

필터 길이의 변화를 이용한 효율적인 구획 단위 웨이브릿 변환

正會員 엄 일 규*, 김 윤 수**, 박 기 웅**, 김 재 호*

An Efficient Block Wavelet Transform Using Variable Filter Length

Il Kyu Eom*, Yoon Soo Kim**, Ki Wung Park**, Jae Ho Kim* *Regular Members*

요 약

웨이브릿 변환은 높은 압축률을 얻을 수 있는 영상 압축에 널리 사용되고 있다. 웨이브릿 변환은 하드웨어 구현 시 영상의 크기만큼의 기억소자를 필요로 한다. 그러므로 전체 영상을 구획으로 나누어 처리하는 것이 효율적이다. 구획으로 나눈 영상의 웨이브릿 변환은 손실을 가져오기 때문에 인접 구획의 화소를 이용하여 구획화 현상을 제거할 수 있다. 칼라 영상을 압축할 경우, 영상을 밝기 및 칼라 성분으로 분해하고, 칼라 성분을 간축하여 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 인접 구획 화소의 중첩의 이용한 웨이브릿 변환을 할 때, 칼라 성분의 간축으로 인하여 필요한 화소의 2배를 가져와야 한다. 본 논문에서는 밝기 성분 및 칼라 성분에 대한 웨이브릿 필터의 길이는 변화시키는 방법의 통하여 인접 구획에서 추가적으로 가져오는 화소의 수를 최적화하는 방법을 제안한다. 그리고 칼라 성분에 대한 필터의 길이의 축소에 의한 압축 화질의 저하가 없음을 모의 실험을 통하여 밝힌다.

ABSTRACT

Wavelet transform is widely used for high compression ratio image compression. It requires a large memory when it is implemented by a hardware. Therefore, it is efficient to divide the entire image into blocks. Because the wavelet transform for divided blocks causes losses, pixels of the adjacent blocks are used. In the case of color image compression, the image is decomposed into brightness and color components, and then color components are downsampled. When the wavelet transform is performed by using pixels of adjacent blocks, the number of necessary pixels are doubled due to downsampling of color components. In this paper, we propose an efficient block wavelet transform using variable filter length for brightness and color components. By using the proposed method, the number of pixels of adjacent blocks is optimized. We show the degradation of image quality due to the reduction of filter length for color components is negligible through simulations.

*부산대학교 전자공학과

**삼성전자 멀티미디어 연구소 영상통신그룹

論文番號: 96077-0228

接受日字: 1996年 2月 28日

I. 서 론

웨이브릿 변환은 영상을 서로 다른 주파수, 해상도 및 방향성을 가지는 부분 영상으로 분해한다. 웨이브릿 변환을 이용한 압축 방법은 JPEG(joint photographic expert group)에 비하여 높은 압축률을 가지며, 구획화 현상 발생하지 않는다. 웨이브릿 변환은 벡터 양자화^[1,2], 인간 시각 모델을 이용한 압축 방법^[3,4], 제로 트리 알고리즘^[5] 등 다양한 영상 압축 방법에 사용되고 있다.

큰 크기의 영상을 웨이브릿 변환을 사용하여 압축 또는 복원할 경우 몇 가지 문제점이 발생한다. 첫째, 하드웨어로 구현할 경우 많은 기억소자가 필요하다. 둘째, 최초의 압축 및 복원된 영상을 얻기까지의 시간이 길다. 셋째, 영상의 일부분에 대한 처리가 효율적이지 못하다. 이 경우 영상의 일부분을 처리하기 위하여 전체 영상에 대한 처리가 필요하다. 이러한 문제점들은 웨이브릿 변환이 전체 영상에 대하여 적용되기 때문에 발생한다. 이 문제점들은 영상을 구획으로 나누어 처리하면 해결될 수 있다.

영상을 구획으로 나누어 처리하는 방법은 일반적인 웨이브릿 변환 방법에서는 적용되기 힘들다. 웨이브릿 변환은 저역 통과 및 고역 통과 특성을 가지는 FIR (finite impulse response) 필터로 구현된다. FIR 필터는 출력값을 얻기 위해서 과거의 화소를 필요로 한다. 일반적으로 영상의 마지막 부분에서는 필터링을 하기 위한 화소가 부족하기 때문에 처음의 화소부터 다시 사용한다. 영상이 주기적으로 배열되어 있다는 가정 하에서 이러한 방법을 사용하고 있다. 이 방법은 영상의 마지막 부분에 구획화 현상을 발생시킨다.

Ccten, Gerek, Ulunkus 등은 JPEG에서와 같이 8×8 크기로 영상을 분할하여 웨이브릿 변환하는 방법을 제안하였다.^[6] 이 방법은 영상이 일정한 주기를 가지고 무한히 배열되어 있다고 가정한 후 그 주기가 1이 될 때까지 변환 및 간축을 수행한다. 웨이브릿 변환은 한 번의 행렬 곱셈으로 쉽게 이루어지지만, 이 방법은 구획화 현상 없애지 못한다. Williams와 Amaratunga는 구획화 현상을 제거할 수 있는 웨이브릿 변환 방법을 제안하였다.^[9] 필터링에 사용되는 영상의 마지막 부분의 화소를 외삽을 이용하여 구하였다. 이 방법은 완벽한 구획화 현상의 제거를 보장하지는 않

는다.

구획화 현상은 인접한 구획의 화소를 이용함으로써 완전히 제거될 수 있다. 구획화 현상을 없애기 위해 필요한 인접 구획의 화소 수는 웨이브릿 필터의 길이(L)와 웨이브릿 변환 횟수(D)의 함수로 표현된다. 본 논문에서는 칼라 영상을 웨이브릿 변환할 경우 구획화 현상을 제거하는 효과적인 방법을 제안한다. 칼라 영상에서 칼라 성분 및 밝기 성분에 대하여 웨이브릿 필터 길이를 달리하는 방법을 사용하여 추가로 사용되는 인접 구획의 화소 수를 최소화하였다. 밝기 성분에 대한 필터 길이에 비하여 칼라 성분의 필터 길이를 작게 하여도 압축 성능의 저하가 없음을 모의 실험을 통하여 증명하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 웨이브릿 변환을 의한 구획화 현상에 대하여 살펴보고, 3장에서는 1차원 신호 및 2차원 영상에 대한 구획 단위의 웨이브릿 변환 및 역변환 방법을 설명한다. 칼라 성분 및 밝기 성분에 대하여 필터의 길이를 각각 달리하는 방법을 4장에서 설명한다. 웨이브릿 변환을 이용한 압축 영상에 대하여 기존 방법과 제안 방법을 5장에서 비교하고, 6장에서 결론을 맺는다.

II. 웨이브릿 변환에 의한 구획화 현상

웨이브릿 변환을 위한 L차의 저역 및 고역 필터를 각각 $h[n]$ 및 $g[n]$ 이라고 할 때, 변환 단계 m의 신호 $c_m[n]$ 은 변환 단계 m-1인 신호 $c_{m-1}[n]$ 및 $d_{m-1}[n]$ 으로 분해된다. 즉,

$$c_{m-1}[n] = \sum_{k=2n}^{2n+L-1} c_m[k] h[k-2n], \quad (1)$$

$$d_{m-1}[n] = \sum_{k=2n}^{2n+L-1} c_m[n] g[k-2n]. \quad (2)$$

여기서 $g[n] = (-1)^k h[L-1-k]$ 이다. $c_{m-1}[n]$ 은 저역 필터링 및 간축된 신호로 $c_m[n]$ 에 비하여 해상도가 반으로 떨어진 신호이다. $d_m[n]$ 는 고역 필터링 및 간축된 신호이다. $c_{m-1}[n]$ 과 $d_{m-1}[n]$ 을 이용하여 식 (3)과 같이 수행하면 역으로 $c_m[n]$ 을 얻을 수 있다.

$$c_m[n] = \sum_{k=1+(n-L+1)/2}^{\lfloor n/2 \rfloor} (c_{m-1}[k] g[n-2k] + d_{m-1}[k] h[n-2k]), \quad (3)$$

식 (1), (2), (3)은 $d_{m-1}[n]$, $c_{m-1}[n]$ 및 $c_m[n]$ 이 부한한 길이를 가지고 있다고 가정한 것이다. 각 신호가 유한한 길이를 가지고 있을 경우 즉, $c_m[n]$ 이 M 의 길이를 가지고 있다면, $0 \leq n \leq M-1$ 이외의 구간에서는 $c_m[n]$ 을 0으로 볼 수 있다. 그러나 식 (1), (2)에 적용하기 위해서는 $c_m[M]$, $c_m[M+1]$, ..., $c_m[M+L-3]$ 의 신호가 필요하다. 일반적으로 이 신호들은 $c_m[0]$, $c_m[1]$, ..., $c_m[M-3]$ 으로 대체하여 사용한다. 이러한 방법 때문에 구획의 경계에서 알리아싱이 발생한다. 만약 영상을 구획 단위로 분할하여 웨이브릿 변환을 할 경우, 각 구획의 경계에서 구획화 현상이 나타나기 때문에 구획 단위의 웨이브릿 변환을 적용하기가 어렵다. 영상을 압축할 경우 압축률이 높을 수록 구획화 현상이 크게 나타난다. 또한 웨이브릿 필터의 길이가 클수록 구획화 현상이 크게 나타난다.

III. 구획 단위의 웨이브릿 변환

N 개의 표본치를 가지는 입력 신호를 $x[n]$ 이라 하고, 이 신호를 M 개의 표본치를 가지는 P 개의 구획으로 나눈다고 가정하자. 한 구획을 구획화 현상 없이

웨이브릿 변환하기 위해서는 overlap-save 방법^[11]과 유사하게 인접 구획의 표본치를 사용한다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 구획 k 를 변환하기 위해서는 구획 $k+1$ 의 표본치의 일부를 사용한다. 인접 구획에서 가져오는 표본치의 수 R 은 웨이브릿 필터 길이 L 과 웨이브릿 변환 회수 D 의 관계식으로 다음과 같이 표현된다.

$$R = (L-2)(2^D - 1) \tag{4}$$

첫 번째 변환 단계에서 $M+R$ 개의 표본치에 대하여 저역 통과 필터링을 수행한다. 저역 통과 필터링은 $M+R-(L-2)$ 번만 수행한다. 이 때, $M+R-(L-2)$ 개의 저주파 성분만 나오는 데, 이를 간추려서 $(M+R-(L-2))/2$ 개의 저주파 신호를 얻는다. 고역 통과 필터링의 경우는 다음 단계의 변환을 고려할 필요가 없다. 그러므로 $M+L-2$ 개의 신호로 M 번의 필터링을 수행하고 간추려서 $M/2$ 개의 고주파 성분을 얻는다. 이렇게 하여 한 번의 웨이브릿 변환이 완성된다. 두 번째의 변환을 수행하기 위해서는 $(M+R-(L-2))/2$ 개의 저주파 신호를 저역 통과 필터링하고 나서 간

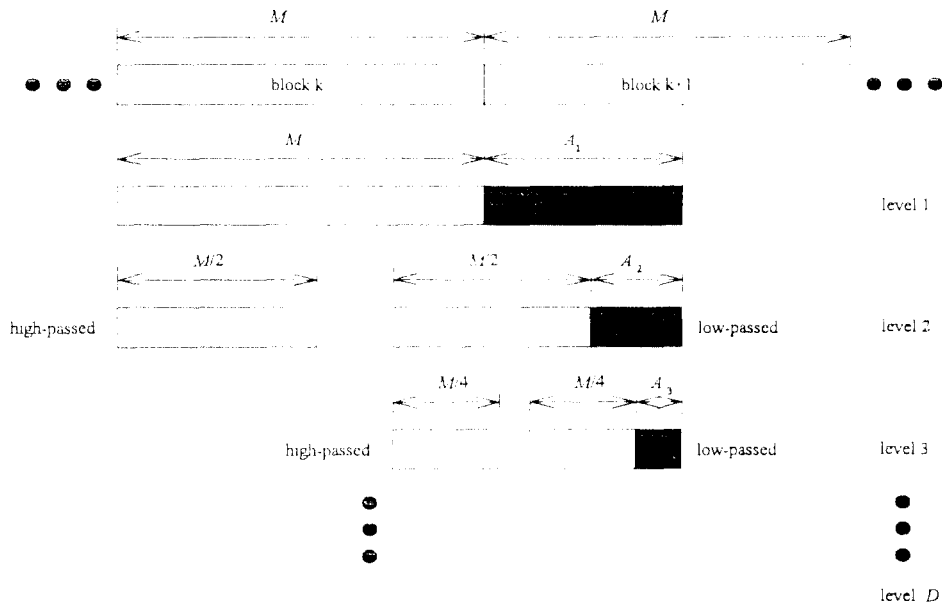


그림 1. 인접 구획의 표본치를 이용한 구획 단위의 웨이브릿 변환 방법.
Fig. 1 The block wavelet transform method using samples of the adjacent block.

축한다. 필터링은 구획화 현상을 없애기 위해서 $(M + R - (L - 2))/2 - (L - 2)$ 회만 수행한다. 고역 통과 필터링은 다음 단계를 고려할 필요가 없기 때문에 $M/2$ 의 필터링만 수행한다. 같은 방식으로 다음 단계를 계속적으로 수행할 수 있다. 각 변환 단계별로 웨이브릿 변환에 필요한 추가적인 표본치의 수 $A_i (i=1, 2, \dots, D)$ 는 다음과 같다. 필터링은 A_i 에서 $L-2$ 를 뺀 회수만큼 수행한다.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= R, \\
 A_2 &= (A_1 - L + 2)/2, \\
 &\vdots \\
 A_i &= (A_{i-1} - L + 2)/2, \\
 &\vdots \\
 A_D &= L - 2
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

구획화 현상 없이 웨이브릿 변환을 하기 위해서는 인접 구획의 표본치를 사용하는 것이 필요하다. 그에 따라 추가적인 계산이 필요하게 된다. 고역 통과 필터링은 다음 단계를 고려하지 않기 때문에 계산량의 증가가 없다. 웨이브릿 변환은 저주파 성분을 이용하여 계속적으로 변환을 수행할 수 있기 때문에 저역 통과 필터링의 경우에만 계산량의 증가가 발생한다.

구획 단위의 웨이브릿 역변환은 변환의 반대 과정으로 이전 구획의 표본치가 필요하다. 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 구획 k 를 역변환하기 위해서 구획 $k-1$ 의 표본치가 필요하다. 웨이브릿 변환된 1차원 신호는 원 신호의 평균 성분을 가지는 저주파 대역 L_D 와 고주파 대역 $H_i (i=1, 2, \dots, D)$ 로 나누어진다. 각 대역의 표본치의 수는 $M/2^i (i=1, 2, \dots, D)$ 이다.

먼저 구획 k 의 L_D 및 H_D 대역의 표본치를 이용하여

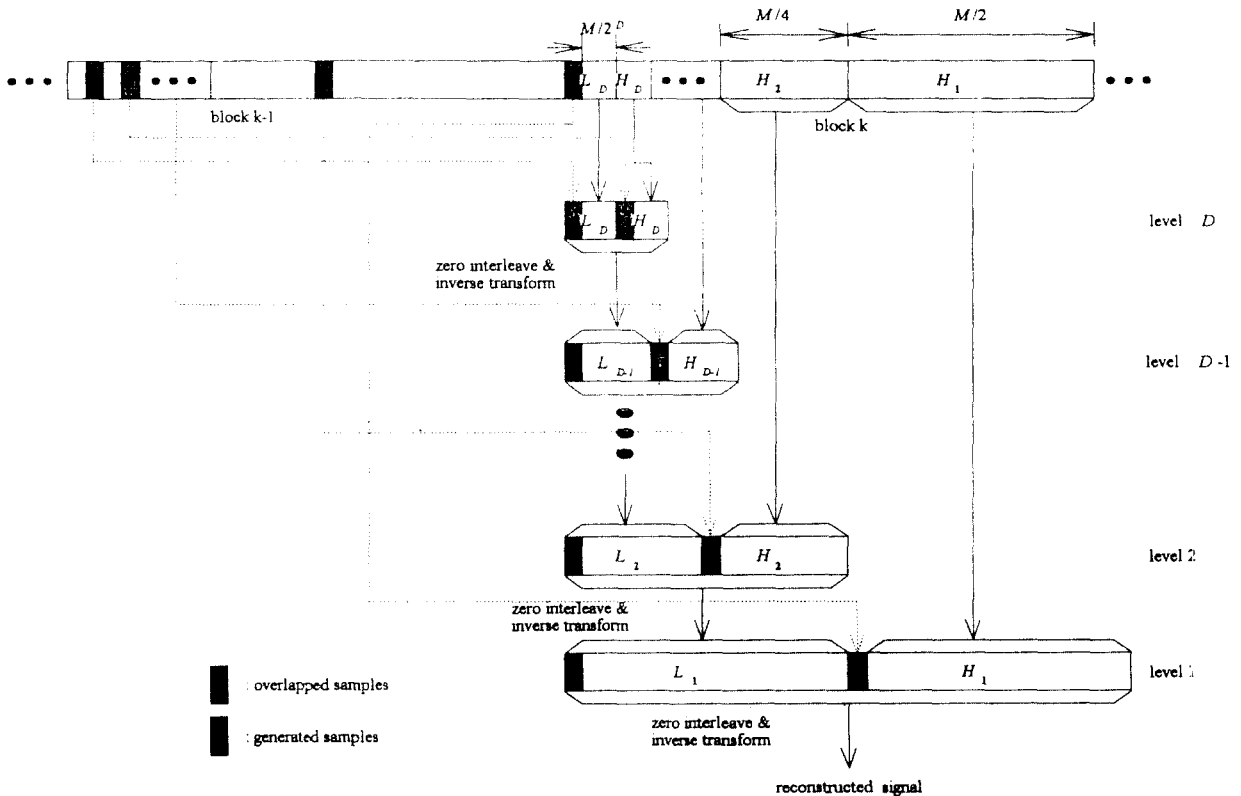


그림 2. 1차원 신호에 대한 구획 단위의 웨이브릿 역변환 방법.

Fig. 2 The inverse block wavelet transform method for 1-D signal.

역변환을 한다. 구획화 현상을 없애기 위해서 구획 $k-1$ 의 L_D 및 H_D 대역에서 각각 $L-2$ 개의 표본치를 가져와야 한다. 즉 전체적으로 $2 \times (M/2^D + L-2)$ 개의 표본치를 역변환하여 $M/2^{D-1}$ 개의 표본치를 가지는 L_{D-1} 대역의 저주파 성분을 얻는다. 이 과정에서는 구획 $k-1$ 에서 가져온 표본치에 의해서 L_{D-1} 대역에서 $L-2$ 개의 표본치를 추가적으로 얻을 수 있다. 이 표본치들은 다음 변환에서 다시 사용된다. 두 번째의 역변환을 수행하기 위해서 구획 k 의 L_{D-1} 및 H_{D-1} 밴드의 $M/2^{D-1}$ 개의 표본치가 필요하다. 또한 구획 $k-1$ 에서 추가적으로 표본치를 가져와야 한다. 이 때 저주파 성분은 이전의 역변환 과정에서 생성되었기 때문에 구획 $k-1$ 의 고주파 성분 H_{D-1} 만 필요하다. 이 표본치들을 역변환하여 $D-2$ 단계의 저주파 성분을 얻는다. 계속적으로 같은 방식으로 역변환을 수행하여 원래의 신호를 얻을 수 있다.

역변환 과정에서 이전의 구획에서 가는 오는 저주파 대역의 표본치는 최초의 단계에서만 필요하다. 다음 단계의 역변환을 위한 저주파 대역의 표본치는 역변환 과정에서 생성된다. 이전 구획에서 가져와야 하는 저주파 대역의 표본치의 수 AL_D 는 다음과 같다.

$$AL_D = L-2 \quad (6)$$

반면에 이전 구획에서 고주파 대역의 표본치는 각 대역별로 모두 가져와야 한다. 이전 구획의 각 고주파 대역에서 가져오는 표본치의 수 $AH_i (i=1, 2, \dots, D)$ 는 다음과 같이 나타난다.

$$AH_i = \begin{cases} (L-2)/2 + i - 1, & \text{if } 1 \leq i \leq (L-2)/2 \\ L-2, & \text{if } (L-2)/2 + 1 \leq i \leq D \end{cases} \quad (7)$$

영상에 대한 구획 단위의 웨이브릿 변환 방법은 1차원 신호의 변환 방법을 단순히 확장하면 된다. $N_1 \times N_2$ 크기를 가지는 영상이 $M_1 \times M_2$ 크기의 구획으로 분할되었다고 가정하자. 그림 3에서와 같이 구획 B_1 을 구획화 현상 없이 변환하기 위해서 구획 B_2, B_3, B_4 의 화소를 사용한다. 변환 방법은 1차원 신호에 대한 방법과 동일하다. 역변환의 경우, 구획 B_4 를 역변환하기 위해서는 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 구획 B_1, B_2, B_3 의 화소가 필요하다. 역변환 방법 또한 1

차원 신호에 대한 역변환과 동일하다.

구획 단위의 웨이브릿 변환은 구획화 현상을 제거할 수 있다는 장점과 동시에 계산량이 증가하는 단점을 가지고 있다. 계산량의 증가는 일차적으로 인접 구획에서 가져오는 화소의 수에 의해서 결정된다. 구획 단위의 웨이브릿 역변환의 경우에는 역변환 때 수행하는 보간의 특성을 이용하여 식 (7)과 (8)에서 볼 수 있듯이 인접 구획에서 가져오는 화소의 수를 많이 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다.

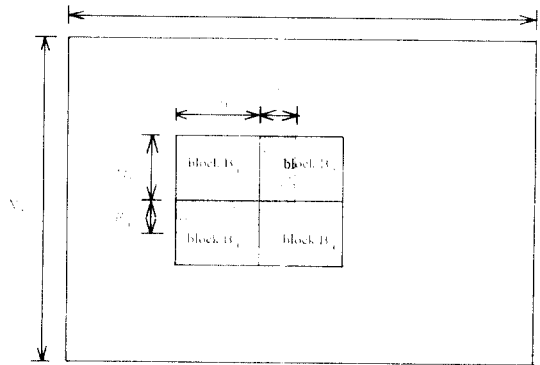


그림 3. 인접 구획의 화소를 이용한 영상에 대한 구획 단위의 웨이브릿 변환.

Fig. 3 The block wavelet transform for an image using pixels of the adjacent blocks.

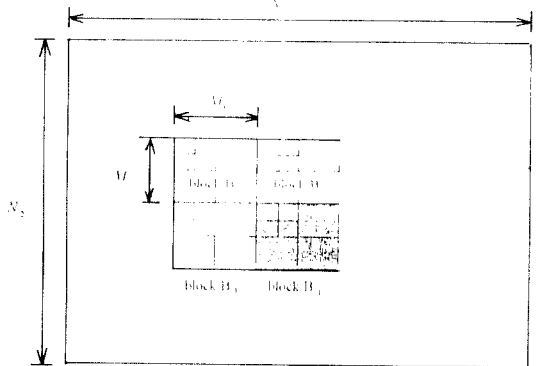


그림 4. 인접 구획의 화소를 이용한 구획 단위의 웨이브릿 역변환.

Fig. 4 The inverse block wavelet transform using pixels of the adjacent blocks.

IV. 칼라 영상의 구획 단위 웨이브릿 변환

칼라 영상은 일반적으로 RGB의 형태로 표현된다. RGB 형태를 가지는 영상은 상인도를 줄이기 위해서 YUV, YCrCb 등과 같이 다른 칼라 좌표계로 변환된다. 또한 압축의 효율을 높이기 위해 4:2:0 및 4:2:2와 같이 간축하여 압축하는 것이 일반적이다. 위와 같이 칼라 영상을 간축 및 좌표 변환하여 구획 단위로 웨이브릿 변환할 경우 다음과 같은 비효율적인 상황이 발생한다. 그림 5는 이러한 상황을 나타내고 있다.

예를 들어 $D=4, L=6$ 일 때 구획화 현상 없이 웨이브릿 변환을 하기 위해서 인접 구획에서 필요한 한 줄 당의 화소의 수 R 은 식 (4)에 의해서 60개로 결정된다. 즉, RGB 영상에서 각각 한 줄 당 60개의 화소를 인접 구획에서 가져온다. RGB 영상을 YCrCb로 변환해도 한 줄 당의 화소의 수는 60개로 동일하다. 그러나 4:2:0로 칼라 성분 CrCb를 간축하여 CrCb'의 영상을 얻는다고 하면, 간축된 칼라 성분 CrCb'에서 인접 구획에서 가져온 한 줄 당 화소의 수가 30개로 줄어들기 때문에 구획화 현상 없이 변환을 수행할 수 없게 된다. 그러므로 RGB 영역에서 120개의 중첩되는 화소를 인접 구획에서 가져와야 구획화 현상 없이

웨이브릿 변환이 가능하다.

칼라 영상에 대한 구획 단위의 웨이브릿 변환을 수행할 경우 간축된 칼라 성분 CrCb' 성분의 중첩 화소의 수를 맞추기 위해 밝기 성분 Y에 중첩되는 화소가 2배가되어야 한다. 그러므로 RGB 영상에서 2배의 중첩 화소를 읽어 와야 하고 이에 의해서 추가적인 기억소자가 필요하게 된다. 구획화 현상을 없애는 데 필요한 간축된 칼라 성분 CrCb'의 중첩되는 화소의 수를 밝기 성분 Y에 중첩되는 화소 수의 반이 되도록 설정하면 언급한 비효율성이 제거 될 수 있다. 즉, 구획화 현상을 없애기 위해 필요한 밝기 성분 Y의 중첩 화소의 수가 60개라면, 간축된 칼라 성분 CrCb'의 중첩 화소의 수가 30개가 되도록 하면 밝기 성분 Y에 불필요하게 추가되는 중첩 화소의 수가 없어진다.

이러한 조건을 만족시키기 위하여 본 논문에서는 간축된 칼라 성분 CrCb' 및 밝기 성분 Y에 대하여 각기 다른 필터 길이를 사용하는 방법을 제안한다. 간축된 칼라 성분에 대한 필터의 길이를 L_c , 밝기 성분에 대한 필터의 길이를 L_y 라 하면, 인접 구획에서 가져와야 하는 밝기 성분 및 칼라 성분의 화소의 수 R_c 및 R_y 는 각각 다음과 같다.

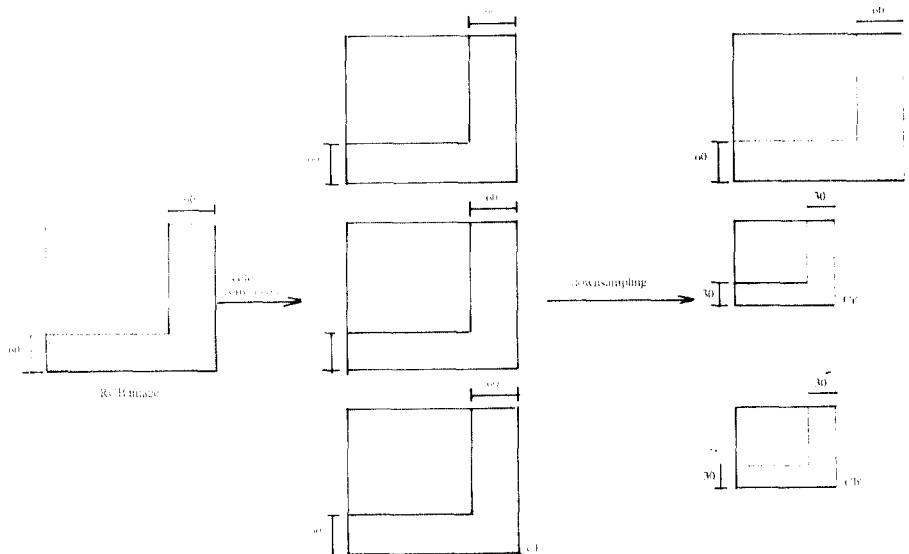


그림 5. 칼라 변환 및 간축된 구획 영상의 웨이브릿 변환.
Fig. 5 Wavelet transform for color converted and downsampled block image.

$$R_C = (L_C - 2)(2^D - 1) \quad (8)$$

$$R_Y = (L_Y - 2)(2^D - 1) \quad (9)$$

이 때, 밝기 성분에 필요한 중첩 화소의 수가 간축된 칼라 성분에 필요한 중첩 화소의 수의 2배가 되도록 강제적으로 다음과 같은 관계를 설정한다.

$$R_C = \frac{1}{2} R_Y \quad (10)$$

식 (10)에 의하여 다음과 같은 필터 길이에 대한 관계식이 다음과 같이 유도된다.

$$L_Y = 2(L_C - 1) \quad (11)$$

칼라 성분 CrCb를 간축하여 Cr'Cb'을 만들면 중첩 화소의 수도 반으로 줄어든다. 그러므로 RGB 영역에서 2배의 중첩 화소를 가져와야 한다. 그러나 밝기 성분 Y 및 간축된 칼라 성분 Cr'Cb'에 대한 웨이브릿 필터의 길이를 식 (11)과 같이 결정하면, RGB 영역에서 가져오는 인접 구획의 화소의 수를 최적화할 수 있다. 예를 들어 $D=4$ 이고 $L_Y=6$ 이면, 식 (11)에 의하여 $L_C=4$ 이다. 이 경우 식 (4)에 의해서 $R_Y=60$, $R_C=30$ 이 되므로 RGB 영역에서 2배의 화소를 가져올 필요 없이 밝기 성분 Y에 필요한 만큼의 중첩 화소만 가져오면 충분하기 때문에 기억소자의 증가를 막을 수 있다. 또한 칼라 성분에 대한 필터 길이의 축소에 의하여 계산량을 줄일 수 있다.

일반적으로 필터의 길이가 작아지면, 압축된 영상의 화질도 떨어진다. 필터 길이의 축소에 의한 화질의 저하는 밝기 성분에 대하여 많은 영향을 미치지만 칼라 성분에 대하여는 거의 영향을 미치지 않는다. 그러므로 제안한 방법과 같이 칼라 성분에 대한 필터의 길이를 밝기 성분에 대한 필터의 길이보다 작게 하여도 압축된 영상의 화질에는 거의 영향을 주지 않을 것으로 본다. 모의 실험을 통하여 이러한 사실을 확인하였다.

V. 모의실험

본 논문에서는 각 실험 영상을 네 개의 구획으로 나누어 압축하였다.^[4] 압축 방법은 참고 문헌 [4]에 있

는 인간 시각 특성을 이용한 웨이브릿 영상 압축 방법을 사용하였다. 웨이브릿 필터는 Daubechies^[10] 웨이브릿 필터를 사용하였다. 영상의 구획으로 나눈 후 인접 구획의 화소를 이용하는 방법은 진히 구획화 현상이 발생하지 않는다는 것은 이론적으로 알 수 있다. 본 논문에서 웨이브릿 변환의 간축 및 보간의 특성 및 계층 구조를 이용하여 인접 구획에서 가져오는 화소의 수를 결정하고 이를 구획 단위의 웨이브릿 변환 및 역변환에 적용하였다.

필터의 길이를 작게 하면 압축된 영상의 화질의 저하가 일어 정도인지를 실험하기 위하여 먼저 흑백 영상의 8-bit 512×512 흑백 영상에 대하여 화질의 저하 정도를 실험하였다. 각 영상에 대하여 웨이브릿 변환 단계, D 가 4일 경우 필터의 길이, L 은 4 및 6으로 영상을 압축하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 구하였다. 그림 6에 실험 결과를 나타내었다. 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 필터 길이가 4일 경우, 필터 길이가 6일 경우에 비하여 압축 영상 및 압축률에

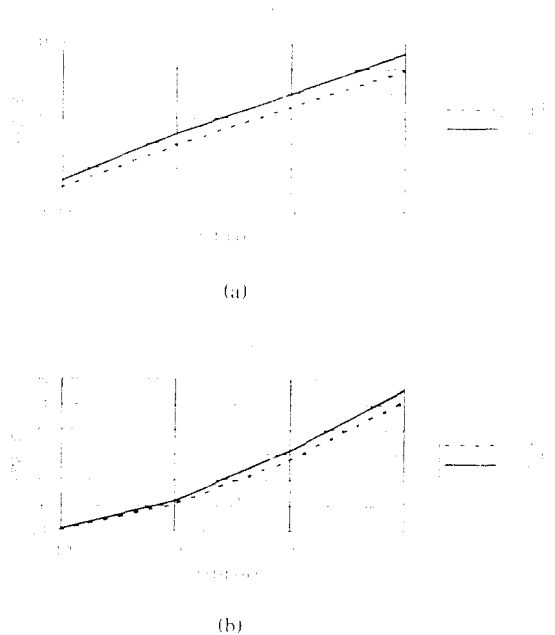


그림 6. 필터 길이에 따른 압축률과 PSNR(흑백 영상) (a) Lena, (b) Barbara.

Fig. 6 Compression ratios and PSNR according to filter lengths(black and white image) (a) Lena, (b) Barbara.

따라 다소 차이는 있지만 PSNR이 최고 1 dB 까지 화질의 차이가 남을 알 수 있다. 따라서 흑백 영상의 경우 필터 길이의 축소는 화질의 저하를 가져오기 때문에 계산량의 이득 이외의 장점은 없다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 밝기 성분 및 칼라 성분에 대하여 각기 다른 길이의 웨이브릿 필터를 적용하여 중첩하는 화소의 수를 최적화하는 방법을 제안하였다. 즉, 칼라 성분에 필요한 중첩 화소의 수가 밝기 성분에 필요한 중첩 화소 수의 반이 되도록 칼라 성분에 대한 웨이브릿 필터의 길이를 작게 설정하였다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 필터의 길이가 축소되면 화질의 저하를 가져온다. 그러나 칼라 성분은 밝기 성분에 비하여 중요성이 떨어지기 때문에 칼라 성분에 대한 웨이브릿 필터의 길이를 줄이더라도 화질의 저하는 거의 없다. 본 논문에서는 24-bit 256×256 칼라 영상에 대하여 화질의 저하 정도를 실험하였다. 각 영상에 대하여 웨이브릿 변환 단계, D 가 4일 경우 필터의 길이, L_r 를 6으로 고정하고 L_c 를 각각 4와 6으로 하

여 칼라 영상을 압축하고, 복원된 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 구하여 그림 7에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 칼라 성분에 대한 웨이브릿 필터의 길이를 밝기 성분보다 작게 하여도 PSNR은 0.01 dB에서 최고 0.1 dB 정도의 차이가 나기 때문에 PSNR의 차이를 거의 무시할 수 있다.

앞의 두 실험 결과에서 알 수 있듯이 밝기 성분만을 가지는 흑백 영상은 웨이브릿 필터의 길이를 줄이면 화질의 저하가 무시할 수 없을 정도로 커진다. 반면에 칼라 영상에서 추출한 칼라 성분에 대하여는 필터의 길이를 줄여도 화질의 저하가 거의 없음을 알 수 있었다. 그러므로 본 논문에서 제안한 각 성분에 대하여 서로 다른 필터의 길이를 사용하는 방법은 압축된 영상의 화질 저하가 거의 없이 적용할 수 있다.

VI. 결 론

구획화 현상이 없이 웨이브릿 변환을 수행하기 위해서는 인접 구획의 표본치를 중첩하여 변환을 해야 한다. 인접 구획에서 가져오는 표본치의 수는 웨이브릿 필터의 길이와 웨이브릿 변환 단계에 의한 관계식으로 나타난다. 4:2:0 등으로 간축되어 사용되는 칼라 영상의 경우, 칼라 성분 및 밝기 성분에 대한 중첩 표본치의 수가 달라지게 된다. 즉, 필요한 중첩 표본치의 2배를 이용해야 칼라 영상에 대한 웨이브릿 변환을 손실 없이 수행할 수 있다.

본 논문에서는 밝기 성분에 필요한 중첩 표본의 수가 칼라 성분에 필요한 중첩 표본치의 수의 2배가 되는 조건에서 밝기 성분 및 칼라 성분에 대한 웨이브릿 필터 길이의 관계식을 유도하고, 이를 구획 단위의 웨이브릿 변환에 적용하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 각 성분에 대하여 같은 길이의 필터를 사용하는 방법보다 계산량 및 기억소자가 줄어드는 장점이 있다. 그리고 칼라 영상을 네 개의 블록으로 나누어 칼라 성분에 대한 웨이브릿 필터의 길이를 줄여도 화질의 저하가 거의 나타나지 않음을 모의실험으로 입증하였다. 현재 제안된 칼라 영상에 대한 구획 단위의 웨이브릿 변환을 이용하여 큰 영상을 처리하는 칼라 문서 영상 처리 시스템을 위한 압축 및 복원 하드웨어를 개발 중에 있다.

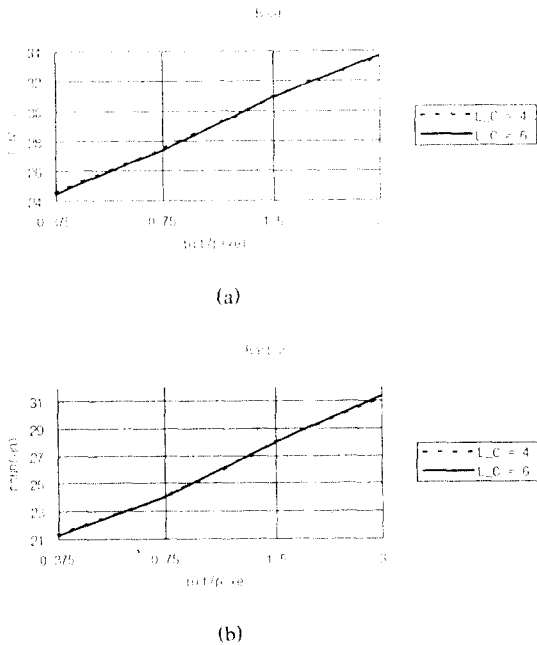


그림 7. 필터 길이에 따른 압축률과 PSNR(칼라 영상) (a) Boat, (b) Barbara.

Fig. 7 Compression ratios and PSNR according to filter lengths(color image) (a) Boat, (b) Barbara.

참 고 문 헌

1. M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," IEEE Trans. on Image Processing, vol.1, no.2, pp. 205-220, April, 1992.
2. X. Wang and S. Panchanathan, "Wavelet Transform Coding Using NIVQ," SPIE vol.2094, pp. 1347-1356, 1993.
3. A. S. Lewis and G. Knowles, "Image Compression Using the 2-D Wavelet Transform," IEEE Trans. on Image Processing, vol.1, no.2, pp.244-250, April, 1992.
4. I. K. Eom, H. S. Kim, K. S. Son, Y. S. Kim and J. H. Kim, "Image Coding Using Wavelet Transform and Human Visual System," SPIE vol.2418, pp.176-186, 1995.
5. A. B. Watson, G. Y. Yang, J. A. Solomon and J. Villasenor, "Visual Thresholds for Wavelet Quantization Error," SPIE vol.2657, 1996.
6. B. Zhu, A. H. Tewfik and O. N. Gerek, "Image Coding with Mixed Representation and Visual Masking," ICASSP vol.4, pp.2327-2330, 1995.
7. J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients," IEEE Trans. on Signal Processing, vol.41, no.12, pp.3445-3462, 1993.
8. A. E. Ceten, O. N. Gerek and S. Ulukus, "Block Wavelet Transform for Image Coding," IEEE Trans. on Circuits and System for Video Tech., vol.3, no.6, Dec., 1993.
9. J. R. Williams and K. Amaratunga, "A Wavelet Transform Without Edge Effects Using Wavelet Extrapolation," IESL Technical Report no.95-02, Jan., 1995.
10. I. Daubechies, "Orthogonal Bases for Compactly Supported Wavelets," Comm. Pure App. Math., vol.41, pp.909-996, 1988.
11. J. S., Lim, *Tow-dimensional Signal and Image Processing*, Prentice Hall, 1990.

감사의 글

본 논문은 삼성전자의 지원으로 부산대학교 정보통신연구소를 통하여 수행한 과제입니다. 삼성전자 및 부산대학교 정보통신연구소 관계자들에 감사드립니다.



엄 일 규(Em Il Kyu Eom) 정회원
 1996년 10월 16일생
 1990년 2월: 부산대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년 8월: 부산대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1993년 3월~현재: 부산대학교 일반대학원 전자공학과 박사과정
 ※주관심분야: 영상신호처리, 영상 압축

김 윤 수(Yoon Soo Kim) 정회원
 제 21권 3호 참조

박 기 웅(Ki Wung Park) 정회원
 제 21권 3호 참조

김 재 호(Jae Ho Kim) 정회원
 제 21권 3호 참조