

# Design and Control of the planar robot

張競文、林志哲

E-mail: 9419875@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

The goal of this paper is to design a 2 d.o.f. planar robot, to research its motion planning problem and to realize the Computer Integrated Control System of the robot. It consists of the motion-planning module, motion-simulation module, G-code compiler module and motion control module. These modules of the CIC system are coded in Visual Basic Language and realized by the designed planar robot. On the other hand, the inverse kinematics problem of robot has historically been solved by using the generalized inverse method; however, it can't be used when the robot is located at the singular points. It due to the Jacobin matrices will lose rank and the inverse matrix can't be obtained by the generalized inverse method. In this paper, the singular problems are also discussed and been solved by the optimal perturbation method and the geometric-relation based method.

Keywords : planar robot, motion planning, singularity, generalized inverse method, optimal perturbation method.

## Table of Contents

第一章 緒論 .....	1	1.1 前言 .....	1	1.2 本文目標 .....	1
.....	1	1.3 文獻回顧 .....	3	1.4 機械臂之運動規劃與奇異點問題 .....	3
.....	3	第二章 平面關節式機械臂機構設計與電腦整合控制系統規劃 .....	6	2.1 二軸平面機械臂設計 .....	6
.....	10	2.2 控制介面設計建立PC-Base電腦整合機械臂系統 .....	13	2.3 連結與設定系統參數 .....	13
.....	17	第三章 平面關節式機械臂之運動規劃與奇異點問題之解決.....	21	3.1 機械臂之順向運動學 .....	21
.....	21	3.2 機械臂之反向運動學 .....	22	3.2.1 幾何關係法求解 .....	22
3.2.2 廣義逆轉換法 .....	28	3.2.3 擾動法 .....	30	3.3 奇異點問題 .....	30
.....	31	3.4 非奇異點路徑規劃之模擬 .....	32	3.5 具奇異點路徑運動規劃之模擬 .....	32
.....	45	3.6 運動連續規劃 .....	59	第四章 實驗結果與討論 .....	62
4.1 硬體速度的物理限制 .....	62	4.2 混合運動規劃法與幾何運動規劃法之比較 .....	64	4.3 機械的 .....	64
連續控制 .....	73	4.4 機械臂速度的提昇 .....	81	4.5 討論 .....	81
.....	85	第五章 結論 .....	88	5.1 結論 .....	88
5.2 未來研究方向 .....	89	參考文獻 .....	91	附錄 .....	91

## REFERENCES

- [1] 徐佳銘, " 機器人之研究與發展 ", 登於Newton 牛頓科學叢書2, 1984 [2] 李凱笙, " 機械手臂之動態順滑控制 ", 碩士論文, 大葉大學機械工程系, 2000 [3] 侯宗良, " 工業用機械臂奇異點之研究 ", 碩士論文, 國立成功大學電機工程研究所, 1991 [4] 石敦智, " 五軸機械臂之線導引研究 ", 碩士論文, 國立成功大學機械工程研究所, 1991 [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] Whitney, D. E., " Resolved motion rate control of manipulators and human prostheses ", IEEE Transaction of Man-Machine Systems, 10, pp.47-53, 1969 [7] Baillieul, J., " Kinematic programming alternatives for redundant manipulators ", Proc. IEEE International Conference of Robotic Automation, pp.722-728, 1985 [8] 梁瑞芳, " 雙機械臂之操控 ", 碩士論文, 國立成功大學機械工程研究所, 1990 [9] Chih-Jer Lin, " Motion Planning of Redundant Robots and Avoidance of Singularity ", Journal of Da-Yah University, Vol.11, No.1, pp.41-50, 2002 [10] Chih-Jer Lin, " Motion Planning and Tracking Control of Redundant Robots ", June 1998 [11] 晉茂林, " 機器人學 ", 民國89年2月初版, 五南文化廣場 [12] Chen, Chieh-Li and Chih-Jer Lin, Motion Planning of Redundant Robots, Journal of Robotic Systems, Vol.14, No.12, pp. 839-850, 1997 [13] 林志哲, 李凱笙, " 混合運動規劃法在具贅餘自由度機械臂之循環運動規劃 ", 第十九屆中國機械工程學會全國學術研討會(2002). [14] Morriss, " Automated Manufacturing system ", McGraw-Hill International Ed.. [15] <http://www.fanucrobotics.com/> [16] <http://www.jel-robot.co.jp/> [17] <http://www.e-con.com.tw/> [18] 李昶毅, " 平面三軸機械臂設計與運動規劃 " 專題製作, 大葉大學機械系, 2002 [19] 劉永泉, " 雙自由度鋼索驅動機械手之設計, 建構與力量控制 ", 碩士論文, 國立成功大學機械工程研究所, 1995 [20] 林志哲, " 具贅餘自由度機械臂之運動規劃與追蹤控制 ", 博士論文, 國立成功大學機械所, 1998年6月 [21] 沈怡宗, " 工業機器人個別關節適應控制 ", 碩士論文, 中原大學機械工程研究所, 1980年6月 [22] Chih-Jer Lin, " Motion Planning of Redundant Robots and Avoidance of Singularity ", Journal of Da-Yah University, Vol.11, No.1, pp.41-50, 2002 [23] Chen, Chieh-Li and

Chih-Jer Lin, Motion Planning of Redundant Robots, Journal of Robotic Systems, Vol.14, No.12, pp. 839-850, 1997 [24]林志哲, 李凱笙, “混合運動規劃法在具贅餘自由度機械臂之循環運動規劃”, 第十九屆中國機械工程學會全國學術研討會(2002).

[25] Chih-Jer Lin, “Motion Planning and Tracking Control of Redundant Robots”, June 1998 [26]劉志恒, “串列式雙軸機械臂之週期性軌跡追蹤控制”, 碩士論文, 國立雲林科技大學機械工程系, 2002 [27] “AC伺服驅動器HO系列規格說明書” 信濃電氣株式會社 [28] “EPCIO-6000/6005 硬體使用手冊” 工業研究院機械工業研究所控制器發展部, 2001 [29] “EPCIO-601-1 使用手冊” 工業研究院機械工業研究所控制器發展部, 2000 [30] “EPCIO Series GM 碼工件程式解譯函式庫使用、參考與範例手冊” 工業研究院機械工業研究所, 2002 [31] “EPCIO Series 運動控制函式庫範例手冊” 工業研究院機械工業研究所, 2003 [32] “EPCIO Series 運動控制函式庫使用手冊” 工業研究院 機械工業研究所, 2004 [33]賴信成, “.足步行機械人之步姿運動規劃及控制”, 碩士論文, 大葉大學機械工程系, 2000