

다중스펙트럼 위성영상 압축을 위한 복합부호화 기법*

정 경 훈¹

Hybrid Coding for Multi-spectral Satellite Image Compression*

Kyeong-Hoon Jung¹

요 약

본 논문에서는 인공위성으로부터 얻어진 다중스펙트럼영상의 부호화 방법을 다룬다. 위성영상의 공간 및 스펙트럼 해상도가 급속도로 향상되면서 처리해야 할 다중스펙트럼 영상의 데이터량은 엄청나게 증가하였다. 이에 따라 위성영상을 활용하기 위해서는 효율적으로 부호화하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 벡터양자화에 근거한 예측부호화, 영상의 quadtree 분할, 그리고 예측오차의 압축을 위한 DCT를 복합적으로 적용한 부호화 기법을 제시한다. 벡터양자화를 통해 대역영상간의 공간적인 특징이 동일하다는 점을 이용한 예측을 하고, 영상분할을 통해 영상의 공간적인 정보량에 따라 적응적으로 비트를 할당하며, DCT를 통해 예측오차의 공간적응적인 부호화를 수행한다. Landsat TM 영상을 대상으로 수행한 실험을 통해 제안 알고리즘의 위성영상 압축기법으로서의 타당성을 보였다.

주요어: 다중스펙트럼영상, 벡터양자화, 영상분할, 영상압축

ABSTRACT

The hybrid coding algorithm for multi-spectral image obtained from satellite is discussed. As the spatial and spectral resolution of satellite image are rapidly increasing, there are enormous amounts of data to be processed for computer processing and data transmission. Therefore an efficient coding algorithm is essential for multi-spectral image processing. In this paper, VQ(vector quantization), quadtree decomposition, and DCT(discrete cosine transform) are combined to compress the multi-spectral image. VQ is employed for predictive coding by using the fact that each band of multi-spectral image has the same spatial feature, and DCT is for the compression of residual image. Moreover, the image is decomposed into quadtree structure in order to allocate the data bit according to the information content within the image block to improve the coding efficiency. Computer simulation on Landsat TM image shows the validity of the proposed coding algorithm.

KEYWORDS: Multi-spectral Image, Vector Quantization, Image Decomposition, Image Compression

2000년 3월 30일 접수 Received on March 30, 2000

* 이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

¹ 한동대학교 전산전자공학부 (khjung@handong.edu)

School of Computer Science and Electronics Engineering, Handong University

연구배경 및 목적

인공위성의 활용이 점점 활발해지고 위성 관련기술이 지속적으로 발전함에 따라 위성영상 즉 다중스펙트럼영상을 획득하여 처리하고 분석하는 기술은 기존의 군사목적의 시스템에서뿐만 아니라 민간차원의 상용시스템에 있어서도 중요한 기본기술이 되고 있다. 특히 지난 90년대 초반 미국에서 Land Remote Sensing Policy 법이 통과되면서 현재는 다양한 민간 상용시스템, 특히 GIS(geographic information system) 분야에서의 연구 및 응용이 더욱 확장되는 추세이다. 이에 따라 위성영상 즉 다중스펙트럼영상을 획득하여 처리하고 분석하는 기술의 중요성은 점점 증가하고 있다.

한편 원격탐사기술이 지속적으로 발전함에 따라 위성영상은 급속하게 다중대역화 대용량화 추세를 보이고 있는데(Schwenengerdt, 1997), 현재 운용되는 IKONOS 위성에서와 같이 1m급의 공간해상도를 가지는 위성영상자료가 상용화되고 있는 상황이다. 1998년 말 과학기술부가 발표한 “우주개발 중·장기 기본계획”에 따르면 우리 나라도 2005년에 독자 기술에 의해 위성을 발사하고 이로부터 공간해상도 1m 급의 위성영상자료를 얻을 전망이다. 이와 함께 영상의 오차를 줄이기 위해 양자화 비트수가 늘어나고 위성을 통해 제공되는 영상의 크기 또한 증가하고 있음을 감안하면 앞으로의 위성영상 자료의 데이터 량이 지금까지에 비해 막대하게 증가한다는 것은 명확한 사실이다. 이러한 관점에서 막대한 다중스펙트럼 영상데이터를 효율적으로 활용하기 위해서는 이를 압축하는 기술의 개발은 반드시 필요한 작업이다.

기존의 영상신호에 비해 다중스펙트럼 영상이 가지는 가장 중요한 특징은 스펙트럼이라는 새로운 차원이 하나 더 존재한다는 것이다. 따라서 영상신호를 압축하는 기존의 알고리즘이 대부분 공간영역 또는 변환영역에서의

상관관계를 분석하여 리던던시(redundancy)를 제거하는 것을 기본개념으로 하고 있는데 반해, 다중스펙트럼 영상의 경우에는 스펙트럼영역에서의 상관관계까지 함께 고려한 삼차원적인 접근방법이 필요하다(Vaughn과 Willkinson, 1995).

다중스펙트럼영상을 압축하기 위한 기존의 연구는 변환부호화에 근거한 접근방법과 벡터양자화에 근거한 접근방법으로 크게 나눌 수 있다. 변환부호화 기법에서는 다중스펙트럼영상을 이차원의 공간영역과 일차원의 스펙트럼영역으로 이루어진 삼차원의 데이터로서 생각한다. 이 삼차원 데이터를 처리하는 일반적인 방법은 일단 스펙트럼영역에서 상관관계를 분리시키는 decorrelation 과정을 거친 후 이 결과 얻어진 고유영상에 대해 공간영역에서의 압축기법을 적용하는 것이다. 이러한 접근방향으로서 Epstein 등(1992)은 스펙트럼영역에서의 상관성을 제거하기 위한 일차원변환으로는 KLT(Karhunen-Loeve transform)를 사용하고 공간영역에서의 압축을 위해 웨이브렛 변환을 사용한 알고리즘을 제안한 바 있다. 또한 스펙트럼영역에서는 동일하게 KLT를 사용하면서, 공간영역에서의 부호화를 위해서 이차원 DCT(discrete cosine transform) (Saghri 등, 1995)나 subband 필터링(Tretter와 Bouman, 1995) 등을 이용한 다양한 기법이 사용되었다. 한편 최근 영상을 quadtree 구조로 분할한 후 KLT와 DCT에 근거한 삼차원 변환부호화를 적용하는 방법도 제안되었다(Lee, 1999). 이러한 변환부호화 방법에서는 대부분 KLT를 사용하여 스펙트럼영역에서의 상관성을 제거한다. 이 경우 처리하고자 하는 영상신호의 특성에 따라 KLT의 최적합수가 달라지기 때문에 부호화를 하고자 하는 영상마다 이를 새로 계산해 주어야한다는 단점이 있음에도 불구하고 KLT를 사용하는 이유는 DCT 등의 일반적인 변환은 스펙트럼영역에서의 상관성을 분리시키는 데에 적합하지 못하기 때문이다(Vaughn과 Willkinson, 1995). KLT를 적용

함에 있어서도 전체 영상에 대해 동일한 KLT 변환행렬을 사용하는 대신 각 구획마다 자신의 KLT 행렬을 구하여 처리하는 적응적인 방식이 많이 사용된다.

한편 Linde 등(1980)에 의해 제안된 후에 다양한 영상처리분야에서 활용되어 온 벡터양자화(Gersho와 Gray, 1992) 기법을 이용하여 다중스펙트럼을 압축하고자 하는 접근방향이 있다. 다중스펙트럼 영상으로부터 벡터를 구성하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있다. Baker와 Tse(1988)는 공간적인 상관성을 무시한 채 스펙트럼 구획을 대상으로 벡터양자화를 적용한 방법을 제안하였고, Gupta와 Gersho(1992)는 공간영역을 부호화하기 위해 벡터양자화를 사용하고 스펙트럼영역은 비선형예측과정을 통해 처리한 방법을 제안하였다. 한편 다중스펙트럼 영상의 삼차원 특성을 고려하여 스펙트럼영역에서의 예측을 위해서 대역간 예측방법(Rao와 Bihargava, 1994) 등도 제안된 바 있으며, 그밖에 벡터양자화를 이용하여 영상을 분류한 후, 분류된 영역별로 KLT와 DCT를 적용하는 방법(Gelli와 Poggi, 1999)도 제안된 바 있다.

본 논문에서는 벡터양자화에 근거한 예측부호화 기법, 영상을 공간적인 정보량에 따라 분할하는 quadtree 분할, 그리고 예측오차 영상을 압축하기 위한 변환부호화 기법인 DCT를 복합적으로 적용한 부호화 방법을 제시한

다. 먼저 다중스펙트럼영상에서 각 대역영상간의 공간적인 특징이 동일하다는 점을 이용하여 벡터양자화를 통해 예측부호화를 수행하고, 벡터양자화의 결과로 얻어진 인덱스(index)를 이용하여 영상을 quadtree 구조로 분할함으로써 영상 내에 포함된 정보량에 따라 처리하는 단위구획의 크기를 적응적으로 변화시킨다. 마지막으로 분할된 구획마다 예측오차에 대해 DCT를 수행한 후, DCT 계수를 가변길이부호화시킴으로써 다중스펙트럼영상을 부호화 한다.

본 논문에서는 제안 알고리즘의 설명에 이어 포항지역의 Landsat TM 영상을 대상으로 적용한 실험결과를 제시함으로써 제안 알고리즘이 다중스펙트럼영상을 부호화 하는데 효율적으로 적용될 수 있음을 보인다.

제안 알고리즘

본 논문에서 제안하는 부호화 알고리즘의 전체적인 구성은 그림 1과 같다. 제안 알고리즘을 크게 세 부분으로 나누면 벡터양자화를 통한 예측부호화, 벡터의 인덱스를 이용하여 영상을 quadtree 구조로 분할하는 영상분할과정 그리고 예측오차를 부호화 하는 공간적응적인 DCT로 이루어진다.

1. 벡터양자화

다중스펙트럼 영상은 공간적으로 동일한

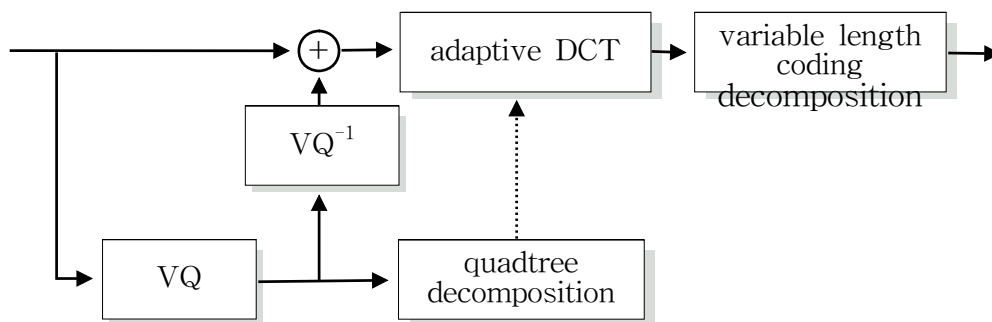


FIGURE 1. The structure of the proposed coding algorithm

지역에 위치한 영상데이터를 여러 개의 스펙트럼 센서로 촬영하여 얻어진 영상이므로 각 대역영상간의 공간적인 특징은 동일하다. 따라서 이러한 특성을 고려하여 영상정보를 예측한다면 좋은 부호화 효율을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 예측부호화를 위해서 벡터양자화 기법을 사용한다. 다중스펙트럼 영상을 삼차원의 공간-스펙트럼 데이터로서 생각할 때 여러 가지 방법으로 벡터를 구성할 수 있는데, 본 논문에서는 영상의 각 공간위치에서의 스펙트럼 정보로 벡터를 구성한다. 따라서 벡터의 차원은 위성에서 제공하는 스펙트럼 대역의 개수가 된다.

벡터양자화기 Q 의 차원이 k 이고 크기가 N 이라면, 벡터양자화 과정은 식 (1)과 같이 k 차원의 유클리드 공간 \mathbf{R}^k 상의 한 점, 즉 k 차원 벡터를 원소의 개수가 N 개인 유한집합 C 로 보내는 사상(mapping)에 해당한다.

$$Q: \mathbf{R}^k \rightarrow C \quad (1)$$

여기서 집합 C 를 부호책 (codebook)이라고 하는데, 집합 C 의 원소는 \mathbf{R}^k 상의 벡터로서 이를 부호벡터 (codevector) 또는 부호어 (codeword)라고 한다. 집합 C 는 식 (2)와 같이 나타난다.

$$C = \{ \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_N \} \text{ and} \quad (2)$$

$$\mathbf{y}_i \in \mathbf{R}^k, \quad i \in I \equiv \{1, 2, \dots, N\}$$

따라서 벡터양자화기의 부호기는 \mathbf{R}^k 공간에서 인덱스 집합 I 로의 사상이고, 복호기는 인덱스 집합 I 에서 출력집합 C 로의 사상이다. 즉 부호기에서는 부호책의 부호벡터중에서 입력벡터 \mathbf{x} 에 가장 가까운 부호벡터 \mathbf{y}_i 를 선택하여 선택된 부호벡터의 인덱스를 출력하고, 복호기에서는 인덱스를 받아 부호책을 보고 \mathbf{y}_i 를 내보냄으로써 입력벡터와 가장 비슷한 출력벡터를 만들어 내는 것이다.

벡터양자화기 Q 에 의해 k 차원의 유클리드 공간 \mathbf{R}^k 은 집합 C 의 각 원소인 \mathbf{y}_i 의 역상 (inverse image)에 해당하는 N 개의 영역으로 나뉘는데, 각 영역을 셀(cell)이라고 부른다. 식 (3)에서 i 번째 셀 R_i 를 나타내었다.

$$R_i = \{ \mathbf{x} \in \mathbf{R}^k : Q(\mathbf{x}) = \mathbf{y}_i \} \quad (3)$$

식 (3)로 나타난 각 셀들은 식 (4)과 같이 서로 disjoint하며, 모두 모이면 식 (5)과 같이 \mathbf{R}^k 공간을 구성한다.

$$R_i \cap R_j = \emptyset, \text{ for } i \neq j \quad (4)$$

$$\bigcup_i R_i = \mathbf{R}^k \quad (5)$$

셀 R_i 는 간단히 $R_i = Q^{-1}(\mathbf{y}_i)$ 로 표기하기도 한다. 셀 R_i 를 입력벡터 \mathbf{x} 와 부호벡터 \mathbf{y}_i 사이의 왜곡(distortion) 또는 거리(distance)의 관점에서 생각하면, 이는 식 (6)와 같이 표현될 수 있다.

$$R_i = \{ \mathbf{x} : d(\mathbf{x}, \mathbf{y}_i) \leq d(\mathbf{x}, \mathbf{y}_j), j \in I \} \quad (6)$$

여기서 $d(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ 는 벡터 \mathbf{x} 와 \mathbf{y} 사이의 왜곡을 나타내는 함수이다.

2. 영상 분할

영상 내에 포함된 정보량은 균일하지 않은 것이 일반적이다. 따라서 영상을 처리함에 있어서 처리단위의 크기를 가변적으로 하여 복잡한 영역에는 많은 비트를 할당하고 단순한 영역에는 적은 비트를 할당할 필요가 있다. 이를 위해 부호화 알고리즘의 두 번째 단계는 영상을 분할하는 것이다. 다중스펙트럼영상도 일반적인 영상과 마찬가지로 공간적으로 인접할수록 상관성이 높게 나타난다. 따라서 벡터양자화를 통해 얻은 벡터의 인덱스의 경우 또한 공간적인 상관성이 높게 나타나며 이러한 성질을 이용하면 주어진 영상을 적절히 분할하여 복잡한 영역에는 많은 데이터를 단순한

영역에는 적은 데이터를 할당하는 적응적인 부호화가 가능하다.

영상분할 과정은 벡터의 인덱스를 이용하여 quadtree 구조로 구성함으로써 이루어진다. quadtree 구조의 기본개념은 공간적으로 인접한 네 개의 구획의 성질이 동일하면 하나로 합치고, 그렇지 않으면 그대로 분할된 상태를 유지하는 것이다. 본 논문에서는 벡터양자화의 결과로서 각 화소위치마다 인덱스가 주어졌을 때, 인접한 네 개의 인덱스가 동일하면 하나로 묶는 과정을 반복한다.

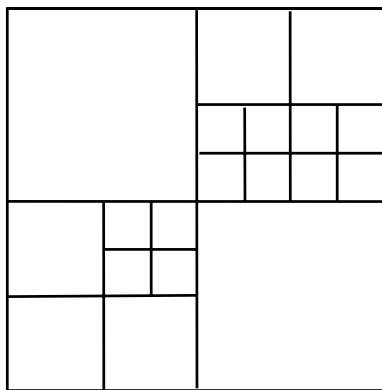
다음의 그림 2에서는 영상이 분할된 예를 나타내었다. 영상을 quadtree 구조로 표현하기 위해서는 주어진 해당 구획이 리프(leaf) 인지 노드(node) 인지를 알려주는 구조정보와 노드의 인덱스가 필요하다. 그림 2에서는 영상이 분할된 예를 보이고 리프에는 '0'을, 노드에는 '1'을 지정하여 분할구조를 표현하는 부호를 함께 나타내었다. 여기서 전체 구획은 노드이므로 '1'에 해당한다. 다음 레벨에서 첫번째와 네번째 구획은 더 이상 분할되지 않는 리프이므로 '0'이 주어지고, 나머지 두번째와 세번째 구획은 노드이므로 '1'이 주어진다. 다음 레벨에서는 노드로 판정된 구획에 대해서 앞서와

마찬가지로 리프에 '0'을 노드에 '1'을 할당한다. 이러한 방식으로 부호를 할당하면 그림 2 (b)에 보인 바와 같이 영상의 분할구조 정보는 '1-0010-0011 0100'이 된다. 그리고 각 리프마다 벡터양자화 과정에서 얻어진 인덱스가 할당된다.

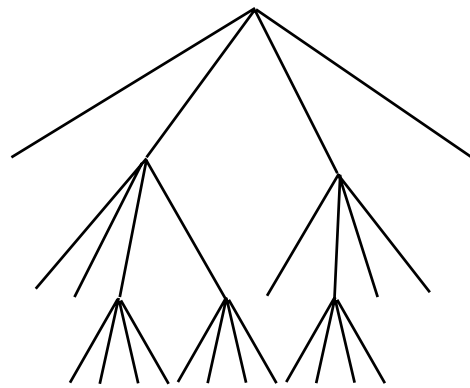
3. 예측오차의 부호화

제안하는 부호화 알고리즘의 마지막 단계는 그림 1에서 나타낸 바와 같이 원 영상과 벡터양자화의 결과영상과의 차이영상 즉 예측오차를 압축하는 것이다. 이를 위해서 변환부호화 기법인 DCT를 적용한다. 이 때 고정된 크기의 구획을 사용하는 대신 가변크기의 구획을 사용하는 데, 영상분할 과정에서 분할된 구획 즉 quadtree의 각 노드를 단위로 하여 적응적인 DCT를 수행함으로써 영상의 공간적인 정보량에 따라 비트가 할당되도록 한다. 단 영상의 분할은 화소 단위까지 이루어지지만, DCT의 최소 크기는 JPEG(joint photographic experts group)이나 MPEG(moving picture experts group) 등의 영상압축을 위한 표준방식에서 일반적으로 사용하고 있는 8×8로 제한하였다.

예측오차의 DCT 계수들은 다시 양자화 과



(a)



CODE : 1-0110-00110100

(b)

FIGURE 2. Quadtree decomposed image and the structure code

정을 거친 후 가변길이부호화 과정을 통해 압축된다. 이 과정에 있어서 부호화 효율은 양자화 스텝의 크기와 가변길이부호화 과정에서 사용하는 Huffmann 테이블에 따라서 좌우되는데, 제안 알고리즘에서는 가변길이부호화를 위해 MPEG 동영상압축방식에서 차이영상의 DCT 계수 부호화를 위해 구성한 표준적인 Huffmann 테이블을 사용하였다. 따라서 제안 알고리즘에서는 양자화 스텝의 크기가 비트율과 성능을 조절하는 매개변수가 된다.

이상으로부터 제안알고리즘을 사용할 때, 복호기에서 원래의 다중스펙트럼 영상으로 복원하기 위해 필요한 정보는 세가지이다. 첫째로는 벡터양자화의 부호책이고, 다음으로 분할된 영상의 구조와 분할된 각 구획마다 할당되는 벡터의 인덱스이다. 그리고 마지막으로 가변길이부호화를 거친 차이영상의 DCT 계수가 필요하다.

실험결과 및 분석

제안 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 실험에서 사용한 영상은 포항지역의 Landsat TM 영상의 7개 대역 중 6번 대역을 제외한 여섯장의 영상이다. 6번 대역영상을 실험에서 제외한 이유는 다른 대역영상의 공간해상도인 30m급인데 반해 열적외선에 해당하는 6번 대역영상의 공간해상도는 120m로서 특성상 차이를 보이기 때문이다. 실험영상의 크기는 512×512이고 양자화비트수는 8bit/pixel이다. 실험영상은 도심지역과 산간지역 그리고 해양지역 등 다양한 지역이 혼합되어 있는 지역인데, 그림 3에서는 실험에서 사용한 영상 중 5번 대역영상을 예로 들어 나타내었다.

먼저 벡터양자화의 예측성능을 살펴보기 위해 표 1에서는 벡터양자화 과정에서 사용한 부호책의 크기에 따른 각 대역영상의 PSNR (peak-to-peak signal to noise ratio)을 나타



FIGURE 3. The original image (Landsat TM band 5, Pohang)

내었다. 표 1로부터 부호책의 크기 즉 사용하는 벡터의 개수가 늘어날수록 당연히 성능이 향상됨을 볼 수 있고, 2번 대역영상의 경우에 다른 대역영상에 비해 상대적으로 높은 PSNR을 나타내는 것으로 보아 벡터양자화에 따른 왜곡이 적음도 알 수 있다. 한편 그림 4에서는 부호책의 크기가 8인 경우를 예로 들어 부호 벡터의 값을 나타내었다. 벡터양자화를 위한 부호책은 LBG 알고리즘을 사용하여 구성하였다(Linde 등, 1980).

벡터양자화의 결과 곧 각 공간위치에서의 벡터를 나타내는 인덱스는 영상의 분류된 결과로

서 생각할 수 있다. 즉 부호책의 크기가 8이라면 이미 영상을 8개의 클래스로 분류한 것과 마찬가지로인 것이다. 따라서 제안 알고리즘은 주어진 인덱스를 분류작업의 초기 조건으로 사용하는 등의 방법을 통해 다중스펙트럼영상의 분류에 응용할 수 있다는 장점을 가진다.

제안알고리즘에서 영상을 분할하는 목적은 영상의 모든 공간상의 위치마다 벡터를 할당하는 대신 영상을 quadtree 구조로 분할하고 quadtree의 각 구획마다 벡터를 하나씩 할당하는 과정을 통해 비트를 줄이고자 하는 것이다. 이 과정을 통해 분할하지 않은 경우에 비

TABLE 1. The PSNR performance of prediction using VQ(dB)

대역	부호책의 크기		
	8	16	32
1	30.5	32.6	33.8
2	34.3	36.5	38.2
3	29.5	31.9	33.8
4	27.1	29.0	31.4
5	27.1	29.8	31.5
7	30.2	31.7	32.8

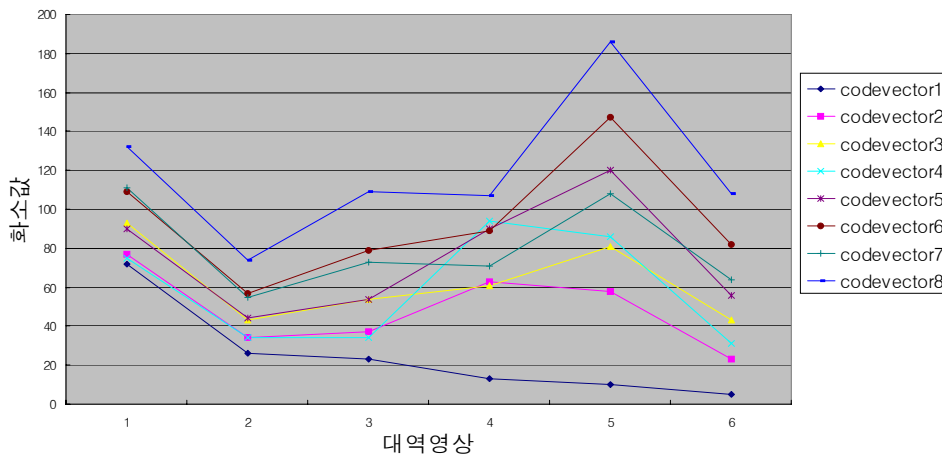


FIGURE 4. The codevectors(the codebook size : 8)

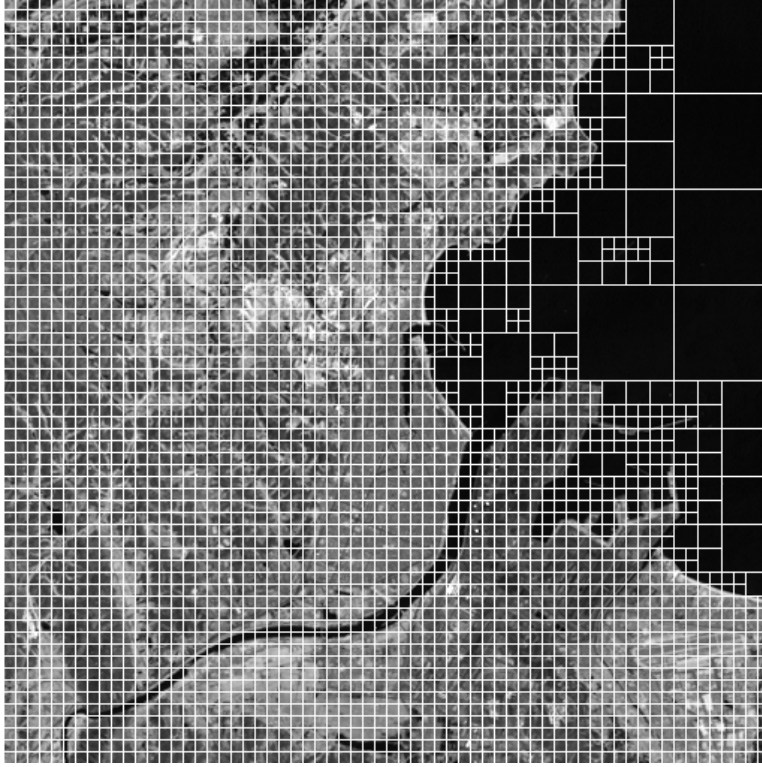


FIGURE 5. The decomposed image(Landsat TM band 5, Pohang)

해 약 15%에서 20%가량의 비트를 줄일 수 있었다. 영상이 분할되는 결과를 보이기 위해 그림 5에서는 부호책의 크기가 8인 경우에 다중 스펙트럼 영상을 quadtree 구조로 분할한 예를 나타내었다. 공간적으로 단순한 영역인 바다에서는 큰 크기의 구획으로 분할되고 복잡한 산간지역이나 도심지역에서는 작은 크기의 구획으로 분할됨을 확인할 수 있다. 그림 5에서는 편의를 위해 구획의 크기를 8×8까지 나타내었다.

제안 알고리즘의 압축성능을 살펴보기 위해서 그림 6에서는 앞서 보인 Landsat TM 5번 대역영상의 압축영상을 나타내었다. 제시한 압축영상은 부호책의 크기가 32 양자화 스텝의 크기가 16인 경우로서, 0.75bpp 즉 10.7:1의 압축율에서 33.0dB의 성능을 보인다. 그림 3의 원 영상과 비교해볼 때, 육안으로는 차이점을

거의 발견할 수 없다.

또한 제안 알고리즘의 객관적인 성능비교를 위해서 rate-distortion 특성을 그림 7에서 나타내었다. 성능을 나타내는 평가지수로는 다음의 식 (7)과 같이 하나의 영상에 대한 PSNR의 개념을 확장하여 대역영상 전체에 대한 통합 PSNR을 나타내는 $PSNR_{total}$ 을 사용하였다.

$$PSNR_{total} = 20 \log_{10} \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_{ijk} - \hat{T}_{ijk})^2}{KM^2} \quad (7)$$

여기서 K 는 스펙트럼 대역의 개수, M 은 영상의 크기, I_{ijk} 와 \hat{T}_{ijk} 는 각각 원 영상과 압축영상에서 k 번째 대역영상의 (i,j) 위치에서의 화소값을 의미한다. 실험에서 사용한



FIGURE 6. The compressed image(Landsat TM band 5, Pohang, 33.0 dB, 0.75bpp)

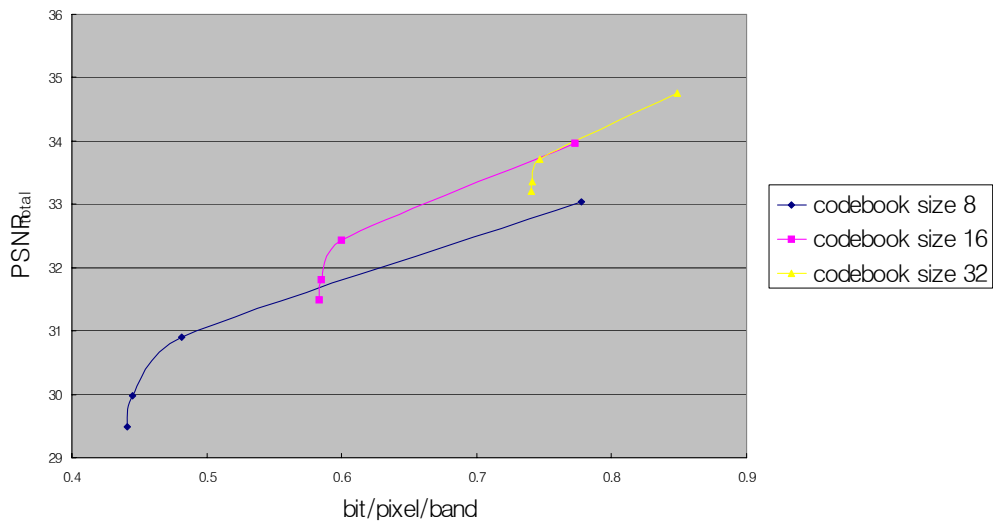


FIGURE 7. The rate-distortion curve of the proposed coding algorithm

값은 $K=6$, $M=512$ 이다.

그림 7을 통해 알 수 있듯이 제안알고리즘은 0.45bit/pixel/band 이상의 범위에서 30dB 이상의 우수한 성능을 보이고 있어 위성영상의 압축알고리즘으로서 활용가능함을 보여준다. 한편 성능은 벡터양자화 과정에서 사용한 부호책의 크기에 따라 달라지며, 부호책의 크기가 증가할수록 비트가 많이 필요한 대신 성능의 향상을 기대할 수 있다. 실험결과를 통해 이를 확인할 수 있는데 부호책의 크기가 16인 경우와 32인 경우의 성능의 차이는 미미하며, 이 두 경우를 부호책의 크기가 8인 경우보다 비교하면 약 0.8dB 정도 우수한 성능을 보였다. 또한 영상을 분할하는 알고리즘의 특성상 일정 비트율 이하에서는 성능이 급격하게 하락하는 현상이 발생하는데, 부호책의 크기가 8인 경우가 16 또는 32인 경우보다 더 낮은 비트율에서 성능이 유지되고 있음을 볼 수 있다.

결 론

본 논문에서는 인공위성영상 즉 다중스펙트럼 영상을 위한 부호화 기법을 제안하였다. 제안 알고리즘의 기본개념은 예측부호화를 위한 벡터양자화 기법, 영상내의 정보량에 따라 비트가 할당되도록 하기 위한 quadtree 분할, 그리고 차이영상을 부호화하기 위한 DCT 기법을 복합적으로 사용하는 것이다. Landsat TM 대역역상에 대한 실험을 통해 제안 알고리즘이 위성영상을 위한 효율적인 부호화 기법임을 확인하였다. 벡터양자화를 통해 다중스펙트럼영상을 예측할 수 있었으며, quadtree 구조의 영상분할 과정을 거치면서 공간적인 상관성을 이용하여 부호화 효율을 향상시킬 수 있었다. 또한 원 영상과 예측영상과의 차이 영상에 관한 정보도 DCT 기법을 이용하여 전송함으로써 영상의 화질을 높힐 수 있었다.

제안 알고리즘의 장점 가운데 하나는 부호화 및 복호화 과정에서 기존의 방법들에 비해 계산

량의 부담이 상당히 줄어든다는 것이다. 특히 KLT를 사용하는 경우는 영상의 특성에 따라 변환함수가 달라지기 때문에 영상마다 또는 구획마다 자신의 KLT 행렬을 구하여야 하는데 반해, 제안 알고리즘은 이와 같은 계산량의 부담이 없다. 또한 영상의 분할과정도 복잡한 과정없이 벡터양자화의 결과로서 주어진 벡터의 인덱스만 가지고 손쉽게 수행할 수 있다.

이와 더불어 압축된 데이터가 벡터양자화의 결과 및 분할구조를 가지고 있다는 사실은 다중스펙트럼 영상을 다른 응용분야와 통합적으로 활용하는 데에 있어서도 많은 장점을 가진다. 특히 위성영상을 다양한 GIS 응용분야에서 이용하기 위해서는 영상의 분류과정이 필요한데, 벡터양자화의 결과인 각 공간위치에서의 벡터의 인덱스가 곧 영상이 분류된 클래스를 나타낸다고 생각할 수 있으므로 다중스펙트럼영상의 분류에 응용하는 것이 가능하다. 또한 분할구조를 통해서 영상의 복잡한 정보와 같은 공간적인 특성을 추출할 수 있으므로 분할구조 정보도 다양한 GIS 응용을 위한 기초자료로서 활용이 가능할 것으로 기대된다.

KAGIS

참고문헌

- Baker, R.L. and Y.T. Tse. 1988. Compression of high spectral resolution imagery. Proc. SPIE, pp.255-264.
- Epstein, B.R., R. Hingorani, J.M. Shapiro, and M. Czigler. 1992. Multispectral KLT-wavelet data compression for Landsat Thematic Mapper Images. Proc. of Data Compression Conf., Snowbird, UT, Mar. 1992, pp. 200-208.
- Gelli, G. and G. Poggi. 1999. Compression of multispectral images by spectral classification and transform coding. IEEE Trans. on IP 8:476-489.

- Gupta, S. and A. Gersho. 1992. Feature predictive vector quantization of multispectral images. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing* 30:491-501.
- Gersho, A. and R. Gray. 1992. *Vector Quantization and Signal Compression*. Kluwer Academic Publishers.
- Lee, J. 1999. Optimized quadtree for Karhunen-Loeve transform in multispectral image coding. *IEEE Trans. on IP* 8:453-461.
- Linde, Y., A. Buzo, and R.M. Gray. 1980. An algorithm for vector quantizer design. *IEEE Trans. on Com.* 28:84-95.
- Rao, A.K. and S. Bihargava. 1994. Multispectral data compression using inter-band prediction. *Proc. of the Industry Workshop of Data Compression Conf.* Snowbird Utah, April 1994.
- Saghri, J.A., A.G. Tescher, and J.T. Reagan. 1995. Practical transform coding of multispectral imagery. *IEEE SP Magazine* 12:32-43.
- Schowengerdt, R.A. 1997. *Remote Sensing : Models and Methods for Image Processing*. Academic Press
- Tretter, D. and C. Bouman. 1995. Optimal transforms for multispectral and multilayer image coding. *IEEE Trans. on IP* 4:308-396.
- Vaughn, V.D. and T.S. Wilkinson. 1995. System considerations for multispectral image compression designs. *IEEE SP Magazine* 12:19-31. [KAGIS](#)