

## Chap 1. General Introduction

系統隨時追蹤變化 系統反應速度必須大於 channel 變化 廣義上也是一種 ML 技巧

define 變化? 系統參數的變化, define 系統參數? 就是 impose response

define 系統參數變化? 根據 channel(通道環境) dynamically 調整 impose response

跟數位訊號處理差別在於 DSP 的 filter 參數是固定的 而 ASP 的參數會動態調整

DSP 非 ASP 的 prerequisites 但 ASP 是 DSP 的延伸 有訊號與系統及機率的基本概念即可

## Chap2. Random Signal Processing

Random process 簡介 2, 3 weeks 講數學基礎(願意學習即可!)

## Chap3. Optimal Signal Processing

類似 ASP 的 prerequisites 是 ASP 重要基礎(目標目的本身) ML MAP

有單獨課程 Numerical optimization? Convex optimization?

最佳化訊號處理 OSP 考試重點!! 期中考筆試 著重 1 到 4 章(因為適合考試 XD

最佳化正如其名 是理想狀況 實際上可能做不到

“數學”複雜度超高! 比如 channel 通道環境不可能 100%可知 所以著重數學上 理想環境下討論 即便假設所有資訊都知道 數學難度還是太高 可作為實際上 ASP 的指引跟參考

## Chap4. Introduction to Adaptive Filters

第 4 章才真正開始切入 ASP 主題

ASP 理論已經大致收斂? 較少新研究論文提出

## Chap5. Adaptive Signal Processing: Algorithm and Structure

從最經典的 LMS Algorithm 開始講解, 證明(冗長! 深入介紹數學跟演算法精神

## Chap6. Application of Adaptive Filters

References 沒有固定教科書 以 ppt 教學為主

1. Clarkson 修課最推 2. Widrow 最早(演算法較少) 3. Haykin 做研究最適合 4. 從統計角度出發

Midterm 40% 只考 1 次 遠距考試可能會 open book 可以查任何資料 除了詢問他人(嚴重!

Homework 30% 有很多次 解題式作業 程式作業? 可以討論但切勿抄襲 用自己的話重構

Term project 30% 小組 解實務問題 無正解 從論文提出新 ASP 演算法開發 期末課堂實測

((老師說不要考太差 作業有交 基本上不會被當 如果有危險就期中考考完二退 XD

## Chapter 1 Introduction

### I. Optimal Signal Processing

#### 2)最佳化準則(機制) Optimal Criteria:

Maximum Likelihood, Maximum A Posteriori 最大後見機率 (二者跟 ASP 沒什麼關係)

Minimum Mean-Squared Error (MMSE) 跟 ASP 有關

#### 3)條件: 都需先知道統計特性(statistics)

#### 4)常見技術: Inverse filter, Linear prediction

舉例 Linear prediction 應用 如語音訊號處理 機器人語音 先建立語音 data base 透過 off-line training 找出最佳化的 Linear prediction coefficient(語音參數) 以此建模/設計系統 (因為是 off-line training 訓練時間 計算資源 複雜度.. 可以不計代價)

### II. Adaptive Signal Processing

1) 考慮要設計 分析 實作 一個架構(structure)會隨輸入資料改變的處理系統(processing systems) (這裡的 structure 概念比較接近 parameter)

2)且輸入資料的統計特性(statistics)都未知

3) Open-Loop Adaption 無回授機制 輸出入沒有連接, hardware-heavy, more complex

舉例: 溫度計 感測室外溫度 決定自己要穿什麼衣服 XD

(a)需要額外硬體(量測系統)

(b)應用 input information 於某種 已知或存在 的公式或演算法(方法要自己設計/找到)

(c)透過量測結果(即 input 分析結果)來調整(adapt 機制即怎麼調整的方法應該也要自己設計/找到)

條件: 分析, 合成的過程必須已知或存在待尋 以作為評估基準(analytic, synthesis procedure exists or is known) 也許某些情況下 訊號是無法或無從分析?

4) Closed-Loop Adaption 有回授機制 輸出入有連接,

舉例: 沒有溫度計 可以跑出去感受一下室外溫度 來調整自己(系統)

(a)從輸出端 output 來算 performance 而非從 input 分析 故會要找到 performance indication signals 並設計一個 performance calculation 計算機制 如何決定哪些是我們要的 signal 跟計算 performance 的機制 是我們的技術創新突破點

輸出會跟另一個 other data(reference 基準)比較 故會要設計/找到一個 reference data 統計機制

(b)可以克服 若分析過程未知或不可合成的問題(因為如果分析方式未知 根本無從建立系統)

(c)可以克服 物理上電子零件測量誤差不準確的問題(side-effect advantage)

((依照使用情境決定要 Open-Loop 還是 Closed-Loop 系統 二者並無優劣 慢慢體會 XD

接續 Open, Closed-Loop 著重 Closed-Loop

## Basic configurations

### 1. Prediction

### 2. System identification 系統判別

Caveats. 訓練用的 training sequence 必須要非常有代表性!

### 3. Inverse modeling

其實就是 training phase(training mode)

經過 channel 才有 distortion

### 4. Interference cancellation

加分思考. Is there any other types of applications, besides these four basic configurations

## 7)有關 Adaptive Algorithm

Concerns. SCCR

### 1. Stability 穩定度

### 2. Convergence speed 收斂速度

### 3. Convergence accuracy 收斂準確度

### 4. Complexity(系統)複雜度

ASP 是 real-time training(跟 ML/DL 的 off-line training 很不一樣)

### 5. Robustness 強健度

抗 noise 的能力..

## 8)常見 Adaptive Filtering 應用

## 接續 8) Application of Adaptive Filtering

Noise cancellation 可以消除 narrow band noise 如引擎聲(white noise 是無法消除的)

Line enhancement 單一訊號增強 常用於影像處理 如修圖軟體

Equalization 最容易實作 可及時追蹤系統變化

Acoustic 聲音

Active noise control system 舉例高級車內機械系統, 飛機駕駛艙(zone of quiet)

Echo cancellation 有 2 種

1. Echo cancellation in telecommunication 如台美長途電話 Far End echo cancellation (早期 通訊電子學 透過變壓器線圈 coupling 訊號 但小部分 signal loss/leakage 造成 echo)
2. teleconferencing system 如視訊會議 Far End echo cancellation
3. 撥接網路(銅線訊號線) Near End echo cancellation ((close-end? 換成光纖就沒問題)

Table 1

Signal Prediction

Change detectiono(Edge detection). Adaptive filter + False alarm

Multi-sensor Interference Cancellation.

Acoustic Noise Control

Adaptive Beamforming. MIMO system Beamforming

## Chapter 2 Random Signal Analysis

### I. Discrete Random Process

#### 1) 什麼是 discrete random variable?

Random process 就是一串的 random variables, 各自的 pdf 不一定相同 也可相同  
每個 random variable 對應各自的 probability density function(描述 random variable)

#### 2) 什麼是 random process 的 Average?

(a) First-order moments(mean) 期望值 或稱 n-sample average 如丟 n 次骰子得到的平均值  
 $E\{\}$ 取期望值 linear operator

(b) Second-order moments 為求簡化 數學式沒特別提都預設是 real, 後續再延伸 complex

(i) Correlation

(ii) Covariance 就是 zero-mean 的 correlation

(iii) Covariance and correlation matrices 隨機程序跟機率的最大差異就是這個矩陣關係  
(數學式沒特別提都預設是 column vector)

(c) Higher-order moments 高階統計訊號(統計訊號處理 statistical signal processing)

常應用於 non-Gaussian 情況(這堂課不會用到) 因為數學太難都先考慮 Gaussian 環境(完全可以只用 first, second order 描述)

#### 3) Independence, Correlation and Orthogonality 有 3 個重要性質 得自己推導了解!

Covariance 為 0 稱為 Uncorrelated, 而不是 correlation 為 0, (要扣掉 mean 為 0)

若為 Independent 則必為 Uncorrelated

若為 Uncorrelated 不一定為 Independent, 除非是 Gaussian pdf

#### 4) Stationary

(a) Strongly stationary, Strictly stationary 限制太嚴格所以難應用

條件 Shift-invariant 大家同步 shift n 不會影響 cdf, cdf 完全不變 且可以是任意 k 個 cdf

(b) Weakly stationary, Wide-sense stationary 廣義的 stationary

(i) 不同時間的 mean 都是常數  $\mu$ , constant

(ii) Correlation 只跟時間差有關 只看 2 訊號的時間差來決定 correlation

接續 wide-sense stationary

iid signal 就是 purely random signal 但 paper 上較常直接寫 iid

凡是符合 white 的 correlation structure 都可以有 white 特性 不論訊號或雜訊  
(通常 general 的訊號稱 white sequence, 雜訊稱 white noise?)

若為 iid sequence with zero mean 則必為 white sequence

若為 white sequence 不一定為 iid sequence with zero mean, 除非是 Gaussian pdf  
(但課程上若沒特別提 iid 都預設是 white sequence, 也就是預設是 Gaussian)

Random signal 的 power spectrum 不能直接取傅立葉轉換 因為訊號是 random variables 不像  
deterministic signal 是明確的 所以會先求 autocorrelation 再算 F.T. 得到 power spectrum