

적응적 경계 정합을 이용한 시간적 에러 은닉 기법

정희원 김 원 기*, 이 두 수**, 정 제 창**

A Temporal Error Concealment Technique Using The Adaptive Boundary Matching Algorithm

Wonki Kim*, Doo Soo Lee**, Jechang Jeong** *Regular Members*

요 약

에러가 존재하는 전송환경을 통해 MPEG-2 비디오를 전송하기 위해서는 다양한 에러 제어 기법이 필요하다. 특히, 수신 단에서 독립적으로 구현할 수 있는 에러 은닉 기법은 양질의 영상을 얻기 위해 중요한 기술이다. 본 논문에서는 매크로블록이 움직임 벡터와 함께 손상이 되었을 때 움직임 벡터 추정 및 적응적인 BMA 방법을 이용하는 시간적 에러 은닉 방법에 대해 제안한다. 복잡도가 높은 BMA를 사용하기에 앞서 주변 움직임 벡터를 이용한 움직임 벡터 추정을 통해 에러 은닉을 수행한다. 그 결과가 만족스럽지 못할 때에는 주변 매크로블록의 움직임 활동도와 움직임 벡터에 따라 탐색 범위를 줄이고 신뢰도가 높은 경계화소들을 추출하는 적응적 BMA를 적용함으로써 에러 블록을 좀더 효과적으로 복원할 수 있다. 이러한 에러 은닉 방법은 기존의 BMA와 비교하여 복잡도는 줄이면서 PSNR 측면에서 0.3 ~ 0.7dB 정도의 성능향상을 보인다.

key Words : Error Concealment; Boundary Matching Algorithm; Post-processing; MPEG-2

ABSTRACT

To transmit MPEG-2 video on an erroneous channel, a number of error control techniques are needed. Especially, error concealment techniques which can be implemented on receivers independent of transmitters are essential to obtain good video quality. In this paper, prediction of motion vector and an adaptive boundary matching algorithm are presented for temporal error concealment. Before the complex BMA, we perform error concealment by a motion vector prediction using neighboring motion vectors. If the candidate of error concealment is not satisfied, search range and reliable boundary pixels are selected by the temporal activity or motion vectors and a damaged macroblock is concealed by applying an adaptive BMA. This error concealment technique reduces the complexity and maintains a PSNR gain of 0.3 ~ 0.7dB compared to conventional BMA.

1. 서 론

최근 영상의 디지털화가 빠르게 이루어지면서 기존의 아날로그 TV에서 발전하여 디지털 TV의 이용이 급격히 증가하고 있다. 디지털 방송은 MPEG-2 기술을 바탕으로 기존의 아날로그 텔레

비전, 라디오 방송에 비해 다채널 고품질 그리고 고음질 서비스를 제공하고 있다. 그러나 이러한 디지털 방송은 아날로그 방송과는 달리 압축된 신호가 패킷화되어 전송되기 때문에 신호 감쇠와 같은 전송과정에서의 에러 발생은 화면의 특정 부분을 열화 시킨다[1]. 특히 MPEG-2의 경우 슬라이스

* 한양대학교 전자통신전파공학과 영상통신 및 신호처리 연구실(stwon@ece.hanyang.ac.kr),

** 한양대학교 전기전자컴퓨터공학부(dsplee@hanyang.ac.kr, jjeong@ece.hanyang.ac.kr)

논문번호 : 040087 - 0219, 접수일자 : 2004년 2월 20일

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-11627-0)지원으로 수행되었습니다.

단위로 에러가 발생하기 때문에 주관적 화질 열화가 두드러지게 나타난다.

이러한 에러 환경에서 일정한 화질을 유지하기 위해서는 에러 내성 기술과 에러 정정 기술뿐만 아니라 수신 단에서의 후처리 방식으로 에러 은닉 기술이 필요하다. 에러 은닉 기술로는 주파수 영역(frequency domain)에서의 에러 은닉 방법, 공간 영역(spatial domain)에서의 에러 은닉 방법, 시간 영역(time domain)에서의 에러 은닉 방법, 그리고 세 영역을 결합하는 하이브리드(hybrid) 에러 은닉 방법 등으로 분류할 수 있다. 이 중 시간영역에서의 은닉 기법[2-4]은 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 복원하고, 기준 블록을 같은 위치에 놓음으로써 에러를 은닉하는 것이다. 그러나 움직임 벡터의 추정이 정확하지 않으면 크게 다른 움직임 벡터로부터 복원된 블록은 주변 블록과 큰 차이를 보이게 된다. 또한 주변의 움직임 벡터의 평균을 취하는 방법[5], 메디안(median)을 취하는 방법[6] 등이 있지만, 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법의 한계는 손상된 블록의 움직임이 주변 블록의 움직임과 상관도가 높아야 한다는 것이 보장되어야 한다는 것이다.

이를 보완하기 위해 손상된 매크로블록 주변의 경계화소들을 이용하여 움직임 벡터를 추정하여 복원하는 BMA(Boundary Matching Algorithm) 방법이 제안되었다. BMA 방법은 부호화기의 움직임 벡터 추정 방법과 동일하지만, 사용하는 화소의 수가 매우 적어 신뢰도가 떨어지는 단점이 있다. 즉 단순한 영역에 대해서는 좋은 성능을 보지만 움직임이 크고 복잡한 영역에 대해서는 좋지 못한 성능을 보인다. 이를 개선하기 위해 여러 수정된 BMA 방법[7-9]이 제안되었지만, 이러한 방법들은 복잡도가 매우 커진다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 BMA에 비해 복잡도는 줄이면서 성능이 보다 우수한 시간적 에러 은닉 알고리즘을 제안한다. MPEG-2의 슬라이스 단위의 에러가 발생했을 때 움직임 벡터 추정 및 적응적 BMA를 사용하여 에러 은닉을 수행하는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 BMA 기법에 대해 기술하고 그 문제점을 지적한다. III장에서는 주변 매크로블록의 움직임 벡터를 활용하여 움직임 벡터를 추정하는 방법과 신뢰성 있는 경계화소의 선택을 통한 적응적 BMA 기법에 대해 설명한다. IV장에서는 실험결과를 보이

고 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존의 BMA 알고리즘

BMA는 주변 블록의 경계화소들을 이용하여 손상된 블록의 움직임 벡터를 추정하기 위해 제안된 방법이다[9-10]. BMA는 P, B 프레임뿐만 아니라 I 프레임에 대해서도 적용이 가능하고 성능이 우수하여 널리 쓰이고 있다. 손상된 블록 x 가 $N \times N$ 개의 화소로 이루어져 있고 왼쪽 상단의 화소 위치가 (m, n) 이라 가정하면, 블록 x 와 주변의 왼쪽, 오른쪽, 위쪽, 아래쪽 블록 간 경계 값들의 차이를 각각 D_L, D_R, D_T, D_B 라 정의하고 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 D_L &= \sum_{i=0}^{N-1} |\hat{x}(m-1, n+i) - x(m-1, n+i)| \\
 D_R &= \sum_{i=0}^{N-1} |\hat{x}(m+N, n+i) - x(m+N, n+i)| \\
 D_T &= \sum_{i=0}^{N-1} |\hat{x}(m+i, n-1) - x(m+i, n-1)| \\
 D_B &= \sum_{i=0}^{N-1} |\hat{x}(m+i, n+N) - x(m+i, n+N)| \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서 \hat{x} 은 탐색범위(-16 ~ 15) 내에 존재하는 이전 블록을 나타낸다.

기존의 BMA는 그림 1처럼 차이 값의 총합인 $D = D_L + D_R + D_T + D_B$ 가 최소가 되는 위치를 움직임 벡터로 선택한다. 하지만 슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 때 D_L 과 D_R 은 사용할 수 없게 되어 성능의 저하를 야기하게 된다. 또한 주변 매크로블록의 상황에 상관없이 고정된 위치의 경계화소를 사용하는 것은 불합리하다. 사용 가능한 경계화소가 매우 적은 상황에서 그 경계화소들이 주변의 상황을 적절히 반영하지 못하는 것은 잘못된 에러 은닉을 수행하게 된다. 특히 객체 내에서의 상이한 움직임과 새로운 배경의 출현 등으로 인한 매크로블록 사이의 상이한 움직임, 객체의 모양 변화, 매크로블록 내에서의 다른 움직임 등의 상황에 대해 기존의 BMA는 좋은 성능을 낼 수 없다. 또한 BMA 알고리즘은 검색범위 내에서 전역 탐색(full search)을 수행해야 하기 때문에 계산량

이 많다는 단점이 있다.

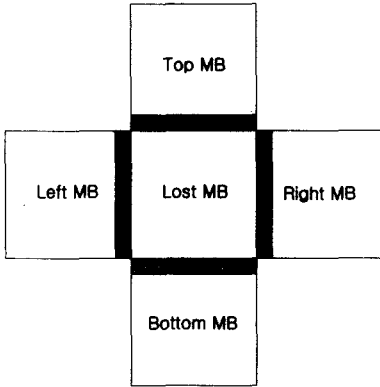


그림 1. 기존의 Boundary Matching Algorithm

III. 제안하는 에러 은닉 알고리즘

본 논문에서 제안하는 시간적 에러 은닉 기법은 인접한 매크로블록의 움직임 벡터와 적응적 BMA를 이용하여 손실된 영역의 상황에 효과적으로 대응할 수 있도록 하는 방법이다. 먼저 움직임이 없

는 배경이나 움직임의 상관도가 매우 높은 영역에 대해서는 복잡한 BMA를 수행하지 않고 움직임 벡터 추정 기법을 이용하여 빠른 에러 은닉을 수행한다. 한편 움직임이 작거나 단순한 영역에 대해서는 기존의 BMA를 이용하되 그 검색영역을 줄인다. 마지막으로 움직임이 크고 복잡한 영역에 대해서는 고정된 위치의 경계화소를 일률적으로 사용하는 것이 아니라, 좀더 중요도가 높은 경계화소를 적응적으로 선택하여 BMA에 활용한다. 그림 2는 제안하는 에러 은닉 알고리즘에 대한 전체 블록도를 나타낸다.

1. 움직임 벡터 추정

주변 움직임 벡터를 이용하여 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정한다. 움직임 벡터를 추정하는 방법으로는 제로 움직임 벡터, 전역 움직임 벡터, 상하 움직임 벡터, 상하 움직임 벡터의 평균, 인접 6개 움직임 벡터(상, 하, 왼쪽 상단, 오른쪽 상단, 왼쪽 하단, 오른쪽 하단)의 평균의 방법들을 이용하여 경계화소들의 MAE(Mean Absolute Error)를 계산하고, 그 중 가장 작은 MAE 값이 문턱값(TH1)보다 작으면 해당 움직임 벡터를 이용하여 에러를 은닉한다. 제로 움직임 벡터는 손실된 매크로블록과 같은 위치의 이전 매크로블록을 그대로 복사해 오는 방법을 말한다. 전역 움직임 벡터는 카메라의 움직임에 따라 생기는 전역 움직임을 나타내는 움직임 벡터이다. 움직임 벡터들의 히스토그램 상에서 가장 많이 발생하는 움직임 벡터를 취하여 구하는데, 이 방법은 움직임 벡터들의 평균을 취하여 구하는 것보다 우수한 성능을 보였다. 식 (2)는 MAE를 구하는 것으로 N 은 주변 화소의 개수를 의미한다. C_i 와 P_i 는 각각 현재 프레임과 이전 프레임 매크로블록의 주변 화소 값을 의미한다.

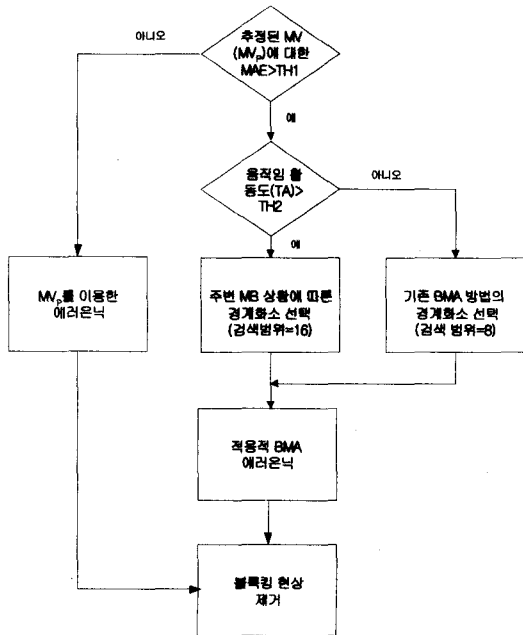


그림 2. 제안하는 에러 은닉 방법의 전체 블록도

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |C_i - P_i| \quad (2)$$

이렇게 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법은 움직임이 없는 배경, 카메라 움직임에 따라 이동하는 전역 움직임 및 주변의 움직임 상관도가 높은 영역에 대해 효과적인 방법이다. 현재 프레임의 손실된 매크로블록과 추정된 움직임 벡터가 가리키는

이전 위치의 매크로블록 주변 화소들의 MAE가 설정한 임계값보다 작으면, 움직임 추정이 정확하다고 판단하여 에러 은닉을 수행한다. 따라서 이러한 움직임 벡터 추정 방법을 이용하면 불필요한 탐색을 하지 않아 계산량과 수행시간의 측면에서 효과적인 결과를 얻을 수 있다.

2. 움직임 활동도(Temporal Activity) 계산

손상된 매크로블록에 대해 $MV_j(j=0,1,2)$ 는 위쪽 3개의 매크로블록(MB_{TL}, MB_T, MB_{TR})에 대한 움직임 벡터를, $MV_j(j=3,4,5)$ 는 아래쪽 매크로블록(MB_{BL}, MB_B, MB_{BR})에 대한 움직임 벡터를 나타낸다. 손상된 영역 주변의 움직임 활동도(TA)는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$TA = \frac{1}{15} \sum_{j=0}^5 \sum_{i=j+1}^5 (|MV_{xj} - MV_{xi}| + |MV_{yj} - MV_{yi}|) \quad (3)$$

움직임 활동도 값이 문턱값(TH2)을 넘지 않으면, 손상된 매크로블록 주변의 매크로블록들이 작거나 유사한 움직임을 보인다는 것을 의미한다. 이 경우에는 기존의 BMA를 그대로 사용하는 것이 효과적이다. 이때 검색 영역은 -8 ~ 8로 제한하는데 이것은 기존의 -16 ~ 15의 검색영역을 모두 사용하는 것과 거의 동일한 성능을 나타낸다. 반대로 움직임 활동도 값이 TH2보다 크다면 움직임이 복잡하다는 것을 의미하며, 기존의 BMA를 그대로 사용하는 것은 좋지 못한 결과를 낳는다. 따라서 주변 매크로블록의 상황에 따라 적절한 경계화소를 선택하는 과정이 더 필요하다.

3. BMA에 사용할 경계화소 선택 과정

경계화소를 선택함에 있어 전제 조건은 기존의 BMA와 비교하여 사용할 경계화소의 수를 더 늘리지 않는다는 것이다. 이러한 조건은 기존의 BMA에 비해 복잡도를 증가시키지 않으면서 성능을 향상시키기 위함이다. 그림 3은 슬라이스 단위의 에러를 위해 사용될 수 있는 경계화소들을 모두 표시해 놓은 것이고, 그림 4는 실제로 사용되는 경계화소의 예이다.

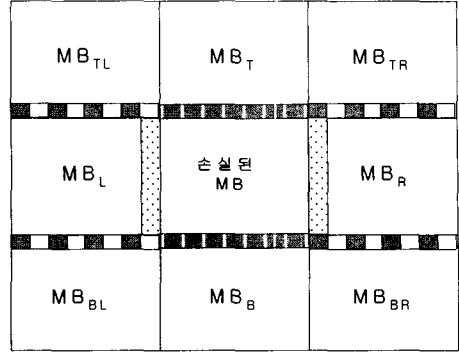


그림 3. 적응적 BMA를 위한 경계화소 포맷

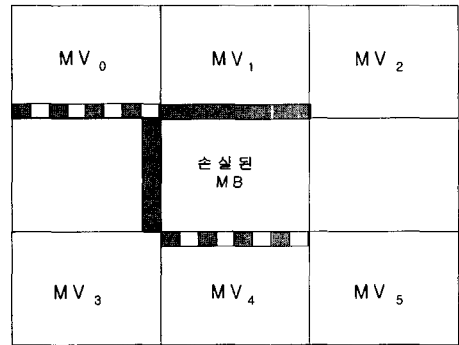


그림 4. 손상된 매크로블록의 수평위치가 왼쪽이고 $avgMV_T > avgMV_B$ 이며, $diffMV_T$ 가 왼쪽방향일 때 선택되는 경계화소

먼저 손상된 매크로블록의 위쪽에 위치하는 세 매크로블록의 움직임($avgMV_T$)이 아래 세 매크로블록의 움직임($avgMV_B$)보다 큰 경우, 위 매크로블록의 경계화소는 모두 사용하고 아래 매크로블록의 경계화소는 2:1로 표본화하여 사용한다. 즉 식 (4)에서 $avgMV_T$ 와 $avgMV_B$ 의 차이가 문턱값보다 큰 경우, $avgMV_T$ 와 $avgMV_B$ 중 작은 쪽을 2:1 표본화하여 사용한다. 왜냐하면 움직임이 상대적으로 작거나 없는 부분은 배경이나 큰 객체의 내부에 해당되어 그 중요도가 떨어지는 데이터이다. 따라서 표본화하는 것은 반대쪽 경계에 가중치를 주는 것이 되어 좀더 정확한 움직임 벡터를 찾는 데 도움이 된다.

이제 앞 단계에서 위쪽 경계화소를 모두 사용하기로 하였다고 가정하자. 이때 $diffMV_T$ 값이 왼쪽을 향하고 문턱값보다 크면 왼쪽 매크로블록 MB_{TL} 의 8개의 경계화소를 추가로 사용하고, 오른쪽

쪽을 향하고 문턱값보다 크면 오른쪽 매크로블록 MB_{TR}의 8개의 경계화소를 추가로 사용한다. 문턱값보다 작은 경우에는 추가적인 경계화소를 사용하지 않는다. 반대로 아래쪽에 대해서도 동일한 조건을 이용하여 경계화소를 추가로 사용할 지를 결정하며, 표본화하여 사용하는 쪽에 대해서는 추가로 경계화소를 사용하지 않는다.

$$\begin{aligned}
 avgMV_T &= \frac{1}{3} \sum_{j=0}^2 (|MV_{xj}| + |MV_{yj}|), \\
 avgMV_B &= \frac{1}{3} \sum_{j=3}^5 (|MV_{xj}| + |MV_{yj}|), \\
 diffMV_T &= MV_0 - MV_2, \\
 diffMV_B &= MV_3 - MV_5,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

상하단의 매크로블록이 인트라 모드일 때는 인트라 모드에 해당하는 매크로블록의 경계화소를 사용하지 않는다. 예를 들어 위 매크로블록이 인트라 모드라면 아래 매크로블록의 경계화소만을 이용하여 BMA를 적용한다. 왜냐하면 인트라 모드에 해당하는 매크로블록은 움직임이 매우 크거나 새로 나타나는 배경, 객체의 변형 등으로 인해 이전 프레임에는 없는 부분일 가능성이 높아 사용하지 않는 것이 유리하다. 단, 상하 모두 인트라 모드일 때는 기존의 BMA를 사용한다.

에러 은닉의 처리순서에 따라 왼쪽, 혹은 오른쪽 매크로블록의 경계화소가 사용 가능하다. 프레임의 왼쪽에 위치한 매크로블록에 대해서는 왼쪽의 경계화소, 오른쪽에 있는 매크로블록에 대해서는 오른쪽의 경계화소를 사용할 수 있다. 이 경계화소들은 "복원된" 매크로블록의 경계화소들이기 때문에 이전의 에러은닉이 적절히 이루어져야 좋은 성능을 보일 수 있다.

선택되는 경계화소의 수는 기존의 BMA 기법과 같거나 인트라 모드의 매크로블록이 많을 때에는 오히려 적음을 알 수 있다. 또한 좀더 빠른 BMA를 수행하기 위해 각 경계화소를 표본화하여 사용하는 것도 가능하다.

4. BMA를 이용한 에러 은닉 과정

이제 -16 ~ 15까지의 탐색을 통해 주변 화소간의 MAE가 최소가 되는 매크로블록을 찾는다. -16 ~ 15까지의 탐색을 통해 주변 화소의 MAE를 최소로 하는 매크로블록을 찾는 방법은 움직임 추정 시

탐색 범위 내에서 움직임 벡터를 찾았던 것과 같은 원리이므로, 원래 그 매크로블록의 움직임 벡터와 가장 유사성이 높다고 볼 수 있다. 앞서 경계화소의 선택과정에서 설명했듯이 에러은닉의 처리 순서는 왼쪽과 오른쪽에서 동시에 중간 방향을 향해서 처리해 나간다(11). 정확하게 수신된 위, 아래 매크로블록 뿐만 아니라 처리순서에 따라 이전 단계에서 복원된 왼쪽, 혹은 오른쪽의 매크로블록도 에러은닉을 위해 사용된다. 이러한 처리 순서는 움직임이 적거나 배경일 가능성이 높은 바깥쪽부터 에러 은닉을 하여 보다 신뢰도 높은 복원 매크로블록을 만들 수 있고, 이를 이용하면 보다 효과적인 에러 은닉을 할 수 있게 된다.

1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1

그림 5. 매크로블록 상태값 및 처리 순서 ('0': 손실, '1': 무손실, '2': 복원)

5. 블록킹 현상 제거

제안된 에러은닉의 마지막 단계는 시간적 에러은닉에 의해 발생하는 블록킹 현상을 제거하는 것이다. 이것은 각 매크로블록 단위로 독립적인 움직임 벡터 추정이 이루어지기 때문에 블록 경계를 따라 불연속성이 발생하기 때문에 필요한 단계이다. 이러한 블록킹 현상은 에러은닉에서 손상된 매크로블록의 움직임 보상 에러를 사용할 수 없기 때문에 좀더 심각하다. 에러 은닉된 매크로블록의 위, 아래, 왼쪽, 오른쪽 방향의 경계를 따라 저대역 필터링을 수행하는데, 복잡도를 고려하여 단순한 3-탭 저대역 필터 (1/4, 1/2, 1/4)를 사용한다.

IV. 실험 및 고찰

1. 실험 방법

제안한 방법의 성능 평가를 위하여 표 1과 같은 세 개의 표준 영상을 이용하였다. 테스트 영상 중 Football 영상의 움직임이 가장 크면서 복잡하고, Flower garden 영상은 카메라의 움직임에 따른

전역 움직임이 있으며, Table tennis 영상은 상대적으로 작은 움직임을 갖다가 후반에는 복잡한 움직임을 갖는다.

표 1. 실험에 사용된 테스트 영상

테스트 영상	폭	높이	프레임율	프레임 수	컬러포맷
Football	352	240	25	125	YUV4:2:0
Flower garden	352	240	25	115	YUV4:2:0
Table tennis	352	240	25	112	YUV4:2:0

MPEG-2 부호화 옵션은 N(GOP의 프레임 수) 값은 10이고 M(I 프레임과 P프레임의 거리) 값은 1이며, 프레임율은 25fps, 비트율은 1Mbps, 프로파일 및 레벨은 MP@ML로 하였다. 에러는 홀수 번째의 슬라이스 단위로 발생시켰다.

성능비교를 위하여 새로 움직임 벡터(이전 프레임의 동일위치 복사) 방법, 기존의 BMA 방법, 제안된 움직임 벡터 추정 방법과 적응적 BMA 방법의 4가지 알고리즘을 이용하여 에러 은닉을 실험하였다. 공평한 실험 비교를 위하여 저대역 필터링 방법은 사용하지 않았다. 또한 기존의 BMA 방법은 왼쪽과 오른쪽에서 중심 방향으로 향하는 순서로 처리하였고 위아래 경계화소 및 복원된 매크로 블록의 경계화소를 이용하였다. 움직임 벡터 추정 방법은 앞서 제안된 알고리즘에서 주변의 움직임 벡터들에 의해 추정된 움직임 벡터를 그대로 이용하여 에러를 은닉하는 방법이다. 각 테스트 영상의 P 프레임들에 각각 에러를 발생시켰으며 복원된 움직임 벡터를 이용하여 컬러 성분에 대해서도 에러를 은닉하였다.

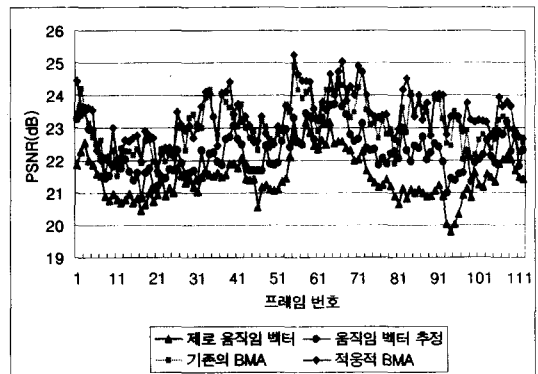
2. 실험 결과 및 고찰

먼저 파라미터로 사용되는 두 개의 문턱값 TH1과 TH2가 있다. TH1 값은 움직임 추정을 통해 얻어진 움직임 벡터로 에러를 은닉할 지를 결정하기 위한 MAE에 대한 문턱값이고, TH2 값은 검

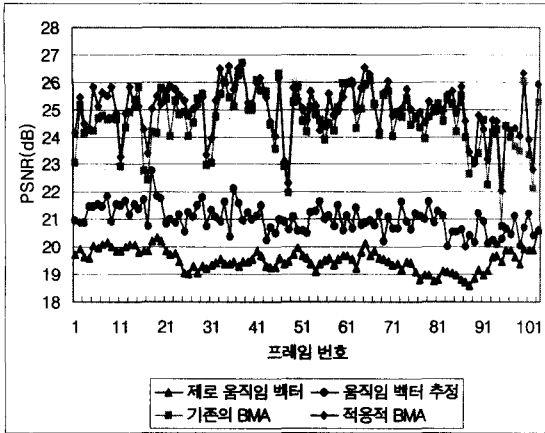
색 범위 및 경계화소 결정을 위해 필요한 움직임 활성도에 대한 문턱값이다. TH1 값이 크면 추정된 움직임 벡터를 그대로 이용할 확률이 높아지기 때문에 화질이 떨어지지만 빠른 에러은닉을 수행할 수 있고, 그 값이 작을수록 화질은 좋아지지만 BMA를 사용하는 빈도가 늘어나기 때문에 복잡도가 증가한다. 한편 TH2 값을 크게 설정하면 기존의 BMA 방법을 더욱 많이 사용하여 에러를 은닉하게 된다. 결국 TH1 값이 매우 크면 움직임 벡터 추정 단계만을 이용한 에러은닉이 수행되고, TH2 값이 일정 값보다 크면 적응적 BMA는 기존의 BMA에 대응됨을 알 수 있다. 실험에서는 적응적 BMA의 성능을 평가하기 위해 TH1 값은 0.2, TH2 값은 3을 사용하였다.

표 2. 각 영상의 평균 PSNR 결과

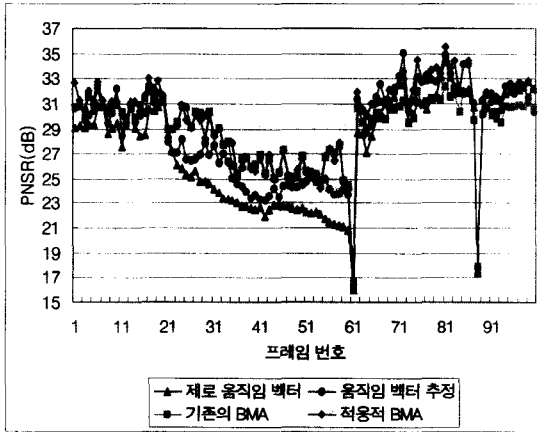
테스트 영상	PSNR(dB)			
	새로 움직임 벡터	움직임 벡터 추정 기법	기존의 BMA	적응적 BMA
Football	21.46	22.24	23.07	23.35
Flower garden	19.52	21.01	24.59	25.00
Table tennis	27.43	28.73	29.04	29.75



a. Football 영상



b. Flower garden 영상



c. Table tennis 영상

그림 6. 제안한 알고리즘의 PSNR 결과

실험에 대한 PSNR 결과는 표 2 및 그림 6에 나타냈다. 그리고 결과 영상은 그림 7, 8, 9와 같다. Football 영상의 경우 인트라 모드의 매크로블록이 상당수이고 움직임이 매우 크고 복잡하여 움직임 활동도가 대개 큰 값을 갖는다. 실험결과 Football 영상에서 154개의 손실된 매크로블록 중 80~100개 정도가 기존의 BMA에서의 경계화소를 이용하여 에러가 은닉되고 나머지 50~70개 정도의 매크로블록에 대해서 경계화소들을 적응적으로 선택하여 사용한다. 한편 움직임이 작은 Flower garden이나 Table tennis 영상의 경우는 130~140개 정도의 매크로블록이 기존 방법의 경계화소들을 그대로 사용한다.

제안한 알고리즘에서 움직임 활동도가 TH2보다 작으면 검색범위를 ± 8 로 줄이고, TH2보다 크면 사용하는 경계화소의 양이 기존의 BMA에 비해 같거나 적기 때문에 복잡도는 감소한다. 또한 움직임 벡터를 추정하는 단계를 이용하면 큰 화질 저하 없이 빠른 에러은닉을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 기존의 BMA 방법과 움직임 벡터 추정 방법을 비교하면 Football과 Table tennis 영상의 경우 0.7~0.8dB 정도의 차이를 보인다.

적응적 BMA는 움직임이 작은 배경보다는 움직임이 큰 객체의 경계화소들을 이용하여 BMA를 적용함으로써 움직임이 복잡한 영역에 대해서도 좀더 적응적으로 대응할 수 있다. 따라서 움직임이 크고 복잡한 Football 영상에서 0.3dB, 카메라 움직임에 따른 전역 움직임이 있는 Flower garden 영상에서는 0.4dB 정도의 평균적인 화질개선을 이룰 수 있고, 움직임이 작은 Table tennis 영상에 대해서도 평균적으로 0.7dB 정도의 성능향상을 보였다.

그림 8의 Table tennis 영상 61, 89번째에서 PSNR이 급격히 떨어지는 것은 그 시점에서 화면 전환이 이루어지기 때문이다. BMA 기법은 MAE가 가장 작은 영역을 이전 프레임에서 찾는 알고리즘이기 때문에 화면 전환이 이루어지면 전혀 맞지 않는 영역으로 잘못된 에러은닉을 수행하게 되는 경우가 있다. 이와 같이 화면 전환이 이루어지거나 이전의 프레임에는 없던 부분이 현재 프레임에 새로 나타날 때는 공간적 에러은닉을 수행하는 것이 좋다.



a. 원본 영상



b. 손실된 영상



c. 제로 움직임벡터 기법



d. 기존의 BMA 기법



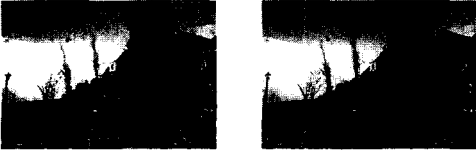
e. 움직임벡터 추정 기법 f. 적응적 BMA 기법
그림 7. Football 영상에 대한 실험 결과 영상



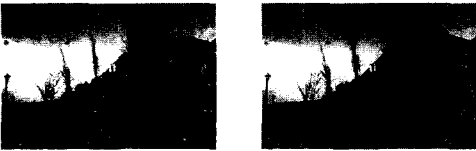
e. 움직임벡터 추정 기법 f. 적응적 BMA 기법
그림 9. Table tennis 영상에 대한 실험 결과 영상



a. 원본 영상 b. 손실된 영상



c. 제로 움직임벡터 기법 d. 기존의 BMA 기법

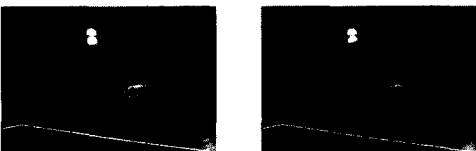


e. 움직임벡터 추정 기법 f. 적응적 BMA 기법

그림 8. Flower garden 영상에 대한 실험 결과 영상



a. 원본 영상 b. 손실된 영상



c. 제로 움직임벡터 기법 d. 기존의 BMA 기법

V. 결론

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 복호기를 위한 시간적 에러 은닉 방법을 제안하였다. 움직임 벡터 추정 방법과 적응적 BMA를 함께 사용함으로써 에러 은닉의 속도와 성능 간에 적응적으로 선택, 조절할 수 있는 구조이다. 복잡도가 높은 BMA를 사용하기에 앞서 주변 움직임 벡터를 이용한 움직임 벡터를 추정하는 것은 움직임이 없는 배경이나 작은 동종의 움직임을 보이는 영역에 대해 BMA를 사용하지 않고 움직임 벡터를 간단하게 복원할 수 있어 매우 효과적이다. 또한 주변 매크로블록의 움직임 활동도에 따라 에러 블록 주위의 경계화소들 중 신뢰도가 높은 표본들을 추출하여 BMA를 적용함으로써 에러 블록을 좀더 효과적으로 복원할 수 있다. 적응적 BMA 방법은 기존의 BMA 방법과 비교하여 복잡도를 줄이면서도 0.3~0.7dB 정도의 평균적인 성능향상을 보이며, 움직임이 크고 복잡한 영역에 대해서도 효율적인 에러 은닉을 수행한다.

참고 문헌

- [1] Y. Wang and Q. F. Zhu, "Error control and concealment for video communications: A review," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, pp. 974-997, May 1998.
- [2] M. Ghanbari and V. Seferidis, "Cell-loss concealment in ATM video codecs," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 3, no. 3, pp.238-247, 1993.
- [3] M. Wada, "Selective recovery of video packet loss using error concealment," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 7, no. 5, pp. 807-814, 1989
- [4] L. H. Kieu and D. N. Ngan, "Cell-loss

concealment techniques for layered video codecs in an ATM networks," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 666-677, 1994.

- [5] J. Suh and Y. Ho, "Recovery of motion vectors for error concealment," *IEEE TENCON*, pp.750-753, June 1999.
- [6] D. Kwon and P. Driessen, "Error Concealment Techniques for H.263 Video Transmission," *IEEE*, pp.276-279, February 1999.
- [7] 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
- [8] Y. C. Lee, Y. Altunbasak, and R. Mersereau, "A temporal error concealment method for MPEG coded video using multi-frame boundary matching algorithm," in *Proc. ICIP*, vol. 1, pp. 990-993, 2001.
- [9] Jian Feng, Kwok-Tung Lo and Hanssna Mehrpour, "Error concealment for MPEG video transmissions," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.43, No.2, pp.183-187, 1997.
- [10] W.M. Lam, A.R. Reibman and B. Siu, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," *Proceedings of ICASSP*, pp.417-420, April 1993.
- [11] Ye-Kui Wang, Miska M. Hannuksela and Viktor Varsa, "The error concealment feature in the H.26L test model," *IEEE ICIP*, pp.729-732, 2002.

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> 영상통신, 영상처리, 디지털 방송

이 두 수(Doo Soo Lee)

정회원

1968년 2월: 전북대학교 전자공학 졸업
1970년 2월: 전북대학교 전자공학 석사
1973년 2월: 전북대학교 전자공학 박사
1970년 5월~1979년 8월: 전북대학교 전임강사
1979년 3월~현재: 한양대학교 교수

<관심분야> 신호처리

정 제 창(Jechang Jeong)

정회원

1980년 2월: 서울대학교 전자공학 졸업
1982년 2월: KAIST 전기전자공학 석사
1990년 7월: 미시간대학교 전기공학 박사
1982년 2월~1986년 7월: KBS 기술 연구소 연구원
1990년 8월~1991년 1월: 미국 미시간 대학 전기공
학과 연구교수
1991년 1월~1995년 2월: 삼성전자 멀티미디어 센터
신호처리 연구소 수석연구원
1995년 3월~현재: 한양대학교 교수

<관심분야> 영상통신, 신호처리, 디지털 방송