

基于 MCS 的多旋翼飞行器测试平台地面站设计

曾庆化¹, 赵继¹, 黄凯², 刘建业¹, 孙晓雯¹

(1. 南京航空航天大学 导航研究中心, 江苏 南京 210016;

2. 中航工业陕西宝成航空仪表有限责任公司, 陕西 宝鸡 721006)

摘要:高精度的运动捕捉系统对于多旋翼飞行器实时、高性能飞行控制算法的研究具有重要意义。针对当前基于运动捕捉系统的多旋翼飞行器测试平台缺少合适的地面站软件系统的问题,利用 C#编程语言为开发工具,采用模块化的设计思路,设计并开发了一套地面站软件系统。实际测试结果表明:设计的地面站软件实现了网络数据接收、场景实时模拟、串口数据发送和虚拟仪表实时显示等功能,稳定性好,实时性高,操作方便。

关键词:运动捕捉系统;多旋翼飞行器;地面站;C#;软件设计

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)09-0218-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.09.046

Design of Ground Control Station for Multi-rotor Vehicle Testbed Based on MCS

ZENG Qing-hua¹, ZHAO Ji¹, HUANG Kai², LIU Jian-ye¹, SUN Xiao-wen¹

(1. Navigation Research Center, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;

2. AVIC Shaanxi Baocheng Aviation Instrument Co., Ltd., Baoji 721006, China)

Abstract: High-precision motion capture system is of great significance to the real-time and high-performance flight control algorithm research for the multi-rotor vehicle. According to the problem that no suitable ground control station software can apply to the multi-rotor vehicle testbed based on motion capture system, a ground control station software system is designed and implemented with C# programming language and modular design concept in this paper. The research results show that the designed software realizes the functions of network data reception, scenario real-time simulation, serial data transmission, virtual instrument display, with the advantage of good stability, high real time capability and convenient operation.

Key words: motion capture system; multi-rotor vehicle; ground control station; C#; software design

0 引言

微小型多旋翼无人飞行器凭借其体积小、重量轻、操作性好、可垂直起降和定点悬停等优势,在军事、民用和科技领域发挥着越来越重要的作用。飞行器飞行控制系统的设计是实现其自主飞行的核心部分,飞行控制系统的性能优劣直接决定了飞行器飞行性能的好坏^[1],因此对多旋翼无人飞行器飞行控制系统的研究具有重要的理论和工程应用价值^[2]。

当前国内外在对多旋翼飞行器飞行控制系统的研究中,多旋翼飞行器的机载传感器设备大都存在数据精度低、易受外界干扰等缺点,该缺点影响了在飞行器

实飞环境下对飞行控制系统的性能测试和评估。在室内无法使用 GPS 的环境下,该问题显得更为突出^[3]。为了解决这一问题,国内主要利用多信息融合算法进行数据融合,对通过多种不同途径获取的同类导航信息利用滤波算法来进行融合,以提高传感器的数据精度^[4]。然而复杂的导航信息融合算法的引入增加了飞行控制系统实现的难度,也不利于提高系统的实时性。为此,国外诸如瑞士联邦理工大学等高校率先引入光学式运动捕捉系统(Motion Capture System, MCS)代替传统的机载传感器^[5],为飞行器提供精确的位置、姿态等导航信息。由于运动捕捉系统可以在一定的空间

收稿日期:2014-09-10

修回日期:2014-12-16

网络出版时间:2015-08-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61374115,61328301,61104188,61273057,61174197)

作者简介:曾庆化(1979-),男,博士,副教授,硕导,研究方向为导航、制导与控制和多信息融合等;赵继(1990-),男,硕士研究生,研究方向为小型多旋翼飞行器导航控制技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150826.1535.010.html>

范围内提供可以精确到毫米级甚至更高的空间位置信息^[6],因此以该系统为基础开展飞行器控制算法的研究,可以消除机载传感器数据精度对多旋翼飞行器飞行控制系统性能测试和评估带来的干扰。

由于目前商用的运动捕捉系统起源于影视动画制作,因此其基本软件中缺少飞行器测试平台所需的地面站(Ground Control Station, GCS)系统,为此文中设计和开发了适用于该测试平台的地面站软件系统^[7]。地面站系统是整套测试平台的指挥控制中心,集合了数据管理、综合监控、数据通信等功能,在运动捕捉系统和多旋翼飞行器之间起到了沟通和桥梁的关键性作用^[8-9]。

1 飞行器测试平台简介

为了更好地对多旋翼无人飞行器飞行控制算法进行研究并对飞行控制系统的性能进行测试和评估,以运动捕捉系统为基础,以多旋翼无人飞行器为测试对象,搭建了多旋翼飞行器测试平台。基于运动捕捉系统搭建的多旋翼飞行器测试平台的结构框图如图1所示。

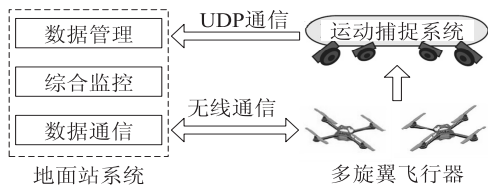


图1 多旋翼飞行器测试平台结构图

测试平台主要包含了运动捕捉系统、地面站系统和多旋翼飞行器三个部分。

(1)运动捕捉系统:通过环绕场地排列的多个高速摄像机捕捉飞行器的运动状态,感知飞行器在测试平台中的位置信息。

(2)地面站系统:通过UDP通信接收并分析处理运动捕捉系统感知到的信息,进行实时显示和监控^[10];通过无线通信模块将相关导航和控制信息发送给机载设备执行相应的飞行任务^[11]。

(3)多旋翼飞行器:接收并解码地面站系统发出的指令信息,并根据指令信息执行相应的飞行任务。

该测试平台能为新理论和算法的试验提供理想的飞行环境,消除传统的机载传感器误差带来的不良影响,在多旋翼飞行器飞行控制系统的测试和评估中发挥了重要作用。

2 地面站软件设计与开发

2.1 地面站软件的设计要求和思路

为了使设计的地面站软件在测试平台中发挥应有的作用并具有可扩展性,需要充分考虑待设计的地面

站系统与运动捕捉系统和多旋翼飞行器间的接口连接问题。运动捕捉系统所使用的通信接口为以太网接口,因此地面站软件应具备接收以太网接口数据并进行处理的功能,而地面站软件与多旋翼飞行器之间则采用无线串口通信,兼顾传输速率和可靠性。同时待设计的地面站软件系统应能够将整套测试平台的各个部分串联起来,在整套测试平台中充分发挥指挥、控制和监测中心的作用。为此,文中采用模块化的设计方法进行软件设计,各功能模块间相互独立又紧密联系,如图2所示。

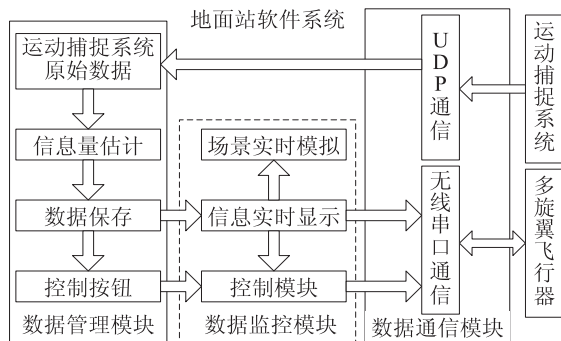


图2 地面站软件功能模块结构框图

2.2 地面站软件的功能设计

地面站软件功能设计主要包含数据管理功能设计、综合监控功能设计和数据通信功能设计三个部分。

2.2.1 数据管理功能设计

(1)接收原始数据。通过UDP协议实时接收服务器端由运动捕捉系统采集到的原始数据。

(2)原始数据处理。对接收到的原始数据进行处理,解算得当前飞行器的三维位置和速度、姿态角以及控制量等相关信息。

(3)数据存储。将飞行器的飞行状态和相关导航信息以.txt的格式保存,以便于其他软件使用。

2.2.2 综合监控功能设计

(1)飞行状态显示。将解算获得的飞行器的质心位置和速度、姿态角以文字形式显示,并在虚拟仪表中显示姿态角信息。

(2)软件状态显示。显示服务器的描述信息、获取的数据类型和上位机运行状态,实时对地面站软件的运行状态进行监控。

2.2.3 数据通信功能设计

(1)原始数据接收。配合运动捕捉系统的以太网接口,采用UDP协议接收服务器端发送的原始数据。

(2)串口数据发送。将地面软件解算得到的飞行器的导航信息和控制指令经编码后通过无线串口模块发送至飞行器。

2.3 地面站软件的工作流程

地面站软件的流程图如图3所示。

可完成。

2.4.4 实时虚拟仪表

在综合监控模块中使用第三方控件 AGuageApp 实现虚拟仪表对姿态角的实时显示。程序运行时, Windows Form 的 Timer 定时器开启, 当地面站软件接收到新数据时, 定时消息处理程序将处理原始数据后得到的姿态角在虚拟仪表中显示。

3 试验验证

为了验证文中所设计和开发的地面站软件的性能, 利用搭建的测试平台对地面站软件进行了测试。测试过程中, 多旋翼无人飞行器在搭建的测试平台所规定的场地范围内飞行, 通过地面站软件获取飞行器信息并实时监控。

实际飞行中的飞行器如图 4 所示。

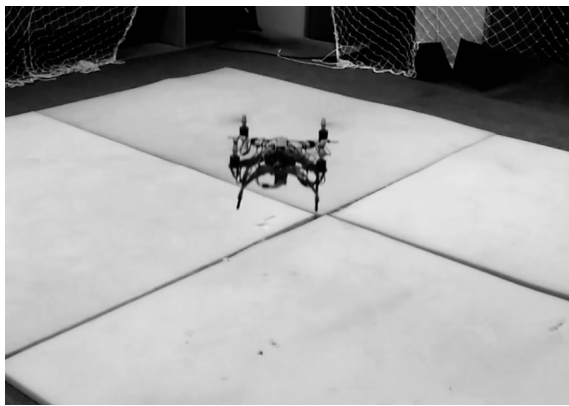


图 4 实际飞行中的飞行器

经过联机调试和试验, 地面站系统顺利地实现了数据的接收、处理、显示、存储等全部功能。在操作界面中也实时显示了飞行器和系统状态的重要参数, 达到了实时监控的效果。同时, 运动捕捉系统与地面站软件和地面站软件与机载设备间的数据通信也能够顺利进行, 很好地满足了整套测试平台对实时性的要求。测试结果充分说明软件实现了既定的设计要求, 可以在 Window 系统的平台上平稳运行, 实时性高, 操作简单。

4 结束语

文中设计的地面站软件是以基于运动捕捉系统的多旋翼飞行器测试平台为基础进行开发的。该地面站软件系统实现了网络数据接收、场景实时模拟、串口数据发送和实时虚拟仪表显示等功能, 界面显示效果真实, 用户界面友好且操作方便, 具有稳定性好、实时性高的优点。

将该软件应用于基于运动捕捉系统的多旋翼无人

飞行器测试平台中, 消除了传统的机载传感器误差对多旋翼无人飞行器飞行控制系统的测试和评估带来的不良影响, 极大地提高了对多旋翼飞行器实时高性能飞行控制算法的研究效率, 为后续高性能、低成本的飞行器测控系统的一体化设计奠定了坚实基础。值得一提的是, 该系统虽然是针对当前的测试平台所研制, 但实质上是一套通用设备, 只需对接口部分或程序内容稍作修改, 便可推广到其他领域中使用, 表现出较强的通用性和功能扩充性。

参考文献:

- [1] 郭晓鸿. 微型四旋翼无人机控制系统设计与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [2] Li Yibo, Song Shuxi. A survey of control algorithms for quadrotor unmanned helicopter[C]//Proc of 2011 international conference on advanced computational intelligence. [s. l.]: [s. n.], 2012: 365-369.
- [3] Lupashin S, Hehn M, Mueller M W, et al. A platform for aerial robotics research and demonstration; the flying machine arena[J]. Mechatronics, 2014, 24(1): 41-54.
- [4] 刘建业, 贾文峰, 赖际舟, 等. 微小型四旋翼飞行器多信息非线性融合导航方法及实现[J]. 南京航空航天大学学报, 2013, 45(5): 575-582.
- [5] Lupashin S, Schoellig A, Hehn M, et al. The flying machine arena as of 2010[C]//Proc of IEEE international conference on robotics and automation. Shanghai, China: IEEE, 2011: 2970-2971.
- [6] Augugliaro F, Mirjan A, Gramazio F, et al. Building tensile structures with flying machines[C]//Proc of 2013 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems. Tokyo, Japan: IEEE, 2013: 3487-3492.
- [7] 周德新, 马腾达. 四旋翼无人机飞控系统仿真平台研究[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(2): 424-426.
- [8] Perez D, Maza I, Caballero F, et al. A ground control station for a multi-UAV surveillance system[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2013, 69(1-4): 119-130.
- [9] 白宁, 李剑川, 胡小平. 小型旋翼机地面站导航系统[J]. 兵工自动化, 2012, 31(5): 16-18.
- [10] 冯震, 李怀兵, 丑武胜. 旋翼微小型无人机地面站系统的设计与实现[J]. 计算机工程, 2010, 36(2): 243-245.
- [11] 刘羽峰, 宁媛. 六轴旋翼碟形飞行器控制系统软件设计及仿真研究[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(5): 1208-1211.
- [12] 王小科, 王军. C#开发实战 1200 例(第 I、II 卷)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [13] 朱卫新. Visual C#. NET 实现用户自定义图形编程方法[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(4): 130-132.
- [14] Solis D. Illustrated C# 2012[M]. [s. l.]: Apress, 2012.

基于MCS的多旋翼飞行器测试平台地面站设计

作者：[曾庆化](#)，[赵继](#)，[黄凯](#)，[刘建业](#)，[孙晓雯](#)，[ZENG Qing-hua](#)，[ZHAO Ji](#)，[HUANG Kai](#)，[LIU Jian-ye](#)，[SUN Xiao-wen](#)

作者单位：[曾庆化, 赵继, 刘建业, 孙晓雯, ZENG Qing-hua, ZHAO Ji, LIU Jian-ye, SUN Xiao-wen\(南京航空航天大学 导航研究中心, 江苏 南京, 210016\)](#)，[黄凯, HUANG Kai \(中航工业陕西宝成航空仪表有限责任公司, 陕西 宝鸡, 721006\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015(9)

引用本文格式：[曾庆化. 赵继. 黄凯. 刘建业. 孙晓雯. ZENG Qing-hua. ZHAO Ji. HUANG Kai. LIU Jian-ye. SUN Xiao-wen 基于MCS的多旋翼飞行器测试平台地面站设计\[期刊论文\]-计算机技术与发展 2015\(9\)](#)