

비디오 복호기에서의 어파인 변환을 이용한 적응적 에러은닉 기법

정희원 김 동 형*, 김 승 중**

Adaptive Error Concealment Method Using Affine Transform in the Video Decoder

Donghyung Kim*, Seungjong Kim** *Regular Members*

요 약

시간적 에러은닉 기법은 손실된 데이터를 포함한 프레임과 이전프레임사이의 시간적 상관도(temporal correlation)를 이용하여 손실된 데이터를 복원하는 기술을 말한다. 이러한 시간적 에러은닉 방법은 블록단위의 복원기술과 화소단위의 복원기술로 나눌 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 어파인변환(affine transform)을 이용한 화소단위의 시간적 에러은닉에 관한 것으로 이는 손실된 블록내에 객체 또는 배경이 어파인 모델로 모델링될 수 있는 기하학적 변환 즉, 회전, 확대, 축소와 같은 변환이 있는 경우 더욱 높은 성능을 가진다. 또한 어파인 모델의 계산과정에 사용되는 움직임벡터가 서로 다른 객체의 움직임을 나타내는 경우에도 높은 성능을 유지하기 위해 비용함수를 정의하고 비용값에 따라 적응적으로 어파인 에러은닉방법을 적용함으로써 보다 높은 성능을 가지게 한다. 실험결과 제안하는 알고리즘은 현재 H.264/AVC 참조소프트웨어에서 방법과 비교하여 최대 1.9 dB까지의 객관적 화질향상이 있는 것으로 나타난다.

Key Words : Adaptive Temporal Error Concealment, Affine Transform, H.264/AVC video

ABSTRACT

Temporal error concealment indicates the algorithm that restores the lost video data using temporal correlation between previous frame and current frame with lost data. It can be categorized into the methods of block-based and pixel-based concealment. The proposed method in this paper is for pixel-based temporal error concealment using affine transform. It outperforms especially when the object or background in lost block has geometric transform which can be modeled using affine transform, that is, rotation, magnification, reduction, etc. Furthermore, in order to maintain good performance even though one or more motion vector represents the motion of different objects, we defines a cost function. According to cost from the cost function, the proposed method adopts affine error concealment adaptively. Simulation results show that the proposed method yields better performance up to 1.9 dB than the method embedded in reference software of H.264/AVC.

I. 서 론

채널상황 또는 시스템상의 문제로 전송되는 비디오는 복호화 과정에서 에러가 발생할 수 있다. 하지

만 손실된 영역을 포함하는 프레임은 여전히 공간적/시간적 상관도(spatial/temporal correlation)를 가지고 있다. 에러은닉(Error Concealment)이란 이러한 시간적/공간적 상관도를 이용하여 손실된 비디오 데이터

* 한라대학교 정보통신방송공학부 (dhkim@halla.ac.kr), ** 한양여자대학교 컴퓨터정보과 (jkim@hywoman.ac.kr)
논문번호 : KICS2008-04-166, 접수일자 : 2008년 4월 11일, 최종논문접수일자 : 2008년 9월 8일

를 복원하는 기술을 말하는 것으로 공간적 에러은닉 기법은 공간적 상관도를 시간적 에러은닉 기법은 시간적 상관도를 이용하여 에러를 은닉한다.

본 논문에서 제안하는 방법은 시간적 상관도를 사용하여 손실된 매크로블록을 복원하는 기술에 관한 것으로 비디오 코덱에 의존적(dependent)이지 않은 시간적 에러은닉 기법이다.

이러한 시간적 에러은닉 기법은 MPEG-2가 제정된 이후로 많은 연구가 진행되어 왔다. 가장 대표적인 에러은닉방법에는 손실된 블록의 주변화소값을 이용한 BMA(Boundary Matching Algorithm) 기법을 들 수 있으며, 이를 수정 보완한 여러 가지 방법들이 제안되었다¹⁴⁾. 현재 ITU-T에서 권고하고 H.264/AVC 참조소프트웨어(JVT Model)에 구현되어 있는 시간적 에러은닉 기법 또한 이러한 BMA 기반의 방법을 사용한다. 하지만 이와 같은 BMA에 기반한 여러 에러은닉 방법들은 적절하지 못한 움직임벡터가 선정된 경우에는 에러를 은닉한 매크로블록과 주변 매크로블록들 사이의 블록화 현상이 발생하여 주관적 화질을 현저히 떨어뜨릴 수도 있다는 단점을 가진다. 이러한 단점을 극복하기 위한 방법으로서 블록단위가 아닌 화소단위의 움직임 벡터의 복원을 통해 에러를 은닉하는 방법이 Zheng에 의해 제안되었으며 이는 주변 매크로블록의 움직임벡터 정보를 이용하여 Lagrange 보간방법을 통한 화소단위의 움직임벡터를 복원해내는 방법이다¹⁵⁾. 하지만 이러한 에러은닉 기법은 작은 영역에서의 움직임이 발생하였을 경우 높은 성능을 보이지 못한다는 단점을 가진다. 또 다른 화소단위의 복원 방법으로는 옵티컬플로우(optical flow)를 이용한 손실된 벡터의 움직임 벡터 복원 방법¹⁶⁻¹⁸⁾을 들 수 있으며, 손실된 블록의 인접 화소 단위에서의 옵티컬플로우 속도 벡터를 구함으로써 보다 이전보다 높은 성능을 나타내지만 높은 복잡도를 갖는다는 단점을 가진다. 또한 옵티컬플로우의 특성상 잡음에 민감(sensitive)하다는 것도 옵티컬플로우를 이용한 방법의 단점으로 작용한다. 또한 어파인변환을 이용한 화소단위의 움직임벡터 복원 방법⁹⁾이 Lee에 의해 제안되었으며, 이는 먼저 손실된 매크로블록을 두 개의 삼각영역으로 이분할하고 손실된 매크로블록 주변의 일정영역에 대해서 움직임벡터의 재추정을 수행한다. 이를 통해 산출된 움직임벡터를 이용하여 각 삼각영역에 대해서 어파인 모델을 도출함으로써 에러를 은닉한다. 하지만 복호기가 어파인 모델을 구하기 위해 움직임탐색과정을 포함한다는 점은 복호과정에 시간 지연(time delay)을 야기시킬 수 있다는 점, 그리고

어파인 모델에 도출에 사용된 움직임벡터의 상호연관성의 고려없이 항상 어파인변환을 통한 에러은닉을 수행함으로써 각 움직임벡터가 서로 다른 객체의 움직임을 나타내고 있는 경우 화질 열화를 발생시킬 수 있다는 단점을 가진다.

본 논문에서는 어파인 변환¹⁰⁻¹¹⁾을 사용하여 복잡도 측면에서의 과도한 증가없이 화소단위의 움직임값을 산정함으로써 복원된 블록과 주변블록과의 블록간 현상을 최소화하는 시간적 에러은닉 방법을 제안한다.

II. 참조소프트웨어에서의 시간적 에러은닉기법

H.264/AVC 참조소프트웨어는 비표준(non-normative) 영역으로서 시간적 에러은닉 알고리즘을 포함하고 있다. 여기에 사용되는 알고리즘은 시간적 에러은닉에 가장 널리 사용되는 BMA(Boundary Matching Algorithm) 기반의 비용함수를 사용하여 손실된 매크로블록에 대한 움직임벡터를 복원하고 이를 통해 손실된 블록을 복원한다. BMA는 대부분의 영상에 있어 인접한 화소간에 높은 상관성이 있다는 성질을 이용한 것으로 손실된 매크로블록에 인접한 화소들과 움직임벡터의 추정을 통해 복원한 매크로블록의 가장자리 화소들 사이의 차이값을 비용값으로 산정하는 방법을 의미한다.

또한 에러은닉을 위하여 최적의 움직임벡터를 선정하는 과정에서 참조소프트웨어는 9개의 움직임벡터 후보를 사용하며, 여기에는 영벡터 및 손실된 매크로블록 주변에 위치한 8개의 8x8블록에 대한 움직임벡터의 평균이 포함된다.

III. 어파인 모델 및 파라미터 산정

어파인 변환이란 회전, 확대, 축소와 같은 기하학적 변환을 나타내며, 식 (1)은 $(x,y) \rightarrow (x',y')$ 공간으로의 어파인변환식을 나타내는 것으로 이차원평면에서 6개의 파라미터를 가진다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

각 파라미터마다 기하학적 변환에 기여하는 특성이 있는데 가령 어파인 파라미터 a, b, d, e 는 이차원 평면의 회전, 확대, 축소와 같은 기하학적 변화에 영향을 미치며, 어파인 파라미터 c 및 f 는 각각 수평 및

수직방향으로의 이동을 나타낸다.

6개의 어파인 파라미터를 구하기 위해서는 6개의 방정식이 필요하며 이는 이차원의 (x,y)좌표를 고려한 경우 3개 위치에서의 이동경로가 필요함을 의미하며, 이러한 이동경로에 사용되는 것이 움직임벡터 정보이다.

예를 들어 $(x_0, y_0) \rightarrow (x_0', y_0')$, $(x_1, y_1) \rightarrow (x_1', y_1')$, $(x_2, y_2) \rightarrow (x_2', y_2')$ 와 같이 이차원 평면상의 세 지점의 이동경로를 알고 있을 경우 어파인 파라미터는 식 (2)를 이용하여 구할 수 있다. 만일 네 점 이상의 기하학적 변환위치를 알고, 이들 각각의 변환쌍이 모두 독립(independent)인 경우 이는 최소자승해법(least square solution)을 푸는 문제로 귀결된다^[11].

$$p^T = A^{-1} \cdot b^T$$

where

$$A = \begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$p = [a \ b \ c \ d \ e \ f]$$

$$b = [x'_0 \ x'_1 \ x'_2 \ y'_0 \ y'_1 \ y'_2]$$

(2)

최종적인 식 (2)를 통해 계산된 어파인 파라미터와 식 (1)을 이용하여 (x,y)평면의 값을 (x',y') 평면으로의 어파인 변환을 수행할 수 있다.

IV. 제안하는 알고리즘

ITU-T에서 권고하고 H.264/AVC 참조소프트웨어에 구현되어 있는 시간적 에러은닉방법을 포함하여 기존의 여러 움직임벡터 복원을 통한 시간적 에러은닉기법들은 대부분 수직 또는 수평방향의 이동(translation)만을 고려한다. 이러한 방법들은 카메라 또는 손실된 블록내의 객체가 수직 또는 수평방향으로 이동하는 경우 효과적으로 에러를 복원할 수 있다. 반면 화면내의 객체가 회전하거나 카메라의 줌인(zoom in) 및 줌아웃(zoom out)과 같은 어파인 변환을 포함하는 경우 성능저하를 피할 수 없다는 단점을 가진다.

본 논문에서 제안하는 인터프레임(Inter-frame)에서의 어파인 변환을 통한 적응적 에러은닉기법은 기존의 시간적 에러은닉 방법이 가지는 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로 그림 1과 같은 구조를 가진다.

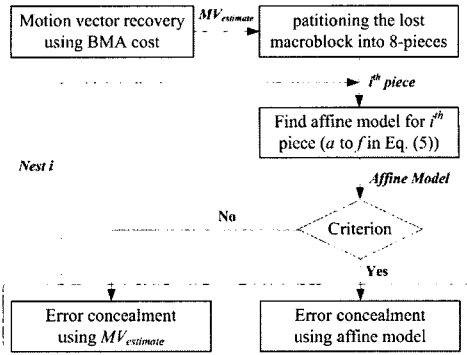


그림 1. 제안하는 알고리즘의 블록 다이어그램
Fig. 1. The block diagram of the proposed algorithm

4.1 BMA기반의 움직임벡터 복원

제안하는 알고리즘은 BMA기반의 비용함수를 사용하여 II장에서 기술한 최대 9개의 움직임벡터의 후보들 중 최소의 비용값을 가지는 움직임벡터를 손실된 매크로블록의 움직임벡터로 추정하며, 이 단계는 현재 H.264/AVC 참조소프트웨어와 동일한 방법으로 수행된다. 손실된 매크로블록에 대해서 가장 낮은 비용값을 가지는 선택된 움직임 벡터(그림 1에서의 $MV_{estimate}$)는 다음 단계에서 손실된 매크로블록내의 어파인 파라미터를 산정하는데 사용된다.

4.2 손실블록 분할 및 영역단위 어파인 모델 산정

제안하는 알고리즘은 손실된 매크로블록을 어파인 모델을 사용하여 복원함에 있어 그림 1과 같이 8개의 삼각형으로 손실된 매크로블록을 분할하여 고려한다. 이는 어파인 모델을 구하는 과정에 소요되는 연산량을 최소화하기 위한 것으로 각 영역에 대해서 6개의 어파인 파라미터를 산정하기 위한 최소의 수직인 6개의 방정식만을 고려하기 위함이다. 또한 손실된 블록의 영역에 따라 가장 인접한 움직임벡터들을 에러은닉에 사용할 수 있다는 점도 손실된 매크로블록을 분할하여 고려하는 또 하나의 이유이다.

각 삼각영역에서의 어파인 파라미터의 계산과정에는 세 꼭지점 위치에서의 움직임벡터 정보가 사용되

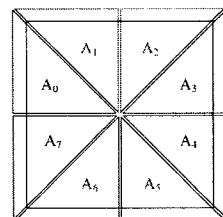


그림 2. 시간적 에러은닉을 위한 손실 매크로블록의 분할
Fig. 2. Block Partitioning for temporal error concealment

며, 손실된 매크로블록 내에 포함된 각 삼각형 꼭지점 위치에서의 움직임벡터는 앞 단계에서 복원된 움직임벡터가 사용된다.

어파인 파라미터는 앞서 언급한바와 같이 식 (2)를 이용하여 구할 수 있는데 이때 실제 적용에 있어서는 역행렬 A^{-1} 는 구할 필요가 없다. 이는 손실된 매크로블록의 좌상측에 해당하는 좌표를 원점(0,0)으로 맵핑하는 경우 각 8개의 위치에서의 역행렬 A^{-1} 는 항상 동일한 값을 가지기 때문이다. 따라서 8개 위치에 대한 역행수를 미리구해 놓음으로써 단순한 곱셈 연산만을 이용하여 어파인 파라미터들을 구할 수 있다.

그림 3은 임의 위치의 손실된 매크로블록을 원점으로 대칭한 경우의 A_0 및 A_1 영역의 좌표를 나타낸다. 여기에서 A_2 및 A_3 영역(1사분면)은 A_0 및 A_1 영역(2사분면) 대칭구조를 가지며, $A_4 \sim A_7$ 의 영역(3 및 4사분면) $A_0 \sim A_3$ 영역(1 및 2사분면)과 대칭구조를 가진다. 그림 3에 도시된 각 영역에서 손실된 매크로블록에 바로 인접한 영역이 아닌 2화소만큼 떨어진 영역을 고려하는 이유는 마지막 단계에서 적응적으로 어파인 에러넉방법을 적용하기 위함이며, 어파인 변환을 통한 인접화소의 값들은 그림 1에 포함된 조건식(criterion)에 사용된다. 이에 대한 자세한 내용은 다음절에 기술한다.

제안하는 어파인 에러넉 과정을 A_0 영역에 대해서 설명하면 다음과 같다. 손실된 매크로블록의 좌상측에 해당하는 원좌표가 (x_0, y_0) 라고 할 경우 이를 원점으로 맵핑시키면 A_0 영역은 그림 3과 같이 세 꼭지점을 $\{(7,7), (-2,7), (-2,-2)\}$ 로 가지는 삼각형 내에 포함된다. 각 꼭지점은 최소 4x4단위로 움직임을 추정하는 H.264/AVC 비디오의 관점에서 각기 다른 움직임벡터를 가질 수 있으며, 각 꼭지점에서의 움직임벡터는 어파인 파라미터를 구하는데 사용된다. 만일 $\{(7,7), (-2,7), (-2,-2)\}$ 에서의 움직임벡터가 그림 4와

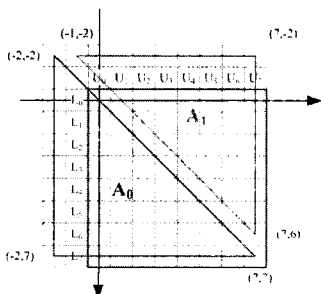


그림 3. 손실된 블록을 원점으로 맵핑시킨 경우의 A_0 및 A_1 영역
Fig. 3. The A_0 and A_1 area in case that the lost macroblock is mapped to the origin of the coordinate axes

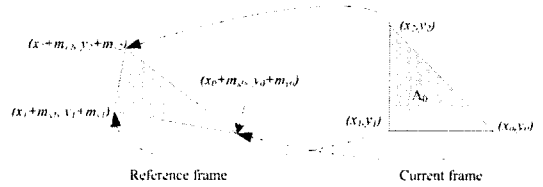


그림 4. 어파인 파라미터를 산정하기 위한 움직임 벡터
Fig. 4. Motion vectors for calculating affine parameters

같이 각각 $\{(m_{x0}, m_{y0}), (m_{x1}, m_{y1}), (m_{x2}, m_{y2})\}$ 라 한다면 식 (2)는 식 (3)과 같이 쓸 수 있다.

$$p^T = A^{-1} \cdot b^T$$

where

$$A = \begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$p = [a \ b \ c \ d \ e \ f]$$

$$b = [x_0 + mv_{x0} \ x_1 + mv_{x1} \ x_2 + mv_{x2} \ y_0 + mv_{y0} \ y_1 + mv_{y1} \ y_2 + mv_{y2}]$$

(3)

식 (3)에서 볼 수 있는 바와 같이 손실된 매크로블록의 좌상측좌표를 원점으로 맵핑시킴으로써 행렬 A 는 각 영역에 따라 항상 동일한 값을 가진다. 따라서 앞서 기술한 바와 같이 실제 적용에 있어서는 A^{-1} 의 값을 미리 계산해 놓음으로써 실제 A^{-1} 를 구하기 위한 역행렬과정은 포함되지 않는다. 또한 반드시 고려하여야 할 점은 그림 3의 좌표는 식 (3)에 포함된 (x_i, y_i) 로 대입될 때 4배의 값을 사용하여야 한다. 이는 1/4 화소단위의 움직임벡터를 가지는 H.264/AVC의 특징 때문으로 식(3)의 행벡터 b 에 포함된 모든 움직임벡터들은 1/4화소단위의 값을 가지기 때문이다. 따라서 A_0 영역의 경우 $\{(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2)\}$ 는 $\{(28,28), (-8,28), (-8,-8)\}$ 의 값을 가진다. 식 (3)을 이용하여 6개의 어파인 파라미터를 구한 뒤 실제 해당 모델을 이용한 에러의 복원과정에서 다시 손실된 매크로블록을 원래 위치로 보상해주어야 하며, 이를 고려한 수식은 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \text{round} \left(\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix} \right)$$

(4)

식 (4)에서 $\text{round}(\cdot)$ 함수는 반올림 값을 의미이며, (x, y) 는 현재 손실된 매크로블록 내에 포함된 영역을 나타내고, (x', y') 는 손실된 블록을 복원하는데 사용되는 참조프레임에서의 좌표를 나타낸다. 이상의 과정

을 통해 A₀영역에 포함된 손실된 블록은 화소단위로 복원하며, A₀ 이외의 영역에 대해서도 동일한 방법을 적용하여 어파인 에러은닉을 수행할 수 있다.

만일 세 꼭지점에서의 움직임벡터가 모두 m_{x0}, m_{y0} 인 경우의 어파인 파라미터 a와 e는 1의 값을 가지며, b, d는 0의 값을 가진다. c 및 f는 m_{x0}, m_{y0}의 값을 가지게 되며 이를 이용한 어파인 에러은닉은 수직 또는 수평방향의 이동성분만을 고려한 현재의 참조소프웨어와 동일한 결과를 가져온다.

4.3 적응적 어파인 에러은닉

손실된 매크로블록의 분할된 각 영역에서의 어파인모델을 이용한 시간적 에러은닉 방법은 블록내의 객체 또는 배경이 어파인 변환으로 모델링되는 기하학적 변화를 가질 때 가장 높은 성능을 나타낸다. 하지만 어파인모델을 구하는 과정에서 사용되는 움직임벡터가 동일한 객체의 움직임을 나타내지 않는 경우 (이는 전역움직임탐색(full motion search)의 경우 더욱 두드러지게 나타난다.) 또는 주변 블록이 인트라프레임으로 부호화된 경우에는 어파인 에러은닉을 통해서 오히려 성능의 저하가 발생할 수 있다. 이는 어파인 에러은닉기법이 적응적으로 적용되어야 할 필요가 있음을 의미하며, 이를 위하여 비용함수를 정의하고 어파인변환의 적용과 기존의 H.264/AVC 참조소프웨어에서의 방법사이의 비용값을 비교함으로써 어파인 에러은닉방법을 적응적으로 적용한다.

이를 위한 비용값으로서 먼저 기존의 H.264/AVC 참조소프웨어에서의 방법을 사용한 경우의 비용값(Cost_{JM})을 A₀영역에 대해서 고려하면 식 (5)와 같다. 여기에서 m_{x0} 및 m_{y0}는 기존의 방법을 사용하여 추정된 움직임벡터(그림 1의 MV_{estimate})를 나타내며, 비용함수에서 볼 수 있듯이 비용값은 영역 A₀에 포함된 이미 부호화된 외곽 화소(그림 3내의 L₀~L₇)위치에서의 왜곡량을 나타낸다.

$$Cost_{JM} = \sum_{y=y_0}^{y_0+7} |P_{x_0-1,y} - L_i|$$

where,

$$L_i = P'_{x_0+m_{x0}-1, y_0+m_{y0}+i} \quad (5)$$

반면, 어파인 에러은닉 방법에 대한 비용함수 및 비용값 (Cost_{Affine})는 식 (6)과 같으며, 식에 포함된 어파인 파라미터는 이전의 단계에서 도출한 A₀블록에 대한 어파인 파라미터이며, P_{x,y} 및 P'_{x,y}는 각각 현재 프레임 및 참조프레임에서의 화소값을 나타낸다.

$$Cost_{Affine} = \sum_{y=y_0}^{y_0+7} |P_{x_0-1,y} - L_i|$$

where,

$$L_i = P'_{x_0,y_0}, \quad \begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{bmatrix} = round \left(\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ i \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ 1 \end{bmatrix} \right) \quad (6)$$

위의 식(5-6)의 비용값들을 사용하여 각 방법에 대한 비용값을 산출하고 각 영역단위(A₀, A₁, ..., A₇)로 최적의 에러은닉방법을 사용하여 적응적으로 삼각블록단위로 손실된 매크로블록을 복원한다. 이때 Cost_{JM}의 비용값이 작은 경우 즉, 기존의 H.264/AVC 참조소프웨어에서의 방법이 효과적이라고 판단되는 경우에도 블록단위가 아닌 해당 삼각블록에 포함되는 화소위치의 값만을 은닉한다.

이상의 과정에서 만일 주변 매크로블록에서의 움직임벡터의 사용이 불가능한 경우 (인트라 블록 또는 연속에러(consecutive error)), 해당 움직임벡터정보를 사용하여 어파인모델을 도출하는 삼각블록은 기존의 참조소프웨어에서와 동일한 방법을 사용하여 복원한다.

V. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능평가를 위한 실험은 서로 다른 공간적 에지경향 및 움직임정도를 가지는 QCIF(176x144) 및 CIF(352x288) 크기의 테스트 영상을 대상으로 이루어졌으며, 복호기의 입력으로 사용된 비트스트림은 IPPP 구조를 가지는 최초 150 프레임을 사용하였고, I 프레임을 제외한 나머지 프레임에 대해서 고립(isolated) 에러 및 연속(consecutive) 에러 상황을 고려하였다. 본 실험은 복호과정에서의 에러의 위치는 기존의 여러 에러검출방법^[14] 등을 이용하여 검출되었다고 가정한다.

또한 제안하는 알고리즘의 성능 비교를 위해서 고립 또는 연속 에러가 발생하였을 때 각 비트율에서 이전프레임의 동일 위치에 해당하는 블록을 복사하여 에러를 복원하는 경우 (TR: Temporal Replacement), 현재 H.264/AVC 참조소프웨어에 구현되어 있는 BMA기반의 비용함수를 사용하여 움직임벡터를 복원하는 경우 (BMA: Boundary Matching Algorithm), 이 분할 어파인 변환방법 (Lee의 방법^[9]), 팔분할 어파인 변환방법(BMA + AEC(Affine Error Concealment)), 그리고 마지막으로 본 논문에서 제안하고 있는 식 (5-6)의 비용값에 따라 적응적으로 어파인 에러은닉 기법을 적용하는 경우(BMA+AAEC(Adaptive Affine

Error Concealment))의 실험을 수행하였다. 상기의 적용 방법 중 AEC 및 AAEC의 적용에 있어 BMA를 함께 사용하는 것은 앞장에서도 기술한 바와 같이 주변 움직임벡터의 정보가 가용(available)하지 않는 경우 기존의 H.264에서의 방법을 그대로 사용한다는 것을 의미한다.

그림 5 및 6은 QCIF 및 CIF 크기의 영상에 대해서 고립에러 및 연속에러의 발생 시 각각의 방법을 통

해 에러를 은닉한 복원영상의 객관적 화질을 비교한 것으로 제안하는 방법은 BMA 즉, 현재 H.264 참조 소프트웨어에서의 방법과 비교하여 고립에러의 경우 최대 1.86dB, 연속에러의 경우 최대 0.53 dB의 객관적 화질 향상을 가져오는 것으로 나타났다. 연속에러의 경우 고립에러와 비교하여 상대적으로 성능향상이 적은 이유는 적응적 어파인 변환을 적용하는 삼각블록의 수가 고립에러와 비교하여 제한적이기 때문이다.

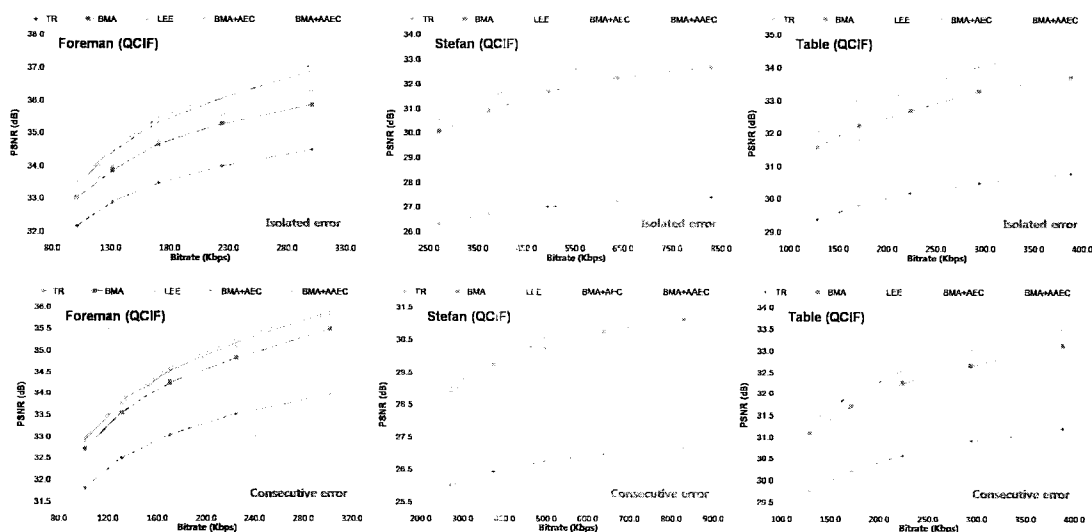


그림 5. 세 개의 QCIF(176x144) 영상에 대한 TR (Temporal Replacement), BMA([15]), LEE([9]), BMA+AEC(Affine Error Concealment), BMA+AAEC(Adaptive AAC) 방법의 객관적 화질 (PSNR (dB))
 Fig. 5. The objective qualities of three QCIF(176x144) sequences when using TR (Temporal Replacement), BMA([15]), LEE([9]), BMA+AEC(Affine Error Concealment) and BMA+AAEC(Adaptive AAC)

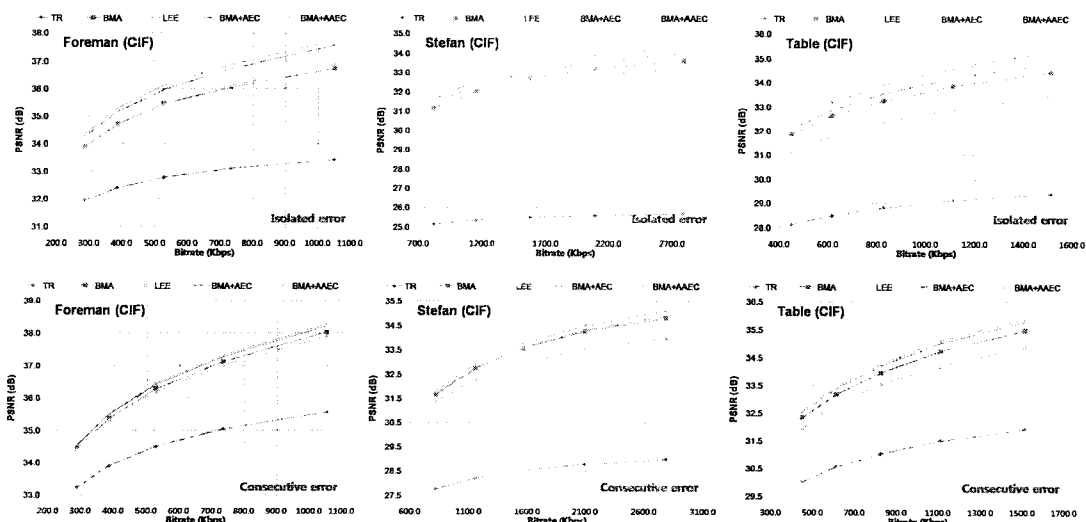


그림 6. 세 개의 CIF(352x288) 영상에 대한 TR (Temporal Replacement), BMA([15]), LEE([9]), BMA+AEC(Affine Error Concealment), BMA+AAEC(Adaptive AAC) 방법의 객관적 화질 (PSNR (dB))
 Fig. 6. The objective qualities of three CIF(352x288) sequences when using TR (Temporal Replacement), BMA([15]), LEE([9]), BMA+AEC(Affine Error Concealment) and BMA+AAEC(Adaptive AAC)

마지막으로 그림 7은 연속에러를 가진 Paris 영상에 대해서 제안하는 알고리즘을 포함하여 5가지의 방법을 사용하여 복원 영상의 주관적 화질을 비교하여 나타내고 있다. 각 복원영상의 타원안의 영역에서 성능차이를 보다 잘 확인할 수 있다.



그림 7. 연속(consecutive error)에러에 대해서 Paris 76번째 영상에서의 (a) 고립에러가 발생한 경우와 이를 (b) TR (c) BMA ([15]) (d) LEE ([9]) (e) BMA+AEC (f) BMA+AAEC (proposed) 방법을 사용하여 복원한 영상의 주관적 화질
Fig. 7. For the 76th frame of Paris with consecutive error, (a) a frame with isolated error and subjective qualities of restored frames using (b) TR (c) BMA ([15]) (d) LEE ([9]) (e) BMA+AEC (f) BMA+AAEC (proposed)

VI. 결 론

수신된 비디오 데이터의 일부가 손실된 경우 시간적 상관도를 이용하여 에러를 은닉하는 시간적 에러 은닉 기법은 크게 블록단위 및 화소단위로 나누어 질 수 있다. 화소단위의 움직임벡터 복원을 위한 대표적인 방법으로 어파인 변환을 통한 방법을 들 수 있으며, 이는 화면 내에 어파인모델로 모델링 될 수 있는 기하학적 변화가 존재하는 경우 매우 좋은 성능을 나타낼 수 있다. 하지만 주변의 움직임벡터가 서로 다른 객체의 움직임벡터를 나타내는 경우 어파인 변환을 사용한 화소단위의 움직임벡터의 복원은 오히려 큰 화질 열화를 가져올 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로서 본 논문

에서는 손실된 매크로블록을 8개의 삼각영역으로 분할하고 각 분할 영역에 대해서 어파인 변환을 통해 에러를 은닉하며 이 과정에서 어파인 모델의 도출에 사용되는 주변 움직임벡터의 신뢰성 평가를 위한 비용함수를 사용하여 적응적으로 어파인 변환을 적용한다. 이를 통해 고립에러의 경우 최대 1.86dB, 연속에러의 경우 최대 0.53dB의 객관적 화질향상은 물론 주관적 화질 또한 우수함을 알 수 있다. 또한 본 논문에서는 어파인 모델의 도출과정에서의 역행렬(inverse matrix) 연산과정을 생략할 수 있는 적용방법도 제안하고 있으며, 이를 통해 에러은닉과정에 사용되는 연산량을 최소화하고 있다.

마지막으로 적응적 어파인 에러은닉방법에 사용되는 비용함수 및 저복잡도 어파인 모델 도출방법은 H.264/AVC에 의존적(dependent)지 않기 때문에 MPEG2, MPEG4와 같은 복호기에도 적용가능하다.

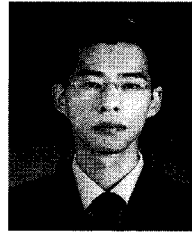
참 고 문 헌

- [1] Young H. Jung, Yong-goo Kim, and Yoonsik Choe, "Robust error concealment algorithm using iterative weighted boundary matching criterion," *Proc. ICIP*, pp.384-387, 2000.
- [2] Ye-Kui Wang, Hannuksela M. Miska, and Viktor Varsa, "The error concealment feature in the H.26L test model," *Proc. ICIP*, Vol.2, pp.729-732, 2002.
- [3] D. Kim, S. Yang, and J. Jeong, "A new temporal error concealment method for H.264 using adaptive block sizes," *Proc. ICIP*, vol.3. pp.928-931, 2005.
- [4] Y. Chen, Y. Hu, O.C. Au, H. Li, and C.W. Chen, "Video Error Concealment Using Spatio-Temporal Boundary Matching and Partial Differential Equation," *IEEE Trans. on Multimedia*, Vol.10, No.1, pp.2-15, 2008.
- [5] Jinghong Zheng, and Lap-Pui Chau, "A motion vector recovery algorithm for digital video using lagrange interpolation," *IEEE Trans. on Broadcasting*, Vol.49, pp.383-389, Dec. 2003.
- [6] J. Suh, and Y. Ho, "Recovery of motion vectors for error concealment," *IEEE TENCON*, pp.750-753, June 1999.
- [7] Zhi-Heng Zhou, and Sheng-Li Xie, "Error concealment based on robust optical flow," *Proc. ICCAS*, Vol.1, pp.547-550, May 2005.

- [8] 김동형, 정재창, "H.264에서 에러은닉을 위한 Optical Flow 기반의 움직임벡터 복원 기법" 한국통신학회논문지, Vol.31, No.5, pp.503-511, 2006.
- [9] Sang-Hak Lee, Dong-Hwan Choi, and Chan-Sik Hwang, "Error concealment using affine transform for H.263 coded video transmissions," IEE Electronics Letters, pp.218-220, 2001.
- [10] R.C. Kordasiewicz, M.D. Gallant, and S. Shirani, "Affine Motion Prediction Based on Translational Motion Vectors," *IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology*, Vol.17, No.10, pp.1388-1394, 2007.
- [11] R. Hartley, and A. Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*, Cambridge University Press, March 2004.
- [12] JVT G050r1, "Draft ITU-T recommendation and final draft international standard of joint video specification (ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 14496-10 AVC)," May 2003.
- [13] Thomas Wiegand, and Gary J. Sullivan, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.13, pp.560-576, July 2003.
- [14] G.L. Wu, and S.Y. Chien "Spatial-temporal error detection scheme for video transmission over noisy channels," *IEEE Symposium on Multimedia (ISM'07)*, Dec. 2007, pp.78-85.
- [15] <http://bs.hhi.de/~suehring/tml/download/jm110.zip>

김 동 형 (Donghyung Kim)

정회원



1999년 2월 충북대학교 전자공학
학과 졸업
2001년 8월 충북대학교 전자공
학과 석사
2007년 2월 한양대학교 전자공
학박사
2007년 8월 한양대학교 BK21
Post Doc.

2008년 8월 한국전자통신연구원 선임연구원
2008년 8월~현재 한라대학교 정보통신방송공학부 전
임강사
<관심분야> 영상처리, 영상압축

김 승 종 (Seungjong Kim)

정회원



1992년 2월 한양대학교 자연과
학대학 수학과 졸업
1994년 2월 한양대학교 전자통
신공학과 공학석사
2000년 2월 한양대학교 전자통
신공학과 공학박사
2001년 3월 (주) Vision Interac-
tive 선임연구원

2001년 3월~현재 한양여자대학교 컴퓨터정보과 조교수
<관심분야> 디지털 신호처리, 디지털 통신