

doi: 10.3969/j.issn.1001-358X.2014.01.02

基于三维地理环境的无人机任务规划系统设计与实现

王有弢,李克恭,吴文魁,张斌才

(甘肃省基础地理信息中心,兰州 730000)

摘要:文中介绍了基于三维地理环境的无人机任务规划系统设计的目标和技术路线、系统的总体框架设计、系统实现的方法等方面的主要内容。该任务规划系统不但能够利用详细的战区环境信息,而且可以事先对控防航路做出合理规划,可以极大地提高飞行器的生存能力。

关键词: 三维地理环境; 无人机; 任务规划; 设计开发

中图分类号: P208

文献标识码: B

文章编号: 1001-358X(2014)01-0004-04

1 引言

无人机(Unmanned Air Vehicles)是一种具有自主能力的无人飞行器,世界上第一架无人机由英国人于1917年研制成功。20世纪五十年代后,无人机有了较大发展。随着无人侦察机、无人通信机等多用途无人机的出现,无人机在军事领域的应用受到各国普遍重视,特别是在近年来的两次海湾战争、科索沃战争以及美国对阿富汗的反恐战争中,无人机在战场侦察、情报收集、精确制导武器目标定位、目标监视、实时毁伤评估、战斗支援甚至自杀性攻击等方面发挥了重要作用。无人机任务规划系统(UAV, Mission Planning System)简称MPS,是无人机作战指挥系统的核心部分。作战任务规划系统通过计算机技术,基于地理信息系统、战场情报系统、综合数据链系统、无人机平台特性、战场(战区)威胁模型、专家决策系统、实时监视系统、任务推演系统等各种支持系统,通过调用底层各类数据库,为作战决策人员和作战任务规划人员提供可靠的综合战区信息,以制定最佳作战方案和最优飞行方案。一架装有飞行控制计算机和任务控制计算机的无人机在强大任务规划系统的支持下,能够对目标进行准确打击或信息获取。无人机在着陆时,通过任务规划系统设计的着陆航线和任务控制等,能够确保无人机安全着陆,这对无人机尤其是大型无人机而言,是最为核心的问题之一。本文就合作完成的基于三维地理环境的无人机任务规划系统设计和实现的方法进行论述。

2 系统的总体设计

2.1 设计的目标和主要内容

(1) 设计目标

实现三维场景中无人机自动航路规划、自动任务布置、自动武器配置;充分利用战场实时信息,初步实现无人机实时航路规划;利用相关硬件设施,建立完善的无人机作战任务推演模块;初步建立智能决策系统,能自动生成无人机目标分配方案和多机场出动方案;建立多机种无人机实时监视模块;系统将基本解决无人机的超低空飞行问题,实现无人机飞行过程中的地形回避和地形跟随能力。

2.2 技术路线及流程图

(1) 技术路线及流程图

系统的技术路线以系统开发的目标为出发点,通过对无人机执行任务分析,建立地理空间信息框架数据库和专题数据库,在各种数据库基础上,结合实际应用需求,基于三维地理信息平台 and 无线电通讯技术,采用动感效果比较好的FLEX开发平台二次开发而成。如图1所示。

(2) 系统运行环境设计

①操作系统: Microsoft Window 2000/XP/win 7.0;

②开发语言: Microsoft Visual Studio .Net 2005、Microsoft Visual Basic 6.0、HTML、VBScript、JavaScript、T-SQL等;

③三维地理信息平台: Skyline 5.1;

④数据库: Access 2000;

⑤数据处理软件: ArcGIS、ERDAS、PCI等;

⑥建模软件: 3DMAX;

(3) 系统硬件最低配置:

CPU 主频: Pentium IV 3.0GHZ

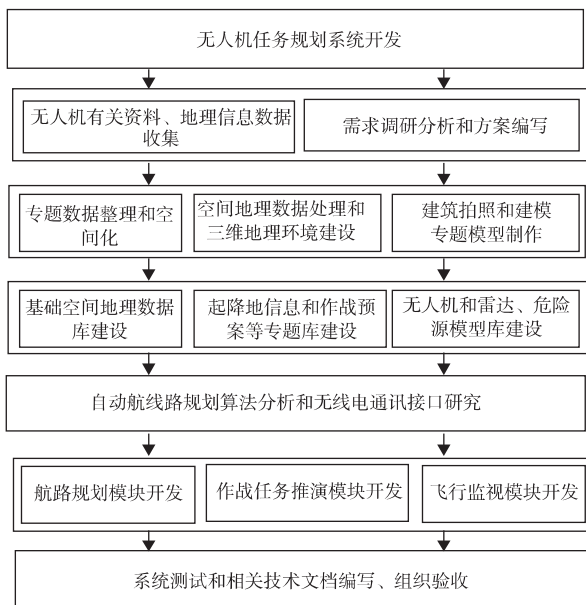


图1 系统实现的技术路线流程图

内存: 2G 内存 硬盘容量: 80GB

网卡: 100M 网络适配器

显卡: 独立显卡、4G 显存

2.3 系统总体框架设计

(1) 设计原则

系统设计遵循原则: 先进性和实用性原则; 规范性原则; 安全性和保密性原则; 扩展性和灵活性原则; 可靠性和稳定性原则; 易管理性原则; 整体规划、分段实施原则。

(2) 系统总体框架结构

无人机任务规划系统的开发主要包括三个层次: 基础支持层、数据存储层、应用系统层。系统总体框架结构, 如图2所示。

2.4 系统功能模块设计

(1) 飞行任务规划模块设计

飞行任务规划模块主要包括: 视图工具、量测工具、图层控制、航路编辑、参数设置和信息传输等, 如图3所示。

(2) 作战推演模块设计

作战推演模块包括: 视图工具、模型设置、运动参数、场景切换和模拟飞行控制等, 如图4所示。

(3) 任务实时监视模块设计

任务实时监视模块包括: 视图工具、航迹显示、任务管理、信息传输和模拟飞行控制等, 如图5所示。

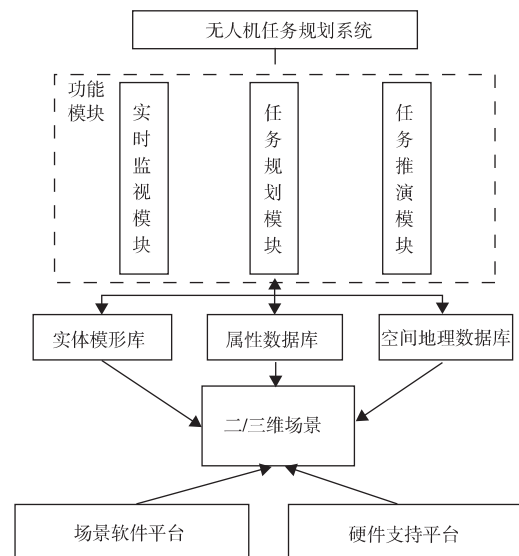


图2 系统总体框架结构图

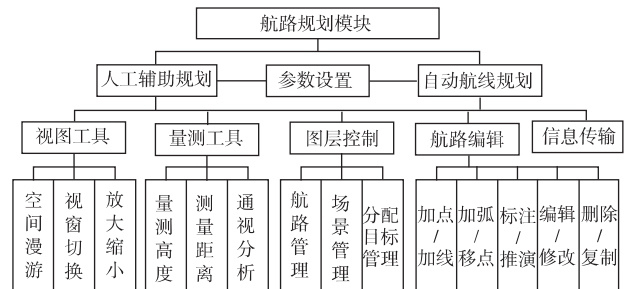


图3 任务规划模块结构图

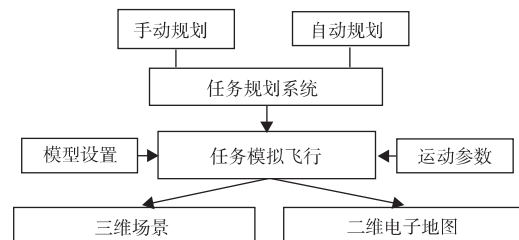


图4 作战推演结构图

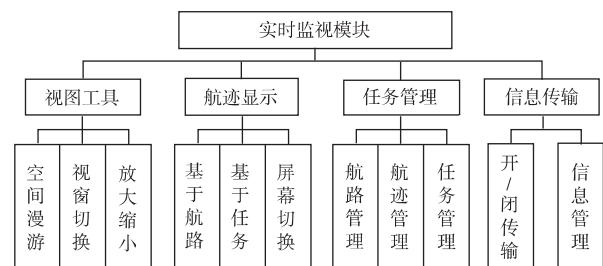


图5 任务实时监视结构图

2.5 数据库设计

(1) 空间地理数据处理

1: 50000 数字高程模型数据, 格网间距 25 m、10 m 分辨率彩色遥感影像数据处理; 1 m 分辨率彩色遥感影像数据处理; 1: 250000 数字高程模型数据,

15 m分辨率彩色遥感影像数据处理; 三维建筑模型建立, 包括: 建筑物、道路、植被、路灯、标牌等。

(2) 专题数据处理

雷达、导弹、高射炮等危险源基本参数; 不同机场的人员、无人机配置情况等; 有关的符号模型; 各种常见无人机模型库, 包括机型参数; 保存的各种规划航路和航迹信息。

(3) 数据库逻辑结构设计

无人机任务规划系统数据库数据主要包括: 影像数据、高程模型数据、矢量数据和危险源数据等, 如图6所示。

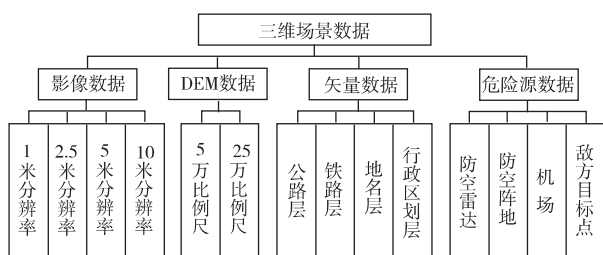


图6 数据库逻辑结构设计图

3 系统实现的关键技术及系统功能的实现

3.1 面向服务构架(SOA)技术

ArcGIS Engine 开发工具是基于桌面的 GIS 产品, 支持 SOA 构架, 它的功能强大, 用于构建集中管理的、支持多用户的、具备高级 GIS 功能的企业级 GIS 应用与服务; 是用户创建工作组、部门和企业级 GIS 应用的平台, 通过 ArcGIS Engine 创建集中管理的、支持多用户的、提供丰富的 GIS 功能, 并且满足工业标准的 GIS 应用, 提供广泛的基于桌面的 GIS 服务, 以支持在分布式环境下实现地理数据管理、地图制图、地理处理、空间分析、数据编辑和其它的 GIS 功能。

3.2 海量数据高效集成管理技术

terra developer 开发工具集成了多级海量三维数据的存储交换技术、影像金字塔技术、多细节等级三维模型技术、多线程调度技术, 在多元多尺度海量数据一体化管理上能够做到与关系库的无缝集成, 系统提供地表及地上建筑物组成的海量数据三维景观的全局或局部实时漫游, 全面使用 LOD 技术, 实现各个 LOD 等级间的平滑切换, 保证场景漫游速度的平稳流畅。

3.3 系统功能的实现

系统集成采用二次开发模式, 以 .NET 为开发平

台, 以 ESRI 的 ArcGIS Engine 和 skyline 开发库为基础进行二次开发。系统主界面如图7所示。



图7 无人机任务规划系统主界面

系统功能主要包括飞行任务规划、飞行任务推演和任务实时监视三部分。

3.3.1 飞行任务规划实现(如图8)



图8 任务规划模块操作三维场景界面

主要实现功能:

(1) 基本视图及量测操作, 即场景上的放大、缩小、平移、量距等。

(2) 制定、修改、删除、复制单架飞行对象的飞行任务, 在地理空间三维场景中及时刷新并显示真实规划路线。

(3) 编辑维护飞行计划中各任务点的任务属性; 以仪表可视化的方法即时显示部分重要性能列表数据供任务制定人员查询确认; 对于每个任务点均可以显示该任务点与其相邻任务点的飞行距离、飞行时间和耗油量; 对于每个任务点均可以显示该任务点从出发点开始的累计飞行距离、飞行时间、总油量、总耗油量、剩余油量。

(4) 给定任务起始点和目标点, 以地形与飞行距离为代价完成地形跟随与地形回避, 自动生成规划航路。

3.3.2 作战推演模块实现(参见图9)

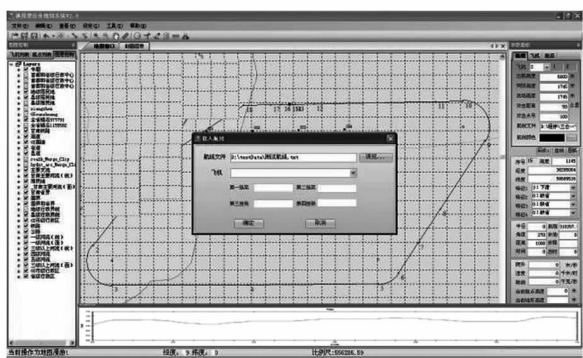


图9 作战推演模块界面

主要实现功能:

(1) 在二维状态下,根据规划完成的航线,驱动二维飞机模型按航线飞行,并显示用户所选择的显示参数。

(2) 对每条航线的起飞时间、飞机机号、飞机模型的颜色、航迹颜色等相关参数进行设置。

(3) 指定飞行规划中单架飞行对象在三维地形模拟场景中,以给定参数进行作战推演,且实现多角度多视野的观察。

(4) 群组作战在二/三维场景中的作战推演。

(5) 航线动态调整,即用户可通过输入设备,如鼠标、键盘或操纵杆等进行作战推演,并将其航迹以矢量方式记录于二维场景中生成修改后的航路。

3.3.3 任务实时监控模块实现(参见图10)

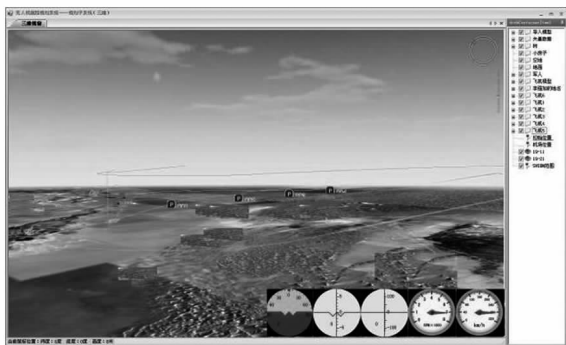


图10 任务实时监控模块界面

主要实现功能:

(1) 基本视图及量测操作,即场景上的放大、缩小、平移、量距等功能;在二维场景中实时绘制航迹及其相关属性的设置,如线型、颜色等;三维场景中的漫游、指北、量测、测高及场景阴影的设置;在三维场景中控制视角,即实现左视、右视、后视、前视、后上方视角。

(2) 在双屏幕中实现航路及无人机模型在二、三维场景的飞行状态并保持两者联动。并实现在三维

场景中模拟无人机的各种飞行姿态,如:收放起落架、爬升、下降和转弯等。

(3) 对航线轨道剖面图、基于位置飞行高度图的显示。

(4) 飞行参数显示:通过可视化方法(仪表或面板)显示飞行状态的基本状态,如油耗、姿态、速度,及其位置、高度、剩余油量等基本参数。

(5) 完成航路的存储、删除、更名、查询、显示及其录像及根据数据库中的数据进行回放模拟飞行。

(6) 通信设置:接收局域网的实时数据及相关设置,如飞机型号设置、端口号设置、新建航线设置、初始位置设置。

4 结 语

在该系统中引入GIS、数据库和虚拟现实等技术,可以有效的提高无人机的作战能力,提高军事打击的有效性;GIS提供的智能决策支持功能,能够为无人机任务规划提供决策支持;根据众多决策者的决策经验知识建设专家系统知识库,使得决策支持趋于人工智能化。此任务规划系统不但能够利用详细的战区环境信息,而且可以事先对突防航路做出合理规划,可以极大地提高飞行器的生存能力。

该任务规划系统具有以下优点:

(1) 充分利用敌情信息和地形信息,得到的航路能最大限度地借助地形掩护,

并避开地形障碍和敌方防空火力,因而具有更好的隐蔽性和更高的生存能力;考虑了飞行器自身的一些性能约束,确保了得到的航路是可供飞行器飞行的航路;

(2) 对于攻击型作战任务,考虑了作战任务要求及攻击的火力配备和梯次,能为各种飞行器规划合适的攻击航路,达到协同作战的目的,从而提高了任务的成功率;对于侦察、监视作战任务,考虑作战任务要求,为飞行器规划合适的侦察、监视航路,提高任务的效能;

(3) 考虑了燃料限制、禁飞区限制和飞行员的工作负荷及乘坐品质等因素,因此完成任务的代价小,可靠性高。

参考文献:

- [1] 赵志军,张欣景,谢国新,等.航路规划中数字地图单元格代价计算模型研究[J]. (下转第11页)

与观测量的函数模型在融合解中的贡献值。序列中存在波动主要是由于当观测存在异常或状态产生异常扰动时,滤波融合解的容错性较差。方案 3 采用基于方差分量估计的自适应融合解,通过自适应因子合理的调整了动力学模型预报信息的贡献,其融合解具有较强的先验方差调节能力和自适应调节动力学模型贡献的功能。从而使融合解的误差序列较方案 1 和方案 2 的更加平缓。

图 5 为对三种方案定位结果在 X 、 Y 、 Z 三个方向上误差 RMS 值的统计图。图 5 进一步验证了顾及动力学模型的方差分量估计计算融合导航解较单独使用方差分量估计或滤波求得的融合解更加稳定可靠。

3 结 论

本文对 GNSS 组合定位中如何获得更加合理的融合解进行了探讨。分析了方差分量估计法、卡尔曼滤波法、基于方差分量估计的自适应融合滤波法三种方法的优缺点及各自的适用范围。

基于验证结果可知,对于 GNSS 组合定位,采用基于方差分量估计的自适应融合滤波的方法将方差分量估计与滤波优势互补。实现了实时合理地分配了各导航系统在融合导航解中的贡献,从而使得融合导航解达到最优。

参考文献:

- [1] 杨霞,党亚民,成英燕,等. GNSS 多卫星系统数据预处理方法研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2009, 29(1): 101-105.
- [2] Leick A, et al. Assessing GLONASS observation. In: Proceedings of ION GPS 98. Nashville: 1998. 1608 -

1612.

- [3] 高星伟,葛茂荣. GPS/GLONASS 伪距差分的数据处理[J]. 测绘通报, 2006, 6: 1-3.
- [4] 段举举,沈云中. 基于方差分量估计的 GPS/GLONASS 组合点定位[J]. 测绘通报, 2011(4): 4-6.
- [5] 崔希璋,於宗涛,陶本藻,等. 广义测量平差[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009.
- [6] 马运鹏. 基于 TMS320C6746 的多模 GNSS 接收机计算技术的研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
- [7] 任锴. GPS/GLONASS 组合定位及 RAIM 研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2009.
- [8] 杨元喜. 自适应动态导航定位[M]. 北京: 测绘出版社, 2006.
- [9] 胡从玮,刘大杰. 基于方差分量估计原理的自适应卡尔曼滤波及其应用[J]. 测绘学院学报, 2002, 19(1): 15-18.
- [10] 贾沛璋,朱征桃. 最优估计及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [11] 胡国荣,欧吉坤. 改进的高动态 GPS 定位自适应卡尔曼滤波方法[J]. 测绘学报, 1999, 28(4).
- [12] 杨元喜,高为广. 基于方差分量估计的自适应融合导航[J]. 测绘学报, 2004, 33(1): 22-26.
- [13] YANG Y, HE H, XU G. Adaptively Robust Filtering for Kinematic Geodetic Positioning[J]. Journal of Geodesy, 2001, 75(2/3): 109-116.
- [14] 李伟. GPS 精密单点定位算法研究与软件实现[D]. 北京: 中国测绘科学研究院, 2010.

作者简介: 韦铖(1987-) 男, 山东淄博人, 硕士研究生, 毕业于山东科技大学, 现在青岛市勘察测绘研究院工作。

(收稿日期: 2013-10-11)

(上接第 7 页)

- 电光与控制, 2007, 14(5): 141-144.
- [2] 梁伟, 李新国. 基于数字地图预处理的低空突防航迹规划[J]. 飞行力学, 2008, 26(4): 81-85.
- [3] 石铄, 梁鹤. 基于数据链的三维航迹规划算法研究[J]. 航天控制, 2008, 26(1): 26-32.
- [4] 蔡凯. 管明露. 使用 Dijkstra 算法的攻击机初始航迹研究[J]. 光电与控制, 2008, 15(11): 22-27.
- [5] 严江江, 丁明跃, 等. 一种基于可行优先的三维航迹规划方法[J]. 宇航学报, 2009, 30(1): 139-145.

- [6] 张雅妮, 高金源. 一种基于改进 A* 算法的三维航迹规划方法[J]. 飞行力学, 2008, 26(1): 48-51.

作者简介: 王有弢(1962-) 男, 甘肃永登人, 高级工程师, 主要从事地理信息系统集成和管理工作的。

(收稿日期: 2013-08-30)