

基于 DER 通信技术的农用无人机远程监控系统设计

刘恋秋

(重庆财经职业学院, 重庆 402160)

摘 要: 针对农用无人机数据传输不稳定的问题,基于 DER 通信技术对农用无人机的远程监控系统进行了设计。该无人机的远程监控系统主要分为 3 个模块,即无人机飞行器、DER 并网监控通信系统和地面远程监控系统。通过设计无人机的监控平台,采用全局粒子性算法对无人机航迹进行规划,保证了远程监控系统对无人机飞行状态的实时监控。对无人机监控系统的数据传输和航迹规划进行了试验,结果表明:监控系统可以完成数据和视频图像的传输,并可对无人机的航迹进行有效的规划。

关键词: DER 通信技术; 农用无人机; 远程监控系统; 全局粒子性算法; 数据传输; 航迹规划
中图分类号: S252 文献标识码: A 文章编号: 1003-188X(2021) 07-0230-05
DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2021.07.039

0 引言

无人机是近年来发展起来的一种装置,是指不需驾驶员在驾驶室操作的飞机^[1]。无人机技术是一项综合了电子信息、计算机科学及自主导航等学科的技术,目前已经广泛地应用于军事、农业和通信等领域^[2]。无人机在农业上的应用标志着农业进入了高科技农业阶段,不仅可以提高农业的生产效率,还能促进农业经济的发展。

农用无人机可以代替人执行具有一定危险性的作业,如灾情勘测、资源监测、农药喷洒等,也可以用于执行农作物的高精度、高技术的监测工作。执行任务时,无人机在空中作业,地面监控系统用于实时地监控、指挥策划和任务安排等无人机的控制和管理工 作^[2]。其中,地面监控系统对于无人机性能的优劣起着至关重要的作用,但由于无人机和地面的数据在双向传输过程中,容易受到环境因素的干扰导致远程监控数据的不稳定、不精确,需要对现有的无人机远程监控系统进行设计和改进。

分布式能源设备(Distributed Energy Resources, DER)是用于实现能量和信息交换等设备功能的一种载体,对于设备的通信接口要求较高,具有稳定、快速传输数据的优点^[3-4],可以将 DER 通信技术应用于农用无人机的数据传输。为此,笔者基于 DER 通信技术对农用无人机的远程监控系统进行了设计。

1 硬件设计

1.1 总体设计

为了达到对农用无人机的有效监控,设计时将农用无人机主要划分为 3 个系统,分别为无人机飞行器、DER 并网监控通信系统和地面远程监控系统。农用无人机的远程监控系统总体设计如图 1 所示。

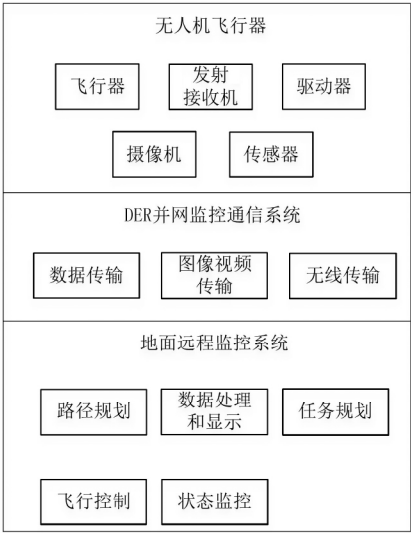


图 1 农用无人机远程监控系统总体设计图
Fig.1 Overall design diagram of agricultural UAV remote monitoring system

1.2 无人机飞行器

无人机飞行器用于完成农用无人机的空中飞行任务,主要由飞行器、信号发射接收机、摄像机和传感器组成。考虑到农用无人机的用途一般为采集农田数据和喷洒农药等,因此选择四旋翼结构,具有结构简单、成本较低及低损耗等优点^[5]。摄像机用于实时拍摄所需要的视频图像,利用发射接收机传递图像数

收稿日期: 2019-09-23
基金项目: 重庆市教育厅项目(113255)
作者简介: 刘恋秋(1982-),男,重庆人,讲师,硕士研究生,(E-mail) amrjyy2@ 163.com。

据;传感器根据需要进行连接,一般设置温度传感器用于监控飞行环境温度;GPS 用于监测飞行器坐标位置;速度传感器、高度传感器用于监测飞行速度和高度。飞机飞行时,飞行器装置一方面执行监测功能,对飞行器进行必要的操控,另一方面保证飞行器的各项飞行参数在安全飞行的范围;发射接收机用于将采集到的图像数据和传感器等数据通过 DER 并网监控通信模块实时传递给地面监控系统,并接受地面监控系统发送的相关控制指令。

1.3 DER 并网监控通信系统

农用无人机的数据传输主要包括实时监测到的数据和记录的数据。综合考虑通信网的特性和现状^[6],

以及 DER 并网监控通信系统的各项性能指标,如技术性、DER 支撑性及经济适应性等性能原则,选择无线通信中的 3G/4G 技术进行数据传输。该种通信方式具有可覆盖面广、数据传输延时较低和可靠性高的优点,缺点是需要传输标准统一。考虑到我国的数据传输所依据标准基本一致,在进行系统通信方式选择时可忽略该缺点。

1.4 地面远程监控系统

地面监控系统用于完成农用无人机的数据显示和处理、飞行路线规划等功能,可以根据功能将地面监控系统分为路径规划、数据处理和显示、任务规划和状态监控 4 个模块,各模块之间的关系如图 2 所示。

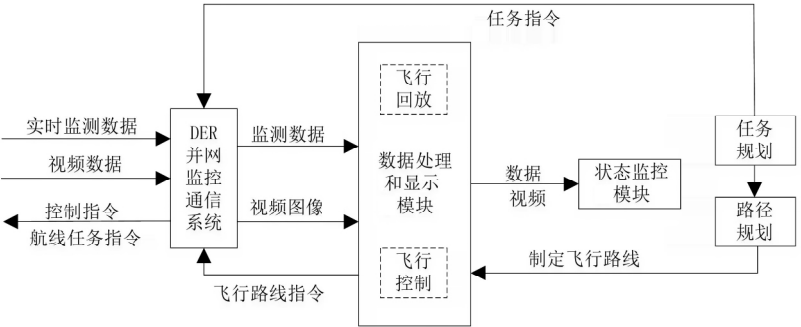


图 2 地面远程监控系统各模块关系图

Fig.2 Relationship of ground remote monitoring system module

地面监控系统将接收到的监测数据和视频图像数据传递给数据处理和显示模块,可以实现对数据的处理、存储和回放功能,并由状态监控模块实时显示数据和视频图像。任务规划模块将预期任务和数据处理结果综合处理后,下达下一步任务指令传递给路径规划模块和飞行器;路径规划模块制定相应的飞行路线,将路线结果传递给飞行器,飞行器依据规划的路线飞行,并执行相关任务指令。

2 农用无人机远程监控系统设计

2.1 监控平台设计

监控系统的浏览器可以直接对监控平台进行控制和访问。为保证监控系统同时执行多项监控任务,设计时,系统采用 $\mu\text{cLinux}2.6$ 操作系统,并嵌入 ARM 架构;同时,操作系统还安装信号处理器(DSP)、微处理器(MCU)及可编辑阵列(FPGA)等硬件,以达到地面远程监控系统的各项功能^[7]。为保证各个软件之间的兼容性,监控平台通过 I/O 模块将 CPU 与其他硬件进行连接,其结构如图 3 所示。

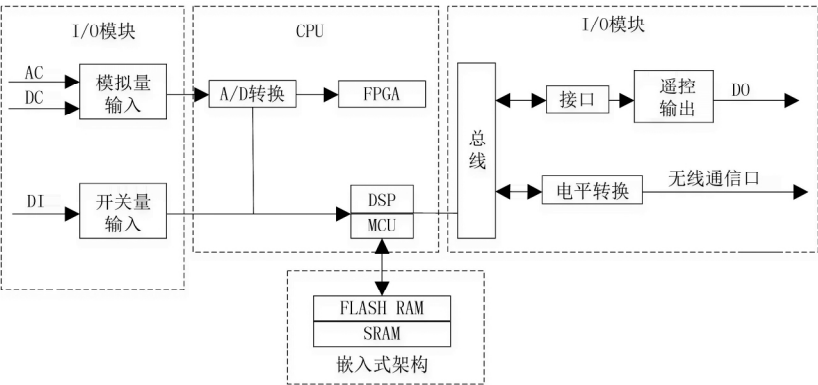


图 3 监控平台设计结构图

Fig.3 Design diagram of monitoring platform

2.2 航线规划监控设计

无人机的远程监控系统主要用于对无人机的飞行状态进行监控和控制。对农用无人机实现监控的一个主要方面是对执行不同任务的无人机进行航线规划,主要考虑以下方面的约束:①只能在民用区域飞行,航线规划时需要将禁飞区域排除;②受无人机本身机动性能的约束,需要将无人机与障碍物和地面保持适当的距离,以免发生事故;③无人机飞行过程的俯仰角和偏向角需要在无人机性能约束范围。俯仰角和偏向角示意图如图 4 所示。

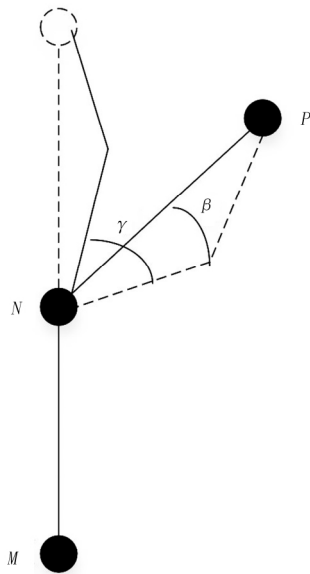


图 4 飞机俯仰角和偏向角示意图

Fig.4 Sketch map of UAV pitch and cape angle

图 4 中 β 为俯仰角; γ 为偏向角。偏向角 γ 的范围用公式表示为

$$\frac{a_i^T a_{i+l}}{|a_i| + |a_{i+l}|} \geq \cos \gamma_{\max}$$

其中 a_i 为无人机第 i 段航迹在水平面的投影。俯仰角 β 的范围可表示为

$$\frac{|z_i - z_{i-l}|}{|a_{i+l}|} \leq \tan \beta_{\max}$$

其中 z_i 为第 i 段航迹在 z 轴的坐标值。由于无人机的燃料需要在保证无人机的行程在最大航程范围内,计算公式为

$$v_{ij} = \frac{2}{|2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}|} [v_{ij} + a_1 b_1 (p_{ij} - x_{ij}) + a_2 b_2 (p_{uj} - x_{ij})]$$
$$\varphi = a_1 + b_1$$

其中,参数 $a_1 = a_2 = 2.05$ 。为了加快粒子的收敛速度,利用线性递减权值测量杯设置粒子速度权重,即

$$\sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2 + (z_{i+1} - z_i)^2} \leq S_{\max}$$

其中,第 i 段航迹坐标值为 (x_i, y_i, z_i) ,最大航程为 S_{\max} 。

在对无人机的航迹进行规划时,选择全局粒子性算法,具有计算简单、容易实现的特点,具体实现步骤如图 5 所示。

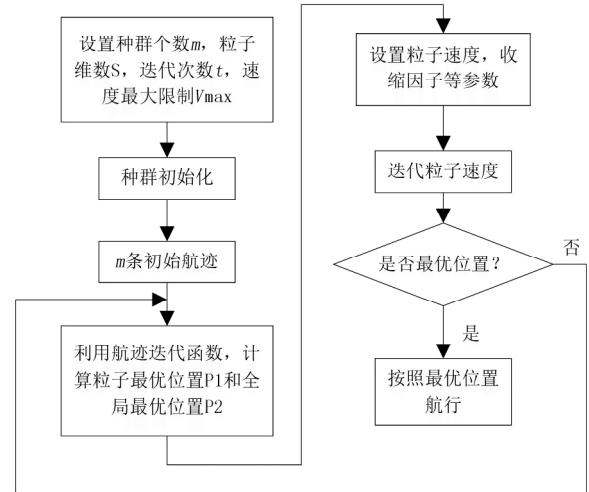


图 5 全局粒子性算法流程图

Fig.5 Flow chart of global particle property algorithm

粒子的位置为 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{is})$, $i = 1, 2, \dots, s$, 粒子自身的最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{is})$, 全局最优位置 $P_u = (p_{u1}, p_{u2}, \dots, p_{us})$ 。其中, u 可以对粒子自身的最优位置进行索引。一般全局粒子性算法通过以下公式进行自身位置的调整,以确认自身和全局最优位置,即

$$v_{ij}^{k+1} = \omega v_{ij}^k + a_1 b_1 (p_{ij} - x_{ij}^k) + a_2 b_2 (p_{uj} - x_{ij}^k)$$
$$x_{ij}^{k+1} = x_{ij}^k + v_{ij}^{k+1}$$

其中 v_{ij}^k 为 i 粒子在 j 维运动时迭代 k 次后的速度值; ω 为粒子速度权重; a_1 和 a_2 为粒子的加速因子; b_1 和 b_2 为在 $[0, 1]$ 范围的随机数值; p_{ij} 和 p_{uj} 分别为粒子在 j 维空间的自身和全局的最优位置。该算法在应用时,存在粒子碰撞和迭代重复的问题,需对算法进行改进。首先,对粒子的迭代速度进行调整,使其范围小于可行最大速度,使其在固定区间内搜索最优解。迭代速度按照以下公式计算^[8],即

$$\omega = \omega_{\min} + \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{t} (t - k)$$

其中 ω_{\min} 和 ω_{\max} 分别为粒子的最小和最大惯性

系数 k 为粒子速度总迭代次数 k 为当前粒子迭代次数 按照图 5 所示步骤即可得到航线最优规划路径。

3 试验

试验场地为学校操场 ,保证试验过程中场地内部没有无人机飞行 ,采集并保存试验数据。主要针对农用无人机远程监控系统的两个方面进行测试: ①数据传输; ②无人机航迹规划。

3.1 数据传输试验

试验用于验证通信系统是否可以正确地传输采集到的飞行数据 ,并在显示器显示。手动操作无人机按照预设轨迹航行 ,实时观察显示器上是否可以清晰地观察到传输的视频图像。传输的数据结果如表 1 所示。

表 1 数据传输结果

Table 1 The result of data transmission

名称	参数	名称	参数
俯仰角/(°)	0~60	偏航角/(°)	0~180
俯仰角速度	0~100	偏航角速率	0~100
油量/%	90	摄像机	使用中
位置	实测	雷达	启用
高度	实测		

由表 1 可知: 农用无人机的远程监控系统可以完成对飞行数据的传输 ,且在显示器上可以清晰地观察到传输的视频图像 数据传输满足要求。

3.2 无人机航迹规划试验

配置无人机各项飞行信息 ,在 100m×100m 的区域进行航迹规划。在区域内部设置 3 个禁飞区域 ,分别为东北、西南对角 5m×5m 区域及区域中心直径 5m 区域 ,并设置一个立方体障碍物 ,使系统自动规划无人机的航迹点。规划完成后 ,航迹点结果如表 2 所示。

表 2 规划后的航迹点结果

Table 2 Track point result after planning

坐标	飞行高度/m	坐标	飞行高度/m
(87 ,74)	20	(30 ,10)	135
(86 ,70)	40	(20 ,40)	181
(76 ,64)	42	(13 ,33)	96

续表 2

坐标	飞行高度/m	坐标	飞行高度/m
(73 ,60)	58	(9 ,55)	44
(40 ,30)	106	(8 ,60)	37

由表 2 可知: 航迹点的位置均避开了禁飞区域和障碍物 ,可以达到航迹规划的目的。

4 结论

1) 无人机的远程监控系统基于 DER 通信技术设计 ,主要分为 3 个模块 ,即无人机飞行器、DER 并网监控通信系统和地面远程监控系统。

2) 对无人机的远程监控系统的监控平台进行设计 ,采用全局粒子性算法对无人机的航迹进行规划 ,保证远程监控系统对无人机飞行状态的实时监控。

3) 对无人机监控系统的数据传输和航迹规划进行试验 ,结果表明: 监控系统可以完成数据和视频图像的传输 ,并可对无人机航迹进行有效的规划。

参考文献:

[1] 梁焜.电力巡线无人机地面监控技术研究[D].南京: 南京航空航天大学 ,2014.

[2] KIM ,JOONG WOOK. Analysis of ground control system for a smart UAV[C]//2009 IEEE international systems conference proceedings , 2009: 90-94.

[3] 苏玲 ,张建华 ,王利 ,等.微电网相关问题及数据研究[J].电力系统保护与控制 ,2010 ,38(19) : 235-239.

[4] KATIRAEI F , IRAVANLI M R , LEHN P W. Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process[J].IEEE trans on power electronics ,2007 ,22(2) : 613-625.

[5] 张欣.多旋翼无人机的姿态与导航信息融合算法研究[D].长春: 中国科学院机械与物理研究所 ,2015.

[6] 吴润泽 ,王欣宇 ,张晓平 ,等.一种分布式电源并网监控通信适用性评价方法[J].电力系统自动化 ,2014 ,38(8) : 72-77.

[7] 徐丙根 ,薛永瑞 ,李天友 ,等.智能佩戴你网广域测控系统及其保护控制应用技术[J].电力系统自动化 ,2012 ,36(18) : 2-9.

[8] M CLERC , J KENNEDY. The particle swarm-explosion , stability and convergence in a multidimensional complex space[C]//IEEE trans.evol.comput , 2002 ,6(2) : 58-73.

Design of Agricultural UAV Remote Monitoring System Based on DER Communication Technology

Liu Lianqiu

(Chongqing College of Finance and Economics , Chongqing 402160 , China)

Abstract: Aiming at the problem of unstable data transfer to the unmanned aerial vehicle(UAV) , the remote monitoring system of agricultural UAV based on DER communication technology was studied. The remote monitoring system of UAV was constituted of three module: unmanned aerial vehicle(UAV) , DER grid-connected monitoring communication system and ground monitoring system. The monitoring platform of UAV was designed and the UAV track was planned by global particle property algorithm. They could ensure the remote monitoring system monitor the flight status of UAV. The tests of data transmission and route planning of UAV remote monitoring system were done. The test results show that the monitoring system could achieve the transmission of data and video , and achieve the route planning.

Key words: DER communication technology; agricultural unmanned aerial vehicle; remote monitoring system; global particle property algorithm; data transmission; route planning

(上接第 229 页)

Abstract ID: 1003-188X(2021) 07-0226-EA

Three-dimensional Modeling Network Database System of Agricultural Machinery Parts Based on Web Technology

Zhang Huali , Liu Caihong

(Department of Information Engineering , Luohe Vocational College of Food , Luohe 462300 , China)

Abstract: In order to improve the visualization and interaction of agricultural machinery parts design , it introduced the virtual reality language VRML and Java programming language into the virtual display system of parts design. And it designed the three-dimensional network database system of agricultural machinery parts based on Web. The system can design the process of parts three-dimensional modeling , virtual assembly , design checking , processing simulation and parameters into the database for user's convenience and browsing on the user side of Web browser. Finally , the tractor assembly and verification are taken as an example to verify the system. The test results show that it can successfully display the assembly of agricultural machinery in the form of the three-dimensional modeling network database system of agricultural machinery parts based on Web technology. In order to improve the design optimization effect of the parts , it checked the interference and mechanical strength of the assembly.

Key words: Web technology; three-dimensional modeling; network database; java technology; agricultural machinery components