

방향성 보간을 이용한 공간적 에러 은닉 기법

정희원 유현선*, 김원기*, 정제창**

A Spatial Error Concealment Technique Using Edge-Oriented Interpolation

Hyun sun Yoo*, Won ki Kim*, Je chang Jeong** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 블록 기반의 영상압축에 있어서 방향성 기반 공간적 에러 은닉 기법을 제안한다. 제안된 기법은 우선 공간적 경계 정합 기법을 이용하여 손실된 블록 내의 에지 방향성을 나타내는 공간 방향 벡터들을 찾아낸다. 이 벡터들을 이용한 방향성 보간을 통해 복원 블록들을 만들고, 그 중 방향성 경계정합 에러가 작은 복원 블록들을 이용하여 최종 복원 영상을 생성한다. 제안된 기법은 매크로블록이나 슬라이스 단위의 에러에 대해 적응적으로 대처할 수 있고, 복잡도가 낮을 뿐만 아니라 우수한 복원 화질을 얻게 해준다.

Key Words : Spatial Error Concealment, Boundary Matching Algorithm, Directional Interpolation, Edge-Oriented, Postprocessing

ABSTRACT

This paper introduces a spatial error concealment technique using directional interpolation in block-based compression. The first step involves finding the spatial direction vectors represented an edge-direction in the lost block using spatial boundary matching algorithm. Then, the error blocks are recovered by directional interpolation through these vectors and concealed by using the recovered blocks which have lower directional boundary matching error out of them relatively. This proposed method is able to deal with errors on macroblock or slice level adaptively. And it has lower complexity and maintains better performance compared to the conventional methods.

1. 서론

네트워크를 통한 영상 데이터 전송 시 에러가 발생하면 복원된 영상의 화질 열화는 매우 심각하다. 따라서 에러가 존재하는 전송환경에서 압축된 영상이 일정한 화질을 유지하기 위해서는 에러 내성 기술과 에러 정정 기술 등 에러 제어 기법이 필요하다. 특히 수신단에서 독립적으로 구현할 수 있는 에러 은닉 기법은 양질의 영상을 얻기 위한 중요한

기술이다. 정지영상의 경우 에러가 발생했을 때 참조할 수 있는 영상이 없고, MPEG의 인트라 프레임의 경우 움직임 보상 시 기준 프레임으로 사용되기 때문에 에러가 발생하게 되면 시간적 오류의 전파가 나타나게 되므로 공간 영역에서의 에러 은닉 기법이 필요하다.

공간 영역에서의 에러 은닉 기법 중 가장 간단한 방법은 양선형 보간 기법(Bilinear Interpolation)^[1]이다. 이 기법은 비교적 낮은 복잡도를 가지고 어느

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

** 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 (jjeong@ece.hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-01-012, 접수일자 : 2005년 1월 12일

※ 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구 되었음. (KRF-2004-005-D00164)

정도의 성능을 나타내기 때문에 널리 이용하고 있다. 하지만 세밀한 에지를 가지는 영역에 대해서는 blurring이나 블록킹 현상 등이 나타난다. 뿐만 아니라 에지가 흐르는 방향과 관계없는 블록의 경계화소 값들을 이용하게 되므로 선형 보간법보다도 성능 저하와 많은 계산량을 발생시킨다. 이러한 양선형 보간 기법을 개선하기 위해 단순화된 에지 모델을 이용하는 여러 방향성 보간 기법들이 제안되어 왔다^{4,6}. 다른 접근 방법으로는 퍼지 이론을 이용해서 저주파 계수와 고주파 계수 모두를 복구하는 방법⁷, 영상 신호의 평활화 척도가 최대가 되도록 손상된 블록들을 복구하는 기법⁸, 블록집합에 투영(Projection Onto Convex Sets: POCS)하는 기법³, 픽셀 기반의 통계 모델을 통해 순차적인 보간을 수행하는 방법⁹ 등이 있다. 그러나 이러한 공간적 에러 은닉 기법들은 실시간 응용에 적용하기에는 복잡도가 매우 높다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 낮은 복잡도를 가지면서 우수한 성능을 나타내는 공간적 에러 은닉 기법에 대해서 제안하고자 한다. 이 기법은 에지의 방향을 추정하기 위한 1차원 공간적 경계정합 기법, 가중치를 둔 방향성 보간 기법(Directional Weighting Interpolation), 에지의 흐름을 예측하는 모드 선택, 마지막으로 방향성 경계정합 에러를 가중치로 둔 평균합 등으로 구성되어 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 매크로 블록 및 슬라이스 단위의 에러가 발생했을 경우 제안한 기법을 이용하여 에러 은닉하는 방법에 대해 설명한다. 3장에서는 실험을 통하여 제안된 방법의 성능을 평가하고 기존의 방법과 비교 분석을 통하여 효율성을 입증하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 제안하는 알고리즘

2.1 블록 단위의 에러 은닉

2.1.1 공간적 경계 정합에 의한 4개의 공간 방향 벡터 검출

본 논문에서는 손실된 블록 내의 정확한 에지의 방향성을 찾고 방향의 섬세함을 높이기 위해서 공간 방향 벡터(Spatial Direction Vector: SDV)를 도입한다. 공간 방향 벡터는 비디오 영상 압축 방법에서의 움직임 찾는 방법과 유사한 개념으로 생각할 수 있다.

먼저 손실된 블록에 대해 에지의 방향을 찾기 위해 이웃한 상·하·좌·우 블록들의 경계화소 사이에 1차원 경계 정합(Boundary Matching Algorithm: BMA)을 이용한다. 그 후 복원된 화소는 추정된 결과를 기반으로 에지 방향을 따라 보간된다. 그림 1은 하단 블록 B_B 와 상단 블록 B_{TL} , B_T , B_{TR} 사이의 최상의 정합을 찾기 위해 경계 탐색을 보여준다. 1차원 경계 정합은 평균 절대 오차(Mean Absolute Difference: MAD)에 의해 찾게 되는데, 식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 D_T(x) &= \sum_{i=0}^{N-1} |B_T(i, 0) - B_{B,BL,BR}(i+x, N-1)| \\
 D_B(x) &= \sum_{i=0}^{N-1} |B_B(i, N-1) - B_{T,TL,TR}(i+x, 0)| \\
 D_L(y) &= \sum_{i=0}^{N-1} |B_L(N-1, i) - B_{R,TR,BR}(0, i+y)| \\
 D_R(y) &= \sum_{i=0}^{N-1} |B_R(0, i) - B_{L,TL,BL}(N-1, i+y)| \\
 -N < x < N, -N < y < N
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기에서 x, y 는 블록 크기가 $N \times N$ 일 때 $-N$ 에서 N 까지의 탐색 벡터이다.

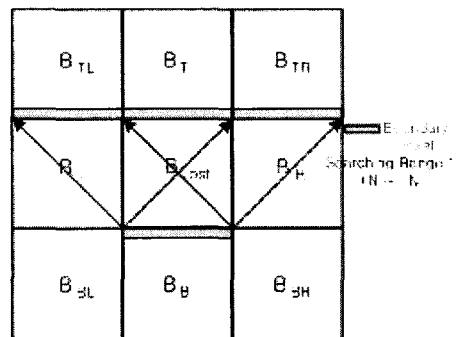


그림 1. 상단 경계를 이용한 공간적 경계 정합 기법

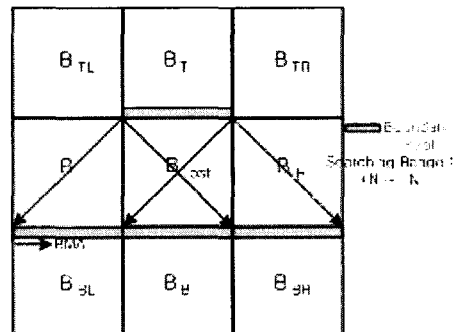


그림 2. 하단 경계를 이용한 공간적 경계 정합 기법

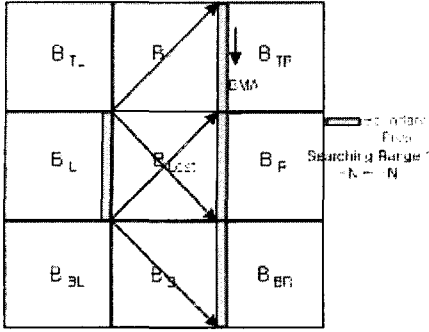


그림 3. 좌측 경계를 이용한 공간적 경계 정합 기법

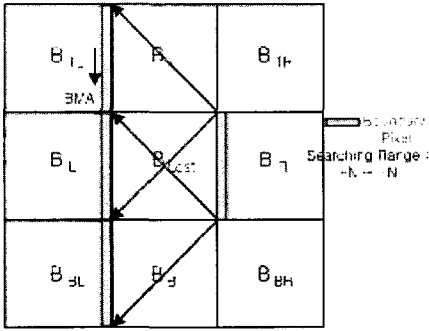


그림 4. 우측 경계를 이용한 공간적 경계 정합 기법

$$\begin{aligned}
 SDV_T &= (-\arg \min(D_T(x)), N+1), \\
 SDV_B &= (\arg \min(D_B(x)), N+1), \\
 SDV_L &= (N+1, \arg \min(D_L(y))), \\
 SDV_R &= (N+1, -\arg \min(D_R(y))) \\
 -N < x < N, -N < y < N
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서 SDV는 에지의 흐름을 나타내는 공간 방향 벡터이고 $\arg \min(D_T(x))$ 은 상단 블록 경계 B_T 와 하단 블록들 B_B, B_{BL}, B_{BR} 간의 블록 경계 정합 에러 $D_T(x)$ 값을 최소화하는 x 값을 나타낸다. $2N$ 개의 MAD값을 비교한 후, 상·하·좌·우 블록의 경계화소와 가장 잘 정합하는 반대편 블록 경계화소의 위치를 통해 공간 방향 벡터 SDV를 찾을 수 있다. 예를 들어 하단 블록 B_B 의 경계화소와 가장 잘 정합하는 상단 블록 B_{TL}, B_T, B_{TR} 경계화소의 위치를 통해 SDV_B 를 구할 수 있다. 즉 이 벡터는 손상된 블록 내에 흐르는 에지의 방향을 나타낸다. 에지의 방향이 $0^\circ \sim 45^\circ$ 라면 최상의 정합은 B_T 와 B_{TR} 사이에 위치하고, 반대로 에지의 방향이 $90^\circ \sim 135^\circ$ 라면 최상의 정합은 B_{TL} 과 B_T 사이에 위치할 것이다. 마찬가지로 방식으로 블록 B_T, B_L, B_R 에 대해서도 경계 정합을 통해 공간 방향 벡터 SDV_T, SDV_L, SDV_R 을 구한다.

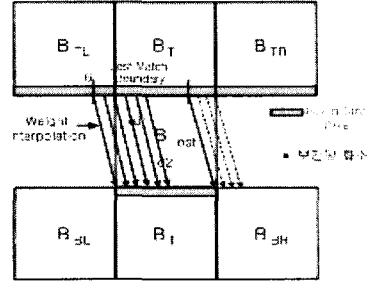


그림 5. 공간 방향 벡터에 따른 가중치를 둔 방향성 보간

2.1.2 공간 방향 벡터들에 따른 방향성 보간

추정된 결과 최소 MAD값이 문턱치보다 적다면, 이것은 이웃한 블록들 사이에 큰 에지가 흐르거나 평탄한 영역이라는 것을 의미하는 것이다. 이 경우에 손상된 화소들은 공간 방향 벡터를 따라서 보간된다. 만일 SDV 벡터를 구했다면 SDV에 따른 보간은 아래와 같이 식 (3), (4)로 계산된다.

$$\begin{aligned}
 B(i, j) &= \frac{1}{d} \times (d_B \times B_T(x_T, N-1) + d_T \times B_B(x_B, 0)), \\
 \text{if using } SDV_B : \\
 x_T &= SDV_{B,x} \times (j+1)/(N+1), \\
 x_B &= SDV_{B,x} \times (N-j+1)/(N+1) \\
 \text{if using } SDV_T : \\
 x_T &= SDV_{T,x} \times (j+1)/(N+1), \\
 x_B &= SDV_{T,x} \times (N-j+1)/(N+1) \\
 d_B &= \sqrt{(i-x_B)^2 + j^2}, \\
 d_T &= \sqrt{(i-x_T)^2 + (j-N)^2} \\
 d &= d_B + d_T, i, j = 0, 1, \dots, N-1
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 B(i, j) &= \frac{1}{d} \times (d_R \times B_L(N-1, y_L) + d_L \times B_R(0, y_R)), \\
 \text{if using } SDV_L : \\
 y_L &= SDV_{L,y} \times (i+1)/(N+1), \\
 y_R &= SDV_{L,y} \times (N-i+1)/(N+1) \\
 \text{if using } SDV_R : \\
 y_L &= SDV_{R,y} \times (i+1)/(N+1), \\
 y_R &= SDV_{R,y} \times (N-i+1)/(N+1) \\
 d_L &= \sqrt{i^2 + (j-y_L)^2}, \\
 d_R &= \sqrt{(i-N)^2 + (j-y_R)^2} \\
 d &= d_L + d_R, i, j = 0, 1, \dots, N-1
 \end{aligned} \tag{4}$$

여기서 x_T, x_B, y_L 과 y_R 은 (i, j) 좌표를 지나면서 각 SDV의 방향을 따라 상·하·좌·우 경계와 만나는 좌표를 말한다. 또한 d_T, d_B, d_L 과 d_R 은 각 보간될 화소와 각 SDV의 방향을 따라 정합 경계 및 상·하·좌·우 블록 경계 사이에 대한 거리이다. 만약 보간될 화소의 위치가 하단 블록과 가깝다면 하단 블록 B_B 의 경계 화소의 가중치는 d_T 의 증가로 커지게 될 것이다.

식 (3), (4)에서 에지의 기울기가 수직이거나 수평일 경우에는 단일 방향의 선형 보간을 사용하게 된다. 만일 상·하 방향의 경계정합에서 공간 방향 벡터가 수직이라면, 식 (3)은 식 (5)와 같이 되어 최단거리에 있는 이웃한 상·하 블록의 경계 화소들을 이용해 에러를 은닉하게 된다.

$$B(i, j) = \frac{1}{d} \times (d_B \times B_T(i, N-1) + d_T \times B_B(i, 0))$$

$$d = N + 1, i, j = 0, 1, \dots, N-1 \quad (5)$$

결과적으로 네 개의 SDV에 따라 보간을 하면 네 개의 복원 블록이 만들어지는 것이다. 이 네 개의 복원 블록들은 커버하는 에지의 각도가 다르고 각기 다른 경계화소들을 이용하여 에지의 방향을 찾는 것이기 때문에 영상의 에지 특성에 따라 화질 성능이 다를 수 있다. 따라서 네 개의 복원 블록들을 적절히 조합하여 최종적인 복원 블록을 만드는 과정이 필요하다.

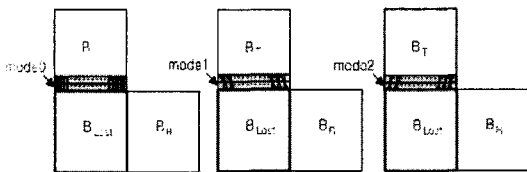


그림 6. 주변블록을 이용한 모드 결정

2.1.3 주변의 경계화소를 이용한 모드 선택

이 과정은 네 개의 복원 블록 B_1, B_2, B_3 및 B_4 중에서 원본에 가까운 것을 찾기 위해 필요하다. 또한 복원 블록을 조합하여 최종 복원 블록을 만들어 낼 때 필요한 가중치 값을 좀더 정교하게 얻기 위해 필요한 과정이다.

이를 위해 본 논문에서 제안하는 방법은 방향성 경계 정합 에러를 이용하는 것이다. 먼저 그림 7과 같이 손실된 블록 주위의 에지의 방향성을 예측하기 위해 상·하·좌·우 블록의 2줄의 최외각 경계 화소들을 이용한다. 에지가 흐르는 방향을 찾기 위

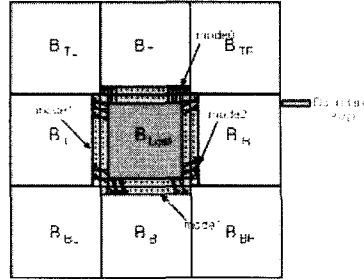


그림 7. 블록 에러에 대한 방향성 경계정합 에러

하여 블록 경계와의 수직방향(mode0), 대각선 방향(mode1) 역대각선 방향(mode2)으로 각각 블록 경계 정합 에러를 구하고, 그 중 가장 작은 에러값을 갖는 방향을 해당 경계의 mode로 선택한다.

이것은 에지의 방향성을 세밀하게 나타내는 것은 아니다. 단지 각각의 mode는 블록의 네 경계면에서 각각 에지가 대략적으로 어떤 방향으로 흐르는지를 미리 파악하는 것이다. 예를 들어 손실된 블록의 상단 블록의 최외각 경계와 바로 인접의 경계가 mode2라고 가정하면 상단블록에서의 에지의 흐름은 대각선 방향이라고 미리 파악할 수 있는 것이다. 그림 7은 미리 구한 각각의 mode를 이용하여 블록 경계정합 에러를 구하는 예를 보여준다.

네 개의 복원 블록 B_1, B_2, B_3 및 B_4 에 대해 각각 블록 경계정합 에러 $MAE_{B_1}, MAE_{B_2}, MAE_{B_3}$ 와 MAE_{B_4} 를 구한다. 이때 에러를 구하는 방향은 앞서 구한 mode를 이용한다. 여기서 각각의 MAE 값은 영상을 복원하는데 가중치로 사용하게 된다.

2.1.4 가중치를 둔 평균합을 통한 최종 에러 은닉

최종적인 에러 은닉은 앞서 구한 네 개의 MAE 값 중에서 보다 작은 값을 갖는 2개의 복원 블록을 해당 MAE값을 가중치로 둔 평균합을 취함으로써 수행한다. 이때 아래와 같은 식으로 원영상의 손실된 블록을 채워 넣는다.

$$B_{concealed}(i, j) = (MAE_A \times B_B(i, j) + MAE_B \times B_A(i, j)) / (MAE_A + MAE_B)$$

$$i, j = 0, \dots, N-1 \quad (6)$$

여기에서 MAE_A 와 MAE_B 는 네 개의 MAE 중 보다 작은 두 개의 MAE값이고 B_A 와 B_B 는 해당 복원 블록을 나타낸다. 이것은 MAE_B 가 가장 작은 값이라고 하면 복원된 블록 B_B 와 주변 상·하·좌·우 블록간의 경계정합 에러가 가장 작다는 것을 의미하므로 손실된 블록이 가장 잘 복원되었다

는 것이라고 판단할 수 있다. 따라서 이 MAE_B 가 MAE_A 보다 작기 때문에 두 번째로 잘 복원된 블록 B_A 의 가중치로 사용되고 MAE_A 는 가장 잘 복원된 블록 B_B 의 가중치로 사용되어 좀더 좋은 양질의 복원된 블록을 얻을 수 있게 된다.

2.2 슬라이스 단위의 에러 은닉

슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 경우에는 에러 블록에 이웃하는 좌측 및 우측 블록에 대한 경계 화소값이 없기 때문에 상단 및 하단 블록의 경계 화소값들만을 이용하여 손상된 블록을 복원해야 한다. 따라서 1차원 경계정합은 상·하 블록들 사이에서 두 번 이루어지고, 공간 방향 벡터도 SDV_T 와 SDV_B 의 2개만 존재한다.

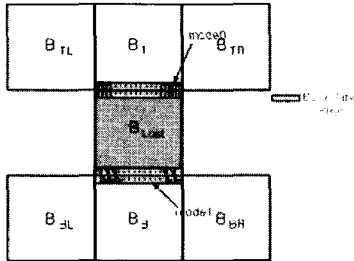


그림 8. 슬라이스 에러에 대한 방향성 경계정합 에러

두 개의 공간 방향 벡터를 이용하여 방향성 보간을 수행하여 복원 블록 B_1 과 B_2 를 구한다. 다음에 블록 단위의 에러 은닉 기법에서 이용했던 것과 마찬가지로 블록 경계 정합 에러를 이용하여 상·하 블록 경계에 대하여 mode를 결정하고 mode에 따라 MAE_1 과 MAE_2 값을 구한다(그림 8). 복원블록이 2개만 존재하고, 손실된 블록의 왼쪽과 오른쪽 경계면에 대해서는 MAE 값이 존재하지 않으므로, 2개의 복원 블록을 이용하여 최종적으로 에러를 은닉할 수밖에 없다. 최종 복원 블록은 다음 식과 같이 구한다.

$$B_{concealed}(i, j) = (MAE_1 \times B_2(i, j) + MAE_2 \times B_1(i, j)) / (MAE_1 + MAE_2) \quad (7)$$

$i, j = 0, \dots, N-1$

III. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위하여 512*512의 표준 정지영상들을 이용하였다. 실험 환경은 펜티엄 IV 2.5GHz, 512MB RAM, 64MB Video RAM의 PC를 사용하였다. 그림 9는 "Lena" 영상에 블록기반의 에러가 발생했을 때 4개의 공간



(a) SDV_B 를 이용한 보간 (b) SDV_T 를 이용한 보간



(c) SDV_L 를 이용한 보간 (d) SDV_R 를 이용한 보간
그림 9. 4개의 공간 방향 벡터에 따른 보간 영상

방향 벡터를 이용하여 각각 방향성 보간을 수행한 결과 영상이다. SDV_T , SDV_B 를 이용한 복원영상의 경우 수직 방향의 에지의 흐름을 잘 찾고, SDV_L 및 SDV_R 을 이용한 복원영상의 경우에는 수평 방향의 에지에 대해 잘 적응한다는 것을 알 수 있다. 또한 SDV_T 와 SDV_B 를 이용해 복원된 영상의 경우에도 각기 사용하는 경계화소들이 다르고 경계정합 방향이 다르기 때문에 에지의 각도에 따라 다른 성능을 보임을 확인할 수 있다.

그림 10과 같이 매크로블록 단위의 에러를 생성하여 양선형 보간 기법, Xin Li가 제안한 방법^[9]와 본 논문에서 제안한 방법을 각각 적용하였다. 그리고 그림 11과 같이 슬라이스 단위의 에러를 생성하여 선형 보간 기법, Hsia가 제안한 방법^[2]와 본 논문에서 제안한 방법을 각각 적용하였다. Hsia가 제안한 방법은 슬라이스 단위의 에러가 발생했을 때 공간적 경계정합을 이용한 에러은닉 방법이다. 한편 Xin Li의 방법은 픽셀 기반의 통계 모델을 통해 순차적인 보간을 수행하는 방법이다. 양선형 보간 방법은 식 (8)과 같이 이웃하는 블록들의 가장 가까운 경계화소 값들을 이용하여 에러 블록을 복원한다.

$$B_{Bilinear}(i, j) = \frac{1}{d} \times (d_R \times B_L(i, N-1) + d_L \times B_R(i, 0) + d_B \times B_T(N-1, j) + d_T \times B_B(0, j)) \quad (8)$$

$d = 2 \times (N+1)$
 $i, j = 0, 1, \dots, N-1$



(a) 손상된 영상 (b) 양선형 보간을 이용해 복원된 영상



(c) Xin Li 기법으로 복원된 영상 (d) 제안된 기법으로 복원된 영상

그림 10. "Lena" 영상에서 매크로블록 에러에 대한 실험 결과



(a) 손상된 영상 (b) 선형 보간을 이용해 복원된 영상



(c) Hsia 기법으로 복원된 영상 (d) 제안된 기법으로 복원된 영상

그림 11. "Lena" 영상에서 슬라이스 에러에 대한 실험 결과

식 (8)에서 i, j 는 i, j 번째 에러 블록의 복원될 화소값을 의미한다.

양선형 보간 기법은 그림 10(b)의 결과에서도 알 수 있듯이 손실된 블록에 이웃하는 블록들에 에지가 존재할 경우 혹은 블록들의 특성이 서로 다른 경우에는 에지의 특성을 살릴 수가 없고 블록화 현상을 보이며, 눈에 거슬리는 것을 볼 수 있다. 그림 10(c)는 Xin Li가 제안한 방법을 이용하여 복원한 영상으로써 T값(보간을 위해 사용할 주변 픽셀을 정하기 위해 사용하는 인자)을 8로 한 결과이다. 이 방법은 블록 기반이 아니라 픽셀 기반으로 이미지 내의 상관도를 모델링 하는 방법으로써 어느 정도의 성능은 보장하지만 복잡한 행렬 연산을 수행해야 하기 때문에 복잡하다는 단점이 있다.

그림 10(d)는 제안된 방법을 이용하여 복원된 영상으로 양선형 기법과 Xin Li의 기법보다 양질의 화질을 얻을 수 있었다. 이 기법은 손실된 블록 주위 블록 4개의 경계를 모두 이용하기 때문에 에지의 방향을 $0^\circ \sim 360^\circ$ 전 영역을 고려한다. 그림 9의 4개의 복원 블록 중 실제 에지의 흐름에 맞는 블록을 선택적으로 이용하고 또한 방향성 경계 정합 에러를 구해 가중치 값으로 활용하기 때문에 좀 더 좋은 성능을 보인다.

그림 11(a)는 슬라이스 단위로 에러가 발생한 영상을 보이고 있으며 그림 11(b)는 그림 2처럼 선형

보간을 이용해 복원된 영상을 나타낸 것이다. 이것은 상단 및 하단 블록의 경계화소값만을 이용해 보간을 이용하기 때문에 수직방향의 블록킹 현상 및 blurring 등이 눈에 거슬림을 알 수 있고 에지의 방향을 전혀 고려하지 않고 보간을 하기 때문에 에지의 특성을 살릴 수가 없다. 그림 11(c)는 Hsia가 제안한 방법으로 복원된 영상을 나타낸 것이다. Hsia의 방법으로는 방향성 보간을 하지 못하는 영역이 생겨나게 되는데 이 부분은 중간값(median) 필터를 사용하여 채우게 된다. 채워지지 않는 부분이 아주 작은 영역이라고 한다면 중간값 필터를 이용하는 것이 효과적이겠지만 채워지지 않는 부분이 비교적 큰 영역을 차지하고 있으면 중간값 필터를 사용하는 것보다 기울기를 그림 5처럼 확장을 하여 나머지 채워지지 못한 영역도 복원하는 것이 효과적일 것이다. 여기서는 모자의 윗부분이나 눈 주위 부분, 입술 부분 등에서 에지를 잘못 찾는 경우가 있다. 그림 11(d)는 제안된 기법으로 복원된 영상으로 블록 단위 에러 은닉 기법과 마찬가지로 mode를 통하여 미리 에지의 흐름을 예측하여 예측된 방향으로 경계정합 에러를 구하고 그 값을 가중치 값으로 이용하기 때문에 Hsia 방법보다 복원 화질을 개선할 수 있다.

다음으로 표 1과 2는 매크로블록 및 슬라이스 단위로 에러가 발생하였을 경우 복원된 각 영상에 대

표 1. 매크로블록 단위 에러에 대한 각 영상의 PSNR 결과 (dB) 및 소요시간(초)

Test Image	양선형 보간법	Xin Li 기법(T=8)	제안된 기법
Lena	28.02	32.11	32.60
Airplane	26.88	28.01	28.41
Barboonr	25.18	24.82	25.17
Babara	26.44	26.59	27.71
Goldhill	29.58	29.39	30.03
Pepper	27.49	31.22	30.86
Boat	27.55	27.45	29.07
소요시간	0.015초	34.74초	0.178초

표 2. 슬라이스 단위 에러에 대한 각 영상의 PSNR 결과 (dB) 및 소요시간(초)

Test Image	선형 보간법	Hsia 기법	제안된 기법
Lena	25.12	27.69	28.00
Airplane	21.64	22.57	22.78
Barboonr	20.49	21.10	21.41
Babara	21.87	23.81	24.13
Goldhill	24.81	25.56	25.82
Pepper	23.49	25.73	26.22
Boat	22.68	23.56	23.99
소요시간	0.015초	0.078초	0.137초

한 PSNR 결과와 소요시간을 보여준다. 매크로블록 단위의 에러의 경우 기존의 Xin Li 방법보다 0.5 ~ 1.8dB의 PSNR 향상을 보였고, 소요시간의 경우 제안된 기법은 0.178초, Xin Li 기법은 34.78초로 제안된 기법의 복잡도가 Xin Li 기법에 비해 매우 낮음을 알 수 있다. 한편 슬라이스 단위의 에러의 경우에는 기존의 Hsia 방법보다 0.2 ~ 0.5dB의 PSNR 향상을 보이고, 소요시간의 경우 제안된 기법은 0.137초, Hsia 기법은 0.078초로 두 기법 모두 매우 낮은 복잡도를 갖고 있다. 따라서 제안된 기법은 PSNR 성능과 복잡도에 있어 매우 만족스러운 결과를 보인다.

IV. 결론

본 논문에서는 손실된 블록에 대해 방향성 기반의 보간 기법을 이용한 공간적 에러 은닉 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 공간적 경계정합을 이용하여 공간 방향 벡터를 구하고, 이 벡터를 이용하여

방향성 보간을 수행한다. 그리고 손실된 블록 주변의 에지의 흐름을 추정하고 해당 경계정합 에러를 이용하여 보간 블록들을 적응적으로 평균합을 취함으로써 좀더 효율적으로 손실된 블록을 복원하는 구조이다.

제안한 방법은 블록 및 슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 경우 주변 블록의 경계를 이용하여 손실된 블록의 에지의 방향을 정교하게 찾을 수 있다. 또한 각 블록의 mode를 기반으로 최적의 방향성 경계정합 에러를 이용해 손실된 블록에 대해서 적절히 복원하는 기법이다. 본 논문에서 제안된 기법은 MAD 계산과 방향성 보간, 경계정합 에러를 구하는 정도의 간단한 연산만을 수행하기 때문에 계산량이 적다는 장점이 있다. 따라서 본 논문은 기존의 에러 은닉 기법에 비하여 객관적인 화질 향상을 보일 뿐만 아니라, 복잡도가 낮기 때문에 실시간 응용에 적용할 수 있다.

참고 문헌

- [1] P. Slama, N.B. Shroff, E. J. Coyle and E. J. Delp, "Error concealment technique for encoded video streams," in *Proc. Int. Conf. Image Processing*, vol. I, pp. 9-12, Oct. 1995.
- [2] Shih-Chang Hsia, "An edge-oriented spatial interpolation for consecutive block error concealment," *IEEE, Signal Processing Letters*, vol.11, No.6, pp. 577-580, June 2004.
- [3] H. Sun and W. Kwok, "Concealment of damaged block transform coded images using projection onto convex set," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 470477, Apr. 1995.
- [4] W. Zeng and B. Liu, "Geometric-structure-based directional filtering for error concealment in image/video transmission," in *Proc. SPIE Conf. Wireless Data Transmission*, Photonics East, vol. 2601, pp.145156, Oct. 1995.
- [5] 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. 10031008, Oct.

1999.

- [6] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment based on directional interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, pp. 295302, Aug. 1997.
- [7] X. Lee, Y. Zhang, and A. Leon-Garcia, "Information loss recovery for block-based image coding techniquesA fuzzy logic approach," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 259273, Mar. 1995.
- [8] W. Zhu, Y. Wang, and Q. Zhu, "Second-order derivative-based smoothness measure for error concealment in DCT-based codecs," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8, pp. 713718, Oct. 1998.
- [9] Xin Li, and Michael T. Orchard, "Novel Sequential Error-Concealment Techniques Using Orientation Adaptive Interpolation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 12, pp. 857864, Oct. 2002

유 현 선(Hyun sun Yoo)

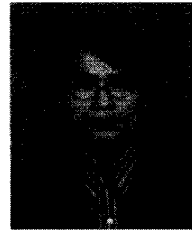
정회원



2002년 2월 한양대학교 전기
전자컴퓨터공학부 졸업
2003년 8월~현재 한양대학교
전자통신컴퓨터공학과 석사과
정
<관심분야> 영상통신, 영상처
리, 디지털 방송

김 원 기(Won ki Kim)

정회원



리, 디지털 방송

2000년 8월 한양대학교 전기
전자컴퓨터공학부 졸업
2003년 2월 한양대학교 전자
통신전파공학과 석사
2003년 3월~현재 한양대학교
전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> 영상통신, 영상처

정 제 창(Je chang Jeong)

정회원



1980년 2월 서울대학교 전자
공학과 졸업
1982년 2월 KAIST 전기전자
공학과 석사
1990년 미국 미시간대학 전기
공학과 공학박사
1982~1986 KBS 기술연구소
연구원 (디지털 TV 및 뉴미디어 연구)
1990년~1991년 미국 미시간대학 전기공학과 연구
교수(영상 및 신호처리 연구)
1991년~1995년 삼성전자 멀티미디어 연구소
(MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)
1995년~현재 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교
수(영상통신 및 신호처리 연구실)
1998년 11월 27일 과학기술자상 수상
1998년 12월 31일 정보통신부장관상 표창
<관심분야> 영상처리 및 영상압축