

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(一)科

佳作

032804

定向傳聲應用在故障及前後車濃霧雨天警示輔助裝置

學校名稱：臺北美國學校

作者： 國二 許子婕 國一 許睿傑	指導老師： 江明岳 Peter Johnsen
-------------------------	-------------------------------

關鍵詞：定向喇叭、濃霧大雨警示、超音波發射接收

## 摘要

2021年2月台61線快速道路發生21輛車連環追撞車禍，共計2死8傷，初步研判濃霧視線不良，未保持安全距離。目前先進車輛有AEB/ACC使用影像辨識及測距雷達，但是大雨除視線不佳外雷達也容易有雨衰，影響偵測可靠性。我們找到高能量高指向性的超音波陣列定向喇叭TG-40SP如圖13所示來實驗，用它實際做雨天、濃霧、晴天的發射接收實驗，證實超音波定向傳聲符合學理所述雨天濃霧接收比晴天為佳。我們改裝汽車超音波前測距雷達，自製一套小型發射警示輔助系統，經模擬測試效果良好，本研究已獲中華民國新型專利，美國專利正申請中，希望能得到監理單位認同列入基本配備，讓雨天、濃霧行車更具安全性。

### 壹、前言：

#### 一、研究動機

2021年2月21日台61線西濱快速道路北上254公里雲嘉大橋在上午發7時多發生21輛車連環追撞車禍案件，共計6輛大貨車、15輛小客車，共10名傷患，計2死8傷，分屬不同車輛，初步研判濃霧視線不良，未保持安全距離。目前車輛遇濃霧大家都會開閃黃燈警示，較先進車輛ACC/AEB有保持車距的測距雷達，甚至有影像辨識，但是大雨除視線不佳外雷達也容易有雨衰，影響偵測可靠性。我們想還有什麼方法可做輔助降低濃霧大雨時的追撞事故，從國中理化 - 聲速，影響傳聲速率的因素：介質的種類、狀態、密度、溫度及溼度等，**濕度：空氣溼度大，聲速快。例如：雨天時 > 晴天時；濃霧時 > 晴天時。於是構想以聲音做輔助，運用現有的聲音傳遞指向性高的定向喇叭，TG-40SP 超音波定向喇叭如圖13所示，其原理是將聲音調變在40KHZ的超音波，藉由高頻率具備較高的指向性做傳遞載波，再以超音波發射器組成陣列以提高發射功率，以提升傳聲距離在100公尺外仍可聽到該裝置發射的聲音，加上現在車輛前保險桿均有嵌入式超音波前車前置雷達供停車距離偵測，其接收頻率也是40KHZ如圖16所示，我們想若略作改裝應可做成提供濃霧大雨的輔助警示系統。**

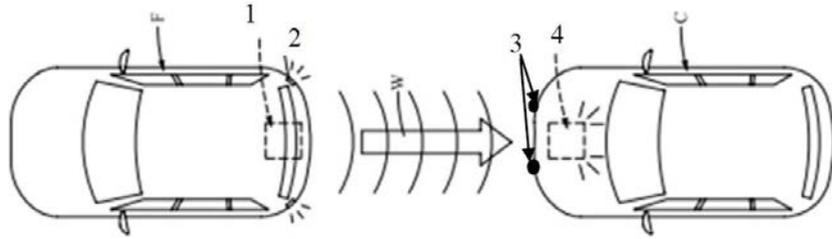


圖1. 定向傳聲應用在故障及前後車濃霧雨天警示輔助裝置構思圖

圖 1 所示，編號 1 是超音波陣列編號 2 是黃燈，編號 3、4 是前車前置雷達超音波及電路

## 二、研究目的

為證實本研究具實用性，我們採購 TG-40SP 超音波定向喇叭(40KHZ)做實際遠距接收訊號測試，運用市售超音波驅鼠喇叭(頻寬 60KHZ)4 個串聯當接收器，做晴天、雨天、濃霧時訊號發射接收實驗，我們將聲頻振幅  $10V_{PP}$  頻率 1KHZ、2KHZ、3KHZ、4KHZ、5KHZ、6KHZ、7KHZ、8KHZ、9KHZ、10KHZ 正弦波送入 TG-40SP 超音波定向喇叭輸入端發射訊號，測試 5 公尺、10 公尺、15 公尺接收訊號  $V_{PP}$ ，也同時做風速測試，來做分析比較，驗證我們的系統想法是正確的，以下是我們的三種氣候實驗設計：

※實驗一：晴天實驗：定向喇叭輸入端訊號 1KHZ-10KHZ 電壓訊號  $5V_{PP}$  調變訊號。

測試 1：紀錄 1 分鐘接收距發射 5 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

測試 2：紀錄 1 分鐘接收距發射 10 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

測試 3：紀錄 1 分鐘接收距發射 15 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$  及風速。

※實驗二：雨天實驗：定向喇叭輸入端訊號 1KHZ-10KHZ 電壓訊號  $5V_{PP}$  調變訊號。

測試 4：紀錄 1 分鐘接收距發射 5 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

測試 5：紀錄 1 分鐘接收距發射 10 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

測試 6：紀錄 1 分鐘接收距發射 15 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

※實驗三：濃霧實驗：定向喇叭輸入端訊號 1KHZ-10KHZ 電壓訊號  $5V_{PP}$  調變訊號。

測試 7：紀錄 1 分鐘接收距發射 5 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

測試 8：紀錄 1 分鐘接收距發射 10 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。

測試 9：紀錄 1 分鐘接收距發射 15 公尺所收到訊號之  $V_{pp}$ 。

※應用實驗：定向傳聲應用在前後車濃霧雨天警示輔助裝置設計製作與實驗測試

運用小功率超音波陣列發射及市售現有兩眼 24mm 嵌入式汽車超音波前車雷達【禾笙科技】

電路改良做短距離模擬測試

### 三、文獻回顧

#### (一) 中華民國 110 年 2 月 21 日 台 61 線北上 255K 追撞重大公路事故

故經過 民國 110 年 2 月 21 日，約 0721 時，位於雲林縣口湖鄉台 61 線自 255.72 公里至 255.84 公里處北上車道 1，發生一起共 21 輛大、小車輛連環追撞之重大公路事故，造成 2 人死亡，10 人受傷。依據數輛事故車輛之行車紀錄器影像及訪談紀錄，事故發生時，自事故地點上游約 2 公里處開始有濃霧現象，能見度不佳，本次事故主要可分為 2 大追撞時序。事故後該路段北上全線車道封閉，經交通部公路總局第五區養護工程處進行路面安全檢查後，於事故當日 1415 時恢復該路段全線通行。事故地點及霧區範圍詳圖 2 及圖 3。

事故故車輛行車紀錄器影像顯示之道路濃霧情形



圖 2. 進入霧區前行車紀錄器照片



圖 3. 進入霧區後行車紀錄器照片

資料來源：國家運輸安全調查委員會 重大運輸事故事實資料報告



## (二) 宏基霧區警示系統

### 1. 系統架構

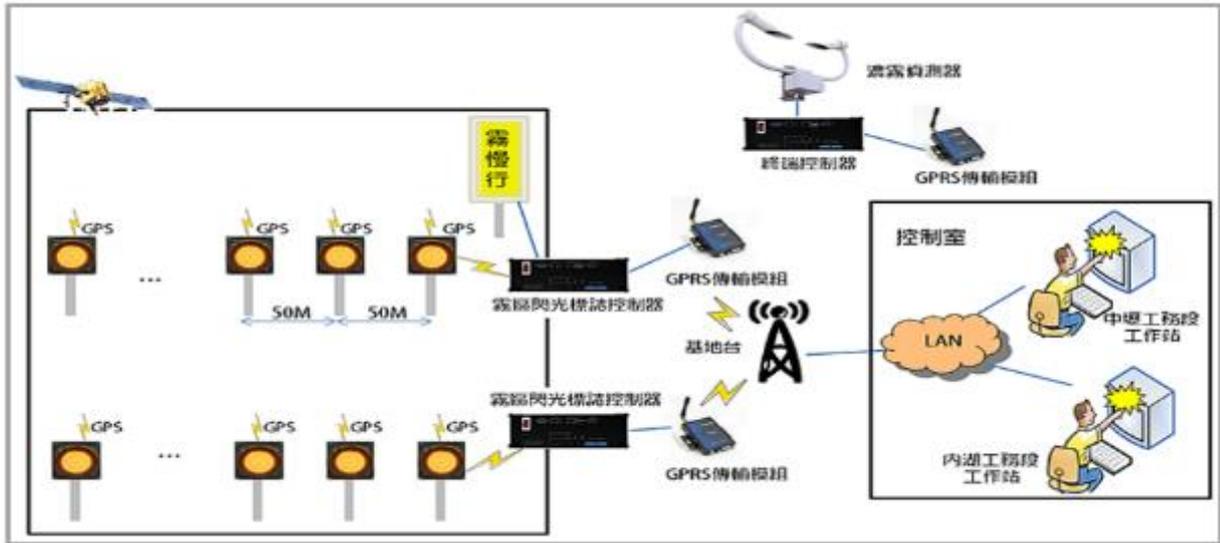


圖4. 宏基霧區警示系統架構圖

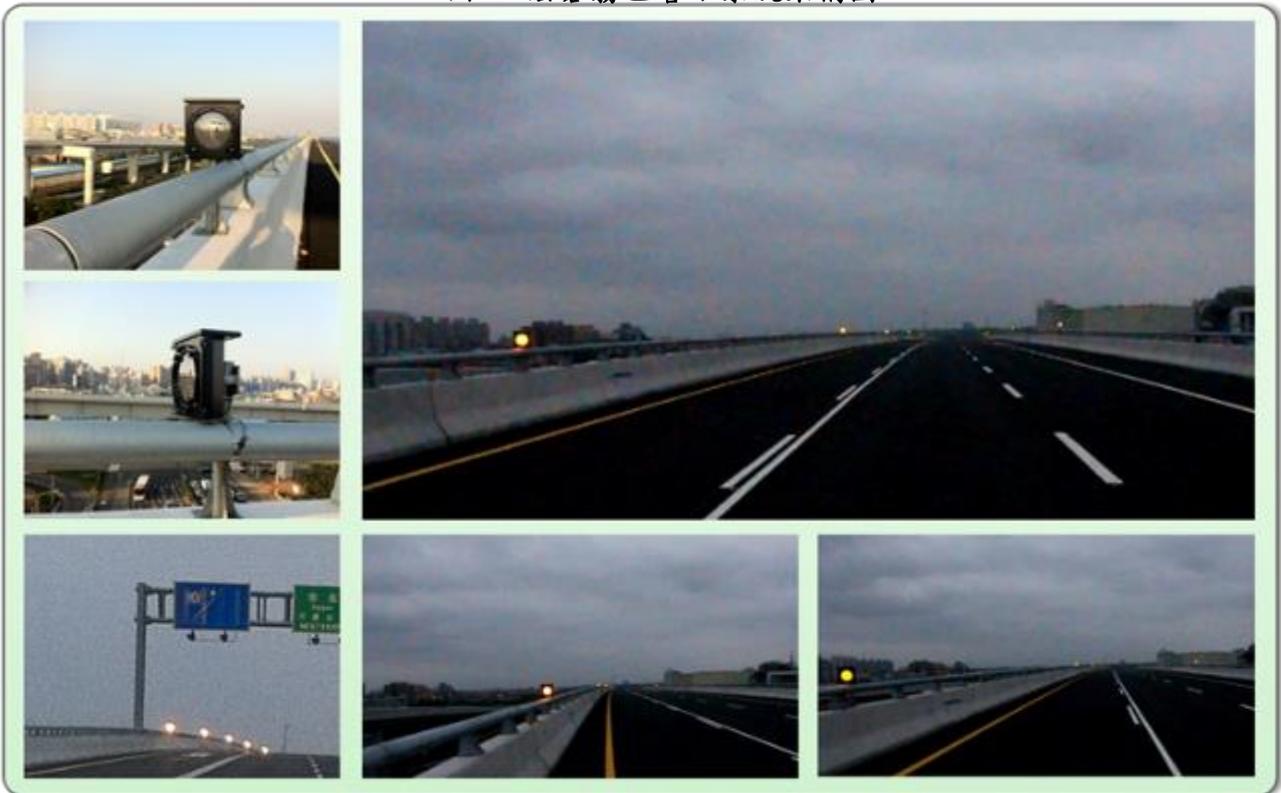


圖5. 宏基霧區警示系統實際使用區段照片

## (三) 現有裝置 AEB/ACC 專家分析報導

標題：開車遇濃霧能靠《AEB》或《ACC》保命？原廠提醒：系統可能會誤判無法正確作動

現在市面上有許多新車都配有 AEB 主動式煞車系統，進階一點的甚至還提供 ACC 主動式車距維持定速系統，這兩項越來越普及的主動安全駕駛輔助系統，雖然可以隨時偵測前方路

況、主動介入控制煞車來預先減速或是完全煞停，但由於大多數系統的偵測方式是透過前擋玻璃上面的攝影機辨識前方影像，再搭配位於水箱護罩或前保桿的雷達感知器來判定距離，因此只要其中一項偵測出問題，可能就會導致系統無法正常作動。以 Toyota 所推出的 TSS 主動式安全防護系統為例，其實原廠在使用注意事項上就已強調，雷達感知器和攝影機可能會在某些情況中偵測不到物體，如車輛在惡劣天候下如大雨、濃霧、下雪行駛時，將導致系統無法正確作動，同時也建議駕駛在濃在濃霧、大雪、沙塵暴、大雨等惡劣天候下開車請勿使用 ACC 主動式車距維持定速系統。

#### (四) 音速

音速（波傳遞的速度）與傳遞介質的材質狀況（密度、溫度、壓力…）有絕對關係。聲音的傳播速度在介質是固體時最快，其次液體，而氣體的音速則最慢。一般音速是指在空氣中的音速，為343.2公尺/秒（1,236公里/小時）。音速又會依空氣之條件狀態（如濕度、溫度、密度）不同而有差異。如攝氏零度之海平面音速約為331.5公尺/秒（1193公里/小時）；一萬公尺高空之音速約為295公尺/秒（1062公里/小時）；另外每升高1°C，音速就增加0.607公尺/秒。

一般來說，音速  $c$  的大小有其公式，

$$c = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \qquad \rho = \frac{m}{V}$$

其中  $B$  是不可壓縮率， $\rho$  是空氣密度； $m$  為質量， $V$  為體積

因為雨天  $\rho <$  濃霧  $\rho <$  晴天  $\rho$ ，所以雨天音速  $c >$  濃霧音速  $c >$  晴天音速  $c$

#### (五) 國外超音波定向傳聲研究資料(此技術已成熟)

##### 1. 超音波調變可聽聲波發射示意圖

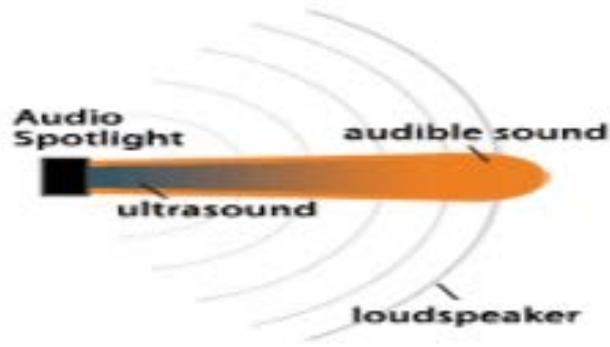


圖6. 超音波調變可聽聲波發射分布圖

2.  公司 Audio Spotlight X 系列超音波頻譜儀測出超音波及聲波發射強度分布圖

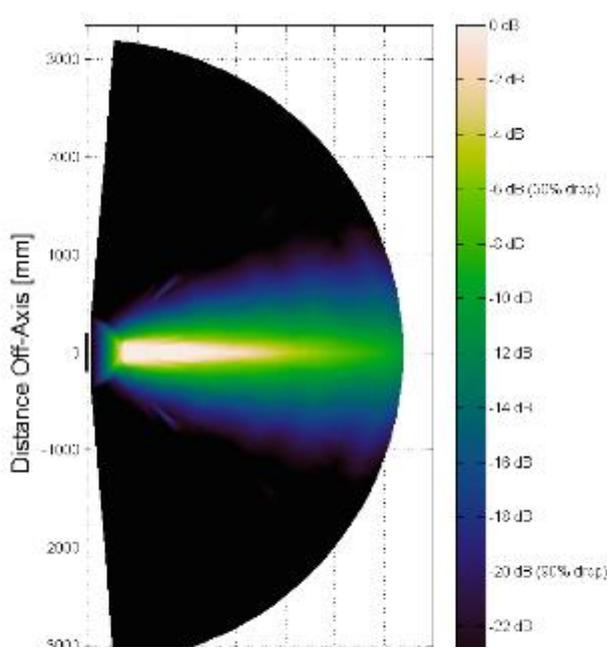


圖7. AS-168i 定向喇叭發射圖

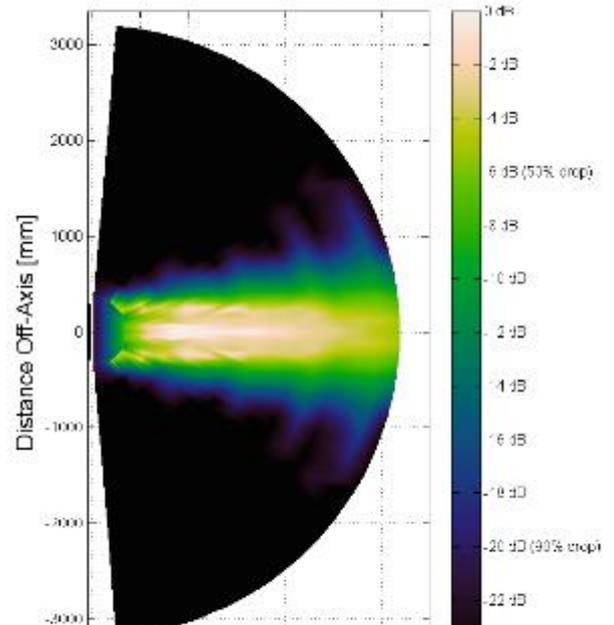


圖8. AS-16i 定向喇叭發射圖



圖9. 應用在市內定向廣播圖

OUR PRODUCTS



AUDIO SPOTLIGHT AS-168i



AUDIO SPOTLIGHT AS-16i

圖10. AS-168i AS-16i 定向喇叭照片

發射距離與發射功率有關係，我們採用的如圖 13. TG-40SP 超音波定向喇叭可達100公尺

## 貳、研究設備及器材

### 一、測試儀器(示波器測試接收訊號電壓峰對峰值)

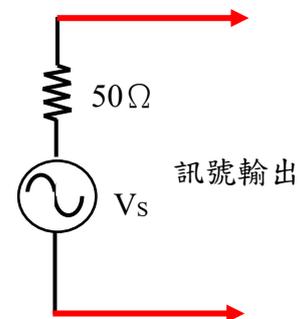


圖 11. Tektronix 太克 TBS2104B 數位儲存示波器

### 二、(一)發射模擬訊號：UTG-2062B 函數訊號產生器(60MHz)



圖12. UTG-2062B 函數訊號產生器



### 三、定向喇叭(長距離發射實驗測試)



圖 13. TG-40SP 超音波定向喇叭

#### 產品規格

傳播角度 [at2000 Hz]	水平： $\pm 12.5$ 度、垂直： $\pm 30$ 度
頻率範圍	100 Hz ~ 20 KHz
總諧波失真	$\leq 0.5\%$ (功率 $\leq 30W$ ，傳播距離100M以內)
傳播距離	3 ~ 100M (當安裝於2M，高投射之直徑範圍約1M內)
音訊介面	3.5mm 音訊介面
電源供應	24V / 5A
最大音訊SPL輸出	90dB @ 1kHz/ 1M
工作溫度	0°C ~ 40°C
消耗功率	最大30W
尺寸	315 x 155 x 75 mm

四、自行設計之寬頻(0HZ-60KHZ)超音波接收器陣列

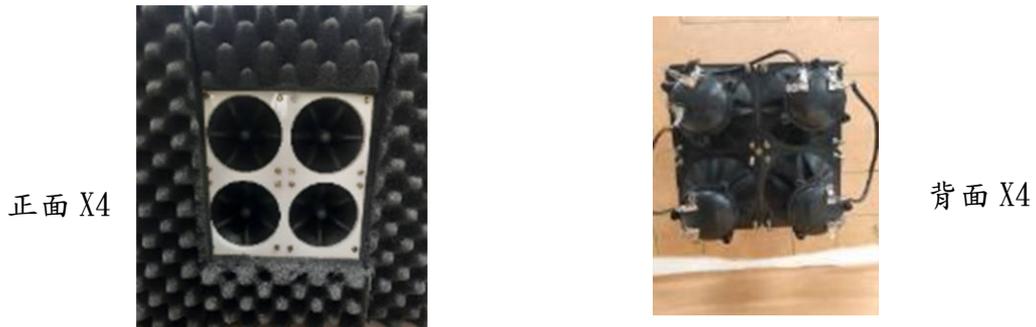


圖14. 自行設計之寬頻(0HZ-60KHZ) 超音波接收器陣列

五、兩眼 20mm/24mm 嵌入式 汽車 超音波 前車雷達 前置雷達【禾笙科技】

(買來改裝接收遠距定向喇叭障礙及濃霧、大雨警示訊息用)



圖15. 兩眼 20mm/24mm 嵌入式 汽車 超音波 前車雷達 前置雷達

六、40KHz 超音波發射器(自製較短距離障礙及濃霧、大雨警示發射陣列)(普崙電子 400ST120)



圖16. 普崙電子 400ST120超音波發射器

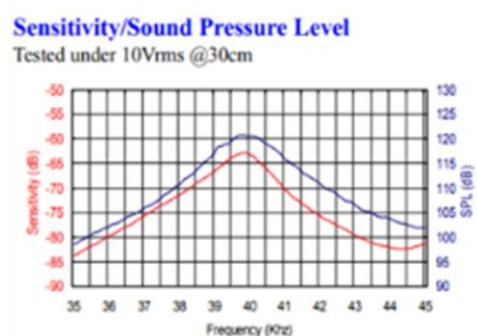


圖17. 400ST120超音波發射器發射聲壓

表1. 400ST120超音波發射器之規格

Specification	
400ST120	Transmitter
400SR120	Receiver
Center Frequency	40.0±1.0KHz
Bandwidth (-6dB)	400ST120 2.0KHz
	400SR120 2.0KHz
Transmitting Sound Pressure Level at 40.0KHz; 0dB re 0.0002ubar per 10Vrms at 30cm	115dB min.
Receiving Sensitivity at 40.0KHz 0dB = 1 volt/ubar	-67dB min.
Capacitance at 1KHz ±20%	2400 pF
Max. Driving Voltage (cont.)	20Vrms
Total Beam Angle -6dB	85° typical
Operation Temperature	-30 to 70°C
Storage Temperature	-40 to 80°C

All specification taken typical at 25°C

Impedance/Phase Angle vs. Frequency

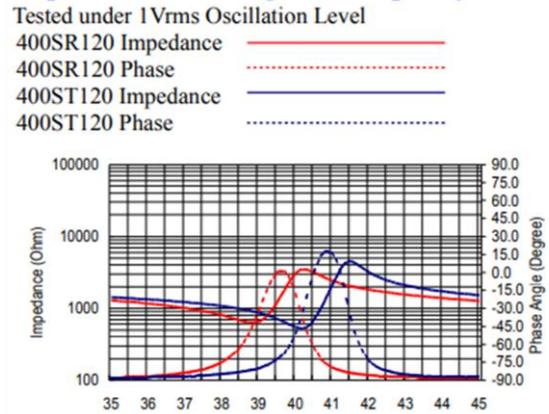


圖18. 400ST120超音波發射器阻抗特性

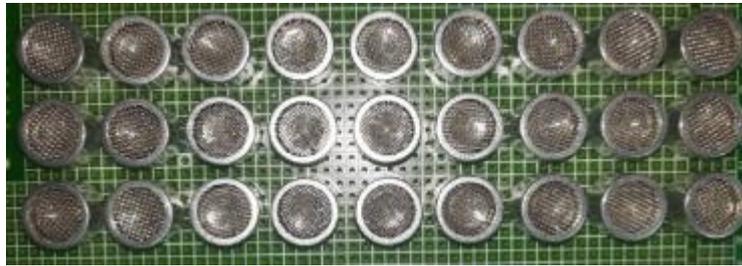


圖19. 自製定向超音波發射陣列(模擬電路的定向超音波發射器)

七、震盪器 IC(555)、驅動 IC(4069、LM339)、驅動超音波發射器電晶體(C1384)

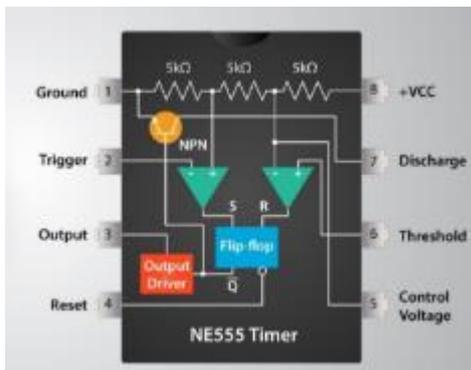


圖20. IC555內部電路方塊圖

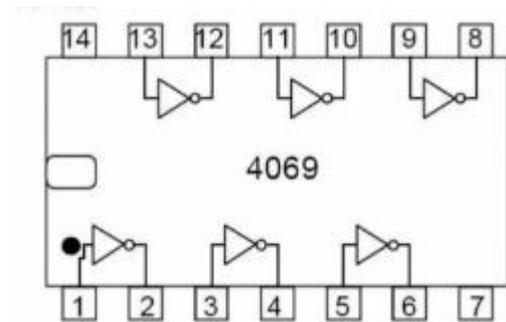


圖21. IC4069反向器接腳圖

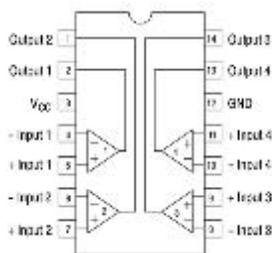


圖22. LM339內部比較器接腳圖



圖23. C1384電晶體

## 參、研究過程或方法

### 一、研究流程

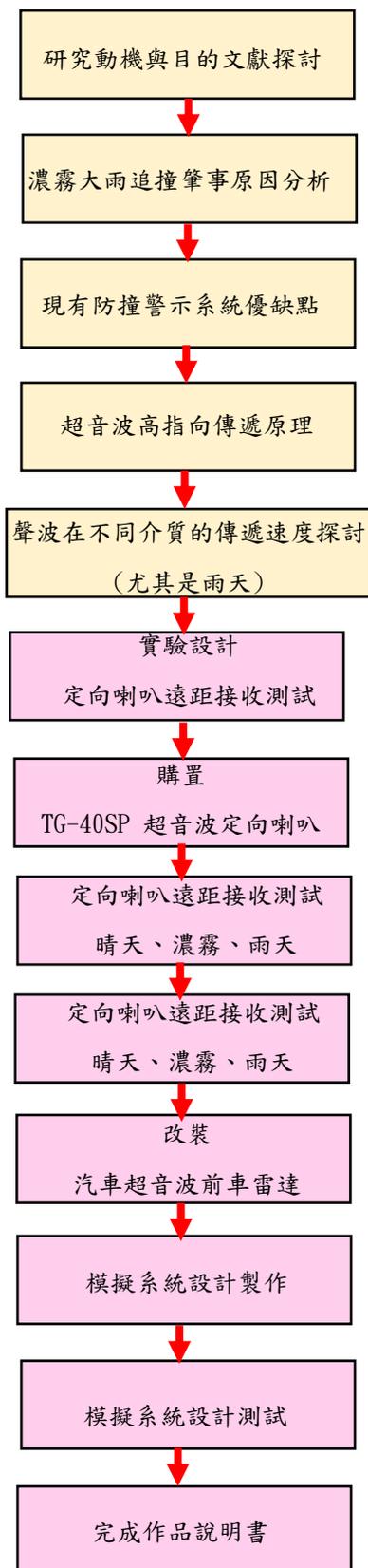


圖24. 研究流程圖

## 二、文獻探討

### (一) 媒體報導：自動駕駛難辨6種道路狀況 特殊天候、彎道路段影響雷達

(中央社記者汪淑芬台北 2 日電) 愈來愈多車輛具自動駕駛輔助功能；高速公路局今天表示，目前的自動駕駛輔助功能仍對 6 種道路狀況難分辨，提醒用路人不能過度信賴，仍應注意前方狀況，雙手不離方向盤。高公局彙整具自動駕駛輔助系統功能車輛的車主手冊內容，歸納出自動巡航系統及緊急煞車系統在 6 種道路情境下，可能無法正確辨識前方物件，易造成事故。這 6 種具自動駕駛輔助功能車輛不易辨識的道路情境如下：1. 與前車速差過大或前車靜止狀態下。2. 上下坡度大及彎道路段，影響車輛雷達偵測角度。3. 前車未行駛於車道正中間。4. 突然切入車道的車輛、前車突然轉向。5. 拖板車等特殊形式的車輛、摩托車，靜止行人。6. 特殊天候環境，包括：濃霧、雨天、強光等，影響雷達和鏡頭的效能。高公局呼籲，行車開啟自動巡航系統及緊急煞車系統的駕駛輔助系統時，駕駛人仍應隨時注意前方車況，必要時應主動介入操控車輛，並切勿過度信賴駕駛輔助系統，避免以雙手離開方向盤危險方式駕車，確保他人與自身用路安全。(編輯：陳政偉)

### (二) 雨衰：電波進入雨層中引起的衰減

雨衰，是指電波進入雨層中引起的衰減。它包括雨粒吸收引起的衰減和雨粒散射引起的衰減。雨粒吸收引起的衰減是由於雨粒會有介質損耗所造成的，雨粒散射引起的衰減是由於電磁波碰到雨粒時被雨粒反射而再反射引起的。這種二次發射的電磁波與入射波方向無關，這是四面八方發射的，這就是所謂的二次散射。由於二次散射，在原来的方向上入射的電磁波就被衰減了。雨衰的大小與雨滴直徑與電磁波之波長的比值有關係，而雨滴的半徑則與降雨率有關。實測結果表明雨滴的半徑約在 0.025cm~0.3cm。C 波段的電磁波波長在 7.5cm 左右，與雨滴半徑相差較大，因此受降雨影響較小，一般小於 2DB。KU 波段內電磁波的波長在

2.5cm 左右，故降雨對電磁波產生的影響比較明顯，最大可達 20DB。雨衰主要是吸引衰減，大部分表現為熱損耗。當電磁波的波長可以和雨粒的幾何尺寸相比擬時，將引起兩粒共振，則產生最大的衰減。但實際上雨粒有大有小，而作為介質，無論雨粒大小它都要吸收能量的。所以根據實測與統計的結果，雨粒的吸收衰減比散射衰減要大。

### (三)超音波指向性

超音波感測器的指向性定義是超音波感測器傳送超音波的主要方向於一定距離的最大強度定義為 0 dB，測量其相對角度的相對超音波強度，一般定義相對超音波強度-3 dB 或是-6 dB 的角度為指向角，如圖 8 所示。超音波感測器之指向角受到聲波的波長大小及發射面的尺寸所影響，發射頻率越高，波長越小，指向角也越小；發射面尺寸越大，指向角越小。

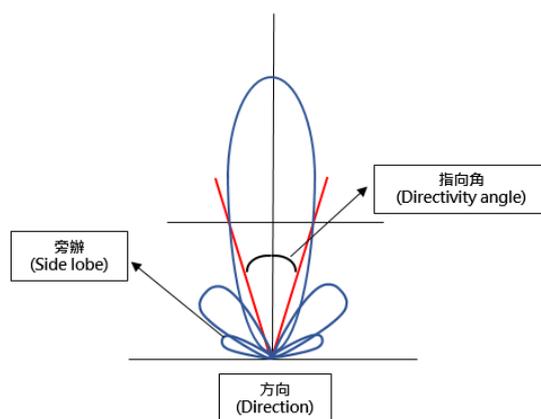


圖25. 超音波指向性

### (四)聲波在不同介質的速度

#### 國中理化 - 音速

介質影響傳音速速率的因素有介質的種類、狀態、密度、溫度及溼度等都會影響聲音的速度。聲音在介質中傳播的速率，稱為音速。音速的快慢會受介質、溫度、風向和溼度的影響。通常介質音速，固體中 > 液體中 > 氣體中 > 真空中。例如：鐵 > 木材 > 水 > 空氣 > 真空。在真空中無法傳遞聲音，故月球有寂靜的星球之稱。溫度：空氣溫度愈高，

音速愈快。聲音在空氣中的傳播速率公式： $v=331+0.6t$ ， $v$ ：聲速（公尺/秒）， $t$ ：溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。聲音在同溫且同一介質中傳播，聲速不變。風向：順風傳遞 > 無風傳遞 > 逆風傳遞。**濕度：空氣溼度大，聲速快。例如：雨天時 > 晴天時；濃霧時 > 晴天時。**

### 三、定向喇叭遠距發射及接收測試實驗設計

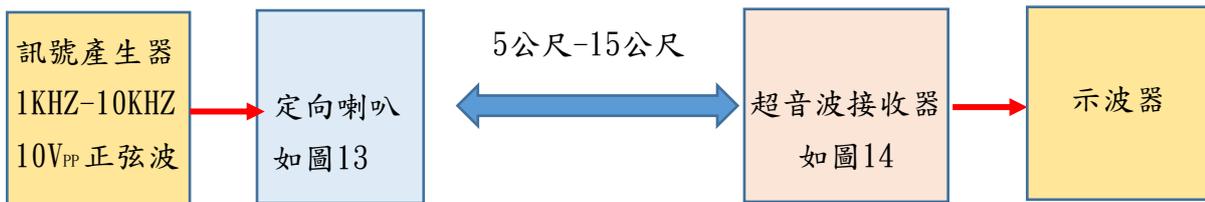


圖 26 定向喇叭遠距發射及接收測試實驗設計

紀錄接收器在示波器所顯示的  $V_{PP}$  數值

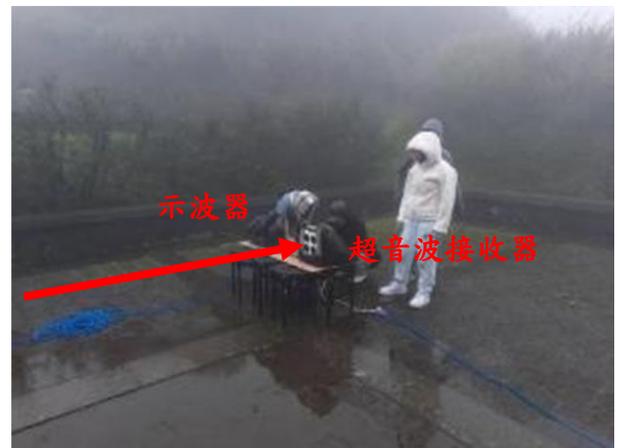
#### (一)晴天實驗照片



(二) 雨天實驗照片

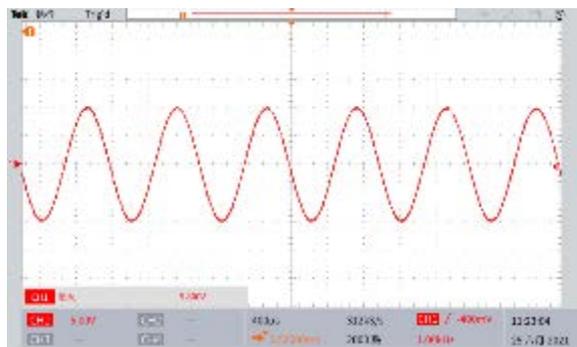


(三) 霧區實驗照片

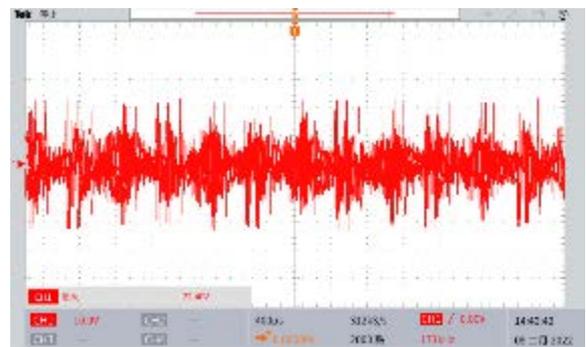


(四) 定向喇叭遠距發射實驗之發射波

1. 調變聲波(1KHZ)

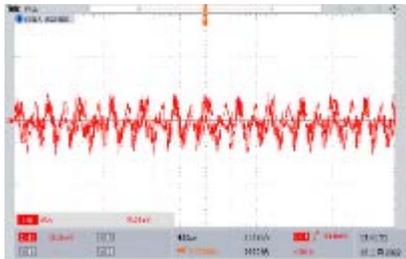


2. 加上定向喇叭40KHZ 後之發射波

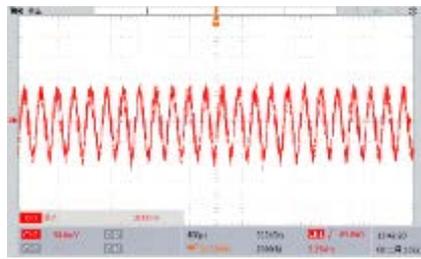


(五) 定向喇叭遠距發射及接收測試實驗之接收波(部分)

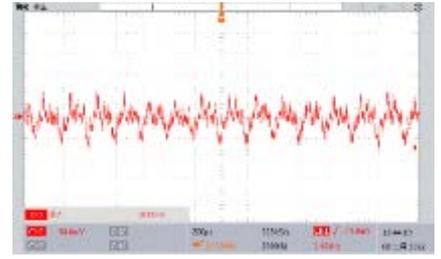
1. 5m 1KHZ (T=400us)



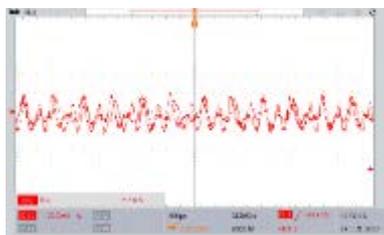
2. 5m 2KHZ (T=400us)



3. 5m 5KHZ (T=400us)



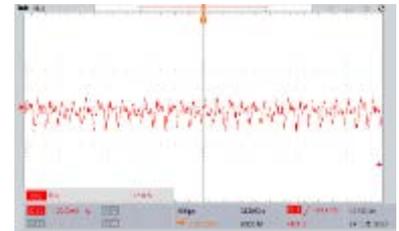
4. 10m 1KHZ (T=400us)



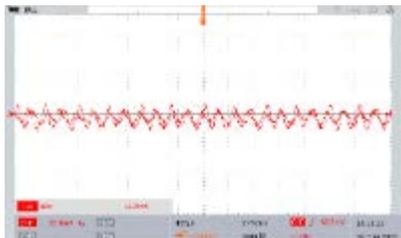
5. 10m 2KHZ (T=400us)



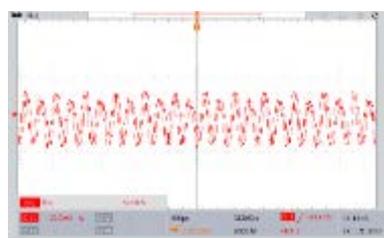
6. 10m 5KHZ (T=400us)



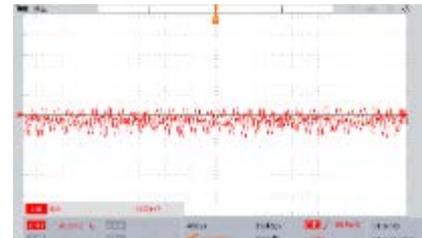
7. 15m 1KHZ (T=400us)



8. 15m 2KHZ (T=400us)



9. 15m 5KHZ (T=400us)



四、模擬系統設計思考

(一) 車輛故障三腳架(舉例搭配禾笙科技汽車超音波前車雷達前置雷達)

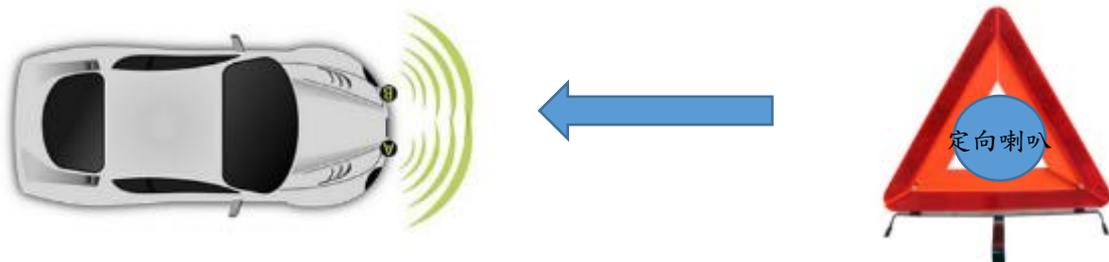


圖27. 車輛故障三腳架示意圖

(二)與霧燈同步啟動之超音波定向傳聲警示

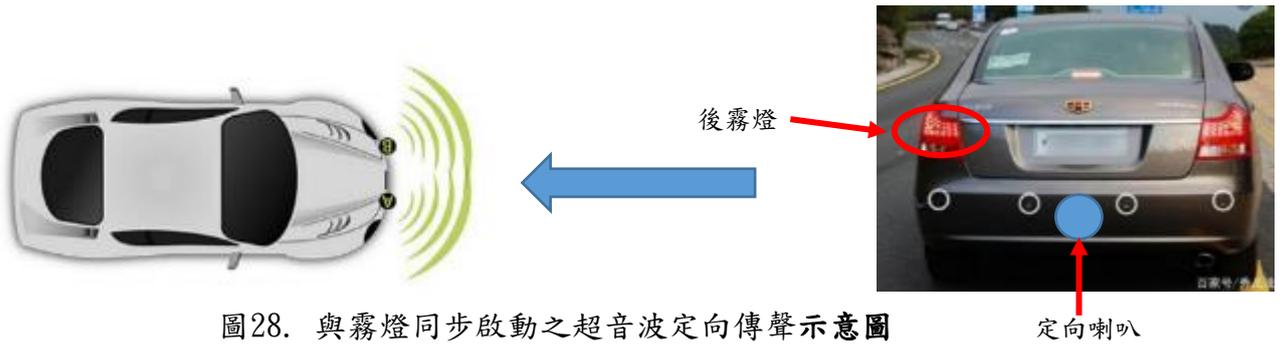


圖28. 與霧燈同步啟動之超音波定向傳聲示意圖

五、模擬系統設計：自製定向喇叭超音波陣列發射器(40KHZ)

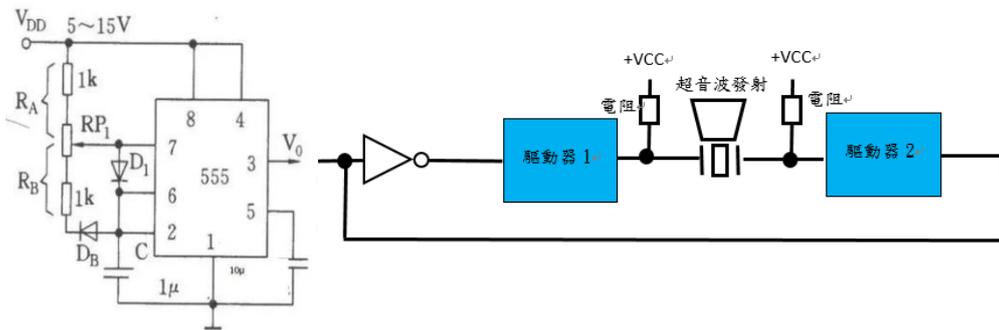
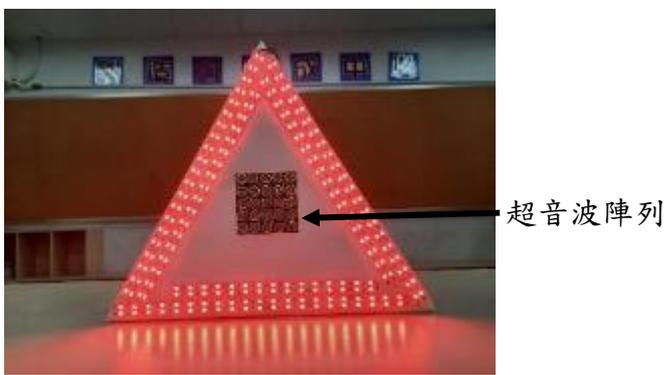
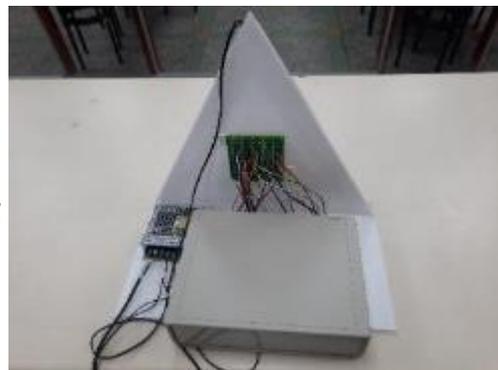


圖29. 定向喇叭超音波陣列發射器電路示意圖

(一)具有定向發射超音波陣列故障三腳架



正面



背面

(二)具有定向發射超音波陣列前車後保險桿



正面



背面

六、模擬系統設計：後車前保險桿接收：現有兩眼 24mm 嵌式汽車超音波前車雷達【禾笙科技】 電路改裝

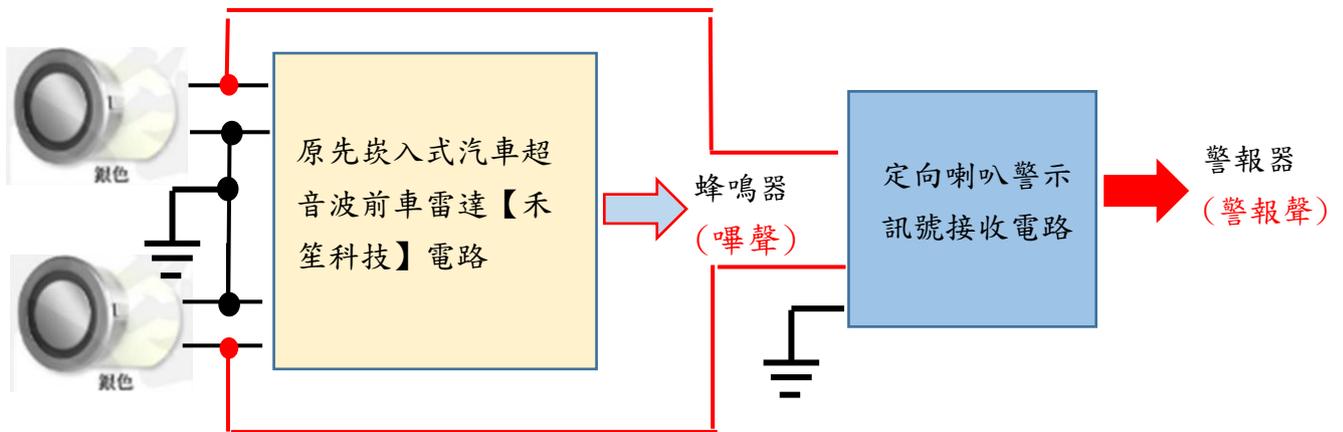


圖30. 改裝兩眼 24mm 嵌式汽車超音波前車雷達【禾笙科技】電路

(一)後車前保險桿接收改裝後作品照片

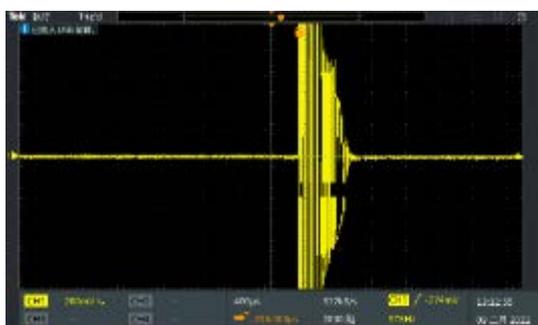


正面



背面

(二) 後車前保險桿接收改裝後，兩眼 24mm 嵌式汽車超音波前車雷達，接收第五點模擬系統設計之具有定向發射超音波陣列(一)故障三腳架(二) 前車後保險桿兩項裝置的波形。



波形1. 超音波陣列未發射前方故障訊號時的接收



波形2. 超音波陣列發射前方故障訊號時的接收波

## 肆、研究結果

一、實驗一：晴天實驗：定向喇叭輸入端訊號 1KHZ-10KHZ 電壓訊號 10V<sub>PP</sub> 調變訊號。

測試 1：紀錄 1 分鐘接收距發射 5 公尺所收到訊號之 V<sub>PP</sub>。(平均值)

表 1.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	32.4	63.5	51.5	34.9	26.7	30.5	20.1	12.1	17.1	22.2

測試 2：紀錄 1 分鐘接收距發射 10 公尺所收到訊號之 V<sub>PP</sub>。(平均值)

表 2.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	25.6	35.3	13.8	13.2	13.5	12.5	7.72	7.95	10.1	9.9

測試 3：紀錄 1 分鐘接收距發射 15 公尺所收到訊號之 V<sub>PP</sub>。(平均值)

表 3.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	13.9	12.4	8.96	8.6	9.25	10.75	8.8	5.6	6.1	6.1

二、實驗二：雨天實驗：定向喇叭輸入端訊號 1KHZ-10KHZ 電壓訊號 10V<sub>PP</sub> 調變訊號。

測試 4：紀錄 1 分鐘接收距發射 5 公尺所收到訊號之 V<sub>PP</sub>。(平均值)

表 4.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	45.3	79.6	69.2	52.4	47.8	42.3	33.1	29.8	41.5	44.3

測試 5：紀錄 1 分鐘接收距發射 10 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。(平均值)

表 5.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	37.3	44.6	36.7	26.3	18.4	20.4	17.7	17.4	16.9	20.3

測試 6：紀錄 1 分鐘接收距發射 15 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。(平均值)

表 6.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	29.95	37.85	32.85	31.3	24.7	26.3	23.3	20.3	22.6	19.3

三、實驗三：濃霧實驗：定向喇叭輸入端訊號 1KHZ-10KHZ 電壓訊號  $10V_{PP}$  調變訊號。

測試 7：紀錄 1 分鐘接收距發射 5 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。(平均值)

表 7.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	37	67	56	48.3	30	33	22.3	22	28	39

測試 8：紀錄 1 分鐘接收距發射 10 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。(平均值)

表 8.

頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	31.8	37.8	29.2	19.4	15.1	16.2	13.8	15.4	14	16.1

測試 9：紀錄 1 分鐘接收距發射 15 公尺所收到訊號之  $V_{PP}$ 。(平均值)

表 9.

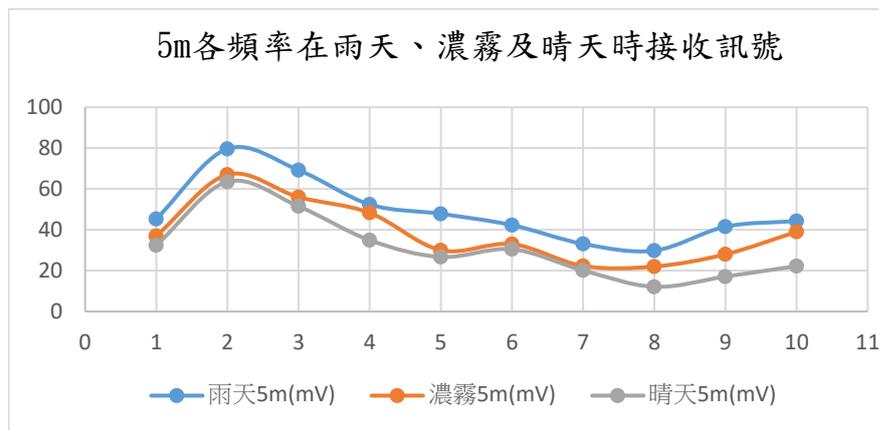
頻 率	1KHZ	2KHZ	3KHZ	4KHZ	5KHZ	6KHZ	7KHZ	8KHZ	9KHZ	10KHZ
輸 出 平均(mV)	25.8	30.4	19.8	25	21	19.3	17.4	17.2	20	13.9

四、雨天、濃霧及晴天時接收訊號大小比較分析

(一)測試距離5m 各頻率在雨天、濃霧及晴天時接收訊號(平均值)大小比較分析

表 10.

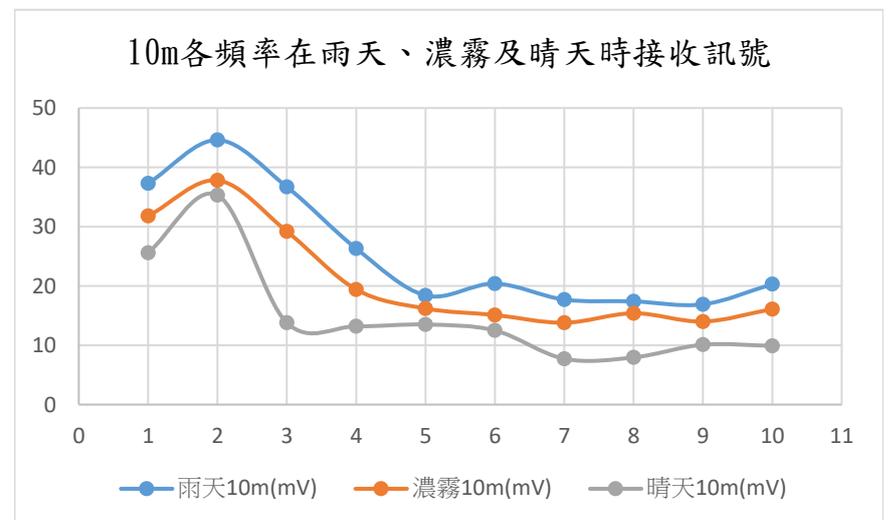
頻 率 (KHZ)	雨 天 (mV)	濃 霧 (mV)	晴 天 (mV)
1	45.3	37	32.4
2	79.6	67	63.5
3	69.2	56	51.5
4	52.4	48.3	34.9
5	47.8	30	26.7
6	42.3	33	30.5
7	33.1	22.3	20.1
8	29.8	22	12.1
9	41.5	28	17.1
10	44.3	39	22.2



(二)測試距離10m 各頻率在雨天、濃霧及晴天時接收訊號(平均值)大小比較分析

表 11.

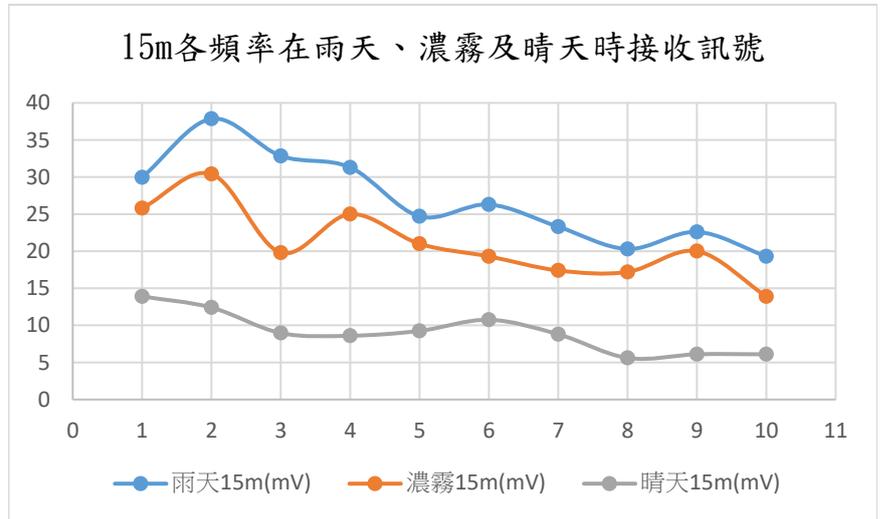
頻 率 (KHZ)	雨 天 (mV)	濃 霧 (mV)	晴 天 (mV)
1	37.3	31.8	25.6
2	44.6	37.8	35.3
3	36.7	29.2	13.8
4	26.3	19.4	13.2
5	18.4	16.2	13.5
6	20.4	15.1	12.5
7	17.7	13.8	7.72
8	17.4	15.4	7.95



9	16.9	14	10.1
10	20.3	16.1	9.9

(三)測試距離15m 各頻率在雨天、濃霧及晴天時接收訊號(平均值)大小比較分析  
表 12.

頻率 (KHZ)	雨天 (mV)	濃霧 (mV)	晴天 (mV)
1	29.95	25.8	13.9
2	37.85	30.4	12.4
3	32.85	19.8	8.96
4	31.3	25	8.6
5	24.7	21	9.25
6	26.3	19.3	10.75
7	23.3	17.4	8.8
8	20.3	17.2	5.6
9	22.6	20	6.1
10	19.3	13.9	6.1



### 五、模擬系統測試(掛在 YouTube 影片來顯示)

(一)改良式故障三角架與後車前保險桿超音波前車雷達系統結合測試

1. 故障三角架發射故障訊號時(超音波前車雷達僅作警示功能)

(1)發射端：

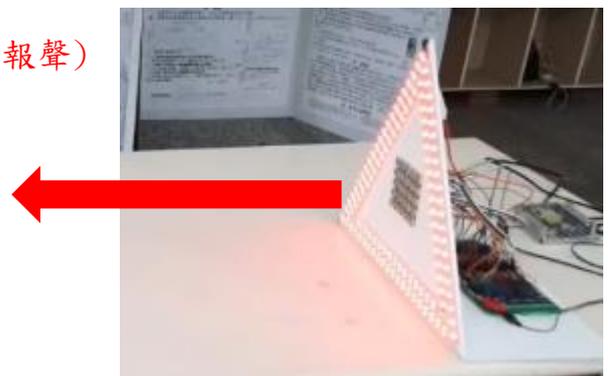
紅色 LED 亮且定向喇叭超音波陣列發射訊號

(2)後車前保險桿超音波前車雷達

只會發出前面有三角架故障(警報聲)



(警報聲)



(二)改良式前車之車輛後保險桿與後車前保險桿超音波測距系統結合測試

1. 前車之車輛後保險桿未發射濃霧或大雨訊號時(僅作測距功能)

(1)發射端：雙黃燈不亮

前車之車輛後保險桿定向喇叭超音波陣列  
不發射訊號

(2)後車前保險桿超音波前車雷達

只發出停車短距障礙偵測警示聲(嗶聲)。



2. 前車閃雙黃燈且後保險桿發射濃霧或大雨訊號時(僅作警示功能)

(1)發射端：前車閃雙黃燈且車輛後保險桿定向  
喇叭超音波陣列發射訊號。

(2)後車前保險桿超音波前車雷達

只發出濃霧或大雨中有前車(警報聲)。



(警報聲)



## 伍、討論

### 一、雨天、濃霧及晴天時接收訊號大小比較分析

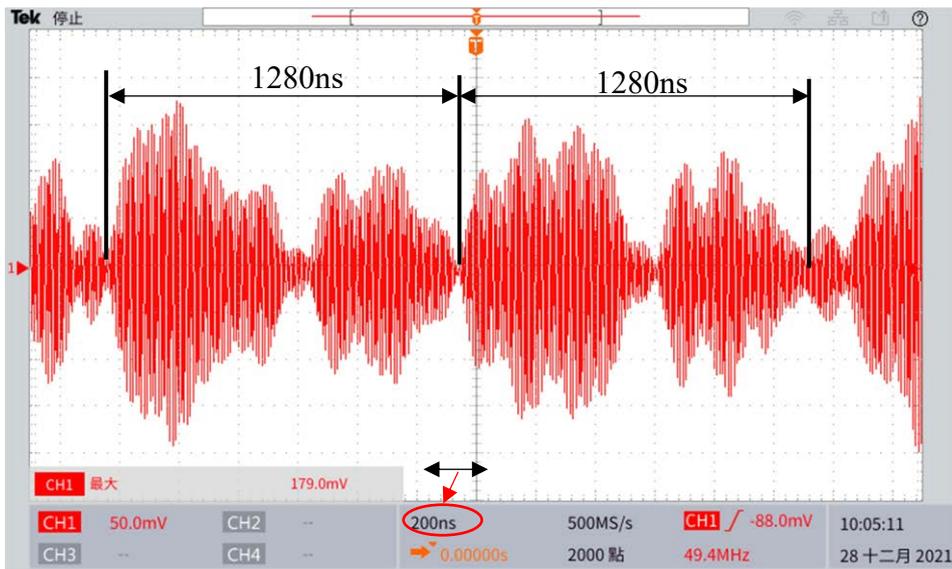
從表10-表11可看出實驗結果符合超音波音速影響傳聲速率的因素：介質的種類、狀態、密度、溫度及溼度等都會影響聲音的速度，其中雨天、濃霧及晴天空氣中濕度有差異，聲音傳播速度**雨天時 > 濃霧時 > 晴天時**。

## 二、定向喇叭發射2KHZ 調變訊號時接收訊號較大原因？

定向喇叭40KHZ 超音波發射搭載可聽聲音頻率傳播是屬**非線性聲學**，會產生不同的波種類：差頻波、和頻波、分頻波，因此定向喇叭發射2KHZ 調變訊號時接收訊號較大，依此解釋或許較合理。

## 三、至陽明山小油坑做濃霧測試遇到雜訊干擾原因為何？

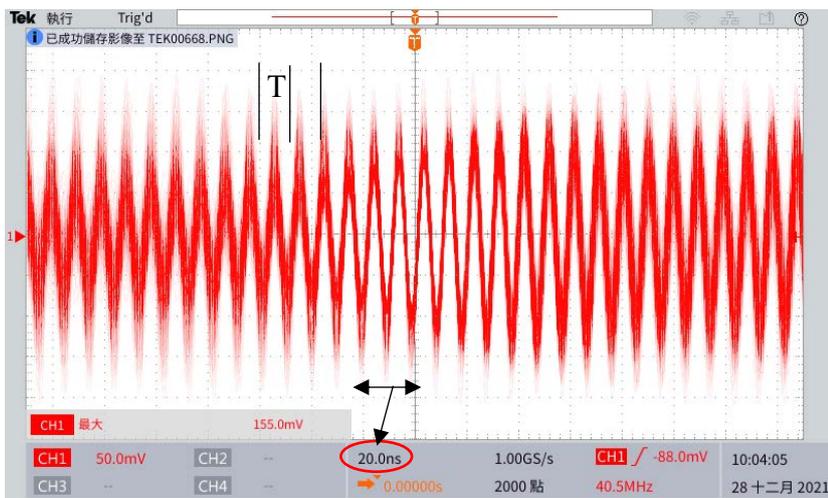
### (一)整體雜訊似乎有些規律性



### 大波幅分析

換算頻率：T(週期)=1280ns， $n=10^{-9}$ ， $f(\text{頻率})=1/T=781250\text{HZ}=781.25\text{KHZ}$

### (二)細看雜訊波內部高頻



換算頻率：T(週期)=10ns， $n=10^{-9}$ ， $f(\text{頻率})=1/T=10^8\text{HZ}=100\text{MHZ}$ ， $M=10^6$

此頻率是屬於 FM 廣播電台頻段

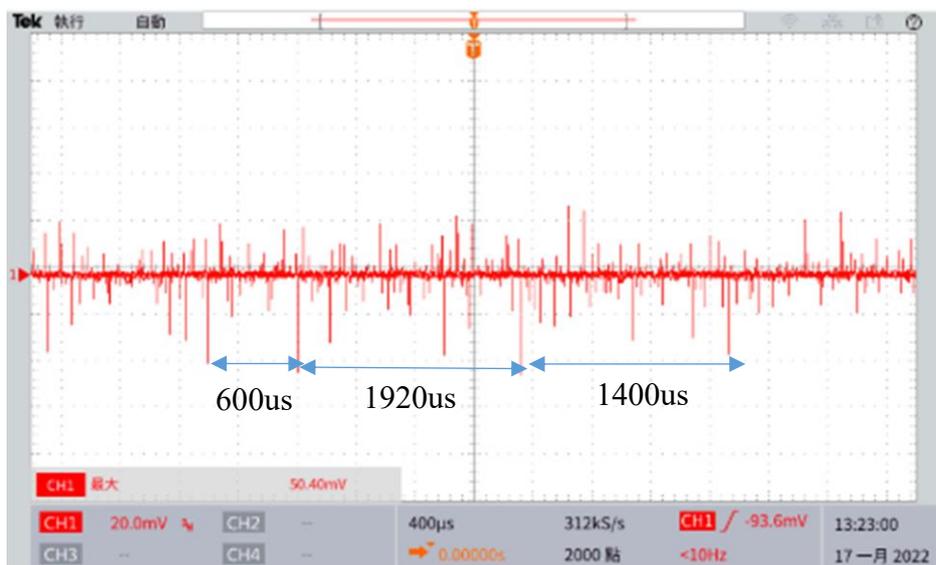
(三)分析：陽明山 FM 發射電台多所致

載波頻率

			MHZ		
內政部警政署警察廣播電臺恆春轉播站	93.1	屏東縣恆春鎮崁頭路5之3號	120.695464	22.019881	乙
臺北廣播電臺調頻臺	93.1	臺北市北投區竹子湖路74之6號	121.558333	25.166111	丙
雲嘉調頻廣播電臺	93.3	嘉義縣竹崎鄉緞厝寮段577之1地號	120.58933	23.543311	乙
新客家廣播電台	93.5	桃園市龍潭區楊銅路2段660號	121.184444	24.867222	乙
蓮花廣播電臺	93.5	花蓮縣壽豐鄉池南村轉播台3號	121.518889	23.914722	乙
省都廣播電臺	93.7	南投縣南投市鳳鳴路31號	120.634167	23.927500	乙
領袖廣播電臺	93.7	臺南市永康區中華路1號25樓	120.234294	22.998594	乙
寶島客家廣播電臺	93.7	臺北市北投區陽明山竹子山華視北部發射站	121.536389	25.186667	乙
大地之聲廣播電臺	93.9	澎湖縣湖西鄉城北村5-3號	119.620478	23.565172	乙
地理中心廣播電臺	94.1	南投縣埔里鎮桃米里桃米坑段5-1133地號	120.915750	23.958583	甲
內政部警政署警察廣播電臺交通網花蓮分臺	94.3	花蓮市府前路21-2號	121.621111	23.993611	丙
內政部警政署警察廣播電臺交通網臺北分臺	94.3	臺北市陽明山竹子山上	121.535833	25.183611	丙

(四)解決方式：加一高頻濾波器濾掉60MHZ 以上頻率再測試

整體雜訊似乎無規律性(幾乎消除 FM 電台干擾訊息)



換算頻率：T(週期)=600us， $u=10^{-6}$ ，f(頻率)=1/T=1666HZ；T(週期)=1920us， $u=10^{-6}$ ，f(頻率)=1/T=520HZ；T(週期)=1400us， $u=10^{-6}$ ，f(頻率)=1/T=714. 2HZ

都屬低頻是超音波接收器可接收範圍

四、故障三腳架及前車後保險桿超音波發射陣列其發射功率是否一樣？

(一)故障三腳架超音波發射陣列(是靜止不動，撞上時間很短)

(二)前車後保險桿超音波發射陣列(是行駛移動中，需超速才撞上)

因此靜止的故障三腳架超音波發射陣列發射功率要設計更高(100W)，且超音波發射器顆數要多一點，前車後保險桿超音波發射陣列(75W)，

五、本研究可實現到實際面上嗎？

我們已取得中華民國專利(新型 M61XX16)，美國專利正在申請中，此研究商品化牽涉前保險桿嵌入式汽車超音波前車雷達電路改裝，但我們相信有廠商願意接手合作，及國家監理單位願意作為車輛必要配備時就可實現上路，讓行車更安全。

六、我的研究與現有裝置 AEB/ACC 的優點和缺點比較；

表12

	偵測方式	優點	缺點
ACC 主動式車距維持定速	前保桿的雷達 電磁波發射與接收	可維持一定 車速與車距	大雨、濃霧、下雪 惡劣天氣無法正確動作
AEB 主動式煞車系統	前擋玻璃上面的攝 影機辨識前方影像	主動減速或煞車	大雨、濃霧、下雪 惡劣天氣無法正確動作
超音波定向喇叭 警示系統	定向強音束傳輸可 達100公尺	適用大雨、濃霧、 下雪惡劣天氣	前保險桿障礙超音波接收需 做簡易改裝，但成本低廉

七、惡劣氣候車商建議關閉 ACC 原因探討

電磁波雨衰是致命關鍵，雨衰主要是吸引衰減，大部分表現為熱損耗。當電波的波長可以和雨粒的幾何尺寸相比擬時，將引起兩粒共振，則產生最大的衰減。以現行 ACC 所使用之電磁波是76GHZ-77GHZ，波長約3.89mm，國立屏東科技大學水土保持系，研究以屏東老埤地區為研究區域，利用 LPM 雨滴譜儀觀測 2014 年 5 月至 10

月之降雨資料，期間觀測到之最大雨滴粒徑為 8mm，最大雨滴速度為 10m/s，各降雨強度之體積中值粒徑約界於 1.25mm~4mm 間，而最大雨滴粒徑及最大雨滴速度分別與降雨強度成乘冪的相關性，當降雨強度增大時，其雨滴粒徑及速度皆呈增加趨勢，另外國立中央大學大氣物理研究所，林位總、陳台琦發表，『利用二維雨滴譜儀研究雨滴譜特性』中，可看出表中梅雨(2001.05.09)雨滴粒徑  $D_0$  約 2.4mm，兩研究雨滴粒徑涵蓋 ACC 電磁波波長 3.89mm，確實失誤機率很高。表13 回波強度 49dBZ 以上的降雨事件之雨滴譜參數表

	事 件	dBZ	R	$\mu$	$\Lambda$	A	b	$D_0$	$N_w$
	梅雨(2001.05.09) 1542UTC	50.4	101.1	0.9	2.57	158.8	1.42	1.778	2.84E+04
A	納莉(2001.09.17) 0224UTC	49.7	88.8	0.691	2.51	152.7	1.43	1.738	2.74E+04
	納莉(2001.09.17) 0230UTC	50.2	93.2	0.48	2.35	147.9	1.45	1.765	2.66E+04
	梅雨(2001.05.09) 1536UTC	50.8	55.8	1.39	2.11	435.2	1.38	2.401	4.03E+03
B	梅雨(2002.05.31) 0510UTC	50.7	62.2	1.13	2.11	359.3	1.40	2.274	5.52E+03
	納莉(2001.09.17) 1510UTC	49.8	48.8	0.61	1.92	340.2	1.44	2.223	4.97E+03

註：回波強度(Z)、液態水含量(W) 或降雨率(R)， $D_0$  較大代表雨滴粒徑(mm)， $N_0$  為與粒子濃度相關的參數， $\mu$  通常稱為 shape factor，此參數可以控制小粒徑粒子的個數變化， $\Lambda$  稱為 size factor，則控制 大粒徑粒子個數的變化

註：回波強度(Z) (色調強化圖圖例)紫色降雨最強其次是紅色接著是綠色

紫色與紅色回波強度應避免使用 AEB 及 ACC

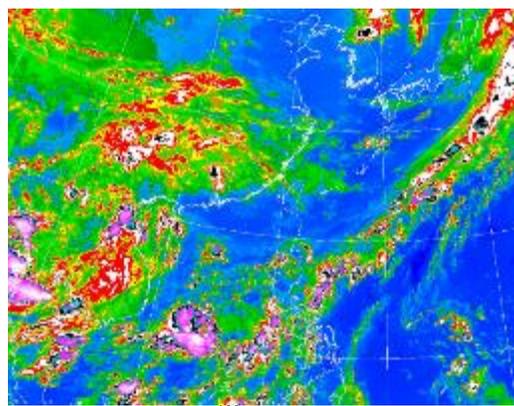


圖31. 氣象局雷達回波強度圖

## 陸、結論

高速公路工程施工有大型警示仍被撞，肇事車輛有警示第二次車禍頻傳，跟故障三腳架警示功能不夠完善有關，另外目前濃霧大雨時駕駛會閃黃燈警示，在先進車輛有測距雷達(ACC)或 AEB 影像辨識，原廠車商仍怕判斷失誤建議不使用，因此濃霧大雨追撞危險因素仍在。本研究使用 TG-40SP 超音波定向喇叭如圖 13 所示及自製超音波定接收器圖 14 所示來實驗，證實雨天濃霧接收比晴天為佳，符合超音波傳聲速率的因素條件，加上改裝汽車超音波前測距雷達，自製一套小型發射警示輔助系統成本低廉，經模擬測試效果良好，我們已取得中華民國專利(新型 M61XX16)，美國專利正在申請中，此研究商品化牽涉前保險桿嵌入式汽車超音波前車雷達電路改裝容易，未來希望有廠商願意接手合作，及國家監理單位願意作為車輛必要配備時就可實現上路，讓行車更安全。

## 柒、參考文獻資料

### 一、期刊

- (一) 周佳翰、江介倫、林紘立，2015，「不同降雨強度下雨滴粒徑與速度特性-以屏東老埤地區為例」，中華水土保持年會。
- (二) 林位總、陳台琦，利用二維雨滴譜儀研究雨滴譜特性，2007年3月26日，國立中央大學大氣物理研究所

### 二、網站

- (一) 專員楊依紋，台61線北上255K 追撞重大公路事故初報，110-02-24，國家運輸安全調查委員會重大運輸事故事實資料報告。

資料來源：<https://www.ttsb.gov.tw/1133/1178/1179/29043/post>

- (二) 宏碁霧區警示系統，宏碁公司

資料來源：<http://www.acer.net/commercial/solution/emist.jsp>

(三) 廣志，開車遇濃霧能靠《AEB》或《ACC》保命？原廠提醒：系統可能會誤判無法正確作動，2021-02-22，國王車訊

資料來源：<https://www.kingautos.net/318126>

(四) 音速，聲波速度與傳播介質密度有關，維基百科

資料來源：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%9F%B3%E9%80%9F>

(五) Audio Spotlight 公司，是什麼讓聲源具有方向性？Audio Spotlight X 系列

參考資料：<https://holosonics.com/content/6Technology>

(六) 汪淑芬，自動駕駛難辨6種道路狀況 特殊天候、彎道路段影響雷達，2021/11/2，中央社報導

資料來源：<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202111020316.aspx>

(七) 雨衰，中文百科

資料來源：<https://www.newton.com.tw/wiki/%E9%9B%A8%E8%A1%B0/4653964>

(八) Unictron 科技公司，超音波指向性，

資料來源：<https://www.unictron.com/piezoelectric-components/piezoelectric-technologies/structure-and-principle-of-ultrasonic-transducer/?lang=zh-hant>

(九) 兩眼 20mm/24mm 嵌入式 汽車 超音波 前車雷達 前置雷達【禾笙科技】，

資料來源：<https://www.hoshengshop.tw/SalePage/Index/5834802?lang=zh-TW>

(十) 鎂成公司，TG-40SP 超音波定向喇叭，

資料來源：[http://www.meicheng.com.tw/for\\_mobile\\_pad/f/Tg-40sp.html](http://www.meicheng.com.tw/for_mobile_pad/f/Tg-40sp.html)

(十一) 40KHz 超音波發射器 (普崴電子 400ST120)，

資料來源：<https://0222465101.web66.com.tw/web/NMD?command=Bloglist>

## 【評語】 032804

1. 本作品研發定向喇叭陣列之超音波車距測量系統，並針對頻率、環境條件、雜訊等進行分析探討，用超音波來偵測下雨或霧天氣下的前車防撞系統有創意。對於干擾因素有進一步討論分析。具有實用價值。
2. 為何選定 10-15 公尺?車輛行駛中需要的反應距離如果可以越長會越好，有更多反應時間。這個產品可以到一百公尺，為何不做遠一點如一百公尺? 未來也需要立法配合，成為車子的基本配備，才有機會應用，不然有的車有裝有的車沒裝，那還是危險依舊在。
3. 超音波在與霧雨的大小對音波速度的影響很難掌握，音波對於距離的解析度影響也可以探究。

## 作品簡報



# 定向傳聲應用在 前後車濃霧雨天警示輔助裝置

科展編號 032804

國中組 應用科學 (一)

# 研究動機

2021年2月21日新聞



www.cna.com.tw

台61線 濃霧影響視線

20輛連環追撞 2死8傷

雨天



濃霧



資料來源：國家運輸安全調查委員會 重大運輸事故事實資料報告

- 2020.5.27 國道大雨視線差四車連環撞
- 2020.8.31 苗栗大雨視線不良釀三連環車禍
- 2021.12.10國道濃霧釀禍能見度不到10公尺
- 2022.3.18 密蘇里州濃霧135車追撞6死
- 2022.3.29 賓州大雪視線不良50車追撞多人傷亡

# 現有先進裝置 AEB ACC 三大缺點

## 缺點一

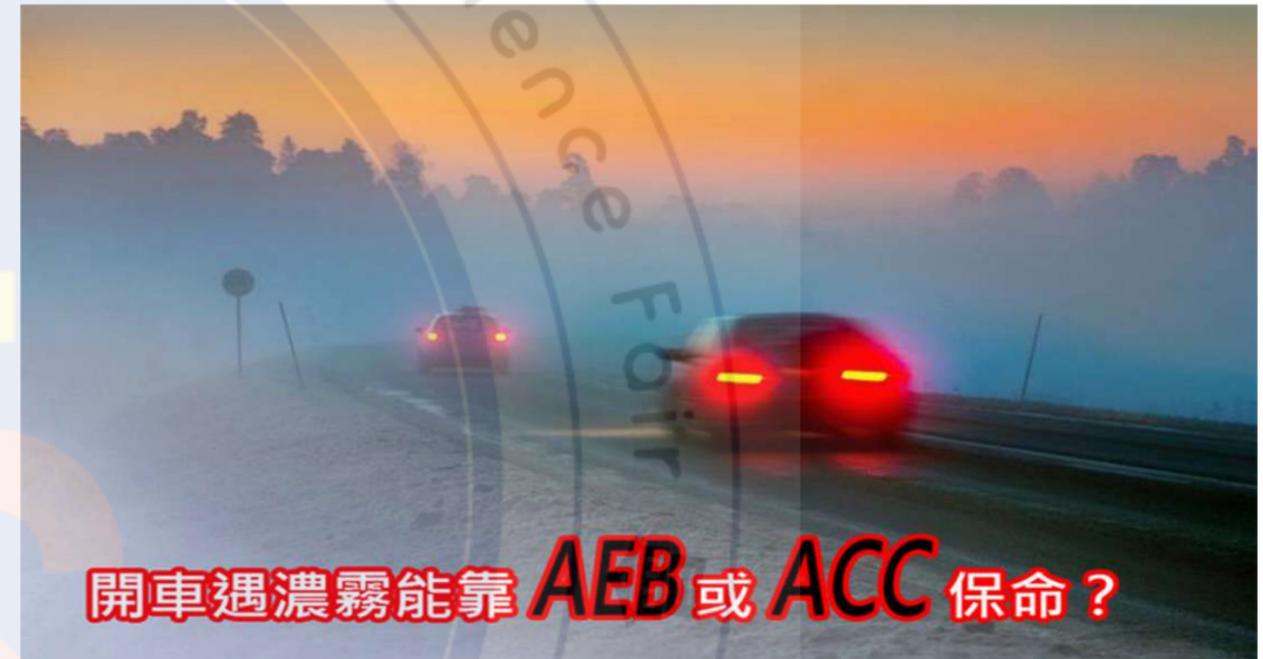
大雨濃霧天 雷達及影像效果不佳

## 缺點二

車廠建議車主大雨濃霧時關閉ACC

## 缺點三

最需要時無法派上用場



[www.kingautos.net/318126](http://www.kingautos.net/318126)

AEB (Autonomous Emergency Braking)

自動緊急煞車系統

ACC (Adaptive Cruise Control)

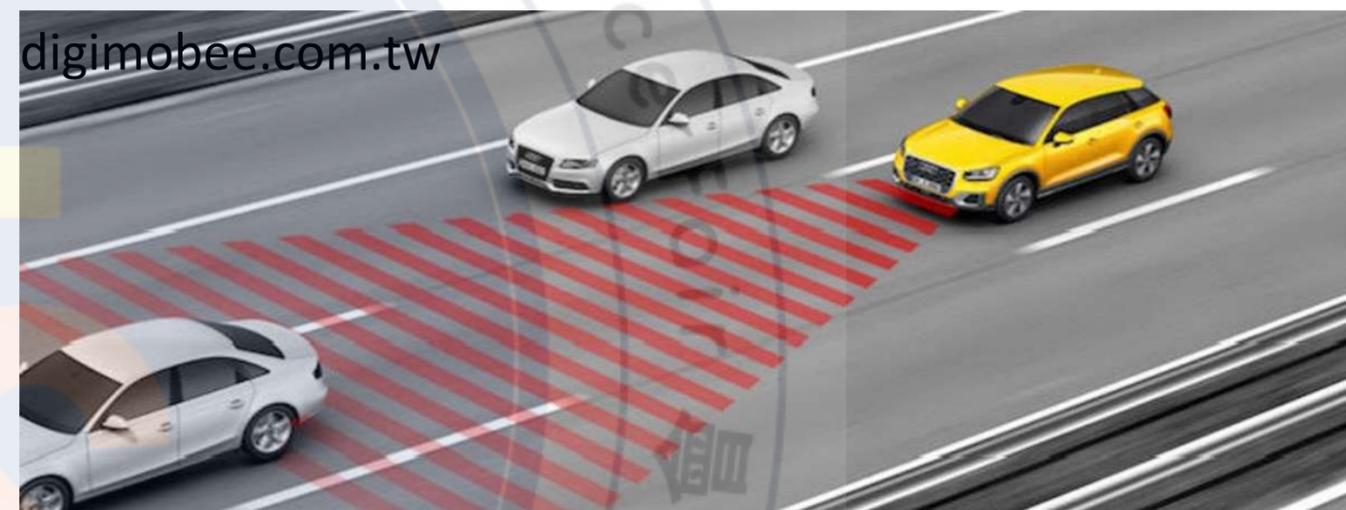
主動車距定速系統

# AEB ACC 定向喇叭 三者比較

	特點	適用天氣	功率與距離
<b>AEB</b> 前擋風玻璃攝影機 主動煞車系統	主動減速或煞車	大雨濃霧下雪惡劣天氣 無法正常運作	AEB 攝影機 影像辨識距離近
<b>ACC</b> 前保險桿雷達 主動車距定速系統	維持一定車速與車距	大雨濃霧下雪惡劣天氣 無法正常運作	毫米波雷達 較高功率 發射距離近
<b>定向喇叭警示系統</b> 前保險桿超音波 	定向強音束傳播	適用大雨濃霧下雪惡劣 天氣 	壓電系統 較低功率 發射達100公尺 

# 文獻探討

**雨衰**：電磁波的波長和雨粒的幾何尺寸相比擬時，引起雨粒共振，則產生最大的衰減。



各降雨強度之體積中值粒徑約  
界於 **1.25mm~4mm** 間  
*2014以屏東老埤地區為研究區域*

現行 ACC 所使用之電磁波是76GHZ-  
77GHZ，波長約**3.89mm**

**幾何尺寸接近  
產生最大衰減**

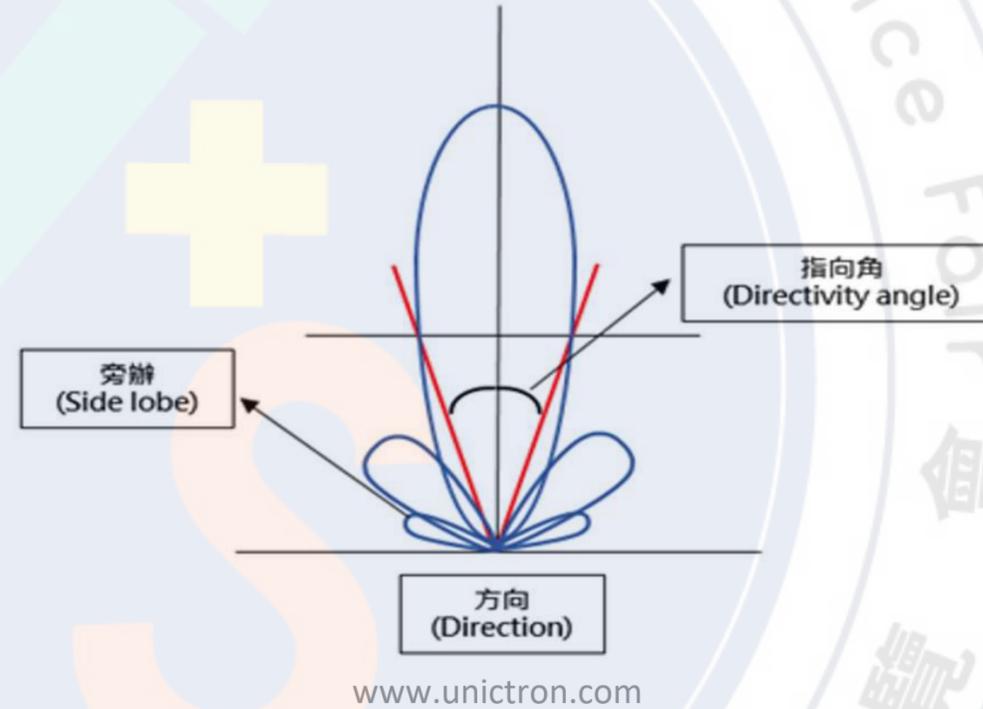
# 研究方法

## 溼度與聲速

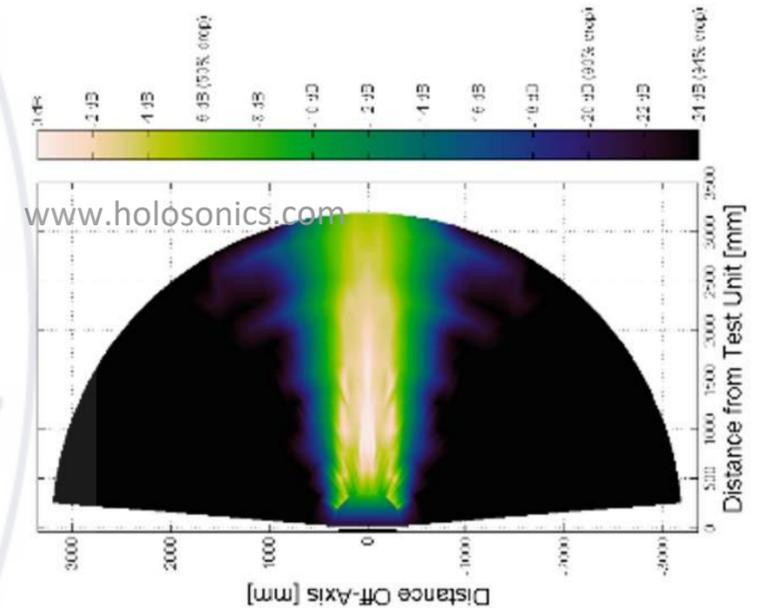


濕度度越大 聲速越快

## 超音波指向性



超音波指向性高



陣列式功率強

傳送距離遠

# 實驗設計

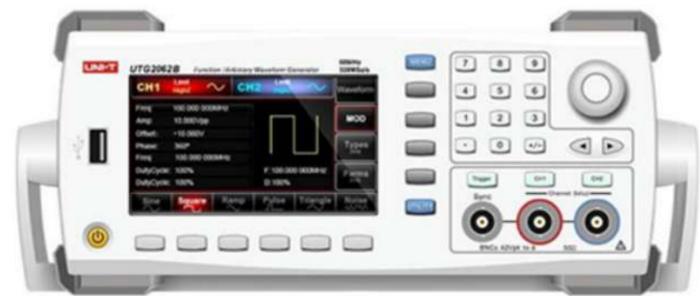
訊號產生器

定向喇叭

5公尺-15公尺

超音波接收器

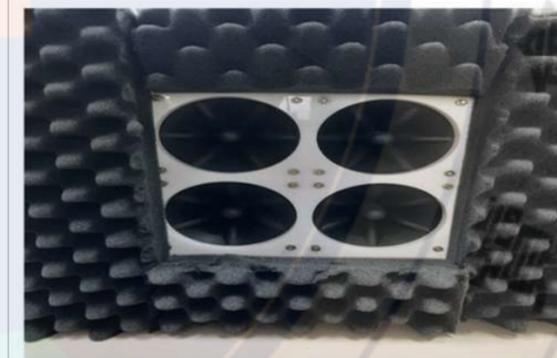
示波器



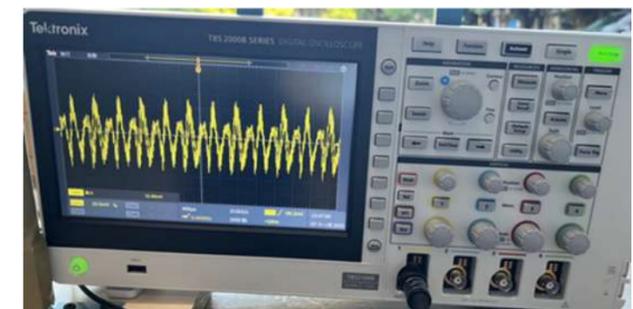
發射1-10KHZ方波



40KHZ 超音波定向喇叭載波調變



接受調變後訊號



接受訊號並顯示於示波器

# 實驗設計 5公尺 10公尺 15公尺

晴天



雨天



濃霧

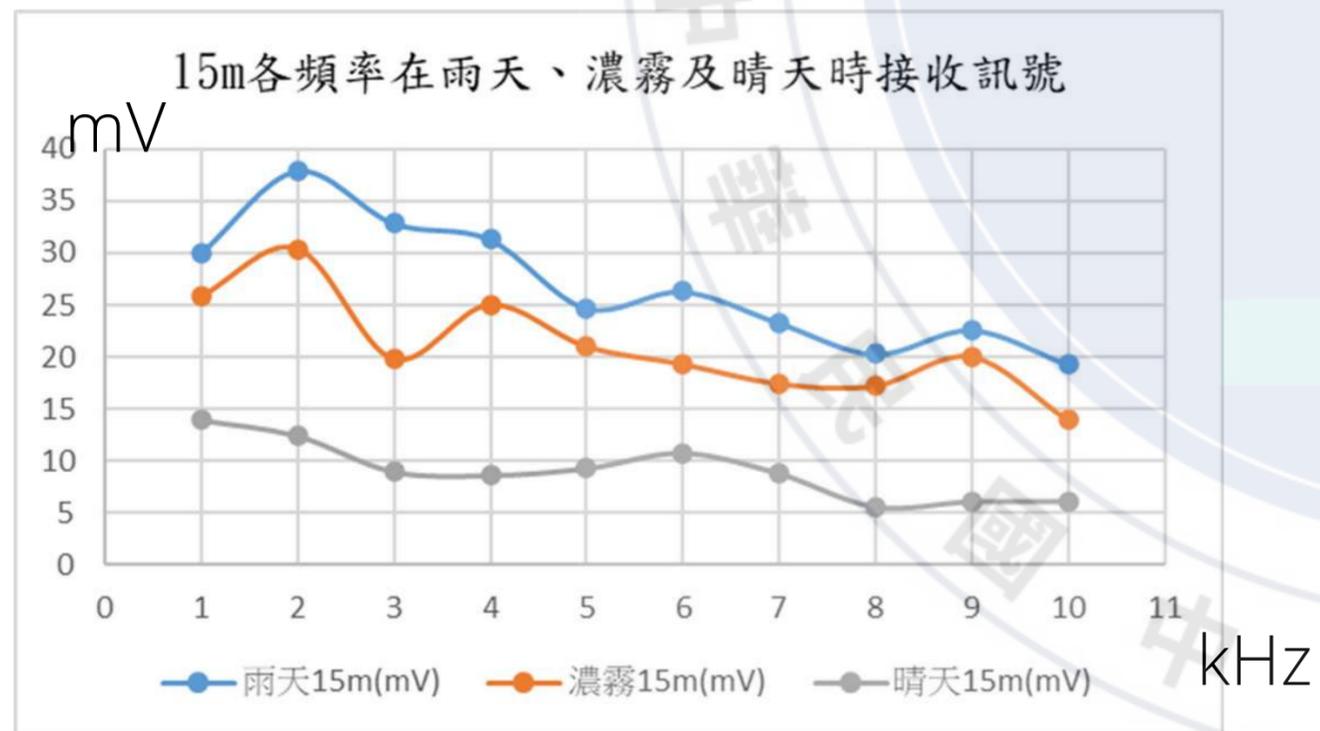
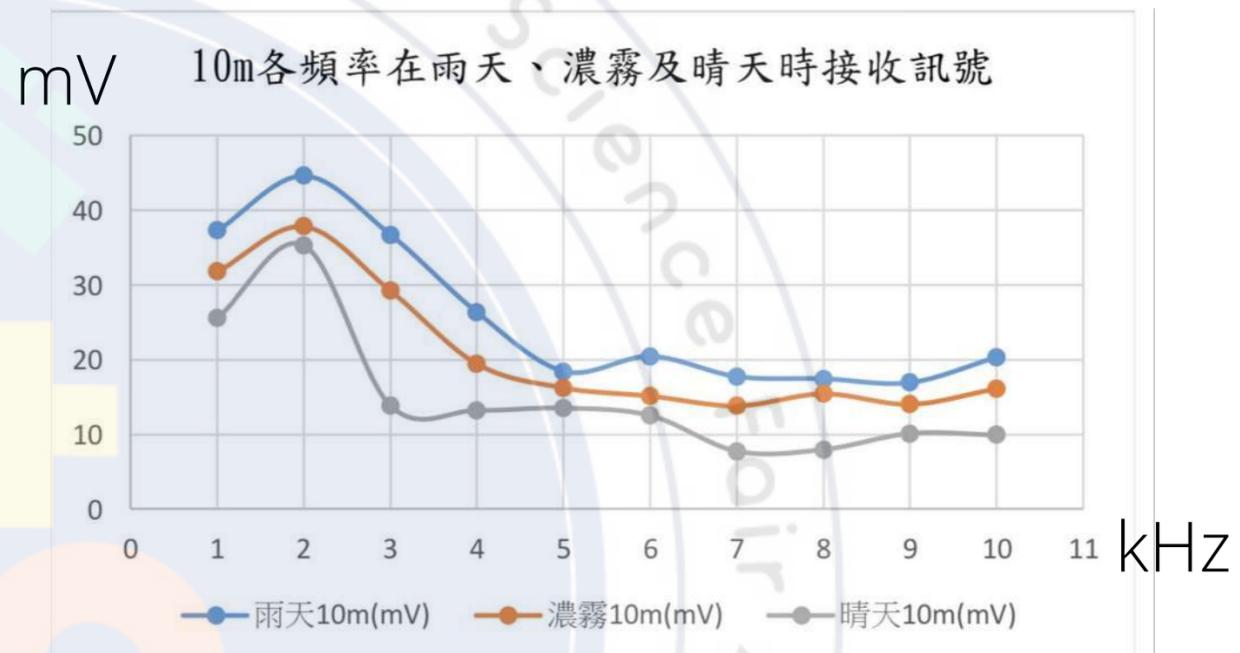
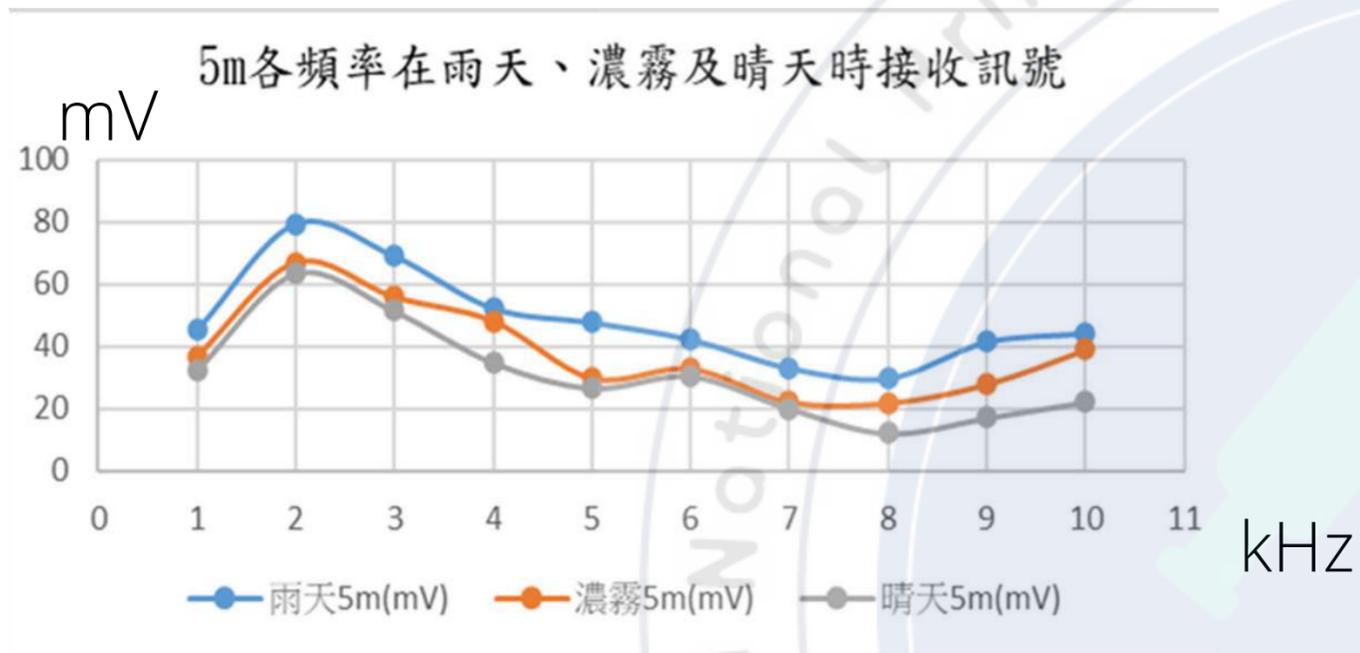


發射



接收

# 實驗結果分析



接收效果：**雨天** > **濃霧** > 晴天

# 模型系統



超音波陣

組裝單顆超音波發射器成陣列  
可以裝置在車尾或故障三腳架



超音波雷

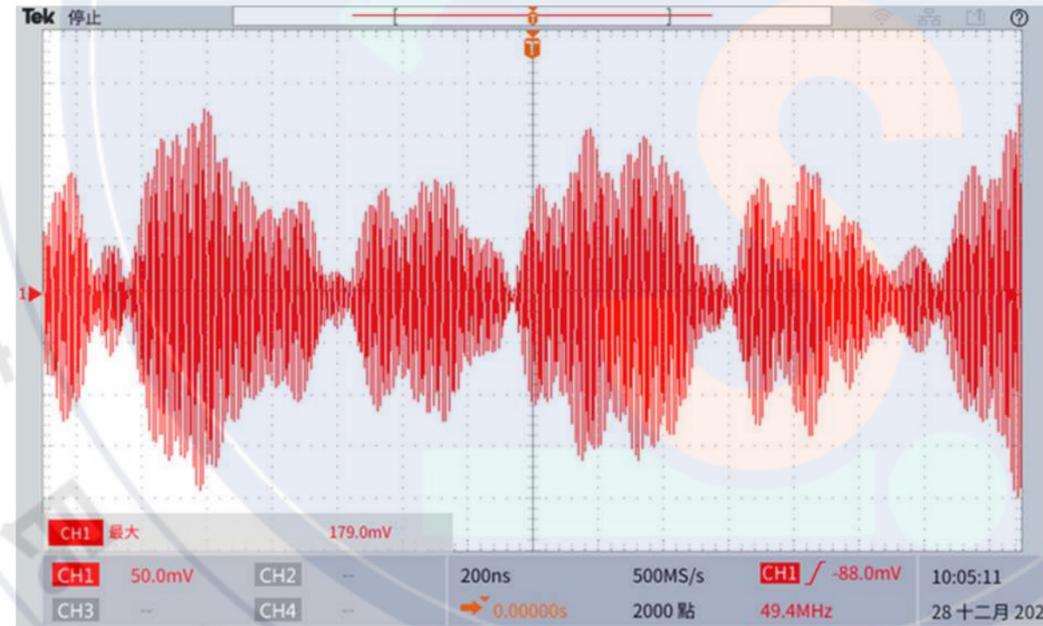
使用市售連有兩眼24mm  
嵌入式汽車超音波前車雷達

# 討論

## 陽明山出現干擾

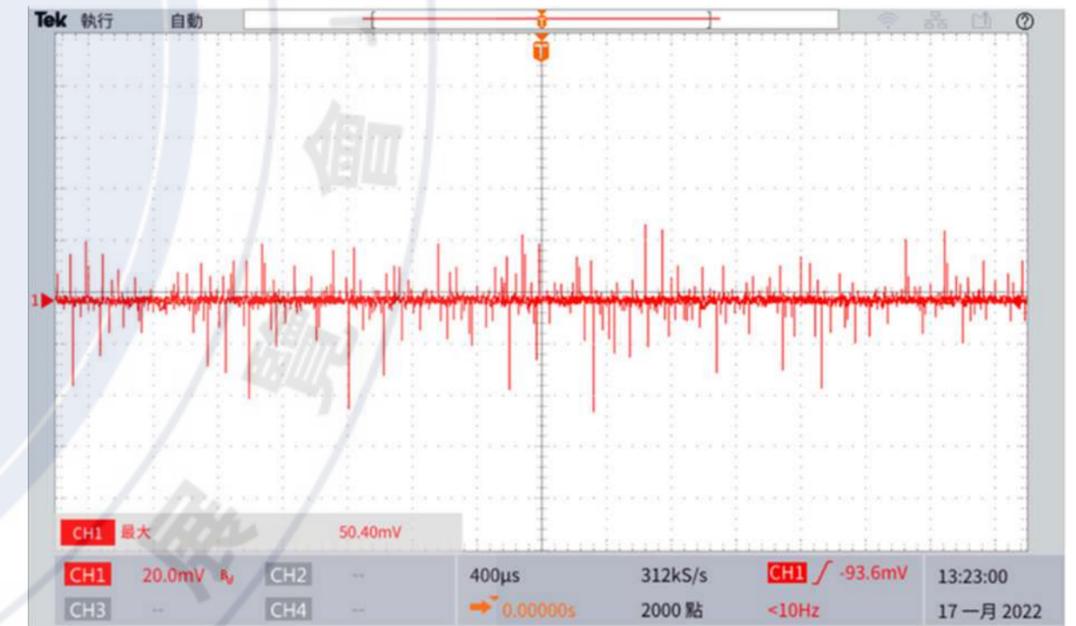
陽明山發現有100MHZ的干擾  
當地電台眾多導致

內政部警政署警察廣播電台亞答街轉播站	93.1	屏東縣恆春鎮炎興路5之3號	120.695464	22.019881	乙
臺北廣播電台調頻臺	93.1	臺北市北投區竹子湖路74之6號	121.558333	25.166111	丙
雲嘉調頻廣播電台	93.3	嘉義縣竹崎鄉啟居寮段577之1地號	120.58933	23.543311	乙
新客家廣播電台	93.5	桃園市龍潭區楊銅路2段600號	121.184444	24.867222	乙
遠花廣播電台	93.5	花蓮縣壽豐鄉池南村轉播台3號	121.518889	23.914722	乙
省都廣播電台	93.7	南投縣南投市興鳴路31號	120.634167	23.927500	乙
領袖廣播電台	93.7	臺南市永康區中華路1號25樓	120.234294	22.998594	乙
寶島客家廣播電台	93.7	臺北市北投區陽明山竹子山華視北部發射站	121.536389	25.186667	乙
大地之聲廣播電台	93.9	澎湖縣湖西鄉城北村5-3號	119.620478	23.565172	乙
地理中心廣播電台	94.1	南投縣埔里鎮桃米里桃米坑段5-1133地號	120.915750	23.958583	甲
內政部警政署警察廣播電台交通網花蓮分臺	94.3	花蓮市府前路21-2號	121.621111	23.993611	丙
內政部警政署警察廣播電台交通網臺北分臺	94.3	臺北市陽明山竹子山上	121.535833	25.183611	丙



## 解決方法

加裝高頻濾波  
濾掉60MHZ以上頻率再測試



被動式低通濾器波(電阻與電容組成)截止頻率設計在60MHZ

# 結論

## 三大創新

- 1.證明實際道路可以傳遞100公尺
- 2.雨天聲音訊號最強，其次濃霧天氣
- 3.彌補現在汽車雷達缺點，已獲得台灣專利



## 未來展望

- 未來動態實驗中，進行不同環境測試研究
- 在載波中加入其他訊號，朝車子識別系統方向研究
- 今年向交通監理單位及各大車廠提案從台灣推展到全世界



## 參考文獻

- 開車遇濃霧能靠《AEB》或《ACC》保命？原廠提醒：系統可能會誤判無法正確作動，國王車訊，(2021).
- 周佳翰、江介倫、林紘立，「不同降雨強度下雨滴粒徑與速度特性-以屏東老埤地區為例」，中華水土保持年會，(2015).
- 林位總、陳台琦，利用二維雨滴譜儀研究雨滴譜特性，國立中央大學，大氣物理研究所，(2007).