

# 적응적 비선형 필터를 이용한 효율적인 블록 현상 제거 기술

김 윤, 정 재 한, 고 성 제

고려대학교 전자공학과

전화 : 02-3290-3789 / 핸드폰 : 019-299-3539

## Computationally Efficient Post-processing for HDTV

Yoon Kim, Jae-Han Jung, Sung-Jea Ko

Dept. of Electronics Engineering, Korea University, Seoul, Korea

E-mail : yooni@dali.korea.ac.kr

### Abstract

This paper presents a computationally efficient post-processing algorithm for HDTV. The proposed algorithm can reduce both blocking artifacts and mosquito noise while preserving the sharpness and naturalness of the reconstructed video signal. Performance improvements compared with other techniques are obtained according to simulation results.

### I. 서론

현재까지 수많은 동영상 압축 표준안이 제시되었으며 각각 다른 응용 분야와 전송율을 가지고 있다. 화상 통신을 위한 H.261, 디지털 비디오에서 사용되기 위한 MPEG-1이 있으며 화상압축을 필요로 하는 모든 분야에 쓰일 수 있도록 유연성을 가진 MPEG-2는 이미 HDTV 표준안에서 응용되고 있다.

동영상은 시간적, 공간적으로 많은 중복성을 갖는다. 따라서 이 중복성의 제거를 이용해 데이터를 효과적으로 압축할 수가 있다.

시간적 중복성 제거를 위해서 움직임 추정(motion estimation)을 통해 움직임 벡터와 차분 영상으로 압축하고, 공간 중복성 제거를 위해서는 블록 변환과 양자화를 하게 된다. 높은 압축률에서 압축된 영상은 부호화

결점(coding artifact)을 보이게 되는데 이의 대표적 결점이 블록 현상(blocking artifacts)이다.

블록 현상이란, 기존의 압축 전송 방법인 H.261, MPEG-1, MPEG-2가 사각형의 블록을 기반으로 하여 DCT(Discrete Cosine Transform)변환을 하고 양자화 과정을 거쳐 압축을 하기 때문에 인코더에서 압축·전송된 영상을 복원했을 때 이웃 블록간에 모자이크 모양의 불연속성이 생기는 것이다.

블록 현상을 제거하기 위한 방법으로 저 대역 통과 필터링을 사용하지만, 이는 블록 현상을 효과적으로 제거할 수 있으나 에지(edge)부분에서 블러링(blurring)현상이 생기는 것을 막을 수가 없다는 단점이 있다. 따라서 블록 현상을 효과적으로 제거하면서 에지를 보존하기 위한 여러 가지 방법들이 제안되고 있다. 대표적인 방법은 영상에서 에지의 방향과 같은 방향으로 필터링을 하는 것이다[1]. 이 방법은 에지와 같은 방향으로 필터링을 하기 때문에 에지에서의 블러링 현상은 방지하면서 효과적으로 블록 현상을 제거할 수 있다.

이외에도 Wavelet을 이용한 블록 현상 제거, POCS 개념을 이용한 것[2] 등 여러 가지가 있으나 이들은 계산이 복잡하고 구현이 어렵다는 단점을 가지고 있어서 실시간으로 처리해야하는 동영상에 적용할 때 적합하지 않다.

본 논문에서 제안하고 있는 것은 블록 현상이 있는 전체 영상에 대해서 적응적 비선형 필터를 써서 블록 현상을 제거하고 블러링 현상도 막는 것이다. 보통의 필터링의 경우는 블록 현상을 효과적으로 제거하는 반면, 블러링이 일어나므로 에지를 고려한 적응적 비선형 필터를 쓸 경우 부가적으로 생기는 단점을 막을 수 있다.

## II 블록 현상 제거 기술

### 2.1 The measure of blocking effects

블록 현상을 제거하기 위해서 우선 블록 현상이 있는 블록 가장자리의 왼쪽, 오른쪽, 위, 아래 각각의 인접 픽셀간의 블록 현상이 어느 정도 있는가를 측정한다. 여기서는 블록 현상이 존재하는 정도(the measure of blocking effects)를 아래에 나와 있는 수식 (1)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned}
 B_l(i, j) &= \frac{1}{N} \sum_{j'=1}^N \left| \frac{X(N_i+1, N_j+\rho) - X(N_i, N_j+\rho)}{X(N_i+1, N_j+\rho) + X(N_i, N_j+\rho)} \right|, \\
 B_r(i, j) &= \frac{1}{N} \sum_{j'=1}^N \left| \frac{X(N_{(i+1)}, N_j+\rho) - X(N_{(i+1)}, N_j+\rho)}{X(N_{(i+1)}, N_j+\rho) + X(N_{(i+1)}, N_j+\rho)} \right|, \\
 B_t(i, j) &= \frac{1}{N} \sum_{j'=1}^N \left| \frac{X(N_i+\rho, N_j+1) - X(N_i+\rho, N_j)}{X(N_i+\rho, N_j+1) + X(N_i+\rho, N_j)} \right|, \\
 B_b(i, j) &= \frac{1}{N} \sum_{j'=1}^N \left| \frac{X(N_i+\rho, N_{(j+1)+1}) - X(N_i+\rho, N_{(j+1)})}{X(N_i+\rho, N_{(j+1)+1}) + X(N_i+\rho, N_{(j+1)})} \right|
 \end{aligned} \tag{1}$$

수식 (1)에서  $B_l(i, j)$ ,  $B_r(i, j)$ ,  $B_t(i, j)$ 와  $B_b(i, j)$ 는  $(i, j)$ 번째  $N \times N$  블록의 왼쪽, 오른쪽, 위, 아래 각각 블록의 가장자리 위치에서 블록 현상이 존재하는 정도이고,  $X(x, y)$ 는 영상의  $(x, y)$ 위치에서 픽셀 값을 나타낸다.

블록 현상이 존재하는 정도는 블록의 가장자리를 추적 하면서 위의 네 곳으로 구분되어진 위치에 따라 블록의 안쪽 픽셀과 바깥쪽 픽셀 값의 차이를 이용해서 구한다. 네 곳으로 구분을 하는 이유는 블록 현상이 있는 가장자리에서 각기 네 방향으로 필터링을 하기 위함이다.

그림 1은  $(i, j)$ 번째  $N \times N$  블록에 대해서 블록의 가장자리에서 안·밖으로 위치한 픽셀을 나타낸 것이다.

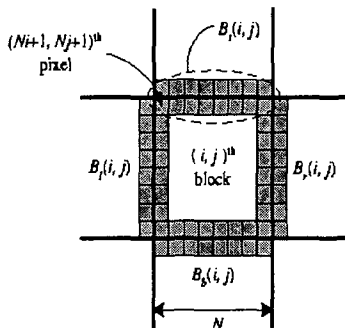


그림 1.  $(i, j)$ 번째 블록에서의 The measure of blocking effects

### 2.2 적응적 비선형 필터

5×5 가우시안형 필터를 통해 나오는 출력  $Y(x, y)$ 를 식 (2)와 같이 정의하자.

$$Y(x, y) = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m w_{xy}(k, l) X(k, l)}{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m w_{xy}(k, l)} \tag{2}$$

여기서  $w_{xy}(k, l)$ 는 적응적 필터의 가중치이고, 식 (3)에서와 같이 두 가지 함수의 곱에 의해서 정해진다.

$$\begin{aligned}
 w_{xy}(k, l) &= t_{xy}(k, l) \times d_{xy}(k, l), \\
 t_{xy}(k, l) &= \begin{cases} 1, & \text{if } |X(k, l) - X(x, y)| < T_1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \\
 X(k, l) &: \text{윈도우에서 } (k, l) \text{ 위치의 픽셀} \\
 d_{xy}(k, l) &: \text{Gaussian-like function}
 \end{aligned} \tag{3}$$

함수  $t_{xy}(k, l)$ 는 윈도우의 중앙 픽셀 값과 윈도우 내의 임의의 픽셀 값과의 차이를 문턱값( $T_1$ )과 비교하여 1 또는 0을 주는 것이다. 여기서, 그림 2에서처럼 블록 내에 두 부분의 픽셀 값으로 나누어져 에지가 있는 것을 생각해 보자.

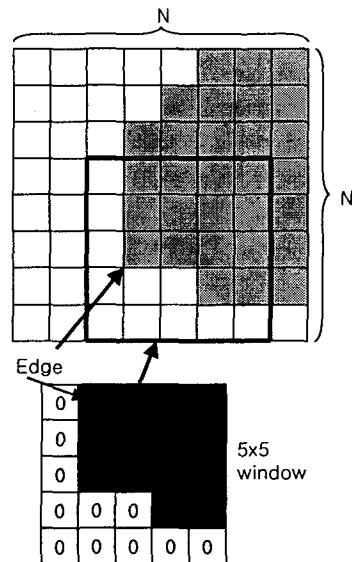


그림 2. 에지에서의  $t_{xy}(k, l)$  함수

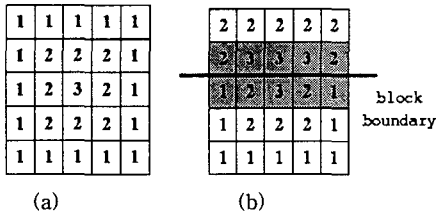
그림 2에서 5×5 윈도우를 써서 블록에서 필터링을 할 때 두 부분으로 나누어져 있으므로, 출력 위치의 픽

## 적응적 비선형 필터를 이용한 효율적인 블록 현상 제거 기술

셀은 어느 한 부분에 속하게 된다. 이때, 그림에서 보듯이 출력 위치의 픽셀이 블록에서 어두운 부분에 속하게 되면, 비슷한 픽셀 값을 갖는 부분에는 함수 값이 1이 되고 다른 부분에는 0의 값이 함수  $t_{xy}(k, l)$ 에 주어진다.

함수  $t_{xy}(k, l)$ 에 의해서 0인 부분은 필터링에서 제외되고 1로 주어진 부분으로 필터링을 하게 되면 필터를 통해 나오는 출력 값은 그림 2에서 어두운 부분의 픽셀 값에서 크게 변하지 않을 것이다. 이런 식으로 필터링을 하면 에지가 블러링되는 것을 막을 수 있다.

함수  $d_{xy}(k, l)$ 는 윈도우의 중앙 픽셀로부터 떨어진 거리에 따라 계수가 정해진 것이다.



(a) :  $d_{xy}(k, l)$ 에 따른 선형적 윈도우  
 (b) :  $d_{xy}(k, l)$ 에 따른 비선형적 윈도우

그림 3. 5×5 가우시안형 윈도우의 예

즉,  $d_{xy}(k, l)$ 은 가우시안형으로서 중앙으로부터 멀어질수록 필터 계수가 작아지는 그림 3의 (a)모양을 가지는 선형적 윈도우가 된다. 그런데, 윈도우가 블록의 가장자리에서 필터링 할 때 식(1)에서 구한 각각의 블록 현상이 존재하는 정도가 문턱값( $T_2$ )과 비교하여 크다면 블록 현상이 있다고 판단하고, 비선형 윈도우를 적용한다(그림 3(b)). 다시 말하면, 블록의 가장자리에서 필터링이 될 때, 블록 현상이 있다면 가장자리에서 안·팍으로 구분된 두 픽셀 값의 차이가 크게된다. 따라서 윈도우의 가중치를 블록의 가장자리를 기준으로 출력 픽셀이 위치한 반대편에 주게된다.

이상의 두 가지 함수  $t_{xy}(k, l)$ 와  $d_{xy}(k, l)$ 의 곱에 의해서 적응적 비선형 윈도우 가중치  $w_{xy}(k, l)$ 가 정해진다. 이 윈도우로 필터링을 함으로써 블록의 내부에서는 선형적 윈도우가 적용되고 블록의 가장자리에서는 블록 현상이 존재하는 정도에 따라 선형적 또는 비선형적 윈도우가 적용되어 에지를 보존하고 블록 현상을 제거하는 좋은 효과를 가질 수 있다.

### III 결론

본 논문에서는 블록의 가장자리에서 생기는 블록 현상을 제거하며 에지가 블러링 되는 것을 막기 위해서 적응적 비선형 필터를 사용했다.

기존의 필터링 방법은 블록 현상의 제거에는 효과적이거나 에지가 블러링 된다는 단점이 있다. 그러나 저대역

필터링에 적응적 가중치를 적용 시킨다면 블록 현상의 제거와 에지에서 블러링을 막을 수 있는 장점이 있다.

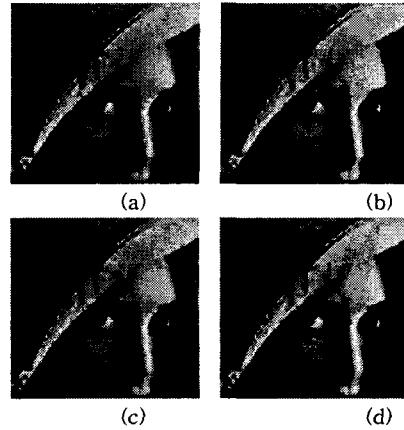


그림 4. "Lena" image에 대한 각 알고리즘에 대한 비교 (a) MPEG-2 decompressed image at 0.2 bpp. (b) Ramamurthi's algorithm (c) John's algorithm (d) The proposed method

그림 4의 (a)는 0.2 bit/pixel (bpp)의 복호화된 "Lena" 영상이고, (b)는 Ramamurthi's algorithm-[1], (c)는 John's algorithm[3], (d)는 제안된 알고리즘으로서 각각 복호화 후 후처리에 의한 결과를 비교한 것이다.

(d)의 후처리 후 영상을 보면 에지에서 블러링 현상이 많이 없어졌으며 블록의 가장자리에서 생기는 블록 현상도 대부분 제거가 된 것을 볼 수 있다.

PSNR에 있어서도 표 1이 나타내는 바와 같이 제안된 알고리즘에 의해서 각각 후처리한 영상과 비교해 약 0.1 ~ 0.2 정도 향상됨을 알 수 있다.

표 1. PSNR for the different de-blocking methods

	Flower garden	Lena	Table tennis
MPEG	19.99	30.12	24.19
Ramamurthi's algorithm	18.67	28.85	23.93
John's algorithm	19.00	28.39	24.45
Proposed	20.00	30.98	25.35

## Reference

- [1] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear space-variant postprocessing of block coded images," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. 34, pp. 1258-1268, Oct. 1986.
- [2] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Projection-based spatially adaptive reconstruction of block transform compressed images," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 5, pp. 298-304, Aug. 1995.
- [3] John G. Apostolopoulos and Nikil S. Jayant, "Postprocessing for very low bit-rate video compression," *IEEE Trans. on Image Processing.*, vol. 8, pp. 1125-1129, Aug. 1999.