

움직임 벡터 추정에 의한 오류은폐 기법

서재원*, 김응태**, 박희복**, 호요성*

*광주과학기술원 정보통신공학과
광주광역시 광산구 쌍암동 572번지

**LG 전자(주) DTV 연구소
서울특별시 서초구 우면동 16번지

Error Concealment Algorithms by Motion Vector Recovery

Jae-Won Suh*, Eung-Tae Kim**, Hee-Bok Park** and Yo-Sung Ho*

*Kwangju Institute of Science and Technology
572 Ssangam-Dong Kwangsan-Gu, Kwangju, Korea
e-mail : won@gogh.kjist.ac.kr

**Multimedia Research Lab., LG Electronics Inc.
16 Woomyeon-Dong Seocho-Gu, Seoul, Korea
e-mail : kimet@wm.lge.co.kr

ABSTRACT

This paper describes error concealment algorithms to reduce the effect of channel errors in MPEG bitstreams. When channel errors are introduced during transmission and cannot be corrected properly, we should repair damaged portions of the picture by exploiting the spatial and temporal correlation in the received and reconstructed video signal. In motion compensated video coding, if some coding bits are lost or received with errors, not only the current picture will be corrupted, but also errors will propagate to the succeeding frames. In this paper, we analyze the effect of channel errors in MPEG bitstreams, and propose temporal-domain error concealment algorithms to recover lost or erroneously received motion vectors. Extended luminance intensity values of the lost block are used for motion vector estimation at the decoder side. Simulation results show that the proposed algorithms achieve good performance in PSNR and provide good subjective image quality.

1. 서론

디지털 신호처리와 컴퓨터 기술의 발전에 힘입어 영상을 포함한 멀티미디어 서비스의 사용이 급증하고 있다. 제한된 대역폭의 전송 채널을 통해 많은 양의 동영상 정보를 효율적으로 보내기 위해 MPEG 그룹에서는 영상 정보를 압축하는 국제 표준 방식을 만들었다. 제안된 동영상 압축 기법은 여러 가지 부호화 기법들을 조합하여 사용하기 때문에, 부호화된 영상 정보에 오류가 발생할 경우에는 사용된 부호화 기법에 따라 그 오류의 영향이 다양한 형태로 나타나게 된다.

압축된 동영상 데이터가 전송 과정에서 채널상의 오류로 인해 손상되었을 때, 정상적으로 복원된 주변의 정보들로부터 원 영상에 가깝게 복구하는 오류은폐 기법(Error Concealment)을 사용할 수 있다. 일반적으로 MPEG 부호화 방식에서는 오류가 발생하면 발생 위치의 매크로블록에서부터 재동기의 최소 단위인 다음 슬라이스 헤더 정보를 찾을 때까지의 수신 정보를 해독할 수 없다. 따라서 전송 오류가 발생하면 연속적으로 여러 개의 매크로블록을 잃어버리기 때문에, 손실된 매크로블록에 수직으로 이웃한 매크로블록 정보와 시간적으로 앞서 수신된 이전 프레임 정보만 이용할 수 있다.

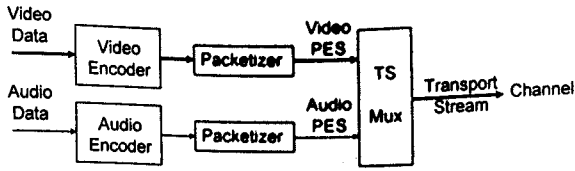
본 논문에서는 이용 가능한 모든 주변 정보로부터 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정하고, 이를 이용하여 손실된 매크로블록을 움직임 보상하여 손실된 정보를 복원하는 오류은폐 기법을 제안한다. 움직임 벡터의 추정 방법으로 이전 프레임과 동일한 위치의 것을 복사하는 시간적 대체 방법, 수직으로 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터의 평균을 이용하는 방법, 수신단에서 손실 매크로블록의 수직 방향으로 화소 단위로 확장하여 시간적으로 앞서 수신된 이전 프레임에서 가장 유사한 부분을 찾는 방법, 초기 움직임 벡터를 정의하고 위와 같이 확장 영역을 이용하여 움직임 벡터를 추정하는 방법 등을 소개한다. 실험 결과로 복원된 영상의 시각적 결과와 수치적으로 PSNR을 비교함으로써 제안된 방법의 타당성과 우수성을 비교 평가한다.

2. 시스템 개괄과 오류검출

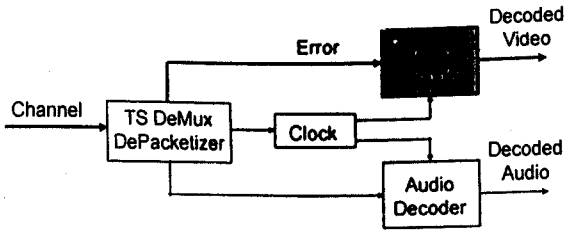
전체적인 시스템 구성도를 <그림 1>에 나타내었다. 본 논문은 비디오 데이터 처리에 중점을 두었다. 시스템 부호기의 입력부에 표시된 비디오와 오디오 데이터 외에 일반적인 데이터도 포함될 수 있으며, 이렇게 구성된 프

본 연구는 LG 전자(주) DTV 연구소의 연구비 지원에 의한 것입니다.

로그그램은 채널을 통해 전송된다. 각각의 입력 데이터는 오류의 영향을 최소화하기 위해 패킷화 과정을 거친다.



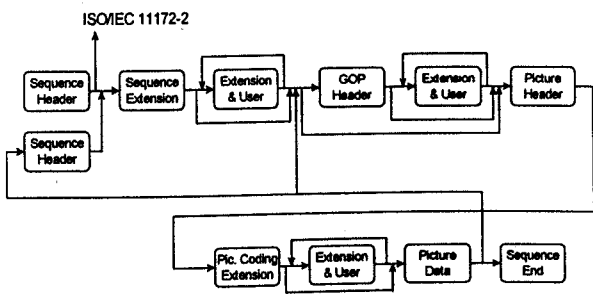
(a) 시스템 부호기



(b) 시스템 복호기

<그림 1> MPEG-2 시스템 구성도

전송 도중에 네트워크 병목 현상이나 채널상의 잡음 등으로 인해서 패킷에 오류가 발생하면, 시스템 복호기의 TS 역다중화/DePacketizer에서 오류가 발생했음을 각각의 분리된 데이터 복호기에 알린다. 이때 패킷은 헤더를 제외하고 184 byte이다. 불완전한 채널에서 발생한 패킷 오류를 알리는 신호를 받은 비디오 복호기는 정확한 오류의 발생 위치와 오류 영역을 알아야 손실된 부분에 적절한 오류은폐 기법을 적용할 수 있다. 따라서 오류은폐 기법은 오류검출 작업이 선행되어야 한다.



<그림 2> MPEG-2 비디오 비트열 구분

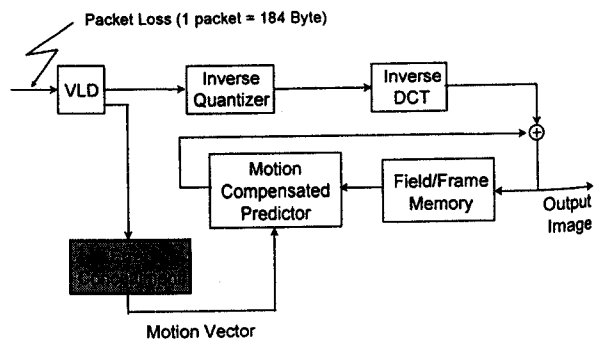
오류는 <그림 2>와 같이 MPEG-2 비트열 구조를 이용하여 계층적으로 검출할 수 있다 [1]. MPEG-2 비트열 구조에서는 시퀀스, GOP, 화면, 슬라이스 순서로 정보를 포함하는 정도가 적어진다. 만약 손실된 패킷에 헤더 정보가 포함되어 있으면 그 헤더가 이끄는 모든 정보를 잃어버린다. 이때 다음에 나오는 헤더 정보를 이용하여 재동기를 이룰 수 있다. 만약 슬라이스 내에서 오류가 발생하면, 복호기는 다음 슬라이스 헤더를 찾아서 복호화를 진행한다.

슬라이스는 화면을 구성하는 기본 요소이므로 그 내부에서 오류가 발생할 수 있다. 이때 슬라이스 헤더는 재동기의 최소 단위이기 때문에 오류검출과 은폐에 중요하다. 오류검출에 이용되는 매크로블록의 주소 값은 각 매크로블록마다 고유 값을 가지며, 화면의 왼쪽 상단의 매크로블록부터 오른쪽 하단으로 0, 1, 2 순으로 증가한다. 따라서 복호화할 때 매크로블록의 주소 값이 점증적으로 증가하지 않거나 불규칙적으로 변할 때 오류가 발생했음을 알 수 있다.

3. 수정된 MPEG-2 비디오 복호기

시간에 따라 변화하는 비디오 시퀀스를 효율적으로 압축하기 위해서 영상 데이터가 갖고 있는 2차원 공간상의 중복성 뿐만 아니라, 시간축의 중복성 제거가 절대적으로 필요하다. MPEG-2에서는 공간상의 중복성을 줄이기 위해서 DCT를 이용하며, 시간축의 중복성 제거를 위하여 움직임 보상방법을 이용한다.

화면의 변하지 않은 부분이나 움직였다 하더라도 비슷한 부분을 바로 전 화면에서 채움으로써 전송해야 할 데이터량을 큰 폭으로 줄일 수 있다. 이렇게 인접 화면 사이에서 가장 비슷한 블록을 찾는 일을 움직임 예측이라 하며, 얼마만큼 움직였는가 하는 변위를 움직임 벡터라 한다. 따라서 복호화할 때 움직임 벡터의 손실은 화면의 복원에 큰 영향을 미친다. 또한 GOP 내에서 움직임 보상을 위해서 기준이 되는 영상에 오류가 발생하면 이후에 재생되는 영상에도 오류가 전파된다. 따라서 오류가 발생한 영상의 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정하여 움직임을 보상하여 화질 저하를 줄이고, 오류 전파의 영향을 최소화할 수 있다. 손실된 움직임 벡터를 추정하는 오류은폐 기법이 첨가된 수정된 MPEG-2 비디오 복호기를 <그림 3>에 나타내었다.



<그림 3> 수정된 MPEG-2 비디오 복호기

4. 움직임 벡터 추정에 의한 오류은폐 기법

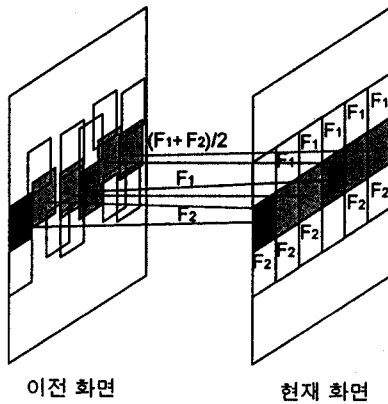
본 논문에서는 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정하기 위해, 다음 4 가지 방법을 제안한다.

4.1 시간적 대처

가장 간단한 움직임 벡터 추정은 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 0 이라고 가정하는 것이다. 즉, 이전 화면과 현재 화면 사이에 움직임이 없거나 있어도 아주 적어서 무시할 수 있다고 가정하는 것이다 [2, 3]. 따라서 현재 손상된 매크로블록을 이전 화면의 동일 위치의 것으로 복사함으로써 손실블록을 복원한다.

4.2 상하로 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터 이용

이 방법은 움직임 벡터들의 공간적 상관도를 이용한다. 즉, 화면 내의 개체들의 움직임은 대개 같은 방향을 가지므로 <그림 4>처럼 손실된 움직임 벡터를 추정하기 위해서 손실된 매크로블록의 수직으로 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터를 이용한다 [4].



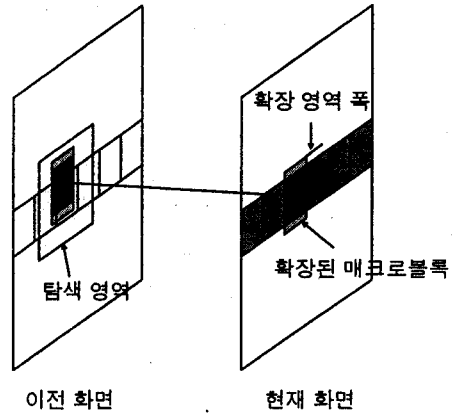
<그림 4> 상하 매크로블록의 움직임 벡터의 평균

만약 상하의 매크로블록 모두가 움직임 벡터를 가졌을 경우에는 그들의 평균이 손실된 매크로블록의 움직임 벡터로 이용된다. 만약 둘 중 하나의 움직임 벡터를 가졌을 경우에는 그것을 손실 매크로블록의 움직임 벡터로 이용한다. 불행히도 어느 하나도 움직임 벡터를 갖지 못했을 경우에는 첫번째 방법처럼 이전 화면에서 동일 위치의 것을 복사한다.

4.3 확장 영역을 이용한 움직임 벡터 추정

복호기에서 손실된 매크로블록의 수직 방향으로 화소값을 확장하여 이전 화면의 일정한 탐색 영역 내에서 확장 영역이 가장 유사한 블록을 직접 찾는 방법이다. 이 방법에는 <그림 5>와 같이 두 개의 중요한 변수가 있는데, 확장 영역의 폭과 탐색 영역이다.

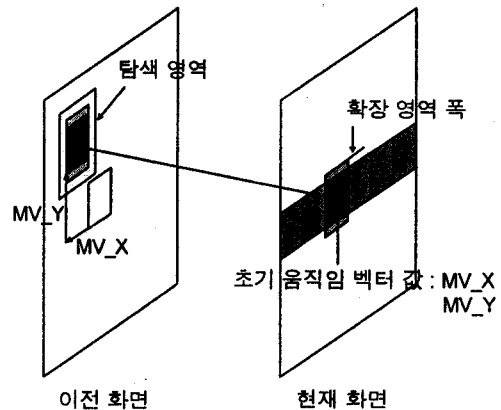
확장 영역의 폭은 손실된 매크로블록의 공간적 상관도와 매우 밀접한데, 상관도가 높을수록 더 정확하게 찾을 수 있다. 탐색 영역이 클수록 손실 매크로블록의 후보가 많아져서 좋은 결과를 기대할 수 있지만, 수행 시간이 늘어나는 단점이 있다. 하지만 탐색 영역이 너무 커도 오히려 더 나쁜 결과를 얻을 수 있다.



<그림 5> 확장 영역 움직임 예측

4.4 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 벡터 추정

4.3에서 제안된 방법의 단점인 수행 시간이 오래 걸리는 것을 개선한 방법이다. 먼저 두 번째 제안된 방법으로 움직임 벡터의 초기값을 정해주고, 탐색 영역을 줄임으로 수행 시간을 줄일 수 있다.

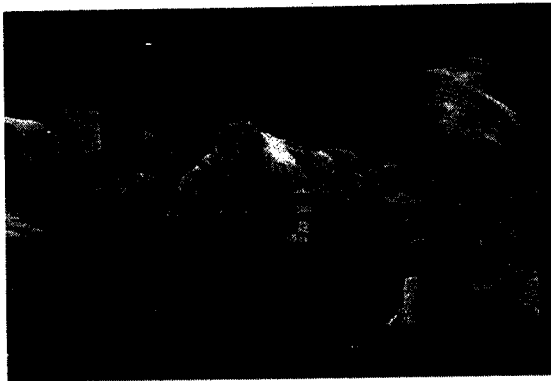


<그림 6> 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 예측

5. 실험 결과 및 결론

본 논문에서는 4 절에서 제안한 방법들을 S/W로 구현하여 실험하였다. 사용된 영상은 FOOTBALL 시퀀스로 4:2:0 포맷의 720 x 480 크기이다. 제한된 구조의 슬라이스 형태를 이용하였기 때문에 한 화면내의 모든 매크로블록이 부호화되었다. 5 Mb/Sec 비트율로 부호화하였으며, 첫 번째 오류가 발생하는 화면은 P-화면으로 화면번호 3번이다.

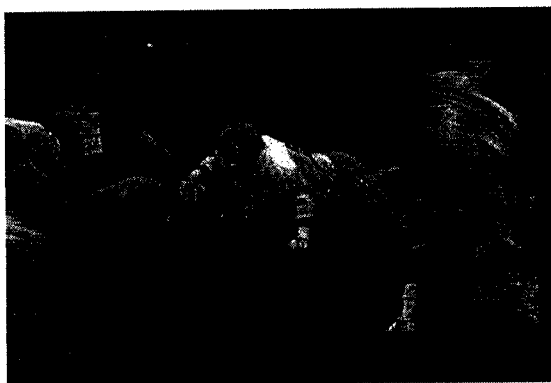
오류는 폐는 발생한 오류가 시각적으로 보이지 않게 숨기는 것이다. 따라서 오류는 폐 방법의 성능은 복원된 영상으로 판별하는 것이 중요하다. <그림 7>에 각각의 방법에 의해서 복원된 영상을 나타냈다. FOOTBALL 영상은 움직임이 크고 많기 때문에 시간적 대처 방법은 적절하지 못함을 시각적으로 알 수 있다.



(a) 시간적 대치



(b) 위 아래 매크로블록의 움직임 벡터의 평균



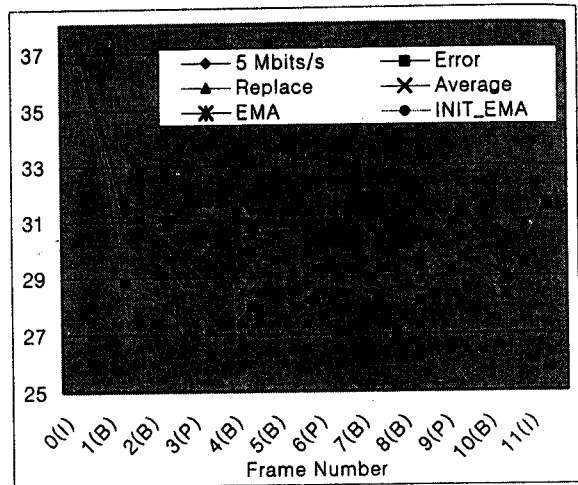
(c) 확장 영역 움직임 추정



(d) 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 추정

<그림 7> 시각적 비교

제안된 방법들에 의해서 복원된 영상의 PSNR 을 <그림 8>에 비교하였다. 수평축은 화면 번호이다. 오류 곡선을 보면 P-화면에만 오류가 발생했지만, 앞뒤로 오류가 전파되는 현상을 볼 수 있다. 확장 영역 움직임 추정에서 확장 영역의 폭은 1 이고, 탐색 영역은 +25 ~ -25 이다. 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 추정 방법에서는 초기값이 없으면 탐색 영역은 +25 ~ -25 이고, 초기값이 이용되었을 때는 +5 ~ -5 이고, 확장 영역의 폭은 모두 1 이다.



<그림 8> PSNR 비교

시각적 비교와 PSNR 값으로부터 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 추정 방법이 가장 우수함을 알 수 있다. 이 방법은 수행 시간을 줄이면서 우수한 성능을 나타내므로 실제 디지털 TV 나 고선명 TV 수신기에 적용 가능한 실용적인 기술로 사용될 수 있다.

참고 논문

- [1] ISO/IEC IS 13818-2 (MPEG-2 Video): Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, April 1996.
- [2] A. Narula and J. Lim, "Error Concealment Techniques for an All-Digital High-Definition Television System," *SPIE Visual Communication and Image Processing*, pp.304-315, Nov. 1993.
- [3] S. Aign and K. Fazel, "Temporal and Spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 Video Codec," *IEEE International Conference on Communication*, Vol. 3, pp. 1778-1783, June, 1995.
- [4] H. Sun, K. Challapali and J. Zdepski, "Error Concealment in Digital Simulcast AD-HDTV Decoder," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 3, pp. 108-116, Aug 1992.