UC San Diego ｜ ISRP 暑期研究心得



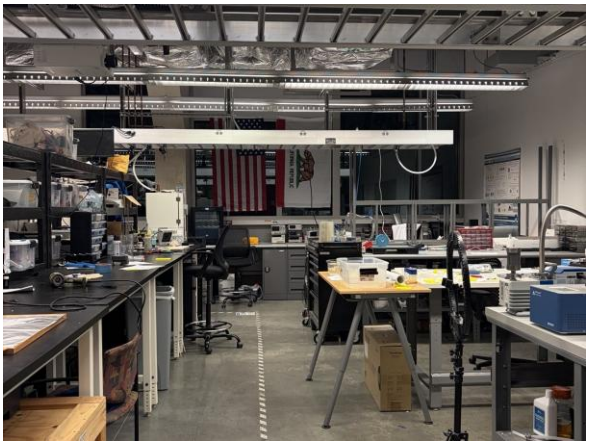
ISRP Symposium｜暑期研究成果發表。

學生 林崇恩　　**學校** 國立中山大學

計畫 UCSD International Summer Research Program　　**研究單位** ARMOR Lab

一、從申請到走進實驗室

今年暑假，我參加了 UC San Diego 的 International Summer Research Program（ISRP），並進入 ARMOR Lab 進行暑期研究。對我而言，這不只是一段海外研究經驗，也是第一次長時間在國外生活。從申請、準備文件、安排住宿與交通，到真正走進陌生的實驗室，都會有不同歷練。





左：ARMOR Lab 的研究空間 ｜ 右：UC San Diego 校園，日常往返實驗室的景色。

二、研究內容

我在 UC San Diego ARMOR Lab 參與的研究，主要聚焦於**被動式無線感測系統（passive wireless sensing）**。研究希望結合 RFID 天線、可變形結構以及溫度或濕度敏感材料，使感測器在受到環境變化時產生形狀或材料特性的改變，進而影響天線的電磁特性，最後透過 RFID reader 無線讀取訊號。

實際研究過程並不是只負責單一部分，而是從材料製作、結構設計、天線測試到資料分析都有參與。首先，我們利用 3D 列印製作具有可變形結構的基板，並嘗試將 RFID 天線整合於其中。另一方面，我們也製作對溫度或水分具有反應的 hydrogel，希望利用材料吸水、收縮或膨脹的特性改變結構形狀。實驗過程中，我們需要反覆調整材料比例與製作方法，觀察 hydrogel 在水中的穩定性，以及不同結構設計是否能維持預期的形變。

在電性量測方面，我使用 RFID reader 與相關軟體記錄不同實驗條件下的訊號，包括訊號強度、感測數值、頻率以及 phase 等資料，再利用 MATLAB 進行整理與分析。我們也嘗試比較感測器在不同狀態，例如拉伸、放鬆、進水或離水時的訊號變化，觀察天線是否能夠穩定地反映結構或環境的改變。由於 RFID 訊號容易受到天線阻抗匹配、周遭環境與量測位置影響，因此實驗中也需要控制條件，重複量測，並針對異常結果重新確認天線連接與結構設計。

研究過程中最常遇到的問題，是實際結果往往和一開始的預期不同。例如部分 hydrogel 長時間放在水中後會逐漸失去結構，3D 列印零件也可能因材料或機器狀況而失敗；RFID 天線則可能因焊接、阻抗匹配或結構改變而出現訊號不穩定的情況。有些設計在理論上可行，但真正製作後卻需要重新修改。面對這些問題，我學會先記錄實驗條件、比較不同版本的差異，再和 mentor 跟隊友討論下一步，而不是只追求一次成功的結果。

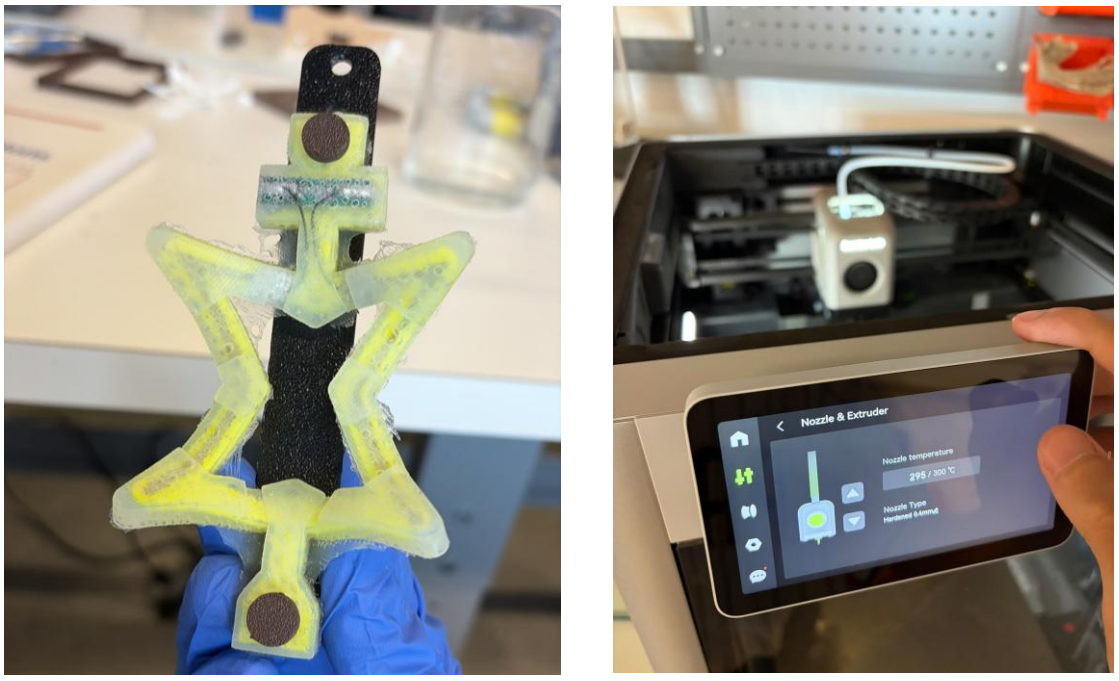
三、研究收穫

在這次暑期研究，我們成功製作並測試不同形式的可變形天線結構，也觀察到天線在不同形變與環境條件下會產生可量測的無線訊號差異。透過 RFID reader 收集的資料，也讓我們能夠從 RSSI、phase 與 sensor code 等資訊分析感測器的反應，而不是只用肉眼判斷材料是否發生變化。

另一方面，實驗中出現的不穩定結果也成為重要成果。例如 hydrogel 在水中的耐久性問題、天線阻抗匹配造成的訊號差異，以及相變材料雖然能在特定溫度融化，卻可能因為本身較脆而不適合直接作為機械固定元件。這些結果讓我們進一步思考材料配方、結構支撐與天線設計之間的關係，也成為後續改善設計的重要依據。

對我而言，最大的收穫是第一次真正體會到研究是一個持續提出問題、測試、失敗、修改，再重新驗證的過程。這讓我學會更有系統地記錄條件、分析原因，也更理解工程研究中材料、機械結構與電路／天線設計彼此之間其實是高度相關的。

另外，這段研究也讓我更熟悉 RFID 無線量測、MATLAB 資料處理、3D 列印以及材料實驗等實務工具，同時訓練自己用英文向 mentor 說明實驗進度、提出問題並討論修改方向。最後在 ISRP Symposium 中，我也有機會整理這段期間的研究內容並向其他同學與師長分享成果。這些經驗讓我不只學到研究方法，也更清楚了解自己未來如果繼續就讀工程相關研究所，會面對什麼樣的研究與合作環境。



實驗室的工作內容。

四、聖地牙哥的生活

在 San Diego 的生活，也讓我學到很多課堂之外的事情。採買、煮飯，以及週末行程與日常預算，原本在台灣不太需要特別思考的事情，都變成每天自己要做的決定。剛開始會覺得生活節奏、飲食與交通都不太習慣，但幾週後也逐漸建立起自己的生活方式。週末有空時，我也會跟同學到 La Jolla、San Diego Zoo 或市區走走。讓我更完整地體驗了美國生活。





左：與同樣來自台灣的 ISRP 同學一起參與活動　｜　右：La Jolla 海邊，周末適度放鬆。





左：和隊友以及指導我們的博士生留下的合照　｜　右：San Diego Zoo。

「這個夏天讓我學到的，不只是如何做研究，
更是如何在陌生的環境裡，慢慢找到自己的節奏。」