

블록 DCT기반 압축 영상의 개선된 블록화현상 제거 후처리 기법

준회원 김재원*, 조용설**, 정회원 전병우***

Improved Postprocessing Method for Removing Blocking Artifacts in Block DCT-based Compressed Image

Jea-won Kim*, Yong-sul Cho** Associate Members Byeungwoo Jeon*** Regular Member

요 약

본 논문에서는 이산 역현변환을 기반으로 한 고압축의 복원된 영상에서 발생하는 블록화 현상을 제거하기 위한 개선된 후처리 기법을 제안한다. 먼저 압축으로부터 복원된 영상에 대하여, 변환 블록단위로 계산된 블록 경계 불연속값을 이용하여 블록화현상 블록과 에지블록을 구별한다. 블록화현상 블록은 다시 블록 경계면의 격차 정도에 따라 적응적으로 블록경계에서 필터링되는 화소 범위를 다르게 하여 필터링하며, 에지 블록은 다시 화소단위로 에지화소 여부를 조사하여, 에지가 아닌 화소만 필터링을 취하여 좀 더 세밀하게 블록화 현상을 제거하는 새로운 방법을 제안한다. 실험 결과를 통하여 제안한 방법이 기존 방법에 비해 시각적으로 향상된 영상을 얻을 수 있음을 입증하였다.

ABSTRACT

This paper proposes an improved postprocessing method for reducing the blocking artifacts occurring in an image that is highly compressed using block-based DCT. At first, the image blocks are differentiated into either a blocking artifact block or an edge block based on the block-boundary discontinuity value computed for each block. The blocking artifact block undergoes post-filtering exercised over different width of pixels that is determined adaptively according to the block-boundary discontinuity value. The edge block is further inspected to sort out the edge pixels, and the same post-filtering as above is applied only to non-edge pixel so that more fine-tuned blocking artifact reduction is possible. Experiments verify that the proposed method produces images visually more enhanced than that by the conventional methods.

I. 서 론

문자 정보뿐만 아니라 음향, 화상 등 다양한 데이터를 갖는 멀티미디어는 디지털카메라, 영상전화, 화상회의 시스템 등 그 응용범위가 점차로 확대되고 있다. 영상정보의 효율적 저장 및 전송을 위한 JPEG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H.263과 같은

국제 표준들이 차례로 제정되고 있는데, 이러한 표준기술에 공통적으로 사용되는 것이 이산역현변환(Discrete Cosine Transform)이다. DCT변환이 가장 많이 사용되는 이유는 강력한 에너지 밀집능력과 고속알고리즘의 존재라고 할 수 있다. 하지만 특히 고압축의 경우 블록변환과 양자화에 의한 블록화 현상이 일어나 시각적 저해의 주된 원인이 되고 있

* 삼성전자 디지털미디어 연구소(k2hope@samsung.co.kr), **성균관 대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부(oseosan@ece.skku.ac.kr)
 *** 성균관 대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부(yurim.skku.ac.kr)
 논문번호: K01009-0108, 접수일자: 2001년 1월 8일
 ※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-515-001-5)지원에 의해 수행되었습니다.

다. 블록화 현상(Blocking Artifact)은 압축 후 복원된 영상에 있어 화질열화의 주 원인으로, 이는 블록 경계면에서의 화소 값 불연속에 의하여 마치 타일을 간 것처럼 블록 경계들이 규칙적으로 나타나 보이는 시각적 현상을 일컫는다^[1]. 이러한 현상이 나타나는 근본적 원인은 DCT와 같은 변환 부호화를 영상내에서 블록별로 독립 적용하는 것과, 각 블록을 변환한 후 고 압축률을 얻기 위해 가하는 양자화 과정 때문이다. 즉, 블록 경계를 중심으로 양쪽 화소들 사이에 존재하던 유사성이 블록기반 변환과 양자화 과정을 거친 후 다시 역변환 하는 과정에서 손상되는데 기인하는 것이다. 특히 압축효과를 얻기 위해 변환 영역에서 실행하는 양자화 과정은 변환 계수를 손상시키며, 손실된 DCT변환계수 중 특별히 DC계수와 저주파 AC계수들의 손실이 블록화 현상의 가시성에 직접적 영향을 주고 있다^[2,3]. 블록화 현상이 나타나는 영상을 시각적으로 살펴보면 인접해 있는 화소들간의 변화가 심한 부분인 고주파영역에서는 그다지 블록화 현상을 느낄 수 없으나, 인접해 있는 화소들간의 변화가 작은 저주파 영역과 영상의 윤곽선을 나타내는 에지 영역에서는 시각적으로 크게 느끼게 된다. 본 논문에서는 이러한 점에 중점을 두어 고주파 영역보다는 저주파 영역과 에지 영역에서 발생하는 블록화 현상을 제거하는데 효과적인 위한 후처리 기법을 제안한다.

블록 DCT를 기반으로 생겨나는 블록화 현상을 감소시키기 위하여 그간 발표된 많은 연구 중 가장 고전적인 기법은 저역 통과 필터처리이다^[1]. 이 접근 방식은 블록화 현상의 가시도가 블록 불연속 부분의 높은 공간 주파수에 주로 기인함에 착안하여 블록 경계면들의 각 화소들에 대하여 저대역 통과 필터링을 하는 것이다^[4]. 이를 좀 더 발전시켜 에지 검출기를 이용하여 해당 블록이 가지는 에지에 평행한 방향으로만 필터링을 하여 에지의 선명도를 유지하려는 방법도 발표되었다^[5]. 이런 필터링 방법과는 상이한 또 다른 접근방법은 영상 복원이론^[6]에 기반한 POCS (projection onto convex sets) 방법과^[7], CLS(constrained least square)방법이다^[8]. 이 방법들은 원 영상이 부드럽게 이루어 졌을 것이라는 사전조건을 영상에 반복적으로 가하면서 양자화로 잃어버린 정보에 대한 해를 찾아내는 것이다. 이를 위해 Yang은 크기가 제한된 양자화 변환 계수들에 관한 사전 정보와 블록 경계면에 있어서의 화소 차에 대한 사전 조건을 사용하였다^[7]. 이보다 더욱 간단한 형태의 해결책으로, 블록화현상의 정도를 정량

화하는 블록경계 불연속도를 제안한 후, 양자화로 잃어버린 DCT계수정보를 찾기 위해 제안된 블록경계상의 불연속정도를 최소화시킬 수 있는 보상 계수값을 구하는 접근 방식이 있다^[2,3,9]. 이때, 보상 계수값에 해당하는 커널함수는 변환시에 사용했던 DCT 커널함수를 사용하거나^[2,3], 계산면에서 이보다 더욱 간단해지는 경계면 직교 2차함수를 사용하기도 하고^[10], 곱셈없이 보상과정을 수행할 수 있도록 Walsh-Hadamard 함수를 사용하기도 하였다^[11].

본 논문의 출발점은 이러한 종래의 방법을 다음의 두 가지 측면에서 개선하는 것이다. 첫째는 블록경계 격차를 부드럽게 이어 블록경계에서의 불연속에 의한 시각적 저해요소를 줄이는 면에서는 기존 방법과 비슷하나, 블록불연속도의 값에 따라 블록경계에서 불연속도를 줄이는데 참여하는 화소의 수를 적응적으로 줄이는 방법을 사용하는 것이다. 이를 위해 블록간의 불연속 차에 따라, 블록간 화소차가 작으면 단지 블록 경계면에 놓인 화소들만 필터 처리하고, 화소차가 크면 블록내부에 있는 화소까지 필터 처리를 하여 과평활화(Over-smoothing)라는 부작용은 최소화하면서 더 나은 화질의 영상을 얻도록 한다. 즉, 강하게 후처리 필터링을 취해주어야 하는 부분과 그렇지 않은 부분이 구별되도록 하여, 종래의 일괄적인 블록화 현상제거 후처리에서 오는 과평활화 부작용을 피할 수 있으며 부수적으로 계산량 감축이라는 효과도 얻을 수 있기 위함이다. 한편, 블록간 경계값 차이가 매우 큰 경우는 블록 불연속이 양자화에서 오는 블록화 현상 때문이 아니라 원래 영상에 내재하고 있는 에지에 의한 것일 경우가 많으므로, 이 경우에는, 기본적으로 평활화 연산인 후처리필터링을 하지 않는 것이 기존 접근 방법이었다. 그러나 이 경우에도 블록 경계면의 모든 화소가 다 에지에 속하는 경우가 아닌 경우에는 에지에 해당하지 않는 화소에 대해서는 위의 후처리필터를 취해줄 수 있도록 하는 것이 유리하다. 본 논문의 두 번째 개선점은 이 경우 필터 처리를 소홀히 하였던 기존 논문들과는 달리 에지를 포함한 블록내에서도 에지 화소는 필터처리를 생략하지만 에지가 아닌 화소들에 대해서는 화소단위로 필터 처리하도록 하여 에지 부근의 블록화 현상도 에지가 손상되지 않는 범위 내에서 최대한 제거함으로써 좀 더 세밀하게 블록화 현상을 제거하는 효과를 얻도록 하는 것이다. 이렇게 본 논문에서 제안하는 방법은 정해진 개수의 경계화소들에 대해서만 필터링을 하기 때문에 블록내부에 다시 발생하는 블록

화 현상과 에지부분에 부작용으로 발생하는 블러링을 동시에 해결하여 매우 향상된 영상을 얻을 수 있는 개선효과가 있다.

II. 제안하는 블록화 현상 제거 기법

블록화 현상이 일어나는 부분과 에지가 있는 부분을 구별하여 필터링 처리하기 위해 먼저 Sobel 연산자를 이용하여 에지부분을 식별하고, 기존 논문^[2]에서 제안한 블록 경계 불연속값을 이용하여 블록화 현상이 발생한 블록과 에지부분을 포함한 블록을 구분한다. 또한 블록화 현상이 발생한 블록의 경우 블록 경계면에서의 화소값 차를 구한 후 그 크기 정도에 따라 필터링을 가하는 구간(BW: width of filter; 블록 경계면에서의 화소 간격)을 세가지로 구분한다. 즉, 블록 경계면의 차가 상대적으로 작으면 BW를 작게 하고, 차가 크면 BW를 크게 하여 블록간의 경계면을 부드럽게 연결하도록 한다. 한편 에지블록은 Sobel 연산자를 이용하여 구한 에지 화소 여부 결과를 바탕으로, 에지가 아닌 화소만 필터링을 하여 에지 블록에서도 에지를 손상시키지 않으면서 블록화 현상을 최대한 제거하도록 하였다. 본 논문의 제안 알고리즘은 다음과 같다.

제1단계: 각 블록별 블록경계 불연속 값 계산.

제2단계: 블록경계 불연속 값을 임계치와 비교; 블록화현상블록과 에지블록을 구별.

제3단계:

(블록화현상블록) 블록경계 불연속 값 크기에 따라 정해진 BW를 이용한 필터링처리.

(에지블록) Sobel 에지 연산자를 이용하여 영상의 에지 화소 검출 후 에지가 아닌 화소에 대해서만 필터링처리.

2.1 블록 경계면 불연속값에 따른 블록화현상블록과 에지블록 구분

에지가 블록의 경계면에 걸쳐진 블록의 블록화 현상을 제거할 경우 에지부분도 완만하게 퍼지게 되어 또 다른 부작용인 과평활화 현상이 일어나게 된다.

따라서 이러한 부작용을 피하기 위해 먼저 에지블록을 판별한다. 압축된 영상에서 정확히 블록화현상블록과 에지블록을 구분하는 것은 기술적으로 간단한 문제는 아니지만, 이 판별과정 자체가 또 다른 계산상의 부담이 될 만큼 복잡한 방법이 되면 바람직하지 못하다. 본 논문에서는 블록경계에서의 차가

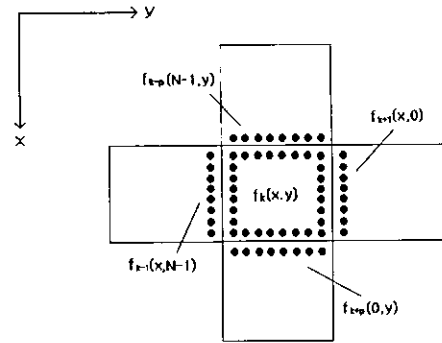
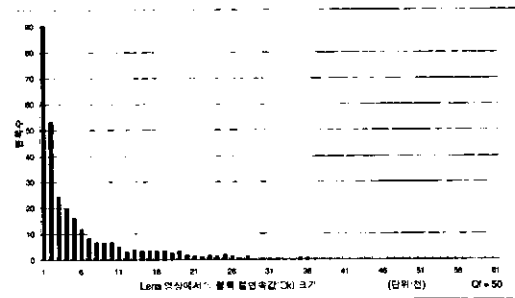
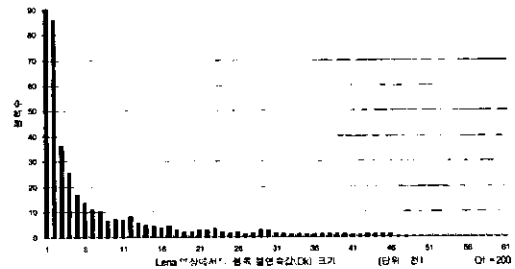


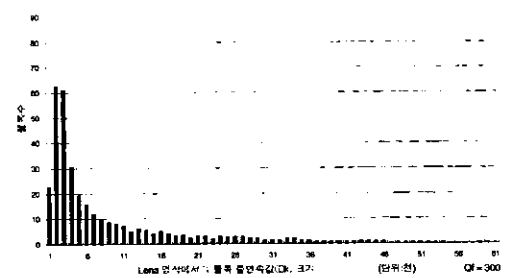
그림 1. k번째 블록의 블록 경계 불연속 크기 계산



(a)



(b)



(c)

그림 2. 블록경계면 불연속값에 따른 블록수 분포비교 (Lena 영상 JPEG 압축)

(a) Qf = 50 (b) Qf = 200 (c) Qf = 300

에지에 의한 경우는 일반적으로 블록 경계면에서 블록 불연속치가 크다는 성질을 이용하여^[3], 블록경계값을 블록 불연속 임계치와 비교하는 간단한 과정을 통하여 에지블록을 구분한다. k번째 블록의 블록 경계면 불연속값을 나타내는 D_k 는 k번째 블록과 이에 인접한 네 개의 블록들과의 경계면에 있어서의 화소간의 차의 제곱의 합으로^[2], 블록의 크기를 $N \times N$ 이라 할 때 다음과 같이 계산된다.

$$D_k = \sum_{y=0}^{N-1} \{ f_{k-p}(N-1, y) - f_k(0, y) \}^2 + \sum_{y=0}^{N-1} \{ f_{k+p}(0, y) - f_k(N-1, y) \}^2 + \sum_{x=0}^{N-1} \{ f_{k-1}(x, N-1) - f_k(x, 0) \}^2 + \sum_{x=0}^{N-1} \{ f_{k+1}(x, 0) - f_k(x, N-1) \}^2 \quad (1)$$

그림 1의 f_{k+p} , f_{k+1} 는 각각 k번째 블록의 상하 좌우 이웃 블록들의 화소들을 나타낸다. 이와 같이 모든 블록마다 블록 경계면 불연속 값 D_k 를 구한 후, 이 값이 임계치를 기준으로 임계치보다 작으면 블록화현상블록으로, 임계치보다 크면 에지블록으로 필터처리한다^[3]. 이때, 임계치설정은 다음과 같은 방식으로 정한다. 영상내 각 블록들의 블록경계면 불연속값(D_k)은 JPEG의 양자화 과정에서 압축률을 높이기 위해서 수행되는 Qf (Quality factor) 크기에 따라 다르게 나타난다. 그림 2 (a)~(c)는 JPEG 압축시 사용되는 QF마다 Lena 영상의 블록 경계면 불연속값에 따른 블록 분포수를 나타내고 있는데 Qf의 값이 커져, 압축률이 커질수록 D_k 값에 따른 블록 분포는 그림 2와 같이 오른쪽으로 확산 분포되는 것을 볼 수 있다. 여기서 D_k 가 큰 블록들은 블록 경계에 에지가 걸쳐져 있는 경우이다. 또한 그림 2(b)보다는 압축률이 높은 그림 2(c)가 좀더 오른쪽으로 확산되어 있음을 볼 수 있으므로, Qf의 값이 클수록 임계치 값도 크게 설정해야 함을 예상할 수 있다. D_k 값 10,000내외에서 블록수가 크게 떨어짐을 보아서 이 부근에서 임계치를 정하는 것이 적절하다. 이러한 관찰 결과는 참고문헌^[3]에서도 볼 수 있다. 본 논문에서는 에지를 나타내는 블록도 필터링과정을 수행함을 착안하여 블록화현상블록과 에지블록을 구별하는데 있어서 에지블록을 최대한 살리기 위해 Lena 영상인 경우 Qf=200일 때 임계치를 9,000으로 설정하고, Qf=300인 경우 12,000으로 설정하였다.

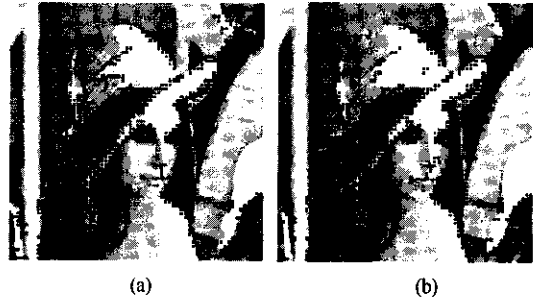


그림 3. 임계치에 따른 에지블록 (Lena영상)
(a)임계치=9,000(Qf=200) (b)임계치=12,000(Qf=300)

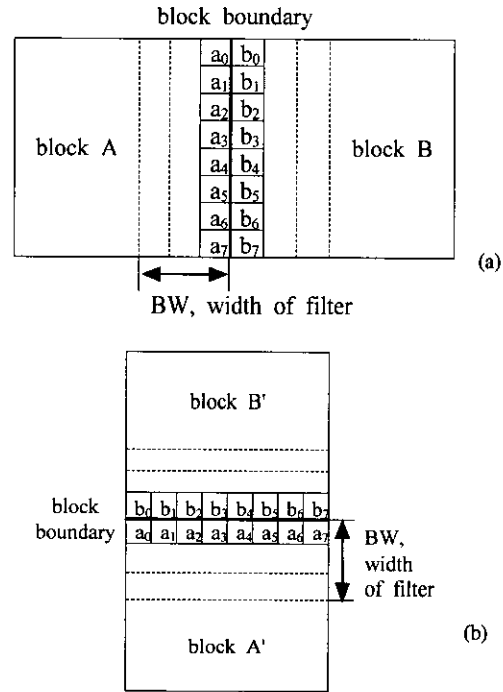


그림 4. 블록 경계면에 인접해 있는 블록
(a) 수평 인접 블록 (b) 수직 인접 블록

한편 블록별 D_k 값이 설정한 임계치보다 큰 블록들이 영상에서 실제 에지블록을 나타내고 있음을 살펴보기 위해서 D_k 값이 임계치보다 큰 블록들은 화소값을 0으로 한 Lena 영상을 그림 3에 나타내었다. 이 그림에서 검은색으로 표시된 블록이 임계치 이상의 D_k 값을 가진 블록이다. 그림 3에 나타난 것과 같이 위의 매우 간단한 방법으로도 에지영역을 잘 판별할 수 있음을 알 수 있다.

2.2 블록화현상블록의 필터 처리

전 단계에서 블록화현상블록으로 판명된 각 블록

에 대하여 다음과 같은 필터링을 한다. 먼저, 블록 경계면에서의 화소차가 비교적 큰 경우를 가정하자. 이 경우, 단지 블록 경계면 양옆에 있는 화소만 필터링을 하게 되면 필터링된 화소의 양끝에서 또 다른 블록화 현상이 나타나게 된다. 이와 같은 현상은 저주파통과필터를 블록경계 근처의 화소에만 적용시키는 기존 방법에서 볼 수 있다¹⁴⁾. 그러나 블록 경계면에서의 차가 그 다지 크지 않은 경우는 블록 경계면 양측의 화소만 필터처리를 해도 이러한 현상은 나타나지 않는다. 따라서, 필터링된 화소의 양 끝에 다시 블록화 현상이 나타나는 위의 문제를 해결하기 위해 일률적으로 필터 처리되는 화소수를 늘리는 것은 경계면에서의 화소값 차이가 크지 않은 경우 또 다른 부작용인 과평활화가 발생하므로 바람직하지 못하다. 본 논문에서는 이를 방지하기 위해서 블록화현상블록 내부 화소들에 대해서도 필터링을 수행하되, 블록 경계면에서의 차에 따라 필터의 폭을 서로 다르게 나누어 수행하도록 한다. 구체적인 수행방법은 다음과 같다. 필터링 하려는 블록과 인접해 있는 상, 하, 좌, 우의 블록을 고려하여, 그림 4 (a), (b)에서와 같이 수평방향으로 처리할 경우에는 수평 블록 경계면의 차(DiffH)를 구하고 (그림 4(a)), 수직방향으로 처리할 경우는 수직 블록 경계면의 차(DiffV)를 구한다(그림 4(b)). 각 경우 블록 경계면의 차를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$DiffH = \sum_{i=0}^{N-1} (a_i - b_i) \quad (2)$$

$$DiffV = \sum_{j=0}^{N-1} (a_j - b_j) \quad (3)$$

수직, 수평 블록 경계면간의 차 각각의 크기에 따라 그림 5에 나타난 것과 같이 세가지 경우로 나누어 블록화현상블록에 필터링을 취한다. 그림 5에서 h는 블록 경계에서의 차를 부드럽게 이어주기 위해 화소간의 격차로서 $h = |d|/2BW$ 로 계산된다. 제한한 방법은 수직, 수평 방향에 따라 동일한 필터링을 취하므로 편의상 수평 블록 경계면의 차(DiffH)에 대한 필터링 과정에 대해서만 설명한다.

- 경우 1 : DiffH > Th1(그림 5 (a))
BW를 3 화소 간격으로 필터처리.
- 경우 2 : Th2 < DiffH < Th1(그림 5 (b))
BW를 2 화소 간격으로 필터처리.
- 경우 3 : DiffH < Th2(그림 5 (c))
BW를 1 화소 간격으로 필터처리.

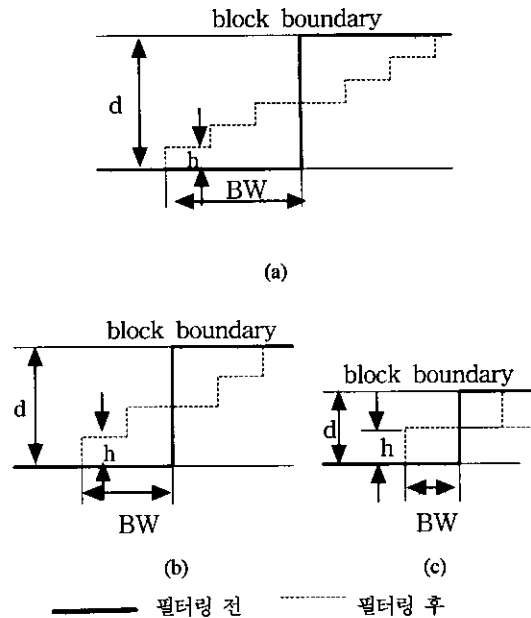


그림 5. 블록화현상블록에서 블록 경계면의 차에 따른 필터 처리

(a) DiffH > Th1인 경우 (b) Th2 < DiffH < Th1인 경우 (c) DiffH < Th2인 경우.

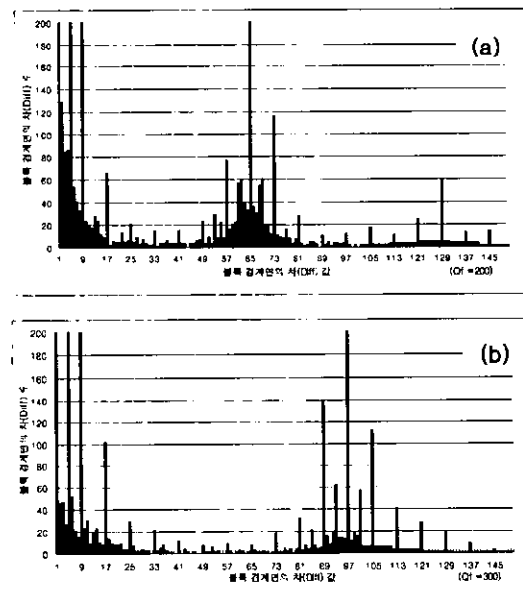


그림 6. 블록 경계면 차의 따른 분포 (Lena 영상)
(a) Qf = 200 (b) Qf = 300

마찬가지로 수직 블록 경계면의 차(DiffV)에 대해서도 동일한 방식으로 처리한다. Th1과 Th2는 블록 경계면의 차에 따라 블록화현상블록을 세 경우로 나누어 필터 수행을 하는 기준 임계치값으로, 그

값 결정은 영상내 모든 블록의 DiffH, DiffV의 값을 조사하여 이들 분포에 따라 그림 5와 같이 세 경우로 나눌 수 있는 적정 값으로 하였다. 그림 6은 Lena 영상에서 나타나는 블록 경계면의 차 값에 따른 분포수를 나타낸다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 Lena 영상에서 $Q_f = 200$ 인 경우 DiffH 또는 DiffV 값 0~20, 55~75인 부근에 밀집되어 있으며, $Q_f = 300$ 인 경우 0~20, 85~105에 밀집되어 있음을 볼 수 있다. 그러나 DiffH 또는 DiffV의 값이 50이상인 경우는 비교적 그 차가 크므로 경우 1에서 처리하는 게 더 효율적이다. 따라서 본 논문에서는 $Th1 = 10$, $Th2 = 20$ 으로 정하였다. 이와 같이 좀 더 높은 화질의 영상을 얻기 위하여 블록 경계면에서 일어나는 불연속의 에러 크기에 따라 적응적으로 블록화현상블록내부의 부분까지도 필터링을 취하여 간단한 연산으로 더욱 개선된 효과를 얻을 수 있도록 하였다.

2.3 에지블록의 필터 처리

에지블록으로 판별된 블록내부의 윤곽선, 즉 화소 값이 급격하게 변화하는 에지부분 검출을 위해 그림 7의 3×3 Sobel 마스크를 사용한다. Sobel 연산 결과는 $S = \sqrt{X^2 + Y^2}$ 으로 계산된 값을 3×3 Sobel 마스크 중심 위치 E에 할당함으로써 각 화소 별로 얻어진다. 여기서, X와 Y는 각각 다음과 같다.

$$X = (C + 2F + I) - (A + 2D + G) \quad (4)$$

$$Y = (G + 2H + I) - (A + 2B + C) \quad (5)$$

이처럼 에지 화소를 검출하는 이유는 에지블록의 필터 처리시 에지부분을 최대한 보호하면서 화소 단위로 필터링 하기 위함이다. Sobel 연산자를 이용하여 에지 화소를 구한 후 에지 블록내에서 화소단위로 에지 화소 여부를 식별하여 에지 화소인 경우는 필터링을 생략하고, 에지 화소가 아닌 화소에 대해서만 필터링을 수행한다.

이때 블록 경계면에서 블록화 현상이 나타난다는 것을 착안하여 블록내 모든 화소를 조사하여 에지

A	B	C	-1	0	1	-1	-2	-1
D	E	F	-2	0	2	0	0	0
G	H	I	-1	0	1	1	2	1

영상 수직경계추출(Sx) 수평경계추출(Sy)

그림 7. 3×3 Sobel 마스크를 이용한 에지화소 검출

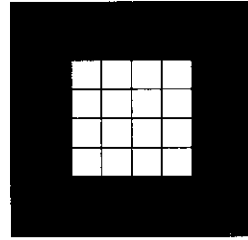
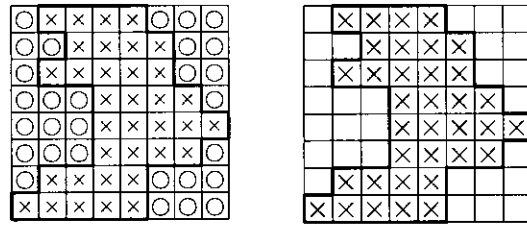


그림 8. 에지블록내 블록경계에서의 선택적 에지화소 여부 조사.



(a) 에지화소 (b) 선택적 필터처리
x : 에지 화소 o : 필터 처리

그림 9. 에지블록내의 선택적 필터링.

화소 여부를 식별하기보다는 그림 8과 같이 블록경계면 부근에 있는 1~2화소 간격의 범위 내에 있는 화소만 조사하여 필터 처리함으로써 연산량을 줄이도록 한다. 에지블록 내부에서는 그림 9 (a),(b)와 같이 블록내에 'x'가 표시된 화소를 에지 화소라 할 경우, 'o'이 표시된 화소에 대해서만 필터링을 수행한다. 여기서 에지가 아닌 화소의 필터 처리는 블록화현상블록과 같은 방법으로 처리한다. 즉, 블록 경계면으로부터 에지 화소가 아닌 화소의 간격이 1이면, 2절의 '경우 3'과 같은 방식으로 BW=1인 필터를 수행하고, 화소의 간격이 2이면, '경우 2'와 같은 방식으로 BW=2인 필터를 수행한다. 단, 블록화현상블록의 필터 처리의 경우 한 블록내에서 수평 혹은 수직 블록 경계면을 중심으로 블록 단위로 수행되어 각각의 화소마다 BW가 동일한 필터로 수행되는 것과는 달리, 에지블록의 필터 처리는 블록 경계면을 중심으로 화소 단위로 수행되므로 각각의 화소마다 BW가 다른 필터가 수행되어 질 수 있다. 이와 같이 에지 블록내에서도 최대한 에지를 보호하면서 화소단위로 필터를 처리함으로써, 블록화 현상을 좀 더 세밀하게 제거하여 부드러운 영상을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 또한 에지부분에서 발생하는 블러링(blurring)도 해결할 수 있다.

III. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘을 실험하기 위해서 512×512 Lena, Girl, Lake 영상을 JPEG 압축한 영상을 사용하였다. 제안한 알고리즘의 성능은 3×3 Gaussian 저역 통과 필터와 3×3 Average filter로 처리한 영상과 비교하였다. 3×3 Gaussian 저역 통과 필터링은 영상의 블록 경계에 있는 화소에 대해서만, 그리고 3×3 Average filter는 영상내 전 화소에 적용되었다. 비교한 결과 PSNR의 경우, Lena 영상과 Lake 영상에서는 제안방법이 기존의 방법들보다는 PSNR이 약간 떨어지나, Girl 영상에서는 더 높은 PSNR을 얻을 수 있었다. 영상의 블록화현상 제거 처리시, 단순한 평균필터와 같은 저주파 통과필터링의 경우가 PSNR 측면에서 오히려 더욱 좋은 경우를 흔히 볼 수 있다^{2,3)}. 그러나 알려진 바와 같이 PSNR이 주관적 화질과는 항상 일치하지는 않으며, 시각적인 면에서 살펴볼 때, 영상의 저주파 지역과 에지 지역에서 제안한 방법이 블록화 현상을 훨씬 더 효과적으로 제거함으로써 좀 더 높은 화질의 영상을 얻을 수 있음을 볼 수 있었다. 표 1은 Qf=200과 Qf=300의 경우 PSNR 비교 데이터를 보여주고 있다. 그림 10-12는 실험에 적용한 Lena, Girl, Lake 영상들을 각각 3×3 Gaussian 저역 통과 필터와 3×3 Average filter, 그리고 제안 알고리즘을 이용하여 처리한 것으로, Qf=200인 경우 Lena 압축영상(0.24 bit/pixel)을 적용하였고, Qf=300인 경우 Girl 압축영상(0.126bit/pixel)과 Lake 압축영상(0.24 bit/pixel)을 보이고 있다. 그림에서와 같이 필터 처리전의 압축 영상들과 필터 처리후의 영상들을 비교해 보면, 본 논문에서 제안한 방법이 3×3 Gaussian 저역 통과 필터나 3×3 Average filter에 비해 시각적으로 향상된 영상을 얻었음을 볼 수 있다. 구체적으로 살펴보면, 블록화 현상이 눈에 잘 띄는 영상의 저주파 지역에서 3×3 Gaussian 저역 통과 필터나 3×3 Average filter의

경우, 저주파 지역에서도 블록간의 화소 차이가 다양하게 분포되어 있음에도 불구하고 일정한 간격의 BW를 갖는 필터로 처리하여 블록간의 화소 차이가 큰 부분의 블록화 현상을 제거하는 데는 그다지 큰 효과가 없는 반면, 제안 알고리즘은 블록간의 화소 차이에 따라 적응적으로 BW간격을 다르게 하여 필터 처리를 함으로서, 실제로 필터 처리된 영상들을 비교해 보면 다른 방법들에 비해 블록간의 연결이 더욱 부드러운 것을 볼 수 있다. 또한 영상의 에지 지역을 살펴보면, 3×3 Gaussian 저역 통과 필터나 3×3 Average filter는 저주파 지역에서 수행한 필터링을 에지 지역에서도 동일한 방법으로 처리함으로써 영상의 에지부분이 완만하게 퍼지게 되는 블러링 현상을 초래한다.

특히, 3×3 Average filter로 처리한 영상을 살펴보면 블러링 현상을 크게 느낄 수 있다. 이에 비해 제안한 알고리즘은 블러링 현상의 제거와 에지 부분의 블록화 현상을 좀 더 세밀하게 제거하기 위해 화소단위로 에지 블록을 필터 처리하여 에지 부분을 최대한 보호하면서 블록화 현상을 효율적으로 제거하여 상당히 향상된 영상을 얻을 수 있었다. 또한 고압축일 경우에도 제안 알고리즘으로 비교적 높은 화질의 영상을 얻을 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 블록화현상의 제거를 위해서 블록 불연속 임계치를 두어 각 블록을 블록화현상블록과 에지블록으로 구분한 후, 블록화현상블록은 블록간의 차의 크기에 따라 필터 적용 범위를 넓게 혹은 좁게 하여 후처리 필터링하는 새로운 개념을 제안하였다.

그렇게 함으로써 눈에 잘 띄는 저주파 영역의 블록화 현상을 효율적으로 제거하는 동시에 에지블록인 경우 화소단위로 에지 화소 여부를 조사하여, 에지 화소에 대해서는 필터 처리를 생략하고 에지가 아닌 화소만을 필터 처리하여 좀 더 세밀하게 필터링을 수행한다. 그 결과 무리한 양자화로 인해 발생한 블록화 현상을 완화시키고 영상의 에지부분에서 발생하는 과평활화에 의한 부작용 현상도 같이 해결함으로써 시각적 측면에서 영상의 질을 전반적으로 향상시킬 수 있는 개선 효과가 있다. 특히 기존 논문들이 에지영역에 대한 필터 처리를 소홀히 했던 것과는 달리 에지영역에 대해서도 적응적 필터링을 취함으로써 에지를 최대한 보호하면서 좀 더 세

표 1. PSNR 비교

후처리 방법	PSNR [dB] (Qf = 200)			PSNR [dB] (Qf = 300)		
	Lena	Girl	Lake	Lena	Girl	Lake
압축 복원된 영상	31.26	32.59	28.72	29.63	31.02	27.30
3×3 Gaussain 저주파통과필터	31.96	32.84	29.19	30.46	31.46	27.94
3×3 평균필터	31.61	32.57	28.75	30.38	31.35	27.78
제안방법	31.54	32.72	28.92	30.20	31.57	27.67

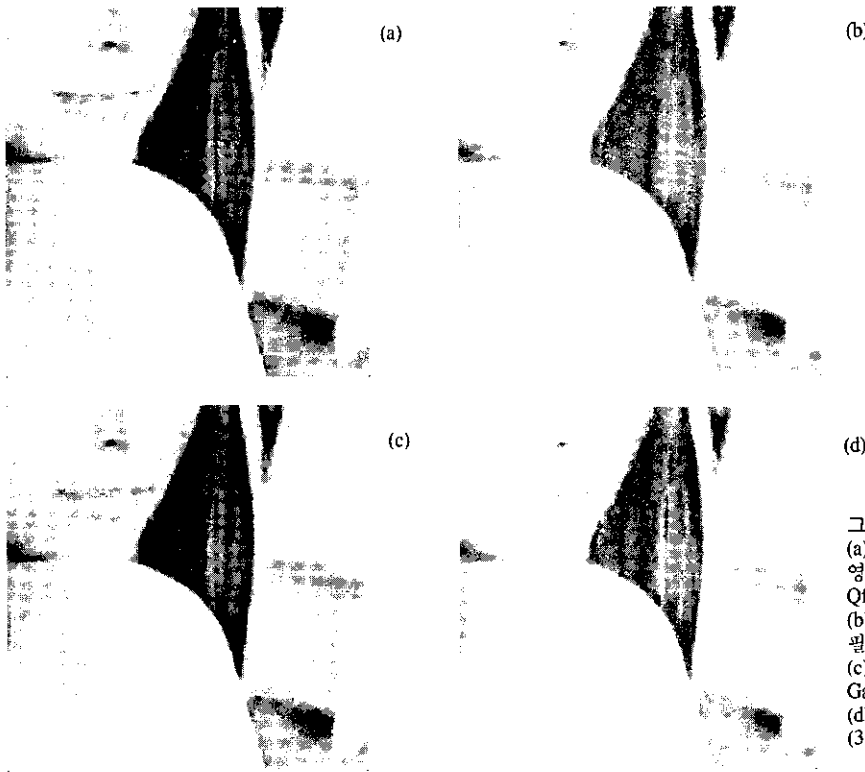


그림 10.
 (a) 필터 처리된 Lena 압축 영상 (0.24 bit/pixel, JPEG Qf = 200, 31.26 dB).
 (b) 모든 화소에 3×3 평균 필터처리 (31.61 dB).
 (c) 블록경계화소에 3×3 Gaussian 필터처리 (31.96 dB).
 (d) 제안 후처리 필터처리 (31.54 dB).



그림 11.
 (a) 필터 처리된 Girl 압축 영상 (0.126 bit/pixel, JPEG Qf = 300, 31.02 dB).
 (b) 모든 화소에 3×3 평균 필터처리 (31.35dB).
 (c) 블록경계화소에 3×3 Gaussian 필터처리 (31.46 dB).
 (d) 제안 후처리 필터처리 (31.57 dB).

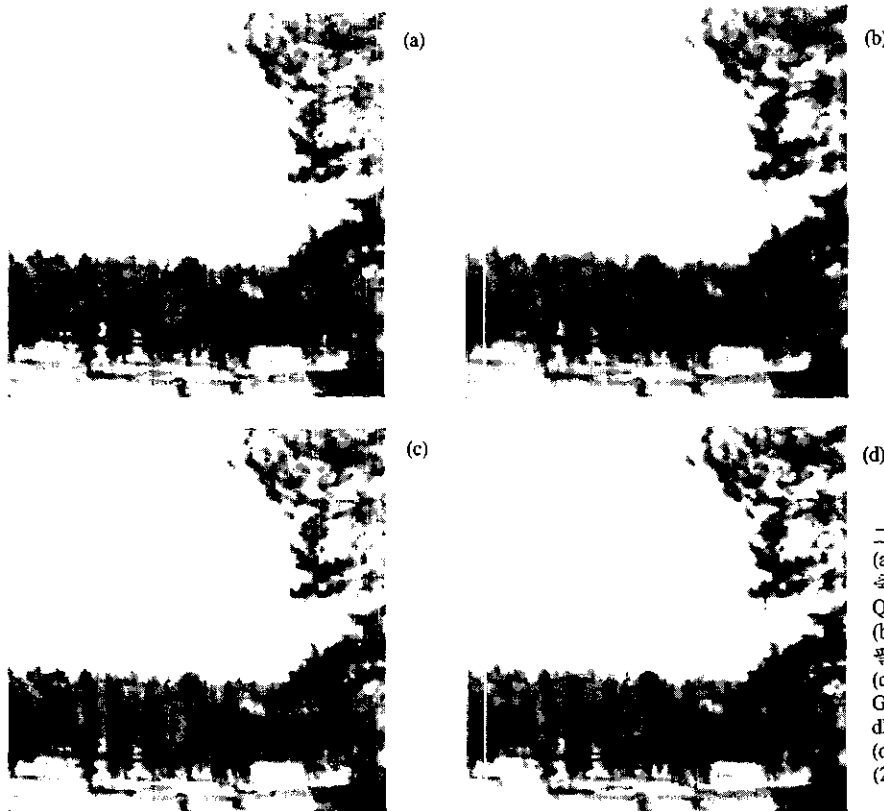


그림 12.
 (a) 필터 처리전 Lake 압축영상 (0.24 bit/pixel, JPEG Qf = 300, 27.30 dB).
 (b) 모든 화소에 3×3 평균 필터처리 (27.78dB).
 (c) 관록경계화소에 3×3 Gaussian 필터처리 (27.94 dB).
 (d) 제안 후처리 필터처리 (27.67 dB).

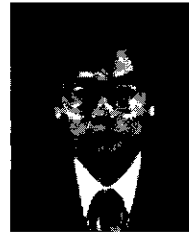
밀하게 블록화 현상을 제거할 수 있다. 제안한 알고리즘은 매우 간단한 연산만으로도 영상의 전송 및 저장 응용 분야에서 특히 압축률이 높아 화질 열화가 발생할 때의 화질 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] H. C. Reeve III and J. S. Lim, "Reduction of Blocking Artifacts in Image Coding", J Optical Engineering, vol.23, no.1, pp.34-37, Jan./Feb. 1984.
- [2] B. Jeon and J. Jeong, "Blocking Artifacts Reduction in Images Coding with Block Boundary Discontinuity Criterion", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol.8, pp. 345-357, June 1998.
- [3] 이주홍, 김민구, 정제창, 최병욱, "압축영상의 화질향상을 위한 블록킹 현상 제거에 관한 연구", 한국 통신학회 논문지, v.22, no.8, pp.1677-1690, Aug. 1997.
- [4] T. Jarske, P. Haavisto, and I. Defee, "Post-filtering Methods for Reducing Blocking Effect from Coded Images", IEEE Trans. Consumer Electronics, vol.40, no.3, pp.521-526, Aug. 1994.
- [5] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear Space-Variant Post processing of Block Coded Image", IEEE T-ASSP., vol.34, pp.1258-1268, Oct. 1986.
- [6] Y. C. Choung and J. J. Paik, "A Fast Adaptive Restoration Filter for Reduction Block Artifact in Compressed Images", IEEE Trans. Consumer Electronics, vol.43, no.4, pp.1340-1346, Nov. 1997.
- [7] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized Reconstruction to Reduce Blocking artifacts of Block Discrete Cosine Transform Compressed Images", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol.3, no.6, pp.421-432, Dec. 1993.

- [8] A. Zakhor, "Iterative Procedures for Reduction of Blocking Artifacts in Transform Image Coding", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol.2, no.1, pp.91-95, Mar. 1992.
- [9] C. -N. Tien and H. -M. Hang, "Transform-domain Post Processing of DCT-coded Images", Proc. VCIP, vol.2094, pp.1627-1638, Nov. 1993.
- [10] J. Jeong and B. Jeon, "Use of a Class of Two-DimensiFunction for Blocking Artifact Reduction in Image Coding", IEEE International Conference on Image Processing, vol.8, No.3, pp.478-481, Oct. 1995.
- [11] 이인서, 전병우, "이진변환을 이용한 블록 구획화 현상 감소기법", 제11회 신호처리합동학술대회, v.11, pp.165-168, Oct 1998.

전 병 우(Byengwoo Jeon)



1985년 2월 : 서울대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1987년 2월 : 서울대학교
전자공학과 졸업
(공학석사)

1992년 12월 : Purdue Univ, School of Elec. 졸업
(공학박사)
1993년~1997년 8월 : 삼성전자 신호처리
연구소 수석연구원
1997년 9월~현재 : 성균관대학교 전기전자 컴퓨터
공학부 조교수
<주관심 분야> 멀티미디어, 영상압축, 영상인식

김 재 원(Kim Jea Won)

준회원



2001년 2월 : 성균관대학교
전기전자 및 컴퓨터
공학부 학사
2001년 2월~현재 : 삼성전자
디지털 미디어 연구소
연구원

<주관심 분야> 영상 처리 및 신호 처리

조 옹 설(Cho Yong Sul)

준회원



1998년 2월 : 성균관대학교
전기전자 및 컴퓨터
공학부 학사
1999년 8월~현재 :
성균관대학교 전기전자
및 컴퓨터 공학부 대학원

<주관심 분야> 영상 압축 및 영상 통신