

논문 2009-46SP-4-1

JPEG 및 JPEG2000을 이용한 영상 압축과 색역 변화의 관계

(Relationship between Image Compression and Gamut Variation Using JPEG and JPEG2000)

고 경 우*, 박 태 용*, 하 영 호**

(Kyung-Woo Ko, Tae-Yong Park, and Yeong-Ho Ha)

요 약

JPEG 및 JPEG2000과 같은 영상 압축 알고리즘은 고유의 손실 특성으로 인하여 영상 복원 시 화질을 열화시켜 색역(gamut)을 변화시킨다. 따라서 본 논문에서는 JPEG과 JPEG2000을 이용하여 압축률과 색역 변화의 관계를 연구하였다. 압축률과 색역 변화의 관계를 분석하기 위해 우선 표준 컬러 차트(Macbeth ColorChecker)의 18가지 색 표본을 이용하여 균일한 색 좌표계 내에서의 색상과 채도 변화를 조사하였다. 이를 근거로 12개의 자연 영상을 4가지 속성에 따라 2개의 그룹으로 분류하고 실험을 반복하였다. 그 결과 압축률과 색역 변화의 상관관계를 도출하고, 최소 자승법을 이용하여 근사화 곡선을 유도할 수 있었다.

Abstract

Image compression schemes, such as JPEG and JPEG2000, degrade the quality of a reconstructed image due to their lossy characteristics. Accordingly, this paper investigates the relationship between the compression ratio and the gamut variation for a reconstructed image using JPEG and JPEG2000. To analyze the relationship between compression ratio and gamut variation, i.e. the hue and chroma shift in the uniform color space, eighteen color samples from the Macbeth ColorChecker are initially used. Based on the color shift phenomenon for the color samples, twelve natural color images, classified into two groups depending on four color attributes, are also used to investigate the relationship between the level of compression and the variation in the gamut area. As a results, through the experiments, least square method is applied to obtain the fitting curves as an equation minimizing the error between the real data and its corresponding approximated values.

Keywords : Gamut, hue and chroma shifts, JPEG, JPEG2000

I. 서 론

현재 영상 통신 시스템에서는 제한된 전송 대역과 저장 공간으로 인하여 JPEG^[1], JPEG2000^[2] 등 압축 기술의 사용이 일반적이며, 이러한 압축 기술의 사용으로 데이터의 용량을 감소시켜 효율적으로 데이터를 전송

및 저장하고 있다. 하지만 본래의 정보를 완벽하게 복원할 수 없는 손실 특성으로 인하여 복원된 영상에는 블록화(blockiness) 현상, 뭉롱화(blurriness) 현상, 잡음 등의 여러 가지 왜곡이 발생하게 된다.^[3~5] 따라서 압축률의 정도와 복원된 영상의 화질 사이에는 적절한 타협점(trade-off)이 필요하며, 눈에 띄는 화질의 열화 없이 압축률을 가능한 최대로 높이는 것이 압축 기술의 목표이다.

현재까지 JPEG과 JPEG2000에서 나타나는 열화 현상 및 이러한 열화를 측정하는 방법에 대해 오랫동안 연구되어 왔다.^[3~6] E. Allen의 첫 번째 논문에서는 화질 열화의 원인을 분석하여 그 정도를 PSNR(peak

* 학생회원, ** 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 20090079859).

접수일자: 2008년10월6일, 수정완료일: 2009년6월10일

signal to noise ratio) 수치로 비교하였으며^[3], 두 번째 논문에서는 관찰자의 시각 특성을 고려하여 영상을 분류하고, 0과 10사이의 값으로 화질의 정도를 나타내었다^[4]. U. Steingrimssson은 JPEG과 JPEG2000의 압축률을 변화해가면서 관찰자들로부터 주관적 화질 평가 점수를 획득한 후, 이들의 상관관계를 도출하였다.^[5] 그리고 H. M. Al-Otum은 압축 알고리즘의 양자화(quantization) 과정에서 영상을 블록단위로 처리하기 때문에, 이 블록들 기반의 평가 항목들을 제시하고 다른 방법들과 비교하였다.^[6]

높은 압축률에 대한 컬러 왜곡 현상은 JPEG의 경우 색도 채널의 부표본화(subsampling)에 의해 발생하며, JPEG2000의 경우 웨이블릿 변환(wavelet transform)의 다해상도(multi-resolution) 특성에 의해 발생한다. 또한 두 가지 알고리즘 모두에 적용되는 것으로, 색도 성분에 대한 조잡한 양자화에 의해서도 컬러 왜곡 현상이 발생한다. 색 번짐 현상(color bleeding)은 특히 색도 차가 큰 두 색의 경계 부근에서 현저하게 발생하며, 그 원인은 의사색(spurious color) 신호가 경계 부근에서 진동하기 때문이다.^[7-8] 그 결과 압축 과정에서 발생하는 색도 성분의 손실 및 색 번짐 현상은 복원된 영상에서 색 정보를 변화시켜 영상의 색역에도 영향을 미치게 된다. 따라서 색역은 주어진 영상의 모든 색 변화와 관련이 있기 때문에, 색역을 조사한다는 것은 압축 전후의 화질을 평가하는 효과적인 표준 항목이 될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 JPEG과 JPEG2000으로 압축 후 복원된 영상에 대해서 압축률과 색역 변화의 관계를 조사하였다. 압축률과 색 번짐 현상의 관계, 즉 인간 시각에 균일한 색 공간에서 색상과 채도의 이동 현상을 분석하기 위해 우선적으로 표준 컬러 차트의 18가지 대표색을 이용하였다. 대표색에 대한 색 이동 현상의 결과를 기반으로 하여 12가지 자연 영상에 대해서도 압축률과 색역 변화의 관계를 조사하였으며, 이때 자연 영상을 각각의 속성에 따라 2개의 그룹으로 분류하여 실험하였다. 실험을 통해 획득된 각 그룹별 압축률과 색역 변화에 대한 관계 그래프를 최소 자승법(least square method)을 이용하여 근사화 하고 곡선의 함수로 표현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 표준 컬러 차트의 대표색을 이용하여 색 이동 현상을 관찰하고, III장에서는 실험에 사용될 자연 영상을 4가지 속성에 의해 분류한다. IV장에서는 실험을 통해 압축률과

색역 변화의 관계를 도출하고, 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 대표색을 이용한 색 이동 현상의 관찰

손실 압축에 의해 발생하는 색 번짐 현상은 색도 차가 큰 두 색의 경계 부근에서 현저히 나타난다. 이러한 현상은 일반적으로 높은 압축률에서는 색의 채도를 떨어뜨리지만, 압축률이 증가한다고 반드시 채도가 감소하는 것은 아니다. 따라서 인간 시각에 균일한 a^*b^* 색 공간에서 압축률에 따른 색상과 채도의 이동 현상을 조사하기 위해, 그림 1과 같이 표준 컬러 차트의 18가지 색 표본을 이용하여 3개의 테스트 영상을 제작하였다. 이 테스트 영상들은 압축 후의 색 이동 현상을 확실히

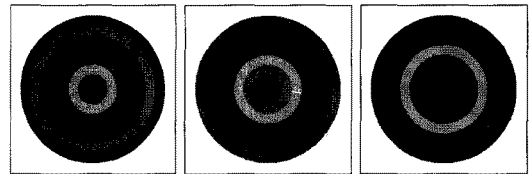
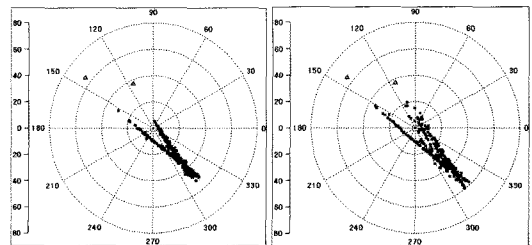


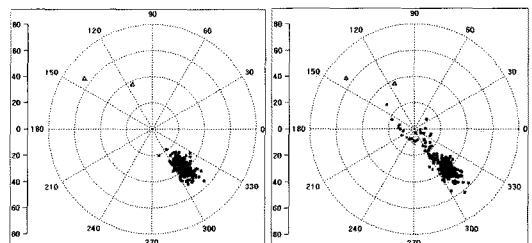
그림 1. 대표색 표본을 이용한 테스트 영상

Fig. 1. Test images using representative color samples.



(a) 압축률 28:1

(b) 압축률 71:1

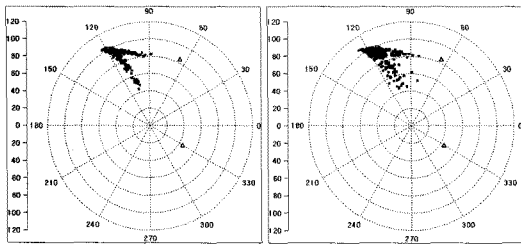


(c) 압축률 28:1

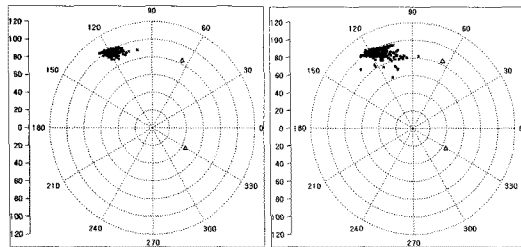
(d) 압축률 71:1

그림 2. 그림 1의 좌측 영상 5번째 표본에 대한 색 이동 현상 (a), (b) JPEG (c), (d) JPEG2000

Fig. 2. Color shift in 5th outer circle region for left image in Fig. 1; (a) and (b) with JPEG, and (c) and (d) with JPEG2000.

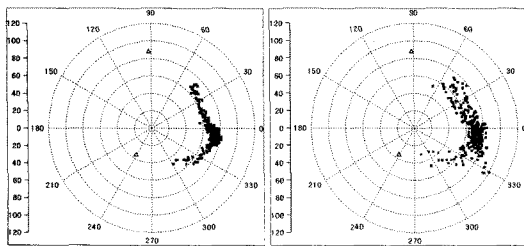


(a) 압축률 28:1 (b) 압축률 71:1

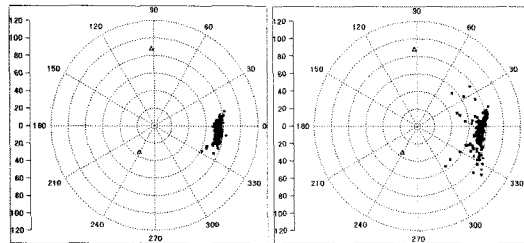


(c) 압축률 28:1 (d) 압축률 71:1

그림 3. 그림 1의 가운데 영상 5번째 표본에 대한 색 이동 현상 (a), (b) JPEG (c), (d) JPEG2000
 Fig. 3. Color shift in 5th outer circle region for middle image in Fig. 1; (a) and (b) with JPEG, and (c) and (d) with JPEG2000.



(a) 압축률 28:1 (b) 압축률 71:1

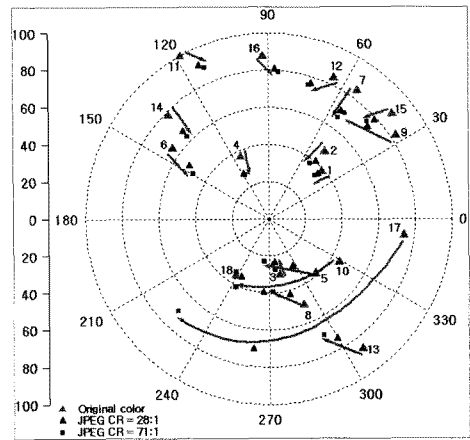


(c) 압축률 28:1 (d) 압축률 71:1

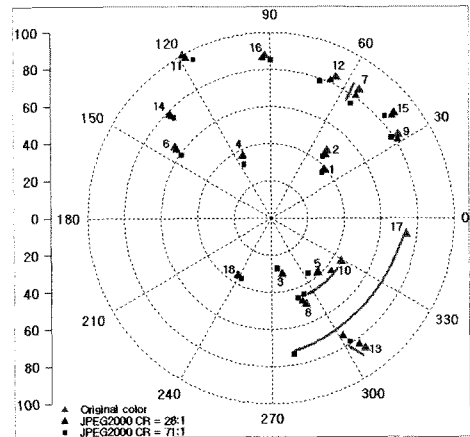
그림 4. 그림 1의 우측 영상 5번째 표본에 대한 색 이동 현상 (a), (b) JPEG (c), (d) JPEG2000
 Fig. 4. Color shift in 5th outer circle region for right image in Fig. 1; (a) and (b) with JPEG, and (c) and (d) with JPEG2000.

관찰하기 위해 색상 동심원으로 구성되었다.

이 실험에서 낮은 압축률과 높은 압축률을 각각 28과 71로 정하였으며, 한 화소당 비트수는 각각 0.86[bpp]와 0.34[bpp]이다. 색 이동 현상을 시각적으로 관찰하기 위해, 압축 후 복원된 테스트 영상의 5번째 색에 대한 색상 각도(hue angle)와 채도 위치를 그림 2, 3, 4에 나타내었다. 그림에서 원 주변에 표시된 숫자는 색상 각도를 나타내고, 좌측의 막대에 표시된 숫자는 a^*b^* 색 공간에서의 채도를 나타낸다. 원 안에서 회색의 삼각형은 압축되기 전의 5번째 색에 대한 색상과 채도를 나타내



(a)



(b)

그림 5. 표준 컬러 차트 18개 색 표본에 대한 색상 각도와 채도의 평균적인 이동
 Fig. 5. Average shift of hue angle and chroma for eighteen colors from Macbeth ColorChecker; (a) with JPEG and (b) with JPEG2000.

고, 현색 삼각형은 위에서 설명한 색과 이웃하는 두 가지 색의 색상과 채도를 의미한다. 그림 2, 3, 4를 살펴보면, 원본 색과 이웃하는 두 색 사이에서 색 번짐이 발생함에 따라 색 이동 현상이 일어나고 있음을 명백히 알 수 있으며, 색 이동의 방향은 이웃 색 방향이고 압축률이 증가할수록 그 크기가 증가함을 알 수 있다. 또한 압축률이 증가함에 따라 주변 색과의 색 번짐 현상으로 인해 대부분의 색이 채도가 감소하는 것을 알 수 있지만, 의사색 신호의 진동으로 인하여 몇몇의 색은 채도가 오히려 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 JPEG과 JPEG2000을 비교할 경우, JPEG에서의 색 이동이 더 뚜렷함을 알 수 있다. 그림 2, 3, 4를 동시에 비교할 경우, 그림 3에서의 채도 증가가 그림 2와 4보다 상당히 적음을 알 수 있다. 이것은 그림 3의 원본 색(회색 삼각형으로 표시) 채도가 그림 2와 4의 원본 색 채도에 비해 상대적으로 높기 때문이다. 실험에서는 비록 3개의 색 표본으로 색 이동 현상을 조사하였지만, 나머지 색에서도 같은 현상이 일어남을 확인하였다.

그림 5에서는 18개의 색 표본에 대해 색상 각도와 채도의 평균적인 이동을 나타내었다. 그림에서 1부터 18까지의 숫자는 표준 컬러 차트에 나타나 있는 색 표본의 순서이며, 검은색 삼각형과 사각형은 각각 압축률 28과 71일 때의 색 이동 결과이다. 또한 회색 화살표는 압축률이 증가함에 따른 색 이동의 궤적을 나타낸다.

III. 자연 영상의 분류

이전 실험에서 압축 후 복원된 영상은 비록 그 크기와 방향은 다르지만 색 번짐 현상에 의해 색상과 채도가 변한다는 사실을 알 수 있었다. 따라서 압축률에 대한 색역의 변화를 조사하기 위해 우리는 12개의 자연 영상에 대해서 실험을 수행하였다. 이 영상들은 4가지 색 속성에 따라 2개의 그룹으로 분류하였으며, 4가지 속성은 각각 색역의 크기, 선명도(colorfulness), 색도(CbCr) 성분의 공간 주파수(spatial frequency), 그리고 RGB 색 좌표계에서의 고유색(unique color) 수이다.^[9~13]

첫 번째, 원본 영상의 색역 크기는 a^*b^* 색 공간에서 색역 경계 서술자(gamut boundary descriptor)를 이용하여 색역 경계의 좌표 값을 결정한 후, 경계안의 면적을 계산함으로써 나타낼 수 있다.^[14] 두 번째, 영상의 선명도는 일반적으로 높은 압축률로 압축한 영상에서는

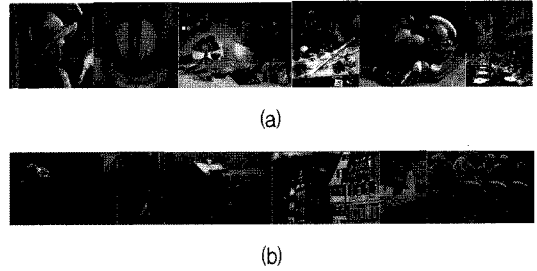


그림 6. 12개 자연 영상의 분류 (a) 그룹 1 (b) 그룹 2
Fig. 6. Classification of twelve natural test images; (a) group 1 and (b) group 2.

원본 영상에 비해 떨어진다고 알려져 있다. 이러한 선명도의 감소가 영상의 색역에도 영향을 미치기 때문에, 선명도 역시 12개의 자연 영상을 분류하는 척도로 사용하였다. 따라서 선명도 M_c 는 보색(opponent color) 시스템에서 간단히 계산할 수 있으며, 다음과 같이 정의된다.^[9~10]

$$\begin{aligned} rg &= R - G \\ by &= \frac{1}{2} (R + G) - B \end{aligned} \quad (1)$$

$$M_c = \sqrt{\sigma_{rg}^2 + \sigma_{by}^2} + 0.3 \times \sqrt{\mu_{rg}^2 + \mu_{by}^2}$$

여기서 σ 와 μ 는 각각 rg 와 by 의 화소 군집에 대한 표준편차와 평균이다.

세 번째, 압축 후 복원된 영상의 왜곡은 같은 압축률이라 할지라도 그 영상을 구성하는 내용물에 따라 달라질 수 있다. 다시 말해, 색도 성분에서 큰 공간 주파수를 가지는 영상은 그렇지 않은 영상보다 주파수 양자화에 의해 더 많은 오차가 발생한다. 뿐만 아니라 부표본화 과정에 의해서도 더 많은 오차가 발생한다. 따라서 공간 주파수 M_{sf} 역시 12개의 자연 영상을 분류하는 기준으로 선택하였으며, 다음과 같이 계산된다.^[11]

$$\begin{aligned} M_{sf} &= \sqrt{R^2 + C^2} \\ R^2 &= \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-2} (x_{i,j} - x_{i,j+1})^2 \\ C^2 &= \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-2} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{i,j} - x_{i+1,j})^2 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 R 과 C 는 각각 수평과 수직 방향에 대한 공간 주파수이며, $x_{i,j}$ 는 Cb 와 Cr 영상에 대한 공간 좌표를 나타낸다. M 과 N 은 각각 수평과 수직 방향의 화소 수

표 1. 4가지 속성에 따른 자연 영상의 분류
Table 1. Classification of natural test images according to four attributes.

영상	속성	색역 크기	선명도	공간 주파수		고유색 수
				Cb	Cr	
그룹 1	Lena	9658.7	64.8	5.6	5.4	56.6%
	Baboon	20846.4	85.8	14.2	13.3	87.9%
	Party	19532.6	46.7	5.1	4.8	33.7%
	Ski	27398.7	92.5	8.0	9.1	40.4%
	Fruit	28664.8	104.4	6.5	7.5	47.4%
	Cafe	32606.8	95.8	17.7	15.3	61.6%
그룹 2	Cap	9292.0	46.8	2.1	1.8	9.2%
	Girl	2955.8	50.1	1.3	2.9	8.1%
	House1	4434.8	37.0	2.2	2.5	13.9%
	House2	2468.9	25.0	2.2	2.3	12.3%
	Lighthouse	5035.3	29.6	1.7	1.5	6.4%
	Motorcycle	11839.0	34.4	2.9	2.7	16.6%

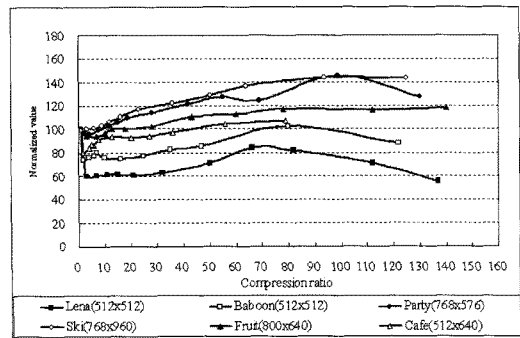
를 나타낸다.

마지막으로, 본 논문에서는 RGB 값이 서로 다른 각 화소를 고유색으로 정의하였다. 고유색의 수는 영상에서 색의 다양성(richness)과 관계있으며, 영상 크기의 영향을 제거하기 위해 총 화소 수에 대한 백분율로 표현하였다.

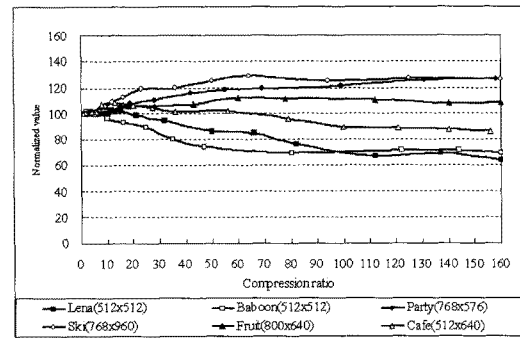
위에서 언급한 4가지 속성을 이용하여 12개의 자연 영상을 분류한 결과를 그림 6과 표 1에 나타내었다. 그룹 1에 속하는 영상은 그룹 2에 비해 4가지 속성에 대해 큰 값을 가진다. 비록 Lena 영상은 Motorcycle 영상에 비해 색역 크기는 작지만, 다른 나머지 속성들의 값이 크기 때문에 그룹 1로 분류하였다.

IV. 압축률과 색역 변화

그룹 1과 그룹 2의 영상에 대해 압축률에 따른 색역 크기의 변화를 그림 7과 8에 각각 나타내었다. 그래프의 세로축 값은 정규화된 색역 크기로, 상호간 비교가 쉽도록 하기위해 원본 영상에 비해 색역 크기가 얼마나 증감하였는지를 백분율로 나타내었다. 그림 7(a)과 8(a)에서 알 수 있듯이, 전체적으로 JPEG2000보다 JPEG에서 색역 크기의 변동이 더 심하다. 또한 그림 7에서, Cafe나 Fruit과 같이 원본 영상의 색역이 클 경우에는 압축률이 증가하여도 다른 영상들에 비해 색역 변화가 크지 않음을 알 수 있다. 이와 반대로 House2나 Girl과 같이 원본 영상의 색역이 작을 경우에는 압축률이 증가



(a)



(b)

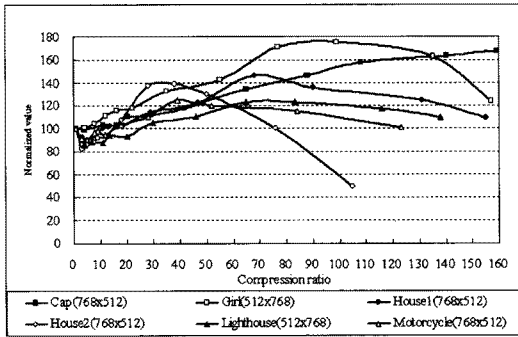
그림 7. 그룹 1 영상에서 압축률에 따른 색역 크기의 변화 (a) JPEG (b) JPEG2000

Fig. 7. Change in gamut size according to compression ratio for group 1 images: (a) with JPEG and (b) with JPEG2000.

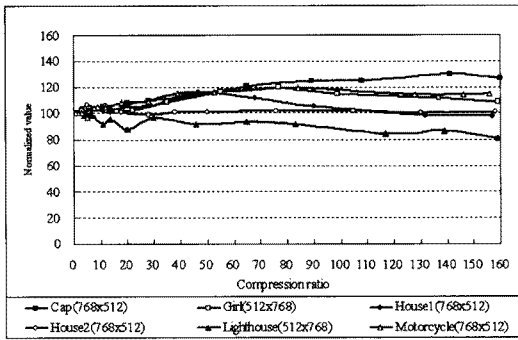
함에 따라 색역의 변동이 상당히 큼을 그림 8에서 알 수 있다. 이 결과는 대표색 표본을 이용한 이전의 실험에서 원본 색의 채도가 크면 의사색 진동에 의해 발생하는 채도의 증가가 적은 것과 같은 의미로 해석할 수 있다.

압축률과 색역 변화 사이의 관계를 근사화 하기 위해 우리는 최적화된 최소 자승법을 이용하였다. 따라서 각 그룹의 영상에 대해, 실제 데이터와 근사값 사이의 오차를 최소화하는 근사화 곡선을 2차의 방정식으로 유도하였다.

$$\begin{aligned}
 y &= -0.0026x^2 + 0.61x + 89.5 \\
 &\text{for all images in JPEG} \\
 y &= -0.0030x^2 + 0.56x + 85.64 \\
 &\text{for group1 images in JPEG} \\
 y &= -0.0035x^2 + 0.79x + 92.4 \\
 &\text{for group2 images in JPEG}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$



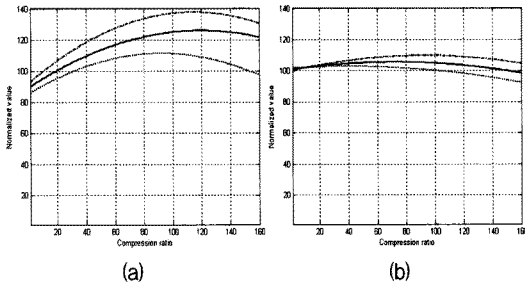
(a)



(b)

그림 8. 그룹 2 영상에서 압축률에 따른 색역 크기의 변화 (a) JPEG (b) JPEG2000

Fig. 8. Change in gamut size according to compression ratio for group 2 images; (a) with JPEG and (b) with JPEG2000.



(a)

(b)

그림 9. 근사화 곡선 (a) JPEG (b) JPEG2000

Fig. 9. Fitting curves; (a) with JPEG and (b) with JPEG2000.

$$\begin{aligned}
 &y = -0.0009x^2 + 0.31x + 100.88 \\
 &\quad \text{for all images in JPEG2000} \\
 &y = -0.0007x^2 + 0.055x + 101.7 \\
 &\quad \text{for group1 images in JPEG2000} \\
 &y = -0.0011x^2 + 0.21x + 99.99 \\
 &\quad \text{for group2 images in JPEG2000}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

위의 식에서 x 는 압축률을 나타내며, y 는 압축 후 복원된 영상의 정규화된 색역 크기를 나타낸다. 그림 9는 식 (3)과 (4)에 의한 근사화 곡선을 보여준다. 그림에서 실선(solid line)은 12개 영상 모두에 대한 모델링 그래프이고, 점선(dotted line)은 그룹 1에 속하는 6개 영상의 모델링 그래프, 1점 쇄선(dash-dot line)은 그룹 2에 속하는 6개 영상의 모델링 그래프를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이, 압축률이 증가함에 따라 색역의 크기는 증가하지만 높은 압축률에서는 다시 감소하는 경향을 보인다. 이러한 현상은 낮은 압축률에서는 의사색 진동으로 인하여 채도가 증가하기 때문에 색역의 크기도 증가하지만, 높은 압축률에서는 주변 색과의 혼합에 의해 무채색 계통으로 변하기 때문에 색역이 감소하기 때문이다. JPEG과 JPEG2000을 서로 비교해 보면 전체적으로 비슷한 경향을 보이지만, 그래프의 기울기는 차이가 난다. 즉, 동일한 압축률에 대해서 JPEG2000보다 JPEG에서의 색역 변화가 더 현저히 나타난다.

색역 크기의 변화를 시각적으로 비교하기 위해 *Girl* 영상에 대한 본래의 색역과, 압축률 71로 JPEG과 JPEG2000을 사용하여 압축한 영상의 색역을 그림 10에

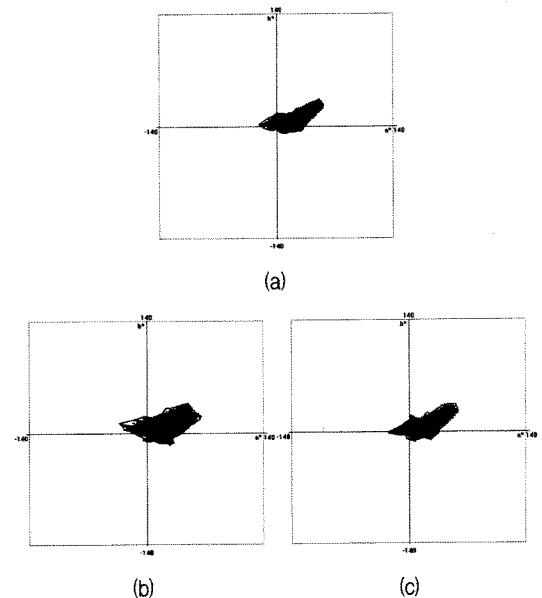


그림 10. *Girl* 영상에 대한 색역 (a) 원본영상 (b) JPEG 압축 후 복원된 영상 (c) JPEG2000 압축 후 복원된 영상

Fig. 10. Gamut for *Girl* image; (a) original image, (b) decompressed image using JPEG, and (c) decompressed image using JPEG2000.



(a)



(b)

(c)

그림 11. *Girl* 영상에 대한 압축 결과 (a) 원본영상 (b) JPEG 압축 후 복원된 영상 (c) JPEG2000 압축 후 복원된 영상

Fig. 11. Compression results for *Girl* image; (a) original image, (b) decompressed image using JPEG, and (c) decompressed image using JPEG2000.

나타내었으며, 또한 각각에 해당하는 압축 결과 영상을 그림 11에 나타내었다. 그림 10에서 JPEG으로 압축한 결과는 원본 색역의 크기에 비해 약 70% 정도가 증가하였고, 반면 JPEG2000으로 압축한 결과는 약 20% 정도만이 증가하였다. 이 결과는 그림 8의 그래프에서도 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 JPEG과 JPEG2000으로 압축 후 복원된 영상에 대해서 압축률과 색역 변화에 대한 관계를 연구하였다. 표준 컬러 차트를 이용한 대표색 실험 결

과를 기반으로 하여, 여러 가지 자연 영상에 대해서도 압축률과 색역 변화의 상관관계를 분석하여 그래프로 나타내었고 곡선의 함수를 유도하였다. 실험 결과 압축률이 증가함에 따라 복원된 영상의 색역도 증가하지만 높은 압축률에 대해서는 주변 색과의 혼합에 의해 무채색 계통으로 변하기 때문에 색역이 감소함을 알 수 있었다.

향후 연구로서 보다 신뢰성을 얻기 위한 실험 방법이 필요할 것이며, 실험 데이터를 바탕으로 색역 변화를 최소화 할 수 있는 압축 알고리즘 개발이 필요할 것이다. 또한 동영상 압축인 MPEG에 대해서도 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Neelamani, R. de Queiroz, Z. Fan, S. Dash, and R. Baraniuk, "JPEG compression history estimation for color images," *IEEE Trans. On Image Processing*, vol. 15, no. 6, pp. 1365-1378, June. 2006.
- [2] A. Skodras, C. Christopoulos, and T. Ebrahimi, "The JPEG 2000 still image compression standard," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 18, no. 5, pp. 36-58, Sep. 2001.
- [3] E. Allen, S. Triantaphillidou, and R. E. Jacobson, "Image quality compression between JPEG and JPEG2000. I. Psychophysical investigation," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 51, no. 3, pp. 248-258, May/June 2007.
- [4] S. Triantaphillidou, E. Allen, and R. E. Jacobson, "Image quality compression between JPEG and JPEG2000. II. Scene dependency, scene analysis, and classification," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 51, no. 3, pp. 259-270, May/June 2007.
- [5] U. Steingrimsdottir and K. Simon, "Perceptive quality estimations: JPEG2000 versus JPEG," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 47, no. 6, pp. 572-603, Nov/Dec. 2003.
- [6] H. M. Al-Otum, "Quality and quantitative image quality assessment of vector quantization, JPEG, and JPEG2000 compressed images," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 12, no. 3, pp. 511-521, July 2003.
- [7] F. Coudoux, M. Gazelet, and P. Corlay, "An adaptive postprocessing technique for the reduction of color bleeding in DCT-coded images," *IEEE Trans. on Circuits and Systems*

- for *Video Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 114-121, Jan. 2004.
- [8] F. Coudoux, M. Gzalet, and P. Corlay, "Reduction of color bleeding for 4:1:1 compressed video," *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 51, no. 4, pp. 538-542, Dec. 2005.
- [9] H. Palus, "Colorfulness of the image: definition, computation and properties," *Proceedings of SPIE, Lightmetry and Light and Optics in Biomedicine 2004*, vol. 6158, pp. 615805-1-615805-6, April 2006.
- [10] D. Hasler and S. Susstruck, "Measuring colorfulness in natural images," *Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging, Human Vision and Electronic Imaging VIII*, vol. 5007, pp. 87-95, 2003.
- [11] M. Mrak, S. Grgic, and M. Grgic, "Picture quality measures in image compression system," *IEEE EUROCON Conference*, Ljubljana, Slovenia, pp. 233-237, Sep. 2003.
- [12] Y. H. Cho, Y. T. Kim, C. H. Lee, and Y. H. Ha, "Gamut Mapping Based on Color Space Division for Enhancement of Lightness Contrast and Chrominance," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 48, no. 1, pp. 66-74, Jan./Feb. 2004.
- [13] C. S. Lee, Y. W. Park, S. J. Cho, and Y. H. Ha, "Gamut Mapping Algorithm Using Lightness Mapping and Multiple Anchor Points for Linear Tone and Maximum Chroma Reproduction," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 45, no. 3, pp. 209-223, May/June 2001.
- [14] J. Morovic and M. R. Luo, "Calculating medium and image gamut boundaries for gamut mapping," *Color Research and Application*, vol. 25, no. 6, pp. 394-401, Dec. 2000.

 저 자 소 개



고 경 우(학생회원)
 2003년 경북대학교 전자전기
 공학부 (공학사)
 2005년 경북대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 2005년~현재 경북대학교 대학원
 전자공학과 박사과정
 재학 중

<주관심분야 : 컬러영상처리, 카메라 화질개선>

박 태 몽(학생회원)
 대한전자공학회 논문지
 제 41권 SP편 제 5호 참조

하 영 호(정회원)
 대한전자공학회 논문지
 제 38권 SP편 제 3호 참조