

MPEG-2 기반 에러 은닉 기법 연구

신영민, 정재창
한양대학교 전자통신전파공학과

A Study of Error Concealment for MPEG-2

Youngmin Shin, Jechang Jeong
Dept. of Electronic Communications Engineering, Hanyang University
E-mail : ymshin@ece.hanyang.ac.kr

요 약

MPEG-2 로 부호화된 비트열은 가변길이 부호화(variable length coding)방식을 사용하기 때문에 에러에 매우 민감하다. 망(network)을 통해 발생된 에러는 시간적, 공간적으로 전파되는 현상이 발생하기 때문에 고품질의 영상을 추구하는 MPEG-2 에서는 심각한 화질열화를 일으키게 한다. 이에 따른 에러 정정 및 은닉 기법이 MPEG-2 복호기 측에서 연구되어야 하는데, 기존의 제안된 에러은닉 기법들은 셀손실이나 비트에러를 기반으로 매크로 블록 주위의 데이터를 이용하였으나 MPEG-2 비트열의 구조상 슬라이스 단위에러에 대한 발생빈도가 더 자주 일어나고 에러에 대한 영향도 심각하다.

본 논문에서는 기존에 나와있는 에러은닉 기법과 달리 슬라이스 단위 에러 발생시 BMA(boundary matching algorithm)방식과 중간값(median), 평균값(average)방식으로 구현한 에러은닉 기법을 통해 주관적 화질측면이나 수치적인 PSNR 실험 데이터로 좀 더 향상된 성능을 나타낼 수 있었다.

서 론

최근 수년간 디지털을 근간으로 한 정보통신의 비약적인 발전으로 인해 새로운 형태의 정보 서비스를 알아볼 수 있게 되었고 그 핵심은 멀티미디어 서비스 일 것이다. 과거의 통신망에서 음성과 문자가 주된 매체

였다면 최근 통신망의 고속화와 신호처리 기술의 발달로 인해 대용량의 멀티미디어 데이터가 전송 가능하게 되었다. 이러한 멀티미디어 데이터 전송에 있어서 가장 큰 부분을 차지하는 영상 데이터는 큰 대역폭과 고속 트래픽을 요구하게 되었고 이에 따라 용량이 큰 영상 데이터를 압축하는 기술이 크나큰 화두로 떠올랐다. 이와 관련한 국제 표준으로서 멀티미디어 압축관련 핵심 기술인 MPEG에 대한 관심이 지대하게 높아지고 있는 가운데 이미 MPEG-1, 2, 4, 7, 21까지 표준이 완성 내지 임박에 있다[7]. 특히 MPEG-2 기반으로 압축된 영상 데이터를 ATM 망을 이용해 전송할 경우 망의 폭주등으로 비트 에러 및 셀 단위 또는 슬라이스 단위 에러 등의 문제점이 야기되고 있는데 이에 따른 영상의 화질저하가 크나큰 문제점으로 대두되어 있고, 여러 가지 에러 은닉 알고리즘을 MPEG-2 복호기 측에 삽입하여 인간에 눈에 인지하지 못하도록 하는데 크나큰 의의가 있다고 할 수 있다[3].

디지털 방송 및 ATM 망에서 셀 손실이나 비트 에러가 발생하면 에러의 영향이 어느 한 화소에 국한되지 않고 블록 단위로 퍼져나간다. 따라서 이러한 블록 오류에 대한 에러은닉 기법은 영상 데이터 전송시 복호기 측에서 중요한 의미를 갖게 된다.

기존의 비트 에러 및 셀 손실을 방지하는 에러은닉 기법으로는 다양한 방법들이 제안되었다. 움직임이 거의 없는 배경 화면 영상의 경우에는 이전 화면이나 이웃 블록으로 현재 블록을 대체하는 방법등의 간단한 알고리즘으로 만족할만한 효율을 얻을 수 있었다. 이

러한 방법들은 주파수 영역(frequency domain)에서의 에러 은닉 방법, 공간 영역(spatial domain)에서의 에러 은닉 방법, 시간 영역(temporal domain)에서의 에러 은닉 방법, 그리고 세 영역 모두를 결합하는 하이브리드(hybrid) 에러 은닉 방법 등으로 분류 할 수 있다. 이중 시간영역에서의 에러 은닉 기법[2-4]은 손상된 매크로블록의 움직임 벡터를 복원하고, 기준 블록을 같은 위치에 놓음으로써 에러를 은닉할 수 있다. 그러나 움직임벡터의 추정이 매우 정확해야 하며 정확하지 않으면 크게 다른 움직임 벡터로부터 복원된 블록은 주변 블록과 큰 차이를 보이게 된다. 또한 주변 움직임 벡터의 평균(average)을 취하는 방법[5], 중간값(median)을 취하는 방법[6] 등이 있지만 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법의 한계는 손상된 블록의 움직임이 주변 블록의 움직임과의 상관도가 높아야 한다는 것이 보장되어야 한다.

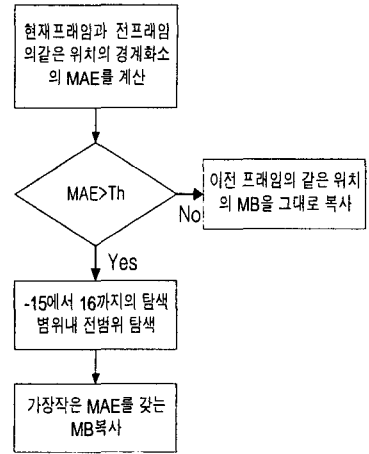


그림1. 수행시간 줄이기 위한 블록도

1. BMA 수행시간 줄이기 위한 방법

전송 중에 에러가 생겨 움직임 벡터의 정보도 손상된 경우, 복호화가 되지 않아 화면은 깨지게 된다. 따라서, 에러가 생긴 매크로블록의 복원을 위한 에러 은닉기술은 복호기 쪽에 매우 중요하다. 손상된 움직임 벡터를 복원하는 방법으로 에러가 발생했다 하더라도 손상되지 않은 주변 화소와 이전 영상의 주변 화소와의 MAE가 최소로 되는 매크로블록을 찾는 방법이다.

그림 1은 BMA 수행시간을 줄이기 위한 방법의 전체적인 블록도를 보이고 있으며, 현재 프레임의 손상된 매크로블록과 이전 프레임의 잘 복호화된 같은 위치의 매크로블록 주변 화소들의 MAE가 설정한 임계값보다 작으면 움직임이 없는 것으로 판단하여 이전 프레임의 같은 위치의 매크로블록을 그대로 복사해오며, 그렇지 않은 경우 움직임이 있는 것으로 판단하여 -16 ~ 15까지의 탐색을 통해 주변 화소간의 MAE가 최소가 되는 매크로블록을 찾는다. 임계값을 주는 이유는 화면이 고정된 상태에서 배경과 같이 움직임이 거의 없는 경우는 같은 위치의 이전 프레임과 현재 프레임의 MAE는 충분히 작을 것이기 때문이다. 따라서, 이렇게 임계값을 이용하면 불필요한 탐색을 하지 않아 계산량과 수행시간 모든 면에서 효과적인 결과를 얻을 수 있다. -16 ~ 15까지의 탐색을 통해 주변 화소의 MAE를 최소로 하는 매크로블록을 찾는 방법은 움직임 추정 시 탐색 범위 내에서 움직임 벡터를 찾았던 것과 같은 원리이므로, 원래 그 매크로블록의 움직임 벡터와 가장 유사성이 높다고 볼 수 있다.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |C_i - P_i| \quad (1)$$

에러은닉 방법은 매크로블록 단위로 수행하며, 그림 2와 같이 현재 프레임의 손상된 매크로블록과 이전 프레임의 잘 복호화된 같은 위치의 매크로블록 주변 화소들을 설정한다. 그림 2에서 C_i 와 P_i 는 각각 현재 프레임과 이전 프레임 매크로블록의 주변 화소 값을 의미한다. 식(1)은 MAE를 구하는 것으로 N 은 주변 화소의 개수를 의미한다.

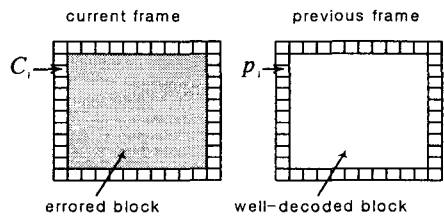


그림2. 주변화소의 설정

2. Boundary Matching Algorithm

Boundary Matching Algorithm(BMA)은 주변의 블록들을 이용하여 손상된 블록의 정보나 움직임 벡터를 추정하기 위해 제안된 방법이다[2-3]. 손상된 블록 x 가 $N \times N$ 개의 화소로 이루어져 있고 왼쪽 상단의 화소 위치가 (m,n) 이라고 가정하면, 블록 x 와 주변의 상, 하, 좌, 우 블록간 경계 값들의 차이를 각각 DL, DR, DT, DB라 정의하고 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_L = \sum_{i=0}^{N-1} |x(m-1, n+i) - x(m, n+i)|$$

$$D_R = \sum_{i=0}^{N-1} |x(m+N, n+i) - x(m, n+i)|$$

$$D_T = \sum_{i=0}^{N-1} |x(m+i, n-1) - x(m+i, n)|$$

$$D_B = \sum_{i=0}^{N-1} |x(m+i, n+N) - x(m+i, n)|$$

여기서 $x(p,q)$ 는 추정된 블록의 (p,q) 번째 화소이다.

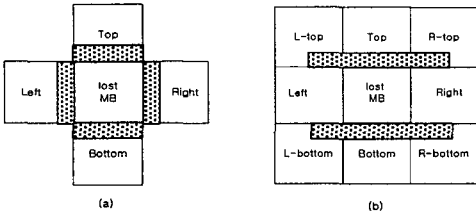


그림3. Boundary matching algorithm

(a)기존 BMA, (b)제안된 BMA

기존의 BMA는 그림 1의 (a)처럼 차이 값의 총합인 $D=DL+DR+DT+DB$ 가 최소가 되는 위치를 움직임 벡터로 선택한다. 하지만 슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 때 DL과 DR은 사용할 수 없게 된다. 그러므로 그림 1의 (b)와 같이 DL과 DR대신 손상된 블록 x 주위의 좌상단, 우상단, 좌하단, 우하단에 위치한 블록의 경계 값간의 차(DLT, DRT, DLB, DRB)를 이용하는 방식을 제안한다.

즉 $D'=DT+DB+DLT+DRT+DLB+DRB$ 가 최소가 되는 위치의 화소의 값으로 손상된 블록을 은닉하면 기존의 방법보다 더 향상된 복원 화질을 얻을 수 있다.

$$D_{LT} = \sum_{i=1}^k |x(m-i, n-1) - x(m-i, n)|$$

$$D_{RT} = \sum_{i=0}^{k-1} |x(m+N+i, n-1) - x(m+N+i, n)|$$

$$D_{LB} = \sum_{i=1}^k |x(m-i, n+N) - x(m-i, n)|$$

$$D_{RB} = \sum_{i=0}^{k-1} |x(m+N+i, n+N) - x(m+N+i, n)|$$

3. 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법

움직임 벡터를 추정하는 또 다른 방법은 손상된 블록 주변의 움직임 벡터 정보를 이용하는 것이다[4]. 이 방법은 주변 블록의 움직임과 손상된 블록의 움직임과의 상관도가 높아야 좋은 결과를 얻을 수 있으며, 주변의 움직임 벡터를 이용하는 방법에는 평균을 취하는 방법[4], 중간값(median)을 취하는 방법 등이 있다[5].

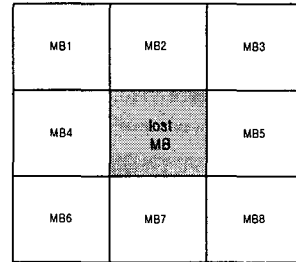


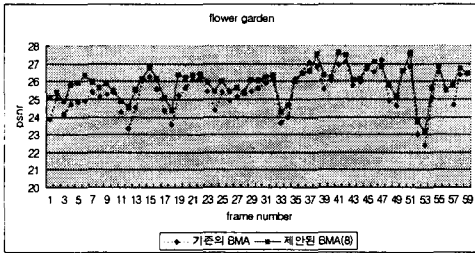
그림4. 주변 블록의 움직임 벡터 이용

기존의 블록 또는 매크로블록 단위의 에러를 위한 은닉 방법에서는 그림 2의 MB2, MB4, MB5, MB7 위치의 움직임 벡터를 이용하였다. 본 논문에서는 슬라이스 단위의 에러를 위해, 그림 2의 MB1, MB2, MB3, MB6, MB7, MB8 6개 영역의 움직임 벡터 값을 이용하는 방법을 제안한다. 슬라이스 단위의 에러가 발생하였을 때 기존의 방식에서는 MB2와 MB7의 움직임 벡터의 평균값을 이용하기 때문에 에러 은닉의 효율이 떨어진다. 손상된 블록 주변 6개 영역의 움직임 벡터들의 평균값과 중간값을 이용하여 에러를 은닉하면, 두 영역(MB2, MB7)의 움직임 벡터의 평균값을 이용한 것과 비교하여 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

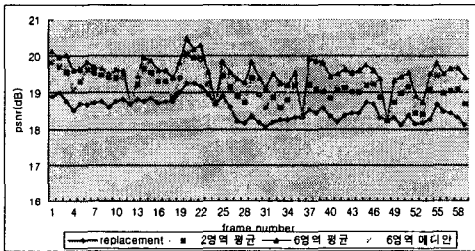
실험결과

제안한 에러 은닉 방법의 성능을 평가하기 위하여 세가지 표준 sequence인 Football, Flower garden, Table tennis를 이용하였다. 각 sequence는 SIF format(frame size 352x240, YUV 4:2:0)으로 60 프레임씩 사용하였다. 코딩 파라미터는 비트율 5Mbps, N=12(GOP내의 픽처 개수), M=1(I와 P사이 또는 P와 P사이)로 하고, 슬라이스는 매크로 블록의 한 열로 구성하였다. 임의의 슬라이스 단위 에러를 발생시켰을 때(짝수번째의 모든 슬라이스 에러 발생), 기존의 에러

은닉 방법과 제안한 방법을 이용한 결과를 그래프로 표현하였다.



(a) BMA



(b)주변움직임벡터이용

결론

본 논문에서는 MPEG-2 비트열의 구조적 특징으로 복호화시 슬라이스 단위로 에러가 손상되거나 손실되었을 때 에러를 은닉하는 방안과 매크로 블록 단위로 에러 발생시 에러를 은닉하는 방식을 연구해보았다. 슬라이스 단위 에러 발생시엔 손상된 좌우 데이터는 사용할 수 없으므로 좌상단, 우상단, 좌하단, 우하단의 정보를 이용하는 방식으로 BMA 방식과 주변 움직임 벡터를 이용하는 방법에 적용하여 기존의 상, 하단 만을 이용하는 방식보다 주관적 화질 및 객관적 데이터를 비교하여 향상된 복원 화질을 얻을 수 있었다. 또한 매크로 블록 단위로 에러가 발생했을 때 에러가 발생한 매크로 블록 주변 화소와 최소의 MAE를 갖는 매크로블록을 이전 프레임에서 전범위 탐색을 통해 찾아 해당 매크로블록을 복사하는 방식을 사용한다. 그러나 이 방식은 MAE에 사용되는 화소수가 많아 계산량이 늘고 디코딩시간이 증가하는 단점이 있다. 이러한 처리시간을 감소시키기 위한 방법으로 2:1 표본화, 4:1 표본화한 화소를 이용하는 방법과 주변 움직임 벡

터 정보를 이용하는 방법 등을 적용하여 실험하였다. 그 결과 에러 은닉의 처리시간은 줄어들었으나 PSNR의 값이 떨어짐을 볼 수 있었다. 하지만 움직임의 변화가 적은 sequence에서는 기존의 BMA와 비슷한 처리 시간으로 더 나은 화질을 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 MPEG-2 복호기 내에서 존재할 수 있는 다양한 에러 패턴에 대해서 조사하였으며 각 에러 패턴에 적용할 수 있는 에러 은닉 기법에 대해 알아보았다. 향후 연구과제로는 블록단위의 에러 은닉 결과로 나타나는 블록킹 현상을 제거하는 후처리가 연구되어야 할 것이다. 또한, 실시간 전송에 있어서 에러가 발생했을 때 에러를 찾아내고 복원하는 방법에 관한 연구도 진행되어야 한다.

참고문헌

- [1] "Coding of moving pictures and associates audio," Recommendation H.262, ISO/IEC JTC1/SC29/ WG11/602, 1993.
- [2] M. Ghanbari and V. Seferidis, "Cell-loss concealment in ATM video codecs," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 3, no. 3, pp.238-247, 1993.
- [3] M. Wada, "Selective recovery of video packet loss using error concealment," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, no. 5, pp. 807-814, 1989
- [4] L. H. Kieu and D. N. Ngan, "Cell-loss concealment techniques for layered video codecs in an ATM networks," IEEE Trans. Image Processing, vol. 3, no. 5, pp. 666-677, 1994.
- [5] J. Suh and Y. Ho, "Recovery of motion vectors for errorconcealment", IEEE TENCON, pp.750-753, June 1999.
- [6] D. Kwon and P. Driessen, "Error Concealment Techniques for H.263 Video Transmission," IEEE, pp.276-279, February 1999.
- [7] 김재균, "영상통신시스템", 2000