

웨이블릿 계수 특성과 신호적응필터를 이용한 양자화 잡음 제거 알고리즘

박경남*

요약

본 논문은 웨이블릿 계수특성과 신호적응필터를 이용하여 블록 기반 부호화에서의 양자화 잡음을 제거하는 후처리 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 웨이블릿 계수의 크기와 위상을 이용하여 평탄 영역과 복잡한 영역으로 분류한다. 평탄 영역의 블록 경계에서는 격자 잡음 제거를 위한 필터링을 수행하고, 복잡한 영역에서는 스케일에 따른 웨이블릿 계수의 변화율을 이용하여 에지와 계단형 잡음으로 구분하고 계단형 잡음만 처리한다. 복잡한 영역의 에지블록은 신호적응필터를 이용하여 에지를 보존하면서 유사에지인 링잉현상을 효율적으로 제거한다. 제안 방법에 대한 모의실험 결과로부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 객관적인 화질뿐만 아니라 주관적 화질 면에서도 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

Quantization Noise Reduction Algorithm Using Wavelet Coefficients Characteristic and Signal Adaptive Filter

Kyung-Nam Park*

ABSTRACT

In this paper, we propose a postprocessing algorithm, which reduces the quantization noises in block-coded images by using wavelet coefficients and signal adaptive filter. The proposed algorithm performs block classification as smooth region and complex region using the magnitude and phase of wavelet transform coefficients. In smooth region on the block boundary filtering is performed to remove grid noise. Complex region is classified into edge and staircase noise by using the variation ratio of wavelet coefficient and remove staircase noise only. We remove ringing artifacts using signal adaptive filter in edge blocks of complex region. Simulation results show that the proposed algorithm gives better results than the conventional algorithm from both a subjective and an objective viewpoint.

Key Words : Blocking Artifact, grid noise, ringing artifacts, LMM, SAF

* 나사렛대학교 멀티미디어학과(✉ knpark@kornu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 박경남 · 교신저자(Correspondent Author) : 박경남

· 접수일(2012년 1월 12일), 수정일(1차 : 2012년 2월 13일), 게재확정일(2012년 2월 15일)

1. 서 론

JPEG 등과 같은 영상 압축 부호화에서는 영상을 8×8 화소 크기의 블록으로 분할한 후, 블록의 DCT 계수를 독립적으로 양자화하여 부호화한다[1]. 이로 인해 블록 내 및 블록간의 화질 열화가 발생될 수 있고 압축률이 높아질수록 화질 열화는 심하게 발생된다. 대표적인 화질 열화에는 블록화 현상 (blocking artifact)과 링잉 현상 (ringing artifact)이 있다. 블록화 현상에는 평탄 영역내의 블록 경계에서 미소한 밝기 차이가 나타나는 격자 잡음 (grid noise)과 서로 다른 블록에 속해 있는 연속된 에지가 블록 경계에서 불연속하게 나타나는 계단형 잡음 (staircase noise)이 있다. 그리고 링잉 현상은 양자화에 의한 고주파 성분의 부적절한 절단에 의해 원래 에지 주위에 유사 에지들이 발생하는 현상이다.

기존의 선형 필터는 평탄영역에서는 효과적으로 블록화 현상을 제거하나, 영상의 에지 부분은 뭉그러뜨리는 경향이 있다. 따라서 에지를 보존하면서 블록화 현상을 제거하는 많은 연구들이 이루어지고 있다 [2]-[10]. 블록 기반 부호화에 의한 블록화 현상을 제거하는 대표적인 방법으로는 공간 영역과 주파수 영역에서의 필터링 방법[2]-[5], 및 웨이블릿 변환을 이용한 방법 등이 있다[6]-[10].

Lee 등[2]은 공간 영역에서 전역 (global) 에지맵, 국부 (local) 에지맵, 및 윤곽선 (contour) 에지맵을 이용한 SAF (signal adaptive filtering)와 모서리 잡음 (corner outlier) 제거에 중점을 둔 후처리 방법을 제안하였다. 이 공간상 필터링 방법은 비교적 구현이 간단하지만 계단형 잡음을 효율적으로 제거하지 못한다.

Kim 등[6]은 영상 신호를 일차원 신호로 해석하고 Mallat 등이 제안한 웨이블릿 변환 후, 블록 경계에서 일차원 필터링을 수행하였다. 이 방법은 웨이블릿 변환 후 에지를 제외한 블록 경계에만 제안한 알고리즘을 적용하므로 에지는 보존하면서 격자 잡음을 효과

적으로 제거한다. 그러나 일차원적으로 신호를 해석하고 처리하므로 계단형 잡음과 링잉 현상이 제거되지 않는 단점이 있다. 또 다른 Lee [8]등은 웨이블릿 변환 영역에서 국부 계수 및 특이점 추출을 이용하여 블록화 현상을 제거하였다. 그러나 유사에지 형태의 링잉 현상은 블록화 현상과는 달리 국부적 계수 최대치로 검출된 계수의 Lipschitz 정칙 상수가 불규칙하게 나타나므로, 이를 이용하여 링잉 현상을 효율적으로 제거하기에는 어려움이 있다.

이러한 단점들을 보완하기 위하여 본 논문에서는 웨이블릿 계수의 국부적 최대치를 이용하여 블록화 현상을 판별하여 블록현상에 따른 효과적인 양자화 잡음 제거하는 방법을 제안하였다. 먼저 영상의 에지를 보존하면서 블록화 현상만을 제거하기 위하여 에지 및 특이점의 해석에 효과적인 Mallat 등[7],[9]이 제안한 웨이블릿 변환을 수행하여 웨이블릿 계수의 절대치와 스케일 증가에 따른 변화율을 고려하여 블록 경계에서 작은 LMM을 가질때는 격자 잡음으로 판별하고, 큰 LMM을 가지지만 스케일에 따른 웨이블릿 계수의 변화가 에지보다 더 큰 경우에는 계단형 잡음으로 나눈다. 이렇게 분류된 블록화 현상의 특성에 맞는 필터링을 행하고, 링잉 현상의 경우에는 웨이블릿 변환에서의 계수의 크기에 따라 에지맵을 구한 후, Park 등[5]의 방법에서와 같이 에지블록으로 판별된 블록에 대해 에지를 건드리지 않으면서 유사에지를 제거해줄 수 있는 2차원 3탭 신호적응필터를 적용하여 링잉현상을 효율적으로 제거한다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 JPEG 영상에 대한 모의실험을 행하였다. 실험 결과로부터, 제안한 방법은 에지를 보존하고 블록화 현상을 효율적으로 제거함으로써 주관적 화질 및 객관적 화질 면에서 기존의 방법들에 비하여 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 블록화 현상과 링잉현상을 야기하는 양자화 잡음에 대해서 알아보고, 3장은 제안한 양자화 잡음 제거 방

법, 4장은 모의실험 및 고찰, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 양자화 잡음

본 장에서는 DCT에 기반한 블록 변환부호화에 대해서 간략히 살펴보고 여기에서 발생하는 잡음에 대해서 알아본다. JPEG과 같은 압축방법에서는 블록별 DCT 변환 방법을 사용하는데 영상을 작은 블록들로 나눈 다음 각각의 블록을 다른 블록들과는 독립적으로 압축하는 방법이다. <그림 1>은 JPEG의 부호화 및 복호화기 블록도를 나타내는데 DCT변환을 거친 후, 양자화 과정에서 주로 블록화 현상과 링잉현상이 나타나게 된다.

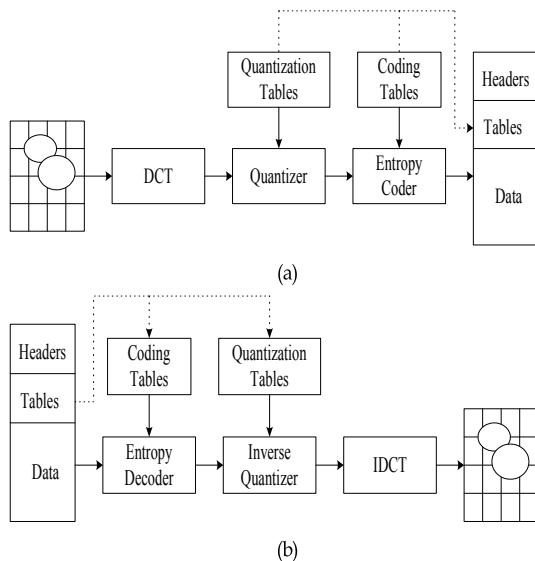


그림 1. JPEG (a)부호화기 및 (b) 복호화기의 블록도

Fig. 1 Block Diagrams of JPEG (a)encoder and (b) decoder

먼저 부호화기에서는 입력된 영상에 대해서 DCT 변환을 한 후 양자화 과정을 수행하게 된다. 그리고 엔트로피 코더를 통과한 다음 채널을 통해서 복호화기

로 전송하게 된다. 복호화기에서는 부호화기의 역과정을 수행하게 된다. 즉, 역 엔트로피 코더를 통과한 후 역 양자화를 수행하게 된다. 그리고 역 DCT 변환을 행하여서 원래의 영상을 복원할 수 있게 된다.

DCT 변환 과정에서 공간영역의 입력영상 화소 밝기값 $f(m, n)$ 의 주파수 영역의 값 $F(u, v)$ 로의 변환이 이루어지는데, 그 변환식은 (1)과 같다.

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C_u C_v \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(m, n) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N} \quad (1)$$

또한, f 는 $N \times N$ 의 크기를 가지고, C_u 와 C_v 는 수식(2)와 같다.

$$C_u, C_v = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u, v = 0 \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

대부분의 영상에서는 DCT 계수가 좌상면의 저주파에 에너지가 집중되어 있고, 우하면쪽으로 갈수록 DCT 계수는 고주파 성분이 강하게 나타난다. 이러한 고주파 성분은 양자화 과정을 통해서 계수값을 0으로 만듦으로써 부호화 비율을 높일 수 있다. JPEG 등에서는 이러한 양자화의 장점을 살리면서 계산상의 편의를 위하여 균일 양자화를 기본으로 한다. 각각의 블록에 대해서 DCT가 행해진 후의 N^2 개의 계수들은 수식 (3)과 같이 양자화된다.

$$S_{uv} = \text{round} \left(\frac{F(u, v)}{Q_{uv}} \right) \quad (3)$$

여기에서 $\text{round}()$ 함수는 가장 가까운 정수값으로 대응시키는 함수이며, $F(u, v)$ 는 DCT 변환계수를 의미하며, Q_{uv} 는 양자화기의 양자화 간격을 나타낸다. 이렇게 부호화된 영상은 대부분의 고주파 계수들은 문턱값을 넘지 못하여 0으로 양자화되고, 중요한

계수 몇 개만 0이 아닌 값으로 양자화된다. 이러한 양자화 과정으로 인해 블록화 현상과 링잉현상이 발생한다. 이러한 DCT 방법은 압축율이 높을수록 블록화 현상이 뚜렷이 나타나게 되는데, 특히, 평탄한 영역의 블록 경계 영역에서 두드러지게 보이게 되므로 이를 격자 잡음 (grid noise)라고 한다. 또한 링잉 현상 역시 양자화 과정에 의해서 발생되는데, 고주파의 DCT 계수들의 부적절한 절단이 그 원인이 된다. 링잉 현상은 주로 에지 주위에 나타나는데, 에지가 양자화 과정에서 고주파 성분이 사라지게 되었을 때, 역 양자화 과정과 역 DCT 과정을 거치면 에지는 조잡하게 복원되고 원래의 에지 주위에 가짜 에지들이 물결 모양으로 보이게 된다. 이러한 현상을 제거하기 위해서는 가짜 에지들을 찾는 과정이 중요한 요소가 될 수 있고, 찾아진 가짜 에지들에 대해서 적절한 필터 처리를 통해서 이러한 현상을 줄일 수 있다.

III. 제안한 양자화 잡음 제거방법

본 논문에서는 에지와 특이점을 판단하는데 적합한 Mallat 등[7],[9]이 제안한 웨이블릿 변환을 수행하여 에지는 보존하고 블록화 현상과 링잉현상만을 효과적으로 제거하는 방법을 제안하였다. 에지와 블록화 현상을 구분하기 위하여 웨이블릿 계수의 크기와 스케일에 따른 변화가 영상 신호의 특성에 따라 다르게 나타난다는 점을 이용한다. <그림 2>는 제안한 양자화 잡음 제거방법의 블록도이다.

3.1 다층 스케일 웨이블릿 변환

Mallat 등이 소개한 영상 신호 J 번째 스케일에서의 웨이블릿 변환은 $\{S_2 f, (W_{2^j}^1 f)_{1 \leq j \leq J}, (W_{2^j}^2 f)_{1 \leq j \leq J}\}$ 로 정의되며, 각 성분은 스케일함수와 웨이블릿과의 컨볼루션의 형태로 표현되며 수식(4), (5), 및 (6)과 같다.

$$S_{2^{j-1}} f = f * \phi_{2^{j-1}}(x, y) \quad (4)$$

$$W_{2^j}^h f(x, y) = f * \psi_{2^j}^h(x, y) \quad (5)$$

$$W_{2^j}^v f(x, y) = f * \psi_{2^j}^v(x, y) \quad (6)$$

수식에서 $\phi(x)$ 는 평활화 함수를 뜻하고, $\psi^h(x, y) = \partial \Phi(x, y) / \partial x$, $\psi^v(x, y) = \partial \Phi(x, y) / \partial y$ 이다. 이때 웨이블릿 변환 $W_{2^j}^h f(x, y)$ 와 $W_{2^j}^v f(x, y)$ 는 평활화된 원 신호를 미분하여 얻은 상세신호이다.

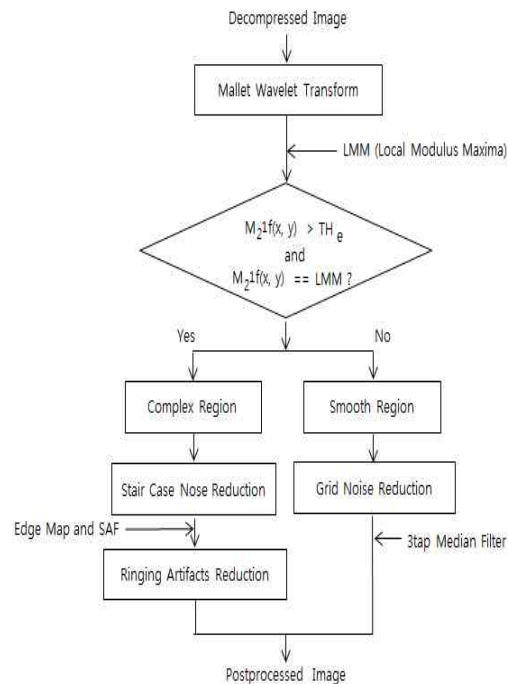


그림 2. 제안한 양자화 잡음 제거 방법의 순서도
Fig. 2 Flow chart of proposed quantization noise reduction method

그리고 상세신호의 절대치와 위상은 수식 (7) 및 (8)과 같다.

$$M_2 f(x, y) = \sqrt{|W_2^h f(x, y)|^2 + |W_2^v f(x, y)|^2} \quad (7)$$

$$A_2 f(x, y) = \arctan\left(\frac{W_2^v f(x, y)}{W_2^h f(x, y)}\right) \quad (8)$$

또한, j 번째 스케일에서 (x, y) 위치의 크기 성분 $M_{2j} f(x, y)$ 이 $M_{2j} f(x_1, y_1)$ 및 $M_{2j} f(x_2, y_2)$ 보다 크면, 이때의 $M_{2j} f(x, y)$ 를 j 번째 스케일의 국부 계수 최대치 (local modulus maxima; LMM)라 한다.

이러한 웨이블릿 변환은 에지와 특이점을 찾는 데 효과적이며 일반적인 부대역 분해 방식과 달리 신호에 대해 간추림과 보간을 하지 않고 변환하기 때문에 모든 스케일에서 나타난 상세 신호의 크기가 같고, 블록화 현상의 위치가 각 스케일마다 동일하므로 스케일에 따른 상세 신호의 크기 변화를 고려하여 양자화 잡음을 제거할 수 있다. 그러나 세 번째 스케일 이상에서는 두 번 이상 평활화된 신호에 대한 상세 신호이므로 원신호의 특성을 파악하기 힘들다. 따라서 제안한 방법에서는 두 번째 스케일까지만 웨이블릿 변환을 한다.

3.2 LMM을 이용한 영역 분류

웨이블릿 변환 후, 첫 번째 스케일에 나타나는 상세 신호는 평활화 되지 않은 원신호의 상세 신호이므로 양자화 잡음 현상을 포함한 영상 신호의 특성을 그대로 나타낸다. 즉, 인접 화소와의 밝기 차이는 상세 신호의 크기로 나타나고 에지의 방향은 위상으로 나타난다는 점을 이용하여 영역을 분류한다.

j 번째 스케일에서의 LMM $M_2 f(x, y)$ 은 $M_2 f(x, y) > M_2 f(x_1, y_1)$ 이고, $M_2 f(x, y) > M_2 f(x_2, y_2)$ 인 경우를 말한다. 여기서 (x_1, y_1) 과 (x_2, y_2) 는 위상 $A_2 f(x, y)$ 의 방향으로 인접한 두 화소의 위치이다. 영상에서 에지 또는 블록화 현상은 인접 픽셀과의 밝기 차이가 주변보다 크므로 첫 번째 스케일에서 LMM

으로 나타난다. 블록 경계에서 인접한 블록간의 미소한 밝기 차이로 나타나는 격자 잡음은 에지나 계단형 잡음보다 상세 신호의 크기가 작다. 따라서

$M_2 f(x, y) > Th_e$ 이고 $M_2 f(x, y)$ 이 LMM인 영역을 에지 또는 계단형 잡음 발생 영역 즉, 복잡한 영역이라하고 그 외 영역을 평탄 영역이라 한다. 사용된 문턱값 Th_e 는 여러 영상의 LMM에서 상위 10퍼센트의 LMM을 평균한 75로 결정하였다.

3.3 격자 잡음 제거를 위한 필터링

블록 경계부분에서 나타나는 인접 블록과의 밝기 차이는 블록 경계와 수직인 방향의 상세 신호보다 크게 나타나는데 이러한 블록화 현상이 격자잡음이라고 볼 수 있다. 이 격자 잡음을 제거하기 위해서는 수평으로 인접한 블록 경계에서는 수평 상세 신호를 블록내의 상세 신호와 같게 만듦으로써 격자 잡음을 제거할 수 있다.

이와 같은 방법으로 수직으로 인접한 블록 경계에서는 수직 상세 신호를 블록내의 상세 신호와 같게 만든다. 이를 위해 3탭 메디안 필터를 사용한다. 수평으로 인접한 블록 경계에서 좌우로 인접한 상세 신호가 모두 0이면 블록 경계의 상세 신호는 전부 블록화 잡음에 의한 성분이다.

따라서 식(9)와 같이 첫 번째 스케일상에서 필터링한다.

$$W_2^h \hat{f}_r(kM, y) = \underset{l \in [-1, 1]}{\text{median}} [W_2^h f(kM - l, y)] \quad (9)$$

여기서 M 은 블록의 크기이다. 두 번째 스케일에서는 평활화 함수에 의해 퍼져있는 블록화 성분을 모두 제거해준다. 그 성분은 식(10)과 같다.

$$\begin{aligned} \gamma(n - kM) = & \alpha(k) [0.125\delta(n - kM + 1) + 0.5\delta(n - kM) \\ & + 0.75\delta(n - kM - 1) + 0.5\delta(n - kM - 2) \\ & + 0.125\delta(n - kM - 3)] \end{aligned} \quad (10)$$

여기서, $a(k)$ 는 첫 번째 스케일에서 메디안 필터에 의해 제거된 블록화 잡음이다. 블록화 현상이 두 번째 스케일에 퍼진 정도를 감안하여 필터링한다. 블록 경계와 수직인 방향으로 인접한 상세신호가 0 이 아니라면 원래 밝기 차이가 있는 영역에 격자 잡음이 포함된 경우인데, 이 경우는 블록화 현상에 의해 나타난 상세신호의 크기를 정확히 알 수 없기 때문에 첫 번째 스케일에서만 필터링을 수행한다. 블록이 수직으로 인접해 있으면 수직 상세신호에 대해서 수평 상세신호에서와 같은 방법으로 필터링하여 격자 잡음을 제거한다.

IV. 계단형 잡음 판단과 제거

계단형 잡음은 블록 경계에서 연속된 에지가 불연속적으로 나타나는 현상이므로 앞에서 분류한 복잡한 영역의 블록 경계에서 잡음의 여부를 판단하고 처리한다. 첫 번째 스케일에서의 계단형 잡음에 대한 상세신호의 크기는 에지의 상세신호만큼 크다. 그러나 스케일에 따른 상세신호 절대치의 변화율이 다르다. 따라서 이러한 성질을 이용하여 에지 신호와 계단형 잡음을 구분할 수 있다. 계단형 잡음은 수직과 수평의 상세신호 부호가 동일하며 첫 번째 스케일에서의 상세신호 절대치와 두 번째 스케일에서의 상세신호 절대치의 비가 에지의 그것보다 크다.

따라서, 식(11)을 만족하면 계단형 잡음으로 판단한다.

$$\frac{M_{2j}f(x,y)}{M_{2i}f(x,y)} < Th_s \text{ and } W_{2i}^h f(x,y) \cdot W_{2j}^h f(x,y) > 0 \quad (11)$$

이 때 Th_s 은 블록 경계를 제외한 블록 내 7×7의 LMM의 변화율과 블록 경계 LMM의 변화율을 이용하여 실험적으로 구한 값으로 0.6을 사용하였다. 계단형 잡음의 제거는 수평으로 인접한 블록이 있을 때 블

록경계에서 수식(12)로 한다.

$$W_{2i}^h \mathcal{T}_r(n, y) = C \cdot W_{2i}^h f(n, y) \quad (12)$$

이 때 $n = kM$ 이며 $C=0.2$ 로 실험적으로 구한 값이다. 수직으로 인접한 블록이 있을 때에도 역시 수직 에지맵 계수를 수평에서와 같은 방법으로 낮춘다.

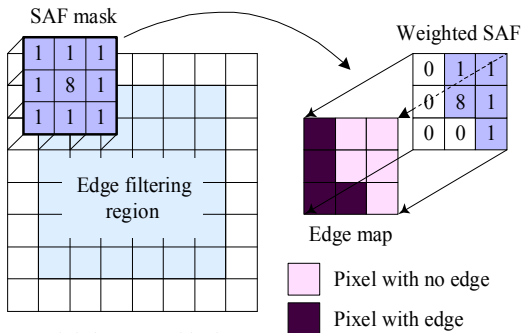
V. 링잉 현상 제거

양자화에 의해 고주파 성분이 부적절하게 절단되어 실제 에지 주위에 유사 에지가 발생하는 링잉현상을 제거하기 위하여 블록분류에서 복잡한 영역으로 분류된 영역에서 식(7)의 상세신호의 절대치를 이용하여 에지맵을 구한다. 에지맵 $E(x,y)$ 은 식(13)과 같은 방법으로 구한다.

$$\begin{aligned} IF \quad M_{2j}(x,y) > Th_e, \quad E(x,y) &= 1 \\ ELSE \quad E(x,y) &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

구하여진 에지맵에 따라서 복잡한 영역으로 분류된 블록내에 <그림 3>에서와 같이 2차원 3탭 SAF 필터를 적용한다. 즉, 필터링에 포함되는 화소 중 에지가 있을 경우, 에지 및 에지 방향 쪽의 화소는 필터의 계수 값을 0으로 만들어 필터링에 포함시키지 않는다.

이렇게 함으로써 원래의 에지는 건드리지 않고 필터링을 할 수 있게 된다. 신호 적용 필터를 3×3 크기로 정한 이유는 블록 경계면의 화소 밝기값을 필터링 할 때 필터링 영역 밖의 화소 밝기값에 대하여 영향을 받지 않기 위해 3탭으로 결정하였다. 신호 적용 필터는 $\{1, 1, 1\}$, $\{1, 8, 1\}$, $\{1, 1, 1\}$ 으로 사용하였으며, 블록내의 에지맵을 참조하여 에지에 따라 신호적용필터를 적용하여 에지를 보존하면서 링잉 현상을 효율적으로 제거하였다.



High frequency block

그림 3. 링잉현상 제거를 위한 2차원 3탭 SAF

Fig. 3 2D 3 tap SAF filter for removing ringing artifacts

IV. 모의실험 및 고찰

본 논문에서는 제안한 블록화 현상 제거 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 실험영상으로 512×512 화소크기의 LENA, BOAT, BANK 영상에 대하여 JPEG 부호화된 영상을 사용하였다. 일반적인 성능을 평가하는 기준인 복원 영상의 객관적 화질로 기존 방법과 제안한 방법의 성능을 비교하였다. 객관적 화질 척도로 PSNR을 사용하였으며 PSNR은 수식(14)와 같다.

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |f(i, j) - \hat{f}(i, j)|^2} \quad [\text{dB}] \quad (14)$$

여기서 N 은 영상의 수직 및 수평 화소 수를 나타내며, $f(i, j)$ 은 원 영상에서 (i, j) 좌표의 화소 밝기 값을 나타내고, $\hat{f}(i, j)$ 는 후처리한 영상에서 (i, j) 좌표의 화소 밝기값이다.

<표 1>에서와 같이 JPEG 압축된 영상들에 비해서는 제안한 방법이 0.39~0.77 dB의 화질 개선이 있었으며, 기존의 방법보다 0.03~0.14 dB의 화질 개선이 있음을

알 수 있다. 그리고 0.208 bpp 인 LENA 영상과 BOAT 영상은 <그림 4> 및 <그림 5>에 나타내었다. 결과 그림에서 보이듯이 높은 압축률로 인하여 블록 내부의 질감이 많이 없어졌고 평탄한 영역에서 격자 잡음 및 에지 영역 부근에서 계단형 잡음이 눈에 띄게 보이며, 유사 에지 형태의 링잉 잡음을 볼 수 있다.

표. 1 정지영상에 대한 제안한 방법과 기존의 방법의 PSNR

Table. 1 PSNR of the proposed method and conventional methods for still images

Test image	Bit rate (bpp)	PSNR [dB]		
		JPEG result	Lee[2]	Proposed method
LENA	0.208	30.41	31.04	31.18
	0.271	31.95	32.40	32.48
BOAT	0.258	28.13	28.54	28.65
	0.350	29.53	29.85	29.92
BANK	0.268	27.63	28.04	28.09
	0.354	28.92	29.29	29.32

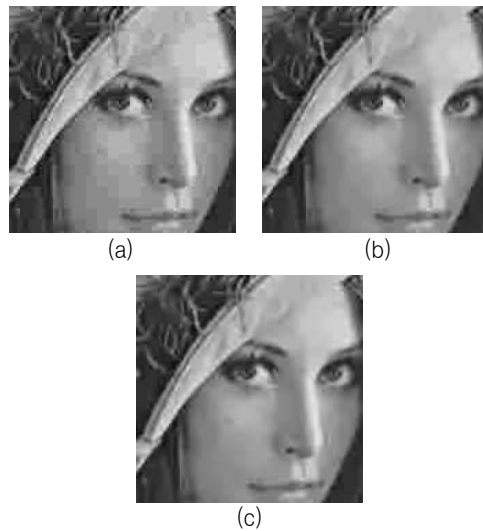


그림 4. (a) JPEG 부호화된 LENA 영상(0.208 bpp)과 (b) Lee 등의 방법, (c) 제안한 후처리 방법에 의한 결과 영상
Fig. 4 LENA image of (a) JPEG decoded (0.208 bpp), and postprocessed by (b) Lee's method and (c) proposed method

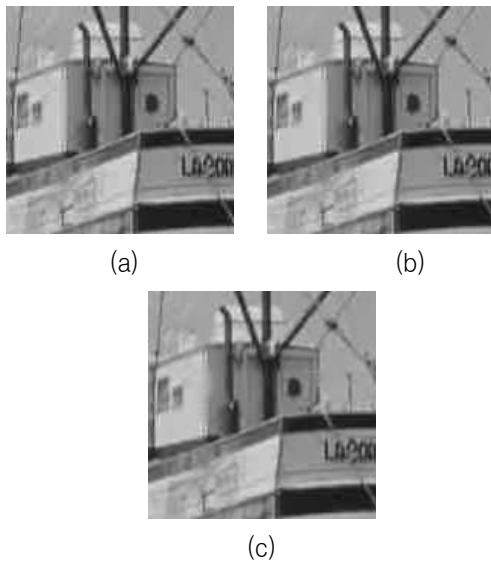


그림 5. (a)JPEG 부호화된 BOAT 영상(0.208 bpp)과 (b) Lee 등의 방법, (c) 제안한 후처리 방법에 의한 결과 영상

Fig. 5 BOAT image of (a) JPEG decoded (0.208 bpp), and postprocessed by (b) Lee's method and (c) proposed method

Lee 등의 방법을 적용한 영상에서는 평탄 영역의 잡음은 제거되었으나 계단형 잡음이 다소 남아있다. 그러나 제안한 방법으로 후처리한 결과 영상에서는 신호적응필터의 사용으로 에지를 보존하면서 링잉 현상을 효율적으로 제거하였고 계단형 잡음과 격자 잡음도 효율적으로 제거되었음을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 웨이블릿 변환과 신호적응필터를 이용하여 블록 기반 영상 부호화에서 양자화 잡음을 제거하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 영상의 에지를 보존하면서 블록화 현상만을 효과적으로 제거하기 위해 에지 및 특이점을 해석하는 데 적합한 Mallat 등이 제안한 웨이블릿 변환을 수행한다. 그리

고 첫 번째 스케일의 웨이블릿 변환 신호로부터 LMM을 찾고 그 크기를 기준으로 평탄 영역과 복잡한 영역으로 나눈다. 또한 복잡한 영역에서는 스케일 증가에 따른 LMM 감소율을 고려하여 에지와 계단형 잡음을 구분한다. 영역 분류 후 평탄 영역의 블록 경계면에서는 격자 잡음 제거를 위한 필터링을 수행하고, 블록 경계에서 나타나는 계단형 잡음 제거를 위해서는 웨이블릿 계수를 문턱값 이하가 되도록 낮춘다. 링잉현상을 제거하기 위해서는 웨이블릿의 상세신호의 절대치값을 이용하여 에지맵을 구한 후, 에지성분에 따른 신호적응필터를 적용하여 효율적으로 링잉현상을 제거하였다. 제안한 방법을 적용한 모의실험 결과, 기존의 방법과 PSNR 측면에서는 유사하지만 주관적 화질 측면에서는 보다 우수함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 38, no. 1, pp. xviii-xxxiv, Feb. 1992.
- [2] Y. L. Lee, H. C. Kim, and H. W. Park, "Blocking effect reduction of JPEG images by signal adaptive filtering," IEEE Trans. Image processing, vol. 7, no. 2, Feb. pp. 229~234, 1998.
- [3] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear space-variant postprocessing of block coded images," IEEE Trans. Acoustics, Speech, Signal Processing, vol. ASSP-34, no. 5, pp. 1258~1268, Oct. 1986.
- [4] G. W. Lee, J. Y. Suk, K. N. Park, J. W. Lee, and K. I. Lee, "Adaptive blocking artifact reduction using adaptive filter and dithering," IEICE Trans. Fundamentals, vol. E85-A, no. 6, pp. 1345-1348, June. 2002.
- [5] K. N. Park, S. J. Kim, H. B. You, and K. I. Lee, "An effective postprocessing algorithm in multimedia system," Journal of Korea Multimedia Society, vol7, no.11, pp. 1521~1530, Nov. 2004.
- [6] N. C. Kim, I. H. Jang, D. H. Kim, and W. H. Hong,

- "Reduction of blocking artifact in block-coded images using wavelet transform," IEEE Trans. Circuits and System Video Technology, vol. 8, no. 3, pp. 253~257, June 1998.
- [7] S. Mallat and W. L. Hwang, "Singularity detection and processing with wavelets," IEEE Trans. Information Theory, vol. 38, no. 2, pp. 617-643, Mar. 1992.
- [8] S. H. Lee, S. J. Kim, T. S. Kim, K. I. Lee, "Reduction of blocking artifacts using the local modulus maxima and singularity detection in wavelet transform," The Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea, vol. 41-SP, no. 6, pp. 109~120, Nov. 2004.
- [9] S. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," IEEE Trans. Patterns Anal. Machine Intell., vol. 14, no. 7, pp. 710~732, July 1992.
- [10] J. H. Kim, "Adaptive blocking artifact reduction using wavelet-based block analysis," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 55, no. 2, pp. 933~940, May 2009.

저자소개



박경남(Kyung-Nam Park)

1992년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1997년 경북대학교 전자공학과
(공학석사)

2003년 경북대학교 전자공학과
(공학박사)

2009년 University of California, San Diego 방문교수

2003년~현재 나사렛대학교 멀티미디어학과 교수

※ 관심분야: 멀티미디어 신호처리 및 응용, 영상 통신, 그래픽 등