

블록화 현상의 측정을 통한 영상의 화질평가

이 상 우[†] · 박 상 주^{**}

요 약

블록 기반의 변환 부호화 방식은 영상 압축 표준에 널리 사용되고 있다. 이러한 방식에서 발생하는 여러 종류의 화질 열화 현상 중 블록의 경계에서 나타나는 블록화 현상은 화질을 떨어뜨리는 대표적인 요인이다. 블록화 현상에 의한 화질 열화는 기존의 PSNR 같은 화질 측정값과 부합하지 않아 새로운 평가 기법의 개발이 필요하다. 본 논문은 블록 기반 변환 부호화 방식으로 압축된 영상에서 블록화 현상이 발생한 정도를 측정하여 화질을 평가하는 새로운 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은, 블록화 현상이 블록 경계에서 발생하면 경계면에서 양쪽 화소의 밝기값의 차이가 나며, 대개 그 길이가 블록의 경계 길이 만큼 이어지는 특징을 이용하여 블록화 현상을 찾아낸다. 본 논문에서 제안하는 방법은 원본 영상이 필요치 않고, 블록 경계에서 동작하며, 블록화 현상의 발생 정도를 수치화 한다. 다양한 압축 영상에 본 기법을 적용한 결과, 제안하는 블록화 현상 평가 수치는 인간의 시각 특성에 기반한 주관적 화질 평가와 부합하는 것을 확인하였다.

키워드 : 블록화 현상, 블록화현상 평가기법, 정량적 평가기법, 영상 화질 평가

Image Quality Assessment by Measuring Blocking Artifacts

Sangwoo Lee[†] · Sang Ju Park^{**}

ABSTRACT

Block based transform coding is most popular approach for image and video compression. However it suffers from severe quality degradation especially from blocking artifacts. The subjective quality degradation caused by such blocking artifacts in general does not agree well with an objective quality measurement such as PSNR. Hence new quality evaluation technique is necessary. We propose a new image quality assessment method by measuring blocking artifacts for block based transform coded images. In order to characterize blocking artifacts, proposed method utilizes the facts that, blocking artifacts, when occur, have different pixel values along the block boundaries and such differences usually continuously span along the whole boundaries. This method does not require the original uncompressed image. It operates on single block boundary and quantifies the amount of blocking artifacts on it. Experiments on various compressed images various bitrates show that proposed quantitative measure of blocking artifacts matches well with the subjective quality of them judged by human visual system.

Keywords : Blocking artifacts, Blockiness measure, Quantitative metric, Image quality assessment

1. 서 론

현재 대부분의 영상 및 동영상 압축 기법은 블록 기반 변환 부호화 방식을 사용한다[1]. 영상을 블록 기반 변환 부호화 방식으로 압축하는 과정에서 필연적으로 여러 종류의 화질 열화 현상이 발생하게 된다[2]. 이렇게 발생한 화질 열화 현상 중 블록화 현상(blocking artifacts)은 화질에 미치는 영향이 매우 크다. 따라서 블록화 현상이 발생한 영상 및 동영상의 효과적인 화질 평가 기법은 영상 및 동영상의 압

축, 전송 및 저장 시스템의 전반적인 구현 및 최적화에 중요한 역할을 담당할 수 있다.

블록 기반 변환 부호화 압축 기법은 압축하고자 하는 영상을 각 매크로블록(16×16 화소)에 대해 블록(8×8 화소)별로 변환부호화와 양자화를 수행한다. 이 과정에서 영상이 블록 별로 부호화되기 때문에 복원된 영상에 블록 경계면에서 화소 밝기값의 연속성이 상실되어 블록 경계면에서 밝기가 급격하게 변하는 블록화 현상이 발생한다. 이러한 블록화 현상은 일반적으로 높은 압축률로 영상을 압축한 경우에 큰 양자화 간격(quantization step size)으로 양자화하면서 많이 발생한다.

압축된 영상의 화질을 평가하는 화질 평가 기법에 대한 연구는 많이 진행되어 왔다. 영상 및 동영상의 객관적 화질 평가 기법은 압축 전 원본의 사용 여부에 따라 크게 두 가

* 이 논문은 2008년도 서울시 산학연 협력사업 (10555)에 의하여 지원되었음.

† 정 회 원 : 홍익대학교 전자정보통신공학과 박사과정

** 정 회 원 : 홍익대학교 전자전기공학부 교수(교신저자)

논문접수 : 2008년 5월 27일

수정일 : 2008년 7월 4일

심사완료 : 2008년 7월 5일

지로 나눌 수 있다[14]. 첫 번째 기법은 원본을 사용하는 경우이다 (full-reference approach). 이 경우 원본과 압축된 영상 및 동영상은 서로 비교하여 화질 손상 정도를 수치적으로 나타내게 된다. 원본을 사용하는 대표적인 방법이 PSNR(peak signal to noise ratio)을 측정하는 것이다. 그러나 PSNR은 인간의 시각 특성과 잘 부합하지 않기 때문에 블록화 현상으로 인한 주관적 화질 열화 정도를 효과적으로 표시할 수 없다[3,4]. 이러한 PSNR의 약점을 확인하기 위해 (그림 1)에 한 영상을 PSNR이 동일하게 압축되도록 JPEG과 JPEG 2000으로 압축한 영상을 보였다. 두 복원 영상의 PSNR은 동일하지만 JPEG으로 압축한 영상은 블록화 현상으로 인한 화질 열화가 심각함을 알 수 있다.

두 번째 기법은 원본을 사용하지 않고 복원된 영상 및 동영상 자체만으로 화질을 평가하는 기법이다 (no-reference approach). 이 경우 복원된 영상 및 동영상만을 사용하므로 재생 시에 쉽게 화질 평가 기법을 사용할 수 있으며, 각종 화질 열화 현상을 제거하여 화질을 향상시킬 수 있는 후처리 기법 등 다양한 응용 기법에 적용할 수 있다. 이 방법은 블록화 현상 같은 주관적 화질을 저하시키는 특정 요소의 발생 정도를 측정하여 수치로 나타내고, 그 특정 요소의 발생 정도를 측정한 평가 수치의 차이 또는 순위를 비교하여 화질을 평가하는 기법이다[4-6]. 최근에는 위 두 가지 기법을 절충하여 화질을 평가하는 기법도 연구되고 있다[7].



(a)



(b)

(그림 1) 비슷한 PSNR을 갖지만 블록화 현상을 정확하게 측정하지 못하는 PSNR의 약점을 보여주는 영상
 (a) JPEG으로 압축한 영상, PSNR : 27.9 [dB] (b) JPEG 2000으로 압축한 영상, PSNR : 27.9 [dB]

여러 종류의 주관적 화질 열화 현상 중, 특히 블록화 현상의 발생 정도를 측정하여 영상의 화질을 평가하는 기법에 대한 많은 연구가 있었다. H.R. Wu[6] 등은 영상의 매우 밝고 어두운 곳에서는 블록화 현상 같은 왜곡이 일어나더라도 사람의 눈에는 인식되지 않는 효과(masking effect)를 고려하여 블록화 현상의 중요성을 평가하였다. 이 기법에서 제안하는 GBIM (generalized block impairment metric)은 영상의 좁은 영역의 평균과 블록 경계면 밝기 변화의 표준편차를 사용하며, 마스킹 효과 같은 인간의 시각 특성을 가중치로써 사용하였다. GBIM의 문제점은 정량적 평가 수치의 최대값과 최소값이 지정되지 않았다는 것이다. Wang 등[5]은 JPEG으로 압축된 영상의 원본이 필요하지 않는 평가 수치 S 를 제안하였다. 이 기법은 영상 신호의 활동성(image signal activity)과 블록화 현상 정도를 계산하여 영상의 화질을 판단한다. 여기서 사용되는 두 가지 수치는 training set으로부터 추정된 파라미터를 사용하는 모델을 통해 결합된다. 이 기법 역시 화질 평가 수치의 최대값과 최소값이 정의되지 않은 문제가 있고, training set을 사용하는 통계적 계산방법을 사용하기 때문에 수치의 신뢰성이 떨어진다[15].

본 논문에서 제안하는 기법은 두 번째 기법에 속한다. 또한 블록 단위로 블록화 현상의 발생 정도를 측정하므로 이 기법을 사용하여 블록화 현상이 발생한 블록을 찾아 블록화 현상을 제거하는 후처리 기법에도 적용할 수 있다[10-14]. 그리고 제안하는 기법의 화질 평가 결과값이 최대값과 최소값을 갖는 정량적인 수치¹⁾로 나타나도록 고안하였다.

다양한 압축률의 동영상에 본 기법을 적용하여 블록화 현상의 발생 정도를 측정한 결과 블록화 현상의 발생 정도에 비례하는 일관된 결과를 보여주었다. 또한 제안하는 기법이 실제 주관적으로 평가된 화질에 얼마나 부합하는지 확인하기 위하여 LIVE 데이터 베이스[16-20]와의 상관성을 비교하였다. LIVE 데이터 베이스는 다양한 왜곡이 발생한 영상의 화질을 설문조사를 통하여 주관적인 화질을 조사한 데이터 베이스이다. 이 데이터 베이스는 객관적 화질 평가 기법이 주관적 화질과 얼마나 상관성을 가지는지 실험하기 위하여 많이 사용되고 있다[4,8,9]. LIVE 데이터 베이스의 화질 평가수치와 제안하는 화질 평가 기법과의 상관성을 분석한 결과 주관적 화질 평가 수치와 잘 부합하는 결과를 보여주었다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 본 논문에서 제안하는 화질 평가 기법을 설명한다. 3장에서 제안하는 기법의 성능을 모의 실험을 통해 평가하고 실험 결과를 설명한다. 마지막 4장에서 결론과 향후 연구가 더 필요한 과제를 제시한다.

2. 제안하는 화질 평가 기법

영상에 블록화 현상이 발생하면 블록의 경계면의 양쪽에

1) 본 논문에서는 블록화 현상의 발생 정도를 0부터 8까지 수치로 나타내며 값이 클수록 블록화 현상이 많이 발생한 것을 의미한다.

서 화소들의 밝기가 급격하게 변하게 된다. 이렇게 블록의 경계면에서 밝기가 급격하게 변하는 부분은 푸리에 변환을 통해 주파수 대역으로 변환하게 되면 고주파 영역의 성분이 더 많이 포함되게 된다. 그러므로 블록화 현상을 찾아내기 위해 영상에서 밝기가 급격하게 변화하는 고주파 영역이 많이 포함된 블록의 경계면을 찾으면 된다. 그러나 이러한 방법으로 찾아낸 고주파 영역에는 블록화 현상뿐만 아니라 영상 속 물체의 모양과 색에 따라 밝기가 급격하게 변화하는 부분²⁾도 포함된다. 따라서 블록화 현상이 발생한 영상의 화질 평가 기법에서는 블록화 현상이 발생한 블록 경계와 블록 경계에 트루엣지를 구별하는 것이 매우 중요하다. 그러므로 본 논문에서 제안하는 기법은 영상의 밝기가 급격하게 변하는 부분을 찾아내고 그것이 블록화 현상인지 아닌지 정확하게 구별하는 과정을 가장 중요하게 고려하여 고안되었다.

2.1 블록화 현상의 검출

본 논문에서는 블록화 현상이 발생한 블록 경계면을 효과적으로 검출하기 위해 전처리 기법으로 영상처리 기법 중 하나인 마스크 연산을 사용한다[21]. 마스크 연산을 통해 영상을 주파수 공간으로 변환하지 않고 영상의 주파수영역 특성을 분석할 수 있다. 따라서 마스크 연산을 통해 저역, 고역 통과 필터 등 주파수 공간에서 가능한 작업을 주파수 영역으로 변환하지 않고 적용할 수 있다. 여러 종류의 마스크 연산 중에 Sobel, Laplacian, Prewit 등의 마스크 연산은 영상의 특정 방향으로 밝기의 변화량, 즉 밝기의 미분값을 구할 수 있는 연산자이다. 블록화 현상이 발생한 블록 경계면은 영상의 밝기가 급격하게 변하므로 그렇지 않은 부분에 비해 밝기의 미분값이 크다. 따라서 위의 3가지 연산자를 사용하면 영상의 밝기가 급격하게 변하는 경계면을 효과적으로 검출해 낼 수 있다. 본 논문에서는 위의 3가지 마스크 중 밝기 변화량이 가장 명확하게 나타낸 Sobel 마스크를 사용한다.

2차원 영상에서의 마스크 연산을 (그림 2)와 <수식 1>로 표현하였다. (그림 2-(a))의 입력 영상에서 마스크 연산을 통해서 화소 *a*에서 *i*까지 3×3 크기 영역의 가로 또는 세로 방향으로의 밝기 변화 값을 구한다. 세로 마스크 연산을 통해서 가로 방향 밝기 변화 강도 *H*와 가로 마스크 연산을 통해서 세로 방향 밝기 변화 강도 *V*를 구할 수 있다. 이 값은 입력 영상의 3×3크기의 영역의 가운데 *e*화소를 중심으로 가로 및 세로 방향으로 영상의 밝기 변화의 강도를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 H &= |a \times 1 + b \times 0 + c \times (-1) + d \times 2 + e \times 0 + \\
 &\quad f \times (-2) + g \times 1 + h \times 0 + i \times (-1)| \\
 V &= |a \times 1 + b \times 2 + c \times 1 + d \times 0 + e \times 0 + \\
 &\quad f \times 0 + g \times (-1) + h \times (-2) + i \times (-1)| \quad (1)
 \end{aligned}$$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>

(a) 입력 영상의 화소

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

(b) 세로 마스크

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(c) 가로 마스크

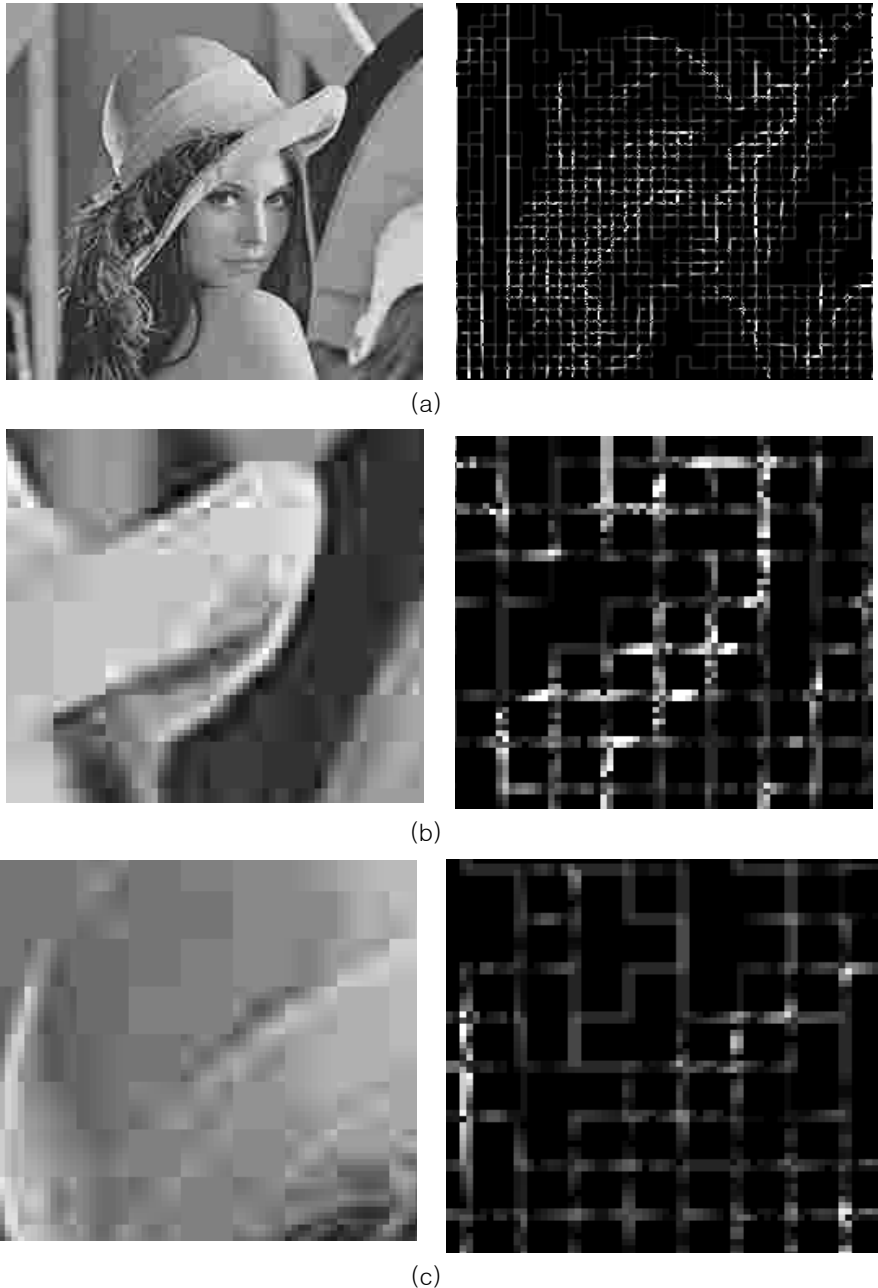
(그림 2) 2차원 마스크연산

영상에 마스크 연산을 사용한 전처리 기법을 적용할 때, 블록화 현상은 정확히 블록의 경계에서만 발생하기 때문에 원 영상의 모든 화소에 전처리 기법을 적용할 필요가 없다. 따라서 가로 방향 블록 경계면의 상하 두 행의 화소에 대해서 가로 마스크 연산을 적용하고, 세로 방향 블록 경계면에는 좌우 두 열의 화소에 대해서 세로 마스크 연산을 적용한다. 또한 마스크 연산 적용 시 가로와 세로 방향 마스크 연산이 중복 수행되는 화소에 대해서는 두 값의 평균을 취한다. 마스크 연산을 사용한 전처리 기법을 적용한 후 결과 영상을 분석하여 영상의 가로 세로 모든 방향으로 블록화 현상이 발생한 경계면을 찾을 수 있다. 본 논문에서 제안하는 블록화 현상을 검출하는 알고리즘은 그림과 함께 설명하면 다음과 같다.

(그림 3-(a))에 원본 Lena 영상을 왼쪽 그림으로, 위의 전처리 기법을 적용하여 구한 블록 경계면 양쪽 화소들의 *H*와 *V*값의 크기를 오른쪽 그림으로 나타내었다. (그림 3-(a))의 오른쪽 그림은 마스크 연산이 적용된 블록 경계의 양쪽 화소의 *H*와 *V*값을 255가 넘어가는 화소는 255로, 0이하인 화소는 0으로 교정하고 그림으로 나타낸 화면이다. (그림 3-(a)) 오른쪽 그림에서 화소가 밝을수록 원본 영상의 블록 경계면에서 영상의 밝기가 많이 변하는 경계면을 나타낸다. (그림 3-(b))에 그림 속 인물의 모자 챙 부분의 트루엣지와 (그림 2-(c))에 모자 윗 부분에 블록화현상이 발생한 부분을 확대하여 나타내었다.

다양한 영상에 전처리 기법을 적용하고 관찰한 결과 블록화현상이 발생한 블록 경계면에서 두 가지 특징을 찾아낼 수 있었다. 첫 번째, (그림 3-(b))와 (그림 3-(c))를 비교하여 관찰하면 밝기 변화량 *H*와 *V*는 트루엣지에서의 값이 블록화 현상이 발생한 경계면에서의 값보다 상대적으로 큰 것을 확인할 수 있다.

2) 이하 트루엣지(true edge)라고 표현함



(그림 3) 블록화 현상이 발생한 부분과 트루엣지 (두 장의 그림 중 왼쪽은 원본, 오른쪽은 전처리 기법을 적용한 그림) (a) 블록화 현상이 발생한 장면 및 전처리 기법을 적용한 장면 (b) 블록화 현상이 아닌 영상의 임의의 물체 경계면의 확대 사진 (c) 블록화 현상이 발생한 부분의 확대 사진

두 번째, 블록화 현상은 블록 경계를 따라서 발생하기 때문에 (그림 3-(c))와 같이 비슷한 강도를 가진 화소가 가로 또는 세로 방향으로 블록의 길이만큼 연속적으로 반복되는 것을 확인할 수 있다. 트루엣지는 (그림 3-(b))에서 알 수 있듯이 길이와 각도가 유동적인 영상 속 물체의 모양을 따라 존재하므로, 그 발생 각도와 형태가 블록 경계를 따라 정확하게 수직 또는 수평으로 직선인 블록화 현상과 확실하게 구별된다.

따라서 정확히 블록의 길이만큼 블록 경계면의 양쪽을 따

라 일정한 임계값보다 작은 H 와 V 값을 갖는 블록 경계면을 찾으면 이 블록 경계면이 바로 블록화 현상이 발생한 블록 경계면이라 할 수 있다.

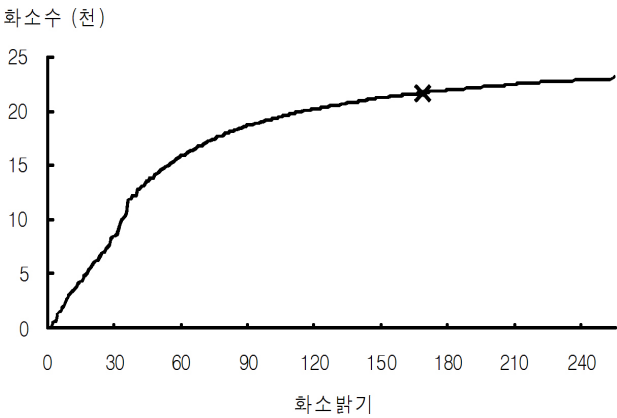
위의 두 가지 특징 중 첫 번째 특징을 수식으로 표현하기 위해 인디케이터 함수(indicator function)를 정의하였다.

$$I(x;t) = \begin{cases} 1, & 1 \leq x \leq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

블록화 현상이 발생한 블록 경계면에 있는 화소들의 H 와 V

값은 일반적으로 트루엣지의 H 와 V 값보다 작다. 따라서 임계값 t 를 적절히 조절하여 트루엣지가 포함된 블록 경계면을 제외한 블록 경계면을 어느 정도 구별할 수 있다. 즉, 전체 블록 경계면에 대해서 두 번째 특징을 적용하지 않고 일부분만 적용하도록 후보 블록 경계면을 찾아 낼 수 있다. 밝기가 x 인 화소가 $I(x;t)$ 의 값이 1이 되면 임계값 t 를 기준으로 블록화 현상이 발생하였을 확률이 높은 것을 의미한다.

본 논문에서는 t 를 영상의 특성에 따라 조절하기 위해 전처리 기법이 적용된 영상에서 블록 경계면 양쪽 픽셀의 H 와 V 값의 누적히스토그램을 사용한다. 두 번째 특징을 적용하기 전 후보 블록 경계면을 찾아 내는 기준이 되는 H 와 V 값의 임계값 t 는 누적 히스토그램의 누적 화소값이 전체 영상의 화소수의 1/3을 초과하는 밝기값으로 정한다. (그림 4)에 위의 기법을 그림으로 나타내었다. (그림 3-(a)) 오른쪽 그림에서 블록 경계면의 왼쪽과 오른쪽, 위와 아래 두 화소들의 H 와 V 값의 누적 히스토그램은 (그림 4)의 실선 그래프이고, \times 자 표시 점은 256×256 크기의 영상의 전체 화소수의 33%인 21,628³⁾을 초과하는 점이고 좌표 위치는 (169,21628)이다. 따라서 (그림 3-(a))의 임계값 t 는 169이다.

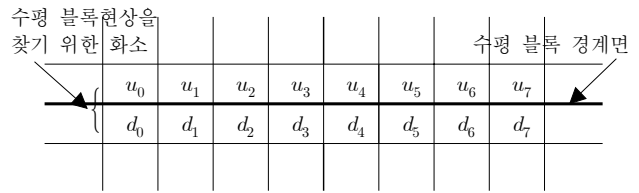


(그림 4) (그림 3-(a)) 오른쪽 그림의 H 와 V 값의 누적 히스토그램과 임계값

두 번째 특징이 의미하는 바는 블록화 현상이 발생하면 전처리 기법을 적용한 영상에서 비슷한 밝기를 가진 화소 ($I(x;t)=1$ 인 화소)가 블록의 길이만큼 블록 경계면의 양쪽을 따라서 연속적으로 분포한다는 것이다. 이러한 특징을 측정하기 위하여 각 수평 블록 경계면에서 <수식 3>의 B_{lock}^h 를 정의한다.

$$B_{\text{lock}}^h \equiv 8 \prod_{i=0}^7 \{I(u_i;t)I(d_i;t)\} \quad (3)$$

따라서 B_{lock}^h 값이 8인 블록 경계면이 위의 두 가지 특징을 모두 만족하는 블록화 현상이 발생한 수평 방향 블록 경계면이라 할 수 있다.



(그림 5) 검출기법에 사용되는 화소

<수식 3>에서 u_i, d_i 는 블록 경계면을 중심으로 양쪽의 화소들을 의미한다 (그림 5). 수평 블록 경계면에서는 블록 경계면을 중심으로 위, 아래 화소이고, 수직 블록 경계면의 경우에는 왼쪽, 오른쪽 화소를 의미한다.

예를 들어 설명하면 (그림 3-(b))의 모자의 창 부분에 대각선 방향으로 존재하는 트루엣지가 포함된 매크로블록에 B_{lock}^h 를 계산하면 $I(x;t)=1$ 인 화소가 연속되지 않기 때문에 B_{lock}^h 가 0으로 계산되고, (그림 3-(c))의 블록화 현상이 발생한 블록에서 B_{lock}^h 를 계산하면 모든 $I(x;t)$ 가 1이기 때문에 B_{lock}^h 는 8이 된다.

위 단락에서는 수평방향 검출 기법만 설명하였으나 수직 방향 블록화 현상은 수직 방향 블록 경계면의 각각 8개의 왼쪽과 오른쪽 화소들을 사용하여 같은 방법으로 B_{lock}^v 를 찾아 낼 수 있다.

2.2 블록화 현상의 발생 정도 판정 및 화질 평가

II. 1 절에서 설명한 검출 기법을 통해서 블록 경계면에 블록화 현상이 발생한 블록 경계면을 검출하였다. 위 결과를 이용해서 한 화면에 발생한 블록화 현상의 발생 정도를 정량적으로 표시할 수 있다. 본 단락에서는 본 논문에서 제안하는 화질 평가 기법에 사용되는 각종 상수들을 설명한다. 화질을 평가하는 대상 동영상의 가로 해상도를 $width$ 라 하고, 세로 해상도를 $height$ 라 하자. 위의 검출 기법은 블록 경계면의 양쪽 화소들을 이용하므로 사각형 동영상의 테두리를 제외한 모든 수평 방향 블록 경계면의 길이를 합한 전체 길이를 l_h 라 하고, 모든 수직 방향 블록 경계면의 길이를 합한 전체 길이를 l_v 라 한다. l_h 와 l_v 는 다음과 <수식 4, 5>을 통해 계산할 수 있다.

$$l_h = \left(\frac{width}{8} - 1\right) \times \left(\frac{height}{8}\right) \quad (4)$$

$$l_v = \left(\frac{width}{8}\right) \times \left(\frac{height}{8} - 1\right) \quad (5)$$

수평 방향으로 블록화 현상이 발생한 블록 경계면의 개수를 N_h 라 하고, 수직 방향으로 블록화 현상이 발생한 블록 경계면의 개수를 N_v 라 한다. 블록화 현상이 발생한 블록 경계면의 B_{lock} 값은 8이므로 수평 방향으로 블록화 현상이 발생한 모든 블록 경계면의 B_{lock}^h 값의 합을 S_{lock}^h 라 하고 수직 방향으로 발생한 모든 블록 경계면의 합을 S_{lock}^v 라 하면 S_{lock}^h 와 S_{lock}^v 는 다음과 같다.

3) C프로그래밍 구현의 편의를 위해 정수이하의 내림하였음

$$S_{\text{block}}^h = 8 \times N_h \tag{6}$$

$$S_{\text{block}}^v = 8 \times N_v \tag{7}$$

위의 값들을 이용하여 본 논문에서 제안하는 수평 방향 블록화 현상의 정량적 수치를 B_{frame}^h 라 하고 세로 방향 블록화 현상의 정량적 발생 수치를 B_{frame}^v 라 하면 B_{frame}^h 와 B_{frame}^v 는 다음 수식과 같다.

$$B_{\text{frame}}^h = \frac{8 \times N_h}{l_h} = \frac{S_{\text{block}}^h}{l_h} \tag{8}$$

$$B_{\text{frame}}^v = \frac{8 \times N_v}{l_v} = \frac{S_{\text{block}}^v}{l_v} \tag{9}$$

모든 블록 경계면에 블록화 현상이 발생한다면 N_h 와 N_v 가 각각 l_h 와 l_v 와 같으므로 B_{frame}^h 와 B_{frame}^v 의 값은 각각 8 로 최대값을 갖고, 블록 경계면에 블록화 현상이 하나도 발생하지 않으면 B_{frame}^h 와 B_{frame}^v 는 최소값 0을 갖는다. 본 논문에서 제안하는 최적적인 블록화 현상의 정량적 발생 정도를 측정하여 영상 및 동영상의 화질을 평가하는 기법의 화질 평가 수치 B_{frame} 은 B_{frame}^h 와 B_{frame}^v 의 평균값이고 다음 식 (10)과 같다.

$$B_{\text{frame}} = \frac{B_{\text{frame}}^h + B_{\text{frame}}^v}{2} \tag{10}$$

B_{frame} 은 블록화 현상이 적게 발생 할수록 최소값 0에 가깝고 많이 발생할수록 최대값 8에 가깝다.

3. 모의 실험 및 결과

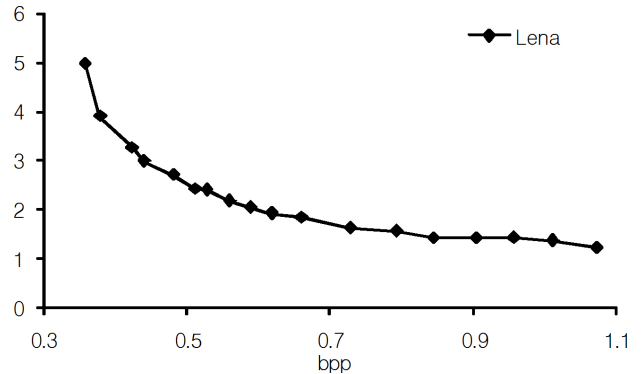
본 장에서는 제안한 기법의 성능을 모의 실험을 통해 알아본다. 첫 번째 모의 실험으로 블록화 현상의 발생 정도가 영상의 압축률에 비례하는 성질을 B_{frame} 이 잘 반영하고 있는지 확인하였다. JPEG으로 압축하여 비트율이 0.3 bpp(bits per pixel)에서 1.0 bpp까지 순차적으로 증가하는 256×256 크기의 Lena 영상 시퀀스를 만들고 각 영상에 대해 본 논문에서 제안하는 화질 평가 기법인 B_{frame} 을 구하고 각 시퀀스의 수치를 (그림 6)에 표시하였다.

(그림 6)에 나타난 바와 같이 B_{frame} 은 최대값과 최소값이 잘 정의되어 있으며 압축률에 비례하는 블록화 현상의 특징을 잘 반영하고 있다. 또한 B_{frame} 은 블록화 현상의 발생 정도에 따라 일관된 결과를 보여주고 있다.

다음으로 (그림 1)에 대한 B_{frame} 을 계산하여 <표 1>에 나타내었다. 동일한 PSNR을 갖지만 블록화 현상이 거의 발생하지 않은 JPEG 2000으로 압축한 (그림 1-(a))와 JPEG으로 압축하여 블록화 현상이 나타난 (그림 1-(b))에 대해서 B_{frame} 을 계산한 결과, 블록화 현상이 나타난 (그림 1-(b))

<표 1> (그림 1-(a), (b))에 대한 PSNR과 B_{frame}

기법	JPEG 2000	JPEG
PSNR	27.9	27.9
B_{frame}	1.419	3.274



(그림 6) 다양한 압축률에 대한 Lena 영상의 B_{frame}

의 B_{frame} 값이 (그림 1-(a))보다 2.424만큼 높게 나왔다. 이는 블록화 현상에 대한 PSNR의 약점을 보여주는 동시에 블록화 현상의 발생 정도를 잘 표시하는 B_{frame} 의 장점을 잘 보여주는 결과이다.

세 번째 모의 실험으로 본 논문에서 제안하는 기법과 실제 주관적인 화질 평가 수치와의 상관성 비교 실험을 수행하였다. 상호 비교를 위해 LIVE[16-20] 데이터베이스의 JPEG 부분을 사용하였다. LIVE 데이터베이스의 JPEG 부분은 여러 가지 실험 영상을 JPEG으로 다양한 압축률로 압축한 후 설문 조사를 통해 주관적 화질을 구한 것이다. LIVE 데이터베이스의 평가 수치와 B_{frame} 사이의 상관성을 평가하기 위해 Pearson correlation과 Spearman rank correlation [22, 23]을 사용하였다.

LIVE 데이터베이스와 B_{frame} 의 Pearson correlation과 Spearman rank correlation은 각각 0.808과 0.846이다. 이 두 상관계수는 모두 -1과 1 사이의 값을 가지며, 일반적으로 그 값이 0.8 이상이면 상관도가 높다고 할 수 있다.[22,24]. 따라서 본 논문에서 제안한 B_{frame} 은 블록화 현상에 의한 주관적 화질을 정량적으로 잘 표현한다고 할 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문은 블록 기반 압축 영상에 발생한 블록화 현상의 발생 정도를 정량적으로 측정하여 화질을 평가하는 기법을 제안한다. 이 기법은 블록 단위로 블록화 현상의 정도를 측정하기 때문에 영상의 지역적 특성을 잘 반영한다. 또한 블록화 현상이 발생한 블록을 쉽게 찾아낼 수 있기 때문에 블록화 현상이 많이 발생한 블록에 적절한 후처리 기법을 적용하여 영상의 화질을 전체적으로 향상시킬 수 있다.

실제 주관적 화질 평가 수치와 상관성 분석을 통해 제안하는 기법의 성능을 평가한 결과 인간의 시각특성에 잘 부

합하는 일관된 결과를 보여주고 있다. 이 새로운 기법은 주관적인 화질 평가 방법에도 사용될 수 있으며, 영상 압축 및 전송 시스템의 전체적인 구현과 최적화에 사용되어 영상의 화질을 향상시키는 도구로써 사용될 수도 있다. 앞으로 블록화 현상 이외의 다른 화질 열화 현상의 정량적인 측정법에 대한 연구도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] K.R. Rao and J.J. Hwang, 'Techniques and Standards for Image, Video and Audio Coding', Prentice-Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ, 1996.
- [2] Mei-Yin Shen and C.-C. Jay Kuo, "Review of Post-processing Techniques for Compression Artifact Removal," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol.9, No.1, pp.2-14, MAR. 1998.
- [3] B. Girod, "What's wrong with mean-squared error?," *Digital Images and Human Vision*. Cambridge, MA: MIT Press, 1993.
- [4] F. Pan, X. Lin, S. Rahardja, W. Lin, E. Ong, S. Yao, Z. Lu and X. Yang, "A locally adaptive algorithm for measuring blocking artifacts in images and videos," *Signal Processing: Image Communication*, Vol.19, pp. 499-506, 2004.
- [5] Z. Wang, H.R. Sheikh and A.C. Bovik, "No-Reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images," *IEEE International Conference on Image Processing 2002*, Vol.1, 22-25, pp.I-477-I-480, SEP. 2002.
- [6] H.R. Wu and M. Yuen, "A generalized block-edge impairment metric for video coding," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol.4 No.11, pp.317-320, NOV. 1997.
- [7] Kusuma, T.M, Zepernick, H.-J. and Caldera, M., "On the development of a reduced-reference perceptual image quality metric," *Systems Communications*, 2005. Proceedings, pp.178-284, 2005.
- [8] Tomás Brandão and Maria Paula Queluz, "No-Reference image quality assessment based on DCT domain statics," *Signal Processing*, Vol.88, pp.822-833, 2008.
- [9] R. Venkatesh Babu, S. Suresh and Andrew Perkis, "No-referenced JPEG-image quality assessment using GAP-RBF," *Signal Processing*, Vol.87, pp.1493-1503, 2007.
- [10] Peter List, Anthony Joch, Jani Lainema, Gisle Bjøntegaard and Marta Karczewicz, "Adaptive Deblocking Filter," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Tech.*, Vol.13, No.7, pp.614-619, JUL. 2003.
- [11] Shen-Chuan Tai, Yen-Yu Chen and Shin-Feng Sheu, "Deblocking Filter for Low Bit Rate MPEG-4 Video," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Tech.*, Vol.15, No.6, pp.733-741, JUN. 2005.
- [12] Sung Deuk Kim, Jaeyoun Yi, Hyun Mun Kim and Jong Beom Ra, "A Deblocking Filter with Two Separate Modes in Block-Based Video Coding," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Tech.*, Vol.9, No.1, pp.156-160, FEB. 1999.
- [13] Goo-Rak Kwon, Hyo-Kak Kim, Yoon Kim and Sung-Jea Ko, "An Efficient POCS-based Post-processing Technique Using Wavelet Transform in HDTV," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol.51, No.4, pp.1283-1290, NOV. 2005.
- [14] Jeonghun Yang, Hyuk Choi and Taejeong Kim, "Noise Estimation for Blocking Artifacts Reduction in DCT Coded Images," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Tech.*, Vol.10, No.7, pp.1116-1120, OCT. 2000.
- [15] Athanasios Leontaris, Pamela C. Cosman and Amy R. Reibman, "Quality Evaluation of Motion-Compensated Edge Artifacts in Compressed Video," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.16, No.4, pp.943-956, APR. 2007.
- [16] H. R. Sheikh, Z. Wang, L. Cormack and A. C. Bovik, "LIVE Image Quality Assessment Database Release 2," <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>.
- [17] H.R. Sheikh and A.C. Bovik, "Image information and visual quality," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.15, No.2, pp.430-444, FEB. 2006.
- [18] H.R. Sheikh, M.F. Sabir and A.C. Bovik, "A statistical evaluation of recent full reference image quality assessment algorithms," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.15, No.11, pp.3440-3451, NOV. 2006.
- [19] Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh and E.P. Simoncelli, "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.13, No.4, pp.600-612, APR. 2004.
- [20] Z. Wang and A.C. Bovik, "A universal image quality index," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol.9, No.3, pp.81-84, MAR. 2002.
- [21] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing," 2nd. ED., Prentice Hall, 2002.
- [22] 이훈영, "이훈영 교수의 통계학", 제2판, 청담, 2006.
- [23] William Mendenhall and Terry Sincich, "Statistics for the engineering and computer sciences," 2nd ED., Maxwell Macmillan International Editions, 1988.
- [24] Jacob Cohen, "Statistical power analysis for the behavioral sciences," 2nd ED., Lawrence Erlbaum Associates, 1988.



이 상 우

e-mail : klasesw@mail.hongik.ac.kr
2003년 홍익대학교 전자전기공학부 (학사)
2006년 홍익대학교 전파통신공학과 (석사)
2006년~현 재 홍익대학교 전자정보통신
공학과 박사과정
관심분야: 영상 처리, 영상의 압축 및 화
질 개선



박 상 주

e-mail : sjpark@hongik.ac.kr
1984년 서울대학교 전자공학과(학사)
1986년 서울대학교 전자공학과(석사)
1992년 Stanford University, Electrical Eng.
(박사)
1992년~1993년 Philips Research Palo Alto,
MTS
1993년~1995년 Philips Semiconductors, MTS
1996년~현 재 홍익대학교 전자전기공학부 교수
관심분야: 영상 처리, 정보 압축