

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫進度報告

無障礙生活環境科技輔具之研發-

子計劃三:供殘障者使用之簡易鍵盤研製(II)

計畫類別： 個別型計畫 < 整合型計畫

計畫編號：NSC90 - 2614 - E - 002 - 003 -

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：郭德盛 教授

計畫共同主持人：陳友倫 副教授

計畫研究助理：吳漢章 研究生

楊立平 研究生

陳淑芳 研究生

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學 電機工程系

中華民國 九十 年 五 月

摘要

為因應上肢(手部)肌肉神經傳導障礙、外傷及協調能力不佳的患者日益激增，造成此類患者日常生活及工作不便，急需整合、設計一套簡易電腦輸入系統，以克服此類患者在操作電腦時的障礙，同時藉由此系統幫助他們達到易於控制電腦、環境及參與工作的機會。

本研究針對一般單一按鍵的列-行掃描方式加以改良。將列-行掃描鍵盤字元加以分類以加快輸入速度；利用多重選擇的輸入方式包括：表面肌電圖感測、口吹氣氣壓感測、壓力感測、紅外線感測、單一按鍵等輸入方式；同時，在軟體上也加強列-行掃描鍵盤的完整性，以利身心障礙者操作。

研究地點:國立台灣大學 電機工程學系

Abstract

The number of patients with upper extremity impairment due to either neurological disorders or musculoskeletal trauma has been increased recently in Taiwan. The conventional computer keyboard is difficulty to be controlled by those disabled. It is imperative to create and develop a simple keyboard for them to be competent to operate a computer. Using the system, the patients will adapt environment easier and have ample job opportunities.

In this study, a categorized row-column scanning computer interface is developed to improve the conventional single key-in row-column scanning method. The beneficial developments include: speed enhancement by categorizing radicals of keyboard, and multiple selection of input methods such as surface electromyographic (SEMG) control, breath pressure sensibility control with puff, force sensibility control, infrared sensibility control and single key-in control. Meanwhile, an enhancement software package is developed to increase the row-column scanning keyboard capabilities for the disabled persons to control the operation of data entry.

Keywords: Categorized row-column scanning, Surface electromyographic (SEMG), Computer keyboard, Disabled people

簡介

由於科技日新月異，電腦已成為人類生活的一部份。然而，對於身心障礙者由於肢體功能的喪失，促使他們減少了使用尖端科技的機會，有鑑於此，電腦輔具(computer assistant technology)的設計、研究，已是一刻不容緩的課題，同時，也是世界各國施政的焦點。

一般電腦的輸入輔具，不外乎是使用口含棒(mouthstick)，頭控棒(headstick)，眼球移動控制(eye tracking)，眼球成像輸入(eyeball imaged)，腦波圖(electroencephlographic, EEG)控制、語言辨識控制(speech recognition)或頭部轉動(head control)控制(如：紅外線，超音波)等的方式〔1~7〕。然而，對於肢體嚴重傷害如脊髓損傷(spinal cord injured)的患者而言，上述的各種輸入方式，不是操作不易就是單價過高。然而，對於此類患者雖有已開發的另類輔具如：設計於螢幕上以二維矩陣排列字元，以列-行掃描(row-column scanning)的方式，透過單鍵等的輸入，選擇想輸入的字元，此種輸入方式雖已減化患者操作傳統鍵盤的複雜程序，但其輸入一個字元的操作時間明顯增加(輸入一個字元，需按單鍵 2~3 次)，即使是採用改變鍵盤字元的排列方式或字元輸入順續預測等方式，其輸入速度約 6~8 字/分(words/min)。針對上述文獻回顧，本研究將針對一般單一按鍵的列-行掃描方式加以改良，包括：將列-行掃描鍵盤字元加以分類以加快輸入速度、多重選擇的輸入方式(例：表面肌電圖(surface

electromyographic , SEMG)感測、口吹氣氣壓感測、壓力感測、紅外線感測、單一按鍵等輸入方式) , 同時, 在軟體上除了使列-行掃描鍵盤完整性加強外, 也加上使用者能線上自行設定系統參數及中/英文字母切換輸入的功能, 供亞洲地區廣大的身心障礙者可採用漢字拼音的方式輸入漢文, 以補其因不熟悉英文而無法操作電腦的缺憾。

材料方法

A. 硬體設計

多重選擇輸入部份主要包括：(a) 表面肌電圖輸入感測 (b)口吹氣氣壓感測輸入 (c)壓力感測輸入 (d)紅外線感測輸入 (e)單一按鍵輸入等方式，其系統架構如圖 1.所示。透過上述各種多重輸入的選擇電路，擇其一感測操作者所剩餘的肢體功能以為控制輸入訊號，再將該控制訊號透過主控制器電路的轉換處理，由其串列埠將該訊號傳至電腦的通訊埠 (COM port)，再由自行開發的程式軟體讀取該控制訊號以為選擇列-行掃描鍵盤字元輸入控制之用。以下就該上述多重選擇輸入電路部份加以說明：

(a)表面肌電圖感測輸入控制方式：如圖 1 (a)所示，利用具有前級放大器 (pre-amplifier) 的電極片 (electrode) 貼至操作者穩定的肌肉群 (muscle groups)，如上肢截肢 (upper extremity) 後的肌群或頸部，臉頰等相關肌群，取得患者動作的表面肌電訊號，經過放大電路 (amplifier circuit) (AD621, gain:500) 濾波電路 (band pass filter, 50~500Hz) 等，當患者該肌群動作 (用力) 時即可取得表面肌電訊號，但由於肌電訊號為隨時間變化快且複雜的訊號，難以用作為控制輸入訊號，所以取得的肌電訊號再經由所設計的不可再觸發電路 (non-retriggerable)，其不可再被觸發時間是為可調整，透過公式 (1) 當調整電路中的電阻 (R) 及電容 (C)，即可得到不同的不可再觸發時間 ()，經過該電路的處理後，即可在操作者肌肉動作 (用力) 一次，即輸出一

穩定脈波至控制器，而該不可再觸發電路的設計如圖 2 所示，而其輸入及輸出波形分別為圖 2(a)及圖 2(b)中所示。而為因應肌電訊號的個別差異性大，此電路放大器部分也設計一肌電訊號參考電壓準位調整器(reference voltage regulator)，以利不同患者操作時，只要設定好該患者的無動作時的表面肌電信號，以為參考點，即可以準確操作該系統。

$$f \equiv \frac{1}{2.3 R_1 C_1} \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \quad (1)$$

(b)氣壓感測輸入控制方式：如圖 1(b)所示，利用氣壓力感測器（型號 Honeywell PC26000）連接細管供操作者吹氣，利用該氣壓感測器取得患者吹氣的壓力訊號經過放大器（AD620, gain=50）、低通濾波器（Low-pass filter cutoff:2Hz）、比較器等電路，促使該電路只要接收到患者一吹氣訊號，可輸出一固定脈波予主控制器。

(c)力感測輸入控制方式：如圖 1(c)所示，利用力感測器應變器及力量感測電阻透過類似於氣壓感測輸入控制的電路，即可輸出一固定脈波予主控制。

(d)紅外線感測輸入控制方式：如圖 1(d)所示，該電路包括一紅外線發射及一紅外線接收兩部份，本研究採用型號為 EL-1KL3 及 HC-3TTM 的紅外線發射器及紅外線接收器，透過一般的紅外線發射，接收電路即可完成，而該發

射器可置於操作者頭套，鏡架或手腕義肢等處，以利控制使用。


(e)單鍵輸入方式：如圖 1(e)所示，即採用一種按下後可自動回復之按鍵，再加上相關去除彈跳電路 (remove bounce) 即可在操作者每按下-放開按鍵一次後，即輸出一脈波予主控制器。。

本研究中所採用的主控制器為 Intel 89C51 微處理器，其程式控制流程如圖 3 所示，利用其埠口 1 接收圖 1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)中任一個電路所輸出的控制信號以選取電腦螢幕上列-行掃描鍵盤中字元之用。而其 port 2，用以一指撥開關輸入用以選擇圖 1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)中任一個電路的輸入有效，其功能如 Table1.所示。而該微處理器的埠口 2 即連接至圖 1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)等各電路的輸出控制信號，以為螢幕上列-行掃描(on-screen row-column scanning)鍵盤中字元或功能的選取之用。

B. 軟體設計


軟體設計之螢幕上列-行掃描鍵盤如圖 4.所示，該已分類掃描鍵盤是以 Visual Basic 程式語言所撰寫的程式，編譯成執行檔後，再將該程式架構於作業系統的次一層，意即當電腦開機進入 Windows 視窗後，該程式即自動執行啟動以供身心障礙者使用。而圖中所示之鍵盤視窗中特殊按鍵功能如下：


Keyboard:


: 模擬鍵盤按下 Page Up 可使目前畫面的資料向上移動一頁。

: 模擬鍵盤按下 Page Down 可使目前畫面的資料向下移動一頁。

: 模擬鍵盤按下 Back Space 可刪除游標前的一個字元。

: 使用者設定鍵，選擇此鍵可進入使用者自訂系統參數的選項，使用者依序設定適合自己的行-列掃描速度和螢幕鍵盤顯示大小，且該參數的設定同樣利用掃描的方式完成。

: 切換鍵盤中英文輸入模式，供目前工作視窗使用於中文或英文的輸入的模式切換鍵。

: 關閉微電腦單鍵輸入系統，當使用者不需要使用此系統時可將其關閉。

複合鍵：

Caps Lock，Shift，Ctrl，Alt 均會影響鍵盤的輸入，若有按下上述四鍵，系統會將此四鍵的顏色改變，同時，並執行複合鍵的功能。

Caps Lock 必須由使用者自行清除按下的動作（再選擇一次），shift，Ctrl 與 Alt 則會在輸入一字元完成後，自行清除按下的動作。

此種分類列-行掃描的輸入方式，可提供使用者當其輸入大量相同性質的資料時，例如：大量的數值或文字，該方式應能有效的縮減輸入字元的時間。而系統一開始的掃描，會停頓於鍵盤第一列進行分類列的行掃描，被選擇到所分類功能其輸入按鍵即會加深亮度(highlight)且開始列-行掃描，以進行字元輸入或功能控制，若選擇分類功能中的“數字”分類，並只進行鍵盤中數字部份的掃描，以避免掃描非必要字元所浪費的時間。本系統所設計之輸入字元分類包括：數字、大寫英文字母、小寫英文字母、中文、符號及系統參數設定等按鍵。而若系統偵測到操作者有按鍵未放的情形，則會自動再回至鍵盤視窗第一列進行分類列的行掃描。

結果

A.系統測試：

該系統軟、硬體設計實作完成，包括：多重輸入選擇功能，軟體掃描鍵盤視窗等的設計。身心障礙者只要選擇其中一種輸入設備，配置於適合自己操作的身體部位，即可順利操作該系統。而以表面肌電圖的操作為例，操作者只需置帶具有前級放大器的電極片於其頸部斜方肌（trapezius）、上肢肱二頭肌（biceps brachii）或其他相關肌群擷取其動作時（用力）的表面肌電信號（EMG）即可達到控制電腦輸入的目的。

圖 2(a)中所示為操作者動作時的表面肌電信號，經過電路處理，轉換後產生圖 2(b)中所示的脈波觸發信號。而針對該電路的評估，選擇一 37 歲，雙手掌截肢，已出院 6 個月，無肌肉痙攣(muscle spasy)現象的操作者，將電極片貼置於其右上臂肱二頭肌，經過 30 分鐘的訓練，再由臨床人員給予 20 次的命令動作（右上肢用力隨即放鬆），而其產生脈波觸發信號的次數達 18 次，準確率達 90%。

B.臨床測試：

本研究選擇以表面肌電信號感測輸入一項，進行臨床測試評估：

(a)表面肌電信號輸入測試：

收集 6 位上肢手掌截肢或功能不全的自願受測者，其平均年紀為 38.4 ± 5.2 歲，且無非自主性痙攣現象，其表面

肌電信號能穩定者，受傷前皆曾使用過個人電腦，給予每人 30min 的操作訓練，以熟悉系統的功能。接著，以列-行掃描間隔為 0.7sec，給予每人一段已分類的字元(包括：數字、英文字母共 20 個字元) 操作者根據臨床人員的命令逐字的輸入，每當操作者輸入一個字元後，臨床人員隨即讀出下一個字元命令，所以，輸入字元的速度，由操作者決定，而其操作平均準確率為 $93.1 \pm 4.2\%$ ，而操作平均時間為 $121.3 \pm 8.9\text{sec}$ 。而若以相同的已分類的字元用傳統未分類的鍵盤作輸入，則輸入字元的正確率為 $90.3 \pm 5.5\%$ ，所花費的平均時間約為 $208.6.3 \pm 10.7\text{sec}$ 。

討論

由上述的實驗結果得知，系統工作的功能完善，而在表面肌電圖的測試方面，也顯示工作相當正常，而其中 10% 的誤差，並非是系統功能上的誤差，而是操作者對系統熟練程度不佳而衍生，應仍可在加強病患操作訓練後以降低誤差。

而就結果中臨床評估的數據得知，用分類鍵盤作輸入，對於輸入相同性質的資料可以減少輸入的時間，有助於身心障礙者操作電腦速度的提升，約 10~12 字/分，比傳統列-行掃描鍵盤的輸入方式快約 50%。而該系統更以人性化的設計，對於不同的族群的身心障礙者，在硬體上提供各種不同輸入方式的選擇；在軟體上提供掃描鍵盤字幕大、中、小的選擇，掃描速度的選擇，分類/未分類鍵盤的選擇，電腦鍵盤功能選擇等，志在研究一適合身心障礙者最佳操作電腦的環境。

結論

由於各種意外傷害的比例逐年增高，造成殘障人口的急速上升，雖在市面上有一些生活輔具供身心障礙者使用，但就其使用的方便、準確性而言仍有相當大的落差。就殘障者使用的電腦操作輔具而言，大都使用口、頭控長棒、眼球運動等方式來完成按鍵的動作[1~7]；雖都是不錯且可完成電腦輸入的方式。但就口控長棒的方式而言其衛生、方便性仍未盡人性化。而對眼球運動或眼球成像的方式雖是高水準的影像分析研究，但仍具準確度較差、儀器成本高及需長時間操作訓練的缺點。而傳統的列-行掃描輸入，一方面未有完整的鍵盤及滑鼠功能，另一方面又因未具分類的功能，需浪費許多非必要字元列-行掃描的時間，間接降低身心障礙者操作電腦的效益。

在今日電子、電腦視窗科技突飛猛進的時代中，吾等乃希望殘障者不成為科技時代的孤兒。希望就以最低成本的電路設計，以及準確性極高的控制系統，以為殘障者克服日常生活不便的利器。而本研究的目的是在於使用者無需使用口含棒或其它高成本的儀器，只須利用殘障者所剩餘的肢體功能，直接利用表面肌電圖、口吹氣氣壓感測等硬體，再透過所設計的完整鍵盤功能，除加強了其人性化的功能外，也能確實彌補過去輔具的缺點。另外，除對於脊髓損傷四肢癱瘓者給予頭戴鏡架式的紅外線控制方式外，對於肢體殘障（上肢截肢）的使用者也能將系統中的紅外線發射模組裝置於義肢(prosthesis)護具(orthosis)或電動輪

椅上以達到控制的目的。

本研究中所新設計的電腦介面，能利用現今電路的技術能有效的達的到電腦鍵盤功能的控制，而殘障人士也能藉由此系統擔任公司電腦操作的工作，重拾自給自足獨立生活的尊嚴。未來必能將此介面植入其他的環境控制系統，以造福眾多的殘障人士。

參考文獻

- [1] R. Damper, "Text composition by the physically disabled: A rate prediction model for scanning input," *Appl. Ergonom.*, vol.12, pp.289-296, 1984.
- [2] H. Koester and S. Levine, "Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and without word prediction," *Assist. Technol.*, vol.6, no.1, pp.42-53, 1994.
- [3] P. Demasco, "Human factors considerations in the design of language interfaces in AAC," *Assist. Technol.*, vol.6, no.1, pp.10-25, 1994.
- [4] H. Koester, "User performance with augmentative communication systems: Measurements and models," Ph.D. dissertation, Univ. of Michigan, Ann Arbor, 1994.
- [5] S. Cronk and R. Schubert, "Development of a real time expert system for automatic adaptation of scanning rates," in *Proc. 10th Annu. Conf. Rehab. Technol.*, Washington, DC, RESNA, pp.109-111, 1987.
- [6] E. Charniak, "Bayesian networks without tears," *AI Mag.*, vol.12, no.4, pp.50-63, 1991.
- [7] Y.L. Chen, Y.Y. Shih, W.H. Chang, F.T. Tang, M.K. Wong, T.S. Kuo, "The New Design of an Infrared-controlled Telephone Communication Interface for the Disabled", *IEICE Trans. on Information and Systems*, vol.e82d, no.10, pp.1417-1424, 1999.

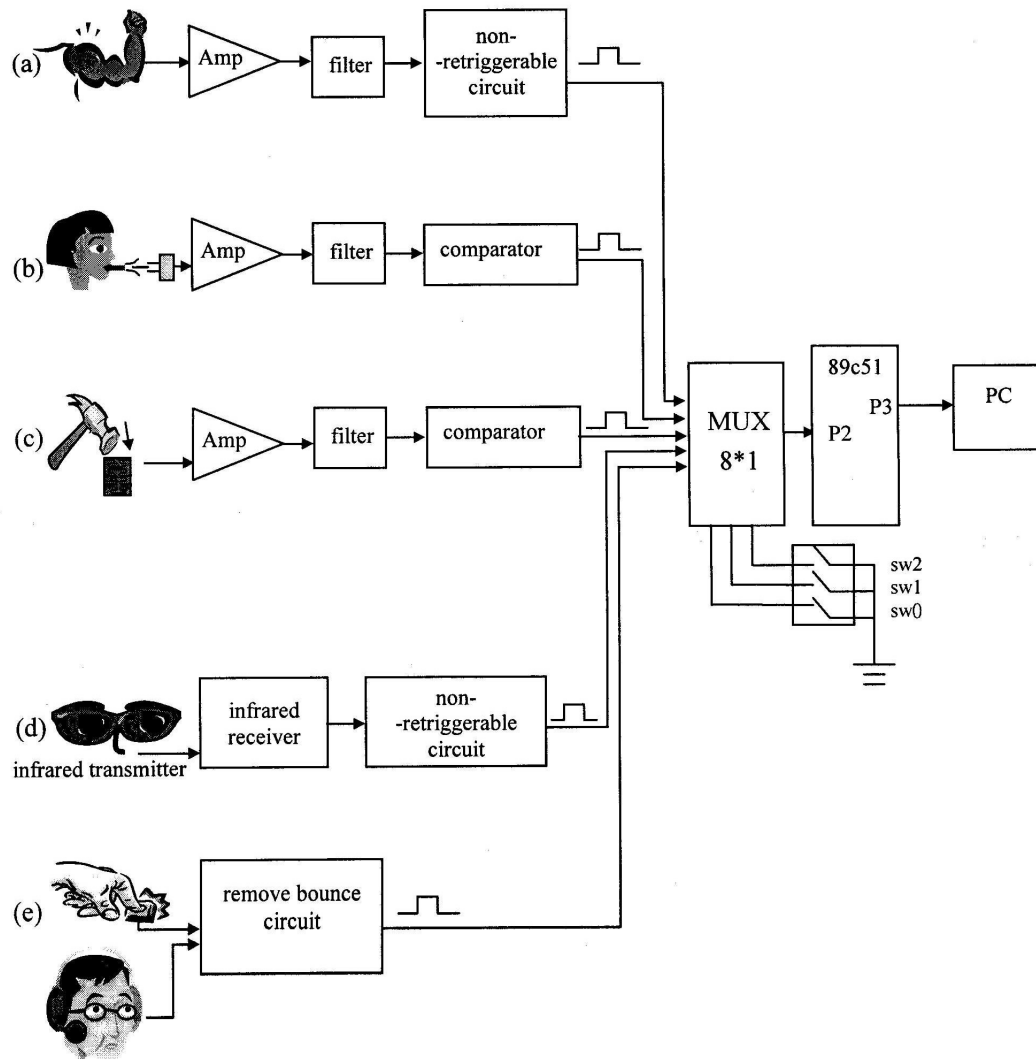


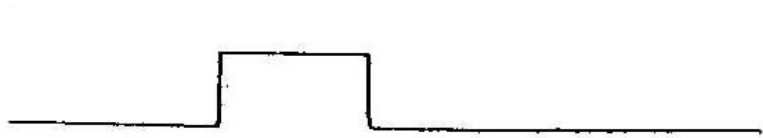
Figure 1. The configuration of the categorized row-column scanning computer interface with multiple selective inputs, (a) surface EMG control, (b) breath pressure sensibility control with puff, (c) force sensibility control, (d) infrared sensibility control, (e) single key-in control.

Table1. The function table of multiple selective inputs of the categorized row-column scanning computer interface

SW2 SW1 SW0			
0	0	0	EMG circuit active
0	0	1	Breath pressure sensibility circuit active
0	1	0	Force sensibility circuit active
0	1	1	Infrared sensibility circuit active
1	0	0	Single key circuit active



(a)



(b)

Figure 2. (a)The raw SEMG of the subject, (b) the waveform output from the non-retriggerable circuit.

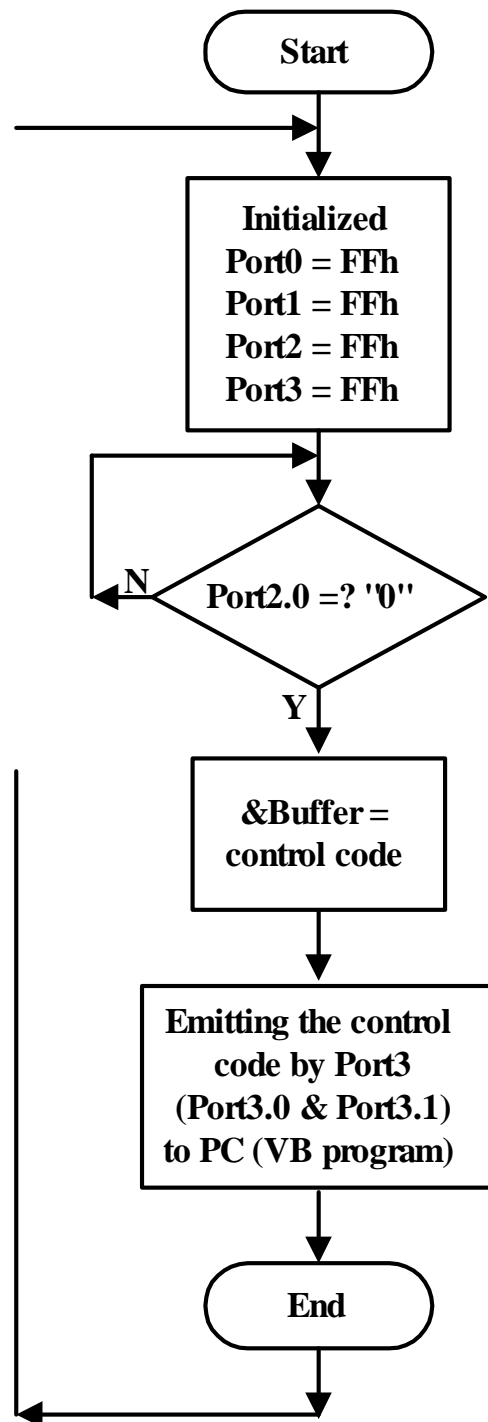


Figure 3. The software control flow chart of the Intel89C51 microprocessor

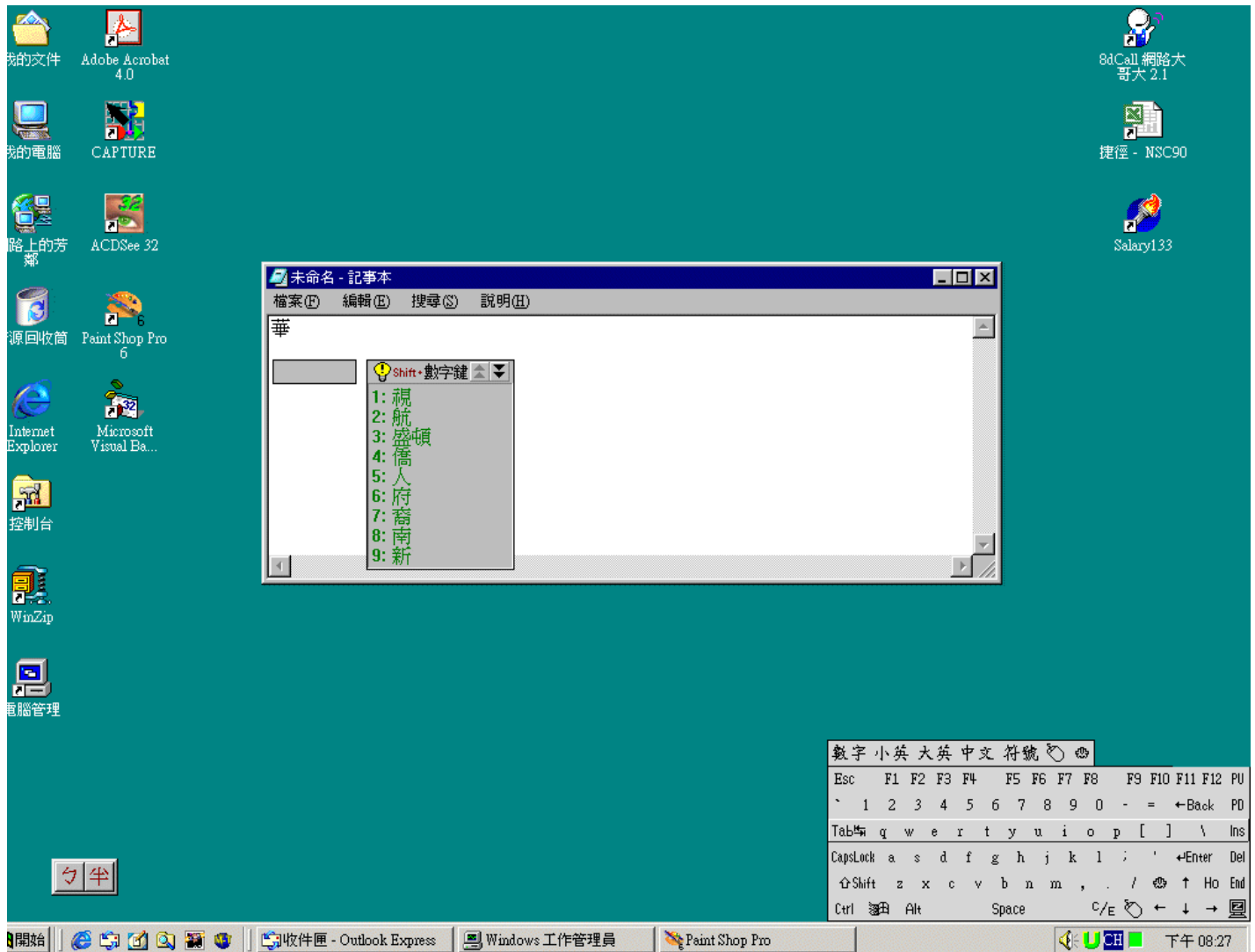


Figure 4. The developed software on-screen row-column scanning computer keyboard