

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

091007

開心眼—小心眼的不小心眼探討超音波偵測對於盲友的保護機制

學校名稱：四維學校財團法人花蓮縣四維高級中學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 職二 陳柏儒 職二 林顥倫 職二 謝昇航 | 指導老師： 張晏彰 游禮晏 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：白手杖、超音波偵測、驅狗器

摘要

利用超音波感測器的發射器裝置持續發射出超音波的原理，當撞擊到物體後超音波會反射回來，再由超音波感測器的接收裝置接收。由物理學可知超音波發出到接收的這段時間是超音波由發射端到物體來回的時間。所以把這時間差除以二再乘以音速，便可計算出待測距離。像是市面上所販售的倒車雷達也是這方便的應用。我們所做的智慧型白手杖就是以此為基本原理作為前方障礙物的偵測機制。

除此之外，我們還幫盲友們考量了頭部的防撞機制，把第二組超音波感測器安裝到帽子上面，偵測頭部高度得障礙物。以及加入第三組超音波感測器，作為階梯落差偵測。最後我們考量到犬隻對盲友的威脅性再加入驅狗裝置，可發出狗不喜歡頻率的超聲波。

壹、研究動機

最近參與志工活動，實際與肢體障礙的朋友相處幾天，發現盲友們有許多不方便的地方，盲友們走在路上雖然有白手杖左右擺動以判斷前方地面的危險，但探查範圍只限於手杖長度，效果非常有限。活動過程中有一位盲友從樓梯上摔下來，這就是因為無法確認階梯落差高度，造成踏出下一步的誤判。還有，我們自己逛街時，走在騎樓下也可能撞到頭部高度的廣告招牌或是人群中雨傘等障礙物。如是盲人朋友就更無法判斷頭部高度的障礙物了。

在前天前放學回家的路上，看到郵差被狗追，讓我們不禁想到盲友若行經住宅區或公園不小心進入犬隻的地域範圍，會遭到吠叫甚至被攻擊。看到以上種種盲友不便之處，我們想要做出一種可以幫助他們排除危險的工具。

貳、研究目的

- 一、 在發現到盲友們使用手杖探測效果有限之後，我們希望找到一種方法能拓展偵測範圍，提早發現障礙物，增加盲友們的安全性。
- 二、 盲友在樓梯跌倒事件，讓我們希望有一個機制能幫助他知道下一步階梯的深度，才能判斷如何踏出下一步，以免踩空。
- 三、 盲友完全無法探測到廣告招牌、雨傘等物體，可能會撞到受傷。所以我們想找一個方式讓盲友可以探查到頭部高度的障礙物。
- 四、 為了避免盲友們走路過程遭到犬隻不友善的吠叫、追逐或攻擊，希望有個方法能讓狗不想靠近或不想攻擊，這樣的話，盲友就可以放心走路。
- 五、 我們想設計出一組白手杖同時具備拓展偵測範圍、偵測下一步深度落差，又能探測頭部高度障礙物且還能降低犬隻攻擊慾望的多項功能，真正能使盲友生活更便利性、安全性。

參、研究設備與器材

1. 前偵測超音波感測器

各零件說明與功能介紹：

- (1)顯示器和蜂鳴器。可顯示和待測物體間的距離，若與待測物體遠蜂鳴器頻率較平緩，近則頻率較急促。如圖 1。
- (2)這是前偵測雷達的主機外觀，也是我們裝置的核心。如圖 2-1。
- (3)這是它的內部電路，主要負責運算。右邊第一個是輸入電源、第二個為外接喇叭、第三個為顯示器與蜂鳴器的插座、左邊一到四都是超音波收發裝置連接插座。如圖 2-2。
- (4)這是超音波雷達的感測器，兼具訊號發送與接收。如圖 3。
- (5)這是將零件都組裝起來的實體圖，在此例中它所測得的距離為 0.4M。



圖 1 顯示器和蜂鳴器



圖 2-1 超音波感測器主機

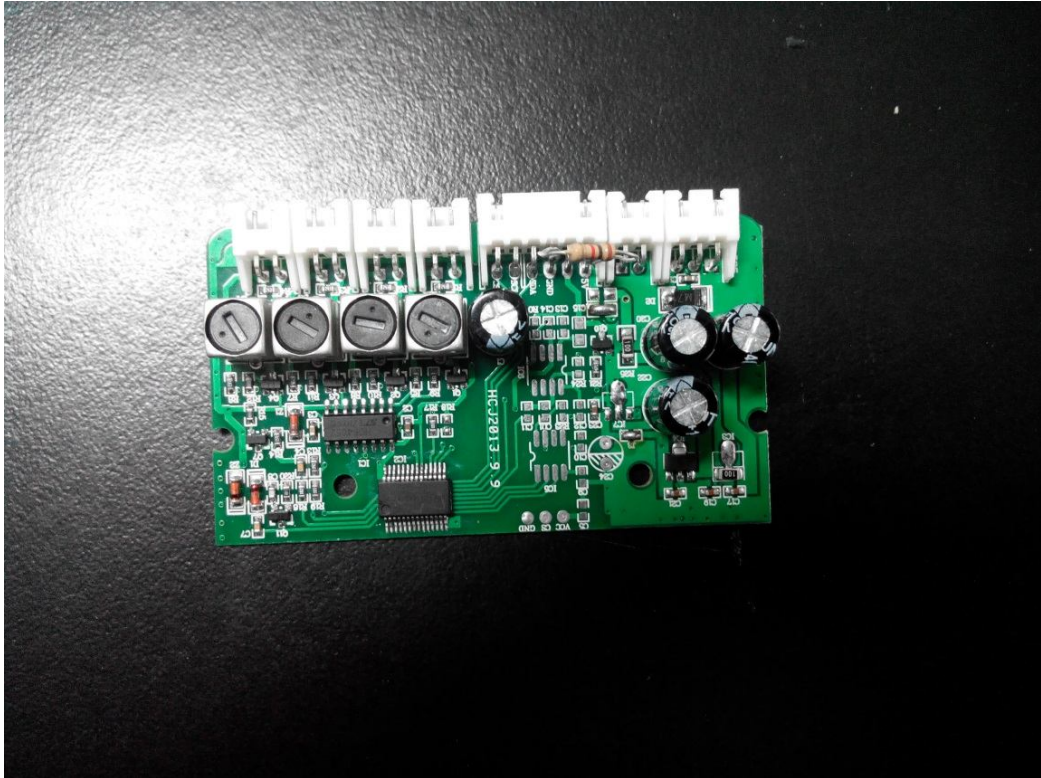


圖 2-2 超音波感測器主機電路



圖 3 超音波感測器



圖 4 附件組裝後的實體圖

2. 頭部防撞超音波感測器

功能說明：

- (1)可支援 5V 與 9V 的電源輸入
- (2)內涵訊號發出與接收
- (3)內建蜂鳴器感測電路
- (4)可透過開關設定給測距離
- (5)感測器需要 9V 電壓

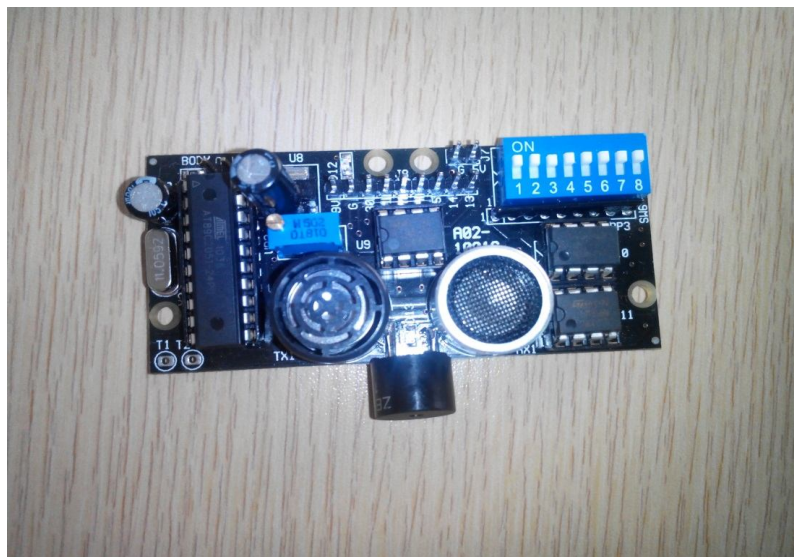


圖 5 頭部防撞超音波感測器電路

3. 驅狗器

功能及規格說明：

- (1)它能夠瞬間發出狗兒討厭的高分貝聲音(135db)，達驅狗目的。
- (2)由於這是人聽不到超音波 25KHZ，對人體不會有所影響。
- (3)功率為 5W 左右，有效的範圍為半徑六公尺。
- (4)機體重量為 92g。



圖 6-1 趨狗器的外觀



圖 6-2 趨狗器的內部模樣

4. 其他設備

功能與運用說明：

- (1) 我們利用三用電表來測量前偵測的蜂鳴器聲音頻率。如圖 7
- (2) 電源供應器能提供我們固定的電壓與電流。如圖 8
- (3) 9V 電池在戶外沒電源供應器時使用。如圖 9



圖 7 三用電表



圖 8 電源供應器



圖 9 9V 電池

肆、研究過程或方法

一. 實驗流程圖

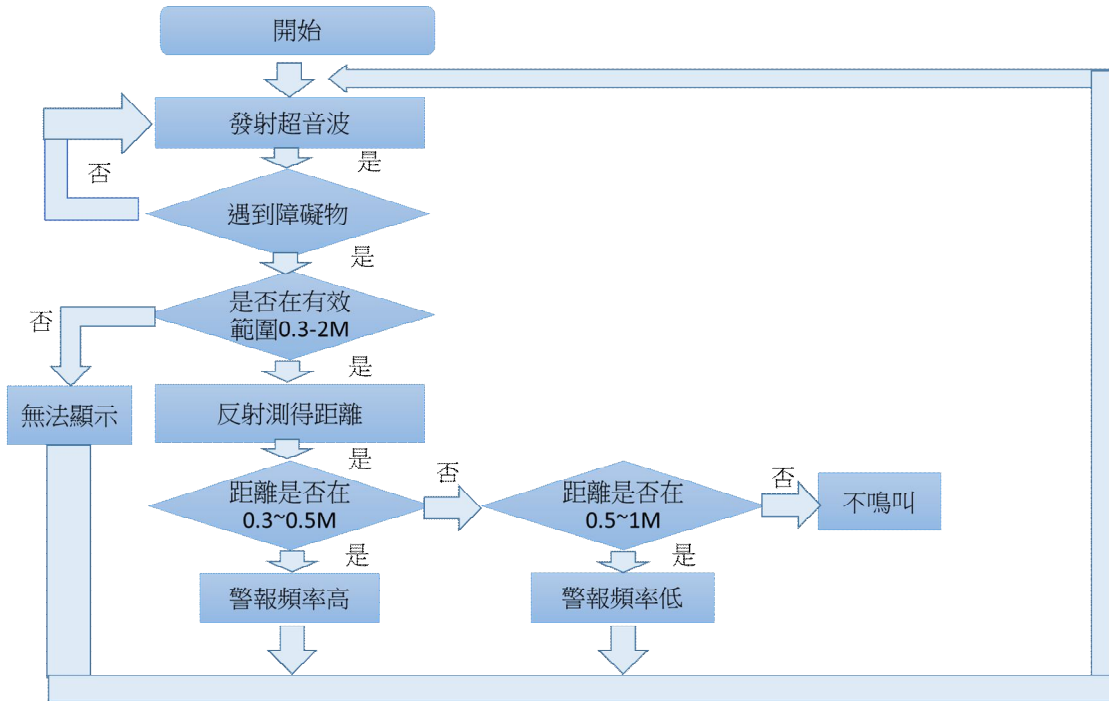


圖 11 前偵測超音波感測器流程圖

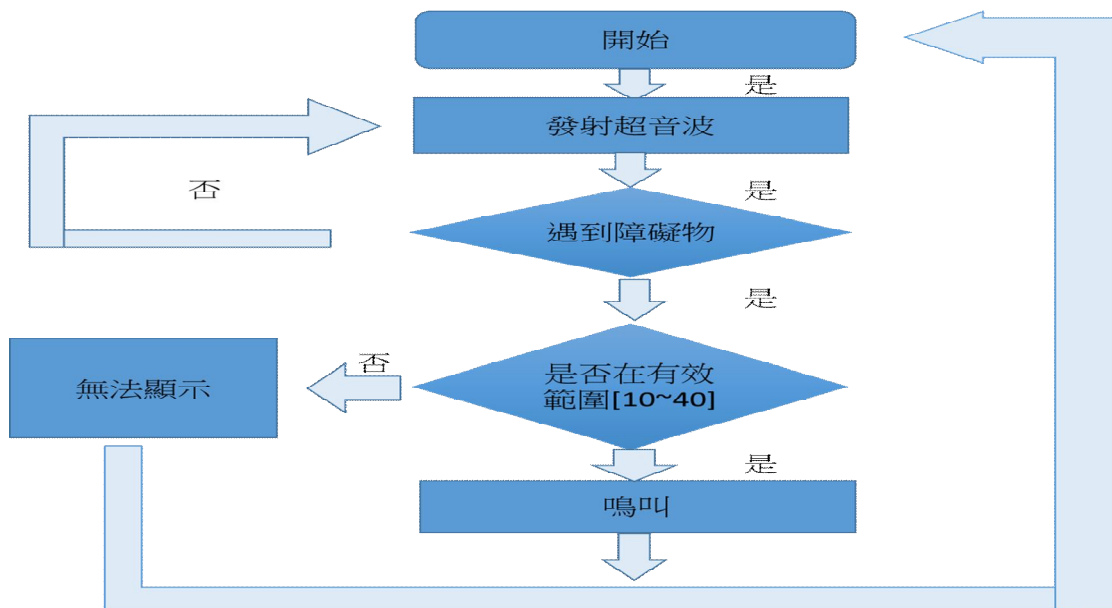


圖 12 頭部防撞超音波感測器流程圖

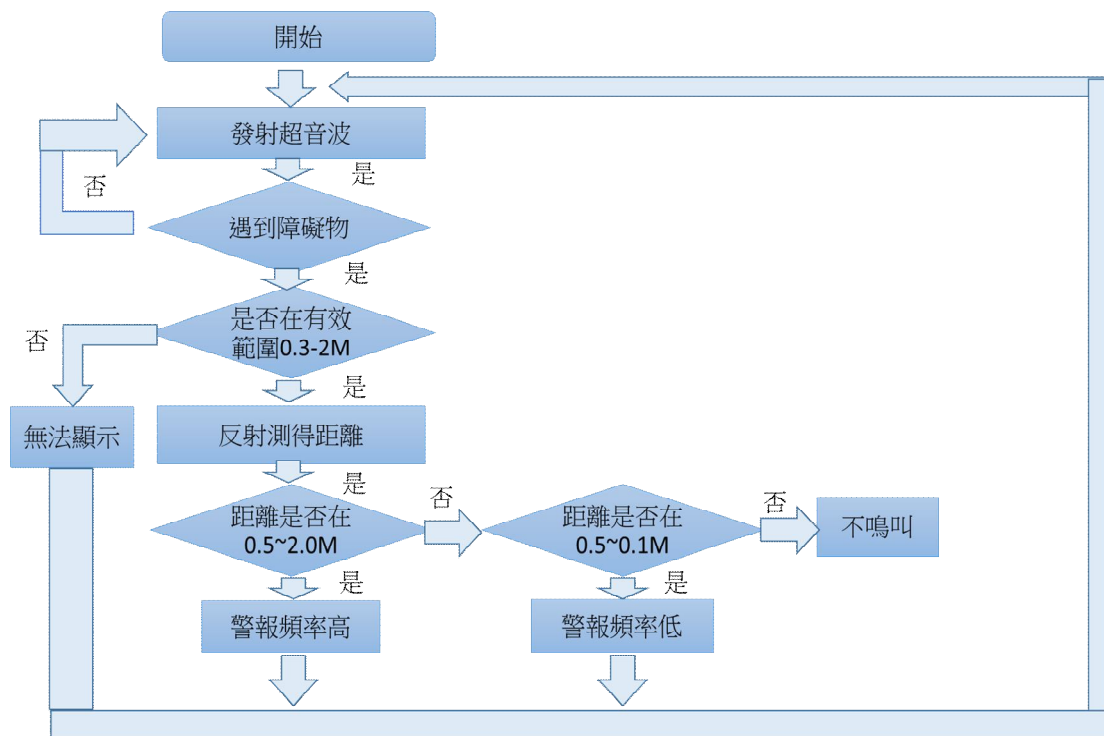


圖 13 下偵測超音波感測器流程圖

二. 實驗方法

1. 超音波測距

這與雷達測距原理相似，透過超音波發射器發射超音波，在發射的瞬間開始計時，超音波利用空氣（介質）傳播，碰到障礙物就立即反射回來，超音波接收器收到反射回來的超音波就立即停止計時。其中超音波在空氣中的傳播速度為 $v=340\text{m/s}$ ，來回的時間 t ，我們可以計算出發射點與障礙物的距離 d 。如下式。

$$d = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{340 \cdot t}{2}$$

推定超音波每 $1/100$ 秒發射一次，收到反射波後作距離計算。若 $1/100$ 秒沒收到反射波，則表示沒有障礙物，發射下一個測距超音波。

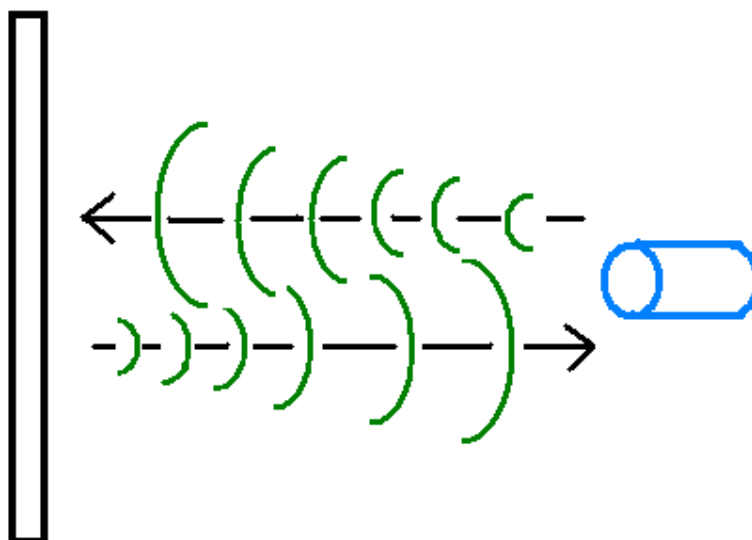
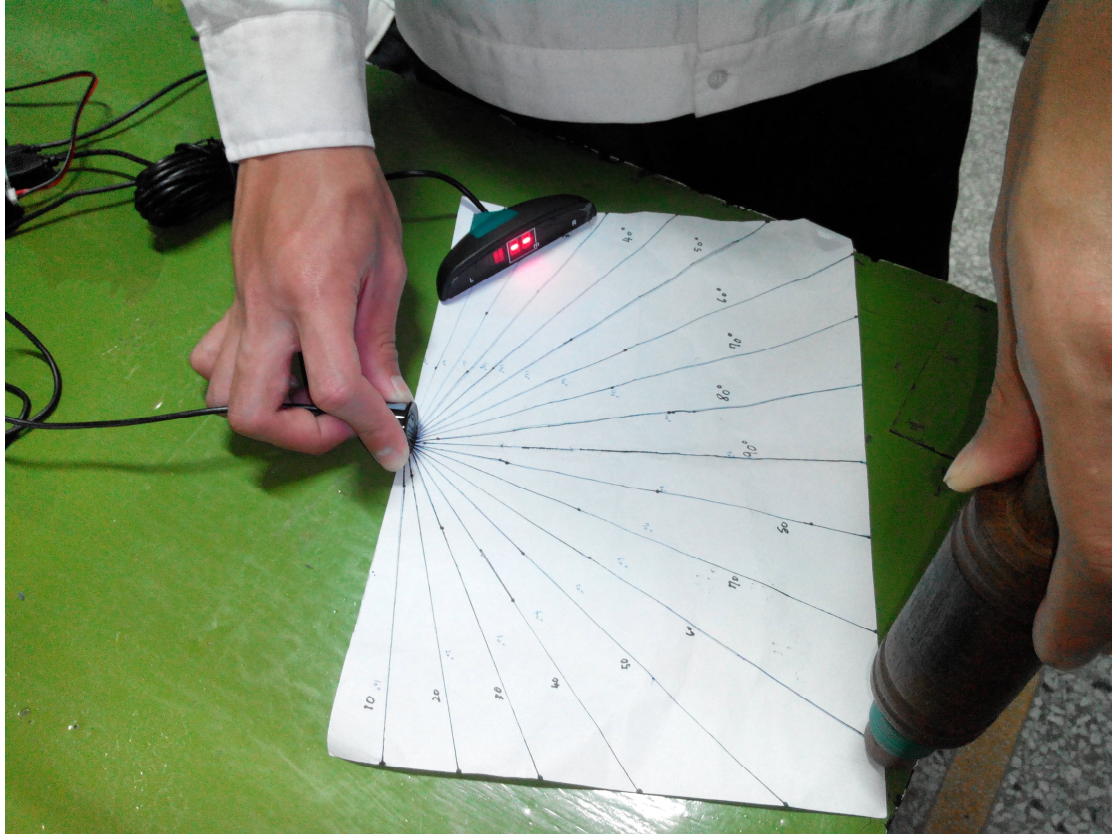


圖 14 超音波偵測示意圖

超音波探測器偵測角度限制

在我們一開始做實驗，發現超過一定範圍就開始偵測不到。經過不斷測試發現可測到的角度大約左右各 30 度。我們用實際物體做實驗，在角度大於 25 度時偵測忽有忽無，在小於 25 度時偵測很穩定。

| 5 度 | 10 度 | 15 度 | 20 度 | 25 度 | 30 度 |
|------|------|------|------|------------|------|
| 功能正常 | 功能正常 | 功能正常 | 功能正常 | 部分偵測 的到 | 偵測不到 |



超音波的特性是傳播速度明顯比光速慢，所以能夠準確捕捉到及利用反射波的回音現象。因為音速等於波長和頻率之乘積。超音波傳播速度較慢，其波長較短，所以指向性強，也就是表示能運用當做寬度狹小的脈衝放射。

比較分析超音波的優點：

1. 波長較短，指向性強。
2. 反射能力優(不會因為凹凸面, 產生不良反射)。
3. 傳播特性強。
4. 不容易受到天氣的影響。
5. 能感測到透明物體(紅外線不能)。

2. 落差偵測

超音波測距的應用，我們將超音波偵測器安裝在白手杖下端偵測向下距離。若下一步接梯落差太大，蜂鳴器會發出頻率高且大聲的警告音。若落差較小，警告音頻率和音量也較小。

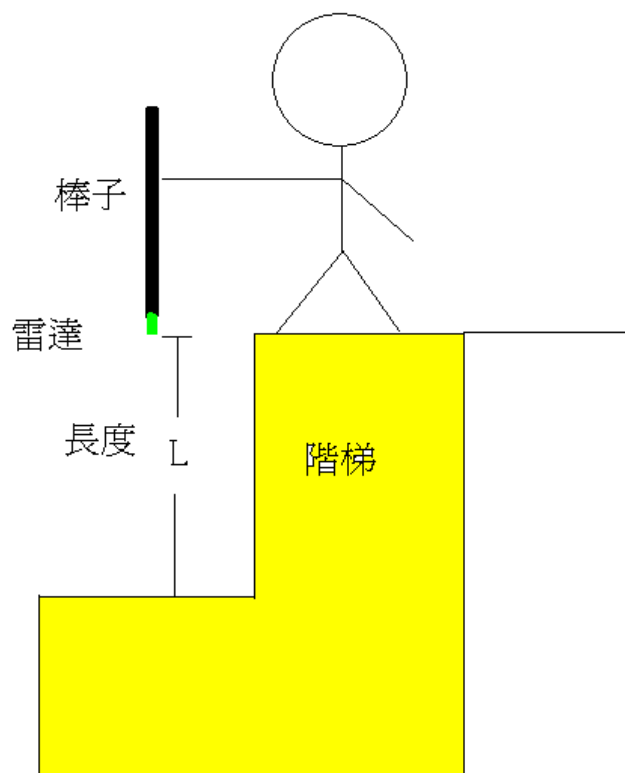


圖 17 落差偵測示意圖

3. 驅狗器原理

利用超聲波的方式，一般人類的聽力範圍在 20HZ~ 20KHZ，狗的聽力範圍最高可到 35KHZ 這台驅狗器所發射出來的聲波是在 20KHZ~25KHZ、135 分貝，雖然是在人類聽不到的聲音範圍，但是對狗來說是非常不舒服的聲音，使本來想攻擊我們的犬隻，不想靠近我們。如圖下，狗狗剛開始有對我們發出低聲警告。使用趨狗器後，牠只遠遠看著我們，停止發出警告聲，不再有攻擊的慾望。如圖 18。

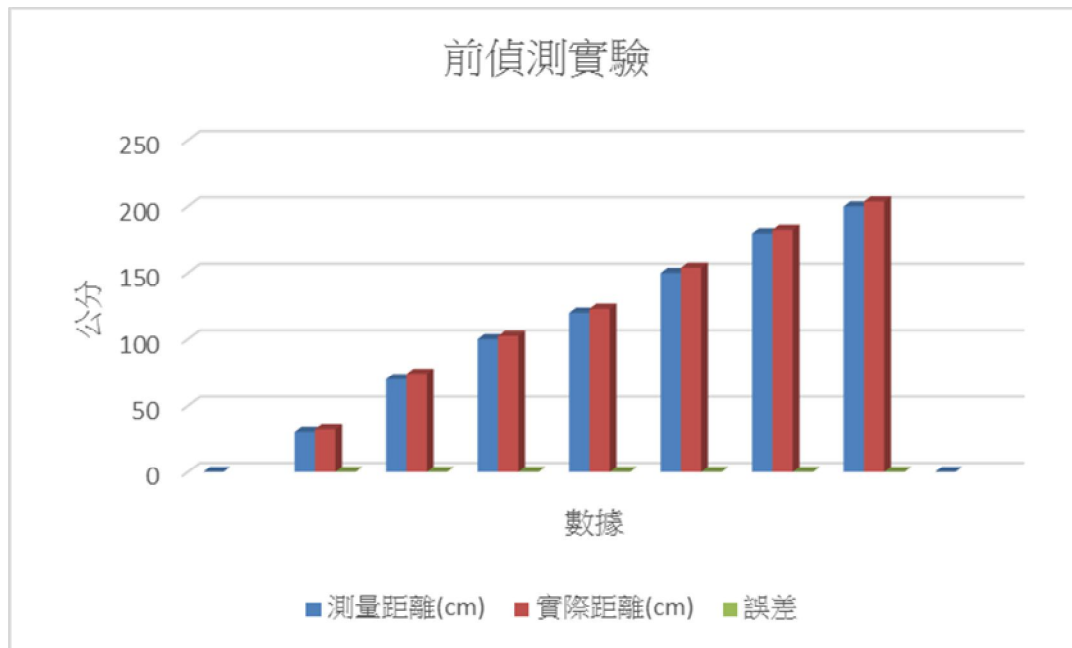


圖 18 按下驅狗器按鈕，狗狗停止吠叫

伍、研究結果

1. 前距離偵測實驗

樣本數 70，一組量測距離所對應的實際距離以 10 個樣本作平均值



表一 前偵測實驗

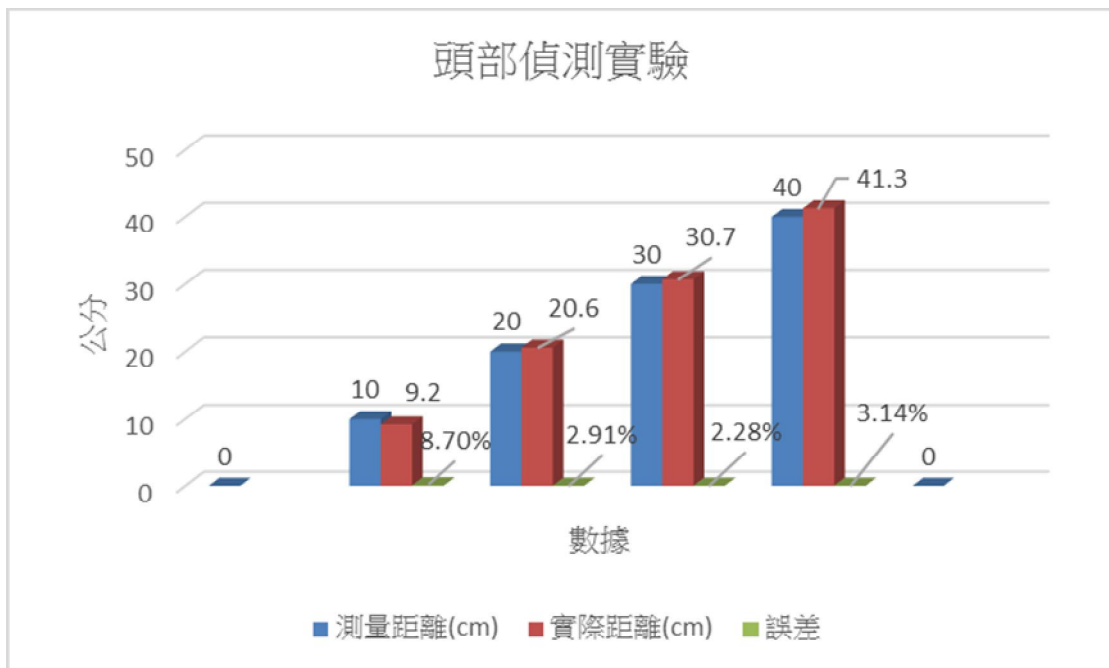
由實驗可知約在距離 180cm 誤差值最小，我們也發現到最大偵測距離為 200cm，若超過 200cm，則完全沒有偵測結果。此超音波測距可成功地將盲友的偵測範圍，由手杖往前延伸兩公尺，提早發現障礙物。如圖 19。



圖 19 超音波測距實驗圖

2. 頭部感測器距離偵測實驗

樣本數 40，一組量測距離所對應的實際距離以 10 個樣本作平均值



表二 頭部測實驗

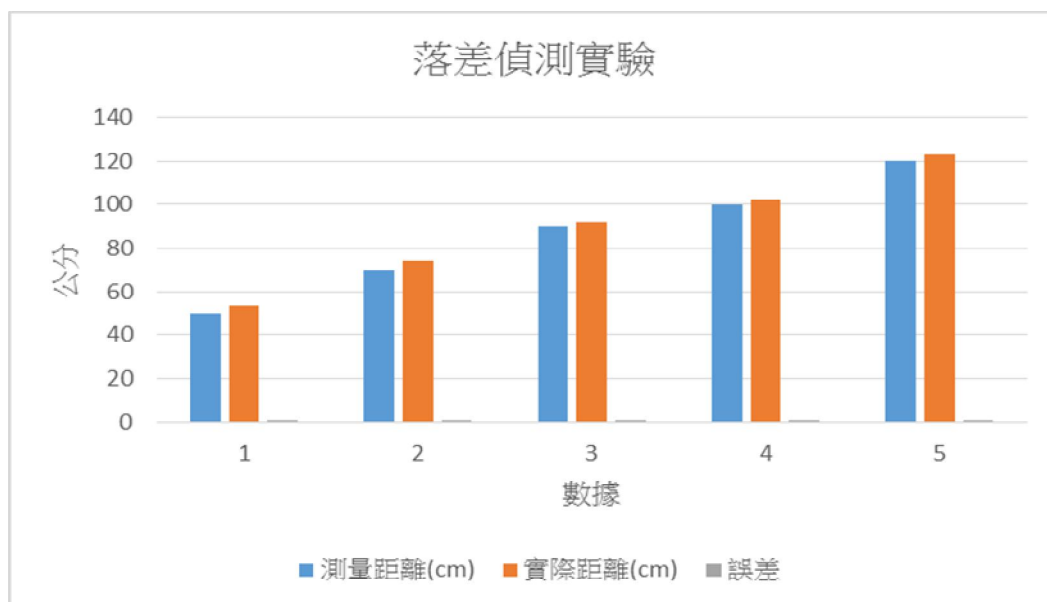
由實驗可知約在距離 30cm 誤差值最小，我們也發現到最大偵測距離為 40cm，若超過 40cm，則完全沒有偵測結果。此超音波測距可成功地將盲友的頭部安全範圍前延伸 40cm，提早發現障礙物。如圖 21。



圖 20 安裝在帽子的感測器測距圖

3. 落差距離偵測實驗

樣本數 50，一組量測距離所對應的實際距離以 10 個樣本作平均值



表三 落差偵測實驗

由實驗可知約在距離 100cm 誤差值最小，此超音波測距可成功地探測向下的落差。如圖 22。

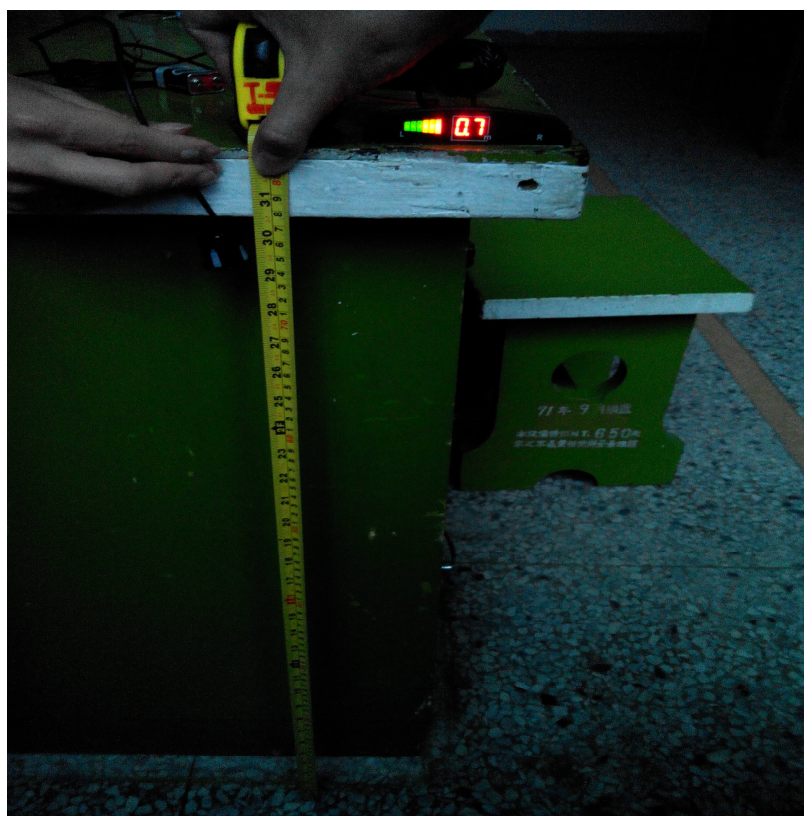


圖 22 向下落差距離偵測 70cm

4. 驅狗器實驗

| | | | | | | | | | | |
|----------|------|--------|-----|------|--------------|----|--------|----|-------|-----------|
| 測量距離 (M) | 5M | 4M | 8M | 6M | 4M | 3M | 4M | 6M | 6M | 5M |
| 狗的反應 | 沒有吠了 | 看過來沒上前 | 沒反應 | 馬上跑走 | 只敢遠距離的觀看不敢上前 | 遠離 | 看過來沒上前 | 遠離 | 在原地不動 | 在遠處狗吠沒有上前 |
| 攻擊欲望 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 有，但不敢靠近 |

| | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|-----|---------|------|---------|------|------|-----------|------|
| 測量距離 (M) | 6M | 5M | 4M | 7M | 6M | 5M | 4M | 7M | 6M | 5M |
| 狗的反應 | 慢慢遠離 | 轉頭就跑 | 直接跑 | 看過來沒有遠離 | 慢慢遠離 | 轉頭過來沒有跑 | 慢慢離去 | 慢慢遠離 | 有看過來但沒有動靜 | 轉身就跑 |
| 攻擊欲望 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |

樣本數 20，由實驗可知大部分的情況在我們按下驅狗器後，狗狗會遠離、停指吠叫、或待在原地無攻擊欲望。其中有一組實驗較有趣，狗狗在遠處叫但不敢靠近，也證明了驅狗器的效果。



圖 23 距離 5M 狗狗停止吠叫，不敢直視我們



圖 24 距 4M 按下驅狗器，狗狗轉身離開

陸、討論

1. 智能手杖與手杖的差別

手杖： 1. 質量較輕
2. 成本較低

智能手杖：

1. 可以幫助盲胞朋友偵測前方障礙物，可惜因裝載測量裝備，質量較重。
2. 可偵測落差深度，落差太大時發出提示音，避免盲人朋友因落差太大跌倒。
3. 頭部也有一組超音波偵測器，還可以避免頭部碰撞到高處障礙物。
4. 盲人朋友在聽到有狗低聲吠叫時，可用趨狗器使狗不敢靠近。

2. 為什麼增加頭部防撞偵測？

盲人朋友習慣使用盲杖做左右揮動以了解週遭的環境，但是無法偵測頭部前方的物體。比方說走在騎樓時，頭可能會撞到廣告招牌，此時就可以藉由我們的感測器來避免頭被撞到的風險。因此我們此次科展加入考量頭部防撞的功能。

3. 超音波倒車雷達是用什麼訊號來控制不同距離之下的警報聲？

我們剛開始是先測量電路的電壓，但是發覺不同距離電壓值竟然是一樣的。跟老師討論後才發現，一開始所測量到的是輸入電源的電壓，所以任何距離都是不變的。後來我們找到顯示數字與警報的輸出端，並研究每個腳位的功能，最後找出控制聲音和參考接地的腳位，我們在兩腳位間接上 $1k\Omega$ 電阻，以並聯方式量測其身上的電壓降，終於測出來此電路是利用電壓方式來控制警報提示音。可以得知他是運用電壓的方式作為控制因素。經過實驗量測，可以發現其控制電壓隨測量距離正相關改變。

| | | | | |
|----|------------|------------|---------------|---------------|
| 距離 | 0.3~0.5 公尺 | 0.5~1.0 公尺 | 1.0~1.5 公尺 | 1.5~2 公尺 |
| 電壓 | 6.0V | 6.5V | 7.0V | 7.5V |
| 反應 | 連續不間段的提示 | 提示音急促 | 每大約 1 秒就發一次提醒 | 每約 1.5 秒就提醒一次 |

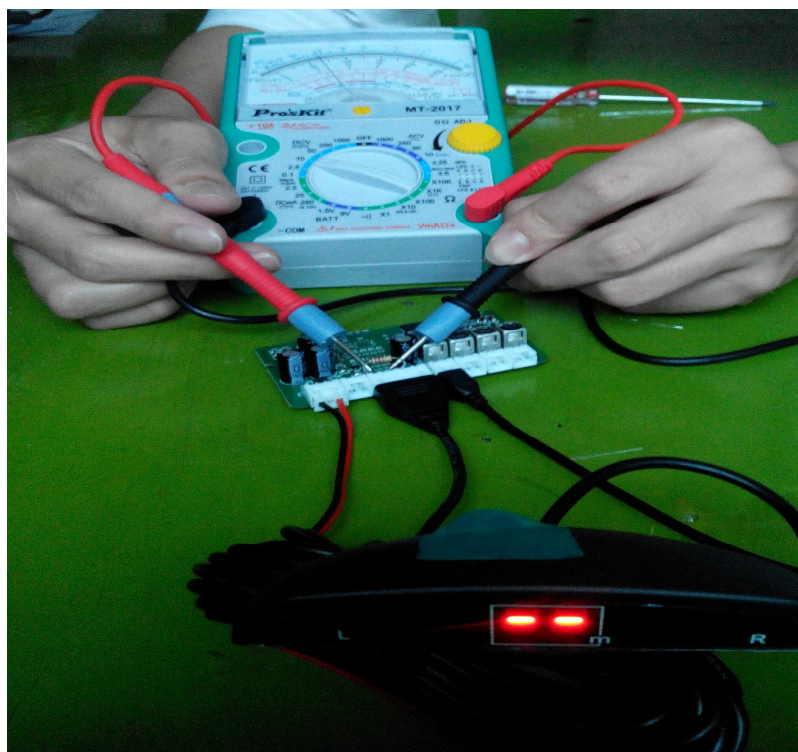


圖 25 測量超音波感測器電路的控制電壓

4. 超音波雷達與障礙物距離低於 30cm 無法偵測

本產品的東西在說明書上有提到，最遠的距離可以測到 2.0 公尺遠，最近的只能到 30 公分。倒車雷達具有盲區存在，太近時無法偵測。我們實際做實驗只要低於 30 公分就無法顯示，視為無效的訊號，稱為盲區。

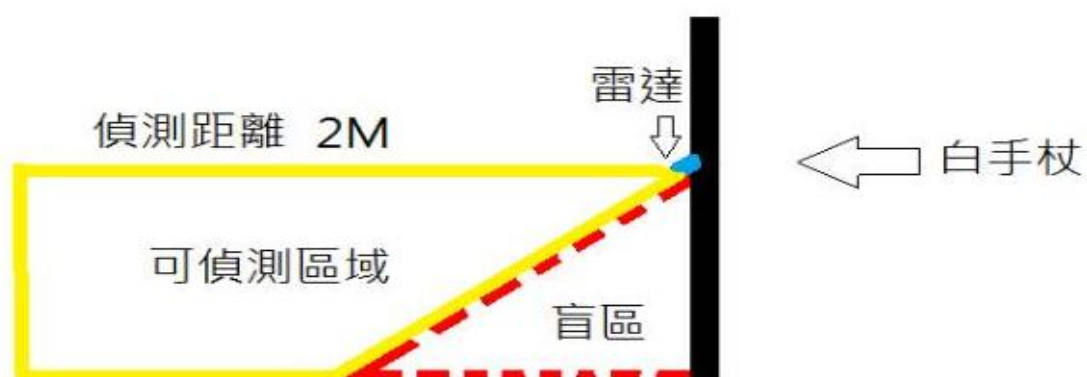


圖 26 盲區示意圖

柒、結論與展望

一、結論

在本實驗中，我們設計出一種方式可以代替盲人朋友的眼睛在前方進行障礙物偵查，智能白手杖上的感測器感應到障礙物時會發出警報提醒，更加靠近時可做出更加密集的警報，以便盲人朋友在撞到障礙物前提前發現，達到避障效果。

在都市區走在騎樓下時，盲人朋友戴上裝有感測器的帽子，這樣可以降低盲人頭部撞到的機會。遇到階梯或場地落差大時，裝有向下感測器的手杖提前偵測到落差並發出警報，可以降低跌倒的機會在行走間也可能碰到不友善的狗，可由感測器偵測犬隻的距離以便盲人朋友避開牠。若狗發出想要攻擊的低鳴時，盲人朋友可按下安裝在手杖上的趨狗器，使這隻不友善的狗不敢靠近。

經過實際量測實驗結果發現可以成功偵測障礙物距離，且讓犬隻不想靠近。

二、展望

倒車雷達本來的設定是距離越近警報聲越密集、越大聲。在向下偵測落差的部分剛好是相反的，落差越大警報聲該越密集、越大聲，落差越小警報聲較不密集、較小聲。礙於時間不足，還未完成。未來我們可以設計一個將控制電壓訊號相反的機制，原本距離近的大電壓，改成小電壓。而原本距離遠的小電壓，改成大電壓。如此一來就可達到向下偵測的目的。

三、展望延伸

我們想將向下偵測的功能做進一步的改良，其距離如下式。

$$d = l_2 - l_1 = L \sin \theta - l_1$$

我們想到若能提前水平距離 $L \cos \theta$ 就偵測到前面有落差，就能提前止步。而不是等到手杖下端偵測才知道有階梯，有時候已經踏出下一步就來不及了。

L：長度

θ ：角度

l1：雷達到地上高度

l2：雷達+階梯高度

d：階梯高度

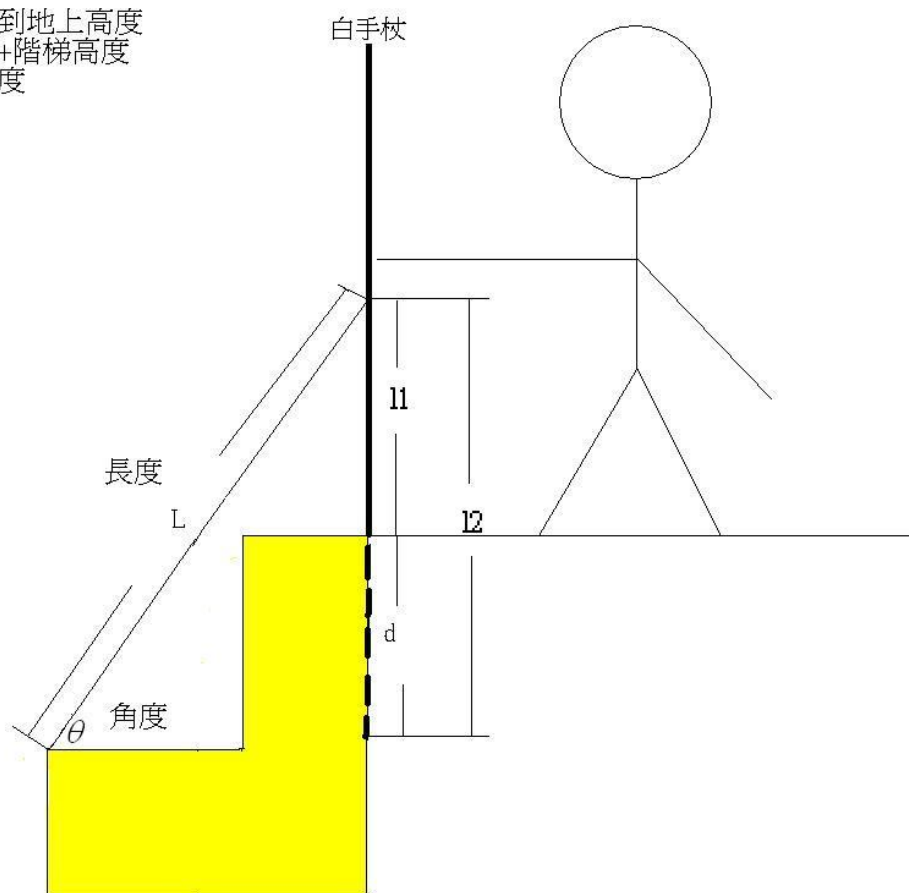


圖 27 落差偵測改良示意圖

捌、參考資料與其他

1. 林彥廷、陳鈺仁（2009）陣列式超音波測距系統之研製，逢甲大學自動控制工程學系專題製作專題報告
2. 蔡明彥（2006）超音波測距，逢甲大學自動控制工程學系專題製作專題報告
3. 蘇省華、周峻逸（2006）超音波測距器，逢甲大學自動控制工程學系專題製作專題報告
4. 超聲波，維基百科
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B6%85%E5%A3%B0%E6%B3%A2>
5. 掌上型驅狗器，廣華電子商城
<http://shop.cpu.com.tw/product/6501/info/>
6. DOGHASER 超音波驅狗器說明書

【評語】 091007

1. 研究動機應多舉證盲人行走時使用木杖有些不方便之統計，再定義其功能。
2. 多購買市面之模組來組裝，自製率較低。
3. 不過研究立意良善值得鼓勵。
4. 作品的完整性宜再加強。