

基于 PC/104 的某型飞机操作控制台 地面导航仿真器设计*

郭 创, 张宗麟, 郝顺义

(空军工程大学工程学院, 陕西 西安 710038)

[摘要] 基于对某型飞机导航控制系统软件研究的基础上, 以 PC/104 微机为平台设计地面导航仿真器, 模拟导航计算机的空中有关导航功能, 实现与飞机实际操作控制台之间的通信, 并通过转换电路驱动了相应显示设备, 同时实现以太网数据同步监控、显示和处理等。该仿真器为飞行参数仿真、处理提供了一个简单可靠、适时的数据源; 以其形象直观、简易智能的控制过程对科研和教学有一定意义。

[关键词] PC/104; 导航; 仿真器; 通信

[中图分类号] V 241.62 [文献标识码] A

Design of the Ground Navigation Emulator of a Certain Type Airplane' Operation Console Based on PC/104

GUO Chuang, ZHANG Zong-lin, HAO Shun-yi

(Engineering Institute, AFEU, Xi'an 710038, China)

Abstract: According to the research of the navigation control system software of a certain type airplane, this paper designs the ground navigation emulator based on PC/104 micro-computer. It simulates some function of the navigation computer in the air, and realizes the communication between the real operation console and the computer, and drives some relevant display equipments through the transform circuit, and realizes the data monitor, display and disposal etc through the Ethernet at the same time. The emulator can offer a simple, reliable and timely data source to the simulation of fly data and promote the scientific research and teaching owing to its visualize, simple, intelligent control process.

Key words: PC/104; navigation; emulator; communication

1 前 言

某型飞机的基本导航方式是纯惯性计算, 导航计算机承担着整个导航过程的计算及控制。导航综合系统需要导航计算机和空中操作控制台的配合工作, 才能正确的按预先输入的飞行计划完成飞机的自动或人工导航等任务。而空中操作控制台是飞行员在空中操纵飞机完成改航、返航、着落等导航任务的直接控制机构, 对飞行员的操作具有容错、记忆、容许变更等复杂功能, 同时与其他机载设备控制交联关系复杂。

在对空中操作控制台与其他设备之间的通信关系研究的基础上, 设计地面仿真器对飞机空中飞行过程进行半实物仿真从而实现对相应显

示部件的控制, 同时可以实现相关数值仪表或电路的故障隔离检测; 为飞行参数仿真、处理提供了一个简单可靠、适时的数据源。

2 硬件接口电路原理

PC/104 微机是一种为了更好地满足工业控制或小型化设备的要求而开发出来的, 其总线遵循 IEEE996.1 国际标准, 在硬件和软件上与 PC 总线完全兼容。这种嵌入式 PC 机不但体积小, 结构紧凑, 组装灵活, 同时具有总线驱动电流小 (6mA), 功耗低 (1—2mA) 等许多优点, 在对体积和功耗等要求都很小的工业、航空、通信等众多领域有极广泛的应用。同时它能很好的运行 Windows95 操作系统, 这种硬件设备能为仿真

* 收稿日期: 2002-10-10

作者简介: 郭创 (1978—), 男, 湖南益阳人, 硕士研究生, 研究方向: 导航、制导与控制。

器软件设计提供良好的工作平台。

硬件接口电路设计原理是:通过工业控制计算机 PC/104 和接口电路板,模拟导航计算机在各种飞行操纵方式下,实现对已编入程序的预定飞行计划的飞行,同时对导航控制台发送的控制信号(指令),经转换接收电路处理后,通过 PC/104 总线实现与微机之间的通信,分析信号性质,进行导航参数适时解算、显示,并经过发送转换电路, D/A 旋变转换等驱动航道罗盘等相应显示设备,并能通过以太网实现网络监测、数据存储、处理等功能。

硬件接口电路如图 1 所示。

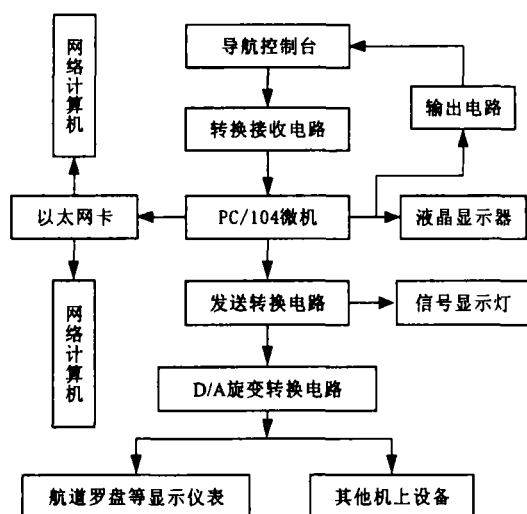


图 1 硬件接口原理

3 软件程序设计

空中操作控制台接口软件设计包括两部分:一是硬件接口程序设计,实现控制台与 PC/104 的通信及驱动相应显示设备或相关电路;二是软件仿真程序设计,模拟飞机在空中的飞行轨迹,形成导航参数输出、相关仪表显示、控制以及与以太网的数据传输与监控等。

3.1 硬件接口程序设计

PC/104 接收控制指令采取软件查询方式,接收电路接收到控制台控制指令后,经处理形成指令信息送至 PC/104 查询端口。为高效利用 CPU 时间,软件程序开辟一个专用于端口侦听的线程,每隔一定时间对端口状态进行查询,如有控制指令则进行指令消息识别、编码,送入队列,同时向应用程序发送消息,应用程序接到消息后自动运行消息处理函数,执行相应功能,接

口程序流程如图 2 所示。

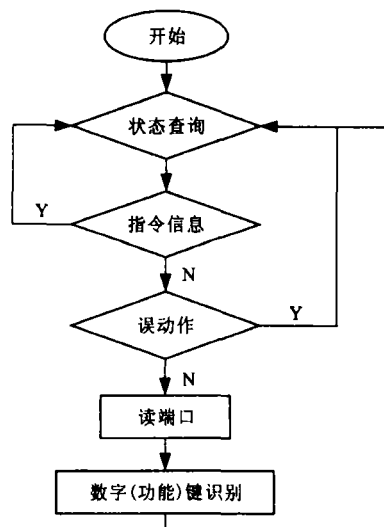


图 2 接口程序流程图

3.2 软件仿真算法

飞机在真实的飞行过程中,由于实际航向和给定航向总有一定偏差,为了真实的模拟这一过程,就要设计一个既能偏离预定航线,又能返回的仿真轨迹。

由惯性导航的基本原理知:导航计算机是根据惯导系统的水平速度来计算纬度 φ 、经度 λ 和航向 Ψ 的,模拟飞行首先需要模拟北向和东向水平速度,其过程比较复杂,可简化设计如下:

$$\begin{aligned}\varphi &= \varphi_0 + \frac{1}{R} \int_0^t V \cos \Psi_N dt \\ \lambda &= \lambda_0 + \frac{1}{R \cos \varphi_0} \int_0^t V \sin \Psi_N dt \\ \Psi_N &= \arctg \frac{V_E}{V_N}\end{aligned}\quad (1)$$

式中: V_N 、 V_E 分别为北向和东向水平速度; Ψ_N 为真航向; R 为地球半径; V 为地速。

这样,地速 V 可一次性输入一个固定数值,通过模拟真航向 Ψ_N 即可实现模拟飞行。在输入航路点及给定操纵方式后,导航计算机便自动建立一条航线,也即确定了给定航向,要使飞机保持在预定的航线上,就要求真航向与给定航向相一致,模拟真航向的问题便转化为通过软件控制真航向的问题。

对真航向的控制即是为了消除真航向与给定航向 Ψ_C 之间的失调量,因此,首先要对倾斜角 γ 加以控制,由文献[1]可知:

$$\gamma(S) = \frac{i_{\Delta\psi}^{\gamma}}{TS+1} \cdot \Delta\psi(S), \quad \Delta\psi = \psi_c - \psi_N \quad (2)$$

其中: $i_{\Delta\psi}^{\gamma}$ 为传动比, 与飞行速度有关; T 为时间常数; $\Delta\psi$ 为航向失调量。

根据动力学知识, 航向变化率为 $\dot{\psi}_N = g \times \tan \gamma / V$, g 是重力加速度, 设计时将 r 限制在较小角度内, 于是, 航向变化率简化为 $\dot{\psi} = g\gamma / V$, 拉氏变换为:

$$\psi_N(S) = \frac{i_{\psi}^{\gamma}}{S} \cdot \gamma(S), \quad i_{\psi}^{\gamma} = g/V \quad (3)$$

式(2)和式(3)线性方程形式为:

$$\begin{bmatrix} \dot{\gamma} \\ \dot{\psi}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1/T & 0 \\ i_{\psi}^{\gamma} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma \\ \psi_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} i_{\Delta\psi}^{\gamma}/T \\ 0 \end{bmatrix} \Delta\psi \quad (4)$$

航向控制结构图如图 3 所示。

根据图 3 可知真航向及倾斜角计算式:

$$\gamma(S) = \frac{i_{\Delta\psi}^{\gamma} S}{TS^2 + S + i_{\Delta\psi}^{\gamma} \times i_{\psi}^{\gamma}} \cdot \psi_c(S) \quad (5)$$

$$\psi_N(S) = \frac{i_{\Delta\psi}^{\gamma} \times i_{\psi}^{\gamma}}{TS^2 + S + i_{\Delta\psi}^{\gamma} \times i_{\psi}^{\gamma}} \cdot \psi_c(S) \quad (6)$$

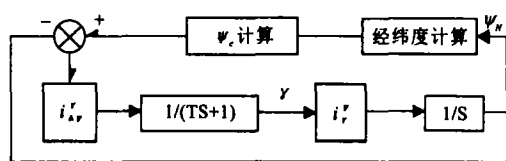


图 3 航向控制结构图

由文献[1]可知, 仿真器模拟飞行时, 取地速为 1000km/h, 传动比 $i_{\Delta\psi}^{\gamma} = 3.6$, $i_{\psi}^{\gamma} = 0.03528$, 根据上述条件, 经过计算机仿真, 当时间常数 T 在 1.0~1.24s 之间取值时, 真航向响应过程最平滑、倾斜角的峰值最小, 最利于航向变化率的简化计算。

而导航计算机的计算周期为 0.15s, 取 $T = 1.12s$, 导航软件设计采用如下离散化方程:

$$\begin{aligned} \Delta\psi_{k-1} &= \psi_{c,k-1} - \psi_{N,k-1} \\ \begin{bmatrix} \gamma_k \\ \psi_{N,k} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0.87465 & 0 \\ 0.004953 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{k-1} \\ \psi_{N,k-1} \end{bmatrix} + \\ &\quad \begin{bmatrix} 0.45125 \\ 0.00122 \end{bmatrix} \Delta\psi_{k-1} \quad (7) \end{aligned}$$

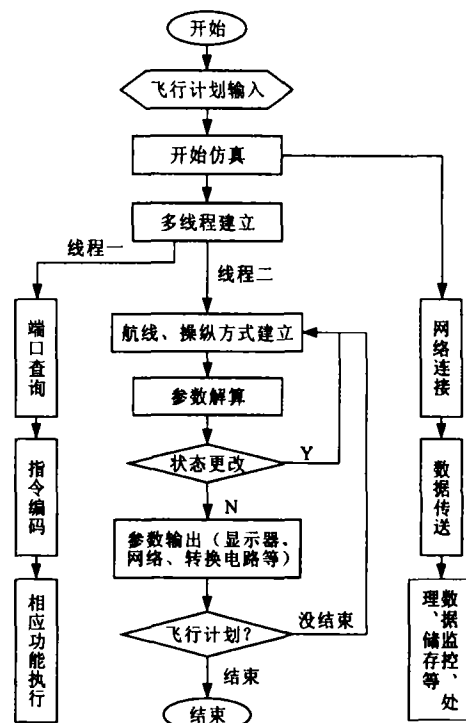
3.3 软件仿真程序设计

目前 Windows 操作系统应用最为广泛, 对最终用户而言, Windows 系统应用软件和硬件支持丰富、用户界面友好, 是首选的应用平台; 对软件开发者而言, Win32 环境支持抢先的多任务

和多线程, 支持真正的 32 位编程, 支持图形用户界面(GUI)设计, 成为软件开发的重要平台。Visual C++6.0 语言是一种高效、成熟、灵活的程序设计语言, 可以轻松的实现基于消息处理和多任务环境的 Windows 程序。

软件设计采用了多线程、Winsock 网络编程、自定义消息以及多媒体定时器等技术。硬件接口电路、应用程序初始化后, 在完成飞行计划的输入后便开始地面仿真过程。线程一用于转换接收电路端口状态查询, 对其发送来的指令进行编码、识别和相应功能函数调用等; 线程二用于特定飞行操纵方式下导航参数的循环解算以及显示、输出至发送转换电路等。连接到服务器的网络计算机则接收以导航参数为主信息的结构体, 进行同步监控、处理和显示等。在仿真过程中, 对于航线、操纵方式、着落等的状态更改, 仿真器将进行适时响应处理, 飞行计划完成后能自动着陆, 从而结束仿真过程。

主程序流程图如图 4 所示。



注: “状态更改”包括: 航线更改、操纵方式更改、着落等

图 4 主程序流程图

4 结论及意义

该仿真器软件算法与原型飞机程序分析的结论是一致的。它实现了地面条件下对预定飞行

计划的模拟飞行。电路设计具有良好的适时性、准确性、简易操纵性等特点。

导航参数输出一部分送到相应仪表显示和需要数值量的设备;一部分经 D/A 旋变转换后,将精确的数字量转换为需要模拟量的正余弦信号的航道罗盘等。

该仿真器可以在简单的实验条件下,不需要用开惯导、导航计算机等设备就能进行教学和研究使用,提供了对导航综合系统工作情况的直观认识,同时在很大程度上延长了科研院校惯导系统的服役寿命,更重要的是可以深入研究导航算法、具体飞行及显示过程。

传统飞行参数一般为静态数据文件,不能够进行适时处理、控制等操作。该仿真器所产生的飞行参数提供了简单可靠、适时控制的数据源。

最后,该仿真器对空中操作控制台、航道罗盘的控制与显示的研究及实验结论,对该型飞机

导航计算机的国产化研究进行了必要的理论准备及实验依据。

[参 考 文 献]

- [1] 郝顺义. 某型飞机导航计算机软件破译及导航综合系统建模研究[D]. 西安:空军工程大学 2001. 3.
- [2] 郭创. 惯导仿真器飞行轨迹设计及导航参数计算[D]. 西安:空军工程大学 2001. 6.
- [3] 黄战华等. 微机原理与接口技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [4] 王士元. C 高级实用程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,1996.
- [5] 陈劲操. PC104 计算机并口驱动液晶显示设计[J]. 电测与仪表,2001. 8.
- [6] 黄维通. VisualC++ 面向对象与可视化程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2000. 7.

(上接第 191 页)

5 结果比较及讨论

图 3 示出不同时刻装药床的温度分布。从图 4 给出的一组模拟曲线与实验结果的对比可以看出,计算结果与实验测试基本吻合。图中实线表示实验曲线,虚线表示模拟曲线。结果表明,所建立的物理模型和计算方法可以满足文中限定的实际情况的需要,环境对装药床温度的影响是

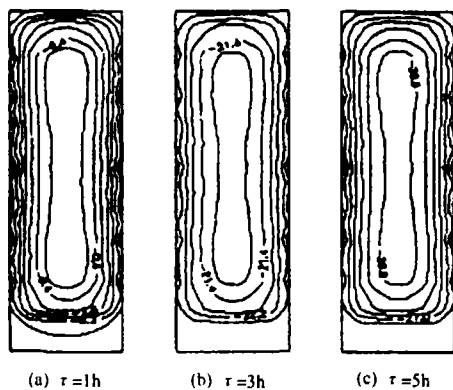


图 3 不同时刻装药床的温度分布

由外向内逐步渗透的,外层变化最快,内层变化最缓慢,经过足够长的时间才能达到平衡。在热电偶测温过程中,转换开关需要一定的时间,每次记录的各点温度与计算值存在一定的时间差。特性参数的选择也是取某一温度下的定值,而实际上它是随温度而变化的。计算表明,这些因素引起的总误差比较小。

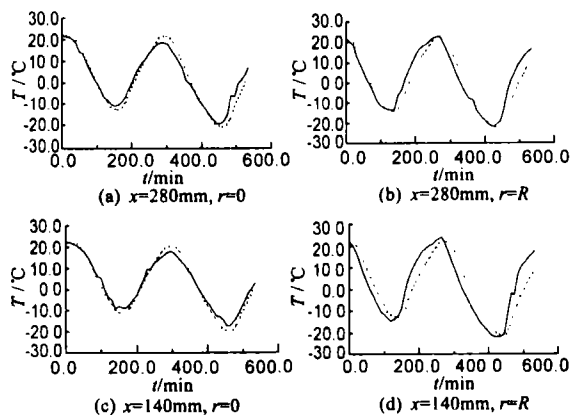


图 4 数值模拟与实验测试的比较

[参 考 文 献]

- [1] 杨世铭. 传热学[M]. 北京:高等教育出版社,1980.

- [2] 陶文铨. 数值传热学[M]. 西安:西安交通大学出版社,1992.