

基于 Android 的导游无人机的地面站设计^①

吴文志 叶瑞哲 沙锋
(厦门理工学院 福建厦门 361000)

摘要 [目的] 基于某种型号导游无人机飞行及导航控制的要求, 设计一套导游无人机地面站系统。[方法] 以JAVA为可视化语言为开发工具, 嵌入OpenGL开源软件库进行渲染, 设计了一套界面友好、操作方便、功能齐全的导游无人机地面站系统。地面站系统作为导游无人机与用户的媒介, 提供用户输入、路径规划导游及语音视频输出功能。[结果] 利用地面站终端, 结合路径规划结果, 输出离散化控制量。导游无人机通过飞行控制计算机的PID算法控制位置, 实现无人机的智能飞行。[局限] 由于其只在离线环境中运行, 许多重要环境未能完全涉及。[结论] 实验测试验证了本研究编写的基于Android 地面站软件设计的可行性, 并实现了人性化的人机界面和导航控制功能, 通用性好, 具有很好的应用前景。

关键词 地面站; Android; 导游无人机

Design of Guided UAV Ground Control Station Base on Android

Wu Wenzhi Ye Ruizhe Sha Feng
(Xiamen University of Technology, Xiamen, Fujian, 361000, China)

Abstract [Objective] This study is aimed at the requirements of guided navigation and navigation control for a certain type of UAV. [Methods] Designed a friendly, unmanned ground control station (GCS) system. With friendly interface, convenient operation and complete functions. As a medium for guided drones and users, the ground station system provides user input, path planning guides and voice and video output functions. [Results] At the same time, using the ground station terminal, combined with the path planning result, the discretization control amount is output. The guided drone realizes the intelligent flight of the drone under the flight control computer position control PID. [Limitations] Because of its wide application, many

^①本文系福建省中青年教师教育科研项目“基于IPv6的无人机集群通讯研究”(项目编号: JAT191921)的研究成果之一。

important technologies were not fully involved. [**Conclusions**] The experimental test verifies the feasibility of the Android ground control station software design written in this study, and realizes the humanized human-machine interface and navigation control function. It has good versatility and has a good application prospect.

Keywords Ground control station; Android; Guided UAV

1 引言

智能导游是智能交通的一部分,具有广泛的应用前景^[1],新型四旋翼导游无人机相对于人工导游具有导游效率高、交互性好、成本低等优点。本系统通过利用人机交互获取导游起点、终点位置,地面站通过路径规划获取最佳路线,从而进行导游。地面站软件通过对四旋翼导游飞机进行遥控遥测,获取GPS数据,并辅以电子罗盘及超声波模块,从而获取无人机的实时地理位置,并智能选择下一个目标地理位置,实现导游功能。

2 导游无人机系统简介

随着无人机的不断发展,无人机商用已经越来越普遍,导游无人机的使用也应运而生。导游无人机作为智能交通的一部分,主要应用于景点、商场、高校等环境^[2],为游客提供智能导游服务。

典型的无人机由四旋翼飞行器、手持地面站及用户输入模块三部分组成^[3],其机构图如图1中所示。在图1中,用户通过输入模块将导游目的地输入地面站,同时,导游飞行器通过地面站将飞行信息发送给地面站。

本文设计研究一种基于Android(安卓系统)的导游无人机地面站。用户通过手持终端输入模块将自己需要的目的地输入地面站,地面站获取飞行器位置信息及用户输入信息,通过路径规划,规划出游客到达目的地的最佳路径,并通过无人机引导实现智能导游。同时,地面站通过回显无人机视角的实时景观及无人



图1 导游无人机机构图

机姿态信息为游客提供最佳的旅游体验。

3 地面站软件总体设计

无人机地面控制系统,即地面站GCS(ground control station),是无人机的重要组成部分。它是无人机系统的指挥中心^[4-6],同时以数字和图形形式提供无人机飞行状态、图像侦察信息,实现对无人机全系统的监控^[7-8]。Android的导游无人机地面站主要是基于手持终端设备,通过无线连接至导游飞行器,地面站作为无人机与用户的媒介,实现无人机与用户友好交互的功能。

基于Android的导游无人机地面站软件总体设计如图2所示。

在图2中,基于Android的导游无人机地面站主要包括用户接口模块、路径规划模块、无人机视频信息模块、无人机遥测接收模块和通信模块。用户通过用户接口模块将导航信息输入地面站,路径规划模块读取用户当前位置及

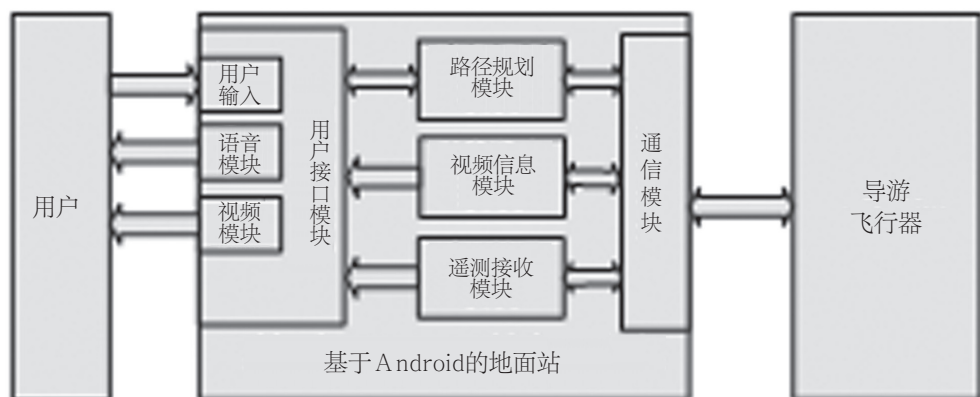


图2 基于 Android 的导游无人机地面站软件总体设计图

目标位置,进行最佳路径规划,并通过无线模块发送至导游飞行器,导游飞行器根据所规划的路径对用户进行飞行导游,并实时将视频信息及姿态信息回显至用户接口模块中,并在显示器中进行显示。

为了确保导游无人机在互联网缺失的情况下依然能够使用,基于Android的地面站首先需要加载Google离线地图到本地,通过对路口位置信息进行编码,形成本地的查询表,并加上路径加权值,为路径规划模块的快速使用提供条件。每次进行路径规划时,产生最佳路径后,须将当前路径插入最优路径数据库中。下次进行相同位置路径规划,就可以优先查找最优路径数据库中的数据了。

4 地面站软件详细设计

基于Android的导游无人机地面站软件流程如图3所示。

在图3中,用户首先输入目的地信息,系统判断是否合法,并进行路径规划,路径规划后得到用户到达目的地的最佳路径。再将其离散化为控制量,通过通信模块发送至无人机,无人机中飞行控制计算机通过PID算法进行导航。无人机接收到控制信息后,通过内置飞行控制计算机进行飞行,然后将姿态信息和视频

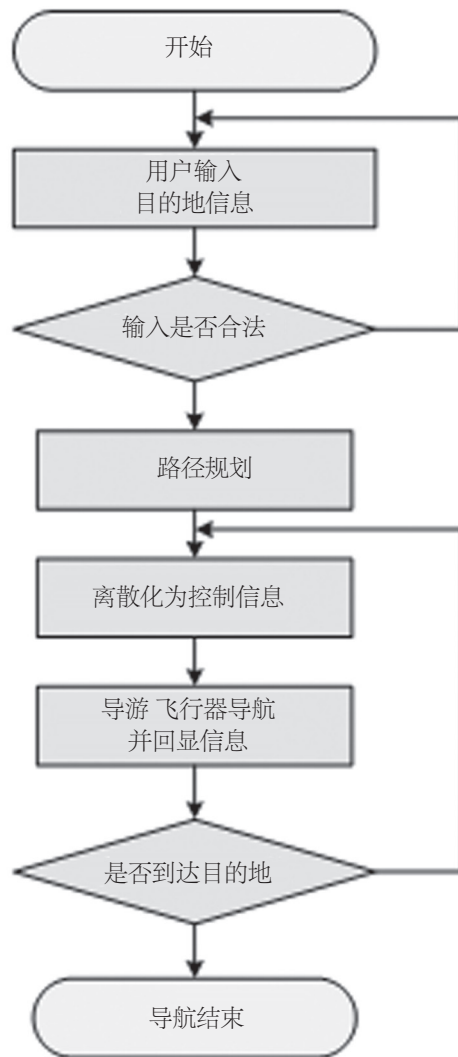


图3 基于 Android 的导游无人机地面站软件流程

信息通过遥测模块回显至地面站。本小结地面站软件详细设计主要包括地面站软件界面设计和路径规划设计。

4.1 地面站软件界面设计

鉴于该系统的任务流程设计，本设计将界面设计分为如下四个组成结构：用户选择界面，导游地图显示界面，遥测数据显示界面，无人机视频显示界面。

（1）用户选择界面：地面站对接用户的重要接口，用户输入功能为用户提供数据输入功能。首先由用户对目的地址进行选择，同时GPS获取用户的当前位置，通过这两个位置信息的获取，通过最优路径算法对路径进行筛选，从而得到最佳导游路径。

（2）导游地图显示界面：在手持终端对Google离线地图进行载入，通过获取当前位置信息及用户输入信息，查找数据库，获取其地图上的像素点位置，结合路径规划信息，再通过OpenGL函数库对无人机进行建模美化，对

导游地图进行动态显示。

（3）遥测数据显示界面：遥测数据接收模块负责地面站与无人机之间的通信。首先，在无人机系统中建立一个web服务，并采用Socket编程与地面站进行通讯。地面站通过Wi-Fi无线连接导游无人机，并启用相应UDP端口进行数据接收，进行渲染并显示。显示的数据包括飞行时间、飞行姿态、飞行速度、已飞行距离及待飞行距离。

（4）无人机视频显示界面：接收导游飞行器的视频数据后，通过OpenGL进行建模，将遥测数据及无人机视角视频进行显示。同时，将无人机飞行方向通过语音对用户进行播放提醒，提升用户的体验感。

4.2 路径规划设计

路径规划设计是整个导游地面站的核心模块，是导游无人机系统的中心，合理的路径规划能够为用户提供优秀的导游体验。路径规划设计结构如图4所示。

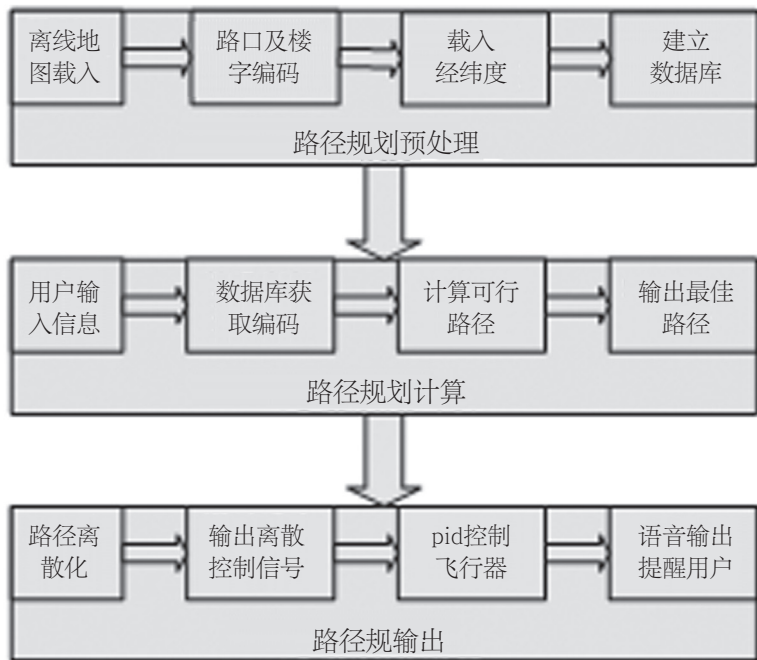


图4 路径规划设计结构图

在图4中, 路径规划流程由路径规划预处理、路径规划计算和路径规划输出三个结构构成。

(1) 路径规划预处理。

路径规划预处理主要是建立离线地图数据离散化数据库, 进而为路径计算提供数据库服务, 通过不断更新与维护数据库, 为路径规划计算提供依据。路径规划预处理首先载入

Google离线地图, 对各个楼宇及路口进行位置计算, 并根据道路进行编码。本设计采用三部分进行编码, 即横向道路编码、竖向道路编码和位置编码, 通过三个编码即可确定特定位置。载入位置的经纬度及图像的像素点位置信息后插入到数据库中, 同时, 更新当前位置与上一个路口和下一个路口之间的权重, 数据库数据格式如表1所示。

表 1 导游数据库数据格式表

横向	纵向	位置	名称	图像位置X	图像位置Y	经度	纬度	权重
6	4	21	北门	1167	164	11849.61024	3202.70751	[8 0 14 7 4 0]
4	3	12	综合楼	830	1267	11849.60426	3 202.47180	[9 16 5 8 4 2]
6	0	2	图书馆	1090	2476	11849.42962	3 202.39454	[14 0 0 4 3 3]

在表1中, 给出了部分学校位置的数据库数据。通过对学校各位置信息进行编码, 以横向道路编号、纵向道路编号及位置编码三个部分进行编码。如北门编码在第6横向道路与第4纵向道路上, 并且在第21的编号位置上, 需要到达北门需先往第6横向道路或者第4纵向道路方向导航。图像位置X与图像位置Y分别为离线地图上的图像像素点位置, 通过程序在地图上获取到确切数据, 并填入上表。经纬度信息为实时读取飞行器的GPS模块, 并获取得到经纬度信息。

权重信息为一个 1×6 矩阵 $A = [8 \ 0 \ 14 \ 7 \ 4 \ 0]$, 矩阵A的数值元素分别表示: 当前信息距离上个横向道路、下个横向道路、上个纵向道路、下个纵向道路、上个位置和下个位置的权重。其中, 权重为0表示无此位置信息。如表1中所示, 北门距离横向道路为5的距离权重为8; 距离横向道路距离为7的距离权重为0, 即无横向道路7; 北门距离纵向道路为3的距离权重为14; 距离纵向道路为5的距离权

重为7; 北门距离位置信息为20的距离权重为4, 而没有位置信息22的距离权重。权重信息首先通过图像位置计算而得, 后期随着导游数据的增加不断更新权重信息。

(2) 路径规划计算。

路径规划计算模块是导游无人机路径规划的核心, 路径规划主要是通过源位置及目的位置查找一条最短的路径, 根据路径信息修改道路权重信息, 更新到最优路径数据库中。其程序流程如下。

① 路径规划模块首先通过遥感数据获取导游无人机的位置信息, 同时, 根据用户输入模块得到目的地位置信息, 通过导游数据库查询得到初始位置及目的位置的所有编码信息。

② 根据初始位置及目的位置的编码信息依次进行组合路径, 并通过计算每一条路径的权重, 得出所有导游路线的路线总权重, 然后通过比较各个路线的总权重得出最佳路径。

③ 根据得出的最佳路径, 更新导游数据库数据, 将降低最佳路径的总路径权重, 进而

后期快速得出最佳路径。并将最优路径信息输入导游数据库，进而得到最优路径数据库。

④ 最优路径数据库生成后，路径规划计算首先查找最优路径数据库，倘若数据存在，则使用数据库中数据；倘若数据库中数据不存在，重复①—③步骤，获取最佳路径，并更新

最优路径数据库。

通过不断更新及优化最优路径数据库，路径规划计算模块处理数据速度将不断提升，并同时为路径规划输出至地图提供服务。最优路径数据库里的元素为 $N \times 6$ 的矩阵，其结构如表2所示。

表 2 最优路径数据库数据格式表

横向道路	纵向道路	位置	名称	图像位置X	图像位置Y
5	4	21	北门	1167	164
5	0	0	路口4	870	2721
3	0	0	路口2	458	2699
3	2	8	机电学院	621	1423

在表2中，显示一条从北门到机电学院的最优路径数据，其数据格式为 4×6 的矩阵 B ， B 的每一行元素表示一个经过位置的编码信息，每一行向量包括6个信息分别为横向道路编码、纵向道路编码、位置信息、位置名称及图像位置X与图像位置Y。通过将其位置X与位置Y结合OpenGL将路径在离线地图上绘制出来。

(3) 路径规划输出。

由上一步的路径规划计算得出用户到达目的地的最优路径，每个最优路径由多个小路线组成，因此控制信号也由多个相应的离散的数据组成。将数据库中的经纬度信息取出，形成一个 $N \times 2$ 的矩阵，通过将经纬度信息依次提取并发送至导游无人机中，再通过位置PID算法进行闭环控制，实现无人机沿着既定路径进行飞行^[10-11]。

同时，导游无人机将遥测数据下发至地面站，地面站根据遥测数据，将导游无人机飞行轨迹通过音频播出，并将无人机视角视频信息实时显示至地面站。

4.3 实验结果与分析

导游无人机地面站的功能测试，采用Android手机作为地面站终端设备，将地面站的应用软件安装至手机上。测试步骤如下。

(1) 首先，用户携带导游无人机及地面站至导游地点，开启导游无人机，并起飞至2.0m高度位置。飞行高度为2.0m主要考虑到用户安全问题，并结合语音音量衰减的问题。

(2) 地面站终端开启Wi-Fi功能，并连接至导游无人机上。

(3) 地面站软件开启，用户输入目的地信息。

(4) 导游开始，用户携带地面站终端跟随无人机进行游览，通过导游无人机视角观看景点风景并获得相关的语音播报信息。考虑到导游无人机的续航能力问题，实验时间设置为5min、10min和15min。

用户目的地输入界面图和地面站路径规划图分别如图5和图6所示。

在图5和图6中，可以看出导游无人机地面站能够准确且快速地规划出一条最佳路径，并



图 5 用户目的地输入界面图

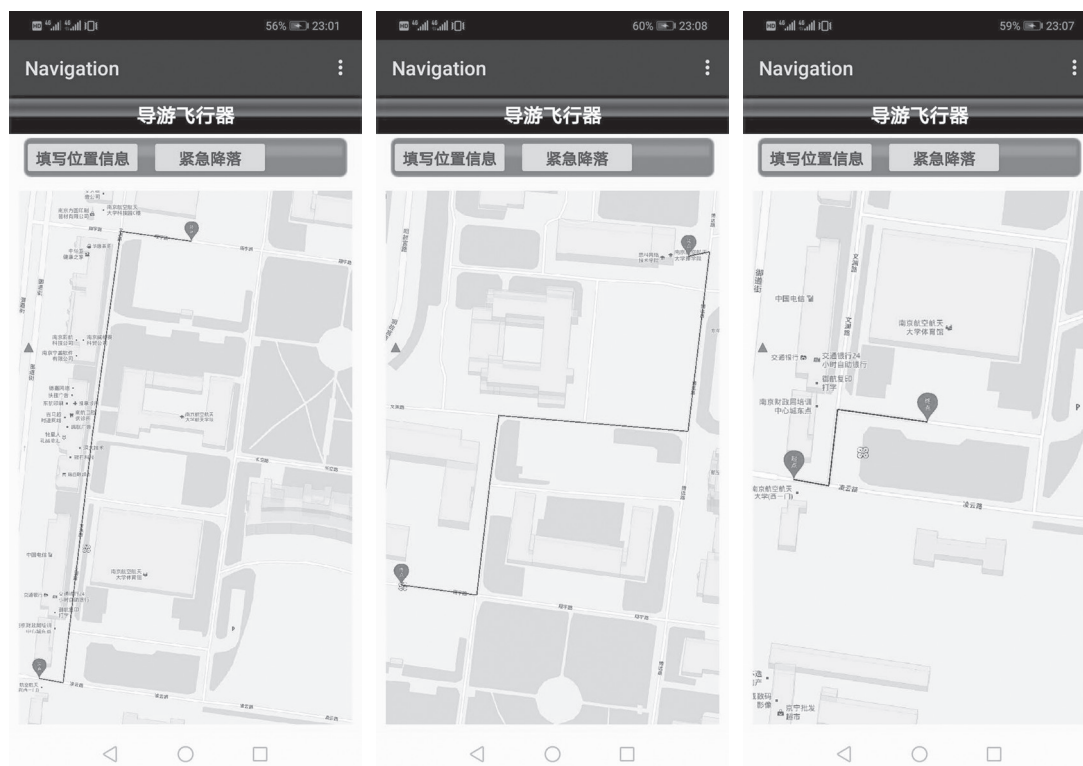


图 6 地面站路径规划图

将路径图通过OpenGL渲染至离线地图中，并将起点和终点位置准确地在地图中标出。

通过多次实验表明，地面站故障率趋近于0%，路径规划错误率也趋近于0%，路径规划

所需时间小于100ms，实验结果符合实际操作时间，满足用户的需求。实验结果统计表如下表3所示。

表3 实验结果

实验时间	故障次数	路径规划错误计数	路径规划时间
5min	0	0	<100ms
10min	0	0	<100ms
15min	0	0	<100ms

通过实验结果可以看出，本设计中地面站软件功能完善，路径规划算法合理，软件运行稳定，可作为一个民用导游地面站投入使用。同时，基于Android系统的地面站对终端要求低，每个拥有Android手机或者平板用户都可安装使用，与之前的无人机地面站相比，具有适用范围广，通用性强的特点^[12-13]。

5 结语

导游无人机系统作为智能交通设备，需要智能地面站作为辅助，作为用户与导游无人机之间的桥梁。本文设计了一款基于Android系统的地面站，可以在无法连接互联网的情况下实现智能导游。该地面站具有自我修正，提供快速规划路径，实时性好、稳定性好，通用性强，操作简单等特点，减轻了用户与飞行器的交互障碍，提高了导游效率，为游客提供最佳的旅游体验。同时，也为导游无人机的商用提供了必要的基础。

参考文献

- [1] 刘宇青, 邢博, 王庆生. 旅游产品创新影响体验感知价值的构型研究[J]. 经济管理, 2018, 40 (11): 157—173.

- [2] 周陈耀. 基于MapMatrix的数字线划地图制作[J]. 江西测绘, 2018 (04): 44—47.
- [3] 卢艳军, 刘季为, 张晓东. 无人机地面站发展的分析研究[J]. 沈阳航空航天大学学报, 2014, 31 (03): 60—64.
- [4] 邢镇. 小型无人机地面站软件设计[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2018.
- [5] 李大健, 贾伟, 刘慧霞, 等. 一种轻型察打一体化无人机系统设计[J]. 火力与指挥控制, 2014, 39 (03): 137—139.
- [6] 刘晨. 一种侦察打击一体化无人机地面站软件的设计与实现[J]. 传感器世界, 2018, 24 (07): 31—37.
- [7] 刘洋, 马丽娜, 刘磊. 无人机地面站飞行监控系统软件设计[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (01): 294—296.
- [8] 蓝丽金, 潘运丹, 李君弋. 基于STM32模拟智能导游机器人系统设计[J]. 数字技术与应用, 2016 (09): 145—146.
- [9] 贺敬. 校园导游机器人的设计与制作[J]. 电子测试, 2018 (11): 76—77.
- [10] 吴文志, 陈欣, 吕迅. 基于FlexRay的飞行仿真计算机1553B单元设计[J]. 电子设计工程, 2014, 22 (19): 160—

- 163+166.
- [11] COOMBES M, CHEN W H, LIU C J. Fixed Wing UAV Survey Coverage Path Planning in Wind for Improving Existing Ground Control Station Software. 中国自动化学会控制理论专业委员会. 第37届中国控制会议论文集 [C]. 中国自动化学会控制理论专业委员会, 2018: 6.
- [12] 葛荣, 乔大雷, 张超. 基于Android的无人船地面站控制和监测系统设计 [J]. 现代信息科技, 2018, 2 (09) : 177—178+180.