

영역분류를 이용한 다분광 영상 데이터의 화소 단위 선형 예측 기법

조 윤 상, 구 환 승, 나 성 용
충남대학교 전자공학과, 통신실험실
전화 : 042-821-7703 / 핸드폰 : 018-401-6336

Linear Prediction of Multispectral Images Per Pel Using Classification

Yun Sang Cho, Han Seung Koo, Sung Woong Ra
Dept. of Electronic Engineering, Chungnam National University
E-mail : nuri@icl.cnu.ac.kr

Abstract

In this paper, we will present a lossy data compression method for coding multispectral images. The proposed method uses both spatial and spectral correlation inherent in multispectral images. First, band 2 and band 6 are vector quantized. Secondly, band 4 is estimated with the quantized band 2 using the predictive coding. Errors of band 4 are encoded at a second stage based on the magnitude of the errors. Thirdly, remaining bands are calculated with the quantized band 2 and band 4. Errors of residual bands are wavelet transformed and then we apply the SPIHT coding on the transformed coefficients. We classify classes without extra information transmitting and then use linear predictor. And errors can be encoded by SPIHT coding at any target rate we are want. It is shown that this method has better performance than FPVQ. Average PSNR rises 0.645 dB at the same bit rate.

I. 서론

원격 탐사(remote sensing)로 얻어지는 영상 데이터는 대기, 해양관측, 환경조사, 자원탐사, 지도 작성에서 군사적인 관측에 이르기까지 여러 분야에 다양하게 이용되고 있다. 현재 지구 주위 궤도에서 운용되고 있는 지구 관측

용 인공위성들 중 미국의 LANDSAT-5에는 MSS(Multispectral Scanner) 및 TM(Thematic Mapper) 센서가 장착되며 이들로부터 각각 4개 7개 대역의 영상 데이터를 얻고 있는데, 이로부터 매일 획득되는 데이터의 양은 10^{12} 바이트 이상이다. 인공위성 다분광 영상 데이터의 양이 많지 않았던 초기에는 무손실(Lossless) 압축에 대한 연구가 많이 이루어졌다.

그러나 센서의 발달과 지구 관측용 인공위성의 증가에 따라 수집된 데이터의 양은 엄청나게 많아 질 것이다. 최근에는 손실 부호화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 다분광 영상에 존재하는 대역내 및 대역간 중복성을 제거시키기 위하여 지금까지 연구된 손실(Lossy) 압축 기법에서는 벡터 양자화(Vector Quantization)[1], 변환 부호화(Transform coding)[2], 예측 부호화(Predictive coding)[3] 및 영역분류(Classification) 기법 [4][5][6] 등이 있다. 벡터 양자화를 이용하는 기법은 1990년 이후에 많이 연구되었다. 변환 부호화를 이용하는 기법은 1993년 이후에 많이 연구되었다.

1992년 Gupta 등은 예측 부호화와 벡터 양자화 복합 기법인 특징 예측 벡터 양자화(Feature Predictive VQ; FPVQ) 기법을 제안하였다[1]. 그러나 이 기법에서는 영역에 대한 고려가 없으므로 다양한 종류의 영역으로 구성된 영상에 대하여는 예측이 부정확하여 압축 효율이 저하된다. 최근에는 영역 분포에 근거한 다분광 영상의 압축 기법이 제안되었다.

기존의 특징 예측 벡터 양자화에서 사용된 비선형 예측기는 영역에 대한 고려가 없고 구현 과정이 복잡하다. 따라서, 본 논문은 구현이 간단한 선형 예측기를 사용하였으며, 영역 분류 기법을 도입하여 예측 성능의 향상을 이루었다.

II. 기존의 FPVQ 알고리즘

Landsat-5 위성으로부터 얻은 TM 영상데이터는 7개 대역으로부터 얻어진다. 다분광 영상은 데이터의 특성상 대역간 중복성이 많다. Gupta가 제안한 방법은, 다분광 영상 중에, 대역간의 예측을 고려하여 가장 예측오차가 작은 대역을 기준 대역(feature band)으로 잡는다. 기준 대역에 대해서 대역내 벡터 양자화하여 대역내 중복성을 제거하고 나머지 대역은 양자화된 기준 대역으로부터 예측기를 사용하여 예측한다. 대역 단위로 대역간 예측을 함으로써 대역간 중복성을 제거시킨다. 그리고 예측된 대역의 원영상과 예측영상의 차이가 임계값보다 크면 오차 벡터 양자화를 한다.

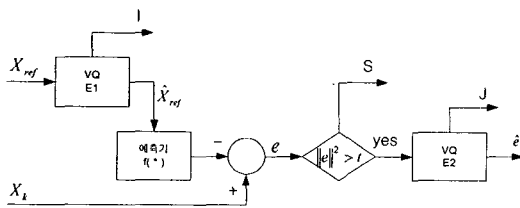


그림 1. FPVQ 부호기

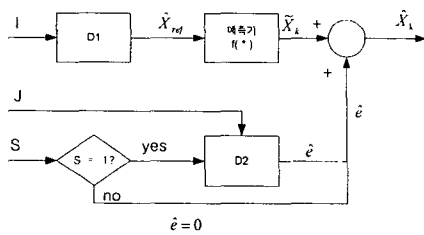


그림 2. FPVQ 복호기

그림 1은 FPVQ의 부호기를 보여준다. I는 기준 대역을 벡터 양자화한 인덱스이고, 이를 이용하여 예측기로부터 나머지 대역을 예측한다. 오차 벡터 양자화를 할 것인지 안 할 것인지를 결정하기 위해 원 영상과 예측 영상과의 차이를 비교하여 블록 에러가 임계값 T 보다 작으면 $S = 0$, 크면 $S = 1$ 로 전송한다.

그림 2는 FPVQ의 복호기를 보여준다. 수신된 인덱스 I를 이용하여 기준 대역을 복원한다. 복원된 기준 대역을

이용하여 나머지 대역을 예측한다. J와 S를 이용하여 오차 벡터 양자화 값을 복원한다. 이 값과 예측된 값을 더해 나머지 대역을 복원한다.

III. 제안 알고리즘

비선형 예측기는 구현이 복잡하다. 그리고, 여러 영역이 혼재되어 있는 다분광 영상에서의 비선형 예측은 영역의 특성을 충분히 반영하지 못하는 문제점을 가진다. 따라서, 본 논문은 구현이 쉬운 선형 예측기를 사용하였다. 실험 결과에서는, 선형 예측기가 비선형 예측기에 비해 성능이 떨어지므로 영역별 예측을 선행하여 예측을 향상하였다.

먼저 전체 7개의 대역 중 대역 2와 대역 6에 대해서 벡터 양자화를 한다. 대역 6은 해상도가 다르므로 단독으로 벡터 양자화한다. 대역 2는 다른 대역(대역 1,3,4,5,7)으로의 예측 성능이 높아[1] 기준 대역으로서 벡터 양자화한다. 그 다음에 영역 분류에 적합한 대역인 대역 4를 블록 단위로 선형 예측하여 오차의 크기에 따라 오차 벡터 양자화를 한다. 대역 2와 대역 4의 복원된 데이터를 가지고 영역을 분류한다. 나머지 대역(대역 1,3,5,7)은 대역 2와 4로 만들어진 영역 테이블을 사용하여 영역마다 화소 단위로 선형 예측을 한다. 예측 오차에 따른 보상을 위해, 대역별로 목표 비트율까지 SPIHT[9]으로 부호화한다.

가. 영역 분류

영역을 분류하려면 적어도 두 개의 대역을 가지고 있어야 한다. 영역을 분류하기 위한 대역의 선택 기준은 지표 대상물의 반사 특성을 잘 나타내야 하고 별도의 정보를 보내지 않고 영역을 구분하려면 예측된 대역의 PSNR이 높아야 한다. 본 논문에서 선택한 대역은 벡터 양자화된 대역 2와 영역별 특성을 잘 나타내는 대역 4를 선택하였다. 복원된 대역 2와 대역 4의 같은 위치에 있는 화소를 하나로 묶어 집합으로 만든다. 이 집합을 훈련 벡터로 하여 LBG(Linde-Buzo-Gray)[8] 알고리즘을 적용하여 32개의 영역으로 구분한다. 그림 3은 훈련벡터를 만드는 과정을 보

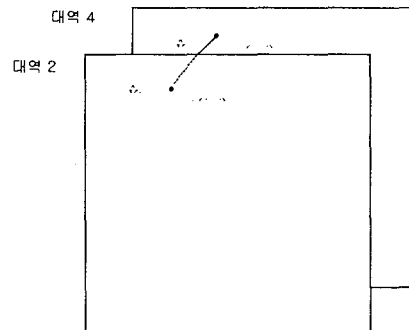


그림 3. 훈련벡터를 만드는 과정

여준다

IV. 결과

나. 선형 예측기

일반적인 예측기는 $\hat{Y} = E[Y|X]$ 의 방식으로 하드웨어 구현 등에 어려움이 있다. 그래서 $Y = AX + B$ 와 같은 선형 예측기를 많이 사용한다. 기존의 FPVQ는 벡터 양자화된 기준 대역 하나로부터 나머지 대역을 예측한다. 본 논문은 벡터 양자화된 기준 대역과 영역분류를 위해 선형 예측 복원된 대역을 이용하여 화소 단위로 선형 예측한다[7].

$$\hat{X}_k = A_k^c \hat{X}_2 + B_k^c \hat{X}_4 + C_k^c \quad (1)$$

여기서 \hat{X}_k 는 예측할 k 대역, \hat{X}_2, \hat{X}_4 는 양자화 복원된 대역 2와 대역 4, A_k^c, B_k^c, C_k^c 는 각 대역 및 영역별 예측 계수를 의미한다.

다. SPIHT[9]

오차를 보상하는 기존의 방법은, 오차의 크기에 따라 오차 벡터 양자화를 수행하였다. 벡터 양자화는 일단 최적화된 부호책이 만들어지면, 복원하는 데 걸리는 시간이 단축되는 장점이 있다. 그러나, 비트율을 조절하기가 어렵고, 비트를 조절하기 위해서는 임계값이나 부호책의 크기를 조절해야 하지만 계산과정이 복잡하다. SPIHT은 Embedded 부호화의 하나로, 원하는 비트율로 정확하게 조절할 수 있다. 또한 대역마다 다른 오차의 크기를 가지므로, 대역에 따른 비트율의 조절에도 적합하다.

이러한 SPIHT은 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)된 계수 값 중에 크기 순으로 정렬하는 과정을 통하여 이루어진다. 기본적으로 부호화하려는 집합에서 어느 한 원소라도 임계값보다 값이 크면 1을 전송하고, 모든 원소가 임계치보다 값이 작으면 0을 전송하며, 다시 임계값을 반으로 줄이면서 이 과정을 반복한다. 계수 값이 큰 것부터 부호화하므로 저주파수 대역의 값부터 전송하게 되고, 같은 비트율에서 오차 벡터 양자화와 비교해 볼 때, 더 나은 성능을 발휘했다.

라. 전체 알고리즘 구조

그림 4는 대역 6을 제외한 나머지 대역 6개가 압축되어 예측되는 과정을 나타낸다. 우선 대역 2를 벡터 양자화하여 인덱스를 전송한다. 복원된 대역 2로부터 대역 4를 예측하며, 이 때 예측 영상과 원 영상의 블록 오차가 임계값보다 작은지 여부에 따라 오차 벡터 양자화 인덱스를 전송한다. 나머지 대역 1, 3, 5, 7은, 복원된 대역 2와 4로부터 영역을 분류하여 얻은 영역 정보를 가지고 화소 단위로 선형 예측한다. 그리고 예측 오차 성분에 대해서는 SPIHT 부호화를 수행하여 비트열을 전송한다.

본 논문에 사용된 영상은 Landsat-5의 TM 센서로부터 얻은 7대역의 영상 데이터이고 한 대역은 512 * 512의 화소로 이루어져 있으며, 한 화소는 8비트로 나타낸다. 기준 대역은 대역 2는 벡터 양자화한 결과 38.405[dB]이었고, 해상도가 다른 대역 6의 벡터 양자화한 결과는 46.244[dB] 이었다. 이는 기존의 FPVQ 방식과 동일하므로 같은 결과이다. 대역 4는 영역분류를 위해 선택하였다. 대역 4는 대역 2로부터 블록 단위로 선형 예측한 다음 오차 양자화 복원하였는데, 34.427[dB]의 결과가 나왔으며, 이는 FPVQ 비선형 예측 기법으로 구현한 33.400[dB]에 비교해 볼 때 +0.027[dB] 이다. 표 1은 FPVQ 비선형 예측기와 본 논문의 제안한 예측기의 성능 비교이다. 대역 1과 4는 성능이 떨어졌지만, 3, 5, 7대역에서는 더 우수한 성능을 발휘하여 평균적으로는 약 0.4[dB]의 예측 성능 향상이 있다. 표 2는 같은 비트율에서의 성능비교이다.

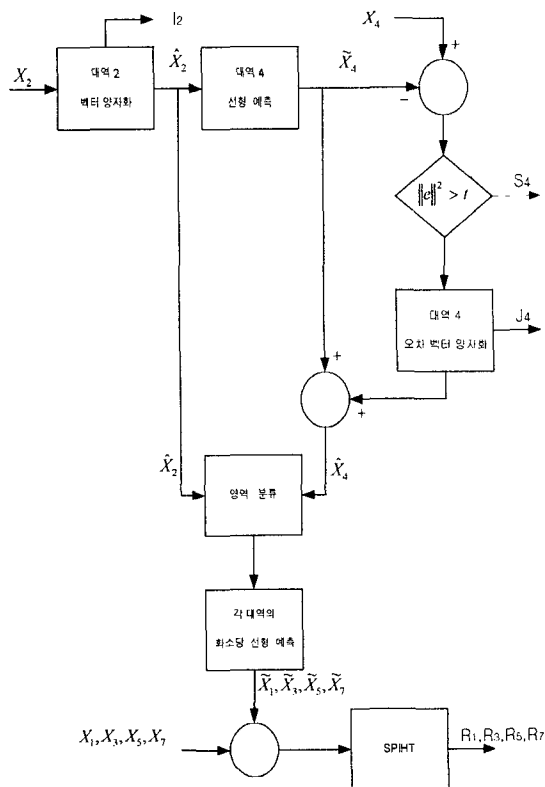
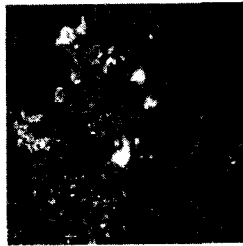
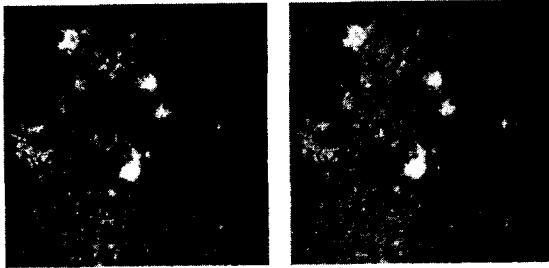


그림 4. 제안한 알고리즘 부호화기



(a) 원 영상



(b) FPVQ 비선형 예측 (c) 제안 알고리즘

그림 5. 대역 5의 원 영상과 예측 영상 비교.

표 1. 예측 성능 비교

대역	FPVQ 비선형 예측기	제안한 선형 예측기	PSNR차이
1	32.919	32.595	-0.324
3	32.560	32.602	+0.042
5	22.522	24.158	+1.636
7	28.081	28.331	+0.249

표 2. 같은 비트율에서의 성능 비교

대역	FPVQ 비선형 예측기	제안한 선형 예측기	비교
2	38.405		동일
6	46.244		동일
4	33.400	34.427	+0.027
1	36.087	36.823	+0.736
3	35.327	35.740	+0.413
5	28.225	28.893	+0.668
7	32.665	33.428	+0.763

V. 결론

본 논문에서는 두 가지를 제안한다. 기존의 비선형 예측기에 비해 구현 과정이 간단한 선형 예측기를 사용과, 예측 오차 영상에 대한 보상은 Embedded 코딩 기법인 SPIHT를 사용이다. 선형 예측기는 영상 데이터의 영역별

특성을 고려하기 위해 영역분류 기법을 도입하였다. 대역마다 예측 오차의 정도가 다르므로 대역별로 원하는 목표 비트율로 전송할 수 있는 SPIHT의 사용하였다. 실험 결과를 통하여 알 수 있듯이 기존 방법에 비해 제안한 알고리즘에 의해 예측 성능과 최종 복원 성능이 평균적으로 향상됨을 확인하였다. 복원 대역 순서를 정하여 영역 분류에 복원된 대역을 계속 이용하면, 영역 분류가 더 정확해 질 것이다.

<참고 문헌>

- [1] 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.
- [2] Jungwoo Lee, "Optimized Quadtree for Karhunen-Loeve Transform in Multispectral Image Coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 8, no. 4, Apr. 1999.
- [3] 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.
- [4] 김원준, 영역 분류 및 대역간 벡터 양자화를 이용한 인공위성 다분광 화상데이터 압축, 박사학위논문, 경북대학교, 1996.
- [5] 김용룡, 전재범, 나성웅, "영역분류기법을 이용한 다분광영상의 특징 예측 벡터양자화", 한국통신학회, 추계 종합학술발표회 논문집, vol. 20, no.2, pp.1551-1554, 1999.
- [6] 전재범, 김용룡, 나성웅, "영역분류기법을 이용한 다분광영상의 특징 예측 벡터양자화", 한국통신학회, 추계 종합학술발표회 논문집, vol. 20, no.2, pp.1575-1578, 1999.
- [7] N. S. Jayant and P. Noll, *Digital Coding of Waveforms, Principles and Applications to Speech and Audio*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1984.
- [8] K. Sayood, *Introduction to Data Compression*. San Francisco, CA : Morgan Kaufmann Publishers, 1996.
- [9] 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, pp 243-250, June 1996.