

윤곽 영역 분류에 기반한 적응형 디링잉 필터의 설계 및 성능 분석

조 영[†], 박장한^{**}, 남궁재찬^{***}

요 약

본 논문에서는 웨이블릿 변환(wavelet transform)을 이용하여 저 비트율로 압축된 영상을 복원했을 때 나타나는 화질열화를 개선하는 방법을 제안한다. DCT의 압축에서 화질열화는 블록화 현상(blocking artifacts)과 잡음(noise) 등이 있었으나 웨이블릿 변환은 블록화 현상이 나타나지 않고 윤곽선(edge) 부근에 링잉현상(ringing artifacts)이 나타나게 되었다. 제안된 방법에서는 윤곽선 부근의 링잉현상이 나타나는 부분과 나타나지 않는 부분을 분류하고 각 영역에 적응적 필터를 적용하여 영상을 개선시켰다. 인간 시각에 거슬리는 윤곽선 영역은 캐니 마스크(Canny mask)를 적용하여 강한 윤곽선 영역을 찾아내고, 또한 주변 영역을 탐색하여 평탄한 영역(flat region)과 텍스처 영역(texture region)으로 분류하고, 각 영역에 맞는 필터를 적용하게 된다. 실험결과, 링잉현상이 나타나는 저 비트율 압축 영상에서 제안된 방법의 PSNR 값은 0.05db정도 낮아졌지만, 강한 경계 영역과 평탄한 영역의 영상에서는 0.023db정도 높아졌다. 또한 인간 시각의 주관적 관점에서 볼 때 평탄한 영역에서의 링잉현상이 보다 개선된 화질을 보였다.

Adaptive Deringing Filter's Design and Performance Analysis on Edge Region Classification

Young Cho[†], Chang-Han Park^{**}, Jae-Chan Namkung^{***}

ABSTRACT

This paper proposes method to improve the image quality degradation that show when reconstructing compressed images at low bit rate by using wavelet transform. The image quality distortion is blocking artifacts and noise in DCT's compression but blocking artifacts of wavelet transform does not appear. and ringing artifacts was appeared near the edge. This proposed technique is classified to part which is ringing artifacts of the edge vicinity appears which is not, apply adaptive filter to each region improved image. A edge region which is harsh to the eye is applied by Canny mask and finding strong edge region, search the neighborhood classify the flat region and the texture region, and apply to each region suitable filter. As experiment result, PSNR. value of method that is proposed in that low bit rate compression image that ringing artifact appears became low about 0.05db, but 0.023db degree rose strong edge region and flat region's image. Also, showed picture quality improved more than ringing artifacts in flat region when see from subjective viewpoint of human.

Key words: Wavelet Transform(웨이블릿 변환), Blocking Artifacts(블록화 현상), Ringing Artifacts(링잉 현상), Flat Region(평탄한 영역), Texture Region(텍스처 영역), Adaptive Filter(적응적 필터)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박장한, 주소 : 서울시 노원구 월계동 447-1(139-701), 전화 : 02)940-5125, FAX : 02)941-2754, E-mail : parkch@kw.ac.kr

접수일 : 2004년 2월 6일, 완료일 : 2004년 5월 4일

[†] 준회원, 삼성전자 DM총괄 VD사업부

(E-mail : cake0709@hotmail.com)

^{**} 준회원, 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

^{***} 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

(E-mail : namjc@daisy.kw.ac.kr)

※ 본 논문은 2003년도 광운대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었음.

1. 서 론

사회가 고도로 정보화됨에 따라 초고속 정보 통신망, 인터넷을 비롯한 여러 종류의 채널이나 매체를 통해 다양한 멀티미디어 정보 서비스가 제공되고 있다. 멀티미디어 정보는 영상과 음향을 중심으로 문자, 도형, 음성 등이 결합된 다중 정보로서 이 정보의 단순 PCM(Pulse Code Modulation) 데이터의 양은 방대하여 고속 통신망으로도 감당하기 어렵게 된다. 특히, 멀티미디어 정보 중 영상 데이터, 즉 휴대용 전화기의 화상 전송과 인터넷에서의 화상 채팅, 의료 영상 등을 비롯한 영상들을 한정된 대역폭을 통하여 전송하거나 저장하기 위해서는 압축을 필요로 한다. 영상 정보를 고비율로 압축하면서 응용 분야에 따른 요구 조건을 만족하기 위한 방법으로 JPEG[1], MPEG-1[2], MPEG-2[2], H.261[3]과 H.263[4] 등 영상부호화에 대한 표준이 이미 제정되었으며, 차세대 영상부호화 방식으로 정지영상은 JPEG2000[5], 동영상은 MPEG-4[6]를 중심으로 국제 표준의 제정이 완료되고 있다. 압축으로 인하여 전송 비트율은 낮아지지만 고 압축률에서는 화질열화가 발생한다. 화질열화의 종류에는 JPEG, H.261, MPEG-1, MPEG-2, H.263의 부호화 영상에서 나타나는 블록화 현상, 또는 모기잡음(mosquito noise)이 있고, JPEG2000과 같이 웨이블릿 변환을 이용하여 영상을 압축하는 방법은 블록화 현상이 없지만 윤곽선 부근에 보이는 링잉 현상이 있다. 블록화 현상은 블록 단위의 양자화 과정에서 생기는 오차 때문에 나타나는 것으로 압축률이 높아지면 블록 경계에서의 불연속성이 마치 타일을 깬 것처럼 규칙적으로 나타나는 화질열화이다. 한편, 모기잡음은 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 부호화에서 양자화로 인한 고주파수 데이터의 손실로 생기며 윤곽선 부근에서 잡음이 보이는 현상이다. 블록화 현상을 제거하기 위한 후처리 기법들은 연구되고 있으며, 크게 몇 가지 방법론에 의해 구분된다. 공간 영역에서 저주파 대역 필터링을 하는 방법[7], 부호화 및 복호화 시 블록간의 약간 중복을 허용함으로써 블록 경계에서의 불연속성을 줄이는 방법[8], 공간 영역 또는 DCT 영역에서 반복적으로 처리하는 방법[9], 변환 계수의 최적 추정 방법[10], 그리고 웨이블릿 변환 영역에서 처리하는 방법[11] 등으로 구분할 수 있다.

Kim[11]은 신호의 국부적 주파수 성분들을 효율적으로 분석 처리할 수 있는 웨이블릿 변환 영역의 다중 스케일 공간상에서 블록 경계 근방의 국부적인 주파수 성분을 추출하여 블록화 현상에 의한 고주파 성분만을 제거함으로써 블록화 현상을 제거한다. Kim방법은 시스템 구현이 비교적 용이하고, 블록 기반 부호화의 방법에 상관없이 처리할 수 있으며, PSNR 성능 및 주관적 화질도 우수한 장점을 갖고 있다. 또한 주관적 화질 측면에서 윤곽선 번짐을 수반하지 않고, 블록화 현상을 거의 제거하는 것으로 나타났다. 링잉현상은 고주파수 대역의 웨이블릿 변환 계수들이 양자화로 인해 손실됨으로써 윤곽선 부근에 허상이 보이는 것으로 깃스 현상(Gibbs phenomenon)이라고도 하며, 강한 윤곽선 부근에서 잘 나타난다[12]. 텍스처 영역에서는 링잉현상이 발생하더라도 텍스처 잔상(ripple)에 의해 발생한 것인 아니면 링잉현상 때문이지 구분이 되지 않는 반면, 윤곽선이 있는 평탄(flat)한 영역에서는 링잉현상이 인간의 시각에 확연히 거슬린다. 링잉현상을 제거하기 위한 방법은 아직 많은 연구가 이루어져 있지 않으나, Shen은 주변의 화소들에서 대표값을 추출하고, 대표값과 현재 화소값과의 차가 임계값 이내이면 링잉현상으로 판단하여 후처리하였다. 그러나 Shen방법은 인간의 시각은 링잉현상을 느끼는 부분이 윤곽선 부근인 것을 감안하지 않고 후처리하였다.

따라서 본 논문에서는 웨이블릿 변환에서 인간의 시각이 링잉현상을 느끼는 부분은 강한 윤곽선 부근인 것을 감안하여, 강한 윤곽선을 구하기 위해 캐니 마스크(Canny mask)를 사용하여 약한 윤곽선은 제거하고, 강한 윤곽선을 검출하여 검출된 윤곽선을 중심으로 링잉현상이 발생할 수 있는 영역을 찾기 위한 윤곽선 확장을 한다. 그리고 확장 윤곽선 영역에서 화소값을 검사하여 임계값에 따라 윤곽선이 많은 부분과 적은 부분을 선별한다. 윤곽선이 많은 부분은 텍스처 영역으로 간주하여 처리하고, 적은 영역은 평탄한 영역과 맞물리는 영역으로 간주하여 평활화(smoothing) 필터를 적용해서 후처리를 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 웨이블릿 변환과 윤곽선 필터, 링잉현상에 대해서 다루고, 3장에서는 링잉현상을 개선하기 위한 방법을 소개한다. 제 4장에서는 제안된 방법으로 실험한 결과를 비교분석 하였으며, 마지막으로 제 5장에서 본 논문의

결론과 향후 연구되어야 할 부분에 대하여 언급한다.

2. 관련 연구

2.1 웨이블릿 변환

웨이블릿 이론은 응용 수학에서 처음 소개된 후 인식 분야에서 연구되어온 다해상도 표현과 연관성이 있고, 필터 설계방법과 동일함이 밝혀진 후 현재 활발하게 연구되고 있는 변환 기법이다[13]. 현재 JPEG2000의 표준안으로 채택된 웨이블릿의 특징은 시간 축에서의 위치를 알 수 없는 푸리에 변환의 한계를 극복하고, 블록 단위로 처리하는 DCT(Discrete Cosine Transform)의 약점인 블록 효과가 없고 속도가 빠르며 압축율이 높다. 대표적인 웨이블릿 변환 기법으로 직교 웨이블릿(Orthogonal wavelet), 쌍직교 웨이블릿(Biorthogonal wavelet), 패킷 웨이블릿(Packet wavelet) 변환 등이 있다[14]. 웨이블릿 변환에서 하나의 기저함수를 웨이블릿이라 부르며, 웨이블릿은 하나의 대역 통과 필터이다. 푸리에 변환의 기저 함수들과는 다르게 웨이블릿은 유한의 길이를 가지는 기저함수이므로 웨이블릿 변환은 모 웨이블릿(Mother Wavelet)이라 불리는 원형의 웨이블릿의 수축과 팽창에 의해 얻어지는 웨이블릿들의 집합에 의해 구성된다. 그리고 웨이블릿 변환에서는 주파수라는 용어 대신에 스케일(scale)이라는 용어를 사용하며, 하나의 웨이블릿을 통과한 신호를 스케일의 상세 신호(detail signal)라 한다[15]. 웨이블릿 변환의 원리는 부대역 부호화(subband coding)를 하는 것이

다. 부대역 부호화는 영상을 필터에 통과시켜 영상의 집합으로 만드는 것을 말한다. 각각의 부 영상은 공간적 주파수의 제한된 구간을 포함하고 있으며, 이들 각각의 영상 집합을 부대역이라고 부른다. 이렇게 변환된 부대역은 원 영상(Full band image)과 비교하였을 때, 대역폭이 줄어들게 되므로 이들을 다운샘플할 수 있다[13]. 그림 1은 원 영상을 2개의 부대역으로 나누는 과정이다.

2.2 캐니(Canny) 연산자

영상의 윤곽선은 입력 영상에 대한 많은 정보들을 가지고 있다. 윤곽선은 영상의 밝기가 낮은 값에서 높은 값, 또는 높은 값에서 낮은 값으로 변하는 지점에 존재한다. 윤곽선 검출을 이용하는 많은 응용들이 있으며, 다양한 특수 효과들을 위해 사용되기도 한다. 윤곽선 검출기의 출력은 윤곽선을 강조하기 위해서 원래 영상과 더해질 수 있다. 윤곽선 검출은 미분 연산자에 의한 밝기 값의 변화를 이용하여 찾아내는 것이다. 또한 편미분 연산을 이용하여 미분 값을 구하는 것도 있으며, 프로그래밍을 하는데 있어서 직접적인 계산보다는 마스크(mask)를 이용하여 빠른 계산을 하는 것이 더욱 효과적이는데, 각 마스크의 특징은 마스크 내의 모든 가중치의 합은 '0'이라는 것이다.

캐니 필터는 먼저 가우시안 마스크를 이용하여 잡영을 제거한 후 소벨 마스크와 같은 윤곽선 검출 마스크를 수행하는 것으로, 이러한 두 번의 과정 중 첫 번째 과정에서 잡영 제거 효과가 일어나고 잡영이 제거된 영상에서 윤곽선을 검출하는 방법이다. 특징은 윤곽선 검출 전 잡영 제거 마스크가 사용되며 잡

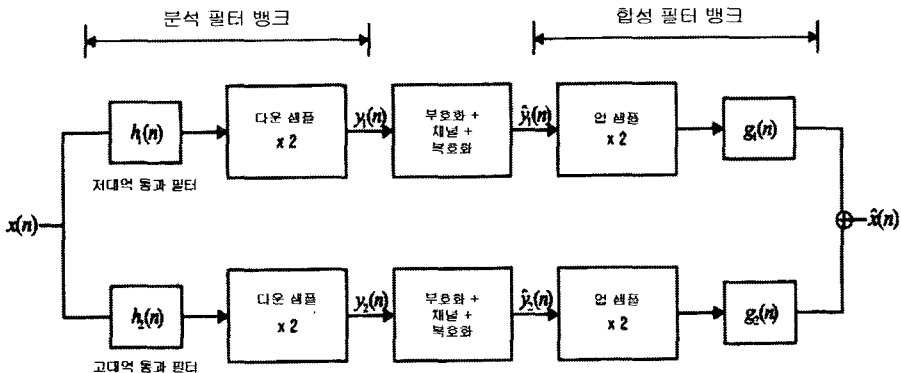


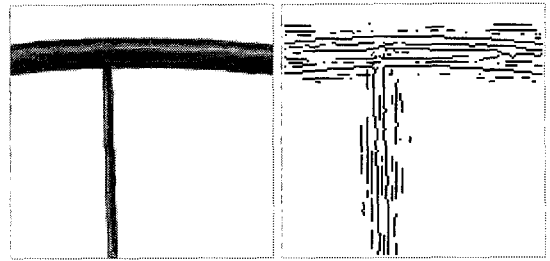
그림 1. 부대역 부호화(subband coding) 블록도

음에 강하고, 여러 가지 윤곽선 검출 마스크를 활용할 수 있고 강한 윤곽선들만 검출된다[13]. 그림 2는 (a)의 원본 영상을 각각 (b)은 소벨, (c)은 라플라시안, (d)은 캐니 필터를 적용하여 나타난 결과 영상이다.

2.3 링잉현상

링잉현상은 경계면에서의 급격한 신호강도 변화가 있는 곳이나 작은 비트 전송율에서 압축되었던 영상이 복원되면서 자주 발생하는 결과이다[6,11]. 경계면, 혹은 윤곽선 주변에 저 신호 강도의 흐릿하고 밝은 윤곽선이 생기는 현상으로 고주파 대역의 계수들이 양자화로 인해 손실됨으로써 윤곽선 부근에 허상이 보이는 현상이다. 그림 3의 (a)는 링잉현상을 보여준 결과이며, 비트율이 감소된 복원영상에서는 윤곽선 주변에 허상이 많이 보이게 된다. 이러한 윤곽선 주변에 있는 허상은 인간의 눈에 확연히 나타나게 된다. 특히 평탄한 영역에서 경계면과 맞닿는 부분의 윤곽선은 인간의 시각에 더욱 확연히 나타나게 되어 눈에 거슬리게 되며, 윤곽선 성분이 복잡한 텍스처 영역에서는 인간의 눈에 허상이 확연히 드러나지 않게 되어 평탄한 영역에서의 윤곽선보다 눈에 덜 거슬리게 된다. 그림 3의 (b)는 윤곽선 주변의 허상을 보여준 결과이다.

일반적으로 웨이블릿 변환 압축시에는 블록화 현상이나 잡음 현상이 적은 반면에 저 비트율 압축에서 링잉현상이 나타나게 되었다. 링잉현상은 공간상으로 변화하기 쉬운 것이고 변형된 데이터이며 알고리즘적으로 제거하기 어렵다는 특성을 가지고 있다. 이러한 현상은 깃스 현상(Gibbs phenomenon)이라고 불리며, 이 현상은 불연속을 포함하는 파형이 푸



(a) 링잉현상의 영상 (b) 윤곽선 주변의 허상

그림 3. 링잉현상의 예

리에 합성되었을 때 불연속값 근처에서 나타나는 불일치 현상이라고 볼 수 있다. 푸리에 합성에서 고주파수 성분을 많이 포함할수록 불일치는 줄어드나 유한한 주파수 대역에서는 완전히 없어지지 않는다. 그림 4에서 깃스 현상에 대한 예를 보여주며, 원본 영상을 다운샘플링 했을 때 링잉현상이 발생함을 보여준다. 또한 영상의 직선은 정상적으로 복원되어야 할 결과이며, 곡선은 다운샘플링되어서 나타내어진 링잉의 결과를 나타낸다.

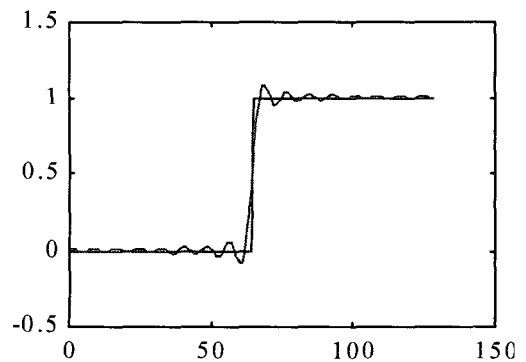
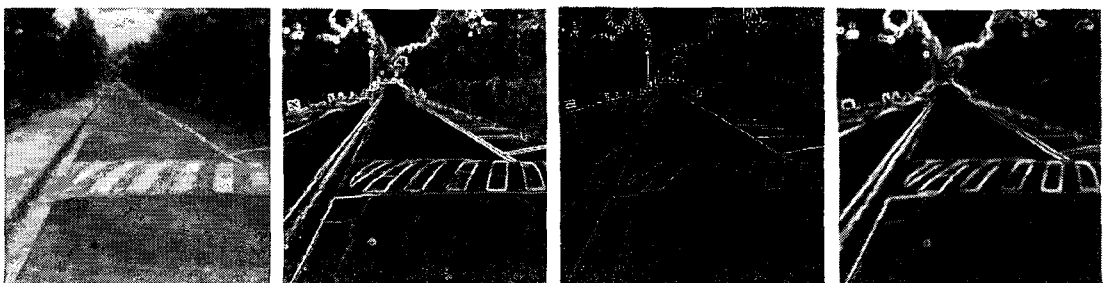


그림 4. 깃스 현상



(a) 원본 영상

(b) 소벨

(c) 라플라시안

(d) 캐니

그림 2. 윤곽선 필터를 사용한 결과 영상

2.4 Shen의 알고리즘

Shen이 제안한 후처리 방법은 주변의 화소들에서 대표값을 추출하고, 그 대표값과 현재의 화소값과의 차가 임계값 이내이면 링잉현상으로 판단하여 후처리하는 방법이다. 후처리 과정은 화소 단위로 수행된다[16]. 먼저 화소 단위로 주변의 값들과 비교하여 식(1)과 같이 대표값 e 을 선택한다. 식(2)에서 x 는 화소값이고, \arg 는 최소가 되는 화소의 값을 의미한다. N 은 화소들의 집합을 의미하며, 그림 5와 같이 현재 화소와 주위의 화소 사이의 기하학적인 관계로 정의된다. 그림 5(a)의 경우는 대표값 e 을 구하는 시간이 가장 짧고, 그림 5(b), 그림 5(c), 그림 5(d)순으로 갈수록 대표값 e 을 구하는 시간이 길다. 또한, $\rho(a)$ 는 전위 함수(potential function)로써 식(2)과 같이 네 가지 중에서 하나가 선택된다. 식(2)에서 a 는 식(1)에서 $x_i - x_j$ 이고, γ 는 상수이다.

$$e = \arg \min_{x_i \in N} \rho(x_i - x_j) \tag{1}$$

$$\text{Huber } \rho(a) = \begin{cases} \gamma^2 + 2\gamma \frac{a^2}{(|a| - \gamma)} & |a| \leq \gamma \\ |a|^\gamma & |a| > \gamma \end{cases} \tag{2}$$

$$L^\gamma \rho(a) = |a|^\gamma, 1 \leq \gamma \leq 2$$

$$\text{Truncated } L^2 \rho(a) = \min\{\gamma a^2, 1\}$$

$$\text{Lorenzian } \rho(a) = \log\left(1 + \frac{1}{2}\left(\frac{a}{\gamma}\right)^2\right)$$

그림 5는 Shen이 제안한 주변화소 선택의 여러 가지 방법이다. Shen의 방법은 후처리 수행에 필요한 대표값 e 의 선정에 문제가 있으며, 또한 텍스처 잔상에 의해 발생한 것이 링잉현상으로 잘못 인식될 수 있는 단점을 가지고 있다.

따라서, 본 논문에서는 인간의 시각에서 확연히 느껴지는 평탄한 영역에서의 링잉현상을 개선하기 위해서 평탄한 영역을 구하는 알고리즘을 제안하며, 구해진 평탄한 영역은 평활화 필터를 적용하여 화질을 개선하는 방법이다. 윤곽선이 있는 영역을 찾아

필터 처리할 영역으로 확장하기 위해 원본 영상에 확장 마스크 블록을 적용하여 링잉이 발생할 수 있는 영역을 확보한다. 확장된 윤곽선이 있는 영역, 즉 링잉현상이 발생할 가능성이 높은 영역은 다시 평탄한 영역과 텍스처 영역으로 구분한다. 텍스처 영역을 찾기 위하여 확장 마스크 블록의 2배 크기의 마스크를 적용하고, 마스크의 화소값과 임계값 판별에 따라 텍스처 영역을 구분해낸다. 텍스처 영역을 구분하고 나면 나머지 확장된 윤곽선 영역은 평탄한 영역으로 간주한다. 이로써 링잉영역을 평탄한 영역과 텍스처 영역으로 구분하였으며, 구분된 영역은 적응적 필터로써 처리하게 된다.

2.5 디링잉 필터

디링잉 필터[17,18]는 MPEG4 Video VM11.0에서 제안한 방법이고[6], MPEG4에서 웨이블릿을 사용하므로 링잉현상이 발생된 것을 개선하고자 제안된 필터이며 본 논문에서는 텍스처 영역에 적용하고자 한다. 디링잉 필터는 세 가지 프로세스로 나뉜다. 첫 번째는 경계변수 계산하는 것이며, 두 번째는 색인화이고, 세 번째는 적응적 평활화 필터를 적용한다. 8×8 화소를 기본으로 적용하며, 각각의 8×8 화소는 10×10 화소 정보를 보고 연산하게 된다. 첫 번째, 경계변수의 계산은 블록의 그레이 값 중에서 최대값과 최소값을 구한다. 또한 각각의 블록에서 경계값 $\text{thr}[k]$ 을 구하여 최대값과 최소값의 차를 구한다. 그림 6은 경계변수의 계산 방법이다. 두 번째, 색인화 계산은 경계변수보다 크면 '1'로 표기하고, 작으면 '0'으로 표기한다. 그림 7은 색인화 계산 방법이다.

세 번째, 적응적 평활화는 적응적 3×3 마스크와 클리핑(clipping)을 적용하게 된다. 적응적 평활화 마스크는 그림 8의 (a)와 같다. 그림 8의 (b)는 이진으로 표시되어 있는 8×8 블록 레벨이다. 8×8 블록은 10×10 이진 블록에 의해 연산되어진다. 또한 3×3 원도

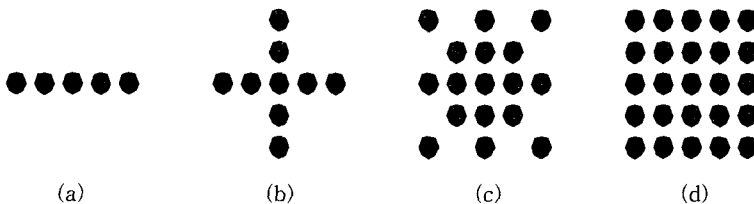


그림 5. 주변화소(N) 선택 예

```

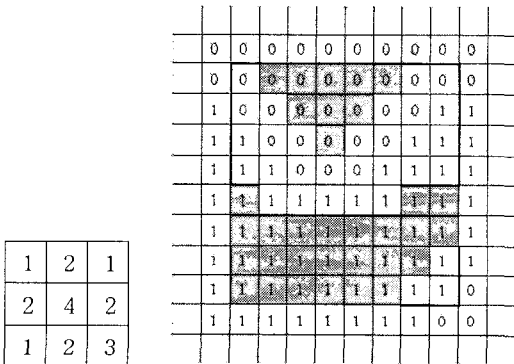
thr[k] = (max imum[k]+min imum[k]+1)/2
range[k] = max imum[k]-min imum[k]
max_range = range[kmax]
// range를 다시 구한다.
for( k=1 ; k<5 ; k++ ){
    if( range[k] < 32 && max_range >= 64 )
        thr[k] = thr[kmax];
    if( max_range < 16 )
        thr[k] = 0;
}
    
```

그림 6. 경계변수의 계산 방법

```

h, v = 그레이 값 좌표(0,1,2,...,7,...)
thr = 경계변수
rec(h,v) = 원영상
bin(h,v) = 결과 영상
bin(h,v) = 1   if rec(h,v) >= thr
            = 0   otherwise
    
```

그림 7. 색인화 계산 방법



(a) (b)

그림 8. 적응적 필터의 예 : (a) 디리링 필터의 3×3 마스크, (b) 8×8 블록의 이진 인덱스.

우에서 모든 것이 같으면, 모두 '0', 혹은 '1'로 표시되어 있으면 회색으로 표시하게 된다. 음영으로 표시된 영역은 필터를 적용할 부분이다. 필터는 내부 블록(intra block)과 내부가 아닌 블록(non-intra block) 양쪽 모두 사용된다.

식(3)에서 rec는 원영상이고 coef는 평활화 필터를 나타내며, 결과영상의 flt'를 구한다. 클리핑은 영상에서 변경된 값이 max_diff 값보다 크거나 변경된 값이 -max_diff 보다 적게 변경된 값을 찾아서 수정한다. 그림 9는 클리핑 방법이다.

$$flt(h, v) = \left\{ 8 + \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 coef(i, j) \cdot rec(h+i, v+j) \right\} // 16 \quad (3)$$

```

if( flt(h,v) - rec(h,v) > max_diff )
    flt(h,v) = rec(h,v) + max_diff
else if( flt(h,v) - rec(h,v) < -max_diff)
    flt(h,v) = rec(h,v) - max_diff
else
    flt(h,v) = flt(h,v)
(여기서, max_diff = QP/2)
    
```

그림 9. 클리핑 방법

3. 제안된 알고리즘

3.1 제안된 시스템 블록도

그림 10은 본 연구에서 제안하는 시스템 알고리즘의 블록도이다. 영상을 입력 받아 윤곽선 탐색 과정, 윤곽선 확장 과정을 거치며, 오른쪽의 사각형 박스 2개는 윤곽선 정보의 화소를 판별하여 각각 텍스트 영역과 평탄한 영역을 구분한다. 확장된 윤곽선 영역의 링잉현상을 탐색한 결과를 가지고 두 영역으로 분리하며, 각 영역에 맞는 적응적 필터를 적용하게 된다.

3.2 제안된 링잉현상 검출 및 제거 알고리즘

3.2.1 윤곽선 탐색(Edge Detection)

영상의 윤곽선 검출에는 강한 윤곽선이 탐색하기 위한 캐니 필터를 사용한다. 영상의 강한 윤곽선 부근에 일반적으로 링잉현상이 많이 나타나게 되며, 강한 윤곽선이 있는 부근이란 것은 명암의 구분이 확실한 곳이므로 사람의 시각에 확연히 보이게 된다. 그러므로 강한 윤곽선이 있는 곳에 링잉현상이 발생되면 인간의 시각에 거슬리게 된다. 캐니 필터는 윤곽선이 강한 곳은 굵게 처리하고, 약한 곳은 윤곽선이 사라지게 된다. 본 논문에서 사용된 캐니 필터는 가우시안 3×3 마스크와 소벨 3×3 마스크를 사용하여 구현하였다. 가우시안 필터는 가우시안 함수의 형태에 따라 선택된 가중을 가진 선형 평활화 필터이다. 표준분포로부터 끌어낸 잡음을 제거하기 위한 좋은 필터이다. 일차원의 제로 평균(zero-mean) 가우시안 함수는 가우시안 확장 파라미터 σ가 가우시안 폭

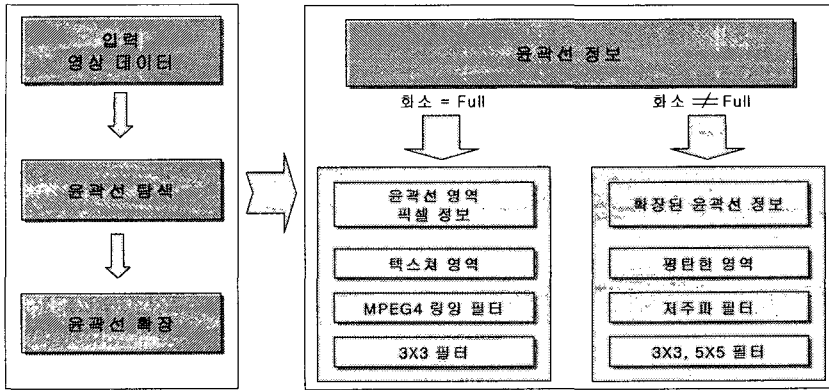


그림 10. 제안된 시스템의 블록도

을 결정한다. 이러한 σ 의 특징을 이용하여 σ 의 값을 변경하고, 영상의 윤곽선이 많고 적음 그리고 폭을 변경하여 본 논문에서 원하는 결과를 얻게 되었다. σ 값이 클수록 윤곽선이 더 넓게 검출되고, 값이 작으면 경사가 급격한 윤곽선이 좀더 정확하게 검출된다. σ 의 값은 10.5정도에서 14사이의 값을 취하였고, 그 이외의 값들은 강한 윤곽선 성분이 원하는 결과를 벗어난 영상을 취하였기 때문에 사용하지 않는다.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

그림 11. 저주파 필터의 3×3 마스크

3.2.2 링잉 탐색(Ringing Detection)

캐니 필터를 통과한 윤곽선 영역은 강한 윤곽선 성분만을 반영함으로써 링잉현상이 많은 부분을 대표하고 있다. 캐니 필터를 통과한 윤곽선 영역을 평탄한 영역의 윤곽선에서 맞물리는 영역과 텍스처 영역으로 나누고자 한다. 윤곽선이 있는 영역을 찾아 필터 처리할 영역으로 확장을 위해 256×256크기의 원본 영상에 9×9크기의 확장 블록을 적용한다. 각각의 윤곽선 영역은 확장 마스크로 인해 링잉이 발생할 영역을 확보하게 된다. 확장된 윤곽선이 있는 영역은 다시 평탄한 영역과 텍스처 영역으로 구분한다. 먼저 텍스처 영역을 찾기 위해서 그림 11의 저주파 필터를 사용하고 확장 블록의 2배 크기 마스크를 적용하여 임계값 설정에 따라 텍스처 영역을 구분하며, 식(4)과 같다.

$$S' = S \times 2 + 1 \quad (4)$$

(단, S' =텍스처 영상 마스크의 크기, S =확장 영역 마스크의 크기)

구분된 텍스처 영역은 디링잉 필터를 사용하고, 그림 8의 (a)와 같다. 윤곽선이 없는 영상은 링잉현상

이 별로 나타나지 않으므로 연산에서 제외하므로 효율적인 연산이 된다.

3.2.3 평탄한 영역 처리

확장된 윤곽선 영역에서 텍스처 영역을 제외한 나머지 영역은 평탄한 영역으로 간주한다. 이 영역은 링잉현상이 가장 많이 발생하는 영역이다. 그러므로 본 논문에서는 기존의 디링잉 필터들 보다 더 강한 블러링(blurring) 효과를 사용하였다. 기존의 논문들에서는 평탄한 영역과 텍스처 영역을 분리하지 않고, 필터를 적용하였기에 마스크의 중심 값이 경계값 보다 큰 값, 즉 영상의 변화가 적은 필터를 사용하였다. 하지만 본 논문에서는 평탄한 영역과 텍스처 영역을 분리하였고, 평탄한 영역은 3×3마스크를 사용하여 9개의 원소들을 더한 후 9로 나누게 된다. 이러한 평균값은 임의의 화소에서 극단적인 값을 제거하는 효과가 있다. 두드러지거나 밝거나 어두운 화소들은 이웃한 화소들의 영향으로 인하여 화소값이 평준화된다. 그러므로 평탄한 영역에서 링잉 현상의 잡음값들을 평균화함으로써 눈의 시각적인 거슬림을 적게 하게 된다.

3.2.4 텍스처 영역 처리

텍스처 영역을 찾기 위하여 확장 마스크 블록의 2배 크기의 마스크를 적용하고, 마스크의 화소값과 임계값의 판별에 따라 텍스처 영역을 구분해낸다. 텍스처 영역을 구분하고 나면 나머지 확장된 윤곽선 영역은 평탄한 영역으로 간주한다. 이로써 구분된 영역은 적응적 필터로써 처리하게 된다. 확장된 윤곽선에서 텍스처 정보에 따라 처리하고자 하는 텍스처 영역 처리로써 그림 12와 같다. 먼저 확장된 윤곽선 정보를 이용하여 화소값이 있는지 없는지를 구분하는데 화소값이 없는 경우는 다시 확장된 윤곽선을 찾고, 화소가 있는 경우는 3×3 마스크를 적용한다. 그 다음 결과와 원본 영상을 비교하며, 최대값과 최소값에 따라 윤곽선 결과와 원본이 큰 경우는 “결과

= 원본+(최대-최소)”를 처리하여 확장된 윤곽선을 처리하고, 그렇지 않으면 다음 단계로 처리된다. 또한 윤곽선 결과와 원본이 작은 경우는 “결과 = 원본-(최대-최소)”를 처리하여 확장된 윤곽선을 처리하고, 그렇지 않으면 최종 결과를 얻어 텍스처 영역을 확보한다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 영역 구분 결과

그림 13의 영상은 실험에서의 텍스처 영역과 평탄한 영역의 구분을 보여준다. 중앙 부분의 윤곽선 처리된 영상은 캐니 마스크로 윤곽선을 처리한 영상에 링잉 부분을 구하기 위하여 확장된 알고리즘을 적용

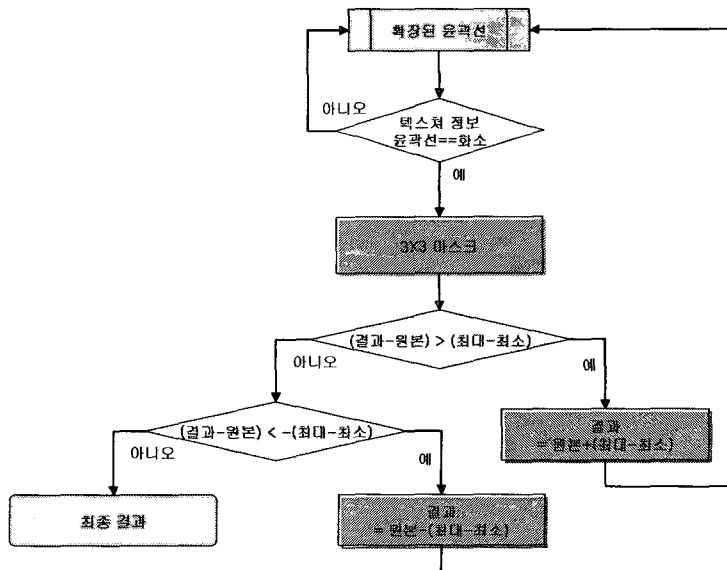


그림 12. 텍스처 영역 순서도



그림 13. 텍스처 영역의 검색 결과

한 결과이다. 왼쪽 영상은 후처리가 처리될 영상이며, 가운데 영상은 각각의 처리할 영역을 구분한 영상이고, 오른쪽 영상은 후처리가 처리된 영상이다. 중앙 영상의 흰색부분은 링잉현상이 주로 나타나는 평탄한 부분을 표시하며 흰색 영상의 사이에 있는 회색 영상은 텍스처 영역을 표시한다.

4.2 실험 영상 결과

그림 14는 256×256 크기의 Bike 원본 영상이다. 그림 15는 복원된 영상으로 0.125bpp 영상이다. 그림 16은 Shen이 제안한 복구 영상이며, 그림 17은 본 논문에서 제안된 후처리 영상의 결과이다.



그림 16. Shen의 복구 영상



그림 14. 256×256 크기의 원본 영상



그림 17. 제안된 후처리 영상



그림 15. 0.125bpp 영상

4.3 PSNR 비교 결과

표 1. Shen이 제안한 알고리즘의 결과

영상(0.125bpp)	복호 영상의 PSNR	후처리된 후의 PSNR
Bike	26.391430	26.386988
Cafe	20.794770	20.773488
Lena	30.970863	30.695381
Woman	27.385367	27.269126

4.4 실험 고찰

그림 14의 Bike 원본영상을 가지고, 그림 15의 0.125bpp로 바꾸었을 때 그림 16과 같이 본 논문에서

표 2. 본 논문에서 제안된 알고리즘의 결과

영상(0.125bpp)	복호 영상의 PSNR	후처리된 후의 PSNR	차이 값
Bike	22.275428	22.148618	-0.126810
Lena	21.756326	21.779700	0.023374
Bird	33.577573	33.410687	-0.166866
3d design	21.683973	21.516392	-0.167581
Malevich	29.541894	29.516493	-0.025401
Circles	27.512612	27.746931	0.234319

제안하는 결과를 가진다. 이 영상은 평탄한 영역이 많으므로 인간의 시각에 보이는 링잉현상이 확연히 드러나게 되며, 그에 따른 링잉현상 개선에 따른 결과가 잘 드러나게 된다. 제안된 방법을 적용한 영상은 비트율이 낮은 그림 15보다 링잉현상이 윤곽선 주변에서 많이 개선되었다. 표 1에서 Shen의 결과도 PSNR값이 다소 낮음을 볼 수 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용한 결과인 표 2를 보면 다소 낮아진 부분과 향상된 부분이 혼재하고 있으며, 특히 Lena 영상은 평탄한 영역과 텍스처 영역이 골고루 분포된 영상이므로 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 화질이 개선된 것을 볼 수 있다. 영상이 평탄한 성분을 많이 가지는 영상일수록 PSNR의 낮아짐이 작고, 또한 PSNR값도 높아진다는 것을 알 수 있었다. 하지만 실험의 결과로 볼 때 PSNR값이 낮아지는 경우라도 인간 시각의 주관적인 화질은 향상됨을 알 수 있었으며, 강한 윤곽선 주변에는 평활화 필터처리를 적용하여 화질 개선에 적합하다는 것을 보여 주었다. 또한 텍스처 영역이 많은 부분은 눈에 확연히 보이는 링잉현상이 잘 나타나지 않는 것을 고찰할 수 있었다.

5. 결 론

1980년대 후반 신호 해석의 방법으로써 웨이블릿이 소개된 이후로 영상 압축에 있어서 웨이블릿의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 웨이블릿 변환에 의해 얻어진 계층적 신호들은 영상의 통계적 특성을 이용하였으며, 인간의 시각적인 특성에 적합한 양자화기를 설계하는 데 편리한 구조를 제공하였다. 한정된 대역폭을 통해 많은 양의 영상 데이터를 전송하려면 그만큼 많은 압축이 필요하다. 데이터 압축을 많이 하면 할수록 아무리 좋은 코더라고 할지라도 복원된 영상의 화질 열화는 피할 수 없을 것이

다. 따라서 보다 좋은 복원 화질을 얻으려면 디코더 측에서 화질 개선을 위한 처리가 요구된다. 본 논문에서는 링잉현상을 개선하기 위하여 강한 윤곽선 부근의 링잉현상을 찾는 알고리즘을 제시하였으며, 평탄한 영역과 텍스처 영역을 구분하여 적응적 필터를 적용함으로써 보다 효율적인 링잉현상 개선에 관한 방법을 제시하였다. 실험결과 PSNR값은 평균 0.05 db정도 낮아졌으며, 텍스처 영역과 평탄한 영역이 혼재하는 것은 0.023db이상 좋아졌으며, 인간 시각의 주관적 관점에서 볼 때 평탄한 영역에서의 링잉현상이 보다 개선된 화질을 보였다. 향후 연구 과제로 낮은 비트율에서 우수한 주관적 화질을 얻으려면 보다 적응적인 후처리 방법이 필수적이다. 밝은 영역에서 링잉현상이 발생하면 더 확연히 드러나므로 명암의 밝기에 대해서도 후처리를 한다면 보다 나은 화질을 얻을 수 있으며, 또한 평탄한 영역에서부터 맞물리는 윤곽선 영역과 텍스처 영역에서부터의 윤곽선 영역을 분리하여 영상의 화질을 개선하는 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.jpeg.org/jpeg/index.html>
- [2] <http://www.mpeg.org/MPEG/index.html>
- [3] ITU-T Recommendation H.261, *Video codec for audio visual services at p×64kb/s*, Mar. 1993.
- [4] Draft Text of ITU-T Recommendation H.263 Version 2 ("H.263+"), "Video Coding for Low Bit Rate Communication", Jan. 1998.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1422, *JPEG 2000 Verification Model 5.2*, Aug. 1999.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG98/N2172, *MPEG-4 Video VM Ver 11.0*, Mar. 1998.

[7] G. H. Kim and R. H. Park, "Reduction of the blocking effect in block-coded images using a model of early human vision," *Spatial Vision*, vol. 3, no. 2, pp. 143-150, Feb. 1998.

[8] A. Kaup, "Adaptive constrained least squares restoration for removal of blocking artifacts in low bit rate video coding", *Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Munich*, Vol. 4, pp. 2913-2916, 21-24 April 1997.

[9] C. J. Kuo and R. J. Hsieh, "Adaptive post-processor for block encoded images," *IEEE Trans. on CSVT*, vol. 5, no. 4, pp. 298-304, Aug. 1995.

[10] S. Minami and A. Zakhor, "An optimization approach for removing blocking effects in transform coding," *IEEE Trans. on CSVT*, vol. 5, no. 2, pp. 74-82, Apr. 1995.

[11] 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. on CSVT*, vol. 8, no. 3, pp. 253-257, Jun. 1998.

[12] E. G. Richardson, *VIDEO CODEC DESIGN*, WILEY, 2002.

[13] C. Gonzalez, E. Woods, *Digital Image Processing Second Edition*, Prentice Hall, 2001.

[14] ISO/IEC CD15444-1, "JPEG2000 Image Coding System", ver 1.0, Dec. 1999.

[15] T. Gerstner and M. Rumpf. *Multiresolutional Parallel Isosurface Extraction based on Tetrahedral Bisection*. In M. Chen, A. Kaufman, and R. Yagel, editors, *Volume Graphics*, pages 267-278. Springer, 2000.

[16] M. Shen, "Postprocessing for removing wavelet coding artifacts", *ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N935*, Jun 1998.

[17] D. Petrescu, "Efficient implementation of vid-

eo post-processing algorithms on the BOPS parallel architecture", *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001. Proceedings. (ICASSP '01)*. 2001 IEEE International Conference on, vol 2, pp. 945-948, May 2001.

[18] J. Jung, M. Antonini, and M. Barlaud, "Optimal decoder for block-transform based video coders", *Multimedia, IEEE Transactions*, vol 5, no. 2, pp. 145-160, Jun. 2003.



조 영

2001년 광운대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 2003년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2003년~현재 삼성전자 DM총괄 VD사업부

관심분야 : MPEG2, Device Driver, 영상처리, 영상인식

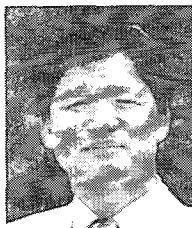


박 장 한

1997년 방송통신대학교 전자계산학과 독학학위취득(이학사)
 1999년 광운대학교 전산대학원 소프트웨어공학과 졸업(이학석사)

2001년~현재 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 스테레오비전, 3D 영상, 얼굴인식, 영상처리, 영상인식, 신경망, MPEG



남공재찬

1970년 인하대학교 전기공학과 졸업
 1976년 인하대학교 대학원 전자공학과 석사
 1982년 인하대학교 대학원 전자공학과 박사
 1979년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 신경망, 영상처리, 문자인식, 패턴인식, 영상통신, MPEG, 3차원비전