

블럭 현상을 줄이기 위한 다양한 기법

김대희, 호요성
 광주과학기술원 정보통신공학과
 광주광역시 광산구 쌍암동 572 번지
 dhkim@cvex.kjist.ac.kr

Various Techniques for Blocking Effect Reduction

Dae-Hee Kim and Yo-Sung Ho
 Dept. of Information & Communications, K-JIST
 572 Ssang-am Dong Kwang-san Gu, Kwang-ju, Korea

ABSTRACT

In transform coding, an image is segmented into small blocks that are processed independently through unitary transform and quantization operations. Blocking effects occur along block boundaries due to independent processing of each block. In order to reduce blocking effects, various methods have been developed. In this paper, we study various techniques for blocking effect reduction and compare their performances using software simulation.

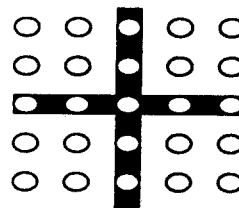
1. 서론

일반적인 영상 부호화 방법에서는 원래의 입력 영상을 작은 크기의 블럭으로 나누고 각 블럭을 독립적으로 처리한다. 송신기에서는 각 블럭을 Unitary Transform 을 이용하여 변환하고, 그 계수들을 양자화하여 전송된다. 수신기에서는 역양자화를 수행하여 변환 계수를 복원하고, 그 변환 계수를 역변환하여 원래의 데이터와 비슷한 블럭을 재생한다. 이때 각 블럭은 독립적으로 처리되므로 블럭의 경계 부분에서 불연속성이 생겨 재생 화질을 현저하게 저하시킨다. 이러한 경우를 블럭 현상(Blocking Effect)이라 하며, 이는 H.263 에서와 같은 낮은 비트율을 갖는 영상일수록 심하게 나타난다.

본 논문에서는 이러한 블럭 현상을 감소시키거나 제거하는 방법으로 기존에 연구되어온 여러 가지 방법들을 구체적으로 살펴보고, 이들을 구현하여 서로의 장단점을 비교 분석하고자 한다. 이렇게 서로 다른 부호화 알고리즘의 방법을 비교하기 위해서는 각각의 부호화 방법에 있어서 비트율을 줄이는 방법에 있어서 동일한 기술을 적용하여야 하며, 본 논문에서는 각각의 부호화 방법에서 생성된 변환 계수의 분산에 기초한 비트 할당표를 산출하여 압축 알고리즘을 구현하였다.

2. 블럭 중복 방법 (Overlap Method)

블럭 현상은 블럭의 영역이 서로 중복되는 부분이 없이 배타적으로 설정되어 독립적으로 처리되기 때문에 발생한다. 이를 제거하기 위해서 각 블럭들을 <그림 1>처럼 중복시켜 처리하는 방법이 제안되었다.



<그림 1> One Pixel Overlap method

이 방법에서는 중복된 영역을 가지는 각 블럭이 독립적으로 부호화되고, 복호기는 이 영역의 값을 평균하여 처리한다. <그림 1>에서는 한 화소에 대해서만 중복시켜서 블럭 현상을 제거하려 하였으나, 더 많은 화소를 중복시켜도 된다. 그러나 이 방법에서는 중복된 영역의 신호가 반복해서 전송되므로 전송 효율이 감소할 수 있다.

3. 후처리 방법 (Post-Filtering Method)

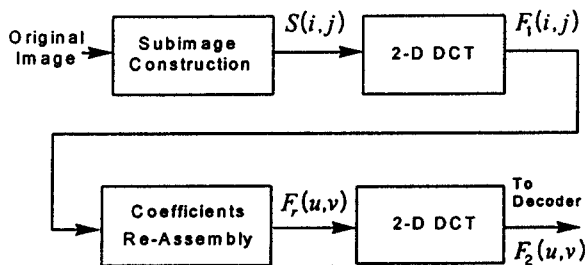
후처리 방법은 영상의 블럭 현상을 제거하면서 비트율의 증가를 피하는 방법으로, 블럭 중복 방법의 결정적인 약점을 보완하는 것이다. 이 방법에서는 복호기에서 복원된 영상에 필터를 적용하여 블럭간의 경계 현상을 제거한다. 즉, 블럭 간의 경계에서의 불연속이 고주파 성분을 갖고 있다고 간주하고, 여기에 저대역 필터(LPF)를 블럭의 경계를 따라서 적용하는 것이다. 이 방법은 실시간으로 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다.

후처리 방법에는 다양한 저대역 필터를 사용할 수 있지만, 원래 영상의 윤곽선(Edge) 정보가 손상되

는 문제가 발생한다. 이러한 문제는 Gaussian LPF를 사용하면 덜 심각하게 나타난다[1]. 후처리 방법을 사용하면 윤곽선이 손상되므로 부가적으로 High Emphasis Filter를 적용할 수 있으나, 이때 잡음이 부가될 우려가 있으므로 유의하여야 한다.

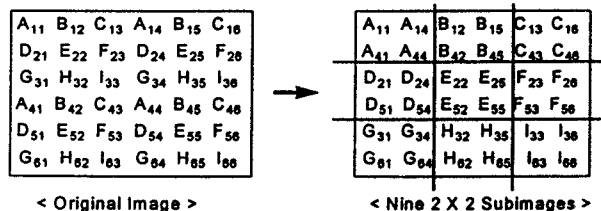
4. 이단계(Two-Stage) 변환 부호화 방법

이단계 변환 부호화 방법은 영상을 쪼개서 처리하는 방법으로 두 번에 걸친 변환을 이용하여 영상을 부호화한다[2]. <그림 2>는 이단계 변환 부호화 방법의 동작을 나타내었다.



<그림 2> 두단계 변환 부호화

이 그림에서 원래의 입력 영상을 나누어 생기는 블록 $S(i, j)$ 는 <그림 3>과 같이 부표본화(Subsampling)된 화소들을 모아 블록으로 설정한다.

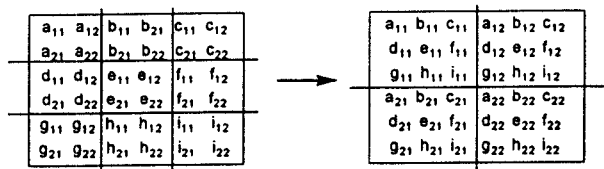


<그림 3> 블록 형성

이와 같이 부표본화된 블록을 그대로 사용한다면 화소간의 상관도가 감소하여 부호화 효율이 떨어진다. 그러므로 상관도의 감소에 따르는 부호화 비트수의 증가를 막기 위해서 부가적인 처리를 수행하여야 한다. 이를 위해 첫번째 변환에서 생긴 변환 계수를 재배열하여 두번째 단계의 변환을 수행한다. 변환 계수의 재배열은 첫번째 변환에서 생성된 계수를 <그림 4>에 보인 것처럼 동일한 주파수 성분을 갖는 계수들끼리 다시 모으는 것이다. 이렇게 만들어진 이단계 변환 계수의 상관도는 일반적인 일단계 변환 계수의 상관도와 비슷하다.

<그림 4>와 같이 재배열한 후 두번째 변환을 적용하여 압축 부호화하고, 이것으로부터 복원된 영상은 블록의 경계에서 발생하는 블록 경계 현상의 잡음을 블록의 전체 영역으로 확산시키는 효과를 가진다. 따라서 블록의 크기가 클수록 경계 현상에 의한 잡음은 블록 전체 영역으로 확산되어 잡음의 양이 블록 크기

에 반비례하여 줄어든다.



<그림 4> 변환 계수 재배열

본 논문에서는 Tran이 제시한 이단계 변환 부호화 방법[2]을 약간 수정하여 개선하였다. 이단계 변환 부호화 방법을 사용하면 전영역에 비교적 커다란 양자화 오류가 확산되어 블럭 현상은 제거되었으나, 가우스 잡음이 발생한다.

5. LOT(Lapped Orthogonal Transform) 방법

LOT 방법은 변환 공식 자체를 변형하여 블럭 경계 현상을 제거한다. LOT 방법은 비트율의 증가가 일어나지 않도록 하며, 기존의 DCT 변환과 같이 낮은 주파수 영역의 몇 개의 변환 계수에 대부분의 신호 에너지를 집중시키는 변환 공식을 유도하여, 그 변환 공식을 영상의 부호화에 적용하는 것이다.

LOT는 변환 계수의 블럭이 N개의 기저 함수(Basis Function)에 의해 N개의 계수를 생성하나 변환 공식에 입력되는 화소는 N개보다 많다. LOT에서는 각 블럭이 $L(L > N)$ 개의 샘플을 갖고 이웃하는 블럭과 $L-N$ 의 샘플을 가지고 중첩된다. 블럭 중복 방법(Overlap Method)과의 기본적인 차이점은 각 블럭의 L개의 샘플을 N개의 계수로 사상(Mapping)하여 Data 전송에 필요한 비트율을 증가시키지 않는다. LOT 변환은 식 (1)과 같이 정의된다.

$$T = \begin{bmatrix} P_1 & & & 0 \\ & P_0 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & P_0 \\ & & & & P_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 P_0 는 $L \times N$ 의 행렬로 각 블럭의 LOT 기저 함수로 구성된다. 오로지 한 개의 블럭과 인접하는 처음과 마지막 블럭을 위해 P_1, P_2 를 정의한다. P_0 는 정방 행렬이 아니기에 단독적으로 역변환을 수행하여 원래의 신호를 복원할 수 없다. 그러나 전체적으로는 역변환을 조합하여 원래의 신호를 복원할 수 있다.

T가 직교성(Orthogonality)을 가져야 하며, 이 조건으로부터 최적의 LOT를 구하기 위해 최적에 근사하는 행렬 P를 설정한다. 이때 P는 실현 가능하고 행렬 $P_0 = PZ$ 는 임의의 직교 행렬 Z에 대해서 구현이 가능하다고 가정한다. 이에 따르는 관계식들은 다음과 같다.

$$P_0' P_0 = Z' P' P Z = Z' Z = I \quad (2)$$

$$P_0' W P_0 = Z' P' W P Z = 0 \quad (3)$$

$$P = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} D_e - D_o & D_e - D_o \\ J(D_e - D_o) & -J(D_e - D_o) \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)에서 D_e, D_o 는 $N \times N/2$ 의 행렬로 Even 과 Odd DCT Function 을 담고있다. 여기서 우리의 문제는 최적화된 Z 를 발견하는 것으로 문제를 전환할 수 있다. 그리고 Transform Coding Gain(G_{TC})가 최대로 되기 위해서는 식 (5)가 Diagonal Matrix 가 되는 경우이고, 이때 Z 는 $P^T R_{xx} P$ 의 Eigenvector 들로 구성된 행렬이어야 한다. 그때 LOT는 최적이다.

$$R_o = Z^T P^T R_{xx} P Z \quad (5)$$

이제 LOT 고속 연산 알고리즘을 유도할 것이고, 이것은 간단한 인자들의 곱으로 Z 행렬에 근접시키는 것이 주요 열쇠가 된다. Gauss-Markov 자기상관 행렬의 특성을 이용하여 Z 행렬을 구할 수 있다[3].

$$Z \cong \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & \tilde{Z} \end{bmatrix} \quad (6)$$

\tilde{Z} 는 $N/2$ 의 차수를 가지는 행렬이다. R_2 를 Diagonal Matrix로 만들기 위해 $(N/2)-1$ 의 회전 변환을 아래와 같이 연속적으로 곱하여 얻어지는 행렬이다.

$$\tilde{Z} = T_1 T_2 \dots T_{N/2-1} \quad (7)$$

$$T_i = \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & \gamma(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\gamma(\theta_i) = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i \\ -\sin \theta_i & \cos \theta_i \end{pmatrix} \quad (9)$$

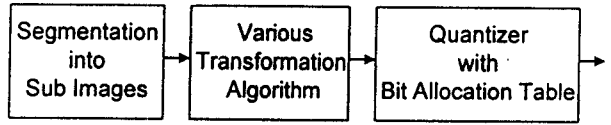
N 작을 때 Z 로의 근사가 비교적 정확하고 [3, 4], 이상의 과정을 거친 P_0 는 식 (10)과 같고, 이를 고속 LOT 연산에 적용시킬 수 있다.

$$P_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} D_e & D_o & 0 & 0 \\ 0 & 0 & D_e & D_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & I & 0 & 0 \\ I & -I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I & I \\ 0 & 0 & I & -I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ I & I \\ I & -I \\ 0 & \tilde{Z} \end{pmatrix} \quad (10)$$

6. 실험 및 결과

다양한 알고리즘을 적용하여 블럭 현상이 제거되는 정도를 공정하게 비교하기 위하여 고려하여야 할 사항들이 있다. 우선 각각의 방법에서 생성되는 부호화 비트수가 동일하여야 한다. 이때 가변 길이 부호화

알고리즘을 적용하면, 각 샘플의 확률을 각각의 알고리즘마다 별도로 구해야 한다. 본 논문의 실험에서는 부호화기의 구조로 <그림 5>와 같은 블럭도를 사용하였다. 비트수의 할당표에 의해 전체적인 비트의 수가 서로 다른 알고리즘끼리 동일한 비트수를 할당할 수 있다.



<그림 5> 비트 할당 표를 가진 기본적인 부호화기

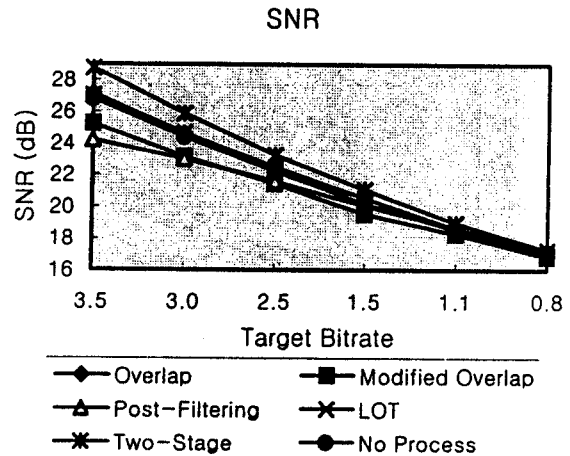
아래 식 (11)은 할당할 최적의 비트 수를 변환 계수의 분산을 이용하여 산출하는 공식이다.

$$R_i = \bar{R} + \frac{1}{2} \log_2 \frac{\sigma_i^2}{\left[\prod_{j=1}^N \sigma_j^2 \right]^{1/N}} \quad \text{bits/sample} \quad (11)$$

한정적인 정수로 부동 소수점을 표현하여야 하므로 각각 할당된 비트의 최대값에 대한 제한이 있어야 한다. 이때 사용되는 상한으로는 각각의 알고리즘의 통계적 특성이 다르므로 각각의 주파수에서 변환 계수의 최대값으로 설정하였다.

각각의 결과를 비교하기 위해서는 전형적인 MSE 이나 SNR 수식을 사용하지 않고, 블럭 현상을 보다 잘 측정하는 수식을 적용해야 한다. 본 논문에서는 블럭의 경계를 따라 원 영상의 값으로 정규화된 MSE 값을 이용하여 그 결과를 비교하였다.

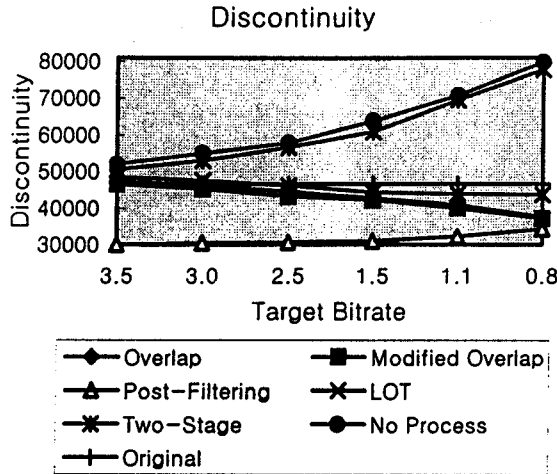
다음의 도표들은 COUPLE 을 이용한 실험 결과이며, 블럭의 크기는 16×16 이다.



<그림 6> SNR 과 Bitrate

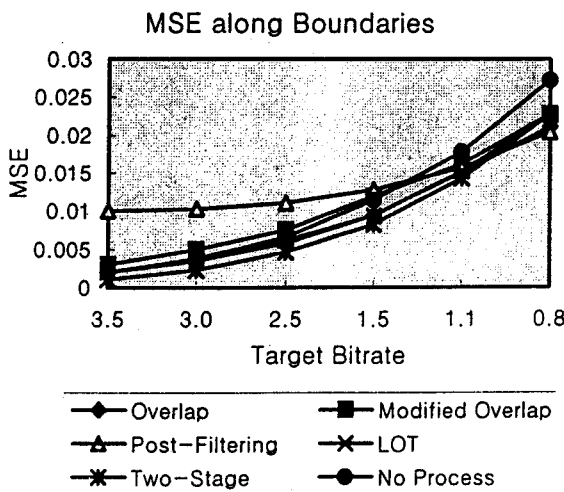
<그림 6>에 나타난 Modified Overlap Method는 Overlap Method의 비트율의 증가를 다른 알고리즘과 동일한 비트율로 조절하기 위해 조정된 것이므로 Overlap Method보다 나쁜 결과를 보인다. <그림 6>에서 SNR의 차가 적은 이유는 SNR이 블럭 현상을 측

정하는 정확한 방법이 아니고, 에너지에 비례하여 비트수를 할당하였으므로 SNR의 차가 적게 나타난다. 이단계 변환 부호화 방법은 대부분의 비트율에서 SNR이 가장 좋은 결과를 보이고 있으나, 다른 알고리즘에 비해 비교적 큰 양자화 오류로 인하여 전체적인 영상 가우스 잡음이 부가되었다.



<그림 7> 불연속과 비트율

블럭 경계에서의 불연속은 원래의 영상에서도 나타날 수 있다. 따라서 블럭 현상을 제거하기 위해 경계에서의 불연속성만을 최소화시키는 방법을 사용하면 윤곽선이 손실되는 문제가 발생할 수 있다. <그림 7>에 나타난 것처럼, 낮은 비트율로 부호화된 영상의 경계에서의 차이가 원래 영상의 경계에서의 차이보다 클 경우도 있으며, 작은 경우도 발생한다. 시각적인 블럭 현상은 Overlap 방법보다 Modified Overlap 방법에서 두드러지나, Overlap 방법의 불연속 값이 Modified Overlap 방법보다 더 크다.



<그림 8> 블럭 경계에서의 MSE

<그림 8>은 경계에서의 MSE를 원래 영상의 값을 가지고 정규화한 값으로, 원래의 단순히 MSE나 경계에서의 차만을 가지고 블럭 현상을 논의하는 것보다

의미가 있다. <그림 8>에서도 대부분의 비트율에서 이단계 변환 부호화 방법의 성능이 좋고, LOT 방법과 후처리 방법의 성능은 낮은 비트율에서 비슷한 성능을 보이고 있다. 저속의 비트율에서 이단계 변환 부호화 방법의 성능이 급격히 나빠지는 이유는 다른 것들보다 양자화 오류의 양이 급격히 커지기 때문이다. 위의 결과로부터 후처리 방법이 비트율에 따른 변화가 가장 완만한 특성을 가지고 있다.

7. 결론

본 논문에서는 블럭 현상을 줄이는 여러 가지 방법을 S/W로 구현하여 그 성능을 비교하였다. 블럭을 중복시키는 방법은 블럭 현상을 효율적으로 제거하나 비트율의 증가를 가져오는 문제로 인해 실용성면에서 떨어진다. 후처리 방법은 간단한 방법으로 구현이 가능하고 실시간으로 처리할 수 있는 장점이 있다. 그러나 경계에서의 블럭 현상을 줄이는 대신 윤곽선 정보를 손상시키기 때문에 다양한 필터링 방법을 적용하였다. 이단계 변환을 이용한 영상 부호화는 좋은 SNR을 보였으나, 다른 알고리즘에 비해서 낮은 비트율일수록 보다 많은 가우스 잡음이 부가되는 현상이 발생하였다. 낮은 비트율에서 LOT 방법은 그 성능이 후처리 방법과 비슷하나, LOT 방법은 윤곽선의 손상이 없고 전체 영상에 잡음이 섞이게 된다. 반면, 후처리 방법은 윤곽선의 손상으로 전체 영상이 흐려지나, LOT 방법처럼 지저분한 영상을 만들지 않는다.

8. 참고문헌

- [1] H. C. Reeve III and J. S. Lim, "Reduction of blocking effects in Image Coding," J. Optical Engineering, vol.23, no.1, pp.34-37, Jan./Feb. 1984.
- [2] A. Tran, "Block-effect reduction in transform coding," SPIE Visual Communications and Image Processing, vol.707, pp.182-187, 1986.
- [3] H. S. Malvar and D. H. Staelin, "The LOT: transform coding without blocking artifacts," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol.37, no.4, pp.553-559, Apr.1989.
- [4] P. M. Cassereau, D. H. Staelin, and G. D. Jager, "Encoding of images based on a lapped orthogonal transform," IEEE Trans. Communications, vol.37, no.2, Feb. 1989.
- [5] J. Huang and P. Schultheiss, "Block quantization of correlated Gaussian random variables," IEEE Trans. Commun. Syst., vol. CS-11, pp.289-296, 1963.
- [6] B. Jeon and J. Jeong, "Blocking artifacts reduction in image coding based on minimum block boundary discontinuity," SPIE Visual Communications and Image Processing, vol.2501, pp.198-209, 1995.