

國立交通大學

電機與控制工程學系

碩士論文

基於力回饋搖桿之毛筆字書寫輔助系統

Calligraphy Teaching System based on a Force-Reflection Joystick



研究生：丁怡翔

指導教授：楊谷洋 博士

中華民國九十七年七月

基於力回饋搖桿之毛筆字書寫輔助系統

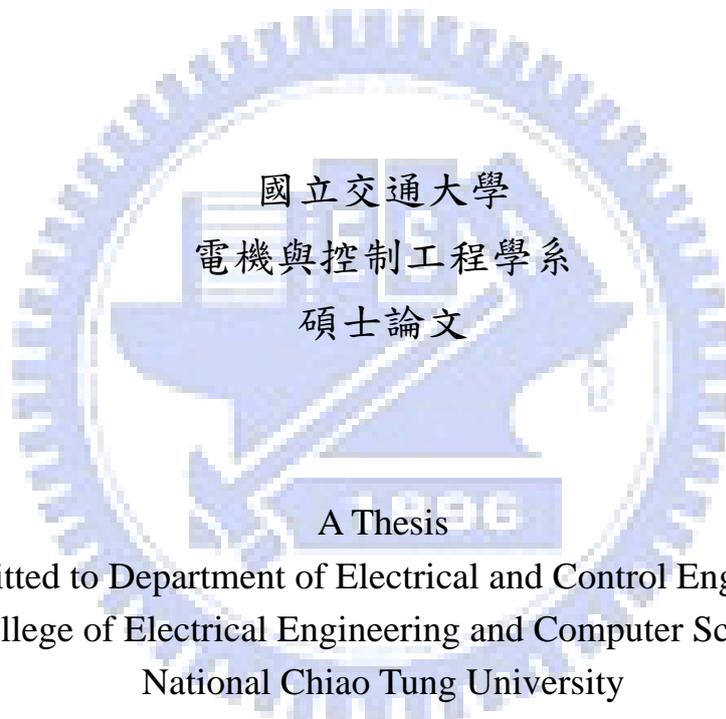
Calligraphy Teaching System based on a Force-Reflection Joystick

研究生：丁怡翔

Student: Yi-Shiang Din

指導教授：楊谷洋 博士

Advisor: Dr. Kuu-Young Young



Submitted to Department of Electrical and Control Engineering
College of Electrical Engineering and Computer Science
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
of the Degree of Master
in
Electrical and Control Engineering
July 2008
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十七 年 七 月

基於力回饋搖桿之毛筆字書寫輔助系統

研究生： 丁怡翔 指導教授: 楊谷洋教授

國立交通大學電機與控制工程學系

摘要

在傳統教學上，學生習字都是透過教師在黑板上示範，接著學生從模仿教師的書寫動作中進行學習，由於在課堂上是一對多教育，加上有學習時間限制，老師無暇顧及每位學生，即使從批改學生的作業本上，也只能看出字形的外觀，無法從紙本上判斷出筆劃順序是否正確，因而有學者提出利用虛擬場景(Virtual environment)配合虛擬導引(Virtual guidance)來輔助操作者學習，讓學習者能自行正確的練習。虛擬導引乃透過虛擬場景中提供的視覺、力覺等對操作者提供輔助，在操作上的穩定性以及效率都有相當大的幫助。對於習字教育輔助學習方法，已有相當多的研究及著作，本文提出一虛擬力輔助方法，該方法利用虛擬場景提供操作者視覺回饋，配合力輔助，使操作者在操作過程中可藉由輔助策略對於操作者在毛筆字書寫上面，進行虛擬力輔助以達到學習的效果。利用所提出的方法，我們建構了一毛筆字書寫輔助系統，並進行實驗，獲得不錯的實驗結果，證明我們所設計的輔助系統能夠有效地改善操作者的毛筆字書寫。

Calligraphy Teaching System

based on a Force-Reflection Joystick

Student : Yi-Shiang Din

Advisor : Dr. Kuu-Young Young

Department of Electrical and Control Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

In general, students learn to write by imitating teacher's handwriting on the blackboard in traditional education. Due to the one-to-more teaching and limited time, allowed the teacher cannot look at each student's handwriting carefully. Although student's writings can be recognized by their looks, the teacher cannot figure whether the writing sequences are correct. Therefore, there are some researchers proposing using the virtual environment and guidance to assist the students in learning the handwriting by themselves. In this thesis, we propose a novel virtual guidance system, which provides both visual and physical assistance to the users. This system, the Calligraphy Teaching System, can help the users to achieve their learning goal through proper assistance strategies. The experiments show that the proposed system effectively correct the handwriting of the users who perform better than before.

誌 謝

首先要感謝我的指導教授----楊谷洋博士，由於他熱心的指導，使我的研究工作得以順利完成。同時，感謝各位口試委員：楊秉祥老師、宋開泰老師及莊仁輝老師撥冗參與論文口試，並給予許多寶貴的指導與建議，使我獲益良多。感謝木政、一元、修任以及豪宇學長對我研究上許多的指導以及協助，讓我能順利完成毛筆字書寫輔助系統系統的建構，感謝兩年來陪我一起歡樂的同學以及學長們，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爸媽，謝謝你們的耐心與信心，讓我能完成學業，謝謝。



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
2. 毛筆字書寫輔助系統.....	6
2.1 虛擬場景建構.....	8
2.1.1 示範者軌跡記錄.....	9
2.1.2 字體筆劃切割.....	13
2.2 力輔助模式.....	14
2.2.1 路徑限制模式.....	15
2.2.2 具阻尼路徑限制模式.....	17
2.2.3 路徑引導模式.....	19

3. 系統實現	22
3.1 軟體實現.....	23
3.1.1 虛擬場景.....	23
3.1.2 3D 效果呈現.....	24
3.1.3 觸覺演算法.....	27
3.1.4 多執行序.....	31
3.2 硬體實現.....	34
4. 實驗	36
4.1 實驗流程.....	37
4.2 操作實景.....	38
4.3 結果與討論.....	38
5. 結論	47
5.1 未來工作.....	48
參考文獻	49

表 目 錄

表 3-1 Phantom Omni 三軸力回饋搖桿規格表.....	35
表 4-1 受測者一起收筆誤差值統計表.....	41
表 4-2 受測者二一起收筆誤差值統計表.....	44
表 4-3 受測者三一起收筆誤差值統計表.....	46

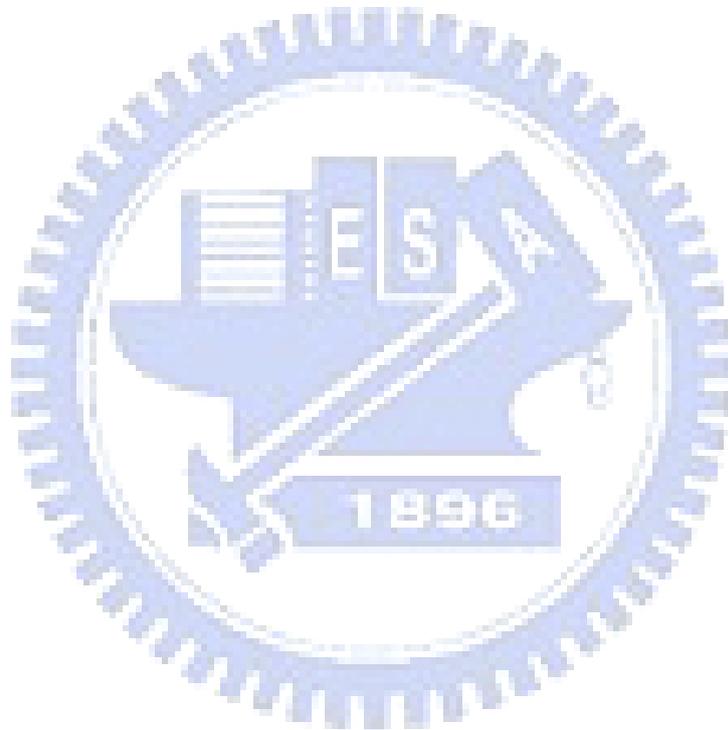


圖 目 錄

圖 1-1	電腦輔助教學系統	2
圖 1-2	中文硬體字手寫辨識系統	2
圖1-3	具力感輔助硬體字手寫系統：(a)手寫日文五十音學習系統與(b)手寫英文字母學習系統	2
圖1-4	具力感輔助軟體字手寫系統：(a)虛擬毛筆字系統與(b)中文字虛擬教學系統	3
圖1-5	虛擬紙示意圖	4
圖2-1	毛筆字書寫輔助系統流程圖	7
圖2-2	虛擬場景建構流程圖	8
圖 2-3	示範者書寫結果：(a)示範者示範結果(b)第一次軌跡(c)第二次軌跡(d)第三次軌跡和(e)第四次軌跡	9
圖2-4	操作柄與紙面的角度影響取樣結果的情形：(a)操控柄與紙面角度呈現傾斜和(b)操控柄與紙面角度呈現垂直	10
圖 2-5	以示範者的四次軌跡直接建構模型的書寫結果	11
圖 2-6	示範者非意識的手部動作所造成的影響	12
圖 2-7	調整後軌跡與書寫結果	12
圖2-8	筆劃切割示意圖	13
圖2-9	力輔助模式流程圖	14
圖2-10	路徑限制模式示意圖	15
圖2-11	路徑限制策略示意圖：(a)搖桿在路徑限制策略範圍內和(b)搖桿在路徑限制策略範圍外	16
圖2-12	筆劃切割與否，對於筆順引導策略造成的影響：(a)筆劃未切割和(b)筆	

	劃切割.....	17
圖2-13	阻尼策略對操作者提供一緩衝力.....	18
圖2-14	筆劃切割與否，對於阻尼策略造成的影響：(a)筆劃未切割和(b)筆劃切割.....	18
圖2-15	路徑引導示意圖.....	19
圖2-16	筆劃切割與否，對於彈簧策略造成的影響：(a)筆劃未切割和(b)筆劃切割.....	20
圖2-17	毛筆書寫輔助系統對使用者進行力輔助流程圖.....	21
圖 3-1	毛筆字書寫輔助系統架構圖.....	22
圖 3-2	OpenGL 成像流程.....	24
圖3-3	3D影像投射到2D平面示意圖.....	24
圖 3-4	透視投射示意圖.....	25
圖 3-5	正交投射示意圖.....	25
圖 3-6	3D 轉 2D 座標點轉換程序.....	26
圖 3-7	無法清處界定搖桿進入位置.....	28
圖 3-8	轉角處會產生不連續的力.....	28
圖 3-9	搖桿穿透細薄物體示意圖：(a)正確的反作用力(b)正確的反作用力和(c)錯誤的反作用力.....	29
圖 3-11	交界處可能產生錯誤的反作用力：(a)交界處為正交(b)交界處呈頓角和(c)交界處呈近似平行.....	29
圖 3-11	利用 God-object 和搖桿間的阻尼彈簧模擬物體的軟硬程度.....	29
圖 3-12	搖桿接觸物體凸面的程序：(a)先接觸到的面(b)往第二個面移動和(c)落在第二個面上.....	30
圖 3-13	搖桿接觸物體凹面呈現銳角時的處理程序：(a)在接觸面上移動(b)穿透第二個面和(c)位置修正.....	31
圖 3-14	執行順序和時間關係：(a)一般程式執行和(b)多執行緒程式執	

行	32
圖 3-15 多執行序執行示意圖	33
圖 3-16 毛筆字書寫輔助系統使用介面	34
圖 3-17 Phantom Omni 三軸力回饋搖桿	35
圖 4-1 實驗流程圖	37
圖 4-2 操作者進行毛筆字書寫輔助系統的情形	38
圖 4-3 受測者一在輔助前後與三個輔助模式中的操作軌跡與書寫結果	40
圖 4-4 受測者一-起收筆誤差值折線圖	42
圖 4-5 受測者二在輔助前後與三個輔助模式中的操作軌跡與書寫結果	43
圖 4-6 受測者二-起收筆誤差值折線圖	44
圖 4-7 受測者三在輔助前後與三個輔助模式中的操作軌跡與書寫結果	45
圖 4-8 受測者三-起收筆誤差值折線圖	46

