

영상에 적응적인 디블로킹 필터 개발

이 상 래

삼성전자

e-mail : srlee73@samsung.com

Adaptive Deblocking Filter based on Video Contents

Lee Sang Rae

Samsung Electronics Co., Ltd.

요 약

블록화 현상은 블록 기반의 부호화와 이에 따른 거친 양자화 계수를 적용할 때 나타날 뿐 아니라 블록화가 나타난 블록을 움직임 보상으로 가져와 적용할 때 이후 영상에 전파되게 된다. 이를 방지하기 위해 H.264/MPEG-4 AVC 표준은 부호화 및 복호화 과정에 동시에 포함된 형태의 루프 필터를 적용하였다. 필터는 블록 경계에서 경계 양쪽의 블록 예측 모드에 기반한 필터의 세기를 결정하고 양자화 계수를 이용한 한계값과 화소값을 비교하여 블록 경계에 적응적으로 적용한다. 이 때 필터의 특성을 결정하는 편차값을 부호기에서 전송하게 되는데 이 값은 부호기 구현에 따라 달라질 수 있다. 본 논문은 부호화하는 각 영상의 특성을 정의하고 편차값을 정함으로써 영상에 적응적인 디블로킹 필터 알고리즘을 구현 및 실험을 통하여 검증한다.

I. 서론

블록 기반의 DCT 는 MPEG(Moving Picture Experts Group)과 같은 대부분의 동영상 압축 표준에서 중요한 역할을 가진다. 하지만 블록 변환 계수에 대해서 높은 양자화 계수를 적용하게 되면 블록 경계에서 시각적으로 거슬리는 화소값의 불연속성을 보이게 된다. 이를 블록화 현상이라 하며 블록 기반의 DCT 와 양자화 과정에서 기인하게 된다[3][4].

H.264/MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding) 표준에서 기존 영상 압축 표준보다 작은 4x4 크기의 블록 기반의 정수 변환을 포함하지만 이는 블록화 현상을 조금 줄여줄 뿐 여전히 같은 현상이 발생한다. 그리고, 블록화 현상이 발생한 참조 영상의 블록을 움직임 보상으로 예측 부호화하는 과정에서 블록화 현상이 부호화하는 4x4 블록 내에 전파되게 된다. 이를 방지하기 위해서 H.264/MPEG-4 AVC 표준은 부호화 및 복호화 과정에 루프 필터를 포함하고 있다[1][3]. 이는 디블로킹 필터를 적용한 참조 영상을 움직임 보상으로 예측하게 함으로써 블록화 현상은 주로 4x4 블록 경계에서만 나타나며 블록 내에 나타나는

블록화 현상은 어느 정도 방지하게 된다.

또한, 루프 필터는 예측 부호화 과정에서 디블로킹 필터를 적용한 참조 영상을 사용하게 함으로써 오차 영상에서 고주파수 성분을 줄어든게 하여 부호화에서 사용되는 비트의 발생량을 줄어든게 한다.

H.264/MPEG-4 AVC 에 포함된 루프 필터는 경계 양쪽에 위치한 두 블록의 부호화 모드 및 움직임 벡터의 크기에 따라 경계 세기를 구하고 이에 따라서 필터링을 적응적으로 적용한다[2][3]. 즉, 화면 내 부호화의 경우에는 대부분 블록화 현상이 강하게 나타나게 되어 이를 방지하기 위한 강한 필터링을 거치게 되지만 화면 간 부호화의 경우는 화면 내 부호화에 사용하는 필터보다 약한 필터링을 거치게 된다. 하지만, 실제 블록 경계에 원래 영상의 경계가 겹쳐 나타나는 경우에 필터링이 블록화 현상뿐만 아니라 원래 영상 경계에도 적용될 가능성이 있어 필터링의 세기를 조절하는 부가적인 과정을 거쳐 각 블록 경계에 적용한다.

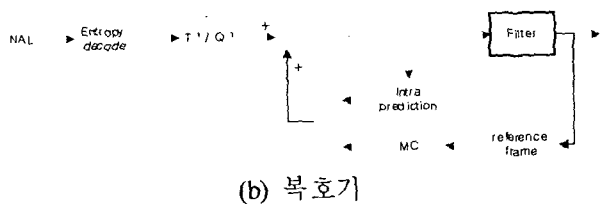
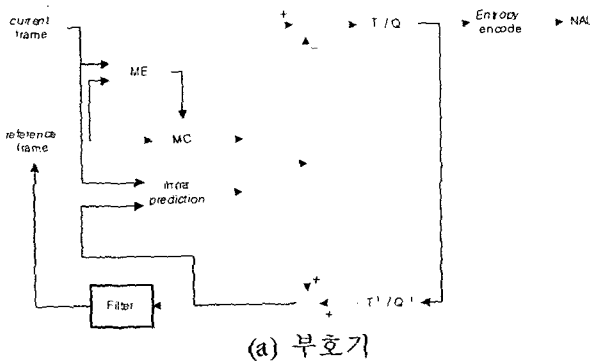
이 때 필터링이 적용 가능한 범위를 정한 경계값을 사용하는데 이 값은 경계 양쪽에 위치한 두 블록의 양자화 계수 및 부호화 과정에서 부호화

효율을 결정할 수 있도록 선택 가능한 편차값에 의존한다.

본 논문에서는 부호화 과정에서 영상의 특성에 따라 편차값을 선택함으로써 복원 영상의 화질을 개선시키는 알고리즘을 제안한다. 2 장에서는 H.264/MPEG-4 AVC 표준에 사용된 루프 필터를 살펴보고, 3 장에서는 블록 경계값의 특성을 분석함으로써 다음 영상 프레임에 적용하는 루프 필터의 편차값을 적응적으로 변화시키는 제안 알고리즘을 설명한다. 4 장에서는 제안 알고리즘을 실제 부호화 과정에 적용한 실험결과와 결론을 맺고자 한다.

2. H.264/MPEG-4 AVC 표준 및 루프 필터

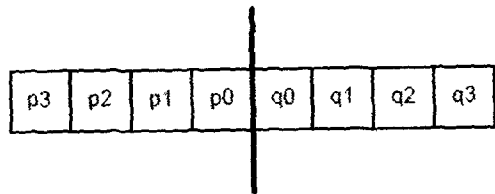
루프 필터는 블록화 현상을 줄이기 위해서 프레임의 경계를 제외한 모든 매크로블록에 적용된다. 그림 1 에서처럼 루프 필터는 부호화 및 복호화 과정에 역변환(Inverse Transform) 다음 과정에 모두 포함되어 있다[2]. 필터를 부호화 및 복호화 과정에 포함하면 블록 경계에 나타나는 블록화 현상을 줄여서 시각적으로 영상의 화질을 개선할 뿐만 아니라 필터를 적용한 블록을 다음 영상 프레임의 참조 영상으로 사용할 때 예측 부호화를 수행한 출력 영상의 오차를 줄여 비트 발생량을 줄여주는 장점을 가진다.



<그림 1> H.264/MPEG-4 AVC 부호/복호기 블록도

필터링은 매크로블록 내 모든 4x4 블록의 수평, 수직 경계에 모두 적용한다. 이 때 수직 방향의 블록 경계에 대한 필터를 적용한 결과를 이용해서 수평 방향의 블록 경계에 대해 다시 필터를 적용한다. 그림 2 는 필터 입력으로 사용하는 블록 경계 주변 화소의 위치를 나타낸다[1][2]. 각 필터의 결과는 블록 경계 양 방향의 세번째 화소까지 영향을 미친다. 필터 결과의 적용 범위는 양자화 계수 및 주변 블록의 부호화 모드에 따라 달라지게 된다.

슬라이스 헤더를 통해 전송되는 루프 필터의 두 개의 편차값 α , β 는 해당 슬라이스에 적용되는 필터의 특성을 결정한다. 두 편차값은 -6 ~ 6 의 범위를 가지며 블록 경계 주변의 화소의 차이가 주어진 편차값보다 작은 경우 필터를 적용하며 편차값보다 큰 경우는 필터를 적용하지 않는다. 이는 원래 영상의 경계를 필터링하지 않음으로써 원래 영상의 경계를 살리려는 데 목적이 있다.



<그림 2> 블록 경계 주변 화소

블록 경계마다 정해진 세기는 0 ~ 4 의 범위를 가지며 세기가 작을수록 일반적인 필터를, 세기가 클수록 강한 필터를 적용한다. 세기가 0 인 경우는 필터를 적용하지 않는다. 그림 3 은 H.264 부호화 및 복호화를 거친 결과로 각각 필터를 적용하지 않은 결과와 필터를 적용한 결과를 보인다. 그림에서 보듯이 필터를 적용함으로써 시각적으로 우수한 화질을 보여준다.



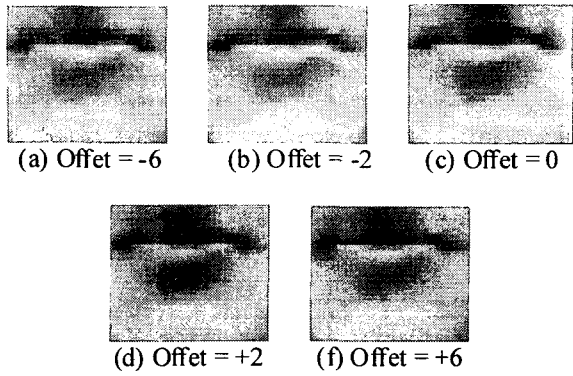
(a) 필터 적용 안함 (b) 필터 적용함

<그림 3> 루프 필터 적용에 따른 효과

3. 제안 알고리즘

슬라이스 헤더를 통해 전송되는 루프 필터의 편차값은 경계 주변 블록의 양자화 계수와 더불어 해당 슬라이스에 적용되는 필터의 특성을 결정한다. 편차값이 큰 음의 값을 가지는 경우 경계 오차가 상당히 작은 경우만 필터를 적용함으로써 대부분의 경계가 필터링을 거치지 않음으로써 블록화 현상이 두드러져 보인다. 반대로 큰 양의 값을 가지는 경우는 경계 오차가 상당히 큰 경우를 제외한 대부분의 경계가 필터링을 거침으로써 영상 프레임 전체가 뿌옇게 변하게 된다.

그림 4 는 양자화 계수를 33 으로 고정했을 때 필터의 편차값에 의한 복원 영상을 보인다. 그림에서 살펴볼 수 있듯이 필터의 편차값이 큰 음의 값을 가지는 경우 블록화 현상이 그대로 남아 있음을, 편차값이 큰 양의 값을 가지는 경우 과도한 필터링으로 영상이 뿌옇게 되었음을 확인할 수 있다.



<그림 4> 편차값에 의한 복원 영상

따라서, 필터의 편차값을 결정함에 있어서 최대한 원래 영상의 경계를 보호하면서 블록화 현상을 제거할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 블록 경계에 대한 특성값을 정의하고 이를 이용하여 다음 영상 프레임에 적용하는 루프 필터의 편차값을 적응적으로 변경하는 방법을 사용한다.

3-1. 블록 경계에 대한 특성값 결정

각 블록의 수평, 수직 경계에 대한 필터링의 적용 여부는 다음의 조건식으로 결정한다.

$$\text{Flag} = (\text{bs} \neq 0 \ \& \ \text{Abs}(p_0 - q_0) < \alpha \\ \& \ \text{Abs}(p_1 - p_0) < \beta \ \& \ \text{Abs}(q_1 - q_0) < \beta)$$

위 식에서 α 와 β 는 표에 의해서 결정되며 양자화 계수가 6 증가할 때마다 대략 2 배 증가한다. bs는 블록 경계의 세기를 나타내는데 bs = 4 인 경우와 bs <= 4 인 경우로 나뉜다. 이 때 각 필터링의 조건과 결과가 달라지는데 화소값의 차이와 β 값의 상관관계에 의해서 필터링의 세기가 달라진다. 즉, bs 가 4 인 경우는 매크로 블록의 경계이면서 화면 내 예측 모드로 부호화된 경계에 대해서는 블록화 현상이 가장 두드러져 보이므로 강한 필터를 적용한다. Bs 가 4 이하인 경우는 화소값의 변화 범위가 β 미만인 경우에 강한 필터를 적용하여 원래 영상의 경계를 보호하면서 블록화 현상을 제거한다. 제안한 알고리즘은 블록 경계 양쪽의 주변 화소를 이용하여 강한 필터링이 적용되는 경계의 숫자를 한계치의 중간 정도로 유지함으로써 원래 영상의 경계를 보존하면서 블록화 현상을 방지할 수 있게 된다. 제안 알고리즘의 적용 과정은 다음과 같다.

강한 필터가 적용되는 블록 경계 주변의 4 개 화소값을 이용하여,

1. 원래 영상의 화소값과 루프 필터를 적용하기 직전의 화소값의 차이를 구하고 절대값의 합을 구한다. 이는 디블로킹 필터에 의한 변화량을 계산한다.

$$\text{diff} = \sum w_k \times \text{abs}(p_i - p'_i)$$

위 식에서 w_k 는 블록 경계의 세기 bs 에 따라 적용되는 가중 인자이다.

2. 원래 영상 경계에 위치한 화소값의 평균을 구한 후 원래 영상의 화소값과 차이를 구하고 절대값의 합계를 구한다. 이는 원래 영상에 나타나는 경계에 따른 화소값의 편차를 나타낸다.

$$\text{diff}' = \sum \text{abs}(p_i - \frac{\sum p_j}{4})$$

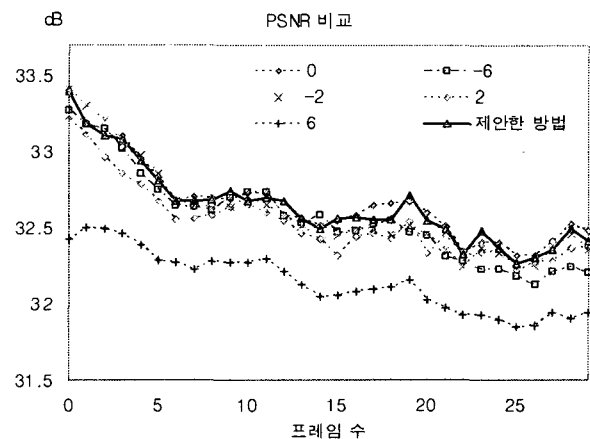
3. 1 과 2 에서 구한 수치의 비를 구하고 매크로 블록 내 모든 경계에 대해서 이 수치비의 합을 구하여 해당 영상 프레임의 특성값으로 정한다.

$$\text{sum of ratio} = \frac{\sum \text{diff} / \text{diff}'}{\text{sum of edge set}}$$

3-2. 필터 편차값 결정

영상의 첫 프레임에 대한 편차값은 0 으로 초기값을 설정한다. 첫번째 영상 프레임에 대한 루프 필터를 적용하고 가장 작은 특성값을 가진 필터의 편차값을 다음 영상 프레임에 적용한다. 영상 프레임의 특성값이 이전 영상 프레임의 편차값보다 큰 경우는 강한 필터링이 적용되었음을 알려준다. 따라서 이전 영상 프레임의 필터 편차값보다 작은 편차값을 적용함으로써 원래 영상의 경계를 보존할 수 있게 된다. 또한 영상 프레임의 특성값이 이전 영상 프레임의 편차값보다 작은 경우는 블록화 현상을 충분히 제거하지 못한다. 따라서 이 경우는 이전 영상 프레임에 적용하는 필터의 편차값보다 큰 값을 선택해 블록화 현상을 충분히 제거할 수 있다. 이 때 편차값의 증감 범위는 [-2, +2]로 제한한다.

4. 실험 결과



<그림 5> 제안 알고리즘 실험 결과

QCIF 크기의 Foreman 영상에 제안한 알고리즘을 적용하였다. 그림 5 는 Foreman 10Hz 영상에 대해서 필터의 편차값을 -6, -2, 0, 2, 6 으로 고정하여

부호화를 한 결과와 제안 알고리즘으로 부호화를 한 결과이다.

필터의 편차값을 영상 특성값에 적응적으로 적용한 경우 고정 편차값을 사용한 경우에 비해서 PSNR 비교에 있어서 비슷한 결과를 보였으나 그림 6에서 보는 것과 같이 주관적인 화질을 비교할 때 원래 영상의 경계를 보존하면서 블록화 현상을 충분히 제거하여 우수한 화질을 보여준다.



(a) 고정 편차값 -2 결과



(b) 제안 알고리즘 결과

<그림 6> 제안 알고리즘 실험 결과

5. 결론

블록 기반의 변환을 포함하는 H.264/MPEG-4 AVC 압축 표준은 이전의 영상 압축 표준과 마찬가지로 양자화 계수의 차이로 인한 블록화 현상을 보인다. 블록화 현상을 줄이기 위해서 부호/복호기에 동시에 적용되는 루프 필터를 채택하여 영상의 시각적 화질의 개선 및 압축 효율을 높이고자 하였다. H.264/MPEG-4 AVC에 채택된 루프 필터는 필터의 편차값을 압축 효율과 화질을 개선하기 위해서 부호기에서 선택 가능하다. 본 논문은 필터의 편차값을 결정함에 있어서 부호화하려는 영상 프레임의 특성값을 결정하고 이를 이용하여 편차값을 적응적으로 결정하였다. 그 결과 고정 편차값을 사용한 방식에 비해서 화질의 개선 및 전체 비트 발생량을 줄임으로써 압축 효율이 좋아짐을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 14496-10 AVC) May 2003

[2] H.264 / MPEG-4 Part 10 Tutorials
<http://www.vcodex.fsnet.co.uk/h264.html>

[3] P. List, A. Joch, J. Lainema, G. Bjontegaard, and M. Karczewicz, "Adaptive Deblocking Filter," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, no. 7, pp. 614-619, Jul. 2003.

[4] S.D. Kim, J. Yi, H.M. Kim, and J.B. Ra, "A deblocking filter with two separate modes in block-based video coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 9, pp. 156-160, Feb. 1999