

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組

題目名稱：聲音定位之探討
一、摘要
本研究透過聲音做為傳輸介質，試著透過距離與聲音振幅的關係，製作出定位程式。在本研究中，首先會先製作發送端與接收端的簡易溝通；接者在不同的環境下實測—固定發送特定的頻率和音量時，接收器所獲得的數據的變化，並觀察其規律，進而去試作模型。
二、探究題目與動機
我們起初有次發現了 Google Tone 的 chrome 擴充功能，該擴充功能可以透過聲音做為傳輸介質，將本地電腦目前瀏覽的網址傳輸至其它也安裝此擴充功能的電腦上。我們由此去做發想，思考是否能同樣手段去使用聲音來達成不止資料傳輸，也能利用聲音做為空間定位的一種方式。
三、探究目的與假設
1.利用 Processing 語言並搭配傅立葉轉換，使雙裝置進行簡易溝通 2.在不同的環境下實測：固定發送特定的頻率和音量時，接收端所獲得的音訊數據的變化。最後並根據音訊數據間的關係製成簡易模型
四、探究方法與驗證步驟
本團隊的程式為—單工傳輸（Simplex communication），由喇叭單方面的持續發送特定的頻率和固定的音量大小，再由麥克風去接收。而本研究目前主要是利用特定頻率的音量上的變化並搭配 Processing 中的 Sound Library 來撰寫。 首先，為了讓接收端能夠明確的知道是發送端所發送的訊號，在發送端的部分會使用正弦波來進行單一音頻的輸出；而接收端則是將接收到的音頻進行傅立葉轉換（Fourier transform）。之所以使用傅立葉轉換，是可以將該音頻的訊號由時域（time domain）轉換成頻域（frequency domain），在頻域之下，我們可以了解該音頻是由多大的振幅及多大頻率的正弦波所組合而成的。由下圖(一)可知，正弦波在經由傅立葉轉換後所得到的數值，最能凸顯其主要振福。三角波及方波在經由傅立葉轉換後可以了解其組成並非單一正弦波，因此若單純彼此之間的溝通，最佳的方式是使用正弦波。一方面在發送端產生音頻容易，另一方面在接收端判斷是否為發送端來的訊號較不容易被其它訊號所干擾。因此本研究在發送端以使用正弦波做為發送訊號，而在接收端則採用傅立葉轉換後的資料做為分析。

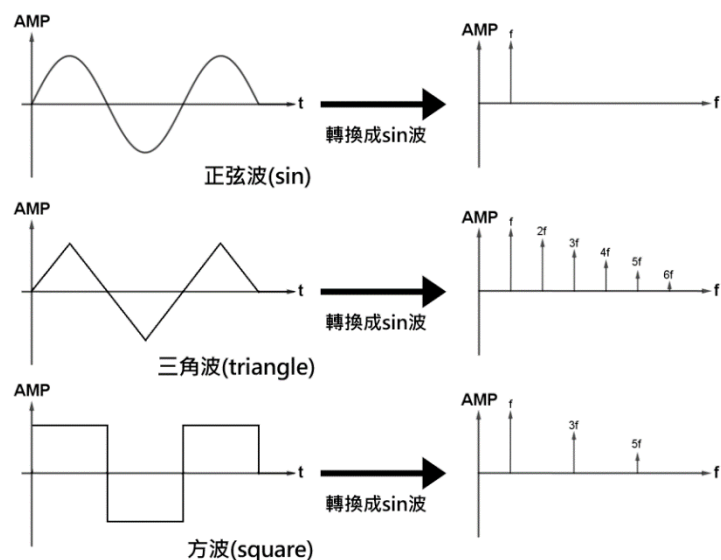


圖 (一) : 不同的波經傅立葉轉換後之結果圖

在能夠簡易溝通之後，我們分別在不同的定距離下進行數據的收集。接著將收集到的資料繪製成圖，以方便我們去做觀察。繪製後的圖如圖 (二) 所示：

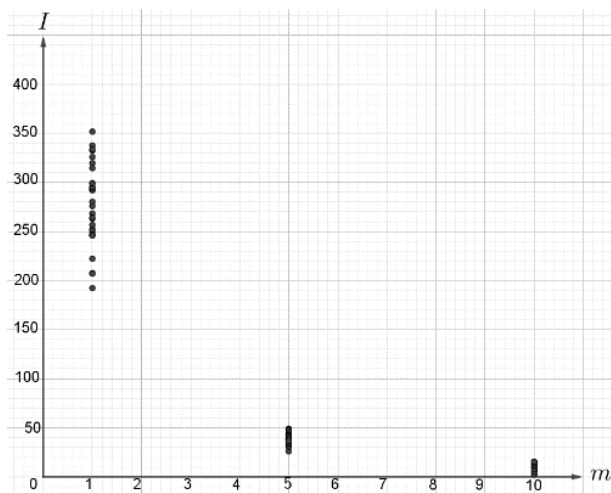


圖 (二) : 不同距離與聲音強度關係的實測

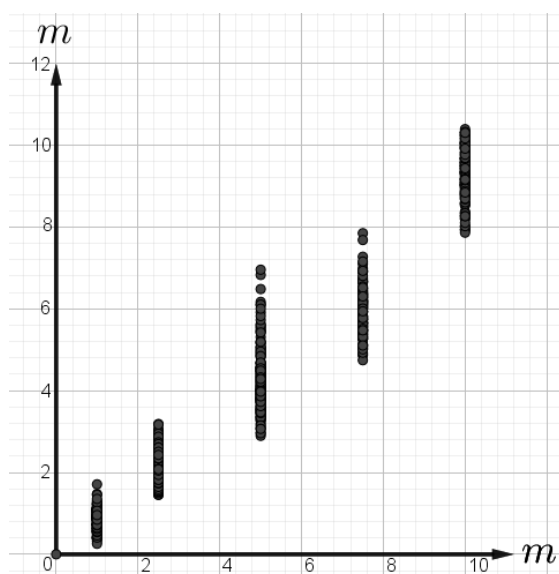
(橫軸為實際距離 (公尺) ; 縱軸為聲音強度)

本團隊將其數據去做進一步的運算，將橫軸的單位改成距離平方。接著是計算距離平方與聲音強度的相關係數。在算完之後，我們可以發現到其相關程度非常高，就如下表所示。

表一：距離平方與聲音強度的相關係數（取有效位數至第五位）

第一次實測	第二次實測	第三次實測	第四次實測	第五次實測
-0.98780	-0.97658	-0.94129	-0.90211	-0.94653
第六次實測	第七次實測	第八次實測	第九次實測	第十次實測
-0.97078	-0.95427	-0.91934	-0.99254	-0.96711

鑒於距離平方與聲音強度具有高相關，本團隊利用回歸直線去求其關係式。再利用其關係式，去實際定位。定位完後的結果將如下所示。



圖（三）：定位結果

（橫軸為實際距離（公尺）；縱軸為定位距離（公尺））

表二：不同距離下之誤差值（取有效位數至第五位）

發送端與接收端 之距離(公尺)	1	2.5	5	7.5	10
誤差值	±0.74055	±1.04496	±2.10323	±2.75690	±2.13819

五、結論與生活應用

目前的定位程式的相關係數 (圖 (三)) 為 0.97508 , 是高度正相關。而整體來看 , 本團隊的定位程式在 10 公尺以內 , 其誤差值為 ± 2.75690 。

本團隊在未來可以將其運用至商場上。首先 , 先在商場播放音樂的喇叭中 , 存入一個極高音頻的音訊 , 當客人靠近某一店家時 , 透過定位的方式 , 設備可以得知客人正在靠近店家。此時設備就會將有關店家的官方網站、商品介紹等內容傳至客人手機上。

參考資料

一、Online Tone Generator。2020 年 9 月 21 日。取自 <https://www.szynalski.com/tone-generator/>

二、Sound Intensity - 聲音強度 - 國家教育研究院雙語詞彙。2021 年 3 月 15 日。
<https://terms.naer.edu.tw/detail/1320673/>

三、Sound Library。2020 年 12 月 7 日。取自
<https://processing.org/reference/libraries/sound/index.html>

四、傅立葉變換的原理、意義以及如何用 Matlab 實現快速傅立葉變換。2019 年 1 月 6 日。
取自 <https://www.itread01.com/content/1546754803.html>

五、最小平方法與迴歸分析。2017 年 9 月 19 日。取自
https://web.math.sinica.edu.tw/math_media/d413/41303.pdf

五、精神時光屋 vol 0 - 1 "音頻與頻譜分析 Spectrum Analysis"。2013 年 4 月 7 日。取自
<http://www.live4school.com/class/2013/4/7/-vol-0-1-spectrum-analysis>

六、蔣大偉 (譯) (2016)。Processing 入門：互動式圖形實作介紹 (第二版) (原作者：Casey Reas & Ben Fry)。歐萊禮出版社。(原著出版年：2015 年)