

웨이블릿 변환을 이용한 위성영상 압축효과 분석 Analysis of Compression Efficiency for Satellite Images using Wavelet Transform

유환희¹⁾, Yoo, Hwan Hee · 이학균²⁾, Lee, Hag Gyun
김성삼³⁾, Kim, Seong Sam · 김기열⁴⁾, Kim, Ki Yeol

¹⁾ 정회원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수(ERDI 연구원)(E-mail: hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

²⁾ 준회원 · (주)한성유아이 엔지니어링(E-mail: beugger@hotmail.com)

³⁾ 준회원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학과 박사과정(E-mail: kimss333@netian.com)

⁴⁾ 준회원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정(E-mail: try789@hanmail.net)

1. 서론

최근에 고해상도 위성영상과 같이 자료의 정밀화는 동일한 지역에 대해 상대적으로 자료의 양을 증가시키게 되어서 자료의 처리 및 저장에 여러 가지 문제점을 일으킨다. 그 한 예로 10km x 10km 지역에 대한 영상지도 제작시, 10m 해상도를 갖는 SPOT Panchromatic 영상의 경우 1,000 x 1,000 pixels 크기의 자료가 요구되며, 일반적인 모든 영상이 한 픽셀당 8bits의 저장 공간을 사용한다고 볼 때 총 1Mb의 저장공간을 필요로 하게 된다. 그러나 이 지역에 대해 앞에서 언급한 고해상도 위성의 1m 영상 자료를 이용하여 작업을 하는 경우에는 총 10,000 x 10,000 pixels 크기의 자료가 요구됨에 따라, 결과적으로 SPOT 위성 영상에 비해 100배에 해당하는 100Mb의 저장 공간을 필요로 하게 된다. 따라서 효과적인 영상 저장 및 관리를 위해 영상압축기술이 개발되고 있으며, GIS나 원격탐측분야에서 많이 사용되고 있는 영상압축방법은 MrSID, ECW, JPEG2000 등을 생각할 수 있으며, MrSID(MultiResolution Seamless Image Database)는 현재 Bentley, MapInfo, Intergraph, ESRI, Global Geomatics 등과 같은 GIS 회사들이 MrSID 포맷을 읽을 수 있도록 지원하고 있다. ECW(Enhanced Compressed Wavelet)은 ER-Mapper로 유명한 호주의 Earth Resource Mapping에서 개발한 차세대 압축 포맷이며, JPEG2000은 웨이블릿변환 기반의 새로운 정지영상 압축부호화 국제 표준으로 현재 인터넷, 디지털 카메라, 프린트 및 스캐너 등에 널리 사용되는 정지영상 압축부호화 방식인 JPEG에 비해 보다 향상된 압축성과 기능을 포함하고 있다. 따라서 본 연구에서는 웨이블릿 변환(Wavelet transform)에 의한 영상 압축기술을 개발하여 영상압축에 따른 손실을 분석하여 효과적인 압축율을 제시하고자 한다.

2. 웨이블릿에 의한 영상압축

웨이블릿 변환은 푸리에 변환과 같이 주파수를 측정할 수 있는 변환방법들 중 하나이지만, 푸리에 변환에서는 해당 주파수가 신호의 어느 위치에 있는지 알 수 없는 반면에, 웨이

블릿 변환에서는 해당 주파수 위치까지 알 수 있다. 특히 영상 압축분야의 영상처리에 있어서 사용되는 웨이블릿은 부대역 분해를 하는 것으로서 저대역(low-pass) 필터와 고대역(high-pass) 필터를 사용해서 이미지의 주파수 대역을 나누어 대역별로 부호화 하는 방법을 말한다. 이렇게 필터를 사용해서 영상의 대역을 나누는 과정을 “웨이블릿 분해”라 하며, 이렇게 대역이 분해된 영상을 다시 합치는 과정을 “웨이블릿 복원”이라고 한다.

그림 1은 1단계의 2차원 웨이블릿 분해와 복원 과정을 나타낸다. H_0 와 H_1 은 각각 웨이블릿 분해를 위한 저주파 및 고주파 통과 필터이며, G_0 과 G_1 은 웨이블릿 합성을 위한 저대역 및 고대역 통과 필터이다.

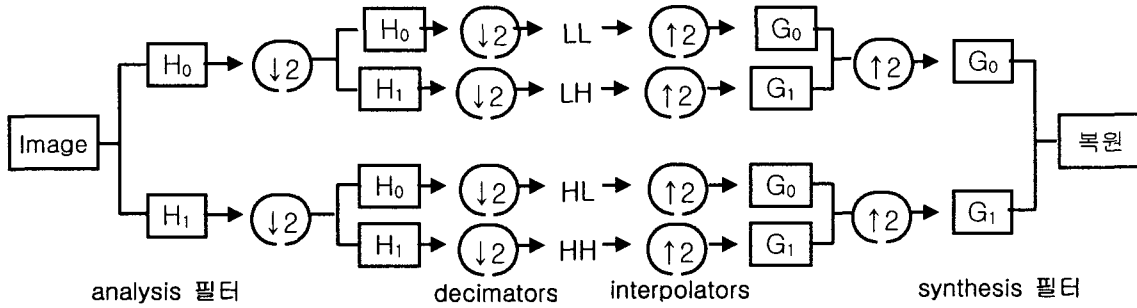


그림 1. 1단계의 2차원 웨이블릿 분해

무손실 압축을 위해 영상을 웨이블릿 변환하고 변환 계수들을 양자화방법으로 양자화 한다. 부호화의 과정은, 먼저 저주파 레벨3의 LL영역의 계수는 차분에 7bit를 할당하여 거의 손실없는 DPCM(Differential Pulse Code Modulation)부호화를 수행하였으며, 부호화를 빠르고 간편하게 하기 위하여 레벨 3의 에지 성분들만 양자화를 수행하였다. 양자화된 계수들은 허프만(Huffman) 부호화기를 거쳐 최종 압축하였다. 부호화 방법은 영상을 3레벨로 웨이블릿 변환후 레벨 1과 레벨 2의 고주파 성분은 부호화 하지 않았고, 사용된 쌍직교 웨이블릿 필터 계수는 아래 표의 다우비치(Daubechies) 9/7 탭을 사용하였다.

표 1. 분해와 복원시 사용된 다우비치 9/7 필터

N	Low-pass(H_0)	N	Low-pass(G_0)
0	+0.602949018236		+0.55754352622844
± 1	+0.266864118443		+0.29563588155671
± 2	-0.078223266529		-0.02877176311397
± 3	-0.016864118443		-0.04563588155696
± 4	+0.026748757411		
N	High-pass(H_1)	N	High-pass(G_1)
-1	-0.55754352622844	1	-0.602949018236
-2,0	+0.29563588155671	0,2	+0.266864118443
-3,1	+0.02877176311397	-1,3	+0.078223266529
-4,2	-0.04563588155696	-2,4	-0.016864118443
		-3,5	-0.026748757411

3. 압축효과 평가

웨이블릿 압축방법의 성능을 평가하기 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{peak^2}{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2}$$

여기서, peak는 영상소의 첨두값을 나타내는데 본 논문에 사용된 영상은 8비트의 그레이 스케일(grey scale)을 사용하므로 255의 값을 가진다. 그리고 MSE(mean square error)는 다음과 같이 계산된다.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2$$

여기서, M과 N은 각각 영상의 너비와 높이이며 본 논문에서 사용된 값은 M과 N이 각각 512이다. 그리고 x_{ij} 와 \hat{x}_{ij} 는 좌표(i,j)에서 각각 원 영상과 복원된 영상을 나타낸다.

4. 결과 분석

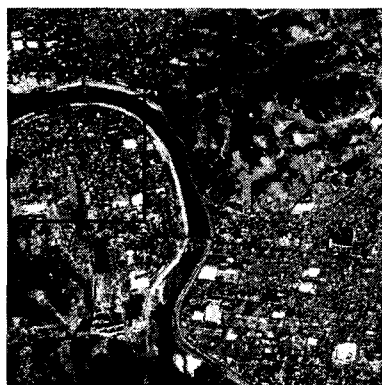
본 연구에서는 위성영상 중 IKONOS, KOMPSAT, SPOT 위성영상을 이용하여 도심지역과 시외지역으로 구분하여 영상의 밝기값 변화에 따른 압축효과를 분석하였으며, 압축율에 따른 원영상의 정보 손실을 PSNR 값으로 평가하였다.

한국과학기술원 인공위성 연구센터에서 1997년에 발표한 「위성이용 원격탐사 시스템개발 연구 보고서」에는 해상도 82m의 LANDSAT MSS영상들에 대해 양호한 품질로 평균 압축율 약 20:1과 그에 따른 PSNR값을 약 35db정도로 제시하고 있다. 또한 Wee Meng Woo 등(2000)의 연구에서는 위성영상을 도시지역과 산악지역으로 구분하여 PSNR값에 의한 압축율을 제시하였는데, 도시지역의 경우 약 25db의 값까지 유지된다면 압축할 수 있다고 제시하였다. 정경훈 등(2000)의 연구에서는 PSNR이 30db 이상일 때 위성영상압축으로 활용가능하다고 제시하고 있으며 Vill Hautamaki 등(2000)의 연구에서는 항공사진을 이용하여 시각적으로 차이가 없는 손실압축율의 비교에서 PSNR을 27.1로 나타내고 있다. 따라서, 본 연구에서는 영상별 최소 PSNR을 30db로 선택하여 최대 압축가능 비율을 결정하였다.

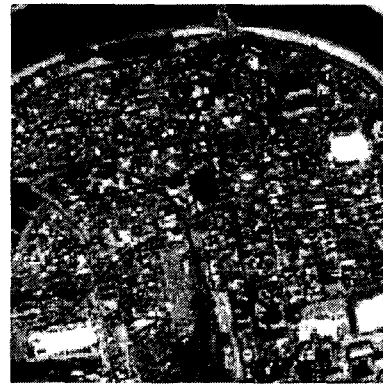
표 2는 IKONOS, KOMPSAT, SPOT 위성영상에 대한 압축율과 PSNR, MSE 값을 나타내고 있는데, IKONOS의 도심영상의 경우 압축율이 약 5:1전후가 원영상의 정보를 보존하며 시각적인 차이가 없는 것으로 판단되며, 최대 15:1의 압축율이 가능한 것으로 분석되었다. KOMPSAT 영상의 경우는 IKONOS 영상보다 PSNR값이 약 1~2 정도 떨어지며, 산출된 PSNR값으로 판단하면 KOMPSAT 도심영상은 5:1압축, 시외영상의 경우는 약 10:1 전후의 압축이 가능한 것으로 판단된다. SPOT 영상의 경우는, 다른 영상들보다 압축율별 PSNR이 상당히 높게 나타났는데 그 이유는 SPOT영상이 기타 위성영상들보다 MSE값이 낮기 때문이며, 또한 SPOT의 해상도가 타 영상들 중 가장 낮아 같은 크기의 영상에서 영소값의 변화가 가장 작은 이유에 기인한 것으로 보인다.

표 2. 위성영상종류별 압축율과 PSNR 및 MSE 값

위성종류	압축율	PSNR값		MSE값	
		도심지역	시외지역	도심지역	시외지역
IKONOS	5:1	32.01	35.61	35.08	27.84
	10:1	27.69	31.30		
	15:1	26.13	30.14		
KOMPSAT	5:1	30.30	33.81	41.96	37.10
	10:1	26.96	29.84		
	15:1	24.16	28.54		
SPOT	5:1	38.88	43.98	25.28	22.40
	10:1	34.13	39.48		
	15:1	32.13	37.29		



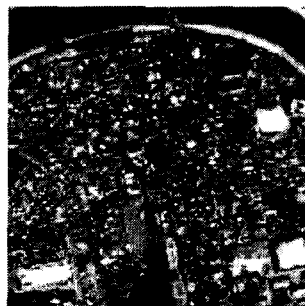
(a) 진주도심 원영상



(b) 원영상의 부분확대영상



(c) 5:1 압축영상



(d) 10:1 압축영상



(e) 15:1 압축영상

그림 2. 압축율에 따른 KOMPSAT 영상의 손실변화

따라서 SPOT영상의 대비(contrast)를 조절하여 MSE값을 표 3과 같이 33.88로 조정 한 경우 PSNR값이 다소 떨어지는 것을 알 수 있다. 이 경우 10:1 압축율까지 가능한 것으로 분석되었다.

표 3. MSE값에 따른 PSNR값 변화

압축율	PSNR 값	
	MSE(33.88)	MSE(22.40)
5:1	35.25	43.98
10:1	30.63	39.48
15:1	28.41	37.29

5. 결론

본 연구에서는 IKONOS, KOMPSAT, SPOT 위성영상에 대해 웨이블릿 변환에 의한 압축율을 PSNR값과 MSE값을 토대로 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 압축에 따른 손실한계를 PSNR값을 설정하여 평가한 결과 위성영상 종류와 대상지역의 밝기값 변화상태에 따라 다소 차이가 있었으며, 압축율은 10:1~15:1정도가 적당한 것으로 판단된다.

둘째, 압축율은 위성영상의 밝기값들의 대비와 밀접한 관계를 갖고 있었으며, 동일한 영상이라도 대비 조절을 한 경우 압축율은 크게 변화하였고, 사용 목적에 따른 영상 압축율 결정은 영상자료 관리 및 활용 차원에서 보다 체계적으로 연구 될 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 정경훈, 다중스펙트럼 위성영상 압축을 위한 복합 부호화, 한국지리정보학회지, 3권 1호, pp 1- 11, 2000.
2. J. Lu, V. R. Algazi, and R. R. Estes(1995) Comparison of Wavelet Image Coders Using the Picture Quality Scales, SPIE, Vol. 2491, pp. 1119-1130.
3. J. D. Villasenor, B. Belzer, and J. Liao(1995) Wavelet Filter Evaluation for Image Compression, IEEE Trans. Image Processing, Vol. 4, No. 8, pp. 1053-1060.
4. M. Vetterli and J. Kovacevic(1991) Wavelet and Subband Coding, Prentice Hall, 1995.
5. M. Rabbani and P. W. Jonesm, Digital Image Compression Techniques, SPIE Optical Engineering Press.
6. Ville Hautamaki and Jussi Heino(2000) Evaluation of image compression methods for aerial photos, <http://cs.joensuu.fi/~villeh/luk>.
7. Wee Meng Woon, Anthony Tung Shuen Ho, Tao Yu, Siu Chung Tam, Siong Chai Tan and Lian Teck Yap(2000) Achieving High Data Compression of Self-Similar Satellite Images using Fractal, IEEE.