
웨이브렛을 이용한 고해상도 인공위성 영상데이터의 압축에 관한 성능분석

이주원* · 김영일* · 이건기* · 안기원**

Performance Analysis for Compression of Satellite Image Data using the Wavelet Transform

Ju-Won. Lee* · Young-Il Kim* · Gun-Ki Lee* · Ki-Won Ahn**

요 약

본 논문은 고해상도 위성영상의 압축성능을 분석한 것이다. 위성영상처리에 있어 위성 영상은 고 해상도이고, 많은 픽셀정보를 보유하고 있어 영상처리는 많은 시간이 소요된다. 따라서 보다 효율적인 작업을 위해 영상압축과 복원이 필요하다. 위성영상의 압축과 복원에 있어 도로, 건물, 숲 등에 관한 정보를 유지하여야 한다. 본 연구에서는 고해상도와 분광반사특성 유지하면서 영상데이터를 효율적으로 압축 및 복원할 수 있는 기법들인 JPEG와 웨이브렛 변환(wavelet transform)을 이용한 지도영상의 압축성능을 비교분석 하였다. 이 결과 JPEG보다 WSQ압축 알고리즘이 지도영상 압축에 효과적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we analyzed satellite image with a high resolution compression performance. We need much time in a fast processing on vast satellite image pixel data. On compressing and decompressing, we should keep the information about road, building, forest, etc. In conclusion, we did analyze and compare the performance of compression and decompression for JPEG and WSQ(wavelet scalar quantization) method. As a result, we knew that WSQ was more efficient than JPEG.

키워드

JPEG, Wavelet, satellite image, image compression

1. 서 론

최근 지리정보시스템은 토지이용계획, 교통정보, 대규모 시설을 건설시 입지선정, 환경변화예측 등과 같은 다양한 분야에 활발히 이용되고 있으면 이 시스템을 구성하기 위해 원격탐사의 개념이 도입된다. 원격탐사는 지구자원탐사용 인공위성에 탑재된 센서

의 종류와 해상력이 다양해짐에 따라 각기 다른 센서에서 관측 수집된 영상데이터를 다양한 지리를 통하여 수치지도로 제작한다. 이러한 고해상도 위성데이터는 그 데이터 양이 방대하며, 여러 단계의 처리과정마다의 결과영상을 저장해야 하기 때문에 효율적인 영상압축과 복원기법의 적용이 필요하다. 따라서 높은 해상도와 분광반사특성을 동시에 유지하면

서 영상 압축 및 복원할 수 있는 기법을 연구해야 한다. 따라서 본 연구에서는 고해상도와 분광반사특성 유지하면서 영상데이터를 효율적으로 압축 및 복원할 수 있는 기법에 관하여 연구하였으며, 이러한 압축에 기법들에 의해 압축성능을 비교분석 하였다. 특히 영상압축의 표준인 JPEG와 웨이브렛 변환(wavelet transform)을 이용한 지도영상의 압축성능을 비교분석 하였다.

II. 영상압축

영상 압축은 디지털 영상을 표현하기 위하여 필요로 하는 데이터의 양을 줄이는 문제를 풀기 위한 기술이다. 지도 영상의 압축은 도로, 건물, 숲, 건물 등에 관한 정보를 유지하면 중복되거나 중요하지 않은 데이터를 추출하여 데이터 양을 줄일 수 있게 하여야 한다. 이 데이터들은 디지털 영상압축에 있어 중복은 부호중복, 화소간의 중복, 시각 중복 등의 기본적인 3가지 중복을 제거하여 압축을 수행하여야 한다.

1. 정지 영상 압축 표준 JPEG

JPEG은 표준화된 압축 기법으로 그레이 레벨(gray level) 영상 및 컬러 영상을 포함한 거의 모든 정지 영상의 디지털 압축 기술에 관한 표준 규정안이다. JPEG 압축 방법은 인간의 비전 시스템의 한계를 이용한 것이다. 또한 JPEG 방법은 동일 횡수의 연산으로 영상의 압축과 복원을 수행하므로 일종의 대칭인 알고리즘으로 복원에 필요한 시간은 압축에 드는 시간과 같다. 베이스라인 JPEG 압축 방법은 그림 1과 같이 기본적인 5단계로 구성된다.

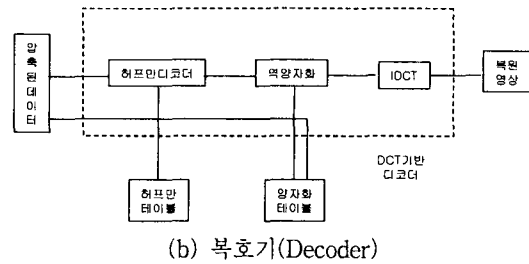
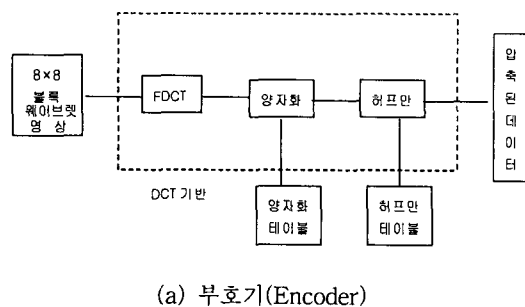


그림 1. JPEG 영상압축 기법의 구조

Fig. 1 structure of JPEG compression

2. 웨이브렛 영상압축

일반적으로 웨이브렛 변환을 기초로 한 영상압축 알고리즘은 웨이브렛 스칼라 양자화(WSQ: Wavelet Scalar Quantization) 알고리즘이 대표적이다.

웨이브렛 영상압축의 양자화 과정에는 스칼라 양자화, 벡터 양자화(vector quantization) 또는 트렐리스 양자화(trellis quantization) 방법이 쓰이는데 정보들이 스칼라 값인 경우를 스칼라 양자화라 하며, 이 양자화 과정으로 실제적인 데이터 손실이 발생되고 전체적인 손실 부호화가 된다. 주로 웨이브렛 스칼라 양자화(WSQ) 압축 기법을 많이 응용하고 있으며, 알고리즘의 구성은 그림 2에 나타내었다.

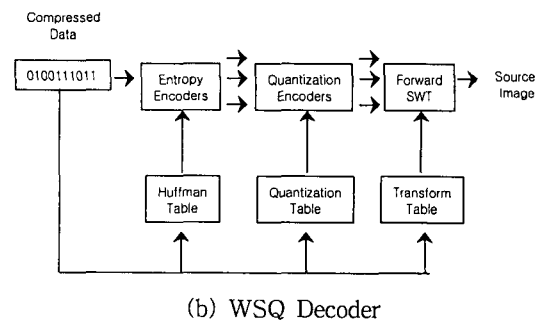
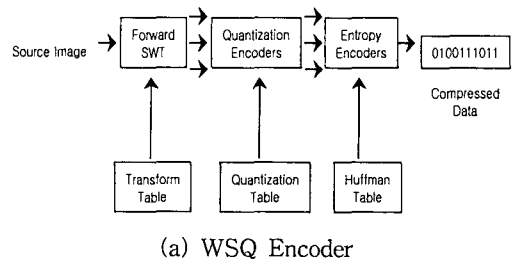
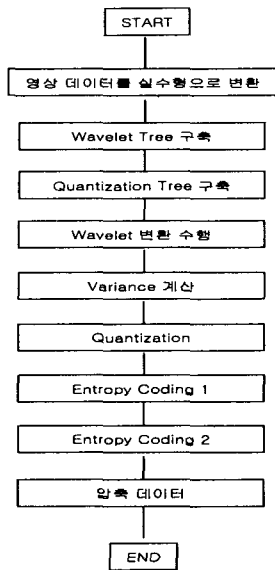
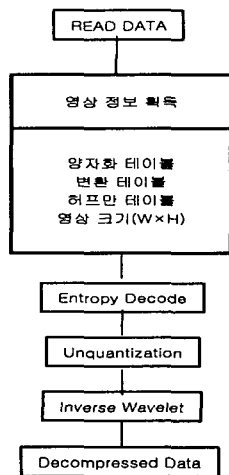


그림 2. WSQ 영상 압축 구조

Fig. 2 structure of WSQ compression



(a) 압축



(b) 복원

그림 3. WSQ 압축과 복원 알고리즘의 순서도
Fig. 3 flowchart for compression and decompression of WSQ

그림 2와 같이 WSQ 부호화(encoding)알고리즘은 압축을 위한 3개의 중요 처리 과정으로 구성되어 있는데, 먼저 원 영상에 대한 웨이블릿 변환, 그 다음 웨이블릿 계수들의 스칼라 양자화, 그리고 마지막으로

양자화된 값에 대한 빈도수 부호화(entropy coding)의 순서로 진행된다. 영상 복원을 위해서는 그림 2와 같이 부호화 과정과는 반대의 순서로 복원이 수행된다. 복호화시에는 복원을 위한 변환 테이블, 양자화 테이블, 허프만 테이블의 부가 정보를 필요로 한다. 이 정보는 압축시에 생성된다. 종합적으로 WSQ압축과정을 그림 3에 나타내었다.

본 연구에서 효과적인 지도영상에 JPEG압축과 WSQ 압축기법을 고해상도 지도영상 압축을 위해 압축하기를 원하는 영상 데이터 파일과 요구하는 압축율, 그리고 영상 데이터의 크기(width & height)에 대한 정보를 토대로 영상 압축을 하였으며, JPEG과 비교·분석하였다.

III. 실험 및 결과

본 연구에서는 영상 압축 성능을 검증하기 위해 IKONOS 4m 다분광 영상을 토대로 압축하여 성능을 비교하였다. WSQ 영상 압축과정은 그림3의 (a)의 과정을 거쳐 압축하였다. 먼저 영상의 데이터 변환은 16bit 영상레벨을 가진 지도영상을 65536 단계 그레이 스케일(16bits/pixel, gray scale) 입력 데이터(0~65535)를 실수형 데이터(-32768.0~+32767.0)로 변환시켰으며, 전체 스케일(scale)과 시프트(shift)양에 대한 정보를 유지하여 복원 시 데이터의 재구성에 이용하였다.

$$L_d = \text{Min} - S, \quad H_d = \text{Max} - S^{(1)}$$

$$S = \frac{I_{\text{Max}} - I_{\text{Min}}}{2} + I_{\text{Min}}$$

$$\dots \dots \begin{cases} \text{if } (L_d > H_d), S_c = \frac{L_d}{128.0} \\ \text{else } S_c = \frac{H_d}{128.0} \end{cases}$$

$$f_i = \frac{(I - S)}{S_c}$$

여기서 I는 입력 데이터, S는 시프트, I_{Max} 와 I_{Min} 는 입력 데이터 최대 값과 최소 값, S_c 는 스케

일, Max와 Min은 영상의 최대 그레이 레벨, 그리고 f_i 변환된 영상데이터이다.

웨이브렛을 취하기 위하여 전체 영상 데이터를 20개의 부대역으로 나누었다. 하나의 웨이브렛 부대역에 대하여 1/2 down sampling하여 식(2)와 (3)에 의해 저역통과 필터와 고역통과 필터를 취하게 되면 방향에 따른 주파수로 분리된 4개의 부대역을 생성하며 20개의 부대역이 되도록 필터링을 하였다. 이때 사용된 필터 계수는 표 1과 같다.

$$a_0 = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)h_0(2k-n)PF \quad (2)$$

$$a_1 = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)h_1(2k-n)PF \quad (3)$$

표 1. 웨이브렛 필터 계수
Table. 1 coefficients of wavelet filter

Tap	계수 값
$h_0(0)$	0.85269867900940
$h_0(\pm 1)$	0.37740285561265
$h_0(\pm 2)$	-0.11062440441842
$h_0(\pm 3)$	-0.023849465019380
$h_0(\pm 4)$	0.037828455506995
$h_1(-1)$	0.78848561640566
$h_1(-2,0)$	-0.41809227322221
$h_1(-3,1)$	-0.040689417609558
$h_1(-4,2)$	0.0645388826282938

각 양자화 부대역(quantization subband)에 대하여 분산을 획득한 후 양자화 하였다. 양자화된 데이터는 실행 길이 부호화(run length coding)와 허프만 부호화(Huffman coding)를 통해 부호 압축을 하였으며 부호화는 2회로 나누어 수행하고 압축하였다. 압축 영상 복원은 그림 3의 (b)와 같이 순서와 동작에 있어 압축 수행과 완전히 정반대의 과정을 거쳐 복원하였다.

각 압축비율에 따라 압축 후 영상복원시 JPEG 방법보다 웨이브렛 기법이 오차가 적게 나타났으며, 결과를 그림 4에 나타내었다. 여기서 1/14로 압축한 결

과 지도 영상의 도로, 건물 등의 왜곡을 나타내었다. 특히 그림 6,7,8와 같이 1/45로 압축한 결과 JPEG기법은 압축영상에서 블록킹(blocking) 현상이 매우 심하게 나타나 JPEG의 높은 압축은 지도영상 처리에 부적절함을 보였다. 그러나 WSQ기법은 블록킹 현상이 매우 작아 지도 영상처리에 있어 정밀도가 낮은 토지 이용분류에 적용 가능성을 시각적으로 확인하였고, 도로부분은 픽셀 손실이 많아 도로벡터 추출은 많은 오차 발생할 것으로 예상되었다. 따라서 JPEG기법보다 WSQ에 의한 영상 압축이 우수한 성능을 보였다.

각 압축비율에 따라 압축 후 영상복원시 JPEG 방법보다 웨이브렛 기법이 오차가 적게 나타났으며, 그 결과는 그림 4에 나타내었다. 여기서 1/14로 압축한 결과 지도 영상의 도로, 건물 등의 왜곡을 나타내었다. 특히 JPEG기법은 압축영상에서 블록킹 현상이 나타나 JPEG기법 보다 웨이브렛에 의한 영상 압축이 우수한 성능을 보였다.

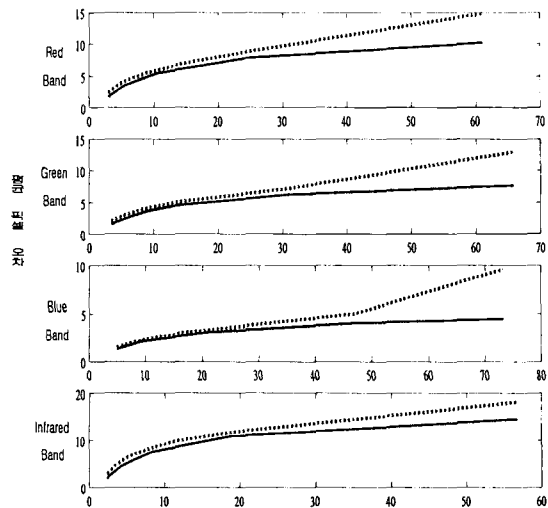


그림 4. 다분광 영상의 압축(웨이브렛과 JPEG)에 따른 평균픽셀오차(JPEG : ····, WSQ: —)

Fig. 4 pixel mean error of compressed multi-spectral image

IV. 결 론

본 연구에서는 데이터 양이 방대한 고해상도 위성 영상압축에 있어 JPEG 압축기법과 WSQ 압축기법을 비교·분석하였다. 이 결과 JPEG 압축 기법은 1/10의 압축한 결과에서 시각적으로 도로, 건물, 숲은 판단이 가능하였지만 DEM(digital elevation model)과 등고선 추출에 있어 많은 오차가 발생할 것으로 사료된다. 그리고 약 1/14이하로 압축했을 경우 숲과, 농지 부분에서 블록킹 현상이 발생하여 DEM 추출 또는 토지 이용분류에 적용이 불가능함을 알 수 있었다. 한편 WSQ 압축기법은 1/20의 압축에서 JPEG와 비교한 결과 도로, 건물, 숲은 시각적으로 유사한 결과를 얻었으며, 영상의 픽셀변화를 함수적으로 압축하는 기법의 WSQ 알고리즘의 특징 때문에 DEM 추출 오차는 JPEG보다 낮게 나타날 것으로 사료된다.

따라서 높은 해상도와 분광반사특성을 동시에 유지하면서 영상 압축 및 복원할 수 있는 기법은 JPEG 보다 WSQ 영상압축 기법이 보다 효과적임을 알 수 있었다.



그림 5. IKONOS의 다파장대 4[m] 영상
Fig. 5 IKONOS multi-spectral image with 4m resolution per pixel



그림 6. 1/45로 JPEG 압축된 영상
Fig. 6 compressed image as 1/45 using JPEG



그림 7. 1/45로 압축한 웨이블릿 영상
Fig. 7 compressed image as 1/45 using WQS

참고문헌

- [1] Gilbert Strang and Truong Nguyen, Wavelets and Filter Banks, Wellesley Cambridge Press, 1996.
- [2] 조우석, 다목적 실용위성을 이용한 지형도 제작의 가능성 분석, 한국측지학회지, 제16권, 제2호, 1998.

- [3] Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., Remote Sensing and Image Interpretation, Wiley, 1994.
- [4] Gonzalez, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1993.
- [5] Holm, M., Parnes, E. & Vuorela, A. Implementation and experiences of a nationwide automatic satellite image registration system. European Symposium on Satellite Remote Sensing, Rome, Italy, September 1994, SPIE Vol 2315.

* 본 논문은 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R01-2000-00370)의 지원으로 이루어졌음.

저자소개

이주원(Ju-Won Lee)

1999년 3월~현재: 경상대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학

기타약력: 학회논문 Vol. 3, No.1 참조

※주관심분야: 디지털신호처리, 영상처리, 인공지능

김영일(Young-Il Kim)

1987년 ~ 현재: 경상대학교 전자공학과 교수

기타약력: 학회논문 Vol. 3, No.3 참조

※주관심분야: 디지털신호처리

이건기(Gun-Ki Lee)

1985년~현재: 경상대학교 전자공학과 교수

기타약력: 학회논문 Vol. 3, No.1 참조

※주관심분야: 디지털신호처리, 생체신호처리

안기원(Ki-Won Ahn)

1981년: 서울시립대학교 토목공학과 졸업(공학사)

1983년: 서울대학교 토목공학과 졸업(공학석사)

1988년: 서울대학교 토목공학과 졸업(공학박사)

1991년~현재: 국토개발기술사(측지분야)

1993년~현재: 경상대학교 토목공학과 교수

※주관심분야: 원격탐사 및 측량