

논문 2005-42SP-5-12

웨이블릿 부대역의 에너지와 DC 값에 근거한 적응적 블록 복구

(Adaptive Block Recovery Based on Subband Energy and DC Value in Wavelet Domain)

현 승 화*, 엄 일 규**, 김 유 신***

(Seung Hwa Hyun, Il Kyu Eom, and Yoo Shin Kim)

요 약

본 논문은 잡음이 존재하는 전송 선로를 통한 영상 전송 시 발생하는 손실 블록에 대한 방향성 복구 방법을 제안한다. 손실된 블록은 웨이블릿 부대역의 에너지(EWS)와 DC값의 차이(DDC)에 의해 적응적으로 선택되어진 이웃 블록들을 이용한 선형 보간법에 의해 복구된다. 고정된 4-이웃 블록을 사용하여 복구하는 방법은 강한 에지영역에서 블록화된 블러링 효과를 발생시킨다. 본 논문의 방향성 복구 방법은 에지나 영상 내의 방향성 정보에 따라 적응적으로 변하는 이웃 블록을 사용하기 때문에 강한 에지영역에서 효과적이다. EWS만 이용하여 이웃블록을 선택하는 경우는 수직, 수평 에지에서는 좋은 성능을 보이지만 대각 에지에 대해서는 약점을 가지고 있다. DDC만을 이용하여 이웃블록을 선택하는 경우는 대각 에지에서는 좋은 성능을 보이지만 에지 프로파일에 따라 약점을 보인다. 따라서 EWS와 DDC 정보를 함께 이용하여 적응적으로 손실 블록을 복구할 이웃블록을 선택함으로써 두 가지방법의 약점을 서로 보완하여 더 좋은 성능을 보일 수 있다. 모의실험 결과 본 논문의 블록 복구 방법은 객관적 평가와 주관적 평가에서 모두 좋은 성능을 보였다.

Abstract

When images compressed with block-based compression techniques are transmitted over a noisy channel, unexpected block losses occur. In this paper, we present a post-processing-based block recovery scheme using Haar wavelet features. No consideration of the edge-direction, when recover the lost blocks, can cause block-blurring effects. The proposed directional recovery method in this paper is effective for the strong edge because exploit the varying neighboring blocks adaptively according to the edges and the directional information in the image. First, the adaptive selection of neighbor blocks is performed based on the energy of wavelet subbands (EWS) and difference of DC values (DDC). The lost blocks are recovered by the linear interpolation in the spatial domain using selected blocks. The method using only EWS performs well for horizontal and vertical edges, but not as well for diagonal edges. Conversely, only using DDC performs well diagonal edges with the exception of line- or roof-type edge profiles. Therefore, we combined EWS and DDC for better results. The proposed methods out performed the previous methods using fixed blocks.

Keywords : 블록 손실, 방향성 블록 복구, 웨이블릿 부대역의 에너지, DC 값

I. 서 론

블록 기반의 변환에 의한 압축 영상이 잡음이 있는

전송선로를 통해 전송되는 경우 다양한 형태의 오류가 발생할 수 있다. 압축된 영상 신호는 전송 오류에 민감하기 때문에 손실이 발생하면 수신 측에서 정확한 영상을 복원할 수 없고, 패킷이나 블록 손실에 의한 한 블록의 비트 스트림은 연속해서 다음 블록까지 영향을 미치게 된다.

이러한 오류를 정정하기 위하여 순방향 오류 정정 기법(FEC : forward error correction), 재전송 요청 방법(ARQ : automatic repeat request), 후처리 방법 등이 수행되고 있다. 순방향 오류 정정 기법은 일정 길이의 코드를 첨가하는 방식이므로 비트의 양을 증가시키고,

* 정회원, 부산대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Pusan National University)

** 정회원, 밀양대학교 정보통신공학과
(Dept. of Information and Communication, Miryang National University)

*** 정회원, 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소
(Research Institute of Computer and Information and Communication, Pusan National University)
접수일자: 2005년3월16일, 수정완료일: 2005년6월7일

정정 영역을 벗어나는 오류일 경우 오히려 오류를 증가시킬 수 있는 단점이 있다. 재전송 요청 방법은 순방향 오류 정정 기법보다 안정적으로 패킷 또는 블록을 완전히 복구할 수 있다는 장점이 있지만 재전송에 의한 시간 지연으로 실시간 통신에 부적합하다. 따라서 수신측에서 추가적인 정보 없이 손실 블록을 복구하는 후처리 방법들이 많이 연구되고 있다^[8].

오류 은닉을 위한 후처리 방법을 보면 시간 영역에서 이전 프레임의 정보를 이용하거나 움직임 벡터를 이용하여 손실 블록을 복구하는 방법^[1]이 있다. 이 방법은 간단하고 손실된 블록의 움직임벡터를 이용할 수 있다면 좋은 성능을 가지지만 동영상에서만 적용 가능하고 복잡하게 움직이는 영상에서 좋은 성능을 가지지 못하는 단점이 있다. 공간 영역에서는 손실 블록의 이웃 화소와의 밝기 값이 유사하다는 점에 근거하여 이웃 블록과의 평탄화를 고려한 복구 방법들^[2]과 블록 집합에 투영(POCS) 방법을 이용한 블록 복구^[3], 퍼지 이론을 이용한 방법^[4], 손실 블록에 이웃하는 화소값들의 선형 조합으로 손실 블록을 복구하는 방법^[5] 등이 제안되었다. 주관적, 객관적으로 좋은 결과를 얻을 수 있으나 계산량이 많아 실시간 구현이 어렵다. 주파수 영역에서는 DCT 영역에서 인접 화소 정보를 이용한 DCT 계수 추정 방법^[6]이 있다.

본 논문에서는 웨이블릿 영역의 정보를 이용하여 에지 방향성을 추정하여 손실 블록을 복구 하는 방법을 제안한다. 본 논문은 손실 블록을 복구하기 위해 고정된 이웃 블록을 사용하는 것이 아니라 에지 특성에 따라 적응적으로 주변 블록을 선택하여 복구하는 방법을 사용한다. 블록 복구를 위해 적응적으로 선택되는 블록은 웨이블릿 영역의 중간 주파수 대역의 에너지와 최고 저주파 성분의 차이에 의한 함수로 구성된다. 본 논문의 방법은 주변 블록의 특징에 따라 보간에 사용될 주변 블록을 적응적으로 선택하기 때문에 기존의 고정된 블록을 사용하는 방법보다 주관적 및 객관적 화질이 우수한 장점이 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 기존의 손실 블록 복구방법들에 대해서 알아보고 III장에서는 주변 블록의 웨이블릿 계수값을 이용해서 적응적으로 이웃 블록을 선택하여 복구하는 방법을 기술하고 IV장에서는 모의실험을 통한 기존 방법과의 비교를 한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

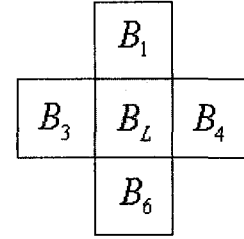


그림 1. 블록 복구를 위한 이웃 블록
Fig. 1. Labelling of lost block(in center) and adjacent blocks.

II. 기존의 블록 복구 방법

블록복구 방법은 크게 시간 영역과 공간 영역, 그리고 공간신호의 변환 영역에서의 복구로 나눌 수 있다. 이 장에서 설명하는 방법들은 공간 영역에서 복구 방법으로 널리 이용되는 것으로 본 논문에서 제안한 웨이블릿 변환을 이용한 적응적 블록 복구 시 보간법으로 이용한다.

공간 영역의 복구는 $M \times M$ 으로 이루어진 손실된 블록을 주변 4개의 $M \times M$ 블록의 정보를 이용하여 수행된다. 즉, 그림 1과 같이 이웃하는 네 개의 블록을 이용한 보간으로 이루어진다. 추정하고자 하는 화소 값 $\hat{p}(i, j)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\hat{p}(i, j) = w_1 p_1(i, j) + w_3 p_3(i, j) + w_4 p_4(i, j) + w_6 p_6(i, j) \quad (1)$$

여기서 w_1, w_3, w_4, w_6 은 각각 블록 B_1, B_3, B_4, B_6 의 화소 $p_1(i, j), p_3(i, j), p_4(i, j), p_6(i, j)$ 에 주어지는 내삽 가중치이며 $i = j = 0, \dots, M-1$ 이다.

1. DC값 비를 이용한 방법

공간 영역에서 손실 블록을 복구하기 위해 주변 블록과의 평탄화를 고려하여 가중치를 이용하는 선형 복구 방법이 Cao에 의해 제안되었다^[7]. 이 방법에 의하면 평탄화 가중치는 전체 DC값에 의한 각 블록의 비율로 다음 식으로 정해진다.

$$w_1 = \frac{DC_1}{DC_1 + DC_3 + DC_4 + DC_6} \quad (2.1)$$

$$w_3 = \frac{DC_3}{DC_1 + DC_3 + DC_4 + DC_6} \quad (2.2)$$

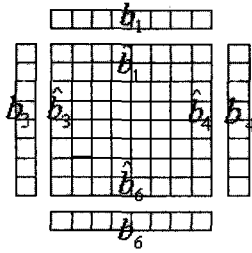


그림 2. 가장자리 오차를 계산하기 위한 화소값들의 형태

Fig. 2. Formation of pixel column vectors for computation of edge errors.

$$w_4 = \frac{DC_4}{DC_1 + DC_3 + DC_4 + DC_6} \quad (2.3)$$

$$w_6 = \frac{DC_6}{DC_1 + DC_3 + DC_4 + DC_6} \quad (2.4)$$

여기서 DC_i ($i = 1, 3, 4, 6$)는 블록 각각의 DC값이다. 블록 크기 $M \times N$ 의 DC값은 다음과 같이 구한다.

$$DC_i = \frac{1}{M \times N} \sum_k \sum_l p_i(k, l) \quad (3)$$

이 방법은 간단한 계산으로 손실 블록을 복구할 수 있는 장점은 있으나 에지를 잘 표현하지 못하는 단점이 있다.

2. Least Square error를 이용한 방법

복구된 손실 블록의 화소값과 손실되지 않은 이웃 블록의 화소값의 차이를 최소로 만들기 위한 가중치를 구하기 위해 Least square error를 이용한 방법^[2]이 Hemami에 의해 제안되었다. 여기서 각각의 가중치들 (w_1, w_3, w_4, w_6)은 그림 2에서 보는 바와 같이 복구된 블록내의 가장자리 화소값들($\hat{b}_1, \hat{b}_3, \hat{b}_4, \hat{b}_6$)과 인접한 블록들 내의 경계 화소값들의 차이가 다음과 같이 구해진다.

$$e_1^2 = \|b_1 - \hat{b}_1\|^2 \quad (4.1)$$

$$e_3^2 = \|b_3 - \hat{b}_3\|^2 \quad (4.2)$$

$$e_4^2 = \|b_4 - \hat{b}_4\|^2 \quad (4.3)$$

$$e_6^2 = \|b_6 - \hat{b}_6\|^2 \quad (4.4)$$

즉, 구해진 각각의 가장자리 에러 제곱 값들 ($e_1^2, e_3^2, e_4^2, e_6^2$)의 합($e^2 = e_1^2 + e_3^2 + e_4^2 + e_6^2$)인 전체 에러 값을 최소화 하는 방정식(Least Square Solution)을

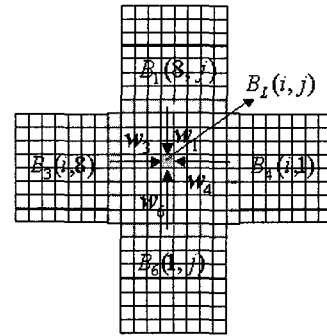


그림 3. 인접 화소값을 이용한 선형 보간법

Fig. 3. Bilinear interpolation using the adjacent pixels.

풀면 각각의 가중치들을 얻을 수 있다. 이 방법은 경계값의 오차를 최소화시키는 장점이 있는 반면 계산량이 많은 단점이 있다.

3. 인접 화소를 이용한 Bilinear interpolation 방법

공간 영역에서의 인접 화소값의 거리를 이용한 선형 블록 복구 방법^[5]은 그림 3과 같이 손실 블록의 경계를 따라 인접한 4개의 블록내의 손실된 위치의 화소와의 거리를 가중치로 사용한다. 가중치는 다음 식과 같이 정해진다.

$$w_1 = \frac{M-i}{w}, w_3 = \frac{M-j}{w}, w_4 = \frac{j}{w}, w_6 = \frac{i}{w} \quad (5)$$

여기서 w 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$w = w_1 + w_3 + w_4 + w_6 \quad (6)$$

이 방법은 적은 계산량을 가지면서 상대적으로 우수한 성능을 보인다.

III. 웨이블릿 특징을 이용한 방향성 블록 복구

본 논문에서는 웨이블릿 부대역 계수를 이용하여 손실 블록의 에지 방향을 추정하는 방법을 제안한다. 에지의 방향에 따라 적응적으로 블록을 선택하여 복구 하는 이유는 에지가 존재할 경우 하나의 블록만이 에지가 아니라 에지 방향을 따라 연속되는 블록들이 에지이기 때문이다. 본 논문의 방법은 영상내의 국부 영역의 평균 밝기 값이 급격히 변하지 않고 에지의 방향이 갑작스럽게 변하지 않는다는 가정에 바탕을 두고 있다.

1. 문제의 설정

손실된 블록을 복구하기 위한 이웃 블록

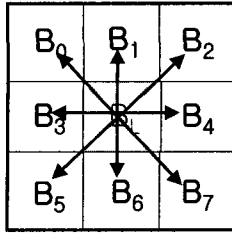


그림 4. 블록 복구에 사용되는 4개 방향 (B_l 은 손실 블록)

Fig. 4. 4-directions to recover the lost block(the shaded region B_l is lost).

$B_l (l=0, \dots, 7)$ 의 집합을 그림 4와 같이 Ω 라 하면

$$\Omega = \{B_0, B_1, \dots, B_7\} \quad (7)$$

이다. 그리고 Ω 에 대한 Cartesian 곱을

$$R = \Omega \times \Omega = \{(B_0, B_0), (B_0, B_1), \dots, (B_7, B_7)\} \quad (8)$$

라 두면 블록 복구를 위한 주변 블록의 조합은 $|R| = |\Omega \times \Omega| = 64$ 가 되고 가능한 블록 쌍의 조합은 $2^6 - 1$ 개가 된다. 이전의 방법들은 고정된 블록 $\{B_1, B_3, B_4, B_6\}$ 에 대한 화소만을 이용한 방법으로 볼 수 있다.

본 논문에서는 마주 보는 블록의 쌍의 집합 R_f 를 이용한 블록 복구 방법을 사용한다. 블록 복구를 위한 블록의 쌍 R_f 는 다음과 같다.

$$R_f = \{R_k | k = 0, 1, \dots, 3\} \quad (9)$$

이때 $|R_f| = 4$ 이고, 가능한 블록 쌍의 조합은 $2^4 - 1 = 15$ 개이다. 또한 $R_k = \{(B_i, B_{i-k})\}$ 이다. 본 논문에서는 웨이블릿 부대역의 에너지 및 DC 값을 이용한 방향 추정 방법을 제안한다. 또한 본 논문의 방법은 블록 복구를 위한 블록의 쌍의 집합의 수가 하나인 경우에만 제한한다.

2. 부대역 에너지를 이용한 방향 추정

영상을 웨이블릿 변환하면 웨이블릿 부대역에 수평, 수직 및 대각 방향성의 정보가 나타난다. 강한 에지에 대해서는 큰 계수값을 가지므로 큰 에너지를 가진다. 따라서 웨이블릿 부대역에서 큰 에너지를 갖는 방향을 블록에 나타나는 에지의 방향으로 볼 수 있다. 본 논문에서는 웨이블릿 부대역 에너지의 값이 최대가 되는 블록의 쌍을 이용한 블록 복구 방법을 이용한다. 그림 5에서는 각 블록의 2-레벨 웨이블릿 변환을 나타낸다.

$E_{V,l}, E_{H,l}, E_{D,l}$ 을 각각 l 블록의 수직, 수평, 대각 방

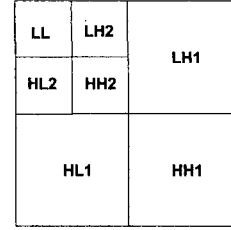


그림 5. 한 블록의 2-레벨 웨이블릿 변환

Fig. 5. 2-level wavelet transform of one block.

향의 에너지라고 하면, 전체 블록의 에너지는 각각 다음과 같다.

$$E_V = \sum_{l=0}^7 E_{V,l}, \quad E_H = \sum_{l=0}^7 E_{H,l}, \quad E_D = \sum_{l=0}^7 E_{D,l} \quad (10)$$

여기서

$$E_{dir,l} = \sum_{i=0}^{L-1} (W_{2,i}^{dir})^2, \quad dir = \{V, H, D\} \quad (11)$$

이며, $W_{2,i}^{dir}$ 는 웨이블릿 2번째 부대역의 dir 방향의 웨이블릿 계수이다. 또한 L 는 웨이블릿 계수의 개수이다.

웨이블릿 부대역 에너지의 최대값은 각 블록의 방향성을 표현한다. 따라서 에너지의 최대값을 구하면 다음과 같다.

$$E_{max} = \max(E_V, E_H, E_D) \quad (12)$$

본 논문에서는 식 (12)의 E_{max} 에 의해서 보간에 사용될 하나의 블록의 쌍의 집합 R_{EWS} 을 결정한다. 즉,

$$R_{EWS} = \begin{cases} R_1, & \text{if } E_{max} = E_V \\ R_3, & \text{if } E_{max} = E_H \\ R_0 \text{ or } R_2, & \text{if } E_{max} = E_D \end{cases} \quad (13)$$

식 (13)에서 $E_{max} = E_D$ 인 경우는 두 가지의 대각 방향 성분을 포함하고 있다. 따라서 본 논문에서는 왼쪽에서 오른쪽으로의 대각 에너지 E_{LD} 와 E_{RD} 값을 다음과 같이 정의한다.

$$E_{LD} = E_{D,0} + E_{D,7}, \quad E_{RD} = E_{D,2} + E_{D,5} \quad (14)$$

따라서 $E_{max} = E_D$ 인 경우

$$R_{EWS} = \begin{cases} R_0, & \text{if } E_{LD} \geq E_{RD} \\ R_2, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

로 결정된다.

표 1. 블록 단위 에러에 대한 PSNR 비교(dB).

Table 1. PSNR Comparison for block-based loss(dB).

	[7]	[2]	[5]	R_{EWS}	R_{DDC}	R_P
Lena	26.97	30.48	32.07	32.34	31.99	33.28
Barbara	25.29	27.92	27.87	27.67	27.08	28.22
Peppers	26.24	30.88	32.72	33.15	32.72	33.62
Man	26.62	28.95	30.73	30.73	30.21	31.26
F-16	25.73	28.83	30.90	30.99	29.78	31.34

표 2. 매크로블록 단위 에러에 대한 PSNR 비교(dB).

Table 2. PSNR Comparison for macro block-based loss(dB).

	[7]	[2]	[5]	R_{EWS}	R_{DDC}	R_P
Lena	24.31	27.17	29.25	29.70	29.59	30.47
Barbara	22.97	26.02	27.09	26.59	26.20	27.16
Peppers	23.93	27.59	29.19	29.11	28.35	29.49
Man	25.36	26.99	28.77	28.50	27.51	28.83
F-16	23.81	26.19	27.89	28.23	26.45	28.32

표 3. 슬라이스 단위 에러에 대한 PSNR 비교(dB).

Table 3. PSNR Comparison for slice-based loss(dB).

	[7]	[2]	[5]	R_P
Lena	25.52	27.54	29.73	30.29
Barbara	22.61	24.22	25.99	26.15
Peppers	22.53	24.76	27.36	27.06
Man	24.06	25.82	27.72	27.48
F-16	21.51	23.28	24.51	24.53

3. DC 값을 이용한 방향 추정

본 논문에서는 각 블록의 웨이블릿 계수 중 최고 저주파 부대역의 계수를 손실 블록의 에지 방향을 찾는 데 이용한다. 한 방향으로 에지가 통과할 때 마주보는 블록의 DC 값은 비슷한 값을 가진다고 가정할 수 있다. 따라서 마주 보는 블록의 DC값의 차이는 에지가 아닌 나머지 세 방향의 마주보는 블록들의 DC 값 차이보다 작다고 볼 수 있다. 주기적인 반복영상의 방향이나 에지의 방향을 고려한 복구를 할 때, 평균값의 차이가 손실 블록을 복구하는데 중요한 정보가 될 수 있다.

마주보는 각 블록의 DC값의 차이 DDC_k 를 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$DDC_k = |DC_k - DC_{7-k}| \quad (16)$$

여기서 DC_k 와 DC_{7-k} 는 마주 보는 블록의 웨이블릿 영



(a) (b) (c)

그림 6. "Lena"영상에서 각 방법에 따른 장단점 비교 (a) R_{EWS} (b) R_{DDC} (c) R_P

Fig. 6. The subjective quality comparison of (a) R_{EWS} , (b) R_{DDC} , and (c) R_P .

역의 DC 값이다. 또한 DC의 최소값 DDC_{min} 은

$$DDC_{min} = \min(DDC_k) \quad (17)$$

으로 결정된다. 따라서 웨이블릿 영역의 DC 값에 의한 블록의 쌍 R_{DDC} 는 다음과 같이 결정된다.

$$R_{DDC} = \begin{cases} R_0, & \text{if } DDC_{min} = DDC_0 \\ R_1, & \text{if } DDC_{min} = DDC_1 \\ R_2, & \text{if } DDC_{min} = DDC_2 \\ R_3, & \text{if } DDC_{min} = DDC_3 \end{cases} \quad (18)$$

4. 에너지 및 DC 값의 차이를 이용한 방향 추정

웨이블릿 부대역의 에너지를 이용하여 보간에 사용될 블록의 쌍을 결정하는 방법은 수직 및 수평 방향의 에지에서는 좋은 성능을 나타내는 반면, 대각 방향의 에지에 대해서는 오류를 발생시킨다. 이는 직교 웨이블릿 변환이 대각 방향성에 대해서는 충분한 정보를 가지지 못하기 때문이다. 그림 6는 R_{EWS} 를 이용한 블록 복구의 예를 보여준다. 손실된 블록은 8×8 의 형태로 균일하게 형성되었다고 가정한다. 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 R_{EWS} 를 이용한 블록 복구는 대각 방향 에지에서 블록 복구를 잘 하지 못하는 단점이 존재한다.

R_{DDC} 만을 이용한 결과는 대각 에지에 대해서 방향을 잘 찾지만 에지 프로파일인 Line, Roof일 때 잘못된 방향을 추정하게 된다. 그림 6의 (b)는 R_{DDC} 를 이용한 블록 복구 결과이다. R_{DDC} 는 대각 방향 에지에 대한 복구 성능은 좋지만 수직 방향 에지에서는 블록화 현상을 보이고 있다.

이런 점들을 고려하여 본 논문에서는 에너지 및 DC 값의 차이를 동시에 고려하는 방법을 제안한다. 블록 복구를 위한 마주 보는 블록의 쌍은 다음과 같이 결정된다.

$$R_P = R_{EWS} \cup R_{DDC} \tag{19}$$

즉, $R_{EWS} = R_{DDC}$ 인 경우는 두 방향이 일치하고, $R_{EWS} \neq R_{DDC}$ 경우에는 합집합을 사용함으로써 서로의 단점을 보완하도록 하였다. 그림 6의 (c)는 R_P 를 이용한 블록 복구를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 R_{EWS} 및 R_{DDC} 의 단점을 적절히 보완하여 우수한 블록 복구 성능을 나타내고 있다.

IV. 모의 실험 및 결과

손실 블록 복구 방법의 성능을 평가하기 위해서 압축되지 않은 다양한 영상을 사용했다. 본 논문에서 제안하는 방법은 에지 방향 추정 후 에지 방향에 따라 복구에 이용할 이웃 블록을 선택하고 공간 영역에서 선형 복구 방법^[5]을 적용하여 복구 한다. 웨이블릿 변환은 가장 간단한 Haar 웨이블릿 변환을 2회 분할하여 사용하였고, $E_{V,l}$, $E_{H,l}$, $E_{D,l}$ 는 두 번째 부밴드의 계수값으로 구하였다.

그림 7(a)는 손실률 24%의 8×8 블록단위 손실 영상을 타내고 그림 8(a)는 손실률 22%인 매크로블록 단위

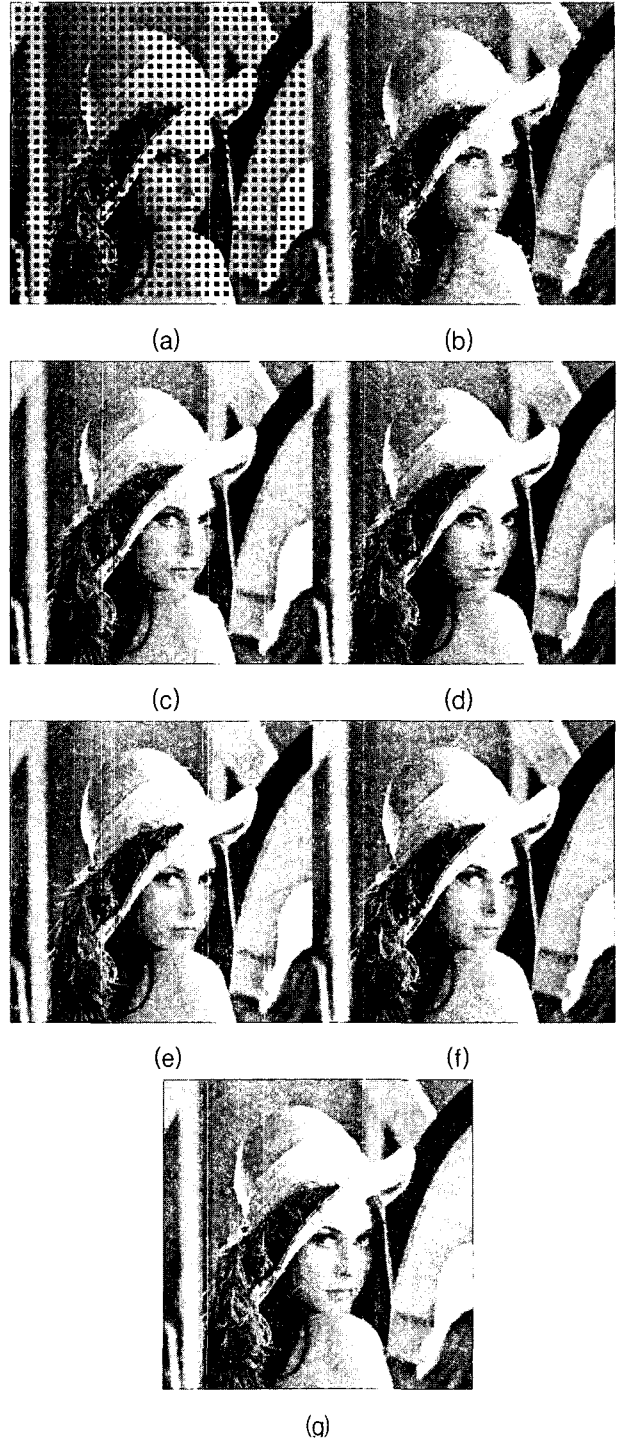


그림 7. 이전 방법들과 제안된 방법의 “Lena”영상에서의 주관적 화질 비교 (a)손실 블록 영상 (b)[7] 방법 (c)[2] 방법 (d)[5] 방법 (e) R_{EWS} (f) R_{DDC} (g) R_P

Fig. 7. The subjective quality comparison of (a) image of lost block, (b)Cao’s method[7], (c)Hemami’s method[2], (d)bilinear interpolation[5], (e) R_{EWS} , (f) R_{DDC} , and (g) R_P .

손실영상을 나타낸다. 그림 9(a)는 손실률 23.5%인 슬라이스 단위 손실영상이다.

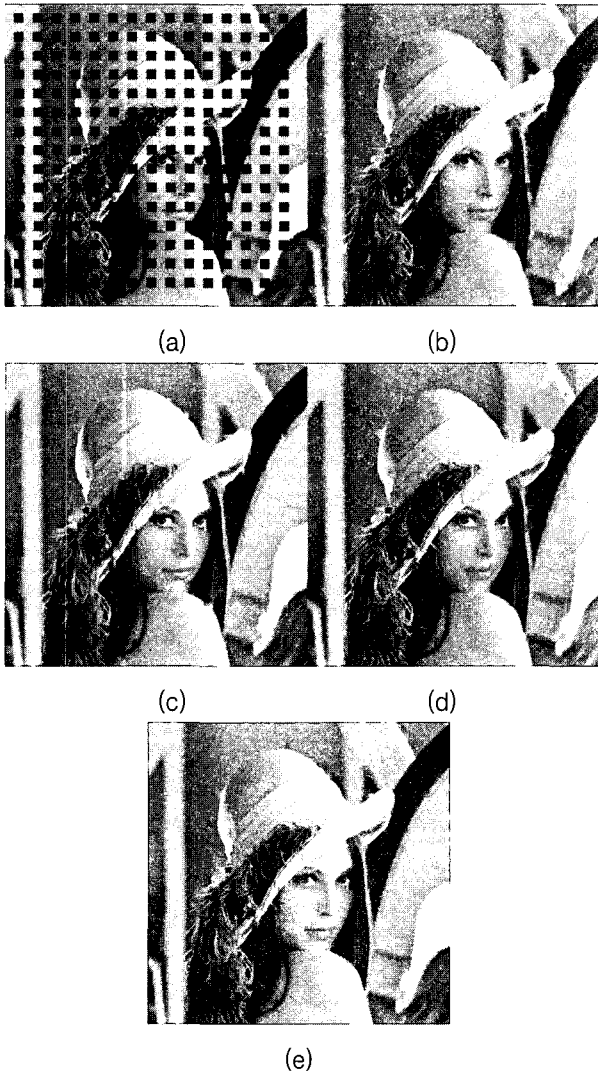


그림 8. 매크로블록 단위 손실에 대한 "lena"영상에서의 주관적 화질 비교 (a) image of lost block, (b)bilinear interpolation[5] (c) R_{EWS} (d) R_{DDC} (e) R_P

Fig. 8. The subjective quality comparison of (a) image of lost block, (b)bilinear interpolation[5], (c) R_{EWS} , (d) R_{DDC} , and (e) R_P .

그림 7 은 Lena 영상에 대하여 [2],[5],[7]에서 제안한 방법으로 복구한 영상과 본 논문에서 제안한 방법으로 복구한 영상이다. R_{EWS} 만을 이용해서 복구 할 경우 수직, 수평 에지에 대해서는 좋은 결과를 갖지만 대각 에지에 대해서는 방향을 잘 찾지 못한다. R_{DDC} 를 이용한 결과를 보면 대각에지에 대해서 방향을 잘 찾는 것을 볼 수 있다. 그러나 R_{DDC} 만을 이용한 경우 에지 프로파일 이 Roof 타입 일 때 잘못된 방향을 추정하게 된다. 이런 점들을 고려하여 R_{EWS} 와 R_{DDC} 를 함께 사용했다. 두 방법을 함께 사용함으로써 R_{EWS} 의 대각에지에 대

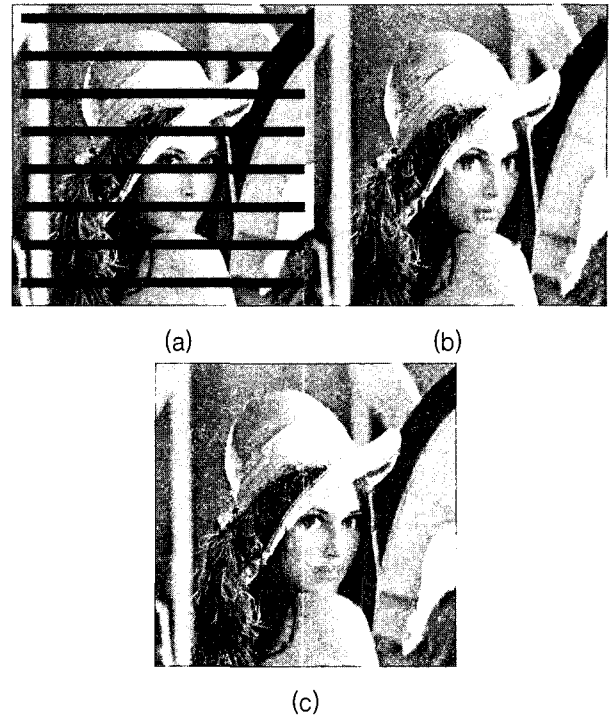


그림 9. 슬라이스 단위 손실에 대한 "lena"영상에서의 주관적 화질 비교 (a) image of lost block, (b)bilinear interpolation[5] (c) R_P

Fig. 9. The subjective quality comparison of (a)bilinear interpolation[5], (b) R_{EWS} , (c) R_{DDC} , and (d) R_P .

한 약점과 에지 프로파일 Roof 타입에 대해서 R_{DDC} 가 갖는 약점을 서로 보완해 주어 객관적 평과와 주관적 평가에서 성능이 개선된 것을 볼 수 있다.

매크로블록 단위 손실에 대한 복구 결과를 보면 그림 8(b)의 양선형 보간 기법을 사용한 방법은 손실된 블록 주변의 이웃 블록에 에지가 존재하는 경우 에지의 특성을 고려하지 않으므로 블러링 현상이 나타난다. 그림 8(d)는 제안 방법을 이용하여 에지 특성에 따라 복원에 사용될 블록을 적응적으로 선택하기 때문에 좋은 성능을 보인다. 그림 8(c) 보다는 대각 에지에서 그림8(d)보다는 수직 에지에서 좋은 성능을 보여준다.

그림 9(b)는 선형 보간을 이용한 복원 영상을 나타낸다. 이 방법은 상, 하 블록의 경계 화소 값만을 이용하므로 수직방향으로 블러링 현상이 보이고 에지 특성을 잃게 되는 것을 알 수 있다. 그림 9(c)는 제안 방법으로 복원한 영상으로 블록단위 복구 방법과 마찬가지로 에지의 특성을 고려한 방법으로 [5]의 방법보다 화질을 개선할 수 있다.

표 1과 2, 3은 8×8 블록, 16×16 블록(매크로 블록) 및 슬라이스 단위로 손실이 발생하였을 경우 복원된 각

영상에 대한 PSNR 결과를 보여준다. 제안하는 방법 모두 [7] 방법에 비해서는 성능이 크게 좋아지고 R_{EWS} 와 R_{DDC} 를 함께 사용한 방법은 R_{EWS} 나 R_{DDC} 만을 사용한 방법보다 성능이 좋아지는 것을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 웨이블릿 부대역의 에너지와 DC 값을 이용하여 손실 블록의 방향을 결정하는 방법을 제안하였다. 손실된 블록은 웨이블릿 부대역의 에너지(EWS)와 DC값의 차이(DDC)에 의해 적응적으로 선택되어진 이웃 블록들을 이용한 선형 보간법에 의해 복구된다. 본 논문의 방향성 복구 방법은 예지나 영상 내의 방향성 정보에 따라 적응적으로 변하는 이웃 블록을 사용하기 때문에 강한 예지영역에서 효과적이다. 본 논문의 방법은 손실 블록을 복구할 블록을 적응적으로 선택하게 된다. 제안 방법은 주관적 화질 평가에서나 객관적 평가에서 모두 좋은 성능을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] W. J. Chu and J. J. Leou, "Detection and concealment of transmission errors in H.261 image," *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 248-258, Feb. 1998.
- [2] S. S. Hemami and T. Meng, "Transform coded image reconstruction exploiting interblock correlation," *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 121, no. 7, pp. 1024-1027, July, 1995.
- [3] W. Kwok and H. Sun, "Error concealment with directional filtering for block transform coding," *IEEE Global Telecommunications Conf.* vol. 2, pp. 1304-1308, Nov. 1993.
- [4] X. Lee, Y. Q. Zhang and A. L. Garcia, "Information Loss Recovery for Block-Based Image Coding Techniques - A Fuzzy Logic Approach," *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 4, no. 3, pp. 259-273, Mar. 1995.
- [5] S. Aign and K. Fazel "Temporal and Spatial Error Concealment Technique for Hierarchical MPEG-2 Video Codec," *IEEE Int. conf. on communication*, vol. 3, pp. 1258-1267, Oct. 1995.
- [6] J. W. Park, J. W. Kim and S. U. Lee, "DCT Coefficients Recovery-Based Error Concealment Technique and Its Application to the MPEG-2 Bit Stream Error," *IEEE Trans. CSVT*, vol. 7, no. 6, pp. 845-854, Dec. 1997.
- [7] J. Cao, F. Li and J. Guo, "An efficient error concealment algorithm for DCT encoded images," *IEEE Canadian Conf. on Electrical and Computer Engineering*, vol. 2, pp. 753-756, May. 2003.
- [8] Y. Wang and Q. F. Zhu, "Error Control and Concealment for Video Communication: A Review," *Proc. IEEE*, vol. 86, pp. 974-997, May. 1998.

저 자 소 개



현 승 화(정회원)

2003년 밀양대학교 정보통신 공학과 학사.

2005년 부산대학교 전자공학과 석사.

2005년~현재 부산대학교 전자공학과 박사 과정.

<주관심분야 : 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리>



엄 일 규(정회원)

1990년 부산대학교 전자공학과 학사.

1992년 부산대학교 전자공학과 석사.

1998년 부산대학교 전자공학과 박사.

1997년~현재 밀양대학교 정보통신학과 부교수

<주관심분야 : 통계신호처리, 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망>



김 유 신(정회원)

1974년 서울대학교 전자공학과 학사.

1980년 U.C. Berkeley 전자공학과 석사.

1983년 Stanford University 전자재료 박사과정 수학.

1995년 Cornell University Ph.D

1983년~현재 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소

2005년 현재 한국 과학철학회 회장

<주관심분야 : 영상처리, 신경회로망, 공학윤리, 과학기술철학>