

## 영역분류와 웨이블릿 변환에 의한 영상 부호화

윤 국 진, 박 정 호, 최 재 호, 곽 훈 성  
전북대학교 컴퓨터공학과 영상처리 연구실  
전화 : (0652) 270-2417 / 팩스 : (0652) 270-2418

### Image Coding by Region Classification and Wavelet Transform

Kug-Jin Yun, Jeong-Ho Park, Jae-Ho Choi, Hoon-Sung Kwak  
Image Processing Lab., Dept. of Computer Eng., Chonbuk National University  
E-mail : jhpark@moak.chonbuk.ac.kr

#### Abstract

In this paper, we present new scheme for image coding which efficiently use the relationship between the properties of spatial image and its wavelet transform. Firstly an original image is decomposed into several layers by the wavelet transform, and simultaneously decomposed into  $2^n \times 2^n$  blocks. Each block is classified into 3 regions according to their property, i.e., low activity region(LAR), midrange activity region(MAR), high activity region(HAR). Secondly we are applied texture modeling technique to LAR, MAR and HAR are encoded by Stack-Run coding technique.

Finally our scheme is superior to the Zerotree method in both reconstructed image quality and transmitted bit rates.

#### I. 서론

최근 정보화 사회로 접어들면서 많은 정보들은 문자의 형태에서 음성(Voice), 영상(Image)정보등의 멀티미디어 형태로 변천해 가고 있다. 이러한 멀티미디어 정보에서 영상정보는 매우 큰 비중을 차지하고 있어 인간이 인식하는 정보의 80%이상 이 시각정보임을 고려 할 때, 그 중요성은 더욱 커지고 있다.

그러나 영상정보는 다른 정보에 비해서 데이터량이 매우 크기 때문에 정보량을 줄이기 위한 압축기법이 필수적으로 요구되고 있다. 영상을 부호화 하는 대표적인 방식으로 DCT 방식이 있다. 그러나 DCT 방식은 블록화(Blocking Artifact)와 고압축시에 복원된 영상에 나타나는 Aliasing 왜곡 등의 단점을 가지고 있다[1]. 이

러한 단점의 해결책으로 웨이블릿 기법이 활발히 연구되어 지고 있다[2].

Mallat은 웨이블릿 변환을 사용하여 DCT 변환의 블록화 현상을 개선하고, 점진적 전송에 있어서도 매우 적합한 방식임을 보여 주었고 Antonini 등은 웨이블릿 변환 계수에 벡터 양자화를 적용한 부호화 방법을 제안하였다. 또한 Shapiro는 웨이블릿 변환을 통해 원 영상의 화소값들의 분포를 몇 개의 계수들로 영상을 집중시켰고 계층적인 구조에서 방향성이 같은 대역간의 상관성에 대해 Zerotree 기법을 도입하여 부호화 효율을 증가 시켰다[3]. 그러나 이 방식은 각각의 임계치에 따라 계층적 트리에 속하는 모든 계수값을 반복적으로 비교하기 때문에 매우 많은 연산을 수행하게 된다는 단점이 있다.

본 논문에서는 공간영상(Spatial Image)의 영역분류와 영상의 웨이블릿 변환 사이의 상관관계를 이용한 새로운 부호화 기법을 제안한다. 즉, 원 영상을  $2^n \times 2^n$  블록으로 분할 한 뒤, 각 블록에 대해 표준편차의 크기에 따라 세 영역 LAR, MAR, HAR으로 분류하고 저주파 대역은 소량의 정보만으로도 매우 높은 압축률을 얻을 수 있는 텍스처 모델링(Texture Modeling)기법을 이용해 부호화 하였다[4]. 그리고 중간 주파수 대역과 고주파수 대역들은 F.Chen등에 의해 제안된 스택런 코딩(Stack-Run Coding)기법을 이용하였다[5].

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 본 논문에서 제안하는 영상부호화 시스템과 영역분류에 의한 영상 부호화를 기술하고 3장에서는 영역별 부호화 방식에 대해 알아본다. 4장에서는 모의 실험을 통하여 제안한 방식의 실험결과를 보인다음, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 영상 부호화 시스템

웨이브렛 변환은 영상에 대해 공간영역과 주파수영역에서 지역화(Locality) 및 다해상도 분할을 가능하게 하며, 분해되어진 각 대역은 원래의 영상에 비하여 분산값이 크게 줄어들게 된다[6]. 이 때, 웨이브렛 변환 대역에서 계수들 사이의 상관도는 원 영상보다 매우 작아지기 때문에 영상을 부호화하기가 매우 용이하게 된다. 또한 기존의 발표에서 다해상도로 분해된 각 대역의 계수들은 일반적인 가우시안 분포를 따른다고 알려져 있다[2-5].

본 논문에서는 이러한 웨이브렛의 특성과 공간영상의 영역분류의 상관관계에 의한 새로운 영상부호화 기법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 영상 부호화 시스템이다.

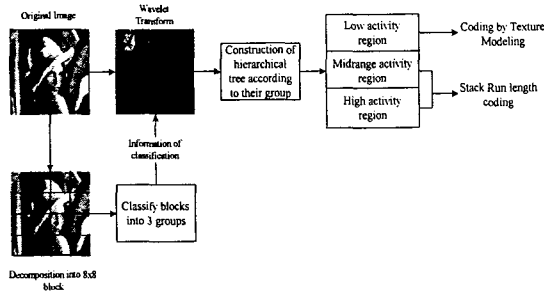


그림 1 영상부호화 시스템  
Fig. 1 Image Coding System

본 논문에서 제안한 영상 부호화 시스템은 크게 2 단계로 전처리 과정과 영상 부호화 과정으로 나눈다. 전처리 과정으로서 원 영상을 웨이브렛 변환과 동시에  $2^n \times 2^n$  ( $n > 2$ ) 블록들로 나눈 후, 각 블록에 대한 표준편차를 구했다.

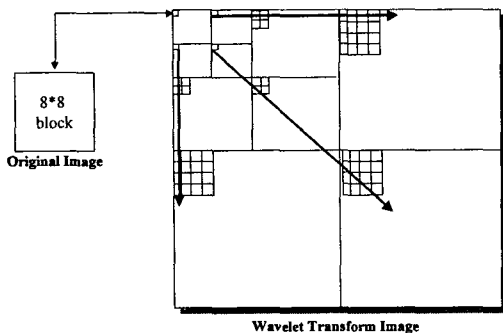


그림 2 블록과 웨이브렛 영역의 상관관계  
Fig. 2 Relationship of Block and Wavelet

본 논문에서의 블록의 크기는  $8 \times 8$ 로 설정하였으며, 각 블록들은 웨이브렛 변환영역에서 64개의 계수와 상관성을 가지고 있다. 그림 2는 각 블록과 웨이브렛 영역에서의 상관관계를 나타내고 있다.

표준편차는 각 블록의 특성을 나타낸 것으로 표준편차가 작으면 변화가 거의 없는 저주파수 영역으로 보고 표준편차가 크면 중간주파수와 고주파수 영역으로 판단하였다. 이를 이용하여 각 블록들은 표준편차에 따라 LAR(Low Activity Region), MAR(Midrange Activity Region), HAR(High Activity Region) 세가지의 영역으로 나누었고, 각 영역에 따른 웨이브렛 변환영역에서의 64개 데이터 스트림을 가지고 영상부호화 과정을 수행했다.

공간 영역에서 LAR은 웨이브렛 변환상의 LH, HL, HH 대역에서 zero region으로 나타나며, 영상의 복원 화질(Quality)에는 큰 영향을 미치지 않는다는 특성을 가지고 있다. 이러한 LAR 영역의 부호화는 가장 적절하게 묘사해줄 수 있는 몇 개의 파라미터를 찾음으로써 매우 적은 비트로도 영역을 표현할 수 있는 텍스처 모델링 기법(Texture Modeling Technique)을 이용하였다[4].

또한 공간영역에서 MAR과 HAR, 특히 HAR 영역에는 영상의 복원에 있어 큰 영향을 미치는 중요계수가 포함되어 있다. 이러한 MAR과 HAR 영역의 부호화는 스칼라 양자화를 거친 뒤, F.Chen등에 의해 제안된 스택 런 코딩 기법(Stack-Run Coding Technique)을 이용하였다[5].

## III. 영역별 부호화 방식

본 논문에서는 실험을 통해 블록들의 표준편차 값이 15이하를 저주파 영역, 15 - 30까지를 중간주파 영역, 30 이상을 고주파 영역으로 분리하였다. 이러한 임계치 값은 다양한 영상에 대해 각 영역이 영상 복원에 미치는 영향을 분석한 결과 얻은 값들이다.

### 1. Texture Modeling

본 논문에서는 LAR 영역에 대하여 텍스처 모델링 기법을 적용하였다[4]. 기존의 방식과는 달리 이 기법은 세그멘테이션(Segmentation)을 수행하지 않으며, 또한 세그먼트된 영역이 항상 사각형 모양이므로 영역과 영역의 경계에 대한 처리를 고려하지 않아도 되므로 좋은 결과를 예상할 수 있다. 이 기법이 좋은 성능을 나타내기 위해서는 LAR 영역이 넓은 동질영역으로 이루어져 있다는 가정이 확실해져야만 한다.

텍스처 모델링을 적용하기 위하여 LAR 영역의 평

균과 표준편차로 이루어진 아래와 같은 단순 텍스처 모델을 제시한다.

$$WC_{x,y,k} = GM_k \pm \sigma_k \quad (1)$$

이때,

- $WC_{x,y,k}$  K번째 영역의 (x,y)좌표상의 계수
- $GM_k$  K번째 영역의 기하평균
- $\sigma_k$  K번째 영역의 표준편차

이러한 형태의 모델에서, 데이터를 전송한다고 가정할 때, 수신측에 전달되어야 할 파라미터는 기하평균과 표준편차 그리고 보다 정확한 복원을 위해 필요한 부가정보이다. 이 모델의 기본 아이디어는 본 논문에서 표현하고자 하는 영역의 분산분포가 매우 작다고 가정할 때, 그 영역에 포함된 데이터들은 평균을 중심으로 매우 작은 범위내에 분포하기 때문에, 단순히 평균값에 표준편차를 보정해 줌으로서 이들을 표현할 수 있다는 데 있다.

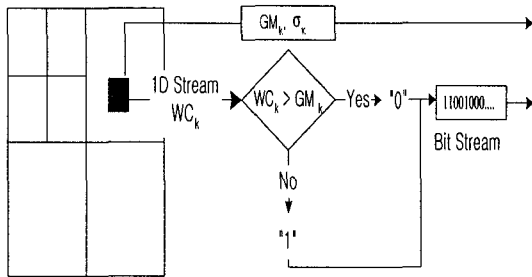


그림 3 텍스처 모델링에서 보다 정확한 복원을 위한 비트 스트림 생성  
 Fig. 3 The generation of a bit stream for making more accurate reconstruction in texture modeling

물론 이러한 기능이 가능하기 위해서는 표준편차가 작아야 하는데, 실제 LAR 영역에 대하여 이들을 조사한 결과 대부분이 2 미만의 매우 작은 값들을 갖고 있음을 확인하였다. 이에 덧붙여 보다 정확한 보정을 위하여 그림 3과 같은 과정을 수행하였다. 즉, 본 논문에서 표현하고자 하는 계수값이 평균을 중심으로 분포되어 있으므로 평균값보다 작다, 크다를 구분하여 각각을 처리하는 방식이다.

실험을 통해서 여기서 제안한 단순한 텍스처 모델이 보다 현실감 있는 동질영역을 표현하였음을 확인하였다.

## 2. Stack-Run Coding

본 논문에서는 MAR과 HAR 영역에 대하여 스칼라 양자화를 한 뒤, F.Chen등에 의해 제안된 Stack-Run Coding 기법을 적용하였다[5]. 이 기법은 각 대역별로 raster scan하여 zero의 개수와 중요계수의 부호 및 계수값을 나타내는 두 개의 파라미터를 사용한 것으로 알고리즘이 간단하고 계산량이 적다. 또한 zerotree algorithm보다 압축률이 좋은 장점을 가지고 있다.

표 1. Stack-Run 알고리즘

```

if(data==0){ count=count+1; }
else{
    if(count!=0) { binary_rbit(count); }
    value=data;
    binary_vbit(value);
    count=0;
    value=0;
}
    
```

표 1은 Stack-Run 알고리즘으로 우선 각 대역에 대하여 raster scan하여 값이 '0'이면 zero 개수를 하나씩 증가시키고 '0'이 아니면 누적된 zero의 개수(zero run-length)와 값(value)을 이진수로 나타낸다. zero의 개수(run-length)는 항상 양의 값을 가지게 되며  $2^k-1$  ( $k$ :integer)을 만족해야 한다. 또한 각각 이진수 1은 '+'로 0은 '-'로 표현한다. 값(value)은 양수나 음수로 나타나며, 각각 이진수 1은 '1'로 0은 '0'으로 표현한다. 단 값이 양수 일 때는 이진수의 MSB를 '+'로 음수 일 때는 MSB를 '-'로 표시하여 값이 양인지 음인지를 구분하게 된다. 즉, Stack-Run 알고리즘은 데이터를 압축하는데 있어 4개의 심벌(Symbol)을 사용하게 된다.

본 논문에서는 이를 이용하여 MAR과 HAR 영역의 데이터들을 4개의 심벌을 이용하여 압축하였다.

## IV. 실험 결과

제안한 방식의 효율성을 증명하기 위하여 다양한 특성을 갖는 자연 영상을 대상으로 실험을 적용하였다. 실험에 사용된 영상은 256×256 크기에 256 그레이 레벨을 갖고 있는 Goldhill, Cronkite, Barbara 영상이며, 본 실험을 위해 5-tap QMF 필터가 사용되었고 각각의 영상은 모두 3 계층으로 분할되었다. 표 2은 실험결과를 통해 얻어진 PSNR 결과를 나타낸 것이다. 표 2을 통해 알 수 있듯이, 기존의 제로트리 방식에 비하여 약 5~9 dB 이상 향상된 매우 좋은 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

표 2. 실험결과 비교표

Images	bpp	EZW(dB)	Proposed(dB)
Goldhill	0.09	24.8	31.8
Barbara	0.07	25.2	32.4
Cronkite	0.07	28.2	37.3

표 2을 통해 알 수 있듯이, 기존의 zerotree에 비하여 약 5~9 dB 이상 향상된 매우 좋은 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 특히, 공간영상에서 변화가 크지 않았던 Cronkite영상의 경우는 성능 차이가 매우 크게 나타남을 확인할 수 있는데, 이는 변화가 크지 않은 영상의 경우, 웨이블릿 변환된 대역에서는 대부분 LAR 영역이나 MAR 영역으로 분류되고 이들은 부호화시 적은 비트만을 요구하는 텍스처 모델링 방식이 적용되기 때문으로 판단된다.

그림 4는 단지 HAR 영역과 최저주파수 대역만을 이용하여 복원된 영상을 나타낸 것이다. 예상할 수 있는 것처럼 영상의 에지 부분이 크게 손상되어 있지만, 영상의 개략적인 형상을 얻어볼 수 있음을 알 수 있다. 그러나 매우 낮은 비트율에서 복원된 영상임을 감안할 때, 좋은 결과라고 생각된다. 영상의 보다 세부적인 부분을 복원하기 위해 MAR와 HAR 영역이 적용될 수 있다. Goldhill 영상과 같이 변환 영역에서 HAR 영역을 많이 포함하는 영상의 경우, 그러한 영상의 대부분은 스택 런 부호화에 의해 처리된다.

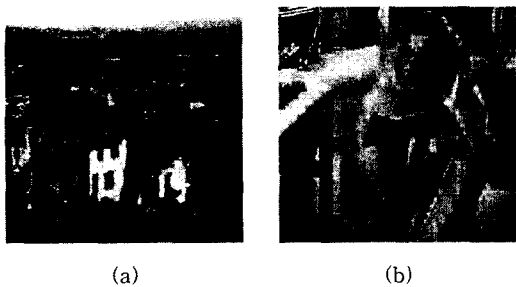


그림 4. HAR 영역과 LL대역에 의해 복원된 영상  
Fig. 4. The reconstructed images by HAR regions and LL

복원 영상의 일부를 확대한 부분을 그림 5에 제시하였다. 매우 낮은 비트에서 복원된 영상임에도 불구하고 에지와 같이 고주파 대역을 포함한 부분들이 비교적 잘 복원되었음을 확인할 수 있다.

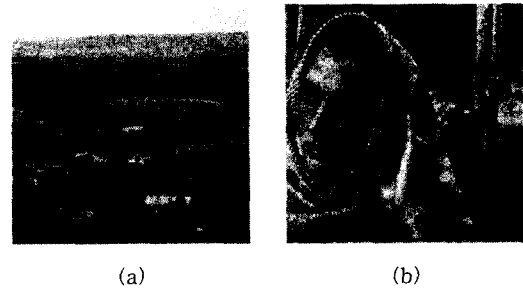


그림 5. 복원영상의 일부를 확대한 영상  
Fig. 5. The magnified images of reconstructed ones

## V. 결론

본 논문에서는 웨이블릿의 특성과 공간영상의 영역 분류의 상관관계에 의하여 영상을 세가지 영역으로 분류한 후, 각 영역의 특성에 적합한 방식으로 부호화하는 방법을 제안하였다. 실험결과, 제안한 방식이 기존의 zerotree 부호화 방식에 비하여 우수한 결과를 나타낼 수 있음을 확인하였다. 특히 낮은 비트율(0.5bpp 이하)에서 복원화질 및 전송 비트를 모두 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 제안된 시스템은 효율적인 저장장치 및 멀티미디어 데이터 베이스등에서 영상 검색등과 같은 응용분야에의 적용을 예상할 수 있다.

마지막으로 본 연구에서 나타난 HAR 영역은 다른 영역과는 달리 사용자가 관심있는 영역으로 판단할 수 있기 때문에 이들을 압축된 형태로 저장하고 향후 복원 및 전송하는 분야에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

## References

- [1] G.K. Wallace. The JPEG still picture compression standard. Comm. of ACM, 34(4):30-44, 1991.
- [2] Martin Vetterli and Jolena Kovacevic, "Wavelets and Subband Coding", Prentice-Hall, 1995
- [3] J.Shapiro, "Embedded Image coding Using Zerotree of Wavelets Coefficients", IEEE Tran. on Signal Processing, vol.41, no.12, pp.3445-3462, Dec., 1993.
- [4] J.H.Park, J.H.Choi and H.S.kwak, "Image compression by Texture Modeling of Wavelet coefficients", ICSPAT, SanDiego, PP.1208-1212, Sep. 1997
- [5] M.J.Tsai, J.D. Villasenor and F.Chen, "Stack-Run Image Coding", IEEE Trans on Circuits and System for Video Technology, vol.6, pp.519-521, Oct. 1996
- [6] R. K. Young. Wavelet theory and its Application. Kluwer Academic Publisher, 1993.