

영상의 불연속 특성을 이용한 에러 복원

손남례*, 이귀상

전남대학교 전산학과

e-mail:nrson@cs.chonnam.ac.kr, gslee@chonnam.ac.kr

Error Concealment using Discrete Property of Image

NamRye Son*, GueeSang Lee

Dept. of Computer Science, Chonnam National University

요 약

에러 발생률이 높은 이동 통신 채널 환경에서는 부호화된 비디오 스트림 전송시 발생된 채널 에러는 비디오 화질에 큰 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서 현재 널리 사용되고 있는 H.263 부/복호화기에서 전송도중 에러가 발생했을 경우 추가적인 데이터 삽입 없이 효율적으로 에러를 은닉할 수 있는 기법에 관하여 제안하였다. 특히, 영상신호는 대개 인트라 픽처와 인터 픽처로 크게 구분되는데, 이들 중 부호화된 스트림에서 발생빈도가 높은 인터 픽처에 대한 오류은닉을 우선적으로 목표로 하였다. 인터 프레임 픽처에서 DFD나 움직임벡터 손실시, 정확히 복원된 손실된 매크로블록에 인접한 주변 픽셀 4*4을 이용해서 이전픽처에서 움직임벡터를 추정하고, 추정된 움직임 벡터를 가지고 손실된 매크로블록을 복원한다. 이때 주변블록의 움직임벡터 추정시 소요되는 계산량은 충분히 디코더측에서 수용한다는 전제하에서 실험하였다.

1. 서 론

최근 들어 멀티미디어 신호처리에 대한 관심이 증대되고 있으며, 이를 활용한 응용서비스들이 날로 다양화 되어 연구되고 있다. 특히 이동 통신 채널과 같은 저 대역 통신망에서 비디오 전송을 위해서는 높은 압축율을 갖는 부호화 방법들이 사용된다. 이러한 방법들로 부호화된 비디오가 에러율이 높은 통신 채널로 전송될 때, 비트열에 에러가 발생하면 복호되기 어려울 뿐 아니라 다른 부분까지 영향을 미치게된다. 이러한 문제들에 대한 해결책으로 ARQ(Automatic Retranmission Request), FEC(Forward Error Correction)[1][2][3], 그리고 Interleaving 기법 등이 제안되었다. 그러나 ARQ는 재전송을 하기까지 Delay Time이 발생하게되고 오히려 채널에 오버헤드를 가중시킬 수 있으며, FEC는 에러 감지나 에러 은닉을 위한 추가 패리티비트들이 필요하게 되므로 보내는 데이터량이 많아지는 단점이 있고, 인터리빙 기법은 계산시간이 오래 걸리는 문제점들이 있다[4]. 따라서 본 논문에서는 통신 채널상의 에러를 추가적인 데이터 스트림의 삽입없이 효율적으로 수신측에서 에러를 은닉할 수 있는 기법에 관하여

연구하였다. 특히 기존의 블록기반 움직임 예측 기법은 프레임의 내용(Content)에 무관하게 일정한 크기 즉 매크로블록단위(16×16)로 분할한 뒤, 각 블록당 오차가 가장 작은 블록을 선택하여 보상하므로 움직임 보상 결과에 따라 얼굴 영역의 표정이 변화되거나 블로킹 효과(Blocking Effect)등으로 찌그러지는 영상을 초래한다. 그리고 공간적으로 인접한 블록간에는 움직임 벡터의 상관성이 높지만 매크로블록 단위로 복원할 경우, 매크로블록내에서의 영상 움직임이 여러개인 경우 즉, 움직임이 각기 다른 방향을 가지는 경우에는 블로킹효과로 인해 화질열화가 발생한다. 따라서 본논문에서는 손실된 매크로블록 또한 주변 매크로블록의 움직임 영역들과 움직임이 비슷할 가능성이 높다는 특성을 이용하여 손상된 매크로블록 주변에 인접한 4×4 블록을 이전 프레임에서 움직임을 추정한 후, 바로 인접한 손실된 매크로블록의 4×4 블록 단위로 복원하고 손실된 매크로블록 중앙은 복원된 인접한 4×4블록의 움직임벡터들간의 평균값을 취하여 손실된 매크로블록에 대한 에러를 은닉하는 방법을 제안한다.

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (2000-1-30300-005-3) 지원으로 수행되었음.

본 논문의 구성은 다음과 같이 2장에서는 손상된 매크로블록의 오류 은닉을 위해 가장 많이 사용되고 있는 기

존 방법인 블록정합기법인 BMA(Boundary Matching Algorithm) 방법과 픽셀당 움직임벡터를 예측하는 BMFI(Bilinear Motion Field Interpolation) 방법을 설명하고, 그리고 공간상 에러온닝기법인 블록보간법을 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 온닝방법을 설명하고, 마지막으로 4장에서는 실험 및 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 BMA(Block Matching Algorithm)[6][7]

블록정합방식인 BMA는 손실된 블록의 주변에 바르게 복호화 되어 있는 블록과 손실 블록과의 경계선간의 유사성을 고려하여 가장 유사한 블록경계선을 갖는 블록으로 손실블록을 대체한다. 이 방법은 연속도 측정식(Smoothness Constraint)라는 척도를 통해 설명될 수 있다[5]. 손실된 블록의 움직임 벡터를 후보벡터중 임의의 값으로 정하여 이전 프레임으로부터 손실된 블록을 보상한 후, 보상된 블록의 경계값과 손실된 블록에 인접한 주변블록들의 경계값을 비교한다. 이때 그 경계값에서 가장 적게 측정된 움직임 벡터를 손실된 블록의 움직임 벡터로 추정하여 블록 영상을 복구하게된다. 즉 (식1)에서 $dSum$ 값을 최소로 하는 것을 움직임벡터로 추정하는 것이다. 본 논문에서는 비교대상인 BMA방법을 채널상 에러로 인한 에러전파가 발생하므로 손실블록의 오른쪽 블록부터 Resyn 전까지 손실이 되었다는 전제하에 실험하였다. 따라서 손실블록의 오른쪽블록의 왜곡값(dR)은 BMA 계산식에서 삭제했다. 사용되는 후보 움직임벡터(CMV: Candidate Motion Vector)는 다음과 같다.

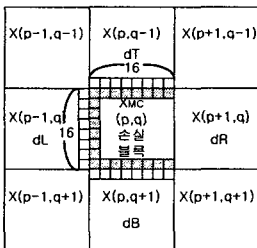
- (a) 이전프레임에서 손실블록과 같은 위치에 있는 블록의 움직임 벡터
- (b) 인접블록의 움직임 벡터의 중간 값
- (c) 인접블록의 움직임 벡터의 평균 값
- (d) 0 (zero 벡터)

$$dT = \sum_{j=1}^n |X_{MC}(p, q)_{n,j}^{row} - [X(p, q-1)]_{n,j}^{row}|$$

$$dL = \sum_{j=1}^n |X_{MC}(p, q)_{n,j}^{col} - [X(p-1, q)]_{n,j}^{col}|$$

$$dB = \sum_{j=1}^n |X_{MC}(p, q)_{n,j}^{row} - [X(p, q+1)]_{n,j}^{row}| \quad \text{식(1)}$$

$$dSum = dT + dB + dL$$



[그림 1] BMA에 사용되는 경계 선택 방법

프레임에서 (p, q)에 위치한 크기가 n×n인 블록을

$X(p, q)$, 이 블록에 해당하는 움직임 벡터를 $V(p, q)$ 라고 했을 때 만일 $V(p, q)$ 가 손상되었을 경우 복원된 움직임벡터를 $\hat{V}(p, q)$ 라하고 $[X_{MC}(p, q)]$ 는 움직임 보상된 값을 나타낸다. [그림 1]은 매크로블록에 대하여 BMA를 적용할 경우 블록 경계 화소들을 보여준다.

2.2 BMFI(Bilinear Motion Field Interpolation)[8]

일종의 보간법인 BMFI는 각 픽셀당 움직임벡터를 추정하여 손실된 매크로블록을 복원한다. 손실된 매크로블록안에 있는 각 픽셀 즉, $p(x_n, y_n)$ 은 (식2)을 이용하여 복원한다.

$$\hat{x}(x_n, y_n) = \frac{(1-x_n)V_L + x_n V_R + (1-y_n)V_T + y_n V_B}{2} \quad \text{식(2)}$$

V_L, V_R, V_T, V_B 은 현재 손실된 매크로블록에 인접한 왼쪽, 오른쪽, 위, 그리고 아래의 움직임벡터이다. 그리고 (x_n, y_n) 은 손상된 매크로블록의 표준화된 공간상 좌표의 픽셀이다. 즉 표준화된 공간상 좌표 범위는 왼쪽의 위 (0,0)부터 오른쪽 아래의 (1,1)이다.

BMFI 방법은 주변 움직임벡터를 이용하여 손실된 매크로블록을 복원할 때 손실된 매크로블록안에서의 움직임은 스무딩하게 이루어지지만, 손상된 매크로블록안에서의 움직임이 각기 다른방향으로 움직인다면 심각한 화질열화를 일으키는 단점이 있다. 따라서 화질열화를 방지하기 위해서 나온 기법은 (식3)와 같이 기존 블록정합기법인 BMA와 BMFI 기법을 혼합하여 손상된 매크로블록을 복원한 기법이다.

$$\hat{x}(x, y) = \frac{p_r(x + \hat{\delta}_x, y + \hat{\delta}_y) + p_r(x + \hat{S}_x, y + \hat{S}_y)}{2} \quad \text{식(3)}$$

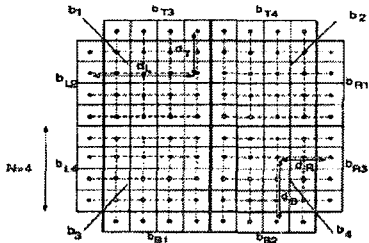
(식3)에서 $\hat{S} = (\hat{S}_x, \hat{S}_y)$ 은 BMA 방법을 이용하여 후보 벡터중에 최소의 왜곡값을 가지고 있는 벡터이고, $\hat{\delta} = (\hat{\delta}_x, \hat{\delta}_y)$ 은 BMFI 방법을 이용하여 손실된 매크로블록안의 각 픽셀당 방향 벡터값이다.

2.3 공간상 보간법

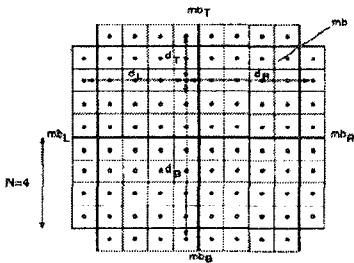
부호화된 인접한 블록들간에 움직임벡터들이 상당히 높은 유사도 혹은 상관도(correlation)를 갖고 있다는 장점을 이용하여 손실블록과 인접한주변블록 경계에 존재하는 화소들의 유사도를 이용하기 때문에 비교적 신뢰할수 있는 손실블록 복구가 가능하다. 특히 공간상의 보간법은 인트라 픽처를 손실할 경우 움직임 정보 손실로 인한 공간상 보간법으로는 [그림 2]와 같은 블록기반으로한 보간법과 [그림 3]와 같은 매크로블록 기반으로한 보간법이었다.

$$\begin{aligned}
 b_1(i, k) &= \frac{d_T b_{L2}(i, N) + d_L b_{T3}(N, k)}{d_L + d_T} \\
 b_2(i, k) &= \frac{d_T b_{R1}(i, N) + d_R b_{T3}(N, k)}{d_R + d_T} \quad i, k = 1, \dots, N \text{ (식4)} \\
 b_3(i, k) &= \frac{d_B b_{L4}(i, N) + d_L b_{B1}(N, k)}{d_L + d_B} \\
 b_4(i, k) &= \frac{d_B b_{R3}(i, N) + d_R b_{B2}(N, k)}{d_R + d_B}
 \end{aligned}$$

$b_l, l=1, \dots, 4$ 는 현재 매크로블록의 l^{th} 번째 블록이고, $X=L, R, T, B$ 인 $b_{Xl}, l=1 \dots 4$ 는 l^{th} 번째 인접한 매크로블록이다.



[그림 3] 블록 기반으로 복원한 공간적 보간법(N=4)



[그림 4] 매크로블록 기반으로 복원한 공간적 보간법

$$\begin{aligned}
 mb(i, k) &= \frac{1}{d_L + d_R + d_T + d_B} \\
 & \quad (d_R mb_L(i, 2N) + \\
 & \quad d_L mb_R(i, 1) + \text{(식5)} \\
 & \quad d_B mb_T(2N, k) + \\
 & \quad d_T mb_B(i, k))
 \end{aligned}$$

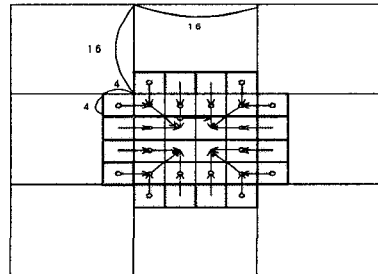
mb 는 현재 매크로블록이고, mb_X 는 인접한 매크로블록이다. 그리고 d_X 는 인접한 매크로블록과 픽셀간의 거리이다.

3. 제안 방법

기존 오류은닉기법인 블록기반 움직임 예측은 알고리즘이 간단하고 하드웨어 구현이 용이한 반면, 3차원 물체의 움직임들은 블록들의 평행이동만으로 묘사하는 움직임 보

델에 기반을 두고 있으므로 카메라의 이동, 확대, 물체의 회전등의 움직임을 추정하는데 효율이 떨어져 움직임 보상의 효율성을 감소시키는 요인이된다. 또한 이러한 불릿기반 움직임 예측 기법은 인접한 각 블록에 다른 움직임 벡터가 할당되어 인접 블록간 불일치(Discontinuity)됨으로써 블록킹효과와 같은 문제가 발생하여 초 저비트율 비디오 압축 기법에 적용시 더욱 심각한 화질 저하를 초래할 수 있다.

공간적으로 인접한 블록간에는 움직임 벡터의 상관성이 높지만 매크로블록 단위로 복원할 경우 영상의 움직임이 매크로블록안에서 여러개인 경우, 즉 움직임이 각기 다른 방향인 경우에는 블록킹효과로 인해 화질열화가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 [그림4]와 같이 손실블록 또한 주변 블록의 움직임 영역들과 움직임이 비슷할 가능성이 높다는 특성을 이용하여 손상된 매크로블록 주변에 인접한 4x4 블록을 이전 프레임에서 움직임을 추정한 후, 바로 인접한 손실된 매크로블록의 4x4 블록 단위로 복원한다. 그리고 손실된 매크로블록 중앙은 방금 복원된 인접한 4x4 블록의 움직임벡터들간의 평균값을 취하여 손실된 매크로블록에 대한 에러를 은닉하는 방법을 제안한다.



[그림 5] 제안한 복원기법

4. 실험 및 결론

실험은 각 176x144 pixels/lines의 Suzie, Carphone, Foreman, 그리고 Mother&Daughter 영상을 실험하였다. 이때 영상은 움직임이 많거나 갑자기 움직임이 발생한 프레임들을 선택하여 실험하였다. 실제 이동 통신 채널 상에서의 전송효과를 재현하기 위해 블록 손실율은 5%~20%까지로 랜덤하게 주었으며, 디코더에서 손실블록의 위치를 알고 있다는 것으로 가정하였다. 또한 손실 블록의 위치를 랜덤하게 주었지만, 이동 통신 채널상 특징으로 MB 단위의 에러 발생과 GOB(Group Of Block)단위로 손실이 발생할 수 있으므로 적절하게 에러를 주었다. [표1]은 기존 BMA방법, BMFI 방법과 그리고 제안한 알고리즘을 적용한 실험 결과 PSNR 비교이다. [그림 5]은 20%의 블록 손실율을 가진 47번째 Suzie영상을 복원한 이미지로서 (a)는 원영상, (b)는 BMA 방법을 이용하여 복원한 영상이고, (c)는 BMFI방법을 적용한 영상이고, (d)는 제안한 방법을

이용하여 복원한 영상이다. (e)는 확대한 원영상, (f)는 확대한 BMA방법, (g)는 확대한 BMFI 방법이다. 마지막으로 (h)는 제안한 방법을 확대한 영상이다.

Image	ER (%)	BMA	BMFI	Proposed
Carphone #22	5	37.01	36.59	37.10
	10	36.99	37.03	37.12
	15	36.97	36.98	37.12
	20	36.97	36.98	37.13
Foreman #3	5	35.76	35.77	35.98
	10	35.76	35.77	35.99
	15	35.61	35.77	35.99
	20	35.47	35.75	35.98
M&D #15	5	53.24	53.10	54.26
	10	51.93	51.90	52.67
	15	51.81	51.90	52.64
	20	50.50	50.90	51.98
Suzie #47	5	52.90	51.98	53.25
	10	47.78	47.80	49.06
	15	47.72	47.77	48.63
	20	45.77	45.10	46.60

[표 1] 176×144 영상의 에러율에 따른 PSNR 비교

이동 통신 채널과 같은 저대역 통신망에서는 비디오 전송을 위해서는 높은 압축율을 갖는 부호화 방법들이 사용되는데, 본 논문에서는 저대역폭 통신을 위한 비디오 부호화 표준인 H.263 부호화를 기반으로 전송도중 움직임 벡터와 DFD 손실시 수신측에서 매크로블럭단위를 복원하는 기법을 제안하고 실험하였다. 제안된 방법으로 복원된 영상은 전체적으로 눈에 거슬리는 오류가 생기지 않으므로 주관적인 화질이 좋았고, 또한 PSNR 측면에서는 영상의 움직임 정도에 따라 기존 BMA 방법보다 약 0.5dB~2dB까지의 향상이 있었다.

참고문헌

[1] M.Wada, "Selective recovery of video packet loss using error concealment," *IEEE Select. Areas Commun.*, vol. 7, pp. 807-814, June 1989.
 [2] E. Aynoglu, P. Pancha, and A. R. Reibman, "Video transport in wireless ATM," *Proc. ICIP '95*, Washington, DC, pp. III 400-403, Oct. 1995.
 [3] E. Ayanoglu, P. Pancha, A. R. Reibman, and S. Talwar, "Forward error control for MPEG-2 video transport in a wireless ATM LAN," *Proc. ICIP '96*, Lausanne, Switzerland, pp. II 833-836, Sept. 1996.
 [4] S. Shirani, F. Kossentini, R. Ward, "An adaptive Markov random field based error concealment method for video communication in an error prone environment," *Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1999. *Proc. 1999 IEEE International Conference on* Vol. 6, pp. 3117 -3120, 1999.
 [5] Y.Wang, Qin-Fan Zhu, and Leonard Shaw,

"Maximally Smoothness Image Recovery in Transform Coding", *"IEEE Trans. Commn.* Vol.41, pp.1544-1551, Oct. 1993.

[6] W. M. Lam, A. R. Reibman, and B. Liu, "Recovery of lost or erroneously recieved motion vectors," *Prpoc. ICASSP*, No. 5, pp. 417-420, 1993.

[7] K. W. Kang, S. H. Lee, and T. Kim, "Recovery of coded video sequences from channel errors," *Proc. SPIE*, No. 2051, pp. 19-27, 1995.

[8] M.E.AI-Mualla, C.N.Canagarajah and D.R.Bull, "Motion Field Interpolation for Temporal Error Concealment", *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.*, Vol. 147. No. 5. Oct. 2000.



(a) 원영상



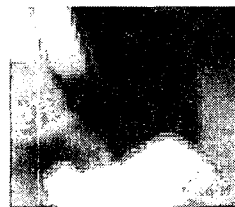
(b) BMA방법



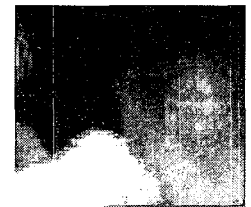
(c) BMFI 방법



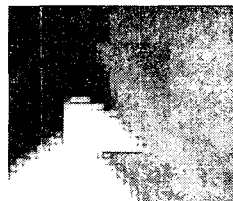
(d) 제안한 방법



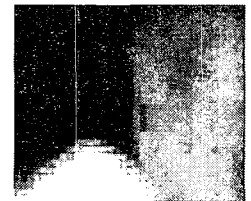
(e) 확대한 원 영상



(f) 확대한 BMA 방법



(g) 확대한 BMFI 방법



(h) 확대한 제안 방법

[그림 5] Suzie(#48) 영상 실험결과 비교