

영상의 시각적 품질향상을 위한 Saliency 맵 기반의 컬러 영상압축

정 성 환[†]

Saliency Map Based Color Image Compression for Visual Quality Enhancement of Image

Sung-Hwan Jung[†]

ABSTRACT

A color image compression based on saliency map was proposed. The proposed method provides higher quality in saliency blocks on which people's attention focuses, compared with non-saliency blocks on which the attention less focuses at a given bitrate. The proposed method uses 3 different quantization tables according to each block's saliency level. In the experiment using 6 typical images, we compared the proposed method with JPEG and other conventional methods. As the result, it showed that the proposed method ($Q_{up}=0.5 \cdot Q_x$) is about 3.1 to 1.2 dB better than JPEG and others in saliency blocks in PSNR at the almost similar bitrate. In the comparison of result images, the proposed one also showed less error than others in saliency blocks.

Key words: Visual Attention, Saliency Map, Image Compression

1. 서 론

오늘날 정보기술과 디스플레이 장치의 발달로 이 미지나 비디오와 같은 시각적 콘텐츠를 TV나 PC뿐 만 아니라 노트 패드나 스마트폰 등에서도 자주 보는 시대가 되었다. 따라서 디스플레이 되는 영상의 품질 은 사용자가 디스플레이 장치를 선택할 때 장치 선택 요소들 중에 하나가 되었다. 그리고 대부분의 경우에 장치들은 저장 용량이나 대역폭이 제한되어 있는 상황이다. 그러므로 디스플레이 되기 이전에 영상이 압 축되고, 전송되어야 한다. 그러나 압축과 전송 과정 에 영상의 품질을 훼손하는 잡음이나 왜곡이 발생할 수 있다[1]. 이것들은 시각적인 영상품질에 문제를 일으키며, 이 문제 해결을 위해 일반적으로 복원필터

를 사용할 수 있지만 한계가 있다. 따라서 시각적 영 상품질 향상을 위해, 최종 영상 사용자인 인간은 어 떻게 영상품질을 평가하는가를 알 필요가 있다.

최근에 H. Alers et al.은 인간의 시각적 영상품질 평가에서 관심영역(ROI: Region of Interest 혹은 saliency area)의 영상품질이 배경영역(BG: Back-ground 혹은 non-saliency area)의 영상품질에 비해 상대적으로 매우 중요하다는 실험적인 결과를 내놓 았다[2]. 그들은 영상품질이 각기 다른 JPEG 압축영 상들에 대해 관심영역과 배경영역을 사용하여 화소 기반으로 합성영상들을 만들고 실험하였다. 그러나 실제 JPEG 영상의 처리는 개개의 화소단위가 아닌 블록단위로 영상을 처리하므로 실제 상황과 조금 차 이가 있다. 다만 관심영역의 중요성을 실험했다는 의

※ Corresponding Author : Sung-Hwan Jung, Address: (641-773) 20 Changwondaehak-ro, Changwon, Korea, TEL : +82-55-213-3815, FAX : +82-55-286-7429, E-mail : sjung@changwon.ac.kr
Receipt date : Aug. 20, 2016, Revision date : Nov. 2, 2016

Approval date : Nov. 25, 2016

[†] Dept. of Computer Engineering, Changwon National University

※ This paper was supported by Changwon National University Research Fund in 2015.

미에서 그 결과의 중요성이 있다.

한편 인간의 시각적 품질향상을 위해, 시각적으로 중요한 영역을 입력영상에서 추출하는 다양한 saliency 맵 연구가 진행되어 왔다[3]. 또한 최종 영상품질의 판별자인 사람이 직접 eye tracker를 사용하여 saliency 맵을 구할 수도 있다. 이 경우는 최종 시각적인 품질평가 차원에서는 좋지만, 비용과 시간의 문제가 있었다. 그러나 최근에는 저가형 eye tracker의 보급[4]과 단일 사용자로 시간과 비용을 줄이면서 saliency 맵을 쉽게 구하는 방법이 소개되고 있다[5]. 또한 crowd sourcing을 사용하여 적은 비용으로 짧은 시간에 saliency 맵을 구하는 연구도 새롭게 진행되고 있다[6].

다양한 방법으로 구해진 saliency 맵은 비디오나 영상의 품질향상을 위해 사용된다[2]. visual attention 모델을 사용해 saliency 맵을 구하고, 비디오의 관심 영역에 saliency 맵의 시각정보를 적용한 Z. Li, et al.의 연구가 있다[7]. 이들은 시각적인 관심 위치 정보를 예측하고 이를 비디오 비트할당에 적용하였다. 그러나 이것은 72개의 특징 맵을 바탕으로 한 12개의 특징채널을 사용하는 등, 상대적으로 매우 복잡한 과정을 거친다. 한편, 관심영역(ROI)을 고려한 영상압축을 지원하는 JPEG 2000의 영향으로 많은 연구가 진행되었다[8-11]. 그러나 관심영역을 고려한 표준 JPEG 기반의 영상압축은 상대적으로 적은 편이다. 대표적인 연구로서, 앞의 Z. Li, et al.의 방법을 간소화시켜 3개의 특징채널(색상 차이, 밝기, 기울기 방향)을 정지영상 압축에 적용한 N. Ouerhani et al.이 제안한 방법이 있다[12]. 이 방법은 특징 맵들을 center-surround mechanism을 통해 conspicuity 맵으로 바꾸고, 이들을 하나로 합쳐서 최종 saliency

맵을 구해 영상압축에 적용하였다. 또 다른 saliency 맵 기반의 영상압축 방법으로서, W. Abd-elhafiez와 W. Gharibi가 사용한 방법이 소개되었다[13]. 이 방법은 Canny 에지 맵을 saliency 맵으로 사용하여 saliency 블록에는 원하는 품질 수준에 따라 주어진 JPEG의 양자화 테이블을 사용하고, non-saliency 블록에는 비트율을 낮추기 위해 DC만을 전송하는 방법을 사용하였다. 본 연구에서는 eye tracker에서 얻은 saliency 맵을 기반으로 입력 영상 블록의 시각적 중요도에 따라 양자화 테이블을 달리하여 컬러 영상을 압축하는 방법을 제시한다.

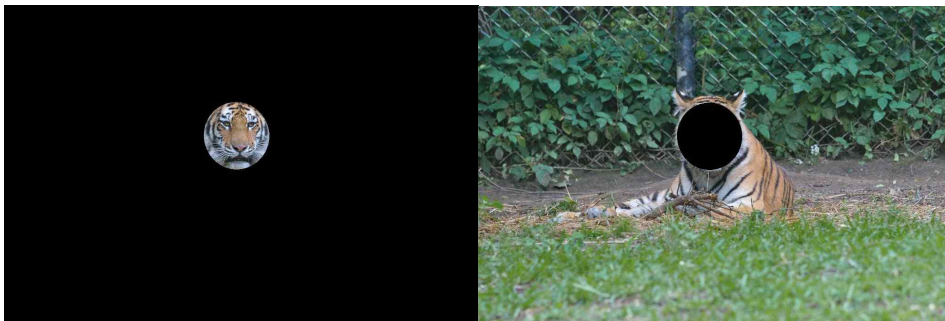
서론에 이어, 2장에서는 영상품질 평가에서 관심 영역의 중요성에 대해 언급한다. 3장에서는 제안한 saliency 맵 기반의 영상압축에 대해 자세히 서술한다. 그리고 4장에서는 실험 및 토의를 다루고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 영상품질 평가에서 관심영역의 중요성

H. Alers et al.은 전체 영상품질 평가에서 관심영역의 영향을 모델링하였다[1]. 그리고 관심영역(ROI)과 배경영역(BG)이 전체 영상품질에 어느 정도 영향을 미치는지에 대해 실험하였다. 그들은 Fig. 1과 같이 관심영역과 배경영역을 구분하고, 영상품질이 각기 다른 관심영역과 배경영역들의 다양한 조합으로 합성영상들을 만들어 실험하였다. 그리고 식 (1)과 같이 MOS (Mean Opinion Score)를 바탕으로 새로운 영상품질 평가 예상지수 즉, 기대점수(ES: Expected Score)를 구하였다.

$$ES = MOS_{ROI} * A_{ROI} + MOS_{BG} * A_{BG} \tag{1}$$

여기서 MOS_{ROI} , MOS_{BG} 는 관심영역과 배경영역



(a) (b)
Fig. 1. Example of (a) ROI area and (b) BG areas.

의 MOS 값을 나타낸다. 그리고 A_{ROI} , A_{BG} 는 각 영역에 해당하는 면적의 비율을 나타낸다.

실험을 통해, 그들은 전체 영상품질을 평가하는데 있어서 관심영역의 품질이 얼마나 중요한가를 추정하였다. 그리고 식(2)와 같이 가중 기대점수 (WES: Weighted Expected Score)를 제안하고, 다양한 JPEG 압축영상들을 사용한 사용자들의 주관적 품질 평가 실험을 통해, 관심영역이 배경영역보다 약 5배 더 중요함을 밝혔다[1].

$$WES = W_{ROI} * MOS_{ROI} * A_{ROI} + W_{BG} * MOS_{BG} * A_{BG} \quad (2)$$

W_{ROI} , W_{BG} 는 각 영역의 가중치 값을 나타낸다.

ES를 계산하는 한 예로서, 만일 관심영역인 ROI의 MOS가 90으로서 전체 영역의 10%를 차지하고, 배경영역인 BG의 MOS가 50으로서 전체 영역의 90%를 차지한다고 가정하자. 그러면 실험을 위해 합성된 영상의 ES는 $(90 * 0.1) + (50 * 0.9) = 54$ 가 된다. 이 접근 방법은 사람들의 실제 평가인 MOS 값을 가지고, 관심영역의 영상 품질을 강조하여 WES로 영상의 품질을 평가하는데 유용하다.

그러나 이 방법은 개념적인 중요성은 인정되지만, 관심영역과 배경영역의 경계를 수작업으로 연결하여 만들고 실험하였다. 그러나 실제 JPEG 영상압축에서는 이와 같은 연속된 경계는 이론적일 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 인위적으로 연속된 화소 경계 대신에 관심영역에 대한 중요성을 고려하여, JPEG의 블록 단위로 관심영역을 다루고자 한다. 또한 H. Alers et al.의 가중 기대점수 WES와 같은 개념으로 JPEG 영상압축을 위한 블록들에 대해, 다음 (3)식과 같이 지각 (perceptual) PSNR인 $PSNR_{percept}$ 을 고려해 볼 수 있다.

$$PSNR_{percept} = W_{ROI} * PSNR_{ROI} * S_{rate} + W_{BG} * PSNR_{BG} * N_{rate} \quad (3)$$

여기서, W_{ROI} , W_{BG} 는 saliency 블록과 non-saliency 블록의 가중치 값이고, $PSNR_{ROI}$, $PSNR_{BG}$ 는 saliency 블록과 non-saliency 블록의 PSNR 값이다. 그리고 S_{rate} 와 N_{rate} 는 전체 영상에서 saliency 블록과 non-saliency 블록의 비율을 나타낸다.

본 연구에서는 H. Alers et al. 등[2]의 연구를 바탕으로, 영상의 시각적 품질 향상을 위해 배경보다는 관심영역에 더 많은 비트를 할당하여 전체적인 영상의 품질을 높이는 간단하면서도 효과적인 방법을 다

음 3장과 같이 제안한다.

3. Saliency 맵 기반의 영상압축

3.1 JPEG 영상압축에서 영상품질

일반적으로 표준 JPEG 영상압축은 손실 알고리즘을 사용한다. 이것은 영상압축과 영상품질 사이에 조정이 필요하다. 영상의 압축율을 높이면 품질이 낮아지고, 압축율을 낮추면 상대적으로 품질이 높아진다. JPEG 표준, CCITT/ITU T.81 Annex K와 RFC 2435 section 4.2에서는 잘 정의된 양자화 테이블 값을 조정하기 위해 스칼라 값 q 를 사용하는 방법을 정의하고 있다[14,15].

JPEG 압축의 양은 품질수준(quality level)의 퍼센트로 측정된다. 예로서, 100% 품질수준은 압축이 없는 것을 의미한다. 그리고 1% 품질수준은 매우 낮은 품질의 영상을 의미하며, 99% 품질 수준은 매우 높은 품질의 영상을 의미한다. JPEG 표준에서 q Field는 다음 (4)식과 같이 정의되어 있다.

$$\begin{aligned} & \text{for } 1 \leq q \leq 50, s = 5000/q \\ & \text{for } 51 \leq q \leq 99, s = 200 - 2 * q \end{aligned} \quad (4)$$

$$QX = (Q_{table} * s + 50) / 100$$

여기서 s 는 스케일 요소이며, Q_{table} 은 JPEG 표준의 양자화 테이블이다. 그리고 QX 는 주어진 품질수준 q 에서의 양자화 테이블이다.

본 연구는 시각적 영상품질 향상을 위해 saliency 맵 기반의 컬러 영상압축을 수행한다. 즉, saliency 맵을 사용해 saliency 블록에는 상대적으로 영상 품질을 높이고, non-saliency 블록에서는 영상 품질을 낮추어, 주어진 비트율에서 전체적인 영상의 시각적 품질을 향상시키는 접근 방법이다. 잘 정의된 양자화 테이블이 JPEG에 이미 존재하므로 이것을 잘 이용하면, 간단하면서 효과적인 방법이 가능하다.

3.2 Saliency 맵 기반의 압축 알고리즘

제안하는 방법의 전체적인 개념도를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 입력영상을 YCbCr 컬러로 변환하고, 8x8 블록의 크기로 읽어 들인다. 여기서 Y 성분은 그대로 8x8 블록으로 읽어 들이고, 컬러성분인 Cb와 Cr은 2:1로 subsampling 하여, 8x8로 읽어 들인다. 그리고 입력 영상에 해당하는 saliency 맵도 같은

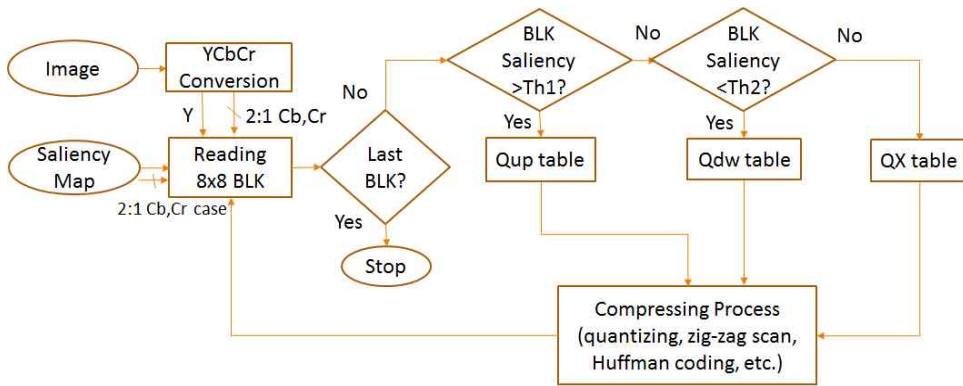


Fig. 2. Proposed concept block diagram for saliency map based image compression.

방법으로 읽어 들인다. 여기서 saliency 맵은 eye tracker를 사용하여 사람들에게서 직접 구할 수도 있고, 입력영상에서 다양한 방법으로 saliency 맵을 구해 사용할 수도 있다. 본 연구에서는 기존의 eye tracker로 구해 놓은 fixation points[16,17]를 사용해서 가우시안 블러링을 통해 saliency 맵을 구하였다.

Fig. 2에서 입력영상과 함께 읽어 들인 8x8 크기의 saliency 맵을 대상으로 해당 블록이 saliency 블록인가를 평가한다. 그리고 평가결과에 따라서 해당 입력 영상 블록을 3가지 양자화 테이블, Qup, Qdw, QX 테이블 중에 하나로 양자화한다. 즉, 해당 블록의 saliency 값이 일정 문턱치(threshold) Th1보다 높으면, saliency 블록으로 판단하고, 양자화 테이블 중에서 Qup 테이블을 사용해 양자화한다. 그리고 반대로 해당 블록이 saliency 문턱치 Th2 보다 낮은 블록이면 non-saliency 블록이므로, Qdw 테이블을 사용해 양자화한다. 이 두 가지에 해당되지 않는 나머지 경우는 일반적인 QX 테이블로 양자화를 수행한다.

Fig. 3은 한 영상의 saliency 맵과 각 블록들에 대해 saliency를 평가하여 블록들을 3가지로 구분한 한 예를 보인 것이다. Fig. 3(b)에서 흰색 블록들은 saliency 블록들을 나타내고, 검정색은 non-saliency 블록들을 나타낸 것이다. 그리고 회색은 중간상태(normal status) 블록들을 나타낸다.

본 연구에서는 일반적으로 JPEG에서 주어진 품질 수준 q를 바탕으로 생성되는 QX 테이블만을 사용하는 것이 아니라, Saliency 맵을 바탕으로 블록의 시각적 중요도에 따라 3가지 다른 양자화 테이블을 사용한다. 즉, Qup 테이블은 saliency 블록(Fig. 3의 흰색 블록들)에 대해 사용하는 테이블로서, 주어진

품질수준 q에서의 JPEG 양자화 테이블 QX 보다 높게 비트를 할당하기 위해 테이블 값이 감소된 테이블이다. 그리고, Qdw 테이블은 반대로 non-saliency 블록들(Fig. 3의 검정색 블록들)을 처리하기 위한 것으로서, QX 보다 낮게 비트 할당을 위해 테이블 값이 증가된 테이블을 말한다. 나머지 중간상태 블록들에 대해서는 QX 테이블을 사용한다. 해당 블록의 양자화가 끝나면 나머지 압축의 과정들을 수행하고, 다시 다음 블록처리를 위해 새로운 블록을 입력한다.

본 연구에서 제안하는 개념은 일반화하여 확장이 가능하다. 즉, 이번 연구에서는 관심영역을 3가지로 구분하여 적용한 예를 보였다. 그러나 관심영역 구분을 n 가지로 한다면, 각기 다른 n 개의 양자화 테이블을 적용하여 일반적인 확장이 가능하다. 그리고 saliency 맵 전송을 위한 추가정보는 8개의 중요한 fixation points, 가우시안의 표준편차($\sigma=50$) 그리고 2개의 문턱치이므로, 약 150 비트로서 전체 영상의 크기에 비해 무시할 정도의 크기이다.

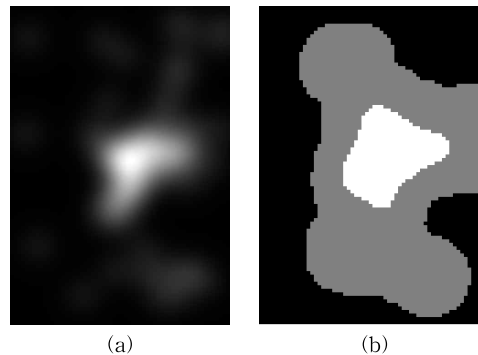


Fig. 3. Example of (a) saliency map and (b) three different saliency blocks of Womanhat image.

4. 실험 및 토의

본 실험의 환경은 윈도우 8.1 Pro, intel CORE i5-2400 CPU, 3.1GHz 에서 MATLAB R2015a로 수행되었다. 사용한 영상 데이터베이스는 TUD_Interactions과 TUD_LIVE_EyeTracking을 사용하였다[16]. 실험에 사용한 영상은 Fig. 4의 6가지 영상이며, Womanhat과 Lighthouse 영상의 크기는 720×480이며, 나머지 4개는 512×768이다.

Table 1은 JPEG을 사용하여 실험영상들에 대해 실험한 결과이다. 실험결과에서, S_PSNR은 saliency 블록에 해당하는 입력영상 블록들에 대한 JPEG의 PSNR을 측정한 것이다. 그리고 Nr_PSNR, N_PSNR은 saliency 정도가 중간인 블록들과 non-saliency 블록들에서 PSNR 값을 각각 계산한 것이다. Table 2는 제안한 방법의 성능을 나타낸 것이다. Table 2(a)는 $Q_{up}=0.3*QX$ 테이블을 사용한 경우로서, 일반 JPEG의 주어진 QX보다 0.3배로 양자화 테이블의 값들을 줄임으로써 더 많은 비트를 saliency

블록에 할당하여 영상의 질을 향상시켰다. (b)는 $Q_{up}=0.5*QX$, (c)는 $Q_{up}=0.7*QX$ 로서, 점차 양자화 테이블의 값들을 증가시켜 (a)보다는 상대적으로 적은 비트를 saliency 블록에 할당하였다. 그리고 non-saliency 블록에 대해서는 실험의 편의를 위해 모든 경우에 동일하게 문턱치 $Th_2=0$ 와 $Q_{dw}=1.2*QX$ 로 고정하였다. 실험영상들에 대해 JPEG과 비교를 위해 saliency 판단 문턱치 Th_1 을 사용해 saliency 블록 비율인 S_rate를 조정하여, 결과영상들의 비트율이 Table 1의 JPEG과 같이 각기 0.3-0.6 bpp 범위에 들도록 조정하였다.

실험결과에서, Table 2(a)의 $Q_{up}=0.3*QX$ 인 경우가 JPEG의 평균 비트율보다 0.014 bpp 높은 상태에서 saliency 블록에 대한 PSNR인 S_PSNR이 Table 1의 JPEG보다 약 3.58 dB 높게 나타났다. non-saliency 블록에 대한 PSNR인 N_PSNR은 JPEG보다 약 0.63 dB 낮게 나타났다. 이것은 영상품질 평가에서 큰 영향이 있는 saliency 블록에 상대적으로 많은 비트를 할당하기 위해 주어진 비트율에서 non-sali-



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 4. Images used in the experiment: (a) Womanhat, (b) Bikes, (c) Rapids, (d) Lighthouse, (e) Paintedhouse, and (f) Stream.

Table 1. Performance[dB] of JPEG (q=15)

JPEG	S_PSNR	Nr_PSNR	N_PSNR	PSNR	Bit rate
Womanhat	30.23	28.61	28.07	28.48	0.318
Lighthouse	24.96	27.25	29.31	27.53	0.378
Bikes	22.95	24.63	25.96	24.77	0.604
Rapids	23.02	25.45	28.17	25.96	0.463
Painted	28.30	25.64	24.61	25.59	0.460
Stream	23.84	23.47	23.19	23.47	0.615
Average	25.55	25.84	26.55	25.97	0.473

ency 블록에 비트 할당을 줄인 결과이다.

Table 2(b)인 Qup= 0.5*QX인 경우, JPEG과 평균 비트율이 거의 같은 상태에서 S_PSNR은 JPEG보다 2.11 dB 높게 나타났다. 또한 non-saliency 블록의 N_PSNR은 Qup=0.3*QX인 경우와 마찬가지로 0.63

dB가 낮게 나타났다. 이것은 non-saliency 블록 문턱치 Th2=0로 동일하게 유지했기 때문이다. Table 2(c)인 Qup= 0.7*QX인 경우, saliency 블록에 대한 비트 할당이 Table 2(a), (b)에 비해 상대적으로 낮으므로 이들 두 경우보다는 S_PSNR은 낮지만 여전히

Table 2. Performance of the proposed method with different Qup

(a) Performance of the proposed one with Qup=0.3*QX case

0.3*QX	S_PSNR	Nr_PSNR	N_PSNR	PSNR	Bit rate	S_rate
Womanhat	34.00	28.61	27.43	28.30	0.330	0.09
Lighthouse	28.26	27.25	28.58	27.54	0.394	0.03
Bikes	26.92	24.64	25.34	24.8	0.616	0.03
Rapids	26.39	25.46	27.46	26.07	0.493	0.06
Painted	32.26	25.64	24.03	25.56	0.478	0.06
Stream	26.92	23.47	22.68	23.51	0.633	0.03
Average	29.13	25.85	25.92	25.96	0.491	0.05

(b) Performance of the proposed one with Qup=0.5*QX case

0.5*QX	S_PSNR	Nr_PSNR	N_PSNR	PSNR	Bit rate	S_rate
Womanhat	32.63	28.61	27.43	28.26	0.315	0.09
Lighthouse	26.91	27.25	28.58	27.5	0.384	0.03
Bikes	25.12	24.64	25.34	24.76	0.604	0.03
Rapids	24.99	25.46	27.46	25.98	0.472	0.06
Painted	30.62	25.64	24.03	25.54	0.464	0.06
Stream	25.70	23.47	22.68	23.51	0.622	0.03
Average	27.66	25.85	25.92	25.93	0.477	0.05

(c) Performance of the proposed one with Qup=0.7*QX case

0.7QX	S_PSNR	Nr_PSNR	N_PSNR	PSNR	Bit rate	S_rate
Womanhat	31.73	28.60	27.43	28.22	0.309	0.09
Lighthouse	25.97	27.25	28.58	27.46	0.378	0.03
Bikes	24.08	24.64	25.34	24.73	0.598	0.03
Rapids	23.99	25.46	27.46	25.91	0.460	0.06
Painted	29.57	25.64	24.03	25.51	0.457	0.06
Stream	24.75	23.47	22.68	23.47	0.617	0.03
Average	26.68	25.84	25.92	25.88	0.470	0.05

Table 3. Performance of visual attention method (q=15)

V. A. method	S_PSNR	Nr_PSNR	N_PSNR	PSNR	bit rate	S_rate
Womanhat	28.33	NA	28.14	28.16	0.319	0.11
Lighthouse	28.18	NA	27.01	27.14	0.379	0.12
Bikes	25.74	NA	24.23	24.39	0.587	0.12
Rapids	26.52	NA	25.54	25.70	0.472	0.18
Painted	25.33	NA	25.38	25.37	0.463	0.13
Stream	24.70	NA	23.13	23.36	0.626	0.17
Average	26.47	NA	25.57	25.69	0.470	0.14

Table 1의 JPEG에 비해 1.13 dB 높은 값을 보였다.

전체적인 실험에서, $Q_{up}=0.3*QX$ 로 하면 saliency 블록의 영상 품질을 강조할 수 있다. 하지만, 비트율이 조금 상승하는 문제가 있다. 또한 $Q_{up}=0.7*QX$ 로 하면 saliency 블록의 영상 품질 강조가 상대적으로 크게 생기지 않는 면이 있다. 따라서 본 실험에서는 $Q_{up}=0.5*QX$ 가 전체적인 비트율의 증가도 생기지 않으면서, saliency 블록의 품질을 어느 정도 강조할 수 있어서 적절한 선택이라고 본다.

다음 Table 3은 N. Ouerhani et al.이 제안한 visual attention 방법 (V.A. method)[7]의 결과로서, 앞의 JPEG과 제안한 방법과의 비교를 위해, saliency 블록 비율인 S_rate를 조정하여 전체 평균 비트율을 유사하게 맞춘 결과이다. Table 2의 제안한 방법과 비교했을 때, 평균 비트율이 Table 2(b)와 유사한 상태에서, S_PSNR은 1.19db 낮고, N_PSNR은 0.35 dB, 그리고 PSNR은 0.24 dB 낮은 결과를 보였다.

다음 Table 4은 W. Abd-elhafiez와 W. Gharibi의 방법(A-G method)[8]의 결과로서, 마찬가지로 앞의 JPEG과 제안한 방법과의 비교를 위해, saliency 블록 비율인 S_rate를 조정하여 전체 평균 비트율을 유사하게 맞추었다. Table 2의 제안한 방법(0.5*QX)과 비교했을 때, 비트율은 조금 낮으나, 성능은

S_PSNR, PSNR, N_PSNR 면에서 전체적으로 낮은 결과를 보였다.

Fig. 5는 JPEG과 제안한 방법(0.5*QX), visual attention (V.A.) 방법 그리고 A-G 방법을 사용하여 6개 실험영상에 대해 실험한 결과의 평균치를 막대 그래프로 표시한 것이다. 그래프에서 '1'은 saliency 블록에서의 PSNR인 S_PSNR이고, '2'는 non-saliency 블록에 대한 PSNR인 N_PSNR이다. 그리고 '3'은 전체 영상에 대한 PSNR을 나타낸다. V.A. 방법이나 A-G 방법에서는 saliency 블록이 아닌 모든 블록의 경우, 모두 non-saliency 블록으로 처리하였기 때문에 비교를 위해 JPEG과 제안한 방법에서도 동일하게 적용하여, saliency 블록이 아닌 경우는 모두 non-saliency 블록으로 하여 성능을 계산하였다.

그래프에서 제안한 방법이 saliency 블록 영역에서 JPEG, V.A. 방법 그리고 A-G 방법보다 영상의 품질이 높은 것을 볼 수 있다. 이는 인간의 시각적 품질향상을 위해 saliency 블록에 상대적으로 많은 비트를 할당했기 때문이다. 그러나 non-saliency 블록 영역에서는 제안한 방법이 JPEG보다는 성능이 낮으나, non-saliency 블록에 대해 DC 값으로 대처하는 A-G 방법이나 V.A. 방법 보다는 성능이 높다. 특히 전체 블록의 PSNR에서 A-G 방법은 제안한

Table 4. Performance of A-G method (q=15)

A-G method	S_PSNR	Nr_PSNR	N_PSNR	PSNR	Bit rate	S_rate
Womanhat	26.63	NA	26.77	26.69	0.314	0.58
Lighthouse	25.53	NA	28.60	26.60	0.374	0.57
Bikes	23.57	NA	23.65	23.60	0.588	0.65
Rapids	25.03	NA	23.45	24.56	0.457	0.74
Painted	23.89	NA	25.46	24.44	0.452	0.61
Stream	22.67	NA	23.41	22.84	0.603	0.76
Average	24.55	NA	25.22	24.79	0.465	0.65

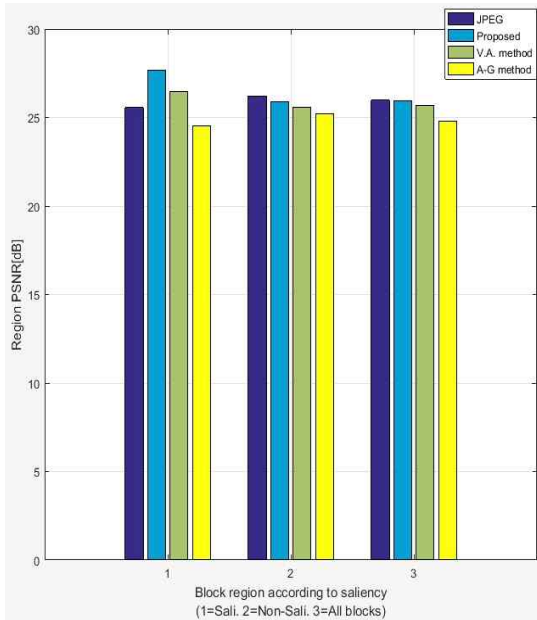


Fig. 5. Comparison of Region PSNR of proposed and other methods.

방법에 비해 비트율은 0.012 bpp 정도 낮출 수는 있으나, 성능은 1.14 dB 낮은 결과를 나타냈다.

Fig. 6은 $q=15$ 인 경우, JPEG과 제안한 방법($Q_{up}=0.5 \cdot QX$), V.A. 방법 그리고 A-G 방법의 결과영상의 예를 제시한 것이다. 결과영상들의 오차영상인 Fig. 7을 살펴보면, 제안된 방법의 오차영상에서 JPEG과 V.A. 방법에 비하여 saliency 블록 영역인 얼굴의 눈과 코 부분에 오차가 작은 것을 볼 수 있다. 그리고 A-G 방법에서는 non-saliency 블록 영역들 중에서 블록킹 현상이 심하게 나타난 것을 관찰할 수 있다.

5. 결론

영상품질 평가에서 배경영역보다 관심영역이 더 많은 영향을 미친다는 Alers et. al.의 연구결과를 바탕으로, saliency 맵 기반의 컬러 영상압축 방법을 제시하였다. 제안한 방법은 JPEG의 품질수준을 결정하는 양자화 테이블을 적절하게 사용하여 사람들의 시선이 집중되는 관심영역에 상대적으로 더 많은 비트를 할당하고, 배경영역에는 비트 할당을 줄여 제한된 비트율에서 효과적으로 영상의 품질을 향상시키는 방법이다.

주어진 6개의 실험영상을 사용하여 제안한 방법

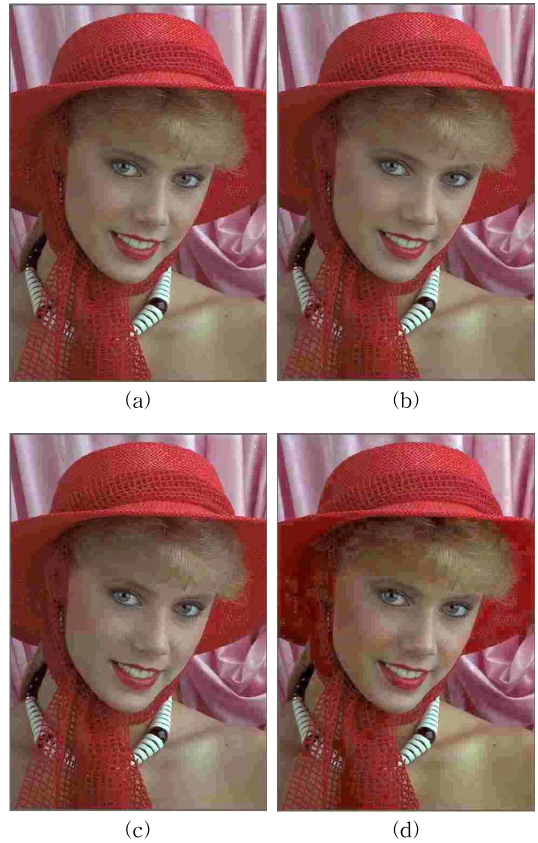


Fig. 6. Comparison of processed images of (a) JPEG, (b) proposed($Q_{up}=0.5 \cdot QX$), (c) V.A. method and (d) A-G method for Womanhat at $q=15$.

을 JPEG과 다른 saliency 맵 기반의 방법들과 PSNR을 사용한 객관적인 측도에서 비교하였다. 비교 결과, 거의 동일한 비트율에서 제안한 방법이 JPEG보다 관심영역의 PSNR인 S_PSNR 이 높은 것으로 판단되었다. 관심영역에 비트 할당을 더 많이 하기 위해 Q_{up} 테이블의 값을 줄일 수 있지만, 그 경우에 상대적으로 비트율이 상승된다. 본 실험에서는 $Q_{up}=0.5 \cdot QX$ 경우가 JPEG과 거의 유사한 비트율을 유지하면서 관심영역의 영상품질을 향상시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 제안된 방법과 JPEG을 포함한 다른 방법들의 주관적인 결과영상과 오차영상의 비교에서도 제안된 방법의 결과영상이 주관적으로도 다른 방법들보다 관심영역에서 상대적으로 높은 영상 품질을 나타내었다.

앞으로 연구는 관심영역에 대한 더 적절한 구분 수와 QX 가중치의 효과적인 선택 그리고 지각 PSNR

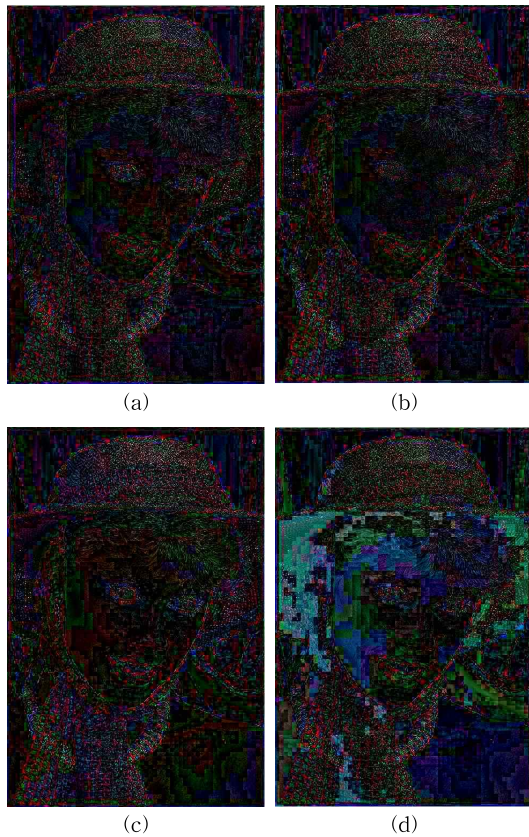


Fig. 7. Comparison of error images of (a) JPEG, (b) proposed ($Q_{up}=0.5*Q_X$), (c) V.A. method and (d) A-G method for Womanhat at $q=15$.

인 $PSNR_{perspect}$ 을 실제로 구하기 위한 사용자들을 동원한 주관적인 영상품질 평가의 실험적 연구가 필요하다.

REFERENCE

- [1] J.W. Bae and S.H. Jung, "Mobile Watermarking Based on the Distortion Analysis of Display-Capture Image in a Smart Phone," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 7, pp. 847-858, 2012.
- [2] H. Alers, J. Redi, H. Liu, and I. Heynderickx, "Studying the Effect of Optimizing the Image Quality in Saliency Regions at the Expense of Background Content," *International Journal of Electronic Imaging*, Vol. 22, Issue 4, pp. 1-10, 2013.
- [3] R. Patil and S. Khavare, "A Survey on Saliency Detection Methods," *International Journal for Scientific Research and Development*, Vol. 3, Issue 1, pp. 1223-1225, 2015.
- [4] Tobii, <http://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-x2-30/> (accessed Aug., 16, 2016).
- [5] Y. Gitman, M. Erofeev, D. Vatolin, and B. Andrey, "Semiautomatic Visual-attention Modeling and Its Application to Video Compression," *Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 1105-1109, 2014.
- [6] N.W. Kim, Z. Bylinskii, M.A. Borkin, A. Oliva, K.Z. Gajos, and H. Pfister, "A Crowdsourced Alternative to Eye-tracking for Visualization Understanding," *Proceeding of Conference of Human Factors in Computing Systems*, pp. 1349-1354, 2015.
- [7] Z. Li, S. Qin, and L. Itti, "Visual Attention Guided Bit Allocation in Video Compression," *Image and Vision Computing*, Vol. 29, No. 1, pp. 1-14, 2011.
- [8] A. Nguyen, V. Chandran, and S. Sridharan, "Gaze Tracking for Region of Interest Coding in JPEG 2000," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 21, No. 5, pp. 359-377, 2006.
- [9] O.S. Rajankar and U.D. Kolekar, "Effect of Single and Multiple ROI Coding on JPEG 2000 Performance," *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, Vol. 4, pp. 29-38, 2016.
- [10] N. Kaur, "A Review of Region-of-Interest Coding Techniques of JPEG 2000," *International Journal of Computer Application, Special Issue on New Dimensions and Perspectives*, Vol. 134, No. 10, pp. 36-40, 2011.
- [11] A. Bradley and F. Stentiford, "Visual Attention for Region of Interest Coding in JPEG 2000," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 14, No. 3, pp. 232-250,

2003.

[12] N. Ouerhani, J. Bracamonte, H. Heinz, M. Ansorge, and F. Pellandini, "Adaptive Color Image Compression Based on Visual Attention," *Proceeding of International Conference on Image Analysis and Processing*, pp. 26-28, 2001.

[13] W. Abd-elhafiez and W. Gharibi, "Color Image Compression Algorithm Based on the DCT Blocks," *International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 4, pp. 323-328, 2012.

[14] JPEG Q Factor, <http://tools.ietf.org/html/rfc2435> (accessed Aug., 16, 2016).

[15] G. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 1, pp. 18-34, 1992.

[16] J. Redi and I. Heynderickx, "TUD Image Quality Database: Interactions," <http://mmi.tudelft.nl/iqlab/interactions.html> (accessed Aug., 16, 2016).

[17] J. Redi, H. Liu, R. Zunino, and I. Heynderickx, "Interactions of Visual Attention and Quality Perception," *IS&T/SPIE Electronic Imaging 2011 and Human Vision and Electronic Imaging XVI*, Vol. 7865, pp. 1-11, 2011.



정 성 환

1988년 경북대학교 대학원(공학 박사-영상처리)
 1983년~1985년 한국전자통신연구소 연구원
 1986년 전자계산기기술사, 1992년 정보처리기술사

2003년 정보시스템감리사
 2007년 정보시스템 수석감리원
 1993년~1994년 미국 Univ. of California(UCSB) Post-Doc.
 1999년~2000년 미국 Colorado School of Mines 연구교수
 2008년~2009년 미국 Univ. of Missouri(UMKC) 방문교수
 2015년~2016년 독일 Univ. of Konstanz 연구교수
 1988년~현재 창원대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전 및 패턴인식, 멀티미디어 정보보호