

# MPEG 비디오 코덱을 위한 오류은폐 기법

서재원, 호요성  
광주과학기술원 정보통신공학과  
광주광역시 광산구 쌍암동 572 번지  
e-mail : won@mellon.kjist.ac.kr

## Error Concealment Techniques for MPEG Video Codec

Jae-Won Suh and Yo-Sung Ho  
Dept. of Information and Communications, K-JIST  
572 Ssangam-Dong Kwangsan-Gu, Kwangju, Korea

### ABSTRACT

This paper describes error concealment techniques to reduce effects of channel errors. In general, the compressed video data are transmitted as a binary bitstream through a noisy channel. Channel errors in this bitstream result in objectionable degradations in consecutive reconstructed frames. In this paper, we propose error concealment techniques to restore corrupted pictures that include lost blocks due to channel errors during the. In the spatial domain, we examine various spatial interpolation algorithms. We also attempt to restore DC and some AC coefficients of the lost block by using the DC values of its neighboring blocks. In the temporal domain, we attempt to restore some lost motion vectors. Simulation results indicate that directional interpolation works better than those obtained using other interpolation in spatial domain. In temporal domain, a median method shows the best performance.

### 1. 서론

최근 디지털 신호처리 기술과 컴퓨터 기술의 발전에 힘입어 영상을 포함한 멀티미디어 서비스가 빠른 속도로 확산되고 있다. 일반적으로 제한된 대역폭의 전송 채널을 통해 많은 양의 동영상 정보를 효율적으로 전송하기 위하여 시간적, 공간적, 통계적 중복성을 이용하여 전송해야 할 비트수를 줄인다. 이를 위하여 블록 단위의 움직임 추정 및 움직임 보상, DCT와 양자화, 가변길이 부호화 기법 등을 사용하여 영상 정보를 압축하는 MPEG 과 같은 표준화 방식들이 제안되었다. 하지만 압축된 동영상 데이터가 전송될 경우에, 전송 채널이 불안정하여 발생하는 전송 오류로 인하여 복원 영상의 화질은 크게 저하되는 문제가 발생한다. 이때 제한된 대역폭을 최대한으로 이용하기 위해 오류정정 부호를 사용하지 않고, 정상적으로 복원된 주변의 정보들로부터 잃어버린 정보를 보완하여 원 영상에 가깝게 복구하는 오류은폐 기법들이 연구되고 있다.

오류은폐 기법에는 전송 오류의 영향을 최소화하기 위해 사용되는 정보에 따라서 크게 두 가지로

나눌 수 있다. 하나는 시간축 상에서의 중복된 정보를 이용하는 시간예측 오류은폐(Temporal Predictive Error Concealment) 기법이고 다른 하나는 같은 프레임에서 공간적 중복성을 이용하는 공간예측 오류은폐 (Spatial Predictive Error Concealment) 기법이다.

공간예측 오류은폐 기법은 손실된 블록의 주변 구획의 밝기 정보를 이용해서 주변 구획과 가장 부드럽게 연결되도록 손상된 부분의 DCT 계수나 밝기 값을 복원하는 보간 기법이다. 시간예측 오류은폐 기법은 연속된 프레임간의 유사성을 이용하여 현재 프레임에서 손상된 부분을 이전 부분에서 가장 비슷한 부분의 것으로 대체시키는 방법이다. 분류된 방법들 모두 손상된 블록의 정보를 주변 블록이나 이전 프레임의 정보만을 이용하여 복원하는 것이므로 정확한 복원은 불가능하지만, 시각적으로 최대한 부드럽게 만드는 것이 오류은폐의 목적이다.

본 논문에서는 공간적으로나 시간적으로 이용할 수 있는, 손상되지 않은 이웃한 블록의 정보를 이용하여 손실 블록을 복원하는 방법들에 대해서 연구하였다. 앞에서 분류한 여러 가지 방법들의 장 단점 등을 살펴보고, 그들의 복원 특성을 정리하였다. 이때 동일한 환경에서 여러 가지 기법들을 비교하기 위해 본 논문에서는 Wang 등이 제안한 블록 끼워 짜기(Block Interleaving) 기법[1]을 구현하여 정상적인 주변 정보를 최대한으로 이용할 수 있게 하였다

### 2. 명암 값을 복원하는 기법

본 논문에서는 손실된 블록의 화소 평면에서 명암 정보를 복원하기 위하여 다음과 같은 세가지 오류은폐 기법을 S/W 로 구현하였다.

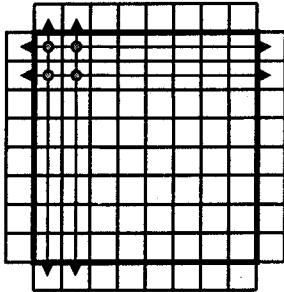
첫째로, Aign 등이 제안한 방법[2]이다. 손상 블록 내의 복원될 위치의 화소 값은 손상 블록과 인접한 네 블록의 가장 자리의 화소 값들을 이용하여 거리차이를 고려하여 손상 블록을 보간한다. 다음의 식 (1)은 손상 블록을 보간하는데 사용된 식이다.

$$b(i,k) = \frac{1}{d_l + d_r + d_t + d_b} (d_r b_l(i,N) + d_l b_r(i,1) + d_b b_t(N,k) + d_t b_b(1,k)) \quad (1)$$

where  $i,k=0,\dots,N$

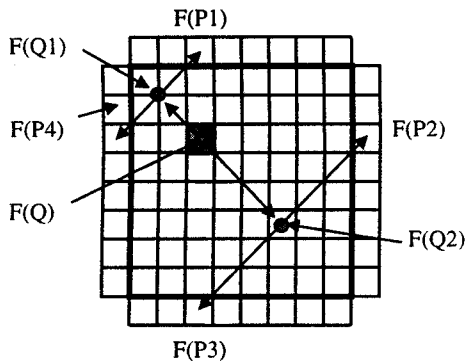
본 연구는 광주과학기술원 초고속광네트워크연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

<그림 1>에서 알 수 있듯이 여기서 N은 블록의 크기, b는 손상 블록,  $b_x$ 는 b와 인접한 네 주위 블록,  $d_x$ 는 손상 블록 내의 복원될 화소값  $b(i,k)$ 와  $b_x$ 내의 각 화소 사이의 거리차를 나타낸다. 여기서 아래 첨자 X는 왼쪽(L), 오른쪽(R), 위쪽(T), 아래쪽(B)을 가리킨다.



<그림 1> Linear 보간

둘째로, Ghanbari 등이 제안한 Bilinear 보간법[3]을 개선한 방법이다. Ghanbari 등이 제안했던 방법은 손상 블록 사각의 화소 값 4개로부터 모든 손상 블록의 내부를 거리에 가중치를 두어 복원하지만 복원된 화질은 만족스럽지 못하다. 본 논문에서는 이 알고리즘을 개선하여 다르게 구현하였다.



<그림 2> 수정된 Bilinear 보간법

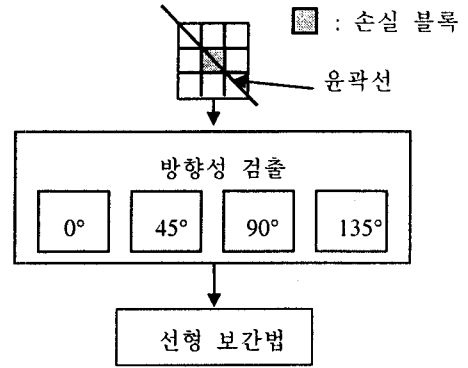
<그림 2>에서 보듯 첫번째 방법과 같이 손상 블록의 상하 좌우 블록의 정보를 이용하는 것은 비슷하지만, 식 (2)와 같이  $F(Q_1)$ 과  $F(Q_2)$  먼저 구하고 손상된 각각의 위치의 값을 구한다.

$$F(Q) = \frac{F(Q_1)/d_5 + F(Q_2)/d_6}{1/d_5 + 1/d_6} \quad (2)$$

$$\text{이때 } F(Q_1) = \frac{F(P_1)d_4 + F(P_4)d_1}{d_1 + d_4}$$

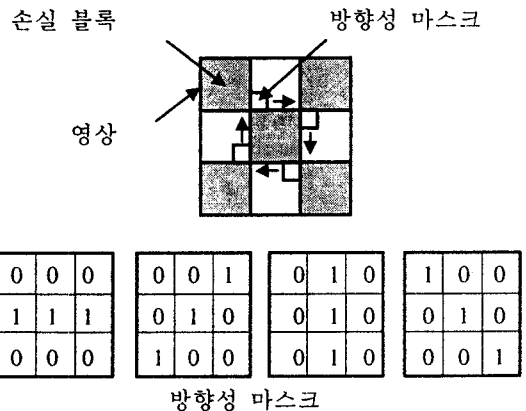
$$F(Q_2) = \frac{F(P_2)d_3 + F(P_3)d_2}{d_2 + d_3}$$

셋째로, 손상된 블록을 중심으로 정상적으로 복원된 주위의 정보들을 이용하여 방향성을 결정한 후, 방향성에 따라서 선형 보간법에 의해 복원하는 방법[4]이다. 전체적인 블록도는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 전체적인 블록도

<그림 3>의 방향성 검출부를 상세히 살펴보면 <그림 4>와 같은데 손상된 블록을 포함한 영상에 정의된 방향성 마스크로 손상 블록의 주변을 회전시켜 각 마스크를 연산시켜 산출되는 최대값 4개의 값을 합하여 최대값을 나타내는 마스크의 형태에서 방향성을 결정한다.



<그림 4> 방향성 검출부

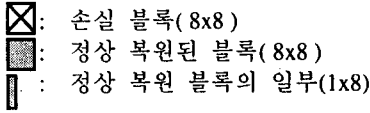
### 3. DCT 계수 복원 기법

DCT 계수들은 저주파 영역에서 많은 양의 에너지를 포함하는 특성을 갖는데, 단지 DC 성분과 몇 개의 AC 성분만 있어도 전체적인 윤곽 정도는 식별이 가능하다. 이러한 성질을 이용하여 이웃한 블록의 DC 값을 이용하여 DC 계수와 저주파 성분의 AC 계수의 일부만을 추정하여 화소 값으로 변환하는 방법이다.

먼저 DC 계수 복원 방법에 대하여 살펴 보자. 손실 블록과 이웃한 정상 복원된 상, 하, 좌, 우 4개 블록의 DC 값들을 평균하거나 중간 값을 구하여 손상 블록의 DC 값으로 이용하는 방법이다. 이때 이웃한 블록의 DC 값을 이용할 때, <그림 5.a>와 같이 블록 전체의 DC 값을 이용할 수도 있고, <그림 5.b>와 같이 손실 블록에 근접할수록 상관도가 높다는 점을 이용하여 부분 DC 값을 이용할 수도 있다. 손실 블록과 가장 상관도가 높은 것은 1x8의 명암 값의 DC 값을 이용하는 것이다.



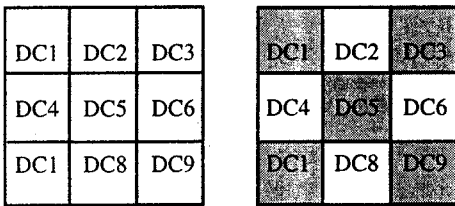
(a) 전체 블록의 DC 값 (b) 블록 내의 부분 DC 값



<그림 5> DC 계수 복원

다음으로 AC 계수 복원 방법에 대하여 알아보자. 이 방법은 JPEG 에서는 블록 현상(Block Effect)을 줄이기 위하여 사용되었던 방법[5]을 이용한 것으로 주변의 8 개 블록의 DC 계수로부터 손실된 블록의 저주파 5 개 AC 계수를 구하는 방법으로 식 (3)에 나타내었다. <그림 6.a>은 식에서 사용되는 주변의 8 개 블록의 DC 값들의 위치를 나타내었다.

$$\begin{aligned}
 AC(0,1) &= 1.13885 \times (DC4 - DC6) & (3) \\
 AC(1,0) &= 1.13885 \times (DC2 - DC8) \\
 AC(2,0) &= 0.27881 \times (DC2 + DC8 - 2 \times DC5) \\
 AC(1,1) &= 0.16213 \times ((DC1 - DC3) - (DC7 - DC9)) \\
 AC(0,2) &= 0.27881 \times (DC4 + DC6 - 2 \times DC5)
 \end{aligned}$$



a) 손실이 없을 때 b) 손실이 있을 때

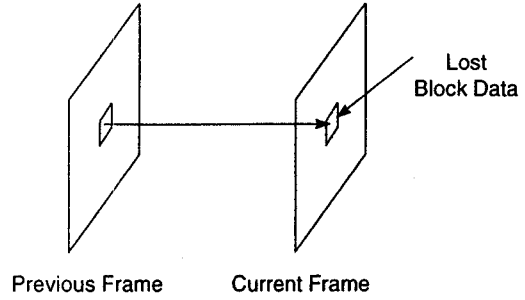
<그림 6> 주변 구획의 DC 값들

그러나 본 논문에서는 블록 끼워짜기 기법의 구현으로 인해 <그림 6.b>와 같이 이웃한 블록 8 개 모두가 사용되지 못한다. 따라서 위,아래와 좌,우에 이웃한 블록 4 개의 DC 값만을 이용하여 복원하면 AC(1,1)을 제외한 4 개의 AC 계수를 복원할 수 있다.

#### 4. 움직임벡터 추정 방법

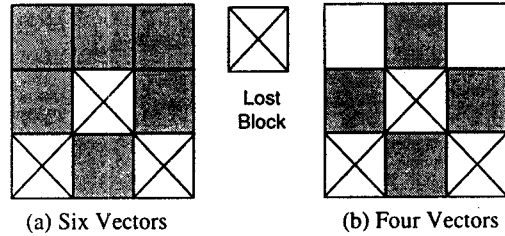
대부분의 동영상 압축 표준은 움직임벡터를 이용하여 시간적인 중복성을 줄이는데 전송중 오류가 생기면 움직임벡터 정보 역시 유실된다. 본 절에서는 주변 블록의 정보로부터 손실된 블록의 움직임벡터를 추정하는 알고리즘[6]에 대하여 알아본다.

먼저 시간적 대체 방법이다. 이 방법은 <그림 7>과 같이 이전 영상과 현재 영상 사이에 손실 블록의 위치에서 움직임이 없다고 가정하고, 시간적으로 이전 영상으로부터 같은 위치의 화소 값을 손실 블록으로 복사하는 것이다.



<그림 7> 시간적 대체 방법

다음 방법으로는 DC 계수를 추정하는 방법과 유사하게 주변의 움직임벡터들의 평균이나 중간 값을 이용하는 방법이다. 이 방법은 화면내의 물체 각각은 랜덤하게 움직이지 않고 어느 정도 같은 방향이나 같은 크기로 움직이는 성질을 이용하는 것이다. <그림 8>과 같이 이웃한 정보를 6 개를 이용할 수도 있고 4 개의 정보를 이용할 수도 있다. 그러나 일반적으로 4 개의 정보로부터 중간 값을 이용하는 것이 그 중에 가장 좋은 성능을 나타낸다.



<그림 8> 평균과 중간값의 이용

#### 5. 실험 및 결과

본 논문의 실험에서는 공간 평면에서의 오류는 페기법을 적용하기 위해 동영상의 Intra 프레임을 가정하여 256x256 LENA 정지 영상을 사용하였다. 또한 시간 축에서의 오류는 페기법을 위해서 FOOTBALL 영상을 256x256 크기로 만들어 사용하였다.

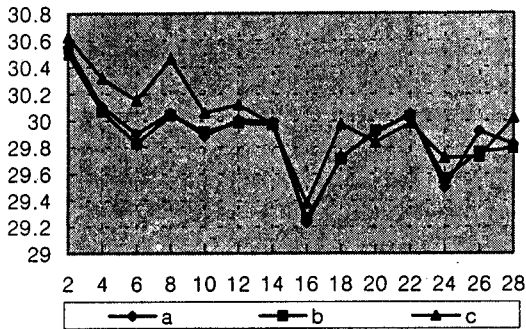


<그림 9> 손실 블록의 형태

손실 블록의 모양은 구획 끼워짜기를 구현하여 손실 형태가 지그재그 형태로 발생하도록 하였으며 한 개의 슬라이스 정보를 연속된 두 개의 패킷에 나누어 전송한다. 정보가 패킷 단위로 손실된다고 가정할 때 연속된 패킷 손실은 없다고 가정한다. 구체적인 예로 손실 패킷이 발생한 경우를 <그림 9>에 나타내

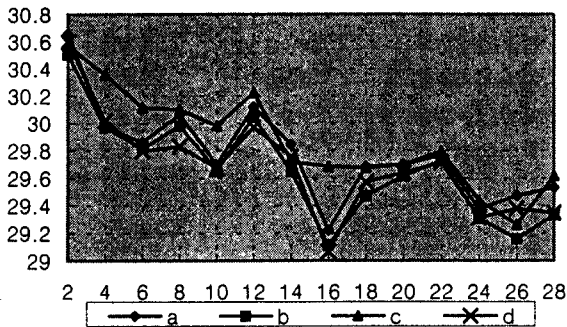
었다.

명암 값을 직접 복원하는 알고리즘 적용에 대한 실험 결과를 아래 <그림 10>에 나타내었다. 가로 축은 손실된 패킷의 번호를 나타내며 세로 축은 복원된 영상의 PSNR 이다. a, b, c 는 각각 Linear 보간법, 수정된 Bilinear 보간법, 방향성을 고려한 보간법에 의해 복원된 결과이다. 데이터에서 보듯이, 마지막에 제안한 방향성을 이용한 복원 방법이 가장 좋은 결과를 보였다. 가장 나쁜 성능을 보이는 16 번째 패킷은 영상 LENA 의 눈 부분에 해당하는 부분인데, 손실 블록의 크기가 복원될 LENA 영상의 눈동자보다 크기 때문에 복원하는데 한계가 있음을 보인다.



<그림 10> 복원 영상의 PSNR(LENA)

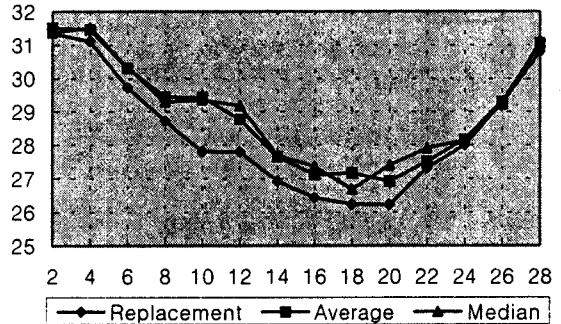
DCT 계수 복원에 의한 오류는 폐 기법에 관한 결과를 <그림 11>에 나타내었다. DC 계수는 부분 DC 값으로부터 복원되었다. c 는 단지 비교 기준으로써 손실된 블록의 원래의 DC 값을 가지고 복원해 보았다. a 는 부분 DC 값의 중간 값과 식(3)에서 A(1,1)은 제외시킨 결과이고, d 는 평균값을 이용하였고 역시 A(1,1)은 제외시킨 결과이다. b 는 먼저 손실 블록의 DC 값을 추정하고 그 추정된 결과를 이용하여 A(1,1)도 복원한 결과이다. 전체적으로 A(1,1)을 무시한 것들의 결과가 더 좋았다. 그리고 중간 값을 이용한 것이 약간 더 좋은 성능을 보인다. 그러나 전체적으로 시각에 미치는 결과는 DCT 계수 복원 방법에서는 복원 영상에서 블록 현상과 유사한 문제점을 보였다.



<그림 11> 복원 영상의 PSNR(LENA)

<그림 12>는 시간적 오류는 폐 기법들의 성능을 비교한 것이다. 시간적 대체 방법은 화면의 뒤 배경이나 움직임이 적은 영상에서 좋은 효과를 얻을 수 있

다. 그러나 FOOTBALL 영상은 움직임이 많기 때문에 좋지 못한 결과를 얻었다. 결과에서 알 수 있듯이 손실 블록의 이웃한 움직임벡터 값의 중간 값을 이용하는 것이 가장 좋은 성능을 보였다.



<그림 12> 복원 영상의 PSNR(FOOTBALL)

## 6. 결론

본 논문에서는 전송상의 오류로 손상된 블록에 대한 정보를 정상적으로 복원된 주변 블록의 정보를 이용하여 복원하는 방법에 대해서 연구하였다. 결론적으로 공간적인 면에서는 같은 프레임 내에서 화소 값을 직접 이용하는 보간법이 DCT 계수를 복원하여 화소 평면으로 전환하는 방법보다 0.5 ~ 1.0 dB 가량 더 우수하였다. 시간적인 면에서는 이웃한 움직임벡터들의 중간 값으로 복원하는 것이 우수함을 확인할 수 있었다. 더 좋은 성능의 오류는 폐 성능을 얻기 위해서는 한가지 방법을 이용하는 방법으로는 어렵다. 따라서 시-공간적인 방법을 모두 적용하여 두 가지 부류의 장점만을 이용하여 복원하면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Q. Zhu, Y. Wang and L. Shaw, "Coding and cell-loss recovery in DCT-based packet video," IEEE J. Video Technology, vol. 3, No.3, pp. 248-258, June, 1993.
- [2] S. Aign and K. Fazel, "Temporal & spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codec," IEEE International conference on Communication, vol. 3, pp. 1778-1783, 1995.
- [3] M. Ghanbari and V. Seferidis, "Cell-loss concealment in ATM video codes," IEEE J. Video Technology, vol. 3, No.3, pp. 248-258, June, 1993.
- [4] JaeWon-Suh and YoSung-Ho, "Error Concealment Based on Directional Interpolation," IEEE Trans. On Consumer Electronics, vol. 43, No. 3, pp. 295-302, Aug., 1997.
- [5] B. Niss, "Prediction of AC Coefficients from the DC Values," ISO/TC97/SC2/WG8, N745, May 1988
- [6] A. Narula and Jae S. Lim, "Error concealment techniques for an all-digital high-definition television system," Proc. SPIE, Visual Commun., Image Processing, vol. 2094, pp.304-315, 1993.