

블록 경계영역 분류와 디더링을 이용한 블록화 현상 제거 알고리즘

정회원 이 건 우*, 권 기 구*, 이 종 원*, 권 성 근*, 반 성 원*, 박 경 남*, 이 건 일*

Blocking Artifact Reduction Algorithm Using Classification of Block Boundary Area and Dithering

Gun-Woo Lee*, Kee-Koo Kwon*, Jong-Won Lee*, Seong-Geun Kwon*, Seong-Won Ban*,
Kyung-Nam Park*, and Kuhn-Il Lee* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 블록 경계 영역의 분류에 따른 적응적 필터링과 디더링을 이용한 블록화 현상 (blocking artifact) 제거 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법에서는 모든 블록 경계에 대하여 계단형 잡음 (staircase noise)과 모서리 잡음 (corner outlier)을 제거한 후, 블록화 현상이 발생한 블록 경계와 에지를 포함하는 블록에 대하여 SAF를 수행하여 격자잡음 (grid noise)과 링잉 현상 (ringing artifact)을 제거한다. 마지막으로 필터링된 블록 경계에 시각적으로 자연스러운 영상을 획득하기 위하여 디더링 (dithering)을 한다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위한 모의 실험 결과로부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 객관적인 화질뿐만 아니라 주관적 화질 면에서도 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a blocking artifact reduction algorithm using an adaptive filter based on the classification of the block boundary area. In the proposed method, the staircase noise and the corner outlier are reduced. For block boundary with blocking artifacts and the block including edge, grid noise and the ringing artifact is removed by applying an adaptive filter. Finally, we dither the image so that the high frequency components are added to only the block boundary in which the natural characteristic is lost by an adaptive filter. The performance of the proposed method is investigated by computer simulation in comparison with the traditional method. In the experimental results, we confirm that the proposed algorithm shows better performance in the subjective and objective image quality than the conventional algorithms.

등이 있다.^{[4]-[9]}

I. 서 론

BTC(block transform coding), VQ (vector quantization), 및 JPEG 등^[1]과 같은 정지 영상 부호화와 H.261, MPEG-1, 및 MPEG-2 등^[2]의 동영상 부호화에서는 블록 단위로 부호화를 행함으로써 블록 내 및 블록간에 화질 열화가 발생할 수 있다. 대표적인 화질 열화로는 블록화 현상과 링잉 현상

블록화 현상에는 평탄한 영역내의 블록간에 미소한 밝기 차이가 나타나는 격자 잡음, 서로 다른 블록에 속한 연속된 에지들이 블록 경계에서 불연속하게 나타나는 계단형 잡음, 및 모서리 잡음 등이 있다. 그리고 링잉 현상은 양자화에 의한 고주파 성분의 절단에 의하여 에지들 주위에 주기적인 유사 에지들이 나타나는 현상이다. 따라서 이와 같은 블록화 현상 및 링잉 현상을 효율적으로 제거하기 위

* 경북대학교 전자전기공학부 오디오 및 비디오 시스템 공학 연구실(teiler@lycos.co.kr)
논문번호 : 010266-1004, 접수일자 : 2001년 월 일

한 많은 방법들이 연구되어 왔다.^{[4]-[9]}

블록화 현상을 제거하기 위한 대표적인 방법은 공간 영역에서의 지역 통과 필터를 사용하는 방법이다.^{[4]-[9]} 1986년 Ramamurthi 등^[4]이 제안한 방법에서는 블록화 현상이 발생한 영상을 평탄 블록과 에지 블록으로 분류한 후, 평탄 블록에는 2차원 지역 통과 필터를 적용하고, 에지 블록에는 에지에 평행하게 1차원 지역 통과 필터를 적용한다. 그러나 이 방법은 에지 블록과 평탄 블록을 분류하는 방법이 정확하지 못하다.

1996년 H. Kim 등^[5]은 전역 (global) 에지맵 (edge map), 국부 (local) 에지맵, 및 윤곽선 (contour) 에지맵을 이용하여 블록화 현상을 제거하였다. 이 방법은 Ramamurthi 등^[4]이 제안한 방법보다 화질면에서는 우수하나 계단형 잡음을 효율적으로 제거하지 못하는 단점이 있다.

1999년 S. Kim 등^[6]이 제안한 방법에서는 블록 경계 영역에서 화소값들의 차를 이용하여 평탄한 영역과 복잡한 영역을 각각 평면 격차 모드와 기본 모드로 구분한다. 평면 격차 모드에서는 1D 지역 통과 필터를 블록 경계 영역에 적용하고, 기본 모드에서는 복잡한 영역이므로 블록 경계의 주파수 정보에 따라 평탄화 강도를 제어하여 블록 경계를 필터링 한다. 이 방법은 영상의 세밀한 부분에서는 필터링을 취하지 않으므로 영상의 세밀함은 보존될 수 있으나, 에지 영역에서 나타나는 블록화 현상은 잘 제거되지 않는 단점이 있다.

본 논문에서는 블록 경계 영역의 분류에 따른 적응적 필터링과 디더링을 이용한 블록화 현상 제거 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법에서는 모든 블록의 경계 영역에 대하여 1D 3탭 필터를 적용하여 계단형 잡음과 모서리 잡음을 제거한다. 그리고 각 블록의 경계 영역에서 블록화 현상의 발생 유무를 판별하여, 블록화 현상이 발생한 경계 영역을 주변 화소값의 변화율에 따라 평탄 영역과 완만한 에지 영역으로 분류한다. 평탄 영역에서는 1D 5탭 SAF를 적용하고, 완만한 에지 영역에서는 2D 3탭 SAF를 적용한다. 그리고 링잉 현상을 제거하기 위하여 에지가 포함되어 있는 블록을 판별한 후, 그 블록에 대하여 2D 3탭 SAF를 적용한다.

그러나 블록화 현상이 발생한 블록 경계에 대하여 지역 통과 필터를 적용함으로써, 블록 경계 주변의 고주파 성분이 부적절하게 제거되어 시각적으로 부자연스러운 영상을 얻게 된다. 그러므로 좀 더 자연스러운 영상을 얻기 위하여, 필터링된 블록 경계

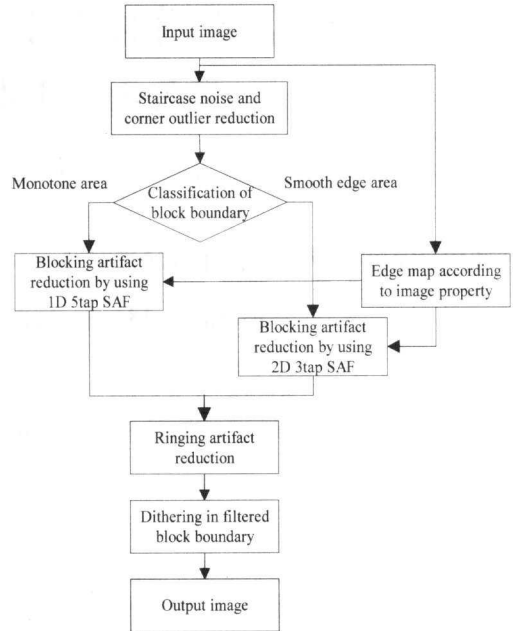


그림 1. 제안한 방법의 블록도

영역에 대하여 디더링을 행한다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 Baseline JPEG^[1]과 MPEG TM5^[2]를 기반으로 부호화된 영상에 대하여 모의실험을 행하였다. 실험 결과로부터 제안한 방법은 블록 경계 부분의 적응적 필터링과 디더링에 의하여 객관적 화질 및 주관적 화질면에서 기존의 방법들에 비하여 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

II. 제안한 블록화 현상 제거 방법

본 논문에서는 1차원 지역 통과 필터로 계단형 잡음 (staircase noise)과 모서리 잡음 (corner outlier)을 없앤 후, 블록 경계영역에서 분류된 두 영역에 대하여 SAF (signal adaptive filter)를 적용하여 블록화 현상을 제거한다. 그리고 SAF를 적용하여 에지 블록에서 나타나는 링잉 현상 (ringing artifact)을 제거한 후 블록 경계에서 지역 통과 필터를 통하여 제거된 고주파 특성을 살려 줌과 자연스러운 영상을 얻기 위하여 후처리된 영상에 디더링(dithering)을 한다.

1. 계단형 잡음과 모서리 잡음 제거

블록의 경계에서 나타나는 계단형 잡음과 모서리 잡음을 제거하기 위하여 그림 1에서와 같이 모든

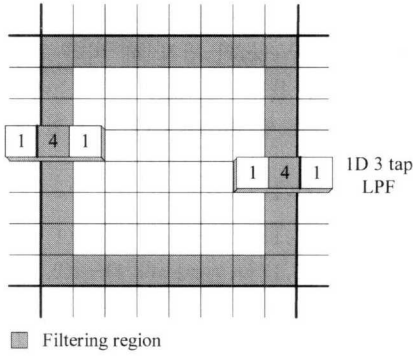


그림 2. 블록 경계에서의 ID 3탭 필터링

블록의 수평 및 수직 경계 부분에 대하여 ID 3탭 지역 통과 필터링을 행한다. 필터 계수값은 에지를 보존 하면서 계단형 잡음과 모서리 잡음을 제거 할 수 있도록 실험을 통하여 결정 되었다.

2. 블록화 현상 판별과 블록 경계의 영역 분류

그림 2에서와 같은 8x8 블록 경계부분의 6개 화소에 대한 화소값의 변화율을 이용하여 블록화 현상의 유무를 판별하고, 블록화 현상이 발생한 블록 경계부분을 두 가지 영역으로 분류한다. 화소값의 변화율은 6개 화소값들의 차를 이용하였고, 각 화소값들의 차 D_n 은

$$D_n = |x_{n+1} - x_n| \tag{1}$$

와 같다. 그리고 블록 경계에서의 화소값의 차인 D_2 와 다른 화소값들의 차를 비교하여 블록화 현상이 발생한 블록 경계를 판별한다. 블록화 현상이 발생한 블록 경계 중 $D_0 = D_1 = D_3 = D_4 = 0$ 과 $D_2 > 0$ 을 동시에 만족하는 블록 경계를 평탄 영역으로 분류

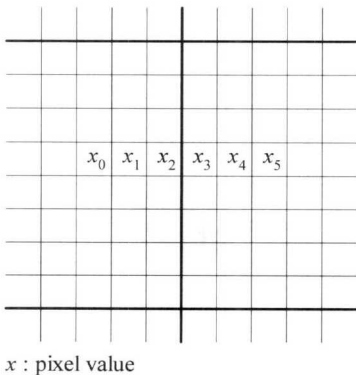


그림 3. 블록 경계 영역의 분류를 위한 6개 화소

하고, 앞의 조건을 만족하지 않고 $D_2 > D_1$ 또는 $D_2 > D_3$ 을 만족하면 완만한 에지 영역으로 분류한다.

3. 영상 특성에 따른 에지맵

제한한 방법에서 사용되는 SAF는 에지 성분을 보존하기 위하여 에지맵을 필요로 한다. 여기서 사용되는 에지맵은 소벨 연산자^[3]에 의하여 화소에 대한 수평 및 수직방향의 화소값 경사도의 크기

$$|\nabla f| = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right)^2} \tag{2}$$

와 문턱값 T_n 을 비교하여 만들어진다. 비교되는 문턱값 T_n 은

$$T_n = T_g - \sigma_n \tag{3}$$

이다. 여기서, σ_n 은 각 블록의 표준편차이고, T_g 은 양자화 스케일 인자 (quantization scale factor) Q_f 에 의해

$$T_g = \alpha Q_f + \beta \tag{4}$$

로 주어진다. 여기서, α 및 β 는 실험적으로 정해지는 값이다.

4. 블록 경계의 영역 분류에 따른 적응적 SAF

블록 경계 영역의 격자형 잡음을 제거하기 위하여 분류된 두 영역에 대하여 적응적 SAF를 적용한다. 즉, 평탄한 영역으로 분류된 경계에서는 그림 3에서와 같이 ID 5탭 지역 SAF를 적용하여 블록 경계 부분의 격자형 잡음을 제거한다. 완만한 에지 영역은 평탄 영역과는 달리 복잡한 영역이므로 그림 4에서와 같이 2D 3탭 지역 SAF를 적용한다.

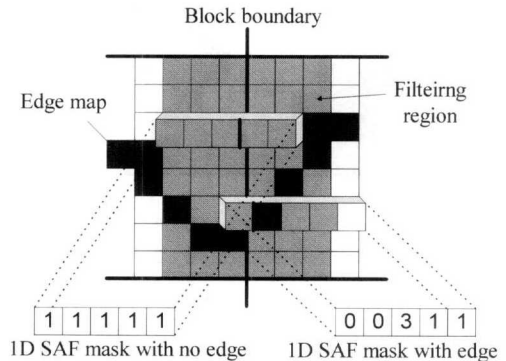


그림 4. 평탄한 영역에서의 ID 5탭 SAF

즉, 필터링에 포함되는 화소 중 에지가 있을 경우, 에지 및 에지 방향 쪽의 화소는 필터의 계수 값을 0으로 만들어 필터링에 포함시키지 않는다. 평탄한 영역과 완만한 에지 영역에 적용된 필터의 길이는 블록 경계 픽셀을 필터링 할 때 필터링 영역 밖의 픽셀에 대하여 영향을 받지 않기 위해 5탭과 3탭으로 결정하였다. 필터내의 계수 값은 에지를 보존 하면서 블록화 현상을 제거하기에 적당한 값을 실험적으로 결정 하였다.

5. 링잉 현상 제거를 위한 2D SAF 적용

양자화에 의하여 고주파 성분이 제거되어 실제 에지 주위에 유사 에지가 발생하는 링잉 현상을 제거하기 위하여 제안한 방법에서는 에지를 포함하는 블록에 대하여 2D 3탭 SAF를 적용한다. 블록의 화소 밝기값의 표준편차 σ_n 이 모든 블록에 대한 표준편차의 평균 σ_m 이상인 경우 그 블록을 에지를 포함하는 블록으로 판단한다. 이렇게 판별된 블록들에 대하여 2D 3탭 SAF를 수행하여 링잉 현상을 제거한다.

6. 필터링된 블록 경계에 대한 디더링

블록화 현상이 발생한 블록 경계에 대하여 저역 통과 필터를 적용함으로써, 블록 경계 주변의 고주파 성분이 부적절하게 제거되어 시각적으로 부자연스러운 영상이 된다. 그러므로 이 영역에 고주파 성분을 첨가하여 좀 더 자연스러운 영상을 획득하기 위하여, 그림 5에서와 같이 필터링 된 블록 경계 영역에 대하여 디더링을 행한다.

디더링 되어야 할 화소와 수평 및 수직 4 화소와

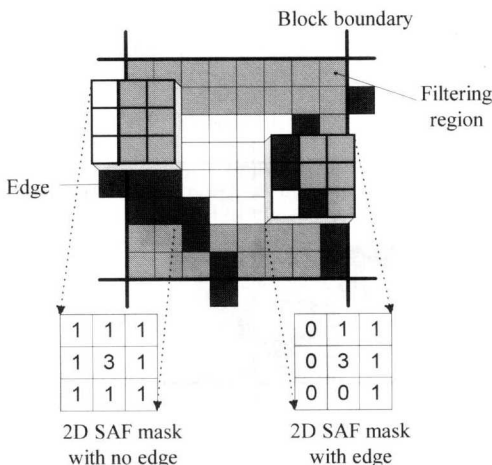


그림 5. 완만한 에지 영역에서의 2차원 3탭 SAF

의 밝기 차를 구한 후, 이들 값 중 최대값이 문턱값보다 작을 경우, Weber의 법칙^[3]에 따라 최소 인식차 3% 범위내의 불규칙한 값을 그 화소에 첨가시킨다. 즉, 디더링을 할 화소를 $x(1,1)$ 라 할 때,

$$\begin{aligned} t_1 &= |x(0,1) - x(1,1)|, t_2 = |x(1,1) - x(2,1)| \\ t_3 &= |x(1,0) - x(1,1)|, t_4 = |x(1,1) - x(1,2)| \\ t_1 &= |x(0,1) - x(1,1)|, t_2 = |x(1,1) - x(2,1)| \\ t_3 &= |x(1,0) - x(1,1)|, t_4 = |x(1,1) - x(1,2)| \end{aligned} \quad (5)$$

$$\max(t_1, t_2, t_3, t_4) < \frac{T_g}{6} \quad (6)$$

이다.

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 제안한 블록화 현상 제거 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 정지 영상과 동영상에 대하여 모의실험을 행하였다. 정지 영상으로는 512x512 화소 크기의 LENA, BOAT, 및 BANK 영상을 Baseline JPEG^[1]으로 부호화된 영상을 사용하였고, 동영상으로는 352x240 화소 크기의 FOOTBALL 영상 30 프레임을 MPEG TM5 기반^[2]으로 부호화된 영상을 사용하였다. 객관적 화질 비교의 척도로는 PSNR를 사용하였다. 식 (3)에서의 α 및 β 는 실험적으로 각각 45 및 35로 정하였다.

양자화 스케일 인자 2 및 3으로 부호화된 영상에 대하여 제안한 방법과 기존의 방법의 결과를 표 I 및 그림 6에 나타내었다. 이 표로부터 제안한 방법은 JPEG 압축 영상에 비하여 0.21~0.66 dB의 화질 개선이 있었고, 기존 방법에 비하여서는 0.07~0.4 dB의 화질 개선이 있음을 확인할 수 있다. 또한 그림 6에서 H. Kim^[5]의 방법 및 S. Kim^[6]

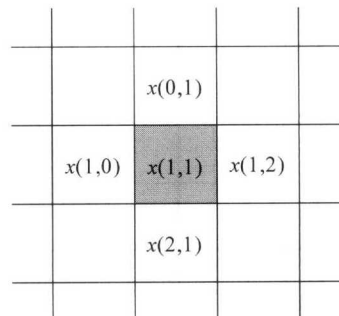


그림 6. 디더링 될 화소와 주위 4 화소

표 1. 정지 영상에 대한 제안한 방법과 기존의 방법의 PSNR

Test image	Scale factor	PSNR [dB]				
		JPEG	H. Kim	S. Kim	Proposed method	
					Before dithering	After dithering
LENA	2	32.53	32.67	32.44	32.91	32.69
	3	31.31	31.68	31.36	31.89	31.69
BOAT	2	33.08	33.19	32.93	33.59	33.39
	3	31.55	31.93	31.56	32.21	32.04
BANK	2	30.52	30.66	30.50	30.73	30.61
	3	29.21	29.54	29.26	29.62	29.52

의 방법을 적용한 영상에서는 눈과 코 주위의 에지에서 블록화 현상이 남아 있으나 제안한 방법을 적용한 영상에서는 블록화 현상이 눈에 띄지 않음을 확인할 수 있다.

FOOTBALL 영상 30 프레임을 MPEG TM5 기반의 1 Mbps 및 1.5 Mbps로 부호화된 영상에 대

하여 제안한 방법과 기존의 방법을 적용 한 결과는 표 II 및 그림 7에서와 같다. MPEG 부호화의 경우, 양자화 스케일 인자 값이 매크로 블록에 따라 가변되기 때문에 제안한 방법이 PSNR 측면에서는 미미한 향상이 있었으나, 기존의 방법에서 움직임이 큰 다리부분에서 발생하던 블록화 현상은 눈에 띄

표 2. FOOTBALL 영상에 대한 제안한 방법과 기존의 방법의 PSNR

Bitrate	Average PSNR [dB]				
	MPEG	H. Kim	S. Kim	Proposed method	
				Before dithering	After dithering
TM5 1Mbps	28.34	28.27	27.96	28.37	28.33
TM5 1.5Mbps	30.26	29.24	29.35	29.93	29.84

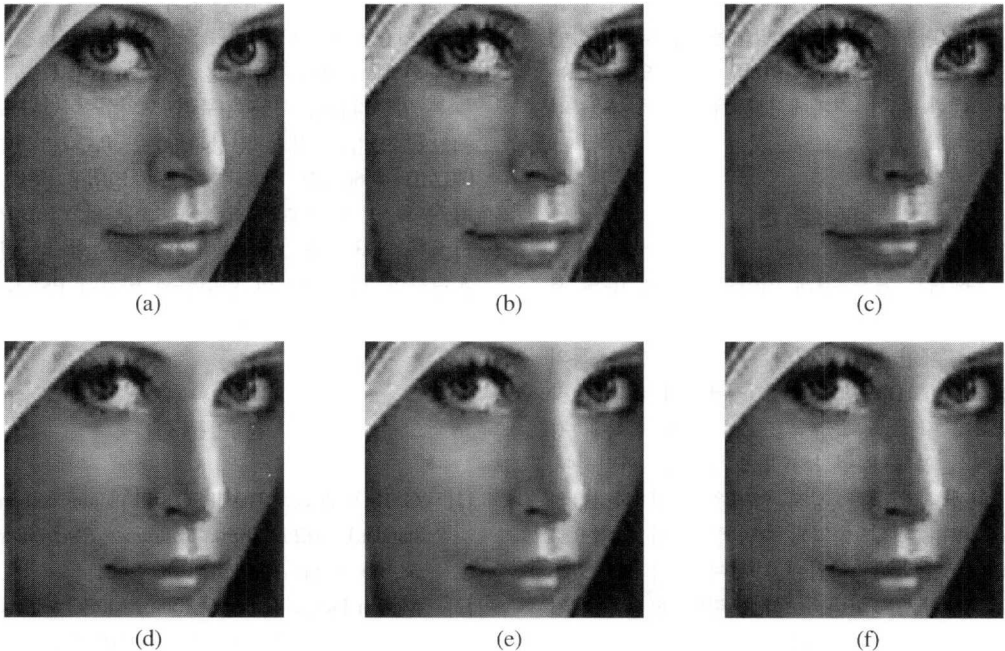


그림 7. (a) LENA 원 영상에 대한 (b) JPEG 복원 영상과 이에 (c) S. Kim 등의 방법, (d) H. Kim 등의 방법, (e) 제안한 방법 (디터링 전), 및 (f) 제안한 방법 (디터링 후)을 적용한 후의 영상 ($Q_7=3$)



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 8. (a) FOOTBALL의 1Mbps MPEG1 복원 영상과, (b) S. Kim등의 방법, (c) H. Kim등의 방법, 및 (d) 제안한 방법을 적용한 후의 영상

지 않고 번호 주위의 링잉 현상 또한 보이지 않음을 알 수 있다. 즉, 제안한 방법은 기존의 방법에 비하여 주관적인 화질이 우수함을 알 수 있다. 다른 동영상에 대한 실험 결과에서도 유사한 성능을 얻을 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 블록 경계 영역의 분류에 따른 적응적 필터를 이용한 블록화 현상 제거 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법에서는 먼저 모든 블록의 경계 영역에서 1D 3탭 필터를 적용하여 계단형 잡음과 모서리 잡음을 제거한다. 그리고 각 블록의 경계 영역에서 블록화 현상의 발생 유무를 판별하여, 블록화 현상이 발생한 경계 영역을 주변 화소값의 변화율에 따라 평탄 영역과 완만한 에지 영역으로 분류한다. 분류된 두 영역에 대하여 각각 1D SAF와 2D SAF를 수행한다. 그리고 링잉 현상을 제거하기 위하여 에지가 포함되어 있는 블록을 판별한 후, 그 블록에 대하여 2D SAF를 수행한다. SAF를 수행할 때, 제안한 알고리즘에 대한 에지의 특성을

유지하기 위하여 각 블록의 특성에 따라 구한 에지 맵을 이용한다. 마지막으로 저역통과 필터를 적용한 블록 경계 주변에 디더링을 행한다.

본 알고리즘에 대한 컴퓨터 모의실험 결과로부터, 제안한 방법은 정지 영상의 경우 PSNR 측면에서 0.07dB~0.66 dB 정도의 향상을 얻었을 뿐만 아니라 블록 경계 부분의 적응적 필터링과 디더링에 의하여 주관적 화질 면에서도 향상됨을 알 수 있었다. 동영상의 경우 기존의 방법들에 비하여 PSNR의 이득은 거의 없었으나 주관적 화질면에서 성능이 우수함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 38, no. 1, pp. 108-124, Feb. 1992.
- [2] Motion Picture Experts Group, "MPEG test model 5 draft revision 2," ISO-IEC JTC1/SC29/WG11/602, Nov. 1993.
- [3] J. S. Lim, *Two Dimension Signal and Image*

Processing, Prentice-Hall, New Jersey, 1990.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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.

[7] C. J. Kuo and R. J. Hsieh, "Adaptive postprocessor for block encoded images," *IEEE Trans. Circuits System Video Technology*, vol. 5, pp. 298-304, Aug. 1995.

[8] 이승진, 이석환, 권성근, 이종원, 이건일, "블록 분류와 적응적 필터링을 이용한 후처리에서의 양자화 잡음 제거 기법," *대한전자공학회 논문지*, 제 38권 SP편 제 4호, pp. 118~128, 2001년 7월.

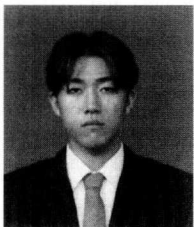
[9] 이진우, 권기구, 김경규, 하인성, 이건일, "블록 경계 영역 분류 기반의 블록화 현상 제거 알고리즘," *한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집*, vol. 21, no. 1, pp. 543~546, July 2000.

반성원(Seong-Won Ban) 정회원
통신학회논문지 제25권 제1B호 참조

박경남(Kyung-Nam Park) 정회원
통신학회논문지 제25권 제1B호 참조

이건일(Kuhn-Il Lee) 정회원
통신학회논문지 제25권 제1B호 참조

이건우(Gun-Woo Lee) 정회원



1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업
2001년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
2001년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 영상처리, 영상통신

권기구(Kee-Koo Kwon) 정회원
통신학회논문지 제26권 제9B호 참조

이종원(Jong-Won Lee) 정회원
통신학회논문지 제25권 제1B호 참조

권성근(Seong-Geun Kwon) 정회원
통신학회논문지 제25권 제1B호 참조