적응적 필터링과 보간법을 이용한 블록기반 압축영상의 효율적인 후처리 알고리듬†

(An Effective Postprocessing Algorithm for Block Encoded Images Using Adaptive Filtering and Interpolation)

박 경 남*
(Kyung-Nam Park)

요 약 본 논문에서는 블록분류를 통하여 얻어진 블록별 특성에 따라 블록간 보간법과 신호적응필터를 이용한 새로운 후처리 기법을 제안한다. 제안한 알고리듬에서는 모든 블록에 대해서 DCT 계수의 특성에 따라서 저주파와 고주파 블록으로 나눈다. 이웃한 네 개의 저주파 블록에 대해서는 보간법을 이용하여 블록화 현상을 제거하고, 링잉현상이 발생할 가능성이 있는 고주파 블록에서는 에지맵에 따라 신호적응필터를 적용하여 영상의 에지들은 보호하면서 에지주위에 나타나는 링잉현상을 제거한다. 모의실험 결과 제안한 방법이 기존방법에 비하여 객관적 및 주관적 화질 측면에서도 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

핵심주제어 : 적응적 필터링, 보간법, 블록화 현상, 링잉현상

Abstract In this paper, we present a new postprocessing algorithm using interpolation and signal adaptive filter according to the each block characteristic which is acquired in block classification process. We applied blocking artifact reduction algorithm for four neighbor low frequency block and ringing artifacts is removed with preserving edges by applying a signal adaptive filter in high frequency block based on edge map. The computer simulation results confirmed a better performance by the proposed method in both the subjective and objective image qualities.

Key Words: adative filtering, interpolation, blocking artifact, ringing artifact

1. 서 론

JPEG과 같은 정지 영상 부호화와 H.261, H.263, MPEG-1, 및 MPEG-2 등의 동영상 부호화에서는 블록기반 이산여현변환 (block-based discrete cosine transform) 과정을 거친 후 양자화 과정에서 압축을 수행한다. 이러한 블록기반 이산여현변환은 양자화과정에서 필연적으로 블록화 현상과 링잉현상 등이 생기게 되는데, 이는 영상의 열화를 가져오게 되는 주요한 원인이 된다. 이러한 양자화 잡음을 제거하기 위한 많은 방법들이 연구되고 있다[1-6]. Ramamurthi 등[1]이 제안한 방법에서는 블록화 현상이 발생한 영상을 평탄 블록과 에지블록으로 분류한 후, 평탄 블록에는 2차원 저역통과 필터를 적용하고, 에지 블록에는 에지에 평행하게 1차원 저역통과필터를 적용한다. 그러나 이 방법은 에지 블록과 평탄블록을 분류하는 방법이 정확하지 못하다는 단점이 있다. S. Kim 등[2]이 제안한 방법에서는 블록 경계 영역에서 화소 밝기값들

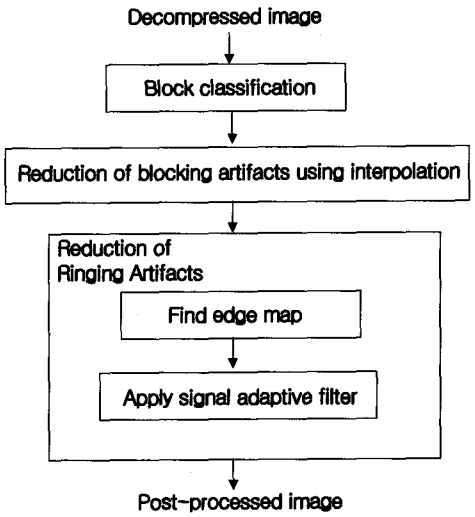
† 이 논문은 2006년도 나사렛대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

* 나사렛대학교 멀티미디어학과 조교수

의 차를 이용하여 평탄한 영역과 복잡한 영역을 각각 평면 격자 모드와 기본 모드로 구분하여 평면 격자 모드에서는 1차원 저역통과필터를 블록 경계 영역에 적용하고, 기본모드에서는 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. H. Kim 등[3]이 제안한 방법에서는 블록내 화소값들의 평균 및 표준편차와 Sobel 연산자를 이용해서 전역, 국부, 경계 에지맵을 구한다음, 2차원 신호적응필터를 전역 및 국부 에지맵에 적용하고 1차원 신호적응필터를 경계 에지맵에 적용하여 블록화 현상은 효율적으로 제거하였으나, 계단형 잡음을 잘 제거하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 블록간 보간법과 에지맵에 기초한 신호적응필터를 이용하여 양자화 잡음을 제거하는 방법을 이용하였다. 먼저 모든 블록을 DCT 계수의 특성에 따라서 저주파와 고주파 블록으로 구분하였다. 그리고 이웃한 4 개의 저주파 블록에 대해서는 매크로 블록으로 정의하고 보간법을 통해 블록화 현상을 제거하였다. 그리고 링잉현상이 발생할 가능성이 농후한 고주파 영역에서는 Sobel 연산자를 통해 구해진 에지맵을 이용하여 에지는 보존하면서 에지 주변에 나타나는 링잉 현상을 효율적으로 제거하였다. 제안한 방법을 실험하기 위해 baseline JPEG[7]을 이용하였으며, 모의실험 결과 객관적 및 주관적 화질이 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

2. 제안한 후처리 기법

제안 방법에서는 먼저 DCT 계수 특성에 따른 블록 분류를 통하여 각 블록들을 저주파 블록, 고주파 블록, 블록으로 분류하고 이웃한 4개의 저주파 블록에 대해서 보간법을 통하여 블록화 현상을 제거하게 된다. 그리고 에지맵을 구한다음, 신호적응필터를 통하여 링잉현상을 제거하게 된다. 제안한 알고리듬의 대략적인 블록 다이어그램은 그림 1에서와 같다



<그림 1> 제안한 방법의 순서도

2.1 블록 분류

본 논문에서 사용한 블록분류 방법은 DCT 계수의 특성에 따라 저주파, 고주파 블록으로 분류한다. (i,j) 블록의 8×8 크기의 양자화된 DCT 계수를 $C_{DCT}(i,j)$라 할 때, 변환 영역 상에서

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

을 만족하면 저주파 블록으로 판정하고 마찬가지로,

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

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 $\mathbb{0}$는 8×8 크기의 영 행렬이다. 본 알고리듬에서는 K_{low} 및 K_{high}를

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

$$K_{high} = \begin{matrix} 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \end{matrix} \quad (4)$$

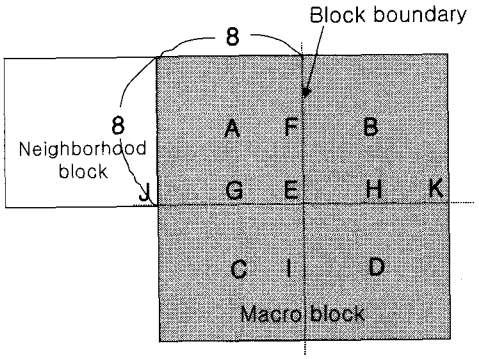
와 같이 정하여서 블록 분류를 행하였다. 본 논문에서는 블록 종류를 두 가지로 분류하였는데, 이는 블록 종류에 따라서 적절한 후처리를 하기 위함이다.

2.2 제안한 블록화 현상 제거 방법

제안한 방법에서는 블록 분류단계에서 저주파로 분류된 블록에 대해서만 실행하게 된다. 그림 2에서와 같이 서로 이웃한 4개의 블록을 매크로 블록이라 정의하고 보간을 실시하게 된다. 그림 2는 매크로 블록의 구조와 보간 방법을 설명한 것이다. 먼저 A, B, C, D와 같이 각 블록의 (4, 4)위치에 존재하는 중심 화소를 출발점으로 한다. 각 출발점으로부터 같은 거리에 있는 E의 화소값을 A, B, C, D로부터 보간을 이용하여 다음 수식에 의해서 새로운 화소값으로 조정하게 된다.

$$E = \frac{A+B+C+D}{4} \quad (5)$$

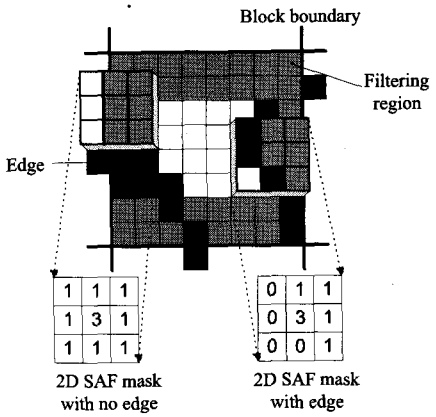
같은 방법으로 F, G, H, I 등도 재귀적으로 생성하게 되는데, H의 화소값을 보간하기 위해서는 B, D, E, K의 화소값이 사용되는데, 수식(5)와 같이 $H = \frac{B+D+E+K}{4}$ 의 수식을 이용하게 된다. 하지만, 중심을 E로 잡았기 때문에 G를 보간할 때는 그림 2에서와 같이 A, C, E, J를 이용하게 되는데 J는 이웃한 블록의 화소값이다. 이때 J가 속한 블록의 특성을 고려하여 J가 사용될 것인지 아닌지를 판단하게 된다. 예를 들어, J가 속한 블록이 저주파 블록이면 J가 G를 보간하는데 관여하게 되어 $G = \frac{A+C+E+J}{4}$ 의 수식을 이용하여 보간하게 되고, J가 속한 블록이 고주파 블록이면 J는 보간에 관여하지 않고 A, C, E만이 보간에 관여하게 된다. 즉, $G = \frac{A+C+E}{3}$ 의 수식을 이용하여 보간하게 된다. 이와 같은 방법으로 매크로 블록내 모든 화소값들이 새롭게 생성될 때까지 이 과정을 계속하게 된다. 이는 블록의 특성을 이용하여 보간을 수행하였기 때문에 블록화 현상이 효율적으로 제거하였고 부드러운 영상을 얻을 수 있게 되었다.



<그림 2> 매크로 블록의 구조와 보간 방법

2.3 제안한 링잉현상 제거 방법

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. 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 경계면의 화소 밝기값을 필터링할 때 필터링 영역 밖의 화소 밝기값에 대하여 영향을 받지 않기 위해 3탭으로 결정하였다.



<그림 3> 고주파 블록내 2-D 3탭 신호적응필터 적용 방법

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 영상 $F(i,j)$의 (i,j)에서의 에지 강도 $G(i,j)$는 그림 4에서와 같은 마스크를 이용하여 3×3 국부 영역에서,

$$G(i,j) = \sqrt{G_H(i,j)^2 + G_V(i,j)^2} \qquad (6)$$

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

$$\begin{aligned} G_H(i,j) &= F(k,l) \otimes M_H(k,l) \\ G_V(i,j) &= F(k,l) \otimes M_V(k,l) \end{aligned} \qquad (7)$$

와 같은 행렬 연산으로 구할 수 있다. ⊗는 회선 연산자를 의미하며, 원시화소에 이웃한 화소들 각각의 가중치를 곱합으로써 구할 수 있다. Sobel 연산자의 결과는 영상의 기울기를 뜻하며 비교적 다른 연산자들보다 수행이 간단하다는 장점이 있어서 본 논문에서 사용하였다.

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

(a)

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

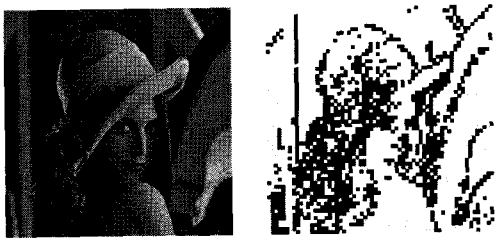
(b)

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

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.

3. 모의실험 결과

본 논문에서는 제안한 알고리듬의 성능을 평가하기 위하여 정지영상에 대하여 모의실험을 행하였다. 정지영상으로는 512×512 화소크기의 LENA, BOAT, 및 BANK 영상을 Baseline JPEG[7]으로 부호화된 영상을 사용하였다.



(a) (b)

<그림 5> LENA의 (a) 원 영상 및 (b) 블록 분류된 영상

객관적 화질 척도로 PSNR을 사용하였으며 PSNR은

$$\text{PSNR} = 10\log\frac{255^2}{\frac{1}{N^2}\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1}\left|f(i,j) - \hat{f}(i,j)\right|^2} \text{ [dB]} \qquad (8)$$

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

그림 5는 LENA 원 영상과 본 논문의 블록 분류 방법을 적용한 블록 분류된 LENA 영상을 나타낸 그림이다. 블록 분류된 LENA 영상에서 흰 부분은 저주파 블록, 검은 부분은 고주파 블록으로 분류된 것을 표시하였다. 이러한 방법으로 저 비트율에서 블록기반 DCT 부호화 영상을 효율적으로 분류할 수 있었다. 표 I 과 그림 6은 기존의 방법과 제안한 방법에 의해 실험한 결과를 나타낸다.

모의 실험에 사용된 Q_f는 3을 사용하였는데, Q_f는 JPEG 압축방법에서 양자화 과정에서 DCT 변환계수들을 나누어 주는 값으로 값이 크면 양자화 오차가 커지게 된다. 실험결과 제안한 방법이 기존에 방법에 비해서 0.03~0.2 dB의 화질 개선이 있었고, 특히 저주파 블록이 밀집한 부분에서는 블록화 현상이 대부분 사라짐을 확인 할 수 있었다.

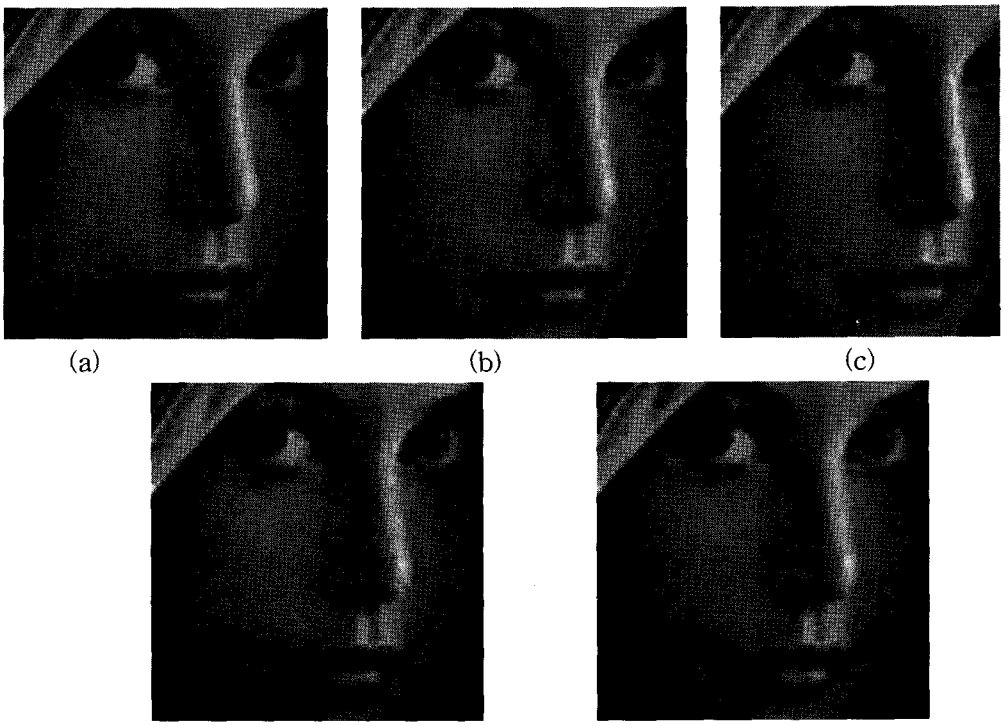
기존의 방법들에서는 블록간의 경계면에 생긴 블록화 현상을 제거함에 있어 블록경계면을 경계로 두 개의 블록만을 고려한데 비해, 제안한 방법에서는 저주파 블록으로 판정된 네 개의 블록을 매크로 블록으로 정의하고 이 매크로 블록의 중심부터 보간법을 이용하여 새로운 화소값으로 조정하고 재귀적으로 블록 경계방향으로 보간법을 적용하였기 때문에 좀 더 자연스러운 영상을 얻을 수 있었다. 그리고 그림 6의 (b)는 JPEG복원된 영상을 의미하며, 그림 6의 (c)와 (d)는 각각 Ramammurth 등[1]과 S. Kim 등[2]의 방법을 적용한 후의 영상을 의미한다. 그림 6의 (c)는 평탄영역과 에지영역을 분류하는 방법이 정확하지 못하다는 단점 때문에 LENA영상의 눈이나 코 주위의 에지가 다소 많이 남아 있음을 알 수 있었고, 그림 6의 (d)는 영상의 세밀한 부분에서는 필터링을 취하지 않았기 때문에 고주파 영역에서 링잉현상이 제거되지 못함을 보여주고 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 방법을 살펴보면 그림 6의 (e)에서와 같이 LENA영상의 눈이나 코 주위의 에지에서 발생한 링잉현상도 신호적응필터를 적용함으로써 에지로 판정된 화소는 그대로 두고 에지 주위의 유사에지들만 필터링하는 신호적응필터를 통하여 효율적으로 사라짐을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 DCT 계수의 특성을 이용한 블록분류를 통해 저주파와 고주파 블록으로 분류한 후, 이웃한 저주파 블록 네 개를 매크로 블록으로

<표 1> 정지 영상에 대한 제안한 방법과 기존의 방법의 PSNR

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



(a) (b) (c)

(d) (e)

<그림 6> (a) LENA 원 영상, (b) JPEG 복원 영상과, (c) Ramammurthi 등의 방법, (d) S. Kim 등의 방법, (e) 제안한 방법을 적용한 후의 영상 ($Q_f=3$)

정의하고 블록간 보간법을 이용하여 블록화 현상을 제거하고 고주파 영역에 대해서는 에지유무에 따른 신호적응필터를 이용한 링잉현상을 효율적으로 제거하는 새로운 후처리 기법을 제안하였다. 모의실험 결과 제안한 방법이 기존방법에 비하여 객관적 및 주관적 화질 측면에서도 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 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.

[2] 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 System Video Technology, vol. 9, pp. 156~160, Feb. 1999.

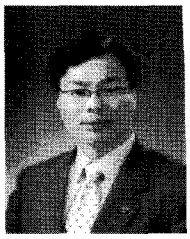
[3] H. C. Kim and H. W. Park, "Signal adaptive postprocessing for blocking effects reduction in JPEG image," in Proc. ICIP, vol. 2, pp. 41~44. 1996.

[4] Chung J. Kuo and Ruey J. Hsieh, "Adaptive postprocessor for block encoded images," IEEE Trans. Circuits System Video Technology, vol. 5, pp. 298~304, Aug. 1995.

[5] Jianping Hu, Nadir Sinaceur, Fu Li, Kwok-Wai Tam, and Zhigang Fan, "Removal of blocking and ringing artifacts in transform coded images," in ICASSP-97 vol.4, pp 2565~2568, 1997.

[6] 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 System Video Technology, vol. 10, pp. 36~41, Feb. 2000.
[7] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 38, no. 1, pp. 108~124, Feb. 1992.



박 경 남 (Kyung-Nam Park)

- 종신회원
- 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 2003년 2월 경북대학교 대학원 전자 공학과 졸업(공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 나사렛대학교 멀티미디어학과 조교수
- 관심분야 : 영상처리, 영상통신, 디지털 TV 등