

---

# 영점 삽입 방법을 이용한 2-대역 직교 웨이브렛 변환의 경계필터 주파수 특성 개선

권상근, 박원우\*

Improvement of Frequency Characteristics of Boundary Filter for 2-band Orthogonal Wavelet Transform using Zero Inserting Method

Sang-keun Kwon, Won-Woo Park\*

---

이 논문은 2002년도 금오공과대학교 교내연구비를 지원받았음

---

## 요 약

직교 웨이브렛 변환을 이용하여 유한길이를 가지는 영상 신호를 2-대역으로 분해하고 이를 합성하는 경우 경계영역 신호는 완전히 재생되지 않는다. 이를 완전 재생하기 위해 경계 영역에는 웨이브렛 필터와 다른 필터를 적용하여야 한다. 그러나 기존에 제안된 필터를 경계 영역에 적용하는 경우 필터의 만족스럽지 못한 주파수 특성으로 인하여 원하는 성능을 얻기에는 한계가 있다. 여기서는 기존에 제안된 경계필터의 주파수 특성을 개선하기 위한 새로운 경계필터의 설계방법을 제안하였다. 설계 방법은 우선 경계 영역을 완전히 재생할 수 있는 새로운 조건을 유도하고, 여기서 얻은 필터에 영점을 삽입하여 주파수 특성을 개선하였다. 제안된 방법으로 설계된 필터는 2-대역인 경우 기존의 경계 필터에 비하여 필터의 길이가 짧으면서도 통과 대역 및 저지 대역의 성능이 약 4.2dB ~ 6.6dB 개선됨을 보인다. 그러나 합성 과정이 복잡하여지는 단점을 가지고 있다.

## ABSTRACT

When finite length image signal is decomposed into 2-band signal and synthesized using 2-band orthogonal wavelet transform, boundary signals are not reconstructed perfectly. To reconstruct them perfectly, the filters which are different from wavelet filter are applied to the boundary signals. Since the existing boundary filters show poor frequency characteristic, the improvement of performance is bounded in practical applications. In this paper, the design method of improvement of frequency characteristic is proposed using inserting a zero to boundary filters which can reconstruct the boundary regions perfectly. Even though the length of proposed boundary filters is shorter, they show 4.2dB~ 6.59dB gains in pass band and stop band error power compared with existing boundary filters. But synthesis process is some complicated.

## 키워드

직교웨이브렛변환, 경계필터, 영점, 완전재생, 부대역부호화

---

\*금오공과대학교 전자공학부 교수

\*부교수

접수일자 : 2002. 12. 16

### 1. 서론

직교 웨이브렛 변환(orthogonal wavelet transform : OWT)은 영상 및 음성 신호 처리에 널리 사용되는 기법 중의 하나이다. 기저의 길이가  $2N$  ( $N$ 은 정수)인 OWT을 이용한 신호처리 방법중의 하나는 그림1과 같은 구조를 가지는 부대역 부호화(sub-band coding : SBC)이다. SBC에서는 입력신호를 2-대역으로 분해하여, 이를 각 대역별로 처리한 후 이를 다시 합성하게 된다. 이 경우 입력 신호  $X$ 의 차원이 무한대이면 분해된 신호  $Y$ 는 입력 신호와 같은 차원을 가지게 되며, 또한 대역별 처리 과정에서 오차가 없는 경우  $X = \hat{X}$ 인 완전재생(perfect reconstruction : PR)조건을 만족하게 된다.

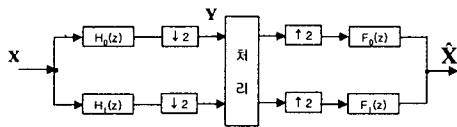


그림 1. 2-대역 부대역 부호화기  
Fig. 1 2-band sub-band coder

영상과 같이 유한길이를 가지는 신호에 기저길이  $2N$ 인 OWT을 이용하여 분해, 합성하면 왼쪽, 오른쪽, 위쪽 및 아래쪽 부분의 각각  $2(N-1)$ 개의 경계영역신호(boundary region signal : BRS)들은 완전 재생이 되지 않는다. 이러한 문제를 해결하기 위해 [1]에서는 왼쪽(오른쪽) 입력신호를 오른쪽(왼쪽)으로 반사시켜 분해하는 반사 기법(reflect method)이 제안되었다. 이 방법은 왼쪽 BRS를 오른쪽에 반사하여 분해하기 때문에 오른쪽의 분해된 성분에 왼쪽 신호 성분이 포함되게 되어 정확한 신호 해석이 어렵거나, 혹은 SBC에 적용하는 경우 성능이 떨어지게 된다. [2]에서는 대역수가 2인 경우 BRS에 적용하는 새로운 필터를 설계하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 BRS 뿐만 아니라 BRS에 인접한 영역에 까지 다른 형태의 필터를 적용시키고, 또한 사용된 필터의 길이가 상대적으로 길어진다는 단점이 있다. [3]에서는 임의의  $M$ -대역 OWT을 이용하여 신호를

분해하는 경우 BRS의 PR 조건을 만족하는 새로운 형태의 경계필터(boundary filter: BF)를 설계하는 방법을 제시하였다. [4]에서는 [3]에서 제안된 BF의 성능을 개선하기 위해 [3]에서 유도한 완전 재생행렬을 특이치 분해(singular value decomposition : SVD)하여 BF를 설계한 후, 설계된 BF에 유니타리 행렬을 곱하여 부호화 이득(coding gain)을 최대화하는 유니타리 행렬을 구함으로써 길이  $M(N-1)$ 을 가지는 최적의 BF를 설계하는 방법을 제안하였다. 이러한 방법으로 설계된 BF를 여기서는 OBF(optimum boundary filter)라 하기로 한다.

OBF를 사용하여 SBC에 적용하는 경우 반사 기법[1]과 [2,3]의 BF보다는 우수한 성능을 보이지만, OBF의 설계 시 사용된 제한된 조건으로 인하여 주파수 특성 개선의 한계가 있다. 따라서 이를 SBC에 적용하는 경우 부호화 성능 개선에도 한계가 있다. 여기서는 OBF의 성능을 보다 개선하기 위한 새로운 BF의 설계 방법을 제안한다. 설계 방법은 [4]의 설계 방법과 달리 우선 BRS를 완전 재생할 수 있는 조건으로부터 얻은 BF에  $z = \pm 1$  위치에 영점(zero)을 삽입하는 방법을 이용하였다.

제안된 방법으로 설계된 BRS 분해 BF의 길이는 OWT의 기저 길이  $N$ 과 상관없이 항상 3이다. 즉 제안된 기법으로 설계된 BF의 길이는 OBF에 비하여 짧으면서도 통과 대역 및 저지 대역의 성능이 약 4.2dB ~ 6.6dB 개선됨을 보인다. 그러나 합성과정이 복잡하여진다는 단점을 가지고 있다.

## II. OBF의 설계

### 1. 2-대역 OWT의 설계

2-대역 OWT를 이용하여 신호를 분해하고 합성하는 경우 BRS를 완전 재생하기 위한 BF를 설계하기 위해서 우선  $M$ -대역 OWT 설계 방법에 대하여 알아보자.  $M$ -대역 OWT의 분해 필터  $H(z) = [H_0(z) H_1(z)]$ 는 다음과 같은 파라유니타리 행렬을 이용하여 설계가 가능하다[5,6].

$$H(z) = U \prod_{i=0}^{N-1} \{(I - V_i) + V_i z^{-1}\} \quad (1)$$

$$= U \sum_{i=0}^{N-1} \Gamma_i z^{-i}$$

여기서,  $U$ 는  $2 \times 2$  유니터리 행렬,  $I$ 는 단위 행렬,  $V_i$ 는  $2 \times 2$  행렬이다. 따라서 식(1)을 이용한  $M$ -대역 OWT의 설계는  $V_i$ 을 구하는 과정과 같다.

이와 같이 설계된 OWT를 이용하여 입력신호  $X_i^t = [x_i(0) \ x_i(1)]$ 을 분해하고 합성하는 과정은 다음과 같다. 여기서  $X_i^t$ 는  $X_i$ 의 전치(transpose)이다.

$$Y_k = U \sum_{i=0}^{N-1} \Gamma_i X_{i+k} \quad (2)$$

$$\hat{X}_k = \sum_{i=0}^{N-1} \Gamma_i^t X_{i+k}$$

여기서  $Y_k = [y_k(0) \ y_k(1)]^t$ 는 2-대역으로 분해된 성분으로,  $y_k(0)$ 는 저역 성분,  $y_k(1)$ 은 고역 성분이다. 또한  $\hat{X}_k$ 은 합성된 신호로,  $X_k = \hat{X}_k$ 이면 완전 재생되었다고 한다.

### 2. 최적의 경계필터 설계

식(2)과 같이 길이  $N$ 을 가지는 OWT를 이용하여 입력신호  $X_i (i = 0, 1, \dots, L-1)$ 를 분해할 때 분해된 신호의 개수는  $(L-N+1)$ 이 된다. 따라서 입력신호와 분해된 신호가 같은 차원을 가지기 위해서는  $(N-1)$ 개의 분해 성분이 추가로 필요함을 알 수 있다. 또한 합성 시에는 왼쪽 및 오른쪽의 각각  $(N-1)$ 개의 신호는 완전 재생되지 않는다. 따라서 이들을 완전히 재생하기 위해서는 양쪽의 BRS에 적절한 BF를 적용하여  $(N-1)$ 개의 분해 성분을 추가로 얻어야 한다.

입력신호와 분해된 신호가 같은 차원을 가지는 조건을 만족하며 BRS를 완전히 재생할 수 있는 BF의 설계는  $\Gamma_i$ 의 다음과 같은 성질을 이용하면 설계가 가능하다[7].

성질1)  $\sum_{i=0}^{N-1} \Gamma_i^t \Gamma_i = I$

성질2)  $\sum_{i=0}^{N-1-k} \Gamma_i^t \Gamma_{i+k} = 0, (k = 1, 2, \dots, N-1)$

성질1, 2를 이용하면 양쪽의 BRS를 완전히 재생할 수 있는  $H^L$  및  $H^R$ 은 다음과 같이 주어진다[3].

$$H^L = \begin{bmatrix} \Lambda_{0,0}^L & \Lambda_{0,1}^L & \dots & \Lambda_{0,N-2}^L \\ \Lambda_{1,0}^L & \Lambda_{1,1}^L & \dots & \Lambda_{1,N-2}^L \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \Lambda_{N-2,0}^L & \Lambda_{N-2,1}^L & \dots & \Lambda_{N-2,N-2}^L \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

$$H^R = \begin{bmatrix} \Lambda_{0,0}^R & \Lambda_{0,1}^R & \dots & \Lambda_{0,N-2}^R \\ \Lambda_{1,0}^R & \Lambda_{1,1}^R & \dots & \Lambda_{1,N-2}^R \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \Lambda_{N-2,0}^R & \Lambda_{N-2,1}^R & \dots & \Lambda_{N-2,N-2}^R \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

여기서,  $\Lambda_{n,m}^L = \sum_{k=1}^{N-1-m} \Gamma_{k+n}^t \Gamma_{k+m}$ ,

$\Lambda_{n,m}^R = \sum_{k=0}^n \Gamma_{n-k}^t \Gamma_{m-k}$ 이고,  $H^L$  및  $H^R$

의 차원은 각각  $2(N-1) \times 2(N-1)$ 이고 이들의 랭크(rank)는 모두  $(N-1)$ 이다[7]. 이것은  $2(N-1)$ 의 길이를 가지는  $(N-1)$ 개의 왼쪽 및 오른쪽 BF를 얻을 수 있음을 의미한다.

[3]에서는  $H^L$  및  $H^R$ 에서 얻은  $2(N-1)$ 개의 BF사이의 종속성을 이용하여  $(N-1)$ 개의 BF를 선택하는 방법을 제시하였고, [4]에서는  $H^L$  및  $H^R$ 을 SVD한 행렬에 유니터리 행렬을 곱한 후 최적의 부호화 이득을 가지는 유니터리 행렬을 설계함으로써 최적의 부호화 이득을 가지는 OBF를 설계하는 방법을 제안하였다

그림2.은  $N=4$ 인 경우 OBF의 주파수 특성을 보인다.

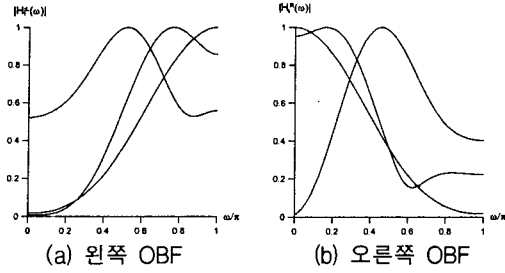


그림 2. OBF의 주파수 특성  
Fig. 2 Frequency characteristics of OBF

III. 영점삽입 방법을 이용한 BF의 설계

그림2에서 보인 바와 같이 왼쪽 및 오른쪽 3개의 OBF 중 각각 2개는 어느 정도 만족할 만한 성능을 보이나 각각 1개의 OBF의 주파수 특성은 만족스럽지 못하다. 이러한 OBF의 주파수 특성은 다음  $\Gamma_i$  성질3,4 및 영점 삽입 방법을 이용하면 OBF보다 개선된 주파수 특성을 가지는 BF의 설계가 가능하게 된다.

성질3)  $V_0 \Gamma_0 = 0$

성질4)  $(I - V_0) \Gamma_{N-1} = 0$

성질3의 증명) 식(1)에서  $\Gamma_0 = \prod_{i=0}^{N-1} (I - V_i)$ 이고,  $V_i V_i = V_i$ 임으로  $V_0 \Gamma_0 = 0$ 가 성립한다.

성질4의 증명) 식(1)에서  $\Gamma_{N-1} = \prod_{i=0}^{N-1} V_i$ 이고,  $V_i V_i = V_i$ 임으로  $(I - V_0) \Gamma_{N-1} = 0$ 가 성립한다.

이러한 설계 방법을 일반화하여 표현하는 경우 기호 및 수식이 복잡하여지므로 여기서는  $N=4$ 인 경우 예를 들어 설명하기로 하자.

예)  $N=4$ 인 경우 설계 예

$N=4$ 인 경우 왼쪽  $[X_0 X_1 X_2]$  및 오른쪽  $[X_{L-3} X_{L-2} X_{L-1}]$ 은 완전히 재생되지 않는다. 우선  $X_2$ 을 완전히 재생하기 위해서 분해된 성분  $Y_1$  및  $Y_2$ 에 성질3,4를 이용하면 다음과 같이

된다.

$$\begin{aligned} Y_2 &= (I - V_1) \{ V_0 U Y_1 + (I - V_0) U Y_2 \} \\ &= (I - V_1 - V_2 + V_1 V_2) X_2 + (V_2 - V_1 V_2) X_3 \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)에서  $X_3$ 는 OWT를 이용한 분해 및 합성 과정에서 완전 재생이 가능하므로  $Y_2$ 에서  $(V_2 - V_1 V_2) X_3$ 을 뺀  $Y_2$ 에는  $X_2$  성분만이 남게 된다.

$$\begin{aligned} Y_2' &= Y_2 - (V_2 - V_1 V_2) X_3 \\ &= (I - V_1 - V_2 + V_1 V_2) X_2 \end{aligned} \quad (5)$$

그러므로 식(5)에서  $X_2$ 을 완전히 재생하기 위해서는  $Y_2'$ 에  $(V_1 + V_2 - V_1 V_2) X_2$  성분을 더하면 된다.

$$Y_2' + (V_1 + V_2 - V_1 V_2) X_2 = X_2 \quad (6)$$

이와 유사한 방법을 이용하면  $X_1$ 의 완전 재생 조건을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} Y_1 &= (I - V_1) \{ V_0 U Y_0 + (I - V_0) U Y_1 \} \\ &= (I - V_1 - V_2 + V_1 V_2) X_1 + (V_2 - V_1 V_2) X_2 \end{aligned} \quad (7)$$

식(7)에서  $X_2$ 는 식(6)을 이용하면 완전 재생이 가능하므로  $Y_1$ 에서  $(V_2 - V_1 V_2) X_2$ 을 빼면  $Y_1'$ 에는  $X_1$  성분만이 남게 된다

$$Y_1' = Y_1 - (V_2 - V_1 V_2) X_2 \quad (8)$$

그러므로 식(8)에서  $X_1$ 을 완전히 재생하기 위해서는  $Y_1'$ 에  $(V_1 + V_2 - V_1 V_2) X_2$  성분을 더하면 된다.

$$\dot{Y}_1 + (V_1 + V_2 - V_1 V_2) X_2 = X_1 \quad (9)$$

또한  $X_0$ 의 완전 재생 조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Y_0 &= (I - V_0) U Y_0 \\ &= \Gamma_0 X_0 + (I - V_0) \Gamma_1 X_1 + (I - V_0) \Gamma_2 X_2 \end{aligned} \quad (10)$$

식(10)에서  $X_1$  및  $X_2$ 는 식(9) 및 식(6)을 이용하면 완전 재생이 가능하므로 다음과 같이  $X_0$ 의 재생 역시 이용이 가능하게 된다.

$$\dot{Y}_0 = Y_0 - (I - V_0) \Gamma_1 X_1 - (I - V_0) \Gamma_2 X_2 \quad (11)$$

따라서  $X_0$ 을 완전히 재생하기 위해서는  $\dot{Y}_0$ 에  $(I - \Gamma_0) X_0$  성분을 더하면 된다.

$$\dot{Y}_0 + (I - \Gamma_0) X_0 = X_0 \quad (12)$$

따라서  $N=4$ 인 경우 왼쪽 BRS를 완전히 재생하기 위한 일반적인 BF는 다음과 같이 된다.

$$H_L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \Lambda_{L1} \\ 0 & \Lambda_{L1} & 0 \\ \Lambda_{L0} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_0 \\ X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

여기서  $\Lambda_{L1} = V_1 + V_2 - V_1 V_2$ ,  $\Lambda_{L0} = I - \Gamma_0$ 이고, 이의 차원은  $2 \times 2$ 이다.

오른쪽 BRS를 완전히 재생하기 위한 BF도 위와 같은 방법을 이용하면 다음과 같이 된다.

$$H_R = \begin{bmatrix} \Lambda_{R1} & 0 & 0 \\ 0 & \Lambda_{R1} & 0 \\ 0 & 0 & \Lambda_{R0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{L-3} \\ X_{L-2} \\ X_{L-1} \end{bmatrix} \quad (14)$$

여기서  $\Lambda_{R1} = I - V_1 V_2$ ,  $\Lambda_{R0} = I - \Gamma_3$ 이고, 이의 차원은 각각  $2 \times 2$ 이다.

이와 같은 방법을 이용하여 BF를 설계하는 경우  $H_L$  및  $H_R$ 의 랭크는 각각  $2(N-1)$ (벡터로는

$(N-1)$ ) 이 되어 분해된 성분의 차원은 벡터로  $(L+N-1)$ 이 되어 입력신호의 차원보다 커지게 된다. 따라서 입력신호와 분해된 신호의 차원이 같게 되기 위해서는  $\Lambda_{Li}$  및  $\Lambda_{Ri}$ 의 랭크는 각각 1을 가져야 한다. 여기서는 Mathematica 프로그램을 이용하여  $N=2$ 에서 10까지 모의 실험한 결과 다음과 같은 성질을 알 수 있었다.

성질) 랭크가 2인  $\Lambda_{Li}$  및  $\Lambda_{Ri}$ 에 실수  $\beta_i$ 을 가지는 대각행렬을 더하면 이들의 행렬식(determinant)은 0이 된다. 즉 랭크는 1이 된다. 여기서  $|\beta_{Ri}| \leq 1$  및  $|\beta_{Li}| \leq 1$ 이다.

$$\text{Def}[\beta_{Ri} I + \Lambda_{Ri}] = 0, \text{Def}[\beta_{Li} I + \Lambda_{Li}] = 0 \quad (15)$$

따라서  $N=4$ 인 경우 입력신호와 분해된 신호의 차원이 같게 되는 조건을 만족하기 위해서는 BF로  $\Lambda_{Li}$  및  $\Lambda_{Ri}$  대신  $\dot{\Lambda}_{Li}$  및  $\dot{\Lambda}_{Ri}$ 을 이용하여야 한다

$$\dot{\Lambda}_{Ri} = \beta_{Ri} I + \Lambda_{Ri}, \quad \dot{\Lambda}_{Li} = \beta_{Li} I + \Lambda_{Li} \quad (16)$$

이 경우 합성 시 완전 재생을 위해서는  $\beta_{Li}$  및  $\beta_{Ri}$ 을 이용한 정규화 과정이 필요하게 된다.

식(16)과 같이 설계된 BF를 이용하면 입력신호와 분해된 신호의 차원이 같다는 조건을 만족하면서 BRS를 완전히 재생하는 것이 가능하게 된다. 식(13, 14)에서  $\Lambda_{Li}$  및  $\Lambda_{Ri}$  대신  $\dot{\Lambda}_{Li}$  및  $\dot{\Lambda}_{Ri}$ 로 구성된 새로운 행렬  $\dot{H}_L$  및  $\dot{H}_R$ 에 대하여 생각하여 보자. 이들의 랭크는 각각  $(N-1)$ 임으로 이들 행렬을 특이치 분해하여 표현하면 다음과 같이 된다.

$$\dot{H}_L = R'_L D_L P_L, \quad \dot{H}_R = R'_R D_R P_R \quad (17)$$

여기서  $P_L$  및  $P_R$  행렬의 차원은 각각  $(N-1) \times (N-1)$ 이다. 따라서  $N=4$ 인 경우  $P_L$  및  $P_R$  행렬에서부터 각각 길이가 2인, 3개의 왼쪽 및 오른쪽 BF를 얻을 수 있다.

$$H_{Li}(z) = \sum_{m=0}^1 h_{Li,m}(N-2i+m)z^{-(N-2i+m)} \quad (18)$$

$$H_{Ri}(z) = \sum_{m=0}^1 h_{Ri,m}(N-2i+m)z^{-(N-2i+m)}$$

여기서  $i = 0, 1, 2$ 이다.

$H_{Li}(z)$  및  $H_{Ri}(z)$ 의 주파수 특성을 개선하기 위한 과정은 다음과 같다. BF도 역시 신호를 2-대역으로 분해하는 필터이므로 다음과 같이 BF가  $z = \pm 1$ 에 영점(zero)을 가진다면 BF는 보다 개선된 주파수 특성을 가지게 될 것이다.

$$H'_{Li}(z) = (1-z)H_{Li}(z), H'_{Ri}(z) = (1+z)H_{Ri}(z) \quad (19)$$

이와 같은 BF를 사용하여 분해하는 경우 영점이 삽입된 관계로 합성 과정에서는 1개의 신호가 추가로 들어가게 된다. 예를 들어  $N=4$ 이고,  $H'_{L0}(z)$ 을 BF로 사용하는 경우  $X_3$ 에 있는 성분인  $x_3(0)$ 이 또한 포함된다. 따라서 합성 시 약간 변형된 방법을 사용하여야 한다. 즉,  $H'_{L0}(z)$ 을 알고,  $x_3(0)$  또한 합성 과정에서 완전 재생되어 알 수 있으므로, 합성은 식(4~12)의 과정과 유사한 방법을 이용하면 된다.

합성 과정은 앞서도 언급한 바와 같이 왼쪽 BRS인 경우는  $X_{N-2}$ 에서  $X_0$ 로, 오른쪽인 경우에는  $X_{L-N+1}$ 에서  $X_{L-1}$ 로 순환적(recursive)으로 이루어지게 되며, 또한  $\beta_{Li}$  및  $\beta_{Ri}$ 을 이용한 나누기 과정이 필요하게 되어 합성 과정이 OBF에 비하여 복잡하여지는 단점이 있다. 복잡도를 BRS의 재생필터의 개념을 이용하여 표현하면 OBF에 비하여 필터의 길이가 약 2배정도 늘어나게 된다. 그러나 분해필터의 OBF에 비하여 짧으므로  $N \geq 4$ 인 경우 전체적인 복잡도는 OBF와 거의 같고,  $N < 4$ 인 경우는 복잡도는 늘어나게 된다.

#### IV. 설계된 필터의 성능 평가

그림3은  $N = 4$ 인 경우 제안된 방법으로 설계된 BF의 주파수 특성이다. 기대한 바와 같이 그림2의 OBF의 주파수 특성과 비교하여 제안된 방법의 BF가 짧은 길이의 BF를 가지면서도, 주파수 특성은 많이 개선되었음을 알 수 있다.

또한 제안된 BF와 OBF를 정량적으로 성능을 평가하기 위해 다음과 같은 통과 대역 및 저지대역의 오차 전력의 합을 척도로 이용하여 성능을 평가하였다[6].

$$error = \alpha \left( \int_0^{\pi/2} (1 - |H'_{Li}(e^{j\omega})|^2) d\omega \right)^2 + (1-\alpha) \int_{\pi/2}^{\pi} |H'_{Li}(e^{j\omega})|^2 d\omega \quad (20)$$

여기서  $\alpha$ 는 통과 대역 및 저지 대역의 오차를 결정하는 매개 변수이다

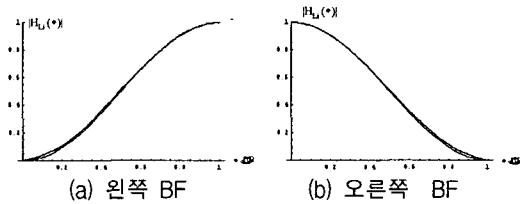


그림3. 제안된 방법으로 얻은 경계필터의 주파수 특성  
Fig3. Frequency characteristics of BF proposed

표1. 제안된 필터 및 기존 필터의 성능 비교  
tbl1. Performance comparison between OBF and proposed BF

$\alpha$	OBF		제안된 BF		평균 이득[dB]
	왼쪽	오른쪽	왼쪽	오른쪽	
0.3	-10.1	-7.08	-12.68	-12.92	4.2
0.5	-5.22	-7.88	-13.02	-13.26	6.59
0.7	-9.15	-9.17	-13.44	-13.63	4.38

표1에서 보는 바와 같이 제안된 방법으로 설계된 필터는 통과 대역 및 저지 대역의 오차 전력에서  $\alpha$ 에 따라 약 4.2dB ~ 6.59dB 정도의 이득을 얻을 수 있다.

V. 결론

여기서 우리는 OWT를 이용하여 신호를 2-대역으로 분할하고 이를 다시 합성하는 경우, 경계 영역에 적용되는 필터의 주파수 특성을 개선하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 우선 OBF의 설계 시 사용된 경계 영역을 완전히 재생하는 조건과 다른 새로운 경계 영역 완전 재생조건을 유도하였다. 이와 같이 유도된 조건에서 얻은 경계 필터의 적절한 위치에 영점을 삽입함으로써 주파수 특성을 개선하였다. 이와 같이 설계된 경계 필터는 기존의 방법으로 설계된 경계 필터에 비하여 분해필터는 짧은 길이를 가지면서도 통과 대역 및 저지 대역의 오차 전력이 많이 개선되었음을 보인다. 그러나 합성 시 OBF를 사용하는 경우에 비해 복잡하다는 단점을 가지게 된다

참고 문헌

[1] J.N Bradley et al, "Reflected Boundary Conditions for Multirate Filter Banks," IEEE, pp.307-310, 1992.

[2] A. Cohen et al, "Wavelets on the Interval and Fast Wavelet Transforms," Applied and Computational Harmonic Analysis, pp.54 -81, 1993.

[3] 권상근, "M-대역 직교 웨이브렛 필터를 이용한 부대역 부호화에서 경계 필터의 설계," 한국해양정보통신학회지, pp.997-1003, 제4권5호, 2000.

[4] 권 상근, "M-대역 직교 웨이브렛 변환을 이용한 부대역 부호화기의 최적 경계 필터뱅크의 설계," 한국통신학회, "pp.829-835, 제23권 8A, 2002.

[5] S-k Kwon and J-k Kim, "A New Regular M-band Orthogonal Wavelet Filter Bank Design using Zeros Insertion Method," pp.753-754, Electronics Letters, May, 1994.

[6] P.P.Vaidynathan, "Multirate Systems and Filter Banks," Prentice-hall, 1993.

[7] 권 상근, "M-대역 직교 웨이브렛 필터뱅크를 이용한 경계 영역 에지 검출을 위한 경계 필터의 설계," 금오공대 논문지, pp.129~140, 제 23권, 2000.

저자 소개



권상근(Sang-keun Kwon)

1982년 2월 : 서강대학교 전자 공학과 (학사)

1994년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학박사

1990년~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수

※ 관심분야: 영상통신, 신호처리, 통신시스템



박원우(Won-Woo Park)

1981년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (학사)

1991년 : Univ. of Texas at Austin 전기공학과(공학박사)

1993년~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 부교수

※ 관심분야: 컴퓨터구조, 컴퓨터그래픽스