

압축방식에 따른 디지털 인쇄사진의 품질 변화에 관한 연구

조가람, 구철회*

부경대학교 대학원 인쇄공학과, *부경대학교 공과대학 화상정보공학부
(2003년 1월 10일 접수, 2003년 2월 3일 최종본 접수)

A study on quality transformation of Digital printing photograph according to Compression Method

*Ga-Ram Cho, Chul-Whoi Koo**

Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School of Pukyong National University,
*Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University
(Received 10 January 2003, in final form 3 February 2003)

Abstract

Because of computer developing, the digital image making the use of many a field of application with - web-above, electronic publishing. printing, dynamic image management and photo CD production etc., however many problems of save and management. The management image use of compression moth which don't have a affect on image, reduce file size.

A study used sequential DCT-based mode and progressive DCT-based mode of JPEG(Joint Photographic Experts Group) compression method and Wavelet compression method.

Therefor, the analog image and digital image was changed and applied by several stages according to compression rate. It made inquiries of the optimum compression rate that be compared quality transformation between original image and compressed image. As compression image was printing simply, the quality was studied by subjective valuation method, that was studied propriety and usefulness.

1. 서 론

현대는 고도의 컴퓨터 발달에 따라 디지털 이미지는 웹 상이나 전자 출판, 인쇄, 동영상 이미지처리, 포토 CD제작 등 많은 응용분야에서 활용되어 지고 있지만, 여전히 저장이나 처리에 많은 문제를 안고 있다. 특히, 이미지를 활용하기 위해 자르거나 크기를 확대, 축소 및 합성 시에 용량이나 이미지 손실에 영향이 크므로 최대한 이미지에 손실을 주지 않고 용량을 줄여 처리할 수 있는 압축 방법을 이용한다.

일반적으로 압축방법에는 손실 압축방법과 무손실 압축방법이 있으며, 개발된 영상압축의 대표적인 것은 정지영상에 주로 표준으로 사용되는 JPEG(Joint Photographic Experts Group)와 동영상 압축에 표준으로 널리 사용되는 MPEG(Moving Picture Export Group)가 있다. 이들 압축기술은 DCT (Discrete Cosine Transform)이론을 기초로 개발된 방식이다.

하지만 최근 급속도로 발전된 기술의 결합으로 Fourier 변환을 한 차원 넘어서는 새로운 기초를 둔 빠른 알고리즘의 압축방식이 등장하였다. 이 압축방식은 renormalization group이론과 Calderon-Zygmund Operator이론, multiresolution filter bank이론 등을 둔 Wavelet 압축기술이다.

따라서 본 연구에서는 JPEG의 순차적 모드(sequential DCT-based mode), 점진적 모드(progressive DCT-based mode)의 압축방식¹⁾과 Wavelet 압축방식으로 디지털 인쇄사진의 압축률에 따른 이미지 품질변화와 용량에 대해 알아보고, 또한 압축된 이미지를 간단하게 인쇄하여 원본 이미지와의 품질을 비교함으로써 인쇄사진 이미지의 활용범위를 검토해본다.

2. 이 론

2-1. JPEG압축 알고리즘과 Wavelet 압축 알고리즘

2-1-1. JPEG압축 알고리즘²⁾³⁾⁴⁾

처음의 이미지를 이산 여현 변환(DCT : discrete cosine transform)과 양자화(quantization)를 통해 이미지의 평균값 DC(direct current)와 저주파에서 고주파성분의 AC(alternate current)값으로 나누어 양자화한 다음에 엔트로피 코딩(entropy coding)를 통해 최종 압축 데이터를 만드는 과정이 압축과정(encoding)이고, 역순은 복원과정(decoding)이다.

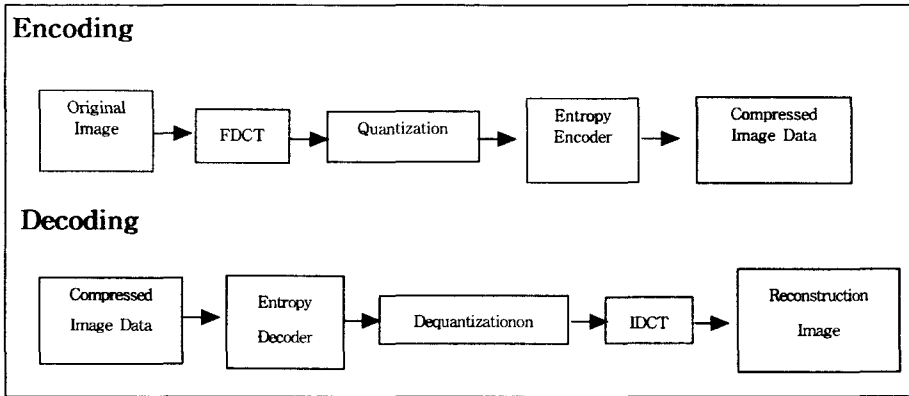


Fig. 1. Block diagram of JPEG algorithm.

2-1-2. Wavelet 압축 알고리즘

이미지에서 주어진 신호 X 를 웨이블릿 변환을 하게 되면 시간(공간) 정보와 주파수 정보를 동시에 가진 계수를 얻게 되고 이 계수를 응용에 따라 적당한 공정을 거쳐 다른 형태로 변환한 다음 역 변환을 거쳐서 원하는 신호나 영상을 얻을 수 있다.

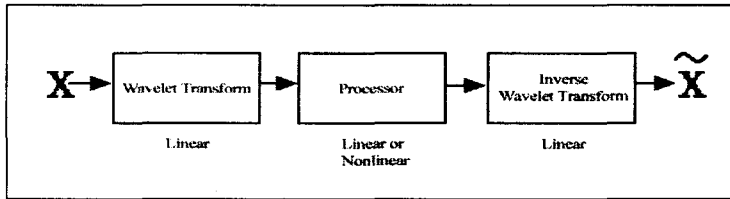


Fig. 2. Block diagram of Wavelet algorithm.

2-2. 순차적, 점진적 모드방식과 Wavelet 방식

2-2-1. 순차적, 점진적 모드방식

Fig. 3에서의 순차적 모드(sequential DCT-based mode)는 각각의 이미지 요소를 한번에 좌우상하 스캔되는 순서에 따라서 부호화를 진행하며 DCT, 양자화, 허프만 코딩을 이용한다. 점진적 모드(progressive mode)는 순차적 부호화와 동일하게 연속적인 순서로 변환되지만 DCT 계수의 엔코딩 순서는 순차적 모드와 다르다. 즉, 분광 선택과 연속적인 접근으로 부호화된 이미지는 여러 개의 스캔으로 구성되고, 전송시간이 길 때 대략적인 이미지를 먼저 제공하고 점진적으로 세부적인 부호화 과정을 가진다.

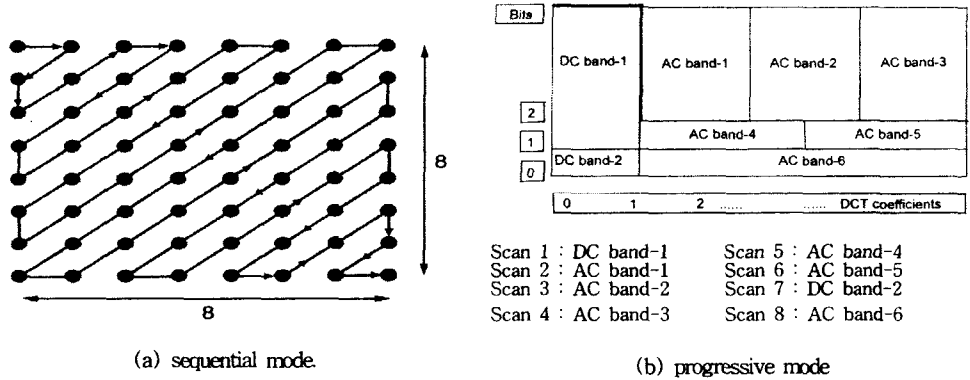


Fig. 3. The zigzag scan method of sequential mode and multi scan method of progressive mode.

2-2-2. Wavelet 방식5)6)

Fig. 4에서의 (a)는 영상의 분해과정을 보여주는 것으로서 입력 영상을 X축 방향으로 high pass filtering, low pass filtering한 다음, 다운 샘플링을 한 후, 필터링 된 각각을 다시 Y축 방향으로 필터링, 다운 샘플링(Down-sampling)하면 영상 분해가 된다. LL은 저주파 대역의 영상이고, LH, HL, HH는 각각 수평, 수직, 대각 방향의 엷지 성분을 가지는 고주파 대역의 부분영상이다. 그리고 (b)는 웨이블릿 역변환을 보여주는 그림으로 업샘플링(up-sampling)과 역 필터링을 통하여 영상이 복구되어진다.⁶⁾

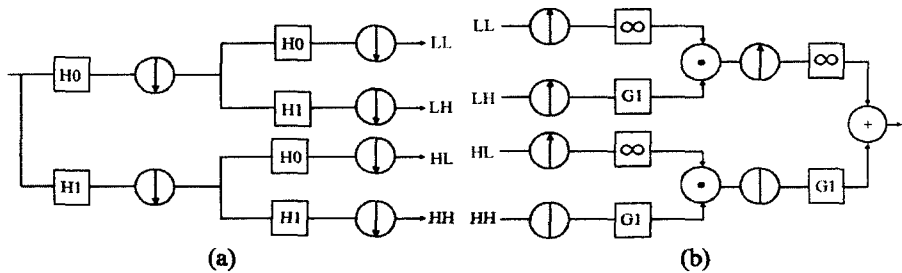


Fig. 4. Wavelet transformation decomposition and composition for image.

3. 실험

3-1. 실험 방법

실험에서는 해상도가 300ppi인 "GATF digital test form 4.0 5번"의 순수한 디지털 사진 이미지를 사용하여 순차적 모드와 점진적 모드 방식, 그리고 Wavelet 방식으로 압축률 10%에서 90%까지 각각 9단계로 압축시켜 이미지를 제작한다. 또한 압축된 이미지의

품질을 평가하기 위하여 RMS erro 측정, 사진 이미지의 색차, 압축률에 따른 이미지 용량 변화와 간단한 인쇄를 통해 주관적인 이미지 평가를 실시하였다.

3-2. 실험평가 방법

3-2-1 RMS erro 측정

원본 이미지와 19단계로 압축된 이미지를 비교하기 위하여 주어진 (1)의 수식을 이용하여 RMS error (root mean squared error)를 구하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i,j) - \hat{f}(i,j)]^2} \quad (1)$$

여기서 $f(i,j)$ 및 $\hat{f}(i,j)$ 는 원본 이미지 및 재구성된 이미지의 픽셀 값을 의미하고, M과 N은 각각 가로와 세로의 이미지 크기를 나타낸다.

3-2-2. 디지털 인쇄사진의 색차 평가⁷⁾

균등 색공간 CIE $L^*a^*b^*$ 표색계를 이용하여 압축된 이미지와 원본 이미지 사이의 색차를 구하고, 압축 방법에 따른 그 결과를 비교 검토하였다. 계산식은 (2)와 같다.

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$L = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

(단 $Y/Y_n > 0.008856$)

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}], \quad b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

(단 $X/X_n > 0.008856, Y/Y_n > 0.008856, Z/Z_n > 0.008856$)

여기서 명도를 나타내는 L^* 는 CIE 1976 명도지수(psychometric lightness)라 하고 X_n, Y_n, Z_n 은 확산 반사면 XYZ에서의 삼자극치이다.

3-2-3. 압축률에 따른 이미지 용량 변화

샘플 이미지를 각각 10%에서 90%까지 10%간격으로 압축 처리한 후 각각의 세 가지 방식의 용량 변화를 측정하여 비교해 보았다.

3-2-4. 간단한 인쇄물을 이용한 주관적 평가

압축률에 따른 이미지를 간단한 인쇄물로 출력하여 준비하고, 정해진 대상 샘플에 대하여 10명의 사람이 D_{50} 의 표준 광원에서 육안으로 주관적인 감각 순위를 매긴다.

또한 다양한 객관적인 방법을 이용하여 인쇄 적성 지수의 값을 구하여 순위를 매긴다. 다음으로 각각 순위와 인쇄 적성 지수 사이의 관계가 가장 우수한 인쇄 적성 지수를 선택하는데 이 때 인쇄 적성 지수는 인쇄 과정보다 인쇄물 자체의 평가에 역점을 두는 편이며, 다양한 방법으로 측정하는 것이 좋다.

$$\gamma_s = 1 - \frac{n}{n(n^2-1)} \sum d_j^2 \dots \quad (3)$$

여기서 γ_s 는 순위 상관 계수, n 은 시료의 수, d 는 순위의 차($x-y$)를 나타낸다. 또한 x 는 인쇄 적성 지수이고, y 는 육안에 의한 인쇄 효과를 나타낸다.

식 (3)을 이용하여 순위 상관 계수를 계산하고, 이미 정해진 Olds의 순위 상관 계수 데이터와 비교 검토한다.

4. 결과 및 고찰

4-1. RMS error 측정

원본 이미지와 순차적, 점진적 모드와 Wavelet 방식으로 압축한 이미지의 RMS error 값을 측정한 결과 Fig. 5와 같이 나타났다. 일반적으로 RMS error 값이 10이상일 때 데이터 손실이 비교적 많이 나타나지만, 시각적인 판단에 의하면 간단한 인쇄물에서는 30까지는 활용할 수 있다. 사진 이미지는 세 방식 모두 압축률 증가에 따라 RMS error 값이 점진적인 변화를 보이고 있지만, 순차적 모드와 점진적 모드는 압축률에 따른 이미지 손실이 Wavelet 방식보다 높게 나타났으며, 40%의 압축률까지는 이미지 활용이 가능함을 알 수 있었다.

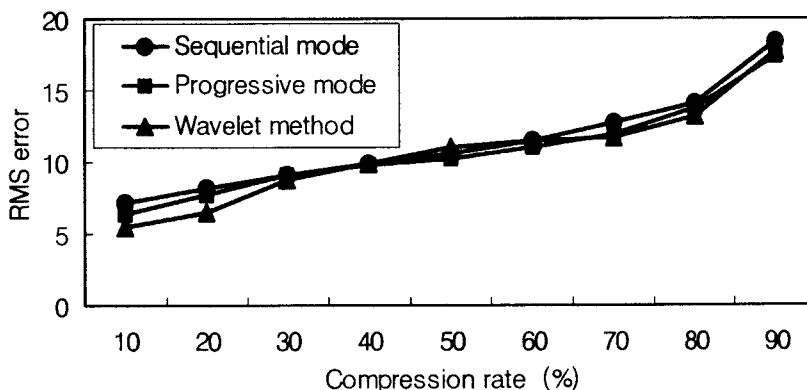


Fig. 5. Comparison of RMS error between original image and compressed images according to compression rate.

4-2. 디지털 인쇄사진의 색차 평가

균등 색공간 CIE $L^*a^*b^*$ 표색계를 이용하여 압축 방법에 따른 압축된 이미지와 원본 이미지 사이의 색차를 구한 결과 Fig. 6과 같이 나타났다. 압축률 변화에 따라 순차적 모드방식과 점진적 모드방식에서 사진 이미지는 색 손실이 전반적으로 적게 나타났다. 또한 Wavelet 방식도 압축률에 따라 점차적으로 색차가 증가하지만 압축률이 낮은 경향을 나타내었으며, 10%~40%까지는 색차의 변화가 적음을 알 수 있다.

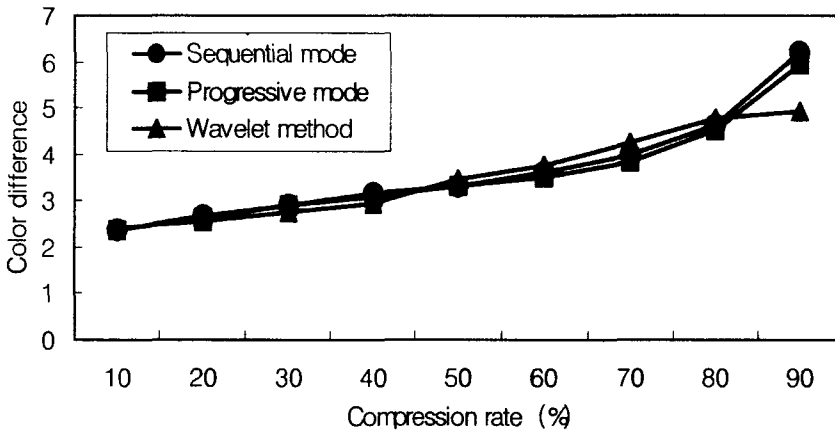


Fig. 6. Comparison of color difference between original image and compressed images according to compression rate.

4-3. 압축률에 따른 이미지 용량 변화

디지털 사진 이미지를 압축률 10%에서 90%로 변화시켜 압축한 결과 이미지 용량 변화는 Fig. 8과 같이 나타났다. 순차적 모드방식과 점진적 모드 방식, 그리고 Wavelet 방식에서 모두 압축 효율이 우수함을 알 수 있었으며, 특히 10%~30%까지 압축효율이 높았다. Wavelet 방식은 다른 두 가지 방식보다 20%~70%까지는 압축효율이 약간 떨어지는 경향을 보였다.

4-4. 간단한 인쇄물을 이용한 주관적 평가

순차적 모드방식과 점진적 모드방식 및 Wavelet 방식으로 각각 압축률을 변화시켜 압축한 디지털 인쇄사진 이미지 중 10% 단위로 10개를 간단하게 인쇄하여 준비하고, 먼저 정해진 샘플을 표준광원 D_{50} 에서 관측자 10명을 대상으로 주관적인 감각 순위를 정한다. 또한 미리 계측기를 이용해 매진 압축된 샘플의 인쇄 적성 순위와 실험을 통해 얻은 감각 순위의 관계를 이용하여 통계학적인 방법으로 순위 상관계수를 구한 결과 Table 1과

같이 나타났다.

Olds 순위 상관계수 값에 의하면 10가지 샘플을 이용한 경우 위험율 1% 한계 값이 0.746이고, 위험율 5% 한계 값이 0.564이다. 세 가지 압축방식을 이용한 실험에서 이미지 모두 순위 상관계수가 Olds 순위 상관계수 값보다 높게 나타났으며, 인쇄물 활용부분에서 30%까지 압축하여도 확률적으로 한계 값보다 우수하므로 이미지 활용이 가능함을 알 수 있다. 또한 육안에 의한 인쇄물 평가가 어느 정도 정확성과 객관성을 가지고 있음을 알 수 있었다.

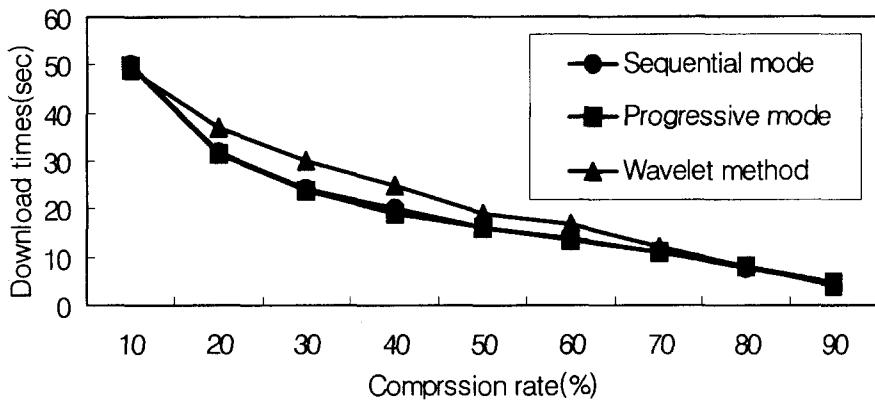


Fig. 7. Comparison of file size between original image and compressed images according to compression rate.

Table 1. The rank correlation coefficient data of sample image

sample image	rank correlation coefficient		
	sequentail mode	progressive mode	Wavelet method
photo. image	0.879	0.882	0.882

5. 결 론

압축방식 중 순차적 모드방식과 점진적 모드방식, 그리고 Wavelet 방식으로 디지털 인쇄사진 이미지를 다양한 인쇄사진에 활용하기 위하여 압축한 결과 품질 평가에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 사진 이미지에서는 폭 넓은 계조를 가지므로 압축에 따른 세 방식 모두 원본 이미지와 비교해 RMS error 값이 적게 나타났다.
- 2) 색차에서도 비교적 원본 이미지와 차이가 적어 인쇄물 활용 범위가 우수하고, 특히 Wavelet 방식은 색차 폭이 더 낮게 나타났다.
- 3) 압축률을 변화시켜 압축한 이미지 용량 변화에서는 점진적 모드방식, 순차적 모드방식, Wavelet 방식 모두 우수한 압축 효율의 경향을 보였다.
- 4) 간단한 인쇄물의 통계학적인 방법을 이용한 주관적 평가에서는 30%까지 압축을 하여도 순위 상관계수가 확실적인 한계 값보다 우수하여 인쇄사진 이미지로 활용 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) John C. Russ, "The Image Processing Handbook" Second Edition, pp.134 (1995).
- 2) S. Panchanathan, N. Gamaz, A. Jain, "JPEG Based Scalable Image Compression", Computer Communications, Vol.19, No.12, pp.1001~1013 (1996).
- 3) R. E. S. Mahmoud, S. H. Khaled and S. K. Mohamed, "JPEG Quantizer Optimization for Financial Document Images", SPIE, Vol.3460, pp.530~538 (1998).
- 4) Kovac M, and Ranganathan, "JAGUAR : A Fully Pipe-lined VLSI Architecture for JPEG Image Compression Standard", IEEE Proc, vol.1, pp.247~258 (1995).
- 5) S. G. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multi-scale edges", IEEE Trans. Pattern Anal, Machine Intell, Vol. PAMI-14, No. 7. July, pp 710~732 (1992).
- 6) Y. Xu, J. B. Weaver, D. M. Healy. Jr and J. Lu, Wavelet transform Domain Filters : A Spatially Selective Noise Filtration Technique IEEE Trans, Image Processing, Vol. 3, No. 6, pp 747~758, November (1994).
- 7) Sabine susstrunk, "Standard RGB Color Spaces", Color Science, pp.127~134 (1999).