

주변 블록의 움직임 벡터를 이용한 에러 은닉 기법

김승중, 성해경
한양여자대학 전산정보계열

Error Concealment Technique Using Motion Vectors of Neighboring Block

Seung-Jong Kim, Hae-Kyung Seong
Dept. of Computer Science, Hanyang Women's College
E-mail : jkim@hywoman.ac.kr, hkseong@hywoman.ac.kr

요 약

네트워크를 통한 영상 데이터 전송 시 에러가 발생하면 복원 영상의 화질 열화는 매우 심각하다. 따라서, 에러 영상을 복원하기 위한 에러은닉 기술은 복호기 쪽에 매우 중요하다. 본 논문에서는 매크로블록이 움직임 벡터와 함께 손상이 되었을 때 주변 매크로블록의 움직임 벡터를 이용한 빠르고 효율적인 에러 은닉 기법을 제안한다. 실험 결과 에러 블록 주변의 경계화소를 이용한 기존의 방법과 비교하여 거의 동등한 복원 화질을 얻으면서도 에러 은닉을 위한 처리 시간을 획기적으로 단축하였다.

1. 서 론

최근 영상의 디지털화가 빠르게 이루어지면서 기존의 아날로그 TV에서 발전하여 디지털 TV의 이용이 급격히 증가하고 있다. 디지털 동영상은 표현 정보량의 방대함으로 인하여 저장과 전송 시 많은 메모리와 대역폭을 필요로 한다. 따라서, 많은 압축 코딩 기술들이 전송 비트 유효나 저장 용량을 줄이기 위해 발전해 왔다. MPEG-2[1] 비트열은 블록 단위로 가변장 부호화 되었기 때문에 망에서 셀 손실이나 전송 시 임의의 비트 오류가 발생하면, 오류의 영향이 어느 한 화소에 국한되지 않고 블록 단위로 퍼져나간다. 따라서, 이러한 오류에 좋은 성능을 제공하기 위해서는 셀 손실이나 비트 오류의 영향이 잘 은닉될 필요가 있다. 또한 비트열이 차분 부호화 되었다면 오류는 시간적, 공간적으로 전파되어진다. 예를 들어 MPEG-2에서 I-frame이나 P-frame에 오류가 있다면 움직임 보상 시 기준 프레임으로 사용되어지기 때문에 시간적 오류 전파가 발생한다. 또한 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 계속되어 복원 영상에 많은 열화를 초래하므로 효율적인 에러 은닉 기법의 개발은 디지털 TV 응용 측면에서 필수적이다.

비트 에러 및 셀 손실의 영향을 은닉(concealment)하는 다양한 방법들이 제안되었다. 이러한 방법들은 주파수 영역(frequency domain)에서의 은닉 방법, 공간 영역(spatial domain)에서의 에러 방법, 시간 영역(time domain)에서의 은닉 방법, 그리고 세 영역 모두를 결합하는 하이브리드(hybrid) 에러 은닉 방법 등으로 분류할 수 있다. 먼저, 공간영역에서의 에러 은닉 방법은[2-7] 같은 화면내의 이웃블록들의 정보를 이용하여 공간영역에서 직접 보간(interpolation)하는 것이다. 이러한 방법은 블록을 둘러싸고 있는 큰 국부 이웃 블록들로 보간을 함으로써 보다 철저하게 공간적 상관도(correlation)를 이용한다. 그리고 보간이 공간영역에서 이루어짐으로서, 영상의 상세한 부분들이 더 잘 복원되고 에지들의 일치성이 어느 정도 유지될 수

있다. 시간영역에서의 은닉 기법은[8-14] 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 복원하고 기준 블록을 같은 위치에 놓음으로써 에러를 은닉할 수 있다. 그러나, 움직임벡터의 추정이 매우 정확해야 하며, 정확하지 않으면 크게 다른 움직임 벡터로부터 복원된 블록은 주변 블록과 큰 차이를 보이게 된다. 즉 손상된 블록과 그것의 이웃하는 블록들 사이에서 움직임 벡터의 차가 너무 클 때 잘 적용되지 않는다. 위에서 언급한 에러 은닉 방식들은 다른 방식보다 어떤 특별한 종류의 영상에 잘 적용된다고 해서 임의의 영상들이 하나의 방식으로 충분하지는 않다는 것을 보여준다. 어떤 알고리즘은 이러한 문제를 해결하기 위해 세 영역 모두에서 보간을 수행하고 보다 자세한 블록을 얻기 위해 그 결과들을 결합하는 하이브리드 방식을 취한다.

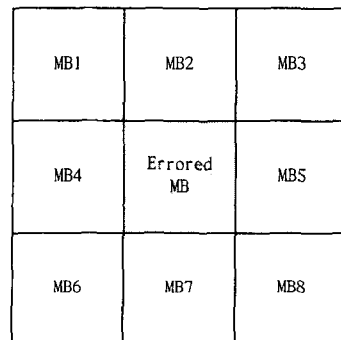
본 논문에서는 DTV(Digital TV) MPEG-2 디코더에 효율적인 에러 은닉 기법으로써, 에러 블록에 이웃하는 블록들의 움직임 벡터를 이용한 에러 은닉 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 에러 블록에 이웃하는 블록들의 움직임 벡터는 손실된 에러 블록의 움직임 벡터와 유사할 가능성이 매우 크다는 사실에 근거하며, 이웃하는 블록의 움직임 벡터의 크기만큼 탐색 범위를 적용적으로 설정하여 주관적 화질 및 처리 시간 관점에서 매우 우수한 성능을 얻는 방법이다.

2. 제안하는 에러 은닉 방법

일반적으로 전송 에러는 크게 랜덤 에러(random error)와 연속 에러(burst error)로 구분할 수 있다. 랜덤 에러는 가령, 고정 길이 부호화 방식일 경우 한 부호어에만 영향을 미치게 되며, 이는 일반적으로 복호화가 가능하다. 그러나 가변 길이 부호화 방식일 경우 랜덤 에러는 부호화된 정보의 동기를 어긋나게 함으로써 이후에 나타나는 부호어는 복호를 할 수 없게 된다. 또한 연속 에러는 패킷망에서 패킷 손실 혹은 저장 장치의 물리적 결함으로 인한 연속 에러 등의 형태로 나타나는데, 이는 랜덤 에러에 비해 데이터 전송 시스템에 미치는 영향이 더 치명적이다. 또한 최근의 정지영상/동영상 압축기술에서는 대부분 가변 길이 부호화 방식을 채택하고 있으며, 이러한 시스템에서 랜덤 에러가 발생하면 마치 연속 에러가 발생할 때와 마찬가지로 연속하는 데이터 모두 왜곡되게 된다. 따라서, 본 논문에서는 두 가지 형태의 에러를 특별히 구분하지 않고 모두 전송 에러의 범주에 넣어 고려하기로 한다.

에러가 발생했을 때 매크로블록마다 모든 범위를

탐색하는 것은 계산량이 많아 MPEG-2 디코더에 많은 부담을 주게 될 것이다. 또한 [15]에서 제안한 방법처럼 주변 화소의 표본화를 통해 계산량을 줄인다 하더라도 일단 아주 작은 움직임이 있다고 판단되면, 전체 범위를 모두 탐색하기 때문에 탐색 시간이 많이 소요될 것이다. 따라서, 본 논문에서는 현재 에러가 발생한 매크로블록의 움직임이 주변 매크로블록의 움직임과 매우 상관성이 높다는 성질을 이용하여, 주변 매크로블록의 움직임 벡터의 크기에 따라 적용적으로 탐색범위를 설정하여 탐색 시간을 현저히 줄이는 에러 은닉 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 전체 영역을 모두 탐색했을 경우와 비교하여 주관적, 객관적 화질 측면에서도 거의 동등하거나 다소 우수한 성능을 보이면서도 빠른 처리속도를 지닌 에러 은닉 방법이다.



MB : Macroblock

그림 1. 주변 매크로블록의 정의

그림 1에서 에러 블록 주변 매크로블록의 움직임 벡터들의 x성분을 X_i 라고 하고, y성분을 Y_i 라고 하자. 본 논문에서 제시한 탐색 범위는 $[-R, +R-1]$ 로 설정하며, R 은 식(1)과 같이 정의된다. 즉, R 은 에러가 발생한 매크로블록에 이웃하는 매크로블록들의 움직임 벡터들 중에 각 성분별 절대치가 가장 큰 값으로 결정된다.

$$R = \max_i \{ |X_i|, |Y_i| \} \quad (1)$$

이렇게 탐색범위를 지정하면 움직임이 적은 매크로블록에 에러가 발생했을 경우 탐색 범위를 줄여서 처리 속도를 향상시킨다. 탐색 범위가 결정되면, 현재 프레임의 손상된 매크로블록과 이전 프레임의 잘 복호된 같은 위치의 매크로블록의 주변 화소들을 설정

한다.

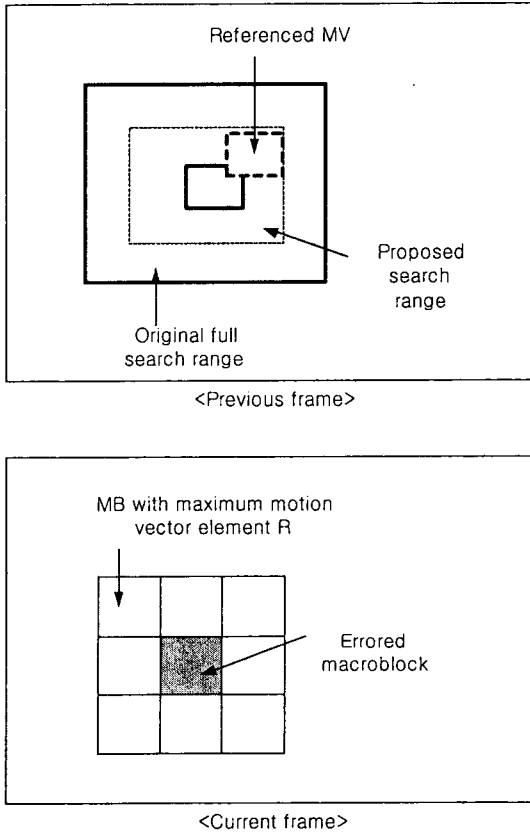


그림 2. 탐색 범위의 결정

그림 2는 탐색 범위를 결정하는 예를 보여주고 있으며, 그림 3은 제안한 방법의 전체적인 시스템 블록도를 보이고 있다. 현재 프레임의 손상된 매크로블록과 이전 프레임의 잘 복호화된 같은 위치의 매크로블록 주변 화소들의 MAE가 설정한 임계값보다 작으면 움직임이 없는 것으로 판단하여 이전프레임의 같은 위치의 매크로블록을 그대로 복사해오며, 그렇지 않은 경우 움직임이 있는 것으로 판단하여 에러가 발생한 매크로블록에 이웃하는 매크로블록들의 움직임 벡터의 각 성분별 절대치의 크기가 가장 큰 값을 탐색범위로 결정한다. 다음에는 탐색 범위 내에서 MAE가 최소가 되는 매크로블록을 찾아 현재 화면의 에러가 발생한 매크로블록으로 복사한다. 그림에서도 알 수 있듯이 매 매크로블록 당 주변 매크로블록의 움직임 벡터 정보를 고려했으므로 탐색 범위가 현저히 줄어들 수 있다.

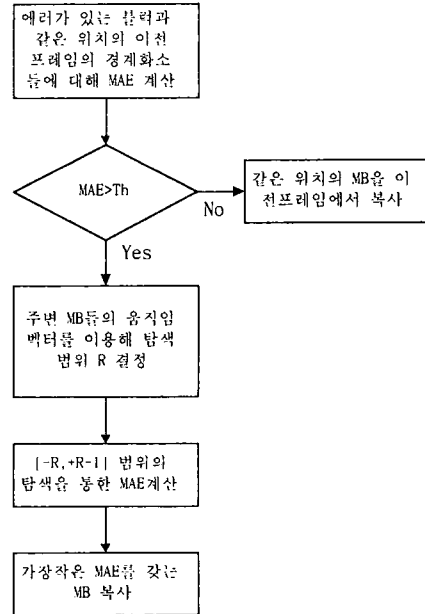


그림 3. 제안한 방법의 전체 블록도

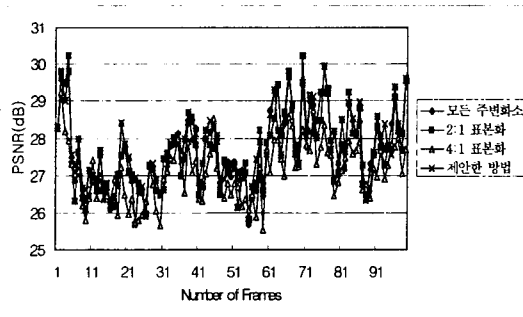
3. 실험결과 및 고찰

세 개의 표준 Sequence를 이용하여 제안한 에러 블록에 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터를 이용한 에러 은닉 방법에 대한 성능 평가를 실시하였다. 실험에 사용된 영상은 352×240 크기의 Football, Flower Garden, Table Tennis Sequence를 사용하였으며, 실험환경은 Pentium-III(RAM 256M) PC를 사용하였다. 임계값은 0.2로 택했으며 이것은 움직임이 전혀 없는 매크로블록 주변 화소의 MAE와 움직임이 있는 주변 화소의 MAE의 분포를 고려한 실험치이다.

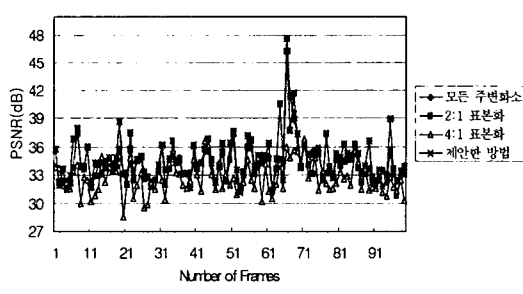
그림 4 및 그림 5는 제안한 에러 은닉 방법의 PSNR 결과와 에러 은닉 시간을 나타내고 있다. PSNR의 경우는 Sequence에 관계없이 모든 주변 화소를 이용한 경우가 일반적으로 가장 좋으며, [15]에서 제안한 2:1 표본화 한 경우와 4:1 표본화 한 경우보다는 PSNR 측면에서 우수함을 알 수 있다. 그러나, 에러 은닉 수행 시간을 비교하면 Sequence에 관계없이 모든 주변 화소를 이용한 은닉 방법이 가장 많은 시간이 소요되었다.

그림 4에서 각 Sequence별로 특정 프레임의 경우 표본화하거나 제안한 방법이 주변 화소를 모두 이용한 방법보다 더 좋은 성능을 보이기도 한다. 이는 손상된 매크로블록의 주변 화소와 비교하는 이전 프레

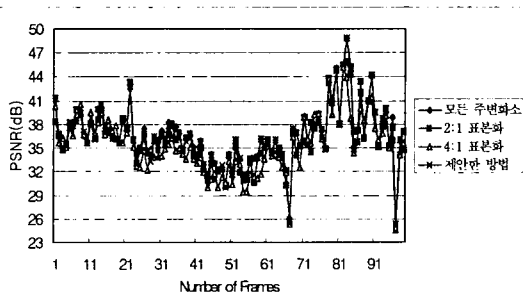
임의 탐색 범위 내 매크로블록 주변 화소와의 MAE 분포가 매우 유사할 경우 전 범위 탐색 시 잘못된 매크로블록을 찾을 수 있지만, 제안한 방법은 주변의 움직임 정보를 이용하기 때문에, 실제로 가까이 있는 유사 매크로블록을 다른 곳에서 복사해오는 경우를 제외시킬 수 있다. 따라서, 주변의 움직임 정보를 이용하여 움직임 추정 시 이용되는 방법을 사용하는 것이 가장 유사성 높은 은닉 방법임을 실험을 통해 알 수 있었다



(a) Football sequence.

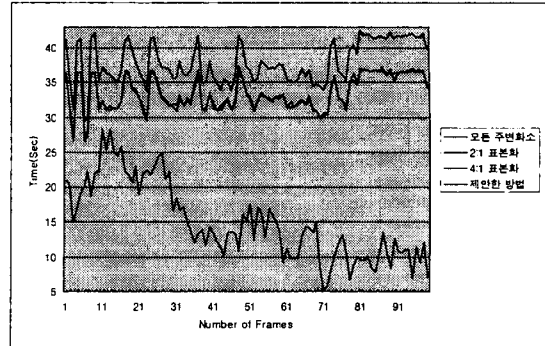


(b) Flower Garden sequence.

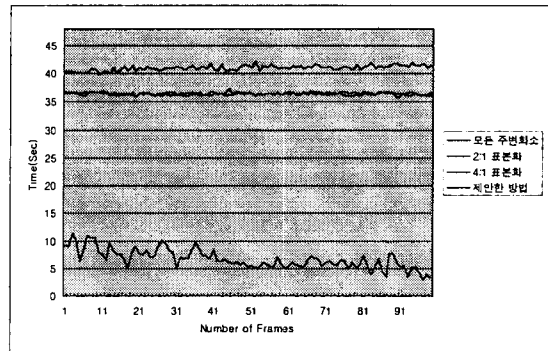


(c) Table Tennis sequence.

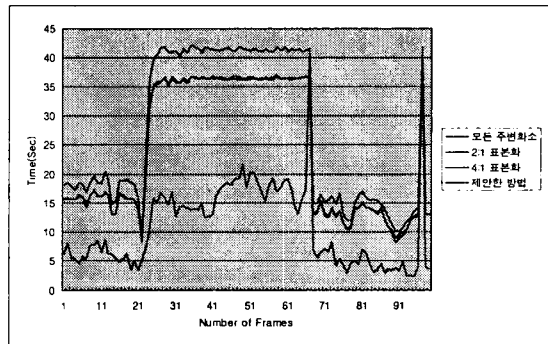
그림 4. 제안한 방법과 기존 방법의 PSNR 결과 비교



(a) Football sequence.



(b) Flower Garden sequence.



(c) Table Tennis sequence.

그림 5. 제안한 방법과 기존 방법의 처리시간 비교

4. 결 론

본 논문에서는 복호화 시 움직임 벡터가 손상되었거나 손실되었을 때 에러를 은닉하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 매크로블록 단위로 에러가 발생했을 때, 에러가 발생한 매크로블록의 주변 매크로블록의 움직임 벡터 성분의 크기를 비교하여 가장 큰

성분으로 탐색 범위를 정하여, 이전 프레임에서 제안한 탐색 범위에서 최소의 MAE를 갖는 매크로블록을 탐색하여 그 매크로블록을 복사하여 에러를 은닉하는 방법이다. 제안한 방법은 움직임이 이웃한 매크로블록과 상당히 상관성이 높음을 이용하여 모든 주변 화소를 이용하되, 주변 매크로블록의 움직임을 고려하여 탐색함으로써 은닉 시간을 줄이는데 탁월한 효과를 볼 수 있었다. 한편, 에러 블록에 이웃하는 블록의 움직임 벡터를 이용한 에러 은닉 기법은 주변 화소들 모두 이용하였으므로 화질 열화를 방지하면서 움직임 추정을 보다 정확하게 하여 손상된 매크로블록의 움직임을 가장 효율적으로 보상함을 실험을 통해 보였으며, 전 범위 탐색 시 처리시간이 너무 긴 점을 고려하여 탐색 범위를 제한함으로써 처리시간을 단축시키는데 탁월한 효과를 볼 수 있다는 것을 실험을 통해 입증하였다.

참고문헌

1. "Coding of moving pictures and associated audio," Recommendation H.262, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/602, 1993.
2. 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 Processing, vol. 4, no. 3, 1995, pp. 259-273
3. Y. Wang, Q. F. Zhu, and L. shaw, "Maximally smooth image recovery in transform coding," IEEE Trans. Commun., vol. 41, no. 10, 1993, pp. 1544-1551
4. H. Sun and W. kwok, "Concealment of damaged block transform coded images using projections onto convex sets," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, no. 4, 1995, pp. 470-477
5. W. Kwok and H. Sun, "Multidirectional interpolation for spatial error concealment," IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 39, no. 3, 1993, pp455-460
6. W. M. Lam and A. R. Reibmain, "An error concealment algorithm for images subject to channel errors," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, no. 5, 1995, pp.533-542
7. S. S. Hemami and T. H. Y. Meng, "Transform coded image reconstruction exploiting interblock correlation," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, no. 7, 1995 pp. 1023-1027
8. M. Ghanbari and V. Seferidis, "Cell-loss concealment in ATM video codecs," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 3, no. 3, 1993, pp.238-247
9. M. Wada, "Selective recovery of video packet loss using error concealment," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, no. 5, 1989, pp. 807-814
10. 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, 1994, pp. 666-677
11. Q. F. Zhu, Y. Wang, and L. Shaw, "Coding and cell-loss recovery in DCT-based packet video," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., vol. 3, no. 3, 1993, pp. 248-258
12. S. H. Lee, J. S. Youn, S. H. Jang, and S. H. Jang, "Transmission error detection, resynchronization, and error concealment for MPEG video decoder," in Proc. SPIE, 1993, vol. 2094, pp.195-204.
13. J. Suh and Y. Ho, "Recovery of motion vectors for error concealment," IEEE TENCON, June 1999, pp.750-753
14. D. Kwon and P. Driessen, "Error Concealment Techniques for H.263 Video Transmission," IEEE, February 1999, pp.276-279
15. 배유리, 김승중, 정제창, "주변화소의 표본화를 이용한 빠르고 효율적인 에러은닉 기법", 한국통신학회 하계종합학술대회논문집, Vol. 23, No. 2, 2001, pp. 1373-1376