

논문 2009-46SP-5-17

경계 화소의 차분값을 이용한 효과적인 에러 은닉 방법

(An Efficient Error Concealment Method Using Difference Values of Border Pixels)

현 승 화*, 김 상 수**, 김 유 신**, 엄 일 규**

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

요 약

본 논문에서는 프레임내의 정보를 이용하여 손실 블록을 복구하기 위한 공간 영역의 손실 블록 복구 방법을 제안한다. 손실 블록에 이웃하는 정확하게 수신된 블록들의 경계 화소의 차분값에 의해서 손실 블록이 에지 영역인지 평탄 영역인지를 판단하고 각각 다른 보간 방법을 적용한다. 에지 영역으로 판단되었을 경우 에지 방향을 추정하고 추정된 에지 방향에 따라 화소들 사이의 거리와 차분값을 가중치로 사용하여 적응적으로 손실 블록의 손실 화소들을 보간한다. 제안 방법은 이전 방법들에 비해 계산량은 적은 반면에 주관적 화질 비교에서 더 좋은 성능을 보이고 객관적 비교에서도 우수한 성능을 보인다.

Abstract

In this paper, we present a spatial domain error concealment method to recover a lost block in intra-coded frames. The edge directions of the lost block are estimated by the difference values of the border pixels of the accurately received blocks. The lost block is interpolated according to the estimated edge directions. Our algorithm can adaptively recover a lost block according to the estimated edge direction. The distances between pixels are used as weights for interpolation. In spite of the low computational cost, the proposed method outperforms the previous methods in objective and subjective qualities.

Keywords : error concealment technique, correlation, edge estimation method, directional interpolation

I. 서 론

JPEG, MPEG, H.26x 등과 같은 많은 영상 및 비디오 표준압축 방식들이 블록 코딩 방식에 기반하고 있다. 압축된 영상이 잡음이 존재하는 전송선로를 통하여 전송될 때 예상치 못한 오류가 발생할 수 있다. 전송 에러는 크게 랜덤 비트 오류와 손실(erasure) 오류로 나눌 수 있다^[1]. 본 논문에서는 패킷과 블록 손실, burst 오류 등과 같은 손실 에러를 다룬다. 오류에 민감한 압축 영상은 수신측에서 심각한 영상 왜곡을 나타낸다. 오류

은닉 기법은 이러한 영상 왜곡을 완화하기 위한 방법 중 하나로 수신단에서 독립적으로 구현할 수 있어 오버헤드나 전송지연을 초래하지 않는다.

전송 시스템에서 영상 화질 개선을 위해 오류 은닉 기법이 많이 연구되고 있다^[2~19]. 오류 은닉 기법은 크게 프레임간의 정보를 이용하는 기법과 프레임내의 정보를 이용하는 기법으로 나누어진다^[1]. 프레임간의 정보를 이용하는 기법은 인접 프레임의 움직임 정보를 이용하여 오류를 은닉하는 방법이다. 손실 블록의 주변 정보뿐 아니라 시간축 상에서 인접한 정보까지 활용할 수 있기 때문에 손실 블록을 복구하기에 효율적이다. 하지만 움직임 정보가 없는 정지 영상이나 인트라 프레임으로 압축된 영상의 경우에는 적용할 수가 없다. 또한 빠르고 복잡한 움직임을 지닌 영상에서는 좋은 성능을 가지지 못하는 단점이 있다.

* 학생회원, ** 정회원, 부산대학교 전자전기공학부
(School of Electrical Eng., Pusan National University)

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2009년6월23일, 수정완료일: 2009년8월27일

수신된 영상의 손실 블록을 복구하기 위해 프레임내의 정보만을 이용하는 기법은 손실블록 주변의 정보만을 이용하여 에러를 은닉하는 기법으로서 지금까지 많이 연구되어 왔다^[2~19]. 이 방법은 영상의 부호화 방식에 대해 비교적 독립적이고 정지영상 및 동영상의 키 프레임 등에도 적용이 가능하다. 손실 블록의 이웃 화소와의 밝기 값이 유사하다는 점에 근거하여 이웃 블록과의 평탄화를 고려한 복구 방법들^[2~3]과 블록 집합에 투영하는 방법을 이용한 블록 복구^[5, 11], 퍼지 이론을 이용한 방법^[6], 손실 블록에 이웃하는 화소값들의 선형 조합으로 손실 블록을 복구하는 방법^[4]등이 제안되었다.

본 논문에서는 프레임내의 정보를 이용하는 기법에 초점을 맞추고, 손실 블록의 에지를 추정하여 그 방향에 따라 복구하는 에러 은닉 기법을 제안한다. 에지의 방향성을 결정하기 위하여 인접 블록 경계 화소의 차분값을 이용한다. 만일 연속되는 화소의 차분값이 크다면, 이 위치에 에지가 존재한다고 보고 손실 블록을 가로지르는 에지라고 판단한다. 추정된 에지 방향에 따라 손실 블록을 적응적으로 보간하므로 블록 복구 후에 손실 블록의 에지가 잘 유지된다. 낮은 계산량에도 불구하고 제안하는 방법의 성능은 객관적, 주관적으로 우수하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 에지 방향을 추정하는 방법과 추정된 에지방향에 따라 손실블록을 복구하는 방법을 설명한다. III장에서는 추정된 에지의 방향으로 복구한 영상의 주관적, 객관적 화질을 모의실험을 통하여 기존 방법과 비교하고, 마지막으로 IV 장에서는 결론을 맺는다.

II. 제안 방법

손실 블록에 있는 에지 방향을 추정하기 위해 본 논문에서는 두 개의 가정을 한다. 첫째, 영상의 국부적인 영역에서 손실 블록과 이웃하는 블록사이에는 상관 관계가 있다. 둘째, 에지의 기하학적 형태는 국부영역에서 급격하게 변하지 않는다. 위에서 말한 두 가정으로부터 손실 블록의 에지는 인접 블록의 에지를 연장한 선으로 간주할 수 있다.

1. 에지 위치 검출

에지를 검출하기 위해서 인접 블록의 경계 화소들 간의 차분값을 계산한다. 그림 1은 손실블록 B_M 과 주변 블록들을 나타낸다. T_{diff} , B_{diff} , R_{diff} , 그리고 L_{diff}

는 각각 손실블록의 상, 하, 좌, 우에 있는 경계 화소들의 차분 값의 집합을 나타낸다. 이들 값들은 아래의 식에 의해서 얻어진다.

$$\begin{aligned} T_{diff} &= \{|T_0 - T_1|, \Lambda, |T_7 - TR_0|\}, \\ B_{diff} &= \{|B_0 - B_1|, \Lambda, |B_7 - BR_0|\}, \\ R_{diff} &= \{|R_0 - R_1|, \Lambda, |R_7 - BR_0|\}, \\ L_{diff} &= \{|L_0 - L_1|, \Lambda, |L_7 - BL_0|\} \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)의 T_{diff} , B_{diff} , R_{diff} , L_{diff} 를 계산하기 위한 화소들은 그림 2에서 보여진다. 화소들의 차분값은 에지의 강도를 나타내는 척도가 될 수 있다. 주요 에지 방향을 찾기 위해서 식(1)의 4개의 집합들의 최대값을 아래 식과 같이 각각 구한다.

$$M_{max}(p_M) = \max(M_{diff}), \quad (2)$$

여기서 $M \in \{T, B, R, L\}$ 이고 p_M 은 최대값 $M_{max}(p_M)$ 이 존재하는 공간적 위치다. 만일 최대값이 수용 가능한 임계치 α 보다 크다면, 이 위치에 에지가 존재한다고 판단한다. 에지 유무를 판단하는 4개의 지시자를 다음과 같이 나타낸다.

$$I_M = \begin{cases} 1, & M_{max}(p_M) \geq \alpha \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

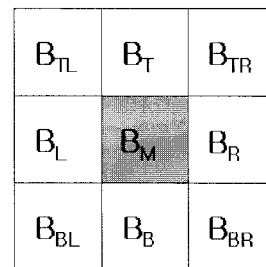


그림 1. 손실블록과 잘 수신된 이웃블록
Fig. 1. Lost block with its surrounding neighbor blocks.

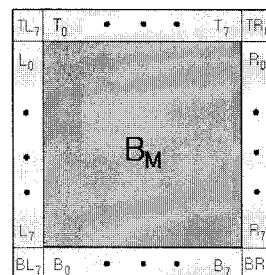


그림 2. 손실 블록에 인접한 경계 화소
Fig. 2. Nomenclature for border pixels surrounding a lost block (B_M).

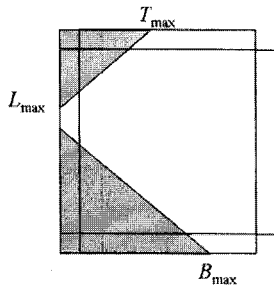


그림 3. 두 개의 에지 라인을 갖는 예
Fig. 3. An example with two edge lines.

이들 에지 유무 지시자로부터 손실 블록이 평탄 영역인지 에지 영역인지를 판단할 수 있다. I_{sum} 은 4개의 에지 유무 지시자들의 합이고 다음과 같이 나타낸다.

$$I_{sum} = I_T + I_B + I_R + I_L \quad (4)$$

$I_{sum} < 2$ 일 때, $M_{max}(p_M)$ 이 α 보다 큰 값이 1개 혹은 하나도 없기 때문에 손실블록을 지나는 에지는 없다고 결정한다. 반면 $I_{sum} \geq 2$ 일 때, 손실 블록은 하나 이상의 에지를 가진다고 결정한다.

그림 3은 손실블록이 두 개의 에지를 갖는다는 예를 보인다. 그림 3에서는 4개의 최대값 중 T_{max} , L_{max} , B_{max} 가 α 보다 더 크고, 그들은 에지 라인을 구성할 것이다. $I_{sum} = 3$ 일 때, 연결 가능한 에지 라인의 수는 세 개이지만 그림 3에서는 단지 두 개만을 고려한 것이다. 경계 화소에서 에지의 위치를 검출한 후 정확한 에지 라인을 연결하기 위하여 본 논문에서는 EPMA (Edge Point Matching Algorithm)을 제안한다.

2. EPMA(Edge Point Matching Algorithm)

에지 포인트를 검출한 후, 이들 포인트를 정합하여 정확한 에지 방향을 찾는 것이 중요하다. 에지 방향을 찾기 위해 에지 포인트들 간의 에지 강도 유사성을 나타내는 $ED(M_{max}, N_{max})$ 를 정의한다. $M_{max}(p_M) \geq \alpha$ 이고 $N_{max}(p_N) \geq \alpha$ 에 대해서

$$ED(M_{max}, N_{max}) = \sum_{k=1}^1 (M_{max}(p_M + k) - N_{max}(p_N + k))^2, M_{max} \neq N_{max} \quad (5)$$

여기서 $M, N \in \{T, B, R, L\}$ 이고 p_M, p_N 은 각각 최대값 $M_{max}(p_M), N_{max}(p_N)$ 이 존재하는 공간적인 위치다. $M_{max}(p_M) < \alpha$ 이거나 $N_{max}(p_N) < \alpha$ 일 때, $ED(M_{max}, N_{max}) = \infty$

라고 둔다.

위의 방법을 사용하여 4개의 에지 포인트에서 최대 6개의 에지 라인을 결정할 수 있다. 하지만 우리는 각 에지 포인트 별로 하나의 에지 라인을 고려하여 최대 4개의 에지 라인 고려하였다. 식(5)를 이용하여 아래와 같이 4X4 행렬로 최대 4개의 에지 라인을 고려하는 것을 나타낼 수 있다.

$$ED = \begin{bmatrix} 0 & ED(T,B) & ED(T,R) & ED(T,L) \\ ED(B,T) & 0 & ED(B,R) & ED(B,L) \\ ED(R,T) & ED(R,B) & 0 & ED(R,L) \\ ED(L,T) & ED(L,B) & ED(L,R) & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

식 (6)을 간단히 표현하기 위해서 아래첨자 'max'를 생략한다. 행렬 ED는 대칭적이고 모든 대각성분은 0이다. 에지 라인을 선택하기 위해서 행렬 ED의 각 행마다 최소값을 구한다. 최소값은 에지의 강도가 비슷한 에지 포인트의 쌍으로 볼 수 있다. 행렬 ED의 한 행에서 최소값 $ED(M,N)$ 이 임계치 β 보다 작다면, p_M 과 p_N 은 손실블록의 에지 라인 위에 있다고 결정한다. 그림 4는 에지 라인을 결정하기 위한 한 예를 보인다. 그림 4에서 세 개의 최대값 $T_{max}(p_T)$, $L_{max}(p_L)$, $B_{max}(p_B)$ 이 α 보다 크다고 할 때, $ED(T_{max}, L_{max}) < \beta$, $ED(L_{max}, B_{max}) < \beta$, $ED(B_{max}, T_{max}) \geq \beta$ 이면, 손실 블록은 그림 4에서 보여 지는 것과 같이 두 개의 에지 라인을 가질 것이다.

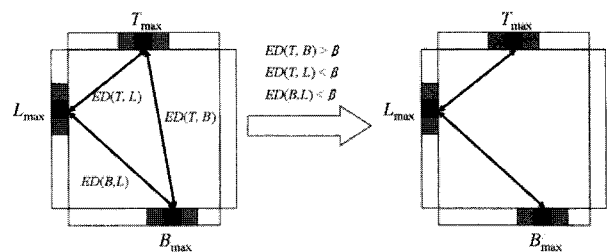


그림 4. 에지라인을 결정하는 예
Fig. 4. An example for determining edge lines.

3. 보간 방법

$I_{sum} \geq 2$ 일 때, 손실 블록 안에 있는 손실 화소들은 제안 방법으로 결정된 에지 방향에 따라 단지 경계 화소들만을 사용하여 복구 된다. 에지 라인의 개수 $NEL=1$ 일 때, 손실 블록은 손실 화소와 참조 화소간의 거리의 가중치 평균으로 보간 된다. 추정된 에지 라인의 에지 포인트가 인접 블록의 경계 라인 (θ, θ') 에

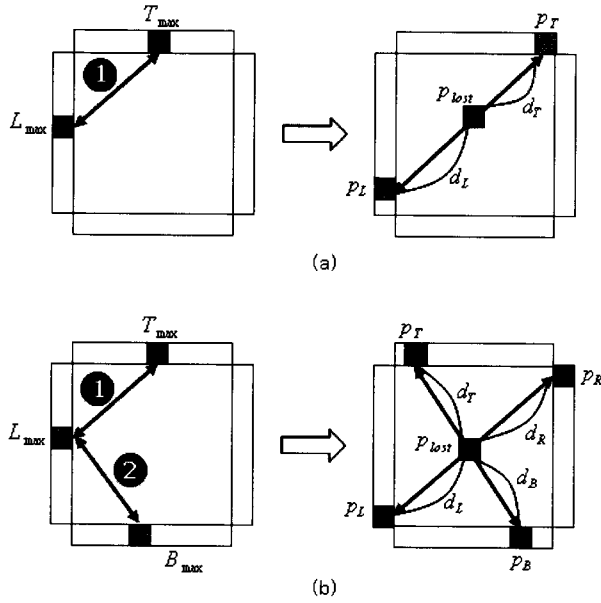


그림 5. 결정된 에지 라인에 따라 손실 화소를 보간하는 예 (a) 에지 라인이 하나일 경우 (b) 에지 라인이 두 개일 경우

Fig. 5. The examples for interpolation according to determined edge lines (a) case of one edge line (b) case of two edge lines.

존재한다면, 손실 화소 p_{lost} 를 다음과 같이 보간 한다.

$$p_{lost} = \frac{d_{\theta'}}{d_{\theta} + d_{\theta'}} p_{\theta} + \frac{d_{\theta}}{d_{\theta} + d_{\theta'}} p_{\theta'}, \quad (7)$$

여기서 p_{θ} 와 $p_{\theta'}$ ($\theta, \theta' \in \{T, B, R, L\}, \theta \neq \theta'$) 는 각각 경계 라인 θ 와 θ' 에 있는 화소 값이다. d_{θ} 와 $d_{\theta'}$ 은 각각 p_{θ} 와 $p_{\theta'}$ 으로부터 p_{lost} 까지의 거리다. 그림 5(a)에서 하나의 에지 방향으로 보간하는 예를 보인다.

$NEL = 2$ 일 때는 두 개의 에지 방향으로 보간 한다. 식 (7)로부터 각 방향에 대해서 보간 된 값을 얻는다. 이들 두 개의 보간 된 값 p_{lost}^1 과 p_{lost}^2 를 이용하여 손실 화소를 추정한다. 즉,

$$p_{lost} = \frac{M_1 + N_1}{\Sigma} p_{lost}^1 + \frac{M_2 + N_2}{\Sigma} p_{lost}^2, \quad (8)$$

여기서 $i = 1, 2$ 에 대해서 $\Sigma = T_{max} + L_{max} + B_{max} + L_{max}$ 이고 $M_i, N_i \in \{T_{max}, L_{max}, B_{max}, L_{max}\} (M_i \neq N_i)$ 이다. 손실 화소는 거리값과 픽셀간 차분값의 최대값을 이용한 가중치 평균으로 얻어진다. 그림 5(b)에서 두 개의 에지 방향으로 보간하는 예를 보인다.

$I_{sum} < 2$ 일 때, 손실 화소 p_{lost} 는 간단한 양선형 보간법^[4]을 이용하여 보간 한다. $I_{sum} \geq 2$ 이지만 $NEL > 2$ 일 경우, 손실 블록은 텍스처 영역이라고 결정한다. 따라서 이 블록은 주요 에지 방향을 결정 할 수 없기 때문에 양선형 보간법을 이용하여 보간 한다. 제안 방법은 정합된 에지의 기울기를 따라서 적당한 가중치를 적용하여 손실 블록을 보간한다. 더욱이 우리의 방법은 경계 화소의 차분 값만을 이용하기 때문에 계산량이 아주 적은 장점이 있다.

III. 모의실험 및 결과

손실 블록 복구 기법의 성능을 평가하기 위하여 본 논문에서는 정지영상과 동영상 모두에서 실험하였다.

1. 정지영상

제안 방법의 성능을 테스트하기 위하여 다양한 압축 되지 않은 512 X 512 정지 영상을 이용하였다. α 와 β 는 각각 13과 $3 * 255^2 / 2$ 으로 둔다. α 와 β 는 실험적으로 구하였다. 그림 6은 'Lena' 이미지에서 전 방법과 제안방법으로 8 X 8 손실 블록들을 복구한 실험 결과



그림 6. 주관적 화질 비교 (a) 손상된 영상(8x8 블록단위 손실) (b) emami's 방법 (c) 양선형 보간법 (d) 제안 방법

Fig. 6. The subjective quality comparison (8 x 8 block loss). (a) damaged image of lost blocks (b) Hemami's method^[3], (c) bilinear interpolation^[4] (d) proposed method.

를 보여준다. 그림 6에서 보이는 것처럼 이전방법 [3]과 [4]는 모자챙과 턱, 어깨에서 블록 블러링 현상이 나타나는 반면 제안 방법은 이런 현상이 나타나지 않는다. 제안 방법은 경계 화소의 차분값을 사용하여 손실 블록을 평탄 영역과 에지 영역으로 나눈다. 손실 블록이 평탄 영역으로 구분되면 양선형 보간법을 이용하여 복구하고 에지 영역으로 구분되면 경계 화소들의 차분값을 이용하여 에지 방향을 추정하고 추정된 에지의 기울기에 따라서 보간 한다. 그림 6(d)에서 제안 방법이 에지 영역과 평탄영역 모두에서 효과적인 복구방법임을 알 수 있다.

표 1. 다양한 정지영상에 대한 PSNR 비교.(8x8블록 단위손실)

Table 1. PSNR comparison for various images for 8x8 block loss.

	Lena	Man	Peppers	Boat	Elaine	Average
Ancis's [9]	28.68	25.47	27.92	26.33	29.84	27.65
Sun's [5]	29.99	27.25	29.97	27.36	30.95	29.10
Hemami's [3]	31.86	27.65	31.83	29.36	32.07	30.55
Shirani's [17]	31.69	27.44	31.72	29.22	32.10	30.43
Alkachouch's [18]	31.57	27.94	32.76	30.11	31.92	30.86
Park's [11]	34.65	29.87	34.20	30.78	34.63	32.83
FDI [14]	34.91	30.62	35.18	31.40	35.63	33.55
Proposed method	33.61	31.30	35.54	31.44	34.48	33.27

표 2. 다양한 정지영상에 대한 PSNR 비교.(16x16블록 단위손실)

Table 2. PSNR comparison for various images for 16x16 block loss.

	Lena	Peppers	Zelda	Average
Sallama's	35.01	34.71	38.15	35.96
wang's [13]	35.43	35.07	37.42	35.97
Sun's [5]	34.95	33.21	37.37	35.18
Park's [11]	35.98	35.50	38.38	36.62
FDI [16]	37.37	38.95	40.36	38.89
Proposed method	35.60	38.41	38.66	37.56

표 3. 다양한 정지영상에 대한 PSNR 비교.(연속적인 16x16블록 손실)

Table 3. PSNR comparison for various images for consecutive block loss.

	Lena	Peppers	Zelda	Average
Sallama's	26.15	26.59	28.64	27.13
wang's [13]	27.17	27.12	29.62	27.97
Sun's [5]	26.39	25.37	28.42	26.73
Park's [11]	28.67	27.58	29.93	28.73
Hsia's [19]	29.35	28.25	30.55	29.38
FDI [16]	30.12	31.28	33.08	31.49
Proposed method	28.31	31.79	31.84	30.65

표 1은 여러 가지 방법들의 PSNR값을 비교하였다. 표 1에서 알 수 있는 것처럼 제안 방법은 우수한 PSNR 값을 가진다. 표 1의 마지막 열에서 각각의 방법에 따라 여러 이미지의 PSNR 평균값을 나타낸다. 표 1에서 보면 제안 방법의 평균 PSNR값은 FDI 방법^[16]보다 0.28dB 낮지만 계산량 측면에서 볼 때는 더 우수하다. 표 4는 8X8 손실 블록에 대해서 에지 방향을 결정하고 그 방향에 따라 하나의 손실 픽셀을 보간 할 때의 FDI 방법과 제안 방법의 계산량을 비교한다. 비록 제안 방법의 PSNR이 FDI 방법보다 0.28dB 낮더라도 표 4에서

표 4. 8x8 손실 블록의 한 픽셀을 복구할 때의 계산량 비교

Table 4. The comparison of required number of computations to recover a lost pixel in 8x8 block loss.

Operator	# of operation	
	FDI	Proposed method
\times	1021	42
$+$	888	88
$\sqrt{\quad}$	88	-
\tan^{-1}	52	-
Relations operator	52	12
max	1	4
sort	1	-



그림 7. 주관적 화질 비교 (a) 손상된 영상(16x16 블록단위 손실) (b) Hemami's 방법 (c) 양선형 보간법 (d) 제안 방법

Fig. 7. The subjective quality comparison (16 x 16 block loss). (a) damaged image of lost blocks (b) Hemami's method^[3], (c) bilinear interpolation^[4] (d) proposed method.

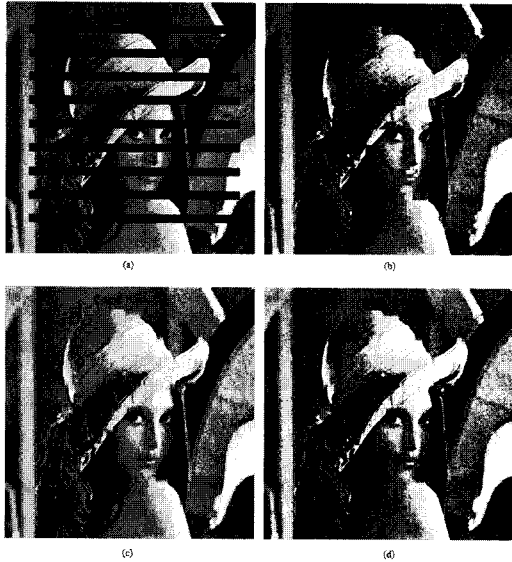


그림 8. 주관적 화질 비교 (a) 손상된 영상(연속적인 16x16블록 손실) (b) Hemami's 방법 (c) 양선형 보간법 (d) 제안 방법

Fig. 8. The subjective quality comparison (consecutive 16x16 block loss). (a) damaged image of lost blocks (b) Hemami's method^[3], (c) bilinear interpolation^[4] (d) proposed method.

보는 것과 같이 계산량은 FDI방법보다 월등히 우수하므로 제안 방법은 실용적인 측면에서 가치가 있다고 볼 수 있다.

그림 7은 16 X 16 블록 손실을 갖는 'Lena' 영상에 대해서 이전 방법과 제안 방법으로 복구한 결과를 보인다. 그림 8은 16 X 16 블록의 연속적인 손실에 대한 복구 결과를 나타낸다. 표 2와 3에서 16 X 16 블록 손실과 연속적인 블록 손실에 대해서 제안 방법과 이전 방법들의 PSNR값을 비교할 수 있다. 이들 표에서 보는 것처럼, 제안 방법은 적은 계산량을 가지면서 객관적인 비교에서도 우수한 성능을 가지는 것을 알 수 있다.

2. 동영상

동영상에서의 성능 평가를 위해 'Football'영상을 사용하였다. 'Football'은 352 X 240 크기인 60개의 프레임으로 구성된다. 그림 9와 10에서 'Football'영상에 대한 이전 방법들과 제안 방법의 주관적 화질 비교를 할 수 있다. 그림 9는 'Football'영상에서 16 X 16 블록 단위의 손실에 대한 복구 결과를 나타내고 그림 10은 16 X 16 블록의 연속적인 손실에 대한 결과를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안 방법의 주관적 화질이 다른 방법에 비하여 우수함을 알 수 있다. 특히 에지 부분에서

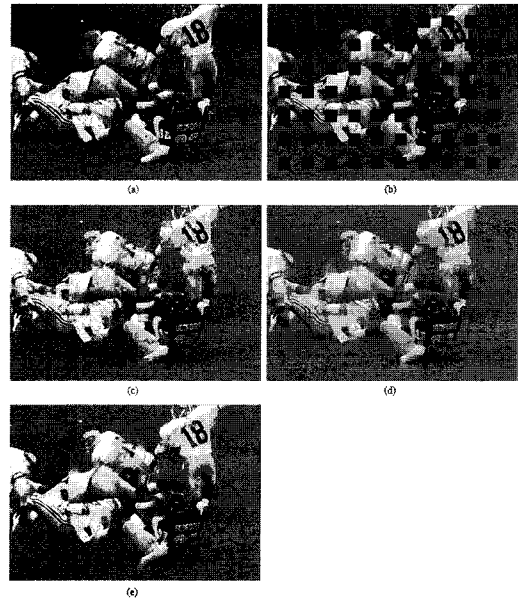


그림 9. 주관적 화질 비교. (a) "Football" 동영상의 32번째 프레임. (b) 손상된 영상(16x16 블록단위 손실) (c) Hemami's 방법 (d) 양선형 보간법 (e) 제안 방법.

Fig. 9. The subjective quality comparison (16x16 block loss). (a) The 32th frame of the "Football" sequence (b) Damaged image of lost block (c) Hemami's method^[3], (d) bilinear interpolation^[4] (e) proposed method.

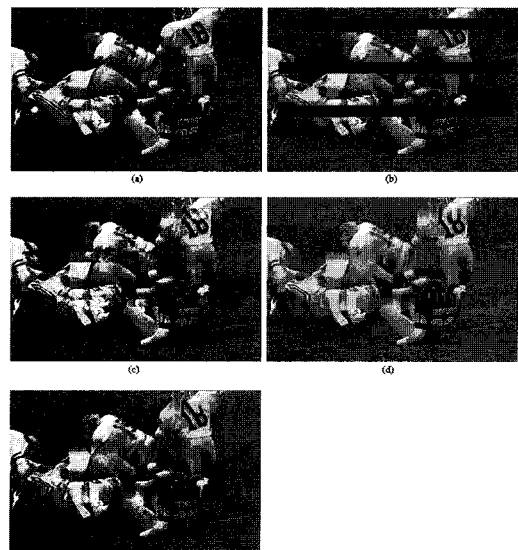


그림 10. 주관적 화질 비교. (a) "Football" 동영상의 32번째 프레임. (b) 손상된 영상(연속적인 16x16 블록 손실) (c) Hemami's 방법 (d) 양선형 보간법 (e) 제안 방법.

Fig. 10. The subjective quality comparison (consecutive 16x16 block loss). (a) The 32th frame of the "Football" sequence (b) Damaged image of lost block (c) Hemami's method^[3], (d) bilinear interpolation^[4] (e) proposed method.

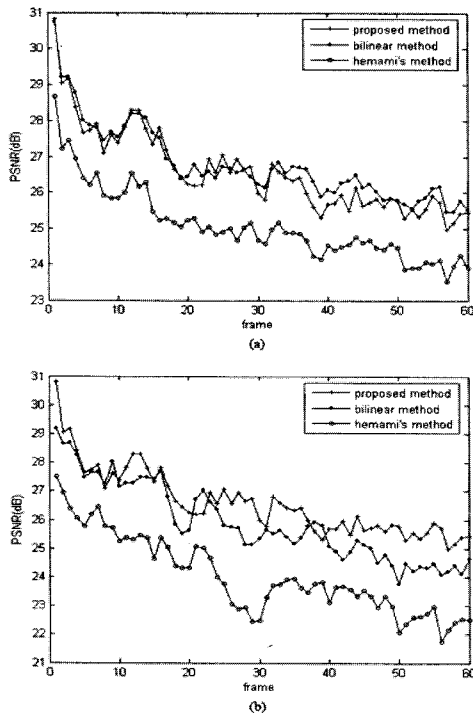


그림 11. 다양한 방법으로 복구한 "Football" 영상의 PSNR 비교. (a) 매크로 블록 손실 (b) 슬라이스 손실

Fig. 11. PSNR performance against frame indices of Football sequence achieved by various methods. (a) the lost block is a unit of macro block (b) the lost block is a unit of slice.

생긴 블록 블러링 현상이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 그림 9와 10으로부터 제안 방법이 동영상에서도 역시 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다.

그림 11은 'Football' 영상의 전체 프레임에 대해서 이전 방법과 제안 방법의 객관적 성능 비교를 그래프로 나타낸다. 제안 방법은 전체 프레임에 대하여 우수한 PSNR을 나타낸다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 제안

방법은 정지영상과 동영상에 대하여 주관적 화질 및 객관적 성능이 모두 우수함을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 프레임내의 정보만을 이용하여 손실 블록을 복구하는 공간적인 에러 복구 방법을 제안하였다. 손실 블록에 이웃하는 정확하게 수신된 블록들의 경계 화소 차분값에 의해서 손실 블록이 에지 영역인지 평탄 영역인지를 판단하고 각각 다른 보간 방법을 적용한다. 에지 영역으로 판단되었을 경우 에지 방향을 추정하고 추정된 에지 방향에 따라 화소들 사이의 거리와 차분

값을 가중치로 사용하여 적응적으로 손실 블록의 손실 픽셀들을 보간한다. 제안 알고리즘은 낮은 계산량을 가지면서 평탄영역과 에지 영역 모두에서 객관적으로나 주관적으로 우수한 성능을 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Wang and Q. F. Zhu, Error Control and Concealment for Video Communication: A Review. Proceedings of IEEE, 86(5), May. 1998, 974-997.
- [2] J. Cao, F. Li and J. Guo, An efficient error concealment algorithm for DCT encoded images. IEEE Canadian Conf. on Electrical and Computer Engineering, 2, May. 2003, 753-756.
- [3] S. S. Hemami and T. Meng, Transform coded image reconstruction exploiting inter block correlation. IEEE Transaction on Image Processing, 121(7), July, 1995, 1024-1027.
- [4] S. Aign and K. Fazel, Temporal and Spatial Error Concealment Technique for Hierarchical MPEG-2 Video Codec. IEEE Int. Conf. on communication, 3, Oct. 1995, 1258-1267.
- [5] H. Sun and W. Kwok, Concealment of Damaged block Transform Coded Image using Projections onto Convex Sets. IEEE Transaction on Image Processing, 4(4), Apr. 1995, 470-477.
- [6] 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, 4(3), Mar. 1995, 259-273.
- [7] 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 Transaction CSVT, 7(6), Dec. 1997, 845-854.
- [8] J. W. Suh and Y. S. Ho, Error Concealment Based on Directional Interpolation. IEEE Transaction on Consumer Electronics, 43(3), Aug. 1997, 295-332.
- [9] M. Ancis and D. D. Giusto, Reconstruction of missing blocks in JPEG picture transmission. IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing, Aug. 1999, 288 - 291.
- [10] Xin Li, Michael T. Orchard, Novel Sequential Error-Concealment Techniques Using Orientation Adaptive Interpolation. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology,

12(10), Oct. 2002, 857-864.

[11] Jiho Park, Dong-Chul Park, Robert J.Marks, II, and Mohamed A. El-Sharkawi, Recovery of Image Blocks Using the Method of Alternating Projections. IEEE Transactions on Image Processing, 14(4), Apr. 2005, 461-474.

[12] O. G. Guleryuz, Iterated denoising for image recovery. IEEE Data Compression Conference, Apr. 2002, 3-12.

[13] Y. Wang, Q. Zhu and L. Shaw, Maximally smooth image recovery in transform coding. IEEE Transaction on Communications, 41(10), Oct., 1993, 1544-1551.

[14] Victor DeBrunner, Linda DeBrunner and Longji Wang, Recovery of Lost Blocks by Dynamic Pixel Interleaving. IEEE International Conference on International Symposium Circuits and Systems, 4, 1999, 131-134.

[15] Seung Hwa Hyun, Il Kyu Eom and Yoo Shin Kim, Directional Filtering for Block Recovery Using Wavelet Features. Proceeding of Visual Communication and Image Processing(VICIP 2005), 5960, July, 2005, 325-334.

[16] Wonki Kim, Jasung Koo, Jechang Jeong, "Fine Directional Interpolation for Spatial Error Concealment", IEEE Transactions on Consumer Electronics, 52(3), Aug. 2006, 1050-1056.

[17] S. Shirani, F. Kossentini, and R. Ward, Reconstruction of baseline JPEG coded images in error prone environments. IEEE Transactions on Image Processing, 9(7), Jul. 2000, 1292-1299.

[18] Z. Alkachouh and M. G. Bellanger, Fast DCT-based spatial domain interpolation of blocks in images. IEEE Transactions on Image Processing, 9(4), Apr. 2000, 729-732.

[19] S.-C. Hsia, An edge-oriented spatial interpolation for consecutive block error concealment. IEEE Signal Processing Letters, 11, Jun. 2004, 577-580.

저 자 소 개



현 승 화(학생회원)
 2003년 밀양대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2005년 부산대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2007년 부산대학교 전자공학과 박사과정 수료.

현재 부산대학교 전자공학과 박사과정.
 <주관심분야 : 영상처리, 오류은닉, 웨이블릿 변환 신호처리>



김 유 신(정회원)
 1974년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1980년 U.C. Berkeley 전자공학과 석사 졸업.
 1983년 Stanford University 전자재료 박사과정 수학.

1995년 Cornell University Ph.D
 1983년~현재 부산대학교 전자전기공학부 교수
 <주관심분야 : 영상처리, 신경회로망, 공학윤리, 과학기술철학>



김 상 수(정회원)
 1997년 부산대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1999년 부산대학교 전자공학과 석사 졸업.
 2008년 부산대학교 전자공학과 박사 졸업.

<주관심분야 : 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리>



엄 일 규(정회원)
 1990년 부산대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1992년 부산대학교 전자공학과 석사 졸업.
 1998년 부산대학교 전자공학과 박사 졸업.

현재 부산대학교 전자전기공학부 교수
 <주관심분야 : 통계신호처리, 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망>