

MPEG-2 비트열에 발생한 슬라이스 단위 손실에 적합한 에러 은닉 기법

김수향*, 김승중**, 정제창*, 김용식***

*한양대학교 전자통신공학과, **한양여자대학교 전자계산과, ***하이닉스 반도체

A slice layer error concealment technique for MPEG-2 video transmission

Soohyang Kim*, Seungjong Kim**, Jechang Jeong*, Yongsic Kim***

*Department of Electronic Communications Engineering, Hanyang University

Department of Computer Science, Hanyang Women's College, *Hynix semiconductor

e-mail : ely@ece.hanyang.ac.kr*

요 약

MPEG-2 압축 방법을 이용한 비트열은 가변장 부호를 사용하기 때문에 에러에 매우 민감하다. 하나의 비트 에러가 발생하더라도, 다음 동기화 부호를 찾을 때까지 매크로블록 또는 슬라이스 단위의 정보 손실을 초래하기 때문에 복원 영상의 화질 열화가 심각하다. 따라서 에러 영상의 복원을 위한 에러 은닉 기술은 복호기 쪽에 매우 중요하다. 기존에 발표된 방법들은 에러에 의한 손실이 매크로블록 단위로 발생했다는 가정 하에 손상된 매크로블록주위의 상, 하, 좌, 우 네 방향의 데이터를 이용하였다. 하지만 대부분의 심각한 에러는 슬라이스 단위로 발생하기 때문에 좌, 우의 데이터는 사용할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 슬라이스 단위의 에러를 은닉하기에 적합한 알고리즘을 제안한다. 상, 하, 오른쪽 상단, 왼쪽 상단, 오른쪽 하단, 왼쪽 하단의 6영역의 데이터를 이용하여 두 가지 대표적인 에러 은닉 방법인 boundary matching 방식과 주변 움직임 벡터 정보를 이용한 움직임 벡터 추정 방식에 적용하였다. 실험 결과 기존의 방법에 비해 향상된 복원 화질을 얻을 수 있었다.

1. 서 론

최근 몇 년 동안 디지털 동영상 정보의 효율적인 저장과 전송을 위하여 MPEG-1, MPEG-2, H.263, 그리고 MPEG-4 등이 국제 표준으로 제정되었다. 그 중 MPEG-2[1]는 디지털 TV 등 고화질 디지털 영상을 제공하는 보편화된 압축 코딩 기술이다. 하지만 MPEG-2로 코딩된 비트열은 블록 단위로 가변장 부호화되었기 때문에 전송 시 셀 손실이나 비트 에러가 발생하면, 오류가 전파되는 특성을 갖는다. 또한 DPCM(Differential PCM)에 의한 시간적 압축 방식이 이용되었다면 에러는 시간적, 공간적으로 전파되어 화질 열화가 더욱 심각하게 된다.

MPEG-2에서는 비트 열 안에서의 동기 문제를 해결하기 위해 Video Sequence Layer, GOP(group of pictures) Layer, Picture Layer, Slice Layer 등 계층구조를 두어 고정된 길이의 시작코드(start code)를 할당한다. 따라서, 복호기가 다음 시작 코드를 발견할 때까지 전송 에러의 전파 효과는 계속된다[6]. 이러한 구조로 인하여 헤더 부분이 아닌 영상 데이터 부분에 비트 에러가 발생하면, 블록 단위의 에러 보다는 슬라이스 단위의 정보 손실이 더

자주 발생한다. 비트 에러나 셀 손실에 의한 손실을 은닉하는 다양한 방법들이 제시되었지만[2-5], 이러한 에러 은닉 방법들은 정보 손실이 블록 또는 매크로블록 단위로 발생한다는 가정 하에 제안되었다.

에러 은닉 방법은 주파수 영역에서의 에러 은닉 방법, 공간 영역에서의 에러 은닉 방법, 시간 영역에서의 에러 은닉 방법, 그리고 위 세 가지 방법을 결합한 하이브리드 에러 은닉 방법 등이 있다. 이 중 시간 영역에서의 에러 은닉 방법은 움직임 벡터를 복구하여 이전 화면으로부터 손상된 현재 화면을 재구성하는 방법으로 알고리즘이 간단하고 에러 은닉 효율도 우수하다.

본 논문에서는 MPEG-2 비트열에 발생한 슬라이스 단위의 에러에 적합한 에러 은닉 방법을 제안한다. 즉, 에러가 발생하였을 때, 손상된 매크로블록 주변의 상, 하, 오른쪽 상단, 왼쪽 상단, 오른쪽 하단, 왼쪽 하단의 6영역의 데이터를 이용하는 방식을 제안한다. 이 방법을 시간 영역에서의 에러 은닉 방법 중 대표적인 에러 은닉 방법인 boundary matching 방식[2-3]과 주변 움직임 벡터 정보를 이용한 움직임 벡터 추정 방식[4-5]에 적용하였다.

2. 제안하는 에러 은닉 알고리즘

2.1 Boundary Matching Algorithm

Boundary matching 알고리즘(BMA)은 주변 블록들을 이용하여 손상된 블록의 정보나 움직임 벡터를 추정하기 위해 제안된 방법이다[2-3]. 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 블록간 경계 값들의 차이를 각각 D_L , D_R , D_T , D_B 라 정의하고 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_L = \sum_{i=0}^{N-1} \left| x(m-1, n+i) - x(m, n+i) \right| \quad (1)$$

$$D_R = \sum_{i=0}^{N-1} \left| x(m+N, n+i) - x(m, n+i) \right|$$

$$D_T = \sum_{i=0}^{N-1} \left| x(m+i, n-1) - x(m+i, n) \right|$$

$$D_B = \sum_{i=0}^{N-1} \left| x(m+i, n+N) - x(m+i, n) \right|$$

여기서 $x(p, q)$ 는 추정된 블록의 (p, q) 번째 화소이다.

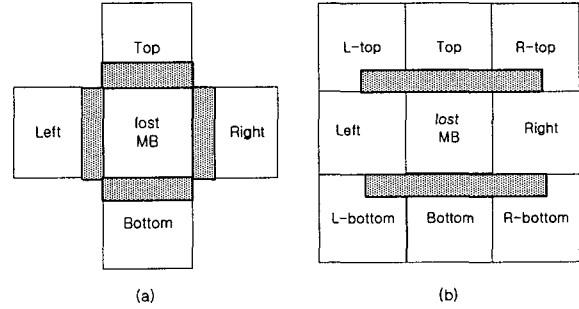


그림 1. Boundary matching algorithm

(a) 기존의 BMA, (b) 제안된 BMA

기존의 BMA는 그림 1의 (a)처럼 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 된다. 그러므로 그림 1의 (b)와 같이 D_L 과 D_R 대신 손상된 블록 x 주위의 왼쪽 상단, 오른쪽 상단, 왼쪽 하단, 오른쪽 하단에 위치한 블록의 경계 값간의 차(D_{LT} , D_{RT} , D_{LB} , D_{RB})를 이용하는 방법을 제안한다.

즉 $D' = D_T + D_B + D_{LT} + D_{RT} + D_{LB} + D_{RB}$ 가 최소가 되는 위치의 화소 값으로 손상된 블록을 은닉하면 기존의 방법보다 더 향상된 복원 화질을 얻을 수 있다.

$$D_{LT} = \sum_{i=1}^k \left| x(m-i, n-1) - x(m-i, n) \right| \quad (2)$$

$$D_{RT} = \sum_{i=0}^{k-1} \left| x(m+N+i, n-1) - x(m+N+i, n) \right|$$

$$D_{LB} = \sum_{i=1}^k \left| x(m-i, n+N) - x(m-i, n) \right|$$

$$D_{RB} = \sum_{i=0}^{k-1} \left| x(m+N+i, n+N) - x(m+N+i, n) \right|$$

2.2 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법

움직임 벡터를 추정하는 또 다른 방법은 손상된 블록 주변의 움직임 벡터 정보를 이용하는 것이다[4]. 이 방법은 주변 블록의 움직임과 손상된 블록의 움직임과의 상관도가 높아야 좋은 결과를 얻을 수 있으며, 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법에는 평균을 취하는 방법 [4], 메디안(median)을 취하는 방법 등이 있다[5].

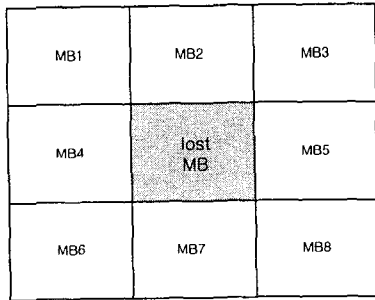


그림 2. 주변 블록의 움직임 벡터 이용

기존의 블록 또는 매크로블록 단위의 에러를 위한 은닉 방법에서는 그림 2의 MB2, MB4, MB5, MB7 위치의 움직임 벡터를 이용하였다. 본 논문에서는 슬라이스 단위의 에러를 위해, 그림 2의 MB1, MB2, MB3, MB6, MB7, MB8 6개 영역의 움직임 벡터 값을 이용하는 방법을 제안한다. 슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 때 기존의 방식에서는 MB2와 MB7의 움직임 벡터의 평균값을 이용하기 때문에 에러 은닉의 효율이 떨어진다. 손상된 블록 주변 6개 영역의 움직임 벡터들의 평균값과 메디안 값을 이용하여 에러를 은닉하면, 두 영역(MB2, MB7)의 움직임 벡터의 평균값을 이용한 것과 비교하여 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

3. 실험 결과

제안한 에러 은닉 방법의 성능을 평가하기 위하여 세 개의 표준 sequence인 Football, Flower garden, Table tennis를 이용하였다. 각 sequence는 SIF format(frame size 352x240, YUV 4:2:0)으로 60 프레

임씩 사용하였다. 모두 MPEG-2 부호기로 코딩하였으며, 코딩 파라미터는 비트 율 5Mbps, N=12(GOP내의 픽처 개수), M=1(I와 P사이 또는 P와 P사이)로 하고, 슬라이스는 매크로블록들의 한 열로 구성하였다. 임의의 슬라이스 단위 에러를 발생시켰을 때(짝수번째의 모든 슬라이스에 에러 발생), 기존의 에러 은닉 방법과 제안한 방법을 이용한 결과를 다음 표1과 표2에 나타내었다.

	기존의 BMA	제안된 BMA(2)	제안된 BMA(4)	제안된 BMA(8)
Football	22.898	23.0504	23.1021	23.121
Flower garden	25.3974	25.5752	25.7079	25.91253
Table tennis	28.322	28.7796	28.9021	29.27111

표1. Boundary matching 방법의 평균PSNR (단위 dB)

	repaicement	2 영역 평균	6 영역 평균	6 영역 메디안
Football	20.9729	21.3674	21.6618	21.4140
Flower garden	18.5508	19.1416	19.5438	19.2731
Table tennis	25.4799	26.2725	26.6397	26.1071

표2. 주변 움직임 벡터를 이용한 방법의 평균PSNR(dB)

표1에서 괄호 안의 숫자는 식(2)의 k값, 즉 MAE(mean absolute error) 계산에 포함되는 픽셀 수이다. 위 결과에서 알 수 있듯이 슬라이스 단위 에러에서는 기존의 방법보다는 제안된 방법이 평균적으로 0.3dB ~ 1dB 정도 더 나은 PSNR을 갖는다. 특히 움직임의 변화가 큰 Football sequence 보다 움직임의 상관성이 높은 Flower garden 이나 Table tennis sequence에서 최대 3dB의 성능 향상을 볼 수 있다. 하지만 BMA에서는 제안한 방법을 이용하면 계산량이 증가하는 단점이 있다. K=8일 경우, 움직임 벡터를 추정하여 에러를 은닉하는 시간이 기존의 방법보다 1.8배 더 걸렸다. 그리고 주변의 움직임 벡터 정보를 이용하는 방법에서 기존의 방법에서는 평균을 이용하는 것보다 메디안을 이용하는 방법이 더 나은 효율을 보이지만[4], 제안한 방법에서는

이용하는 영역의 특성 때문에 평균값을 이용한 것이 메디안을 이용한 것보다 더 나은 결과를 보였다.

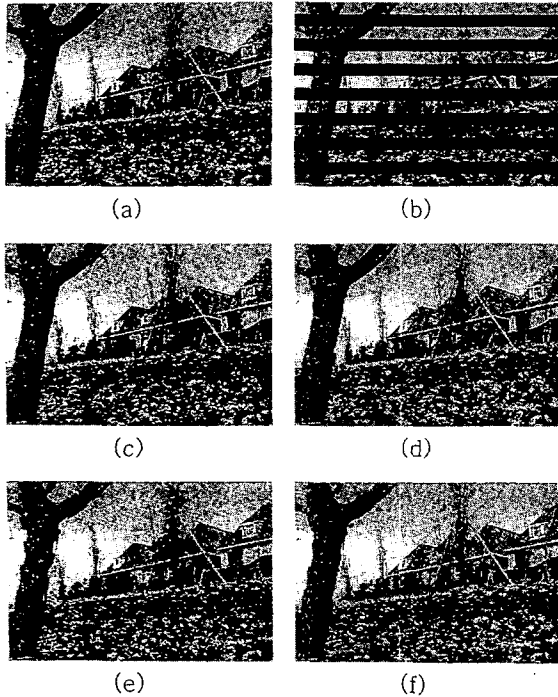


그림3. Flower garden 39번 프레임

(a) error free, (b) erroneous. (c) 기존의 BMA, (d) 제안한 BMA(k=8), (e) 주변 두 영역의 평균 이용, (f) 주변 6 영역의 평균 이용

그림 3은 Flower garden sequence로 기존의 방식과 제안한 방법을 이용하여 실험한 예이다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안한 방법이 주관적 화질 측면에서도 기존의 방법에 비해 향상된 결과를 얻을 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 MPEG-2 비트열의 구조적 특징 때문에 빈번히 나타나는 슬라이스 단위의 에러에 적합한 여러 은닉 알고리즘을 제안하였다. 슬라이스 단위의 에러가 발생했을 때 손상된 블록의 좌, 우 데이터는 사용할 수 없으므로 대신에 왼쪽 상단, 오른쪽 상단, 왼쪽 상단,

오른쪽 하단의 정보를 이용하는 방식으로 boundary matching 방법과 주변 움직임 벡터를 이용하는 방법에 적용하였다. 실험 결과 기존의 방법과 비교하여 향상된 복원 화질을 얻을 수 있었다. 계산량이 더 많기 때문에 디코딩 시간은 증가하지만, 움직임 벡터들간의 상관성이 큰 sequence에서는 더 나은 결과를 얻을 수 있었다

※ 본 논문은 2000년 시스템 집적반도체 기반 기술 개발 사업에 의하여 개발중인 "Media Processor 설계 기술 개발"에 관한 기술개발사업의 지원 하에 수행되었음

참고문헌

- [1] 'Coding of moving pictures and associates audio,' Recommendation H.262, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/602, 1993.
- [2] W.M. Lam, A.R. Reibman and B. Siu, 'Recovery of lost or erroneously received motion vectors,' Proceedings ICASSP'93, pp.V417-V420, Minnesota, USA, April 1993.
- [3] J.Feng, K. Lo and H.Mehrpour, 'Error concealment for MPEG video Transmissions,' IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol 43, NO. 2, May 1997.
- [4] J.W. Suh, Y.S. Ho, 'Error concealment based on directional interpolation,' IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 43, No. 3, August 1997.
- [5] D. Kwon and P. Driessen, 'Error concealment techniques for H.263 video transmission,' IEEE, pp. 276-279, February 1999.
- [6] W.Keck, 'A method for robust decoding of erroneous MPEG-2 video bitstreams,' IEEE Transactons on Consumer Electronics, Vol. 42, NO.3, August 1996.