

모바일 환경에서 고압축 비디오의 화질향상을 위한 후처리 기법

박형미⁰ 김민정 이정은
동국대학교 교육대학원
{airview73⁰, swu76}@hanmail.net

Post-processing technique for improving highly compressed video in mobile environments

Hyungmi Park⁰ Minjeong Kim Jeongeun Lee
Graduate School of Education, Dongguk University

요 약

본 논문은 MPEG-4 기반의 모바일 비디오 서비스 환경에서 발생하는 화질열화 현상의 하나인 블록킹 현상을 제거하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 전처리 과정과 3가지 모드의 디블록킹 필터 및 후처리 과정으로 구성되어 있으며 각 모드는 블록경계의 특성에 따라 적용된다. 모드 1은 블록경계의 양쪽 모두가 평탄한 경우에 해당하며 가장 강한 필터를 적용한다. 모드 2는 블록경계의 한쪽만 평탄한 경우이고 이때는 비대칭 필터를 적용한다. 모드 3은 블록경계를 중심으로 양쪽 모두 복잡한 경우이고, 이 경우에는 블록경계의 주파수 특성을 고려하여 화소값을 보정한다. 전처리 과정에서는 각 필터의 모드를 올바르게 선택하도록 블록 내부의 불필요한 신호를 제거하고, 후처리 과정에서는 대각선 에지와 블록의 모서리가 만나는 경우 발생하는 corner outlier를 제거하여 주관적 화질을 향상시킨다. 실험결과에서 제안한 방법이 PSNR 관점에서 후처리 과정을 거치지 않는 비디오의 경우와 비교하여 약 0.7dB, MPEG-4 디블록킹 결과와 비교하여 약 0.4dB 향상률을 보인다.

1. 서 론

최근 멀티미디어 기능이 강화된 모바일 서비스가 보편화 되면서 보다 고압축률의 비디오 부호화기가 필요하게 되었다. 이를 위하여 MPEG-4 와 같은 부호화 알고리즘을 적용하려는 시도가 이루어지고 있다. 그러나 이와 같은 블록 기반의 비디오 부호화기를 이용한 고압축 비디오는 블록단위의 변환과 양자화 과정으로 인해 블록킹 현상과 같은 화질 열화 현상이 발생하게 된다. 또한 프레임간 예측에 의해서 블록킹 현상이 다음 프레임으로 전파되는 특성을 가지고 있다. 이러한 블록킹 현상을 제거하기 위해서 블록경계에 저역통과 필터를 사용하는 방법[1,2]과 LOT[3], 웨이블릿 기반[4]과 같은 비블록 기반 부호화 방법들이 제안되어 왔다. 그러나, 현재까지는 복잡도, 호환성, 시장의 요구 등과 같은 문제로 인해 바로 사용되기 힘든 실정에 있어, 후처리 과정으로서의 디블록킹 필터의 중요성이 강조되고 있다.

MPEG-4 에서 양자화 파라미터가 클수록 블록킹 현상은 두드러지게 나타나게 되는데 그 이유는 양자화 파라미터가 클수록 블록내의 더 많은 고주파 정보를 잃기 때문이다. 블록경계에서 마치 에지가 존재하는 것처럼 보이는 블록킹 현상을 제거하는데 가장 중요한 점은 실제 에지와 블록킹 현상을 정확하게 구별해야 한다는 점이다. 그리고 영상을 손상시키지 않는 범위 내에서 효과적으로 필터링을 해야 한다. 이러한 특징을 고려하여

제안된 알고리즘에서는 3 개의 모드를 두어 효과적으로 블록킹 현상을 제거한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 제안하는 디블록킹 필터에 대해 기술하고, 3장에서는 제안한 알고리즘에 의한 실험결과를 보이고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안하는 후처리 기법

본 논문에서는 블록킹 현상을 효과적으로 제거하기 위해서 총 3 개의 필터링 모드를 제안한다. 각 모드는 블록경계의 특성에 따라 적용되며, 1 차원 필터를 가로 방향, 세로방향의 순으로 적용한다. 모드를 올바르게 선택하기 위해서 전처리 과정을 거치는데 이 과정에서는 링잉 현상(ringing effect)을 제거한다. 링잉 현상은 블록 내부에 원하지 않는 신호 성분을 만들어 모드 결정을 어렵게 하므로 저역통과 필터를 사용하여 이를 제거한다. 전처리 과정 후에는 8×8 블록의 경계를 따라 그림 1 과 같은 16 개의 화소에 대해 판별식에 의해 필터링 모드를 결정하게 된다. 모드가 결정된 후에는 각 모드에 따라 적절한 필터링 방법을 적용함으로써 블록킹 현상을 제거한다. 블록킹 현상을 제거한 후에도 주관적 화질열화의 원인이 되는 corner outlier 의 제거를 위하여 후처리 과정을 거치게 된다.

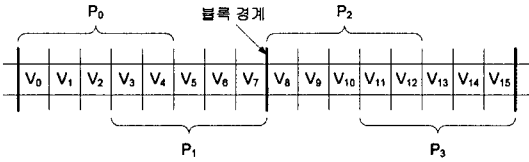


그림 1. 디블록킹 필터를 위한 화소의 정의

2.1 전처리 과정

블록 내부에 에지가 존재하는 경우, 링잉 현상은 블록 경계를 중심으로 화소의 평탄한 정도에 의해 필터링 모드를 판별하는데 있어 잘못된 결과를 초래할 수 있으므로 전처리 과정이 필요하다. 8×8 블록에 대해서 그 블록이 에지를 포함한다고 판단되면 경계확장에 의해 10×10 블록을 얻어 가로, 세로 방향으로 다음과 같은 저역통과 필터링을 적용한다.

$$D1 = \sum_{i=0}^9 \sum_{j=0}^9 \psi(x_{10+i,j} - x_{10,j}), \quad D2 = \sum_{i=0}^9 \sum_{j=0}^9 \psi(x_{10,i+j} - x_{10,i})$$

$$\psi(\Delta) = \begin{cases} 1, & \Delta \geq 2QP \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad x: 10 \times 10 \text{ 블록내의 픽셀}$$

$$\text{if}(D1 + D2 > 0) \{ \quad // 0 \leq i, j < 8$$

$$\quad \text{if}(x(i+1, j) - x(i+1, j+1) \leq QP \ \&\& \ x(i+1, j+1) - x(i+1, j+2) \leq QP) \{$$

$$\quad \quad v(i, j) = (x(i+1, j) + 2x(i+1, j+1) + x(i+1, j+2)) >> 2;$$

$$\quad \}$$

→ 세로방향에 대해서도 같은 방법으로 적용

2.2 모드 결정

영상의 훼손을 방지하면서 블럭킹 현상을 없애기 위해 다음의 함수에 의해 블럭경계 주위의 화소가 평탄한지를 판별한다.

$$F(P_k) = \sum_{j=0}^3 \Omega(v_{i+4k} - v_{i+4k+1}) \quad (1)$$

$$\Omega(\Delta) = \begin{cases} 1, & |\Delta| \leq T_1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

를 사용하여 P₁과 P₂가 평탄한지를 판별한다. T₁은 작은 값으로 고정되어 있고 F(P_k) > T₂이면 그 픽셀 영역은 평탄하다고 판단한다. 평탄하지 않는 영역에 대해서는 식 (2)에서 보는 바와 같이 Kim et al[5]이 제안한 방법인 DCT 계수를 이용한 블럭경계의 화소값을 보정하는 방법이 사용된다.

$$a_{k,k} = \frac{c_1 \cdot v_{2k+4} - c_2 \cdot v_{2k+5} + c_3 \cdot v_{2k+6} - c_4 \cdot v_{2k+7}}{c_1}, \quad 0 \leq k \leq 2 \quad (2)$$

마지막으로 P₁과 P₂ 중 최소값과 최대값의 차이인 diff를 정의하여 diff < 2QP 이면 블럭경계에서 발생한 에지성분

이 블럭킹 현상이며, 그 반대라면 실제 영상의 에지라고 판단을 하는 것이다. 모드 선택 과정을 정리하면 다음과 같다.

```

if(P1 = flat && P2 = flat && diff < 2·QP){
    Mode = Mode1
}
else if((P1 = flat || P2 = flat) && diff < 2·QP){
    Mode = Mode2
}
else if(a3,1 < QP){
    Mode = Mode3
}

```

이와 같이 모드를 나누어 블럭킹 현상을 제거하는 이유는 에지와 같은 실제 영상의 중요한 정보와 블럭킹 현상을 정확히 구별하여 필터링하기 위해서이다.

2.3 모드 1

모드 1은 P₁과 P₂가 모두 평탄하고 블럭경계에서 블럭킹 현상이 발생하는 영역에 대해서 적용한다. 블럭킹 현상이 평탄한 부분에 발생하기 때문에 인간의 시각에 매우 예민하게 보이는 부분이다. 경계에서 발생한 현상이 실제 에지가 아니라면 다음과 같은 9-탭 저역통과 필터를 이용하여 필터링한다. 강한 필터를 이용하기 때문에 영상의 중요한 부분에 대해서는 적용하지 않아야 한다.

$$v_n = \frac{1}{16} \sum_{k=0}^8 b_k \cdot A_{m+k-4}, \quad 4 \leq n \leq 11$$

if(P ₀ = flat){	if(P ₃ = flat){
A _n = v _n , 0 ≤ n ≤ 7	A _n = v _n , 8 ≤ n ≤ 15
}else	}else
A _n = { v ₄ , 0 ≤ n ≤ 3	A _n = { v ₄ , 8 ≤ n ≤ 11
v _n , 4 ≤ n ≤ 7	v _n , 12 ≤ n ≤ 15

$$\{b_k : 0 \leq k \leq 8\} = \{1, 1, 2, 2, 4, 2, 2, 1, 1\}$$

2.4 모드 2

P₁ 혹은 P₂ 중 하나가 평탄한 경우에 적용하며 복잡한 부분에 대해서는 실제 에지라고 판단하여 평탄한 부분에 대해서만 다음과 같은 저역통과 필터를 사용한다.

$$v_n = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^2 b_k \cdot A_{n+k-1}$$

$$\text{if}(P_1 = \text{flat} \ \&\& \ P_2 \neq \text{flat}) \{$$

$$\quad 4 \leq n \leq 8$$

$$\text{else if}(P_1 \neq \text{flat} \ \&\& \ P_2 = \text{flat}) \{$$

$$\quad 7 \leq n \leq 11$$

$$A_n = v_n, \quad 0 \leq n \leq 15$$

$$\{b_k : 0 \leq k \leq 2\} = \{1, 2, 1\}$$

2.5 모드 3

이 모드는 [5]에서 제안된 방법으로 P₁ 과 P₂ 가 모두 복잡한 영역일 경우에 다음과 같은 방법에 의해 필터링을 수행한다.

$$v_7 = v_7 - d,$$

$$v_4 = v_4 + d,$$

$$d = CLIP \left(\frac{c_2 \cdot (a_{3,1} - a_{3,1})}{c_3}, 0, \frac{(v_7 - v_4)}{2} \right),$$

$$a_{3,1} = \begin{cases} a_{3,1} \cdot \frac{MIN(|a_{3,0}|, |a_{3,1}|, |a_{3,2}|)}{|a_{3,1}|}, & |a_{3,1}| \neq 0 \\ 0, & |a_{3,1}| = 0 \end{cases}$$

2.6 후처리 과정

각 모드에 의해서 블록킹 현상이 제거되더라도 고압축 비디오의 경우 블록의 모서리와 영상의 대각선 에지가 만나는 부분에서 corner outlier 현상이 발생하게 된다. 본 논문의 후처리 과정은 이와 같은 화질열화를 없애기 위하여 제안되었고 2차원 비선형 필터를 사용한다.

블록 경계

B ₉	B ₈	B ₇	A ₇	A ₈	A ₉	블록 경계
B ₆	B ₅	B ₄	A ₄	A ₅	A ₆	
B ₃	B ₂	B ₁	A ₁	A ₂	A ₃	
C ₃	C ₂	C ₁	D ₁	D ₂	D ₃	
C ₆	C ₅	C ₄	D ₄	D ₅	D ₆	
C ₉	C ₈	C ₇	D ₇	D ₈	D ₉	

그림 2. Corner outlier 제거를 위한 화소의 정의

그림 2 와 같이 6×6 윈도우를 얻어 블록킹 현상이 일어나는지 아닌지를 판별한다. 블록 모서리 근처에 대각선 에지가 있고 corner outlier 가 존재한다고 판단이 되면 윈도우를 이용하여 다음과 같은 방법으로 저역통과 필터링을 적용한다.

$$\frac{1}{4} \left| \sum_{i=1}^4 x_i - \sum_{i=1}^4 y_i \right| \leq \lambda \cdot QP \quad (3)$$

여기서, λ는 2이다.

$$\sum_{i=2}^9 |x_i - x_1| \leq QP \quad (4)$$

식 (3)과 (4)에 의해 선택된 블록의 1, 2, 3, 4, 5, 7 픽셀에 3×3 크기의 저역통과 필터를 적용하여 필터링한다.

3. 실험 결과

실험을 위하여 MPEG-4 부호기를 사용하였다. 고정된 양자와 파라미터 (QP=17, 22)를 사용하였고 다섯개의 테스트 시퀀스를 사용하였다. [5]에서 사용한다로 c1, c2, c3 는 각각 2, 5, 8 로 고정하였고 T1 = 2, T2 = 3 으로 하였다.

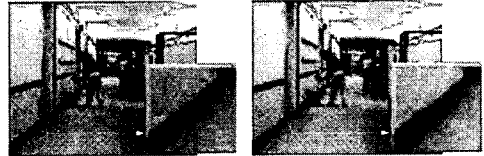
필터링 방향은 가로방향에서 세로방향 순으로 진행하였다. 그림 3 에 Hall Monitor 영상에 대한 실험 결과를 보이고 있다. 표 1 과 표 2 에 다양한 시퀀스에 대한 실험 결과를 정리하였다.

표 1. 제안된 알고리즘의 PSNR 평가 (QP=17)

	Y PSNR(dB)		
	No filtering	Kim et al. Method	Proposed algorithm
Hall monitor	30.27	30.48	30.69
Coastguard	28.50	28.48	28.55
News	29.89	29.98	30.28
Foreman	30.09	30.13	30.30
Mother & daughter	32.04	32.48	32.65

표 2. 제안된 알고리즘의 PSNR 평가 (QP=22)

	Y PSNR		
	No filtering	Kim et al. Method	Proposed algorithm
Hall monitor	28.84	29.09	29.25
Coastguard	27.36	27.36	27.40
News	28.46	28.60	28.79
Foreman	28.81	28.88	29.01
Mother & daughter	30.84	31.30	31.46



(a) MPEG-4 복호 영상 (b) 제안한 방법에 의한 영상
그림 3. Hall Monitor 영상에 대한 제안된 필터의 결과

4. 결론

제안된 알고리즘은 고압축 비디오에서 영상의 정보를 손상시키지 않으면서 블록킹 현상을 효과적으로 제거할 수 있다. 곱셈과 나눗셈 연산이 거의 없어 복잡도는 높지 않다. PSNR 이 0.4dB 에서 0.7dB 향상되었고, 주관적인 화질면에서도 우수한 성능을 보인다.

참고 문헌

[1] B. Ramamurthi, et al., "Nonlinear space-variant post processing of block coded image," *IEEE Trans. Acoust. Speech. Signal Process.*, vol. 34, no. 5, pp. 1258-1268, Oct. 1986.
 [2] T. Jarske, P. Haavisto, and I. Defe'e, "Post-filtering methods for reducing blocking artifacts from coded images," *IEEE Int. Conf. Consumer Electronics*, pp. 218-219, 1994.
 [3] H. S. Malvar and D. H. Staelin, "The LOT: Transform coding without blocking effect," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. 37, pp. 553-559, Apr. 1989.
 [4] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 205-220, Apr. 1992
 [5] S. D. Kim, et al., "A Deblocking Filter with Two Separate Modes in Block-Based Video Coding," *IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technol.*, vol. 9, no. 1, pp.156-160, Feb. 1999