

# JP2000 표준을 이용한 의료영상 압축효과에 관한 연구

김용진\*, 박장한\*, 남궁재찬\*  
\*광운대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : parkch@kw.ac.kr

## A Study for Medical Image Compression Effect utilizing JPEG2000 Standard

Yong-Jin Kim\*, Chang-Han Park\*, Jae-Chan Namkung\*  
\*Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

### 요 약

본 논문에서는 방사선투영영상을 기존 압축방법인 JPEG 압축과 새로운 표준으로 채택중인 JPEG2000 을 적용하여 압축율 및 영상의 품질을 비교 실험하였다. 기존의 의료영상압축 표준의 하나인 JPEG 압축은 압축비율이 높아짐에 따라 블록킹 현상의 발생으로 원 영상이 훼손되는 압축의 한계를 인식하고 있다. 따라서 원 영상의 보호와 압축율 증가의 두 가지 면을 만족시키기 위해 Wavelet 을 사용하는 JPEG2000 을 실험 평가하여 의료영상압축에 적용하고자 한다. 실험대상으로 환자 10 명 정상인 10 명의 투영영상을 사용하였으며, 영상의 품질, 손상도 등을 평가하기 위해 PSNR( Peak Signal to Noise Ratio)과 판독의에 의한 ROC( Receiver Operating Characteristic) 분석을 실행하였다. 실험결과, 영상의 품질, 손상도를 평가하기 위한 PSNR 은 15:1 압축에서 46.05±1.1dB 의 값을 얻었으며, JPEG 의 같은 압축비율에 비해 1.78±0.1dB 의 값이 높음을 알 수 있었다. 종합적으로 3 명의 판독의에 의해 ROC 분석을 실행한 결과 15:1 의 압축비율에서 압축비율과 품질을 종합하였을 때 진단에 적합한 최적 압축비율임을 보였다.

### 1. 서론

오늘날 사회 전반에 걸쳐 디지털 환경으로의 전환이 이루어지고 있으며, 병원도 예외는 아니어서 디지털병원, 필름 없는 병원과 같은 디지털 환경으로의 전환을 꾀하고 있다. 디지털병원의 핵심중의 하나인 영상의 저장과 전송시 영상의 크기를 줄이기 위해 다양한 알고리즘을 적용하고 있다.

정지영상 압축 분야에서 가장 많이 사용되는 JPEG(Joint Photographic Coding Experts Group)이고, 단점을 해결하고자 JPEG 의 DCT 변환을 대신해서 웨이블릿 변환에 대한 연구가 진행되어 왔으며, 그와 더불어 웨이블릿 변환된 영상의 효율적인 부호화 방법, 또한 연구가 진행되어 왔고, 실제로 정지 영상 압축 분야에서 새로운 표준인 JPEG2000 에서는 웨이블릿 변환의 사용이 확정되었다[1][7].

CR(Computer Radiology)에서 발생한 영상은 하나의 영상 크기가 7MB 에 달하는데, 영상의 디지털변환 시

이처럼 용량이 큰 의료영상은 대용량 저장장치를 필요로 하고, 느린 전송으로 인하여 성능을 저하시키게 된다

본 논문에서는 방사선투영영상을 기존 압축방법인 JPEG 압축과 새로운 표준으로 채택중인 JPEG2000 을 적용하여 압축율 및 영상의 품질을 비교 실험하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2 장에서는 JPEG 와 JPEG2000 의 특징과 구성을 서술하였고[5][8], 3 장에서는 제안된 비교시스템의 구조 및 알고리즘과 특징에 대하여 설명하였다. 4 장에서는 비교실험 및 결과에 대해 설명하였고, 마지막으로 5 장에서는 결론을 서술하였다.

### 2. JPEG, JPEG2000의 특징 및 구성

#### 2.1 JPEG의 특징 및 구성

1982 년, 국제 표준화 기구 ISO(International Standard Organization)는 정지 영상의 압축 표준을 만들기 위해 PEG(Photographic Experts Group:영상

전문가 그룹)을 만들었다. 1986 년 국제 전신 전화 위원회 CCITT(International Telegraph and Telephone Consultative Committee)에서는 팩스를 이용해 전송하기 위한 영상 압축 방법을 연구하기 시작하였다. 이 압축 방법의 특징은 잡음의 영향을 크게 받기 때문에 애니메이션이나 컴퓨터 그래픽 영상을 압축할 때 비교적 효과적이라고 할 수 있었지만, 스캐너로 입력한 사진이나 실세계의 이미지 같은 경우에 이를 압축을 적용하기에 효과적이지 못하다고 평가되고 있다.

JPEG 이 압축을 대상으로 삼는 사진과 같은 자연의 영상이 인접한 픽셀간에 픽셀 값이 급격하게 변하지 않는다는 속성을 이용하여 사람의 눈에 잘 띄지 않는 정보만 선택적으로 손실 시키는 기술을 사용하고 있기 때문이다.

JPEG 의 압축 방법 알고리즘은 크게 네 부분으로 나누어 볼 수 있다.

- DCT(Discrete Cosine Transform) 압축 방법
- 점진적 전송이 가능한 압축 방법
- 계층 구조적 압축 알고리즘
- 무 손실 압축

이러한 방법을 또 다른 용어로 Baseline JPEG 이라고 하며, JPEG 영상 이미지를 지원하는 모든 애플리케이션은 이 이미지 데이터를 처리할 수 있는 알고리즘을 반드시 포함하고 있어야 한다. 즉, 나머지 3 가지의 압축 방법을 꼭 지원하지 않아도 되는 선택사항이라는 의미이다 [5][6].

2.2 JPEG2000 의 특징 및 구성

JPEG2000 은 하나의 통일된 시스템 내에서 다른 영상 모드들(client/server, 실시간 전송, 영상 도서 저장, limited buffer, bandwidth resources 등)을 허용하면서 다른 특징들(자연 영상, 과학, 의료, 원격 영상, 문서, 그래픽 등)을 갖는 다른 타입의 정지 영상들(bi-level, gray-level, color, multi component)을 위한 새로운 영상 부호화 시스템을 만들어 내는데 목적이 있다. 이 부호화 시스템은 다른 부분에서 성능이 떨어지는 것이 없이 낮은 비트율에서 rate-distortion 과 영상 화질에 대한 성능이 기존의 표준화 방식들보다 우월하다

JPEG2000 표준은 인터넷, 칼라 팩시밀리, 출력, scanning, 디지털 카메라, 원격 탐지(관측), 자동차, 의료영상, 전자 도서관, 전자상거래 등의 많은 시장과 응용분야에 더 좋은 기능을 제공할 수 있다. 표준으로 충족되기까지는 각 응용 분야마다 몇 가지 요구 사항들이 부과된다. 현재 표준화가 이루어지기 위해 갖추어야 할 가장 중요한 몇 가지 특징들은 다음과 같다[2][3].

- Superior low bit-rate performance
- Lossless and lossy compression
- Progressive transmission by pixel accuracy and resolution
- Region-of-Interest Coding
- Random codestream access and processing
- Robustness to bit-errors
- Open architecture
- Content-based description
- Side channel spatial information (transparency)
- Protective image security
- Continuous-tone and bi-level compression

JPEG2000 Encoder 의 구조도는 그림 1(a)과 같으며, 원본 이미지 데이터에서 Transform 으로 분리된다. Transform 은 CodeStream 되기 전에 양자화되어진 뒤 엔트로피 부호화 된다. Decoder 는 Encoder 의 반대로 동작하며, 그림 1(b)와 같다. CodeStream 은 먼저 Entropy Decode 화된 후 역 양자화되고, 다시 분리된 Transform 은 역으로 구성되기 때문에, 결과적으로 이미지 데이터를 재구성한다.

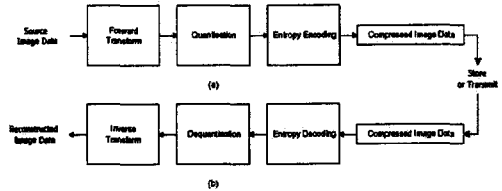


그림 1. JPEG2000 의 구조도 (a)Encoder (b)Decoder

Decoder 쪽에서는 IDCT 를 수행하여 단지 비부호화된 Component Sample 들을 먼저 재구성한다. Color 전송이 사용된다면 Component Transform 을 역으로 계산한 뒤에 수행한다. 산술 부호화는 Encoding Process 의 가장 마지막 부분에 사용한다. MQ coder 는 JPEG2000 을 채택한다[4]. 이 Coder 는 기본적으로 QM-coder 가 채택한 JPEG 표준과 유사하다[1].

3. 제안된 시스템의 구조 및 알고리즘

그림 2(a)는 본 논문에서 제안한 비교 평가 시스템 구조도이며, 그림 2(b)는 제안된 비교 평가 알고리즘이다.

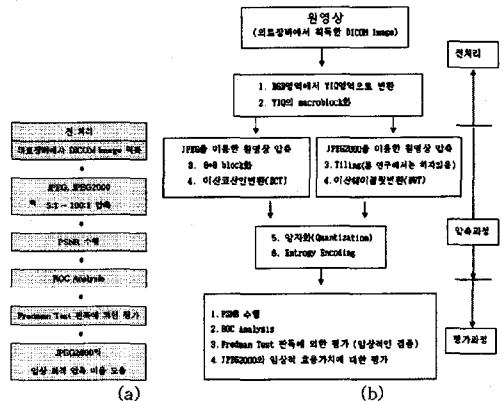


그림 2. (a)제안한 비교평가 시스템 구조도 (b)제안된 비교평가 알고리즘

3.1 평가 시스템의 특징

JPEG 은 원영상을 8x8pixel 단위로 tiling 하여 DCT 을 수행하기 때문에 높은 JPEG2000 에서 tiling 의 크기를 작게 할수록 압축을 수행하는 하드웨어의 메모리 사용을 감소 시켜주는 장점이 있으나, 영상의 질을 떨어뜨림으로써 본 논문에서는 tiling 을 수행하지 않고, 압축을 실행하여 영상의 질을 최상으로 하였다. JPEG 에서 사용하는 DCT(discrete cosine transform)은 영상을 주파수의 특성대로 변환하지만, JPEG2000 에서 사용하는 wavelet 변환은 영상을 scale, 또는 해상도로 분해하기 때문에 상세한 정보를 가지면서도 낮은

해상도의 영상으로 분해할 수 있다. 여기서 JPEG2000 은 손실압축과 무손실 압축을 위해 각각 Daubechies 9/7 floating point filter 와 5/3 integer filter 두 종류의 filter 를 사용하는데, 본 실험에서는 영상의 차이점을 평가를 위해 손실 압축을 사용하였으며, 압축 필터는 도비치 필터 9tab/7tab 을 사용하였다.

Encoding 방법으로는 MQ 부호화 방법을 사용하여, 양자화 상수들을 중요도가 최대한 비트에서부터 최저인 비트까지 순차적으로 부호화함으로써 영상의 질을 점진적으로 향상 시키면서 영상을 재구성한다[9].

의료영상은 높은 Contrast Edge 를 가진 다른 영상과는 달리 영상의 변화가 적은 투영영상으로 높은 상관관계를 갖기 때문에 JPEG2000 의 웨이블릿 변환 시 적은 수의 계수들로 집중되어 양자화시 최소한의 정보만을 버리면서도 높은 압축비율로 압축이 가능하다. 따라서 JPEG2000 표준을 의료영상의 압축에 적용하여 다양한 의료영상을 실험해 봄으로써 기존의 압축방법인 JPEG 압축보다 의료영상압축에 적합함을 실험을 통해 입증한다. 의료 영상 기기에서 전처리 단계를 마친 MRI, CR, Bone, Angio 등의 DICOM(Digital Imaging Communication in Medicine)영상을 획득한 후, 8bit-depth 영상을 JPEG, JPEG2000 를 각각 이용하여 5 : 1 에서 100 : 1 까지의 압축을 실행하였다. 압축된 영상은 수치적인 비교와 임상적 비교의 두 단계로 나누어 실행하며, 수치적인 비교를 통해 영상의 차이를 알아보고 이러한 차이를 토대로 임상사의 판독상의 차이점을 알아본다.

4. 실험 및 고찰

4.1 실험

J 병원에서 진단방사선과 판독의에 의해 질병이 있다고 판명된 환자 10 명과 정상인 10 명의 방사선영상을 실험의 대상으로 하였다. 압축 시에는 영상의 품질을 위해 tiling 은 하지 않았으며, Daubechies 9/7 filter 를 사용하여 비가역적압축을 실행하였고, 분해등급(decomposition level)은 5 로 설정하였다. 압축된 영상과 원 영상의 품질비교를 위해 PSNR( Peak signal to noise ratio )값을 계산하고, 영상손상정도를 평가하기 위하여 ROC 분석을 수행하였으며, 진단에 적합한 영상을 평가하기 위하여 Friedman test 를 수행하였다. ROC 분석과 Friedman test 는 판독의 3 명에 의해 압축된 영상의 평가 결과를 종합하게 수행하였다. 영상손상정도를 평가하기 위한 ROC 분석의 평가 기준은 다음과 같이 5 등급으로 나누었다. 압축된 영상의 임상적용을 평가하기 위한 Friedman test 의 평가 기준은 다음과 같이 5 등급으로 나누었다. 영상은 랜덤하게 판독의에게 보여주었고, 판독을 위한 viewing monitor 는 " image system 2K high bright 21" 를 사용하였다. 평가한 결과를 분석하기 위한 통계프로그램은 SPSS9.0 을 사용하였다.

4.2 결과

<표 1> 과<표 2>는 원 영상과 압축된 영상간 품질을 비교하기 위한 PSNR 을 계산한 결과이다. <표 2>는 5 : 1, 15 : 1, 80 : 1 의 압축비에서 각각 49.7dB, 46.05dB, 41.95dB 의 값을 보였으며, 100 : 1 의 압축비율까지

40dB 이상의 높은 PSNR 값을 보여 주었다. 이는 높은 압축비율을 갖는 영상에서도 영상의 품질이 매우 우수함을 말해준다.

그림 3 은 각각의 압축비율별 PSNR 의 값을 그래프로 보여준다. 영상 손상 정도를 평가하기 위한 ROC 분석의 결과는 <표 1>과 같다. 원 영상을 gold standard 로 정의하였을 때 각각 압축비율별 <표 3> 과 같이 ROC 분석 결과 80 : 1 까지 영상 손상 정도는 원 영상과 비교하여 차이가 없음을 보여주었고, 85 : 1 이상의 압축비율에서는 차이가 생김을 보여준다. 이는 95%의 신뢰도를 가지고 ROC 분석을 수행한 결과이다.

<표 1> JPEG 비율별 PSNR 결과값

Compress	5:1	10:1	15:1	20:1	25:1	30:1	35:1
son	49.7±1	46.1±1	44.27±	42.48±	41.53±	40.58±	40.01
Ratio	1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.4	11.0
Compress	40:1	45:1	50:1	55:1	60:1	65:1	70:1
son	38.82±	39.12±	38.93±	38.14±	37.61±	37.02±	36.65
Ratio	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	12.2
Compress	75:1	80:1	85:1	90:1	95:1	100:1	Avera
son	36.12±	35.45±	34.02±	33.98±	32.57±	31.45±	ge
Ratio	1.0	1.1	1.3	1.2	1.2	0.5	38.73

<표 2> JPEG2000 비율별 PSNR 결과값

Compress	5:1	10:1	15:1	20:1	25:1	30:1	35:1
son	49.7±1	47.11±	46.05±	45.18±	44.53±	44.08±	43.71
Ratio	2	1.0	1.2	1.1	1.4	1.3	11.0
Compress	40:1	45:1	50:1	55:1	60:1	65:1	70:1
son	43.42±	43.15±	42.93±	42.74±	42.55±	42.39±	42.24
Ratio	1.1	1.3	1.4	1.2	1.4	1.2	11.2
Compress	75:1	80:1	85:1	90:1	95:1	100:1	Avera
son	42.09±	41.95±	41.82±	41.59±	41.57±	41.45±	ge
Ratio	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	0.8	13.52

<표 3> SPSS 소프트웨어에 의한 ROC Curve 의 수치 결과

Compression Ratio	Area	Std. Error	Asymptotic Sig.	Asymptotic 95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Original-	0.976	0.025	0.000	0.927	1.024
20:1	0.949	0.032	0.000	0.886	1.012
30:1	0.952	0.027	0.000	0.908	1.025
40:1	0.949	0.030	0.000	0.889	1.009
80:1	0.949	0.030	0.000	0.889	1.009
85:1	0.886	0.048	0.000	0.791	0.981

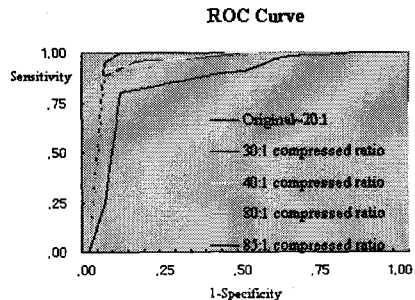


그림 3. 다양한 압축 비율에 따른 ROC Curve 의 결과

<표 4> 원본 이미지와 15:1 압축 이미지 비교

Compression Ratio	Mean	Std. Deviation	Min.	Max.	Chi-Square	df	Asymp. Sig.(p-value)
Original	4.0333	0.4860	2.00	5.00			
15:1	3.9500	0.6223	2.00	5.00	1.471	1	0.225

<표 5> 원본 이미지와 20:1 압축 이미지 비교

Compression Ratio	Mean	Std. Deviation	Min.	Max.	Chi-Square	df	Asymp. Sig.(p-value)
Original	4.0333	0.4860	2.00	5.00	7.118	1	0.008
20:1	3.8333	0.7170	2.00	5.00			

<표 4>는 원본 이미지와 15:1 압축 이미지가 별 차이가 없음을 보였고, <표 5>는 20:1 압축 이미지와의 통계적 차이를 보여준다. 원 영상의 경우 평균 4.0333 의 평가점을 가짐으로써, 비교적 임상적 진단에 적합한 영상임을 알 수 있었다. 각각의 압축비율별 영상과 원 영상을 <표 3>의 Friedman test 를 통하여 비교해봄으로써 15 : 1 까지 원 영상과 유사함을 알 수 있었다.

이는 p-value 가 0.225 의 값을 가짐으로써 95%의 신뢰도에서 원 영상과 차이가 없음을 말해준다.(p-value=0.225>0.05) <표 5>와 같이 20 : 1 이상의 압축된 영상은 original 영상과 비교하여 p-value 0.008 을 가짐으로써 95%의 신뢰도에서 원 영상과 유의한 차이가 있음을 말해준다.(p-value=0.008<0.05) 따라서 15 : 1 까지의 영상이 압축비율과 품질을 종합하였을 때 임상적으로 진단에 적합한 최저 압축비율임을 알 수 있었다. 그림 4 는 JPEG2000 의 압축률에 따른 결과 영상이다.

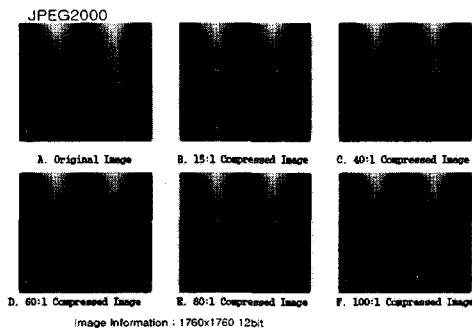


그림 4. 의료 영상의 비교 실험 결과

5. 결론

본 논문에서 ROC 분석을 통하여 판독의 영상 회손을 분석한 결과, 80 : 1 의 영상까지 영상 회손 결과가 원 영상과 비교하여 매우 유사함을 보여주었다. 85 : 1 이상의 높은 압축비율의 영상에서는 해상도가 현저하게 떨어짐을 관찰할 수 있었다. 이는 압축된 영상의 PSNR 값을 통하여 알아보았듯이 높은 압축비율에서도 영상의 품질이 좋기 때문에 판독의 영상 회손을 변별해 낼 수 있는 능력이 높은 압축비율에서도 원 영상과 비교하여 차이가 없음을 말해주었다. 그러나 Friedman test 의 결과에서는 15 : 1 까지 임상적 진단에 적합함을 보여주었다.

이번 실험에서 의료영상을 JPEG2000 압축을 수행해 봄으로써 의료영상에서 JPEG 과 JPEG2000 과의 성능을 비교하여보았다. JPEG2000 은 비교적 우수한 압축효율을 갖는 것으로 사료되며, 의료영상의 표준 압축 프로토콜로 유용하게 이용될 것으로 판단된다.

이 결론을 일반화하려면 JPEG2000 을 이용하여 다양한 영상 획득장치와 부위별로 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. G. K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 38, No 1, Feb. 1992.
2. ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N505, "Call for contributions for JPEG 2000 (JTC 1.29.14, 15444): Image Coding System," March 1997.
3. ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N390R, "New work item: JPEG 2000 image coding system," March 1997.
4. ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1359, "Information Technology □ Coded Representation of Picture and Audio Information □ Lossy/Lossless Coding of Bilevel Images", 14492 Final Committee Draft, July 1999.
5. M. Boliek, C. Christopoulos and E. Majani (editors), "JPEG2000 Part I Final Draft International Standard," (ISO/IEC FDIS15444-1), ISO/IEC JTC1/SC29/ WG1 N1855, August 18, 2000.
6. M. J. Nadenau and J. Reichel, "Opponent Color, Human Vision and Wavelets fir Image Compression", Proc. Of the 7th Color Imaging Conference, pp. 237-242, Scottsdale, Arizona, November 16-19, 1999.
7. Taubman Marcellin, JPEG2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice
8. David H. foos Edward Muka, Richard M. slone et al. JPEG2000compression od medical Imagery. Pro SPIE Vol.3980(2000):85-95
9. John Miano, Compressed Image File Formats
10. William B. Pennebaker, Joan L. Mitchell, JPEG Still Image Data Compression Standard