

An Investigation on Soft Computing Technique Applied to the Controller Design and Simulation of Control Systems

張智超、周鵬程

E-mail: 9607712@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

An inverted pendulum system is an unstable one. However, its mechanical structure is not too complicated, so it is generally used as a benchmark identification of every control system design. The Twin-Rotor MIMO system (TRMS) is also an unstable system. Due to the complex mechanism and control, due to the server coupling effect between the pitch main control and yaw tail control, additionally, due to the nonlinearity in the mechanical structure, these make the precise mathematical model inappropriate or impossible. The difficulty of controller design on TRMS systems is greater than that of inverted pendulum ones. In this thesis, usage of a soft-computing technique controller called K+NN (K stands for gain, NN is the abbreviation of neural networks), which is a transient assistor is suggested to improve those systems above. Necessary parameters for K+NN as well as the parameter of the original controllers can be aided by using an optimization approach, such as, particle swarm intelligence optimization. Parameters are found off-line beforehand by simulations. Retailed developments of mathematical models of two control systems mentioned above are derived in the thesis with applicable data for simulations. Different possible controller structures, such as, PID, fuzzy-logic control and hybrid control (including state feedback control) are firstly reviewed. With the aid of K+NN assistor to those control systems, simulation results are investigated to prove the capability of K+NN assistors to the systems. Simulink and Matlab software are used for simulation and validation of the control design.

Keywords : Inverted Pendulum、Twin-Rotor MIMO System (TRMS)、Transient Assistor (K+NN)、Particle Swarm Optimization (PSO)

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iv	英文摘要	v																															
誌謝	vi	目錄	vii	圖目錄	xi	表目錄																														
.....	xv	第一章 緒論	1.1 簡介	1	1.2 文獻回顧	2	1.3 論文大綱																													
.....	4	第二章 智慧型計算概論	介紹	2.1 模糊控制器	5	2.1.1 模糊理論	5																													
2.1.2 模糊集合	6	2.1.3 模糊邏輯控制系統基本架構	7	2.1.3.1 模糊化	8	2.1.3.2 模糊規則庫	9	2.1.3.3 推理機構	10	2.1.3.4 資料庫	10	2.1.3.5 解模糊化	12																							
.....	12	2.1.4 模糊控制法則及歸屬度設計	12	2.2 神經網路理論的介紹	16	2.2.1 類神經理論	17	2.2.2 類神經網路架構	19	2.3 尋優法的簡介	21	2.3.1 物群尋優法的理論分析及架構	22	2.3.1.1 物群尋優法的理論分析	22	2.3.1.2 物群尋優法的架構	22																			
.....	22	第三章 智慧型計算技術設計	控制器的理論架構	3.1 K+NN 理論架構	25	3.2 K+NN 的實例與功效	26	第四章 受控體數學系統架構與推導	4.1 受控體系統	32	4.2 倒單擺數學系統架構分析	32	4.2.1 傳統牛頓力學分析	33	4.2.2 Lagrange Equation 能量觀點分析	37	4.2.3 Matlab 倒單擺範例數學式分析	40	4.2.4 狀態方程式之線性化及狀態空間表示	44	4.3 雙旋轉翼數學系統建構	45	4.3.1 TRMS 數學系統架構分析	45	4.3.2 數學模式推導及狀態方程式描述	46	4.3.2.1 環繞水平軸的作用力分析	47	4.3.2.2 環繞垂直軸的作用力分析	51	4.3.3 TRMS 的數學模型	54	4.3.3.1 運動方程式	54	4.3.3.2 主翼與尾翼直流馬達輸入電壓-轉速與旋翼轉速-推力的關係	56
.....	59	第五章 控制理論原理探討	分析	5.1 傳統PID 控制器	59	5.1.1 PID 控制器簡介	59	5.1.2 PID 控制器理論架構	59	5.2 混合控制器	62	5.2.1 PI 控制器	62	5.2.2 線性二次式最佳控制基本原理	63	5.2.3 順向濾波器	64																			
.....	64	第六章 模擬	6.1 倒單擺系統	65	6.1.1 混合控制器	65	6.1.1.1 倒單擺的原始參數與圖形	66	6.1.1.2 加入暫態輔助器於混合控制器	68	6.1.2 模糊控制器	71	6.1.2.1 倒單擺系統的建立	71	6.1.2.2 FLC 對單擺的響應	73	6.1.2.3 Scaling factors 對單擺的響應	75	6.1.2.4 加入暫態輔助器於單擺的響應	78	6.2 TRMS 系統	81	6.2.1 TRMS 系統的建立	81	6.2.2 TRMS 的控制法則及用PID 控制器模擬各篇 Paper	82	6.2.3 加入暫態輔助器模擬各篇 Paper	91								
.....	103	第七章 結論與未來研究方向	7.1 結論	100	7.2 未來研究方向	101	參考文獻	103	附錄	106	一. TRMS 的參數表與公式集	106	二. 發表相關文																							

REFERENCES

- [1]J.-S.R. Jang , C.T. Sun , E. Mitutani , “ Neuro-Fuzzy And Soft Computing ” , Prentice-Hall(2004)。
- [2]周鵬程, “ 智慧型計算概論 ”, 修訂二版, 全華科技圖書股份有限公司(2003)。
- [3]C.T. Lin , C.S. Lee , “ Neural Fuzzy Systems ” ,Prentice-Hall(1996)。
- [4]王文俊, “ 認識Fuzzy ”, 第二版, 全華科技圖書股份有限公司 (2001)。
- [5]張斐章, 張麗秋, 黃浩論, “ 類神經網路理論與實務, 東華 書局(2004)。
- [6]周鵬程, “ 類神經網路入門-活用Matlab ”, 全華科技圖書股 份有限公司(2004)。
- [7]周鵬程, “ 遺傳演算法原理與應用 ”, 修訂版, 全華科技圖書股 份有限公司(2001)。
- [8]PenChen Chou, TsiChian Hwang, TsiChow Chang ‘ A New Kind of Controller for Transient Improvement in Control Systems ’ , IMECS 2007 , Kowloon , Hong Kong(2007)。
- [9]PenChen Chou, TsiChian Hwang, TsiChow Chang, ‘ The Experience of using a Neural Assistor to Enhance the Transient Characteristics of Well-Defined Control Systems ’ , IEEE CIMSA 2006 , La Couna , (2006)。
- [10]張智超, 周鵬程, ‘ 以K+NN, 暫態輔助器, 改良倒單擺控制器設 計及模擬 ’ , 再生能源科技與應用研討會(2007)。
- [11]Math Work inc. , Using Simulink , V.5(2002)。
- [12]T.S. Leng , N.S. Leng , ‘ Control Of An Inverted Pendulum Using A Nerual-Fuzzy Controller ’ , in Proc.IEEE Conference , pp.212-217 March 1993(1993)。
- [13]S. Kawaji , K. Ogasawara , ‘ Stabilization Of Inverted Pendulum By The Genetic Algorithm ’ , in Proc. IEEE Conf. , pp.4372-4377 Marth 1995(1995)。
- [14]洪介仁, “ 車與桿倒單擺系統之平衡控制 ”, 國立成功大學, 電機研究所碩士論文, 92 年7 月(2003)。
- [15]李志暉, “ 現代控制法則於倒單擺系統之用上直立及定位控制 之研究 ”, 大葉大學電機研究所碩士論文, 92 年6 月(2003)。
- [16]曾國忠, “ 倒單擺之角度與定位控制法則之研究 ”, 大葉大學 電機研究所碩士論文, 92 年6 月(2004)。
- [17]周鵬程, “ 智慧型計算入門-Matlab 程式語言入門-修訂二版 ”, 全華科技圖書股份有限公司(2004)。
- [18]張碩, “ 自動控制系統 ”, 第五版, 鼎茂(2001)。
- [19]FeedBack公司, “ Control In A Matlab Environment Twin Roter MIMO System ” (1998)。
- [20]Jih-Gau Juang , Wen-Kai Liu , Cheng-Yu Tsai , ‘ Intelligent Control Scheme For Twin Rotor MIMO System ’ , National Taiwan Ocean University , Taiwan, ROC , IEEE 2005(2005)。
- [21]盧韋志, “ 複合式滑動模式控制於雙旋轉翼系統之應用與實 作 ”, 國立雲林科技大學電機工程系碩士班, 90年6月(2001)。
- [22]吳旭焜, “ 一簇非線性系統可變結構控制及其在雙 旋轉翼系 統的應用 ”, 國立雲林科技大學電機工程系碩士班, 92年6月 (2003)。
- [23]黃明德, 莊季高, “ 結合基因演算與PID控制法於非線性 TRMS之應用 ”, 國立台灣海洋大學導航與通訊系(2005)。
- [24]Chuan-Sheng Liu , Liang-Rui Chen , ‘ Improvement Of The Twin Rotor MIMO System Tracking And Transient Response Using Fuzzy Control Technoloy ’ , IEEE,2006(2006)。
- [25]Eric Bonabeau , Marco Dorigo , Guy Theraulaz , “ Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems ” ISBN 0-19-513159-2(1999)。
- [26]黃志強, “ K+NN, 一個新控制架構, 原理及應用之研究 ”, 大葉 大學電機研究所碩士論文, 96 年6 月(2007)。