

# DSP Final Project Team30

## 仿主動降噪技術聲音回饋

Members : 106061245 侯永駿、106061222 陳柏霖

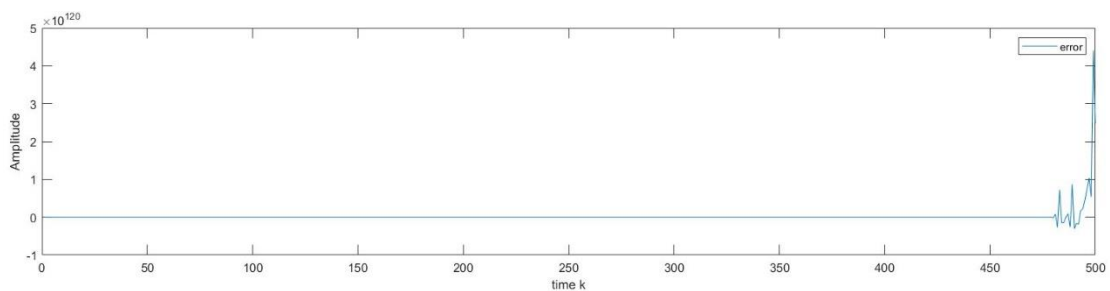
Github: [https://github.com/caprico613/DSP\\_final.git](https://github.com/caprico613/DSP_final.git)

### I. 問題定義/應用場景

在這個 Project 中，我們希望藉由 matlab 模擬出在日常生活中環境的白噪音(例如：風扇、冷氣口發出的嗡嗡聲)，並藉由主動降噪(ANC)的方式將此聲音消除，其原理是先用麥克風收集環境噪音，並產生與此相反的反向聲波，從而抵銷環境噪音，而此設計，也被大量應用在現代許多的藍芽耳機上面，使得在聆聽音樂的時候能夠有更純淨的音質且不受外界干擾。

### II. 問題分析

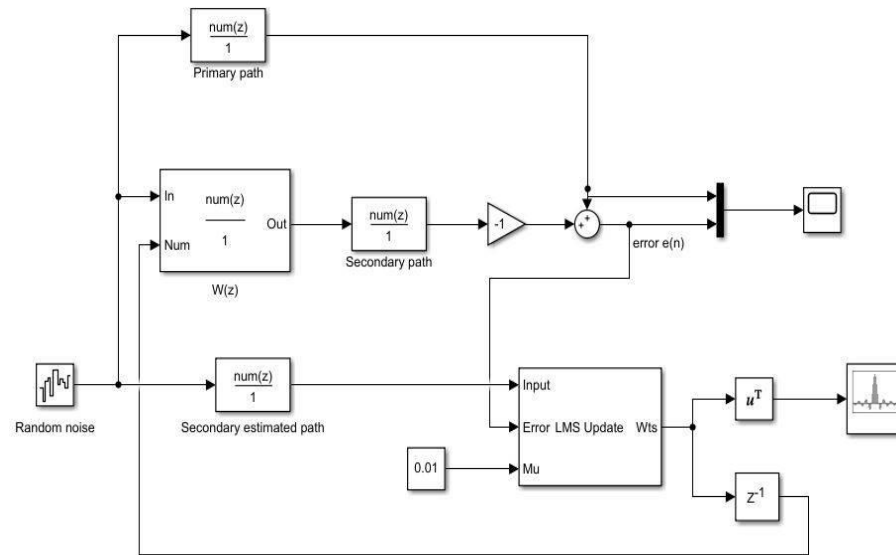
1. 背景噪音的聲音可能會隨著場域的變換而不同(例如：從馬路上走到室內)，所以需要隨著時間的不同，改變所產生的反向背景聲頻。
2. 找尋合適的音訊切割片段，如若時間間隔太小，可能會將真實人聲辨識成噪音，若太大，也會無法反映真實狀況，所以須依據音訊檔本身做調整。
3. 在實作 LMS 演算法處理濾波器的參數時，會需要調節一個收斂因子 $\mu$ ，其大小會影響收斂的穩定與速度，若其值設定太小會使得收斂速度太慢而降低降噪的效率，其值設定太大則可能使得收斂過程產生震盪甚至發散(如圖一)。



圖一、當 $\mu$ 太大時，容易產生震盪

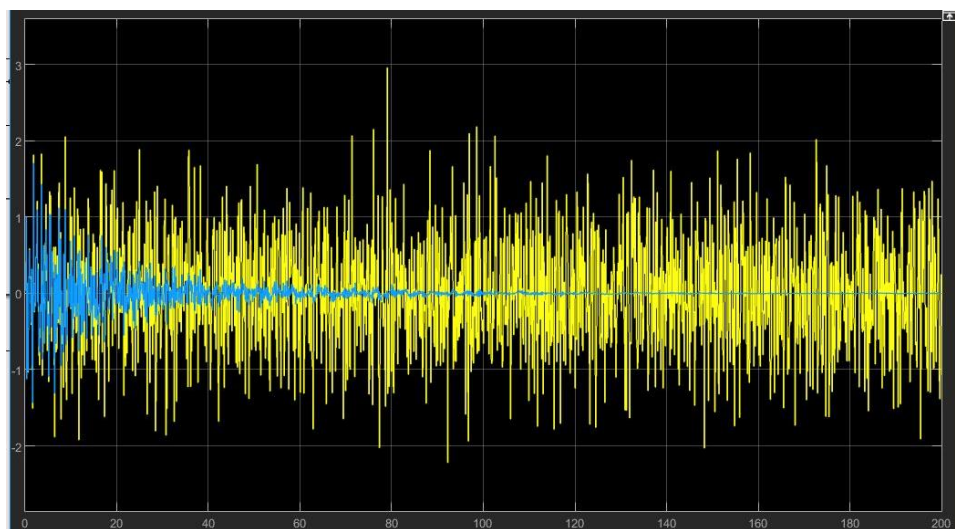
### III. 定義方法

首先我們參考網路上的 matlab Simulink 實作 FXLMS 的模型(如圖二)



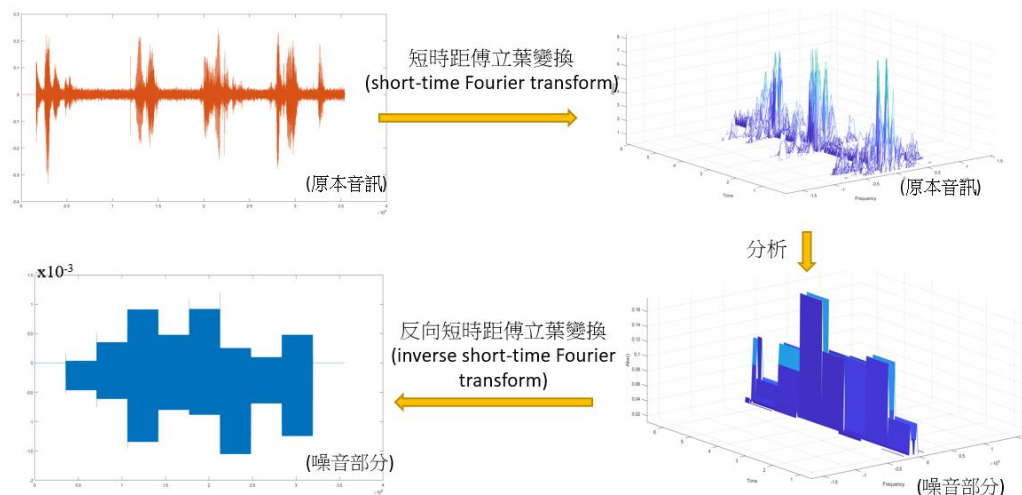
圖二、FXLMS 運用 Simulink 實作

模擬出理想上有降噪功能的環境，然後再將 FXLMS 的函式手動實現出來並測試其降噪成果(如圖三)

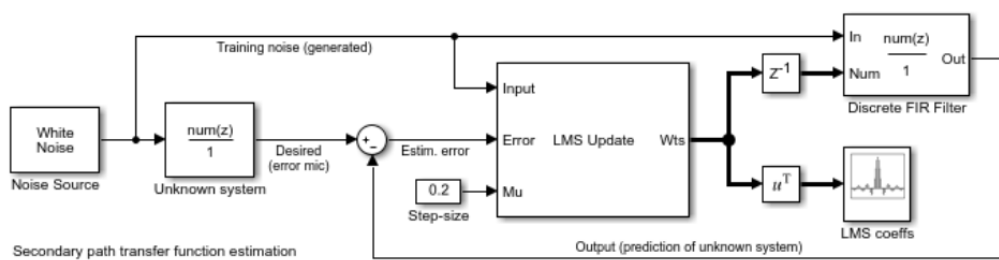


圖三、FXLMS 降造成果(黃色為原本噪音、藍色為降噪後結果)

最後再將此函式改造並加入短時距傅立葉變換(short-time Fourier transform)，利用短時距傅立葉變換找出位於音訊檔中的背景聲音部分(圖四)，針對背景聲音修改發聲喇叭的參數，最後讓喇叭擁有針對此段噪音的對抗係數，並達成發出反向聲波抵銷背景噪音的效果。



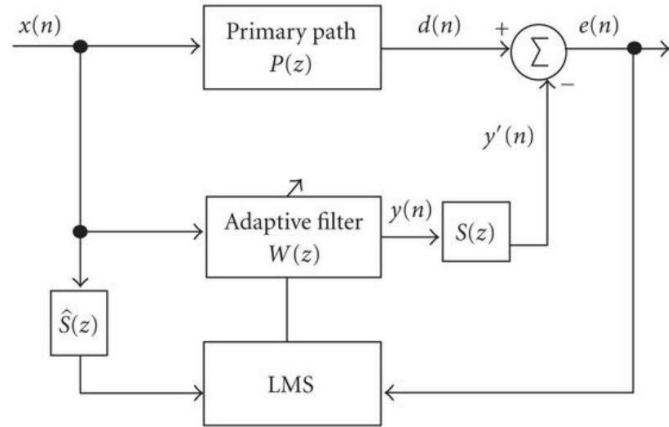
圖四、短時距傅立葉變換尋找噪音



圖五、尋找發聲喇叭係數的方式

上圖(圖五)為尋找發聲喇叭係數的方式，我們先利用 LMS 系統疊代出與現實中喇叭第二路徑相同的係數，接著利用短時距傅立葉變換分析後得到的噪音片段，當成 FXLMS 的輸入，讓其疊代訓練出較精準的噪音的對抗係數。

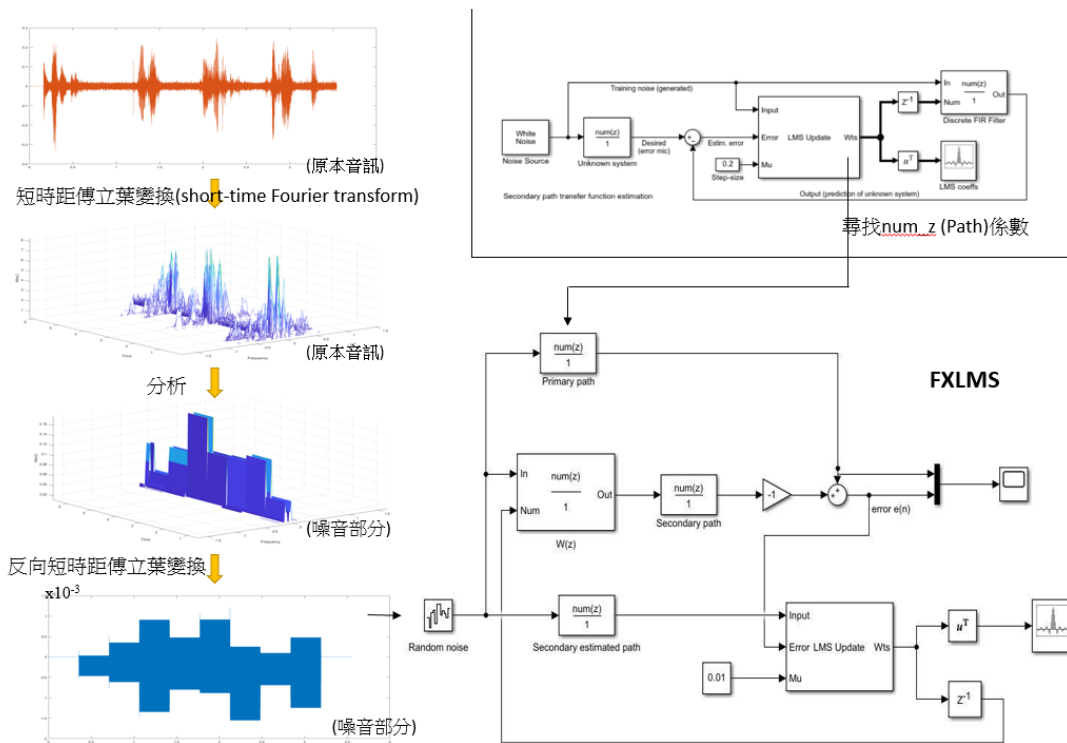
FXLMS 步驟可以從下面這張圖(圖六)來理解，其中  $x(n)$  為噪音來源， $P(z)$  和  $S(z)$  分別為第一與第二路徑， $\tilde{S}(z)$  為第二通道的估計函數， $W(z)$  為適應性濾波器， $e(n)$  為第一通道與第二通道的誤差函數。



圖六、FXLMS Block Diagram

1.  $x(n)$ 經過濾波器 $W(z)$ 後生成 $y(n)$ ，而後經過第二通道 $S(z)$ 生成 $y'(n)$
2. 將第一通道與第二通道生成的 $d(n)$ 與 $y'(n)$ 相減得到誤差估計 $e(n)$
3. 將所得的 $e(n)$ 與 $x(n)$ 經過 $\hat{S}(z)$ 後的結果作些許計算後生成新的 $W(z)$ ，然後繼續疊代下去，而到最後 $d(n)$ 與 $y'(n)$ 的數值會越相接近，誤差函數會越來越小，達到降噪的目的。

#### IV. 結果分析

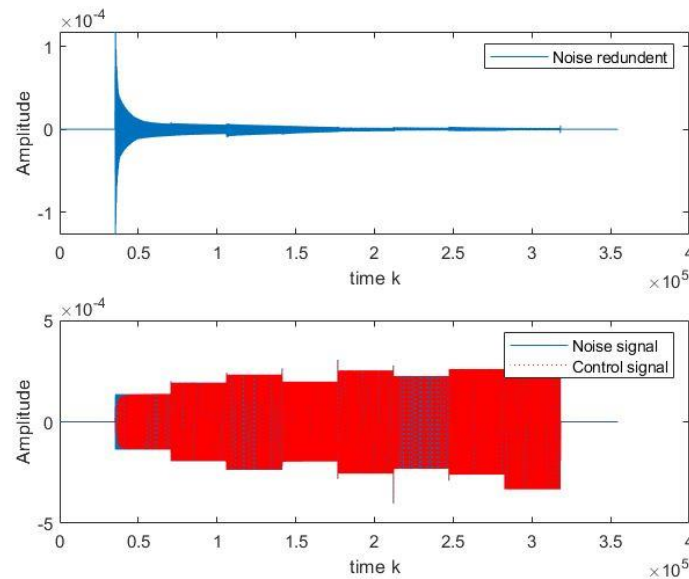


圖七、整合圖

上圖(圖七)為整合圖，我們先將原本的音訊檔利用短時距傅立葉變換並分析取得

噪音部分，同時利用 Random noise 找出喇叭 path 的參數，之後將噪音部分反覆交給 FXLMS 運算，最後即可取得該喇叭針對此段噪音的對抗係數，並達成發出反向聲波抵銷背景聲音的效果。

下圖(圖八)的第一張圖為誤差函數也就是將原本分別經過第一通道與第二通道後做相減後的結果，可看出當時間越大，所得的誤差減少越多，而第二張圖是原本的噪音(Noise signal)與其減去誤差(Control signal)的圖形，如果兩個 signal 越接近，也就是誤差越來越小的意思



圖八、降噪後成果

## V. 結論

從上圖(圖八)來看，我們已經可以針對不同的噪音，利用喇叭產生出相同的聲音，所以只要我們將聲音的 phase 調整  $180^\circ$ ，即可製造完全破壞干涉，造成在聽覺上無法聽到此段聲音的效果。不過時間間距與收斂因子  $\mu$  的找尋問題仍有待解決，因為時間間距與收斂因子  $\mu$  較相似於 hyperparameter，需透過不斷反覆測試才能取得較好的數據結果。

## VI. 貢獻

### (a) 方法貢獻：

音訊檔處理和分析的部分，與實作應用概念為原創，不過實作內容則參考網路上關於 FXLMS 部分。

### (b) 實作貢獻：

參考網路上關於 FXLMS 的 Simulink block diagram (參考 1)與其演算法(參考 4)，接著用 matlab 將 function 實作出來：FXLMS.m

## VII. 組內分工

106061245 侯永駿：音訊檔處理與分析、matlab 內容串接整合、部分 report  
106061222 陳柏霖：FXLMS Simulink 實作與其 matlab 函式、algorithm、部分 report

## VIII. 參考

1. Active Noise Control with Simulink Real-Time - MATLAB  
<https://www.mathworks.com/help/audio/examples/active-noise-control-with-simulink.html>
2. LMS 和 NLMS 演算法  
<https://www.itread01.com/content/1574269325.html>
3. Block diagram of feedforward ANC system  
[https://www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-feedforward-ANC-system-using-FxLMS-algorithm\\_fig1\\_224327743](https://www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-feedforward-ANC-system-using-FxLMS-algorithm_fig1_224327743)
4. 主動式噪音消除之第二路徑整形  
<http://www.fcu.edu.tw/wSite/public/Attachment/f1256196313342.pdf>
5. 短時距傅立葉變換 stft  
<https://www.mathworks.com/help/signal/ref/stft.html>