

# 디지털 스캔 이미지의 보간방법에 관한 연구

이성형 · 조가람 · 구철희

부경대학교 공과대학 인쇄정보공학과

(1998년 11월 21일 접수, 1998년 12월 20일 최종수정본 접수)

## A study on the Interpolation method of Digital scan image

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

Dept. of Graphic Arts Information, Pukyong National University

(Received 21 November 1998, in final form 20 December 1998)

### Abstract

If a image doesn't include sufficient data of output size and resolution, we will scan again the image. Interpolation generates a new pixel by mathematical average of processing.

In the interpolation method, there are nearest neighbor interpolation, bilinear interpolation and bicubic interpolation etc.

This study was carried out for the purpose of researching compatible method to digital scan image caused by only different interpolation methods. Nearest neighbor interpolation show superior effect in the drawing image. Bilinear interpolation show reduction in detail and contrast. Bicubic interpolation show superior effect in the digital photo image. USM(Unsharp Mask) application after extension by interpolation show better than extension by interpolation after USM(unsharp mask) application.

## 1. 서 론

디지털 이미지를 작성할 수 있게 하는 입력기와 출력기에서의 해상도는 입력해상도, 이미지해상도, 모니터해상도, 출력해상도 등 다양한 의미로 언급되며 특히, 스캐너에서는 엔진해상도라 부르는 스캐너의 광학적인 해상도와 디지털 이미지의 확대/축소, 회전, 변형등에 수학적 계산에 의해 적용되는 보간해상도(interpolation resolution)를 고려해야 한다.

보간해상도는 소프트웨어에 의해 증가된 해상도를 가리키는 것으로 대개 스캐너의 최대 해상도를 의미하는 경우가 많다. 픽셀과 픽셀 사이의 데이터를 추정해서 삽입함으로써 소프트웨어적으로 해상도를 높이는 방식으로 입력 또는 출력 단계에 적용될 수 있다.

입력에 적용될 경우, 보간해상도는 스캐너, 펌웨어(firmware) 혹은 소프트웨어 알고리즘의 도움을 받아 묘사할 수 있는 정보의 최대 밀도를 가리킨다. 출력을 준비하면서 전에 디지털화(digitalization)한 이미지가 인쇄하기에 충분한 정보를 포함하지 않으면 해상도를 보간하여 새 픽셀들을 추가함으로써 해상도, 치수 또는 둘 다 높일 수 있다.

이미지를 출력할 때 너무 해상도가 낮거나 높으면 이미지에 계단현상이 나타나거나 변형되어 출력될 수 있다. 따라서 출력 하고자 하는 크기에 맞추어서 선수를 조정하고 이에 맞는 해상도를 조정해야 한다. 이러한 작업에 반드시 필요한 것이 보간(interpolation)으로 기존 크기와 동일한 크기로 해상도를 높이거나 낮추어 출력해야 할 경우 임의의 픽셀을 생성해 크기를 변경하더라도 이미지의 품질을 최대한 유지시켜 주는 방식인 것이다. 일반적으로 원본 이미지보다 낮은 해상도로 조정하는 것을 다운 샘플링이라 하고 높은 해상도로 조정하는 것을 보간이라고 한다.

어떤 보간 알고리즘이 다른 것보다 나을 수 있지만 보간을 통해 새로운 디테일을 얻을 수는 결코 없으며, 실제로는 픽셀값을 평균화하는 방법 때문에 선명도와 대비가 떨어질 수 있다.

이런 보간방식에는 Nearest neighbor interpolation<sup>3)4)6)</sup>, Bilinear interpolation<sup>2)3)4)6)</sup>, Bicubic interpolation<sup>4)6)</sup>이 있으며, 본 연구에서는 이 세가지 상이한 보간방식에 따른 디지털 이미지의 적정조건에 대해 알아보았다.

## 2. 이 론

### 2.1. 보간의 개요<sup>1)</sup>

샘플된 시계열 신호  $\{x(n)\}, n=\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ 을 각 데이터 사이마다  $N$ 개씩 데이터를 보간하여 표본화 주파수를  $N$ 배로 만드는 조작을 보간이라 한다. 보간을 할 때 주어진 데이터 수치는 Fig. 1(b)와 같이 0을 이용하여 보간을 한다. 그리고 이것을 필터링함으로써 평활한 변화를 하는 데이터열(Fig. 1(d))로 변경한다. 이러한 원리는 CD등에 많이 사용되고 있는 업샘플링(upsampling)의 원리와 일치한다.

$$x_i(n) = \begin{cases} x(n/N), & n = \dots, -2N, -N, 0, N, 2N, \dots \\ 0, & \text{그외의 } n \end{cases} \quad (1)$$

일반적으로 0보간된 시계열 신호  $\{x_i(n)\}$ 의 주파수 특성은 Fig. 1.(b)와 같이 본래 신호  $\{x(n)\}$ 의 주파수 특성이  $N$ 회 반복되는 특성으로 된다.

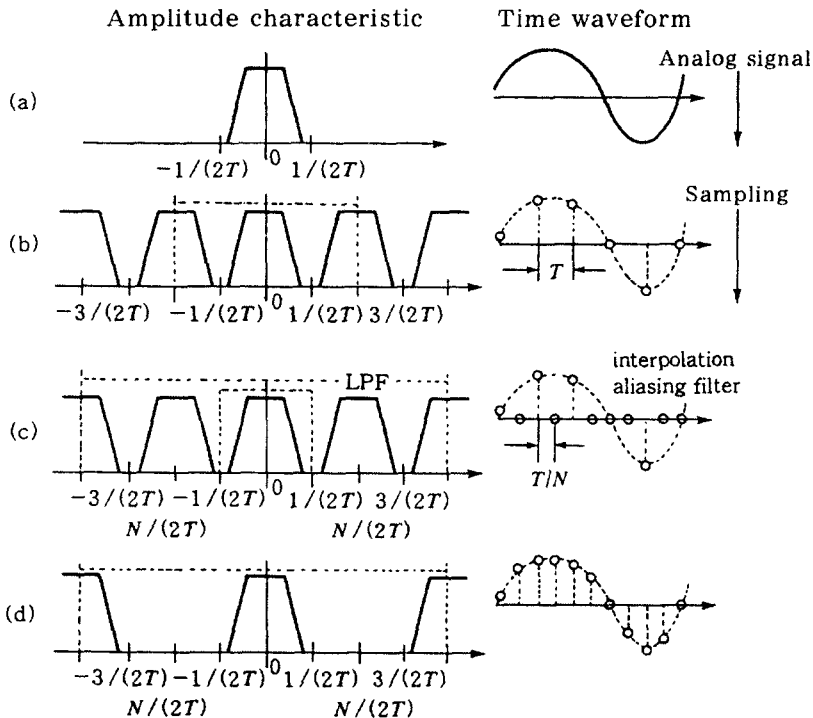


Fig. 1. Frequency characteristic variation of the interpolation

$\{x_i(n)\}$ 에 대하여 차단주파수  $1/(2T)[Hz]$ 의 저역통과 필터를 걸어줌으로써 필요없는 주파수 특성의 반복을 없애고 Fig. 1(d)와 같은 평활한 파형을 얻을 수 있다. 이와 같이 보간은 표본화 주파수를 증가시켜서 샘플된 데이터를 기본으로 하여 샘플전의 아날로그 신호에 가까운 신호를 얻을 수 있다. 디지털 신호를 D-A(디지털-아날로그) 변환할 때 샘플 데이터는 0차 홀더되어 아날로그 신호로 된다.

Fig. 2(a)에서 알 수 있듯이 0차 홀더에 의해 생기는 특성은 표본화 주파수의 1/2되는 주파수에서 이득이 0이 되어, 최종적으로 아날로그 신호의 주파수 대역은 좁아지게 된다. 보간은 표본화 주파수를 증가시켜 이득이 0으로 되는 주파수를 고주파수 대역으로 옮길 수 있기 때문에 이와 같은 특성열화를 방지할 수 있다(Fig. 2(b)참조).

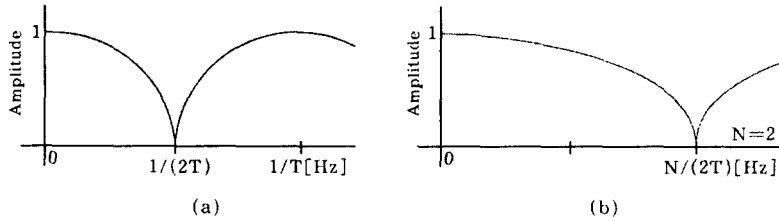


Fig. 2. Amplitude characteristic of a zero remainder hold and variation of the interpolation

이상의 결과로부터 없어진 샘플을 보충해주기 위한 보간 시스템의 일반형은 Fig. 3와 같이 되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 시스템을 인터폴레이터(interpolator)라 한다.

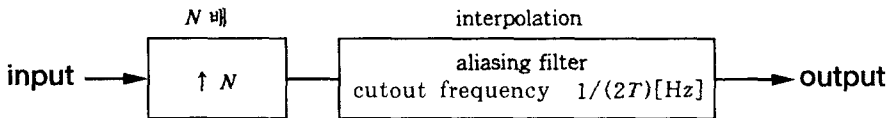


Fig. 3. Interpolation System

## 2.2. 보간<sup>5)</sup>의 작동 방법

### 2.2.1. Nearest neighbor interpolation<sup>6)</sup>

Nearest neighbor interpolation의 기본적인 개념은 출력 화소로 생성된 주소(address)에 가장 가까운 원시 화소를 출력 화소로 할당하는 것이다. 이러한 기법을

가지고, 원시 화소에 대하여 계산된 분수 주소는 가장 가까운 유효한 화소 주소로 반올림되어진다. 0.5의 덧셈은 가장 가까운 유효한 정수 주소로 주소를 반올림한다.

이 방법은 처리속도가 빠르기는 하지만, 가장 인접한 이웃 화소를 재추출 하는 것은 크게 바뀔 수 있는 결과를 산출한다. 새로운 화소값이 계산될 수 없기 때문에, 모든 출력 화소에 대응하는 화소값은 입력 화소에서 찾을 수 있다. 그 결과 출력 화소는 화소 단위들만큼의 오류 안에 있을 수 있다.

일반적으로 하나의 입력 화소에 묶이는 출력 화소들의 수가 크면 클수록 출력은 더 나쁘게 보인다. 큰수에 의한 스케일링은 이것의 한 예이다. 또한 톱니 모양으로 알려진 시각적인 뭉툰함(blockiness)이 출력에 나타날 수 있다.

Fig. 4는 보간에서 가장 간단한 유형의 보간인 Nearest neighbor interpolation의 개요를 제공한다.

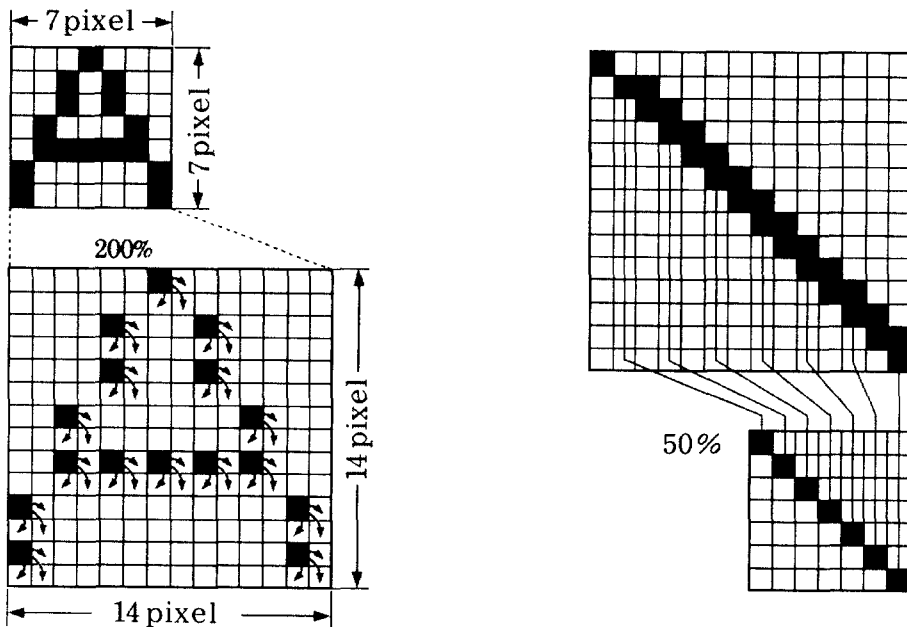


Fig. 4. Nearest neighbor interpolation

### 2.2.2. Bilinear interpolation<sup>6)</sup>

영상에 대해 사용되는 보통의 보간 기법은 Bilinear interpolation이다. Bilinear interpolation에서 새롭게 생성된 화소는 네 개의 가장 가까운 화소들에 가중치를 곱한 값들의 합이다. 가중치들은 선형적으로 결정되어진다. 각각의 가중치는 각각의 존재하는 화소로부터 거리에 정비례한다.

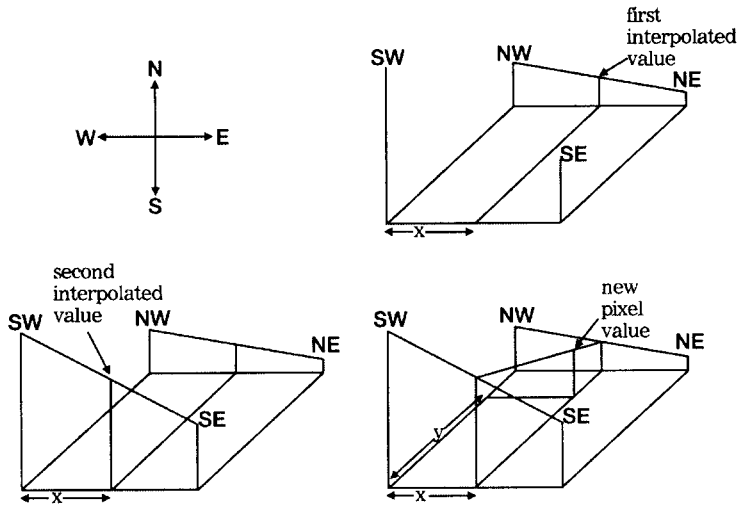


Fig. 5. Bilinear interpolation; (a) first interpolation; (b) second interpolation; (c) final interpolation

Bilinear interpolation은 세 개의 일차 보간들을 요구한다. Fig. 5.은 새로운 화소값을 어떻게 보간하는지를 보여준다. 대응하는 분수 화소 주소들은  $x$ 와  $y$ 로 보여진다.

네 개의 가장 가까운 화소들은 북서, 북동, 남서, 남동이다.

Bilinear interpolation은 Nearest neighbor interpolation보다 더 부드러운 영상을 산출한다. 화소당 세 개의 일차 보간법 때문에 Bilinear interpolation은 Nearest neighbor interpolation보다 상당히 많은 계산을 요구한다.

### 2.2.3. Bicubic interpolation<sup>6)</sup>

Bicubic interpolation은 주어진 픽셀을 둘러싼 8개 픽셀의 레벨값이나 특정 그룹의 픽셀 주위의 더 큰 영역의 레벨값을 샘플링하여 작동한 다음 알고리즘을 사용하여 새로 생성된 픽셀의 레벨을 계산한다. Fig. 6은 각 보간방식으로 2배 확대한 결과이다.

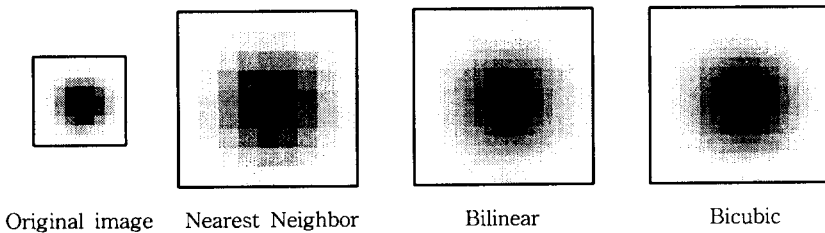


Fig. 6. Extension(18 pixel×18 pixel) by each interpolation method of the original image(9 pixel×9 pixel)

## 3. 실험

### 3.1. 실험1

0~255 pixel brightness중 32가지 값만으로 된 원본이미지(resolution 100ppi, size 7cm×4.6cm)를 해상도는 100ppi로 고정하고 보간방법을 각각 Nearest neighbor, Bilinear, Bicubic로 적용해서 사이즈를 2배로 변환했다.

### 3.2. 실험2

원본이미지(resolution 100ppi, size 6cm×4cm)에서 해상도는 100ppi로 고정하고 보간방법을 각각 nearest neighbor, bilinear, bicubic로 지정한후 사이즈를 2배로 키운 이미지에 각각 unsharp mask filter(amount 100%, radius 1.0pixel, threshold 0level)를 적용한 것과 순서를 바꿔서 원본이미지에 앞에서와 동일한 unsharp mask filter를 적용한 후 3가지 보간방법으로 사이즈를 2배로 키운 것을 비교한다.

### 3.3. 실험3

원본이미지(resolution 300ppi)에서 한 부분(size 3.3cm×3.3cm)을 선택하여 보간방법을 각각 Nearest neighbor, Bilinear, Bicubic로 지정한후 선택된 부분만 15° 씩 24번 회전한다.

### 3.4. 실험4

원본 Drawing이미지(Resolution 300ppi, Size 2.3cm×3.2cm)를 사이즈는 고정하고 보간방법을 각각 Nearest Neighbor, Bilinear, Bicubic로 지정한후 해상도만 600ppi로 높인 후 다시 300ppi로 줄여 그 결과 이미지를 비교한다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 실험1

Fig. 8의 Nearest neighbor interpolation은 원본이미지와 동일한 히스토그램을 나타내고 있다. 이것은 원본이미지 그대로의 픽셀이 넓어만 4배로 커져 이미지의 픽셀이 관찰되므로 거친 이미지를 나타냈으며, Fig. 9의 Bilinear interpolation은 부드러운 이미지를 제공하지만 디테일(detail)이 급격히 떨어지는 결과를 보여주었다.

Fig. 10의 Bicubic interpolation은 디테일이 Bilinear interpolation에 비해 전반적으로 우수하고 Nearest neighbor interpolation보다는 부드러운 결과를 보여준다.

#### 4.2. 실험2

Unsharp mask filter(amount 100%, radius 1.0pixel, threshold 0level)를 적용한후 각 보간방식으로 2배 확대한 Fig. 13, Fig. 15, Fig. 17 이미지의 선명도 보다는 먼저 각 보간방식으로 2배 확대(12cm×8cm)한후 unsharp mask filter를 적용한 Fig. 14, Fig. 16, Fig. 18의 이미지가 보다 원본이미지와 가까운 사실적인 이미지를 나타냄을 알 수 있었다.

특히 Fig. 13의 경우는 경계선 부분이 지나치게 강조되어 부자연스러운 결과를 보여준다.

보간방식에 있어서는 Bicubic interpolation이 가장 우수하였고, Bilinear interpolation, Nearest neighbor interpolation순으로 좋지 않은 결과를 보여준다.

#### 4.3. 실험3

Fig. 19의 원본이미지(resolution 300ppi)에서 한 부분(size 3.3cm×3.3cm)을 선택하여 15° 씩 24회 회전 했을 때 Fig.20의 Nearest neighbor interpolation는 거의 알아보기 못할 만큼 이미지에 치명적인 손상을 주었으며, Fig. 21의 Bilinear interpolation은 히스토그램에서 보듯이 원본이미지에 비해 명암대비가 가장 떨어지며, 이미지의 디테일(detail)또한 급격히 떨어지는 경향을 보였다. 그리고 Fig. 22의 Bicubic interpolation은 이미지가 약간거칠어지나 히스토그램에서 보듯이 원본이미지와 거의 동일한 세가지 보간방식 중 가장 우수한 결과를 나타내었다.

#### 4.4. 실험4

Fig. 23의 원본 drawing이미지(resolution 300ppi, size 2.3cm×3.2cm)를 사이즈는 고정하고 각 보간방식으로 해상도만 600ppi로 높인후 300ppi로 줄였으며 Fig. 24의 Nearest neighbor interpolation에서는 선이 부드럽지는 못하지만 선명한 선이 나타났으며, 이미지 소실의 경향이 없었다.

반면에 Fig. 25의 Bilinear interpolation과 Fig. 26의 Bicubic interpolation 에서는 부드러운선이 나타나지만 선이 연해져서 이미지 소실의 경향이 나타났다.



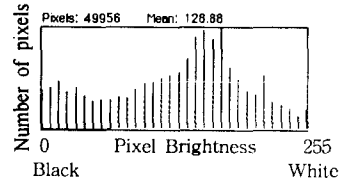


Fig. 7. The original image (resolution 100ppi, size 7cm×4.6cm)

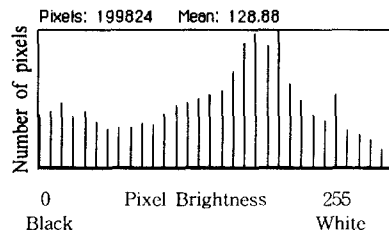


Fig. 8. Twice extension by nearest neighbor interpolation

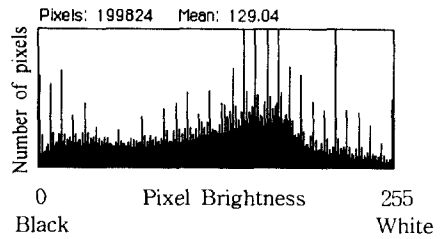


Fig. 9. Twice extension by bilinear interpolation

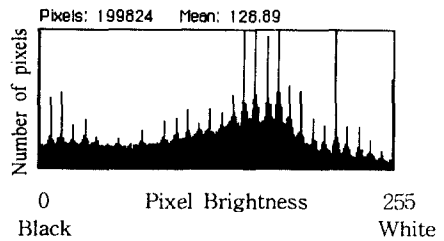


Fig. 10. Twice extension by bicubic interpolation

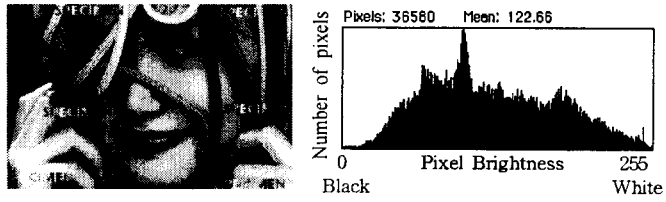


Fig. 11. The original image (resolution 100ppi, size 6cm×4cm)

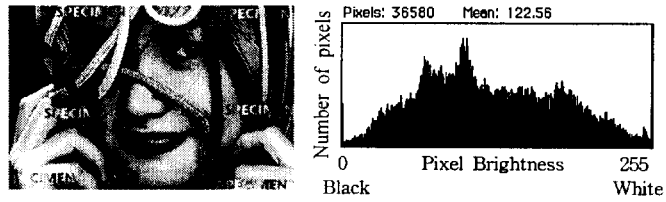


Fig. 12. USM(Unsharp mask) filter application

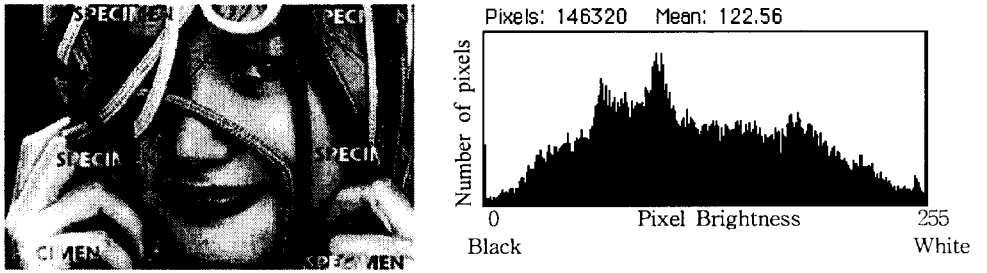


Fig. 13. Twice extension by nearest neighbor interpolation after USM application

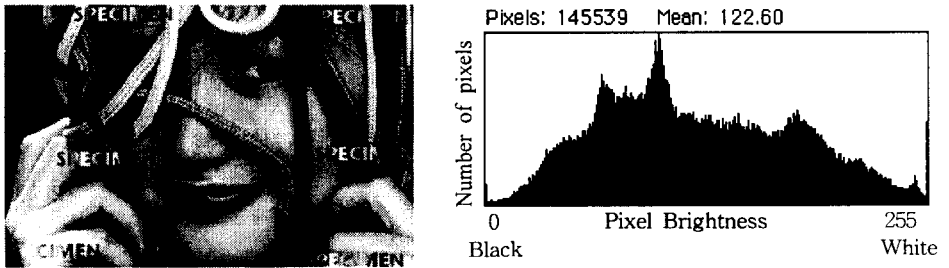


Fig. 14. USM application after twice extension by nearest neighbor interpolation

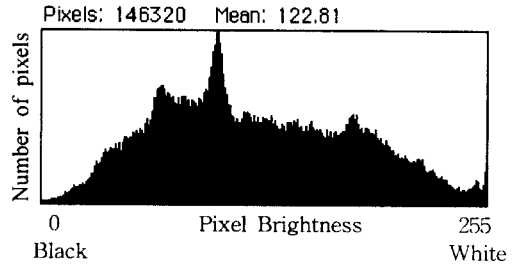


Fig. 15. Twice extension by bilinear interpolation after USM application

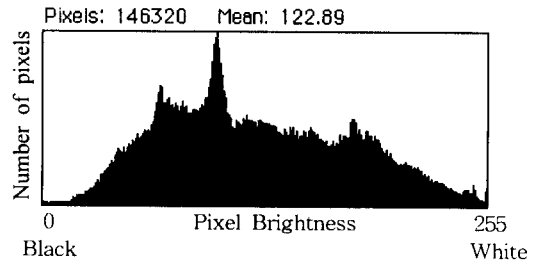


Fig. 16. USM application after twice extension by bilinear interpolation

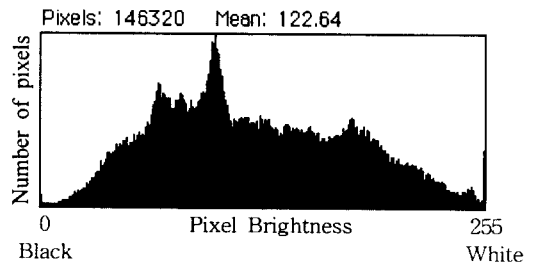


Fig. 17. Twice extension by bicubic interpolation after USM application

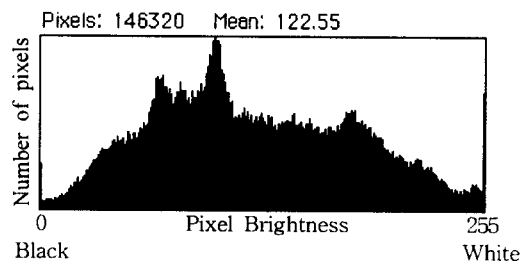


Fig. 18. USM application after twice extension by bicubic interpolation

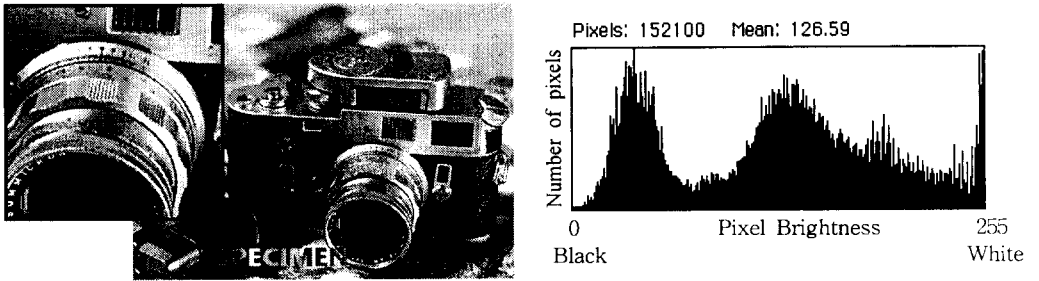


Fig. 19. The original image (resolution 300ppi, size 3.3cm×3.3cm)

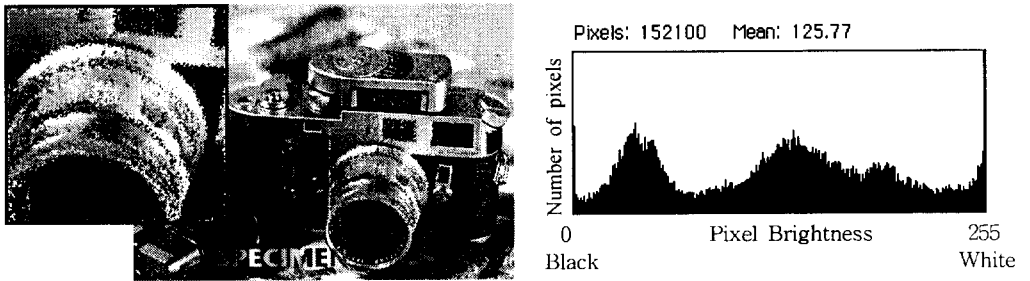


Fig. 20. 15-degree each 24 times revolution in the nearest neighbor interpolation

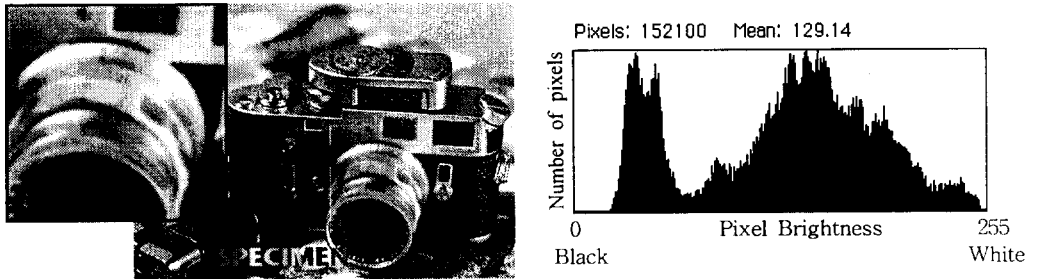


Fig. 21. 15-degree each 24 times revolution in the bilinear interpolation

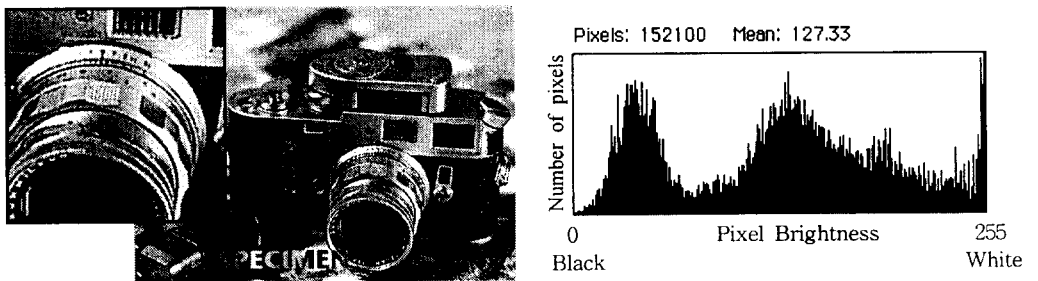


Fig. 22. 15-degree each 24 times revolution in the bicubic interpolation

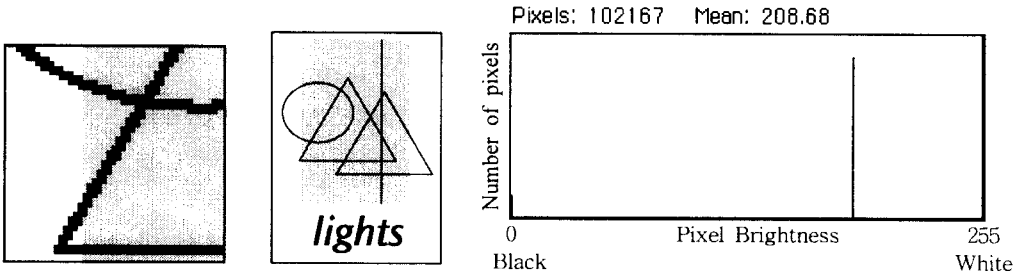


Fig. 23. The original drawing image (resolution 300ppi, size 2.3cm×3.2cm)

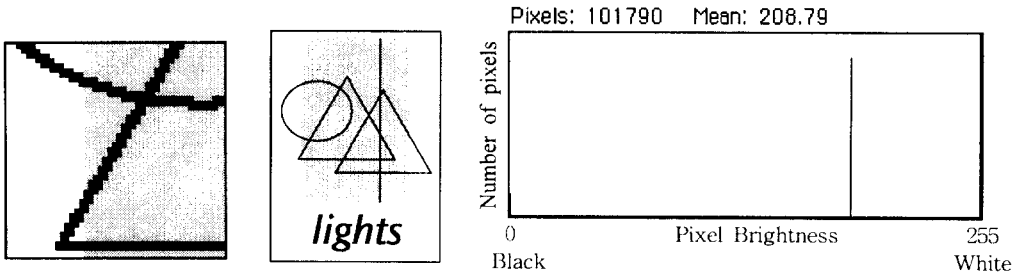


Fig. 24. Heighten(600ppi) by nearest neighbor interpolation and reduction(300ppi)

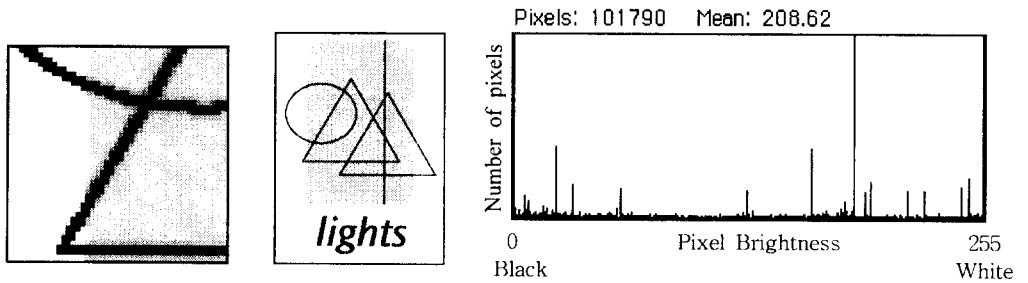


Fig. 25. Heighten(600ppi) by bilinear interpolation and reduction(300ppi)

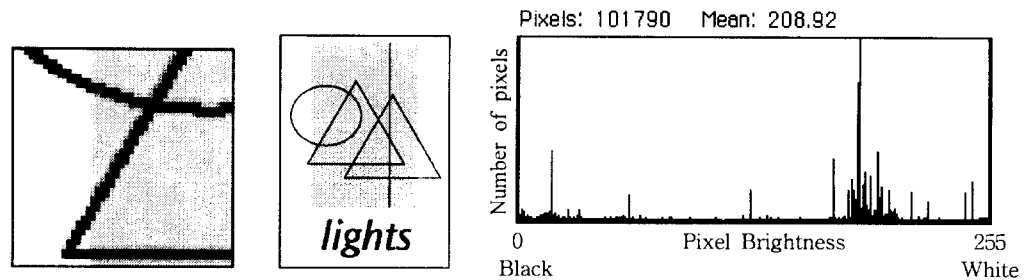


Fig. 26. Heighten(600ppi) by bicubic interpolation and reduction(300ppi)

## 5. 결 론

Nearest neighbor interpolation, Bilinear interpolation, 및 Bicubic interpolation의 세 가지 상이한 보간(interpolation)방식에 따른 디지털 이미지의 적정조건을 실험한 결과, 다음과 같은 사실을 알았다.

- 1) Bicubic interpolation은 사진과 같이 중간 계조가 있는 이미지에서 확대, 축소, 회전의 결과가 가장 우수하였다.
- 2) Drawing이미지의 경우는 Nearest neighbor interpolation이 더 우수한 결과를 나타내었으나 회전의 경우는 가장 좋지 않은 결과를 나타내었다.
- 3) Bilinear interpolation은 명암대비와 디테일이 많이 감소하므로 원본이미지가 보기 좋은 인위적 변형감을 포함할 때 선택할 수 있는 보간 방법이다.
- 4) Unsharp mask filter 적용에 있어서는 보간 확대후에 unsharp mask 적용이 더 좋은 결과를 보였다.

## 참 고 문 헌

- 1) 이채욱, "디지털 신호처리", 청문각, pp.316-318 (1994).
- 2) J. C. Russ, "The Image Processing Handbook", CRC Press, pp.205-207 (1995).
- 3) H. R. Kang, "Color Technology for Electronic Imaging Device", SPIE Optical Engineering Press, pp.177-206 (1996).
- 4) New Riders, "Digital Photography", New Riders Press, pp.7 (1997).
- 5) S. Ihrig and E. Ihrig, *Preparing Digital Image for Print*, McGraw-Hill Book, pp.23 215 224 (1996).
- 6) R. Crane, "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice-Hall PTR, chap 4, (1997).
- 7) G. G. Field, "Color scanning and imaging system", GATF, (1990).