

基於總合性最小平方誤差準則之複係數特徵濾波器 設計

研究生：林敬淵

指導教授：林清安教授

國立交通大學電機與控制工程學系

中文摘要

特徵濾波器最初是基於最小平方誤差準則來設計想要的頻率響應，後來發展出實係數特徵濾波器基於總合性最小平方誤差準則，將原本的最小平方誤差準則用總合性最小平方誤差準則來取代，兩者相比較之下，總合性最小平方誤差準則不但保有原本的特性，並且改善了演算過程中需選擇參考頻率的缺點，進而更降低其演算的複雜度。

本文主要是將特徵濾波器基於總合性最小平方誤差準則的觀念加以延伸，原本只應用在實係數領域進而擴展到複係數領域，而這樣的擴展讓基於總合性最小平方誤差準則的特徵濾波器在應用面得以完備，並且改善了相位響應的近似。

Total Least Squares Error Criterion Based Complex Coefficient Eigenfilter Design

Student : Ching-Yuan Lin

Advisor : Ching-An Lin

Department of Electrical and Control Engineering
National Chiao-Tung University

Abstract



At first, the eigenfilter is designed based on the least squares error criterion to obtain the desired frequency response. Then the criterion is later extended to total least squares error. By comparison with least squares error criterion, the eigenfilter designed based on total least squares criterion retains not only the original properties but also bypasses the reference frequency selection to simplify the algorithm.

The contribution of this paper is to extend the real coefficient eigenfilter to the complex coefficient eigenfilter based on the concept of total least squares error criterion. This extension completes the application of the eigenfilter and improve the approximation of phase response.

致謝

首先，感謝林清安教授的指導，在這兩年老師的教導之下，讓我對研究有了新的體會，有了這些體會，論文才得以順利完成。另外，要特別感謝口試委員鄧清政教授、林昇甫教授給予本論文的指教，讓本論文能更加的完整。

其次，要感謝實驗室的益生學長、建賢學長、炅嶽同學以及正哲同學給予我多方面的建議與鼓勵，讓我在論文寫作的方面，有了新的看法與想法。同時也感謝畢業的文達學長、室友明志與建維陪伴我渡過研究所兩年的時光。

最後我要感謝父母親、家人與女友，由於他們的支持與鼓勵，我才能順利完成學業。

感謝所有朋友的關心與協助，謹將本論文獻給所有關心我的人。



目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vii
表目錄	ix
符號說明	ix
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 論文組織架構	2
第二章 特徵濾波器的介紹	3
2.1 窗型函數的設計	3
2.1.1 瑞雷原理	3
2.1.2 窗型函數的分析	5
2.2 低通型特徵濾波器	7
2.2.1 型式一線性相位 FIR 濾波器	8
2.2.2 低通型特徵濾波器在止帶的分析	9
2.2.3 低通型特徵濾波器在通帶的分析	10
2.2.4 低通型特徵濾波器在通帶與止帶的整合分析	11
2.3 任意響應之實係數特徵濾波器的設計	12

2.3.1	實係數特徵濾波器的設計規格	12
2.3.2	實係數特徵濾波器在止帶的分析	14
2.3.3	實係數特徵濾波器在通帶的分析	15
2.3.4	實係數特徵濾波器在通帶與止帶的整合分析	16
2.4	任意響應之形式一複係數特徵濾波器的設計	17
2.4.1	形式一複係數特徵濾波器的設計規格	17
2.4.2	形式一複係數特徵濾波器在止帶的分析	19
2.4.3	形式一複係數特徵濾波器在通帶的分析	20
2.4.4	形式一複係數特徵濾波器在通帶與止帶的整合分析	21
2.5	任意響應之形式二複係數特徵濾波器的設計	22
2.5.1	形式二複係數特徵濾波器的設計規格	22
2.5.2	形式二複係數特徵濾波器在止帶的分析	24
2.5.3	形式二複係數特徵濾波器在通帶的分析	25
2.5.4	形式二複係數特徵濾波器在通帶與止帶的整合分析	26
第三章	基於總合性最小平方誤差準則之特徵濾波器	27
3.1	總合性最小平方誤差準則的幾何說明	28
3.2	實係數特徵濾波器基於總合性最小平方誤差準則	30
3.2.1	實係數特徵濾波器的設計規格	30
3.2.2	實係數特徵濾波器的設計分析	31
3.3	型式一複係數特徵濾波器基於總合性最小平方誤差準則	33
3.3.1	型式一複係數特徵濾波器的設計規格	33
3.3.2	型式一複係數特徵濾波器的設計分析	34

3.4	型式二複係數特徵濾波器基於總合性最小平方誤差準則	36
3.4.1	型式二複係數特徵濾波器的設計規格	36
3.4.2	型式二複係數特徵濾波器的設計分析	37
第四章	模擬與分析	39
4.1	模擬規格說明	39
4.1.1	實係數特徵濾波器的模擬規格	40
4.1.2	複係數特徵濾波器的模擬規格	41
4.2	特徵濾波器基於最小平方誤差準則的模擬	42
4.2.1	實係數特徵濾波器的模擬	42
4.2.2	複係數特徵濾波器的模擬	44
4.3	特徵濾波器基於總合性最小平方誤差準則的模擬	47
4.3.1	實係數特徵濾波器的模擬	47
4.3.2	複係數特徵濾波器的模擬	49
4.4	數值的分析與比較	52
4.4.1	數值分析列表	53
4.4.2	模擬分析	55
第五章	結論	56
	參考文獻	57

圖目錄

圖 2.1 多通帶與止帶的頻譜劃分	14
圖 3.1 兩種誤差函數的幾何關係圖	29
圖 4.1 實係數濾波器的理想響應圖	40
圖 4.2 複係數濾波器的理想響應圖	41
圖 4.3 基於最小平方誤差準則 15 階實係數特徵濾波器頻率響應圖	42
圖 4.4 基於最小平方誤差準則 15 階實係數特徵濾波器誤差響應圖	43
圖 4.5 基於最小平方誤差準則 30 階實係數特徵濾波器頻率響應圖	43
圖 4.6 基於最小平方誤差準則 30 階實係數特徵濾波器誤差響應圖	44
圖 4.7 基於最小平方誤差準則 15 階複係數特徵濾波器頻率響應圖	45
圖 4.8 基於最小平方誤差準則 15 階複係數特徵濾波器誤差響應圖	45
圖 4.9 基於最小平方誤差準則 30 階複係數特徵濾波器頻率響應圖	46
圖 4.10 基於最小平方誤差準則 30 階複係數特徵濾波器誤差響應圖	46
圖 4.11 基於總合性最小平方誤差準則 15 階實係數特徵濾波器頻率響應圖	47
圖 4.12 基於總合性最小平方誤差準則 15 階實係數特徵濾波器誤差響應圖	48
圖 4.13 基於總合性最小平方誤差準則 30 階實係數特徵濾波器頻率響應圖	48
圖 4.14 基於總合性最小平方誤差準則 30 階實係數特徵濾波器誤差響應圖	49

圖 4.15 基於總合性最小平方誤差準則 15 階複係數特徵濾波器頻率響應 圖	50
圖 4.16 基於總合性最小平方誤差準則 15 階複係數特徵濾波器誤差響應 圖	50
圖 4.17 基於總合性最小平方誤差準則 30 階複係數特徵濾波器頻率響應 圖	51
圖 4.18 基於總合性最小平方誤差準則 30 階複係數特徵濾波器誤差響應 圖	51



表目錄

表 4.1 特徵濾波器在 15 階的誤差值.....	53
表 4.2 特徵濾波器在 30 階的誤差值.....	54

符號說明

\mathbf{v} : 粗體字小寫代表行向量，此範例代表 v 向量

\mathbf{A} : 粗體字大寫代表矩陣，此範例代表 A 矩陣

\mathbf{A}^* : 此範例代表 A 矩陣取共軛

\mathbf{A}^T : 此範例代表 A 矩陣取轉置

\mathbf{A}^H : 此範例代表 A 矩陣取共軛轉置

ω_p : 通帶邊緣頻率 (passband edge frequency)

ω_s : 止帶邊緣頻率 (stopband edge frequency)