

# 基於肌電圖之機器臂控制系統

研究生：劉柏駿

指導教授：楊谷洋 博士

張志永 博士

國立交通大學電機與控制工程學系



肌電圖 (Electromyography, EMG) 是一種在肌肉收縮過程所產生的生理訊號，含有使用者移動的意圖，因此以肌電圖做為義肢或機器的控制命令，是非常直接且直覺的方式。基於此，我們對肌電圖與相對應之手部運動的關係進行分析，據以建構出一套基於肌電圖的機器臂控制系統，操作者可藉由此系統利用人手運動來操控機器臂。為了分析前臂的運動，此系統利用兩個通道的表面電極，從肱二頭肌與肱三頭肌得到肌肉訊號，接著擷取其四種特徵 (Mean absolute value, Variance, Zero crossing, Willison amplitude)，以此評估肌肉活動的狀況，之後透過分類器的設計來辨識出前臂的運動，並將之轉換成機器臂的控制命令，機器臂則根據此命令產生相對應的運動；為了達到即時控制的目的，我們也發展一套人機介面來整合訊號擷取、分析以及機器臂的控制。

# EMG-based Robot Arm Control System

Student : Po-Chun Liu

Advisor : Kuu-Young Young

Jyh-Yeong Chang

Department of Electrical and Control Engineering

National Chiao Tung University

## Abstract



EMG is a physiology signal generated during muscle contraction. For being the indication of the human motion intention, it is very intuitive and direct to use the EMG as the command for robot or prosthesis control. In the thesis, we aim to analyze the relationship between EMG and corresponding arm movement, and then establish an EMG-based robot control system. With the system, the operator can manipulate robot via the arm movement directly. To analyze the forearm movement, the system uses two surface electrodes to measure the EMG signal from the biceps and the triceps muscles. Four kinds of features, Mean absolute value, Variance, Zero crossing, and Willison amplitude, are adopted to evaluate the muscle activities. Accordingly, a classifier is developed to tell different forearm movements. Finally, for achieving real-time control, a human-machine interface is then developed to for signal extraction, signal analysis, and robot arm control.

# 誌謝

首先感謝我的指導教授----楊谷洋博士及張志永博士，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：羅佩臻教授及陳永昇助理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：建亨、彥慶、洺樞、福偉、明杰及學弟們，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. 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 研究背景與文獻探討.....	1
2. 基於肌電圖之機器臂控制系統.....	8
2.1 訊號量測.....	9
2.2 訊號處理.....	13
2.3 分類器設計.....	17
3. 軟硬體實現與模擬.....	21
3.1 EMG 訊號擷取系統建構.....	21
3.1.1 電極與放大鏡.....	22
3.1.2 資料擷取卡.....	26
3.1.3 可程式化軟體.....	28
3.2 即時機器臂控制系統.....	30
3.2.1 控制器程式.....	32
3.2.2 電腦端應用程式.....	33
3.3 人機介面.....	34

3.4 系統模擬.....	35
4. 實驗與討論.....	43
4.1 模糊性分析.....	44
4.2 分類器設計.....	51
5. 結論.....	58
5.1 結論.....	58
5.2 未來工作.....	58
參考文獻.....	60



# 表目錄

表 2.1	特徵值計算公式.....	16
表 2.2	手部運動狀況、起始點偵測結果、分類器的輸出與機器臂的相對運動關係表.....	20
表 3.1	ETH-256 規格表.....	25
表 3.2	DAQ-2213 規格表.....	27
表 3.3	RV-2A 機器臂規格.....	31
表 3.4	啓動即時外部通訊時，控制器的參數設定.....	32
表 4.1	四個受測者的基本資料.....	45
表 4.2	受測者 A 的參數.....	46
表 4.3	受測者 B、C 與 D 的分類器狀態輸出次數統計以及辨識率： (a)受測者 B,(b)受測者 C,和(c)受測者 D.....	50
表 4.4	受測者 B、C 與 D 經過調整後的參數.....	52
表 4.5	參數調整後，受測者 B、C 與 D 的分類器狀態輸出次數統計以及辨識率： (a)受測者 B,(b)受測者 C,和(c)受測者 D.....	57

# 圖目錄

圖 1.1	肌電圖以及其頻譜分布示意圖.....	3
圖 2.1	基於肌電圖之機器臂控制系統示意圖.....	9
圖 2.2	前臂四種動作的定義.....	11
圖 2.3	屈肌位置圖.....	11
圖 2.4	伸肌位置圖.....	11
圖 2.5	旋前肌位置圖.....	12
圖 2.6	旋後肌位置圖.....	12
圖 2.7	同一肌肉上不同位置表現在時域上的訊號及其頻譜.....	12
圖 2.8	乾淨之 EMG 訊號以及常出現的錯誤與雜訊干擾.....	14
圖 2.9	Butterworth 帶通濾波器頻率響應圖.....	15
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.....	18
圖 2.11	單一臨界值的起始點偵測示意圖.....	19
圖 2.12	經過修正後的起始點偵測示意圖.....	20
圖 3.1	基於肌電圖之機器臂控制系統架構圖.....	22
圖 3.2	表面電極與針式電極示意圖.....	23
圖 3.3	差動放大器設計之設計原理.....	24
圖 3.4	電極與 ETH-256 生理訊號放大器與量測電極外觀圖: (a) ETH-256 外觀圖和 (b) 量測電極及貼片外觀圖.....	25
圖 3.5	連接器接腳設定.....	28
圖 3.6	EMG 訊號擷取系統架構圖.....	29
圖 3.7	RV-2A 外觀圖.....	31
圖 3.8	外部通訊功能軟硬體設定流程圖.....	36

圖 3.9	人機介面前置面板.....	37
圖 3.10	前臂屈曲時 CH1 與 CH2 的原始訊號與經過高通濾波器後的訊號： (a) 原始訊號，和(b)經過高通濾波器後的訊號.....	39
圖 3.11	CH1 (肱二頭肌) 的訊號經過特徵擷取部分，所計算出來的四個特徵， (a)MAV，(b)VAR，(c)ZC，(d)WAMP.....	40
圖 3.12	前臂屈曲時，分類器辨識的結果.....	40
圖 3.13	前臂伸展時 CH1 與 CH2 的原始訊號與經過高通濾波器後的訊號： (a)原始訊號，和(b)經過高通濾波器之後的訊號.....	41
圖 3.14	CH2 (肱三頭肌) 的訊號經過特徵擷取部分，所計算出來的四個特徵， (a)MAV，(b)VAR，(c)ZC，(d)WAMP.....	42
圖 3.15	前臂伸展時，分類器辨識的結果.....	42
圖 4.1	實驗設定圖.....	43
圖 4.2	電極安置圖：(a) 肱二頭肌，和(b)肱三頭肌.....	44
圖 4.3	受測者 B、C 與 D 經過濾波器後的 EMG 訊號： (a)受測者 B，(b)受測者 C，和(c)受測者 D.....	47
圖 4.4	受測者 B、C 與 D 其 EMG 訊號特徵值變化： (a) 受測者 B，(b) 受測者 C，和(c) 受測者 D.....	49
圖 4.5	受測者 B、C 與 D 其分類器輸出結果： (a) 受測者 B，(b) 受測者和(c) 受測者 D.....	50
圖 4.6	參數調整後，受測者 B、C 與 D 經過濾波器後的 EMG 訊號： (a) 受測者 B，(b)受測者 C，和(c)受測者 D.....	54
圖 4.7	參數調整後，受測者 B、C 與 D 的特徵變化： (a) 受測者 B，(b)受測者 C，和(c)受測者.....	55
圖 4.8	參數調整後，受測者 B、C 與 D 的分類器輸出結果： (a) 受測者 B，(b)受測者 C，和(c)受測者 D.....	56