

# 웨이블릿 변환을 이용한 블록 기반 영상 압축 기법에 관한 연구

정희원 윤정필\*, 손광훈\*\*, 허영\*\*\*

## A Study on the Block-based Image Compression Technique using Wavelet Transform

Jeongpil Yun\*, Kwanghoon Sohn\*\*, Young Huh\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용하여 높은 압축률과 낮은 오류를 보이는 효율적인 블록 기반의 영상 압축 방식을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 웨이블릿 변환을 바탕으로 하여 입력 영상 신호를 여러 개의 부밴드 영상으로 분해하고 각 부밴드 영상에 대하여 독립적으로 다시 작은 블록으로 나누어 각 부밴드의 특성에 맞도록 영상을 압축하는 방식이다. 또한, 각 블록 처리에 대한 임계값을 인간의 시각적 특성을 이용하여 설정함으로써 알고리즘의 성능을 향상시킬 수 있었으며, 제안한 알고리즘으로 영상을 압축한 결과를 기존의 압축 기법과 시뮬레이션을 통하여 객관적, 주관적 성능을 비교하였다. 본 논문에서 제안한 영상압축 알고리즘은 기존의 압축 기법인 VQ(Vector Quantization), BTC(Block Truncation Coding) 등 블록 기반의 압축 방식보다 객관적인 면에서 성능이 뛰어남을 알 수 있었고, 주관적인 면에서도 블록 기반의 압축방식에서 볼 수 있는 블록화 현상이 최소가 됨을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, an effective block-based image compression technique using wavelet transform for high compression rate and low error rate is proposed. The proposed algorithm decomposes the input image into several subimages using the 2-D discrete wavelet transform and rearranges subimages into small blocks for compression. The algorithm uses the human visual characteristics to obtain better performance. Experimental results show that the proposed algorithm achieves better performance in terms of RMSE, PSNR, and BPP and also show better subjective quality than the existing block-based image compression techniques which do not use wavelet transform. In addition, we obtained subjective improvement in the reconstructed image by reducing blocking effects.

### I. 서 론

최근 디지털 비디오, 오디오 신호 처리 기술의 발달로 멀티미디어 통신 서비스가 국내외에서 활발히 연구 개발되고 있으며, 멀티미디어 관련 기술에

대한 상업적 이용이 커다란 관심을 끌고 있다. 통신 채널의 대역폭과 멀티미디어 응용분야에 따라 다양한 형태의 정보를 제공하고자 함에도 불구하고, 멀티미디어 통신에서 영상 정보의 대용량은 시스템의 효율을 저해하는 요인으로 작용하고 있다. 따라서

\* LG전자 DTV 연구소(yunj@lge.co.kr)

\*\* 연세대학교 전파공학과(khsohn@ipeg.yonsei.ac.kr)

\*\*\* 한국전기연구원 전기영상응용연구실

논문번호 : 98407-0910, 접수일자 : 1998년 9월 10일

\* 이 논문은 97년도 연세대학교 학술연구비 지원에 의한 연구 결과의 일부입니다.

대용량의 영상 정보 중에서 상대적으로 중요하지 않은 데이터를 효율적으로 잘 제거하여 제한된 대역폭에 맞도록 전송시키는 영상 압축기술이 필요하다. 기존의 영상 압축 기법 중에 JPEG, VQ<sup>[1,2]</sup>는 널리 사용되고 있는 압축 기법이며, 고압축률을 제공하여 주지만, 블록기반의 부호화 방식이기 때문에 블록화 현상이 발생하게 된다. 또, VQ는 codebook을 만들기 위하여 여러 영상에 대한 학습과 많은 시간이 필요하게 되고, codebook의 생성에 따른 성능의 변화가 단점이 되고 있다.

1980년대 이후, 신호 해석의 방법으로써 웨이블릿이 소개된 이후 영상 부호화에 있어서 웨이블릿의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[3-5]</sup>. 웨이블릿 변환을 이용하여 영상을 다해상도로 분해한 후 영상을 압축하는 것은 기존의 DCT를 이용한 방법보다 압축률을 높일 수 있고 공간 영역의 분할이 아닌 주파수 영역의 분할이기 때문에 블록화 현상이 일어나지 않아 인간의 시각에 보다 적절한 압축 방법이다.

본 논문에서는 압축 효율이 좋고 수행 속도가 빠른 반면, 고압축에서 블록화 현상이 현저히 나타나는 블록 기반의 영상 압축 기법의 단점을 웨이블릿 변환을 이용하여 개선시킨 새로운 알고리즘을 제안하고 기존의 압축 기법과 주관적, 객관적인 성능을 비교한다. 제안된 알고리즘은 8-tap의 Daubechies 필터를 이용하여 웨이블릿 변환을 하고 변환된 부밴드 중에서 주파수가 가장 낮은 부밴드는 효율적이고 구조가 간단한 BTC (Block Truncation coding)<sup>[6]</sup>를 개선시켜 부호화 한다. 또한, 다른 부밴드는 경계에 대한 정보를 많이 가지고 있으며, 에너지 분포가 크지 않기 때문에 인간의 시각적 특성을 고려한 블록처리를 함으로써 기존의 블록 기반의 압축 기법보다 높은 압축률을 가지며 블록화 현상을 효율적으로 줄일 수 있게 된다. 또한 기존의 웨이블릿을 이용한 제로 트리 기법과 비슷한 성능을 보이면서도 계산적인 면에서 복잡하지 않은 웨이블릿 변환을 이용한 블록기반의 새로운 부호화 알고리즘을 제안하여 성능을 비교, 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 웨이블릿 변환의 이론을 간단히 소개하고, 제 3장에서는 BTC(Block Truncation Coding)에 대해서 간단히 알아보고, 제 4장에서는 제안된 영상 압축 기법의 알고리즘을 기술하고, 제 5장에서는 실험을 통한 기존의 압축 방법들과 성능을 비교, 분석하여 제안된 압축기법의 우수성을 입증한다. 그리고 제 6장에서

는 결론에 대하여 기술한다.

## II. 웨이블릿 변환

푸리에 변환을 이용하여 시간 영역에서 국부적인 정보를 얻기 위해서는 무한대의 주파수 범위에 대해서 연산 처리를 해 주어야 한다. 그러므로, 푸리에 변환은 신호의 국부적인 성질을 분석하기에는 적합하지 않으며, 특히 시변 주파수 성질을 갖는 비정상적인 신호를 해석하는데 많은 제약이 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 STFT(Short Time Fourier Transform)가 Gabor에 의해서 제안되었다<sup>[7]</sup>. 식(1)의 푸리에 변환의 스케일링 특성에서와 같이 시간 영역에서 해상도를 높이면 주파수 영역에서의 해상도는 낮아지고, 주파수 영역에서 해상도를 높이면 시간 영역에서 해상도는 낮아진다.

$$f(at) \leftrightarrow \frac{1}{|a|} F\left(\frac{\omega}{a}\right) \quad a: \text{스케일링 변수} \quad (1)$$

따라서, 분석하고자 하는 신호의 성질에 따라 시간-주파수 간의 해상도를 결정하는 동일한 크기의 윈도우를 설계하여야 한다.

직교 웨이블릿 변환은 모 웨이블릿(mother wavelet)  $\phi(t)$ 를 스케일링과 시간 천이를 시켜 생성한 웨이블릿 기저함수  $\phi_{ab}(t)$ 를 이용한다. 식(2)는 기저함수  $\phi_{ab}(t)$ 를 나타낸 식이며,  $a$ 는 스케일링을 나타내는 양의 실수,  $b$ 는 시간 천이를 나타내는 실수이다. 식(3)은 입력 신호  $x(t)$ 에 대한 연속시 웨이블릿 변환을 보여 주고 있다.

$$\phi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2)$$

$a \in \mathbb{R}^+, b \in \mathbb{R}, \phi: \text{기저 함수}$

$$X(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} \phi_{ab}(t)x(t)dt \quad (3)$$

신호 처리에 주로 응용되는 웨이블릿은 주파수 영역에서 주파수 국부성을 갖는 대역 통과 필터의 특성을 나타내고, 시간 영역에서는 옹골 버팀(compactly support)을 가짐으로써 시간 윈도우와 같은 시간 국부성을 내포하고 있다. 일반적으로 영상에서 경계 등과 같은 높은 주파수를 갖는 신호들은 짧은 공간(시간) 영역에서 존재하고, 계조도가 평탄한 영역으로 이루어진 낮은 주파수를 갖는 신호들은 넓은 공간에 분포한다. 이러한 특성을 나타

내는 신호를 분석하기 위해 고정된 윈도우를 갖는 STFT를 사용하는 것보다 높은 주파수일 때는 시간 영역에서 작은 버팀을 갖고 낮은 주파수일 때는 넓은 버팀을 갖는 가변 윈도우를 작용하는 것이 시간-주파수 해상도의 관점에서 유리하다.

그림1은 웨이블릿 변환과 시간-주파수간의 해상도를 보여 주고 있다. STFT는 시간과 주파수 전체의 영역에서 윈도우의 크기가 일정한 반면, 웨이블릿 변환의 윈도우 크기는 주파수와 시간에 따라서 변하게 되어 저주파 영역에서는 시간의 국부성이 넓고 고주파 영역에서는 시간의 국부성이 좁아 고주파 영역이 공간적으로 좁은 영역에 위치해 있는 영상 정보를 처리하기에 적합한 변환임을 알 수 있다.

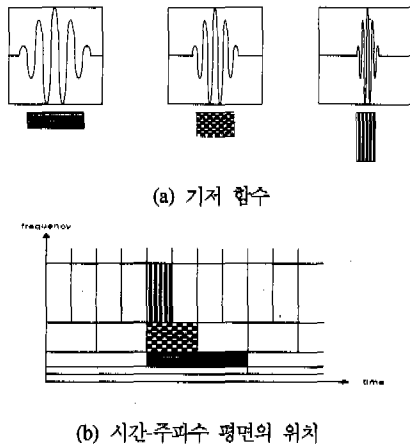


그림 1. 웨이블릿 변환과 시간-주파수 해상도  
Fig. 1. basis functions and time-frequency resolution of wavelet transform

### III. Block Truncation Coding

BTC는 전체영상을  $n \times n$ 의 작은 블록으로 중복되지 않게 분할하여 독립적으로 두개의 레벨을 나타내는 1비트 양자화기를 통과시킨다. 이것을 통해 비트맵을 발생시키고 재생 레벨과 함께 수신측에 전달하는 것으로서, 양자화기의 임계값과 두 개의 재생 레벨은 각 블록의 통계적인 값에 의해 결정된다. 디코딩은 각 비트맵의 값에 의해서 두 개의 재생 레벨값을 적당하게 배열시키는 간단한 과정이다.<sup>[8-10]</sup>

윤곽선 정보의 손실에 대한 BTC의 문제점을 보완하고 압축률을 향상시키기 위하여 적응 BTC<sup>[11]</sup>가 제안되었으며, 적응 BTC는 전체영상을 특성에 따라

세 영역으로 나누고 각 영역의 특성에 따라 BTC를 이용하여 압축하는 방식이다.

### IV. 웨이블릿 변환을 이용한 블록 기반 압축 기법

웨이블릿 변환을 이용한 압축기법으로는 제로 트리를 이용한 화소기반의 Progressive 전송 처리 기법과 VQ를 이용한 블록 기반의 압축 기법이 있다. 그러나, 제로 트리 압축 기법은 Progressive 전송 처리 기법이 더해져서 낮은 오류의 영상을 제공하는 장점을 가지고 있지만, 수신부에서 많은 계산량을 필요로 하는 단점을 가지고 있다. VQ 압축기법은 높은 압축률을 가지고 있는 반면에 블록 단위의 codebook을 만들기 위하여 여러 영상에 대한 학습과 많은 시간이 필요하다.

본 논문에서는 8-tap Daubechies 필터를 사용하여 웨이블릿 변환을 하였다.  $512 \times 512$  크기의 입력 영상을 웨이블릿 변환을 이용하여 7개의 작은 밴드 영상(LL<sub>2</sub>, LH<sub>2</sub>, HL<sub>2</sub>, HH<sub>2</sub>, LH<sub>1</sub>, HL<sub>1</sub>, HH<sub>1</sub>)을 만들어 내고, 그림2와 같이 중요도에 따라 LL<sub>2</sub>, LH<sub>2</sub>, HL<sub>2</sub>, HH<sub>2</sub> 밴드의 영상은  $4 \times 4$  크기로, LH<sub>1</sub>, HL<sub>1</sub>, HH<sub>1</sub> 밴드 영상은  $8 \times 8$  크기의 블록으로 분해하였다. 모든 밴드에서 분해된 블록의 수는 같기 때문에 가장 낮은 주파수 밴드를 제외한 각 밴드의 블록들이 동시에 스캔되면서 그림3의 알고리즘을 수행한다.

#### 1. LL<sub>2</sub> 부밴드의 압축 알고리즘

가장 낮은 주파수 밴드(LL<sub>2</sub>)는 다른 부밴드와 다른 통계적 특성을 가지고 있고 다해상도 압축에서 상대적으로 중요한 정보를 갖고 있기 때문에 압축할 때 많은 비트를 할당하여야 한다. 본 논문에서는 변형된 적응 BTC 방식<sup>[12]</sup>을 이용하여 LL<sub>2</sub> 밴드를 압축하였다. 변형된 적응 BTC는 어두운 부분에서의 변화보다는 밝은 부분의 변화에 민감한 인간의 시각 특성을 이용하여 어두운 부분과 밝은 부분에 대하여 차별화된 양자화기를 가지며, 각 양자화기는 경계 영역과 텍스처 영역, 평활 영역으로 분리된다. LL<sub>2</sub> 부밴드 영상을  $4 \times 4$  크기의 블록으로 나누어 각 블록의 평균을 구하고, 그 값은 어두운 부분과 밝은 부분을 구별해 주는 임계값과 비교를 한다. 임계값은 여러 번 실험을 통해 시간적인 면과 수치적인 면에서 최적의 값(300)을 선택하였다. 블록의 평균 화소값이 300보다 큰 값을 가질 경우, 이 블록은 밝은 영역으로 구분되기 때문에 압축을 하는 과정에서 압축률보다는 화질에 중점을 둔 압축방법을

택하게 된다. 따라서 영역을 결정하는 양자화 레벨이 비교적 낮은 값을 가진다. 블록의 평균이 300보다 작아 어두운 영역으로 구분되어지는 블록의 경우 사람의 눈이 민감하게 반응하지 않는 부분을 많이 포함하고 있으므로 화질보다는 압축률을 높이는 방향의 양자화가 이루어진다. 임계값 300에 의해 나누어진 블록들은 두 개의 차별된 양자화기에 의해 각각 세 영역으로 분리되며 그 영역을 결정하는 기준은 식(4)와 같다. 한 블록 내에서의 평균과 밑이 2인 로그 평균을 이용하여 임계값을 구하면 평활 영역에서는 두 평균의 차이가 작고 경계가 포함된 영역에서는 차이가 크게 나타난다.

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i \\ \bar{X}_2 &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \log_2 X_i \\ \bar{X}_3 &= 2^{\bar{X}_2} \end{aligned} \tag{4}$$

$$Threshold = | \bar{X}_1 - \bar{X}_3 |$$

$m$ : 한 블록 내에서의 픽셀의 수

$X_i$ : 한 블록 내에서의 픽셀값

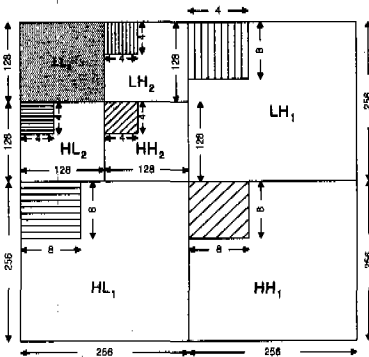


그림 2. 웨이블릿 변환 밴드의 재배열 및 블록 분해

Fig. 2. Composition of the block matrix

차별화된 양자화기를 통과한 영역 중 평활 영역에서는 블록의 평균값이 부호화 되고, 텍스처 영역에서는 두 개의 재생값과 비트맵이 AMBTC (Absolute Moment BTC) 형태로 부호화 된다. 경계 영역에서는 다시 4개의 작은 블록(2x2)으로 분할되며 이 블록들은 임계값에 의해 다시 평활 영역과 경계 영역으로 나뉘어져서 평활 영역은 블록의 평균값이, 경계 영역은 화소값 그대로 부호화 되어 경계 부분을 보호해 준다. 영역을 나누어주는 임계값은 여러 번의 실험을 통하여 밝은 부분에서의 평활 영역의 임계값은 0.2, 경계 영역의 임계값은 0.8을 얻을 수 있었으며, 어두운 부분에서의 평활 영역의 임계값은 0.4, 경계 영역의 임계값은 2를 얻을 수 있었다. 또한, 더 작은 블록으로 나누어진 영역의 임계값은 각 경계 영역의 임계값을 그대로 사용하였다.

### 2. LL<sub>2</sub> 부밴드를 제외한 부밴드의 압축

웨이블릿 변환된 모든 부밴드는 그림4와 같이 재배열된 후 각 부밴드를 4x4 또는 8x8 크기의 블록으로 분해한다. LH<sub>2</sub>, HL<sub>2</sub>, HH<sub>2</sub> 밴드는 수평, 수직, 대각선 방향의 경계 정보를 포함하고 있으며 같은 위치에서 우세한 경계 정보를 포함하고 있는 블록 즉, 절대값의 합이 가장 큰 블록을 선택한다. 그리고 나머지 두 밴드의 블록 중에서 절대값의 합이 먼저 선택되었던 블록보다 1/3배 클 경우에도 선택된다. 이렇게 선택된 블록 내의 픽셀값은 0을 많이 포함하고 있으며 경계 정보뿐만 아니라 평활한 영역과 텍스처 영역의 정보도 함께 포함하고 있기 때문에 0이 아닌 수의 갯수가 3개 이상이고 절대값의 합이 100이상 일 때만 양자화기로 전송한다. 전송된 블록은 5비트 Lloyd-Max 양자화기를 통과하게 되며 Lloyd-Max 양자화기의 양자화 값과 간격은 위의 세 밴드 중에서 분산이 가장 큰 밴드를 선택하여 결정하였다. 그림4과 같이 위의 세 개의 블록 중에서 선택된 블록과 공간적으로 상응하는

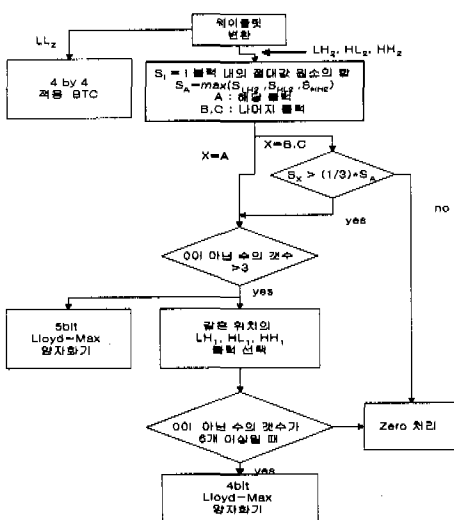


그림 3. 제안 알고리즘의 흐름도  
Fig. 3. The block diagram of proposed algorithm

LH<sub>1</sub>, HL<sub>1</sub>, HH<sub>1</sub> 밴드 내의 8×8 크기의 블록을 선택하여 블록 내에 0이 아닌 화소가 6개 이상이고 절대값의 합이 300이상인 블록만을 4비트 Lloyd-Max 양자화기로 전송한다. 4비트 Lloyd-Max 양자화기의 양자화값과 간격은 LH<sub>1</sub>, HL<sub>1</sub>, HH<sub>1</sub> 밴드 중에서 분산이 가장 큰 밴드를 선택하여 결정하였다. LH<sub>2</sub>, HL<sub>2</sub>, HH<sub>2</sub>, LH<sub>1</sub>, HL<sub>1</sub>, HH<sub>1</sub>의 밴드 내에서 선택된 각 블록들의 화소값은 0을 많이 포함하고 있기 때문에 이진 부호화를 이용한 비트맵을 발생시켜 0이 아닌 값의 위치 정보를 제공하고 0이 아닌 화소값만을 전송함으로써 불필요한 비트의 할당을 제거하였다.

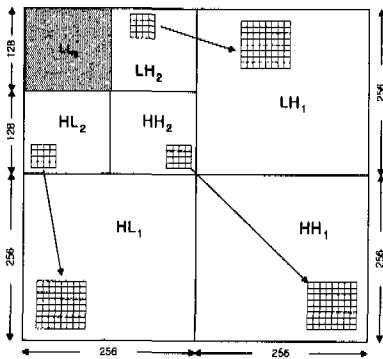


그림 4. 상위 부밴드 블록과 관련된 하위 부 밴드 블록의 공간적 위치  
Fig. 4. Parent-child spatial dependencies for wavelet trees.

### V. 시뮬레이션 결과 및 고찰

웨이블릿 변환을 이용하여 512×512 크기의 전체 영상을 7개의 부밴드로 분해하였다. 각 부밴드에 대하여 독립적으로 새로운 영상 압축 방식에 대한 시뮬레이션을 수행하였으며 객관적 성능과 주관적 성능 평가를 하였다.

표1은 제안한 새로운 알고리즘과 기존의 압축기법과의 성능을 RMSE, PSNR, BPP로 비교하였다. 적용 BTC와 제안된 압축 기법과의 성능 비교에서는 유사한 RMSE를 가진 성능에서 BPP를 비교하여 제안된 알고리즘의 압축률이 뛰어난을 보여주고 있으며, SBC와 웨이블릿과 VQ를 결합한 압축 기법과의 비교에서는 유사한 압축률에서의 RMSE를 보여 주고 있다. 그림5(a)는 512×512 크기의 원영상을 나타내고 있으며, 그림5(b)는 제안 알고리즘을 이용한 압축기법을 통과하여 재생된 영상을 나타내

고 있다. 그림5(c)는 원영상5(a)와 재생된 영상5(b)의 차영상을 나타냄으로써 주관적인 성능 평가를 할 수 있도록 하였다.

표 1. Lena 영상의 압축 시뮬레이션 결과  
Table 1. Simulation result of compression for Lena image

	AM BTC <sup>[9]</sup>	적용 BTC <sup>[11]</sup>	O'Neil의 SBC <sup>[5]</sup>	웨이블릿 +VQ <sup>[14]</sup>
RMSE	4.89	5.2	8.12	8.54
PSNR	34.3	33.7	29.9	29.5
BPP	2	1.26	0.5	0.5

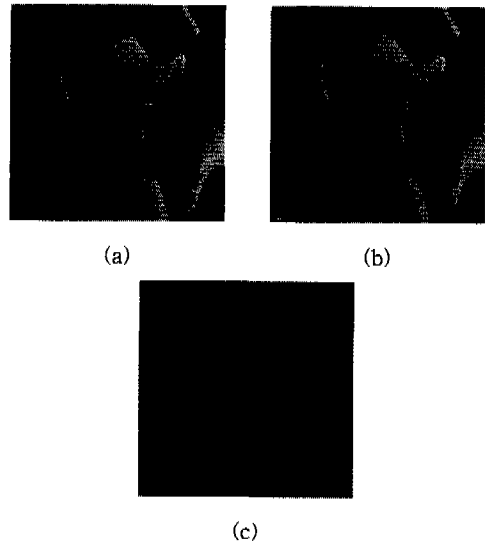


그림 5. 시뮬레이션 결과 영상 (a) 원영상, (b) 재생영상, (c) 차영상  
Fig. 5. Simulation result for Lena image (a) original image, (b) reconstructed image, (c) residual image

따라서, 제안 알고리즘의 압축률이 객관적인 측면과 시각적인 측면에서 성능이 뛰어난을 알 수 있으며, 블록 기반의 영상 압축 기법의 단점이 될 수 있는 블록화 현상이 다른 블록 기반의 압축 기법에 비해 시각적으로 나타나지 않았다.

### VI. 결론

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용한 블록 기반의 새로운 영상 압축 알고리즘을 이용하여 고효율로 압축함으로써 기존의 웨이블릿 변환을 이용한 압축기법보다 압축률과 RMSE 측면에서 성능이 우수함을 보였고, 블록 기반의 구조를 가짐으로써 화소 기반의 구조를 가진 압축 기법과 거의 같은

성능을 가지면서도 계산의 복잡도 측면에서 개선됨을 확인하였다. 또한, 블록화 현상이 발생하지 않는 웨이블릿 변환의 특성과 높은 압축률을 가지고 있는 블록 기반의 특성을 이용하였기 때문에 높은 압축률을 보이면서도 블록 기반의 다른 압축 방식보다 블록화 현상이 적게 나타남을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] M. A. Cay, W. Li and Y. Zhang, "On the optimal transform for vector quantization of images," 1993 International Symposium on Circuits and Systems, vol.1, Chicago, IL, pp.687-690, May 1993.

[2] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Classified vector quantization of images," IEEE Trans. on Comm., vol. 34, pp.1105-1115, Nov. 1986.

[3] A. Lewis and G. Knowles, "Image compression using 2-D wavelet transform," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 1, pp.244-250, Apr. 1992.

[4] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 41, pp.3445-3463, Dec. 1993.

[5] J. W. woods and S. O'Neil, "Subband coding of images," IEEE Trans. on Acoust., Speech, Signal Processing, vol. 34, pp.1278-1288, Oct. 1986.

[6] E. J. Delp and R. Mitchell, "Image compression using block truncation coding," IEEE Trans. on Comm, vol. 27, pp.1335-1342, 1979.

[7] P. P. Vaidyanathan, Multirate Systems and Filter Banks, Prentice Hall, 1993

[8] D. R. Halverson and N. C. Griswold and G. L. Wise, "A Generalized Block Truncation Coding Algorithm for Image Compression," IEEE Trans. on ASSP., vol. Assp-32, no. 8, 1984.

[9] M. D. Lema and O. R. Mitchell, "Absolute moment block truncation coding and its application to color image," IEEE Trans. on Comm., vol. 32, pp.1148-1157, 1984.

[10] Vishwas R. Udpikar and Jewan P. Raina,

"BTC Image coding Using vector Quantization," IEEE Trans. on Comm., vol. com-35. no. 3, pp.352-356, 1987.

[11] N. C. Griswold, D. R. Halverson and G. L. Wise, "A Note on Adaptive Block Truncation Coding for Image Processing", IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. Assp-35, no. 8, 1987.

[12] 윤정필, 김슬기, 손광훈, "인간의 시각특 성을 이용한 저응 BTC," 한국방송공학회 pp.45-48, 1997.

[13] P. H. Westerink, D. E. Boekee, J. Biemond, "Subband Coding of Images Using Vector Quantization," IEEE Tran. on Comm. vol. 36, no. 6, June, 1988.

정 필(Jeong-Pil Yun)

정희원



1969년 4월 26일생  
 1996년: 경북대학교 전자공 학과 졸업(공학사)  
 1998년: 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1998년~현재: LG전자 DTV 연구소

<주관심 분야> 영상처리, 영상통신

손 광 훈(Kwang-Hoon Sohn)

정희원



1961년 1월 13일생  
 1983년: 연세대학교 전자공 학과 졸업(공학사)  
 1985년: 미네소타 대학 대학 원 전기공학과 졸업 (공학석사)  
 1990년: 노스캐롤라이나 주립 대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업

1992년 4월~1993년 12월: 한국전자통신연구소 (선임 연구원)

1994년 1월~1994년 12월: Georgetown 대학교 MRI 연구센터 Post Doc. Fellow

1995년 3월-현재: 연세대학교 전파공학과 부교수

<주관심 분야> 영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전

허 영(Young Huh)

정회원

1957년 1월 15일생

1980년: 한양대학교 전자통 신과  
졸업(공학사)

1985년: 한양대학교 대학원  
전자계산학과 졸업  
(공학석사)

1995년: 미국 University of Texas at Arlington 전  
기공학과(공학박사)

1996년: 미국 University of Texas at Arlington 전  
기공학과 전임강사

1987년~현재: 한국전기연구소 전기영상응용 연구실  
(책임연구원)

1997년~현재: 경남대학교, 국립 창원대학교 전자공  
학과 겸임교수

<주관심 분야> 영상신호처리, 의료영상시스템, DSP  
Applications, 멀티미디어통신