

論文 91-28B-5-1

양자화 재생레벨 조정을 통한 DCT 영상 코오딩에서의 블록화 현상 감소 방법

(A Quantizer Reconstruction Level Control Method for Block Artifact Reduction in DCT Image Coding)

金 鍾 勳*, 黄 燦 植**, 沈 英 錫***

(Jong Hoon Kim, Chan Sik Hwang, and Young Serk Shim)

要 約

본 논문에서는 화질 저하의 주된 원인이 되는 블록화 현상을 줄이기 위하여 변환 계수를 양자화할 때 그 재생레벨을 조정함으로써 별도의 부가비트를 사용하지 않고 경계부근에서의 인접 화소간의 차오차(EDF) 및 MSE를 감소시켜 블록화 현상을 완화시키는 방법을 제안하였다.

전체적인 블록 내부 왜곡을 증가하나 블록화 현상과 밀접한 관계가 있는 블록 내에서의 EDF 분포 및 MSE 분포는 경계 부근에서 많이 감소됨을 확인할 수 있었고, 또한 화질 검사에 의한 주관적인 평가 결과 경계 부근에서 블록화 현상이 감소됨을 확인할 수 있었다. 다만 재생 레벨의 결정을 위해 부호화 과정에서 1차원 DCT 등의 부가 계산이 더 필요하게 된다.

Abstract

A Quantizer reconstruction level control method for block artifact reduction in DCT image coding is described. In our scheme, quantizer reconstruction level control is obtained by adding quantization level step size to the optimum quantization level in the direction of reducing the block artifact by minimizing the mean square error(MSE) and error difference (EDF) distribution in boundary without the other additional bits.

In simulation results, although the performance in terms of signal to noise ratio is degraded by a little amount, mean square of error difference at block boundary and mean square error having relation block artifact is greatly reduced. Subjective image qualities are improved compared with other block artifact reduction method such as postprocessing by filtering and transform coding by block overlapping. But the addition calculations of 1-dimensional DCT become to be more necessary to coding process for determining the reconstruction level.

*正會員, 蓮庵工業專門大 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Technical Yonam Junior College)

**正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

***正會員, 生産技術研究院 電子情報生産技術센터
HDTV研究事業團
(KAITEC, Electronics Information Technology
Center, HDTV R & D Group)

接受日字: 1990年 12月 11日

I. 서 론

많은 양의 데이터를 갖는 영상정보를 제한된 전송속도로 전송로를 통하여 전송할 경우, 영상정보의 높은 압축을 위하여 데이터의 중복성을 크게 줄이는 변환 부호화¹⁻⁴⁾가 많이 사용되고 있다. 이 변환 부호화는 변환에 의하여 공간 영역에 흩어져 있는 에너지가 변환 영역에서 한쪽으로 집중되는 성질을 이용하며, 양자화 계수의 선택 방법에 따라 zonal sampling과 threshold sampling으로 나뉘고, 이때 사용되는 변환 방식으로는 KLT(Karhunen-Loeve transform), DCT(discrete cosine transform), FFT(fast fourier transform), DST(discrete sine transform), Hadamard, Harr, Slant 변환등이 있다.

특히 DCT는 markov적인 성질의 영상에 대하여 최적 변환인 KLT성능에 매우 근접한 특성을 가지고 있으며, 고속 알고리즘의 개발²⁾과 구현의 용이성 때문에 많이 사용되고 있다.³⁾ 그러나 아직 뚜렷한 해결책이 제시되지 못한 DCT의 근본적인 문제중의 하나는 부호화율이 낮아짐에 따라 블록화 현상이 두드러져 화질의 심각한 저하를 초래하는 블록화 현상(block artifact)을 제거 또는 완화하는 일이다.

블록화 현상은 각 블록들이 독립적으로 부호화 됨에 따라 블록 경계부근에서 시각적 불연속성이 발생하며, 객관적 척도인 MSE(mean square error), EDF(error difference)등도 블록 경계부근에서 블록 내부에 비해 크게 관찰된다.⁵⁾

이러한 블록화현상을 줄이기 위하여 지금까지 연구된 방법으로는 영상 재생시 저역필터를 사용하는 방법,⁶⁾ 부호화 과정에서 블록 경계부분을 따로 보내는 방법,^{7,8)} 그리고 블록과 블록을 겹쳐서 부호화하는 방법^{9,10)} 등이 있다. 일반적으로 저역 필터를 사용하는 경우에는 필터의 영향으로 재생 영상에 blurring 효과가 나타나고, 부호화 과정에서 블록 경계부분을 따로 보내는 방법과 블록과 블록을 겹쳐서 부호화하는 방법은 부가적인 비트가 많이 든다.

본 연구에서는 화질 저하의 주된 원인이 되는 블록화 현상을 줄이기 위하여 변환 계수를 양자화할때 그 재생레벨을 조정함으로써 별도의 부가 비트를 사용하지 않고 경계부근에서의 EDF 및 MSE를 감소시켜 블록화 현상을 완화시키는 방법을 제안하였다.

제안된 방식의 성능을 평가하기 위하여 zonal sampling의 일종인 고정 변환 부호화 방식¹¹⁾에 적용하여 블록과 블록을 겹쳐서 부호화하는 OTC(overlapping transform coding)⁹⁾와 비교해 보았으며, Chen & Smith의 적응 변환 부호화¹²⁾에도 적용해 보았다. 또

한 이를 threshold sampling 방식의 일종인 변형된 SAC(scene adaptive coder)¹²⁾ 방식에 적용하여 블록화 현상이 감소됨을 보였다. 여기에서 블록화 현상의 완화 정도를 평가하기 위한 객관적인 척도로는 경계 부근에서의 EDF분포 및 MSE 분포를 사용하고, 화질 검사에 의한 주관적인 평가도 병행하여 사용하였다.

제안된 양자화 재생레벨 조정을 통한 블록화 현상 감소 방법은 전체적으로 MSE는 약간 증가하나 별도의 부가 비트를 사용하지 않고도 블록 경계 부근에서의 EDF 및 MSE를 감소시켜 낮은 비트율에서의 블록화 현상을 완화시킬 수 있었다. 다만 재생레벨의 조정을 위해 부호화 과정에서 1 차원 DCT 등의 부가계산이 더 필요하게 된다.

본 논문은 제 1 장에서 서론, 제 2 장에서 관련이론 제 3 장 본문에서는 블록화 현상 완화방법, 블록화현상 완화를 위한 양자화 재생레벨 조정 방법, level control 알고리즘에 대해 기술하고, 제 4 장 모의실험 결과 및 검토, 제 5 장 결론순으로 기술한다.

II. 이 론

1. 이산 여현 변환부호화

이산 여현 변환부호화(DCT)는 전체 영상을 블록으로 나눈 후, 각 블록 사이의 독립성을 가정하고 상호 상관성을 지닌 각 블록 내 화소 영역의 데이터 array $\{X\}$ 를 cosine 변환을 취하여 상관성이 제거된 변환계수 array $\{F\}$ 로 바꾼 후 이를 블록양자화 함으로써 데이터 감축을 얻는 것이다. DCT 영상 부호화의 블록 다이어그램은 그림 1과 같다. 여기서 $\{F\}$, $\{X\}$ 는 각각 양자화된 변환계수 array 및 재 구성된 데이터 array를 나타낸다.

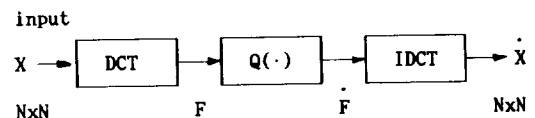


그림 1. DCT 영상 부호화
Fig. 1. DCT image coding.

Discrete function $x(n): n=0, 1, \dots, N-1$ 의 1 차원 DCT 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$f(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) b(k;n) : k=0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

여기에서

$$b(k;n) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{N}} a(k) \cos\left\{ \frac{(2n+1)k\pi}{2N} \right\} \quad (2)$$

$$a(k) = 1/\sqrt{2}, \quad \text{for } k=0 \\ = 1, \quad \text{for } k=1, 2, \dots, N-1 \\ = 0, \quad \text{elsewhere}$$

그리고 DCT 역변환은 식(3)과 같다.

$$x(m) = \sum_{k=0}^{N-1} f(k)b(k;m) \quad (3)$$

입력 벡터와 변환계수 벡터를 각각 식(4) 및 식(5)와 같이 나타내고 기본 벡터를 식(6) 및 식(7)과 같이 나타낼 때, 입력 X와 변환계수 F를 matrix 형태로 나타내면 식(8)과 같다.

$$X = [x(0), x(1), \dots, x(N-1)]^T \quad (4)$$

$$F = [f(0), f(1), \dots, f(N-1)]^T \quad (5)$$

$$b_k = [b(k;0), b(k;1), \dots, b(k;N-1)] \quad (6)$$

$$B = [b_0, b_1, \dots, b_{N-2}, b_{N-1}]^T \quad (7)$$

$$F = BX, X = B^T F \quad (8)$$

1차원 DCT 변환을 2차원 DCT 변환으로 확장하면 다음과 같다.

$$f(i, j) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m, n)b(i, j; m, n) \quad (9)$$

$$x(m, n) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j)b(i, j; m, n) \quad (10)$$

2. 양자화에 따른 오차의 성질

그림 1에서 변환 계수 F를 양자화하면 다음과 같다.

$$\hat{F} = Q(F) \quad (11)$$

그러므로 식(11)은 식(12)와 같이 표현할 수 있다.

$$F = \hat{F} + E_F \quad (12)$$

여기서, E_F 는 변환 영역에서의 오차를 나타낸다.

그리고 재생영상 \hat{X} 는 \hat{F} 를 역변환하여 구하며 식(13)과 같이 원영상 X와 오차 E_X 의 합으로 나타낼 수 있다.

$$\hat{X} = X + E_X \quad (13)$$

위의 식을 1차원 변환 부호화인 경우에 적용하면 다음과 같다.

$$\hat{f}(k) = f(k) + e_r(k) \quad (14)$$

$$\hat{x}(k) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m)b(k;m) \quad (15)$$

$$x(m) = \sum_{k=0}^{N-1} f(k)b(k;m) \quad (16)$$

$$\hat{x}(m) = \sum_{k=0}^{N-1} \hat{f}(k)b(k;m) \quad (17)$$

여기에서, $b(k;m)$ 은 matrix B의 k행 m열 요소를 나타내고, 식(14)~식(17)로 부터 블록내에서의 부호화 오차 $e_x(m)$ 은 식(18)과 같이 쓸 수 있다.

$$e_x(m) = \hat{x}(m) - x(m) \\ = \sum_{k=0}^{N-1} e_r(k)b(k;m) \quad (18)$$

이를 2차원 변환 부호화로 확장하면 다음과 같다.

$$f(i, j) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m, n)b(i, j; m, n) \quad (19)$$

$$x(m, n) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j)b(i, j; m, n) \quad (20)$$

식(12)와 (13)으로부터

$$e_x(m, n) = \hat{x}(m, n) - x(m, n) \quad (21)$$

$$e_r(i, j) = \hat{f}(i, j) - f(i, j) \quad (22)$$

그러므로

$$e_x(m, n) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} e_r(i, j)b(i, j; m, n) \quad (23)$$

따라서, 블록화 현상을 감소시키기 위하여 오차 $e_x(m, n)$ 은 블록 경계부근에서 급격한 변화가 없어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 양자화시 블록 경계부근에서의 인접 화소간 차 오차(EDF) 및 MSE가 감소되도록 양자화 재생레벨을 조정함으로써, 블록화 현상을 완화시키는 방법을 제안하였다.

(1) EDF 분포

인접 화소간의 오차의 차를 제곱 평균한 EDF 분포는 비트율이 낮아 질수록 블록 내부의 EDF에 비하여 블록 경계부근에서의 EDF가 크게 나타난다. 블록화 현상의 평가 척도로 Miyahara등이 EDF를 다음과 같이 정의하여 사용한 바 있다.^[5]

$$\overline{\text{edf}(k)^2} = \overline{(e_{k-1} - e_k)^2} \quad (24)$$

여기서 e_k 는 블록내에서 k번째 화소의 오차를 나타내며, $\text{edf}(k)^2$ 은 k번째 화소와 k-1번째 화소간 오차의 차를 제곱 평균한 값으로 영상의 전체적인 EDF분포를 알아보기 위하여 전체영상에 대하여 블록단위로 수평, 수직 양 방향으로 평균을 취한 값이다. 특히 $\text{edf}(1)^2$ 은 인접 블록의 e_N 과 현 블록의 e_1 사이의 차를 제곱 평균한 값이고, $\text{edf}(N+1)^2$ 은 현 블록의 e_N 과 인접한 다른 블록의 e_1 사이의 차를 제곱

평균한 값이다. 그러므로 블록화 현상이 작기 위해서는, $\text{edf}(k)^2$ ($k=1, 2, \dots, N+1$)은 급격히 변화하지 않아야 하며 $\text{edf}(1)^2$ 과 $\text{edf}(N+1)^2$ 은 가능하면 작아야 한다.

(2) MSE 분포

MSE 분포는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{MSE}(k) = \frac{1}{2N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \left[\sum_{m=0}^{N-1} e_{i,j}(m, k)^2 + \sum_{m=0}^{N-1} e_{i,j}(k, m)^2 \right] \quad (25)$$

$$e_{i,j}(m, n) = X(m, n) - \hat{X}(m, n) \quad (26)$$

여기서, $X(m, n)$ 은 원 영상이고 $\hat{X}(m, n)$ 은 처리된 영상을 나타내며 $e_{i,j}(m, n)$ 은 i, j 번째 블록내의 m, n 번째 화소의 오차를 나타낸다. MSE(k)는 블록 내 오차를 제곱 평균한 값으로, 영상의 전체적인 MSE 분포를 알아보기 위하여 전체영상에 대하여 블록단위로 수평, 수직 양 방향으로 평균을 취한 값이다.

III. 본 론

1. 차 영상과 블록화 현상

차 영상 E는 식(27)과 같이 원 영상 X와 재생된 영상 \hat{X} 의 차로 표현할 수 있다.

$$E = X - \hat{X} \quad (27)$$

또, 차 영상 E는 그림 2에서와 같이 블록 내부에 차 E_i 와 블록화 현상과 밀접한 관계를 가지는 블록 경계부분의 블록 외부오차 E_o 의 합으로 쓸 수 있다.

$$E = E_i + E_o \quad (28)$$

블록화 현상과 밀접한 관계가 있는 경계부근에 있는 외부오차 E_o 의 상측, 하측, 좌측, 우측 부분을 추출 정리하여 블록화 현상의 척도 벡터 E_b 를 (29)와 같이 정의한다.

$$E_b = \begin{bmatrix} e_u \\ e_b \\ e_l \\ e_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N-1} u(i) \mathbf{b}_i \\ \sum_{i=0}^{N-1} v(i) \mathbf{b}_i \\ \sum_{i=0}^{N-1} l(i) \mathbf{b}_i \\ \sum_{i=0}^{N-1} r(i) \mathbf{b}_i \end{bmatrix} \quad (29)$$

여기에서

$$e_u = [e(0, 0) \ e(0, 1) \cdots e(0, N-2) \ e(0, N-1)]^T$$

$$e_b = [e(N-1, 0) \ e(N-1, 1) \cdots e(N-1, N-1)]^T$$

$$e_l = [e(0, 0) \ e(1, 0) \cdots e(N-2, 0) \ e(N-1, 0)]^T$$

$$e_r = [e(0, N-1) \ e(1, N-1) \cdots e(N-1, N-1)]^T$$

$$\begin{bmatrix} e(0, 0) & e(0, 1) & e(0, N-2) & e(0, N-1) \\ e(1, 0) & 0 & 0 & 0 & e(1, N-1) \\ \vdots & 0 & 0 & \vdots & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\ \vdots & 0 & \cdots & 0 & \vdots \\ e(N-2, 0) & 0 & 0 & 0 & e(N-2, N-1) \\ e(N-1, 0) & e(N-1, 1) & \cdots & e(N-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (a)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & e(1, 1) & \cdots & \cdots & \cdots & e(1, N-2) & 0 \\ 0 & e(2, 1) & \cdots & \cdots & \cdots & e(2, N-2) & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & e(N-2, 1) & \cdots & \cdots & \cdots & e(N-2, N-2) & 0 \\ 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (b)$$

그림 2. 공간 영역에서의 오차 영상

(a) 블록 외부 오차 영상 E_o

(b) 블록 내부 오차 영상 E_i

Fig. 2. Error images in spatial domain.

(a) outer block error image E_o ,

(b) inner block error image E_i .

$u(i)$, $v(i)$ 는 변환영역에서의 오차 $e_r(m, n)$ 로부터 수직방향의 1차 DCT 역변환을, $l(i)$, $r(i)$ 는 수평방향의 1차 DCT 역변환을 통해 간단히 얻을 수 있다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$u(n) = \sum_{m=0}^{N-1} e_r(m, n) \mathbf{b}(m; 0) \quad (30a)$$

$$v(n) = \sum_{m=0}^{N-1} e_r(m, n) \mathbf{b}(m; N-1) \quad (30b)$$

$$l(m) = \sum_{n=0}^{N-1} e_r(m, n) \mathbf{b}(n; 0) \quad (30c)$$

$$r(m) = \sum_{n=0}^{N-1} e_r(m, n) \mathbf{b}(n; N-1) \quad (30d)$$

2. 블록화현상 완화를 위한 양자화 재생레벨 조정 방법

본 논문에서 블록화 현상을 완화시키기 위하여 제안된 양자화 재생레벨 조정 방법은 그림 3과 같이 DCT 영상 변환 부호화시 평균 자승오차면에서 최적인 양자화 재생레벨을 블록화 현상 ($\|E_b\|^2$)이 감소하는 방향으로 송신측에서 level control algorithm에 따라서 재생레벨을 변화시킨다. 이때 사용되는 양자화기는 일반 DCT 부호화에서와 동일한 양자화기를

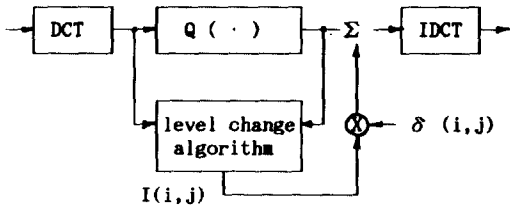


그림 3. 블록화 현상 감소를 위한 양자화 재생레벨 조정 방법

Fig. 3. Quantizer reconstruction level control method for block artifact reduction.

사용하고, 그 출력레벨(재생레벨)은 필요에 따라 조정한다. 그리고 수신측에서는 조정된 재생레벨을 이용하여 영상을 구성한다.

이때 변화되는 양자화 재생레벨의 크기는 bit 수에 따라 그 크기가 정해지며, 변화되는 재생레벨은 변환계수가 그림 4에서와 같이 최적 재생레벨 보다 크면 그 위의 재생레벨(q_a)로, 작으면 그 아래 재생레벨이 된다. 예를 들어, 그림 4에서와 같이 i, j 번째 변환계수가 최적 재생레벨 보다 큰 경우 재생레벨의 변화량 $\delta(i, j)$ 는 변화 후 재생레벨 q_a 와 변화 전 최적 재생레벨 q_b 의 차로 정의된다.

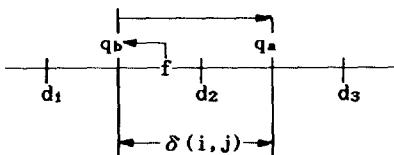
$$\delta(i, j) = q_a - q_b \quad (31)$$

양자화 재생레벨을 변화시킨 후의 블록 경계효과를 나타내는 벡터 $E_{b, new}$ 는 다음과 같다.

$$E_{b, new} = E_{b, old} - E_a \quad (32)$$

$$E_a = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} I(i, j) \delta(i, j) \Phi_{i,j} \quad (33)$$

여기서, $I(i, j)$ 는 i, j 번째 계수를 변화시킬 것인지



- f : transform coefficient
- q_a : new reconstruction level
- q_b : optimum reconstruction level
- d_1, d_2, d_3 : decision level
- $\delta(i, j)$: changed reconstruction level size

그림 4. 변화되는 양자화 재생레벨 크기
Fig. 4. Changed quantizer reconstruction level size.

여부를 나타내는 지시자이며 $\Phi_{i,j}$ 는 i, j 번째 DCT basis 함수의 블록 경계 부분만을 이용하여 표시된 벡터로서 식(34)과 같다.

$$\Phi_{i,j} = \begin{bmatrix} b(i;0) & b_i \\ b(i;N-1) & b_i \\ b(j;0) & b_j \\ b(j;N-1) & b_j \end{bmatrix} \quad (34)$$

여기서 벡터 b_i 와 b_j 는 각각 2차원 DCT의 행과열의 기본벡터(basis vector)를 나타낸다. 이제 우리가 할일은 $\|E_{b, new}\|^2$ 이 감소되도록 지시자 $I(i, j)$ 의 값들을 정하는 일이다. 최적 $I(i, j)$ 의 값들을 모두 계수에 대한 $I(i, j)$ 의 $(1, 0)$ 조합 2^N 개에 대해 $\|E_{b, new}\|^2$ 이 최소가 되도록 정하는 것이 바람직하나, 이는 매우 많은 계산을 요하므로 본 논문에서는 $\|E_b\|^2$ 이 제일 크게 줄어드는 계수 i, j 에 대한 지시자 $I(i, j)$ 를 1로 정하는 과정을 반복적으로 수행하도록 하였다. 식(32)와 식(33)을 이용하여 i, j 번째 계수의 양자화 재생레벨을 $\delta(i, j)$ 만큼 변화시켰을 때의 $\|E_{b, new}\|^2$ 을 $J(i, j)$ 로 두면 다음과 같다.

$$J(i, j) = \|E_{b, old}\|^2 + \delta^2(i, j) * \|\Phi_{i,j}\|^2 - 2 \times \delta(i, j) \times [u(j) \times b(i;0) + v(j) \times b(j;N-1) + 1(i) \times b(j;0) + r(i) \times b(j;N-1)] \quad (35)$$

여기서 다음과 같은 벡터들을 정의하자.

$$Z_{i,j} = \begin{bmatrix} b(i;0) \\ b(i;N-1) \\ b(j;0) \\ b(j;N-1) \end{bmatrix}, \quad Y_{i,j} = \begin{bmatrix} u(j) \\ v(j) \\ 1(i) \\ s(i) \end{bmatrix} \quad (36)$$

식(36)을 이용하여 식(35)을 간략하게 나타내면

$$J(i, j) = \|E_{b, old}\|^2 + \delta^2(i, j) \times \|\Phi_{i,j}\|^2 - 2 \times \delta(i, j) \times (Z_{i,j}^T \cdot Y_{i,j}) \quad (37)$$

과 같다. 식(37)을 최소화하는 (i, j) 를 구하기 위하여 두번째, 세번째 항을 이용하여 각 계수의 양자화 재생레벨을 변화시켰을 때 블록 경계부근에서 변화되는 양 $J(i, j) - \|E_{b, old}\|^2$ 를 $R(i, j)$ 라 두면 다음과 같다.

$$R(i, j) = \delta^2(i, j) \times \|\Phi_{i,j}\|^2 - 2 \times \delta(i, j) \times (Z_{i,j}^T \cdot Y_{i,j}) \quad (38)$$

이상과 같이 표현된 양들을 가지고 지시자 $I(i, j)$ 값을 정하여 블록화 현상이 감소되는 방향으로 양자화 재생레벨을 변화시키는 방법이 level control 알고리즘이다.

3. Level control 알고리즘

블록화 현상을 감소시키는 방향으로 양자화 재생레벨을 변화시키는 level control 알고리즘은 다음과 같다.

- [Step 1] Let $I(i, j) = 0$
 [Step 2] Calculate $R(i, j)$ for all (i, j)
 where $I(i, j) = 0$
 [Step 3] Choose index i, j which corresponds to $\text{MIN}[R(i, j)]$
 [Step 4] If $\text{MIN}[R(i, j)] \geq 0$ Then END;
 else Set $I(i, j) = 1$
 SET $Y_{i,j} - \delta(i, j) Z_{i,j}$ goto Step2] (39)

먼저 i, j 번째 계수를 변화시킬 것인지 여부를 나타내는 지시자 $I(i, j)$ 를 모두 0으로 두고, 모든 계수에 대하여 각 계수의 양자화 재생레벨을 변화시켰을 때 블록 경계부근에서 변화되는 양 $R(i, j)$ 를 계산한다. 그리고 영보다 작은 $R(i, j)$ 값 가운데 가장 작은 계수부터 차례로 지시자 $I(i, j)$ 를 1로 set한 후 재생레벨을 변화시키고, 경계부근의 DCT 변환계수는 식(39)에 의해 조정한다. 이와 같은 과정을 최소 $R(i, j)$ 가 양의 값이 될때까지 반복한다.

IV. 모의 실험 결과 및 검토

제안된 방식의 성능 평가를 위하여 256 레벨을 갖는 256×256 크기의 두가지 시험영상 GIRL 및 CRONKITE를 사용하여 zonal sampling 방식의 일종인 고정 변환 부호화 방식¹¹⁾에 적용하여 기존의 블록과 블록을 겹쳐서 부호화하는 OTC (overlapping transform coding)⁹⁾와 비교해 보았으며, Chen & Smith의 적응 변환부호화¹¹⁾에도 적용해 보았다. 또한 이를 threshold sampling 방식의 일종인 변형된 SAC 방식¹²⁾에 적용하여 블록화 현상이 감소됨을 보았다.

블록화 현상을 평가하기 위한 척도로는 블록내에서의 EDF 분포와 MSE 분포를 사용하였으며, 처리에 따른 SNR 감소를 보기 위하여 PSNR도 측정, 비교하였다.

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{256^2} \sum_{m=1}^{256} \sum_{n=1}^{256} [X(i, j) - X(i, j)]^2} \quad (40)$$

여기서 $X(i, j)$ 는 원 영상이고 $X(i, j)$ 는 처리된 영상이다.

표 1은 각 방식에 대해 기존의 방법으로 처리한 결과와 제안된 방법을 적용하여 처리한 결과에 대한 PSNR을 비교한 것이고, 그림 5는 MSE 분포와

표 1. 0.35비트/화소에서의 PSNR[dB]

Table 1. PSNR[dB] at 0.35 bits/pel.

	without level control	with level control
TC	29.5323	29.0112
OTC	29.8382	×
ATC	31.6312	31.0504
SAC	31.9410	31.3724
DSAC	32.3938	31.9334

EDF 분포를 비교한 것이다. 그림 5에서 종축은 각각 MSE와 EDF를 나타내고, 횡축은 pel의 순서를 나타낸다. 특히 EDF의 횡축에서 "1"은 인접 블록의 16번째 오차와 현 블록의 1번째 오차의 차를 전체영상에 대하여 블록단위로 제공 평균한 값이고, "17"은 현 블록의 16번째 오차와 다른 인접 블록의 1번째 오차의 차를 전체영상에 대하여 블록 단위로 제공 평균한 값이다. 그리고 그림 6은 각 방식에 대해 기존의 방법과 제안된 방법을 적용하여 처리한 영상의 일부를 중첩으로 2배 확대한 것이다.

1. TC & OTC

GIRL 영상에 대하여 0.35 bpp 호화율에서 제안된 방식을 고정 변환부호화¹¹⁾에 적용한 결과, 표 1에서 PSNR은 약 0.5(dB) 감소되고 그림 5의 (a)와 (b)에서 블록 내부에서 MSE는 증가되었으나, 블록경계부근에서 EDF 및 MSE는 현저히 감소됨을 확인할 수 있었다. 그림 6의 (a) 및 (b)에서 중첩으로 2배 확대한 영상을 이용하여 화질 검사를 실시한 결과 블록 경계부근에서의 블록화 현상이 감소됨을 확인할 수 있었고, 블록과 블록을 겹쳐서 부호화하는 OTC⁹⁾로 처리한 결과인 그림 6의 (g)와 비교해본 결과 블록화 현상은 거의 같은 정도로 감소되었으나, OTC에서 영상이 전체적으로 blurring되는 현상은 제안된 방식에서는 거의 나타나지 않았다.

2. ATC & SAC

제안된 방식을 Chen & Smith의 적응 변환부호화¹¹⁾에 적용해 보았으며, 또한 이를 기존의 Chen & Pratt의 SAC 방식¹²⁾과, threshold 값과 정규화값을 같게 하고 양자화 레벨은 MSE가 감소하도록 식(41)과 같이 변경하여 변형된 SAC(DSAC로 표시)방식에 적용하여 블록화 현상이 감소됨을 보았다. 표1에서 기존의 SAC와 DSAC 방식의 PSNR을 비교하면 약 0.5 dB 정도 개선된다.

$$\hat{F}_{\text{TN}}(u, v) = \text{integer part of } [F_{\text{TN}}(u, v)] + 1 \quad (41)$$

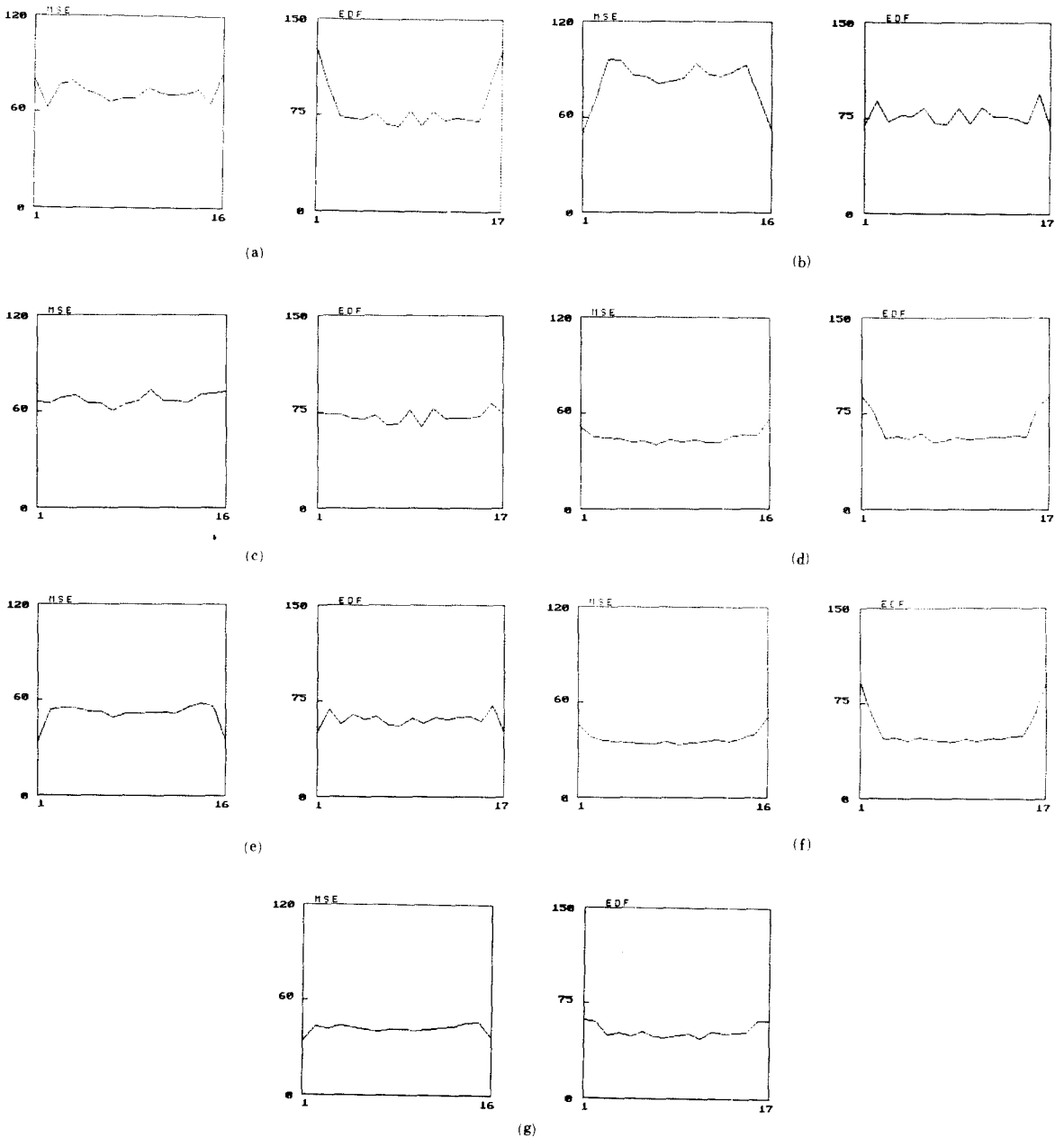


그림 5. MSE와 EDF 분포(시험영상 : GIRL 영상)

- (a) 기존의 고정 변환 부호화 (b) 제안된 방식을 적용한 고정 변환 부호화
- (c) Overlapping TC (d) 기존의 적응 변환 부호화
- (e) 제안된 방식을 적용한 적응 변환 부호화 (f) 기존의 SAC
- (g) 제안된 방식을 적용한 SAC

Fig. 5. MSE & EDF. (test image:GIRL IMAGE)

- (a) conventional fixed transform coding, (b) FTC using proposed method,
- (c) overlapping transform coding, (d) conventional adaptive transform coding,
- (e) ATC using proposed method, (f) conventional scene adaptive coder,
- (g) SAC using proposed method.

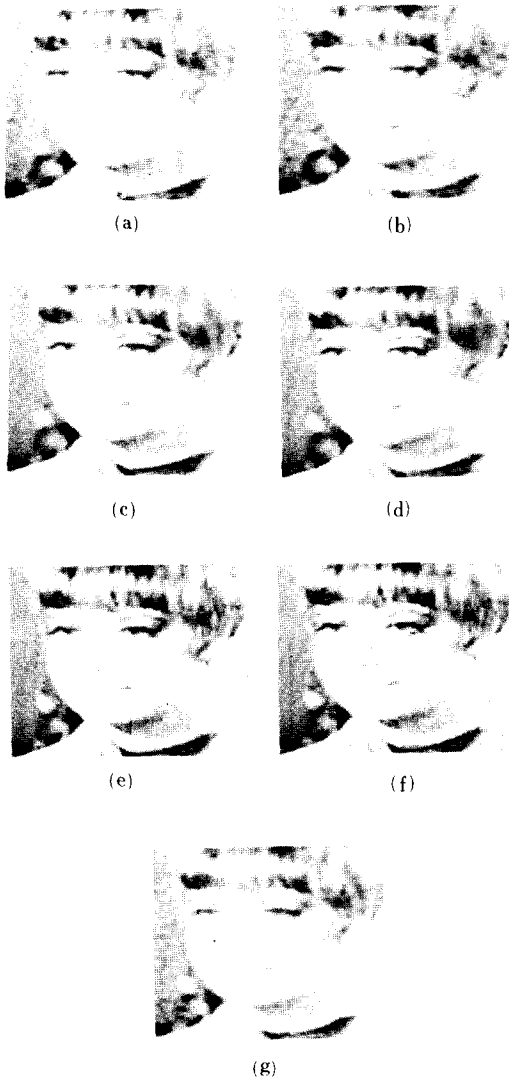


그림 6. 2배 확대된 영상

- (a) 기존의 고정 변환 부호화
- (b) 제안한 방식을 적용한 고정 변환 부호화
- (c) 기존의 적응 변환 부호화
- (d) 제안된 방식을 적용한 적응 변환 부호화
- (e) 기존의 SAC
- (f) 제안된 방식을 적용한 SAC
- (g) Overlapping TC

Fig. 6. 2 Times enlarged image.

- (a) conventional fixed transform coding,
- (b) FTC using proposed method,
- (c) conventional adaptive transform coding,
- (d) ATC using proposed method,
- (e) conventional scene adaptive coder,
- (f) SAC using proposed method,
- (g) overlapping transform coding.

GIRL 영상에 대하여 0.35 bpp의 부호화율에서 시물레이션한 결과 표 1에서 PSNR은 약 0.5~0.6(dB) 감소 되었으나, 그림 5의 (d)~(g)에서 블록 내부에서의 MSE는 증가하나, 블록 경계 부근에서의 MSE 분포 및 EDF 분포는 현저히 감소됨을 확인할 수 있었으며, 그림 6의 (c)~(f)에서 중형으로 2배 확대한 영상을 이용하여 화질 검사를 실시한 결과 블록 경계부근에서의 블록화 현상이 감소됨을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 부호화 오차의 발생 과정을 분석하여 전체적으로 MSE가 약간 증가하더라도 시각적으로 화질 저하의 주 원인인 블록화 현상을 완화시키기 위하여, 평균 자승 오차면에서 최적인 양자화 재생레벨을 블록화가 감소하는 방향으로 최적 양자화 재생레벨에 양자화 스텝을 더해줌으로써 별도의 부가 비트를 사용하지 않고도 경계부근에서의 인접 화소간의 차 오차 및 MSE를 감소시켜 블록화 현상을 완화시키는 방법을 제안하였다.

이를 zonal sampling의 일종인 고정 변환 부호화 방식과 Chen & Smith의 적응 변환 부호화에도 적용해 보았다. 또한 이를 threshold 값과 정규화 값을 같게 하여 threshold sampling 방식의 일종인 SAC 방식과 변형된 SAC 방식에 적용하여 블록화 현상이 감소됨을 보였다. 또한 블록과 블록을 겹쳐서 부호화하는 OTC 방식과 비교한 결과 부가적인 비트를 사용하지 않고도 블록화 현상은 거의 같은 정도로 완화되었으며, 화질은 비교적 선명하고 blurring 효과가 적게 나타남을 볼 수 있었다.

전체적인 블록 내부 왜곡은 증가하나 블록화 현상과 밀접한 관계가 있는 블록 내에서의 EDF 분포 및 MSE 분포는 경계부근에서 많이 감소됨을 확인할 수 있었고, 또한 화질 검사에 의한 주관적인 평가결과 경계 부근에서 블록화 현상이 감소됨을 확인할 수 있으나 그 결과가 기대에는 미치지 못하였다. 앞으로 이러한 문제점에 대하여 계속해서 연구할 계획이다.

參 考 文 獻

- [1] R.J. Clarke, Transform coding of image, Academic Press, 1985.
- [2] W.H. Chen, et al., "A fast computational algorithm for the discrete cosine transform," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-26, pp. 934-936, Jun. 1978.

- [3] A.N. Netravali and J.O. Limb, "Picture coding: A review," *Proc. IEEE*, vol. 68, no. 3, pp. 366-406, Mar. 1980.
- [4] P.A. Wintz, "Transform picture coding," *Proc. IEEE*, vol. 60, no. 7, pp. 809-823, Jul. 1972.
- [5] M. Miyahara and K. Kotani, "Block distortion in orthogonal transform coding-analysis, minimization and distortion measure," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-33, no. 1, pp. 90-96, Jan. 1985.
- [6] H.C. Reeve and J.S. Lim, "Reduction of blocking effect in image coding," in *Proc. ICASSP 83* (Boston, MA.), pp. 1212-1215, 1983.
- [7] P.M. Farrelle and A.K. Jain, "Recursive block coding-a new approach to transform coding," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-34, no. 2, pp. 161-179, Feb. 1986.
- [8] A.Z. Meiri and E. Yudilevich, "A pinned sine transform image coder," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-29, pp. 1728-1735, Dec. 1981.
- [9] M. Schlichte, "Block-overlap transform coding of image signals," *Siemens Forsch-Entwickl-Ber.*, vol. 13, no. 3, 1984.
- [10] D.E. Pearson and M.W. Whybray, "Transform coding with interleaving blocks," in *Proc. conf. on transform techniques in image processing*, (London, England), pp. 511-513, May 1983.
- [11] W.H. Chen and C.H. Smith, "Adaptive coding of monochrome and color images," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-25, pp. 1285-1292, Nov. 1977.
- [12] W.H. Chen and W.K. Pratt, "Scene Adaptive Coder," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-32, no. 3, pp. 225-232, Mar. 1984.
- [13] Y.S. Shim and T.S. Huang, "On optimum bit allocation in block Quantization," presented at the *Inter. Symposium on Information Theory*, Ann Arbor, Michigan, Oct. 1986.
- [14] A.K. Jain, "Advances in mathematical models for image processing," *Proc. IEEE*, vol. 69, pp. 502-528, May 1981.
- [15] H.G. Musmann et al., "Advances in Picture Coding," *Proc. IEEE*, vol. 73, no. 4, pp. 523-548 Apr. 1985.

 著 者 紹 介



金鍾勳(正會員)

1958年 11月 19日生. 1980年 10月 경북대학교 전자공학과 졸업. 1984년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사 취득. 1987년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 1981년

1월~1982년 2월 금성정밀 중앙연구소 연구원. 1984년 3월~현재 연암공업전문대학 전자과 부교수. 주 관심분야는 음성 및 영상 신호처리 등임.

黃燦植(正會員) 第28卷 B編 第3號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 부교수

●

沈英錫(正會員) 第28卷 B編 第3號 參照

현재 생산기술연구원 교수