

論文2002-39SP-2-4

활성 영역에 따른 웨이블릿 영상 부호화 (Wavelet Image Coding according to the Activity Regions)

朴正鎬*, 金大中**, 郭勳星**

(Jeong-Ho Park, Dae-Jung Kim, and Hoon-Sung Kwak)

요약

본 논문에서는 공간 영상의 특성과 웨이블릿 변환 사이의 상관 관계를 이용한 새로운 영상 부호화 기법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 원 영상을 $2^n \times 2^n$ 크기의 블록으로 분할 한 후, 각 블록의 표준편차에 따라 변화가 없는 활성 영역(LAR)과 변화가 큰 활성 영역(HAR)으로 분류한다. 공간영역에서 저주파수 영역은 웨이블릿 변환 대역에서 zero region으로 나타나며, 영상의 복원에 큰 영향을 미치지 않는 특성을 가지고 있다. 반면, 고주파수 영역은 영상의 복원에 있어 큰 영향을 미치는 중요계수와 관련이 있다. 본 논문에서는 이러한 특성들을 이용하여 낮은 비트율에서도 높은 압축률을 얻을 수 있는 부호화 기법을 제안한다. 영상 부호화를 위해 저주파수 영역은 본 논문에서 제안한 LAR 부호화 기법을 적용하고 고주파수 영역의 효율적인 부호화를 위해 계층적 트리에서 비트플레인 부호화 방식과 유사한 형태의 방법을 제안하고 이를 적용하였다. 실험결과 제안한 부호화 기법은 EZW 및 SPIHT 방식에 비해 복원화질 및 전송 비트율 모두 좋은 결과를 나타냄을 확인하였으며, 점진적 전송이 요구되는 분야에 적용될 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract

In this paper, we propose a new method 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 two regions according to their standard deviation, i.e., low activity region(LAR) and high activity region(HAR). The region with low frequency in spatial domain does not only appears as zero regions in wavelet frequency domain like HL, LH, and HH but also gives little influence to the quality of reconstructed image. The other side, the high frequency regions are related to significant coefficients which gives much influence to image reconstruction. In this paper, we propose a image coding method to obtain high compression rate at low bit rate by these properties. The LAR region is encoded by LAR coding method which is proposed in this paper, the HAR by a technique similar to bitplane coding in hierarchical tree. Simulation results show that the proposed coding method has better performance than EZW and SPIHT schemes in terms of image quality and transmitted bit rates, can be successfully applied to the application areas that require of progressive transmission.

Key Word : Image Coding, Wavelet, Activity Region

* 正會員, 韓國電子通信研究員
(Electronics and Telecommunications Research Institute)

** 正會員, 全北大學校 컴퓨터工學科

(Department of Computer Engineering, Chonbuk National University)

接受日字:2001年4月19日, 수정완료일:2002年1月18日

I. 서 론

현대 정보화 사회에서 많은 정보들은 문자의 형태에서 음성(Voice), 영상(Image)정보등의 멀티미디어 형태로 변천해 가고 있으며, 이미 이러한 멀티미디어 정보를 기반으로 한 인터넷 시대가 개막되었다. 이러한 멀티미디어 정보에서 영상정보는 매우 큰 비중을 차지하고 있어 인간이 인식하는 정보의 80% 이상이 시각정보임을 고려 할 때, 그 중요성은 더욱 커지고 있다. 그러나 영상정보는 다른 정보에 비해서 데이터 량이 매우 크기 때문에 정보량을 줄이기 위한 압축기법이 필수적이며, 인터넷을 이용하여 많은 영상 정보를 전송해야 하는 현재의 상황에서 그의 필요성이 더욱 요구되고 있는 실정이다^[1-3].

최근의 영상 부호화 방식은 기존의 방식처럼 데이터 량을 최소화하는 것에만 목적을 두는 것이 아니며, MPEG-4 혹은 MPEG-7이 추구하는 것처럼 영상의 내용에 관심을 두어 다양한 영상서비스를 제공하기 위한 기반을 마련하는데 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 연구 가운데 하나가 웨이브렛 변환을 기반으로 한 영상 부호화 시스템이다.

웨이브렛 변환은 계산량이 적어 속도가 빠르며, 전체 영상을 대상으로 하기 때문에 블록화 현상이 생기지 않고 영상 신호를 변환 후, 주파수 영역에서의 특성과 공간 영역에서의 특성을 동시에 이용할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 입력된 영상을 서로 다른 특성을 갖는 많은 부 대역으로의 분할이 가능하고 영상 부호화를 위한 최적의 상태를 제공한다^[4].

웨이브렛 계수를 부호화 하는 가장 고전적이고 효율적인 방식은 Shapiro에 의해서 제안된 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 영상 부호화 방식이다^[5]. 이 방식은 웨이브렛의 계층적인 구조에서 방향성이 같은 대역간의 상관성에 대해 zerotree 기법을 도입하여 부호화 효율을 증가 시키므로 매우 효율적이며 다양한 응용 분야에서 만족할만한 특성을 제공하고 있다. 그러나, 이 기법은 각각의 임계치에 따라 계층적 트리에 속하는 모든 계수값을 반복적으로 비교하기 때문에 중요계수 선정 및 이를 부호화 하는데 많은 연산을 수행하게 된다는 단점이 있다. 또한 EZW 방식에 기반을 두고서 비트플레인 형태로 계수를 처리하는 SPIHT(Set Partitioning in Hierarchical Tree) 방식도 제안되었다^[1]. 이

방식은 결과적인 측면에서는 EZW 보다는 좋은 결과를 나타내지만 각각의 계층적 트리마다 중요계수를 선정하고 이를 정렬하여 부호화 하기 때문에 연산 횟수가 많게 된다. 더욱이 이들 두 방식은 영상 부호화 대상이 되는 단위가 하나의 웨이브렛 변환 계수이며 각각에 계수의 좌표위치 정보가 전송되어 부가 정보가 큰 편이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 공간영상(spatial image)의 영역분류와 영상의 웨이브렛 변환 대역 사이에 상관 관계를 갖는다는 특성을 이용하여 중요계수 영역을 간단한 방식으로 선정하며 이들 중요 영역을 하나의 묶음으로 처리하기 때문에 스칼라 형태의 기존 방식보다 효과적인 새로운 기법을 제안한다. 즉, 원 영상을 일정 크기의 블록으로 분할 한 뒤, 각 블록에 대해 표준편차의 크기에 따라 두 개의 영역 LAR(Low Activity Region)와 HAR(high activity region)으로 분류하고 각 영역의 특성에 따른 부호화 방식을 적용하여 부호화 효율을 증가시켰다. LAR 영역 부호화를 위해 소량의 정보만으로도 좋은 결과를 나타낼 수 있도록 LAR 부호화 방식을 제안하여 이를 적용하였고, HAR 영역은 영상 복원에 미치는 중요계수가 많이 분포되어 있는 특성을 고려하여 계층적 트리를 1차원으로 변환시켜 이를 비트플레인 형식으로 부호화할 수 있는 기법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 영상 부호화 기법은 EZW 및 SPIHT 방식에 비하여 같은 비트율에서 우수한 복원 화질 및 전송 비트율 나타냈으며, 제한된 비트율에서 매우 효율적인 전송을 할 수 있음을 보였다. 또한 공간 영역에서 간단한 방식으로 분류한 영역 데이터를 웨이브렛 변환 대역에 그대로 적용하기 때문에 간단히 중요계수를 찾을 수 있다는 장점을 가진다.

II. 웨이브렛 변환

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

져 있다¹⁸⁾. 이는 대부분의 대역 특히 하위 계층의 고주파 대역일수록 중요계수가 많지 않으며 매우 넓은 동질 영역을 형성한다는 것을 의미한다.

본 논문에서는 이러한 웨이블릿의 특성을 충분히 고려하였고 웨이블릿 변환 대역에서의 중요계수는 분류된 2가지 영역의 특성과 밀접한 연관을 가지고 있음을 확인하였다. 그림 1은 영상에 대해 2차원 이산 웨이블릿 변환을 수행한 영상의 분할 형태를 보인 것으로 원영상 S_1 을 2단계 웨이블릿 분할한 것이다. 먼저 1단계 분할에서 하나의 저대역 부밴드 S_2 와 3개의 방향 성분을 가지는 고대역 부밴드 W_2^H, W_2^V, W_2^D 가 생성된다. 2단계 분할에서 저대역 부밴드 S_2 는 또 하나의 부밴드 S_4 와 3개의 고대역 부밴드 W_4^H, W_4^V, W_4^D 로 분해된다. 즉, 웨이블릿 변환은 가장 낮은 저대역 부밴드를 다음 단계의 부밴드들로 분할해 나가는 것으로, 다해상도의 피라미드 구조를 형성한다.

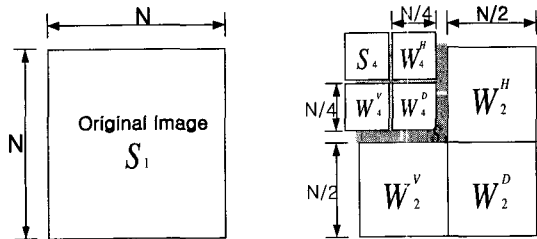


그림 1. 웨이블릿 변환의 계층적 구조
Fig. 1. Pyramidal structure of wavelet transform.

III. 제안한 영상 부호화 시스템

본 절에서는 공간영상의 영역분류와 영상의 웨이블릿 변환 사이의 상관관계를 이용한 새로운 부호화 기법에 대하여 기술한다. 그림 2는 영역 분류를 이용한 영상 부호화 시스템을 나타낸 것이다.

본 논문에서 제안한 영상 부호화 시스템은 크게 2단

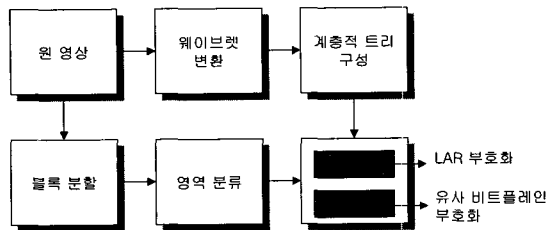


그림 2. 제안한 영상 부호화 시스템
Fig. 2. Proposed image coding system.

계로 영역분류 과정과 영상 부호화 과정으로 나뉜다.

1. 영역 분류

웨이브릿 변환 후, 중요계수는 영상의 의미있는 정보를 제공할 뿐 아니라 복원시 시각적으로 매우 중요한 역할을 한다. 이에 본 논문은 영상의 중요계수를 효율적으로 찾기 위한 방법으로 원 영상을 $2^n \times 2^n$ 블록들로 나눈 후, 각 블록에 대한 표준편차를 구했다. 표준편차는 각 블록의 특성을 나타낸 것으로 표준편차가 작으면 저주파 영역으로 보고 LAR로 정의하였다. LAR은 웨이블릿 변환 후 모든 계층의 LH, HL, HH 대역에서 zero region으로 나타날 확률이 높으며, 영상의 복원 화질에는 큰 영향을 미치지 않는다. 반면, 블록의 표준편차가 크면 고주파수 영역 즉, HAR으로 정의하였다. HAR 영역에는 영상의 복원 화질에 있어 큰 영향을 미치는 중요계수가 포함되어 있음을 예상할 수 있다. 이를 실험적으로 증명한 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3은 임의의 한 영상에 대해 모든 블록의 표준편차를 구한 후, 각 블록에 해당하는 웨이블릿 변환 대역의 계수값(절대치)들과 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 표준편차가 커짐에 따라 계수값들의 크기도 상대적으로 커지는 것을 알 수 있다.

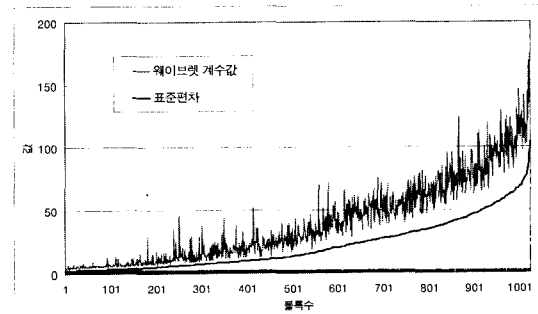


그림 3. 원 영상 블록의 표준편차와 웨이블릿 계수와의 관계성
Fig. 3. The relation of wavelet coefficients and SD of a image block.

본 논문에서 각 블록의 크기는 8×8 로 설정하였다. 실험결과, 블록의 크기를 8×8 로 했을 때, 영상의 복원 화질 및 압축률에서 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 각 블록들은 웨이블릿 변환영역에서 64개의 계수 (256×256 크기의 영상을 3계층 분할했을 경우)들과 상관성을 가지고 있다. 그림 4는 하나의 블록과 웨이블릿 대역에서의 상관 관계를 나타내고 있다.

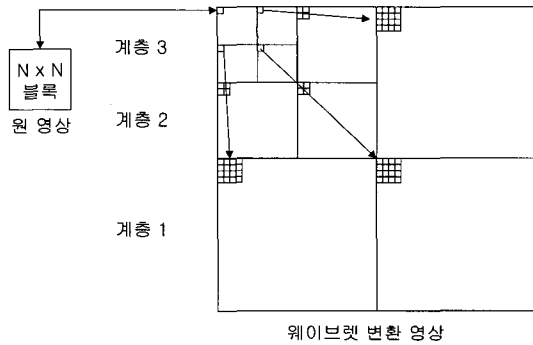


그림 4. 한 블록과 웨이브렛 대역과의 상관관계
Fig. 4. Relation of a block and wavelet band.

2. 영상 부호화

웨이브렛 변환은 영상내의 엔트로피를 줄이는 과정으로 이를 이용하여 효율적으로 부호화를 할 수 있다. 앞에서 언급했듯이, 각 블록은 웨이브렛 영역에서 64개의 계수들과 상관성을 가지고 있다. 그러나 웨이브렛 영역에서 최저주파수 대역은 에너지가 집중되어 있는 원 영상의 축소판(thumbnail image)이기 때문에 복원 화질에 있어 가장 중요한 대역이라 볼 수 있다. 따라서 최저주파수 대역은 DPCM을 이용한 무손실 부호화(lossless coding)로 처리하였다. 결국 나머지 대역은 최저주파수 대역의 계수를 제외한 나머지 63개의 계수들을 가지고 영상 부호화를 수행하게 된다.

공간 영역에서 LAR은 영상의 복원에 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 부호화 방식을 제안하였다. 자세한 사항은 다음절에 기술되어 있다.

HAR 영역은 영상 복원에 있어 큰 영향을 미치게 되는데, 이는 HAR 영역이 원 영상에서 에지와 같이 영상의 특성을 나타내는 중요한 부분이기 때문이다. 이러한 영역의 부호화를 위해 영상 복원시 점진적 전송이 가능하고, 사용자의 요구조건에 따라 융통성있게 동작할 수 있는 부호화 방식을 제안하였다. 이 방식에 대한 내용도 다음절에서 소개한다.

IV. 영역별 부호화 알고리즘

본 논문에서는 분류한 영역의 특성에 따른 영역별 부호화 방식을 적용함으로써 부호화 효율을 높였다. 본

절을 설명하기에 앞서, 실험을 통해 블록들의 표준편차 값이 15이하를 LAR, 그 이상을 HAR으로 분리하였다. 이러한 임계치를 결정하기 원 영상의 블록과 변환 영역의 표준편차값과의 상관성을 비교하였다. 일반적으로 변환 영역의 표준 편차값이 2이하인 경우 영상 복원에 미치는 영향이 거의 작다는 연구 결과^[6]를 기반으로 하였으며 실제로 원 영상에서 블록의 표준편차가 15이하일 경우 변환 영역의 표준편차는 대부분 2 이하인 분포를 따르게 된다. 그림 7을 살펴보면 이를 시각적으로 잘 보여주고 있다. 즉, HAR 영역은 영상의 에지부분에 해당하며 LAR 부분은 배경등과 같은 변화가 없는 부분에 위치하고 있음을 확인할 수 있다.

4.1. LAR 부호화 알고리즘

본 논문에서는 LAR 영역에 대하여 LAR 부호화 기법을 적용하였다. 이 기법이 좋은 성능을 나타내기 위해서는 LAR 영역이 넓은 동질영역으로 이루어져 있다는 가정이 확실해져야만 한다. LAR 부호화 기법은 유사한 질감을 가지고 있는 영역의 내부를 표현하는데 사용되며, 기존의 객체지향 부호화 기법등에서 공간영역에서 영상 내 객체의 내부를 부호화 하는데 사용되었다. 그러나, 이러한 방식에서는 영역의 범위가 넓고, 동질영역을 형성하는 데이터의 범위가 크다는 특징 때문에 간단한 방식보다는 주로 벡터양자화 방법처럼 좀 복잡한 방법등이 많이 이용되었다. 본 논문에서는 복잡성을 배제하고 영역의 평균값과 표준편차만으로 이를 부호화 하기 위한 새로운 방안을 제안한다.

먼저 그림 4와 같은 계층적 트리 구조상의 63개의 모든 계수들을 1차원으로 표현한다. 이를 표현하는 방법은 표 1에 나타나있다. 이들 계수에 대한 평균과 표준편차를 구하여 식 (1)과 같은 단순한 부호화 모델을 사용하여 영역의 색 정보를 표현할 수 있다.

$$WC_{kp} \leftarrow GM_k \pm \sigma_k \tag{1}$$

여기서,

WC_{kp} : K번째 계층 트리에 대한 위치 p의 웨이브렛 계수

GM_k : K번째 계층 트리의 기하평균

σ_k : K번째 계층 트리의 표준편차

위의 식에서 k는 각 영역을 계층적 트리를 1차원으로 구성한다고 가정할 때 각 1차원 배열의 번호이며 p는 각 배열의 요소값을 가르키는 인덱스이다(표 1 참조).

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 데이터의 분포가 매우 작은 범위 내에 존재한다고 가정할 때, 단순히 평균값에 표준편차를 보정해 줌으로서 이들을 표현할 수 있다는 데 있다. 물론 이러한 기능이 가능하기 위해서는 표준편차가 작아야 하는데, 실제 LAR 영역에 대하여 이들을 조사한 결과 대부분이 2 미만의 매우 작은 값들을 갖고 있음을 확인하였다. 따라서 평균적인 오차의 범위는 2보다 작다는 것을 쉽게 알 수 있다. 이에 덧붙여 보다 정확한 보정을 위하여 그림 5와 같은 과정을 수행하였다.

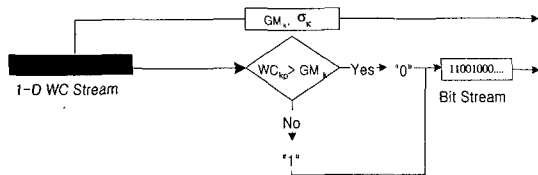


그림 5. LAR 부호화 모델에서 보다 정확한 복원을 위한 비트 스트림 생성

Fig. 5. The generation of a bit stream for making more accurate reconstruction in color information coding.

즉, 본 논문에서 표현하고자 하는 계수값이 평균을 중심으로 분포되어 있으므로 평균값보다 작다, 크다는 구분하여 각각을 처리하는 방식이다. 그러나 만일 표준편차 값이 거의 1 이하로 매우 작은 영역의 경우는 이러한 보정없이 평균 값만을 전송하여 영역을 복원하여도 시각적으로 문제가 되지 않으며 실제 이들이 차지하는 비율은 전체의 90% 이상이다. 전송 대상이 되는 평균값과 분산값은 엔트로피 부호화 방식으로 허프만 부호화가 적용되었으며 본 논문에서 제안한 부호화 모델이 보다 현실감 있는 동질영역을 표현하는데 매우 간단하면서도 효율적인 방법임을 확인하였다.

4.2. HAR 부호화 알고리즘

HAR 영역은 영상 복원시 영상의 에지와 같이 영상의 특성을 결정짓는 중요한 영역에 해당하므로 적은 오차를 갖는 범위내에서 부호화가 이루어져야 하며, 영상내의 많은 HAR 영역 중에서도 특히 비중이 큰 영역을 우선 전송한다는 기본 가정 아래 부호화가 수행되었다. 우선 부호화 방식을 설명하기 이전에 HAR 영역의

특성을 설명하고자 한다.

가. HAR 영역의 특성

HAR 영역은 원 영상에서 변화가 큰 부분에 해당한다. 변화가 크다는 의미는 영상내에서 에지등 의미가 있는 부분이다. 이러한 변화가 있는 영역들도 세부적으로 살펴보면 수직, 수평 및 대각 그리고 이들의 혼합형태로 변화가 나타나는데, 만일 수직 방향으로 에지가 나타날 경우 웨이브렛 변환 대역의 수직 대역에서만 비중이 큰 중요계수가 나타나며 다른 대역에서는 작은 계수만이 나타나게 된다. 이러한 특성을 잘 활용할 경우 웨이브렛의 계층적 트리에서도 모든 계수를 모두 전송하지 않고 특정 계수만 선택하여 전송하는 것도 가능하게 된다.

한가지 예로서 Lenna 영상 가운데, 원 블록의 분산값이 104인 영역을 웨이브렛 변환된 결과를 계층적 구조로 나타내면 아래와 같다.

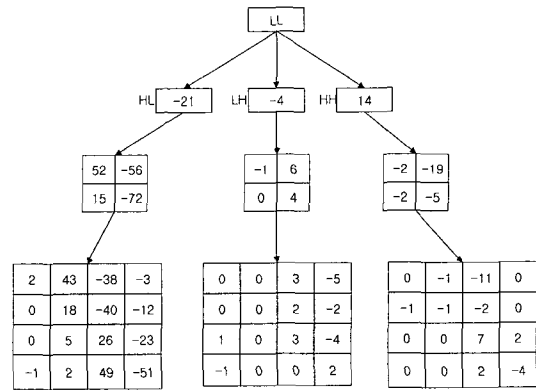


그림 6. 웨이브렛 계수의 계층적 트리 구조

Fig. 6. The hierarchical tree structures of wavelet coefficients.

그림 6에서 알 수 있는 것처럼 원 블록의 분산값이 크기 때문에 HAR 영역임을 알 수 있으며 HAR 영역이라 하더라도 모든 방향으로 중요계수가 존재하는 것이 아니고 특정 방향(그림에서는 수평방향)에만 중요계수가 존재함을 확인 할 수 있다.

일단 부호화할 중요계수가 있는 노드가 검출되면 각 노드상의 계수들은 주어진 부호화 방식에 의하여 전송되는데, 이때 각 노드의 위치 정보도 함께 보내어진다. 그림 6과 같은 형태의 계층적 트리에서 전송할 웨이브렛 계수의 위치정보는 계층적 트리를 1차원으로 확장할 경우 수식 (2)에 의해 쉽게 얻어질 수 있다. 즉, 1차

원 트리에서 위치가 인덱스 p 일 경우, 본래의 계층적 트리에서의 위치 정보는

$$\text{for } (1 \leq i \leq l) \left\{ \begin{array}{l} \text{position : } p \% 4^{i-1} \\ \text{band : } p / 4^{i-1} \\ \text{layer : if } (4^{i-1} \leq p \leq 4^i) \\ \text{layer} = (l - i) \end{array} \right. \quad (2)$$

가 된다. 따라서 계층적 트리에서 중요계수의 위치 정보는 그림 6의 계층적 트리를 1차원으로 바꾸었을 때 단지 위치정보 p 만 부호화하여 전송하면 된다. 계층적 트리를 1차원으로 매핑하는 방식은 표 1과 같다.

표 1. 계층적 트리의 1차원에서의 매핑
Table 1. The mapping to 1-D array of hierarchical tree.

Layer	3 Layer			2 Layer			1 Layer																																																									
Band	HL	LH	HH	HL	LH	HH	HL	LH	HH																																																							
Index(p)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64

나. HAR 영역 부호화 알고리즘

HAR 영역은 영상내에서 에지부분과 같이 영상의 특성을 나타내는 중요한 부분에 해당하지만 계수값이 크기 때문에 이를 전송하기 위한 데이터량이 많아지게 된다. 이러한 영역을 효율적으로 처리하면서 점진적 전송이 가능한 부호화 방식을 제안한다. 이 부호화 방식은 기본적으로 비트 플레인(bit-plane) 방식과 유사하지만, 제안한 방식에서는 굳이 비트 플레인으로 나누는 과정 없이 양자화 값만을 조절하여 부호화가 가능하도록 구성되었다.

이 방식은 모든 계수값은 $\sum_{i=0}^{n-1} 2^i$ 의 조합으로 표현할 수 있다는 가정에 이루어진다. 아래에 알고리즘을 기술하였다. 아래의 알고리즘에서 C는 웨이브렛 계수이며, LSP는 부호화 할 웨이브렛 계수를 임시 저장하고 있는 기억 장소를 의미한다.

① Initialization

```
l = 1;
n = ⌊ log2( maxj∈b {|Cj|} ) ⌋;
initial threshold Tl = 2n
```

initial quantization value $Q_l = T_l$

```
for (all coefficient in a hierarchical tree; the index of them = p) {
    tag[p] = 0;
    LSP[p] = CP ;
    // or LSP[p] = {Cp | Cp ≥ T}
    // The threshold T can be changed by user request or network traffic
}
```

② Coding and Refinement Process

```
for (satisfy given condition or n ≥ 1) {
    // coding pass
    for (each entry Cp in the LSP) {
        if (Cp ≥ Tl) {
            if (tag[p] = 0) { output the sign of Cp, and Ql; tag[p] = 1; }
            else output Ql;
            Cp = Cp - Ql;
            LSP[p] = Cp ;
        }
    }
    // refinement and quantization-step pass
    l = l - 1;
    n = n - 1;
    Tl = 2n;
    Ql = Tl;
}
```

1단계 초기화 과정에서 부호화 될 계수의 선택은 복원될 영상의 화질 및 전송 비트율 그리고 네트워크 트래픽을 고려하여 임의적으로 선택될 수 있으며, 부호화 과정에서도 이러한 주변 조건에 따라 양자화 단계를 선택할 수 있어 융통성과 효율성을 동시에 만족하도록 시스템을 구성하였다. 제안한 부호화 방식은 외형적으로 비트플레인 형태로 운영되지만 실제적으로는 비트 플레인으로 나눌 필요가 없으며, 단순히 전송되는 값은 초기 단계에서 계수의 부호값과 각 단계에서의 유효비트 뿐이다. 예를 들어 부호화할 계수가 -34, 25, 16, -1 로 구성되어 있고, 초기 문턱치 값을 32(n=5)로 설정하면

초기 상태에서의 저장된 데이터 형태는 아래와 같다.

tag	sign	MSB	→				LSB	
0	1	1	0	0	0	1	0	-34
0	0	0	1	1	0	0	1	25
0	0	0	1	0	0	0	0	16
0	1	0	0	0	0	0	1	-1

단계 1에서 -34의 부호 1과 양자화 레벨 32(n=5)가 전송된다. 다음 단계 2에서 문턱치는 16이 되고, 이때에는 25와 16의 부호 0, 그리고 양자화 레벨 16(n=4)이 전송되어진다. 단계 3에서는 단지 25 만이 이에 해당하므로 그 단계에서의 양자화 레벨 8(n=3)이 전송된다. 이때 사용자가 원하는 데이터량에 도달하면 단계 3에서 전송이 중단하게 되어 실제적으로 전송되어 복원된 값은 -32, 24, 16, 0이 된다. 물론 보다 세부적인 복원을 위해서는 n=1이 될 때까지 반복하면 된다.

SR 영역은 영상의 전체적인 특성을 나타내는 영역이므로 이러한 방식으로 부호화를 수행할 경우, 점진적인 전송이 가능할 뿐 아니라 주변 상황에 따라 융통성 있는 전송이 가능하게 되어 효율적인 부호화기를 구성할 수 있게 된다.

V. 실험 결과

제안한 방식의 효율성을 증명하기 위하여 다양한 특성을 갖는 여러 영상을 제안한 알고리즘에 적용하였다. 실험에 사용된 영상은 256×256 크기에 256 그레이 레벨을 갖고 있는 Lena, Goldhill, Cronkite, Barbara, Boat 영상이며, 본 실험을 위해 Adelson의 5-tap QMF 필터^[10]가 사용되었고 각각의 영상은 모두 세 계층으로 분할되었다.

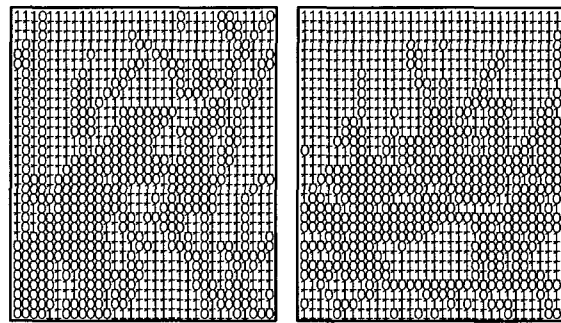
표 2는 실험에 사용된 필터의 계수를 나타낸 것이다. 이 필터는 선형 응답이 거의 선형적으로 나타나기 때문에 복원 능력이 우수하며, 통과 대역의 부엽(ripple)이 작은 것으로 밝혀져 있다.

그림 7은 제안한 시스템의 영역 분류 과정에서 2개의 그룹으로 분류되어진 블록의 분류 결과를 Goldhill과 Barbara 영상에 대하여 나타낸 것이다. 분류표에서 '0'은 HAR, '1'은 LAR를 의미한다. 전체적으로 영상의 에지 특성을 잘 따르고 있음을 알 수 있다.

표 2. 아델슨의 QMF 5-탭 필터 계수

Table 2. Adelson's QMF 5-tap filter coefficients.

필터 종류	웨이브렛 필터 계수					
분해 필터	저주파	-0.05381	0.25000	0.60762	0.25000	-0.05381
	고주파	-0.05381	-0.25000	0.60762	-0.25000	-0.05381
합성 필터	저주파	-0.05381	0.25000	0.60762	0.25000	-0.05381
	고주파	-0.05381	-0.25000	0.60762	-0.25000	-0.05381



(a) Lena

(b) Boat

그림 7. 영역분류 결과

Fig. 7. The result of region classification.

표 3은 실험을 통해 얻어진 PSNR 결과를 나타낸 것이다. 표를 통해 알 수 있듯이, 기존의 EZW 방식에 비하여 약 4~8 dB, SPIHT 방식에 비하여 약 1~2dB 정도 향상된 매우 좋은 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

표 3. 실험결과 비교

Table 3. Comparison of PSNR results for images.

Images	bpp	EZW(dB)	SPIHT(dB)	Proposed(dB)
Goldhill	0.09	26.3	30.8	31.3
Lena	0.08	26.8	29.5	31.2
Cronkite	0.07	28.2	35.4	37.3
Boat	0.09	25.4	28.8	29.5

특히, 공간 영상에서 변화가 크지 않았던 Cronkite영상의 경우는 성능 차이가 매우 크게 나타남을 확인할 수 있는데, 이는 변화가 크지 않은 영상의 경우, 웨이브렛 변환된 대역에서는 거의 대부분 LAR 영역으로 분

류되고 이들은 부호화시 적은 비트로도 영역을 압축할 수 있기 때문이다.

그림 8은 LAR 영역과 최저주파수 대역만을 이용하여 복원된 영상을 나타낸 것이다. HAR 부분이 빠져있어 영상의 에지 부분이 손상되어 있지만, 영상의 개략적인 형상을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그러나 매우 낮은 비트율에서 복원된 영상임을 감안할 때, 좋은 결과라고 생각된다. 그림 9는 단지 HAR 영역만을 이용하여 복원된 영상을 나타낸 것이다. 예상한 바와 같이 영상의 에지 부분이 잘 나타나 있음을 알 수 있다. 이러한 영상에 HAR 영역이 적용될 경우 보다 세부적인 부분까지 복원 하는 것이 가능하다. 이러한 특성을 통해 본 논문에서 제안한 방식은 LAR 영역부터 HAR 영역으로 점진적인 전송을 통해 영상이 점진적으로 복원 되는 것이 가능함을 보여주었다.

그림 10은 HAR영역과 최저주파수 영역만을 이용하여 복원된 영상이다. 주위 배경과 같이 평활한 부분은 많이 무디어 졌지만 전체적인 영상의 골격을 잘 나타내고 있다. 앞의 그림에서 이들을 조합하여 볼 때, 점진



그림 8. LAR 영역과 LL 대역에 의해 복원된 영상
Fig. 8. The reconstructed images by LAR regions and the lowest frequency band.

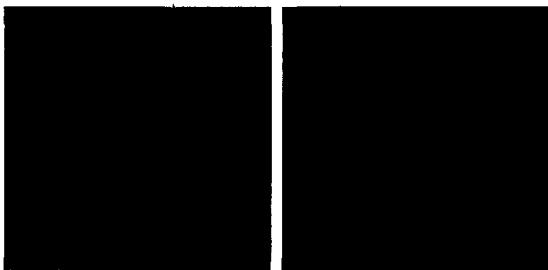


그림 9. HAR 영역에 의해 복원된 영상
Fig. 9. The reconstructed images by HAR regions.

적 전송 가능함을 알 수 있다. 먼저 영상의 전체적인 특성을 대표하는 최저주파수 대역이 먼저 전송되고 다음으로 영상의 배경등을 포함한 LAR 영역이 전송되며, 마지막으로 영상의 골격을 나타내는 HAR 영역이 점진적으로 전송되면 완전한 복원 영상을 얻을 수 있게 된다. 물론 HAR 영역은 본 논문에서 제안한 부호화 방식에 의하여 사용자가 요구하는 수준까지 점진적인 전송이 가능하여 보다 융통성있는 시스템을 구축할 수 있게 된다.



그림 10. HAR 영역과 LL 대역에 의해 복원된 영상
Fig. 10. The reconstructed images by HAR regions and the lowest frequency band.

복원 영상을 그림 11에 제시하였다. 거의 100:1에 가까운 고 압축임에도 불구하고 에지를 포함한 고주파 대역이 잘 복원되었으며, LAR 영역이 속한 부분의 영역들도 원 영상과 큰 차이 없이 잘 묘사되었음을 확인할 수 있다.



그림 11. 복원 영상
Fig. 11. The reconstructed images.

VI. 결 론

본 논문에서는 공간영역에서 영상의 특성과 웨이블릿 변환 대역이 큰 상관 관계를 가지고 있다는 특성을 이용하여 공간 영역상의 영상을 일정 크기의 블록으로

나는 후, 각 블록을 2개의 그룹으로 분류하여 각 그룹의 특성에 맞게 부호화 하는 방안을 제시하였다. 실험 결과, 제안한 방식이 EZW나 SPIHT등과 같은 기존의 zerotree 부호화 방식에 비하여 우수한 결과를 나타낼 수 있음을 확인하였으며, 특히 매우 낮은 비트율에서도 복원화질 및 전송 비트율 모두 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

기존의 시스템과 비교하여 본 시스템이 갖는 장점은 공간 영역에서 간단한 방식으로 분류한 영역 데이터를 웨이브렛 변환 대역에 그대로 적용하기 때문에 매우 간단한 방식으로 변환 대역의 중요계수 및 중요영역을 판단하고 이를 부호화 할 수 있다는 데 있다. 또한 제안된 시스템은 효율적인 저장장치 및 멀티미디어 DB등에서 영상 검색등과 같은 응용분야로의 적용을 예상할 수 있다. 더욱이 점진적 전송이 가능하기 때문에 사용자의 요구 조건에 맞는 화질의 영상과 데이터량을 적응적으로 조절할 수 있다는 장점도 가지고 있다.

참 고 문 헌

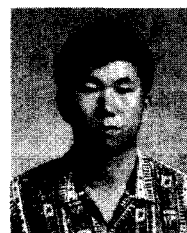
- [1] A. Said and W. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", IEEE Tran. on circuits and Systems or Video Technology, 6(3):243~250, June 1996.
- [2] Committee Draft for MPEG-4. Swiss, 1997.
- [3] G.K. Wallace. The JPEG still picture compression standard. Comm. of ACM, 34(4):30-44, 1991.
- [4] Martin Vetterli and Jolena Kovacevic, "Wavelets and Subband Coding", Prentice-Hall, 1995.
- [5] J.Shapiro, "Embedded Image coding Using Zerotree of Wavelets Coefficients", IEEE Tran. on Signal Processing, vol.41, no.12, pp. 3445~3462, Dec., 1993.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] R. K. Young. Wavelet theory and its Application. Kluwer Academic Publisher, 1993.
- [9] B.Zhu, A.H. Tewfik, O.N.Gerek, "Image Coding with mixed representations and visual masking", ICASSP95, pp. 2327~2330, 1995.
- [10] E.H. Adelson, "Orthogonal pyramid transform for image coding," In Proc. SPIE, Vol 845, pp. 50~58, Cambridge, MA, October 1987.

저 자 소 개

朴 正 鎬(正會員)

1991년 8월 : 전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1994년 2월 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 2001년 8월 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사(공학박사). 1997년 4월~2001년 12월 : 전북대학교 전자계산소 연구조교. 2002년 1월~현재 : 한국전자통신연구원 공간정보응용연구팀 선임연구원

郭 勳 星(正會員) 第36卷 S編 第8號 參照



金 大 中(正會員)

1993년 2월 : 전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1996년 8월 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 1997년 2월~현재 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정. 1997년 3월~2001년 8월 : 전주대학교 객원교수. 2001년 9월~현재 : 전주대학교 교양학부 강의전담 전임강사