

논문 99-8-2-05

## 에지 영역 보상을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상의 대역간 벡터양자화 반성원\*, 김영춘\*\*, 이건일\*

### Interband Vector Quantization of Remotely Sensed Satellite Image Using Edge Region Compensation

Seong-Won Ban\*, Young-Choon Kim\*\* and Kuhn-Il Lee\*

#### 요약

본 논문에서는 에지 영역 보상을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상의 대역간 벡터양자화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 인공위성 화상데이터의 분광적 반사 특성에 따라 각 화소벡터를 분류한 후, 각 분류영역에 대하여 대역내 및 대역간 중복성을 각각 제거하기 위하여 분류영역별 대역내 벡터양자화 및 분류영역별 대역간 벡터양자화를 행한다. 에지영역의 경우에 주변블럭의 영역정보 및 양자화된 기준대역의 화소값을 이용하여 에지영역을 보상한다. 그후, 대역간 중복성을 효과적으로 제거하기 위하여 보상된 영역정보를 이용하여 분류영역별 대역간 벡터양자화를 행한다. 실제 원격 센싱된 인공위성 화상데이터에 대한 실험을 통하여 제안한 기법의 부호화 효율이 기존의 기법에 비하여 우수함을 확인하였다.

#### Abstract

In this paper, we propose interband vector quantization of remotely sensed satellite image using edge region compensation. This method classifies each pixel vector considering spectral reflection characteristics of satellite image data. For each class, we perform classified intraband VQ and classified interband VQ to remove intraband and interband redundancies, respectively. In edge region case, edge region is compensated using class information of neighboring blocks and gray value of quantized reference band. Then we perform classified interband VQ to remove interband redundancy using compensated class information, effectively. Experiments on remotely sensed satellite image show that coding efficiency of the proposed method is better than that of the conventional method.

#### 1. 서론

지구 관측용 인공위성에 장착된 센서로부터 원격 센싱(remote sensing)되어 얻어지는 화상데이터는 환경 조사, 기상 관측, 자원 탐사, 지도 작성 및 재해 조사 등의 여러 분야에 이용되고 있다.<sup>[1][2]</sup> 최근 이들 원

격 센서의 발달과 더불어 화상데이터의 양이 급격하게 증가함에 따라 이러한 많은 양의 화상데이터를 효율적으로 저장하거나 전송하는 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[3][8]</sup>

\* 경북대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

\*\* 영동대학교 전자공학부(School of Electronic Eng., Youngdong Univ.)

<접수일자 : 1998년 9월 28일>

현재 주요 지구 관측용 인공위성으로는 미국의 LANDSAT-5 및 NOAA-11, 일본의 JERS-1 및 프랑스의 SPOT-3 등이 있으며, 이들에는 TM, MSS, HRV, AVHRR, OPS 및 HRV 등 여러 센서들이 장착되어 많은 양의 화상데이터를 얻고 있다.<sup>[6]</sup> 이때 지표 대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가시 대역 및

적외선 대역 등의 여러 개의 파장 대역별로 나뉘어져 동시에 수집되는 다분광 화상데이터 (multispectral image data)로서, 공간적으로 뿐만 아니라 분광적으로도 많은 중복성(redundancy)을 가지기 때문에 공간적으로 존재하는 대역내 (intraband) 중복성 및 분광적으로 존재하는 대역간 (interband) 중복성을 제거시킴으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.<sup>[3], [8]</sup>

Gupta 등<sup>[7]</sup>은 예측 벡터양자화 기법 (predictive VQ; PVQ)을 제안하였다. 이 기법에서는 먼저 대역간 상관성이 가장 높은 하나의 기준 대역 (reference band)은 부블럭 단위로 부호화하고, 이로부터 나머지 대역을 예측하였다. 그러나 이 기법에서는 대역 단위로 예측함으로써 예측 계수에 대한 전송 정보량은 적어지지만, 도시지역과 같이 다양한 종류의 영역으로 구성된 화상에 대하여는 예측이 부정확하여 부호화 효율이 저하된다.

본 논문에서는 에지 영역 보상을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상의 대역간 벡터양자화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 먼저 각 화소벡터를 유사한 반사 특성을 가지는 영역으로 분류하여 블럭별로 대표영역을 결정하여 수신측에 전송한다. 이 영역정보를 이용하여 기준대역에 대해서 분류영역별 대역내 벡터양자화를 행하여 대역내 중복성을 제거시킨다. 대역간 중복성을 제거시키기 위하여 나머지 대역들에 대해서 분류영역별 대역간 벡터양자화를 행한다. 이때 양자화된 기준대역의 화소값 및 주변블럭의 영역정보를 이용하여 에지 영역에 대한 영역정보를 보상하여 이 보상된 영역에 대하여 대역간 벡터양자화를 행함으로써 대역간 중복성을 효율적으로 제거시킨다. 따라서 블럭단위로 영역정보를 전송함으로써 전송정보의 양을 감소시키고 보다 정확한 영역을 보상함으로써 부호화 효율을 향상시킨다. 제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 실제의 LANDSAT TM 센서로부터 얻은 화상데이터에 대하여 부호화 실험을 행하여 기존의 기법과 비교하였다. 그 결과 제안한 기법이 기존의 기법에 비하여 적은 계산량으로 동일한 비트율에서 화질을 향상시킴으로써 우수한 부호화 기법임을 확인하였다.

## III. 원격 센싱된 인공위성 화상의 영역 분류

### 1. 인공위성 화상데이터의 표현

인공위성으로부터 원격 센싱되어 얻어지는 화상대

이타는 그림 1에서와 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 나타낸다. 그림에서  $M$  및  $N$ 은 각각 화상의 수평 및 수직 방향의 화소수를,  $x_n(i, j)$ 는 대역  $n$ 의  $(i, j)$ 번째 위치의 화소값을 나타낸다. 또한 다분광 화상데이터  $X$ 의 각 대역 화상에서의 동일한  $(i, j)$ 번째 위치의 화소들인 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.

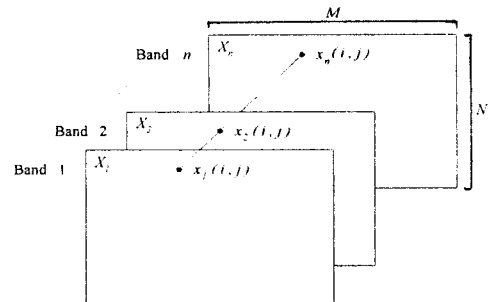


그림 1. 다분광 화상데이터의 구조

Fig. 1. Structure of multispectral image data.

### 2. 영역 분류

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> 따라서 물, 삼림 및 시가지 등의 많은 영역이 혼재해 있는 도시지역과 같은 화상인 경우에는 기존의 기법들은 이러한 지표대상물의 특성을 반영하지 않음으로써 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 충분히 제거시키지 못하였다.<sup>[7]</sup>

본 논문에서는 지표대상물의 대역별 반사 특성을

이용하여 기존의 기법<sup>[6]</sup>에서와 같이 각 화소를 지표대 상물에 따라 분류하였다. 이렇게 유사한 대역비를 가지는 영역으로 분류함으로써 대역내 및 대역간 중복성을 제거시킬 수 있다.

### 3. 부블럭의 대표영역 결정

분류된 영역에 대한 정보를 수신측에 전송하여야 한다. 이때 화소단위로 전송하면 비트율이 증가하여 부호화 효율이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는  $k \times k$  블럭 단위로 영역정보를 전송한다. 즉, 전체 대역에 대한  $(h, v)$  번째  $k \times k$  크기의 블럭 벡터  $X(h, v)$  는

$$X(h, v) = \{X_1(h, v), X_2(h, v), \dots, X_n(h, v)\} \quad (3)$$

와 같이 표현될 수 있고, 이를 대표하는 영역을 결정하여 수신측으로 전송한다. 이때  $X_n(h, v)$  는 대역  $n$  의  $(h, v)$  번째  $k \times k$  크기의 블럭을 뜻한다. 즉,  $X(h, v)$  의 대표영역  $C(h, v)$  는

$$C(h, v) = \arg[\max\{\text{Number of } c(h+i, v+j)\}] \quad (4)$$

와 같이 블럭 내의  $k \times k$  개의 영역들 중에서 가장 많은 수를 가지는 영역으로 결정한다. 이때  $0 \leq i < k$  및  $0 \leq j < k$  이다. 이렇게 결정된 각 블럭의 대표영역  $C$  를 수신측으로 전송한다. 이렇게 블럭 내의 각 화소의 영역 중에서 가장 많은 영역으로 결정하여 전송함으로써 전송 비트율을 감소시킬 수 있지만 블럭내의 소수에 해당하는 화소에 대해서는 전송영역과 다르기 때문에 부호화시 화질을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 본 제안한 기법에서는 이를 소수에 해당하는 화소의 영역을 보상함으로써 화질을 향상시켜 부호화 효율을 향상시킨다.

### III. 제안한 인공위성 화상의 부호화 기법

본 논문에서는 그림 2에서와 같이 에지 영역 보상을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상의 대역간 벡터양자화 기법을 제안하였다. 이에서 보는 바와 같이 제안한 기법에서는 부호화 블럭이 에지 블럭인지를 판별하고 이를 보상하여 영역별 대역간 벡터양자화를 행함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시킨다. 따라

서 제안한 기법은 화상내에 많은 영역이 혼재되어 있는 경우에 정확한 영역 정보를 이용하여 부호화를 행함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 효율을 향상시킬 수 있다.

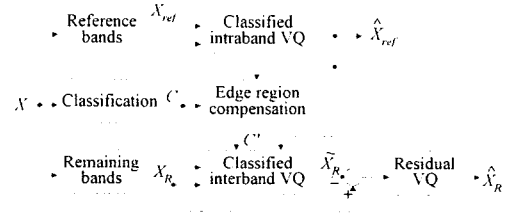


그림 2. 제안한 기법의 블럭 선도

Fig. 2. Block diagrams of the proposed method.

#### 1. 기준대역의 분류영역별 대역내 벡터양자화

수신측에서 기준대역으로 부터 대역간 예측된 나머지 대역 화상을 복원하기 위해서는 기준대역에 대한 정보를 수신측에 전송하여야 한다. 이때 기준대역은 나머지 대역들의 복원에 이용되고 에지 영역을 보상하여야 하기 때문에 높은 화질을 유지하면서 부호화 하여야 한다. 따라서 제안한 기법에서는 기존의 기법<sup>[7]</sup>에서와 같이 예측 오차가 최소가 되는 대역을 선택하여  $k \times k$  블럭 단위로 분류영역별 대역내 벡터양자화를 행한다. 즉,  $(h, v)$  번째 블럭  $X_{ref}(h, v)$  를 벡터양자화한  $\hat{X}_{ref}(h, v)$  는

$$\hat{X}_{ref}(h, v) = f_c[X_{ref}(h, v)] \quad (5)$$

와 같다. 여기서  $f_c[\cdot]$  은 식 (4)에서 결정한 대표영역  $C$  에 대한 벡터양자화를 뜻한다. 이때 벡터양자화의 선택된 인덱스를 수신측으로 전송한다. 이상에서와 같이 기준대역을 분류영역별로 벡터양자화를 행함으로써 대역내 중복성을 효과적으로 제거시킨다.

#### 2. 분류영역별 대역간 벡터 양자화 및 오차 벡터양자화

기준대역을 제외한 나머지 대역  $X_R$  은

$$X_R = \{X_b \mid 1 \leq b \leq n, b \neq ref\} \quad (6)$$

와 같이 표현할 수 있다. 이들 각 대역화상은 지표대상

물의 반사특성에 따라 결정되기 때문에 동일영역에 대해서는 유사한 값을 가진다. 또한 공간적으로 이웃하는 화소들은 유사한 영역을 가지기 때문에 공간적인 상관성도 크다. 따라서 본 논문에서는 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 동시에 제거하기 위하여 블록 단위로 대역비 벡터에 대하여 대역간 벡터 양자화를 행한다. 즉,  $k \times k$  블록의 각 대역의 평균값  $\bar{X}_b(h, v)$  는

$$\bar{X}_b(h, v) = \frac{1}{k^2} \sum_{m=0}^{k-1} \sum_{n=0}^{k-1} X_b(h+i, v+j) \quad (7)$$

로 얻어진다. 대역  $b$ 에 대한  $k \times k$  블록의 대역비  $\bar{r}_b(h, v)$  는

$$\bar{r}_b(h, v) = \frac{\bar{X}_b(h, v)}{\bar{X}_{ref}(h, v)} \quad (8)$$

이 된다. 여기서  $\bar{X}_{ref}(h, v)$  는 양자화된 기준대역의  $k \times k$  블록에 대한 평균값이다. 이들에 대한 전체 대역의 대역비 벡터  $\bar{R}(h, v)$  는

$$\bar{R}(h, v) = \{ \bar{r}_1(h, v), \bar{r}_2(h, v), \dots, \bar{r}_n(h, v) \} \quad (9)$$

로 구성된다. 이는 대역수와 동일한  $n$ 차원의 벡터이다. 그러나 이들 중에서 기준 대역  $\bar{X}_{ref}(h, v)$  와 동일한 대역의 대역비  $\bar{r}_b(h, v)$  는 항상 1이 되므로 이 대역을 제외한  $n-1$ 개 대역에 대한  $n-1$  차원의 벡터에 대하여 벡터 양자화를 행한다. 즉, 각  $k \times k$  블록의 전체대역의 대역비 벡터  $\bar{R}(h, v)$  의 대역간 벡터 양자화된  $\hat{R}(h, v)$  는

$$\hat{R}(h, v) = g_c[ \bar{R}(h, v) ] \quad (10)$$

와 같이 행하여 수신측으로 전송한다. 여기서  $g_c[ \cdot ]$  는  $k \times k$  블록의 식 (4)에 의해 결정된 분류영역  $C$ 에 대한  $n-1$  차원의 벡터 양자화기를 뜻한다.

기준 대역  $X_{ref}(h, v)$  를 대역내 벡터 양자화한  $\hat{X}_{ref}(h, v)$  및 기준대역을 제외한 나머지 대역에

대한 대역간 벡터 양자화한  $\hat{R}(h, v)$ 에 대한 정보를 수신측으로 전송하게 된다. 대역  $b$ 의 화상  $X_b(h, v)$  에 대한 대역간 벡터 양자화된 값  $\hat{X}_b(h, v)$  는

$$\hat{X}_b(h, v) = \hat{r}_b(h, v) \cdot \hat{X}_{ref}(h, v) \quad (11)$$

와 같이 얻어진다. 여기서  $\hat{r}_b(h, v)$  는 대역비  $r_b(h, v)$  의 양자화된 값을 의미한다. 이때 대역간 벡터 양자화는  $k \times k$  블록내의 평균값에 대한 대역비에 대해서 행함으로써 각 대역의 화소값들은 오차를 수반하게 된다. 즉 대역  $b$ 에 대한 오차  $e_b(h, v)$  는

$$\begin{aligned} e_b(h, v) &= X_b(h, v) - \hat{X}_b(h, v) \\ &= X_b(h, v) - \hat{r}_b(h, v) \cdot \hat{X}_{ref}(h, v) \end{aligned} \quad (12)$$

이 된다. 이때 발생하는 오차의 크기가 작다면 복원된 화질에 거의 영향을 미치지 못하지만, 오차의 크기가 크다면 복원된 대역 화상의 화질을 저하시키게 된다. 따라서 본 논문에서는 복원 화상의 화질을 향상시키기 위하여  $k \times k$  블록 단위로 오차의 크기에 따라 오차 벡터 양자화를 행한다. 즉,  $k \times k$  블록의 자승오차  $\| e_b(h, v) \|^2$  는

$$\| e_b(h, v) \|^2 = \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{k-1} |x_b(h+i, v+j) - \hat{x}_b(h+i, v+j)|^2 \quad (13)$$

와 같고, 이 자승오차의 크기에 따라

$$\begin{aligned} \text{if} (\| e_b(h, v) \|^2 > thd) \quad & e_b(h, v): \text{Residual VQ} \\ \text{else} \quad & e_b(h, v): \text{Non-coding} \end{aligned} \quad (14)$$

와 같이 부호화를 행한다. 그 결과 수신측에서 복원되는 대역  $b$ 의 복원 화상  $\hat{X}_b(h, v)$  는

$$\begin{aligned} \hat{X}_b(h, v) &= \hat{X}_b(h, v) + \hat{e}_b(h, v) \\ &= \hat{r}_b(h, v) \cdot \hat{X}_{ref}(h, v) + \hat{e}_b(h, v) \end{aligned} \quad (15)$$

와 같다. 이때  $\hat{e}_b(h, v)$ 는 양자화된 오차값이다. 이와 같이  $k \times k$  블록 단위로 예측 오차가 큰 블록에 대해서만 벡터양자화를 행함으로써 비트율을 감소시키면서 복원 화질을 향상시킨다.

이렇게 블록 단위로 결정된 대표 영역에 대하여 벡터양자화를 행함으로써 블록내의 소수에 해당하는 화소에 대해서는 대표영역과 영역이 다르기 때문에 벡터양자화시 오차를 수반하게 된다. 따라서 제안한 기법에서는 전송되는 전송영역 및 양자화된 기준 대역을 이용하여 이들 소수에 해당하는 화소의 영역을 보상하여 보상된 영역에 대하여 대역간 벡터양자화를 행함으로써 오차를 감소시켜 화질을 향상시킨다.

**3. 제안한 에지를 보상한 대역간 벡터양자화**

분류 영역별 대역간 벡터양자화는 식 (4)에서 결정된 블록단위의 영역에 따라 행하기 때문에 블록내에 여러 영역이 포함되어 있는 경우, 즉 에지를 포함하는 블록인 경우에 이들 여러 영역중에서 하나의 대표영역만이 전송됨으로써 소수에 해당하는 영역을 가지는 화소들에 대해서는 영역정보가 정확하지 않아 예측오차가 증가한다. 예를 들어 그림 3에서와 같이 임의의  $k \times k$  블록내에 영역 0 및 1이 존재할때, 식 (4)에 의하여 영역 0 이 대표영역으로 결정되어 수신측에 전송된다. 따라서 영역 1로 분류된 화소들은 대표영역 0에 대한 코드북에 의해 양자화되기 때문에 양자화 오차가 증가하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 에지를 가지는 블록의 영역정보를 보상하여 영역 0에 해당하는 화소들에 대해서는 영역 0에 대한 코드북에 의해 양자화 되고, 영역 1에 해당하는 화소들에 대해서는 영역 1에 대한 코드북에 의해 양자화하는 에지 보상 기법을 제안하였다.

		k			
		┌	├	┤	└
k	┌	0	0	0	0
	├	0	0	0	1
	┤	0	0	1	1
	└	0	1	1	1

그림 3. 에지를 가지는 블록에 대한 화소 영역의 예  
Fig. 3. Example of pixel class for block with edge region.

**3-1. 에지 판별**

에지를 가지는 블록을 보상하기 위해서는 먼저 에지를 가지는 블록을 판별하여야 한다. 제안한 기법에서는 그림 4에서와 같이 현재블록의 전송되는 영역정보와 주변블록의 영역정보를 이용하여 에지를 가지는지 아닌지를 판별한다. 즉, 현재블록의 전송되는 영역정보를  $C_0$  및 주변블록의 영역정보를  $C_1-C_8$  이라고 할 때 현재블록의 에지 판별은

$$\begin{aligned} \text{if } (C_0 \neq C_n) & \quad \text{block with edge} \\ \text{else,} & \quad \text{block without edge} \end{aligned} \tag{16}$$

와 같이 현재블록의 영역과 주변블록의 영역이 하나라도 다른 블록이 있다면 에지를 가지는 블록으로 판별한다. 여기서  $1 \leq n \leq 8$  이다. 이는 수신측에서도 동일하게 판별이 가능하므로 별도의 부가정보를 전송할 필요가 없다.

주변블록의 영역정보를 이용하여 에지를 판별한 후, 에지를 가지지 않는 블록에 대해서는 식 (4)에서 결정된 대표영역에 대하여 분류영역별 대역간 벡터양자화를 행하고, 에지를 가지는 블록에 대해서는 주변 블록의 영역정보를 이용하여 에지를 보상하여 보상된 영역에 대해서 대역간 벡터양자화를 행한다.

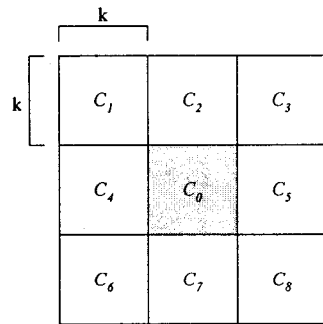


그림 4. 주변블록의 영역정보들  
Fig. 4. Class information of neighboring blocks.

**3-2. 에지 보상**

에지를 가진다고 판명된 블록에 대해서는 주변블록의 영역정보를 이용하여 에지를 보상하여 보상된 영역에 대해서 대역간 벡터양자화를 행한다. 제안한 기법에서는 기준대역의 현재블록 및 주변블록들의 화소값 및 영역정보를 이용하여 에지영역을 보상한다. 양자화

된 기준대역의 현재블럭의 평균값  $\mu_0$  및 주변블럭의 평균값  $\mu_1 \sim \mu_8$  이라 한다면, 현재 블럭의  $(i, j)$  위치 화소의 보상되는 영역  $C'(i, j)$ 는

$$\begin{aligned} & \text{if}(|\mu_0 - \hat{x}_{ref}(i, j)| < thd), C'(i, j) = C_0 \\ & \text{else,} \\ & C'(i, j) = \arg[\min_{C_n} |\hat{x}_{ref}(i, j) - \mu_n|] \end{aligned} \quad (17)$$

로 결정한다. 이때  $1 \leq n \leq 8$  이고,  $\hat{x}_{ref}(i, j)$ 는 양자화된 기준대역의 현재블럭 내의 화소값을 뜻한다. 즉, 현재블럭의 화소값과 평균값과의 절대차이가 주어진 문턱치(thd)보다 작으면, 현재블럭의 영역으로 할당하고, 그렇지 않다면 주변블럭의 평균값과의 절대차이가 최소가 되는 주변블럭의 영역을 화소의 영역으로 재할당하여 보상한다. 이때 각 화소의 보상되는 영역 결정은 식 (17)에서와 같이 양자화된 기준대역의 화소값 및 전송되는 대표영역을 이용하여 행함으로써 수신측에 별도의 전송되는 부가정보가 필요없다. 이렇게 에지를 가지는 블럭에 대해서 별도의 부가정보 전송없이 현재블럭 및 주변블럭의 영역정보를 이용하여 보다 정확하게 영역정보를 보상함으로써 대역간 벡터양자화의 오차를 감소시킬수 있다.

### 3-3. 에지 보상된 블럭의 대역간 벡터양자화

주변블럭의 영역정보를 이용하여 현재블럭의 에지를 판별하고, 만약 에지로 판별된 블럭에 대해서는 양자화된 기준대역의 현재블럭 및 주변블럭의 화소값 및 영역정보를 이용하여 보다 정확하게 영역을 보상하였다. 기준 대역을 제외한 나머지 대역들에 대해서는 이와 같이 보상한후 대역간 벡터양자화를 행한다. 이때 에지로 판정되지 않은 블럭에 대해서는 식 (4)에서 결정된 대표영역에 대하여 식 (7)에서 구한 현재블럭의 평균값에 대한 대역비 벡터에 대해서 대역간 벡터양자화를 행한후, 오차 벡터양자화를 행하여 부호화한다.

식 (16)에서 에지로 판정되는 블럭내에 존재하는 모든 보상영역에 대해서 대역간 벡터양자화를 행한다. 예를 들어, 보상되어진 영역이 그림 3에서와 같다면, 영역 0에 해당하는 모든 화소들의 평균값 및 영역 1에 해당하는 화소들의 평균값에 대한 대역비 벡터를 각각의 영역에 대하여 각각 벡터양자화를 행하여 선택된

코드북의 인덱스를 전송한다. 따라서 에지를 가지는 블럭에 대한 전송되는 코드북의 인덱스는 영역의 수만큼 더해져서 전송되게 된다. 예를 들어 모든 영역에 대한 코드북의 인덱스가 5비트로 구성되어 있다면, 그림 3와 같이 보상된 블럭에 대해서는 영역 0에 대한 인덱스 5비트 및 영역 1에 대한 인덱스 5비트, 전체 10비트의 인덱스 데이터가 전송된다.

이와 같이 제안한 기법에서는 에지를 가지는 블럭에 대해서 영역을 보상하여 보다 정확한 영역정보를 이용하여 영역별로 대역간 벡터양자화를 행함으로써 오차를 감소시키고, 보상영역에 대한 별도의 부가정보가 필요없어 부호화 효율을 향상시킬수 있다.

## IV. 실험 결과 및 고찰

제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 실제 인공 위성 LANDSAT-5호 TM으로부터 원격 센싱으로 얻은 화상 AREA-P에 대하여 부호화 실험을 행하였다. 화상 AREA-P의 크기는  $512 \times 400$  화소이고, 화소당 256 회색준위를 가지며, 7개 대역으로 구성되어 있다. 이에서 대역 1~5 및 대역 7은  $30m \times 30m$ , 대역 6은  $120m \times 120m$ 의 지상해상도를 가진다. 이들 중에서 대역 1 및 대역 4 화상은 그림 5에서와 같다. 이에서 볼수 있듯이 지표대상물에 대한 반사특성이 대역에 따라 다르다는 것을 알 수 있다. 또한 AREA-P는 바다, 강, 산, 시가지 등의 많은 영역들이 존재하는 인공위성 화상데이터임을 알 수 있다.

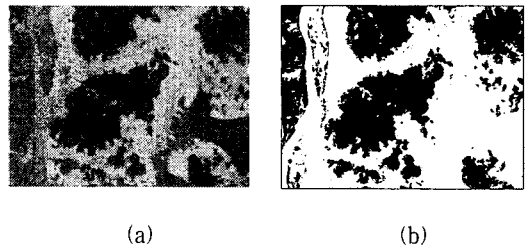
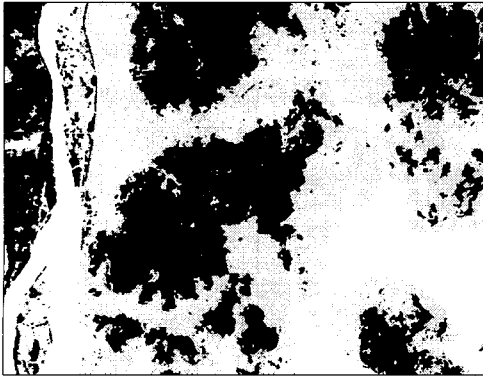


그림 5. AREA-P의 대역 (a)대역 1 및 (b)대역 4 화상  
Fig. 5. (a) Band 1 and (b) band 4 images of AREA-P.

제안한 기법에서는 기존의 기법<sup>[7]</sup>에서와 같이 대역 2 및 대역 6를 기준대역으로 결정하여 분류영역별 대역내 벡터양자화를 행하였고, 나머지 대역인 대역 1, 3,

4, 5 및 대역 7은 대역 2에 대한 대역비벡터에 대해서 분류영역별 대역간 벡터양자화를 행하였다. 또한 대역 2를 기준대역으로 영역분류를 행한 결과는 그림 6에서와 같이 삼림 (forest), 물 (water) 및 시가지 (urban area)의 세영역으로 분류되었다. 또한 이 영역분류 결과로부터 제안한 식 (16)에 의해 에지로 판별된 결과는 그림 7에서와 같았고, 전체 12800개의 블록 중에서 4853개의 블록이 에지로 나타났다.



■ : Forest □ : Urban area □ : Water

그림 6. AREA-P에 대한 영역 분류 화상  
Fig. 6. The classified image for AREA-P.



그림 7. AREA-P에 대한 에지를 가지는 블록  
Fig. 7. The blocks with edge region for AREA-P.

본 실험에서는 블록의 크기를 4×4로 하여 기존의 Gupta 등<sup>[7]</sup>에 의해 제안된 예측 벡터양자화 기법 (PVQ) 및 제안한 에지보상 영역별 대역간 벡터양자화 기법 (ECIVQ)에 대한 부호화 결과를 비트율 및 PSNR에 대하여 평가하였다.

먼저 기준대역인 대역 2 및 대역 6에 대한 부호화 결과는 표 1에서와 같았다. 이에서 보는바와 같이 동일한 화질에서 기존의 기법보다 제안한 기법에서 비트율이 약 0.016 bpp 및 0.069 bpp 정도 감소되면서 43%정도의 계산량도 감소되었음을 알 수 있다. 이는 제안한 기법이 분류영역별로 대역내 벡터양자화를 행함으로써 대역내 중복성을 효과적으로 제거시켜 부호화 효율을 향상시킴을 알 수 있다.

표 1. 기준대역에 대한 복원화상의 PSNR 및 화소당 계산량

Table 1. PSNR and multiple number per pixel of reconstructed images for reference bands.

Band	PVQ			Proposed ECIVQ		
	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	multiple number	Bit rate [bpp]	PSNR [dB]	multiple number
2	0.625	40.80	1024	0.556	40.80	581
6	0.313	43.45	32	0.297	43.45	23

나머지 대역인 대역 1, 3, 4, 5 및 대역 7에 대해 오차 벡터양자화를 행하기전 예측결과는 표 2에서와 같았다. 기존의 PVQ는 기준대역으로부터 대역간 예측을 행한 결과이고, 제안한 ECIVQ는 분류영역별로 대역간 벡터양자화를 행한 결과이다. 이에서 보는 바와 같이 5개 대역에 대한 평균 PSNR이 기존의 PVQ에 비하여 제안한 ECIVQ가 약 4.62dB 정도 크게 향상되었음을 알 수 있다. 또한 각 대역별로 살펴보면, 대역 1 및 대역 3는 나머지 대역들에 비하여 약 0.05~0.48dB 정도 적게 증가함을 알 수 있다. 이는 대역 1 및 대역 3은 기준대역과 동일한 가시영역에 해당하는 대역으로서 기준대역과 대역간 상관성이 높음으로써 나타난 결과이다. 그러나 대역간 상관성이 낮은 나머지 대역 4, 5 및 대역 7의 경우에 5.34~8.95dB 정도 크게 향상되어 대역간 중복성을 아주 효과적으로 제거시킴을 알 수 있다.

표 2. 나머지 대역에 대한 예측 화상의 PSNR[dB]  
Table 2. PSNR[dB] of predicted images for the remaining bands.

Band	PVQ	Proposed ECIVQ
1	33.47	33.95
3	34.66	34.71
4	19.34	28.29
5	19.61	27.91
7	26.57	31.91
Avg.	26.73	31.35

나머지 대역인 대역 1, 3, 4, 5 및 대역 7에 대한 부호화 결과는 표 3에서와 같았다. 이는 기존의 PVQ는 복원된 기준대역으로부터 예측을 행하여 오차벡터양자화를 행한 결과이고, 제안한 ECIVQ는 기준대역에 대한 대역비 벡터에 대하여 벡터양자화를 행하여 오차벡터양자화를 행한 결과이다. 이에서 보는 바와 같이 제안한 ECIVQ가 기존의 PVQ에 비하여 동일한 비트율에서 평균 0.26dB 정도 향상되었고, 계산량은 46.7% 정도 감소하여 부호화 효율을 향상시킴을 알 수 있다. 이와 같은 계산량의 감소는 기존의 방법에 비해 정확한 대역간 벡터 양자화와 작은 코드북 크기로 오차벡터양자화를 행한 결과이다. 또한 각 대역별로 살펴보면, 대역 1 및 대역 3에 대해서는 제안한 ECIVQ가 기존의 PVQ에 비해 다소 낮은 PSNR을 가짐을 볼 수 있다. 이는 표 2에서 보는바와 같이 비슷한 예측 결과에서 불릿의 영역에 대한 정보를 수신측에 전송하여야 하기 때문에 이 비트량을 보완하기 위하여 오차 벡터 양자화의 코드북의 크기를 작게함으로써 나타나는 결과이다. 그러나 다른 대역들에 대해서는 약 0.4~1.79 dB 정도 향상되어 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 부호화 효율을 향상시킴을 알 수 있다. 또한 그림 8에서 보는 것과 같이 ECIVQ에 의해 복원된 화상이 PVQ에 의해 복원된 화상보다 구획화 현상이 적으며, 에지 영역도 원화상에 가깝게 복원되었음을 알 수 있다. 따라서 부호화 효율 향상과 더불어 주관적 화질 또한 기존의 방법에 비해 향상되었다.

표 3. 동일한 비트율에서 복원 화상의 PSNR 및 화소당 계산량

Table 3. PSNR and mutiple number per pixel of reconstructed images at the same bit rate.

Band	Bit rate [bpp]	PVQ		Proposed ECIVQ	
		PSNR [dB]	Mutiple number	PSNR [dB]	Mutiple number
1	0.282	37.49	66	36.44	28
3	0.222	37.05	49	36.56	18
4	0.531	32.53	242	33.20	116
5	0.536	30.22	245	32.01	118
7	0.346	34.75	84	35.15	39
Avg.	0.383	34.41	137	34.67	64

이상에서 살펴본 바와 같이 실제의 인공위성 화상 데이터에 대한 실험을 통하여 제안한 기법이 기존의 기법에 비하여 적은 계산량으로 동일한 비트율에서 높은 화질을 얻을 수 있어 부호화 효율이 우수함을 확인하였다.

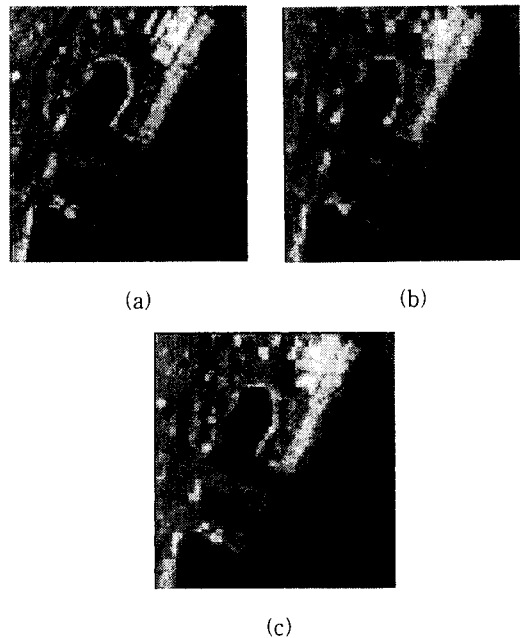


그림 8. (a) 원화상 (b) PVQ에 의한 복원 화상 및 (c) ECTVQ에 의한 복원 화상의 에지 비교  
Fig. 8. Edge comparison of (a) original image, (b) reconstructed image by PVQ, and (c) reconstructed image by ECTVQ.



## V. 결 론

## 참 고 문 헌

본 논문에서는 에지 영역 보상을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상의 대역간 벡터양자화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 먼저 각 화소벡터를 유사한 반사 특성을 가지는 영역으로 분류하여 블록별로 대표영역을 결정하여 수신측에 전송한다. 이 영역정보를 이용하여 기준대역에 대해서 분류영역별 대역내 벡터양자화를 행하여 대역내 중복성을 제거시킨다. 대역간 중복성을 제거시키기 위하여 나머지 대역들에 대해서 분류영역별 대역간 벡터양자화를 행한다. 이때 양자화된 기준대역의 화소값 및 주변블럭의 영역정보를 이용하여 에지 영역에 대한 영역정보를 보상하여 이 보상된 영역에 대하여 대역간 벡터양자화를 행함으로써 대역간 중복성을 효율적으로 제거시킨다. 따라서 블럭단위로 영역정보를 전송함으로써 전송정보의 양을 감소시키고, 보다 정확한 영역을 보상함으로써 부호화 효율을 향상시킨다.

제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 실제의 LANDSAT TM 센서로부터 얻은 화상데이터에 대하여 부호화 실험을 행하여 기존의 기법과 비교하였다. 그 결과 제안한 기법이 기존의 기법에 비하여 동일한 비트율에서 화질을 향상시킬 수 있어 우수한 부호화 기법임을 확인하였다.

- [1] T. M. Lillesand and R. W. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1994.
- [2] P. M. Mather, *Computer processing of remotely sensed images*, John Wiley & Sons, New York, 1987.
- [3] K. Sayood, "Data compression in remote sensing applications," *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing Society Newsletter*, vol. 84, pp. 7-15, Sep., 1992.
- [4] V. D. Vaughn and T. S. Wilkinson, "System considerations for multispectral image compression designs," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 12, no. 1, pp. 19-31, Jan., 1995.
- [5] J. A. Saghri, A. G. Tescher, and J. T. Reagan, "Practical transform coding of multispectral imagery," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 12, no. 1, pp. 32-43, Jan., 1995.
- [6] 김영춘, 반성원, 이견일, "원격 센싱된 인공위성 화상의 효율적인 부호화," *센서학회지*, 제6권 제2호, pp. 106-114, 1997년 3월.
- [7] 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.
- [8] A. K. Rao and S. Bhargava "Multispectral data compression using bidirectional interband prediction." *IEEE Trans. on Geosci. and remote Sensing*, vol. 34, no. 2, pp. 385-397, Mar, 1996

## 著 者 紹 介

## 반 성 원

「센서학회지 제6권 제2호」 논문 97-3, p.114, 참조  
현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

## 이 견 일

「센서학회지 제6권 제2호」 논문 97-3, p.114, 참조  
현재 경북대학교 전자·전기공학부 교수

## 김 영 춘

「센서학회지 제6권 제2호」 논문 97-3, p.114, 참조  
현재 영동대학교 전자공학부 교수