

應用於重障患者之唇形溝通輔具系統

Lips-Control Assistive Communication System for The Serious Disabled

陳世中 Shin-Chung Chen 簡菁怡 Ching-Yi Chien
南台科技大學電機工程系

Department of Electrical Engineering, Southern Taiwan University

一、中文摘要

在本研究中，我們實現一套以 LabVIEW 軟體系統為主，硬體系統為輔的唇形影像辨識的溝通輔具系統。

在軟體系統方面，本研究是利用數位影像處理的技巧，來實現人臉追蹤、唇形影像定位與萃取、唇形影像處理與辨識等演算法，並使用 Fuzzy 演算法辨識摩斯碼長短音，再搭配系統 Windows API 函數的呼叫技巧，讓使用者(重障者)能以簡單的嘴唇開閉方式，進行家電控制與電腦文書編輯等動作。而在硬體電路方面，本研究利用無線模組，發射唇形開閉次數的訊號，以控制家庭中不同的電器設備。因此，不僅減少硬體的使用，也減少架設系統的複雜度。本系統與傳統輔具系統之間最大的差異，即傳統的輔具系統必須配戴各式各樣的輔具配件，對於長時間使用輔具的殘障患者而言，將造成不舒適的情形。而本文所提之以唇形影像辨識為控制源的溝通輔具系統，患者並不需要配戴各式各樣的輔具配件，尤其適合脊髓損傷的重度傷殘患，因此，本文所提之唇形影像辨識溝通輔具系統，除了解決了重障者對外的溝通問題外，也因無需配戴任何輔具配件，即可進行操控，所以也同時解決了使用者舒適性的問題。希望此系統的研發，將可以真正改善殘障患者與外界資訊溝通的能力，幫助更多需要幫助的人。

關鍵詞：人臉追蹤、唇形辨識、溝通輔具、Fuzzy 演算法、摩斯碼。

Abstract

We realized a set of assistive system based on lips images recognition for communication of the disabled. This system is composed with the software system mainly and the hardware system auxiliary. In this system, the software system can be divided into two major parts. The first part is to develop a recognition algorithm for the opened/closed status of lips images, including the face detection, the face tracking, the lips pattern recognition, the lips locations and extraction, the lips images processing etc. The second part is to develop a fuzzy algorithm for recognizing long tone/silence or short tone/silence

of Morse codes. After the fuzzy recognition, the open/close statuses of lips images can be transferred to Morse codes to input the characters, achieving the functions of word processing. Regarding to the hardware of the assistive system, we have primarily realized the remote control system for electrical home appliances. Once it obtains information of open/close statuses of lips images after the software recognition, then the original parallel port interface of general computer and RF module can be used to carry out further remote control function of home appliances.

In conclusion, we have completed the assistive communication system for the disabled with no need of any type of appurtenance. We improve some defects of traditional auxiliary system. It will be unnecessary to wear any type of appurtenance. We believe that the assistive system will be more helpful for the serious disabled especially with vertebra damaged. We hope our study can improve the communication abilities of the disabled and make some contributions to society.

Keywords: Image Processing, Face Tracking, Lips Recognition, Auxiliary Devices for the Disabled, Morse Code, Fuzzy theory

二、緣由與目的

目前唇控產品相當昂貴，許多家庭未必負擔的起，而且單一項的輔具並非適合每一個傷殘患者，因此客製化的輔具是被需要的。但如何突破專業與技術的門檻，去研製一個低成本的輔具，讓唇控產品未來能造福更多患者，也是另一個重要的議題。此系統跟傳統輔具最大的相異處為：傳統輔具需要長期配戴各種輔具配件，對於重度傷殘患者是一個相當大的困擾，此系統利用影像處理方法，使患者不需配戴任何裝置在身上即可取代電腦鍵盤與滑鼠等輸入功能，更可利用此系統達到家電控制的功能，使重障患者也能擁有便利的生活。

三、材料與方法

3.1 軟體系統架構

如圖 1 所示，為本研究所實現之唇形軟體辨識系統架構圖。其中包括六個階段：第一階段為利用

影像擷取卡及 CCD 攝影機或 USB webcam，將 RGB 格式之彩色影像讀入，以利下一步的影像處理工作。第二階段包括色彩空間轉換、膚色偵測、人臉驗證及追蹤等步驟。第三階段為本研究萃取唇形影像的方式。第四階段為將所萃取的唇形影像透過影像處理的技巧將唇形輪廓萃取出來，並進行唇形開閉的辨識工作。第五階段由於使用者無法輸入固定比例之長短音摩斯碼，因此我們利用 Fuzzy 演算法解決此問題，而辨識出摩斯碼的長短音。第六階段將辨識出的長短音，對應到所屬鍵盤的美國國家標準碼 (ASCII Codes)，藉以模擬出鍵盤輸入及滑鼠控制等功能，以進行文書處理及家電控制動作。

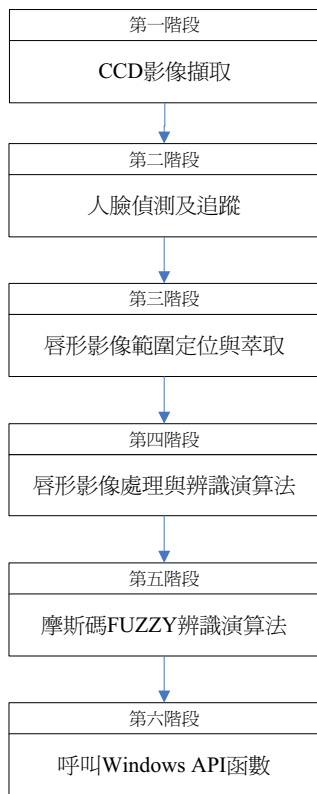


圖 1. 系統架構圖

3.2 硬體系統架構

經由影像軟體系統辨識唇形的開閉狀態後，接下來，我們必須將此辨識結果的訊號，透過並列埠將訊號輸出，即可控制外部的硬體電路，進而控制家電。圖 3. 為本系統的家電控制硬體架構圖。表 1. 為家電控制系統之固定時間週期內，嘴唇開閉次數/控制裝置對照表。

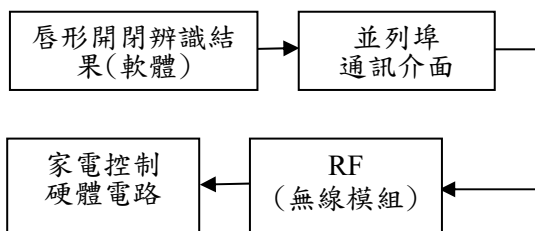


圖 3. 家電控制系統硬體架構圖

表 1. 固定時間週期內唇形開閉次數/控制裝置對照表

唇形開閉次數	硬體電路之動作
0	保持前一次輸出狀態
1	啟動/關閉第一個裝置
2	啟動/關閉第二個裝置
3	啟動/關閉第三個裝置
4	同時關閉所有裝置
4 次以上	保持前一次輸出狀態

3. 摩斯碼辨識系統(McTin SYSTEM)

摩斯碼的輸入必須依循著長短音 1:3 的比率才可以讓系統辨識其長短音區間，但每一次輸入的長短音的時間長短未必一致，基於此原因，必須設計一套可以依據不同使用者輸入速度不同、長短音比率的變化來實現的摩斯碼文書輸入裝置，而 McTin 系統即是為了克服此問題所誕生的硬體系統，此系統由成大電機系羅錦興教授及吳崇民博士所設計。

在本系統中，將原 McTin 硬體系統改成由軟體的方法實現，減少了硬體的使用，對於患者的舒適性及便利性是一大福音。

四、實驗結果與演算法驗證

接下來，我們做了一些不同的實驗來驗證本系統的功能，其中包含了人臉追蹤演算法的驗證，嘴唇開閉辨識的驗證，以及比較新、舊影像處理演算法對人臉照片辨識的正確率和不同影像演算的計算效率與時間。

4.1 人臉追蹤演算法驗證

首先是驗證人臉追蹤的實驗結果。從圖 4 可以看到無論遠近或是背景有其它的膚色區塊，都能很準確的框出人臉。圖 4(A)(B)與圖 4(C)(D)這二組照片是不同時間拍的，上面這組圖 4(A)(B)是中午時間拍的，這時的光線由照片右方照射進來；下面這組圖 4(C)(D)是傍晚拍的，沒有外界光線的影響。因此，我們可以知道，我們的系統對人臉追蹤演算法有不錯的強健性。

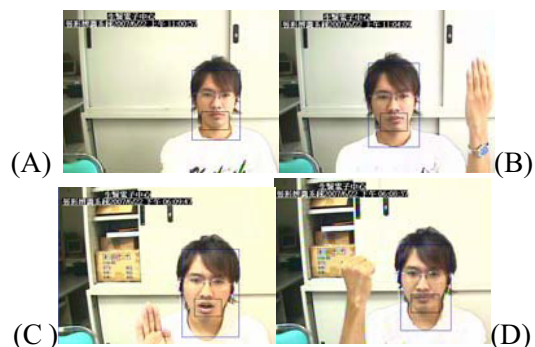


圖 4. 人臉追蹤演算法驗證

4.2 嘴唇開閉辨識驗證

接下來是嘴唇開閉辨識的實驗結果。相同的，圖 5(A)(B)與圖 5(C)(D)這二組照片是不同時間拍的，上面這組圖 5(A)(B)是中午時間拍的，這時的光線由照片右方照射進來；下面這組圖 5(C)(D)是傍晚拍的，沒有外界光線的影響。可以發現，在稍微的人臉位置變化的情形下，嘴唇的區域及狀態還是能很準確的被萃取出來。

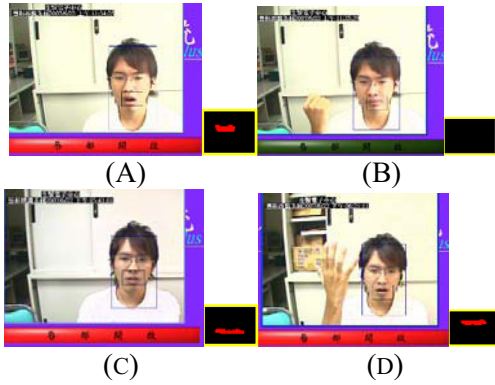


圖 5.嘴唇開閉辨識驗證

4.3 照片中人臉追蹤實驗結果

本文舊演算法指的是邵成麟在”唇形影像辨識之簡易家電控制及文書輸入系統”碩士論文中所用的影像處理演算法[8]，新演算法則是針對上一代演算法的缺點加以改進，就影像處理演算法方面來說，新演算法雖然較舊演算法簡單，但卻能減少正面光源對人臉的影響；舊演算法會因為正面光源的影響而造成人臉偵測的失敗。新舊演算法雖然都有 pattern，不過新演算法嘴唇的區域是可以手動調整的。以下針對這兩套演算法進行比較。由表 2 可知，在實驗室中所拍的照片，新的演算法正確率為 97.87%，舊的演算法正確率為 74.47%，若所拍照片為患者家中的環境，新的演算法正確率為 94.44%，舊的演算法只有 50%，因此可知新的演算法能有效的解決患者家中因光線照射所造成的影響。

表 2.新、舊演算法正確率比較

版本	實驗室中所拍照片之正確率 (%)	病患家中所拍照片之正確率(%)
舊	74.47(35/47)	50(9/18)
新	97.87(46/47)	94.44(17/18)

4.4 患者實際受測結果

本系統對一脊髓損傷患者實際操作的受測情形，如表 3 所示，我們總共進行了 6 次的輸入實驗，每次文書輸入實驗均輸入 10 次的 ABCDEFG，底線及紅色表示為錯誤的輸入。每一次實驗間隔約 2~3 星期，可以看到正確率有漸漸提升的情形。

表 3.脊髓損傷個案實測之結果

order	1st	2nd	3rd
1 st	<u>A</u> YDEFBI	<u>M</u> IKDECD	<u>A</u> XCFEFR
2 nd	<u>E</u> HNTTIG	<u>M</u> YCSEFG	<u>A</u> XCDEFG
3 rd	<u>A</u> BFDEHR	ABCDEFHG	ABCDEFHG
4 th	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
5 th	<u>A</u> BCDEHR	<u>A</u> BCDEFR	<u>R</u> SODEFG
6 th	<u>I</u> HCDEFG	<u>A</u> BCDEFG	<u>A</u> BCDEFG
7 th	ABCDEFHG	<u>A</u> BCDEFHG	ABCDEFHG
8 th	<u>I</u> BCDEFR	ABCDEFHG	ABCDEFHG
9 th	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
10 th	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
Average of accuracy	70.00% (49/70)	85.71% (60/70)	90.00% (63/70)

order	4'th	5'th	6'th
1 st	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
2 nd	<u>A</u> BFDEFR	<u>A</u> BCDEFHG	ABCDEFHG
3 rd	<u>A</u> BCDEFR	<u>I</u> BCDEFR	<u>A</u> BCDEFH
4 th	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
5 th	ABCDEFHG	<u>A</u> BFDEFH	ABCDEFHG
6 th	<u>A</u> BCCEFG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
7 th	<u>A</u> BCGEFG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
8 th	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
9 th	<u>A</u> BCDEFR	ABCDEFHG	ABCDEFHG
10 th	ABCDEFHG	ABCDEFHG	ABCDEFHG
Average of accuracy	91.43% (64/70)	92.86% (65/70)	97.14% (68/70)

4.5 程式執行效率

由表 4 所示的實驗結果，可以得到 3 個結論，(1)新的程式執行效率比舊的程式執行時間較長，主要是因為新的程式多了摩斯碼辨識所需的模糊演算法和呼叫 API 函數的演算法的程式執行時間；但是(2)藉由電腦硬體的升級即可減少差距至一半的時間。另外，(3)若將影像輸入裝置改為 USB webcam，我們發現並不會因此拖延到程式執行的效率，而且價格上可以由原本的約 5 萬塊，變成不到 300 塊，因此使用 USB webcam 作為影像輸入裝置是可行的，而且可以降低系統的成本。

表 4.新、就程式執行效率的測試結果

	舊影像處理演算法	新影像處理演算法 1	新影像處理演算法 2
pattern	有	有	有
fuzzy	無	有	有
影像輸入裝置	CCD camera	CCD camera	USB webcam
CPU: Intel2.4G Ram:DDR 1G T±sd(ms)	209.40±27.58	302.08±4 0.63	284.65± 55.94
CPU: Intel3.4G Ram:DDR II 1G T±sd(ms)	102.59±23.76	152.28±2 6.3	143.89± 39.

4.6 人機系統介面

最後是本系統的人機介面，如圖 6 所示，其中

包含了嘴唇區域的參數調整，嘴唇開啟時兩唇距離的閾值設定，系統模式的指示燈，家電控制的顯示資訊，以及使用者輸入的摩斯碼等。小圖即為唇形影像框。



圖 6.軟體化唇控溝通系統的人機介面主視窗

4.7 討論

從上述的第一個人臉追蹤系統驗證的實驗結果來看，本系統所用的人臉偵測演算法能準確的偵測出人臉，且不易受光線影響。

由第二個唇形開閉辨識演算法之驗證的實驗結果中，雖然系統能準確的判斷出嘴唇開閉與否的情形，但若使用者嘴唇開閉的速度比影像處理的執行速度更快，那麼將會造成嘴唇開閉的狀態無法在瞬間被偵測出來，但本系統的影像處理的執行速度還在可接受的範圍，當然透過電腦硬體升級，提高程式執行速度，是最能有效避免嘴唇開閉速度過快，而不易被程式偵測出來的問題。

在第三個人臉追蹤系統之正確率比較的實驗結果可知，新的人臉偵測演算法(辨識率 97.74%)比舊的演算法(辨識率 74.47%)正確率要來的高，且能比舊演算法(辨識率 50%)更有效的於患者家中偵測出人臉(辨識率 94.44%)。

在系統進行文書輸入的辨識率中，我們做了實驗來驗證我們所定義的模糊演算法是否能準確的辨識出摩斯碼的長、短音。在脊髓損傷個案實際的測試情形上來看，受測者在一開始使用時錯誤率偏高，主要的原因應是對於使用方式的不熟悉，在經過多次的實驗程序之後可發現，使用者輸入文字的正確率逐漸提升，因此可知只要讓使用者多練習，熟悉本系統的使用方式，將可以有更好的正確率。另外，在進行實驗時，人臉偵測穩定度、唇形辨識演算法等，也影響了嘴唇狀態是否能穩定的被擷取出來，當然也間接的影響了最後的正確率，作者在每一次的實驗中找到問題，進而修改程式，使程式更加穩定，也是使正確率能提升的因素之一。

最後，作者建議直接將電腦主機的硬體設備加以升級，如此所得到的效果將是最顯著的。雖然沒辦法透過修改軟體程式來明顯的改善程式執行的效率，但辨識的正確率還是有顯著的提高，在表 3 的實驗結果可知，影像輸入裝置若改用 USB webcam，完全不會拖延到程式執行的效率，因此

使用 USB webcam 當成影像的輸入裝置是可行的。

五、結論

在本論文中，我們成功利用唇形影像開閉辨識的技巧來控制各式的家電。在軟體系統方面，本文利用數位影像處理的技巧來實現人臉追蹤、唇形影像定位與萃取、唇形影像處理與辨識等演算法，由實驗結果中可以發現，本研究之影像處理演算法的有不錯的效能，(在 480×360 解析度下)，而人臉偵測的正確率也能達到 97.47%(47 張照片)辨識率，但在輸入字元所需花費的時間較 McTin 系統稍長，這跟使用者對系統的熟悉度有關外，透過升級電腦硬體，或是縮小影像尺寸，提升執行效率，也可以改善此問題。

在硬體電路方面，本文實現了以唇形開閉次數來遙控家庭電器設備，並將 McTin 的硬體摩斯碼辨識盒系統的功能軟體化，最後將影像輸入裝置改為使用價廉的 USB webcam。此系統與傳統輔具系統的最大差異，乃是患者並不需要配戴各式各樣的輔具配件，尤其對於脊髓損傷的重度傷殘患者而言，可以提供舒適的操作環境，也減少製作成本。

六、致謝

在此，我們向國科會表達誠摯感謝之意，感謝國科會提供編號第 NSC 96-2218-E-002-023 號計畫之研究經費。使我們可以進行相關輔具研究，以幫助殘障人士，提升生活品質。

七、參考文獻

- [1] Jordao.L., Perrone.M., Costeira.J.P., Stos-Victor J., "Active Face and Feature Tracking" 1999. *Proceedings. International Conference on Image Analysis and Processing*, pp. 572 – 576, 1999
- [2] Colmenarez.A., Frey.B., Huang T.S., "Detection and Tracking of Faces and Facial Features" 1999. *ICIP 99. Proceedings. 1999 International Conference on Image Processing*, vol.1, pp.657 – 661, 1999
- [3] "應用於重度脊髓損傷患者之摩斯碼模糊辨識嘴控輸入系統," 國立成功大學電機系, 吳崇民, 博士論文, 2004
- [4] "認識 fuzzy-第二版", 王文俊, 全華科技, 2001
- [5] "LabVIEW & Microsoft 的整合實例(I)," 陸光中/蕭子健, 高立圖書, 2004
- [6] 譚永恆, "以數位影像處理技術做人臉自動追蹤系統之研究" 國立成功大學電機工程學系碩士論文, 2000
- [7] 王健權, "以數位影像處理搭配動態攝影機做即時人臉追蹤之研究" 國立成功大學電機工程學系碩士論文, 2002
- [8] 邵成麟, "唇形影像辨識之簡易家電控制及文書輸入系統" 私立南台科技大學電機工程學系碩士論文, 2004