

방향성 검출을 이용한 오류 은폐 기법

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

Error Concealment Techniques using the Direction Detection

Jae-Won Suh and Yo-Sung Ho
Dept. of Information and Communications, K-JIST
572 Ssang-am Dong Kwang-san Gu, Kwang-ju, Korea

ABSTRACT

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 picture which include lost blocks due to channel errors during the transmission of the coded video bitstream. We apply spatial interpolations which are linear, bilinear and directional interpolation. We also attempt to restore some DCT coefficients. Simulation results show that error concealed images using the spatial interpolation give better performance of about 1 dB than those obtained using restoration of DCT coefficients. Especially, proposed directional interpolation method gives the best performance.

1. 서론

최근 디지털 신호 처리 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 블럭 단위의 움직임 추정 및 움직임 보상, DCT와 양자화, 가변 길이 부호화 기법 등을 사용하여 영상 정보를 압축하는 MPEG과 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 오류 정정 부호를 사용하지 않고, 정상적으로 복원된 주변의 정보들로부터 잃어버린 정보를 보완하여 원 영상에 가깝게 복구하는 오류 은폐 기법들이 연구되고 있다.

오류 은폐 기법에서는 영상에 내재하는 정보의

중복성을 이용하여 손상된 부분을 추정한다. 따라서 이용되는 영상 정보의 종류에 따라, 시간축 상에서의 중복된 정보를 이용하는 시간 예측 오류 은폐(Temporal Predictive Error Concealment) 기법과 같은 프레임에서 공간적 중복성을 이용하는 공간 예측 오류 은폐(Spatial Predictive Error Concealment) 기법으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 공간적 중복성을 이용하는 오류 은폐 기법을 중점적으로 살펴본다. 공간 예측 오류 은폐 기법은 주변 구획의 밝기 정보를 이용해서 주변 구획과 가장 부드럽게 연결되도록 손상된 부분의 DCT 계수나 밝기 값을 복원하는 것으로, 일종의 공간 보간 기법이라 할 수 있다. 따라서 손상된 블럭 내부의 정확한 정보를 주변 블럭의 정보만을 이용하여 복원하는 것은 불가능하기 때문에, 어느 정도 열화된 결과를 얻게 된다. 이런 영향을 최소화하기 위해 오류 은폐 기법에서는 Wang 등이 제안한 블럭 끼워 짜기(Block Interleaving) 기법[1,2]을 구현하여 정상적인 주변 정보를 최대한으로 이용하였다.

본 논문에서는 공간적으로 손상되지 않은 이웃한 블럭의 정보를 이용하여 손실 블럭의 방향성을 결정하여 화소 값을 직접 복원하는 방법을 제안하였다. 또한 이에 대한 성능을 평가하기 위해 기존의 Aign 등이 제안한 방법[3]과 Ghanbari 등이 제안한 방법[5]을 약간 변형한 방법을 S/W로 구현하여 그 성능을 비교하였다. 더불어 기존에 제안된 DCT 계수 복원 알고리즘[4]을 사용하여 DC 계수와 AC 계수를 복원하여 화소 값으로 변환하여 복원된 영상의 결과를 비교하였다.

2. 명암 값을 복원하는 기법

본 논문에서는 손실된 블럭의 명암 정보를 복원하기 위하여 다음과 같은 세가지 오류 은폐 기법을 S/W로 구현하였다.

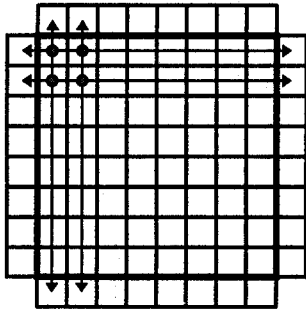
첫째로, Aign 등이 제안한 방법[3]이다. 손상 블럭 내의 복원될 위치의 화소 값은 손상 블럭과 인접한

네 블럭의 최외각 화소 값들을 이용하여 거리차를 고려하여 손상 블럭을 보간한다. 다음의 식 (1)은 손상 블럭을 보간하는데 사용된 식이다.

$$b(i,k) = \frac{1}{d_L + d_R + d_T + d_B} (d_R b_L(i,N) + d_L b_R(i,1) + d_B b_T(N,k) + d_T b_B(1,k))$$

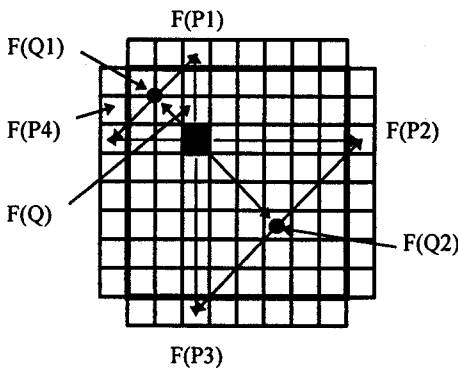
$i,k=0,\dots,N$ (1)

여기서 N은 블럭의 크기, b는 손상 블럭, b_x 는 b와 인접한 네 주위 블럭, d_x 는 손상 블럭 내의 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. 이를 <그림 1>에 설명한다.



<그림 1> Linear 보간

둘째로, Ghanbari 등이 제안한 Bilinear 보간법[5]을 개선한 방법이다. Ghanbari 등이 제안했던 방법은 손상 블럭 사각의 화소 값으로부터 모든 손상 블럭의 내부를 거리에 가중치를 두어 복원하지만 복원된 화질은 만족스럽지 못하다. 본 논문에서는 알고리즘을 개선하여 구현하였다.



<그림 2> 수정된 Bilinear 보간법

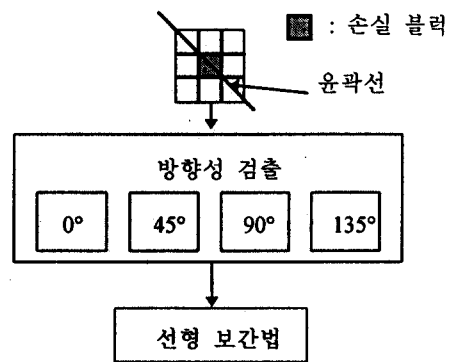
<그림 2>에서 보듯 첫번째 방법과 같이 손상 블럭의 상하 좌우 블럭의 정보를 이용하는 것은 비슷하지만, 식 (2)와 같이 손상 블럭 내의 복원될 위치의 화소에 가장 가까운 네 개의 화소 값으로부터 구한다

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

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

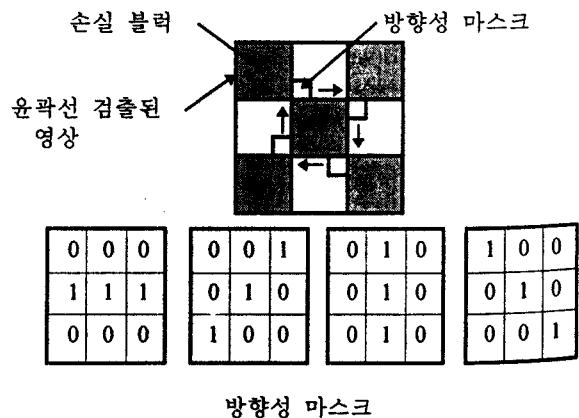
$$F(Q_2) = \frac{F(P_2)d_3 + F(P_3)d_2}{d_2 + d_3}$$

셋째로, 손실된 블럭을 중심으로 정상적으로 복원된 주위의 정보들을 이용하여 방향성을 결정한 후, 방향성에 따라서 선형 보간법에 의해 복원하는 방법이다. 전체적인 블럭도는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 전체적인 블럭도

<그림 4>의 방향성 검출부에서는 손실된 블럭을 포함한 영상을 윤곽선 검출하여 정의된 방향성 마스크로 손상 블럭의 주변을 회전시켜 가며 각 마스크를 연산시켜 산출되는 최대값 4개의 값을 합하여 최대값을 나타내는 마스크의 형태에서 방향성을 결정한다.



<그림 4> 방향성 검출부

3. DCT 계수 복원 기법

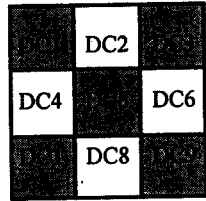
본 절에서는 주변 블럭의 정보로부터 손상된 블

력의 DCT 계수를 추정하는 알고리즘에 대하여 알아본다. DCT 계수들은 저주파 영역에서 많은 양의 에너지를 포함하는 특성을 갖는데, 이러한 성질을 이용하여 이웃한 블록의 DC 값을 이용하여 DC 계수와 저주파 성분의 AC 계수의 일부만을 복원하여 화소값으로 변환하는 방법이다.

첫번째, AC 계수 복원 방법에 대하여 알아 보자. JPEG에서는 블록 현상(Block Effect)를 줄이기 위하여 주변의 8개 블록의 DC 계수로부터 5개의 저주파수의 AC 계수를 구하는 식 (3)을 제시하였다. <그림 5.a>의 주변의 8개 블록의 DC 값들의 위치를 나타내었다.

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

DC1	DC2	DC3
DC4	DC5	DC6
DC1	DC8	DC9



a) 손실이 없을 때 b) 손실이 있을 때

<그림 5> 주변 구획의 DC 값들

본 논문에서는 블록 끼워 짜기 기법의 구현으로 인해 <그림 5.b>와 같이 이웃한 블록 8개가 옳은 정보를 갖지 못하기 때문에 위,아래와 좌,우에 이웃한 블록 4개의 DC 값만을 이용하여 AC(1,1)을 제외한 4개의 AC 계수를 복원해 보았다. 그리고 먼저 DC 값을 추정하여 손실 블록의 값으로 가정하고, 추정된 DC 값을 이용하여 식 (3)을 이용하여 5개의 AC 계수를 복원하여 보았다.

둘째로, DC 계수 복원 방법에 대하여 알아 보자. 대표적으로 두 가지 방법이 있는데 <그림 6.a>와 같이 정상 복원된 이웃한 상, 하, 좌, 우 4개의 블록 DC 값들을 평균하거나 중간값을 구하여 손실 블록의 DC 값으로 이용하는 방법이다.



(a) 블록 내의 모든 값을 이용 (b) 블록 내의 부분 값을 이용

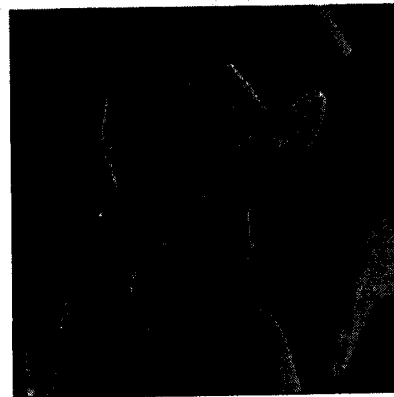
- ⊗ : 손실 블록(8x8)
- : 정상 복원된 블록(8x8)
- ▬ : 정상 복원 블록의 일부(1x8)

<그림 6> DC 계수 복원

다른 방법은 상관도를 이용하는 방법인데 손실 블록을 중심으로 한 화소를 이웃한 블록으로 확장한 <그림 6.b>와 같은 형태의 부분적 DC 값을 이용한다. 정상적으로 복원된 이웃 블록 4개 각각에 1x8의 명암 값의 DC 값을 각각 구하고 이것들을 이용하여 평균값, 또는 중간값을 구하여 DC 값으로 이용한다.

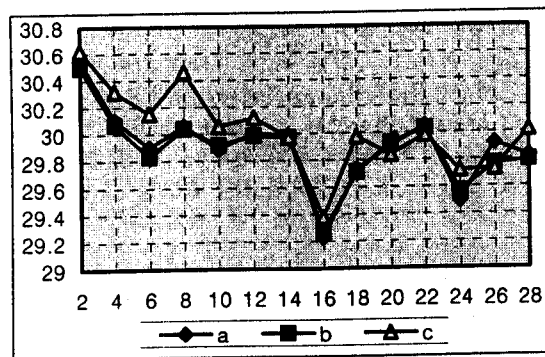
4. 실험 및 결과

본 논문의 실험에서는 동영상의 Intra 프레임을 가정하여 256x256 LENA 정지 영상을 사용하였다. 손실 블록의 모델은 구획 끼워 짜기를 구현하여 손실 형태가 지그재그 형태로 발생하도록 하였다. 따라서 블록의 크기는 8x8이며 손상된 블록은 모두 0 값을 갖는다고 가정하였다. 한 개의 슬라이스 정보를 연속된 두 개의 패킷에 나누어 전송한다. 정보를 패킷 단위로 손실된다고 가정할 때 연속된 패킷 손실은 없다고 가정한다. 구체적인 예로 손실 패킷이 10번째일 경우를 <그림 7>에 나타내었다.



<그림 7> 손실 블록의 형태

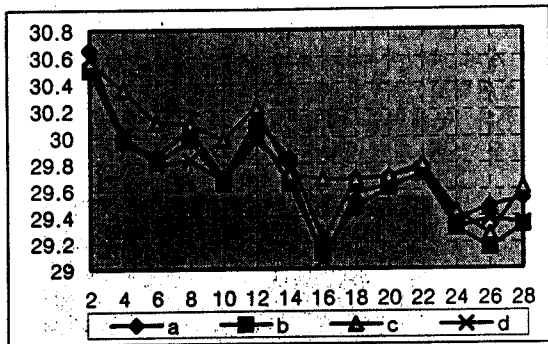
명암 값을 직접 복원하는 알고리즘 적용에 대한 실험 결과를 아래 <그림 8>에 나타내었다. 가로 축은 <그림 7>의 손실 패킷 넘버를 나타내며 세로 축은 복원 영상의 PSNR 이다.



<그림 8> 손실 블록 위치의 복원 영상의 PSNR

<그림 8>의 a, b, c는 각각 Linear 보간법, 수정된 Bilinear 보간법, 방향성을 고려한 보간법에 의한 복원 영상의 손실 블록의 위치별 PSNR을 나타내었다. 데이터에서 보듯이, 마지막에 제안한 방향성을 이용한 복원 방법이 가장 좋은 결과를 보였다. 또 수정된 Bilinear 보간법이 Linear 보간법과 거의 유사한 결과를 보였는데, 영상이 대각선의 윤곽선을 가지는 부분에서 약간 우수한 결과를 보였다. 16번째 패킷은 영상 LENA의 눈 부분에 해당하는 부분인데, 손실 블록의 크기가 복원될 LENA 영상의 눈동자보다 크기 때문에 복원하는데 한계가 있음을 보인다.

DCT 계수 복원에 의한 오류 은폐 기법에 관한 결과를 <그림 9>에 나타내었다.



<그림 9> 손실 블록 위치의 복원 영상의 PSNR

DC 계수 복원 방법들에 대해서 살펴보자. 격은 선으로 표시된 a, b, d의 결과들은 DC 계수 복원 시 상관도를 이용해서 복원한 것이다. 손실 블록의 상하 좌우의 한 화소값들로 DC 값을 생성하므로, 상관도를 이용한 방법이 손실 블록의 원래의 DC값에 조금 더 근사하게 DC 값을 유추할 수 있었기 때문이다. 또 평균값을 이용하는 방법보다 중간값을 이용하는 것이 더 좋은 결과를 보였다. 중간값과 평균값을 이용한 결과를 비교한 것은 a와 d인데, a가 약간 더 좋은 성능을 보인다.

AC 계수 복원 방법들에 대해서 살펴보자. a와 d는 정상적으로 복원된 주변의 네 개의 블록의 DC 값을 이용하여 복원하였다. 이때 AC(1,1)의 복원은 제외시켰다. b는 손실 블록의 DC계수를 모두 DC 값 복원 방법들에 의해서 복원한 뒤 식 (3)에 의해서 다섯 개의 AC 계수들을 복원한 결과이다. 하지만 이 결과는 오히려 a나 d의 경우보다 좋지않다. c는 단지 비교대상의 기준으로써 손실된 블록의 원래의 DC 값을 가지고 복원해 보았다. 물론 정확한 DC 값으로 복원된 결과이므로 다른 방법들에서 제시된 방법보다는 좋았다. 그러나 시각에 미치는 결과는 DCT 계수 복원 방법은 복원 영상에서 블록 현상과 유사한 문제점을 보였다.

5. 결론

본 논문에서는 전송상의 오류로 손상된 블록에 대한 정보를 정상적으로 복원된 주변 블록의 정보를 이용하여 복원하는 방법에 대해서 연구하였다. 결론적으로 말하면, 같은 프레임 안의 공간상에서 보간법을 이용하여 명암 값을 직접 복원하는 방법이 DCT 계수 복원하는 방법보다 0.5 ~ 1.0 dB 가량 더 우수하였다. 하지만 직접 명암 값을 복원하는 방법은 손상된 블록 내의 정보가 주위의 것과 연관성이 없으면 복원된 결과가 만족스럽지 못한 문제점이 있다. 구체적인 예로 LENA 영상의 눈이 위치하는 16번째 패킷을 손실되었을 때, 제안된 어떠한 방법도 원래의 것과 유사하게 복원할 수 없었다. 수치적인 결과는 오히려 DCT 계수 복원 방법이 더 좋았다. 하지만 시각적으로 블록의 경계 부근에서 마치 블록 현상과 같은 문제점이 있었다. 본 논문에서 제안된 방향성과 1차 선형 보간법을 이용한 오류 은폐 기법은 대체로 좋은 성능을 나타냈지만, 방향을 제대로 찾아내지 못할 경우에는 오류가 커지는 문제점이 있었다.

참고 문헌

- [1] Q. Zhu, Y. Wang and L. Shaw, "Joint source coding and packetization for video transmission over ATM networks," Proc. SPIE Int. Conf. Visual Commun. and Image Proc., vol. 1818, pp.837-848, Boston, Nov. 1992.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] W. Kwok and H. Sun, "Multi-directional interpolation for spatial error concealment," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 39, No. 3, pp. 455-460, August, 1993.