

논문 2005-42SP-1-1

영역별 양방향 예측과 KLT를 이용한 인공위성 화상데이터 압축

(Landsat TM Image Compression Using Classified Bidirectional Prediction and KLT)

김 승 진, 김 태 수*, 박 경 남**, 김 영 춘***, 이 건 일*

(Seung-Jin Kim, Tae-Su Kim, Kyung-Nam Park, Young-Choon Kim, and Kuhn-Il Kim)

요 약

웨이블릿 영역에서 영역별 양방향 예측, KLT (Karhunen-Loeve transform)^[13], 및 3차원 SPIHT (set partition in hierarchical trees)^[11]를 이용한 인공위성 화상데이터의 부호화 방법을 제안하였다. 가시광선 영역과 적외선 영역에서 선택된 기준대역 (feature band)에 대하여 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 대역내 (intraband) 중복성을 제거한다. 기준대역을 예측대역 (prediction band)들에 대해서는 웨이블릿 변환 (wavelet transform)을 행한 후, 빛의 반사 및 열의 방사에 따라 대역별 특성이 다를 수 있으므로 영역분류를 하고 영역별 양방향 예측 (classified bidirectional prediction)을 행함으로써 대역간 (interband) 중복성을 제거한다. 원 인공위성 화상데이터와 부호화 된 인공위성 화상데이터 사이의 오차값으로 구성된 오차대역 (residual band)들에 대하여 KLT를 행함으로써 대역간 중복성이 제거되고 계수값들은 고유치의 크기에 따라서 분광적으로 정렬됨으로써 3차원 SPIHT의 부호화 효율을 향상시킨다. 인공위성 화상데이터에 대한 모의실험을 통하여 제안한 방법의 부호화 효율이 기존의 방법에 비하여 우수함을 확인하였다.

Abstract

We propose an effective Landsat TM image compression method using the classified bidirectional prediction (CBP), the classified KLT, and the SPIHT. The SPIHT is used to exploit the spatial redundancy of feature bands selected in the visible range and the infrared range separately. Regions of the prediction bands are classified into three classes in the wavelet domain, and then the CBP is performed to exploit the spectral redundancy. Residual bands that consist of difference values between the original band and the predicted band are decorrelated by the spectral KLT. Finally, the three dimensional (3-D) SPIHT is used to encode the decorrelated coefficients. Experiment results show that the proposed method reconstructs higher quality Landsat TM image than conventional methods at the same bit rate.

Keywords : 인공위성 화상 데이터, 영역분류, 양방향 예측, KLT, SPIHT.

I. 서 론

지구 관측용 인공위성의 원격 센서 (remote sensor)

정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

** 정회원, 나사렛대학교 정보과학부
(Division of Information Science, Korea Nazarene University)

*** 정회원, 영동대학교 정보통신학과
(The Faculty of Information and Electronic Engineering, YoungDong University)

접수일자: 2004년8월31일, 수정완료일: 2004년10월25일

에 의해 얻어지는 인공위성 화상데이터는 지표 대상물로부터 빛의 반사 및 열의 방사를 가시광선 영역 및 적외선 영역 등의 여러 개의 파장 대역별로 나뉘어져 동시에 수집되는 다분광 (multispectral)의 것으로서, 기상 관측, 자원 탐사, 지도 작성, 및 군사 정찰 등의 여러 분야에 이용되고 있다.

원격 센서로부터 얻어지는 인공위성 화상데이터의 양이 방대하고 원격 센서의 발달에 따라 다양한 위치에서 원격 센싱 (remote sensing)된 화상데이터의 양이 급격하게 증가함에 따라 많은 양의 데이터를 효율적으로 저장하거나 전송하는 문제에 관심이 커지고 있으며,

일반 화상과 달리 여러 개의 파장 대역별로 수집되는 인공위성 화상데이터의 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 동시에 효과적으로 제거하여 압축 효율을 향상시키기 위한 많은 연구^{[2]-[8]}가 이루어져 왔다.

1992년 Gupta 등^[5]은 분광적 특징 예측 벡터 양자화(feature predictive vector quantization, FPVQ)를 통하여 대역내 중복성 및 대역간 중복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 대역내 중복성을 제거하기 위하여 대역간 상관성이 높은 하나의 기준대역에 대하여 대역내 벡터 양자화(intraband vector quantization)를 행하고, 대역간 중복성을 제거하기 위해서 기준대역과 예측대역 사이에 대역간 예측(interband prediction)을 행한다. 그러나 이 방법은 물, 산림, 및 도시지역과 같은 여러 개의 지표대상물의 반사특성을 고려하지 않고 예측을 행함으로써 예측이 부정확 하여 예측 오차값의 부화시 부화화 압축 효율이 떨어진다.

1994년 Shapiro 등^[6]은 분광적으로 KLT를 행하여 대역간 중복성을 제거하고, 변환된 대역들에 대하여 웨이블릿 변환 후 제로트리(zerotree)를 이용한 EZW(embedded zerotree wavelet transform)^[9]를 행하여 대역내 중복성을 제거하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 효율적으로 대역내 및 대역간 중복성을 제거하였으나, KLT를 이용함으로써 계산량이 많고 공분산 계수를 전송하기 위한 많은 부가 정보가 필요하다.

1999년 Gelli 등^[7]은 화상데이터의 대역 특성을 이용하여 공간 영역에서 영역분류를 행한 뒤, 대역간 중복성을 제거하기 위하여 영역별 KLT를 행하고, 대역내 중복성을 제거하기 위하여 DCT(discrete cosine transform)를 이용하였다. 그러나 이 방법은 영역분류를 공간 영역에서 화소 단위로 행함으로써 많은 부가 정보가 필요하게 된다.

또한 2000년 Dragotti 등^[8]은 대역내 중복성을 제거하기 위해 웨이블릿 변환을 행하고 대역간 중복성을 제거하기 위해 KLT를 행한 후 3차원 SPIHT를 행하여 부호화 하였다. 그러나 이 방법은 대역간 중복성을 제거하기 위해 KLT를 이용했다는 단점이 있다.

본 논문에서는 영역분류 정보를 이용하여 웨이블릿 영역에서 영역별 양방향 예측과 KLT를 수행한 후, 3차원 SPIHT를 이용하여 부호화 하는 효율적인 인공위성 화상데이터 부호화 알고리즘을 제안하였다. 가시광선 영역 및 적외선 영역의 데이터로 나누어지는 인공위성 화상데이터에서 다른 대역과 분광적 상관성이 크고 SPIHT에 의한 부호화 효율이 높은 기준대역을 가시광

선 영역 및 적외선 영역에서 각각 결정한다. 기준대역들에 대하여 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 대역내 중복성을 제거한다. 기준대역을 제외한 예측대역들에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드에서 빛의 반사 및 열의 방사에 따른 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 한다. 영역분류 정보를 이용하여 영역별 양방향 예측을 행함으로써 대역간 중복성을 제거한다. 원 인공위성 화상데이터와 부호화 된 인공위성 화상데이터 사이에는 오차값이 존재한다. 오차값으로 구성된 오차대역들에 대하여 KLT를 행하여 대역간 중복성을 제거하고 계수값들을 고유치의 크기에 따라 분광적으로 정렬시킴으로써 3차원 SPIHT의 부호화 효율을 향상시킨다. 훈련 인공위성 화상데이터를 이용하여 구해진 고정된 공분산을 이용하여 KLT를 행함으로써 KLT의 단점을 보완하였다. 분광적으로 정렬된 계수값들에 대해서 3차원 SPIHT를 수행하여 인공위성 화상데이터를 부호화 한다. 인공위성 화상데이터에 대한 모의실험을 통하여 제안한 방법의 부호화 효율이 기존의 방법에 비하여 우수함을 확인하였다.

II. 제안한 인공위성 화상데이터의 부호화 방법

본 논문에서는 영역별 양방향 예측, KLT, 및 3차원 SPIHT를 이용한 인공위성 화상데이터의 부호화 방법을 제안하였다. 가시광선 영역과 적외선 영역에서 선택된 기준대역을 이용하여 영역별 양방향 예측을 행한 후, 예측 오차값로 구성된 오차대역들에 대해서 KLT를 행함으로써 대역간 중복성을 줄이고 3차원 SPIHT의 부호화 효율을 높인다. 분광적으로 정렬된 계수값들에 대하여 3차원 SPIHT를 행함으로써 인공위성 화상데이터를 부호화 한다.

1. 기준대역 부호화

여러 개의 파장 대역 별로 수집된 인공위성 화상데이터는 파장 대역에 따라 가시광선 영역 및 적외선 영역의 화상데이터로 나누어진다. 화상데이터는 그림 1에서 보는 것처럼 공간적으로 2차원 및 분광적으로 1차원의 3차원 구조를 가진다. 이 경우 다분광 화상데이터 X 는

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

로 나타낼 수 있다. 여기서 n 은 대역의 수를 나타내고, X_n 은 대역 n 의 화상을 뜻한다. Landsat TM의 경우

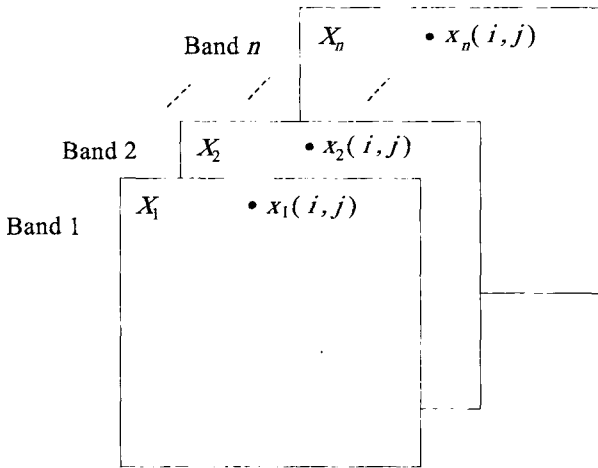


그림 1. 다분광 화상데이터의 구조
Fig. 1. Structure of multispectral image data.

표 1. 대역간 상관계수의 행렬
Table 1. Interband correlation coefficient matrix.

Band	1	2	3	4	5	7
1	1.00					
2	0.91	1.00				
3	0.89	0.95	1.00			
4	0.18	0.21	0.20	1.00		
5	0.47	0.54	0.52	0.55	1.00	
7	0.64	0.67	0.68	0.26	0.84	1.00

$n=7$ 이며 $X_1, X_2,$ 및 X_3 은 가시광선 영역 그리고 $X_4, X_5, X_6,$ 및 X_7 은 적외선 영역의 화상데이터이다.

이러한 인공위성 화상데이터의 구조에서 대역간 상관성을 줄이기 위하여 다른 대역과 분광적 상관성이 큰 기준대역을 이용하여 대역간 예측을 행한다. 이때 기준대역은 파장 대역을 고려하여 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 각각 선택 된다. 기준대역은 대역간 예측에 의한 오차를 줄이기 위해 같은 영역의 대역뿐만 아니라 다른 영역의 대역들과도 분광적 상관성이 높아야 하며, 다양한 비트율에서 SPIHT에 의해 부호화 되었을 때 부호화 된 화상데이터의 화질이 높아야 한다. 기준대역을 선택하기 위해 각 대역들 사이의 상관성과 SPIHT에 의해 부호화 된 화상데이터의 화질을 표 1 및 표 2에 각각 나타내었다.

표 1 및 표 2에서와 같이 같은 영역 및 다른 영역의 대역들과의 상관성이 크고 SPIHT에 의해 부호화 된

표 2. 다양한 비트율에서 SPIHT에 의해 부호화 된 대역들의 PSNR

Table 2. PSNR of the bands encoded by the SPIHT in the various bit rate.

Band	PSNR [dB]				
	0.1 [bpp]	0.2 [bpp]	0.3 [bpp]	0.4 [bpp]	0.5 [bpp]
1	33.20	34.76	36.09	37.05	37.80
2	36.33	38.14	39.24	40.24	41.25
3	31.64	33.47	34.72	35.90	36.74
4	29.51	31.14	32.22	33.21	34.13
5	26.76	28.90	29.82	30.80	31.60
7	30.87	32.77	33.99	35.15	36.06

화상데이터의 화질이 높은 가시광선 영역의 대역2와 적외선 영역의 대역 7을 기준대역으로 각각 선택한다. 선택된 기준대역들의 대역내 중복성을 제거하기 위해 웨이블릿 변환 및 SPIHT를 행하여 부호화한다.

2. 영역분류

인공위성 화상 데이터는 파장 대역에 대해 다른 반사율을 가지는 지표 대상물에 대하여 빛의 반사 및 열의 방사에 따라 여러 개의 파장 대역으로 동시에 수집되므로 대역들 사이에 비선형 특성을 가진다. 이러한 비선형 특성은 선형 예측기의 예측 효율은 떨어뜨리므로 부호화 효율이 낮아진다. 따라서 지표 대상물을 물 영역, 숲 영역, 및 도시 영역으로 분류함으로써 영역별로 대역들 사이에는 선형 특성을 가지게 되어 예측기의 예측 효율을 높인다.

웨이블릿 영역에서 기저밴드는 원 인공위성 화상데이터의 전역적인 정보를 포함하고 있으며 공간 영역에서의 파장 대역별 반사특성과 유사한 특성을 가지고 있다. 따라서 웨이블릿 영역에서 각 대역의 기저밴드를 이용하여 영역분류를 행한 후, 기저밴드와 나머지 부밴드 사이의 자기 상관성과 해상도를 고려하여 기저밴드의 영역분류 정보를 부밴드 (subband)에 확장함으로써 영역을 분류 한다. 공간 영역에서의 이러한 다분광 화상데이터의 파장 대역별 특성을 웨이블릿 영역으로 확장함으로써 공간 영역에서 화소단위로 영역분류를 행하여 많은 부가정보가 필요한 기존의 방법에 비해 적은 부가정보로 효율적인 영역분류를 행할 수 있다.

부대역 b 에서 동일한 (i, j) 번째 위치의 분광적 웨이블릿 계수 벡터 $w^b(i, j)$ 는

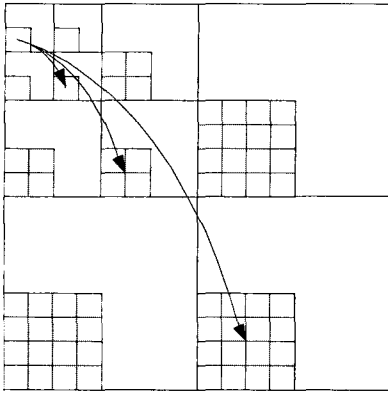


그림 2. 기저밴드의 영역분류 정보를 이용한 부밴드들의 영역분류 방법

Fig. 2. The classification method of the subbands using class information of the baseband.

$$W^b(i, j) = \{w_1^b(i, j), w_2^b(i, j), w_3^b(i, j) \wedge \dots, w_n^b(i, j)\} \quad (2)$$

와 같이 나타낸다. 여기에서 $w_n^b(i, j)$ 는 n 번째 대역의 기저밴드 (i, j) 위치의 웨이블릿 계수이다. $W^b(i, j)$ 는 각 영역의 빛의 반사 특성에 의해 영역별로 다른 값들을 가지며, 로이드 알고리즘 (Lloyd algorithm)^[10]의 반복 수행에 의하여 기저밴드에서의 영역 기준값이 얻어진다. 이렇게 얻어진 영역 기준값을 이용하여 최근린 조건 (nearest neighborhood condition)을 통해서 부호화하려는 화상데이터의 영역을 분류하게 된다. 기저밴드에서의 영역 C 는

$$C = \arg[\min(|W^b(i, j) - C_1|^2, |W^b(i, j) - C_2|^2, |W^b(i, j) - C_3|^2)] \quad (3)$$

로 결정된다. 여기에서 C_1 , C_2 , 및 C_3 은 물 영역, 숲 영역, 및 도시 영역을 나타내는 기준벡터를 나타낸다. 그리고 나머지 부밴드의 영역분류는 그림 2에서와 같이 각 부밴드의 상관성과 해상도를 고려하여 기저밴드의 영역분류 정보를 나머지 부밴드에 확장한다.

3. 대역간 양방향 예측

대역간 중복성을 제거하기 위하여 제안한 방법에서는 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 각각 선택된 두 개의 기준대역과 선형 예측을 위한 영역분류 정보를 이용하여 각 부밴드에 대한 영역별 대역간 양방향 예측^{[11], [12]}을 행한다. 영역별 대역간 양방향 예측을 통해 구해진 영역 c 에 대한 대역 b 에서의 부밴드 s 의 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

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

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

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

이다. 여기에서 $\text{var}(\cdot)$, $\text{cov}(\cdot)$, 및 $E[\cdot]$ 는 분산, 공분산, 및 평균을 각각 나타낸다. 이와 같이 영역별 대역간 양방향 예측은 가시광선 영역과 적외선 영역에서 선택된 두 개의 기준대역을 사용하고 영역분류를 통해 영역별 특성에 맞는 예측 계수를 사용한다. 따라서 선형 예측기의 예측 오차를 줄여 부호화 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 예측 계수 $A_b^s(c)$, $B_b^s(c)$, 및 $C_b^s(c)$ 는 다양한 영역을 지닌 여러 지역에 수집한 훈련 인공위성 화상데이터로부터 추출된 고정계수이므로 예측 계수를 구하기 위한 계산량 및 예측 계수를 전송하기 위한 부가 정보는 불필요하다.

4. KLT 및 3차원 SPIHT

SPIHT에 의해 부호된 2개의 기준대역과 예측에 의해 부호화 된 4개의 예측대역은 원 인공위성 화상데이터와 오차를 가지게 된다. 이러한 오차값으로 구성된 오차대역은 여전히 대역간 상관성이 존재한다. KLT는 인공위성 화상데이터의 대역간 상관성을 줄이는 좋은 방법이지만 계산량이 많고 공분산을 전송하기 위한 부가정보가 필요하다. 하지만 제안한 방법에서는 훈련 인공위성 화상데이터를 이용하여 구해진 고정된 공분산을 사용하므로 KLT를 이용하는 단점을 보완할 수 있다.

제안한 방법에서는 고정된 공분산을 이용하여 분광적 KLT를 행하여 대역간 상관성을 줄인다. KLT 후, 계수값들은 고유치의 크기에 따라서 분광적으로 정렬됨으로써 3차원 SPIHT의 부호화 효율을 향상시킨다. 분광적으로 정렬된 대역들에 대해서 3차원 SPIHT를 수행하여 인공위성 화상데이터를 부호화 한다. 정렬된 대역과 3차원 SPIHT의 구조는 그림 3에서와 같다.

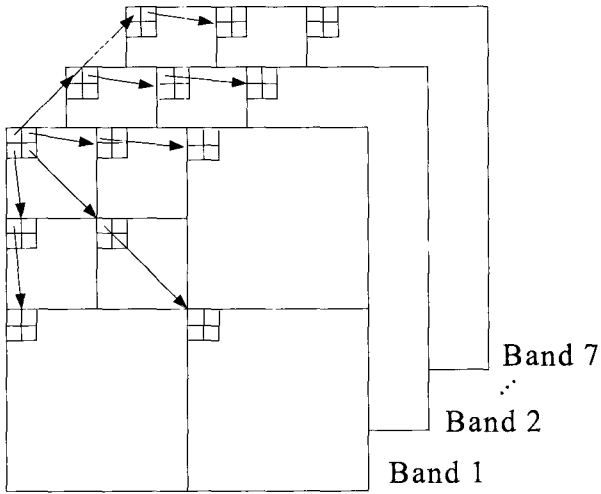


그림 3. 오차대역과 3차원 SPIHT를 위한 데이터 구조
Fig. 3. Residual bands and the tree structure for the 3D SPIHT.

III. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험에서는 Landsat TM으로부터 얻어진 512×512 화소의 크기와 256 단계의 회색준위를 가지는 Pusan 및 Washington D. C. 인공위성 화상데이터를 사용하였다. 이 화상 데이터는 대역 1, 2, 3, 4, 5, 및 7은 30×30m의 해상도를 가지고, 대역 6은 120×120m의 해상도를 가진다. 본 논문에서는 해상도가 다른 대역 6은 제외하고 모의 실험을 행하였다. 그리고 영역분류 기준값 및 예측 계수의 추출을 위하여 Pusan 인공위성 화상데이터를 제외한 다양한 영역을 가지는 3개의 화상데이터를 훈련데이터로 사용하였다. 실제 모의실험에 사용된 인공위성 화상데이터 중에서 Pusan 인공위성 화상데이터의 대역 2 및 7의 화상은 그림 4에서와 같다.

SPIHT의 부호화 효율을 높이기 위해서 Antonini의 9/7탭 쌍직교 필터 (biorthogonal filter)를 이용하여 인공위성 화상데이터에 대해 5-level 웨이블릿 변환을 행하였다. 웨이블릿 변환 후, 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 각각 선택된 기준대역을 이용하여 양방향 예측을 행하였다. 하나의 기준대역을 사용하는 단방향 예측 (classified onedirectional prediction, COP)과 두개의 기준대역을 사용하는 양방향 예측 (classified bidirectional prediction, CBP)의 예측효율을 비교하기 위해 예측대역의 화질을 표 3에 나타내었다. 제안한 방법인 양방향 예측이 단방향 예측보다 부호화 효율이 높다.

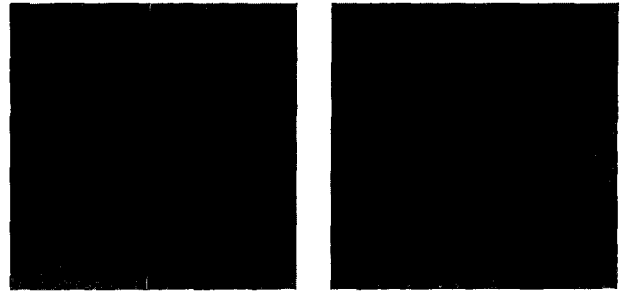


그림 4. Pusan 인공위성 화상데이터의 (a) 대역 2 및 (b) 대역 7
Fig. 4. The original (a) band 2 and (b) band 7 of the Landsat TM Pusan image.

표 3. 단방향 예측 및 양방향 예측에 의한 여러 비트율에서의 예측대역 PSNR
Table 3. PSNR of the prediction bands predicted by the COP and the CBP.

Band	0.1 [bpp]		0.3 [bpp]		0.5 [bpp]	
	COP [dB]	CBP [dB]	COP [dB]	CBP [dB]	COP [dB]	CBP [dB]
1	32.18	32.49	34.06	34.46	35.04	35.48
3	31.30	31.52	33.78	34.06	35.26	35.54
4	23.11	23.65	23.15	23.74	23.16	23.79
5	22.50	25.06	22.98	26.53	23.12	27.21

표 4. 영역분류를 위한 영역분류 기준값
Table 4. Reference values to classify various geographical regions.

Band	1	2	3	4	5	7	Class
Water	3175	1469	1727	1895	2584	1418	1
Forest	248	1080	1037	2514	2117	735	2
Urban	2773	1238	1302	970	904	426	3

영역분류를 위한 제안한 방법에 의해 구한 영역분류 기준값을 표 4에 나타내었다. 영역분류 기준값이 파장대역의 특성에 따라 대역별로 다르며 이러한 영역분류 기준값과여 제안한 영역분류 방법을 이용하여 영역분류한 Pusan 인공위성 화상데이터는 그림 5와 같다.

제안한 방법과 기존의 FPVQ^[5], KLT-EZW^[6], CKLT-DCT^[7], 및 KLT-SPIHT^[8]에 의해 복원된 Pusan 화상 및 Washington D. C.에 대한 각 비트율에서의 평균

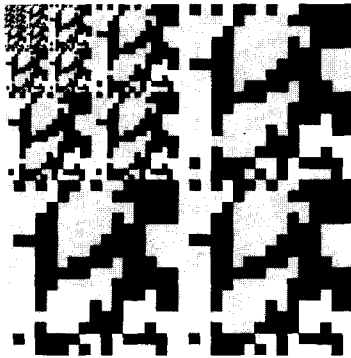


그림 5. 제안한 방법에 의해 분류된 Pusan 인공위성 화상데이터의 영역들

Fig. 5. Regions of Landsat TM Pusan image classified by the proposed method.

PSNR을 표 5 및 표 6에 나타내었다. 가시광선 영역 및 적외선 영역을 고려하여 선택한 두개의 기준대역과 영역분류 정보를 이용하여 영역별 대역간 양방향 예측을 행함으로써 예측 오차를 줄였고 오차대역에 대해 KLT를 행함으로써 효율적으로 대역간 중복성을 제거하였다. 예측을 위한 예측계수와 KLT를 위한 공분산값은 훈련 인공위성 화상데이터로부터 구해진 고정된 값을 사용함으로써 계산량과 부가정보를 줄였다. 따라서, 표에서 보는 것처럼 실험화상에 대하여 기존의 방법들에 비해 제안한 방법이 여러 비트율에서 0.09~5.57dB 및 0.03~5.34dB 각각 향상됨을 확인할 수 있었다.

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

IV. 결 론

본 논문에서는 영역별 양방향 예측, KLT, 및 3차원 SPIHT를 이용한 인공위성 화상데이터의 부호화 방법을 제안하였다. 가시광선 영역 및 적외선 영역에서 각각 선택된 기준대역은 웨이블릿 변환을 행한 후 SPIHT를 행하여 부호화함으로써 대역내 중복성을 제거한다. 기준대역과 분광적 상관성이 큰 예측대역들에 대해서는 웨이블릿 변환을 행한 후, 각 대역의 기저밴드의 대역별 특성을 이용하여 영역분류를 하고 영역별 대역간 양방향 예측을 행한다. 원 인공위성 화상데이터와 부호화 된 인공위성 화상데이터 사이의 오차값으로 구성된 오차대역들에 대하여 KLT를 행하여 대역간 중

표 5. 부호화한 Pusan 인공위성 화상데이터의 동일 비트율에서의 평균 PSNR

Table 5. Average PSNR of the coded Landsat TM Pusan image at the same bit rate.

Bit rate [bpp]	Average PSNR [dB]				
	FPVQ ^[5]	KLT-EZW ^[6]	CKLT-DCT ^[7]	KLT-SPIHT ^[8]	Proposed method
0.1	29.84	31.49	30.82	31.70	33.20
0.2	32.23	32.84	32.23	34.51	35.13
0.3	33.38	35.10	33.77	36.09	36.46
0.4	34.50	36.02	34.66	37.47	37.56
0.5	34.82	36.97	34.96	38.49	38.50

표 6. 부호화한 Washington D. C. 인공위성 화상데이터의 동일 비트율에서의 평균 PSNR

Table 6. Average PSNR of the coded Landsat TM Washington D. C. at the same bit rate.

Bit rate [bpp]	Average PSNR [dB]				
	FPVQ ^[5]	KLT-EZW ^[6]	CKLT-DCT ^[7]	KLT-SPIHT ^[8]	Proposed method
0.1	27.63	30.49	29.41	31.69	32.97
0.2	29.35	31.96	32.67	34.51	35.86
0.3	32.23	32.88	34.49	36.09	37.48
0.4	33.95	33.75	35.21	37.47	38.53
0.5	34.36	34.48	35.51	38.49	39.52

복성을 제거한 후, 분광적으로 정렬된 계수값들에 대해 3차원 SPIHT를 행하여 부호화한다..

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

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] P. M. Mather, *Computer processing of remotely sensed images*, John Wiley & Sons, 1987.

- [3] 반성원, 권성근, 이종원, 박경남, 이진일, "웨이블릿 영역에서의 영역별 대역간 예측과 벡터양자화를 이용한 다분광 화상데이터의 압축," 한국통신학회 논문지, 제 25권 제 18호, pp. 120-127, 2000년 1월
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zero trees of wavelet coefficients," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [10] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans., Commun., vol. COM-28, pp. 84-95, Jan. 1980.
- [11] A. K. Rao and S. Bihargava, "Multispectral Data Compression using Inter-band Prediction," Proc. of the Industry Workshop of Data Compression Conference, Snowbird Utah, April 1994.
- [12] 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.
- [13] J. A. Saghri, A. G. Tescher, and J. T. Reagon, "Practical Transform Coding of Multispectral Imagery," IEEE Signal Processing Mag., vol. 12, no. 1, pp. 32-43, Jan. 1995.

저 자 소 개

김 승 진(정회원)
제39권 SP편 제5호 참조

박 경 남(정회원)
1992년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업
(공학석사)
2003년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업
(공학박사)
2003년 3월~현재 나사렛대학교 정보과학부
전임강사
<주관심분야: 영상처리, 영상통신, 디지털 TV 등>

김 영 춘(정회원)
제36권 SP편 제4호 참조



김 태 수(정회원)
1998년 2월 경북대학교
전자공학과 졸업
1998년 4월~2001년 10월 LG전자
DID 설계실 연구원
2004년 2월 경북대학교
전자공학과 석사 졸업.
2004년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정
<주관심분야: 영상처리, 정보보호, 3D 그래픽스>

이 건 일(정회원)
제36권 SP편 제4호 참조

