

國立交通大學

National Chiao Tung University

出國報告（出國類別：出國短期研究）

赴哈佛大學比爾蓋茲榮譽講座教授
孔祥重教授實驗室短期研究交流

服務機關：電機資訊學士班

姓名職稱：張竣凱 學生

前往國家：美國 哈佛大學

出國期間：101/08/14~09/14

報告日期：101/12/11

一、摘要

孔祥重教授是資工領域著名且傑出的研究學者，現任中央研究院院士、美國國家工程院院士、美國哈佛大學電腦與電機系蓋茲講座教授，本人這次很榮幸於大二升大三暑假前往美國哈佛大學孔祥重教授實驗室交流與參訪一個月，實際參與國外頂尖大學實驗室的研究討論，並加入該實驗室研究計畫，協助該實驗室進行實驗前的數學模擬及實驗結果的分析。研究主題為「空間中射頻訊號偵測技術」，可以大幅減少使用的設備成本，並具有極大的應用與發展空間。另外，本人也實際參與孔祥重講座教授於哈佛大學所開設的課程，觀察國外一流大學師生在課堂上的互動，從中汲取其優點。

二、目次

(一)摘要:	2
(二)本文:	
目的	4
過程	4
1. 研究主題	4
2. 基本原理	4
3. 數學模型與模擬	5
4. 課堂參與暨校園巡禮	8
心得及建議	8

三、本文

(一) 目的

國立交通大學電機學院與資訊學院電機資訊學士班秉持交大「知新致遠、崇實篤行」的學風，推動選送優秀同學赴國外頂尖實驗室短期交流，以期激發雙邊國際合作更優質的研究成果，培育具跨領域整合溝通能力之領袖人才。

本次前往美國哈佛大學主要目的為學習國外頂尖大學做研究的方法與態度，並了解一流實驗室研究的範疇與過程，希望能獲取新資訊，從中擷取並採用其優點。其中，孔祥重教授目前致力於「壓縮式感應」(Compressive Sensing)技術的發展，是一項新興的研究領域。目前的視訊產業中，視訊檔案是由感光元件（如底片等）接收之後，再經由數位壓縮技術得到影像檔案。然而，在「壓縮式感應」的技術中，視訊資料在感光元件的接收端就能夠被隨機取樣，同時壓縮運算，並且能在解碼端經由相對應的反運算獲得視訊資料。例如，過去的數位攝影成像會先透過感光元件構圖，配合 JPEG 資料壓縮這兩大步驟，「壓縮式感應」則是希望能在感應的同時就同步執行資料壓縮。若「壓縮式感應」的技術能成功發展，未來最樂觀的情況將是，攝影時可以不用像現在必須使用動輒數百萬畫素的照相機，只需要數筆資料就能記錄完整的照片。進而，相關研究的開創性將會像當年的「快速傅立葉轉換」(Fast Fourier Transform) 一樣，徹底顛覆未來的產業發展。

(二) 過程

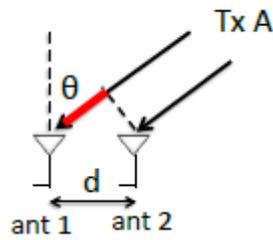
1. 研究主題

一個月的參訪過程中，主要是在孔祥重教授頂尖實驗室中參與研究會議之討論，從中獲得學術研究經驗。此外，本人也協助該實驗室進行「射頻訊號抵達角度的判定」(Determining RF Angle of Arrival) 之研究，這項研究為上述「壓縮式感應」技術的延伸，可用來實現高端監視系統的感測架構，比起先前任何的偵測技術都還要來的快，並且成本可以大幅減低。

2. 基本原理

這項研究的基本原理如圖一所示，兩天線因為空間中位置的差異，從同一發射端所皆收到的訊號會有所謂的相位差，而我們可以透過相位差來求得抵達角（如圖中的 θ ），用以判斷出發射端在空間中的所在位置。由於兩個天線之間所收到的訊號會產生一個相位差，因此一個發射端需要兩個接收端才能判斷其位置，兩個發射端則需要三個接收端，由此可知，當

我們有 n 個發射端，我們需要 $n+1$ 個接收端才可以辨別它們在空間中的位置。



圖一 基本原理示意圖

3. 數學模型與模擬

一旦瞭解基本原理後，接下來便需要撰寫程式來模擬這項架構，但在這之前我們必須將這項技術轉為其數學表示法，使我們可以利用軟體來模擬這個技術。

在不考慮訊號振幅的情況下，空間中，一個接收器所收到的訊號可以下列數學示表示：

$$e^{-i\theta_1} + e^{-i\theta_2} + e^{-i\theta_3} + \dots$$

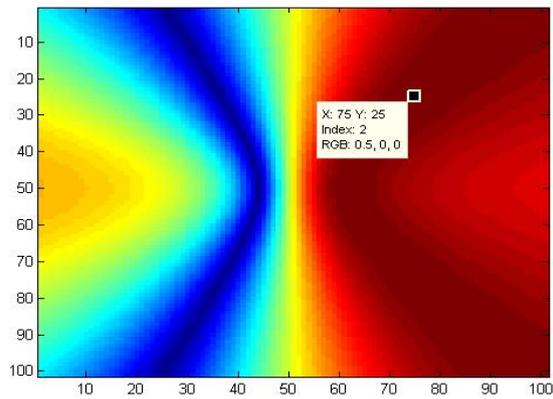
其中， θ_i 為相位

對於一個天線陣列而言，我們可以用向量來表示其所收到的訊號，當我們有一個發射端時，兩個負責偵測的接收端所得到的訊號可以寫成下列向量表示法：

$$\begin{bmatrix} e^{-i\theta_1} \\ e^{-i\theta_2} \end{bmatrix}$$

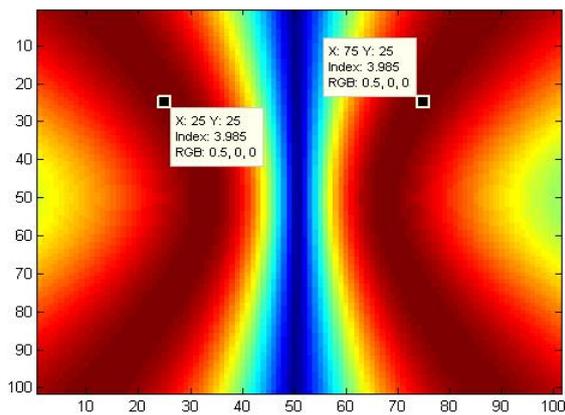
有了向量表示法後，我們便可算出其與另一已知位置向量的共變異數 (covariance)，並利用數學軟體 Matlab 來計算並繪製出空間中發射端可能位置的分佈圖 (圖二與圖三)。

圖二中，我們將兩接收器放置如圖中央，發射端放置於圖中標示座標 X:75、Y:25 之處，顏色愈紅的部份則代表存在發射端的可能性愈高，顏色愈藍則代表可能性愈低，結果符合我們的預期。



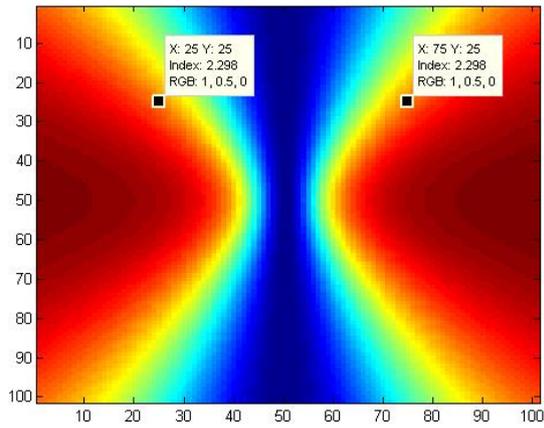
圖二 只有一發射端位置測定的模擬

圖三中，我們有兩個待測的發射端，分別位於圖中標示座標 X:75、Y:25 以及 X:25、Y:25 之處，同樣的，顏色愈紅的部份則代表存在發射端的可能性愈高，顏色愈藍則代表可能性愈低。



圖三 兩發射端位置測定的模擬

先前有提到接受端的數目必須比發射端來的多，以下我們模擬若接收端數目不足會造成什麼現象（圖四）。比較圖三與圖四可以看出，當接收端數目不足時，判定的發射端位置會與實際位置有很大的落差（原本白色（可能性較低）的部份現在判定為紅色（可能性較高）），造成很大的誤判，因此必需確保天線陣列中接受端數目的正確性。



圖四 接收端數目不足的模擬

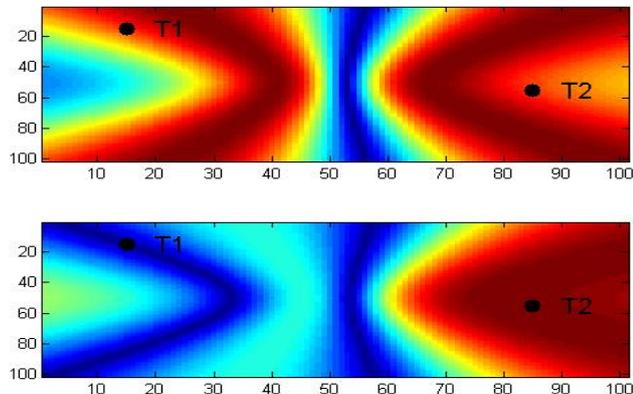
目前看來我們的方法似乎相當可行，然而，我們並沒有考慮到環境中潛在的干擾，因此我們必須發展出能夠抑制這些干擾源的方式，以免造成誤判。我們利用數學中的線性轉換來達成這項目標。以兩個發射端的狀態為例，假設我們必須抑制的訊號可以寫成下列表示法：

$$\begin{bmatrix} e^{-i\phi_1} \\ e^{-i\phi_2} \\ e^{-i\phi_3} \end{bmatrix}$$

接著，我們設計轉換矩陣的兩個列為：

$$\begin{bmatrix} 0 \\ e^{i\phi_3} \\ -e^{i\phi_2} \end{bmatrix}^T \quad \text{與} \quad \begin{bmatrix} -2e^{i(\phi_3-\phi_1)} \\ e^{i(\phi_3-\phi_2)} \\ 1 \end{bmatrix}^T$$

將收到的訊號的向量乘上轉換矩陣後，再求取其與各點的共變異數，經過模擬後可以得到圖五：



圖五 抑制干擾源的模擬

圖五中，我們假設標示 T1 處為干擾源，T2 處為我們的待測發射端，我們發現經過我們的方法處理後，原先 T1 橘色的部份轉變成深藍色（代表存在待測物的可能性非常低），由此可見我們成功的抑制了干擾。

由這些模擬中，我們可以初步確定採用的方法是可行的，當然我們仍需考慮更多的因素，以使我們的技術更加全面。

4. 課堂參與暨校園巡禮

另外本人也參與孔祥重教授於哈佛大學所開設的大學部課程(CS143: Computer Networks)，了解國外教學方式及國外學生學習態度與課堂參與情況。此外，本人也參訪哈佛大學各系所與博物館，見識頂尖大學如何規劃其校園、創造舒適的學習環境，以及如何保存珍貴的歷史財產與研究資源。本次參訪成功開拓本人的視野、改變價值觀與學習方式、並建立一流大學之研究精神。

（三）心得及建議

首先，國外實驗室相當的自由，研究人員並沒有固定的研究時間，儘管如此，教授與研究生之間的聯絡仍十分密切，除了以電子郵件聯絡外，教授也會使用 Skype 與研究生面對面討論與溝通目前研究進度與相關事宜。孔教授實驗室的研究相當緊湊，每當教授獲得可以納入研究的新技術或論文，他便會分派研究生詳讀之，並於隔天以簡報的方式陳述，探討此項技術對於目前研究室研究方向有何貢獻、是否可以納入新的研究方向。研究會議中，教授與學生的討論十分密切，任何疑問、異議皆能提出，會議目的在於新技術的開發以及現有技術的整合與創新。

另一方面，孔教授所開設的課程與國內現有課程有所不同。首先，教授會集合所有研究生一起討論新課程的課綱，依照現代的趨勢調動授課內容，而非依照教科書編排的方式授課。評分標準方面也與國內有偌大的不同，學生大部分的成績來自於上台報告、提出的問題，以及課程相關專題的研究，並非以筆試測試學生實力。課堂上，教授會於每堂課以簡報方式附上當週重大的科技新聞，期許學生能夠將所學與時事連結，而國外學生也與大多數國內學生不同，他們會自動分享與討論主題相關的經驗，整堂課彷彿一個小型的討論會；另外，學生一有問題便會馬上提出，如果教授的回答不符合他的預期，便追根究柢直到解開其心中的困惑，有時教授甚至能從對答之中，學習到新的事物。專題方面也十分的創新，教授期許學生能夠結合現有的社群網路與電腦網路，進行專題的探討，不避諱使用甚至教授也不熟悉的新技術，因為教授也想藉此機會學習，試圖將其運用至目前的研究領域中。

我建議能夠實驗性的開設如上所述的課程，一方面能夠真正的測試出學生對該門課的學習程度，二方面教授也能從與學生的互動中獲得新觀點，使得研究有所突破。另外，我也建議若經費許可，應該每年派遣兩位學生前往該實驗室參訪，一來兩人能有所有所照應，二來兩人看法與觀點不同，能夠吸收的知識也會放大、更寬廣。