

고압축 비디오의 화질향상을 위한 적응적 후처리 기법

速報論文

53D-8-10

An Adaptive Post-processing Method for Improving Quality of Highly Compressed Video

金鍾鎬* · 鄭濟昌**
(Jongho Kim · Jechang Jeong)

Abstract - In this paper, we propose an adaptive blocking artifact reduction algorithm using characteristics of the block boundaries. Blocking artifacts contain the high frequency components near the block boundaries, so the lowpass filtering can remove them. But a simple lowpass filtering results into blurring by remove important features such as edges. To overcome this problem, we determine the modes depending on the characteristics around boundaries then proper filter is applied to each area. Simulation results show that the proposed method improves deblocking performance compared to that of MPEG-4.

Key Words : Postprocessing, Deblocking filter, MPEG-4 video, Video coding

1. 서론

최근 멀티미디어 데이터의 압축방식으로 널리 쓰이는 H.263, H.264 및 MPEG-2/4와 같은 부호화기는 블록기반의 변환 및 양자화에 기반을 두고 있다[1,2]. 특히 저비트율의 비디오의 경우, 블록단위의 양자화로 인해 블록간의 경계가 뚜렷하게 보이는 블록킹 현상(blocking artifacts)이 발생하게 된다. 또한 하이브리드(hybrid) 구조의 부호화기는 화면간에 존재하는 중복성을 줄이기 위하여 움직임 예측 및 보상 기법을 사용하는데, 이로 인해 블록킹 현상이 다음 화면으로 전파되어 화질열화의 주요원인으로 작용하게 된다. 이러한 블록킹 현상을 줄이기 위하여 블록을 서로 겹쳐서 변환/양자화하는 LOT(Lapped Orthogonal Transform) 방법 및 움직임 예측/보상을 하는 OBMC (Overlapped Block Motion Compensation) 등의 방법이 제안되었다[3,4]. 그러나 알고리즘의 복잡도, 현존하는 부호화 구조와의 호환성 등의 문제로 인하여 시장에서 급속히 확산되기에는 어려운 실정에 있다. 특히, OBMC 기술은 H.263과 MPEG-4 표준에 채택되어 있으나 단독으로는 블록킹 현상을 제거하는데 한계가 있어 효과적인 처리를 위해서는 후처리 기술과 병행하여 사용해야 한다. 후처리를 수행함에 있어 영상의 특성을 반영한 처리방법이 더 효율적이거나, 성능 및 복잡도 관점에서 동영상에 바로 적용할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 영상의 블록경계 및 내부의 특성을 적응적으로 반영하여 모드를 구분하고, 이에 따라 블록킹 현상을 제거하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 모드 4를 제외하고 1차원 필터를

가로방향과 세로방향으로 각각 분리 적용하여 저 복잡도 특성을 가지도록 하여 동영상 복호기에 적용할 수 있다.

2. 제안하는 디블록킹 알고리즘

본 논문에서는 블록경계에서의 신호의 특성에 따라 4개의 모드로 구분하여 필터링을 수행한다. 전처리 과정을 거친 후 그림 1과 같이 총 16개의 픽셀을 얻어서 판별식에 따라 4개의 모드 중 하나를 결정하게 된다.

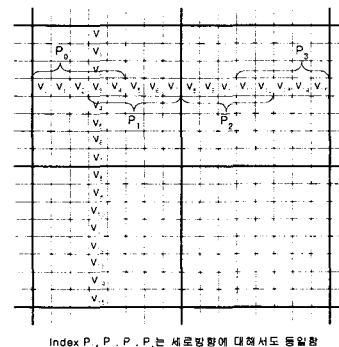


그림 1 제안한 방법에서 디블록킹 필터링을 위한 경계화소의 정의

Fig. 1 Definition of boundary pixel arrays for de-blocking filtering in proposed method

2.1 전처리 과정

고압축 비디오의 경우, 영상의 에지 근처에서 원영상에 없던 고주파 신호가 나타나는데, 이를 링잉현상(ringing effect)이라고 한다. 링잉현상은 모드를 결정할 때 영역의 특성을 잘못 반영하여 디블록킹 필터의 효율을 떨어뜨릴 수 있어 이

* 正 會 員 : 漢陽大 大學院 電子通信電波工學科 博士課程

** 正 會 員 : 漢陽大 工大 電子通信電波工學科 教授 · 1.博

接受日字 : 2004年 4月 7日

最終完了 : 2004年 6月 5日

를 방지하기 위한 전처리 과정을 거친다. 8×8 블록을 경계 확장하여 얻어진 10×10 블록의 각 픽셀 $x_{i,j}$ 에 대해서 식 (1)과 같이 각 방향의 고주파 성분인 D_1 과 D_2 를 정의한다.

$$D_1 = \sum_{i=0}^9 \sum_{j=0}^9 \Psi(x_{i,j+1} - x_{i,j}), D_2 = \sum_{i=0}^9 \sum_{j=0}^9 \Psi(x_{j+1,i} - x_{j,i}) \quad (1)$$

$$\text{where } \Psi(\Delta) = \begin{cases} 1, & \text{if } |\Delta| \geq 2QP \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 QP는 양자화 파라미터이다. 링잉현상만을 선택적으로 제거하기 위하여 식 (1)과 함께 식 (2)의 조건을 만족하는 픽셀에 대해서 식 (3)의 필터를 적용하고 8×8 블록의 픽셀 $v_{i,j}$ 를 얻는다.

$$\begin{aligned} &|x_{i+1,j} - x_{i+1,j+1}| \leq QP \\ &\&\& |x_{i+1,j+1} - x_{i+1,j+2}| \leq QP, \text{ for } 0 \leq i, j < 8 \end{aligned} \quad (2)$$

$$v_{i,j} = \frac{1}{4}(x_{i+1,j} + 2x_{i+1,j+1} + x_{i+1,j+2}), \text{ for } 0 \leq i, j < 8 \quad (3)$$

2.2 필터링 모드 결정

실제 에지와 블록킹 현상을 정확히 구별하여 각 특성에 적합한 필터를 적용하기 위하여 식 (4)에 따라 블록경계 영역인 P_1 과 P_2 가 평탄한 영역인지 아닌지를 판별한다.

$$F(P_k) = \begin{cases} \sum_{i=0}^3 \mathcal{Q}(v_{i+3k} - v_{i+3k+1}), & \text{for } k=0,1 \\ \sum_{i=0}^3 \mathcal{Q}(v_{i+3k+2} - v_{i+3k+3}), & \text{for } k=2,3 \end{cases} \quad (4)$$

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

여기서 k 는 그림 2에서 정의한 각 픽셀영역의 인덱스이고, T_1 은 픽셀 사이의 평탄한 정도를 나타내기 위한 문턱값이다. 식 (4)에 의해 $F(P_k) > T_2$ 이면, 그 영역은 평탄한 영역으로 판단한다. 또한 P_1 과 P_2 의 최소값과 최대값의 차이를 $diff$ 라 정의하여 $diff < 2QP$ 이면 블록경계에서 발생한 블록킹 현상이며, 그 반대이면 영상의 실제 에지로 판단한다.

2.3 모드 1

모드 1은 P_1 과 P_2 가 모두 평탄하고 블록경계에서 블록킹 현상이 발생하는 경우에 적용된다. 블록킹 현상이 평탄한 부분에 발생하기 때문에 인간의 시각에 매우 거슬리는 경우이므로 식 (5)의 9탭 저역통과 필터를 이용하여 제거한다. 탭수가 긴 강한 필터이므로 모드구분이 정확하지 않으면 번짐현상이 발생한다.

$$v_n' = \frac{1}{16} \sum_{k=0}^8 b_k \cdot A_{n+k-4}, \quad 4 \leq n \leq 11 \quad (5)$$

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

위에서 A_n 은 필터링의 대상이 되는 픽셀을 나타내고 P_0 과 P_3 의 평탄한 정도에 따라 표 1과 같이 주어진다.

표 1 모드 1에 대한 필터링 조건

Table 1 The filtering conditions in mode 1

조건	n 의 범위	A_n
P_0 와 P_3 가 모두 평탄한 경우	$0 \leq n \leq 15$	$A_n = v_n$
P_0 만 평탄한 경우	$0 \leq n \leq 11$	$A_n = v_n$
	$12 \leq n \leq 15$	$A_n = v_{11}$
P_3 만 평탄한 경우	$0 \leq n \leq 3$	$A_n = v_{11}$
	$4 \leq n \leq 15$	$A_n = v_n$
P_0 와 P_3 가 모두 평탄하지 않은 경우	$0 \leq n < 3$	$A_n = v_{11}$
	$4 \leq n \leq 11$	$A_n = v_n$
	$12 \leq n < 15$	$A_n = v_{11}$

2.4 모드 2

P_1 혹은 P_2 중 한 영역만 평탄한 경우에 적용하며 복잡한 영역은 실제 영상의 고주파 성분으로 판단하여 평탄한 영역에 대해서만 식 (6)의 필터링을 수행한다.

$$v_n' = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^2 b_k \cdot A_{n+k-1} \quad (6)$$

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

위에서 필터링의 대상이 되는 픽셀의 범위를 나타내는 인덱스 n 은 P_1 이 평탄한 영역이고 P_2 가 복잡한 영역이면 $4 \leq n \leq 8$, 그 반대이면 $7 \leq n \leq 11$ 의 범위를 갖는다.

2.5 모드 3

P_1 과 P_2 가 모두 복잡한 영역으로 판단될 경우에 적용하며, MPEG-4의 Default mode와 동일한 방법이다[5]. 두 영역 모두 실제 영상에 존재하는 고주파 성분으로 판단하여 식 (7)과 같이 블록경계 상의 두 픽셀 v_7, v_8 만을 보정한다.

$$v_7' = v_7 - d \quad (7)$$

$$v_8' = v_8 + d$$

$$\text{where } d = CLIP(5(a'_{3,1} - a_{3,1})/8, 0, (v_7 - v_8)/2)$$

$$\text{and } a_{3,1}' = \begin{cases} a_{3,1} \frac{\min(|a_{3,0}|, |a_{3,1}|, |a_{3,2}|)}{|a_{3,1}|}, & |a_{3,1}| \neq 0 \\ 0, & |a_{3,1}| = 0 \end{cases}$$

식 (7)에서 $CLIP(x, p, q)$ 는 x 가 p 와 q 사이의 값을 갖도록 하는 함수이다. 블록경계에서의 주파수 성분 $a_{3,0}, a_{3,1}$ 및 $a_{3,2}$ 는 근사화한 DCT 커널 $[2 \ -5 \ 5 \ -2]$ 를 이용하여 식 (8)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} a_{3,0} &= ([2 \ -5 \ 5 \ -2] \cdot [v_4 \ v_5 \ v_6 \ v_7]^T) / 8 \\ a_{3,1} &= ([2 \ -5 \ 5 \ -2] \cdot [v_6 \ v_7 \ v_8 \ v_9]^T) / 8 \\ a_{3,2} &= ([2 \ -5 \ 5 \ -2] \cdot [v_8 \ v_9 \ v_{10} \ v_{11}]^T) / 8 \end{aligned} \quad (8)$$

즉, 블록킹 현상에 가장 많이 연관된 성분은 블록경계에 걸쳐 있는 $a_{3,1}$ 이므로, 이 성분을 보정하여 블록킹 현상을 효과적으로 제거할 수 있다.

2.6 모드 4

모드 4는 영상의 대각선 에지와 블록의 모서리가 만나는 지점에서 두드러진 블록킹 현상을 제거하기 위한 모드로서, 2차원 윈도우를 이용하여 필터를 설계한다. 먼저 블록경계에서 픽셀 v_7 이 블록의 모서리에 해당하는 경우에 블록킹 현상이 일어났는지 여부를 판단하기 위해 그림 2와 같은 3×3 윈도우에 대하여 식 (9-1)과 (9-2)의 조건값 A, B를 정의한다.

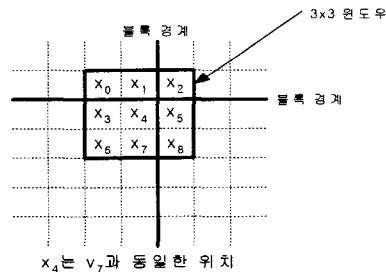


그림 2. v_7 에 대하여 모드 4를 적용하기 위한 2차원 윈도우
Fig. 2 A 2-D window for applying mode 4 to the pixel v_7

$$A = \sum_{k=0}^8 \Lambda(x_1 - x_k) \quad (9-1)$$

$$\text{where } \Lambda(\Delta) = \begin{cases} 1, & \Delta \geq 2QP \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$B = \sum_{k=0}^A \Psi(x_k - x_k) \quad (9-2)$$

where $\Psi(\Delta) = \begin{cases} 1, & \Delta=0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

즉, A가 클수록, B가 작을수록 윈도우 영역이 복잡하고 이에 따라 필터링 강도가 달라진다. 또한 식 (10)의 조건을 함께 고려하여 필터링을 수행한다.

$$av = \frac{1}{5} \left| \left(\sum_{k=3}^7 v_k \right) - \left(\sum_{k=8}^{12} v_k \right) \right| \quad (10)$$

필터링은 $av \geq 2QP$ 인 경우에만 수행하며, 실험에 의해 A=5, B=4일 때는 두 픽셀 v_6, v_7 을 보정하고, $A \geq 4$ (5는 제외), B=3일 때는 v_7 만을 보정한다(식 (11)). v_6 를 필터링하기 위해서는 v_6 의 위치를 윈도우의 x_4 에 일치시켜 적용한다.

$$(v_6 \text{ or } v_7) = \frac{1}{8} \left(\sum_{k=0}^8 x_k - x_4 \right) \quad (11)$$

3. 실험 및 결과

제안한 방법의 성능평가를 위하여 MPEG-4 검증모델 (Verification Model)에서 권고하고 있는 방법[6]을 기준 디블록킹 필터로 이용하였다. 각 테스트 시퀀스를 MPEG-4 방식으로 압축한 후 복호된 영상에 대하여 제안한 디블록킹 필터를 적용하여 PSNR을 측정하였고 그 결과를 표 2와 3에 보였다. 실험에서 T_1 과 T_2 는 비교를 용이하게 하기 위하여 MPEG-4에서와 같이 2와 6으로 각각 설정하였다.

표 2. 디블록킹 필터 수행 결과 (QP=17)

Table 2. Proposed de-blocking filtering results for QP=17

sequence	PSNR(dB)		
	No filtering	MPEG-4's method	Proposed method
Hall Monitor	30.27	30.48	30.69
Mother & Daughter	32.04	32.48	32.65
Foreman	30.09	30.13	30.30
News	29.89	29.98	30.28
Coastguard	28.50	28.48	28.55

표 3. 디블록킹 필터 수행 결과 (QP=22)

Table 3. Proposed de-blocking filtering results for QP=22

sequence	PSNR(dB)		
	No filtering	MPEG-4's method	Proposed method
Hall Monitor	28.84	29.09	29.25
Mother & Daughter	30.84	31.30	31.46
Foreman	28.81	28.88	29.02
News	28.46	28.60	28.79
Coastguard	27.36	27.40	27.52

표에서 보는 바와 같이 영상에 따라 평균 0.4~0.7dB의 화질 개선 효과가 있음을 알 수 있다. 평탄한 영역이 많은 영상일수록 압축시 양자화로 인한 고주파 성분의 손실이 적게 일어나고 따라서 강한 디블록킹 필터를 사용함으로써 화질개선 효과가 더욱 뚜렷하다. 본 논문에서는 또한, 영상의 대각선

에지와 블록의 모서리가 만나는 지점에서의 화질열화를 개선하는 알고리즘을 제안하였는데 영상 전체에 비해서 모드 4가 적용되는 영역이 적어 PSNR 수치로는 미미한 개선효과를 보이나 주관적 화질면에서는 상당히 개선된 성능을 보인다. 그림 3은 Hall Monitor 영상에 대해 제안된 필터를 적용한 결과이다.

4. 결론

본 논문에서는 블록경계에서의 픽셀영역의 평탄한 정도에 따른 적응적 디블록킹 필터의 설계 및 적용방법을 제안했다. 이는 단순한 저역통과 필터링에 의한 번짐현상과 같은 화질 열화를 방지하고 효과적으로 블로킹 현상을 제거한다. 또한 대각선 에지와 블록경계가 만나는 곳에서의 두드러진 블로킹 현상을 감소시켜 주관적 화질을 향상시키는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 디블록킹 기법은 영상에 따라 평균 0.7dB까지 화질개선 효과를 보이면서도 곱셈과 나눗셈 연산이 없어 복잡도가 거의 늘지 않아 실시간 응용에 적합하다.

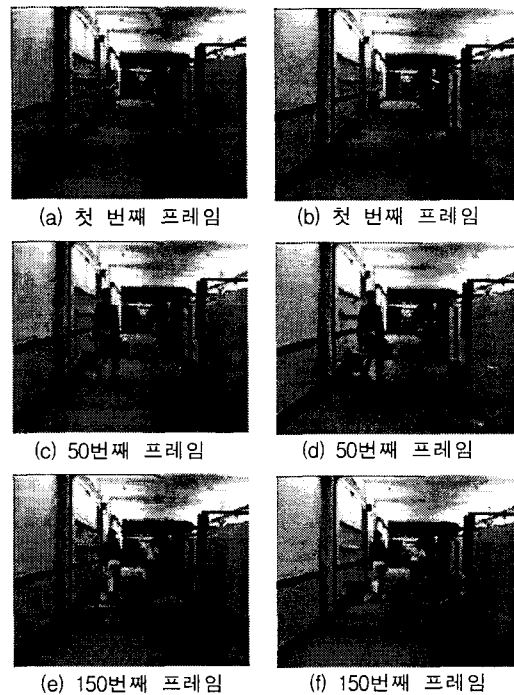


그림 3. Hall Monitor 영상에 대한 디블록킹 수행 결과. (a), (c), (e)는 블로킹 현상이 일어난 프레임. (b), (d), (f)는 제안한 디블록킹 필터링 결과

Fig. 3 The de-blocking results for Hall Monitor sequence. (a), (c) and (e) are the frames with artifacts. (b), (d) and (f) are proposed de-blocking results

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-11627-0)지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] M. Ghanbari, Standard Codec: Image Compression to Advance Video Coding, IEE, 2003.
- [2] I. Ricahardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression, Wiley, 2003.
- [3] H. Malvar and D. Staelin, "The LOT: Transform coding without blocking effect," *IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Proc.*, vol. 37, pp. 553-559, Apr. 1989.
- [4] M. Orchard and G. Sullivan, "Overlapped block motion compensation: An estimation-theoretic approach," *IEEE Trans. Image Proc.*, vol. 3, pp. 693-699, Sep. 1994.
- [5] S. Kim, J. Yi, H. Kim and J. Ra, "A deblocking filter with two separate modes in block-based video coding," *IEEE Trans. Circuits and Syst. for Video Tech.*, vol. 9, pp. 156-160, Feb. 1999.
- [6] ISO/IEC "MPEG-4 video verification model v.18," N3908, Jan, 2001.