

멀티미디어 시스템에서의 효율적인 후처리 알고리즘

박경남[†], 김승진^{**}, 유현배^{***}, 이건일^{****}

요 약

본 논문에서는 신호적응필터 및 블록간 선형조합을 이용하여 멀티미디어 시스템에서 발생하는 양자화 잡음을 효율적으로 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘에서는 모든 블록에 대해서 DCT 계수의 특성에 따라서 저주파, 고주파, 및 중간조 블록으로 블록 분류를 행한 후, 링잉 현상이 발생할 가능성이 있는 영상내의 고주파 블록에 대해서 Sobel 연산자를 이용하여 에지맵을 구한 다음, 에지들의 존재유무에 따른 신호적응필터를 수행함으로써 영상의 원래 에지들을 보호하면서 에지 주위에 나타나는 링잉 현상을 효율적으로 제거한다. 그리고 블록화 현상이 발생하지 않는 곳의 화소 밝기값 정보들을 이용하여 블록화 현상이 발생한 곳의 화소 밝기값들을 개선시킴으로서 블록화 현상을 효율적으로 제거한다. 모의실험 결과 기존 방법에 비하여 PSNR 측면에서 0.2~0.4 dB 정도의 향상을 얻었을 뿐만 아니라 주관적 화질면에서도 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

An Effective Postprocessing Algorithm in Multimedia System

Kyung-Nam Park[†], Seung-Jin Kim^{**}, Hyun-bea You^{***}, Kuhn-Il Lee^{****}

ABSTRACT

In this paper, we present effective quantization noise reduction algorithm using signal adaptive filter and linear combination between blocks in multimedia system. In the proposed method, all of the blocks are classified into low frequency blocks, high frequency blocks, and midrange blocks according to DCT coefficients. Ringing artifacts are shown in high frequency blocks. So ringing artifact reduction algorithm is performed in high frequency blocks using a signal adaptive filter. And the blocking artifact reduction is performed by replacing the pixel value of blocky blocks using linear combination between blocky block and remote unblocky block. The simulation results shows better performance in respective of the subjective and objective image quality than the conventional method.

Key words: Blocking Artifact(구획화 현상), Ringing Artifact(링잉 현상), Signal Adaptive Filter(신호적응필터), Linear Combination(선형조합)

1. 서 론

JPEG과 같은 정지 영상 부호화와 H.261, H.263, MPEG-1, 및 MPEG-2 등의 동영상 부호화에서는

블록기반 이산여현변환 (block-based DCT: block-based discrete cosine transform) 과정을 거친 후 양자화 과정에서 압축을 수행한다[1,2]. 이러한 멀티미디어 시스템에서는 양자화 과정에서 압축률이 올라

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박경남, 주소 : 충남 천안시 쌍용동 456(330-718), 전화 : 041)570-1402, FAX : 041)570-7725, E-mail : knpark@kornu.ac.kr

접수일 : 2004년 7월 13일, 완료일 : 2004년 10월 25일

[†] 정회원, 나사렛대학교 정보과학부 전임강사

^{**} 정회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정

(E-mail : starksjin@palgong.knu.ac.kr)

^{***} 정회원, 나사렛대학교 정보과학부 조교수
(E-mail : hbyoo@kornu.ac.kr)

^{****} 정회원, 산업표준심의회 전자부회 전자관 (IEC/TC39) 전문위원회 위원

(E-mail : kilee@knu.ac.kr)

※ 본 논문은 2004년도 나사렛대학교 개교 50주년 기념논문임.

가면 영상의 블록 내 및 블록 간 양자화 잡음이 커져서 영상의 열화가 눈에 거슬릴 수 있다. 대표적인 양자화 잡음에 의한 현상에는 블록화 현상 (blocking artifact)과 링잉 현상 (ringing artifact) 등이 있으며 [3], 이러한 양자화 잡음 현상들을 제거하기 위한 방법들이 많이 연구되고 있다[4-12]. 블록화 현상은 평탄한 영역내의 블록 경계면 화소 밝기값의 차이 때문에 주로 나타나고, 링잉 현상은 양자화 과정에서 DCT 계수의 고주파 성분이 절단됨으로써 발생된다. 이러한 양자화 잡음을 제거하는 방법들을 크게 나누면, 부호화의 압축과정에서 양자화 잡음이 발생되지 않도록 부호화기를 설계하는 전처리 방법과 복호기측에서 영상신호를 복원한 다음에 양자화 잡음을 제거하는 후처리 방법으로 나눌 수 있다. 전처리 방법에서는 변환구조 자체를 바꾸는 방법들이 주로 제안되어 왔다[4]. 이들 방법에서는 블록을 겹쳐서 부호화를 하거나 아예 기저함수 자체를 블록의 크기보다 더 크게 만들어, 즉, 블록간을 서로 겹치게 만들어 양자화 잡음이 적은 영상을 전송한다. 이와 같은 전처리 방법은 특정한 부호화 방법을 염두에 두고 만들어진 것으로 표준화된 멀티미디어 시스템에서는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 표준화된 멀티미디어 시스템에서는 후처리 방법이 필요하다. 후처리 방법의 대표적인 방법은 공간 영역에서의 저역 통과 필터를 사용하는 방법이다[5-11]. Ramamurthi 등[5]이 제안한 방법에서는 블록화 현상이 발생한 영상을 평탄 블록과 에지 블록으로 분류한 후, 평탄 블록에는 2차원 저역 통과 필터를 적용하고, 에지 블록에는 에지에 평행하게 1차원 저역 통과 필터를 적용한다. 그러나 이 방법은 에지 블록과 평탄 블록을 분류하는 방법이 정확하지 못하다는 단점이 있다. H. Kim 등[6]은 전역 에지맵, 국부 에지맵, 및 윤곽선 에지맵을 이용하여 블록화 현상을 제거하였으나 계단형 잡음을 효율적으로 제거하지 못하는 단점이 있다. S. Kim 등[8]이 제안한 방법에서는 블록 경계 영역에서 화소 밝기값들의 차를 이용하여 평탄한 영역과 복잡한 영역을 각각 평면 격자 모드와 기본 모드로 구분하여 평면 격자 모드에서는 1D 저역 통과 필터를 블록 경계 영역에 적용하고, 기본 모드에서는 복잡한 영역이므로 블록 경계의 주파수 정보에 따라 평탄화 강도를 제어하여 블록 경계를 필터링한다. 이 방법은 영상의 세밀한 부분에서는 필터링을 취하지

않으므로 영상의 세밀함은 보존될 수 있으나, 에지 영역에서 나타나는 블록화 현상은 잘 제거되지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 신호적응필터 및 블록간 선형조합을 이용한 멀티미디어 시스템에서의 양자화 잡음 제거 알고리즘을 제안하였다. 본 제안 알고리즘에서는 모든 블록에 대해서 DCT 계수의 특성에 따라서 저주파, 고주파, 및 중간조 블록으로 분류한 후, 링잉 현상이 발생할 가능성이 있는 영상내의 고주파 블록에 대해 Sobel 연산자를 이용하여 에지맵을 구한 다음, 에지들의 존재유무에 따라서 신호적응필터를 수행함으로써 영상의 원래 에지들은 보호하면서 에지 주위에 나타나는 링잉 현상을 효율적으로 제거한다. 그리고 블록화 현상이 발생하지 않는 곳의 화소 밝기값 정보들을 가지고 블록화 현상이 발생한 곳의 화소 밝기값들을 개선시키는 방법을 씀으로써 블록화 현상을 효율적으로 제거하였다. 본 제안 알고리즘은 영상 내에서 떨어진 곳에 위치하면서 블록 경계면을 포함하지 않는 블록, 즉 블록내 화소 밝기값들의 연속성이 존재하는 블록들을 이용하여 블록 경계면을 포함하는 블록, 즉 블록화 현상이 발생한 블록을 개선시킬 수 있다는 점에 착안한 방법이다. 본 제안한 방법과 같이 떨어진 블록의 정보를 이용하는 방법은 프랙탈 영상 압축 방법에서 사용된다[13,14]. 프랙탈 영상압축 방법에서는 블록간의 유사성을 자기 유사성을 이용하는데 비해, 제안한 방법에서는 가중 평균 오차를 이용하여 블록간 공간적 유사성을 찾는다. 제안한 방법에서는 블록화 현상이 나타나는 블록경계면을 중심으로 하는 치역 블록 (range block)과 탐색 범위 안에 존재하면서 이 치역 블록과 유사한 여러 후보 블록들 중 가중 평균 오차가 가장 작은 정의역 블록 (domain block)을 이용한다. 이 정의역 블록은 블록 경계면을 포함하지 않기 때문에 연속성이 보장된다. 따라서 이 정의역 블록의 연속성을 이용하여 블록화 현상이 발생한 치역블록을 개선시킬 수 있게 된다. 이와 같이 치역 블록과 유사한 정의역 블록을 찾는 과정은 매우 중요하게 되는데, 제안한 방법에서는 블록 분류과정에서 얻게 된 치역블록의 부분블록들의 블록 특성 조합을 이용하여 좀 더 유사한 블록을 찾는다. 마지막으로, 블록화 현상이 생긴 치역블록과 탐색 과정에서 찾은 정의역 블록과의 선형조합에 의해서 치역블록의 화소 밝기값들을 보정함으로써 블

록화 현상을 제거한다. 본 논문의 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 영상 내 탐색 범위 안에서 가장 유사한 블록을 찾아 블록화 현상이 발생한 곳의 화소 밝기값을 개선시키는 새로운 방법을 사용함으로써 다른 방법들에 비하여 멀티미디어 시스템에서 양자화 잡음을 효율적으로 제거할 수 있다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 Baseline JPEG[15]을 기반으로 부호화된 영상에 대해서 모의실험을 행하였다. 실험결과로부터 제안한 방법은 지역블록과 정의역 블록과의 효율적인 선형 조합에 의해 객관적 화질면에서 기존의 방법들에 비해 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 제안한 멀티미디어 시스템에서의 효율적인 후처리 기법에 대해서 설명하고, 3장에서는 실험 결과 및 고찰, 그리고 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안한 멀티미디어 시스템에서의 효율적인 후처리 기법

본 장에서는 블록 분류 방법과 제안한 링잉 현상 및 블록화 현상 제거 방법에 대해서 설명한다. 본 논문에서 링잉 현상을 먼저 제거한 이유는 링잉 현상을 먼저 제거하지 않으면 링잉 현상이 발생한 블록을 정의역 블록으로 찾을 가능성이 있기 때문이다. 제안한 알고리즘의 전체적인 블록 다이어그램은 그림 1에서와 같다.

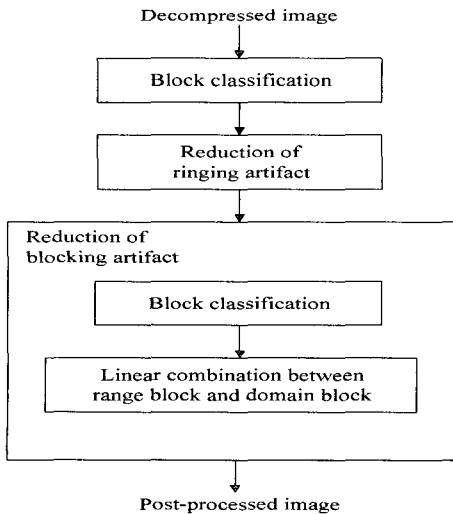


그림 1. 제안한 방법의 순서도

2.1 블록 분류

본 논문에서는 블록 경계 영역의 화소 밝기값들을 효과적으로 보정하기 위해서 블록 경계 지점을 경계로 하는 양쪽의 부분블록의 특성을 이용한다. 일반적으로 블록화 현상은 저주파 블록 사이에서 더 심각하게 보인다. 그리고 링잉 현상은 에지가 존재하는 고주파 블록에서 주로 발생하게 된다. 따라서 이러한 양자화 잡음의 성질을 이용하기 위해 본 논문에서 제안한 블록 분류 알고리즘은 변환 영역 상에서 DCT 계수들의 특성에 따라서 저주파, 고주파 블록으로 분류하는 Kuo 등[9]과 유사한 방법을 이용한다. (i, j) 블록의 8×8 크기의 양자화된 DCT 계수를 $C_{DCT}(i, j)$ 라 할 때, 변환 영역 상에서

$$C_{DCT}(i, j) * K_{low} = \hat{0} \tag{1}$$

을 만족하면 저주파 블록으로 판정하고 마찬가지로,

$$C_{DCT}(i, j) * K_{high} \neq \hat{0} \tag{2}$$

을 만족하면 고주파 블록으로 판정한다. 여기서 *는 계수대 계수 곱이고, K_{low} 및 K_{high} 는 각각 저주파 블록과 고주파 블록을 찾아주는 테스트 행렬이다. 그리고 $\hat{0}$ 는 8×8 크기의 영 행렬이다. 본 알고리즘에서는 K_{low} 및 K_{high} 를

$$K_{low} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$K_{high} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

와 같이 정하여서 블록 분류를 행하였다. 본 논문에서는 블록을 세 가지로 분류하였는데, 식 (3)을 만족하면 저주파 블록으로, 식 (4)를 만족하면 고주파 블록으로 분류하였다. 저주파와 고주파 블록에 속하지 않는 나머지 블록들을 중간조 블록으로 분류하였다. 그림 2는 LENA 원 영상과 본 논문의 블록 분류 방법

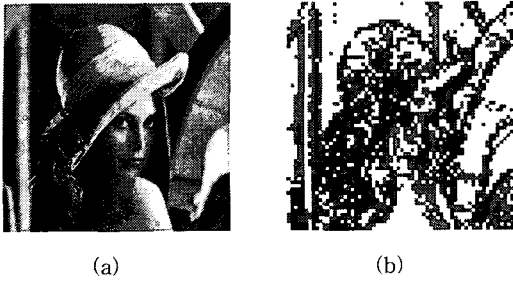


그림 2. LENA의 (a) 원 영상 및 (b) 블록 분류된 영상

을 적용한 블록 분류된 LENA 영상을 나타낸 그림이다.

블록 분류된 LENA 영상에서 흰 부분은 저주파 블록, 검은 부분은 고주파 블록, 회색 부분은 중간조 블록으로 분류된 것을 표시하였다. 이러한 방법으로 저 비트율에서 블록기반 DCT 부호화 영상을 효율적으로 분류할 수 있었다.

2.2 제안한 링잉 현상 제거 방법

멀티미디어 시스템의 양자화 과정에서 고주파 성분이 부적절하게 절단되어 실제 에지 주위에 유사 에지가 발생하는 링잉 현상을 제거하기 위하여 제안한 방법에서는 에지를 포함하는 블록에 대하여 2차원 3탭 신호적응필터 (signal adaptive filter)를 적용한다. 에지는 주로 고주파 블록에서 발생하므로 제안한 블록 분류과정에서 고주파로 분류되어진 블록에 대해서만 신호적응필터를 수행하여 링잉 현상을 제거하였다. 즉, 블록 분류 과정에서 고주파 블록으로 분류되어진 블록에 대해서는 링잉 현상이 생길 수 있기 때문에 이 영역은 그림 3에서와 같이 2차원 3탭 신호적응필터를 적용한다.

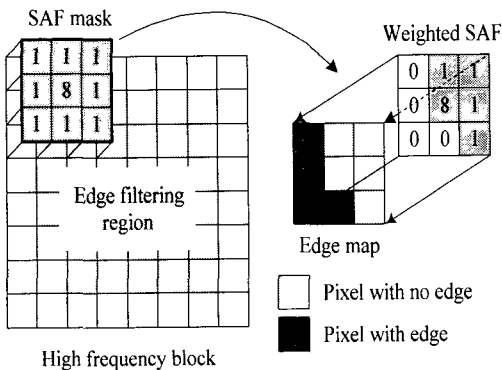


그림 3. 고주파 블록내에서의 2차원 3탭 신호적응필터

필터링 방법을 살펴보면, 필터링에 포함되는 화소 중 에지가 있을 경우, 에지 및 에지 방향 쪽의 화소는 필터의 계수를 0으로 만들어 필터링에 포함시키지 않는다. 이런 방법을 씀으로써 원래의 에지는 건드리지 않고 필터링을 할 수 있게 된다. 신호적응필터를 3×3 크기로 정한 이유는 블록 경계면에 대하여 영향을 받지 않기 위해 3탭으로 결정하였다. 신호적응필터내의 계수 값은 에지를 보존하면서 링잉 현상을 제거하기에 적당한 값을 실험적으로 결정하였다. 제안한 방법에서 사용하는 신호적응필터는 에지 성분을 보존하기 위하여 에지맵을 필요로 한다. 이때 본 논문에서는 블록 분류과정에서 고주파 블록으로 분류된 블록에 대해서만 에지맵을 구하게 된다. 에지맵은 Sobel 연산자에 의하여 구하여지는데, Sobel 연산자는 대표적인 1차 미분 연산자로서 에지 강도 $G(i, j)$ 는 그림 4에서와 같은 마스크를 이용하여 3×3 국부 영역에서,

$$G(i, j) = \sqrt{G_H(k, l)^2 + G_V(k, l)^2} \quad (5)$$

와 같이 정의된다. 여기서 $G_H(i, j)$ 와 $G_V(i, j)$ 는 각각 수평과 수직방향의 마스크 $M_H(k, l)$ 및 $M_V(k, l)$ 와 후처리하고자 하는 영상 $F(k, l)$ 과의

$$G_H(i, j) = F(k, l) \otimes M_H(k, l) \quad (6)$$

$$G_V(i, j) = F(k, l) \otimes M_V(k, l)$$

와 같은 행렬 연산으로 구할 수 있다. Sobel 연산자의 결과는 수평과 수직방향의 마스크와 영상의 기울기를 뜻하며 비교적 다른 연산자들보다 수행이 간단하다는 장점이 있어서 본 논문에서 사용하였다.

이렇게 구하여진 에지 강도 $G(i, j)$ 가 문턱치보다 클 경우 에지로 판별하고 그렇지 않는 경우 에지로 판별하지 않았다. 문턱치는 실험적으로 결정하였으며, 본 논문에서는 248로 결정하였다. 이와 같은 방법으로 구하여진 에지맵은 그림 5에서와 같다.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

(a) 수평방향 및 (b) 수직방향의 Sobel 연산자 마스크

그림 4. (a) 수평방향 및 (b) 수직방향의 Sobel 연산자 마스크

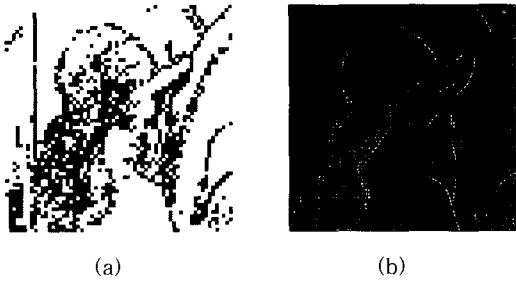


그림 5. (a) 고주파 블록 및 (b) 고주파 블록에서의 에지맵

그림 5의 (a)에서는 블록 분류과정을 통하여 구해진 고주파 블록을 보여주고 있는데, 흰 부분이 고주파 블록을 나타내고 있다. 그리고 그림 5의 (b)에서는 고주파 블록에 대해서 에지맵을 구한 그림을 나타내었다. 여기에서 흰 부분이 에지를 나타내고 있다. 이 에지 부분은 신호적응필터를 수행할 때 마스크의 필터 계수를 0이 되게 함으로써 원래의 에지 성분을 보존하게 하였다.

2.3 제안한 블록화 현상 제거 방법

2.3.1 정의역 블록 탐색

블록화가 발생한 영상에서, 먼저 치역블록 R 을 그림 6에서와 같이 블록 경계를 중심으로 양쪽의 부분블록을 포함하는 8×8 크기의 블록으로 정한다.

그림에서 보는 바와 같이 치역블록의 구조는 수직블록 경계면을 갖는 구조와 수평블록 경계면을 갖는 구조로 나뉘는데, 블록 경계면을 중심으로 양쪽의 두개의 부분블록들로 이루어져 있다. 이 치역블록은 블록화 현상이 발생한 블록 경계 영역을 중심으로 하는 블록이기 때문에 본 논문에서 개선시키고자 하는 블록이다. 그리고 정의역 블록 D 는 탐색 영역 안에

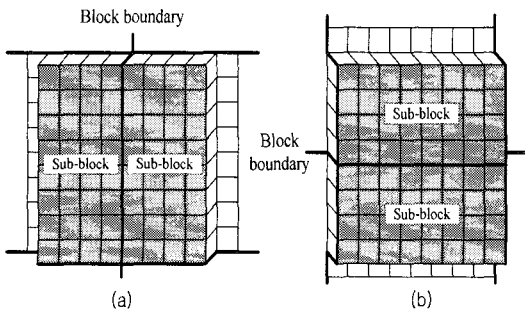


그림 6. (a) 수직블록 경계면을 갖는 치역블록 구조
(b) 수평블록 경계면을 갖는 치역블록 구조

있는 8×8 블록 영상이며, 이 정의역 블록 D 는 블록 경계면을 포함하지 않고 다른 블록들과 겹쳐져 있지 않기 때문에 블록안의 화소 밝기값들이 좋은 연속성이 있다고 가정한다. 즉, 연속성이 우수한 정의역 블록 D 를 이용하여 불연속한 치역블록 R 을 고치는 것이다. 하나의 치역블록 R 에 대해서 이와 유사한 많은 후보 정의역 블록들이 탐색 영역안에 있을 수 있다. 그러나 본 논문에서는 여러 후보 정의역 블록들 중에 하나의 블록을 정의역 블록 D 로 선택해야 한다. 그래서 본 논문에서는 치역블록과 비슷한 정의역 블록을 선택하기 위해서 두 가지의 제약조건을 두었다.

- 1) 후보 정의역 블록 D 는 치역블록과 가까이 존재해야 한다.
- 2) 여러 후보 정의역 블록들 중에서 어느 블록이 치역블록과 가장 유사한가?

로 하였다. 즉, 본 논문에서는 같은 영상 내에서 서로 떨어진 영역의 정보를 이용하여 블록화 현상을 제거하였다. 그림 7에서는 본 논문에서 정의한 치역블록과 정의역 블록과의 관계 및 탐색 영역을 나타내었다.

본 논문에서는 영상 내에 존재하는 블록간의 유사성을 바탕으로 해서 블록화 현상을 제거하기 때문에 탐색 과정에서의 정확성이 매우 중요하다고 할 수 있다. 즉, 여러 후보 정의역 블록들 중에서 치역블록과 가장 비슷한 블록을 탐색과정에서 찾기 위하여 가중 평균 오차 (weighted mean-square error,

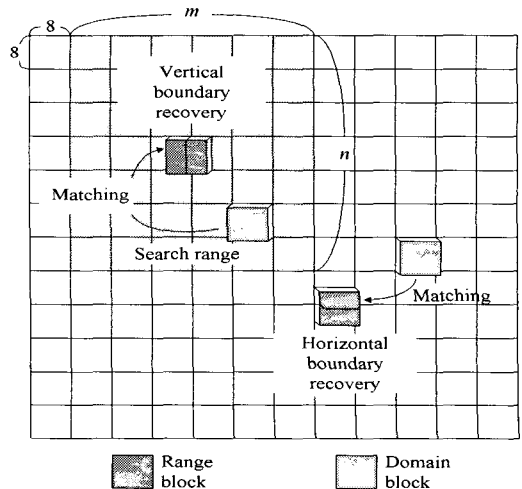


그림 7. 치역블록과 정의역 블록의 관계와 탐색영역

WMSE)를 사용하였다. WMSE는

$$E = \sum_{i=-N/2}^{N/2-1} \sum_{j=-N/2}^{N/2-1} w_{i,j} (R_{i,j} - D_{i,j})^2 \quad (7)$$

와 같다. 여기서 가중치 $w_{i,j}$ 는

$$w_{i,-j} = w_{i,j-1}, \quad i, j = 1, \dots, N/2 \quad (8)$$

$$\sum_{j=-N/2}^{N/2-1} w_{i,j} = 1, \quad i = -N/2, \dots, N/2-1 \quad (9)$$

을 만족하고, 여기서 N 은 8이다. 본 논문에서는 좀 더 정확한 정의역 블록을 찾기 위해서 서로 다른 가중치 $w_{i,j}$ 를 사용하였다. 즉, 치역블록의 중앙에 있는 경계면에 가까이 갈수록 가중치를 낮게 두어 가중평균오차를 구하게 된다. 그 이유는 블록 경계면에 가까이 위치한 화소일수록 블록화 현상을 유발시키는 화소일 가능성이 높기 때문이다. 또한 치역블록 경계면을 중심으로 양쪽에 존재하는 부블록들의 특성을 고려하여 가중치를 결정하였다. 이들 부블록 특성 조합은 표 1에서와 같이 현재의 부블록 즉, 저주파 블록(L)과 고주파 블록(H), 및 중간조 블록(M)과 이들 부블록들과 이웃하는 부블록들과의 조합으로 나타낼 수 있다.

이들 조합에 따라서 각기 다른 가중치를 적용하여 좀 더 정확한 정의역 블록을 찾도록 하였다. 예를 들어, 저주파 블록과 저주파 블록이 접해 있는 경우, 블록 경계면 가까이에서 블록화 현상이 잘 보이기 때문에 블록 경계 부근의 화소 밝기값들은 가중치를 아주 낮게 조정할 수 있다. 그리고 고주파 블록과 고주파 블록이 접해 있는 경우, 이 영역은 복잡한 영역이기 때문에 가중치를 거의 비슷하게 주어도 상관이 없다. 이와 같은 가중치를 결정하기 위하여 여러 종류의 실험 영상에 대해서 블록 경계면을 중심으로

한 원 영상과의 차를 이용하였으며, 또한 블록 경계면을 중심으로 가까이 존재하는 화소 밝기값 일수록 가중치를 적게 적용하는 방법을 이용하여 각각의 조합에 대한 가중치를 결정하였다. 이렇게 정해진 가중치를 적용하여 탐색 범위 안에 있는 각각의 후보 정의역 블록들에 대해서 각각 가중평균오차들을 구하게 되는데, 이들 중 가장 작은 가중 평균 오차 값을 가지는 후보 정의역 블록을 정의역 블록이라고 정의한다.

2.3.2 선형 조합에 의한 블록화 현상 제거

탐색과정을 통하여 구해진 정의역 블록 D 와 블록 경계면을 포함하는 치역블록 R 과의 선형조합(linear combination)에 의하여 치역블록 R 을 새로운 치역블록 R' 로 대체한다. 즉,

$$R_{i,j}' = (1 - c_{i,j} \cdot f(E)) \cdot R_{i,j} + (c_{i,j} \cdot f(E)) \cdot D_{i,j} \quad (10)$$

$$i, j = -N/2, \dots, N/2-1$$

와 같다. 여기서, $R_{i,j}'$ 은 치역블록과 정의역 블록의 선형조합으로 생성되는 새로운 치역블록을 뜻하고, $c_{i,j}$ 는 블록 경계면에 가까이 있는 화소 밝기값 일수록 더 많이 바뀌게 하기 위해 사용되어지는 값들이다. 이들은

$$c_{i,-j} = c_{i,j-1}, \quad i, j = 1, \dots, N/2 \quad (11)$$

을 만족한다. 그리고 $f(E)$ 는

$$f(E) = \begin{cases} 1 - \frac{1 - Th_c}{Th_e} \cdot E, & \text{if } 0 \leq E \leq Th_e \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

로 정의되어진다. 여기서, Th_c 및 Th_e 는 $f(E)$ 의 모양을 제어하는데 쓰인다. 그리고 $c_{i,j}$ 와 $f(E)$ 는 치역블록을 변경할 것인가 혹은 치역블록을 보존할 것인가의 절충관계에 있도록 정해진다. $f(E)$ 는 치역블록과 정의역 블록이 더 유사할수록 치역블록을 더 많이 변경시키도록 한다. 예를 들어, 식 (12)에서 E 가 커지게 되면 $f(E)$ 는 상대적으로 작아지게 되는데, 이 작아진 $f(E)$ 값과 $c_{i,j}$ 의 곱해진 값은 0에서 1사이의 값을 가지게 되는데, 식 (10)에서와 같이 1값을 빼주어서 치역블록에 곱해지게 된다. 즉, E 가 커지게 되면 치역블록의 비중을 좀 더 작게 하고, 정의역 블록에는 1을 빼주지 않고 $f(E)$ 값과 $c_{i,j}$ 의

표 1. 치역 블록내의 부 블록들의 조합 및 가중치

Neighbor subblock \ Current subblock	Low frequency block	High frequency block	Midrange block
Low frequency block	$w_{i,j}^{LL}$	$w_{i,j}^{LH}$	$w_{i,j}^{LM}$
High frequency block	$w_{i,j}^{HL}$	$w_{i,j}^{HH}$	$w_{i,j}^{HM}$
Midrange block	$w_{i,j}^{ML}$	$w_{i,j}^{MH}$	$w_{i,j}^{MM}$

곱을 그대로 정의역 블록과 곱하여 정의역 블록의 비중을 크게 하여 선형 조합하는 것이고, 만약에 에러가 작을 때는 이와 반대로 정의역 블록의 비중을 좀 더 작게 하고 치역 블록의 비중을 좀 더 크게 하여 선형 조합하게 된다. 그리고 $E > Th_e$ 일 경우에는,

$$R_{i,-1} = (1-p) \cdot R_{i,-1} + p \cdot R_{i,0} \quad (13)$$

where, $i = -N/2, \dots, N/2 - 1$

$$R_{i,0} = p \cdot R_{i,-1} + (1-p) \cdot R_{i,0} \quad (14)$$

where, $i = -N/2, \dots, N/2 - 1$

와 같은 방법으로 블록 경계면을 중심으로 한 양쪽의 화소 밝기값만을 조정함으로써 블록화 현상을 제거하였다. 여기에서 p 는 실험적으로 구하였으며, 본문에서는 0.3으로 정하였다. 그림 8에서는 가중 평균 오차값이 클 경우 조정될 블록 경계면의 화소 밝기값을 보여주고 있다.

이와 같이 선형 조합을 이용하여 블록화가 발생한 치역블록을 보정하고, 또한 오차가 클 경우에는 블록 경계면을 중심으로 한 양쪽의 화소 밝기값만을 조정하는데, 이러한 방법을 써서 수평 방향의 치역블록과 수직방향의 치역블록을 고치게 되면 서로 겹치는 부분이 발생하게 된다. 겹쳐진 화소 밝기값들은 수평 방향으로 보정된 새로운 치역블록과 수직 방향으로 보정된 새로운 치역블록의 화소 밝기값들의 평균으로 구해지게 된다. 이와 같은 방법을 통해서 구하여진 새로운 치역블록은 블록화 현상을 효율적으로 제거됨을 알 수 있다.

3. 모의 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 멀티미디어 시스템에서 발생하는 양자화 잡음을 제거하기 위한 알고리즘의 성능을 평

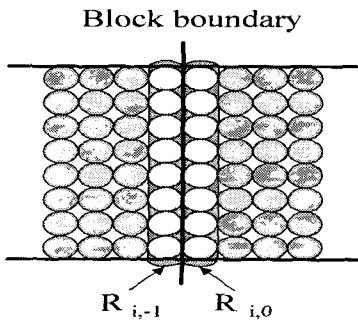


그림 8. 에러값이 클 경우 조정될 블록 경계면의 화소

가하기 위하여 정지영상에 대하여 모의실험을 행하였다. 정지영상으로는 512×512 화소크기의 LENA, BOAT, 및 BANK 영상을 Baseline JPEG[13]으로 부호화된 영상을 사용하였고, 탐색범위는 치역블록을 중심으로 가로, 세로 정사각형 모양으로 탐색을 행하였다. 실험 결과, 탐색 범위는 가로, 세로로 10 블록 크기 이상에서는 그 차이가 미미하기 때문에 본 실험에서는 탐색 영역을 가로, 세로 각각 10 블록으로 하였다. 또한 식 (7)에서의 $w_{i,j}$ 는 좀 더 정확한 정의역 블록을 찾기 위해서 치역블록의 중앙의 경계면을 중심으로 양쪽의 부분블록의 특성을 고려하여 서로 다른 가중치 $w_{i,j}$ 를 사용하였다. 기본적으로는 치역블록의 중앙에 있는 경계면에 가까이 갈수록 가중치를 낮게 두어 가중 평균 오차값을 구하게 된다. 그 이유는 블록 경계면에 가까이 위치한 화소일수록 블록화 현상을 유발시키는 화소일 가능성이 높기 때문이다. 그리고 치역블록의 부분블록의 조합은 표 1에서와 같이 각기 다른 $w_{i,j}$ 를 사용하였는데, 이들 가중치를 구하기 위해서 그림 9에서와 같이 압축하기 전의 원영상에서 JPEG 압축된 영상을 뺀 값의 평균을 치역블록의 블록 경계면을 중심으로 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 블록 경계면에 가까워질수록 화소 밝기값 차이가 크고, 또한 전체적으로 고주파 영역에서 화소 밝기값 차이가 큼을 알 수 있었다. 그리고 치역블록의 부분블록의 조합이 LH와 HL일 경우, MH와 HM일 경우, 및 LM와 ML일 경우에는 서로 대칭이 됨을 알 수 있었다.

또한 HH인 경우에는 블록 경계면에서의 화소 밝기값 차이가 크지만 전체적으로 그래프가 완만하며, LL인 경우에는 특히 블록 경계면 가까운 곳의 화소 밝기값 차이가 크다. 그리고 MM인 경우에는 LL과 유사한 모양을 이루게 된다.

이를 근거로 해서 제안한 알고리즘에서는

$$w_{i,j}^{LL}, w_{i,j}^{MM} = (0.18, 0.15, 0.12, 0.05, 0.05, 0.12, 0.15, 0.18)$$

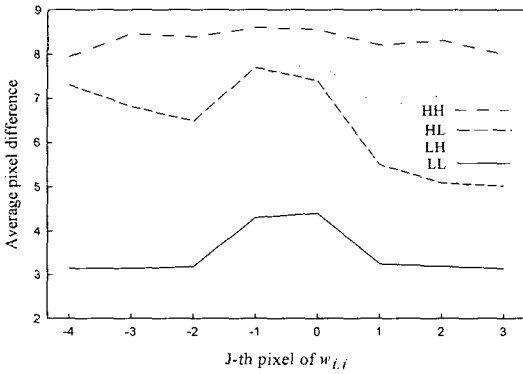
$$w_{i,j}^{LH}, w_{i,j}^{MH}, w_{i,j}^{LM} = (0.20, 0.18, 0.15, 0.05, 0.03, 0.10, 0.13, 0.16)$$

$$w_{i,j}^{HL}, w_{i,j}^{HM}, w_{i,j}^{HM} = (0.16, 0.13, 0.10, 0.03, 0.05, 0.15, 0.18, 0.20)$$

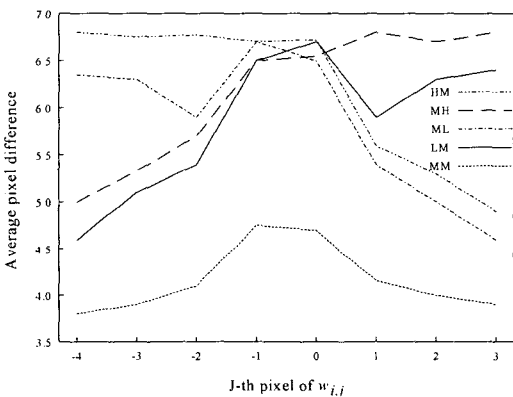
$$w_{i,j}^{HH} = (0.19, 0.14, 0.12, 0.05, 0.05, 0.12, 0.14, 0.19)$$

와 같이 가중치를 결정하였다. 그리고 식 (10)의 $c_{i,j}$ 는 블록 경계면 가까이 있는 화소 밝기값 일수록 더 많이 바뀌게 하기 위한 값으로

$c_{i,j} = (0.2, 0.6, 0.7, 1.0, 1.0, 0.7, 0.6, 0.2)$
와 같이 실험적으로 결정하였고, 식 (12)에서의 문턱



(a)



(b)

그림 9. (a) HH, HL, LH, LL 및 (b) HM, MH, ML, LM, MM의 조합을 이루는 치역블록 경계면에서의 LENA 원영상과 JPEG 압축된 영상과의 화소 밝기값 차이의 평균값

치 Th_e 및 Th_c 는 실험적으로 각각 100 및 0.75로 결정하였다. 양자화 스케일 인자 2, 3, 및 4로 부호화된 영상에 대하여 제안한 방법과 기존의 방법의 결과를 표 2 및 그림 10에 나타내었다. 이 표로부터 제안한 방법은 JPEG 압축 영상에 비하여 0.28~0.46 dB의 화질 개선이 있었고, 기존 방법에 비하여서는 0.04~0.4 dB의 화질 개선이 있음을 확인하였다. 또한 그림 10에서 Kim 등[6]의 방법 및 다른 Kim 등[8]의 방법을 적용한 영상에서는 눈과 코 주위의 에지에서 블록화 현상이 남아 있으나 제안한 방법을 적용한 영상에서는 블록화 현상이 대부분 사라짐을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 시스템에서 양자화 과정으로 생기는 잡음을 신호적응필터 및 블록간 선형 조합을 이용하여 효율적으로 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법에서는 모든 블록을 저주파 블록, 고주파 블록, 및 중간조 블록으로 나눈다. 그리고 블록 분류과정에서 고주파로 분류된 블록에 대해서는 Sobel 연산자를 이용하여 구한 에지맵의 정보에 따라 신호적응필터를 사용함으로써 원래의 에지는 손상되지 않고 가짜 에지를 없앴으로써 효율적으로 링잉 현상을 제거하였다. 그리고 블록화 현상이 나타나는 치역블록과 유사한 정의역 블록을 치역블록의 블록 경계면을 중심으로 한 양쪽의 부분블록 특성과 블록간 유사성을 고려하여 탐색 영역안에서 찾는 다음, 이들 치역블록과 정의역 블록간의 선형조합을 이용하여 블록화 현상을 제거하였다. 컴퓨터 모의실험

표 2. 정지 영상에 대한 제안한 방법과 기존의 방법의 PSNR

Test images	Scale factor	PSNR [dB]				
		JPEG	Ramammurthi's method	H. Kim's method	S. Kim's method	Proposed method
LENA	2	32.68	32.72	32.82	32.53	32.96
	3	31.59	31.76	31.90	31.54	31.96
	4	30.75	31.00	31.16	30.76	31.20
BOAT	2	33.26	33.22	33.36	33.03	33.61
	3	31.86	32.01	32.19	31.76	32.27
	4	30.89	31.13	31.32	30.84	31.36
BANK	2	30.63	30.38	30.76	30.56	30.75
	3	29.38	29.32	29.67	29.38	29.56
	4	28.54	28.58	28.87	28.56	28.77

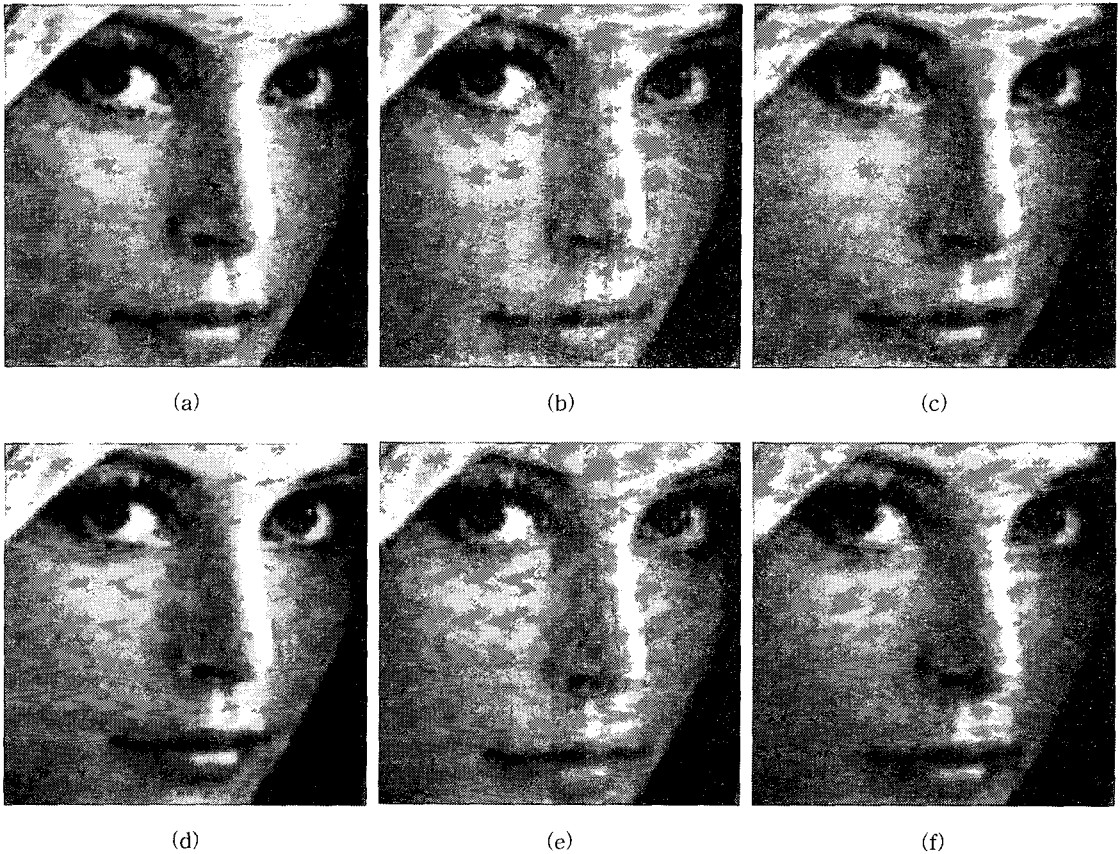


그림 10. (a) LENA 원 영상, (b) JPEG 복원 영상과, (c) Ramammurthi 등의 방법, (d) S. Kim 등의 방법, (e) H. Kim 등의 방법, 및 (f) 제안한 방법을 적용한 후의 영상 ($Q_f=3$)

결과로부터, 제안한 방법은 정지영상의 경우 PSNR 측면에서 0.2~0.4 dB 정도의 향상을 얻었을 뿐만 아니라 블록간 유사성을 이용하여서 좀 더 원 영상에 가까운 영상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] A. K. Jain, Fundamental of digital image processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989.
- [2] J. S. Lim, Two-dimensional signal and image processing, Prentice Hall, New York, 1990.
- [3] A. Katsaggelos and N. Galatsanos, Signal recovery techniques for image and video compression and transmission, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998.
- [4] H. S. Marvar and D. H. Staelin, "The LOT: Transform coding without blocking effect," IEEE Trans. Acoustic, Speech, and Signal Processing, Vol. 37, No. 4, pp. 553-559, Apr. 1989.
- [5] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear space-variant postprocessing of block coded images," IEEE Trans. Acoustic, Speech, and Signal Processing, Vol. 34, No. 5, pp. 1258-1267, Oct. 1986.
- [6] H. C. Kim and H. W. Park, "Signal adaptive postprocessing for blocking effects reduction in JPEG image," Proc. ICIP, Vol. 2, pp. 41-44, 1996.
- [7] Y. L. Lee, H. C. Kim, and H. W. Park, "Block-ing effect reduction of JPEG images by signal

adaptive filtering," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 7, No. 2, pp. 229-234, Feb. 1998.

[8] S. D. Kim, J. Y. Yi, H. M. Kim, and J. B. Ra, "A deblocking filter with two separate modes in block-based video coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 9, pp. 156-160, Feb. 1999.

[9] C. J. Kuo and R. J. Hsieh, "Adaptive postprocessor for block encoded images," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 5, pp. 298-304, Aug. 1995.

[10] K. N. Park, S. H. Lee, J. W. Lee, K. K. Kwon, S. W. Ban, and K. I. Lee, "Blocking artifacts reduction in block-coded images using remote information," Proc. ITC-CSCC, Vol. 1, pp. 418-421, 2001.

[11] H. Paek, R. C. Kim and S. U. Lee, "A DCT-based spatially adaptive post-processing technique to reduce the blocking artifacts in transform coded images," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 10, No. 1, pp. 36-41, Feb. 2000.

[12] S. Chen, Z. He, and B. Luk, "A generic post-processing technique for image compression," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 10, No. 5, pp. 801-805, Aug. 2000.

[13] M. Barnsley, Fractals everywhere, Academic, San Diego, California, 1988.

[14] Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 1, No. 2, pp. 18-30, Jan. 1992.

[15] K. R. Rao and P. Yip, Discrete cosine transform: Algorithms, advances applications, Academic, San Diego, California, 1990.



박 경 남

1992년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2003년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 2003년 3월~현재 나사렛대학교

정보과학부 전임강사

관심분야 : 영상처리, 영상통신, 디지털 TV 등



김 승 진

2000년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학과 졸업
 2002년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2002년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 영상처리, 영상통신, 멀티미디어 정보보호



유 현 배

1992년 부경대학교 응용수학과 졸업
 1994년 부경대학교 대학원 응용수학과 졸업(이학석사)
 2000년 일본 Tsukuba대학교 대학원 공학연구과 졸업(공학 박사)

2000년 일본 통신종합연구소(CRL) 연구원

2001년 순천향대학교 BK21 전임교수

2002년~현재 나사렛대학교 정보과학부 조교수

관심분야 : 영상처리 및 이해, 가상현실, 프랙탈 기초 및 응용



이 건 일

1965년 2월 경북대학교 물리학과 졸업

1970년 2월 경북대학교 물리학과 이학석사

1984년 2월 부산대학교 물리학과 이학박사

1969년~1984년 경북대학교 공과대학 전자공학과 부교수

1982년~1983년 미국 RPI 공과대학 교환교수

1984년~현재 경북대학교 공과대학 전자공학과 교수

1995년~현재 산업표준심의회 전자부회 전자관

(IEC/TC39) 전문위원회 위원

관심분야 : 비디오 및 오디오 공학, 전자계측, 의용전자 공학