


肌電圖強度與速度分析於機器手臂控制之應用

研究生：蔡政龍

指導教授：楊谷洋 博士

國立交通大學電機與控制工程學系

摘要



EMG(electromyography)訊號是肌肉在活動中收縮而產生的一種類比生理訊號，因使用者的意圖而有不同的特徵，因此利用肌電圖作為義肢或機械手臂的控制命令，是相當直接及自然的方法。基於此，我們針對肌電圖與因應的手部動作以及速度辨識進行分析，建構出一套及時的基於肌電波機械手臂控制系統，操作者可以手肘的伸或曲，快或慢來操作機械手臂，此系統利用 2-channel 的表面電極從肱二頭肌與肱三頭肌得到肌肉訊號，接著在時域及頻域上評估肌肉動態及強度，透過分類器辨識及速度曲線映射辨識出前臂之動作與大約的速度，再轉成機械手臂之控制命令，機械手臂則根據接收之指令做出相對應的動作，為了達到即時控制之目的，我們也發展一套訊號整合分析及機械手臂控制之人機介面，藉此我們找出了手臂移動之角速度與肌電訊號間的映射函數，且能對機械手臂進行變速動作控制。

Analyzing Human EMG Signal and Movement Velocity for Robot Control

Student : Tseng-Lung Tsai

Advisor : Kuu-Young Young

Department of Electrical and Control Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

EMG is a physiological signal generated during muscle contraction. With an appending in implicating the motion intention, the EMG is very suitable to be used for robot control and prosthesis control in an intuitive and directive manner. In this thesis, we analyze the relationship between EMG signal intensity and its corresponding arm movement and velocity, and then construct an EMG-based robot control system with velocity mapping. With this system, the operator can manipulate the robot by moving arm in different speeds. In system implementation, for forearm movement analysis, two electrodes are used to measure EMG signal from biceps and the triceps muscles. Signal analysis is performed in time domain and frequency domain for muscle intensity and activity. Accordingly, a classifier is developed to distinguish forearm movements of different velocities. To achieve real-time control, a human-machine interface is established for signal extraction, signal analysis, velocity mapping, and robot arm control, finally we find out the mapping function between arm motion velocity and EMG signal, then we can control robot arm with different velocities and motions.

誌謝

首先感謝我的指導教授----楊谷洋博士，在這兩年的研究期間，由於他熱心的指導，使我的研究工作得以順利完成。同時，感謝口試委員們：蘇順豐教授、莊仁輝教授及陳右穎教授撥冗參與論文口試，並給予許多寶貴的指導與建議，使我獲益良多。另外，謝謝許多學長，特別是一元學長，在研究上的討論與建議，還有其他在「人與機器實驗室」的夥伴們：榮聰、猷長及學弟又勳、怡康、哲儒、李政、博翔等，在這兩年的實驗室研究生活中，由於你們的陪伴讓我的生活更多采多姿。最後要感謝的是我的家人以及我的朋友們，你們的關懷與支持使我能心無旁騖的完成學業。很高興自己在邁向人生另一階段的關鍵時刻，有這麼多美好的回憶陪伴著我，我會將它好好珍藏起來，讓它成爲我最美麗的回憶，謝謝大家!



目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii

1. 導論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 EMG 訊號.....	1
1.3 肌電訊號之評估及文獻探討.....	2
2. EMG 訊號控制系統.....	9
2.1 手臂速度測量.....	10
2.2 EMG 訊號量測.....	12
2.3 訊號處理.....	15
2.4 速度映射.....	17
2.5 動做分類.....	19
3. 軟硬體實現與模擬.....	24
3.1 手臂空間座標及速度辨識系統.....	24
3.2 EMG 訊號擷取系統.....	33
3.2.1 電極與放大器.....	34
3.2.2 資料擷取卡.....	37



3.2.3 可程式化軟體.....	39
3.3 遠端機械手臂操作系統.....	41
3.4 人機介面.....	45
4. 實驗與討論.....	48
4.1 肌電訊號相對手臂速度之分析.....	49
4.2 肌肉疲勞度分析.....	52
4.3 Mapping function.....	55
5. 結論.....	65
5.1 結論.....	65
5.2 未來展望.....	66
參考文獻.....	67



表目錄

表 2.1 不同輸入項對分析肌肉速度之差異.....	18
表 2.2 常用資料處理方法.....	18
表 2.3 手部運動狀況、起始點偵測結果、分類器的輸出與機器臂的運動關係表..	23
表 3.1 I/O switch position 代表意義.....	27
表 3.2 receiver 與更新頻率之關係.....	28
表 3.3 SEU與Long Ranger system規格.....	29
表 3.4 ETH-256 規格.....	36
表 3.5 DAQ-2213 規格表.....	38
表 3.6 RV-2A 機器臂規格.....	42



圖目錄

圖 1.1	肌電訊號以其頻譜分布示意圖.....	3
圖 1.2	JASA 分析圖.....	6
圖 1.3	漸增式與瞬發式運動肌電訊號比較圖.....	7
圖 2.1	EMG-based 機械臂控制系統架構圖.....	10
圖 2.2	手臂運動與角度關係圖.....	10
圖 2.3	前臂四種動作的定義.....	13
圖 2.4	屈肌位置圖.....	13
圖 2.5	伸肌位置圖.....	13
圖 2.6	旋前肌位置圖.....	14
圖 2.7	旋後肌位置圖.....	14
圖 2.8	同條肌肉再不同位置之振幅及頻譜.....	14
圖 2.9	原始 EMG 訊號與雜受雜訊之訊號比較圖.....	16
圖 2.10	單一臨界值偵測與史密特觸發器偵測示意圖： (a) 單一臨界值偵測，(b) 雙臨界值偵測.....	20
圖 2.11	單一臨界值的起始點偵測示意圖.....	22
圖 2.12	經過修正後的起始點偵測示意圖.....	22
圖 3.1	基於肌電波之遠端機械臂辨速系統.....	25
圖 3.2	完整的 3D FASTRAK system.....	26
圖 3.3	Polhemus Long Ranger system.....	26
圖 3.4	SEU I/O SELECT.....	27
圖 3.5	Position sensor 外觀.....	28
圖 3.6	手臂速度辨識系統介面.....	30
圖 3.7	手臂角速度曲線圖.....	30

圖 3.8	手臂角加速度曲線圖.....	31
圖 3.9	手臂速度慢之速度加速度曲線圖.....	32
圖 3.10	手臂速度快之速度加速度曲線圖(對曲做分析)	33
圖 3.11	表面電極(surface electrode)以及針式電極(needle electrode).....	34
圖 3.12	差動放大器之設計原理.....	35
圖 3.13	ETH-256 生理訊號放大器與電極貼片外觀圖.....	36
圖 3.14	DIN-68S Termination Board.....	37
圖 3.15	DIN 68S 接腳設定圖.....	39
圖 3.16	全系統架構圖.....	40
圖 3.17	RV-2A 外觀圖.....	41
圖 3.18	控制器與電腦端 clock 相對應圖.....	42
圖 3.19	外部通訊功能電腦端與控制器端通訊流程圖.....	44
圖 3.20	人機介面前置面板.....	45
圖 3.21	速度辨識面板.....	46
圖 3.22	頻譜分佈狀態面板.....	46
圖 4.1	實驗儀器裝置圖.....	48
圖 4.2	電極安置圖：(a) 肱二頭肌，(b) 肱三頭肌.....	49
圖 4.3	手臂速度由慢(上)到快(下)所對映的振幅:動作爲曲 對肱二頭肌作測 量.....	50
圖 4.4	手臂速度由慢(上)到快(下)所對映的振幅:動作爲伸 對肱三頭肌作測 量.....	50
圖 4.5	手臂速度由慢(上)到快(下)所對映的頻譜分佈:動作爲曲 對肱二頭肌作 測量.....	49
圖 4.6	手臂速度由慢(上)到快(下)所對映的頻譜:動作爲伸 對肱三頭肌作測 量.....	51
圖 4.7	在不同勞度之下時域肌電訊號比較圖.....	53



圖 4.8	在不同勞度之下電訊號頻譜分佈比較圖.....	54
圖 4.9	MVC%偵測流程圖.....	56
圖 4.10	MVC%與手臂速度相關圖 動作：手臂彎曲.....	57
圖 4.11	MVC%與手臂速度相關圖 動作：手臂伸直.....	58
圖 4.12(A)	以振幅為自變數，肱二頭肌與速度關係圖.....	59
圖 4.12(B)	以 MVC%為自變數，肱二頭肌與速度關係圖.....	59
圖 4.13(A)	以振幅為自變數，肱三頭肌與速度關係圖.....	60
圖 4.13(B)	以 MVC%為自變數，肱三頭肌與速度關係圖.....	60
圖 4.14	不同受測者之 MVC%相對於速度比較圖(一).....	62
圖 4.15	不同受測者之 MVC%相對於速度比較圖(二).....	63
圖 4.16	速度快造成訊號脈衝示意圖.....	64

