无人机遥控器的设计与实现

潘元鹏　齐星达
中国电子科技集团公司第五十二研究所　浙江　杭州　311100

摘　要：无人机遥控器是实现无人机操控和稳定飞行的关键。本文详细探讨了无人机遥控器组成、设计与实现，包括主控设计、显示设计、操控设计、通信模块、定位模块等硬件部分和无人机遥控器的软件设计。

关键词：无人机；遥控器；设计

引言

随着无人机技术的迅速发展，无人机因其独特的结构和稳定的飞行性能而受到广泛关注。无人机具有垂直起降、定点悬停、全向移动等优点，在航拍、侦查、搜救等领域具有广泛的应用前景。然而，无人机控制器的控制问题一直是研究的难点，如何设计一套高效、稳定的无人机遥控器是实现无人机自主飞行的关键。

1 无人机和无人机遥控器介绍

无人机主体是无人机的骨架，它包括机架、起落架、电机、螺旋桨等部分。机架是无人机的主体结构，通常采用碳纤维或铝合金等轻质材料制成，具有良好的强度和刚性。起落架是无人机用于起飞、降落和停放的支撑结构，通常采用可折叠式设计，以减小无人机的体积和重量。电机是无人机的动力来源，通过高速旋转驱动螺旋桨产生升力，使无人机能够起飞和飞行。螺旋桨是无人机的推进器，通过旋转产生推力，使无人机前进、后退、转向等[1]。传感器是无人机的重要组成部分，主要用于感知和获取无人机周围的信息和数据，包括姿态传感器、位置传感器、速度传感器、高度传感器等，为无人机的自主控制提供数据支持。执行器是无人机控制系统中的输出装置，用于根据控制系统的指令对无人机进行控制和操作。

无人机遥控器是无人机的控制设备，通过无线信号传输指令来控制无人机的飞行和其他功能，无人机遥控器通常具备多种操纵杆和功能按键，以便于操作不同的飞行模式和控制无人机的飞行方向和速度。

2 无人机遥控器硬件设计

2.1 无人机遥控器硬件组成

无人机遥控器硬件设计包括主控模块设计、显示模块设计、操控模块设计、通信模块设计、定位模块设计和其他辅助设计。主控模块是无人机遥控器的核心，主要用于数据计算和存储。主控模块的设计需要考虑主控性能要求、操控软件要求等要求。显示设备是遥控器的图形显示模块，用于飞行参数的显示、摄像机采集的图像显示，设计时需要考虑强光下使用环境，需要具备防炫光、抗反射、抗指纹的能力。操控模块是遥控器的人机操作核心，包括触摸屏设计和遥杆、推杆、按键的设计，用于向无人机发送飞行控制指令。设计时要考虑飞行控制的飞行要求、操作飞手的操作习惯，需要考虑操作便利性和稳定性，同时需要考虑操作元件的布局和尺寸，以便用户能够方便地控制无人机的各项功能。遥控器通信模块用于实现遥控信号的发送和接收。遥控器发射机的设计同时，发射机需要具备稳定的无线通信功能，以确保控制信号的准确传输。遥控器接收机的设计需要考虑信号接收和解码的稳定性和可靠性。接收机通常包括天线、解调电路和控制输出接口等组件。天线用于接收发射机发送的信号，解调电路用于解码接收到的信号，并提取出控制指令。设计接收机时，需要确保接收机与发射机之间的通信频率和协议一致，并具备稳定的接收性能和快速的信号解码能力。遥控器硬件设计还需要考虑电源管理和外部接口的设计。这包括电池电源的设计和电源管理电路的设计，以确保遥控器具备持久的工作时间，并能及时显示电量状态。通过定位模块，可以获得经纬度和高度，以便实现导航、定位、授时等功能，可以用来引导无人机安全、准确地沿着选定的路线，准时到达目的地。

2.2 主控模块设计

主控模块是遥控器的控制核心，主要用于数据的计算和存储功能。根据无人机遥控器计算能力的需求，可以选择不同性能的处理器。相对简单的飞行控制可以选用STM32为核心的控制器进行设计，优点是设计相对简单、成本低。复杂的飞行控制，可以选用计算能力强大的处理器，例如Intel、ARM等进口处理器，飞腾、海思等国产处理器。对于图形计算能力存在较高要求的，还可以配置独立显卡，以提升无人机遥控器的图形计算能力。优点是图形处理性能强大，具备强大的复杂飞控计

算和图形计算功能，缺点是设计复杂、设计难度相对较高且成本相对较高。

2.3 显示模块设计

显示模块主要功能为图像显示功能。可以选用常规高清显示屏进行设计，用于显示无人机飞行参数、任务控制，以及无人机摄像机所拍摄的图像都可以非常直观的展示出来。由于无人机主要在室外、野外等区域活动，容易受到强光影响，显示模块需要进行显示高亮度设计，显示模块还必须需具备防炫光设计、抗反射设计，以达到复杂环境下良好的显示效果。

2.4 操控模块设计

操控模块是遥控器上的人机操控的重要组成部分。操控模块主要分为两个部分，包括触摸屏和操控装置。

触摸屏可以选用电容式触摸屏或者电阻式触摸屏进行设计。

电容式触摸屏是基于电容的原理工作的，屏幕表面覆盖了一层导电材料，当手指接触屏幕时，人体所带有的微弱电流会引起屏幕表面的电场变化，电容屏通过检测这种电场变化来确定触摸位置。电容式触摸屏具有灵敏度高，触摸体验好，支持多点触控，操作更灵活等优点，缺点是容易受电磁干扰、遇水失效的影响，且成本相对较高。

电阻触摸屏是一款由压力传感控制的触摸屏产品。具有耐用性好，不易损坏、价格相对较低的优点。缺点是灵敏度和触摸精度相对较低，只能实现单点触控。

操控装置包括遥杆、推杆、功能按键等用于向无人机发送飞行控制指令，是飞手操作无人机的重要装置。操控模块设计时，要考虑飞行控制的实际需求、飞手的操作习惯，需要考虑操作便利性和稳定性，同时需要考虑操作元件的布局和尺寸，以便用户能够方便地控制无人机的各项功能。

摇杆是一种输入设备，主要通过手柄、钮头等进行控制操作，通过摇杆可以控制飞机的升降、转向、加速等动作，可以实现复杂的空中动作。按信号的输出方式，摇杆可以分为模拟信号摇杆和数字信号摇杆。按控制轴的数量，摇杆可以分为单轴、双轴、多轴等摇杆。按照摇杆位置移动特性区分，摇杆可以分为复位摇杆和位置自锁摇杆。按照摇杆的大小，摇杆可以分为手握式摇杆和拇指操控摇杆。摇杆是飞手操控无人机的重要装置，良好的摇杆是人机操控设计的重要环节。摇杆的选型要充分满足功能要求、摇杆的精度要求，还要考虑摇杆的可靠性、防水、防尘等使用环境要求。

推杆也是重要的操作装置，可以通过推杆控制无人机摄像机的方向控制和其他自定义功能。按照推杆方向和数量，推杆可以分为双向推杆、四向推杆。推杆和功能按键的设计，除满足功能要求外，还需要满足可靠性、防水、防尘等使用环境要求。

2.5 通信模块设计

设计通信模块时，需要考虑操作元件的布局和尺寸，以便用户能够方便地控制无人机的各项功能。同时，通信模块需要具备稳定的无线通信功能，以确保控制信号的准确传输。遥控器接收机的设计需要考虑信号接收和解码的稳定性和可靠性。接收机通常包括天线、解调电路和控制输出接口等组件。天线用于接收发射机发送的信号，解调电路用于解码接收到的信号，并提取出控制指令。设计接收机时，需要确保接收机与发射机之间的通信频率和协议一致，并具备稳定的接收性能和快速的信号解码能力。常用的通信方式包括蓝牙、WIFI、数传电台等。

蓝牙是一种无线通信模块。它是一种无线技术标准，可以实现短距离数据交换。它在频段使用2.4~2.485GHZUHF无线电波。蓝牙无线技术复杂度高，设备组网速度快，仅需10秒；集成度和可靠性高；传输速率一般为1Mbps；成本低，安装相对简单。这是一种近距离无线通信技术。

Wi-Fi无线技术基于IEEE802.11标准创建的无线局域网技术。Wi-Fi技术覆盖范围一般在100米以内，传输速率可达54Mbps，工作频段2.4GHz，传输功率不足100mW，与蓝牙无线通信相比，数据安全性能相对较差。

数传电台是利用DSP数字信号处理技术和软件无线电技术实现的高性能专业数据电台。数字电台可以理解为一种通信介质。与光纤和微波一样，它也有一定的用途。数字电台的传输距离很远，适用于各种复杂的环境，缺点是价格较贵，使用成本较高。

2.6 定位模块设计

定位模块是遥控器的组成部分之一。通过定位模块，可以获得经纬度和高度，以便实现导航、定位、授时等功能，可以用来引导无人机安全、准确地沿着选定的路线，准时到达目的地。

全球主要卫星导航系统，主要为美国的全球定位系统（GPS）和中国的北斗卫星导航系统（BDS）等。

GPS是由美国建立和运行的全球卫星导航系统，由一组由24颗运行在中地球轨道上的卫星组成。GPS的定位原理是通过测量用户设备与卫星之间的距离，然后利用三角测量原理计算出用户的位置坐标。

GPS的主要优点是精度高、覆盖范围广、可靠性高。

然而，GPS也存在一些局限性，如在室内、地下或城市高楼等信号遮挡严重的地方，GPS信号可能无法正常接收；此外，GPS是美国建立和运行的系统，对于非美国用户可能存在政治和安全方面的顾虑。

北斗是中国建立和运行的全球卫星导航系统，由一组由35颗运行在中地球轨道上的卫星组成。北斗的主要功能是提供实时、全天候、全球范围内的三维位置、速度和精确时间信息。北斗广泛应用于航空、航海、交通、军事、农业、测绘、科研等领域。

北斗的定位原理与GPS类似，也是通过测量用户设备与卫星之间的距离，然后利用三角测量原理计算出用户的位置坐标。北斗信号的传播速度约为光速，因此用户设备接收到的信号传播延迟可以用于计算距离。北斗信号的传播延迟同样受到大气层折射的影响，因此需要对信号进行修正以获得准确的距离测量结果。

北斗的主要优点是精度高、覆盖范围广、可靠性高。与GPS相比，北斗具有以下优势：

2.6.1 独立性：

北斗是中国自主建立和运行的卫星导航系统，不受其他国家的控制和影响，具有较高的独立性和安全性。

2.6.2 多频多模：

北斗支持多种频段和信号模式，包括B1、B2、B3和B4频段，以及单点定位、差分定位和区域增强等多种服务模式，满足不同用户的需求。

2.6.3 国际合作：

北斗积极发展国际合作，与其他国家和地区的卫星导航系统进行互联互通，实现全球范围内的无缝导航服务。

总之，GPS和北斗都是全球卫星导航系统，具有高精度、广覆盖范围和高可靠性等特点。然而，由于GPS是美国建立和运行的系统，对于非美国用户可能存在政治和安全方面的顾虑；而北斗则是中国自主建立和运行的系统，具有较高的独立性和安全性。此外，北斗还具有多频多模、国际合作和应用广泛等优势。随着北斗系统的不断完善和发展，未来在全球卫星导航市场中，北斗将与美国的GPS形成竞争和互补的关系。

无人机遥控器定位模块的设计，需要考虑精度要求、使用区域要求、可靠性、信息安全的影响。

3 遥控器软件设计

遥控器软件包括飞行控制软件和状态监控软件。

3.1 飞行控制软件设计

飞行控制软件设计包括通信协议和控制界面的设计，用于实现遥控信号的传输和无人机的控制。遥控器软件设计需要确定合适的通信协议。通信协议决定了遥控器与无人机之间的数据交换方式和规范。常见的通信协议包括无人机通用通信协议（MAVLink）、DroneLink、SBUS等。选择合适的通信协议可以确保遥控器与无人机的正常通信，实现可靠的控制指令传输。遥控器软件设计需要考虑控制界面的设计。控制界面是遥控器上的显示屏或操作界面，用于提供用户与无人机之间的交互。设计控制界面时，需要考虑用户友好性、操作便利性和信息显示的清晰性。通常，控制界面应包含有关无人机状态、传感器数据、电量信息等的实时显示，同时提供可调的控制参数和预设飞行模式等功能。软件设计还需要考虑遥控器的控制算法和逻辑。控制算法可以根据控制指令和无人机动力学模型，计算出相应的动作和姿态控制指令。例如，根据遥杆的操作，算法可以实现高度、方向和速度等多个维度的控制。逻辑设计则设置了遥控器的工作流程和操作规则，确保控制指令的正确性和一致性。

3.2 状态监控软件设计

状态监控软件，用于查看遥控器硬件状态监控，包括处理器温度、硬盘存储容量、网络状态等状态数据。通过状态监控功能，操作人员可以全面了解无人机的实时状态和遥控器硬件状态、网络状态，及时发现和解决潜在问题，确保无人机安全、有效地飞行[2]。

结束语

在未来，无人机技术有望继续取得突破性进展，为无人机遥控器的应用拓展更广阔的空间。随着感知技术的不断提升，无人机将具备更强的环境感知和避障能力，提高自主飞行的安全性。同时，随着通信技术的发展，无人机遥控器数据传输将更加稳定可靠，为实时控制提供保障。

参考文献

[1]李占科,宋笔锋,杨飞.四旋翼无人机鲁棒自适应控制研究[J].计算机仿真,2023,30(02):234-238.

[2]郑祥明,吴成玉.四旋翼无人机自适应模糊控制设计与仿真[J].计算机仿真,2021,28(09):345-349.