

論文2002-39SP-5-2

# 영역별 대역간 양방향 예측과 확장된 SPIHT를 이용한 다분광 화상데이터의 압축

## (Multispectral Image Compression Using Classified Interband Bidirectional Prediction and Extended SPIHT)

金承振\*, 潘聲元\*, 金秉柱\*, 朴慶南\*, 金榮春\*\*, 李健一\*

(Seung-Jin Kim, Seong-Won Ban, Byung-Ju Kim, Kyung-Nam Park, Young-Choon Kim, and Kuhn-Il Lee)

### 요 약

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측과 확장된 SPIHT (set partition in hierarchical trees)를 이용한 효율적인 인공위성 다분광 화상데이터의 압축 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 가시광선 영역과 적외선 영역에서 다른 대역과 분광적 상관성이 큰 대역을 기준대역 (feature band)으로 각각 결정하고, 이 대역들에 대해 웨이블릿 변환 (wavelet transform, WT)을 행한 후 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 대역내 (intraband) 중복성을 제거한다. 기준대역과 대역간 상관성이 큰 예측대역 (prediction band)들에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 하고, 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측 (classified interband bidirectional prediction)을 행함으로써 대역간 (interband) 중복성을 제거하여 압축 효율을 향상시킨다. 또한 확장된 SPIHT의 부호화 효율을 높이기 위해 예측오차의 최대값에 따라 재배열된 대역들에 대해 확장된 SPIHT를 행하여 예측오차를 부호화함으로써, 예측에 따른 오차를 보상하여 화질을 향상시킨다. 실제 다분광 화상데이터에 대한 모의 실험을 통하여 제안한 방법의 부호화 효율이 기존의 방법에 비하여 우수함을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we proposed the effective multispectral image compression method using CIBP (classified interband bidirectional prediction) and extended SPIHT (set partition in hierarchical trees) in wavelet domain. We determine separately feature bands that have the highest correlation with other bands in the visible range and in the infrared range of wavelengths. Feature bands are coded to remove the spatial redundancy with SPIHT in the wavelet domain. Prediction bands that have high correlation with feature bands are wavelet transformed and they are classified into one of three classes considering reflection characteristics of the baseband. For Prediction bands, CIBP is performed to reduce the spectral redundancy. for the difference bands between prediction bands and the predicted bands, They are ordered to upgrade the compression efficiency of extended SPIHT with the largest error magnitude. The arranged bands are coded to compensate the prediction error with extended SPIHT. Experiments are carried out on the multispectral images. The results show that the proposed method reconstructs higher quality images than images reconstructed by the conventional methods at the same bit rate.

**Key Words** : multispectral image (인공위성 화상데이터), SPIHT, classification (영역분류), bidirectional prediction (양방향 예측),

\* 正會員, 慶北大學校 電子電氣컴퓨터學部  
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

\*\* 正會員, 嶺東大學校 情報電子工學部  
(The Faculty of Information and Electronic Engineering, Youngdong University)

接受日字:2002年2月21日, 수정완료일:2002年7月11日

## I. 서 론

지구관측용 인공위성 화상데이터는 환경 조사, 기상 관측, 자원 탐사, 지도 작성, 및 재해 상황 조사 등의 여러 분야에 이용되고 있다. 다양한 원격 센서의 발달과 더불어 다양한 위치에서 원격 센싱(remote sensing)된 화상데이터의 양이 급격하게 증가함에 따라 많은 양의 데이터를 효율적으로 저장하거나 전송하는 문제에 관심이 커지고 있다.<sup>[1]</sup>

인공위성 화상데이터는 가시광선 영역 및 적외선 영역 등의 여러 개의 파장 대역별로 나뉘어져 동시에 수집되는 다분광(multispectral)의 것으로서, 일반 화상과는 달리 같은 피사체를 서로 다른 파장 대역별로 얻는 것이므로 대역내 뿐만 아니라 대역간에 많은 중복을 가진다. 따라서 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 동시에 효과적으로 제거함으로써 압축 효율을 향상시킬 수 있다.

1992년 Gupta 등<sup>[2]</sup>은 분광적 특징 예측 벡터 양자화(feature predictive vector quantization, FVPQ)를 통하여 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 대역내 중복성을 제거하기 위하여 대역간 상관성이 높은 하나의 기준대역에 대하여 대역내 벡터 양자화(intraband vector quantization)를 행하고, 이를 이용하여 나머지 대역들의 대역간 중복성을 제거하기 위해서 대역간 예측(interband prediction)을 행한다. 그러나 이 방법은 물, 산림, 및 도시지역과 같은 여러 개의 지표대상물의 반사특성을 고려하지 않고 대역단위로 예측을 행함으로써 예측이 부정확하여 압축 효율이 떨어진다.

1994년 Shapiro 등<sup>[3]</sup>은 분광적으로 KLT(Karhunen-Loeve transform)를 행하여 대역간 중복성을 제거하고 변환된 대역들에 대하여 웨이블릿 변환 후 제로트리(zerotree)를 이용한 EZW(embedded zerotree wavelet transform)를 행하여 대역내 중복성을 제거시키는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 효율적으로 대역내 및 대역간 중복성을 제거하였으나, KLT를 사용함으로써 부호화 및 복호화기가 복잡하고 각 대역에 대한 선택적 부호화를 할 수 없다.

1997년 김 등<sup>[4]</sup>은 공간 영역에서 블록 단위로 영역 분류를 행한 후, 영역별 예측을 통하여 대역간 중복성을 제거하고, 영역별 벡터 양자화를 통하여 대역내 중

복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 영역분류를 공간 영역에서 화소단위로 행함으로써 많은 부가 정보가 필요하며 공간 영역에서 벡터 양자화를 행하므로 점진적 전송(progressive transmission)을 할 수 없다.

또한 1999년 Gelli 등<sup>[5]</sup>은 대역내 및 대역간 중복성을 제거하기 위하여 화상데이터의 대역 특성을 이용하여 공간 영역에서 영역분류를 행한 뒤, 대역간 중복성을 제거하기 위하여 영역별 KLT(classified KLT, CKLT)를 행하고, 대역내 중복성을 제거하기 위하여 DCT(discrete cosine transform)를 이용하였다. 그러나 이 방법은 영역분류를 공간 영역에서 화소 단위로 행함으로써 많은 부가 정보가 필요하게 되며 KLT를 행하는 과정에서 부호화기의 구조가 복잡해지고 계산량이 많아진다.

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측과 확장된 SPIHT를 이용한 다분광 화상데이터의 효율적인 압축 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 가시광선 영역과 적외선 영역에서 결정된 대역간 분광적 상관성이 큰 기준대역들에 대해 웨이블릿 변환을 행한 후 SPIHT를 행하여 부호화한다. 기준대역과 높은 상관성이 큰 예측대역들에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 하고 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행한다. 또한 확장된 SPIHT의 부호화 효율을 높이기 위해 예측오차의 최대값에 따라 재배열된 대역들에 대해 확장된 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 예측에 따른 오차를 보상하여 화질을 향상시킨다. 즉, 제안한 방법에서는 웨이블릿 영역에서 기준대역에 대하여 SPIHT를 행함으로써 대역내 중복성을 제거하고, 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행함으로써 다분광 화상데이터에 존재하는 대역간 중복성을 제거하여 압축 효율을 향상시킨다. 또한 예측오차의 최대값에 따라 대역들을 재배열함으로써 확장된 SPIHT의 부호화 효율을 높인다.

제안한 방법의 성능 평가를 위하여 실제의 Landsat TM(thematic mapper)으로부터 얻은 다분광 화상데이터에 대하여 컴퓨터 모의 실험을 수행한 결과 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 동일 비트율에서 더 좋은 화질을 얻을 수 있음을 확인하였다.

## II. 제안한 다분광 화상데이터의 부호화 방법

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측과 확장된 SPIHT를 이용한 다분광 화상데이터의 효율적인 압축 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 가시광선 영역과 적외선 영역에서 각각 결정된 기준대역에 대해 웨이블릿 변환을 행한 후 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 대역내 중복성을 제거한다. 또한 예측대역들에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 하고 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행하여 대역간 중복성을 제거한다. 예측오차의 최대값에 따라 재배열된 대역들에 대하여 확장된 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 예측에 따른 오차를 보상하여 화질을 향상시킨다. 제안한 방법의 블록도는 그림 1에서와 같다.

### 1. 웨이블릿 변환과 SPIHT

웨이블릿 변환을 기반으로 하는 화상데이터의 압축에 관한 연구가 최근 진행되고 있다.<sup>[7~11]</sup> 웨이블릿 변환은 신호를 시간과 주파수에 대하여 국부적으로 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.

1996년 Said와 Pearlman<sup>[6]</sup>은 웨이블릿 영역에서 웨이블릿 계수들의 부대역간 상관 관계를 이용한 SPIHT를 제안하였다. 웨이블릿 변환에 의해 다해상도로 분해된 영상은 에너지의 대부분이 부밴드 계층에 따라 상

위 레벨에 집중되어 있고 부밴드별 분산은 하위 레벨로 갈수록 작아진다. 또한 그림 2에서와 같이 웨이블릿 변환된 영상에서는 부밴드간에 공간적 자기 상관성 (self similarity)이 나타나므로 제로트리 부호화에 이용된다.

제로트리 부호화는 상위 레벨의 웨이블릿 계수값이 임계값보다 작다면 하위 레벨의 계수값도 작을 가능성이 높다는 사실을 이용하여 부호화 효율을 높인다. 본 논문에서는 제로트리 부호화의 효율을 더욱 높인 SPIHT를 기초로 한다. 제로트리 구조에서 가장 상위 레벨의 계수들을 트리루트 (treeroot)라 하고 그 이하 레벨들의 계수들을 자손들 (descendants)이라 한다. 자손들은 위치가 인접한 계수들을 2×2 그룹으로 묶어 구성되며 2×2 그룹의 중요(significant) 정보는 LIS (list of insignificant sets), LIP (list of insignificant pixels), 및 LSP (list of significant pixels)의 세 개의 리스트에 저장된다. 이 알고리즘을 간단하게 설명하기 위하여 다음을 정의한다

- $O(i, j)$ : 노드  $(i, j)$ 의 자식 (offspring)의 집합
- $D(i, j)$ : 노드  $(i, j)$ 의 자손들의 집합
- $H$ : 가장 상위 레벨에 있는 계수들의 집합
- $L(i, j) = D(i, j) - O(i, j)$

SPIHT는 LIS, LIP, 및 LSP라는 세 개의 리스트를 사용하며 초기화 (initialization), 정렬 과정 (sorting pass), 세분 과정 (refinement pass), 그리고 양자화 값 갱신이라는 네 가지 주된 단계를 사용한다. 초기화 과정에서는 LSP를 비워두고  $H$ 에 속한 계수들을 LIP에 넣고 LIP의 계수들 중에서 자손들을 LIS에 넣는다. 정렬 과정에서는 LIP를 차례대로 조사해 가면서 임계치보다 큰 값은 LSP에 넣고 작은 값은 LIP에 추가시킨다. 자손에 관한 정보는  $D(i, j)$ 에 대해서 A형으로,  $L(i, j)$ 에 대해서는 B형으로 LIS에 넣는다. 세분 과정에서는 LSP를 차례대로 세분하는 정보를 만든다. 양자화 값 갱신에서는 임계치를 반으로 줄인다. 양자화 값을 갱신하면서 원하는 비트율에 도달할 때까지 정렬 과정과 세분 과정을 반복한다.

SPIHT는 빠르고 간단하면서도 부분 정렬에 의해 중요 비트를 먼저 보냄으로써 임베디드 (embedded) 부호화를 가능하게 하며, 점진적 전송 (progressive transmission)이 가능하여 전송 과정에서의 오류에도

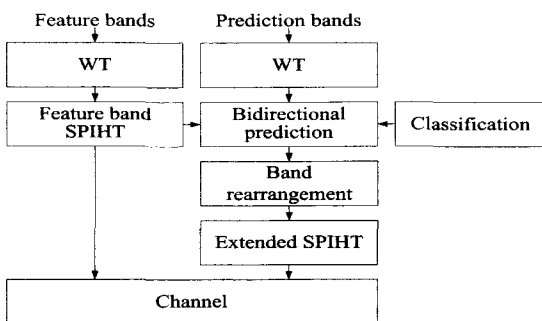


그림 1. 제안한 방법의 블록도  
Fig. 1. Block diagram of the proposed method.

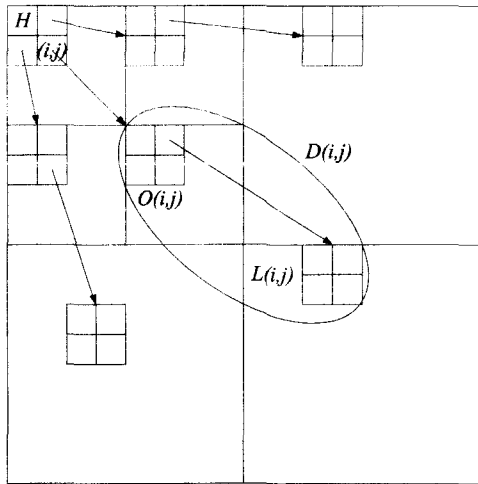


그림 2. 웨이블릿 영역에서 부모와 자식의 의존관계  
Fig. 2. Example of parent offspring dependencies in wavelet domain.

복호화 할 수 있다는 강한 장점을 가지고 있다. 또한 웨이블릿 계수들의 부대역간 유사성을 이용한 제로트리 부호화를 함으로써 압축 효율을 높이고 원하는 비트율까지 부호화할 수 있는 장점이 있다.

2. 기준대역 부호화

인공위성 화상데이터는 일반적으로 지표대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가시광선 영역 및 적외선 영역 등의 여러 개의 파장 대역별로 수집되는 다분광의 것이다. 이 화상데이터는 그림 3에서 보는 것처럼 공간적으로 2차원 및 분광적으로 1차원을 가지는 3차원 구조를 가진다. 이 경우 다분광 화상데이터  $X$ 는

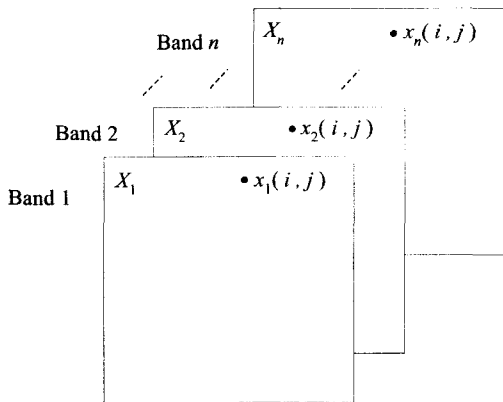


그림 3. 다분광 화상데이터의 구조  
Fig. 3. Structure of multispectral image.

$$X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\} \quad (1)$$

나타낼 수 있다. 여기서  $n$ 은 대역의 수를 나타내고  $X_n$ 은 대역  $n$ 의 화상을 뜻한다. Landsat TM의 경우  $n=7$ 이며  $X_1, X_2$ , 및  $X_3$ 은 가시광선 영역 그리고  $X_4, X_5, X_6$ , 및  $X_7$ 은 적외선 영역의 화상데이터를 갖는다.

이러한 다분광 화상데이터의 구조에서의 가시광선 영역 및 적외선 영역을 고려하여 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 하기 위해 다른 대역과 분광적 상관성이 높은 두 개의 기준대역을 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 각각 선택한다. 기준대역을 선택하기 위해 각 대역에 대해 계수들의 상관성을 구한 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 대역간 상관계수의 행렬

Table 1. Interband correlation coefficient matrix.

Band	1	2	3	4	5	7
1	1.000	0.969	0.958	0.247	0.520	0.811
2		1.000	0.985	0.190	0.587	0.848
3			1.000	0.258	0.559	0.854
4				1.000	0.515	0.042
5					1.000	0.841
7						1.000

이 표에서와 같이 가시광선 영역의 대역 2와 적외선 영역의 대역 5가 같은 영역의 대역들 및 다른 영역의 대역들과의 상관성이 크기 때문에 가시광선 영역에서는 대역 2와 적외선 영역 기준대역으로 선택하였다. 선택된 기준대역들의 대역내 중복성을 제거하기 위해 제안한 방법에서는 먼저 기준대역들에 대해 웨이블릿 변환을 행한 후, SPIHT를 행하여 부호화한다. 또한 기준대역들의 부호화 효율을 높이기 위해 상대적으로 공간적 분산이 작은 대역 2를 기준으로 대역 5를 예측하여 부호화한다.

3. 영역분류

다분광 화상데이터는 파장 대역에 대해 다른 반사율을 가지는 지표 대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가시광선 영역 및 적외선 영역 등에서 여러 개의 파장 대역으로 수집된다.

공간 영역에서의 이러한 다분광 화상데이터의 파장

대역별 특성을 웨이블릿 영역으로 확장함으로써 공간 영역에서 화소단위로 영역분류를 행하여 많은 부가정보가 요구되는 기존의 방법에 비해 적은 부가정보로 효율적인 영역분류를 행할 수 있다. 웨이블릿 영역에서 기저밴드는 원 화상의 전역적인 정보를 포함하고 있으며 공간 영역에서의 파장 대역별 반사특성과 유사한 특성을 가지고 있다. 따라서 웨이블릿 영역에서의 영역분류는 각 대역의 기저밴드를 이용하여 영역분류를 행한 후, '부밴드에 대해서는 기저밴드와 나머지 부밴드 사이의 자기 상관성과 해상도를 고려하여 기저밴드의 영역분류 정보를 나머지 밴드로 확장함으로써 영역분류를 행할 수 있게 된다.

각 대역에 대한 기저밴드의 임의의 벡터  $V$ 는

$$V = [W_1, W_2, W_3, \dots, W_n] \quad (2)$$

와 같이 나타난다. 여기에서  $W$ 는 기저밴드의 웨이블릿 계수이며  $n$ 은 대역의 수를 나타낸다.  $V$ 는 각 영역의 빛의 반사 특성에 의해 영역별로 다른 값들을 가지며, 로이드 알고리즘(Lloyd algorithm)의 반복 수행에 의하여 기저밴드에서의 영역 기준값이 얻어진다. 이렇게 얻어진 영역 기준값을 이용하여 최근린 조건 (nearest neighborhood condition)을 통해서 부호화하려는 화상 데이터의 영역을 분류하게 된다. 따라서 임의의 기저밴드의 영역  $C$ 는

$$C = \arg[\min(\sum_{i=1}^n |R_i - C_i^1|^2, \sum_{i=1}^n |R_i - C_i^2|^2,$$

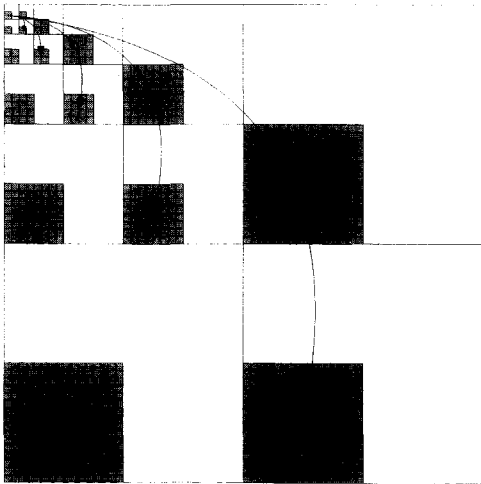


그림 4. 나머지 부밴드들의 영역분류  
Fig. 4. Classification of other subbands.

$$\sum_{i=1}^n |R_i - C_i^3|^2)] \quad (3)$$

로 결정된다. 여기에서  $n$ 은 대역의 수를 나타내고,  $C_i$ 는 영역 기준값을 나타낸다. 그리고 나머지 부밴드의 영역분류는 그림 4에서의 같이 각 부밴드의 상관성과 해상도를 고려하여 기저밴드의 영역분류 정보를 나머지 부밴드에 확장한다.

#### 4. 영역별 대역간 양방향 예측 및 예측대역 부호화

기준대역과 대역간 분광적 상관성이 큰 예측대역의 대역간 중복성을 제거하기 위하여 제안한 방법에서는 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 각각 선택된 기준대역을 이용하여 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행한다. 이때 사용되는 예측기는 선형 예측기의 확장된 형태를 가진다. 선택된 두 개의 기준대역을 이용한 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 통한  $b$ 대역에서  $s$ 부밴드의 영역  $c$ 에 대한 예측값,  $\widehat{W}_b^s(c)$ 는

$$\widehat{W}_b^s(c) = A_b^s(c) \widehat{W}_{ref1}^s(c) + B_b^s(c) \widehat{W}_{ref2}^s(c) + C_b^s(c) \quad (4)$$

와 같다. 여기서 예측 계수  $A_b^s(c)$ ,  $B_b^s(c)$ , 및  $C_b^s(c)$ 는 각각

$$A_b^s(c) = \frac{\text{var}(W_{ref1}^s(c)) \text{cov}(W_{ref1}^s(c), W_b^s(c))}{\text{var}(W_{ref1}^s(c)) \text{var}(W_{ref2}^s(c)) - \text{cov}^2(W_{ref1}^s(c), W_{ref2}^s(c))} - \frac{\text{cov}(W_{ref1}^s(c), W_{ref2}^s(c)) \text{cov}(W_{ref2}^s(c), W_b^s(c))}{\text{var}(W_{ref1}^s(c)) \text{var}(W_{ref2}^s(c)) - \text{cov}^2(W_{ref1}^s(c), W_{ref2}^s(c))} \quad (5)$$

$$B_b^s(c) = \frac{\text{var}(W_{ref2}^s(c)) \text{cov}(W_{ref2}^s(c), W_b^s(c))}{\text{var}(W_{ref1}^s(c)) \text{var}(W_{ref2}^s(c)) - \text{cov}^2(W_{ref1}^s(c), W_{ref2}^s(c))} - \frac{\text{cov}(W_{ref1}^s(c), W_{ref2}^s(c)) \text{cov}(W_{ref1}^s(c), W_b^s(c))}{\text{var}(W_{ref1}^s(c)) \text{var}(W_{ref2}^s(c)) - \text{cov}^2(W_{ref1}^s(c), W_{ref2}^s(c))} \quad (6)$$

$$C_b^s(c) = E[W_b^s(c)] - (A_b^s(c) E[W_{ref1}^s(c)] + B_b^s(c) E[W_{ref2}^s(c)]) \quad (7)$$

이다. 여기에서  $\text{var}(\cdot)$ ,  $\text{cov}(\cdot)$ , 및  $E[\cdot]$ 는 각각 분산, 공분산, 및 평균을 나타낸다. 이와 같이 가시광선 영역과 적외선 영역에서 예측대역과 대역간 상관성이 높은 두 개의 기준대역을 사용하여 각 부밴드에 대한 영역별 특성에 맞는 예측 계수를 사용하므로, 영역별 특성을 고려하지 않고 화상 전체에 대하여 같은 예측 계수를 사용하고 가시광선 영역과 적외선 영역에 상관없이 하나의 기준대역을 이용하는 기존의 방법에 비하여

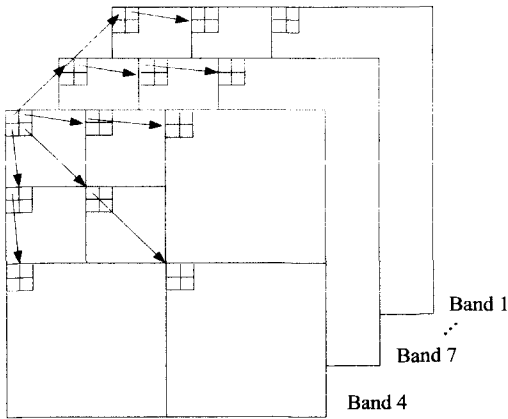


그림 5. 재배열 된 대역 및 확장된 SPIHT를 위한 트리구조

Fig. 5. The ordered band and tree structure for extended SPIHT.

더 정확한 예측을 행할 수 있다. 따라서 예측오차를 줄이고 효율적으로 대역간 중복성을 제거할 수 있어 압축효율을 향상시킬 수 있다. 또한 예측 계수  $A_i^*(c)$ ,  $B_i^*(c)$ , 및  $C_i^*(c)$ 는 다양한 영역을 지닌 여러 지역에 대한 화상데이터로부터 추출된 고정계수이므로 예측을 위한 계산량 및 부가 정보는 불필요하다.

다분광 화상데이터의 웨이블릿 계수와 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 통하여 얻어진 예측 계수와의 차이인 예측오차는 확장된 SPIHT를 행하여 부호화한다. 확장된 SPIHT의 부호화 효율을 높이기 위해서 예측오차의 최대값이 큰 대역에서 작은 대역순으로 대역들을 재배열한 후, 재배열된 대역들에 대해 확장된 SPIHT를 행하여 예측 오차를 부호화함으로써 예측에 따른 오차를 보상하여 화질을 향상시킨다. 재배열된 대역과 확장된 SPIHT의 구조는 그림 5에서와 같다.

### III. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험에서는 Landsat TM으로부터 얻어진  $512 \times 512$  화소의 크기와 256 단계의 회색준위를 가지는 Washington, D.C. 화상 데이터를 사용하였다. 이 화상데이터는 대역 1, 2, 3, 4, 5, 및 7은  $30 \times 30m$ 의 지상해상도를 가지고, 대역 6은  $120 \times 120m$  지상해상도를 가진다. 본 논문에서는 해상도가 다른 대역 6은 제외하고 모의 실험을 행하였다.

그리고 영역분류 기준값 및 예측 계수의 추출을 위하여 Washington, D.C.를 제외한 다양한 영역을 가지는 3개의 화상데이터를 훈련데이터로 사용하였다. 실제 모의 실험에 사용된 Washington, D.C.의 대역 2 및 4의 화상은 그림 6에서와 같다.

가시광선 영역과 적외선 영역에서 나머지 대역과 분광적 상관성이 큰 대역 2와 대역 5를 기준대역으로 선택한다. 선택된 기준대역에 대하여 웨이블릿 변환을 행한 후, SPIHT를 행하여 부호화한다. 또한 기준대역의 부호화 효율을 높이기 위해 공간적 분산이 작은 대역 2를 기준으로 대역 5를 예측한다. 예측대역에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 하고 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행한다. 예측오차의 최대값에 따라 재배열된 대역들에 대해 확장된 SPIHT를 행하여 예측오차를 부호화한다. 이때 웨이블릿 변환은 Antonini의 9/7셀 쌍직교 필터 (biorthogonal filter)를 이용하여 5-level 웨이블릿 변환을 행하며 분류된 영역은 그림 7에서와 같았다.

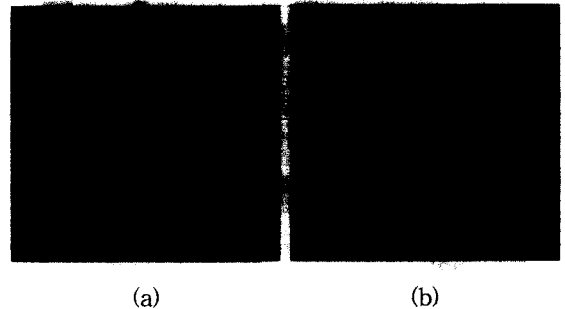


그림 6. Washington, D.C.의 (a) 대역 2 및 (b) 대역 4의 화상

Fig. 6. Original (a) band 2 and (b) band 4 images of Washington, D.C.

기존의 FPMQ, CKLT-DCT, KLT-EZW, 및 제안한 방법에 의해 복원된 화상에 대한 각 비트율에서의 평균 PSNR은 표 II에서와 같다. 기존의 대역내 및 대역간 중복성을 제거하기 위한 부호화 방법들은 영역을 고려하지 않거나, 화소단위로 영역분류를 행함으로써 영역정보가 많아 전체적인 부호화 효율이 떨어진다. 또한 KLT를 사용함으로써 부호화 및 복호화기가 복잡하며 계산량이 많아진다. 제안한 방법에서는 웨이블릿 영역에서 기저밴드의 영역정보만을 이용함으로써 적은 비트량으로 영역분류를 할 수 있고, 가시광선 영역 및

적외선 영역을 고려하여 선택한 두 개의 기준대역을 이용하여 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행함으로써 예측오차를 줄이고 효율적으로 대역간 중복성을 제거할 수 있다. 또한 확장된 SPIHT의 부호화 효율을 높이기 위해 예측오차의 최대값의 크기에 따라 재배열된 대역들에 대하여 확장된 SPIHT를 행하여 예측오차를 부호화함으로써 예측에 따른 오차를 보상하여 화질을 향상시켰다. 따라서, 이 표에서 보는 것처럼 기존의 방법에 비해 제안한 방법이 여러 동일 비트율에서 평균 0.24~3.56dB 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한 저비트율에서 제안한 방법의 성능이 더욱 나아짐을 확인할 수 있었다.

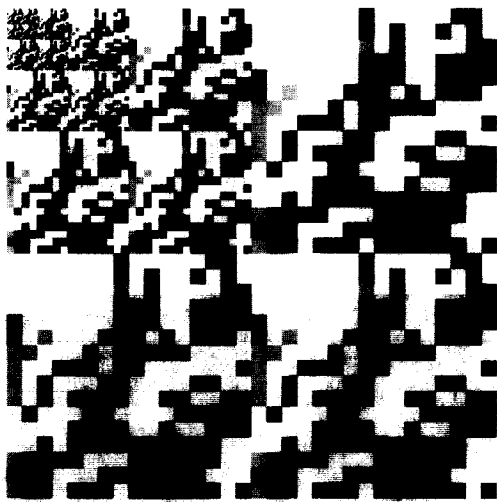


그림 7. 웨이블릿 영역에서 Washington, D.C. 의 분류 영역

Fig. 7. Classified region of Washington, D.C. in the wavelet domain.

표 2. 부호화한 Washington, D.C. 화상의 동일 비트율에서의 평균 PSNR

Table 2. Average PSNR under same bit rate of coded Washington, D.C. image.

Bit rate (bpp)	Average PSNR [dB]			
	FPVQ	CKLT-DCT	KLT-EZW	Proposed method
0.1	27.63	29.41	31.49	32.15
0.2	29.35	32.67	32.84	33.96
0.3	32.23	34.49	35.10	35.34
0.4	33.95	35.21	36.02	36.45
0.5	34.36	35.51	36.97	37.42

이상의 결과에서 제안한 방법이 기존의 방법인 FPVQ, CKLT-DCT, KLT-EZW보다 효율적으로 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 제거함으로써 모든 비트율에서 압축 효율이 우수함을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측과 확장된 SPIHT를 이용한 다분광 화상데이터의 효율적인 압축 방법을 제안하였다. 이 방법은 가시광선 영역과 적외선 영역에서 다른 대역과 분광적 상관성이 큰 대역을 기준대역으로 각각 결정하고, 이 대역들에 대해 웨이블릿 변환을 행한 후 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 대역내 중복성을 제거하였다. 기준대역과 분광적 상관성이 큰 예측대역들에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 하고 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 제거하였다. 또한 확장된 SPIHT의 부호화 효율을 높이기 위해 예측오차의 최대값에 따라 재배열된 대역들에 대해 확장된 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 예측에 따른 오차를 보상하여 화질을 향상시킨다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 실제의 Landsat TM으로부터 얻은 화상데이터에 대하여 모의 실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 우수함을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] K. Sayood, "Data ocmpression in remote sensing applications," *IEEE Geosci. and Remote Sensing Society Newsletter*, Vol. 84, pp. 7~15, Sep. 1992.

[2] S. Gupta and A. Gersho, "Feature predictive vector quantization of multispectral images," *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing*, Vol. 30, No. 3, pp. 491~501, May 1992.

[3] J. M. Shapiro, S. A. Martucci, and M. Czigler, "Compression of multispectral Landsat imagery using the embedded zerotree wavelet (EZW)

- algorithm," *Proc. Data Compression Conf.* (DCC'94), pp. 472, Apr. 1994.
- [4] 김영춘, 이진일, "영역 분류 및 대역간 상관성을 이용한 원격 센싱된 인공위성 화상데이터의 부호화," *한국통신학회논문지*, 제 2 권 제 8 호, pp. 1722~1732, 1997년 8월
- [5] G. Gelli and G. Poggi, "Compression of multispectral images by spectral classification and transform coding," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 8, No. 4, pp. 476~489, April 1999.
- [6] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 6, No. 3, pp. 243~250, June 1996.
- [7] P. L. Dragotti, G. Poggi, and A. R. P. Ragozini, "Compression of Multispectral Images by Three-Dimensional SPIHT Algorithm," *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing*, Vol. 38, No. 1, pp. 416~428, Jan. 2000.
- [8] 반성원, 권성근, 이종원, 박경남, 이진일, "웨이블릿 영역에서의 영역별 대역간 예측과 벡터양자화를 이용한 다분광 화상데이터의 압축," *한국통신학회논문지*, 제 25 권 제 18 호, pp. 120~127, 2000년 1월
- [9] A. K. Rao and S. Bhargava, "Multispectral Data Compression Using Bidirectional Interband Prediction," *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing*, Vol. 34, No. 2, pp. 385~397, Mar. 1996.
- [10] J. Wang, K. Zhang, and S. Taeng, "Spectral and spatial decorrelation of Landat TM data for lossless compression," *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing*, Vol. 33, No. 5, pp. 1277~1285, Sep. 1995.
- [11] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 1, No. 2, pp. 205~220, Apr. 1992.

---

 저 자 소 개
 

---

金 承 振(正會員)

2000년 2월 경북대학교 공과대학 전자전기공학부 졸업 (공학사). 2002년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 2002년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정. <주관심분야: 영상신호처리 및 영상통신>

潘 聲 元(正會員) 第36卷 S編 第4號 參照

金 乘 柱(正會員) 第36卷 S編 第4號 參照

朴 慶 南(正會員) 第38卷 SP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