

JPEG 재압축이 컬러 이미지 품질에 미치는 영향에 관한 연구

이성형 · 조가람 · 구철희

부경대학교 공과대학 인쇄정보공학과

(2000년 7월 22일 접수, 2000년 8월 19일 최종수정본 접수)

A study on the effect of JPEG recompression with the color image quality

Sung-Hyung Lee, Ga-Ram Cho, Chul-Whoi Koo

Department of Graphic Arts Information, Pukyong National University

(Received 22 July 2000, in final form 19 August 2000)

Abstract

Joint photographic experts group (JPEG) is a standard still-image compression technique, established by the international organization for standardization (ISO) and international telecommunication standardization sector (ITU-T). The standard is intended to be utilized in the various kinds of color still imaging systems as a standard color image coding format.

Because JPEG is a lossy compression, the decompressed image pixel values are not the same as the values before compression. Various distortions of JPEG compression and JPEG recompression has been reported in various papers.

The Image compressed by JPEG is often recompressed by same type compression method in JPEG. In general, JPEG is a lossy compression and the quality of compressed image is predicted that is varied in according to recompression Q-factor.

In this paper, four difference color samples(photo image, gradient image, vector drawing image, text image) were compressed in according to various Q-factor, and then the compressed images were recompressed according to various Q-factor once again. As the result, this paper evaluate the variation of image quality and file size in JPEG recompression and recommend the optimum recompression factor.

1. 서 론

영상정보는 다른 정보에 비해 담고 있는 정보의 양이 많기 때문에 여러 가지 영상 압축의 기법이 많이 고안되고 있다.

영상 압축의 기본적인 두 가지 유형으로는 무손실 압축(lossless compression)과 손실 압축(lossy compression)이 있다. 무손실 압축 방법은 자료를 완벽하게 암호화하고 복원되므로 영상이 정확하게 원본 영상과 일치되어 영상의 질이 손실되지 않는다.

손실 압축 방법은 중복되고 불필요한 정보가 손실되는 것을 허용하는 방법으로 압축률과 영상 질적인 측면에서 trade-off를 나타낸다. 엄청나게 작은 크기로 영상을 압축할 수 있지만, 압축한 결과 영상의 질이 저하된다.

영상 압축의 대표적인 포맷방식으로는 TIFF(tag image file format), PCX(used by pc paintbrush), JPEG(joint photographic coding experts group), GIF(graphic interchange format) 등이 있으며, 그 중에서도 JPEG와 GIF는 internet web browser에서 표준으로 자리잡은 이미지 포맷으로 이 두 포맷들은 손실 영상 압축 방식을 사용하고 있다. 그 중에서 JPEG의 경우는 최근 관심의 대상이 되고 있는 동영상을 다루는 MPEG(moving picture experts group)의 기초 과정이고 입력 장치인 digital 카메라 및 포토 CD, web page, PDF(portable document format) 등 다양한 영역에서 활용되므로 실제 많은 연구가 되고 있다.

Digital 카메라, 포토 CD 또는 web상의 JPEG 압축된 이미지의 일부분을 자르거나, 크기변화, 합성 등의 가공을 한 후 다시 재저장이 필요한데 이때 web, PDF 혹은 네트워크상의 전송용 이미지 등의 용도로 처음 JPEG 압축된 이미지를 다시 압축 해야 하는 경우가 많다.

일반적인 JPEG 압축은 손실 압축 방식이고, 처음 JPEG 압축을 어느 정도 했는지를 알 수가 없어 어느 정도 재압축하느냐에 따라 이미지의 품질에 많은 변화를 주게 된다.

압축의 양은 원본 이미지에 대한 압축 이미지의 용량 비율인 압축률로 표현하기도 하지만 샘플의 종류에 따른 이미지 품질이 일정하지 않아 샘플 특성별 비교가 어렵다. 이러한 JPEG 압축과 JPEG 재압축의 여러 가지 왜곡 현상에 대해서 보고된 바 있으며¹³⁾, 실제 JPEG 압축은 quality factor 혹은 Q-factor라 불리는 입력 매개 변수에 의해 조절되며 이때 Q-factor는 양자화 계수를 결정한다.

따라서 본 연구에서는 상이한 컬러 샘플 4종류(photo. image, gradation image, vector drawing image, text image)에 대해서 Q-factor를 변화시켜 JPEG 압축을 한 후, 이것을 다시 Q-factor를 바꾸어서 재압축하여 얻어진 결과물의 이미지 품질의 변화 및 용량에 대해서 검토하여 최적의 압축조건을 제안하는 것을 목적으로 하였다.

이와 같은 재압축 조건은 압축의 왜곡과 용량을 최소화 할 수 있는 출력용 압축 이미지의 제작 알고리즘에 활용이 가능하리라 생각된다.

2. 실험

2-1. 샘플 이미지

JPEG 압축과 재 압축시 이미지 품질 변화 경향을 알아보기 위해서 4가지의 상이한 컬러 샘플 이미지(photo. image, gradient image, vector drawing image, text image)를 550×400의 크기로 제작하였다.

Fig. 1의 (a), (c)는 “GATF digital test form 4.0” 3, 1쪽에 living room과 image fit target image를 사용하였고 Fig. 1의 (b)는 adobe illustrator 8.0 sample image중 tropical reef를 이용하였다. 그리고 Fig. 1의 (d) 이미지는 편집하여 제작하였다.

2-2. 실험 방법

2-2-1. JPEG 압축과 재압축

표준 JPEG 압축의 4가지 모드 중 순차적 모드를 이용하여 샘플 이미지들을 Q-factor 0에서 100까지 10간격으로 각 샘플마다 11단계의 압축 이미지를 만든다.

각 샘플마다 11단계로 최초 JPEG 압축된 이미지를 다시 Q-factor 0에서 100까지 10간격으로 11가지 이미지 각각을 JPEG 재 압축한다.

최초 JPEG 압축에 사용한 각각의 원본 샘플 이미지와 11단계로 압축된 이미지들의 색차와 RMSE(root mean squared error)와 PSNR(peak signal to noise ratio)을 구하고, 각 단계마다 JPEG 재 압축된 이미지의 색차와 RMSE와 PSNR을 구하여 그래프로 나타낸다. 각 샘플마다 최초 JPEG 압축 이미지의 용량과 JPEG 재 압축된 이미지의 용량을 측정하여 그래프로 비교한다.

2-2-2. 압축 평가 방법

균등색 공간인 CIE L*a*b*에서 색차를 구하였고, RMSE와 PSNR의 수식은 식(3),(4)와 같다. 객관적인 비교를 위하여 아래의 식으로 RMSE를 구한다.

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

여기서 $f(i, j)$ 및 $\hat{f}(i, j)$ 는 원본 영상 및 재구성된 영상의 픽셀 값을 나타내고, M, N은 가로와 세로의 영상 크기를 나타낸다.

식 (3)에서 구한 RMSE를 식 (4)에 대입하여 PSNR을 구한다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{RMSE} \quad (2)$$

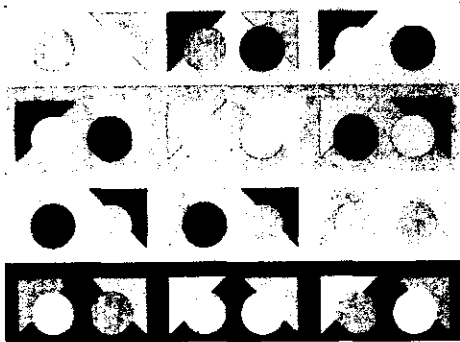
표준 측정값은 신호에 포함된 잡음(noise)에 대한 원본(original) 신호의 남아 있는 양을 나타낸다. 높은 PSNR 값은 신호의 바람직함을 나타내고, RMSE와는 반비례이다.



(a) Photo. image



(b) Gradation image



(c) Vector drawing image

The Symbol Collection
 THE GOLD STANDARD IN ELECTRONIC ART FOR DESIGN PROFESSIONALS

How Do I Use EPS Files in My Applications?
 You can use EPS files in any application that supports the use of EPS files. For more information, see the documentation for your application.

What is the difference between EPS and PDF files?
 EPS files are vector-based and can be scaled to any size without loss of quality. PDF files are raster-based and are best used for printing at a specific size.

Can I use EPS files for printing?
 Yes, EPS files are commonly used for printing in professional design applications.

How do I convert an EPS file to a PDF file?
 You can use software like Adobe Acrobat to convert EPS files to PDF files.

What are the benefits of using EPS files?
 EPS files are small in size and can be easily shared and stored. They also allow for high-quality reproduction.

Where can I find more information about EPS files?
 Visit our website at www.symbolcollection.com for more details.

Author: Lynda Weinman
Author: Douglas Webb
Author: Lynda Weinman
Author: Douglas Webb

(d) Text image

Fig. 1. The sample images of various characteristic for experiment.

3. 결과 및 고찰

3-1. 샘플별 JPEG 압축과 재압축 이미지의 평가

Fig. 2과 Fig. 3는 Fig. 1의 (a) photo. image의, Fig. 4과 Fig. 5는 Fig. 1의 (b) gradation image의, Fig. 6와 Fig. 7은 Fig. 1의 (c) vector drawing image의, Fig. 8과 Fig. 9은 Fig. 1의 (d) text image의 Q-factor 변화에 따른 JPEG 압축과 Q-factor 변화에 따른 JPEG 재압축 색차와 PSNR 비교 그래프이다.

Fig. 8의 text image의 Q-factor 변화에 따른 JPEG 압축과 Q-factor 변화에 따른 JPEG 재압축 색차 비교 그래프에서 아주 작은 색차 변화 그래프가 나온 이유는 배경에 흰색 영역이 차지한 부분이 크기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 2과 Fig. 3의 photo. image, Fig. 4과 Fig. 5의 gradation image같이 연속톤인 이미지보다 Fig. 6와 Fig. 7의 vector drawing image, Fig. 8과 Fig. 9의 text image같이 경계가 뚜렷이 구분되는 비연속톤 이미지에서 Q-factor 변화에 따른 JPEG 압축과 Q-factor 변화에 따른 JPEG 재압축 PSNR 변화의 폭이 크고, JPEG 압축된 Q-factor와 JPEG 재압축시 Q-factor가 일치할 경우에도 색차와 PSNR값이 연속톤인 이미지보다 차이가 큼을 알 수 있다. 이는 JPEG 재압축시 고주파 성분이 제거되어 생기는 비연속톤 이미지의 경계에서 생긴 잡음 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 2과 Fig. 9의 전체 샘플 이미지에서 JPEG 압축된 Q-factor보다 낮은 Q-factor값으로 JPEG 재압축된 이미지의 경우, JPEG 압축시 양자화된 이미지에 JPEG 재압축시 더 넓은 간격으로 양자화 된다. 그때 두 번의 양자화를 거치면서 생긴 손실까지 추가되어 JPEG 압축될 때보다 비슷하거나 더 좋지 않은 경향을 나타내었으며, JPEG 압축된 Q-factor와 JPEG 재압축시 Q-factor가 일치할 경우, 압축시와 재압축시 양자화 간격이 일치하므로 이미지 압축 손실이 거의 없는 가장 우수한 결과를 나타내었다.

Fig. 2과 Fig. 9의 전체 샘플 이미지에서 JPEG 재압축시 Q-factor가 압축시보다 높은 경우에는 Q-factor 20 정도의 구간에서 이미지 손실의 경향이 관찰되고, 그 이상에서는 변화가 없거나 미미하였다. 이것은 압축과 재압축시에 양자화 간격의 불일치에 기인한 것으로 생각된다.

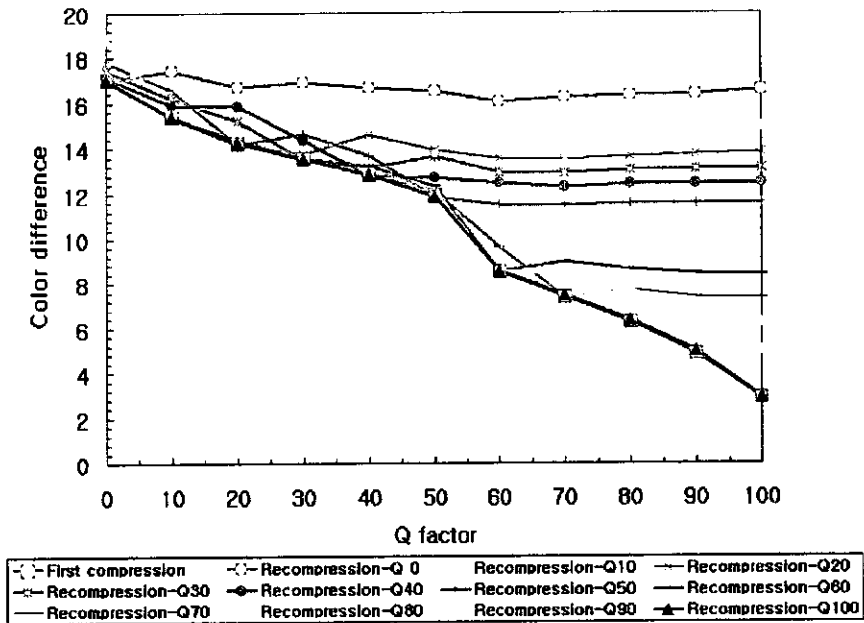


Fig. 2. Comparison of color difference between compressed image and recompressed image according to Q-factor of photo. image.

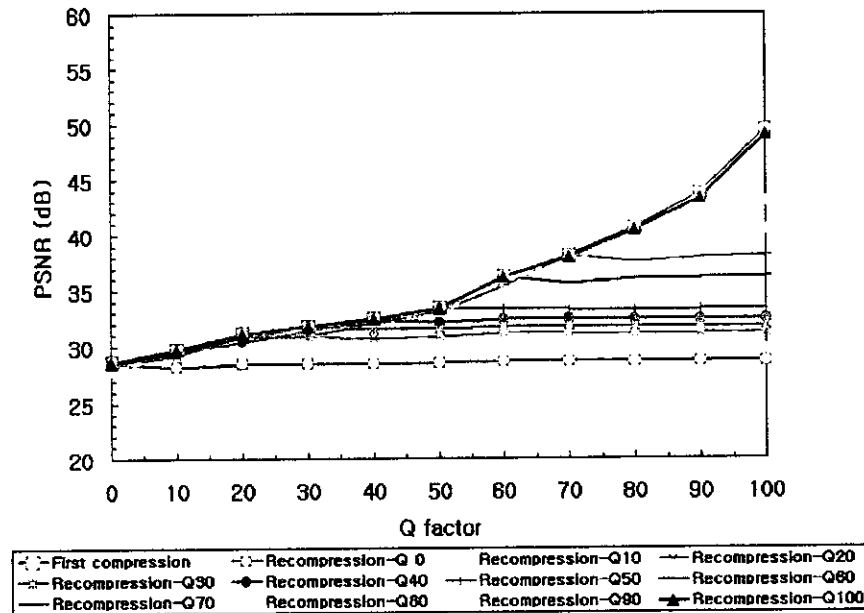


Fig. 3. Comparison of PSNR between compressed image and recompressed image according to Q-factor of photo. image.

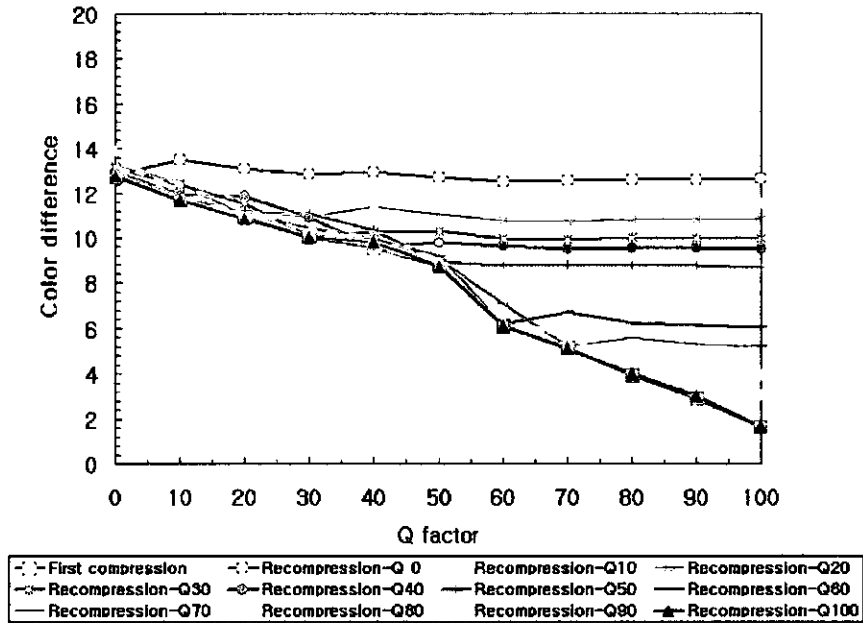


Fig. 4. Comparison of color difference between compressed image and recompressed image according to Q-factor of gradation image.

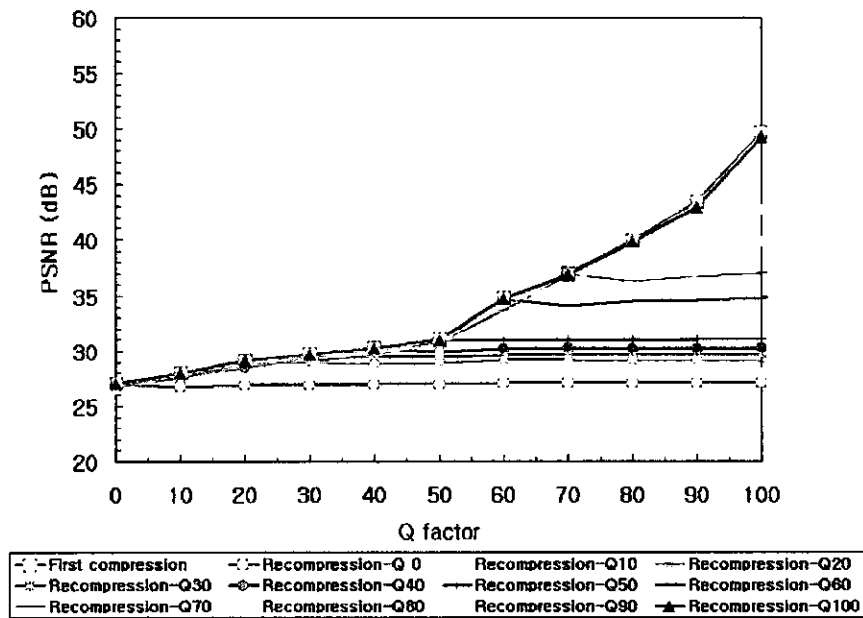


Fig. 5. Comparison of PSNR between compressed image and recompressed image according to Q-factor of gradation image.

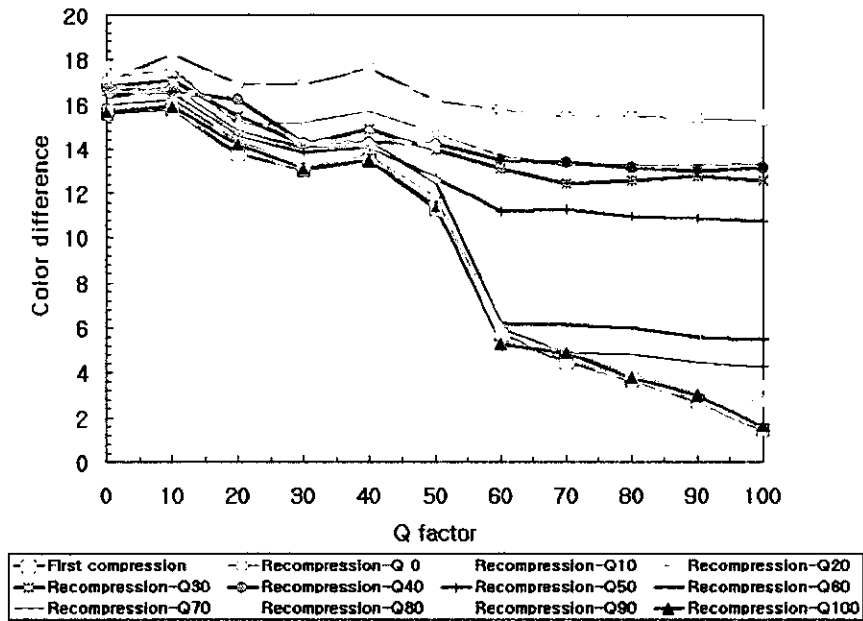


Fig. 6. Comparison of color difference between compressed image and re-compressed image according to Q-factor of vector drawing image.

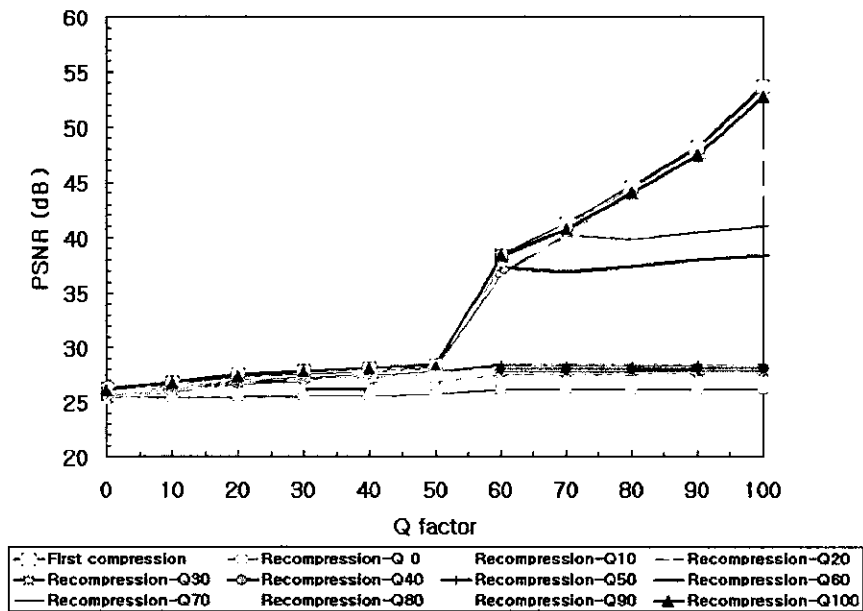


Fig. 7. Comparison of PSNR between compressed image and re-compressed image according to Q-factor of vector drawing image.

3-2. JPEG 압축과 재압축 이미지의 용량 비교

Fig. 10에서 Fig. 13까지는 각 샘플 이미지의 Q-factor 변화에 따른 JPEG 압축과 재압축 이미지의 용량을 나타낸 그래프이다.

Fig. 1의 (a) photo. image, (b) gradation image같이 연속톤의 이미지는 Fig. 10와 Fig. 11같이 JPEG 재압축시 용량의 변화가 많이 나타났지만, Fig. 1의 (c) vector drawing image, (d) text image같이 비연속톤의 이미지는 Fig. 12과 Fig. 13같이 JPEG 재압축시 용량의 변화가 아주 작게 나타났다.

특히 앞의 Fig. 2에서 Fig. 9까지는 샘플별 Q-factor 변화에 따른 JPEG 재압축 색차와 PSNR 비교 그래프이고, Fig. 10에서 Fig. 13까지는 각 샘플 이미지의 Q-factor 변화에 따른 JPEG 압축과 재압축 이미지 용량을 나타낸 그래프이다. 그 결과를 비교 검토해 보면 Fig. 1의 (c) vector drawing image, (d) text image같이 비연속톤 이미지에서 JPEG 재압축은 용량 변화가 작게 나타나는데 비해 이미지의 품질은 급격히 떨어짐을 알 수 있으며, Fig. 6에서 Fig. 9까지의 그래프에서 JPEG 압축된 Q-factor와 JPEG 재 압축시 Q-factor가 일치할 경우 JPEG 압축그래프와 JPEG 재 압축 그래프가 Fig. 1의 (a) photo. image, (b) gradation image같이 연속톤 이미지에 비해서 색차는 더 많아지고 PSNR은 더 줄어들음을 알 수 있다. 이것은 Fig. 1의 (c) vector drawing image, (d) text image같이 비연속톤 이미지에서의 재압축시 이미지 경계면에서 이미지 손상이 많이 일어나기 때문이라 사료된다.

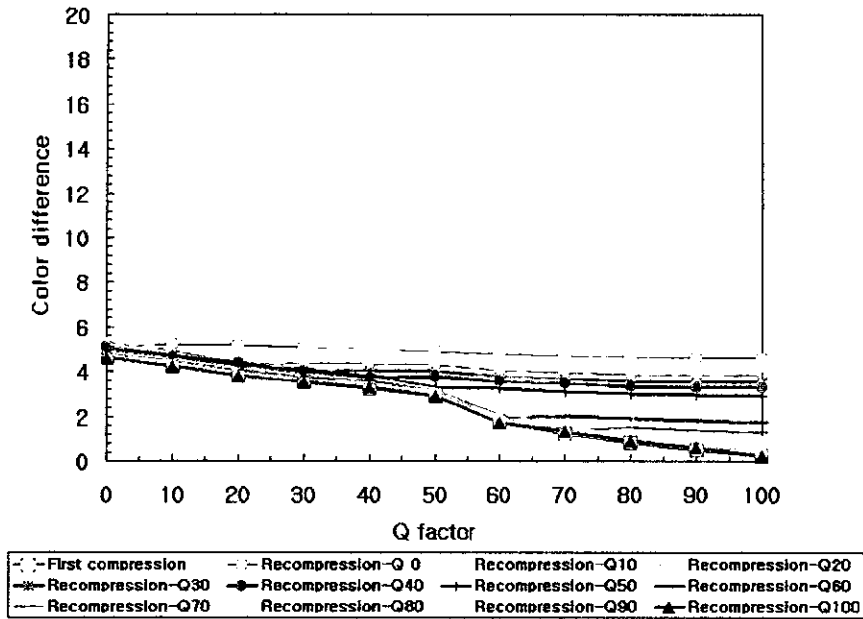


Fig. 8. Comparison of color difference between compressed image and recompressed image according to Q-factor of text image.

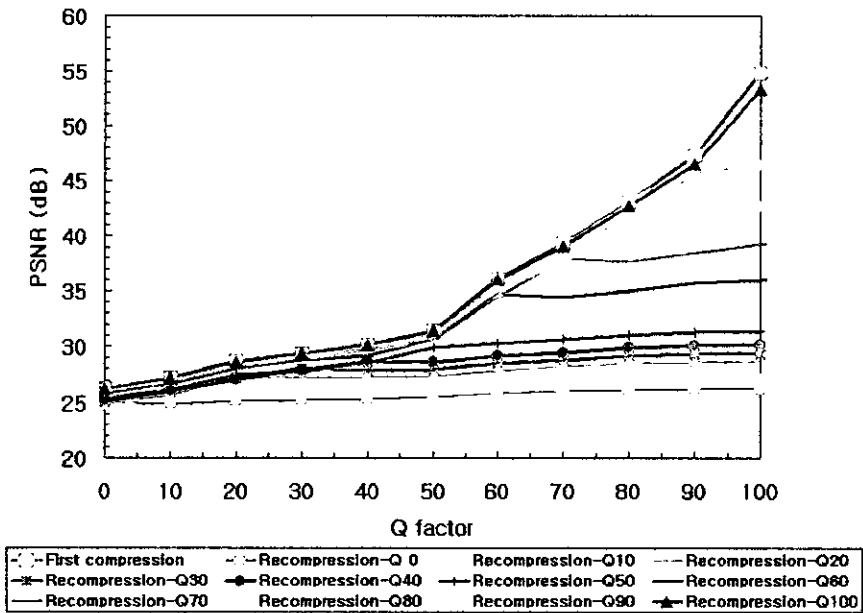


Fig. 9. Comparison of PSNR between compressed image and recompressed image according to Q-factor of text image.

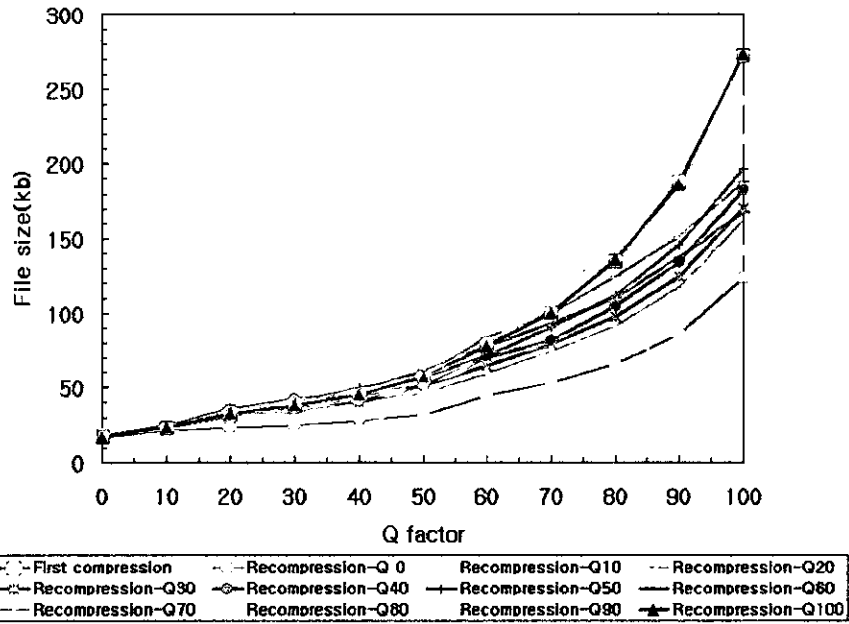


Fig. 10. Comparison of file size between compressed image and recompressed image according to Q-factor of photo. image.

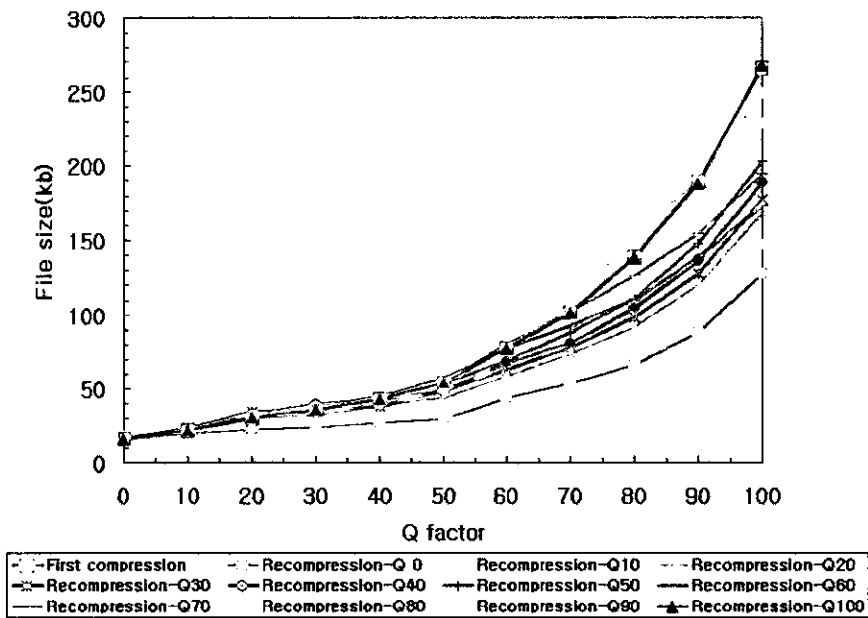


Fig. 11. Comparison of file size between compressed image and recompressed image according to Q-factor of gradation image.

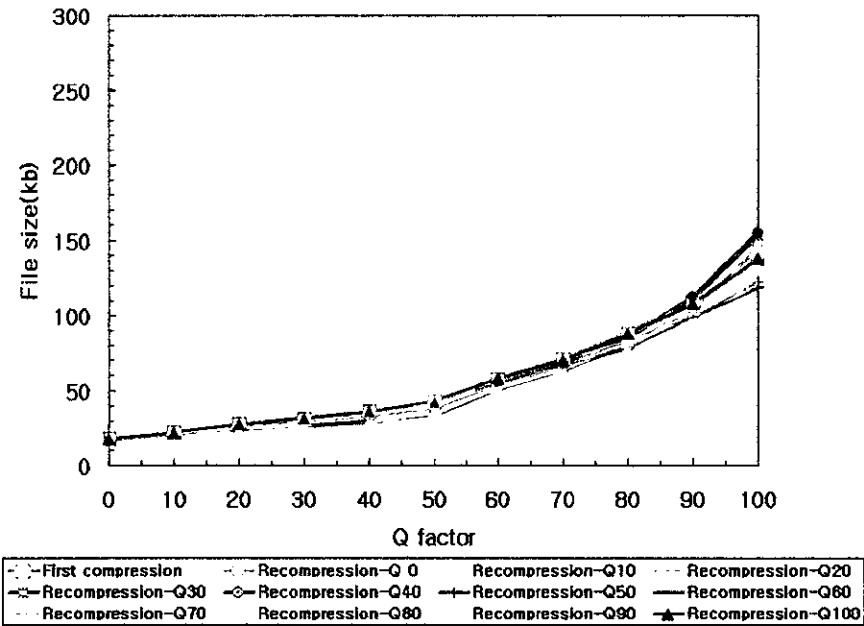


Fig. 12. Comparison of file size between compressed image and recompressed image according to Q-factor of vector drawing image.

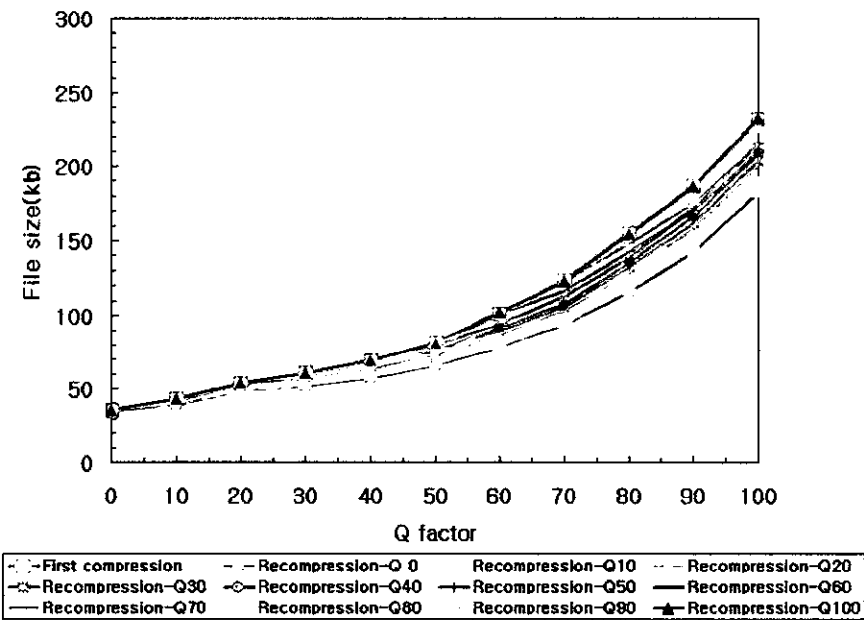


Fig. 13. Comparison of file size between compressed image and recompressed image according to Q-factor of text image.

4. 결 론

이상과 같이 JPEG 재압축된 컬러 이미지 품질의 변화와 용량에 대해서 검토해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. JPEG로 압축된 Q-factor와 JPEG로 재압축된 Q-factor가 일치할 경우가 가장 우수한 결과를 나타내고, 재압축시 Q-factor가 압축시 보다 낮을 경우는 이미지에 많은 손실을 주었다.
2. JPEG로 압축된 Q-factor보다 JPEG로 재압축된 Q-factor가 높은 경우, Q-factor 20정도 구간에 걸쳐 이미지가 오히려 더 나빠지는 결과를 보였고, 압축시 Q-factor 이상으로 재압축하였을 때, JPEG 압축된 Q-factor와 JPEG 재압축시 Q-factor가 일치할 경우보다 이미지 품질이 향상되지는 않았으며 용량만 더 늘어났다.
3. JPEG 재압축시 Q-factor가 50과 60사이에서 이미지 품질의 변화가 가장 많이 나타났다.
4. 연속톤 이미지에서는 재압축에 의한 용량 변화가 많이 나타나고, 비연속톤 이미지에서는 용량 변화는 작게 나타났다.
5. 비연속톤 이미지에서는 용량 변화가 적은데 비해서 이미지 품질은 연속톤 이미지 보다 큰 폭으로 손상을 주었다.

참 고 문 헌

1. H. Kinoshita, T. Yamamuro, "Image Quality with Reiterative JPEG Compression", IS&T, Vol. 39, No. 4, pp.306~312 (1995).
2. Y. Zhao, A. Outif, I. Stewart, "Comparison of the effect of lossy compressions with the modulation transfer function", SPIE, Vol. 3662, pp.324~334 (1999).
3. S. Chan, E. L. Ang, G. Bao, "Repeated JPEG Compressions of Colour Images", The 5th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Vol. 2, pp.1037~1041 (1998).
4. G. J. Ewing, C. J. Woodruff, "Comparison of JPEG and Fractal-Based Image Compression on Target Acquisition By Human Observers", SPIE Optical Engineering Press, Vol. 35, No. 1, pp.284~288 (1996).
5. S. Panchanathan, N. Gamaz, A. Jain, "JPEG Based Scalable Image Compression", Computer Communications, Vol. 19, No. 12, pp.1001~1013 (1996)
6. 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).

7. G. McMurdo, "Web graphics for the lazy", Journal of Information Science, Vol. 23 No. 2, pp.149~162 (1997).
8. C. B. Ahn, Y. C. Song, "JPEG 2000(Wavelet)-Based Image Compression Preliminary Study", The Korean Society for Imaging Science, pp.84~88 (1999)
9. R. Crane, "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice-Hall PTR, pp.293~341 (1997).
10. B. Furht, S. W. Smoliar, H. J. Zhang, "Video and Image Processing in Multimedia Systems", Kluwer Academic Publishers, pp.103~130 (1995).
11. 이문호, 엄재훈, "C 언어를 이용한 영상신호처리", 대영사, pp.193~296 (1996).