

시공간적 상관성을 이용한 에러은닉기법

손남례, 이귀상
전남대학교 전산학과

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

Error Concealment Method using Temporal and Spatial Correlation of Motion Vector

NamRye Son, GueeSang Lee

Dept. of Computer Science, Chonnam National University

요 약

이동 통신 채널과 같이 에러 발생율이 높은 환경에서 부호화된 비디오 스트림 전송시 발생된 에러는 비디오 화질에 큰 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서 현재 널리 사용되고 있는 H.263 복호화기에서 전송 도중 에러가 발생했을 경우 추가적인 데이터 삽입 없이 효율적으로 에러를 은닉할 수 있는 기법에 관하여 제안하였다. 특히 인터프레임 영상에서 손상되거나 손실된 움직임벡터에 대해 시간영역에서 관계가 깊은 이전 프레임에서 손실블록(매크로블록)과 같은 위치에 있는 블록의 움직임벡터와 현재 프레임에서 손실블록과 인접한 블록들의 움직임벡터 정보를 이용하여 손상된 블록에 대해 에러를 은닉시키는 방법을 제안한다. 기본적으로 손상된 매크로블록 주변에 인접한 화소값들을 움직임 벡터 추정에 사용한다.

1. 서 론

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)[1], FEC(Forward Error Correction)[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 되고 인터리빙 기법은 계산시간이 오래 걸리는 문제점들이 있다[4]. 따라서 본 논문에서는 통신 채널상의 에러를 수신측에서 에러의 영향을 최소화하는 에러 은닉 방법을 제안한다. 특히 수신측 영상의 움직임이 큰 경우나 갑자기 변화한 경우 16×16 즉 매크로블록단위로 복원할 경우 영상이 정확히 복원되지 않기 때문에 주변블록의 픽셀값을 이용하여 8×8 블록으로 움직임을 추정한 후, 손상된 매크로블록을 16×16을 8×8 블록으로 나눠서

은닉한다. 즉 공간적으로 인접한 블록간에는 움직임 벡터의 상관성이 높기 때문에 손실블록 또한 주변블록의 움직임 영역들과 움직임이 비슷한 가능성이 높다. 이러한 특성을 이용하여 손상된 매크로블록 주변에 인접한 화소값 즉 정확히 복원된 8×8 블록을 전 프레임에서 움직임 벡터를 추정하고, 추정된 주변블록의 벡터를 가지고 손상된 매크로블록에 대해 에러를 은닉하는 방법을 제안한다.

실험은 저 대역폭 통신을 위한 비디오 부호화 표준으로 널리 이용되고 있는 H.263 부호화를 기반으로 하였다. 본 연구의 구성은 2장에서는 손상된 매크로블록의 오류 은닉을 위해 가장 많이 사용되고 있는 관련 연구를 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 방법인 손상된 매크로블록의 위, 왼쪽 그리고 아래에 인접한 영역에 8×8블록을 정의하고, 블록 정합 알고리즘을 통해 손상된 매크로블록의 움직임벡터를 추정하여 에러 복원기법을 설명하고, 마지막으로 4장에서는 실험 및 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 BMA(Block Matching Algorithm)

BMA는 손실블록의 주변에 바르게 복호화 되어 있는 블록과 손실 블록과의 경계선간의 유사성을 고려하여 가장 유사한 블록경계선을 갖는 블록으로 손실블록을 대체

* 본 연구는 정보통신부 2001년 대학기초연구사업지원(2001-102-2)에 의하여 수행되었음.

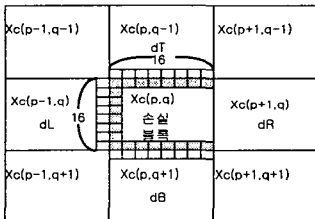
한다[6][7]. 이 방법은 손실된 블록의 움직임 벡터를 후보 벡터중 임의의 값으로 정하여 이전 프레임으로부터 손실된 블록을 보상한 후에, 그 보상된 블록의 경계값과 손실된 블록에 인접한 주변블록들의 경계값을 비교한다. 이때 그 경계값에서 가장 적게 측정된 움직임 벡터를 손실된 블록의 움직임 벡터로 추정하여 블록 영상을 복구하게 된다. 즉 (식1)에서 $dSum$ 값을 최소로 하는 것을 움직임벡터로 추정하는 것이다. 본 연구에서는 채널상 에러로 인해 에러전파(Error Propagation)가 발생하므로 손실블록의 오른쪽 블록부터 Resyn 전까지 손실이 되었다는 전제하에 실험하였다. 따라서 손실블록의 오른쪽블록은 BMA 계산식에서 삭제했다. 사용되는 후보 움직임벡터(Candidate Motion Vector)는 다음과 같다.

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

$$\begin{aligned}
 dT &= \sum_{i,j} | [X_{MC}(p, q)]_{i,j}^{row} - [X(p, q-1)]_{n,i}^{row} | \\
 dL &= \sum_{i,j} | [X_{MC}(p, q)]_{i,j}^{col} - [X(p-1, q)]_{n,i}^{col} | \\
 dB &= \sum_{i,j} | [X_{MC}(p, q)]_{i,j}^{row} - [X(p, q+1)]_{i,j}^{row} | \quad \text{식(1)} \\
 dSum &= dT + dB + dL
 \end{aligned}$$

프레임에서 (p, q) 에 위치한 크기가 $n \times n$ 인 블록을 $X(p, q)$, 이 블록에 해당하는 움직임 벡터를 $V(p, q)$ 라고 했을 때 만일 $V(p, q)$ 가 손상되었을 경우 복원된 움직임 벡터를 $\hat{V}(p, q)$ 라고 하고 $[X_{MC}(p, q)]$ 는 움직임 보상된 값을 나타낸다.

[그림 1]은 매크로블록에 대하여 BMA를 적용할 때의 블록 경계 화소들을 보여준다.



[그림 1] BMA에 사용되는 경계 선택 방법

2.2 시간적 대처

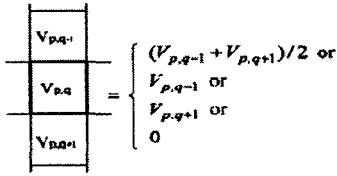
가장 간단한 움직임 벡터 추정은 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 "0"이라고 가정하는 것이다. 즉, 이전에 복호된 화면과 현재 복호하는 화면 사이에 움직임이 없거나 있어도 아주 적어서 무시할 수 있다고 가정하는 것이다. 따라서 현재 화면에서 손상된 매크로블록을 시간적으로 앞서서 복호된 기준 화면에서 동일한 위치의 매크로블록

을 복사하여 손실된 데이터를 복원하는 방법이다. 이 방법은 영상의 구성이 움직임이 작거나 적은 정적인 영상인 경우에 우수한 성능을 얻을 수 있지만, 움직임이 크거나 빠른 동적인 영상인 경우에는 오류 은폐 성능이 나쁘기 때문에 적용하기 어렵다.

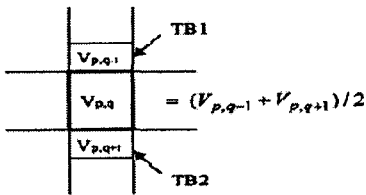
2.3 인접한 매크로 블록의 움직임 벡터 이용

이 방법은 움직임 벡터들의 공간적 상관도를 이용한다. 즉, 화면 개체들의 움직임은 대개 같은 방향을 가지므로 [그림 2]처럼 손실된 움직임 벡터를 추정하기 위해서 손실된 매크로블록의 수직으로 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터를 이용한다. 손실된 매크로블록의 움직임 벡터는 $V_{n,a}$, 손실 매크로블록의 바로 위 매크로블록의 움직임 벡터는 $V_{n,a-1}$, 바로 아래 매크로블록의 움직임 벡터를 $V_{n,a+1}$ 이라고 한다. (a)인 경우에는 상하 매크로블록이 모두 움직임 벡터를 가지고 있을 경우에는, 그들의 평균이 손실된 매크로블록의 움직임 벡터로 이용된다. 만약 둘 중 하나의 매크로블록만 움직임 벡터를 가졌을 경우에는, 그것을 손실 매크로블록의 움직임 벡터로 간주한다. 불행히도 어느 하나도 움직임 벡터를 갖지 못했을 경우에는, 손실 매크로블록의 움직임 벡터를 0으로 간주한다[8]. 이 방법은 위와 아래의 매크로블록 모두가 움직임 벡터를 가졌을 때 평균값을 적용하였을 경우에는 우수한 성능을 나타내지만, 그렇지 않은 경우에는 매크로블록 경계부분에서 눈에 거슬리는 현상이 발생한다. 따라서 상하 매크로블록이 모두 움직임 벡터를 가지고 있는 경우에 우수한 성능을 나타내는 특성을 만족시켜주기 위해서, 위와 아래의 움직임 벡터를 모두 이용할 수 있는 방법은 (b)와 같다. 즉 손실 매크로블록의 위나 아래 매크로블록이 움직임 벡터를 가지지 않았을 경우에 새로운 목표블록(TB: Target Block)을 정의하여 복호기에서 블록 정합 알고리즘을 이용하여 움직임 벡터를 예측한다. 이때 목표블록의 폭을 가변적으로 할 수 있는데, 폭이 넓을수록 계산량이 많아진다. 또한 그 폭이 너무 넓으면 정확한 움직임 벡터를 찾을 수 없다. 영상에 따라 폭의 크기에 따라 결과가 달라지는데, 실험적으로 여러 실험 영상에 일반적으로 쓰일 수 있는 넓이는 8이라는 결과를 얻었다[5]. (c)는 (b) 방법과 계산량은 같으면서 좋은 성능을 얻기 위해 개선된 방법으로, (b) 방법은 위와 아래의 움직임 벡터의 방향이 반대인 경우에는 예측된 움직임 벡터값이 0에 가까운 값으로 결정된다. 이런 문제를 조금이라도 해결하기 위해서 목표블록을 8×8 크기(STB: Small Target Block)로 잘라서 각각의 움직임 벡터를 구하고 평균값을 이용한다. 각 STB에 대해서 각각의 움직임 벡터를 예측함으로써 이런 문제를 줄일 수 있다. (c)에서 M은 STB의 예측된 움직임 벡터값이다. 예를 들면, 손실 매크로블록의 위와 아래의 매크로블록 중에서 하나만 움직임 벡터가 있으면 평균에 사용되는 값은 예측된 움직임 벡터 2개와 원래 움직임 벡터의 평균값으로 추정된다. 두 매크로블록이 모두 없을 경우에는 예측 움직임 벡터값

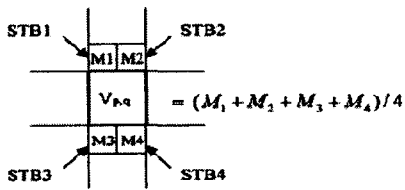
4개의 평균이 이용된다. (b)와 (c)에서 제안하는 방법들은 단순한 평균 방법 [8]보다는 우수한 결과를 얻을 수 있지만, 복호기에서 움직임 예측을 수행해야 하기 때문에 계산량이 많다는 단점이 있다.



(a)



(b)

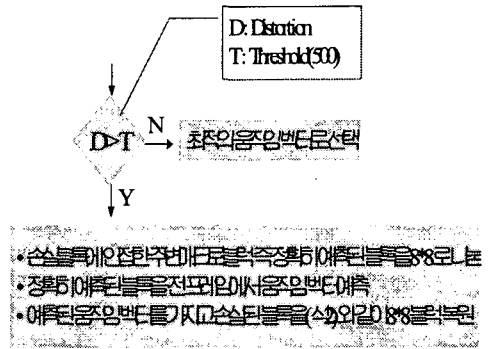


(c)

[그림 2] 상하로 인접한 매크로블록의 움직임 벡터의 평균

3. 제안 방법

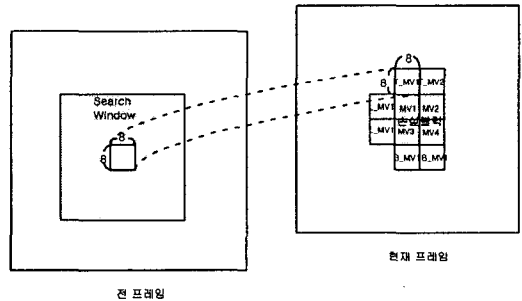
왜곡측정기법인 블록정합알고리즘은 후보움직임벡터중에서 최소의 왜곡값을 가진 후보벡터를 선택하여 복원하므로, 후보벡터중에서 가장 작은값을 가진 왜곡값을 무조건 움직임 벡터로 선택하여 복원하기 때문에 정확하게 복원할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 즉 영상의 움직임이 작은 경우에는 기존 BMA방법은 유사하게 복원할 수 있지만, 영상의 움직임이 큰 경우나 갑자기 변한 경우에는 기존 BMA방법은 복원이 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 무조건 왜곡이 가장 작은 움직임벡터를 손실된 블록의 움직임벡터로 간주하지 않고, [그림 3]와 같이 측정된 왜곡값(Distortion)이 임계치(Threshold) 이하이면 최적의 움직임 벡터로 선택하여 복원한다, 그렇지 않은 경우 즉 임계치 이상이면 정확히 복원된 인접 주변 매크로 블록을 8×8로 나뉘어서 전 프레임에서 움직임 벡터를 예측하고 예측된 움직임 벡터를 이용하여 (식2)와 같이 손실된 블록을 8×8단위로 에러를 은닉한다. 임계치 측정결과 500 정도가 적당하였다.



[그림 3] 제안 알고리즘

$$\begin{aligned}
 MV_1 &= W_1 \times T_MV1 + W_2 \times L_MV1 \\
 MV_2 &= W_1 \times T_MV2 + W_2 \times L_MV1 \dots\dots(식2) \\
 MV_3 &= W_1 \times L_MV2 + W_2 \times B_MV1 \\
 MV_4 &= W_1 \times L_MV2 + W_2 \times B_MV2
 \end{aligned}$$

손상된 매크로 블록은 16×16 단위이지만 [그림 4]와 같이 8×8 단위로 복원을 하므로 영상의 급격한 변화에 적용적인 복원이 이루어진다. 또한 보통 영상이 수평으로 많이 움직이므로 (식2)와 같이 손상된 매크로블럭에 인접한 왼쪽 매크로블럭의 움직임벡터보다 상, 하 매크로블럭의 움직임벡터가 더 중요하므로 Weight을 더 많이 부여하여 실험하였다.



[그림 4] 8×8 단위로 움직임벡터 예측 및 복원

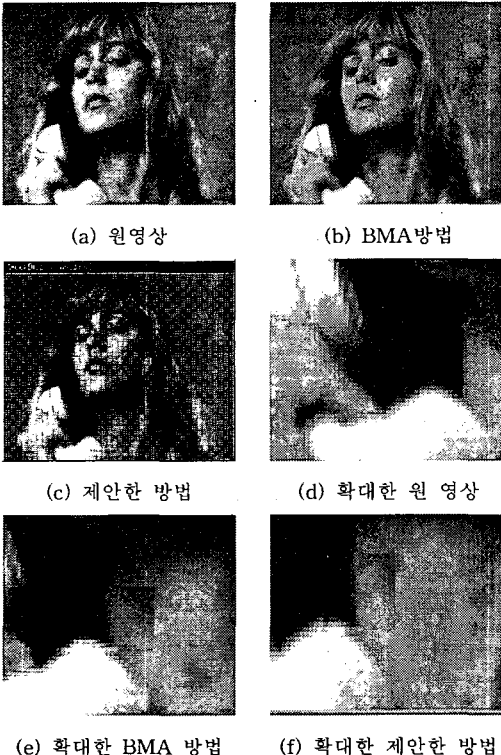
4. 실험 및 결론

실험은 각 176×144 pixels/lines의 Suzie, Carphone, Foreman, 그리고 Mother&Daughter 영상을 실험하였다. 이때 영상은 움직임이 많거나 갑자기 움직임이 발생한 프레임을 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

BMA방법과 제안한 알고리즘을 적용한 실험 결과 PSNR 비교이다. [그림 5]은 20%의 블록 손실율을 가진 48번째 Suzie영상을 복원한 이미지로서 (a)는 원영상이고, (b)는 BMA 방법을 이용하여 복원한 영상이다, (c)는 제안한 방법을 이용하여 복원한 영상이다. (d)는 확대한 원영상이고, (e)는 확대한 BMA방법, 그리고 (f)는 확대한 제안한 방법이다.

Image	Error Rate	BMA Method	Proposed Method
Carphone #22	5%	37.01	37.02
	10%	36.99	37.03
	15%	36.97	36.98
	20%	36.97	36.98
Foreman #3	5%	35.76	35.77
	10%	35.76	35.77
	15%	35.61	35.77
	20%	35.47	35.75
M&D #15	5%	53.24	54.26
	10%	51.93	52.67
	15%	51.81	52.64
	20%	50.50	51.19
Suzie #48	5%	52.90	53.25
	10%	47.78	49.06
	15%	47.72	48.63
	20%	45.77	46.60

[표 1] 176×144 영상의 에러율에 따른 PSNR 비교



[그림 5] Suzie(#48) 영상 실험결과 비교

이동 통신 채널과 같은 저대역 통신망에서는 비디오 전송을 위해서는 높은 압축율을 갖는 부호화 방법들이 사용되는데, 본 연구에서는 저대역폭 통신을 위한 비디오 부호화 표준인 H.263 부호화를 기반으로 전송도중 손상된 움직임 벡터의 복원기법을 제안하고 실험하였다.

제안된 알고리즘은 정확한 손실블록의 움직임 벡터를 찾아 거의 완벽하게 복원하기도 하지만 정확한 움직임 벡터를 찾지 못하는 경우에도 주변블록과 가장 비슷한 움직임 벡터를 찾아서 에러를 은닉하는 효과가 있다. 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*, Lausamme, Switzerland, pp. II 833-836, Setp. 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] 서재원, 호요성, "움직임벡터추경을 이용한 MPEG-2 비디오 비트열의 전송오류은폐기법", *TeleCom.*, 제10권, 6호, 2000.

[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] H.Sun, K.Challapali, and J.Zdepski, "Error Concealment in Digital Simicast AD-HDTV Decoder", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 3, pp.108-116, Aug. 1992.