

에지방향을 이용한 효율적인 오류 보상 방법 연구

권윤석 전수열 오승준 박호중 안창범 *김규현

광운대학교 VIA-Multimedia Center , *한국전자통신연구원 전파방송연구소 방송미디어연구부
{ daenam019 , k2ambo , sjoh , hcpark , cbahn }@viame.re.kr , kkim@etri.re.kr

A study of Efficient Error Concealment using Edge Direction

Kwon Yun-sek Kim, Seong-Hoon Oh, Seoung-Jun Park, Ho-Chong Ahn, Chang-Beom
*Kim, Kyu-Heon

Dept. VIA-Multimedia Center, Kwangwoon University

*Radio and Broadcasting Laboratory Electronic and Telecommunication Research
Institute

요약

압축된 영상의 비트스트림에 오류가 발생할 경우 영상을 복원할 때 심각한 왜곡이 발생하고, 이 때문에 멀티미디어 서비스에서 오류 보상 방법은 더욱 중요한 기술로 대두되고 있다. 기존의 연속된 블록을 복원하는 Hsia방법에서는 상하에 인접한 블록의 경계면에 따라 화소 값을 비교하고 정합벡터를 구하였다. 이와 같이 구해지 정합벡터는 주변 블록의 에지 분포에 대한 고려가 배제되기 때문에 정확한 블록의 복원을 이루어낼 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 주변 블록의 에지 분포를 고려한다. 오류 블록을 중심으로 상단과 하단의 에지 분포를 고려하여 에지 방향으로 보간한다. 이때 에지 검출을 위해 Sobel 연산자를 이용하고 그 임계값은(Just-Noticeable-Distortion)/MND(Minimally- Noticeable Distortion)로 한다. 에지의 뭉개짐 현상을 막기 위하여 상단 블록과 하단 블록에 에지가 존재 하지 않을 때와 존재할 때를 구분해서 보간한다. 연속된 블록에 발생한 오류를 제안하는 방법으로 보상 할 경우 PSNR이 최대 2dB이상 향상된다.

1. 서론

멀티미디어 시스템이 급속하게 발전함에 따라 다양한 형태의 유·무선 통신환경에서 멀티미디어서비스가 널리 활용되고 있다. 특히 무선통신과 휴대용 통신기기 기술의 발전은 멀티미디어 서비스의 발전을 더욱 가속화 시키는 계기가 되었고, 비디오 압축 기술의 발전으로 비디오 데이터의 크기가 크게 줄어들면서 화상 통신도 가능해졌다. 그러나 무선통신망과 같이 오류가 발생하기 쉬운 환경에서 압축된 비트스트림에 손상이 발생하였을 경우 손상을 복구하는데 많은 문제가 발생한다[1]. 네트워크 채널을 통한 전송 중 채널 간섭으로 에러가 발생할 수 있는데 한개의 비트 에러로 전체 블록에 손실을 가져올 수 있다. 또한 이런 현상은 연속적인 블록 오류현상으로 나타나는 경우가 많다[4]. 그림 1은 연속된 블록에 발생한 오류의 예를 보이고 있다.

정지영상이나 인트라(Intra)프레임의 경우, 공간 영역 상에서의 처리를 통해 손실된 블록들을 복원할 수 있다. 그러므로 연속된 블록에 발생한 오류는 공간 영역에서의 보간(Interpolation)과정을 거쳐 복원하게 되고 이때, 에지 부분이 흐릿해지면서 정확한 복원이 이루어지지 않게 된다.

최근 Hsia는 연속적인 블록 에러를 복원하기 위해 인접한 블록의 1차 정합벡터를 찾아 영상을 복원하는 방법을 제안하였다[2]. 이 방법은 복원과정에 소요되는 연산이 적어 영상을 빠르게 복원할 수 있는 장점이 있다. 하지만 탐색 영역 내에 다수의 에지가 존재할 경우 잘못된 방향으로 복원을 하게 되어 심각한 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 JND/MND를 임계값으로 하여 에지를 판단

하고 그 방향으로 보간한다[4].

문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 JND/MND를 임계값으로 하여 에지를 판단하고 그 방향으로 보간한다[4].



그림 1. 연속된 블록에 발생한 오류

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 Hsia의 오류 보상방법에 대해 소개한다. 3장에서는 제안하는 방법을 소개하고 4장에서 Hsia방법과 화질 측면에서 비교 한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. Hsia의 오류 보상 방법

Hsia의 오류 보상 방법은 오류 블록이 연속하여 발생했을 경우, 공간상에서 이를 보간하는 기술이다. 이 방법은 손상된 블록을 기준으로 인접한 블록들 간에 오류가 최소가 되는 1차원 경계

면을 찾아 정합벡터를 얻어낸다. 이 과정에서 손상된 블록의 위치를 찾기 위해 정 방향 오류 탐색 방법(FEC : forward Error Correction)과 같은 영상 탐색방법들이 사용될 수 있다. 그림 1은 Hsia방법의 기본 개념을 보여준다.

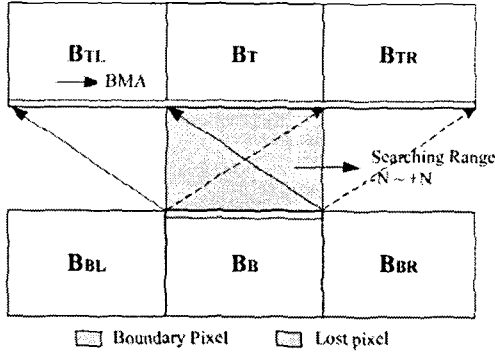


그림 2. Hsia 방법의 기본 개념

1 차원 경계면 정합벡터는 식 (1)의 MAD연산을 통해 손상된 블록에 인접한 두 블록 간에 오류가 최소가 되는 1차원 경계면을 찾는다.

$$MAD(Mx) = \sum_{i=0}^{N-1} |f_{0,i}^{B_B} - f_{N-1,i+M}^{B_{TL}, B_{Tr}, B_{TR}}|$$

(1)

여기에서, Mx 는 손실된 블록의 크기가 $N \times N$ 일 경우 $-N$ 에서 N 까지의 정합벡터를 말한다. B_B 는 공간상에서 오류블록의 아래 인접하는 블록을 나타내고 B_{TL} , B_{Tr} , B_{TR} 은 위에 인접하는 세 블록을 가리킨다. 최소 MAD 값을 통해 아래와 같은 BMA (Block Matching Algorithm)를 얻을 수 있다.

$$BMA = \text{Min}(MAD(Mx)) \text{ where, } -N \leq Mx \leq N \quad (2)$$

탐색구간에서의 모든 MAD 값을 비교하여 B_B 와 B_{TL} , B_{Tr} , B_{TR} 블록간의 정합벡터를 찾을 수 있다.

다음 단계에서 또 하나의 정합벡터를 찾기 위해 위의 단계와는 반대로 상단 블록 B_T 를 이용하여 상단 블록의 경계면에서 하단 블록 B_{BL} , B_B , B_{BR} 의 경계면과 가장 잘 정합되는 경계면 구간을 찾는다. 첫 번째 단계에서와 같이 최소 MAD 값을 통해 BMA 를 얻을 수 있다. 그림 2는 정합벡터 Mx 가 6인 경우 보간하는 방향을 보여준다. 정합벡터에 따라 M 개의 픽셀을 보간할 때, 이 픽셀들은 식 (3)에 의해 구할 수 있다.

$$f_{x,y}^1 = \left(f_{N-1,i}^{B_{TL}, B_{Tr}, B_{TR}} \times \frac{d_1}{M} \right) + \left(f_{0,k}^{B_B} \times \frac{d_2}{M} \right) \quad (3)$$

이때 d_1 과 d_2 는 각각 정합벡터에 따라 보간하게 될 픽셀에서 상위 블록과 하위 블록간의 거리를 나타내며, f 는 해당위치에서의 픽셀 값을 나타내는 픽셀 함수를 말한다[9].

두 번째 정합벡터에 의한 보간은 식(4)와 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$f_{x,y}^2 = \left(f_{N-1,i}^{B_{BL}, B_B, B_{BR}} \times \frac{d_1}{M} \right) + \left(f_{0,k}^{B_{TL}} \times \frac{d_2}{M} \right) \quad (4)$$

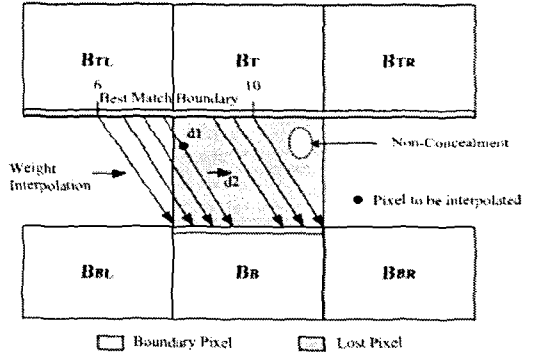


그림 3. 하단 경계면에 가장 잘 정합되는 상단 경계면 탐색

이때 보간은 그림 3에서와 같은 방향으로 이루어진다. 손상된 블록은 식 (3)과 (4)에 의해 복원되며 이때 두 가지 복원된 결과가 중첩되는 부분이 발생하게 된다. 따라서 중첩되는 부분은 식 (5)를 사용하여 평균값을 취한다. 이렇게 하면 대부분의 픽셀이 공간영역에서 이루어지는 보간에 의해 복원이 되지만 일부 픽셀 중에서 복원되지 않는 부분이 발생할 수 있다. 이 영역에 대해서는 중간값(median)필터를 적용하였다.

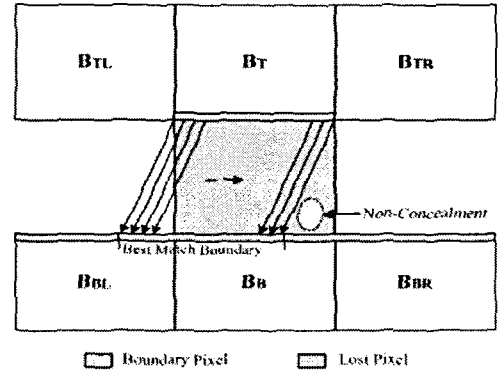


그림 4. 정합벡터에 따른 상단 블록에서의 보간

if $f_{x_1,y_1}^1 \neq 0, f_{x_2,y_2}^2 = 0$, then $f_{x,y} = f_{x_1,y_1}^1$
 elseif $f_{x_1,y_1}^1 = 0, f_{x_2,y_2}^2 \neq 0$, then $f_{x,y} = f_{x_2,y_2}^2$
 elseif $f_{x_1,y_1}^1 \neq 0, f_{x_2,y_2}^2 \neq 0$,

$$\text{then } f_{x,y} = \frac{f_{x_1,y_1}^1 + f_{x_2,y_2}^2}{2} \quad (5)$$

3. 제안하는 방법

그림 5의 예에서 알 수 있듯이, 탐색 구간 내에 다수의 에지가 존재 할 경우 Hsia방법은 잘못된 방향으로 영상을 복원하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 에지의 방향을 고려한다. 에지 검출을 위해 HVS(Human Visual System) 측면에서

JND/MND에 따른 에지 임계값을 정한다[4]. 그림 6에서는 에지 방향을 정하는 과정을 표시하고 있다.

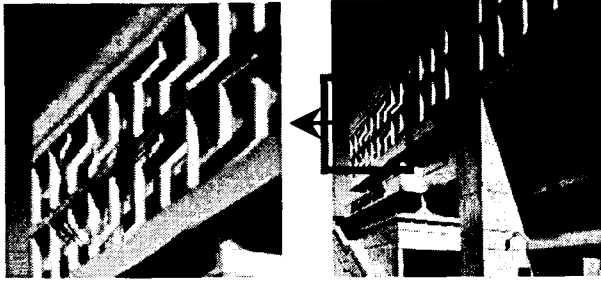


그림 5. Hsia방법으로 복원된 MIT영상

$N \times N$ 오류 블록의 인접한 상단과 하단블록 각각의 경계면에 인접한 3×3 크기의 블록 N 개의 에지를 검출한다. 이 때 MND에 의해 에지라고 판단되면 $[-N, N]$ 방향에 대해서 같은 방향을 갖는 에지 크기 합을 구한다. 그 합이 가장 큰 방향으로 보간한다.

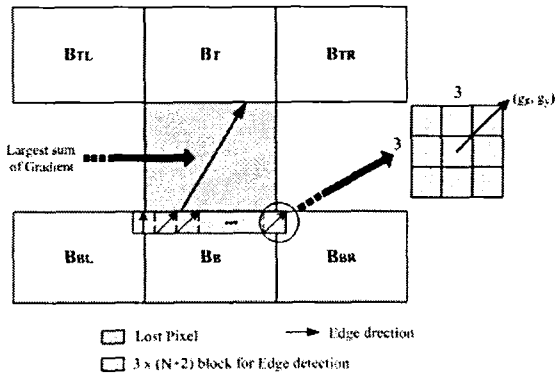


그림 6. 에지 방향의 결정

1. 에지 방향 검출

픽셀 $x_{i,j}$ 의 에지의 크기 성분은 식 (6)과 같이 표현된다. 이때 식(7)의 3×3 Sobel mask 연산을 이용한다.

$$\begin{aligned}
 gx &= x_{i+1,j-1} - x_{i-1,j-1} + 2x_{i+1,j} - 2x_{i-1,j} \\
 &\quad + x_{i+1,j+1} - x_{i-1,j+1} \\
 gy &= x_{i-1,j+1} - x_{i-1,j-1} + 2x_{i,j+1} - 2x_{i,j-1} \\
 &\quad + x_{i+1,j+1} - x_{i+1,j-1}
 \end{aligned} \quad (6)$$

$$Sx = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad Sy = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

(i,j) 위치에서 크기와 방향은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$G = |gx| + |gy|, \quad \theta = \tan^{-1}(gx/gy) \quad (8)$$

2. JND/MND를 이용한 에지 임계값

본 논문에서는 사람의 눈이 인식 할 수 있는 최소 픽셀 값의 차이를 나타낸 JND/MND를 임계값으로 에지의 유·무를 판단 한다. 이 방법은 에지 방향에 따라 그림 7과 같이 에지의 방향(θ)을 경계로 하여 대칭되는 3개 픽셀의 평균값을 구하고 작은 값을 기준으로 MND를 정한다. 이때 정해진 값과 두 개의 평균값의 차이가 MND보다 클 경우 에지로 판단한다.

$$JND(g(x,y)) = \begin{cases} T_o \times (1 - \sqrt{g(x,y)/127 + 3}) & \text{for } g(x,y) \leq 127 \\ \gamma \times (g(x,y) - 127) + 3 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

여기서, $g(x,y)$ 는 (x,y) 위치의 픽셀 값이고 $JND(g(x,y))$ 는 그 픽셀 값에 대한 JND이다. $T_o = 17$ 와 $\gamma = 3/128$ 실험적으로 정해진 값이다. 에지 검출을 위한 임계값으로 MND를 사용한다.

$$MND(g(x,y)) = JND(g(x,y)) \cdot d \quad \text{where, } 1.0 \leq d \leq 4.0 \quad (8)$$

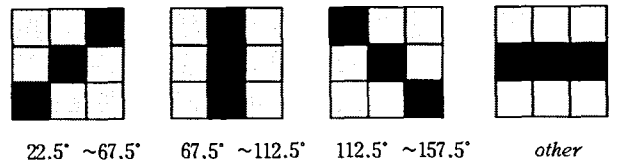


그림 7. 에지 방향에 따른 블록 모형

3. 에지 유·무에 따른 보간 방법

에지의 유·무에 따라 보간의 방법을 달리하게 된다. 에지가 존재할 경우 에지의 방향으로 보간을 하는데 상단과 하단의 에지 방향이 서로 일치하지 않는 경우가 발생할 수 있다. 이때 양 방향을 동등하게 고려하면 에지가 뭉개지는 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 보간 방법을 아래의 3가지로 분류한다.

- 에지가 존재하지 않을 경우
 최소 MAD값을 갖는 정합벡터를 이용하여 보간한다. 두 방향 모두에 의해서 보간된 픽셀은 평균값을 취한다.

- 한쪽 에지만 존재 할 경우
 에지 형태를 잘 나타내기 위해서 그림 8과 같이 에지 방향에 의한 보간 정합벡터에 의해서 나머지 영역에 대해 보간한다. 이것은 보간된 에지를 보존해서 시각적 화질을 개선하기 위함이다.

- 두 방향의 에지가 존재 할 경우
 두 에지 방향 중 MAD값이 작은 방향으로 먼저 보간하고, 다른 에지 방향으로 남은 영역을 보간한다. 두 번째 방법과 마찬가지로 복원된 영상에서 에지의 뭉개짐이 현상이 나타나지 않고 보존하기 위함이다. 마지막으로 보간되지 않은 영역은 중간값 필터를 사용하여 영상을 복원한다.

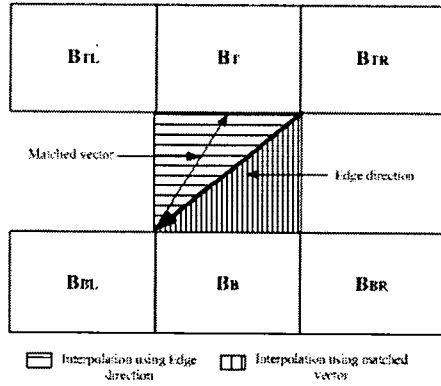


그림 8. 한 방향만 에지가 존재할 경우 보간 방법

4. 결과

제안된 방법에 대한 성능 실험은 512×512크기의 MIT, Lena 두 가지 영상에 연속적인 16×16의 오류 블록에 적용하여 이루어졌다. 표 1에서 Hsia방법과 제안된 방법의 PSNR(peak signal-to-Noise ratios)을 비교하고 그림 9과 10에서 Lena와 MIT 영상에 대해 제안하는 방법을 Hsia 방법과 비교한다.

표 1. Hsia방법과 제안된 방법의 PSNR 비교[dB]

오류 보상 방법	Lena	MIT
Hsia	29.735	23.784
제안된 방법	29.958	26.262

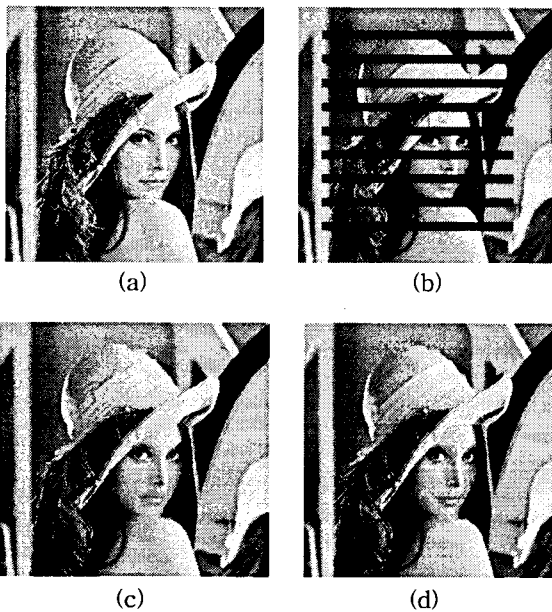


그림 9. Hsia와 제안된 방법의 복원 영상비교

(a)원 영상, (b)손상된 영상 (c)Hsia (d) 제안된 방법

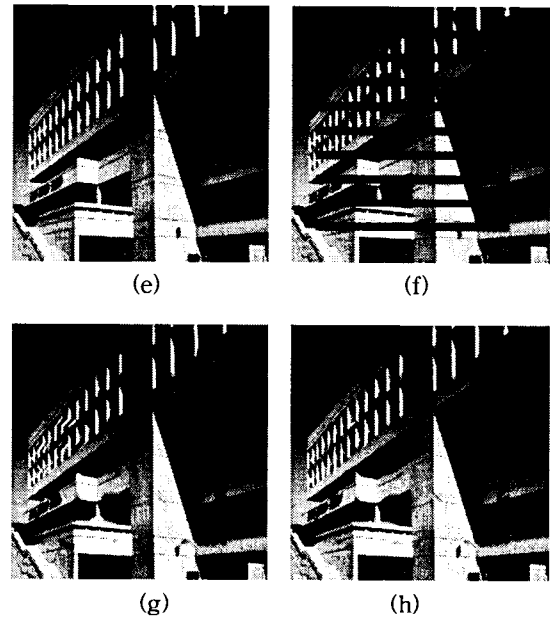


그림 10. Hsia와 제안된 방법의 복원 영상비교

(a)원 영상, (b)손상된 영상 (c)Hsia (d) 제안된 방법

5. 결론

연속된 블록에 발생한 오류를 복구하기 위하여 Hsia가 제안한 오류 보상 방법은 탐색 영역 내에 다수의 에지가 존재할 경우 잘못된 방향으로 보간한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 에지 방향을 이용한 보간 방법을 제안하였다. 실험 결과 최대 2dB이상 화질이 개선되었다.

감사의 글

본 연구는 2005년 한국 소프트웨어진흥원 IT-SoC 핵심 설계인력양성 사업, 한국전자통신연구원 위탁과 제 (0201-2005-0080)로 수행되었음.

참고문헌

- [1] G.Cote, B.Erol, and F.Kossentini, "H.263+:Video coding at low bit rate", *IEEE trans.Circuits, syst., video Technol.*, vol.8, pp.849-866, Nov.1998.
- [2] Shih-Chang Hsia, "An Edge-Oriented Spatial Interpolation for Consecutive Block Error Concealment", *IEEE Signal processing Letters* vol.1, no.6, June 2004
- [3] Chun-Hsien Chou and Yun-Chin Li, "A perceptually Tuned Subband Image Coder Based on the Measure of Just-Noticeable-Distortion Profile", *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, vol.5, no.6, December 1995
- [4] 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.*, vol4, no.3, pp.259-273, Mar. 1995