

## JPEG2000에 의한 정지영상 압축효율과 성능비교

최금수, 문영득  
부산외국어대학교 전자컴퓨터공학과

### Compressed Efficiency and Performance Comparison of Still Image by JPEG2000

Kum Su Choi, Young Deuk Moon  
Dept. of Electronics & Computer Engineering, Pusan University of Foreign Studies

**Abstract** - 멀티미디어의 표준화에 대한 관심이 컴퓨터, 방송, 통신 등의 분야에서 더욱 높아지고 있다. JPEG2000 표준안은 영상 부호화에 따른 새로운 형태의 영상압축 뿐만 아니라 높은 성능에 부응하고자 하는 것으로 기존의 표준안보다 왜곡율과 특정부분의 영상품질을 한 차원 상승시킬 수 있어서 효율적인 면에서 더욱 우수하다. 영상의 손실 및 무손실 압축, 대용량 영상압축, 그리고 화소의 정밀도와 해상도의 차이에 의한 점진적 전송이나 관심영역의 지정과 처리 등이 그 특징들이다. JPEG2000 표준안은 인터넷, 컬러 팩시밀리, 인쇄, 스캐닝, 디지털 사진, 원격 감지, 휴대기기 등과 의료 영상, 디지털 도서관, 전자 상거래 등에 다양하게 응용할 수 있다.

본 논문은 JPEG2000 표준안의 최신동향과 전반적인 기술내역에 대하여 설명하고 영상압축 효율과 화질, 그리고 처리 속도 등을 기존 알고리즘과 비교하여 그 기술적 특징을 실험을 통하여 비교 제시한다.

#### 1. 서 론

멀티미디어의 사용이 증가함에 영상에 대한 고품질 압축과 고해상도가 요구되고 있다. 통일된 시스템 안에서 자연영상, 과학, 군용, 의료, 문서와 더불어 렌더링된 그래픽 등 여러 다른 특징을 갖는 정지영상의 2 비트, 흑백, 컬러 등의 압축을 위한 새로운 표준이 필요함에 따라 JPEG2000이 현재 국제 표준으로서 마지막 단계에 이르고 있다. JPEG2000은 손실압축과 무손실 압축을 위한 각각 다른 압축 표준의 필요를 피하기 위한 것으로 무손실 압축이 손실 압축의 확장이라면 JPEG2000 표준은 영상정보를 저비트로 제거하는 것이 가능하다. 이 표준안에서 제공하는 quality scalability는 동일한 비트스트림으로부터 저해상도 영상을 얻을 수 있는 resolution scalability와 압축된 비트스트림으로부터 다른 영역을 복원할 수 있는 spatial scalability가 있는데 이를 통하여 사용자가 영상의 화질이나 영상의 특정 부분의 비율을 조절할 수 있다. JPEG2000은 기존의 표준안보다 왜곡율과 특정부분의 이미지 품질을 한 차원 높일 수 있을 뿐만 아니라 효율적인 측면에서도 기존의 알고리즘보다 우수하다.

#### 2. 기존의 알고리즘의 특성 비교

JPEG2000과 기존 알고리즘인 JPEG, JPEG-LS, PNG 등의 표준코딩 알고리즘을 비교한다. JPEG은 인터넷으로 부터 디지털 사진에 이르기까지 폭넓게 영상을 부호화할 수 있는 것이며 JPEG-LS는 최근 무손실 압축 등의 여러 응용에서 나타나기 시작한 표준이고, PNG는 ISO/IEC JTC1/SC24에서 표준화가 진행되어 ISO/IEC 국제 표준이 된 것이다.

##### 2.1 JPEG

JPEG은 1980년대 후반에 제정된 ISO/ITU-T 표준

안으로 잘 알려져 있다. 이 표준안에는 베이스라인, 무손실, 그리고 점진적 모드와 계층적 모드등을 포함한 여러 모드에 대하여 정의하고 있다. 베이스라인 모드는 손실 압축 코딩 기법의 대표적인 것으로 영상을 8×8 블록으로 나누어 각각의 블록을 DCT로 변환한다. 변환된 블록은 균일 스칼라 양자화기(uniform scalar quantizer)에 의해 양자화되며 zigzag로 스캐닝되어 허프만 코드에 의해 엔트로피 부호화된다. 64가지의 DCT계수의 양자화 스텝 크기는 양자화 테이블에서 정의된다. 모든 블록의 DC계수는 예측 방법을 사용하여 독립적으로 부호화되는데 이 모드를 일반적으로 JPEG이라고 하고 있다. 무손실 모드는 예측방법을 사용하여 완전히 다른 알고리즘에 의해 부호화된다. 예측은 가장 인접한 세개의 화소를 기반으로 하며 예측오차는 허프만 코딩으로 엔트로피 부호화된다. 우리는 이 모드를 L-JPEG이라 한다. 손실모드인 점진적, 계층적 모드가 베이스라인과 다른 점은 DCT계수가 베이스라인에서는 부호화된다는 것이고 점진적, 계층적 모드에서는 실제 계산에 의해 구하여진다는 것이다. 이들은 각각 압축된 비트스트림의 부분적 복원에 의해서 영상을 복원할 때 낮은 화질과 저해상도를 제공한다.

##### 2.2 JPEG-LS

JPEG-LS는 정지영상의 무손실 압축을 위한 가장 최근의 ISO/ITU-T 표준이다. 이것은 또한 무손실에 접근한 압축을 제공한다. Part-I인 베이스라인 시스템은 적응적 예측과 Context 모델 그리고 Golomb 코딩에 기반하며 flat region detector는 그것의 특징을 run-length로 부호화한다. 무손실 점진 압축은 고정 최대 샘플 에러(fixed maximum sample error)에 의해 수행된다. Part-II는 arithmetic 코딩같은 확장된 사항을 설명한다. 하지만 이 부분은 여전히 새로운 표준을 위해 준비되어 있다. 이 알고리즘은 높은 무손실 압축율을 제공하면서 낮은 복잡도를 제공하기 위해 고안되었다. 그러나 이것은 scalability나 error resilience 혹은 어떤 다른 기능을 제공하지는 않는다.

##### 2.3 PNG

무손실 영상 압축에 적합한 PNG(portable network graphics)는 정지영상 코딩의 W3C 권고안으로 예측과 엔트로피 코딩을 기반으로 하고 있다. 예측은 가장 인접 이웃 화소의 이웃 화소에서 수행되며 line-by-line 기초에서 선택되어진다. 엔트로피 코딩은 상용화된 ZIP 파일 압축에 사용되는 Deflate Algorithm이 사용된다.

#### 3. JPEG2000에 의한 영상 압축

JPEG2000 인코더의 블록 구조도가 그림 1에 주어진다. 영상의 핵심처리 과정은 그림의 아래 열이다. 인코딩에 두 가지 핵심 방향과 몇 가지 옵션이 있다. 무손실 코딩이 요구된다면 RCT(reversible component transform)와 5×3 Wavelet이 함께 사용되고 주어진

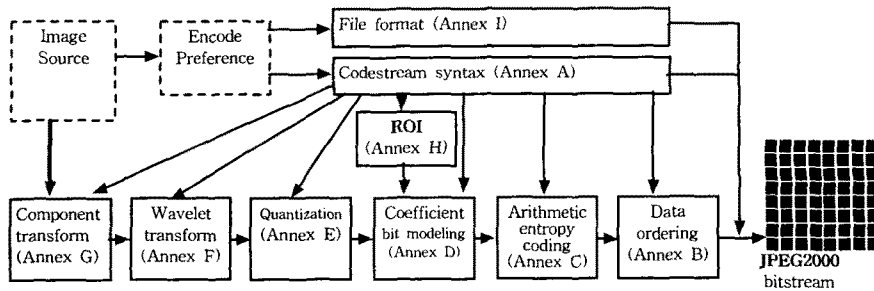


그림 1 JPEG2000의 인코더 블록도

비트율에서 최고의 화질로 적당한 손실 압축이 요구된다면  $9 \times 7$  Wavelet과 YCbCr 변환이 사용된다.

Component transform은 영상 구성성분에 대하여 역상관계를 제공한다. 이것은 압축율을 향상시키며 시각에 관계된 양자화를 제공한다. Reversible path가 사용되어질 때 정수에서 정수로 매핑되는 RCT가 사용된다. ICT(irreversible component transform)가 사용되어질 때 YCbCr 변환이 JPEG에서와 같이 일반적으로 사용된다. JPEG2000 표준에서는 두가지 wavelet transform이 가능하다.  $9 \times 7$  wavelet filter는 높은 압축률을 제공하며  $5 \times 3$  wavelet filter는 낮은 복잡도를 제공하고 무손실 압축을 제공한다. 비트율과 왜곡 사이의 trade-off는 양자화에 의해 얻어진다. Wavelet 계수는 각 subband에서 다른 계수에 의해 나누어질 수 있지만 비트율과 화질은 감소한다. Context model은 비슷한 통계치를 갖는 그룹으로 양자화된 wavelet 계수를 분리함에 따라 arithmetic 부호기는 각각의 context를 효과적으로 압축할 수 있다. JPEG2000은 양자화된 wavelet 계수의 무손실 압축을 제공하기 위해 multiplier-free binary arithmetic coder가 사용된다. Arithmetic coder에서 출력되는 부호화된 정보는 압축 헤더를 갖는 패킷으로 모여진다. 비록 codestream syntax가 가능한 모든 방법으로 정보가 결합되어질 수 있다 하더라도 정보는 어떤 특정한 배열을 갖고 있어야 한다. Codestream은 marker segment와 부호화된 정보로 이루어져 있다. marker segment는 주어진 공간 위치와 해상도 그리고 영상의 화질에 대응하여 부호화된 정보의 위치를 결정할 수 있게 한다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

실험에 사용된 소프트웨어는 JPEG2000 verificat

<표 2> 동일 압축율 상에서의 PSNR 비교

[dB]

	압축율 20		압축율 30		압축율 40		압축율 100	
	JPEG	J2K	JPEG	J2K	JPEG	J2K	JPEG	J2K
com2_test01	30.35	33.93	26.40	30.14	23.86	27.90	18.91	23.01
com2_test02	39.44	44.17	38.22	42.07	35.52	40.39	29.30	35.68
com2_test03	30.83	34.10	28.75	31.75	26.86	29.86	20.38	24.87
com_test01	31.65	34.69	28.80	31.90	27.36	29.90	20.79	24.70
com_test02	35.42	39.04	32.78	35.80	30.15	33.76	21.66	27.45
com_test03	32.58	37.35	30.69	33.55	28.01	31.03	21.00	25.02
natu_test01	24.28	25.69	21.99	23.67	19.26	22.43	17.54	19.94
natu_test02	24.31	25.51	22.01	23.44	20.25	22.20	17.08	19.52
natu_test03	27.28	28.47	26.10	26.53	23.73	25.33	18.81	21.97
scan_test01	27.74	30.27	26.62	28.24	25.30	27.16	20.81	24.08
scan_test02	35.60	39.68	33.41	36.45	31.01	34.59	22.12	28.68
scan_test03	32.13	36.89	28.98	33.27	26.28	30.59	20.15	24.33

ion model(VM) 6.1 (ISO/IEC JTC1/ SC29 /WG1 N 1580)이다. JPEG에는 버전 6b가 사용되었으며 JPEG-LS에는 버전 2.2가 사용되었다. 또한 PNG는 버전 1.0.3이 사용되었다. 실험에 사용한 영상은 3가지 그룹으로 나누었다. 컴퓨터 그래픽(3D), 컴퓨터 영상, 자연 영상, 스캐닝된 영상으로 각각 3가지씩 사용하였다. 영상의 크기는 모두  $512 \times 512$ 를 사용하였다.

<표 1>에서 JPEG2000, JPEG-LS, PNG의 무손실 모드에서의 압축 성능을 보여주고 있다. JPEG2000은 reversible DWT filter가 사용되었다. JPEG-LS의 경우 최적 허프만 테이블이 사용되었고 PNG의 경우 최대 압축율이 설정되었다. 표에서 알 수 있듯이 최고의 성능은 무손실 JPEG2000에서 보여주고 있다. PNG의 경우 Deflate Algorithm을 사용하는데 JPEG-LS보다 우수한 성능을 보여주고 있다.

<표 1> 무손실 압축율

	PNG	JPEG-LS	J2K
com2_test01	1.70	1.30	2.55
com2_test02	2.53	1.79	3.35
com2_test03	2.10	1.66	2.47
com_test01	1.84	1.60	2.50
com_test02	1.97	1.68	2.76
com_test03	2.45	1.60	3.60
natu_test01	1.21	1.14	1.54
natu_test02	1.20	1.12	1.50
nate_test03	1.31	1.23	1.60
scan_test01	1.38	1.37	1.70
scan_test02	2.18	1.86	2.83
scan_test03	1.92	1.70	2.41
average	1.82	1.50	2.40

<표 2>에는 JPEG과 JPEG2000의 각 영상에 대한 동일 압축율에서의 PSNR 값을 보여주고 있다. 기존의 JPEG과 비교하여 같은 압축율 상에서 월등히 우수한 PSNR값을 보여주고 있으며 그래픽 영상과 스캔 영상은 3~4[dB]정도의 큰 차이값을 보여주는 반면 자연 영상은 1~2[dB]정도의 적은 차이로 나타나는데 이는 자연 영상이 더 많은 색 정보를 가지고 있기 때문이다.

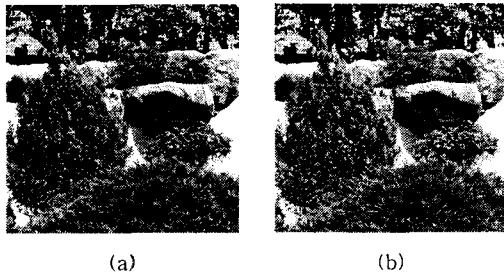


그림 2 복원 영상 JPEG(a), JPEG2000(b) [압축율 40]

그림 2은 natu\_test03 영상의 압축율 40에서의 복원 영상을 보여주고 있는데 두 영상 모두 원 영상과 매우 흡사하지만 JPEG2000의 경우 부분적인 손상이 적고 선명한 것을 볼 수 있다.

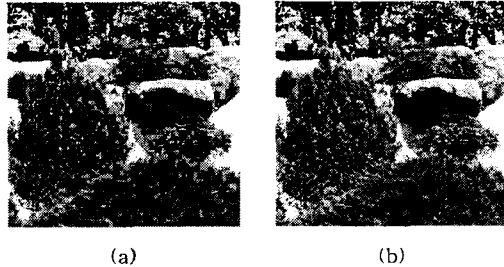


그림 3 복원 영상 JPEG(a), JPEG2000(b) [압축율 100]

그림 3에서는 natu\_test03 영상의 압축율 100에서의 복원 영상으로 JPEG의 복원 영상은 색 정보나 나무의 형태가 손상이 많은 것을 볼 수 있지만 JPEG2000의 경우에는 약간의 블러링만 일어날 뿐 원영상과 매우 흡사함을 알 수 있다.

<표 3> 복원 영상에 대한 디코딩 시간

[ms]

	JPEG-LS	JPEG	L-J2K	J2K
com2_test01	39	14	609	132
com2_test02	93	13	597	142
com2_test03	58	13	533	133
com_test01	64	14	579	141
com_test02	55	12	562	138
com_test03	56	13	519	132
natu_test01	73	16	832	125
natu_test02	74	16	852	127
natu_test03	65	15	824	140
scan_test01	69	13	814	135
scan_test02	59	12	568	129
scan_test03	55	13	622	133

<표 3>에서 각 복원 영상의 디코딩 시간을 볼 수 있는데 JPEG2000의 경우 높은 압축성능을 제공하는 반면에 디코딩 시간이 비교적 길고 이에 따라 계산량도 많이 요구됨을 알 수 있었다. 그러나 현재의 인터넷 속도의 향상에 따라 무시할 수 있는 정도이다.

<표 4> JPEG2000, JPEG-LS, JPEG, PNG의 기능별 비교

	JPEG2000	JPEG-LS	JPEG	PNG
lossless compression performance	*****	**	--	**
lossy compression performance	*****	*	***	*
Region Of Interest (ROI) coding	*****	-	-	-
Random access	**	-	-	-
low complexity	**	*****	*****	***
non-iterative rate control	***	-	-	-

<표 4>에서는 각 영상 압축 알고리즘이 제공하는 기능들을 나타내고 있다. 표에서 알 수 있듯이 JPEG2000의 경우 기존 알고리즘에서 제공하지 않는 관심영역 코딩과 임의 접근 등을 제공하는 등 기존 알고리즘보다 우수함을 알 수 있었다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 현재 정지영상 부호화 알고리즘으로 널리 알려진 여러 가지 표준기법들과 JPEG2000의 여러 특징을 비교하였다. 영상에 대하여 무손실 압축과 손실 압축 방법으로 각각의 부호화 알고리즘을 사용하여 부호화하여 무손실과 손실압축 성능, 디코딩 시간 등을 비교하였다.

실험 결과 무손실과 손실모드에서는 JPEG2000 표준이 다른 표준에 비해 우수한 압축 성능과 고화질을 제공하였으나 디코딩 시간이 비교적 긴 편이었으며 복잡도도 많았으나 현재의 인터넷 속도의 향상에 따라 무시할 수 있는 정도이다. 그러나 다른 표준에서는 제공하지 않는 관심영역 코딩과 임의접근이 우수함을 알 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] K. S. Choi, Y. D. Moon, "Image Compressing of Color tone Image by Transformed Q-factor," 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.781-783, 1999.
- [2] Michael J. Gormish, Daniel Lee, Michael W. Marcellin, "JPEG2000: Overview, Architecture, and Application", Proceedings ICIP-2000, Sept. 2000, p. 29-32.
- [3] D. Santa-Cruz, T. Ebrahimi, J. Askelöf, M. Larsson and C. A. Christopoulos, "JPEG2000 still image coding versus other standard", In Proc. of the SPIE's 45th annual meeting, Applications of Digital Image Processing XXIII, volume4115, pages 446-454, Jul. 30-Aug. 4, 2000.
- [4] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1, ISO/IEC FCD 15444-1 : Information technology-JPEG2000 image coding system : Core coding system (WG 1 N 1646), Mar. 2000.
- [5] W3C, PNG (Portable Network Graphics) Specification, Oct. 1996.
- [6] A. N. Skodras, C. A. Christopoulos and T. Ebrahimi, "JPEG2000: The Upcoming Still Image Compression Standard", Proceeding of the 11th Portuguese Conference on Pattern Recognition, May 11th-12th, pp. 359-366, 2000.
- [7] M. Boliek, S. Houchin, G. Wu, "JPEG2000 Next Generation Image Compression System: Features and Syntax," Proceeding ICIP-2000, Sept. 2000, p. 45-48.
- [8] M. D. Adams, and F. Kossentini, "JasPer: A Software-Based JPEG2000 Codec Implementation," Proceedings ICIP-2000, Sept. 2000, p. 53-56.