

文章编号: 1001-3806(2002)02-0138-03

基于模式识别的智能控制在伺服系统中的应用

张建立 冯汝鹏

(哈尔滨工业大学, 哈尔滨, 150001)

摘要: 系统响应通常要求快速、准确、稳定,但传统的控制方法例如 PID 控制很难使系统达到这种最优控制,提出了基于模式识别的智能控制,通过在线辨识系统的动态输出,根据系统响应所处的状态,采取相应的控制策略,就能使系统得到较好的控制。通过在成像器伺服装置中的实际调试,证明该控制方案是可行的。

关键词: 模式识别;智能控制;成像器

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A

Intelligent control applied in the servo system based on pattern recognition

Zhang Jianli, Feng Rupeng

(Harbin Institute of Technology, Harbin, 150001)

Abstract: Speed, accuracy and stability are often required in the response of a system, but they are hardly obtained using traditional methods, such as PID. In the paper, an intelligent control method based on pattern recognition is presented, which can achieve better results by identifying the output of the system on line with different control strategies. It is proved that the method is feasible through the debug of a camera servo device.

Key words: pattern recognition; intelligent control; camera

引言

传统的 PID 控制具有结构简单,易于实现等优点,但 PID 参数的调节过于依赖系统的数学模型,而且很难将控制参数调试到最优状态。一个系统的典型阶跃响应曲线如图 1 所示,曲线上 A, B, C 3 点

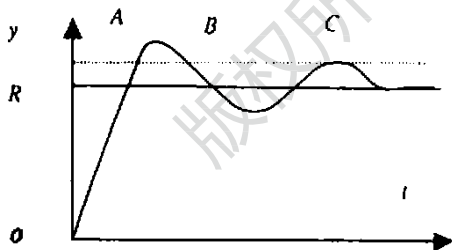


Fig. 1 Typical step response curve

处的系统输出 y 值虽然相同,动态特征却截然不同,A 点处系统误差有变大的趋势,B 点处系统误差有减小的趋势,而 C 点处误差刚好达到极大值。但对于传统的 PID 控制在上述 3 个状态却输出相同的控制规律,这样,要使系统输出达到快速、准确、稳

定的控制效果是很难的。因此,针对系统响应的不同状态,采用有效的控制策略,是系统控制达到最优的有效途径。

1 基于模式识别的智能控制的基本思想

一个控制系统不论是给定值变化还是受到干扰作用,或是对象本身结构或参数发生变化,系统的动态特性都会反映到系统输出偏离给定的误差 e 及误差的一阶导数 \dot{e} 上。因此,系统响应所处的不同状态总能够通过某种映射关系与特征变量 e, \dot{e} 建立对应关系,可见,只要实时的采集系统在输入输出中的特征变量,就能够对系统响应所处的状态进行辨识,根据响应的不同状态采用不同的控制策略,从而使系统响应达到满意的结果。

2 基于模式识别的智能控制器的设计

由基于模式识别的智能控制的基本思想我们可以想象,控制器的设计必须包括:(1)特征信息的处理;(2)特征模式集 M ;(3)模式识别;(4)控制规则集 U ,通过输入输出间的关系,提取特征向量 Φ ,从而建立动态系统输出响应 Y 与特征模式集 M 之间的映射关系。而后,通过模式识别即推理机构建立特征模式集 M 与控制规则集 U 之间的映射关系,

作者简介:张建立,男,1969 年出生。工程师,博士研究生。从事智能控制及数字图像处理方面的研究工作。

收稿日期:2000-12-08;收到修改稿日期:2001-03-08
激光技术 jgjs@sina.com

最终引导系统根据系统响应的实时状态采取相应的控制规则,输出有效的控制作用,使系统输出达到满意的效果。其映射关系如图 2 所示。

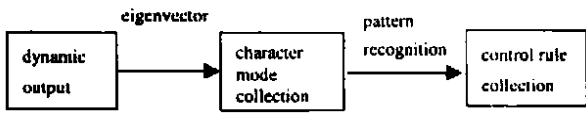


Fig. 2 The mapping relation of Y, M and U

2.1 特征向量的提取

由于系统的输入输出关系和系统响应所处的状态都能够通过 e, \dot{e} 及两者间的组合加以判断,所以特征向量 $\Phi = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n)$ 主要根据采样数据计算出当前时刻的 e, \dot{e} 而获得,在本系统设计中,令特征变量 $\Phi = (e, \dot{e}, \ddot{e}, \text{sgn}[e \cdot \dot{e}], \text{sgn}[e], \text{sgn}[\dot{e}])^T$,通过 Φ 来辨识系统响应所处的状态。

2.2 特征模式集 M 的建立(模式分类)

建立特征模式集,就是要建立与动态系统输出响应所处的状态具有映射关系的特征模式 $M_i (i = 1, 2 \dots n)$,其过程就是对给定的特征向量 Φ 进行分类决策,从而将误差相空间 $e-\dot{e}-\ddot{e}$ 划分为 n 个互斥子空间 $w_i (i = 1, 2 \dots n)$,每一个子空间 w_i 既对应一个特征模式。对于每一个特征模式 M_i 都有一个判别函数 $d_i(x) (i = 1, 2 \dots n)$ 与之相关联,如果特征向量 Φ 属于特征模式 M_i ,则有 $d_i(\Phi) > d_j(\Phi), \forall j \neq i$ 。于是模式 M_i 与 M_j 之间的决策面应满足方程: $d_i(\Phi) - d_j(\Phi) = 0$ 。

在本系统设计中选择判别函数为线性函数,决策面方程为 $\dot{e}(t) + c_1 e(t) = 0, c_1$ 为相应的阀值权,共建立了 13 种预定特征模式,分别为:

- $M_1 = \{e \geq e_{\max}\}$
- $M_2 = \{e \leq -e_{\max}\}$
- $M_3 = \{e = 0\}$
- $M_4 = \{e \cdot \dot{e} < 0, (e/\dot{e}) \geq c_1, \dot{e} < 0, \ddot{e} < 0\}$
- $M_5 = \{e \cdot \dot{e} < 0, (e/\dot{e}) \geq c_1, M_4 < 0, \ddot{e} \geq 0\}$
- $M_6 = \{e \cdot \dot{e} < 0, (e/\dot{e}) \geq c_1, \dot{e} > 0, \ddot{e} > 0\}$
- $M_7 = \{e \cdot \dot{e} < 0, (\dot{e}/\ddot{e}) \geq c_1, \dot{e} > 0, \ddot{e} \leq 0\}$
- $M_8 = \{e \cdot \dot{e} < 0, (e/\dot{e}) < -c_1\}$
- $M_9 = \{e \cdot \dot{e} \geq 0, \dot{e} < 0, \ddot{e} < 0\}$
- $M_{10} = \{e \cdot \dot{e} \geq 0, \dot{e} > 0, \ddot{e} > 0\}$
- $M_{11} = \{e \cdot \dot{e} > 0, \dot{e} \cdot \ddot{e} < 0\}$
- $M_{12} = \{e < \varepsilon, \dot{e} < \varepsilon, \ddot{e} < \varepsilon\}$
- $M_{13} = \{P(M) - \sum_{i=1}^{12} M_i\}$

式中, e_{\max} 和 ε_j 分别为设定的误差最大值和允许的

误差。

2.3 控制规则集

控制规则集 U 实际上为一基于专家先验知识的控制规则的集合,建立控制规则集必须满足以下原则:设特征模式集 M 和控制规则集 U 分别为 $M = \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_m\}, U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$,设 R 为 M 到 U 的一个映射,即 $R: M \rightarrow U$,则建立控制规则集必须满足 R 是 M 到 U 的满射,即 $R(M) = U$ 。

根据被控过程动态特性复杂多变具有多特征模式的特点,在控制规则的采用上应坚持多种控制算法相结合:首先,应采用某种控制算法,使被控对象的输出误差状态点引入到特征状态稳定子空间,当误差状态进入特征状态稳定子空间时,系统在惯性的作用下自动趋向平衡点,此时,应采用开环控制,使控制器输出不变,目的在于释放系统的惯性能量,防止超调,如果超调不可避免,应采取正反馈对系统进行紧急制动;其次,在系统误差较大时,应采用开关控制,即控制器输出为最大或最小,以尽快减小误差。综合考虑各种因素,在本系统设计中控制规则集如下:

- $U = \{U_1, U_2, \dots, U_6\}$
- $U_1 = \{U(t) = U_{\max}\}$
- $U_2 = \{U(t) = U_{\min}\}$
- $U_3 = \{U(t) = U(t-1)\}$
- $U_4 = \{U(t) = U(t-1) + K_P[e(t) - e(t-1) + T_S e(t)/T_I]\}$
- $U_5 = \{U(t) = U(t-1) + K_P[e(t) - e(t-1) - T_S e(t)/T_I]\}$
- $U_6 = \{U(t) = U(t-1) + K_P[e(t) - e(t-1) + \frac{T_S}{T_I} e(t) + \frac{T_D}{T_S}(e(t) - 2e(t-1) + e(t-2))]\}$

式中, T_S, T_D, T_I 分别为积分时间常数、微分时间常数、采样周期。

2.4 推理规则集的设计

建立推理规则集实际是建立特征模式集和控制规则集之间的映射关系,通过这种映射,从而针对系统动态响应得到适合的控制规律,使系统得到满意的输出,针对本系统为简单起见,推理规则采用了 $R: \text{if } M_1 \text{ then } U_1$ 的形式,得到的推理规则如表 1 所示。

根据以上论述,本系统设计的控制器结构如图 3 所示。

Table 1 Reasoning rule

reasoning rule R	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}
character mode M	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}	M_{13}
control rule U	U_1	U_2	U_4	U_4	U_3	U_4	U_3	U_5	U_5	U_5	U_6	U_5	U_6

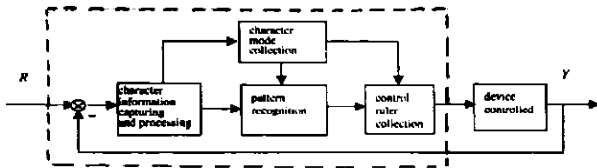


Fig. 3 The structure of intelligent control based on pattern recognition

3 基于模式识别的智能控制在成像器伺服装置中的应用

成像器伺服装置主要是为成像器在飞机载体上采集实时图像时提供航向上的逆向跟踪,从而保证成像器坐标系始终定向,不受载体航向角变化的干扰。其主要工作在两种状态,正常工作时,处于伺服状态跟踪飞机航向角变化,以校正成像器采图的姿态,同时,由于景像匹配的要求,成像器必须在0.5s内进行90°的坐标变换。由此可见,对于本系统,不但有跟踪精度的较高要求,而且还必须保证在大偏差条件下实现无超调的坐标变换,以免成像器的光学器件与伺服装置的限位装置发生激烈碰撞,使成像器遭到破坏。

通过上面的论述可知,采用一种简单的控制策略难以达到系统响应既快又准的要求,而基于模式识别的智能控制能够根据系统动态响应的不同阶段,根据专家的先验知识合理的设计控制规则,选取不同的控制策略,以便综合这些控制策略的优点,达到系统响应快、准、稳的要求。

在成像器伺服装置的设计过程中,由于采用的是数字控制的方法,所以必须选择一个合适的CPU作为数字控制系统设计的核心部件,以满足系统运算速度及控制功能的要求。在本系统的设计中,采用了80C196KC作为控制用CPU,它是由INTEL公司出品的真正意义上的16位单片机,其地址、数据总线均是16位的,片内具有232个内部寄存器,均可以作为累加器使用,从而克服了其它单片机CPU在运算过程中的瓶颈现象,同时,这种单片机能够支持16MHz的晶阵,从而大幅度地提高了运算速度,为合理的选择采样周期及采用较复杂的控制规律提供了更大的余地,图3中虚线部分即为单片机所实现的功能。

在本系统中,硬件的设计主要完成飞机惯导平

台(IN S)航向角信号的接收处理、位置反馈信号的采集处理、控制器的实现及控制规律的输出等功能,系统的功能图如图4所示。

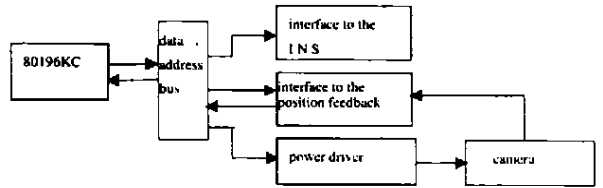


Fig. 4 Micro-computer control system block diagram

4 实验结果

根据本系统所设计的基于模式识别的智能控制器,在调试过程中,整定以下控制参数 T_s , T_D , T_I , K_P 及 C_1 就能够控制系统输出做到快速、准确、无超调,图5即为系统90°阶跃响应实测曲线,由图5可知,系统响应调整时间为0.4s,没有超调,满足了系统工作要求。

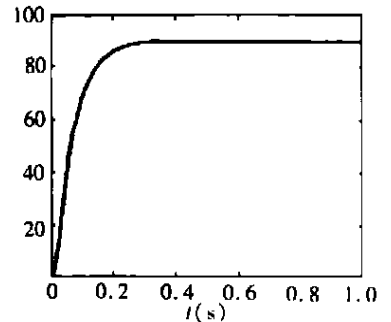


Fig. 5 Real-time output response curve of 90° step

5 结论

我们提出的基于模式识别的智能控制,通过实时辨识系统的动态特性,根据不同的状态采取不同的控制策略,能够较好的解决系统响应快速、准确、稳定之间的矛盾,克服了传统控制如PID的僵化控制。同时,由于计算机技术的不断发展,也使控制策略的实施易于工程实现。由此可见,采用基于模式识别的智能控制是伺服系统设计中一个很好的方向。

参考文献

- [1] 李士勇. 模糊控制·神经控制·智能控制论. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996.
- [2] 孙涵芳. INTEL 16位单片机. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
- [3] 李秋明. 智能控制的若干问题研究. 哈尔滨工业大学博士学位论文, 1998.