

픽셀 단위의 정밀한 방향성 보간을 이용한 공간적 에러 은닉 기법

정회원 김 원 기*, 준회원 구 자 성*, 진 순 중*, 정회원 정 제 창*

A Spatial Error Concealment Using Pixelwise Fine Directional Interpolation

Wonki Kim* *Regular Member*, Jassung Koo*, Soonjong Jin* *Associate Members*,
Jechang Jeong* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 전송 에러로 인해 발생하는 영상의 손실을 정밀한 방향성 보간(FDI: Fine Directional Interpolation)을 이용하여 복원하는 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 공간 방향 벡터(SDV: Spatial Direction Vector)를 도입한다. 공간 방향 벡터는 손실블럭 주위의 영상 데이터의 에지 정보를 추출하여 구한다. 이 후 손실된 영상 블록은 공간 방향 벡터를 이용하여 픽셀단위로 적응적으로 보간함으로써 복원된다. 이러한 방식은 평탄한 영역뿐만 아니라 에지를 포함한 복잡한 영역도 우수하게 복원할 수 있다. 실험결과 제안된 방식은 기존의 공간적 에러은닉 방법과 비교하여 성능이 우수하다는 것을 알 수 있다.

Key Words : Spatial Error Concealment, Directional Interpolation, Pixelwise Interpolation, Edge-Oriented, Postprocessing

ABSTRACT

This paper presents a block loss recovery technique for the image block data corrupted by transmission losses through the employment of fine directional interpolation (FDI). The proposed algorithm introduces a spatial direction vector (SDV). The SDVs are extracted from the edge information of the neighboring image data. Subsequently, the SDVs are adaptively applied to interpolate lost pixels on a pixel-by-pixel basis. This approach improves the capability to more reliably recover high-detailed contents in the corrupted block. Experimental results demonstrate that the FDI method performs better as compared to previous techniques.

1. 서 론

JPEG, H.26x, MPEG 등의 영상 압축 표준은 블록 단위의 예측을 이용하여 영상 데이터를 압축하고 이를 부호화한다^[1-3]. 부호화된 데이터가 에러가 많이 발생하는 통신환경을 통하여 전송될 경우, 예

측 기법의 사용으로 인하여 해당 손실 블록뿐만 아니라 시공간적으로 인접한 영상에도 에러가 전파된다. 에러은닉 기법(error concealment)은 주변의 사용가능한 정보를 이용하여 손실된 영상 데이터를 복원하는 기법이다. 에러은닉 기법은 수신단에서 독립적으로 구현될 수 있으며, 복원된 영상이 원본 영

* 본 연구는 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다.

* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신 및 신호처리 연구실 (stwon@ece.hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-11-468, 접수일자 : 2006년 11월 2일, 최종논문접수일자 : 2007년 2월 8일

상과 시각적으로 차이가 인지 불가능할 때 우수한 성능을 갖는다고 할 수 있다. 에러은닉 기법은 크게 공간적 에러은닉 기법, 시간적 에러은닉 기법으로 구분할 수 있다. 공간적 에러은닉 기법은 화면내 상관관계를, 시간적 에러은닉 기법은 화면간 상관관계를 이용한다. 본 논문에서는 공간적 에러은닉 기법에 초점을 맞출 것이다.

수신된 영상의 손실 블록을 복원하기 위하여 다양한 공간적 에러은닉 기법들이 제안되었다⁴⁾. 대부분의 에러은닉 기법들⁵⁻⁹⁾은 블록 단위로 영상의 공간적 특성을 규정하고 이를 바탕으로 영상을 복원하였다. 간소화된 에지 모델들^{6),18),14),19)}이 방향성 보간을 행하기 위하여 제안되었고, 이러한 기법들은 평탄한 영역과 단순한 에지 특성을 갖는 영역에서는 좋은 성능을 보인다. 그러나 영상 콘텐츠가 세밀하거나 복잡한 영역에서 위의 방법들로 복원된 영상의 화질은 우수하지 못하다. 이를 극복하기 위한 기본적인 접근 방식으로 Sun과 Kwok⁹⁾은 POCS (Projections Onto Convex Sets) 기법을, Lee와 Zhang¹⁷⁾은 퍼지이론을, Wang과 Zhu¹⁸⁾는 Best Neighbor Matching 기법¹⁸⁾을 제안하였다. 특히, 픽셀 기반으로 통계적 모델을 적용하는 기법²⁰⁾이나 라인 기반으로 POCS²¹⁾을 적용하여 손실된 영상의 에지나 텍스처와 같은 복잡한 영역에서의 복원능력을 향상시킨 기법도 존재한다. 후자의 두 가지 방법은 기존의 방식들에 비해 우수한 성능을 보이지만, 통계적 모델링이나 적응적인 POCS를 수행함에 있어 높은 복잡도를 요구한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 픽셀 단위로 보간을 수행하는 FDI (Fine Directional Interpolation) 기법을 이용하여 낮은 복잡도를 갖지만 우수한 복원 능력을 갖춘 에러은닉 기법을 제안한다. 손실 블록의 에지 방향은 주변 블록의 데이터를 이용하여 정밀하게 추정이 되며, 손실 블록내의 각각의 픽셀은 “최적의 에지 방향”을 이용하여 적응적으로 보간이 된다. 이러한 접근 방식에서 에지의 방향을 정밀하게 예측하고, 에지가 각각의 손실 픽셀에 주는 영향을 정확하게 추정할수록 FDI의 복원 능력은 향상된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 픽셀 기반으로 FDI 기법을 적용하는 새로운 공간적 에러은닉 기법을 설명한다. 3장에서는 실험결과와 분석을 통해 제안된 FDI 기법의 성능을 검증하고, 5장에서는 본 논문의 결론을 내린다.

II. 정밀한 방향성 보간을 이용한 공간적 에러은닉 기법

공간적 에러은닉 기법은 손실 블록 주위의 영상 데이터를 복호한 후 이를 이용하여 손실 블록을 보간한다. 다양한 영상 데이터 중 에지는 국소 영역내의 영상 특성을 대표하는 중요한 데이터이다. 또한 일반적으로 에지는 크기와 방향이 급격하게 변하지 않는다는 특성이 있다. 따라서 손실 블록 주위에 나타나는 에지가 손실 블록내에도 유사하게 존재한다고 가정할 수 있고, 손실 블록 주위의 에지를 손실 블록 안으로 확장시켜서 손실 영상을 복원할 수 있다. 그림 1은 손실 블록(M)과 손실 블록 주위의 블록들(B)을 나타낸다.

본 논문에서는 에지의 방향들을 공간방향벡터(SDV: Spatial Directional Vector)를 사용하여 표현한다. SDV들은 손실 블록 주위의 블록의 구조에 의하여 구해진다. 손실 블록을 제대로 복원하기 위해서는 생성된 SDV의 집합이 원본 블록의 에지의 집합과 유사하도록 근사화 되어야 한다. 이를 위해 손실 블록 주위의 블록에 에지가 존재하지 않는다면 B_T, B_B, B_L, B_R 을 사용하여 SDV들을 구해낸다. 그러나 슬라이스 단위로 손실이 발생한 경우 B_L, B_R 을 사용할 수 없으므로 대신 $B_{TL}, B_{TR}, B_{BL}, B_{BR}$ 을 사용한다.

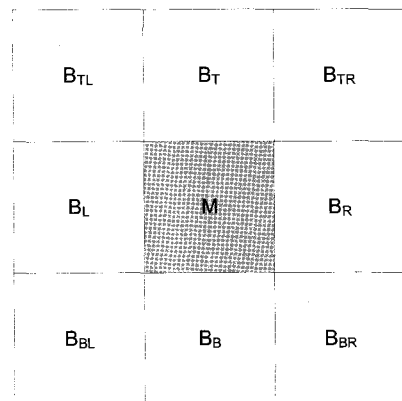


그림 1. 손실 블록 M과 주변 이웃 블록들

그림 2는 제안하는 공간적 에러은닉 기법의 블록 다이어그램을 보인다. 모두 5단계의 세부 과정을 거쳐 손실블록을 복원하게 되는데, 각각의 단계에 대해 자세히 알아보도록 한다.

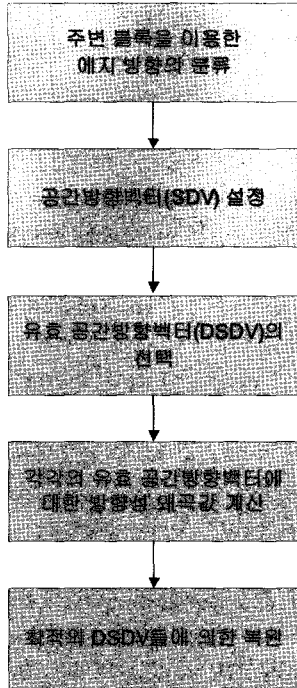


그림 2. 제안하는 공간적 에러은닉 기법의 블록다이어그램

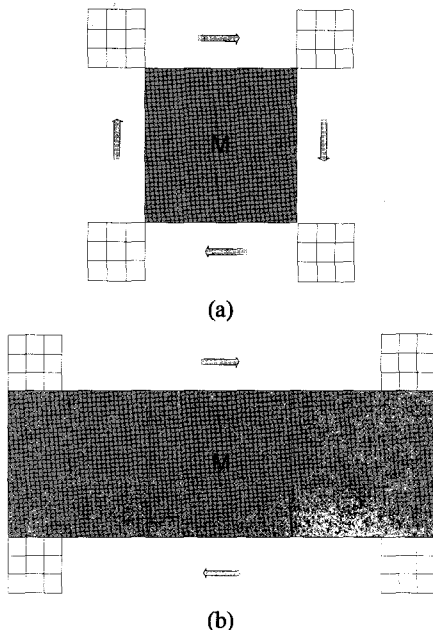


그림 3. Sobel 마스크의 블록 경계에서의 사용 방법, (a) 블록 단위 에러의 경우, (b) 슬라이스 단위 에러의 경우

2.1 주변 블록을 이용한 에지 방향의 분류

손실 블록 내의 에지의 특성은 손실 블록 주위의 에러없이 수신된 블록들에 존재하는 에지들에 의존

하여 추정해야 한다. 에지 방향을 구하기 위하여 간단하고 빠른 속도의 gradient 필터를 사용한다. 그림 3에서처럼 손실 블록 주위의 각각의 경계 픽셀 B(x,y)에 대하여 식 (1)의 Sobel mask들을 화살표 방향으로 이동시켜 적용함으로써 각각의 gradient 값들을 구한다. 여기에서 경계 픽셀이란 3x3 마스크의 중심이 지나가는 픽셀을 의미한다.

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad S_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

각각의 경계 픽셀 B(x,y)에 대한 에지의 gradient의 성분 $g_x(x,y)$, $g_y(x,y)$ 는 식 (2)에 의하여 계산된다.

$$g_x(x,y) = B(x,y) \otimes S_x(x,y) \\ g_y(x,y) = B(x,y) \otimes S_y(x,y) \quad (2)$$

좌표 (x,y)에서의 gradient의 크기와 방향은 식 (3)에 의하여 구해진다.

$$G(x,y) = \sqrt{g_x^2(x,y) + g_y^2(x,y)} \\ \theta(x,y) = \tan^{-1} \frac{g_y(x,y)}{g_x(x,y)} \quad (3)$$

Sobel mask를 이용하여 구한 각각의 에지의 방향들은 그림 4에서처럼 8개의 영역으로 분류할 수 있다. 각각의 영역은 22.5°로 균일한 폭을 갖고 있으며, 180°의 모든 방향을 나타낼 수 있도록 되어 있다. 각 경계 픽셀의 gradient의 방향은 8개의 영역중 하나의 영역에 포함되고, 대략적인 에지방향을 나타낼 수 있다. 이 단계에서의 에지 방향은 각 영역의 중간값에 해당하는 방향으로 대표될 수 있을 것이다.

한편 8개의 영역에서의 에지의 세기, ES(Edge Strength)를 정의하였다. ES는 손실 블록에서 특정 방향 영역의 에지가 얼마만큼 포함되어 있는가를 나타낸다. ES는 식 (4)와 식 (5)에 의하여 계산된다. 만약 $\theta(x,y)$ 가 D_k 에 속한다면 $ES_x(D_k)$ 와 $ES_y(D_k)$ 는 $g_x(x,y)$ 와 $g_y(x,y)$ 만큼씩 반복적으로 증가하게 된다. 그림 3의 탐색 영역에 대하여 이러한 과정을 수행한 다음 최종적인 ES가 구해진다. 단 연속적으로 손실 블록이 발생한 경우에는 D_0 을 사용할 수 없다는 것을 유념해야 한다. D_0 은 자신의 영역에서

제거되며 $(0 \sim \frac{\pi}{2})$ 의 영역은 D_1 의 영역으로 $(0 \sim \frac{-\pi}{2})$ 의 영역은 D_7 의 영역으로 편입되어야 한다.

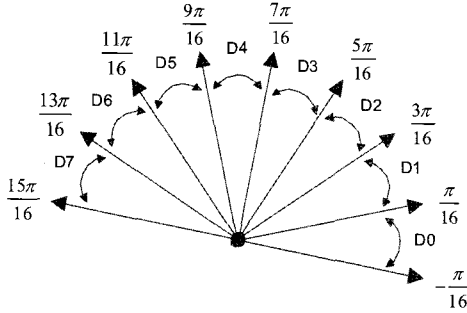


그림 4. 8개의 방향 영역을 이용한 에지 방향 분류

$$\begin{aligned} & \text{if}(\theta(x, y) \in D_k) \{ \\ & \quad ES_x(D_k) = ES_x(D_k) + g_x(x, y) \\ & \quad ES_y(D_k) = ES_y(D_k) + g_y(x, y) \\ & \} \end{aligned} \quad (4)$$

$$ES(D_k) = \sqrt{ES_x^2(D_k) + ES_y^2(D_k)} \quad (5)$$

2.2. 공간방향벡터 설정

이전 단계에서는 그림 4에서 각 영역의 대표값은 중간값으로 설정될 수 있다. 예를 들어 D4영역의 에지의 대표값은 $\frac{8\pi}{16}$ 로 설정하는 대략적인 방법이 었다. 이 방법을 따른 에지의 대표값은 실제 에지의 방향과는 큰 오차가 있을 수 있다. 따라서 각각의 에지의 방향 영역에 대하여 에지의 대표값을 정교하게 추정할 필요가 있다. 정밀한 에지 방향의 추정을 위하여 공간방향벡터(SDV, Spatial Direction Vector)의 개념을 도입한다.

그림 5는 공간방향벡터의 개념을 도시하고 있다. SDV(DK)는 각각의 x,y 성분으로 $ES_x(D_k)$ 와 $ES_y(D_k)$ 를 갖는 벡터이다. 즉 ES 값을 이용하여 각 에지 방향의 대표 방향을 설정하면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다. 이를 8개의 에지의 방향 영역에 대하여 반복하면 8개의 공간방향벡터들이 구해진다. 이후 단계부터는 식(6)의 SDV를 사용하여 손실 블록을 해석할 수 있다.

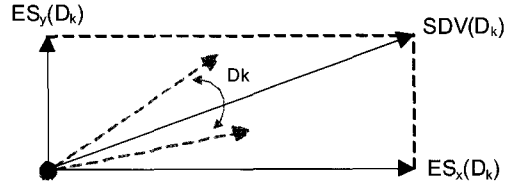


그림 5. 공간방향벡터

$$SDV(D_k) = (ES_x(D_k), ES_y(D_k)) \quad (6)$$

2.3 유효 공간방향벡터의 선택

이 단계에서는 8개의 공간방향벡터들 중 유효 공간방향벡터(DSDV, Dominant SDV)를 선택하게 된다. 강한 ES를 갖는 공간방향벡터는 실제 에지를 나타내는 방향을 나타낼 수 있다. 반면 약한 ES를 갖는 공간방향벡터는 실제 에지가 아닌 잡음일 가능성이 있으며, 낮은 복잡도를 위하여 고려 대상에서 제외된다. 이를 위해 식 (5)에서 구해진 $ES(D_k)$ 를 식 (7)에 적용하여 임계값, T_{ES} 보다 큰 공간방향벡터들만 유효 공간방향벡터들로 선별해낸다. 식 (7)에서 ES_{max} 는 8개의 ES 중 최대값이고, k는 0에서 1사이의 값을 가지는 상수이다. 유효 공간방향벡터로 선별되지 못한 에지의 방향은 이후 고려하지 않는다.

$$\begin{aligned} ES_{max} &= \text{Max}_k \{ ES(D_k) \} \\ T_{ES} &= k \times ES_{max} \end{aligned} \quad (7)$$

2.4 각각의 유효 공간방향벡터에 대한 방향성 왜곡값 계산

손실 블록들은 각각의 영역에 따라 다양한 에지의 특성을 가질 수 있다. 따라서 각각의 손실 픽셀은 대응하는 에지의 방향에 따라서 보간이 되어야 한다. 손실 블록의 픽셀에 맞는 최적의 공간방향벡터를 결정하기 위하여 방향성 왜곡값인 $C(x,y)$ 의 개념을 도입한다. 방향성 왜곡은 식 (8)에 의하여 계산된다. $P_1(DSDV)$ 와 $P_2(DSDV)$ 는 DSDV를 따라 손실 블록 주변의 경계와 만나는 픽셀 값을 의미한다.

$$C(x, y) = |P_1(DSDV) - P_2(DSDV)| \quad (8)$$

$C(x,y)$ 는 모든 DSDV에 대하여 계산을 한다. 이

중 가장 작은 왜곡을 나타내는 방향이 해당 픽셀에 맞는 에지방향이라고 할 수 있다. 이러한 방향왜곡의 측정방식은 성공적으로 수신된 영역의 픽셀 값을 이용하기 때문에 에러 전파 문제에서 자유롭다. 한편 슬라이스 단위의 손실일 경우에 $P_1(DSDV)$ 와 $P_2(DSDV)$ 의 위치는 복원의 신뢰도를 위하여 손실 블록 크기의 2배 길이 안에 해당하는 영역으로 제한된다.

2.5 최적의 DSDV에 의한 복원

최종적으로 최소의 방향성 왜곡값 C_1 에 해당하는 $DSDV_1$ 와 두번째로 작은 왜곡값 C_2 에 해당하는 $DSDV_2$ 를 찾아낸다. $DSDV_1$ 와 $DSDV_2$ 를 이용하여 $P_{DSDV_1}(x, y)$ 와 $P_{DSDV_2}(x, y)$ 를 식(9)에 의하여 보간해 낸다.

$$P_{DSDV}(x, y) = \frac{d_2 \times P_1(DSDV) + d_1 \times P_2(DSDV)}{d_1 + d_2} \quad (9)$$

여기에서 $P_1(DSDV)$ 와 $P_2(DSDV)$ 는 그림 6에서 DSDV의 방향을 따라 최소거리에 있는 손실 블록 경계에 있는 화소의 값이다. ($x=1,2$)는 복원하려는 화소와 $P_1(DSDV)$ 사이의 거리이다. 손실된 화소는 식 (10)에서처럼 $P_{DSDV_1}(x, y)$ 와 $P_{DSDV_2}(x, y)$ 의 C_1 와 C_2 가중치를 갖는 평균 방식으로 복원된다.

$$P(x, y) = \frac{P_{DSDV_1}(x, y) \times C_2 + P_{DSDV_2}(x, y) \times C_1}{C_1 + C_2} \quad (10)$$

그림 6은 $DSDV_1$ 와 $DSDV_2$ 에 의한 복원과정을 표현하고 있다.

이러한 FDI 방식은 에지영역이나 복수의 강한 에지가 존재하는 텍스처 영역을 복원할 때 우수한 성능을 보장한다. 우리는 제안한 방법 외에 두 가지 보간 방법들을 고려할 수 있다. $DSDV_1$ 만을 고려하여 복원하는 방법이고, 다른 하나는 $P_{DSDV_1}(x, y)$ 와 $P_{DSDV_2}(x, y)$ 의 평균 방식으로 복원하는 방법이다. 그러나 본문에 제안된 방법이 위의 두 가지 방법보다 성능이 더 우수하고, 주관적 화질면에서도 에지 부분을 좀더 깨끗이 복원하는 특징이 있다.

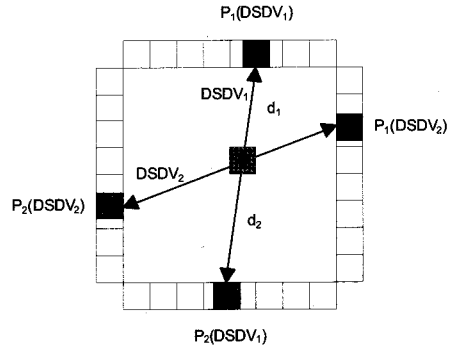


그림 6. 최적의 DSDV들에 의한 복원

III. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위하여 512×512의 표준 정지영상들을 이용하였다. 블록단위와 슬라이스 단위의 에러에 대하여 각각 k 값은 0.5와 0.65로 설정하였다. 기존의 에러 은닉 알고리즘과의 객관적 성능 비교를 위하여 PSNR(peak signal-to-noise ratio) 값을 사용하였다. 식 (11)에서와 는 각각 X×Y 크기의 원본 영상과 복원된 영상 데이터를 나타낸다.

$$PSNR = 10 \cdot \log \left(\frac{X \cdot Y \cdot 255^2}{\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y |f(x, y) - \hat{f}(x, y)|^2} \right) \quad (11)$$

표 1에서는 8×8 블록 에러에 대한 [9]-[13], [21]의 방법과 제안한 방법의 PSNR 실험결과를 비교하였다. FDI는 [21]에 비해 0.31dB에서 1.12dB의 성능 향상을 보이는데, 평균적으로는 0.82dB의 성능 향상을 보였다. 또한 16×16 블록 크기의 블록 에러와 슬라이스 에러에 대하여 실험하였다. 표 2와 3에서 [6]-[9], [19], [20]의 결과와 제안한 방법의 성능 비교를 수행하였다. FDI는 [20]에 비해 매크로블록 에러에 대해 평균 0.5dB의 성능향상을 보였고, 슬라이스 에러에 대해서는 평균 0.2dB의 성능 향상을 보였다.

주관적인 성능 평가를 위해, 그림 7과 8에서는 “Lena” 영상에 대해 각각 8×8과 16×16 손실 블록의 경우 복원된 영상의 실험결과를 보인다. [6], [20]과 FDI 기법을 사용하여 복원된 “Lena” 영상을 각각 보여준다. FDI 기법은 복잡한 텍스처 영역에서 좋은 복원화질을 보인다. 모자 주름이나 경계와 같은 에지 구조가 있는 영역에서 좀더 신뢰성 있는 결과를 보였다.

그림 9에서는 [9], [19]와 FDI 기법을 사용하여 슬라이스 단위의 에러에 대한 복원된 “Lena” 영상을 보여준다. 전체적으로 복원화질이 향상되었고, 특히 머릿결이나 모자영역의 에지 영역에서 좋은 성능을 보였다.

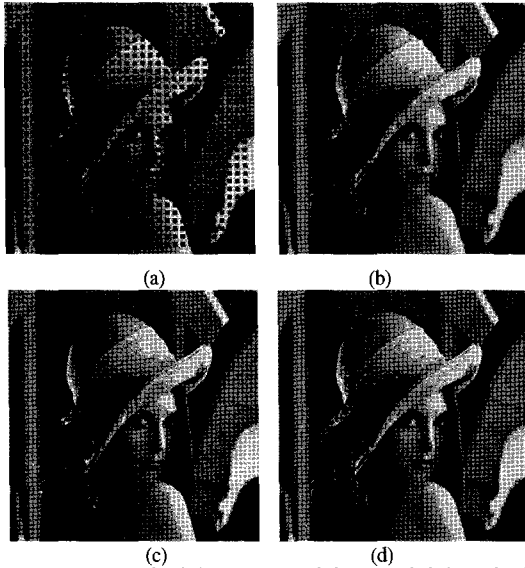


그림 7. (a) 손실 영상(8×8 블록 에러). (b) 양선형 보간 방식에 의한 복원 영상 (PSNR = 32.21 dB). (c) Li의 방법에 의한 복원 영상 (PSNR = 34.55 dB). (d) FDI 기법에 의한 복원 영상 (PSNR = 34.96 dB).

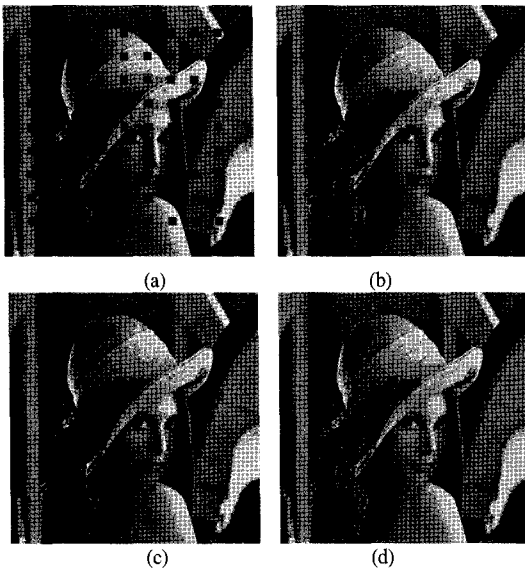


그림 8. (a) 손실 영상 (16×16 매크로블록 에러). (b) 양선형 방식에 의한 복원 영상 (PSNR = 33.62 dB). (c) Li 방법에 의한 복원 영상 (PSNR = 37.48 dB). (d) FDI 기법에 의한 복원 영상 (PSNR = 37.37 dB).

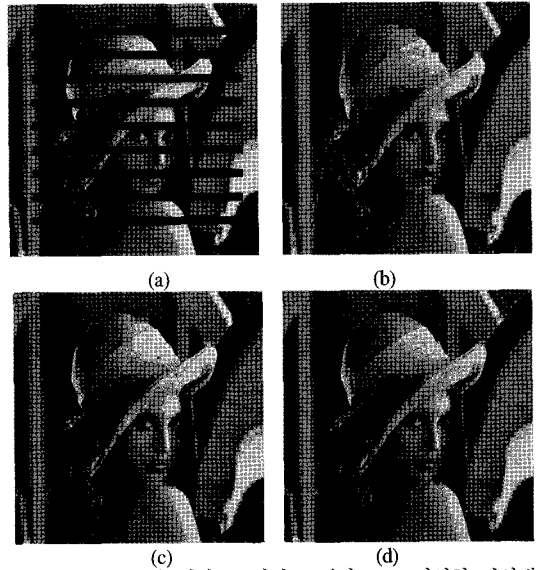


그림 9. (a) 손실 영상 (슬라이스 에러). (b) 양선형 방식에 의한 복원 영상 (PSNR = 27.00 dB). (c) Hsia 방법에 의한 복원 영상 (PSNR = 29.35 dB). (d) FDI 기법에 의한 복원 영상 (PSNR = 30.08 dB).

표 1. 8×8 블록 에러에 대한 PSNR(dB) 성능 비교

	Lena	Man	Peppers	Boat	Elaine	평균
Ancis's	28.68	25.47	27.92	26.33	29.84	27.65
Sun's	29.99	27.25	29.97	27.36	30.95	29.10
Hemami's	31.86	27.65	31.83	29.36	32.07	30.55
Shirani's	31.69	27.44	31.72	29.22	32.10	30.43
Alkachouh's	31.57	27.94	32.76	30.11	31.92	30.86
Park's	34.65	29.87	34.20	30.78	34.63	32.83
FDI	34.96	30.71	35.29	31.56	35.75	33.65

표 2. 16×16 매크로블록 에러에 대한 PSNR(dB) 성능 비교

	Lena	Peppers	Zelda	평균
Sallama's	35.01	34.71	38.15	35.96
Wang's	35.43	35.07	37.42	35.97
Sun's	34.95	33.21	37.37	35.18
Park's	35.98	35.50	38.38	36.62
Li's	37.48	38.27	39.35	38.37
FDI	37.37	38.88	40.36	38.87

표 3. 16×16 슬라이스 에러에 대한 PSNR(dB) 성능 비교

	Lena	Peppers	Zelda	평균
Salama's	26.15	26.59	28.64	27.13
Wang's	27.17	27.12	29.62	27.97
Sun's	26.39	25.37	28.42	26.73
Park's	28.67	27.58	29.93	28.73
Hsia's	29.35	28.25	30.55	29.38
Li's	29.80	31.48	32.39	31.22
FDI	30.08	31.20	32.99	31.42

IV. 결론

본 논문에서는 블록 손실을 복원하기 위한 새로운 공간적 에러 은닉 기법을 제안하였다. 제안된 FDI 기법은 픽셀 단위의 에지 모델을 사용한다. FDI 기법은 주변의 활용 가능한 영상 데이터를 최대한 이용하여 에지 모델을 만들고, 이를 픽셀 단위로 적용함으로써 좋은 성능을 얻을 수 있다. 이 방식은 단순한 영역뿐만 아니라 복잡한 영상 구조에도 대응할 수 있는 방식이다. 실험 결과는 기존의 방식과 비교하여 제안한 방식이 가장 좋은 성능을 보임을 확인하였다. 또한 에지나 텍스처가 복잡한 영역에서도 시각적으로 만족스러운 결과를 보였다. 제안된 방식은 기존의 방식에 비해 주관적, 객관적인 성능 향상을 보였고, 복잡도가 낮기 때문에 실시간 응용에 적용할 수 있다.

참고 문헌

[1] *JPEG Tech. Spec., Revision 8*, JPEG-8-R8, ISO-IEC/JTC1/SC2/WP8, Aug. 1990.
 [2] *ISO/IEC 13818-2*, Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information-Part 2: Video, ISO/IEC 13 818-2 MPEG-2 Video Coding Standard, 1995.
 [3] "Video codec for audiovisual services at p. 64 kbits/s," CCITT Draft Revision of Recommendation H.261, CCITT SC XV, Description of Reference Model 8* (RM8), Doc. 525, 1989.
 [4] Y. Wang and Q. F. Zhu, "Error control and concealment for video communication: A

review," in *Proc. IEEE Multimedia Signal Processing*, May 1998, pp. 974-997.

[5] S. Aign and K. Fazel, "Temporal and Spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 Video Codec," in *Proc. IEEE Int. Conf. on commun.*, Vol. 3, pp. 1778-1783, 1995.
 [6] P. Salama, N. B. Shroff, E. J. Coyle, and E. J. Delp, "Error concealment techniques for encoded video streams," in *Proc. Int. Conf. Image Processing*, vol. I, Oct. 1995, pp. 9-12.
 [7] Y. Wang and Q. Zhu, "Signal loss recovery in DCT-based image and video codecs," in *Proc. SPIE Conf. Visual Commun. and Image Processing*, vol. 1605, pp. 667-678, Nov. 1991.
 [8] J. W. Park and S. U. Lee, "Recovery of corrupted image data based on the NURBS interpolation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9, pp. 1003-1008, Oct. 1999.
 [9] H. Sun and W. Kwok, "Concealment of damaged blocks transform coded images using projections onto convex sets," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 4, no. 4, pp. 470-477, Apr. 1995.
 [10] S. S. Hemami and T. H.-Y. Meng, "Transform coded image reconstruction exploiting interblock correlation," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 4, no. 7, pp. 1023-1027, Jul. 1995.
 [11] S. Shirani, F. Kossentini, and R. Ward, "Reconstruction of baseline JPEG coded images in error prone environments," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 9, no. 7, pp. 1292-1299, Jul. 2000.
 [12] Z. Alkachouh and M. G. Bellanger, "Fast DCT-based spatial domain interpolation of blocks in images," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 9, no. 4, pp. 729-732, Apr. 2000.
 [13] M. Ancis and D. D. Giusto, "Reconstruction of missing blocks in JPEG picture transmission," in *Proc. IEEE Pacific Rim*

Conf., pp. 288-291, Aug. 1999.

- [14] J.-W. Suh and Y.-S. Ho, "Error concealment based on directional interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 43, pp. 295-302, Aug. 1997.
- [15] Y. Wang, Q. F. Zhu, and L. Shaw, "Maximally smooth image recovering transform coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 41, no. 10, pp.1544-1551, Oct. 1993.
- [16] 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. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no. 8, pp. 845-854, Dec. 1997.
- [17] X. Lee, Y.-Q. Zhang, and A. Leon-Garcia, "Information loss recovery for block-based image coding techniques-a fuzzy logic approach," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 4, no. 3, pp. 259-273, Mar. 1995.
- [18] Z. Wang, Y. Yu, and D. Zhang, "Best neighborhood matching: An information loss restoration technique for block-based image coding systems," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 7, pp. 1056-1061, Jul. 1998.
- [19] S.-C. Hsia, "An edge-oriented spatial interpolation for consecutive block error concealment," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 11, pp. 577-580, Jun. 2004.
- [20] Xin Li; Orchard, M.T., "Novel sequential error-concealment techniques using orientation adaptive interpolation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 12, no. 10, pp. 857-864, Oct. 2002.
- [21] J. Park, D.-C. Park, R. J. Marks, II, M. A. El-Sharkawi, "Recovery of image blocks using the method of alternating projections," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 14, no. 4, pp. 461-474, Apr. 2005.

김 원 기 (Wonki Kim)

정회원



2000년 8월 : 한양대학교 전기
전자컴퓨터공학부 졸업
2003년 2월 : 한양대학교 전자
통신전파공학과 석사
2003년 3월~현재 : 한양대학교
전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> image/video coding,
mobile video system, and image processing

구 자 성 (Jasung Koo)

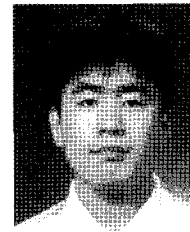
준회원



2004년 2월 : 홍익대학교 전자전
기 제어공학과 졸업
2006년 8월 : 한양대학교 전자
통신컴퓨터공학과 석사
<관심분야> 영상통신, 영상처리,
디지털 방송

진 순 종 (Soonjong Jin)

준회원



2004년 2월 : 한양대학교 전자
컴퓨터공학부 졸업
2006년 3월 : 한양대학교 전자
통신컴퓨터공학과 석사
2006년 3월~현재 : 한양대학교
전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> Image Compression,
Image Processing, H.264/AVC, Transcoding, Multi -
view Video Coding, Scalable Video Coding

정 제 창 (Jechang Jeong)

정회원

한국통신학회 논문지 제31권 제12C호 참조