

공간주파수 특성을 이용한 DCT 압축영상의 적응 영상 향상

An Adaptive Image Enhancement of the DCT Compressed Image using the Spatial Frequency Property

전 선 동*, 김 상 희*
Seon-Dong Jeon*, Sang-Hee Kim**

요약

본 논문은 DCT 압축 영역에서 공간 주파수 특성을 이용한 적응 영상향상 방법에 관한 것이다. 영상의 동적범위를 압축하기 위해 Retinex 이론을 이용하여 영상의 조명성분인 dc 계수들을 조절하였으며, 대비를 개선하기 위해 인간의 시각 체계와 계수들의 공간 주파수 특성을 이용하여 ac 계수들을 수정하였다. 세로 방향, 가로 방향, 그리고 혼합된 공간 주파수 성분으로 분류된 ac 계수들은 영상향상에 발생하는 블록화 현상을 최소화하기 위하여 적응적으로 수정하였다. 제안된 방법은 영상의 동적 범위 압축과 적응적 대비 개선을 이용하여 기존 방법보다 블록화 현상이 없는 효과적인 영상 향상의 결과를 가져왔다.

ABSTRACT

This paper presents an adaptive image enhancement method using the spatial frequency property in the DCT(discrete cosine transform) compressed domain. The dc coefficients, the illumination components of image, are adjusted to compress the dynamic range of image, and the ac coefficients are modified to enhance the contrast by using the human visual system(HVS) and the spatial frequency property. The ac coefficients are separated into vertical direction, horizontal direction, and mixed spatial frequency components, and adaptively modified to minimize the block artifacts that possibly occur in the image enhancement. The proposed method using dynamic range compression and adaptive contrast enhancement shows the advanced performance without the block artifact compared with existing method.

Keywords : Image Enhancement, DCT, Compression Domain, Contrast Measure, Retinex Theory

I. 서론

영상향상 기술의 목적은 원 영상을 처리하여 특정 응용 목적에 맞게 개선하는 것이다. 영상향상 방법들은 크게 공간 영역(Spatial domain) 방법과 주파수 영역(Frequency domain) 방법 두 가지로 나눌 수 있다[1, 2]. 공간 영역 접근 방법들은 영상에서 화소 단위로 직접 처리하는 것을 근간으로 한다. 이러한 방법들은 주로 히스토그램(Histogram)을 기반으로 동적 범위(Dynamic range)를 줄이고 대비(Contrast)는 증가 시키는 방법으로 영상을 향상 시킨다. 특히 Retinex의 접근은 동적 범위 압축에 성공적으로 적용되었다[3]. 주파수 영역 접근 방법들은 푸리에(Fourier), 웨이블릿(wavelet), 코사인(cosine)과 같은 영상의 변환

계수(Transform coefficient)를 수정 처리하는 것을 근간으로 두고 있다. 이러한 변환 영상 개선 방법의 장점은 계산이 복잡하지 않고, 영상의 주파수 성분을 다루거나 관찰하기 쉽다. 변환 계수를 수정 처리하는 방법들은 주로 압축된 영상향상을 위한 방법들이다. α -rooting 방법[4]은 영상의 대비를 개선하기 위하여 DCT 계수들을 사용한다. 이 방법에서 영상향상 결과에 어떠한 왜곡이 나타나지 않더라도 대비 개선에 공간 주파수 특성을 고려하지 않고 모든 계수들을 균일하게 수정하여 영상을 향상하였다. J. Tang은 DCT 영역에서 대비척도를 사용한 영상향상 방법[5]을 제안했다. J. Tang이 제안한 대비척도는 E.Peli [6]가 정의한 대비척도처럼 DCT 블록의 각 주파수 대역에서 고주파수와 저주파수 성분의 비로 정의된다. 이 방법은 DCT 압축 영역에서 대비척도를 정의하고 직접적으로 계수들을 수정하여 영상을 개선시키는 방법을 사용하였다. 영상의 경계영역에서 발생할 수 있는 블록화 현상을 고려하지 않고, 모든 영역에 대한 계수들을 수정하여 블록간의 상관도가 감소함으로써 블록화 현상이 발생하였다. 그 후 J. Tang[7]은 양자화 계수들을 사용하여 DCT 블록에서 각 주파수 대역의 계

* 금오공과대학교 전자공학과

투고 일자 : 2010. 2. 1 수정완료일자 : 2010. 4. 15

계재확정일자 : 2010. 4. 29

* 본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임.

수들에 대한 대비척도를 정의하고 영상의 대비를 개선하였다. 그러나 블록화 현상의 문제점은 여전히 존재하였다. 이러한 블록화 현상의 문제를 해결하기 위해 Sangkeun Lee는 Retinex 이론을 이용한 영상향상 방법[8]을 제안하였다. 이 방법은 Retinex 이론의 기본 개념을 이용하여 DCT 계수들을 조명성분과 반사율성분으로 분류하여 동적 범위 압축을 위해 dc 계수를 수정하였고, 대비 개선은 [6, 7]에서 나타난 블록화 현상을 줄이기 위해서 J. Tang의 대비척도를 사용하였다. 그리고 계수들을 저주파수와 고주파수 성분으로 분류하여 각각 다르게 처리하였다. 이때 저주파수 성분의 계수들을 수정하지 않음으로 블록화 현상은 줄었으나 대비 개선 효율은 떨어질 수 있다.

본 논문에서는 DCT 기반 압축 영역의 영상향상에서 발생할 수 있는 블록화 현상을 최소화 하면서 영상의 동적 범위 압축과 대비 개선을 위한 효율적인 방법을 제안한다. 제안된 방법은 영상의 동적범위를 줄이기 위해 DCT 블록의 dc 계수를 비선형 함수를 이용하여 조절하고, 블록화 현상을 최소화하기 위해 DCT 계수들의 공간 주파수 특성을 고려하여 향상 파라미터를 결정하고, 대비척도를 기반으로 ac 계수들을 세로 방향, 가로 방향, 그리고 혼합된 공간 주파수 성분으로 분류하고, 각각 다르게 수정하여 영상의 대비를 적응적으로 개선한다.

II. 제안된 알고리즘의 배경

2.1 Retinex 이론에 기반된 동적 범위 압축

Retinex 이론에서 영상 $I(x,y)$ 은 조명에 의한 영향을 나타내는 성분 $I(x,y)$ 과 피사체가 가지는 고유한 반사율 성분 $R(x,y)$ 의 곱으로 나타낼 수 있다[8].

$$I(x,y) = I(x,y) \cdot R(x,y) \quad (1)$$

그림 1에서 보듯이 조명성분은 $\tilde{I}(x,y)$ 으로 추정된 것이다. 따라서 반사율 성분 $\tilde{R}(x,y)$ 은 입력된 휘도 $I(x,y)$ 와 추정된 조명성분 $\tilde{I}(x,y)$ 의 비율로 결정된다. 이것은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tilde{R}(x,y) = I(x,y) / \tilde{I}(x,y) \quad (2)$$

추정된 조명 성분 $\tilde{I}(x,y)$ 은 영상의 동적 범위를 압축하기 위하여 비선형 함수 $G(\cdot)$ 에 의하여 수정되어 진다. 최종적으로 출력 영상 $O(x,y)$ 은 추정된 반사율 성분 $\tilde{R}(x,y)$ 과 수정된 조명성분 $G(\tilde{I}(x,y))$ 의 곱으로 나타낸다.

$$O(x,y) = \tilde{R}(x,y) \cdot G(\tilde{I}(x,y)) \quad (3)$$

동적 범위 압축을 위하여 영상에서 추정된 조명 성분 $\tilde{I}(x,y)$ 은 DCT 압축영역에서 각 8×8 블록의 dc 계수를 사용하여 다음과 같이 계산한다[8].

$$\tilde{I} = \frac{1}{8} \frac{1}{8} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 I(x,y) = \frac{1}{8} d(0,0) \quad (4)$$

여기서 $d(0,0)$ 은 각 블록 DCT 계수들의 dc 성분이다. 그리고 추정된 조명 성분 $\tilde{I}(x,y)$ 은 비선형 함수 $G(\cdot)$ 에 의해서 동적 범위를 압축하게 된다.

각 블록의 dc계수들은 비선형 함수 $G(\cdot)$ 에 의해 개선되고, 향상된 출력 영상 $O(x,y)$ 는 다음과 같다.

$$O(x,y) = \tilde{R}(x,y) IDCT[\tilde{d}(0,0)] \quad (5)$$

여기서 $\tilde{d}(0,0)$ 은 향상된 dc 계수이고, $IDCT[\cdot]$ 은 역 DCT 처리를 나타낸다.

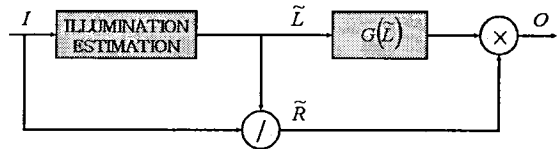


그림 1. 동적 범위 압축의 기본 구조
Fig. 1. Basic structure of dynamic range compression

2.2 대비개선

(a) DCT 압축 영역에서 대비척도

인간의 시각적 인식은 고주파수 성분과 저주파수 성분의 비율에 의존한다[6]. 그러므로 새롭게 정의된 대비 척도는 DCT 블록의 각 주파수 대역에서의 고주파수와 저주파수 성분비로 정의할 수 있다. 이와 같이 DCT 계수들의 공간 주파수 특성은 DCT 영역에서 대비척도를 정의하는 방법을 제공한다[5].

8×8 블록에서 64개의 DCT 계수들은 공간 주파수 특성에 의해 15개의 주파수 대역으로 구분할 수 있으며, 각 주파수 대역에서 대비는 고주파수 성분과 저주파수 성분들의 비로 정의될 수 있다. n 번째 주파수 대역은 $n=u+v$ 인 계수들로 구성되어 있다. 각 주파수 대역이 증가함에 따라 0보다 큰 주파수 대역에서 국부적인 대비척도는 정의된다. n 번째 주파수 대역($n \geq 1$)에서 대비는 다음과 같이 정의된다.

$$c_n = \frac{E_n}{\sum_{l=0}^{n-1} E_l} \quad (6)$$

각 주파수 대역의 에너지 E_n 는 다음과 같이 표현한다.

$$E_n = \frac{1}{N} \sum_{u+v=n} |d(u,v)| \quad (7)$$

이것은 n 번째의 공간 주파수에 대한 평균 크기를 나타낸다. n 번째 주파수 대역의 에너지 요소들은 $n=u+v$ 인 DCT 계수 $d(u,v)$ 들로 이루어져 있다. 예를 들면 첫 번째 주파수 대역의 에너지 E_1 은 DCT 계수 $d(0,1)$ 와 $d(1,0)$ 의 평균값이다. 그리고 N 은 다음과 같다.

$$N = \begin{cases} t+1, & \text{for } t < 8 \\ 15-t, & \text{for } t \geq 8 \end{cases} \quad (8)$$

(b) 대비척도를 사용한 대비 개선

원 블록의 대비를 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{14}\}$ 라 하고 개선된 대비를 $\bar{C} = \{\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_{14}\}$ 라 한다. 모든 주파수 대역의 대비를 동일하게 개선한다면 다음과 같이 정의 된다.

$$\bar{c}_n = \lambda c_n \quad (9)$$

여기서 λ 는 대비를 개선하기 위한 향상 파라미터 이다 ($\lambda \geq 1$). 식 (9)는 식(6)로부터 다음과 같이 표현할 수 있고

$$\frac{\bar{E}_n}{\sum_{l=0}^{n-1} \bar{E}_l} = \bar{c}_n = \lambda c_n = \lambda \frac{E_n}{\sum_{l=0}^{n-1} E_l} \quad (10)$$

식(10)은 다시 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{E}_n = \lambda H_n E_n, n \geq 1 \quad (11)$$

여기서 H_n 은 다음과 같다.

$$H_n = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \bar{E}_i}{\sum_{i=0}^{n-1} E_i} \quad (12)$$

식(11)로부터 개선된 DCT 계수 $\bar{d}_{(u,v)}$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$\bar{d}(u,v) = \lambda H_n d(u,v) \quad (13)$$

이렇게 개선된 DCT 계수들은 역 DCT 처리과정을 거쳐 향상된 영상을 얻을 수 있다.

III. 공간 주파수 특성을 이용한 적응 영상 향상

3.1 동적 범위 압축

2.1절에서 소개한 Lee의 동적범위 압축방법[8]은 DCT 압축영역에서 dc 계수들을 조절하여 영상의 동적 범위를 압축했다. 동적 범위 압축을 위하여 사용된 비선형 함수의 특성은 영상의 어두운 부분을 향상시키고 밝은 부분들을 저하시킨다. 본 논문에서는 영상의 밝은 부분을 유지하면서 영상의 어두운 부분을 향상하기 위하여 동적 범위 압축[9] 함수를 사용한다.

$$G(\bar{L}_n) = \frac{1}{2} \left\{ (\bar{L}_n)^{\frac{1}{\alpha}} + (\bar{L}_n)^{\left(2 - \frac{1}{\alpha}\right)} \right\} \quad (14)$$

여기서 L_n 은 추정된 조명성분을 0에서 1사이로 정규화한 값을 나타내고, α 는 영상의 향상 단계를 반영하기 위한 사용자 제어 변수이다. 그림 2는 식(14)의 특성 곡선이다.

그림 3 (a)영상은 PSNR=30.652로 압축된 영상이다. 이 압축 영상을 이용하여 동적범위를 압축한 결과는 그림 3 (b)에서 보여준다. 동적 범위 압축은 영상의 DCT 계수들 중 dc계수를 식(14)의

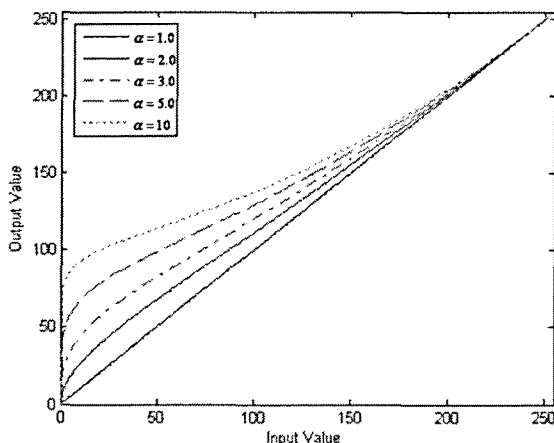
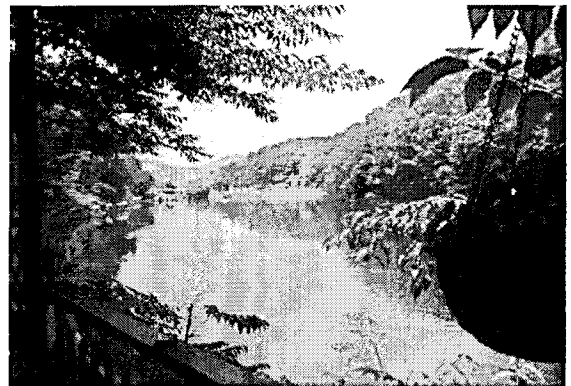


그림 2. 동적 범위 압축을 위한 사상함수 특성 곡선
Fig. 2. Mapping curve for dynamic range compression.

비선형 함수를 사용하여 개선된 계수들을 역 DCT 처리하였다. 여기에 사용된 파라미터 α 는 2.2를 사용하였다. 그림 3 (b)에서 영상의 밝기는 전체적으로 증가하였으나 동적범위가 줄어들면서 대비는 감소되었음을 볼 수 있다.



(a) 압축된 원 영상(PSNR = 30.652)
(a) Compressed original image.



(b) 동적범위 압축 결과 [9]
(b) Dynamic range compression result [9]



(c) 대비 개선 결과 [5]
(c) Contrast enhancement result [5]

그림 3. 기존 방법에 의한 영상향상의 예
Fig. 3. Examples of image enhancement by the conventional methods.

3.2 대비 개선

대비 개선은 DCT 블록의 ac 계수들을 수정하여 영상의 대비를 개선하는 것이다. 그림 3 (c)는 J. Tang이 제안한 방법을 사용하여 그림 3 (a)영상의 ac 계수들을 수정하여 역 DCT 처리한 결과 영상이다. 이때 사용된 향상 파라미터 $\lambda=2.2$ 를 사용하였다. 그 결과 DCT 계수들의 공간 주파수 특성을 고려하지 않고 모든 계수들에

동일한 파라미터를 적용하여 개선함으로 인해 블록화 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다.

본 논문에서는 이러한 블록화 현상을 줄이기 위하여 8×8 DCT 블록에서 ac 계수들의 공간 주파수 특성을 이용하여 세로방향, 가로방향, 그리고 혼합된 공간 주파수 특성을 갖는 계수들로 분류한다. ac 계수들은 그림 4와 같이 세로 방향의 공간 주파수 특성을 갖는 $d(0,v), 1 \leq v \leq 7$ 의 계수들과 가로 방향의 공간 주파수 특성을 갖는 $d(u,0), 1 \leq u \leq 7$ 의 계수들, 그리고 가로와 세로방향의 혼합된 공간 주파수 특성을 갖는 $d(u,v), 1 \leq u, v \leq 7$ 의 계수들로 구분한다. 이렇게 구분된 계수들은 각각 다른 향상 파라미터를 적용하여 수정한다. 이것은 식(3)을 인용하여 다음과 같이 정의한다.

$$\bar{d}(u,v) = \begin{cases} \alpha_v H \hat{d}(0,v), & \text{for } 1 \leq v \leq 7 \\ \alpha_h H \hat{d}(u,0), & \text{for } 1 \leq u \leq 7 \\ \alpha_m H \hat{d}(u,v), & \text{for } 1 \leq u, v \leq 7 \end{cases} \quad (15)$$

여기서 $\hat{d}(u,v)$ 는 역 양자화된 DCT 계수이며, $\alpha_v, \alpha_h, \alpha_m$ 은 각각 세로방향, 가로방향, 그리고 혼합된 공간 주파수 특성으로 분류된 계수들을 수정하기 위한 파라미터이다.

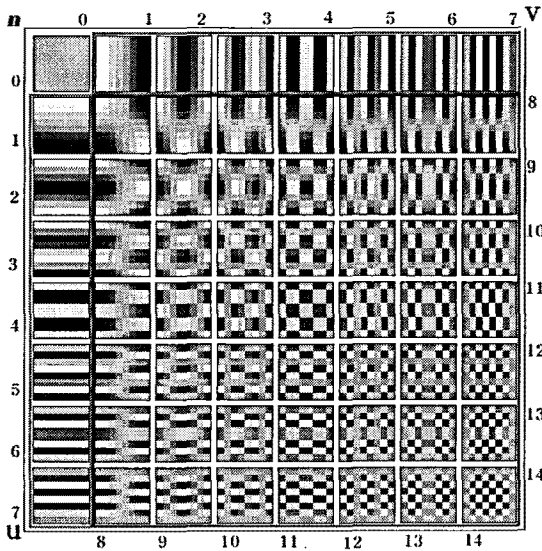


그림 4. DCT 계수의 공간 주파수 특성
Fig. 4. Spatial frequency property of DCT coefficients.

3.3 적응적인 향상 파라미터

본 절에서는 압축영역에서 계수들을 수정하여 영상을 향상할 때 발생하는 블록화 현상을 줄이면서 효율적으로 영상을 향상시키기 위하여 DCT 8×8 블록에서 계수들의 공간 주파수 특성을 이용하여 적응적인 향상 파라미터를 결정하기 위한 방법을 설명한다.

먼저 8×8 DCT 블록에서 64개의 계수들의 특성은 그림 4과 같이 1개의 dc 계수와 63개의 ac 계수로 구분된다. 같은 공간 주파수 특성을 갖는 ac 계수들은 14개의 주파수 대역으로 구분할 수 있다. 또한, ac 계수들은 세로 방향, 가로 방향, 그리고 혼합된 공간 주파수 특성을 갖는 계수들로 구분할 수 있다. 이러한 ac 계수들의 특성을 이용하여 세로 방향의 공간 주파수 에너지 성분 $p_{k,v}$, 가로 방향의 공간 주파수 에너지 성분 $p_{k,h}$, 그리고 혼합된 공간 주파수

에너지 성분 $p_{k,m}$ 들은 공간 주파수에 따라 대비 민감도가 다른 인간의 시각 체계의 특성을 고려하여 계수들의 공간 주파수에 따라 가중치를 부여하여 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} p_{k,v} &= \sum_{v=1}^7 |d_k(u,v)|, \quad u=0 \\ p_{k,h} &= \sum_{u=1}^7 |d_k(u,v)|, \quad v=0 \\ p_{k,m} &= \sum_{u=1}^7 \sum_{v=1}^7 \{ |d_k(u,v)| + u |d_k(u,v)| \} \end{aligned} \quad (16)$$

여기서 $\hat{d}(u,v)$ 는 양자화된 DCT 계수들이다. 이렇게 계산된 k 번째 블록에서 공간 주파수 에너지 성분 $p_{k,v}, p_{k,h}, p_{k,m}$ 들은 전체 에너지 성분에서 각각의 에너지 성분들의 비율을 기반으로 영상향상 파라미터는 계산된다.

$$\begin{cases} r_{k,v} = p_{k,h} / (p_{k,h} + p_{k,v} + p_{k,m} + \eta) \\ r_{k,h} = p_{k,v} / (p_{k,h} + p_{k,v} + p_{k,m} + \eta) \\ r_{k,m} = p_{k,m} / (p_{k,h} + p_{k,v} + p_{k,m} + \eta) \\ r_{k,s} = p_{k,m} / (p_{k,h} + p_{k,v} + \eta) \end{cases} \quad (17)$$

여기서 η 는 0.001로 분모값이 0이 되지 않도록 하기 위해 사용되었고, $r_{k,v}$ 와 $r_{k,h}$ 는 세로 방향 $p_{k,v}$ 와 가로방향 $p_{k,h}$ 에너지 성분의 서로 상대적인 비율로 계산하여 영상의 세로와 가로 방향의 경계영역 정보를 갖는 계수들의 수정에 미치는 영향을 줄이게 된다. 여기서 계산된 $r_{k,s}$ 는 동적 범위 압축을 위한 향상 파라미터 계산에 사용한다. 이렇게 계산된 에너지 비율의 값들은 초기에 주어진 향상 파라미터 α 값을 각 DCT 블록마다 다음 식에 의하여 영상의 블록화 현상을 최소화 하려는 적응적인 향상 파라미터 값으로 재정의한다.

$$\begin{cases} \alpha_{k,i} = 1 + (\alpha - 1)r_{k,i}, & \text{for } i = v, h, m \\ \alpha_{k,s} = 1 + (\alpha - 1)f(r_{k,s}). \end{cases} \quad (18)$$

여기서 $f(\cdot)$ 는 $r_{k,s}$ 값을 0에서 1사이의 값으로 정규화를 위한 함수이다.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{for } x \leq t_1 \\ \frac{x - t_1}{t_2 - t_1}, & \text{for } t_1 < x < t_2 \\ 1, & \text{for } x \geq t_2 \end{cases} \quad (19)$$

여기서 사용된 t_1 과 t_2 는 정규화를 위한 임계값으로 실험에 의해 적절한 값을 선택하게 된다. 본 논문에서는 t_1 과 t_2 의 값을 각각 0.9와 2.9를 사용하였다.

식(18)에서 계산된 $\alpha_{k,v}, \alpha_{k,h}, \alpha_{k,m}$ 은 세로 방향, 가로 방향, 그리고 혼합된 공간 주파수 특성을 갖는 ac 계수들을 수정하기 위하여 식(15)의 파라미터로 사용하고, $\alpha_{k,s}$ 는 주변 이웃하는 블록들과 독립적으로 계산 되었다. 이웃하는 블록들과 밝기 차이를 줄이기 위한 방법은 [8]에서 사용된 그림5과 같이 현재 블록의 파라미터 $\alpha_{k,s}$ 값과 이웃하는 4개의 파라미터값($\alpha_{k-w-1,s}, \alpha_{k-w+1,s}, \alpha_{k-w,s}, \alpha_{k-1,s}$)들의 평균 $\bar{\alpha}_{k,s}$ 을 계산하여 동적범위 압축에 향상 파라미터로 사용한다.

본 논문에서 제안한 영상향상 방법은 DCT 압축 영역에서 모든 8×8 DCT 블록마다 계수들의 공간 주파수 특성을 고려하는 향

상 파라미터로 적응적으로 개선한다. 제안한 방법의 과정은 먼저 각 블록마다 ac 계수들의 분포에 따라 적응적인 향상 파라미터를 계산하고, 다음 계산된 파라미터 $\tilde{\alpha}_{k,s}$ 는 식(14)를 이용하여 dc 계수를 조절하고, $\alpha_{k,v}$, $\alpha_{k,h}$, $\alpha_{k,m}$ 은 식(15)를 이용하여 ac 계수들을 수정한다. 이렇게 개선된 DCT 계수들은 역 DCT 변환을 거쳐 최종 향상된 영상을 얻을 수 있다.

...
...	$\alpha_{k-w-1,s}$	$\alpha_{k-w,s}$	$\alpha_{k-w+1,s}$...
...	$\alpha_{k-1,s}$	$\alpha_{k,s}$
...

그림 5. k번째 블록과 이웃하는 4개 블록의 향상 파라미터

Fig. 5. Enhancement parameters of the kth block and its four neighboring blocks.

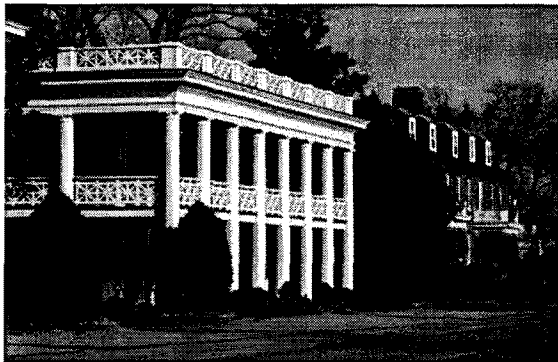
IV. 실험

실험에서는 제안된 방법과 기존의 방법들과 결과를 비교하고, 객관적인 비교를 위해 화질 측정 방법을 사용하여 성능을 평가한다. 실험에 사용된 영상들은 웹사이트 'http://dragon.larc.nasa.gov/retinex/pao/news/'에서 다운로드한 JPEG 영상을 BMP파일로

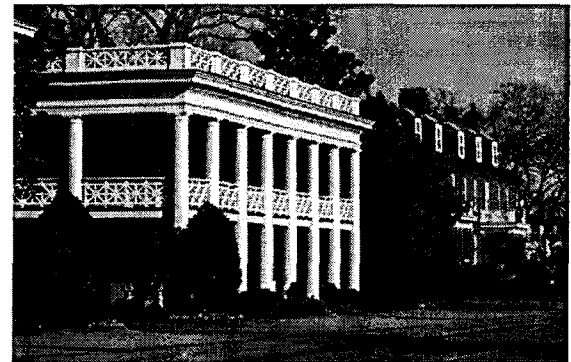
변환 후 488×320 크기로 축소하여 압축하였다. 실험에서 영상향상을 위한 파라미터 α 는 2.0으로 하였고, 정규화를 위하여 사용된 임계값 t_1 과 t_2 는 0.9와 2.9의 값을 사용하여 향상 하였다. 실험 결과 영상들은 그림 6에서 보여준다. 그림 6에서 (a)와 (c)영상들은 압축되었던 원영상이며, (b)와 (d) 영상들은 제안된 방법을 적용하여 개선된 결과 영상이다. 그림 6에서 (a) 영상의 압축된 PSNR은 32.613이며, (c) 영상의 압축된 PSNR은 32.090이다. 그림 6 (a)의 개선결과 (b) 영상에서는 전체적으로 밝아진 결과를 보이며 나뭇잎과 나뭇가지 주변으로 선명해짐을 볼 수 있다. 그림 6 (c)의 개선결과 (d)영상에서는 전체적으로 선명해짐을 볼 수 있으며, 특히 체크무늬 옷의 모양이 개선됨을 확연히 드러난다.

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 [5]와 [8]에서 제안된 방법들과의 개선 결과를 비교하였다. [5]에서 제안된 방법은 2.2 절에서 소개되었으며, 여기에 사용된 파라미터 λ 는 2.0를 적용하여 개선 하였다. [8]에서 제안된 방법은 동적 범위 압축에서 사용된 파라미터는 8×8 DCT 블록에서 ac 계수들의 저주파수 성분과 고주파수 성분의 비율로 계산 되었으며, 영상의 대비는 각 블록에서 ac 계수들을 저주파수와 고주파수 성분으로 분류하여 각각 다른 파라미터를 사용하여 개선하였다. 여기에 사용된 파라미터 γ , τ_1 , τ_2 의 값들은 각각 2.0, 0.1, 1.95를 적용하여 개선하였다.

그림 7에서는 본 논문에서 제안하는 방법과 기존에 제안된 방



(a) 압축된 원 영상 (PSNR = 32.613)
(a) Compressed original image (PSNR = 32.613)



(b) 향상된 영상
(b) Enhanced image



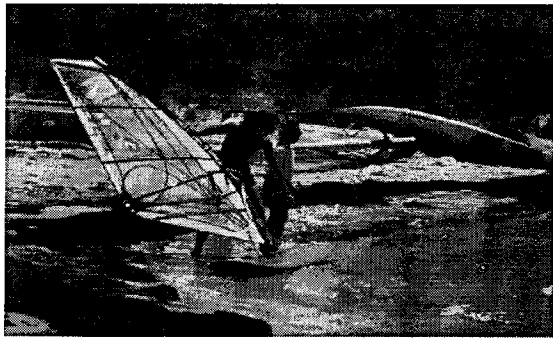
(c) 압축된 원 영상 (PSNR = 32.090)
(c) Compressed original image (PSNR = 32.090)



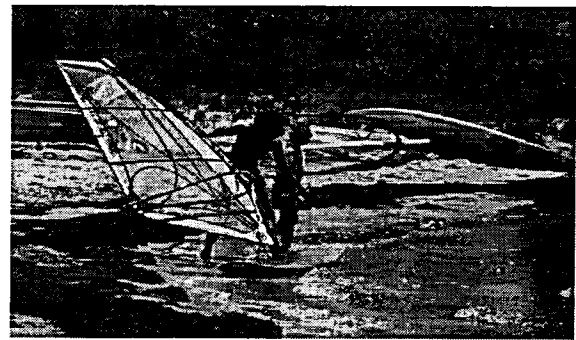
(d) 향상된 영상
(d) Enhanced image

그림 6. 제안 방법에 의한 영상향상

Fig. 6. Image enhancement by using the proposed method



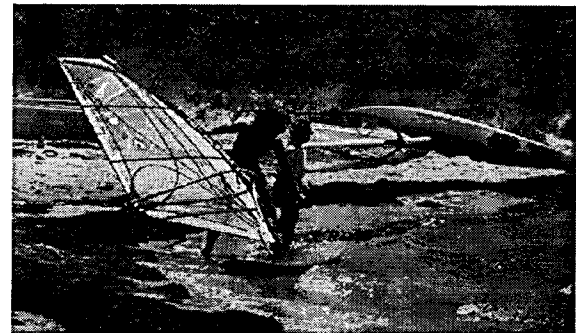
(a) 압축된 원 영상 (PSNR = 33.270)
(a) Compressed original image (PSNR = 33.270)



(b) [5]의 방법으로 향상된 영상
(b) Enhanced image with the method in [5]



(c) [8]의 방법으로 향상된 영상
(c) Enhanced image with the method in [8]



(d) 제안된 방법으로 향상된 영상
(d) Enhanced image with the proposed method

그림 7. 제안된 방법과 기존 방법들의 비교 결과

Fig. 7. Comparative results of the proposed method and the conventional method.

법들을 이용하여 개선된 결과를 나타낸다. 그림 7에서 (a)영상은 압축된 원 영상이며, (b)영상은 [5]에서 제안된 방법을 적용한 결과영상이다. 그리고 (c)영상은 [8]에서 제안된 방법을 적용하여 개선된 결과이며, (d)영상은 본 논문에서 제안하고 있는 방법을 적용하여 개선된 결과 영상이다. 그림 7 (b)영상은 전체적으로 대비가 개선된 결과를 보이나 곳곳에 블록화 현상이 나타나는 것을 볼 수 있으며 전체적으로 거칠게 나타나는 것을 볼 수 있다. (c)영상에서는 (b)영상에서 나타나는 블록화 현상들은 사라졌으나 효율적으로 대비를 개선하지 못하였다. (d)영상에서는 약간의 밝기의 개선과 블록화 현상을 줄이면서 대비도 개선되었음을 알 수 있다. 제안된 방법의 성능평가를 위하여 객관적인 화질 평가 방법을 사용하여 비교하였다.

영상의 객관적인 화질 평가 방법으로는 크게 두 가지로 분류한다[10]. 첫 번째로는 MSE(mean squared error), PSNR (peak signal-to-noise), RMSE(root mean squared error), MAE(mean absolute error), SNR(signal-to-noise ratio)과 같은 수학적으로 정의된 방법들로 분류한다. 두 번째로는 인간의 시각 체계의 특성을 고려한 측정 방법들로 분류한다.

본 논문에서 영상향상 방법들을 객관적으로 평가하기 위하여 두 개의 화질평가 방법을 사용한다. 먼저 영상의 화질 평가에서 가장 널리 사용되어 지고 있는 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)과 또 다른 하나는 인간의 시각 체계의 특성을 고려한 Wang의 측정 방법[11] 'SSIM'을 사용하였다. Wang의 측정방법은 영상의 화질이 우수할수록

1.0에 가까운 값을 나타낸다.

표 1은 실험에 사용된 영상을 제안한 방법과 기존의 영상향상 방법들의 개선 결과 영상에 대하여 각각 PSNR과 Wang의 방법 SSIM을 측정된 값들의 평균을 나타낸 것이다. 그림 8은 표 1의 결과 값을 비교하기 쉽도록 그래프로 나타내었다. PSNR의 측정결과에서는 [8]에서 제안된 방법이 가장 높은 결과를 나타내고 있다. 우리는 PSNR이 오로지 원 영상과 개선된 영상의 차이에만 의존한다는 것을 잘 알고 있다. 이는 오히려 영상의 개선 효과가 없다고 볼 수 있다. 하지만 인간의 시각 체계의 특성을 고려한 SSIM의 측정 결과에서는 제안된 방법의 가장 우수한 결과를 나타내고 있다. 이 결과 제안된 영상향상 방법이 블록화 현상을 최소화 하면서 효율적으로 영상을 개선하였음을 알 수 있다.

표1. 다른 방법과의 화질측정 결과
Table 1. Quality metric with different method.

Algorithm	Metric	PSNR	SSIM
The method in [5]		22.217	0.781
The method in [8]		32.558	0.921
The proposed method		29.936	0.941

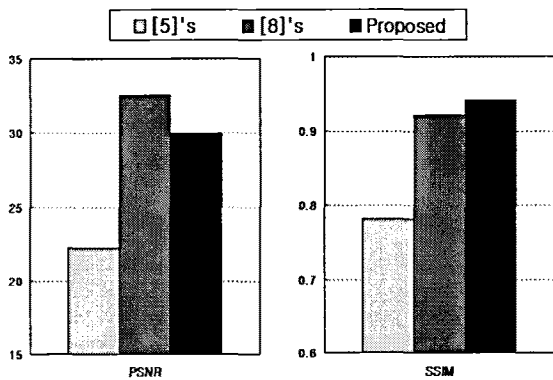


그림 8. 다른 방법과의 화질측정 그래프
Fig. 8. Quality metric graph with different method.

8 × 8 DCT 블록에서 압축과정에서 양자화 과정 후 DCT 계수들은 고주파수 대역으로 가면서 계수들의 값은 0으로 처리된다. 그림 9는 본 논문의 실험에 사용된 영상들의 공간 주파수 대역에서 0이 아닌 계수들의 평균 분포를 퍼센트로 나타낸 것이다. 그림 9에서 대부분의 DCT 계수들의 분포가 공간 주파수 대역 8이하에서 존재하고 있음을 알 수 있다. 공간 영역에서의 영상향상 방법들은 영상의 모든 픽셀에 대하여 처리해야 하지만, 제안된 방법과 같이 압축 영역에서 방법들은 그림 9에서 보여주듯이 0에서 8사이의 주파수 대역의 계수들만 처리하여 영상향상을 이룰 수 있다.

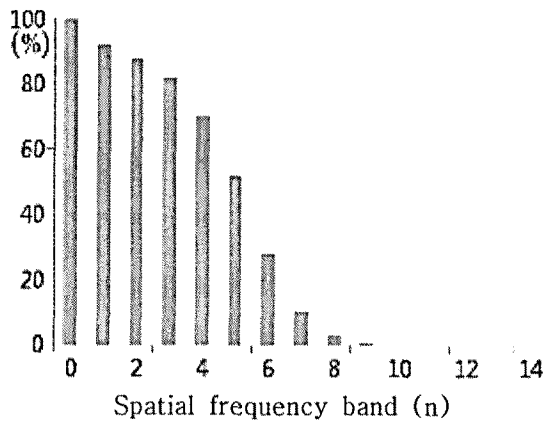


그림 9. 공간 주파수 대역에서 에너지 분포
Fig. 9. Energy distribution at spatial frequency bands.

위 실험 결과에서 보듯이 제안된 영상향상 방법은 압축 영역에서 고주파수 대역($n > 8$)에서 양자화된 DCT 계수들의 값은 대부분 0의 값을 가지므로 공간영역에서의 방법과 비교하여 작은 양의 계산량을 가지며, 주어진 영상에 대하여 작은 변화로서 효과적인 향상 결과를 제공하는 것을 알 수 있다.

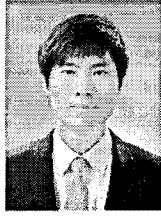
V. 결론

본 논문에서는 DCT 기반 압축 영역에서 동적 범위 압축과 대비 개선에서 발생하는 블록화를 최소화하면서 적극적으로 영상을 향상시키는 방법을 제안하였다. 제안된 방법

은 압축영역에서 영상을 향상하면서 발생하는 블록화 현상을 최소화 하기위하여 DCT 8 × 8 블록에서 공간 주파수 특성을 갖는 계수들의 분포를 이용하여 향상 파라미터를 계산하고, 계수들은 세로 방향, 가로 방향, 혼합된 공간 주파수 특성으로 분류하여 각각 다르게 처리하므로 블록화를 최소화하면서 효율적으로 영상을 향상 하였다. 기존의 방법들과 성능 비교에서도 우수함을 확인하였다. 본 논문에서 제안된 방법은 압축 영역에서 양자화된 DCT 계수들을 직접적으로 다루므로 계산이 단순하며, 영상의 공간 영역에서 DCT로 변환된 계수들은 양자화를 통하여 고주파수 성분의 대부분 값들이 0이 되므로, 0을 갖는 계수들을 계산에서 제외시켜 계산 양을 줄일 수 있었다. 또한, DCT 기반 압축 영역에서 영상 개선을 수행하므로 DCT를 기반으로 하는 압축 표준 JPEG, MPEG, H.26X에서도 적용 가능하다.

참고 문헌

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E Woods, "Digital image processing", Second Edition, Prentice Hall, 2001.
- [2] Sos S. Agaian, Karen Panetta, Artyom M. Grigoryan, "Transform-based image enhancement algorithms with performance measure", IEEE, Trans. image processing, VOL. 10, NO. 3, pp. 367-382, 2001.
- [3] E. H. Land, J. McCann, "Lightness and retinex theory", J. Opt. Soc. Amer., VOL. 61, NO. 1, pp. 2032-2040, 1971.
- [4] S. Aghagolzadeh, O. K. Ersoy, "Transform image enhancement", Opt. Eng., VOL. 31, pp. 614-626, 1992.
- [5] J. Tang, E. Peli, S. Acton, "Image enhancement using a contrast measure in the compressed domain", IEEE, Signal Process. Lett., VOL. 10, NO. 10, pp. 289-292, 2003.
- [6] E. Peli, "Contrast in complex image", J. Opt. Soc. Amer., VOL. 7 pp. 2032-2040, 1990.
- [7] J. Tang, J. Kim, E. Peli, "Image enhancement in the JPEG domain for people with vision impairment", IEEE Trans. Biomedical Engineering, VOL. 51, NO. 11, pp. 2013-2023, 2007.
- [8] Sangkeun Lee, "An efficient content-based image enhancement in the compressed domain using retinex theory", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, VOL. 17, NO. 2, 2007.
- [9] 진선동, 류호민, 김상희, "Retinex 이론을 이용한 압축 영역에서의 영상 향상에 관한 연구", 2008 하계 학술대회 논문집, 한국 신호처리 · 시스템 학회, 제9권 1호, pp. 180-183, 2008.
- [10] Z. Wang, Alan C. Bovik, "A universal image quality index", IEEE, Signal Process. Lett., VOL. 9, NO. 3, pp. 81-84, 2002.
- [11] Z. Wang, Hamid R. Sheikh, Alan C. Bovik, "Image quality assessment from error visibility to structural similarity", IEEE Trans. Image Processing, VOL. 13, NO. 4, 2004.



전 선 동 (Seon-dong Jeon)

2006년 평생교육진흥원 컴퓨터공학 (공학사)
2008년 금오공과대학교 전자공학과 (공학석사)
2008년 ~ 현재 금오공과대학교 전자공학과 박사과정중
관심분야 : 의료영상, 영상처리, 화질향상



김 상 희 (Sang-hee Kim)

1983년 홍익대학교 전기공학과(공학사)
1985년 연세대학교 전기공학과(공학석사)
1992년 TEXAS A&M Univ. Bioeng(박사)
1993년 ~ 현재 금오공과대학교 전자공학부 교수
관심분야 : 영상처리, 의용전자
