

基于 LabVIEW 的模型参考自适应控制的实现

吴异卉, 王启志

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

摘 要:虚拟仪器和自适应控制的应用已经十分广泛,而将两者结合起来的應用却比较少。研究用虚拟仪器开发软件 LabVIEW 实现自适应控制的方法,利用 LabVIEW 的节点对 MATLAB 程序进行调用来实现自适应控制。结果表明,通过 LabVIEW 可将虚拟仪器技术和自适应控制有机地结合起来,拓宽两者的应用范围,同时基于 LabVIEW 开发平台的人机界面友好、操作方便,提高控制系统的性能和开发效率,最后给出了基于该系统的一例控制实验示例。

关键词:虚拟仪器;自适应控制;LabVIEW

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)11-0180-03

Realization of Adaptive Control Reference Model Based on LabVIEW

WU Yi-hui, WANG Qi-zhi

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Virtual instrument (VI) and adaptive control are widely applied today. However, they are seldom applied in combined application. The approach to realize adaptive control based on reference model in LabVIEW is researched and adaptive control is achieved in LabVIEW by using C programming language. The result shows that VI and adaptive control can be well combined in application by LabVIEW, and the application field of them will be expanded. At the same time, friendly interface which based on LabVIEW simplifies the system development process and has engineering value. A control example based on the system is shown at the end.

Key words: virtual instrument; adaptive control; LabVIEW

0 引 言

LabVIEW 是美国国家仪器公司(National Instrument, NI)推出的一种基于图形程序的虚拟仪器仪表开发平台。与传统的编程方式相比,使用 LabVIEW 设计的虚拟仪器,可以提高效率 4~10 倍。一个完整的 LabVIEW 程序主要包括两个部分:前面板(即人机界面)和流程图程序。前面板用于模拟真实仪器的面板操作,由控件和指示元件组成。控件集成了旋钮、开关等用户输入控制对象,可以为程序输入数据。指示元件类似仪器的输出装置可以显示输出值以及实现图形、图表和文字显示。软件前面板实际上是自动化的拓展,它保持了真实仪器直观的视觉和感觉效果,同时前面板包含了对于一个应用场合很重要的参数,用户能够很容易地用鼠标或键盘操作虚拟面板,就如同使用一台或多台专用测量仪器一样。

与此同时,LabVIEW 功能强大的数学和分析工具以及完善成熟的硬件 I/O 技术,使其在控制领域同测试领域一样具有非常出色的表现。LabVIEW 提供 Real-Time 模块与多个工具包(如 PID 控制工具包、模糊控制工具包及控制与仿真工具包)来满足控制系统开发的需要,但对于其他一些控制,比如自适应控制、神经网络控制等都没有工具包来满足其开发的需要。因此为了将这些控制技术与虚拟仪器技术有机地结合起来,提升虚拟仪器控制系统的性能,故提出一种用 LabVIEW 实现自适应控制的方法设计了一个自适应控制的实验系统。这种基于 LabVIEW 开发平台的实验系统人机界面友好、操作方便,大大简化了系统开发过程,提高控制系统的性能和开发效率,并使系统具有了工程应用意义^[1]。

1 模型参考自适应控制简介

自适应控制是一种反馈控制,但它不是一般的系统状态反馈或系统输出反馈,而是一种比较复杂的反馈控制。自适应系统在工作过程中能不断地检测系统参数或运行指标,根据参数或者运行指标的变化,改变

收稿日期:2008-02-10

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(A0640004)

作者简介:吴异卉(1984-),女,硕士研究生,研究方向为检测技术及自动化装置;王启志,副研究员,研究方向为自动控制理论及仪器仪表等。

控制参数或控制作用,使系统工作于最优状态或接近于最优工作状态。

模型参考自适应控制是一种重要的控制设计方法,在此采用 Lyapunov(李亚普诺夫)稳定理论设计自适应控制器,并假设可以获取对象的状态变量,因此直接利用这些状态变量构成自适应控制律。设被控对象的状态方程为 $\dot{X}_p(t) = A_p X_p(t) + B_p u(t)$, $X_p(t)$ 为 n 维状态变量, $u(t)$ 为 m 维控制向量, A_p 为 $n \times n$ 的矩阵, B_p 为 $n \times m$ 的矩阵。为了改变对象的动态特性,采用前馈控制和反馈控制,输入 $u(t)$ 可表示为 $u(t) = K(t)r + F(t)X_p$, r 为参考输入, $K(t)$ 为 $m \times m$ 的前馈系数矩阵, $F(t)$ 为 $m \times n$ 的反馈系数矩阵。通过设计控制器可以实时得到系数矩阵 $K(t)$ 和 $F(t)$,使系统的广义误差最小。

自适应控制经过不断的发展,无论从理论上还是在应用上都取得了很大的进展,目前在飞行器控制、大型加热炉温度控制等方面都得到应用,利用自适应控制能解决一些常规的反馈控制所不能解决的复杂控制问题,可以大幅度地提高系统的稳态精度和动态品质^[2]。

2 基于 LabVIEW 的模型参考自适应控制的实现

在 LabVIEW 中要实现自适应控制,可通过多种方式实现:利用 CIN 节点调用外部编译好的 C 或者 C++ 程序;利用 MATLAB Script 节点编辑或调用 MATLAB 程序;利用 LabVIEW 本身的图形编程语言编程实现^[1]。

利用 CIN 节点方法必须考虑到外部程序的可移植性、数据匹配等问题。同时,尽管 LabVIEW 自带的函数库功能非常强大,但函数数目毕竟有限,当涉及到一些复杂的问题时,就需要开发者自己编写代码,使得虚拟仪器的开发成本提高。

而利用 MATLAB Script 节点进行通讯的方式具有容易实现、多输入多输出、一次处理的信息量大、可以事先将 MATLAB 程序调试好等特点,用户容易掌握,这种方法也是开发组推荐使用的方法。

若用 LabVIEW 本身的图形编程语言编程实现,程序相当复杂。基于此,采用 MATLAB Script 节点编辑或调用 MATLAB 程序的方法来实现自适应控制。

2.1 在 LabVIEW 中利用 MATLAB Script 节点对 MATLAB 调用的实现

利用 MATLAB Script 节点对 MATLAB 调用,通常用 LabVIEW 设定用户界面,负责数据的采集和网络通讯,而 MATLAB 则在后台对数据进行复杂的分

析和处理,处理结果供 LabVIEW 调用,参数调用过程如图 1 所示。

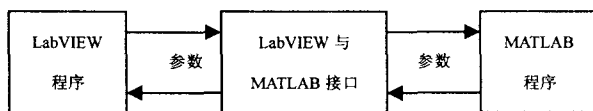


图 1 LabVIEW 与 MATLAB 之间参数调用过程

MATLAB Script 节点使得用户既可以将 MATLAB 程序导入到流程图中,又可以在流程图中根据 MATLAB 程序的语法编辑 MATLAB 程序。利用 MATLAB Script 节点对 MATLAB 调用的实现的具体步骤如下:

1) 选择该节点的操作为: Functions >> Mathematics >> For2mula Palette, 即从框图窗口 Function 选项板的 Mathematics/Formula 子选项板上访问 MATLAB 脚本节点,在将该节点添加到流程图后,选择对应的脚本服务器。

2) 从选择菜单中可以看出与其有关的菜单项。通过这些菜单可以按照 MATLAB 的语法要求在节点中编写 MATLAB 程序,完成后通过单击 Export 将程序保存到选定的目录中。若是已经编好且调试成功的 MATLAB 程序可以导入到该节点。

3) 对节点增加输入、输出变量。MATLAB 脚本节点与与它外部 LabVIEW 框图程序靠脚本节点的输入输出来连接,可以在脚本节点的快捷菜单中选择 Add Input/Add Output 添加输入输出。这些变量在程序运行时,起到在 LabVIEW 和 MATLAB 间传递参数的作用^[1]。

2.2 LabVIEW 对 MATLAB 调用的注意事项

在 LabVIEW 中调用 MATLAB 时有几点必须注意:

1) LabVIEW 使用 ActiveX 技术来实现 MATLAB 脚本节点,因此 MATLAB 脚本节点只能用于 Windows 平台上。

2) MATLAB Script 节点方式要求计算机上必须安装 MATLAB 5.0 及以上版本,因为执行脚本节点时要调用 MATLAB 脚本服务器。

3) 因为 LabVIEW 和 MATLAB 是两种不同的编程语言,有各自的数据类型定义,所以结合应用时必须注意, MATLAB 脚本节点内外数据类型的匹配,否则 LabVIEW 运行时将产生错误或错误的信息。可以为解脚本节点的输入输出端子从其快捷菜单上 Choose Data Type 中选择合适的数据类型^[3]。

2.3 系统的硬件构建

要将控制器应用于实际工业中,就要利用数据采集卡采集被控对象的特征参数,并输出控制参数,Lab-

VIEW 提供了十分方便的信号采集功能和控制量输出功能,以在输入、输出节点中直接明确输入、输出的相应硬件(数据采集卡)的设备号和端口号,并设定采样点数和采样速率,再将数据导入程序中即可。其硬件连接部分包括,由被测信号的测量部件、信号调理和数据采集卡的 A/D 转换器及其接口部件构成的前向输入通道,进行运算并输出控制量的计算机(包括 LabVIEW 和 MATLAB)由数据采集卡的 D/A 转换器及其接口部件和控制电路组成后向输出通道。

3 实验效果示例

LabVIEW 中的程序称为 VI,每个 VI 由前面板、框图程序和图标/连接端口三个部分组成,前面板用于模拟真实仪器的用户面板,完成仪器的操作控制、设置输入参数和观测输出量,常由开关、旋钮、图表等构成;框图程序用于与每一个前面板相对应,利用图形编程语言对前面板的控件对对象进行控制,并定义各个模块的输入输出端口,确定数据流流动方向;图标/连接端口把程序定义为一个子程序,从而实现模块化编程。

假设被控对象的状态变量可以直接得到,但对象的参数不能直接调整,设计自适应控制器。设二阶被控对象为: $X_p(t) = A_p X_p(t) + B_p u(t)$, 其中 $X_p(t) = \begin{bmatrix} X_{p1}(t) \\ X_{p2}(t) \end{bmatrix}$, $A_p = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -7 \end{bmatrix}$, $B_p = \begin{bmatrix} 0 \\ 4 \end{bmatrix}$, 期望的参考模型为 $X_m(t) = A_m X_m(t) + B_m r(t)$, 其中 $X_m(t) = \begin{bmatrix} X_{m1}(t) \\ X_{m2}(t) \end{bmatrix}$, $A_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -10 & -5 \end{bmatrix}$, $B_m = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}$ 。

3.1 控制系统前面板设计

前面板由一个波形显示控件、四个数值输入控件组成。前面板和仿真结果如图 2 所示。

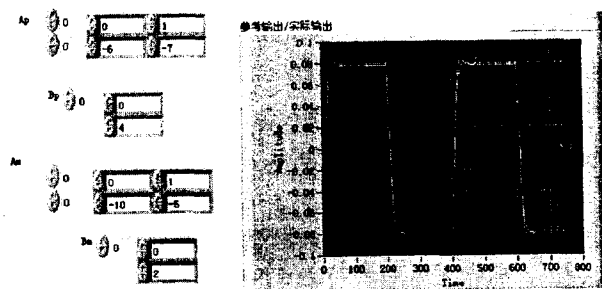


图 2 控制系统前面板及仿真结果

3.2 控制系统流程图设计

首先进行 Functions > Mathematics > For2mula Palette 操作,选择正确的脚本服务器 MATLAB Script,

并将它放到流程图编辑区中,从快捷菜单中单击 Import 完成 M 文件的导入。用鼠标选中节点的边框,从菜单中选择 Add input/Add output 来添加输入、输出变量,同时要注意选择所对应的数据类型。定义 y_m 和 y_p 为参考输出和实际输出,其数据类型都为二维数组。流程图如图 3 所示^[4~7]。

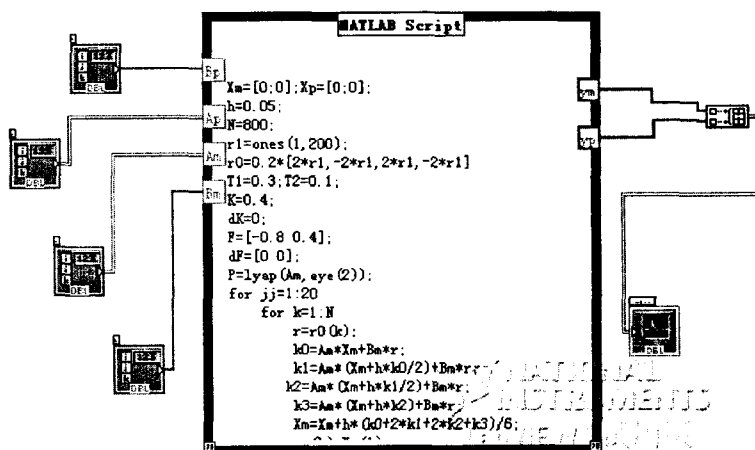


图 3 控制系统流程图

4 结束语

LabVIEW 不仅易于实现参数的采集和控制量的输出,而且由于其强大的与硬件结合甚至是“植入”硬件的功能,使得它更容易在硬件上实现。实验证明,基于 LabVIEW 开发平台的人机界面美观友好、操作方便,控制效果表明控制算法取得了很好的静态性能和动态性能,对自适应控制的研究起到了很好的作用。同时 MATLAB 与 LabVIEW 编程软件的结合运用于控制系统中的方法,可以实现优势互补,有利于控制系统程序的仿真,提高编程效率。

参考文献:

- [1] 刘君华,贾惠芹,阎晓艳. LabVIEW 6i 实用教程[M]. 西安:西安电子工业出版社,2002:21-49.
- [2] 赵国良,姜仁锋. 自适应控制技术与应用[M]. 北京:人民交通出版社,1991.
- [3] 徐明,于业明. LabVIEW 中 MATLAB 的调用[J]. 山东理工大学学报,2005,19(4):92-95.
- [4] 刘少军. 现代控制方法及计算机辅助设计[M]. 长沙:中南大学出版社,2003:134-149.
- [5] 王海宝,吴光洁. LabVIEW 虚拟仪器程序设计与应用[M]. 西安:西安交通大学出版社,2005.
- [6] 杨青,党选举. 基于 LabVIEW 的解耦控制系统实现[J]. 计算机工程,2005,31(2):228-223.
- [7] 刘君华. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003:115-136.