

에지 신호에 적응적인 가변 필터를 이용한 MPEG 후처리 시스템에서의 양자화 잡음 제거

이석환[†], 허소정^{**}, 이응주^{***}, 권기룡^{****}

요 약

본 논문에서는 MPEG 복호 시스템에서 에지 신호에 적응적인 가변 필터를 이용하여 양자화 잡음(quantization noise)을 제거하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 복호화된 영상에서 2D Mallat 웨이블릿 필터를 이용하여 에지맵(Edge map) 및 국부 계수 최대치(Local Modulus Maxima, LMM)를 구한다. 그리고 에지맵에 따라 필터링 영역이 가변되는 가우시안 저역 통과 필터(Gaussian LPF)를 이용하여 블록 간에서의 블록화 현상(blocking artifact)을 제거한다. 그리고 국부 계수 최대치를 이용하여 2D SAF(signal adaptive filter)를 수행함으로써 블록 내에서의 링잉 현상(ringing artifact)을 제거한다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위한 모의 실험 결과에서 기존의 방법에 비하여 PSNR이 0.04-0.20 dB 정도 향상되었으며, 또한 주관적으로 화질이 우수함을 확인하였다.

Quantization Noise Reduction in MPEG Postprocessing System Using the Variable Filter Adaptive to Edge Signal

Suk-Hwan Lee[†], So-Jung Huh^{**}, Eung-Joo Lee^{***}, Ki-Ryong Kwon^{****}

ABSTRACT

We proposed the algorithm for the quantization noise reduction based on variable filter adaptive to edge signal in MPEG postprocessing system. In our algorithm, edge map and local modulus maxima in the decoded images are obtained by using 2D Mallat wavelet filter. And then, blocking artifacts in inter-block are reduced by Gaussian LPF that is variable to filtering region according to edge map. Ringing artifacts in intra-block are reduced by 2D SAF according to local modulus maxima. Experimental results show that the proposed algorithm was superior to the conventional algorithms as regards PSNR, which was improved by 0.04-0.20 dB, and the subjective image quality.

Key words: MPEG Postprocessing(MPEG 후처리), Quantization Noise(양자화 잡음), Edge Variable Filter(에지 가변 필터)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 권기룡, 주소 : 부산광역시 남구 대연3동 599-1번지, 전화 : 051)620-6495, FAX : 051)625-9947, E-mail : krkwon@pknu.ac.kr

접수일 : 2005년 6월 8일, 완료일 : 2005년 9월 2일

[†] 정회원, 동명정보대학교 정보보호학과

(E-mail:skylee@tit.ac.kr)

^{**} LG전자 디스플레이사업부

(E-mail:giyoheo@yahoo.co.kr)

^{***} 정회원, 동명정보대학교 정보통신공학과

(E-mail: ejlee@tit.ac.kr)

^{****} 중신회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

※본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구 결과로 수행되었음

1. 서 론

최근 디지털 방송의 경우, ATSC 및 DVB 등의 전송방식에서의 차이와는 달리 지상파, 위성 및 케이블의 비디오 규격은 공통적으로 MPEG-2[1] 비디오 규격을 지원하고 있다. 또한 현재 널리 보급되어 사용되고 있는 DVD의 경우 역시 MPEG-2[1] 규격을 사용하고 있다. 인터넷 환경에서는 H.263, WMV, QuickTime, MPEG-4 등 다양한 멀티미디어 규격들이 혼재되고 있지만, 최근 이동 중에서도 수신이 가능한 디지털 멀티미디어 방송인 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)은 CD 수준의 음질, VCD 급의 영상 그리고 다양한 데이터 서비스들을 제공하며 이동 중에서도 서비스 품질이 떨어지지 않는다. 이들 중 지상파 DMB 시스템 규격으로는 유럽의 디지털 오디오 방송(DAB) 규격(유레카-147)을 그대로 취했지만, 비디오와 오디오는 압축효율이 뛰어난 MPEG-4 AVC[2] (H.264)와 MPEG-4 BSAC[2]를 각각 채택한 상태이다. 그러나 제한된 대역폭에 의한 높은 압축률로 인하여 전송되는 영상에서 화질의 열화가 발생된다. 특히 MPEG 기반으로 부호화된 영상에서는 영상을 8×8 화소 크기의 블록으로 분할한 후, 각 블록의 DCT 계수들을 독립적으로 양자화함으로써 블록 간 및 블록 내의 화질 열화가 발생된다. 특히 저비트율로 부호화된 영상일수록 블록 간에 블록화 현상 및 에지 주위에 링잉 현상과 같은 양자화 잡음이 심각하게 나타난다.

블록화 현상에는 평탄한 영역 내의 블록 경계에 나타나는 격자 잡음(grid noise)과 서로 다른 블록에 속한 연속된 에지가 불연속하게 나타나는 계단형 잡음(staircase noise)이 있다. 그리고 링잉 현상은 양자화에 의한 고주파 성분의 부적절한 절단에 의해 원래 에지 주위에 유사 에지들이 나타나는 현상이다. 움직임이 빠른 동영상에서는 평탄한 영역 상에 발생하는 격자 잡음이 매우 심하게 나타난다. 최근 정지 영상에 대한 압축 표준인 JPEG-2000[4]에서는 웨이블릿 기반으로 부호화하므로, 블록화 현상이 없으나 에지 주위에 링잉 현상이 나타난다. 이러한 양자화 잡음을 제거하는 방법으로는 부호화의 압축 과정에서 양자화 잡음이 발생되지 않도록 부호화기를 설계하는 전처리 방법과 수신기 측에서 영상 신호를 복원한 후에

양자화 잡음을 제거하는 후처리 방법이 있다. 전처리 방법은 특정한 부호화 방법을 염두에 두고 만들어진 것들로서, JPEG이나 MPEG 등과 같이 기존에 만들어진 부호화 방법에는 적용하기 어렵다는 단점이 있으며 또한 과도한 부가 정보가 필요하다. 그러나 후처리 방법은 양자화 잡음의 특성 및 인간 시각 특성을 고려하여 주관적으로 화질을 개선시키는 방법으로 부가 정보없이 실시간으로 처리할 수 있는 장점이 가진다[5-10]. 이 방법들 중 MPEG-4[2]에 권고된 후처리 필터 방법에서는 블록 경계 영역의 인접한 화소들의 밝기 차를 이용하여 DC 오프셋 모드 및 기본 모드로 구분한다. DC 오프셋 모드일 경우에는 9탭 일차원 저역 통과 필터링을 수행하고, 기본 모드일 경우에는 블록 경계 영역의 두 화소에 대하여서만 필터링을 수행한다. 또한 블록 내에 3×3 SAF를 수행하여 링잉 현상을 제거한다. 그러나 이 방법에서는 복잡한 영역에서의 계단형 잡음을 제거하지 못한다. 1998년 Kim 등[10]은 1D 웨이블릿 변환 영역에서 블록화 현상을 제거하는 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 영상 신호를 수평 및 수직 방향의 일차원 신호로 해석하여, 이 일차원 신호를 Mallat 등[11]이 제안한 다해상도 웨이블릿 변환을 수행한다. 그리고 웨이블릿 변환 영역에서 블록 경계 영역을 에지 영역, 완만한 에지 영역 및 스텝 에지 영역으로 분류하여, 각 영역에 따라 필터링을 수행함으로써 격자 잡음 및 계단형 잡음을 제거한다. 그러나 이 방법은 일차원 웨이블릿 변환 영역에서 블록 내의 링잉 현상과 에지를 구분할 수 없으므로 링잉 현상을 효과적으로 제거하지 못한다. 이상의 방법에서는 평탄 및 복잡한 영역에 따라 필터링을 적응적으로 수행하나, 필터링 영역 내에서의 에지 성분 구분없이 필터링을 수행한다. 따라서 영상의 중요한 성분인 에지 신호가 필터링에 의하여 블러링(blurring)된다.

본 논문에서는 MPEG 후처리 시스템에서 에지에 적응적인 가변 필터를 이용하여 양자화 잡음을 제거하는 방법을 제안하였다. 위에서 언급된 Mallat 웨이블릿 변환에서는 신호의 국부적인 변화 특성이 다중스케일 상에서 나타나며, 각 스케일 상의 해상도는 동일하다. 그러므로 Mallat 등은 다중스케일 상에서 신호의 에지 및 특이점(singularity)의 특성을 해석하였다. 따라서 제안한 방법에서는 에지와 같은 특이

점을 검출하는 Mallat 웨이블릿 변환을 이용하여 에지맵 및 국부 계수 최대치를 구한다. 그리고 블록 경계 영역에서는 블록화 강도 및 양자화 매개 변수에 의하여 필터 계수가 조정되는 가변 필터를 수평 및 수직 블록 경계면에 수행함으로써 블록화 현상을 제거한다. 이 때 블록 경계면에서의 필터링 영역은 에지맵에 의하여 결정된다. 또한, 블록 내에서는 국부 계수 최대치를 이용하여 링잉 현상을 검출한 후, 이를 2D SAF로 제거한다. 성능 평가를 위한 모의 실험에서 제안한 방법이 에지를 보존하면서 블록화 현상을 제거함을 확인하였고, 객관적 화질 및 주관적 화질 측면에서 기존의 방법들보다 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

2. 제안한 MPEG 후처리 시스템

제안한 방법의 MPEG 후처리 시스템에서는 그림 1에서와 같이 에지를 보존하면서 양자화 잡음을 제거하기 위하여 먼저 블록 부호화된 영상에서 Mallat 웨이블릿 필터를 이용하여 에지맵 및 국부 계수 최대치를 구한다. 그리고 블록 경계 영역에서는 에지맵에 의하여 영역이 가변되는 필터를 수행하여 블록화 현상을 제거하고, 블록 내에서는 국부 계수 최대치에 의한 2D SAF를 수행하여 링잉 현상을 제거한다. 본 장에서는 먼저 Mallat 웨이블릿 변환[11]에 대하여 간략히 살펴본 후, 제안한 방법인 에지맵 검출, 수평 및 수직 블록 간의 블록화 현상 제거 및 블록 내의 링잉 현상 제거에 대하여 살펴보기로 한다.

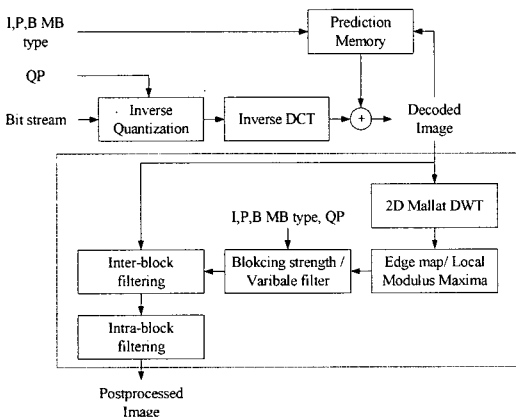


그림 1. 제안한 MPEG 후처리 시스템에서의 양자화 잡음 제거 방법의 블록도

2.1 Mallat 웨이블릿 변환

실수 함수 $\alpha(x)$ 는 $\alpha(x) = \alpha/(1+x^2)$ 이고 $\int_{-\infty}^{\infty} \alpha(x) dx \neq 0$ 을 만족하는 평활화 함수이다. 그리고 j 번째 스케일에서의 평활화 함수 $\alpha(x)$ 는 $\theta_{2^j} = (1/2^j)\alpha(x/2^j)$ 이고, $f(x)$ 는 $L^2(\mathbf{R})$ 를 만족하는 실수 함수이다. $f(x)$ 의 j 번째 스케일 상에서의 에지들은 $\theta_{2^j}(x)$ 에 의하여 평활화된 신호 $f(x) * \theta_{2^j}(x)$ 에서 급격한 밝기 변화를 가지는 곳이다. 그리고 $\psi(x)$ 을 평활화 함수 $\alpha(x)$ 의 1차 도함수 $\psi(x) = d\theta(x)/dx$ 로 두면, $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx = 0$ 을 만족하므로 웨이블릿이 될 수 있다. $\psi(x)$ 를 모웨이블릿(mother wavelet)으로 하는 $f(x)$ 의 j 번째 스케일에서의 웨이블릿 변환 $Wf(2^j, x)$ 은

$$Wf(2^j, x) = f(x) * \psi_{2^j}(x) = f(x) * \left(2^j \frac{d\theta_{2^j}(x)}{dx}\right)(x) \quad (1)$$

$$= 2^j \frac{d}{dx}(f(x) * \theta_{2^j}(x))(x)$$

으로 정의된다. 위 식을 살펴보면, 웨이블릿 변환 $Wf(2^j, x)$ 은 $\theta_{2^j}(x)$ 에 의하여 평활화된 $f(x)$ 가 x 에 대하여 미분되어 얻어진 상세신호(detail signal)임을 알 수 있다. 여기서, j 번째 스케일 상에서 x_0 위치의 웨이블릿 변환 계수 $Wf(2^j, x_0)$ 가 $|Wf(2^j, x_0)| \geq |Wf(2^j, x_0 + 1)|$ 이고 $|Wf(2^j, x_0)| \geq |Wf(2^j, x_0 - 1)|$ 이면, 이 계수를 국부 계수 최대치라 한다. 2-D 함수 $f(x, y)$ 의 j 번째 스케일 상에서 웨이블릿 변환은 수평 및 수직에 대한 웨이블릿 변환 $W_{2^j}^h f(x, y)$ 및 $W_{2^j}^v f(x, y)$

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

을 가진다. 여기서, 수평 및 수직에 대한 웨이블릿은 각각 $\psi_{2^j}^h = \frac{1}{2^{2j}} \psi^h\left(\frac{x}{2^j}, \frac{y}{2^j}\right)$ 및 $\psi_{2^j}^v = \frac{1}{2^{2j}} \psi^v\left(\frac{x}{2^j}, \frac{y}{2^j}\right)$ 이며, ψ^h 및 ψ^v 은 각각 $\psi^h(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial x}$ 및 $\psi^v(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial y}$ 와 같다. 평활화 작용소(smoothing operator) S_{2^j} 은 평활화 함수 $\phi(x, y)$ 에 의하여

$$S_{2^j} f(x, y) = f * \phi_{2^j}(x, y) \quad (3)$$

와 같이 정의되며, $\phi_{2^j}(x, y) = \frac{1}{2^j} \phi\left(\frac{x}{2^j}, \frac{y}{2^j}\right)$ 이다. 여기서, $f(x)$ 는 $S_{2^j} f(x, y)$ 와 같다. j 번째 스케일까지의 웨이블릿 변환 $\{W_{2^j}^h f(x, y), W_{2^j}^v f(x, y)\}_{1 \leq j \leq J}$ 은 $S_{2^j} f(x, y)$ 에 대하여 수평 및 수직에 대한 상세 신호를 나타낸다. 블록 부호화된 영상에서 에지 및 블록화 현상과

같이 급격한 밝기 변화를 가지는 특이점들은 첫 번째 스케일 상의 수평 및 수직 웨이블릿 변환 $\{W_{2^i}^h f(x,y), W_{2^i}^v f(x,y)\}$ 에서 각각 국부 계수 최대치로 검출된다.

2.2 에지맵(Edge map) 검출

제안한 방법에서는 2D Mallat 웨이블릿 필터를 사용하여 블록 부호화된 영상 $f(x,y)$ 에서 에지맵 및 국부 계수 최대치를 검출한다. 즉, 첫 번째 스케일 상에서 2D 웨이블릿 계수의 크기 $M_{2^i}(x,y)$ 및 위상 $A_{2^i}(x,y)$ 은 각각

$$M_{2^i}(x,y) = \sqrt{(W_{2^i}^h f(x,y))^2 + (W_{2^i}^v f(x,y))^2} \quad (4)$$

$$A_{2^i}(x,y) = \tan^{-1} \frac{W_{2^i}^v f(x,y)}{W_{2^i}^h f(x,y)} \quad (5)$$

와 같다. 에지맵 $E(x,y)$ 은

$$\begin{aligned} IF \ M_{2^i}(x,y) > T, \ E(x,y) &= 1 \\ ELSE \ E(x,y) &= 0 \end{aligned}$$

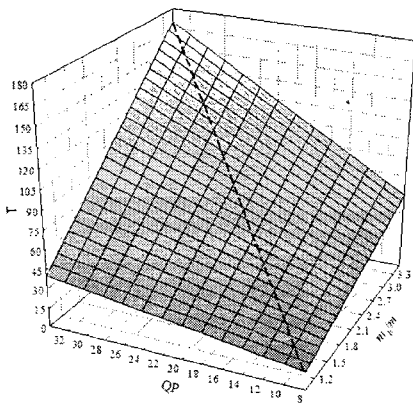
와 같이 문턱치 T 보다 큰 값을 가지는 $M_{2^i}(x,y)$ 의 위치에서는 1이며, 그렇지 않은 경우에는 0이다. 문턱치 T 는

$$T = QP \times \left(\left(\frac{m_B}{m} - 1 \right) \times A + 1 \right) \quad (6)$$

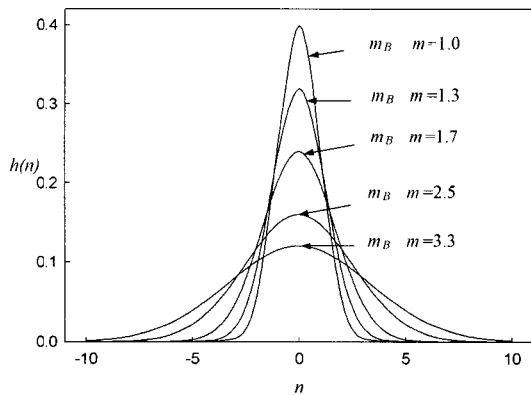
와 같이 블록화 강도 $m_B/m (\geq 1)$ 및 양자화 매개변수

QP 에 의하여 결정된다. 블록 부호화된 영상에서는 양자화 매개 변수 QP 에 따라 블록화 현상 정도가 다르게 나타나며, 이 때 발생하는 블록화 강도에 따라 후처리되는 필터링 방법이 결정되어야 한다. 이를 위하여 에지 성분과 블록화 현상을 구별하여 에지 성분을 보존하면서 필터링을 수행하여야 한다. 즉 QP 및 m_B/m 이 작으면, 에지 성분에 비하여 블록화 현상이 매우 작으므로 문턱치 T 를 낮게 결정하여야 한다. 이와는 반대로 이들 값들이 크면, 블록화 현상이 매우 크게 나타나므로 문턱치 T 를 높게 결정하여야 한다. 따라서 이들 두 변수들을 이용하여 블록화 현상을 제외한 에지를 구별하는 문턱치 T 는 식 (6)에서와 같다. 여기서 블록화 강도가 1일 경우에는 QP 에 의하여 문턱치 T 가 결정되며, 1보다 클 경우에는 비례적으로 문턱치 T 가 결정된다. 이 때, 매개변수 A 는 1.3이며, 이는 실험적으로 $M_{2^i}(x,y)$ 에서 블록화 현상이 나타나지 않도록 결정된 값이다. 식 (6)에서 QP 및 m_B/m 의 두 변수에 대한 문턱치 T 의 그래프는 그림 2 (a)에서와 같다. 일반적으로 QP 및 m_B/m 는 비례적인 관계에 있는 변수이다. 예를 들어, QP 가 클수록 m_B/m 가 크다. 따라서 임의의 QP 로 부호화된 영상에서의 문턱치 T 는 그림 2 (a) 상에서 실선에 해당되는 값으로 결정된다. 여기서 m_B 및 m 은 각각

$$m_B = \frac{S_B}{N_B}, \quad m = \frac{\sum_{x=0}^{NV-1} \sum_{y=0}^{NH-1} M_{2^i}(x,y) - S_B}{NV \times NH - N_B} \quad (7)$$



(a)



(b)

그림 2. (a) 양자화 QP 및 블록화 강도 m_B/m 에 따른 문턱치 T 및 (b) 블록화 강도 m_B/m 에 따른 가우스 필터의 형태

where

$$S_B = \sum_{x=0}^{NV-1} \sum_{y=0}^{NV/8-2} M_{ij}(x, 8y+7) + \sum_{x=0}^{NV/8-2} \sum_{y=0}^{NV-1} M_{ij}(8x+7, y)$$

$$N_B = NV \cdot (NH/8-1) + NH \cdot (NV/8-1)$$

와 같이, m_B 는 블록 경계 상에서의 평균 $M_{ij}(x,y)$ 크기이며, m 은 블록 내에서의 평균 $M_{ij}(x,y)$ 크기를 나타낸다. 여기서 NH 및 NV 는 수평 및 수직 해상도이다.

각 프레임마다 영상의 주파수 성분이 다르며, 또한 매크로 블록 단위로 양자화 스케일 인자가 다르다. 제한한 방법에서는 프레임마다 가우시안 형태의 필터링을 블록화 강도에 따라 설계한 후에 필터링 영역에 에지맵에 따라 가변되는 필터를 수행한다.

2.2 블록 간의 블록화 현상 제거

제한한 방법에서는 에지맵에 의하여 적응적으로 가변되는 필터를 블록 경계 영역 상에 수평 및 수직 방향으로 수행함으로써 블록화 현상을 제거한다. 먼저, 블록 경계 영역 상에 수행할 가변 필터 $h(n)$ 및 필터링 영역 $[-d, d-1]$ 을 다음과 같이 결정한다. 가변 필터 $h(n)$ 는

$$h(n) = m/m_B \times e^{\frac{-n^2}{2 \times (c \times m/m_B)^2}} / \sum_{n=-N}^N h(n); \quad (8)$$

where $1.9 \leq c \leq 2.9$, $-N \leq n \leq N$

와 같이 블록화 강도의 역수에 비례하는 가우스(Gaussian) 필터이다. 이 필터는 그림 2 (b)에서와 같이 블록화 강도가 클수록 평균 필터에 가까우며, 블록

화 강도가 작을수록 임펄스 필터에 가깝다. 이 때 필터의 탭 수 $(2N+1)$ 및 필터링 영역은 블록 경계 영역 상에서의 에지맵에 의하여 결정된다. 즉, 수평 또는 수직 블록 간의 필터링 영역은 블록 경계 영역 상의 좌우 또는 상하 8개 화소들을 기준으로, 이 화소 위치에서의 에지맵이 모두가 0이면, $N=4$, $d=4$ 이다. 그렇지 않으면 에지맵이 1인 위치 중 블록 경계 영역에서 가장 가까운 위치를 기준으로 N 을 결정한다.

예를 들어 그림 3에서와 같이 수평 블록 간의 필터링 영역 상의 화소 $f(8u+i, y)$, $-4 \leq i \leq 3$ 에서 에지맵 $E(8u+i, y)$ 이 1인 위치가 $i=-4, 3$ 일 때, $N=3$, $d=3$ 이고, $i=-3, 2$ 일 때, $N=2$, $d=2$, $i=-2, 1$ 일 때, $N=1$, $d=1$ 이다. 그리고 $i=-1, 0$ 일 때에는 $N=0$ 이므로 가변 필터가 수행되지 않는다. 즉, 가변 필터 탭 수의 N 와 필터링 영역의 d 변수는 동일하게 결정된다. 그리고 필터링 영역 상에 가변 필터를

$$\hat{f}(8u+i, y) = \sum_{n=-N}^N w(n) \times h(n) \times f(8u+i+n, y) / \quad (9)$$

$$\sum_{n=-N}^N w(n) \times h(n), -d \leq i \leq d-1$$

if $E(8u+i+n, y) = 0, -N \leq n < 0$,

then $w(n) = 0$, for $-N \leq n < 0$ and

$w(n) = 1$, for $0 \leq n \leq N$

else if $E(8u+i+n, y) = 0, 0 < n \leq N$,

then $w(n) = 0$, for $0 < n \leq N$ and

$w(n) = 1$, for $-N \leq n \leq 0$

else $w(n) = 1$, for $-N \leq n \leq N$

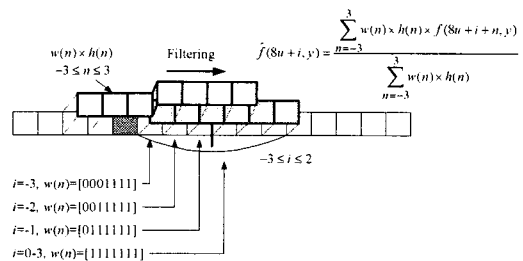
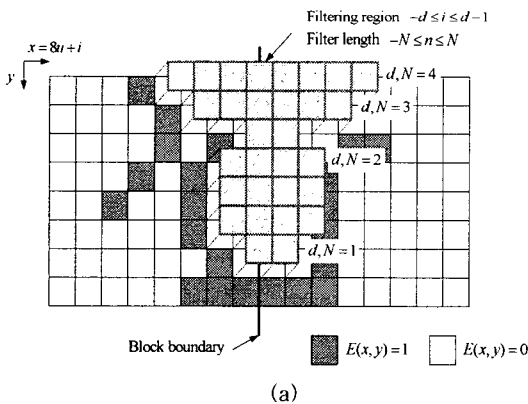


그림 3. (a) 에지맵에 적응적인 필터링 영역 및 가변 필터. (b) (a) 그림 상에서 두 번째 행에 대한 필터링

와 같이 필터링 영역 외의 에지 성분을 보존하기 위하여 가중치 $w(n)$ 를 에지맵에 따라 변화시킴으로써 필터링을 수행한다. 즉, 가변 필터의 받침 영역 (support region) 내의 화소가 에지맵에 속하면, 위 식에 의하여 n 이 음수이면, 이전의 모든 가중치 $w(n)$ 를 0으로 두고, 또는 n 이 양수이면, 이후의 모든 가중치 $w(n)$ 를 0으로 둔다. 따라서 제안한 방법에서는 블록 내의 에지 위치에 따라 가중치를 변화시킴으로써 에지를 보존하면서 블록화 현상을 제거한다.

2.3. 블록 내의 링잉 현상 제거

2.3.1 국부 계수 최대치를 이용한 링잉 현상 검출

첫 번째 스케일의 웨이블릿 변환 신호는 평활화되지 않은 원 신호에 대한 웨이블릿 변환 신호이다. 그러므로 그 신호의 크기 성분 $M_2(x,y)$ 를 이용하여 인접 화소와의 밝기 차이 정도를 알 수 있고, 위상 성분 $A_2(x,y)$ 를 이용하여 밝기 차이가 나는 방향을 알 수 있다. 이 때, (x,y) 위치의 크기 성분 $M_2(x,y)$ 이 $M_2(x_1,y_1)$ 및 $M_2(x_2,y_2)$ 보다 크면, 이 $M_2(x,y)$ 를 국부 계수 최대치라 한다. 여기서 (x_1,y_1) 과 (x_2,y_2) 는 위상 성분 $A_2(x,y)$ 의 방향으로 인접한 두 화소의 위치이다. $M_2(x,y)$ 이 국부 계수 최대치이면 영상의 (x,y) 위치에서 주위보다 큰 밝기 변화가 있다는 것을 의미하므로 국부 계수 최대치를 이용하여 링잉 현상 및 에

지의 위치를 알 수 있다.

링잉 현상은 급격히 변하는 에지들 주위에 유사 에지 형태로 나타난다. 그러므로 제안한 방법에서는 급격한 에지들을 포함하는 블록 내에서 국부 계수 최대치를 이용하여 유사 에지를 검출한다. 즉, 블록 내에서 에지맵 $E(x,y)$ 가 1인 화소를 가지는 블록을 에지 블록이라 한다. 그리고 급격한 에지는 대부분 한 블록에만 존재하지 않고 이웃 블록에 걸쳐서 나타난다. 따라서 그림 4에서와 같이 현재 에지 블록 주위의 8개 블록들 $B_i(i=1..8)$ 중 에지 블록이 2개 이상 존재하면, 이 블록을 링잉 현상을 제거하기 위한 블록으로 판단한다. 그리고 판단된 블록 내의 국부 계수 최대치 $L(x,y)$ 가 문턱치 T 보다 작을 경우 이를 링잉 현상으로 판단한다.

2.3.2 블록 내 필터링

블록 내의 유사 에지를 제거하기 위한 필터링 방법은 그림 4에서와 같다. 즉, 유사 에지로 검출된 화소에 한하여

$$\hat{f}(x,y) = \frac{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f(x+i,y+j) \times g(x+i,y+j)}{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 g(x+i,y+j)} \quad (10)$$

$$\text{where } x \neq 8u+7 \quad u = 0, 1, \dots, NV/8-1$$

$$y \neq 8v+7 \quad v = 0, 1, \dots, NH/8-1$$

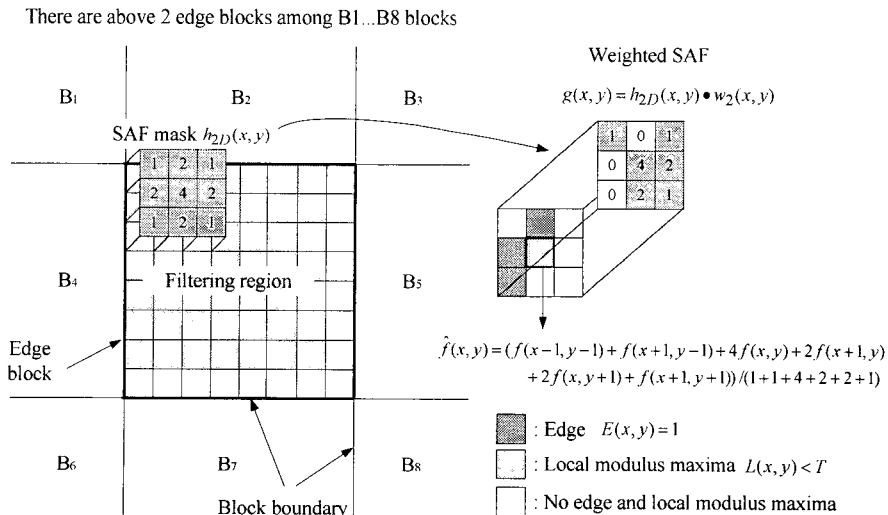


그림 4. 3×3 SAF를 이용한 블록 내 링잉 현상 제거

와 같이 필터링을 수행한다. 여기서 $g(x,y)$ 는 $h_{2D}(x,y) \times w_2(x,y)$ 으로, $h_{2D}(x,y)$ 는 $\{(1,2,1), \{2,4,2), \{1,2,1)\}$ 이고, 가중치 $w_2(x,y)$ 는 $M_2(x,y) > T_s$ 이면 0, 그렇지 않은 경우에는 1이다. 즉, 급격한 에지 성분인 화소의 가중치를 0으로 됴으로써 실제 에지를 보존하면서 링잉 현상을 제거한다. 그림 4에서와 같은 경우에는 가중치 $w_2(x,y)$ 가 $\{(1,0,1), \{0,1,1), \{0,1,1)\}$ 이므로, $g(x,y)$ 는 $\{(1,0,1), \{0,4,2), \{0,2,1)\}$ 이다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 양자화 잡음 제거 방법의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 일반적인 DMB 서비스 상에서는 5"급 LCD 기준으로 최소 VCD급 화질을 제공하기 위하여 320×240 이상의 해상도와 초당 15프레임 이상을 제공하고 있다. 따라서 본 실험에서는 MPEG-4 verification model 18 (VM-18) 기반으로 부호화된 CIF (352×288)급 및 QCIF (176×144)급의 해상도를 가지는 NEWS, MOTHER & DAUGHTER, FOREMAN, COAST GUARD, CONTAINER SHIP 및 SILENT VOICE의 300 프레임을 사용하였다. 이 때 각각의 영상에 대하여 비트율, 프레임율 및 QP를 다양하게 가변하였다. 본 논문에서 제안한 방법에 따라 QP=30, 112 kbps 및 15 Hz의 MPEG-4 부호화된 CIF급 FOREMAN 영상의 17번째 프레임의 에지맵과 국부 계수 최대치는 그림 5에서와 같다. 에지맵에서는 격자 잡음이 제거될 수 있도록 평탄 영역에서의 격자 잡음의 성분이 에지로 검출되지 않음을 볼 수 있고, 옷 주위와 글자

주위 등의 링잉 현상은 국부 계수 최대치로 검출됨을 볼 수 있다.

본 실험에서는 객관적인 화질 및 주관적 화질에 대하여 기존의 방법과 성능을 평가하였다. 객관적 화질 척도로 많이 이용되는 PSNR은 원 영상과 복호화된 영상에 대한 화소와 화소간의 차이를 측정하는 것이므로, 화질 척도로 최적이지는 못하다. 그러나, 이론화된 최적의 화질 척도에 대한 연구가 진행 중이므로, 본 실험에서는 객관적 화질 척도인 PSNR과 주관적 화질로 성능을 평가하였다.

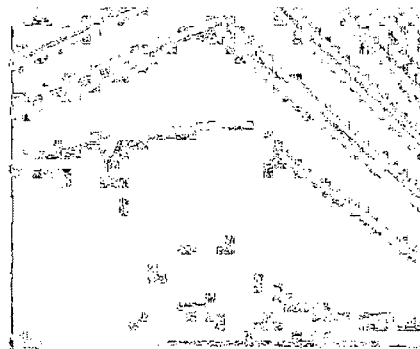
객관적 화질 척도인 PSNR은

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |f(i,j) - \hat{f}(i,j)|^2} \quad [dB] \quad (11)$$

와 같다. 여기서 N 은 영상의 수직 및 수평 화소 수를 나타내며, $f(i,j)$ 은 원 영상에서 좌표 (i,j) 상의 화소 밝기값이고, $\hat{f}(i,j)$ 은 후처리된 영상에서 좌표 (i,j) 상의 화소 밝기값이다. 각 영상에 대한 PSNR 결과는 표 1에서와 같다. 이 표에서 살펴보면, 제안한 방법이 MPEG-4 부호화된 영상에 대하여 0.05~0.31 dB 그리고 대부분의 영상에 대하여 기존의 방법보다 0.00~0.20 dB의 평균 PSNR이 향상됨을 알 수 있다. 또한 그림 6에서와 같이 제안한 방법이 QP =30, 112 kbps 및 15 Hz로 부호화된 CIF급 FOREMAN 영상 및 QP=12, 48 kbps 및 7.5 Hz로 부호화된 HALL MONITOR 영상의 각 프레임에서 기존의 방법보다 PSNR이 0.04~0.20 dB 정도 향상되었다.



(a)



(b)

그림 5. QP=30, 112 kbps, 15 Hz로 부호화된 Foreman 영상의 (a) 에지맵과 (b) 국부 계수 최대치

표 1. MPEG-4 부호화된 동영상에 대한 실험 결과

Bit rate, size, and frame rate	Sequences	QP	Average PSNR [dB]				
			MPEG-4	VM-18	Kim	Kwon	Proposed
10 kbps, QCIF, 7.5 Hz	CONTAINER SHIP	17	29.53	29.64	29.83	29.81	29.84
	MOTHER& DAUGHTER	15	32.28	32.40	32.48	32.52	32.52
24 kbps, QCIF, 10 Hz	CONTAINER SHIP	10	32.78	32.96	32.95	32.94	32.96
	MOTHER& DAUGHTER	8	35.32	35.38	35.40	35.46	35.46
48 kbps, QCIF, 10 Hz	FOREMAN	13	30.96	31.10	31.12	31.12	31.14
	COAST GUARD	14	29.08	29.11	29.11	29.08	29.13
	SILENT VOICE	7	34.42	34.59	34.60	34.62	34.62
48 kbps, CIF, 7.5 Hz	MOTHER& DAUGHTER	10	36.01	36.10	36.17	36.23	36.21
	NEWS	18	31.26	31.37	31.31	31.49	31.42
	HALL MONITOR	12	33.60	33.63	33.65	33.72	33.75
112 kbps, CIF, 15 Hz	FOREMAN	30	28.43	28.53	28.57	28.58	28.59
	COAST GUARD	29	26.37	26.53	26.57	26.46	26.57
	CONTAINER SHIP	10	33.18	33.33	33.40	33.39	33.41

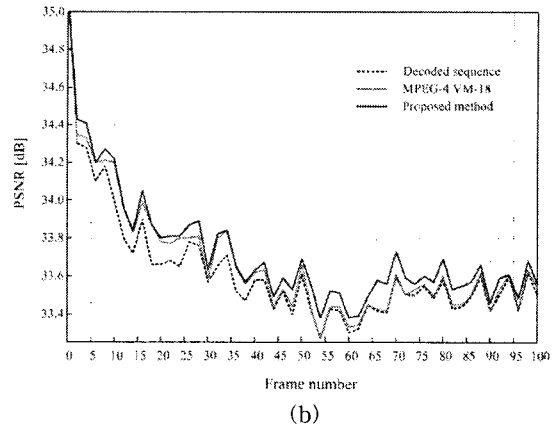
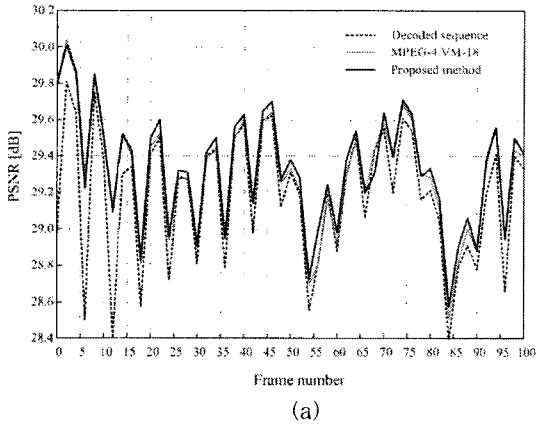


그림 6. (a) QP = 30, 112 kbps 및 15 Hz로 부호화된 FOREMAN 영상 및 (b) QP=12, 48 kbps 및 7.5 Hz로 부호화된 HALL MONITOR 영상에 대한 실험 결과

주관적 화질을 평가하기 위하여 본 논문에서는 QP=30인 112 kbps, 15 Hz의 MPEG-4 부호화된 FOREMAN 영상의 17번째 프레임과 후처리된 결과 영상들 및 QP=29, 112 kbps 및 15 Hz로 MPEG-4 부호화된 COAST GUARD 영상의 6번째 프레임과 결과 영상들을 그림 7 및 그림 8에 나타내었다. 여기서 VM-18으로 후처리된 영상에서는 과도한 저역 통과 필터링으로 인하여 에지가 블러링되며, 특히 급격한 에지가 불연속적으로 나타나는 계단형 잡음이 나

타남을 볼 수 있다. 그리고 Kim 등[10]의 방법을 적용한 영상에서는 FOREMAN의 모자 주위 및 눈 주위의 블러화 현상이 제대로 제거되지 못함을 볼 수 있고, 또한 링잉 현상이 나타남을 볼 수 있다. Kwon[7]이 제안한 방법을 적용한 영상에서도 계단형 잡음 및 링잉 현상이 효과적으로 제거되지 못함을 볼 수 있다. 그러나 제안한 방법에서는 평탄한 영역에서의 격자 잡음 및 에지 블록 내의 링잉 현상이 제거됨을 알 수 있었다. 또한 블록 간에 불연속적인 에지들이

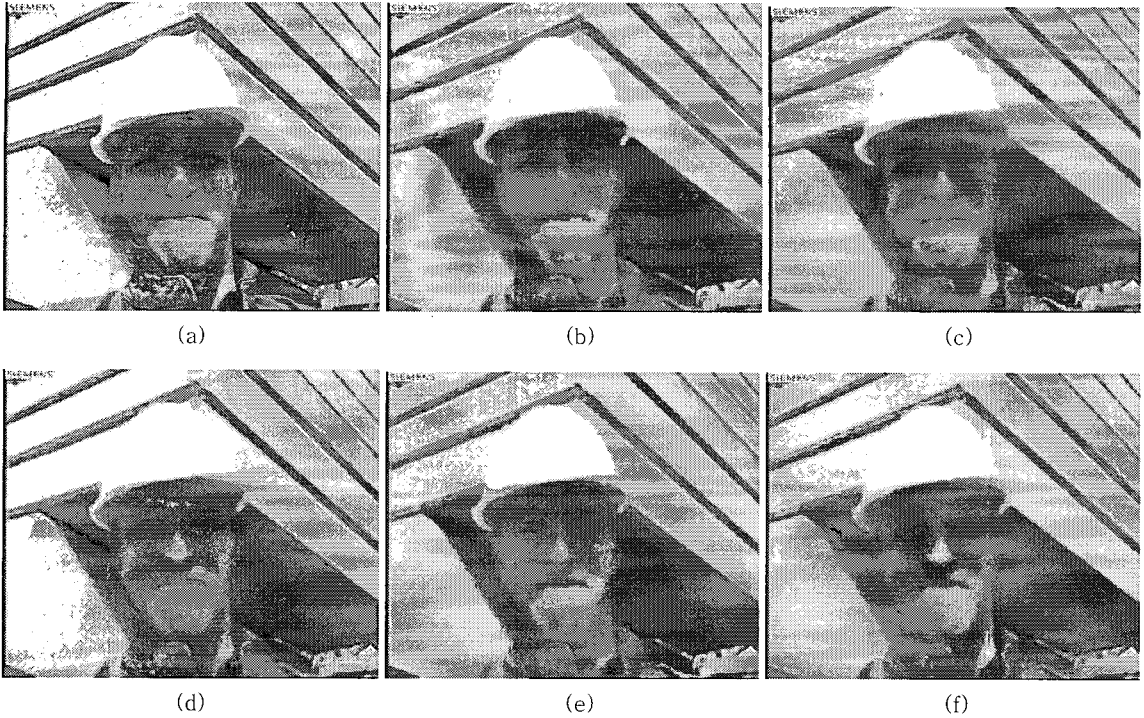


그림 7. FOREMAN 영상에 대한 (a) 원영상, (b) QP = 30, 112 kbps 및 15 Hz로 MPEG-4 부호화된 영상과 (c) VM-18 후처리 필터 방법, (d) Kim 등의 방법, (e) Kwon의 방법 및 (f) 제안한 방법으로 후처리된 결과 영상들

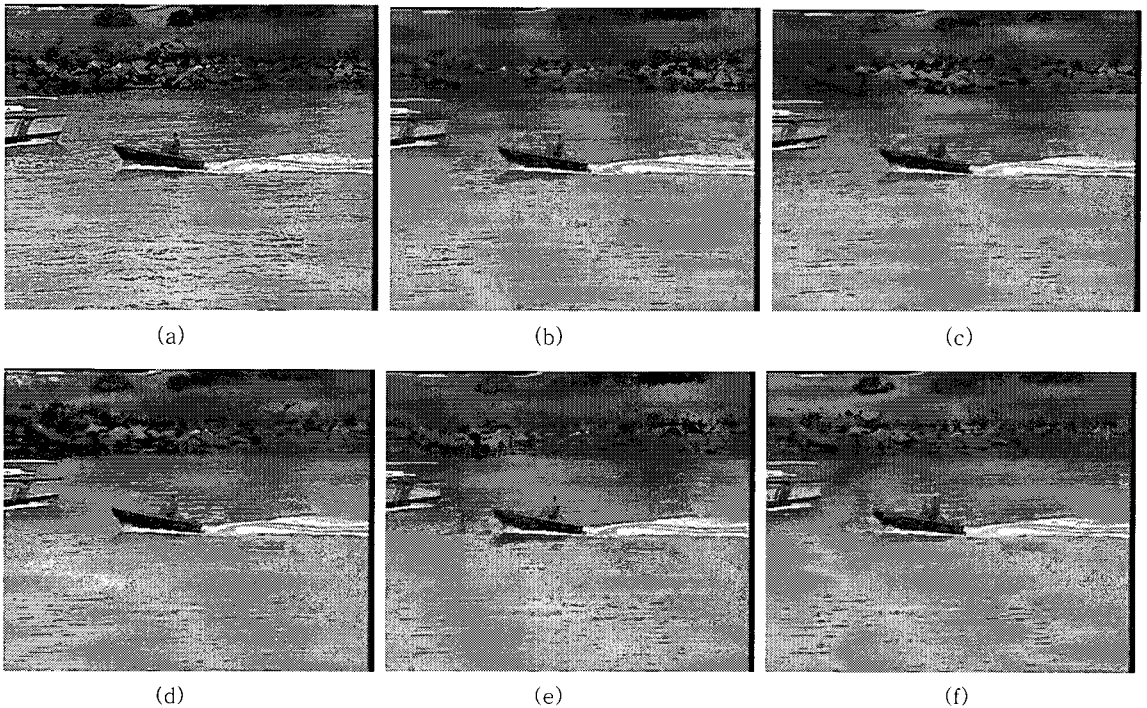


그림 8. COAST GUARD 영상에 대한 (a) 원영상, (b) QP = 29, 112 kbps 및 15 Hz로 MPEG-4 부호화된 영상과 (c) VM-18 후처리 필터 방법, (d) Kim 등의 방법, (e) Kwon의 방법 및 (f) 제안한 방법으로 후처리된 결과 영상들

연속적으로 나타남을 알 수 있었다. 이는 계단형 잡음으로서, 에지의 불연속적인 부분인 블록 경계 상의 두 화소들이 가변 필터에 의하여 조정되기 때문이며, 이 때 가변 필터에 의한 화질 열화는 발생되지 않음을 볼 수 있다.

이상과 같이 제안한 방법이 기존의 방법에서보다 주관적 화질 및 객관적인 화질에서 우수한 성능을 가짐을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 MPEG 후처리 시스템에서 에지맵에 적응적인 가변 필터를 이용하여 양자화 잡음을 제거하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 우선 에지를 보존하면서 블록화 현상을 제거하기 위하여 에지맵을 구한다. 이 때, 에지맵은 Mallat 웨이블릿 영역에서 웨이블릿 계수를 역치화함으로써 얻어진다. 그리고 블록 경계 영역을 중심으로 에지맵에 따라 필터링 영역이 가변되는 필터를 수행함으로써 블록화 현상을 제거한다. 여기서 가변 필터의 계수는 영상의 블록화 강도 및 양자화 매개 변수에 의하여 결정된다. 또한, 에지 블록 내에서 국부 계수 최대치를 이용하여 링잉 현상을 검출한 후 이를 2D SAF를 수행한다. 제안한 방법을 적용한 모의 실험 결과에서, 제안한 방법이 기존의 방법들에 비하여 객관적인 화질 평가 기준인 PSNR이 0.02~0.29 dB 향상되었고 주관적 화질 측면에서도 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Motion Picture Experts Group, "MPEG test model 5 draft revision 2," ISO-IEC JTC1/SC29/WG11/602, Nov. 1993.
 [2] MPEG-4 Video Group, "MPEG-4 video verification model version 18.0," ISO-IEC JTC1/SC29/WG11, N3908, Jan. 2001.
 [3] G. K. Wallace, "The JPEG still picture com-

pression standard," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 1, pp. xviii-xxxiv, Feb. 1992.
 [4] M. D. Adams, "The JPEG-2000 Still Image Compression Standards," Tech. Rep. N2412, ISO/IEC JTC1/SC29/WG1, Sep. 2001.
 [5] 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, No. 1, pp. 150-160, Feb. 1999.
 [6] 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, pp. 229-234, Feb. 1998.
 [7] 권기구, "블록 경계 분류와 적응적 필터링을 이용한 양자화 잡음 제거," 공학박사학위논문, 경북대학교, 2003.
 [8] G. A. Triantafyllidis, D. Tzovaras, and M. G. Strintzis, "Blocking artifact detection and reduction in compressed data," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. 12, No. 10, pp. 877-890, Oct. 2002.
 [9] Y. Yang, N. Galatanos, and A. Katsaggelos, "Projection-based spatially adaptive reconstruction of block-transform compressed image," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 4, No. 7, pp. 896-908, July 1995.
 [10] 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 Syst. Video Technol.*, Vol. 8, No. 3, pp. 253-257, June 1998.
 [11] S. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," *IEEE Trans. PAMI*, Vol. 14, No. 7, pp. 710-732, July 1992.



이 석 환

1999년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2004년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
2005년 3월~현재 동명정보대학교 정보보호학과 전임강사

관심분야: 멀티미디어 정보보호, 영상신호처리, 컴퓨터 그래픽스



허 소 정

2003년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)
2005년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2005년 3월~현재 LG 전자 디스플레이 연구소

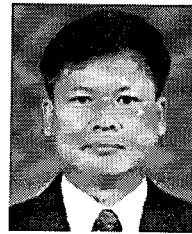
관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터 그래픽스



이 응 주

1990년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1992년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1996년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1997년 3월~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전, Biometrics



권 기 룡

1986년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2000년 7월~2001년 8월 Univ. of Minnesota(Post-Doc.)

1996년 3월~2006년 2월 부산외국어대학교 디지털정보공학부 부교수
2006년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 부교수
2005년~현재 한국멀티미디어학회 논문지 편집위원장
관심분야: 멀티미디어 정보보호, 멀티미디어 통신 및 신호처리, 웨이블릿 변환