

魚群探測之單通道新型超音波陣列成像技術

Novel single channel ultrasound array imaging for fish finding

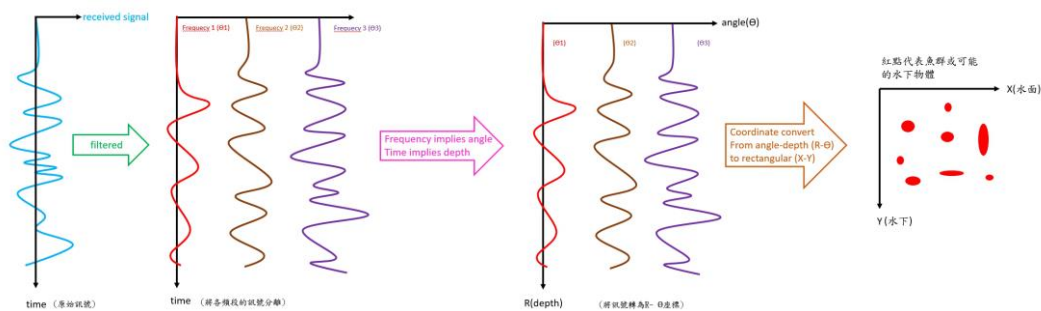
組員：吳柏澄、陳信宏、蕭丞智

指導教授：李夢麟

摘要

魚群探測器(fish finder)是一種透過超音波回聲定位來尋找水下魚群的裝置。傳統的魚探機使用探頭陣列調整超音波的發射角度，發射脈衝訊號並接收由魚群反射回來的訊號，推算出魚群與探頭的距離。然而在魚探機運作的過程中，因為系統性問題而有著製作成本高、電路設計複雜、成像速度慢、高記憶體需求、易產生假影等問題。

此研究計畫希望找出改善現有魚探機的新方法，我們提出了利用 spatial frequency encoding 的方式，只需對反射回的訊號做濾波處理，便可透過單通道的發射接收硬體以及單次發射接收取得的信號，依據頻率來得到不同角度的空間資訊(decoding、詳見下方示意圖)完成超音波陣列成像，並透過 MATLAB 的模擬來驗證所提出方法的可行性。



(spatial frequency decoding 的示意圖)

一、研究動機與研究問題(前言)

● 動機

隨著科技發展以及休閒旅遊業的興起，全世界有越來越多人想要嘗試新鮮的娛樂項目，釣魚就是其中之一。而魚探機即是對於新手釣客的福音，能使這些潛在客戶有更良好的釣魚經驗並期待再次體驗，因此魚探機可以說是一塊非常具有商業利益的市場；若是能透過本研究計畫找出的方法來製造出相較於傳統魚探機價格更低、成像品質相似的新型魚探機，相信能夠創造廣大的商機。

● 研究問題

透過研究現有的相關資料我們發現傳統的超音波陣列成像雖有不同種方式，但歸根究柢都會在傳輸端或接收端布多組電路，加上水域探測範圍較廣的背景因素，就會產生電路複雜、成本高昂、假影產生的問題，但若是使用我們找出的新型成像方式便可以一舉解決上述困難：

single transmit /receive with multiple-line scanning

原理：將不同頻率的聲波一次性的發射往不同角度(space frequency encoding)，並在接收到回波後以頻率作為角度的解碼(space frequency decoding) → 通過不同濾波器後直接將訊號實時的轉換成影像

優點：成像速度極快，電路設計非常簡單(成本低)且不會有假影產生(grating lobe artifact)

缺點：成像品質稍低，但在魚探機的應用中可以忽略

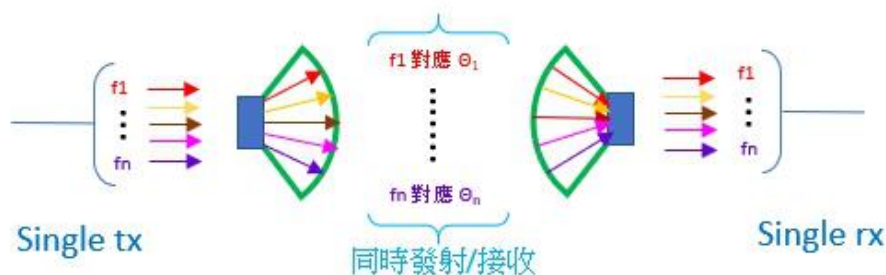


Figure 1 Illustration of our new method- single tx / rx with multiple-line scanning

二、文獻回顧與步驟探討

● 超音波成像簡介

透過聲音撞到物體會反彈的特性，我們可以得知與物體的距離。發射超音波的元件稱為超音波探頭，利用不同位置或時間所發出的聲波會干涉的特性，可透過探頭元件發射超音波的時間差來製造特定方向的超音波束，同時還能控

制波束的聚焦位置。從這樣的觀點出發後，我們大致經歷了以下階段

- (1) 瞭解發射頻率及發射角度之間的關係
- (2) 選擇適當的參數(包含發射角度、發射頻段、掃瞄範圍、探頭規格等)
- (3) 將設計好的探頭規格以及各參數帶入 MATLAB 支援的超音波成像模擬軟體(field 2 / focus)中以模擬實際的成像結果，並分析掃瞄範圍、空間解析度(spatial resolution)、PSF(point spread function)等所需的資訊。
- (4) 實際製作新型魚探機

三、研究過程

3.1 利用 Focus 模擬軟體測試 beam pattern 位置

找出可以使寬頻高斯脈衝($f_1 \sim f_2$)發射後所產生超音波束的範圍(落在 θ_1 至 θ_2 度之間)後，本計畫先使用 MATLAB 的超音波成像模擬軟體 focus 來對計算出的探頭規格(width、kerf 等)進行模擬。

3.2 Field 2 實際透過理論來進行模擬魚探機發射訊號時所產生的超音波成像

這節使用前節的數據作進一步模擬。由於脈衝波的長短會影響到 PSF 的 axial resolution，脈衝波的頻譜也要切合上節實測出的頻率，因此需要考量所使用的脈衝波類型。我們決定使用高斯脈衝波作為發射波，並依據超音波發射與接收的時間差算出距離，透過距離和角度即可找出魚的大概位置。我們選擇使用 linear phase 的 FIR 濾波器實作，考量到丟進濾波器的訊號會讓過濾出來訊號產生 Group delay，進而影響到魚與探頭的距離，因此須將 Group delay 去掉。

四、成果

1.1 觀察探頭的空間解析度

藉由了解不同角度(頻率)、距離(深度)以及元件個數下所產生的 PSF(spatial resolution 的指標)來對設計好的探頭之解析度進行評估。測試的結果如 fig.2 所見。理論上來說，探頭元件的數量會直接影響 PSF 的解析度，在實際觀察上我們發現當探頭元件的數量越高，PSF 的 lateral resolution 會比較好，在 axial resolution 上會稍微變差。

另外，依照相關公式可以知道 axial resolution 與 R 成反比，與 λ 成正比，故理論上應該可以看到 R 或 angle 越大(λ 越大)時 PSF 的 axial resolution 會越大。但從圖中只能觀察出前者，而後者較不明顯，推測是由於不同 angle 對應到的 λ 差異不大，且還需考慮脈衝波在不同 λ (frequency)時本身就有不同的強度，因此結果上來說看不太出 angle 與 axial resolution 之間的關係。

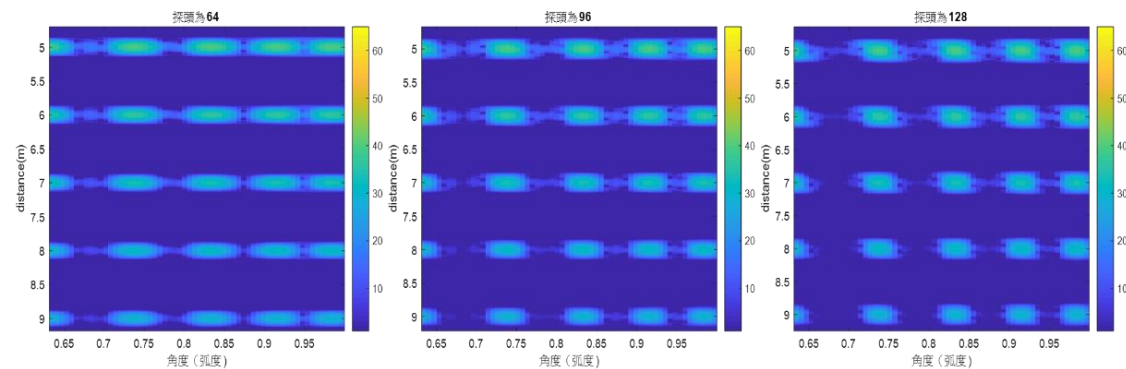


Figure 2 不同探頭數量所產生的 PSF(R- θ 座標)
(左圖為 64 個 中圖為 96 個 右圖為 128 個)

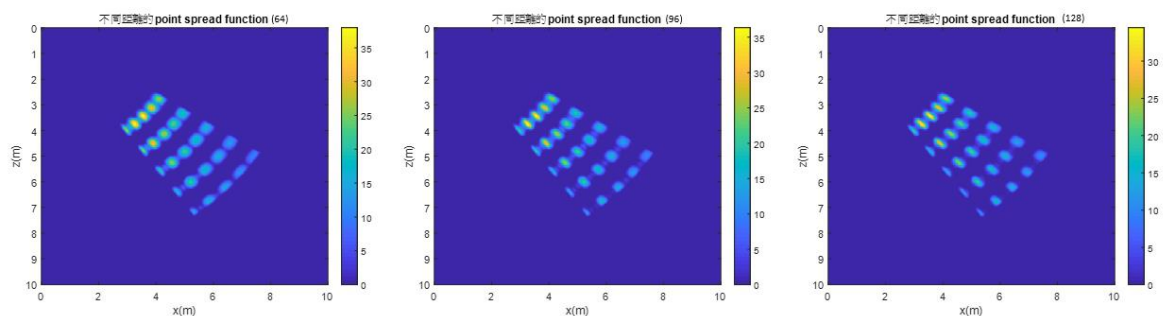


Figure 3 不同探頭數量所產生的 PSF(X-Y 座標)
(左圖為 64 個 中圖為 96 個 右圖為 128 個)

1.2 觀察魚群的移動

在分析設計完成的探頭之 spatial resolution 後，我們實際的將魚群放入模擬環境中，並觀察在 t1、t2、t3 時刻下魚群的影像(實際位置(5,5); (4,3);(7.5,8))，以比較使用此新型成像方式所呈現的影像位置與實際魚群的位置之差異。其結果如 fig.4 所示的：在不同時間點實際位置與影像位置相符，且差異不大。故可再次驗證此新型成像方式的可行性。

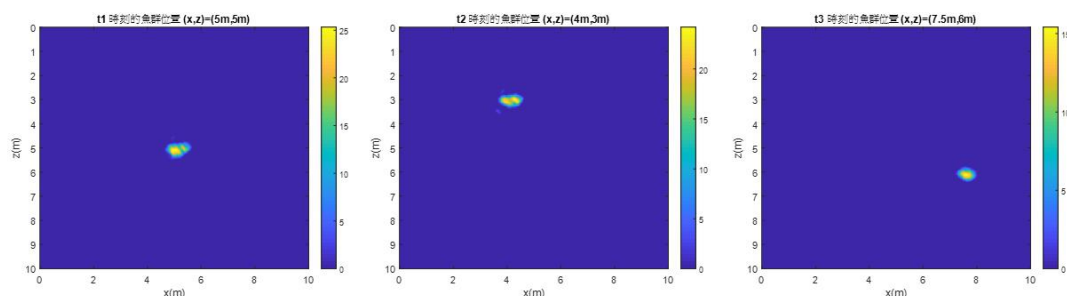


Figure 15 不同時刻下魚群的動態位置觀測圖
(左圖為 t1 時刻 中圖為 t2 時刻 右圖為 t3 時刻)

五、總結與心得

這次專題，我們有了以下成果：

1. 設計出魚探機的探頭規格
2. 找出並驗證探頭髮射光束的位置
3. 模擬出魚移動的影像
4. 找出探頭的空間解析度

從這次專題中，很多東西是從一開始不會，而到後面才慢慢掌握，最後透過 MATLAB 成功模擬超音波影像。我很感謝老師幾乎每個禮拜給予我們有用的建議，並分享過去閱讀 paper 的經驗，另外也感謝另外兩位組員的幫忙。雖然一年下來只做出基本的模擬，但也因此讓我們理解到一個系統的設計流程和開發並不是很容易的，希望之後能深入鑽研。