

基于 LabVIEW 的热像仪伺服系统半实物仿真平台设计

郑 婕, 陈 洁, 周立刚, 胡海双

(昆明物理研究所, 云南 昆明 650023)

摘要: 采用 NI 的运动控制卡和数据采集卡, 基于 LabVIEW 的虚拟仪器技术搭建了一个针对热像仪伺服系统的半实物仿真平台。此平台利用虚拟仪器直观、灵活、可操作性强的优势, 能够方便、快捷地对伺服系统性能进行测试和分析, 以完成对多种控制算法的研究和比较, 也使得对伺服系统的仿真更加具有实用性。同时此平台的建立也有效地缩短了热像仪伺服系统的开发周期。

关键词: LabVIEW; 热像仪伺服系统; 半实物仿真

中图分类号: TN216

文献标识码: A

文章编号: 1001-8891(2012)12-0717-05

The Design of a Hardware-in-the-loop Simulation Bench Based on LabVIEW for Thermal Imager Servo Systems

ZHENG Jie, CHEN Jie, ZHOU Li-gang, HU Hai-shuang

(Kunming Institute of Physics, Kunming 650023, China)

Abstract: By using the motion control card and data acquisition card of National Instruments, the hardware-in-the-loop simulation bench for servo system is established based on LabVIEW. The bench can test and analyze servo system performance expediently and quickly with the intuitive, flexible, well-maneuverable advantage of virtual instrument technology. The research and comparison of different control algorithms can also be completed on it. The simulation of servo system is more practical by using the bench. Meanwhile, the development time can be decreased effectively by using the bench.

Key words: LabVIEW, thermal image servo system, hardware-in-the-loop

0 引言

目前, 在红外热像仪伺服系统的开发与研究过程中, 通常采用单片机、DSP 或 FPGA 来设计运动控制器, 用 C 语言编程实现各种控制功能与算法。在实现编程之前, 通常都需要对整个伺服系统进行控制算法的仿真和参数的调整。在得到理想效果后, 才完成 C 语言在实际控制硬件上的编程。而在对伺服系统进行设计的过程中, 有时由于对执行对象的控制模型计算不够准确, 会使得仿真参数在实际控制中效果不佳。或是对于某些控制模型未知都将无法进行仿真。因此, 在原有的伺服控制系统设计过程中, 都存在理论计算与实际系统之间的差别, 以及仿真与设计的分离等问题。

在微电子技术、计算机技术、网络通讯技术和软件开发技术高速发展的背景下, 虚拟仪器技术逐渐发展起来。它能利用计算机实现前面板的开发设

计, 在相关硬件的支持下对对象进行控制、对数据进行采集和处理^[1]。本文利用美国国家仪器有限公司(National Instruments, 即 NI)推出的运动控制卡和数据采集卡来搭建一个可把实际控制对象接入到系统的半实物仿真平台, 并应用 LabVIEW 设计的相应界面来实现对控制算法的仿真, 以及对控制效果的测试和分析。

1 平台的搭建原理与总体设计

半实物仿真是将实际模型放入仿真系统中进行仿真的研究。这样的仿真更贴近实际情况, 从而可得到更准确的信息。在实际控制中, 半实物仿真通常有两种情况: 一种是控制器用实物, 而受控对象使用数字模型。另一种则是将受控对象作为实物直接放置在仿真回路中, 构造起半实物仿真的系统。这种情况更常见于一般的工业控制, 可以用计算机实现其控制器。

此次针对红外伺服系统搭建的半实物仿真平台就采取后一种情况。红外伺服系统通常都采用闭环控制的原理,系统一般由三部分组成,即:控制部分、驱动部分、执行部分,其基本控制原理如图1所示。

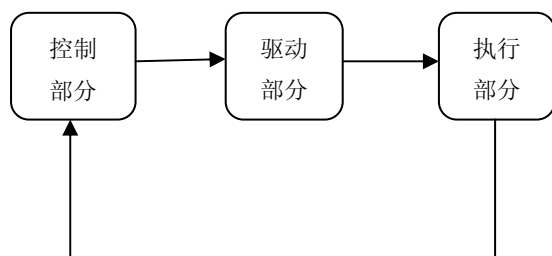


图1 伺服系统控制原理图

Fig.1 The control theory chart of servo system

根据伺服系统的控制原理,我们采用美国NI公司的虚拟仪器来实现仿真平台的搭建。虚拟仪器由完成运动控制的硬件部分和实现控制功能的软件部分,以及完成数据采集的硬件部分和完成数据分析处理的软件部分组成。通过对控制功能的编程,输出运动控制需要的PWM波信号,之后通过驱动部分的功率放大,得到适应实际控制对象的信号,从而驱动对象运动。在运动过程中,对象把信号反馈到数据采集的硬件部分,再将采集到的信号转换成电信号输入CPU内,CPU通过软件实现数据的读取和信号的分析处理,并显示与存储结果。

在此平台上,运用NI公司的PXIe-8133作为处理器,利用LabVIEW2010开发出电机控制与数据采集系统。系统通过运动控制卡驱动电机,而与电机连接的传感器把位置信号反馈给数据采集卡,再传到处理器内,由处理器完成数据的分析存储,以及算法的实时仿真。此系统结构如图2所示。

2 硬件组成

热像仪伺服系统半实物仿真平台的硬件部分主要由处理器、运动控制部分、驱动部分、执行对象部分、数据采集部分组成。

2.1 控制部分

本平台的运动控制部分选用的是NI PXI-7350运动控制卡。它能够实现伺服电机和步进电机的控制。提供8轴独立的可编程运动控制,带有专门用于运动I/O的并行空间来实现并行的运动,不仅能控制点到点运动、直线向量的运动,还可实现任意复杂轨迹的运动控制。伺服轴不仅能控制直流有刷电机,还能控制直流无刷电机和其他一些伺服系统。

在闭环模式下,对于位置和速度反馈,可使用正交编码器或模拟输入,并提供 $\pm 10\text{ V}$ 的数字命令输出^[2]。

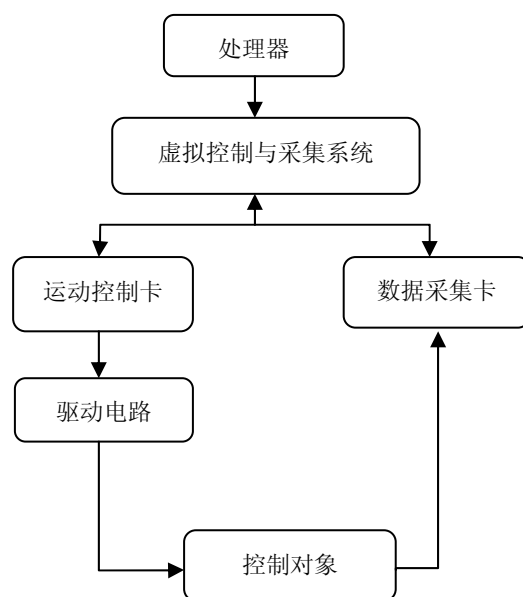


图2 半实物仿真平台结构图

Fig.2 The configuration chart of hardware-in-the-loop

2.2 驱动部分

在控制部分与实际对象之间,需要控制输出信号与控制对象所需信号的匹配。针对红外热像仪的输入信号需求,就要在两部分之间加入驱动部分。这里根据对象需求选用了LMD18200的桥电路功率放大芯片,根据供电需要设计了一块驱动电路以连接控制部分和运动执行部分。LMD18200是一个具有3A连续电流输出,供电在55V的桥电路芯片,在一个整体结构中就集成了二极管、CMOS控制电路和DMOS功率设备,是一个理想的直流电机和步进电机驱动芯片。它可以达到6A的峰值电流,同时灵敏度损失较小。

LMD18200的连接如图3所示,direction1、brake1、pwm1是控制部分的输出,motor1+、motor1-接到执行部分以驱动电机。

在实际平台上,驱动电路与PXI-7350并不是直接连接的。控制卡输出之后,需要选用NI公司的通用连接模块UMI-7764将二者连接起来。UMI-7764带有集成运动信号转换和运动抑制功能,螺丝接线端子可接入电机、编码器、限制器、用户I/O等信号,内置设备限制控制总线+5V直流监视,且有数字输入信号滤波。

2.3 运动执行部分

运动执行部分就是我们的控制对象,针对此平

台，我们可以接入各种需要被测和被仿真的红外伺服系统。这里主要以红外热像仪的调焦系统为例，需要电机正负两端的 PWM 控制输入，电源和地的一些相应连接和给到数据采集部分的反馈输出。

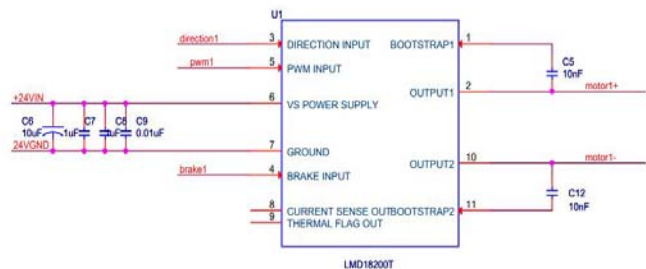


图 3 LMD18200 的连接图

Fig.3 The connect chart of LMD18200

2.4 数据采集部分

数据采集部分主要完成反馈数据的采回，数据采集卡主要有 3 个功能：一是由多路转换开关完成对多点多通道信号的分时采样；二是将信号的采样值由 A/D 转换器转为幅值离散化的数字量，或由 U/f 转换器转换为脉冲信号以适应计算机工作；三是通过采集卡上的模拟输出口对电机的目标转速和负载进行控制。

这里选用的是 NI PXI-6356 板卡，提供了 8 路同步 1.25 MS/S/通道的模拟输入，拥有 2 路数字输出，10 通道共 2410 MHz。包含的 8 条 DMA 通道无需与 CPU 交互，或另行编程，即可在设备与 PC 之间直接读写数据。开启可编程上电状态，您能在软件中配置初始输出状态，确保与工业激励器（泵、闸、发动机、继电器）接通时操作的安全和无故障。由于采用了数字 I/O 看门狗，即使计算机或应用发生故障，也可进入完全可配置的安全的输出状态。

3 软件设计

在成功搭建硬件平台后，我们应用 LabVIEW 这种与实际 NI 硬件设备更匹配、更便捷的语言，编程完成相关功能模块的设计，以体现仿真设计思想，从而实现仿真和分析功能。

3.1 LABVIEW 的应用

LabVIEW（Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench）是美国国家仪器公司开发的 32 位，主要面向计算机测控领域的虚拟仪器软件开发平台。LabVIEW 同时也是一种功能强大的编程语言，它与传统的文本编程语言（例如 C 语言）不同，其采用的是一种基于流程图的图形化编程形式。

这种图形化的编程形式，方便了非软件专业的工程师快速编制程序，编程非常方便，人机交互界面直观友好，用户可以创建独立的可执行文件，能够脱离开发环境而单独运行。LabVIEW 也不同于传统文本式的编程语言的顺序执行方式，而是采用了数据流的执行方式，这种方式要求程序仅在各节点已获得全部数据后才执行。其拥有两大优点：一是编程者不需对线程进行创建、撤销及同步等操作；二是 LabVIEW 使用图形化数据流的执行方式，因此在调试程序时，可以非常直观地看到代码并行的运行状态，这使编程者很容易理解多任务的概念^[3]。

正是由于上述特点，LabVIEW 成为目前最流行的虚拟仪器编程平台，广泛应用于测试测量、过程控制、实验室研究与自动化等方面^[4]。因此，NI 运动控制卡和数据采集卡，配上 LabVIEW 就能更加有效地搭建起红外伺服系统半实物仿真平台。

3.2 功能模块设计

在 LabVIEW 的编程环境下，程序的设计包括前面板的设计和函数框图的设计。前面板主要实现操作界面的设计，体现其人性化的一面。在函数框图中主要完成功能和算法的设计，与其他语言不同的只是，它是通过图形化的编程语言来实现程序化的。针对红外伺服系统的半实物仿真平台，主要设计了控制对象的驱动功能模块、控制算法模块、数据采集模块和数据分析与存储模块^[5]。其软件结构如图 4 所示。

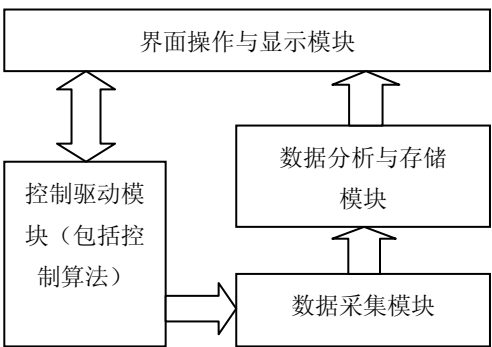


图 4 软件结构示意图

Fig.4 The configuration chart of software

1) 控制驱动模块

驱动模块用于实现控制 PWM 波形的生成，在程序中与前面板连接。在前面板上设置可输入的控件，供仿真者根据实际情况设置所需的占空比、PWM 频率、对象启停和换向等。此模块完成了整个平台的驱动和整体控制，其程序框图如图 5 所示。

2) 控制算法模块

热像仪伺服系统需要得到理想的控制效果，就需要加入各种算法，对算法进行参数的调整和整体算法的仿真。因此，此模块就是本半实物仿真平台的核心部分。在此模块里可以通过 LabVIEW 编程来完成算法设计。也可在 MATLAB 的 SIMULINK 中搭建模型来完成算法设计，再通过 LabVIEW 的相应接口与 SIMULINK 程序连接，让 SIMULINK 在后台运行完成仿真，此方法参见文献[6]。在此次设计中，我采用的是第一种方法，这里主要以无模型控制算法为例，图 6 为控制算法程序框图。

同样，对于热像仪伺服系统控制更为常用的 PID 控制算法，只需要直接调用 LabVIEW 中范例已存在的 PID 控制算法子 VI，对相应接口进行一些修改就能方便的实现算法仿真和参数调整，给我们的设计和研究工作带来许多便利。

3) 数据采集模块

此模块完成对执行对象相关数据的反馈采集，

这里采用差分接入的方法，对执行对象的位置信息和原始激励进行了采集。采集结果提供给数据分析模块进行数据处理，以及控制部分根据返回信息决定控制的启停和方向，其程序框图如图 7 所示。

4) 数据分析与存储模块

此模块主要通过列表和图表的形式，在前面板上显示采回的数据信息，并通过一些查找和比较功能的设计，完成对采回数据中一些特殊点的查找显示。通过这些数据的显示便于对整个系统特性的分析和研究，以及一些算法对参数的实时调整。在本次设计中，针对红外系统控制模型未知的情况，可加入 LabVIEW 中的系统辨识子 VI，得到一个大概的系统模型。但这里的系统辨识算法只是常用的一些方法，针对特定的系统，如果想要得到精确的系统模型就需要对系统辨识方面进行一些深入的研究后，再进行编程而完成。其前面板框图如图 8 所示。

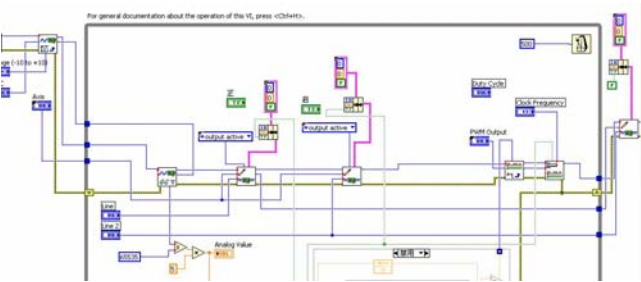


图 5 控制驱动部分程序框图
Fig.5 The program chart of control driver

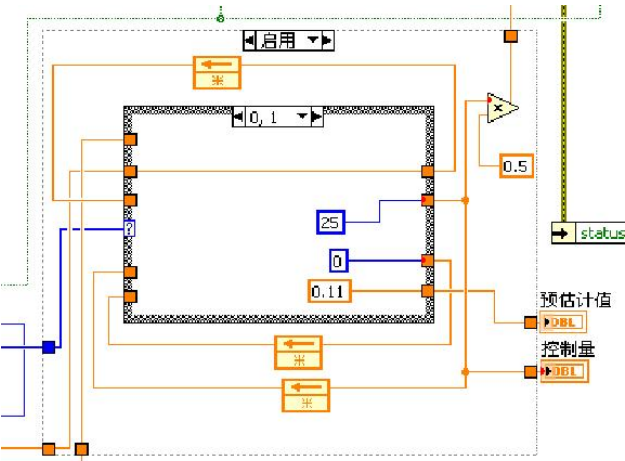


图 6 控制算法程序框图
Fig.6 The program chart of control arithmetic

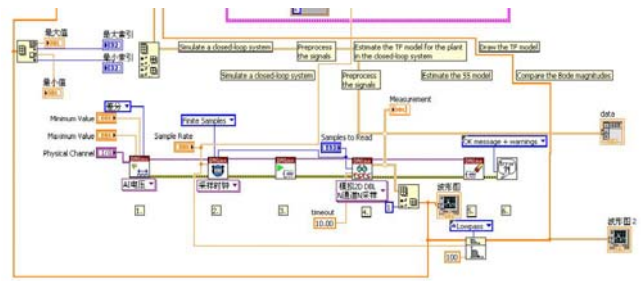


图 7 数据采集程序框图
Fig.7 The program chart of data collection

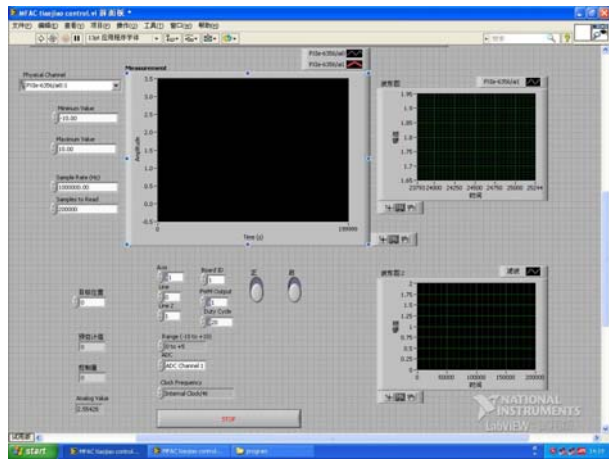


图 8 前面板框图
Fig.8 The fore-panel chart

4 功能分析与拓展

本文采用美国国家仪器有限公司的运动控制卡和数据采集卡为核心,在相关硬件的配合下,结合LabVIEW软件所设计的红外伺服系统半实物仿真平台,其主要功能有:①可设置伺服执行电机所需要的目标转速;②实时监控伺服系统的运动情况;③可实现对任意轨迹的伺服执行对象的控制;④观测到对伺服执行对象的实时控制效果;⑤计算在各种测试给定模式下执行对象的转速和输出转矩超调量、上升时间、稳定时间;⑥对仿真数据进行存储,已完成多种控制算法实现效果的比较。

此热像仪伺服系统半实物仿真平台可以实现各种控制算法的实时仿真。在对控制算法进行研究的过程中,对于不同的算法只需要把控制算法部分换成相应的算法模块就能方便、快捷的实现仿真。同时,对于算法的编程可以选取LabVIEW、C语言等以程序化的形式来完成,也能利用MATLAB在后台运行算法来共同完成算法的仿真。这样就使得算法的加入方式很灵活,方便仿真者根据自己的技术情况,高效率完成控制算法仿真与研究。

此平台的搭建也解决了我们之前在对PID算法进行参数整定过程中,由于仿真系统与实际执行对象特性不匹配,而存在的仿真参数不能直接应用于实际系统中的问题。此平台中仿真对象就是我们的实际执行对象,使我们对PID控制算法参数的整定更加方便和具有使用性。

之后,此仿真平台还能应用到更多的应用领域中,只要有驱动输入和反馈输出的系统都能接入此平台来完成算法的仿真或实现效果的验证。在今后的研究过程中,根据系统特性的需求,还可以在此平台上加入更多的功能模块。例如,针对红外伺服

控制系统整个对象模型未知的问题,我们可以更深入的研究系统辨识理论和方法,根据实际情况选取合适的方法通过LabVIEW加入到此平台上,以解决更多的问题和情况。

5 结论

本文采用NI的设备和虚拟仪器技术搭建起来的半实物仿真平台,能很好的完成系统的仿真任务,实现优良的控制效果。它的建立能有效地缩短红外伺服系统的开发周期,方便对伺服系统性能进行测试和分析。应用LabVIEW开发的仿真控制具有可视化界面,系统参数设置通过前面板即可实现,而且控制结果能很直观的体现在前面板。整个平台具有直观、灵活、可操作性强等特点,能更有效地指导我们对伺服系统的开发与设计。在大大提高了工作效率的同时使我们对系统的研究更加深入,以解决更多的问题。

参考文献:

- [1] 宋振华,李素有,杜小军.基于LabVIEW的振动实验控制与数据采集系统[J].实验技术与管理,2006,23(5):72-74.
- [2] 李艳苹.基于LabVIEW的运动控制系统的设计[J].中国科技信息,2009,22:95-96.
- [3] 王伟,熊静琪.在LabVIEW平台上构建一种二维运动控制系统[J].中国测试技术,2005,31(6):104-106.
- [4] 熊先锋,邢继峰,左洪波.普通运动控制卡在LabVIEW平台上的应用[J].微计算机信息,2006,12(11):139-141.
- [5] 樊留群,万德科.伺服系统性能测试台的研究与开发[J].电机与控制应用,2010,37(7):16-19.
- [6] 李涵,王爽心,王智琴,等.基于LabVIEW的汽轮机实时控制与仿真研究[J].系统仿真学报,2009,21(13):4023-4027.

关于《红外技术》期刊采编系统正式运行的启事

《红外技术》的网站(<http://hwjs.nvir.cn>)已于2012年11月开通,期刊采编系统也正式启用。该系统将为作者、审稿专家、读者和编辑之间搭建一个便捷的交流平台。作者今后可以通过这个网站在线投稿并查询审稿进度。审稿专家也可以通过网站进行在线审稿。

由于本刊采编系统启用不久,可能会有不尽完善之处,欢迎广大作者、读者以及审稿专家在使用过程中提出宝贵意见和建议,编辑部将会及时进行调整。

《红外技术》编辑部
2012年12月