

JPEG 표준안을 이용한 의료 영상 압축

안 창범, 한 상우, 김 일연
광운대학교 전기공학과

Medical Image Compression Using JPEG International Standard

Chang Beom Ahn, Sang Woo Han, Il Yoen Kim

Department of Electrical Engineering, Kwangwoon University

abstract

The Joint Photographic Experts Group (JPEG) standard was proposed by the International Standardization Organization (ISO/SC 29/WG 10) and the CCITT SG VIII as an international standard for digital continuous-tone still image compression. The JPEG standard has been widely accepted in electronic imaging, computer graphics, and multi-media applications, however, due to the lossy character of the JPEG compression its application in the field of medical imaging has been limited. In this paper, the JPEG standard was applied to a series of head sections of magnetic resonance (MR) images (256 gray levels, 256 x 256 size) and its performance was investigated. For this purpose, DCT-based sequential mode of the JPEG standard was implemented using the CL550 compression chip and progressive and lossless coding was implemented by software without additional hardware.

From the experiment, it appears that the compression ratio of about 10 to 20 was obtained for the MR images without noticeable distortion. It is also noted that the error signal between the reconstructed image by the JPEG and the original image was nearly random noise without causing any special-pattern-related artifact. Although the coding efficiency of the progressive and hierarchical coding is identical to that of the sequential coding in compression ratio and SNR, it has useful features in fast search of patient image from huge image data base and in remote diagnosis through slow public communication channel.

요 약

JPEG(Joint Photographic Experts Group) 표준안은 디지털

탈 장치 화상 압축을 위하여 국제표준화기구(ISO/SC29/WG10)와 국제전기통신전화 자문회의(CCITT SG VIII)에 의해서 제안되었다. JPEG 표준안은 전자영상, 컴퓨터 그래픽, 멀티미디어 등과 관련하여 널리 응용되고 있으나, 의료 영상분야에서는 JPEG 압축의 손실 특성 때문에 사용이 매우 제한적이었다. 본 논문에서는 JPEG 표준안을 핵자기 공명 단층 영상 (256 gray levels, 256 x 256 size) 압축에 적용하여 그 성능을 조사하였다. 이를 위하여 JPEG 표준안 중 DCT에 기반을 둔 순차식 부호화 압축을 C-Cube Microsystems의 CL550 chip 을 사용하여 구현하였고, 점진식 및 무손실 부호화 방식은 특별한 Hardware 없이 Software 로 구현하여 실험하였다.

본 실험을 통하여 핵자기 공명 단층 시험 영상에 대해 거의 왜곡없이 약 10-20 정도의 압축률이 얻어짐을 확인할 수 있었다. 특히 JPEG 으로 압축하였을 경우 재구성한 영상과 원영상과의 에러 신호가 random noise에 가깝게 나타남으로써 특별한 artifact가 없는 것도 JPEG 의 큰 장점으로 부각된다. 한편 JPEG 의 점진식 및 계층식 부호화 방식은 압축률과 신호 대 잡음비에 있어서는 순차식과 동일하나, 거대한 영상 데이터 베이스 내에서의 빠른 탐색과 비교적 속도가 느린 공중망을 통한 원격 진단에 유용한 특성을 갖는다.

1. 소 개

ISO 와 CCITT 가 공동으로 제안한 JPEG 표준안에는 4가지 동작 모드가 정의되어 있다. [1] 즉, 순차식 부호화, 점진식 부호화, 무손실 부호화 및 계층식 부호화 방식이다. 순차식 부호화는 화상을 8 x 8 block들로 나눈 후 왼쪽에서 오른쪽으로, 그리고 위에서 아래로 부호화해 나간다. 점진식 및 계층식 부호화 방식에서는 한 화상을 여러번 주사하게 되는 데, 일반적으로 낮은 해상도에서부터 점진적으로 높은 해상도의 재구성 영상이 얻어진다. 무손실 부호화는 압축률은 다소 낮으나, 원래의 영상을 정확히 복구할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 의료 영상을 압축하기 위하여 JPEG 표준안을 적용해보고 그 효과를 검토해 보았다. II 장에서 JPEG에 대한 간략한 검토를 하였고, 핵자기 공명 단층 영상에 대하여 JPEG 표준안을 적용하여 압축한 결과를 III 장에서 요약하였으며, IV 장에서 결과를 정리하였다.

II. JPEG 표준안

그림 1 은 JPEG 표준안의 DCT 기반 모드들의 주요 처리 단계를 보여주고 있다. 8×8 block 에 대한 순방향 DCT 및 역방향 DCT 는 아래의 식으로 주어지는데,

$$F(u,v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x,y) \cos \frac{u(2x+1)\pi}{16} \cos \frac{v(2y+1)\pi}{16}$$

$$f(x,y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F(u,v) \cos \frac{u(2x+1)\pi}{16} \cos \frac{v(2y+1)\pi}{16}$$

여기에서 $f(x,y)$ 는 8×8 의 입력 block, $F(u,v)$ 는 DCT 계수를 나타내고, $C(u)$ 및 $C(v)$ 는 아래식으로 주어지는 계수이다[2].

$$C(u), C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ for } u, v = 0$$

$$C(u), C(v) = 1 \text{ otherwise}$$

위의 식으로 계산된 64 개의 DCT 계수들은 양자화 테이블에 의하여 양자화된다. 여기에서 양자화란 DCT 계수를 각각의 양자화 테이블에서 주어진 값으로 나눈 후, 가장 가까운 정수를 취하는 과정이다 [3].

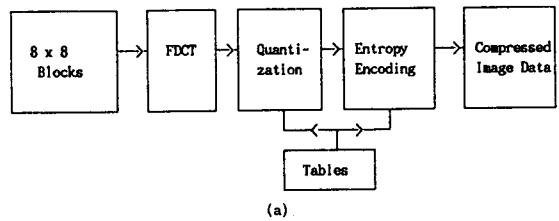
$$F^Q(u,v) = \text{Round}\left(\frac{F(u,v)}{Q(u,v)}\right)$$

여기서 $F^Q(u,v)$ 는 양자화된 DCT 계수들이고, $Q(u,v)$ 는 양자화 테이블 계수를 나타낸다. Entropy 부호화 및 복호화 과정 [4], [5] 은 무손실 과정이기 때문에 결국 재구성을 위한 역방향 DCT 계수는 아래의 Dequantization 식으로 주어진다.

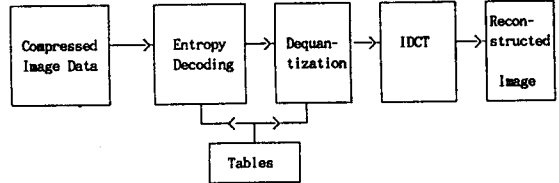
$$F^Q(u,v) = F^Q(u,v)Q(u,v)$$

III. JPEG 표준안을 이용한 의료 영상 압축

의료 진단 영상학의 발달로 다양한 진단 영상 기기가 개발되었고 특히 X-ray 단층 촬영 및 자기 공명 장치, 초음파 영상 기기 등은 현대 진단의학에서 빼놓을 수 없는 검사로 인식되고 있다. 다양한 진단 영상의 효율적인 처리나, 저장 또는 전송을 위하여 진단 영상들을 컴퓨터에 디지털 형식으로 저장하는 것이 편리한데, 이를 위한 영상 압축은 필수적이다. 그러나, 의료 영상의 특성상, 진단에 장애가 될 수 있는 손실 압축은 아직까지 제대로 받아들여지지 않고 있다. 한편 무손실 압축의 경우 압축비가 2-3정도로 제한되는 문제점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 JPEG 표준안의 DCT 기반 부호화 방식(손실압축)을 이용하여 의료 영상에서의 압축의 적정선을 알아보고자 한다. 시험 영상은 256×256 크기의 256 gray level (8 bit)을 가진 자기 공명 영상이고 압축을 위하여



(a)



(b)

그림 1. (a) DCT 기반 부호화 (b) DCT 기반 복호화

CL550 chip을 내장한 compression board를 이용하였다.

그림 2 는 DCT 기반 순차식 부호화에 의해 압축비율 8, 16, 32로 변화시키면서 압축한 후 다시 복구한 영상들이다. 정량적인 분석을 위하여 신호대 잡음비(SNR)는 다음과 같은 식을 사용하였다.

$$SNR = \frac{\sqrt{\sum_x \sum_y I_{xy}^2}}{\sqrt{\sum_x \sum_y (I_{xy} - \bar{I}_{xy})^2}}$$

$$[dB] = 20 \log_{10} SNR$$

여기에서 I_{xy} 는 원래 영상을, \bar{I}_{xy} 는 복구된 영상을 나타내고 있다. SNR 은 신호대 잡음비의 실효치를 나타내고 있으며, [dB] 는 decibel로 바꾼 값이다.

그림 2에서 (a)는 원래 영상이고 그림 (b)는 8배 압축된 후 복구된 영상 (bits per pixel (bpp) = 1, SNR = 38.09[dB]) 이다. 이 영상은 원래의 영상과 구분이 어렵고 확대해 보아야만 일부의 왜곡을 알 수 있다. 그림 (c)는 16배 압축한 후 복구된 영상 (bpp = 0.5, SNR = 29.06[dB]) 이며, 그림 (d)는 32 배 압축한 영상 (bpp = 0.25 , SNR = 24.47[dB]) 으로 이 경우에는 어느 정도 왜곡을 발견할 수 있다. 그림 2 에 대한 압축비 및 SNR 을 표 1 에 정리하였다.

원래의 영상과 왜곡을 보다 자세히 관찰하기 위하여 원래의 영상과 복구된 영상과의 차이를 계산하여 10 배를 증폭한 것을 그림 3에 나타내었다. 여기에서 왜곡이 없으면 회색(gray level 128)이고 차이가 (+)이면 밝아지고 차이가 (-)이면 어두워지게 표시 하였다. 그림 3-(a) 에서 볼 수 있듯이 8 배 압축한 영상에서는 왜곡이 거의 없음을 알 수 있다. 그림 3-(b) 및 3-(c) 에서는 다소 왜곡이 나타나 왜곡 pattern이 random noise에 가깝기 때문에 특별한 artifact는 야기시키지 않을 것으로 기대된다[6].

표 2 는 3 가지 다른 영상들에 대해 압축비를 16으로 압축한 결과를 나타내고 있는데, SNR은 원영상의 복잡도에 따라



(a) (b)

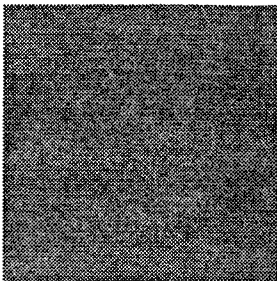


(c) (d)

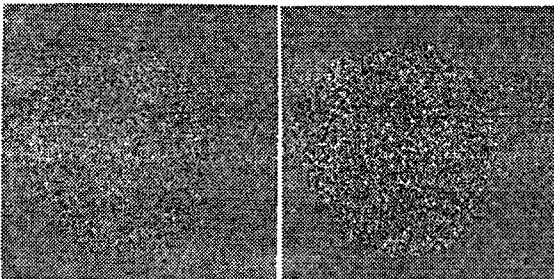
그림 2. 압축비를 변화시키면서 얻은 영상들.

	CR = 1	CR = 8	CR = 16	CR = 32
Bits/pixel	8	1	0.5	0.25
SNR	-	38.09[dB]	29.60[dB]	24.47[dB]

표 1. 압축비를 변화시키면서 계산된 bpp 와 SNR



(a)



(b) (c)

그림 3. 그림 1 의 (b), (c), (d) 영상에 대한 오차 영상.

다소 달라진다. 이들 실험에서 압축 board를 사용하였을 경우 압축 및 복구에 걸리는 시간은 1 초 이내이다.

IV 결론

	Image 1	Image 2	Image 3
CR	16	16	16
Bits/pixel	0.5	0.5	0.5
SNR	28.96[dB]	31.16[dB]	28.88[dB]

표 2. CR 을 일정하게 유지시키고 본 SNR.

JPEG의 DCT 기반 부호화 방법은 좋은 화질을 유지하면서도 높은 압축률을 제공해 준다. 또, compression chip(CL550)의 사용으로 빠른 시간내에 압축과 복원이 가능하였다. 시험 핵 자기 공명 영상에 대해 압축률이 8 - 16 정도일 때, 영상의 왜곡은 거의 없었다. 이러한 JPEG의 부호화 특성은 영상 데이터 베이스 내에서의 빠른 탐색과 원격 진단에 유용할 것으로 기대된다. JPEG의 압축률과 재구성된 영상의 화질은 압축하고자하는 의료 영상의 복잡도 및 해상도 등에 의하여 영향을 받으나, 일반적으로 아래의 관계를 얻을 수 있었다.

- ◎ 0.25 - 0.5 bits/pixel : 압축률(CR)이 32배에서 16배 사이의 영상을 나타내며 비교적 좋은 화질을 유지하고 있다. 직접 진단에 사용되지 않는 보조영상의 저장등에 사용 가능하다.
- ◎ 0.5 - 0.75 bits/pixel : 10 배에서 16 배 정도의 압축률을 보이며 매우 좋은 화질의 영상을 얻을 수 있고 많은 분야에 응용될 수 있는 가능성이 있다.
- ◎ 0.75 - 2.0 bits/pixel : 4 배에서 10 배의 압축률을 보이며 원래의 영상과 구별할 수 없다.

참고문헌

[1] Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images Part 1. Requirements and Guidelines. International Standard DIS 10918-1 / CCITT Recommendation T.81, Oct., 1991.

[2] K. P. Rao and P. Yip, Discrete Cosine Transform - Algorithms, Advantages, Applications, Academic Press, Inc, London, 1990.

[3] G. K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard," Comm. ACM, vol. 34, pp. 31 - 44, 1991.

[4] D. A. Huffman, "A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes," Proc. IRE, vol. 40, pp. 1098 - 1101, 1962

[5] W. B. Pennebaker, J. L. Mitchell, et al., "An Overview of the Basic Principles of the Q-coder Binary Arithmetic Coder," IBM J.Res. Develop. Vol. 32, pp. 717-726, 1988.

[6] C. B. Ahn and J. S. Lee, "JPEG DCT-based Progressive and Hierarchical Coding for Medical Image Archiving and Communication," Proc. SMRM, p.4237, 1992.