

【11】證書號數：I222574

【45】公告日：中華民國 93 (2004) 年 10 月 21 日

【51】Int. Cl.<sup>7</sup>: G06F17/00  
H03K17/00  
H04R25/00

發明 全 11 頁

【54】名稱：以低階線性相位無限脈衝響應濾波器快速近似有限脈衝響應濾波器之數位濾波器設計工具  
APPARATUS AND METHOD FOR EFFICIENTLY APPROXIMATING FIR FILTERS BY LOW-ORDER LINEAR-PHASE IIR FILTERS

【21】申請案號：091111152 【22】申請日期：中華民國 91 (2002) 年 05 月 23 日

【72】發明人：

李恆哲 LEE, HERNG JER  
馮武雄 FENG, WU SHIUNG  
朱家齊 CHU, CHIA CHI

【71】申請人：

李恆哲 LEE, HERNG JER  
桃園縣龜山鄉文化一路二五九號  
馮武雄 FENG, WU SHIUNG  
桃園縣龜山鄉文化一路二五九號

【74】代理人：

1

2

[57]申請專利範圍：

1. 一種利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器 (FIR) 近似有限脈衝響應濾波器 (IIR) 之工具，其步驟包含：
  - (a) 輸入一組給定的數位濾波器頻率響應量值設計規範，包括通帶與截止帶的頻率範圍及其頻率響應量值與理想數位濾波器之間於通帶與截止帶的絕對誤差或相對誤差；
  - (b) 設計一能符合頻率響應量值設計規範之 FIR 濾波器，並記錄其脈衝響應資料；
  - (c) 依脈衝響應資料建立 FIR 濾波器狀態空間矩陣；
  - (d) 輸入所要求低階 IIR 濾波器之階數，利用一套智慧型多點 Arnoldi 演算法，求出相對應之單位正交矩陣；
  - (e) 將 FIR 濾波器之狀態空間作正交投影成低階 IIR 濾波器之狀態空間，
- 5.
- 10.

得到能符合相同頻率響應量值設計規範之低階線性相位 IIR 濾波器。

- 2.如申請專利範圍第1項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法組成包含：
  - (a)動差匹配法近似模型；
  - (b)具有 Krylov 子空間法疊代精神之 Arnoldi 演算法；
  - (c)具備多個頻率展開點之近似模型；
  - (d)一套自動智慧型選擇頻率展開點方法。
- 3.如申請專利範圍第2項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法具有 Krylov 子空間法疊代精神之 Arnoldi 演算法，可以疊代的方式連續建構出近似的低階 IIR 濾波器；只要所設計 IIR 濾波器的階數增加一階，新形成的 IIR 濾波器僅需額外進行一次的疊代；因此，運算複雜度能有效低於傳統採取非疊代方式的方法。
- 4.如申請專利範圍第2項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法具備多個頻率展開點之近似模型，使所求的低階 IIR 濾波器能符合大頻率範圍的頻率響應量值設計規範，克服區域收斂至一個頻率展開點的缺點；因此，能進一步降低求取低階 IIR 濾波器的階數。
- 5.如申請專利範圍第2項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限

脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法中自動智慧型選擇頻率展開點方法，依據給定的數位濾波器頻率響應量值設計規範，自動智慧地選取在每一次多點 Arnoldi 演算法疊代過程中，能使 IIR 濾波器近似效果進步最大的最佳頻率展開點；因此，亦可以進一步降低求取低階 IIR 濾波器的階數，更快符合所要求之設計規範。

5. 6.如申請專利範圍第1項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIP)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法的步驟包含：
  - (a)輸入 FIR 濾波器狀態空間矩陣、預先給定的一組頻率展開點與演算法最大疊代次數資料；
  - (b)初始設定每個頻率點相對應之第一個 Krylov 序列向量；
  - (c)每次疊代皆自動智慧地判斷出最佳頻率展開點；
  - (d)每次疊代皆進行多點 Arnoldi 演算法運算；
  - (e)輸出配合演算法最大疊代次數之單位正交矩陣。
10. 7.如申請專利範圍第6項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法自動智慧地判斷出最佳頻率展開點，在第 j 次疊代，找出在哪一個頻率展開點作動差匹配法時會使得第 j 階與第(j-1)階 IIR 濾波器之間動差值進步最大；換句話說，即比較各頻率展開點 FIR 濾波器動差值與第(j-1)階 IIR 濾波器下一個未匹配動差值的差，即可挑選差最大的頻率展開點作動差匹配法。
15. 30.
20. 35.
25. 40.

8.如申請專利範圍第7項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其自動智慧地判斷出最佳頻率展開點，動差差值計算公式如下，可避免直接計算動差值：

$$|m_0^{(j)}(z_j) - m_{0,j}^{(j)}(z_j)| = |Ck_0(i)|, \text{ if } j = 1$$

$$|m_j^{(j)}(z_j) - m_{j,j}^{(j)}(z_j)| = |\gamma(i)C(k_j(i) - Q_{z(i-1)}Q_{z(i-1)}^T k_j(i))|, \text{ if } j \neq 1$$

其中， $\gamma(i) = \prod_{j=1}^{j_{\max}} \|p_{j-1}\|$ ， $p_{j-1}(i)$  是修正 Gram-Schmidt 正交過程產生的餘數向量。

9.如申請專利範圍第6項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其智慧型多點 Arnoldi 演算法運算工具之組成包含：

(a)將該次疊代最佳頻率展開點相對應之 Krylov 序列向量，對之前疊代產生的正交矩陣，進行正交投影，得到新的正交向量，完成動差匹配法；

(b)將該次疊代每個頻率展開點相對應之下一個未匹配 Krylov 序列向量，對之前疊代產生的正交矩陣，進行正交投影，其結果供下一次疊代計算最佳頻率展開點。

10.如申請專利範圍第9項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，其多點 Arnoldi 演算法運算工具，每個頻率展開點相對應之下一個未匹配 Krylov 序列向量為：

- (a)對應該次疊代最佳頻率展開點；
- (b)對應該次疊代其它非最佳頻率展開點。

11.如申請專利範圍第1項所述之利用智慧型多點 Arnoldi 法作低階線性相

位無限脈衝響應濾波器(FIR)近似有限脈衝響應濾波器(IIR)之工具，根據濾波器設計規格需求，選擇頻率展開點的經驗法則則包含：

- 5. (a)低通濾波器：利用實數頻率點取等距離作展開可良好近似低頻響應，減低運算複雜度；
- (b)高通濾波器：藉由改變狀態空間矩陣 A 的符號，即 -A，轉變成低通濾波器，於是可選擇以實數頻率點作展開；所求得的單位正交矩陣，可作低階高通 IIR 濾波器近似原先高通 FIR 濾波器；
- (c)帶通濾波器：利用複數頻率展開點，選擇接近通帶邊緣之頻率展開點，可得良好近似。

圖式簡單說明：

圖一：為 FIR 濾波器與 IIR 濾波器之直接型結構圖。

20. 圖二：為一習知技術之低階線性相位 IIR 濾波器設計流程圖。

圖三：為特定實施例施行本發明之演算工具的流程圖。

25. 圖四：為一特定實施例數位低通濾波器之頻率響應量值設計規範說明圖。

圖五：實行動差匹配法之簡單說明圖例，FIR 與 IIR 濾波器頻率響應於  $z_0$  的值與其對頻率之微分皆相同。

30. 圖六：代表分別以單點與多點動差匹配法產生之 IIR 濾波器與 FIR 濾波器之簡單比較圖示。

圖七：為本發明之智慧型多點 Arnoldi 演算法的流程圖。

35. 圖八：為本發明之智慧型多點 Arnoldi 演算法內進行更新 Krylov 序列向量並進行正交投影的流程圖。

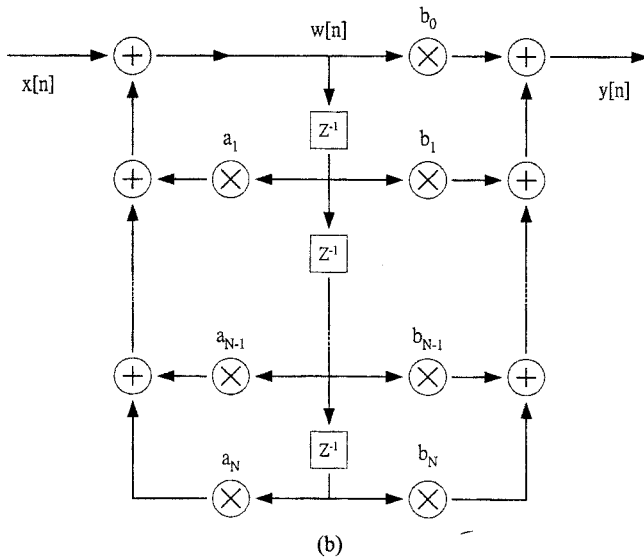
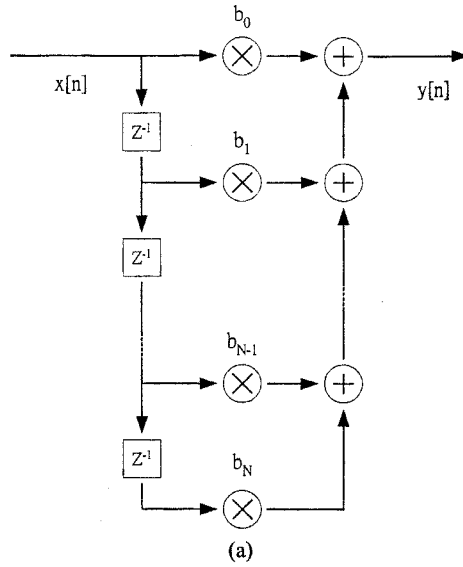
圖九：為一簡單實施例低通濾波器頻率響應之比較圖。

40. 圖十：為一簡單實施例高通濾波

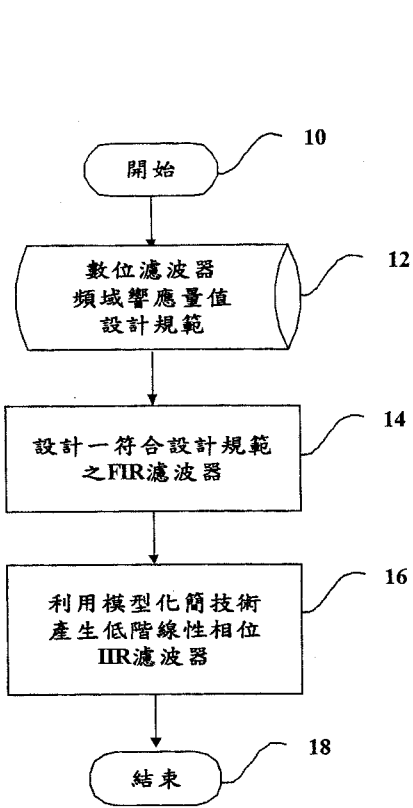
器頻率響應之比較圖。

波器頻率響應之比較圖。

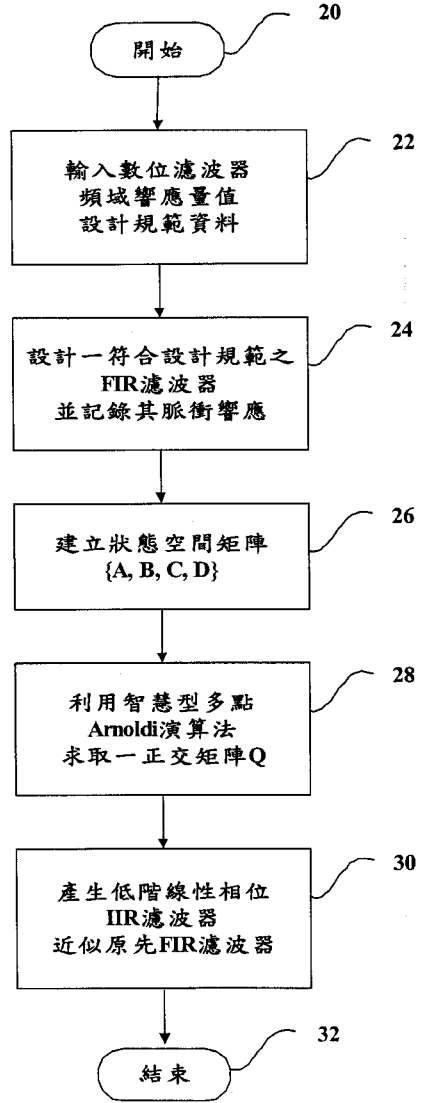
圖十一：為一簡單實施例帶通濾



圖一

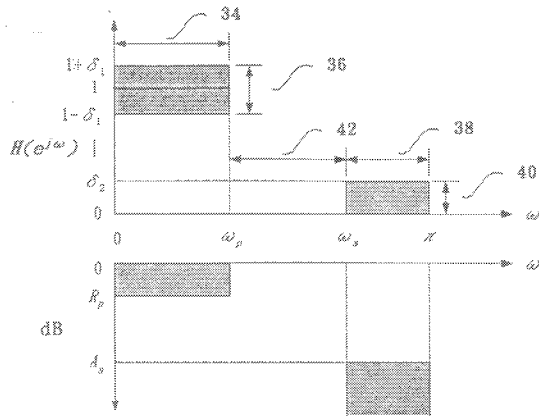


圖二

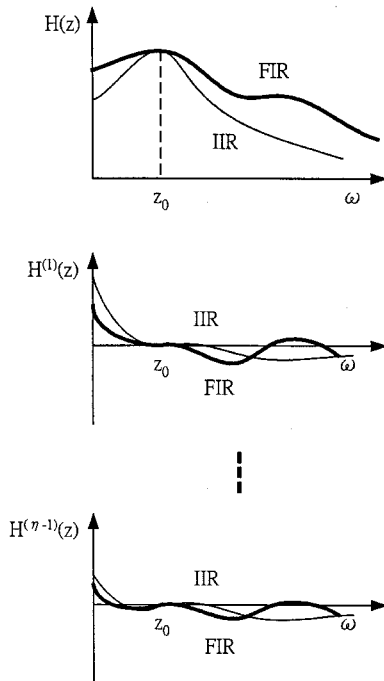


圖三

(6)

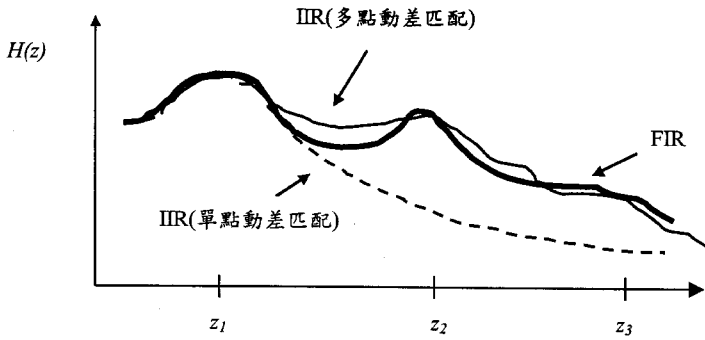


圖四

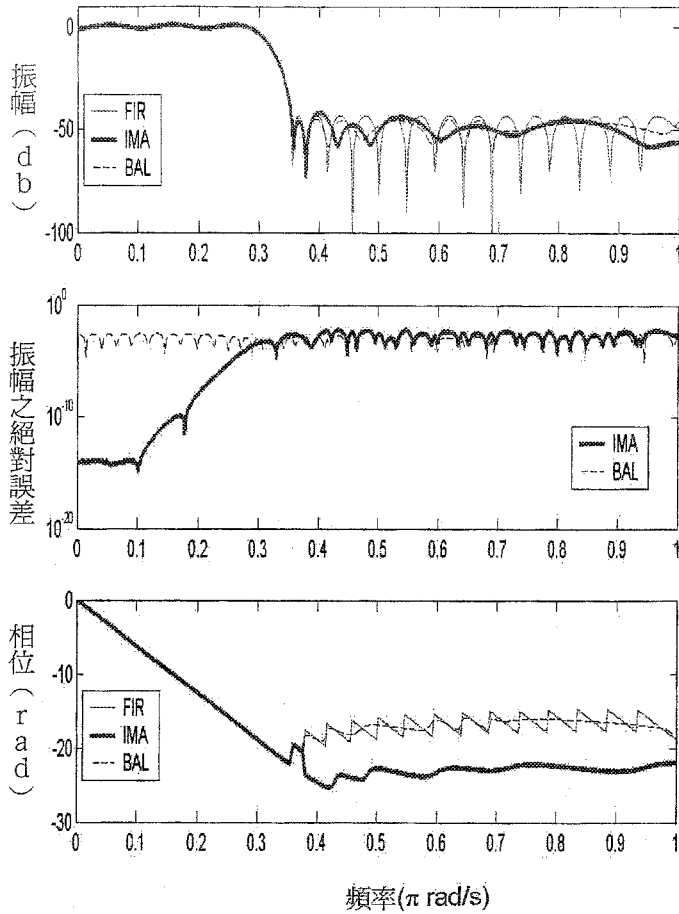


圖五

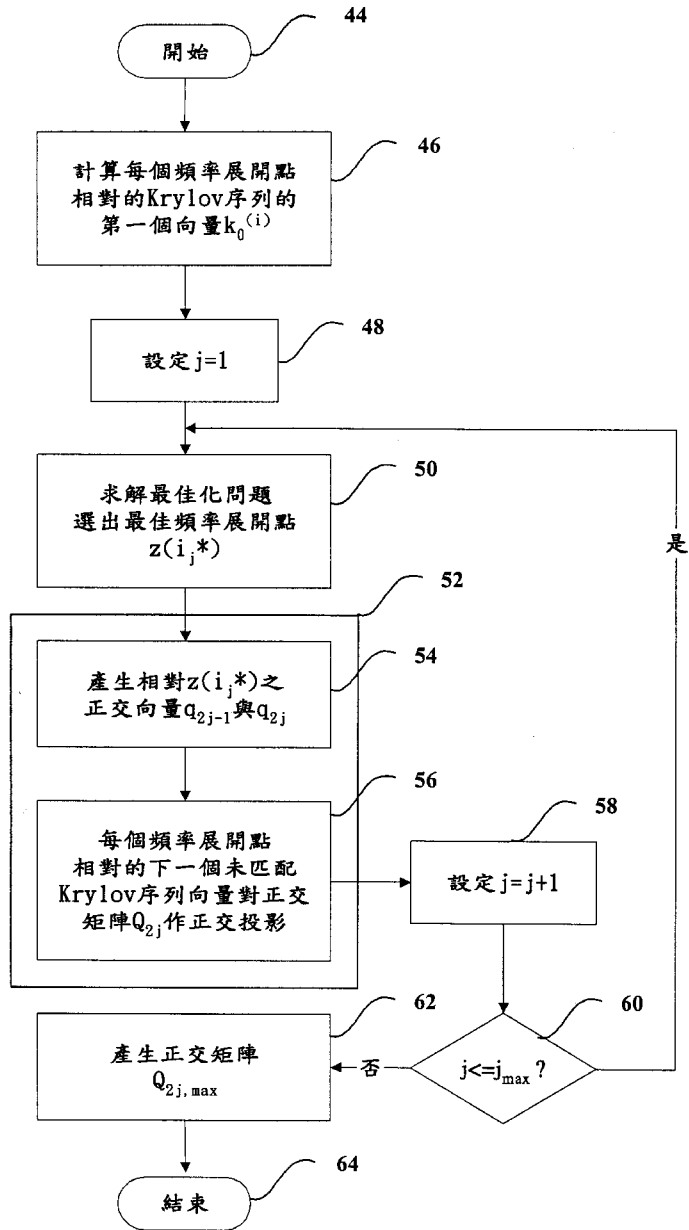
(7)



圖六

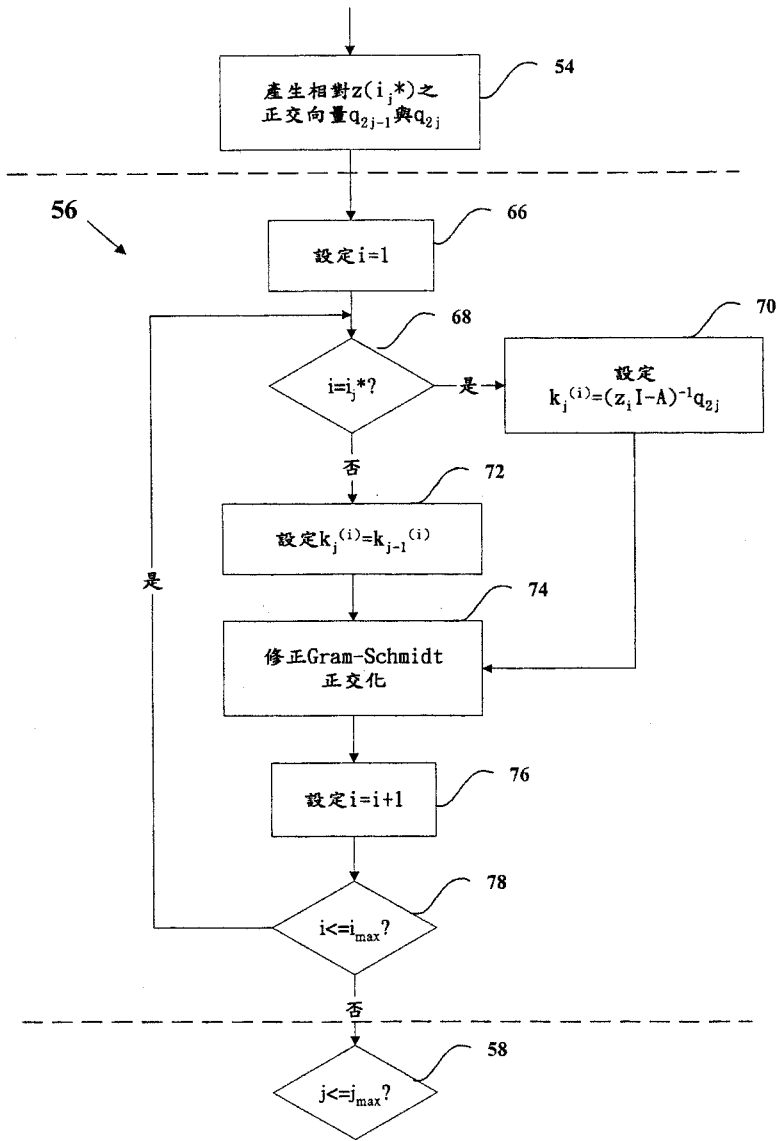


圖九



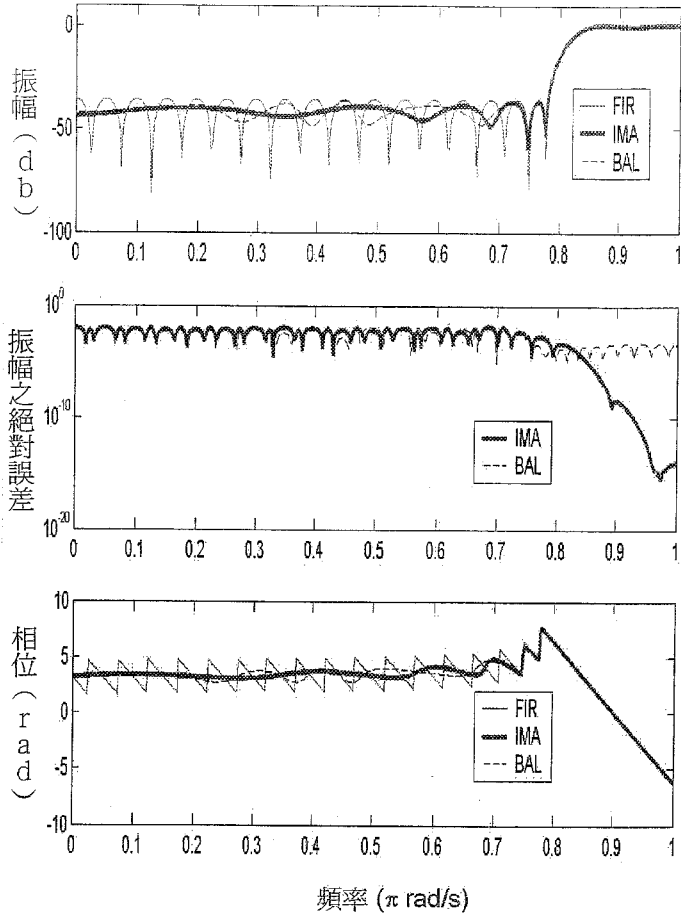
圖七



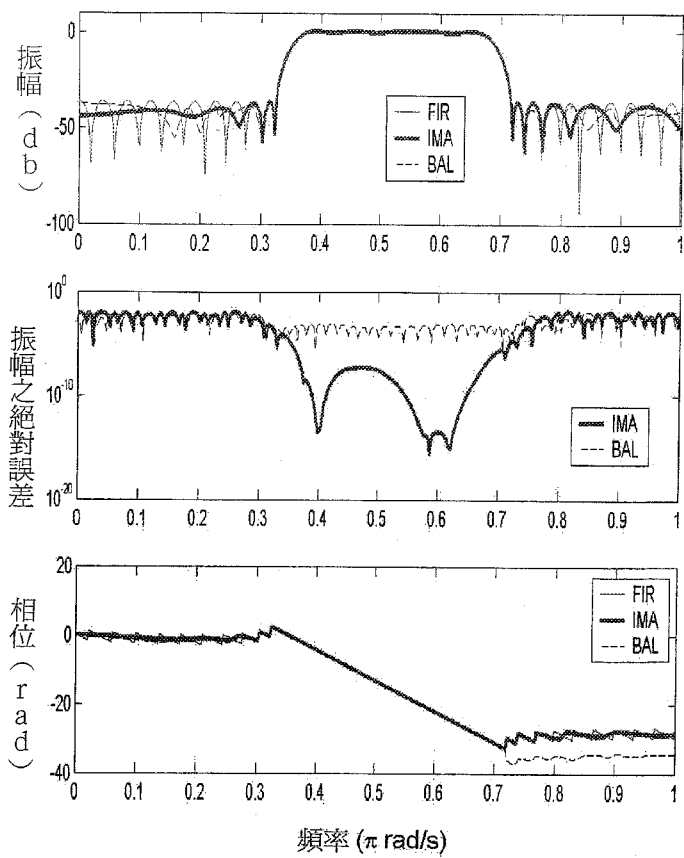


圖八

(10)



圖十



圖十一

