

# 用虛擬實境及遊戲增強遠距離手部復健診療系統

簡聰富、\*黃宏銘、林俊念、王善右

南臺科技大學電機工程系

\*hhm3333@mail.stust.edu.tw

## 摘要

本系統運用Flex sensor彎曲時反映出的不同電壓值進行手部彎曲量測，代表患者在手部不同關節位置彎曲的程度，並結合Zigbee無線通訊模組與網際網路傳輸以達到可遠端監控的功能，由於擁有SQL資料庫記錄手部彎曲量測功能，遠端醫師能夠利用網頁清楚且快速的了解復健者居家復健的情況；同時為讓患者在枯燥乏味的復健過程中能加入育樂的效果，特別加入VB-based復健遊戲；此外，加入以python撰寫而成的Panda3D虛擬實境功能，能讓遠端醫生更輕易迅速重播觀察到患者復健時的手部彎曲3D動作。

**關鍵詞：**彎曲感測、手部復健、Panda3D、Zigbee

## A Remote Hand Rehabilitation System Enhanced with Virtual Reality and Games

Tsung-Fu Chien, \*Hung-Ming Huang, Jun-Nian Lin, Shan-You Wang

Department of Electrical Engineering, Southern Taiwan University of Science and Technology

### Abstract

This system measures the mutative angles of the patient's fingers by using Flex sensors which present the bending extent of fingers in different positions by different output voltages. Combining Zigbee wireless communication module and Internet transmission, the system can be monitored from a remote distance. Because all the bending data is saved in an SQL Database, remote site doctors can watch a patient's home based hand rehabilitation situation easily and quickly through a web browser. In order to enhance the patient's interest during their monotonous rehabilitative time, a VB-based game has been designed. Besides, in order to assist the doctor to replay the patient's hand rehabilitation hand bending 3D action quickly, a Python-based Panda3D visual reality aspect was also included.

**Keywords:** Flex Sensor, Hand Rehabilitation, Panda3D, Zigbee



## 壹、前言

本系統使用Flex sensor[1]彎曲時反映出的不同電壓值進行手部彎曲量測，可紀錄患者抓取物體或關節彎曲之角度並提供恢復狀況之比較。另外無線監控已漸漸是現代人生活當中不可或缺的項目之一，傳統有線式的監控方法逐漸被淘汰，因此本系統結合zigbee無線通訊模組技術與網際網路網頁的遠端功能等希望能協助，也幫助醫生端能夠快速且清楚的了解遠距離居家患者的復健情況，同時用虛擬實境及遊戲增強遠距離手部復健診療效果，為了因應現代人節奏快速的生活方式，有許多需要復健的病患常常每天需要撥出一定的時間往返醫院，累積下來需花費大量的時間在舟車勞頓上，為改善此現象，遠距虛擬實境復健診療系統之研發[2]，及虛擬實境在復健之應用[3]已被研製。

鑑於國外數位手套價格昂貴、容易損壞且維修困難[6]。所以我們開始進行自行研製低成本數位資料手套。本作品利用Zigbee based無線手套遙控技術，建構一個符合復健殘障需求的復健殘障輔助操控系統以及遠程控制系統。再結合虛擬實境技術可發展出一套應用臨床復健醫學上之互動式復健診療系統。

## 貳、研究背景

現今手部復健系統大部分以被動式復健系統為主[3]，但又與其他監控系統有所不同，手部復健系統監控系統大多為有線資料傳輸，造成手部復健患者穿戴困難，本研究在於手套與電腦間的連結採取的是Zigbee無線傳輸，無線傳輸可讓患者更加容易穿戴，Zigbee的特性更能讓管理方(例如：老人安養院)能夠一次性的監控多位患者實施復健，並且改善有線手部復健患者穿戴困難並搭配上傳資料庫與曲線圖功能讓醫生端能夠跳脫時間空間的限制，不需花時間進行視訊或觀看影片便可簡單明瞭的得知患者復原狀況。

雖然在國內外已研究評估將手套應用在復健運動，利用資料手套擷取病患手部做各種動作的資料，再利用這些資料來評估病患的手部功能恢復的狀況[7,8]，然而復健本身是一段漫長且無趣的過程，時間從數月到數年不等，為幫助患者在這段枯燥的復健過程中能保有生活中的育樂，本系統搭配了簡單的復健遊戲，讓患者能在復健的同時進行遊戲，進而幫助其復元的速度。

運用虛擬實境於以提升復健診療效果已被研究與評估[4]，為了使本系統自製低成本資料手套在提供復健功能的同時能有更加適和臨床的應用，特別加入了Panda3D的虛擬實境功能，希望能結合虛擬實境技術可發展出一套應用臨床復健醫學上之互動式復健診療系統。

## 參、系統設計

### 一、硬體裝置

圖1為Flexipanel公司所研發的ZigBee產品，所使用的晶片PIC18LF4620，是採用一顆PIC的微控制器(MCU)，它有256KB Flash ROM和8KB SRAM，以及天線(Antenna)。

如表1所示，Zigbee具有以下優點：省電、可靠度高、高度擴充性。

### 二、軟體工具

#### (一) Visual basic 2008

VB 的特色在於方便程式設計師使用，無論是新手或者專家。VB 使用了可以簡單建立應用程式的GUI系統，但是又可以開發相當複雜的程式。



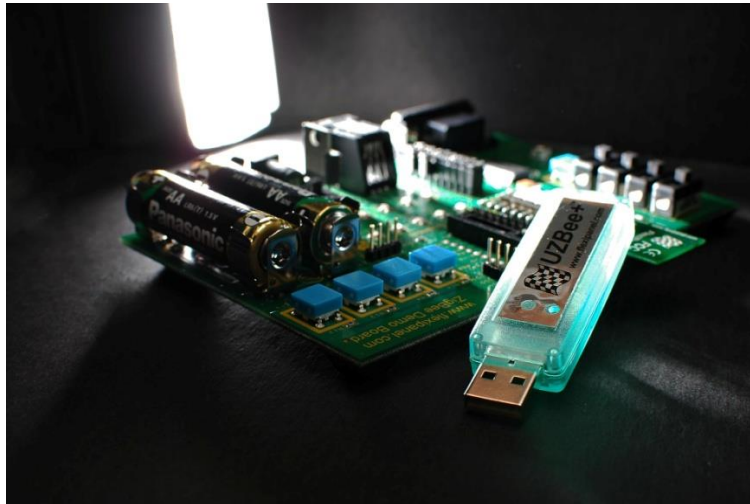


圖 1 PIC18LF4620

表 1 ZigBee 與 WiFi/Bluetooth 無線之比較

	IEEE802.11b (WiFi)	Bluetooth	ZigBee
電源持續單位	小時	天	年
開發複雜度	非常複雜	複雜	簡單
節點數	32	7	65536
建立連線速度	3 秒	10 秒	30ms
傳輸距離	100m	10m	70m~300m
漫遊	可	不可	可
資料傳輸率	11 Mbps	1 Mbps	250 Kbps
安全性	SSID	64bit, 128bit	128bit AES & Key define

## (二) Python

Python 是一種代表簡單主義思想的語言。優點如下:

1. 易學
2. Open Source
3. 可擴展性(跨語言)
4. 可移植性(跨平台)

## (三) PHP

PHP 是在伺服器端執行的程式語言，所以任何其它的 CGI 程式所能做得到的，它都能做到。像是從表單中收集資料，或是產生動態的網頁內容，或者是傳送及接收 cookies 等等。

## (四) Panda3D

Panda3D 乃一免費且 Open Source 的 3D 遊戲引擎，最初為美國迪士尼(Disney)公司所建構，目前由美國卡內基美隆大學(Carnegie Mellon University)負責維護；Panda3D 主要是用 Python 語言組成其架構，並以 C++渲染其 3D 模型，讓本作品得以製成一個 3D 虛擬實境的手掌[1]，拓展無線手套應用的版圖。

Panda3D 擁有下列特色:

1. 為一跨平台軟體，支援 Windows、MacOSx 和 Linux 等作業系統
2. 支援 Python2.4 到目前最新版本
3. 提供 C++高度完善 3D 模型的渲染(著色、材質等)



4. 模型使用 egg 檔，並支援 Maya、3ds Max 與 Blender 等大型 3D 軟體建成
5. 提供多種 3D 模型檔轉 egg 檔功能(例如 collada, x, lwo, obj, dxf, wrl, flt)

### 三、製作原理

DataGlove：每根手指內有一個 bend sensor，就是曲度感應的電阻。由於手指彎曲，使電阻值改變如圖 2 所示，可依此作為一個判斷動作的指標。實驗室數位手套：每根手指各有一根 Bend (Flex)Sensor，隨著彎曲的角不同而有對應電阻值的變化，藉此可以量測手指彎曲的角度。

### 四、設計方法

先擷取感應器送出的訊號(電壓值)透過PIC18F內部的A/D轉換器將類比訊號轉為數位訊號[2]，將處理過的數位訊號透過ZigBee wireless module介面傳回主電腦如圖3。

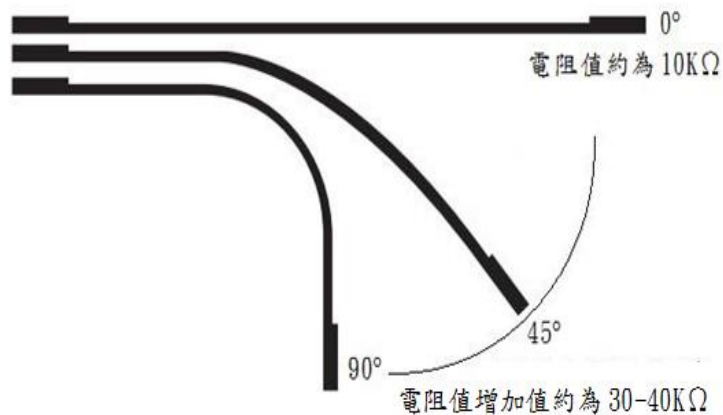


圖 2 電阻值改變

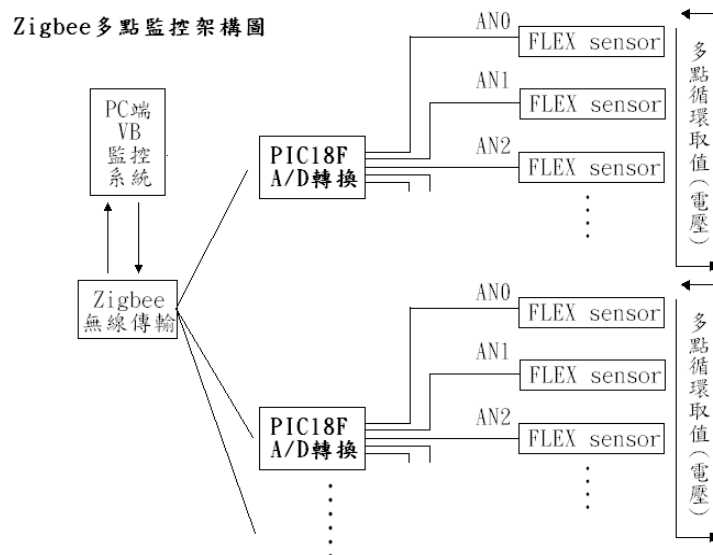


圖 3 手套擷取多點訊號之架構



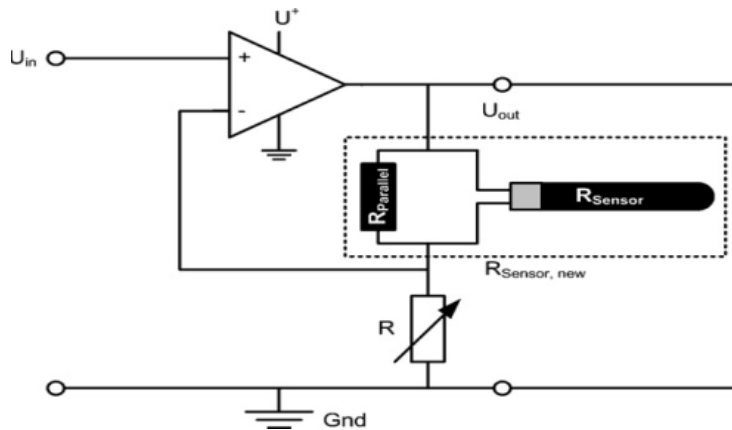


圖 4 改良後線性感測電路

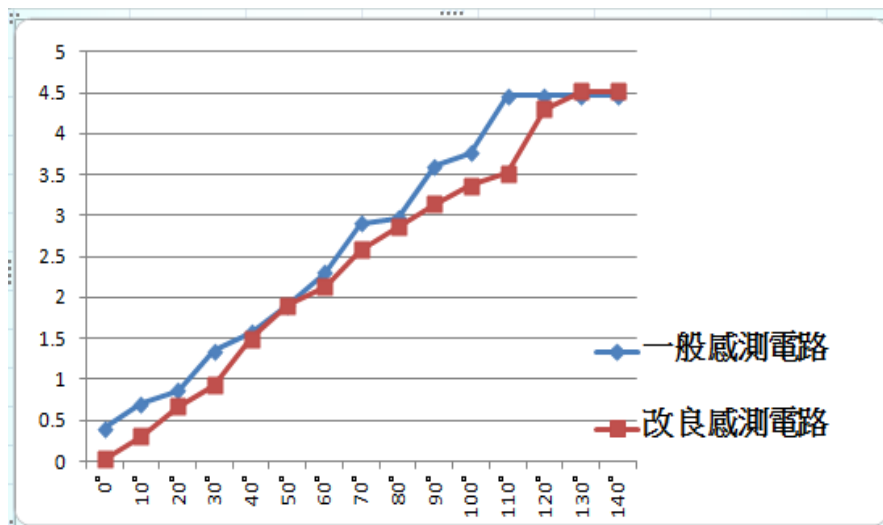


圖 5 改良後線性感測電路角度與電壓曲線

### Flex sensor 線性改善

此感測電路使用分壓定理，將彎曲感測器電阻值轉換為電壓信號輸出，將彎曲感測器加入一非反向放大器中的迴授電路如圖 4 所示，讓彎曲感測器的電阻值變化與輸出電壓或得更加的線性關係如圖 5 所示，即是讓轉換增益為定值，如此一來對於每一次的量測所變動的範圍縮小，也更精準。由曲線圖(圖 5)可看出，電壓曲線明顯改善(參考[5])，由於 sensor 出廠時會有 1 到 5K 不等的誤差值，故在校正方面，是採用軟體初始零度校正去除初始差異並採用軟體以程式做 3 點平滑(3 次 Data 相加取平均值)以確保在 sensor 端或訊號傳遞時不會因雜訊誤動作造成數據忽大忽小的問題，若要從硬體端發展，則需加入多根 sensor 互相校正以取得平衡值，並且注意 sensor 的保護(例如:長時間保持彎曲或時常摩擦使電阻受損。)

接下來撰寫取得 Zigbee 資料的介面程式。由於配合主程式撰寫的一致性，介面程式用 VB 撰寫如圖 6 所示。最後將 Bend Sensor 縫入彈性纖維紗的運動手套中，完成數位手套[6]的製作如圖 7 所示。再利用物件導向 SQL 資料庫與 VB 做連結，將感測到的手部角度資料儲存到資料庫中，並依日期、部位做分類，如圖 8 所示。



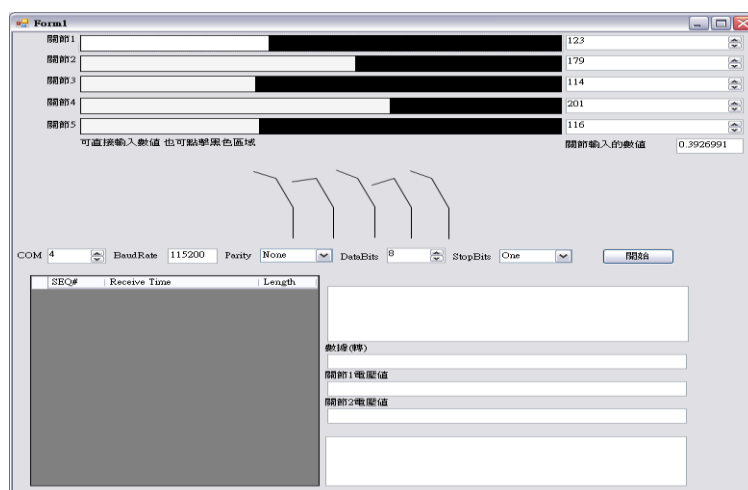


圖 6 監控系統介面

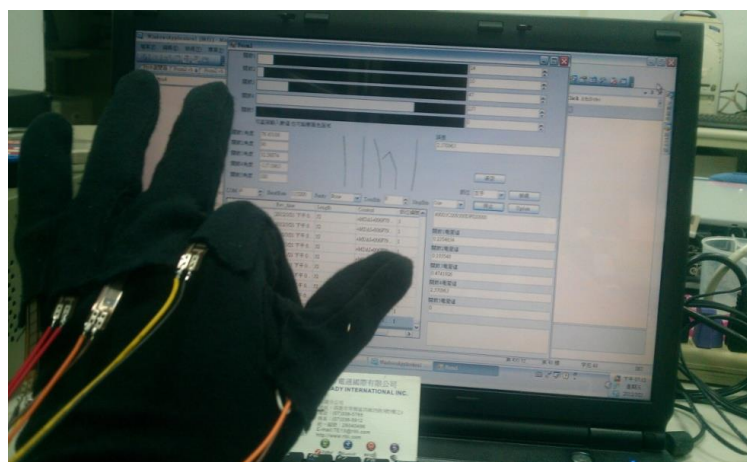


圖 7 數位手套和 VB 連結

The screenshot shows a software window titled 'Form3' displaying a table of sensor data. The table has five columns: 'Rev\_time', 'Length', 'Content', and '部位名稱'. The data is as follows:

Rev_time	Length	Content	部位名稱
2012/3/18	32	+MDAI=006F79E40B002E00120041003C000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79E50B002E001400420036000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79E60B00270013003E0039000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79E70B002F0015003D0035000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79E80B002800120042003A000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79E90B002F00170044003A000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79EA0B003300170046003A000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79EB0B00C4003F0049003E000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79EC0B0049001B0047003B000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79ED0B003400160049003F000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79EE0B001E000D004A0032000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79EF0B002B0011004B003E000000	左手
2012/3/18	32	+MDAI=006F79F0B00500020004E003C000000	左手

圖 8 SQL 資料庫





SEQ	Rev_time	Length	content	bodyid	T1mmB	IndexF	MiddleF	RingF	Pinkie
1	2012-09-06 20:30:42	52	+MDAI=006F790A0400ED0104	1					31.62
2	2012-09-06 20:30:43	52	+MDAI=006F790B0400E90100	1					31.62
3	2012-09-06 20:30:43	52	+MDAI=006F790C0400E70101	1					31.62
4	2012-09-06 20:30:43	52	+MDAI=006F790D0400DD0102	1		30.73	29.3		31.62
5	2012-09-06 20:30:43	68	+MDAI=006F790E0400E20103	1		30.73	29.3	29.99	31.62
6	2012-09-06 20:30:43	52	+MDAI=006F790F0400E90104	1		30.73	29.3	29.99	31.03
7	2012-09-06 20:30:43	78	+MDAI=006F79100400E50100	1	24.92	30.73	29.3	29.99	31.62
8	2012-09-06 20:30:44	78	+MDAI=006F79110400EF0101	1	24.92	31.91	29.3	29.99	31.62
9	2012-09-06 20:30:44	104	+MDAI=006F79120400EE0102	1	24.92	31.91	31.8	29.99	31.62
10	2012-09-06 20:30:44	104	+MDAI=006F79130400E30103	1	24.92	31.91	31.8	30.14	31.62
11	2012-09-06 20:30:44	130	+MDAI=006F79140400EA0104	1	24.92	31.91	31.8	30.14	31.17
12	2012-09-06 20:30:45	130	+MDAI=006F79150400F10100	1	26.37	31.91	31.8	30.14	31.62
13	2012-09-06 20:30:45	156	+MDAI=006F79160400E80101	1	26.37	30.88	31.8	30.14	31.62
14	2012-09-06 20:30:45	208	+MDAI=006F79170400E10102	1	26.37	30.88	29.8	30.14	31.62
15	2012-09-06 20:30:45	234	+MDAI=006F79180400DD0103	1	26.37	30.88	29.8	29.25	31.62
16	2012-09-06 20:30:45	208	+MDAI=006F79190400EB0104	1	26.37	30.88	29.8	29.25	31.32
17	2012-09-06 20:30:46	260	+MDAI=006F791A0400EA0100	1	25.52	30.88	29.8	29.25	31.62
18	2012-09-06 20:30:46	260	+MDAI=006F791B0400EC0101	1	25.52	31.47	29.8	29.25	31.62
19	2012-09-06 20:30:46	312	+MDAI=006F791C0400E00102	1	25.52	31.47	29.7	29.25	31.62
20	2012-09-06 20:30:46	321	+MDAI=006F791D0400DF0103	1	25.52	31.47	29.7	29.55	31.62
21	2012-09-06 20:30:47	364	+MDAI=006F791E0400E70104	1	25.52	31.47	29.7	29.55	30.73
22	2012-09-06 20:30:47	390	+MDAI=006F791F0400FA0100	1	27.46	31.47	29.7	29.55	31.62
23	2012-09-06 20:30:47	364	+MDAI=006F79200400E90101	1	27.46	31.03	29.7	29.55	31.62
24	2012-09-06 20:30:47	442	+MDAI=006F79210400ED0102	1	27.46	31.03	31.6	29.55	31.62

圖 9 線上讀取資料

再撰寫 web-based 程式，讓醫生或需要的人，直接使用瀏覽器即可了解受測者的姿勢狀況，如圖 9 所示。

提供 10 名受測者做握力球的壓放動作(圖 10)、握拳(圖 11)、以及張手(圖 12)的動作，Y 軸為每根手指所量測的數據經由 VB 運算後再顯示 5 隻手指彎曲角度平均值，X 軸為時間，從這幾些圖驗證出本文所研製的手套重複性佳

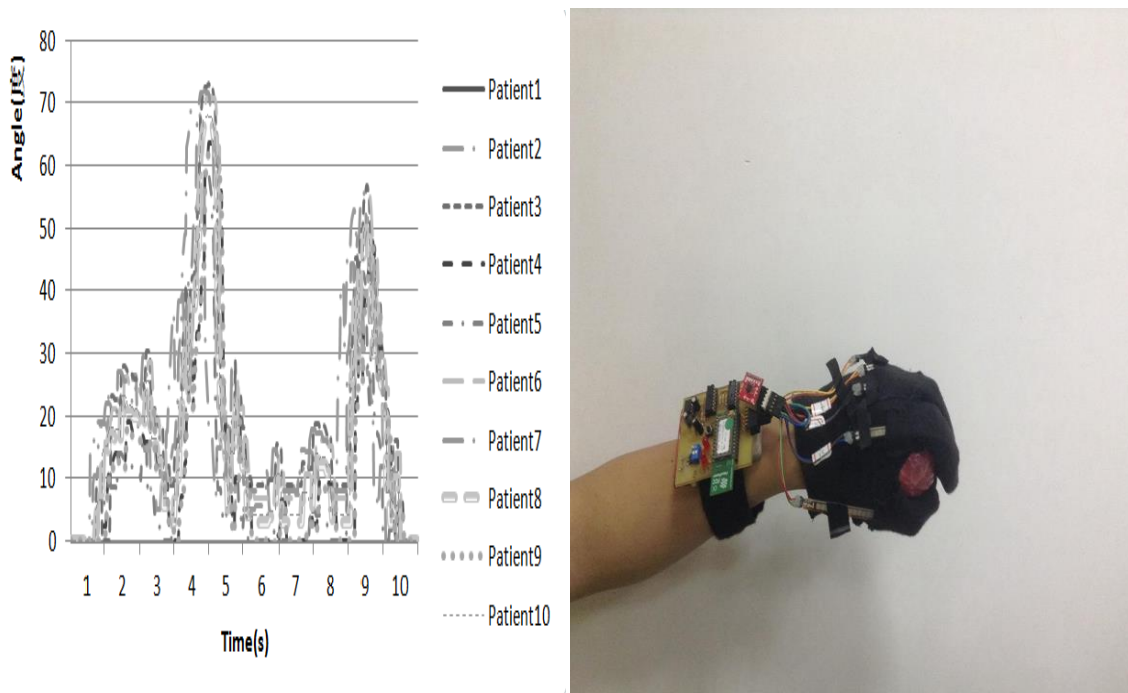


圖 10 握力球的壓放動作

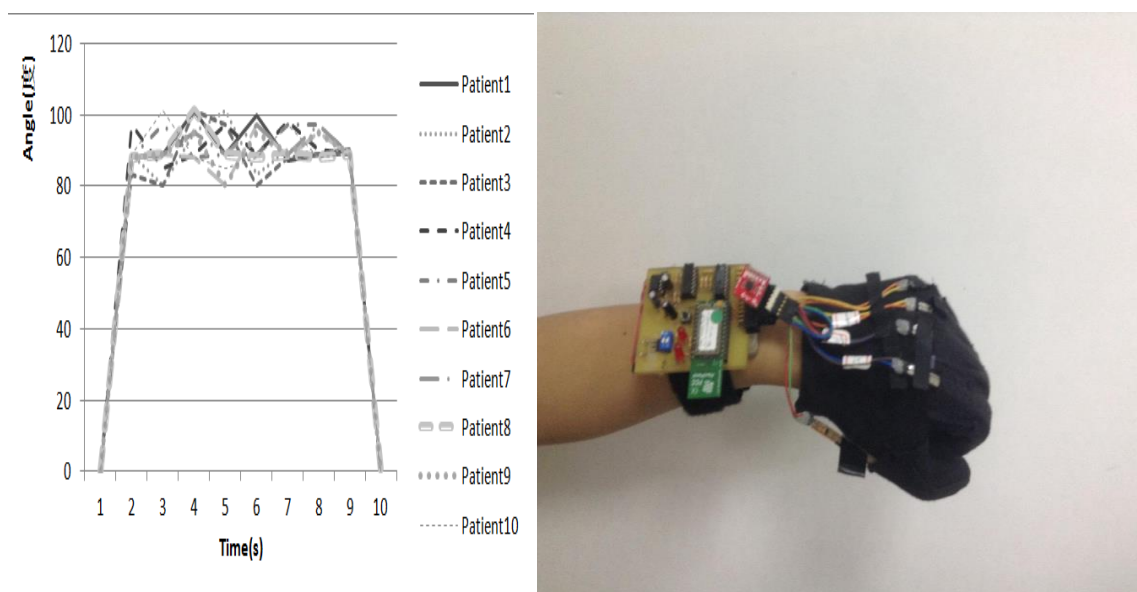


圖 11 受測者做握拳動作

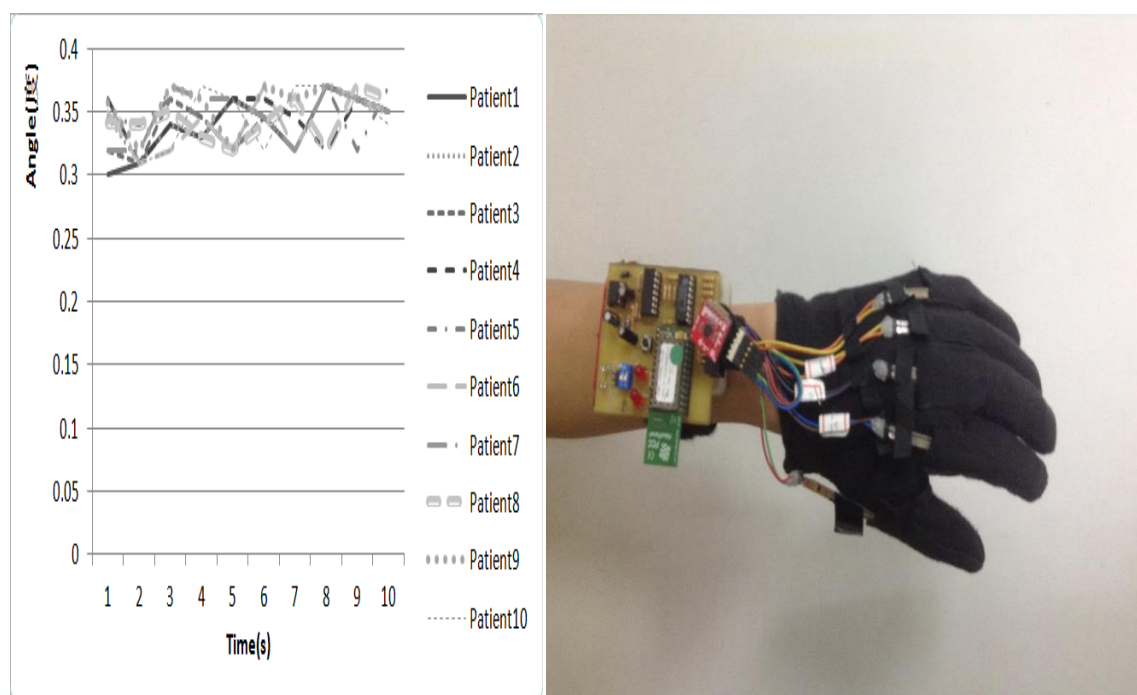


圖 12 受測者做張手動作

由上述資料發現，每項數據在每個受測者的使用，角度上有穩定的趨勢，更能掌握住病患的復健資料提供線上曲線圖，數據主要是 Flex sensor 之電壓經過 ADC 回饋到電腦的訊號，並且在硬體端加入非反向放大器，故若確定 sensor 正常，則數據會有一定的穩定性(數據在進到資料庫前已做過 3 點平滑校正，故資料庫內數據的誤差已經過把關)，每根手指的彎曲角度在圖上用顏色區分出來，便於醫師端分析與快速的了解病人手部復健狀況如圖 13 所示







圖 13 線上曲線圖

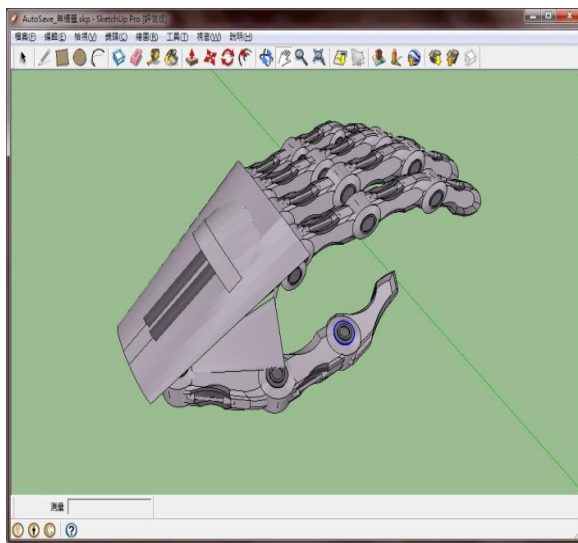


圖 14 Google Sketch up 匯入 3D Model

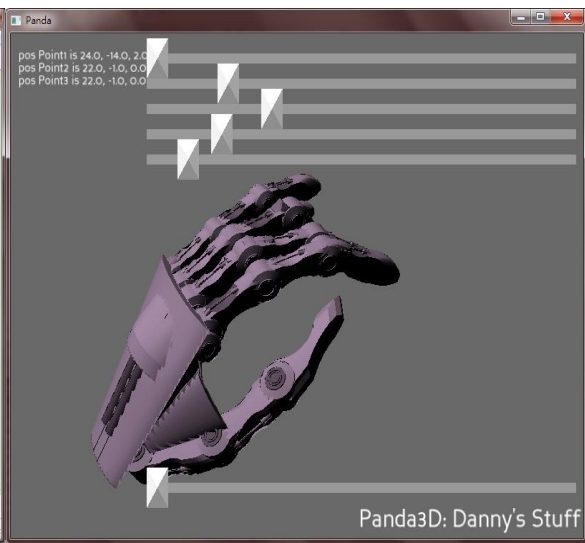


圖 15 使用 Panda3D 完成模型

作品使用 Panda 3D 軟體製作一虛擬手掌，讓本作品得以多方面的發展，不但能用於醫療復健更能幫助開發目前熱門的遊戲硬體(如 Wii)對遊戲的控制。

此部分 Panda3D 匯入一個 3D 的物理模型，此模型是以 Google 發布的 Google Sketchup 匯出一個.daeCollada 格式如圖 14 所示，再利用 Panda3D 提供的 dae to egg 轉換功能，轉成一個 Panda3D 使用的 egg 檔如圖 15 所示。

為了讓復健動作不如此枯燥，本作品利用 VB 製作了一釣魚遊戲，此釣魚遊戲原理是以患者手指彎曲的程度來做操控，透過 RS232 和資料手套作連結，使用亂數出現魚群並配合手部動作放鬆和握拳達到拋竿、收竿的功能，使乏味的復健增添了趣味性如圖 16 所示。



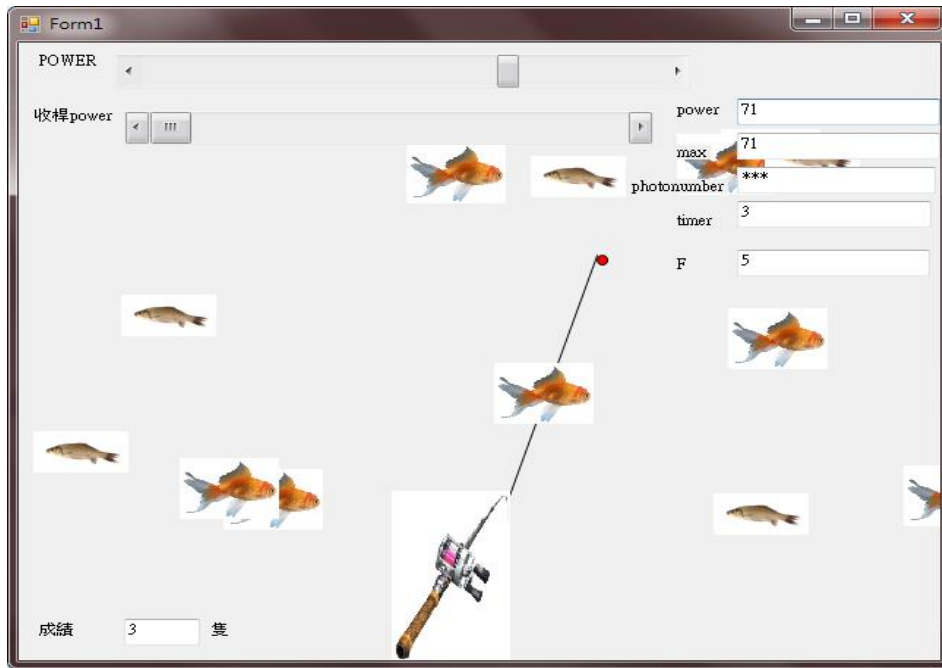


圖 16 釣魚遊戲

### 肆、 測試方法

用虛擬實境及遊戲增強遠距離手部復健診療系統執行方法動作如圖 17 所示，使用者操作步驟第一步是將已完成的自製無線手套帶上，由彎曲器把手指的動作經過類比與數位轉換器，再將信號透過 Zigbee 以無線信號的方式傳輸到電腦上，第二步則在 VB 介面通過簡單的病患帳號密碼登入後即可開啟病患端監控系統，利用從 Zigbee 接收到的訊號經處理後便得得知手指彎曲角度，同時上傳線上 MySQL 資料庫並且透過 PHP 依據資料庫中彎曲角度繪成曲線圖，供醫生端簡單明瞭的了解病患復原情況，病患端同時也可利用復健遊戲來排解復健時的枯燥；接下來開啟以 Panda3D 軟體製作的虛擬手掌以模擬使用者手部的彎曲，但礙於 sensor 的誤差，使用目前 Flexsensor 與真實世界的誤差約在 5 度到 20 度不等，故將來若有更加穩定與精準的 sensor，必定能夠改善本系統的精準度。



圖 17 用虛擬實境及遊戲增強遠距離手部復健診療系統架構圖



## 操作實例

如圖 18 為手套的成品，接下來就和電腦端連接測試 VB 監控系統如圖 19，圖 20 為 Python 的虛擬實境系統，透過手套資料擷取，即時的顯示在系統上。

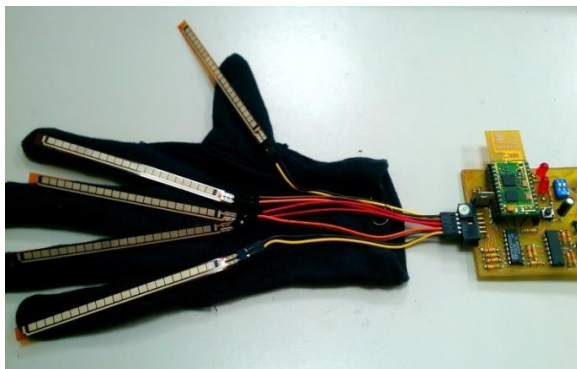


圖 18 手套成品



圖 19 測試 VB 監控系統



圖 20 測試虛擬實境系統

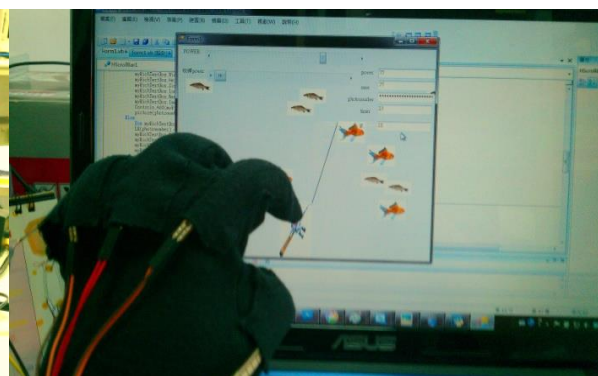


圖 21 測試復健遊戲

## 伍、 結論

本論文研究藉由軟硬之整合發展互動式手部復健診療系統，硬體方面自行研製低成本彎曲感測器數位資料手套，使用 Zigbee 無線資料傳輸技術，從 10 位受測者戴上作者自製之數位資料手套做握力球的壓放動作(圖10)、握拳(圖11)、以及張手(圖12)的動作驗證出本文所研製的手套重複性佳，軟體方面使用 VB 撰寫監控手部不同位置彎曲的程度同時連結本機資料庫與線上 MySQL 資料庫，並使用 PHP 製成一醫師端的資料網頁同時附上曲線圖讓醫師能夠快速明確的了解目前病患的復原情況。在病患端方面除了監控手部彎曲的程度更加入了復健遊戲以提升復健者復原速度同時降低復健者在復健過程中的枯燥，最後搭配 Panda3D 虛擬實境的功能，使醫師端能夠輕易地了解患者復健時手部復健動作能，更讓遠端醫生更輕易迅速重播觀察到患者復健時的手部彎曲 3D 動作，發展出一套能應用於臨床復健醫學上之互動式手部復健診療系統，本論文主要探討不同系統整合技術及應用，臨床實驗數據不足確實是本論文未來努力方向。



## 參考文獻

- [1]Flex sensor 介紹，操作實例訊息來源:<http://www.flexipanel.com/>(2013/08/02)
- [2]宋文旭、蔡文偉、呂呈祥與黃俊仁(2007/11/23-24)。遠距虛擬實境復健診療系統之研發，中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會，CSME5714-5719，桃園，台灣。
- [3]鄭啟英(2000)。虛擬實境在復健之應用。中央大學機械工程系碩士論文，桃園縣。
- [4] G. Burdea, S. Deshpande, B. Liu, N. Langrana, and D. Gomez.(1997), A Virtual Reality-Base System for Hand Diagnosis and Rehabilitation, *IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering*, 6(2), 229-240.
- [5]R. Gentner and J. Classen.(2008), Development and evaluation of a low-cost sensor glove for assessment of human finger movements in neurophysiological settings, *Journal of Neuroscience Methods*, 178(1), 138–147.
- [6]M. C. F. Castro, and Jr. A. Cliquet. (1999). Low-Cost Instrumented Glove for Monitoring Forces During Objects Manipulation. *IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering*, 5(2), 140-147.
- [7]史傑州(2000)。應用感應手套模擬手部復健評估之研究。成功大學工業設計學系碩士論文，台南市。
- [8]N. P. Oess, J. Wanek, and A. Curt. (2012), Design and evaluation of a low-cost instrumented glove for hand function assessment, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9(2).

