**ASP Final Project**

黃柏維 機械碩一 R10522815

**Methods：**

在課堂中有學到以下幾種beamformers

* The beamformer with uniform weights

選擇權重

使得輸出

如此一來可以把雜訊平均，盡量的消除雜訊。

* The beamformer with array steering

選擇權重

這可以使得最大的上，較能準確抓出source的訊號。

* The MVDR beamformer

由於輸出可以寫成

當我們要降低noise造成的影響，我們必須盡量降低，但是noise的R矩陣不好計算，因此選擇改用降低，並建立最佳化問題

將此最佳化問題解得如下

因此只要知道及，即可計算beamformer的weight。

* The LCMV beamformer

在訊號的接收中除了雜訊之外可能還會有來自的干擾訊號，但是MVDR比較沒辦法考慮到這個狀況，因此在做MVDR的最佳化問題時，將Constraint改成

此時

將該最佳化問題解出可得

2.

在角度的估測上，課堂上有提供了幾種方法

* MVDR spectrum
* Multiple Signal Classification (MUSIC)
* Estimation of Signal Parameters via Rational Invariance Techniques (ESPRIT)

矩陣估計

不管在哪種方法中，必須先知道訊號的矩陣，但因為其中涉及期望值的計算，然而我們只知道訊號源的量測值，因此必須透過這些量測值去估計矩陣。有以下方法可以用來估計矩陣

我後來選擇採用第三種方法來計算估計矩陣，因為第一種較容易計算出singular的矩陣，此時無法計算反矩陣，因此可以再加上一個微小的對角矩陣，使得矩陣變成singular，易於計算反矩陣，第二及第三種方法都是這種類型的，但是第三種方法會另外乘上係數，使得最近的訊號會有較大的權重，因為source的訊號源位置會隨時間變化，因此太久之前的訊號相對就沒那麼重要，所以最後決定使用第三種方法估計矩陣，並選擇做為權重的衰減率。

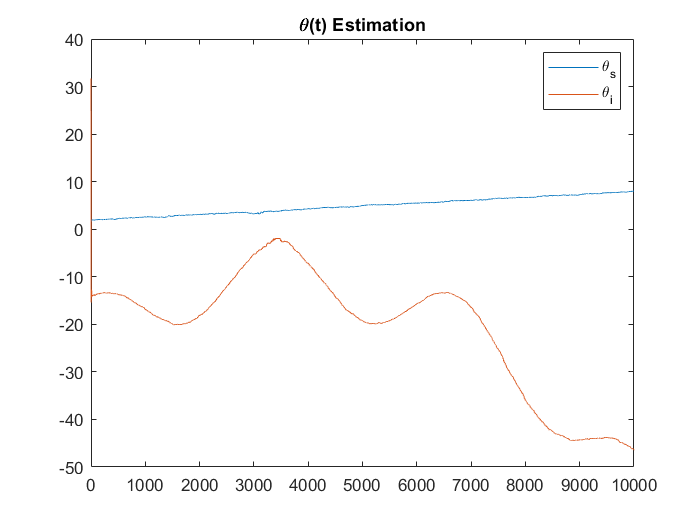
DOA

有了矩陣，我們便可計算該時間點下的MVDR spectrum，公式如下

接著即可找出此MVDR spectrum的local maximum，找出第一大及第二大的峰值及對應的值即可估測出及。

在實作的過程中，由於在前幾個時間點所知道的資料量還太少，因此很容易被雜訊影響，因此我在計算MVDR spectrum的時候只會取到小數點第一位，粗略估計及，到約5個sample之後，我會直接選取前一個時刻估計出的角度，並取其正負一度的範圍計算MVDR spectrum，計算該範圍內的local maximun，並取到小數點後兩位，如此一來計算時間及精度可以取得平衡。

3.



4.

在課堂中有介紹了4種方法，其中LCMV beamformer最能處理這個project中的情況，因為只有LCMV有考慮及造成的影響，而其餘演算法僅僅只有考慮。因此我在設計beamformer時，優先參考LCMV的演算法，並依此下去做延伸。

在LCMV演算法中，beamformer的weighting為

即可計算出

在這個基礎之下，再對輸出的做平滑化處理，公式如下

這樣可以使在該時刻的輸出值可以參考前一個時間點的輸出值，使得每個時間點之間的輸出值不會有過大的差距，較能呈現連續性的波型。

5.

由於輸出是複數向量，因此我先取絕對值再畫出圖形，並把unwrapped phase畫出來

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

**Additional Discussions：**

DOA estimators

在我的DOA estimator裡面，我會先將MVDR spectrum計算出來，並取到小數點後第2位，因此會需要跑for迴圈來計算每個角度之下的值，此外也需要計算R矩陣的inverse，所以會需要較大的計算量，複雜度為n。

LCMV beamformers

在LCMV beamformer中，就僅僅只是利用課本的公式進行矩陣運算，主要計算量是在於反矩陣的計算。

My beamformer

我所設計的beamformer是基於LCMV beamformer所延伸出，將output去做smoothing，由於我做smoothing的算法是直接看上個平滑化後的資料並將其與LCMV新預測的資料取平均，因此只有Constant time的計算時間。因此計算複雜度與LCMV beamformer差不多。