

효율적임 움직임벡터 복구에 의한 오류은닉 기법 연구

An Error Concealment Algorithm by Effective Motion Vector Recovery

정 영 하, 최 윤 식

연세대학교 공과대학 기계·전자공학부 산업전자기기 연구실

Young H. Jung, and Yoonsik Choe

School of Electrical & Mechanical Engineering, Yonsei University

E-mail: young@image3.yonsei.ac.kr

요 약

압축된 비디오 신호를 전송함에 있어 에러에 의해 영상이 손상되는 영향을 최소화하기 위하여 여러 가지 오류은닉 기법들이 제안되고 있다. 본 논문에서는 인터 프레임에서 오류가 발생하여 정보가 손실되었을 경우, 움직임벡터의 효율적인 복구를 통한 오류은닉 방식을 제안하였다. 이를 위해 기존의 블록오류은닉 방식이 갖고 있는 문제점들을 살펴보고 이 중 전체 합 문제(total sum problem)에 대해 해결책으로 제시 될 수 있는 Infinite Norm을 이용한 블록경계정합방식을 제안하였고 실험에 의해 그 성능을 검증하였다.

1. 서 론

멀티미디어를 이용한 통신수단의 발달과 더불어 비디오 신호의 압축과 전송, 또 이에 대한 복원에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특별히 영상통신을 할 경우에는 높은 압축률을 요구하는 압축방식이 영상부호화에 적용되고 이러한 부호화 방식들은 변환부호화, 차분부호화, 엔트로피 부호화 방식등을 수반하게 된다. 이렇게 부호화된 비트스트림은 에러에 대해 취약한 구조를 갖게 된다.

전송에러의 결과로 데이터 스트림에 변환, 삽입, 삭제 등이 생기게 되는데, 코딩 방식과 에러의 영향을 받은 정보의 부분에 따라 이 효과는 무시할 수 있는 정도일 수도 있고 영상정보의 경우 화질에 치명적일 수도 있다. 고정부호화기(FLC: Fixed Length Coding)가 사용되었을 경우, 랜덤 비트 에러(random bit error)는 단지 하나의 코드워드에만 영향을 줄 것이고, 이에 의해 생긴 손상은 일반적으로 그리 크지 않다. 그러나 가변부호화기(VLC: Variable Length Coding)가 사용되었다면, 랜덤 비트 에러는

부호화된 정보의 복호가 불가능하도록 만들어 이후의 많은 정보들이 모두 손실되도록 하는 움직임에러의 형태가 된다. 이러한 에러의 전파는 다음 번 재동기화(resynchronization)가 일어날 때까지 나타나게 된다. MPEG[1]이나 H.263[2]등과 같은 대부분의 비디오 압축표준에서 가변부호화기를 사용하기 때문에 이와 같이 전송에러에 대한 효율적인 제어방식은 영상압축신호를 복원하는 과정에서 상당히 중요한 기술로 연구되어지고 있다. 이러한 기술 중 추가적인 비트의 삽입 없이 사용할 수 있는 방식이 오류은닉 방식이다.

동영상 부호화는 대개 코딩 방법에 상관없이 인트라 부호화되는 픽처와 그 픽처를 바탕으로 인터 부호화하는 부분으로 나뉘어져 있다. H.261과 H.263이나 MPEG-1,2와 같이 인터 프레임에서 움직임보상을 사용하고 차영상에 대해 이산여현변환(이하 DCT)을 수행하는 경우 해당 프레임의 정보 중 움직임벡터가 가장 중요한 정보가 된다. 반면, 인트라 프레임의 경우에는 이와는 달리 DCT 계수에 가장 중요한 정보가 있게 된다. 시퀀스에 에러가 발생할 경우 헤더의 경우에는 프레임을 계속 재생시키고 재전송을 연구하는 등의 방법을 취하고, 인트라프레임에서 계수가 유실되었을 경우에는 연속도 측정식(smoothness constraint equation)[3]을 사용하여 DCT 블록을 복구한다[4]. 인터 프레임에서는 블록경계정합방식(BMA: boundary matching algorithm)에 의하여 원 블록과 가장 비슷한 블록을 움직임벡터를 통해 찾아내도록 한다[5].

본 논문에서는 영상시퀀스에서 상대적으로 발생 빈도수가 높은 인터 픽처에 대해 오류 은닉할 수 있는 방법으로서 블록경계정합 방식을 이용한 움직임벡터의 복구에 초점을 맞추었다. 기존의 방법들이 사용하는 단순 전체 에러 합에 의해 생기는 문제점들을 분석하고 이를 해결하기 위한 방법으로 Infinite

Norm을 이용한 블록 경계 정합 방식을 제안하였고, 보다 정확한 정보의 복원을 위하여 블록 분할을 통한 복구 방식에 대해 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 블록경계정합 방식들과 이들에 의해 발생하는 전체 에러 합 문제점에 대해 지적하고, III장에서는 제안 방식에 대한 이론적 설명을, IV장에서 실험결과들에 대한 비교를 한 후 V장을 통해 결론을 맺고자 한다.

II. 기존의 블록경계정합방식

한 매크로블록 내에서 생긴 에러는 가변장 부호화 특성에 따라 다음 슬라이스나 GOB가 시작하며 재동기화가 이루어지기 전까지 모든 블록이 손상된다. 블록 경계정합을 이용하여 움직임벡터가 손실된 블록을 주위의 블록들과 가장 smoothness constraint를 만족시키는 움직임벡터를 사용하여 손실 블록을 복원하는 방법이 제안되었다[5].

영상의 Top-Left를 기준으로 $N \times N$ 크기의 매크로블록 X 상의 픽셀의 위치 (p, q) 를 그림 1과 같이 표시하고, 매크로블록 X 의 VLC 데이터에 에러가 침투하여 X 를 포함한 같은 GOB내의 이후 매크로블록이 모두 손실되었다고 볼 때 한 매크로블록에서 오류언어를 수행할 경우 최소화하여야 할 비용함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} D_L &= \sum_{i=0}^{N-1} [\hat{x}(p, i) - x_L(p-1, i)]^2 \\ D_A &= \sum_{i=0}^{N-1} [\hat{x}(i, q) - x_A(i, q-1)]^2 \\ D_B &= \sum_{i=0}^{N-1} [\hat{x}(i, q+N-1) - x_B(i, q+N)]^2 \\ D_T &= D_L + D_A + D_B \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 \hat{x} 은 움직임벡터가 손실된 블록에서 해당 움직임벡터에 대신 이에 대한 예측치로 보상된 블록을 의미한다. 식 1과 같은 비용함수에 의해 이를 최소화하는 블록, 즉 수직방향과 수평방향으로 블록내의 정보가 갖고 있는 에지 성분을 가장 자연스럽게 연결할 수 있는 블록을 이전 프레임으로부터 찾는다.

비용함수가 적용되는 후보 움직임벡터들은 위와 아래 블록의 움직임벡터 (가능할 경우에만), zero 움직임벡터, 가능한 주변의 움직임벡터의 median 혹은 평균값 등이다.

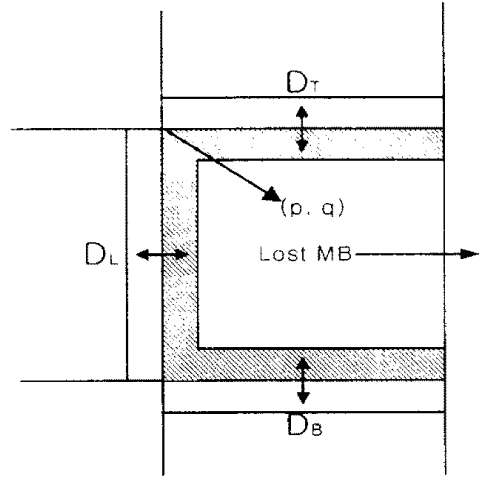


그림 1 Smoothness(Continuity) constraint에 사용되는 픽셀열

BMA가 식 1과 같이 가장 단순한 형태의 smoothness constraint를 사용함으로써 수평, 수직 방향 이외의 에지들 즉, 사선과 역사선 방향의 에지에 대해 약점을 갖고 있는 점에 착안하여 여기에 여러 변형된 알고리즘들이 등장하였다[6][7]. 특히 [7]의 논문에서는 종래의 제한적 후보움직임벡터에 비용함수를 제공하던 것에서 넘어 해당 후보 움직임벡터에 대해 ± 2 범위의 탐색을 수행하여 더 정확하게 손실된 움직임벡터를 복구하도록 시도한다.

III. Infinite Norm과 블록분할을 이용한 블록경계정합방식

그림 1과 같이 연속도(continuity)를 측정하게 되는 픽셀 열에서 BMA(혹은 수정된 BMA [6],[7])는 항상 이 세 열에서 발생하는 에러의 단순 전체 합을 최소화하기 때문에 이로 인해 블로킹 효과 혹은 원래 정보의 손실이 발생할 수 있다는 사실이다. 예를 들어 $D_{1,T}=0, D_{1,B}=10, D_{1,L}=0$ 이 되도록 하는 MV_1 이 있고, $D_{2,T}=2, D_{2,B}=4, D_{2,L}=3$ 이 되도록 하는 MV_2 가 있다면, 식1에 의해서는 MV_1 이 손상된 MV의 대체 MV로 선정되게 된다. 그러나 실제로 MV_1 은 위와 옆을 자연스럽게 연결시키지만, 밑의 블록과는 블록킹이 발생하게 되고, 이러한 것이 경우에 따라서 치명적인 정보의 손실로 연결될 수 있다. 그림 2, 3에서 실제로 Football 시퀀스에서 [7]의 수정된 BMA를 적용하였을 경우, 위와 같은 현상으로 인해 정보의 손실이 일어나는 상황을 확인할

수 있다.



그림 2 기존의 수정된 BMA 결과 영상
: Football 40th frame



그림 3
Information Loss
발생부분

이러한 문제점은 식1과 같이 단순 전체 에러 합을 비용함수로 두지 않고 식2와 같이 l_2 Norm을 사용하여 해결할 수 있다. 즉,

$$D = \min_{i \in C} D_{i, l_2 \text{norm}} = \min_{i \in C} \sum_{k \in T, B, L} D_{i, k}^2 \quad (2)$$

와 같이 비용함수를 정의하도록 한다. l_2 Norm 뿐 아니라 l_3 space등으로 확장시켜도 같은 결과를 얻을 수 있다. 그러나 이렇게 할 경우 제품연산에서 계산량이 증가하는 단점이 발생하기 때문에 추가적인 계산 없이 같은 효과를 줄 수 있는 Infinite Norm을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서 비용함수 식은 식 (3)과 같이 정의되어진다.

$$D = \min_{i \in C} D_{i, MAX} = \min_{i \in C} [\max_{k \in T, B, L} D_{i, k}] \quad (3)$$

Infinite Norm을 이용한 블록경계정합을 수행하여 앞서 지적한 단순 전체 합에 의한 문제점들을 극복할 수 있다. 여기에 덧붙여 블록 내에 포함된 object가 작고 빠른 속도로 움직이는 경우, 즉 주위 블록과 비교하여 복잡한 움직임 분포를 갖는 블록의 경우 단순히 하나의 움직임벡터로 복구시키는 것보다

H.263의 선택모드에서와 같은 분할 움직임벡터를 사용하여 더 정확한 손실 블록 정보의 추정이 가능하다. 따라서, 16×16 크기의 매크로블록 단위의 움직임벡터블 식 (1)과 같은 전체 에러 합이 임계치 이상일 경우 8×8 크기의 서브블록에 대한 각각의 움직임벡터를 따로 구하도록 한다. 그림 4와 같이 구간별 블록 경계 에러를 따로 저장하여 묶으로써 분할 벡터를 사용하게 될 경우 경계에러가 일정 수준 이상인 부분에 대해서만 이전과 동일한 후보벡터 세트들 중에서 다시 움직임벡터를 찾도록 한다.

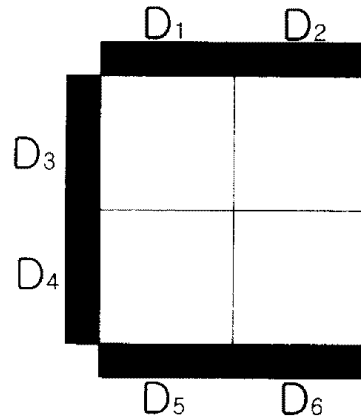


그림 4 분할 블록의 경계구분

제안된 두 방식을 혼합하여 기존의 수정된 블록 경계 정합 방식[7]에 적용함으로써 효율적으로 단순 전체 합 문제를 해결할 수 있게 된다.

IV. 실험 결과

앞서 제시한 움직임벡터의 복구 알고리즘을 실험하기 위해 본 논문에서는 H.263 시스템을 이용하였다. 가변장 부호화된 데이터에 침투된 에러의 영향이 한 GOB내에서만 전파되는 것으로 가정하여, susie, carphone, football 영상들에 대해 30 frames/sec인 원영상을 10 frames/sec으로 12 프레임씩 끊어서 인코딩한 후 이들 시퀀스의 마지막 장에 에러가 발생한 상황을 가정하여 실험하였다. 기본적인 블록경계 정합방식은 [7]에서 제안된 것과 같은 후보벡터에 확장블록경계정합을 사용하였다. 분할을 위한 임계값으로는 실험적으로 8112 값을 설정하였다. 특별히 football 시퀀스에서는 크기가 작고 빠른 속도로 움직이는 물체들이 많이 있기 때문에, 앞서 지적한 단순 전체 에러 합 문제가 많이 발생되었다.

표 1과 표 2는 각 영상들에서 제안방식과 기존의 방식들로 인한 결과로서 PSNR 값들이 나타나 있다.

표 1 Susie 시퀀스에서의 PSNR 결과

Seq No.	H.263	M-bma	A-bma	If-bma	SpIf-bma
65-77	33.961933	28.649508	29.828826	28.222234	29.905154
70-82	33.489015	29.926991	30.179701	30.340575	30.572963
75-87	33.506310	31.546229	32.013883	31.482774	31.947235
80-92	33.566139	31.538136	32.460106	31.484465	31.364318

표 2 Carphone 시퀀스에서의 PSNR 결과

Seq No.	H.263	M-bma	A-bma	If-bma	SpIf-bma
50-62	33.441137	31.332584	31.248905	31.273545	31.292366
55-67	33.259067	30.596819	30.685497	30.295408	30.797398
60-72	33.686648	30.858019	31.274672	30.476362	30.805445
65-77	33.438902	29.709905	29.581583	29.684337	29.723513

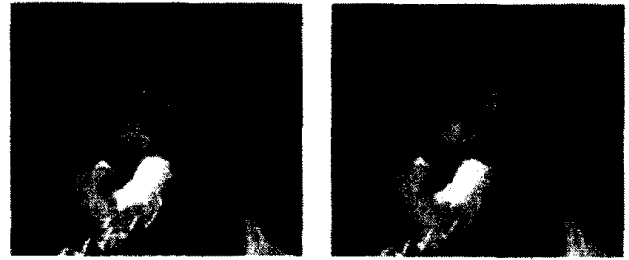
표 1과 표 2에서 M-bma는 [7]에서 제안한 수정된 블록경계 정합 방식, A-bma는 [6]에서 제안된 블록 경계정합 방식을 나타내고, If-bma는 본 논문에서 제안되어진 Infinite Norm을 이용한 블록경계정합 방식, SpIf-bma는 Infinite Norm과 분할 블록 방식을 혼합하여 적용한 방식을 각각 의미한다. 표 1과 표 2에서 보면, 제안 방식이 기존의 방법보다 차이는 미미하지만, 평균적으로 높은 PSNR을 유지하는 것을 볼 수 있다. 그러나 계산량이 A-bma보다는 훨씬 적게 되고, M-bma와는 같거나 더 작은 수준임을 감안하고, 그림 5와 그림 6과 같이 주관적인 영상의 질이 향상됨을 볼 때 본 제안방식의 성능을 검증할 수 있다. 주관적인 영상의 질이 향상된 정도는 다음 프레임에서 움직임보상에 의해 에러가 전파되어지는 영향을 생각할 때 상당한 의미를 갖고 있다고 볼 수 있다.

그림 5. Susie 시퀀스에서의 결과 영상



(가) Susie Sequence의 77 프레임 원영상

(나) 오류가 발생한 77번째 프레임



(다) 77번째 frame에서 M-BMA에 의한 복원영상

(라) 제안방식 (SpIf-bma)에 의한 복구

그림 6 Football 시퀀스에서의 결과 영상



(가) Football 53th 프레임 원영상



(나) 에러가 발생한 53th 프레임



(다) 제안기법(SpIf)에 의한 복구 영상

그림 6의 (다)를 통하여, 그림 2에서 발생한 정보

의 손실이 어느 정도 복구됨을 확인할 수 있다. 그림 5에서 전화선 부분의 연결과 그림 6에서 그림 2에 비해 발 부분과 어깨, 다리등 비교적 물체의 크기가 작고 움직임이 빠른 부분에서 영상이 특히 개선되어짐을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 전송도중 손실된 인터프레임의 정보에 대한 오류은닉을 위해 Infinite Norm과 블록분할을 이용한 블록경계 정합 알고리즘에 대해 제안하고 실험하여 보았다. 실험결과를 통하여 알 수 있듯이 기존의 방법이 갖고 있던 단순 전체 예러 함 문제점을 극복했음을 보여주고 있다.

이러한 연구를 바탕으로 후보벡터들을 좀 더 최적화된 상태에서 선택할 수 있도록 하여 불필요한 탐색을 줄이는 방법과 분할 블록을 만들 때 이론적 근거에 기초한 정확한 임계 기준을 설정하는 연구가 추가적으로 수행되어진다면, MPEG이나 H.263 시스템을 이용한 부호화된 비디오 스트림상의 전송 오류를 은닉할 수 있는 효과적인 방법으로 제시되어질 것으로 기대되어진다.

참고문헌

- [1] ISO/IEC13818-2: "Information Technology- Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio", Draft International Standard, Mar 1994.
- [2] "Video Coding for low bitrate communication", ITU-T Recommendation H.263, ITU-T SG-15, May 1996.
- [3] Y.Wang and, Qin-Fan Zhu, and Leonard Shaw, "Maximally smoothness image recovery in transform coding". *IEEE Trans. Comm.*, vol.41, pp.1544-1551, Oct. 1993.
- [6] Jong Wook Park, Jong Won Kim, and Sang Uk Lee, "DCT coefficients recovery-based error concealment technique and its application to the MPEG-2 bit stream error", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol.7, pp.845-854, Dec. 1997.
- [7] W.-M. Lam, A. R. Reibman, and B.Lin, "Recovery

of lost or erroneously received motion vectors", in *Proc. ICASSP*, Apr. 1993, vol.5, pp.417-420.

- [10] Jian Feng, Kwok-Tung Lo and Hanssna Mehrpour, "Error concealment for MPEG video transmissions" *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.43, No.2, pp.183-187, 1997.
- [11] J.S. Hwang, D.K. Park, C.S. Won, J.C. Jung, S.Y. Kim, "A Concealment algorithm based on the analysis of transmission errors on H.263 bitstream" in *Proceeding of the 1997 Korean Signal Processing Conference* vol.10, No.1, pp.555-558, 1997.