

論文2001-38SP-11-12

# 가변 블록 벡터 양자화를 이용한 효율적인 다분광 화상 데이터 압축

## (Efficient Multispectral Image Compression Using Variable Block Size Vector Quantization)

潘聲元\*, 金秉柱\*, 石政燁\*, 權成根\*, 權奇九\*,  
金榮春\*\*, 李健一\*

(Seong-Won Ban, Byung-Ju Kim, Jung-Youp Suk, Seong-Geun Kwon,  
Kee-Koo Kwon, Young-Choon Kim and, Kuhn-Il Lee)

### 요 약

본 논문에서는 가변 블록 벡터 양자화를 이용한 효율적인 다중 분광 화상 데이터 압축 기법을 제안하였다. 이 방법에서는 먼저 공간적으로 가장 낮은 분산을 가지고 다른 대역과 상관성이 가장 큰 기준 대역을 웨이브릿 영역에서 가변 블록 벡터 양자화를 행하였다. 그리고 나머지 각 대역은 웨이브릿 영역에서 기준 대역으로부터 영역별 예측을 통하여 대역간 중복성을 제거하였다. 그리고 원 화상의 웨이브릿 계수와 예측 영상의 웨이브릿 계수의 차이를 줄이기 위해 오차 가변 블록 벡터 양자화를 행한다. 실제 원격 센싱된 인공위성 화상데이터에 대한 실험을 통하여 제안한 기법의 부호화 효율이 기존의 기법에 비하여 우수함을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we propose efficient multispectral image compression using variable block size vector quantization (VQ). In wavelet domain, we perform the variable block size VQ to remove intraband redundancy for a reference band image that has the lowest spatial variance and the best correlation with other band. And in wavelet domain, we perform the classified interband prediction to remove interband redundancy for the remaining bands. Then error wavelet coefficients between original image and predicted image are residual variable block size vector quantized to reduce prediction error. Experiments on remotely sensed satellite image show that coding efficiency of the proposed method is better than that of the conventional method.

### I. 서 론

지구 관측용 인공위성을 통하여 원격 감지 (remote

sensing)로 얻는 화상 데이터는 환경 조사, 기상 관측, 자원 탐사, 지도 작성, 또는 재해 상황 조사 등의 여러 분야에 이용됨<sup>[1]</sup>에 따라 원격 감지 관련 분야에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

인공 위성 화상 데이터는 일반적으로 여러개의 파장 대역으로 나뉘어져 수집되므로 파장 대역수 만큼의 화상 데이터를 갖는 다분광 데이터이다. 따라서 이를 전송, 저장해야할 화상 데이터의 양도 많으므로 인공위성에서 지상으로 화상 데이터를 실시간으로 전송 및 저장하기 위해서는 효율적인 압축 기술이 필요하다.<sup>[2]</sup>

데이터 압축에는 정보의 손실이 없는 무손실 압축이

\* 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 情報·電子工學部  
(School of Information and Electronic Engineering,  
Youngdong University)

接受日:2001年1月31日, 수정완료일:2001年10月8日

있으나, 일반적으로 압축 비율이 2:1을 넘기기 어려워 많은 양을 다루기에는 적합하지 않다. 반면에 손실 압축에서는 압축 비율을 10:1 이상까지 얻을 수 있으므로 인공위성 화상 데이터 기술에 많이 적용되고 있다.

인공위성 다분광 화상 데이터는 일반 화상과는 달리 같은 피사체를 파장 대역별로 얻는 것이므로, 공간적 (redundancy) 중복성과 분광적 중복성을 가진다. 따라서 다분광 화상 데이터 압축에서는 공간적으로 존재하는 대역내 (intraband) 중복성 및 분광적으로 존재하는 대역간 (interband) 중복성을 제거함으로써 압축 효율을 향상시킬 수 있고 이에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다.<sup>[4~8]</sup>

1995년 Wang 등<sup>[4]</sup>은 하나의 화소를 3차원 예측을 통하여 부호화하는 무손실 압축 방법을 제안하였으나, 이 방법에서는 화소단위로 예측함으로써 전송해야 할 정보량이 많아진다. 1992년 Gupta 등<sup>[5]</sup>은 분광적 특징 예측 벡터 양자화 (feature predictive VQ; FPVQ)를 통하여 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법에서는 대역단위의 예측이 부정확할 뿐만 아니라, 기준 대역에 대한 비트 양이 많아 부호화 효율이 저하된다. 또한 1999년 Gelli 등<sup>[6]</sup>은 분광적 영역 분류와 KLT-DCT를 이용한 손실 부호화(CKLT-DCT)를 제안하였으나, 픽셀단위로 분류된 영역 부가정보가 많은 단점이 있다.

웨이브릿 변환 (wavelet transform)을 이용한 화상 데이터의 압축에 대한 연구<sup>[9~12]</sup>가 지난 몇 년간 많은 관심을 받아왔다. 이러한 웨이브릿 변환은 시간과 주파수에 대한 국부성 (locality)을 가지고 신호를 표현할 수 있기 때문에 비정상 과정 (nonstationary process)을 가지는 영상신호를 해석하는 데 유리하고, 변환 영역이 인간의 시각 특성과 비슷한 다중 해상도 (multiresolution)로 표현되는 장점을 갖는다. 그리고 웨이브릿 변환후 웨이브릿 계수 (wavelet coefficient)를 벡터 양자화하는 방법에 있어서도 최근 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>[13~14]</sup>

2000년 반 등<sup>[15]</sup>은 웨이브릿 영역에서의 영역별 대역간 예측과 벡터 양자화(classified interband prediction

and vector quantization in wavelet domain; WD-CPVQ)를 이용하여 대역내 및 대역간 중복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 웨이브릿 영역에서 데이터의 통계적 특성과 무관하게 각 밴드별로 고정된 블록 크기의 벡터 양자화를 행함으로써 벡터 양자화의 효율이 떨어졌다. 벡터 양자화에서 벡터 크기를 감소시키면 부호화 오차는 줄어들지만, 비트율도 증가하게 된다. 반면에 벡터 크기를 증가시키면 비트율은 감소하나 화질이 현저히 저하되고, 화질을 유지하기 위해 코드북 (codebook)의 크기를 증가시켜야 하므로 압축 효율이 떨어진다.

본 논문에서는 웨이브릿 영역에서 각 밴드의 통계적 특성을 이용하여 가변 블록 벡터 양자화를 행함으로써 벡터 양자화의 효율을 높이는 방법을 제안하였다. 먼저 제안한 방법에서는 공간적 분산이 작고 분광적 상관성이 큰 기준대역 (reference band)을 중심으로 대역별 특성에 따라 블록 단위의 분광적 영역 분류를 행한다. 그리고 각각의 대역에 대하여 웨이브릿 변환을 행한 후, 기준 대역을 가변 블록 벡터 양자화 하여 전송하였다. 또한 기준 대역과의 대역간 상관성이 큰 대역들에 대해서는 영역별 대역간 예측을 행한 후 오차 영상(residual image)에 대한 오차 가변 블록 벡터 양자화로 부호화를 행한다. 즉, 이 기법에서는 각 대역에 대해 웨이브릿 영역에서 가변 블록 벡터 양자화를 함으로써 대역내 중복성을 효과적으로 제거하고, 영역별 대역간 예측을 행함으로써 다분광 화상데이터에 존재하는 대역간 중복성을 제거하여 압축효율을 향상시킨다.

실제의 인공위성 다분광 화상데이터에 대한 압축 실험을 통하여 제안 기법이 기존의 기법에 비하여 낮은 비트율에서 좋은 화질을 얻을 수 있음을 확인하였다.

## II. 이 론

본 논문에서는 제안한 압축 기법은 그림 1에서의 같이 먼저 대역별 특성에 따라 분광적으로

영역 분류를 행하고, 각 대역을 웨이브릿 변환을 행한다. 그리고 기준 대역을 통계적 특성에 따라 가변 블록

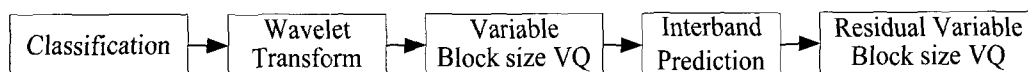


그림 1. 제안한 방법의 블록선도

Fig. 1. Block diagram of proposed method.

벡터 양자화를 행한 후, 다른 대역을 영역별로 예측한다. 그리고 예측 영상과 원영상과의 오차 영상에 대하여 가변 블록 벡터 양자화를 행함으로써 화질을 향상시킨다.

1. 인공위성 화상 데이터의 영역분류

인공위성으로부터 원격 센싱되어 얻어지는 화상데이터는 그림 2에서와 같이 공간적으로 2차원 및 분광적으로 1차원의 3차원 구조를 가진다. 이 경우 다분광 화상데이터  $X$ 는

$$X = \{ X_1, X_2, \dots, X_n \} \quad (1)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서  $n$ 은 대역의 수를,  $X_n$ 은 대역  $n$ 의 화상을 각각 나타낸다. 이 그림에서  $x_n(i, j)$ 는 대역  $n$ 의  $(i, j)$ 번째 위치의 화소값을 각각 나타낸다. 또한 다분광 화상 데이터  $X$ 의 각 대역 화상에서의 동일한  $(i, j)$ 번째 위치의 화소들의 화소 벡터  $X(i, j)$ 는

$$X(i, j) = \{ x_1(i, j), x_2(i, j), \dots, x_n(i, j) \} \quad (2)$$

로 나타낼 수 있다.

인공위성으로부터 얻는 화상데이터는 일반적으로 지표대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사 특성에 따라 수집된다. 지표대상물이 물 (water) 영역의 경우에는 가시 영역에서는 높은 반사 특성을 보이고 적외선 영역으로 갈수록 낮은 반사 특성을 보이는 반면, 삼림 (forest) 영역의 경우에는 가시 영역보다는 적외선 영역에서 높은 반사 특성을 보인다.<sup>[1]</sup> 즉 각 화소 벡터  $X(i, j)$ 는 반사 특성에 의해 영역별로 다른 값들로 이루어지며, 이 벡터들을 그룹화 (grouping) 또는 클러스터화 (clustering)의 반복 수행 (iteration)에 의하여 영역 기준값을 얻을 수 있다.<sup>[2]</sup> 원격 감지된 화상데이터들로부터 제안한 영역 분류를 행한후 얻어진 4개의 영역 기준값은 표 I에서와 같이 각 영역의 기준값이 영역에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

이렇게 얻어진 기준값을 기준으로 화소  $X(i, j)$ 의 영역  $C(i, j)$ 는

$$C(i, j) = \arg [ \min ( \sum_{k=1}^4 | x_k(i, j) - C_k^1 |^2, \sum_{k=1}^4 | x_k(i, j) - C_k^2 |^2, \sum_{k=1}^4 | x_k(i, j) - C_k^3 |^2, \sum_{k=1}^4 | x_k(i, j) - C_k^4 |^2 ) ] \quad (3)$$

로 결정된다. 여기서  $k$ 는 대역의 수를 나타낸다.

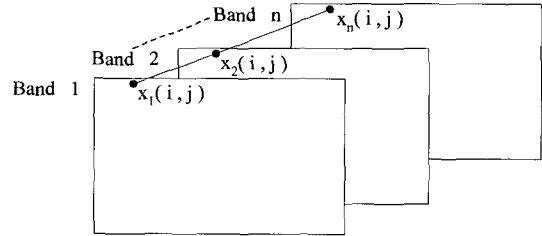


그림 2. 다분광 화상데이터의 구조  
Fig. 2. Structure of multispectral image data.

이렇게 얻어진 공간상의 영역 분류는 웨이브릿 영역에서의 공간 해상도를 고려하여 그룹화를 하게 된다.  $k \times k$  블록에 대한 대표 영역은 블록내의 각 화소들의 영역중에 가장 많은 영역으로 결정한다. 즉, 화상내에서  $(h, v)$ 번째  $k \times k$  블록에 대한 대표 영역  $C_k$ 는

$$C_k = \max [ \text{Number of } C(v+m, h+n), 0 \leq m, n < k ] \quad (4)$$

와 같이 결정된다.

본 논문에서는 대역내 중복성을 제거하기 위하여 각 대역별로 3 레벨 웨이브릿 변환을 행하였다. 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 가지므로 고주파 성분에 대해서는 짧은 기저함수를 사용하여 주파수 해상도를 줄이는 대신 공간 해상도를 좋게 하는 장점이 있다.

2. 기준 대역의 부호화

기준 대역의 대역내 중복성을 제거하기 위하여, 화상의 화질에 큰 영향을 주는 에너지가 가장 높은 기저밴드 (base band)의 웨이브릿 계수에 대해서는 영역별 스칼라 양자화 (scalar quantization)를 행한다. 즉 기저밴드의 스칼라 양자화된 웨이브릿 계수  $\hat{W}_{ref}^b$ 은

$$\hat{W}_{ref}^b = SQ(W_{ref}^b) \quad (5)$$

와 같다. 여기서  $SQ(\cdot)$ 는 스칼라 양자화[3]을 나타낸다.

표 1. 각 영역별 회색준위 기준값  
Table 1. Reference values of gray level in each classified region.

Band	1	2	3	4	5	7
$C_1$	106.1	48.5	57.3	59.3	86.0	48.2
$C_2$	79.0	34.5	31.1	99.0	85.0	28.5
$C_3$	82.5	35.6	32.2	11.5	7.3	3.6
$C_4$	74.4	30.3	26.8	64.4	55.3	19.0

그리고 나머지 부밴드의 웨이브릿 계수들은 통계적 특성에 따른 가변 블록 벡터 양자화를 행한다. 웨이브릿 영역의 각 부밴드는 고주파 성분에 따라 큰 계수값들이 분포되어 있어 고정된 블록 크기의 벡터 양자화를 행할 때 압축 효율이 떨어지게 된다.

따라서 본 논문에서는 각 블록의 분산을 이용하여 그림 3에서와 같이 가변 블록 벡터 양자화를 행하였다. 즉 블록내의 분산이 일정한 문턱값 (threshold; TH)보다 클 경우에는 4개의 부분력 (subblock)으로 나누어 벡터 양자화를 행하고 분산이 작을 경우에는 원블록 (original block)으로 벡터 양자화를 한다. 이때 원영상을 웨이브릿 변환을 통하여 분해하면 각 레벨별로 공간해상도가 1/2씩 감소하기 때문에 각 레벨에 따라 기본 벡터의 크기를 다르게 정하였다. 즉 레벨에 대한 기본 벡터의 크기  $M_l$ 는

$$M_l = 2^{2(L+1-l)} \quad \text{where } l=1,2,\dots,L \quad (6)$$

와 같다. 여기서  $M_l$ 는 각 레벨에 따라 벡터를 형성하는 웨이브릿 계수의 개수를 나타내고,  $l$ 는 레벨, 그리고  $L$ 은 최종 레벨을 각각 나타낸다. 3 레벨 WT를 행할 때 각각의 레벨에 따른 벡터의 크기와 레벨간의 연결관계는 그림 4에서와 같이 기저 밴드를 제외한 3 레벨 계수는  $2 \times 2$ , 2 레벨 계수는  $4 \times 4$ , 그리고 1 레벨 계수는  $8 \times 8$ 의 블록 크기로 각각 벡터 양자화를 행한다. 또한 원블록내의 분산에 따라 부분력의 크기는 3 레벨 계수는  $1 \times 1$ , 2 레벨 계수는  $2 \times 2$ , 그리고 1 레벨 계수는  $4 \times 4$ 의 벡터 크기로 각각 벡터 양자화를 행한다. 즉 벡터 양자화 웨이브릿된 계수  $\hat{W}_{ref}^s(c)$ 는

$$\begin{aligned} \text{IF } (VAR < TH) \quad & \hat{W}_{ref}^s(c) = VQ_1(W_{ref}^s(c)) \\ \text{ELSE} \quad & \hat{W}_{ref}^s(c) = VQ_2(W_{ref}^s(c)) \end{aligned} \quad (7)$$

와 같다. 여기에서 VAR는 분산,  $VQ_1(\cdot)$ 는  $k \times k$  벡터 양자화를,  $VQ_2(\cdot)$ 는  $k/2 \times k/2$  벡터 양자화를,  $s$ 는 부밴드를 각각 나타낸다. 그리고 벡터 양자화는 일관화된 Lloyd 알고리즘 (Generalized Lloyd Algorithm)<sup>[3]</sup>을 이용하였다.

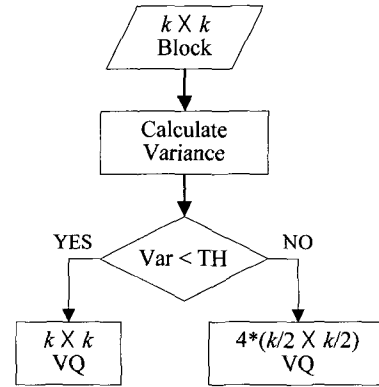


그림 3. 가변 블록 벡터 양자화의 흐름도  
Fig. 3. Flowchart of variable block size VQ.

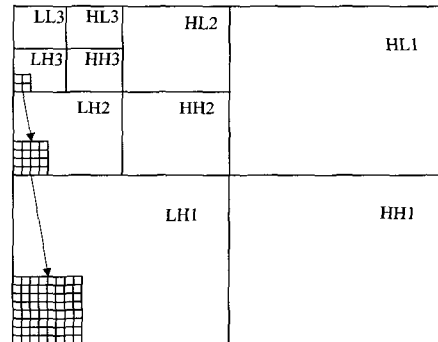


그림 4. 각 부밴드별 벡터 크기  
Fig. 4. Vector dimension of each subband.

### 3. 예측 대역의 부호화

#### (1) 영역별 대역 예측

기준 대역을 제외한 다른 대역의 부호화에서는 대역간 중복성을 제거하기 위하여 양자화된 기준 대역을 이용하여 기저밴드는 기준 대역으로부터의 영역별 예측을 통한 스칼라 양자화를 행하고, 다른 부밴드들은 영역별 예측 벡터 양자화를 행한다.

제안한 방법에서 사용되는 예측기는 선형 예측기의 확장된 형태를 가지며,  $m$  대역의  $s$  부밴드의 영역  $c$ 에 대한 예측값  $\hat{W}_m^s(c)$ 는

$$\hat{W}_m^s(c) = A_m^s(c) \hat{W}_{ref}^s(c) + B_m^s(c) \quad (8)$$

와 같다. 여기서 계수  $A_m^s(c)$  및  $B_m^s(c)$ 는 각각

$$A_m^s(c) = \frac{cov(W_{ref}^s(c), W_m^s(c))}{var(W_{ref}^s(c))} \quad (9)$$

$$B_m^s(c) = E[W_m^s(c)] - A_m^s(c)(E[W_{ref}^s(c)]) \quad (10)$$

와 같다. 여기에서  $cov(\cdot)$ 는 공분산,  $E[\cdot]$ 는 평균을 각각 나타낸다. 예측 계수  $A_m^s(c)$  및  $B_m^s(c)$ 는 다른 지역적 특성을 지닌 여러 화상 데이터로부터 추출된 고정된 계수이므로 예측을 위한 추가 정보는 불필요하다. 또한 각 부밴드에 대하여 각각의 특성에 맞는 예측 계수를 사용하므로, 정확한 예측을 할 수 있다.

(2) 기저밴드 부호화

웨이브릿 변환 영역에서 기저밴드는 에너지가 가장 많이 모여 있으며, 전체 화상의 화질에 결정적인 영향을 준다. 따라서 본 논문에서는 예측을 통하여 얻어진 기저밴드의 차계수값은 스칼라 양자화를 행한다.

대역  $m$ 의 기저밴드의 영역  $c$ 의 차계수  $D_m^b(c)$ 는

$$D_m^b(c) = \hat{W}_m^b(c) - (A_m^b(c) \hat{W}_{ref}^b(c) + B_m^b(c)) \quad (11)$$

와 같이 얻어지며, 이를 스칼라 양자화를 행한다.

(3) 나머지 부밴드의 오차 벡터 양자화

예측을 통하여 생성된 기저밴드를 제외한 나머지 부밴드는 예측 블럭의 화질을 향상시키기 위해 오차 벡터 양자화를 행한다. 이때 대역  $m$ , 부밴드  $s$ 의 오차 블럭  $D_m^s$ 는

$$D_m^s = W_m^s(c) - \hat{W}_m^s(c) \quad (12)$$

와 같다. 그리고 비트율과 화질 향상의 상관성을 고려하여 일정한 문턱값을 기준으로 문턱값 이상의 오차를 가지는 블럭만을 양자화하게 된다. 각 블럭에 대한 오차의 크기  $\|D_m^s(i, j)\|^2$ 는

$$\|D_m^s(i, j)\|^2 = \sum_{v=0}^{k-1} \sum_{u=0}^{k-1} |D_m^s(i+v, j+u)|^2 \quad (13)$$

와 같다. 즉,  $\|D_m^s(i, j)\|^2$ 이 문턱값보다 크다면 그림 3에서와 같이 가변 블럭 벡터 양자화를 행하고, 그렇지 않다면 행하지 않으므로서 화질을 향상시킨다. 그리고 이 문턱값은 비트율과 웨이브릿 영역의 에너지 분포에

따라 가변적으로 적용하여 부호화 효율을 높인다. 또한 본 논문에서는 기존의 방법과 비트율을 같게 하기 위하여 문턱값을 조정하였다.

이상에서 제안한 웨이브릿 영역에서의 영역별 대역간 예측과 가변 블럭 벡터 양자화를 이용한 방법은 각 대역별 특성에 따른 예측 계수를 통하여 정확한 예측을 하고 가변 블럭 벡터화로 양자화기의 효율을 높임으로서 대역내 및 대역간 존재하는 중복성을 효과적으로 제거하여 압축 효율을 향상시킬 수 있다.

### III. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험에서는 Landsat TM으로부터 얻어진  $512 \times 512$  화소의 크기, 256 단계의 회색준위를 가지는 AREA-PI 화상데이터를 사용하였다. 비교 실험에 사용된 AREA-PI의 대역 2와 대역 4의 화상은 그림 5에서와 같았다. 또한 본 논문에서 제안한 방법으로 분류된 영역은 그림 6과 같다.

웨이브릿 변환에는 Antonini의 9/7-tap 필터<sup>[10]</sup>를 이용하여 3 레벨 WT를 행하였다. Antonini의 9/7-tap 필터는 Daubechies 필터<sup>[9]</sup>와 달리 영상의 경계 영역에서 대칭 확장(symmetric extension)을 사용할 수 있어서 공간상에서의 영역 분류를 웨이브릿 영역에 적용시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 대역 2의 3 레벨 WT를 한 후의 결과 영상은 그림 7에서와 같다. 대역간 상관성이 높은 대역을 기준 대역으로 선택하기 위해 각 대역에 대하여 AREA-PI의 웨이브릿 변환 후 각각의 부밴드에 대하여 계수들의 상관성을 구하여 평균을 취한 결과는 표 II에서와 같았다. 이 표에서와 같이 대역간 상관성이 높은 대역 2를 기준 대역으로 선택하였다. 기준 대역을 웨이브릿 변환 후 기저밴드는 일반 스칼라 양자화를 행하고, 다른 밴드는 가변 블럭 벡터 양자화하여 전송한다. 그리고 나머지 대역은 기준 대역으로부터 예측후, 오차 가변 블럭 벡터 양자화를 하여 전송한다. 또한 공간 해상도가 다른 대역 6은 대역내 가변 블럭 벡터 양자화하여 전송한다. 그리고 문턱값은 각 밴드의 평균 분산값을 적용하였을 때 낮은 비트율과 높은 화질이 실험적으로 나타났고, 실제 실험에서는 실제 비교 방법과의 비트율을 고려하여 조절하였다. 또한 문턱값에 따른 가변 블럭의 추가 정보는 비트율에 반영하였다.

기존의 FPVQ 및 대역간 상관성을 고려하지 않고 각 대역을 독립적으로 웨이브릿 변환한 후 VQ (WTVQ) 한 결과와 제안한 기법에 의해 각각 복원되는 화상에 대한 비트율 및 PSNR은 표 III에서와 같았다. FPVQ에 비해 제안한 방법이 비트율에서는 평균 0.046 bpp 정도가 감소했고, PSNR에서는 1.55 dB 정도가 증가했다. 또한 각각의 대역에 대해서도 유사한, 혹은 낮은 비트율에서 PSNR은 0.59~5.12 dB 정도로 모두 증가하였다. 또한 WTVQ에 비해 제안한 기법이 비슷한 비트율에서는 PSNR에서는 0.83 dB 정도가 증가했다. 그리고 각각의 대역에 대해서도 유사한, 또는 낮은 비트율에서 PSNR은 0.46~2.52 dB 정도로 모두 증가하였다.

그리고 최근의 CKLT-DCT 및 WD-CPVQ 방법에 의해 각각 복원되는 대역 6을 제외한 화상에 대한 비트율 및 PSNR은 표 IV에서와 같았다. CKLT-DCT에 비해 제안한 방법은 비슷한 비트율에서 평균 PSNR 1.57 dB 증가하였다. 각 대역도 0.21~3.03 dB 증가하였다. 또한 고정 블록 벡터 양자화를 적용한 WD-CPVQ에 비해 제안한 방법이 비슷한 비트율에서 평균 0.83 dB 증가하였고 각각 대역에 대해서도 유사한, 혹은 낮은 비트율에서 PSNR은 0.53~1.21 dB 증가하였다.

기존의 방법과 제안된 방법에 의해 복원된 대역 4 화상은 그림 8에서와 같았다. 이 복원 영상에서 보는 것과 같이 제안된 방법에 의해 복원된 영상이 기존의 방법에 의해 복원된 영상보다 화질면에서 우수하며, 특히 시가지 영역과 산림 영역에서의 복잡하고 세밀한 영역까지 우수하게 복원됨을 알 수 있다.

이상의 결과에서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 대역내 및 대역간 존재하는 중복성을 효과적으로 제거하여 낮은 비트율에서 높은 화질을 얻음으로써 압축 효율이 우수함을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

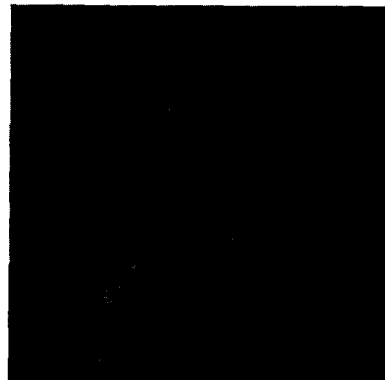
본 논문에서는 웨이브릿 영역에서 가변 블록 벡터 양자화를 이용한 다중 분광 화상데이터 효율적인 압축 기법을 제안하였다. 이 방법은 먼저 화상데이터에서 각 밴드의 반사 특성을 이용하여 영역 분류를 행한 후, 공간적으로 가장 낮은 분산을 가지는 기준 밴드를 웨이브릿 영역에서 통계적 특성에 따른 가변 블록 벡터 양자화를 행한다. 또한 나머지 각 밴드는 웨이브릿 영역에서 기준 밴드로부터 영역별 예측을 통하여 계수들을

예측하여 대역간 중복성을 제거하였다. 그리고 원 화상의 웨이브릿 계수와 예측 영상의 웨이브릿 계수 차이를 줄이기 위해 오차 가변 블록 벡터 양자화를 행하여 화질을 향상시킨다.

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



(a)



(b)

그림 5. (a) 대역 2 및 (b) 대역 4 화상

Fig. 5. (a) Band 2 and (b) Band 4 image.



그림 6. AREA-P 영상의 분류 영역

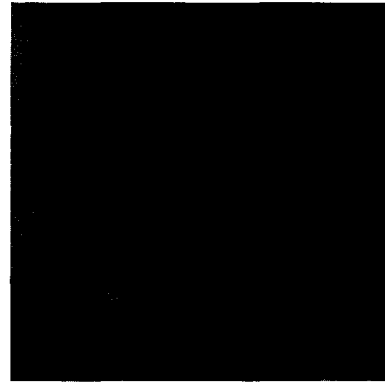
Fig. 6. Classified region of AREA-P image.



그림 7. 3 레벨 웨이브릿 변환된 Band 2 화상  
Fig. 7. 3-level Wavelet transformed Band 2 image.

표 2. 각각의 부밴드에 따른 대역간 상관계수들의 평균치 행렬  
Table 2. Interband average correlation coefficient matrix.

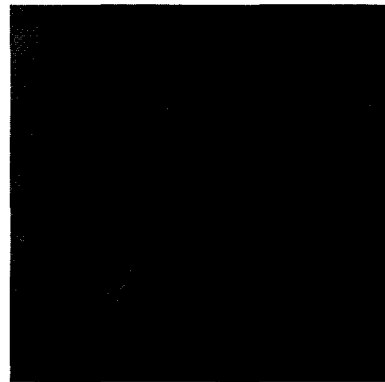
Band	1	2	3	4	5	6	7
1	1.000	0.906	0.889	0.177	0.468	0.286	0.635
2		1.000	0.950	0.212	0.544	0.260	0.671
3			1.000	0.199	0.521	0.280	0.683
4				1.000	0.554	0.115	0.256
5					1.000	0.252	0.835
6						1.000	0.324
7							1.000



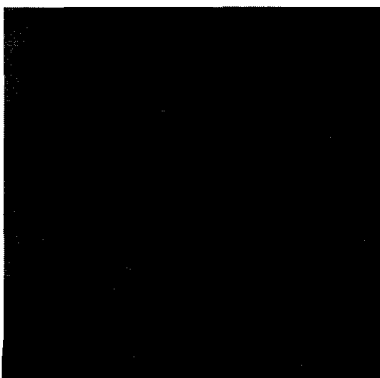
(b)



(c)



(d)



(a)

그림 8. (a) FPVQ 방법, (b) WTVQ 방법, (c) CKLT-DCT 방법 및 (d) 제안된 방법에 의해 복원된 대역 4 화상

Fig. 8. Reconstructed band 4 image by (a) FPVQ method, (b) WTVQ method, (c) CKLT-DCT method, and (d) proposed method.

표 3. AREA-P 화상에 대한 기존의 방법과 제안된 방법의 성능 비교

Table 3. Performance comparison of proposed method against the conventional method.

Band	FPVQ		WTVQ		Proposed	
	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]
1	0.309	35.87	0.334	34.74	0.291	37.17
2	0.500	38.80	0.460	38.64	0.503	40.03
3	0.289	35.33	0.324	33.59	0.271	36.11
4	0.493	31.65	0.453	32.17	0.426	32.48
5	0.512	29.85	0.449	29.09	0.449	30.81
6	0.313	42.57	0.261	47.23	0.199	47.69
7	0.358	34.02	0.402	33.01	0.335	34.61
Avg.	0.396	35.44	0.389	35.49	0.350	36.99

표 4. 대역 6을 제외한 AREA-P 화상에 대한 기존의 방법과 제안된 방법의 성능 비교

Table 4. Performance comparison of proposed method against the conventional method except band 6.

Band	CKLT-DCT		WD-CPVQ		Proposed	
	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]
1	-	34.14	0.287	36.34	0.291	37.17
2	-	38.18	0.497	38.82	0.503	40.03
3	-	33.73	0.273	35.25	0.271	36.11
4	-	30.94	0.434	31.83	0.426	32.48
5	-	31.08	0.466	30.48	0.505	31.29
7	-	34.17	0.359	34.08	0.335	34.61
Avg.	0.387	33.71	0.386	34.45	0.388	35.28

## 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] A. Gersho and R. Gray, *Vector Quantization and Signal Compression*, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [4] J. Wang, K. Zhang, and S. Taeng, "Spectral and spatial decorrelation of Landsat TM data for lossless compression," *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, vol.33, no.5, pp.1277-1285, Sept. 1995.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 김영춘, 반성원, 김종근, 서용수, 이진일, "영역 분류 벡터양자화를 이용한 다중분광 화상데이터 압축," *대한전자공학회지*, 제 33권 B편 제 8호, pp. 42-49, 1996년 8월.
- [8] 김영춘, 이진일, "영역 분류 및 대역간 상관성을 이용한 원격 센싱된 위성 화상 데이터의 부호화," *한국통신학회논문지*, 제 2권 제 8호, pp. 172-



- 1732, 1997년 8월.
- [9] N. J. Fliege, *Multirate Digital Signal Processing*, John Wiley & Sons, 1993.
  - [10] I. Daubechies, "The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis," *IEEE Trans. on Information Theory*, vol.36, no.5, pp.961-1005, Sep. 1990.
  - [11] 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.
  - [12] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zero trees of Wavelet Coefficients," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
  - [13] W. S. Chen, F. C. Ou, L. C. Lin, and C. Hsin, "Image Coding using Vector Quantization with a Hierarchical Coodbook in Wavelet domain," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol.45, no.1, pp.36-45, Feb. 1999.
  - [14] 반성원, 김병주, 김경규, 정원식, 김영춘, 이진일, "웨이브릿 변환과 선택적 예측 벡터 양자화 기법," *대한전자공학회논문지*, 제36권 제 s호, pp. 38-44, 1999년 4월
  - [15] 반성원, 권성근, 이종원, 박경남, 김영춘, 장종국, 이진일, "웨이브릿 영역에서의 영역 별 대역간 예측과 벡터 양자화를 이용한 다분광 화상데이터의 압축," *한국통신학회논문지*, 제 25권 제 18호, pp. 120-127, 2000년 1월

저 자 소 개

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

石 政 燁(正會員) 第38卷 SP編 第 4 號 參照

權 成 根(正會員) 第37卷 SP編 第 3 號 參照



權 奇 九(正會員)

1997년 2월 인제대학교 공과대학 전자공학과 졸업 (공학사), 2000년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사), 2000년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

정, 주관심 분야 : 영상신호처리 및 컴퓨터 비전

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