

基于独立 C 代码的模糊控制器应用程序设计

汪超, 唐勇奇

(湖南工程学院, 湖南湘潭 411101)

摘要:对于实际模糊控制系统,由于在高级语言中模糊控制器程序实现比较复杂,因此引入模糊控制存在一定困难。介绍了一种在 C 语言应用程序中调用 Matlab 资源设计模糊控制应用程序的方法,即利用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱中的独立 C 代码模糊推理引擎函数库,在 C 语言应用程序中,调用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱建立的模糊推理系统数据文件(*.fis),从而得到能独立运行的 C 语言模糊控制应用程序。有效地降低了实际模糊控制系统的软件设计工作量,具有很好的应用前景。

关键词: Matlab; 模糊逻辑工具箱; 独立 C 代码模糊推理引擎

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)05-0242-03

Programmer of Fuzzy Controller Based on Stand - Alone C - Code

WANG Chao, TANG Yong-qi

(Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411101, China)

Abstract: The actual fuzzy control system, due to the high-level language in fuzzy controllers to achieve more complex procedures, the introduction of fuzzy control is difficult. Introduces a method to transfer resource of Matlab to design a fuzzy control program in C application program. It is to transfer the date file(*.fis) erected by Matlab fuzzy logical toolbox in C application program by using the stand-alone C-code fuzzy inference engine of Matlab fuzzy logical toolbox. Through this method, a C language fuzzy control program running autocephaly can be established. The method can reduces effectively software design work of the actual fuzzy control system, and has good application prospect.

Key words: Matlab; fuzzy logical toolbox; stand-alone C-code fuzzy inference engine

0 引言

对于实际模糊控制系统,由于在高级语言中模糊控制器程序实现比较复杂,因此引入模糊控制存在一定困难,程序代码的过于复杂也严重影响模糊控制系统的开发周期^[1]。而 Matlab 的模糊逻辑工具箱是一个使用非常方便的模糊逻辑分析工具,在模糊控制系统仿真分析中得到了广泛的应用^[2]。在 Matlab 系统及其工具箱中提供了一些能独立完成某些 Matlab 功能的 C/C++ 库函数^[3],这些库函数可以直接应用到 C/C++ 平台中,脱离 Matlab 系统完成 Matlab 的某些功能,极大地方便了实际应用。Matlab Fuzzy Logic 工具箱中的独立 C 代码模糊推理引擎就是这样一个 C 语言函数库。

文中介绍一种方法,利用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱中的独立 C 代码模糊推理引擎函数库 fis.c,在 Turbo C 语言应用程序中,调用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱^[4]建立的模糊推理系统数据文件(*.fis),并在 C 平台下建立相应的数据结构和模糊推理系统,得到能独立运行的 C 语言模糊控制应用程序。其有效降低实际模糊控制系统的软件设计工作量,具有很好的实用性。

1 独立 C 代码模糊推理引擎函数库

独立 C 代码模糊推理引擎函数库 fis.c 位于 Matlab 目录下的 toolbox \ fuzzy 目录中,它包含了在 C 语言环境下调用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱建立的模糊推理系统数据文件(*.fis)进行模糊逻辑推理的一系列 C 函数,其基本原理是利用 C 代码实现 Matlab 中的模糊推理系统(FIS)功能。该目录下还有一个 C 代码程序 fismain.c,它实际上是运用 fis.c 库函数来实现模糊推理系统的一个实例。

只要在 ANSI 编译器中定义了 _STDC_, fis.c 库

收稿日期:2008-08-04

基金项目:湖南省教育科研计划项目(05C570)

作者简介:汪超(1970-),男,湖南醴陵人,讲师,硕士,研究方向为计算机控制、数字图像处理;唐勇奇,教授,硕士,主要从事电力电子、计算机控制方面的研究。

函数就可以与 ANSI 和 K&R 标准 C 代码兼容。同时,它也与在 Matlab 中调用高级语言程序的 MEX 编程平台兼容。为了便于各平台的兼容, fis. c 中定义了一些自己的宏,如 DOUBLE、PRINTF、FREE 等,在标准 C 语言平台中,它们分别就对应于 double(数据类型)、printf(向标准文件格式化输出函数名)、free(释放内存函数名)。另外, fis. c 还重新定义了一些标准 C 语言原有的函数,对它们进行了兼容各平台的扩展,并赋予自己定义的新函数名。

2 基于独立 C 代码模糊推理引擎的模糊控制程序设计步骤

设计基于独立 C 代码模糊推理引擎的模糊控制程序主要有以下两个步骤:

1) 利用 Matlab 的模糊逻辑工具箱建立一个模糊推理系统,并将该系统存为扩展名为 fis 的数据文件。注意只能使用 Matlab 定义的隶属度函数和逻辑操作函数。

2) 在 C 语言应用程序中实现 Matlab 中定义的模糊推理系统功能。两者之间的接口就是独立 C 代码模糊推理引擎函数库 fis. c。

对于第一个步骤,这里不多赘述,下面主要以 Turbo C 平台为例,说明用 fis. c 实现模糊推理的方法和基本原理。

首先把 fis. c 函数库拷贝到 Turbo C 的根目录中(也可拷贝到 Turbo C 下的 include 目录中),然后在 C 语言应用程序中加入形如 #include "fis. c" (#include <fis. c>) 的文件包括预处理语句。以后就可以象调用普通 C 函数一样在编程中使用该函数库中的函数,只要提供适当的函数入口参数。

在 C 语言编程中,需要完成的几个与模糊系统相关的主要步骤是:

(1) 从 Matlab 建立的模糊推理系统数据文件(*. fis)中读取系统参数信息,并以矩阵形式调入内存空间(利用 fis. c 中的 returnFismatrix() 函数)。

(2) 利用前一步得到的系统参数矩阵建立 C 平台下的模糊推理系统(即用 fisBuildFisNode() 函数建立一个 FIS 结构体)并进行必要的 FIS 结构参数检查。

(3) 在控制过程中,根据控制系统的状态确定适当的模糊系统输入向量,向量长度与模糊推理系统的输入节点数相同,并注意向量中各输入元素的位置应与相应模糊推理系统的输入节点对应。

(4) 根据当前输入向量,运用上述步骤(2)建立的模糊推理系统计算模糊控制输出(利用 getFisOutput()

函数),得到与系统输出节点数相对应的输出向量。

(5) 由于模糊推理系统需占用较大的内存空间,程序中应注意及时释放不再使用的内存空间。在 DOS 操作系统中,受 DOS 系统管理内存能力的限制,模糊推理系统的规模不能太大。

3 基于独立 C 代码模糊推理引擎的模糊控制系统设计实例

下面采用一个实例,来具体说明基于独立 C 代码模糊推理引擎的模糊控制系统设计方法。

3.1 系统结构

考虑如图 1 所示的单输入单输出模糊控制系统。图中的模糊控制器采用前面介绍的独立 C 代码模糊推理引擎方法实现^[5]。模糊控制器的两个输入 E、EC 分别由控制误差 e 和误差变化率 ec 量化得来, K_e 和 K_{ec} 分别是它们的量化系数。模糊控制器输出 U 经过一个比例积分环节得到最后的控制输出 u, 以实现无静差控制, K_u 和 K_i 分别是比例和积分环节的系数。

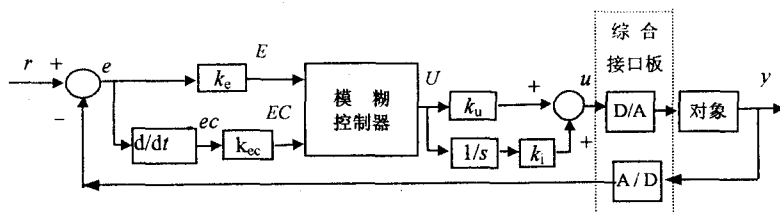


图 1 系统结构图

整个控制系统以 PC 计算机为核心,控制系统与控制对象的接口利用一块多功能综合接口板来实现。系统中采用的是北京宏拓控制技术有限公司生产的 PC-7484 型 PC 总线多功能综合板。它安装在 PC 机的 ISA 总线插槽上,可完成多路输入输出信号的 A/D、D/A 转换功能,其 A/D、D/A 转换的分辨率均为 12 位,A/D 为 16 路多路复用,每次转换时间为 $10\mu s$,D/A 为 4 路独立,各路转换时间均小于 $1\mu s$ 。同时该接口板也提供了一个 8253 定时/计数器。关于该接口板的其它主要技术规格和使用方法参见其用户使用手册。

3.2 模糊控制器设计

在 Matlab Fuzzy Logic 工具箱中建立如下模糊推理系统作为系统的模糊控制器^[6],并保存为文件 ph1. fis。

(1) 各输入输出变量的基本论域均为 $[-1, 1]$ 。输入变量 E 和 EC 都取三个语言值,记为 {N, Z, P}。输出变量 U 取五个语言值,记为 {N, NZ, Z, PZ, P}。各语言值的隶属函数及其参数为:

- a. 输入变量 E 和 EC(见表 1)。
- b. 输出变量 U(见表 2)。

表 1 输入变量 E 和 EC

语言值	隶属函数类型	隶属函数参数
N	Z 型(zmf)	[-0.6, 0]
Z	高斯(gaussmf)	[0.1, 1]
P	S 型(smf)	[0, 0.6]

表 2 输出变量 U

语言值	隶属函数类型	隶属函数参数
N	Z 型(zmf)	[-0.8, -0.3]
NZ	高斯(gaussmf)	[0.16, -0.3]
Z	高斯(gaussmf)	[0.1, 1]
PZ	高斯(gaussmf)	[0.16, 0.3]
P	S 型(smf)	[0.3, 0.8]

(2) 模糊推理规则^[7](见表 3)。

表 3 模糊推理规则

EC \ E \ U		E		
		N	Z	P
EC	N	N	NZ	Z
	Z	NZ	Z	PZ
	P	Z	PZ	P

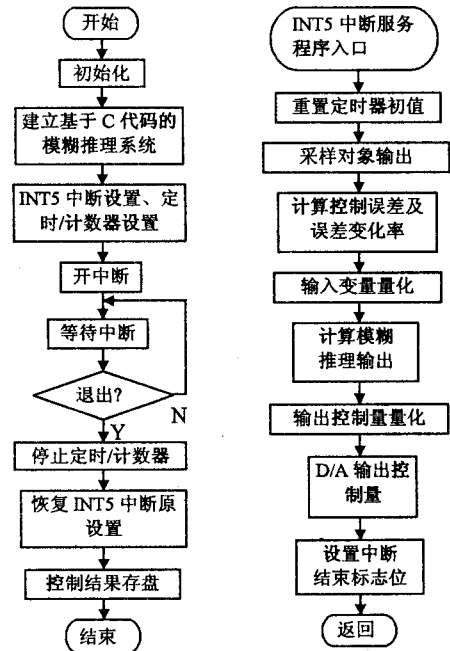
3.3 语言程序设计

在 Turbo C 2.0 平台上进行以上控制系统的应用程序设计^[8]。程序采用中断结构,主程序完成系统的初始化,并调用 ph1.fis 文件建立模糊推理系统结构。然后利用多功能综合板上的定时/计数器对板内 1MHz 时钟进行减计数,计数值每减到 0 就触发一次 PC 机的 INT5 硬件中断,作为控制系统的一个采样周期(计数器初值即为采样周期)。在中断服务程序中完成一个采样周期中的控制对象输出的采样(A/D)、模糊推理、控制量的输出(D/A)等工作。应用程序的流程图如图 2 所示。

4 结束语

Matlab 的模糊逻辑工具箱是一个使用非常方便的模糊逻辑分析工具,在模糊控制系统仿真分析中得到了广泛的应用。文中研究了一种在 C 语言应用程序中调用 Matlab 资源的方法,即利用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱中的独立 C 代码模糊推理引擎函数库 fis.c,在 Turbo C 语言应用程序中,调用 Matlab Fuzzy Logic 工具箱建立的模糊推理系统数据文件(*.fis),并在 C 平台下建立相应的数据结构和模糊推理系统,得到能独立运行的 C 语言模糊控制程序。有效地降低了实际模糊控制系统的软件设计工作量,具有很好的应用前

景。



(a) 主程序 (b) 中断服务程序

图 2 C 语言控制程序流程图

参考文献:

- [1] Golea N, Golea A, Benmahammed K. Stable indirect fuzzy adaptive control[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2003, 137(3): 353-366.
- [2] Lee Joo-Young, Cho Song-Bae. Sparse fitness evaluation for reducing user burden in interactive genetic algorithm[C]// 1999 IEEE International Fuzzy Systems Conference proceedings. Seoul: [s. n.], 2003: 998-1003.
- [3] Zeng K, Zhang N Y, Xu W L. A comparative study on sufficient conditions for Takagi-Sugeno fuzzy systems as universal approximators[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 773-780.
- [4] 徐 昕. Matlab 工具箱应用指南——控制工程篇[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [5] 夏明波, 王晓川, 金士尧. 模糊控制及其在 ASAS 执行服务器中的应用[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2006, 18(5): 625-627.
- [6] 许普乐, 夏明波, 金士尧. 主动式集群中模糊逻辑及其改进研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(7): 120-122.
- [7] 张天平. 间接自适应模糊控制器的设计与分析[J]. 自动化学报, 2002, 6(28): 678-681.
- [8] 李朝阳. 一种新的带智能积分控制规则自调整模糊控制器[J]. 自动化技术与应用, 2002, 21(2): 11-13.