

적응적 방향성 보간을 이용한 효율적인 공간적 에러 은닉 기법

준회원 박 선 규*, 정회원 김 원 기**, 정 제 창**

An Efficient Spatial Error Concealment Technique Using Adaptive Edge-Oriented Interpolation

Sunkyu Park* Associate Member, Wonki Kim**, Jechang Jeong** Regular Members

요 약

에러가 존재하는 전송 환경에서 압축된 영상을 전송하는 경우, 일정한 화질을 유지하기 위해서는 에러 은닉 기법이 필요하다. 본 논문에서는 블록 기반의 영상 압축에 있어서 공간적 에러 은닉 기법을 제안한다. 제안된 기법은 공간 영역에서 슬라이스 단위의 에러가 발생했을 경우, 에러가 발생한 블록에 이웃하는 상·하 블록의 경계 화소를 이용하여 손상된 블록의 상·하 외곽 영역의 세밀한 에지 방향성을 찾아 각각 부분 복원을 한다. 그리고 복원되지 않은 내부 영역은 이웃한 경계 화소를 이용하여 블록 내의 전체적인 에지 방향성을 찾아 적응적으로 최종 복원 영상을 만들어 내는 2단계의 경계 정합 기법이다. 이 기법은 기존의 에러 은닉 방식보다 복잡도가 낮을 뿐만 아니라 에지를 흐름을 잘 복원하여 객관적·주관적으로 우수한 복원 영상을 얻게 해준다.

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

ABSTRACT

When error occurs during the network transmission of the image, the quality of the restored image is very serious. Therefore to maintain the received image quality, the error concealment technique is necessary. This paper presents an efficient spatial error concealment method using adaptive edge-oriented interpolation. It deals with errors on slice level. The proposed method uses boundary matching method having 2-step processes. We divide error block into external and internal region, adaptively restore each region. Because this method use overall as well as local edge characteristics, it preserves edge continuity and texture feature. The proposed technique reduces the complexity and provide better reconstruction quality for damaged images than the previous methods.

I. 서 론

최근 영상의 디지털화가 빠르게 이루어지면서 기존의 아날로그 TV에서 발전하여 디지털 TV, DMB,

인터넷 TV의 이용이 급격히 증가하고 있다. 디지털 방송은 MPEG-2의 기술을 바탕으로 기존의 아날로그 방송, 라디오 방송에 비해 다채널 고품질 그리고 고음질 서비스를 제공하고 있다. 이러한 디지털 방

※ 본 연구는 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형 콘텐츠컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다.

* LG전자 Mobile Communications사업본부 단말연구소(sunkyu@lge.com)

** 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신 및 신호처리 연구실

논문번호 : KICS2006-11-511, 접수일자 : 2006년 11월 24일, 최종논문접수일자 : 2007년 5월 3일

송은 아날로그 방송과는 달리 압축된 영상 데이터 신호를 패킷화하여, 네트워크를 통해 데이터를 전송하게 된다. 이때 네트워크상에서 전송상 에러가 발생하면 복원된 영상의 화질 열화는 매우 심각하다. 특히 MPEG-2의 경우 슬라이스 단위로 에러가 발생하기 때문에 주관적 화질 열화가 두드러지게 나타난다. 따라서 에러가 존재하는 전송 환경에서 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, MPEG-2의 인트라 프레임의 경우 움직임 보상시 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 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^[2-4]. 다른 접근 방법으로는 퍼지 이론을 이용해서 저주파 계수와 고주파 계수 모두를 복구하는 방법^[5], 영상 신호의 평활화 척도가 최대가 되도록 손상된 블록들을 복구하는 기법^[6], 블록 집합에 투영(Projection Onto Convex Sets: POCS)하는 기법^[7], 픽셀 기반의 통계 모델을 통해 순차적인 보간을 수행하는 방법^[8] 등이 있다. 그러나 이러한 공간적 에러 은닉 기법들은 실시간 응용에 적용하기에는 복잡도가 매우 높다는 단점이 있다. 그리고 기존에 발표된 에러 은닉 방법들은 매크로블록 또는 블록 단위의 손실을 기반으로 손상된 매크로블록 또는 블록 주위의 상, 하, 좌, 우 네 방향의 데이터를 이용하였다. 그렇지만 대부분의 심각한 에러는 슬라이스 단위로 발생하기 때문에 좌, 우의 데이터는 사용할 수 없다.

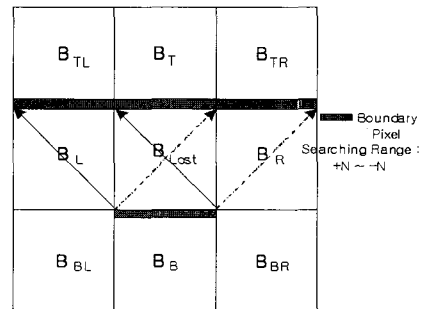
따라서 본 논문에서는 이러한 슬라이스 단위의 손상이 발생하였을 때, 낮은 복잡도를 가지면서 우

수한 성능을 나타내는 공간적 에러 은닉 기법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 손실 블록을 위쪽과 내곽으로 영역 분할하여 각각의 영역에 맞는 적용적인 경계 정합 기법을 2단계에 걸쳐 적용하는 것이다.

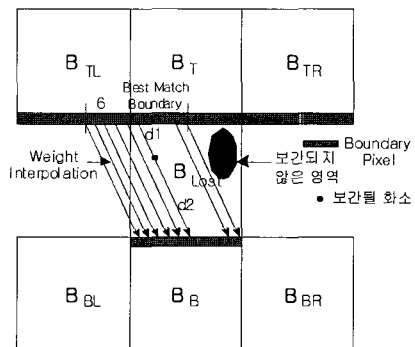
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 슬라이스 단위의 에러가 발생했을 경우 기존의 공간적 에러 은닉 기법을 설명하고, 3장에서는 제안한 기법을 이용하여 에러 은닉하는 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 실험을 통하여 제안된 방법의 성능을 평가하고 기존의 방법과 비교 분석을 통하여 효율성을 입증하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. Hsia의 공간적 에러 은닉 알고리즘

Hsia가 제안한 방법^[9]은 공간적 경계 정합을 이용한 기법이다. 슬라이스 단위의 손상이 발생하였을 때, 손상된 블록과 이웃한 상·하 블록의 경계화소를 이용하여 손상된 블록 내의 전체적인 에지의 흐름을 예측하여 복원 영상을 구하는 기법으로, 간단하면서도 우수한 성능을 보여주는 에러 은닉 기법 중 하나이다. 이 기법은 에러가 발생한 블록의 이웃하



(a) 하단경계를 이용한 정합 탐색



(b) 에지의 방향성에 가중치를 둔 방향성 보간

그림 1. Hsia가 제안한 공간적 에러 은닉 알고리즘

는 블록들에 단순한 에지가 존재 할 경우 에지가 존재하는 주변 블록들의 특성을 효과적으로 반영하여 에러가 발생한 블록을 은닉하고자 할 때 좋은 성능을 나타낸다.

우선 손실된 블록에 대해 전체적인 에지의 방향성을 찾기 위해 그림 1(a)와 같이 손실된 블록과 이웃한 아래 블록 B_B 의 상단 경계면과 위 블록 B_{TL} , B_T , B_{TR} 의 하단 경계면의 화소를 비교 탐색하여 가장 잘 정합하는 에지의 방향성을 구한다. 그리고 그림 1(b)와 같이 추정된 에지의 흐름에 따라 가중치를 둔 방향성 보간을 하여 복원 블록 $B1$ 을 구한다. 마찬가지로 블록 B_T 의 하단 경계면과 블록 B_{BL} , B_B , B_{BR} 의 상단 경계면의 화소를 탐색하여 에지의 방향성을 구하고, 계산된 에지에 따라 복원 과정을 거쳐 블록 $B2$ 를 구한다.

마지막으로 두 개의 복원 블록 $B1$, $B2$ 의 중간값을 계산하여 최종 복원 영상을 구한다. 이 때 Hsia가 제안한 방법으로는 손실된 블록에서 경계 정합 기법을 이용해서 얻은 에지의 기울기가 손실된 블록 영역을 벗어나게 되면 그림 1(b)처럼 복원되지 못하는 부분들이 생겨나게 되는데 이 부분은 가까이 존재하는 화소 값들을 중간값(median) 필터를 사용하여 복원한다. 채워지지 않은 부분이 아주 작은 영역이라면 중간값 필터를 이용하는 것이 효과적이겠지만, 채워지지 않은 부분이 비교적 큰 영역을 차지하고 있으면 화질의 저하가 나타난다.

또한 Hsia가 제안한 공간 은닉 기법은 에러가 발생한 블록 내의 에지의 흐름이 단순하거나 전체적으로 평탄한 영역일 경우에는 복원시 좋은 성능을 보여주지만, 다양한 방향의 에지가 존재하거나 에지의 흐름이 복잡할 경우에는 복원성능이 떨어진다. 따라서 에러가 발생한 블록을 우수하게 복원하기 위해서는 복원시 에지의 흐름을 더욱 세밀히 추정해야 할 필요가 있다.

III. 제안하는 에러 은닉 알고리즘

본 논문에서는 손실 블록 내에 다양한 방향의 에지가 존재하는 경우와 에지의 방향이 손실된 블록 내에서 변화하는 경우에 대처하기 위한 수단을 제공한다. 즉 에러가 발생한 블록을 복원할 때, 손실된 블록의 전체적인 에지의 흐름을 예측하여 반영하는 것도 중요하지만, 손실된 블록의 로컬 영역에 대한 에지의 특성을 적응적으로 반영하는 것도 중요하다. 따라서 본 논문에서는 에러가 발생한 블록

을 영역별로 분할하여 각각의 영역에 대한 에지의 방향성을 이용하여 적응적으로 복원을 하는 다음과 같은 2단계에 걸친 경계 정합 과정을 거친다.

우선 첫 번째 단계는 외곽 경계 정합 기법(External Boundary Matching Algorithm)을 이용한 복원이다. 우선 에러가 발생한 블록과 이웃한 위 블록의 경계면을 통해 손실된 블록의 상단 외곽 영역의 세밀한 에지의 방향성을 예측하고, 경계 블록 패치를 이용하여 추정된 에지에 따라 손실된 블록의 상단 외곽 영역을 부분 복원한다. 그리고 마찬가지로 에러가 발생한 블록과 이웃한 아래 블록과의 경계면을 통해 손실된 블록의 하단 외곽 영역의 세밀한 에지를 추정하고, 손실된 블록의 하단 외곽 영역을 부분 복원을 한다.

그리고 두번째 단계는 내부 경계 정합 기법(Internal Boundary Matching Algorithm)를 이용한 최종 복원이다. 복원되지 않은 내부 영역에 대해 이웃한 상·하 블록의 경계화소를 통해 전체적 에지의 흐름을 계산하고, 이를 이용한 방향성 보간을 통해 두 개의 복원 영상을 구하고, 이를 조합해 최종 복원 영상을 생성해 내게 되는데 기존의 에러 은닉 기법에 비해 우수한 성능을 나타낸다.

3.1 외곽 경계 정합 기법

이 과정에서는 손실된 블록의 복원시 우수한 성능을 얻기 위한 1단계 과정으로 에러가 발생한 블록의 외곽 영역을 상단 영역과 하단 영역으로 나누고, 각각 이웃한 상·하 블록의 경계 화소들을 이용해 각 영역당 2개의 세밀한 에지의 방향성을 예측한다. 그리고 추정된 4개의 에지의 흐름에 따라 에러가 발생한 블록의 상단 외곽 영역과 하단 외곽 영역을 에지가 추정된 범위에 맞춰 각각 M 줄씩 복원하는 과정이다.

여기서 경계 블록(Boundary Block) $S(i,j)$ 는 (i,j) 의 위치를 가진 8×2 블록으로 정의한다. 우선 손실된 블록의 상단 부분의 세밀한 에지의 방향성을 찾기 위해서, 손실된 블록과 이웃한 위쪽 블록 내의 고정 경계 블록(Fixed Boundary Block) 2개와 이동 경계 블록(Sliding Boundary Block)을 이용하여 1차원 공간적 경계 정합(Boundary Matching Algorithm)을 수행하여 2개의 고정 경계 블록에 대해 각각의 에지의 방향성을 예측한다. 그 후 복원될 화소는 각각 추정된 에지에 따라 패치를 이동시키며 복원된다. 그림 2는 블록 B_T 내의 2개의 고정 경계 블록과 이동 경계 블록사이의 최상의 정합을 보여주는

에지의 방향성을 찾기 위한 경계 탐색 방법을 보여 준다. 경계 정합은 식 (1)과 같은 평균 절대 오차에 의해 이루어진다.

$$\begin{aligned}
 SAD_{TOP1} &= \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^8 |S(i-2+k, j+shift+l) \\
 &\quad - S(i-4+k, j+l)| \\
 SAD_{TOP2} &= \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^8 |S(i-2+k, j+shift+8+l) \\
 &\quad - S(i-4+k, j+8+l)| \\
 SAD_{bot1} &= \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^8 |S(i+16+k, j+shift+l) \\
 &\quad - S(i+18+k, j+l)| \\
 SAD_{bot2} &= \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^8 |S(i+16+k, j+shift+8+l) \\
 &\quad - S(i+18+k, j+8+l)| \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서 shift 는 -4부터 4까지의 범위를 갖는 값이다.

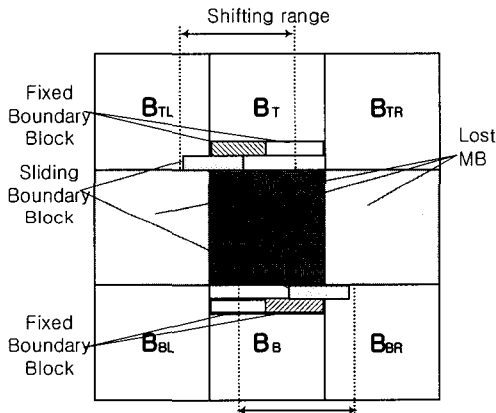


그림 2. 경계 블록 정합을 이용한 shift 검출

최상의 정합을 나타내는 shift 값은 다음 식 (2)에 의해 구해진다.

$$\begin{aligned}
 SHIFT_{top1} &= \arg \left[\text{Min}(SAD_{top1}(shift)) \right] \\
 SHIFT_{top2} &= \arg \left[\text{Min}(SAD_{top2}(shift)) \right] \\
 SHIFT_{bot1} &= \arg \left[\text{Min}(SAD_{bot1}(shift)) \right] \\
 SHIFT_{bot2} &= \arg \left[\text{Min}(SAD_{bot2}(shift)) \right] \\
 -4 &\leq shift \leq 4 \quad (2)
 \end{aligned}$$

일부분의 복원 블록을 얻기 위해 그림 3과 같이 패치 복사 방식을 사용한다.

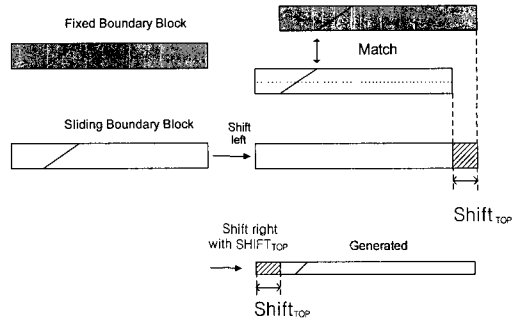


그림 3. 경계 정합과 복원 블록의 생성 방법

추정된 $SHIFT_{top1}$, $SHIFT_{top2}$ 를 이용하여 에러가 발생한 블록의 상단 외곽 영역이 일정 부분 패치의 형태를 유지한다는 전제하에 경계 블록 $S1(i-2,j)$ 과 $S2(i-2,j+8)$ 를 이용하여 에지가 추정된 범위에 따라 손상된 블록의 윗부분을 복원한다. 다음 식(3)은 손상된 블록의 상단의 M줄을 보간하는 식이다. 여기서 $S1'$, $S2'$ 는 각각의 경계 블록 $S1(i-2,j)$, $S2(i-2,j+8)$ 의 아래 줄의 8×1 의 크기를 가지는 블록이다. 그림 4는 상단 외곽 영역과 하단 외곽 영역에 대해 외곽 경계정합 처리를 수행한 후의 부분 복원 블록을 나타낸다.

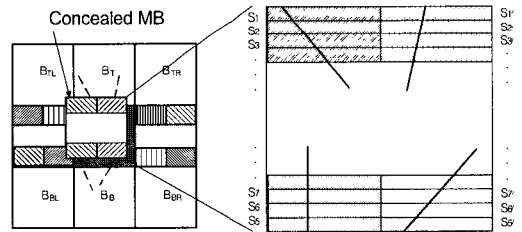


그림 4. 경계 블록 정합 기법에 의한 부분 복원

$$\begin{aligned}
 S_1 &: S1'(i-1, j-1 * SHIFT_{top1} / 2) \\
 S_2 &: S1'(i-1, j-2 * SHIFT_{top1} / 2) \\
 S_3 &: S1'(i-1, j-3 * SHIFT_{top1} / 2) \\
 &\vdots \\
 &S_M \\
 S'_1 &: S2'(i-1, j-1 * SHIFT_{top2} / 2) \\
 S'_2 &: S2'(i-1, j-2 * SHIFT_{top2} / 2) \\
 S'_3 &: S2'(i-1, j-3 * SHIFT_{top2} / 2) \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &S'_M \quad (3)
 \end{aligned}$$

3.2 내부 경계 정합 기법

이 과정은 외부 경계 정합 기법에 의해 복원되지 않은 내부 영역을 복원하는 과정으로서, 복원되지 않은 블록에 이웃한 상·하 블록의 경계 화소를 통해 전체적인 에지의 흐름을 계산한다. 그리고 이를 이용한 방향성 보간을 통해 두 개의 복원 영상을 구하고, 이를 조합해 최종 복원 영상을 생성해 낸다.

3.2.1 공간적 경계 정합에 의한 2개의 공간 방향 벡터 검출

여기에서는 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 움직임을 찾는 방법과 유사한 개념으로 생각할 수 있다.

이전의 외곽 경계 정합 기법에서 복원되지 않은 $N \times (N-2M)$ 의 손실된 내부 영역에 대해 에지의 방향을 찾기 위해 이웃한 상·하 블록들의 경계 화소 사이에 공간적 경계 정합(Boundary Matching Algorithm: BMA)을 이용한다. 그 후 복원된 화소는 추정된 결과를 기반으로 에지 방향을 따라 보간된다. 그림5는 하단 블록 B'_B 와 상단 블록 B'_{TL}, B'_T, B'_{TR} 사이의 최상의 정합을 찾기 위해 경계 탐색을 보여준다. 1차원 경계 정합은 식 (4)와 같이 평균 절대 오차(Mean Absolute Difference: MAD)에 의해 찾게 된다.

$$D_T(x) = \sum_{i=0}^{N-1} |B'_T(i, 0) - B'_{B,BL,BR}(i+x, N-1)|$$

$$D_B(x) = \sum_{i=0}^{N-1} |B'_B(i, N-1) - B'_{T,TL,TR}(i+x, 0)|$$

$$-N < x < N$$
(4)

여기에서 x 는 B_{LOST} 블록 크기가 $N \times (N-2M)$ 일 때 $-N$ 에서 N 까지의 탐색 벡터이다.

$$SDV_T = (-\arg \text{Min}(D_T(x)), N-2M+1)$$

$$SDV_B = (\arg \text{Min}(D_B(x)), N-2M+1)$$

$$-N < x < N$$
(5)

식 (5)와 같이 $2N$ 개의 MAD 값을 비교한 후, 상하 블록의 경계 화소와 가장 잘 정합하는 반대편 블록 경계 화소의 위치를 통해 공간 방향 벡터 SDV를 찾을 수 있다.

예를 들어 하단 블록 B'_B 의 경계 화소와 가장 잘 정합하는 상단 블록 B'_{TL}, B'_T, B'_{TR} 경계 화소의 위

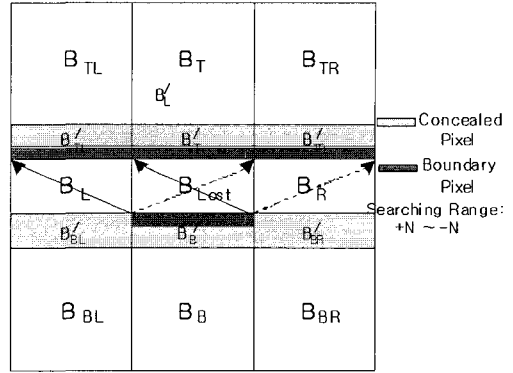


그림 5. 상단 경계를 이용한 공간적 경계 정합 기법

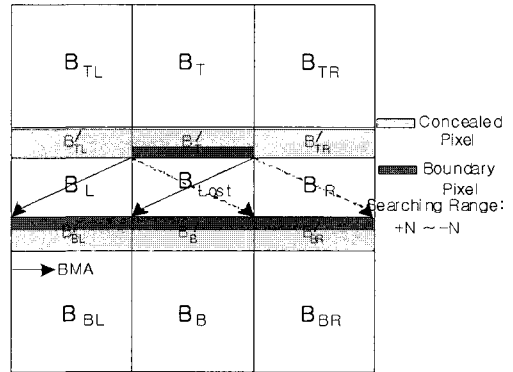


그림 6. 하단 경계를 이용한 공간적 경계 정합 기법

치를 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 에 대해서도 그림 6와 같이 경계 정합을 통해 공간 방향 벡터 SDV_T 를 구한다.

3.2.2 공간 방향 벡터들에 따른 방향성 보간

추정된 결과 최소 MAD 값이 문턱치보다 적다면, 이것은 이웃한 블록들 사이에 큰 에지가 흐르거나 평탄한 영역이라는 것을 의미하는 것이다. 이 경우에 손상된 화소들은 공간 방향 벡터를 따라서 보간된다. 만일 SDV를 구했다면 SDV에 따른 손상된 $N \times (N-2M)$ 블록의 보간은 아래와 같이 식 (6)로 계산된다.

$$B(i, j) = \frac{1}{d} \times (d_b \times B_T(x_T, N - 2M - 1) + d_T \times B_B(x_B, 0)),$$

if using $SDV_B : x_T = SDV_{B,x} \times (j + 1) / (N - 2M + 1),$
 $x_B = SDV_{B,x} \times (N - j + 1) / (N - 2M + 1)$

if using $SDV_T : x_T = SDV_{T,x} \times (j + 1) / (N - 2M + 1),$
 $x_B = SDV_{T,x} \times (N - j + 1) / (N - 2M + 1)$

$$d_b = \sqrt{(i - x_B)^2 + j^2}, d_T = \sqrt{(i - x_T)^2 + (j - N - 2M)^2}$$

$$d = d_b + d_T, i, j = 1, 2, \dots, N$$

(6)

여기서 x_T 와 x_B 은 (i, j) 좌표를 지나면서 각 SDV의 방향을 따라 상하좌우 경계와 만나는 좌표를 말한다. 또한 d_T 과 d_B 은 각 보간될 화소와 각 SDV의 방향을 따라 정합 경계 및 상·하 블록 경계 사이에 대한 거리이다. 만약 보간된 화소의 위치가 하단 블록과 가깝다면 하단 블록 B_B 의 경계 화소의 가중치는 d_T 의 증가로 커지게 될 것이다. 이 때, 기존의 Hsia가 제안한 방법은 그림 1(b)에서처럼 표현할 수 있는 에지의 기울기가 범위를 벗어나 복원되지 못하는 부분에 대해 중간값(median) 필터를 사용하는 데, 그보다는 그림 7처럼 확장을 하여 나머지 영역을 복원하는 것이 더욱 효과적인 방법이다.

식 (6)에서 에지의 기울기가 수직일 경우에는 단일 방향의 선형 보간을 사용하게 된다. 만일 상·하 방향의 경계 정합에서 공간 방향 벡터가 수직이라면, 식 (6)은 식 (7)와 같이 되고 그림 8과 같이 최단 거리에 있는 이웃한 상·하 블록의 경계 화소들을 이용해 에러를 은닉하게 된다.

$$B(i, j) = \frac{1}{d} \times (d_b \times B_T(i, N - 2M - 1) + d_T \times B_B(i, 0))$$

$$d = M + 1, i, j = 1, 2, \dots, N$$

(7)

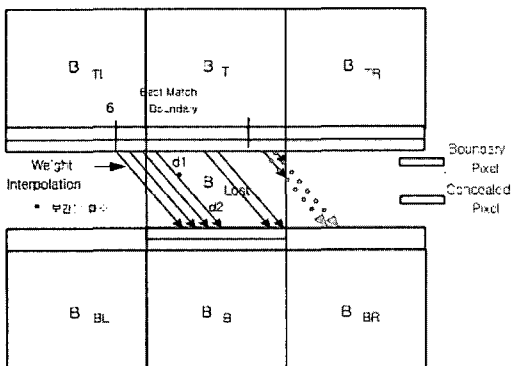


그림 7. 공간 방향 벡터에 따른 가중치를 둔 방향성 보간

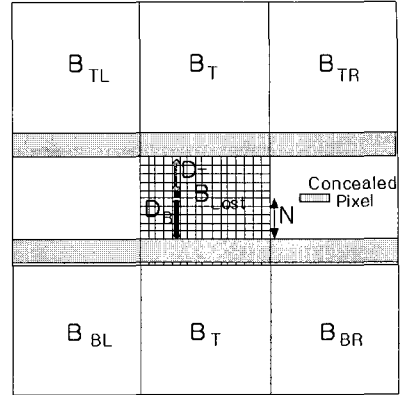


그림 8. 상·하 블록의 경계 화소들을 이용한 선형 보간 기법

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

3.2.3 가중치를 둔 평균합을 통한 최종 에러 은닉

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

이 과정은 두 개의 복원 블록 B_1 및 B_2 을 조합하여 최종 복원 블록을 만들어 내는 과정이다. 즉, 최종적인 에러 은닉은 식 (4)에서 이미 계산된 $D_T(x)$ 값과 $D_B(x)$ 값을 각각 B_1, B_2 영상에 가중치를 둔 평균합을 취함으로써 간단하게 수행하였다. 이때 최종 복원 블록은 아래와 같은 식으로 원 영상의 손실된 블록을 채워 넣는다.

$$B_{concealed}(i, j) = \frac{D_T(x) \times B_2(i, j) + D_B(x) \times B_1(i, j)}{D_T(x) + D_B(x)}$$

$$i, j = 1, \dots, M, \dots, N$$

(8)

여기에서 $D_T(x)$ 와 $D_B(x)$ 는 2-1 과정에서 구해진 작은 두 개의 MAD값이고 B_1 와 B_2 는 해당 복원 블록을 나타낸다. 이것은 $D_T(x)$ 가 가장 작은 값이라고 하면 복원된 블록 B_1 과 이웃한 위 블록간의 에지의

차이가 가장 작다는 것을 의미하므로 손실된 블록이 가장 잘 복원되었다는 것이라고 판단할 수 있다. 따라서 이 $D_T(x)$ 가 $D_B(x)$ 보다 작다면, 복원된 블록 B_1 의 기중치로 사용되고 $D_B(x)$ 는 가장 잘 복원된 블록 B_2 의 기중치로 사용되어 좀 더 좋은 양질의 복원된 블록을 얻을 수 있게 된다.

IV. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서 제안한 방법의 성능 평가를 위하여 8개의 표준 영상을 이용하였다. 영상의 크기는 512×512 Gray 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 "Lena"영상은 그림 9과 같이 슬라이스 단위의 에러를 생성하여 선형 보간 기법, Hsia^[3]이 제안한 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 각각 적용하였는데, 이 때 제안된 방법 중 1단계의 외곽 경계 정합 기법에서 복원된 M줄은 3으로 설정하였다. 그림9에서 (a)는 매크로블록 슬라이스 단위로 에러가 발생한 영상, (b)는 선형 보간 기법을 이용한 복원된 영상 (c)는 Hsia가 제안한 에러 은닉 기법으로 복원된 영상, (d) 제안된 기법으로 복원된 영상이다.

그림 9의 슬라이스 단위로 에러가 발생한 (a)의 영상에 대해 (b)와 (c)와 (d)를 비교해보면, (b)는 식 (20)과 같이 선형 보간으로 손실된 블록을 복원한 영상인데, 이것은 상단 및 하단 블록의 경계 화소 값만을 이용해 단순 보간을 이용하기 때문에 수직 방향의 화질 열화 및 blurring 등이 존재함을 볼 수 있다. 그리고 손실된 블록에 이웃하는 에지가 존재할 경우 혹은 블록들의 특성이 서로 다른 경우에는 에지의 특성을 살릴 수가 없고 블록화 현상을 보이며 눈에 거슬리는 것을 볼 수 있다.

$$B_{rest}(i, k) = \frac{1}{d} \times (d_b \times B_r(2N, k) + d_r \times B_b(1, k))$$

$$d = 2 \times (2N + 1)$$

$$i, k = 1, 2, \dots, 2N \quad (9)$$

식 (9)에서 i, k는 i, k번째 에러 블록의 복원될 화소값을 의미한다.

(c)는 Hsia의 방법으로 복원된 영상으로서 단순한 에지가 존재할 경우에는 선형 보간에 비해 에지의 특성을 살릴 수가 있으나, 표현할 수 있는 에지의 기울기가 영역을 넘어설수록 중간값(median) 필터의 성능이 떨어져 복원 성능이 저하된다. 여기서는 모자의 윗부분이나 눈 주위 부분과 입술 부분



(a) 손상된 영상 (b) 선형 보간 기법으로 복원된 영상



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

그림 9. "Lena" 영상에서 슬라이스 에러에 대한 실험 결과

등에서 잘못 복원된 부분을 찾을 수가 있다. (d)는 제안된 기법으로 복원된 영상으로 양선형 기법을 이용한 방법과, Hsia가 제안한 기법보다 양질의 화질을 얻을 수 있다. 슬라이스 단위로 손실된 블록을 상·하 경계면에서 각각의 에지의 흐름을 예측하여 상·하 외곽 영역을 각각 부분 복원을 하고, 전체적인 에지의 흐름을 계산하여 나머지 내부 영역을 복원하는 두 단계의 과정을 통해 복원하기 때문에 에지의 변화가 복잡한 경우에도 기존의 에러 은닉 기법에 비해 더욱 우수한 복원 영상을 생성해낸다. 특히 (c)보다 머리카락 부분같이 에지가 하나 이상인 경우에서 뚜렷한 화질 개선을 볼 수 있다. (d)에서 보면 알 수 있듯이 머리카락의 경우에는 단순히 손실된 블록의 전체적인 에지의 흐름을 예측하여 복원하는 것보다 손실된 블록의 상·하 외곽 영역의 각각의 경계면의 에지를 추정하여 외곽 영역을 부분 보간한 후에, 다시 내부 영역의 에지를 계산하여 보간하는 것이 양질의 화질을 얻을 수가 있음을 알 수 있다. 여기에서 M을 3으로 설정한 이유는, 외곽 경계 정합 기법 과정에서 복원을 많이 하게 되면, 손실된 블록의 경계 부분의 에지는 잘 표현할 수 있지만, 손실된 블록의 전체적인 에지는 사라지기 때문에 화질이 저하되기 때문이다. 실험을 해 본 결과 M의 값의 범위를 2~4로 했을 경우에 전체적으로 우수한 성능을 나타내었다.

표 1은 손실된 영역이 슬라이스 블록 단위로 발생하였을 경우 복원된 각 영상에 대한 PSNR 결과이다.

V. 결론

본 논문에서는 손실된 블록에 대한 적응적인 방향성 기반의 보간 기법을 이용한 공간적 에러 은닉 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 경우, 1단계로 외곽 경계 정합 기법을 이용하여 상·하 외곽 영역에 대한 각각의 에지를 예측하여 외곽 영역을 일부 복원을 하고, 2단계로 내부 경계 정합 기법을 이용하여 손실된 블록의 전체 에지의 흐름을 예측하고 내부 영역을 최종 복원하는 각각의 영역에 대한 적응적인 기법을 적용하여 최종 복원 영상을 구한다.

본 논문에서 제안된 기법은 SAD 계산, 방향성 보간, 경계 정합 에러를 구하는 정도의 간단한 연산만을 수행하기 때문에 계산량이 적다는 장점이 있다. 따라서 본 논문은 복잡도가 높은 기존의 에러 은닉 기법에 비교하여 에지 부분에서 객관적·주관적인 화질 향상을 보일 뿐만 아니라, 복잡도가 낮기 때문에 빠르고 효율적인 에러 은닉을 수행하여 실시간 응용에 적용할 수 있다.

표 1. 각 영상의 PSNR결과(dB, 슬라이스 단위 에러)

	선형 보간법	Hsia 기법	제안된 기법
Lena	25.12	27.69	28.28
Airplane	21.64	22.57	22.82
Pepper	23.49	25.73	26.34
Goldhill	24.81	25.56	25.91
Babara	22.14	23.81	24.59
Barboon	19.83	21.10	21.43
Finger	19.11	20.32	20.64
Boat	22.74	23.56	23.96
소요시간	0.015초	0.078초	0.112초

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] 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.145-156, Oct. 1995.

[3] 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.

[4] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment based on directional interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, pp. 295-302, Aug. 1997.

[5] X. Lee, Y. Zhang, and A. Leon-Garcia, "Information loss recovery for block-based image coding techniques A fuzzy logic approach," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 259-273, Mar. 1995.

[6] 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. 713-718, Oct. 1998.

[7] H. Sun and W. Kwok, "Concealment of block transform coded images using projection onto convex set," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 470-477, Apr. 1995.

[8] 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.

[9] 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.

박 선 규 (Sunkyu Park)

준회원



2005년 2월 : 전북대학교 전자 정보공학부 졸업
2007년 2월 : 한양대학교 전자 통신컴퓨터공학과 석사
2007년 1월~현재 : LG전자 MC 연구소 연구원
<관심분야> 영상통신, 영상 처리,

디지털 방송

김 원 기 (Wonki Kim)

정회원

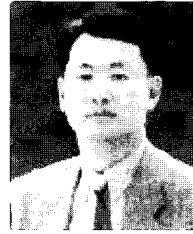


2000년 8월 : 한양대학교 전기 전자컴퓨터공학부 졸업
2003년 2월 : 한양대학교 전자 통신전파공학과 석사
2003년 3월~현재 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> image/video coding,

mobile video system, and image processing

정 제 창 (Jechang Jeong)

정회원



1980년 2월 : 서울대학교 전자 공학과 졸업
1982년 2월 : KAIST 전기전자 공학과 석사
1990년 : 미국 미시간대학 전기공학과 공학박사
1980~1986 : KBS 기술연구소 연구원(디지털 TV 및 뉴미디어 연구)

1991~1995 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)
1995~현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 교수 (영상통신 및 신호처리 연구실)
1998년 11월 27일 : 과학기술자상 수상
1998년 12월 31일 : 정보통신부장관상 표창
<관심분야> 영상처리 및 영상압축