

논문 97-6-5-05

## 에지 영역을 보상한 원격 센싱된 인공위성 화상의 부호화

김 영 춘\*, 이 건 일\*

## Coding of Remotely Sensed Satellite Image with Edge Region Compensation

Young-Choon Kim\* and Kuhn-Il Lee\*

## 요 약

본 논문에서는 에지 영역을 보상한 원격 센싱된 인공위성 화상의 부호화 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 예측을 행한다. 에지 영역의 경우에 주변블럭의 영역정보 및 양자화된 기준대역의 화소값을 이용하여 에지영역을 보상한다. 그후, 대역간 중복성을 효과적으로 제거하기 위하여 보상된 영역정보를 이용하여 분류영역별 대역간 예측을 행한다. 실제 LANDSAT-TM 인공위성 화상데이터에 대한 실험을 통하여 제안한 기법의 부호화 효율이 기존의 기법에 비하여 우수함을 확인하였다.

## Abstract

In this paper, we propose a coding method of remotely sensed satellite image with 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 prediction 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 bands. Then we perform classified interband prediction using compensated class information to remove interband redundancy, effectively. Experiments on LANDSAT TM satellite images show that coding efficiency of the proposed method is better than that of the conventional methods.

## 1. 서 론

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 원격 센서의 발달과 더불어 화상데이터의 양이 급격하게 증가함에 따라 이러한 많은 양의 화상데이터를 효율적으로

저장하거나 전송하는 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[3] [4]</sup>

인공위성으로부터 원격 센싱되어 얻어지는 화상데이터는 지표대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가지 대역 및 적외선 대역 등의 여러 개의 파장 대역별로 나뉘어져 동시에 수집되는 다분광(multispectral)의 것으로써, 미국의 LANDSAT-5호에서는 TM(thematic mapper) 및 MSS(multispectral scanner) 센서로부터 각각 7개 및 4개 대역의 화상데이터를 얻고 있다.<sup>[1],[6]</sup> 따라서 이들 화상데이터는 공간적으로 뿐만 아니라 분광적으로도 많은 중복성(redundancy)을 가

\* 경북대학교 전자공학과(Department of Electronics, Kyungpook National University)  
<접수일자 : 1997년 7월 25일>

지기 때문에 공간적으로 존재하는 대역내 (intraband) 중복성 및 분광적으로 존재하는 대역간 (interband) 중복성을 제거시킴으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.<sup>[3] [5]</sup>

Wang 등<sup>[7]</sup>은 여러개의 다른 대역의 화소들과 대역내 주변 화소들을 이용하여 하나의 화소를 예측하는 부호화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 정확하게 화소를 예측할 수 있으나 계산량이 많아지고 화소단위로 예측 계수를 전송하여야 하기 때문에 전송정보량이 많아진다. 또한 Rao 등<sup>[8]</sup>은 대역 화상 중에서 상관성이 높은 두개 대역의 화상데이터를 이용하여 부블럭 단위로 예측하였다. 그러나 이 기법에서는 부블럭 단위로 예측 계수를 전송하여야 하기 때문에 전송정보량이 많아진다. 그리고 Gupta 등<sup>[9]</sup>은 예측 백터양자화 기법 (predictive VQ)을 제안하였다. 이 기법에서는 먼저 대역간 상관성이 가장 높은 하나의 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 영역을 보상한 원격 센싱된 인공위성 화상의 부호화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 먼저 각 화소벡터를 유사한 반사특성 (reflection characteristic)을 가지는 영역으로 분류한 후, 기준대역에 대해서 분류영역별 대역내 백터양자화 (classified intraband VQ)를 행하여 대역내 중복성을 제거시킨다. 대역간 중복성을 제거시키기 위하여 나머지 대역들에 대해서 분류영역별 대역간 예측 (classified interband prediction)을 행한다. 이때 양자화된 기준대역의 화소값 및 주변블럭의 영역정보를 이용하여 에지 영역을 판별하고, 이를 보상하여 대역간 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 효율적으로 제거시킨다. 따라서 제안한 기법은 화상내에 많은 영역이 혼재되어 있는 경우에 보다 정확하게 예측함으로써 대역내 및 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 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 향상시킬수 있어 우수한 부호화 기법임을 확인하였다.

## II. 원격 센싱된 인공위성 화상데이터 및 영역 분류

### 1. 인공위성 화상데이터의 표현

지구 관측용 인공위성에서는 장착된 센서를 통하여 지상의 일정한 넓이의 데이터를 수집하여 지상 수신국으로 전송하게 된다.<sup>[1]</sup> 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> 인공위성으로부터 원격 센싱되어 얻어지는 화상데이터는 공간적으로 2차원 및 분광적으로 1차원의 3차원 구조를 가지는 다분광 화상데이터 (multispectral image data)이다. 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 나타낸다. 임의 대역  $b$ 의 화상  $X_b$ 는

$$X_b = \{x_b(i, j) | 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\} \quad (2)$$

으로 나타낼 수 있다. 여기서  $M$  및  $N$ 은 각각 화상의 수평 및 수직 방향의 화소수를 나타내고,  $x_b(i, j)$ 는 대역  $b$ 의 화상에서  $(i, j)$ 번째 위치의 화소값을 뜻한다. 또한 다분광 화상데이터  $X$ 의 각 대역 화상에서의 동일한  $(i, j)$ 번째 위치의 화소들인 화소 벡터  $X(i, j)$ 는

$$X(i, j) = \{x_b(i, j) | 1 \leq b \leq n\} \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다.

### 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>[5] [7]</sup>

본 논문에서는 지표대상물의 대역별 반사 특성을 이용하여 기존의 기법<sup>[6]</sup>에서와 같이 각 화소를 지표대상물에 따라 분류하였다. 이렇게 유사한 대역비를 가지는 영역으로 분류함으로써 대역내 및 대역간 중복성을 제거시킬 수 있다.

### 3. 부분력의 대표영역 결정

분류된 영역에 대한 정보를 수신측에 전송하여야 한다. 이때 화소단위로 전송하면 비트율이 증가하여 부호화효율이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는  $k \times k$  블록단위로 영역정보를 전송한다. 즉, 전체 대역에 대한  $(h, v)$  번째  $n \times k \times k$  크기의 블록  $X(h, v)$  는

$$X(h, v) = \{X_1(h, v), X_2(h, v), \dots, X_n(h, v)\} \quad (4)$$

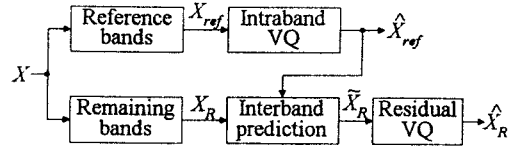
와 같이 표현될 수 있고, 이를 대표하는 영역을 결정하여 수신측으로 전송한다. 이때  $X_n(h, v)$  는 대역  $n$  의  $(h, v)$  번째  $k \times k$  크기의 블록을 뜻한다. 즉,  $X(h, v)$  의 대표영역  $C(h, v)$  는

$$C(h, v) = \underset{c}{\operatorname{arg}} [\max \{ \text{Number of } c(h+p, v+q) \}] \quad (5)$$

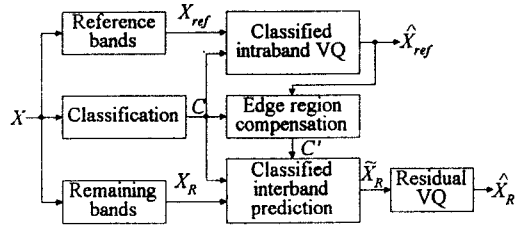
와 같이 블록 내의  $k \times k$  개의 영역들 중에서 가장 많은 수를 가지는 영역으로 결정한다. 이때  $0 \leq p < k$  및  $0 \leq q < k$  이다. 이렇게 결정된 각 블록의 대표영역  $C$  를 수신측으로 전송한다. 그러나 이때 블록 내의 각 화소의 영역 중에서 가장 많은 영역으로 결정하여 전송하기 때문에 소수에 해당하는 화소에 대해서는 대역간 예측을 행함에 있어 오차를 수반한다.

### III. 제안한 인공위성 화상의 부호화 기법

본 논문에서는 그림 1에서와 같이 에지 영역을 보상한 원격 센싱된 인공위성 화상의 부호화 기법을 제안하였다. 이에서 보는 바와 같이 제안한 기법에서는 부호화 블록이 에지 블록인지를 판별하고 이를 보상하여 대역간 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시킨다. 따라서 제안한 기법은 화상내에 많은 영역이 혼재되어 있는 경우에 정확한 영역 정보를 이용하여 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.



(a)



(b)

그림 1. (a) 기존의 Gupta의 기법 및 (b) 제안한 기법의 블록 선도

Fig. 1. Block diagrams of (a) the conventional Gupta's method and (b) the proposed method.

#### 1. 기준대역의 대역내 벡터양자화

수신측에서 기준대역으로 부터 대역간 예측된 나머지 대역 화상을 복원하기 위해서는 기준대역에 대한 정보를 수신측에 전송하여야 한다. 이때 기준대역은 나머지 대역들의 복원에 이용되기 때문에 높은 화질을 유지하면서 부호화 하여야 한다. 따라서 제안한 기법에서는 기존의 Gupta 등<sup>[6]</sup>의 기법에서와 같이 예측 오차가 최소가 되는 대역을 선택하여  $k \times k$  블록 단위로 분류영역별 대역내 벡터양자화를 행한다. 즉,  $(h, v)$  번째 블록  $X_{ref}(h, v)$  를 벡터양자화한  $\hat{X}_{ref}(h, v)$  는

$$\hat{X}_{ref}(h, v) = f_c [X_{ref}(h, v)] \quad (6)$$

와 같다. 여기서  $f_c[\cdot]$  은 식 (5)에서 결정한 대표영역  $C$  에 대한 벡터양자화기를 뜻한다. 이때 벡터양자화기의 선택된 인덱스를 수신측으로 전송한다. 이상에서와 같이 기준대역을 분류영역별로 벡터양자화를 행함으로써 대역내 중복성을 효과적으로 제거시킬 수 있다.

#### 2. 대역간 예측 벡터양자화

기준대역을 제외한 나머지 대역  $X_R$  은

$$X_R = \{X_b \mid 1 \leq b \leq n, b \neq ref\} \quad (7)$$

와 같이 표현할 수 있다. 제안한 기법에서는 이들 나머지 대역은 양자화된 기준대역  $\hat{X}_{ref}(h, v)$ 로부터 분류 영역별 대역간 예측을 행한다. 즉  $X_R$ 의 요소인 화상  $X_b$ 의  $(h, v)$ 번째 블록에 대한 예측값  $\hat{X}_b(h, v)$ 는

$$\hat{X}_b(h, v) = A_b^c \cdot \hat{X}_{ref}(h, v) + B_b^c \quad (8)$$

이 된다. 여기서  $C$ 는 식 (5)에 의해 결정된  $(h, v)$ 번째 블록의 대표영역이며, 대역  $b$ 의  $C$  영역에 대한 예측 계수 행렬  $A_b^c$  및  $B_b^c$ 는 각각

$$A_b^c = E[(X_b^c - E[X_b^c])(X_{ref}^c - E[X_{ref}^c])^T] C_{X_{ref}}^{-1} \quad (9)$$

$$B_b^c = E[X_b^c] - A_b^c \cdot (E[X_{ref}^c]) \quad (10)$$

와 같다. 여기서  $E[\cdot]$ ,  $[\cdot]^T$  및  $[\cdot]^{-1}$ 은 평균, 전치 행렬 및 역행렬을 각각 나타내고,  $[\cdot]^c$ 는 영역  $C$ 를 가지는 화소들의 집합을 의미한다. 그리고 공분산 행렬을 나타내는  $C_{X_{ref}}$ 는

$$C_{X_{ref}} = E[(X_{ref}^c - E[X_{ref}^c])(X_{ref}^c - E[X_{ref}^c])^T] \quad (11)$$

와 같다.

이상에서와 같이 기준 대역을 제외한 나머지 대역  $X_R$ 은 대역내 벡터양자화한 기준대역으로부터 대역간 예측을 행함으로써 얻어진다. 이때 이들 대역간 예측은 분류 영역 단위의 예측 계수값을 가지기 때문에 각 화소값들은 오차를 수반하게 된다. 따라서 복원 화상의 화질을 향상시키기 위하여  $k \times k$  블록 단위로 오차의 크기에 따라 오차 벡터양자화를 행한다. 즉,  $k \times k$  블록의 자승오차  $\|e_b(h, v)\|^2$ 는

$$\|e_b(h, v)\|^2 = \sum_{p=0}^{k-1} \sum_{q=0}^{k-1} |x_b(h+p, v+q) - \hat{x}_b(h+p, v+q)|^2 \quad (12)$$

와 같고, 이 자승오차의 크기에 따라

$$\begin{aligned} \text{if}(\|e_b(h, v)\|^2 > thd) \quad & e_b(h, v): \text{Residual VQ} \\ \text{else} \quad & e_b(h, v): \text{Non-coding} \end{aligned} \quad (13)$$

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

$$\hat{X}_b = \hat{X}_b + \hat{e}_b \quad (14)$$

와 같다. 이때  $\hat{e}_b$ 는 양자화된 오차 화상이다. 이와 같이  $k \times k$  블록 단위로 예측 오차가 큰 블록에 대해서만 벡터양자화를 행함으로써 비트율을 감소시키면서 복원 화질을 향상시킨다.

### 3. 제안한 에지를 보상한 대역간 예측 벡터양자화

분류 영역별 대역간 예측 벡터양자화는 식 (5)에서 결정된 블록단위의 영역에 따라 행하기 때문에 블록내에 여러 영역이 포함되어 있는 경우, 즉 에지를 포함하는 블록인 경우에 이들 여러 영역중에서 하나의 대표영역만이 전송됨으로써 나머지 영역을 가지는 화소들에 대해서는 영역정보가 정확하지 않아 예측오차가 증가한다. 예를 들어 그림 2에서와 같이 임의의  $k \times k$  블록내에 영역 0 및 1이 존재할때, 식 (5)에 의하여 영역 0이 대표영역으로 결정되어 수신측에 전송된다. 따라서 영역 1로 분류된 화소들은 대표영역 0에 대한 예측계수에 의해 예측되기 때문에 예측오차가 증가하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 에지를 가지는 블록의 영역정보를 보상하여 예측을 행하는 기법을 제안하였다.

0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	1	1

그림 2. 에지를 가지는 블록에 대한 화소 영역의 예  
Fig. 2. Example of pixel class for block with edge region.

#### 3-1. 에지 블록 판별

에지를 가지는 블록을 보상하기 위해서는 먼저 에지를 가지는 블록을 판별하여야 한다. 제안한 기법에서는 그림 3에서와 같이 현재블록의 영역정보와 주변블록의 영역정보를 이용하여 에지를 가지는지 아닌지를 판별한다. 즉, 현재블록의 에지 판별은

$$\begin{aligned} \text{if}(C(h, v) \neq C(h+p, v+q)), \text{ block with edge} \\ \text{else,} \quad \text{block without edge} \end{aligned} \quad (15)$$

와 같이 현재블럭의 영역과 주변블럭의 영역이 하나라도 다른 블럭이 있다면 에지를 가지는 블럭으로 판별한다. 이때  $-1 \leq p, q \leq 1$  이다.

주변블럭의 영역정보를 이용하여 에지를 판별한 후, 에지를 가지지 않는 블럭에 대해서는 2절에서와 같이 대표영역에 대하여 대역간 예측 벡터양자화를 행하고, 만약 에지를 가지는 블럭에 대해서는 에지가 보상된 영역정보를 이용하여 대역간 예측 벡터양자화를 행하여 예측 오차를 감소시킨다.

$C(h-1, v-1)$	$C(h, v-1)$	$C(h+1, v-1)$
$C(h-1, v)$	$C(h, v)$	$C(h+1, v)$
$C(h-1, v+1)$	$C(h, v+1)$	$C(h+1, v+1)$

그림 3. 주변블럭의 영역정보를  
Fig. 3. Class information of neighboring blocks.

3-2. 에지 블럭 보상

에지로 판명된 블럭에 대해서는 기준대역의 현재블럭 및 주변블럭들의 화소값 및 영역정보를 이용하여 에지 영역을 보상한다. 즉, 각 화소들의 보상되는 영역  $c'(i, j)$ 는

$$\begin{aligned}
 & \text{if} (|\hat{\mu}_{ref}(h, v) - \hat{x}_{ref}(i, j)| < \hat{\sigma}_{ref}(h, v)), \\
 & \quad c'(i, j) = C(h, v) \\
 & \text{else, } c'(i, j) = \underset{C(h+p, v+q)}{\text{arg min}} |\hat{x}_{ref}(i, j) - \hat{\mu}_{ref}(h+p, v+q)|
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

와 같다. 여기서  $\hat{\mu}_{ref}(h, v)$  및  $\hat{\sigma}_{ref}(h, v)$ 는 양자화된 기준대역의  $(h, v)$ 번째 블럭의 평균값 및 표준편차를 각각 뜻하고,  $-1 \leq p, q \leq 1$  이다. 이렇게 에지를 가지는 블럭에 대해서는 영역정보를 보상함으로써 보다 정확한 영역정보로써 대역간 예측을 행하여 예측오차를 감소시킬 수 있다.

3-3. 에지보상된 대역간 예측 벡터양자화

주변블럭의 영역정보를 이용하여 현재블럭의 에지를

판별하고, 만약 에지로 판별된 블럭에 대해서는 양자화된 기준대역의 현재블럭 및 주변블럭의 영역정보 및 화소값을 이용하여 영역정보를 보다 정확하게 보상하였다. 기준 대역을 제외한 나머지 대역들에 대해서는 이와 같이 보상한후, 대역간 예측 벡터양자화를 행한다. 이때 에지로 판정되지 않은 블럭에 대해서는 식 (5)에서 결정된 블럭의 대표영역에 대하여 대역간 예측을 행한후, 오차벡터양자화를 행하여 부호화한다.

만약 식 (15)에서 에지로 판정되는 블럭에 대해서는 식 (5)에서 결정된 블럭의 대표영역  $C$  및 식 (16)에서 결정된 보상영역  $c'$ 을 이용하여 대역간 예측을 행한 후, 오차값의 크기에 따라 오차벡터양자화를 행한다. 이에 따라 대표영역  $C$  및 보상영역  $c'$ 에 대한 복원되는 대역  $b$ 의 복원화상  $\hat{X}_b^c(h, v)$  및  $\hat{X}_b^c(h, v)$ 는 각각

$$\hat{X}_b^c(h, v) = \hat{X}_b^c(h, v) + \hat{e}_b^c(h, v) \tag{17}$$

$$\hat{X}_b^c(h, v) = \hat{X}_b^c(h, v) + \hat{e}_b^c(h, v) \tag{18}$$

와 같다. 여기서  $\hat{X}_b^c(h, v)$  및  $\hat{X}_b^c(h, v)$ 는 각각 대표영역  $C$  및 보상영역  $c'$ 에 의한 예측값이고,  $\hat{e}_b^c(h, v)$  및  $\hat{e}_b^c(h, v)$ 는 각각 양자화된 오차값이다. 이들에 대한 원영상과의 오차는 각각

$$\widehat{re}_b^c(h, v) = X_b(h, v) - \hat{X}_b^c(h, v) \tag{19}$$

$$\widehat{re}_b^c(h, v) = X_b(h, v) - \hat{X}_b^c(h, v) \tag{20}$$

와 같다. 이들 중에서 절대오차가 작은 값을 선택하여 선택정보와 함께 수신측으로 전송한다. 즉, 에지를 가지는 블럭에 대해서

$$\begin{aligned}
 & \text{if} (|\widehat{re}_b^c(h, v)| < |\widehat{re}_b^c(h, v)|), \text{ prediction for class } c' \\
 & \text{else, } \text{prediction for class } c
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

와 같이 행하여 화질을 향상시킨다.

이상에서 제안한 기법에서는 에지를 가지는 블럭에 대해서 영역을 보상하여 보다 정확한 영역정보를 이용하여 대역간 예측을 행함으로써 예측오차를 감소시켜 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.

IV. 실험 결과 및 고찰

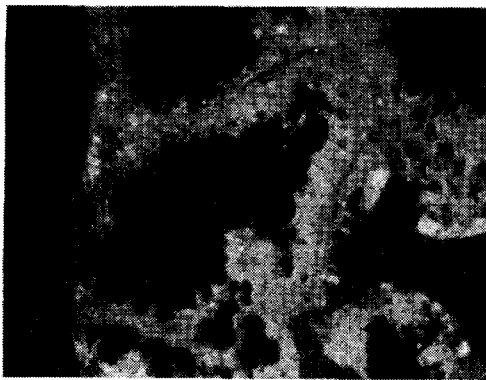
제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 실제 인공위

성 LANDSAT-5호 TM으로부터 원격 센싱되어 얻은 화상 AREA-P에 대하여 부호화 실험을 행하였다. 화상 AREA-P의 크기는 512×400 화소이고, 화소당 256 회색준위를 가지며, 7개 대역으로 구성되어 있다. 이에서 대역 1~5 및 대역 7은 30m×30m, 대역 6은 120m×120m의 지상해상도를 가진다. 이들중에서 대역 1 및 대역 4의 화상은 그림 4에서와 같다. 이에서 볼 수 있듯이 AREA-P는 바다, 강, 산, 잡초지, 시가지 등의 많은 영역들이 혼재해 있는 복잡한 인공위성 화상데이터임을 알 수 있다.

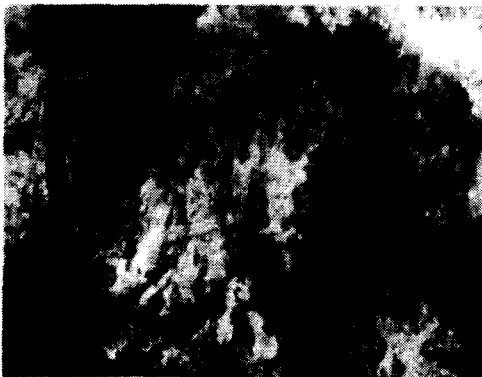
제안한 기법에서는 기존의 Gupta에 의한 기법에서와 같이 대역 2 및 대역 6를 기준대역으로 결정하여 대역내 벡터양자화를 행하였고, 대역 1, 3 4 및 대역 7

은 대역 2로부터 예측을 행하였고, 대역 5는 대역 6으로부터 예측을 행하였다. 또한 대역 2를 기준대역으로 영역분류를 행한 결과는 그림 5에서와 같이 삼림 (forest), 물 (water) 및 시가지 (urban area)의 세영역으로 분류되었다. 이 영역분류 결과로부터 제안한 기법에서 식 (15)에 의해 에지로 판별된 결과는 그림 6에서와 같았고, 전체 12800개의 블록 중에서 4853개의 블록이 에지로 나타났다.

본 실험에서는 블록의 크기를 4×4로 하여 Gupta 등<sup>[9]</sup>에 의해 제안된 예측 벡터양자화 기법, 에지를 보상하지 않은 분류영역별 예측 벡터양자화 기법<sup>[6]</sup> 및

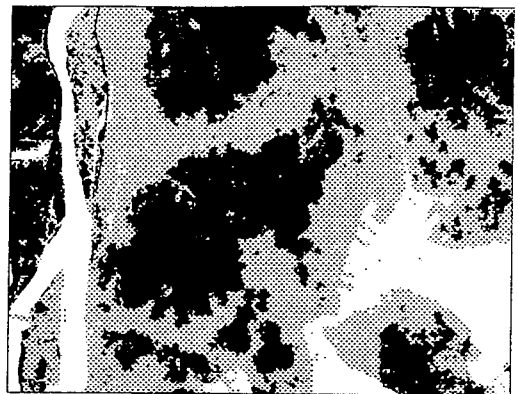


(a)



(b)

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



■ : Forest    □ : Urban area    □ : Water

그림 5. AREA-P에 대한 영역 분류 화상  
Fig. 5. The classified image for AREA-P.



그림 6. AREA-P에 대한 에지를 가지는 블록  
Fig. 6. The blocks with edge region for AREA-P.

제한한 에지를 보상한 분류영역별 예측 벡터양자화 기법에 대한 결과를 비트율 및 PSNR에 대하여 평가하였다.

먼저 기준대역인 대역 2 및 대역 6에 대한 동일한 화질로 부호화하였을때의 비트율을 계산한 결과는 표 1에서와 같았다. 이에서 보는바와 같이 기존의 기법에 의한 비트율보다 제안한 기법에 의한 비트율이 약 0.016 bpp 및 0.069 bpp 정도 감소하였음을 알 수 있다. 이는 분류영역별로 벡터양자화를 행함으로써 대역 내 중복성을 효과적으로 제거시켜 부호화 효율을 향상 시킬 수 있다. 또한 영역분류를 행함으로써 기존의 기법에서 보다 코드북의 크기를 감소시켜 코드북 탐색을 위한 계산량을 감소시킬 수 있다.

대역간 예측되어지는 대역 1, 3, 4, 5 및 대역 7의 예측 화상에 대한 PSNR을 계산한 결과는 표 2에서와 같았다. 이에서 보는 바와 같이 5개 대역에 대한 평균 PSNR이 제안한 에지를 보상한 기법이 기존의 Gupta 등에 의한 기법보다 약 2.9dB 정도 크게 향상되었고, 에지를 보상하지 않는 기법보다는 약 0.2dB 정도 향상 되었음을 알 수 있다. 이는 지표대상물의 반사특성에

따라 영역분류를 행한후, 이에 대하여 대역간 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시킬 수 있다. 특히 에지를 보상함으로써 아주 정확하게 대역간 예측을 행하여 대역간 중복성을 아주 효과적으로 제거시킬 수 있다.

대역간 예측되어지는 부호화되는 대역 1, 3, 4, 5 및 대역 7을 동일한 비트율로 부호화했을 때의 복원화상에 대한 PSNR을 계산한 결과는 표 3에서와 같았다. 제안한 에지를 보상한 기법에 의한 5개 대역의 평균 PSNR은 기존의 Gupta에 의한 것보다 약 0.5dB정도 향상되고, 에지를 보상하지 않는 기법보다는 약 0.2dB 정도 향상되어 부호화 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 각 대역에서도 제안한 에지를 보상한 기법에 의한 것이 기존의 Gupta에 의한 것보다 약 0.3~0.7dB 정도 크게 향상되었고, 에지를 보상하지 않는 것보다는 약 0.1~0.3dB 정도 향상되어 제안한 에지를 보상한 기법이 기존의 기법 및 에지를 보상하지 않는 기법보다 분류영역별로 정확하게 예측함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.

표 1. 동일한 화질에서 복원된 기준대역의 비트율 [bpp]

Table 1. Bit rate [bpp] of reconstructed reference bands at the same image quality.

Band	PSNR [dB]	Gupta's method	Proposed method
2	40.8	0.625	0.556
6	43.4	0.313	0.297

표 2. AREA-P에 대한 예측 화상의 PSNR [dB]

Table 2. PSNR [dB] of predicted images for AREA-P.

Band	Gupta's method	Proposed method	
		Without edge region compensation	With edge region compensation
1	33.5	34.6	34.8
3	34.7	34.9	35.1
4	19.3	24.8	24.9
5	19.6	23.0	23.2
7	26.6	30.8	30.9
Avg.	26.7	29.6	29.8

표 3. 동일한 비트율에서 복원된 화상의 PSNR [dB]

Table 3. PSNR [dB] of reconstructed images at the same bit rate.

Band	Bit rate [bpp]	Gupta's method	Proposed method	
			Without edge region compensation	With edge region compensation
1	0.241	37.1	37.7	37.8
3	0.235	37.2	37.5	37.7
4	0.518	32.4	32.9	33.0
5	0.520	30.2	30.4	30.7
7	0.426	35.1	35.2	35.4
Avg.	0.388	34.4	34.7	34.9

전체 화상에 대한 결과 중에서 에지로 판정되는 블럭들에 대한 PSNR을 계산한 결과는 표 4에서와 같았다. 이들 에지로 판정되는 블럭들은 기존의 기법 및 제안한 기법이 다르게 부호화되는 부분으로 제안한 기법의 에지보상 성능을 알 수 있다. 이 표에서 볼 수 있듯이 제안한 에지를 보상한 기법에 의한 5개 대역의 평균 PSNR은 기존의 Gupta에 의한 것보다 약 0.6dB 정

도 향상되고, 에지를 보상하지 않은 기법보다는 약 0.4dB 정도 향상되어 부호화 효율을 향상시킴을 알 수 있다. 또한 각 대역에서도 제한한 에지를 보상한 기법에 의한 것이 기존의 Gupta에 의한 것보다 약 0.4~0.9dB 정도 크게 향상되었고, 에지를 보상하지 않는 것보다는 약 0.2~0.7dB 정도 향상되었다. 이는 에지를 포함하는 블록에서 영역정보를 보다 정확하게 보상하여 대역간 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 부호화 효율을 향상시킴을 알 수 있다.

표 4. 복원된 화상에서 에지를 가지는 블록들에 대한 PSNR[dB]

Table 4. PSNR[dB] for blocks with edge in reconstructed images.

Band	Gupta's method	Proposed method	
		Without edge region compensation	With edge region compensation
1	36.3	36.7	37.1
3	36.1	36.1	36.6
4	31.1	31.3	31.5
5	28.7	28.9	29.6
7	33.8	33.9	34.3
Avg.	33.2	33.4	33.8

이상에서 살펴본 바와 같이 실제의 인공위성 화상데이터에 대한 실험을 통하여 제안한 기법이 기존의 기법에 비하여 동일한 비트율에서 높은 화질을 얻을 수 있어 압축효율이 우수함을 확인하였고, 특히 화상내에 여러 영역이 혼재해 있는 복잡한 화상인 경우에 영역정보를 정확하게 보상하여 예측을 행함으로써 대역내 및 대역간 중복성을 아주 효과적으로 제거시켜 우수한 압축기법임을 확인하였다.

## V. 결 론

본 논문에서는 에지 영역을 보상한 원격 센싱된 인공위성 화상의 부호화 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 먼저 각 화소벡터를 유사한 반사특성을 가지는 영역으로 분류한 후, 기준대역에 대해서 분류영역별 대역내 벡터양자화를 행하여 대역내 중복성을 제거시킨다. 대역간 중복성을 제거시키기 위하여 나머지 대역들에

대해서 분류영역별 대역간 예측을 행한다. 이때 양자화된 기준대역의 화소값 및 주변블록의 영역정보를 이용하여 에지 영역을 판별하고, 이를 보상하여 대역간 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 효율적으로 제거시킨다. 따라서 제안한 기법은 화상내에 많은 영역이 혼재되어 있는 경우에 보다 정확하게 예측함으로써 대역내 및 대역간 중복성을 효과적으로 제거시켜 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 향상시킬수 있어 우수한 부호화 기법임을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] T. M. Lillesand and R. W. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, 3rd Edition, 1994.
- [2] P. M. Mather, *Computer processing of remotely sensed images*, John Wiley & Sons, 1987.
- [3] K. Sayood, "Data compression in remote sensing applications," *IEEE 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] 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, Sep. 1995.



- [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.
- [9] 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.

---

 著 者 紹 介
 

---

## 金 榮 春

『센서학회지 제6권 제2호』 논문 97-6-2-04 p. 34참조.  
 현재 경북대학교 전자·전기공학부 박사과정 졸업.

## 李 健 一

『센서학회지 제6권 제2호』 논문 97-6-2-04 p. 34참조.  
 현재 경북대학교 전자·전기공학부 교수.