

# 연산 영역 가변 알고리즘을 적용한 MPEG-4 부호화 기반의 적응적 오류 은닉 기법

김병주<sup>†</sup> · 권기규<sup>\*\*</sup> · 이석환<sup>\*\*</sup> · 권성근<sup>\*\*\*</sup> · 김봉석<sup>\*\*</sup> · 이건일<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 연산 영역 가변 알고리즘을 적용한 MPEG-4 부호화 기반의 적응적 오류 은닉 (error concealment) 기법을 제안하였다. 이 알고리즘에서는 손실 블록을 그의 주변 정보를 이용하여 이들을 평탄 블록 (flat block) 및 에지 블록 (edge block)으로 분류한다. 즉, 손실된 블록의 주변 블록들에 대해서 블록 경계 영역의 인접 화소들의 차를 이용하여 평탄 블록을 분류하고, 평탄 블록으로 분류되지 않은 블록들에 대해서는 인접 화소의 차가 정해진 임계값을 넘어서는 개수에 따라 가변적인 연산 영역 (variable operating region, VOR)을 설정한 후, Sobel 연산자를 적용하여 우세 에지 방향 성분을 추정한다. 이렇게 분류된 각 블록에 대하여 적응적 오류 은닉을 수행한다. 평탄 블록에 대해서는 시각적 성능 향상을 위해 평균값을 기반으로 한 가중치에 따른 양선형 보간 (mean based weighted bilinear interpolation, MWBLI) 방법을 적용하고, 에지 블록에 대해서는 8가지 방향에 대하여 경계 픽셀을 이용한 방향성 보간 (boundary directional interpolation, BDI) 방법을 적용하여 오류 은닉을 수행한다. 모의 실험 결과를 통하여 제안한 방법이 객관적 화질 및 주관적 화질 측면에서 기존의 방법보다 그 성능이 우수함을 확인하였다.

## Adaptive Error Concealment Technique using a Variable Operating Region Algorithm based on MPEG-4 Coding

Byung-Ju Kim<sup>†</sup>, Kee-Koo Kwon<sup>\*\*</sup>, Suk-Hwan Lee<sup>\*\*</sup>, Seong-Geun Kwon<sup>\*\*\*</sup>,  
Bong-Seok Kim<sup>\*\*</sup>, and Kuhn-Il Lee<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

A novel adaptive error concealment technique is proposed using a variable operating region algorithm based on MPEG-4 coding. In the algorithm, a missing block is classified as flat or edge block based on local information from the surrounding blocks extracted using a Sobel operation in a variable operating region (VOR). In this case, the VOR is determined adaptively according to the number of edge directions in the missing block. Using the classification, the flat blocks are then concealed by the proposed mean based weighted bilinear interpolation (MWBLI) method, and the edge blocks by the boundary directional interpolation (BDI) method. Consequently, the use of the proposed VOR improves the subjective performance in a curved edge region, while the adaptive processing based on block classification improves the objective performance. Experimental results confirmed that the proposed algorithm produced better results than conventional algorithms, both subjectively and objectively.

**Key words:** error concealment, MPEG-4, VOR, VOP, MWBLI, BDI

접수일 : 2002년 9월 30일, 완료일 : 2002년 11월 5일

<sup>†</sup> 정회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정

<sup>\*\*</sup> 정회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정

<sup>\*\*\*</sup> 정회원, 삼성전자 무선 통신 사업부

<sup>\*\*\*\*</sup> 경북대학교 공과대학 전자공학과 교수

## 1. 서 론

일반적으로 대부분의 전송 오류는 전송 매체의 대역폭, 외부로부터의 간섭, 및 시스템의 특성 등에 의하여 발생된다. 특히 JPEG[1], H.263[2] 및 MPEG[3, 4] 등과 같은 블록 기반 DCT 부호화에서는 가변장 부호화 (variable length coding) 등에 의하여 하나의 비트 오류가 블록 전체에 영향을 미칠 수 있다. 또한, MPEG-4 전송 시스템에서 복호되는 패킷들은 세가지 타입의 VOP (video object plane), 즉, I-VOP (intra-coded VOP), P-VOP (predictive-coded VOP) 및 B-VOP (bidirectionally predictive-coded VOP)로 구성된다. 이때, P-VOP와 B-VOP는 복호된 I-VOP로부터 예측되므로 I-VOP의 오류 은닉 성능에 따라 직접적인 화질의 영향을 받는다. 따라서 I-VOP의 오류 은닉이 절대적으로 중요하다[4].

오류 은닉 방법으로는 공간 영역, 주파수 영역 및 시간적 영역에서의 방법 등이 있다. 공간 영역에서의 방법의 하나인 1993년 Kwok 등[5]이 제안한 다중 방향 보간 (multi-directional interpolation, MDI) 방법에서는 손실 블록의 주변 블록들에 Sobel 연산자를 적용하여 손실 블록 내의 한 개 이상의 우세 에지 방향 (dominant edge direction)들을 추정한 후, 그 방향에 따라 영상 혼합 (image mixing) 방법을 이용하여 보간한다. 그러나 이 방법에서는 모든 에지가 직선이라고 가정하기 때문에, 곡선 에지를 포함하는 실제 영상에 대하여서는 현저한 성능의 열화가 발생하며, 우세 에지 방향이 모호한 블록마저도 방향성 보간 방법을 적용함으로써 시각적 성능이 떨어지는 단점이 있다.

1997년 Suh 등[6]은 방향 보간 (directional interpolation, DI) 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 손실 블록의 주변 블록들에 대하여 방향성 마스크 (directional mask)를 적용하여 손실 블록의 우세 에지 방향을 판별한 후, 손실 블록의 이 방향에 따른 경계 화소들만을 이용하여 보간 한다. 그러나 이 방법은 MDI에 비하여 객관적 화질은 조금 우수하나 블록 특성과 상관없이 보간 방법만을 사용함으로써 주관적 화질이 떨어지는 단점이 있다.

따라서 효과적인 오류 은닉을 위해서는 손실 블록의 블록 내 특성을 정확하게 판별하여 각각의 경우에 맞는 효과적인 은닉 방법이 사용되어야 하며, 곡선

에지에 대하여 좀 더 우수한 성능 향상을 위해 효과적인 방향 추정에 관한 알고리즘이 제시될 필요가 있다.

본 논문에서는 연산 영역 가변 알고리즘을 적용한 MPEG-4 부호화 기반의 적응적 오류 은닉 기법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 손실 블록의 바로 근접하는 화소들 (nearest outer layer pixels)에 대하여 인간 시각 시스템 (human visual system, HVS)의 Weber 법칙[7]에 따라 적응적인 임계값을 결정한 후, 인접 화소간의 차이를 각각 계산한다. 이렇게 계산된 차이 값들이 정해진 임계값보다 큰 값이 하나도 없으면 그 손실 블록은 평탄 블록으로 분류되고, 그렇지 않으면 에지 블록으로 분류된다. 이때, 에지 블록에서는 인접 화소간의 차이 값이 임계값보다 큰 값의 개수에 따라 가변 연산 영역이 결정된다. 결정된 가변 연산 영역에 대하여 Sobel 연산을 수행한 후 에지 블록의 우세 에지 방향을 추정한다. 이렇게 분류된 평탄 블록에 대하여서는 시각적 성능을 높이기 위하여 수평 및 수직 방향에 따른 MWBLI 방법을 적용하고, 에지 블록에 대하여서는 8가지 방향에 대하여 손실 블록 주변 경계 화소 값만을 이용하는 BDI 방법을 적용한다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 MPEG-4 기반으로 부호화된 I-VOP에 대하여 모의 실험을 수행하였다. 모의 실험을 통하여 제안한 오류 은닉 알고리즘은 수평 및 수직에 따라 손실 블록 주변 특성에 따른 가중치를 설정함으로써 평탄 블록에 있어서의 시각적 성능을 높이고, 에지 블록에서 추정되는 에지의 특성에 따라 가변 연산 영역을 적용시킴으로써 곡선 에지에 대한 에지 방향 추정 성능이 향상되어 기존의 방법에 비해 객관적, 주관적 화질 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

## 2. 기존의 오류 은닉 알고리즘

본 논문에서는 손실 블록의 위치 정보는 부호화에 의하여 정확히 알아낼 수 있으며, 블록 인터리빙 (block interleaving) 기술 등을 이용하여 손실 블록은 항상 독립적으로 발생한다고 가정한다.

Kwok 등[5]이 제안한 MDI 방법에서는 손실 블록의 오류 은닉을 위해 손실 블록 주변의 블록 정보들을 이용한다. 즉, 주변의 일정 영역의 화소들에 대하

여 3×3 Sobel 연산을 수행하여 국부적 경사도를 구한 뒤, 손실 블록 내부를 지나는 방향 성분을 그림 1에서와 같이 8개의 방향으로 근사화 시킨 후 크기  $G$ 를 누적시킨다. 손실 블록 주변의 모든 블록 내에 존재하는 화소들에 대하여 이 과정을 행한 뒤 이렇게 나온 8개의 누적 값에 대하여 정해진 임계값[5] 이상인 방향 성분들에 대해서 우세 에지 방향 성분들로 설정한다. 이때 사용되는 Sobel 연산자는

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

와 같고, 연산자를 취하고 난 뒤의 크기  $G$ 와 각도  $\theta$ 는 각각

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

와 같다. 여기서,  $g_x$  및  $g_y$ 는 각각  $x$ 방향 및  $y$ 방향으로 Sobel 연산자를 취한 결과 값을 나타낸다. 이렇게 Sobel 연산자를 통하여 얻은 우세 에지 방향 성분들에 대하여 주변 블록 내에 존재하는 화소들 중 그 방향에 대한 모든 화소들을 가져와서 평균값을 기반으로 한 1차원적인 보간 방법을 적용한다. 이때 우세 에지 성분이 한 개 이상인 블록에 대하여서는 영상 혼합 방법을 사용하여 보간한다. 하지만 이 방법에서는 손실 블록 내에 존재하는 모든 에지가 직선이라고 가정한다. 따라서 실제 존재했던 에지가 직선이라면 우수한 성능을 가질 수 있지만 곡선 에지를 포함하는 블록내에서는 현저한 성능의 열화가 발생할 수 있으며, 평탄 블록으로 판별된 블록에 대하여 강제로 방

향성에 따른 보간 방법을 사용함으로써 시각적 성능이 떨어지는 단점이 있다. 이러한 이유로, 손실 블록 내에 곡선 에지가 존재할 때 성능을 향상시킬 수 있는 방향으로의 우세 에지 방향 성분 판별이 필요하며, 평탄 블록으로 분류된 블록에 대하여서도 시각적으로 성능을 향상시킬 수 있는 보간 알고리즘이 필요하다.

### 3. 제안한 오류 은닉 알고리즘

제안한 방법의 블록도는 그림 2에서와 같다. 즉,  $i$ 번째 발생한 손실 블록의 바로 근접하는 화소들에 대하여 각 화소에 따라 Weber 법칙[7]에 따른 적응적인 임계값을 선택한 후, 인접 화소간의 차이가 임계값보다 크면 카운터 변수  $ND'$ 를 1씩 증가시킨다. 모든 경계 화소들에 대하여 계산한 후 만일  $ND'$ 의 값이 0이라면 그 손실 블록은 평탄 블록으로 분류되고, 그렇지 않으면 에지 블록으로 분류되어  $ND'$ 의 값에 따라 가변 연산 영역이 결정된다. 결정된 가변 연산 영역에 대하여 Sobel 연산을 수행한 후 8가지 방향에 대한 근사화 된 단일 우세 에지 방향을 추정한다. 이렇게 분류된 손실 블록에 대하여 평탄 블록에 대하여서는 MWBLI 방법을 적용하고, 에지 블록에 대하여서는 BDI 방법을 적용하여 오류를 은닉시킨다.

제안한 알고리즘은 크게 두 과정으로 나누어진다. 즉, 손실 블록의 특성에 따라 이의 분류 과정과 분류된 손실 블록을 각각의 특성에 따라 오류를 은닉시키는 과정이다.

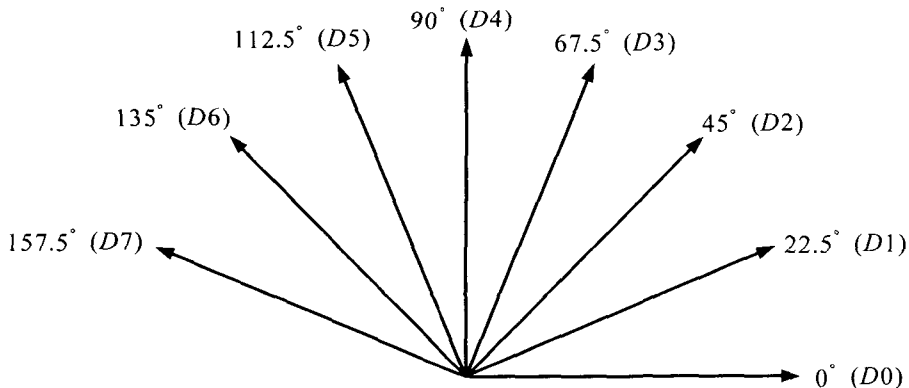


그림 1. 8가지 방향의 에지 카테고리

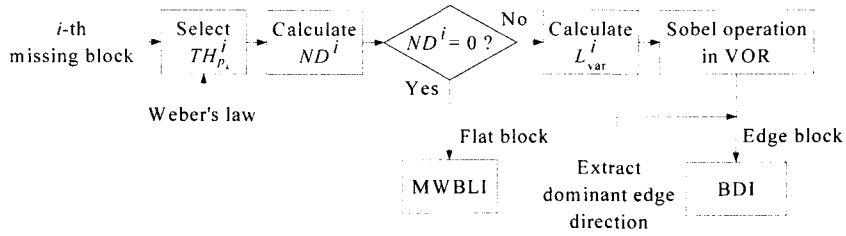


그림 2. 제안한 오류 은닉 알고리즘의 블록도

3.1 손실 블록 분류 (Missing Block Classification)

본 논문에서는 손실 블록의 주변 블록들의 정보를 이용하여 이를 두 가지로 분류한다. 즉, 블록 안에서 화소 값의 변화가 거의 없는 평탄 블록 및 우세한 에지가 존재하는 에지 블록으로 분류한다.

먼저  $i$ 번째 손실 블록의 주변 경계를 둘러싼 화소들에 대하여 인접한 두 화소 값의 차를 구하여 모든 차이가 계산된 임계값 미만이면, 즉  $ND^i$ 의 값이 0이면 그 블록은 평탄 블록으로 분류된다. 이때,  $i$ 번째 손실 블록의 주변 화소들 중  $k$ 번째 화소에 대한 적응적인 임계값  $TH_{p_k}^i$ 은

$$TH_{p_k}^i = p_k \times C_{JND} \quad (3)$$

와 같다. 여기서  $C_{JND}$ 는 인간 시각의 JND (just noticeable difference)의 임계 상수를 나타낸다. 이는 HVS 이론의 Weber 법칙[7]에 의해 근거된 식이다. 즉, 사람의 눈이 두 물체의 휘도 값을 구분할 수 있는 최소의 휘도 값의 차가 JND로서 일반적으로 한 물체

의 휘도 값의 1~3%로 정해진다. 다시 말하면 대부분의 인간의 눈은 두 물체의 휘도 값의 차이가 한 물체의 휘도 값의 3% 이상이 되는 순간부터 두 물체의 휘도 값을 구분할 수 있다는 것이다. 따라서 임계 상수  $C_{JND}$ 의 값은 3%가 된다. 본 논문에서는 이러한 이론에 근거하여 두 물체의 휘도 값의 차이를 인접 화소의 차이 값으로 모델링하여  $TH_{p_k}^i$  값을 결정한다.

$ND^i$  값이 0이 아닌 블록은 에지 블록으로 분류된다. 기존의 방법[5]에서는 우세 에지 방향을 판별하기 위한 연산 영역을 손실 블록 주변의 모든 블록 안의 화소 값으로 설정하였다. 하지만 이는 에지가 직선이라는 가정 하에서는 결과가 우수하지만 실제적인 에지는 대부분 곡선이므로 불필요한 연산 영역 설정으로 인하여 오히려 우세 에지 방향 판별의 성능을 저하시키는 효과를 가져온다. 예를 들어, 그림 3에서와 같이 손실 블록을 가로지르는 곡선 에지가 있다고 가정하자. 이때 시각적 성능을 최대화하기 위해서는 그림 3 (a) 에서와 같이 손실 블록의 에지 방향이

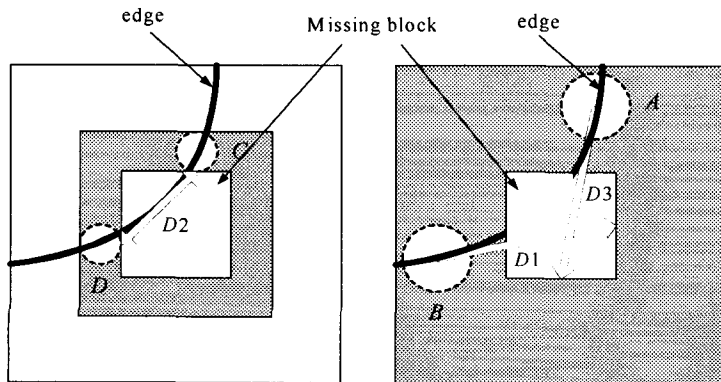


그림 3. 우세 에지 방향을 판별하기 위한 (a) 제안한 가변 연산 영역 및 (b) 기존의 연산 영역

$D2$  ( $45^\circ$ )로 추정되어야 한다. 하지만 그림 3 (b)의 경우와 같이 연산 영역을 손실 블록 주변의 전체 영역으로 잡았을 때에는 오히려 영역  $A$ 에서 추정되는 각도  $D3$  ( $67.5^\circ$ ), 혹은 영역  $B$ 에서 추정되는 각도  $D1$  ( $22.5^\circ$ )이 우세 에지 방향으로 추정될 가능성이 높다. 왜냐하면 영역  $A$ 와  $B$ 가 영역  $C$ 나  $D$ 보다 넓기 때문이다. 따라서 그림 3 (a)에서와 같이 에지 방향 추정에 사용되는 연산 영역을 줄임으로써 기존의 방법에 비하여 더욱더 우수한 에지 방향 성분을 추정할 수 있다.

이런 근거를 토대로 본 논문에서는  $ND^i$ 에 따라 연산 영역을 가변 시켜서 우세 에지 방향을 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 이때  $ND^i$ 는 블록 내에 존재하는 에지들의 개수와 비례한다. 즉,  $ND^i$ 가 커지면 그만큼 블록 내 에지 방향 성분이 많다는 것을 의미한다.

블록 내에 존재하는 에지 방향 성분들이 적은 경우 그 에지 들은 눈에 확연히 드러난다. 따라서 객관적 화질 성능보다는 주관적인 성능 향상을 먼저 고려해야 한다. 따라서 연산 영역을 손실 블록 주변으로 좁혀서 블록 주변만의 에지 방향 성분을 검출하여 보간함으로써 시각적 효과를 높일 수 있다. 이때 블록 주변의 에지 방향 성분은 주관적 화질에 중요한 역할을 하는 방향 성분을 나타낸다. 또한, 블록 내에 에지 성분이 많을 경우는 시각적 효과가 줄어들므로 연산 영역을 넓혀서 객관적 화질에 중요한 역할을 하는 우세 에지 방향을 찾아서 보간함으로써 객관적 성능을 높인다. 이때 사용하는 가변적 연산 영역의 길이에 대한 식은

$$L'_{var} = \left\lfloor \frac{ND^i}{C_{RE}} \right\rfloor + L_{min}, (L_{min} \leq L'_{var} < 8) \quad (4)$$

와 같다. 여기서,  $L_{min}$ 은 최소의 연산 영역의 길이,  $\lfloor x \rfloor$ 는 가우스 기호로서  $x$ 를 넘지 않는 최대의 정수를 나타낸다. 또한  $C_{RE}$ 는 블록 내 실제 에지(real edge) 개수의 추정 상수를 나타낸다. 이때  $C_{RE}$ 는

$$C_{RE} = M \cdot N_{VE} \quad (5)$$

로 정의된다. 여기서,  $N_{VE}$ 는 하나의 가상 에지(virtual edge)가 성립되기 위한 전이 개수(transition number)를 나타내며 따라서 그 값은 2가 된다.

그러나 전이 개수가 2라는 사실이 블록 내에 실제 에지가 한 개 존재한다는 말은 아니다. 왜냐하면 잡음에 의하여 전이가 생길 수도 있고, 에지가 성립되지 않는 상황에서 전이가 생길 수도 있기 때문이다. 따라서  $M$ 만큼의 여유분(margin)을 설정한다. 이때의 여유 분은 추정된  $N_{VE}$  값에서 실제 에지가 추정될 확률에 반비례한다. 즉  $M$ 은

$$M = \frac{1}{p_{RE}} \quad (6)$$

와 같다. 이때  $p_{RE}$ 는 실제 에지가 추정될 확률을 나타낸다. 본 논문에서는 실제 에지가 추정될 확률과 가상 에지가 추정될 확률이 동일하다고 가정한다. 따라서  $M$ 값은 2가 된다. 또한  $L_{min}$ 값은 에지 방향을 판단할 수 있는 최소한의 라인의 수로 설정한다.  $3 \times 3$  Sobel 연산에 의해서 추정되는 방향 성분은 실제로 4가지이다. 즉,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  및  $135^\circ$ 이다. 따라서 8개의 방향성분을 찾기 위해서는 최소한 2개의 라인이 필요하다. 그러나 손실 블록의 주변 경계 라인들은  $3 \times 3$  연산으로 인해 처리에서 배제되므로 실제적인 2개의 연산 라인을 더하여 결과적으로  $L_{min}$ 은 3이 된다. 따라서 결과적인 가변 연산 영역의 길이에 대한 식은

$$\begin{aligned} L'_{var} &= \left\lfloor \frac{ND^i}{C_{RE}} \right\rfloor + L_{min} = \left\lfloor \frac{ND^i}{M \cdot N_{VE}} \right\rfloor + L_{min} \\ &= \left\lfloor \frac{ND^i}{\frac{1}{p_{RE}} \cdot N_{VE}} \right\rfloor = L_{min} \\ &= \left\lfloor \frac{ND^i}{\frac{1}{1/2} \cdot 2} \right\rfloor + 3 = \left\lfloor \frac{ND^i}{4} \right\rfloor + 3 \end{aligned} \quad (7)$$

가 된다. 이렇게 가변적 연산 영역 설정을 이용하여 우세 에지 방향을 구한 다음, 이 우세 에지 방향에 따라 오류 은닉을 수행한다. 블록 분류에 사용되는 화소 및 가변 연산 영역에 관한 그림은 그림 4에서와 같다.

### 3.2 오류 은닉

제안한 블록 분류 알고리즘에 의하여 분류된 각 블록들에 대하여 각각의 블록에 적합한 오류 은닉 과정을 수행한다.

일반적으로 손실 블록 주변의 화소 값의 변동이 거의 없으면 그 손실 블록은 평탄 블록으로 분류되고 그 손실 블록에는 수직 및 수평 방향의 상관성을 이

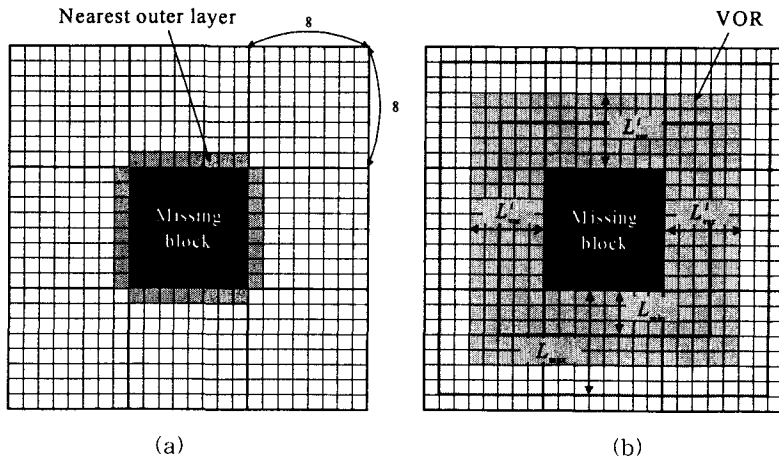


그림 4. (a) 블록 분류를 위해 사용되는 근접 경계 화소들 및 (b) 제한한 가변 연산 영역

용한 양선형 보간 (bilinear interpolation, BLI) 방법 [6]이 적용된다. 이때, MPEG-4 부호화는 블록 기반 부호화 (block based coding)이므로 블록간의 블록화 현상 (blocking artifact)이 발생한다. 따라서 손실 블록의 구석부분에 위치하는 화소들은 분류를 위한 화소들로부터 제외시켜야 한다. 하지만 4개의 구석 화소들을 제외시킴으로 인하여 평탄 블록으로 분류되었지만 실제로는 방향성이 존재하는 경우가 생기게 된다. 예를 들어, 그림 5에서와 같은 경우는 실제로는 시각적 성능 향상을 위해 수직 혹은 수평 방향에 따른 보간이 필요하지만 평탄 블록으로 분류되기 때문에 양선형 보간으로 인하여 시각적 성능이 떨어지는 경우들이다.

따라서 본 논문에서는 그림 5와 같은 경우에도 시각적 성능을 높이기 위해 손실 블록 주변의 상, 하, 좌, 우 부분 화소들의 평균값을 이용하여 수평 및 수

직 방향에 따라 가중치를 두는 MWBLI 방법을 사용하였다. 즉, 손실 블록의 상, 하 부분 화소들의 평균값의 차이와 좌, 우 부분 화소들의 평균값의 차이를 비교하여 가중치를 다르게 하는 방식이다. MWBLI 방법에서 사용하는 수평 및 수직 가중치  $w_v$  및  $w_H$ 는 각각

$$w_v = \frac{|\overline{P_L} - \overline{P_R}|}{|\overline{P_T} - \overline{P_B}| + |\overline{P_L} - \overline{P_R}|} \quad (8)$$

$$w_H = 1 - w_v \quad (9)$$

where

$$\overline{P_T} = \frac{1}{B} \sum_{n=0}^{B-1} p_T(-1, n)$$

$$\overline{P_B} = \frac{1}{B} \sum_{n=0}^{B-1} p_B(B, n)$$

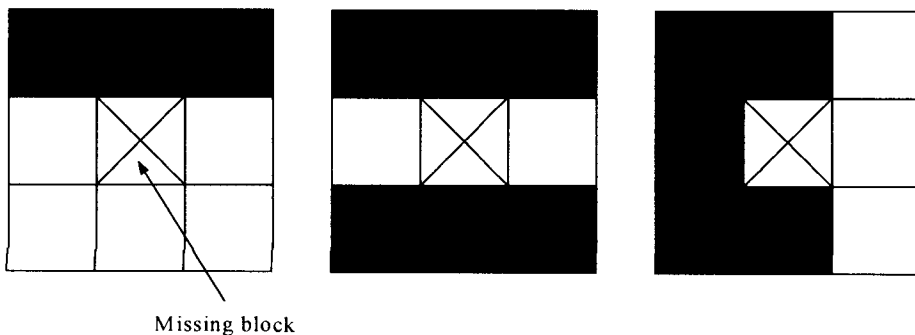


그림 5. 평탄 블록으로 분류되지만 방향성이 존재하는 경우들

$$\overline{P}_L = \frac{1}{B} \sum_{m=0}^{B-1} p_L(m, -1)$$

$$\overline{P}_R = \frac{1}{B} \sum_{m=0}^{B-1} p_R(B, n)$$

와 같고 MWBLI 방법에 사용되는 보간 식은

$$p(m, n) = w_V \cdot V(m, n) + w_H \cdot H(m, n) \quad (10)$$

where

$$V(m, n) = \frac{1}{d_T(m) + d_B(m)} [d_T(m) \cdot p_B(B, n) + d_B(m) \cdot p_T(-1, n)]$$

$$H(m, n) = \frac{1}{d_L(n) + d_R(n)} [d_L(n) \cdot p_L(m, -1) + d_R(n) \cdot p_R(m, B)]$$

와 같다. 여기서 B는 손실 블록 길이를 나타내며 그 값은 8이 된다. 보간 식에 사용되는 성분들을 그림으로 나타내면 그림 6에서와 같다.

에지 블록에 대한 오류 은닉 방법으로는 Sobel 연

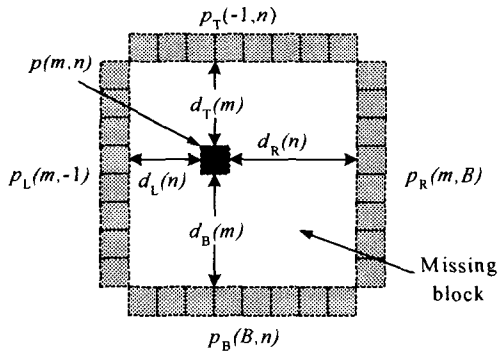


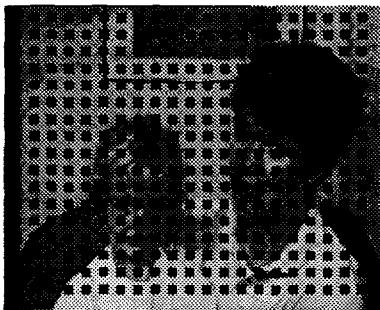
그림 6. 제안한 MWBLI 방법에 사용되는 성분들

산에 의하여 추정된 우세 에지의 방향에 따라 손실 블록의 주변 화소들만을 사용하는 BDI 방법을 사용한다. 주변 블록의 모든 화소들을 고려하는 기존의 방법은 에지가 직선이라는 가정에서만 우수한 성능을 나타내므로 곡선 에지의 특성을 최대한 살리기 위해 보간 시 손실 블록의 주변 경계 부분 화소들만을 사용함으로써 시각적 성능이 향상되게 한다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안한 오류 은닉 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 본 실험에서는 MPEG-4 부호화 영상을 생성하기 위하여 MPEG-4 VM (verification model)-18 기반[4]으로 부호화된 352×288 크기의 CIF 급 I-VOP 영상을 사용하였으며, 다양한 양자화 파라미터 (quantization parameter, QP)에 따른 결과를 나타내었다. 또한, 오류 은닉 성능 평가를 위하여 6%, 11% 및 23%의 독립적인 블록 오류를 발생시켜서 실험을 수행하였다. QP=1로 MPEG-4 압축된 MOTHER & DAUGHTER I-VOP 영상에 대하여 23%의 독립 오류를 발생시킨 영상은 그림 7 (a)에서와 같고, 제안한 알고리즘에 의해 오류 은닉된 영상은 그림 7 (b)에서와 같다.

각 영상에 대한 객관적 실험 결과는 표 1 및 그림 8에서와 같다. 표 1에서는 MPEG-4 압축된 CHILDREN, HALL MONITOR, MOTHER & DAUGHTER 및 WEATHER I-VOP들에 대하여 다양한 에러율 (error rate)에 따른 오류 은닉 성능을 나타내었고, 그림 8에서는 다양한 QP에 대하여 기존의 방법인



(a)



(b)

그림 7. MOTHER & DAUGHTER I-VOP에 대하여 (a) 오류영상 및 (b) 제안한 방법에 의하여 오류 은닉된 영상

표 1. MPEG-4 부호화된 CHILDREN, HALL MONITOR, MOTHER & DAUGHTER 및 WEATHER I-VOP에 대한 에러율에 따른 오류 은닉 성능

Test images	Error rate [%]	PSNR [dB]			
		BLI	DI	MDI	Proposed
CHILDREN	6	35.04	34.90	34.86	35.87
	11	31.85	31.25	31.14	32.30
	23	28.28	27.81	28.13	29.01
HALL MONITOR	6	36.47	34.14	37.14	38.55
	11	33.29	33.98	35.02	35.88
	23	30.08	28.79	30.28	30.91
MOTHER & DAUGHTER	6	40.66	42.95	43.14	43.63
	11	38.81	39.93	39.94	40.51
	23	35.48	37.12	37.04	37.93
WEATHER	6	28.64	31.17	31.00	31.35
	11	26.70	28.88	29.67	30.21
	23	22.93	25.21	25.06	25.59

BLI, MDI, 및 DI 방법과 제안한 방법에 대한 결과를 나타내었다. 이 표 1과 그림 8로부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 객관적 화질이 우수함을 알 수 있었다. 또한 시각적 성능 평가를 위하여 그림 9에서는 QP=1인 I-VOP들에 대하여 기존의 방법을 적용한 영상과 제안한 방법을 적용한 영상 중에서 특정

부분을 선택하여 확대한 영상을 나타내었다. 이 그림에서와 같이 시각적으로도 제안한 방법이 가장 우수함을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 연산 영역 가변 알고리즘을 적용한 MPEG-4 부호화 기반의 적응적 오류 은닉 기법을 제안하였다. 이 알고리즘에서는 손실 블록의 주변 정보를 이용하여 이들을 평탄 블록 및 에지 블록으로 분류한다. 즉, 손실된 블록의 주변 블록들에 대해서 블록 경계 영역의 인접 화소들의 차를 이용하여 평탄 블록을 분류하고, 평탄 블록으로 분류되지 않은 블록들에 대해서는 인접 화소의 차가 정해진 임계값을 넘어서는 개수에 따라 가변적인 연산 영역을 설정한 후, Sobel 연산자를 적용하여 우세 에지 방향 성분을 추정한다. 이렇게 분류된 각 블록에 대하여 적응적 오류 은닉을 수행한다. 즉, 평탄 블록에 대해서는 시각적 성능 향상을 위해 MWBLI 방법을 적용하고, 에지 블록에 대해서는 8가지 방향에 대하여 BDI 방법을 적용하여 오류 은닉을 수행한다. 컴퓨터 모의

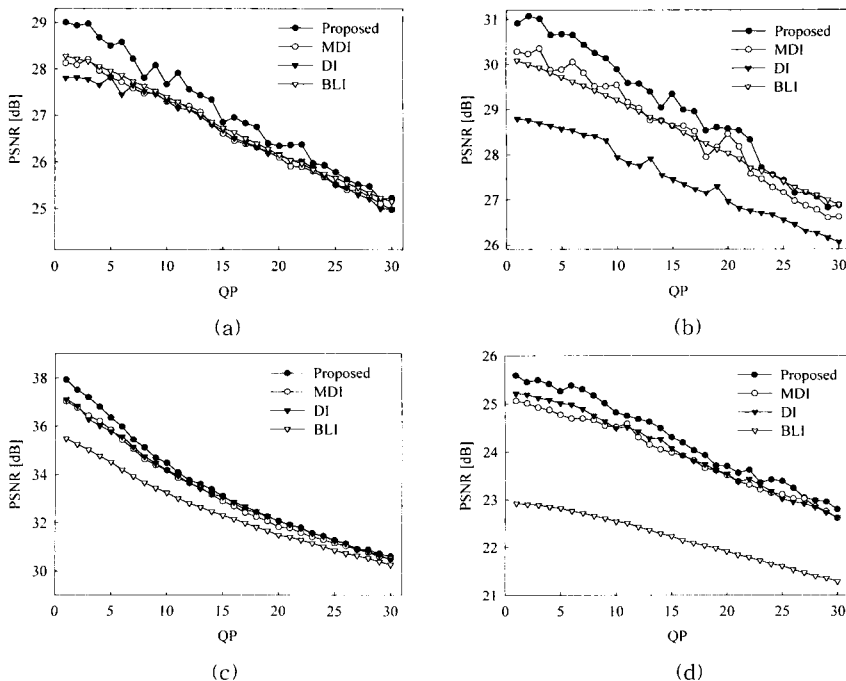


그림 8. MPEG-4 부호화된 (a) CHILDREN, (b) HALL MONITOR, (c) MOTHER & DAUGHTER, 및 (d) WEATHER I-VOP에 대한 다양한 QP에 대한 실험 결과들



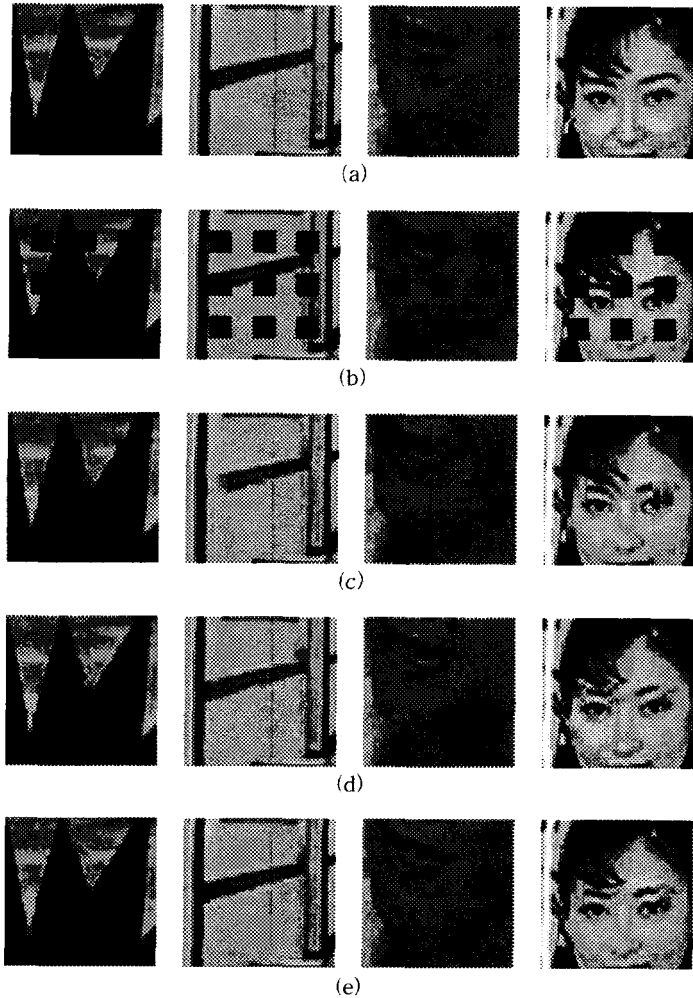


그림 9. QP=1에 대한 (a) 원 영상 및 (b) 오류 영상, (c) MDI, (d) DI 및 (e) 제안한 방법에 의하여 은닉된 결과 영상의 확대 영상들

실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 객관적, 혹은 주관적으로 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 38, no. 1, pp. xvii-xxxiv, Feb. 1992.
- [ 2 ] *ITU-T Recommendation H.263*, "Video coding for low bit rate communication."
- [ 3 ] Motion Picture Experts Group, "MPEG test model 5 draft revision 2," *ISO-IEC/ JTC1/ SC29/ WG11/602*, Nov. 1993.
- [ 4 ] MPEG-4 Video Verification Model version 18.0 (VM 18.0), *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N3908*, 2001.
- [ 5 ] W. Kwok and H. Sun, "Multi-directional interpolation for spatial error concealment," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 39, no. 3, pp. 455-460, Aug. 1993.
- [ 6 ] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment based on directional interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 43, no. 3, pp. 295-302, Aug. 1997.

[7] J. S. Lim, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1990.

[8] M. E. Al-Mualla, C. N. Canagarajah, and D. R. Bull, "Motion field interpolation for temporal error concealment," *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.*, vol. 147, no. 5, pp. 445-453, Oct. 2000.

[9] A. Nosratinia, "New kernels for fast mesh-based motion estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 40-51, Jan. 2001.

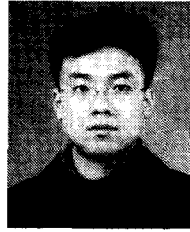
[10] Y. Wang, Q. F. Zhu, and L. Shaw, "Maximally smooth image recovery in transform coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 41, no. 10, pp. 1544-1551, Oct. 1993.

[11] Y. Wang and Q. F. Zhu, "Error control and concealment for video communication: A review," in *Proc. IEEE Multimedia Signal Processing*, vol. 86, no. 5, pp. 974-997, May 1998.

[12] Wenjun Zeng and Bede Liu, "Geometric-Structure-Based Error Concealment with Novel Applications in Block-Based Low-Bit-Rate Coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 648-665, June 1999.

[13] Jian Zhang, John F. Arnold, and Michael R. Frater, "A Cell-Loss Concealment Technique for MPEG-2 Coded Video," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 659-665, June 2000.

[14] Xin Li and Michael T. Orchard, "Edge-Directed Prediction for Lossless Compression of Natural Images," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 10, no. 6, pp. 813-817, June 2001.



김 병 주

1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업  
 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사  
 2000년 3월 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심 분야 : 영상처리, 영상통신, 정보보호



권 기 구

1997년 2월 인제대학교 전자공학과 졸업  
 2000년 2월 경북대학교 전자공학과 석사  
 2000년 3월 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심 분야 : 영상처리, 영상통신



이 석 환

1999년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업  
 2001년 2월 경북대학교 전자공학과 석사  
 2001년 3월 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심 분야 : 영상처리, 영상통신



권 성 근

1996년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업  
 1998년 2월 경북대학교 전자공학과 석사  
 2002년 8월 경북대학교 전자공학과 박사  
 2002년 11월 ~ 현재 삼성전자 무선 통신 사업부

관심 분야 : 영상처리, 영상통신, 정보보호



김 봉 석

2000년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업  
2002년 2월 경북대학교 전자공학과 석사  
2002년 3월 ~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심 분야 : 영상처리, 영상통신



이 건 일

1965년 2월 경북대학교 물리학과 졸업  
1970년 2월 경북대학교 물리학과 이학석사  
1984년 2월 부산대학교 물리학과 이학박사  
1969~1984 경북대학교 공과대

학 전자공학과 조교-부교수  
1982~1983 미국 RPI 공과대학 교환교수  
1984~현재 경북대학교 공과대학 전자공학과 교수  
1995~현재 산업표준심의회 전자부회 전자관 (IEC/TC39) 전문위원회 위원  
관심 분야 : 비디오 및 오디오 공학, 전자계측, 의용전자 공학

교 신 저 자

김 병 주 (702-701) 대구광역시 북구 산격동 1370번지  
경북대학교 대학원 전자공학과