

·光电系统·

## 无人机导航系统的探索与研究

曾歆妍

(北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100191)

**摘要:**文中提出了无人机GPS/INS组合导航系统的解决方案。首先介绍导航系统的算法和原理,根据任务需求,给出硬件构成及软件核心程序流程。通过仿真结果证明,在组合系统中,采取PID控制以及卡尔曼滤波算法,大大提高了导航的精度。

**关键词:**无人机;组合导航;PID控制;卡尔曼滤波

中图分类号:TN966+.6

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2011)05-0011-02

## Exploration and Research of UAV Navigation System

ZENG Xin-yan

(College of Electronic and Information Engineering of Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** A resolution for an integrated navigation system of GPS and INS for UAV is put forward. Firstly, the algorithm and principle of the navigation system are introduced, the hardware composing and software core program are set up according to the demand for task. At last the simulation proved that PID controlling and Kalman filter algorithm used in the integration navigation system can improve the precision of the navigation system.

**Key words:** UAV; integration navigation; PID control; kalman filter

目前GPS/INS组合导航成为无人机导航系统的主流方向,由于这种组合系统的误差随时间累积。文中分析了组合系统中的误差来源,依此采用差分伪距的卫星定位测量方式,给出了核心程序流程,并对结果进行仿真,提出了卡尔曼滤波器提高系统测量精度的解决办法。

### 1 系统设计

首先建立起以惯导系统误差方程为基础的组合导航系统状态方程,并在导航系统误差的基础上建立组合系统的测量方程。系统硬件构成如图1。

系统由微惯性测量单元、GPS接收电路单元、卡

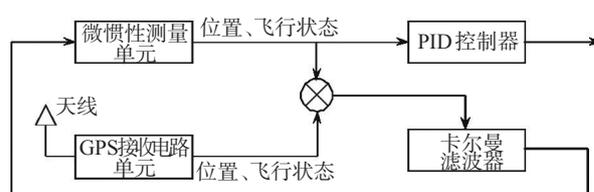


图1 小型无人机组导航系统组成原理

尔曼滤波器、PID控制器组成。该组合导航系统的状态方程描述为

$$Y(t) = F(t)X(t) + B(t)W(t) \quad (1)$$

$$X(t) = [\delta v_E \delta v_N \delta v_U \psi_E \psi_N \psi_U \delta l \delta \lambda \delta h \tau_x \tau_y \tau_z \theta_x \theta_y \theta_z \delta l_G \delta \lambda_G \delta h_G] \quad (2)$$

式(1)为系统状态方程;式(2)为系统观测方程,根据这两个方程即可建立卡尔曼滤波方程。

其中,下标 $E$ 、 $U$ 、 $N$ 分别表示地理坐标系的3个方向东、北、以及天;下标 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 表示无人机的数学坐标; $\delta v_E$ 、 $\delta v_N$ 、 $\delta v_U$ 表示惯性测量单元中速度值的误差; $\psi_E$ 、 $\psi_N$ 、 $\psi_U$ 表示角度误差; $\delta l$ 、 $\delta \lambda$ 、 $\delta h$ 表示经度纬度以及高度误差; $\tau_x$ 、 $\tau_y$ 、 $\tau_z$ 是惯性测量单元的漂移误差; $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ 是惯性测量单元的零位误差; $\delta l_G$ 、 $\delta \lambda_G$ 、 $\delta h_G$ 是GPS接收机的位置误差。其中, $X(t)$ 为状态变量 $W(t)$ 为惯性测量单元中互不相关的零均值高斯白噪声序列。

## 2 软件设计

组合导航系统的导航模式的切换由软件完成,此外比例、积分、微分算法、卡尔曼滤波算法由程序实现。首先给出软件流程图如图2。

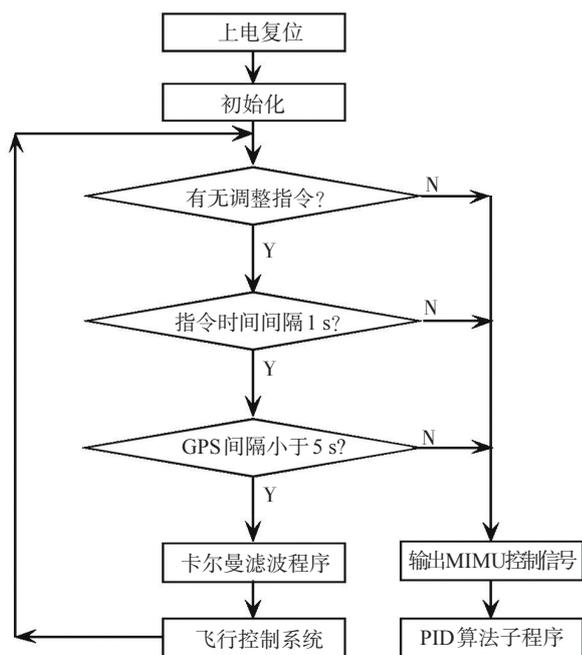


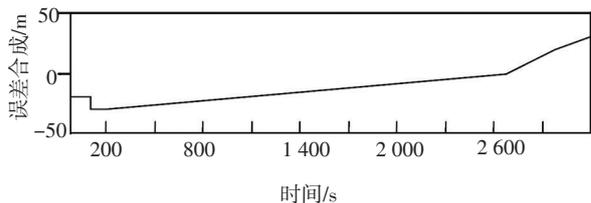
图2 小型无人机组合导航系统软件流程图

调整指令的间隔时间大于1 s说明飞机状态不需要快速更新,此时GPS信号的频率可以满足系统需求,采用GPS单独导航,反之则应采用惯性导航

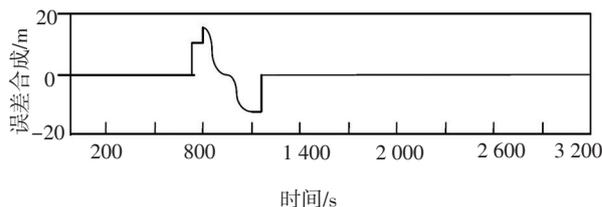
方式;5 s内接收不到GPS信号说明被外界电磁干扰,应当采取惯性导航方式。

## 3 仿真结果

由MATLAB生成系统误差的仿真曲线如图3所示。



(a) 惯性导航误差



(b) 加入卡尔曼滤波的组合系统导航误差

图3 由MATLAB生成系统误差的仿真曲线

图3a为采取惯性导航,其系统误差随时间的增加而递增,成线性变化,图3b显示,加入卡尔曼滤波器作为组合系统的接口后,误差出现了尖峰,但误差曲线收敛于零值。因此,卡尔曼滤波器加入后提高了组合系统的导航精度。

## 参考文献

- [1] 黄智刚,孙国良,冯文全,等.无线电导航原理与系统[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007:276-298.
- [2] 刘滨涛.导航卫星系统总体研究及星座改进方案仿真[J].航天控制,2005,23(1).
- [3] Godet J. GPS/Gallery Interference Analysis [C]// Proceedings of the Institute of Navigation ION GPS200. Salt Lake City, Utah, 2000.
- [4] Radio Navigation Department. GPS/Gallery Interference Analysis, Cross2Correlation and Popular Analysis in 11 [R]. Centre National d'Etudes Spatiale, Toulouse, 2000.