

論文2001-38SP-4-5

## 웨이브릿 영역에서 다분광 화상데이터의 효율적인 압축 알고리즘 (Efficiency Algorithm of Multispectral Image Compression in Wavelet Domain)

潘聲元\*, 石政燁\*, 金秉柱\*, 朴慶南\*, 金榮春\*\*,  
蔣鍾國\*\*, 李健一\*

(Seong-Won Ban, Jung-Youp Suk, Byung-Ju Kim, Kyung-Nam Park,  
Young-Choon Kim, Jong-Kook Jang, and Kuhn-Il Lee)

### 요약

본 논문에서는 웨이브릿 영역에서의 영역 분류와 대역간 예측 및 선택적 벡터 양자화를 이용한 다분광 화상데이터 압축 기법을 제안하였다. 이 방법에서는 각 대역을 웨이브릿 변환 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역 분류를 행하였다. 그리고, 다른 대역과 해상도가 동일하고 공간적 분산이 작으며 분광적 상관성이 큰 기준대역(reference channel)을 결정한 뒤, 이를 영역별 스칼라 및 분류별 가변 벡터 양자화를 행하여 부호화 하였다. 또한 기준대역과의 대역간 상관성이 큰 대역들에 대해서는 영역별 대역간 예측을 행한 후, 활동도가 높은 블록에 대해서만 선택적 벡터 양자화로 부호화를 행하였다. 이때, 활동도가 높은 블록들의 위치정보는 기준대역으로부터 얻어지는 임계치 지도(threshold map; THMAP)를 이용하였다. 즉, 제안한 방법에서는 각 대역에 대해 웨이브릿 영역에서의 영역 분류 후 영역별 대역간 예측을 행함으로써 다분광 화상데이터에 존재하는 대역간 중복성을 제거하고 선택적 벡터 양자화를 행함으로써 대역내 중복성을 효과적으로 제거하여 압축효율을 향상시킨다. 실제 원격 센싱된 인공위성 화상데이터에 대한 실험을 통하여 제안한 기법의 부호화 효율이 기존의 기법에 비하여 우수함을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we proposed multispectral image compression method using CIP (classified inter-channel prediction) and SVQ (selective vector quantization) in wavelet domain. First, multispectral image is wavelet transformed and classified into one of three classes considering reflection characteristics of the subband with the lowest resolution. Then, for a reference channel which has the highest correlation and the same resolution with other channels, the variable VQ is performed in the classified intra-channel to remove spatial redundancy. For other channels, the CIP is performed to remove spectral redundancy. Finally, the prediction error is reduced by performing SVQ. Experiments are carried out on a multispectral image. The results show that the proposed method reduce the bit rate at higher reconstructed image quality and improve the compression efficiency compared to conventional methods. Index Terms-Multispectral image compression, wavelet transform, classified inter-channel prediction, selective vector quantization, subband with lowest resolution.

\* 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部

(School of Electronic and Electrical Engineering,  
Kyungpook National University)

\*\* 正會員, 嶺東大學校 電子工學部

(School of Electronic Engineering, Youngdong Univ.)  
接受日字:2000年9月19日, 수정완료일:2001년5월24일

## I. 서 론

지구 관측용 인공위성을 통하여 원격 감지 (remote sensing)로 얻는 화상데이터는 지표 대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가지 대역 및 적외선 대역 등의 여러개의 파장 대역 (channel)별로 나뉘어져 동시에 수집되는 다분광 (multispectral)의 것으로서, 환경 조사, 기상 관측, 자원 탐사, 지도 작성, 또는 재해 상황 조사 등의 여러 분야에 이용되고 있다.<sup>[1]</sup>

현재 서비스되고 있는 Landsat-TM (Landsat thematic mapper) 데이터의 경우, 파장별로 7개의 대역으로 수집되고, 이들은 8비트의 색조레벨을 가지고 있으며, 화소당 지상폭은 대역에 따라 30m 또는 120m이다. 이들 센서로부터 얻어지는 데이터의 양은 방대하므로, 이의 압축이 절대적으로 필요하게 되었다.

인공위성 다분광 화상데이터는 일반 화상과는 달리 같은 피사체를 파장 대역별로 얻는 것이므로, 공간적으로 뿐만 아니라 분광적으로도 많은 중복성을 가진다. 따라서 다분광 화상데이터 압축에서는 공간적으로 존재하는 대역내 (intra-channel) 중복성 및 분광적으로 존재하는 대역간 (inter-channel) 중복성을 동시에 제거함으로써 압축 효율을 향상시킬 수 있다.<sup>[2]</sup>

화상데이터의 압축 방법으로 초기에는 원 데이터의 보존을 위하여 무손실 부호화에 대한 연구가 많이 되었지만, 최근에는 방대한 양의 데이터를 전송 및 저장하기 위해서 손실 부호화에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다.

1992년 Gupta 등<sup>[3]</sup>은 분광적 특징 예측 벡터 양자화 (feature predictive vector quantization; FPVQ)를 통하여 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 이는 대역내 중복성을 제거하기 위하여 대역간 상관성이 높은 하나의 대역에 대해서 대역내 벡터 양자화 (intra-channel vector quantization)를 행하고, 이를 이용하여 나머지 대역들에 대해서 대역간 예측 (inter-channel prediction)을 행함으로써 대역간 중복성을 제거하는 방법이다. 그러나 이 방법에서는 전체 화상에 대하여 하나의 예측계수가 생성될 뿐만 아니라, 전송될 블록과 전송되지 않을 블록을 구분하기 위한 부가 비트가 전송되어야 하기 때문에 압축 효율이 떨어지는 단점이 있다. 1995년 Wang 등<sup>[4]</sup>은 하나의 화소를 3차원 예측을 통하여 부호화 하는 무손실 부호화 방법을

제안하였으나, 이 방법에서는 화소단위로 예측함으로써 전송해야 할 정보량이 많아진다. 1999년 Poggi 등<sup>[5]</sup>은 대역내 및 대역간 중복성을 동시에 제거하기 위하여 우선 화상데이터의 대역 특성을 이용하여 공간 영역상에서 영역 분류를 행한 뒤, 대역간 중복성을 제거하기 위해서 영역별 KLT (classified Karhunen-Loeve transform; CKLT)을 행하였고, 대역내 중복성을 제거하기 위해서 DCT (discrete cosine transform)을 이용하였다. 그러나 이 방법에서는 영역 분류를 화소단위로 행함으로써 많은 부가 정보가 필요하게 된다.

웨이브릿 변환 (wavelet transform; WT)을 이용한 화상데이터의 압축에 관한 연구가 최근 몇 년 동안 진행되어 왔다.<sup>[6-9]</sup> WT는 신호를 시간과 주파수에 대하여 국부적 (local)으로 표현할 수 있어서 비정상 과정 (nonstationary process)을 가지는 영상신호를 해석하는데 유리하고, 변환 영역이 인간의 시각 특성과 비슷한 다중 해상도 (multi resolution)로 영상신호를 표현하는 장점을 갖는다.

본 논문에서는 웨이브릿 영역 (wavelet domain)에서의 각 부밴드의 상관성을 고려하여 영역 분류 한 후, 각 부밴드별로 영역별 대역간 예측 및 선택적 벡터 양자화를 이용한 다분광 화상데이터의 효율적인 압축 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 각 대역을 웨이브릿 변환 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역 분류를 행하였다. 그리고, 공간적 분산이 작고 분광적 상관성이 크며 다른 대역과 해상도가 동일한 대역을 기준대역 (reference channel)을 결정한 뒤, 이를 영역별 스칼라 및 분류별 벡터 양자화를 행하여 부호화 하였다. 또한 기준대역과의 대역간 상관성이 크고 해상도가 동일한 대역들에 대해서는 영역별 대역간 예측을 행한 후, 활동도가 높은 블록에 대해서만 선택적 벡터 양자화로 부호화를 행하였다. 이때, 활동도가 높은 블록들의 위치정보는 기준대역으로부터 얻어지는 임계치 지도 (threshold map; THMAP)를 이용하였다. 즉, 제안한 방법에서는 각 대역에 대해 웨이브릿 영역에서의 영역 분류 후 영역별 대역간 예측을 행함으로써 다분광 화상데이터에 존재하는 대역간 중복성을 제거하고 선택적 벡터 양자화를 행함으로써 대역내 중복성을 효과적으로 제거하여 압축효율을 향상시킨다.

제안한 방법의 성능 평가를 위하여 실제의 Landsat TM으로부터 얻은 다분광 화상데이터에 대하여 컴퓨터 모의 실험을 행한 결과, 제안한 방법이 기존의 방법에

비해 저비트율에서 더 좋은 화질을 얻을 수 있었으며, 이로부터 제안한 방법의 성능이 우수함을 확인하였다.

II. 이 론

본 논문에서는 웨이브릿 영역에서의 영역 분류 후 영역별 대역간 예측과 선택적 벡터 양자화를 이용한 다분광 화상데이터 압축 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 우선 각 대역을 웨이브릿 변환 후, 기저밴드의 대역별 특성에 따라 영역 분류를 행한 뒤 각 부밴드들의 상관성을 고려하여 나머지 밴드들에 확장함으로써 영역 분류를 행한다. 이를 이용하여 기준대역의 대역내 부호화에서는 최저해상도를 가지는 기저밴드 (baseband)에 대하여 영역별 스칼라 양자화 (classified scalar quantization; CSQ)를 행하고 나머지 부밴드들에 대해서 영역별 벡터 양자화 (classified vector quantization; CVQ)를 행함으로써 대역내 중복성을 제거한다. 그리고 대역간 부호화에서는 기준대역을 중심으로 기저밴드는 영역별 예측 후 스칼라 양자화 (predicted scalar quantization; PSQ)를 행하고, 다른 부밴드들은 영역별 예측 (classified inter-channel prediction; CIP) 후 기준대역을 이용하여 생성되는 임계치 지도에 의해서 벡터 양자화를 행함으로써 대역간 중복성을 제거한다. 제안한 방법의 블록선도는 그림 1에서와 같다.

1. 웨이브릿 변환

본 논문에서는 영역 분류와 대역내 중복성을 제거하기 위하여 각 대역별로 3-level 웨이브릿 변환을 행하였다. 웨이브릿 변환은 푸리에 변환 (Fourier transform)과 같이 기저함수 (basis function)들의 집합으로 신호를 분해하는 하나의 방법으로써 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이브릿 기저함수의 선형 결합으로 표현하는 것이다. 웨이브릿 변환에서 기저함수들은 원형 (prototype) 웨이브릿 함수  $\psi(x)$ 의 신축, 팽창 (contraction / dilation), 그리고 천이 (translation)에 의해 생성된다. 즉,

$$\psi^{a,b}(x) = |a|^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right), \quad a \in R, \quad b \in R \quad (1)$$

와 같다. 여기서  $R$ 은 실수이고,  $a$ 는 원형 웨이브릿을 신축 및 팽창시키는 스케일 변수이며,  $b$ 는 천이 변수이다.

이산 웨이브릿은

$$a = a_0^m, \quad b = nb_0a_0^m, \quad a_0 > 1, \quad b_0 > 0, \quad m, n \in Z \quad (2)$$

와 같이 계수를 조정함으로써 표현된다. 여기서  $Z$ 는 정수이다. 이산 웨이브릿 기저함수를  $\psi_{m,n}(x)$ 라 하고 이산 웨이브릿 변환된 함수를  $c_{m,n}(f)$ , 그리고  $f$ 를 입

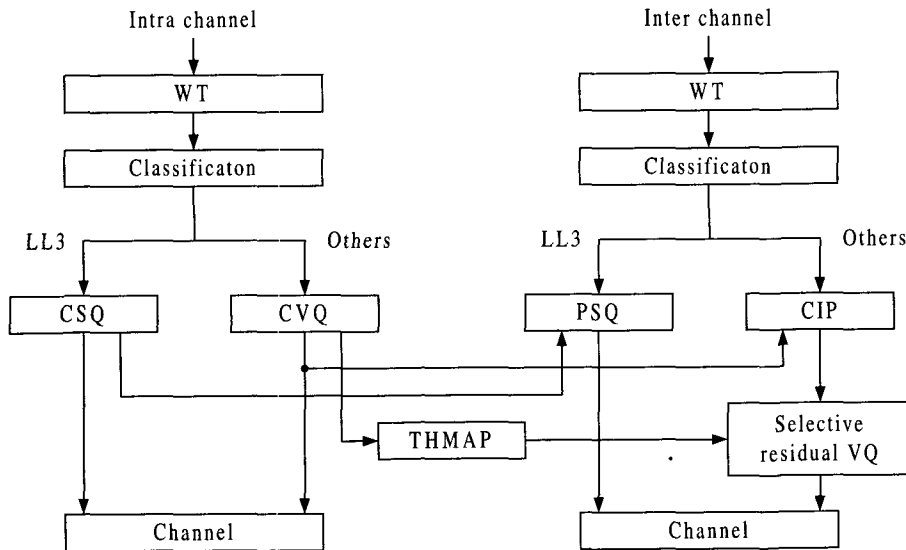


그림 1. 제안된 방법의 블록선도  
Fig. 1. Blockdiagram of proposed method.

력 함수라 할 때 이산 웨이브릿 분해(decomposition)는

$$f = \sum c_{m,n}(f) \psi_{m,n} \quad (3)$$

$$c_{m,n}(f) = \langle \psi_{m,n}, f \rangle = \int \psi_{m,n}(x) f(x) dx \quad (4)$$

$$\psi_{m,n}(x) = \psi^{a_0^m n b_0 a_0^m}(x) = a_0^{-\frac{m}{2}} \psi(a_0^{-m} x - n b_0) \quad (5)$$

와 같다.

웨이브릿 변환은 주파수 영역에서 국부적이고 공간영역에서 많은 지연 (lag)을 가지는 저주파 성분에 대해서는 긴 기저함수를 사용하여 공간 해상도(time resolution)를 줄이는 대신 주파수 해상도 (frequency resolution)를 좋게 하고, 공간 영역에서 국부적이고 주파수 영역에서 넓은 대역을 가지는 고주파 성분에 대해서는 짧은 기저함수를 사용하여 주파수 해상도를 줄이는 대신 공간 해상도를 좋게 하는 장점이 있다.

2. 다분광 화상데이터의 영역 분류

인공위성으로부터 얻는 다분광 화상데이터는 일반적으로 지표대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가지 영역 및 적외선 영역 등의 여러 개의 파장 대역으로 수집되는 데이터이다. 이 데이터는 그림 2에서 보는 것처럼 공간적으로 2차원 및 분광적으로 1차원을 가지는 3차원 구조를 가진다. 이 경우 다분광 화상데이터 X는

$$X = \{ X_1, X_2, \dots, X_n \} \quad (6)$$

나타낼 수 있다. 여기서 n은 대역의 수를 나타내고, X<sub>n</sub>은 대역 n의 화상을 뜻한다. Landsat TM의 경우 n=7로서, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> 및 X<sub>3</sub>는 가시 영역 그리고 X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub>, 및 X<sub>7</sub>은 적외선 영역의 화상데이터를 갖는다. 이때 지표대상물은 각각의 파장 대역에 대해 다른 반사율을 가진다. 예를 들면 물의 경우 가시 영역에서는 높은 반사율을 보이고 적외선 영역으로 갈수록 낮은 반사율을 보이지만, 산림의 경우 가시 영역보다는 적외선 영역에서 높은 반사율을 보인다. 본 논문에서는 이와 같이 화상데이터가 영역별로 다른 반사율이 나타나는 것을 웨이브릿 영역으로 확장한다. 웨이브릿 영역에서 각 대역의 기저밴드의 대역특성을 이용하여 영역을 분류한 후, 이를 이용하여 나머지 밴드들과의 상관성과 해상도를 고려하여 확장함으로써 영역 분류를 행한다. 또한 블록 단위의 벡터 양자화를 고려하여 블록 단위로 블록내의 평균값과 표준편차를 이용한다.

대역 b의 기저밴드의 임의의 N×N 블록 B의 대표값 R<sub>b</sub><sup>B</sup>는

$$R_b^B = E_b^B + SD_b^B \quad (7)$$

와 같이 결정한다. 여기에서 E<sub>b</sub><sup>B</sup>은 대역 b의 기저밴드의 블록의 평균이며, SD<sub>b</sub><sup>B</sup>은 표준 편차이다. 이때 블록의 대표값 R<sub>b</sub><sup>B</sup>는 지표대상물과 각 대역에 따라서 다르게 나타난다. 따라서 각 대역에 대한 기저밴드의 임의의 블록 대표 벡터 V<sup>B</sup>은

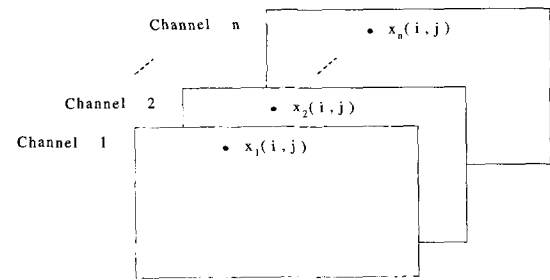


그림 2. 다분광 화상데이터의 구조  
Fig. 2. Structure of multispectral image data.

$$V^B = [ R_1^B, R_2^B, R_3^B, \dots, R_n^B ] \quad (8)$$

와 같이 나타난다. 여기에서 n은 대역의 수를 나타낸다. V<sup>B</sup>은 각 블록의 반사 특성에 의해 영역별로 다른 값들을 가지며, 이 블록 대표 벡터들은 클러스터링 (clustering)의 반복 수행 (iteration)에 의하여 기저밴드에 대한 영역 기준값을 얻을 수 있다. 원격 감지된 화상 데이터들로부터 제안한 영역 분류를 행한 후 얻어진 영역 기준값은 그림 3에서와 같다. 이 그림에서 각 영역의 기준값이 영역에 따라 큰 차이가 나타남을 알 수 있다. 이렇게 얻어진 기준값을 기준으로 클러스터링의 반복 수행을 통해서 영역을 분류하게 된다. 따라서 임의의 기저밴드내 블록 B의 영역 C<sup>B</sup>는

$$C^B = \arg [ \min ( \sum_{i=1}^k | R_i^B - C_i^1 |^2, \sum_{i=1}^k | R_i^B - C_i^2 |^2, \sum_{i=1}^k | R_i^B - C_i^3 |^2 ) ] \quad (9)$$

로 결정된다. 여기에서 k는 대역의 수를 나타내고, C<sub>i</sub>는 영역 기준값을 나타낸다. 그리고, 나머지 부밴드의 영역 분류는 그림 4와 같이 각 부밴드의 상관성과 해상

도를 고려하여 기저밴드의 영역 분류 정보를 나머지 부밴드에 확장함으로써 분류한다. 그리고, 영역 분류를 위한 부가정보는 기저밴드만을 가지고 영역 분류를 행하기 때문에 매우 적은 비트량을 알 수 있다.

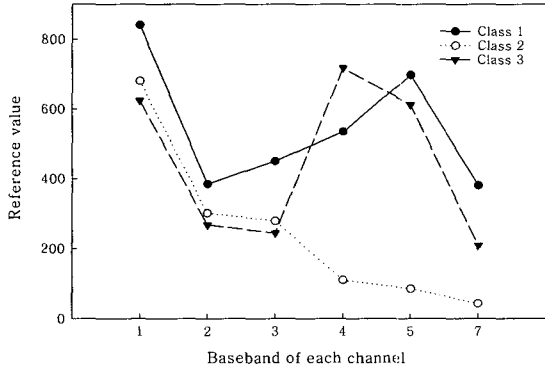


그림 3. 각 대역별 기저밴드의 영역 기준값  
Fig. 3. Reference value in baseband of each channel.

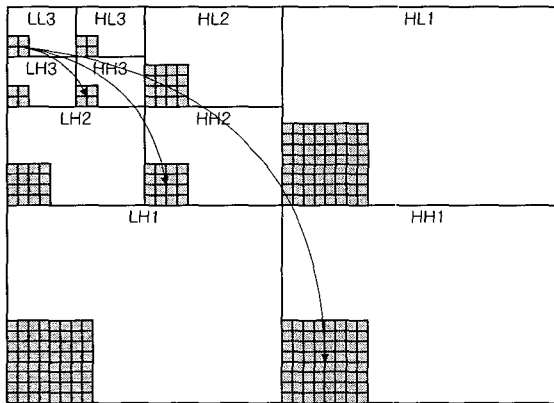


그림 4. 나머지 부밴드들의 영역 분류 방법  
Fig. 4. Classification method of other subbands.

3. 기준대역의 부호화

다른 대역과 해상도가 동일하고 대역간 상관성이 높은 대역을 기준대역으로 선택하기 위해 각 대역에 대하여 AREA-P의 웨이브릿 변환 후 각각의 부밴드에 대하여 계수들의 상관성을 구하여 평균을 취한 결과는 표 1에서와 같았고, 이 표에서와 같이 해상도가 동일하고 대역간 상관성이 높은 대역 2를 기준대역으로 선택하였다. 기준대역의 대역내 중복성을 제거하기 위해, 전체 화상의 화질에 큰 영향을 주고 에너지가 가장 높은 기저밴드의 웨이브릿 계수에 대해서는 영역별 스칼라 양자화를 행한다. 즉, 기저 밴드의 스칼라 양자화된 웨이브릿 계수  $\hat{W}_{ref}^{LL3}(c)$ 는

표 1. 대역간 상관 계수들의 평균치 행렬  
Table 1. Average value matrix of inter-channel correlation coefficients.

Band	1	2	3	4	5	6	7
1	1.000	0.906	0.889	0.177	0.468	0.286	0.635
2		1.000	0.950	0.212	0.544	0.260	0.671
3			1.000	0.199	0.521	0.280	0.683
4				1.000	0.554	0.115	0.256
5					1.000	0.252	0.835
6						1.000	0.324
7							1.000

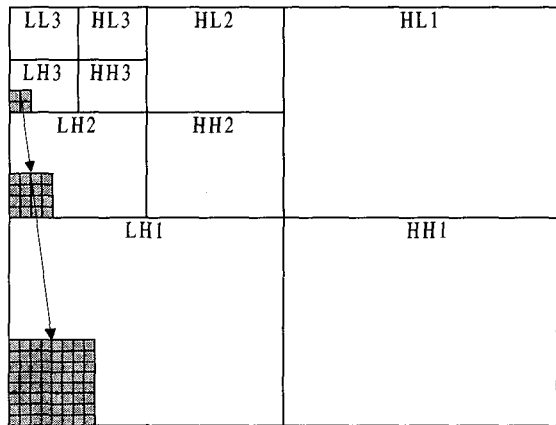


그림 5. 각 부밴드별 벡터 크기  
Fig. 5. Vector dimensions of each subband.

$$\hat{W}_{ref}^{LL3}(c) = SQ(W_{ref}^{LL3}(c)) \quad (10)$$

와 같다. 여기에서  $SQ(\cdot)$ 는 스칼라 양자화를,  $c$ 는 분류된 영역을 각각 나타낸다. 그리고 나머지 부밴드들은 영역별 벡터 양자화를 행한다. 이때 원영상을 웨이브릿 변환을 통하여 분해하면 각 레벨별로 공간해상도가 1/2씩 감소하기 때문에 각 레벨에 따라 벡터의 크기를 다르게 정하는 가변 벡터 양자화 (variable VQ)를 행한다. 레벨에 대한 벡터의 크기  $M_l$ 는

$$M_l = 2^{2(L+1-l)}, \quad l=1,2,\dots,L \quad (11)$$

이다. 여기서  $l$ 는 레벨, 그리고  $L$ 은 최종 레벨을 나타낸다. 3-level WT를 행할 때 각각의레벨에 따른 벡터의 크기와 레벨간의 연결관계는 그림 5에서와 같이 기저밴드를 제외한 3-level 계수는  $2 \times 2$ , 2-level 계수는 4

×4, 그리고 1-level 계수는 8×8의 벡터 크기로 영역별 가변 벡터 양자화를 행한다. 즉 영역별 벡터 양자화된 웨이브릿 계수,  $\hat{W}_{ref}^s(c)$ 는

$$\hat{W}_{ref}^s(c) = VQ(W_{ref}^s(c)) \quad (12)$$

와 같다. 여기에서  $VQ(\cdot)$ 는 벡터 양자화를,  $s$ 는 부밴드를 각각 나타낸다.

4. 예측 대역의 부호화

제안한 방법에서 사용되는 예측기는 선형 예측기의 확장된 형태를 가지며,  $b$ 대역의  $s$ 부밴드의 영역  $c$ 에 대한 예측 값,  $\hat{W}_b^s(c)$ 는

$$\hat{W}_b^s(c) = A_b^s(c) \hat{W}_{ref}^s(c) + B_b^s(c) \quad (13)$$

이다. 여기서 예측 계수  $A_b^s(c)$  및  $B_b^s(c)$ 는 각각

$$A_b^s(c) = \frac{cov(W_{ref}^s(c), W_b^s(c))}{var(W_{ref}^s(c))} \quad (14)$$

$$B_b^s(c) = E[W_b^s(c)] - A_b^s(c)(E[W_{ref}^s(c)]) \quad (15)$$

이다. 여기에서  $cov(\cdot)$ 는 공분산을,  $E[\cdot]$ 는 평균을 각각 나타낸다. 이와 같이 본 논문에서는 각각의 부밴드별로 영역별 특성에 맞는 예측 계수를 사용하므로, 화상 전체에 대하여 같은 예측 계수를 사용하는 기존의 방법에 비하여 더 정확한 예측을 행할 수 있다. 또한 예측 계수  $A_b^s(c)$  및  $B_b^s(c)$ 는 다른 지역적 특성을 지닌 여러 화상데이터로부터 추출된 고정된 계수이므로 예측을 위한 계산량 및 부가 정보는 불필요하다.

예측 대역에 있어서도 기저밴드는 에너지가 가장 많이 모여 있으며, 전체 화상의 화질에 결정적인 영향을 준다. 따라서 본 논문에서는 영역별 예측을 통하여 얻어진 기저밴드의 차계수값은 스칼라 양자화를 행한다.

대역  $b$ 의 기저밴드의 영역  $c$ 의 차계수  $D_b^{LL3}(c)$ 는

$$D_b^{LL3}(c) = \hat{W}_b^{LL3}(c) - (A_b^{LL3}(c) \hat{W}_{ref}^{LL3}(c) + B_b^{LL3}(c)) \quad (16)$$

와 같이 얻어지며, 이를 스칼라 양자화를 행한다.

예측을 통하여 생성된 기저밴드를 제외한 나머지 부밴드는 예측 블록들의 화질을 향상시키기 위해 오차 블록들에 대해서 선택적 벡터 양자화를 행한다. 이때 대역  $b$ , 부밴드  $s$ 의 오차 블록  $D_b^s$ 는

$$D_b^s = W_b^s(c) - \hat{W}_b^s(c) \quad (17)$$

이다. 이 오차 블록들은 대역간 상관성이 높고 해상도가 동일한 기준대역으로부터 만들어진 임계치 지도를 이용하여 활동도가 높은 블록들에 대해서만 선택적으로 벡터 양자화를 행한다. 이때, 활동도가 높은 블록들의 위치정보는 기준대역으로부터 얻어지는 임계치 지도를 이용한다. 이를 이용하므로 활동도가 낮은 블록에 대해서는 부호화에서 제외시킴으로써 화질의 열화가 거의 없이 많은 비트량의 감소를 이룰 수 있다. 또한 본 논문에서는 기존의 방법과 비트율을 맞추기 위하여 문턱값을 조정한다. 임계치 지도를 만드는 과정은 기준대역에서 각 부밴드별로 임계치 보다 높은 활동도를 갖는 블록에 대해서는 선택 부호(selective code)를 '1'로 설정하고 임계치 보다 낮은 활동도를 갖는 블록에 대해서는 '0'으로 설정함으로써 만든다.

이렇게 만들어진 기준대역으로부터의 임계치 지도는 그림 6에서와 같고, 이를 이용하여 선택 부호가 '1'로 설정된 블록에 대해서만 선택적으로 벡터 양자화를 행함으로써 별도의 부가 비트 전송 없이 부호화 할 수 있게 된다.

III. 실험결과 및 고찰



그림 6. AREA-P의 임계치 지도  
Fig. 6. THMAP of AREA-P.

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험에서는 Landsat TM으로부터 얻어진 512×400 화소의 크기와 256 단계의 회색준위를 가지는 AREA-P 화상 데이터를 사용하였다. 이 화상데이터는 대역 1, 2, 3, 4,

5 및 7은  $30 \times 30m$  해상도를 가지며 대역 6은  $120 \times 120m$  해상도를 가진다. 그리고 벡터 양자화, 영역 분류 대표값 및 예측 계수의 추출을 위하여 AREA-P를 제외한 다양한 영역의 3개 화상데이터를 혼련데이터로 사용하였다. 비교 실험에 사용된 AREA-P의 대역 2와 5의 화상은 그림 7에서와 같았다. 또한 본 논문에서 제안한 방법으로 분류된 영역은 그림 8에서와 같았다. 웨이브릿 변환에는 Antonini의 9/7-tap 쌍직교 필터<sup>[10]</sup> (biorthogonal filter)를 이용하여 3-level WT를 행하였다. 대역 2의 3-level WT를 한 후의 결과 영상이 그림 9에 나타나 있다. 웨이브릿 영역상에서 각 대역의 기저 밴드를 중심으로 영역 분류를 행한 후, 각 부밴드들 간의 상관성과 해상도를 고려하여 이를 확장하여 나머지 밴드들에 적용시킴으로써 영역 분류를 행한다. 그리고 영역 분류 정보를 이용하여 기준대역을 영역별 가변 벡터 양자화하여 우선 전송하고, 기준대역과 해상도가 동일한 나머지 대역은 기준대역으로부터 각 부밴드에 대한 영역별 예측 후, 기준대역으로부터 만들어진 임계치 지도에 따라 활동도가 높은 블록에 대해서만 선택적으로 벡터 양자화를 행하여 전송한다. 그리고, 해상도가 다른 대역 6은 독립적으로 웨이브릿 영역에서 단순 영역 분류 벡터 양자화하여 전송하였다.

기존의 FPVQ 및 대역간 상관성을 고려하지 않고 각 대역을 독립적으로 웨이브릿 변환한 후 VQ (WTVQ)한 결과와 제안한 방법에 의해 각각 복원되는 화상에 대한 비트율 및 PSNR은 표 II에서와 같고, 해상도가 다른 대역 6을 제외하고 공간 영역상에서 영역 분류를 행한 CKLT-DCT의 실험 결과는 표 III에서와 같다. 우선 표 II에서 보는 것처럼 FPVQ에 비해 제안한 방법이 비트율에서는 평균 0.048 bpp 정도가 감소했고, PSNR에서는 1.15 dB 정도가 증가했다. 또한 각각의 대역에 대해서도 유사한, 혹은 낮은 비트율에서 PSNR이 0.12~5.32 dB 정도로 모두 증가하였다. 또한 WTVQ에 비해서도 제안한 기법이 낮은 비트율에서 PSNR이 1.00 dB 정도 증가했다. 그리고 각각의 대역에 대해서도 유사한, 혹은 낮은 비트율에서 PSNR은 0.12~1.99 dB 정도로 모두 증가하였다. 표 III에서는 CKLT-DCT에 비해서 제안한 방법이 동일 비트율에서 평균 1.16dB 향상됨을 확인할 수 있었다.

이상의 결과에서 제안한 방법이 기존의 FPVQ 와 상관성을 고려하지 않은 단순 WTVQ 및 공간 영역상에서 영역 분류를 행한 CKLT-DCT에 대해서 대역내 및

대역간 존재하는 중복성을 효과적으로 제거하여 낮은 비트율에서 높은 화질을 얻음으로써 압축 효율이 우수함을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 웨이브릿 영역에서 영역 분류를 행한 후, 영역별 대역간 예측과 선택적 벡터 양자화를 이용한 다분광 화상 데이터 압축 기법을 제안하였다. 이 방법은 먼저 화상 데이터의 각 대역에 대한 반사 특성을 이용하여 웨이브릿 영역상에서 기저밴드를 중심으로 영역 분류를 행한 후, 이 영역 분류 정보를 이용하여 나머지 밴드들과의 상관성 및 해상도를 고려하여 나머지 부밴드들에 확장함으로써 영역 분류를 행하게 된다. 이를 이용하여 우선 공간적으로 가장 낮은 분산을 가지고 대역간 상관성이 크며 해상도가 유사한 기준대역을 웨이브릿 영역에서 영역별 가변 벡터 양자화를 행한다. 또한 나머지 각 대역은 기준대역로부터 각 부밴드에 대한 영역별 예측을 통하여 대역간 중복성을 제거하였다. 그리고 원 화상의 웨이브릿 계수와 예측 영상의 웨이브



(a)



(b)

그림 7. (a) 대역 2 및 (b) 대역 5 화상  
Fig. 7. (a) Channel 2 and (b) channel 5 images.

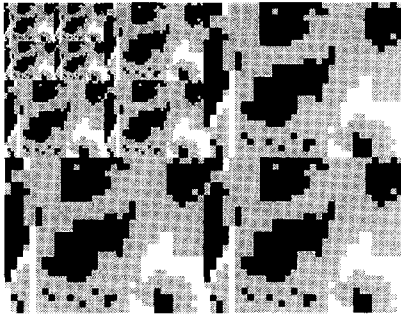
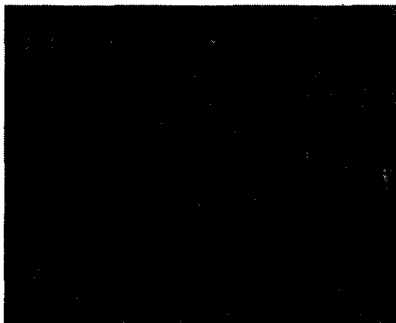


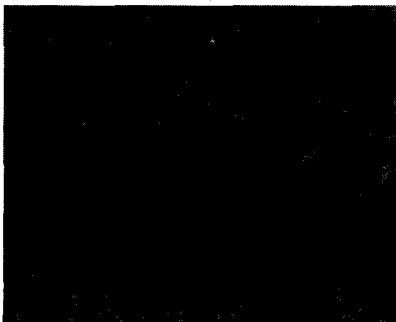
그림 8. 영역 분류된 AREA-P 영상  
Fig. 8. Classified region of AREA-P image.



그림 9. 3-level 웨이블릿 변환된 Channel 2 화상  
Fig. 9. 3-level wavelet transformed channel 2 image.



(a)



(b)

그림 10. (a) FPVQ 방법 및 (b) 제안된 방법에 의해 복원된 대역 5 화상  
Fig. 10. (a) Reconstructed channel 5 image by FPVQ method and (b) proposed method.

릿 계수 차이를 줄이기 위해 기준대역으로부터 만들어진 임계치 지도를 이용하여 선택적 벡터 양자화를 행함으로써 화질을 향상시켰다.

실제의 LANDSAT TM 센서로부터 얻은 화상데이터에 대하여 부호화 실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 기법에 비하여 더 우수함을 확인하였다.

표 2. FPVQ, WTVQ 및 제안한 방법에 의해 복원된 영상의 PSNR 과 비트율

Table 2. The PSNRs and bit rates of reconstructed image by FPVQ, WTVQ, and proposed method.

Band	FPVQ		WTVQ		Proposed	
	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]
1	0.318	35.75	0.334	34.74	0.299	36.44
2	0.500	38.64	0.460	38.64	0.451	38.76
3	0.286	35.30	0.324	33.59	0.285	35.58
4	0.498	31.57	0.453	32.17	0.430	32.31
5	0.515	29.64	0.449	29.09	0.438	30.30
6	0.313	42.37	0.261	47.23	0.199	47.69
7	0.367	33.97	0.402	33.01	0.326	34.27
AVG	0.394	35.32	0.389	35.49	0.346	36.47

표 3. CKLT-DCT 및 제안한 방법에 의해 대역 6을 제외한 복원된 영상의 PSNR 과 비트율

Table 3. The PSNRs and bit rates of reconstructed image except channel 6 by CKLT-DCT and proposed method.

Band	CKLT-DCT		Proposed	
	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]
1	-	34.07	0.299	36.44
2	-	38.08	0.451	38.76
3	-	33.66	0.285	35.58
4	-	30.03	0.340	31.71
5	-	30.99	0.528	31.08
7	-	34.06	0.326	34.27
AVG	0.371	33.48	0.371	34.64

참 고 문 헌

[1] P. M. Mather, *Computer processing of remotely sensed images*, John Wiley & Sons, 1987.  
[2] R. A. Schowengerdt, *Remote Sensing Models*



- and Methods for Image Processing*, Academic Press, 1997.
- [3] S. Gupta and A. Gersho, "Feature predictive vector quantization of multispectral images," *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, vol. 30. no. 3. pp. 491~501, May 1992.
- [4] J. Wang, K. Zhang, and S. Taeng, "Spectral and spatial decorrelation of Landat TM data for lossless compression," *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, vol. 33. no. 5. pp. 1277~1285, Sep. 1995.
- [5] G. Gelli and G. Poggi, "Compression of multispectral images by spectral classification and Transform Coding," *IEEE Trans. on Image Processing*. vol. 8. no. 4. Apr. 1999.
- [6] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zero trees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Image Processing*. vol. 41. pp. 3445~3462, Dec. 1993.
- [7] N. J. Fliege, "Multirate Digital Signal Processing," JOHN WILEY & SONS, 1993.
- [8] 오충석, 김영태, 고희화, "웨이브릿 변환 영역에서 부 밴드 상호 상관성을 이용한 영상 부호화," 대한전자공학회논문지 제 33권 B편 제 8호, pp. 89~95, 1996년 8월.
- [9] W. S. Chen, F. C. Ou, L. C. Lin, and C. Hsin, "Image coding using vector quantization with a hierarchical codebook in wavelet domain," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 1, pp. 36~45, Feb. 1999.
- [10] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. on Image Processing*. vol. 1. no. 2. pp. 205~220, Apr. 1992.

---

 저 자 소 개
 

---

## 石 政 燁(正會員)

1999년 2월 경북대학교 공과대학 전자전기 공학부 졸업 (공학사). 2001년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사), 2001년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정, 주관심 분야 : 영상신호처리 및 시스템 설계

## 朴 慶 南(正會員)

1992년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업 (공학사). 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1997년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 주관심 분야 : 영상신호처리 및 시스템 설계

## 潘 聲 元(正會員) 第36卷 S編 第4號 參照

## 金 秉 柱(正會員) 第36卷 S編 第4號 參照

## 金 榮 春(正會員) 第36卷 S編 第4號 參照

## 李 健 一(正會員) 第36卷 S編 第4號 參照

## 蔣 鍾 國(正會員)

1983년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1985년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1996년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사). 1993년 3월~1996년 2월 김천전문대학 전임강사. 1996년 3월~현재 영동대학교 전임강사 조교수. 주관심 분야 : 영상신호처리, 전자전기계측