

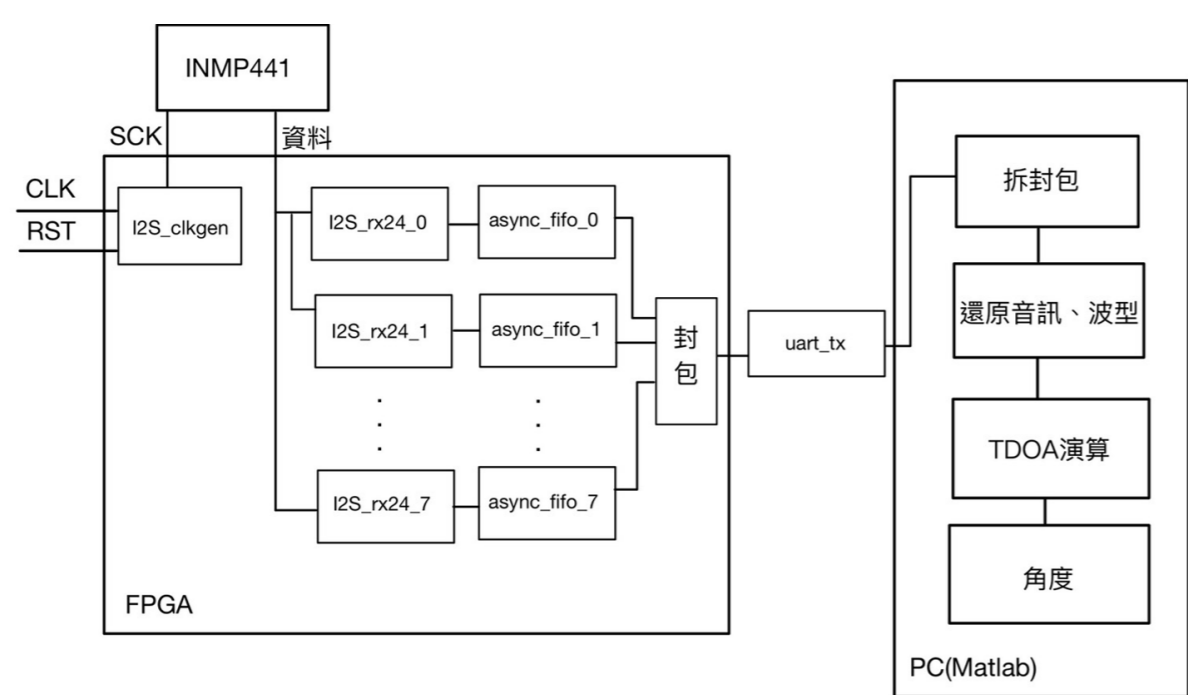
研究動機和目的

災害現場中，濃煙與灰塵常使視覺感測失效，此時聲音成為最可靠的求救訊號。本研究以FPGA為核心，設計多麥克風聲源方向估計系統。FPGA具高並行度、低延遲與低功耗，可即時處理多通道音訊，實現穩定且精確的聲音定位。

本研究主要目的：

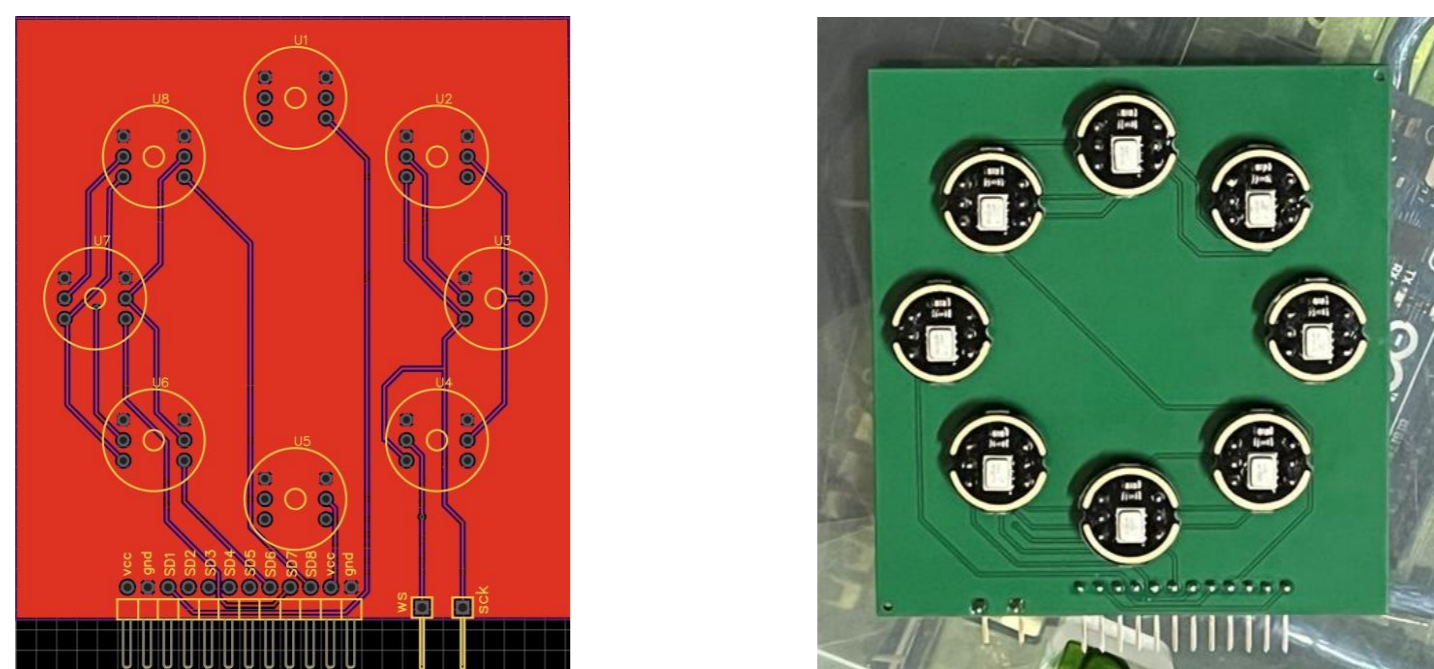
- **多麥克風同步接收**：以I²S介面整合多顆麥克風，確保音訊穩定傳輸。
- **音訊封包與傳輸**：設計FIFO與UART模組，完成音訊封包化並傳送至電腦。
- **方向估測實作**：以MATLAB建立TDOA演算法，提升定位精度與穩定度。

系統架構



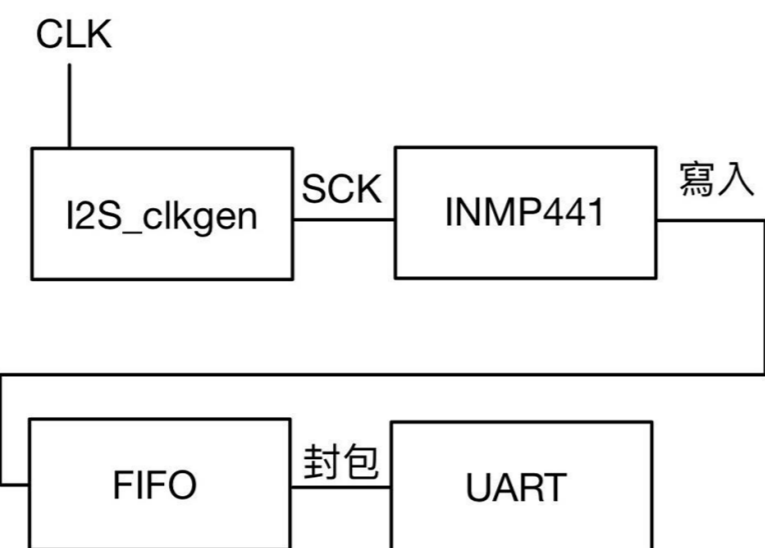
我們先使用FPGA板產生SCK的訊號給麥克風，並透過模組接受資料，進行FIFO緩衝後再封包，最後利用UART傳送封包至PC端進行角度運算。

系統設計



(左)透過Easyeda繪製PCB板 (右)將麥克風焊接至PCB板

首先，透過FPGA產生SCK訊號，將訊號傳送至麥克風使其產生資料，再將資料傳回FPGA。由於SCK和CLK為不同的時脈，因此我們撰寫了非同步FIFO進行資料的緩衝。

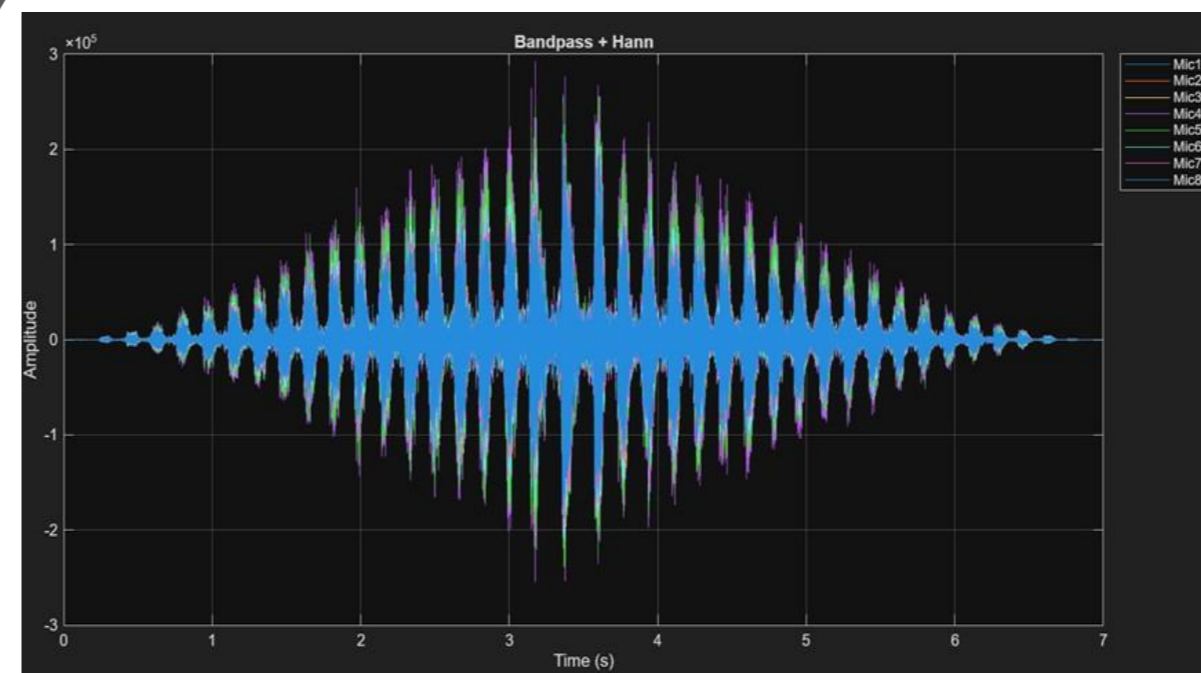


FPGA將八顆麥克風的資料加上保護字元組成新封包，藉由UART傳送麥克風資料封包去PC端。

資料封包經由UART傳輸到PC端後，透過MATLAB封包接收程式，接收封包資料並透過查看開頭字元與結尾字元檢查資料是否完整，並將其還原成八聲道音訊。最後利用TDOA演算法估算聲源方位與角度。

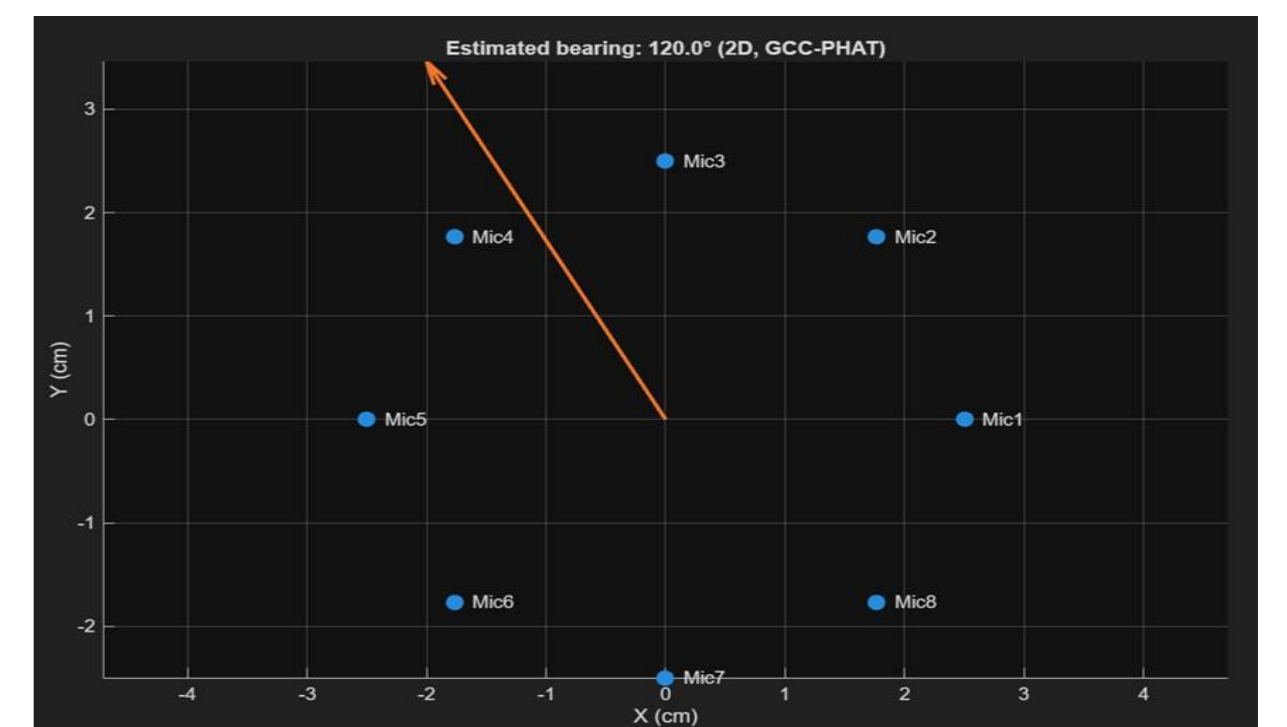


實驗結果



本實驗於不同方位角使用八顆麥克風同步錄音七秒，收集約七萬筆同步資料還原出波形，並透過時間差計算出角度。

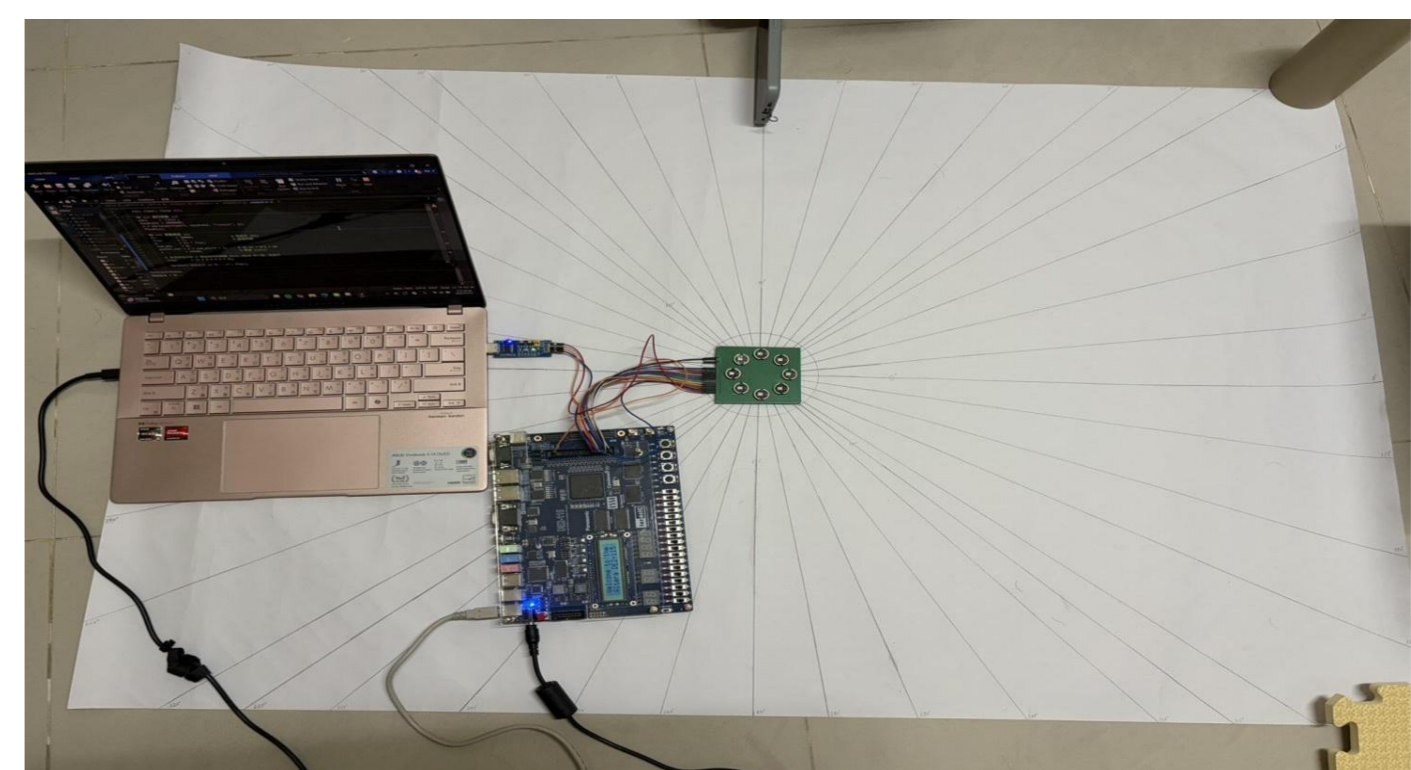
本次我們使用的取樣頻率為10KHz，透過演算法計算出角度後，將實驗結果圖像化，便於與實體系統觀測聲源相對位置。



開始錄音 7 秒...
錄音完成，共收到 70000 筆樣本。
Bearing (GCC-PHAT all-pairs) = 120.0°
WAV 與封包記錄已存到：C:\1562

不同方位角經過測試後，每個角度取三筆樣本的平均作為估算，並將系統估算角度與實際方位比較後計算百分比誤差。顯示系統精度達設計目標，可驗證此系統定位能力之穩定性。

角度	第一次	第二次	第三次	平均	平均誤差(%)
40°	40.2°	39.8°	40.1°	40.033°	0.009%
120°	120.8°	120.0°	120.8°	120.533°	0.148%
230°	230.7°	230.9°	229.8°	230.466°	0.129%
330°	330.8°	330.3°	330.4°	330.233°	0.065%



上圖為成果DEMO圖

結論

在本專題中我們設計了一套八顆麥克風陣列聲源定位系統，我們播放一段音訊後，並對此音訊進行聲源方位估測，經由測試三次後的平均角度誤差在±1% (約±3.6度)之內，有符合預期的誤差範圍，我們也希望未來在此專題的基礎上能夠更加優化聲源定位的性能。

未來展望

- **三維定位**：增加仰角估算，麥克風置於不同高度，提升垂直精度。
- **微型化即時偵測**：將FPGA、MATLAB與微型電腦結合，將錄製改為即時計算聲源方位，實現輕量化、低功耗、高效即時運算。