

全國高級中等學校電機與電子群科 105 年專題暨創意製作競賽

「創意組」作品說明書封面

群 別：電機與電子群

參賽作品名稱：像由鏡生，境由心生—VR 遙控車實作研究

關 鍵 詞：VR 眼鏡(Virtual Reality Reporter)、Arduino
微控制器、陀螺儀



目錄

壹、創意動機及目的.....	1
貳、作品特色及創意特質.....	1
一、作品特色.....	1
二、創意特質.....	1
參、作品功用及操作方式.....	1
一、作品外觀.....	1
二、功用.....	2
三、操作方式.....	2
四、動作說明流程圖.....	2
肆、依據理論及原理.....	2
一、MEMS 陀螺儀運作原理.....	2
二、無線傳輸——Xbee 介紹.....	3
三、微控制器(MCU).....	3
四、客戶端影像裝置說明.....	3
伍、研究方法與過程.....	4
一、用戶端.....	5
(一)校準陀螺儀.....	5
(二)、電路配置.....	5
(三)程式設計.....	5
二、伺服端.....	7
(一)電路配置.....	7
(二)程式設計.....	7
三、影像串流伺服器.....	7
四、影像接收端（手機）.....	8
陸、製作歷程說明.....	9
柒、研究結果.....	9
一、結論.....	9
二、未來展望.....	9
捌、引註資料.....	10

壹、創意動機及目的

在 2015 Google I/O 大會的尾聲，Google 發表了 Google CardBoard，一個簡易的模擬實境裝置(如圖一所示)，原本為了好奇心買了一副，卻被它身歷其境的感受激盪出了一個想法：是否能夠把裡面的虛擬影像換成外面世界風景，讓使用者不論在哪裡，都能身處於當地的景色。不被空間所侷限，可以不外出就看到遠方美景，能在空檔就暢遊異國街道，行遍天下遨遊宇內，航行四海宏觀八荒，看見歷史瞻首未來，讓忙碌的都市人也能感受自然純樸，也許未來能讓行動不便的病人，有了感動也說不定。創意發想是：

- 一、鏡頭前是美麗的風景
- 二、影像由攝影機擷取再透過網路傳輸至使用者
- 三、使用者透過 VR 眼鏡控制方向與觀賞風景



圖一 裝置示意圖

貳、作品特色及創意特質

一、作品特色

讓心靈進入另一個環境，而不被身處的空間所侷限，無論所處空間為何，只要戴上 VR 眼鏡後就能進入鏡頭所展示的立體世界，結合無人遙控車的安全方便，影像經由 Linkit Smart 7688 Duo 處理再傳輸，雖然比不上親自觀看，但還是能看見諸多細節，並將控制無線化，不必隨著遙控車移動，帶給使用者不受空間的視野。

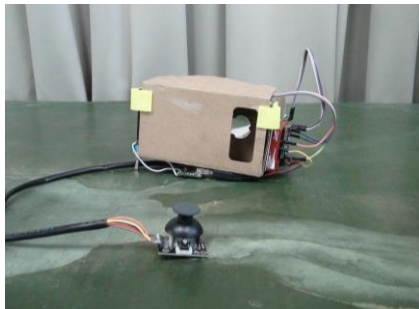
二、創意特質

VR 眼鏡結合了網路攝影機，進入鏡頭所展示的立體世界，可以 360 度全域自由移動，再搭配遙控車，並做成第一人稱視野，人即是車，車即是人，車人合一的直覺操控，擁有自由移動卻不被侷限的能力，透過使用者操作不同角度觀看景色，從各種角度感受美的存在。

參、作品功用及操作方式

一、作品外觀

利用自造者精神自製 VR 眼鏡(使用者控制端)，遙控遠方遙控車方向及位置並即時傳送影像(接收指令動作端)。



圖二 客戶端部分：使用者控制端



圖三 伺服器部分：接收指令動作端

二、功用

透過 VR 眼鏡能夠看到各地風景人文，並自由操控視角及位置，加上立體實境化功能，讓人彷彿身歷其境，創造出使用者心靈神遊的可能。讓被壓力與現實的牢籠圈住的我們，深切地體會到被限制的只有身體，而不是心靈；在片刻休息中也能爬上高山，潛入大海，暫時超脫現實的煩惱。

三、操作方式

- (一)開啟裝置電源(VR眼鏡、遙控車、Linkit Smart 7688 Duo)
- (二)放置遙控車於要行進的路上
- (三)戴上 VR 眼鏡，對準視線前方，接著按下搖桿設立基準點
- (四)完成校準後即可開始體驗生活的美好

四、動作說明流程圖

(一)雲台移動過程：



(二)影像傳輸過程：

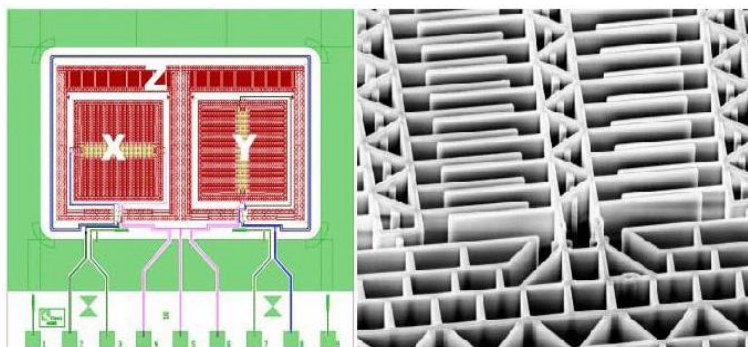


肆、依據理論及原理

一、MEMS 陀螺儀運作原理

陀螺儀是用來感測方向的工具，而微機電系統（Microelectromechanical Systems, MEMS）藉由加速度運動造成晶片內部的電容極板位移，因此會使雜散電容量產生等量的變化，晶片再將這些變化量傳輸給處理器，就可得知現在的位置離基準點差多少了。而 X、Y、Z 三軸的方向變化即是在晶片內擺放三組方向不同的電容極板，X 軸為橫向擺放，Y 軸為縱向，Z 軸則為垂直擺放(如圖四所示)。

而我們所選用的 MEMS 陀螺儀為 MPU-6050(如圖五所示)，是一個可感測上、下、左、右、前、後這六個方位的三軸陀螺儀；當我們的頭部轉動做位移或旋轉運動時，陀螺儀晶片就會將所收到的數據傳送給處理器，而處理器則對此做出相應的動作，所以不論頭部轉到哪個角度，手機內都有相應的動作與回應，所以我們會看到一個 360 度環繞包圍的立體世界。



圖四 MEMS 三軸陀螺儀電容極板構造與 Y 軸電容極板 圖五 MPU-6050 陀螺儀

二、無線傳輸---Xbee 介紹

Xbee 為一無線通訊模組(如圖六所示)，使用 IEEE 802.15.4 或 ZigBee 無線網路，是一種非同步通訊裝置，無線工作頻率為 2.4GHz，最大的通訊速率為 250kbps，且只需兩塊模組(發送端與接收端)即可完成傳輸，方便簡單，還能一對多傳輸或是多對一傳輸，在室內的傳輸距離約為 30 公尺，而在空曠的室外，距離則擴大為 100 公尺。

三、微控制器(MCU)

(一)Arduino

Arduino 是一種便宜、簡單好用的微控制器，只要對互動裝置有興趣的人，皆可輕鬆上手處理一般的電子電路，再加上模組擴充功能，幾乎可以變身成功能強大的互動裝置，可說是自造者不可或缺的一項利器。

考量使用的腳位與功能，我們選定 Arduino pro mini(如圖七所示)來控制雲台上的伺服馬達，Arduino pro mini 價格便宜體積小重量輕，Arduino pro mini 有 14 個數位輸出入接角，其中 6 個可作為 PWM 輸出，並具有 8 個模擬輸入埠，燒錄方式為可以使用轉 TTL 的 USB 來進行傳輸。

(二)LinkIt Smart 7688 duo

LinkIt Smart 7688 duo(如圖八所示)是一種專門提供網路功能的開發板，常應用在物連網上，擁有基於 Linux 架構的 OpenWrt 系統，使用者可以完全將其客製化，支援 GPIO、I2C、I2S、SPI、UART、PWM、Ethernet 等，而軟體開發上支援 Python、Node.js、Native C。7688 Duo 是一片雙核心的開發板，採用了聯發科的 MT7688 系統晶片和可支援 Arduino 的 Mega32U4。



圖六 Xbee 來源:註四



圖七 Arduino pro mini



圖八 Smart 7688 Duo

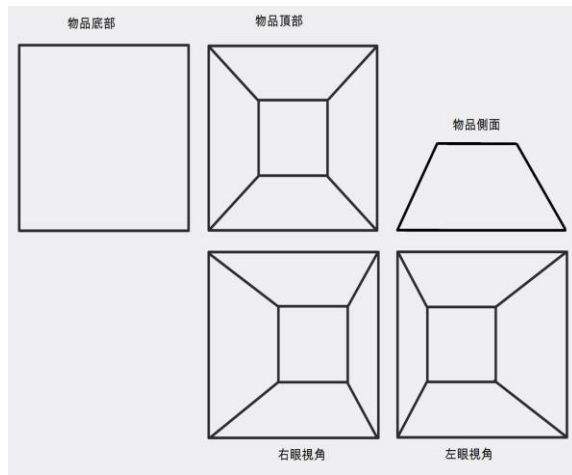
四、客戶端影像裝置說明

(一)Google CardBoard 立體顯像原理

人類看到的立體影像，是因為有大腦解讀視差(Parallax)來判斷距離的遠近(視差是指雙眼間的距離，大約 6.5 公分)。就是因為有這個距離我們才可以看見立體影像。若是只用單眼來觀看物體時，因為沒了視差，所以物體看起來會是平面的。所以說，假如以人工製造出視差的話，那平面也會變成立體的了。

Google CardBoard 就是利用平行視線法來製造視差的工具(平行視線法：雙眼視線平行，讓左眼與右眼分別只接收到有微小差異的個別影像)。當使用者從透鏡觀看畫面時，就會由兩張圖片間的視差來產生距離感，產生出一個立體影像世界。再利用陀螺儀追蹤頭部運動，讓使用者能 360°環顧。

雖然 Google CardBoard 能做出立體成像，但我們的創作卻不打算採用這一區塊，我們只打算利用聚焦與錯覺，來讓大腦錯以為處在 3D 世界內，雖然降低了立體感，但卻能同時降低暈眩度，並延長配戴時間，降低 VR 裝置所帶來的副作用---模擬器暈眩症(simulator sickness)。



圖九 雙眼視差示意圖



圖十 平行視線法範例

(二)Google CardBoard 的焦距與鏡片調整

凸透鏡成像的高斯公式為 $\frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f}$ (Do: 物距 Di: 像距 f: 焦距)

假如人眼的明視距離為 s 則成像距離須等於明視距離($D_i=s$)

代入高斯公式可得知 $D_i = \frac{fs}{(s-f)}$

而透鏡放大倍率為: $M = \frac{D_i}{D_o} = \frac{(s-f)}{f}$

標準明視距離為 250mm, $f = 40\text{mm}$, 則 $M = \frac{(250-40)}{40} = 5.2$ 倍

所以只要使用 5 倍的雙凸透鏡 (30mm 直徑) 即可創造出虛擬實境了。

(三)網路攝影機簡介

網路攝影機採用羅技的 C310, 影像擷取解析度最高可達 1280x720 像素, 連接方式採用 USB2.0, 負責接收遠方影像(如圖十二所示)。



圖十一 Google CardBoard 外型



圖十二 C310 攝影機

伍、研究方法與過程

這次專題的主要系統架構大致分為四個部分: 用戶端(Client)、伺服器端(Sever)、影像接收端(手機)、影像串流伺服器, 示意圖: (如圖十三所示)

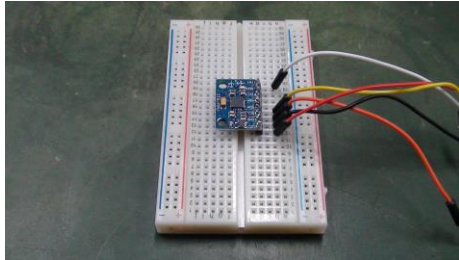


圖十三 系統架構

一、用戶端

(一)校準陀螺儀

在一開始使用時發現只要讀取 MPU-6050 資料時，就算放置在平面上沒有移動數值也會有嚴重的偏移現象，查了資料後發現原來是因為每個陀螺儀在製造時不可能做到完全精準，需要透過軟體校正偏移值(如圖十四、十五所示)。



圖十四 將陀螺儀擺平運行程式
計算偏移值圖

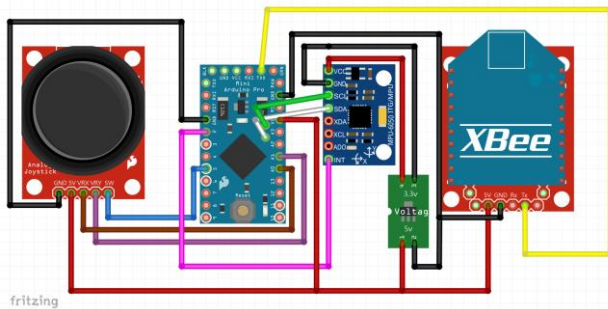
```
mpu.setXAccelOffset(-1967);  
mpu.setYAccelOffset(-465);  
mpu.setZAccelOffset(1609);  
mpu.setXGyroOffset(79);  
mpu.setYGyroOffset(-30);  
mpu.setZGyroOffset(23);
```

圖十五 將讀取到的偏移值
輸入到程式裡

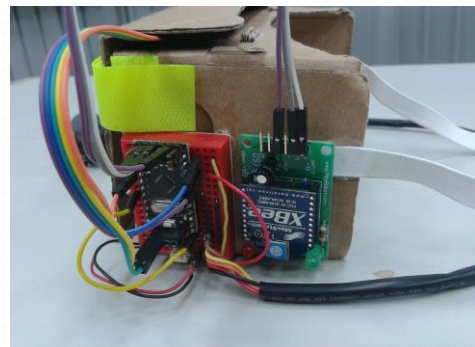
(二)、電路配置

1. 用戶端傳輸電路

在 VR 眼鏡(Client 端)上使用了 Arduino pro mini、Xbee、MPU-6050、類比搖桿、5V 轉 3.3V 的降壓 IC(MPU-6050 不能使用 5V 的電源)。接線方式如圖十六、十七所示。



圖十六 用戶端接線圖



圖十七 用戶端傳輸電路實際圖

2. 用戶端電源電路

電源部分使用了一片 5V 轉 4.2V 的鋰電池充電板，3.7V~4.2V 轉 5V 升壓電路板，和一個手機電池，以及電源開關(如圖十八所示)。



圖十八 電源部分與電源開關

(三)程式設計

用戶端要傳送給伺服端的資料有搖桿的數值和陀螺儀的數值，換言之程式要做的事情就是不斷的從陀螺儀和搖桿讀取資料，再傳送給 Xbee 就行了。

1. 處理搖桿資料

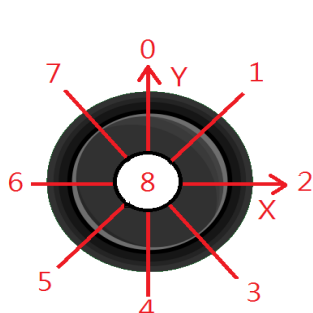
處理搖桿資料最簡單的方法就是直接比較 X 值和 Y 值，當這兩個值在一個

特定的範圍時就做出反應，但是這樣做的話需要用許多的判斷指令才有辦法解決，但是會讓程式看起來十分繁雜。我們所選擇的方法是將搖桿想像成一個幾何平面，讀到的數值就是座標，再利用三角函數計算出座標的位置。

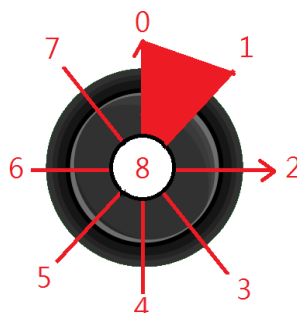
```
Jangle = atan2(jY, jX) * 180 / M_PI; //Jangle 等於 atan2(jY, jX) 乘與  $\frac{180}{\pi}$ 
dir = fmod(Jangle + 22.5, 360) / 45; } //加 22.5 除以 360 的餘數除以 45
```

這段程式碼是用來計算出搖桿被推到了 0~7 哪一個位置(如圖十九)，首先定義浮點變數 Jangle，浮點變數是指含有小數點的變數，使用浮點變數是為了增加準確度。atan2 函式是三角函數裡正切函數(tan)的變形，atan2(x,y)所代表的意思是以坐標原點(0,0)為起點，指向(x,y)座標的線段與 x 軸正方向之間的角度，將 jX 和 jY 代入 atan2 就可以得到搖桿目前被按到 0~360 中的哪個位置，但是 atan2 所取出的值為徑度量，故乘與 $\frac{180}{\pi}$ ，方可得到角度單位。

光是知道在哪個角度還不夠，還需將角度量化為 0~7，8 個數字如圖十九(左)所示，360 除以 8 等於 45，所以將得到的角度除以 45 就可以完成量化，但這樣量化出來的值會出現問題，如圖二十(中)所示讀出的值為 0 的範圍是紅色區塊，但是往前推的範圍應該是如圖二十一(右)，因此需將 Jangle 的值加上 22.5 (45/2)，但如果讀到的值大於 337.5，加上 22.5 後就會大於 360。因此使用了 fmod 函數，這個函數代表取餘數的意思，C 的運算子裡本來就有一個用來取餘數的：%，但是%不能處理浮點變數所以這裡使用 fmod 來取代%，取餘數的意義在於如果 Jangle 小於或等於 360 則餘數等於 Jangle，如果大於 360 則餘數為 Jangle 減掉 360。



圖十九



圖二十



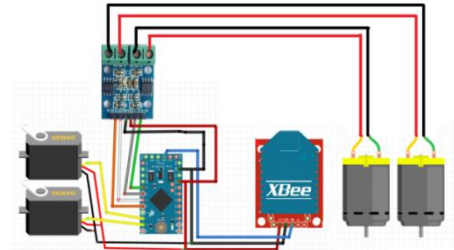
圖二十一

2. 傳送資料

資料傳送的部分需要將處理後的搖桿值和陀螺儀的值送至伺服器端，陀螺儀的部分使用一個名為 I2Cdevlib 的函式庫，將原本複雜的陀螺儀程式整理得十分簡潔，動作所需要的是偏擺(YAW)、俯仰(PITCH)、翻滾(ROLL)三個值中的偏擺和翻滾如圖二十二所示，本來往上往下看改變的應該是俯仰，由於佈線上的設計將陀螺儀水平轉了 90 度，所以改變的值變成了翻滾角，在程式中 ypr[0]代表偏擺、ypr[1]代表俯仰、ypr[2]代表翻滾。Serial.print() 這個函式在 Arduino 中代表了用串列埠傳輸的意思，先送一個字元 J 代表是搖桿的資料，再傳送儲存搖桿位置的 dir 變數，之後傳送一個空白字元表示資料傳送完畢。接下來要傳送陀螺儀的部分，因為 ypr[] 為徑度量故乘與 $\frac{180}{\pi}$ ，得到的值範圍為 -90~90，因為舵機可控制的角度為 0~180，故將 ypr[] 加 90，又因與陀螺儀安裝的位置，所得到的偏擺和所需要的值恰好相反，因此使用 map 函式將 0~180 的值轉換為 180~0 的值，儲存在 angle 變數中，整體傳送流程為 x 字元，x 的角度，y 字元，y 的角度。



圖二十二 偏擺、俯仰、翻滾示意圖



圖二十三 伺服端電路配置示意圖

二、伺服端

(一)電路配置

使用了一片 Arduino pro mini、一片 Xbee、兩顆減速比 1:48 的直流減速馬達、L9110S 直流電機驅動模組、兩個 SG-90 伺服馬達，接線圖如圖二十三所示

(二)程式設計

```
int i = Serial.read();
if(Serial.available())
T = millis();
if((millis()-T)>250) {
X.write(90);
Y.write(90);
dir=8; }
if(i == 'J') {
dir=Serial.parseInt(); }
if ( i=='X') { X.write(Serial.parseInt()) }
if ( i=='Y'){ Y.write(Serial.parseInt()); }
```

millis()這個函數是 Arduino 中的計時器，如果串列埠有訊號使 T 等於計時器的時間，當計時器得現在時間減掉 T 大於 250，也就是說過了 250 毫秒都沒有接收到訊號，可判定為斷線，讓伺服馬達復位到 90 度，遙控車的馬達停下來。Serial.parseInt()這個函數是用來將讀到的數字字串轉為數值，如果讀到的值等於字串 J，就用 Serial.parseInt()將傳過來的數字轉為數值儲存到 dir。

如果讀到的值等於字串 X，就將 X 伺服馬達轉到傳送過來的數值。

如果讀到的值等於字串 Y，就將 Y 伺服馬達轉到傳送過來的數值。

```
int m[9][4]={ {1,0,0,1},{1,0,0,0},{0,1,0,1},{0,1,0,0},{0,1,1,0},
{0,0,1,0},{1,0,1,0},{0,0,0,1},{0,0,0,0}};
for(int i;i<4;i++){
digitalWrite(i+2,m[dir][i]);}
```

最後用陣列和 For 迴圈將接收到的搖桿值，改變遙控車馬達的運作。

三、影像串流伺服器

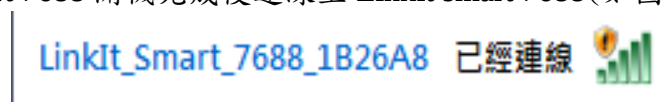
我們使用了 Linkit smart 7688，來達成影像串流伺服器的架設。

(一)連接 usb webcam

將 Linkit smart 7688 的 usb host 口接上一條 OTG 後再接上 webcam 的 sub。

(二)連線至 Linkit smart 7688

Linkit smart 7688 開機完成後連線至 Linkit smart 7688(如圖二十四所示)。



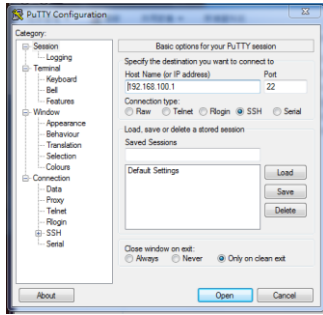
圖二十四 成功連線至 Linkit smart 7688

(三)進入終端機

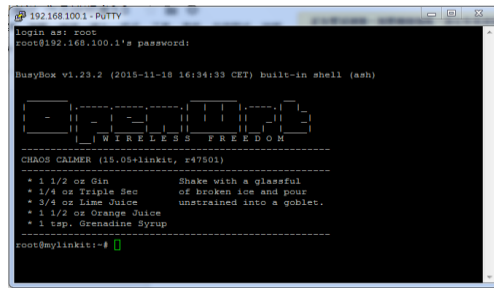
開啟 mputty 這款終端機軟體，選取 SSH 輸入 Linkit smart 7688

預設 IP：192.168.100.1，port：22，然後按 open，進入 Linkit smart 7688 的

終端機介面。輸入預設帳號 root，和設定好的密碼。



圖二十五 mputty 介面

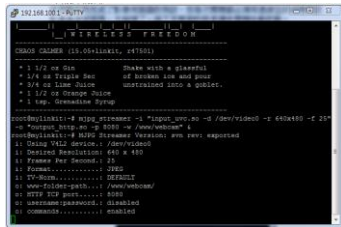


圖二十六 Linkit smart 7688 的終端機介面

輸入完後按下 enter 就會進入 Linkit smart 7688 的終端機介面(如圖二十六所示)

(四)架設影像伺服器

輸入 `mjpg_streamer -i "input_uvc.so -d /dev/video0 -r 640x480 -f 25" -o "output_http.so -p 8080 -w /www/webcam"` 開啟 mjpg_streamer 這個套件架設影像串流伺服器(如圖二十七所示)，這時候在瀏覽器中輸入 192.168.100.1 : 8080 即可看到即時影像(如圖二十八所示)。



圖二十七 開啟套件以架設影像串流伺服器



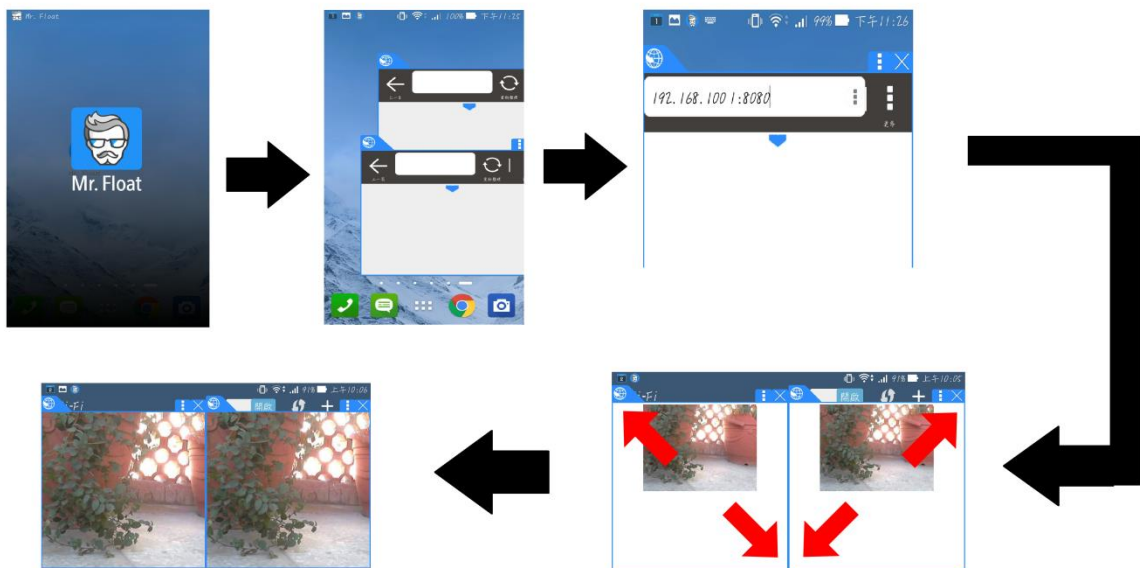
圖二十八 即時影像

四、影像接收端（手機）

(一)手機連線至 Linkit smart 7688 的網路。

(二)開啟 Mr.Float 程式

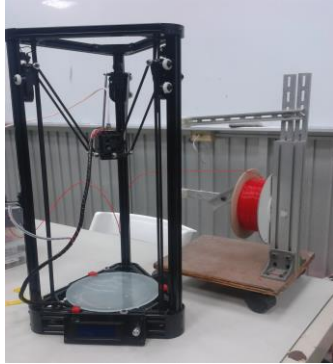
為了製造出左右兩個影像，使用了一套名為 Mr. Float 的軟體，他的功用是讓我們在 Android 手機上，也能開啟多個視窗，使用這款軟體開啟兩個瀏覽器後，輸入 Linkit smart 7688 影像串流伺服器的 IP：192.168.100.1 : 8080，一個放左一個放右，再調整好畫面大小就完成了。(如圖二十九所示)。



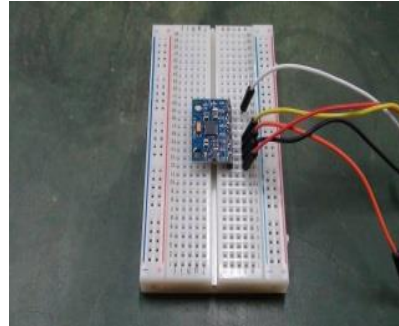
圖二十九 開啟 Mr.Float 程式流程

陸、製作歷程說明

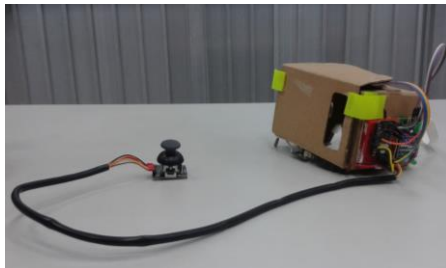
- 一、3D 列印出雲台並組裝(如圖三十所示)
- 二、校準陀螺儀及撰寫程式(如圖三十一所示)
- 三、在 VR 眼鏡上安裝陀螺儀、Arduino、Xbee、搖桿(如圖三十二所示)
- 四、組裝遙控車(如圖三十三所示)
- 五、在遙控車上放置雲台 Linkit smart 7688、Arduino pro mini、Xbee 及電源模組(如圖三十四所示)



圖三十 3D 印表機



圖三十一 陀螺儀校準



圖三十二 VR 眼鏡



圖三十三 遙控車底盤



圖三十四 VR 遙控車

柒、研究結果

一、結論

這次的研究後，我們發現了現階段能力的不足，不熟悉 Linux 系統的使用，不會 Python 程式的語法，卻也同時發現了它的無限可能性，可以像積木般的結合各類裝備，例如機械手臂、四軸飛行器，面對各種的環境可以有不同的用途，這次的研究就當成為未來的墊腳石，我們有信心可以再次改良，將 VR 遙控車變得更方便、更人性化。原本希望可以將作品搭上物聯網潮流，雖然來不及完成，但我們知道問題的方向與解決之道，這將是下一段研究的開始。

二、未來展望

希望能夠將這個作品發揚出去，並運用在救災救難這類危險工作上面，亦或是親眼看到世界上正在發生的事，而不單單只是新聞上播出的畫面。或許以後結合了風景、歷史與人文，可以更拉近國與國之間的距離，讓人們不再限制

自己的眼界，希望這個作品帶給人的不只有影像，更有著一份信念，這信念就是：「未來能因為我們而更美好！」

有一個遠超乎我們專業但卻想達成的目標。現今，人們對植物人的協助十分有限，植物人依然具有意識，能看見、能聽見、能感受到周遭的一切，但他們卻沒有辦法表達出來，或許能利用腦波來控制視角或行進方向，希望這項發想能讓植物人再次走在路上，看到日出夕陽，讓他們的心跳再次在路上回響。雖然這個想法可能只是一廂情願，但我們相信，這是個值得努力奮鬥的目標。VR 遙控車播出的不只有影像，還包含著愛與夢想。

捌、引註資料

一、邁向嶄新立體視覺時代！3D 立體顯示技術原理與遊戲應用歷程簡介

<http://gnn.gamer.com.tw/6/43706.html>

二、InvenSense.Inc

<http://store.invensense.com/>

三、Digi.Inc

www.digi.com/

四、大兵萊恩的 MPU-6050 筆記與實驗心得

<http://gogoprivateryan.blogspot.tw/2014/07/mpu-6050-google.html>

五、葉難：在 Windows 裡使用 Python 語言經由 Firmate 協定控制 Arduino 開發板

<http://yehnan.blogspot.tw/search/label/Arduino>

六、Arduino playground：MPU-6050 Accelerometer + Gyro

<http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>

七、Github-12cdevlib 函式庫

<https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/MPU6050>

八、Linkit smart 7688 x Node.js

<https://iambblue.gitbooks.io/linkit-smart-nodejs/content/zh-TW/index.html>

九、Linkit smart 7688 基礎教學

oranwind.org/linkit-7688-linkit-smart-76887688-duo-ji-chu-jiao-xue/

十、極客工坊

www.geek-workshop.com/forum.php

十一、高斯成像公式-台灣維基

www.twwiki.com/wiki/%E6%88%90%E5%83%8F%E5%85%AC%E5%BC%8F

十二、Arduino 錦囊妙計 基峯資訊/Michael Margolis 著；徐德發譯 馬哥里斯 (Margolis, Michael)

十三、Arduino 錦囊妙計(第二版) 作者：Michael Margolis 譯者：徐德發 出版社：歐萊禮 出版日期：2012/10/05

十四、Arduino 最佳入門與應用：打造互動設計輕鬆學(暢銷經典第二版)作者：楊明豐 出版社：基峰 出版日期：2015/04/13

十五、深入淺出 C David Griffiths、Dawn Griffiths 譯者：楊仁和 出版社：歐萊禮 出版日期：2012/11/05

十六、Make：國際中文版 19 作者：MAKER MEDIA 出版社：馥林文化 出版日期：2015/09/15

十七、超圖解 Arduino 互動設計入門(第二版) 趙英傑 旗標 2014/04/24