

서브 블록을 이용한 MPEG-2 인트라 프레임의 시간적 오류 은닉

Subblock Based Temporal Error Concealment of Intra Frame for MPEG-2

류 철*, 김원락**
Chul Ryu, Wonrak Kim

Abstract - The occurrence of a single bit error in transmission bitstream leads to serious temporal and spatial errors. Because moving picture coding as MPEG-2 based on block coding algorithm uses variable length coding and motion compensation coding algorithm. In this paper, we propose algorithm to conceal occurred error of I-frames in transmission channel using data of the neighboring blocks in decoder. We divide a damaged macroblock of I-frame into four sub blocks and compose new macroblock using the neighboring blocks for each sub block. We estimate the block with minimum difference value through block matching with previous frame for new macroblocks and replace each estimated block with damaged sub block in the same position. Through simulation results, the proposed algorithm will be applied to a characteristic of moving with effect and shows better performance than conventional error concealment algorithms from visual and PSNR of view.

Key Words : Error Control, Error Concealment, Error Resilient, Block Matching

1. 서론

무선 및 인터넷과 같은 신뢰할 수 없는 전송 채널 상으로 전송되는 압축 데이터는 통신 채널의 잡음에 의해 오류가 발생하게 된다. 더욱이 동영상 압축 알고리즘의 특성상 부호화 과정에서 가변 길이 부호화와 움직임 보상 부호화가 사용되므로 전송 채널상의 단일 비트 오류가 발생할 경우 공간적 그리고 시간적으로 오류가 확산되어 전송된 영상의 화질에 심각한 열화를 가져온다. 이러한 전송 채널상의 오류를 복원하여 영상의 질을 향상시키기 위한 방법으로 오류 제어 기법이 요구되며 일반적으로 복호화기에서는 오류 은닉 알고리즘이 사용된다. 본 논문에서 제안하는 오류 은닉 알고리즘은 I 프레임에 발생한 오류에 대해 손실 블록의 공간적으로 인접한 블록들의 화소 정보를 이용하여 이전의 프레임에 대한 블록 정합을 수행함으로써 손실된 블록을 복원함으로써 시간적으로 다른 프레임에 오류가 전파되는 것을 방지하여 영상의 화질을 향상시키기 위해 제안되었다. 제 2장에서는 제안한 서브 블록을 이용한 시간적인 오류 은닉 알고리즘에 대해 설명하고 제 3장에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험 결과를 통해 성능을 분석하고 결론을 맺는다.

2. 제안하는 서브 블록을 이용한 시간적 오류 은닉 알고리즘

움직임 정보를 갖지 않는 I 프레임의 오류에 있어서 움직임 벡터를 사용하는 시간적 오류 은닉 알고리즘은 사용될 수 없으며 공간적 오류 은닉을 사용할 경우 복원된 블록은 번짐 현상이 발생하여 영상의 화질을 저하시킨다 [1][2]. 또한 기존의 블록 경계 정합 알고리즘은 은닉하고자 하는 손실 정보에 비하여 사용되는 정보가 매우 적기 때문에 주변의 모든 상황을 예측할 수 없고, 따라서 이전 프레임과의 블록 경계 정합 과정에서 최적의 움직임 벡터를 찾기가 어렵다 [3]. 제안한 알고리즘은 블록 경계 정합 알고리즘을 이용하는데 있어 보다 다양한 정보를 이용하여 I 프레임의 손실 정보를 복원하기 위해 인접 매크로 블록의 경계 화소 이외의 주변 화소 정보를 이용하고자 한다.

2.1 서브 블록 오류 은닉

본 논문을 통해 제안하고자 하는 서브 블록 오류 은닉은 I 프레임의 손실된 각각의 매크로 블록을 4개의 서브 블록으로 나누어 각 서브 블록에 대해 오류 은닉을 수행하는 방식이다. 각 서브 블록을 복원하는 과정은 다음과 같다. 손실된 16×16 매크로 블록 X 를 4개의 8×8 서브 블록들로 분할하여 각 서브 블록을 X_{uv} 로 표시한다. 여기서 u, v 는 T, B, L, R을 의미한다. 즉, 그

저자 소개

*正 會 員 : 東國大學校 情報通信工學科 助敎授

**正 會 員 : 東國大學校 情報通信工學科 碩士課程

림 1(a)와 같이 나누어진 서브 블록 X_{uv} 는 각각 주변 세 개의 서브 블록과 인접 해 있어 이를 이용하여 새로운 4개의 매크로 블록 X_i 를 구성할 수 있다 (그림 1(b)). 이렇게 새로이 구성된 매크로 블록 X_i 은 이전 프레임에 대하여 블록 정합을 수행할 수 있다. 따라서 식(1)을 이용하여 4개의 각 매크로 블록 X_i 에 대한 블록 정합을 수행한다.

$$\begin{aligned}
 D_{-X_1} &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |\hat{X}_1(m+a-B+i, n+b-B+j) - X_1(m-B+i, n-B+j)| \\
 D_{-X_2} &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |\hat{X}_2(m+a-B+i, n+b+B+j) - X_2(m-B+i, n+B+j)| \\
 D_{-X_3} &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |\hat{X}_3(m+a+B+i, n+b-B+j) - X_3(m+B+i, n-B+j)| \\
 D_{-X_4} &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |\hat{X}_4(m+a+B+i, n+b+B+j) - X_4(m+B+i, n+B+j)|
 \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서의 a, b는 블록 정합을 하게 되는 검색 영역을 의미하며, N과 B는 각각 매크로 블록과 블록의 크기로 16과 8을 나타낸다. \hat{X}_i 는 새로이 구성된 매크로 블록 X_i 와 같은 위치에 있는 이전 프레임의 매크로 블록이며, D_{-X_i} 는 매크로 블록 X_i 에 대한 블록 정합의 수행 결과인 차분치를 나타낸다. 단, 그림 2와 같이 각 16x16 매크로 블록 X_i 의 블록 정합 과정에서 매크로 블록 X_i 에 포함된 8x8 손실 서브 블록 X_{uv} 는 제외된다. 이것은 매크로 블록 X_i 에 포함된 서브 블록 X_{uv} 가 손실된 매크로 블록 X 의 서브 블록이므로 X_{uv} 또한 손실된 정보를 갖기 때문이다. 마지막으로 그림 3과 같이 블록 정합을 통해 가장 작은 차분치를 갖는 위치의 각 매크로 블록 \hat{X}_i 에서 서브 블록 X_{uv} 에 해당하는 8x8 서브 블록 \hat{X}_{uv} 를 손실된 서브 블록 X_{uv} 에 복사함으로써 오류를 은닉할 수 있다.

제한한 오류 은닉 알고리즘은 슬라이스 단위로 오류가 발생하여 좌, 우 매크로 블록의 정보를 사용하지 못하는 경우에 있어서도 적용이 가능하다. 이러한 경우 매크로 블록 X_i 의 이전 프레임과의 블록 정합은 손실되지 않은 위, 아래 매크로 블록의 정보만을 가지고 수행된다. 그러나 제한한 알고리즘은 손실된 16x16 매크로 블록 X 를 8x8 서브 블록 X_{uv} 단위로 복원하기 때문에 복원된 서브 블록들 간의 블로킹 효과가 발생하여 서브 블록들의 경계 부분에서 화질의 저하를 보일 수 있다.

2.2 향상된 서브 블록 오류 은닉

2.1절의 서브 블록 오류 은닉 방법에 있어서 손실된 매크로 블록의 각 서브 블록들은 블록 정합 과정을 통해 복원 할 수 있었지만, 각 복원된 서브 블록들간의 블로킹 현상이 발생하였다. 따라서 본 절에서는 이러한 서브 블록들 간의 블로킹 현상을 극복하기 위해서 좀 더 향상된 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 2.1절의 알고리즘과 유사한 절차를 따르지만, 블록 정합 결과를 이용하여 각 매크로 블록 X_i 에 대한 움직임 벡터를 예측

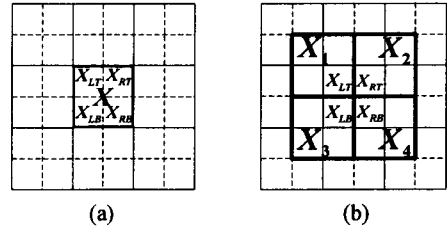


그림 1. (a) 손실된 매크로 블록 X 의 4개의 서브 블록 X_{uv} , (b) 새로이 구성된 매크로 블록 X_i

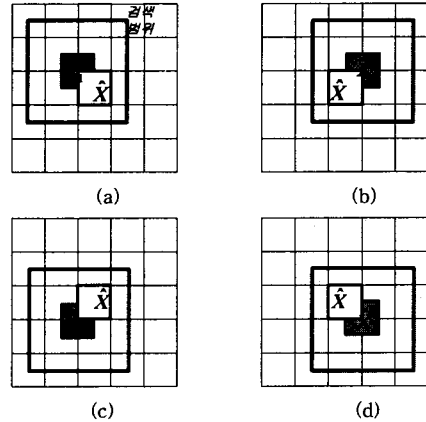


그림 2. 새로이 구성된 각각의 매크로 블록 X_i 에 대한 이전 프레임에서의 블록 정합 (a)~(d) 각각 $X_1 \sim X_4$ 의 블록 정합

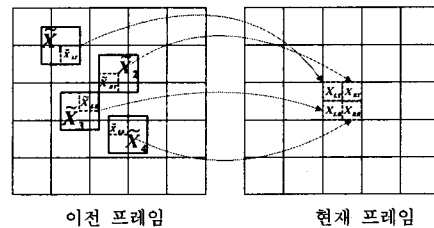


그림 3. 블록 정합을 통해 예측된 매크로 블록 \hat{X}_i 의 손실 서브 블록의 위치에 해당하는 블록 \hat{X}_{uv} 을 서브 블록 X_{uv} 에 복사

한다는 점이 다르다. 즉, 본 절에서는 4개 매크로 블록 X_i 의 예측된 움직임 벡터들 간의 상관성을 비교하여 손실 블록을 복원하고자 한다. 우선 각 매크로 블록 X_i 의 예측된 움직임 벡터를 MV_i 라 하면 4개의 MV_i 를 서로 비교하여 만약 동일 움직임 벡터의 값을 갖는 매크로 블록 X_i 들이 나타난다면 해당 움직임 벡터를 대표 움직임 벡터로 예측한다. 그리고 예측된 대표 움직임 벡터는 동일한 움직임을 보이지 않는 다른 매크로 블록 X_i 에 대하여 적용할 수 있다. 그 이유는 영상의 특성상 인접 매크로 블록 간의 움직임 벡터는 높은 상관성을 갖고 있기 때문이다.

대표 움직임 벡터의 적용에 대한 예는 그림 4와 같이 \bar{X}_2 와 \bar{X}_3 의 움직임 벡터가 (-2, -2)로 같고 나머지 매크로 블록의 움직임 벡터가 다르다면 대표 움직임 벡터는 (-2, -2)이 된다. 이를 이용하여 \bar{X}_1 와 \bar{X}_4 를 대표 움직임 벡터만큼 이동 시킨 후 8x8 서브 블록 \bar{X}_{LT} , \bar{X}_{RB} 를 현재 프레임의 X_{LT} , X_{RB} 에 복사하여 오류를 은닉한다. 이때 4개 매크로 블록의 모든 움직임 벡터가 다를 경우에는 2.1절의 서브 블록 오류 은닉을 적용한다. 본 알고리즘은 서브 블록들 간의 블록킹 현상을 제거함으로써 보다 자연스럽게 부드러운 영상을 얻어 전체 영상의 화질을 향상시키는 결과를 가져온다.

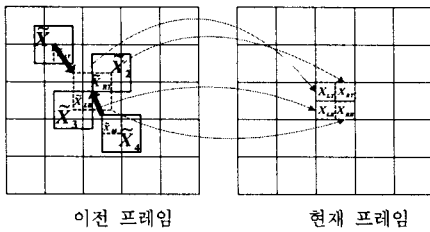


그림 4. 향상된 서브 블록 오류 은닉

3. 실험 결과 및 결론

제한한 오류 은닉 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 다음과 같은 조건 하에서 실험을 하였다. MPEG-2 코덱을 사용하여 표 1의 3가지 영상을 사용 하였으며, GOP의 프레임 수(N)는 12로, I, P 프레임 사이의 거리(M)는 3, 프레임 율은 30fps로 지정하였다. 오류는 매크로 블록 단위로 영상의 전역에 발생시켰으며 성능을 비교하기 위하여 단순 시간적 오류 은닉(Simple), 매크로 블록 단위의 공간적 오류 은닉(MB), 블록 경계 정합 오류 은닉(Boundary)등의 알고리즘에 대해 실험을 하였다. 표 1에서 Subblock은 제 2.1절에서 제안한 서브 블록 오류 은닉이며, Enhanced_subblock은 2.2절에서 제안한 향상된 서브 블록 오류 은닉 방식을 의미한다. 표 1과 그림 5는 각 알고리즘에 대한 PSNR과 결과 영상을 보여주고 있다. 모든 영상에서 기존의 오류 은닉 알고리즘에 비해 제안한 두 방식의 PSNR이 약 0.5 dB ~ 5 dB까지 향상된 것을 볼 수 있다.

표 1. 3가지 영상에 대한 여러 가지 오류 은닉 알고리즘의 PSNR[dB] 결과 비교

	Flower	Foreman	Bike
Simple	24.23	29.75	34.35
MB	28.06	33.46	34.34
Boundary	28.41	39.75	38.54
Subblock	28.90	44.55	38.40
Enhanced_subblock	29.00	45.20	42.10

결론적으로 제안된 알고리즘은 I 프레임에 발생한 오류를 복원하기 위한 것으로 손실 블록에 대해 주변 블록들의 정보를 이용해 이전 프레임으로부터 손실 블록을 대치할 수 있는 적절한 블록을 예측하여 오류를 은닉한다. 제안 알고리즘은 단순 시간적

오류 은닉의 단점인 움직임 영역에서 복원의 어려움이나 매크로 블록 단위의 공간적 오류 은닉의 번짐 현상과 모서리 영역에서의 블록 경계 정합 오류 은닉의 부정확한 움직임 예측을 방지할 수 있다.

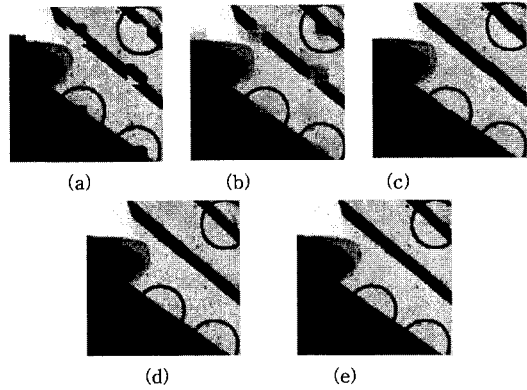


그림 5. foreman 영상에 대해 각 알고리즘을 적용한 결과 영상의 일부분

(a) Simple, (b) MB, (c) Boundary, (d) Subblock, (e) Enhanced_subblock

4. 참고 문헌

- [1] Y. Wang and Q. Zhu, "Error control and concealment for video communications : A review," Proceedings of the IEEE, vol. 86, pp. 974-997, May 1998.
- [2] S. Aign and K. Fazel, "Temporal & Spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 Video Codec," Proc. Globecom'95, pp.1778-1783
- [3] M. Chen, L. Chen, and R. Weng, "Error concealment for lost motion vectors with overlapped motion compensation" IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. vol. 7, pp.560~563, June. 1997.