

論文98-35S-2-10

블럭 기반으로 압축된 동영상에 대한 블럭화 현상 제거 기법

(A Deblocking Filter for Block-Based Compressed Video Sequences)

金成得*, 李在淵*, 羅鍾範*

(Sung Deuk Kim, Jaeyoun Yi, and Jong Beom Ra)

요 약

일반적인 블럭 기반의 동영상 부호화기는 매우 낮은 전송률하에서 블럭화 현상을 유발한다. 본 논문은 이러한 동영상 부호화기에서 실시간으로 블럭화 현상을 제거하는데 적합한 후처리 알고리즘을 제안한다. 제안하는 기법은 두 가지 모드를 가지는 일차원 필터링 방법을 블럭 경계를 따라 수평 및 수직 방향으로 적용하며, 적절한 모드의 선택으로 사람의 시각 특성 및 동영상의 특성을 충분히 이용한다. 이렇게 함으로써 매우 평탄한 영역에서는 강한 평탄화 필터링이 수행되고 그 밖의 영역에서는 블럭 경계 영역의 주파수 특성을 이용해 매우 섬세한 필터링이 수행되어서 세밀한 영상 성분들을 효과적으로 보존해준다. 모의 실험은 제안된 블럭화 제거 방식이 효과적으로 영상의 주관적 화질 및 객관적 화질을 향상시키는 것을 보여준다.

Abstract

Conventional block-based video coders induce annoying blocking artifacts in very low bitrate coding. We propose a deblocking filter which is appropriate for real time operation in a conventional video decoder. The proposed algorithm uses one dimensional filtering across block boundaries horizontally and vertically with two separate filtering modes. The mode decision is quite simple but is fully based on the characteristics of human visual system and video sequences. In flat regions, a strong smoothing filter is applied; and in the other regions, a more sophisticated smoothing filter, which is based on the frequency information around block boundaries, is used to reduce blocking artifacts without introducing undesired blur. Even though the proposed deblocking filter is quite simple, simulation results show that it improves both subjective and objective image quality for various image features.

I. 서 론

최근 들어 라디오 채널, 공중 전화망, 전자 우편을 위한 컴퓨터 망과 같은 낮은 전송률 채널에서의 동영상 전송에 대한 요구가 증폭되고 있다. 하지만 블럭

기반의 DCT(discrete cosine transform), ME(motion estimation), MC(motion compensation)를 이용하는 전통적인 동영상 압축 기법은 이러한 초저전송률 환경에서 만족할 만한 화질을 제공하지 못하고 있다. 특히 잘 알려진 블럭화 현상은 블럭 기반의 동영상 압축기의 취약점 중의 하나로 주목되어 왔으며, 이와 같은 화질 저하 현상을 극복하기 위한 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이러한 연구들의 대표적인 예로서 LOT(lapped orthogonal transform)과 WT(wavelet transform)와 같이 새로운 texture부호화

* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科

(Dept. of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology)

接受日字: 1997年9月19日, 수정완료일: 1998年1月12日

방식을 도입함으로써 시각적 화질향상을 피한 방법들이 있다^[1,2]. 이런 방법들은 블럭화 현상을 효과적으로 없앴으나 동영상에 대한 압축효율측면에서는 전통적인 방식을 대치할 만큼의 충분한 성능향상은 가져오지 못했다. 최근 들어 warping 예측 및 OBMC (overlapped block motion compensation)과 같은 새로운 예측방식으로 블럭화 현상을 제거하고자 하는 기법들이 제안되었다^[3,4]. 이러한 방법들에서는 부호화 루프에서의 정교한 예측 및 평탄화를 통해 블럭화 현상을 제거함과 아울러 블럭화 현상의 전파효과를 효과적으로 방지한다. 그래서 OBMC기법은 근래의 초저전송률하에서의 동영상 압축방식에 대한 표준방식중의 하나인 H.263에 채택되었다^[5]. 그러나 예측오차 정보가 움직임 정보를 뒤따라 전송되는 일반적인 동영상 압축기에서는 OBMC만으로는 블럭화 현상을 완전히 제거할 수 없고 보다 나은 화질개선을 위한 후처리 기법이 요구된다. 후처리기법이 비록 국제표준화의 한 부분은 아니나 영상의 주관적 화질을 향상시키는데 중요한 역할을 담당하므로 이에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔다.

이제까지 많은 후처리 기법들은 주로 정지영상을 대상으로 했다. 하지만 동영상에서의 블럭화 제거 기법은 정지영상의 경우와는 달리 고려되어야 할 사항들이 있다. 최근 잘 알려진 후처리 기법으로 POCS (projection on convex set)에 기반을 둔 iteration 방법들이 있다^[6,7]. 하지만 이러한 iteration 특성은 높은 계산량으로 인해 실시간 동영상 응용에서는 심각한 장애 요인이 된다. Iteration 방법 외에는 edge정보를 이용한 평탄화 기법이 쉽게 적용될 수 있다^[8]. 하지만 edge를 찾는 일은 영상의 특성에 매우 민감히 반응한다. 동영상의 경우 영상의 특성은 시간에 따라 심하게 변화하므로 정밀한 edge의 검출을 위해서는 영상 특성에 대한 높은 적응성이 요구된다. 이외에 Wavelet 변환을 이용하여 edge정보를 얻고 블럭화 현상을 제거하는 방법^[9]이 있으나 계산 시간 측면에서 바람직하지 못하다.

또 하나 주목할 사항은 동영상 압축에서 발생하는 블럭화 현상의 위치이다. 정지영상에서의 블럭화 현상은 항상 블럭 경계 영역에 나타난다. 하지만 동영상의 경우는 이전 프레임의 블럭화 현상이 현재 프레임으로 전파되므로 해당되는 블럭화 현상의 위치가 블럭 경계 영역을 벗어날 수 있다.

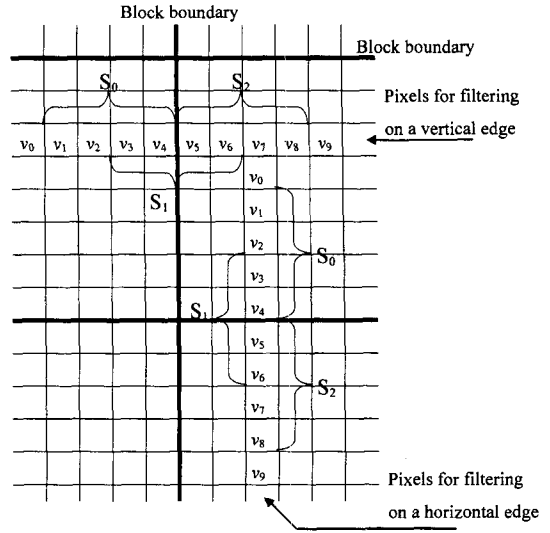


그림 1. 8 x 8 블럭 경계
Fig. 1. 8 x 8 block boundaries.

본 논문에서는 동영상 압축에서 발생하는 블럭화 현상을 제거하기 위한 후처리 기법을 제안한다. 제안하는 필터링 방식은 동영상에 대한 실시간 응용에 적합하도록 일차원 필터 구조를 취한다. 또한 영상 특성에 대해 특징적인 두 가지 모드가 사용됨으로써 다양한 영상 특성에 대해 견실한 블럭화 제거를 수행한다. 모드 선택부는 비록 간결한 구조를 택하지만 사람의 시각 특성과 동영상의 특성을 충분히 이용하기 위해 블럭 경계의 주변 값들을 고려해 서로 다른 특성을 지닌 필터링이 적용되도록 한다. 이때 사용되는 측정자는 동영상 압축에서의 특성을 고려해 블럭화 현상의 위치에 무관한 구조를 취한다. 또한 블럭 경계 영역이 매우 평탄한 영역에서는 강한 평탄화 필터링을 수행하고 그 외의 영역에서는 블럭 경계 주변의 주파수 정보를 이용하는 정교한 필터링을 수행한다.

2장에서는 제안하는 블럭화 제거기법을 자세히 설명하고 3장에서는 제안된 방식이 블럭기반의 동영상압축기에 적용되었을 때의 모의실험결과를 보인다. 모의실험을 통해 볼때 제안한 후처리 기법은 효과적으로 블럭화 현상을 제거하고 영상의 주관적화질 및 객관적화질을 개선시키는 것을 볼 수 있다. 4장에서 결론을 맺는다.

II. 본 론

그림 1은 전형적인 8 x 8 블럭 경계를 보여준다.

그림 2는 블럭 경계의 일차원 화소열에 대해 제안하는 필터링 기법의 전체 구조를 보여준다. 여기에는 모드 선택부, 평면 격차 모드에 대한 필터링, 그리고 기본 모드에 대한 필터링의 기본적인 3가지 기능 블럭들이 있다. 각 기능 블럭들은 다음과 같다.

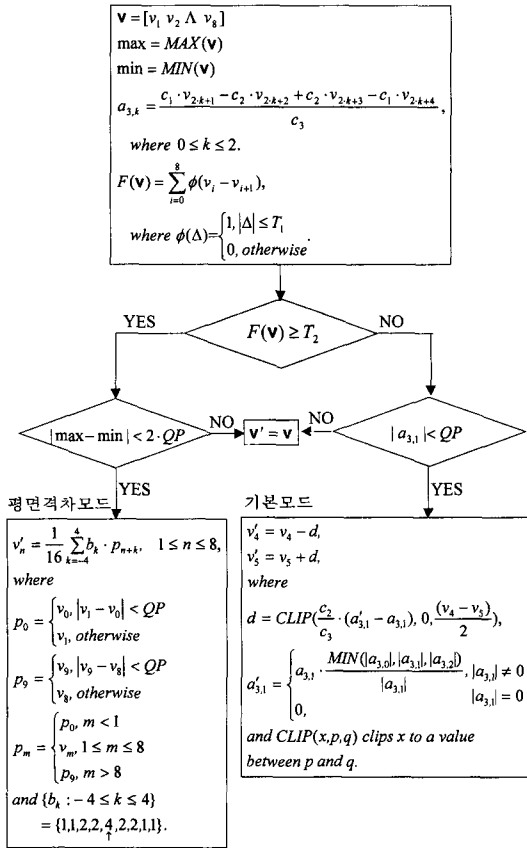


그림 2. 제안된 블럭화 제거 기법
Fig. 2. Proposed deblocking scheme.

1. 모드선택부

블럭화 현상을 없애기 위해서는 일반적으로 평탄화 필터가 사용되지만 동영상에서의 후처리 필터가 갖추어야 할 사항은 크게 두 가지 영역특성에 따라 다른 양상으로 나타난다 (표 1). 이는 블럭화 현상에 대한 사람의 시각특성과 아울러 동영상 부호화의 특성에 기인한다. 사람의 시각특성은 복잡한 영역의 화질저하보다 평탄한 영역의 화질저하에 더욱 민감히 반응한다^[10]. 따라서 평탄한 영역에서의 블럭화 현상은 강한 평탄화를 요구하는 반면 복잡한 영역에서는 영상의 세밀함을 손상시키지 않는 정교한 적응적 필터링이 강하게 요구된다. 또한, 동영상 부호화기에서 생기는

부호화 루프는 이전 프레임의 블럭화 현상이 현재 프레임으로 전파되어 오는 특성을 가진다. 이 경우 전파되어 오는 블럭화 현상은 움직임 보상에 의해 예측되므로 블럭경계가 아닌 지점에 이전 프레임의 블럭화 현상이 위치할 수 있다. 이러한 현상은 복잡한 영역에 비해 단순한 영역에서 심하게 나타난다. 따라서 단순한 영역에서의 블럭화 현상의 제거를 위해서는 블럭의 내부까지 포함한 필터링이 요구된다.

표 1. 두 가지 영역에 대해 각각 요구되는 필터특성

Table 1. Smoothing filter characteristics required for two regions, respectively.

Smoothing 필터의 특성	평탄한 영역	복잡한 영역	비고
필터링 정도	강함	약함	사람의 시각특성은 평탄한 영역위의 화질저하에 더욱 민감히 반응함.
필터링 범위	넓음	좁음	전파되는 블럭화 현상은 평탄한 영역위에서 눈에 띄게 나타남.
블럭내부의 평탄화	필요	불필요	
정확도	낮음	높음	복잡한 영역에서의 평탄화 작업은 영상의 세밀함을 손상시킬 위험성이 큼.
적용성	필요치 않음	필요	

따라서 제안하는 방식의 모드 선택부는 다음의 평탄도를 이용해 평탄한 영역에서는 강한 평탄화를 주는 필터를 적용하고 복잡한 영역에서는 보다 정교한 필터를 적용한다.

$$F(\mathbf{v}) = \sum_{i=0}^8 \phi(v_i - v_{i+1}),$$

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

여기서 $F(\mathbf{v})$ 는 \mathbf{v} 가 매우 평탄한 평면들을 가질수록 큰 값을 가진다. 두 평탄한 평면이 서로 작은 격차를 가지고 맞붙어 있을 때 눈에 거슬리는 블럭화 현상이 생기며, $F(\mathbf{v})$ 는 큰 값을 가지게 된다. 구해진 $F(\mathbf{v})$ 가 경계치 T_2 보다 큰 값을 가지면 평면 격차 모드가 선택되고 그 외의 경우 기본 모드가 선택된다. 이러한 평탄도 측정치는 인접 픽셀과의 차를 이용함으로써 블럭화 현상의 위치에 상관 없이 된다. 따라서 주어진 측정치는 동영상 압축에서 평탄 영역 위에 나타나는 눈에 띄는 블럭화 영역을 구별해 내는데 적합하다.

2. 평면격차모드

평면격차모드에서는 두 개의 평면이 작은 격차로 맞 붙어 있는 모양으로 블럭화 현상을 본다. 블럭화 현상 으로 인해 발생하는 불연속점의 격차는 크지 않다는 점과 그 격차는 양자화 변수에 깊이 연관된다는 가정 하에서 필터링에 앞서 그림 2와 같이 v의 최대값과 최소값의 비교를 통해 실제 영상에 내재한 edge들이 보호된다. 조건이 만족될 경우 더하기와 쉬프트 연산 만으로 수행되는 9탭 평탄화 필터가 적용된다. 사용된 9탭 평탄화 필터의 주파수 응답 및 블럭화 현상제거 효과를 주파수 영역에서 살펴보기 위해 간단한 블럭화 모델을 가정한다.

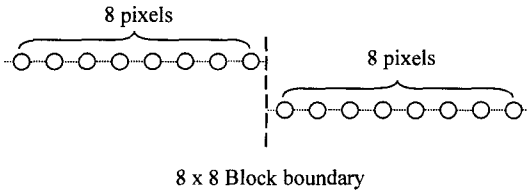


그림 3. 평면격차모드에서의 블럭화 현상 모델
Fig. 3. Blocking artifact model for DC offset mode filtering.

일반적인 블럭크기는 8 x 8이므로 평면격차모드에서 다루는 블럭화 현상을 주기 16을 가지는 $x(n) = [1111111100000000]$ 으로 보자 (그림 3). 이때 $x(n)$ 은 Fourier series에 의해 다음과 같이 전개된다.

$$x(n) = \sum_{k=0}^{15} r_k \exp(j \frac{2\pi}{16} kn)$$

여기서

$$r_k = \frac{1}{16} \sum_{n=0}^{15} x(n) \exp(-j \frac{2\pi}{16} kn).$$

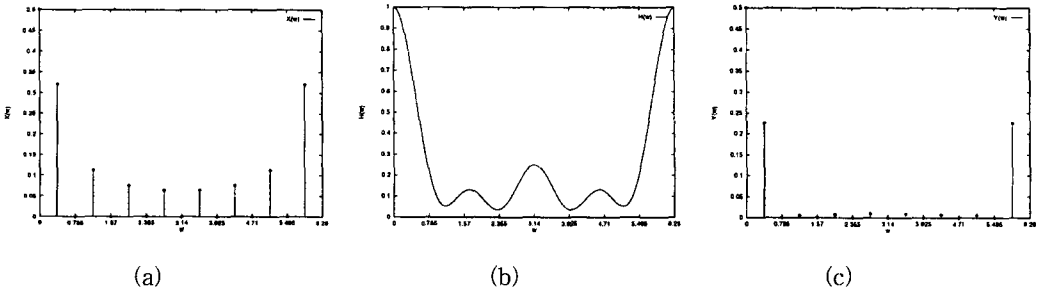


그림 4. 평면격차모드 필터의 주파수 응답; (a)의 주파수 응답; (b)의 주파수 응답; (c)의 주파수 응답

Fig. 4. Frequency response of DC offset mode filtering; (a) frequency response of ; (b) frequency response of ; (c) frequency response of.

한편 사용된 9탭 평탄화 필터의 주파수 응답을 살펴 보면,

$$\begin{aligned} H(w) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n) \exp(-jwn) \\ &= h(0) + \sum_{n=1}^4 h(n) (\exp(-jwn) + \exp(jwn)) \\ &= h(0) + 2 \sum_{n=1}^4 h(n) \cos(wn) \\ &= \frac{1}{16} (4 + 4 \cos(w) + 4 \cos(2w) + 2 \cos(3w) + 2 \cos(4w)) \end{aligned}$$

로 나타난다. 따라서 필터링된 신호 $y(n)$ 은 $x(n)$ 과 $h(n)$ 의 linear convolution으로 부터

$$\begin{aligned} y(n) &= x(n) \otimes h(n) \\ &= \sum_{k=0}^{15} r_k H(\frac{2\pi}{16}k) \exp(j \frac{2\pi}{16} kn) \end{aligned}$$

과 같이 구해진다.

그림 4는 $x(n)$, $h(n)$, $y(n)$ 에 대한 주파수 특성을 보여준다. 필터된 결과를 볼 때 DC성분과 첫번째 harmonic성분을 제외한 대부분 고주파 성분이 제거되는 것을 볼 수 있다. 즉, 평면격차모드에서는 사람의 눈에 가장 민감한 평탄영역에서의 블럭화 현상을 제거 하기에 충분한 평탄화효과를 준다.

3. 기본모드

평면 격차 모드로 선택되는 영역과 비교할 때 기본 모드는 다소 복잡한 영역에 적용된다. 이러한 영역에서 요구되는 필터는 실제 edge를 잘 보호하면서 정밀 하게 블럭 경계의 불연속성을 없애주어야 한다. 평면 격차 모드에의 edge보호와 유사하게 기본 모드에서는 먼저 $a_{3,1}$ 의 절대치를 양자화 변수 값과 비교함으로써 실제 edge를 보호한다. 또한 기본 모드에서의 평탄화 는 블럭 경계값인 u_4 과 u_5 로 제한한다.

기본 모드에서의 필터링은 블럭 경계의 주파수 정보를 이용하여 평탄화 강도를 제어한다. 즉 주변 영역이 많은 고주파 성분을 가지는 경우 매우 약하게 평탄화를 행하는 반면, 주변 영역의 고주파 성분이 거의 없을 경우에는 강한 평탄화를 수행한다. 이러한 필터링은 S_1 의 고주파 성분 크기를 S_0, S_1, S_2 의 고주파 성분의 크기를 고려해 적절히 줄여줌으로서 수행할 수 있다 (그림 1).

그림 2에서 $a_{3,k}$ 는 S_k 의 최고 고주파 성분을 나타내고 c_1, c_2, c_3 는 4점에 대한 최고 고주파 성분을 위한 DCT 커널 상수를 나타낸다. $a_{3,1}$ 에 해당하는 기저 벡터는 블럭 경계를 기준으로 비대칭(anti-symmetric)이므로 DCT 기저 벡터의 관점에서 블럭화 현상은 $a_{3,1}$ 의 크기 성분과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다 (그림 5).

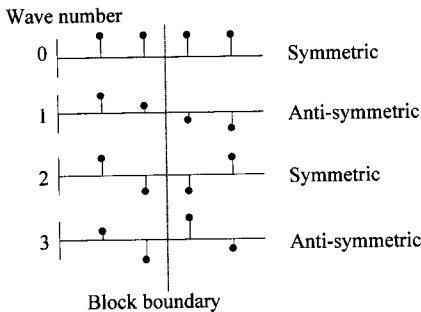


그림 5. 4점에 대한 DCT 기저 벡터들
Fig. 5. DCT basis vectors for 4 points.

$a_{3,1}$ 의 절대치를 낮추기 위한 scaling factor로 0과 1사이의 값을 가지는 $\text{MIN}(|a_{3,0}|, |a_{3,1}|, |a_{3,2}|)/|a_{3,1}|$ 를 사용한다. 이 scaling factor는 영역이 평탄할수록 0으로 근접하고 복잡한 영역일수록 1로 근접한다. 이러한 제어방식은 인접 영역의 특성을 고려하면서 블럭 경계의 불연속성을 제거하는데 효과적이다. $a_{3,1}$ 의 절대치를 감소시킴으로 인한 v_4 와 v_5 의 영향은 4점에 대한 IDCT (inverse DCT)를 수행하지 않고 쉽게 구해진다. S_1 에 해당되는 4점에 대한 DCT 및 IDCT 과정을 행렬형태로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} a_{0,1} \\ a_{1,1} \\ a_{2,1} \\ a_{3,1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_0 & k_0 & k_0 & k_0 \\ k_1 & k_3 & -k_3 & -k_1 \\ k_2 & -k_2 & -k_2 & k_2 \\ k_3 & -k_1 & k_1 & -k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_0 & k_1 & k_2 & k_3 \\ k_0 & k_3 & -k_2 & -k_1 \\ k_0 & -k_3 & -k_2 & k_1 \\ k_0 & -k_1 & k_2 & -k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{0,1} \\ a_{1,1} \\ a_{2,1} \\ a_{3,1} \end{bmatrix}$$

여기서

$$\begin{aligned} k_0 &= 0.5, \\ k_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{\pi}{8} = 0.6533, \\ k_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{\pi}{4} = 0.5, \\ k_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \frac{3\pi}{8} = 0.2706. \end{aligned}$$

주파수 영역의 값인 $a_{3,1}$ 의 변화를 $a_{3,1} + \epsilon$ 으로 표현하면 IDCT과정은

$$\begin{bmatrix} k_0 & k_1 & k_2 & k_3 \\ k_0 & k_3 & -k_2 & -k_1 \\ k_0 & -k_3 & -k_2 & k_1 \\ k_0 & -k_1 & k_2 & -k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{0,1} \\ a_{1,1} \\ a_{2,1} \\ a_{3,1} + \epsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_3 \\ -k_1 \\ k_1 \\ -k_3 \end{bmatrix} \epsilon$$

와 같이 된다. 여기서 ϵ 은 $a_{3,1}$ 와 부호가 반대이고 크기는 $|a_{3,1}|$ 보다 작거나 같다. 그리고 부동소수형 kernel 상수인 k_1 과 k_3 는 정수형 연산을 위해 각각 c_2/c_3 및 c_1/c_3 로 근사화 된다. 따라서 $a_{3,1}$ 의 $a_{3,1} + \epsilon$ 로의 변화는 v_4 의 $v_4 - k_1 \epsilon$ 로의 변화를 v_5 의 $v_5 + k_1 \epsilon$ 로의 변화를 의미하고 그림 2와 같이 간략한 구조로 필터링이 수행된다. 뒤따르는 clipping 과정은 블럭 경계의 기울기의 방향은 바꾸지 않으면서 그 기울기의 절대값을 감소하도록 보장해 준다. 따라서 필터링 후의 v_4' 와 v_5' 는 0과 255사이의 값이 된다.

III. 실험 결과 및 고찰

모의 실험은 초저전송률 DCT기반 동영상 압축기 중의 하나로서 현재 표준화가 진행 중인 MPEG-4 video VM 5.0를 이용해 수행하였다^[11]. 8 x 8 ME와 OBMC가 사용되는 advanced prediction 모드를 적용하였고 고정된 양자화 변수를 전 프레임에 사용하였다. 움직임 추정 범위는 -16.0에서 +15.5이다. 각 영상은 300프레임으로 10초 분량의 동영상이다. DCT 커널에 해당하는 상수 c_1, c_2, c_3 는 각각 2, 5, 8로 근사화하였다. 따라서 단지 정수 곱셈과 쉬프트 연산이 필터링 과정에 추가적으로 필요하다. 임계치 T_1 과 T_2 의 값으로는 각각 2와 6을 사용하였다. T_1 이 0에 가까울수록, T_2 이 9에 가까울수록 평면적차모드로 선택

되는 부분이 줄어들어서 결과적으로 강한 필터링 효과가 점차 사라진다. 제안된 블럭화 제거 필터는 먼저 수평 블럭 경계에 대해 적용된 후 수직 블럭 경계에 대해 적용된다.

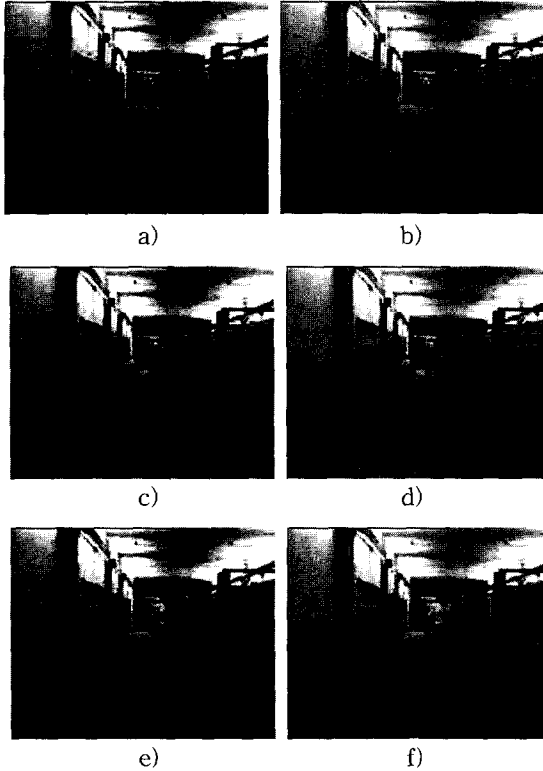


그림 6. Hall monitor 영상에 대한 블럭화 제거결과, QCIF, 10kbps, 7.5Hz; (a),(c),(e) 는 각각 0 번째, 120번째, 240번째 복원영상; (b),(d),(f) 는 각각 (a),(c),(e)에 대해 제안된 블럭화 제거 기법이 적용된 결과영상

Fig. 6. Deblocking results for Hall monitor sequence, QCIF, 10kbps, 7.5Hz; (a),(c), and (e) are 0th, 120th, and 240th reconstructed images, respectively; (b),(d),and (f) are deblocking results for (a), (c), and (e), respectively.

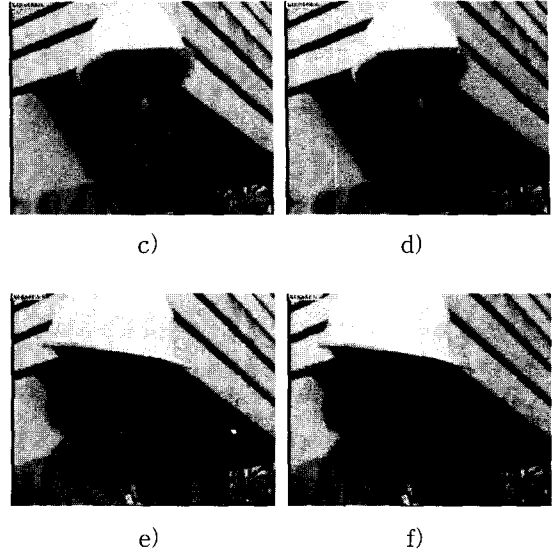
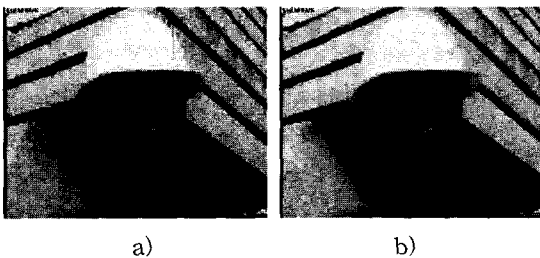


그림 7. Foreman영상에 대한 블럭화 제거결과, CIF, 112kbps, 15Hz; (a),(c),(e) 는 각각 0번째, 80 번째, 160번째 복원영상; (b),(d),(f) 는 각각 (a),(c),(e)에 대해 제안된 블럭화 제거 기법이 적용된 결과영상

Fig. 7. Deblocking results for Foreman sequence, CIF, 112kbps, 15Hz; (a),(c), and (e) are 0th, 80th, and 160th reconstructed images, respectively; (b),(d),and (f) are deblocking results for (a), (c), and (e), respectively.

표 2. 블럭화 제거 기법에 따른 PSNR결과
Table 2. Results of the proposed deblocking filter in terms of PSNR.

Condition	Sequence	PSNR_Y [dB]	
		VM	Filtered
10Kbps QCIF 7.5Hz	Hall monitor	30.04	30.37
	Container ship	29.21	29.43
	Mother & daughter	32.32	32.48
24Kbps QCIF 10Hz	Hall monitor	33.85	34.21
	Container ship	32.36	32.54
	Mother & daughter	35.20	35.37
48Kbps QCIF 10Hz	Foreman	30.91	31.06
	Coast guard	29.01	29.09
	Silent voice	34.30	34.49
112Kbps CIF 7.5Hz	Mews	31.20	31.40
	Mother & daughter	36.06	36.18
	Hall monitor	33.59	34.02
112Kbps CIF 15Hz	News	34.00	34.26
	Foreman	28.25	28.35
	Coast guard	26.36	26.42
1Mbps SIF, 30Hz	Stefan	29.00	29.12
	Mobile & Calendar	26.25	26.29

그림 6과 그림 7은 *Hall monitor*와 *Foreman* 영상에 대한 블럭화 제거 결과를 보여준다. 결과에서 볼 때 비록 OBMC기법이 동영상 부호화에 사용되었지만 저전송률 하에서의 블럭화 현상은 여전히 눈에 띈다. 또한 블럭화 현상의 위치가 이동되는 현상은 특히 평탄한 영역에서 많이 나타난다. 이 때 제안된 필터링을 적용하면 시각적으로 블럭화 현상을 효과적으로 제거함을 볼 수 있다. 눈에 심하게 거슬리는 평탄한 영역의 블럭화 현상은 평면적차모드의 필터링에 의해 충분히 제거되고 보다 복잡한 영역은 기본모드의 적응적 필터링으로 인해 블럭 경계 영역의 세밀한 부분을 잘 보존하면서 블럭화 현상을 제거한다. PSNR측면에서도 *Hall monitor*의 경우 0.43dB까지 향상되는 것을 볼 수 있다 (표 2). 다양한 영상에 대한 시각적 화질 및 PSNR의 향상은 제안된 필터가 영상의 특성에 대해 견실히 반응함을 보여준다.

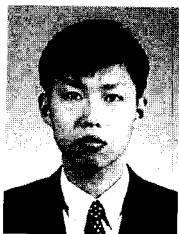
IV. 결 론

본 논문에서는 일차원 필터링 구조를 취하는 블럭화 제거 기법을 제안하였다. 두 가지 모드로 영상의 특성에 견실히 반응하는 제안된 필터링 방식은 영상의 세밀함을 보존하면서 효과적으로 블럭화 효과를 제거한다. 구조의 단순함을 고려할 때 제안된 블럭화 제거 기법은 저전송률 동영상압축에서의 실시간 블럭화 현상 제거에 적합하다.

참 고 문 헌

- [1] H. S. Malvar and D. H. Staelin, The LOT: transform coding without blocking effect, *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. 37, no. 4, pp. 553-559, 1989.
- [2] J. M. Shapiro, Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients, *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [3] Y. Nakaya and H. Harashima, Motion compensation based on spatial transformations, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 339-356, June 1994.
- [4] M. T. Orchard and G. J. Sullivan, Overlapped Block Motion Compensation: An Estimation-Theoretic Approach, *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 693-699, Sep. 1994.
- [5] ITU-T Recommendation H.263, Video coding for low bitrate communication, Draft, May 1996.
- [6] R. Rosenholtz and A. Zakhori, Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform image coding, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 91-95, Mar. 1992.
- [7] T. P. O'Rourke and R. L. Stevenson, Improved image decompression for reduced transform coding artifacts, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 37, no. 6, pp. 490-499, Dec. 1995.
- [8] H. C. Kim and H. W. Park, Signal adaptive postprocessing for blocking effects reduction in JPEG image, *Proc. Int. Conf. on Image Processing*, vol. 2, pp. 41-44, Lausanne, Switzerland, Sep. 1996.
- [9] Z. Xiong, M. T. Orchard, and Y. Q. Zhang, A deblocking algorithm for JPEG compressed images using overcomplete wavelet representations, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 433-437, Apr. 1997.
- [10] S. A. Karunasekera and N. G. Kingsbury, A distortion measure for blocking artifacts in images based on human visual sensitivity, *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, no. 6, pp. 713-724, June 1995.
- [11] MPEG-4 video verification model V.5.0, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11/N1469, Nov. 1996.

저 자 소 개



金 成 得(正會員)

1994년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1996년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1996년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정. 주관심분야는 디지털

신호처리, 영상처리, 영상시스템



李 在 淵(正會員)

1996년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학사). 1996년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사과정. 주관심분야는 디지털 신호처리, 영상분할 및 해석



羅 鍾 範(正會員)

1975년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1977년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1983년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사). 1987년 7월 ~ 현재

한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수. 주관심분야는 디지털 영상 처리, 비디오 신호처리, 3차원 시각화