗等发射到室内,灭火弹遇热自动感应,喷洒出灭火剂,有效扑灭火焰。

[0048] 本发明装置救援物品补给功能的实现,是通过小型多旋翼无人机飞到高层楼宇着火处的对面,遥控对准需补给目标,无线遥控将带有救援绳、面具或灭火毯等救援物品的模型火箭通过门窗等发射到室内,进行救援物品补给。

[0049] 本发明一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置及方法,其优点及功效在于:

[0050] 本发明采用模型火箭的无后坐力发射,保证了小型飞行器姿态稳定性,配置滑块调重心的方法使发射平台重心不改变,对发射控制性能的影响降到了最低,空中发射定位精度组合性提高,实现小型无人机空中精准发射物品。

[0051] 高层建筑发生火灾时,本发明的装置在火灾现场外面对内部精准发射灭火弹或消防用品如救生绳索、灭火毯等。与传统灭火方案相配合,可大幅度提高灭火速度并降低人员的伤亡风险。

[0052] 其具有不受高度及道路交通限制,具备灵活机动、精准度高,发射救援物品种类多等多重优势,并且发射成本低,具有较高的社会和经济效益。其为解决以往长期困扰人们的高层建筑火灾救援难题提供了一个崭新的思路和方法。

### 附图说明

[0053] 图1空中精准发射物品的方法步骤。

[0054] 图2为发射系统及其物理模型。

[0055] 图3本发明装置的外形结构示意图;图中:A、机架B、发射系统C、模型火箭。

[0056] 图4硬件装置线路连接示意图(各部件都接电源,连线省略;图中:有线连接—;无线连接---)。

[0057] 图5为改装的模型火箭结构示意图;图中1、箭体2、头锥3、尾翼4、发动机(可抽换)5、阻燃层6、载荷舱(装救援物资)7、导向管。

[0058] 图6为装置工作原理及其通信方案。

[0059] 图7为起飞后选定发射目标调整飞行器位置的工作信息流程。

[0060] 图8为确定发射并执行的工作信息流程。

### 具体实施方式

[0061] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚明白,对本发明实施例作进一步详细说明。

[0062] 下面结合图1所示,具体介绍该方法的技术思路。

[0063] 步骤一:设计近似无后坐力发射物品的载体-模型火箭,并可装载救援物品

[0064] 针对问题一,空中发射物品时后坐力影响飞行器稳定性的问题。结合物理分析,根据动量守恒定律,发射出的物品必将产生一个相反的动量,这个动量如果作用于飞行器(机械式弹射),则将严重影响飞行器控制的稳定,导致发射过程中飞行器姿态的变化,进而使得发射物品弹道产生偏差。被发射物体的动量必然产生后坐力,会严重影响多旋翼无人机发射时的稳定性。那么无后坐力的解决方案就是让这个力施加给别的物体,而不施加给发射平台。

[0065] 为此,本发明使用了化学物质的固体推进剂发射的方法,即采用了目前航空航天模型比赛的模型火箭运载被发射物品的方式。将模型火箭改装为带载荷舱和火箭发动机的载体,其发射用化学推进剂的作用物体是空气,被发射物体的动量变化产生后坐力不施加给飞行器而作用于空气。化学推进的反冲量是以燃气的形式向后喷出,不会对飞行器产生较大的力,几乎没有作用力,从而实现了无后坐力发射。而如果使用机械装置,发射产生的后坐力,是飞行器难以抵抗的。本发明的模型火箭化学推进发射方式即无后坐力发射方式,保证了飞行器姿态稳定性。

[0066] 步骤二:设计配置滑块调重心的方法和双开口式管道发射挂架,使发射时系统水平重心近似保持恒定

[0067] 针对问题二,火箭发射系统是一个变质量系统,而变质量对于飞行器控制的影响很大,特别对于六旋翼飞行器的动力学特点,水平重心的变化对于控制飞行器平衡的影响尤为巨大。为了让发射对于飞行器的控制影响降低,需要尽可能使得发射过程中重心不发生变化,该发明采用了配重滑块设计,实现了这一目标。具体设计了一个双开口式管道发射挂架,在其内部前置模型火箭,后置配重滑块。根据动量守恒定律,并对此式进行积分,可知任意时刻系统的重心不发生变化。

[0068] 图2为发射系统及其物理模型,我们对该系统进行数学建模,可以得到动量守恒式

$$[0069] \quad m_1 \vec{v}_1 + m_3 \vec{v}_3 = \vec{0}$$

[0070] 对上式进行积分,可以得到

$$[0071] \quad \int_0^t m_1 \vec{v}_1 dt + \int_0^t m_3 \vec{v}_3 dt = \vec{0}$$

[0072] 进一步可得

$$[0073] \quad m_1 \vec{x}_1 + m_3 \vec{x}_3 = \vec{0}$$

[0074] 上式表明,系统的水平重心保持恒定。

[0075] 由上述内容可知,当模型火箭在管道内运动时,配重滑块向相反方向运动,使得发射过程中整体系统重心水平方向近似不发生变化,保证了发射时系统的平衡,从而提高了发射时的精准度。

[0076] 步骤三:采用激光SLAM技术和弹道程序组合性提高空中定位精度

[0077] 针对问题三,空中发射定位精度不高问题,可以分为两个方面问题,一方面是飞行器在空中时本身定位依赖的卫星定位精度不能满足任务的需求;另一方面是在离射入口较远距离发射不准。

[0078] 1、针对飞行器在空中时本身定位依赖的卫星定位精度不能满足任务的需求的问题,采用激光SLAM技术,使用点对线度量的ICP算法,在计算资源有限的机载平台上实现了飞行器水平的分米级激光定位。

[0079] 激光SLAM也称同时定位与地图构建(Simultaneous Localization And Mapping,简称SLAM),通常是指在机器人或者其他载体上,通过对各种传感器数据进行采集和计算,生成对其自身位置姿态的定位和场景地图信息的系统。SLAM技术对于机器人或其他智能体的行动和交互能力至为关键,因为它代表了这种能力的基础:知道自己在哪里,知道周围环境如何,进而知道下一步该如何自主行动。

[0080] 激光雷达采集到的物体信息呈现出一系列分散的、具有准确角度和距离信息的点,被称为点云。通常,激光SLAM系统通过对不同时刻两片点云的匹配与比对,计算激光雷达相对运动的距离和姿态的改变,也就完成了对自身的定位。

[0081] 本发明利用激光雷达获得的数据进行处理,获得飞行器的位姿信息,使用的是基于Topic的异步数据流通讯。控制一个激光雷达,可以启动这个激光雷达驱动,这个驱动可以给与激光仪进行对话并且在scan这个topic下可以发布sensor\_msgs/LaserScan的信息。为了处理数据,使用laser\_filters这个node来订阅scan这个topic的信息。订阅之后,我们的过滤器将会自动开始接收激光雷达的信息。注意两边是如何脱钩工作的。所有的hokuyo\_node的节点都会完成发布“扫描”,不需要知道是否有节点被订阅了。所有的过滤器都会完

成“扫描”的订阅,不论知道还是不知道是否有节点在发布“扫描”。在不引发任何错误的情况下,这两个nodes可以任何的顺序启动,终止,或者重启。

[0082] LaserScanMatcher是一个激光雷达数据匹配工具包,这个包用于匹配sensor\_msgs/LaserScan的信息,通过PL-ICP算法求解出激光雷达的位姿信息。LaserScanMatcher接收sensor\_msgs/LaserScan这个topic,解算处理后,以geometry\_msgs/Pose2D或是tf这两个topic之一的形式发布。该项目使用的是Pose2D,此topic的信息包含二维位置坐标与旋转角,即通过激光SLAM获得飞行器的x,y坐标。

[0083] 2、针对在离射入口较远距离发射不准的问题,开发弹道计算程序,通过求解简化后的火箭动力学方程组,可以实现较为准确的弹道规划。

[0084] (1) 火箭飞行原理

[0085] 一般情况下,火箭的飞行运动方程是基于变质量和常质量刚体及质点的一般规律来建立的。作用于火箭的力和力矩有:

[0086] 1) 发动机推力:本项目所采用的火箭模型为固体燃料,平均推力为6N,燃烧时间为0.83秒;

[0087] 2) 重力:取北京地区标准重力加速度 $g=9.8015\text{m/s}^2$ ;

[0088] 3) 空气动力和力矩:将空气动力在速度坐标系中进行分解,

$$[0089] \quad F_{azc} = -C_x q S_m$$

$$[0090] \quad F_{ayc} = C_y^\alpha q S_m (\alpha + \alpha_\omega)$$

$$[0091] \quad F_{azc} = -C_z^\beta q S_m (\beta + \beta_\omega)$$

[0092] 其中, $F_{azc}$ 为气动阻力, $F_{ayc}$ 、 $F_{azc}$ 为气动升力和侧力, $q$ 为动压( $q = \frac{1}{2} \rho V_\omega^2$ );

[0093] 4) 晃动力和力矩:若推进剂为液体,其在贮箱内由于火箭飞行过程中的晃动产生振荡,通常将晃动力通过一系列单摆或谐波振子来代替,可以得到很好的近似。本项目中燃料为固体,因此无需考虑晃动力和力矩。

[0094] 5) 发动机摆动惯性力和力矩:执行机构摆动发动机,由于发动机具有转动惯量和质量,将会产生惯性力和力矩。

[0095] 综上,火箭运动的完整方程组可表示为:

$$[0096] \quad m\dot{V}_x = F_{xc}$$

$$[0097] \quad m\dot{V}_y = F_{yc}$$

$$[0098] \quad -m\dot{V}_z = F_{zc}$$

$$[0099] \quad J_{x1}\dot{\omega}_x - (J_y - J_z)\omega_y\omega_z = M_x$$

$$[0100] \quad J_y\dot{\omega}_y - (J_z - J_x)\omega_x\omega_z = M_y$$

$$[0101] \quad J_z\dot{\omega}_z - (J_x - J_y)\omega_x\omega_y = M_z$$

[0102] 这六个式子就是刚体一般运动的动力学方程组,前三个是力的方程(牛顿第二定律),后三个是力矩的方程(欧拉方程)。V是速度、F是力、c代表质心、m质量、J转动惯量、 $\omega$ 是角速度、M是力矩。

[0103] (2) 假设

- [0104] 1) 推力沿火箭轴线方向,即推力在火箭本体坐标系中y、z分量为0,且控制力为0。
- [0105] 2) 低空试验飞行时不考虑风的影响,即气动侧力为0。在实际应用是,可通过风速测量对弹道加以修正。
- [0106] 3) 由于发射时有导轨的存在,火箭飞行较为稳定,因此忽略滚转运动。
- [0107] 4) 箭体在运动的各个时刻均可看作刚体,箭体质量分布关于轴线对称。
- [0108] 5) 由于箭体较短,可认为压心和质心重合,将其看作质点。
- [0109] 6) 由于发射距离较短,地面可视为平面,重力方向恒定为铅垂向下,忽略地球自转及科里奥利力影响。

[0110] (3) 简化模型

[0111] 根据上述(2)假设,可以获得如下的简化方程组

$$[0112] \quad \frac{du}{dt} = -ku^2 - g\sin\theta$$

$$[0113] \quad \frac{d\theta}{dt} = -\frac{g\cos\theta}{u}$$

$$[0114] \quad \frac{dx}{dt} = u\cos\theta$$

$$[0115] \quad \frac{dz}{dt} = u\sin\theta$$

[0116] u是火箭轴线方向的速度, $\theta$ 是火箭俯仰角,k是空气阻力系数,g是重力加速度。

[0117] (4) 编写Python程序求解

[0118] 根据上述(3)的简化方程组是标准一阶常微分方程组,可以很方便的使用Python的Scipy库的odeint函数实现数值求解。odeint使用的算法为四阶龙格库塔法,函数输入为定义好的方程组函数、初始值、时间变量以及参数值,输出为解向量的时间序列。根据x和z的时间序列,即可求得为了使弹道经过窗户中心,飞行器需要改变的高度。

[0119] 综上所述,通过激光SLAM获得飞行器的x,y坐标,并获取激光测距仪提供的z坐标,另外还通过弹道计算获得了目标z变化量,这四个信息均通过Mavlink协议发送给飞行控制器。飞行器获得这个四个信息后,即可按照任务需求实现三维定位,实现空中发射的定位精度较高。

[0120] 步骤四:选用多旋翼飞行器,加装单板机和单片机实现发射精度相关控制

[0121] 为了实现上述内容,在多旋翼飞行器上安装单板机,内装ROS操作系统,实现激光SLAM定位和弹道程序,通过Mavlink通信协议与飞行器的飞行控制器交换数据,实现对飞行器的控制。ROS(机器人操作系统,Robot Operating System),是专为机器人软件开发所设计出来的一套电脑操作系统架构。

[0122] 在多旋翼飞行器上安装单片机,进行编程实现对模型火箭发动机的电打火,使火箭发射。

[0123] 安装摄像头及云台,云台通过遥控器控制。摄像头接到单板机,通过视频无线传输模块传到接收端显示。

[0124] 在遥控器上定义“确定目标”和“发射开关”的拨杆(为0-1档),确定了调云台的摇杆(为连续可调)。

[0125] 基于上述理论基础,本发明的一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置,具

体包括：小型多旋翼无人机、遥控器、激光雷达、激光测距仪、单板机、单片机、电打火系统、发射系统、摄像头及图像传输接收模块、云台。图4为装置硬件连接结构示意图。

[0126] 小型多旋翼无人机为整个装置在空中飞行的动力装置，其至少包含飞行控制器、接收机、电子调速器、电机、机架A(如图3)和电源等。

[0127] 遥控器通过无线连接并操控小型多旋翼无人机、控制带摄像头的云台、控制发射系统瞄准发射目标和进行发射操作。

[0128] 激光雷达与单板机相连，用于小型多旋翼无人机空中水平的定位。

[0129] 激光测距仪与单板机相连，用于测量小型多旋翼无人机离地面的高度。

[0130] 单板机用于接收激光雷达、激光测距机、摄像头视频的数据，进行激光定位和弹道计算，并与小型多旋翼无人机的飞行控制器通信。

[0131] 单片机与单板机、电打火系统及接收机相连，解析接收机的数据，控制电打火系统和控制单板机运行弹道计算程序。

[0132] 电打火系统用于接收单片机信号后接通发射系统中模型火箭发动机的电点火头，使模型火箭发射。

[0133] 发射系统B(如图3所示)，悬挂在多旋翼无人机下方，具体包括发射挂架、配重滑块，模型火箭C(如图3)；发射挂架为双开口式管道，其内部设有滑轨，与模型火箭上设置的导向管配合，使模型火箭可以沿滑轨移动；配重滑块，通过该滑轨配合安装并可沿滑轨移动。模型火箭用于装载救援物品，并将其发射到指定位置。该模型火箭(如图5)主要包括箭体1、头锥2、尾翼3、发动机(可抽换)4、阻燃层5及载荷仓6及点火装置，该点火装置为电点火头，其载荷仓6内部可放灭火弹或者救援物品。进一步的，在箭体1的外侧设置有与滑轨配合的导向管7。

[0134] 摄像头及图像传输接收模块用于将摄像头的画面回传到地面终端显示屏上。

[0135] 云台通过遥控器控制调整摄像头的上下左右的镜头视角。

[0136] 所述的一种小型无人机空中精准发射救援物品的装置，其通信方案为：单板机内部运行两个程序，一个是激光SLAM任务的ROS程序，另一个是弹道计算的程序，由Python语言编写。执行激光SLAM任务的ROS程序以及弹道计算程序运行于单板机，单片机控制模型火箭发动机的电打火。飞行控制器采用Mavlink通信协议与单板机之间进行通信。飞行控制器、单板机、单片机与遥控器、接收机之间构成通信网络，实现了对整个装置的协同控制。

[0137] 以下通过具体实施例来实现本发明的技术方案。

[0138] 实施例1：

[0139] 本实施例提供一种基于小型无人机高层火灾救援空中精准发射物品的装置。

[0140] 其装置结构如图3、6所示，主要组成由六旋翼飞行器(含Pixhawk飞行控制器、接收机、6个电子调速器、6个电机和电源等)，遥控器，北阳激光雷达(Hokuyo UTM-30LX)、激光测距仪、RaspberryPi单板机、Arduino单片机、电打火系统、发射系统(发射挂架、配重滑块，模型火箭)，摄像头及图像回传接收模块、云台等组成。

[0141] 其中六旋翼飞行器具体参数如表1，飞行控制器Pixhawk以STM32为主控芯片，内部集成了加速度计、陀螺仪、磁罗盘和气压计，具有丰富的外设接口，使用了Nuttx实时操作系统。Pixhawk支持两种自动驾驶系统，PX4和Ardupilot，该装置使用的是PX4。

[0142]

机架	飞越FY690S
螺旋桨	APC1147
电机	朗宇V3508无刷电机
电子调速器	好盈XRotor 40A
电池	格氏锂电池5300mah 30C 4S
飞行控制器	Pixhawk
遥控系统	华科尔D10
轴距	690mm
续航时间	12分钟

[0143] 表1

[0144] 发射挂架设计为前后双开口管道式盒子,内有滑轨可与模型火箭导管匹配。

[0145] 采用改装的可载荷的模型火箭,其组成为头锥、箭体筒段(筒体)为载荷部分、尾段和箭体的导向管。其中尾段安装一次性发动机和尾翼,载荷部分内部可放灭火弹或者救援的物品。图5为改装的模型火箭结构示意图。

[0146] 装置工作原理及其通信方案如图6所示,硬件间的通信都比较方便,唯一需要考虑的是单板机与飞行控制器间的通信。飞行控制器Pixhawk内部采用的是Mavlink通信协议,其与RaspberryPi单板机之间的通信,也需要使用Mavlink协议,因此需要在单板机内部写一个程序封装需要发送的位置信息以及解析收到的IMU数据。

[0147] RaspberryPi单板机内部,运行着两个程序,一个激光SLAM任务的ROS程序,另一个是弹道计算的程序,由Python语言编写。

[0148] ROS(机器人操作系统,Robot Operating System)内部有一套自定义的发布订阅式通信协议,使用即可。而开发的弹道计算Python工程的通信协议是Pipe(管道,一种基本的进程间通信机制)。

[0149] 飞行器主控器为Pixhawk开源飞行控制器,执行激光SLAM任务的ROS程序以及弹道计算程序运行于RaspberryPi单板机,Arduino单片机控制模型火箭发动机的电打火。Pixhawk飞行器主控器、RaspberryPi单板机、Arduino单片机与遥控器、接收机之间构成通信网络,实现了对整个发射装置的协同控制。

[0150] 实施例2:

[0151] 将全套装置搭建而成,并在一模拟救援场景,布置了边长1米左右的正方形窗口为模拟窗口,进行了发射试验,火箭成功穿过“窗户”,试验成功。具体做法如下:

[0152] 一、通过遥控器拨杆等定义遥控器的通道

[0153] 在遥控器上定义确定目标和发射的拨杆(为0-1档)一个为“确定目标”,一个为“发射开关”,确定调云台的摇杆(为连续可调)。定义发射的拨杆实际将遥控器一通道用于进行对模型火箭发动机电打火的无线控制。

[0154] 二、带救援物品的模型火箭及滑块装入双开口管道式发射挂架

[0155] 1、将救援的绳索、灭火毯装入模型火箭的载荷仓,头尾安装好。

[0156] 2、在尾部装好模型火箭的发动机

[0157] 3、将模型火箭装入管道式发射挂架筒内

[0158] 4、其后面放入正方体配重滑块

[0159] 三、六旋翼飞行器飞到空中,对准模拟窗口,拨遥控器的确定目标的拨杆

[0160] 人员利用遥控器启动六旋翼飞行器飞到空中,通过遥控云台上摄像头,找到要发射的目标入口-模拟窗口,然后拨遥控器确定目标的拨杆。

[0161] 四、通过激光雷达和弹道定位程序控制,使飞行器自主调整位置

[0162] 接收机收到确定目标信息传给Arduino单片机,Arduino单片机传给RaspberryPi单板机,单板机内部的激光SLAM和弹道计算程序通过激光测距仪和激光雷达的数据计算好飞行器的位置,将信息传给飞行控制器使其自动调整飞行器的发射位置高于发射窗口。如图7,为起飞后选定发射目标调整飞行器位置的工作信息流程。

[0163] 五、确定发射,拨遥控器的确定发射的拨杆,将模型火箭发射出去。

[0164] 看到飞行器位置调整稳定后,拨动遥控器的定义发射开关的拨杆,接收机收到信号后通过Arduino单片机触发信号,使模型火箭的发动机的电点火接通,将装有救援物品的火箭发射出去成功穿过模拟窗口。如图8为确定发射并执行的工作信息流程。

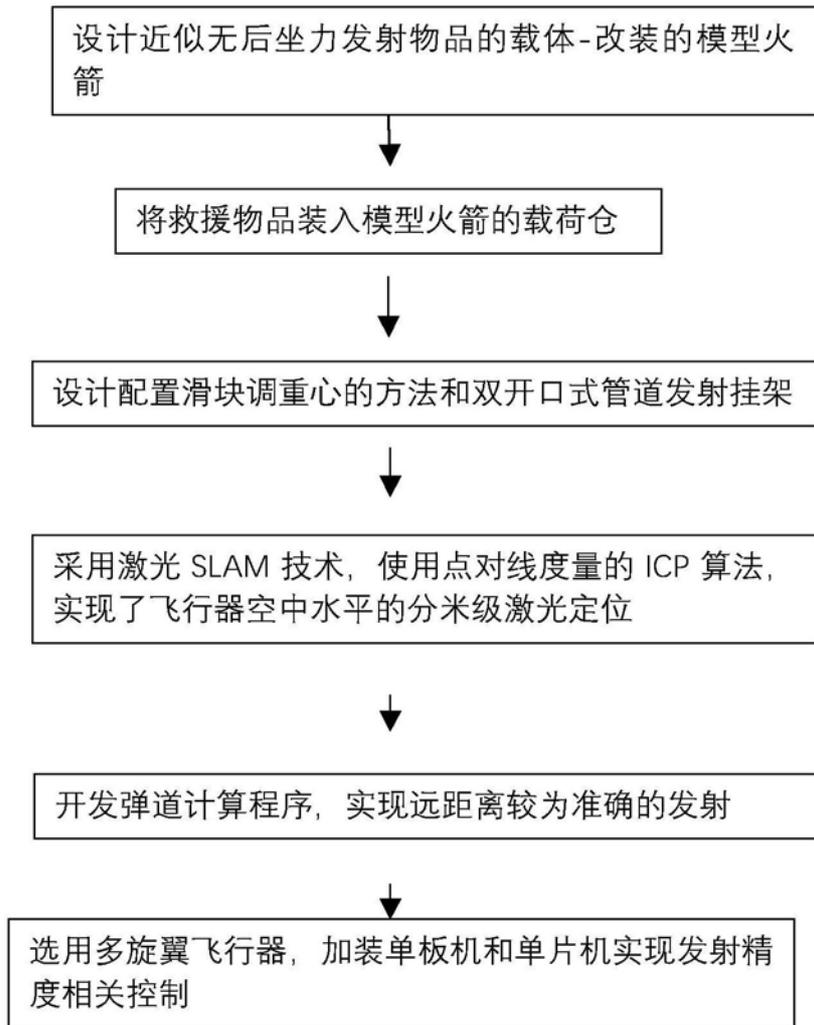


图1

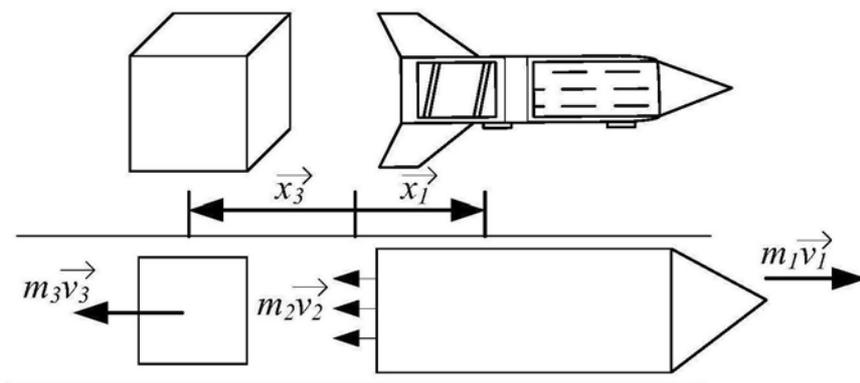


图2

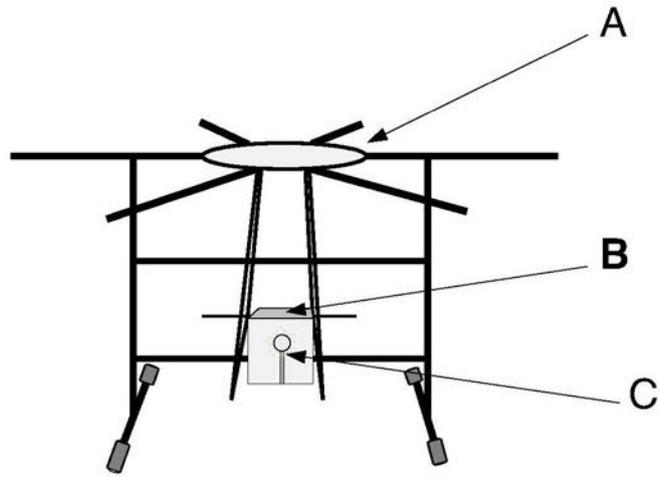


图3

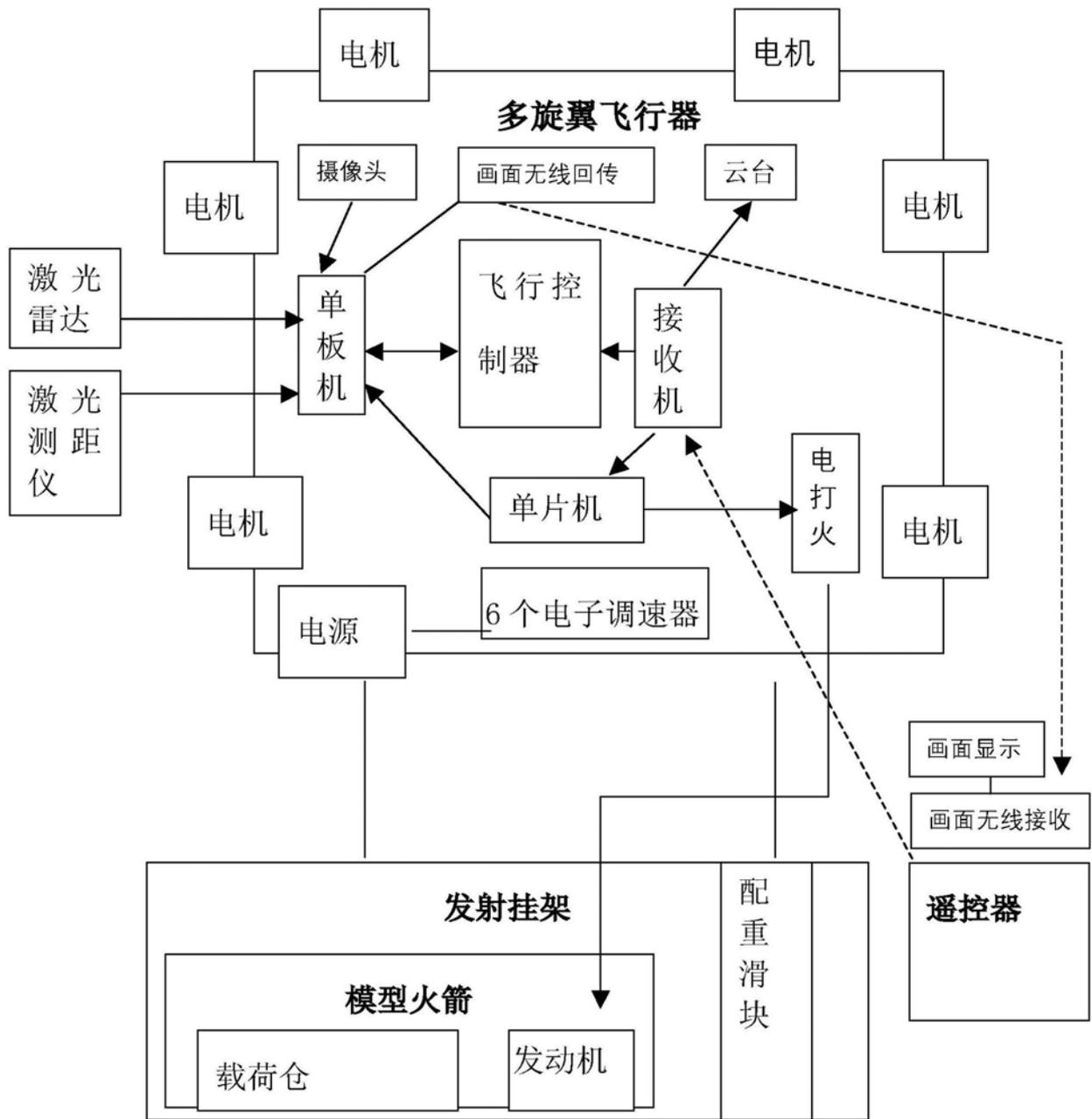


图4

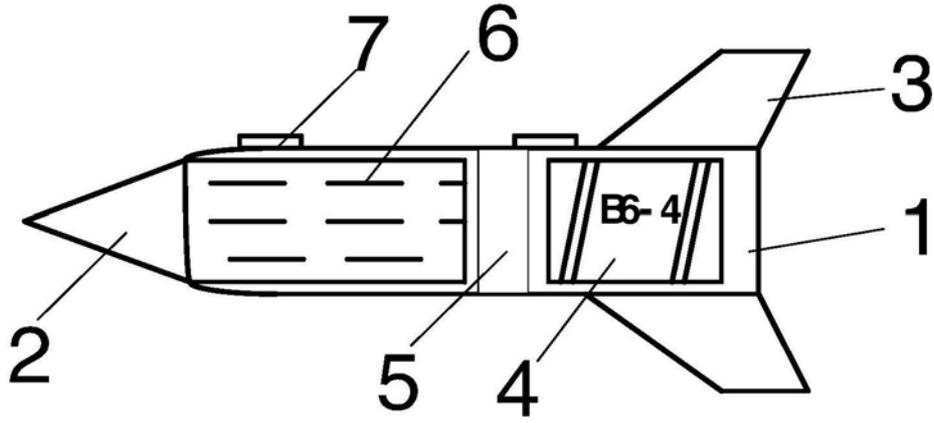


图5

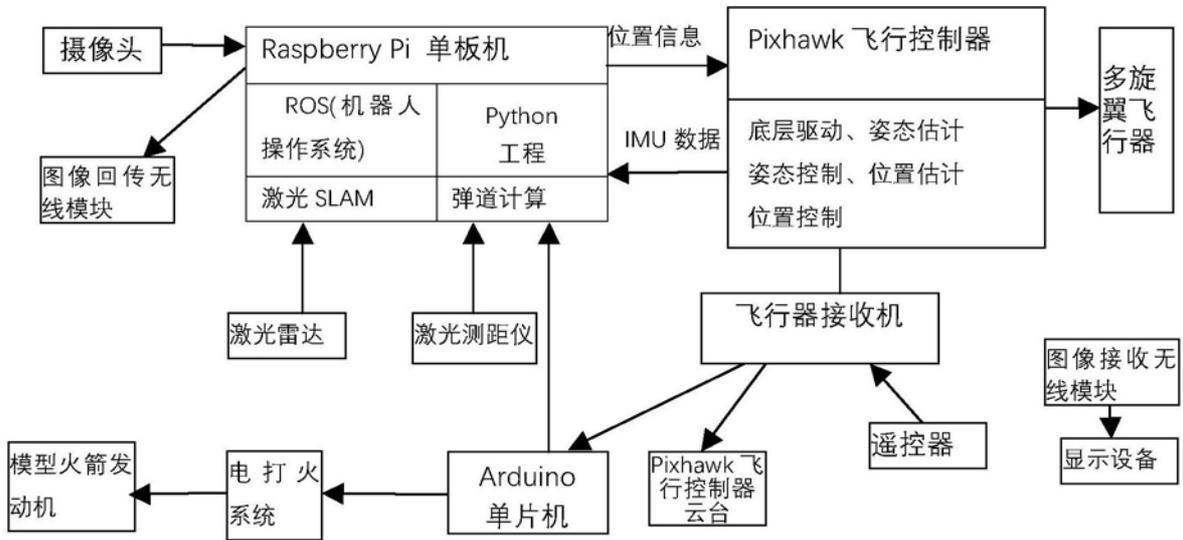


图6

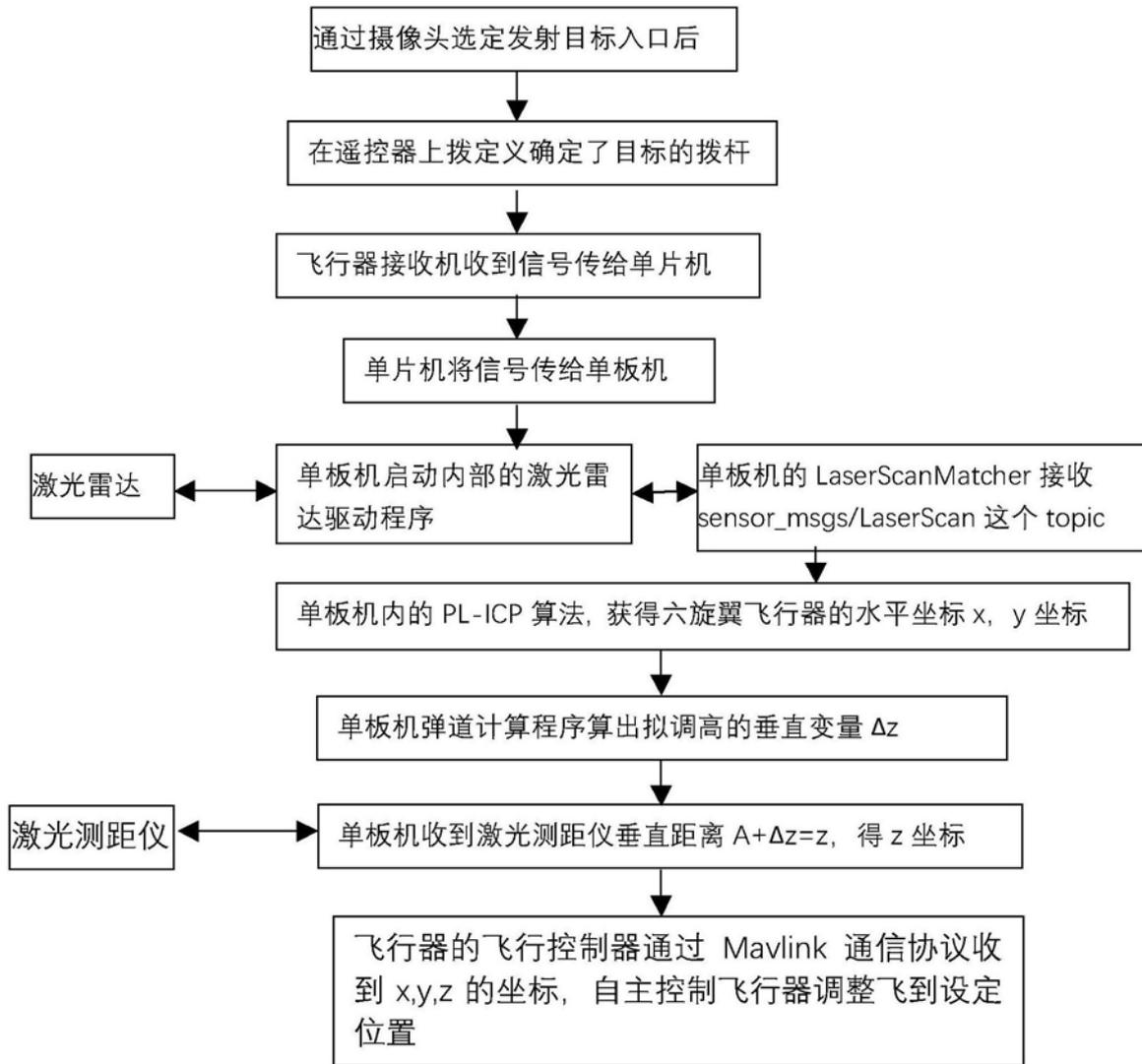


图7

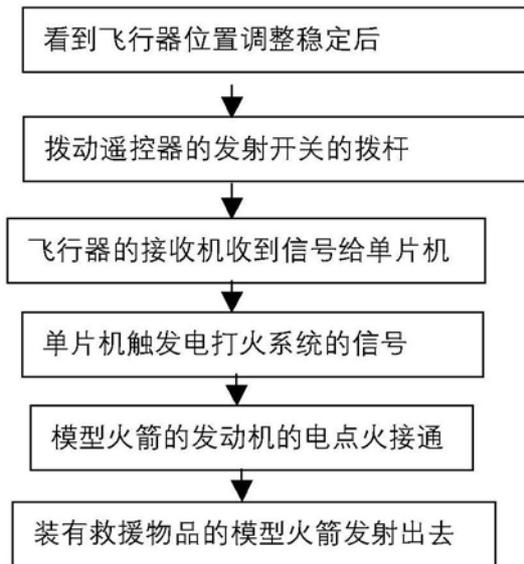


图8