

# DSP 를 이용한 JPEG2000 의 고효율 이미지 압축 구현

김 흥 선, 조 준 기, 황 민 철, 남 주 훈, 고 성 제  
고려대학교 전자공학과  
전화 : 02-3290-4719 / 핸드폰 : 019-321-7865

## An Implementation of efficient Image Compression JPEG2000 Based on DSPs

Heung-Sun Kim, Jun-Ki Cho, Min-Cheol Hwang, Ju-Hun Nam, Sung-Jea Ko  
Dept. of Electronics Engineering, Korea University, Seoul, Korea  
E-mail : hsunkim@lge.com

### Abstract

With the increasing use of multimedia technologies, image compression requires higher performance as well as new features such as embedded lossy to lossless coding, various progressive order, error resilience and region-of-interest coding. In the specific area of still image encoding, a new standard, the JPEG2000, has been currently developed. This paper presents a new compression scheme based on JPEG2000. In the proposed scheme, gray coding is applied to the wavelet coefficient. Since gray coding produces an image whose bit plane is will clustered. The proposed method improves compression efficiency of the JPEG2000.

JPEG 은 DCT 인코딩을 사용하여 높은 압축을 할 경우 블록화 현상이 심하게 일어나서 이미지가 손상되는 단점을 가지고 있다[2].

이러한 문제를 해결하기 JPEG2000 이라는 새로운 압축 표준이 개발되었다. JPEG2000 은 웨이블릿과 EBCOT 를 사용하여 높은 압축률과 함께 데이터 전송 시 발생될 수 있는 에러에 대한 효과적인 Resilience 특성 같은 다양한 장점들을 갖추고 있다[3][4].

본 논문은 DSP 의 TMS320C6711 의 에뮬레이터를 통해 DSP 기반으로 한 JPEG2000 비디오 인코딩 시스템 및 압축 구현을 하였고, 이미지를 그레이 코딩을 하면 이미지가 Clustering 이 생겨서 엔트로피가 줄어 드는 것 [1]을 이용하여 JPEG2000 의 DWT 계수에 그레이 코딩을 하여 기존의 JPEG2000 보다 압축 효율을 더 높였다.

### I. 서론

멀티미디어의 사용이 증가함에 따라 새로운 정보화 사회에 있어서 멀티미디어 및 정지 영상정보를 높은 압축으로 얼마나 빠르게 에러 없이 방대한 데이터를 처리하는가 하는 문제가 요구 되어 진다. 정지 영상 압축으로 1992 년에 JPEG(Joint Photographic Expert Group)이 국제표준으로 채택된 이후 이 표준은 다양한 멀티 미디어 응용분야에 사용되고 있다.

### II. 제안 시스템의 구조 와 성능

JPEG2000 표준은 새로운 기술의 장점을 취하고 많은 하이엔드(high-end)와 다양한 응용 분야에 중점을 두고 있다. JPEG2000 표준에 명시된 요구사항을 만족시키는 대안으로서 JPEG2000 표준화 그룹은 웨이블릿 변환을 이용한 정지영상 압축방법을 채택하였다. 이에 대한 중요사항을 정리해 보자. 높은 압축 성능을 갖는

JPEG2000 표준은 낮은 비트율(0.25bpp 이하)로 현재의 표준보다 우수한 성능을 제공 한다.

본 논문에서 제안된 것은 일반적인 JPEG2000 구조의 DWT 계수에 그레이 코딩을 하여 고효율 압축 인코더를 구현 하는 것으로 기본 구조 블록은 (그림 1)과 같다. 제안된 그레이 코딩을 이용한 JPEG2000 인코더를 이루고 있는 구성요소는 전처리, DWT, 그레이 코딩, 산술부호화(Tier-1), 그리고 비트열 생성(Tier-2) 등이 있다.

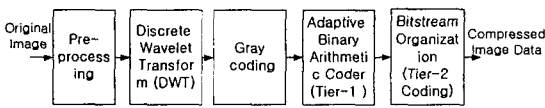


그림 1. JPEG2000 을 응용한 압축 인코더의 기본 구조 블록.

### 2.1. 전처리 (Pre-process)

전처리에서 처음으로 하는 것은 입력영상을 타일(Tile) 이라고 하는 서로 겹치지 않는 직사각형의 조각들로 나누는 것이다. 본 논문에서는 원영상과 같은 크기의 타일을 가진다고 고려한다. 그리고 각 화소의 성분들을 색상 변환을 한다. 두 가지 변환 방법을 사용한다. 하나의 변환은 비가역 색상 변환 (Irreversible Color Transform: ICT) 으로 RGB 를 YCbCr 로 변환 한다. 다른 변환방법으로는 가역색상변환 (Reversible Color Transform: RCT) 이 있다. 이는 ICT 를 대략적으로 가역적 정수-정수 변환으로 바꾼 것으로 손실부호화, 무손실 부호화 모두에서 사용이 가능하다.

### 2.2 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Baseline JPEG 에서는 블록 단위 DCT 를 사용하여 주파수 Domain 으로 변환하여 압축을 수행하여 블록킹 현상이 생기는데 JPEG2000 에서는 전체 프레임에 대해서 DWT 를 수행한다. DWT 는 영상 전체를 변환하기 때문에 큰 영상이나 높은 압축률에서 발생하는 블록킹 현상 (Blocking artifacts) 이 발생하지 않는다. 그리고 정수 DWT 필터를 사용하면 하나의 압축 비트 스트림으로 손실, 무손실 압축을 할 수 있다. 즉, DWT 는 가역/비가역 변환을 할 수 있는데 기본적으로 사용되는 비가역 변환은 Daudechies 9-tap/7-tap 필터에 의해서 실행되고 가역 변환은 5-tap/3-tap 필터에 의해서 실행된다.

JPEG2000 은 2 개의 필터링 모드(컨벌루션/리프팅 근거)를 지원한다. 컨벌루션을 바탕으로 하는 필터링은 2 개의 필터 마스크와 확장된 1D 의 신호 사이에서 일련의 dot products 를 수행하고, 리프팅을 근거로 하는 필터링은 신호를 교대로, 즉 홀수번째 샘플 값이 짝수번째 샘플값의 가중치 합계와 함께 갱신 되는 매우 단순한 필터링으로 구성되고 짝수번째 샘플값은 홀수번째 샘플값의 가중치 합계와 함께 갱신된다.

### 2.3 Gray coding

JPEG2000 에서는 이산 웨이브렛 변환 후 웨이브렛 계수들은 코딩 패스를 하기 위하여 64X64 이하의 코드 블록 버퍼에 저장된다.

하지만 본 논문에서는 웨이브렛 계수들을 그레이 코딩화 하여 코드블록 버퍼에 저장한다. 3 장의 실험 결과에 보듯이 웨이브렛 계수들의 서브 밴드 중 LL 밴드만 그레이 코딩을 하고 나머지의 LH, HL, HH 밴드는 그레이 코딩을 하지 않고 코드 블록버퍼에 저장 한다. 즉, LL 밴드는 원래의 이미지를 가지고 있으므로, 그레이 코딩을 하여 효과를 볼 수 있지만 나머지 서브 밴드는 이미 clustering 이 되어 있으므로 더 나빠진다.

### 2.4 Adaptive Binary Arithmetic Coder (Tier-1)

코드블록에서 계수의 각 비트-평균은 3 개의 코딩 패스 내에서 부호화된다. 이러한 코드블록내의 계수들은 비트 플레인 정보를 이용하는 3 개의코딩 패스, 즉 Significant pass, Refinement pass 와 Cleanup pass 로 구성된다. 코드블록에 대해 비트 플레인을 수행하고 그 비트 플레인에 대한 코딩 패스 별로 컨텍스트를 추출하여 그 값을 코딩 패스 별로 묶어 산술 부호화를 수행한다. Context 를 추출하는 방법은 4 개의 코딩 방식이 있다. 코딩 방식으로는 Zero Coding(다른 표현으로는 significant coding 또는 normal coding 이라 함), Sign Coding, Magnitude Refinement coding(이미 significant 된 데이터에 대한 코딩 수행), Run length Coding(연속적인 4 개 sample 이 insignificant 일 때 수행)이 있다.

각 이진 심볼의 발생 확률의 분포는 이웃한 값에 의해서 뿐만이 아니라 이전에 코딩된 모든 비트에 의해서 영향을 받는다. JPEG2000 에서는 그 지점까지의 코딩 정보를 기초로 이전 비트 플레인 과 현재의 비트 플레인의 인접한 여덟 개의 이웃값의 significant 상태와 현재의 significant 상태를 이용해서 이진 심볼의 확률을 계

산한다.

이때 계산되는 컨텍스트는 JPEG2000 표준이 정하는 규칙에 따라 각각 단계에서 다른 방법을 이용하여 계산된다. MQ 코더는 JBIG2 표준에 적용된다. MQ 코더는 바이트 버퍼에 비트열을 저장 한다.

### 2.5 Bit-stream Organization (Tier-2 Coding)

JPEG2000 에서 비트열은 연속적인 계층으로 구성되고 각 계층은 각 코드 블록에서 추가적인 공헌도를 포함한다. 각 코드 블록에서 끝을 잘라낸 점들은 비울 왜곡 최적화를 사용 하면서 할당된다.

## III. 시스템 구성

본 절에서는 앞 절에서 설명한 그레이 코딩을 이용하여 제한된 JPEG2000 영상의 효과적인 압축을 지원하기 위해 필요한 설명한다. 시스템 구성에 대해 설명을 하고 그레이 코딩의 실험 결과에 필요한 것에 대해서 설명한다.

### 3.1 시스템 구성

시스템 구성은 IDK(Imaging Developer,s Kit)와 PC 로 구성 되어 있다. Imaging Developer's Kit는 TMS320C6711 과 16M SD RAM, 부트 Flash ROM, JTAG, 기타 주변기기 들로 구성된 Base board 와 Image Capture, Display 기능을 하며 이를 위해 2MB 의 Capture SDRAM buffer 를 가진 Daughter board 로 구성된다. Daughter board 에서 raw 이미 지 데이터 format 은 표1 과 같다.

표 1. 이미지 데이터 format

	Grayscale	Color
Capture	16bit YCbCr 4:2:2	
Display	8bit 256leve	16bit RGB565

실험 구성은 Daughter board 에서 영상의 입력을 YCbCr 로 변환 하여 DSK 의 TMS320C6711 에 입력되어 제안된 그레이 코딩의 JPEG2000 을 구현한다. 구현된 파일은 DSK 의 Parallel Port 를 통해 PC 를 파일로 저장한다. PC 에 저장된 파일은 그레이 디코딩을 이용한 JPEG2000 의 디코더를 구현 하였다.

### 3.2 그레이 코딩화 이미지

영상을 비트 플레인 그레이 코딩을 하면 Clustering 이 일어나 표 2 의 결과처럼 엔트로피가 줄었음을 알 수 있다.

표 2. 이미지 엔트로피 측정.

		8bit	7bit	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit
gLena	Binary	2.5964	3.7950	5.1231	7.1069	8.4859	8.9776	8.9965	8.9968
	Gray	2.5964	2.4370	3.3762	5.4149	6.8588	8.4939	8.9760	8.9964
gPeppers	Binary	2.4723	3.7130	5.4410	7.0302	8.4070	8.9571	8.9930	8.9946
	Gray	2.4723	2.5344	4.2020	5.3856	6.9791	8.3954	8.9555	8.9943

엔트로피가 줄어드는 것은 압축이 잘되는 것으로 데이터의 양이 줄어들어서 표 2 과 같이 압축 효과가 높다.

### 3.3 제안된 알고리즘

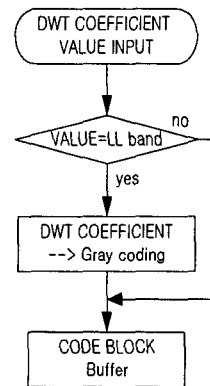


그림 2. JPEG2000 을 응용한 압축 인코더의 알고리즘.

그림 2 과 그레이 코딩은 DWT 의 LL subband 의 웨이브렛 계수만 그레이 코딩을 하고 다른 서브밴드 그대로 코드블럭 버퍼에 저장된다.

## IV. 실험 결과

표 3. JPEG2000 coding 과 Gray coding 의 비교.

Test Image	Data size	JPEG2000 Data size	Gray full JPEG2000	Gray coding JPEG 2000 Data			
				LL	LH	HL	HH
cHouse	921,656	527,981	529,425	527,962	528,472	528,466	528,468
cLena	786,486	182,719	183,116	182,715	182,875	182,921	182,762
gLena	263,224	141,240	141,664	141,241	141,379	141,380	141,384
gPeppers	66,614	36,892	36,950	36,893	36,907	36,909	36,917

DWT 의 계수를 LL subband 에서 그레이 코딩하면 표 3. 와 같이 데이터 사이즈가 줄었음을 알 수 있다. 그러나 다른 서브 밴드(LH, HL, HH)들은 압축된 데이터 사이즈가 늘어 남을 알 수 있다. DWT 의 Level 별로 압축 하였을 때, JPEG2000 과 제안된 방식의 압축 효율을 알아보

자. DWT Level 이 적어 질수록 서브 밴드 이미지가 크므로 LL 서브밴드는 원래의 영상의 정보가 많이 포함되어 그레이 코딩을 하면 JPEG2000 보다 압축 효율이 높다는 것을 알 수 있다. 그림 3 와 같이 DWT Level 이 커지면 MQ 코더에서 압축에 의해 데이터 사이즈는 줄어드나 DWT Level 를 5 이상을 하면 JPEG2000 과 그레이 코딩의 JPEG2000 이 압축이 나빠짐을 알 수 있다. 그리고 동일한 영상을 사이즈를 확장하면, 즉 cLena 을 512X512, 1024X1024, 4096X4096 을 비교해 보면 표 4,5,6 와 같이 영상 사이즈가 커질 수록 압축 효율이 높다는 것을 알 수 있다.

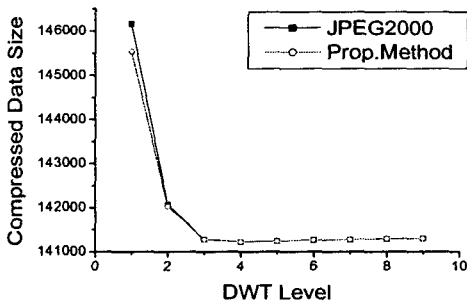


그림 3. Lena 이미지 압축 곡선.

표 4. cLena(512X512): 786, 486 byte 이미지.

DWT Level	JPEG2000 압축 효율	Gray coding 압축 효율	압축 효과
1	72.721%	73.098%	0.377%
2	76.167%	76.213%	0.046%
3	76.695%	76.704%	0.009%
4	76.765%	76.766%	0.001%
5	76.768%	76.768%	0.000%
6	76.761%	76.761%	0.000%
7	76.756%	76.756%	0.000%

표 5. cLena(1024X1024): 3,145,784 byte 이미지.

DWT Level	JPEG2000 압축 효율	Gray coding 압축 효율	압축 효과
1	78.267%	78.733%	0.466%
2	81.616%	81.710%	0.093%
3	82.397%	82.414%	0.017%
4	82.529%	82.531%	0.002%
5	82.548%	82.549%	0.001%
6	82.549%	82.549%	0.000%
7	82.547%	82.547%	0.000%

표 6. cLena(4096X4096): 50,331,704 byte 이미지.

DWT Level	JPEG2000 압축 효율	Gray coding 압축 효율	압축 효과
1	87.274%	88.067%	0.793%
2	90.897%	91.044%	0.147%
3	91.798%	91.822%	0.024%
4	92.015%	92.020%	0.005%
5	92.065%	92.066%	0.001%
6	92.073%	92.073%	0.000%
7	92.075%	92.075%	0.000%

## V. 결론

현재 정지영상의 압축 중 가장 압축률이 높은 방식은 JPEG2000 이다. 본 논문에서는 JPEG2000 의 웨이브렛 계수에 그레이 코딩을 하여 JPEG2000 의 압축보다 압축 효율을 더 높였다. 512X512 Lena 영상을 사이즈를 64 배의 영상으로 확장 하면, 제안 방식이 표 6 와 같이 압축 효율이 2 배 좋다는 것을 알 수 있다. 즉, 저주파 성분이 많은 영상은 압축 효율이 높다. 그리고 DWT Level 를 높여도, 제안 방식은 JPEG2000 보다 압축 효율이 높거나 같다. 제안 방식의 적용 분야로는 의료영상, 디스플레이, 프린터, 무선 단말기, 사설망 등에 사용 할 수 있다.

## References

- [1] S. -J. Ko, S. -H. Lee, S. -W. Jeon, and E. -S. Kang, "Fast Digital Image Stabilizer Based on Gray-Coded Bit-Plane Matching," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 598-603, Aug. 1999.
- [2] T. Ebrahimi, D. Santa Cruz, J. Askel. of, M. Larsson, and C. Christopoulos, "JPEG2000 still image coding versus other standards," in: *Proceedings of the SPIE*, San Diego, CA, USA, July/August 2000, Vol. 4115, pp. 446.454.
- [3] D. Taubman, "High performance scalable image compression with EBCOT," *IEEE Trans. Image Process.* 9 (7) (July 2000) 1158.1170.
- [4] D. Taubman, E. Ordentlich, M.J. Weinberger, and G. Seroussi, "Embedded block coding in JPEG2000," *Signal Processing: Image Communication* 17 (1) (2002) 49.72.