

# 웨이블릿 계수 특성을 이용한 대비 개선에 관한 연구

## A new approach for contrast enhancement using the properties of wavelet coefficients

박 태 준\*, 엄 민 영\*\*, 최 윤 식\*\*\*

Taejun Park\*, Minyoung Eom\*\*, Yunsik Choe\*\*\*

**Abstract** -The current JPEG-2000 standard is a wavelet based scheme because wavelet transform have some advantages compare to DCT transform. In compressed images, there are some image degradation factors like contrast distortion by Quantization process. This factor is very important to HVS (Human Visual System). Therefore, In this paper, we propose a new algorithm for contrast enhancement using the properties of wavelet coefficients. This algorithm is processed in the wavelet domain and so it can be applied efficiently to JPEG-2000.

**Key Words** : JPEG-2000, Michelson Contrast, wavelet domain, contrast enhancement

### 1. 서론

최근 영상처리 분야에서는 다양한 연구를 통해 (화질 열화가 발생한 영상, 혹은 열화가 없는 영상 자체에 대해) 인간의 주관적 인지도를 높이는 여러 가지 개선 기법을 고안해 내었다. 그 중 대비 개선이란 인간이 사물을 식별할 때 가장 큰 영향을 미치는 명도, 휘도의 차이를 명확히 구분지게 함으로써 화질을 개선시키는 기법이다[1]. 대표적인 대비 개선 기법으로 히스토그램 균일화를 들 수 있는데, 이는 영상의 픽셀 값 분포에 의존하는 특성에 의해 영상의 밝기가 치우쳐져 있을 때에는 효과적이지만 DCT기반 부호화기에서 양자화에 의하여 생긴 블록화 현상이 있는 영상의 경우 블록간의 불일 속성을 더 강조시킨다는 단점이 있다. 그 외 히스토그램 균일화의 단점을 보완한 연구[2] 및 다양한 도메인 상에서 대비 개선을 시도한 연구가 진행되어 왔다. [3]에서 제안한 DCT (Discrete Cosine Transform) 영역에서의 대비개선 기법은 DCT기반 압축표준에 직접적으로 적용할 수 있으나, 양자화 열화로 인한 블록화 현상에 대비 효과를 적용하면 오히려 블록간의 상관도가 더 감소되어 블록화 현상이 두드러지는 단점이 있다. [4]에서 제안한 웨이블릿 영역에서의 대비개선 기법은 히스토그램 균일화와 High Boost 필터를 이용한 외곽선 강조를 통해 대비를 개선시키는 효과가 있다. 그러나 실현 환경에 있어서 Haar 웨이블릿을 이용한 1레벨 영역에서 대비 개선을 제안하였고, 비트율을 고려하지 않아 실제 JPEG2000에서 적용하기 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 저비트율로 부호화 되어질 때 외곽선 영

역에 해당하는 고주파성분에 대한 정보 손실에 의하여 나타날 수 있는 국부적 대비 왜곡을 개선하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 공간영역에서의 대비에 대한 정의와 웨이블릿 기반 영상 부호화시 나타날 수 있는 국부적 대비 왜곡에 대하여 언급하고, 3장에서는 웨이블릿 계수 특성을 이용한 웨이블릿 영역에서의 대비를 정의하여 제안하는 대비 개선 알고리즘을 설명하고 4장에서는 제안하는 알고리즘의 결과와 분석 그리고 5장에서 제안하는 방법의 결론을 맺고자 한다.

### 2. 공간영역에서의 대비 및 국부적 대비 왜곡

#### 2.1 대비의 정의와 분석

일반적으로 영상에서 배경과 객체 사이의 명도 및 휘도의 차이의 정도로서 대비를 정의할 수 있는데, 지금까지 영상에 대한 여러 가지 대비에 대한 정의가 제시되어 왔다. 가장 간단한 단계는 식(1)과 같이 배경과 객체 사이의 휘도의 최대 값과 최소 값에 의하여 정의되어질 수 있고, 식(2)와 식(3)은 각각 Weber와 Michelson(Peak-to-to Peak) 대비의 정의이다.[5].

$$C = \frac{L_{m \max}}{L_{m \min}} \quad (1)$$

$$C = \frac{L_{m \max} - L_{m \min}}{L_{m \min}} \quad (2)$$

$$C = \frac{L_{m \max} - L_{m \min}}{L_{m \max} + L_{m \min}} \quad (3)$$

특히 본 논문에서는 Michelson의 대비 정의를 이용하여 웨이블릿 영역에서의 대비를 정의하여 웨이블릿 영역에서의 대비개선 알고리즘을 제안 할 것이다. Michelson 대비에서 분모와 분자는 각각 두개의 휘도 성분의 합과 차로 표현되어, 각각 저역, 고역 필터를 통과시킨 형태와 유사하다. 이는 저역 필터 계수가  $[1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}]$ , 고역 필터 계수가

저자 소개

\* 準 會 員 : 延世大學 電氣電子學科 碩士課程

\*\* 準 會 員 : 延世大學 電氣電子學科 博士課程

\*\*\* 正 會 員 : 延世大學 電氣電子學科 正教授 · 工博

$[-1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}]$  로 대응되는 2-tap Haar 필터에서 그대로 적용이 가능하다.

### 1.2 국부적 대비 왜곡

웨이블릿과 SPIHT에 의한 JPEG2000의 경우, 저비트율로 부호화되어질 때 저주파 영역에서부터 고주파 영역 순으로 계수 값이 큰 값을 먼저 부호화하는 SPIHT의 특징에 의하여 상대적으로 저주파 영역의 계수 값보다 작은 값을 갖는 고주파 영역의 계수 값들은 대부분 부호화 되지 못한다. 이 때문에 고주파 성분에 해당하는 외곽선 영역을 제대로 복원해 낼 수 없다. 그림.1은 국부적 대비 왜곡의 예를 보여주는데, 이와 같이 고주파 성분의 손실에 의하여 배경과 객체 사이의 경계가 없어져서 대비가 낮아짐을 볼 수 있다.



(a) 원영상 (b) 왜곡된 영상  
그림 1. 국부적 대비 왜곡의 예

## 3. 제안하는 웨이블릿 영역에서의 대비개선

### 3.1 웨이블릿 계수와 대비의 관계

웨이블릿 코딩은 수직, 수평방향에 대해 각각 저, 고역 필터를 적용하여 네 개의 주파수 영역으로 구분하고, 레벨이 높아질수록 수직, 수평 방향에 저역 필터를 적용한 영역에 웨이블릿 변환을 재차 적용한다. 3레벨로 웨이블릿 변환한 그림은 그림.2와 같다. Haar 웨이블릿 변환은 다음과 같은 행렬의 형태로 표현할 수 있다.

$$A_n = HA_{n-1}V, \quad A_{n-1} = H^{-1}A_nV^{-1} \quad (4)$$

위에서  $n$ 은 레벨을 의미하고, 원영상은  $n=0$  일 때,  $H$ 와  $V$

$$H = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots \\ -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots \end{bmatrix} \quad (5)$$

단,  $V = H^T$ 와 같으며  $V, H$  행렬 모두 직교한 특성에 의해  $V^{-1} = V^T, H^{-1} = H^T$  이다. 앞서 정의한 Michelson 대비를 통해 웨이블릿 계수를 이용한 대비 식은 다음과 같다.

$$C_{(x,y)}^n = \frac{LH_{(u,v)}^n \text{ (or } HL_{(u,v)}^n, HH_{(u,v)}^n)}{LL_{(u,v)}^n}, \quad n = 1, 2, 3 \quad (6)$$

는 적용영역의 수평, 수직방향의 필터링과 1/2 다운 샘플링 역할을 수행하는 행렬이다.  $H$ 는 다음과 같다. 식(4), (5), (6)을 통해 웨이블릿 계수 값과 픽셀값의 관계를 살펴보면

$LL_n, LH_n, HL_n, HH_n (n=1 \sim 3)$  영역 같은 위치의

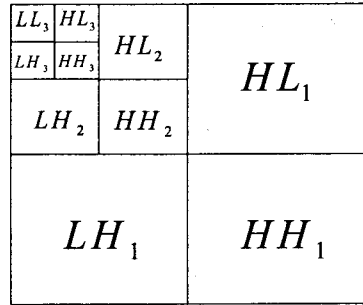


그림. 2 3레벨 웨이블릿 변환

웨이블릿 계수 비는 영역 별, 레벨 별(그림.3-(a))로 원영상에 적용되는 대비의 방향(그림.3-(b))과 범위(그림.3-(c))가 다르다.

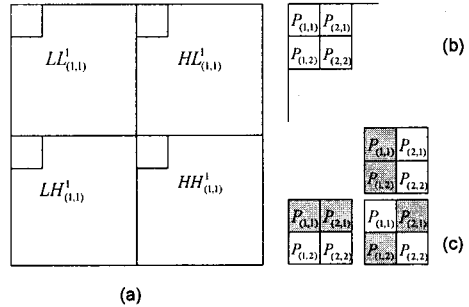


그림. 3. 1레벨 웨이블릿 계수와 공간영역의 대응

그림.3에서  $LL$  영역의 계수와  $HL, LH, HH$  영역의 계수의 비로 정의된 대비 값은 원영상의 네 픽셀에 해당하는 각각 수평, 수직, 대각선 방향의 대비를 표현한다. 상위 레벨로 올라가면 그림.4와 같이 적용되는 범위가  $8 \times 8$  픽셀로 대응되고, 3 레벨 상에서는  $16 \times 16$  픽셀로 늘어나게 된다. 즉, 웨이블릿 영역에서 계수 값 사이의 비교가 공간 영역에서는 국부적인 영역의 대비로 표현할 수 있다. 그러므로 상위 레벨부터 하위 레벨로 내려갈수록 좀더 세밀한 대비를 파악할 수 있다.

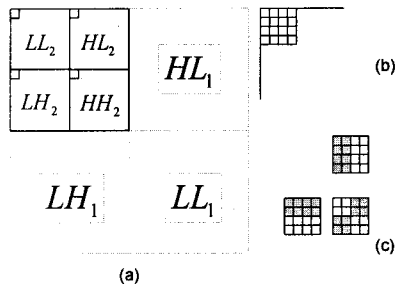


그림. 4. 2레벨 웨이블릿 계수와 공간영역의 대응

### 3.2 웨이블릿 영역에서의 대비 개선

앞서 식(6)에서 구해진 대비 값을 통해 본 논문에서는 대비 개선을 위한 요소,  $\lambda$ 를 도입하여 식(6)의 분자 부분, 고역필터를 통과시킨 모든 영역에 일정하게  $\lambda$ 를 곱해줌으로써 대비 개선 효과를 얻도록 하였다. 단, 동일 레벨에서 고주파 영역, 예를 들어 3 레벨의  $HL_3, LH_3, HH_3$ 에 대비 개선을 시킨 것은 그 하위 레벨의 저주파 성분( $LL_3, HL_3, LH_3, HH_3$ 로 재구성된)  $LL_2$  영역의 계수 값에도  $\lambda$ 배 만큼 증가된 결과를 미치게 되므로  $HL_2, LH_2, HH_2$  영역의 대비 개선에서는  $\lambda^2$ 을 곱함으로써 각각의 레벨에 있어서  $\lambda$ 배 만큼의 동일한 개선 효과를 얻도록 한다. 식(7)은 위의 조건을 고려한 대비 개선의 최종 식이다.

$$C_{(u,v)}^n = \lambda^{L-n+1} \frac{LH_{(u,v)}^n \text{ (or } HL_{(u,v)}^n, HH_{(u,v)}^n)}{LL_{(u,v)}^n}, L=3 \quad (7)$$

### 4. 실험 및 결과

본 논문의 실험은 Daubechies 필터와 3레벨 웨이블릿 변환 조건하에, 앞서 제안한 원리를 그대로 적용하였다. 그림.5는 제안된 알고리즘의 부호화단에 적용한 블록도를 나타낸다. 웨이블릿 변환으로 얻어진 웨이블릿 계수들의 개선은 식(7)을 통해 웨이블릿 영역에서 처리되며 전체적인 대비 개선을 적용한다. 그리고 SPIHT와 산술부호화 과정을 거쳐 비트 스트림으로 전환 후 복호화단으로 넘겨진다. Haar 필터와 Daubechies 필터는 필터 계수의 길이의 차이로 인한 대비의 적용 범위에만 영향을 미치기 때문에, 앞서 언급한 원리를 직관적으로 동일하게 적용 가능하다. 대비 개선은 영상의 전체적인 대비를 향상시키는 목적으로, 양자화에 따른 고주파 성분의 손실을 보완하는 역할을 할 수 있다. 이는 최하위 레벨 영역에 있어서 저 비트율로 코딩시 대부분 손실되는 계수 값들을 키워줘 복호화 단에서 윤곽선에 대한 정보를 획득할 수 있게 하는 결과를 얻는다.  $\lambda$ 값의 설정은 실험을 통해 1.4 일 경우 가장 좋은 결과를 얻는 것을 알 수 있었다.  $\lambda$ 값이 커질수록 윤곽선 영역의 대비가 증가하여 주관적 식별에 도움을

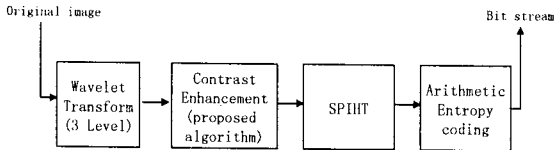


그림. 5. 부호화단 구조도

줄 수 있으나 1.6 이상의  $\lambda$ 값은 제한된 비트에서 저주파 영역에 할당된 비트를 고주파 성분에 넘기는 것과 같으므로 정작 중요한 저주파 부분에 대한 표현이 불가능해 영상 전반에 블러링이 심해지는 결과가 나타난다. 그림.6은 본 논문에서 제시한 대비 개선의 효과와 [4]에서 제시한 대비 개선 기법을 비교한 것이다. 그림.6에서 (a)는 원영상 (b)는 0.5bpp로 압축한 영상, (c)는 [4]에서 제시한 기법, 즉, 1레벨에서  $LL_1$  영역에는 공간 영역에서와 같이 히스토그램 균일화를,  $HH_1$  영역은 High Boost 필터를 이용하여 윤곽선 부분을 강조시킨 영

상이다. (d)는 본 논문에서 제안한 대비 개선 기법이 적용된 영상이다. 그림을 보면 알 수 있듯이 0.5bpp로 압축한 영상에 대해 제안한 기법이 적용된 영상은 대비 개선이 적용되기 전 영상보다 머리카락과 모자, 눈 부분에 더 많은 윤곽선이 존재함을 알 수 있다.



(a) 원영상 (b) 0.5bpp. 압축된 영상  
(c) 0.5bpp. HE+HB[3] (d) 0.5bpp. 제안한 알고리즘  
그림. 6. 결과 영상들의 비교

(c)의 경우, 히스토그램 균일화에 의해 명암의 구분이 명확해 지기는 했으나,  $HH_1$  영역에서 개선시킨 윤곽선 정보가 압축되면서 살아남지 못해 그 효과가 떨어짐을 알 수 있다.

### 4. 결론

대비 개선 기법은 X-ray 사진, 위성 사진 판독 등등, 의료 영상 처리 분야나 각종 이미지 개선에 효과적으로 적용되는 기법이다. 본 논문에서는 JPEG2000에서도 적용 가능한 웨이블릿 영역에서의 대비 개선 기법을 제안하였다. 이 기법은 비단 부호화단 뿐만 아니라 복호화단에서도 산술 부호화 과정 후 적용 가능하며, 다른 대비 개선 기법처럼 압축에 따른 화질열화가 없는 영상에도 대비 개선 효과를 얻을 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] R. Gonzalez and R. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing, 1992
- [2] J. Alex Stark "Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization" IEEE Trans. Image processing vol. 9, no. 5, pp. 889~895 MAY 2000
- [3] Jinshan Tang, Eli Peli, and Scott Acton, "Image Enhancement Using a Contrast Measure in the Compressed Domain", Signal Processing Letters, IEEE, Vol.10, Issue:10, Oct. 2003 pp. 289 - 292
- [4] Jimhi Qin, "A new wavelet-based method for contrast/edge enhancement", M.Sc. Dissertation, Computer Science, University of western Ontario, London, Ontario, Canada, 2001.
- [5] Yung-Kai Lai and C.-C. Jay Kuo, "A Haar Wavelet Approach to Compressed Image Quality Measurement", Journal of Visual Communication and Image Representation 11, 17-40, 2000