

# H.264 인트라 부호화와 JPEG2000의 화질 평가

조상규\* · 한학수 · 황재정

\*군산대학교

## The Quality Assessment of H.264 Intra Coding and JPEG2000

Sang-Gyu Cho\* · Hak-Su Han · Jae-Jeong Hwang

Kunsan National University

E-mail : sgcho@kunsan.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 낮은 비트율에서 H.264 인트라 부호화와 JPEG2000 영상의 주관적, 객관적 화질 평가를 수행하였다. 그 결과 H.264 high 프로파일의 인트라 부호화 영상이 JPEG2000 영상보다 주관적, 객관적 화질이 우수하였다. 하지만, DCT와 웨이블릿 변환, 양자화의 큰 차이로 인해서 Blocking 현상이 보다 많았다. 따라서 최적 화질을 위한 새로운 변환 알고리즘의 필요성을 제시하고자 한다.

### ABSTRACT

In this paper, we assessed the subjective and objective quality of the images on low bit-rate which used the H.264 intra coding and JPEG2000. The result of our experiments shown the subjective and objective quality assessment of the intra coded image of H.264 high profile is better than JPEG2000. But, the blocking artifact is obvious because of the big difference of DCT and wavelet transform and quantization. it will be necessary to propose a new transform algorithm for the optimal quality.

### 키워드

H.264 high profile, Intra coding, JPEG2000, 8x8 DCT, Wavelet

### 1. 서 론

정지 영상(still picture/image)이나 동영상(moving picture/video)의 압축은 디지털 영상을 적은 수의 비트로 만들거나 압축하는 과정을 의미한다. 이러한 내용을 기반으로 20여년이 넘는 기간 동안 매우 활발한 연구 및 개발이 진행된 분야이며, 지금까지 많은 종류의 시스템과 알고리즘이 제안되고 개발되었다[1]. 이러한 영상 압축을 위한 국제 표준안에는 대표적으로 JPEG[2, 3], MPEG[4] 그리고 H.26x[5, 6] 시리즈(series) 등이 이에 속한다.

JPEG은 정지 영상의 압축에 있어서 대표적인 표준안이다. 그 중에서도 JPEG2000 표준안은 하나의 알고리즘으로 손실/무손실 부호화가 가능하며, 존재하는 표준안 중에서 주관적, 객관적 화질이 제일 우수하다. 또한, 네트워크 전송시 낮은 비트율(bit-rate, 0.25bpp 이하)에서 보다 높은 성능과 점진적 전송이 가능하며, 서로 다른 성격

(natural, scientific, medical, remote sensing, text 등)의 영상(bi-level, gray-level, color, multi-component 등)과 다른 이미지 모델들(client/server, real-time transmission, image library archival, limited buffer 등)을 제공하는 특징이 있다[7].

최근에 등장한 차세대 동영상 부호화(coding) 표준안인 H.264/MPEG-4 Part 10 AVC (Advanced Video Coding)는 ITU-T VCEG과 ISO/IEC MPEG의 협동으로 개발되었다. 이 표준안의 transform, 양자화, 움직임 보상 예측(motion compensated prediction) 그리고 엔트로피 부호화(entropy coding) 등의 기본적인 기능요소(functional elements)는 기존의 압축 표준안과 동일하다. 단지, 보다 나은 부호화 성능 향상을 위해 상대적으로 새로운 기술들을 채택하였다. H.264 표준안은 이전의 표준안보다 뛰어난 압축 성능과 네트워크를 통한 신뢰성 있는 강력한 전송을 지원하며, 화상회의나 네트워크 비디오 스트

리밍 그리고 비디오 방송 및 저장과 같은 특정 응용분야에 적합한 다양한 프로파일(profiles)을 제공한다.

일반적으로, 부호화 표준안(coding standards)의 성공은 기존의 다른 표준안과 비교되어질 때, 부호화 효율이 향상되어야 하는 것이 우선한다. JPEG2000은 이를 위해서 정지 영상의 처리에 중점을 두고 정지 영상 분야 내에서 부호화 성능이 비교 되어졌고, 일부 비디오 영역에서는 부호화 효율이 비교되었다[8, 9]. H.264 표준안 또한 전체적인 부호화 효율을 검증하기 위한 최근 연구들은 H.263이나 MPEG-4와 같은 이전의 영상 부호화 표준안[10, 11]과 비교되었다. JVT-M014[12]에서는 JPEG2000과의 PSNR 비교를 통하여 그 성능이 평가되었다. 본 논문에서는 H.264 high 프로파일의 인트라 부호화 영상과 JPEG2000의 영상에 대해서 주관적, 객관적 화질 평가를 수행하였다.

## II. JPEG2000과 H.264 부호기

현재 영상 압축 기술에 가장 많이 이용하는 변환은 DCT나 웨이블릿이다. JPEG2000은 웨이블릿 변환을 이용한 대표적인 압축 표준안이다. H.264 표준안은 기존의 8x8 DCT 변환과 그의 역변환시 발생하는 부동소수점 단위의 오류제거를 위해서 Hadamard 변환(4x4 정수 DCT 변환)[13]을 이용한다. 그림 1, 2는 JPEG2000과 H.264 표준안의 부호기 구조를 나타낸 것이다.

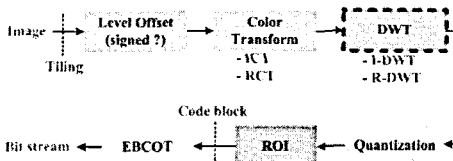


그림 1. JPEG2000 부호기 구조

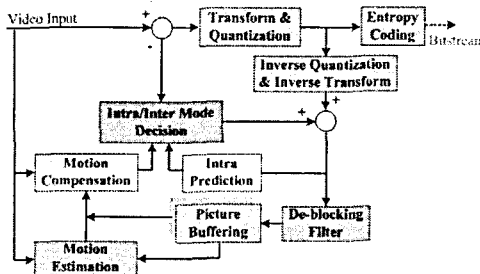


그림 2. H.264 부호기 구조

### 1) JPEG2000 부호기

JPEG2000 표준안의 부호화 과정은 먼저, 1) 입력 영상이 컴포넌트(component) 별로 분해되고,

2) 분해된 각 컴포넌트들은 사각 타일(rectangular tiles)로 다시 분해된다. 그리고 3) 분해된 각 타일에 DWT(discrete wavelet transform)를 수행된다. 이때, DWT에 의해서 분리된 계수(coefficients)는 주파수 특성을 나타내는 sub-band로 만들어지며, 4) 각 sub-band는 양자화 되어 'code-block' 단위로 생성된다. 이때, 5) 생성된 'code-block'이 엔트로피 부호화(entropy coding)후에 복호(decoding)를 위한 정보가 첨부된 비트스트림(bit stream)을 복호기(decoder)로 전송한다[7].

### 2) H.264 부호기

H.264 표준안의 부호화 과정은 먼저, 1) 입력 영상(frame 혹은 field)은 16x16 MB(macro block) 단위로 처리되며, 각 MB는 인트라 모드로 부호화 과정을 수행한다. 2) 현재 입력된 프레임이 참조 프레임(참조 혹은 복원된 프레임)과 비교되며, 움직임 추정 부분이 참조 프레임 내에서 현재의 MB와 일치하는 MB' 영역을 찾는다(ME: motion estimation). 3) 현재의 MB의 위치와 참조 영역 MB' 위치의 차이를 MV(motion vector)로 나타내고, 4) 선택된 MV에 따라서 MC(motion compensation) 영역(P)을 생성한다. 5) 현재 MB에서 P를 빼면 오차 블록(residual block) D가 생성되고, D에 대해서 변환(Hadamard/DCT)과 양자화를 수행한다. 6) 각 블록들의 양자화 된 계수가 재배치(re-order)되고, MB의 계수, MV, 관련 헤더 정보가 엔트로피 부호화되어 비트스트림 형태로 복호기로 전송된다[1].

## III. 실험 및 결과

본 실험에서는 "512x512 Lena" 그레이 영상을 JPEG2000과 H.264 소프트웨어[14, 15]의 입력으로 사용하였다. 주관적인 화질 평가를 위해서 ITU-R 권고문 BT.500-11[16]에서 표준화한 주관적 평가 방법 SC(single stimulus methods)를 이용하였다. 그리고 객관적 화질 평가를 위해서는 MSU[17] 화질 평가 툴을 사용하였고, 화질 평가 기준으로 PSNR, Delta, Blurring, Blocking, SSIM, VQM 등이 사용된다. 표 1은 실험 환경을 나타낸 것이다.

표 1. 실험 환경

H.264	- Software : JM10.1v - High profile(intra coding only) - Bit rate: 0.25bpp 이하 - 8x8 DCT, no blocking filter - CABAC
JPEG2000	- Software : Jasper-1.701.0v - Wavelet 9/7 filter(5 level) - Single layer, R-D optimization - EBCOT
Test image	- Lena 512x512 gray
Measurement tool	- MSU VQM tool 0.73beta

인코딩 과정에서 각 표준안은 표 1의 실험 조건에 맞도록 파라미터 값들을 설정하고, 0.25bpp 이하의 비트율에서 결과 영상을 획득하였다. 단, H.264는 high 프로파일의 인트라 부호화만을 수행한다.

그림 3은 0.14bpp 비트율에서 H.264 인트라 부호화와 JPEG2000의 복원 영상이다.



(a) H.264 Intra coding, 31.90dB, 0.14bpp



(b) JPEG2000, 31.30dB, 0.14bpp

그림 3. "Lena" 영상의 H.264 인트라 부호화와 JPEG2000의 복원 영상

1) 주관적 화질 평가

그림 3과 같은 영상에 대해서 BT.500-11의 SC 방법을 이용하여 주관적 화질 평가를 수행한다. 이 방법은 관찰자에게 서로 다른 화질의 두 비디오 sequence를 연속으로 10초간 보여주고, 두 sequence 사이의 관계를 5-11초 사이에 표 2의 comparison scale 중 하나를 화질 평가표에 기입하게 하여 그 수치를 바탕으로 화질을 평가한다.

표 2. Comparison scale

-3	Much worse
-2	Worse
-1	Slightly worse
0	The same
+1	Slightly better
+2	Better
+3	Much better

표 3. SC Quality Assessment of "Lena"

관찰자	H.264, 0.14bpp	JPEG2000, 0.14bpp
A	1	-1
B	1	-3
C	3	-1
D	2	-2
E	1	-1

표 3은 그림 3에 대해 BT.500-11 SC 화질 평가 방법으로 산출된 화질 평가표이다. H.264의 주관적 화질이 JPEG2000 보다 높게 평가 되었다.

2) 객관적 화질 평가

복원된 각각의 영상에 대해서 MSU의 객관적 화질 평가 틀을 이용하여 PSNR, Delta, Blurring, Blocking, SSIM, VQM 등을 측정하였다. Delta는 식(1)에 의해서 계산되며, 각 화소의 위치에 대응하는 컴포넌트의 평균 차이(mean difference)이다. Blurring과 Blocking은 각 현상의 세기를 나타내며, SSIM은 각 컴포넌트별 유사성, 그리고 VQM은 DCT 변환에 따른 인간의 인식(perception) 정도를 나타낸 것이다. 이때, Delta, Blurring의 결과 영상에서 두 입력 영상  $X_{i,j}$ ,  $Y_{i,j}$ 에 대해서 Red 색상은 그 차이가  $X_{i,j} > Y_{i,j}$  이고, Green 색상은  $X_{i,j} < Y_{i,j}$  인 것을 의미한다. Blocking, SSIM, VQM의 결과 영상에서는 밝기의 세기가 그 차이를 나타낸다.

$$d(x, y) = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, n} |X_{i,j} - Y_{i,j}|}{n^2} \quad (1)$$

The PSNR of lena 512x512 gray image on bpp

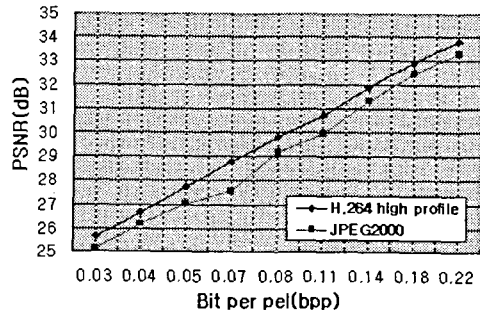


그림 4. 비트율에 따른 "Lena" 영상의 PSNR

그림 4는 0.25bpp 이하의 비트율에 따른 "Lena" 영상의 PSNR을 나타낸 것이다. H.264 인트라 부호화 영상이 JPEG2000 영상보다 PSNR이 대략 0.15dB ~ 0.76dB 정도 높았다. 표 4는 0.14bpp 비트율의 "Lena" 영상에 대해서 MSU의 객관적 화질 평가 틀을 이용하여 Delta, Blurring, Blocking, SSIM, VQM 등을 측정된 것이다.

표 4. Objective Quality Assessment

Measurement metrics	H.264, 0.14bpp	JPEG2000, 0.14bpp
Delta	1.4821	1.6077
Blurring	3.4926	3.8018
Blocking	14.4867	8.7091
SSIM	0.95	0.9418
VQM	0.6808	0.7615

H.264의 Blocking 항목을 제외하고는 전체적으로 H.264 high 프로파일 인트라 부호화 영상이 JPEG2000보다 객관적 화질이 우수하였다. 하지만, H.264의 Blocking 수치가 JPEG2000의 대략 2배인 것으로 볼 때, 웨이블릿 변환이 DCT를 이용한 영상 압축 기술에서 나타나는 블로킹(blocking)이나 aliasing 왜곡이 적은 것을 의미한다[18]. 그러나 웨이블릿 변환은 DCT 변환보다 많은 처리 시간이 필요하다. 지금까지의 실험을 통해서 우리는 H.264 인트라 부호화 과정에서의 DCT 변환과 QP에 따른 양자화가 결과 영상에 미치는 영향을 주관적, 객관적 화질 평가로 확인하였다.

### V. 결 론

본 논문에서는 H.264 high 프로파일의 인트라 부호화와 JPEG2000 영상의 주관적, 객관적인 화질을 평가를 수행하였고, H.264가 낮은 비트율에서 주관적, 객관적 화질이 JPEG2000 영상보다 우수한 것으로 평가 되었다. 하지만, H.264의 영상이 JPEG2000 영상보다 블로킹 현상이 심했다. 이는 DCT 변환이 웨이블릿 변환보다 낮은 bit rate에서 더 많은 블로킹 현상이 발생하였기 때문이다. 따라서 화질 개선 차원에서의 새로운 변환 알고리즘에 대한 연구의 필요성이 요구된다.

### 참고문헌

[1] Iain E. G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 video compression: Video coding for Next-generation MultiMedia", John Wiley & Sons Ltd, 2003.  
 [2] <http://www.jpeg.org>, ISO JPEG standard committee.  
 [3] ITU-T Rec. T.800 and ISO/IEC 15444-1, "JPEG2000 Image Coding System: Core

Coding System", 2000.  
 [4] ISO/IEC 14496-2 Amend. 1, "Coding of audio-visual objects - Part 2: Visual", Jan. 2001.  
 [5] T. Wiegand et al., "ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 11496-10 AVC", Doc. JVT-G050, Mar. 2003.  
 [6] ITU-T Rec. H.263, "Video coding or low bit rate Communication, Version 1: Nov. 1995, Version 2: Jan. 1998, Version 3: Nov. 2000.  
 [7] C. Christopoulos, A. Skodras, "THE JPEG2000 STILL IMAGE CODING SYSTEM: AN OVERVIEW", *IEEE Trans. on Consumer Elec.*, Vol. 46, No. 4, pp. 1103-1127, Nov. 2000.  
 [8] T. Ebrahimi et al., "JPEG2000 Still Image Coding versus Others Standards", *Proc. SPIE Vol. 4115*, pp. 446-454, 2000.  
 [9] D. Santa-Cruz, R. Grosbois, and T. Ebrahimi, "JPEG2000 Performance Evaluation and Assessment", *Signal Processing: Image Comm.*, Vol. 17/1, 2002.  
 [10] T. Wiegand et al., "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards", Special Issue on H.264/AVC, *IEEE CSVT*, Vol. 13, No. 7, pp. 688-703, July 2003.  
 [11] G. Sullivan et al., "The H.264/AC Advanced Video Coding Standard: Overview and Introduction to the Fidelity Range Extensions", *SPIE Conf. on App. of Digital Image Proce. XXVII, Special Session on Adv. in the New Emerging Standard: H.264/AVC*, Aug. 2004.  
 [12] D. Marpe, et al., "ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 11496-10 AVC", Doc. JVT-M014, Mar. 2004.  
 [13] H. S. Malvar, et al., "Low-Complexity Transform and Quantization in H.264/AVC", *IEEE Trans. CSVT*, Vol. 13, pp. 598-603, July 2003.  
 [14] JasPer Project Home Page, <http://www.ece.uvic.ca/~mdadams/jasper>  
 [15] H.264/AVC JM 9.0v Software, <http://bs.hhi.de/~suehring/tml>.  
 [16] Rec. BT.500-11 - "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures", ITU-R, June 2002.  
 [17] MSU Video Measurement Tool ver. 0.73, [http://www.compression.ru/video/quality\\_measure/src/msu\\_vmt.zip](http://www.compression.ru/video/quality_measure/src/msu_vmt.zip).  
 [18] S. Grgic, M. Grgic, and B. Zovko-Cihlar, "Performance Analysis of Image Compression Using Wavelets", *IEEE Trans. on Ind. Elec.*, Vol. 48, No. 3, pp. 682-695, June 2001.