

논문 2008-45SP-5-11

가설 검증 기법을 이용한 방향성을 가지는 손실 블록의 복구 (Directional Block Loss Recovery Using Hypothesis Testing Problem)

현 승 화*, 김 유 신**, 엄 일 규**

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

요 약

본 논문에서는 손실된 블록의 은닉을 위한 방향성을 가지는 블록 복구 방법을 제안한다. 일반적으로 영상의 강한 에지는 웨이블릿 영역에서 큰 계수 값을 가지기 때문에 분산 또한 큰 값으로 나타난다. 손실 블록의 에지 방향을 추정하기 위해서 웨이블릿 계수들의 분산을 이용한 χ^2 가설 검증 기법을 적용한다. 추정된 에지의 방향에 따라 보간을 수행하며, 손실 화소를 보간하기 위하여 사용되는 화소는 에지 방향에 따라 결정된다. 제안 방법은 이전 방법과의 성능비교에서 주관적으로나 객관적으로나 더 좋은 성능을 나타낸다.

Abstract

In this paper, we present a directional error concealment technique to compensate a lost block. Generally, the strong edge of an image has the large amounts of the variance because of its large coefficients in the wavelet domain. For estimating edge direction of a lost block, a χ^2 hypothesis-testing problem is applied using the variance of wavelet coefficients. The lost block is interpolated according to the estimated edge direction. The pixels for interpolation is obtained from the edge direction. The proposed method outperforms the previous methods in objective and subjective qualities.

Keywords : block recovery, hypothesis testing problem, estimation of edge direction, wavelet transform

I. 서 론

JPEG, MPEG, H.26x 등 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. 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 크

게 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 시간 축 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.

수신된 영상의 손실 블록을 복구하기 위해 프레임내의 정보만을 이용하는 기법은 손실블록 주변의 정보만을 이용하여 에러를 은닉하는 기법으로서 지금까지 많이 연구되어 왔다. 이 방법은 영상의 부호화 방식에 대해 비교적 독립적이고 정지영상 및 동영상의 키 프레임 등에도 적용이 가능하다. 손실 블록의 이웃 화소와의

* 학생회원, ** 정회원, 부산대학교 전자공학과
(Dept. Electronics Eng., Pusan National University)
※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.
접수일자: 2008년2월19일, 수정완료일: 2008년8월8일

밝기 값이 유사하다는 점에 근거하여 이웃 블록과의 평탄화를 고려한 복구 방법들^[2~3, 13]과 블록 집합에 투영 방법을 이용한 블록 복구^[5, 11], 퍼지 이론을 이용한 방법^[6], 손실 블록에 이웃하는 화소값들의 선형 조합으로 손실 블록을 복구하는 방법^[4], 웨이블릿 계수의 통계적 특성을 이용하여 F-가설검증을 적용한 방법^[19] 등이 제안되었다. 방법 [19]는 가설검증을 적용한다는 점에서 본 논문과 유사하지만 이 방법은 가우스 랜덤 변수가 두 개의 모집단이 있다고 가정한 경우이고, 본 논문의 방법은 하나의 모집단이 있다고 가정하고 가설 검증을 적용한 것이다.

본 논문에서는 프레임내의 정보를 이용하는 기법에 초점을 맞춘다. 본 논문은 손실 블록의 에지를 추정하여 그 방향에 따라 복구하는 에러 은닉 기법을 제안한다. 에지의 방향성을 결정하기 위하여 주변 블록의 웨이블릿 부대역들의 분산에 가설 검증 기법을 적용한다. 손실블록이 에지 영역인지 아닌지를 판단하기 위하여 기존의 방법^[5, 11]들이 실험적인 경계값을 이용하는 것과 달리 제안 방법은 가설 검증 기법을 이용하여 통계적으로 판단한다. 실제 영상에서 에지는 많은 방향을 가지는 것을 알 수 있다. 많은 방향을 고려할수록 결과는 좋아지지만 알고리즘이 복잡해지게 되어 계산량이 많아지게 된다. 제안하는 방법은 고려하는 에지의 방향을 단순화하여 알고리즘을 간단하게 하면서도 좋은 결과를 나타내도록 하였다. 제안 방법은 주변 블록의 특징에 따라 보간에 사용될 이웃 블록을 수직-대각방향, 수평-대각방향, 수직방향, 수평방향등 적응적으로 선택하기 때문에 기존의 고정된 블록을 사용하는 방법보다 주관적 및 객관적 화질이 우수하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에는 χ^2 가설 검증 기법을 설명하며, III장에서는 주변 블록의 웨이블릿 부대역의 분산에 가설 검증 기법을 적용하여 손실블록의 에지 방향을 추정한다. IV장에서는 추정된 에지의 방향으로 복구한 영상의 주관적, 객관적 화질을 모의실험을 통하여 기존 방법과 비교 한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. χ^2 가설 검증

n 개의 $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 를 각각 독립적인 가우스 분포 $N(0, \sigma^2)$ 를 따르는 랜덤 변수라 하고, 분산 σ^2 은 모른다고 가정한다. 이 때 두개의 가설을 다음과 같이

정의할 수 있다.

$$H_0 = \{\sigma_0^2\}, H_1 = \{\sigma_1^2\}, \sigma_1^2 < \sigma_0^2 \quad (1)$$

여기서 H_0 는 귀무가설이고 H_1 은 대립가설이다. 이 가설을 이용하면 주어진 가우스 랜덤 변수를 두 가지의 형태로 분류할 수 있다. 예를 들어, 웨이블릿 영역에서 분산 즉, 에너지가 큰 계수와 작은 계수로 나눌 수 있을 것이다. 웨이블릿 계수값은 에지 영역에서 큰 값을 가지므로 이를 이용하여 손실 블록이 에지 영역에 있는지를 판단 할 수 있다. 만일 아래 식을 만족한다면 가설 H_0 는 거절된다. 즉,

$$\sigma^2 < k \quad (2)$$

여기서 k 는 주어지는 유의수준 α 에 따라 선택되는 상수다. 식 (2)에서 분산 σ^2 을 모르기 때문에 최소평균자승 추정법(minimum mean square estimation: MMSE)으로 분산을 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} \quad (3)$$

여기서 $\hat{\sigma}^2$ 은 σ^2 의 최적의 통계적 추정치이다. k 를 결정하기 위하여 σ_0^2 의 관점에서 $\hat{\sigma}^2 < k$ 인 확률을 구해보면,

$$\begin{aligned} P[\hat{\sigma}^2 < k] &= P\left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} < k\right] \\ &= P\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{\sigma_0}\right)^2 < \frac{nk}{\sigma_0^2}\right] \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)에서 $Y = \sum_{i=0}^n \left(\frac{X_i}{\sigma_0}\right)^2$ 은 $\chi_n^2(0)$ 분포를 가진다^[20].

따라서 주어진 유의수준 α 에 대하여

$$P[Y < nk / \sigma_0^2] = \alpha \quad (5)$$

로 두면, 다음과 같은 귀무가설 H_0 의 거절 조건을 구할 수 있다.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{\sigma_0^2} \leq (\chi_{n, 1-\alpha}^2(0))^{-1} \quad (6)$$

즉, 식 (6)의 조건에서 귀무가설 H_0 는 거절되고 이 때

분산값은 σ_1^2 의 범주에 속하게 된다. 반대의 경우에는 분산값이 σ_0^2 의 범주에 속하게 된다. 식 (6)에서 $(\chi_{n,1}^2, \alpha(0))^{-1}$ 의 값은 유의수준 α 가 주어질 때 통계표를 이용하여 구할 수 있다.

III. 제안 방법

본 논문에서는 손실 블록을 복구하기 위해 웨이블릿 영역에서의 에너지 즉, 웨이블릿 계수의 분산을 이용하여 에지 방향을 가지는 블록을 설정하는 방법을 제안하고자 한다. 그림 1은 블록을 복구하기 위한 4개의 방향을 표현하고 있다. 이전의 여러 블록 복구 방법들은 (B_1, B_6) 와 (B_3, B_4) 의 고정된 블록만을 사용하였다. 고정된 블록 쌍만을 이용하는 블록 복구 방법들은 에지의 지역적인 방향을 고려하지 않기 때문에 블러링 현상을 야기시킨다. 손실 블록이 수직방향의 강한 에지를 나타낸다면 (B_1, B_6) 만을 이용하여 복구하는 것이 효과적이고, 반대로 수평방향의 강한 에지를 가진다면 블록 쌍 (B_3, B_4) 만을 이용하는 것이 더 효과적이다. 따라서 손실블록의 에지 방향을 추정하는 것은 블록 복구 문제에 있어서 중요한 일이다.

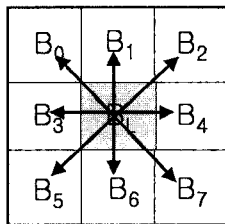


그림 1. 손실 블록 복구를 위해 고려하는 4개의 방향
Fig. 1. 4 directions to recover a lost block (the shaded region is lost block).

1. 웨이블릿 영역에서 가설 검증 기법 적용

웨이블릿 부대역은 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 영상의 수직, 수평, 대각 방향의 정보를 가지고 있다. 그림 2에서 HL에서는 수직 성분을 LH에서는 수평 성분을 HH에서는 대각 성분을 나타낸다. 그리고 에지 영역에서 웨이블릿 계수는 큰 값을 가지고 있기 때문에 분산값이 크게 된다. 따라서 웨이블릿 영역의 분산값을 이용하여 손실된 블록의 에지 방향을 추정할 수 있다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 손실 블록에 인접하는 8개 블록을 고려하여 이에 대한 웨이블릿 변환을 수행한다. 웨이블릿은 계산량을 고려하여 Haar 웨이블릿 변

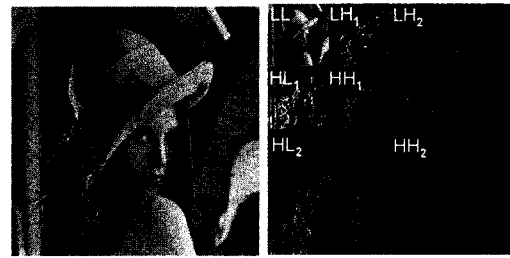


그림 2. (a) 원본 영상 (b) 2-level 웨이블릿 이미지
Fig. 2. (a) original image (b) 2-level wavelet transform of lena image.

환을 사용한다. 8개의 블록에 대한 웨이블릿 계수의 집합을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_O = \{W_{O,B}(i,j) | B=0,1,\dots,7\}, O \in V,H,D \quad (7)$$

여기서 $i,j=0,\dots,M-1$ 은 변환된 각 블록의 두번째 부대역의 공간적 위치를 나타내고, O 는 웨이블릿 부대역의 방향(V : 수직, H : 수평, D : 대각)을 나타낸다. 또한 B 는 그림 1에서 보는 바와 같이 이웃 블록의 위치를 나타낸다.

웨이블릿 부대역의 계수들의 평균이 0에 가깝기 때문에 각 블록에서 3개의 웨이블릿 부대역의 분산 $\sigma_{O,B}^2(i,j)$ 은 다음과 같이 구할 수 있다. 즉,

$$\sigma_{O,B}^2 = \frac{1}{M^2} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} W_{O,B}^2(i,j) \quad (8)$$

그리고 구해지 3개의 부대역의 분산을 다음과 같이 방향별로 평균을 취하여 방향별 전체 부대역의 분산 σ_O^2 을 아래와 같이 계산한다.

$$\sigma_O^2 = \frac{1}{8} \sum_{B=0}^7 \sigma_{O,B}^2 \quad (9)$$

σ_O^2 값은 손실 블록 주변의 8개의 블록에 대한 방향별 분산(에너지)의 평균값으로 볼 수 있다. 즉, σ_O^2 의 값이 크면 그 방향으로 강한 에지가 존재한다고 볼 수 있다. 따라서 주요 에지 방향을 결정하기 위하여 분산의 최대값을 다음과 같이 결정한다.

$$\sigma_{\max}^2 = \max_{O \in \{V,H,D\}} \{\sigma_O^2\} \quad (10)$$

만약 $\sigma_{\max}^2 = \sigma_V^2$ 이라면, 주요 에지 방향은 수직으로 볼 수 있다. 따라서 손실 블록은 수직 방향으로 복구될 수 있다. 그러나 실제 영상에서 에지는 하나의 방향으로만 존재하는 것이 아니라 여러 개의 방향이 혼재되어 나타

나는 경우가 많이 존재한다. 본 논문에서는 주된 에지 방향과 함께 혼재하여 나타내는 에지 방향을 찾음으로써 보다 정확한 블록 복구를 할 수 있는 방법을 가설 검증 기법을 이용하여 제시하고자 한다.

먼저 식 (1)의 가설을 웨이블릿 영역에서 다음과 같이 설정한다.

$$H_0 = \{\sigma_{\max}^2\}, H_1 = \{\sigma_1^2\}, \sigma_1^2 < \sigma_{\max}^2 \quad (11)$$

즉, 귀무가설 H_0 에서 $\sigma_0^2 = \sigma_{\max}^2$ 로 설정하고 그에 대한 대립가설을 식 (11)과 같이 설정한다. 만약 $\sigma_{\max}^2 = \sigma_V^2$ 라면 $\sigma^2 = \{\sigma_H^2, \sigma_D^2\}$ 가 된다. 즉, $\sigma_{\max}^2 = \sigma_V^2$ 가 아닌 웨이블릿 부대역 방향의 분산 $\sigma^2 = \{\sigma_H^2, \sigma_D^2\}$ 이 σ_{\max}^2 범주에 속하면 강한 에지 방향을 포함하고 있다고 판단하여 이 방향으로도 블록 복구를 수행하고, 귀무가설이 거절되어 $\sigma_1^2 < \sigma_{\max}^2$ 의 범주에 속하면 에지 정보를 가지지 않고 있기 때문에 그 방향으로는 블록 복구를 위한 내삽을 수행하지 않는다. 또한 웨이블릿 부대역은 에지 정보를 가지는 세 개의 부대역이 있으므로 가설 검증을 이용하기 위해서는 연속적인 두 번의 검증이 필요하다. 귀무가설의 수용 또는 거절을 위해서는 식 (6)과 같이 다음과 같은 검증식이 필요하다. 즉,

$$\chi^2 = \frac{\sigma^2}{\sigma_{\max}^2} \leq (\chi_{8M^2, 1-\alpha}^2(0))^{-1} \quad (12)$$

여기서 $\chi_{8M^2, 1-\alpha}^2(0)$ 은 8개의 블록을 고려하기 때문에 자유도 $8M^2$ 을 가지는 χ^2 랜덤 변수이다. 식 (12)를 만족한다면 귀무가설 H_0 는 거절되고, 이 블록 방향에 대한 블록 복구는 이루어지지 않는다.

2. 대각 부대역 분산의 보상

웨이블릿 변환 영역에서 대각 부대역 계수의 에너지는 일반적으로 작은 값을 가지고 있다. 이는 그림 2에서도 확인할 수 있다. 이와 같은 사실을 고려해 볼 때, HL, LH, HH 부대역의 분산을 조건 없이 비교하여 가설 검증을 수행할 경우 오류가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Haar 웨이블릿 변환 과정을 분석하여 대각 성분의 분산을 보상하는 방법을 제안한다. 그림 3은 Haar 웨이블릿 변환에 사용될 수 있는 최소 화소들로 이루어진 수직, 수평, 대각 에지를 표현한 것이다. 그림 3과 같이 최소 화소로 이루어진 영역을 설정하는 이유는 Haar 웨이블릿 변환을 위해서 2×2 블록의 영상

p_1	p_2
p_3	p_4

그림 3. Haar 웨이블릿 변환을 위한 2×2 영상 블록
Fig. 3. 2×2 image block for Haar wavelet transform.

부분이 사용되기 때문이다.

그림 3의 2×2 영상 블록을 웨이블릿 변환하면, 수평 부대역의 계수는 다음과 같이 나타난다.

$$W_H = \frac{1}{2} [(p_1 + p_2) - (p_3 + p_4)] \quad (13)$$

그러나 여기서 수평 방향의 에지가 크게 나타나려면 수평 방향의 화소값이 거의 같게 즉, $p = p_1 \approx p_2$, $q = p_3 \approx p_4$ 가 되어야 한다. 따라서

$$\begin{aligned} W_H &\approx \frac{1}{2} [(p + p) - (q + q)] = p - q \\ W_V &= W_D \approx 0 \end{aligned} \quad (14)$$

로 둘 수 있다. 이 때 수직 및 대각 방향의 계수는 거의 없어진다. 한편 수직 방향 부대역의 계수 W_V 는 다음과 같다.

$$W_V = \frac{1}{2} [(p_1 + p_3) - (p_2 + p_4)] \quad (15)$$

이 경우도 수평 방향과 마찬가지로 에지가 크게 나타나려면 $p = p_1 \approx p_3$, $q = p_2 \approx p_4$ 의 관계식이 만족되어야 한다. 따라서

$$\begin{aligned} W_V &\approx \frac{1}{2} [(p + p) - (q + q)] = p - q \\ W_H &= W_D \approx 0 \end{aligned} \quad (16)$$

와 같이 된다. 마찬가지로 방법으로 대각 방향 계수 W_D 는

$$W_D = \frac{1}{2} [(p_1 + p_4) - (p_2 + p_3)] \quad (17)$$

대각 방향의 경우 큰 에지가 되기 위해서는 $p = p_1 \approx p_3 \approx p_4$, $q = p_2$ 가 되어야 한다. 즉,

$$\begin{aligned} W_D &\approx \frac{1}{2} [(p + p) - (p + q)] = \frac{1}{2}(p - q) \\ W_H &\approx \frac{1}{2} [(p + q) - (p + p)] = -\frac{1}{2}(p - q) \\ W_D &\approx \frac{1}{2} [(p + p) - (q + p)] = \frac{1}{2}(p - q) \end{aligned} \quad (18)$$

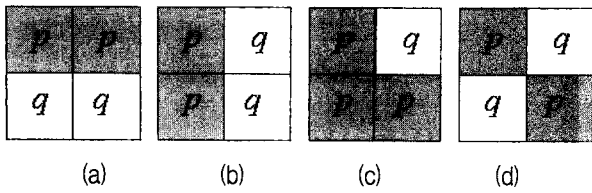


그림 4. 최소 화소로 나타낸 수평, 수직, 대각 에지
Fig. 4. illustrate vertical, horizontal and diagonal edges with the minimal pixels.

그러나 대각 방향의 계수와 같은 경우는 직교 Haar 웨이블릿 변환의 특성 때문에 수평 및 수직 방향의 계수가 0이 되지 않는다. 따라서 대각 방향의 분산을 가설 검증 기법에 적용하기 위해서는 대각 성분 분산의 보상이 필요하게 된다.

그림 4는 위의 가정과 같이 강한 에지를 가질 수 있을 때의 화소 분포를 나타내고 있다. 또한 그림 4(d)와 같은 대각 에지는 실제로 거의 존재하지 않기 때문에 본 논문에서는 고려하지 않는다. 위의 식들로부터 강한 에지 성분을 가정할 경우 W_D 의 에너지 값 W_D^2 는 W_H^2 및 W_V^2 의 1/4이 됨을 알 수 있다. 이와 같은 이유로 강한 대각 에지를 가짐에도 불구하고 대각 부대역의 에너지는 충분히 큰 값을 나타내지 않는다. 그러므로 대각 부대역에 보상값을 적용하여 가설 검증을 사용하는 것이 바람직하다. 본 논문에서 제시하는 대각 부대역의 분산값은 다음과 같다. 즉,

$$\sigma_{D,C}^2 = 4\sigma_D^2 \quad (19)$$

따라서 가설 검증 기법을 적용할 경우 σ_D^2 대신 보상해 준 $\sigma_{D,C}^2$ 을 가설 검증에 사용한다. 이렇게 했을 때, 대각 에지 방향이 더욱 정확하게 추정된다.

3. 대각 에지와 역대각 에지 결정

직교 웨이블릿 변환에서 대각 에지는 두 가지 방향이

존재하게 된다. 즉, 45°의 방향과 135°의 방향이 존재한다. 본 논문에서, 우리는 두 대각 방향 중 적은 에너지를 가지는 방향은 고려하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 대각 부대역의 분산을 방향에 따라 두개로 나눈다. 그림 1에서 보는 바와 같이 45°의 방향에 대한 에너지는 블록 B_2 와 B_5 를 사용하여 다음과 같이 설정된다. 즉,

$$\sigma_{D,45}^2 = \frac{1}{2} [\sigma_{D,2}^2 + \sigma_{D,5}^2] \quad (20)$$

또한 135° 방향의 분산은 블록 B_0 과 B_7 를 사용하여 다음과 같이 구한다.

$$\sigma_{D,135}^2 = \frac{1}{2} [\sigma_{D,0}^2 + \sigma_{D,7}^2] \quad (21)$$

그리하여 최종적으로 가설 검증 기법에 사용되는 대각 방향의 분산은 보상을 고려하여 다음과 같이 설정된다.

$$\sigma_{D,C}^2 = 4\max(\sigma_{D,45}^2, \sigma_{D,135}^2) \quad (22)$$

만약 45°의 방향의 분산이 135° 방향의 분산보다 크면, 이 블록쌍 (B_2, B_5)가 블록 복구에 사용되고, 반대의 경우는 (B_0, B_7)이 블록 복구에 사용된다.

IV. 모의실험 및 결과

손실 블록 복구 기법의 성능을 평가하기 위하여 본 논문에서는 정지 영상과 동영상 모두에서 실험하였다. 웨이블릿 영역의 분산을 구하기 위하여 Haar 웨이블릿 변환을 2회 수행하여 두 번째 부대역의 계수를 이용하였다. 표 1은 손실을 24%를 가질 때 다양한 정지 영상에 대하여 이전 방법과 제안 방법으로 블록 복구를 수행한 결과이다. 이때의 손실 블록의 크기는 8x8이다. 제

표 1. 다양한 영상에 대한 PSNR 비교.(8x8블록 단위 손실)
Table 1. PSNR comparison for various images.(8x8 block loss)

	Lena	Man	Peppers	Boat	Elaine	Average
Ancis's ^[9]	28.68 dB	25.47 dB	27.92 dB	26.33 dB	29.84 dB	27.65 dB
Sun's ^[5]	30.48 dB	27.92 dB	30.88 dB	28.83 dB	28.95 dB	29.41 dB
Hemami's ^[3]	31.86 dB	27.65 dB	31.83 dB	29.36 dB	32.07 dB	30.55 dB
Shirani's ^[16]	31.69 dB	27.44 dB	31.72 dB	29.22 dB	32.10 dB	30.43 dB
Alkachouch's ^[17]	31.57 dB	27.94 dB	32.76 dB	30.11 dB	31.92 dB	30.86 dB
Park's ^[11]	34.65 dB	29.87 dB	34.20 dB	30.78 dB	34.63 dB	32.83 dB
Proposed method	33.46 dB	31.21 dB	35.11 dB	31.70 dB	34.38 dB	33.17 dB

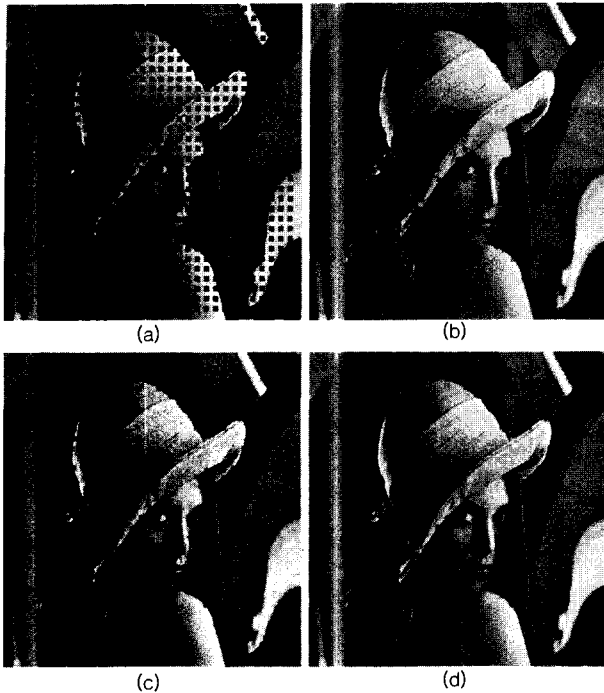


그림 5. 주관적 화질 비교 (a)손상된 영상(8x8 블록단위 손실) (b)Hemami's 방법 (c)양선형 보간법 (d) 제안 방법

Fig. 5. The subjective quality comparison (a) damaged image (8x8 block loss) (b) Hemami's method (c) bilinear interpolation (d) proposed method.

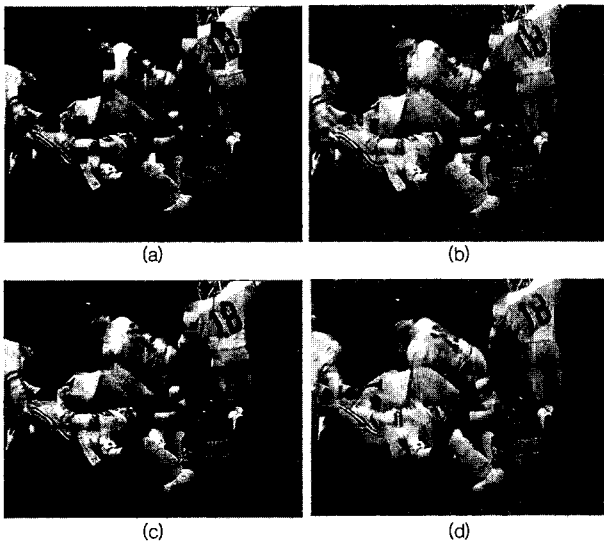


그림 6. 주관적 화질 비교. "Football" 동영상의 32번째 프레임. (a)손상된 영상(macro 블록 손실) (b) Hemami's 방법(25.16 dB) (c)양선형 보간법(26.06 dB) (d)제안 방법(27.25 dB)

Fig. 6. The subjective quality comparison. The 32th frame of the "Football" sequence. (a) Damaged image of lost block (b) Hemami's method[3](25.16 dB), (c) bilinear interpolation [4](26.06 dB) (d) proposed method(27.25 dB).

안 방법은 Park's의 방법에 비해서 'Lena' 영상에서는 PSNR이 떨어지는 것을 볼 수 있지만 평균 PSNR이 0.34dB 높은 것을 알 수 있다. Park의 방법이 POCS를 이용한 계산량이 많은 아주 복잡한 방법임을 고려해 볼 때, 제안 방법이 PSNR뿐만 아니라 계산량에서도 우수하다는 것을 알 수 있다.

그림 5는 'Lena' 영상에 대해서 이전 방법과 제안 방법의 주관적 화질을 비교한 것이다. 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 제안 방법으로 복구한 영상이 에지 부분에서 블로킹 현상이 많이 줄어든 것을 알 수 있다.

동영상에서의 성능 평가를 위해 'Football'영상을 사용하였다. 'Football'은 240x352 크기인 60개의 프레임으로 구성되어 있다. 그림 6(a)는 매크로 블록 단위로 손실된 영상을 나타낸다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 제안 방법의 주관적 화질이 다른 방법에 비하여 우수함을 알 수 있다. 특히 에지 부분에서 생긴 블록 블러링 현상이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 그림 7은 슬라이스 단위의 손실 영상에 대한 주관적 성능을 비교한 것이다. 그림 6과 마찬가지로 본 논문의 방법이 우수함을 알 수 있다. 그림 8은 'Football' 영상의 전체 프레임에 대해서 이전 방법과 제안 방법의 객관적 성능 비교를 그래프로 나타내고 있다. 전 프레임에 대하여 제안 방법이 우수

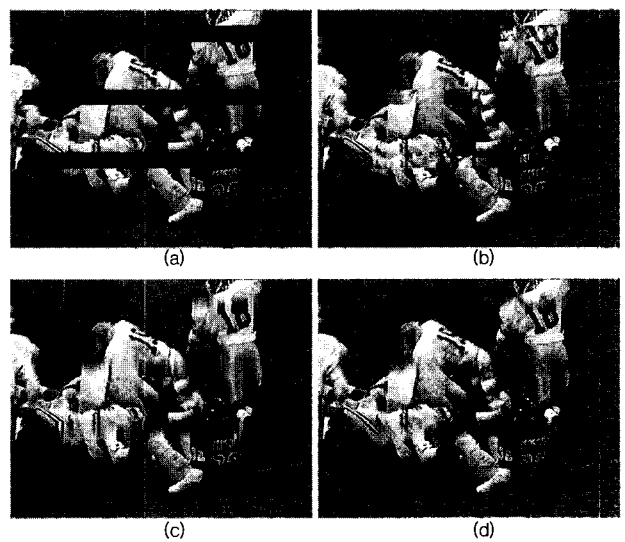


그림 7. 주관적 화질 비교. "Football" 동영상의 32번째 프레임. (a)손상된 영상(Slice 손실) (b) Hemami's 방법(23.73 dB) (c)양선형 보간법(25.65 dB) (d) 제안 방법(27.00 dB)

Fig. 7. The subjective quality comparison. The 32th frame of the "Football" sequence. (a) Damaged image of lost block (b) Hemami's method[3](23.73 dB), (c) bilinear interpolation [4](25.65 dB) (d) proposed method(27.00 dB).

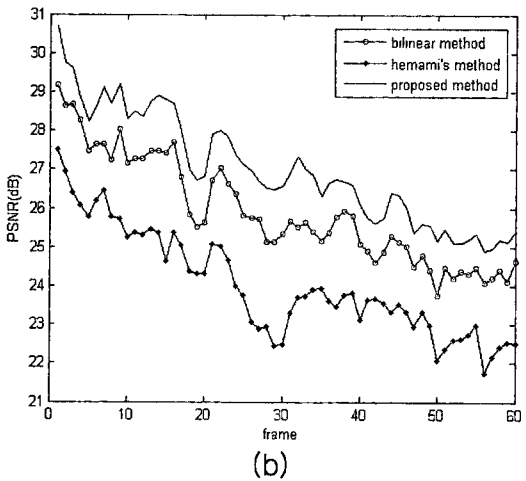
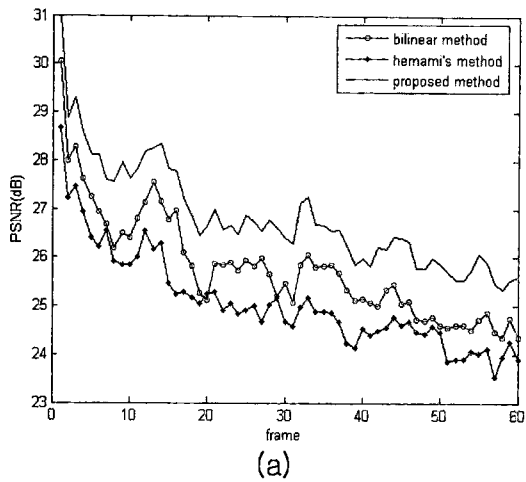


그림 8. 다양한 방법으로 복구한 “Football” 영상의 PSNR 비교. (a)매크로 블록 손실 (b)슬라이스 손실

Fig. 8. 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.

한 PSNR을 보여주고 있다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 제안 방법은 정지영상과 동영상에 대하여 주관적 화질 및 객관적 성능이 모두 우수함을 알 수 있다. 이는 웨이블릿 영역에서 가설 검증 기법을 이용한 에지 방향의 선택이 올바르게 적용되고 있다는 것을 보여 준다고 할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 손실 블록의 에지 방향을 추정하여 오류를 은닉하는 방법을 제안하였다. 손실 블록에 이웃하는 정확하게 수신된 블록들의 웨이블릿 계수의 분산에 가설 검증 기법을 적용하여 손실 블록의 에지 방향을 추정하

였다. 또한 웨이블릿의 대각 부대역 분산을 보상하는 방법을 제안하여 가설 검증을 더욱 정확하게 실행하였다. 본 논문의 방법은 추정된 에지의 방향에 따라 보간을 수행하기 때문에 평탄영역뿐만 아니라 에지 영역에서도 좋은 성능을 보였다. 기존 방법에 비해 정지영상과 동영상 모두에서 우수한 주관적 평가와 객관적 평가를 나타내었다.

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 images using projections onto convex sets. IEEE Transactions 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, 295-302.
- [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] Wonki Kim, Jasung Koo, Jechang Jeong, Fine directional interpolation for spatial error concealment. IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.52, No. 3, pp.1050-1056, Aug., 2006.
- [16] S. Shirani, F. Kossentini, and R. Ward, Reconstruction of baseline JPEG coded images in error prone environments. IEEE Transactions on Image Processing, vol. 9, No. 7, pp.1292-1299, Jul. 2000.
- [17] Z. Alkachouh and M. G. Bellanger, Fast DCT-based spatial domain interpolation of blocks in images. IEEE Transactions on Image Processing, vol. 9, No. 4, pp.729-732, Apr. 2000.
- [18] S.-C. Hsia, An edge-oriented spatial interpolation for consecutive block error concealment. IEEE Signal Processing Letters, vol. 11, pp.577-580, Jun. 2004.
- [19] Sueng Hwa Hyun, Sang Soo Kim, Il Kyu Eom, and Yoo Shin Kim, Estimation of edge direction for block error concealment using Hypothesis Testing Problem. Proceeding of IASTED International Conference on Signal and Image Processing, Aug. 2007, 391-396.
- [20] E. J. Dudewicz and S. N. Mishra, Modern Mathematical Statistics (John Wiley & Sons, 1988).

 저 자 소 개



현 승 화(학생회원)
 2003년 밀양대학교 정보통신 공학과 학사.
 2005년 부산대학교 전자공학과 석사.
 2006년 부산대학교 전자공학과 박사과정 수료.

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



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

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



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

1995년 Cornell University Ph.D
 1983년~현재 부산대학교 전자공학과 교수
 2005년 현재 한국 과학철학회 회장
 <주관심분야 : 영상처리, 신경회로망, 공학윤리, 과학기술철학>