

機械手臂之動態順滑控制

李凱笙、林志哲

E-mail: 9224282@mail.dyu.edu.tw

摘要

一般對於機械手臂之運動規劃問題，大都利用廣義逆轉法，此法雖有計算量小與二次模數最小等優點，但須求解反矩陣，所以會面臨奇異點問題。由Chen和Lin所提出之擾動法，雖然具有在奇異點有強健性及任務優先性等優點，但有計算量繁雜耗時之問題存在。所以本文將使用一混合反向運動規劃之演算法來求解運動規劃的問題，與上述兩種演算法不同之處，為其兼具在奇異點有強健性並且計算量小等優點。在機械手臂之軌跡追蹤上，順滑控制常被研究者所使用。傳統之順滑平面選擇，因無法通過誤差狀態之起始值，所以通常會有接近階段；然而，在接近階段受控系統的狀態會受到不確定性與外擾影響，以至於其動態行為難以預測。因此，本文應用一具有全域順滑之順滑模態控制，並針對此架構設計具有全域順滑的控制器，應用在機械手臂軌跡追蹤控制上。此外在機械手臂設計上，為了節省成本和避免因量測角速度而受到雜訊干擾，所以通常會將轉速計省略裝置。為解決角速度量測之問題，本文將整合高增益觀測器和控制器以達成輸出回授控制。在順滑控制中，最主要之顫振現象是源自切換控制所導致之不連續控制，將以反覆式學習控制觀念取代切換控制來消弭不當顫振之動態行為產生；亦可因學習控制的概念，使得誤差量收斂至最小值，得以獲得較佳的精度。

關鍵詞：具贅餘自由度機械手臂，運動規劃，奇異點問題，順滑模態控制，高增益觀測器，反覆式學習控制。

目錄

第一章 緒論.....	1	1.1前言.....	1	1.2文獻回顧.....	5
第二章 運動軌跡規劃.....	9	2.1廣義逆轉法.....	9	2.2利用最佳控制求解反向運動解.....	13
2.2.1利用擾動法求解最佳化問題.....	13	2.2.2利用二次規劃法求解最佳化問題.....	15	2.3混合反向運動規劃法.....	17
2.3.1非奇異點路徑之模擬.....	19	2.3.2具奇異點路徑之模擬.....	20	2.4運動軌跡規劃之模擬結果.....	25
2.4.1非奇異點路徑之模擬.....	19	2.4.2具奇異點路徑之模擬.....	20	2.4.3混合反向運動規劃法在具奇異點路徑之模擬.....	25
第三章 軌跡追蹤控制器之設計.....	36	3.1系統數學模式建立.....	36	3.2傳統順滑模態控制.....	40
3.3可變結構模態追隨控制.....	40	3.4飽和切換控制律.....	45	3.5系統觀測器之設計.....	48
3.6具輸出回授之全域順滑控制器.....	48	3.7軌跡追蹤控制之模擬結果.....	49	第四章 反覆式學習控制系統.....	69
4.1何謂學習控制.....	69	4.2反覆式學習控制理論.....	71	4.3結合往覆式學習控制律之全域順滑控制.....	73
4.3.1傳統順滑模態控制和反覆式學習控制之比較.....	76	4.4結合往覆式學習控制律之全域順滑控制模擬結果與討論.....	88	4.4.1具輸出回授之全域順滑控制和反覆式學習控制之比較.....	88
第五章 動態模型之建立與模擬.....	100	5.1 SIMULINK簡介.....	100	5.2 S-function程式撰寫.....	101
5.3建立M檔的S-function.....	101	5.4系統動態模型.....	104	5.4.1動態模型架構.....	104
5.4.2模型之數值模擬.....	107	第六章 結論與建議.....	113	6.1結論.....	113
6.2未來研究方向與建議.....	114	參考文獻.....	115		

參考文獻

- [1] Anderson, R. J., "Passive computed torque algorithms for robots", Proceedings of IEEE CDC, Tampa, FL, USA, pp.1638-1644, 1989
- [2]Baillieul, J., "Kinematic programming alternatives for redundant manipulators", Proc. IEEE International Conference of Robotic Automation, pp.722-728, 1985
- [3]Burton, J. A. and A. S. I. Zinober, "Continuous approximation of variable structure control", Int. J. of Systems Science, Vol.17, pp.876-885, 1986
- [4]Chen, C. L. and C. J. Lin, "Motion Planning of Redundant Robots", Journal of Robotic Systems, Vol.14, No.12, pp.839-850, 1997
- [5]Denavit, J. and R. S. Hartenberg, "A kinematic notation of lower pair mechanisms based on matrices", Journal of Applied Mechanics, 22, pp. 215-221, 1955
- [6]Desa, S. and C. A. Johnson, "Synthesis of control systems for manipulators using multivariable robust

- servomechanism theory", *Int. Journal of Robotics Research*, 4, pp.18-34, 1985 [7]Feng, G., "Improving tracking control for robots using neural networks", *Int. Journal of Robotics and Automation*, Vol.11, No.2, pp.74-82, 1996 [8]Gill, P. E., W. Murray, M. A. Saunders, and M. H. Wright, "Procedures for Optimization Problems with a Mixture of Bounds and general Linear Constraints", *ACM Trans. Math. Software*, Vol.10, pp. 282-298, 1984 [9]Gill, P. E., W. Murray, and M. H. Wright, "Numerical Linear Algebra and Optimization", Vol.1, Addison Wesley, 1991 [10]Heredia, J. A. and W. Yu, "A High-Gain Observer-Based PD Control for Robot Manipulator", *Proceedings of the American Control Conference Chicago*, pp.2518-2522, 2000 [11]Kirk, D. E., "Optimal Control Theory: An Introduction" (8thed.), 1970 [12]Kreutz, K., "On manipulator control by exact linearization". *IEEE Trans.*, AC-34, pp.763-767, 1989 [13]Lee, K. W. and H. K. Khalil, "Adaptive output feedback control of robot manipulators using high-gain observer", *Int. J. Control*, Vol.67, pp.869-886, 1997 [14]Maciejewski, A. A. and C. A. Klein, "Obstacle avoidance for kinematically redundant manipulators in dynamically varying environments", *International Journal of Robotic Research*, 4(3), pp.109-117, 1985 [15]Nyugen, D. H. and B. Widrow, "Neural networks for self-learning control systems", *IEEE Control. Syst. Mag*, pp.18-23, 1990 [16]Nicosia, S., A. Tornambe and P. Valigi, "Experimental Results in State Estimation of Industrial Robots", *Proceedings of the 29th Conference on Decision and Control*, 1990 [17]Reed, J. and P. Ioannou, "Instability analysis and robust adaptive control of robot manipulators", *Processings of IEEE CDC*, pp.1607-1612, 1988 [18]Slotine, J. J. E. and S. S. Sastry, "Tracking control of nonlinear systems using sliding surfaces with application to robot manipulators", *Int. J. Control*, Vol.38, pp.465-492, 1983 [19]Spong, M. W., J. S. Thorp and S. S. Sastry, "Robust microprocessor control of robot manipulators", *Automatica*, 23, pp. 373-379, 1987 [20]Spong, M. W. and M. Vidyasagar, "Robot dynamics and control", Wiley, New York, USA, 1989 [21]Shin, E. S. and K. W. Lee, "Robust Output Feedback Control of Robot Manipulators Using High-Gain Observer", *IEEE International Conference on Control Applications*, pp.881-886, 1999 [22]Utkin, K. I., "Variable structure systems with sliding modes", *IEEE Trans.*, AC-22, pp.212-222, 1977 [23]Whitney, D. E., "Resolved motion rate control of manipulators and human prostheses", *IEEE Transaction of Man-Machine Systems*, 10, pp.47-53, 1969 [24]Young, K. K. D., "Controller design for a manipulator using theory of variable structure system." *IEEE Trans.*, SMC-8, Vol.2, pp.101-109, 1978 [25]Yu, W. and X. Li, "PD Control of Robot with Velocity Estimation and Uncertainties Compensation", *Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control*, 2001 [26]吳駢, "MATLAB6.X 與基礎自動控制", 松崗, 台北市, 2002.
- [27]林志哲, "具贅餘自由度機械臂之運動規劃與追蹤控制", 成功大學機械工程系博士論文, 1997.
- [28]晉茂林, "機器人學", 五南, 台北市, 1999.
- [29]陳永平, "可變結構控制設計", 全華, 台北市, 1999.
- [30]陳保元, "既時疊代式學習控制器之設計與實驗分析", 彰化師範大學工業教育系碩士論文, 2001.
- [31]曾偉誠, "反覆式學習控制於液壓缸位置控制系統之研究", 大葉大學機械工程系碩士論文, 2001.
- [32]蒙以正, "MATLAB5專業設計技巧", 碁峰, 台北市, 1998.